Jahresbericht 1986

Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik
Berlin GmbH

Jahresbericht 1986

Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik Berlin GmbH
Einsteinufer 37, D-1000 Berlin 10, Telefon (030) 31 00 20, Telex 185 995 hhi d

Inhalt

5 **Bericht der Geschäftsführung**

6 Die Forschungsaufgaben des HHI

8 Organigramm des HHI

9 Struktur

10 Mitarbeiter, Finanzierung

11 **Bereich Nachrichtensysteme**

13 Abteilung Vermittlung und Übertragung

14 Teilnehmeranschlußleitung mit Monomode-Lichtwellenleiter für HDTV-fähige Übermittlungssysteme

15 Untersuchungen von Mikroprozessorsystemen zur Steuerung zentraler Digitalvermittlungsstellen

17 Verteilung und Vermittlung von Breitbandsignalen nach dem Heterodynprinzip mit optischen Trägern

19 Coherent Multi-Channel Techniques for Integrated Broadband Subscriber Communication Systems

20 Kohärente optische Breitbandübertragung für den Weitverkehr

22 Analyse der Übertragung mehrerer kohärenter optischer Signale in Monomodefasern und von Halbleiteroberflächen

24 Lokale Breitbandkommunikation mit optischer Vermittlungstechnik

25 Abteilung Signalaufbereitung und Endeinrichtungen

26 HDTV-Lichtventilprojektor

28 Lichtventil-Steuerschichten zur HDTV-Großbildprojektion

30 HDTV-Signalverarbeitung

32 Übertragung räumlicher Bilder

34 Dreidimensionale Darstellung von Parallax-Panoramagrammen mit holografischer Projektion

36 Einsatz von Codiertechniken für die Breitbandkommunikation

38 Hochintegrierte Signalprozessoren für die Telekommunikation

40 Programmierbarer Video-Signalprozessor für die Echtzeitverarbeitung

Seite

43 Abteilung Anthropotechnik

44 Bewegtbildübertragung für die Individualkommunikation (1)

46 Bewegtbildübertragung für die Individualkommunikation (2)

48 Visuelle Parameter bei der Großbilddarstellung

49 HDTV-Bildaufnahme mit augengerechter örtlich-zeitlicher Auflösung

50 Nutzen von Bewegtbildabrufdiensten für den Wissenserwerb

52 Psychooptische Begründung eines 3D-Fernsehstandards

55 Abteilung Optische Signalverarbeitung

56 Digitaler Optischer Prozessor

57 Untersuchungen zum digitalen optischen Prozessor

59 Abteilung Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Begleitforschung

60 Nachfrageimpulse und Marktaussichten für Systeme und Endgeräte zur Vermittlung von Breitbandinformation

61 Technische Entwicklung und Strukturwandel der Massenmedien

62 Rahmenkonzept zur Wirkungsforschung Informationstechnik

63 Analysen organisatorischer Kommunikation und empirische Nutzungsuntersuchungen für die Breitbandkommunikation

64 Spezielle Auswertung der Beschäftigtenstatistik zur zusätzlichen Berücksichtigung der Betriebsgröße

65 Bereich Integrierte Optik

91 Ergebnis-Übersicht

93 Veröffentlichungen

118 Berichte

119 Bücher

120 Habilitationen

121 Dissertationen

123 Diplom-und Studienarbeiten

125 Patentanmeldungen

127 Vorträge

Bericht der Geschäftsführung

Die Forschungsaufgaben des HHI

Nach den Vorstellungen der Deutschen Bundespost soll in den neunziger Jahren mit dem Ausbau des Integrated Services Digital Network (ISDN) zum Integrierten Breitbandfernmeldenetz (IBFN) begonnen werden. Neben schmalbandigen ISDN-Diensten wird das IBFN den Teilnehmern Breitbandkommunikationsdienste wie Bildfernsprechen und Videokonferenz sowie Breitbandverteildienste wie Hörfunk, Fernsehen und hochauflösendes Fernsehen anbieten.

Die Forschungsarbeiten des Heinrich-Hertz-Instituts sind auf das IBFN, insbesondere aber auf die Breitbandaspekte dieses Netzes, auf zukünftige lokale Breitbandnetze sowie auf Breitbandendgeräte ausgerichtet. In diesem Rahmen werden folgende Schwerpunkte bearbeitet:

Breitbandübermittlungstechnik

In zukünftigen öffentlichen und lokalen Breitbandnetzen werden Bewegtbilddienste in digitaler Form übermittelt werden. Hier gilt es, effiziente und wirtschaftlich realisierbare Verfahren zur Quellen- und Kanalcodierung von Bildsignalen sowie universell einsetzbare, programmierbare Prozessoren in integrierbarer Schaltungstechnik zu entwickeln.

Besondere Bedeutung wird der Übermittlung von digitalen Breitbandsignalen im Teilnehmerbereich des IBFN zukommen. Fragen der digitalen Breitbandvermittlungstechnik, der Breitbandübertragungstechnik mit monomodalen Lichtwellenleitern, der Integration von Schmal- und Breitbanddiensten, der Breitband-Teilnehmeranschlußeinrichtungen sowie des Entwurfs sehr schneller integrierter Schaltungen werden eingehend untersucht. Die hohe Übertragungskapazität monomodaler Teilnehmeranschlußleitungen erlaubt die gleichzeitige Übertragung vieler Fernsehprogramme heutigen Standards oder aber von mehreren Programmen eines zukünftigen HDTV-Standards in digitaler Form. Monomodale Lichtwellenleiter sind auch Voraussetzung für den späteren Einsatz integrierter optoelektronischer Komponenten, die wirtschaftlich in großer Stückzahl gefertigt werden können. Schließlich bietet in ferner Zukunft die kohärente optische Nachrichtentechnik, die ebenfalls monomodale Lichtwellenleiter erfordert, die Voraussetzungen zur Entwicklung ganz neuartiger Breitbandverteilnetze.

Der Dienst Fernsehtelefon wird in der Fernebene des IBFN zu sehr hohen Informationsströmen und dementsprechend aufwendigen Repeaterstationen führen. Der Aufwand kann drastisch reduziert werden, wenn an Stelle der heute üblichen elektronischen Repeater optische Verstärker eingesetzt werden. Mit Hilfe der kohärenten optischen Nachrichtentechnik können mehrere dicht benachbarte Lichtträger übertragen, optisch verstärkt und detektiert werden.

Die Bürokommunikation und die Industrieautomatisierung werden in Zukunft leistungsfähige lokale Nachrichtennetze erfordern. Für diese Netze sind Lichtwellenleiter infolge ihrer hohen Übertragungskapazität und ihrer Immunität gegenüber elektromagnetischen Störfeldern als Übertragungsmedium besonders geeignet. Im Vergleich zu öffentlichen Netzen ist die Zahl der Teilnehmer in lokalen Netzen im allgemeinen gering, so daß sich die Möglichkeit bietet, die Nachrichten nicht nur optisch zu übertragen, sondern auch optisch zu vermitteln.

Integrierte Optik

Die Integrierte Optik hat die monolithische Integration von optischen und elektronischen Komponenten auf einem Halbleitersubstrat zum Ziel. Erst die Integrierte Optik wird die Fertigung opto-elektronischer Komponenten als zuverlässige, kostengünstige und raumsparende monolithische optische Chips erlauben, die besonders für den Einsatz im Teilnehmerbereich aber auch in der Fernebene des IBFN sowie in lokalen Netzen vorgesehen sind. In ferner Zukunft schließlich sind monolithisch integrierte optische Signalprozessoren für die Verarbeitung sehr schneller Signale in der Nachrichtentechnik denkbar.

Optische Signalverarbeitung

In der zukünftigen Kommunikationstechnik wird die Verarbeitung sehr breitbandiger Signale eine wichtige Rolle spielen. Schnelle elektronische Prozessoren werden heute auf der Basis von Silizium- und Galliumarsenid-Schaltkreisen realisiert. Drastische Erhöhungen der Arbeitsgeschwindigkeiten sind durch den Übergang von derzeit seriellen auf parallele Prozessorarchitekturen zu erwarten. Neben den elektronischen Prozessoren bietet die Optik attraktive Verfahren zur Verarbeitung sehr schneller Signale. Im Gegensatz zur Elektronik verlaufen optische Signalverarbeitungsprozesse prinzipiell parallel und damit mit sehr hoher Arbeitsgeschwindigkeit. Hier gilt es, optische analoge und digitale Prozessoren für die zukünftige Breitbandkommunikation zu entwickeln.

Breitbanddienste

Im zukünftigen IBFN ist der Dienst Fernsehtelefon vorgesehen. Die Auswahl geeigneter System- und Endgeräteparameter, der Einsatz des Fernsehtelefons in Telekonferenzen und die Gestaltung multifunktionaler Endgeräte sind Themen unserer Forschung.

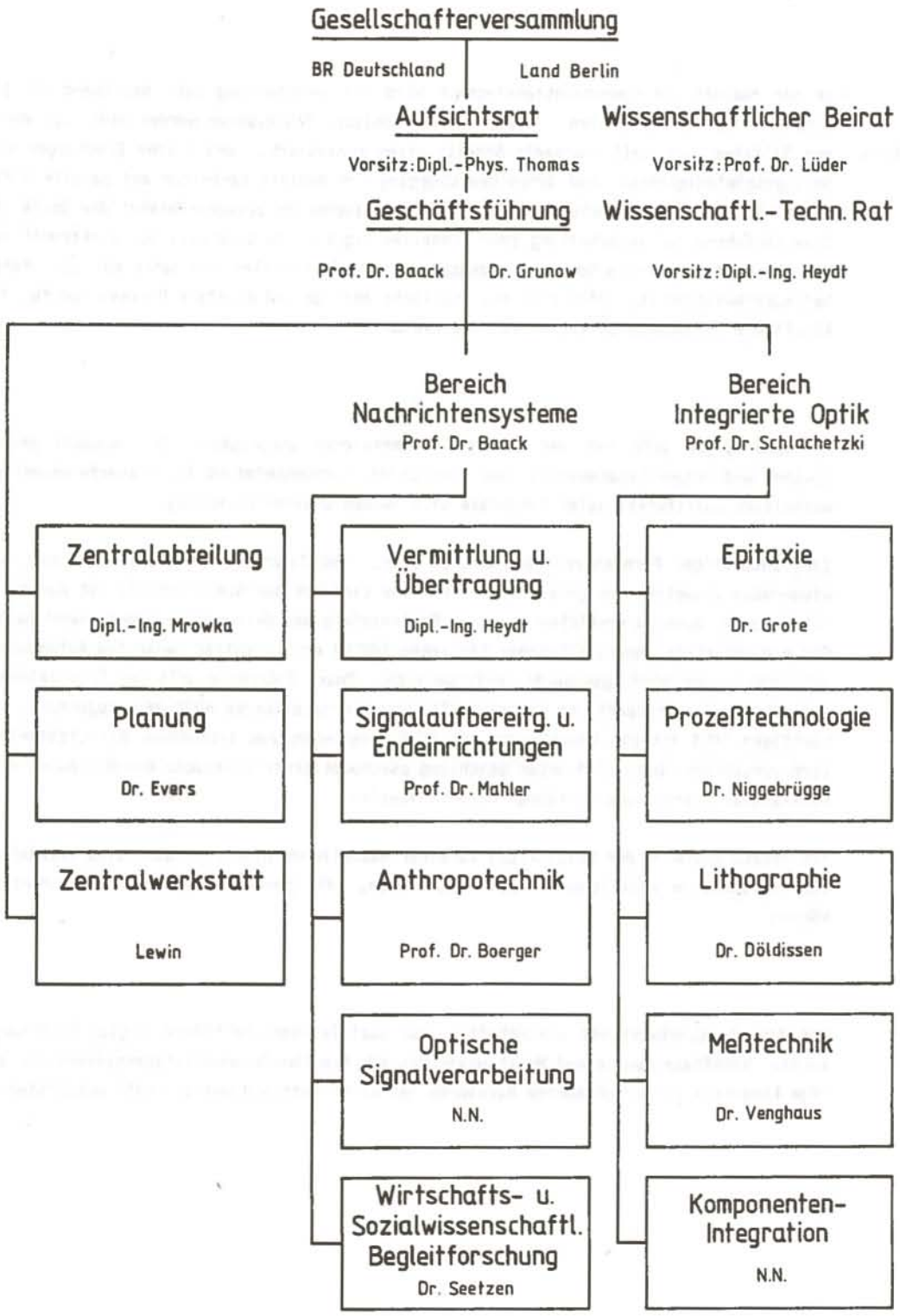
Ziel zukünftiger Fernsehtechniken muß es sein, dem Zuschauer eine möglichst naturgetreue Wiedergabe visueller Ereignisse zu bieten. Der Eindruck der Natürlichkeit ist nur mit großflächigen Bildern zu erreichen, die das Gesichtsfeld des Betrachters hinreichend ausfüllen. Für ein derartiges hochauflösendes Fernsehen (HDTV) werden völlig neuartige Aufnahme-, Aufzeichnungs- und Wiedergabegeräte erforderlich. Unser Interesse gilt der Entwicklung eines kompakten und wirtschaftlich in großer Stückzahl herstellbaren HDTV-Heimprojektors. Im zukünftigen IBFN ist die Übertragung von HDTV-Programmen zum Teilnehmer mit Lichtwellenleitern vorgesehen. Dazu sind unter Beachtung psychooptischer Eigenschaften des Auges digitale HDTV-Signalverarbeitungsverfahren bereitzustellen.

Als letzte Stufe in der Entwicklung zu einer natürlichen Bildwiedergabe sind Fernsehsysteme zur Reproduktion räumlicher Bilder anzustreben, die ohne Stereobrille betrachtet werden können.

Begleitforschung

Der Forschungsschwerpunkt wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Begleitforschung versucht, Nachfrageimpulse und Marktaussichten für Breitbandkommunikationssysteme und zugehörige Endgeräte in verschiedenen Bereichen der Wirtschaft und Gesellschaft auszuloten.

Organigramm des HHI



Struktur

Seit 1954 verwaltete die Fördergemeinschaft des Heinrich-Hertz-Instituts für Schwingungsforschung e.V. das Institut. Die Abteilungen wurden vorwiegend von Professoren der Technischen Universität Berlin nebenamtlich geleitet. Am 13.12.1974 unterzeichneten der Bund, vertreten durch den Minister für Forschung und Technologie, und das Land Berlin, vertreten durch den Senator für Finanzen, den Gesellschaftsvertrag und gründeten damit die Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik Berlin GmbH (Gesellschaftsanteile je 50 %).

Der Gesellschaftsvertrag bildet die Grundlage für die Neuorientierung des Instituts hinsichtlich der Aufgaben und der organisatorischen Struktur.

Die Fördergemeinschaft unterstützt auch weiterhin das Institut in Form einer "Gesellschaft von Freunden des Heinrich-Hertz-Instituts e.V.". Die Neugründung dieser Gesellschaft erfolgte am 19.10.1976 in einer Mitgliederversammlung.

Dem Wissenschaftlichen Beirat des Instituts gehörten im Jahre 1986 folgende Mitglieder an:

Prof. Dr. E. Lüder, Stuttgart (Vorsitz)

N. Gawron, Darmstadt
Prof. Dr. G. Kohn, Stuttgart
R. Linhard, Esslingen
Prof. Dr. S. Maslowski, Ulm
Dr. Th. Pfeiffer, Backnang
Prof. Dr. A. Picot, München
Prof. Dr. M. Pilkuhn, Stuttgart
Prof. Dr. H. Schönfelder, Braunschweig
Prof. Dr. G. Siegle, Berlin
Dr. H. Thielmann, Nürnberg
Dr. H. Stegmeier, München

Die oberste Entscheidungsinstanz der HHI GmbH ist die Gesellschafterversammlung. Der Aufsichtsrat ist als Kontrollorgan gegenüber der Geschäftsleitung weisungsbefugt und bestand 1986 aus folgenden Mitgliedern:

U. Thomas, Bonn (Vorsitz)
Dr. H. Märtin, Berlin (stellv. Vorsitz)

P. Borkamm, Berlin
W. Greite, Bonn
W. Haist, Bonn
Prof. Dr. Wagemann, Berlin
H. Wolff, Berlin

Dr. G. Romahn (Mitarbeitervertreter HHI)
W. Schlaak (Mitarbeitervertreter HHI)
Dr. B. Kuhlow (Mitarbeitervertreter HHI)

Mitarbeiter, Finanzierung

Am Ende des Berichtsjahres beschäftigte das Institut:

	1986	1985
Wissenschaftliche Mitarbeiter	121	127
Technische Angestellte und Sachbearbeiter	94	91
Lohnempfänger	13	12
Auszubildende	7	7

Insgesamt hatte das Institut zum Jahresende 235 Mitarbeiter. Zusätzlich waren 28 Aushilfskräfte und studentische Hilfskräfte beschäftigt.

Im Rahmen unserer Kooperationen arbeiteten 1986 neun Gastwissenschaftler zeitweilig im HHI.

Insgesamt waren gegen Ende 1986 für das Institut 263 Personen tätig.

Das Institut erhielt 1986 von den Zuwendungsgebern Bund und Land eine Grundfinanzierung in Höhe von ca. 21,7 Mio DM. Über die Gesellschaft der Freunde flossen dem Institut Mittel in Höhe von 701,3 TDM zu. Für Forschungsaufträge und Förderung von Vorhaben wurden 1986 dem HHI ca. 19,8 Mio DM bewilligt. Den 42,2 Mio DM an verfügbaren Mitteln im Jahre 1986 standen 1985 30,7 Mio DM gegenüber.

Allen Förderern und Freunden des Heinrich-Hertz-Instituts sei an dieser Stelle im Namen der Institutsangehörigen für die Unterstützung im vergangenen Jahr herzlich gedankt.

Berlin im Februar 1987

(Prof. Dr. Clemens Baack) (Dr. Wolfgang Grunow)

Bereich

Nachrichtensysteme

Abteilung Vermittlung und Übertragung

Übersicht

In der Abteilung wird an technologischen Grundlagen zur Übermittlung breitbandiger digitaler Signale für künftige öffentliche und nicht-öffentliche optische Kommunikationsnetze gearbeitet.

In den vergangenen Jahren wurde ein dienste-integriertes Experimentalsystem aufgebaut, in dem insbesondere die Realisierbarkeit großer Breitbandkoppelfelder und der Einsatz bipolarer Gbit/s-Elektronik im Teilnehmerbereich gezeigt wird. Durch die jetzt laufenden Arbeiten im Projekt "Teilnehmeranschlußleitung mit Monomode-Lichtwellenleiter für HDTV-fähige Übermittlungssysteme" wird dieses System durch entsprechend hochratige optische Teilnehmeranschlußleitungen ergänzt. In engem Zusammenhang mit diesem Experimentalsystem stand das Projekt "Untersuchung von Mikroprozessorsystemen zur Steuerung zentraler Digitalvermittlungsstellen", das die Entwicklung mathematischer Modelle für vermittlungstechnische, aus einer größeren Anzahl von Mikroprozessoren bestehenden Steuerungsstrukturen zum Inhalt hatte.

Das optische Heterodynprinzip erlaubt eine Erhöhung der Empfängerempfindlichkeit und die Realisierbarkeit optischer Vielkanalsysteme, deren Anwendungsmöglichkeiten in drei weiteren Projekten untersucht werden:

Im Projekt "Verteilung und Vermittlung von Breitbandsignalen nach dem Heterodynprinzip mit optischen Trägern" werden Grundlagen zum Einsatz optischer Frequenzvielfache für Verteil- und Vermittlungszwecke erarbeitet. Dabei stehen Anwendungen im Ortsnetzbereich des öffentlichen Netzes im Vordergrund. Ein zehnkanaliges kohärentes System zur Verteilung von Breitbandsignalen wurde entwickelt und im Januar 1987 auf einer Veranstaltung des "Münchener Kreises" ausgestellt.

Im Rahmen der Definitionsphase des RACE-Programms der Europäischen Gemeinschaft (RDP) hat das HHI mit den Partnern AEG, Philips (NL) und Plessey (GB) das Projekt "Coherent Multi-Channel Techniques for Integrated Broadband Subscriber Systems" bearbeitet. Wesentlichstes Ergebnis dieser Arbeiten ist das RDP-Scenario 3 (CMC-Techniques), in dem ein auf der kohärenten Vielkanaltechnik basierendes Netz beschrieben wird und Entwicklungsstufen hin zu diesem Netz aufgezeigt werden.

Möglichkeiten der Verwendung optischer Vielkanalsysteme in Verbindung mit optischen Wanderwellenverstärkern und optischem Heterodynempfang werden im Projekt "Kohärente optische Breitbandübertragung für den Weitverkehr" untersucht. Hierbei konnte nachgewiesen werden, daß bei Verwendung eines geeigneten Modulationsverfahrens die Signale eines zehnkanaligen Vielkanalsystems gemeinsam von einem einzigen optischen Verstärker ohne störende Nebensprecheffekte verstärkt werden können. Dieses Projekt wird gemeinsam mit dem Bereich Integrierte Optik des HHI durchgeführt.

Die Kapazität vielkanaliger kohärenter optischer Fernübertragungssysteme kann durch in der Monomodefaser auftretende nichtlineare Effekte (Brillouin-Streuung, Vierwellen-Mischung) begrenzt werden, die zu Störungen wie z.B. zu Nebensprechen führen können. Im Projekt "Analyse der Übertragung mehrerer optischer Signale in Monomodefasern", das das Weizmann Institute of Science in Israel im Auftrag des HHI durchführt, wird geklärt, welche Relevanz diese Effekte für die Realisierbarkeit entsprechender Übertragungssysteme haben.

Anwendungen der optischen Vermittlung werden im Projekt "Lokale Breitbandkommunikation mit optischer Vermittlungstechnik" in Hinblick auf lokale Netze untersucht. Hierzu wurde ein experimentelles Kommunikationssystem entwickelt, bei dem zur Vermittlung von Schmal- und Mittelbandsignalen ein monomodales Sternkopplersystem verwendet wird. Für Breitbandsignale soll ein optisches Koppelfeld in Lithium-Niobat-Technik verwendet werden. Entsprechende Bauelemente werden vom Bereich Integrierte Optik entwickelt.

Teilnehmeranschlußleitung mit Monomode-Lichtwellenleiter für HDTV-fähige Übermittlungssysteme

Ziel

Eine der wesentlichsten Systemkomponenten in zukünftigen öffentlichen Breitbandübermittlungssystemen ist die breitbandige optische Teilnehmeranschlußleitung. Durch sie werden maßgeblich die teilnehmerbezogenen Kosten und somit bei großen Teilnehmerzahlen auch die Kosten des Gesamtsystems bestimmt.

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung und Realisierung aufwandsarmer hochratiger optischer Teilnehmeranschlußleitungen, die für die Übertragung von HDTV-Signalen geeignet sind. Als Übertragungsmedium werden Monomode-Fasern verwendet.

Der Aufbau der optischen Sende- und Empfangseinheiten kann z.Z. nur mit diskreten optischen und elektrooptischen Komponenten erfolgen. Als Fernziel muß unter dem Aspekt der Systemkosten die monolithische Integration dieser Einheiten angestrebt werden.

Eine der geplanten Übertragungsstrecken soll für HDTV-Übertragungsversuche zwischen dem Sender Freies Berlin (SFB) und dem HHI eingesetzt werden. Diese Übertragungsstrecke ist als eine spezielle Teilnehmeranschlußleitung anzusehen, bei der der Teilnehmer auch als Anbieter von HDTV auftritt.

Stand im Projekt

Der Aufbau der optischen HDTV-Übertragungsstrecke (eine Übertragungsrichtung) zwischen dem SFB und dem HHI wurde abgeschlossen. Das Übertragungssystem wurde am 11. Dezember 1986 mit einer HDTV-Live-Übertragung aus einem Studio des SFB zum HHI der Öffentlichkeit vorgestellt.

Das Übertragungssystem besteht aus
- einem HDTV-Coder, der die Komponenten R, G, B nach einer Y, U, V-Matrizierung auf 3 x 8 x 36 Mbit/s umsetzt,
- einem HDTV-Multiplexer, der die 3 x 8 x 36 Mbit/s-Signale und vier weitere 72 Mbit/s-Signale (Zusatzinformationen, Fehlerratenmessung, Rahmensynchronisation) zu einem 1,152 Gbit/s-Signal zusammenfaßt,
- einer optischen Sendeeinheit (λ_L = 1,3 µm) mit vorgeschaltetem Leitungscoder (Manchestercodierung) mit einer resultierenden Übertragungsrate von 2,304 Gbaud,
- einem Einmodenfaser-Kabel mit 6 Spleißen und 3 Steckverbindungen (Länge 5,3 km, Gesamtdämpfung 11 dB),
- einer optischen Empfangseinheit mit Regenerator und Leitungsdecodierung,
- einem HDTV-Demultiplexer und
- einem HDTV-Decoder (R, G, B).

Die HDTV-Codier- und HDTV-Decodiereinrichtungen wurden im Rahmen des Vorhabens "HDTV-Signalverarbeitung" entwickelt und realisiert.

In den elektronischen Hochgeschwindigkeitsbaugruppen bis zu 2,304 Gbaud wurden ausschließlich Silizium-Halbleiterbauelemente verwendet. Zu einem erheblichen Teil konnten monolithisch integrierte Bauelemente (Multiplexer, Master-Slave-D-Flip-Flop) eingesetzt werden , die von der Ruhr-Universität Bochum entwikkelt und hergestellt wurden.

Projektleiter: Dipl.-Ing. G.Walf

Zuwendungsgeber: BMFT

Untersuchungen von Mikroprozessorsystemen zur Steuerung zentraler Digitalvermittlungsstellen

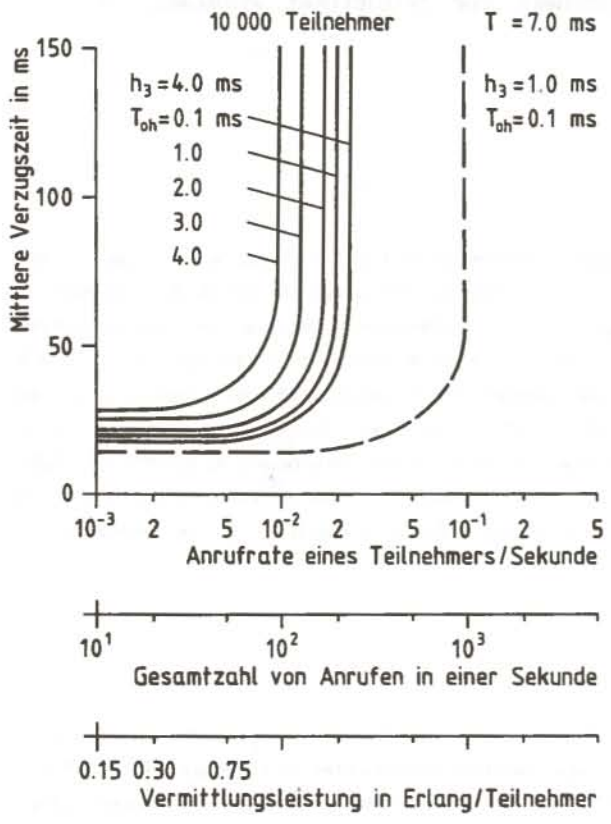
Ziel

Die Steuerung eines Vermittlungssystems hat die Aufgabe, die Gesamtheit aller Vorgänge, von der Einleitung eines Verbindungswunsches bis zur Auslösung einer Verbindung, abzuwickeln. Im besonderen muß die Steuerung in der Lage sein, die durch Mittelwert und Streuung vorgegebenen Verzugs- und Reaktionszeiten auf vermittlungstechnische Ereignisse einzuhalten. Solche vermittlungstechnischen Ereignisse sind z.B. das Wählen der Nummer eines Teilnehmers, oder auch das Abheben des Handapparates usw. Zentrale Aufgabe der Analyse des Verkehrsablaufs in einer Steuerung ist es daher, Aussagen über die Zeitdauer vom Auftreten einer Anforderung beim Teilnehmer bis zum Aufbau bzw. Auslösen einer Verbindung zu gewinnen. Darüber hinaus erlaubt die Verkehrsanalyse die Bestimmung der Auslastung der Prozessoren, die Dimensionierung der Puffer und der Verbindungssysteme, und sie liefert insgesamt Entscheidungshilfen für den Entwurf der Steuerungsstruktur.

Stand im Projekt

Ergebnisse zur Analyse des Verkehrsablaufs in der Steuerung der Breitbandvermittlungsstelle liegen von zwei Methoden vor. Einmal die Analyse des entsprechenden Warteschlangennetzes und zum anderen die Modellierung durch ein Petri-Netz mit statistischen Eigenschaften und dessen Analyse. Beide Verfahren unterscheiden sich in ihrem Vorgehen bei der Modellierung und in den Analysemethoden, liefern aber vergleichbare Ergebnisse für die Verkehrsanalyse. Das Vorgehen ist bekanntlich bei der Warteschlangenmethode wie folgt: 1) Entwurf des Warteschlangennetzes, 2) Zerlegung des Netzes in Teilsysteme und deren Analyse, und 3) Überlagerung der Teilergebnisse zu einem (aufgrund notwendiger Vereinfachungen) approximativen Gesamtergebnis. Bei der Modellierung durch ein Petri-Netz wird 1) ein korrektes Netz der gesamten Steuerungsstruktur entworfen, 2) dieses große Netz in ein überschaubares (kompaktes) Netz umgeformt, und 3) das statistische Modell dieses kompakten Netzes (Übergangsratenmatrix) "geeignet" zerlegt. Das kompakte Petri-Netz der Steuerung, dessen Größe unabhängig ist von der Zahl der Prozessoren der Steuerung und damit von der Ausbaustufe der Vermittlungsstelle, erhält man durch Färbung der Token (jeder der durch eine Token repräsentierte Prozessor hat seine eigene Farbe) und durch die Annahme markierungsabhängig feuernder Übergänge /8/. Für die Zerlegung der Übergangsratenmatrix wurde die aus der Warteschlangennetztheorie bekannte Methode der Fast-Vollständig-Zerlegbarkeit angewandt, der die Aggregation der Markierungszustände des Petri-Netzes zugrunde liegt. Diese Zerlegungsmethode wird mehrmals angewandt (multilevel aggregation) und zwar solange, bis die das Netz beschreibende Übergangsratenmatrix klein genug ist für die Lösung des Gleichungssystems der Zustandswahrscheinlichkeiten /9/. Auf diese Weise lassen sich für beliebig große Netze und auch für nicht-exponentiell verteilte Feuerungszeiten (Bedien- und Zwischenankunftszeiten) exakte Ergebnisse erzielen.

Der wesentliche Vorteil der Warteschlangenmethode ist es, für beliebig große Systeme rasch hinreichend genaue Ergebnisse zu liefern. Diese sind die beiden ersten Momente der Warte- und Verzugszeiten für den Verbindungsaufbau und die Dimensionierung der Puffer. Deren Nachteile sind die wenig detaillierte Beschreibung (nicht hardware- und software-nahe), Schwierigkeiten bei der Einbeziehung von Protokollen als auch bei der Hinzunahme einer Verfügbarkeitsanalyse des Systems. Diese Nachteile sind aber gerade die Vorteile des Petri-Netz-Ansatzes. Ein weiterer Vorteil einer Modellierung des Verkehrs in der Steuerung durch ein statistisches Petri-Netz ist die Möglichkeit, die Analyse automatisch durch ein Rechnerprogramm erledigen zu lassen. Wegen der noch fehlenden Software für die Zerlegung liegt ein quantitativer Vergleich beider Methoden nur für wenige Teilnehmer vor. Bei einem Ausbau dieses Konzepts könnte dem Systementwickler ein Werkzeug zur raschen Leistungsbewertung seiner Entwürfe zur Verfügung gestellt werden.



Bei der Analyse des Warteschlangennetzes der Steuerung wurde festgestellt, daß die Polling-Routinen im peripheren Bereich der Steuerung keine Engpässe darstellen. Dagegen ist im zentralen Bereich der Steuerung (Wegesuche) die taktmäßige Übergabe der Daten zum und vom Wegesuchprozessor eindeutig (und wie zu erwarten) der Flaschenhals des Systems. Freier Parameter der Datenübergabe ist die Zeitdauer T des Taktintervalls, deren optimaler Wert für die verschiedenen Ausbaustufen der Vermittlungsstelle (maximal 10.000 Teilnehmer) und für unterschiedliche Verkehrslast bestimmt wurde. Im beiliegenden Ergebnis (vergl. die Abbildung) wurde für eine mittlere Zeitdauer der Wegesuche im Koppelnetz von h_3 = 4 Millisekunden (ms) der Overhead im zentralen Bereich (T_{oh}) zwischen 0.1 und 4 ms variiert (der erste Wert dürfte am ehesten den Systembedingungen entsprechen). Die Ergebnisse für die mittlere Verzugszeit eines Verbindungsaufbaus zeigen, daß Sättigung im Bereich von $2*10^{-2}$ Anrufen pro Sekunde und pro Teilnehmer auftritt. Somit kann die Vermittlungsstelle im Endausbau (10.000 Teilnehmer) mehr als 100 Anrufe pro Sekunde bedienen und der minimale mittlere Anrufabstand, den die Steuerung bewältigt, beträgt 50 Sekunden. Legen wir eine mittlere Haltezeit von 150 Sekunden für eine Verbindung zugrunde, dann bedeuten diese Ergebnisse, daß jedem Teilnehmer leicht die Vermittlungsleistung von 1 Erlang zur Verfügung steht. Diese Ergebnisse gelten für den Schmalbandteil und auch für die Steuerung des Verbindungsaufbaus für das Bildfernsprechen, da beide Pfade im System identisch sind. Diese Ergebnisse berücksichtigen aber nicht die Modifizierung der Pollingroutinen der Gruppenprozessoren für die Bedienung von Breitbandverteildienstforderungen. Eine Abschätzung dieser zeigt, daß das System dafür genügend Reserve hat. Die Leistungsfähigkeit der Steuerung kann, bei Beibehaltung der Architektur (z.B. durch einen leistungsfähigeren Wegesuchprozessor oder durch eine verteilte Wegesuche in den Koppelnetzen mit z.B. einem Prozessor für jede Stufe) verbessert werden. Die Steuerung bewältigt dann Schmalband- bzw. Breitband-Signalisierung mit einem mittleren Abstand von 10 Sekunden (gestrichelte Linie in der Abbildung).

Projektleiter: Dr.J.Giglmayr

Zuwendungsgeber: HHI

Verteilung und Vermittlung von Breitbandsignalen nach dem Heterodynprinzip mit optischen Trägern

Ziel

In diesem Vorhaben werden die Anwendungen der breitbandigen optischen Trägerfrequenztechnik auf die lokale Netzebene in Laborexperimenten untersucht. Ein vielkanaliges Trägerfrequenzsystem entsteht durch Addition individuell modulierter frequenzverschiedener Laserwellen in einem passiven Sternkoppler. Durch abstimmbare optische Heterodynempfänger mit schmalbandigem Zwischenfrequenzfilter können einzelne Trägerfrequenzkanäle angewählt und getrennt verarbeitet werden /10, 11/.

Die Laborexperimente dieses Vorhabens sollen die mehrkanalige Teilnehmeranschlußleitung und die Vermittlung mittels Trägerfrequenzvielfach demonstrieren.

Stand im Projekt

Im Anschluß an die vierkanalige bidirektionale Teilnehmeranschlußleitung wurde eine zehnkanalige Trägerfrequenzübertragung im optischen Kurzwellenbereich aufgebaut. Dieses Experiment /12/ zeigt die Anwendbarkeit eines optischen Frequenzmultiplex auf ein Fernsehverteilsystem. Der Zehnkanalsender enthält zehn Laserdioden, die mit 70 Mbit/s Datensignalen nach dem PSK/FM-Verfahren moduliert sind. Nach der Zusammenfassung der um 6 GHz entfernten Träger in einem Faserstern wird das Summensignal über eine 3,5 km lange Monomodefaser zu einem durchstimmbaren optischen Heterodynempfänger geleitet, an dessen Ausgang die Bitfehlerrate gemessen wird /13/.

Für die Experimente wurde eine Trägerfrequenzstabilisierung entwickelt, bei der ein an einem temperaturgeregelten Faserringresonator stabilisierter Referenzlaser eine optische Frequenz erzeugt, zu der alle Trägerfrequenzen durch einen heterodynspektrometrischen Regelkreis auf eine konstante Differenzfrequenz gebracht werden.

Empfangsseitig wurde eine Lokallasersteuerung entwickelt, mit der ebenfalls nach einer heterodynspektrometrischen Methode die Lage von Sende- und Lokallaser auf der Frequenzachse ermittelt wird. Der zum Empfang eines gewünschten Senders benötigte Lokallaserstrom wird von einem Prozeßrechner bestimmt und eingestellt /113/. In Ergänzung des Zehnkanalexperiments wurde ein Übertragungsversuch mit einem im Projekt "Kohärente optische Breitbandübertragung für den Weitverkehr" entwickelten optischen Wanderwellenverstärker unternommen, bei dem die Übertragungseigenschaften des Verstärkers, wie Kanalübersprechen und Frequenzgang der Verstärkung im Vordergrund standen /14/. Ein Versuchsaufbau zu einer HDTV-fähigen kohärenten Übertragung (λ = 830 nm) mit einer FSK-Modulation bei 1,13 Gbit/s wurde aufgebaut /112/. Die bis jetzt gemessenen Bitfehlerraten dieses Kanals, der parallel zu den 70 Mbit/s-Kanälen auf der Teilnehmerleitung übertragen werden soll, konnten bei einer Rauschfolge (2^{23}- 1 Bit Länge) auf 10^{-9} verbessert werden.

Die experimentelle Untersuchung des Kanalnebensprechens durch Fasernichtlinearitäten bildete einen weiteren Schwerpunkt. Im Berichtsjahr stand die Vierwellenmischung /15, 16/ im Vordergrund. Gemessen wurden die von zwei und drei Trägern am Ende der Übertragungsfaser gebildeten Mischprodukte bei definierter Trägereingangsleistung. Aus diesen Ergebnissen wurden für Übertragungssysteme mit höherer Kanalzahl die maximal zulässigen Kanalpegel berechnet. Die Ergebnisse zeigen, daß im Ortsbereich dieser Effekt auch unter ungünstigsten Bedingungen vernachlässigt werden kann. Als kritisch könnte sich eine kohärente vielkanalige Fernübertragung erweisen, weil hier lange Fasern mit niedriger Dispersion und Dämpfung verwendet werden. Ergänzende Messungen zum Brillouineffekt erfaßten den Einfluß der Faserdotierung /17/.

Die für die Experimente benötigten mikrooptischen Bauelemente wurden weiter entwickelt. Die Faserkoppler werden nach dem Anschleif- und dem Schmelzverfahren /111/ hergestellt. Für den Schmelzkoppler entstand durch Verwendung einer präzise einstellbaren Butanflamme ein kontrollierter und reproduzierbarer Herstellungsprozeß. Dabei konnten Koppler mit nur 8% "Excess loss" hergestellt werden.

Projektleiter: Prof.Dr.B.Strebel

Zuwendungsgeber: DBP

Coherent Multi-Channel Techniques for Integrated Broadband Subscriber Communication Systems

Ziel

RACE ist ein Programm der Europäischen Gemeinschaft zur Forschung und Entwicklung im Bereich fortgeschrittener Kommunikationstechnologien für Europa. Ziel von RACE ist es, die Entwicklung eines europaweit integrierten Breitbandnetzes (IBCN) voranzutreiben. Die Entscheidung über die Durchführung der für 1987-1991 vorgesehenen Hauptphase von RACE liegt zur Zeit (Feb. 87) noch nicht vor. Der Rat der Europäischen Gemeinschaften hat jedoch Ende 1985 die Durchführung einer einjährigen Definitionsphase für RACE beschlossen, in der ein IBCN-Referenzmodell entwickelt und unterschiedliche technologische Optionen zur Realisierung eines IBCN untersucht und bewertet werden sollten. Das HHI hat sich mit zwei Projekten an der RACE Definitionsphase (RDP) beteiligt, von denen eines das hier beschriebene Project RDP 1032 "Coherent Multi-Channel Techniques for Integrated Broadband Subscriber Systems" war. Partner des HHI, das die Rolle des "Prime Contractors" übernommen hatte, waren das Forschungsinstitut der AEG AG, Ulm, die Philips Research Labs in Eindhoven (NL) und Plessey Research (Caswell) Ltd., (UK). Ziel des Projekts war es, künftige Einsatzmöglichkeiten und Eigenschaften kohärenter optischer Vielkanalsysteme (CMC-Systeme) im Teilnehmerbereich eines IBCN zu analysieren und die für die Realisierung derartiger Systeme erforderlichen Komponenten zu definieren und zu untersuchen.

Stand im Projekt

Das Projekt ist Ende 1986 abgelaufen. Zur Zeit wird noch am Abschlußbericht gearbeitet. Wesentlichstes Ergebnis der Systemanalyse ist das Dokument RDPS-3, das im Juni 1986 und, in erweiterter Form als RDPS-3B im November 1986, bei der Kommission der Europäischen Gemeinschaften eingereicht wurde. Hierin wird ein Scenario zur stufenweisen Einführung von CMC-Systemen im Teilnehmerbereich eines IBCN beschrieben. Die Eigenschaften von CMC-Teilnehmersystemen werden mit denen von Zeitmultiplex-Teilnehmersystemen verglichen. Wesentlichste prinzipielle Vorteile der CMC-Systeme sind eine hohe Systemflexibilität und hohe Ausfallsicherheit. Bei der Realisierung von Verteildiensten ist keine Verteilvermittlung in der Zentrale erforderlich, da sämtliche zu verteilenden Programme zum Teilnehmer übertragen werden können. Außerdem kann mit jedem Sendelaser eine große Anzahl von Teilnehmern mit dem ihm zugeordneten Programm versorgt werden /11/. Weitere wesentliche Ergebnisse dieses Projekts wurden durch experimentelle Arbeiten gewonnen, bei denen von zwei Partnern (Philips und Plessey) selbst entwickelte DFB-Laser hinsichtlich ihrer Mittenfrequenz stabilisiert und zu Überlagerungsexperimenten verwendet wurden.

Projektleiter: Dipl.-Ing. G.Heydt

Zuwendungsgeber: Europäische Gemeinschaft

Kohärente optische Breitbandübertragung für den Weitverkehr

Ziel

Das von der Deutschen Bundespost vorgelegte Konzept zur Weiterentwicklung der Fernmeldeinfrastruktur sieht für das Jahr 1992 den Übergang zum Breitbanduniversalnetz (IBFN) vor, in das neben der breitbandigen Individual-Kommunikation auch breitbandige Verteildienste einbezogen werden. Verglichen mit einem Schmalband-ISDN-Kanal wird für einen Bewegtbildkanal etwa die 2000fache Übertragungskapazität benötigt. Dies wird im Bereich des Fernnetzes des IBFN selbst bei geringer Verbreitung des Bildfernsprechens zu außerordentlich hohen Informationsströmen führen, deren kostengünstige Übertragung als derzeit ungelöstes Problem anzusehen ist. So ist der Aufwand für die in den optischen Fernübertragungsstrecken benötigten Ketten von breitbandigen optoelektronischen Repeatern hinsichtlich Hardware, Platz- und Leistungsbedarf derzeit so beträchtlich, daß er wirtschaftlich nicht vertretbar sein dürfte.

Eine Lösung des Problems könnte der Einsatz optischer Wanderwellenverstärker statt optoelektronischer Regenerierverstärker sein. Unter der Voraussetzung, daß optische Trägerfrequenzen mit sehr geringem Trägerabstand (einige GHz) gewählt werden, können mit einem einzigen Wanderwellenverstärker prinzipiell mehrere optische Breitbandsignale gemeinsam verstärkt werden. Hierdurch ließe sich der Aufwand in den Regenerierverstärker-Stationen drastisch reduzieren, da der optische Wanderwellenverstärker selbst nur die Größe und den Stromverbrauch einer Laserdiode hat. Die Trennung der dicht benachbarten optischen Träger am Ende der Ferntrasse muß allerdings mit optischen Überlagerungsempfängern erfolgen, die durch elektronische Filterung im Mikrowellenbereich hinreichend selektiv sind. Eine Kanaltrennung mit konventionellen optischen Filtern ist nicht möglich. Das Ziel des Vorhabens ist, die Aussichten des Einsatzes optischer Wanderwellenverstärker zur breitbandigen mehrkanaligen Fernübertragung zu untersuchen.

Stand im Projekt

Zur Realisierung eines optischen Wanderwellenverstärkers müssen Halbleiterlaser entspiegelt werden. Aus Kostengründen wurden die Entspiegelungsarbeiten, die zusammen mit dem Bereich Integrierte Optik des HHI durchgeführt werden, zuerst an billigen kurzwelligen (λ = 0,8 µm) Halbleiterlasern vorgenommen, um verschiedene Bedampfungs- und Meßverfahren zu erproben. Die entspiegelten Laser wurden anschließend auf ihren Einsatz als optische Verstärker untersucht. Es zeigte sich, daß diese optischen Verstärker für die mehrkanalige Übertragung von Signalen ungeeignet sind, wenn Amplitudenmodulation benutzt wird, da es in diesem Fall zu einem starken Übersprechen der Kanäle kommt /19 - 21/. Andererseits konnte bei Anwendung von Frequenzmodulation in Zusammenarbeit mit dem Projekt "Verteilung und Vermittlung von Breitbandsignalen nach dem Heterodynprinzip" ein erfolgreicher Einsatz des optischen Verstärkers in einem kohärenten optischen Zehn-Kanal-System demonstriert werden /14, 22/. Diese Ergebnisse zeigen, daß unter geeigneten Bedingungen gute Aussichten für den Einsatz des optischen Wanderwellenverstärkers zur breitbandigen mehrkanaligen Fernübertragung bestehen. Mit diesem Ergebnis wurden die Arbeiten an den kurzwelligen Lasern unterbrochen und Arbeiten an langwelligen Lasern (1,3 µm) aufgenommen. An den langwelligen Lasern wurden Entspiegelungen mit einer Restreflexion von weniger als 10^{-3} erreicht und optische Wanderwellenverstärker mit einer Verstärkung von etwa 20 dB bei einer Restwelligkeit von 3 dB realisiert.

Für die weiteren Untersuchungen im Langwellenbereich wird an der Entwicklung eines Laboraufbaus gearbeitet, mit dem die Signale zweier optischer Kanäle mit einem Frequenzabstand von wenigen GHz über einen optischen Verstärker verstärkt und am Ende des Übertragungsweges durch optische Überlagerungsempfänger selektiert werden. Die Übertragung für einen optischen Kanal wurde fertiggestellt. Die wichtigste Voraussetzung waren Single-Mode-Laser mit hoher Nebenmodenunterdrückung, mit schmaler Linienbreite und großer

Langzeitstabilität. Zu diesem Problem wurden theoretische und exerimentelle Arbeiten durchgeführt /23 - 25/. Zwei Konfigurationen für langwellige Laser (1,3 µm) wurden aufgebaut. Die eine Version ist sehr kompakt mit einer Länge von etwa 2 cm, mit einer kontinuierlichen Durchstimmbarkeit von etwa 20 GHz und mit einer Linienbreite von 1 ± 0,5 MHz. Eine direkte Frequenzmodulation dieses Sendemoduls ist ebenfalls möglich, falls zu Linienbreiten > 5 MHz übergegangen wird. Die zweite Version benutzt einen einseitig entspiegelten Laser, einen externen Resonator mit einer Länge von etwa 20 cm und ein Gitter zur Modenselektion. Diese Laser-Konfiguration ermöglicht Linienbreiten von etwa 10 kHz und eine Durchstimmbarkeit von etwa 40 nm. Beide Laser-Konfigurationen, die eine als Sender und die andere als lokaler Oszillator wurden in dem Übertragungssystem eingesetzt. Mit Hilfe einer automatischen Frequenzstabilisierung konnte über einen Zeitraum von bis zu 30 Minuten eine stabile Zwischenfrequenz mit einer Linienbreite von etwa 1 MHz gemessen werden. Ein Übertragungsexperiment mit Amplitudenmodulation ergab unter guten Bedingungen eine Grenzempfindlichkeit von -37 dBm bei einer BER = 10^{-9}. Andere Modulationsverfahren wurden bisher nicht benutzt, da sich das Hauptinteresse zunächst auf Untersuchungen zum optischen Heterodynempfänger mit Polarisations-Diversity konzentrierte. Die Arbeiten am kohärenten optischen Übertragungssystem führten zu einigen Veröffentlichung /26 - 28/.

Projektleiter: Dr.H.G.Weber

Zuwendungsgeber: BMFT

Analyse der Übertragung mehrerer kohärenter optischer Signale in Monomodefasern und von Halbleiteroberflächen

Ziel

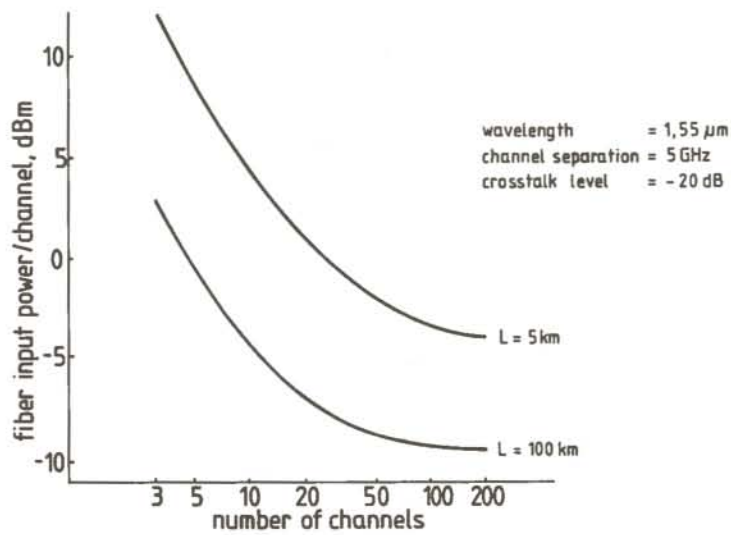
Bei vielkanaligen kohärenten optischen Übertragungssystemen kann die erreichbare Kanalzahl durch in der Monomodefaser auftretende nichtlineare Effekte (Raman-Streuung, Brillouin Streuung) begrenzt werden. Dabei können Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Trägerfrequenzsignalen zu Störungen wie z.B. zu Nebensprechen führen. Während die Auswirkungen der nichtlinearen Effekte auf einkanalige kohärente optische Übertragungssysteme bereits eingehend untersucht worden sind, ist ihr Einfluß auf vielkanalige Systeme noch weitgehend ungeklärt. Ziel des im Auftrag des Heinrich-Hertz-Instituts im Weizmann Institute of Science in Israel bearbeiteten Vorhabens ist, das Ausmaß der durch die nichtlinearen Effekte verursachten Störungen sowohl theoretisch abzuschätzen als auch experimentell zu ermitteln. Hieraus soll auf die Grenzen geschlossen werden, die sich für die Realisierung vielkanaliger Systeme ergeben. Es wird angestrebt, Methoden zu finden, mit denen sich die Auswirkungen der nichtlinearen Effekte reduzieren lassen.

Stand im Projekt

Die Arbeiten konzentrierten sich bisher auf die Untersuchung von Auswirkungen der stimulierten Brillouin-Streuung (SBS) und der Vier-Wellen-Mischung (FWM), da speziell von diesen Effekten Störungen bei vielkanaligen Systemen zu erwarten sind.

Die Untersuchung der Auswirkungen der SBS in Systemen mit sich in entgegengesetzter Richtung ausbreitenden optischen Wellen wurden fortgesetzt. Dabei ergab sich, daß die Form der Brillouin-Verstärkungskurve sowohl von der Dotierung als auch vom Brechungsindexprofils der verwendeten Faser abhängig ist. Messungen an drei verschiedenen Monomodefasern bei 830 nm ergaben für eine Stufenindexfaser eine Bandbreite der Brillouin-Verstärkungskurve von 90 MHz, während bei einer Faser mit Gradientenindexprofil ein Wert von 215 MHz ermittelt wurde. Die Dotierung der Faser beeinflußt dagegen die Frequenzverschiebung der Verstärkungskurve. Sie lag bei einer reinen Siliziumfaser bei 21,6 GHz und bei 20 GHz bei einer mit P_2O_5 dotierten Faser /17/. Bei richtiger Dimensionierung eines optischen Vielkanalsystems sind von diesen Effekten keine Störungen zu erwarten. Sie können jedoch möglicherweise zur Fasercharakterisierung ausgenutzt werden.

Die Untersuchungen von Nebensprecheffekten, die durch FWM verursacht werden, wurden ebenfalls fortgesetzt. Dabei wurden drei optische Träger in eine 3,5 km lange Glasfaser eingespeist, wobei die Frequenzdifferenz der Träger über einen Bereich von etwa 30 GHz variiert werden konnte. Insgesamt konnten neun durch FWM erzeugte Träger beobachtet werden. Bei Eingangsleistungen unter 1 mW der Träger betrug die Leistung der Störträger bis zu einigen 100 pW. Aus dem gezeigten Bild ergibt sich, daß für einen vorgegebenen



Nebensprechpegel von -20 dB und bei 100 Kanälen mit jeweils 5 GHz Abstand die je Träger zulässige Eingangsleistung bei einer 5 km langen Faser (Teilnehmeranschluß) bei etwa -2 dBm und bei einer 100 km langen Faser bei etwa -9 dBm liegt /16/. Da bei der Fernübertragung möglichst hohe Eingangsleistungen gefordert sind, kann die FWM hierfür durchaus als begrenzender Faktor angesehen werden. Für den Teilnehmerbereich dürfte sie keine Bedeutung haben.

Im Berichtszeitraum war einer der Mitarbeiter des Projektes für etwa drei Monate im HHI, um, zusammen mit Mitarbeitern des HHI und mit einem japanischen Gastwissenschaftler, an dem hier vorhandenen mehrkanaligen Experimentalsystem Messungen zur SBS und zur FWM durchzuführen.

Projektleiter: Prof. A.A.Friesem (Weizmann Institute of Science, Israel) Zuwendungsgeber: BMFT

Lokale Breitbandkommunikation mit optischer Vermittlungstechnik

Ziel

Das Vorhaben befaßt sich mit einem Breitbandkommunikationssystem für den Inhouse-Bereich, bei dem die Vermittlung auf optischem Wege erfolgen soll. Interne Netze eignen sich besonders für einen ersten Einsatz der optischen Vermittlungstechnik, weil verglichen mit dem öffentlichen Bereich Teilnehmeranschlußlängen und Teilnehmerzahlen klein sind. Ziel der Arbeiten ist die Entwicklung eines Experimentalsystems und dessen exemplarischer Aufbau für 4 Teilnehmer. Die für die optische Vermittlungstechnik erforderlichen $LiNbO_3$ Komponenten werden vom Bereich Integrierte Optik entwickelt.

Das Systemkonzept sieht die Trennung der Schmal- und Mittelbanddienste einerseits und der Breitbanddienste andererseits innerhalb einer sternförmigen Netzstruktur vor. Die Vermittlung der Schmal- und Mittelbanddienste erfolgt als Kanalvermittlung durch ein Zeitmultiplex-Zugriffsverfahren über einen monomodalen Transmissions-Sternkoppler. Bei der Entwicklung der Teilnehmerstationen wurde besonders Wert auf ein schnelles Durchschalten der Kanäle gelegt ("fast circuit switching"). Die in die Sende- und Empfangsfaser beim Sternkoppler einzufügenden $LiNbO_3$-Einzelschalter verhindern das Abhören und (mutwillige) Gesprächsstörungen bei der im Schmal-/Mittelbandteil des Systems eingesetzten dezentralen Vermittlung. Diese Einzelschalter werden von einer zentralen Einheit - der Monitorstation - gesteuert, die außerdem die im Schmalbandteil des Systems abgewickelte Breitbandsignalisierung der zentralen Koppelfeldsteuerung des Breitbandteils übermittelt. Die Vermittlung der Breitbanddienste soll über ein mehrstufiges optisches Koppelfeld aus $LiNbO_3$ Schaltmatrizen vorgenommen werden. Die Ausführung als reines Raumkoppelfeld bietet die Möglichkeit, anwenderspezifische Breitbandkanäle bitratenunabhängig durchzuschalten.

Neben der Entwicklung und dem Aufbau des Experimentalsystems sind weitere Ziele des Vorhabens die kritische Untersuchung der eingesetzten optischen Vermittlungstechnik /32/ und des Systemkonzepts, besonders in Hinblick auf den langfristig zu erwartenden Einsatz von Komponenten der Integrierten Optik auf InP-Basis.

Stand im Projekt

Der Schmal-/Mittelbandteil des Experimentalsystems ist in vollem Umfang entwickelt und mit der geplanten Zahl von 4 Teilnehmerstationen in einem für das System eingerichteten Raum aufgebaut. Der Betrieb erfolgt noch ohne die Zusatzfunktion der $LinbO_3$-Schalter, da Probleme mit der Drift und der Stabilität der Faser/Substrat Kopplung überwunden werden müssen.

Das System wird routinemäßig mit Fehlerratenmessungen (Datenrate max. 90% der Gesamtnutzkapazität) betrieben, die Bitfehlerrate ist besser als 10^{-9} /31/. Die schnelle Durchschaltevermittlung wurde meßtechnisch nachgewiesen. Unabhängig vom Belegungszustand des Systems wurden für ISDN-Dienste Auf- und Abbauzeiten von weniger als 1 ms erreicht; bei den Mittelbanddiensten liegen die Zeiten bei max. 1,5 ms.

Die Hardware der zentralen Steuerung des Breitbandteils wurde im Berichtszeitraum einschließlich der Basis-Steuerungssoftware entwickelt; die erforderlichen optischen Übertragungsstrecken sind im Aufbau und zum Teil installiert. Auch bei den $LiNbO_3$-Schaltmatrizen bestehen noch Probleme mit der Stabilität der Faser/Substrat Kopplung.

Projektleiter: Dr.Th.Hermes

Zuwendungsgeber: BMFT

Abteilung Signalaufbereitung und Endeinrichtungen

Übersicht

Die Forschungsschwerpunkte der Abteilung liegen auf dem Gebiet des Hochauflösenden Fernsehens (HDTV) und, mit zunehmender Ausrichtung auf HDTV, auf den Gebieten Bildsignalcodierung und Entwicklung hochintegrierter Schaltungen.

Ein HDTV-System mit verdoppelter Zeilenzahl, digitaler Obertragung zum Teilnehmer in einem zukünftigen Glasfasernetz, digitaler Signalverarbeitung mit Bildspeichern und gesichtsfeldfüllender Großbildwiedergabe, die den Eindruck der "Telepräsenz" vermitteln kann, ist unsere Zielvorstellung. Ein derartiges System unterscheidet sich eindeutig von anderen, die im Rahmen bestehender Standards Verbesserungen erzielen. Eine zentrale Rolle spielt die Realisierbarkeit eines Großbilddisplays hoher Auflösung und großer Helligkeit ohne Flimmern. Hierzu ist die Videoprojektion auf der Basis von "Lichtventilen" einsetzbar. Im Rahmen des Forschungsvorhabens "HDTV-Lichtventilprojektor" wird ein Prototyp-Gerät für 1000 Zeilen Auflösung und 2,5 m Bilddiagonale fertiggestellt werden, das mit einer im Vakuum von einem Elektronenstrahl angesteuerten Flüssigkeitsschicht als Lichtventil arbeitet. Festkörperlichtventile, die kein Vakuum erfordern und z.B. mit aktiven Matrix-Schaltkreisen angesteuert werden, sind als nächster Entwicklungsschritt Ziel des Vorhabens "Lichtventil-Steuerschichten zur HDTV-Großbildwiedergabe". Die digitale Obertragung von HDTV-Signalen bis zum Teilnehmer mit reduzierter Bitrate bei gleichzeitig durch Vollbildwiedergabe und Signalverbesserungsverfahren erhöhter Bildqualität bildet die Aufgabe des Vorhabens "HDTV-Signalverarbeitung". Die experimentelle Erprobung in Zusammenarbeit mit der Abteilung Vermittlung und Obertragung und dem Sender Freies Berlin (SFB) sind eingeschlossen. Eine Glasfaserstrecke zum SFB ist bereits in Betrieb. Zusätzlich werden im Projekt Grundlagenuntersuchungen zur HDTV-Normwandlung durchgeführt. Eine echt räumlich wirkende Wiedergabe von Bildern ohne Stereobrille ist das Fernziel einer zukünftigen Telepräsenz-Obertragung. In dem Projekt "Obertragung räumlicher Bilder" soll ein Versuchssystem aus Aufnahme und Wiedergabe die Anwendung der Linsenrasterprojektion auf eine Fernsehübertragung zeigen. Auch die Anwendung holografischer Verfahren zur Wiedergabe solcher Parallax-Panoramagramme ist untersucht worden.

Aus dem Arbeitsbereich der Bildsignalcodierung sind Codiergeräte entstanden, die im Fernbereich die Obertragung von Videokonferenzsignalen mit 2 Mbit/s in TV-Qualität oder mit 384 kbit/s einschließlich Fehlerkorrektur und digitales Fernsehen mit z.B. 72 Mbit/s in einem Glasfaserortsnetz ermöglichen (Projekt: "Einsatz von Codiertechniken für die Breitbandkommunikation"). Durch neuartige Schaltungskonzepte konnte der Aufwand erheblich reduziert werden. Zukünftige Arbeiten zur Bildcodierung werden sich ausschließlich auf HDTV beziehen.

Die IC-Entwicklungen betreffen derzeit programmierbare Signalprozessoren. CAD-Hilfsmittel des HHI und des VDI-Technologiezentrums werden eingesetzt und führen bis zum Maskenlayout des VLSI-Chips. Die ständig steigende Vielfalt der Aufgaben im Bereich der digitalen Signalverarbeitung läßt die Konzeption eines universell einsetzbaren Signalprozessors attraktiv erscheinen. Ein programmierbarer Gleitkomma-Signalprozessor als "Full Custom Design" wird in einer 2µ-CMOS-Technologie der Firma Siemens in dem Projekt "Hochintegrierter Signalprozessor für die Telekommunikation" entstehen und zusammen mit einem Entwicklungssystem ab Mitte 1987 zur Verfügung stehen. Auf der Basis von ECL-Gate-Arrays und mit speziellen Prozessorstrukturen läßt sich auch für die Echtzeitverarbeitung von digitalen Videosignalen ein programmierbarer Signalprozessor realisieren, wie mit den Ergebnissen des Projektes "Programmierbarer Video-Signalprozessor" gezeigt werden konnte. Hochintegrierte, digitale Systeme müssen auch für HDTV realisierbar werden. Die Arbeiten zu VLSI-Realisierungen werden sich daher zukünftig auf diese Aufgabe konzentrieren.

HDTV-Lichtventilprojektor

Ziel

Für ein zukünftiges HDTV-System ist ein lichtstarkes Wiedergabegerät mit hoher Auflösung Voraussetzung. Die angestrebte Bilddiagonale von 2m bis 2,5m kann voraussichtlich nur durch Projektionsverfahren erzielt werden.

Mit den im Vorläufer-Projekt erarbeiteten Vorschlägen als Basis soll der Prototyp eines HDTV-Einröhren-Lichtventilprojektors mit flüssiger Steuerschicht entwickelt werden. Gegenüber bisher verfügbaren Geräten soll der Lichtstrom auf 1000 Lumen und die Auflösung auf 1000 Zeilen pro Bildhöhe erhöht werden. Dazu müssen einerseits im Beleuchtungsstrahlengang und bei der Farbfilterung des Schlierenprojektionssystems neue Konzepte - wie gekrümmte Vielfachzylinderlinsen und Interferenzfilterstreifen - erprobt werden. Andererseits muß für eine gesteigerte Auflösung die Steuerschichtfläche vergrößert werden, da - bedingt durch physikalische Schichtparameter - die Bildpunktgröße nicht wesentlich verkleinert werden kann. Mit einer zu entwickelnden Elektronenstrahlquelle muß die Ladungsdichte auf der Steuerschicht angehoben werden, um bei feineren Bildstrukturen einen gleichbleibenden Beugungswirkungsgrad zu erzielen. Durch optimierte Trägerfrequenzverhältnisse und dynamisch korrigierte Elektronenstrahlablenkung sollen Kontrast, Farbübersprechen und Farbreinheit verbessert und Störstrukturen unterdrückt werden.

Die Entwicklung und Konstruktion eines neuen Projektionsobjektives mit Schlierenlinse wird von der optischen Industrie übernommen. Die Lichtausbeute soll mit einer eigens entwickelten Projektionslampe verbessert werden.

Die experimentelle Bestätigung zu diesen Oberlegungen und die nachfolgende Optimierung werden bei noch kleiner Steuerschichtfläche - und damit verminderter Auflösung - mit den herkömmlichen Projektionsobjektiven durchgeführt werden. In dem eigentlichen Prototyp werden dann die erprobten Verfahren und Konstruktionen an die vergrößerte Steuerschichtfläche angepaßt. Zahlreiche Industriefirmen sind an der Entwicklung der Bauteile beteiligt.

Stand im Projekt

Die Konstruktion des Ventilteils für Steuerflüssigkeit, Heizung, Scheibendrehung und Filterpumpe ist abgeschlossen. Der Aufbau ist bis auf das Lichtaustrittsvakuumfenster fertiggestellt. Das Fenster wird in Zusammenarbeit mit der Fa. Schott Landshut mit dem Ventilanschluß verlötet werden. Der dynamische Betrieb des Lichtventils- noch ohne Steuerflüssigkeit - wurde aufgenommen. Die Steuerflüssigkeit wird in zwei verschiedenen Verfahren am Institut für organische Chemie der FU-Berlin synthetisiert. Bei einem schnellen Verfahren mit großer Ausbeute wird das Mischungsverhältnis der Komponenten durch den Syntheseprozeß festgelegt, bei einem gründlicheren Verfahren werden alle Komponenten einzeln mit unterschiedlicher Ausbeute hergestellt und im optimalen Verhältnis gemischt. Zur Zeit liegen von den Komponenten erst einige Milliliter vor. Das Dampfdruckverhalten in Abhängigkeit von der Temperatur wurde bei der Flüssigkeit von General Electric, bei Polysiloxan und dem aus der Schnellsynthese gewonnenen Material bestimmt. Bei diesem Vergleich schnitt das Polysiloxan am besten ab.

Die Ansteuerung des Projektors über einen 230 MHz-Modulator mit Kontrast- und Helligkeitsregelung und Leistungsverstärker ist fertiggestellt. Konzept und Aufbau zur Erzeugung von dynamischen Korrektursignalen sind abgeschlossen. Die Steuerung vom Tischrechner aus wurde erprobt. Aus einer Berechnung 3-dimensionaler Potentialfelder werden die notwendigen Ablenk- und Fokuskorrekturwerte ermittelt. Die Elektronenstrahlquelle wurde für den Betrieb mit Mischoxid- und Vorratskathode sowie mechanischer Justierbarkeit umkonstruiert. Anodenschlitzblenden der Größe 5µm x 25µm wurden mit Hilfe des Instituts für Schweißtechnik der TU-Berlin hergestellt.

Ein von der Fa. Zeiss vorgelegter Entwurf eines Projektionsobjektivs muß wegen der zu großen Abmessungen (Durchmesser 17cm, Lange 46cm) überarbeitet werden. Geringere Anforderungen an die Auflösung, wie sie nach jetzt durchgeführten Rechnungen ohne Einbuße an Bildqualität zulässig sind, lassen bei dem neuen Entwurf eine deutlich reduzierte Baugröße erwarten. Für die gleichmäßige Ausleuchtung der Lichtsteuerschicht wurden senkrecht zueinander orientierte Zylinderlinsen berechnet und bei der Fa. Dr. Genthe AG gepreßt. Die Prüfung zeigte nur unwesentliche Formabweichungen.

Projektleiter: Dr. Th. Rosin

Zuwendungsgeber: BMFT

Lichtventil-Steuerschichten zur HDTV-Großbildprojektion

Ziel

Lichtventile bieten die Möglichkeit, gleichzeitig eine hohe Auflösung und einen großen Lichtstrom zu erzielen. Damit erfüllen sie die wesentlichen Voraussetzungen zum Einsatz in einem HDTV-Großbildprojektor. Lichtventile unterscheiden sich zum einen im verwendeten Lichtsteuerverfahren (Beugung, Streuung, Polarisation, Absorption, etc.) und zum anderen in der Art der elektrischen Ansteuerung (passive oder aktive Matrix, Elektronenstrahl, Laser, etc.). Insgesamt ergibt sich eine Reihe von Steuerschicht-Ansteuerungs-Kombinationen mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen.

Während im parallel laufenden Vorhaben "HDTV-Lichtventil-Projektor" das bekannte und kommerziell eingesetzte Verfahren der Elektronenstrahl-Abrasterung einer als Beugungselement wirkende flüssigen Steuerschicht für HDTV-Anforderungen weiterentwickelt wird, sollen in diesem Projekt alternative Steuerschichten und Ansteuerungen auf ihre eventuelle Tauglichkeit für einen zukünftigen HDTV-Lichtventil-Projektor untersucht werden. Dabei werden gezielt reine Festkörper-Technologien herangezogen, weil mit solchen Verfahren ein kompaktes und kostengünstiges Gerät leichter zu realisieren sein dürfte.

Als Steuerschichten sollen Materialien herangezogen werden, die ihre prinzipielle Eignung zur räumlichen Lichtmodulation schon bewiesen haben: Elastomer-Gel-Schichten als Beugungselemente analog der o.g. Flüssigkeitsschicht und elektro-optische Kristalle oder Keramiken zur Polarisationsdrehung. Bei beiden Steuerschichtprinzipien sind die physikalischen Grenzen im Hinblick auf eine Verwendung für HDTV herauszufinden.

Zur Ansteuerung sollen vorrangig aktive Matrizen eingesetzt werden, wobei für Elastomerschichten die Siliziumtechnologie sinnvoll verwendet werden kann, während bei den elektro-optischen Materialien wahrscheinlich mit Dünnfilm-Transistoren gearbeitet werden muß, um die erforderlichen relativ hohen Spannungen schalten zu können. Auch bei den aktiven Matrizen geht es in diesem Vorhaben hauptsächlich darum, die prinzipiellen Grenzen und Möglichkeiten aufzuzeigen.

Stand im Projekt

Die analytische Beschreibung des Verformungsverhaltens von viskoelastischen Schichten bei direkter elektrischer Ansteuerung wurde umfassend quantitativ ausgewertet. Sowohl das Zeitverhalten als auch der Ortsfrequenzgang wurden in Abhängigkeit von den Parametern Schubmodul, Viskosität, äquivalente Oberflächenspannung, Schichtdicke, elektrische Vorspannung und Signalspannung graphisch dargestellt, wobei für die Praxis relevante Parameterbereiche ausgewählt wurden /37,38/. Aus dem Zeitverhalten ergeben sich zusammen mit der Speichereigenschaft der aktiven Matrix an jedem Bildpunkt große Vorteile gegenüber einer mit einem Elektronenstrahl angesteuerten flüssigen Steuerschicht /106/, weil die Verformung schnell ansteigt und dann über die Abtastperiode konstant bleibt /37/, so daß ein hoher Lichtstrom und sehr geringes Flimmern erreicht werden. Für den Bereich niedriger Ortsfrequenzen und für den bei der Steuerschicht-Optimierung besonders wichtigen Bereich der hohen Ortsfrequenzen (hohe Auflösung bei kleiner Steuerschichtfläche) konnten einfache Näherungsgleichungen hergeleitet werden, die den unterschiedlichen Einfluß der verschiedenen Parameter besonders deutlich werden lassen. Aufgrund der theoretischen Analyse wurden auch alternative geometrische Anordnungen vorgeschlagen, die eine Reihe von Vorteilen aufweisen /37/.

Die experimentellen Untersuchungen an viskoelastischen Steuerschichten bestanden zum einen aus Beugungsexperimenten auf der optischen Bank und zum anderen aus Interferenzmessungen unter dem Mikroskop. Aus dem zeitlichen Verlauf der Beugungsintensitäten in den ersten drei Ordnungen wurde, unter der Annahme sinusförmiger Deformationen, das Zeitverhalten der Verformung ermittelt; die Ergebnisse stimmen qualitativ mit den theoretischen Resultaten überein /37/. Das Differential-Interferenz-Kontrast (DIK)-Verfahren wurde eingesetzt, um die wellenförmige Steuerschicht-Verformung unter dem Mikroskop sichtbar zu machen. Quantitative Bestimmungen der Verformung waren mit einer Mirau-Interferenzeinrichtung möglich, wobei sich Verformungsamplituden in der für einen hohen Lichtstrom erforderlichen Größenordnung von 0,1µm ergaben /37/. Dabei zeigte sich auch, daß nur bei relativ hohen Ortsfrequenzen und schmalen Zwischenräumen zwischen den Elektrodenstreifen mit einer rein sinusförmigen Verformung gerechnet werden kann. Weiterhin wurden Ansteuerelektrodengitter für einen weiten Bereich von Gitterperioden entworfen und beschafft sowie verstellbare Probenhalterungen für die verschiedenen geometrischen Steuerschicht-Anordnungen erstellt. Neue Verfahren zur spektral-photometrischen oder interferometrischen Dickenbestimmung von Schichten und Luftspalten und zur zweidimensionalen, rechnergestützten Aufnahme des Verformungsprofils sind im Aufbau.

Bei den elektro-optischen Kristallen wurden die "festen Lösungen" (Mischkristalle) Strontium-Barium-Niobat (SBN) und Kalium-Tantalat-Niobat (KTN) als besonders aussichtsreiche Kandidaten für Lichtventil-Anwendungen ermittelt; dabei versprechen schräge Kristallschnitte (55°) niedrige Ansteuerspannungen von 100V und weniger /38/. Mit dem Laboratorium für Festkörperphysik der ETH Zürich wurde vereinbart, daß dort für uns KTN-Proben gezüchtet und die Möglichkeit zur Herstellung von Dünnschicht-Kristallen in Vorversuchen untersucht wird; SBN-Proben konnten gekauft werden, wobei allerdings die schrägen Schnitte sowie die Oberflächenpolituren selbst vorgenommen werden müssen. An gängigen elektro-optischen Kristallen wie $LiNbO_3$ und DKDP wurden bereits polarisationsoptische Untersuchungen zur natürlichen und zur elektrisch induzierten Doppelbrechung durchgeführt, so daß die notwendigen Verfahren für Experimente an KTN und SBN zur Verfügung stehen.

Aktive Matrizen in Silizium-Technologie werden für uns beim Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme in Duisburg entwickelt und hergestellt. Zur Vorbereitung der Entwürfe waren unsere Anforderungen in Bezug auf Bildpunktzahl, Elektrodenanordnung, Signalspannung, Zeitverhalten, Lichtschutz, usw. zu definieren und mit den technologischen Möglichkeiten abzustimmen. Ein erster Versuchs-Chip mit einem Hundertstel der für HDTV erforderlichen Bildpunktzahl und funktionsfähiger Peripherie soll bis zum Frühjahr 1987 entstehen. Sobald eine Schnittstellendefinition für diesen Chip zur Verfügung steht, wird eine Schaltung zur Anpassung der vorliegenden HDTV-Signale an die Anforderungen des Chip-Eingangs entwickelt.

Projektleiter: Prof. Dr. G. Mahler (kommissarisch bis 30.4.);
Dr. R. Gerhard-Multhaupt (ab 1.5.)

Zuwendungsgeber: BMFT

HDTV-Signalverarbeitung

Ziel

Das Hochauflösende Fernsehen (HDTV) sollte nicht einfach als ein Fernsehsystem mit höherer Zeilenzahl und Videobandbreite, sondern als die Basis für die Realisierung der "Telepräsenz" betrachtet werden. Deren Ziel ist es, dem Zuschauer das Gefühl zu vermitteln, die übertragene Bildszene real vor sich zu sehen. Bekannte HDTV-Systemvorschläge mit 1000-1200 Abtastzeilen und ca. 30 MHz Videobandbreite sind hierfür eine brauchbare Grundlage, sofern es gelingt, die theoretisch mögliche Flächenauflösung voll auszunutzen und damit einen Betrachtungsabstand D gleich der doppelten Bildhöhe H zu erreichen. Hierfür ist die Verwendung eines Vollbildspeichers im Empfangsgerät eine wesentliche Voraussetzung, die es erlaubt, den Zeilensprung bei der Wiedergabe auszuschalten. Auf der Aufnahmeseite muß, ebenfalls unter Verwendung eines Vollbildspeichers, zur Verbesserung der Vertikalauflösung eine vollbildgestützte vertikale Aperturentzerrung vorgenommen werden. Ober die reine Auflösungserhöhung hinaus müssen jedoch auch andere, die Bildqualität bestimmende Parameter verbessert werden. Dabei handelt es sich vor allem um die Kontrast- und Farbwiedergabe sowie um die Freiheit von Stör- und Fremdkomponenten, von Abtastfehlern und von Wiedergaberasterstrukturen.

Die für eine digitale HDTV-Obertragung benötigte Kanalkapazität muß im Rahmen wirtschaftlich vertretbarer Grenzen bleiben. Das Ziel ist eine Reduktion der Obertragsungsrate auf 288 Mb/s für die Monomode-Glasfaserstrecke im Teilnehmerbereich. Hierzu sind zunächst zeitlich-räumliche Abtastratenreduktionen einzusetzen. Obertragungsversuche sind über eine Glasfaserstrecke zwischen HHI und dem Sender Freies Berlin vorgesehen.

Die HDTV-Großbildwiedergabe mit Lichtventilprojektion erfordert spezielle, für diese Displayverfahren eigentümliche Signalaufbereitung beim Empfänger, um die Bildqualität zu optimieren. Hierzu sollen Verfahren an einem Simulationsmodell untersucht werden.

Ein sehr wichtiger Aspekt bei HDTV-Normungsfragen ist die Umsetzbarkeit in existierende TV-Normen und auch die Ermittlung von Qualitätsgrenzen bei möglicherweise notwendig werdenden Umsetzungen zwischen verschiedenen HDTV-Normen. Hierzu sollen Verbesserungen bekannter Normwandlerverfahren (z.B. Anwendung von "displacement estimation" und "displacement interpolation") untersucht werden. Mit Hinblick auf 3DTV soll in diesem Zusammenhang auch mit ähnlichen Verfahren die Rekonstruktion von Zwischenbildern versucht werden, die über ein einfaches Stereobildpaar hinaus für eine autostereoskopische Bildwiedergabe benötigt werden, aber gar nicht oder nur stark reduziert übertragen werden.

Stand im Projekt

Die digitale Glasfaserübertragung von HDTV-Signalen konnte bei verschiedenen Gelegenheiten erfolgreich demonstriert werden. Die Entwicklungsarbeiten zur Obertragung mit reduzierter Rate wurden fortgesetzt. Die Vor- und Nachfilterung für eine räumlich-zeitliche Unterabtastung im Verhältnis 2:1 und die notwendige Aperturentzerrung wird durch ein universelles Filter-Grundmodul möglich, das durch Zusammenschaltung in unterschiedlicher Weise und Anzahl alle notwendigen zwei- oder dreidimensionalen Filterfunktionen ergibt. Filterkoeffizienten werden über einen Mikroprozessor geladen, der auch die unterschiedlichen Betriebsarten steuert. Es wurde herausgefunden, daß eine DPCM-Codierung durch verbesserte Codec-Architekturen mit verfügbarer ECL-Technik bei 54 MHz durchführbar ist.

Die Simulation von Signalverarbeitungsverfahren ist das wichtigste Hilfsmittel für die im Projekt vorgesehenen theoretisch-experimentellen Optimierungen. Das Bildsequenz-Speichersystem (Lieferfirma VTE) war erst zum Jahreswechsel 1986/87 betriebsbereit und nutzbar. Es erlaubt in Verbindung mit einem Minicomputer Mikro-VAX II die Aufnahme, Verarbeitung und Wiedergabe von Bildsequenzen der CCIR-Studionorm (Wiedergabe auch im Vollbildmodus 50 Hz) sowie eines Ausschnittes aus einem HDTV-Bild. Die Auswertung erster bereits durchgeführter Simulationen hat begonnen.

Die Rekonstruktion von Vollbildsequenzen aus unterabgetasteten Zeilensprung-Bildsequenzen durch adaptive Interpolation im Verhältnis 1:4 war Gegenstand theoretischer Untersuchungen und Simulationen. Die einwandfreie Rekonstruktionsfilterung aufgrund einer exakten Segmentierung in bewegte und unbewegte Bildbereiche hat auf die Bildqualität einen wesentlich stärkeren Einfluß als die entsprechende Vorverarbeitung vor der Unterabtastung. Es könnte deshalb notwendig werden, die Segmentierungsentscheidung als Zusatzinformation explizit zum Empfänger mitzuübertragen.

Aufbauend auf dem Grundkonzept der HDTV-Normumsetzung mit Hilfe einer bewegungsvektor-adaptiven räumlich-zeitlichen Interpolation /41,42/ wurde ein Programmsystem zur Simulation von Normumsetzverfahren entwickelt. Es wurde zunächst verwendet, um bekannte bzw. bereits eingesetzte Verfahren zu simulieren und zu beurteilen. Programmodule zur Änderungserkennung, zur räumlich-zeitlichen Filterung und zur Bewegungsvektorschätzung wurden dann hinzugefügt, um die geplante Bewegungsadaption realisieren zu können.

Bei der Interpolation von Zwischenperspektiven für die autostereoskopische Bildwiedergabe spielen Bewegungs- bzw. Verschiebungsvektor-Schätzverfahren eine ausschlaggebende Rolle und wurden deshalb ausführlich untersucht und verglichen. Dabei wurden die wichtigsten Vertreter in den Klassen der Gradientenverfahren und der Block- bzw. Patternmatching-Verfahren einbezogen. Wegen der deutlich abweichenden Signaleigenschaften von Stereobildern bei größeren Verschiebungen gegenüber den klassischen Anwendungen der Bewegungsvektorschätzung schneiden die Gradientenverfahren relativ schlecht ab, während die Matching-Verfahren, insbesondere bei Erweiterung auf nicht ganzzahlige Vektoren, erfolgversprechend erscheinen. Nach dem derzeitigen Stand der Ergebnisse erscheint jedoch eine einwandfreie Interpolation aller notwendigen Perspektiven ohne Zusatzinformationen (z.B. codierte Interpolationsfehler) nicht möglich.

Das Simulationsmodell des Lichtventilprojektors nach dem GE-Prinzip (orthogonale Phasengitter) wurde verbessert und vervollständigt. Die für die Berechnung vollständiger Bilder zu langen Rechenzeiten wurden durch Einsatz schneller numerischer Verfahren und Verzicht auf unnötige Rechengenauigkeit erheblich reduziert. Programme zur Testbilderzeugung und zur Signalvorverarbeitung wurden hinzugefügt, und es wurden für einfache Strukturen Simulationen der Bilderzeugung durchgeführt. Ergänzend wurde auch eine analytische Berechnung von Ladungsbelegung und Deformation der Steuerschicht und der resultierenden Leuchtdichteverteilung im Bild vorgenommen. Der Vergleich mit den numerisch gewonnenen Simulationsergebnissen zeigte eine sehr gute Übereinstimmung und belegt damit die Brauchbarkeit und Verläßlichkeit der Simulation.

Weitere Veröffentlichungen zu Arbeiten, die größtenteils bereits im letzten Jahresbericht beschrieben wurden, finden sich unter /39,40,45,46,47,61/.

Projektleiter: Dr. Th. Kummerow

Zuwendungsgeber: BMFT

Übertragung räumlicher Bilder

Ziel

Ziel des Vorhabens ist, die aus einer Vorstudie gewonnenen theoretischen und praktischen Erkenntnisse der Großbildprojektion räumlicher Bilder in Linsenrasterschirme auf ein fernsehtechnisches Aufnahme- und Wiedergabeverfahren anzuwenden. Es soll ein Versuchsaufbau entstehen, mit dem farbige, bewegte Parallax-Panoramagramme als Großbild-Videoprojektion Bildszenen räumlich wiedergeben, die von Fernsehkameras aufgenommen worden sind. Die Projektionsschirme, die Projektor- und Kameraeinheit sind zu entwickeln und aufzubauen. Mit Spiegelsystemen sollen projektor- und kameraseitig zusätzliche Stereoteilbilder gewonnen werden.

Stand im Projekt

Aus Profilmaterialien und selbstkonstruierten Elementen wurden 2 komplette Projektionsaufbauten für Dia- und Videoprojektion sowie 2 Rasterschirmgestelle zur Aufnahme und Feinausrichtung der Schirme hergestellt /48/. Die Kameraeinheit besteht aus Schwarz-Weiß-Kameraköpfen, die nur die Aufnahmeröhre und das optische System enthalten, um eine möglichst kompakte Bauweise bei geringer Stereobasisbreite zu erreichen. Die Steuereinheiten sind separat im Stativwagen untergebracht.

Für die Projektoreinheit waren zwei Barco-DATA III-Projektoren angeschafft worden, deren blaue und rote Projektionsröhren durch grüne ersetzt wurden, da dieser erste Projektionsaufbau zur Vermeidung der Farbkonvergenzprobleme nur für monochromatische (grüne) Projektion konzipiert war. Später sollen als nächster Schritt nach Erhalt besserer Projektionsoptiken Schwarz-Weiß-Röhren eingesetzt werden. Die Röhren mit aufgesetzter Optik, die Elektronikeinheiten und die Einstelleinheiten für die Konvergenz sind in einem neu entworfenen Gehäuse untergebracht, in dem der Aufbau der Projektionsröhren besondere Bedeutung in bezug auf Position und mechanische Einstellbarkeit hat. Die Röhren können in 2 Ebenen in einem schienenartigen Aufbau verschoben, in horizontaler Ebene gedreht und vor- oder zurückgesetzt werden, um möglichst viele Modifikationen der Projektion zuzulassen. Dabei ist die Projektion durch Nebenlinsen besonders berücksichtigt worden. Der Aufbau hat die Kompaktheit und Festigkeit, die erforderlich ist, um Transport und Vorführung auch außerhalb des Instituts zu gestatten. Die aus USA mit unzulässigen Toleranzen gelieferten Linsenrasterplatten sind in vier abgestuften Serien geschliffen und bei uns rückseitig beschichtet worden. Zwei Schirme sind z.Zt. im Einsatz, um gleichzeitig extrem aufgelöste, farbige stehende Bilder (Dias) und bewegte, monochromatische Bilder (Video) vorzuführen.

Zur Verbesserung der Wiedergabequalität ist ein in bezug auf die Strahlenselektivität hochkorrigierter Linsenrasterschirm entworfen worden. Die Projektor- und Zuschauerpositionen sind genau definierbar. Der Schirm ist mit einfachen technischen Mitteln (z.B. 2 speziellen Walzen) herstellbar. Da auch die äußersten Panoramagrammzonen in der Korrektur berücksichtigt werden und die Streubreite als Zahlenwert vorliegt, kann die Anzahl der möglichen Zwischenbilder für einen geeigneten Projektionsaufbau exakt festgelegt werden und die Zuschauerzahl vergrößert werden. Dazu sind umfangreiche Untersuchungen an Proben von Rasterplatten mit unterschiedlichsten Parameterwerten auf ihre Abbildungseigenschaften und das Reflektionsverhalten der Rückbeschichtung der Haupt- und Nebenpanoramazonen in einem speziell dafür entworfenen Aufbau untersucht und ausgewertet worden. Zur Zeit laufen Verhandlungen mit Firmen über die Herstellung optisch korrigierter Schirme.

Damit schon von den Aufnahmebedingungen her eine präzise Aussage über die räumliche Wirkung der projizierten Teilbilder zu machen ist und durch Auswahl von Basisbreite und Kameraoptik entsprechende Aufnahmebedingungen geschaffen werden, wurde ein Gleichungssystem entwickelt, das sämtliche Parameterwerte des aufgenommenen und projizierten Raumes und alle physikalischen Parameterwerte des Aufnahme- und Projektionsgerätes enthält. Das Ergebnis ist in dem Begriff "Stereofaktor" zusammengefaßt und sagt aus, wie "tief" die räumliche Projektion im Verhältnis zur Realität ist und welche Expansion und Kompression das Raumbild vor und hinter der Bildschirmebene - der Konvergenzebene - erfährt. Unverträglichkeiten bei der Betrachtung von Stereoinhalten können gezielt vermieden werden. Diese Gleichung ist auf den Makrobereich ebenfalls anwendbar und berücksichtigt weiterhin unterschiedliche Aufnahmeverfahren. Eine graphische Darstellung liefert Handwerkszeug für den Fotografen bzw. Filmer. Das Springen der Stereoansichten innerhalb der Parallaxpanoramagrammzonen (flipping) kann interpretiert und für wichtige Bildinhalte verringert werden. Über die subjektive Bewertung von Raumbildern, bei denen die genannten Aufnahmeparameter variiert wurden, konnten die Ergebnisse bestätigt werden.

Projektleiter: Dipl.-Ing. R. Börner

Zuwendungsgeber: BMFT

Dreidimensionale Darstellung von Parallax-Panoramagrammen mit holografischer Projektion

Ziel

Für eine Obertragung räumlicher Bilder in einem Fernsehsystem wurde in einer Vorstudie das Prinzip der Holografie untersucht. Die holografische Projektion von Parallaxpanoramagrammen wurde als ein mögliches Verfahren erkannt. Sie erlaubt die Umsetzung der Holografie in ein elektronisches System, da wesentliche Probleme des holografischen Verfahrens hiermit umgangen werden. Durch Verzicht auf die Wiedergabe vertikaler und Beschränkung auf diskrete horizontale Perspektiven können wesentliche Schwierigkeiten der Systemrealisierung vermieden werden. Es bleibt jedoch die Notwendigkeit, ein extrem hochauflösendes Projektionsdisplay (Lichtventil) zu erstellen.

Die Untersuchungen wurden daher fortgesetzt mit dem Ziel, die Funktionsfähigkeit der holografischen Projektion in einem Experimentalaufbau nachzuweisen. Anstelle der in dem Systemvorschlag für 3DTV vorgesehenen, bislang nicht vorhandenen steuerbaren Beugungsschicht war eine Thermoplastfolie zur festen Aufzeichnung von Hologrammen einzusetzen. Damit sollte gezeigt werden, daß auf der Basis inkohärent aufgenommener 2D-Perspektiven einer 3D-Szene eine Hologrammsynthese und damit eine holografische 3D-Wiedergabe der Aufnahmeszene durch Projektion auf einen speziellen Schirm möglich ist.

Die Synthese von Hologrammen war im kohärenten Licht aus einem Satz von inkohärent aufgenommenen 2D-Bildern (Diapositive eines Parallaxpanoramagramms) durchzuführen. Zur Bildwiedergabe waren eine Projektionseinrichtung und ein Projektionsschirm zu entwickeln und zu realisieren.

Stand im Projekt

Mit dem Experimentalaufbau zur Hologrammsynthese wurden auf der Basis von inkohärent aufgenommenen schwarzweißen Parallaxpanoramagrammen Syntheseversuche mit einem Thermoplast-Hologrammaufzeichnungsgerät durchgeführt. Die Parallaxenbilder wurden durch Projektion auf die Thermoplastaufzeichnungsschicht im Laserlicht als "Image Plane Hologramme" aufgezeichnet. Die Codierung der Aufnahmerichtungen der Parallaxenbilder im Hologramm erfolgte durch Neigen der Hologrammebene zur optischen Projektionsachse.

Die Versuche wurden parallel zur thermoplastischen Hologrammaufzeichnung auch mit Fotoemulsionen u.a. in einer Diplomarbeit /114/ durchgeführt. Als Ergebnis ist festzustellen, daß das thermoplastische Material für eine sequentielle Aufzeichnung einen zu geringen Dynamikbereich aufweist, die Verhältnisse beim Fotomaterial jedoch günstiger sind. Eine Parallelsynthese mit allen Perspektivenbildern ist hier günstiger, jedoch optisch wesentlich aufwendiger. Ihre Realisierung wurde begonnen. Die synthetisierten Hologramme zeigen eine gute optische Trennung der Links- und Rechtsbilder. Die räumliche Bildwiedergabe wird jedoch etwas gestört durch die nicht optimale Justierung der Bildpaare zueinander. Eine bessere Justierung wäre nur mit speziellen aufwendigen Hilfsmitteln erreichbar gewesen.

Der zur Hologrammprojektion benötigte Schirm mit punktfokussierenden Eigenschaften wurde als holografischer Schirm mit Bildvervielfachungsverhalten entworfen und der benötigte optische Aufbau realisiert. Das Problem der mechanischen Stabilisierung des Optikaufbaus auf $\lambda/10$ gegenüber Schwingungen konnte gelöst und mehrere Schirme auf holografischem Film in der Größe 300 x 400 mm hergestellt werden. Diese holografischen Schirme zeigen gute Bildvervielfachungs- und Abbildungseigenschaften bei relativ hohem Beugungswirkungsgrad.

Die aus den experimentellen Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß ein holografisches 3DTV mit Projektion von Parallaxpanoramagrammen realisierbar werden könnte, wenn genügende technologische Fortschritte in der Herstellung eines sehr hochauflösenden Lichtventils erzielt werden /52/.

Die Arbeiten wurden zum 31.12.1986 abgeschlossen.

Projektleiter: Dipl.-Ing. E. Schulze

Zuwendungsgeber: HHI

Einsatz von Codiertechniken für die Breitbandkommunikation

Ziel

Das Vorhaben befaßt sich mit der Anwendung von in der Vergangenheit untersuchten und entwickelten Codierverfahren in der digitalen Breitbandkommunikation. In einem zukünftigen digitalen Glasfaser-Ortsnetz werden sowohl TV Programme zu verteilen als auch bidirektionale Bewegtbildkommunikationsdienste wie Videokonferenz und Bildfernsprechen abzuwickeln sein. Unter Annahme einer Obertragungsrate von 72 Mbit/s soll ein DPCM-Codierverfahren entwickelt werden, das für die TV-Verteilung hinsichtlich Bildqualität und Codieraufwand, Fehlerempfindlichkeit und Verträglichkeit mit nachfolgenden Codierschritten optimale Eigenschaften bietet. Dies Verfahren soll in Form eines einsatzfähigen Codecs realisiert werden, der wirtschaftliche Lösungsmöglichkeiten für den Teilnehmerbereich beinhaltet oder mindestens erkennen läßt.

Für Videokonferenz bzw. Bildfernsprechen wird eine Fernübertragung mit auf 2 Mbit/s reduzierter Datenrate notwendig sein. Ein geeignetes Interframe-Codierverfahren, das auf der DPCM-Codierung der 1.Stufe aufbaut und einen entsprechenden Reduktionsfaktor liefert, soll entwickelt werden, wobei insbesondere ein optimaler Kompromiß zwischen Komplexität und erzielbarer Bildqualität zu finden ist. Dies Verfahren soll ebenfalls in einsatzreifer Form mit möglichst niedrigem Aufwand realisiert werden.

Für die stark reduzierte Datenrate bei der Fernübertragung ist ein Fehlerschutz wegen der hohen Fehlerempfindlichkeit und der stärkeren Störbeeinflussung der Kanäle unabdingbar. Der Einsatz neuer Realisierungsprinzipien in Verbindung mit speziell zu entwickelnden hochintegrierten Schaltungen und Mikroprozessoren soll hier die Verwendung besonders effektiver BCH- und Reed-Solomon-Coders bei vergleichsweise geringem Aufwand ermöglichen.

Ziel der Arbeiten ist es, über den Zwischenschritt von Laboraufbauten Codier- und Decodiergeräte (Codecs) für die genannten Anwendungen zu entwickeln und zu realisieren, die Prototypcharakter besitzen und auch außerhalb des Labors eigenständig betrieben werden können. Durch Anwendung neuartiger Prinzipien und Einsatz hochintegrierter Schaltkreise soll der Hardwareaufwand erheblich reduziert und ein problemloser Nachbau ermöglicht werden.

Stand im Projekt

Das Projekt wurde zum 31.12.1986 planmäßig abgeschlossen. Die Prototypcodecs wurden fertiggestellt. Der Fehlerkorrektur-Codec arbeitet mit käuflichen Schaltkreisen, da der entwickelte universelle Registerschaltkreis nicht mehr integriert werden konnte.

Der TV-Codec (72 Mbit/s Kanalrate, 67,5 Mbit/s Netto-Datenrate) wurde auf insgesamt 9 Baugruppen (Europakarten 100 x 220 mm) aufgebaut, von denen 5 den Coder und 4 den Decoder bilden. Die Coderbaugruppen haben folgende Funktion: (1) Eingangssignal-Aufbereitung(Umsetzung R-G-B-Analogsignale auf Y-U-V-Digitalwerte); (2) Taktzentrale (Erzeugung von Verarbeitungstakten, Synchron- und Steuersignalen);(3) Chrominanz-Vertikalfilter über 5 Zeilen; (4) DPCM-Codierung (Luminanz mit zwei-, Chrominanz mit eindimensionaler Prädiktion); (5) Kanalinterface einschließlich Taktanpassung. Die Decoderbaugruppen sind: (1) Kanalinterface und Taktzentrale; (2) DPCM-Decoder für Luminanz und Chrominanz; (3) Chrominanzfilter zur vertikalen Interpolation. (4) Ausgangssignal-Rekonstruktion für R-G-B-Analog-Ausgang. Der sehr kompakte Aufbau, insbesondere der DPCM-Coder und -Decoder ist auf die ausschließliche Verwendung des PROM-Tabellenspeicher-Aufbauprinzips zurückzuführen /53,55/. Die mit dem TV-Codec erreichte Bildqualität ist auch bei sehr kritischen natürlichen Bildvorlagen nicht von der Qualität digitaler Studiosignale zu unterscheiden. Bei bestimmten Auflösungs-Testmustern liegen die Quantisierungsfehler geringfügig über der Sichtbarkeitsschwelle.

Der Videokonferenz-Codec (2 Mbit/s oder 384 kbit/s Kanalrate) wurde als Demonstrations-Codec ohne separaten Decoder realisiert. Für 2 Mbit/s werden maximal 25 Vollbilder/s (2:1 Zeilensprung) mit 720 (240) Bildpunkten x 576 (288) Zeilen, für 384 kbit/s 10 Vollbilder/s (kein Zeilensprung) mit 360 (120) Bildpunkten x 288 (144) Zeilen Luminanz-(Chrominanz-)Auflösung verarbeitet. Analog-Ein- und Ausgangsmodule sowie die zugehörigen Chrominanz-Vertikalfilter sind identisch zu denen des TV-Codec. Ein Steuerprozessor (MC68000) und das zugehörige Ein-Ausgabe-Modul sind jeweils auf Baugruppen 100 x 160 mm aufgebaut. Die übrigen 8 Baugruppen haben das Format 230 x 220 mm und erfüllen folgende Aufgaben: (1) Luminanz-Vorfilter für die adaptive Auflösungsreduktion (horizontal 2:1 und 4:1, vertikal 2:1);(2) Chrominanzfilter (wie Luminanz) und Luminanz-Rauschfilter (zeitlich rekursiv in Verbindung mit Bildspeicher); (3) Segmentierung (Bewegungserkennung für Luminanz und Chrominanz, Codierung und Pufferung der Segmentadressen und -längen); (4) Codierprozessor (ECL-Videosignalprozessor /58/ für Prädiktorauswahl, DPCM-Codierung, Rekonstruktion und Interpolation); (5) Nachcodierung (Huffmann-Coder, Zwischen- und Ausgabe-Puffer) und Bildspeicher-Adressierung; (6), (7), (8) Vollbildspeicher (2x) und gemeinsame Taktversorgung. Bei Redaktionsschluß dieses Jahresberichtes war die Inbetriebnahme noch nicht abgeschlossen, so daß über die erreichten Ergebnisse, insbesondere die Bildqualität, noch keine über die früher durch die Simulation gewonnenen Erkenntnisse hinausgehenden Aussagen gemacht werden können.

Der Fehlerkorrektur-Codec wurde entgegen der ursprünglichen Planung nur mit käuflichen Schaltkreisen und ohne Verwendung des entwickelten universellen Registerschaltkreises realisiert (s.u.). Die gesetzten Ziele hinsichtlich eines besonders kompakten und aufwandsarmen Aufbaus konnten dennoch erreicht werden /54/. Der Coder benötigt weniger als eine halbe Europakarte; der Decoder einschließlich des Prozessors TMS 320 ist auf eineinhalb Europakarten untergebracht. Der geringe Aufwand beruht auf der Verwendung je eines Multi-Registerbausteins in Verbindung mit einem PROM als Tabellenmultiplizierer für Syndrom-Register und Chien-Searcher, eines Galois-Feld-Multiplizierers in Form eines 0,5 Mbit EPROM (Division über Interversionstabelle) für die Durchführung des Forney-Algoritimus sowie als externe Prozessoreinheit, und auf der Berechnung des Berlekamp-Massey-Algorithmus durch den TMS 320-Prozessor, der außer einem Programmspeicher keine weitere Peripherie benötigt. Der Codec verarbeitet einen (255, 251) RS-Code und erfüllt alle Spezifikationen hinsichtlich Arbeitsgeschwindigkeit und Korrekturfähigkeit.

Der für sehr vielfältige Anwendungen im Bereich der BCH- und RS-Codierung entwickelte universelle Registerschaltkreis liegt als voll funktionsgeprüfte Schaltung vor, die auf der Zellenbibliothek eines Gate-Array-Herstellers aufgebaut ist. Sie enthält 10 programmierbare Registerstufen der Länge 12 bit in Form eines seriellen Galois-Feld Multiplizierer-Akkumulators und eine gemeinsame Ein-Ausgabe-Schnittstelle. Die Schaltung erfordert mehr als 7000 nutzbare Gatterfunktionen auf einem Gate Array. Wegen unzureichender Simulations-Hilfsmittel konnte die Simulation nicht bis zur Fertigungsreife durchgeführt werden, und es wurde auf die Integration verzichtet.

Als Gate-Array fertiggestellt wurde allerdings ein paralleler Galois-Feld-Multiplizierer für bis zu 12 bit Wortbreite, der in ECL-Technologie in einem Unterauftrag von der TU Berlin entwickelt und hergestellt wurde. Damit sind höhere Geschwindigkeiten und größere Wortlängen erreichbar als bei EPROM-Tabellenmultiplizierern.

Projektleiter: Dr. Th. Kummerow

Zuwendungsgeber: BMFT

Hochintegrierte Signalprozessoren für die Telekommunikation

Ziel

Das Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung und Realisierung eines programmierbaren Gleitkomma-Signalprozessors in VLSI-Technik mit einem breiten Anwendungsfeld in der Telekommunikation. Die Arbeiten sollen bis zur Prototypanfertigung geführt werden.

Der Signalprozessor wird folgende Eigenschaften besitzen:
- Hohe Genauigkeit durch Verwendung von Gleitkommadarstellung und -arithmetik
- Kurze Operationszeiten für die Gleitkommaoperationen
- Ausreichende Speicherkapazität
- Ein Adreßrechenwerk, das für alle wichtigen Algorithmen der digitalen Signalverarbeitung geeignet ist
- Schnelle Eingabe-/Ausgabeeinheit.

Mit diesen Eigenschaften soll der breite Anwendungsbereich sichergestellt werden. Parallel zu der Realisierung des Prozessors werden leistungsfähige Entwurfshilfsmittel entwickelt, die dem Signalprozessor einen großen Anwenderkreis erschließen sollen.

Das Vorhaben wird in Zusammenarbeit mit der Firma Siemens (NSI) durchgeführt. Siemens wird in seiner CMOS-Technologie Musterchips anfertigen, ausgehend von Layoutentwürfen für die Masken, die nach den Siemens-Design-Rules vom HHI entwickelt werden. Die Entwicklung in der ersten Phase des Vorhabens soll zur Integration des Gleitkommarechenwerks in 3µ-CMOS-Technologie führen. In der zweiten Phase wird der gesamte Gleitkomma-Signalprozessor in 2µ-CMOS-Technologie realisiert. Im HHI werden dazu folgende Arbeiten durchgeführt:
- Ermittlung und Optimierung der Prozessor-Architektur
- Entwurf und Optimierung der Komponenten des Signalprozessors in CMOS mit Simulatoren (HILO-3, SPICE)
- Layoutentwicklung für den Signalprozessor unter Berücksichtigung der Design-Rules der Siemens-CMOS-Technologie
- Entwurfsverifikation auf allen Entwicklungsebenen
- Prüfdatenermittlung für den Sentry-Testautomaten
- Entwicklung und Aufbau des Hardware-Modells des Signalprozessors für Echtzeitsimulation
- CAD: Layout über Applicon-System des HHI, Schaltungsentwurf und Layoutverifizierung über Phoenix-Software des VDI-VDE-TZ.

Stand im Projekt

Mit der Fertigstellung des gesamten Layout für das 3µ Gleitkomma-Rechenwerk und der Fertigung der Chips wurde das erste Ziel des Projektes erreicht. Die ersten Funktionstests der gefertigten Chips zeigten, daß die entworfenen Funktionen aller Komponenten des Gleitkomma-Rechenwerks erfüllt sind. Dieser Test wurde von der Fa. Siemens durchgeführt. Ein genauerer Test zur Erfassung des Timings und Ermittlung der Operationszeiten am Spitzenmeßplatz wird im HHI durchgeführt. Nach Erhalt der Design-Rules für den 2µ-CMOS-Prozeß (ACMOS III) begann die Chip Entwicklung des gesamten Signalprozessors. Die Layoutentwicklung des Gleitkomma-Rechenwerks und des Adreßrechenwerks zeigt, daß mit dem 2µ-Prozeß nur noch etwa 40% der in 3µ-Technologie notwendigen Fläche belegt werden.

Das Architekturkonzept mußte überarbeitet werden. Nach den Angaben der Fa. Siemens würden die internen Speicher des Signalprozessors einen Flächenbedarf von mehr als 60mm² beanspruchen. Die gesamte Prozessor-Fläche in 2µ-Technologie würde dann 100mm² überschreiten. Eine Verringerung der Speicherkapazität vermindert aber die Prozessorleistung und dessen Anwendungsbereich. Aus diesem Grunde wurde ein Architekturkonzept entwikkelt, das in mehrfacher Hinsicht vorteilhaft ist. Die internen Speicher wurden gänzlich aus dem Signalprozessor in die Peripherie verlegt und auf eine Speicherkapazität von jeweils 64 K-Worte erhöht. Dafür wurde die interne Prozessorstruktur um einen 32-Worte Cache-Speicher erweitert. Mit dem Cache-Speicher wird die Anzahl der Zugriffe auf den externen Programmspeicher stark reduziert. Damit wird der "Flaschenhalseffekt" beim Datentransfer zwischen dem Signalprozessor und dem externen Daten- bzw. Konstantenspeicher vermieden. Eine vergleichende Untersuchung der beiden Architekturen verzeichnet im Falle der Cache-Lösung keine Nachteile, eher eine bessere Auslastung der Architektur. Die Voraussetzung hierfür sind 2 Daten- und 2 Adreßbusse, die die externen Speicher mit den internen Strukturen des Signalprozessors verbinden.

Für Interrupts und Unterprogramme enthält der Signalprozessor einen 8 Worte tiefen Stack für Programmadressen und Statuswort. Ober vier Interruptleitungen können 3 maskierbare Interrupts bearbeitet werden. Die Zeit zwischen Interruptanforderungen und seiner Bearbeitung beträgt nur wenige Zyklen. Das Gleitkomma-Rechenwerk wurde durch 9 zusätzliche Funktionen erweitert. Damit können gleichzeitig eine Multiplikation und eine von 16 Funktionen der Gleitkomma-Alu in einem Zyklus durchgeführt werden. Mehrzyklen-Operationen wie das Dividieren (13 Zyklen) und Radizieren sind möglich. Die logischen Funktionen (AND,OR,XOR,SHL,...) liegen in der Logikeinheit.

Das Entwicklungssystem als Voraussetzung für eine Marktfähigkeit des Signalprozessors wurde weitgehend ausgebaut. Es existiert sowohl auf einer VAX 750 (VMS) als auch auf einem Mikrocomputersystem (AT-Rechner unter MS-DOS). Der Kern des menügesteuerten Entwicklungssystems umfaßt einen komfortablen Crossassembler, Linker und Simulator. Außerdem stellt das Entwicklungssystem einen grafischen Signaleditor, eine Signalerzeugung und Utility-Programme zur Berechnung von Filterkoeffizienten u.ä. zur Verfügung. Eine umfangreiche Bibliothek mit Programmen der digitalen Signalverarbeitung für den Signalprozessor wird dem Anwender zur Verfügung gestellt. Die erwähnten Komponenten sind in eine Menüsteuerung eingebunden, die den Umgang mit dem Prozessor erleichtert. Die Eigenschaften des Assemblers sind:

- Include-Files. Damit werden die häufig verwendeten Anweisungsfolgen einmalig erstellt.
- Interkative Definition von Symbolen. Dieser Modul ermöglicht z.B. Kurzschreibweise von Befehlen und Einführung eigener Symbole.
- Makrofähigkeit. Damit können Folgen von Befehlen zu einem einzigen Befehl zusammengefaßt werden.
- Bedingte Assemblierung. Dies vereinfacht Kontrollmöglichkeiten bei der Programmerstellung und ermöglicht übersichtliche Programmierung.
- Auffindung von verbotenen Befehlskombinationen.

Der Simulator am AT-Rechner beinhaltet gegenüber der VAX-Version einige Verbesserungen, z.B. eine hardwarenahe funktionale Simulation. Dadurch kann ein besserer Vergleich zwischen dem Simulationsmodell und dem Hardware-Entwurf durchgeführt werden. Um die Leistungsfähigkeit des Entwicklungssystems zu steigern, wurde die Benutzung von Programmbibliotheken für typische Anwendungen der digitalen Signalverarbeitung ermöglicht. Zur Einführung dieser Programmbibliotheken im Entwicklungssystem wurde neben den Bibliotheksdateien der Assembler erweitert, so daß die getrennte Obersetzung von Programmodule möglich wurde. Außerdem entstand ein Linker, mit dem mehrere Programmmodule und Bibliotheksmodule zu einem auf dem Simulator lauffähigen Maschinenprogramm zusammengebunden werden können. Bei der Realisierung des Linkers hat sich herausgestellt, daß aufgrund der Hardware-Architektur und dem Cache-Speicher des Signalprozessors herkömmliche Linkverfahren ungeeignet sind. Es wurde deshalb ein spezielles Linkverfahren entwickelt, das optimal kurze Ausführungszeiten für das Maschinenprogramm gewährleistet. Als erste Anwendung wurde eine Programmbibliothek implementiert,die Module für die Fensterfunktionsbewertung von Zeitsignalen beinhaltet.

Projektleiter: Dipl.-Ing. M. Talmi

Zuwendungsgeber: BMFT

Programmierbarer Video-Signalprozessor für die Echtzeitverarbeitung

Ziel

Der Einsatz programmierbarer Signalprozessoren für die Verarbeitung von Nachrichtensignalen verspricht in vielen Anwendungsfällen erhebliche wirtschaftliche und technische Vorteile. Derzeit verfügbare Signalprozessoren zeigen bereits interessante Leistungsmerkmale, jedoch können sie aus Geschwindigkeitsgründen nicht zur digitalen Videosignalverarbeitung eingesetzt werden. Die Vorzüge eines universellen Signalprozessors können auch für diesen Bereich nutzbar gemacht werden, wenn schnelle, hochwertige Halbleitertechnologien und optimal an die Videosignalverarbeitung angepaßte Prozessorstrukturen verwendet werden.

Aus den Erfahrungen bei der Auswertung des in dem Vorläuferprojekt entstandenen Bildprozessorsystems und seiner Leistungsfähigkeit im praktischen Einsatz, z.B. in Codiergeräten, sollen erweiterte und verbesserte Prozessoranordnungen und -strukturen abgeleitet und entwickelt werden. Teil des Vorhabens ist die Entwicklung eines universellen, programmierbaren Signalprozessors für die Echtzeit-Videosignalverarbeitung bei einer Abtastfrequenz von 13,5 MHz, entsprechend CCIR-Rec.601 für die digitale Studionorm bei Standardfernsehen. Die Zykluszeit für die Durchführung arithmetischer oder anderer Operationen soll $\leq$ 10 ns sein. In einem Befehlszyklus soll gleichzeitig die Eingabe aus mehreren Signalquellen, die arithmetische Verarbeitung, Zwischenspeicherung und Ausgabe zu peripheren Modulen möglich sein. Diese hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit in Verbindung mit einem leistungsfähigen Befehlssatz soll es ermöglichen, daß alle erforderlichen Operationen für die Quellcodierung und Verarbeitung von Bildsignalen in einem Abtastintervall sequentiell in Echtzeit durchführbar sind.

Für die zentrale Prozessorschaltung soll eine integrationsfähige Schaltungsstruktur auf der Basis einer geeigneten Technologie entwickelt und zusätzlich sollen geeignete Peripheriebausteine spezifiziert werden.

Stand im Projekt

Das Forschungsvorhaben wurde Mitte 1984 begonnen und ist zum Ende des Berichtsjahres abgeschlossen. Das Ergebnis umfaßt Aussagen über die Realisierbarkeit eines programmierbaren Echtzeit Video-Signalprozessors /58/ durch zwei Prototypenaufbauten. Die wirtschaftlichen und technischen Vorteile dieses Systems wurden anhand von Programmbeispielen aus den Bereichen Videosignal- und Bildverarbeitung demonstriert /59/. Durch die Entwicklung einer wesentlich erweiterten und verbesserten Prozessorstruktur mit Hilfe eines CAD Simulationssystems konnte die Leistungsfähigkeit und der Anwendungsbereich des Prozessor-Gesamtsystems vergrößert werden. Die vorliegende Schaltungsentwicklung kann als Basis für die Realisierung eines integrierten Video-Signalprozessor-Bausteins verwendet werden.

Nach Aufbau und Test eines zweiten Video-Signalprozessor-Systems konnten Versuche zur Leistungssteigerung durch Last- und Funktionsteilung durch Zusammenschaltung mehrerer Prozessoren durchgeführt werden. Um Wartezyklen für den Datenaustausch zwischen den beiden Prozessoren zu vermeiden, erfolgte die Programmsynchronisation über die Zeilen- und Bildaustastsignale der Prozessoren. Die Verarbeitungsleistung konnte dadurch annähernd verdoppelt werden, so daß unter Berücksichtigung der Pipeline- und Parallelverarbeitung bis zu einer Milliarde Befehle pro Sekunde (1000 MIPS) ausgeführt werden können. Die Funktion der Prozessorkopplung wurde an mehreren Programmbeispielen demonstriert.

Die Gesamtschaltung eines erweiterten und verbesserten Prozessorsystems, bestehend aus Verarbeitungseinheit, Kontroll-Logik und Peripherie, wurde in das HILO-3 Simulations-System übertragen. Nach der Erstellung geeigneter Testmuster konnte die Funktionsfähigkeit einzelner Module und der Gesamtschaltung überprüft werden. Kritische Funktionselemente des Prozessorsystems wurden bis zur Gatterebene aufgelöst und die Realisierbarkeit und das dynamische Verhalten ermittelt. Zur Verarbeitung von realen Videosignalen im Simulationssystem, wurde ein digitaler Video-Signalgeber und eine Plotter- und Fernsehmonitorausgabe entwickelt. Ein spezieller Crossassembler ermöglicht eine maschinenunabhängige Programmierung und liefert einen vom HILO-3-Simulator interpretierbaren Steuercode. Mit diesen Systemkomponenten konnten für das Prozessor-Simulationsmodell Signalverarbeitungsprogramme zur Untersuchung und Beurteilung der Funktions- und Leistungsfähigkeit der Schaltkreisstruktur erstellt werden. Neben der numerischen Überprüfung wurden am Fernseh-Monitor die Simulationsergebnisse auch visuell beurteilt.

Projektleiter: Dipl.-Ing. W. Liebsch

Zuwendungsgeber: BMFT

Abteilung Anthropotechnik

Übersicht

Die Aufgabe der Anthropotechnik besteht darin, die Merkmale von Techniksystemen und Benutzern in Einklang zu bringen, um damit ein Optimum der Nutzungsmöglichkeit, der Zufriedenheit, der Kosten-Nutzenbeziehung, der Sicherheit und anderer Kriterien zu erreichen. In den Vorhaben dieser Abteilung werden zu diesem Zweck die Kenngrößen, Fähigkeiten und Begrenzungen des Menschen bei seinem Umgang mit Telekommunikationssystemen bestimmt, und als Grundlagen für die Entwicklung von Geräten und Verfahren der telekommunikation verwertet. Die z.Zt. bearbeiteten Projekte behandeln verschiedene Aspekte der Bildkommunikation und des Fernsehens mit erhöhter Bildqualität.

In dem inzwischen abgeschlossenen Vorhaben "Bewegtbildübertragung für die Individualkommunikation (1)" wurden die erforderlichen Endgeräteeingenschaften und Merkmale eines Obertragungssystems für die Bildkommunikation ausgewählter Nutzergruppen erarbeitet. Die Themen umfaßten u.a. Blickkontakt, adaptive Luminanzbewertung, Farbwiedergabetreue sowie die Konzipierung und Erprobung eines Konferenzsystems mit kontinuierlicher Präsenz aller Teilnehmer sowie die interaktive Bedienerführung für ein Multi-Dienste-Bild-Endgerät. Es zeigte sich, daß die Entwicklung eines leistungsfähigen Bedienkonzepts breitere theoretische und experimentelle Vorarbeiten erfordert. Es wurde deshalb das Vorhaben "Bewegtbildübertragung für die Individualkommunikation (2)" in Angriff genommen, in dem diese Arbeiten neben der Entwicklung verbesserter Verfahren zur Dokumenten- und Gegenstandsabbildung und neben vergleichenden Untersuchungen an verschiedenen Multipoint-Konferenz-Varianten durchgeführt werden.

Im HHI werden breit angelegte Vorarbeiten für die Konzipierung eines Fernsehsystems mit erhöhter Zeilenzahl (High Definition Television) durchgeführt, an denen sich die Abteilung Anthropotechnik mit den Vorhaben "Visuelle Parameter bei der Großbilddarstellung", "HDTV-Bildaufnahme mit augengerechter örtlich-zeitlicher Auflösung" und "Psychooptische Begründung eines 3D-Fernsehstandards" beteiligt. Die Arbeiten lieferten u.a. Beiträge zur Farbcodierung für ein neues fernsehtechnisches Konzept, mit dem neben einer Erhöhung der Bildgröße und der absoluten Auflösung auch eine Vermeidung von Bildfehlern des gegenwärtigen Fernsehens erreicht wird. Darüberhinaus erlaubt dieses Konzept eine Bildwiedergabe mit Displays, in denen unterschiedliche Primärstrahler verwendet werden. Es ist damit offen für die notwendigen Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der Bildwiedergabegeräte. Eine Beeinträchtigung der Bildqualität und der Möglichkeiten zur Nachverarbeitung im Fernsehstudio ist durch das Zeilensprungverfahren bedingt. Die Verwirklichung eines Hochzeilenstandards mit progressiver Abtastung, das diese Nacheile vermeidet, ist das Ziel des Vorhabens "HDTV-Bildaufnahme ...". Parallel zu diesen Entwicklungen werden Untersuchungen zum räumlichen Fernsehen (3DTV) durchgeführt. Hier geht es um die Ermittlung zulässiger Bildrekonstruktionsfehler in 3DTV-Systemen, mit denen zwei oder mehrere diskrete Aspekte einer Aufnahmeszene wiedergegeben werden sollen. Darüber hinaus ist eine vergleichende Bewertung von hochzeiligen 2D-Bildern mit räumlich wiedergegebenen Szenen vorgesehen.

Schließlich wurde ein neues Vorhaben begonnen, in dem der "Nutzen von Bewegtbildabrufdiensten für den Wissenserwerb" ermittelt werden soll.

Bewegtbildübertragung für die Individualkommunikation (1)

Ziel

Das Zustandekommen eines Telekommunikationssystems unter Einbeziehung einer Bewegtbildübertragung (Bildfernsprechen) wird von der Bewertung technischer Realisierungsvorschläge durch individuelle, potentielle Nutzer abhängen. Durch die rasche Entwicklung der optischen Nachrichtentechnik besteht die Aussicht, daß einer der zu bewertenden Faktoren, nämlich die Kosten für die Übertragung und Vermittlung, nicht mehr das starke Gewicht haben wird, das er heute noch hat. Damit bestünde die Möglichkeit, Bildfernsprech-Systeme mit der Qualität des heutigen Fernsehens aufzubauen, die eine hohe Akzeptanz des Benutzers erwarten lassen.

In diesem Vorhaben sollten Entscheidungsgrundlagen für die Gestaltung künftiger Systeme - insbesondere der Endgeräte - für die individuelle Bewegtbildkommunikation durch die Bearbeitung folgender Vorhabenteile geschaffen werden:

Vorhabenteil 1: Aufbau eines vermittelbaren Bildfernsprech-Inhouse-Systems mit heute verfügbaren Komponenten.

Vorhabenteil 2: Entwurf eines nutzerorientierten Bildfernsprechsystem-Standards nach Untersuchung und Bewertung verschiedener Einstellungen von Parametern eines Bildfernsprechsystems.

Vorhabenteil 3: Konferenz über Fernsehtelefone. Aufbau, Erprobung und Bewertung einer Telekonferenzschaltung mit Fernsehtelefonen und einer zentralen Bild-und-Tonmisch-Einrichtung.

Vorhabenteil 4: Bedienbarkeit eines multifunktionalen Bildfernsprech-Endgerätes. Entwurf und Erprobung eines Systems zur interaktiven Benutzerführung für ein Endgerät, über das verschiedene Breit- und Schmalbanddienste abgewickelt werden können.

Stand im Projekt

Das Projekt begann im Januar 1983 und endete im Juni 1986. Die Arbeiten zu den Vorhabenteilen 1 /67/ und 3 /64, 65, 66/ wurden im vorigen Berichtszeitraum abgeschlossen.

Vorhabenteil 2 (System- und Endgeräteparameter)

Um zu prüfen, welche Tonqualität beim Bildfernsprechen notwendig bzw. wünschenswert ist, wurden Experimente zum Audio-Übertragungsbereich und zur Audio-Kanalzahl durchgeführt. Dazu wurde eine Fernsehtelefonverbindung aufgebaut, die die Tonübertragung ermöglichte. Mit Hilfe dieser Verbindung führten Versuchspersonen verschiedene realistische Kommunikationsaufgaben durch und beurteilten anschließend die Tonqualität. Zusätzlich wurde die Tonqualität in hörtestähnlichen Situationen beurteilt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen lassen einen Übertragungsbereich von 7 kHz als wünschenswert erscheinen; ein breiterer Übertragungsbereich wird, ebenso wie eine stereophone Übertragung, bei einem Bildfernsprech-Dialog in der Regel nicht notwendig sein.

Über das subjektive Empfinden bezüglich der Farbqualität ist bei Farbverschiebungen in Videoszenen nur wenig bekannt. Zur Beurteilung von Aufnahme- und Wiedergabegeräten für das Bildfernsprechen sind aber psychophysisch fundierte Maßstäbe wünschenswert. Es wurden daher Untersuchungen durchgeführt, die sich mit dem subjektiven Eindruck der Farbqualität, welcher beim Betrachten von Monitorbildern bei verschiedenen farblichen Veränderungen hervorgerufen wird, befaßten /115/.

Der Einfluß folgender Größen auf die subjektive Bewertung der Bildqualität wurde untersucht:

- Buntheit des Bildes (Voruntersuchungen ließen auf einen systematischen Fehler von Kameras hinsichtlich der Wiedergabe der Buntheit schließen)
- Farbtonänderungen (Wahrnehmungsdimension orthogonal zur Buntheit)
- Gammawert der Übertragungsstrecke (als mögliche Korrektur einer zu unbunten Farbwiedergabe).

Die mit Hilfe von 22 Versuchspersonen ermittelten Ergebnisse lassen den Schuß zu, daß die Bildqualität bei einer einheitlichen Variation von Buntheit oder bei einer einheitlichen Rotation der Farbtöne linear von diesen im Farbenraum LABHNU definierten Änderungen abhängt.

Unter der Voraussetzung, daß alle Farbwerte innerhalb bestimmter, in diesen Arbeiten ermittelter Grenzen liegen, kann gesagt werden, daß die Farbqualität des Bildes annehmbar ist. Eine Aussage bei Abweichen einzelner Werte ist noch nicht möglich.

Deutlich wurde, daß das Urteil bei geringen Buntheiten (< 0,1) uneinheitlich ausfällt, jenachdem ob ein Beurteiler bereit ist, Schwarz/Weiß-Bilder zu akzeptieren oder nicht.

Die noch gute Übereinstimmung von Akzeptanzkurven und Farbwiedergabeindex in Abhängigkeit von der Buntheit läßt die Schlußfolgerung zu, daß der Farbwiedergabeindex entgegen den Intentionen seiner Schöpfer auch als Qualitätsmaß für eine Farbübertragung geeignet ist.

Vorhabenteil 4 (Bedienbarkeit eines multifunktionalen Endgerätes)

Diensteintegrierende Fernmeldenetze legen ein Endgerätekonzept nahe, welches die Abwicklung verschiedener Dienste mit einem einzigen Endgerät ("Multi-Dienste-Endgerät") ermöglicht. Um in explorativer Weise Probleme zu ermitteln, die bei der Benutzung von Multi-Diente-Endgeräten auftreten, und um Ansätze zur Lösung dieser Probleme aufzuzeigen, wurde ein Experimentalsystem aufgebaut, mit dem verschiedene schmal- und breitbandige Telekommunikationsdienste abgewickelt werden können. Die besondere Bedeutung der Breitbandtelekommunikation liegt in der Möglichkeit der Bewegtbildübertragung. Dabei macht der Dienst Bildfernsprechen die Berücksichtigung spezieller Anforderungen der Mensch-Maschine-Mensch-Kommunikation bei der Gestaltung des Endgeräts erforderlich. Für die Bedienung wurden zwei Tastaturvarianten entwickelt, die von Versuchspersonen erprobt und beurteilt wurden. Die Ergebnisse zeigen, daß bei geeigneter Gestaltung Multi-Dienste-Endgeräte auch für ungeübte Benutzer bedienbar sein können. Es zeigte sich auch, daß die Implementierung eines Bediensystems mit Hilfe von "Softkey"-Tastaturen bei einer Reihe von Vorteilen für den Systementwickler auch zu deutlichen Problemen bei der Bedienung führen kann.

Die Projektergebnisse sind in einem Abschlußbericht zusammenfassend dargestellt /103/.

Projektleiter: Dr.-Ing. G. Romahn

Zuwendungsgeber: BMFT

Bewegtbildübertragung für die Individualkommunikation (2)

Ziel

Im Rahmen dieses Vorhabens, das in der Zeit vom 1.7.1986 bis zum 30.6.1990 durchgeführt wird, werden drei Problembereiche bearbeitet, die für die Einführung eines Telefonkommunikationsdienstes "Bildfernsprechen" aus heutiger Sicht besondere Bedeutung haben.

Als eine ganz besonders attraktive Anwendungsform des Bildfernsprechens erscheint ein Dienst "Multipoint-Konferenzen", da hier in idealer Weise der einfache Zugriff zu einem Telekommunikationsdienst vereinigt wird mit den durch eine Bewegtbildübertragung erweiterten Kommunikationsmöglichkeiten, welche gerade bei Konferenzen mit mehr als zwei Teilnehmern wünschenswert erscheinen. Ein Experimentalsystem für Multipoint-Bildkonferenzen ist in Vorarbeiten entwickelt und erprobt worden. Nach Vornahme von technischen Verbesserungen an den Teilnehmerstationen, die im wesentlichen der Bedienbarkeit der Endgeräte und der Orientierung der Teilnehmer in einer Multipointkonferenz zugute kommen, soll in experimentellen Untersuchungen ermittelt werden, welchen zusätzlichen Nutzen (Zuwachs an Effizienz und/oder Zufriedenheit) eine Bewegtbilddarstellung im allgemeinen und eine gleichzeitige Darstellung aller Partner im besonderen zu einer guten Tonpräsentation mit evtl. Einbeziehung einer Standbildwiedergabe bringt.

Im Bereich der Endgeräte zeigte sich im Rahmen von Vorarbeiten /103/ aus der Sicht der Nutzer die besondere Bedeutung der Dokumentenübertragung. Das Zeigen von Gegenständen und das interaktive Arbeiten sowie die Bedienung der Endgeräte erwiesen sich jedoch als problematisch.

Es soll daher versucht werden, Gestaltungsvorschläge für Endgeräte auszuarbeiten, sodaß diese für eine Präsentation von Gegenständen und Dokumenten sowie für deren interaktive Bearbeitung gut geeignet sind.

Die Problematik der Bedienung von Endgeräten wird an Bedeutung gewinnen, wenn diese Endgeräte für die Abwicklung verschiedener Dienste als Multidienste-Endgeräte ausgelegt werden. Es soll daher versucht werden, allgemeine Gestaltungshinweise zu finden und empirisch zu überprüfen, mit denen den negativen Auswirkungen der durch eine Geräte- und Diensteintegration hervorgerufenen zunehmenden Komplexität entgegengewirkt werden kann.

Stand im Projekt

Multipoint-Bildkonferenzen

Fünf Teilnehmerstationen werden zur Zeit entsprechend den aus den Vorarbeiten /103/ resultierenden Erfahrungen im Sinne einer nutzergerechten Gestaltung modifiziert.

Zu einer erheblichen Verbesserung der Bildqualität führen neubeschaffte Personen- und Dokumentenkameras in 3-Chip-CCD-Technik. Sämtliche Bedienvorgänge für Bild- und Tonregie und Kamerasteuerungen werden in Zukunft über eine einzige Bedieneinheit je Teilnehmerplatz abgewickelt werden können. Für eine verbesserte Orientierung der Konferenzteilnehmer sollen Namenseinblendungen in die einzelnen Teilbilder der Partnerstationen sorgen.

Um Aufwands-/Nutzenabschätzungen zu erleichtern, sollen unterschiedlich aufwendige Formen von Multipoint-Konferenzen vergleichend untersucht werden. Dabei interessieren insbesondere

- der Zuwachsnutzen der Bewegtbildübertragung im Vergleich zu Audiokonferenzen und Konferenzen mit Standbildwiedergabe und
- der Zuwachsnutzen einer gleichzeitigen visuellen Präsentation aller Konferenzteilnehmer im Vergleich zur Präsentation nur eines Teilnehmerbildes zu einem gegebenen Zeitpunkt.

Für diese Untersuchungen wurden zehn experimentelle Varianten des Konferenzsystems definiert, die geeignet sind, zu einer Klärung beizutragen. Am weiteren Versuchsdesign wird gearbeitet.

Multidienste-Endgeräte

In Vorarbeiten konnte gezeigt werden, daß Multidienste-Bildfernsprech-Endgeräte bei geeigneter Gestaltung auch für ungeübte Nutzer bedienbar sein können /103/. Zur Zeit werden Bedien- und Dienstekonzept für ein Experimentalsystem in der Weise modifiziert, daß die für einzelne Dienste bestehende Sonderstellung aufgehoben wird und eine diensteübergreifende (integrierte) Endgerätenutzung möglich wird. So wird es z.B. möglich sein, von der Teilnehmerstation A aus im Verlaufe eines Bildferngesprächs dem Teilnehmer B Informationen aus anderen Diensten zu übermitteln (z.B. Obertragung einer Btx-Seite).

Für kontrollierte experimentelle Untersuchungen wurde ein Versuchsplan entworfen, mit dessen Hilfe es möglich ist, die "Nutzerfreundlichkeit" verschiedener Bedien- und Dienstekonzepte in Abhängigkeit von der Nutzungsform (einfache Dienstenutzung, parallele Dienstenutzung, integrierte Dienstenutzung) und in Abhängigkeit von der Geübtheit der Nutzer zu ermitteln.

Projektleiter: Dr.-Ing. G. Romahn

Zuwendungsgeber: BMFT

Visuelle Parameter bei der Großbilddarstellung

Ziel

Die Fortschritte in der Technologie von Bildaufnahme- und Bildwiedergabegeräten und in der Signalverarbeitung einerseits sowie die zukünftige Bereitstellung breitbandiger digitaler Kanäle andererseits eröffnen die Möglichkeit, ein Hochzeilen-Fernsehen einzuführen, das gegenüber der heutigen Fernsehnorm erhöhte Qualitätsmerkmale aufweist.

Es war das Ziel des Vorhabens, das in der Zeit vom 1.4.1983 bis zum 30.6.1986 durchgeführt wurde, in psychooptischen Untersuchungen unbekannte Zusammenhänge zwischen meßbaren Bildverzerrungen und objektiven Urteilen über die Bildqualität aufzudecken und darauf aufbauend HDTV-Systemeigenschaften zu formulieren, die einerseits eine definierte Qualität der übertragenen Bilder und andererseits eine Reduzierung der zu übertragenden Informationen auf relevante Anteile sicherstellen. Darüberhinaus wurden Verfahren zur verzerrungsfreien Bildverarbeitung entwickelt. Insbesondere sollten zu folgenden grundlegenden Eigenschaften des Farbfernsehens Untersuchungen durchgeführt werden:
Bereich der darzustellenden Farben, Rauschstörungen und deren Wahrnehmbarkeit sowie die Aufbereitung und Codierung der Farbinformation.

Stand im Projekt

Das Projekt wurde mit Untersuchungen zur Bewertung von Rausch- und Quantisierungsstörung zur subjektiven Bewertung eines erweiterten Farbenraums und zur Kontrastwahrnehmung abgeschlossen.

Störungen auf dem Übertragungskanal stellen für den in diesem Projekt entwickelten CIELAB-Codec /*/ mit erweiterter Chrominanzdynamik kein Problem dar, ebenso ist eine Quantisierung aller Komponenten mit 8 bit ausreichend. Darüberhinaus zeigte es sich, daß die Chrominanzkomponenten des CIELAB-Codecs weitaus robuster gegenüber Rauschstörungen sind als diejenigen des konventionellen Systems, was vor allen Dingen bei Übertragunssystemen mit hohen Unterabtastraten (z.B. MUSE /**/) bezüglich der Chrominanz von großer Wichtigkeit ist /70/.

Hinsichtlich der Erweiterung des Raums darstellbarer Farben gegenüber dem heutigen Standard ergab sich, daß vom Standpunkt der subjektiven Bewertung vor allen Dingen im Rotbereich eine Erweiterung wünschenswert ist. Aus Gründen der Kompatibilität zum Film sowie der Möglichkeit des Einsatzes von Laserprojektoren sollte auch der Grünbereich erweitert werden /104/.

Der Aufnahmekontrast sollte aus Gründen der einwandfreien Reproduktion dunkler Details auf ca. 100 begrenzt werden, dagegen gibt es für den Wiedergabekontrast im Endgerät keine Beschränkung.

Die Projektergebnisse sind in /104/ zusammengefaßt.

Projektleiter: Dr. R. Schäfer Zuwendungsgeber: BMFT

/*/ Schäfer, R.: High-Definition Television Production Standard - An Opportunity for Optimal Color Processing, SMPTE Journal, Vol. 94, No. 7, July 1985, pp. 749-758.

/**/ Ninomiya, Y.: Satellitenübertragung, MUSE. Vortrag auf dem Münchner Kreis Kongreß, München, 21.-22.1.87.

HDTV-Bildaufnahme mit augengerechter örtlich-zeitlicher Auflösung

Ziel

Während die Einführung eines Hochzeilen-Fernsehsystems (HDTV) zur Zeit noch an ungelösten Problemen der Bildwiedergabe scheitert, ist der Einsatz hochauflösender Aufnahmeverfahren für eine elektronische Produktion (HDEP) heute im Prinzip möglich, wenngleich noch nicht technisch ausgereift. So sind wichtige Systemmerkmale heutiger HDEP-Geräte noch auf dem Stand der bisherigen Fernsehnorm, unter der sie sich bereits als nachteilig erwiesen haben. Dies gilt im besonderen für das Zeilensprungverfahren, das bei der Einführung des Fernsehens einen optimalen Kompromiß zwischen technischem Aufwand und erreichbarer Bildqualität darstellte, dessen Nachteile für HDEP heute jedoch immer evidenter werden. In diesem Vorhaben sollen Fragen zur optimalen örtlichen und zeitlichen Auflösung der Szene bei der HDEP-Bildaufnahme und HDTV-Obertragung behandelt sowie die Auswirkungen eines progressiven (ohne Zeilensprung) Aufnahmestandards auf Verfahren der Studiotechnik untersucht werden.

Stand im Projekt

Das Projekt, das im Zeitraum vom 1.7.1986 bis zum 30.6.1989 bearbeitet wird, befindet sich in der Vorbereitungsphase.

Die Arbeiten konzentrierten sich auf die Erarbeitung von Konzepten für das Simulationssystem, auf dem die späteren Untersuchungen durchgeführt werden sollen und für den Hardwareaufbau eines 4-Kanal-Experimental-Kamerasystems, welches die Erzeugung progressiv, d.h. ohne Zeilensprung abgetasteter Bilder erlaubt, ohne die Zeilenfrequenzen und Signalbandbreiten in den Bildaufnehmern gegenüber denen heute käuflicher HDTV-Kameras zu überschreiten.

Dieses System arbeitet mit einem Luminanzkanal mit 1250 Zeilen und 25 Hz Bildwechselfrequenz bei progressiver Abtastung (1:1) sowie drei Farbkanälen (Rot, Grün, Blau) mit 625 Zeilen, 50 Hz und ebenfalls progressiver Abtastung. Durch Methoden der 3-dimensionalen Signalverarbeitung werden die 4 Signale so kombiniert, daß am Ausgang der Kamera drei RGB-Signale mit 1250 Zeilen, 50 Hz und 1:1 Abtastung zur Verfügung stehen.

Der Hardwareaufbau wird modellmäßig auf der Grundlage einer vorhandenen 4-Röhren-Kamera durchgeführt, deren Zeilenzahl um den Faktor 2 gegenüber dem HDTV-Standard reduziert ist (624 bzw. 312 Zeilen). Die für die 3-dimensionale Verarbeitung benötigten Bildspeicher wurden bestellt und erste Komponenten (A/D-, D/A-Wandler, digitale Filter) wurden aufgebaut. Weiterhin wurden Änderungen am Ablenksystem der vorhandenen Kamera vorgenommen sowie Konzepte zur Änderung des optischen Systems (Einbringung vertikal wirkender optischer Tiefpässe) entwickelt.

Projektleiter: Dr. R. Schäfer

Zuwendungsgeber: BMFT

Nutzen von Bewegtbildabrufdiensten für den Wissenserwerb

Ziel

Künftige Breitbandvermittlungsnetze bieten die Möglichkeit, breitbandige Informationssysteme zu realisieren, die interaktiv - über die Möglichkeiten des gegenwärtigen Bildschirmtextsystems hinaus - den Zugriff nicht nur auf Information in Form von Text, Grafik und Standbilder, sondern auch auf Bewegtbildsequenzen erlauben.

Ob nun die technisch mögliche, jedoch kostenintensive Realisierung solcher Breitbanddienste vertretbar ist, hängt wesentlich von der Frage ab, in welchem Ausmaß die mit Bewegtbildsequenzen verbundenen spezifischen Darstellungsmöglichkeiten, z.B. die unmittelbare Darstellung von kontinuierlichen Bewegungsabläufen, Rotationen, Vergrößerungen/Verkleinerungen etc., die Aneignung von Information und Wissen erleichtert oder erst ermöglicht.

Obwohl Film und Fernsehen seit langer Zeit auch für den Wissenserwerb eingesetzt werden, läßt sich die vorliegende Frage auf der Basis vorhandener Untersuchungen nicht zufriedenstellend beantworten.

Zu ihrer Beantwortung sollen in Benutzeruntersuchungen Informationsangebote mit und ohne Bewegtbilddarstellungen verglichen werden. Im Vordergrund soll dabei Wissen um dynamische Vorgänge, zeitliche Abfolgen und räumliche Relationen stehen, die den Einsatz von Bewegtbilddarstellungen besonders nahelegen und in verschiedenen Inhaltsbereichen (Biologie, Medizin, Technik ...) von Bedeutung sind.

Stand im Projekt

Das erste Jahr der Projektlaufzeit (1.1.1986 - 31.12.1988) diente den folgenden Arbeiten:

Aufbau eines Experimentalsystems

Zur Durchführung der geplanten Benutzeruntersuchungen wurde ein Experimentalsystem aufgebaut, das die Präsentation von Text, Ton und Standbildern mit und ohne Bewegtbilddarstellungen ermöglicht. Die Arbeiten hierzu umfaßten den Hardwareaufbau sowie die Entwicklung von Programmen zur Gerätesteuerung, zum Informationsabruf und zur Protokollierung der Systembenutzung.

Theoretische Vorarbeiten

In Vorbereitung der experimentellen Untersuchungen wurden über die Auswertung der Fachliteratur unter anderem Hypothesen darüber formuliert, welche Besonderheiten menschlicher Informationsverarbeitung die Oberlegenheit von Bewegtbilddarstellungen beim Erwerb der oben genannten Wissentypen nahelegen:

Die Bedeutung von Bewegtbilddarstellungen nimmt zu,
- wenn es darauf ankommt, die Schnelligkeit eines Bewegungsablaufes (etwa in der Biologe im Sport, in der Medizin) genau zu kennen (Hypothese 1), ferner
- wenn die Zahl der für einen Bewegungsablauf wesentlichen, sich bewegenden Komponenten zunimmt (Hypothese 2).

Außerdem wurde die Frage bearbeitet, in welchen Inhalts- und Anwendungsbereichen die oben genannten Wissentypen voraussichtlich von Bedeutung sind.

Entwicklung von Programmen zur Generierung von synthetischen Bewegungsmustern

Für eine erste experimentelle Prüfung der Hypothesen wurden zwei Programme zur Generierung synthetischer Bewegungsmuster entwickelt. Hierbei wurden unter Einsatz eines Bildverarbeitungssystems zwei verschiedene Wege der Bewegungssynthese beschritten.

- Vorgabe von Bahnkurven über einen steuerbaren Cursor
  Diese können anschließend gespeichert, beliebig segmentiert und mit abschnittsweise konstanten, freiwählbaren Beschleunigungen durchlaufen werden. Dabei können stetige oder unstetige Geschwindigkeitsverläufe gewählt werden.

- Direkte Erzeugung des Geschwindigkeitsvektors
  Dazu werden für die x- und y-Komponenten als Annäherung an eine Fourierreihe die Koeffizienten eines trigonometrischen Polynomes vorgegeben. Die resultierenden Bahnkurven und Bewegungen werden gezeigt und gespeichert.

Auf der Grundlage der hier beschriebenen Vorarbeiten wird im kommenden Jahr eine erste Gruppe von Benutzeruntersuchungen durchgeführt.

Projektleiter: Dr. J. Faber

Zuwendungsgeber: BMFT

Psychooptische Begründung eines 3D-Fernsehstandards

Ziel

Die Entwicklung breitbandiger digitaler Signalverarbeitungs- und Übertragungsverfahren ermöglicht neben einer qualitativen Verbesserung herkömmlicher Fernsehbilder (HDTV) auch eine natürlichere Wiedergabe der Tiefeninformation einer Szene (3DTV). Gegenüber dem hohen HDTV-Entwicklungsstand steht die 3DTV-Entwicklung zur Zeit noch vor einer Festlegung wünschenswerter Leistungsmerkmale. In diesem Vorhaben sollen daher aus den Eigenschaften des Gesichtssinns Anforderungen an die Darstellungsqualität eines 3D-Fernsehsystems abgeleitet werden. Durch einen Vergleich von 2D- und 3D-Fernsehverfahren soll der mögliche Nutzen der dreidimensionalen Darstellung abgeschätzt werden. Das Projekt wird in der Zeit vom 1.8.1984 bis zum 30.6.1987 durchgeführt.

Stand im Projekt

Zulässige Fehler an Bildkonturen

Der erste Vorhabenteil befaßt sich mit der Ermittlung zulässiger Toleranzen für Bildfehler, die bei der Anwendung von 3D-spezifischen Kodierverfahren an Bildkonturen auftreten können.

Die Leistungseigenschaften der für Fernsehanwendungen in Frage kommenden 3D-Kodierverfahren wurden bislang in der Literatur nicht erörtert. Um einen Einblick in die dabei möglichen Bildfehler zu erhalten, war es notwendig, verschiedene Verfahren für Simulationszwecke zu implementieren. Ausgewählt wurden Stereomatchingverfahren nach dem MARR-POGGIO-Algorithmus und auf der Grundlage von Korrelationstechniken.

Die Wahrnehmbarkeit und Störwirkung der bei diesen Verfahren im rekonstruierten Bild auftretenden primären Bildfehler (ohne Einsatz spezieller qualitätsverbessernder Maßnahmen) wurde in einer Reihe psychooptischer Experimente anhand von Testmustern und natürlichen Bildinhalten systematisch untersucht. Die Ergebnisse lassen sich zu einer ersten Abschätzung der Störwirkung von 3D-Rekonstruktionsfehlern in Abhängigkeit von Bildparametern (Bildkontrast, Detailreichtum, Raumtiefe) und Fehlerparametern (Fehlerdichte, Fehlerausdehnung, Zeitverhalten) verallgemeinern. Da die Fehlermuster bei 3D-Bildrekonstruktionen in einem hohen Maße verfahrensabhängig sind, werden weitergehende Untersuchungen erst im Rahmen der Entwicklung spezieller Kodierverfahren sinnvoll.

Anforderungen an die Tiefenquantisierung

Ein Weg zur Irrelevanzreduktion in 3D-Bildern besteht darin, die Tiefenauflösung zu begrenzen, ohne den Eindruck einer kontinuierlichen Raumwiedergabe zu zerstören. Die notwendige Zahl der Tiefenstufen und der bestmögliche Verlauf einer Tiefenquantisierungslinie sollen in Beurteilungsexperimenten mit entsprechend konstruierten Bildern ermittelt werden. Im Berichtszeitraum wurden Raumtiefenkarten (disparity-maps) für 3D-Testbilder durch ein Korrelationsverfahren berechnet und verbleibende Analysefehler korrigiert. Mit der darauf basierenden Konstruktion tiefenquantisierter Bilder wurde begonnen.

Anforderungen an die Richtungsquantisierung

Es wurde eine Versuchseinrichtung aufgebaut, die eine experimentelle Variation der horizontalen Richtungsauflösung eines 3D-Mehrfachbildsystems erlaubt. Damit soll geprüft werden, wieviele Aspektwechsel bei Eigenbewegungen des Betrachters erforderlich sind, um eine ungestörte Raumwahrnehmung zu gewährleisten.

Zur Aufnahme der benötigten Stereoansichten wurde ein Kameraschlitten gebaut, der die Kameraachse mechanisch auf den gewünschten Konvergenzpunkt fixiert. Zur Vorbereitung der Experimente wurden verschiedene Bildszenen mit maximal zehn Aspektwechseln pro Augenbasis aufgenommen. Zusätzlich wurden Bewegungsparallaxesequenzen mit Random-Dot-Stereogrammen erzeugt. Die geplanten Experimente werden zur Zeit durchgeführt.

Anforderungen an die L/R-Konvergenz

Es wurden Bildverarbeitungalgorithmen implementiert, mit denen nichtlineare Verzerrungen simuliert werden können, die z.B. bei einem fehlerhaften Abgleich von Aufnahme- und Wiedergabegeräten (Linearität, Geometrie, Abbildungsmaßstab) auftreten. Ermittelt werden sollen zulässige Abweichungen zwischen dem linken und rechten Bild einer stereoskopischen Wiedergabe.

Vergleich von 2D- und 3D-Wiedergabe

In Voruntersuchungen mit Standbildern wurden zwar dreidimensionale Bilder bevorzugt; es zeigte sich aber auch, daß Aufnahme- und Wiedergabeparameter einen erheblichen Einfluß auf die Beurteilung der 3D-Darstellung haben. Die geplanten Untersuchungen mit Standbildern bieten keine ausreichende Grundlage für eine zuverlässige Abwägung zwischen 2D- und 3D-Verfahren.

Im Rahmen eines neu beantragten Vorhabens ("Bildgüteparameter bei HDTV und 3DTV") soll daher der mögliche Nutzen der 3D-Wiedergabe unter Berücksichtigung der relevanten Einflußparameter mit Bewegtbildszenen untersucht werden.

Projektleiter: Dr. S. Pastoor

Zuwendungsgeber: BMFT

Abteilung Optische Signalverarbeitung

Übersicht

In der Informationstechnik wurde die Verarbeitung von Signalen bislang im wesentlichen mit elektronischen Schaltungen, also mit Hilfe von Elektronen, durchgeführt. Die Verarbeitung von Signalen mit optischen Einrichtungen, also mit Hilfe von Photonen, hat in Disziplinen der Informationstechnik, die der physikalischen Optik nahestehen, eine lange Tradition, in der Informationstechnik ganz allgemein wurde dieses Potential jedoch bisher kaum genutzt.

Elektronen und Photonen haben unterschiedliche und i.a. komplementäre Eigenschaften: Elektronen agieren miteinander, Photonen jedoch nicht. Im Gegensatz zu Photonen lassen sich somit Elektronen gut verstärken und schalten. Die Interaktion führt zu Übersprechen zwischen elektrischen Leitungen, Lichtstrahlen dagegen können sich ohne Beeinflussung kreuzen. Elektronen lassen sich mit Kondensatoren speichern, Photonenspeicher dagegen existieren nicht. Kondensatoren können in elektronischen Systemen in Form ungewollter RC-Glieder zu Geschwindigkeitsbegrenzungen führen, derartige Einschränkungen gelten nicht für optische Systeme. Schließlich verlaufen elektronische Signalverarbeitungsprozesse i.a. seriell und dementsprechend langsam, optische Signalverarbeitungsprozesse verlaufen dagegen i.a. parallel und dementsprechend schnell.

Es ist somit naheliegend, Prozessoren zu entwickeln, die sowohl die Vorteile der Elektronen als auch die der Photonen nutzen. Derartige optoelektronische Prozessoren sind jedoch nur denkbar, wenn die Signalkonversion zwischen der elektronischen und der optischen Ebene sowie in umgekehrter Richtung problemlos ist. In der Tat sind heute optoelektronische Wandler als Halbleiter-Laser und -Photodioden mit hohem Wirkungsgrad, hoher Arbeitsgeschwindigkeit und geringem Volumen verfügbar.

In der optoelektronischen analogen Signalverarbeitung sind bereits ermutigende Fortschritte, insbesondere in USA, erzielt worden. Bauelemente, wie Spektralanalysator und Analog-Digital-Umsetzer konnten in hybrider Optik auf Lithiumniobat-Basis realisiert werden. Langfristig sind hierfür OEICs auf Halbleiterbasis anzustreben. Die optoelektronische digitale Signalverarbeitung erscheint vielversprechend, ist jedoch heute wenig erforscht.

Aufgabe der Abteilung Optische Signalverarbeitung ist es, insbesondere das Potential der Signalverarbeitung mit Photonen in Hinblick auf die Entwicklung optoelektronischer analoger und digitaler Prozessoren für die Informationstechnik zu erschließen. Natürlich muß es das Ziel sein, derartige Prozessoren langfristig mit Hilfe der Integrierten Optik zu optoelectronic integrated circuits (OEIC) zu integrieren.

Das Projekt "Digitaler Optischer Prozessor" wurde weitergeführt und mit der Erarbeitung eines Antrages für ein BMFT-Projekt abgeschlossen. Das neue Projekt hat den Titel "Untersuchungen zum digitalen optischen Prozessor" und wurde zwischenzeitlich genehmigt. Schwerpunkt des Projekts ist die Entwicklung von optischen Schaltzellen. Um dieses noch in den Anfängen stehende Thema möglichst breit zu behandeln, werden - unter Einbeziehung einer Reihe von F&E-Verträgen - verschiedene Wege parallel verfolgt.

Digitaler Optischer Prozessor

Ziel

Bei derzeitigen digitalen elektronischen Rechnern stößt die interne Kommunikationsfähigkeit auf Grenzen. Die zeitliche Serialisierung der einzelnen Dialoge führt zu einer Verlangsamung, bekannt als 'von Neumann-Engpaß'. Hinzu kommen Schwierigkeiten in der Synchronisation der einzelnen Rechenabläufe.

Optische Lösungsansätze drängen sich aus mehreren Gründen auf. So erlaubt eine optische Verbindungstechnik mit Lichtstrahlen parallele Zugriffe, da Kreuzungen keine Störungen hervorrufen. Auch läßt sich ein optischer Takt in Form eines Lichtpulses übersichtlich verteilen. Die bedeutsamen Vorteile von digitaler Informationsverarbeitung sollen mit dem Einbringen der Optik jedoch nicht verloren gehen.

Das Projekt ist eine Vorstudie zu einem geplanten, umfangreichen Vorhaben.

Stand im Projekt

Die Untersuchungen wurden in Form von Literaturarbeiten fortgesetzt. Um ein umfassendes Bild zu gewinnen, wurden folgende Aspekte bearbeitet:

- Schaltzellen
- Verbindungstechnik
- Rechnerarchitektur und
- Ein- und Ausgabeeinrichtungen

Es zeigte sich, daß die Frage nach geeigneten optischen Schaltzellen vordringlich ist. Zur Realisierung dieser Zellen erscheinen aus heutiger Sicht Materialien wie II-VI- und III-V-Verbindungen sowie Silizium als besonders geeignet. Geprüft wurden sowohl aktive Zellenstrukturen, wie Laserdioden und SEEDs, als auch passive Zellenstrukturen, wie Fabry-Perot-Resonatoren. Das Literaturstudium zeigte auch, daß bisher noch nicht alle erfolgversprechenden Methoden zur Herstellung von Zellen untersucht wurden.

Die Ergebnisse zu den einzelnen Punkten wurden bei der Abfassung eines Antrages für ein BMFT-Projekt "Untersuchungen zum digitalen optischen Prozessor" berücksichtigt, mit dessen Erstellung das grundfinanzierte Projekt am 30.9.86 abgeschlossen wurde.

Projektleiter: Dr. L. Ihlenburg

Zuwendungsgeber: HHI

Untersuchungen zum digitalen optischen Prozessor

Ziel

Es soll geklärt werden, ob es zukünftig möglich sein wird, einen konkurrenzfähigen, optisch arbeitenden, digitalen Prozessor herzustellen. Dazu sollen im einzelnen folgende Ziele verfolgt werden:

- Entwicklung und Herstellung optisch gesteuerter optischer Schalter und Speicherelemente, die sich für den Einsatz in Logiknetzwerken eignen. Lösung des Problems der Kaskadierbarkeit.

- Aufbau logischer Grundglieder wie AND, OR und von "negierenden" Gliedern wie NAND, NOR.

- Auswahl geeigneter Lösungen für die optischen Verbindungen und Verzweigungen sowohl zwischen den einzelnen Zellen als auch zu den Eingabe- und Ausgabeeinrichtungen.

- Untersuchungen zur Architektur parallel arbeitender optischer Rechner.

- Untersuchungen der Möglichkeiten zur Ein- und Ausgabe und zur optoelektronischen Wandlung von Daten optischer Prozessoren.

Stand im Projekt

Das Projekt wurde am 1.10.1986 begonnen. Zur Zeit werden folgende F&E-Verträge abgeschlossen:

- SEED- und Fabry-Perot-Zellen auf Halbleiterbasis in Aufdampftechnik: Optisches Institut der TU-Berlin,

- Logikgatter, basierend auf III-V-Halbleiter-Übergitterstrukturen mittels Molekularstrahlepitaxie: Institut für Hochfrequenztechnik der TU-Braunschweig,

- Logische Grundschaltungen mit GaAs/GaAlAs Doppelstreifenlasern: Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und angewandte Elektronik der TU-München,

- Gezieltes Kristallisieren amorpher Proben durch Lasertempern: Optisches Institut der TU-Berlin.

Für holografische Verbindungstechniken ist eine Zusammenarbeit mit dem Weizmann-Institut Rehovot/Israel geplant.

Am Heinrich-Hertz-Institut wurden erste Vorbereitungen zur Herstellung von Fabry-Perot-Zellen auf II-VI-Halbleiterbasis mittels Ionensputtern getroffen. Die theoretischen Berechnungsgrundlagen wurden vervollständigt.

Das Problem der Rechnerarchitektur wurde mit theoretischen Untersuchungen zur Übertragbarkeit der Architektur elektronischer Rechner in Angriff genommen.

Projektleiter: Dr. L. Ihlenburg

Zuwendungsgeber: BMFT

Abteilung Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Begleitforschung

Übersicht

Die Arbeiten der Abteilung Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Begleitforschung (WiSO) haben das Ziel, Beiträge zur Untersuchung von Anwendungsmöglichkeiten und Auswirkungen neuer Informationstechniken zu liefern. Die Schlüsselfunktion der Informationstechniken für die Erhaltung der wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit, aber auch für die Gestaltung des individuellen Lebens und die gesellschaftliche Wirklichkeit ist heute unbestritten. Breitband-Kommunikationstechnik, wie sie am Heinrich-Hertz-Institut entwickelt wird, ist nur ein Sektor der Informationstechnik. Anwendungs- und Wirkungsforschung zur Informationstechnik muß die Informationsverarbeitungs-, Speicher- und Abruf- sowie die Endgeräte- und Schnittstellentechnik mit berücksichtigen, da sich die einzelnen technischen Lösungen gegenseitig in ihren Anwendungen und Wirkungen bedingen bzw. beeinflussen.

Die Abteilung WiSo war in den Jahren 1980 bis 1983 hauptsächlich mit Arbeiten zur wissenschaftlichen Begleituntersuchung zur Bildschirmtexterprobung in Berlin und mit Arbeiten für die Enquete-Kommission "Neue Informations- und Kommunikationstechniken" des Deutschen Bundestages beschäftigt. Seit Mitte 1983 bis Mitte 1986 wurde das Projekt "Nachfrageimpulse und Marktaussichten für Systeme und Endgeräte der vermittelten Breitbandkommunikation" bearbeitet. Diese Untersuchung befaßt sich ausführlich mit den Nutzungsformen und Nutzungspotentialen zukünftiger Glasfasernetze unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Nach Abschluß dieser Arbeiten hat sich die Abteilung WiSo mit Arbeiten zum Strukturwandel der Massenmedien, mit den Auswirkungen neuer Technologien auf die Beschäftigung, mit einem Rahmenkonzept für die Wirkungsforschung zur Informationstechnik sowie im Hinblick auf die Anwendungsforschung mit der Analyse der organisatorischen Kommunikationsstrukturen und der empirischen Nutzungsuntersuchung zur Breitbandkommunikation befaßt.

Nachfrageimpulse und Marktaussichten für Systeme und Endgeräte zur Vermittlung von Breitbandinformation

Ziel

Das Ziel des Forschungsvorhabens bestand darin, das Einsatzpotential eines zukünftigen IBFN und der Nutzerendgeräte nach deren Nutzungsstruktur und Wirtschaftlichkeit hin abzuschätzen.

Stand im Projekt

Das Forschungsvorhaben wurde Mitte 1983 begonnen. Der Schlußbericht und sechs Ergebnisberichte wurden Ende 1986 fertiggestellt. Nach Veröffentlichung dieser Berichte und Präsentation der Ergebnisse im BMFT, im BMP und bei öffentlichen Veranstaltungen wurde das Forschungsvorhaben abgeschlossen. /73 - 75/

Das Ergebnis des Forschungsvorhabens umfaßt: 1. die Abschätzung der technischen Entwicklung, 2. die Abschätzung der Nutzungspotentiale in den verschiedenen Anwendungsgebieten in Form von Nutzungsszenarien, 3. die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der Einsatzpotentiale einschließlich Rentabilitätsuntersuchungen, 4. die empirischen Ergebnisse von Laboruntersuchungen, die im Labor der Abt. AT durchgeführt werden konnten.

Die Untersuchung verdeutlicht, daß die Einführung von Systemen zur Vermittlung von Breitbandinformation technisch machbar und wirtschaftlich tragbar ist, wenn die Breitbandkommunikation im geschäftlichen Bereich akzeptiert wird. Dies hängt davon ab, ob die geschäftliche Video-Kommunikation die qualitativ bessere Lösung der Breitbandkommunikation möglichen Lösungen im Schmalband-ISDN vorzieht. Die innovativen Möglichkeiten der Breitbandkommunikation können nur ausgeschöpft werden, wenn ein Breitbandkommunikationssystem die Mischung von unterschiedlichen Kommunikationsformen für vielfältige Anwendungszwecke im geschäftlichen, privaten und im Bildungsbereich zuläßt.

Projektleiter: Dr. J. Seetzen

Zuwendungsgeber: BMFT

Technische Entwicklung und Strukturwandel der Massenmedien

Ziel

Das Ziel der Untersuchung bestand darin, Stand und Entwicklung der Übertragungstechnik der Breitband-Kommunikation sowie deren Wirtschaftlichkeit im Hinblick auf die Perspektiven einer Nutzung für die neuen Medien darzustellen.

Stand im Projekt

Die Untersuchung wurde im ersten Quartal 1986 durchgeführt und dem Auftraggeber der Monopolkommission Ende März 1986 vorgelegt. Der Bericht wurde im Mai 1986 veröffentlicht. /76, 77/

Die Untersuchung umfaßt: 1. die technische Entwicklung der Breitbandkommunikation und die zu erwartenden Übertragungskosten, 2. den Stand und die Entwicklung der Medien und der Massenkommunikation in der Bundesrepublik Deutschland, 3. Ergebnisse der Feldversuche und Pilotprojekte zum Wettbewerb der Medien, 4. Betrachtungen zur Medienfunktion und zum Medienbegriff im Hinblick auf den Wandel der Übertragungstechnik sowie 5. eine zusammenfassende Analyse und Szenarien zur Technikentwicklung und zum Strukturwandel im Medienbereich. Zusammenfassend wird festgestellt, daß es in Zukunft kaum noch Medien mit umfassendem Angebot geben wird, da die Spezialisierung auf bestimmte Inhaltsformen und damit eine weitergehende Funktionsteilung zwischen den Medien technisch unterstützt wird. Die Möglichkeit einer stärkeren Auswahl ist für den Rezipienten noch kein Grund zur aktiveren Nutzung, obwohl dies wiederum technisch begünstigt werden wird. Der Nutzer wird sich daran gewöhnen müssen, die "Ware" Information mehr nach ihrer tatsächlichen Nutzung zu bezahlen.

Projektleiter: Dr. J. Seetzen

Auftraggeber: Monopol-Kommission

Rahmenkonzept zur Wirkungsforschung Informationstechnik

Ziel

Das Ziel war, ein Rahmenkonzept für einen Förderschwerpunkt "Wirkungsforschung zu Entwicklung und Anwendung neuer Informationstechniken" im BMFT zu erarbeiten.

Stand im Projekt

Das Rahmenkonzept wurde im zweiten Halbjahr 1986 erarbeitet und Anfang Dezember dem BMFT vorgelegt. Die Ausarbeitung des Konzeptes geschah in Zusammenarbeit mit dem Battelle-Institut, Frankfurt, dem Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe und der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, Bonn.

Das Rahmenkonzept geht von den bisherigen Arbeiten zur Folgenabschätzung neuer Techniken aus sowie von den bereits vorhandenen Vorschlägen zur Untersuchung von Einzelthemen, wie sie von der Queisser-Kommission, dem Arbeitskreis Informationstechnik und bei der Auswertung der internationalen Konferenz "1984 und danach" gemacht wurden. Diese Einzeluntersuchungen lassen sich aber nur in einen konsistenten Rahmen stellen, wenn einerseits die technischen Entwicklungen und deren Anwendungen umfassend dargestellt werden und andererseits die Wirkungsfelder: Individualbereich, Organisationen, Wirtschaft, Medien und Gesellschaft in ihrer eigenen Dynamik betrachtet werden. Die Hauptzielrichtung der Untersuchungen ist die Herausarbeitung von Gestaltungsspielräumen, die die neuen Informationstechniken eröffnen, da die Wirkungen von diesen Gestaltungen abhängen. Hierbei ist vor allem der organisatorische Bereich von besonderem Interesse und bisher zu wenig untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen, die im Forschungsverbund von verschiedenen Institutionen durchgeführt werden müssen, sollen in Szenarien zusammengefaßt werden, die jeweils in zwei Jahren revidiert werden und unter wechselnden Leitthemen stehen sollen.

Projektleiter: Dr. J. Seetzen

Auftraggeber: BMFT

Analysen organisatorischer Kommunikation und empirische Nutzungsuntersuchungen für die Breitbandkommunikation

Ziel

Das Ziel der Untersuchung war, die Durchführbarkeit von Organisationsanalysen und empirische Nutzungsuntersuchungen für die Breitbandkommunikation nachzuweisen.

Stand im Projekt

Die Durchführbarkeits-Untersuchung wurde für das BERKOM-Projekt, Berlin, im zweiten Halbjahr 1986 bearbeitet und dem Auftraggeber im Oktober 1986 vorgelegt.

Die Anwendung der Breitbandkommunikation besonders im geschäftlichen Bereich, ist zwar in dem Forschungsvorhaben "Nachfrageimpulse und Marktaussichten von Systemen und Endgeräten zur Vermittlung von Breitbandinformation" analytisch untersucht und damit die Hauptanwendungsfelder verdeutlicht worden, aber die Frage der Akzeptanz dieser neuen Kommunikationstechnik ist mit diesen Analysen noch nicht geklärt. Hierzu müssen in erheblichem Umfang empirische Untersuchungen folgen. Diese empirischen Untersuchungen bedürfen aber der organisationstheoretischen Strukturierung. Kommunikationsanalysen gehen bisher von den verschiedenen Kommunikationsformen und nicht von den Funktionszusammenhängen aus. In der Untersuchung wird der Stand der Forschung sowohl hinsichtlich der Kommunikationsanalyse als auch der empirischen Nutzungsuntersuchungen ausführlich dargestellt. Aufgrund neuer Überlegungen zur Kommunikationsanalyse, deren Ansatz die Funktion der Kommunikation im organisatorischen Geschehen ist, wird ein konkreter Vorschlag erarbeitet, welche und wieviele Einzeluntersuchungen durchgeführt werden sollen, um verläßliche Aussagen über das Potential und die Akzeptierbarkeit der Breitbandkommunikation zu erhalten. Ein wesentlicher Punkt dabei ist, daß die Kommunikationsanalysen in Organisationen ergänzt werden durch Demonstrationen der Breitbandkommunikaton im Studio.

Projektleiter: Prof. Dr. J. Tonnemacher

Auftraggeber: DETECON-BERKOM

Spezielle Auswertung der Beschäftigtenstatistik zur zusätzlichen Berücksichtigung der Betriebsgröße

Ziel

Ziel der Auswertung ist es, im Rahmen der sogenannten Meta-Studie II des BMFT zur Auswirkung neuer Technologien auf die Beschäftigung, neue statistische Grundlagen über den Zusammenhang von Beschäftigung, Wirtschaftssektor und Betriebsgröße zu erhalten.

Stand im Projekt

In der Abteilung WiSo sind seit einigen Jahren statistische Grundlagen bearbeitet worden, die die Auswirkungen der Informationstechnik auf die Beschäftigung in verbesserter Form darzustellen gestatten. Es handelt sich dabei um Auswertungen der Sozialdatenbank des Bundesministeriums für Arbeit. Im Rahmen der Meta-Studie ist die Frage aktuell geworden, wieweit die Betriebsgröße einen Einfluß auf den Technikeinsatz und damit auch auf die Auswirkungen auf die Beschäftigung hat. Es gibt bisher keine Betriebsgrößenstatistik für alle Sektoren der Wirtschaft. Die Erhebungen der Bundesanstalt für Arbeit lassen aber eine Auswertung zu, die die gewünschte Statistik ergibt. Da es sich dabei um die Vollerhebung aller etwa 20 Millionen abhängig Beschäftigten handelt, ist die Auswertung mit sehr großem Aufwand an Datenverarbeitung verbunden. Die Arbeiten sollen bis Ende 1987 abgeschlossen sein und im Verlauf der Meta-Studie den anderen daran beteiligten Institutionen die Ergebnisse zur Verfügung gestellt werden. Die Auswertung wird in Zusammenarbeit mit der TU Berlin durchgeführt.

Projektleiter: Prof. Dr. G. Weißhuhn (TU)

Auftraggeber: BMFT

Bereich

Integrierte Optik

Integrierte Optik

Übersicht

Das Ziel der Arbeiten im Bereich Integrierte Optik ist die Herstellung monolithisch integrierter Schaltungen, die nebeneinander elektronische, optoelektronische und rein optische Komponenten enthalten. Derartige Schaltungen sollen dem Nachbarbereich Nachrichtensysteme für Versuche mit Glasfaser-Kommunikationssystemen zur Verfügung gestellt werden. Dabei steht das optische Wellenlängengebiet um 1,3 und 1,5 µm im Vordergrund, weil dort die Bandbreite von modernen Glasfasern am größten ist und ihre Dämpfung minimal wird. Man kann erwarten, daß von Schaltungen der erwähnten Art volkswirtschaftlich für die Informationstechnik ein ähnlich tiefgreifender Einfluß zu spüren sein wird, wie er in der Vergangenheit von den hochintegrierten Schaltungen in der Mikroelektronik ausgegangen ist.

Entsprechend der Zielsetzung des Bereichs werden Halbleiterlegierungen eingesetzt, die auf Indiumphosphid (InP) aufbauen. Der gegenwärtige Entwicklungsstand entspricht allerdings bei weitem nicht dem, was auf der Basis von Galliumarsenid oder gar Silizium erreichbar ist. Er ist vielmehr durch Arbeiten an integrationsfähigen Einzelkomponenten oder durch Zusammenfassung weniger Komponenten im Rahmen einer Kleinintegration (small-scale integration) gekennzeichnet. Dies liegt zum einen an der noch ungenügenden Beherrschung der auf InP aufbauenden Halbleiter, zum anderen aber auch an der sehr unterschiedlichen Struktur der Bauelemente der integrierten Optoelektronik oder integrierten Optik.

Die Arbeiten im Bereich sind stark miteinander verzahnt und haben ausgeprägt abteilungsübergreifenden Charakter. Sie konzentrieren sich hauptsächlich auf die dem InP gitterangepaßten Legierungen InGaAsP und, zu einem geringeren Grade, InGaAlAs. Spezialisierte Kristallstrukturen werden überwiegend mit der Flüssigphasen-Epitaxie gezogen. Vier Apparaturen werden dazu genutzt. Die metallorganische Gasphasen-Epitaxie (zwei Anlagen) und die Molekularstrahl-Epitaxie sind demgegenüber noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium. Die Mikrostrukturierung basiert auf einer Elektronenstrahl-Belichtungsanlage, die durch optische Lithographiegeräte und einen holographischen Aufbau zur Gittererzeugung ergänzt wird. Zur Strukturübertragung auf die Substrate stehen die wichtigsten Trockenätzverfahren bereit. Als weitere Prozesse können die Diffusion, die Ionenimplantation sowie die Deposition dielektrischer Schichten in verschiedenen Varianten zur Bauelementeherstellung genutzt werden.

Als wichtigste Einzelkomponenten werden bipolare Transistoren mit Doppelheterostruktur, Feldeffekt-Transistoren, Photodioden und Laser (diese auch im DFB-Aufbau) sowie optische Wellenleiter und Modulatoren experimentell untersucht. Unterstützend laufen Arbeiten zur Simulation dieser Bauelemente und zum Entwurf weitergehender Konzeptionen. Monolithisch integriert werden einerseits Photodioden mit Feldeffekt-Transistoren und andererseits Photodioden mit optischen Wellenleitern.

Etwa 15% der Kapazität des Bereichs werden auf das Material Lithiumniobat verwendet, das zwar keine elektronischen Komponenten wie in Halbleitern zu bauen erlaubt, mit dem aber wertvolle Erfahrungen zur Nutzung des elektrooptischen Effekts gesammelt werden können. Weiterhin können dem Bereich Nachrichtensysteme erste Komponenten nach dessen Spezifikationen zur Verfügung gestellt werden. Zu nennen sind Schaltmatrizen und polarisationsunabhängige Modulatoren sowie Einzelkomponenten zu einem optischen Heterodyn-Empfängerbaustein. Die Arbeiten am Lithiumniobat sind dadurch gekennzeichnet, daß über die Probleme der Funktionsprinzipien der einzelnen Baugruppen hinaus bereits Fragen der Ausbeute und der Langzeitstabilität angegangen werden können.

Das vergangene Jahr stellte zusätzlich zu den erwähnten Arbeiten noch weitere Anforderungen, die sich aus dem Bau eines neuen Technologiegebäudes ergeben. Mit dem Neubau, der in der zweiten Jahreshälfte 1987 bezugsfertig sein wird, werden noch wenig bekannte Grenzgebiete der Technologie von III/V-Halbleitern erschlossen, die nicht zuletzt auch besondere organisatorische und betriebstechnische Probleme aufwerfen.

Der Bereich Integrierte Optik umfaßt, unter Einschluß von Sekretariaten und Werkstatt, derzeit rund 75 Mitarbeiter. Darunter befinden sich zwei ausländische Gastwissenschaftler, zwei Wissenschaftler aus der deutschen Industrie sowie ein Forschungsstipendiat. Die Abteilungsleitungen des Bereichs, der nun das fünfte Jahr seines praktischen Aufbaus hinter sich gebracht hat, sind bis auf eine besetzt.

Materialherstellung und -charakterisierung

Die verschiedenen Halbleiterkomponenten, die im Bereich IO auf der Grundlage der InP-Materialien (InGaAsP, InGaAlAs) entwickelt werden, stellen erhebliche Anforderungen an die epitaktische Herstellung und die Charakterisierung der benötigten Schichten und Schichtstrukturen. Für die Epitaxie werden drei verschiedene Verfahren weiterentwickelt und eingesetzt. Unter ihnen bildet die Flüssigphasenepitaxie (LPE) gegenwärtig die Basis für die Bauelementeherstellung. Für eine monolithisch optoelektronische Integration wird es jedoch generell als notwendig angesehen, auf andere Verfahren überzugehen, die die Nachteile der LPE-Methode (mäßige großflächige Homogenität der Schichten, kaum kontrollierbares Aufwachsen dünner Schichten u.a.) überwinden sollen. Hierzu werden die metallorganische Gasphasenepitaxie (MOVPE) und die Molekularstrahlepitaxie (MBE), jeweils anhand definierter Bauelemente, im Zusammenspiel mit den in der Meßtechnik zur Verfügung stehenden Charakterisierungsverfahren entwickelt. Die früher ebenfalls bearbeitete Hydrid-Gasphasenepitaxie wurde eingestellt, um sich auf die aussichtsreicher erscheinende MOVPE-Technik konzentrieren zu können.

Mit der LPE wurden InGaAsP-Schichtstrukturen vor allem für folgende Bauelemente hergestellt, auf die weiter unten näher eingegangen wird: passive Wellenleiter und Polarisationskonverter, Laser, Bipolartransistoren, pin-FET- und pin-Wellenleiterstrukturen. Im Verlaufe dieser Arbeiten wurde die Reinheit der Schichten systematisch verbessert, wobei sich die Qualität der verwendeten Ausgangsmaterialien als wesentlicher Einflußfaktor herausstellte. Die Hintergrunddotierung von InGaAs-Schichten konnte bei Verwendung von 7N-Indium-Schmelzenmaterial auf einen Bestwert von $6 \cdot 10^{14}$ cm^{-3} mit Beweglichkeiten von 10.200 $cm^2/Vsec$ (300 K) bzw. 43.000 $cm^2/Vsec$ (77 K) reduziert werden. Bei phosphorhaltigen Schichten, wie sie vor allem für Wellenleiterbauelemente verwendet werden (InGaAsP, λ_g = 0,97 µm), liegen die Hintergrunddotierungen noch um über eine Größenordnung höher. Die Ursache wird vor allem in der mangelnden Reinheit des InP-Einwaagematerials gesehen. Vergleichende Untersuchungen werden durchgeführt.

Ein negativer Einfluß auf die Reinheit der Schichten geht offenbar von der Sn-P-Schutzschmelze aus, die zur Vermeidung der Substratdegradation verwendet wird. Mittels C-V-Profiling wurden zur Aufwachsgrenze hin stark ansteigende Restdotierungen gemessen. Durch kurzzeitiges Anätzen des Substrats mit einer untersättigten InP-Schmelze läßt sich dieser Effekt, allerdings zu Lasten der Oberflächenplanarität, eliminieren.

Weiterhin sei erwähnt, daß es erstmals im Hinblick auf pin-Detektor- und andere Anwendungen gelang, bei üblichen Wachstumstemperaturen (600 ° C) InP-Schichten direkt auf dicke ternäre Schichten aufzuwachsen.

Im Rahmen der MBE-Aktivität wurde schwerpunktmäßig das Wachstum von InAlAs-Schichten auf InP-Substraten untersucht. Die laterale Homogenität der Zusammensetzung konnte dabei für einen Substratdurchmesser von zwei Zoll auf $\Delta x/x \approx 4 \cdot 10^{-3}$ verbessert werden. Das Erreichen einer optimalen Oberflächenmorphologie erweist sich im Vergleich zu InGaAs als schwieriger, vermutlich als Folge der hohen Reaktivität und der niedrigen Oberflächenbeweglichkeit der Al-Atome während der Epitaxie. Dennoch ließen sich atomar ebene Oberflächen bei geeigneter Wahl der Wachstumsparameter erzielen. Allerdings ist die Reproduzierbarkeit gegenwärtig noch kritisch.

Optische Untersuchungen an InAlAs-Schichten auf InP zeigten, daß InAlAs Wellenleitereigenschaften aufweist, also trotz des gegenüber InP höheren Bandabstandes wellenlängenabhängig größere Brechungsindizes besitzt. Es wurden Unterschiede von $0{,}015 < n < 0{,}04$ für $\lambda = 1{,}3$ µm bzw. $0{,}02 < n < 0{,}05$ für $\lambda = 1{,}5$ µm bestimmt. Ellipsometrische Messungen im Absorptionsbereich zeigten eine gute Konsistenz mit den im Transmissionsbereich ermittelten Daten. Damit erweist sich InAlAs als attraktives alternative Material für Wellenleiteranwendungen.

Weiterhin wurde im Hinblick auf InAlAs/InGaAs-MESFETs bzw. Photodioden mit der Untersuchung des Schottky-Verhaltens von Al-Kontakten auf InAlAs begonnen. Die natürliche Oxidation der Al-reichen Oberfläche (x_{Al} = 0,48) äußert sich in MOS-ähnlichen C-V-Kennlinien. Durch eine ultradünne (< 25 Å) InAs-Schicht als Abschluß der Epitaxie wurde dieser Effekt vermieden. Die Konsequenz ist jedoch eine leichte Absenkung der Barrierenhöhe. Die erzielten Schottky-Eigenschaften waren vergleichbar mit veröffentlichten Resultaten.

Auf dem Gebiet der Gasphasenepitaxie wurde im Berichtszeitraum eine vorhandene ältere MOVPE-Anlage vollständig umgebaut. Dies schließt insbesondere die Erneuerung und Modernisierung des gesamten Gasversorgungssystems (u.a. "Vent/Run"-Betrieb, "fast-switching manifold"), die Erstellung einer flexiblen Prozeßsteuerung (Hardware/Software) und den Einbau einer neuen Reaktorzelle ein. Der Reaktor ist mit einem gespülten Liner-Rohr ausgestattet, wodurch Ablagerungen im Reaktorrohr selbst vollständig vermieden werden. Die Anlage ist für eine Alkylepitaxie im Normaldruckbetrieb ausgelegt. Die Epitaxieentwicklung, ausgerichtet an den Erfordernissen der Laser, wurde mit der Herstellung von InP-Schichten begonnen, wobei Untersuchungen zur Oberflächenmorphologie auf exakt orientierten Substraten im Hinblick auf eine MOVPE/LPE-Hybridepitaxie als Zwischenstadium bei der Laserherstellung im Vordergrund standen. Bei einer Wachstumstemperatur von 640° C ließen sich sehr ebene Oberflächen erzielen. Dabei betrugen die Wachstumsraten bei den eingestellten Gasflüssen 1 - 1,5 µm/h. Die Restdotierung liegt bislang um 10^{16} cm^{-3}. Nach dem Einbau einer DM Cd-Quelle wurden Versuche zur p-Dotierung begonnen, während parallel auch das Überwachsen von DFB-Gitterstrukturen erfolgreich durchgeführt wurde.

In einer zweiten Anlage, die im Eigenbau aufgebaut und in Betrieb genommen wurde, stand die Herstellung von InGaAs-Schichten im Mittelpunkt der Arbeiten. Diese Aktivitäten werden im Rahmen eines ESPRIT-Projektes durchgeführt und unten näher erläutert.

Angefügt sei, daß für ein Abgasreinigungsverfahren, das bereits früher erarbeitet und zu der Entwicklung eines effizienten Abgasreinigungssystems für Gasphasenepitaxieanlagen geführt hat, Patente in Deutschland und den USA erteilt wurden. Eine Lizenz zur Fertigung dieser Abgasreinigungssysteme wurde vergeben.

Charakterisierung von Heterostrukturen

Beim idealen epitaktischen Wachstum zweier Halbleiterschichten aufeinander würde das Bändermodell an der Heterostrukturgrenze allein von den Banddiskontinuitäten, bedingt durch verschiedene Elektronenaffinitäten der beteiligten Komponenten, bestimmt sein. In realen Heteroübergängen treten jedoch zusätzliche Zwischenschichtladungen auf, die zum einen durch Störatome in der Grenzschicht, aber auch bei perfekter Reinheit durch nicht abgesättigte Bindungen oder durch Segregationseffekte diffundierender Dotierstoffe bzw. Kompensationsdotierstoffe entstehen können. Diese Grenzflächenladungen führen zu zusätzlichen Bandverbiegungen, die den Stromtransport im allgemeinen negativ beeinflussen (Transistor : Injektionswirkungsgrad, Photodioden : Rauschen, Laser : elektrisches Confinement).

Zur Charakterisierung dieser zusätzlichen Ladungen in isotypen Heterostrukturen wurde die C-V-Meßtechnik in einer speziellen Auswertemethode nach Kroemer eingesetzt. Hierbei werden aus zwei Integrationen über die gemessene freie scheinbare Ladungsträgerdichte die Majoritätsträgerband-Diskontinuität und die ortsfeste Grenzflächenladung bestimmt. Die Methode ist empfindlich bis herab zu Flächenladungen von 10^{10} cm^{-2}. Zur Messung ist die Verschiebung einer Raumladungszone über eine isotype Heterostrukturgrenze hinweg erforderlich. Daher ist die Methode sowohl am elektrochemischen Profiler bei Dotierungen unter 10^{17} cm^{-3} als auch an fertigen Heterostrukturdioden einsetzbar und angewendet worden.

Bei Photodioden erwiesen sich quaternäre Schichten auf InP (InGaAsP, 0,97 µm) bezüglich der ortsfesten Grenzflächenladung deutlich günstiger als umgekehrt InP auf InGaAsP (1,3 µm), wo das Melt-back-Problem phosphorreicher auf phosphorarmen Schichten auftritt. An anisotypen Heterostrukturgrenzen (EB-Dioden in bipolaren Transistoren) wird die Grenzflächenladung über die Diffusionsspannung gemessen, wobei die Majoritätsträgerband-Diskontinuität als bekannt eingebracht werden muß. Bei Schichtfolgen mit Melt-back-Problemen sind Ladungen von 5 10^{11} cm^{-2} gemessen worden, die durch weitere Optimierung der Wachstumsbedingungen gesenkt werden sollen.

Prozeßtechnologie

Entspiegelungsschichten

Hochqualitative Ent- und Verspiegelungsschichten stellen einen wesentlichen Bestandteil einer Reihe von optoelektronischen Bauelementen (z.B. Laser, Photodioden) und zukünftiger integrierter Schaltungen (z.B. Faser-Chip-Kopplung) dar. Zu ihrer Erzeugung wurde das Verfahren der Abscheidung dielektrischer Schichten durch thermische Verdampfung mit einer In-situ-Kontrolle ihrer Reflexionseigenschaften aufgebaut.

Die Entwicklungsarbeiten zur Herstellung von Antireflexionsschichten für GaAs/GaAlAs-Laser für das Projekt TK 426 ("Kohärente optische Breitbandübertragung für den Weitverkehr" wurden zu einem weitgehenden Abschluß gebracht. Die durch Entspiegelung kommerzieller 0,8 µm-Laserdioden mit TiO_2-Schichten hergestellten optischen Wanderwellenverstärker wurden erfolgreich zur Untersuchung von Fragestellungen der Mehrkanalübertragung eingesetzt /14, 19/.

Darüber hinaus wurde die Entspiegelung von InGaAsP/InP-Lasern (1,3 µm Wellenlänge) durch Deposition von SiO_x angegangen und bereits auf einen relativ hohen Entwicklungsstand gebracht. Der hier erreichte Entspiegelungsgrad ist durchweg höher als bei den 0,8 µm-Lasern. Genaue Aussagen über die im Promille-Bereich liegende Restreflexion der Laserdioden sind gegenwärtig jedoch noch nicht möglich, da die beiden verwendeten Meßverfahren unterschiedliche Werte liefern. Aus der Messung der Leistungs-Strom-Kennlinie ergeben sich Reflexionsgrade zwischen 0,5 und 1%, während das Verfahren der verstärkten spontanen Emission auf Werte zwischen 0,01 und 0,1% schließen läßt. Eine weitere Verbesserung der Entspiegelung hinsichtlich Restreflexion und Reproduzierbarkeit werden durch den jetzt beabsichtigten Übergang zur reaktiven Aufdampfung mit O_2-Zugabe und durch eine rechnergesteuerte Echtzeit-Kontrolle des Depositionsprozesses erwartet.

Trockenätzverfahren

Die Methoden zur trockenchemischen Strukturübertragung gewinnen auch in der Technologie von optoelektronischen Komponenten auf III-V-Halbleiterbasis zunehmend an Bedeutung, da sie gegenüber naßchemischen Ätzprozessen eine Reihe entscheidender Vorteile, wie gleichbleibende Anisotropie in allen kristallographischen Richtungen, hohe Maßhaltigkeit und ausgezeichnete Reproduzierbarkeit, mit sich bringen. Die Leistungsfähigkeit des hier entwickelten Verfahrens der reaktiven Ionenätzung (RIE) von InGaAsP-Halbleitermaterialien im CH_4/H_2-Plasma ließ sich an der Erzeugung von Wellenleiterspiegeln, an der Strukturierung von Gittern 2. Ordnung (Periodenlänge 480 nm) und an der Ätzung von Gräben, die anschließend ohne naßchemische Nachbehandlung epitaktisch überwachsen werden konnten, deutlich demonstrieren. Die hierzu notwendige Optimierung gelang unter Zuhilfenahme massenspektroskopischer Untersuchungen am CH_4/H_2-Plasma, die zu einem tieferen Verständnis der Ätzmechanismen führten. Es wurden unterschiedliche Reaktionskanäle gefunden, die Volumen- oder Oberflächenreaktionen zugeordnet werden können. Kohlenwasserstoff-Produkte wie Ethan, Ethen, Ethin, die in Neutralteilchenspektren auftreten, weisen hierbei auf bimolekulare Reaktionen angeregter oder radikalischer Teilchen und können für Polymerabscheidungen auf der Maskierung verantwortlich gemacht werden. Andere Verbindungen wie Phosphin werden nur durch Oberflächenreaktionen gebildet und stellen damit mögliche direkte Ätzprodukte dar. Die Spektren positiver Ionen gestalten sich komplex und enthalten eine Serie von Ionen, die durch Ionen-Molekül-Reaktionen entstehen (H_3^+, CH_5^+, $C_2H_5^+$, $C_3H_6^+$ u.a.). Die Stärke ihres Auftretens korreliert mit Prozeßparametern, z.B. dem Druck und mit der Ätzrate.

Ergänzend zum RIE-Verfahren wurden Studien zur reaktiven Ionenstrahlätzung (RIBE) von InP unter Zumischung von CH_4 aufgenommen. Zielrichtung sind spezifische, der RIE-Methode nicht zugängliche Anwendungen wie z.B. die kontrollierte Einstellung flacher Ätzflanken. Erste Ergebnisse (sehr geringe Maskenerosion, glatte geätzte InP-Oberflächen) sehen vielversprechend aus. Die Versuche sollen deshalb nach einem für die Erhöhung der reaktiven Ätzkomponente notwendigen Umbau der RIBE-Anlage fortgeführt werden, insbesondere unter dem Aspekt variiender Ioneneinfallswinkel.

Ohmsche legierungsfreie Ti/Au-Kontakte auf InP und InGaAs

Mit zunehmender Miniaturisierung optoelektronischer Schaltungen erlangen ohmsche Kontakte mit sehr niedrigem spezifischen Kontaktwiderstand besondere Bedeutung. Der Einsatz aufgedampfter Ti/Au-Schichten zur Herstellung legierungsfreier Kontakte, die zur Erreichung einer höheren Flexibilität in der Bauelemente-technologie wünschenswert sind, wurde auf n-InP bzw. n-InGaAs optimiert und in der Folge auch auf p-Material erweitert. Die Charakterisierung des spezifischen Kontaktwiderstandes erfolgte an Transmission-Line-Strukturen der epitaktischen Schichten auf semiisolierendem InP.

n-Kontakte

Nachdem in der Vergangenheit bereits Kontaktwiderstände von $8 \cdot 10^{-7}\ \Omega\,cm^2$ auf hochdotiertem InP unter Einschluß einer Ar-Sputterätzung erreicht wurden, konnte dieser Widerstandswert durch einen moderaten abschließenden Temperschritt bei 200° C (N_2, 15 min) auf $8 \cdot 10^{-8}\ \Omega\,cm^2$ weiter gesenkt werden. Auf hochdotiertem InGaAs ($n = 8 \cdot 10^{18}\ cm^{-3}$) wurde ein spezifischer Kontaktwiderstand $R_c < 10^{-7}\ \Omega\,cm^2$ erreicht, der auch bei geringerer Dotierung ($7 \cdot 10^{15}\ cm^{-3}$) noch unter $5 \cdot 10^{-6}\ \Omega\,cm^2$ blieb /93/.

p-Kontakte

Der sich bei n-Material vorteilhaft auswirkende Ar-Sputterätzschritt führt auf p-Material systematisch zu höheren Schottky-Barrieren von ca. 700 meV auf InP. Hier erbrachte eine naßchemische Ätzung vor der Bedampfung zwar eine Erniedrigung der Barriere um 200 meV, jedoch blieben die Kontakte nichtlinear. Auf InGaAs war die gleiche Tendenz zu beobachten, nur konnte hier aufgrund des kleineren Bandabstandes beim naßchemisch vorbehandelten Kontakt bereits ein Kontaktwiderstand von $10^{-3}\ \Omega\,cm^2$ gemessen werden. Nachdem eine weitere Senkung des Kontaktwiderstandes über die Beeinflussung des Oberflächenpotentials ausgeschöpft war, wurde ein weiterer Weg über eine Erhöhung der Oberflächendotierung beschritten. Versuche, mittels Diffusion aus der Gasphase höhere Konzentrationen als einige $10^{18}\ cm^{-3}$ oberflächennah zu erreichen, blieben erfolglos. Eine weitere Möglichkeit bietet die Diffusion aus einer Spin-On-Emulsion. Erste Versuche dazu in hochdotiertem p-InGaAs wurden begonnen.

Mikrostrukturierung

Exzimerlaser in der Lithographie

Exzimerlaser lassen sich wegen ihrer hohen Leistungsdichte und Photonenenergie vorteilhaft zur lithographischen Strukturierung einsetzen. In unserem Labor wurden dazu zwei Techniken entwickelt:

- ein Abhebeverfahren zur Strukturierung von Metall- oder Isolatorschichten und

- die Flutbelichtung zur Strukturübertragung in mehrlagigen Photolacksystemen.

Beim ersten Verfahren wird zunächst wie bei der konventionellen Abhebetechnik ("lift-off") die gewünschte Struktur als negatives Lackbild definiert. Anschließend erfolgt die ganzflächige Bedampfung mit einem Metall- oder Isolatorfilm. Diejenigen Bereiche des Films, die nicht unmittelbar auf der Halbleiteroberfläche, sondern auf dem Resist liegen, werden mit einem intensiven Lichtimpuls (>50 mJ cm^{-2})

eines ArF*-Exzimerlasers abgehoben. Dieser Mechanismus beruht auf einer pyrolytischen Zersetzung der Lackschicht mit gasförmigen Reaktionsprodukten, wobei der bedeckende, zu strukturierende Film quasi abgesprengt wird. Bei metallischen Filmen wird dieser Vorgang durch Schmelzen und einsetzendes Verdampfen noch unterstützt. Werden die experimentellen Bedingungen (Art des aufgedampften Films, des Resists und des Substrats, Belichtungsdosis und -leistung, Prozeßatmosphäre) richtig aufeinander abgestimmt, erhält man im Submikronbereich aufgelöste Strukturen mit glatten Kanten /101a/.

Der aufgeweitete Laserstrahl läßt sich aufgrund seiner Wellenlänge und seiner geringen Divergenz vorteilhaft zur Strukturübertragung in speziellen Mehrlagenresistsystemen einsetzen. Das einfachste Resistsystem dieser Art stellt die Kombination einer planarisierenden Schicht aus Tief-UV-empfindlichem PMMA mit einem Photolack dar, der lithographisch strukturiert wird und bei der anschließenden Laser-Flutbelichtung als lichtundurchlässige Maske dient. Die Entwicklung des PMMA-Films ergibt dann das gewünschte planarisierende Lackbild mit hoher lateraler Auflösung, das für Lift-off-Deposition oder Galvanisierung geeignet ist. Durch Optimierung der Prozeßparameter gelang die Erzeugung von Strukturen im Bereich von 1,5 µm, wobei noch Probleme in der Auswahl des (strukturtragenden) Photolacks bestehen, dessen Lösungsmittel die planarisierende PMMA-Schicht nicht angreifen dürfen.

Die beschriebenen Verfahren mit Exzimerlasern werden weiter entwickelt, da sie eine effiziente Alternative zu den konventionellen Techniken (Chlorobenzolbehandlung für Lift-off, Trilevel-Verfahren für die Planarisierung) darstellen.

Masken-Design für Bauelemente der Integrierten Optik

Wellenleiterstrukturen integriert-optischer Bauelemente stellen neuartige Anforderungen an bestehende Systeme und Verfahren des Schaltungsentwurfs (layout) und der Maskentechnik. Masken hervorragender Qualität lassen sich zwar mittels Elektronenstrahllithographie herstellen /84/, vorzugsweise wenn diese im Vektormodus mit hochauflösender Addressierung arbeiten, die Schwierigkeiten liegen heute jedoch noch im geometrischen Entwurf mit CAD und in der Handhabung der in großer Zahl entstehenden Patterngenerationsdaten.

Die im Institut installierte CAD-Anlage von Applicon erfüllt weitgehend die Ansprüche, die sich aus dem Design von VLSI-Schaltungen ergeben. Der Entwurf von Wellenleiterstrukturen mit nichtkartesischen Geometrien wird durch Polygonzüge ermöglicht, deren hohe Auflösung jedoch die Datenbasis erheblich vergrössert, zumal eine Datenkompaktierung durch Zellenbildung für solche Strukturen stark eingeschränkt ist. Zu ihrer Erzeugung lassen sich zwei Wege beschreiten:

- die Berechnung von Polygonzügen durch ein vorgeschaltetes Programm (Präprozessor), welches eine Datei mit CAD-Befehlen generiert,

- die Implementierung zusätzlicher CAD-Befehle, die neuartige Geometrien, beispielsweise S-förmige Wellenleiterverläufe, hervorbringen und in der Datenbasis als neue Klasse von Komponenten verwalten.

Der letztgenannte Weg ist nur möglich, wenn das CAD-System über entsprechende Programmierhilfen verfügt, um neue Befehle und Komponenten zu erstellen und einzubinden. Der erste Weg vermindert zwar die Möglichkeiten des interaktiven Design, ist jedoch weitgehend unabhängig vom verwendeten CAD-System, sofern es nur die Eingabemöglichkeit von Befehlen (sog. Makros) aus einer Datei heraus erlaubt. Diese Methode ist zudem die einzig mögliche, wenn das auf der VAX betriebene System VLSI-Bravo benutzt wird.

Gegenwärtig lassen sich mit Hilfe des hier entwickelten Präprozessors komplexe Wellenleiternetze für planare Sternkoppler oder Schaltmatrizen /91/ schnell erzeugen und auf das CAD-System zum Zwecke der Inspektion und eventuellen Modifikation übertragen.

Die Freiheit des Entwurfs wurde um beliebige analytische Geometrien, wie Kegelschnitte oder trigonometrische Funktionen, erweitert. Die Polygonzüge zur Annäherung dieser Strukturen werden so berechnet, daß die Zahl der Vertizes unter Vorgabe einer Maximalabweichung von der analytischen Kurve minimiert wird. Dieses Verfahren wurde bereits angewendet für sinusfömig oszillierende Wellenleiterpaare zur Realisierung eines wellenlängenselektiven Kopplers.

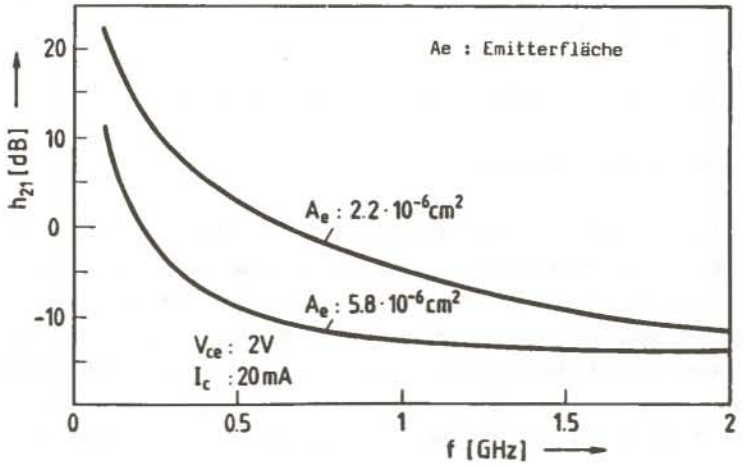
Meßtechnik

Die meßtechnischen Arbeiten gruppieren sich um zwei Schwerpunkte: zum einen Charakterisierungsaufgaben im Rahmen der verschiedenen Prozeßentwicklung, zum anderen die optische und/oder elektrische Charakterisierung fertiger Bauelemente. Die daraus resultierende enge Verflechtung legte es nahe, die meßtechnischen Arbeiten in dem jeweiligen technologischen oder Bauelemente-Zusammenhang zu stellen. Allerdings bleiben noch zwei Aktivitäten nachzutragen.

On-Wafer Probing im Frequenz- und Zeitbereich

Zur HF-Charakterisierung von Transistoren im Frequenz- und Zeitbereich direkt auf dem Wafer wurde ein Wafer-Probingsystem entwickelt und aufgebaut, welches die Bauelemente mit einem vorhandenen Networkanalyzer bis 2 GHz ausmißt, ohne daß sie in HF-Gehäuse eingebracht oder gebondet werden müssen. Der gleiche Aufbau kann auch für Messungen im Zeitbereich eingesetzt werden. Um bipolare Transistoren und FETs zu kontaktieren, wurden verschiedene Wafer-Probekarten entwickelt, die bis 4 GHz verwendet werden können /92/.

Bipolare Transistoren (DHBTs) wurden im Frequenz- und Zeitbereich gemessen. Den Frequenzgang von h_{21} zweier DHBT mit unterschiedlicher Emitterfläche A_e bei sonst gleichartiger Struktur, gewonnen aus s-Parametermessungen unter Einsatz des entwickelten Wafer-Probingsystems, zeigt das folgende Bild. Entsprechend dem Verhältnis der Emitterflächen besitzt die kleinere Struktur eine ca. dreifach höhere Transitfrequenz.



Kleinsignal-Messungen im Zeitbereeich können mit einem Pulsgenerator (t_r = 70 ps) bis 6 GHz Grenzfrequenz durchgeführt werden. Die Meßdaten werden mit Hilfe der inversen Fourier-Transformation auf die Frequenzebene umgerechnet, und daraus werden dann die s-Parameterwerte des jeweiligen Transistors gewonnen. Neben den bereits erwähnten apparativen Entwicklungen war für die Messungen und Analysen das Erstellen umfangreicher Software für den Steuer-Tischrechner erforderlich.

Entwicklung SIMS-AES-Analysegerät

In Zusammenarbeit mit der Fa. Atomika (München) wurde die Entwicklung des kombinierten SIMS-AES-Analysegerätes vorangetrieben. Schwerpunkt waren die Herstellung einer optimierten Sauerstoff-Ionenquelle sowie die Verbesserung der Ionenoptik zum Nachweis der Sekundärionen. Der Strahldurchmesser (Halbwertsbreite)

des Sauerstoff-Primärstrahles konnte auf ca. 1 µm bei einer Strahlstromdichte von mehr als 100 mA/cm^2 im Routinebetrieb gesenkt werden. Die Neuentwicklung der Sekundärionenoptik führte zu einer Reduzierung der Untergrund-Zählrate. Diese wesentlichen Verbesserungen ermöglichen die ortsaufgelöste Sekundärionenanalyse unter Wahrung ausgezeichneter Nachweisgrenzen. Dies konnte experimentell mit Hilfe im Hause hergestellter, mikrostrukturierter Proben nachgewiesen werden. Im Zusammenhang mit diesen Verbesserungen wurden neue Auswertetechniken herangezogen, welche für die Zukunft Analysemöglichkeiten eröffnen, die z.Z. noch von keinem kommerziell erhältlichen Gerät geboten werden.

Lithiumniobat-Technologie

Auf dem Gebiet der Lithiumniobat-Technologie stand im Berichtszeitraum die bereits im Jahr 1985 begonnene Aufgabe der Verbesserung der Bauelementausbeute und Reproduzierbarkeit im Vordergrund. Dabei kommt der Güte der optischen Pufferschichten eine entscheidende Bedeutung zu. Die bisher verwendeten SiO_2-Pufferschichten blieben hinsichtlich ihrer elektrischen Eigenschaften, Reproduzierbarkeit und Stabilität hinter den erforderlichen Werten zurück. Deshalb war eine Hauptaufgabe zur Verbesserung der Bauelementausbeute die Entwicklung einer neuen Technologie zur Mikrostrukturierung geeigneter Pufferschichten.

Indium-Zinnoxid-Prozeßentwicklung

Indium-Zinnoxid (ITO) ist aufgrund seiner optischen und elektrischen Eigenschaften ein geeignetes Material zur Herstellung von optischen Pufferschichten für Lithiumniobat-Komponenten. ITO ist elektrisch leitend, optisch transparent (Bandlücke > 3 eV) und besitzt eine Brechzahl zwischen 1,8 und 2,2. Die Eigenschaft der elektrischen Leitfähigkeit bietet den Vorteil, ITO als Puffer- und Elektrodenmaterial einzusetzen. Gegenüber den Bauelementen mit SiO_2-Pufferschichten konnten folgende Verbesserungen erzielt werden:

- Die Stabilität der Schaltzustände der Bauelemente konnte entscheidend erhöht werden.

- Die wellenführenden Eigenschaften der Bauelemente wurden verbessert, da die Wellenleiter wegen der relativ hohen Brechzahl symmetrisiert werden.

- Die Schaltspannungen konnten um den Faktor 1,5 bis 1,8 reduziert werden.

- Eine störende Zusatzkapazität wird vermieden.

Wegen der elektrischen Leitfähigkeit ist die Strukturierung der ITO-Schichten im Gegensatz zu den SiO_2-Pufferschichten unumgänglich. Zur Mikrostrukturierung der aufgesputterten ITO-Schichten wurde ein kombiniertes Trocken-/Naßätzverfahren entwickelt. Es konnten mehrere Bauelemente nach diesem Verfahren hergestellt werden. Bei dem Ätzverfahren machten sich jedoch Schichtdickeninhomogenitäten und ungenügende Partikelfreiheit der Proben nach dem Sputterprozeß negativ bemerkbar, was zu Bauelementfehlern durch Kurzschlüsse führte. Die Schichtdickeninhomogenität ist wegen der Targetgröße der Sputteranlage und die Partikelbelastung der Proben durch den Aufbau der Sputteranlage mit einem hängenden Target in dieser Anlage nicht zu verbessern.

Aus diesem Grund wurde auf Lift-off-Verfahren übergegangen, bei denen die Schichtdickenhomogenität und Partikelbelastung weniger kritisch sind. Bei der Entwicklung dieser Technik konnte auf die langjährigen Erfahrungen in der Abteilung Lithographie zurückgegriffen werden. Die Entwicklung dieser Lift-off-Technik zur ITO-Mikrostrukturierung zu einem Standardverfahren ist zur Zeit im Gange. Die Optimierung der Prozeßdaten, wie Sputterparameter und Materialnachbehandlung im Hinblick auf geringe optische Verluste und gute Leitfähigkeit, ist noch zu leisten.

Prozeßausbeute

Der Ausbeute kommt bereits bei der Herstellung einer kleinen Anzahl von Bauelementen gleicher Spezifikation eine fundamentale Bedeutung zu. Der Erfolg der kritischen Mikrostrukturierung integriert-optischer Bauelemente mit Strukturbreiten im Mikronbereich, Toleranzbreiten im Submikronbereich bei Strukturlängen im cm-Bereich /81/ hängt entscheidend von der Stabilität der Laborumwelt einschließlich der Vorgeschichte der Apparaturen und der Reinraumqualität ab. Diesen hohen Anforderungen wurde beim Nominalentwurf und der Herstellung der Bauelemente durch Intensivierung der Klima- und Prozeßkontrolle und Versuch der Verbesserung der derzeitigen Reinraumqualität Rechnung getragen. Trotzdem wurden teilweise empfindliche Ausbeuteeinbrüche wegen der noch nicht optimalen Randbedingungen registriert.

Für die Herstellung von integriert-optischen, elektro-optisch steuerbaren Lithiumniobat-Bauelementen sind je nach Komplexität der Bauelemente bis zu 66 Einzelschritte bis zur Fertigstellung eines im System einsetzbaren Moduls mit Einmodenfaserschwänzen notwendig. Davon sind ca. 50% kritische Schritte zur Mikrostrukturierung. Die Ausbeute eines Photolithographie-Prozesses von ca. 10 Einzelschritten beträgt zur Zeit 30%. Weiterhin ist die Faser/Chip-Kopplung als kritischer Schritt anzusehen, da die Alterungseffekte der eingesetzten UV-aushärtenden Kleber noch nicht zufriedenstellend kompensiert werden können. Es konnte un abhängig von der Chipfläche und Strukturdichte der steuerbaren Bauelemente, eine Ausbeute von 8% bis 18% erzielt werden (siehe Abschnitt Bauelemente). Die Ausbeute pro Einzelschritt betrug im Mittel, d.h. bei gleicher Wichtung der Einzelschritte, ca. 94%. Insgesamt wurden im Berichtszeitraum über 80 Chips prozessiert, von denen an 64 Chips Messungen der passiven Wellenleitereigenschaften durchgeführt und an 29 Chips das elektro-optische Schaltverhalten untersucht wurden.

Bauelemente auf Halbleiterbasis

Einen Schwerpunkt der Arbeiten bildete eine vergleichende Untersuchung unterschiedlicher theoretischer Ansätze zur Beschreibung von passiven Wellenleiterstrukturen. Die Grenzen ihrer Anwendbarkeit wurden untersucht. Verglichen wurde die Theorie gekoppelter Moden/effektive Brechungsindex-Näherung für Wellenausbreitung in Mehrfachschichten mit der Beam-Propagation-Methode (BPM). Für die BPM-Simulationen wurde eine spektrale Modenanalyse entwickelt, die es erlaubt, die Phasenkonstanten der angeregten Eigenmoden zu ermitteln. Es wurde eine sehr gute Übereinstimmung zwischen beiden Methoden festgestellt, solange es sich um gerade Wellenleiterstrukturen (isolierter Wellenleiter, symmetrische und asymmetrische Koppler etc.) handelt und der Einfluß der Digitalisierung der BPM beachtet wird.

Die Behandlung gekrümmter Wellenleiterstrukturen (z.B. Mäander-Koppler) /118/ als kaskadierbare Struktur kurzer, gerader Wellenleiter kann mit der einfachen Theorie zweier gekoppelter Moden (Transfer-Matrix-Methode) nicht mehr behandelt werden. Ein Vergleich zeigt erheblich größere Koppellängen für den Mäander-Koppler als in der BPM-Simulation. Die spektrale Analyse der BPM-Simulationen von Mäanderstrukturen zeigen Variationen der Phasenkonstante, die örtliche Analyse eine periodische Verschiebung des Intensitätsmaximum der Welle auf dem gekrümmten Wellenleiter. Dies steht in Übereinstimmung mit geschlossenen Lösungen für gekrümmte Wellenleiter mit konstantem Krümmungsradius. Entscheidend ist hier aber die Dynamik der Wellenausbreitung. Die Theorie gekoppelter Moden ist für die Beschreibung gekrümmter Wellenleiter in ihrer jetzigen Form nicht geeignet, da nicht nur die Grundmoden sondern auch die strahlenden Moden einen erheblichen Beitrag liefern. Eine Beschreibung des Mäander-Kopplers in mathematisch geschlossener Form ist erstrebenswert, da er als wellenlängenselektiver Multiplexer/Demultiplexer (λ-Muldex) im Mittelpunkt des Interesses steht.

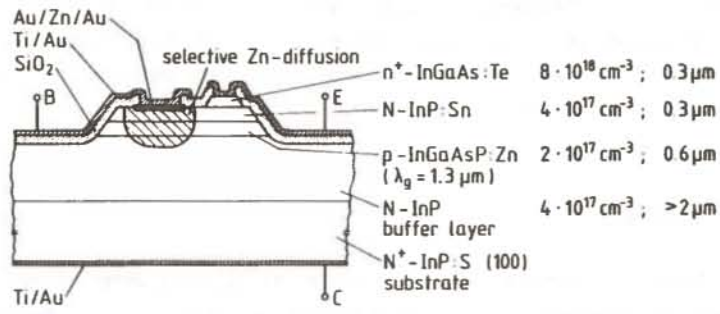
Unbegrenzt arbeitender Polarisationstransformator mit elektrisch abstimmbarer Mittenwellenlänge

Es wurde eine Studie über einen integriert optischen Polarisationstransformator mit unbegrenztem Regelbereich und elektrisch abstimmbarer Mittenwellenlänge für den Einsatz in einem Heterodynempfänger-Baustein durchgeführt /122/. Es wurde gezeigt, daß ein optimales Bauelement aus $5 \leq N \leq 10$ Perioden zur Phasenanpassung bestehen sollte. Ein Prototyp wurde in $LiNbO_3$-Technik mit elektrisch abstimmbarer TE-TM Phasendifferenz realisiert und erste Messungen zur Bestätigung der Theorie durchgeführt.

Bipolare Transistoren

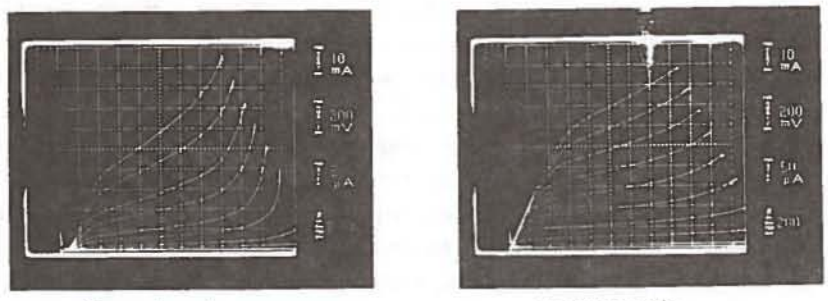
Mit der Herstellung bipolarer Transistoren im Materialsystem InGaAsP wurde bereits vor zwei Jahren begonnen. Im aktuellen Berichtszeitraum lag der Schwerpunkt bei invertierbaren symmetrischen Bipolartransistoren, die das Design einer superintegrierten Lasertreiberstufe vereinfachen. Grundlage der Invertierbarkeit ist die Verwendung von "wide-gap"-Schichten sowohl für den Emitter als auch den Kollektor in Form einer symmetrischen Doppelheterostruktur n-InP/p-InGaAsP (1,3 µm)/n-InP, die mit der LPE realisiert wurde.

Das folgende Bild zeigt



Struktur des Doppelheterostruktur-Bipolartransistors mit tiefer p-Diffusion.

eine bereits fortgeschrittene Struktur, in der eine tiefe p-Diffusion zur Basiskontaktierung sowohl eine elektrische Symmetrisierung der aktiv injizierenden Emitterflächen als auch eine Planarisierung des Bauelements bewirkt. Derartige Transistoren weisen hohe Vorwärtsstromverstärkungen bis zu ~10000 und nennenswerte inverse Stromverstärkungen von ~300 auf (siehe die folgende Abbildung). Die noch mangelnde Symmetrie in der Stromverstärkung kann auf mehrere Ursachen zurückgeführt werden, die teilweise intensiv untersucht wurden.



forward mode reverse mode

Ausgangskennlinien eines Doppelheterostruktur-Bipolartransistors

- Restliche Leckströme der diffundierten InP-pn-Diode parallel zur unteren EB-Diode im inversen Betrieb: Hier erwies sich das Verhältnis der Sättigungsströme der Hetero- und der Homojunction-Dioden (Faktor ~10) als nur knapp ausreichend zur Unterdrückung des extrinsischen Basisstroms.

- Lateraler Basisbahnwiderstand: Mit Hilfe eines Modelings der Einzeldioden-Kennlinien bezüglich der aussteuerungsabhängigen Stromaufteilung konnte der Einfluß des lateralen Basisbahnwiderstands im Hochstrombereich (I_b > 100 µA, I_c > 200 mA) gezeigt werden. Dieser Widerstand wird sich in zukünftigen Transistoren durch Erhöhung der Basisdotierung (gegenwärtig $2*10^{17}$ cm^{-3}) und Geometrieänderung um eine Größenordnung senken lassen, wovon auch die Hochfrequenzeigenschaften profitieren werden (momentan: f_T ~600 MHz).
- Emitterwirkungsgrad der n-InP/p-InGaAsP-Heterodiode: Der Injektionswirkungsgrad wurde bisher durch Vorwärtsstromanalysen (Sättigungsstrom, ideality-Faktor) charakterisiert. Die erwähnten Parameter zeigten sich empfindlich auf die Art der Epitaxieführung der Basisschicht (Step cooling-, two-phase solution -LPE).

Im niedrigen Kollektorstrombereich (< 100 nA) wurden symmetrische Stromverstärkungen (~60) für den Normal- und den Invers-Betrieb gemessen, so daß der Doppelheterostruktur-Bipolartransistor auch als Vorverstärkertransistor nach einer Photodiode attraktiv erscheint.

Halbleiterlaser

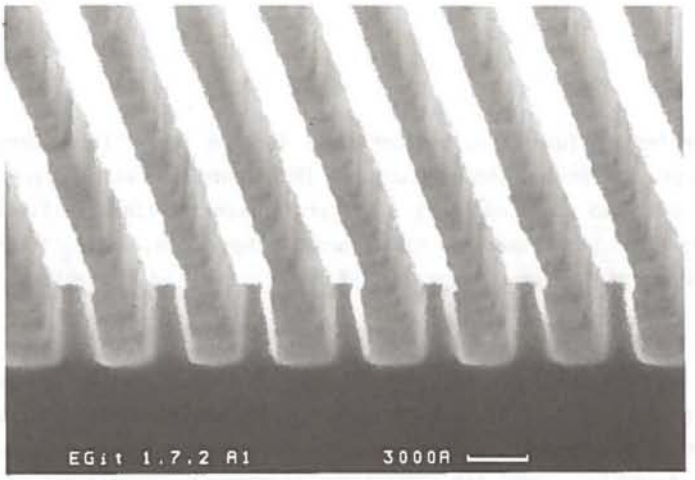
In der Entwicklung von index-geführten Halbleiterlasern für den langwelligen Bereich (λ= 1,5 µm) werden zwei Strukturen verfolgt, der Buried-Ridge-Structure- (BRS-) und der Ridge-Waveguide- (RW-) Laser. Beide zeichnen sich dadurch aus, daß sie kompatibel sind mit fortschrittlichen Epitaxieverfahren. Der RW-Laser wurde anstelle des Massentransport-Lasers in das Programm aufgenommen, da der technologische Aufwand relativ gering ist. Zudem zeigen neuere Ergebnisse (Siemens, STL), daß durchaus geringe Schwellenströme (20-30 mA) erreichbar sind.

Im Falle des BRS-Lasers wurden umfangreiche Wachstumsstudien für den zweiten Epitaxieschritt durchgeführt, bei dem ein geätzter Streifen überwachsen werden muß. Durch eine Optimierung der Wachstumszeit gelang es, diese Streifen homogen zu überwachsen. Die Ausbeute an funktionstüchtigen Laserelementen auf erfolgreich prozessierten Wafern betrug bis zu 90%. 75% aller Laser zeigten als unmontierte Bauelemente im Pulsbetrieb Schwellenströme von 20 - 30 mA, der Bestwert lag bei 16 mA. Auf Cu-Wärmesenken gelötete und gebondete Einzellaser weisen im cw-Betrieb Schwellenströme von 25 mA auf. Noch unbefriedigend sind der differentielle Quantenwirkungsgrad von max. 12% pro Spiegel und die auf ca. 7-8 mW begrenzte optische Leistung. Beides ließe sich durch ein verbessertes laterales Strom-confinement vergrößern. Theoretische Betrachtungen zeigen, daß der größte Teil des über die InP-Homojunction fließenden Leckstromes im Bereich von wenigen µm seitlich des aktiven Streifens anfällt, so daß die Verwendung der Ionenimplantation zur Isolierung der parasitären Dioden hinsichtlich der Leckstromreduzierung wenig erfolgsversprechend ist. Jedoch kommt der Qualität des oberen Stromkontaktes eine große Bedeutung zu. Ein geringer Kontaktwiderstand unterbindet einerseits die laterale Strompfadverbreiterung und bedeutet andererseits eine Erhöhung der Modulations-Grenzfrequenz, die z. Zt. bei nur 700 MHz liegt. Es wurde deshalb begonnen, den spezifischen Kontaktwiderstand durch eine Zn-Diffusion in die Oberfläche der ternären Kontaktschicht deutlich zu verringern . Die bisherigen Ergebnisse zeigen, daß auf diese Weise mit unlegierten Ti/Au-Kontakten spezifische Kontaktwiderstände von $2*10^{-6}$ Ω cm^2 möglich sind. Die Etablierung des Diffusionsprozesses, bei dem eine Emulsion verwendet wird, ist in Arbeit.

RW-Laser wurden bisher durch naßchemischen Ätzen der Wellenleiterrippe hergestellt, wobei die Rippenbreiten 4-5 µm betrugen. Laserelemente dieses Types zeigten im Pulsbetrieb Schwellenströme von 40-50 mA, Ausgangsleistungen von 15-20 mW und differentielle Quantenwirkungsgrade von ca. 20% pro Spiegel. Die Schwellenströme entsprechen den Erwartungen für die genannten Ridge-Breiten. Um zu niedrigeren Schwellenströmen zu kommen, ist allerdings eine Reduzierung der Rippe auf etwa 2 µm erforderlich, was den Einsatz von Trokkenätzverfahren notwendig macht. Es wurde dabei das im Hause verwendete RIE-Verfahren auf der Basis eines CH_4/H_2-Gasgemisches in Verbindung mit einem zusätzlichen naßchemischen Ätzschritt benutzt. Die gesamte Strukturierung einschließlich der selbstjustierenden Deposition der seitlichen Isolationsschicht und die Metallisierung über die steilen Ätzkanten erweist sich aber noch als zu wenig reproduzierbar, so daß auf diese Weise noch keine Laser hergestellt wurden.

Die Entwicklung von DFB-Lasern konnte im Berichtszeitraum nicht weiter verfolgt werden, da erst am Ende des Jahres die holographische Belichtungsanlage zur Gitterherstellung wieder in Betrieb genommen werden konnte. Aufgrund der mangelnden Flexibilität des optischen Verfahrens ist jedoch geplant, Gitter verstärkt durch Elektronenstrahlbelichtung herzustellen. Die Vorteile sind:

- die Bragg-Gitter lassen sich selektiv im Gebiet des Laserstreifens strukturieren, wobei sich die genaue Gitterkonstante individuell wählen läßt und so Laseranordnungen mit verschiedenen Emissionswellenlängen denkbar sind.
- die Gitter lassen sich mit einem Phasensprung versehen, wodurch die Selektion einer einzigen longitudinalen Mode gewährleistet ist.
- die Qualität eines elektronenstrahlgeschriebenen Gitters ist gleichbleibend unabhängig vom Belichtungsort; es tritt kein "Chirp-Effekt" auf.



REM-Aufnahme eines Bragg-Gitters auf InP; Gitterkonstante 460 nm, Gittertiefe 400 nm. Hergestellt durch direkte Elektronenstrahl-Belichtung und anschließender reaktiver Ionenätzung

Mit unserer Elektronenstrahl-Lithographieanlage, EBMF-6 von Cambridge Instruments, wurden Gitter zweiter Ordnung in dünnen Schichten vernetzten PMMs erzeugt. Durch geeignete Dosisvariation läßt sich das Tastverhältnis von 0,8 bis 1,2 variieren. Durch Wahl der Schreibfeldgröße kann die Gitterkonstante genau eingestellt werden. Die erzeugten Lackstrukturen erwiesen sich als tauglich für eine anschließende Substratätzung mit RIE, wodurch sich Gitterkorrugationen großer Tiefe erzeugen lassen. Um ein sauberes Lackbild zu erhalten, wurde ein Sprühentwickler mit genauer Kontrolle der Prozeßparameter eingesetzt. Die Abbildung zeigt ein auf diese Weise hergestelltes Demonstrationsgitter zweiter Ordnung in InP.
Die gegenwärtigen Arbeiten zu diesem Thema schließen auch Untersuchungen zur Maskenregistrierung ein, was für die Positionierung des Phasensprunges in der Mitte eines Lasers Voraussetzung ist.

Gekrümmte Rippenwellenleiter in InGaAsP/InP

In optisch integrierten Schaltungen übernehmen lateral führende Wellenleiter die Rolle von Signalpfaden zwischen den Funktionselementen. Gekrümmte Wellenleitersegmente stellen eine einfache Möglichkeit dar, die notwendige Entkopplung innerhalb von Bauelementen (z. B. Richtkoppler-Modulator) zu bewirken und den Platzbedarf der Schaltungen zu reduzieren. Der Einfluß des Krümmungsradius (variiert zwischen 10 und 40 mm) und der Stufenhöhe (125 bis 310 nm) von Rippenwellenleitern in InGaAsP/InP auf die zusätzlich auftretenden optischen Verluste wurde bei einer Arbeitswellenlänge von 1,3 µm untersucht. Bei einer Dicke der quaternären Schicht von 1,5 µm erfordern niedrige Stufenhöhen (125 nm) große Radien (≥ 40 nm), um die

Oberschußverluste unter 2 - 3 dB (für S-Bögen mit 50 µm paralleler Wellenleiterversetzung) zu halten. Dieser "kritische Radius" verringert sich auf ca. 15 mm bei den größten realisierten Rippenhöhen. Durch die Einführung eines lateralen Versatzes zu Beginn, am Wendepunkt und am Ende der Krümmungen, wurde eine Kompensation der in den Wellenleiterstrukturen auftretenden Verlagerung des Modenschwerpunktes erreicht. Hierdurch reduzieren sich bei engen Bögen (15 mm Radius), die für integrierte Schaltungen anzustreben sind, und niedrigen Stufenhöhen die Zusatzverluste um ca. 4 dB auf allerdings immer noch etwa 8 dB. Darüber hinaus hat sich die Dicke der wellenleitenden Schicht als wesentliche Einflußgröße herausgestellt. So führte bei kleinen Krümmungensradien eine Verringerung der Schichtdicke von 1,5 auf 1,0 µm bei ansonsten identischer Geometrie zu ungefähr einer Halbierung der Abstrahlverluste.

Monolithisch integrierte Polarisationsnachführung

Die prinzipielle Funktion des TE/TM-Konverters auf (001)-InP /87,117/ konnte mit einem neuen Maskendesign zweifelsfrei nachgewiesen werden. Ein Zusammenwirken von spannungsabhängiger Phasenschiebung und spannungsunabhängiger intrinsischer Modenkonversion konnte ausgeschlossen werden. Typische Sperrspannungen lagen bei 30 V. Einige Bauelemente mit sehr schwacher lateraler Führung der Welle zeigten eine Modenkonversion von 0,3 grd/V*mm. Ursache für den nicht repräsentativen kleinen Wert ist der sehr schwache Oberlapp von elektrischem und optischem Feld. Schwerpunkte der Arbeit im Berichtszeitraum lagen bei den Grundlagen zur Bauelementherstellung, insbesondere zur Epitaxie niedrig dotierter Schichten und Diffusion. Es wurde versucht, die Hintergrunddotierung durch Einbau von Co (semiisolierende Schichten), Mn (Kompensation vorhandener Dotierung) oder Yt (Gettern von Verunreinigungen) zu reduzieren. Obwohl mit jeder dieser Methoden eine deutliche Reduktion der Hintergrunddotierung erreicht werden konnte, war keiner der Vorzug zu geben, da die Reproduzierbarkeit mangelhaft war. Es wurden außerdem Verschlechterungen anderer Materialeigenschaften (Oberflächenmorphologie, elektrisches Verhalten) beobachtet. Versuche unter Verwendung höchstreiner einkristalliner Materialien in Verbindung mit weiteren Maßnahmen sollen hier Abhilfe schaffen. Ein Teil der für eine tiefe p-Diffusion über den Heteroübergang nötigen Parameter konnte erarbeitet werden. Weitere Versuche, auch zur Reproduzierbarkeit der Diffusion, dauern an. Messungen an Stufenwellenleitern zeigen wahrscheinlich durch mechanische Verspannungen hervorgerufene, teilweise starke Modenkonversion (bis zu 17 grd auf 0,5 mm). Eine direkte Korrelation der Meßwerte mit anderen Parametern konnte noch nicht nachgewiesen werden.

Detektor-Transistor-Integration

Das Ziel dieses Vorhabens ist die Entwicklung und Optimierung eines monolithisch integrierten Empfängers für Glasfaser-Kommunikationssysteme mit hohen Datenübertragungsraten im Wellenlängenbereich 1,3 bis 1,55 µm. Von dieser Integration eines optischen Detektors mit einer elektronischen Verstärkerstufe auf InP-Basis wird neben einer Miniaturisierung vor allem eine Reduzierung der für das Hochfrequenzverhalten entscheidenden Eingangskapazität und damit eine Verbesserung des Rauschverhaltens sowie einer Erhöhung der Zuverlässigkeit erwartet.

Nachdem im letzten Berichtszeitraum die gemeinsame Realisierung von funktionsfähigen pin-Photodioden und JFETs auf einem Wafer gelang, konzentrierten sich die Aktivitäten jetzt auf Detailverbesserungen der Bauelementstrukturen. Als besonders problematisch hat sich in der bisherigen Entwicklung die kontrolliert eingestellte, flächenselektive und degradationsfreie Akzeptordiffusion in der aktiven InGaAs-Schicht zur Erzeugung der Anode und des Gate-Gebietes der Photodiode bzw. des Transistors erwiesen. Es wurden daher verschiedene Wege zur Lösung oder Umgehung dieses Problems beschritten.

- Entwicklung eines neuartigen Verfahrens zur Deposition maskierender und passivierender Si_xN_y-Schichten im hochangeregten Mikrowellenplasma. Zu diesem Zweck wurde ein kommerzielles, im GHz-Bereich arbeitendes Gerät zur Lackveraschung für den Einsatz zur Abscheidung von Si_xN_y-Schichten modifiziert. Es wurden einerseits für die Diffusion von Cd "transparante" Schichten hergestellt, die eine Degradation der InGaAs-Oberfläche während des Diffusionsprozesses verhindern. Andererseits lassen die bisherigen Versuche erwarten, daß bei entsprechender Einstellung der Prozeßparameter diese Technik auch die Deposition von Maskierungsschichten zur Herstellung planarer Dioden auf InGaAs ermöglicht.

- Verwendung von InP-Deckschichten.
  Zur Umgehung der direkten Diffusion in InGaAs wurden planare Photodioden mit InP-Deckschicht und quaternärer Zwischenschicht (als Anti-Meltback-Schicht) auf dem ternären Material hergestellt, was allerdings von der Epitaxie her einen erheblichen Mehraufwand mit sich bringt. Der pn-Übergang wurde durch selektive Eindiffusion von Cd in die InGaAsP-Schicht gelegt. Als Maskierungsmaterial wurde thermisch verdampftes SiO verwendet, das sich bisher schon als ausgezeichnete Diffusionsmaske bewährt hat.

  Diese pin-Photodioden weisen äußerst niedrige Dunkelstromdichten auf, Bestwerte von $1{,}3 \times 10^{-7} A/cm^2$ bei 10 V Sperrspannung wurden erreicht. Die Strommessungen in Abhängigkeit von der Diodenfläche ergaben, daß Oberflächenströme im Vergleich zum Volumenstromanteil vernachlässigbar klein sind. Im Wellenlängenbereich von 1,1 - 1,6 µm wird ein Quantenwirkungsgrad von mehr als 50 % (ohne Entspiegelungsschicht) erreicht. Die Rauschströme liegen mit 20 fA/ Hz bei -20 V an der Nachweisgrenze des verwendeten Meßsystems.

- Einsatz des Ionenimplantationsverfahrens.
  Um die p-Diffusion zumindest bei einem Teil der notwendigen Dotierungsprozesse zu ersetzen, wurde mit der Herstellung von pn-Dioden durch Implantation von Mn- und Mg-Ionen in InP und InGaAs begonnen. Während Mn-implantierte Dioden auch nach thermischem Ausheilen nur geringe Sperreigenschaften aufwiesen, konnten durch Mg-Implantation in n-InGaAs Dunkelstromdichten unter 1 mA/cm^2 und Sperrspannungen von 20 bis 30 V erreicht werden. Die Dioden zeigten reproduzierbar eine überraschend hohe Photoempfindlichkeit, d. i. ein Quantenwirkungsgrad > 100 % schon bei geringen Sperrspannungen ($\geq 0{,}5$ V). Diese für Anwendungszwecke günstige Eigenschaft beruht sehr wahrscheinlich auf einem internen Verstärkungseffekt, dessen Art und Ursache allerdings noch nicht geklärt ist. Die weiteren Arbeiten werden sich auf die Entwicklung eines geeigneten Verfahrens zur Ausheilung nach der Implantation konzentrieren, da sich der bisher provisorisch eingesetzte Ausheilprozeß mittels eines Metallstreifenheizers als nicht ausreichend für eine genaue Kontrolle der Tiefe des pn-Überganges und für eine weitgehende Beseitigung der Implantationsbeschädigung, d. h. für eine Erreichung sehr niedriger Leckströme, erwiesen hat. Eine Anlage zur Kurzzeit-Temperung mittels leistungsstarker Halogenlampen wurde inzwischen aufgebaut.

- Einführung einer Schottky-Gate-Technologie.
  Als Alternative zu den bisher entwickelten, auf der Sperrwirkung von pn-Übergängen beruhenden Dioden- und Transistorstrukturen wurde die Erarbeitung einer Schottky-Gate-Technologie auf der Basis von InAlAs/InGaAs/InP-Heterostrukturen angegangen. Die InAlAs-Schichten, die zur Erzielung einer genügend hohen Potentialbarriere für sperrende Metall-Halbleiter-Kontakte dienen, sowie bereits InAlAs/InGaAs-Mehrschichtstrukturen werden durch MBE hergestellt, wobei eine erste Optimierung der Wachstumsbedingungen hinsichtlich der Gitteranpassung an das InP-Substrat erfolgte.

  Es wurden naß- und trockenchemische Strukturierungsverfahren erprobt. Bei naßchemischer Ätzung verhält sich InAlAs ähnlich wie InGaAs, hingegen sind für die reaktive Ionenätzung von InAlAs neue Prozesse zu entwickeln. Durch Al-Bedampfung und Strukturierung mittels Photolithographie wurden Schottky-Dioden auf InAlAs ($1 \times 10^{17} cm^{-3}$ Si-dotiert)/InP zu Testzwecken hergestellt. Ihre elektrische Charakterisierung ergab Barrierenhöhen von 0,5 - 0,6 eV. Eine Ätzbehandlung der Halbleiteroberfläche in Ammoniumtartrat vor der Al-Bedampfung brachte eine erhebliche Erhöhung der Barriere auf 0,8 eV, in dieser Höhe bisher nur bei in-situ mit MBE aufgewachsenen Al-Kontakten bekannt. Es wurden Sperrspannungen größer als 10 V erreicht. Die bei der besten Gitteranpassung ($\Delta a/a \approx -8 \times 10^{-4}$) erhaltenen niedrigsten Leckstromdichten lagen mit 100 und 700 mA/cm^2 bei 4 bzw. 10 V Sperrspannung im unteren Bereich der aus der Literatur bekannten Werte. Insgesamt rechtfertigen die ersten Ergebnisse eine intensive Weiterverfolgung dieser Aktivität.

Detektor-Wellenleiterintegration

Im Berichtszeitraum konnten erste Erfolge bei der Entwicklung einer Detektor-Wellenleiterintegration erzielt werden. Ziel dieser Arbeiten ist die Herstellung einer Detektor-Wellenleiter-Kombination, die später einerseits mit einem Wellenlängendemultiplexer und andererseits mit einem monolithischen

Heterodynempfänger integriert werden soll. Um möglichst wenig Einschränkungen für weitere Integrationsschritte hervorzurufen, sollte diese opto-elektrische Verbindung aus Sicht des epitaktischen Schichtenaufbaus und der Strukturierungstechnologien so einfach wie möglich sein.

Zu diesem Zweck wurde eine tenäre pin-Photodiode mit diffundischem pn-Übergang unmittelbar oberhalb eines quaternären, invertierten Rippenwellenleiters strukturiert. Als Parameter wurde die Interaktionslänge zwischen Wellenleiter und Photodetektorschicht variiert, um die Überkopplung zu untersuchen. Es konnte nachgewiesen werden, daß für die gegebene Wellenleiterdimensionierung das Licht mit einer Rate von 0,07 dB/µm in die absorbierende Detektorschicht überführt wird und dort einen Photostrom mit dem üblicherweise beobachteten Quantenwirkungsgrad erzeugt. Bei genügender Baulänge betrug die Detektorempfindlichkeit bei Lichtempfindlichkeit 0,81 A/W /101 b/. Die Dunkelstromdichte der pin-Diode betrug 10^{-5} A/cm^{-2}, die Durchbruchspannung U = -35 V.

Bauelemente auf der Basis von Lithiumniobat

Die Bauelemententwicklungen erfolgten im Rahmen der Projekte "Lokale Breitbandkommunikation mit optischer Vermittlungstechnik" /83/ und "Technologien der Integrierten Optik" /94/.

Schaltmatrix

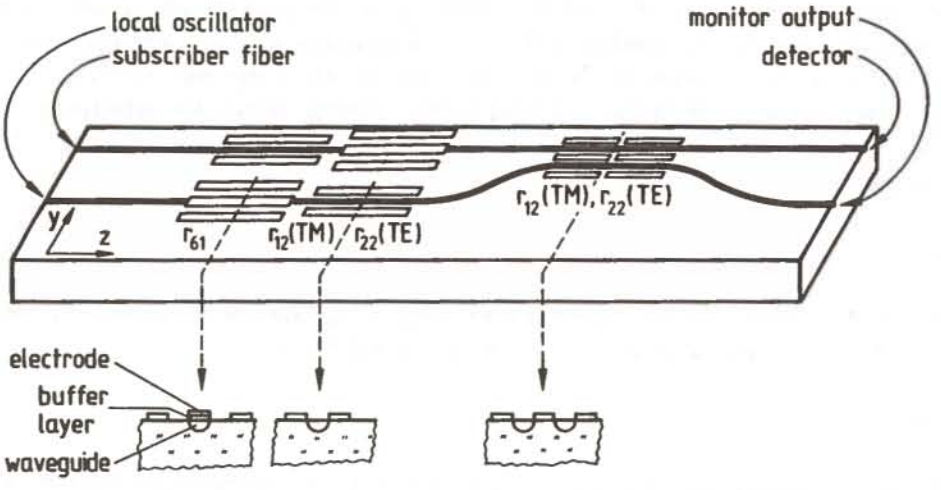
Die Arbeiten zur Herstellung von statisch blockierungsfreien 4 x 4-Schaltmatrizen mit 6 Richtkopplerschaltern wurden weitergeführt /85/. Im Vordergrund der Untersuchungen stand der Aspekt der Stabilität der Schalter. Da die bisher verwendeten SiO_2-Pufferschichten nur in wenigen Fällen eine ausreichende Stabilität aufwiesen und aus diesem Grund die meisten Bauelemente wegen ihres schlechten DC-Driftverfahrens für den Einsatz im System ungeeignet waren, wurden Indium-Zinnoxid (ITO)-Elektroden entwickelt (vgl. Abschnitt Lithiumniobat-Technologie). Diese Schichten zeigen eine wesentliche Verbesserung im Driftverhalten. Es wurden zwei Prototypen der Schaltmatrizen hergestellt, eine Matrix mit einer driftfreien SiO_2-Pufferschicht und ein Matrixmodul mit den neuen ITO-Elektroden. Mit den ITO-Elektroden reduzierten sich die notwendigen Schaltspannungen von ca. 22 V auf Werte ≤ 12 V. Die Einfügeverluste lagen im ersten Fall zwischen 4,1 und 5,8 dB, im zweiten Fall unter 4 dB. Die Matrizen zeigten stabile Schaltzustände, wobei das Nebensprechen über eine Meßzeit von 66 Stunden unter -17 dB blieb /85/. Probleme bereiteten noch die fehlerfreie Einzeljustierung und stabile Faser/Chip-Kopplung von 8 polarisationserhaltenden Fasern. Der Ausfall einer Faser/Chip-Kopplung durch Erhöhung der Einfügungsdämpfung über 6,25 dB führt zur Unbrauchbarkeit des gesamten Bauelements. Zur Erhöhung der Ausbeute bei der Herstellung der Matrizen sind pro Chip 6 Wellenleiterstrukturen vorhanden, von denen maximal zwei mit Elektroden versehen werden. Pro Matrix werden 30 elektrische Anschlußpunkte benötigt.

Polarisationsunabhängiger Modulator

Der Modulator basiert auf einem Mach-Zehnder-Interferometer, bei dem auf einem z-Schnitt-Substrat mit einem Wellenleiter in x-Richtung des Kristalls sowohl eine bedeckende als auch eine flankierende Elektrode zum Wellenleiter aufgebracht wird. Mit der bedeckenden Elektrode werden die TE- und TM-Anteile der geführten Welle beeinflußt, der TE-Anteil jedoch schwächer (ca. 1/3) als der TM-Anteil. Der fehlende TE-Modulationsanteil kann mit der nur auf die TE-Moden wirkenden flankierenden Elektrode gesteuert werden. Die Probleme bei der Herstellung der Bauelemente für den Systemeinsatz lagen in den zu hohen Einfügungsverlusten der Bauelemente, die durch Veränderung der Entwürfe der y-Wellenleiterstrukturen verbessert werden konnten. Von den untersuchten Varianten mit unterschiedlichen Knickwinkeln, Kreisbogensegmenten und Antennenkopplung zeigten die Wellenleiterstrukturen mit Kreisbogensegmenten die geringsten Dämpfungswerte. Insgesamt wurden 6 Mach-Zehnder-Modulatoren mit Standard-Einmodenfaserschwänzen hergestellt. Auch hier ist die sichere Faser/Chip-Kopplung ein noch zu lösendes Problem, da die verwendeten UV-aushärtenden Kleber Alterungseffekte zeigen. Parallel zu der Mach-Zehnder-Architektur wurden als mögliche Alternative Richtkopplerschalter auf x-Schnitt-Substraten mit Wellenleitern in z-Richtung des Kristalls getestet, da nach den eigenen Erfahrungen mit Richtkopplerstrukturen bessere Werte in der Einfügungsdämpfung erreicht werden können. Die Untersuchungen zum polarisationsunabhängigen Schaltverhalten sind noch im Gange.

Bauelemententwicklung für einen Heterodynempfänger-Baustein

Für das Projekt "Technologien der Integrierten Optik" wurden die Einzelkomponenten Phasenschieber, TE/TM-Modenkonverter und polarisationsunempfindlicher Richtkoppler entwickelt, die später auf einem Heterodyn-Empfängerchip gemäß der folgenden Abbildung integriert werden sollen.



Geplante Architektur des Heterodyn-Empfängers auf einem x-Schnitt-$LiNbO_3$-Substrat. Die relevanten elektrooptischen Koeffizienten und Querschnitte der Einzelkomponenten TE/TM-Modenkonverter (1), Phasenmodulator (2) und polarisationsunabhängiger Richtkoppler (3) sind dargestellt.

Aus den Systemanforderungen, wie hoher optischer Bandbreite und geringer Temperaturempfindlichkeit, ergab sich die Notwendigkeit, sämtliche Komponenten auf einem x-Schnitt-Substrat mit Wellenleitern in z-Richtung des Kristalls herzustellen. Darüber hinaus wurden zwei Bauelementkonzepte entwickelt, die eine Polarisationsnachführung ohne optischen "reset" gestatten. Das erste Konzept verwendet eine periodische Elektrodenstruktur, der die TE/TM-Schwebungswellenlänge angepaßt wird /122/. Das zweite Konzept arbeitet mit abwechselnd auf einem Chip in Reihe angeordneten steuerbaren Phasenschiebern und TE/TM-Modenwandler /121/. Durch entsprechende Übertragung der Funktion eines der Funktionselemente auf ein zweites bei Erreichen eines Grenzwertes des Kontrollbereichs kann ein optisch "reset"-freier Betrieb gewährleistet werden. Zu beiden Konzepten wurden Bauelemente auf x-Schnitt-$LiNbO_3$ hergestellt und untersucht /86/.

Technology for InP-based Integrated Opto-Electronic Circuits (ESPRIT)

Ziel

Im Rahmen des von der Europäischen Gemeinschaft geförderten Forschungsprogramms ESPRIT ist das HHI zusammen mit den Firmen STL (Harlow, England), CNET (Bagneux, Frankreich) und SEL (Stuttgart) an dem Projekt 263 B beteiligt. Generelles Ziel dieses Projektes ist die Technologieentwicklung und monolithische Integration optoelektronischer (Laser bzw. Photodioden) und elektronischer (Feldeffekt-, Bipolartransistoren) Komponenten zur Herstellung integrierter optischer Sender bzw. Empfänger. Das Vorhaben wurde nach jetzt zweijähriger Laufzeit planungsgemäß bis Ende 1989 verlängert.

Die Arbeiten des HHI konzentrieren sich auf die Entwicklung von Bipolartransistoren, die als Basiskomponenten in einem Treiberschaltkreis verwendet und mit einem Laser integriert werden sollen. Dafür soll auch die Eignung von InAlAs/InGaAs-Schichtstrukturen untersucht werden, deren epitaktische Herstellung mittels MOVPE ebenfalls Entwicklungsziel im Projekt ist.

Stand im Projekt

Bei den Bipolartransistoren wird das Ziel verfolgt, invertierbare Strukturen zu entwickeln, wobei Emitter und Kollektor vertauscht und geeignete Vorwärts- und Rückwärtsstromverstärkungen erreicht werden können. Mit solchen Transistoren läßt sich die geplante Lasertreiberstufe, bestehend aus einem Differenzverstärker und einer Stromquelle, technologisch einfacher realisieren (Superintegration). Die hergestellten invertierbaren Transistoren beruhen auf einem symmetrischen Doppelheterostrukturaufbau mit der Schichtfolge InP/InGaAsP/InP (NpN), die mit der Flüssigphasenepitaxie hergestellt wurde. Ein wesentliches Merkmal der Transistorstruktur stellt eine tiefe p-Diffusionszone unterhalb des Basiskontaktes dar, durch die im inversen Betrieb ein parasitärer Basisstrom außerhalb des aktiven Transistorbereichs unterdrückt wird. Die Transistorelemente zeigten im Vorwärtsbetrieb sehr hohe Stromverstärkungen, die stromabhängig bis zu 10^4 betragen. Diese hohen Werte sind allerdings durch die mit $p = 2 \cdot 10^{17}\ cm^{-3}$ relativ niedrig gewählte Basisdotierung begünstigt, um Verschiebungen der pn-Übergänge an den Heteroübergängen infolge Akzeptorausdiffusion zu vermeiden. Im Rückwärtsbetrieb waren die erreichten Stromverstärkungen mit Werten zwischen 100 und 300 erheblich geringer, was im wesentlichen auf unterschiedliche Emitterwirkungsgrade der beiden Heteroübergänge zurückgeführt wird. Die bisher an einzelnen Transistoren gemessenen Grenzfrequenzen sind mit etwa 600 MHz noch sehr gering, können aber durch Dotierungs- und Geometrieverbesserungen noch erheblich erhöht werden.

Für sehr geringe Ströme (I_c < 100 mA) zeigten die Transistoren erstaunlich hohe Verstärkungen, so daß sie auch für Vorverstärkeranwendungen in Verbindung mit Photodetektoren in Betracht gezogen werden können. Im Verlauf des Projektes soll das MOVPE-Verfahren in die Herstellung von Bipolartransistoren einbezogen werden, wobei insbesondere InAlAs- und InGaAs-Schichten verwendet werden sollen. Die in der ersten Phase des Projektes aufgebaute MOVPE-Anlage wurde im Berichtszeitraum in Betrieb genommen. Zu Testzwecken wurden GaAs-Schichten auf GaAs aufgewachsen, wobei alternativ die Alkylverbindung TMG und das Addukt TMG-TMP eingesetzt wurden. Die Eigenschaften der Schichten hinsichtlich der elektronischen und Photolumineszenzdaten waren weitgehend vergleichbar. InGaAs-Schichten auf InP wurden unter Verwendung von Alkylverbindungen (TMG, TMI) hergestellt und zeigen hinsichtlich der Gitteranpassung ($< 10^{-3}$) und der Oberflächenmorphologie zufriedenstellende Eigenschaften. Reinheit ($10^{16}\ cm^{-3}$) und Beweglichkeiten ($\mu_{300} < 4000\ \frac{cm^2}{Vsec}$) dieser Schichten sind allerdings noch mäßig. Als Ursache wird aufgrund externer Erfahrungen (STL) eine "falsche" Nukleation in der ersten Wachstumsphase vermutet, was durch eine zeitliche Optimierung der Gaszuschaltungen korrigiert werden muß.

Das eingesetzte Ga-Addukt wurde ebenso wie andere MO-Ausgangsmaterialien (In-Alkyl und -Addukt), Ga-Alkyl, $MgCp_2$ zur p-Dotierung) im Rahmen einer Kooperation mit der TU Berlin (Institut für Anorganische und Analytische Chemie) hergestellt. Insbesondere wurde hierbei auch ein neues Syntheseverfahren zur Herstellung von TMP mit höherer Reinheit und verbesserter Ausbeute entwickelt /79, 119/. Diese Aktivitäten verfolgen das längerfristige Ziel, verbesserte oder alternative (z.B. weniger toxische) metallorganische Quellensubstanzen für die MOVPE/MOMBE zu entwickeln.

Projektleiter: Dr. N. Grote

Zuwendungsgeber: EG (50%)

Einfluß magnetischer Gleichfelder bei der Herstellung von InP-Substratkristallen

Ziel

InP-Substratkristalle stellen die Basis für Komponenten der langwelligen optischen Nachrichtentechnik dar. Die Verfügbarkeit von Substraten mit der erforderlichen Qualität wie auch Quantität wird wesentliche Auswirkungen auf die Entwicklung einer Integrierten Optik haben. In beiderlei Hinsicht ist die derzeitige Situation unbefriedigend. Generelles Ziel des Vorhabens ist es, Beiträge zur Verbesserung der Eigenschaften von InP-Kristallen zu liefern. Dabei steht die Untersuchung des Einflusses magnetischer Felder während des Kristallziehens im Mittelpunkt. Das Projekt steht in enger Abstimmung mit einem Vorhaben bei der Fa. Wacker-Chemitronic, Burghausen, mit dem innerhalb der nächsten 2-3 Jahre der Grundstein zu einer nationalen InP-Substratversorgung gelegt werden soll

Das Fördervorhaben, das am 1.7.1984 begonnen wurde, wird im Auftrag des Heinrich-Hertz-Instituts am Institut für Werkstoffwissenschaften VI der Universität Erlangen-Nürnberg durchgeführt.

Stand im Projekt

Im Berichtszeitraum wurde der speziell geplante Magnet verspätet ausgeliefert. Dieser und die Widerstandsheizung wurden in die Ziehanlage eingebaut und in Betrieb genommen. Gleichzeitig mit diesen Arbeiten wurde die Anlage für die Züchtung von Kristallen mit größerem Durchmesser (bis zu 3 Zoll) umgerüstet, so daß eine bessere und schnellere Übertragung der Ergebnisse auf die Anlage bei Wacker möglich ist. Obwohl diese Umbauarbeiten einen großen Einschnitt darstellten, konnte aufgrund der umfangreichen vorbereitenden Untersuchungen bereits beim ersten neuen Züchtungsversuch ein Kristall mit relativ konstantem Durchmesser von 40mm gezogen werden, der bis auf zwei Zwillingslamellen einkristallin war. Durch Anätzen eines Längsschnitts sichtbar gemachte Striations zeigten, in welcher Richtung die Temperaturgradienten und die Temperaturführung bei der modifizierten Anlage verändert werden müssen, um wieder die gewünschte Phasengrenzform zu erreichen.

Bei weiteren Züchtungsversuchen wurde das Magnetfeld in größeren Zeitabständen aus- und eingeschaltet. Innerhalb eines einzigen Kristalles kann so - bei sonst vergleichbaren Wachstumsbedingungen - der Einfluß des Magnetfeldes auf die Reduzierung von Versetzungen, Striations und Spannungen sowie auf den Dotierstoffeinbau untersucht werden. Aus den so gezogenen Kristallen wurden inzwischen Proben aus den charakteristischen Bereich herauspräpariert, die umfangreichen Untersuchungen und Auswertungen sind zur Zeit noch im Gange.

An Bedeutung gewonnen hat inzwischen der Aufbau des optischen Meßplatzes zur Untersuchung von Restspannungen in den Kristallen. Diese spielen nicht nur eine entscheidende Rolle bei der Entstehung von Versetzungen, sondern die Restspannungen an sich, z.B. in gittergehärteten versetzungsarmen Substraten, können gravierende negative Folgen haben, wenn sie sich in epitaktischen Schichten fortsetzen. Bei Einsatz für optisch polarisationsabhängige Bauelemente ist dies unannehmbar, so daß die Forderung nach spannungsarmen Substraten stark an Gewicht gewonnen hat. Der Meßplatz liefert zwar nicht die primär entscheidende Absolutspannung, jedoch sollten aus den erhältlichen Daten der Spannungsdifferenzen in verschiedenen Hauptrichtungen und in verschiedenen Kristallbereichen Hinweise auf mehr oder weniger verspannte Kristalle und verantwortliche Züchtungsparameter gewonnen werden können.

Projektleiter: Dr. B. Sartorius (HHI)
Wissenschaftliche Leitung an der Universität Erlangen: J. Völkl

Zuwendungsgeber: BMFT

Technologien der Integrierten Optik

Ziel

Die Entwicklungschancen optischer Übertragungssysteme hängen in hohem Maße von der Verfügbarkeit leistungsfähiger optoelektronischer Wandler ab. Für eine zunächst unidirektionale, später bidirektionale 2-Kanal-Wellenlängenmultiplexübertragung wird am Institut eine PIN-Photodioden-Integration erarbeitet, die dem Demultiplex-Element nachgeordnet wird und die Lichtumwandlung besorgt. Die gleiche Detektordoublette soll später auch in einer monolithischen Lösung eines kohärenten Empfängers eingesetzt werden. Für dieses Modul wird darüber hinaus ein integrierbarer TE/TM-Polarisationswandler entwickelt. Angesichts des langwierigen Entwicklungsaufwands für monolithische Komponenten werden in diesem Projekt parallel eine hybride Lösung mit $LiNbO_3$-Bauelementen zur Polarisationsnachregelung und ein 3 dB-Koppler für die kohärente Überlagerung erarbeitet.

Das Projekt wird als Entwicklungsauftrag der Siemens AG durchgeführt und vom BMFT unterstützt.

Stand im Projekt

Im Berichtszeitraum konnten in allen Teilprojekten nennenswerte Fortschritte erzielt werden. Die Detektor-Wellenleiter-Integration konnte an einer vertikal angeordneten Kopplerstruktur demonstriert werden /101b/. Bei geeigneter Dimensionierung - Licht aus dem Wellenleiter wird nach ca. 300 µm in das ternäre Superstrat nahezu vollständig übergekoppelt - erhält man einen Photodetektor mit der gleichen Empfindlichkeit wie bei der diskreten Lösung mit niedrigen Dunkelströmen. Die Arbeiten konzentrierten sich im technologischen Bereich auf die Verbesserungen der Diffusion und der Flüssigphasenepitaxie.

Die Verbesserungen in der Flüssigphasenepitaxie ermöglichten auch entscheidende Fortschritte beim TE/TM-Konverter auf InP. Die quaternäre Schicht für die Wellenleiter konnte mit einer Hintergrunddotierung von weniger als $3{,}5\ 10^{15}\ cm^{-3}$ gewachsen werden, wodurch die Voraussetzung für die Realisierung eines starken elektrooptischen Steuereffekts zur Polarisationsdrehung gegeben sind. Die laterale Strukturierung wurde an die beobachtete Wellenleiterdispersion angepaßt. Als ungünstig hat sich jedoch eine intrinsische Polarisationsdrehung im Kristall herausgestellt, die auf mechanische Verspannungen, möglicherweise aufgrund von Gitterfehlanpassung, zurückgeführt wird. Dieser Umstand soll in einer zukünftigen Strukturversion durch Anbringen zusätzlicher Felder elektrooptisch kompensiert werden.

Auf der Seite der hybriden Komponenten für einen Heterodynempfänger konnten die Arbeiten zum Phasenschieber und zum TE/TM-Konverter erfolgreich abgeschlossen werden. Mit der Entwicklung des optischen Richtkopplers zur kohärenten Überlagerung wurde begonnen. Darüber hinaus wurden zwei Bauelementekonzepte verfolgt, die eine rückstellfreie, kontinuierliche Nachregelung der Polarisation ermöglichen indem zusätzliche Steuerelektroden eingesetzt werden /122/.

Projektleiter: Dr. W. Döldissen

Auftraggeber: Siemens AG

Entwicklung von InP-Substratmaterial

Ziel

Ziel des Vorhabens ist die Herstellung von InP-Einkristallen und -Substraten. Entsprechend den Anforderungen der Bauelementhersteller an das Substrat sind die Arbeitsziele ausgerichtet. An vorhandenen Anlagen sollen Kenntnisse im System In-P-InP gesammelt werden und hierauf aufbauend zunächst die apparativen Voraussetzungen sowie Erfahrungen zur reproduzierbaren Herstellung von InP hoher Qualität geschaffen werden.

Zur Synthese von hochreinem stöchiometrischen InP-Polymaterial aus den Elementen ist die Entwicklung einer Hochdruckanlage einschließlich eines neuen Syntheseprozesses vorgesehen, die gleichzeitig eine Reinigung des Ausgangsmaterials erlaubt. Eine Erprobung verschiedener Rohstoffqualitäten ist für eine Umsetzung höherer Reinheitsanforderungen an das InP unerläßlich.

Durch die Entwicklung und den Bau einer vollautomatischen Hochdruckziehanlage einschließlich Durchmesserregelung soll eine reproduzierbare Züchtung von InP-Kristallen erreicht werden. Gestützt auf die Erfahrungen der GaAs- und GaP-Züchtung werden Optimierungen der Wachstumsbedingungen zur Erniedrigung der Versetzungsdichte durchgeführt. Ein Homogenisierung der Substrateigenschaften ist durch Anlegen von Magnetfeldern beim Ziehen angestrebt.

Bei der Weiterverarbeitung von InP-Kristallen ist das Ziel, die gleichen Oberflächenqualitäten wie beim GaAs zu erreichen. Die für GaAs und GaP aufgebaute Meßtechnik soll zur Charakterisierung der InP-Substrate modifiziert und erweitert ewrden.

Stand im Projekt

Die neu konzipierte Hochdrucksyntheseanlage wurde beim Anlagenhersteller fertiggestellt und in dem für die Neuanlagen errichteten Hallenanbau aufgestellt. Die für den geplanten neuen Syntheseprozeß erforderlichen Ofenteile wurden entwickelt. Damit sind die Voraussetzungen zur Inbetriebnahme und Erprobung der Hochdrucksyntheseanlage erfüllt.

Die Herstellung von stöchiometrischem Polymaterial wurde an der vorhandenen Hochdruck-Boot-Syntheseanlage durch den Einbau einer automatischen Prozeßüberwachung und in Versuchsreihen vorgenommene Parameteranpassungen optimiert. Durch Einsatz von Rohstoffen verschiedener Hersteller und Qualitäten, begleitet durch umfangreiche chemische Analysen, wurde der Einfluß der Verunreinigungen auf die elektrischen Eigenschaften von InP untersucht. Besonders bei den z.Z. kommerziell erhältlichen Phosphorqualitäten stellte sich hierbei ein Defizit zu den benötigten Reinheiten heraus. Durch intensive Zusammenarbeit mit einem Rohstoffhersteller ist hier eine Abhilfe in Angriff genommen worden.

Die Endmontage der in Eigenentwicklung geplanten und konstruierten Hochdruckziehanlage einschließlich Magnetfeld wurde abgeschlossen. In der Einfahrphase wurden Modifikationen zu Verbesserungen von Bedienbarkeit, Arbeitssicherheit und Reinigungserfordernissen durchgeführt. Mit einem Versuchsprogramm, z.B. mit 3-Zoll-Versuchen, Züchtungen mit Einwaagen bis zu 15 kg, wurde die Leistungsfähigkeit der Anlage getestet. Zur Zeit läuft die systematische Prozeßerstellung für die 2-Zoll-InP-Kristallherstellung.

Die Versuche an der vorhandenen Ziehanlage wurden fortgesetzt. Verbesserungen wurden an der Software, Variationen am Ofenaufbau und den Prozeßparametern vorgenommen. Bei Fe-dotierten Stäben in (111)-Orientierung konnte stufenweise eine Erniedrigung der Versetzungsdichte bis zu Werten unter 10 000 cm^{-2}, in Einzelfällen zwischen 1.200 - 5.000 cm^{-2}, realisiert werden. Erste ausgelieferte Scheiben zeigten, daß diese in Kristallqualität und Oberfläche durchaus dem auf dem Markt erhältlichen Material ebenbürtig sind.

Für die reproduzierbare, sehr anspruchsvolle Herstellung von zwillingsfreien Substraten hoher Qualität sind weitere Arbeiten zur thermischen Optimierung notwendig.

Die im Vorhaben vorgesehenen Geräte für die Charakterisierung (DLTS-Gerät, Aufdampfanlage, Travelling-Dark-Spot-Meßplatz) wurden aufgestellt. Mit grundlegenden Versuchen, z.B. Realisierung der erforderlichen Kontakte wurde begonnen. Die Entwicklung und Anwendung anderer für GaAs vorhandener Charakterisierungsverfahren wurden für die Untersuchung von InP-Substraten fortgesetzt.

Projektleiter: Dr. E. Tomzig (Wacker-Chemitronic)

Zuwendungsgeber: BMFT

Zerstörungsfreie Halbleiteroberflächenanalyse mit optischen Methoden

Ziel

Die Technologie der Integrierten Optik erfordert eine genaue Kenntnis der Oberflächenbeschaffenheit der verwendeten Materialien. Zur Beurteilung der Oberflächenqualität sind daher zerstörungsfreie Meßmethoden, die eine prozeßbegleitende Untersuchung gestatten, einzusetzen. Ziel des Vorhabens, das im Auftrage des Heinrich-Hertz-Instituts am Technion - Israel Institute of Technology durchgeführt wird, ist die Untersuchung der Wechselwirkung von kohärenter optischer Strahlung mit Oberflächen im allgemeinen und mit Halbleiteroberflächen im besonderen im Hinblick auf Oberflächenrauhigkeit, Oberflächenabsorption und gezielte Deposition. Die Methoden werden für einen weiten Spektralbereich vom sichtbaren bis in den Infrarot-Bereich entwickelt. Am Ende des Projektes wird der Prototyp eines analytischen Systems stehen, das den speziellen Anforderungen der Technologie der integrierten Optik genügt. Weiterhin wird die in diesem Projekt angewendete Zweistrahl-Interferenzmethode auf die Einsatzmöglichkeit zur Bestimmung des effektiven Brechungsindex von Schichtwellenleitern geprüft. Hierzu wird theoretisch und experimentell der Einfluß verschiedener Parameter, wie Spotgröße, Strahlneigung, Strahltrennung, Fokussier- und Abbildungsgenauigkeit auf die Meßgenauigkeit untersucht.

Stand im Projekt

Die Arbeiten konzentrierten sich im Berichtszeitraum auf zwei Themenkomplexe:

- Entwicklung einer Methode, die Rauhigkeit von Halbleiter (HL-) Oberflächen berührungslos zu messen.

- Theoretische Untersuchungen zur Polarisation von "speckle patterns".

Das zum ersten Punkt entwickelte Meßverfahren kann folgendermaßen charakterisiert werden. Ein Laserstrahl wird auf die zu untersuchende HL-Oberfläche fokussiert. Rauhigkeiten der Oberfläche verändern die laterale Intensitätsverteilung des reflektierten Strahls vor einem Detektor. Mit Hilfe einer geeigneten Blende werden diese Veränderungen in eine Intensitätsvariation umgesetzt. Differenzbildung mit dem Signal eines Referenzstrahls führt zu einer hohen Empfindlichkeit der Meßanordnung. Das vorhandene System hat folgende charakteristische Daten: 20 nm Tiefenauflösung, 50 µm Gesamt-Meßbereich, 2 µm horizontale Auflösung. Es ist möglich, die Tiefenauflösung bis auf 0,1 nm zu erhöhen.

Außer Test- und Eichmessungen wurden erste Untersuchungen an InP-Substraten durchgeführt, die für integriert-optische Bauelemente eingesetzt werden sollen. Neben statistischen Rauhigkeiten zeigen einzelne Proben ausgeprägt sinusartige Strukturen mit Periodenlängen in der Größenordnung von 100 µm und einem Hub von etwa 1 µm.

Zum zweiten Punkt konnte die Intensität, Polarisation und statistische Verteilung des von einer HL-Oberfläche gestreuten Lichtes als Funktion der einfallenden Strahlungsverteilung und der Oberflächen-Beschaffenheit berechnet werden. Mit Hilfe der "compact-operator"-Notation konnte gezeigt werden, daß eine Reihe wichtiger Polarisations-Phänomene nicht davon abhängt, wie die Oberflächenrauhigkeit im Detail beschaffen ist. Handelt es sich um eine gut leitende Oberfläche und kann die Rauhigkeit durch Krümmungsradien charakterisiert werden, welche wesentlich größer sind als die zur Untersuchung verwendete Lichtwellenlänge, so wird die Polarisation des gestreuten Lichts wenig von der Oberfläche beeinflußt. Wie sich die Verhältnisse ändern, wenn die Oberfläche weniger gut leitet und die Rauhigkeit zunimmt, ist Gegenstand künftiger Untersuchungen.

Wissenschaftliche Leitung: Prof. Dr. Joseph Shamir,
Technion - Israel Institute of Technology

Zuwendungsgeber: BMFT

InGaAlAs-Analyse

Ziel

In einer Kooperation der Technischen Universität Berlin und des HHI soll eine eingehende Materialanalyse des III/V-Mischkristall-Systems InGaAlAs für die Verwendung in der integrierten Optik durchgeführt werden. Schwerpunkt der Untersuchungen soll die Charakterisierung tiefer Störstellen mittels verschiedener DLTS-Verfahren mit und ohne optische Anregung sowie die Bestimmung von Energieband-Diskontinuitäten an Heterostrukturen sein.

Besonderes Interesse gilt der Frage, in welcher Weise die Materialqualität von der Art des Kristallzuchtverfahrens (MBE, MOVPE) bzw. von unterschiedlichen Wachstumsbedingungen abhängig ist. An geeigneten Teststrukturen soll die Güte von Kontakten analysiert und optimiert werden. Durch eine InAlAs-Schicht auf InGaAs wird eine höhere Schottky-Barriere, geeignet für MESFETs, angestrebt.

Durch gleichartige Untersuchungen in Bezug auf Materialqualität und Kontakteigenschaften an GaAlAs-Schichten der TU-Berlin sollen die Arbeiten durch dieses verwandte Materialsystem in sinnvoller Weise ergänzt werden, zumal dabei bereits eigene vorhandene Erfahrungen der Analyse tiefer Störstellen genutzt werden können. Die Ergebnisse werden in die Herstellung von GaAlAs-Solarzellen an der TU-Berlin einfließen.

Stand im Projekt

Seit Beginn des Vorhabens am 1.10.1985 wurden MBE-gewachsene InAlAs-Schichten auf InP-Substraten mit CV- und IV-Meßtechniken charakterisiert. Es wurden Schichten mit undotiertem sowie mit Si-dotiertem Material und einer InAs-Schutzschicht verwendet. Dabei sollen zum einen die semiisolierenden Eigenschaften dieses Materials und andererseits die Tauglichkeiten als halbleitende Schicht untersucht werden. Die Kontakte waren z.T. durch eine Lochmaske aufgedampft, z.T. durch einen Lithographieprozeß strukturiert.

Erste Auswertungen zeigen, daß Proben mit undotiertem Material geringere Leckströme, höhere Durchbruchspannungen und eine große Kapazitätsdispersion aufweisen. Die Höhe der Schottky-Barriere wird offensichtlich bereits durch eine recht dünne InAs-Deckschicht, die eine Oxidation an der Oberfläche verhindern soll, beträchtlich gesenkt. Eine Abhängigkeitder elektrischen Parameter von der Wahl des Kontaktmaterials (Al oder Ti-Au) ist zunächst nicht zu beobachten.

Leiter des Forschungsvorhabens: Prof. Dr. H.-G. Wagemann (TU Berlin) und Prof. Dr. A. Schlachetzki

Zuwendungsgeber: DFG

Ergebnis- Übersicht

Veröffentlichungen

/1/ G.Heydt: Future Directions in Optical Systems Research, OFC/IOOC'87, Reno, Nevada, Jan. 1987, Plenary Session, Techn. Digest MB3
Kurzfassung: The impact of the evolution of future universal networks on the research and development of long-haul transmission systems, subscriber loop systems, and of the use of optical switching and optical signal processing methods are discussed.

/2/ G.Walf, R.Eggemann, H.Ehlers, K.D.Langer, F.Lukanek, G.Teich, J.Vathke: Diensteintegriertes Breitbandübermittlungssystem für den Ortsnetzbereich mit hochratigen optischen Teilnehmeranschlußleitungen, ntz Bd. 39, Heft 5, 1986, S. 302-311
Kurzfassung: Wesentliche Systemkomponenten eines Breitbandübermittlungssystems sind die optische Teilnehmeranschlußleitung mit der Teilnehmerstation sowie die Koppelnetze für den Breitbanddialogverkehr und die TV-Verteilvermittlung. Im Heinrich-Hertz-Institut wurden hierzu Untersuchungen und Entwicklungen durchgeführt. Die Realisierung eines Breitbandkoppelnetzes für 70 Mbit/s, eines TV-Verteilkoppelnetzes und der Teilnehmerstation werden vorgestellt.

/3/ G.Walf: HDTV-fähiges Breitbandübermittlungssystem für den Ortnetzbereich, Tagungsband zur 12.Jahrestagung der FKTG, Mainz, Juni 1986, Teil 1, Vortrag 22
Kurzfassung: Nach Abschluß der Standardisierung des ISDN (Integrated Services Digital Network) für die niederratigen Dienste, konzentrieren sich die internationalen Aktivitäten auf die Festlegung der Spezifikation für ein breitbandiges ISDN zur Übermittlung von Breitbanddiensten wie z.B. Bildfernsprechen, TV und hochauflösendes Fernsehen (HDTV). Neben den generellen systemtechnischen Fragen wie Wahl der Bitraten für die Übertragungskanäle der Breitbanddienste und Festlegung der Schnittstellen sind für den Aufbau eines Breitband-ISDN eine Vielzahl von technologischen Problemen zu klären. Die Bearbeitung dieser Thematik stellt einen Forschungsschwerpunkt des HHI dar. Als Basis hierzu wurde im Rahmen eines vom BMFT geforderten Vorhabens ein Konzept für ein integriertes Breitbandübermittlungssystem für den Ortsnetzbereich im HHI entwickelt.

Die Möglichkeit der Übermittlung von HDTV zum Teilnehmer war bei der Konzeptentwicklung eine Grundforderung. Ausgehend von dem Systemkonzept wird z.Z. im HHI ein Experimentalsystem erstellt. Wesentliches Ziel hierbei war und ist es, Realisierungsmöglichkeiten unter dem Gesichtspunkt einer großen Teilnehmerzahl (10.000) für die geschwindigkeitskritischen Systemkomponenten wie z.B. das Breitbandkoppelnetz für die Individualkommunikation (Bildfernsprechen), das Breitbandverteilkoppelnetz (TV, HDTV), die hochratige optische Teilnehmeranschlußleitung und die Teilnehmerstation zu erarbeiten.

/4/ K.D.Langer, F.Lukanek, J.Vathke, G.Walf: 2 µm CMOS-Breitbandkoppelmatrix und deren Einsatz im größeren Koppelnetz, NTG-Fachberichte 96; Mikroelektronik für die Informationstechnik - Vermittlung, Übertragung und Verarbeitung; Berlin, 1986, S. 190-195
Kurzfassung: Ausgehend von einem Konzept für ein Breitbandübermittlungssystem für den Ortsnetzbereich, wurden am Heinrich-Hertz-Institut ein Breitbandkoppelnetz mit 4096 Ein- und Ausgangsleitungen und ein TV-Verteilkoppelnetz für 70 Mbit/s entwickelt und exemplarisch aufgebaut. Grundelement ist eine 16 x 16 Breitbandkoppelmatrix, deren Realisierung auf einem 2,4 k Gate-Array in

2 µm CMOS-Technologie erfolgte. Aufgrund der geringen Verlustleistung der Matrix von 500 mW konnte ein kompakter Aufbau der Koppelnetze erreicht werden.

/5/ K.D.Langer: Softwareverarbeitung der HDLC-Ebene bitorientierter Protokolle, ntz, Bd. 39, H. 11, 1986, S. 760-767
Kurzfassung: In zunehmendem Maße werden für die digitale Datenübertragung bitorientierte Protokolle verwendet, die auf den HDLC-Übermittlungsvorschriften (HDLC = High level Data Link Control) basieren. So bietet z.B. die Vermittlungstechnik mit dem Zentralkanalzeichengabesystem Nr. 7 und dem D-Kanal-Protokoll des im Aufbau befindlichen ISDN weltweit Anwendungsfälle. In diesem Beitrag werden die Möglichkeiten und Grenzen einer wirtschaftlichen Softwareverarbeitung bitorientierter Protokolle in der Ebene 2 des OSI-Schichtmodells untersucht.

/6/ K.D.Langer, J.Vathke, G.Walf: Einsatz eines 2 µm CMOS-Arrays, Elektronik Journal, 21. Jahrgang, Nov. 1986, S. 70-76
Kurzfassung: Ausgehend von einem Konzept für ein Breitbandübermittlungssystem für den Ortsnetzbereich, wurden am Heinrich-Hertz-Institut ein Breitbandkoppelnetz mit 4096 Ein- und Ausgangsleitungen und ein TV-Verteilkoppelnetz für 70 Mbit/s entwickelt und exemplarisch aufgebaut. Grundelement ist eine 16 x 16 Breitbandkoppelmatrix, deren Realisierung auf einem 2,4 k Gate-Array in 2 µm CMOS-Technologie erfolgte. Aufgrund der geringen Verlustleistung der Matrix von 500 mW konnte ein kompakter Aufbau der Koppelnetze erreicht werden.

/7/ K.D.Langer, J.Vathke, G.Walf: Technology aspects of a broadband switching network for 70 Mbit/s, Proc. "GSLB-Seminar on Broadband Switching", Albufeira, Portugal, Jan. 1987, S.345-361
Kurzfassung: Based on a concept for a broadband communinaction system, a broadband dialogue switching network serving up to 4096 lines (route selector stage) and a TV switching network for 70 Mbit/s were implemented at the Heinrich-Hertz-Institut. The key element of both switching networks is a 16 x 16 space division switch realized on a CMOS gate array in 2 µm technology. The low power consumption of the switching element (less than 500 mW) permits a densed arrangement of the switching networks. The paper deals with technology aspects and physical design trade-offs gained from the implementation.

/8/ J.Giglmayr: A Petri net approach to the control unit of a broadband switching system, ntz-Archiv, Band 8, Heft 12, Dez. 1986, S. 317-325
Kurzfassung: In the present paper the traffic within the control unit of a broadband switching system is modelled by a stochastic Petri net. In particular, random switches included in this Petri net concept are applied to model the separation of signaling data according to the type of service requested by the subscribers, and the multiple use of the picture phone during a telephone session is modelled by correlated parallel paths in the Petri net model. The size and the complexity of the Petri net presented is independent of the number of processors of the control unit. The Petri net is analyzed by evaluating the Markov chain equivalent to the net. In this connection for the evaluation of the entire control unit the decomposition of the transition rate matrix corresponding to the net is proposed. A performance measure associated with the switching delay is presented in order to show the applicability of the approach. Two configurations of the control unit are investigated and the results are presented graphically.

/9/ J.Giglmayr: Approach to the traffic performance evaluation of a broadband switching control, Conf.Proc. on the Management and Performance Evaluation of Computer Systems, Las Vegas, USA, Dec.1986, pp. 256-261

Kurzfassung: Within this paper two different traffic modelling and evaluation techniques applied to a broadband switching control are presented: 1) The queueing approach, and 2) the Petri net approach. In particular, the queueing network representing the entire control unit is decomposed into subsystems which then are analyzed in isolation and the final results are obtained by superposition. Within the Petri net approach the large system under investigation is mapped into a very compact net whose size is independent of the number of processors. For the evaluation of the stochastic Petri net the decomposition of the transition rate matrix representing the net is introduced. Finally, the results obtained by these approaches are presented graphically and compared.

/10/ E.-J.Bachus, R.-P.Braun, W.Eutin, E.Großmann, H.Foisel, K.Heimes, B.Strebel: Coherent optical multi-channel subscriber line, Proc. ISSLS'86, Tokyo, pp. 205-209

Kurzfassung: An experimental fiber optic bidirectional subscriber line with four coherent type broadband channels has been set up. The four carriers are individually modulated with 70 Mbit/s, transmitted over a 3.5 km single mode fiber and demultiplexed by tunable optical heterodyne receivers. The frequency difference of the optical carriers amounts to a few GHz only.

/11/ E.-J.Bachus, G.Heydt: Application of coherent systems in the subscriber loop, ECOC'86, Barcelona, Sept. 1986, Techn. Digest, Vol. II, pp.73-78

Kurzfassung: The prospects of optical coherent multi-channel techniques application for subscriber systems of future universal public networks are described. Compared with time division multiplex systems the coherent approach promises high flexibility and reliability improvements.

/12/ E.-J.Bachus, R.-P.Braun, C.Caspar, E.Großmann, H.Foisel, K.Heimes, H.Lamping, B.Strebel, F.-J.Westphal: Ten-channel coherent optical fibre transmission, Electr. Lett. 1986, 22, pp.1002 - 1003.

Kurzfassung: A laboratory ten-channel coherent fibre-optic broadband transmission system is reported. The frequency-division-multiplexed optical carriers are separated by 6 GHz and are demultiplexed by a tunable heterodyne receiver having a sensitivity of -46 dBm at a bit error rate of 10^{-9}. In this system a maximum number of 64 channels can be installed.

/13/ C.Baack, E.-J.Bachus, G.Heydt, B.Strebel: Experimentalsystem zur kohärenten optischen Trägerfrequenztechnik im Teilnehmerbereich, erscheint in Frequenz, Februar 1987

Kurzfassung: Die Anwendung des Überlagerungsprinzips im optischen Heterodynempfänger ist nicht nur eine relativ aufwendige Methode, um die Empfängerempfindlichkeit zu verbessern und so einige km an Reichweite zu gewinnen, sondern eröffnet die Möglichkeit, erst mit einem optischen Trägerfrequenzsystem die große Bandbreite von Monomodefasern annähernd auszunutzen. Damit läßt sich im Teilnehmerbereich ein Verteilsystem etablieren, bei dem jeder Teilnehmer durch Abstimmen seines Heterodynempfängers aus einer Vielzahl an Programmen eines frei auswählen kann und bei dem keine Vermittlungsfunktion in der Zentrale nötig ist.

Die vorliegende Arbeit beschreibt ein 10 Kanal-Experimentalsystem, das die Untersuchung der wichtigsten Probleme auf dem Wege zu dieser neuen Technik ermöglicht. Es zeichnet sich ab, daß mit bereits heute verfügbaren Komponenten ein kohärentes Trägerfrequenzsystem einer Zeitmultiplextechnik überlegen wäre.

/14/ R.-P.Braun, R.Ludwig, R.Molt: Ten-channel coherent fibre transmission using an optical traveling wave amplifier, ECOC'86, Barcelona, Sept. 1986, Techn.Digest, Vol III, Post Deadline Papers, pp.29-32

Kurzfassung: A laboratory ten-channel coherent fibre optic broad-band transmission system including an optical traveling wave amplifier is reported. The amplified (+6 dB) carriers, having a frequency spacing of 6 GHz, are demultiplexed by a tunable heterodyne receiver which has a sensitivity of -42 dBm at a bit error rate of 10^{-9}.

/15/ N.Shibata, R.-P.Braun, R.G.Waarts: Crosstalk due to three-wave mixing process in a coherent single-mode transmission line, Electr. Letters 1986, 22, pp.675-677

Kurzfassung: Three-wave mixing has been observed in a coherent multi-channel transmission system (3.5 km fibre length, λ = 830 nm). The measured generated power was up to 370 pW for input powers of hundreds of microwatts. The efficiency of generated waves decreases with carrier frequency separation in good agreement with the theoretical prediction (-20 dB at 50 GHz).

/16/ R.G.Waarts, R.-P.Braun: System limitations due to four wave mixing in single mode optical fibres, Electron. Letters 1986, 22, pp. 873-875

Kurzfassung: The transmission of a multichannel coherent optical system is limited by four-wave mixing. In a 100 channel monomode fibre link, 5 GHz channel separation, -20 dB crosstalk level the input power per channel should be lower than 0 to -5 dBm for a subscriber line (5 km), or -10 dBm for a trunk line (>100 km), employing low-loss dispersion-shifted fibre.

/17/ N.Shibata, R.G.Waarts, R.-P.Braun: Brillouin gain spectra for single-mode fibers having pure-silica, GeO_2-doped and P_2O_5-doped cores, erscheint bei Optics Letters

Kurzfassung: Brillouin gain spectra are measured for pure-silica core, G_2O_2-doped core, and P_2O_5-doped core single-mode fibers with different index profiles. The used lasers emit at 828 nm and exhibit linewidths of about 20 MHz. The spectral shape of the Brillouin gain is found to be strongly related to the refractive-index profiles. The Brillouin linewidths evaluated experimentally are 90 and 215 MHz for a step-index single-mode fiber and a graded-index single-mode fiber, respectively. The Brillouin Stokes shifts depend on the dopant material and its concentration and ranges from 21.6 GHz for the pure silica fiber to 20 GHz for the P_2O_5 doped fiber, in the 0.8 µm wavelength region.

/18/ E.-J.Bachus: HDTV-Verteilung mit kohärenter optischer Nachrichtenübertragung, erscheint im Kongreßband "Wege zu besseren Fernsehbildern - Ways towards High Definition TV", Reihe Telecommunications, Springer Verlag, Heidelberg, "Münchner Kreis", München, Jan. 1987

Kurzfassung: Analog zum heutigen Kabelfernsehen kann in Zukunft die Verteilung vieler hochratiger Fernsehprogramme in einmodigen Fasernetzen mit optischen Trägerfrequenzen erfolgen und die Auswahl bei den Teilnehmern durch Abstimmen ihrer optischen Heterodynempfänger vorgenommen werden. Im HHI wurde ein Demonstrationsmodell mit 10 TV-Kanälen aufgebaut.

/19/ G.Großkopf, L.Küller, R.Ludwig, R.Molt, H.G.Weber: Experiments on Optical Amplifiers for Two Channel Transmission, ECOC'86, Barcelona, Sept. 1986, Technical Digest, Vol. I, pp.245-248

Kurzfassung: Experiments are reported in which two channels are simultaneously amplified by an optical amplifier. The cross talk is investigated. The experiments reveal nonlinear distortions in the amplification. The generated cross talk may become a serious problem in multichannel transmission links.

/20/ G.Großkopf, R.Ludwig, H.G.Weber: Crosstalk in Optical Amplifiers for two Channel Transmission, Electron. Letters, 22, No. 17, 1986, pp.900-902
Kurzfassung: Optical amplifiers for two channel transmission are investigated. Intensity modulation in one channel causes crosstalk in the other channel via the change of the complex refractive index in the amplifier. The amount of crosstalk is connected with the linewidth enhancement factor α.

/21/ G.Großkopf, R.Ludwig: Verstärkungseigenschaften von den Halbleiterlaserverstärkern mit verminderter Facettenreflektivität, zur Veröffentlichung angenommen, Frequenz 1987
Kurzfassung: Es werden optische Verstärker mit verminderter Facettenreflektivität untersucht. Zwei orthogonal polarisierte Wellen (2 Kanäle) werden in den Verstärker eingekoppelt. Intensitätsmodulation in einem Kanal verursacht Übersprechen in den anderen Kanal durch Änderung der komplexen Brechzahl im Verstärker. Wir zeigen, daß das Nebensprechen mit dem Linienbreitenfaktor verknüpft ist.

/22/ R.-P.Braun, R.Ludwig, R.Molt: Kohärente optische Zehnkanal-Breitbandübertragung mit optischem Wanderwellenverstärker, NTZ 39, H.12, 1986, S. 804-808
Kurzfassung: Es werden Experimente mit einem optischen Zehnkanal-Breitbandübertragungssystem mit Überlagerungsempfang beschrieben. Ein optischer Wanderwellenverstärker wurde in das System eingebaut, um das Übersprechverhalten dieses Verstärkers zu untersuchen.

/23/ G.Wenke, E.Patzak, P.Meissner: Reliable laboratory transmitter with submegahertz linewidth, Electron. Letters, 22, No. 4, 1986, pp.206-207
Kurzfassung: An external cavity transmitter configuration is introduced using a semiconductor laser at 1.3 µm wavelength, a spherical reflector for laser mode selection and a semitransparent AU coated grinrod lens for linewidth reduction. At 1.45 mW output power a linewidth of 700 kHz and a laser sidemode suppression of 30 dB is achieved.

/24/ G.Wenke, R.Gross, P.Meissner, E.Patzak: Characteristics of a compact three cavity laser configuration, zur Veröffentlichung angenommen in IEEE J.of Lightwave Technology, special issue on coherent optical communication
Kurzfassung: Experimental and theoretical results on the characteristics of a compact three cavity transmitter configuration are presented. The configuration consists of a 1.3 µm semiconductor laser with external resonators on each side. One resonator is a spherical reflector positioned at the rear facet for sidemode suppression to about 30 dB. The other resonator at the front facet is a semitransparently gold coated grin-rod lens for linewidth reduction to about 1 MHz. The whole configuration has a length of less than 2 cm.

/25/ P.Meissner, E.Patzak: Investigation of linewidth and side-mode suppression for a DBR laser with integrated passive waveguide, Electron. Letters, 22, No. 6, 1986, pp. 340-341
Kurzfassung: A semiconductor laser device consisting of an active part monolithically integrated with a passive waveguide and a DBR grating is theoretically investigated. It is shown that for a 2 mm-long device a linewidth below 4 MHz can be achieved. The linewidth does not exceed this value even if the lasing frequency is tuned by several gigahertz. The side-mode suppression remains larger than 30 dB.

/26/ B.Enning, E.Dietrich: Verminderung der unteren Grenzfrequenz eines breitbandigen Leistungsverstärkers, zur Veröffentlichung angenommen, Frequenz 1987
Kurzfassung: Im Beitrag wird ein Entzerrungsverfahren für die Reduzierung der unteren Grenzfrequenz eines breitbandigen Leistungsverstärkers vorgestellt. Der Verstärker wird eingesetzt zur Modulation eines $LiNbO_3$-Modulators mit einer Übertragungsrate von 560 Mbit/s. Das Entzerrungsverfahren ist geeignet sowohl für die Neuentwicklung von breitbandigen Leistungsverstärkern als auch für die nachträgliche Reduzierung der unteren Grenzfrequenz kommerzieller Verstärker. Die Schaltung arbeitet unabhängig von dem zu entzerrenden niederfrequenten Frequenzgang des vorgegebenen Verstärkers.

/27/ L.G.Kazovsky, P.Meissner, E.Patzak: ASK-Multiport Optical Homodyne Receivers, ECOC'86, Barcelona, Sept. 86, Techn.Digest, Vol. I, pp.395-398
Kurzfassung: ASK optical multiport homodyne receivers are investigated, and a novel WIRNA (wideband-filter rectifier-narrowband filter) processor for these receivers is proposed. The resulting receivers are extremely robust with respect to the phase noise: when the laser linewidth is equal to half of the bit rate, the penalty is approximately 2 dB.

/28/ L.G.Kazovsky, P.Meissner, E.Patzak: ASK Multiport Optical Homodyne Receivers, zur Veröffentlichung angenommen, IEEE Journal of Lightwave Technology 1987
Kurzfassung: Several types of ASK multiport homodyne receivers are investigated, and the impact of the phase noise and of the shot noise on these receivers is analyzed. The simplest structure is the conventional multiport receiver with a matched filter in each branch. This structure can tolerate $\Delta\nu T$ ($\Delta\nu$ is the laser linewidth and T is the bit duration) of several percent with a small power penalty (3.6% for 1 dB penalty and 5.2% for 2 dB penalty). Optimization of branch filters of conventional multiport receivers does not help when the linewidth (and the penalty) is small but does improve the receiver performance for larger linewidths. The most important point of the paper is the novel WIRNA structure (wideband filter-rectifier-narrowband filter), proposed and investigated here for the first time for optical communication systems. It is shown that the optimized WIRNA homodyne receivers are extremely robust with respect to the phase noise: the WIRNA tolerable value of $\Delta\nu T$ is 3.6 percent for 1 dB penalty and more than 50 percent for 2 dB penalty. Thus, the WIRNA structure opens, for the first time, the possibility of constructing homodyne receivers operating at several hundred Mb/sec with conventional DFB lasers without complicated external cavities. Under no-phase-noise conditions, all the multiport receivers investigated here have the same performance, which is identical to that of heterodyne ASK receivers. In addition, the optimized WIRNA receivers can tolerate (approximately) the same laser linewidth as the heterodyne ASK receivers. Thus, the main difference between the WIRNA multiport homodyne and heterodyne receivers is that the former shifts the processing to a lower frequency range, in return for a more complicated implementation. This difference makes the WIRNA multiport homodyne receivers particularly attractive at high (say, several Gb/sec) bit rates.

/29/ C.H. von Helmolt: Integrated Optic Strip Waveguide Phase Modulator Driven by a SAW, zur Veröffentlichung angenommen, IEEE, Journal of Lightwave Technology
Kurzfassung: Single-mode integrated optic strip waveguide phase modulators driven by a surface acoustic wave (SAW) are investigated theoretically and experimentally. Evaluating the overlap integral a good agreement is obtained between measured and theoretical results. Measurements were performed on ZY-$LiNbO_3$ (z-cut crystal, y-propagating SAW) between 20 MHz and 580 MHz at λ_0 = 0.85 µm optical wavelength using Titanium indiffused waveguides. At 9 mW SAW power in an interaction length of 4 mm optical phase shifts are measured to be 0.32 and 0.112 for TM and TE polarization, rspectively, at 21.5 MHz.

/30/ C.H. von Helmolt, C.Schäffer: Efficiency of Guided Wave Acoustooptic Interaction for Selected Cuts in $LiNbO_3$, zur Veröffentlichung angenommen, Journal of Optical Communications
Kurzfassung: The efficiency of thin film acoustooptic modulators in $LiNbO_3$ is investigated theoretically in order to select the optimum crystal cut, SAW propagation direction and optical polarization. For a well concentrated optical field x-cut $LiNbO_3$, z-propagating SAW and TE polarized light offers best performance for broadband modulators. In the Appendix parameters of several SAWs on the free surfaces of $LiNbO_3$ were determined by numerical analysis using acoustic field theory and the quasi static electric field approximation. Complete sets of parameters are given for calculation of SAW fields related to magnitude of complex mechanical power flow.

/31/ M.Burmeister, Th.Hermes, F.Raub, J.Saniter, F.Schmidt, W.Werner: An Experimental Optical Local Area Network Using Fast Circuit Switching, erscheint im Tagungsband der ISS'87, Phönix, Arizona USA, März 1987
Kurzfassung: This paper describes an experimental local communications system, that has been built up with four subscriber stations in the Heinrich-Hertz-Institut in Berlin (West). First results of operation are given. The system is the narrowband part of the LOCNET-system being under development.

/32/ Th.Hermes: Optical Routing - State of the Art and Future Aspects, ECOC'86, Barcelona, Sept. 1986, Techn. Digest, Vol. II, pp.33-38
Kurzfassung: This paper will discuss possibilities of optical routing, focussing on space division multiplex switching based on $LiNbO_3$ technology. Architectures and limitations of basic switches and multi stage switching arrangements are discussed with emphasis on a system engineer's point of view. An attempt is made to point out future aspects of optical routing.

/33/ R.I.MacDonald: Classification of Photonic Matrix Switches, in Th.L.McPhail and D.C.Coll (General Editors), Canadian Developments in Telecommunications: An Overview of Significant Contributions, The University of Calgary, 1986, pp.213-245
Kurzfassung: The fundamental advantage of optical signal paths in switching is that they are free of any influence at the signal frequency. This fact can be used in a wide variety of ways, from directing the light itself by means of optical devices to the use of optical transmission within electronic switching apparatus to avoid electromagnetic crosstalk. It is difficult at present to assess the potential of photonic switching technology. The scheme presented here is intended to clarify things by providing a systematic terminology for all matrices which direct information from a set of input ports to a set of output ports by some method that intrinsically involves light.

/34/ Baack, C.: Breitbandtechniken für das zukünftige integrierte Breitbandfernmeldenetz, telematica '86, 11. bis 14. Juni 1986 in Stuttgart.
Kurzfassung: Nach den Vorstellungen der Deutschen Bundespost soll Anfang der neunziger Jahre mit dem Ausbau des Integrated Services Digital Network (ISDN) zum Integrierten Breitbandfernmeldenetz (IBFN) begonnen werden. Neben schmalbandigen ISDN-Diensten wird das IBFN den Teilnehmern Breitbandkommunikationsdienste wie Bildfernsprechen und Videokonferenz sowie Breitbandverteildienste wie Hörfunk, Fernsehen und hochauflösendes Fernsehen anbieten.

Zur Zeit werden in Hinblick auf den Teilnehmerbereich des IBFN die Fragen der Integration von Schmal- und Breitbanddiensten, der Bitraten für die Übertragung von Bewegtbilddiensten, der Breitbandvermittlungstechnik sowie des geeigneten Glasfasertyps diskutiert. Nachfolgend sollen

einige Resultate vorgestellt werden, die mit einem Experimentalsystem gewonnen wurden, das z.Z. im Heinrich-Hertz-Institut errichtet wird und das die Untersuchung der genannten Fragen zum Ziel hat. Insbesondere soll aber auf die Bedeutung der Monomodefaser im Teilnehmerbereich in Hinblick auf die Verteilung von Breitbanddiensten sowie den späteren Einsatz von Komponenten der Integrierten Optik und von kohärenten optischen Übertragungstechniken eingegangen werden.

/35/ Baack, C.; Heuer, P.: Architecture of Broad-Band Communications Systems, IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, VOL., SAC-4, No.4, JULY 1986.
Kurzfassung: At present there are worldwide efforts directed towards a services-integrated broad-band network. The first section of this paper describes different solutions of broad-band network components such as subscriber premises networks, local loops, subscriber exchanges, and trunk networks. The design of these components was taken from various proposal and broad-band communication field trials carried out in several countries up to 1984. In the second section, we consider the possibilities and implications of integrated optical components and of optical coherent communication techniques for broad-band networks in the far future.

/36/ Baack, C.: Breitbandtechniken für das zukünftige Integrierte Breitbandfernmeldenetz, ntz Bd.39 (1986) Heft 7.
Kurzfassung: Nach den Vorstellungen der Deutschen Bundespost soll Anfang der neunziger Jahre mit dem Ausbau des Integrated Services Digital Network (ISDN) zum Integrierten Breitbandfernmeldenetz (IBFN) begonnen werden. Neben schmalbandigen ISDN-Diensten wird das IBFN den Teilnehmern Breitbandkommunikationsdienste wie Bildfernsprechen und Videokonferenz sowie Breitbandverteildienste wie Hörfunk, Fernsehen und hochauflösendes Fernsehen anbieten. Die entscheidenden Schlüsseltechnologien des IBFN werden die Mikroelektronik, die optische Nachrichtentechnik und die Integrierte Optik sein. Im Hinblick auf die Teilnehmer- und Fernebene des IBFN werden Aspekte schneller integrierter elektronischer Schaltkreise, monomodaler optischer Übertragungstechniken sowie integrierter optoelektronischer Komponenten angesprochen.

/37/ Tepe, R.; Gerhard-Multhaupt, R.; Brinker, W.: Viscoelastic control Layers for solid-state light valves. Proc. SPIE 684 (1986), erscheint demnächst.
Kurzfassung: The deformation behavior of thin viscoelastic control layers for eventual use in Schlieren light valves is investigated theoretically as well as experimentally. Electrical excitation and viscoelastic properties of the control layer are incorporated in a differential equation which is solved analytically. Based on a quantitative evaluation of this solution, the time behavior and the spatial-frequency response of the control-layer deformation are described and the influence of several parameters is considered. Stability problems and alternative geometries are discussed in view of the analytical results. Interferometric and diffraction measurements of the control-layer deformation confirm the analytical results at least in principle. Maximum deformation amplitudes of approximately 0.1µm and time constants on the order of a few ms are obtained in agreement with the theory. It is concluded that viscoelastic control layers are suitable for light-valve projection if the viscoelastic material, the control-layer geometry, the electrical addressing, and the optical system are optimized.

/38/ Gerhard-Multhaupt, R.; Tepe, R.: Two-Dimensional Light Modulators for High-Resolution Applications. Proceedings in Physics (Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1987), erscheint demnächst.
Kurzfassung: Typical requirements to be satisfied by high-resolution spatial light modulators are briefly outlined. Three possible concepts are discussed:visco-elastic, electro-optic, and liquid-crystal spatial light modulators. It is concluded that significant advances in materials science and technology are necessary for a success of high-resolution spatial light modulators in demanding applications such as high-definition television.

/39/ Reuter, Th.: Mehrdimensionale Abtastratenumsetzung. AEO, Band 40 (1986), Heft 4, S. 219-224.
Kurzfassung: Zunächst wird die mehrdimensionale Abtastung kurz erläutert. Dabei wird eine mathematische Beschreibung verwendet, die mit geringem Aufwand die Berechnung des Spektrums für reguläre und irreguläre (aber periodische) Abtastmuster gestattet.

Die ideale N-dimensionale Umsetzung zwischen zwei Signalen, die mit beliebigen Abtastmustern abgetastet sind, wird danach zuerst im Frequenzbereich dargestellt. Die erforderlichen idealen Filter werden angegeben. Danach wird die Umsetzung als N-dimensionales zeitvariantes System beschrieben.

Eine zur Realisierung geeignete Struktur wird angegeben. Eine Anwendung für N=2 stellt z.B. die Umsetzung zwischen verschiedenen Fernsehnormen dar.

/40/ Reuter, Th.: Untersuchungen von Fernsehnormumsetzverfahren. AEO, Band 40 (1986), Heft 6, S.389-396.
Kurzfassung: Die Umsetzung zwischen verschiedenen Fernsehnormen mit unterschiedlicher Zeilenzahl und unterschiedlicher Bildwiederholfrequenz stellt eine zweidimensionale Abtastratenumsetzung dar. Anhand eines Blockschaltbildes wird die ideale Umsetzung erläutert.

Die durch nicht ideale Interpolationsfilter auftretenden Fehler werden im Frequenzbereich analysiert, Möglichkeiten zu ihrer Verringerung werden angegeben. Für bekannte Normumsetzverfahren wird der Frequenzgang berechnet und mit dem idealen Frequenzgang verglichen.

/41/ Reuter,Th.: Untersuchung von Fernsehnormwandlungsverfahren und Möglichkeiten zu ihrer Verbesserung. FKTG-Jahrestagung 1986, Tagungsband Teil 1, S. 459-478.
Kurzfassung: Die Umsetzung zwischen verschiedenen Fernsehnormen mit unterschiedlicher Zeilenzahl und unterschiedlicher Bildwiederholfrequenz kann mathematisch als zweidimensionales Interpolationsproblem beschrieben werden. Das zur fehlerfreien Umsetzung theoretisch erforderliche Interpolationsfilter hängt vom Spektrum des Eingangssignals ab. Für verschiedene Bandbegrenzungen des Eingangssignals werden Beispiele für optimale Interpolationsfilter angegeben.

Die bei bekannten Normumsetzverfahren auftretenden Fehler haben im wesentlichen zwei Ursachen:
1. nicht ideales Interpolationsfilter
2. nicht an das Spektrum des Eingangssignals angepaßtes (starres) Interpolationsfilter.

Konventionelle Normwandlungsverfahren setzen eine bestimmte Bandbegrenzung des Eingangssignals voraus und benutzen daher entweder ein starres Filter oder zwei Filter zwischen denen in Abhängigkeit von einem Bewegungssignal umgeschaltet wird.

Durch Vergleich des realisierten Frequenzganges mit dem idealen Frequenzgang können die auftretenden Fehler analysiert werden. Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Umsetzung besteht in der Realisierung aufwendigerer Filter durch Verwendung mehrerer Bild- und Zeilenspeicher. Insbesondere die Umsetzung der Zeilenzahl kann dadurch mit der erforderlichen Qualität durchgeführt werden. Eine wesentliche Verbesserung der Umsetzung der Bildwiederholfrequenz kann aber nur erzielt werden, indem das Interpolationsfilter an das Spektrum des Eingangssignals angepaßt wird. Dies erfordert die Berechnung eines Bewegungsvektors für jeden Bildpunkt oder für eine Gruppe von Punkten mittels eines Bewegungsvektorschätzverfahrens. In Abhängigkeit von der Größe und Richtung des Bewegungsvektors wird das Interpolationsfilter verändert.

/42/ Reuter, Th: HDTV Standards Conversion. Image Processing and its Applications, IEEE Conference Publication Number 265, June 1986, pp. 224-228.
Kurzfassung: At first the multi-dimensional sampling theorem is shortly explained. A mathematical description is used that makes possible the computation of the spectrum for regular and irregular (but periodic) sampling lattices.

The N-dimensional conversion between two signals sampled with arbitrary sampling lattices is then first presented in the frequency domain. Generally there is an infinite number of possible conversion filters. The necessary frequency response depends on the spectrum and the bandlimitation of the input signal and the assumed reconstruction filter. For special cases the theoretically optimal filters are given as an example. The conversion is then described as an N-dimensional time variant system. A structure for the efficient realization is presented.

As a special application of the N-dimensional case for N=2 the television standards conversion is investigated. The disturbances caused by non-ideal interpolation filters are analyzed in the frequency domain, possibilities to reduce the degradations are presented. For well known standards converters the frequency response is computed and compard with the ideal response.

Finally the possible improvement of a conversion by adapting the conversion filter to the input signal spectrum is presented. This procedure requires the computation of a motion vector by a displacement estimation procedure. Existing solutions for this motion compensating interpolation are investigated and compared with the theoretically optimal filters.

/43/ Mahler, G.: Von der Television zur Telepräsenz. telematica 86, Kongreßband Teil 3, S. 451-464.
Kurzfassung: Ein HDTV-System mit gegenüber dem Standardfernsehen verdoppelter Zeilenzahl, etwa sechsfacher Bandbreite und digitaler Obertragung in einem Monomode-Glasfasernetz kann zur Obertragung von Bildern dienen, die gesichtsfeldfüllend wiedergegeben werden (Bildiagonale = Betrachtungsentfernung) und damit die Illusion der "Telepräsenz" liefern. Hier handelt es sich nicht mehr nur um übliches Fernsehen mit verbesserter Bildqualität, sondern um eine neue, andersartige Bildübertragungsaufgabe. Das System soll auch nicht unbedingt das Standardfernsehen mit kleinem Gesichtsfeld ersetzen, sondern könnte es ergänzen. Eine zentrale Rolle spielt die Realisierbarkeit des Großbilddisplays, mit dem bei achtfach größerer Bildfläche eine Auflösung von 1000 Linien pro Bildhöhe erreicht werden muß. Auf der Basis von Lichtventilverfahren zeigen sich Ansätze, daß in der Zukunft ein im Heimbereich einsetzbarer, kompakter Projektor entwickelt werden kann, der flimmerfreie Bilder liefert. Aufnahmeseitig sind bereits jetzt die Geräte zur Verfügung, mit denen Produktionen in der Qualität eines 35 mm-Kinofilms möglich werden. Obertragungsversuche über Glasfaserstrecken haben begonnen, jedoch wird ein Verteilnetz nicht vor Mitte der 90er Jahre entstehen.

/44/ Makai, B.; Höhne, H.D.: Optimierung der Entzerrung magneto-optisch gespeicherter EFM-codierter digitaler Signale. Frequenz 40 (1986), S. 166-174.
Kurzfassung: Der löschbare magneto-optische Speicher hat wegen seiner sehr hohen Speicherdichte eine besondere Bedeutung als sequentieller Massenspeicher für digitale Audiosignale. Bei einem in der Literatur beschriebenen Experiment mit einer löschbaren Compact Disc (CD) wird zur Aufzeichnung der EFM-Code benutzt, um mit der bereits verfügbaren nicht löschbaren CD kompatibel zu sein. In der vorliegenden Arbeit wird das Signal am Ausgang des magneto-optischen Speichers als Empfangssignal hinter einem digitalen Obertragungskanal bei EFM-codiertem Sendesignal betrachtet. Es werden verschiedene Entzerrungsverfahren des Empfangssignals verglichen. Durch eine geeignete Empfangsentzerrung ist eine Verbesserung des Signal-Rauschleistungsverhältnisses möglich.

/45/ Schamel, G.: Novel structure for television picture noise reduction. Electronics Letters, 3rd July 1986, Vol.22, No.14, pp. 732-734.
Kurzfassung: A new method for noise reduction in image sequences is described which is based on a modified form of the well known first-order recursive temporal filter. The new features of the system are the improved separation of signal and noise and subsequently the reduction of noise in moving areas. This is accomplished without increasing the complexity of the whole system very much.

/46/ Schamel, G.: Quantisierung von HDTV-Farbwertsignalen unter Berücksichtigung des Kamerarauschens. ntz Archiv, Bd.8 (1986) H. 10, S. 263-268.
Kurzfassung: Die Quantisierung linearer (nicht gammavorentzerrter) Farbwertsignale einer HDTV-Kamera wird unter dem Gesichtspunkt des erhöhten Rauschanteils der Kamerasignale untersucht. Der anfangs vermutete, wesentlich erhöhte Aufwand bei der Analog-Digital-Wandlung aufgrund der linearen Verarbeitung wird dadurch beträchtlich gemindert, daß infolge von Kamerarauschen und digitaler Rauschreduktion des Luminanzsignals die erreichte Amplitudenauflösung wesentlich höher als die ursprüngliche Quantisierungsauflösung des Wandlers ist. Eine statistische Untersuchung des Fehlers bei der Quantisierung verrauschter Signale, die Berücksichtigung einer Rauschreduktion sowie subjektive Tests geben Aufschluß über die notwendige Genauigkeit, mit der die linearen Signale in digitaler Form ohne sichtbaren Qualitätsverlust dargestellt werden können.

/47/ Reuter, Th.; Schamel, G.; Hilsky, R.: Intensitätslineare Verarbeitung in einem digitalen HDTV-System. Fernseh- und Kinotechnik, 40. Jahrgang, Nr. 7/1986, S. 314-320.
Kurzfassung: Für ein zukünftiges HDTV-System wird zum Erreichen einer dem 35 mm Film vergleichbaren Qualität u.a. eine intensitätslineare Signalverarbeitung vorgeschlagen. Die Korrektur der nichtlinearen Kennlinie des Wiedergabegerätes (Gammakorrektur) wird dabei im Gegensatz zum konventionellen System nicht auf der Aufnahmeseite sondern unmittelbar vor dem Display durchgeführt.

Zunächst wird ein Verfahren zur Bestimmung geeigneter Quantisierungskennlinien für intensitätslineare Signale beschrieben. In Abhängigkeit vom Signalwert wird diejenige Quantisierungsgenauigkeit ermittelt, die eine subjektiv fehlerfreie Quantisierung gewährleistet.

Eine Möglichkeit zur Realisierung der erforderlichen Quantisierungskennlinie wird beschrieben. Die Probleme bei der Realisierung einer digitalen Gammakorrektur werden aufgezeigt.

/48/ Börner, R.: 3DTV-Projektion auf Linsenrasterschirme. FKTG-Jahrestagung 1986, Tagungsband Teil 1, S. 174-188.
Kurzfassung: Die Projektion von Parallaxpanoramagrammen in große Linsenrasterschirme, bei der durch ein besonderes Projektionsverfahren handelsübliche Dia- und Videoprojektoren eingesetzt werden können, wird erklärt. Die speziell dafür aufgebauten Kamera- und Projektoreinheiten werden erklärt und zukünftige Lösungen für ein farbtaugliches System bei drastischer Verminderung des Geräteaufwandes werden beschrieben.

/49/ Börner, R.: 3D-TV-Projektion auf Linsenrasterschirme. Funkschau 2/1987, S. 36-39.
Kurzfassung: Ein Video-Aufnahme- und Projektionssystem auf dem Prinzip der Parallaxpanoramagramme zur Betrachtung räumlicher Bilder vieler Perspektiven ohne Sehhilfe über einen Linsenrasterschirm von 2,5 m Diagonale wird vorgestellt. Dazu haben sich große Schirme aus Linsenrasterplatten, die experimentell vorerst mit Hilfe fotografischer Projektion untersucht und echnerisch optimiert wurden, als beste Lösung herausgestellt. Parallax-Panoramagrammprojektionen von der erwünschten Bilddiagonale sind realisiert worden, die eine gewisse Bewegungsfreiheit der Betrachter zulassen und - im Gegensatz zu den Verfahren mit Brille - andere Raumeindrücke an unterschiedlichen Beobachtungsorten ermöglichen.

/50/ Börner, R.: 3D-Aufnahme und Wiedergabeverfahren in Theorie und praktischer Anwendung. Fernseh- und Kinotechnik, Teil 1 und Teil 2, erscheint demnächst.
Kurzfassung: Anschließend an die Veröffentlichung in der Fernseh- und Kinotechnik 39, Jahrgang Nr.8/1985 und Nr.9/1985 bietet der erste Teil dieses Beitrages für Filmer und Fotografen eine für die Praxis nützliche Anleitung, um für ein beliebiges stereoskopisches Aufnahme- und Wiedergabeverfahren zu optimalen projizierten Raumbildern zu kommen. Weiterhin wird gezeigt, daß bei der Projek-

tion von Parallaxpanoramagrammen in Linsenrasterschirmen mit Hilfe der Projektion durch Nebenlinsen praktisch jeder Projektortyp einsetzbar ist; bisher eingesetzte teure Sonderkonstruktionen sind damit hinfällig geworden und erstmals ist der Einsatz von Videoprojektoren möglich. Im letzten Teil werden das Videoaufnahme- und Wiedergabegerät und die Rasterschirme vorgestellt, wie sie der Verfasser in einem Forschungsprojekt des Heinrich-Hertz-Instituts einsetzt.

/51/ Börner, R.: 3D-TV-Camera and Projection System for Wideangle Lenticular Screen. Electronics and Power, erscheint demnächst.
Kurzfassung: At Heinrich-Hertz-Institut in Berlin, West Germany, the author investigates the feasibility of a large screen image with a three dimensional effect which may be viewed without the aid of special glasses. The paper shows, how recording and reproduction of parallax panoramagrammes by photo-optical and video means has been done. The equipment, currently used by the author is explained and some aspects of future application to video camera and projection systems are discussed.

/52/ Schulze,E.: Holografic Imaging Techniques and their Application to 3-D Television. Proceedings Sixth European Symposium On Optoelectronics, Opto'86, Paris, S. 223-228.
Kurzfassung: Holography offers the unique opportunity to create 3-D images which cannot be distinguished from the original object in the ideal case. However, this feature must be paid for by a very high resolution recording medium and display and a huge amount of information which has to be recorded and visualized. These requirements have prevented the application of holography to optoelectronical imaging, i.e. 3-D TV. In this paper holographic imaging technics are described with respect to their use for large screen projection-type 3-D TV. A concept for a 3-D TV system is discussed in which the vertical parallax is omitted and discrete perspectives are reconstructed in the horizontal direction. This allows an incoherent scene scanning by 2-D cameras, a hologram synthesis from the 2-D pictures and a projection of the synthetic hologram onto a special screen to a large 3-D image. Solutions for the necessary very high resolution optoelectronic display are outlined. Experimental verifications of the concept are described.

/53/ Kummerow, Th.; Neuhold, P.: DPCM-Codierung mit hoher Qualität und geringem Aufwand für die TV-Verteilung in Glasfaser.Netzen. ntz Bd. 39 (1986) Heft 8, S. 542-551.
Kurzfassung: Zukünftige Glasfaser-Kabelnetze für den Ortsbereich werden neben der Obertragung von Bildfernsprechsignalen auch die Verteilung von Fernsehprogrammen erlauben. Langfristig wird ein flächendeckender Ausbau derartiger Netze angestrebt. Wegen der großen Zahl der anzuschließenden Privat-Haushalte spielt die Frage der teilnehmerspezifischen Kosten eine entscheidende Rolle. Neben einem geeigneten Mutiplex- und Synchronisierkonzept wird ein optimal angepaßtes Bildcodierverfahren, das hohe Qualität mit möglichst geringem teilnehmerseitigen Schaltungsaufwand vereint, die Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz dieses Verteilweges entscheidend mitbestimmen.

Der vorliegende Aufsatz behandelt eine für die vorgeschlagene Kanalrate 72 Mbit/s optimal geeignete DPCM-Codierung der TV-Signale. Das grundsätzlich bekannte Verfahren wurde an die Komponenten-Farbcodierung angepaßt, und es wurde eine Modifikation gefunden, die eine extrem aufwandsarme schaltungstechnische Realisierung möglich macht. Außerdem wird auf Möglichkeiten zur Verbesserung der sequentiellen Chrominanzübertragung eingegangen.

/54/ Stammnitz , P.: Fehlersicherung für die digitale Bewegtbildübertragung. ntz Bd. 39 (1986) Heft 8, S. 554-559.
Kurzfassung: Zum Problem des Fehlerschutzes für die digitale Bildübertragung durchgeführten Arbeiten zeigten, daß zu den Bose-Chaudhuri-Hocquenghem-(BCH)- und Reed-Solomon-(RS-)Codes hinsichtlich erzielbarer Obertragungsraten, Fehlerkorrekturfähigkeit und Redundanzanteil bei vernünftigem Realisierungsaufwand keine Alternative erkennbar ist. Bei hohen Obertragungsraten von 40 Mbit/s und

mehr sowie bei geringem Redundanzzusatz von 1,5% bis 3% konnte die Eignung der Fehlerkorrektur mit BCH-Codes für den realen Einsatz demonstriert werden. Der Aufwand der entwickelten BCH-Kanalcodecs ist jedoch für eine breite Anwendung noch zu hoch. Es wurde herausgefunden, daß die wegen ihrer Mehrfachfehlerbündel-Korrekturfähigkeit u.U. wesentlich günstigeren RS-Codes mit Methoden realisiert werden können, die auf den für die Realisierung der BCH-Kanalcodecs verwendeten aufbauen.

In einem laufenden Forschungsprojekt wird ein flexibler und vielseitig einsetzbarer RS-Kanalcodec für 2 Mbit/s realisiert, wobei mit Hilfe neuer Aufbauprinzipien trotz höherer Komplexität des Codier- und Decodierverfahrens sogar noch eine beträchtliche Aufwandsreduktion erzielt wird.

Ausgehend von der Beschreibung des Problems der bei Fernsehsignalen nach Bitratenreduktion auftretenden Fehleranfälligkeit werden hier die Anforderungen an die Korrekturfähigkeit der Kanalcodecs angegeben. Es folgt die Beschreibung der im HHI schon realisierten BCH-Kanalcodecs als auch der in der Entwicklung befindlichen RS-Kanalcodecs.

/55/ Kummerow, Th.: DPCM-Codierung von Bildsignalen mit Tabellenspeichern. NTG-Fachberichte 96, Mikroelektronik für die Informationstechnik - Vermittlung, Obertragung und Verarbeitung, Berlin 1986, S. 223-230.

Kurzfassung: Die DPCM-Codierung wird häufig eingesetzt, um eine Datenreduktion von Bild- oder Video-Signalen durchzuführen. Die erreichbaren Reduktionsfaktoren liegen im Bereich 2...4. Wird eine digitale Fernsehverteilung in DPCM-codierter Form über Glasfasernetze bis zum Teilnehmer vorgenommen, so müssen entsprechende Decoder zu niedrigen Kosten beim Teilnehmer einsetzbar sein. An der Integration konventioneller DPCM-Codec-Strukturen wird deshalb gearbeitet.

Im Heinrich-Hertz-Institut wird ein anderer Lösungsweg verfolgt, bei dem die gesamte Codier- und Verarbeitungsschleife eines DPCM-Coders oder -Decoders durch Tabellenspeicher ersetzt wird. Für eine Codewortlänge von k = 5bit benötigt der Coder eine 64k x 13bit-Tabelle, der Decoder eine 8k x 8bit-Tabelle. Entsprechende ROM- bzw. PROM-Speicher mit hinreichender Geschwindigkeit sind bereits angekündigt bzw. verfügbar. Außerdem wurden Möglichkeiten entwickelt, durch eine Verringerung der Prädiktionsgenauigkeit die Größe der notwendigen Tabellenspeicher erheblich zu reduzieren. Auf diese Weise ist es möglich, preiswerte und verfügbare PROM-Bausteine einzusetzen. Schließlich wird die Möglichkeit erläutert, mit Hilfe von Tabellenspeichern der vollen Kapazität eine verallgemeinerte DPCM-Codierung mit verbesserten Eigenschaften und erweiterten Optimierungsmöglichkeiten zu definieren.

/56/ Talmi, M.; Schade, K.: Programmierbarer Gleitkomma-Signalprozessor für die Telekommunikation. NTG-Fachberichte 96, Mikroelektronik für die Informationstechnik - Vermittlung, Obertragung und Verarbeitung, Berlin 1986, S. 75-80.

Kurzfassung: Die bisher erhältlichen, kommerziellen Ein-Chip-Signalprozessoren verwenden ausschließlich 16-bit Festkommaarithmetik. Für viele Anwendungen der digitalen Signalverarbeitung ist diese Zahlendarstellung jedoch unzureichend. In diesem Beitrag wird über einen Signalprozessor, HHI-SIPRO 23, der nächsten Generation, der die Gleitkommadarstellung und -arithmetik verwendet, berichtet. Der Ein-Chip-Gleitkommasignalprozessor wird in 2µ CMOS Technologie integriert. Parallel zu der Realisierung des Schaltkreises werden leistungsfähige Entwurfshilfsmittel, die dem Signalprozessor einen großen Anwenderkreis auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik erschließen sollen, entwickelt.

/57/ Talmi, M.: Programmierbare Signalprozessoren. ntz, Februar 1987.
Kurzfassung: Im ersten Teil des Beitrages wird über die Realisierung digitaler Systeme und insbesondere über die Leistungsmerkmale einiger kommerziell erhältlicher Signalprozessoren berichtet. Diese Generation von Signalprozessoren verwendet ausschließlich 16-bit Festkommaarithmetik. Für manche Anwendungen der digitalen Signalverarbeitung ist diese Zahlendarstellung jedoch unzureichend. Im zweiten Teil wird über den HHI-Signalprozessor (SIPRO 23), der die Gleitkommadarstellung und -arithmetik verwendet, berichtet. Die Integration dieses Chips findet in einer 2µ CMOS-Technologie statt.

/58/ Liebsch, W.; Zier, D.: Echtzeitprozessor für die Video-Signalverarbeitung. NTG-Fachberichte 96, Mikroelektronik für die Informationstechnik - Vermittlung, Obertragung und Verarbeitung, Berlin 1986, S. 293-297.
Kurzfassung: Es wird das Konzept und die exemplarische Realisierung eines programmierbaren Video-Signalprozessors für die Echtzeitverarbeitung von Videosignalen vorgestellt. Die Operationszeit des Prozessorsystems von 10ns für einen Programmschritt ermöglicht die Verarbeitung breitbandiger Signale in Echtzeit bei kleiner bis mittlerer Programmkomplexität. Durch die Pipeline- und Parallelverarbeitung können in einem Programmschritt bis zu 6 unterschiedliche Befehle gleichzeitig ausgeführt werden. Die Echtzeitverarbeitung wird an einem Programmbeispiel für eine DPCM-Bildcodierung dargestellt.

/59/ Liebsch, W.; Zier, D.: Video-Signalprozessor für die Echtzeitverarbietung. ntz, Februar 1987.
Kurzfassung: Der Einsatz programmierbarer Signalprozessoren für die Echtzeitverarbeitung von breitbandigen Nachrichtensignalen verspricht in vielen Anwendungsfällen erhebliche wirtschaftliche und technische Vorteile. Verfügbare Signalprozessoren im Audiofrequenzbereich zeigen bereits interessante Leistungsmerkmale. Um die Vorzüge eines digitalen programmierbaren Prozessorkonzepts im Bereich der digitalen Video-Signalverarbeitung ausnutzen zu können, sind sehr schnelle Halbleitertechnologien und spezielle an die Aufgabenstellung angepaßte Prozessorstrukturen zu verwenden. Am Heinrich-Hertz-Institut (HHI) in Berlin wurde ein programmierbarer Video-Signalprozessor entwickelt und in einem Prototypensystem eingesetzt.

/60/ Liebsch, W.; Zier, D.: A 10ns Programmable Realtime Video Signal Processor System. Review IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing. Dec. 1986, p. 1683.
Kurzfassung: A 10ns programmable signal processor system for realtime video signal processing and source coding of picture signals has been developed and realized. The critical path cycle time is typically 8ns for a register-to-register operation. Due to the pipeline and parallel processing up to six basic instructions can be processed in one operation cycle. Several program implementations have demonstrated that realtime processing of different algorithms is possible.

/61/ Kummerow, Th.: HDTV - Der Schritt von der Television zur Telepräsenz. Erscheint im Kongreßband "Wege zu besseren Fernsehbildern - Ways Towards High Definition TV", Reihe Telecommunications Springer Verlag Heidelberg,Münchner Kreis, München, Januar 1987.
Kurzfassung: Der Vortrag versucht ein HDTV-System zu umreißen, das möglichst kompromißlos und zukunftssicher auf das Ziel der Telepräsenz ausgerichtet ist. Beginnend mit Bildgröße und -auflösung, die einen Betrachtungsabstand gleich der Bilddiagonale zulassen, über Farb- und Kontrastwiedergabe sowie Bewegungsauflösung bis hin zur Wahrnehmbarkeit von Stör- und Fremdkomponenten wie Rauschen, Flimmern, Abtastfehlern und Rasterstrukturen werden die Forderungen für ein optimales System aufgestellt und ihre Erfüllbarkeit seitens Aufnahme-, Obertragungs- und Bildwiedergabetechnik untersucht. Auf den überragenden Einfluß der digitalen Signalverarbeitung bei der Erreichung der angeführten

Ziele wird ausführlich eingegangen. Es wird außerdem dargelegt, in welchen Bereichen derzeit vorliegende Standardisierungsvorschläge eine zu starke Einengung auf dem Weg zur Telepräsenz bedeuten und welche Erweiterungen bzw. Freiheitsgrade dort notwendig erscheinen.

Schließlich werden Perspektiven für die Obertragung digitaler HDTV-Signale bis zum Teilnehmer aufgezeigt. Vorausgesetzt wird dabei ein universelles Glasfaser-Breitbandnetz, das bis zum Einzelteilnehmer geführt wird. Die mit Hilfe von Bildcodierverfahren erreichbaren Datenraten, die damit verbundene Bildqualität sowie der Aufwand, insbesondere im Teilnehmerbereich, für die VLSI-Realisierung der Codecs werden gegeneinander abgewogen.

/62/ Mahler, G.: HDTV-Großbilddarstellung für Heimanwendungen. Erscheint im Kongreßband "Wege zu besseren Fernsehbildern - Ways Towards High Definition TV", Reihe Telecommunications, Springer Verlag Heidelberg, Münchner Kreis, München, Januar 1987.
Kurzfassung: Für einen HDTV-Empfänger wird die gesichtsfeldfüllende Großbildwiedergabe für die Realisierung des "Telepräsenz"-Eindrucks gefordert. Die angestrebte Bildgröße mit einer Diagonalen von etwa 2m bis 2,5m wird voraussichtlich nicht mit Direktsichtdisplays zu erreichen sein. In Japan arbeitet man zwar auch an Plasma-Flachbildschirmen für HDTV, aber ein Erfolg ist nicht absehbar. Für den Heimbereich wird dort zunächst an Rückprojektionsempfänger auf CRT-Basis gedacht.

Große und helle Bilder mit einer zugleich großen Auflösung erreicht man mit Lichtventilprojektoren. Für Heimanwendungen wird ein kompakter Aufbau verlangt, und eine preisgünstige Massenfertigung muß möglich sein. Die Steuerung aller drei Primärfarben mit nur einem Lichtventil ist ein Schritt in dieser Richtung. Aufbau und Wirkungsweise des Lichtventilprojektors, der im Heinrich-Hertz-Institut für HDTV entwickelt worden ist, werden beschrieben. Ein weiterer Weg zum kompakten Lichtventilprojektor ist die Festkörperansteuerung als Ersatz für die Elektronenstrahlansteuerung. Untersucht werden im HHI viskoelastische Steuerschichten, elektrooptische Kristalle und Flüssigkristalle. Die Hauptschwierigkeit liegt in der Realisierung der aktiven Matrix zur Ansteuerung mit der für HDTV notwendigen Bildelementdichte.

Alle Lichtventilprojektoren zeichnen sich durch zwei Eigenschaften gegenüber CRT-Projektoren aus: der erreichbare Lichtstrom ist wesentlich größer, und die projizierten Bilder flimmern sehr viel weniger infolge der Speicherwirkung der Steuerschicht. Mit Festkörperansteuerung wird man sogar praktisch völlig flimmerfreie Bilder erzielen können. Auf lange Sicht gesehen wird der HDTV-Projektor auf der Basis eines Festkörperventils für den Heimbereich am aussichtsreichsten sein.

/63/ R. Börner: Dreidimensionales Fernsehen - Teil 2: 3-DTV-Aufnahme- und Projektionsverfahren in Linsenrasterschirme. Erscheint im Kongreßband "Wege zu besseren Fernsehbildern - Ways Towards High Definition TV", Reihe Telecommunication, Springer Verlag Heidelber, MÜnchner Kreis, München, Januar 1987.
Kurzfassung: Der Vortrag erklärt die Möglichkeit der Projektion räumlicher Bilder als Parallaxpanoramagramme auf große, richtungsselektive Linsenrasterschirme! Der Betrachter hält sich in den sogenannten Panoramagrammzonen auf und sieht farbige Stereogramme hoher Schärfe und Tiefenauflösung. Da die Betrachtungsentfernung sehr kurz ist, ist die räumliche Wahrnehmung außerordentlich realistisch. Eine Schwarz-Weiß-Kamera- und Projektionseinheit wird vorgestellt, die dem gegenwärtigen Stand der Entwicklung entspricht. Als nächster Schritt wird ein Farbvideosystem mit vermindertem Geräteaufwand entwickelt. Mit Hilfe von Strahlenteilern und Multiplexverfahren zum Regenerieren von Videosignalen sollen zusätzliche Stereoteilbilder gewonnen werden. Bildspeicher sollen eingesetzt werden und an der Errechnung von Zwischenbildern wird ebenfalls gearbeitet.

/64/ Romahn, G.: Multipoint Videokonferenz: Praktische Erprobung eines neuen Konzepts. Kongreßband II, Online '86, Hamburg 1986.
Kurzfassung: Einige Richtlinien zur Gestaltung von Video-Konferenzsystemen werden dargestellt. Es wird gezeigt, daß diese Richtlinien mit Bildfernsprech-Konferenzsystemen besonders günstig eingehalten werden können. Verschiedene Vorschläge werden diskutiert und ein im Heinrich-Hertz-Institut entwickeltes Konzept wird näher erläutert. Eine prototypische Realisierung eines (Multipoint-) Bildfernsprechkonferenzsystems wurde mit über 170 Konferenzteilnehmern erprobt. Dabei hat sich ein Konzept bewährt, bei dem die Bilder aller Konferenzpartner auf einem Bildschirm gleichzeitig dargestellt werden, sowie eine individuelle Bild- und Tonregie möglich ist.

/65/ Romahn, G.: Multipointkonferenzen mit Bildtelefonen. Kongreßband telematica, Teil 1, Stuttgart 1986.
Kurzfassung: Eine sinnvolle und besonders attraktive Anwendung von Bildfernsprechen ist die Verbindung von Teilnehmern an mehr als als zwei Orten zu einer Multipointkonferenz mit Bildtelefonen. Um erste Erfahrungen bezüglich der Möglichkeiten, aber auch der Probleme von Bildfernsprechkonferenzen zu gewinnen, wurde im Heinrich-Hertz-Institut ein Experimentalsystem für die Durchführung von Multipointkonferenzen mit Bildtelefonen aufgebaut, mit welchem eine gleichzeitige ständige Präsentation der Konferenzpartner in Bild und Ton möglich ist. Eine experimentelle Erprobung des Systems erfolgte mit über 25 Konferenzgruppen und mehr als 170 Konferenzteilnehmern. Hauptergebnis dieser Erprobung ist, daß Videokonferenzen mit Teilnehmern an mehr als zwei Orten sinnvoll und sowohl unter technischen als auch anthropotechnischen Gesichtspunkten realisierbar sind. Als Endgerät ist ein konventionelles Bildtelefon ausreichend, welches im einfachsten Fall mit einer zusätzlichen Bedientaste für eine Bildregie ausgestattet ist. Zukünftigen Arbeiten bleibt ein bewertender Vergleich verschiedener Konzepte für Multipoint-Konferenzen mit Bildübertragung vorbehalten. Ebenso bedürfen noch technische sowie anthropotechnische Aspekte des Verbindungsaufbaus bei der Initiierung einer Konferenz, der Einbeziehung weiterer Teilnehmer in einer Sitzung und der Bildung von Unterkonferenzen der Klärung.

/66/ Romahn, G.: Multipoint Teleconferencing with Video Telephones. Proceedings of the 3rd Int. Workshop on Telematic and Message Handling Service, Oiso-cho, Japan, Oktober 1986.
Kurzfassung: Some of the major drawbacks of classical videoconferencing in a twopoint studio arrangement may be remedied by the introduction of a multipoint conferencing system, using video telephones. A recent proposal, providing continuous presence by the use of split screen techniques is presented. An experimental system based on this proposal, has been tested sucessfully with more than 170 conferees. Results indicate the general feasibility of multipoint video conferencing when continuous presence of any participant is possible. Future work will have to deal with technical and human factors aspects of setting up multipoint conferences and with problems of the dynamic development of multipoint conferences such as the generation of subconferences and how to rejoin them.

/67/ Romahn, G.; Mühlbach, L.; Prussog, A.: Bildfernsprechen am Arbeitsplatz - Erfahrungen mit einem Inhouse-System. Aufsatz, angenommen zur Veröffentlichung in "ntz", März 1987.
Kurzfassung: Um Probleme des Bildfernsprechens am Arbeitsplatz unter möglichst anwendungsnahen Bedingungen kennenzulernen, wurde im Heinrich-Hertz-Institut ein Feldversuch durchgeführt, bei dem einer ausgewählten Benutzergruppe Bildfernsprechendgeräte für ein Jahr zur Verfügung gestellt wurden. Der Versuch umfaßte eine umfangreiche Datenerhebung in Form von Teilnehmerbefragungen und apparativen Messungen. Die Ergebnisse weisen darauf hin, daß für eine effektive Anwendung dieses neuen Kommunikationsmediums im Bürobereich die Endgeräte sowohl den Umgebungsbedingungen als auch den speziellen Anforderungen der Arbeitstätigkeiten angepaßt werden müssen.

/68/ Schäfer, R.; Gölz, U.: Three Dimensional Prefiltering, Subsampling and Reconstruction of Chrominance Components for Efficient Transmission of HDTV Signals. Proceedings of "1986 Picture Coding Symposium", page 221, Tokyo, April 1986.

Kurzfassung: Color-TV information is usually splitted up into one luminance and two chrominance signals. While in the studio the chrominance bandwith has to be kept sufficiently high (generally half of luminance bandwidth) to allow proper chroma key operation, further 1- or 3-dimensional bandwidth reductiopn can be performed before transmission to the subscriber, because the human eye is less sensitive to spatial and temporal changes in chromaticity than in luminance. Therefore the type of chrominance signals, their relative bandwidth, the filter characteristics and the subsamplin structures habe to be chosen carefully in order to take advandtige of color perception in an optimal manner. Results on the choice of optimal chrominance axes and components have recently been published, and a new coding system, the CIELAB codec, has been presented. The A- and B-chrominance components generated by this codec have been used to investigate different 3-dimensional subsampling structures. During presentation, design procedures for prefilters as well as results of subjective tests evaluating different types of 2- and 3-dimensional prefiltering, subsampling and interpolation well be described. Especially the performance of interlaced and progressive scan in the camera well be compared and the advantages of progressive scan for chrominance compression well be demonstrated.

/69/ Schäfer, R., Kauff, P., Gölz, U.: Subjektive Bewertung von Verfahren der Farbsignalaufbereitung und -verarbeitung mit erweitertem Farbenraum und Konstant-Luminanz-Prinzip. Tagungsband der 12. Jahrestagung der FKTG, S. 112, Mainz, 2.-6. Juni 1986.

Kurzfassung: Zur Rechtfertigung der enormen Investitionen, die zur Einführung eines HDTV-Systems notwendig sind, sollte der Qualitätsgewinn gegenüber HQTV-Verfahren, die auf einem der MAC-Standards oder dem digitalen Standard für Studios (CCIR Rec. 601) basieren, erheblich sein. Deshalb sollten nicht nur die Anzahl der Zeilen verdoppelt und das Seiten-Höhen-Verhältnis vergrößert, sondern sämtliche Systemparameter so ausgelegt werden, daß auch langfristige Fortschritte in der Technologie von Bildaufnahme- und Bildwiedergabegeräten berücksichtigt werden können. Insbesondere die konventionelle Methode der Farbkomponentengewinnung und -verarbeitung erzeugt Bildfehler, die in einem zukünftigen HDTV-System vermieden werden könnten: Auflösungsverluste durch die Verletzung des Konstant-Luminanz-Prinzips, Begrenzung des Raums darstellbarer Farben, nicht ideale Gammaanpassung. Mit dem CIELAB-Codec wurde ein Codierverfahren vorgestellt, das die oben erwähnten Fehler vermeidet. Dies wird allerdings durch einen erhöhten Hardwareaufwand auf der Empfangsseite erkauft. Die Erweiterung der Farbenraums und die Einhaltung des Konstant-Luminanz-Prinzips haben außerdem eine Reihe von Auswirkungen auf das Rauschverhalten des Gesamtsystems. Deshalb wurde das Rauschverhalten verschiedener Farbcodierverfahren theoretisch analysiert und anhand subjektiver Tests mit realen Bildvorlagen praktisch untersucht. Ferner wurden unter Benutzung einer speziellen RGB-Projektionseinrichtung, deren Primästrahler außerhalb des EBU-Dreiecks liegen, subjektive Versuche durchgeführt, um die Relevanz einer Farbenraumerweiterung nachzuweisen. Zum Zweck der Bandbreitenreduktion werden die RGB-Signale in ein breitbandiges Luminanz- und zwei schmalbandige Chrominanzsignale umgeformt. Während im Studio die Chrominanzbandbreite hoch genug sein muß, um Chromakey-Operationen zu ermöglichen, kann vor der Übertragung eine weitere ein-, zwei- oder dreidimensionale Bandbegrenzung durchgeführt werden, da das Auge gegenüber örtlichen und zeitlichen Chrominanzänderungen weniger empfindlich ist als gegenüber Luminanzänderungen. Unter Zugrundelegung einer CIELAB-Codierung wurden eine Reihe von Verfahren der ein-, zwei- und dreidimensionalen Vorfilterung, Unterabtastung und Rekonstruktion für die Chrominanzkonponenten A und B untersucht. Dabei wurden Raster mit progressiver und Zeilensprung-Abtastung berücksichtigt. Ergebnisse subjektiver Tests, die anhand natürlicher und künstlicher Testbilder durchgeführt wurden, werden während des Vortrages präsentiert.

/70/ Schäfer, R.; Kauff, P.: HDTV-Colorimetry and Gamma Considering the Visibility of Noise and Quantization. Zur Veröffentlichung im SMPTE-Journal vorgesehen.
Kurzfassung: Three methods of colour processing for HDTV have been investigated, considering different colour primaries, different characteristics for precorrection and the visibility of noise and quantization errors. The CIE primaries XYZ or the $R_E G_E B_E$ primaries, situated on the spectrum locus, are considered to be most adequate for an HDTV standard, because they fulfil both production and display needs. Camera design is not really affected by this choice but artistical freedom for computer animation or special colour effects is given. In order to fulfil the constant luminance priciple, an XYZ or $R_E Y B_E$ primary system should be chosen. Concerning precorrection, power functions with a gamma = 0,33 is considered to be the optimum from the psychovisual and the technical viewpoint. The noise investigations showed, that with regard to transmission noise the enlargement of the colour gamut over EBU or NTSC does not imply any problems for a constant luminance system like the CIELAB codec as it would do in a conventional system. The linear branches of any coding system are very sensitive to noise, especially if a linear luminance signal Y is used. The sensitivity of the $R_E Y B_E$ system is not much bigger than that of the RYB system, whereas linear XYZ signals require a nonnegligible higher signal to noise ratio. 8 bits were found to be sufficient for the quantization of the A,B chrominance signals which cover the whole gamut of optimal colours, but more than 8 bits are required for linear chrominance signals in a linear codec.

/71/ Schäfer R.; Kauff, P.: Subjective Evaluation of Improved Colorimetry and Optimized Chrominance Coding for High Definition Television. Proceedings of "1986 Picture Coding Symposium", page 21, Tokyo, April 1986.
Kurzfassung: To justify the enormous investments necessary to establish a new HDTV-system, the gain in quality over high-quality TV, based on the digital standard for studios (CCIR Rec.601) or on the MAC standards, must be substantial. The conventional method of generation and processing of colour components causes defiencies: loss of sharpness and resolution; reduced contrast ratio and color gamut; and changes in hue saturation and brightness. A new coding system, the CIELAB codec, that uses the 1976 CIE-L*a*b* formulas and avoids all the above deficiencies has recently been presented. The subjective effects of expanding the color gamut over the one reproduced by RGB monitors have been investigated by using a specially designed projection aparatus. Results ob subjective tests showing the gain in quality by using optimal chrominance axes, by considering the "constant luminance principle" and by expanding the color gamut will be presented. The use of virtual primaries and the increased number of nonlinearities in the CIELAB codec have some implications on its noise performance. These implications habe been analysed and tests have been carried out in order to evaluate the subjective noise sensitivity of the CIELAB codec in comparison to conventional processing.

/72/ Kuhlow, B.: Spatial frequency filtering in an optical imaging system with an extended incoherent light source, Applied Optics, Vol. 25. p. 2531 (1986).
Kurzfassung: A single-lens imaging system is described that provides spatial frequency filtering to an extended incoherent light source. Two ways to calculate the modified image are considered: First, the image is derived from the filtered diffraction pattern by Fourier synthesis. Second, the convolution of the object function with a Fourier transform of the filter function has to be evaluated with regard to a phase function that corresponds to the light source position.

/73/ Seetzen, J.; Otto, P.; Pestel, R.; Pfab, R.; Sakkas, K.; v. Stachelsky, F.; Stransfeld, R.; Tonnemacher, J.: Vermittelte Breitbandkommunikation - Technik, Nutzung, Wirtschaftlichkeit (Schlußbericht), HHI-WISO Arbeitsbericht 1986/1.
Pfab, R.; Stachelsky, R.: Technik-Entwicklung für die vermittelte Breitbandkommunikation (Ergebnisbericht Band 1), HHI-WISO Arbeitsbericht 1986/2.
Otto, P.; Seetzen, J.; Stransfeld, R.; Tonnemacher, J.: Nutzungspotentiale von Breitbandkommunikationssystemen (Ergebnisbericht Band 2), HHI-WISO Arbeitsbericht 1986/3.
Otto, P.; Stransfeld, R.; Tonnemacher, J.: Laborexperimente zur Nutzung und Beurteilung eines Bildfernsprech-Konferenzsystems (Ergebnisbericht Band 3), HHI-WISO Arbeitsbericht 1986/4.
Seetzen, J.: Vorausschätzung gesamtwirtschaftlicher Rahmengrößen (Ergebnisbericht Band 4), HHI-WISO Arbeitsbericht 1986/5.
Pestel, R.; Böhling, H.: Budgetverflechtungsanalyse für die Marktentwicklung der Breitbandkommunikation (Ergebnisbericht Band 5), HHI-WISO Arbeitsbericht 1986/6.
Seetzen, J.; Sakkas, K.: Untersuchungen zur Rentabilität der Infrastrukturinvestitionen für die vermittelte Breitbandkommunikation (Ergebnisbericht Band 6), HHI-WISO Arbeitsbericht 1986/7.
Kurzfassung: Der Schlußbericht und die sechs Ergebnisberichte des Forschungsvorhabens im Auftrag des BMFT: "Nachfrageimpulse und Marktaussichten für Systeme und Endgeräte zur Vermittlung von Breitbandinformation" geben unter veschiedenen Blickwinkeln einen Oberblick über die Einsatzpotentiale technisch möglicher, in den neunziger Jahren einsatzfähiger und wirtschaftlicher Systeme und zugehöriger Endgeräte zur Vermittlung von Breitbandinformation. Soweit möglich werden quantitative Abschätzungen angegeben. Die Untersuchung verdeutlicht, daß die Einführung entsprechender Kommunikationssysteme aus technischer Sicht möglich und aus wirtschaftlicher Sicht tragbar ist, wenn die Bewegtbildkommunikation von den geschäftlichen Nutzern akzeptiert wird und die geschäftliche Videokommunikation nicht auf schneller verfügbare und möglicherweise kostengünstigere Schmalband-ISDN-Lösungen mit eingeschränkter Qualität ausweicht. Auf jeden Fall können innovative Nutzungspotentiale nur ausgeschöpft werden, wenn ein Breitbandkommunikationssystem die Mischung von unterschiedlichen Kommunikationsformen für vielfältige Anwendungszwecke im geschäftlichen, privaten und im Bildungs-bereich zuläßt.

/74/ Seetzen, J. u.a.: Broad-Band Communications - Prospects of Utilisation and Economic Implications IEEE-Journal on Special Areas in Communications, July 1986, Vol. SAC - 4 No. 4
Seetzen, J. u.a.: Nutzungsformen und Nutzungspotientiale zukünftiger Breitbandkommunikationsnetze, ONLINE '86, Kongressbericht I, S. 3 C-1, Velbert 1986
Kurzfassung: Die beiden Veröffentlichungen fassen die Ergebnisse des Forschungsvorhabens "Nachfrageimpulse und Marktaussichten für Systeme und Endgeräte zur Vermittlung von Breitbandinformation" zusammen und geben die Hauptergebnisse der umfassenden Nutzungs- und Wirtschaftlichkeitsuntersuchung, die vorstehend erwähnt ist, in kurzer Form wieder.

/75/ Stransfeld, R. (Otto, P. und Tonnemacher, J.): Nutzung und Beurteilung von Bildfernsprechkonferenzen in Laborexperimenten, ONLINE '86, Konferenzbericht I, S. 2 C-1, Velbert 1986
Kurzfassung: Im HHI ist von der Abteilung Anthropotechnik ein Multipoint Bildfernsprechkonferenzsystem mit fünf Teilnehmerplätzen entwickelt und erprobt worden. In Experimenten mit Gruppen aus dem Geschäfts-, dem Bildungs- und dem Privatbereich wurde untersucht, ob ein solches System realen Kommunikationsbedürfnissen gerecht wird, ob Gesprächsziele erreicht werden, welche Besonderheiten gegenüber den face-to-face-Kommunikation auftreten, und wie die Teilnehmer diese Form der technischen Kommunikation akzeptieren und beurteilen.

/76/ Pfab, R.; Tonnemacher, J.; Seetzen, J.: Technische Entwicklung und Strukturwandel der Massenmedien. - Gutachten im Auftrag der Monopol-Kommission. HHI-WISO Arbeitsbericht 1986/8.
Kurzfassung: Die Untersuchung liefert Grundlagen für die Berichterstattung der Monopol-Kommission zur Entwicklung der Neuen Medien und ihre wirschaftsstrukturelle Bedeutung. Dargelegt werden die technische Entwicklung der Breitbandkommunikation und die zu erwartenden Infrastrukturkosten sowie der Stand und die Entwicklung der Medien und der Massenkommunikation in der Bundesrepublik Deutschland. Unter Einbeziehung der Ergebnisse der Feldversuche und Pilotprojekte zur Erprobung neuer Medien wird ein mittel- und langfristiges Szenario zur Technikentwicklung und zum Strukturwandel im Medienbereich entworfen.

/77/ Tannenbaum, P.: Recent Developments in the North American Cable TV and Fiber Optics Market, HHI-WISO Arbeitsbericht 1986/9
Kurzfassung: Professor Percy Tannenbaum, der Direktor des Survey Research Center der University of California, Berkeley, war im akademischen Jahr 1984/85 Fellow am Wissenschaftskolleg zu Berlin. Während seines Aufenthaltes war er bei der Abteilung WISO des HHI als wissenschaftlicher Berater tätig. Als Ergebnis werden zwei Beiträge zu den neueren Entwicklungen im Kabelfernseh- und im Glasfaserbereich in den USA und in Kanada in diesem Band vorgelegt.

/78/ Heidrich, H., Hoffmann, D., MacDonald, R.I.: Polarization and Wavelength Multiplexed Bidirectional Single Fibre Subscriber Loop, Journal of Opt. Commun., Vol. 7, pp. 136-138, 1986.
Kurzfassung: A novel subscriber loop architecture is proposed that uses central optical power feeding as well as polarization/wavelength multiplex bidirectional transmission. Because of the possibility of polarization conversion at the terminal, bidirectional transmission of the power feeding channel can be accomplished in a single fibre subscriber link, and economic fabrication of the entire subscriber terminal as an integrated optical unit is possible.

/79/ Reier, F.W., Schumann, H., Wolfram, P.: High Purity Trialkyl-Group (III)-Trialkyl-Phosphine-Adducts by Novel Synthesis Routes. 3rd Internat. Conf. on Metalorganic Vapor Phase Epitaxy, Los Angeles, USA, 13.-17.4.1986, in: Journal of Crystal Growth, No. 77, pp. 23-26, 1986.
Kurzfassung: Trimethylgallium- and trimethylindium etherates have been prepared from $GaCl_3$ or $InCl_3$ and methyllithium as starting materials for the formation of adducts. A new method using triphenylphosphite was developed to get high yields of very pure trimethylphosphine. Trimethyl group(III) trimethylphosphine adducts were formed by the reactions of trimethyl group(III) etherates with trimethylphosphine.

/80/ Heidrich, H., Hoffmann, D., Döldissen, W.: Integriert-optische Komponenten auf Lithiumniobatbasis für die optische Nachrichtentechnik. Tagungsband, Mikrowellentechnologie und Optoelektronik (MIOP 86), Wiesbaden, 10.-12.6.1986, Bd. I, ISBN 0-907634-88-5.
Kurzfassung: Neben der Entwicklung optisch aktiver Komponenten wie Laser- und Photodioden spielt die Entwicklung passiver und elektrisch steuerbarer integriert optischer Wellenleiterstrukturen eine fundamentale Rolle zur Realisierung optischer Nachrichtennetze. Als Basismaterial steht heute Lithiumniobat im Vordergrund, da die Herstellung verlustarmer passiver und elektro-optisch steuerbarer Wellenleiterstrukturen technologisch leichter und derzeit kostengünstiger zu handhaben ist als in Halbleitermaterialien und komplexe Funktionen und schnelle Schalter bereits herstellbar sind. Die Realisierung hybrider Komponenten unter Einbeziehung von z.B. Laser-, Photodioden und Faserschwänzen ist nach Entwicklung geeigneter optischer Schnittstellen absehbar und für viele Anwendungsbereiche eine leistungsfähige Alternative zur monolithischen Lösung. Exemplarisch werden einige heute auf Lithiumniobatbasis realisierbare Komponenten wie Polarisationskonverter, schnelle optische Phasenmodulatoren, Sternkoppler und Schaltmatrizen vorgestellt.

/81/ Krauser, J., Grote, N.: Monolithisch integrierte Optoelektronik - Entwicklungsstand und Anwendungen. Tagungsband, Mikrowellentechnologie und Optoelektronik (MIOP 86), Wiesbaden, 10.-12.6.1986, Bd. II, ISBN 0-907634-89-5.
Kurzfassung: In diesem Beitrag werden die Grundlagen, Probleme, der derzeitige Entwicklungsstand und Anwendungen von monolithisch integrierten optoelektronischen Bauelementen diskutiert.

/82/ Schlachetzki, A.: Monolithic IO-Technology - Modulators and Switches Based on InP. Integrated Optical Circuit Engineering III, Ralph Th. Kersten, Editor, Proc. SPIE Vol. 651, pp. 60-66, 1986.
Kurzfassung: Waveguiding devices, like modulators and switches, realized with InGaAsP lattice matched to InP are discussed. Basic phenomena, such as optical absorption, electro- and elasto-optic effect as well as the impact of free carriers on absorption and refractive index, are considered and described in their use with actually realized devices. Whereas the optical absorption seems not to be a main obstacle, the relatively large length of the devices will restrict their employment to the most essential functions.

/83/ Hoffmann, D., Heidrich, H., Döldissen, W.: IO-Components on $LiNbO_3$ for Optical Communication Networks. Proceedings, 3rd Int. Symp. on Optical and Optoelectronic Applied Sciences and Engineering, Innsbruck, 14.-18.4.1986, in: SPIE Vol. 651, Integrated Optical Circuit Engineering III, pp.128-132, 1986.
Kurzfassung: The design and fabrication of IO-switching matrices, polarization independent modulators and star couplers for application in a local optical communication network is presented.

/84/ Döldissen, W., Heidrich, H., Hoffmann, D.: Microfabrication of Planar Waveguide Devices on $LiNbO_3$. Proceedings, 3rd Int. Symp. on Optical and Optoelectronic Applied Sciences and Engineering, Innsbruck, 14.-18.4.1986, in: SPIE Vol. 651, Integrated Optical Circuit Engineering III, pp. 15-19, 1986.
Kurzfassung: Tolerances in the process technology of planar electrooptical waveguide devices on $LiNbO_3$ are described with emphasis on pattern generation for switching modules of higher complexity.

/85/ Hoffmann, D., Heidrich, H., Döldissen, W., Ahlers, H., Kleinwächter, A., Schmidt, R.: Low-Loss Rearrangeably Nonblocking 4x4 Switch Matrix Module. 12th European Conference on Optical Communication, Barcelona, 22.-25.9.1986, Technical Dig., Vol. I, pp. 167-170, 1986.
Kurzfassung: The design and fabrication of low- loss rearrangeably nonblocking switch matrices in $Ti:LiNbO_3$ and experimental results on their stability are reported.

/86/ Heidrich, H., v. Helmolt, C.H., Hoffmann, D., Nolting, H.P., Ahlers, H., Kleinwächter, A.: Polarization Transformer with Unlimited Range on $Ti:LiNbO_3$. 12th European Conference on Optical Communication, Barcelona, 22.-25.9.1986, Technical Dig., Vol. I, pp. 411-414, 1986.
Kurzfassung: The architecture, design and actual experimental results of integrated optical low-loss broadband $Ti:LiNbO_3$ polarization controllers with unlimited range will be presented and their compact integration in a heterodyne-receiver is outlined.

/87/ Nolting, H.P., Schlak, M., Albrecht, P., Döldissen, W., Franke, D., Niggebrügge, U., Schmitt, F.: Integrated Optic Polarization Converter on (001)-InP Substrate. Electron. Lett. 22, 883, 1986.
Kurzfassung: A novel TE/TM-Converter is proposed and demonstrated which is fabricated on (001)-InP substrate and can be integrated with TE-TM phase shifters to provide a general polarization transformation. Some aspects of the technological realization and first results are given; in a first attempt a polarization rotation of about 20 deg. by 20 V could be demonstrated.

/88/ Sartorius, B., Rosenzweig, M.: Wavelength Selective Infrared Microscopy: A Nondestructive and Quick Method for the Investigation of Buried Structures in Optoelectronic Devices. J. Appl. Phys., Vol. 60 (10), 1986.

Kurzfassung: Zur Kontrolle kritischer Prozeßschritte bei der Herstellung von 1,5 µm-Halbleiterlasern wurde ein neues Untersuchungsverfahren entwickelt. Auf der Basis eines IR-Mikroskops ist es damit möglich, zerstörungsfrei und schnell die geometrische Ausdehnung vergrabener Strukturen zu beobachten. Das Verfahren kann auch zur lateralen Justierung von übereinander angeordneten Bauelementen in integrierten Schaltkreisen verwendet werden.

/89/ Frenzel, H., Schlaak, W., Steckenborn, A.: Application of SIMS to III/V-Compounds. Surface and Interface Analysis (im Druck).

Kurzfassung: In recent years strong effort has been spent to demonstrate ultimate detection limits using SIMS for many impurity elements in GaAs. In this paper experimental limits for Fe, Mn and Si in GaAs are presented. Measurements on other matrices (InGaAs and InP) under the same conditions yield detection limits shifted to higher concentrations by a factor of 3 and 10, respectively, due to matrix dependent sensitivities. These sensitivities have to be taken into account when profiling impurity concentrations in heterolayer systems.

/90/ Schlachetzki, A.: Properties for Semiconductors for Integrated Optics. Archiv für Elektrische Übertragung - Electronics and Communication - Vol 40, pp. 302-312, 1986.

Kurzfassung: The paper reviews the properties of the semiconductors which are presently under development in view of glass-fiber communication systems for the long-wavelength range. An essential precondition is their potential use in optoelectronic integrated circuits. The most advanced semiconductor for this purpose is the alloy system InGaAsP lattice matched to InP. It can be supplemented in several aspects by the quasi-ternary alloy InGaAlAs which is also matched in its lattice constant to InP. InGaAlAs still needs extensive development work which applies even more to the ideas of integrating III-V semiconductors on Si substrates.

/91/ Granestrand, P., Stoltz, B., Thylén, L., Bergvall, K., Döldissen, W., Heidrich, H., Hoffmann, D.: Strictly Nonblocking 8x8 Integrated Optical Switch Matrix. Electron. Lett., 22, No. 15, pp. 816-818, 1986.

Kurzfassung: We reported on a strictly nonblocking 8x8 integrated optics switch matrix in Ti:$LiNbO_3$. The matrix comprises 64 directional couplers on one chip. Insertion losses less than 7 dB have been measured. The extinction ratio has an average value of 30.5 dB for the directional couplers.

/92/ Mekonnen, G.G., Bach, H.G.: On-Wafer Frequency- and Time Domain Characterization of InGaAs(P)/InP Heterojunction Bipolar Transistors and FETs. Proceedings, 16th European Microwave Conference, Dublin, September 1986, pp. 847-852, 1986.

Kurzfassung: A probe is designed to achieve frequency- and time-domain measurements on semiconductor devices, e.g. transistors direct on the wafer. Small signal frequency-domain information (s-parameters) were evaluated from pulse responses using Fourier transform algorithms to de-embed the device parameters from the surrounding transmission-line system and excitation pulse imperfections. A corrected time-domain response was obtained by the inverse Fourier transform of the device frequency response. Heterojunction bipolar transistors, fabricated in the InGaAsP/InP material system, were characterized with respect to their DC- and AC-properties.

/93/ Bach, H.G., Grote, N., Niggebrügge, U.: Characteristics of Ti/Au Ohmic Contacts to InP and InGaAs. Proceedings, Advanced Materials for Telecommunication, Strasbourg, 17.-20.6.1986, E-MRS-XIII, pp.461-466, 1986.
Kurzfassung: Results of a study on non-alloyed contacts of Ti/Au to InP and InGaAs are reported. Surface treatment of n-type material by Ar^+ sputtering prior to metal deposition proved to reduce substantially the specific contact resistance. For n-type contacts specific resistances as low as for their alloyed counterparts are achieved.

/94/ Heidrich, H., Hoffmann, D., Döldissen, W.: Integriert-optische Komponenten auf der Basis von Lithiumniobat. Design & Elektronik, 17, pp. 102-107, 1986.
Kurzfassung: Neben der Entwicklung optisch aktiver Komponenten wie Laser- und Photodioden spielt die Entwicklung passiver und elektrisch steuerbarer, integriert-optischer Wellenleiterstrukturen eine fundamentale Rolle bei der Realisierung optischer Nachrichtennetze. Als Basismaterial steht heute Lithiumniobat im Vordergrund, da die Herstellung verlustarmer passiver und elektro-optisch steuerbarer Wellenleiterstrukturen technologisch leichter und derzeit kostengünstiger zu handhaben ist als in Halbleitermaterialien. Komplexe Funktionen und schnelle Schalter sind damit bereits herstellbar. Die Realisierung hybrider Komponenten unter Einbeziehung von Laser-, Photodioden und Faserschwänzen ist nach Entwicklung geeigneter optischer Schnittstellen absehbar und für viele Anwendungsbereiche eine leistungsfähige Alternative zur monolithischen Lösung.

/95/ McDonald, R.I., Ahlers, H.: Swept Wavelength Reflectometer for Integrated Optical Measurements. Applied Optics, im Druck.
Kurzfassung: The experimental investigation of a high-resolution optical reflectometry technique based on the thermally-induced sweep of sample refractive index is described. Reflections from surface scratches and the end-surfaces of $Ti:LiNbO_3$ waveguide were detected with a resolution of less than 0.2 mm, which is sufficient for the characterization of reflections in integrated optical devices. Improvement in the dynamic range of the measurement is required for the detection of well-fabricated waveguide features such as bends and Y-junctions. Several possibilities exist for making this improvement.

/96/ Sartorius, B., Franke, D., Schlak, M.: Luminescence Microscopy for Quality Control of Material and Processing. Proceedings, InP-Workshop 1986, Harwichport, USA, 22.-25.9.1986, im Druck.
Kurzfassung: It is realized a photoluminescence topography system on the basis of an optical IR-microscope. The system offers full versatility and simple operation of the microscope combined with the high sensitivity characteristic for luminescence, whose emission intensity varies strongly with crystal quality. Results obtained on InGaAsP/InP demonstrate the system capabilities: in substrate characterization luminescence microscopy turns out to be a nondestructive alternative to dislocation etching, but, in addition, it makes defects visible as well which are not revealed by etching. On epitaxial layers with our technique the correlations between various defects in the substrate and resulting layer quality are analyzed. As an application to process control defect generation during thermal degradation is investigated. Two yet unknown degradation effects have been discovered which develop even if protection by a Sn-P-melt is used.

/97/ Schmitt, F., Mahnkopf, M.: Formation of $p^+(p^-)n$ Junctions in InP and its Dependence on Substrate Concentration, Time and Temperature. Proceedings, InP-Workshop 1986, Harwichport, USA, 22.-25.9.1986, im Druck.
Kurzfassung: To investigate the diffusion mechanism in InP we diffused Zn from a solid source of Zn_3P_2, which had been evaporated onto the surface of the samples and covered by an Al_2O_3 layer to

prevent thermal degradation. This simple technique provides a degradation free and reproducible diffusion process. We studied the formation of $p^+p^-n^-$ and $p^+n^{(+)}$ junctions and its dependence on substrate doping ($3x10^{15}$ cm^{-3} to 10^{18} cm^{-3}), time and temperature. It will be shown that for low doped InP the position of the p^+p^- and p^-n junctions are controlled independently. The appropriate combination of time and temperature can be calculated. Furthermore we obtained simple empirical equations for the activation energy and the pre-exponential factor of the diffusion constant as a function of the substrate doping.

/98/ Wehmann, H.-H., Fiedler, F., Schlachetzki, A.: Activation Energy of Cd in $In_{1-x}Ga_xAs_yP_{1-y}$ on InP (for y = 0 to 1). Electron. Lett. Vol. 22, pp. 1338-1340, 1986.
Kurzfassung: The activation energy E_A of the commonly used acceptor Cd in InGaAsP is studied experimentally the whole range of compositions, lattice-matched to InP, in dependence on the doping concentration. Comparison with theory strongly suggests that E_A is markedly influenced by the chemical shift.

/99/ Fiedler, F., Schlachetzki, A.: Optical Parameters of InP-Based Waveguides. Solid-State Electronics, im Druck.
Kurzfassung: The quaternary alloys InGaAsP, matched in their lattice constant to InP, are considered in view of optical-waveguide applications. The parameters, most important in this connexion, are the refractive index n and the optical absorption coefficient α . Both are calculated starting from quantities relevant to the binary constituents of the system InGaAsP. The results are compared with the relatively few experiments reported in the literature. The calculations are applied to film and rectangular waveguides, showing that they are sufficiently low in loss for integrated-optics applications.

/100/ Kowalsky, W., Schlachetzki, A.: Analysis of the Transferred-Electron Effect in the InGaAsP System. Solid-State Electronics, im Druck.
Kurzfassung: The transferred-electron effect in the quaternary system InGaAsP is investigated. The main points of interest are the threshold field and the peak velocity at the onset of electron transfer. They are determined from a monoenergetic transport model giving basic understanding of electron dynamics. In addition, the frequency limit, the efficiency of microwave generation, and the related power density are discussed. Physical insight into the prevailing mechanisms of high-field electron transport is obtained by comparing the theoretically estimated frequency limit and the length of the inactive zone derived from experiment. Based on these results the most promising alloys of this quaternary system are discussed in more detail to specify their range of applicability.

/101/ Bach, H.G., Unterbörsch, G., Schmitt, F., Schramm, C., Kaiser, R.: InP/GaInAsP Isotype-Heterojunction Characterization in Cd-Diffused $P^+/N/n$ Photodiodes. 16th ESSDERC, Cambridge, UK, 8.-11.9.1986, in: europhysics Conference Abstracts, Vol. 10G, pp. 59-60, 1986.
Kurzfassung: Cd-diffused InP/InGaAsP photodiodes have been fabricated and characterized aimed for future integration with FETs. The electrical performance of these diodes were mainly influenced by melt-back problems of the top InP layer grown by LPE onto the InGaAsP (1.3 µm) active layer. Interface charge built-up and trap densities were characterized by C-V, F-V and DLTS measurements.

/101a/ Moerl, L.: ArF Laser Induced Lift-Off Process. Microelectronic Engineering 5, pp. 453-458 (1986).
Kurzfassung: In this contribution a method is described which employs an excimer laser pulse to structure metal and SiO_2 layers on Si, SiO, InP and $LiNbO_3$ surfaces. The parameters determining the quality of this process are discussed.

/101b/ Bornholdt, C., Döldissen, W., Fiedler, F., Kaiser, R., Kowalsky, W.: Waveguide-Integrated PIN Photodiode on InP. Electron. Lett. 23, 1, pp. 2-3 (1987).

Kurzfassung: An InGaAs PIN photodiode was vertically integrated with an inverted optical rib waveguide in InGaAsP. Guided light was transferred to and absorbed by the photodiode at a rate of 0.07 dB/µm. For detectors with sufficient length (> 300 µm) a responsivity of 0.81 A/W was achieved at 1.3 µm wavelength.

/102/ G.Walf: Breitbandvermittlungstechniken für den Ortsnetzbereich, Abschlußbericht zum Vorhaben TK 0416/1, HHI, Berlin, Juli 1986.
Kurzfassung: Die Einführung breitbandiger Dienste im ISDN erfordert im Hinblick auf große Teilnehmerzahlen noch erhebliche technologische Entwicklungen für die breitbandige Übermittlungstechnik in der Ortsebene. Im Rahmen des Vorhabens erfolgte die Konzeption eines HDTV-fähigen, diensteintegrierten Breitbandübermittlungssystems für den Ortsnetzbereich. Hiervon ausgehend wurde unter dem Gesichtspunkt einer großen Teilnehmerzahl die Entwicklung und exemplarische Realisierung geschwindigkeitskritischer Systemkomponenten - wie Breitbandkoppelnetz, TV-Verteilkoppelnetz, Teilnehmerstation - durchgeführt. Ferner wurde eine Grundkonzeption für die Steuerungsstruktur des Übermittlungssystems erarbeitet. Die Ergebnisse der Arbeiten werden in dem Bericht vorgestellt.

/103/ Romahn, G.; Blohm, W.; Kellner, B.; Mühlbach, L.; Prussog, A.: Bewegtbildübertragung für die Individualkommunikation. Abschlußbericht zum Vorhaben TK 417 2. HHI Berlin, Oktober 1986.
Kurzfassung: In diesem Vorhaben sollte ein Beitrag zur nutzergerechten Gestaltung von Bildfernsprechsystemen und Endgeräten geleistet werden. Hierzu wurde zunächst Bildfernsprechen in einem Inhouse-Feldversuch mit kommerziell verfügbaren Komponenten erprobt. Anschließend wurden wichtige System- und Endgeräteeigenschaften untersucht, um die Grundlagen für nutzerorientierte Endgeräte- und Systemstandards zu schaffen. Als mögliche zukünftige Anwendung von Bildfernsprechen am Arbeitsplatz wurden Multipopint-Konferenzen mit ständiger Präsentation aller Partner in Bild und Ton erstmalig demonstriert und in Laborkonferenzen getestet. Bedienprobleme von "Multifunktionalen Endgeräten" wurden an einem hierfür aufgebauten Experimentalprototypen eines Endgerätes, mit welchem verschiedene Breit- und Schmalbanddienste abgewickelt werden können, untersucht.

/104/ Schäfer, R.: Visuelle Parameter bei der Großbilddarstellung. Abschlußbericht zum Vorhaben TK 418 3, HHI, Juli 1986.
Kurzfassung: Die Fortschritte in der Technologie von Bildaufnahme- und Bildwiedergabegeräten und in der Signalverarbeitung einerseits sowie die Bereitstellung breitbandiger Kanäle andererseits eröffnen die Möglichkeit, ein High-Definition-Television-(HDTV) System einzuführen, das gegenüber der heutigen Fernsehnorm erhöhte Qualitätsmerkmale aufweist. In diesem Vorhaben wurden die grundlegenden Parameter des Farbfernsehens hinsichtlich des Bereichs darstellbarer Farben, hinsichtlicht der Wahrnehmung von Rauschstörungen und hinsichtlich der Aufbereitung und Codierung von Farbinformation untersucht. Mit dem CIELAB-Verfahren wurde ein Farbcodiersystem vorgestellt, das gegenüber konventionellen Farbfernsehsystemen die Vorteile "Konstant-Luminanz", "Erhaltung der vollen Farbinformation" und einheitliche Sichtbarkeit von Rauschstörungen im gesamten Farbenraum" aufweist. Damit wird eine optimale Anpassung an Endgeräte mit unterschiedlichen farbmetrischen und nichtlinearen Eigenschaften gewährleistet. Störungen auf dem Übertragungskanal stellen für den CIELAB-Codec mit erweiterter Chrominanz-Dynamik kein Problem dar, ebenso ist eine Quantisierung aller Komponenten mit je 8 bit ausreichend. Lediglich hinsichtlich der Rauschfreiheit in den linearen Zweigen von Coder und Decoder werden erhöhte Anforderungen gestellt. Desweiteren wurden Vorschläge zur optimalen Wahl der Chrominanzachsen sowie zu Verfahren der örtlichen und zeitlichen Bandbreitenreduktion von Chrominanzsignalen erarbeitet.

Bücher

/105/ Baack, C. (Editor): Optical Wideband Transmission Systems, CRC-Press, Boca Raton, USA, May 1986.
Kurzfassung: Communications engineers are brought up-to-date on the latest developments in this field. Practical and theoretical aspects of high bit rate systems (1 to 2 Gbit/s) for long-range transmission are explored in depth. The functions of individual components as well as the system as a whole are discussed. Also examined are performances of systems under study in several countries, including the authors' digital system with bit rates of about 1 and 2 Gbit/s.

Habilitationen

/106/ Tepe, R.: Beitrag zur Theorie von Einröhrenlichtventilverfahren in der Großbildprojektion. Technische Universität Berlin, Fachbereich 19, Fachgebiet: Optische Informationsverarbeitung, Berlin, 3.12.86.

Kurzfassung: Ziel der vorliegenden Abhandlung ist es, die physikalischen Grenzen des Einröhrenlichtventilverfahrens nach General Electric (GE) anhand einer eingehenden Analyse zu ermitteln und mögliche und notwendige Weiterentwicklungen für eine HDTV-Anwendung aufzuzeigen. Dabei wird der Versuch unternommen, die Kette der physikalischen Prozesse bei einem Lichtventilverfahren in ihrer Gesamtheit zu erfassen.

Der Reihenfolge physikalischer Prozesse entsprechend wird zunächst bei Zugrundelegung der Ablenkmodulationsart des GE-Prinzips (Geschwindigkeitsmodulation und Wobbelung des Elektronenstrahls) eine genaue Analyse des elektronisch erzeugten Ladungsbildes auf der Steuerschicht vorgenommen und daraus die für die Elektronenoptik wichtigen Vorgaben hinsichtlich der Stromdichteverteilung über den Spot des Elektronenstrahls sowie der möglichen Signalspannungen für alle drei Primärfarben ermittelt.

Im zweiten Teil der Arbeit wird dann bei Zugrundelegung des im ersten Teil ermittelten Ladungsbildes die Oberflächenverformung der Steuerschicht untersucht. Da sowohl die Auflösung als auch die Helligkeit der erzeugten Bilder im wesentlichen durch die Oberflächendeformation der viskosen Flüssigkeitsschicht gesteuert werden, ist die Untersuchung der Verformungseigenschaften der Steuerschicht die zentrale Aufgabe, die die Lösung komplizierter Randwertprobleme aus der Elektrodynamik und der Hydrodynamik viskoser Flüssigkeiten und deren Verknüpfung erfordert. Bei Zugrundelegung eines der konkreten Problemstellung angepaßten physikalischen Modells gelingt schließlich eine mathematisch geschlossene Beschreibung der Oberflächenverformung der Steuerschicht. Anhand von diesen Ergebnissen werden dann die für die Lichtsteuerung wichtigen Eigenschaften, wie dynamisches Verhalten, Frequenzgang, Stabilitätsverhalten und Auflösungsgrenzen einer flüssigen Steuerschicht in Abhängigkeit von den Material- und Systemparametern ausführlich diskutiert und mögliche Verbesserungen für eine HDTV-Anwendung aufgezeigt.

Zum Schluß wird ausgehend von der skalaren Beugungstheorie das für die Bildentstehung notwendige schlieren-optische Abbildungssystem berechnet und die für die Projektionsoptik wichtigen Zusammenhänge zwischen den einzelnen optischen Abbildungsebenen ermittelt. Weiterhin wird bei Zugrundelegung der im zweiten Teil ermittelten Oberflächenverformung in Form von orthogonalen Phasengittern das Farbteilungsprinzip des Einröhrenlichtventilverfahrens erläutert und die Ursachen für die Auflösungsbegrenzung und das Farbübersprechen herausgestellt.

Dissertationen

/107/ Enning,B.: Impulsformung und Signalregeneration in einem optischen Gbit/s-Übertragungssystem, Dissertation, TU Berlin, FB 19, 8.7.1986.

Kurzfassung: In der vorliegenden Arbeit werden Schaltungen zur Impulsformung und Signalregeneration vorgestellt, die es gestatten, mit heute industriell gefertigten elektronischen und optischen Bauteilen optische Übertragungssysteme für Übertragungsraten von 1,12 und 2,24 Gbit/s zu realisieren. Da die Entwicklung dieser Schaltungen Kenntnisse über das Verhalten des realen Übertragungskanals voraussetzt, werden Meßverfahren angegeben, die zur Charakterisierung des Basisbandübertragungskanals zwischen Lasereingang und Photodiodenausgang geeignet sind. Aus den Meßergebnissen lassen sich Dimensionierungsvorschriften für die empfangsseitigen Verstärker, Entzerrer und Filter ableiten. Die Brauchbarkeit der Schaltungen wird durch den Einsatz in einem optischen Übertragungssystem (1,3 µm) mit Monomodefaser von 21 km Länge demonstriert.

/108/ v. Reden, Wolf: Der Irrflug der Elektronen, wahrscheinlichkeitstheoretische Methoden bei der Behandlung der Streuung mittelschneller Elektronen, TU Berlin, 20.12.85.

Kurzfassung: Mit Hilfe eines statistischen Modells, das die bekannte Einzelstreuung von mittelschnellen Elektronen an Atomen (Rutherfordstreuung mit Abschirmung) voraussetzt und ein allgemeines Schwächungsgesetz aus der kinetischen Gastheorie antizipiert, wird die Berechnung der Mehr- und Vielfachstreuung, insbesondere der Rückstreuung von Elektronen an dünnen Schichten und kompakten Halbräumen möglich. Durch Näherungen einer allgemeinen Faltungsformel im Hinblick auf die einfache Geometrie des physikalischen Problems konnten zum einen gute Übereinstimmungen mit experimentellen Daten aus dem Bereich der Elektronenmikroskopie erzielt werden und zum anderen Streuformeln aufgestellt werden, die aus der Literatur bekannt, aber dort auf völlig andersartigem Weg als Lösungen der Boltzmannschen Transportgleichung abgeleitet worden sind.

/109/ Ihlenburg, L.: Ein Taktinhaltsmaß für die digitale Nachrichtenübertragung. Dissertation, Technische Universität Berlin, 15.05.86.

Kurzfassung: Beim Empfang digitaler zeitdiskreter Nachrichten ist die Kenntnis der Phase des Signals von entscheidender Bedeutung für die Fehlerrate bei der Nachrichtenrückgewinnung. Da eine getrennte Übertragung eines signalbegleitenden Taktes meist nicht in Frage kommt, muß die im Empfangssignal liegende Synchronisationsinformation genutzt werden.

Zur Untersuchung der Frage, inwieweit sich die verschiedenen Übertragungsschemata für die Synchronisation eignen, wird ein Taktinhaltsmaß vorgeschlagen. Es wird aus der Varianz der optimalen Synchronisiereinrichtung abgeleitet, optimal im Sinne von maximum à posteriori.

Ausführlicher werden Übertragungsschemata untersucht, die sich als zufällige Signalfolge, gesteuert von einer diskreten Markoff-Quelle modellieren lassen. Die spektrale Dichte wird auch für den Fall imprimitiver Übergangsmatrix hergeleitet. Für das Taktinhaltsmaß werden Formeln angegeben, die ausschließlich auf der spektralen Dichte beruhen. Beispiele untermauern die aufgestellten Thesen.

/110/ Kowalsky, W.: Elektronen-Transfer-Effekt im InGaAsP-System. Dissertation, TU Braunschweig, Fakultät für Maschinenbau und Elektrotechnik, 17.4.1985.

Kurzfassung: Die Arbeit befaßt sich mit der experimentellen und theoretischen Untersuchung des Elektronen-Transfer-Effekts im InGaAsP-System mit besonderer Betonung auf den Legierungen, die dem InP in ihrer Gitterkonstanten angepaßt sind. Im Vordergrund stehen Experimente zur nl- und nd-Abhängigkeit des Stromeinbruchs sowie die Feldstärke und die Spitzengeschwindigkeit der Elektronen an der Gunn-Schwelle. Zur letzten Größe werden auch Temperaturmessungen gemacht. Die Messungen werden ergänzt durch Schwingungserzeugung im X-Band mittels InGaAs-Oszillatoren.

Die experimentellen Resultate sowie die in der Literatur berichteten Werte zum GaAs dienen als Grundlage, um durch Interpolation Aussagen für das gesamte System InGaAsP zu machen. In diesem Rahmen werden auch Abschätzungen zur Energie-Relaxationszeit und zur inaktiven Zone beim Aufbau einer Hochfelddomäne gemacht. Schließlich wird versucht, die Grenzfrequenz, den Wirkungsgrad und die Leistungsdichte von Mikrowellenoszillatoren aus den Daten des InGaAsP-Systems zu ermitteln.

Diplom-und Studienarbeiten

/111/ Caspar,C.: Herstellung von Monomode-Faserkopplern für λ = 820 nm nach dem Schmelzverfahren, Studienarbeit, TU Berlin, FB 19, Mai 1986
Kurzfassung: Die Arbeit beschreibt die Herstellung von Monomode-Faserrichtkopplern nach dem Schmelzprinzip und eine Betrachtung der verschiedenen Kopplertheorien. Es konnten kurze 3 dB-Koppler mit guter mechanischer Stabilität und geringer Temperatur- und Polarisationsabhängigkeit gefertigt werden.

/112/ Foisel,H.: Kohärente Gbit/s-Übertragung im optischen Kurzwellenbereich, Diplomarbeit TU Berlin, FB 19, Juni 1986
Kurzfassung: Es werden Versuche mit einem Heterodyn-System bei einer Bitrate von 1,13 Gbit/s im optischen Kurzwellenbereich (λ = 830 nm) beschrieben.

/113/ Caspar,C.: Rechnersteuerung eines Lokallasers in einem optischen Heterodynempfänger, Diplomarbeit, TU Berlin, FB 19, Nov. 1986
Kurzfassung: Mit Hilfe eines Laser-Heterodynspektrometers stellt ein Rechner die relativen Positionen von Lokal- und Sendelasern auf der optischen Frequenzachse fest. Aus der gemessenen Frequenzdifferenz zwischen dem Lokallaser und einem anzuwählenden Sender wird der Strom für die neue Lokallaserfrequenz ermittelt und eingestellt.

/114/ Gruse, M.: Hologrammsynthese aus 2D-Bildern zur 3D-Bildrekonstruktion. Technische Fachhochschule Berlin, FB 2 und 10, April 86.
Kurzfassung: Aufgabe der Diplomarbeit war die theoretische und experimentelle Untersuchung der Synthese von Hologrammen aus 2D-Perspektivenbildern. Die autostereoskopische Wiedergabe eines synthetischen holografischen 3D-Bildes sollte gezeigt werden.

Unter den verschiedenen möglichen Methoden wurde ein Verfahren ausgewählt, das hinsichtlich des apparativen optischen Aufwandes günstig war und zudem große Flexibilität beim Syntheseprozeß bot. Es wurde das Prinzip der sequentiellen Hologrammsynthese aus 2D-Einzelaufnahmen untersucht und als optischer Experimentalaufbau realisiert. Diese Art der Hologrammaufzeichnung erlaubt die Einbeziehung einer großen Zahl N von Perspektivenbildern in den Syntheseprozeß ohne dabei das Optiksystem N-fach auslegen zu müssen. Die Aufzeichnung der Hologramme erfolgte als "Image Plane Holograms", die eine autostereoskopische vergrößerte Rekonstruktion des 3D-Bildes mit diskreten Perspektiven im inkohärenten Licht ermöglichen.

/115/ Ruschin, D.: Visuelle Bewertung von errechneten Farbverschiebungen beim Bildfernsprechen. Diplomarbeit, TU Berlin, Fachbereich 21, April 86.
Kurzfassung: Ober das subjektive Empfinden bezüglich der Farbbildqualität ist bei Farbverschiebungen in Videoszenen nur wenig bekannt. Es wurde daher bei verschiedenen Bildinhalten in psychophysischen Untersuchungen die Grenze der Annehmbarkeit für gewisse Arten von Farbverschiebungen quantitativ bestimmt und ermittelt, welches Gewicht den einzelnen Arten von Farbverschiebungen für die Empfindung der Farbqualität zukommt. Die Versuchsergebnisse werden in einem gleichabständigen Farbenraum diskutiert.

/116/ Sztefka, G.: Digital ansteuerbare bipolare Stromquelle für Halbleiterlaser. Studienarbeit, TU Berlin, FB 19, Dezember 1986.
Kurzfassung: Kostengünstige Konstantstromquelle (± 200 mA) mit Parallelinterface und 10 bit-Sollstromspeicherung für den Einsatz in einem Laseralterungsmeßplatz.

Patentanmeldungen

/117/ Nolting, H.-P.: Bauelement der integrierten Optik.
Patentanmeldung: DE: P 36 00 458.8; Anmeldetag: 07.01.86
Kurzfassung: Im III-V-Halbleiterkristall, das in (001)- oder (110)-Richtung geschnitten ist, breitet sich die Lichtwelle in einem Wellenleiter in [1$\bar{1}$0]-Richtung aus (z-Achse). Elektroden bzw. p-n-Obergänge, links und rechts bzw. oberhalb und unterhalb des Wellenleiters angeordnet, ermöglichen durch laterale bzw. transversale elektrische Felder (x- bzw. y-Achse) die Einstellung von Polarisation und/oder Phasenlage auf ein- und demselben Substrat.

/118/ Nolting, H.-P.; Hoffmann, D.; Schlichting, M.; März, R.: MULDEX für optische Obertragungssysteme.
Patentanmeldung: WO: PCT/DE86/00003; Anmeldetag: 07.01.86
Kurzfassung: Die Filterkomponenten sind aus zwei kodirektional gekoppelten, unsymmetrischen Wellenleitern aufgebaut. Eine Phasenanpassung wird für eine vorgegebene Nennwellenlänge durch periodische Wiederholung von Streckenabschnitten mit und ohne - bzw. mit reduzierter - Kopplung herbeigeführt.

/119/ Reier, F.-W.; Wolfram, P.; Schumann, H.: Verfahren zur Herstellung von Trimethylphosphin.
Patentanmeldung: DE: P 36 12 629.2; Anmeldetag: 11.04.86
Kurzfassung: Trimethylphosphin läßt sich in hochreiner Form und mit guter Ausbeute durch Destillation aus dem Reaktionsgemisch der Methylierung von Triphenylphosphit mit einem Magnesiumhalogenid oder Methyllithium gewinnen. Voraussetzung hierfür ist der Einsatz eines hochsiedenden Ethers oder Polyethers als Lösungsmittel.

/120/ Schamel, G.; Kummerow, Th.: Verfahren und Schaltungsanordnung zur Rauschreduktion digitaler Fernsehsignale.
Patentanmeldung: DE: P 36 17 827.6; Anmeldetag: 26.05.86
Kurzfassung: Aus dem Differenzsignal eines Interframe-Vergleichs wird ein Schätzwertsignal für den Rauschanteil gebildet und vom verrauschten Eingangssignal abgezogen; das dabei entstehende Differenzsignal wird als Ausgangssignal abgegeben und für weitere Schätzwertberechnungen zwischengespeichert.

/121/ Heidrich, H.; Hoffmann, D.; Nolting, H.-P.: Anordnung zur Polarisationskontrolle, insbesondere für einen optischen Heterodyn- oder Homodynempfänger.
Patentanmeldung: DE: P 36 31 767.5; Anmeldetag: 18.09.86
Kurzfassung: Es sind vier Drehsegmente vorgesehen, die wechselseitig um 45° versetzte Drehachsen besitzen und damit eine resetfreie Polarisationsdrehung erlauben. Die Polarisationszustände der beiden zu Überlagernden optischen Signale werden so transformiert, daß sie einen beliebigen, aber übereinstimmenden Polarisationszustand aufweisen.

/122/ Nolting, H.-P.; Heidrich, H.; Hoffmann, D.: Anordnung zur kontinuierlichen, rücksetzfreien Polarisations- und Phasenkontrolle.
Patentanmeldung: DE: P 36 31 798.5; Anmeldetag: 18.09.86
Kurzfassung: In einem abstimmbaren TE-TM-Konverter und -Phasenschieber werden rücksetzfrei ein einstellbares Intensitätsverhältnis zwischen den beiden Moden (TE/TM) und eine Phasendifferenz erzeugt. Die Anordnung besteht aus einem optischen Streifenwellenleiter mit einer Anzahl äquidistanter Elektroden. Jede dieser Elektroden ist mit einer nach einem bestimmten Algorithmus festzulegenden Spannung beaufschlagbar. Diese Anordnung ist auch als abstimmbares Filter mit großem Abstimmbereich oder als wellenlängenselektiver Schalter einzusetzen.

Vorträge

Baack, C.: Verteilung von TV- und HDTV-Programmen mit Lichtwellenleitern, FKTG-Tagung, 28.01.86, Berlin.

Baack, C.: Optische Nachrichtentechnik und Integrierte Optik in zukünftigen Breitbandkommunikationsnetzen. 50. Physikertagung in Heidelberg, 17. - 21.03.86.

G.Großkopf, L.Küller, R.Ludwig, R.Molt: Experimentelle Untersuchungen an einem optischen Verstärker
Frühjahrstagung der Arbeitsgemeinschaft Quantenoptik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Heidelberg, März 1986

Th.Hermes: Locnet - ein experimentelles Kommunikationssystem mit optischer Vermittlungstechnik
FKTG Regional-Veranstaltung, Berlin, März 1986

G.Wenke, E.Patzak, P.Meißner: Frequenzstabilisierung von Halbleiterlasern
Frühjahrstagung der Arbeitsgemeinschaft Quantenoptic der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Heidelberg, März 1986

Baack, C.: Optische Nachrichtentechnik und integrierte Optik in zukünftigen Nachrichtennetzen. Österreichischer Verband für Elektrotechnik, Sektion Elektronik und Nachrichtentechnik (ENT), Österreichische Sektion des IEEE im ÖVE, Eschenbachgasse 9, A-1010 Wien, 07.04.86.

J.Giglmayr: Modellierung und Analyse der Steuerung einer Breitbandvermittlungsstelle
HHI-Workshop "Breitbandvermittlung", Berlin, Juni 1986

Th.Hermes: Locnet, ein experimentelles LAN mit optischer Vermittlungstechnik
HHI-Workshop "Breitbandvermittlung", Berlin, Juni 1986

G.Heydt: Aktueller Stand der IBCN-Diskussion (RACE)
HHI-Workshop "Breitbandvermittlung", Berlin, Juni 1986

R.I.MacDonald: Classification of Photonic Matrix Switches
HHI-Workshop "Breitbandvermittlung", Berlin, Juni 1986

B.Strebel: Kohärente optische Mehrkanalübertragung
Seminar am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, TU München, Juni 1986

G.Walf: Breitbandkoppelnetz für 70 Mbit/s
HHI-Workshop "Breitbandvermittlung", Berlin, Juni 1986

J.Giglmayr: Analysis of stochastic Petri nets by the concept of near-complete decomposability
10th Prague Conference on Information Theory, Statistical Decision Functions and Random Processes, Prag, Juli 1986

E.Patzak: Systemanforderungen für kohärente optische Übertragungssysteme
HHI-Kolloquium, Berlin, Aug. 1986

J.Vathke: Realisierung eines Breitbandkoppelnetzes für 70 Mbit/s
HHI-Kolloquium, Berlin, August 1986

G.Großkopf: Arbeiten zum optischen Verstärker
HHI-Kolloquium, Berlin, Sept. 1986

G.Wenke: Spektrale Eigenschaften von Halbleiterlasern
HHI-Kolloquium, Berlin, Sept. 1986

Baack, C.: Coherent Optical Systems. The 3rd Germany-Japan Forum on Information. 22nd - 24th October, 1986, Japan.

Baack, C.: Some Aspects of Optical LAN, Particularly Optical Switching. The 3rd Germany-Japan Forum on Information, 22nd - 24th October, 1986, Japan.

J.Giglmayr: Bewertung der Verkehrsleistung der Steuerung der Breitbandvermittlungsstelle - Modelle, Methoden, Ergebnisse
HHI-Kolloquium, Berlin, November 1986

Th.Hermes: Anforderungen an Bauelemente für die optische Vermittlung aus systemspezifischer Sicht
NTG-Diskussionssitzung "Heterostruktur-Bauelemente", Bad Soden, Nov. 1986

Reuter, T.: Mehrdimensionale adaptive Filterung zur Abtastratenumsetzung bei Fernsehsignalen.
Nachrichtentechn. Kolloquium, Universität Duisburg, 12.6.1986.

Tepe, R.: Deformable Spatial Light Modulators. Seminary, Rockwell Science Center, Thousand Oaks, U.S.A., 26.8.1986.

Tepe, R.: A Deformable Spatial Light Modulator. Seminary, Hughes Research Laboratories, Malibu, U.S.A., 28.8.1986.

Schamel, G.: Interpolation of progressive frames from spatio-temporally subsampled high-definition television fields. Club de rennes, Young Researches Seminar, BBC, London, England, 15.-18.9.1986.

Mahler, G.: HDTV Large-Screen Displays: Light-Valve Projection. 3rd German-Japan Forum on Information Technology. Tokyo, 22.-24.10.1986.

Mahler, G.: HDTV Signal Transmission and Processing. 3rd German-Japan Forum on Information Technology, Tokyo, 22.-24.10.1986.

Börner, R.: 3D-TV-Camera and Projection System for Wideangle Lenticular Screen. IEE, Savoy Place, London, 04.11.1986.

Kummerow, Th.: HDTV-DPCM coding hardware concepts. EURASIP Workshop on "Coding of HDTV Signals", L'Aquila, 12.-13.11.1986.

Kummerow, Th.; Höfker, U.: Three dimensional adaptive filters for HDTV processing, subsampling and interpolation. EURASIP Workshop on "Coding of HDTV Signals", L'Aquila, 12.-13.11.1986.

Mahler, G.: Lichtventilprojektion. Technische Akademie Esslingen "DV-Bildschirme", Ostfildern, 25.-26.11.1986.

Romahn, G.: Continuous Presence in Multipoint Videotelephone Conferencing. British Telecom, Martlesham, 17.4.-19.4.86.

Prussog, A.; Blohm, W.: Operational Problems with Multi-Service-Terminals. Vortrag bei "Bell Communications Research, Bellcore, Network Services Division, USA, 15.9.86.

Romahn, G.: Erfahrungen mit einem Bildfernsprech-Inhouse-System.
HHI-Kolloquium, Berlin, 7.10.86.

Mühlbach, L.: Nutzergerechte Gestaltung von Bildfernsprechendgeräten.
HHI-Kolloquium, Berlin, 14.10.86.

Kellner, B.: Multipointkonferenzen mit Bildfernsprechen.
HHI-Kolloquium, Berlin, 28.10.86.

Prussog, A.: Bedienbarkeit von Multidienste-Endgeräten.
HHI-Kolloquium, Berlin, 11.11.86.

Prussog, A.; Blohm, W.: Zur Gestaltung der Benutzerschnittstelle eines multifunktionalen Endgerätes. 6. Arbeitstagung "Mensch-Maschine-Kommunikation", Ebermannstadt, 17.-19.11.86.

Tonnemacher, J.: Textkommunikatonsmedien in der Bundesrepublik Deutschland. Europäische Gemeinschaft, Brüssel am 21.1.1986

Tonnemacher, J.: Kommunikationstechnik und Schule im Jahr 2000. Mikrocomputermesse Frankfurt a.M. am 31.1.1986.

Seetzen, J.: Einsatzmöglichkeiten der Breitband-Kommunikation - Methodische Aspekte der Erarbeitung quantitativer technisch-wirtschaftlicher Szenarien. Universität Osnabrück, Arbeitsgruppe für Systemforschung am 14.2.1986.

Stransfeld, R.: Regionalpolitische Fragen im Zusammenhang mit der Vermittelten Breitbandkommunikation. Arbeitskreis "Räumliche Wirkungen der neuen Informations- und Kommunikationstechniken, am Deutschen Institut für Urbanistik, Berlin am 21.3.1986.

Tonnemacher, J.: Die Rolle der Sozialwissenschaften bei der Begleitforschung zu neuen Kommunikationstechniken. Universität Salzburg am 5.6.1986.

Seetzen, J.: Der technische Fortschritt und sein Einfluß auf die Entwicklung von Betrieben und Volkswirtschaften. Akademie für Führungskräfte der Deutschen Bundespost, Bad Honnef am 10.6.1986.

Stransfeld, R.: Nutzungsformen und Nutzungspotentiale künftiger Breitbandkommunikation.
HHI-Colloquium am 24.6.1986.

Otto, P.: Betriebliche und gesamtwirtschaftliche Aspekte der vermittelten Breitbandkommunikation.
HHI-Colloquium, am 1.7.1986.

Seetzen, J.: Oberlegungen zu den Grundlagen der Kommunikations-Analyse. Workshop des Fraunhofer-Instituts ISI, Karlsruhe und des HHI "Anwendungsforschung im Hinblick auf ISDN und B-ISDN", am 22./23.9.1986.

Seetzen, J.: Nutzungaspekte neuer Telekommunikationsformen, insbesondere BTX. Tagung des MPI für Gesellschaftsforschung, Köln. "Neue Dienste und Netze der interaktiven Telekommunikation", am 10.10.1986.

Seetzen, J.: Anwendungsperspektiven und Kostenfaktoren künftiger Breitbandkommunikation. Arbeitstagung des Fraunhofer-Instituts ISI, Karlsruhe, "Teleport 1986", am 6./7.11.1986.

Seetzen, J.: Information, Kommunikation, Organisation. Akademie für Führungskräfte der Deutschen Bundespost am 12.11.1986.

Seetzen, J.: Einsatzpotentiale vermittelter Breitbandkommunikation.
IHK Berlin, am 18.11.1986.

Tonnemacher, J.: Technische Kommunikation und Strukturwandel der Massenmedien.
HHI-Colloquium am 18.11.1986.

Schlachetzki, A.: Integrierte Optik in der Nachrichtentechnik - Materialbetrachtungen und Zukunftsperspektiven -. Eingeladener Vortrag, Institut für Festkörperforschung, KFA Jülich, 31.1.1986.

Sartorius, B.: Optische Mikroskopie zur Charakterisierung von massiven III-V Kristallscheiben. Symposium der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung "Herstellung und Charakterisierung von massiven III-V Halbleiterkristallen", Erlangen, 17.-18. März 1986.

Heidrich, H., Hoffmann, D.: Polarisationsverhalten integriert-optischer Wellenleiterstrukturen. Tagung für Quantenoptik der DPG, Heidelberg, 17.-21.3.1986.

Krauser, J.: Perspektiven der monolithisch integrierten Optik. Tagung für Quantenoptik der DPG, Heidelberg, 17.-21.3.1986.

Sartorius, B., Franke, D., Schlak, M.: IR-Mikroskopie zur Untersuchung von Versetzungswachstum und Degradationseffekten an InGaAsP/InP LPE-Schichten. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung, Erlangen, 19.-20. März 1986.

Fabian, W., Roehle, H., Wolfram, P., Luthard, E.: An Efficient Gas Scrubber for Use in MOVPE. 3rd Internat. Conf. on Metalorganic Vapor Phase Epitaxy, Los Angeles, USA, 13.-17. April 1986.

Albrecht, P., Döldissen, W., Niggebrügge, U., Schmid, H.: Optische Verluste in gekrümmten InGaAsP/InP-Rippenwellenleitern. DFG-Kolloquium "Integrierte Optik", Paderborn, 23.-24. April 1986.

Heidrich, H.: Integriert-optische Schaltmatrizen auf der Basis von Lithiumniobat. DFG-Kolloquium "Integrierte Optik", Paderborn, 23.-24. April 1986.

Wehmann, H.-H., Tiedke, I., Kaiser, R.: Herstellung eines integrierten optischen Empfängers auf InP. DFG-Kolloquium "Integrierte Optik", Paderborn, 23.-24. April 1986.

März, R., Nolting, H.P.: Spectral Properties of Asymmetric Directional Couplers with Periodic Structures. Compound Semiconductor Integrated Circuits Workshop, Visby, Schweden, 4.-8. Mai 1986.

Nolting, H.P.: The Waveguide - A Basic Device for Integrated Optics. Compound Semiconductor Integrated Circuits Workshop, Visby, Schweden, 4.-8. Mai 1986.

Nolting, H.P., Schlak, M., Albrecht, P., Döldissen, W., Franke, D., Niggebrügge, U., Schmitt, F.: Integrated Optic Polarization Converter on (001)-InP Substrate. Compound Semiconductor Integrated Circuits Workshop, Visby, Schweden, 4.-8. Mai 1986.

Bach, H.G.: Charakterisierung von Heterostrukturen in Bauelementen der integrierten Optik. Kolloquium zur Halbleitertechnik und Mikroelektronik, Fachbereich 19, TU-Berlin, 7.5.1986.

Bach, H.G.: Simulation und Analyse von DLTS-Spektren. "DLTS, eine hochempfindliche Meßmethode zur Analyse tiefer Störstellen in Halbleitermaterialien", Seminar der Fa. BIO-RAD, Deutschland, Düsseldorf, 15.5.1986.

Baack, C.; Döldissen, W.; Grote, N.: Integrierte Optik in der zukünftigen Nachrichtentechnik. NTG-Fachtagung Mikroelektronik für die Informationstechnik - Vermittlung, Übertragung und Verarbeitung, Berlin, 29.-30.09.86.

Döldissen, W.: Lithographieverfahren. DPG-Herbstschule "Integrierte Optik", Bad Honnef, 6.-11.10.1986.

Schlachetzki, A.: Integrierte Optik auf Halbleiterbasis; IOCs und OEICs I (Bauelemente). DPG-Herbstschule "Integrierte Optik", Bad Honnef, 6.-11.10.1986.

Schlachetzki, A.: Integrierte Optik auf Halbleiterbasis; IOCs und OEICs II (Schaltungen). DPG-Herbstschule "Integrierte Optik", Bad Honnef, 6.-11.10.1986.

Döldissen, W., Grote, N., Kaumanns, R., Löffler, R., Pärschke, K., Rosenzweig, M., Schroeter-Janßen, H.: 1.5 µm Heterostructure Lasers for Optoelectronic Integration. Workshop "Heterostructures and Semiconductor Lasers", TU-Berlin, 9.-10.10.1986.

Nolting, H.-P.: Lambda-Muldex. Eingeladener Vortrag, Siemens AG., München-Perlach, 16.10.1986.

Bach, H.G., Fiedler, F., Grote, N., Schroeter-Janßen, H.: Invertierbare InGaAsP/InP-Bipolartransistoren. NTG-Diskussionssitzung "Heterostruktur-Bauelemente", Bad Soden, 12.-14.11.1986.

Bornholdt, C., Döldissen, W., Fiedler, F., Kowalsky, W., Kaiser, R.: Wellenleiter-Photodetektor-Integration. NTG-Diskussionssitzung "Heterostruktur-Bauelemente", Bad Soden, 12.-14.11.1986.

Krauser, J., Bornholdt, C., Künzel, H., Dinges, H.W., Druminski, M., Zschauer, K.H.: $In_{0,52}Al_{0,48}As$ als Wellenleitermaterial auf InP. NTG-Diskussionssitzung "Heterostruktur-Bauelemente", Bad Soden, 12.-14.11.1986.

Schlachetzki, A.: Integrierte optoelektronische Schaltungen in der Nachrichtentechnik. NTG-Diskussionssitzung "Heterostruktur-Bauelemente", Bad Soden, 12.-14.11.1986.

Schmitt, F., Unterbörsch, G., Franke, D., Kaiser, R.: Planare Photodiode mit extrem geringem Dunkelstrom und geringem Rauschen für PINFET-Integration. NTG-Diskussionssitzung "Heterostruktur-Bauelemente", Bad Soden, 12.-14.11.1986.

Unterbörsch, G., Schmitt, F., Bach, H.G., Franke, D.: Elektrische Heterostruktur-Charakterisierung LPE gewachsener PIN-Photodioden. NTG-Diskussionssitzung Heterostruktur-Bauelemente, Bad Soden, 12.-14.11.1986.

Nolting, H.-P.: Der optische Wellenleiter in der integrierten Optik. Eingeladener Vortrag, Institut für Elektronik, Universität Zürich, 17.11.1986.

Schmitt, F.: Zn- und Cd-Diffusion in InP und InGaAs(P) und ihre Anwendung auf Bauelemente. Eingeladener Vortrag, Universität Duisburg, 11.12.1986.