Jahresbericht 1990

Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik
Berlin GmbH

Jahresbericht 1990

Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik Berlin GmbH
Einsteinufer 37, W-1000 Berlin 10, Telefon (030) 310 02-0, Telefax (030) 310 02-213

Inhalt

5 **Bericht der Geschäftsführung**

6 **Forschungsaufgaben des Instituts**
8 **Organigramm des HHI**
9 **Struktur**
10 **Mitarbeiter, Finanzierung**
11 **Wissenschaftler-Austausch**

13 **Bereich Nachrichtensysteme**

15 **Abteilung Optische Signalverarbeitung**
16 Kohärentes optisches Mehrkanalübertragungssystem für den Weitverkehr
17 Frequenzmultiplex-Techniken für die kohärente optische Breitbandübermittlung
18 Holographisch-optische Elemente für optische Verbindungsnetzwerke

19 **Abteilung Vermittlung und Übertragung**
20 Hochratige Teilnehmeranschlußleitung mit integrierten optoelektronischen Komponenten
21 Kohärentes optisches Fernsehverteilnetz
22 Subscriber CMC System, Teilprojekt Systemaspekte (RACE 1010)

23 **Abteilung Anthropotechnik**
24 Bewegtbildübertragung für die Individualkommunikation (2)
25 Videokonferenzen mit HDTV- und 3DTV-Techniken
26 Bedeutung von Bewegtbilddarstellungen für die Informationsvermittlung
27 Bildgüteparameter bei HDTV und 3DTV

28 **Abteilung Bildsignalverarbeitung**
29 Digitales HDTV-System
30 Normwandlung für HDTV
31 Bewegungskompensierende Signalverarbeitung für HDTV
32 HDTV-Codierung für die ATM-Übermittlung
33 Digitale Magnetbandaufzeichnung für HDTV
34 Digitaler Codec für die HDTV-Magnetbandaufzeichnung
35 VLSI für HDTV

36 **Abteilung Bildendeinrichtungen**
37 Hochauflösende räumliche Lichtmodulatoren mit elektrischer Ansteuerung
38 Lichtventilprojektion mit Festkörpersteuerschichten für HDTV
39 Farbiges Elektrolumineszenz-Display für das hochauflösende Fernsehen
40 3D-TV nach dem Linsenrasterverfahren

41 **Bereich Integrierte Optik**

43 **Übersicht**
43 **Abteilung Epitaxie**
44 **Abteilung Prozeßtechnologie**
44 **Abteilung Lithographie**
44 **Abteilung Meßtechnik**
45 **Abteilung Komponentenintegration**

46 **Projekte des Bereichs Integrierte Optik**
47 Integriert-optischer wellenlängen-selektiver Multiplexer/Demultiplexer auf InP
48 Entwicklung einer Empfängerzelle für integrierte optoelektronische Wandler
49 Herstellung und Untersuchung von elektrisch durchstimmbaren Lasern und Quantum-Well-Lasern auf InP
50 Entwicklung von integrationsfähigen DFB-Lasern (1,5 µm) auf der Basis fortschrittlicher Technologieverfahren
51 Schlüsselbauelemente für die optische Signalverarbeitung
Teilvorhaben: "Monolithisch integrierter optischer Überlagerungsempfänger"
52 Subscriber Coherent Multichannel System, Technologieteil (RACE 1010)
53 Wellenleitertaper für optoelektronische integrierte Schaltungen auf der Basis von InP
54 Laserzeilen für 3D-Raumstufe
55 Semi-isolierende InP-Epitaxiesubstrate auf VPE-Basis
56 Entwicklung von Phosphin-Ersatzstoffen für Gasphasenepitaxie-Prozesse
57 Dotierungstechniken für optoelektronisch integrierte Bauelemente

59 **Ergebnis - Übersicht**

61 **Veröffentlichungen**
80 **Berichte**
82 **Dissertationen, Diplom- und Studienarbeiten**
85 **Patentanmeldungen**
85 **Vorträge**
88 **Vorlesungen**
88 **Workshops**

Bericht der Geschäftsführung

Forschungsaufgaben des Heinrich-Hertz-Instituts

Zur Förderung der Informationstechnik hat die Bundesregierung für den Zeitraum 1990 - 1993 das Programm "Zukunftskonzept Informationstechnik" vorgelegt. Im Rahmen dieses Programms betreibt das HHI als Vorlauf zur Industrieforschung eine anwendungsorientierte Grundlagenforschung für die Informationstechnik.

Im Jahre 1990 wurden die Arbeiten des HHI im wesentlichen aus Mitteln des Programms "Informationstechnik" des BMFT sowie aus Mitteln der Europäischen Gemeinschaft (RACE) umd der DBP TELEKOM finanziert. Das Forschungsprogramm des HHI konzentrierte sich dabei auf folgende Schwerpunkte:

Breitbandnetze

Das Übertragungsmedium zukünftiger Breitbandnetze ist die Glasfaser. Das eigentliche Potential der Glasfaser, nämlich die nahezu unbegrenzte Bandbreite, läßt sich nur durch optische Frequenzmultiplextechniken (OFDM) ausschöpfen. In den vergangenen Jahren galt das Interesse des HHI dem Einsatz von OFDM-Techniken sowohl in der Fern- und in der Teilnehmerebene als auch in optischen Vermittlungseinrichtungen zukünftiger Breitbandnetze. Die aus diesen Projekten, insbesondere aber aus den Projekten zur optischen Vermittlungstechnik gewonnenen Erkenntnisse führten zur Definition des vom BMFT und der deutschen Industrie geförderten Verbundforschungsprogramms "Photonik", das im April 1990 begann.

Photonik

Das HHI ist an dem Photonikprojekt beteiligt, in dem Grundlagen für künftige optische Verbindungstechniken und optische Vermittlungstechniken erarbeitet werden sollen. Die systembezogenen Arbeiten des HHI beziehen sich auf die optische Vermittlungstechnik. Hierzu gehören die optische asynchrone Vermittlungstechnik mit sehr hohen Bitraten (OATM-Vermittlung), die optische Frequenzmultiplex-Vermittlungstechnik (OFDM-Vermittlung) und Arbeiten zur Realisierung von Vermittlungssystemen mit kompakter, dreidimensionaler Struktur (3D-Vermittlung). Die hierzu durchgeführten Projekte stehen in engem Zusammenhang mit den im Bereich "Integrierte Optik" des HHI laufenden Projekten zur Entwicklung entsprechender integrierter optoelektronischer Komponenten.

Integrierte Optik

Elektronische und optische Schaltkreise sind Schlüsselkomponenten zukünftiger Informationssysteme. Die elektronischen Schaltkreise werden heute mit Hilfe der Mikroelektronik integriert. Es ist Aufgabe der Integrierten Optik, eine Technologie bereitzustellen, mit der in Zukunft auch die optischen Schaltkreise integriert werden können. Der Integrierten Optik kommt somit in der zukünftigen Informationstechnik eine ähnlich wichtige Bedeutung zu wie der Mikroelektronik.

In den vergangenen Jahren war es die Aufgabe der Integrierten Optik im HHI, für das InP-Materialsystem die Basistechnologien und die Meßtechnik aufzubauen und Werkzeuge für Bauelemententwurf und -simulation zu erarbeiten. Außerdem war es das Ziel, wichtige Einzelkomponenten zu entwickeln und erste einfache integrierte Strukturen zu verwirklichen. Diese Phase ist abgeschlossen, und der Bereich ist nun in der Lage, seiner eigentlichen Aufgabe, der Entwicklung von komplexen optoelektronisch integrierten Schaltungen (OEICs) und der Bereitstellung von wichtigen Schlüsselbauelementen zum direkten Systemeinsatz im HHI nachzukommen. Diese Situation wurde bei der Planung neuer Projekte im Rahmen des Photonik-Programms und eines TELEKOM-Verbundprogramms für den Zeitraum 1991-1993 berücksichtigt.

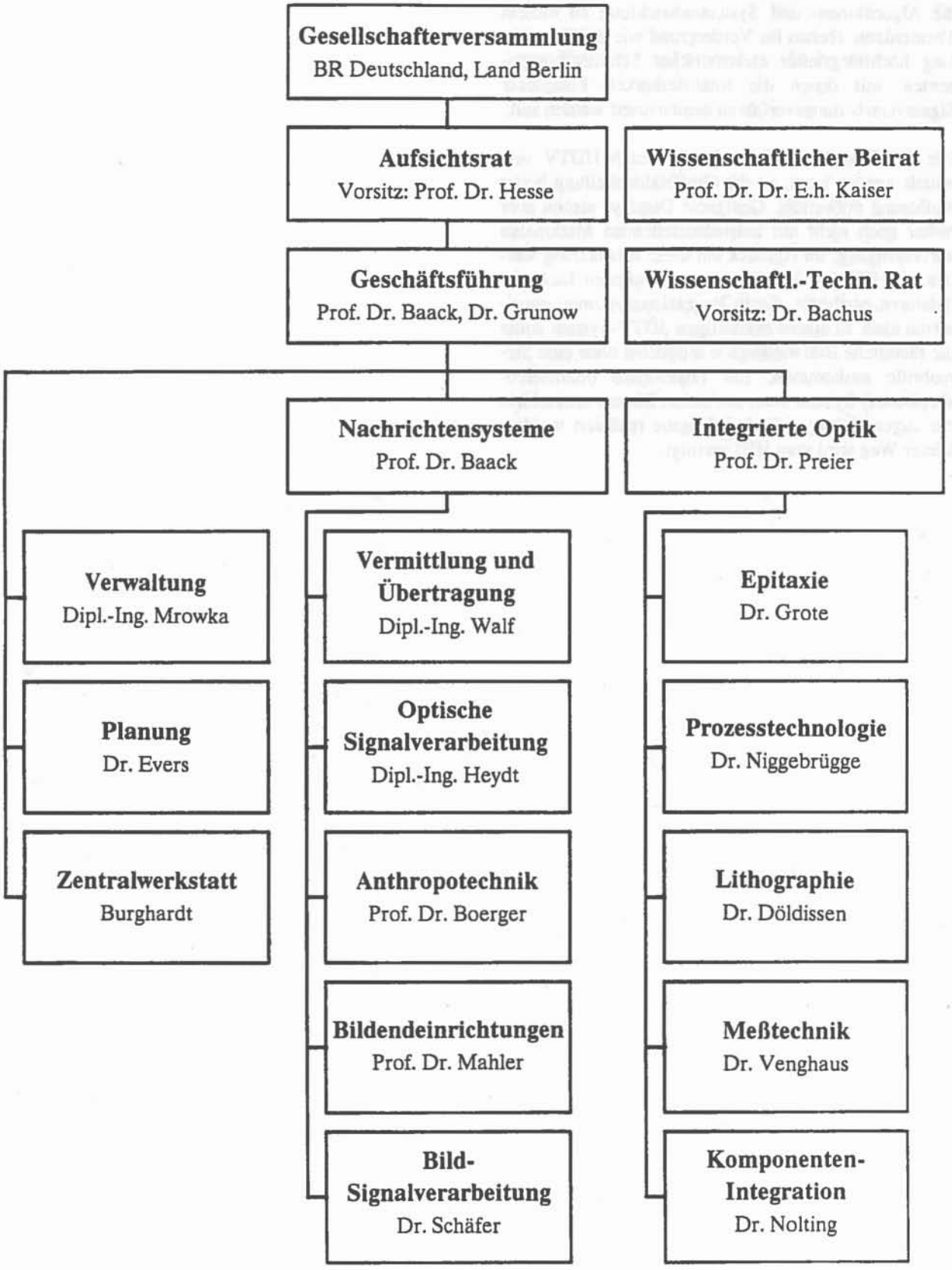
Elektronische Bildtechniken

Die Forschungsschwerpunkte des HHI zielen auf eine Weiterentwicklung elektronischer Bildtechniken und auf die Schaffung infrastruktureller Voraussetzungen zu deren umfassendem Einsatz beim Fernsehen sowie in Kommunikations- und Informationsdiensten. HDTV, 3DTV und 3D-Videokonferenzen sind Beispiele dieser neuen Dienste. Ihre Einführbarkeit hängt in hohem Maße von der Nutzungsbereitschaft der künftigen Anwender ab. Das HHI bemüht sich darum, bereits während der Entwicklung der Systeme Akzeptanzhemmnisse zu erkennen und abzubauen. Dazu ist es notwendig, die sensorischen und kognitiven Fähigkeiten künftiger Benutzer sowie Nutzungsbedürfnisse zu ermitteln und angemessen zu berücksichtigen. Ein wesentliches Instrument zur Lösung dieser Aufgabe sind realitätsnahe Testanwendungen, in denen unter Mitwirkung künftiger Benutzer eine Bewertung der Systeme nach solchen Kriterien wie Telepräsenz, soziale Präsenz, Betrachtungskomfort, Erlebnisqualität, Benutzerfreundlichkeit etc. erfolgt.

Eine weitere Voraussetzung für die Einführung neuer Bilddienste, die in Zukunft volldigital sein werden, ist die Bereitstellung effizienter Signalverarbeitungs- und Codierverfahren für die Aufbereitung, Speicherung und Übertragung der Bildsignale. Aus diesem Grunde steht die Algorithmen- und Systementwicklung zu diesem Themenkreis ebenso im Vordergrund wie die Entwicklung hochintegrierter elektronischer Schlüsselkomponenten, mit denen die Realisierbarkeit komplexer Signalverarbeitungsverfahren demonstriert werden soll.

Für den Telepräsenzeindruck, der durch HDTV vermittelt werden kann, ist die Großbilddarstellung hoher Auflösung notwendig. Geeignete Displays stehen aber bisher noch nicht mit zufriedenstellenden Merkmalen zur Verfügung. Im Hinblick auf diese Anwendung werden im HHI die Grundlagen zu räumlichen Lichtmodulatoren erarbeitet, die in Projektionssystemen einzusetzen sind. In einem zukünftigen 3DTV-System sollte die räumliche Bildwiedergabe möglichst ohne eine Stereobrille auskommen. Ein brillenloses (autostereoskopisches) System kann mit einem Linsenrasterschirm zur augenselektiven Bildwiedergabe realisiert werden. Dieser Weg wird vom HHI verfolgt.

Organigramm des HHI



Struktur

Das Heinrich-Hertz-Institut wurde im Februar 1928 durch Erlaß des damaligen Preußischen Ministers für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung gegründet und der Technischen Hochschule Berlin angegliedert. Im Jahr 1936 wurde das Institut in "Institut für Schwingungsforschung" umbenannt, das 1938 vom Preußischen Staat übernommen wurde. Nach dem Krieg wurde es bis 1954 von der neuentstandenen Technischen Universität Berlin und von 1954 bis 1974 von der "Förderungsgemeinschaft des Heinrich-Hertz-Instituts für Schwingungsforschung e.V." betrieben. Seit 1974 hat das Institut die Rechtsform einer Gesellschaft mit beschränkter Haftung (HHI GmbH), deren Gesellschafteranteile je zur Hälfte von der Bundesrepublik Deutschland und vom Land Berlin gehalten werden. Die Fördergemeinschaft unterstützt auch weiterhin das Institut in Form einer "Gesellschaft von Freunden des Heinrich-Hertz-Instituts e.V."

Die Organe der HHI GmbH sind die Gesellschafterversammlung, der Aufsichtsrat, die Geschäftsführer und der Wissenschaftlich-Technische Rat.

Dem **Aufsichtsrat** gehörten im Berichtsjahr folgende Mitglieder an:

Prof. Dr. J. Hesse, Oberkochen (Vorsitz)
Dr. K. Rupf, Bonn (1. stellv. Vorsitzender)
P. Schuhe, Berlin (2. stellv. Vorsitzender)
Prof. Dr. H.-H. Berger, Berlin
P. Borkamm, Berlin
Dr. K. Kroll, Bonn
Dr. B. Kuhlow, Berlin
Dr. P. Meißner, Berlin
Dr. H. Roehle, Berlin
H. Scholz, Bonn
V. Steiner, Bonn
H. Wolff, Berlin

Der **Wissenschaftlich-Technische Rat** ist paritätisch mit Abteilungsleitern und gewählten Mitarbeitern des Instituts besetzt und berät den Aufsichtsrat und die Geschäftsführung in allen wichtigen wissenschaftlichen und technischen Fragen.

Die Gesellschaft beruft außerdem einen **Wissenschaftlichen Beirat** aus Experten der Industrie, der DBP TELEKOM und des Hochschulbereichs. Dem Wissenschaftlichen Beirat gehörten im Berichtsjahr folgende Mitglieder an:

Prof. Dr. Dr. W. Kaiser, Stuttgart (Vorsitz)
Prof. Dipl.-Ing. G. Bolle, Hildesheim
Dr. G. Groh, Nürnberg
Prof. Dr. W. Harth, München
Prof. Dr. G. Kohn, Stuttgart
Prof. Dr. E. Lüder, Stuttgart
Prof. Dr. H. Melchior (ab 10.9.90)
Prof. Dipl.-Ing. U. Mlecek, Darmstadt
Dr. E.h. F. Ohmann, München (bis 25.4.90)
Dr. H. Ohnsorge, Stuttgart
Prof. Dr. J.A.J. Roufs, Eindhoven (ab 10.9.90)
Dr. R. Steinhart, Backnang
Prof. Dr. B. Wendland, Dortmund
G. Wiest, München (ab 10.9.90)

J. Kanzow, Berlin (Gast)
Dr. K. Rupf, Bonn (Gast)
P. Schuhe, Berlin (Gast)
V. Steiner, Bonn (Gast)

Mitarbeiter, Finanzierung

Am Ende des Berichtsjahres (Stichtag 1.11.1990) beschäftigte das Institut:

Wissenschaftliche Mitarbeiter	149
Technische Angestellte und Sachbearbeiter	108
Lohnempfänger	11
Auszubildende	6

Insgesamt waren damit zum Jahresende 274 Mitarbeiter beschäftigt. Von diesen Mitarbeitern gehörten 142 Mitarbeiter zum Bereich Nachrichtensysteme, 85 Mitarbeiter zum Bereich Integrierte Optik sowie 47 Mitarbeiter zur technischen und administrativen Infrastruktur. Außerdem wurden 43 studentische Hilfskräfte im Berichtsjahr beschäftigt.

Im Rahmen unserer Kooperationen arbeiteten 1990 acht Gastwissenschaftler zeitweilig im HHI.

Das Institut erhielt 1990 von den Zuwendungsgebern Bund und Land Berlin als institutionelle Förderung einen Gesamtzuwendungsbetrag in Höhe von ca. 26,3 Mio DM. Im Rahmen der Projektförderung wurden 1990 dem HHI ca. 22,5 Mio DM vom Bund, der Bundespost-TELEKOM und den Europäischen Gemeinschaften bewilligt. Die Gesellschaft von Freunden des HHI stellte dem Institut Mittel in Höhe von 377,5 TDM zur Verfügung. Den 49,2 Mio DM an verfügbaren Mitteln im Jahre 1990 standen 1989 55,1 Mio DM gegenüber.

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

Berlin, im November 1990

Clemens Baack Wolfgang Grunow

Wissenschaftler-Austausch

Auch im vergangenen Jahr hat das Institut mit zahlreichen Institutionen einen Wissenschaftleraustausch gepflegt.

In der folgenden Zusammenstellung sind Wissenschaftler des HHI und anderer Institute aufgeführt, die an dem Austauschprogramm teilgenommen haben. Die Finanzierung der Gastaufenthalte erfolgte aus Mitteln der beteiligten Institutionen und aus dem Fonds des Vereins der Freunde des Heinrich-Hertz-Instituts.

Gastwissenschaftler-Aufenthalte von HHI-Mitarbeitern im Ausland

Sükrü Yilmaz
Bellcore, Red Bank, New York (USA)
(Projektfinanzierung Tk 444)
15.1.89-31.12.90

Dr. Walter Döldissen
Bellcore, Red Bank, New Jersey (USA)
(Grundfinanzierung des HHI)
1.7.90-30.9.90

Dr. Agnostis Paraskevopoulos
Bellcore, Red Bank, New Jersey (USA)
(Grundfinanzierung des HHI)
1.9.90-30.11.90

Dr. Erwin Patzak
Queen's University Kingston, Ontario (Kanada)
(Finanzierung: Verein der Freunde des HHI)
1.9.90-30.11.90

Dr. Siegmund Pastoor
NHK, Tokio (Japan)
(Finanzierung: Verein der Freunde des HHI)
6.10.90-10.11.90

Gastwissenschaftler im HHI

Prof. Hui-Hai Yao
Shanghai University of Science and Technology (VR China)
(Grundfinanzierung des HHI)
3.4.87-30.9.90

Jianwei Li
Guilin Institute of Optical Communication (VR China)
(Grundfinanzierung des HHI u. Stipendium (China))
15.10.88-31.10.90

Kenneth Leo
Rockwell International, CA, (USA)
(Grundfinanzierung des HHI)
1.9.89-31.7.90

Dr. Georgi Stareev
Institut für Elektronische Technologie, Warschau (Polen)
(Grundfinanzierung des HHI)
1.1.90-31.3.90

Prof. Dr. Kecheng Li
Hebei Semiconductor Research Institute, Shijiazhuang (VR China)
(Grundfinanzierung des HHI)
1.2.90-28.2.91

Suning Xie
China Academy of Electronics and Information Technology, Beijing (VR China)
(Grundfinanzierung des HHI)
9.4.90-31.3.91

Jie Nie
Dalian University (VR China)
(Grundfinanzierung des HHI)
20.9.90-20.9.91

Maka Charatischwili
Georgische Technische Universität, Tbilissi (UdSSR)
(Grundfinanzierung des HHI)
1.11.1990-1.4.1991

Bereich Nachrichtensysteme

Abteilung Optische Signalverarbeitung

Übersicht

In der Informationstechnik erfolgt die Signalverarbeitung derzeit größtenteils mit mikroelektronischen Schaltkreisen, also mit Elektronen. Der Einsatz von Photonen zur Signalverarbeitung hat zwar in *den* Disziplinen der Informationstechnik, die der physikalischen Optik nahestehen, eine lange Tradition, in anderen Bereichen der Informationstechnik wurden entsprechende Verfahren jedoch bisher kaum genutzt.

Elektronen und Photonen haben unterschiedliche, meist jedoch komplementäre Eigenschaften. So führen Wechselwirkungen zwischen Elektronenströmen zum Übersprechen zwischen elektrischen Leitungen, Lichtstrahlen können sich dagegen ohne Beeinflussung kreuzen. Elektronen können in Kondensatoren gespeichert werden, Photonen lediglich in dynamischen optischen Laufzeitgliedern. Optische Signalpfade haben vergichen mit elektronischen eine außerordentlich hohe Bandbreite, Elektronenströme lassen sich im Gegensatz zu Photonenströmen relativ problemlos schalten.

Aufgabe der Abteilung Optische Signalverarbeitung ist es zu untersuchen, bei welchen informationstechnischen Systemen der Einsatz optischer bzw. optoelektronischer Verfahren zu eindeutigen Vorteilen gegenüber der Verwendung ausschließlich elektronischer Verfahren führt. Als Beispiel aus der Vergangenheit ist hier das Gebiet der Fernübertragungstechnik zu nennen, in dem sich die optische Übertragungstechnik bereits klar gegenüber der elektrischen Übertragungstechnik durchgesetzt hat.

In dem vom BMFT geförderten Projekt "Kohärentes optisches Mehrkanalsystem für den Weitverkehr" wurden optische Halbleiterlaserverstärker entwickelt, die in optischen Frequenzmultiplex-Übertragungssystemen (OFDM-Systemen) die heute üblichen optoelektronischen Repeater ersetzen können. Da sämtliche Träger des optischen Frequenzvielfachs mit demselben optischen Verstärker verstärkt werden, ist eine erhebliche Reduzierung des Aufwands gegenüber Systemen mit optoelektronischen Repeatern möglich. Die Verstärker wurden außerdem zur optischen Frequenzumsetzung, als Schalter und als Modulatoren eingesetzt. Ein weiterer Schwerpunkt des Projektes war die Entwicklung und Untersuchung optischer Mehrtor-Übertragungssysteme für 565 Mbit/s und 2,4 Gbit/s.

Ziel des von der DBP TELEKOM geförderten Projektes "Frequenzmultiplextechniken für die kohärente optische Breitbandübermittlung" ist die Untersuchung von Möglichkeiten zur OFDM-Vermittlung mit optisch-optischer Frequenzkonversion. Entsprechende Vermittlungsexperimente wurden bereits durchgeführt. Für die Experimente werden optisch lineare und nichtlineare Komponenten auf der Basis von Polymeren entwickelt. Das Vorhaben soll Mitte 1991 mit der Entwicklung eines Demonstrationssystems abgeschlossen werden.

An dem im BMFT-Forschungsprogramm "Photonik" laufenden Verbundforschungsprojekt "Optische Signalverarbeitung" ist die Abteilung mit dem Projekt "Untersuchungen zur Optischen ATM-Vermittlung" beteiligt. Hierzu wurden erste Vorarbeiten durchgeführt. Die Arbeiten werden Anfang 1991 im Rahmen der beiden Teilprojekte "Charakterisierung optischer Wellenleiterschalter und Entwicklung optischer dynamischer Speicher" und "Entwicklung von Subsystemen zur OATM-Vermittlung mit Selbststeuerung" in vollem Umfang aufgenommen.

Am Photonik-Projekt "OFDM-Vermittlung mit 3D-Raumstufen" beteiligt sich die Abteilung mit dem Teilprojekt "Holographisch-optische Elemente für optische Verbindungsnetzwerke". Hierbei sollen im HHI computergenerierte Hologramme zur Strahlkollimierung bzw. Strahlfokussierung entwickelt werden. Das Projekt wurde am 1.7.1990 begonnen.

Für das RACE-Projekt R1010 (Subscriber CMC System) wurden Systemstudien angefertigt /129/ und Beiträge zum Thema Kohärente optische Vielkanaltechnik veröffentlicht /1, 2, 3, 4, 5, 6, 7/.

Kohärentes optisches Mehrkanalübertragungssystem für den Weitverkehr

Projektleiter: Dr. H.G. Weber	Mitarbeiter in 90: 12
Zuwendungsgeber: BMFT	Laufzeit: 1.7.87-31.12.90

Ziel

Hauptziel dieses Ende 1990 abgeschlossenen Vorhabens war es, kohärente optische Verfahren zur Fernübertragung mit sehr hoher Kapazität zu entwickeln und zu erproben. Dabei sollte eine hohe Kapazität des Einzelkanals durch Einsatz kohärenter optischer Mehrtor-Empfänger erreicht werden. Die Grenzempfindlichkeit und die Anforderungen an die Linienbreite der Laser sind bei derartigen Empfängern die gleichen wie bei Heterodynempfängern. Sie haben jedoch eine Zwischenfrequenz, die bei Null liegt. Bei Verwendung optischer Detektoren und elektrischer Verstärker gleicher maximaler Arbeitsgeschwindigkeit können daher mit Mehrtor-Empfängern im Vergleich zu Heterodynempfängern um etwa den Faktor 3 höhere Bitraten und, in OFDM-Systemen, sehr geringe Abstände der optischen Kanäle erreicht werden.

Ein weiteres wesentliches Ziel des Vorhabens bestand darin, optische Wanderwellenverstärker (Halbleiterlaser-Verstärker) zu entwickeln und in Hinblick auf ihren Einsatz in Mehrkanalübertragungssystemen zu untersuchen. Diese Verstärker dienen dazu, durch Faserdämpfung, -kopplung und -verzweigung verursachte Verluste zu kompensieren. Hierdurch kann die Zahl der für Fernübertragungssysteme benötigten optoelektronischen Repeater erheblich reduziert werden.

Stand im Projekt

Zum Mehrtorempfänger wurden abschließende Arbeiten zur Realisierung verschiedener "optischer Hybride", zur Untersuchung der Eigenschaften dieser Komponenten /8/ und zu einer mit ihnen erreichbaren Lösung des Polarisationsproblems (Polarisations-Diversity oder Polarisations-Regelung) durchgeführt. Im endgültigen Systemaufbau wurde schließlich ein kompaktes "kristall-optisches Hybrid" eingesetzt, das gleichzeitig sowohl Phasen- und Polarisations-Diversity als auch Gegentaktempfang ermöglicht. Mit dem so aufgebauten System wurden Übertragungsexperimente mit 565 Mbit/s bei einer Empfängerempfindlichkeit von -43,4 dBm und einer Bitfehlerrate von 10^{-9} durchgeführt /9, 10/. Die Übertragungsexperimente wurden anschließend mit einem ebenfalls im Projekt entwickelten 2,4 Gbit/s System fortgesetzt.

Die Arbeiten an optischen Verstärkern konzentrierten sich auf Untersuchungen zu Mehrsektions-Halbleiterlaser-Verstärkern /11, 12, 13/, auf den Einsatz von Halbleiterlaser-Verstärkern als optische Frequenzumsetzer /14, 15, 16, 17/ und auf den Aufbau eines Er^{3+}-dotierten Faser-Verstärkers. Außerdem wurde der gesamte Anwendungsbereich von Halbleiterlaser-Verstärkern analysiert /18, 19, 20, 21, 22/. In Zusammenarbeit mit einer Gruppe des Philips Research Laboratory, Eindhoven, wurde eine Verbesserung der Facettenentspiegelung der Verstärker erzielt /23/.

Das Projekt wurde am 31.12.1990 erfolgreich abgeschlossen. Alle Ziele wurden erreicht, die angestrebten Daten wurden teilweise erheblich übertroffen. So konnte die für das Mehrtorsystem ursprünglich vorgesehene Bitrate von 565 Mbit/s auf 2,4 Gbit/s erhöht werden. Trotz gegenteiliger Erfahrungen anderer Forschungsinstitute erwies sich der entwickelte Mehrtorempfänger als wenig störanfällig und als weitgehend polarisationsunabhängig (Abweichungen $\leq$ 0,2 dB). Gründe hierfür sind das neuartige Konzept des verwendeten optischen Hybrides und die guten Leistungsmerkmale des von der Ruhr-Universität Bochum (Prof. Rein) für das Projekt entwickelten elektronischen Multiplizierer-Schaltkreises. Der entwickelte Empfänger dürfte bis hin zu 10 Gbit/s ausbaufähig sein.

Die Arbeiten zur Entwicklung optischer Halbleiterlaser-Verstärker haben nicht nur ihre Vorteile und Probleme beim Einsatz für die Fernübertragung geklärt, sondern auch gezeigt, daß diese Komponenten vielfältige Einsatzbereiche in der optischen Signalverarbeitung haben dürften, z.B. als optischer Frequenzumsetzer. Außerdem konnte demonstriert werden, daß durch Verwendung von im Bereich Integrierte Optik des HHI entwickelten Mehrsektionslasern eine neue Klasse optischer Verstärker mit vielfältigen, gezielt erreichbaren Eigenschaften realisiert werden kann.

Frequenzmultiplex-Techniken für die kohärente optische Breitbandübermittlung

Projektleiter: Prof. Dr. B. Strebel Mitarbeiter in 90: 8
Zuwendungsgeber: DBP TELEKOM Laufzeit: 1.7.87-30.6.91

Ziel

In dem Vorhaben wird untersucht, inwieweit die kohärente optische Vielkanaltechnik auch für Vermittlungsaufgaben in künftigen Breitbandnetzen eingesetzt werden kann /24/. Das Projekt konzentriert sich daher auf die Entwicklung von Strukturen und Technologien für in der Raum-Frequenzebene arbeitende Vermittlungsverfahren. Dabei sollen alle in den Vermittlungsstufen zu transportierenden Signale auf optischen Trägern verbleiben. Es soll also mit rein optischen Komponenten, wie Filtern und Frequenzumsetzern, eine Vermittlung zwischen beliebigen Eingangs- und Ausgangswellenleitern sowie beliebigen Frequenzlagen eines definierten Frequenzrasters möglich sein. Zu diesem Zweck sind elektronisch gesteuerte Trägerfrequenzkoppelpunkte zu entwickeln. Das Projekt soll mit der Entwicklung eines mehrkanaligen Demonstrationssystems abgeschlossen werden, an dem alle wesentlichen Funktionen einer optischen Trägerfrequenzvermittlung gezeigt werden können.

Stand im Projekt

Nach der grundsätzlichen Definition des Trägerfrequenz-Vermittlungsknotens wurden unterschiedliche Knotenstrukturen hinsichtlich Komponentenaufwand, Dämpfung und Möglichkeit der späteren Umrüstung auf eine rein optische Steuerung untersucht. In diesem Zusammenhang wurden Trägerfrequenzschaltungen definiert, die hauptsächlich aus optischen Kanalfiltern und optisch-optischen Frequenzumsetzern bestehen /25, 26/.

An Koppelpunkten zur Trägerfrequenzvermittlung wurden bisher zwei Varianten entwickelt und im System eingesetzt:

- Ein Koppelpunkt mit elektrooptischer Steuerung der Filter und Frequenzumsetzer und

- ein Koppelpunkt mit optisch trägerfrequenter Pulsansteuerung ohne Zwischenschaltung optoelektronischer Schnittstellen mit der Zielrichtung auf den Einsatz in Breitbandabrufsystemen /27/.

Außerdem wurde ein Übertragungssystem mit phasenrauschkompensierendem Modulationsverfahren entwickelt /28/ und bei Signalführung über einen elektrooptisch gesteuerten optischen Koppelpunkt untersucht.

Zur Zeit wird an einem Demonstrationssystem gearbeitet, bei dem zwei Eingangs- und zwei Ausgangswellenleiter jeweils zwei modulierte Träger führen, deren Signalinhalt auf jeden Ausgangswellenleiter und jeden Ausgangsträger geschaltet werden kann.

Für die erwähnten Systemarbeiten war die Entwicklung spezieller optischer Komponenten in Fasertechnologie erforderlich. Hierzu gehörten Mikroringfilter /29/ und ein aktives Abzweigfilter aus Erbium-dotierter Faser /142/.

Ein wesentlicher Projektteil ist der Aufbau einer Technologie und Meßtechnik zur Entwicklung polymerer optischer Komponenten, die in einem späteren Entwicklungsstadium die faseroptischen Komponenten ersetzen sollen. Erste passive Richtkoppler wurden entwickelt, Phasenmodulationsexperimente an koronagepolten Schichten waren erfolgreich /30, 31/. Zur Entwicklung aktiver polymerer Komponenten wurde mit Versuchen zur Dotierung polymerer Schichten mit Erbium begonnen.

Holographisch-optische Elemente für optische Verbindungsnetzwerke

Projektleiter: Dr. B. Kuhlow — Mitarbeiter in 90: 3
Zuwendungsgeber: BMFT — Laufzeit: 1.7.90-31.3.94

Ziel

Eine wesentliche Systemkomponente für das im Rahmen des Photonik-Projektes "OFDM-Vermittlung mit 3D-Raumstufen" zu entwickelnde Vermittlungssystem ist die Koppelnetzstufe mit dreidimensionalen holographisch-optischen Verbindungsnetzwerken. Die Arbeitswellenlänge soll bei 1,5 µm liegen, so daß die Möglichkeit erhalten bleibt, ein optisch transparentes Netz zu realisieren. Jede Raumstufe soll pro Ebene 16 x 16 Eingangs- und Ausgangskanäle aufweisen, die ortsvariant nach beliebigen Mustern miteinander verbunden werden können. Eine begrenzte Anzahl repräsentativer Verbindungen soll realisiert werden, um an ihnen die kritischen Punkte wie z.B. Übersprechen und Übertragungsverluste sowie Justiertoleranzen studieren zu können.

Für die holographisch-optischen Verbindungen sollen computergenerierte Hologramme (CGH) zur Strahlkollimierung bzw. Strahlfokussierung und Ablenkhologramme in Dichromat-Gelatine zu einer Close-Cascade-Anordnung kombiniert werden. Im HHI soll die Entwicklung und Herstellung der CGHs erfolgen. Die Ablenkhologramme werden von der Universität Erlangen-Nürnberg hergestellt werden.

Stand im Projekt

Bei dem am 1.7.1990 begonnen Projekt sollen eingangsseitig jeweils Kollimierungshologramme in Form von Fresnelschen Zonenplatten mit Blaze verwendet werden, die mit Ablenkhologrammen in Form von Bragg-Gittern in Dichromat-Gelatine kombiniert werden. Ausgangsseitig wird die gleiche Hologramm-Kombination in umgekehrter Reihenfolge folgen, wobei das Zonenplatten-Hologramm der Fokussierung des Lichtes auf die Photodiodenempfänger der nachfolgenden Stufe dient.

Es wurden Abbildungs- und Ablenkfehler in der holographischen Verbindungsstufe, verursacht durch Rasterungenauigkeiten und Wellenlängentoleranzen, abgeschätzt und daraus die geometrischen Abmessungen und möglichen Aufbautoleranzen der 3D-Raumstufe bestimmt. Bedingt durch die Abstrahlcharakteristik und die Rasteranordnung der Laser bzw. der angekoppelten Faserenden in der 3D-Raumstufe wurde das Hologrammraster zu 2 mm in horizontaler und zu 3 mm in vertikaler Richtung festgelegt. Die Hologramme werden 2 mm Durchmesser haben und 20° Öffnungswinkel verarbeiten, was einer Brennweite von ca. 6 mm entspricht. Bei 1,5 µm Arbeitswellenlänge weist jede Zonenplatte 57 Ringzonen auf, wobei die äußerste nur noch eine Breite von ca. 8 µm hat. Innerhalb jeder Ringzone entspricht die Blaze-Struktur dem Oberflächenprofil einer überlagerten Linse, zerschnitten in Zonenhöhen der Phasenschiebung $2 \cdot \pi$. Das Profil in den einzelnen Ringzonen wird durch Stufenkeile angenähert. Diese Zonenplatten sollen durch Mikrolithographie und Ätztechnik hergestellt werden. Acht Stufen je Ringzone wurden für die erste Entwicklungsphase festgelegt. Mehrfachlithographie und -ätzungen sind hierbei notwendig, wobei Koinzidenzkopien der einzelnen Masken im Sub-µm-Bereich realisiert werden müssen. Für die Muttermasken wurde Elektronenstrahlaufzeichnung ausgewählt. Zonenplattenmaterialien und geeignete Ätzprozesse wurden ausgesucht, wobei wegen der Ringstrukturen nur isotrope Materialien wie Glas in Betracht kommen. Erste Ätzversuche an verschiedenen Gläsern wurden mit Ionenstrahlätzen (IBE) und reaktivem Ionenätzen (RIE) durchgeführt. Einzelne Teststrukturen mit einer Tiefe von 80-200 nm konnten noch bis in den Sub-µm-Bereich aufgelöst werden. Die optischen Verluste innerhalb der holographischen Verbindung hängen entscheidend von den Oberflächenreflexionen der einzelnen Holographisch-Optischen-Elemente (HOE) ab. Mit einem Multilayer-Programm wurden Entspiegelungsschichten für 1,5 µm berechnet. Danach liefert ein 2-Schichtsystem eine polarisationsunabhängige Entspiegelung über einen breiten Wellenlängenbereich. Erste Entspiegelungsschichten aus TiO_2 und SiO_2 wurden mit Hilfe einer Ionenstrahlsputteranlage hergestellt. Die Dicken der abgeschiedenen Schichten werden in situ mit Hilfe eines "Reflection Wideband Monitoring Systems" (RWMS) kontrolliert.

Abteilung Vermittlung und Übertragung

Übersicht

Aufgabe der Abteilung ist es, technologische und systemtechnische Grundlagen für die Übermittlung breitbandiger digitaler Signale in künftigen optischen Kommunikationssystemen zu erarbeiten. Die in der Abteilung durchgeführten und zum Teil abgeschlossenen Vorhaben waren thematisch auf den breitbandigen optischen Teilnehmeranschluß ausgerichtet. Ziel der Projekte war die Entwicklung breitbandiger optischer Übertragungsverfahren zur TV- und HDTV-Verteilung sowie zur Bewegtbildkommunikation für den Teilnehmerbereich eines universellen Breitbandkommunikationsnetzes.

Im Vorhaben "Hochratige Teilnehmeranschlußleitung mit integrierten optoelektronischen Komponenten" wurden Teilnehmeranschlußleitungen mit hochratiger Zeitmultiplextechnik (1,152 Gbit/s) entwickelt. Es wurden zwei Anschlußleitungen aufgebaut und mit bereits vorhandenen vermittlungstechnischen Einrichtungen zu einem experimentellen Breitbandkommunikationssystem zusammengeschaltet. In den Übertragungssystemen wurden zunächst kommerziell erhältliche optoelektronische Komponenten eingesetzt mit dem Ziel, diese - sobald verfügbar - durch integrierte optoelektronische Komponenten, die von dem Bereich Integrierte Optik entwickelt werden, zu ersetzen. Erste diskrete Komponenten (Laserdiode und Wellenlängen-Duplexer) konnten bereits erfolgreich im Systemeinsatz getestet werden.

Eine Alternative zu hochratigen Zeitmultiplexsystemen sind optische Frequenzmultiplexsysteme (Optical Frequency Division Multiplex, OFDM) mit geringem Kanalabstand der optischen Träger, die eine außerordentlich hohe Übertragungskapazität bieten. Erst mit Hilfe der OFDM-Technik ist es möglich, die nahezu unbegrenzte Übertragungskapazität der Glasfaser zu nutzen. Ziel des Projektes "Kohärentes optisches Fernsehverteilnetz" war die Entwicklung eines kohärenten optischen TV/HDTV-Verteilnetzes, das im optischen Langwellenbereich arbeitet und mit dem die technische Realisierbarkeit kohärenter vielkanaliger Verteilnetze gezeigt werden sollte. Im Rahmen des Vorhabens erfolgte der Aufbau eines zehnkanaligen Fernsehverteilsystems, mit dem ein mehrtägiger Feldversuch (verlegtes Glasfaserkabel, Faserlänge 11 km) erfolgreich durchgeführt wurde. Für das System erfolgte u.a. die Realisierung kompakter optischer Überlagerungsempfänger, für die von der deutschen Industrie spezielle Komponenten im Rahmen von F&E-Aufträgen entwickelt wurden. Es ist beabsichtigt, das kohärente Fernsehverteilsystem in Kombination mit hochratigen optischen Teilnehmeranschlußleitungen auf der "Internationalen Funkausstellung" 1991 auszustellen. Hierbei soll der Systemeinsatz von monolithisch integrierten optoelektronischen Komponenten demonstriert werden, die vom Bereich "Integrierte Optik" entwickelt wurden.

Das HHI ist Partner im RACE-Projekt R 1010 "Subscriber Coherent Multi-Channel (CMC) System". Weitere Partner sind die Firmen Philips (NL, Prime Contractor), Plessey (UK), Siemens (D), LEP (F) sowie die Universität Gent (B). Ziel des Projektes ist die Untersuchung und Demonstration von Einsatzmöglichkeiten von CMC-Techniken für den Teilnehmeranschluß im europäischen universellen Breitbandnetz (IBCN). Die Abteilung Vermittlung und Übertragung trägt hierzu mit der Entwicklung einer Einheit zur Stabilisierung der optischen Sendefrequenzen und durch Systemstudien bei.

Die Arbeiten in den beiden zuerst genannten Vorhaben wurden Ende 1990 abgeschlossen. In den folgenden Jahren werden sich die Forschungsarbeiten der Abteilung auf die Themen optische Vermittlungstechnik und kohärentes optisches lokales Breitbandnetz konzentrieren. Zu dem Thema optische Vermittlungstechnik wird im Rahmen des im BMFT-Forschungsprogramm "Photonik" laufenden Verbundforschungsprojektes "Optische Signalverarbeitung" das Vorhaben "OFDM-Vermittlungssystem mit 3D-Raumstufen" durchgeführt werden. Dieses Vorhaben teilt sich in die drei Teilprojekte "Optische Frequenzvermittlung", "3D-Raumstufe mit holograhisch-optischen Verbindungsnetzwerken" und "Holographisch-optische Elemente für optische Verbindungsnetzwerke" auf. Das zuletzt genannte Teilprojekt wird in der Abteilung "Optische Signalverarbeitung" bearbeitet werden.

Zu dem Thema kohärentes optisches lokales Breitbandnetz wird ein von der DBP TELEKOM gefördertes Vorhaben mit dem Titel "Coherent Optical Broadband Island, COBI" durchgeführt werden.

Hochratige Teilnehmeranschlußleitung mit integrierten optoelektronischen Komponenten

Projektleiter: Dipl.-Ing. G. Teich — Mitarbeiter in 90: 11
Zuwendungsgeber: BMFT — Laufzeit: 1.7.87-31.12.90

Ziel

Eine der wesentlichen 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 war die Entwicklung und der Aufbau aufwandsarmer hochratiger optischer Teilnehmeranschlußleitungen mit einer Übertragungsrate (Nutzbitrate) von 1,152 Gbit/s bei Verwendung von Einmoden-Lichtwellenleitern. Ausgehend von früheren Entwicklungen und Realisierungen im HHI sollte die gleichzeitige Übertragung mehrerer Breitbandsignale (Bildfernsprechen, Standard-TV, HDTV) zum Teilnehmer mit einer Gesamtbitrate von 1,152 Gbit/s (16 x 72 Mbit/s) erfolgen. Für die Übertragung der Schmalbandsignale wurde ein 2,048 Mbit/s-Zeitmultiplexrahmen vorgesehen. Für die Schlußphase des Vorhabens war die Zusammenschaltung der Teilnehmeranschlußleitungen mit bereits entwickelten vermittlungstechnischen Einrichtungen (Breitbandkoppelnetz, TV-Verteilkoppelnetz) und Breitbandendgeräten zu einem Experimentalsystem vorgesehen. Das Experimentalsystem soll als "Testbett" für integrierte optoelektronische Komponenten dienen. Die monolithische Integration der optischen und optoelektronischen Komponenten ist als eine wesentliche Voraussetzung für die Reduzierung der z.Z. sehr hohen Investitionskosten für eine optische Teilnehmeranschlußleitung anzusehen.

Stand im Projekt

Das Projekt wurde am 31.12.1990 abgeschlossen. Im Projektverlauf wurden zwei hochratige optische Teilnehmeranschlußleitungen aufgebaut, die sich im wesentlichen in den zur Richtungstrennung verwendeten Wellenlängen unterscheiden. Die eine Teilnehmeranschlußleitung arbeitet bei $\lambda_1 = 1{,}3\ \mu m$ und $\lambda_2 = 1{,}55\ \mu m$, bei der anderen liegen λ_1 und λ_2 in demselben Wellenlängenbereich um 1,3 µm. Die Nutzbitrate für die Übertragung der Breitbandsignale zum Teilnehmer beträgt 1,152 Gbit/s und in Rückrichtung 288 Mbit/s. Das 2,048 Mbit/s-Schmalband-Zeitmultiplexsignal wird mit dem Breitband-Zeitmultiplexsignal jeweils im elektrischen Frequenzmultiplex gemeinsam übertragen /33, 34/.

Kennzeichnend für die Teilnehmeranschlußleitung sind:

2-stufiger 1,152 Gbit/s-Multiplexer, Verwendung der Manchestercodierung als Leitungscodierung auf der Übertragungsstrecke mit einer Bitrate von 2,3 Gbd, Laseransteuerung mit Laserregelung, optoelektronischer Empfänger mit separaten Vorverstärkern für Breitband- und Schmalbandpfad (Breitbandempfänger-Grenzempfindlichkeit -30 dBm, Schmalbandempfänger-Grenzempfindlichkeit -43 dBm jeweils bei BER = 10^{-9}), Manchester-Decodierung durch analoge Multiplikation vor der Signalregeneration, nach dem Kanalselektorprinzip (Kanalabtastung des Bitinterleaving-Breitband-TDM-Rahmens) arbeitender Breitband-Demultiplexer. Nachdem im System zunächst kommerziell erhältliche optische und optoelektronische Komponenten verwendet wurden, konnten in der Schlußphase des Projekts auch Komponenten (DFB-Laser; Duplexer; vgl. auch /34/) aus dem Bereich "Integrierte Optik" des Heinrich-Hertz-Instituts erfolgreich eingesetzt werden. In der Schlußphase des Vorhabens erfolgte die Zusammenschaltung der Teilnehmeranschlußleitungen mit Vermittlungseinrichtungen (Breitband-Koppelnetz, TV-Verteilkoppelnetz) und Endgeräten zu einem Experimentalsystem. Außer Schmalbanddienste können dem Teilnehmer Breitbanddialog- und Breitbandverteildienste (verteilt und verteilvermittelt) angeboten werden. Im Versuchssystem sind Bildfernsprechen und TV-Verteilung mit einer Bitrate von 72 Mbit/s pro Breitbandkanal implementiert. Mit dem aufgebauten Experimentalsystem steht ein "Testbett" zur Verfügung, in dem integrierte optoelektronische Komponenten versuchsweise eingesetzt werden können. Projektübergreifend wurde ein Systemversuch erfolgreich durchgeführt, bei dem eine Teilnehmeranschlußleitung mit Direktdetektion unter Verwendung ein und derselben Glasfaser mit einem kohärenten Übertragungssystem zur TV-Verteilung zusammengeschaltet wurde.

Kohärentes optisches Fernsehverteilnetz

Projektleiter: Dr. P. Meißner	Mitarbeiter in 90: 15
Zuwendungsgeber: BMFT	Laufzeit: 1.7.87-31.12.90

Ziel

Das kabelgebundene Verteilen von Fernseh- und Tonprogrammen erfolgt derzeit mit analogen Signalen über breitbandige Koaxial-Kupferkabelnetze, die eine Baumstruktur haben und bei denen in relativ kurzem Abstand Verstärker eingesetzt werden müssen. Kennzeichen dieser Netze ist, daß sämtliche zu verteilende Programme über das Kabel zum Teilnehmer geführt werden und die Programmauswahl direkt im jeweiligen Endgerät stattfindet. Die Kapazität heute international diskutierter digitaler optischer Zeitmultiplex-Teilnehmeranschlußsysteme (maximal 622 Mbit/s) reicht nicht aus, um eine hohe Zahl von Programmen gleichzeitig dem Teilnehmer zuzuführen. Eine Vermittlung der Programme von der Zentrale her ist daher unvermeidlich. Will man in künftigen optischen Verteilnetzen, wie bei den Koaxialkabelsystemen, sämtliche angebotene Programme zum Teilnehmer führen, muß die Kapazität des optischen Teilnehmeranschlusses wesentlich erhöht werden. Hierfür stehen grundsätzlich drei Möglichkeiten zur Verfügung:

- Erhöhung der Übertragungsrate bis in den Multi-Gbit/s-Bereich,
- Verwendung eines elektronischen Frequenzvielfachs,
- Verwendung eines optischen Frequenzvielfachs und Selektion durch optische Filter oder durch optische Überlagerungsempfänger.

Die letztere Möglichkeit bietet prinzipiell die größte erreichbare Übertragungskapazität (Hunderte von Gbit/s) und eine hohe Empfängerempfindlichkeit, die sich sowohl durch das verwendete optische Überlagerungsprinzip ergibt, als auch durch die im einzelnen optischen Kanal auftretende relativ niedrige Bitrate bestimmt wird. Ziel der in den wesentlichen Punkten Ende 1990 abgeschlossen Arbeiten war die Entwicklung eines im optischen Langwellenbereich ($\lambda = 1{,}5\ \mu m$) arbeitenden kohärenten TV- und HDTV-Verteilsystems. Ein Schwerpunkt der Entwicklung lag im Aufbau kompakter, robuster und in ihren Eigenschaften stabilen Systemkomponenten.

Stand im Projekt

Ein kohärentes optisches Mehrkanal-Fernsehverteilnetz wurde unter Einbindung eines im Feld verlegten Glasfaserkabels (Faserlänge 11 km) aufgebaut. Das System ist in der Lage, bis zu 1024 Endgeräte mit 10 TV-Programmen zu versorgen. Die Beschränkung auf bisher 10 Kanäle beruht auf dem noch sehr eingeschränkten Abstimmbereich der verfügbaren Laserdioden.

Die Daten des Systems sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt /35, 36, 37, 38, 39, 40, 41/:

Sende-Module	
Leistung in der Faser	>2 dBm
optische Isolation	>70 dB
Linienbreite	20...40 MHz
Bitrate (Leitungskode)	140 Mbit/s
Frequenzhub	2,7 GHz
Kanalstabilisierung	
Auflösung	<30 MHz
Überwachungsbereich	130 GHz
Kanalabstand	8 GHz
LO-Module	
Leistung in der Faser	3 dBm
Linienbreite	20...40 MHz
Empfänger	
Gegentakt-Polarisations-Diversity	
Single Filter Empfänger	
Äquivalenter Rauschstrom	7,5 pA/sqrt(Hz)
ZF-Frequenz	1,4 GHz
Empfindlichkeit am Empfängereingang für BER=10^{-9} (Wortlänge: 2^{23}-1)	-49 dBm
Systemreserve	4,5 dB

Für das Projekt wurden faseroptische Komponenten im Rahmen eines F&E-Vertrages von der Industrie entwikkelt und im System eingesetzt. Parallel wurden im Rahmen anderer F&E-Verträge hybride optische Eingangsteile und abstimmbare Halbleiterlaser entwickelt.

Subscriber CMC System,
Teilprojekt Systemaspekte (RACE 1010)

Projektleiter: Dr. C. v. Helmolt	Mitarbeiter in 90: 5
Zuwendungsgeber: EG (50%)	Laufzeit: 1.1.88-31.12.92

Ziel

Das HHI war bereits im Jahr 1986 in der RACE Definitionsphase (RDP) Prime Contractor des RDP Projekts 1032, das die Einsatzmöglichkeiten von kohärenten optischen Vielkanalsystemen (Coherent Multi-Channel, CMC) für den Teilnehmeranschluß im europäischen IBCN untersuchte. Diese Arbeiten bildeten die Grundlage zur Bildung eines europäischen Konsortiums, das im Herbst 1987 einen Projektvorschlag zu diesem Thema bei der Europäischen Gemeinschaft im Rahmen der anlaufenden Hauptphase von RACE einreichte. Der Antrag wurde, wenn auch gekürzt, bewilligt. Das Konsortium besteht aus den Firmen Philips (NL), Siemens (D), Plessey (UK) und LEP (F) und den Instituten HHI (D) und IMEC (B). Die Firma Philips ist Prime Contractor. Mit den Arbeiten wurde am 1.1.1988 begonnen. Die vorgesehene Laufzeit beträgt fünf Jahre, der personelle Gesamtaufwand etwa 180 Mannjahre.

Ziel des Gesamtprojekts ist es einerseits, durch die Entwicklung eines Demonstrationssystems die Möglichkeiten und die technische Realisierbarkeit von CMC-Teilnehmeranschlußsystemen zu zeigen. Kritische Baugruppen wie kohärente Sendermodule und optische Heterodynempfänger werden nach vereinbarten Spezifikationen von Philips, Siemens und Plessey für das System geliefert werden. Weitere Ziele des Projekts sind die Weiterentwicklung abstimmbarer Laser, die Entwicklung integrierter optoelektronischer Komponenten und die Anfertigung von Systemstudien zum Einsatz von CMC-Techniken im IBCN. Das HHI hat u.a. die Aufgabe übernommen, für das Demonstrationssystem, das bei Plessey aufgebaut werden soll, die Vielkanal-Frequenzstabilisierung (Multi-Channel Stabilization Unit, MSU) zu entwickeln und das Gerät zu Beginn des vierten Jahres der Projektlaufzeit im Demonstrationssystem einzusetzen. Weitere Aktivitäten beinhalten die Untersuchung verbesserter Laser-Frequenzstabilisierungsverfahren sowie das Erstellen von Systemstudien.

Stand im Teilprojekt Systemaspekte

Multi-Channel Stabilization Unit, MSU:

Die Arbeiten konzentrierten sich auf die Entwicklung des rechnerkontrollierten Heterodynspektrometers, das einen Mehrkontakt-Laser enthält, auf den Aufbau und Test der MSU Hardware sowie auf die MSU Softwareentwicklung. Von den Projektpartnern wurden zwei Referenzlaserbaugruppen für die MSU sowie der Mehrkontakt-Lasermodul und das optische Polarisations-Diversity-Frontend für das Heterodynspektrometer zugeliefert. Alle drei vom HHI zu erstellenden Baueinheiten wie die T4/T6 Schnittstellen-, die Sternkopplersowie die Heterodynspektrometereinheit sind betriebsbereit und in die MSU Hardware integriert.

Die MSU Software zum Ansprechen sämtlicher Schnittstellen sowie für den automatischen Transmitter "Start-up" und die Frequenzstabilisierung wurde entwickelt und getestet. Der MSU Betrieb mit zwei Referenzlasern und einem Sendelaser wurde erfolgreich gezeigt. Nach Abschluß der Programmierarbeiten kann die MSU zu Beginn des Jahres 1991 entsprechend der Planung der Firma Plessey zum Aufbau des Demonstrationssystems übergeben werden.

Verbesserte Frequenzstabilisierung:

Eine Studie zur frequenzmäßigen Anbindung an ein HF-Normal wurde erstellt und Experimente dazu wurden begonnen.

Systemstudien:

Die Arbeitsgruppe "Systeme", die vom HHI geleitet wird, hat einen dritten CMC Bericht verfaßt /129/, in dem u.a. auf das "Engineering" von CMC Systemen sowie auf interaktive Dienste eingegangen wird.

Abteilung Anthropotechnik

Übersicht

Schwerpunkt der Arbeiten der Abteilung Anthropotechnik ist die Ermittlung von Anforderungen, die aus der Sicht künftiger Benutzer an neue Fernsehsysteme und Bildkommunikationsdienste zu stellen sind. Dabei sind die sensorischen und kognitiven Merkmale der Benutzer sowie deren Nutzungsbedürfnisse zu berücksichtigen.

Im Vorhaben "Bewegtbildübertragung für die Individualkommunikation (Teil 2)" wurden Grundlagen für eine bedarfsgerechte Gestaltung eines künftigen Bildfernsprechdienstes erarbeitet, Optimierungen an Endgeräten durchgeführt und Bedienprozeduren entwickelt. Unter besonderer Berücksichtigung der Nutzungsformen 'Arbeitsplatzkonferenz mit Teilnehmern an verschiedenen Orten' (Mehrpunkt-Videokonferenz) und 'Integrierte Dienstenutzung' wurden unterschiedliche Systemvarianten aufgebaut und in realitätsnahen Modellkonferenzen von Versuchspersonen bewertet. Die im HHI gewonnenen Erkenntnisse wurden gemeinsam mit einem Industriepartner beim Aufbau von Bildtelefon-Endgeräten ausgewertet. Das Vorhaben ist im vergangenen Jahr erfolgreich abgeschlossen worden.

Mit dem neuen Vorhaben "Videokonferenzen mit HDTV- und 3DTV-Techniken" soll untersucht werden, ob sich technische Beschränkungen bestehender Bildkommunikationsdienste in einer geringen "sozialen Präsenz" der kommunizierenden Partner niederschlagen und sich damit als Nutzungshemmnisse auswirken. Mit Modellkonferenzen, in denen hochqualitative Bildtechniken in konsequenter Weise eingesetzt werden, soll diese Frage geklärt werden, und es sollen Vorschläge für die apparativen Erfordernisse künftiger Konferenzsysteme erarbeitet werden.

Unter dem Titel "Bedeutung von Bewegtbilddarstellungen für die Informationsvermittlung" soll untersucht werden, ob Informationsdienste mit einem Bewegtbildangebot einen zusätzlichen Nutzen gegenüber Informationsdiensten ohne Bewegtbild haben. Ein weiterer Schwerpunkt in diesem Vorhaben gilt der Ermittlung von Gesetzmäßigkeiten der menschlichen Objekt- und Bewegungswahrnehmung. Diese Arbeiten haben vor allem Bedeutung für die Entwicklung von intelligenten Bildcodierverfahren.

Der Qualitätsgewinn durch die Wiedergabe der binokularen Tiefeninformation gegenüber der 2D-Darstellung wird im Vorhaben "Bildgüteparameter bei HDTV und 3DTV" ermittelt. Unter anderem soll hierbei auch der Einfluß des Betrachtungsabstandes auf die Bewertungsvariablen "Realitätsempfinden" und "Betrachtungskomfort" bei der Wiedergabe von bewegten Szenen untersucht werden. In einem weiteren Schwerpunkt dieses Vorhabens wird das Problem der Zwischenbildinterpolation bearbeitet. Es werden Bildverarbeitungsverfahren entwickelt, mit deren Hilfe es gelingt, aus den Aufnahmen dreier Kameras veränderte Ansichten von räumlichen Szenen zu berechnen. Anwendungen dieser Verfahren sind beim 3D-Fernsehen und bei Bildkommunikationssystemen vorgesehen.

Bewegtbildübertragung für die Individualkommunikation (2)

Projektleiter: Dr. L. Mühlbach — Mitarbeiter in 90: 9
Zuwendungsgeber: BMFT — Laufzeit: 1.7.86-30.6.90

Ziel

Ziel des Vorhabens war die Erweiterung des Nutzungsspektrums eines Bildfernsprechdienstes durch Entwicklung und Erprobung neuer Endgeräte- und Systemfunktionen. So wurden z.B. Verfahren untersucht, mit denen eine interaktive Dokumentenbearbeitung und -übertragung in benutzerfreundlicher Weise ermöglicht wird. Die Anwendung des Bildfernsprechens für Mehrpunkt-Videokonferenzen vom Arbeitsplatz aus wird als besonders sinnvolle Nutzungsart angesehen. Hierfür waren u.a. Prinzipien zur benutzerfreundlichen Gestaltung der Endgeräte und der Vermittlungsprozeduren zu erarbeiten. Bildfernsprechgeräte können auch als Multidienste-Endgeräte genutzt werden. Die damit erreichbare erweiterte Dienstenutzung führt zu höherer Bedienungs-Komplexität und entsprechenden Bedienproblemen, die analysiert und gelöst werden mußten.

Die in diesem und in einem Vorläufervorhaben gewonnenen Erkenntnisse sind in den Bau von sieben Prototypen von Bildfernsprechendgeräten und einer Vermittlungssteuerung für Mehrpunkt-Konferenzen eingeflossen, der von einem Kooperationspartner aus der Industrie durchgeführt wurde.

Stand im Projekt

Das Projekt wurde am 30.6.1990 erfolgreich abgeschlossen. Ergebnisse sind auf Benutzeruntersuchungen basierende Empfehlungen für die Gestaltung von Endgeräten und Dienstemerkmalen: Mehrpunkt-Videokonferenzen, interaktive Dokumentenübertragung beim Bildfernsprechen, Bedienung von Multidienste-Endgeräten. /131, 44, 48/.

So wurden z.B. verschiedene Varianten eines Laborsystems für Mehrpunkt-Arbeitsplatzkonferenzen mit unterschiedlicher Ausstattung für die Übertragung visueller Informationen getestet. Dabei stellte sich u.a. heraus, daß die Bewegtbildübertragung Vorteile bei der Übertragbarkeit nonverbaler Signale bringt, die "soziale Präsenz" erhöht und Mehrpunkt-Konferenzen attraktiver machen kann, daß solche Konferenzen sich aber auch mit einem guten Tonkonferenzsystem erfolgreich durchführen lassen, wobei neben einer ausreichenden Audiobandbreite (ca. 7 kHz) das Freisprechen ohne Sprachschalter und der durch "Pseudo-Stereophonie" ermöglichte Cocktailparty-Effekt von besonderer Bedeutung sind.

Im Jahre 1990 wurden Methoden und Systemkomponenten zur interaktiven Dokumentenübertragung beim Bildfernsprechen hinsichtlich des Fernzeigens und Fernmarkierens, der Fernsteuerung der Partnerkamera und einer elektronischen Wahl des Bildausschnitts entwickelt und in Benutzeruntersuchungen bewertet sowie entsprechende Empfehlungen erarbeitet /53/. Bei einem Experiment, bei dem eine dem HDTV entsprechende örtliche Auflösung bei der Dokumentenübertragung mit einer Auflösung nach TV-Standard verglichen wurde, stellte sich heraus, daß eine örtliche Auflösung gemäß dem europäischen HDTV-Vorschlag hilfreich ist /45, 46/.

Eine Untersuchung, bei der die Entwicklung und Evaluierung von benutzerfreundlichen Vermittlungsprozeduren für die Einberufung von Mehrpunkt-Konferenzen im Vordergrund stand, ergab u.a., daß zur Einberufung solcher Konferenzen Prozeduren möglich sein sollten, die - ausgehend von einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung - eine dynamische Erweiterung der Teilnehmerzahl per Selbstwahl zulassen /47, 49/.

Um Bedienprobleme von Multidienste-Endgeräten zu lösen, die insbesondere bei einer gleichzeitigen und kombinierten Nutzung mehrerer Dienste auftreten, wurden zwei neue Bedienkonzepte entwickelt und im Rahmen einer Benutzeruntersuchung miteinander sowie mit einem an herkömmlichen Endgeräten orientierten Bedienkonzept verglichen. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten u.a., daß graphische Benutzeroberflächen (s. **Bild**) nicht uneingeschränkt zur Bedienung von Multidienste-Endgeräten empfohlen werden können; bewährt haben sich tastaturorientierte Bediensysteme nach dem Prinzip von "generischen Funktionen" /50, 51, 52/.

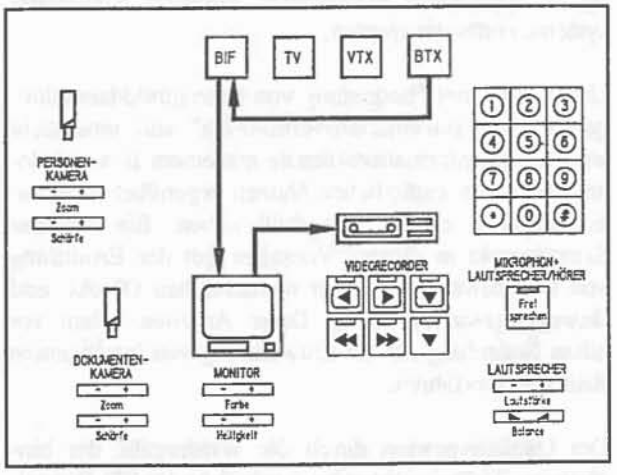


Bild: Graphische Benutzeroberfläche für Multidienste-Endgeräte

Videokonferenzen mit HDTV- und 3DTV-Techniken

Projektleiter: Dr. L. Mühlbach — Mitarbeiter in 90: 9
Zuwendungsgeber: BMFT — Laufzeit: 1.7.90-30.6.94

Ziel

Die geringe Bereitschaft zur Nutzung des Videokonferenzdienstes kann darin begründet sein, daß sich viele Aspekte einer persönlichen Begegnung mit der Standard-Videotechnik nicht abbilden lassen. Es soll untersucht werden, inwieweit dieses Defizit durch Anwendung von Techniken des hochauflösenden Fernsehens (HDTV) und des dreidimensionalen Fernsehens (3DTV) verringert werden kann. Mit diesen Techniken ergibt sich gegenüber der Standard-Fernsehtechnik u.a. die Möglichkeit, Personen in natürlicher Größe bei angemessener Auflösung darzustellen und die Perspektiven sowie die Bewegungsparallaxe (d.h. die Wahrnehmung einer gegenseitigen Verschiebung ungleich entfernter Objekte bei Bewegung des Betrachters) für jeden Konferenzteilnehmer realitätsnah nachzubilden. Im Labor werden unter Verwendung von HDTV-Geräten der EUREKA 95-Entwicklung und verschiedener 3DTV-Techniken entsprechende experimentelle Videokonferenzsysteme aufgebaut und im Rahmen von Benutzeruntersuchungen von Versuchspersonen erprobt sowie mit Konferenzeinrichtungen nach TV-Standard und mit Präsenzkonferenzen verglichen. Weiterhin wird untersucht, wie die Wiedergabe von in einem Rechner gespeicherten Daten oder Dokumenten im Rahmen von HD- und 3D-Videokonferenzen realisiert werden sollte.

Stand im Projekt

Mit der Vorbereitung der geplanten Benutzeruntersuchungen und mit Vorarbeiten zu den Versuchsaufbauten wurde begonnen. Fertiggestellt sind Festlegungen der Rahmenbedingungen der Untersuchungen und der zentralen unabhängigen und abhängigen Variablen; erste Überlegungen zu Versuchsaufgaben und experimentellen Designs liegen ebenfalls vor. Wesentliche Parameter der Versuchsaufbauten wie Bildgrößen, Betrachtungsabstände, Anforderungen an 3D-Zeitmultiplex-Projektoren (z.B. hinsichtlich der Nachleuchtdauer der Phosphore), Projektionsschirme usw. sind festgelegt. Erste Vorversuche zum Kameraaufbau bei stereoskopischen Videokonferenzen und zur Kameranachführung bei Videokonferenzen mit Abbildung der Bewegungsparallaxe wurden durchgeführt.

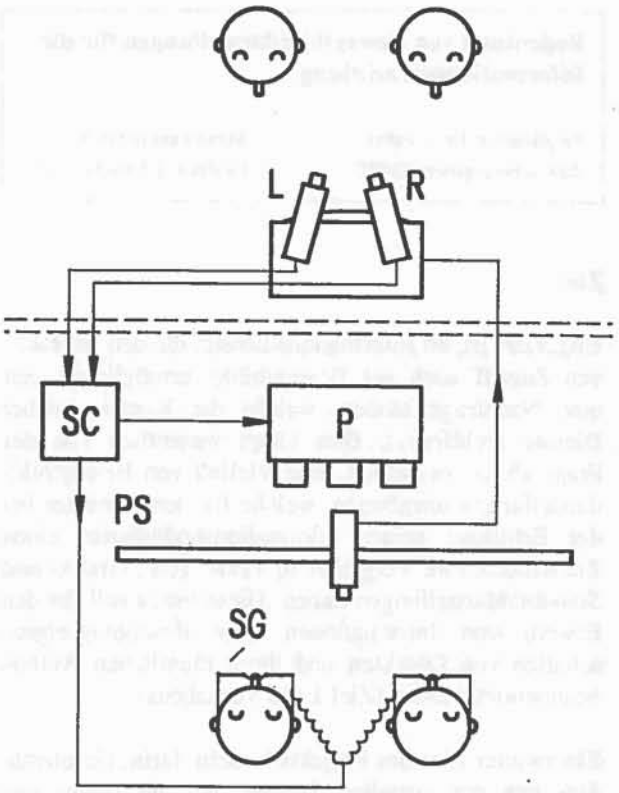


Bild 1: Versuchsaufbau für eine stereoskopische Videokonferenz
L, R=Kameras, SC= Zeitmultiplexsteuerung, P= Projektor, PS= Proj.-Schirm, SG= Shutterbrille

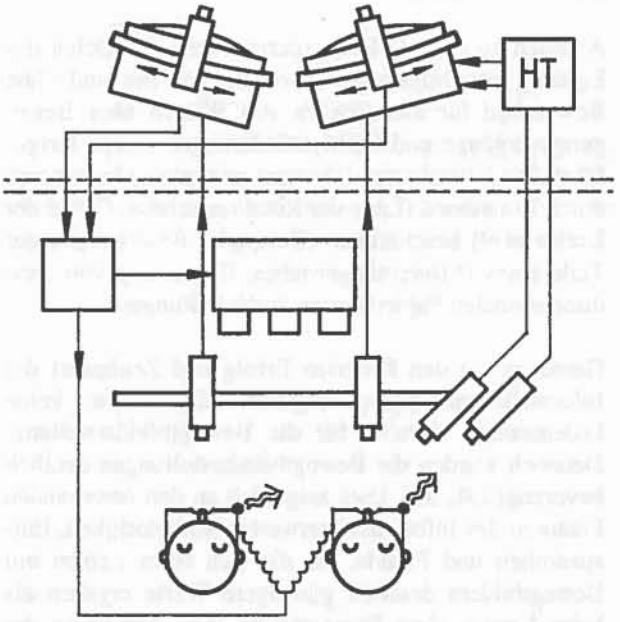


Bild 2: Versuchsaufbau für eine Videokonferenz mit Bewegungsparallaxe
HT= Headtracker

Bedeutung von Bewegtbilddarstellungen für die Informationsvermittlung

Projektleiter: Dr. J. Faber — Mitarbeiter in 90: 5
Zuwendungsgeber: BMFT — Laufzeit: 1.1.89-31.8.92

Ziel

Ungeklärt ist, ob Informationsdienste, die den interaktiven Zugriff auch auf Bewegtbilder ermöglichen, auf eine Nachfrage stoßen, welche die Kosten solcher Dienste rechtfertigt. Dies hängt wesentlich von der Frage ab, ob es gelingt, eine Vielfalt von Bewegtbilddarstellungen anzubieten, welche für den Benutzer bei der Erfüllung seiner Informationsbedürfnisse einen Zusatznutzen im Vergleich zu Text-, Ton-, Grafik- und Standbilddarstellungen haben. Diese Frage soll für den Erwerb von Informationen über Bewegungseigenschaften von Objekten und ihren räumlichen Aufbau beantwortet werden (Ziel 1 des Vorhabens).

Ein zweites Ziel des Projekts besteht darin, Gesetzmäßigkeiten des visuellen Systems bei der Form- und Bewegungswahrnehmung zu erarbeiten. Die Ermittlung von solchen heute weitgehend unbekannten Wahrnehmungsgesetzen interessiert im Hinblick auf die Entwicklung von effektiven, szenenorientierten Bildcodierverfahren, welche an die Leistung des visuellen Wahrnehmungssystems heranreichen, die im Bewegtbild enthaltene Redundanz auszunutzen.

Stand im Projekt

Arbeiten zu Ziel 1: Der experimentelle Vergleich der Eignung von Informationsdarstellungen mit und ohne Bewegtbild für den Erwerb von Wissen über Bewegungsvorgänge und Formveränderungen wurde fortgeführt. Die betrachteten Bewegungsvorgänge lassen sich durch Rotationen (Lage der Rotationsachsen, Größe der Drehwinkel) beschreiben. (Beispiele: Bewegungen der Teile eines Differentialgetriebes, Entstehung von dreidimensionalen Papierfiguren durch Faltungen).

Gemessen an den Kriterien Erfolg und Zeitbedarf der Informationsaneignung ergaben sich bisher keine bedeutsamen Vorteile für die Bewegtbilddarstellung. Dennoch wurden die Bewegtbilddarstellungen deutlich bevorzugt /54, 55/. Dies zeigt sich an den emotionalen Faktoren des Informationserwerbs: Mühelosigkeit, Entspanntheit und Freude, für die sich beim Lernen mit Bewegtbildern deutlich günstigere Werte ergaben als beim Lernen ohne Bewegtbilder (s.u. Abbildung der Ergebnisse, hier für den subjektiven Faktor Mühelosigkeit). Der vorliegende Befund war besonders stark ausgeprägt beim Einsatz einer Medienkombination, bei der die Versuchsteilnehmer in Ergänzung zur Bewegtbilddarstellung auch Standbilder in Anspruch nehmen konnten. Die erzielten Ergebnisse sind insofern von besonderer Bedeutung, da sich in der öffentlichen Diskussion mehr und mehr die Überzeugung durchsetzt, daß die bisher geringe Akzeptanz neuer Dienste wesentlich auf die unzureichende Befriedigung der emotionalen Bedürfnisse zurückgeht.

Arbeiten zu Ziel 2: Ausgangspunkt der gegenwärtigen Arbeiten ist das Phänomen, daß simultane Bewegungen mehrerer Punkte wahrnehmungsmäßig in Komponenten relativ zu bewegten Bezugssystemen aufgespalten werden und daß die Bewegungen der Bezugssysteme davon separiert erlebt werden. In der Identifikation der für verschiedene Punkte gemeinsamen Bezugssysteme scheint der Schlüssel zur Erkennung zusammengehöriger Objektteile und ihrer gemeinsamen Bewegungsbahnen zu liegen. Hiervon ausgehend wurde ein Modell entwickelt, das darauf abzielt, dieses Problem vorerst für Punkte zu lösen, die sich aus Sicht des Wahrnehmenden auf Bahnkurven ausschließlich in der xy-Ebene bewegen. Bisherige Gültigkeitstests zur Voraussage der in der Wahrnehmung entstehenden Relativbewegungen mehrerer gleichzeitig bewegter Punkte konnten in diesem Jahr erfolgreich fortgesetzt werden. Daraufhin wurde das Modell, welches bisher für die Behandlung von optischen Reizen gleicher Helligkeit konstruiert war, auch auf optische Reize unterschiedlicher Helligkeit ausgedehnt. Sollte sich diese Erweiterung bewähren, ist dies ein weiterer Schritt in Richtung auf das Ziel, die Wahrnehmung von im Bewegtbild dargestellten natürlichen Objekten und deren Bahnkurven aus der räumlich-zeitlichen Verteilung optischer Reize vorauszusagen.

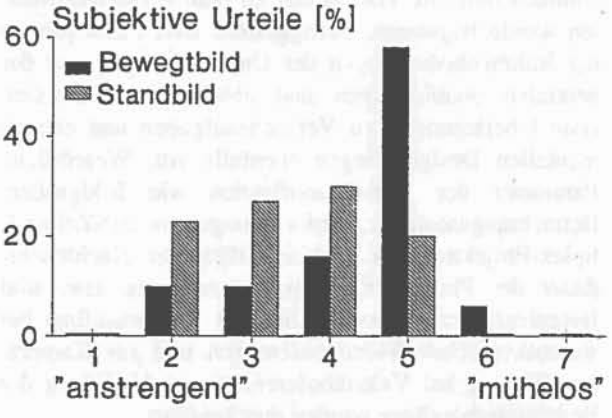


Bild: Die Überlegenheit der Bewegtbilddarstellung beim Informationserwerb zeigt sich in den subjektiven Skalierungen.
Beispiel: 'anstrengend - mühelos'.

Bildgüteparameter bei HDTV und 3DTV

Projektleiter: Dr. S. Pastoor — Mitarbeiter in 90: 8
Zuwendungsgeber: BMFT — Laufzeit: 1.7.87-30.6.91

Ziel

Die Bildgüte soll beim künftigen Fernsehen durch eine gesichtsfeldfüllende Großbilddarstellung (HDTV) und ggf. durch die Wiedergabe binokularer Tiefeninformationen (3DTV) wesentlich gesteigert werden. Beide Systeme sind noch nicht hinreichend untersucht, um die bestmögliche Ausnutzung zu gewährleisten. Eine offene Frage betrifft den anzustrebenden Betrachtungsabstand. Konzepte, die das Realitätsempfinden des Zuschauers durch eine drastische Verringerung des Betrachtungsabstandes steigern wollen (z.B. "2H"-Konzept) und dadurch höchste Anforderungen an das Wiedergabegerät stellen, basieren ausschließlich auf Untersuchungen mit Standbildern. Es ist jedoch nachgewiesen, daß der bevorzugte Abstand bei steigendem Bewegungsgehalt der Bilder auf mehr als "4H" zunehmen kann. Hier gilt es, einen sinnvollen Kompromiß zu finden /56, 57/. Ungeklärt ist auch, welcher Qualitätsgewinn durch die Wiedergabe der binokularen Tiefeninformation beim Großbildfernsehen erzielbar ist und welche Anforderungen an die 3D-Bildreproduktion zu stellen sind /58, 59/. Diese Fragen werden durch subjektive Beurteilungen von HDTV- und 3D-Szenenwiedergaben geklärt. Ein weiterer Vorhabenteil befaßt sich mit dem Problem des Blickkontaktes beim Bildfernsprechen. Mit Hilfe von Stereoanalyse- und Syntheseverfahren soll das Bild einer virtuellen Kamera konstruiert werden, die sich in der Blickrichtung des Teilnehmers befindet. Bei Multipoint-Konferenzen soll eine programmierbare Positionierung der virtuellen Kamera möglich sein, um den Gesprächsablauf -wie bei der natürlichen Konferenz- durch das Blickverhalten steuern zu können. Die Methode der Zwischenbildberechnung läßt sich auch zur Datenkompression in autostereoskopischen 3DTV-Multiview-Systemen anwenden.

Stand im Projekt

Referenz-Betrachtungsabstand für HDTV: Die Ergebnisse aus drei Untersuchungen zum bevorzugten Betrachtungsabstand sprechen unabhängig von produktionstechnischen Merkmalen der Filmgestaltung übereinstimmend für einen Referenzabstand von 3H /60/. Auch eine betont ruhige Filmgestaltung (großer Bildwinkel, niedrige Schnittfrequenz, Vermeidung von Kamerabewegungen) führt nicht zu einer Bevorzugung geringerer Betrachtungsabstände als 3H. Die erwünschten psychologischen Effekte der Großbildwiedergabe werden beim 3H-Abstand in der bestmöglichen Weise erreicht.

Leuchtdichte-Unsymmetrie im Stereopaar bei 3DTV: Unterschiede der Übertragungsfunktionen der beiden Stereokanäle führen zu visuell beanspruchenden Leuchtdichteunsymmetrien (LU). Wahrnehmbarkeits-Untersuchungen ergaben, daß ruhende LU 3-6 dB betragen dürfen und daß bewegte LU von 0,2 dB bereits wahrnehmbar sind (s. **Bild**) /61/. Bewegte Störmuster können bei Linsenraster-3D-Bildschirmen auftreten, wenn sich der Betrachter bewegt.

Zwischenbildberechnung: Um das Bild einer virtuellen Kamera aus reellen Aufnahmen berechnen zu können, muß zunächst die Tiefenstruktur der aufgenommenen Szene ermittelt werden. Dazu werden aus drei stereoskopischen Aufnahmen der Szene zusammengehörige Bildpunkte einander zugeordnet (Korrespondenzsuche). Aus deren horizontalen Lageunterschieden wird auf die Objekttiefe geschlossen. Es wurden drei Verfahren zur Korrespondenzsuche erprobt: (1) die lokale Blockkorrelation, (2) ein Segment-Matching Verfahren und (3) die dynamische Programmierung /62/. Verfahren (3) liefert gegenwärtig die besten Resultate. In Zukunft soll es durch Ausnutzung der Bewegungsparallaxe aus einer Bildsequenz weiter verbessert werden. Zur Zwischenbildsynthese wurden zwei Verfahren untersucht: (1) Entsprechend der Zwischenbildrichtung werden die Disparitätswerte interpoliert und zur lateralen Verschiebung der Bilddaten eines reellen Bildes verwendet. (2) Aus den Disparitätsdaten wird durch Triangulation die Szenenoberfläche näherungsweise nachgebildet und mit den Texturdaten aus den reellen Bildern belegt. Dieses 2½D-Modell wird in die gewünschte Aufnahmerichtung projiziert. Die genannten Verfahren wurden bisher auf ruhende Szenen angewandt und haben befriedigende Ergebnisse gebracht.

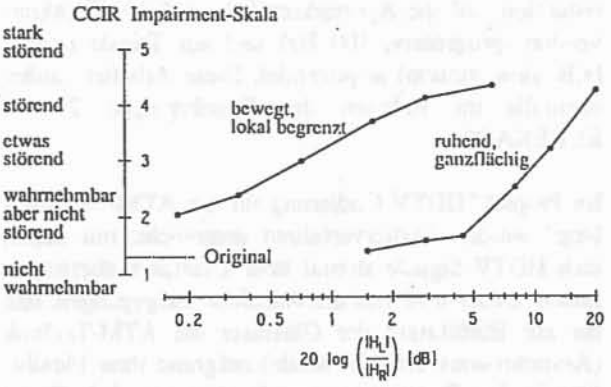


Bild: Störwirkung von lokaler und globaler Leuchtdichteunsymmetrie im Stereopaar.
$H_{L,R}$= Übertragungsfunktion des rechten/linken Kanals

Abteilung Bildsignalverarbeitung

Übersicht

Die Aufgaben der Abteilung sind auf die Signalaufbereitung, -verarbeitung und -codierung für das Hochauflösende Fernsehen (HDTV) ausgerichtet und dienen zu einem großen Teil der Unterstützung des europäischen HDTV-Forschungsprogramms EUREKA 95. Im Rahmen der durchgeführten Arbeiten werden sowohl Aspekte der Signalverarbeitung im Studio als auch der Übertragung von codierten HDTV-Signalen über zukünftige Glasfasernetze behandelt. Darüber hinaus werden VLSI-Schaltkreise entworfen, mit denen wesentliche Funktionen der HDTV-Signalverarbeitung ausgeführt werden können.

Ein HDTV-System mit digitaler Signalverarbeitung bei Aufnahme und Wiedergabe wurde im Projekt "Digitales HDTV-System" entwickelt und aufgebaut. Mit bildspeichergestützter adaptiver Verarbeitung werden Auflösungsverbesserung und Rauschreduktion und progressive Wiedergabe erreicht. Außerdem wurden Verfahren zur digitalen HDTV-Übertragung mit 140 Mbit/s anhand von Rechnersimulationen untersucht. Dieses Projekt wurde im Juni 1990 abgeschlossen.

Im Projekt "Normwandlung für HDTV" wurden in der Simulation neue, verbesserte Verfahren auf der Basis von bewegungsadaptiven Filtern entwickelt, die zur Umsetzung von HDTV in Standard-TV, von HDTV zum Kinofilm und umgekehrt sowie zwischen unterschiedlichen HDTV-Normen einsetzbar sind. Diese Arbeiten liefen im Rahmen der Projektgruppe 2 von EUREKA 95 und wurden Mitte 1990 abgeschlossen.

In dem Nachfolgeprojekt "Bewegungskompensierende Signalverarbeitung für HDTV" werden die Verfahren der Bewegungsschätzung und -kompensation weiterentwickelt und neben der Normwandlung auf die Rauschreduktion, auf die Aperturkorrektur, auf die Hochkonversion (progressiv, 100 Hz) und auf Tricktechniken (z.B. slow motion) angewendet. Diese Arbeiten laufen ebenfalls im Rahmen der Projektgruppe 2 von EUREKA 95.

Im Projekt "HDTV-Codierung für die ATM-Übermittlung" werden Codierverfahren untersucht, mit denen sich HDTV-Signale digital über Glasfaser übertragen lassen. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, daß bis zur Einführung der Glasfaser die ATM-Technik (Asynchronous Transfer Mode) aufgrund ihrer Flexibilität in den Breitbandnetzen dominieren wird. Es ist deshalb Ziel dieses Vorhabens, hierarchische Kompressionsverfahren zu entwickeln, die einerseits den besonderen Anforderungen der Paketübertragung bei ATM genügen und darüber hinaus eine kompatible Übertragung von HDTV, EDTV und TV ermöglichen.

Die digitale Magnetbandaufzeichnung stellt eine entscheidende Schlüsselkomponente im HDTV-Studio dar, da die analoge Aufzeichnung aufgrund des schlechten Störabstandes nicht für die Produktion geeignet ist. Im Rahmen des EUREKA 95 Projekts wird von der Firma BTS ein digitaler Video-Cassetten-Recorder entwickelt, dessen Spielzeit jedoch auf ca. 40 Minuten begrenzt sein wird. Im Projekt "Digitale Magnetbandaufzeichnung für HDTV" sollen deshalb Codieralgorithmen entwickelt werden, die für die Magnetbandaufzeichnung geeignet sind und mit denen sich die effektive Aufzeichnungskapazität verdoppeln bis verdreifachen läßt. Diese Arbeiten laufen im Rahmen von Projektgruppe 10 von EUREKA 95.

Für die spezielle Anwendung der Aufzeichnung von HDTV-Signalen im EUREKA-Zeilensprungformat HDI (1250, 50, 2:1) wird im Rahmen des Projekts "Digitaler Codec für die HDTV-Magnetbandaufzeichnung" ein Codec aufgebaut, mit dem sich die Spielzeit des von BTS entwickelten Recorders verdoppeln bis verdreifachen läßt. Diese Arbeiten werden in enger Zusammenarbeit mit BTS, Philips, der BBC und Projektgruppe 3 von EUREKA 95 durchgeführt.

Trotz der etwa sechsmal höheren Verarbeitungsgeschwindigkeit, die von HDTV im Vergleich zu Standard-TV gefordert wird, kann eine VLSI-Realisierung auch für HDTV gelingen, wenn neue Architekturen und Algorithmen zur hochgradigen Parallelisierung mit neuen Halbleitertechnologien kombiniert werden. Mit diesem Ansatz werden im Projekt "VLSI für HDTV" u.a. wichtige Komponenten digitaler HDTV-Systeme wie Bausteine zur Codierung (DCT) und Bewegungsschätzung in integrierte Schaltungen umgesetzt. An den Beispielen sollen die mit verschiedenen Technologien und Algorithmen erreichbaren Grenzen verglichen werden. Diese o.g. Bausteine kommen z.T. im HDI-Codec des Projekts "Digitaler Codec für die HDTV-Magnetbandaufzeichnung" zum Einsatz bzw. werden anderen EUREKA Teilnehmern zur Verfügung gestellt.

Digitales HDTV-System

Projektleiter: Dr. P. Stammnitz	Mitarbeiter in 90: 10
Zuwendungsgeber: BMFT	Laufzeit: 1.7.87-30.6.90

Ziel

Ziel des Forschungsvorhabens zum Thema hochauflösendes Fernsehen (HDTV) war die Realisierung eines HDTV-Experimentalsystems mit digitaler Signalverarbeitung unter Einsatz von Vollbildspeichern bei Aufnahme und Wiedergabe und digitaler Übertragung der Signalkomponenten. Die wesentlichen Arbeitsziele waren die Verbesserung der Bildqualität und der Einsatz von Datenreduktionsverfahren für eine HDTV-Übertragung mit 140 MBit/s. Geeignete Verfahren hierzu wurden mit Hilfe der Rechnersimulation ausgewählt.

Für die Verbesserung der Bildqualität waren folgende Maßnahmen vorgesehen: Es sollten eine bildspeichergestützte Aperturkorrektur der Kamerasignale zur Verbesserung der örtlichen Auflösung sowie eine adaptive Signalverarbeitung auf der Empfangsseite zur Vollbildwiedergabe durchgeführt werden. Damit können die durch den Zeilensprung verursachten Bildstörungen vermieden werden und es wird die erhöhte örtliche Auflösung ausgenutzt, die durch die Aperturkorrektur der Sendeseite ermöglicht wird. Weiterhin war eine Reduktion des Quellenrauschens vorgesehen.

Für die Datenreduktion sollten Unterabtastverfahren, Hybridcodierung und Subbandcodierung im Rahmen von Rechnersimulationen verglichen werden.

Stand im Projekt

Das Vorhaben wurde am 30.6.1990 erfolgreich abgeschlossen. Zu den einzelnen Arbeitspunkten wurden folgende Ergebnisse erreicht:

Auf Grundlage von Messungen des örtlichen Frequenzgangs von HDTV-Kameras und -Displays wurden Aperturkorrekturfilter für Sende- und Empfangsseite berechnet und für das Experimentalsystem aufgebaut. In Verbindung mit progressiver Wiedergabe zeigte die bewegungsadaptive Kameraaperturkorrektur (im Vollbild für unbewegte Bildbereiche, im Halbbild bei Bewegung) deutliche Vorteile gegenüber einer Korrektur nur im Halbbild.

Die Verbesserung der Bildqualität durch Reduktion des Kamerarauschens wurde durch Anwendung einer im HHI entwickelten neuen adaptiven Filterstruktur erreicht. Durch eine zeitlich und in der Bildfläche wirkende Filterung unter Verwendung eines Vollbildspeichers wird mit dem Experimentalsystem eine Reduktion des Rauschens in stillstehenden und auch in bewegten Bildteilen erreicht.

Die Datenreduktion von 1,155 GBit/s auf 140 MBit/s wurde sowohl mit einer Linequincunx-Unterabtastung und anschließender Codierung des unterabgetasteten Signals mit DCT /64/, als auch (bei besserer Bildqualität) mit dem einstufigen Hybridcodierverfahren erreicht. Im Experimentalsystem wurde zur Datenreduktion -wie vorgesehen- die Linequincunx-Unterabtastung als erste Stufe eines zweistufigen Codierverfahrens realisiert. Aufbauend auf den Ergebnissen der örtlich-zeitlichen Unterabtastung und Quellencodierung wurde ein zweikanaliges Subbandsystem entwickelt. Damit können für bewegte Bildbereiche die örtlich sehr hochfrequenten Signalanteile, die im zweistufigen Verfahren unterdrückt wurden, mit übertragen werden /65/.

Alle Systemkomponenten des HDTV-Experimentalsystems, einschließlich Matrix und Dematrix, arbeiten digital. Die Abtastfrequenz beträgt 67,5 MHz. Der Hardwareaufwand besteht aus 6900 ECL IC's, 1200 CMOS/TTL IC's und 144 Gate Arrays, untergebracht in vier 19" Schränken. Die Gesamtleistungsaufnahme beträgt knapp 10 kW.

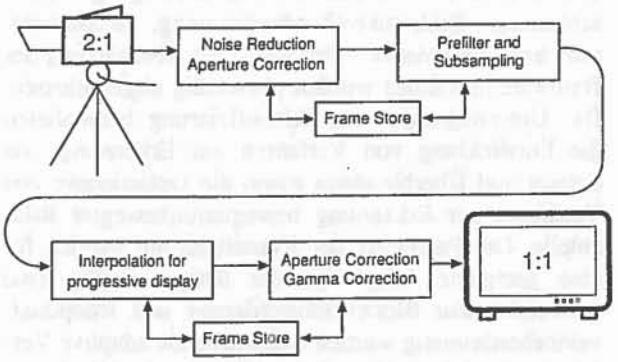


Bild: Blockschaltbild der sende- und empfangseitigen Signalverarbeitung zur Bildgüteverbesserung

Normwandlung für HDTV

Projektleiter: Dipl.-Ing. M. Ernst — Mitarbeiter in 90: 3
Zuwendungsgeber: BMFT — Laufzeit: 1.7.87-30.6.90

Ziel

Ziel des im Juni 1990 abgeschlossenen Vorhabens war es, mittels Rechnersimulationen ein verbessertes Verfahren zur Umsetzung zwischen verschiedenen Fernsehnormen, die sich in ihrer Zeilenzahl und ihrer Bildwiederholfrequenz unterscheiden, zu entwickeln. Neben einer Umsetzung von HDTV auf TV, von HDTV zum Kinofilm und umgekehrt sollte auch eine Umwandlung zwischen verschiedenen HDTV-Normen untersucht werden. Im Idealfall sollte die Bildqualität des umgesetzten Signals jener entsprechen, die erzielbar ist, wenn das Signal ohne den Umweg der Normumsetzung direkt von einer Kamera mit der gewünschten Norm abgetastet wird. Das Grundkonzept für eine verbesserte Normumsetzung sollte auf dem Prinzip der bewegungskompensierenden Filterung basieren, die eine Anpassung an das Spektrum des Signals ermöglicht. Hierzu ist für jede zu berechnende Position im Raster der Ausgangsnorm ein Bildpunktvektor erforderlich, der mit einer bestimmten Genauigkeit und Zuverlässigkeit den Betrag und die Richtung der Bewegung in der Eingangsnorm repräsentiert. Bei allen Teilsystemen des Normumsetzers sollte die Möglichkeit einer späteren Hardwarerealisierung berücksichtigt werden. Jedoch waren die Kosten nicht von entscheidender Bedeutung, da Normwandler nur in geringen Stückzahlen erforderlich sind. Es war jedoch darauf zu achten, daß die Möglichkeit besteht, die verwendeten Algorithmen in Echtzeit bei Abtastraten von bis zu ca. 75 MHz anzuwenden.

Stand im Projekt

Die im Arbeitsplan vorgesehenen Arbeiten zur Entwicklung aller Teilsysteme, Blockbewegungsvektorschätzung, Bildpunktvektorbestimmung, Klassifizierung und Interpolationsfilter sowie zur Abschätzung des Hardwareaufwandes wurden planmäßig abgeschlossen. Die Untersuchungen zur Klassifizierung beinhalteten die Entwicklung von Verfahren zur Erkennung von Schnitt und Überblendung sowie die Optimierung von Verfahren zur Erkennung bewegter/unbewegter Bildanteile. Die Parameter der Klassifizierung wurden für eine geeignete Adaptation der übrigen Teilsysteme verwendet. Zur Blockvektorschätzung und Bildpunktvektorbestimmung wurden entsprechende adaptive Verfahren entwickelt, die auf der Methode des Blockmatchings basieren. Die eigentliche Normumsetzung wird mit einem dreidimensionalen orts- und zeitvarianten Filter durchgeführt. Die zum Projektende durchgeführte Simulation des Gesamtsystems unter Verwendung kritischer Testsequenzen ergab die folgenden Ergebnisse /66, 67, 132/:

1. Bei allen untersuchten Testsequenzen ist das Ergebnis der bewegungskompensierenden Normumsetzung bedeutend besser als das der nicht bewegungskompensierenden Normumsetzung.

2. Für Sequenzen, die bezüglich der Bewegungsschätzung nicht kritisch sind, kann im umgesetzten Signal eine Bildqualität erzielt werden, die der eines original Kamerasignals entspricht oder die sogar darüber hinaus geht (z.B. HDTV nach TV).

3. Für vereinzelte, bezüglich der Bewegungsschätzung besonders kritische Testsequenzen, sind noch geringfügige Reststörungen im umgesetzten Signal feststellbar.

Die Hardwareabschätzung ergab, daß ein bewegungskompensierender Normwandler unter Verwendung verfügbarer Technologien mit vertretbarem Aufwand realisiert werden kann /66, 132/.

Seit 1988 erfolgte eine Mitarbeit in der Projektgruppe 2 des europäischen HDTV-Forschungsprojekts EUREKA 95. Der überwiegende Teil der Ergebnisse wurde dort eingebracht. Der Abschlußbericht zu diesem Vorhaben mit einer detaillierten Dokumentation der Forschungsergebnisse liegt vor /132/.

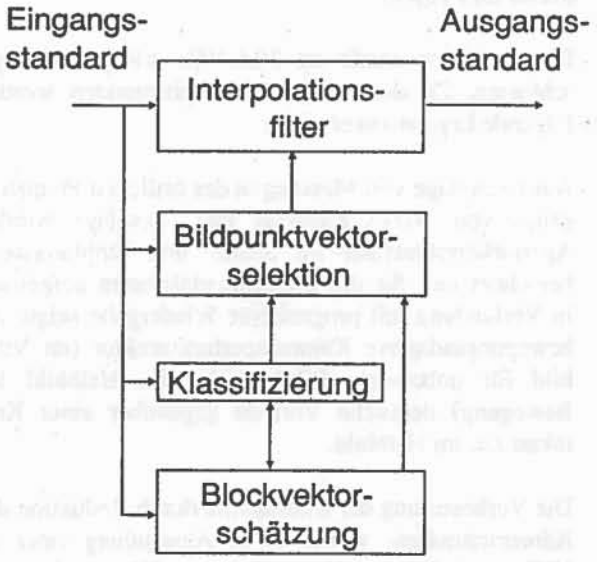


Bild: Blockschaltbild des bewegungskompensierenden Normwandlers

Bewegungskompensierende Signalverarbeitung für HDTV

Projektleiter: Dipl.-Ing. M. Ernst — Mitarbeiter in 90: 3
Zuwendungsgeber: BMFT — Laufzeit: 1.7.90-30.6.93

Ziel

Verfahren zur Bewegungsschätzung und -kompensation haben sich in den letzten Jahren immer mehr zu Schlüsseltechniken für die Bildsignalverarbeitung und -kodierung entwickelt. So kann z.B. nur unter Einsatz solcher Methoden eine hochqualitative Umsetzung zwischen unterschiedlichen HDTV-Standards erreicht werden. Dies ist umso wichtiger geworden, als absehbar ist, daß für das hochauflösende Fernsehen in Europa, Japan und USA jeweils ein eigener Produktionsstandard eingeführt werden wird. Auch für die Umsetzung von Film zu HDTV und TV (Filmabtastung), die notwendig ist, um Kinofilme senden zu können, ist ein bewegungskompensierendes Verfahren erforderlich, wenn Störungen vermieden werden sollen. Ebenso wird die Umsetzung von HDTV auf Kinofilm auf längere Sicht noch sinnvoll sein, um für die Wiedergabe von HDTV - Produktionen im Kino konventionelle Projektoren verwenden zu können. Das bereits im Projekt "Normwandlung für HDTV" entwickelte Verfahren zur bewegungskompensierenden Normumsetzung soll erweitert und verbessert werden, so daß die bei besonders kritischen Testsequenzen noch verbleibenden Reststörungen beseitigt werden. Dazu sollen die bereits entwickelten Verfahren zur Bewegungsvektorschätzung weiter verfeinert und neue Verfahren zusätzlich unter besonderer Berücksichtigung des Hardwareaufwandes untersucht werden. Weiterhin sollen mit bewegungskompensierenden Techniken folgende Verfahren zur Bildqualitätsverbesserung optimiert werden:

- Rauschreduktion
- Aperturkorrektur
- Zeilensprung-Progressiv Umwandlung
- Flimmerreduktion durch Erhöhung der Bildwiederholfrequenz von 50 Hz auf 100 Hz
- Tricktechniken

Bei den Tricktechniken ist hierbei vor allem eine verbesserte Zeitlupe zu nennen, bei der durch bewegungskompensierende Zwischenbildinterpolation kontinuierliche Bewegungsabläufe erreicht werden können.

Stand im Projekt

Im Berichtszeitraum konzentrierten sich die Projektarbeiten auf die Untersuchungen zur bewegungskompensierenden Rauschreduktion, zur Zeilensprung-Progressiv Umwandlung sowie zur Bewegungsvektorschätzung.

Erste Untersuchungen ergaben, daß sich bei Einsatz eines zeitlich-rekursiven orts- und zeitvarianten 3D-Filters, dessen Koeffizienten von den Bewegungsvektoren gesteuert werden, der Rauschabstand in unbewegten wie bewegten Bildbereichen um bis zu 12 dB verbessern läßt, ohne daß ein Verlust an Ortsauflösung auftritt. Der Vergleich mit bewegungsadaptiven Verfahren zeigte die eindeutige Überlegenheit bewegungskompensierender Verfahren. In hochfrequenten Bildanteilen lassen sich Rauschreduktionsfaktoren um 12 dB jedoch nur unter der Voraussetzung einer "subpel"-genauen Bewegungsinformation erreichen. Zur Zeit wird deshalb untersucht, inwieweit sich eine "subpel"-genaue Bestimmung der Bewegung mit hinreichender Zuverlässigkeit realisieren läßt. Eine andere Möglichkeit besteht in der Entwicklung einer bewegungskompensierenden Rauschreduktion mit adaptiver Rauschabsenkung. In örtlich hochfrequenten Bildanteilen können geringere Rauschabsenkungen angestrebt werden als in örtlich niederfrequenten Bildanteilen, da einerseits in diesen Bereichen Rauschstörungen maskiert und andererseits durch diese Maßnahme Bewegungsunschärfen vermieden werden.

Erste Untersuchungen zur Zeilensprung-Progressiv Umwandlung ergaben, daß sich bei Verwendung bewegungskompensierender Verfahren signifikante Verbesserungen gegenüber bewegungsadaptiven Verfahren erzielen lassen.

Die Untersuchungen zur verbesserten Bewegungsvektorschätzung konzentrieren sich einerseits auf die Weiterentwicklung des bereits im Vorgängerprojekt entwickelten 2-stufigen adaptiven Blockmatching-Verfahrens, wobei aus den bereits oben erwähnten Gründen eine "subpel"-Genauigkeit angestrebt wird. Andererseits wird zur Zeit untersucht, inwieweit neue Verfahren zur Bewegungsschätzung (z.B. neuronale Netze oder 3D-Gradientenverfahren) für die oben erwähnten Anwendungen geeignet sind.

HDTV-Codierung für die ATM-Übermittlung

Projektleiter: Dipl.-Ing. G. Schamel — Mitarbeiter in 90: 4
Zuwendungsgeber: BMFT — Laufzeit: 1.1.90-31.12.93

Ziel

In diesem Vorhaben werden Codierverfahren erarbeitet, die für die ATM-Übermittlung von HDTV-Signalen geeignet sind. Dabei muß berücksichtigt werden, daß in ATM-Netzen alle Daten in Form von Paketen übertragen werden, die neben der eigentlichen Information auch Informationen über den Zielort und den Vermittlungsweg enthalten. Da es in sehr seltenen Fällen bei kurzzeitigen Netzüberlastungen zu Paketverlusten kommen kann, müssen Bildcodierverfahren so ausgelegt werden, daß bei einem solch irreversiblen Verlust kein totaler Bildausfall bzw. starke Bildstörungen auftreten.

Die Arbeiten werden in enger Kooperation mit Siemens durchgeführt, da diese Firma insbesondere auf dem Gebiet der Netzarchitektur sehr kompetent ist und das HHI somit an Informationen über ATM-spezifische Netzparameter gelangt, die für den Entwurf der Codierverfahren wichtig sind.

Stand im Projekt

Die Arbeiten konzentrieren sich auf folgende Punkte:

Subbandstrukturen: Die zu entwickelnden Codierverfahren basieren auf der sogenannten Subbandcodierung (SBC), die mehrere Vorteile bietet /68/: Sie erlaubt sehr hohe Reduktionsfaktoren ohne wesentliche Qualitätsverluste, sie gestattet eine Reduktion der Taktraten in den einzelnen Subbändern, was vor allen Dingen für HDTV-Anwendungen wichtig ist, und sie ist aufgrund ihres hierarchischen Aufbaus für die ATM-Übermittlung besonders geeignet, da sich Bildfehler bei nicht vermeidbaren Paketverlusten gut verdecken lassen. Im ersten Jahr der Projektlaufzeit wurden zwei- und dreidimensionale Subbandstrukturen entworfen, softwaremäßig implementiert und erste Untersuchungen damit durchgeführt. Strukturen, die das Videosignal auch in zeitlicher Richtung in Teilbänder zerlegen, sind zur Erzielung einer hierarchischen Coderstruktur mit verschiedenen Qualitätsstufen besser geeignet. Aber auch hinsichtlich der Codierung der Teilbänder ergeben sich damit Vorteile, da die parallel arbeitenden Codecs individuell angepaßt werden können. Empfängerstrukturen wurden entworfen, mit denen verschiedene Bildqualitätsstufen von TV bis zu HDTV eingestellt werden können.

Codierung der Subbänder: Nach der Aufspaltung in Subbänder wurden für die einzelnen Bänder Codierverfahren ausgewählt, die optimal an die jeweiligen Korrelationsgrade und Statistiken innerhalb der Bänder angepaßt werden müssen. Bisher wurden verschiedene Inter- und Intraframeverfahren softwaremäßig implementiert und erste Untersuchungen hinsichtlich einer Optimierung der Parameter durchgeführt. Die Algorithmen orientieren sich stark an den international verwendeten Hybrid-Verfahren zur Videocodierung. Diese Verfahren sind sehr effizient und erlauben eine sehr hohe Datenreduktion. Allerdings wurde festgestellt, daß die Verbindung von Teilbandstrukturen und anschließende Quellencodierung im Empfänger durch den Interpolationsvorgang zu sichtbaren Störungen führen kann. Die Parameter der Codierung müssen daher speziell an die vorgegebene Teilbandstruktur angepaßt werden.

Qualitätssteuerung des Coders: Eine pufferabhängige Steuerung des Coders ist bei ATM nicht nötig, da eine variable Datenrate in Form von Paketen an das Netz abgegeben werden kann. Die coderspezifischen Parameter werden durch eine Qualitätsmeß- und -steuereinheit lokal und abhängig vom Bildinhalt variiert. Ziel ist dabei, eine visuell konstante Bildqualität zu erzeugen. Bezüglich der variablen Bitrate erhofft man sich ferner eine Reduzierung der Spitzenwerte, die das Netz nur unnötig belasten und die in Bildbereichen verwendet werden, in denen das Auge die feine Quantisierung nicht honoriert. Ein aus der Literatur bekanntes Modell zur Messung der Bildqualität unter Berücksichtigung örtlicher und zeitlicher Maskierungseffekte wurde implementiert und muß hinsichtlich der Codersteuerung noch untersucht werden.

Prinzipiell sind die zu entwickelnden Verfahren auch für die STM-Übermittlung mit fester Datenrate geeignet, so daß eine Anwendungsmöglichkeit der Forschungsergebnisse auch dann gegeben ist, falls sich herausstellen sollte, daß für die HDTV-Übertragung ATM nicht zur Anwendung kommt.

Digitale Magnetbandaufzeichnung für HDTV

Projektleiter: Dipl.-Ing. P. Kauff — Mitarbeiter in 90: 4
Zuwendungsgeber: BMFT — Laufzeit: 1.7.89-31.12.92

Ziel

Mit dem europäischen Vorschlag für einen progressiven Produktionsstandard (HDP) ergibt sich die Notwendigkeit, die hierzu benötigten Studiokomponenten zu realisieren. Während eine progressive Kamera zumindest schon als Prototyp vorhanden ist, bildet die Magnetbandaufzeichnung (MAZ) momentan die Schwachstelle des europäischen Konzepts. Aufgrund der enormen Bandbreite ist ein ausreichender Störabstand nur in digitaler Form zu erreichen, jedoch wird die Technologie zur Realisierung einer digitalen MAZ mit der benötigten Datenrate von 1728 Mbit/s auf absehbare Zeit nicht beherrscht. Aus diesem Grunde sollen im Rahmen des EUREKA 95 Projekts und in Zusammenarbeit mit den Firmen BTS und Philips Codierungsverfahren entwickelt werden, mit denen sich die Rate auf den realisierbaren Wert von 1152 Mbit/s reduzieren läßt, ohne die Nachverarbeitung der Signale einzuschränken. Weiterhin sollen Codierverfahren entwickelt werden, um Signale, die im Zeilensprungstandard (HDI) aufgenommen wurden und eine Datenrate von 1152 Mbit/s aufweisen, mit der halben Datenrate von 576 Mbit/s aufzuzeichnen, wodurch sich die effektive Spieldauer der MAZ verdoppeln ließe /71/.

Zur Durchführung der Arbeiten und zum Testen der Algorithmen unter realen Bedingungen soll im Rahmen eines parallel laufenden F&E-Vorhabens eine digitale MAZ mit einer Aufzeichnungsdichte von 1152 Mbit/s durch BTS entwickelt werden.

Stand im Projekt

Im zugrunde liegenden Berichtszeitraum konzentrierten sich die Arbeiten im wesentlichen auf den Entwurf eines Codecs für die HDI-Anwendung. Zu diesem Zweck wurden in mehreren Arbeitsgesprächen mit den Firmen BTS und Philips die besonderen Anforderungen definiert, die sich zum einen aus den speziellen Betriebsbedingungen im Studiobereich (bildweises Schneiden, schneller Suchlauf, sendefähige Zeitlupe, mehrfaches Kopieren) und zum anderen aus den systemspezifischen Eigenschaften der digitalen Magnetbandaufzeichnung (Kopf-Band-System, Datenformat im Spurbild, Fehlerschutz) ergeben.

Auf Grundlage dieser Spezifikationen wurde für die HDI-Anwendung ein DCT-Codec entworfen, das neben einer adaptiven "Intrafield"-"Intraframe"-Umschaltung auch eine Voranalyse des Bildinhaltes vorsieht, mit der sichergestellt werden soll, daß die variable Datenrate der codierten Signale trotz der ungünstigen Randbedingungen bei der digitalen Magnetbandaufzeichnung optimal ausgenutzt wird. Darüber hinaus berücksichtigt das Konzept eine blockweise Aufteilung der eingangsseitigen Bilddaten auf vier unabhängige DCT-Coder. Auf diese Weise kann eine optimale Verteilung der codierten Daten auf die vier parallelen Videoköpfe der digitalen HDTV-MAZ erreicht werden.

Des weiteren werden bei dem DCT-Codec neben dem DC-Koeffizienten auch mehrere AC-Koeffizienten mit fester Wortlänge abgespeichert, um im schnellen Suchlauf eine akzeptable Bildqualität gewährleisten zu können. Die Brauchbarkeit dieser Vorgehensweise konnte mit Hilfe eines im Projekt entwickelten Simulationsmodells des schnellen Vorlaufs nachgewiesen werden. Durch Verwendung nichtlinearer Quantisierer wird dabei der zusätzliche Aufwand an festlängencodierten Daten minimiert, so daß sich durch diese Vorgehensweise keine nennenswerte Verschlechterung der Codiereffizienz ergibt.

Weitergehende Untersuchungen haben gezeigt, daß Verwürflungstechniken, die beim Fehlerschutz der digitalen HDTV-MAZ von BTS eingesetzt werden sollen, für die Aufzeichnung codierter Bildsignale nicht geeignet sind. Es wurden daher Strategien entwickelt, wie man für den Einsatz von Codierverfahren bei der digitalen Magnetbandaufzeichnung diese Verwürflungstechniken umgehen kann, ohne dabei die Wirksamkeit des Fehlerschutzes zu beeinträchtigen.

Für die verlustfreie Codierung bei der HDP-Anwendung werden z.Z. sowohl ein Verfahren zur hierarchischen Interpolation (HINT) als auch eine Subbandcodierung (SBC) untersucht. Dabei hat sich im Rahmen von Voruntersuchungen herausgestellt, daß HINT bezüglich der Codiereffizienz deutlich Vorteile gegenüber der SBC aufweist.

Digitaler Codec für die HDTV-Magnetbandaufzeichnung

Projektleiter: Dr. P. Stammnitz — Mitarbeiter in 90: 10
Zuwendungsgeber: BMFT — Laufzeit: 1.7.90-30.6.92

Ziel

Es ist das Ziel des Vorhabens, für die Magnetbandaufzeichnung von HDTV-Signalen entsprechend dem EUREKA-Standard (1250/50/2:1), mit dem die ursprüngliche Datenrate von 1,152 Gbit/s halbiert bis gedrittelt werden kann, aufzubauen (HDI-Codec). Mit dieser Reduktion soll die Spielzeit einer HDTV-MAZ, die z.Z. im Rahmen eines parallel laufenden Forschungsvorhabens von der Firma BTS entwickelt wird, von etwa 40 Minuten auf zumindest Spielfilmlänge erhöht werden. Eine weitere Einsatzmöglichkeit dieses Codecs bietet sich für den HDTV-Programmaustausch (Contribution) über Glasfaserleitungen mit 565 MBit/s an. Das Projekt soll im Rahmen von Projektgruppe 3 des EUREKA 95 Programms - Phase 2 - durchgeführt werden.

Stand im Projekt

Die Vorarbeiten aus dem parallel laufenden Projekt "Digitale Magnetbandaufzeichnung für HDTV" ergaben, daß beim Entwurf des Codecs Nettoreduktionsfaktoren zwischen 2 und 5 berücksichtigt werden müssen. Die Verwendung zeitlich rekursiver "interframe"-Verfahren kam wegen der besonderen Betriebsbedingungen, die im Studiobereich eingehalten werden müssen (bildweises Schneiden, rückwärtiges Abspielen), nicht in Betracht. Es zeigte sich, daß für die angestrebten Reduktionsfaktoren eine adaptive DCT (Discrete Cosinus Transformation) geeignet ist, die je nach Bewegungszustand im Halbbild oder im Vollbild arbeitet.

Es wurden verschiedene Lösungsansätze bezüglich des Hardwareaufwandes, den Anforderungen an den Systemtakt und der einzusetzenden Technologie (ECL/-CMOS) verglichen. Dabei fanden die im Projekt "VLSI für HDTV" entwickelten Komponenten ebenso Beachtung wie auf dem Markt erhältliche, zur HDTV-Signalverarbeitung geeignete Bausteine. Es wurde in Absprache mit dem Projekt "Digitale Magnetbandaufzeichnung für HDTV" eine Hardwarestruktur festgelegt, die eine Aufteilung des Datenstroms auf vier parallele DCT Codecs vorsieht (s. **Bild**). Dadurch läßt sich die Taktrate in den einzelnen Zweigen von 144 auf 36 MHz reduzieren. Mit dem Hardwareentwurf erster Komponenten wurde begonnen.

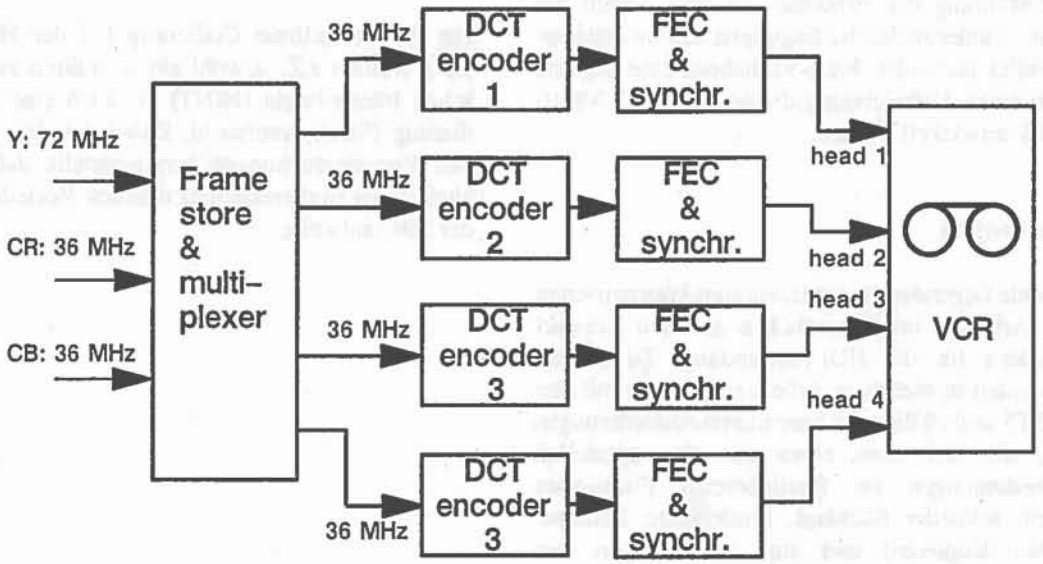


Bild: Blockschaltbild des digitalen datenreduzierten VCR (Video Cassette Recorder). Luminanz (Y) und Chrominanz (CR, CB)-Datenströme werden auf vier parallele Kanäle gemultiplext und von vier Magnetköpfen auf das Band geschrieben.

VLSI für HDTV

Projektleiter: Dipl.-Ing. M. Talmi	Mitarbeiter in 90: 11
Zuwendungsgeber: BMFT	Laufzeit: 1.7.87-31.12.91

Ziel

Für die Einführung des Hochauflösenden Fernsehens (HDTV) ist die Nutzung der zukünftigen Möglichkeiten der Mikroelektronik ebenso ausschlaggebend wie die der optischen Nachrichtentechnik. Hochintegrierte, digitale Systeme müssen auch für HDTV in Hinblick auf Massenanwendungen realisierbar werden. Es sind die Einsatzmöglichkeiten der Mikroelektronik für die digitale Signalverarbeitung bei HDTV unter Berücksichtigung der absehbaren zukünftigen Entwicklungen der Halbleitertechnologie zu klären, und es sind Realisierungsentwürfe auszuarbeiten, die zu einer Prototypentwicklung von integrierten Systemen führen. Im einzelnen sind folgende Aufgaben zu lösen:

- Entwurf paralleler Strukturen für die Schaltkreisumsetzung der verschiedenen Algorithmen von HDTV-Systemen.
- Ermittlung aufwandgünstiger und schneller Verfahren für die Realisierung von Rechenwerken für hochparallele Strukturen.
- Realisierung geeigneter Speicherstrukturen für HDTV-Systeme, die auf käuflichen schnellen Speichern basieren und die sich nach fortschrittlichen Aufbautechniken in Form von Multichip-Moduln realisieren lassen.
- Vergleichende Untersuchung verfügbarer ASIC-Technologien (CMOS, ECL) für die Integration von HDTV Komponenten.
- Integration komplexer Systemkomponenten in Full-Custom-Design bei Verwendung von CMOS- bzw. ECL-Technologien (1,5 µm bis 0,8µm).

Stand im Projekt

In enger Zusammenarbeit mit den Projekten "Digitales HDTV-System" und "Normwandlung für HDTV" sowie mit dem Institut für Mikroperipherik (Prof. Reichl) und dem Institut für Mikroelektronik (Prof. Manck) der TU Berlin konnten alle systemtechnischen und technologischen Voraussetzungen für die Entwicklung verschiedener Schlüsselkomponenten für HDTV-Systeme als VLSI-Chips und Multichipmodule geschaffen werden. Die entwickelten bzw. gefertigten VLSI-Bausteine ermöglichen die Realisierung wichtiger Funktionen von HDTV-Systemen nach dem EUREKA-Standard (72 MHz bzw. 144 MHz) /74, 75/: Mehrdimensonale Filterung, DCT/IDCT, Matrizierung, Dematrizierung, Phasenkorrelation und Blockmatching für die Bewegungsvektorschätzung sowie Steuerfunktionen. Im einzelnen wurden folgende Komponenten entwickelt bzw. gefertigt:

Controller: Ein wesentliches Leistungsmerkmal des Controllers ist seine Multifunktionalität. Er kann normunabhängig Adressen und Steuersignale für unterschiedliche HDTV-Komponenten generieren. Die Schaltungsentwicklung des Controllers in BiCMOS wurde abgeschlossen /143, 144/. (Technologiepartner: NEC).

HDTV-Multifunktions-Chip (HMC2): Dieser Chip, der als ECL-Gate-Array entwickelt und gefertigt wurde, kann für FIR-Filterung, DCT/IDCT, Matrizierung /Dematrizierung eingesetzt werden. Er kann ohne Geschwindigkeitsverlust beliebig kaskadiert werden und soll für Echtzeituntersuchungen bis 150 MHz eingesetzt werden /75, 147, 145, 148/. (Technologiepartner: Fujitsu).

DCT/IDCT Bausteine in CMOS: Diese VLSI-Komponenten wurden als Full-Custom-Design in der CMOS-Technologie der Fa. ITT-Intermetall realisiert. Die Chips beinhalten über 200 000 Transistoren. Durch den hohen Parallelitätsgrad der Schaltkreisstrukturen ist eine DCT/IDCT-Tranformation für Bildsignale bis 80 MHz möglich /74, 75/.

Bewegungsvektorschätzung: In Zusammenarbeit mit dem Institut für Mikroelektronik der TU Berlin wurden Schaltkreisstrukturen entwickelt, mit denen sowohl die Phasenkorrelation als auch das Blockmatching berechnet werden können. Die Chiprealisierung soll in einer 1 µm-CMOS Gate-Array-Technologie stattfinden. (Technologiepartner: Motorola).

Speichersystem: Im Rahmen der Realisierung des HDTV-Bildspeichers in Zusammenarbeit mit dem Forschungsschwerpunkt "Technologien der Mikroperipherik" sind die für den Speicher entwickelten Multichip-Module fertigestellt worden. Das "Bumping" der Speicherchips auf dem Wafer, die Tape-Erstellung sowie der Aufbau des Motherboards, das mit diskreten Bauelementen für die Steuerlogik bestückt wird, wurden abgeschlossen.

Funktionstest: Mit dem Aufbau eines Experimentiersystems wurde begonnen. Das System ermöglicht den Echtzeit-Test der im Projekt entwickelten integrierten Schaltkreise in HDTV-Umgebung. Die Tests können mit verschiedenen Taktfrequenzen (20 bis 160 MHz) durchgeführt werden.

Abteilung Bildendeinrichtungen

Übersicht

Die Aufgaben der Abteilung beziehen sich auf die Probleme der Großbilddisplay-Technologie in Hinblick auf HDTV und auf die autostereoskopische Bildwiedergabe für 3DTV.

Für den Telepräsenzeindruck, der durch HDTV vermittelt werden kann, werden gesichtsfeldfüllende Bilder hoher Auflösung verlangt, im Heimbereich Displaydiagonalen bis zu 2,5 m. Bilder dieser Größe sind auf absehbare Zeit nur mit Projektoren zu verwirklichen, in weiterer Zukunft vielleicht auch mit flachen Direktsichtdisplays. Gefordert wird eine Auflösung von 1000 Linien/Bildhöhe.

Die HHI-Arbeiten befassen sich mit den wissenschaftlichen und technologischen Grundlagen von Lichtventilprojektoren. Mit dem Lichtventilprinzip lassen sich wesentlich hellere Bilder als mit den üblichen CRT-Projektoren erreichen. Eine Entwicklung, nach der bereits die ersten Geräte für TV auf den Markt gekommen sind, benutzt kleine Flüssigkristallzellen als Lichtsteuerschichten. Neben den LC-Projektoren werden auch Lichtventilprojektoren Bedeutung bekommen, die lichtbeugende Festkörpersteuerschichten benutzen, so daß unpolarisiertes Licht benutzt werden kann und keine Einschränkung der Graustufenfähigkeit gegeben ist. Derartige Lichtmodulatorelemente könnten daneben in Zukunft auch zunehmend im Bereich der Photonik zum Einsatz kommen: als Eingangs-Interface in der optischen Informationsverarbeitung, als steuerbare Schaltmatrix in der optischen Verbindungstechnik oder als Bildwandler in der optischen Bildbearbeitung. In dem Projekt "Hochauflösende räumliche Lichtmodulatoren" werden verspiegelte Elastomerschichten entwikkelt, die als Beugungselemente in einem schlierenoptischen Projektionsaufbau eingesetzt und mit einer aktiven Matrix angesteuert werden, und in dem Projekt "Lichtventilprojektion mit Festkörpersteuerschichten" wird dazu ein Projektionssystem mit möglichst hoher Lichtausbeute entwickelt. Die Probleme der in Si-Technologie zu realisierenden Matrix, insbesondere Lichtschutz und Integration der peripheren Ansteuerungsschaltung, werden im Rahmen eines F&E-Vertrags mit dem Fraunhofer-Institut Duisburg bearbeitet.

Für das flache Direktsichtdisplay gibt es noch viele ungelöste Probleme, wenn großflächige Displays hoher Auflösung bei vollfarbiger Darstellung und ohne Begrenzung der Graustufenanzahl gefordert werden. Langfristig und hinsichtlich einfacher und preisgünstiger Herstellung wird hierfür die Elektrolumineszenz-Technologie bevorzugt in Betracht zu ziehen sein. Die Entwicklung von Materialien und Schichten für Weißlicht-EL-Displays, die mit Farbfilterstreifen zu kombinieren sind, soll mit dem Projekt "Farbiges Elektrolumineszenz-Display für das hochauflösende Fernsehen" über einen Unterauftrag beim Zentralinstitut für Elektronenphysik in Berlin begonnen werden.

Elektronische 3D-Bildwiedergabeverfahren sind auf der Basis einer Polarisationsbrille oder einer Shutterbrille bereits weitgehend durchentwickelt. Eine räumliche Bildwiedergabe in einem zukünftigen 3DTV-System sollte jedoch möglichst ohne eine Stereobrille auskommen. Die "brillenlosen" (autostereoskopischen) Verfahren sind viel weniger erforscht und können wegen des prinzipiell höheren Aufwandes auch erst in fernerer Zukunft realistisch erscheinen. Mit der Entwicklung einer Linsenrasterprojektion war die autostereoskopische Wiedergabe von Fernsehbildern in einem früheren Projekt bereits prinzipiell gelungen. In dem Projekt "3D-Bildwiedergabe nach dem Linsenrasterverfahren durch Projektion oder Direktsichtdisplays" werden diese Arbeiten fortgesetzt. Der Großbildlinsenrasterschirm wird weiter verbessert, experimentelle Vorarbeiten zu einem für das Verfahren speziell zu entwikkelnden Multikanalprojektor sind geplant, und es sollen experimentell die Probleme des Verfahrens bei Rückprojektion und bei Verbindung des Linsenrasters mit großen Flachbilddisplays untersucht werden.

Hochauflösende räumliche Lichtmodulatoren mit elektrischer Ansteuerung

Projektleiter:
Dr. R. Gerhard-Multhaupt — Mitarbeiter in 90: 7
Zuwendungsgeber: BMFT — Laufzeit: 1.1.88-31.12.90

Ziel

Hochauflösende räumliche Lichtmodulatoren sind von großer Bedeutung für die Lichtventil-Großprojektion und für eine Reihe weiterer Anwendungen in der optischen Informationsverarbeitung. Ziel des Vorhabens ist daher die anwendungsorientierte Untersuchung geeigneter Steuerschichten und Ansteuerungen. Als Steuerschichten sollen vorwiegend verspiegelte viskoelastische Schichten eingesetzt werden, deren elektrisch gesteuerte Oberflächenverformung zur Beugung des Lichts führt. Daneben werden auch die Herstellbarkeit und die Eigenschaften von neuartigen elektrooptischen Kristallschichten untersucht, in denen das Licht durch einen vom angelegten elektrischen Feld abhängigen Brechungsindex (longitudinaler Pockels-Effekt) moduliert wird. Zur Ansteuerung sind aktive Matrizen in Silizium-DMOS-Technologie vorgesehen, die gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme in Duisburg erarbeitet werden. Die erforderlichen optischen Systeme werden im Parallelprojekt "Lichtventilprojektion mit Festkörper-Steuerschichten" untersucht und aufgebaut.

Stand im Projekt

Nachdem sich gezeigt hatte, daß die theoretisch als möglich vorhergesagten hohen Ortsfrequenzen /76/ im Experiment wegen zu geringer Verformungsamplituden nicht erreicht werden können, wurden neue passive und aktive Matrizen mit größeren Gitterperioden entworfen und hergestellt. Mit diesen Matrizen konnten Verformungsexperimente durchgeführt werden, wobei allerdings störende Einflüsse der Passivierungsschicht auftraten, die vorläufig durch Rückätzen der passivierenden Oxidschicht beseitigt wurden. Bei zukünftigen Matrizen soll die Passivierung von vornherein weggelassen werden; langfristig besteht auch die Möglichkeit, eine in Entwicklung befindliche Passivierung mit höherer Leitfähigkeit zu verwenden.

Zur Verbesserung der Spiegelqualität kommt dem zwischen Elastomer und Metallisierung angebrachten Häutchen die größte Bedeutung zu. In Zusammenarbeit mit der École Polytechnique in Montréal, Kanada, wird geklärt, inwieweit ein neuer Ansatz zur Herstellung des Häutchens in einen reproduzierbaren Prozeß umgesetzt werden kann. Außerdem soll eine für Anfang 1991 geplante grundlegende Modernisierung des Präparationslabors zu besseren Reinraumbedingungen und damit auch zu einer Reduzierung der Schichtdefekte führen. Mit der eingehenden Untersuchung von Versagensmechanismen und Langzeiteffekten an verspiegelten viskoelastischen Steuerschichten wurde begonnen.

Infolge einer zu hohen Lichtempfindlichkeit der erstellten aktiven Matrizen konnten die mit ihnen aufgebauten Lichtmodulatoren bisher nur unter dem Mikroskop untersucht werden. In einer theoretischen und experimentellen Studie zu diesem Problem wurde festgestellt, daß nicht nur die vom Licht erreichten Transistorgebiete zur Lichtempfindlichkeit beitragen, sondern auch alle Substratgebiete, in denen bei Beleuchtung Ladungsträger erzeugt werden. Daher wird bei der nächsten Version einer kleinen aktiven Matrix nicht nur die Speicherfähigkeit der Bildelemente durch zusätzliche Kapazitäten vergrößert, sondern es werden auch im Substrat erzeugte Ladungsträger durch geerdete Diffusionswannen abgeführt, so daß sie nicht zur Entladung der Bildpunktelektroden beitragen können. Außerdem wird an einer alternativen Matrixausführung auf der Basis der SIMOX-Technologie (Separation by IMplanted OXygen) gearbeitet, bei der das Substrat dielektrisch von der eigentlichen Halbleiterstruktur isoliert ist.

Die Herstellung elektrooptischer Kristallschichten mit der Methode der Laserpulsabscheidung konnte in Zusammenarbeit mit Bellcore in Red Bank, New Jersey, USA soweit vorangetrieben werden, daß uns nunmehr erste Proben von KTN-Schichten mit ausreichender Dicke zur Verfügung stehen. Diese Schichten, deren Herstellung einen technologischen Durchbruch darstellt, werden auch für geplante Arbeiten an neuartigen Beugungsmodulatoren /155/ eingesetzt werden.

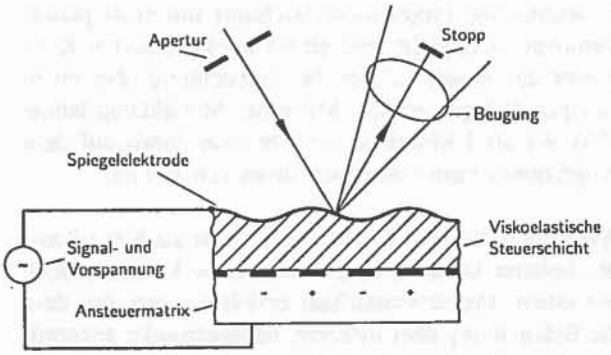


Bild: Lichtmodulation mit verspiegelten viskoelastischen Schichten

Lichtventilprojektion mit Festkörpersteuerschichten für HDTV

Projektleiter: Dipl.-Phys. H. Röder — Mitarbeiter in 90: 5
Zuwendungsgeber: BMFT — Laufzeit: 1.2.89-31.12.91

Ziel

Für ein zukünftiges HDTV-System ist ein lichtstarkes Wiedergabegerät mit hoher Auflösung Voraussetzung. Die angestrebte Bilddiagonale von etwa 2,5 m kann beim gegenwärtigen Stand der Technik nur mit Projektionsverfahren erzielt werden. Ein hoher Lichtstrom ist mit Lichtventilverfahren zu erwarten. Es werden farbtaugliche Projektionsverfahren mit in Reflexion betriebenen beugungsoptischen Steuerschichten untersucht. Für die drei Farbkanäle sind Steuerschichten mit identischen geometrischen Abmessungen vorgesehen. Die Steuerschichten werden im Projekt "Hochauflösende räumliche Lichtmodulatoren mit elektrischer Ansteuerung" entwickelt.

Die Projektionsaufbauten sollen mit nur einer Lichtquelle betrieben werden und zur Vermeidung von Konvergenzproblemen bei der Zusammenführung der Farbkanäle nur ein einziges Projektionsobjektiv besitzen. Es wird ein Lichtstrom von etwa 1000 Lumen angestrebt. Die Lampenleistung sollte 500 W möglichst nicht übersteigen.

Die optischen Komponenten der Projektionsaufbauten - Spiegel, Farbteiler, Schlierenobjektiv, Projektionsobjektiv - werden am HHI konzipiert und entwickelt. Dabei werden auch bewährte Konzepte bereits verfügbarer Normal-TV-Projektoren berücksichtigt. Die Konstruktion und Fertigung der Bauteile wird von der optischen Industrie übernommen.

Stand im Projekt

Es wurde eine Projektionseinrichtung mit einer punktförmigen Lichtquelle und einem hochgeöffneten Kondensor aufgebaut, bei der die Beleuchtung über einen einzigen Spiegel erfolgt. Mit einer Metalldampflampe (270 W) als Lichtquelle erreicht man damit auf dem Projektionsschirm einen Lichtstrom von 300 lm.

Wesentlich höhere Lichtströme wurden auch mit Lampen höherer Leistung nicht erreicht, sie können jedoch mit einem Projektionsaufbau erzielt werden, bei dem die Beleuchtung über mehrere, nebeneinander angeordnete Spiegel erfolgt. Die Schlieren- und Projektionsobjektive sowie der Farbteiler für einen solchen Aufbau werden zur Zeit von einer Optik-Firma angefertigt.

Der Farbteiler besteht bei dieser Konzeption aus zwei schräg im Projektions- und Dunkelfeldstrahlengang stehenden Planplatten, auf die dichroitische Filter aufgebracht sind. Wegen der schräg zur optischen Achse der Objektive angeordneten Platten ist weder die Dunkelfeld- noch die Projektionsabbildung rotationssymmetrisch. Die dadurch verursachten asymmetrischen Bildfehler sind für die Dunkelfeldabbildung unerheblich. Bei der Projektionsabbildung würden diese Bildfehler jedoch sehr stören, deshalb werden sie mit einer Keilplatte im Projektionsobjektiv kompensiert. Die Fertigstellung der Farbteiler und Objektive ist für Ende 1990 vorgesehen. Der Zusammenbau zu einer Einheit erfolgt in der ersten Hälfte 1991.

Die Beleuchtungseinheit besteht aus einem rotationssymmetrischen, asphärischen Kondensorspiegel, in dem axial eine Entladungslampe angeordnet ist. Mit der Fertigung dieses Spiegels wird in Kürze eine Firma beauftragt. Für die Entwicklung des Stufenspiegels wurde die Zusammenarbeit mit einer auf diesem Gebiet erfahrenen Industriefirma angebahnt.

Mit einem reprographischen Verfahren wurden Beugungsgitter hergestellt, deren Gitteramplitude mit einer Bildvorlage moduliert sind. Diese Gitter werden zur Vermessung der Abbildungsqualität der Projektionseinrichtung verwendet.

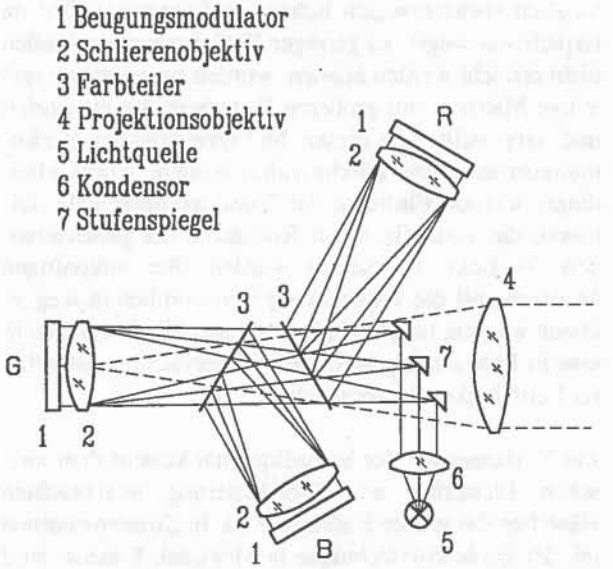


Bild: Prinzip eines farbtauglichen Projektionssystems für beugungsoptische Steuerschichten

Farbiges Elektrolumineszenz-Display für das hochauflösende Fernsehen

Projektleiter: Prof. Dr. G. Mahler Mitarbeiter in 90: ¼ (HHI)+ZIE
Zuwendungsgeber: BMFT Laufzeit: 1.4.90-31.12.91

Ziel

Große Flachbilddisplays anstelle der bislang noch für Großbilddarstellung allein zur Verfügung stehenden Projektionsverfahren sind für die zukünftige Display-Entwicklung von größtem Interesse. Das gilt vor allem - aber nicht nur - in Hinblick auf HDTV. Hier wird ein im Heim einsetzbares Direktsichtdisplay benötigt. Die Elektrolumineszenz-Technologie wird im Vergleich zu LCDs und Plasma-Displays für große Flächen langfristig und hinsichtlich einfacher und preisgünstiger Herstellungsmöglichkeiten voraussichtlich die größeren Chancen haben.

Obwohl als Anlaß für die Projektthematik das langfristig gesetzte Ziel eines hochauflösenden Großbilddisplays gesehen wird, kann und soll innerhalb der geplanten Bearbeitungszeit bis Ende 1993 ein derartiges Display noch nicht realisiert werden. Im Vordergrund werden vielmehr die grundsätzlichen, zum Teil noch ungelösten Probleme der Material- und Schichtenentwicklung für ein vollfarbiges ELD stehen, und zwar für das Konzept "Farbe durch Weiß" (Weißlichtemitter kombiniert mit Farbfilterstreifen). Innerhalb der genannten Zeit sollen als Labormuster vollfarbige und hochauflösende ELDs mit kleinen Abmessungen entstehen und die Voraussetzungen für den Übergang zu größeren Formaten geklärt werden. Ein Forschungsschwerpunkt des Zentralinstituts für Elektronenphysik (ZIE) in Ost-Berlin liegt schon seit 8 Jahren auf dem Gebiet der Physik und Technologie des Elektrolumineszenz-Displays. Es ist vorgesehen, daß die Arbeiten im wesentlichen über einen F&E-Vertrag mit dem ZIE ablaufen.

Stand im Projekt

Der F&E-Vertrag mit dem ZIE wurde mit Wirkung vom 1.4.1990 abgeschlossen, zunächst nur für das Jahr 1990.

Mit den Vorarbeiten zum Aufbau und dem Einsatz einer neuen Zweikammer-HF-Sputteranlage im ZIE wurde begonnen. Die erste Kammer wurde im Dezember 1990 in Betrieb genommen. Die Erweiterung der Geräteausrüstung ist die Voraussetzung für experimentelle Arbeiten auf dem Gebiet der Dünnfilm-EL-Strukturen, die mit Erdalkalisulfiden als Wirtsgitter arbeiten.

Experimentelle Arbeiten im ZIE zu den Problemen

- Zusammensetzbarkeit des Displays aus Teilflächen (Fügbarkeit) ohne Störung des Rastermaßes,
- Klärung der Einflüsse, die für die Lichtausbeute verantwortlich sind, und Alterungsvorgänge

konnten bereits aufgenommen werden, obwohl die für Weißemitter in Frage kommenden Wirtsgitter CaS und SrS nur als Proben zur Verfügung standen, die aus einer früheren Kooperation des ZIE mit der Ehime-Universität in Japan stammten. Ansonsten mußten sich die Experimente auf die gelbleuchtenden ZnS:Mn-Proben beschränken, da nur diese bislang im ZIE angefertigt werden können.

Die Degradationsuntersuchungen an den ZnS:Mn-Strukturen haben ergeben, daß die Grenzflächenalterung lebensdauerbestimmend ist. Zum Verständnis des Mechanismus und zur Klärung der vermuteten Materialspezifik muß noch Grundlagenarbeit geleistet werden. Wesentliche Erfolge sind bei der Aufklärung der Zusammenhänge zwischen Lichtleitung und Lichtausstreuung erzielt worden. Eine abschließende Beschreibung der Situation in Filmpaketen ist jedoch noch nicht möglich, insbesondere sind die entsprechenden Untersuchungen an Erdalkalisulfid-Filmen aufzunehmen, sobald sie aus eigener Herstellung zur Verfügung stehen. Bei Kenntnis der radiativen Lebensdauer der Dotanten in den Wirtsgittern kann aus Abklingmessungen nach stoßförmiger Photoanregung die Lumineszenz-Effektivität ermittelt werden. Dieses Verfahren wurde 1990 am ZnS:Mn erstmalig angewandt. Die Messung ist jedoch für die Weißlichtemitter wesentlich schwieriger, weil die radiative Lebensdauer von Ce in SrS voraussichtlich um den Faktor 10^{-5} kleiner ist.

Die von uns favorisierte TFELD-Struktur besteht aus der Schichtenfolge Glassubstrat-Metall-Isolator-SrS:Eu oder CaS:Eu-SrS:Ce-Isolator-Streifentripel aus ITO mit R, G, B-Farbfiltern. Die Lichtausbeute für das aus den gefilterten Komponenten wieder gemischte Weiß müßte wenigstens 1 lm/W betragen. Die Ermittlung der erreichbaren Lichtausbeute steht im Vordergrund der gegenwärtigen und zukünftig geplanten Arbeiten.

3D-TV nach dem Linsenrasterverfahren

Projektleiter: R. Börner	Mitarbeiter in 90: 3
Zuwendungsgeber: BMFT	Laufzeit: 1.4.90-31.3.93

Ziel:

Ausgehend von den Ergebnissen des Vorläuferprojektes, in dem autostereoskopische Videosysteme zur Aufnahme und Wiedergabe räumlicher Bilder durch eine Linsenraster-Großprojektion von Parallax-Panoramagrammen entwickelt wurden /136/, sind in dem gegenwärtigen Projekt folgende Arbeiten durchzuführen: Der Linsenraster für die Großbildprojektion soll verbessert werden, und für diesen Bildschirm soll ein mehrkanaliger Diaprojektor entwickelt werden, dessen Dias später für die Videoprojektion durch Lichtventilsteuerschichten ersetzt werden könnten. Weiterhin ist die Anwendung des Linsenrasterverfahrens auf die Rückprojektion und auf große Flachbilddisplays zu untersuchen. Bei bislang zur Verfügung stehenden Geräten reicht allerdings die Pixelanzahl nur für zweikanalige Systeme aus. Trotzdem können damit die Probleme experimentell bereits bearbeitet werden. Mit LC-Overhead- und LC-Lichtventilprojektion sollen zwei autostereoskopische Rückprojektionsstrecken aufgebaut werden, wobei der Lichtventilprojektor von zwei Farbkameras anzusteuern ist. Weiterhin sollen auf einem monochromatischen Flachbilddisplay stereoskopische Rechnergraphik und Videobilder von zwei Kameras mit Hilfe des Linsenrasterverfahrens dargestellt werden.

Stand im Projekt

Für die Großprojektion konnte beim Linsenrasterschirm das Selektivitätsverhalten durch ein neues Verfahren der optischen Korrektur weiter verbessert werden. Zusätzlich können die bei der Aufprojektion entstehenden Oberflächenreflexe durch den Linsen überlagerte Strukturen gemindert werden. Beide Maßnahmen führten zu Patentanmeldungen /155/. In Absprache mit dem Hersteller der Rasterplatten, der Firma Philips in Eindhoven, sind neue Fertigungsverfahren diskutiert und abgestimmt worden, so daß die Großbildschirmrasterplatten bereits in Auftrag gegeben werden konnten.

Das Projektorkonzept für einen Multikanalprojektor konnte entwickelt und mit den Parametern des Bildschirmes in Abstimmung gebracht werden. Die wesentlichen Komponenten wie Lichtkondensorsysteme und spezielle Objektive werden als modifizierte Industrieprodukte eingesetzt.

Für die Rückprojektion ist das Konzept für einen transparenten Auffangschirm mit vorgesetztem Linsenraster in der Theorie erarbeit und in Rechenprogramme zur Optimierung und Fertigung umgesetzt worden. Es werden hier zwei Wege beschritten. Mit Hilfe eines modifizierten Overhead-Projektors und eines dafür geeigneten LC-Displays großer Abmessungen soll Computeranimation zweikanalig dargestellt werden. Auf einem zweiten Rückprojektionsschirm werden mit einem umzubauenden Farbvideoprojektor (LC-Lichtventilprojektor) Videobilder zweier Kameras autostereoskopisch dargestellt. Bisherige Messungen an diffusen Materialien der Auffangschirme, gute Richtungsselektivität und Abbildungseigenschaften der errechneten Linsenraster sowie die geringen Verzeichnungen der Projektionsobjektive lassen gute Raumbilder erwarten.

Ein Flachbilddisplay mit vorgesetztem Linsenraster zur autostereoskopischen Darstellung von Computer- und Kamerabildern wird ebenfalls entwickelt. Das patentierte Linsenrasterdesign liegt in Form von Rechenprogrammen vor. Als Display wird ein monochromes 16" Elektrolumineszenzdisplay mit 16 Graustufen eingesetzt, das zum Umbau mit einem zu entwickelnden Controller in Auftrag gegeben ist. Es sind Softwareprogramme entwickelt worden, die zum Testen der Rastereigenschaften eingesetzt werden und die Computeranimation in 3D liefern sollen. Weiterhin wird ein A/D-Wandlergerät für die Anpassung der analogen Kamerasignale an die Rasterung des Displays und des Linsenrasters zur Zeit entwickelt. Die drei beschriebenen Systeme werden die wichtigsten 3D-Anwendungen - Workstation, mittelgroße Rückprojektion und Großprojektion - abdecken.

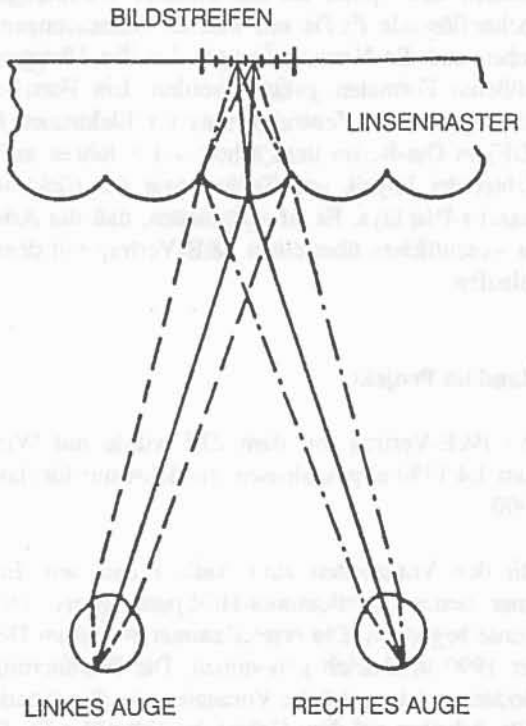


Bild: Getrenntes Sehen der Bildstreifen durch Linsenraster bei der Autostereoskopie

Bereich Integrierte Optik

Bereich Integrierte Optik

Übersicht

Ziel der Integrierten Optik ist die Entwicklung von Prototypen optoelektronischer Bauelemente und integrierter Subsysteme für die anwendungsbezogene nachrichtentechnische Grundlagenforschung. Sie dienen zur Demonstration der Machbarkeit neuer Systementwicklungen. Die Einführung eines optischen Breitbandkommunikationsnetzes bildet weltweit einen wichtigen Schwerpunkt der Systementwicklung. Man ist überzeugt, daß ein wirtschaftliches und zuverlässiges Netz nur dann verwirklicht werden kann, wenn die monolithische Integration von optoelektronischen Schaltkreisen gelingt. Wie in den führenden nachrichtentechnischen Zentren in Japan, den USA und in Europa wird in der Integrierten Optik des HHI an der Entwicklung dieser neuartigen optoelektronisch integrierten Schaltungen (OEICs) schwerpunktmäßig gearbeitet.

Als Materialien für die optoelektronische Integration dient die Klasse der InP-III-V-Halbleiter, die wegen ihres Bandabstandes die Herstellung von Lasern und Detektoren für den optimalen Übertragungsbereich von Lichtwellenleitern bei Wellenlängen von 1,3 und 1,55 µm ermöglicht. Mit dieser Materialklasse können neben den optoelektronischen Komponenten auch passive Wellenleiterstrukturen und elektronische Komponenten, wie z.B. Transistoren, hergestellt werden. Eine monolithsche Integration von komplexen optoelektronischen Schaltkreisen ist daher im Prinzip möglich. Die besondere Schwierigkeit ergibt sich in der Verbindung von Funktionselementen, die bezüglich ihrer epitaktischen Schichtzusammensetzung und ihrer geometrischen Struktur völlig verschieden aufgebaut sind. Die optoelektronische Integration zielt auf die Beherrschung der materialtechnischen und strukturellen Komplexität bei einer verhältnismäßig niedrigen Anzahl von Elementen ab.

In den fünf Abteilungen Epitaxie, Prozeßtechnologie, Lithographie, Meßtechnik und Komponentenintegration werden die technologischen, meßtechnischen und theoretischen Grundlagen bereitgestellt, die für die Bearbeitung der Projekte benötigt werden. Es ist Aufgabe der Abteilungen, diese Grundlagen so weiterzuentwikkeln, daß für die Komponenten- und OEIC-Entwicklung jeweils der neueste Stand der Technik zur Verfügung steht. Ein technologisches Zentrallabor mit der Reinheitsklasse 10 im Lithographiebereich und der Reinheitsklasse 1000 für die Epitaxie und Prozeßtechnik steht zur Verfügung.

Abteilung Epitaxie

In der Abteilung Epitaxie werden die Schichtstrukturen für die verschiedenen Einzelbauelemente und integrierten Komponenten, die in den einzelnen Projekten entwickelt werden, hergestellt. Dies schließt auch die auf lange Sicht erforderliche Weiterentwicklung und Verbesserung der Epitaxieprozesse ein, um den ständig wachsenden Anforderungen der Integrierten Optik an die Materialherstellung gerecht werden zu können und um neue epitaktische Möglichkeiten zur Realisierung von Bauelementstrukturen zu untersuchen. Als Epitaxieverfahren stehen die metallorganische Gasphasenepitaxie (MOVPE) und die Molekularstrahlepitaxie (MBE) zur Verfügung. Das Flüssigphasenepitaxie-Verfahren, auf dem bislang der überwiegende Teil der Bauelemententwicklung basierte, wurde zu Beginn des Berichtsjahres vollständig eingestellt.

Die MOVPE-Technologie ist bisher ausschließlich auf das InGaAsP-Materialsystem ausgerichtet. Entsprechende Schichtstrukturen fanden vor allem Anwendung für verschiedenartige optische Wellenleiterbauelemente wie Modenkonverter und -splitter, Richtkoppler und wellenlängenselektive Komponenten, für die durchweg ganzflächige 2"-Substrate bewachsen wurden. Ein anderer Schwerpunkt war die epitaktische Herstellung unterschiedlicher Laserschichtstrukturen, wobei neben der Optimierung konventioneller "bulk"-Schichtstrukturen die Prozeßoptimierung für das Wachstum von Multi-Quantum-Well-Schichten einen breiten Raum einnahm. Weitere Arbeiten bezogen sich auf selektives MOVPE-Wachstum, Verbesserung der großflächigen Schichthomogenität und auf semi-isolierende Schichten. Hierzu wurde neben Eisen auch die Dotierung mit Titan untersucht.

Im Gegensatz zur MOVPE werden mit der MBE Schichtstrukturen auf der Basis des Systems InGaAlAs entwickelt. Die durchgeführten Arbeiten bezogen sich schwerpunktmäßig auf die Entwicklung einer integriert-optischen Empfängerzelle und auf die Herstellung von HEMT-Strukturen. Daneben wurde das Wachstum von In(Ga)AlAs-Schichten bei niedrigen Temperaturen sowie das Überwachsen implantierter Substrate untersucht /102/. Hieraus resultierten neuartige Bipolartransistorbauelemente mit vergrabener, implantierter Kollektorzone /105/, mit denen auch integrierte Lasertreiberstufen /109/ hergestellt wurden.

Neben den genannten bauelementeorientierten Epitaxiearbeiten beteiligt sich die Abteilung zusammen mit externen Partnern an zwei technologischen Vorhaben, deren Ziele zum einen die Entwicklung geeigneter Ersatzstoffe für Phosphin als Phosphor-Quellenmaterial für die MOVPE, zum anderen die Entwicklung von sogenannten Epitaxiesubstraten sind. Darüber hinaus wurde ein Vorhaben vorbereitet, das auf die metallorganische Molekularstrahlepitaxie (MOMBE) ausgerichtet ist.

Abteilung Prozeßtechnologie

In den Bereich der Prozeßtechnologie fallen die Verfahren der Deposition (Aufdampfen, Sputtern, Plasma-Abscheidung) von Metallen und Dielektrika, der Feinststrukturübertragung (Ionenstrahl-, Plasma-Ätzung), der lokalen Halbleiterdotierung (Diffusion, Ionenimplantation) und der Chip-Montage (Ritzen, Spalten, Sägen, Chip- und Draht-Bonden). Die Weiterentwicklung auf diesen Gebieten war im zurückliegenden Jahr im wesentlichen auf die anwendungsorientierte Optimierung bestehender Prozesse, die Erweiterung der Methoden zur Qualitätskontrolle und die Einführung einer Prozessierung von 2"-Wafern ausgerichtet. Es wurde eine Aufdampfanlage in Betrieb genommen, die mit einer Ladeschleuse und einer Ionenkanone zur Reinigung der Waferoberfläche durch Teilchenbeschuß unmittelbar vor der Metallschichtdeposition ausgerüstet ist. Hiermit wurde ein mit hoher Uniformität und Zuverlässigkeit arbeitendes Verfahren zur Herstellung niederohmiger Kontakte auf p-dotiertem InGaAs etabliert, benötigt zum Beispiel für Laser- und Transistorbauelemente. Auf einer neuen, ebenfalls mit einer Ladeschleuse versehenen Anlage für Plasma-unterstützte Gasphasendeposition (PECVD), die auf dem sogenannten "microwave downstream" Prinzip beruht, wurde die Entwicklung hochqualitativer SiN_x-Schichten für Passivierungs- und Maskierungszwecke begonnen. Über eine Waferfläche von mehr als 2" Durchmesser hinweg wurde eine Uniformität in Schichtdicke und Brechungsindex von besser als ± 5 % erreicht. Zur prozeßbegleitenden Charakterisierung dieser und anderer dielektrischer Schichten steht nunmehr ein Ellipsometer zur Verfügung, das eine automatische flächenaufgelöste Bestimmung von Dicke und Brechungsindex ermöglicht. Weiterhin wurde ein Reaktor zur schnellen thermischen Prozessierung beschafft, um das bewährte Verfahren der p-Dotierung von In(GaAs)P durch Kurzzeit-Diffusion von Zink, bisher begrenzt auf Probengrößen von maximal 2 x 2 cm^2, auf 2"-Wafer zu übertragen. Weitere Fortentwicklungen der Prozeßtechnologie, die eine spezifische Orientierung auf einzelne Bauelementarten aufweisen, werden in den jeweiligen Projektdarstellungen berichtet.

Abteilung Lithographie

Die umfangreichen Modernisierungsarbeiten an der Elektronenstrahllithographieanlage wurden im März abgeschlossen. Die wesentlichen Maßnahmen waren die Erneuerung der Elektronik für das elektronenoptische System, das Ablenksystem, die Datendekodierung und das Laserinterferometer. Die Auflösung konnte auf 50 nm Einzellinienbreite und die Ablenkfrequenz auf 10 MHz gesteigert werden. Dadurch eignet sich die Anlage jetzt sehr gut für die direkte Belichtung von Submikron-Strukturen wie Transistor-Gates oder Bragg-Gittern. Dank dem Mehrfach-Lademagazin lassen sich verschiedene Belichtungen, auch von Photomasken, automatisch aneinanderreihen, was zu einer hohen Auslastung der Anlage führt.

Sämtliche Masken für die Bauelement-Projekte im Bereich Integrierte Optik sowie zahlreiche Teststrukturen wurden an der vorhandenen CAD-Anlage entworfen und bis auf wenige Ausnahmen auch im Hause hergestellt. Das CAD-System wurde durch leistungsfähige Konverterprogramme, die direkt auf die CAD-Datenbasis zugreifen, weiterentwickelt. Wellenleiterbauelemente wie Koppler und Schalter lassen sich jetzt anhand der Bauelementeparameter beschreiben und anschließend mit einem Präprozessor mit hoher Geschwindigkeit im CAD-System aufbauen, wo sie weiter interaktiv bearbeitet werden können. Die Arbeiten zur Proximity-Korrektur wurden fortgesetzt mit dem Ziel einer vollständigen Einbindung in die CAD-Darstellungsebene. Diese Entwurfshilfsmittel haben inzwischen zu einer benutzerfreundlichen Erweiterung des kommerziellen CAD-Systems für die Belange der Integrierten Optik geführt.

In der Photolithographie ließ sich die praktische Auflösungsgrenze deutlich auf etwa 1 µm steigern, indem vermehrt das Vakuumkontaktverfahren verwendet wurde. Insgesamt konnte eine bessere Reproduzierbarkeit für diese Basistechnologie erzielt werden. In der holographischen Belichtungstechnik wurden bevorzugt Bragg-Gitter erster Ordnung hergestellt, um einen Beitrag zur Verbesserung von DFB- und Mehr-Sektions-DBR-Lasern zu leisten.

Abteilung Meßtechnik

Die Arbeiten der Abteilung Meßtechnik dienen der Material- und der Bauelement-Charakterisierung. Sie umfassen optische und elektrische Verfahren und zusätzlich auf Ionen-, Elektronen- und Röntgen-Strahlen basierende Methoden (Physikalische Meßtechnik).

In der optischen Materialcharakterisierung wurde die Automatisierung des Meßplatzes zum Schichtdickenmapping vorangetrieben, und es wurden Kalibrierungen für wichtige Schichtzusammensetzungen vorgenommen /116, 121/. Die bisher statisch vorgenommene Analyse von Photodioden kann jetzt auch dynamisch (bis 2 GHz) durchgeführt werden. Zur erweiterten Charakterisierung von Halbleiterlasern wurde ein Linienbreitenmeßplatz aufgebaut (Meßprinzip: "delayed self homodyne"), der Linienbreiten bis zu 100 kHz zu messen gestattet. Die Meßplätze für passive Wellenleiterbauelemente wurden weiter automatisiert, so daß Bauelementserien mit systematischer Variation einzelner Parameter effizienter vermessen werden können.

In der Gruppe Elektrische Meßtechnik wurden Methoden zur Charakterisierung und Parameterextraktion an Bipolar- und Feldeffekt-Transistoren verfeinert /122/. Anhand von invertierbaren Heterostruktur-Bipolartransistoren wurde ein kompletter Zyklus der Parameterextraktion und Schaltungssimulation eines integrierten Lasertreibers demonstriert /146/. Integrierte GaInAs/-AlInAs-Lasertreibers-ICs wurden auf Dickfilmsubstraten aufgebaut und zeigten für einen praktischen Einsatz ausreichende Augendiagramme bis zu 4 Gbit/s /109/. Gegenwärtig werden die vorhandenen Simulationswerkzeuge für die Anwendung auf HEMT ('high electron mobility transistor')-Strukturen erweitert /152/.

Die Materialanalyse des AlGaInAs-Systems, die sich vor allem auf 'deep level transient spectroscopy' stützte, lieferte Ergebnisse, die auf der SOTAPOCS-Tagung vorgestellt wurden /124/. Im Rahmen von Studien- und Diplomarbeiten wurden zum einen eine Magnetfeldregelung für einen temperierbaren Hallmeßplatz (Temperaturbereich 77K - 300K) erstellt /153/ und zum anderen Steuer- und Auswerte-Programme entwickelt für Transmission-Line-Messungen des spezifischen Kontaktwiderstandes am rechnersteuerbaren Waferprober /150/. Schließlich wurde für die Analyse der Stromverteilung auf die Homo- und Hetero-Dioden in 'buried ridge structure'-Lasern eine neue On-Wafer Kelvin-Methode implementiert. Sie gestattet die Untersuchung des Einflusses einer Heterogrenzflächen-Graduierung auf den Stromtransport.

In der Physikalischen Meßtechnik bilden die SIMS ('Sekundär-Ionen Massen Spektroskopie')-Untersuchungen unverändert einen wichtigen Schwerpunkt /87/. Relativ umfangreich ist auch der Komplex der Untersuchungen mit den Raster-Elektronen-Mikroskopen, während Augeruntersuchungen nur in Einzelfällen durchgeführt wurden. Mit dem hochauflösenden Röntgendiffraktometer wurden vor allem MBE ('molecular beam epitaxy')-Schichten charakterisiert. Standardmessungen werden mit einem kleineren Diffraktometer im Technologischen Zentrallabor durchgeführt.

Bei den SIMS-Untersuchungen hatten folgende Fragestellungen besonderes Gewicht: Messung von Dotier- und Diffusionsprofilen, Bestimmung von Restverunreinigungen, Analyse der Abruptheit von Übergängen (Heteroübergänge, δ-Dotierung) und quantitative Analysen. Bei den Rasterelektronenmikroskopen ist die bisher erreichte Genauigkeit bei Schichtdickenmessungen den gestiegenen Anforderungen nicht mehr gewachsen. Es ist deshalb der Einfluß des Anätzens von Probenspaltflächen systematisch untersucht worden. Alternative Verfahren der Probenpräparation bzw. eine Detektion, die eine schonendere Probenpräparation zuläßt, werden gegenwärtig untersucht.

Abteilung Komponentenintegration

Im Mittelpunkt der Arbeiten der Abteilung Komponentenintegration stehen Probleme der Integration von optischen und elektrooptischen Komponenten in InGaAsP/InP. Diese Arbeiten sind überwiegend projektbezogen; die Ergebnisse sind im Abschnitt "Projekte des Bereiches Integrierte Optik" dargestellt.

In der Arbeitsgruppe "Numerische Simulation optischer Bauelemente" wurden die vorhandenen Programme erweitert und für Charakterisierung und Design der Bauelemente in den Projekten angewendet /120/. Soweit möglich, wurden sie so benutzerfreundlich strukturiert, daß sie zur allgemeinen (ingenieurmäßigen) Benutzung durch die Bauelementebetreuer weitergegeben werden konnten. Daneben wurden eine Reihe neuer numerischer Simulationsprogramme entwickelt.

Eine Reihe von Bauelementen erfordern eine Simulation der Wellenausbreitung in Strukturen mit in Ausbreitungsrichtung veränderlicher Geometrie, bei denen die bisher angewandte "Beam-Propagation Method" (BPM) mit eindimensionalem Brechzahlprofil nach der "Effektiv Index Methode" (EIM) versagt. Für allgemeine Koppler- und Interferometerstrukturen wurde daher ein "Coupled-Mode" Verfahren entwickelt, das von den geführten Moden des zweidimensionalen Brechzahlprofils ausgeht. Die Erweiterung der klassischen BPM auf ein dreidimensionales Beam-Propagation Rechnerprogramm ist nahezu abgeschlossen. Für Strukturen mit hohen Brechzahlsprüngen wird außerdem in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Prof. Petermann (TU Berlin) an der Entwicklung eines neuen Beam-Propagation Operators auf der Basis Finiter Differenzen Methoden (FDM) gearbeitet.

Im Vorlauf der Beantragung des Projektes "Wellenleitertaper auf InGaAsP/InP" wurde eine umfangreiche Studie über das Design von verschiedenen Taperstrukturen durchgeführt /95/. In einer Vorphase zum Projekt

"Schnelle optische Schalter für OATM-Systeme" wurde für das Design und die Charakterisierung von Multi-Quantum-Wells (MQW) die Entwicklung eines Programmpakets begonnen, das optische und elektrooptische Effekte dieser Schichten berechnen kann. Ziel ist die Untersuchung hoher Brechzahlmodulationen bei niedriger Absorptionsänderung. Im Bereich Lasersimulation wurde ein neues Programm basierend auf der Transfer-Matrix-Methode zur Berechnung gain- und indexgekoppelter DFB-Laserstrukturen erstellt. Hier wird die Möglichkeit der Realisierung rückwirkungsstabiler Laser für den Kohärenten Empfänger untersucht.

In der Arbeitsgruppe "Passive Wellenleiter" wurde zur Bestimmung der optischen Verluste von dämpfungsarmen Wellenleitern ein Meßplatz aufgebaut und erprobt. Bei diesem Meßprinzip dient der Wellenleiter in Verbindung mit den Spaltflächen des Chips als Resonator, in dem Fabry-Perot-Resonanzen durch Änderung der optischen Weglänge (Wellenlängen-, Phasen- oder Temperaturänderung) erzeugt werden. Erste Ergebnisse zeigen typische Verluste von 0,9 dB/cm für die MOVPE-Schichten. Bestwerte von 0,4 dB/cm konnten bei vergrabenen Wellenleitern festgestellt werden.

Projekte im Bereich Integrierte Optik

1990 wurden mit Schwerpunkt bauelementbezogene Projekte bearbeitet, wobei die Entwicklung von Einzelkomponenten für einen integrierten bidirektionalen Wandler im Vordergrund stand. Dazu wurden folgende Projekte bearbeitet: "Integriert-optischer wellenlängenselektiver Multiplexer/Demultiplexer auf InP", "Entwicklung einer Empfängerzelle für integrierte optoelektronische Wandler", "Herstellung und Untersuchung von elektronisch durchstimmbaren Lasern und Quantum-Well-Lasern auf InP" und "Entwicklung von integrationsfähigen DFB-Lasern (1,5 µm) auf der Basis fortschrittlicher Technologieverfahren". Diese Projekte wurden 1990 erfolgreich abgeschlossen. Die dabei entwickelten Bauelemente und Technologien bieten eine gute Grundlage für die im Berichtsjahr für den Zeitraum 1991-1993 konzipierten neuen Projektziele, bei denen es um die Entwicklung von Schlüsselbauelementen für die optische Signalverarbeitung geht. Eine zentrale Rolle spielt das Teilvorhaben "Monolithisch integrierter Überlagerungsempfänger" innerhalb des Rahmenprojektes "Schlüsselbauelemente für die optische Signalverarbeitung", für das die Integrationskonzepte schon 1990 bearbeitet wurden. Das schon seit 1988 im RACE Projekt "Subscriber Coherent Multichannel System, Technologieteil (RACE 1010)" entwickelte Polarisation Diversity Netzwerk wird im Überlagerungsempfänger direkt Anwendung finden. Die Entwicklung neuer Komponenten wurde in den Projekten "Wellenleitertaper für optoelektronische integrierte Schaltungen auf der Basis von InP" und "Laserzeilen für 3D-Raumstufe" 1990 begonnen. Unterstützend zu den Bauelementeentwicklungen wurden drei ausgewählte technologiebezogene Projekte bearbeitet: "Semi-isolierende InP-Epitaxieschichten auf VPE-Basis", "Entwicklung von Phosphin-Ersatzstoffen für Gasphasenepitaxie-Prozesse" und "Dotierungstechniken für optoelektronische integrierte Bauelemente".

Integriert-optischer wellenlängen-selektiver Multiplexer/Demultiplexer auf InP

Projektleiter: Dr. H. Venghaus — Mitarbeiter in 90: 6
Zuwendungsgeber: BMFT — Laufzeit: 1.1.88-31.12.90

Ziel

Als Vorstufe für einen monolithisch integrierten optoelektronischen Wandler sollen im Rahmen des Projektes wellenlängen-selektive Duplexer-Strukturen hergestellt und charakterisiert werden. Die Bauelemente sollen für bidirektionalen Betrieb mit unterschiedlichen Wellenlängen (λ_1, λ_2) für jede Übertragungsrichtung geeignet sein. Die Nebensprechdämpfung muß für Systemanwendungen mindestens -15 dB betragen, die Halbwertsbreite der Duplexer sollte für Arbeitswellenlängen um 1,3 µm etwa 10 nm betragen. Eine Alternative bilden Duplexer für die Arbeitswellenlängen 1,3 µm und 1,55 µm. Eine notwendige Voraussetzung für die Bauelementrealisierung ist die Bereitstellung wichtiger Technologien (MOVPE, Trockenätzen mit in-situ Ätztiefenkontrolle) /82, 114, 118/.

Stand im Projekt

Mit der im Rahmen des Projektes aufgebauten MOVPE-Anlage können wellenleitende GaInAsP/InP-Epitaxieschichten mit sehr guter Homogenität sowohl lateral als auch horizontal reproduzierbar hergestellt werden. Auch die Trockenätzanlage mit in-situ Ätztiefenkontrolle arbeitet im Routinebetrieb mit 10 nm Genauigkeit für die gewünschten Ätztiefen.

Simulationen können mittlerweile dreidimensional durchgeführt werden, nachdem die Theorie der gekoppelten Moden mit der 2-dimensionalen Finite-Differenzen-Methode kombiniert wurde und entsprechende Rechenprogramme installiert und getestet worden sind. Für parallele (symmetrische und asymmetrische) Richtkoppler ist die Übereinstimmung zwischen Simulation und Experiment mittlerweile so gut, daß Bauelemente nach einer Simulation mit Festlegung der Designparameter anschließend so hergestellt werden können, daß die tatsächlichen Eigenschaften den erwarteten innerhalb sehr enger Toleranzen entsprechen.

Es wurden verschieden dimensionierte Mäander-Koppler hergestellt mit Halbwertsbreiten der Filterdurchlaßkurve von etwa 10 - 20 nm im 1,3 µm Wellenlängenbereich (s. **Bild**). Bestwerte für die Nebensprechdämpfung betrugen -17 dB. Die realisierten Bauelemente zeigen, daß es möglich ist, gleiche Filtereigenschaften mit sehr unterschiedlichen Strukturparametern zu erzielen. Diese Flexibilität ist für eine spätere monolithische Integration vorteilhaft.

Parallel zu den Mäander-Kopplern wurden auch Interferometer vom Mach-Zehnder Typ hergestellt. Dabei wurde der sonst übliche geometrische Wegunterschied der beiden Interferometerarme ersetzt durch eine optische Weglängendifferenz (unterschiedliche Rippenhöhen). Auf diese Weise können besonders kompakte und/oder schmalbandige Interferometer hergestellt werden. Erreicht wurde ein Kanalabstand von 4 nm bei 5 mm Länge des eigentlichen Interferometerbereiches.

Über die ursprünglichen Projektziele hinaus wurden Duplexer entwickelt, die zusammen mit einer Photodiode und einem Feldeffekt-Transistor integriert werden können. Ein entsprechender Maskensatz wurde bereits hergestellt, und es ist beabsichtigt, die komplette integrierte Komponente (Duplexer, dielektrischer Wellenleiter, Photodiode, Feldeffekt-Transistor) anläßlich der Internationalen Funkausstellung 1991 in Berlin in einem optischen Übertragungssystem einzusetzen. Diese Arbeiten werden nach erfolgreichem Abschluß des hier beschriebenen Projektes in einem anschließenden Hausprojekt in 1991 fortgeführt.

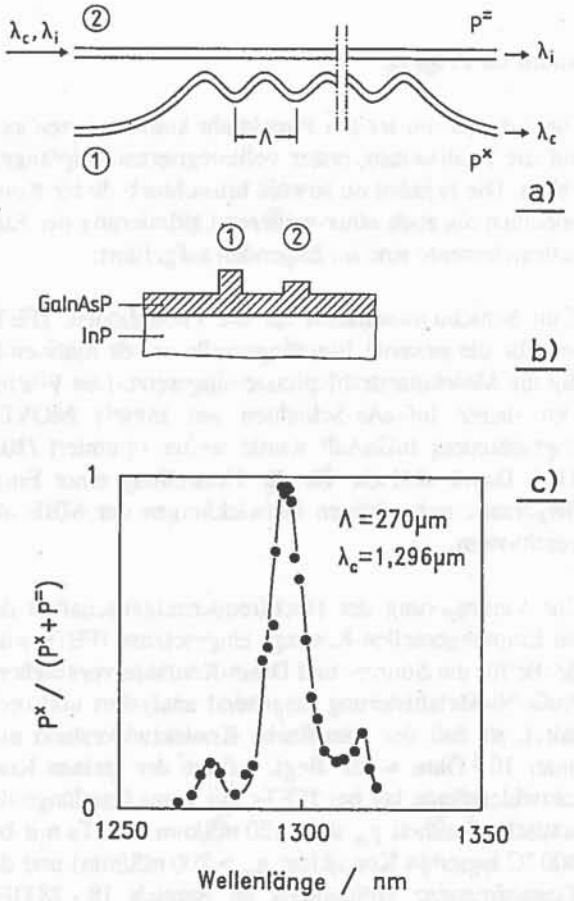


Bild: a) Draufsicht, b) Querschnitt (schematisch), c) experimentell ermittelte Transmissionskurve eines Mäanderkopplers

Entwicklung einer Empfängerzelle für integrierte optoelektronische Wandler

Projektleiter:
Dipl. Phys. G. Unterbörsch — Mitarbeiter in 90: 8
Zuwendungsgeber: BMFT — Laufzeit: 1.1.88-31.12.90

Ziel

Für den monolithischen Aufbau sowohl eines optoelektronischen Wandlers als auch eines kohärenten optischen Überlagerungsempfängers stellt der Detektorteil eine wichtige Subkomponente dar, der die Leistungsfähigkeit des Gesamtbausteins wesentlich bestimmt. Diese Empfängerzelle besteht aus optischen und elektrischen, und damit sehr verschieden aufgebauten Bauelementen: dem Lichtwellenleiter (LWL) zur Führung des Lichts, der Photodiode (PD) zur Konversion des Lichts und einem Feldeffekt-Transistor (JFET) als verstärkende Transistorstufe. Im Rahmen dieses Vorhabens sollen diese Bauelemente auf der Basis des In(GaAs)P-Materialsystems zu einem Empfänger-OEIC monolithisch integriert werden.

Stand im Projekt

Die Arbeiten im letzten Projektjahr konzentrierten sich auf die Realisierung erster vollintegrierter Empfängerzellen. Die Ergebnisse sowohl hinsichtlich dieser Komponenten als auch einer weiteren Optimierung der Einzelbauelemente sind im folgenden aufgeführt:

Zum Schichtenwachstum für die Photodioden, JFETs und für die gesamte Empfängerzelle wurde routinemäßig die Molekularstrahlepitaxie eingesetzt. Das Wachstum dieser InGaAs-Schichten auf mittels MOVPE abgeschiedem InGaAsP wurde weiter optimiert /103, 115/. Damit sind die für die Herstellung einer Empfängerzelle notwendigen Entwicklungen der MBE abgeschlossen.

Zur Verbesserung der Hochfrequenzeigenschaften der im Empfängerzellen-Konzept eingesetzten JFETs wurde die für die Source- und Drain-Kontakte vorgesehene AuGeNi-Metallisierung eingehend analysiert und optimiert, so daß der spezifische Kontaktwiderstand nun unter 10^{-5} Ohm • cm^2 liegt. Infolge der kleinen Kontaktwiderstände lag bei JFETs mit 1 µm Gatelänge die statische Steilheit g_m über 120 mS/mm (JFETs mit bei 400 °C legierten Kontakten: $g_m > 200$ mS/mm) und die Transitfrequenz größtenteils im Bereich 18 - 28 GHz /86/, einem im internationalen Vergleich beachtlichen Wert. Untersuchungen zur Varianz der statischen Eigenschaften belegten die gute Uniformität der MBE-Schichten und der Prozeßtechnologie.

Zur Optimierung der Lichtkopplung in Wellenleiter-integrierten Photodioden wurden Komponenten unterschiedlicher Geometrie untersucht /89, 110/. Durch die bei 1,55 µm Lichtwellenlänge nunmehr erhaltene, hohe spezifische Lichtabsorption von 0,45 dB/µm konnte bei PD-Längen von ca. 50 µm ein Quantenwirkungsgrad über 90 % erreicht werden. Die gemessene Grenzfrequenz der Photodioden lag bei -3 V Vorspannung oberhalb der Meßsystemgrenze (ca. 2 GHz).

Basierend auf den Ergebnissen der Einzelbauelemente und abgestimmt auf den technologischen Herstellungsprozeß wurde das Design der Empfängerzelle festgelegt (s. **Bild**), wobei die lateralen Geometrien anhand von Simulationsrechnungen bezüglich der optischen Empfindlichkeit optimiert wurden. Durch die Verwendung einer semi-isolierenden Wellenleiterschicht wurde die elektrische Isolation der Bauelemente wesentlich vereinfacht. Bei den weltweit erstmals realisierten Empfänger-OEICs dieses Typs wiesen die spezifischen Daten für die einzelnen Bauelemente vergleichbare Werte zu den oben aufgeführten auf /108/. Der Photodioden-Lastwiderstand von 440 Ohm bestimmte im wesentlichen die gemessene statische Stromverstärkung von 11 dB und 3 dB-Grenzfrequenz von 320 MHz.

Basierend auf diesem Konzept wurde ein nach dem "Balanced Detector"-Prinzip arbeitenden Mischerdetektor mit zwei gleich ausgelegten LWL/PD-Elementen realisiert, dessen Daten vergleichbar zu denen der Empfängerzelle waren. Die notwendige Uniformität beider Eingänge wurde nachgewiesen, die gemessene Signalverstärkung der Eingänge stimmte im gesamten Frequenzbereich innerhalb etwa 1 dB überein.

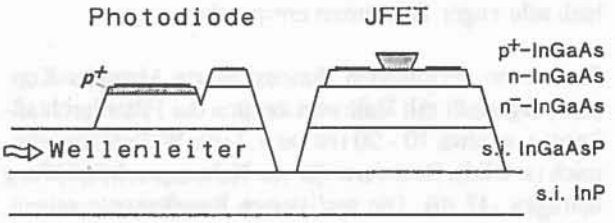


Bild: Querschnitt durch die Empfängerzelle

Herstellung und Untersuchung von elektrisch durchstimmbaren Lasern und Quantum-Well-Lasern auf InP

Projektleiter: Dr. M. Rosenzweig (bis Okt. 1990) — Mitarbeiter in 90: 6

Zuwendungsgeber: BMFT — Laufzeit: 1.1.88-31.12.90

Ziel

Für ein zukünftiges Coherent-Multi-Carrier-Verteilsystem werden Halbleiterlaser benötigt, deren Emissionswellenlänge (1,55 µm) sich elektrisch abstimmen läßt. In diesem Vorhaben sollen Mehrsektions-DFB-Laser als abstimmbare Sendelaser hergestellt und charakterisiert werden, deren Abstimmbereich gering sein kann, die aber hochfrequent modulierbar sein sollen. Als Lokaloszillator in integriert-optischen Überlagerungsempfängern sind andererseits über einen größeren Wellenlängenbereich abstimmbare, integrationsfähige Laser erforderlich. Als erster Entwicklungsschritt im Hinblick auf diese Anwendung ist die Ankopplung von Lasern an Wellenleiter theoretisch zu untersuchen. Ein zweiter Projektschwerpunkt liegt in der Herstellung und Charakterisierung von Multi-Quantum-Well-(MQW) Lasern. Ziel dieser Untersuchungen ist es vor allem zu ermitteln, inwieweit solche Laserstrukturen Vorteile gegenüber Lasern mit vergleichbaren aktiven "bulk" - Schichten aufweisen. Diese Arbeiten werden in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Halbleitertechnik der RWTH Aachen (Unterauftrag) durchgeführt.

Stand im Projekt

Im dritten Projektjahr wurden sowohl durchstimmbare Zwei-Sektions-Ridge-Waveguide (RW)- als auch Zwei-Sektions-Buried-Ridge-Structure (BRS)-DFB-Laser hergestellt und charakterisiert. Hierbei wurden Strukturen mit holographisch belichteten Gittern erster und zweiter Ordnung verwendet. Die untersuchten RW-DFB und BRS-DFB-Laser erreichen eine Seitenmodenunterdrükkung von besser als -30 dB bei einer optischen Leistung von bis zu 10 mW. Mit 400 µm langen Zwei-Sektions-DFB-Lasern konnte ein kontinuierlicher Durchstimmbereich von 1 nm erzielt werden, was den Erwartungen für diese Strukturen entspricht.

Für die Integration eines durchstimmbaren DBR-Lasers mit passiven Komponenten wurde die Laser/-Wellenleiter- und die Wellenleiter/Wellenleiter-Kopplung nach dem Prinzip der vertikalen Kopplung (ITG-Konzept) mit der zweidimensionalen "Mode Matching" - Methode berechnet. Die Ergebnisse dieser Rechnungen zeigen, daß das ITG-Konzept sehr kleine Gesamtkoppelverluste, die durch die Kopplung des aktiven Lasers an den Bragg-Reflektor und der Ankopplung des externen Wellenleiters verursacht werden, verspricht.

Im Rahmen der Entwicklung von Quantum-Well (QW) Laserstrukturen wurden InGaAs/InGaAsP MQW-Strukturen hergestellt, in denen die Quantum-Wells (Emissionswellenlänge λ=1,55 µm) in einen Wellenleiter aus InGaAsP (λ_g=1,3 µm) eingebettet sind, so daß ein separates optisches Confinement (SC) vorliegt. Untersucht wurden Schichten mit 2,4 und 8 Quantum-Wells. Die ermittelten extrapolierten Schwellstromdichten betrugen 280 A/cm^2, 380 A/cm^2 und 600 A/cm^2 und gehören damit weltweit zu den Bestwerten. In Übereinstimmung mit durchgeführten Rechnungen zeigen diese Strukturen keine lineare, sondern eine exponentielle Abhängigkeit der Schwellstromdichte von der reziproken Resonatorlänge. Die Schwellströme dieser Strukturen lagen für große Resonatorlängen (L>200 µm) deutlich unter den entsprechenden Werten konventioneller DH-Strukturen. Diese Schwellstromreduktion ist jedoch hauptsächlich auf das sehr kleine aktive Volumen einer solchen QW-Struktur und weniger auf Quantisierungseffekte zurückzuführen. Es konnte nämlich gezeigt werden, daß sich mit SC-DH-Strukturen mit einer sehr dünnen aktiven InGaAsP-Bulk-Schicht (λ=1,55 µm) ähnlich niedrige Schwellströme erreichen lassen /117/. Die charakteristische Temperatur T_0 der untersuchten QW-Strukturen lag zwischen 40 und 60 K. Die Resultate zeigen, daß die hergestellten MQW-Laser hinsichtlich der grundlegenden Eigenschaften wie Schwellstrom- und Temperaturverhalten keine wesentlichen Vorzüge gegenüber Laserstrukturen mit vergleichbaren "bulk"-Schichten bieten.

In Zusammenarbeit mit der RWTH-Aachen wurden erstmals auch InGaAs/InGaAsP-QW-Strukturen mit einer Emissionswellenlänge von 1,3 µm hergestellt und untersucht. Hierbei wurden sowohl die Zahl der Wells als auch die Barrierenbreite variiert. Die bisher erreichten niedrigsten extrapolierten Schwellstromdichten lagen bei 1 kA/cm^2, die T_0-Werte lagen hier ebenfalls zwischen 40 und 60 K.

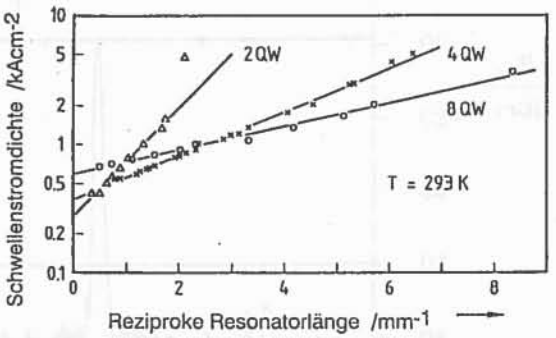


Bild: Abhängigkeit der Schwellstromdichte von der reziproken Resonatorlänge bei InGaAsP-SC-MQW-Lasern

Entwicklung von integrationsfähigen DFB-Lasern (1,5 µm) auf der Basis fortschrittlicher Technologieverfahren

Projektleiter: Dipl. Phys. F. Fidorra — Mitarbeiter in 90: 5½
Zuwendungsgeber: HHI — Laufzeit: 1.11.88-30.6.90

Ziel

Das Ziel dieses grundfinanzierten Projekts bestand in der Entwicklung von DFB-Lasern mit einer Emissionswellenlänge um 1,55 µm. Als Grundstrukturen sollten der "Ridge-Waveguide" (RW)- und der "Buried-Ridge-Structure" (BRS)-Laser verfolgt werden. Dabei war die Herstellung aller Halbleiterschichten mit MOVPE und die Anwendung moderner Trockenätztechniken anzustreben.

Stand im Projekt

Das Projekt lief planmäßig mit dem 30.6.1990 aus. Alle vorgegebenen Projektziele, mit Ausnahme Elektronenstrahl-geschriebener Gitter, konnten erreicht werden.

Anfang des Jahres 1990 wurden im HHI erstmals die Schichten für den aktiven Laserwellenleiter mit MOVPE gewachsen. Schon die ersten Versuche zeigten die deutliche Überlegenheit dieses Verfahrens bezüglich Homogenität und Defektdichten gegenüber der bis zu diesem Zeitpunkt benutzten LPE.

Zur Charakterisierung von Epitaxieschichten dienten unter anderem die Messungen der Photolumineszenzintensitäten und der Schwellstromdichten von "broad-area"-Lasern. Ersteres Verfahren zeigte keine deutlichen Unterschiede in der Qualität LPE- und MOVPE-gewachsener Schichten. Die Schwellstromdichten für MOVPE gewachsene Strukturen liegen aber mit unter 1 kA/cm² deutlich unter den Werten für LPE-Laser von bestenfalls 1,5 kA/cm².

Die Gitterkonstante des Bragg-Gitters für DFB-Laser muß sorgfältig an das Gainmaximum der aktiven Schicht angepaßt werden. Der Gainbereich wird durch die Zusammensetzung der Schicht bestimmt, in die Wellenlängenselektion des Bragg-Gitters gehen über den effektiven Brechungsindex sowohl die Zusammensetzung als auch die Schichtdicken empfindlich ein. Durch die Homogenität der MOVPE-Schichten war daher eine hohe Ausbeute von Lasern gleicher Eigenschaften aus einem Wafer von über 90% möglich.

Es wurden sowohl DFB-RW-Laser als auch DFB-BRS-Laser hergestellt. In beiden Fällen wurden holographisch belichtete Gitter zweiter Ordnung mit einem Tastverhältnis von 3:1 verwendet.

Im Fall von RW-Lasern konnten Ausgangsleistungen in einer Mode von bis zu 10 mW im cw-Betrieb und bei Raumtemperatur mit einer Seitenmodenunterdrückung von -30 dB erreicht werden. Durch die Optimierung der Streifenbreiten und der p-seitigen Laserkontakte konnten die Schwellströme für 250 µm lange Elemente auf unter 25 mA gesenkt werden, ein Wert, der für diese Laserstrukturen im internationalen Vergleich als gut anzusehen ist. BRS-Laser konnten bis zu 7 mW Ausgangsleistung unter den oben erwähnten Bedingungen betrieben werden. Die Schwellströme lagen hier mit 7 bis 10 mA ebenfalls bei sehr guten Werten. Für 300 µm lange DFB-BRS-Laser wurden Linienbreiten von ca. 25 MHz für eine optische Ausgangsleistung von 7 mW gemessen. Der Koppelkoeffizient der Gitter lag bei 90 cm⁻¹.

In der letzten Phase des Projektes wurde die Holographie umgebaut, so daß nun auch Gitter erster Ordnung belichtet werden können. Eine Probe mit DFB-RW-Lasern mit einem solchen Gitter konnte vor Abschluß des Projektes noch prozessiert und ein einmodiger Betrieb demonstriert werden.

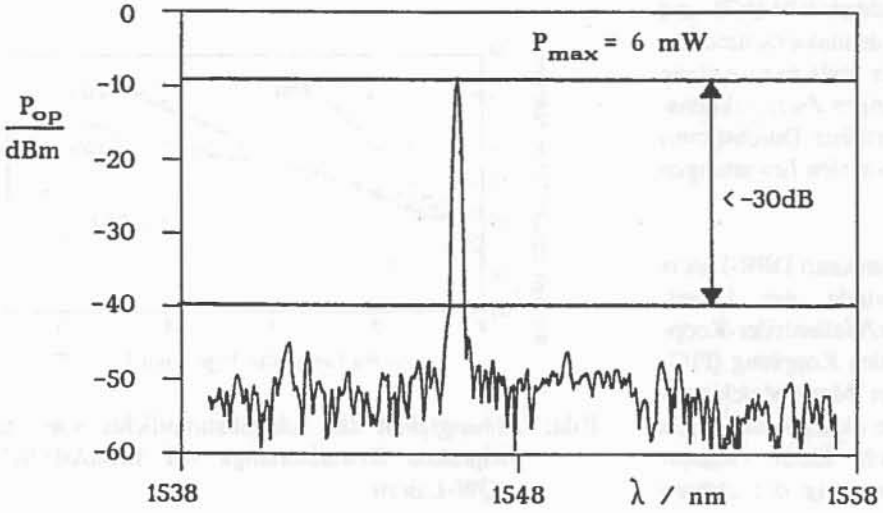


Bild: Seitenmodenunterdrückung eines DFB-BRS-Lasers bei einer Ausgangsleistung von 6 mW/Facette

Schlüsselbauelemente für die optische Signalverarbeitung

Teilvorhaben: "Monolithisch integrierter optischer Überlagerungsempfänger"

Projektleiter: Dr. D. Hoffmann	Mitarbeiter in 90: 4
Zuwendungsgeber: BMFT	Laufzeit: 1.4.90-31.3.94

Ziel

Im Rahmen des Photonik-Verbundprojektes des BMFT soll in den Jahren 1991 bis 1993 ein monolithisch integrierter optischer Überlagerungsempfänger mit Polarisation Diversity Schaltung, bestehend aus abstimmbarem Laser, passivem Netzwerk mit 3 dB-Koppler, TE/TM-Modenkonverter, TE/TM-Modensplitter und einem Empfängerbaustein mit Detektorpaaren und nachfolgender erster Vorverstärkerstufe entwickelt werden. In der Teilaktivität "Konzepte für den kohärenten Überlagerungsempfänger", die schon in 1990 begonnen wurde, soll dafür ein Integrationsprozeß erarbeitet werden, der die Epitaxie- und Prozeßschritte festlegt, mit dem sich alle benötigten Komponenten herstellen lassen.

Stand im Projekt

Seit dem 1.04.1990 werden die Arbeiten des bisherigen Projektes "Wellenleiter-Integration" im Rahmen des BMFT-Projektes TK 0462 9 weitergeführt. Für die Entwicklung eines einheitlichen Herstellungsprozesses des Überlagerungsempfängers wurden eine Reihe von Voruntersuchungen durchgeführt. Neben den bisher untersuchten Rippenwellenleitern, wie sie im RACE 1010-Projekt Anwendung finden, wurden ergänzend vergrabene elektro-optisch abstimmbare Phasenmodulatoren und Richtkoppler entwickelt und gemeinsam mit TE/TM-Modensplittern und TE/TM-Modenkonvertern hergestellt. Es wurde eine Phasendrehung von 6 °/(Vmm) erreicht. Die Untersuchung der Splitter und Konverter ist noch nicht abgeschlossen. Bei den Richtkopplern wurde die Kopplung so variiert, daß die Kopplerstrukturen gegenüber Schwankungen der Herstellungsparameter toleranter sind. Quaternäre semiisolierende Wellenleiter werden auf ihre Eignung hinsichtlich Integration untersucht.

Zur Verminderung der Leckströme beim BRS-Laser wurde ein Ätzverfahren entwickelt, mit dem sich semiisolierende InP-Schichten neben den Laserschichten wachsen lassen. Die erzielte Isolation ist ausreichend. Das Verfahren soll demnächst an Laserstrukturen getestet werden.

Bei der favorisierten Wellenleiter-Stoßkopplung müssen zwei Wellenleiter mit unterschiedlichem Material und Strukturdaten monolithisch verbunden werden. Hierzu werden zwei Verfahren vergleichend untersucht. In einer Version werden der Laserwellenleiter und der passive Wellenleiter nacheinander hergestellt. Dies erfordert eine selektive Epitaxie für die zweite Wellenleiterschicht. Beim anderen Verfahren wird zunächst eine Stufe in das Substrat geätzt, anschließend werden beide Wellenleiterschichten mit einer Epitaxie durch eine Zwischenschicht getrennt gewachsen. Die Epitaxie-Vorarbeiten fielen vielversprechend aus.

In beiden Versionen des Integrationsprozesses weisen der Laser-Wellenleiter und der passive Wellenleiter des Netzwerks eine unterschiedliche Materialzusammensetzung auf. Die Detektoren und Transistoren sollen anschließend mit quasi-selektiver MBE hergestellt werden.

Subscriber Coherent Multichannel System, Technologieteil (RACE 1010)

Projektleiter: Dr. H. Heidrich	Mitarbeiter in 90: 6½
Zuwendungsgeber: EG (15%)	Laufzeit: 1.1.88-31.12.92

Ziel

Ziel des Projekts ist der Aufbau eines experimentellen Fernsehverteilsystems in kohärenter Vielkanaltechnik. Auf der Teilnehmerseite soll ein monolithisch integrierter optischer Überlagerungsempfänger eingesetzt werden, um die Vorteile dieser Technologie zu demonstrieren. Das HHI hat dazu die Entwicklung des passiven Wellenleiternetzwerks übernommen, das später mit dem durchstimmbaren Lokaloszillator und der Detektorstufe integriert werden soll. Es umfaßt einen Polarisationskonverter für den Lokaloszillatorzweig, zwei Polarisationssplitter für das Empfangs- und das Lokaloszillatorsignal sowie zwei 3-dB-Richtkoppler für die optische Überlagerung.

Stand im Projekt

Gute Fortschritte wurden im Design und in der Technologie der Basiselemente TE/TM-Modenkonverter (MK), TE/TM-Modensplitter (MS) und 3 dB-Koppler erzielt. Alle Meilensteine des dritten Projektjahres wurden erreicht /111/.

Es konnte der erste MK hergestellt werden, der die Transformation der TE-Polarisation zu gleichen TE- und TM-Anteilen durchführt. Die effektive Spannung bei einer Baulänge von 4 mm betrug 32 V, die Zusatzverluste 0,5 dB. Bei optimalen Bauelementdaten wird die effektive Betriebsspannung voraussichtlich unter 10 V liegen /138, 97/.

Die Technologie zur Herstellung der MK konnte wesentlich verbessert werden. So wurden die Leckströme von den Bondpads zum Substrat durch ein verändertes Design beseitigt. Die unerwünschte laterale Diffusion an den GaInAsP/InP-Grenzschichten wurde bestimmt. Durch eine zusätzliche Temperung nach dem RIE-Prozeß und Wahl eines größeren lateralen Elektrodenabstandes konnte eine größere Ausbeute erzielt werden. Erstmals wurde als Alternative zur Zink-Diffusion die Silizium-Implantation in semi-isolierenden GaInAsP-Wellenleitern eingesetzt. Die Charakterisierung dieser Bauelemente ist im Gange.

Die Eigenschaften eines MS-Typs, der die Unterdrückung der TM-Wellenführung in einem Kopplerzweig ausnutzt, konnte nach Einführung eines "kalten", selbstjustierenden Prozesses verbessert werden. Bei diesem Prozeß wird jegliche Gold-Eindiffusion verhindert, die die Symmetrie der Richtkopplerstruktur für TE beeinträchtigen würde. So konnte für TE eine Separation von 14,5 dB und für TM von > 30 dB erreicht werden. Die Zusatzverluste betrugen ca. 0,3 dB /137, 106, 83/.

Zur Entwicklung eines Koppler-Designs, das möglichst unempfindlich auf Herstellungstoleranzen reagiert, wurden umfangreiche Simulationen und Experimente zu asymmetrischen X-Strukturen, Richtkopplern mit getaperten Wellenleiterbreiten bzw. schmalem Wellenleiterabstand (≤ 1 µm) durchgeführt. Zur Herstellung der schmalen Wellenleiterabstände wurde die direkte Elektronenstrahlbelichtung auf dem Wafer eingesetzt. Diese Kopplerstrukturen, die wie erwartet eine gute Gleichförmigkeit und nahezu Polarisationsunempfindlichkeit aufweisen, werden für die Integration im optischen Netzwerk zum Einsatz kommen. Die Maskendaten für die integrierten MS- und 3 dB-Kopplerstrukturen liegen in CAD vor. Die Technologie zur direkten Elektronenstrahlbelichtung ist entwickelt. Die ersten Wafer wurden prozessiert.

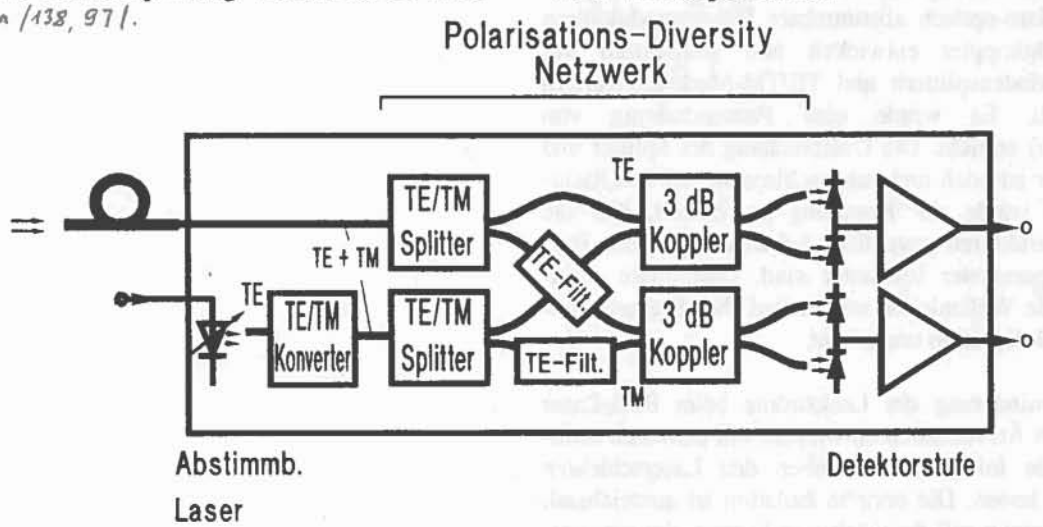


Bild: Optischer Überlagerungsempfänger - OEIC

Wellenleitertaper für optoelektronische integrierte Schaltungen auf der Basis von InP

Projektleiter: Dr. L. Möri — Mitarbeiter in 90: 4
Zuwendungsgeber: DBP TELEKOM — Laufzeit: 1.10.90-30.9.92

Ziel

Beim Aufbau von OEICs benötigt man ein Verfahren zur verlustarmen Kopplung von Wellenleitern mit unterschiedlicher Modenverteilung, z.B. bei der Verbindung des Wellenleiternetzwerks eines OEIC mit einer Glasfaser. Verlustarm wird diese Kopplung nur mit einem Modentransformator, der monolithisch mit der Bauelementstruktur integriert sein soll. Wellenleitertaper sind eine mögliche Lösung. Bei ihnen wird längs eines Wellenleiters die Geometrie und/oder das Brechzahlprofil langsam und stetig verändert. Ziel dieses Vorhabens ist es, Taper für einen exemplarisch ausgewählten Wellenleitertyp zu entwerfen und theoretisch und experimentell zu untersuchen. Damit sollen Kriterien für den optimalen Aufbau solcher Bauelemente erarbeitet werden.

Stand im Projekt

Grundlage für die im Rahmen dieses Projektes zu realisierenden Bauelemente sind die Ergebnisse einer vorbereitenden theoretischen Studie /95/, in der Strukturen von Wellenleitertapern mit guten Realisierungschancen vorgeschlagen wurden. Da es mit Halbleitermaterialien sehr schwierig erscheint, in einer Wellenleiterschicht lateral graduelle Änderungen der Brechzahl reproduzierbar herzustellen und vor allen Dingen definiert zu lokalisieren, bleibt als zentrales Designelement die Anpassung der Wellenleitergeometrie übrig. Die Ergebnisse der Studie zeigen, daß Wellenleiter-Breiten-Taper, relativ einfach über Lithographie zu realisieren, zu verlustbehaftet sind. Das begrenzte Auflösungsvermögen der Lithographie erlaubt es nämlich nicht, laterale Taperdimensionen so klein wie erforderlich herzustellen. Nur mit einer Kombination von Breiten- und Dickentapern sind die erforderlichen hohen Koppelkoeffizienten zwischen Wellenleitern mit unterschiedlicher Modenverteilung zu erreichen.

Die Schwerpunkte der Aktivitäten in 1990 waren die Entwicklung angepaßter Rechenprogramme und die Erforschung von Möglichkeiten zur Herstellung geeigneter Dickentaper.

Für eine vollständige theoretische Beschreibung und eine präzise Dimensionierung der Wellenleitertaper werden auf Grund ihrer Geometrie 3-D-Rechenverfahren benötigt. Insbesondere kann nur damit die laterale auf die vertikale Geometrie abgestimmt werden. Aus diesem Grund wurden einige vorhandene Rechenprogramme modifiziert. Diese Arbeiten sind so weit fortgeschritten, daß in einer ersten Testphase einfache Bauelementstrukturen berechnet werden können.

Dickentaper können mit einem speziellen Ätz-/Maskierungsverfahren ("dynamic etch mask") realisiert werden. Dabei verwendet man eine Zwei-Lagen-Maske aus SiO_2 und darüber Photolack. Da die SiO_2-Schicht von der Ätzlösung angegriffen wird, weicht die Maske während des Ätzens zurück. Erste Versuche zeigten, daß bei der Herstellung von Dickentapern mit flachem Winkel der eingeschränkte Austausch von verbrauchter mit frischer Ätzlösung in dem schmalen Spalt zwischen Maske und Halbleiteroberfläche starken Einfluß auf die Form des Dickenprofils hat. Weitere Versuche, in denen der Maskenaufbau bzw. die -geometrie und die Zusammensetzung der Ätzlösung optimiert werden, sollen zeigen, inwieweit mit diesem Verfahren die gewünschten Profile zu erzielen sind. Alternative Herstellungsmöglichkeiten werden zur Zeit erkundet.

Laserzeilen für 3D-Raumstufe

Projektleiter: Dr. N. Grote — Mitarbeiter in 90: ¼ (HHI)+ZOS
Zuwendungsgeber: BMFT — Laufzeit: 1.4.90-31.12.91

Ziel

Das Ziel des Vorhabens besteht in der Entwicklung und Bereitstellung von Laserdiodenzeilen als Basiskomponenten für holographisch-optische Verbindungsnetzwerke, wie sie im Rahmen des Photonik-Vorhabens "OFDM-Vermittlungssystem mit 3-D Raumstufe" realisiert werden sollen. Die Laser innerhalb des linearen Arrays sollen eine Emissionswellenlänge um 1,55 µm aufweisen, möglichst niedrige Laserströme werden angestrebt. Aus Gründen der elektronischen Ansteuerung werden die Laserzeilen auf semi-isolierendem Substratmaterial aufgebaut.

Das Vorhaben wird als Unterauftrag vom Institut für Optik und Spektroskopie (ZOS) der ehemaligen Akademie der Wissenschaften der DDR (Berlin) durchgeführt.

Stand im Projekt

Da sich die bisher im ZOS durchgeführten Arbeiten zu InP-basierenden Lasern ausschließlich auf den Wellenlängenbereich um 1,3 µm konzentrierten, mußten zunächst die etablierten Flüssigphasenepitaxie-Prozesse auf die Herstellung von 1,55 µm-Schichtstrukturen umgestellt werden. Es wurden Strukturen mit symmetrischem separatem optischem Confinement (SCH) hergestellt, die Schwellstromdichten von < 2 kA/cm^2 (L = 300 µm) aufweisen und damit dem internationalen Standard entsprechen. Im Hinblick auf die Entwicklung von "buried ridge stripe (BRS)"-Laserstrukturen, die eine zweistufige Epitaxie erfordern, wurde mit Untersuchungen zum Überwachsen geätzter Laserstreifen begonnen.

Parallel zur Flüssigphasenepitaxie wurde die Entwicklung von Laserschichtstrukturen auf der Basis der MOVPE-Technologie fortgeführt, wobei eine Normaldruckepitaxieanlage zum Einsatz kommt. Die ersten hergestellten Doppelheterostrukturschichten zeigten Schwellstromdichten um 2,5 kA/cm^2 (L = 300 µm), so daß für die weitere Laserentwicklung auch MOVPE-gewachsene Schichtstrukturen zur Verfügung stehen.

Semi-isolierende InP-Epitaxiesubstrate auf VPE-Basis

Projektleiter: Dipl. Phys. M. Schlak Mitarbeiter in 90: ½
Zuwendungsgeber: DBP TELEKOM Laufzeit: 15.6.90-14.6.92

Ziel

Die zur Zeit kommerziell erhältlichen InP-Substrate weichen in Ihrer Qualität noch beträchtlich von den in den Hauptanwendungsbereichen Optoelektronik und Mikroelektronik gestellten Anforderungen ab. Im Vorhaben wird ein alternativer Weg zur Herstellung verbesserter Substrate beschritten, indem dicke InP-Schichten auf möglichst defektarmen Trägersubstraten (InP:S) epitaktisch abgeschieden werden sollen. Die erwarteten Vorteile dieser sogenannten Epitaxiesubstrate sind geringe Defektdichten unabhängig von der Dotierung, sehr geringe Restverunreinigungen sowie die gute Kontrollierbarkeit der elektrischen Eigenschaften. Weiterhin sollten solche Substrate ohne weitere Präparationsschritte ("epi-ready") für nachfolgende Epitaxieprozesse einsetzbar sein.

Ziel des Projektes ist insbesondere die Herstellung Fe-dotierter Epi-Substrate, da die Integrierte Optik zunehmend die Verwendung semi-isolierender Substrate erfordert. Wegen der erreichbaren niedrigen Hintergrunddotierung besteht die Hoffnung, die Fe-Konzentrationen im Vergleich zu denen konventionell hergestellter Substrate senken zu können. Zur Schichtabscheidung wird das Niederdruck-Hydrid-VPE-Verfahren eingesetzt, das extrem hohe Wachstumsraten erlaubt und somit eine kostenverträgliche Herstellung von Epi-Substraten ermöglichen sollte.

Stand im Projekt

Das Vorhaben wird zusammen mit dem Institut für Halbleitertechnik der Technischen Hochschule Aachen (federführend) und der Firma Aixtron GmbH, Aachen, durchgeführt. Die Aufgabe des HHI besteht vor allem in der Materialcharakterisierung.

Die an der TH Aachen gewachsenen InP:Fe-Schichten zeigten semi-isolierendes Verhalten und waren von guter kristalliner Qualität. Es konnte aber mittels SIMS in allen Schichten noch ein hoher Ga-Anteil gemessen werden, dessen Herkunft in Zusammenhang mit Ga-haltigen Strukturen gebracht wird, die bisher in dem Reaktor gewachsen wurden. Zusätzlich konnte auch in nominell undotiert gewachsenen Schichten ein über der Meßgrenze liegender Fe-Pegel (ca. $1.5 \cdot 10^{15}$ cm^{-3}) gemessen werden. Ziel der nächsten Arbeiten ist es, die Quelle dieser "Verunreinigung" zu klären, um die gewünschten Fe-Dotierungskonzentrationen reproduzierbar einstellen zu können.

Um das elektrische Verhalten von mit Fe und Ti ko-dotierten InP-Schichten zu beurteilen, die zur elektrischen Isolierung p-dotierter Schichten von Interesse erscheinen, wurden hierzu Untersuchungen auf der Basis MOVPE-gewachsener InP:Fe, Ti-Schichten durchgeführt. Ti-dotierte Schichten zeigten keine semi-isolierenden Eigenschaften, was den Donatorcharakter des Dotierstoffs bestätigt. SIMS-Messungen zeigten, daß Ti - im Gegensatz zu Fe - offenbar nicht zur Interdiffusion mit Zink aus angrenzenden p-dotierten Schichten neigt. Gleichzeitig zeigten mit Fe und Ti-dotierte Schichten bei konstantem Fe-Gehalt eine starke Abnahme des spezifischen Widerstands und der Durchbruchspannung mit zunehmendem Ti-Gehalt, wobei noch nicht geklärt ist, ob dies durch eine elektrische Kompensation der tiefen Fe- und Ti-Störstellen oder durch den ungewollten Einbau von Verunreinigungen aus der Ti-Quelle verursacht wird. Weiterhin zeigten pn-Dioden mit Fe- bzw. Fe, Ti-dotierten InP-Zwischenschichten bisher nicht das erhoffte Isolationsverhalten in Flußrichtung. Die Arbeiten zu diesem Themenkreis sind noch nicht abgeschlossen.

Entwicklung von Phosphin-Ersatzstoffen für Gasphasenepitaxie-Prozesse

Projektleiter: Dr. F. W. Reier — Mitarbeiter in 90: 1
Zuwendungsgeber: BMFT — Laufzeit: 1.10.89-30.9.92

Ziel

Bei den modernen Epitaxieverfahren MOVPE und MOMBE/GSMBE werden als Ausgangsstoffe für die Gruppe (V)-Elemente die hochtoxischen und unter hohem Druck stehenden Hydridverbindungen Arsin (AsH_3) und Phosphin (PH_3) verwendet. Angesichts des extrem hohen Gefahrenpotentials dieser Stoffe werden seit einiger Zeit weltweit Anstrengungen unternommen, weniger gefährliche, epitaxietaugliche Ersatzstoffe zu entwickeln. Ziel des Vorhabens ist es, auf diesem Gebiet eigene Forschungsaktivitäten in Deutschland durchzuführen und dabei frühzeitig Epitaxieerfahrungen mit solchen Substanzen zu gewinnen, da längerfristig ein Verbot von Arsin und Phosphin, wie in den USA bereits teilweise geschehen, nicht auszuschließen ist.

Das Vorhaben, das sich auf die Entwicklung von PH_3-Ersatzstoffen konzentriert, wird in Kooperation mit der TU Berlin (Institut für Anorganische und Analytische Chemie und Institut für Festkörperphysik) sowie der Firma Preussag Pure Metals GmbH als Unterauftragnehmern durchgeführt. Die Aufgabe des HHI liegt in der Epitaxieerprobung.

Stand im Projekt

Als erste Ersatzstoffverbindung wurde im Vorhaben die Substanz tertiär-Butylphosphin (TBP) bearbeitet. Obwohl es sich hierbei um eine bereits erprobte und kommerziell aus den USA erhältliche Verbindung handelt, erfolgte dies mit dem Ziel, die Grundlage für eine eigenständige industrielle Herstellung von epitaxietauglichem TBP zu schaffen. Dabei wurden Synthesewege beschritten, die nicht auf der Verwendung von PH_3 als Ausgangsmaterial beruhen. Es wurde TBP hergestellt, mit dem InP-Schichten unter Normaldruck-MOVPE-Bedingungen mit Hintergrunddotierungen im Bereich von 1-3 • 10^{15} cm^{-3} (300 K/77 K) und Beweglichkeiten von 3500 cm^2/Vsec (300 K) bzw. 45000 cm^2/Vsec (77 K) erreicht wurden, so daß dieses Material bereits für die Herstellung von Bauelementen geeignet ist. Die Wachstumseigenschaften in Abhängigkeit vom V/III-Verhältnis und der Wachstumstemperatur wurden im Detail untersucht. Mittels optischer Methoden (CARS) wurde am Institut für Festkörperphysik die temperaturabhängige Zerlegung in-situ gemessen und die entstehenden Zerfallsprodukte analysiert.

Als weitere Substanzen, die bisher für Epitaxieanwendungen noch nicht entwickelt wurden, wurden die Verbindungen Tris(dimethylamino)phosphin und 1-H-Phospholen hergestellt und zum Teil analysiert. Die mit ersterem Material erzielten Epitaxieergebnisse erwiesen sich bisher noch nicht als zufriedenstellend. Es zeigte sich eine polykristalline Abscheidung von InP, was möglicherweise noch auf Verunreinigungen zurückgeführt werden kann. Verbesserte Reinigungsverfahren werden erarbeitet. Im Falle von 1-H-Phospholen wurde noch keine Schichtabscheidung erreicht. Mit beiden Substanzen wurde jedoch eine gute Stabilisierung der InP-Oberfläche erzielt, sodaß sich diese Stoffe schon für die Verwendung zur Oberflächenstabilisierung in anderen Hochtemperaturprozessen, wie z.B. Ausheilprozessen nach Ionenimplantation, eignen sollten.

Dotierungstechniken für optoelektronisch integrierte Bauelemente

Projektleiter: Dipl. Phys. W. Schlaak Mitarbeiter in 90: 3
Zuwendungsgeber: HHI Laufzeit: 1.7.88-30.6.91

Ziel

Als Basistechnologie für die optoelektronische Integration werden im Rahmen dieses Vorhabens die Diffusion aus der Gasphase, die Ionenimplantation und die dazugehörigen Verfahren zur Aufbringung von Maskierungs- und Passivierungsschichten für das In(GaAs)P-Materialsystem entwickelt. Im Hinblick auf qualitativ hochwertige Bauelementeigenschaften sowie enge Reproduzierbarkeits- und Gleichförmigkeitstoleranzen ist es erforderlich, die selektive Einstellung des Leitungstyps und der Ladungsträgerdichte zu beherrschen.

Stand im Projekt

Die Herstellung von optoelektronischen Bauelementen in In(GaAs)P/InP erfordert in vielen Fällen die Anwendung einer p-Diffusion, die mehrere Schichten einer Heterostruktur durchdringt. Diffusionsgeschwindigkeit und Löslichkeit des Dotierstoffes -in diesem Fall Zink- variieren jedoch erheblich mit der Materialzusammensetzung von In(GaAs)P, so daß der resultierende Dotierungsverlauf in komplizierter Weise vom jeweiligen Schichtaufbau abhängt. Daher bedurfte die Einstellung definierter Diffusionstiefen für jeden im Einzelfall vorliegenden Schichtaufbau eines Heterostruktur-Bauelementes einer Serie von Testdiffusionen. Um diesem hohen Prozeßaufwand zu begegnen, wurde im Rahmen des Projektes die Diffusion von Zink in In(GaAs)P-Heterostrukturen durch numerische Simulation modelliert. Das Berechnungsverfahren gestattet es, bei einer gegebenen beliebigen Schichtenfolge die Diffusionsparameter (Zeit, Temperatur) für eine gewünschte Tiefe des p-Gebietes aus der Kenntnis der jeweiligen Schichtdicken und der geforderten Ladungsträgerkonzentration vorab zu bestimmen. Die an unterschiedlichen Heterostrukturen durchgeführten Untersuchungen zeigen, daß die Lage des pn-Überganges mit dieser Methode auf $\leq 0{,}2\,\mu m$ genau vorherbestimmbar ist /125, 141/.

Durch die selektive n-Dotierung von semi-isolierenden InP-Schichten mittels Si-Implantation - eine Diffusion von Donatoren ist nicht möglich - sind neuartige Bauelementstrukturen und Integrationsformen realisierbar. Es konnten implantierte "Wannen" mit einer Tiefe bis zu 1,2 µm und einer maximalen Ladungsträgerkonzentration von $2 \bullet 10^{18}\,cm^{-3}$, gemessen nach dem Ausheilen unter einer PH_3-Schutzatmosphäre, hergestellt werden, die sowohl mit LPE-, MBE- und MOCVD-Schichten überwachsbar sind /102/. Diese Technik, bei der der vertikale Ladungsträgerkonzentrationsverlauf einstellbar ist, ermöglichte beispielsweise die Herstellung von neuartigen Heterobipolartransistoren, die aus einem 0,3 µm dicken Kollektor und einem darunterliegenden, 0,9 µm starken, sehr hoch dotierten Subkollektor als Stromzuführung bestehen. Diese in InP:Fe implantierte und ausgeheilte Schichtenfolge wurde anschließend mittels MBE mit einer 0,6 µm dicken Basis/Emitterschichtenfolge überwachsen /94, 105, 109/.

Die Herstellung von implantierten vergrabenen Schichten (Eindringtiefe > 1 µm) erforderte wegen der dafür nötigen höheren Ionenenergie die Entwicklung von Lackmasken, die bis zu Ionenenergien von 700 keV und Dosen von $5 \bullet 10^{14}\,cm^{-2}$ geeignet sind. Für die zur Maskierung und Passivierung eingesetzten SiN_x-Schichten wird zur Zeit die Deposition mit einer PECVD-Anlage nach dem "Down-stream" Prinzip optimiert. Die ersten damit entwickelten Schichten sind in ihren elektrischen und Haftungseigenschaften bereits für Komponenten wie Laser geeignet.

Die zukünftigen Arbeiten in diesem Projekt werden sich auf die Optimierung der SiN_x-Schichten zur Passivierung von Bauelementen und auf die Übertragung der bisherigen Diffusions- und Implantationsergebnisse auf 2"-Wafer konzentrieren.

Ergebnis - Übersicht

Veröffentlichungen

/1/ Heydt, G.: Coherent Optical Communication. (Invited paper), Proc. Int. Zurich Seminar, 6.-8.3.1990, pp. 39-46.
Kurzfassung: The paper reviews activities in the development of coherent optical communication systems for application in future public broadband networks. These applications can be expected in the area of long distance transmission systems together with optical amplifiers but also in the local access network and in switching systems.

/2/ Heydt, G.: Coherent Optical Multi-Carrier Communication. (Invited paper), XIII General Assembly of the International Union of Radio Science (URSI), Prague, 28.8.-5.9.1990, Abstracts, Vol. 1, p. 263.
Kurzfassung: The paper reviews activities in the development of coherent optical multi-channel systems for application in future public broadband networks. Fields of application may be long distance transmission systems in connection with optical amplifiers but also customer access systems and switching and routing. The optical multi-carrier technique utilizes the extremely high bandwidth of the optical single mode fibre. This high bandwidth will be employed when new high capacity demanding broadband services have to be introduced. Recent progress in systems work is presented and key components which are required for systems implementation are mentioned.

/3/ Heydt, G.; Khoe, G.D.[1]; Ragdale, C.[2]; Ebberg, A.[3]: RACE Project R1010, Scenario for the Implementation of Coherent Multichannel Systems in the Subscriber Area of the European IBC Network. (Invited paper), Optical and Quantum Electronics, Vol. 22 (1990) pp. 535-554.
Kurzfassung: A scenario which illustrates the use of coherent multi-channel (CMC) techniques in different levels of evolution of the European Integrated Broadband Communication (IBC) is developed. The scenario is based on experimental results obtained by engineered laboratory setups on CMC and subscriber systems. A detailed comparison between the CMC solution and a direct detection approach is presented, and the different levels of evolution from direct detection to CMC techniques are illustrated.

/4/ Park, C.[2]; Debney, B.[2]; Swanenburg, T.[1]; Auracher, F.[3]; Heydt, G.; Lagasse, P.[4]; Martin, G.[5]: Coherent Multi-Channel Subscriber Systems and the RACE 1010 Project. IEE Coll. Digest, 1990/116, paper 2.
Kurzfassung: The paper addresses a number of aspects related to the application of optical coherent techniques in the subscriber loop of future integrated broadband systems. Firstly the opportunities offered by coherent multi-channel (CMC) techniques for the implementation of distribution and dialogue services are presented. This is followed by a description of the present state of the art with respect to systems and components. Then comparisons are made between CMC techniques and time multiplexing schemes. Finally a description of the objectives and technical approach of the RACE 1010 project (Subscriber CMC System) is presented.

/5/ Debney, B.[2]; Thorley, A.[2]; Swanenburg, T.[1]; Heydt, G.; Auracher, F.[3]; Lagasse, P.[4]; Martin, G.[5]: The Application of Coherent Multichannel Techniques to Future Broadband Networks. Proc. Int. Conf. on Integrated Broadband Services and Networks, London, 15.-18.10.1990, pp. 264-269.
Kurzfassung: Coherent detection offers the prospect of greater receiver sensitivity than is achievable using conventional direct detection. Moreover, the frequency selectivity inherent in the principles of the heterodyne receiver permits a single carrier to be selected from a spectrum of closely spaced optical carriers. The paper discusses the application of coherent multichannel (CMC) techniques to transmission and switching in broadband networks, and presents the current status of the R&D of optoelectronic components and fibre optic systems for these applications.

/6/ Casali, F.[6]; Heydt, G.: Economic Aspects of Optical Coherent Transmission. (Invited paper), to be published in Proc. of Octima Workshop, Rome, 1991.
Kurzfassung: The paper discusses possible application prospects of optical coherent techniques in the access network. An evolutionary graph for the introduction of coherent multi-carrier (CMC) techniques is given and costs targets are presented.

/7/ Heydt, G.; Khoe, G.D.[1]; Rae, S.[2]; Ebberg, A.[3]: RACE Project R1010, Coherent Multi-Carrier Transmission and Switching for an Optical Frequency Multiplexed Broadband Network. (Invited paper), to be published in Techn. Dig. of Conf. on Optical Fiber Communication 1991 (OFC '91), San Diego, 18.-22.2.1991.
Kurzfassung: Activities of RACE project R1010 "Subscriber Coherent Multi-Carrier (CMC) System" are reported. The work is concentrated on the development of a CMC demonstration system, analysis of novel CMC systems applications and development of dedicated components.

---

1 Philips Research Laboratory, The Netherlands
2 Plessey Research Laboratory, U.K.
3 Siemens AG, FRG
4 Laboratory of Electromagnetism and Acoustics, Belgium
5 LEP, France
6 RACE Central Office, Belgium

/8/ Langenhorst, R.; Patzak, E.; Pieper, W.: Balanced 3x3 Port Phase Diversity Receiver with Reduced Impact of Thermal Noise. Electron. Lett. Vol. 26 (1990) pp. 595-596.
Kurzfassung: We realized the first balanced ring structure 3x3 port phase diversity receiver in which thermal noise has the same impact as in heterodyne receivers although three amplifiers are used. Experimental and theoretical results are presented.

/9/ Langenhorst, R.; Pieper, W.; Eiselt, M.; Rohde, D.; Weber, H.G.: Balanced Phase and Polarization Diversity Receiver in a 565 Mbit/s DPSK Transmission System. ECOC '90, Proc. Vol. 1, pp. 399-402.
Kurzfassung: A phase and polarization diversity receiver in conjunction with balanced detection is operated in a 565 Mbit/s DPSK optical transmission system. A compact bulk optical hybrid provides all optical signals with the required phase relations in a single unit.

/10/ Langenhorst, R.; Pieper, W.; Eiselt, M.; Rohde, D.; Weber, H.G.: Balanced Phase and Polarization Diversity Coherent Optical Receiver. Photonics Technology Letters, January (1991).
Kurzfassung: A balanced phase and polarization diversity coherent optical receiver employing two novel components is tested in a 565 Mbit/s DPSK transmission system. The two novel components are firstly a compact bulk optical 90° hybrid which provides all 8 optical signals required for balanced phase and polarization diversity operation and secondly a silicon bipolar multiplier IC which has a dynamic range of at least 15 dB guaranteeing negligible degradation in both diversity operations.

/11/ Ludwig, R.; Moehrle, M.; Rosenzweig, M.; Schnabel, R.; Schunk, N.; Weber, H.G.: Properties of Two-Section Traveling Wave Amplifiers. ECOC '90, Proc., Vol. 1, pp. 239-242.
Kurzfassung: It is proposed and shown by first experiments, that multi-section semiconductor laser amplifiers may be better adjusted to specific applications than conventional single-section devices.

/12/ Ludwig, R.; Schnabel, R.; Schunk, N.; Weber, H.G.: Multi-Section Semiconductor Laser Structures for Optical Traveling Wave Amplifiers. Topical Meeting on Optical Amplifiers and their Applications, Monterey, California, Proc., (1990) pp. 86-90.
Kurzfassung: Multi-section lasers are proposed as traveling wave amplifiers. First experiments reveal that they are better adjustable to various applications than conventional single-section devices.

/13/ Ludwig, R.; Moehrle, M.; Rosenzweig, M.; Schnabel, R.; Schunk, N.; Weber, H.G.: Optical Traveling Wave Amplifiers with Multi-Section Semiconductor-Laser Structures. Electron. Lett. Vol. 26 (1990) pp. 1704-1705.
Kurzfassung: Optical traveling wave amplifiers based on multi-section semiconductor laser structures are better adjustable to various applications than conventional single-section devices.

/14/ Großkopf, G.; Ludwig, R.; Schnabel, R.; Schunk, N.; Weber, H.G.: Frequency Conversion by Four-Wave-Mixing in LD-Amplifiers. (Invited paper), Photonic Switching '90, Kobe, Japan, Technical Digest Paper, 13D/6, pp. 179-184.
Kurzfassung: The paper reports on frequency conversion with use of nearly-degenerate four-wave-mixing in travelling wave laser diode amplifiers. The conversion range may be up to 4000 GHz limited by the gain bandwidth of the amplifier.

/15/ Schunk, N.; Großkopf, G.; Ludwig, R.; Schnabel, R.; Weber, H.G.: Semiconductor Laser Amplifiers as All-Optical Frequency Converters. SPIE's Int. Conf. on Physical Concepts of Materials for Novel Optoelectronic Device Applications, Aachen, 1990, to be published.
Kurzfassung: All-optical frequency conversion of an optical data signal can be achieved by a traveling-wave semiconductor laser amplifier over a spectral range given by its entire gain spectrum (≥10 THz). Experimental and theoretical results for the frequency conversion efficiency are presented. The effect of gain saturation and the wavelength dependence are discussed in order to find the optimum conditions for the conversion efficiency. Simultaneous conversion of an optical data signal to several wavelengths is also considered. Finally, the requirements are specified for an optical filter, which selects the converted data signal out of the total optical spectrum.

/16/ Schunk, N.; Großkopf, G.; Ludwig, R.; Schnabel, R.; Weber, H.G.: Frequency Conversion by Nearly-Degenerate Four-Wave Mixing in Travelling-Wave Semiconductor Laser Amplifiers. IEE Proc., Vol. 137, Pt. J., No. 4 (1990) pp. 209-214.
Kurzfassung: The paper describes a scheme for frequency conversion of optical data signals with use of NDFWM in travelling wave semiconductor laser amplifiers. The frequency conversion range is limited by the gain bandwidth of the optical amplifier, which is about 4000 GHz in the considered case. The experimental arrangement of the conversion scheme is described and a theoretical analysis is presented. Finally the advantages and disadvantages of this scheme are discussed.

/17/ Großkopf, G.; Ludwig, R.; Schnabel, R.; Schunk, N.; Weber, H.G.: Frequency Conversion by Four-Wave-Mixing in LD-Amplifiers. (Invited paper), In: Tada, K.; Hinton, S. (Eds.): Photonic Switching II,

Springer Series in Electronics and Photonics, 29 (1990) pp. 226-232.
Kurzfassung: Nearly-generate four-wave-mixing in traveling wave laser diode amplifiers enables all-optical frequency conversion of an optical data signal. The frequency conversion range is limited by the gain bandwidth of the amplifier, which is about 4000 GHz in the experimental and theoretical work reported here. In general, the conversion efficiency is larger than 1 due to the internal gain of the amplifier. Moreover, an optical data signal can be converted simultaneously to several (≥10) different frequencies with use of one semiconductor laser amplifier only. The frequency converter operates for data signals up to 1 Gbit/s independently of modulation scheme and bit rate. It can preferably be applied to angle modulation schemes.

/18/ Großkopf, G.; Ludwig, R.; Schnabel, R.; Schunk, N.; Weber, H.G.: Optical Amplifiers in Fibre Optic Communication Networks. (Invited paper), EFOC/LAN '90, Proc., pp. 268-273.
Kurzfassung: Optical amplifiers are likely to become key-components in future optical communication systems. We report here mainly on semiconductor laser amplifiers (SLAs). There are presently many research activities to improve this device with respect to high saturation output power, low spontaneous emission, low polarization sensitivity, and low residual reflectivity. Some of the applications of SLAs reported in this paper will eventually more favourably be performed with Er^{3+}-doped fibre amplifiers (EFAs). However, some applications will probably never be possible with EFAs.

/19/ Großkopf, G.; Ludwig, R.; Weber, H.G.: Entwicklungsstand und Tendenzen bei optischen Verstärkern für die Nachrichtenübertragung. Zeitschrift für Maschinenmarkt MM, Nr. 38 (1990) S. 210-216.
Kurzfassung: Für die Zukunftstechnik Photonik ist der optische Verstärker ein Schlüsselelement, ähnlich dem Transistor in der Elektronik. Für Anwendungen in der Photonik werden zur Zeit hauptsächlich der Halbleiterlaser-Verstärker und der Faserverstärker untersucht. Für eine lineare optische Verstärkung hat der Faserverstärker Vorteile, dagegen eignet sich der Halbleiterlaser-Verstärker vor allem für die zukünftige optische Datenübertragung und Datenverarbeitung.

/20/ Ludwig, R.: Optische Halbleiterlaser-Verstärker in zukünftigen LWL-Übertragungssystemen. ntz Nachr.-tech. Z., 43 (1990) S. 8-13.
Kurzfassung: Halbleiterlaser-Verstärker können in zukünftigen optischen Systemen eine ähnliche Rolle spielen, wie Transistoren in elektronischen Systemen. Dies gilt sowohl für die optische Signalübertragung als auch für die optische Signalverarbeitung. Besonders interessant sind optische Breitbandverstärker in vielkanaligen kohärenten Fernübertragungssystemen, wo sie aufwendige optoelektronische Repeater ersetzen; in der Bundesrepublik Deutschland könnten so Ferntrassen grundsätzlich ohne optoelektronische Repeater betrieben werden.

/21/ Ehlers, H.; Ludwig, R.; Schnabel, R.; Schunk, N.; Teich, G.: Halbleiterlaser-Verstärker für optisches HDTV-Übertragungssystem. ntz Nachr.-tech. Z. 43, (1990) S. 16-18.
Kurzfassung: Ein HDTV-Übertragungssystem mit optischem Halbleiterlaser-Verstärker wurde vom Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik auf der Internationalen Funkausstellung (IFA) 1989 in Berlin erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt. Mit Hilfe dieses Halbleiterlaser-Verstärkers konnte die Übertragungsstrecke um etwa 35 km verlängert werden. Tägliche Fernseh-Live-Übertragungen während der gesamten Ausstellungsdauer belegten eine einwandfreie Funktionsweise des aufgebauten Übertragungssystems sogar unter erschwerten Betriebsbedingungen.

/22/ Weber, H.G.; Großkopf, G.; Ludwig, R.; Schnabel, R.; Schunk, N.: Semiconductor Laser Amplifiers as Multifunctional Devices. In: Reichel, H. (Ed.): Micro System Technologies 90, Springer-Verlag, Berlin (1990) S. 773-778.
Kurzfassung: Semiconductor laser optical amplifiers can be used as multifunctional devices in optical signal transmission, optical switching and optical signal processing. Examples described here are the linear optical amplifier, the all optical frequency converter and applications of the semiconductor laser amplifier in the electrooptic mode of operation for instance as optical switch, optical modulator or optoelectronic converter. We point out, that semiconductor laser amplifiers realized as multi-section devices may be of special advantage, because they can be adjusted to the desired applications most appropriately.

/23/ Tiemeijer, L.F.[1]; Kuindersma, P.I.[1]; Krekels, H.C.J.[1]; v. Es-Spiekman, W.[1]; Hendrix, L.J.M.[1]; Ludwig, R.; Küller, L.: High Performance Laser Amplifiers at 1.5 µm using E-Gun Evaporated Hafnium Di-Oxide Coatings. Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 29, No. 2 (1990) pp. L247-L249.
Kurzfassung: E-gun evaporated Hafnium di-Oxide antireflective coatings are shown to be an attractive alternative for sputtered Silicon Oxide AR coatings. Laser amplifiers were fabricated using this material and a modal reflectivity as low as 1.7 x 10-4 was obtained. A single pass gain of 26 dB together with a ripple as low as 2 dB for the TE mode were measured. Furthermore a 3 dB output saturation power of +8 dBm and a fiber coupling loss of 3.5 dB/facet were measured.

/24/ Bachus, E.-J.; Braun, R.-P.; Caspar, C.; Foisel, H.-M.; Strebel, B.: Breitband-Vermittlungstechnik für

1 Philips Research Laboratory, The Netherlands

kohärente optische Vielkanalsysteme. 4. Tagung Elektronik-Technologie der Humboldt-Universität zu Berlin, 1990, Tagungsband B, S. 266-272.
Kurzfassung: Die hohe Übertragungsbandbreite von Monomode-Glasfasern in Verbindung mit weit abstimmbaren Sende- und Lokallasern erlaubt eine vielzahlige Kanalbelegung mit optischen Frequenzträgern. In dem Beitrag werden Anwendungsmöglichkeiten der optischen Frequenzmultiplex-Technik nicht nur zur Verteilung von Breitbandsignalen (TV und HDTV) sondern auch zur Verbindung von Zentralen mit hochausgenutzten optischen Trägerfrequenzleitungen und zur flexiblen Vermittlung vorgestellt.

/25/ Foisel, H.-M.; Bachus, E.-J.; Braun, R.-P.; Caspar, C.; Strebel, B.: Coherent OFDM Systems. EFOC/LAN '90, Proc., paper 3.5.4, pp. 347-351.
Kurzfassung: Optical coherent multicarrier switching nodes could provide transparent exchange of signals by cascading routing and frequency conversion stages where the application data remain in the optical domain. In this paper system architectures and experimental results are presented concerning tunable fiber filters, all optical frequency conversion and phase noise accumulation. Additionally an optical remote switching experiment is reported.

/26/ Bachus, E.-J.: Photonic Switching: a Keystone of Multiplexed Broadband Communication Systems. (Invited paper), ECOC '90, Proc. Vol. 2, pp. 739-747.
Kurzfassung: The intention of this paper is not to refer the state of the art of recent photonic switching principles and experiments. Here we will try to structurize this rambling field of research by subsuming principles, components and architectures to the generic conception of multiplexing.

/27/ Braun, R.-P.; Strebel, B.: All Optical Remote Control Using a Pulse Switched Frequency Converter. ECOC '90, Proc., Vol. 1, pp. 149-152.
Kurzfassung: An all optical remote switching of a 70 Mbit/s modulated signal using a frequency converter (DFB amplifier) driven by a fixed and a gated pump is demonstrated. The bistable gate is controlled by optical pulses.

/28/ Patzak, E.; Foisel, H.-M.; Gross, R.[7]: Limitations of Phase Noise Cancellation Due to Time Delay and Filtering. ECOC '90, Proc., Vol. 1, pp. 77-80.
Kurzfassung: Two phase noise cancellation schemes for coherent systems are analysed. A penalty of less than 1 dB can be achieved when the conditions, IF-linewidth - delay time product $\Delta\upsilon\ \tau < 0.04$ and the IF-filter bandwidth $B_{IF} > 10\ \Delta\upsilon$, are satisfied.

/29/ Caspar, C.; Bachus, E.-J.; Braun, R.-P.; Foisel, H.-M.; Strebel, B.: Faseroptische Filter für kohärente Systeme. 4. Tagung Elektronik-Technologie der Humboldt-Universität zu Berlin, 1990, Tagungsband B, S. 307-312.
Kurzfassung: In kohärenten optischen Vielkanalsystemen zur Verteilung und Vermittlung von breitbandigen Signalen werden optische Filter mit Bandbreiten und Kanalabständen in der Größenordnung der Signalfrequenzbereiche benötigt. Eine große Zahl verschiedener Filtertypen ist in Fasertechnik mit kleinen Einfügungsdämpfungen realisierbar. Die wichtigsten Eigenschaften von Mach-Zehnder-Filtern und Ringfiltern, ihre Herstellung und ihr Einsatz in Systemexperimenten werden beschrieben.

/30/ Keil, N.; Strebel, B.; Yao, H.H.: Polymer Waveguides in Integrated Optics. In: Reichel, H. (Ed.): Micro System Technologies 90, Springer-Verlag, Berlin (1990) pp. 289-294.
Kurzfassung: Recently some polymers with attractive processing properties have been developed and there has been a significant increase in interest in using such organics as optical waveguide materials to form different waveguide devices. In this paper, the possible applications of polymer waveguides in integrated optics, including passive, dynamic passive and active devices is discussed.

/31/ Keil, N.; Bachus, E.-J.; Strebel, B.; Yao, H.H.: Polymere Wellenleiter für Komponenten der optischen Nachrichtentechnik. 4. Tagung Elektronik-Technologie der Humboldt-Universität zu Berlin, 1990, Tagungsband B, S. 327-332.
Kurzfassung: Polymere haben für die optische Nachrichtentechnik eine Reihe von attraktiven Eigenschaften: sie lassen sich einfach herstellen und bearbeiten, sind transparent, können im Sub-µm-Bereich komplex strukturiert werden und zeigen, bei entsprechender molekularer Struktur, optisch nichtlineare Eigenschaften. Nach einem Überblick über den Stand der internationalen Forschung wird die photolithographische Herstellung passiver Wellenleiterstrukturen in Polymeren vorgestellt. Es werden Experimente mit optisch nichtlinearen Azo-Farbstoffmolekülen zum Nachweis der elektro-optischen Phasenmodulation beschrieben, sowie die notwendigen technologischen Schritte zur Entwicklung von funktionsfähigen Bauelementen erläutert. Abschließend wird ein Vergleich zwischen polymeren und anorganischen Materialien zur Beurteilung der Zukunftsaussichten angestellt.

/32/ Waarts, R.G.[8]; Friesem, A.A.[8]; Lichtman, E.[8]; Yaffe, H.H.[8]; Braun, R.-P.: Nonlinear Effects in Coherent Multichannel Transmission Through Optical Fibers. Proc. of IEEE, Vol. 78, No. 8 (1990) pp. 1344-1368.

7 GTE, USA

8 Weizman-Institute of Science, Israel

Kurzfassung: Although the nonlinear susceptibility in single mode fibers is very low, their small core size and their low losses lead to high intensities and long interaction lengths. Consequently, strong nonlinear interactions may occur in single mode fibers, and these set an upper limit to the power levels that can be transmitted before affecting the operation of optical transmission systems. The dominant nonlinear processes in single mode optical fibers are four wave mixing, stimulated Brillouin scattering, and stimulated Raman scattering.

/33/ Dietrich, E.; Eggemann, R.; Ehlers, H.; Langer, K.-D.; Teich, G.; Vathke, J.; Walf, G.; Weich, K.: Hochratige optische Teilnehmeranschlußleitung. ntz Nachr.-tech. Z., (1991) H. 2, S. 86-91.
Kurzfassung: Es wird das Konzept sowie die Realisierung einer hochratigen optischen Teilnehmeranschlußleitung mit einer Übertragungsrate von 2,304 Gbd vorgestellt. Die Entwicklung erfolgte unter dem Gesichtspunkt eines möglichst geringen Hardwareaufwandes. Die Teilnehmeranschlußleitung dient als "Testbett" für die systemtechnische Erprobung von integrierten optoelektronischen Komponenten.

/34/ Weich, K.; Vathke, J.; Walf, G.: Duplexer Crosstalk Requirements for Bidirectional Optical Subscriber Loops Using Optoelectronic Integrated Circuits. EFOC/LAN '90, Proc., pp. 224-228.
Kurzfassung: Duplex operation in the local network is a very attractive technique especially when using optoelectronic integrated devices (OEICs). This paper deals with duplexer requirements directed to insertion loss, near-end and far-end crosstalk attenuations, obtained by calculations of duplexer crosstalk induced penalties considering transmission loops with OEICs (laser diode, photo diode and duplexer on one semiconductor chip). The calculations are based on a worst case optical power budget including losses due to waveguides, laser waveguide couplers, chip-fiber couplers, fiber etc.

/35/ Großmann, E.; Hilbk, U.; Peters, K.: Thermal Tunable Minimized Semiconductor Laser-Module. In: Reichel, H. (Ed.): Micro System Technologies 90, Springer-Verlag, Berlin (1990) pp. 465-470.
Kurzfassung: Key elements for optical coherent distribution systems are wavelength tunable semiconductor lasers. At present such devices are not commercially available. For that the wavelength dependence on temperature is used. Consequently, for achieving an acceptable tuning time a small heat capacity is necessary. Further system requirements on the module are longterm stabiltity and high optical power within the monomode fiber. The measured characteristics of the developed module are shown.

/36/ Beck, T.; Bünning, H.; Burmeister, M.; Common, S.; Grossmann, E.; Hermes, T.; Hilbk, U.; Hoen, B.; Meißner, P.; Oehl, U.; Peters, K.; Raub, F.; Saniter, J.; Schmidt, F.; Westphal, F.J.: 140 Mbit/s FSK Heterodyne Multichannel TV-Transmission/Distribution System over 11 km of Installed Fiber with the Capability of Supplying 256 Subscribers. ECOC '90, Amsterdam, Proc., pp. 73-75.
Kurzfassung: A 140 Mbit/s CMI line coded FSK coherent optical TV-distribution multichannel experiment is described. The system works over 10 km installed monomode-fiber, uses an all fiber optical polarization diversity frontend, an all fiber polarization independent supervisor unit and has a sensitivity of -47.8 dBm even at an IF linewidth of more than 80 MHz. System performance measurements are shown for a period of 60 h.

/37/ Hermes, T.; Bünning, H.; Burmeister, M.; Großmann, E.; Hilbk, U.; Hoen, B.; Meißner, P.; Peters, K.; Raub, F.; Saniter, J.; Schmidt, F.; Westphal, F.-J.: Kohärente Fernsehverteiltechnik. ntz Nachr.-tech. Z., 44 (1991) H. 1, S. 14-21.
Kurzfassung: Ein im Heinrich-Hertz-Institut im Rahmen eines Forschungsprojekts im Aufbau befindliches, auf kohärenten optischen Techniken beruhendes, experimentelles Fernsehverteilnetz, das in seiner Konzeption auf die Fernsehverteilung in öffentlichen Glasfaser-Netzen der Zukunft zielt, wird ausführlich dargestellt.

/38/ Meißner, P.: Kohärentes optisches Teilnehmeranschlußnetz für digitale TV-Verteilung. In: Kaiser, W. (Hrsg.): Glasfaser bis ins Haus. Telekommunikations 16, Münchner Kreis, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1991).
Kurzfassung: Die Bereitstellung von Fernsehverteildiensten mit Hilfe von flächendeckenden Glasfasernetzen ist eine der essentiellen Aufgaben der zukünftigen Breitbandkommunikation. Kohärente optische Trägerfrequenzsysteme zeichnen sich durch ihre hohe Übertragungskapazität aus und eignen sich daher in besonderer Weise für zukünftige Fernsehverteildienste.
Dieser Beitrag beschreibt ein kohärentes optisches digitales Vielkanalsystem zur TV-Verteilung. Das System, das bei einer optischen Wellenlänge von 1550 µm arbeitet, wird im Rahmen eines vom BMFT geförderten Forschungsprojekts entwickelt (Kennziffer TK 440 0). Im Endausbau soll eine Verteilung von 10 TV-Kanälen an 1024 Endgeräte exemplarisch gezeigt werden. Hierbei wird das Signal über ein für eine Teilnehmeranschlußleitung relativ langes (11 km) vom Heinrich-Hertz-Institut zum Fernsehstudio des Sender Freies Berlin und zurück verlegtes Monomode-Kabel hoher Dämpfung (11 dB) geführt. Mit Hilfe dieses Experimentalsystems können allgemeine Systemuntersuchungen wie beispielsweise Kanalabstandsoptimerungen und Abhängigkeiten von Modulations- und Empfängerparametern bei kohärenten Mehrkanalsystemen durchgeführt werden. Zusätzlich wird der Einfluß typischer Polarisations- und Leistungsschwankungen verlegter Teilnehmeranschlußleitungen auftreten untersucht.

/39/ Meißner, P.: Coherent Multichannel TV-Distribution Systems. (Invited paper), Octima 1991, to be published.
Kurzfassung: Optical coherent techniques for TV-distribution offer the possibility to use utilize efficiently the bandwidth of monomode fibers. The paper gives a short survey of different coherent TV-transmission techniques and represents recent results of an 8-channel distribution system containing 11 km installed fiber. The system can support 1024 subscribers. Long term measurement of BER and polarization dependencies of the realized system are shown.

/40/ Hilbk, U.; Bünning, H.; Burmeister, M.; Großmann, E.; Hermes, Th.; Hoen, B.; Meißner, P.; Raub, F.; Saniter, J.; Schmidt, F.; Westphal, F.J.: An 8 Channel Coherent TV Distribution System with all Fiber Optical Frontends. To be published in Proc., OFC '91.
Kurzfassung: A rack mounted 8 channel coherent TV distribution system with BER less than 10^{-9} over 5 days and a sensitivity of -48.5 dBm at the input of an all fiber polarization diversity frontend is presented.

/41/ Beck, Th.; Bünning, H.; Burmeister, M.; Common, St.; Großmann, E.; Hermes, Th.; Hilbk, U.; Hoen, B.; Meißner, P.; Oehl, U.; Peters, K.; Raub, F.; Saniter, J.; Schmidt, F.; Westphal, F.-J.: 140 Mbit/s FSK Heterodyn-Vielkanal-Fernsehverteilsystem über 11 km verlegter Glasfaser für 256 Teilnehmer. Nachrichtentechnik/Elektronik, 12 (1990) S. 450-453.
Kurzfassung: Vorgestellt wird ein kohärentes, optisches Vielkanal-Fernsehverteilsystem mit 140 Mbit/s CMI kodierter, optischer FSK Modulation. Die Sendemodule des Systems werden durch eine Überwachungseinheit kontrolliert. Der vorgestellte Empfänger besitzt ein Polarisations-Diversity Eingang. Erreicht wurde eine Empfindlichkeit von -48,8 dBm.

/42/ Giglmayr, J.: Multistage Interconnection Networks and d-Dimensional Architectures. Int. Topical Meeting on Photonic Switching, Kobe, Japan, 12.-14.4.1990, Technical Digest, paper 13c-9, pp. 74-76.
Kurzfassung: A model for optically interconnecting d-dimensional data cubes is presented. For d=3,4 a realization is proposed and discussed. Further applications of d-dimensional architectures are reported.

/43/ Baack, C.: Bedeutung der Photonik in zukünftigen Nachrichtennetzen. In: Kaiser, W. (Hrsg.): Glasfaser bis ins Haus. Telekommunikations 16, Münchner Kreis, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1991).
Kurzfassung: In öffentlichen Nachrichtennetzen wird die Optik z.Z. im wesentlichen zur Nachrichtenübertragung mit Hilfe von Lichtwellenleitern eingesetzt. In den vorhergehenden Beiträgen wurden der Stand der Glasfasertechnologie sowie der Einsatz von Lichtwellenleitern in der Fern- und in der Teilnehmerebene zukünftiger öffentlicher Breitbandnetze dargestellt. Die Vermittlung der optisch übertragenen Signale erfolgt heute elektromechanisch (Hebdrehwähler) und in zunehmendem Maße mit elektronischen Vermittlungseinrichtungen. Hier stellt sich die Frage, ob in ferner Zukunft Nachrichten nicht nur optisch übertragen, sondern auch optisch vermittelt werden können, inwieweit also der Einsatz optischer Signalverarbeitung (Photonik) in zukünftigen Nachrichtennetzen denkbar ist.
In dem Beitrag werden Ansätze zur optischen Vermittlung vorgestellt, die im Rahmen eines Photonik-Verbundprojekts verfolgt werden. Das Projekt, an dem sich die nachrichtentechnische Industrie, staatliche Forschungsinstitute und Hochschulinstitute beteiligen, wurde Mitte 1990 vom Bundesministerium für Forschung und Technologie begonnen.

/44/ Blohm, W.: Neue Dienste und Endgeräte für die Videokommunikation und deren nutzergerechte Gestaltung. Tagungsband 4. Tagung Elektronik-Technologie, Berlin, 1990, Heft B, S. 285-290.
Kurzfassung: Es wird ein Überblick über Nutzeruntersuchungen gegeben, die in Forschungsprojekten zum Thema "Bewegtbildkommunikation" am Heinrich-Hertz-Institut durchgeführt wurden. Die aus diesen Untersuchungen gewonnenen Empfehlungen zur nutzergerechten Gestaltung von Systemen und Endgeräten eines zukünftigen Bildfernsprechdienstes sowie von Bediensystemen künftiger Mehrdienste-Endgeräte werden zusammenfassend dargestellt.

/45/ Blohm, W.; Mühlbach, L.: Videotelephony with High-Resolution Transmission of Documents. Proc. 13th Int. Symp. on Human Factors in Telecommunications, Torino, (1990) pp. 409-415.
Kurzfassung: In a human factors experiment a videotelephone system offering conventional TV quality was compared with a system permitting high-resolution document transmission (according to the European proposal for an HDTV standard). The study revealed that a high-resolution document transmission increases the assessed image quality as well as the satisfaction with videotelephony and allows for more effective work on documents.

/46/ Blohm, W.; Prussog, A.; Mühlbach, L.: Hochaufgelöste Dokumentenübertragung beim Bildfernsprechen. ntz Nachr.-tech. Z., 44 (1991) H. 1, S. 28-31.
Kurzfassung: Um festzustellen, welchen zusätzlichen Nutzen eine hochaufgelöste Dokumentenübertragung beim Bildfernsprechen bietet, wurde am Heinrich-Hertz-Institut eine Nutzeruntersuchung durchgeführt. In der Untersuchung wurden Bildfernsprechen mit einer Dokumentenübertragung in Standard-Fernsehauflösung (625 Zeilen/50 Hz) und Bildfernsprechen mit einer an den europäischen HDTV-Vorschlag angelehnten hochaufgelösten Dokumentenübertragung (1250 Zeilen/50 Hz) miteinander verglichen. Aus den Ergebnissen ist eine Überlegenheit der hochaufgelösten Übertragung nicht

nur bezüglich der Bildqualität sondern auch im Hinblick auf die Zufriedenheit mit Bildfernsprechen und die Effektivität der Dokumentenbearbeitung zu entnehmen.

/47/ Kolrep, H.; Arif, M.; Hopf, K.; Mühlbach, L.: Mehrpunkt-Videokonferenzen per Selbstwahl - Ergebnisse einer Nutzeruntersuchung. ntz Nachr.-tech. Z. 43, (1990) H. 7, S. 520-525.
Kurzfassung: Mehrpunkt-Videokonferenzen -vor allem Arbeitsplatz-Konferenzen- stellen eine erfolgversprechende Anwendung der Breitbandkommunikation dar. In einer Untersuchung des HHI wurden zwei verschiedene Prozeduren zur Einberufung von Mehrpunkt-Videokonferenzen per Selbstwahl und eine Prozedur zur Bildung von Unterkonferenzen von Versuchspersonen erprobt. Die Ergebnisse zeigen u.a., daß Einberufungsprozeduren eine dynamische Erweiterung der Konferenz ermöglichen sollten.

/48/ Mühlbach, L.: Nutzungsaspekte von Videokonferenzsystemen. In: Ohnsorge, H. (Hrsg.): Benutzerfreundliche Kommunikation. Telekommunications 15, Münchner Kreis, S. 217-233, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1991).
Kurzfassung: Behandelt werden schwerpunktmäßig Untersuchungen des Heinrich-Hertz-Instituts zum Nutzen von Bewegtbildkommunikation und zur benutzerfreundlichen Gestaltung von Systemen und Endeinrichtungen für Videokonferenzen. Dabei werden insbesondere Mehrpunkt-Arbeitsplatzkonferenzen betrachtet. Die aus den Untersuchungen ableitbaren Schlußfolgerungen und Empfehlungen werden dargestellt.

/49/ Mühlbach, L.: Procedures for Convening Multipoint Videoconferences. Proc. of the 13th Int. Symp. on Human Factors in Telecommunications, Torino, (1990) pp. 121-131.
Kurzfassung: Multipoint videoconferencing can be considered to be a promising application of broadband communications, in particular in the case of workplace conferencing. A human factors study aiming at developing user-friendly procedures for convening multipoint videoconferences is reported. By means of an experimental laboratory system, test subjects used and evaluated two different set-p procedures and a procedure for establishing sub-conferences. The execution of the procedures was supported by visual aids. The results show, among others things, that the convening procedures for multipoint conferences should enable a dynamic extension of the number of subscribers per direct dialing.

/50/ Prussog, A.: Nutzung von Mehrdienste-Endgeräten. In: Ohnsorge, H. (Hrsg.): Benutzerfreundliche Kommunikation. Telekommunications 15, Münchner Kreis, S. 234-242, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1991).
Kurzfassung: Es wird über Ergebnisse von zwei Nutzeruntersuchungen mit einem Prototyp eines Mehrdienste-Bildfernsprechendgeräts berichtet. In der ersten Untersuchung wurde eine Hardkey-Tastatur mit einer Softkey-Tastatur verglichen, in der zweiten Untersuchung ein graphisches Bediensystem mit zwei tastaturorientierten Bediensystemen.

/51/ Prussog, A.: User-friendly Multiservice Broadband Terminals - User Requirements and Design Considerations. Proc. 13th Int. Symp. on Human Factors in Telecommunications, Torino, (1990) pp. 149-157.
Kurzfassung: Within future broadband communications networks multiservice terminals provide new types of service applications. The new applications put special demands on the design of the user interface. Human factors studies with an experimental multiservice broadband terminal were conducted. Two versions of the interface according to "direct manipulation" interfaces and according to the principle of "generic functions" were tested and compared with a conventional interface. Results indicated that especially with regard to applications of high complexity both new interface versions were superior to the conventional interface. For untrained users to get acquainted with the multiservice terminal the direct manipulation interface showed to be advantageous. Concerning the long-term use of multiservice terminals the generic functions interface was rated to be more user-friendly mainly for practical reasons.

/52/ Prussog, A.; Blohm, W.: Mehrdienste-Breitband-Endgeräte: Bedienkonzepte für eine erweiterte Dienstenutzung. ntz Nachr.-tech. Z., 43 (1990) H. 7, S. 512-518.
Kurzfassung: In zukünftigen Breitbandnetzen ermöglichen Mehrdienste-Endgeräte völlig neue Formen der Dienstenutzung. Diese neuen Nutzungsformen stellen jedoch besondere Anforderungen an die Gestaltung der Benutzerschnittstelle. Am HHI wurden für die Bedienung eines Mehrdienste-Breitband-Endgeräts ein graphisches Bediensystem, das einen Bediendialog in der Art einer "direkten Manipulation" ermöglicht, und ein Bediensystem nach dem Prinzip von "generischen Funktionen" erprobt und im Rahmen einer Benutzeruntersuchung mit einem konventionellen Bediensystem verglichen. Aus den Ergebnissen lassen sich Empfehlungen für die benutzerfreundliche Gestaltung von Bediensystemen ableiten.

/53/ Runde, D; Hopf, K.; Rose, B.[9]; Kolrep, H.; Prussog, A.: Interaktives Arbeiten mit Dokumenten beim Bildfernsprechen. ntz Nachr.-tech. Z., 4 (1991) H. 1, S. 22-26.
Kurzfassung: Beim Bildfernsprechen hat die Übertragung von Dokumentenbildern eine große Bedeutung.

9 Humboldt-Universität, Berlin

Am HHI wurden drei verschiedene Vorrichtungen in explorativen Untersuchungen erprobt, mit denen den Gesprächsteilnehmern ein gleichberechtigter Umgang mit den gezeigten Dokumenten ermöglicht werden sollte: eine elektronische Zeige- und Markiermöglichkeit, eine vom Partner fernsteuerbare Dokumentenkamera und ein von jedem Teilnehmer bedienbarer "elektronischer Zoom".

/54/ Faber, J.; Graveman, R.[10]; Meiers, T.; Seyferth, A.: Additional Advantages of Motion Pictures for Information Acquisition? In: A. Vighi et al. (Eds.): Proc. 13th Int. Symp. on Human Factors in Telecommunications HFT '90, Torino, (1990) pp. 417-421.
Kurzfassung: At present it is not clear, whether information services that allow interactive retrieval of full-motion videos will meet ufficient to justify its costs. This essentially depends on the question, whether it is possible to offer a large variety of full-motion video presentations which have additional advantages for the acquisition of information in comparison with narrow-band-transmitted text, audio and still pictures. To answer this question is the objective of an ongoing project. Here the focus is on the acquisition of information on motion properties and spatial structures of objects. Based on a methodic approach that allows to generalize results of learning experiments, a series of eight learning experiments was carried out up to now. Here, with regard to learning success and time, almost equal results were found both for presentations with and without motion pictures. However with respect to subjective criteria as effort, stress and enjoyment accompanying the learning process a substantial superiority of motion pictures was indicated.

/55/ Faber, J.; Graveman, R.[10]; Meiers, T.; Seyferth, A.: Vorteile von Bewegtbilddarstellungen für den Erwerb von Kenntnissen über Bewegungsvorgänge? In: Frey, D. (Hrsg.): Bericht über den 37. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie, Kiel, 1990, S. 32f.
Kurzfassung: Mit dem künftigen Integrierten Breitband-Fernmeldenetz werden öffentliche Informationsdienste realisierbar sein, die den interaktiven Zugriff auf Information auch in Form von Bewegtbilddarstellungen ermöglichen. Ungeklärt ist, ob der Einsatz eines solchen Dienstes seine erheblichen Kosten rechtfertigt. Dies hängt wesentlich von der Frage ab, ob es gelingt, eine Vielfalt von Bewegtbilddarstellungen anzubieten, welche für den Benutzer bei der Erfüllung seiner Informationsbedürfnisse einen Zusatznutzen im Vergleich zu Text-, Ton-, Grafik- und Standbilddarstellungen haben. Zur Beantwortung dieser Frage wurde in bisher acht Experimenten die Eignung von Darstellungen mit und ohne Bewegtbild für den Erwerb von Information über verschiedene Typen von Bewegungsvorgängen verglichen. Gemessen an den Kriterien Erfolg und Zeitbedarf ergaben sich bisher keine bedeutsamen Vorteile für die Bewegtbilddarstellung. Jedoch ergaben sich hinsichtlich subjektiver Faktoren des Informationserwerbs Mühelosigkeit, Entspanntheit und Freude deutliche Indikatoren für die Überlegenheit des Bewegtbildes.

/56/ Wöpking, M.: Seherlebnis und Filmgestaltung bei HDTV - Argumente für eine wissenschaftliche Diskussion. Fernseh- und Kinotechnik, Heft 11 (1990) S. 603-609 und Heft 12 (1990) S. 695-700.
Kurzfassung: Hinter griffigen Formulierungen wie "Telepräsenz" und "HDTV-Produktionsgrammatik" verbergen sich noch manche offenenFragen. In einem Forschungsprojekt am Heinrich-Hertz-Institut Berlin soll durch anthropotechnische Untersuchungen näher geklärt werden, welche besonderen Merkmale das HDTV-Seherlebnis auszeichnen und unter welchen Randbedingungen die gewünschten Effekte optimal zur Geltung kommen. Tragfähige Ergebnisse sind auf diesem Gebiet nur dann zu erwarten, wenn man sich vorab möglichst präzise Vorstellungen über das Zusammenspiel der vielen potentiellen Einflußgrößen verschafft. Als Ergebnis entsprechender Vorstudien werden zwei Telepräsenzkonzepte zur Diskussion gestellt. Sie unterscheiden sich sowohl bezüglich der Vorhersagen zum individuellen Fernseherlebnis als auch in den Konsequenzen für die Filmgestaltung.

/57/ Wöpking, M.: A la recherche des effects subjectifs de la TV en relief dans une monde Haute Définition. (Human factors Forschung zu 3DTV in einer "HDTV-Welt") (in Französich). Tagungsband, Les Journées de Rennes, La Télévision en Relief, CCETT, Cesson Sévigné, 25.-26.4.1990.
Kurzfassung: Die Entwicklungen auf dem HDTV-Gebiet prägen in doppelter Hinsicht den aktuellen Aufgabenbereich für human factors Untersuchungen zu 3DTV:
1. Zukünftige TV-Systeme sollen nicht nur frei von primären Bildfehlern sein, sondern vor allem eine Steigerung der Erlebnisintensität bewirken. Optimierungsstudien müssen daher über die elementaren Wahrnehmungsphänomene hinaus auch komplexere psychologische Gütekriterien wie Telepräsenz und Betrachtungskomfort berücksichtigen.
2. Als marktrelevanter Maßstab für den potentiellen Qualitätsgewinn durch die 3D-Komponente ist nicht das heutige Standard-TV, sondern HDTV anzusetzen. Zu vergleichen sind also zwei neuartige Systeme mit jeweils ganz spezifischen Merkmalen (Groß- vs. 3DBild). Beiden Forschungsaufgaben wird die traditionelle human factors Methodik (Standbilder und eindimensionale Rating-Skalen) nicht gerecht. Eine den erwarteten psychologischen Effekten angemessene Untersuchungsmethodik sollte folgende Merkmale aufweisen:
- Verwendung fernsehtypischer "Filme" hinreichender Dauer,
- Stimulusanalyse in Form einer funktionalen Filmanalyse,

10 Bellcore, Morristown, New Jersey, USA

- mehrdimensionale Reaktionsmessung,
- psychologische Modellbildung auf Basis verschiedener Datenklassen.

Anhand konkreter Beispiele (Experimente mit 3D- und HD-Produktionen) werden die am HHI verfolgten Lösungsansätze und erste Resultate vorgestellt.

/58/ Kost, B.: Irrelevance Reduction of the Depth Information in Stereo Images. Proc. Soc. of Photo and Optical Instrumentation Engineers (SPIE), Vol. 1256, Stereoscopic Displays and Applications (1990) pp. 280-288.

Kurzfassung: The stereoscopic depth perception is known to be a very sensitive function of the human visual system. Against the background of a necessary data-compression in threedimensional television systems (3DTV) with 'look-around capability' (multi-view systems) some experimental results about irrelevance reduction in respect of the depth information will be given. The main emphasis is on the quantization of disparities which represent the binocular depth information. In the first of two experiments, 3D b/w stills of four natural scenes were used. The disparities of the stereo-image pair were calculated by a correlation method and subsequently used for reconstruction of test stereo pairs. Several stereo-image pairs, differing by degree of quantization errors, were assessed by non-expert observers. The second experiment was carried out with stereo-image sequences of simple moving patterns. Results show that the depth resolution of a TV-stereo-image pair could be considerably coarser than is predicted from visual depth acuity. Some aspects of spatial bandwidth reduction of the disparity data as a further step to irrelevance reduction will also be discussed.

/59/ Beldie, I.P.; Baumgart, H.: Influence des distortions géométriques dans les images stéréoscopiques sur le confort visuel de l'observateur. (Der Einfluß geometrischer Verzeichnungen in Stereobildern auf den Betrachtungskomfort) (in Französisch). Tagungsband, Les Journées de Rennes, La Télévision en Relief, CCETT, Cesson Sévigné, 25.-26.4.1990.

Kurzfassung: Technological imperfections and/or operational mistakes in the recording and display equipment for threedimensional television images can be the sources of geometrical distortions in one or both images of the stereoscopic pair (stereopair). The most emphasized sources of geometrical distortions are alignment errors, scale errors and non-linearity of scanning. A geometrical distortion is present, when two corresponding points (in the sense of stereoscopy) show an additional relative shift in the image plane. Two categories of visual effects are regarded. A vertical shift impedes binocular fusion, which can lead to a visual discomfort experienced by the viewer (e.g. a sensation of pressure in the eyes). A horizontal additional shift leads to an improper depth reproduction. The viewer can perceive this as a geometrical deformation of the threedimensional space accompanied by a sensation of discomfort.

This experiment dealt with the visual discomfort experienced by observers in the presence of typical geometrical distortions in the stereopair and the visibility of geometrical deformations in the stereoscopic image. Tolerance thresholds for the relevant performance features of a 3DTV system are given.

/60/ Wöpking, M.: Towards a Comprehensive Assessment Methodology for Psychological Effects of High-Resolution Wide-Field Displays. Proc. 13th Int. Symp. on Human Factors in Telecommunications, Torino, (1990) 579-591.

Kurzfassung: By contrast to rapid progress in HDTV technology (i.e. very large screen TV), still rather little is known about the psychological effects of "huge" moving images in ordinary living rooms. This is partly due to the fact that respective human factors methodology has usually been confined to psychophysical types of measurements, covering but a narrow section of potentially relevant psychological effects.

In order to explore and eventually control a wider range of parameters (viewing conditions, general design features of motion pictures), which may enhance or hamper the personal experience of wide-field displays, a series of human factors studies is carried out at HHI under an extended methodological scheme. A variety of assessment procedures for application during and subsequent to presentation (120" front projection) of a 15 minutes HDTV program was tested in the first 2 experiments with a total of 40 subjects.

Emerging response patterns are rather complex. Results are presented and discussed with reference to the issues of viewing distance and a future HDTV production grammar.

/61/ Beldie, I.P.; Kost, B.: Luminance Asymmetry in Stereo TV Images. Erscheint in: Proc. Soc. of Photo and Optical Instrumentation Engineers (SPIE), Vol. 1457 (1991).

Kurzfassung: Left to right channel differences of the transfer functions in a 3DTV system result in asymmetric multiplicative luminance deviations, which can impair picture quality and/or can reduce the visual comfort.

20 non-expert observers assessed the impairment of overall as well as localized asymmetric deviations (as they may happen, e.g., with lenticular screen displays) in terms of the CCIR impairment scale. The luminance asymmetries were produced by processing the digitized stereo image pair of two natural scenes, according to a reduction of the transfer function of only one channel.

Results show that

- overall and localized luminance asymmetries are perceptible if the transfer functions differ by 3 ... 6 dB, depending on the spatial extension and gradient of the de-

viation;
- if a pattern of a sharply localized luminance deviation is moving (as it may happen e.g. when an observer moves his head in front of a lenticular screen display), it is perceptible at a channel difference of only 0.2 dB.

/62/ Liu, J.; Skerjanc, R.: Bildtelefon mit virtueller Kamera zur Herstellung des Blickkontakts. In: Großkopf (Hrsg.): Mustererkennung 1990, 12. DAGM-Symp. (Informatik Fachberichte 254), (1990) S. 650-658, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
Kurzfassung: Beim Bildfernsprechen können sich die Teilnehmer nicht in die Augen sehen, wenn die Kameraachse nicht mit der Augenposition des auf dem Monitor dargestellten Gesprächspartners zusammenfällt. Dadurch fehlt die in natürlichen Gesprächssituationen gegebene Möglichkeit zum Blickkontakt. Das Ziel der Arbeiten ist die Entwicklung eines trinokularen Stereoanalyse- und Bildrekonstruktionsverfahrens, das es ermöglicht, Zwischenbilder einer virtuellen Kamera in einer Position zwischen den drei Aufnahmepositionen zu berechnen. Bei Multipoint-Konferenzen ist eine programmierbare Positionierung der virtuellen Kamera möglich.

/63/ Pastoor, S.: Legibility and Subjective Preference for Color Combinations in Text. Human factors, Vol. 32(2) (1990) pp. 157-171.
Kurzfassung: This study examined legibility performance and subjective preference for text/background color combinations displayed on a video monitor. Luminance contrast was fixed at two preoptimized levels, either with text brighter than the background (10:1) or vice versa (1:6.5). In Experiment 1, 32 subjects rated about 800 color combinations. No evidence suggested differential effects of luminance polarity or hue, with the only exception that cool background colors (blue and bluish cyan) tended to be preferred for the light-on-dark polarity. Saturation had the most important influence on ratings. Any desaturated color combination appears to be satisfactory for text presentation. In Experiment 2 a reduced set of 18 color combinations was investigated with a new sample of 18 subjects. Reading and search times as well as multidimensional ratings were evaluated. There was no evidence for an influence of luminance polarity or chromaticity on performance. Subjective ratings corresponded well with the results of Experiment 1.

/64/ Schamel, G.: Spatio-Temporal Subsampling and Transform Coding of HDTV Signals. Image Communication, Vol. 2 (1990), No. 3, pp. 305-318.
Kurzfassung: A two-stage coding system for reducing the usually high data rate of an HDTV signal to less than 140 Mbit/s is described. Three-dimensional subsampling is used to reduce the number of samples of the digitized interlaced source signal. A motion-adaptive filter structure adjusts the three-dimensional spectrum of the television signal to some reduced region which is supported by the quincunx sampling pattern. The visibility of the transition between different spatial resolutions is decreased by 3D-filtering of slowly moving areas. As a result of subsampling, the sampling frequency is halved. Transform coding of the remaining samples is then performed. The quincunx sampling structure is rotated within blocks of 8 by 8 to result in a rectangular block structure. Different possibilities for transforming the quincunx sampled field have been investigated and compared in terms of energy concentration, entropy calculation and coding efficiency. A data reduction of the transform coefficients is sought in the range of four and five. A modified threshold coding algorithm is used to code the coefficients. Sampling, normalization and quantization are adapted and controlled by the buffer status. The buffer equalizes the variable bit-rate at the output of the variable length coder. All steps of signal processing have to be adapted to preserve the high quality of the original signal.

/65/ Schamel, G.: Motion Adaptive Four Channel HDTV Subband/DCT Coding. Proc. SPIE Visual Communications and Image Processing, Lausanne, Switzerland, (1990) pp. 743-753.
Kurzfassung: A new subband technique for coding high-definition television (HDTV) signals is presented. Intrafield processing is sufficient because of motion adaptive subband suppression. The scheme can be implemented in hardware very similar to two-dimensional subband coding schemes. Assuming an analog bandwidth of at least 30 MHz, the source bit rate of an HDTV camera exceeds 1 GBit/s. The proposed coding procedure reduces the bit rate to less than 140 MBit/s, which fits well into the future broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN). Spatial-temporal frequency splitting is performed in order to exploit the high temporal redundancy of video signals. Motion adaptive digital filtering and quincunx sampling are performed in the first stage and further spatial splitting into four subbands in the second stage. Due to the motion adaptation, only two out of four subbands are necessary in stationary parts of the picture. Then, transform coding of the low frequency channel is performed, followed by quadtree and entropy coding of the high frequency channels, respectively.

/66/ Reuter, T.; Ernst, M.; Höhne, H.D.: Concept of a Universal Standards Converter and Aspects of Hardware Implemention. Workshop on Standards Conversion, Heinrich-Hertz-Institut Berlin, FRG, 15.2.90.
Kurzfassung: A standards converter for a conversion between different TV or HDTV standards with arbitrary line numbers and arbitrary field repetition frequencies has been developed by computer simulations. The algorithm can as well be used for other signal processing applications such as noise reduction, slow motion or aperture correction. First results for noise reduction are

presented. Aspects of hardware implementation using VLSI chips currently being developed at the Heinrich-Hertz-Institut are discussed.

/67/ Ernst, M.; Reuter, T.: Motion Compensating Noise Reduction and Sampling Rate Conversion. Proc. Latvian Signal Processing Int. Conf., Riga, USSR, (1990), pp. 90-96.
Kurzfassung: A universal concept for 3-dimensonal sampling rate conversion has been developed by computer simulation in order to perform a motion compensated standards conversion between different TV or HDTV standards with different line, pixel, and field rates. Input and output signals may be scanned in interlace, progressively or with another periodic sampling lattice (e.g. quincunx). This concept has been extended in order to perform a simultaneous noise reduction in all parts of the image, whether moving or stationary. The results of computer simulations are presented.

/68/ Schamel, G.: Filterung, Abtastung und Codierung von HDTV-Signalen. Fernseh- & Kinotechnik, Nr. 12 (1990) S. 682-686.
Kurzfassung: Die gegenwärtige Datenrate eines digitalisierten HDTV-Signales liegt bei etwa 1 GBit/s, wenn noch von einer Abtastung im Zeilensprungformat ausgegangen wird. Bei der Diskussion um einen zukünftigen HDTV-Produktionsstandard gibt es einen europäischen Vorschlag zur progressiven Abtastung der Kamerasignale. Je nach Abtastfrequenz der Chrominanzsignale würde daraus eine Datenrate zwischen 1,7 GBit/s und 2,3 GBit/s resultieren. Damit sind für die digitale Übertragung mit 140 MBit/s Kompressionsfaktoren zwischen acht (Zeilensprungabtastung) und 12 bis 16 (progressive Abtastung) notwendig. Die Kompression darf die Bildqualität des HDTV-Signals in keiner Weise beeinflussen. Bei der Codierung für Verteilzwecke (distribution) muß die Studioqualität beim Teilnehmer subjektiv erhalten bleiben, d.h. bei gleichzeitiger Betrachtung von Original und komprimierten bzw. dekomprimierten Bild darf kein Unterschied sichtbar werden. Bei der Codierung für die digitale Übertragung zwischen Studios (contribution), für die noch keine feste Bitrate festgelegt ist, darf auch unter meßtechnischen Gesichtspunkten kein nennenswerter Unterschied festgestellt werden, um eine Weiterverarbeitung der Signale zu ermöglichen.

/69/ De Lameillieure, J.; Bruyland, I.[11]: Single Stage 280 Mbit/s Coding of HDTV Using HDPCM with a Vector Quantizer Based on Masking Functions. Image Communication, Vol. 2 (1990), No. 3, pp. 279-289.
Kurzfassung: Hybrid Differential Pulse Code Modulation (HDPCM) of coloured pictures can be combined with vector quantization of the coloured prediction errors to an efficient coding scheme for pictures, of which the chrominance is subsampled by a factor 2. First, this contribution describes the reasons for the combination of DPCM and vector quantization, i.e., the joint probability density of the prediction errors and the intercomponent masking. Then, the text treats how a combination of HDPCM and vector quantization can be more resistent to transmission errors than DPCM, and how it can be implemented with one ROM and one adder in the critical path by pipelining the recursive loop of the HDPCM-coder. Simulation results illustrate the performance of the coding scheme with a vector quantizer with 32 output vectors for the compression of the bit rate of HDTV-signals to 280 Mbit/s.

/70/ Gölz, U.; Schäfer, R.: Considerations on the Possibility to Exchange Temporal against Spatial Resolution in Image Coding. Image Communication, Vol. 2 (1990), No. 1, pp. 39-51.
Kurzfassung: In order to transmit high definition television signals economically some kind of data compression has to be utilized. We investigate the question how spatio-temporal properties of human vision can be exploited for data reduction. By means of pyramid coding we implement coding schemes which transmit spatial detail information with reduced temporal resolution. In moving areas with correlated motion we introduce motion-compensated interpolation. In the case of uncorrelated motion, where motion estimation often fails and the eye cannot follow the movement, high spatial frequencies are suppressed. The different systems are rated by means of subjective tests. Furthermore motion-compensated interpolation of the highpass signals of a subband codec using quadrature mirror filters will be analysed.

/71/ Schäfer, R.; Kauff, P.; Rauthenberg, S.; Chen, S.C.; Hahn, M.: HDTV-Codierung für die digitale Magnetbandaufzeichnung. Tagungsband der 14. Jahrestagung der FKTG, Kassel, (1990) S. 367-382.
Kurzfassung: Die digitale Magnetbandaufzeichnung (MAZ) ist eine Schlüsselkomponente im HDTV-Studio, da analoge MAZ-Recorder aufgrund der enormen Bandbreiten nur unzureichende Störabstände bieten. Dies gilt insbesondere für den progressiven HDTV-Standard HDP, der von EUREKA 95 als weltweiter Produktionsstandard vorgeschlagen wurde. Zur Zeit wird bei der Firma BTS eine digitale MAZ für den Zeilensprungstandard (HDI) entwickelt, deren Datenrate 1,152 Gbit/s beträgt. Allerdings wird die Spielzeit dieser MAZ begrenzt sein. Aus diesem Grunde werden im HHI Codierverfahren entwickelt, um die Datenrate der HDTV Signale für die Magnetbandaufzeichnung zu komprimieren. Angestrebt werden eine verlustfreie Kompression der HDP-Signale von 1,728 Gbit/s auf 1,152 Gbit/s und eine nicht verlustfreie Kompression der HDI-Signale von 1,152 Gbit/s auf 576 bzw. 384 Mbit/s.

11 Staatliche Universität Gent, Belgium

/72/ Kauff, P.: Ein mehrdimensionales Verfahren zur universellen Rauschbewertung und seine Anwendung auf die HD-MAC-Übertragung. Tagungsband der 14. Jahrestagung der FKTG, Kassel, (1990) S. 674-694.
Kurzfassung: In der konventionellen Videotechnik beschränkt man sich bei der Rauschbewertung auf eine sehr einfache Vorgehensweise, die im wesentlichen eine 1-dimensionale spektrale Bewertung von Rauschstörungen im Videosignal mit Hilfe eines Tiefpaßfilters und anschließender Messung des bewerteten Störabstandes vorsieht. Tatsächlich aber ist die Wahrnehmung von Rauschstörungen im Videobild komplexer. Im allgemeinsten Fall müssen Rauschstörungen im Videobild als örtlich-zeitliche und damit 3-dimensionale Störsignale in einer Luminanz- und zwei Chrominanzkomponenten angesehen werden. Aus diesem Grunde wurde am Heinrich-Hertz-Institut ein mehrdimensionales Verfahren zur universellen Rauschbewertung erarbeitet, mit dem insbesondere das Rauschverhalten zukünftiger HDTV-Übertragungssysteme analysiert werden kann. In der zugrunde liegenden Veröffentlichung wird das Prinzip dieses Verfahrens beschrieben und mögliche Anwendungsfälle diskutiert.

/73/ Hahn, M.: Channel Codec Performs Versatile Error Correction. IEE Proc., Vol. 137 (1990) Pt. E, No. 3, pp. 197-201.
Kurzfassung: In the paper a proposal of a flexible error-correcting codec for data transmission is presented. The field of possible applications is explained. The flexible codec allows implementation of RS and binary BCH codes with variable parameters within the same device. In the future the progress in VLSI technology will permit integration as a flexible one chip channel codec.

/74/ Liebsch, W.: A High-Speed Adaptive Image DCT-Coder with Parallel Architecture for VLSI Implementation. Signal Processing V, Theory and Applications, Proc. EUSIPCO-90, Vol. II (1990) pp. 893-896.
Kurzfassung: Für die Datenreduktion von digitalen Bildsignalen wird ein leistungsfähiger Cosinus-Transformations-Codierer vorgestellt. Der Systementwurf kombiniert eine zweidimensionale DCT Architektur mit zusätzlichen verteilten Funktionen für die Codierung. Der Schaltkreis ist einsetzbar in zukünftigen Fernsehsystemen (HDTV) für Bildpunktfrequenzen bis zu 80 MHz und kann auf einem Chip in einer CMOS Technologie realisiert werden.
Die Schaltkreisarchitektur verwendet die Vorteile der parallelen und verteilten Arithmetik für eine schnelle Signalverarbeitung. Es ergibt sich eine reguläre Schaltkreisstruktur mit einem Minimum an Steuerungsaufwand und eine einfache Anordnung der Verdrahtung der Basiselemente. Jedes Basiselement berechnet einen Transformationswert. Ein Basiselement besteht aus einem Multiplizierer, einem Akkumulator, einem Ausgangsregister mit Bustreiber und einer kleinen Steuerungseinheit. Die Kombination der DCT- und IDCT-Funktion auf einem CMOS Baustein ist möglich.
Die Berechnung der DCT- und IDCT-Werte basiert auf einem Vektor-Matrix-Produkt Algorithmus. Er wird mit 64 Basiselementen realisiert. Durch die Ausnutzung der Symmetrie in der DCT Matrix ergibt sich eine maximale interne Taktrate von nur einem Viertel der Bildsignal-Abtastrate.
Die Genauigkeit der DCT Werteberechnung für diese parallele Struktur wurde ermittelt. Der mittlere quadratische Fehler (MSE), der sich aufgrund der begrenzten Wortbreite ergibt, ist besser als 52 dB bezogen auf den maximalen Bildpunktwert.

/75/ Talmi, M.; Owzar, M.; Zieger, M.: Multifunktionschip in CMOS für HDTV-Systeme. Tagungsband ITG-Fachtagung "Mikroelektronik für die Informationstechnik", Berlin, (1990) S. 121-125.
Kurzfassung: Aufgrund der enormen Geschwindigkeitsanforderungen bei der Echtzeitverarbeitung von digitalen HDTV-Signalen lassen sich herkömmliche Systemtechniken mit im wesentlichen sequentieller Verarbeitung auch bei Verwendung schnellster Halbleiter-Technologien nicht uneingeschränkt übernehmen. Der Übergang zur parallelen Signalverarbeitung mit möglichst hohem Parallelisierungsgrad ist notwendig. In diesem Beitrag wird über einen Multifunktionschip berichtet, mit dem die wichtigsten Funktionen in HDTV-Systemen (FIR-Filterung, DCT und IDCT) für den EUREKA-Standard (72 MHz) realisiert werden können. Um den hohen Geschwindigkeitsanforderungen zu genügen, wurde eine systolische Struktur entwickelt. Für den Layout-Entwurf wurde eine 1,5 µm CMOS-Technologie zugrunde gelegt.

/76/ Gerhard-Multhaupt, R.; Brinker, W.; Ehrke, H.-J.; Molzow, W.-D.; Röder, H.; Rosin, Th.; Tepe, R.: Viscoelastic Spatial Light Modulators and Schlieren-Optical Systems for HDTV Projection Displays. Proc. SPIE (1990) Volume 1255, pp. 69-78.
Kurzfassung: Thin metallized viscoelastic layers coated by a mirror electrode and addressed by an active matrix are proposed for use in schlieren-optical light-valve projection systems for high-definition television (HDTV). Previously, the deformation behavior of such viscoelastic spatial light modulators (VSLMs) was analyzed extensively by use of the theories of electrostatics, linear viscoelasticity, and plate bending. In the meantime, most of the theoretical results could be qualitatively confirmed by interferometric deformation measurement. Of the many predictions derived from the theoretical treatment, only the deformation patterns to be expected with one bright line and with two bright lines separated by a dark line are demonstrated here. Furthermore, the number of grating periods per picture element as well as the ratio of electrode width and grating period are discussed in view of resolution limits. In

addition, three concepts of full-color schlieren-optical projection systems for the above reflective VSLMs are described and compared. All three systems contain a light source, three spatial light modulators (one for each primary color), and a projection lens. The first concept is based on a very small light source and a correspondingly small stop; in the second concept, mirror bars as in the well-known Eidophor projector are employed; and parallel light is assumed in the third concept.

/77/ Gerhard-Multhaupt, R.: Light-Valve Technology for HDTV - State of the Art. Proc. Fourth Int. Colloquium on Advanced Television Systems, Ottawa, (1990) pp. 2B.5.1-15.
Kurzfassung: The increasing availability of active-matrix-addressed liquid-crystal light-valve projectors for standard television and the continuing dominance of "classical" electron-beam-addressed light-valve projectors for the most demanding professional applications are the starting points of the survey. After an introduction, in which these two groups of light-valve projectors are briefly reviewed, the main light-valve technologies are explained in some detail. Transmissive and reflective liquid-crystal light valves with various types of addressing are described first; the trend toward active-matrix addressing and high resolution is demonstrated. Commercial light-valve projectors with electro-optic and oil-film control layers are briefly introduced before more recently developed technologies such as metallized viscoelastic layers, deformable micromechanical mirrors, and polymer-encapsulated liquid crystals are discussed. Finally, in view of its importance for the field, some aspects of active-matrix addressing are briefly examined.

/78/ Börner, R: Autostereoskopische 3D-Systeme mit Zwischenbildern in Linsenraster-Großbildschirmen. Teil 1: Interokulare Zwischenbilder und das Springen diskreter Stereoperspektiven ("flipping") in Parallax-Panoramastereogrammen. Fernseh- und Kinotechnik, 44. Jg. (1990) Nr. 10, S. 556-564. Teil 2: Linsenrasterbildschirm und Aufnahme- und Projektionsgerät für autostereoskopische (brillenlose) 3D-Bildwiedergabe. Fernseh- und Kinotechnik, 44. Jg. (1990) Nr. 11, S. 628-636.
Kurzfassung: Am Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik in Berlin wird ein Aufnahme- und Projektionsverfahren von Parallax-Panoramastereogrammen für ein zukünftiges brillenloses 3D-Großbildfernsehsystem entwickelt, über das in der Fernseh- und Kinotechnik in Bd. 39 (1985) Nr. 8 und Nr. 9, Bd. 41 (1987) Nr. 3 und 4 und Bd. 42 (1988) Nr. 8 und 9 bereits berichtet wurde. Verbesserungen an den optischen Eigenschaften der verwendeten Linsenrastergroßbildschirme ermöglichen nun auch das Erzeugen von interokularen Zwischenbildern, was zu Verbesserungen des Springens der diskreten Stereoperspektiven führt und die Tiefe der nutzbaren Panoramazonen für die Betrachter vergrößert. Im zweiten Teil des Berichtes wird über den gegenwärtigen technischen Stand der Aufnahme- und Wiedergabegeräte berichtet unter besonderer Berücksichtigung von Multiplexverfahren zur Geräte- und Kanalreduktion.

/79/ Baack, C.: Anforderungen an Bauelemente der zukünftigen Breitbandkommunikation. ITG-Fachbericht 112, ITG-Fachtagung 'Heterostruktur-Bauelemente', Schwäbisch-Gmünd, (1990) S. 1-10.
Kurzfassung: In vielen Ländern wird die Entwicklung eines Breitband-ISDN (BISDN) angestrebt, mit dem neben den ISDN-Diensten auch Breitband-Kommunikations- und Breitband-Verteildienste übermittelt werden können. Die Schlüsseltechnologien des BISDN werden die Mikroelektronik, die optische Nachrichtentechnik und die Integrierte Optik (IO) sein. Im BISDN werden Lichtwellenleiter (LWL) nur im optischen Wellenlängenbereich von 1,3-1,6 µm zum Einsatz kommen. Für diesen Bereich kommen nur optoelektronische Bauelemente auf InP-Basis infrage.
In dem Beitrag werden Einsatzmöglichkeiten der optischen Nachrichtentechnik und der integrierten Optik im zukünftigen BISDN mit dem Ziel dargestellt, auf optoelektronische Bauelemente hinzuweisen, die in der nahen und fernen Zukunft für das BISDN entwickelt werden müssen.

/80/ Winzer, G.[3]; Döldissen, W.; Cremer, C.[3]; Fiedler, F.; Heise, G.[3]; Kaiser, R.; März, R.[3]; Mahlein, H.F.[3]; Mörl, L.; Nolting, H.-P.; Rehbein, W.; Schienle, M.[3]; Schulte-Roth, G.[3]; Unterbörsch, G.; Unzeitig, H.[3]; Wolff, U.[3]: Monolithically Integrated Detector Chip for a Two-Channel Unidirectional WDM Link at 1.5 µm. IEEE J. Select. Areas Comm., Vol. 8 (1990) No. 6, pp. 1183-1189.
Kurzfassung: The fabrication and operation of a monolithically integrated InGaAsP/InP WDM detector chip is reported. It consists of a Y-branch grating demultiplexer and two p-i-n photodiodes. Polarization-independent operation for two closely spaced channels ($\Delta\lambda = 3.6$ nm) at $\lambda = 1.5$ µm was obtained. The dark current (2-10 nA) and the bandwidth (420 MHz) of the photodiodes are sufficient to transmit broadband services.

/81/ Möhrle, M.: Hydrogen Passivation of Zn Acceptors in InGaAs During Reactive Ion Etching. Appl. Phys. Lett. Vol. 56 (1990) No. 6, pp. 542-544.
Kurzfassung: It is shown that the use of hydrogen-containing gases such as CHF_3/H_2, CHF_3, CH_4/H_2, and CH_4/He in reactive ion etching processes leads to a drastic reduction of the concentration of electrically active acceptors in a thin layer at the surface of highly Zn-doped InGaAs. This passivation effect leads to strongly nonlinear current/voltage characteristics of nonalloyed Ti/Pt/Au contacts when applied directly on as-treated p^{++}-InGaAs layers. The observed deactivation of ac-

3 Siemens AG München, FRG

ceptors is inferred to be caused by hydrogen since no such an effect was found with the use of hydrogen-free etching gases.

/82/ Müller, R.: In Situ Etching Depth Monitoring for Reactive Ion Etching of InGaAs(P)/InP Heterostructures by Ellipsometry. Appl. Phys. Lett. Vol. 57 (1990) No. 10, pp. 1020-1021.
Kurzfassung: In situ ellipsometry at a wavelength of 1300 nm is used to control the etching depth in InGaAs(P)/InP heterostructures. A rotating analyzer ellipsometer, adapted to a parallel-plate reactor for reactive ion etching (RIE), monitors the decreasing layer thickness during the dry etching process. The momentary etching depth is determined with an accuracy of ±10 nm. Using a methane/hydrogen gas mixture for RIE a characteristic surface modification of the semiconductor material is observed.

/83/ Albrecht, P.; Hamacher, M.; Heidrich, H.; Hoffmann, D.; Nolting, H.-P.; Weinert, C.M.: TE/TM Mode Splitters on InGaAsP/InP. IEEE Photon. Technol. Lett., Vol. 2, No. 2 (1990) pp. 114-115.
Kurzfassung: In a monolithic heterodyne polarization diversity receiver, mode splitters are required which effectively separate the TE and TM polarization of the optical wave. For this purpose, a directional coupler was investigated, which utilizes a metal cladding on one of its branches to separate both polarizations. This polarization splitter can act in two distinct modes of operation depending on the degree of lateral confinement of the optical rib waveguide before metallization. For strong confinement, metallization generates an asymmetric coupler. For weak confinement the metallized waveguide is guiding for TE but nonguiding for TM polarization and negligible TM crosstalk results.

/84/ Heidrich, H.; Hoffmann, D.: Review on Integrated-Optics Switch Matrices in $LiNbO_3$. (eingeladener Vortrag), Trans. IEICE (Special Issue on IOOC '89), Vol. E 73 (1990) No. 1, pp. 94-98.
Kurzfassung: $LiNbO_3$ switch matrices are attractive devices for small scale optical digital data interchange and service routing. This paper gives an overview on the state of the art of the first generation of photonic switch matrices as well as some future prospects.

/85/ Franz, G.[3]; Amann, M.C.[3]; Thulke, W.[3]; Weber, R.; Kaumanns, R.: Comparison of Silica- and Alumina-Based Spin-on Sources for p-Contact Diffusion of Zinc into InGaAs. Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 29 (1990) No. 5, pp. L 712-L 715.
Kurzfassung: Alumina- and silica-based spin-on sources for p^+-doping of InGaAs contact layers are compared. Shallow diffusion profiles with hole concentrations up to $2x10^{20}/cm^3$ were obtained. Higher doping levels and improved long-term stability of the spin-on solution were achieved with the alumina-based source.

/86/ Trommer, D.; Umbach, A.; Passenberg, W.; Mekonnen, G.; Unterbörsch, G.: Superior Microwave Performance of InGaAs JFETs Grown by MBE. Electron. Lett., Vol. 26 (1990) No. 11, p. 734.
Kurzfassung: The realisation of high performance InGaAs JFETs designed for InP based optoelectronic integration is reported. An optimised MBE process for the gate layer growth is presented. JFETs fabricated by using a self-aligning technique exhibit very high cut-off frequencies of $f_T = 28$ GHz and $f_{MAX} = 38$ GHz.

/87/ Harde, P.; Fidorra, F.; Venghaus, H.: Secondary Ion Mass Spectroscopic Investigation of GaInAsP/InP Laser Structures Made by Metalorganic Vapor Phase Epitaxy Regrowth. J. Appl. Phys. Vol. 68 (1990) No. 6, pp. 2632-2638.
Kurzfassung: Buried ridge structure GaInAsP/InP lasers with stripes parallel to <011> and <0$\bar{1}$1> directions were fabricated by MOVPE regrowth. Secondary ion mass spectroscopy depth profiles taken with high spatial resolution reveal unexpected results for the latter structures: A considerable amount of phosphorus is found in the GaInAs above the laser stripes, which is correlated with a reduced gallium concentration and a higher proportion of indium. Zinc, diffused into the GaInAs to make ohmic contacts, has a reduced concentration above the laser stripes.

/88/ Künzel, H.; Bochnia, R.; Gibis, R.; Harde, P.; Passenberg, W.: Incorporation Behaviour of Manganese in MBE Grown $Ga_{0.47}In_{0.53}As$. Appl. Phys. A51 (1990) pp. 508-514.
Kurzfassung: Acceptor doping of MBE grown $Ga_{0.47}In_{0.53}As$ on InP:Fe substrates utilizing manganese is investigated as an alternative for overcoming problems related to beryllium doping. The incorporation behaviour of manganese is analyzed in detail. Special emphasis is put on low level and maximum level doping relevant for use in buffer and contact layers, respectively. The dependence of activation energy and the degree of ionization on acceptor concentration is determined. At high doping levels the free hole concentration is markedly lower than the doping concentration. It is attributed to the diffusion of acceptor species across the heterointerface into the substrate. Manganese doping is applied in $p^+/n/p^-$-layer structures for junction field effect transistor applications. The intended abruptness of acceptor profiles is deteriorated by diffusion of manganese in the GaInAs material. The degraded device characteristics obtained are attributed to the acceptor diffusion behaviour established.

/89/ Kaiser, R.; Mörl, L.; Rehbein, W.: Optimierung von wellenleiterintegrierten Photodioden in Vertikal-

3 Siemens AG München, FRG

kopplung. ITG-Fachbericht 112, ITG-Fachtagung 'Heterostruktur-Bauelemente', Schwäbisch-Gmünd, (1990) S. 171-176.
Kurzfassung: In diesem Beitrag werden Ergebnisse aus Transmissions- und Photostrommessungen an optoelektronischen Bauelementen vorgestellt, die aus InGaAs-Photodioden, integriert mit InGaAsP-Rippenwellenleitern, bestehen. Die Motivation hierfür war, bereits bekannte theoretisch ermittelte Abhängigkeiten experimentell zu untersuchen, um mit optimierten Strukturen hohe Quantenwirkungsgrade bei möglichst geringen lateralen Abmessungen zu erhalten.

/90/ Albrecht, P; Hamacher, M.; Heidrich, H.; Hoffmann, D.; Nolting, H.-P.; Schlak, M.; Weinert, C.M.: Entwicklung einer "Polarisation Diversity"-Heterodynempfänger-Wellenleiterschaltung auf InP. ITG-Fachbericht 112, ITG-Fachtagung 'Heterostruktur-Bauelemente', Schwäbisch-Gmünd, (1990) S. 131-136.
Kurzfassung: TE/TM-Modenkonverter und TE/TM-Modensplitter sind Schlüsselkomponenten eines monolithisch integrierten kohärenten Polarisations-Diversity-Empfänger-Chips. Funktionsweise und Design dieser Einzelbauelemente für eine Integration im GaInAsP/InP-Materialsystem werden beschrieben und erste Ergebnisse vorgestellt.

/91/ Düser, H.; Fidorra, F.; Franke, D.; Grützmacher, D.[12]; Möhrle, M.; Rosenzweig, M.; Wolfram, P.: Eigenschaften von InGaAs/InGaAsP-MQW-Lasern (1,5 µm). ITG-Fachbericht 112, ITG-Fachtagung 'Heterostruktur-Bauelemente', Schwäbisch-Gmünd, (1990) S. 25-30.
Kurzfassung: InGaAs/InGaAsP MQW-SCH-Laser ($\lambda = 1{,}5$ µm) wurden mittels Niedrigdruck-MOVPE hergestellt und hinsichtlich der Schwellstromdichte, des Temperaturverhaltens und der Emissionswellenlänge untersucht. Diese Lasereigenschaften zeigten eine starke Abhängigkeit von der Resonatorlänge. BRS-Laser mit Schwellströmen von 7 mA wurden hergestellt.

/92/ Bornholdt, C.; Kappe, F.; Nolting, H.P.; Stenzel, R.; Venghaus, H.; Weinert, C.M.: WDM-Bauelemente auf der Basis von InGaAsP/InP-Richtkopplern. ITG-Fachbericht 112, ITG-Fachtagung 'Heterostruktur-Bauelemente', Schwäbisch-Gmünd, (1990) S. 119-124.
Kurzfassung: Als Vorstufe für einen monolithisch integrierten opto-elektronischen Wandler (OEIC) werden im Rahmen eines BMFT-Projektes wellenlängenselektive Multiplexer/Demultiplexer-Komponenten (λ-Muldex) für ein bidirektionales Teilnehmeranschlußsystem entwickelt. In diesem Beitrag wird über die Herstellung eines breitbandigen Muldex für die Arbeitswellenlängen 1,3 µm und 1,55 µm und über die Funktion und das Bauelementedesign eines schmalbandigen Duplexers im 1,3 µm Wellenlängenfenster berichtet. Der Herstellungsprozeß wird im Hinblick auf möglichst geringe technologische Toleranzen diskutiert und erste Ergebnisse werden vorgestellt.

/93/ Niggebrügge, U.; Müller, R.: Trockenätzverfahren für optoelektronische Bauelemente auf InP-Basis. (eingeladener Vortrag), ITG-Fachbericht 112, ITG-Fachtagung 'Heterostruktur-Bauelemente', Schwäbisch-Gmünd, (1990) S. 137-144.
Kurzfassung: Der Beitrag gibt einen Überblick über den Stand der trockenchemischen Strukturierungstechnik für InP/InGaAs(P)-Materialien und ihre Anwendung in der Realisierung optoelektronischer Bauelemente. Es wurden eine Reihe unterschiedlicher Ionenstrahl- und Reaktivionen-Ätzverfahren entwickelt, die ein hohes, den Möglichkeiten naßchemischer Methoden überlegenes Potential hinsichtlich Erzeugung von Submikrometer-Geometrien, Profilkontrolle, Reproduzierbarkeit und Uniformität aufweisen. Im Forschungs- und Entwicklungsbereich finden sie bereits erfolgreich Einsatz bei der Herstellung von Lasern, Wellenleiterkomponenten, Photodetektoren, Transistoren und integrierten optoelektronischen Bausteinen. Die Durchführbarkeit präziser Echtzeit-Prozeßkontrollen, notwendig für die Übertragung der Trockenätztechnik in die Produktion, wurde im Labormaßstab demonstriert. Die von der Natur der trockenchemischen Ätzmechanismen her erwarteten und experimentell bestätigten Schädigungen des Halbleiterkristalls spielen für die bisher prozessierten, "konventionellen" optoelektronischen Bauelemente eine untergeordnete Rolle. Sie machen sich erst in erheblichem Maß negativ bemerkbar, wenn, wie im Fall von Quantendraht- und Quantenbox-Strukturen, Bauelementdimensionen an die typischen Ausdehnungen der Defektzonen von einigen Nanometern herankommen. Zur Lösung dieser Probleme wird, neben der Untersuchung des Ausheilverhaltens, die In(GaAs)P-Trockenätztechnik weiterzuentwickeln sein in Richtung hochreaktiver, mit niedriger Ionenenergie verbundener Prozesse.

/94/ Su, L.M.; Künzel, H.; Gibis, R.; Mekonnen, G.; Schlaak, W.; Grote, N.: MBE-gewachsener InAlAs/InGaAs Hetero-Bipolartransistor mit implantiertem Kollektor. ITG-Fachbericht 112, Post-Deadline-Papers, ITG-Fachtagung 'Heterostruktur-Bauelemente', Schwäbisch-Gmünd (1990) S. 20-21.
Kurzfassung: Es wurden MBE-InGaAs/InAlAs Heterobipolartransistoren mit einem im Substrat implantierten Kollektor entwickelt. Diese neue HBT-Struktur zeichnet sich durch eine verbesserte Planarität und die Eliminierung parasitärer Kapazitäten aus. Erste Ergebnisse wurden präsentiert.

/95/ Nolting, H.-P.; Weinert, C.M.: Theoretische Untersuchung optischer Wellenleitertaper auf InGaAsP/InP. Frequenz (im Druck).
Kurzfassung: Optische Wellenleitertaper haben die Aufgabe, zwei dielektrische Wellenleiter mit stark un-

12 Institut für Halbleitertechnik, RWTH Aachen, FRG

terschiedlichem Fleckdurchmesser der Feldverteilung miteinander zu verbinden. Am Beispiel der Kopplung eines passiven Wellenleiters im Materialsystem InGaAsP/InP an eine Glasfaser werden theoretische Untersuchungen über Taperformen durchgeführt, die bei kurzer Länge und konstantem Brechzahlverlauf möglichst geringe Abstrahlverluste zeigen. Mit Hilfe der zweidimensionalen Methode der Finiten Differenzen wird die Abhängigkeit der Feldverteilung von der Wellenleitergeometrie bestimmt. Anschließend werden die Abstrahlverluste mit der Beam-Propagation Method errechnet und die Ergebnisse im Zusammenhang mit den Herstellungsprozessen diskutiert.

/96/ Bornholdt, C.; Kappe, F.; Müller, R.; Nolting, H.-P.; Reier, F.; Stenzel, R.; Venghaus, H.; Weinert, C.M.: Meander Coupler, A Novel Wavelength Division Multiplexer/Demultiplexer. Appl. Phys. Lett., Vol. 57 (1990) No. 24, pp. 2517-2519.
Kurzfassung: We have realized a novel wavelength division multiplexer/demultiplexer based on rib waveguides in GaInAsP/InP. The device is a strongly asymmetric codirectional coupler with periodic variation of the coupling constant and has $sinc^2$-type characteristics. Our devices have center wavelengths around 1.3 µm, filter halfwidths of 10 nm to 15 nm and far end isolation down to -17 dB. The structure is suited for integration into opto-electronic integrated circuits for applications in bidirectional optical communication systems.

/97/ Schlak, M.; Weinert, C.M.; Albrecht, P.; Nolting, H.P.: Tunable TE/TM-Mode Converter on (001)-InP-Substrate. IEEE Photon. Technol. Lett. (im Druck).
Kurzfassung: With a two-dimensional Finite Difference simulation technique optimal design parameters were found for the fabrication of TE/TM-mode converters on (001)-InP substrate. Based on design rules extracted from the calculations a tunable device for an operating wavelength of 1.56 µm has been fabricated. Polarisation conversion of 45° suitable for operation in a polarisation diversity network has been achieved at an effective voltage of 32 V.

/98/ Ebert, W.; Franke, D.; Grote, N.; Rosenzweig, M.; Sartorius, B.; Wolfram, P.: Lasing Characteristics of InGaAs/InGaAsP-MQW-Structures Grown by Low-Pressure MOVPE. J. Cryst. Growth, 5th Int. Conf. on Metalorganic Vapor Phase Epitaxy, Aachen, 18.-21.6.1990 (im Druck).
Kurzfassung: InGaAs/InGaAsP-MQW-SC-lasers for 1.55 µm emission wavelength with different numbers of quantum wells have been fabricated using low-pressure MOVPE. Photoluminescence- and gain spectra and threshold current densities and the temperature behaviour T_o of broad area lasers at varying cavity lengths have been investigated.

/99/ Reier, F.W.; Harde, P.; Kaiser, H.: LP-MOVPE Growth and Characterisation of Wide-Gap InGaAsP/InP Layers ($\lambda_g < 1.2$ µm) for Optical Waveguide Applications. J. Cryst. Growth, 5th Int. Conf. on Metalorganic Vapor Phase Epitaxy, Aachen, 18.-21.6.1990 (im Druck).
Kurzfassung: The growth of wide-gap ($\lambda_g < 1.2$ µm) InGaAsP/InP layers using low-pressure MOVPE was investigated. A major problem encountered at standard growth conditions was the occurrence of a vertical concentration gradient of arsenic and phosphorus near the heterointerface becoming particularly pronounced at low AsH_3 mass flows. The use of a thick (> 1 µm) InP buffer layer, i.e. a sufficiently long InP predeposition period, was found to represent a convenient solution to this problem.

/100/ Wolf, T.[13]; Krost, A.[13]; Bimberg, D.[13]; Reier, F.; Harde, P.; Winterfeld, J.[14]; Schumann, H.[14]: Transition Metal Doping of LP-MOCVD-Grown InP. J. Cryst. Growth, 5th Int. Conf. on Metalorganic Vapor Phase Epitaxy, Aachen, 18.-21.6.1990 (im Druck).
Kurzfassung: The growth of high-resistivity InP:Fe by LP-MOCVD is studied. The semi-insulating character of Fe-doped InP was found to vanish in contact with a p^+-InP:Zn substrate. Ti-doping of InP is proposed as alternative for the fabrication of semi-insulating material. Secondary ion mass spectroscopy is used to study the incorporation behaviour of titanium in LP-MOCVD grown InP as a function of growth parameters. The optimum growth conditions to achieve abrupt titanium doping profiles are presented. In addition, first results on doping of InP with a 4d transition metal impurity are reported. The MOCVD growth of Zr-doped InP has been carried out using dimethylzircocene as organometallic source material.

/101/ Kayser, O.[15]; Opitz, B.[15]; Westphalen, R.[15]; Niggebrügge, U.; Balk, P.[15]: Selective Embedded Growth of GaInAs by Low Pressure MOVPE. J. Cryst. Growth, 5th Int. Conf. on Metalorganic Vapor Phase Epitaxy, Aachen, 18.-21.6.1990 (im Druck).
Kurzfassung: The study reported on in this paper is concerned with selective low pressure (20 hPa) MOVPE of GaInAs and GaInAs/InP heterostructures at 940 K in etched recesses in partially masked substrates. Different growth behaviour is obtained for the single layers of the ternary and binary/ternary heterostructures. Moreover, the shape of the recesses, which is related to the etching procedure, also affects the cross section of the deposited stripes. Proper choice of the shape of the recesses permits the growth of planar stripes. The feasibility of in-situ doping the GaInAs stripes using H_2S or DEZn is demonstrated.

13 Inst. f. Festkörperphysik, TU Berlin, FRG
14 Inst. f. Anorganische und Analytische Chemie, TU Berlin, FRG
15 RWTH Aachen, FRG

/102/ Künzel, H.; Gibis, R.; Schlaak, W.; Su, L.M.; Grote, N.: MBE Overgrowth of Implanted Contact Regions Defined in InP:Fe Substrate. J. Cryst. Growth, 6th Int. Conf. on Molecular Beam Epitaxy (MBE VI), La Jolla, California, USA, 27.-31.8.1990 (im Druck).
Kurzfassung: The MBE growth of InGaAs layers on Si-implanted InP:Fe substrates was investigated. Ion doses and energies used were in the range of $5x10^{12}...5x10^{14}$ cm^{-2} and 100...700 keV, respectively. Among the different annealing conditions tested, i.e. in-situ annealing in the MBE growth chamber at 500°C, rapid thermal annealing at 650°C, and high temperature annealing at 750°C under PH_3/H_2 partial pressure, only the latter method was found to ensure restoration of the substrate crystal and high-quality overgrowth as assessed by RHEED and X-ray diffractometry. Heterojunction bipolar transistors employing an implanted overgrown collector were successfully fabricated.

/103/ Künzel, H.; Kaiser, R.; Passenberg, W.; Trommer, D.; Unterbörsch, G.: Critical Items in the MBE Growth of $Ga_{0.47}In_{0.53}As$ for Waveguide/PIN/JFET. J. Cryst. Growth, 6th Int. Conf. on Molecular Beam Epitaxy (MBE VI), La Jolla, California, USA, 27.-31.8.1990 (im Druck).
Kurzfassung: The critical issues for the optimization of the MBE grown layer sequence for the integration of an optical waveguide, a PIN photodiode and a junction field effect transistor (JFET) to form a monolithically integrated receiver chip are discussed. For the JFET layer sequence low residual carrier density of the thick buffer layer has been successfully achieved. The growth of a p^+/p^{++}-gate contact layer with minimized acceptor diffusion behaviour is described. For the hybridly grown MOVPE(LPE) GaInAsP/MBE-GaInAs PIN/waveguide structure optimum crystallinity is achieved, however, donor accumulation at the interface is detected. MBE grown AlGaInAs as an alternative for the waveguide layer has been investigated. Due to its high resistivity at growth temperatures below 500°C device isolation can be achieved.

/104/ Paraskevopoulos, A.; Bach, H.G.; Schroeter-Janßen, H.; Mekonnen, G.; Hensel, H.J.; Grote, N.: High Frequency Properties and Application of Invertible GaInAsP/InP Double-Heterostructure Bipolar Transistors. Tagungsband, 20th Europ. Solid State Device Res. Conf. (ESSDERC '90), Nottingham, Great Britain, (1990) pp. 33-36.
Kurzfassung:In this paper it is reported on invertible DHBTs fabricated on GaInAsP/InP. Localized Zn diffusion allowed for practically equal active transistor areas in the forward and inverse mode. Transit frequencies up to 6 GHz with collector currents over 100 mA could be demonstrated on these devices. As an application, three transistors were monolithically integrated to form a laser driver circuit showing modulation rates up to 2.6 Gbit/s.

/105/ Su, L.M.; Künzel, H.; Gibis, R.; Mekonnen, G.; Schlaak, W.; Grote, N.: Fabrication and Characteristics of an MBE-Grown InAlAs/InGaAs Heterojunction Bipolar Transistor Using an Embedded Collector. Tagungsband, 20th Europ. Solid State Device Res. Conf. (ESSDERC '90), Nottingham, Great Britain (1990) pp. 81-84.
Kurzfassung: InAlAs/InGaAs HBTs employing an implanted collector were fabricated and characterized. Current gains of the order of 100 and transit-frequencies of 9-10 GHz were attained. No detrimental effects of implantation on the epitaxial overgrowth were observed.

/106/ Schlak, M.; Weinert, C.M.; Albrecht, P., Nolting, H.P.: Tunable TE/TM-Mode Converter on (001)-InP-Substrate. Tagungsband, 16th Europ. Conf. on Optical Communication (ECOC), Amsterdam, Niederlande, Vol. 1 (1990) pp. 309-312.
Kurzfassung: A TE/TM-mode converter for an operating wavelength of 1.56 µm has been fabricated on (001)-InP substrate. Polarisation conversion of 45° suitable for operation in a polarisation diversity network has been achieved at an effective voltage of 32 V.

/107/ Kappe, F.; Bornholdt, C.; Nolting, H.-P.; Reier, F.; Stenzel, R.; Venghaus, H.; Weinert, C.M.: Meander Coupler: A Novel Structure for WDM-Applications. Tagungsband, 16th Europ. Conf. on Optical Communication (ECOC), Amsterdam, Niederlande, Vol. 1 (1990) pp. 113-116.
Kurzfassung: A novel filter in GaInAsP/InP was realized, which is a codirectional asymmetric coupler with periodic variation of the coupling constant. The transmission exhibits a $sinc^2$-dependence, which offers particularly low crosstalk in combination with weighted coupling.

/108/ Trommer, D.; Feiste, U.; Hochheim, S.; Kaiser, R.; Passenberg, W.; Reier, F.; Schramm, C.; Umbach, A.; Unterbörsch, G.: Waveguide Integrated pinFET on InP for Receiver OEICs. Tagungsband, 16th Europ. Conf. on Optical Communication (ECOC), Amsterdam, Niederlande, Vol. 3 (1990) pp. 1037-1040.
Kurzfassung: A waveguide integrated pinFET as a building block for future receiver OEICs based on InP is presented. First measurements revealed a current gain of 11 dB and a 3 dB cutoff frequency of 320 MHz.

/109/ Su, L.M.; Künzel, H.; Bach, H.G.; Schlaak, W.; Grote, N.: An Integrated Laser Driver Circuit Based on Implanted Collector InGaAs/InAlAs HBTs. Inst. Phys. Conf. Ser., 17th Conf. on GaAs and Related Compounds, Jersey, Great Britain, 24.-27.9.1990 (im Druck).
Kurzfassung: An integrated laser driver circuit on InP has been developed employing MBE grown InGaAs/-InAlAs HBTs which feature a buried instead of a mesa-

type collector layer made by ion implantation into the semi-insulating InP substrate. This design leads to an improved planarity as well as to a reduction of parasitic RC components. The differential amplifier-type driver circuit comprising three transistors and a resistor exhibited a preliminary current modulation capability of 4 Gbit/s along with an AC transconductance of 32 mS.

/110/ Kaiser, R.; Mörl, L.; Rehbein, W.: Light Absorption in Waveguide-Integrated Photodiodes on InP. Technical Digest on Integrated Photonics Research, 1990 (Optical Society of America, Washington D.C.), Proc. Topical Meeting on Integrated Photonics Research, Hilton Head, South Carolina, USA, 26.-28.3.1990, Vol. 5, p. 52.
Kurzfassung: InGaAsP rib and stripe waveguides monolithically integrated with InGaAs photodiodes utilizing different coupling schemes were experimentally studied. With the results the design of the device can be optimized to achieve high quantum efficiencies at small lateral photodiode dimensions.

/111/ Albrecht, P.; Hamacher, M.; Heidrich, H.; Hoffmann, D.; Nolting, H.-P.; Schlak, M.; Weinert, C.M.: Polarization Converter and Splitter for a Coherent Receiver Optical Network on InP. Technical Digest on Integrated Photonics Research, 1990 (Optical Society of America, Washington D.C.) Proc. Topical Meeting on Integrated Photonics Research, Hilton Head, South Carolina, USA, 26.-28.3.1990 Vol. 5, p. 163.
Kurzfassung: The key elements of a passive polarization diversity circuit, polarization converter and splitter have been analyzed. The device parameters for integration and experimental data for the separate devices are presented.

/112/ Albrecht, P.; Hamacher, M.; Heidrich, H.; Hoffmann, D.; Nolting, H.-P.; Schlak, M.; Weinert, C.M.: Polarization Converter and Splitter for a Coherent Receiver Optical Network on InP. Colloquium on Polarization Effects in Optical Switching and Routing Systems, The Institution of Electrical Engineers, London, Great Britain, 1990, Digest No. 1990/134, pp. 9/1-9/3.
Kurzfassung: The key elements of a coherent optical receiver network using a polarization diversity scheme are summarized. The principles of operation and design of the elements for monolithic integration of the waveguide network are sketched and first results are presented.

/113/ Bornholdt, C.; Kappe, F.; Nolting, H.-P.; Stenzel, R.; Venghaus, H.; Weinert, C.M.: Wavelength Multiplexer/Demultiplexers Based on Codirectional Couplers on GaInAsP/InP. Technical Digest on Integrated Photonics Research, 1990 (Optical Society of America, Washington D.C.), Proc. Topical Meeting on Integrated Photonics Research, Hilton Head, South Carolina, USA, 26.-28.3.1990, Vol. 5, p. 122.
Kurzfassung: Wavelength multiplexer/demultiplexers are presented: A directional coupler for 1.3/1.55 µm wavelength division multiplexing and a Mach-Zehnder interferometer. The interferometer is a novel structure with short device length, moderate technology tolerances and a channel separation between 10 nm and 80 nm.

/114/ Müller, R.: Control of a Reactive Ion Etching Process for InP and Related Materials by In Situ Ellipsometry in the Near Infra Red. Tagungsband, 2nd Int. Conf. on Indium Phosphide and Related Materials, Denver, Colorado, USA, (1990) pp. 211-214.
Kurzfassung: In situ ellipsometry at a wavelength of 1300 nm is used for etch depth measurement and endpoint detection during reactive ion etching (RIE) of InGaAs(P)/InP heterostructures. Moreover the described technique allows the determination of the actual wafer temperature during plasma exposure.

/115/ Passenberg, W.; Harde, P.; Künzel, H.; Trommer, D.: Optimization of Extremely Highly p-Doped $In_{0.53}Ga_{0.47}As$:Be Contact Layers Grown by MBE. Tagungsband, 2nd Int. Conf. on Indium Phosphide and Related Materials, Denver, Colorado, USA, (1990) pp. 195-198.
Kurzfassung: The achievement of non-alloyed very low resistance ohmic contacts to p-doped InGaAs layers as required for the gate contact of JFETs requires extremely high doping levels in excess of $5x10^{19}$ cm^{-3}. At standard MBE growth temperatures drastic outdiffusion of Be was found which, when incorporated in the gate layer led to a deterioration of the performance of JFETs. Outdiffusion of Be was found to be strongly concentration and growth temperature dependent. However, reduction of the latter parameter to 350° C resulted in a substantial improvement. InGaAs JFETs exhibiting $g_m = 140$ mS/mm and $f_T = 30$ GHz were successfully grown using this approach.

/116/ Sartorius, B.; Brandstättner M.[16]: Nondestructive Thickness Mapping of Epitaxial InGaAsP/InP Layers. Tagungsband, 2nd Int. Conf. on Indium Phosphide and Related Materials, Denver, Colorado, USA, (1990) pp. 191-194.
Kurzfassung: A new technique for nondestructive thickness mapping of InGaAsP/InP epitaxial layers was developed. The thickness resolution is in the 10 nm range. Buried layers inside of heterostructures can be investigated selectively.

/117/ Rosenzweig, M.; Möhrle, M.; Düser, H.; Fidorra, F.; Venghaus, H.: Threshold-Current-Analysis of InGaAs/InGaAsP-Multi-Quantum-Well-Separate Confinement-Lasers. Conf. Dig., 12th IEEE Int. Semiconductor Laser Conf., Davos, Schweiz, (1990) pp. 186-87.

16 Phoenicon Photoaktive Systeme, Berlin, FRG

Kurzfassung: The threshold current density of separate confinement InGaAs/InGaAsP MQW-lasers ($\lambda = 1.5\ \mu m$) was analyzed as a function of cavity length. In contrast to lasers with a "bulk" active layer a logarithmic dependence was found. Comparing MQW-lasers with those having thin active layers of equivalent thickness indicates no advantage of MQW-structures in terms of threshold current density.

/118/ Müller, R.: Ellipsometry for Process Control in Reactive Ion Etching. In: Reichel, H. (Ed.): Micro System Technologies 90, Springer-Verlag, Berlin (1990) S. 219-224.

Kurzfassung: Ellipsometry in the near infra red is shown to be a powerful tool for the control of dry etch processing of InP and its related compounds. Both, etch depth monitoring and endpoint detection can be performed with a high degree of precision even for refractive index differences as low as 0.1. Furthermore the method allows the examination of surface modifications caused by different etching chemistries and the measurement of the wafer temperature during the process.

/119/ Heidrich, H.; Hoffmann, D.; Nolting, H.-P.; Schlak, M.; Weinert, C.M.: Elements for Integrated Optics Coherent Receiver Networks. In: Reichel, H. (Ed.): Micro System Technologies 90, Springer-Verlag, Berlin (1990) S. 755-760.

Kurzfassung: The key elements of a coherent optical receiver network using a polarization diversity scheme are summarized. The principles of operation and design of the elements for monolithic integration of the waveguide network are sketched and first results are presented.

/120/ Nolting, H.P.; Weinert, C.M.: Numerical Simulation of Optical Devices. In: Reichel, H. (Ed.): Micro System Technologies 90, Springer-Verlag, Berlin (1990) S. 38-43.

Kurzfassung: Some of the main numerical methods for simulating optical devices are discussed. Numerical simulations yield essential information for understanding of the device performance. In addition, the parameters most sensitive to processing tolerances may be determined and an optimum design for fabrication of integrated optical devices can be found from these calculations. This is exemplified for the case of an optical 3 dB coupler.

/121/ Sartorius, B.: Assessment of III-V Epitaxial Layers by Optical Methods. In: Reichel, H. (Ed.): Micro System Technologies 90, Springer-Verlag, Berlin (1990) S. 213-218.

Kurzfassung: Optical methods for measuring thickness and bandgap of epitaxial layers are presented. Procedures for nondestructive quality assessment of material and processing as well as methods for defect analysis are described. Examples demonstrate the potential for selective investigations of buried layers and for measuring in sub-micron dimensions.

/122/ Bach, H.G.: Electrical Characterization of III/V Materials for Heterostructure Devices. In: Reichel, H. (Ed.): Micro System Technologies 90, Springer-Verlag, Berlin (1990) S. 205-210.

Kurzfassung: The quality of optoelectronic devices is highly influenced by the semiconductor material bulk properties as well as by the heterojunction interface parameters. Design requirements for heterostructure devices like lasers, photodiodes, bipolar transistors, and High Electron Mobility Transistors (HEMTs) are related to material and heterointerface properties. Current-Voltage (I-V) analyses, equivalent circuit modelling and free carrier profile simulation tools are applied to optimize the design parameters. Test structures suitable for parameter extraction are discussed.

/123/ Bornholdt, C.; Kappe, F.; Nolting, H.-P.; Venghaus, H.; Weinert, C.M.: Wavelength-Division-Multiplexers for Optical Communication Systems. In: Reichel, H. (Ed.): Micro System Technologies 90, Springer-Verlag, Berlin (1990) S. 761-766.

Kurzfassung: Various wavelength division multiplexer/demultiplexer structures are discussed, which are suited for integration into opto-electronic integrated circuits. Three devices recently realized in the GaInAsP/-InP material system are presented in more detail.

/124/ Schramm, C.; Bach, H.G.; Künzel, H.; Praseuth, J.P.[17]: MBE Grown Al(Ga)InAs: Schottky Contacts and Deep Levels. Tagungsband, SOTAPOCS XIII, Seattle, Washington, USA, 14.-19.10.1990 (im Druck).

Kurzfassung: Methods to prepare excellent Schotty contacts on Al(Ga)InAs grown on InP substrates have been investigated. A new kind of surface treatment (2 nm GaAs cap layer, phosphorous acid based etching) before metal evaporation was developed. Barrier heights up to 0.73 eV and low leakage current densities of 0.22 $\mu A/mm^2$ (about one order of magnitude lower than without treatment) have been attained. The quality and stability of these contacts were mainly affected by a surface treatment, but only a slight dependence on doping and on the choice of metallization was observed. Si-doped AlInAs and $Al_xGa_yIn_{1-x-y}As$ ($x+y \sim 0.48$) bulk material with different gallium contents are analyzed by deep level transient spectroscopy (DLTS). Overlapping alloy broadened trap responses are separated by numerical spectrum analysis and reduction of the filling pulse width. We ascertained that the deep level concentration of $Al_xGa_yIn_{1-x-y}As$ is decreasing with increasing gallium contents (by a factor of 2 from $y = 0$ to $y = 0.12$). This fact is associated with an improved crystalline quality of the quaternary AlGaInAs material, compared

17 CNET, Bagneux, France

to ternary AlInAs, as demonstrated by narrow X-ray diffraction peaks and photoluminescence linewidths.

/125/ Paraskevopoulos, A.; Weber, R.; Schroeter-Janßen, H.; Bach, H.G.: Application of Localized Zn Diffusion for the Realization of a Comptact High-Speed Bipolar Laser Driver Circuit on GaInAsP/InP. Tagungsband, SOTAPOCS XIII, Seattle, Washington, USA, 14.-19.10.1990 (im Druck).
Kurzfassung: The paper proposes a model to calculate Zn-diffusion across InGaAsP/InP heterointerfaces. Good agreement between simulated and experimental data measured on DHBT heterostructures was found.

/126/ Rosenzweig, M.; Düser, H.; Möhrle, M.; Tischel, M.[13]; Heitz, R.[13]; Hoffmann, A.[13]: Non-Linear Optical Gain in InGaAs/InGaAsP-Quantum-Wells. Tagungsband, SPIE's Int. Conf. on Physical Concepts of Materials for Novel Optoelectronic Device Applications, Aachen, 27.10.-2.11.1990 (im Druck).
Kurzfassung: InGaAs/InGaAsP-multi-quantum-well-layers are preferably used as the active region in long-wavelength semiconductor lasers. In this work we present calculations of their optical gain in dependence of the carrier density. These calculations are compared with measurements of electrically and optically excited gain spectra of such laser structures for 1.55 µm emission wavelength with different numbers of wells. In contrast to conventional double heterostructure lasers a distinct sublinear increase of the gain g with increasing carrier densities N is observed, which is well pronounced for low well numbers and can be described approximately with a logarithmic equation g~ln(N) quite in accordance with theoretical predictions.

/127/ Tischel, M.[13]; Rosenzweig, M.; Hoffmann, A.[13]; Venghaus, H.; Fidorra, F.: Carrier-Lifetimes in MOVPE Regrown 1.5 µm-GaInAsP-BRS-Lasers. Tagungsband, SPIE's Int. Conf. on Physical Concepts of Materials for Novel Optoelectronic Device Applications, Aachen, 27.10.-2.11.1990 (im Druck).
Kurzfassung: Buried-Ridge Structure GaInAsP/InP lasers with stripes parallel to <011> and <0$\bar{1}$1> directions are fabricated by metal-organic vapour phase epitaxy regrowth, and effective carrier lifetimes τ_{eff} of these devices are determined. We obtained $\tau_{eff} \sim 2$ ns for stripes parallel to the <011> direction and τ_{eff} in the range from 0.5 ns to 0.7 ns for stripes parallel to the <0$\bar{1}$1> direction. The reduced effective carrier lifetimes are attributed to Zn, which has diffused from the GaInAs-contact layer into the active layer.

/128/ Wolf, T.[13]; Krost, A.[13]; Bimberg, D.[13]; Reier, F.; Schumann, H.[14]: Semi-Insulating Fe- and Ti-doped InP and InGaAs Grown by LP-MOCVD. Tagungsband, 6th Conf. on Semi-Insulating III-V Materials, Toronto, Kanada, 13.-16.5.1990 (im Druck).
Kurzfassung: High-resistivity Fe-doped InP and $In_{0.53}Ga_{0.47}As$ epitaxial layers have been grown by LP-MOCVD with ferrocene as dopant source. Application of these materials to the fabrication of high speed $In_{0.53}Ga_{0.47}As$:Fe photodiodes with InP:Fe barrier layers is demonstrated. Using an organometallic titanium source, Ti-doped InP has been fabricated. Details on the incorporation behaviour of titanium as well as the electrical and optical properties of InP:Ti layers are reported.

Berichte

/129/ Heydt, G.; Khoe, G.D.[1]; Rae, S.[2]; Ebberg, A.[3]: Third R1010 Report on CMC Broadband Customer Access. Sept. 1990.
Kurzfassung: The report is a deliverable of workpackage T1.1-1 of the RACE project R1010 (Subscriber CMC System). The report consists of seven chapters. Subsequent to a short introduction (chapter 1) chapter 2 deals with IBC network evolution aspects and specification issues. In chapter 3 the state of engineering of CMC systems is described. Chapter 4 reports on highlights of CMC related developments such as best reported results for components, subsystems and systems. Chapter 5 deals with trends in CMC developments, especially in the development of CMC dedicated lasers and coherent receivers. In chapter 6 systems for interactive services are considered i.e. business systems and CMC ISDN systems. The report concludes with chapter 7 which reviews the state of the art of CMC systems.

/130/ Schwider, J.: Untersuchungen zum digitalen optischen Prozessor. Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben TK 0435, HHI, Berlin, 1990.
Kurzfassung: Schwerpunkt des Projekts war die Entwicklung von optischen Schaltzellen und deren Optimierung in Hinblick auf den Einsatz in digitalen optischen Prozessoren. Um eine Vielzahl von Schaltzellentypen unterschiedlicher Materialsysteme untersuchen zu können, wurden insgesamt vier F&E-Verträge mit verschiedenen Universitätsinstituten abgeschlossen. Im Laufe der Arbeiten wurden Fabry-Perot-Schaltzellen, SEEDs, thermooptische SEEDs und BCRW-Doppelstreifenlaser entwickelt und analysiert. Die optischen Schaltzellen eignen sich in begrenztem Umfang zur Demonstration von einzelnen Prozessorfunktionen. Der Großteil der untersuchten Schaltzellen arbeitet thermisch, woraus eine

13 Inst. f. Festkörperphysik, TU Berlin, FRG

14 Inst. f. Anorganische und Analytische Chemie, TU Berlin, FRG

1 Philips Research Laboratory, The Netherlands

2 Plessey Research Laboratory, U.K.

3 Siemens AG, FRG

geringe Schaltgeschwindigkeit folgt. Aber auch elektronische Effekte konnten für die optischen Schaltzellen ausgenutzt werden und somit höhere Schaltgeschwindigkeiten erzielt werden. Hoffnungsvolle Ansätze bieten hier die SEED-Elemente. Für die spezielle Rechnerarchitektur optischer Rechner wurden mathematische Konzepte zur Behandlung dreidimensionaler optischer Verbindungssysteme entwickelt. Auf deren Grundlage wurden dreidimensionale Verbindungsmuster vorgeschlagen.

/131/ Mühlbach, L.: Bewegtbildübertragung für die Individualkommunikation (II). Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben TK 0434 6, HHI, Berlin, 1990.
Kurzfassung: In diesem Vorhaben sollten Empfehlungen für die nutzergerechte Gestaltung von Systemen und Endgeräten eines zukünftigen Bildfernsprechdienstes erarbeitet werden. Dazu wurden u.a. verschiedene Varianten eines Laborsystems für Mehrpunkt-Arbeitsplatzkonferenzen mit unterschiedlicher Ausstattung für die Übertragung visueller Informationen getestet. Auf der Grundlage einer Spezifikation für Prototypen von Bildfernsprech-Endgeräten, in die die Ergebnisse des Vorgängerprojekts TK 0417 2 einflossen, wurde der Bau von sieben Prototypen durch einen Kooperationspartner aus der Industrie durchgeführt. Diese Prototypen wurden u.a bei einer Untersuchung von Bedienprozeduren für die Einberufung von Mehrpunkt-Konferenzen per Selbstwahl eingesetzt und getestet. Methoden und Systemkomponenten, die das Zeigen von Dokumenten und kleinen Objekten sowie das interaktive Arbeiten damit im Rahmen des Bildfernsprechens erleichtern, wurden erprobt. Gestaltungshinweise für die Bedienung von Mehrdienste-Endgeräten, mit denen negativen Auswirkungen der durch die Integration unterschiedlicher Dienste in ein solches Gerät zunehmenden Komplexität entgegengewirkt werden kann, wurden erarbeitet.

/132/ Ernst, M.; Grasse, M.; Höhne, H.D.: Normwandlung für HDTV. Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben TK 441, HHI, Berlin, 1990.
Kurzfassung: Nach dem Nichtzustandekommen einer Einigung über einen einheitlichen weltweiten HDTV-Standard während der CCIR Vollversammlung im Frühjahr 1986 hatte die Frage der Normumsetzung bedeutend an Aktualität gewonnen, um dennoch einen Programmaustausch von HDTV-Produktionen sicherzustellen. Insbesondere die Umsetzung der Bildfolgefrequenz (50 Hz, 60 Hz) mit einer HDTV-adäquaten Bildqualität, ohne Bewegungsrucken und ohne eine wesentliche Bewegungsunschärfe, war ungelöst. Bestehende Konzepte unter Verwendung bewegungsstarrer Interpolationsfilter waren für die zufriedenstellende Lösung dieser Aufgabe völlig ungeeignet. In diesem Vorhaben wurde mittels Rechnersimulation ein verbessertes Verfahren zur Normwandlung von HDTV- und TV-Signalen unter Berücksichtigung der verschiedenen Normvorschläge entwickelt, das auf dem Konzept bewegungskompensierender Interpolationsfilter basiert. Die abschließende Simulation des Gesamtsystems unter Verwendung kritischer Testsequenzen ergab die folgenden Ergebnisse:
1. Bei allen untersuchten Testsequenzen ist das Ergebnis der bewegungskompensierenden Normumsetzung bedeutend besser als das der nicht bewegungskompensierenden Normumsetzung.
2. Für Sequenzen, die bezüglich der Bewegungsschätzung nicht kritisch sind, kann im umgesetzten Signal eine Bildqualität erzielt werden, die der eines original Kamerasignals entspricht oder die sogar darüber hinausgeht (z.B. HDTV nach TV).
3. Für vereinzelte, bezüglich der Bewegungsschätzung kritische Testsequenzen, sind noch geringfügige Reststörungen im umgesetzten Signal feststellbar.
Die Hardwareabschätzung ergab, daß ein bewegungskompensierender Normwandler unter Verwendung verfügbarer Technologien mit vertretbarem Aufwand realisiert werden kann.

/133/ Kauff, P.: Report on the PG 01 Tests in Mannheim. EUREKA-Dokument EU 95 01/214, Feb. 1990.
Kurzfassung: At the end of 1989 the complete HD-MAC transmission chain was installed in Mannheim at a comunication center of the German TELEKOM in order to give several project groups of EUREKA 95 the possibility to perform their special measurements. In this context the project group PG 01 carried out some subjective tests in January 1990. The aim of these tests was to investigate under real test conditions (hardware prototype of HD-MAC codec, real satellite transmission link) two signal processing algorithms, which have mainly been proposed by HHI (constant luminance coding, multidimensional noise weigthing). This document describes the planning, the experimental set-up, the methods and first results of these subjective tests.

/134/ Kauff, P.: Conclusions on the Results of the CL Tests in Mannheim. EUREKA-Document EU 95-01/214, Mai 1990.
Kurzfassung: This document presents the final results of the subjective tests concerning constant luminance coding (CL), which have been carried out by project group PG 01 of EUREKA 95 at the HD-MAC transmission chain in Mannheim (see above mentioned EUREKA document EU 95-01/214). Furthermore the somewhat disappointing aspects of these results are discussed in more details.

/135/ Kauff, P.: Final Results of the Noise Tests in Mannheim. EUREKA-Document EU 95-01/216, Mai 1990.
Kurzfassung: This document presents the final results of the subjective tests concerning the multidimensional noise weighting scheme, which have been carried out

by project group PG 01 of EUREKA 95 at the HD-MAC transmission chain in Mannheim (see above mentioned EUREKA document EU 95-01/214).

/136/ Blümel, N.; Börner, R.; Dippel, U.; Duckstein, B.; Heidenreich, M.: Übertragung räumlicher Bilder. Abschlußbericht zum Forschungsprojekt TK 427, HHI, Berlin, 1990.

Kurzfassung: Für die künftige technische Realisierung eines 3D-Fernsehsystems wurde nach Voruntersuchungen mit Diaprojektionen das autostereoskopische Verfahren der Parallax-Panoramastereogramme verfolgt. Von dem Objektraum werden dabei mit seitlich versetzten Kameras Bilder unterschiedlicher Perspektive aufgenommen. Mit einer entsprechenden Anzahl von Projektoren werden diese dann in einen reflektierenden Linsenrasterschirm projiziert. Der Schirm besteht aus senkrecht verlaufenden Zylinderlinsen, die eine Richtungsselektivität bewirken und dem Auge jeweils nur ein Stereoteilbildpaar sichtbar machen. Nach diesem Verfahren wurde ein 9-kanaliges Schwarz-Weiß-Videosystem realisiert, mit dem bewegte Raumbilder aufgenommen und projiziert werden. Für Farbfernsehen wurden Multiplexverfahren unter Verwendung von optischen Strahlteilern und dem Einsatz von elektronischen Bildsplittern, Shuttern und Bildspeichern bei Kamera und Projektor experimentell untersucht und realisiert.

/137/ Albrecht, P.; Hamacher, M.; Heidrich, H.; Hoffmann, D.; Schlak, M.; Weinert, C.M.: Design Report on TE/TM-Mode Splitters for a CMC Diversity Receiver OIC on GaInAsP/InP. RACE 1010 Technical Report CMC-B-951-1.

Kurzfassung: We investigated two different concepts of TE/TM-mode splitters with rib waveguides on InP/GaInAsP/InP as part of the optical front end integrated coherent receiver. Both structures utilize directional coupler structures with a metal-cladding on one of its branches to separate both polarisations. In the first type the metal cladding generates an asymmetrical coupler for TM-mode, in the second type TM-guiding for the metal cladded waveguide is completely eliminated. The performance of the devices was simulated numerically as a function of the key design parameters. Both types of TE/TM-mode splitters were fabricated. The second type of device is favoured for integration because it shows better process tolerances in fabrication within the given crosstalk limit.

/138/ Schlak, M.; Nolting, H.-P.; Weinert, C.M.: Design Report on a TE/TM-Mode Converter for a CMC Diversity Receiver OIC on GaInAsP/InP. RACE 1010 Technical Report CMC-B-951-2.

Kurzfassung: First results of the TE/TM-mode converter on (001)-InP substrate for a passive optical polarization diversity circuit as part of the optical front end integrated coherent receiver are reported. The device is analyzed in detail using the two-dimensional Finite Difference Method and optimum design parameters are given. A first TE/TM-mode converter fabricated on MOVPE-layers showed in the tuning mode operation a conversion of 45° at a voltage of $V_{eff} = 35$ V. The excess loss due to the p^+-doped regions of the MC was only 0.5 dB.

/139/ Grote, N; Bach, H.G.; Paraskevopoulos, A: ESPRIT Project 263, Section B, Abschlußbericht (1990).

Kurzfassung: The report summarizes the results on optoelectronic receiver and transmitter components achieved within ESPRIT 263 B "InP-based Integrated Optoelectronics". The project was led by STL (U.K.) with SEL (Stuttgart), two groups of CNET (France) and HHI as partners. Apart from selected basic technologies the work carried out by HHI was focussed on the development of DHBT laser driver circuits (2.4 Gbit/sec) used for the implementation of hybrid transmitters and on the monolithic integration of bipolar transistors with a 1.5 µm laser diode.

Dissertationen

/140/ De Lameillieure, J.: Digital Predictive Picture Coding for High Bit Rate Applications. Universität Gent/Belgien, 1990.

Kurzfassung: In this thesis, predictive coding, one of the possible techniques for the bit rate compression of digitized pictures, is investigated. The applications with a high bit rate are emphasized, i.e. digital television, digital HDTV (High-Definition-TV) and visual communication with a fine resolution for broadband-ISDN (Integrated Services Digital Network).

In predictive coding or DPCM (= Differential Puls Code Modulation), every picture point or "pel" is predicted by means of previously transmitted pels, and only the prediction error is transmitted from sender to receiver. The receiver, which can make the same prediction, can reconstruct the pel value when the prediction error has been received. The compression gain comes from the quantization of the prediction errors and the variable-length coding of the quantizer levels.

This dissertation starts with an explanation of the necessary basis of picture coding with a high bit rate and its applications (chapter 2). The next three chapters consider the three basic blocks of a DPCM-sender: the predictor (chapter 3), the quantizer (chapter 4) and the variable-length-coding (chapter 5). The chapter on prediction considers the problems of switched prediction, the influence of the scanning on prediction efficiency, and the predictability of sub-bands with spatial high frequencies in sub-band coding. The chapter on quantization treats the intercomponent masking effect and the

vector quantization of luminance and chrominance prediction errors. In the chapter on variable-length coding, an algorithm for the construction of a code with a code word length bound is presented.
Problems concerning the practical implementation of coding algorithms are discussed in chapter 6. It presents in the last section a realization of tree-encoding with just one ROM in the critical loop. A disadvantage of predictive compression is its sensitivity to transmission errors. Techniques to improve the transmission error robustness are explained and compared in chapter 7. The last chapter presents the combination of Hybrid DPCM and vector quantization for the HDTV coding at 280 Mbit/s, and at 140 Mbit/s by combining it with linequincunx subsampling.

/141/ Weber, R.: Untersuchungen zur Diffusion von Zink in InP und InGaAs(P) sowie über InGaAs(P)-InP-Heteroübergänge. TU Berlin, FB 4, 1990.
Kurzfassung: In dieser Arbeit werden Untersuchungen zur p-Dotierung durch Eindiffusion von Zink aus der Gasphase (Zn_3P_2- oder $ZnAs_2$-Quelle) in InP und InGaAs(P) vorgestellt. Zur Diffusion wurden zwei unterschiedliche sogenannte "halbgeschlossene" Verfahren eingesetzt, mit denen die Tiefe von p-Gebieten auf ±0,15 µm genau einstellbar ist. Mit einer selbstentwikkelten Untersuchungsmethode wurde die Zn-Diffusion über InGaAs(P)-InP-Heteroübergänge mit der in InP verglichen. Dabei zeigt sich, daß das Zink aus der InGaAs(P)-Schicht im wesentlichen wie von einer zinkgesättigten InP-Oberfläche in das InP diffundiert. Dementsprechend läßt sich die Diffusionstiefe unterhalb des Heteroübergangs mittels einer einfachen Gleichung, deren Konstanten empirisch ermittelt wurden, aus der bekannten Zeit-Tiefe-Relation der Diffusion in InP und aus der InGaAs(P)-Schichtdicke ableiten. Zur allgemeinen Beschreibung der Zn-Diffusion über mehrere InP-InGaAs(P)-Heteroübergänge hinweg wird ein quantitatives Modell aufgestellt. Es geht von dem interstitiellen-substitutionellen Diffusionsmechanismus und der Annahme aus, daß das chemische Gleichgewicht in einer Schicht nicht durch die Nachbarschichten beeinflußt wird. Mit diesem Modell kann, wie der Vergleich mit experimentellen Ergebnissen zeigt, die zeitliche Entwicklung des Dotierungsverlaufes bei Eindiffusion von Zn in komplexen Heterostrukturen in der Dotierungstiefe auf ±0,2 µm genau vorausberechnet werden.

Diplomarbeiten

/142/ Wachholz, B.: Untersuchung optisch aktiver Kanalfilter. TU Berlin, FB 19, 1990.
Kurzfassung: Es wurden Experimente mit einem aus erbiumdotierten Fasern aufgebauten Mach-Zehnder-Filter durchgeführt, das mit einem frequenzverdoppelten Nd:YAG-Laser gepumpt wurde. Filterfunktionen und Rauschzahlen wurden bestimmt.

/143/ Fröhlich, J.: Entwurf eines BiCMOS-Chips zur Ansteuerung eines Videomemories für HDTV-Anwendungen. TU Berlin, FB 19, 1990.
Kurzfassung: Im Rahmen der Diplomarbeit wurde ein Speicher-I/O-Interface auf Basis einer BiCMOS Library als Bestandteil eines HDTV-Controllers auf einer Workstation implementiert und simuliert. In dieser Arbeit werden der Controller und die Struktur eines HDTV-Bildpeichers vorgestellt, sowie die verschiedenen Arten des Speicher I/O-Datentransfers dokumentiert und der daraus resultierende I/O-Schaltkreis abgeleitet.

/144/ Hansen, D.: Realisierung eines Adreßrechenwerks für die digitale Bildsignalverarbeitung mit einem BiCMOS Gate-Array. Fachhochschule der DBP TELEKOM Berlin, 1990.
Kurzfassung: Im Rahmen der Diplomarbeit wurde ein programmierbares Adreßrechenwerk auf Basis einer BiCMOS Library als Bestandteil eines HDTV-Controllers auf einer Workstation implementiert und simuliert. In der Arbeit werden algorithmenspezifische Adreßoperationen im Zusammenhang mit der jeweils daraus abgeleiteten Hardwarestruktur erläutert sowie die Gesamtschaltung des Adreßrechenwerks dokumentiert.

/145/ Ruschkowski, R.: Entwurf eines 150 MHz Multifunktionschips in ECL für HDTV-Anwendungen. TU Berlin, FB 19, 1990.
Kurzfassung: Die Arbeit dokumentiert die Entwicklung eines 150 MHz Videosignalprozessors für HDTV-Anwendungen, der auf einem 10.000 Gatter großen ECL-Gate-Array erfolgreich verwirklicht wurde. Ausgehend von den Minimalanforderungen DCT/IDCT, adaptive n-dimensionale FIR-Filterung, Matrizierung, Matrizenmultiplikation und Kaskadierung aller Anwendungen wird der Entwicklungsweg beschrieben. Beginnend mit den Algorithmen eines digitalen Fersehsystems wird auf die Schaltungsumsetzung, die Simulation und die dabei auftretenden Probleme eingegangen. Am Ende steht eine Spezifikation, die dem Anwender die vielfältigen Möglichkeiten zum Einsatz des Chips verständlich macht.

/146/ Semku, O.: Parameterextraktion und Simulation von invertierbaren Doppelheterostruktur-Bipolartransistoren. TU Berlin, FB 19, 1990.
Kurzfassung: Invertierbare InGaAsP/InP Doppelheterostruktur-Bipolartransistoren, die im Rahmen eines ESPRIT-Projektes (263 B) in monolithisch integrierten Lasertreiberschaltkreisen eingesetzt wurden, sind mit Hilfe eines Simulations- und Parameterextraktionsprogramms (TECAP, hp) modelliert worden. Dabei sind Modellerweiterungen zum Gummel-Poon-Modell zur genaueren Simulation des Turn-On-Verhaltens und von

Basis-Oberflächenströmen neu entwickelt worden. Integrierte Lasertreiberschaltkreise wurden erfolgreich mit PSPICE simuliert.

Studienarbeiten

/147/ Ruschkowski, R.: Entwurfshilfsmittel zur Realisierung eines ECL-Gate-Arrays. TU Berlin, FB 19, 1990.
Kurzfassung: Im Rahmen dieser Arbeit findet ein Vergleich der verfügbaren ASIC-Technologien im Kontext ihrer Eignung in Applikationen mit hohen Datenraten statt. Für die sich aus den Forderungen ergebende Technologie wird anhand eines spezifischen Gate-Arrays der Ablauf einer Entwicklung geschildert. Neben der Logistik wird insbesondere auf die Entwicklungsumgebung (Softwaretools, Workstation, Simulator) eingegangen. Anhand eines industriellen Entwicklungssystems für das Gate-Array-Design werden die einzelnen Entwicklungsschritte mit den dazugehörigen Programmen und deren Probleme erklärt.

/148/ Zhang, W.: Funktionale Simulation von HDTV-Komponenten in BLM (Behavioral Language Model). TU Berlin, FB 19, 1990.
Kurzfassung: Im Rahmen der Arbeit wird eine hierarchische VLSI-Entwurfsstrategie vorgestellt. Mit Hilfe der BLM-Sprache wird ein hierarchisch strukturiertes Simulationsmodell für den HDTV-Signalprozessor (HMC2) erstellt. Mit der funktionalen Simulation des Prozessors für die Systemanwendungen (Filterung, DCT/IDCT u.a.) wurde unter Berücksichtigung der Genauigkeitsanforderungen für HDTV die Schaltungsstruktur untersucht. Die Simulationsergebnisse wurden auch für die Verifizierung der Hardwarestruktur und die Testpatternoptimierung verwendet.

/149/ Woyzella, R.: Entwurf und Aufbau eines Systems zur quantitativen Bestimmung von Oberflächen-Profilen auf der Basis eines Mikroskop-Interferometers nach Mirau. TU Berlin, FB 19, 1990.
Kurzfassung: Eine piezoelektrisch erzeugte Relativbewegung zwischen Proben-Oberfläche und Referenzspiegel erzeugt eine Phasenverschiebung des Lichts und damit Interferenz-Minima und -Maxima, die zur numerischen Bestimmung des relativen Höhenunterschiedes verschiedener Punkte auf der Oberfläche benutzt werden können.

/150/ Groth, T.: Meßsystem-Software für Kontaktwiderstandsmessungen und Untersuchungen an Ti/Au- und AuGe/Ni/Au-Kontakten auf InGaAs-Schichten. TU Berlin, FB 19, 1990.
Kurzfassung: Zur Messung des spezifischen Kontaktwiderstandes mit Hilfe von "Transmission line"-Strukturen wurde eine Meßsystemsoftware entwickelt, mit der Serienmessungen an einem automatischen Waferprober durchgeführt werden können. Untersucht wurden Ti/Au- und AuGe/Ni/Au-Kontakte auf n-dotiertem InGaAs, die im Rahmen des Projektes TK 447 für den Aufbau von Feldeffekt-Transistoren benötigt werden. Während bei Ti/Au eine starke Degradation der Kontakte nach einer Temperaturbehandlung beobachtet wurde, ergaben sich für die AuGe/Ni/Au-Metallisierung durchweg kleine spezifische Kontaktwiderstände im Bereich um $6 \times 10^{-6}\ \Omega\ cm^2$. Die mit diesen n-Kontakten hergestellten Transistoren erreichten Transitfrequenzen bis zu 28 GHz.

/151/ Hase, A.: Molekularstrahlepitaxie von $Ga_{0.47}In_{0.53}As$-Schichten auf InP-Substraten. TU Berlin, FB 4, 1990.
Kurzfassung: Inhalt der Arbeit waren das Wachstum von GaInAs Schichten auf InP-Substraten mittels Molekularstrahlepitaxie (MBE) und deren Charakterisierung. Die Optimierung des Wachstumsprozesses beinhaltete Flußmessungen zur Einstellung von Schichtdicke und Zusammensetzung, RHEED-Untersuchungen zur kontrollierten thermischen in-situ Behandlung der Substrate zwecks Oxid-Desorption, Wachstumstemperatureichung und Einstellung des III/V-Verhältnisses sowie die Bestimmung einer optimalen geometrischen Zellenanordnung für die Abscheidung homogenen Materials. Zur Charakterisierung der gewachsenen Schichten kamen Interferenz-Mikroskopie zur Abbildung der Oberflächenmorphologie, Untersuchungen mittels Röntgendiffraktrometrie zur Ermittlung der Gitterfehlanpassung und Hall-Messungen zur Bestimmung der Restverunreinigung zum Einsatz. Gitterangepaßte Schichten mit einer Reproduzierbarkeit von ±1% und einer Schichtdickenhomogenität von ±0.5% sowie Restverunreinigungen von $< 5 \times 10^{15}\ cm^{-3}$ bei Beweglichkeiten von $> 30.000\ cm^2/Vsec$ (77 K) wurden erreicht.

/152/ Scheibe, C.: Herstellung und Analyse von Schichtstrukturen des Materialsystems AlInAs-GaInAs mit Hilfe von Molekularstrahlepitaxie (MBE). TU Berlin, FB 19, 1990.
Kurzfassung: Es wurde das Wachstum von selektiv dotierten AlInAs-GaInAs Heterostrukturen mittels Molekularstrahlepitaxie (MBE) untersucht. Hierzu wurden die Wachstumsgeometrie, d.h. Einstellung von Wachstumswinkel und Verschlüssen der Zellen, und die Gitteranpassung der Schichten an Hand von Flußmessungen und Röntgenspektren gewachsener Einzelschichten optimiert. Mittels Hall-Messungen wurde der systematische Einfluß der Wachstums- und Strukturparameter auf die elektrischen Daten der Heterostrukturen untersucht. Mit Hilfe von CV-Untersuchungen wurde der Einfluß der oben genannten Parameter auf die scheinbare Elektronenverteilung der Heterostrukturen bestimmt.

Speziell wurden die Dicken der "spacer"- und der dotierten AlInAs-Schicht sowie die Wachstumstemperatur variiert.

/153/ Wiedfeld, B.: Aufbau einer Magnetfeldregelung für einen rechnersteuerbaren Hall-Meßplatz. TU Berlin, FB 19, 1990.
Kurzfassung: Für einen rechnersteuerbaren Hall-Meßplatz wurde eine Magnetfeldregelung (±10 mT bis ±1 T) aufgebaut. Die Regeleinheit umfaßt neben einem PI-Regler einen Matrixschalter, ein Teslameter und eine Schutzeinrichtung gegen Fühlerbruch und Fehlbedienung. Software-Module für spätere Magnetfeld-Applikationen wurden erstellt.

Patentanmeldungen

/154/ Schulze, E.; Gerhard-Multhaupt, R.: Lichtmodulator mit einem steuerbaren Beugungsgitter und homogen änderbarer funktioneller Schicht. Aktenzeichen DE: P 40 19 136.2; Anmeldetag: 13.6.1990.
Kurzfassung: Ein in Reflexion arbeitender Lichtmodulator mit einem steuerbaren Beugungsgitter soll mit voneinander weitgehend unabhängigen optischen Funktionsmitteln und Steuermitteln diejenigen Lichtanteile bereitstellen, die mit änderbarer Phasendifferenz zu überlagern sind und die das gebeugte Licht bilden. Der Lichtmodulator weist an seiner Rückfront eine plattenartige Spiegelschicht, an der Vorderfront eine strukturierte Schicht mit transmissiven und reflektiven Bereichen und dazwischen eine bezüglich der wirksamen optischen Weglänge homogen änderbare funktionelle Schicht auf. Die Anwendungsgebiete liegen insbesondere bei Steuereinrichtungen der optischen Informations- und Signalverarbeitung.

/155/ Börner, R.: Linsenrasterschirm für autostereoskopische Bildwahrnehmung und Verfahren zu seiner Herstellung. (Antireflexstruktur als Oberflächenrelief auf den Zylinderlinsen). Aktenzeichen: P 40 42 313.1; Anmeldetag: 30.12.1990.
Kurzfassung: Vertikal orientierte Reliefstrukturen auf der Oberfläche der Zylinderlinsen führen zu einer Auffächerung von Störlichtreflexen und mindern damit deren vom Betrachter wahrnehmbare Intensität. Zur Herstellung durch Abformen von einer Matrize wird diese durch zwei überlagerte Schneidbewegungen eines Stichels ausgebildet.

Vorträge

Tröller, G.: Flache Bildschirme für TV/HDTV im Vergleich. FKTG Kolloquium Hamburg, 16.1.90.

Foisel, H.-M.: Phasenrauschreduzierendes Übertragungsverfahren. HHI-Kolloquium, 30.1.1990.

Gerhard-Multhaupt, R.; Brinker, W.; Ehrke, H. J.; Molzow, W.-D.; Röder, H.; Rosin, Th.; Tepe, R.: Viscoelastic Spatial Light Modulators and Schlieren-Optical Systems for HDTV Projection Displays. SPIE/SPSE Symposium on Electronic Imaging Science and Technology, Santa Clara, California, USA, 11.-16.2.1990.

v. Reventlow, C.; Grasse, M.; Talmi, M.: Components for Motion Compensation. Workshop on Standards Conversion, HHI Berlin, 15.2.1990.

Leo, K.; Heeren, H.; Talmi, M.: VLSI Circuits for Standard Converters. Workshop on Standards Conversion, HHI Berlin, 15.2.1990.

Gerhard-Multhaupt, R.: HDTV Light-Valve Projection. Bellcore, Morristown, New Jersey, USA, 22. Februar 1990 und École Polytechnique, Montréal, Kanada, 28.2.1990.

Mahler, G.: Digitale Bild- und Tonübertragung in der TV-Technik der Zukunft. VDE und Universität Kassel, 1.3.1990.

Großkopf, G.: Frequenzkonverter für optische Vermittlungssysteme. HHI-Kolloquium, 6.3.1990.

Heydt, G.: High Bandwidth Access for Distributive Services Based on Coherent Multi-Carrier (CMC) Technology. 16th RACE Concertation Meeting, Group IV special item, 21.3.1990.

Baack, C.: Neue Aspekte der optischen Kommunikation. Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V. Oberpfaffenhofen, 26.3.1990.

Schamel, G.: Motion-Adaptive Subband Coding of HDTV Signals with 140 MBit/s. Contribution to Picture Coding Symposium, March 1990, Boston/USA.

Mahler, G.: Hochauflösendes Fernsehen. Jahrestagung der Gesellschaft für Film- und Fernsehwissenschaft, Sender Freies Berlin, 1.4.1990.

Weber, R.: Zn-Diffusion in InP und InGaAs(P) zur Herstellung optoelektronischer Bauelemente. HHI-Kolloquium, Berlin, 10.4.1990.

Heidrich, H.: Wellenleiterelemente für einen kohärenten Empfänger. HHI-Kolloquium, Berlin, 13.4.1990.

Baack, C.: Anforderungen an Bauelemente der zukünftigen Breitbandkommunikation. ITG-Fachtagung Heterostruktur-Bauelemente, Schwäbisch-Gmünd, 25.-27.4.1990.

Mahler, G.: Three-Dimensional Imaging and Television: State of the Art in Germany. 6. Deutsch-Japanisches Forum Informationstechnologie 1990, 1.-5.5. 1990.

Düser, H.; Fidorra, F.; Franke, D.; Möhrle, M.; Rosenzweig, M.; Wolfram, P.: Langwellige InGaAs/InGaAsP-Multi-Quantum-Well-Laser. 5. DFG-Kolloquium "Integrierte Optik", München, 2.-3.5.1990.

Saniter, J.: Kohärenter optischer Teilnehmeranschluß für die Fernsehverteilung. Workshop Optischer Teilnehmer-Anschluß, Heinrich-Hertz-Institut, Berlin, 15.5.1990.

Teich, G.: "Breitbandiger optischer Teilnehmeranschluß". Workshop Optischer Teilnehmeranschluß, Heinrich-Hertz-Institut, Berlin, 15.5.1990.

Künzel, H.: MBE Growth of AlInAs/GaInAs for Optoelectronic Devices. Akademie der Wissenschaften der DDR, Zentralinstitut für Elektronenphysik, Bereich: Physik der III-V Halbleiter, Berlin (DDR), 18.5.1990.

Giglmayr, J.: Höher-dimensionale Verbindungsmuster (dim $\geq$ 3), ihre Topologie und Leistungsfähigkeit. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Angewandte Optik, TU Berlin, 19.5.1990.

Börner, R.: Autostereoscopic Photography and Video Projection of Parallax-Stereopanoramagram onto Large Lenticular Screens. Philipstochter Vidiwall-Eindhoven, 6.6.1990.

Langenhorst, R.: Untersuchungen zum Mehrtorempfänger in einem kohärenten optischen Übertragungssystem: 3x3-Tor Empfänger in Gegentaktschaltung. Kolloquium des Instituts für Hochfrequenztechnik, TU Berlin, 8.6.1990.

Ludwig, R.: Halbleiterlaser-Verstärker für optische Übertragungssysteme. Kolloquium des Instituts für Hochfrequenztechnik, TU Berlin, 8.6.1990.

Schnabel, R.: Eigenschaften von Mehrsektions-Halbleiterlaser-Verstärkern. Kolloquium des Institus für Hochfrequenztechnik, TU Berlin, 8.6.1990.

Keil, N.: Polymer-Technologie für Komponenten der optischen Nachrichtentechnik. HHI-Kolloquium, 12.6.1990.

Schnabel, R.: Einsatz von Mehrsektions-Laserstrukturen für optische Verstärker. IO-Diskussionssitzung, 13.6.1990.

Braun, R.-P.: Bistabilität im DFB-Laser. Kolloquium des Instituts für Hochfrequenztechnik, TU Berlin, 15.6.1990.

Foisel, H.-M.: Phasenrauschreduzierende Übertragungsverfahren, Kolloquium des Instituts für Hochfrequenztechnik. TU Berlin, 15.6.1990.

Sartorius, B.; Brandstättner, M.[1]; Wolfram, P.; Franke, D.: Optical Thickness Mapping of InGaAsP/InP Layers. 5th Int. Conf. on Metalorganic Vapor Phase Epitaxy, Aachen, 18.-21.6.1990.

Börner, R. et al.: 3D-Aufnahme und autostereoskopische Projektion auf Linsenraster-Großbildschirme. HHI-Kolloquium 1990, 19.6.1990.

Strebel, B.: Principle Physical Arguments for 850 nm or >1200 nm for Coherent Optics Systems. COST 234, Darmstadt, 21.6.1990.

Gerhard-Multhaupt, R.; Brinker, W.; Tepe, R.; Wirges, W.: Metallized Viscoelastic Control Layers for Light-Valve Projection. HHI Workshop on Light-Valve Displays, HHI, Berlin, 22.6.1990.

Röder, H.; Ehrke, H.-J.; Rosin, Th.; v. Reden, W.: Schlieren-Optical Projection Systems for Reflective Phase Gratings. HHI Workshop on Light-Valve Displays, HHI, Berlin, 22.6.1990.

Gerhard-Multhaupt, R.: Light-Valve Technology for HDTV - State of the Art. Fourth Int. Colloquium on Advanced Television Systems, Ottawa, Kanada, 26.-29.6.1990.

Heydt, G.: Impact of Application of Optical Amplifiers on Wavelength Allocation and Network Architecture. 18th RACE Concertation Meeting, Group II, 28.6.1990.

Kauff, P.: A Noise Weighting Model for the Evaluation of the HD-MAC Transmission Chain. Les Assises des Jeunes Chercheurs, Montreal, Kanada, Juni 1990.

Talmi, M.; Heeren, H.; Liebsch, W.; Selinger, Th.: VLSI Bausteine für HDTV-Systeme. Workshop Architektur und VLSI von Bildcodierern, HHI Berlin, 5.7.1990.

Hilbk, U.: Lasermodule für kohärente Systeme. HHI-Kolloquium, Berlin, 10.7.1990.

---

1 Phoenicon Photoaktive Systeme, Berlin, FRG

Selinger, Th.: BiCMOS Controller und Speicherstrukturen für HDTV-Systeme. Kolloquium am Institut für Mikroelektronik, Technische Universität Berlin, 19.7.1990.

Gerhard-Multhaupt, R.: The Materials Science of Active-Matrix-Addressed Control Layers for HDTV Light Valves. Queen's University, Kingston, Kanada, 23.7.1990.

Meißner, P.: Future Development of Telecommunication. Invited talk, Micro Systems Technologies, Berlin, 11.9.1990.

Liebsch, W.: A High-Speed Adaptive Image DCT-Coder with Parallel Architecture for VLSI Implementation. 5th Europ. Signal Processing Conf., Barcelona, 18.-21.9.1990.

Skerjanc, R.: Disparity from Trinocular Images. 2. Workshop on Stereoscopic TV, DBP TELEKOM Darmstadt, 27.-28.9.1990.

Faber, J.: Measurement of Emotional Factors Accompanying the Use of New Informationservices. Meeting of the Human Factors Comittee of the Europ. Telecommunications Standards Institute, Rome, Italy, 2.10.1990.

Nolting, H.P.; Weinert, C.M.: Numerical Simulation of Optical Waveguide Devices. 2nd IBM Europ. Workshop on Semiconductor Lasers and Optoelectronics, Lille, France, 3.-5.10.1990.

Heidrich, H.: RACE 1010 OEIC Activities 1990. Technical Audit, Brüssel, Belgien, 5.10.1990.

Schunk, N.: Optische Frequenzkonversion mit Halbleiterlaser-Verstärkern. HHI-Kolloquium, 16.10.1990.

Heidrich, H.: RACE-Aktivitäten/Wellenlängenfenster für Kommunikationskanäle. VDE/VDI-Arbeitskreis "Integrierte Optik", Stuttgart, 19.10.1990.

Venghaus, H.: Integriert-optische Bauelemente auf der Basis dielektrischer Wellenleiter. Seminar der Abt. Queisser, Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Stuttgart, 22.10.1990.

Gerhard-Multhaupt, R.: Thin Polymeric Layers for Spatial Light Modulators. 7th Int. Seminar on Polymer Physics, Güntersberge (Harz), 22.-26.10.1990.

Sartorius, B.: Charakterisierung von III-V-Heterostrukturen mit optischen Methoden. HHI-Kolloquium, Berlin, 23.10.1990.

Wöpking, M.: Telepräsenz durch HDTV - aber wie? Mainzer TV-Markt '90, Mainz, 23.-25.10.1990.

Gerhard-Multhaupt, R.: Investigations on Light-Valve Projection with Metallized Viscoelastic Control Layers, DMOS Active-Matrix Addressing, and Schlieren-Optical Full-Color Systems. GRETAG, Regensdorf, Schweiz, 29.10.1990.

Faber, J.: Multimedia Informations Systems: Ideas on Future Race Projects. Bruessels, Belgium, RACE-Workshop on Image-Communication, 30.10.1990.

Talmi, M.; Owzar, M.; Zieger, M.: Multifunktionschip in CMOS für HDTV-Systeme. ITG-Fachtagung "Mikroelektronik für die Informationstechnik", Berlin, Oktober 1990.

Baack, C.: Die Glasfaser im Teilnehmerbereich zukünftiger Nachrichtennetze. 4. Tagung Elektronik-Technologie, Sektion Elektronik der Humboldt-Universität zu Berlin, 5.-8.11.1990.

Mayer, S., Müller, R.: Trockenätzverfahren für optoelektronische Bauelemente auf InP-Basis. HHI-Kolloquium, Berlin, 13.11.1990.

Baack, C.: Bedeutung der Photonik in zukünftigen Nachrichtennetzen. Münchner Kreis, Glasfaser bis ins Haus, München, 14.-15.11.1990.

Strebel, B.: Comparison of Phase Noise Cancellation Methods in Short and Long Wavelength Optical Transmission. COST 234, Darmstadt, 15.11.1990.

Langenhorst, R.: Polarisationsunabhängiger Mehrtorempfänger für ein optisches 565 Mbit/s DPSK-Übertragungssystem. Kolloquium des Instituts für Hochfrequenztechnik, TU Berlin, 16.11.1990.

Schnabel, R.: Untersuchungen zum Mehrsektions Laserverstärker. Kolloquium des Instituts für Hochfrequenztechnik, TU Berlin, 16.11.1990.

Sartorius, B.: Optische Methoden zur Materialcharakterisierung im Submikronbereich. Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung (DGKK), Arbeitskreis "Epitaxie von III-V-Halbleitern", Freiburg, 26.-27.11.1990.

Sartorius, B.; Reier, F.; Wolfram, P.: The Consequences of Dislocations and Thermal Degradation on the Quality of InGaAsP/InP Epitaxial Layers. E-MRS, 1990 Strasbourg Fall Meeting, Symposium A: Semiconductor Materials for Optoelectronic Devices and OEICs, Strasbourg, France, 27.-30.11.1990.

Sartorius, B.; Brandstättner, M.[1]; Venghaus, H.: Two-Wavelength Transmission: A Rapid and Precise Method for Measuring the Light Absorption in Semiconductors. E-MRS. 1990 Strasbourg Fall Meeting, Symposium D: Analytical Techniques for the Characterization of Compound Semiconductors, Strasbourg, France, 27.-30.11.1990.

Künzel, H.: MBE Growth of AlGaInAs for Optoelectronic Device Integration. Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Institut de Micro- et Optoelectronique, Lausanne, Schweiz, 6.12.1990.

Yilmaz, S.: Laser Deposition of Electro-Optic Thin Films for Solid-State Light Modulation Devices. Bellcore, Red Bank, USA, 10.12.1990.

Eiselt, M.: Selbststeuerndes Vermittlungsmodul für optische Signale. Kolloquium des Instituts für Hochfrequenztechnik, TU Berlin, 14.12.1990.

Vorlesungen

Bachus, E.-J.: Meßverfahren der Optischen Nachrichtentechnik. TU Berlin, FB 19, WS 89/90.

Boerger, G.: Elektrobiologie: Neurophysiologische Grundlagen. TU Berlin FB 21, SS 90.

Boerger, G.: Elektrobiologie: Meßtechnik. TU Berlin, FB 21, WS 90/91.

Kost, B.: Numerische Mathematik, FB 13, TFH-Berlin, SS 90.

Kost, B.: Technische Mechanik, FB 8, TFH-Berlin, WS 90/91.

Kuhlow, B.: Einführung in die optische Signalverarbeitung. TU Berlin, FB 4, WS 89/90, WS 90/91.

Mahler, G.: Fernsehtechnik I/II. Universität Hannover, FB Elektrotechnik, WS 89/90, SS 90, WS 90/91.

Meißner, P.; Baack, C.: Kohärente optische Nachrichtentechnik. TU Berlin, FB 19, WS 89/90, WS 90/91.

Strebel, B.: Optische Wellenleiter. TU Berlin, FB 19, WS 89/90, WS 90/91.

Weber, H.G.: Optische Signalübertragung auf Glasfasern. TU Berlin, FB 4, WS 89/90, WS 90/91.

Workshops und Tagungen

Workshop on Standards Conversion.
15.2.1990, Abt. Bildsignalverarbeitung.

HHI-Workshop "Optischer Teilnehmeranschluß".
15.5.1990, Abt. Vermittlung und Übertragung.

Workshop on Light-Valve Displays.
21.-22.6.1990, Abt. Bildendeinrichtungen.

Workshop "Architektur und VLSI von Bildcodierern".
5.7.1990, Abt. Bildsignalverarbeitung.

HDTV-Kolloquium über DDR-Forschungsbeiträge.
12.10.1990, Abt. Bildendeinrichtungen.

13th meeting of ISO/IEC JTC1/SC2/WG11 (MPEG)
4.-7.12.1990, Abt. Bildsignalverarbeitung.

Alle Workshops und Tagungen wurden mit finanzieller Unterstützung der "Gesellschaft von Freunden des Heinrich-Hertz-Instituts e.V." durchgeführt.

1 Phoenicon Photoaktive Systeme, Berlin, FRG