

 ptotransmitter-**U**mweltschutz-**T**echnologie e.V.

Forschungsbericht 1998/99

Vorwort

Die große Resonanz auf den Jahresbericht 1996/97 des Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e.V. (OUT e.V.), die erfreulicherweise u.a. zu einer Reihe von neuen wissenschaftlichen Kontakten und entsprechenden gemeinsamen Projektanträgen geführt hat, ist Anlaß, auch für die Jahre 1998 und 1999 einen analogen Bericht herauszugeben. Mit diesem Forschungsbericht wendet sich der OUT e.V. an die Öffentlichkeit mit dem Ziel, einen Überblick über die Forschungstätigkeit in den Jahren 1998 und 1999 zu geben; insbesondere betrifft das die im Rahmen von Forschungsprojekten erreichten wissenschaftlichen Ergebnisse sowie die Verwendung der finanziellen Mittel, die entsprechend zur Verfügung standen.

Der Bericht verdeutlicht, daß es Wissenschaftlern und Mitarbeitern des OUT e.V. gelungen ist, eine Reihe von anspruchsvollen Ergebnissen zu erzielen, die vorrangig von kleinen und mittelständischen Unternehmen genutzt werden oder zur Nutzung anstehen. Dafür gebührt allen Mitgliedsunternehmen und Mitgliedern des OUT e.V. Anerkennung und Dank. Dank ist aber auch vor allem den Förderinstitutionen und Kooperationspartnern zu sagen, ohne deren Unterstützung und Hilfe die Durchführung der Forschungsprojekte unmöglich gewesen wäre; das betrifft vor allem das Bundesministerium für Wirtschaft / Außenstelle Berlin und die Gesellschaft für Wirtschaftsförderung und Marktplanung mbH, die als Projektträger des BMWi wesentlich zur Finanzierung der Projekte im OUT e.V. beigetragen hat, die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. / Außenstelle Berlin, die Senatsverwaltung für Wirtschaft und Betriebe des Landes Berlin, aber auch die Gesellschaft für soziale Unternehmensberatung gGmbH sowie das zuständige Arbeitsamt und die Technologiestiftung Innovationsagentur Berlin GmbH / Außenstelle Berlin-Adlershof.

Der OUT e.V. unterstreicht mit der Herausgabe und dem Vertrieb dieses Forschungsberichtes seinen Charakter als externe Industrieforschungseinrichtung und als gemeinnütziger Verein zur Förderung von Wissenschaft und Forschung und bietet auch auf diesem Wege die erzielten Forschungsergebnisse potentiellen Nutzern und technologieorientierten Institutionen an.

Gleichzeitig hat dieser Bericht aber auch die Aufgabe, weitere wissenschaftliche Kontakte anzubahnen, um zukünftige effektive Kooperationen zu gestalten. Der OUT e.V. geht davon aus, daß auch zukünftig Verbund- und Netzwerkprojekte eine außerordentlich wichtige Form effektiver Zusammenarbeit sein werden.

Das spezifische Dienstleistungsangebot stellt Leistungen dar, die im wesentlichen außerhalb der Forschungsprojekte im Rahmen des wirtschaftlichen Geschäftsbetriebes bzw. des Zweckbetriebes des OUT e.V. ständig zur Nutzung angeboten werden.

Trotz der erreichten Ergebnisse und Erfolge wird nicht übersehen, daß es auch zukünftig weiterhin großer Anstrengungen bedarf, um das erreichte Niveau zu halten und weiter zu erhöhen; dazu ist es vor allem notwendig, die künftige Forschungstätigkeit schwerpunktmäßig und anwendungsorientiert zu gestalten und zur Sicherung der notwendigen Kontinuität mittel- und langfristige stabile Rahmenbedingungen zu schaffen bzw. zu erhalten.

Berlin, Januar 2000

Dipl.-Ing. W. Eibner
1. Vorstandsvorsitzender

Dr. rer. nat. W. Rehak
2. Vorstandsvorsitzender

Inhaltsverzeichnis

1.	Kurzdarstellung des OUT e.V.	4
1.1	Vorstand, Geschäftsführung und Wissenschaftlicher Beirat	4
1.2	Bisherige Entwicklung des OUT e.V.	5
1.3	Arbeits- und Forschungsschwerpunkte des OUT e.V.	6
2.	Übersicht zu den 1998/99 laufenden Projekten im OUT e.V.	7
3.	Wissenschaftliche Projekte im OUT e.V. (Einzeldarstellung)	8
3.1	Elektrische Parameterbestimmung von Beschichtungsplasmen	8
3.2	Elektrische Stabilisierung von $A_{III}B_V$ -Halbleiteroberflächen	9
3.3	Entwicklung eines Photomaterials auf Polymerbasis	11
3.4	Schaffung eines spezifischen Messtechnik-Komplexes	12
3.5	Einsatz von PECVD-SiNx-Schichten als Gate-Isolator	15
3.6	Silizium-Nitridschichten für die Mikrosystemtechnik	17
3.7	Chip-Technologie zum Aufbau einer Präzisions-LED	18
3.8	Recycling lichtaktiver Substanzen	20
3.9	Elektrochemischer Reaktor	21
3.10	Entwurf von Non-Contact-Touch-Sensoren NCTS	23
3.11	Erfassung und Erzeugung DXF-kompatibler Raummodelle	25
3.12	Elektrochemische Regeneration von beladener Aktivkohle	26
3.13	Plasmaschäden bei der PECVD-SiN _x -Passivierung	27
4.	Wissenschaftliches Leben	29
5.	Mittel des OUT e.V.	32
6.	OUT e.V. auf einen Blick	33
7.	Ausblick	34
8.	Überblick über alle im OUT e.V. bearbeiteten Forschungsprojekte	35

1. Kurzdarstellung des OUT e.V.

1.1 Vorstand, Geschäftsführung und Wissenschaftlicher Beirat

1.1.1 Vorstand

1. Vorstandsvorsitzender

Dipl.-Ing. Wolfgang Eibner
Köpenicker Str. 325b
12555 Berlin
Telefon: (030) 65 76-26 71
Telefax: (030) 65 76-26 72

2. Vorstandsvorsitzender

Dr. rer. nat. Wolfgang Rehak
Rudower Chaussee 6a
12489 Berlin
Telefon: (030) 63 92-50 40
Telefax: (030) 63 92-50 41

1.1.2 Geschäftsführer

Dr. Henning Dittmann
Köpenicker Str. 325b
12555 Berlin
Telefon: (030) 65 76-26 71
Telefax: (030) 65 76-26 72

1.1.3 Wissenschaftlicher Beirat

Dr. Wolf Albrecht
Dozent Dr. Jürgen Bendig
Dr. Manfred Blaschke
Prof. Dr. Klaus Däumichen
Dr. Henning Dittmann
Dipl.-Ing. Wolfgang Eibner
Dipl.-Chem. Gabi Grützner
Dr. Bernd Kloth
Dr. Wolfgang Rehak
Dr. Uwe Schedler
Dipl.-Ing. Andreas Thun
Dipl.-Chem. Norbert Wutzke

1.2 Bisherige Entwicklung des OUT e.V.

Der Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e.V. (OUT e.V.), der am 01.07.1991 am Standort Berlin-Oberschöneweide gegründet wurde, ist ein gemeinnütziger eingeschriebener Verein privaten Rechtes und seit 1997 Mitglied des „Verbandes innovativer Unternehmen und Einrichtungen zur Förderung der wirtschaftsnahen Forschung in den neuen Bundesländern und Berlin e.V.“

Der satzungsgemäße Zweck des OUT e.V. ist die Förderung von Wissenschaft und Forschung auf den Gebieten der Mikro- und Optoelektronik sowie des Umweltschutzes; der OUT e.V. bietet seine Ergebnisse und Dienstleistungen allen nachfragenden Unternehmen zur Nutzung an.

Die Hauptgeschäftsfelder (Branchen) sind:

- Mikro / Optoelektronik,
- Umweltschutz,
- Analytik und Recycling,
- Solartechnik und Sensorik,
- Beschichtungstechnologien,
- Halbleitermeßtechnik,
- Projektmanagement / Weiterbildung.

Der OUT e.V. arbeitet mit einer Reihe von renommierten wissenschaftlichen Kooperationspartnern zusammen, besitzt enge Kontakte zu einer Vielzahl von Forschungseinrichtungen und Institutionen der Forschungs- und Wirtschaftsförderung sowie des Technologietransfers und bietet durch seine Kompetenz und wissenschaftliche Leistungsfähigkeit Voraussetzungen und Gewähr für die erfolgreiche Bearbeitung von FuE-Vorhaben.

Als etablierte externe Forschungseinrichtung ist der OUT e.V. zuverlässiger und kompetenter Partner für eine Reihe von kleinen und mittleren Unternehmen. Darüber hinaus arbeitet der OUT e.V. im BMWi-geförderten Innovationsnetzwerk Berlin „Intelligentes Meßsystem“ sowie im „Berliner Kompetenzverbund Mikrosystemtechnik“ mit.

Durch die konsequente Realisierung aller Forschungsprojekte hat der OUT e.V. eine Reihe hervorragender und anwendungsorientierter Forschungsergebnisse für einen breiten Nutzerkreis bereitgestellt und wirksam dazu beigetragen, günstige Möglichkeiten zur Entstehung technologieorientierter Unternehmen zu schaffen; damit hat der OUT e.V. wesentlich dazu beigetragen, den Standort Berlin-Südost als Zentrum der industrienahen Forschung und des effizienten Technologietransfers auszubauen.

Der OUT e.V. ist als externe Industrieforschungseinrichtung nicht nur Träger von entsprechenden, öffentlich finanzierten Forschungsprojekten, sondern auch Auftragnehmer zur Lösung von Forschungsaufgaben kleiner und mittlerer technologieorientierter Unternehmen.

Im OUT e.V. wurden bisher mehr als 35 Forschungsprojekte und eine Reihe von umfangreichen Forschungsaufträgen erfolgreich abgeschlossen, und es liegen daher umfangreiche und langjährige Erfahrungen zur Beantragung, Bearbeitung, Leitung, Durchführung und Abrechnung von Förderprojekten sowie zur Nutzung der Ergebnisse vor.

Die Kompetenz des OUT e.V. besteht daher vorrangig in seiner Eigenschaft als externer Industrieforschungseinrichtung in Verbindung mit umfangreichen Erfahrungen in Technologietransfer und Projektmanagement.

Es ist der Anspruch des OUT e.V., das Niveau und den Anwendungsbezug der wissenschaftlichen Arbeiten und Ergebnisse weiter zu erhöhen und dabei auch neue Formen zu finden, die wissenschaftlichen Kontakte und Kooperationen weiter auszubauen und eine aktive Rolle im wissenschaftspolitischen Leben - vorrangig im Lande Berlin - zu spielen.

1.3 Arbeits- und Forschungsschwerpunkte des OUT e.V.

1.3.1 Arbeitsschwerpunkte

- Durchführung industrienaher, anwendungsorientierter Forschungsvorhaben mit breitem Spektrum von Anwendungsmöglichkeiten für einen großen Nutzerkreis.
- Intensive Kooperation mit anderen Forschungseinrichtungen und wissenschaftlichen Instituten.
- Unterstützung bei der Umsetzung von Forschungsergebnissen (vorrangig in klein- und mittelständischen Unternehmen).
- Beratung und Unterstützung bei der Konzipierung und Durchführung von Forschungsvorhaben sowie bei der Beantragung und Bewirtschaftung von Fördermitteln.
- Realisierung eines effektiven Technologietransfers und Unterstützung bei Firmengründungen.
- Bereitstellung eines spezifischen Dienstleistungsangebotes.
- Zusammenarbeit mit staatlichen, kommunalen und privaten Institutionen und Behörden auf dem Gebiet von Wissenschaft, Forschung und Forschungsförderung.

1.3.2 Forschungsschwerpunkte

- Entwicklung umweltverträglicher Verfahren zur Herstellung optoelektronischer Bauelemente im IR-, VIS- und UV-Bereich.
- Erarbeitung umweltgerechter Einsatzmöglichkeiten für energiesparende hocheffiziente optoelektronische Bauelemente.
- Entwicklung von hochempfindlichen Meßverfahren zur Charakterisierung von elektrischen und optischen Größen an Halbleiteroberflächen sowie Untersuchungen von Oberflächenrekombinationserscheinungen.
- Entwicklung von Verfahren und Technologien zur Anwendung von Beschichtungsprozessen und zur Untersuchung von Kontaktproblemen.

- Entwicklung von hochempfindlichen und spezifischen Analyseverfahren.
- Entwicklung und Untersuchung von Photoresisten auf Polymerenbasis.

2. Übersicht zu den 1998 / 99 bearbeiteten Projekten im OUT e.V.

Nr.	Proj.-Nr.	Projekt (Kurzbezeichnung)	Laufzeit	Zuwendungsgeber	Bewilligung (in DM)
1.	27/97	Elektrische Parameterbestimmung von Beschichtungsplasmen	02/97 - 04/98	BMWi	316.079
2.	54/97	Elektrische Stabilisierung von A _{III} B _V -Halbleiteroberflächen	03/97 - 02/98	BMWi	270.040
3.	7.13	Entwicklung eines Photomaterials auf Polymerbasis	04/97 - 11/98	SenWiBe Berlin	159.314
4.	0003701K7	Schaffung eines spezifischen Meßtechnik-Komplexes	01/98 - 07/99	BMBF / AiF	266.514
5.	165/98	Einsatz von PECVD-SiN _x -Schichten als Gate-Isolator	03/98 - 02/99	BMWi	475.176
6.	0180020K8	Silizium-Nitridschichten für die Mikrosystemtechnik	03/98 - 03/99	BMBF / AiF	67.813
7.	575/98	Chip-Technologie zum Aufbau einer Präzisions-LED	03/98 - 09/99	BMWi	533.616
8.	16141	Recycling lichtaktiver Substanzen	07/98 - 06/99	BAA / gsub	230.000
9.	1155/98	Elektrochemischer Reaktor	12/98 - 12/99	BMWi	292.047
10.	384/99	Entwurf von Non-Contact-Touch-Sensoren NCTS	03/99 - 05/00	BMWi	266.200
11.	0038201C8	Erfassung und Erzeugung DXF-kompatibler Raummodelle	03/99 - 12/00	BMBF / AiF	237.656
12.	381/99	Elektrochemische Regeneration von beladener Aktivkohle	04/99 - 05/00	BMWi	425.530
13.	380/99	Plasmaschäden bei der PECVD-SiN _x -Passivierung	06/99 - 07/00	BMWi	416.498
	Summe				3.956.483

3. Wissenschaftliche Projekte im OUT e.V. (Einzeldarstellung)

3.1 Elektrische Parameterbestimmung von Beschichtungsplasmen

(Projektlaufzeit: 01.02.1997 - 30.04.1998)

Dipl.-Phys. Rainer Wolf, Dipl.-Phys. Rainald Mientus, Dipl.-Phys. Dirk Suchland, Detlef Mendrina, Renate Martin

Zielstellung:

- Bereitstellung, Untersuchung und Erprobung einer plasmadiagnostischen Meßtechnik (HERCULES-System).

Ergebnisse:

Es wurden umfangreiche experimentelle, technologische und theoretische Arbeiten durchgeführt:

Das HERCULES-System wurde an zwei Parallelplattenreaktoren erfolgreich getestet. Als Modellabscheidung wurde PECVD-SiN gewählt. Als Reaktanten wurden SiH₄ und NH₃ eingesetzt. Die Beschichtungen erfolgten bei 13,5 MHz sowie 40,68 MHz und 73,3 Mhz; damit wurde eine Erweiterung des Frequenzbereiches vorgenommen.

Grundsätzlich sind zwei Anwendungspakete zu unterscheiden:

- HERCULES als begleitende Meßtechnik zur Erfassung von Veränderungen in Beschichtungsfolgen (Reaktorzustand),
- HERCULES in der Prozeßentwicklung.

Im Rahmen der Prozeßbegleitung konnte der Nutzen des HERCULES-Systems für beschichtende Plasmen nachgewiesen werden. Das Aufheizen der Wand- und Elektrodenbelegungen und der örtlich unterschiedlichen Wirkung von Trockenätzungen und mechanischen Reinigungsschritten stellt eine wichtige Information für den Anlagenbetrieb dar.

Im Rahmen der Prozeßentwicklung konnten für den SiH₄-N₂-Prozeß Korrelationen von Schichtwachstum und Brechungsindex mit den HERCULES-Daten im Rahmen der Leistungs- und der Konzentrationsserie nachgewiesen werden. Während für die Prozeßbegleitung nur die Änderung bzw. Konstanz der Plasmaeigenschaften von Interesse ist, sind für die Prozeßentwicklung die Werte selbst Voraussetzung für eine Diskussion, welchen Einfluß z.B. eine Änderung der Elektronendichte auf den Brechungsindex haben kann.

Die Untersuchungen zur PECVD im VHF-Bereich des SiH₄-N₂-Prozesses haben gezeigt, daß deutlich höhere Wachstumsraten als in der Literatur erreicht werden. Gleichzeitig konnte nachgewiesen werden, daß der Energieeintrag in die wachsen-

de Schicht mit zunehmender Frequenz abnimmt. Damit können empfindliche Halbleiter schädigungsarm beschichtet werden.

Zwischen- bzw. Teilergebnisse wurden bereits im Innovationskatalog 1998 „Forschung · Entwicklung · Markt“ (Herausgeber: Gesellschaft für Wirtschaftsförderung und Marktplanung GmbH) veröffentlicht.

Der innovative Charakter der entwickelten bzw. untersuchten Meßeinrichtungen besteht in der Erweiterung für Frequenzbereiche bis zu 73,3 MHz sowie im Einsatz sowohl für die Prozeßbegleitung als auch für die Prozeßentwicklung.

Die gerätetechnische Basis konnte durch die Anschaffung folgender Geräte erweitert werden:

- 1 Plasmadiagnostiksystem,
- 1 Plasma-HF-Analysator,
- 1 Breitband-HF-Generator,
- 1 2-Kanal-400 MHz-Oszilloskop.

Anwendungsmöglichkeiten:

Plasmatechnologien haben seit Mitte der siebziger Jahre eine erhebliche wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Wesentliche Argumente für die Nutzung von Plasmaverfahren sind erhöhte Produktqualität und Umweltfreundlichkeit sowie oft auch reduzierte Gesamtfertigungskosten.

Plasmatechnologien als moderne und zukunftssträchtige Verfahren sollen verstärkt auch von kleinen und mittleren Unternehmen genutzt werden können. Die Einsatzfelder sind die Materialsynthese und die kontrollierte Veränderung von Oberflächeneigenschaften von Materialien und Bauteilen, die Plasmabeschichtung und -ätzung. Eine wesentliche Voraussetzung für den breiten Einsatz von Plasmatechnologien ist neben der Entwicklung geeigneter Plasmaprozesse deren Stabilität, Kontrolle/Überwachung und Steuerung.

An einer geeigneten Meßtechnik zur Bestimmung technologierelevanter Plasmaparameter, die sich auch in Plasmaapparaturen integrieren läßt, besteht daher ein erheblicher Bedarf.

3.2 Elektrische Stabilisierung von $A_{III}B_V$ -Halbleiteroberflächen

(Projektlaufzeit: 01.03.1997 - 28.02.1998)

Dr. Gunter Kaden, Renate Martin, Elke Schroeter

Zielstellung:

- Untersuchung der elektrischen Eigenschaften von $A_{III}B_V$ -Halbleiteroberflächen nach verschiedenen technologischen Vorbehandlungen und der als Passivierung verwendeten PECVD-Siliziumnitridschichten.

- Einsatz der Möglichkeiten der MIS-Technik zur Bestimmung physikalisch-technologischer Oberflächenparameter für die Entwicklung von stabilen $A_{III}B_V$ -Halbleiteroberflächen mit geringer Oberflächenzustands- und Oberflächenladungsdichte.

Ergebnisse:

Kommerziell erhältliche UV-Photodioden aus den Halbleitermaterialien Si, SiC, GaP und GaAsP wurden an Hand ihrer IV-Kennlinien und spektralen Photoempfindlichkeit im UV-Bereich bei Wellenlängen von 200 - 400 nm verglichen.

Mit IV- CV- und Photoresponse-Messungen wurden ausführlich die Parameter der vom Marktführer Hamamatsu angebotenen GaP-Schottky-UV-Photodioden, die das Schichtsystem Au/n-GaP verwenden, sowie schmalbandige russische GaP-Schottky-UV-Photodioden mit dem Schichtsystem Ag/n-GaP untersucht.

Es wurden UV-Photodiodenchips auf der Basis des Schottky-Überganges Au/n-GaP hergestellt, die in ihren Parametern vergleichbar mit den GaP-Schottky-Dioden von Hamamatsu sind. Mit einer Verringerung der Oberflächenzustandsdichte durch unterschiedliche Oberflächenbehandlungen konnten geringste Dunkelströme in Sperrrichtung sowie eine hohe Photoempfindlichkeit von 0,1 A/W bei 400 nm erreicht werden.

Kapazitätsmessungen lieferten nach einer Schwefelbehandlung der Halbleiteroberfläche den Idealwert der Barrierenenergie für das System Au/n-GaP von $\Phi_{B,CV} = 1,36$ eV, und der Idealitätsfaktor der IV-Kennlinie betrug bei diesen Dioden $n = 1,04$. Durch den Einsatz einer optimierten PECVD-SiN_x-Schicht zur Stabilisierung der GaP-Oberfläche konnte die elektrische Degradation der Photodiodenchips nach thermischer Belastung gesenkt werden.

Es wurden Schottky-Photodiodenchips aus n-GaAsP und n-GaAs hergestellt, die auch im UV-Bereich einsetzbar sind, obwohl ihre Photoempfindlichkeit im sichtbaren Bereich hoch ist.

Der Einfluß der Oberflächenbehandlungen wurde an den $A_{III}B_V$ -Schottky-Photodioden durch eine Reihe von spezifischen Messungen nachgewiesen. Durch eine Verringerung der Dichte der Oberflächenzustände konnten verbesserte Idealitätsfaktoren und Barrierenenergien nahe den theoretischen Werten erreicht werden.

Es wurden GaP- und GaAlAs- Photodiodenchips mit diffundierten pn-Übergängen (Tiefe 2 - 4 μm) hergestellt. Durch entsprechende Oberflächenbehandlungen zur Senkung der Oberflächenrekombinationsgeschwindigkeit konnte die UV-Empfindlichkeit erhöht werden.

Die Leuchtstärke von gelb- und orange-emittierenden quaternären AlInGaP-LED-Chips konnte durch spezielle Oberflächenbehandlungen zur Senkung der Oberflächenrekombinationsgeschwindigkeit erhöht werden.

Zur Untersuchung der Eigenschaften der der $A_{III}B_V$ -Halbleiteroberflächen und der verwendeten PECVD- SiN_x -Isolatorschichten wurden Teststrukturen (MIS- und Photoinjektionsstrukturen, Gatering-Dioden u.a.) entworfen, Schablonen und Strukturen hergestellt sowie entsprechende Meß- und Auswerteverfahren (IV- und CV-Methoden, Ladungspumpmethode u.a.) für $A_{III}B_V$ -Halbleiteroberflächen aufgebaut und erprobt.

Anwendungsmöglichkeiten:

Die Ergebnisse erhöhen den Kenntnisstand zu dem über die Oberfläche erfolgenden unerwünschten Einfluß von technologischen Prozeßschritten auf das herzustellende Bauelement. Durch Verringerung der Grenzflächenzustandsdichte kann die Leuchtstärke von LED's erhöht und ihr Leckstrom verringert werden; gleichzeitig wächst dabei die Langzeitstabilität. Die erhöhte Qualität eines Chips kann den Übergang in eine höhere Preisklasse bedeuten.

Die Arbeiten zur Oberflächenpassivierung von $A_{III}B_V$ -UV-Photodioden bewirken die Verringerung des Dunkelstromes und die Erhöhung des Quantenwirkungsgrades und schaffen wesentliche Voraussetzungen für die Ablösung von Si-UV-Photodioden im UV- und VUV-Bereich.

Die entwickelten Teststrukturen und Meßverfahren sowie die Kenntnis der elektrischen Eigenschaften in Abhängigkeit von Vorbehandlung und Passivierung sowie von Temperatur-, Spannungs- und Strahlenbelastung sind für Hersteller von $A_{III}B_V$ -Bauelementen von eminenter Bedeutung.

3.3 Entwicklung eines Photomaterials auf Polymerbasis für optische Elemente und für die holographische Lithographie im UV-Wellenlängenbereich

(Projektlaufzeit: 01.04.1997 - 30.11.1998)

Dr. Ingo Gersonde

Die Arbeiten erfolgten im Rahmen eines Verbundprojektes, das vom Land Berlin im Rahmen des Programms „Informations- und Kommunikationstechnologien“ (IKT-Programm) gefördert wurde. Die Verbundpartner waren:

- OUT e.V.,
- Gesellschaft zur Herstellung von Polymeren für spezielle Anwendungen und Analytik mbH,
- *micro resist technology* GmbH,
- Humboldt-Universität zu Berlin / Institut für Chemie.

Zielstellung:

- Entwicklung eines neuartigen polymeren Photomaterials auf der Grundlage der Brechungsindexmodulation und Funktionsnachweis dieses Wirkprinzips.

Ergebnisse:

- Synthese und Charakterisierung von Polymeren mit säurelabilen funktionellen Gruppen.
- Synthese und Charakterisierung von lichtempfindlichen Komponenten.
- Nachweis der geplanten photochemischen Funktion des Materials.

Der innovative Charakter der entwickelten Materialien besteht in einem bisher nur in der Photoresist-Technik angewandten photochemischen Prinzip.

Zwischen- bzw. Teilergebnisse wurden bereits auf der „11th International Conference on Photopolymers“ der *Society of Plastics Engineers, Inc.* in McAfee, New Jersey vorgestellt.

Anwendungsmöglichkeiten:

- Herstellung von holographisch-optischen Elementen im UV-Bereich.
- Holographische Lithographie.

Die erzielten Ergebnisse stellen einen Beitrag zur Entwicklung eines neuartigen polymeren Photomaterials zur hochauflösenden Lithographie im UV-Bereich für Wellenlängen bis zu 250 nm dar.

3.4 Schaffung eines spezifischen Meßtechnik-Komplexes zur Entwicklung und Optimierung von neuartigen LED und LED-Bändern

(Projektlaufzeit: 01.01.1998 - 31.07.1999)

Dipl.-Ing. Hans Hensel, Christian Janietz, Dipl.-Chem. Manuela Stadelmann

Das FuE-Vorhaben wurde in Kooperation mit der G.E.R.U.S. mbH durchgeführt und vom BMBF im Rahmen des Programms „Forschungskooperation in der mittelständischen Wirtschaft“ - Programmteil: FuE-Gemeinschaftsvorhaben-Ost (FUEGO) gefördert.

Zielstellung:

- Schaffung angepaßter Meßmöglichkeiten zur Bestimmung neuer Parameter zur Charakterisierung von LED und LED-Bändern.
- Präzisierung der Messungen konventioneller Parameter.
- Entwicklung und Erprobung neuer und an die Einsatzfälle angepaßter Belastungsvarianten.
- Entwicklung von (an neue Bauelemente-Wirkprinzipien) angepaßten Ansteuermethoden.

Ergebnisse:

Es wurden die charakteristischen optischen Parameter analysiert und ein Satz relevanter Kenndaten unter Berücksichtigung der CIE-Empfehlung 127-1997 (die CIE-Empfehlung für Lichtstärkemessung hat sich z.B. zwischenzeitlich weltweit durchgesetzt, der Vorteil liegt in dem reproduzierbaren Meßaufbau, der in einfacher Weise vergleichbare Meßergebnisse in verschiedenen Institutionen ermöglicht.) bestimmt:

- Lichtstärke, Lichtstrom und Leuchtdichte.
- Dominante Wellenlänge (als Maß für den Farbeindruck des menschlichen Auges).
- Schwerpunktwellenlänge (als Maß für die Teilung des Integrals eines Spektrums in zwei gleiche Teile).
- Farbsättigung.

Lichtstärke:

Es wurde ein Lichtstärkemeßplatz entsprechend CIE-Empfehlung aufgebaut und erprobt. Ausgehend von einem Präzisionsbeleuchtungsstärkemeßkopf der Firma PRC Krochmann GmbH wurde eine gut V_λ -angepaßte Fotodiode mit $A = 1\text{cm}^2$ in Beleuchtungsstärke durch Vergleich mit o.g. Meßkopf kalibriert und entsprechend IEC 127/97 in Lichtstärke umgerechnet. Diese Meßanordnung ist praktisch für die Messung unterschiedlichster LED-Bauformen als „Einzeldioden“.

Zur Messung im Diodenverband, z.B. Lichtleisten, die aus SMD-Dioden aufgebaut sind, wird jedoch ein Meßkopf benötigt, der in der Hand zu halten und auf die zu messende Diode aufgesetzt werden kann. Weiterhin besteht die Forderung, als Anzeigegerät ein Handmultimeter zu verwenden. Es wurde daher ein Meßkopf entwickelt, der einen integrierten Strom- Spannungswandler enthält, so daß als Ausgangssignal eine der Lichtstärke proportionale Spannung anliegt.

Lichtstrom:

Zur Bestimmung des Lichtstromes wurde ein Labormessplatz erstellt, dabei wurde die Variante der Messung mit Ulbrichtscher Kugel gewählt (die Messung mit der Ulbrichtkugel hat den Vorteil, daß alle LED-Bauformen gemessen werden können). Die Kalibrierung der Anordnung erfolgte durch Substitution des V_λ -Empfängers durch Einkopplung in das Spektralradiometer Spectro 320.

Leuchtdichte:

Es wurde ein Leuchtdichtemeßplatz aufgebaut und entsprechende Kalibrierverfahren erprobt, wobei als Bezugsgerät ein Präzisions-Leuchtdichtemeßkopf der Firma PRC-Krochmann verwendet wurde.

Die Leuchtdichte von LED-Hinterleuchtungen wurde durch Aufsetzen eines Meßkopfes analog zur Lichtstärkemessung ermittelt; insbesondere wurde die Gleichmäßigkeit der Leuchtdichte über verschiedene Flächen (Symbole, Buchstaben usw.) bestimmt. Als Handmeßkopf für die Leuchtdichte wurde die gleiche Ausführung benutzt wie zur Lichtstärkemessung.

Charakteristische Wellenlängen:

Die Peakwellenlänge (Wellenlänge mit der maximalen Intensität des Spektrums) hat weitgehend an Bedeutung verloren, da die dominante Wellenlänge bzw. Schwerpunktwellenlänge eine LED besser charakterisieren.

Die Schwerpunktwellenlänge bietet sich zur radiometrischen Charakterisierung von LED (z.B. Infrarot-LED) an.

Die dominante Wellenlänge wird aus den x,y-Farbkoordinaten des Spektrums ermittelt. Dazu wird eine Gerade durch die Farbkoordinaten einer Bezugslichtart und dem Farbort F im Farbdigramm gelegt. Als Bezugslichtart wird in der Regel der Unbuntpunkt E herangezogen. Der Schnittpunkt S der Geraden mit der äußeren Begrenzung des Farbdigramms ergibt die dominante Wellenlänge. Sie ist ein Maß für den Farbeindruck, den das menschliche Auge von der LED gewinnt.

Es wurde ein Meßaufbau zur Bestimmung der charakteristischen Wellenlängen mittels Spektroradiometer Spectro 320 realisiert; dazu wurden insbesondere passende Einkoppelmöglichkeiten geschaffen, um LED verschiedener Bauformen einschließlich SMD messen zu können.

Anwendungsmöglichkeiten:

Die zur Charakterisierung von LED bisher verwendeten Parameter (z.B. Lichtstärke und Peakwellenlänge) reichen heute nicht mehr aus, um die LED für neuartige Einsatzfälle z.B. in der Beleuchtungstechnik, in der Signaltechnik, in der KFZ-Industrie oder bei der Bilddarstellung zu beschreiben.

So muß die Lichtstärke beispielsweise wegen unterschiedlichster Bauformen und Abstrahlcharakteristiken durch ein Verfahren vereinheitlicht werden. Für viele Anwendungsfälle - z.B. in Verbindung mit Lichtleitern - ist es vorteilhafter, den Lichtstrom als wesentlichen Parameter anzugeben. Die Anwendung von LED in Hinterleuchtungen - z.B. zur Symboldarstellung - erfordert die Bestimmung der Leuchtdichte der Anordnungen. Mit der Einführung neuer Halbleiterwerkstoffe - insbesondere bei der Herstellung der blauen LED - macht sich die Bestimmung von Farbparametern anstelle der Peakwellenlänge erforderlich.

Die Farbe „blau“ erfordert z.B. optimierte V_λ -Anpassungen, die Farbe „weiß“ erfordert Farbortbestimmungen usw.. In bisherigen Anwendungsfällen spielen die Forderungen an die Langzeitstabilität und die Temperaturdrift (anders als bei der Erzeugung von Mischfarben mit LED - z.B. bei der Bilddarstellung mit RGB-Diodenkombinationen oder zur Einhaltung der Standards in Verkehrssignalanlagen) nicht die dominierende Rolle.

Da andere Parameter zur Kennzeichnung von „LED-Lichtquellen“ als bei bisherigen Anwendungsfeldern erforderlich sind, kann die entwickelte und bereitgestellte spezifische Meßtechnik, die sich von der bisher verwendeten Meßtechnik wesentlich unterscheidet, insbesondere beim Einsatz neuer LED-Varianten in neuen Anwendungsgebieten - wie z.B. in der KFZ-Industrie, in Verkehrssignalanlagen, zu Be-

leuchtungszwecken, in Bildverarbeitungssystemen sowie zur Bilddarstellung - angewendet werden.

Ebenso erfordern Halbleiterstrahler auf Basis von Polymeren spezielle Ansteuertechniken.

Durch die Entwicklung und Bereitstellung einer neuen Generation von Meßtechnik werden die Voraussetzungen geschaffen zur Entwicklung und Fertigung von neuartigen LED sowie zur Durchführung entsprechender routinemäßiger Messungen- und Prüfungen als Dienstleistungen für LED-Hersteller; insbesondere betrifft das den Bereich „Optische Sensorik“.

3.5 Einsatz von PECVD-SiN_x-Schichten als Gate-Isolator

(Projektlaufzeit: 01.03.1998 - 28.02.1999)

*Dr. Gunter Kaden, Dipl.-Phys. Lutz Eichhorn, Dipl.-Ing. Jürgen Sellrie,
Michael Vosseler,*

Zielstellung:

- Untersuchung unterschiedlich hergestellter Isolatorschichten mit Strommessungen in Abhängigkeit von elektrischer Spannung, Temperatur und Zeit.
- Ladungsaufbau in Isolatorschichten durch den Dunkelstrom und mit Avalanche-Injektion.
- Photoelektrische Untersuchungen an unterschiedlich hergestellten Isolatorschichten.
- Optimierung der Isolator/Halbleiter-Grenzfläche von unterschiedlich hergestellten Isolatorschichten mit CV/GV- und IV-Messungen an MIS-Gatedioden.
- Einsatz von verbesserten PECVD-SiN_x-Schichten in Bauelementestrukturen mit Gate-Isolator.

Ergebnisse:

Bei 300 °C aus einem SiH₄/NH₃-Gemisch auf GaAs und GaP abgeschiedene PECVD-SiN_x-Schichten wurden mit elektrischen und photoelektrischen Methoden auf ihre Eignung als Gate-Isolatoren untersucht.

- Das I(V)-Verhalten dieser Schichten zeigte bei Zimmertemperatur Poole-Frenkel-Leitung sowie Hoppingleitung bei geringen Feldstärken. Es wurde das Nichtgleichgewichts-I(V)-Verhalten der PECVD-SiN_x-Schichten, das in der Praxis zu unerwünschten Leckströmen führt, sowie der Einfluß von Ladungen in der PECVD-SiN_x-Schicht auf das I(V)-Verhalten untersucht. Eine Erhöhung des Stickstoffanteils der Schichten führte zur Zunahme der Durchbruchfeldstärke und zur Verringerung des Leckstromes.
- An einem speziell aufgebauten I(T)-Meßplatz wurde die Temperaturabhängigkeit der Isolatorleckströme gemessen und die Methodik der Bestimmung der Poole-Frenkel-Traptiefen erarbeitet.

Auch für $I(t)$ -Messungen wurden der Meßaufbau und die Auswerteelektronik entwickelt. Relaxationszeiten und Zentrendichte im Isolator wurden bestimmt; ein höherer Stickstoffgehalt in der PECVD-SiN_x-Schicht führte zu geringeren Zentrendichten.

- Einer der Schwerpunkte der durchgeführten Arbeiten mit höchstem Innovationsgrad waren der Aufbau eines Meßplatzes für die Avalanche-Injektion von heißen Trägern in SiO₂- und SiN_x-Schichten und die Entwicklung der Auswertemethoden zur Bestimmung der Trapeffizienz der Schichten sowie der räumlichen Verteilung der Trapzentrendichte $N_t(x)$ und des Einfangquerschnittes σ_t der Isolatorzentren.

Hier konnten an Hand der Flachbandspannungsverschiebung ΔV_{BF} Aussagen über die Trapeffizienz von SiN_x-Schichten, die in verschiedenen Betrieben auf p-Si/SiO₂ abgeschieden worden waren, sowie über dort hergestellte SiN₂-Schichten erhalten werden. Die Avalanche-Aufladung von PECVD- SiN_x-Schichten auf GaAs ergab ebenso wie die Aufladung durch den Dunkelstrom eine bedeutend höhere Trapeffizienz für Elektronen als für Löcher. Aus den Avalanche-Injektionskurven konnte die räumliche Verteilung der Trapzentrendichte in den PECVD- SiN_x-Schichten mit Werten zwischen 10^{17} 10^{20} cm⁻³ (ansteigend zur Metallseite) sowie der Einfangquerschnitt für Elektronen von $2,5 \cdot 10^{-11}$ cm² ermittelt werden.

- Mit Hilfe eines speziell entwickelten Photoinjektionsmeßplatzes wurden die Photoinjektionskurven an einer n-GaAs / PECVD- SiN_x / Au- und einer n-GaP / PECVD- SiN_x / Au-Struktur gemessen und die Barrierenenergien für Elektronen- und Löcherinjektion von GaAs bzw. GaP ermittelt.

An p-Si / SiO₂ / Al-Strukturen wurde nach der Photo-I(V)-Methode von DiMaria die Gesamtladung und der Ladungsschwerpunkt in Abhängigkeit von der mit Avalanche-Injektion injizierten Elektronenladung bestimmt.

- Zur Optimierung der Grenzflächenzustandsdichte wurde die HF-C(V)-, die NF / HF-C(V)- und die G(V)-Methode sowie der Ladungspumpeneffekt eingesetzt. Die Grenzflächenzustandsdichte hängt stark von der Oberflächenbehandlung ab.

Mit der HF-C(V)-Methode konnte die energetische Verteilung der Grenzflächenzustandsdichte in der unteren Bandhälfte von p-GaAs bestimmt werden, und die G(V)-Methode lieferte vergleichbare Werte der Zentrendichte wie die NF / HF-C(V)-Methode; zusätzlich konnte hier der Einfangquerschnitt mit $\sigma_p = 4,1 \cdot 10^{-11}$ cm² erhalten werden.

An p⁺n- und n⁺p-GaAs-Gatedioden wurde aus den $I_F(V_G)$ -Abhängigkeiten die Oberflächenrekombinationsgeschwindigkeit ermittelt. Die Breite der Hysterese der C(V)-Kurven konnte durch die Erhöhung des Stickstoffanteils im PECVD-SiN_x gesenkt werden.

- Die PECVD- SiN_x-Schichten wurden zur Herstellung von MIM-Kondensatoren auf SIS-GaAs eingesetzt. Für typische SiN-Schichtdicken konnten hohe Ausbeuten bei geringen Leckströmen erhalten werden, wobei die besten Ergebnisse bei den stickstoffreicheren Schichten erzielt wurden.

Es wurden mit PECVD-SiN_x passivierte Schottky-UV-Photodiodenchips auf GaP hergestellt.

Es wurden solarblinde Photoempfängerchips auf GaAs und GaP hergestellt, die nach dem Prinzip der Photoinjektion arbeiten; die Quantenausbeute der GaAs-Photochips lag dabei um mindestens eine Größenordnung über der der GaP-Photochips.

Anwendungsmöglichkeiten:

PECVD-SiN_x-Schichten sind zum unverzichtbaren Bestandteil in der Mikroelektronik geworden mit den Hauptanwendungsgebieten als Passivierungsschichten für A_{III}B_V-Halbleiteroberflächen und für Solarzellen, als Ladungsspeichermedium in MNOS-Speicherbauelementen, als isolierende Schichten zwischen Leiterbahnen und als Dielektrikum in MIM-Kondensatoren für GaAs-Mikrowellenschaltkreisen (MMIC's), als Lithographiemasken, als Antireflexionsschichten u.a.m..

Insbesondere sind die hergestellten PECVD-SiN_x-Schichten für den Einsatz als Gate-Isolator in A_{III}B_V-Bauelementen hervorragend geeignet (zur Herstellung feldeffektgesteuerter A_{III}B_V-Bauelemente ist jedoch eine weitere Verringerung der Grenzflächenzustandsdichte Voraussetzung).

3.6 Silizium-Nitridschichten für die Mikrosystemtechnik

(Projektlaufzeit: 01.03.1998 - 31.03.1999)

Dipl.-Phys. Rainer Wolf

Das FuE-Vorhaben wurde in Kooperation mit der SENTECH Instruments GmbH durchgeführt und vom BMBF im Rahmen des Programmes „Forschungskooperation in der mittelständischen Wirtschaft“ - Programmteil: FuE-Gemeinschaftsvorhaben-Ost (FUEGO) gefördert.

Zielstellung:

Die beabsichtigte innovative technologische Produkt- und Verfahrensentwicklung hat die Verbesserung der plasmagestützten Abscheidung (PECVD – plasma enhanced chemical vapor deposition) von Siliziumnitrid als einer Basistechnologie der Mikrosystemtechnik zum Ziel.

Der Realisierungsweg beinhaltet die Weiterentwicklung einer Plasma-Beschichtungsanlage durch innovative Komponenten und die Prozeßentwicklung unter Einsatz von in-situ-Meßverfahren. Im Zentrum der Weiterentwicklung der Plasma-Beschichtungsanlage steht dabei der Einsatz einer planaren induktiv gekoppelten Quelle.

Anwendungsmöglichkeiten:

Siliziumnitrid wird in der Mikrosystemtechnik mehrfach eingesetzt

- als elektrischer und thermischer Isolator insbesondere bei Sensoranwendungen,
- als Schutzmaske beim naßchemischen anisotropen Ätzen mit KOH,
- als Passivierungsschicht für die integrierten elektronischen Komponenten.

Die Forschungsergebnisse können daher in erster Linie von Hochschulen, Forschungsinstituten und Pilotlinien auf den Gebieten der Mikroelektronik, der Mikromechanik und der Mikrooptik genutzt werden. Insbesondere die beiden letztgenannten Gebiete expandieren durch konzentrierte Förderung stark, um Europa eine Spitzenstellung in diesen Technologien zu sichern.

Der angestrebte Kundenkreis hat den Bedarf nach kompletten Anlagen samt Know-how für die damit durchzuführenden Prozesse.

3.7 Chip-Technologie zum Aufbau einer Präzisions-LED

(Projektlaufzeit: 01.03.1998 - 30.09.1999)

Dipl.-Phys. Rainald Mientus, Dipl.-Chem. Lutz Brunne; Dipl.-Phys. Rainer Wolf, Dipl.-Ing. Andreas Fehlinger, Ing. Gunter Lemke, Michael Vosseler, Helga Voigt, Bettina Bergemann, Friedrich Reichel

Zielstellung:

Das Ziel besteht darin, eine neuartige Technologie für die Herstellung leistungsstarker LED mit geringer Strahldivergenz zu entwickeln, die einfach in bestehende Fertigungslinien bekannter Massen-LED eingebunden werden kann.

Diese Chip-Technologie ist geeignet zum Aufbau einer Präzisions-LED mit einer maximalen Strahldivergenz von 4° im IR-Spektralbereich mit Lichtleistungen >5 mW bei 50 mA.

Ergebnisse:

Um die oben genannte Zielstellung zu erreichen, wurde von einem Chip-Konzept ausgegangen, das ausschließlich Oberflächenstrahlung aus einem zentrischen Lichtaustrittsfenster liefert. Die für einfache Anwendungen sonst üblicherweise wesentlich mitgenutzte Kantenstrahlung wurde unterdrückt, um die geforderte Abstrahlcharakteristik und Abbildungsqualität zu erreichen. Entsprechend dem vorgesehenen Einsatzfall wurde darüber hinaus eine möglichst kleine leuchtende Fläche maximaler Intensität realisiert.

Wichtigste Anforderung an einen Chip für den Aufbau der oben genannten Präzisions-LED ist die zentralsymmetrische Lichtauskopplung ausschließlich aus der Vorderseite des Chips. Damit bestand die Hauptaufgabe in einer effektiven Versiegelung der Chip-Seitenflanken. Diese Versiegelung der vertikalen Chip-Flanken konnte durch Einsatz des Magnetronsputterverfahrens in üblicher Geometrie realisiert werden. Zur Strukturierung wurde ein lift-off-Verfahren benutzt. Dafür konnte zweckmä-

ßigerweise eine in der Technologie schon zum Schutz beim Sägen aufgebrauchte Lackschicht weiterbenutzt werden.

Zur Flankenversiegelung wurden folgende Materialien eingesetzt:

Funktion	Schichtfolge	Materialart	Material
Absorber	Einfachschicht	absorbierender Isolator	Si, Ge
Reflektor	Schichtsystem	transparenter Isolator / reflektierender Isolator oder Metall+Isolator	SiO ₂ , GeO _x / Ge, oder Al/Ge, SiO ₂ , GeO _x

Der Einsatz der Beschichtungstechnologie in der durchgeführten Weise ist effektiv und ermöglicht die Herstellung von HL-Chips mit versiegelten Flanken - wie sie zum Aufbau von leistungsstarken LED mit geringer Strahldivergenz erforderlich sind - durch Einbringen von nur ein - zwei zusätzlichen Schritten in einen typische Fertigungsablauf zur Produktion von LED-Chips.

Anwendungsmöglichkeiten:

Lumineszenzdioden haben in den letzten 20 Jahren ein weites Einsatzspektrum als Lichtquellen in registrierenden und anzeigenden Elementen erschlossen. Gegenüber Laserbauelementen weisen sie mit typisch 30-40 nm eine um etwa eine Größenordnung größere spektrale Bandbreite auf. Vorteilhaft wirkt sich dagegen ihre geringe zeitliche Kohärenz aus, die sie beim Einsatz in faseroptischen Systemen unempfindlich gegenüber optischen Rückkopplungen macht. Darüber hinaus besitzen sie gegenüber Laserbauelementen die Vorteile geringerer Temperaturabhängigkeit der Lichtleistung und einfacherer Konstruktion. Besonders im infraroten Spektralbereich finden sie einen breiten Einsatz für Aufgaben der Datenübertragung (z.B. IR-Fernsteuerung und Lichtwellenleiterübertragung) und Überwachung (z.B. Lichtschranken).

Ein spezieller Einsatzfall sind sogenannte Lichtvorhänge, die z.B. den Bedienraum (Wirkungsbereich des Werkzeuges) von Großpressen überwachen. Für derartige Anwendungen braucht man Bauelemente mit sehr eng tolerierter Abstrahlcharakteristik und hoher Leistung, um die Überwachungsdistanz groß und gleichzeitig scharf abgegrenzte Bilder gestalten zu können.

Praktische Anforderungen verlangen ein Überbrücken von Entfernungen von ca. 5 m, wobei der Leuchtfleckdurchmesser kleiner als 0,4 m bleiben soll.

Herkömmliche Anwendungen verwenden konventionelle IR-LED mit breitem Abstrahlwinkel, deren Abstrahlcharakteristik zum Erreichen der geforderten Parameter durch spezielle Abbildungsoptiken und damit verbundenen hohen mechanischen Justieraufwand eingeschränkt wird. Derartige Lösungen sind teuer, hinzu kommen Strahlungsverluste, die die überwachende Distanz begrenzen bzw. den Einsatz teurer leistungsstärkerer Dioden erfordern. Die Verwendung von Laserdioden, die generell engwinklig abstrahlen, scheiden aus Kostengründen aus.

Die Alternative besteht in der Verwendung von LED, deren Abstrahlcharakteristik durch die spezielle Herstellungstechnologie schon vom Bauelementehersteller enger eingestellt wird.

Die entwickelte industrielle Fertigungstechnologie ist mikroelektronikkompatibel und wird in Form eines abgeschlossenen Bausteins bereitgestellt. Dadurch wurde erreicht, daß sich der Technologiebaustein einfach in bestehende Fertigungsstrecken integrieren läßt und der Produktionsumfang nur um wenige Prozeßschritte erweitert wird. Damit wird dem Produzenten die Möglichkeit gegeben, mit nur geringfügig erhöhtem Produktionsaufwand eine LED zu produzieren, die sich für zahlreiche Einsatzfälle eignet, die bisher Laserdioden vorbehalten waren, jedoch zu deutlich günstigeren Produktionskosten.

Die entwickelte Technologie trägt der ökonomischen Forderung Rechnung, die Parameterforderungen mit einer LED-Fertigungstechnologie zu erreichen, um die Produktionskosten deutlich unter denen von Laserbauelementen zu halten.

3.8 Recycling lichtaktiver Substanzen

(Projektlaufzeit: 01.07.1998 - 30.06.1999)

Dr. Christine Schuster, Dipl.-Chem. Marion Fink, Jeanine Voskuhl, Edeltraut Seifert

Zielstellung:

Die Zielstellung besteht darin,

- im Rahmen einer Verfahrensoptimierung eine Technologie zur Wiederaufbereitung wertvoller Resistabfälle aus dem Bereich der Mikro- und Optoelektronik unter ökologischen und ökonomischen Aspekten zu entwickeln,
- den Einfluß der Aufarbeitungstechnologie auf die Resisteigenschaften zu untersuchen,
- die aufgearbeiteten Resiste hinsichtlich einer Anwendbarkeit als Allround-Resiste in verschiedenen resistverarbeitenden Bereichen, in denen eine Strukturauflösung von $\geq 5 \mu\text{m}$ verlangt wird, zu testen.

Ergebnisse:

Das Verfahren zur Resistaufarbeitung wurde entwickelt und an mehreren Resistabfallchargen getestet; nach erfolgreicher Testung wurde das entwickelte Verfahren optimiert. Das Verfahren hat sich als geeignet erwiesen, Resistabfälle ohne signifikante Veränderungen am Resist aufzuarbeiten.

Die analytischen Methoden zur Resistcharakterisierung wurden vervollkommnet und Zusammenhänge zwischen einzelnen Resisteigenschaften abgeleitet. Darüber hinaus wurden die Verarbeitungsvorschriften für die Photolithographie optimiert.

Die Charakterisierungen erfolgten im wesentlichen durch UV/VIS-Spektroskopie sowie Hochleistungs-Flüssigchromatographie; untersucht wurden die Temperaturbeständigkeit, Dichte, Viskosität und Schichtdicke.

Die aufgearbeiteten Resiste wurden hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in resistverarbeitenden Bereichen überprüft, und entsprechende Modifizierungsmöglichkeiten wurden aufgezeigt.

Anwendungsmöglichkeiten:

Photoresiste sind die wichtigsten Materialien für die Strukturierung und damit Funktionsgebung von IC-Schaltkreisen, elektronischen und optoelektronischen Bauelementen, Leiterplatten usw.. Die Vielfältigkeit der Anwendung von Photoresisten erfordert die Bereitstellung von Materialien mit unterschiedlichsten chemischen und physikalischen Eigenschaften. Photoresiste sind grundsätzlich aufgebaut aus einer lichtempfindlichen Komponente (LEK), einem polymeren Bindemittel, Lösungsmitteln sowie bestimmten Additiven zur Verbesserung der Resisteigenschaften.

Resiste sind spezifische Materialien, die aufwendig auf die verschiedensten Anwendungen abgestimmt werden müssen; infolgedessen handelt es sich um sehr teure Produkte. Darüber hinaus enthalten Resiste z.T. gesundheitsschädliche und umweltbelastende Bestandteile.

Bisher werden Resistabfälle überwiegend Entsorgungsfirmen zugeführt und verbrannt, wobei durch die Verbrennung die Materialien nicht vollständig zerstört werden, sondern organische Reste in den Boden und somit in das Grundwasser gelangen können. Demzufolge ist die Verbrennung - vor allem unter dem Aspekt der Umweltbelastung - nicht unbedenklich. Jährlich fallen allein in Deutschland ca. 50 t Photoresistabfälle an. Die Kosten für eine solche Entsorgung liegen bei ca. 3,50 - 10 DM/kg Resistabfall.

Insbesondere bietet sich der Einsatz in der Leiterplattenherstellung beim Kupferätzen und in der Galvanik an. Dabei wird - auf Grund der Verfahrensweise zur Beschichtung - eine 80-90 %-ige Verwertung der Resiste erwartet (im Gegensatz zur ca. 5-10 %-igen Verwertung im Aufschleuderprozeß bei der Fertigung von Halbleiterbauelementen).

Ebenso ist eine Verwendung der neuen Resiste in der Hybrid-Technologie bzw. in der Sensorherstellung möglich, bei denen maximal 2-3 µm dicke Resiste für die Metallisierung eingesetzt werden.

Auch zur Strukturierung bzw. Metallisierung von Si-Schichten in der Solarzellenherstellung ist nur eine gröbere Strukturauflösung nötig, was den Einsatz der aufgearbeiteten Resiste möglich macht. In diesem zukunftssträchtigen Bereich entsteht ein immenser Bedarf an kostengünstigen Allround-Photoresisten. Der Resistauftrag erfolgt dabei auf Grund der großen zu bedeckenden Flächen mittels Walzenbeschichtung, wobei - ähnlich wie in der Leiterplattenherstellung - ein wesentlich geringerer Verlust an Resistmaterial auftritt als beim spin-coating-Verfahren.

In der Kommunikationselektronik werden ebenfalls lediglich Strukturauflösungen von 1 -100 µm benötigt, so daß in diesem Bereich ebenso ein potentielles Anwendungsfeld für die aufgearbeiteten Resiste liegt.

3.9 Elektrochemischer Reaktor

(Projektlaufzeit: 01.12.1998 - 31.12.1999)

Dipl.-Ing. Wolfgang Kirstein, Dipl.-Chem. Manuela Stadelmann, Christian Janietz

Zielstellung

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines neuartigen elektrochemischen Reaktors zur Behandlung organisch belasteter Abwässer mittels anodischer Oxidation. Derartige Abwässer fallen z.B. in Küchen gastronomischer Einrichtungen oder Autowaschanlagen in größeren Mengen an. Der zu entwickelnde Reaktor soll durch anodische Oxidation die organischen Verunreinigungen so weit abbauen, daß das Abwasser gefahrlos in die Kanalisation eingeleitet werden kann.

Es ist vorgesehen, eine in der Grundlagenforschung in den letzten Jahren entwickelte neuartige Elektrodenbeschichtung in elektrochemischen Reaktoren zum Abbau organischer Belastungen in Wässern durch anodische Oxidation anzuwenden. Diese neuartigen Elektroden sind diamantbeschichtete Titanelektroden. Die 1 - 2 µm dicken Diamantschichten werden beispielsweise durch HF-CVD (Hot Filament Chemical Vapor Deposition) auf dem entsprechend vorbehandelten Titansubstrat abgeschieden. Eine ausreichend hohe Leitfähigkeit wird durch Dotierung mit Bor erreicht.

Im Rahmen des Projektes sind die Parameteranforderungen aus praktischen Anwendungen zu konkretisieren, die für den Abbau von organischen Verunreinigungen relevanten elektrochemischen Eigenschaften der Schichten zu erforschen und entsprechend entwickelte Schichten einzusetzen. Damit werden wesentliche Verbesserungen der Elektrodenmaterialien erreicht.

Ergebnisse:

Im Rahmen des Projektes wurden ein neues Verfahren und ein neuartiger elektrochemischer Reaktor zur Wasserreinigung – insbesondere zur Beseitigung organischer Verunreinigungen in Wässern – zu entwickelt.

Die neuen Diamantelektroden, die vom Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik bezogen wurden, wurden ausführlich untersucht und im Labormaßstab erprobt. In zykl voltammetrischen Untersuchungen wurden sie mit den bisher in der anodischen Oxidation standardmäßig verwendeten Elektrodenmaterialien verglichen.

Mit Hilfe des entwickelten Reaktors wurde eine Vielzahl von Versuchen zur Reduzierung der CSB-Werte (charakterisiert den chemischer Sauerstoffbedarf und stellt einen wichtigen Summenparameter in der Wasseranalytik dar; er ist ein Wert für alle im entsprechenden Wasser enthaltenen durch Sauerstoff oxidierbaren Verbindungen) durchgeführt; dabei wurde in vielen Fällen der CSB-Abbau bis unter die Nachweisgrenze geführt. Die Untersuchungen wurden u.a. durchgeführt mit Dicarbonsäuren, mit Kreislaufwasser von Autowaschanlagen, mit Grauwasser aus

Privathaushalten, mit Kühlwasser aus einem Recyclingbetrieb für Sandgußformen, mit Abwasser aus der Papier- und Autoindustrie, mit kupferphthalocyanin-haltigem Abwasser sowie mit Ethylendiammintetraessigsäure (EDTA).

Darüber hinaus wurden weitere Oxydationsreaktionen durchgeführt (Chloridoxydation, AOX-Bildung und –Abbau, Oxydation von Aminen).

Neben der Wasserreinigung durch den Abbau störender organischer Verbindungen erwies sich auch die Wasserdeseinfektion als mögliches Einsatzfeld diamantbeschichteter Elektroden.

Es wurden Versuche zur Aufbereitung von verunreinigten Emulsionen – insbesondere Öl-Wasser-Emulsionen – durchgeführt. Diese Versuche haben die Möglichkeit gezeigt, mit Hilfe der diamantbeschichteten Anoden wirkungsvolle elektrochemische Emulsionsspaltanlagen konstruieren zu können.

Langzeituntersuchungen über mehrere Monate haben eine hohe Stabilität der Diamantelektroden ergeben.

Anwendungsmöglichkeiten:

Mit dem entwickelten elektrochemischen Reaktor wird es möglich sein, das Anwendungsgebiet der Methode der anodischen Oxidation enorm zu erweitern, da nun ein wesentlich größeres Spektrum an verunreinigten Wässern einfach, kostengünstig und effektiv bearbeitet werden kann.

Mit der vorgeschlagenen neuartigen Oberflächenvergütung werden moderne Verfahren industriell einsetzbar. Ein Beispiel dafür ist die elektrolytische Reinigung von CSB belasteten Abwässern durch anodische Oxidation.

Für das vorgeschlagene Gerät gibt es weite Einsatzbereiche. Allein alle dezentralen Kleinküchen von Imbißbuden bis Autobahnraststätten bieten ein ausreichendes Einsatzpotential.

Es ist u.a. vorgesehen, den neuen Reaktor zur anodischen Oxidation auf Grundlage des von der Firma G.E.R.U.S. mbH entwickelten Moduls „Hypocell“ zur Beseitigung von Geruchsbelästigungen in Autowaschanlagen aufzubauen. Dazu soll insbesondere das bisher in der „Hypocell“ verwendete Elektrodenpaket gegen ein neues Paket auf Grundlage der diamantbeschichteten Titanelektroden ausgetauscht werden.

3.10 Entwurf von Non-Contact-Touch-Sensoren NCTS

(Projektlaufzeit: 01.03.1999 - 31.05.2000)

Dr. Berndt Schubert, Dipl.-Phys. Rainald Mientus

Zielstellung:

Es sind Non-Contact-Touch-Sensoren zu entwerfen, die in der Lage sind, Objekte im Nahbereich (<1cm) durch eine Konturerkennung zu identifizieren oder zu klassifizieren, ohne einen Hardkontakt zum Objekt zu benötigen (es handelt sich also um eine spezielle Klasse taktile Sensoren). Sie sind vorgesehen für den Einsatz in automatischen Systemen (z.B. Türsicherung, Personenzählsysteme im Nahverkehr, Robotertechnik ...).

Die zu entwickelnde Lösungsstrategie soll sich vorrangig auf optische Verfahren beziehen. Mögliche Ansätze sollen unter applikativen Gesichtspunkten bewertet werden. Eine geeignete Lösung soll prototypisch aufgebaut und getestet werden.

Die Detektion im Nahbereich ist verbunden mit der Forderung, eine relative Bewegung zwischen dem Sensorsystem und dem Objekt zu zulassen, obwohl der Abstand zwischen Objekt und Sensorsystem kritisch klein (<1cm) ist.

Zwischenergebnisse:

Der Schwerpunkt der Arbeiten 1999 lag auf dem Gebiet der Software-Modellerarbeitung; im Mittelpunkt der Arbeiten stand die Frage, können mit NCT-Sensoren, die formulierten sensorischen Aufgaben gelöst werden und welche Anforderungen sind dann an NCTS zu stellen. Die Ergebnisse der Modelluntersuchungen bilden die Basis für experimentelle und technologische Entwicklungsschritte.

Zur Modellentwicklung:

Es wurde das Softwareprogramm MaschineVersion2 in VisualBasic 6.0 erstellt. Modelliert wird eine Plattform (Vehicle), die mit 26 NCT-Sensoren ausgestattet ist und sich in einer Modellumgebung bewegen kann. Alle aktiven Konturen werden mit VB-Linienobjekten modelliert. Die Bewegung der Plattform wird in 3 verschiedenen Monitoren (jeweils ein Quadrant des Formular frmMasch2) dargestellt.

Das Softwareprogramm gliedert sich in das Formular frmMasch2 (Abbildung von Vehicle und Raum) und dem RealModul, welches die Funktionen enthält, die auch in einer realen Maschine zu implementieren wären (Antriebssteuerung, Sensorsignalinterpretation und Verhaltenssteuerung). Darüber hinaus ist eine Reihe von Werkzeugfunktionen integriert, die die Modellentwicklung unterstützen.

Das Softwareprogramm MaschineVersion2 ist modular aufgebaut und kann entsprechend der sich im Verlauf der Entwicklung ergebenden Anforderungen erweitert bzw. modifiziert werden.

Zum Stand der Modellierungsergebnisse:

Das Programm MaschineVersion2 ist arbeitsfähig. Der erste Modellversuch – Abfahren einer geschlossenen rechteckigen Raumkante – konnte nachgewiesen werden. Damit ist auch ein erster prinzipieller Nachweis für die Tauglichkeit der Idee von NCTS erbracht. Die weiteren Arbeiten beschäftigen sich mit den Fragen der Erkennung von Konturen in komplexeren Verhaltenszusammenhängen.

Optoelektronische NCTS

Ein Kerngedanke liegt in dem Entwurf von optoelektronischen NCTS. Basis für die technologische Machbarkeit ist eine Bewertung der verfügbaren NIR-Sender und Empfängerbauelemente. Es erfolgte eine Recherche und Diskussion zu den Eigenschaften Strahlungsleistung, Strahlstärke, Wirkungsgrad der IR-Sender. Äquivalente Untersuchungen wurden zu den Fotodioden und Fototransistoren durchgeführt.

Für kostengünstige Lösungen ohne zusätzliche optische Elemente stehen Sender - und Empfängerbauelemente mit einem Gesamtöffnungswinkel von 20° und 40° zur Verfügung.

Diese recherchierten Werte wurden als Ausgangspunkt für Konstruktionsvarianten und die Betrachtungen zur Beschaltung genutzt.

Alternative NCTS

Durch die Arbeit am Softwaremodell ist die Idee einer alternativen Lösung zum optischen NCTS auf Basis eines taktilen Prinzips entstanden. Diese Idee wird gegenwärtig weiter vertieft. Diskutiert werden technologische Lösungen im Zusammenhang mit einer Patentrecherche und dem wirtschaftlichen Vergleich zum optischen NCTS. Aus gegenwärtiger Sicht bietet die alternative Lösung einige Vorteile (geringere Leistungsaufnahme, reduzierter Schaltungsaufwand, keine Abhängigkeit vom Reflexionsgrad der Objektoberfläche).

Anwendungsmöglichkeiten:

Das im Projekt angestrebte Konzept eines Non-Contact-Touch-Sensors zielt in erster Linie auf Automatisierungsanwendungen im Servicebereich. Angezielt werden die Verbesserung von existierende Anwendungen (Fahrgastzählung, Türsicherung) als auch neue technische Lösungen wie im Bereich autonom bzw. semiautonom agierender Roboter.

Das Vermarktungskonzept geht davon aus, daß die dokumentierte Lösung aufgenommen wird von den Industrieunternehmen im Bereich der Optoelektronik.

Konkretes Interesse besteht z.B. bei Unternehmen, die interessiert sind, Prinzipien der NCT-Sensoren mit passiven IR-Sensoren für die Detektion von Personenbewegungen zu verbinden und entsprechende Technologien in die Fertigung aufzunehmen.

Allein im Bereich der Sensorik für Fahrgastzählung wird mit einem jährlichen Volumen von 2000 - 7000 Stück gerechnet.

Neue Anwendungen zeichnen sich im Bereich der automatischen Haushalts- und der Servicerobotertechnik ab. In diesen Anwendungen können NCTS sowohl im Bereich der Sicherheit als auch der Navigation eine wichtige Rolle übernehmen. Eine dieser Anwendungen könnte im Bereich semiautonomer Reinigungssysteme liegen. Die Navigation in typischerweise winkligen Haushaltsräumen oder im Randbereich von Wänden ohne entsprechende Sensorlösungen nicht möglich.

Im Bereich der Haushaltsreinigungssysteme ergibt sich ein Stückzahlmarkt. In Deutschland werden etwa 3 Mio. Haushaltsstaubsauger p.a. verkauft. Bei einer Aus-

rüstungsquote von 10 % dieser Geräte mit automatischen Steuerungen ergibt das je nach Systemkonstruktion und Sensorauslegung einen Bedarf von etwa 1 Mio. bis 50 Mio. Stück NCTS für den deutschen Markt.

In diesem Stückzahlbereich muß der Sensorpreis um mindestens eine Größenordnung fallen. Der erreichbare Umsatz würde dann etwa bei 3 Mio. DM bis 30 Mio. DM p.a. liegen können. Um dieses Marktvolumen zu erschließen, bedarf es jedoch überzeugender Sensoren und Steuerungsalgorithmen. Das vorliegende Projekt kann einen Beitrag für den Zugang der Optoelektronikindustrie zu diesem Markt leisten.

3.11 Erfassung und Erzeugung DXF-kompatibler Raummodelle

(Projektlaufzeit: 01.05.1999 - 31.12.2000)

Dipl.-Ing. Uwe Gonschorek

Das FuE-Vorhaben wird in Kooperation mit der INNOTECH Holztechnologien GmbH durchgeführt und vom BMWi im Rahmen des Programms „Forschungskooperation in der mittelständischen Wirtschaft“ - Programmteil: FuE-Gemeinschafts-vorhaben-Ost (FUEGO) gefördert.

Zielstellung:

Die zu entwickelnden Verfahren sollen eine durchgängige Lösung für den Teil- oder Komplettausbau bestehender Objekte durch KMU bieten, die es erlaubt, Bestandsobjekte mit einem kombinierten Dokumentations- und Meßgerät digital zu erfassen, die Begehung der digitalen Raumszenarien mittels spezieller Technologie zu ermöglichen und aus automatisch erzeugten DXF-kompatiblen Raummodellen beliebige Maße für die Überleitung in bereits vorhandene Konstruktions- und Produktionssysteme abzugreifen und zu nutzen. Durch die zu entwickelnden Verfahren soll eine Vielzahl von Arbeitsschritten, die dem Produktionsprozeß vorgeschaltet sind, vereinfacht und mit geringerer Personalkapazität leistbar sein.

Für notwendige Veränderungen und Weiterentwicklungen des optischen Aufnahmesystems sowie für die Entwicklung von geeigneten Zubehörelementen ist in erheblichem Maße Vorlauftforschung erforderlich, die im wesentlichen im OUT e.V. durchgeführt wird.

Anwendungsmöglichkeiten:

Mit Hilfe der zu entwickelnden Verfahren und Geräte kann im Innenausbau erstmalig eine dem Konstruktionsprozeß (CAD) vorgelagerte, durchgängig digitale Aufmaß- und Arbeitsvorbereitungstechnologie ermöglicht werden.

Anwender erhalten im Rahmen des Verfahrens mehrere Teilprodukte (Bestandsbilder, Raummodelle, Bewegungsmöglichkeiten im Raum per Bildschirm, Maße), die

nach der einmaligen Bestandserfassung zeitunabhängig genutzt und archiviert werden kann.

Ein solches System ist vor allem für Objektkomplettausstatter (Banken, Hotels, Bürohäuser, Altbausanierung, Restaurierung historischer Objekte u.a.) interessant, wo Auftragswerte ab 2 Mio DM je Auftrag relevant sind. Hier sind Zeiteinsparungen bis zu 60%, d.h. Kosteneinsparungen im Umfang von etwa 25 TDM je Auftrag möglich.

Die integrierte Schnittstelle für die verwendeten CAD- und CNC-Systeme ermöglichen den Aufbau von CAD-CAM-Systemen über die gesamte Wertschöpfungskette.

3.12 Elektrochemische Regeneration von beladener Aktivkohle

(Projektlaufzeit: 01.04.1999 - 31.05.2000)

Dipl.-Chem. Brigitte Hesse, Dipl.-Chem. Manuela Stadelmann, Dipl.-Phys. Rainer Wolf

Zielstellung:

Inhalt des FuE-Vorhabens sind die Entwicklung einer neuartigen Technologie zur elektrochemischen Regeneration von beladener Aktivkohle sowie der Aufbau eines entsprechenden Prototyps.

Dabei wird die Möglichkeit, gut leitfähige Aktivkohle auch als Elektrodenmaterial einzusetzen, in innovativer Weise zur Regeneration der Aktivkohle ausgenutzt.

Anwendungsmöglichkeiten:

Die Verwendung von Aktivkohle zur Reinigung einer Vielzahl von Trink-, Ab- und Prozeßwässern ist eine der häufigsten eingesetzten Techniken der Wasserbehandlung. Im wesentlichen beruht die Wirksamkeit des Verfahrens auf der Adsorption der entsprechenden Schadstoffe an der Aktivkohle. Damit stellt sich das Problem der Entsorgung der beladenen Aktivkohle bzw. der Regeneration dieser Aktivkohle durch Entfernung der Schadstoffe von ihrer Oberfläche.

Aus ökonomischen und ökologischen Gründen ist die Regeneration der Aktivkohle ihrer Entsorgung vorzuziehen.

Bei der elektrochemischen Regeneration der beladenen Aktivkohle werden die organischen Schadstoffe durch anodische Oxidation im Idealfall vollständig zu CO₂ und H₂O umgesetzt (elektrochemische Verbrennung). Der Reaktor zur elektrochemischen Regeneration kann technisch sehr einfach und damit preiswert aufgebaut und mit geringem Steuerungs- und Betriebskostenaufwand betrieben werden.

Hersteller von Aktivkohle betreiben in der Regel auch Anlagen zur Reaktivierung von Aktivkohlen aus der Wasseraufbereitung. In den meisten Fällen wird dabei nicht die selbst gelieferte sondern auch fremde Aktivkohle regeneriert.

Neben den Anbietern von Aktivkohle nehmen auch manche Entsorger beladene Aktivkohle entgegen. Zur Zeit ist die Verbrennung oder Deponierung der beladenen Kohle und der Kauf neuer Aktivkohle oft billiger als die fachgerechte Regeneration. Das ist jedoch aus ökologischen und gesamtwirtschaftlichem Blickwinkel ein nicht sinnvoller Weg. Die Möglichkeit, neue preiswertere Verfahren der Regeneration von Aktivkohle einzusetzen - wie das im vorliegenden Projekt geplante Verfahren der elektrochemischen Regeneration der beladenen Aktivkohle - wird dazu führen, daß wieder ein größerer Anteil der anfallenden beladenen Aktivkohle regeneriert und wiederverwendet anstatt entsorgt wird.

Aktivkohle wird in außerordentlich vielen, unterschiedlichen Anwendungsfällen bei der Wasserreinigung eingesetzt. Das betrifft sowohl das Spektrum der Anlagengröße von Kleinanlagen für den Haushalt bis zu den sehr großen Anlagen der Trinkwasserversorgungsunternehmen, das angestrebte Marktsegment betrifft Aktivkohleanlagen mittlerer Größe, die insbesondere zur Abwasserreinigung oder Deponiesickerwasseraufbereitung eingesetzt werden, weil hier der ökonomische Nutzen für den Kunden (Betreiber) besonders gut darstellbar ist.

3.13 Plasmaschäden bei der PECVD-SiN_x-Passivierung

(Projektlaufzeit: 01.06.1999 - 31.07.2000)

Dr. Gunther Kaden, Dipl.-Chem. Katrin Seidel, Dipl.-Chem. Manuela Stadelmann, Manfred Porsche

Zielstellung:

Ziel der Arbeiten sind der Nachweis und die Beseitigung von Plasmaschäden, die bei der PECVD-SiN_x-Passivierung von GaAs und GaP mit verschiedenen Plasma-Vorbehandlungen sowie bei dem nachfolgenden reaktiven Ionenätzen (RIE) der Isolatorschichten auftreten.

Als Meßmethoden sollen vor allem C(V)-Messungen an Schottky-Dioden, Schichtwiderstandsmessungen an dünnen Epitaxie- und/oder Implantationsschichten, MIS-C(V)-, Avalanche-Injektions-, I(V)- und Ladungspumpeffekt-Messungen an pn-Gatedioden Verwendung finden und entwickelt werden.

Zwischenergebnisse:

Zum Nachweis von Plasmaschädigungen wurde ein GaAs-MESFET-Testchip entwickelt, der R_S-, MESFET-, φ_S- und MISFET-Teststrukturen enthält und erfolgreich eingesetzt werden konnte. Durch Verwendung einer im Einflussbereich des Plasmas liegenden, dünnen aktiven n-GaAs-Schicht (a = 200 nm) konnten insbesondere R_S-Erhöhungen gut nachgewiesen werden. Außerdem wurden die Schottky-Barrierrhöhe Φ_{B,IV}, der Idealitätsfaktor und der Drain-Gate-Sperrleckstrom I_{DG} ermittelt. Besondere Bedeutung hat die Bestimmung des Oberflächenpotentials der freien GaAs-Oberfläche vor und nach einer Plasma- oder chemischen Behandlung mit Hilfe des Testchips.

Erhöhungen der Barrierenenergie, Verringerung des Gateleckstromes und Verbesserungen des Idealitätsfaktors, die für die Praxis Bedeutung besitzen, konnten an den GaAs-Testchips vor allem mit einem Ar- und H₂-Plasma sowie mit einer (NH₄)₂S_x-Behandlung erreicht werden.

Ausführlich wurde mit I(V)- und V(V)-Messungen besonders der Einfluß eines He- und H₂-Plasmas in Abhängigkeit von der Plasmaleistung an großflächigen Schottky-Teststrukturen und GaAs-MESFET-Testchips untersucht. Das He-Plasma führte zu sehr hohen R_S-Werten, Verarmung der GaAs-Oberfläche bis in den µm-Bereich und zu $|φ_S| < Φ_{B,IV}/q$. Das H₂-Plasma führte mit wachsender Plasmaleistung bei GaAs und GaP zunächst zu einer Verbesserung von $Φ_{B,IV}$, n und I_{DG}, aber bei sehr hohen DC-Vorspannungen und hohen Leistungen zu einer zunehmenden Degradation der GaAs-Oberfläche. Auch hier traten R_S-Erhöhungen und eine Verarmung an freien Ladungsträgern der GaAs- und GaP-Oberfläche bis in den µm-Bereich auf.

Anwendungsmöglichkeiten:

Die Ergebnisse sollen zur Verbesserung der Eigenschaften von UV-Photodiodenchips, von LED-Chips und von MIM-Koppelkondensatoren für Streifendetektoren dienen und für die Herstellung neuartiger UV-Photoempfängerchips angewendet werden.

4. Wissenschaftliches Leben

Die Gestaltung und der Ausbau eines eigenständigen und anspruchsvollen wissenschaftlichen Lebens standen stets im Mittelpunkt der gesamten Tätigkeit; Grundlage dafür waren vor allem die im OUT e.V. bearbeiteten Forschungsprojekte und die damit verbundenen Verteidigungen von Projektanträgen, von Zwischen- und Abschlußberichten sowie die Durchführung von Symposien und ähnlichen wissenschaftlichen Veranstaltungen.

Kooperationswilligkeit und -fähigkeit aller Beteiligten haben dazu geführt, daß sich eine enge Zusammenarbeit und ein intensiver Erfahrungs- und Gedankenaustausch zwischen Wissenschaftlern des OUT e.V. und einer Vielzahl von Wissenschaftlern und Mitarbeitern einer Reihe von kleinen und mittelständischen Unternehmen in der Region Berlin-Südost entwickelt haben, die immer wieder zu neuen Ideen und innovativen Resultaten geführt haben und auch weiter führen werden. Dadurch werden günstige Voraussetzungen geschaffen, um im Rahmen von Verbundprojekten zu einer neuen Qualität der Forschungstätigkeit im OUT e.V. zu gelangen. Darüber hinaus ist es gelungen, die Kooperationsbeziehungen auf den gesamten Berliner und Brandenburger Raum auszudehnen.

In bewährter Weise wurden dem wissenschaftlichen Beirat des OUT e.V. wissenschaftlich interessante Aufgabenstellungen und innovative Ideen zur Begutachtung vorgestellt und gemeinsam mit dem Vorstand in engem Kontakt zu kompetenten Forschungseinrichtungen sowie Projektträgern zur Realisierung empfohlen.

Es gibt eine Vielzahl von Kontakten zu Wissenschaftlern und wissenschaftlichen Institutionen sowie leistungsfähigen Wirtschaftspartnern im Berliner Raum und darüber hinaus.

Gleichermaßen intensiv sind die Kontakte zu Institutionen der Forschungs- und Technologieförderung, zu Projektträgern von Bundesministerien und des Landes Berlin sowie zu Dienststellen und Einrichtungen des Berliner Senats.

Die enge Zusammenarbeit mit Berliner Universitäten, der FHTW, dem Ferdinand-Braun-Institut, dem Institut für Kristallzüchtung, Max-Born-Institut, dem Paul-Drude-Institut, dem Hahn-Meitner-Institut sowie dem Institut für Angewandte Polymerforschung in Teltow förderte in starkem Maße den Einstieg in gemeinsame Kooperationsprojekte. Insbesondere hat sich die Mitwirkung im Rahmen des Innovationsnetzwerkes „Intelligente Meßsysteme“ – geleitet von der Technologiestiftung Innovationsagentur Berlin GmbH / Außenstelle Berlin-Adlershof – förderlich auf die Entwicklung der Kooperationsbeziehungen, das wissenschaftliche Niveau der Forschungstätigkeit sowie die Praxisnähe der Forschungsprojekte ausgewirkt.

Vielfach haben Wissenschaftler des OUT e.V. an wissenschaftlichen Veranstaltungen, Seminaren, Workshops, Messen und Ausstellungen teilgenommen und sind dort auch aktiv aufgetreten (s.u.).

Durch stärkere Aktivitäten im regelmäßiger werdenden Erfahrungsaustausch mit BAO Berlin und EU-Kontaktstellen konnten erste Aufgabenstellungen für eine zukünftige Zusammenarbeit mit EU-Partnern formuliert werden.

Der OUT e.V. führte erfolgreich zu nachfolgenden Themen für seine Mitarbeiter, Mitglieder und interessierte Gäste verschiedene wissenschaftliche Veranstaltungen durch:

Workshop: „Photolumineszenz an HL-Strukturen mit Nahfeldmikroskopie“
(20.05.1998)

Symposium: „Entwicklung von Photoresisten im UV-Bereich“.
(01.07.1998)

Seminar: „Molekulare Membranen in Biotechnologie und Sensorik“.
(20.01.1999)

Kolloquium: „Recycling von Photoresisten“.
(02.03.1999)

Workshop: „Qualitätsmanagement / Umwelt“.
(14.06.1999)

Beeindruckende Beiträge wurden im wissenschaftspolitischen Bereich geleistet. Der OUT e.V. hat aktiv an der Erarbeitung von Konzeptionen zur Gestaltung der Wissenschaftslandschaft in Berlin beigetragen. Insbesondere betrifft das die Tätigkeit im Rahmen der Forschungs- und Technologiestelle des OUT e.V., die 1999 geschaffen wurde sowie die Mitwirkung in einer Reihe von technologieorientierten Netzwerken.

Publikationen:

R. Mientus, K. Ellmer: *Reactive DC Magnetron Sputtering of Elemental Targets in Ar/N₂-Mixtures: Relation between the Discharge Characteristics and Heat of Formation of the corresponding Nitrides*, Proc. 6th Int. Conf. Plasma Surface Eng., Garmisch-Partenkirchen, Germany 1998

K. Ellmer, R. Mientus: *Calorimetric Measurements with a Heat Flux Transducer of the Total Power Influx onto a Substrate during Magnetron Sputtering*, Proc. 6th Int. Conf. Plasma Surface Eng., Garmisch-Partenkirchen, Germany 1998

R. Mientus, R. Wolf, B. Kloth, M. Protsch, A.N. Pikhitin: *A Highly UV Selective Schottky Barrier Photodiode Based on a Ag-GaP-Contact*, Proc. 6th Int. Conf. Plasma Surface Eng., Garmisch-Partenkirchen, Germany 1998

H. Rossner, R. Mientus, K. Ellmer: *In situ Energy Dispersive XRD-Analysis during Magnetron Sputtering of ZnO*, Jahresbericht HMI 1998

R. Mientus: *Reactive Magnetron-Sputtering in Ar/O₂ - and Ar/N₂ - atmospheres: The Influence of the enthalpy*, Oberflächentechnologie mit Plasmaprozessen, Mühlleiten, März 99

R. Wolf, K. Wandel, B. Gruska: *Analysis of low temperature PECVD-Silicon Nitride Layers by Ellipsometry in the UV-VIS and MID-IR spectral range*, E-MRS'99 - Springmeeting, Strasbourg, Juni 99

R. Mientus, K. Ellmer: *Reactive Magnetron-Sputtering in Ar/O₂ - and Ar/N₂ - atmospheres: The Influence of the Total Sputtering Pressure and the Excitationmode (DC or RF)*, 14 th Int. Symposium of Plasma Chemistry, Prague, Aug. 99

K. Ellmer, R. Mientus, H. Rossner: *Energy Dispersive X-Ray Diffraction (EDXRD) as an situ-Method for the Investigation of Thin Film Nucleation and Growth during Magnetron Sputtering*: 14 th Int. Symposium of Plasma Chemistry, Prague, Aug. 99

R. Wolf, K. Wandel: *Plasma Chemical Vapor Deposition of SiN_x - Films in Si H₄ - N₂ - He Discharges by RF and VHF Frequencies*, 14 th Int. Symposium of Plasma Chemistry, Prague, Aug. 99

Teilnahme an wissenschaftlichen Veranstaltungen und Messen:

- H. Dittmann, W. Eibner, W. Rehak: *Forschung für den Mittelstand*
5. Innovationstag der AiF - Berlin
AiF, Juni 98, Berlin
- H. Dittmann: *Forschungstransfer in KMU*
Wirtschaft und AGENDA 21 - Strategische Ansätze für Unternehmen im IPW
Berlin, Juni 98, Berlin
- H. Dittmann: *Innovationsnetzwerk „Intelligente Meßsysteme“*
Status-Seminar TSB Berlin, Juli 98, Berlin
- H. Dittmann: *Umwelttage der mittelständischen Wirtschaft*
Umwelt Stiftung Berlin, Okt. 98, Berlin
- H. Dittmann, W. Rehak: *5. Rahmenprogramm der EU im Bereich Forschung, Entwicklung und Demonstration*
BAO Berlin, Dez. 98, Berlin
- H. Dittmann: *6. Innovationstag der AiF*, AiF Berlin, Juni 99, Berlin
- H. Dittmann, W. Eibner: *Mittelstand in Europa - Strategien für 2000 plus*,
Forum und Workshop, ERIC Berlin, Juni 99, Berlin
- R. Wolf, R. Mientus, G. Kaden: *Innovative Dünnschichttechnologien*
Informationstag der Industrie, Hahn-Meitner-Institut, Juni 99, Berlin
- H. Dittmann, W. Eibner, R. Wolf, R. Mientus, A. Klampfl, G. Kaden, W. Kirstein, B. Schubert, A. Mahlkow: *Die Wirtschaftsregion Südost-Raum für Allianzen*, 3. Wirtschaftstage Treptow/Köpenick, IPW Berlin, Sept. 99, Berlin
- H. Dittmann: *PROINNO-Programm zur Förderung von FuE-Projekten von KMU*,
Technologieforum Adlershof, Sept. 99, Berlin

- H. Dittmann: *Kongress: Innovationsfähigkeit und Marktwirksamkeit FuE betreibender kleiner und mittlerer Unternehmen*, Verband Innovativer Unternehmen, Sept. 99, WISTA Berlin

5. Mittel des OUT e.V.

5.1 Einnahmen

Der OUT e.V. finanziert sich im wesentlichen aus Fördermitteln, Einnahmen aus dem wirtschaftlichen Geschäftsbetrieb (Beratungs- und Dienstleistungen) sowie dem Zweckbetrieb (Auftragsforschung), aus Mitgliedsbeiträgen und aus Spenden.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die jährlichen Einnahmen (in DM) des OUT e.V. für den Zeitraum von 1997 – 2000:

Einnahmen des OUT e.V. (in DM)				
	1997	1998	1999	2000 *)
Fördermittel	1.032.600	847.100	1.181.500	1.435.000
Umsatzerlöse	232.600	452.100	483.100	545.000
Sonstige **)	74.000	60.250	40.100	70.000
Gesamt	1.339.200	1.359.450	1.704.700	2.050.000

*) geplant

**) einschließlich Beiträgen und Spenden

5.2 Geräteausrüstung

Der OUT e.V. verfügt über eine Geräteausrüstung - darunter umfangreiche spezielle Meßtechnik - mit einem Gesamtzeitwert von ca. 0,5 Mio. DM (per 31.12.1999); u.a. stehen folgende Geräte (Anschaffungswert > 10.000 DM) zur Verfügung:

Gerätebezeichnung	Hersteller	Anschaffungswert (in DM)
Cary Spektralphotometer	Varian GmbH Darmstadt	95.999,70
UNI-Prüfmaschine Shimadzu	Shimadzu Europa GmbH Duisburg	170.000,00
HPLC/GPC-Meßplatz	Knauer Wiss. Gerätebau Berlin	73.041,04
Optisch-mechanischer Aufbau	div.	149.165,78
Tencor Alpha-Step 200	TENCOR Instruments GmbH München	79.971,00
Optischer Spektrumsanalysator Spectro 320	Instrument Systems GmbH München	86.146,50
Automatischer Vielfachsondentaster AVT 110	Vagatherm Anlagentechnik GmbH	31.521,50

Kennlinienmeßplatz	FEST Elektronik GmbH	42.280,90
HF-Generator LPGL	SenVac GmbH	39.169,00
Picoamperemeter	AET GmbH / Hewlett Packard GmbH	34.797,55
Präzisions-Lock in-Verstärker	EG&G GmbH	10.580,00
Digitales Kapazitätsmeßgerät	Analog Digital Elektronik GmbH	14.377,30
Steuereinheit	MKS Instr. GmbH	15.157,00
Absolutdruckaufnehmer	MKS Instr. GmbH	11.316,00
Plasmadiagnosesystem Hercules	Adolf-Slaby-Institut Berlin	56.925,00
Monochromatisches Beleuchtungssystem	AET GmbH	22.425,00
Quasistatisches VC-Meter	Keithley Instr. GmbH	23.450,73
Breitband-HF-Generator	Dressler HF Technik GmbH	13.565,92

Durch diese Investitionen wurde eine moderne Gerätebasis geschaffen, die eine solide Grundausstattung für die Bearbeitung zukünftiger Projekte und Forschungsaufträge sowie für die Realisierung von Dienstleistungen darstellt.

6. OUT e.V. auf einen Blick

	1997	1998	1999	2000 (*)
Einnahmen (in DM)	1.339.200	1.359.450	1.704.700	2.050.000
Projekte gesamt	8	9	10	11
Projekte beendet	5	3	6	4
Projekte begonnen	4	6	4	7
Großforschungsaufträge(**)	---	2	5	4
Natürliche Mitglieder	15	16	17	18
Institutionelle Mitglieder	4	6	10	12
Max. Zahl Dienstverträge	23	20	22	25

(*) geplant

(**) Auftragsvolumen > 50.000 DM

7. Ausblick

Auch zukünftig wird sich die Forschungstätigkeit im OUT e.V. traditionell und anwendungsorientiert auf Schwerpunkte in der Mikro-Optoelektronik und des Umweltschutzes konzentrieren. Dabei werden als Grundlage mittel- und langfristiger Stabilität anspruchsvolle Projektideen mit attraktiven wissenschaftlichen und technologischen Aufgabenstellungen bearbeitet werden, die sowohl hinsichtlich der Projektdurchführung als auch der Überführung der erzielten Ergebnisse langfristig wirken; ein Schwerpunkt wird dabei die Forschungstätigkeit im Rahmen von Netzwerken, Verbund- und Kooperationsprojekten sein. Dadurch wird der OUT e.V. seine Profilierung zu einer überwiegend in den neuen Bundesländern agierenden, anerkannten externen Industrieforschungseinrichtung fortsetzen; die Rahmenbedingungen am attraktiven Standort des OUT e.V. im Innovationspark Wuhlheide mit ca. 140 kleinen und mittelständischen Unternehmen bieten dafür hervorragende Möglichkeiten.

Zur Gewährleistung einer hohen Anwendbarkeit und breiten Nutzung der Resultate wird zukünftig die Konzipierung von Forschungsprojekten in verstärktem Maße auf der Basis kontinuierlicher Marktanalysen erfolgen. Eine intensive Öffentlichkeitsarbeit wird ebenfalls dazu beitragen, die erzielten Ergebnisse umfassend zu nutzen.

Die Durchführung von Forschungsaufträgen – vorrangig für KMU – bleibt als Mittel eines erfolgreichen direkten Technologietransfers von Forschungsergebnissen einerseits und andererseits als Maßnahme zur Erwirtschaft von Eigenmitteln zur Kofinanzierung von Förderprojekten zentraler Bestandteil der Tätigkeit des OUT e.V..

Schließlich wird der OUT e.V. seine Dienstleistungen entsprechend seinem Satzungszweck erweitern; so werden künftig sowohl ein effektives Projektmanagement als auch eine effiziente Mittelbewirtschaftung für die institutionellen Mitglieder des OUT e.V. und darüber hinaus angeboten.

Insbesondere wird der OUT e.V. seine Tätigkeit als bundesweit agierender externer Berater für KMU bei der Konzipierung, Beantragung, Durchführung und Abrechnung von Forschungsprojekten im Rahmen der Forschungs- und Technologiestelle des OUT e.V. kontinuierlich fortsetzen und ausbauen.

1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
									Hochleistungs-LED	
									Kalibrierverf.	
									Passivierung	
Überblick über alle Forschungsprojekte im OUT e.V.										
									Reg. A-Kohle	
									DXF-komp. Raummodelle	
									NCTS-Sensoren	
									El-chem. Reakt.	
									Recycling	
									Chip-Technologie	
									SiN _x -Schichten	
									PECVD-SiN _x	
									Meßtechnik-Komplex	
									Polymeres Photomat.	
									Besch.-Plasmen	
									HL-Oberfl.	
									Resist	
									Sensor	
									Mem.	
									Laborstr.	
									Lichtsystem	
									Korrosion	
									Oberfl.-Rekb.	
									III/V-HL-Prozeßopt.	
									Oberflächenmikroanalyse	
									Entsorg. LPE	
									Epitaxie f. grünes Licht	
									Holographie	
									LCD-Modul	
									P. Bindemittl.	
									Beizbäder	
									Ohm-Kontakt	
									Fotovoltaik	
									HL-Peltierel.	
									Kontaktscht.	
									Abwasseraufbereitung	
									Alternat. Energiesysteme	
									LPE	
									Studie: Opto-Chips u. Solarzellen	
										Landesprojekte
										BMW - Projekte
										BMBF/AiF-Projekte
										ABM - Projekte
										LKZ - Projekte

	Plasmatechn. u. Mikrostr.																	
	DLZ für Dünnschichtlabor																	
	Schmier- u. Betriebsstoffe																	

Impressum

Herausgeber:

Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie e.V.
Köpenicker Str. 325b
12555 Berlin

Zusammenstellung, Redaktion und Layout:

Dr. Henning Dittmann
Tel.: (030) 65 76-26 71
Fax: (030) 65 76 26 72
e-Mail: out-ev@gmx.de

Auflage:

150 Exemplare

Redaktionsschluß:

31. Januar 2000