



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik

JAHRESBERICHT 2009



Institut für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik



J A H R E S B E R I C H T 2009

ANNUAL REPORT 2009

**Institut für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik
der Technischen Universität Dresden**

**Semiconductor and Microsystems Technology Laboratory
Dresden University of Technology**

Anschrift/Address:

**Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
Institut für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik
01062 Dresden**

Telefon: (0351) 463 - 35468

Fax: (0351) 463 - 37172

johann.bartha@tu-dresden.de

Dienstgebäude/Office: 01187 Dresden
Nöthnitzer Str. 64
MIERDEL-Bau

Vorwort



Sehr geehrte Leser unseres Jahresberichtes 2009,

welche technologischen Herausforderungen am Institut für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik im vergangenen Jahr in Angriff genommen wurden und welche davon gelöst werden konnten, das läßt sich auf den folgenden Seiten in Erfahrung bringen. Wir möchten Sie informieren über unsere gerätetechnische Ausstattung, das Repertoire an Prozessen und Materialien, mit denen gearbeitet wird, vor allem aber über die fachliche Breite und Kompetenz der Mitarbeiter des Hauses.

Im Zusammenhang hiermit freue ich mich sehr, mitteilen zu können, daß das IHM um zwei weitere Professuren gewachsen ist. Herr Prof. Thomas Mikolajick wurde zum 1.10.2009 mit der Widmung „Nanoelektronische Materialien“ an die TU Dresden berufen. Er leitet die NaMLab gGmbH und bereichert in seiner Funktion als Hochschullehrer das Arbeitsspektrum des IHM.

Auch wenn ich damit den Berichtszeitraum 2010 vorwegnehme, möchte ich schon jetzt auf diesem Wege meine Freude zum Ausdruck bringen, daß Herr Prof. Andreas Richter seit dem 1.3.2010 ebenfalls zum IHM gehört. Mit der Widmung „Polymere Mikrosysteme“ erweitert er das Arbeitsfeld unseres Institutes mit einer neuen Materialklasse.

Das IHM stellt sich damit als Zusammenschluß von 5 Professuren mit komplementären Arbeitsfeldern dar. Dabei wird eine beeindruckende Breite von Arbeitsbereichen abgedeckt, die von den Grundlagen bis zu den Anwendungen reicht.

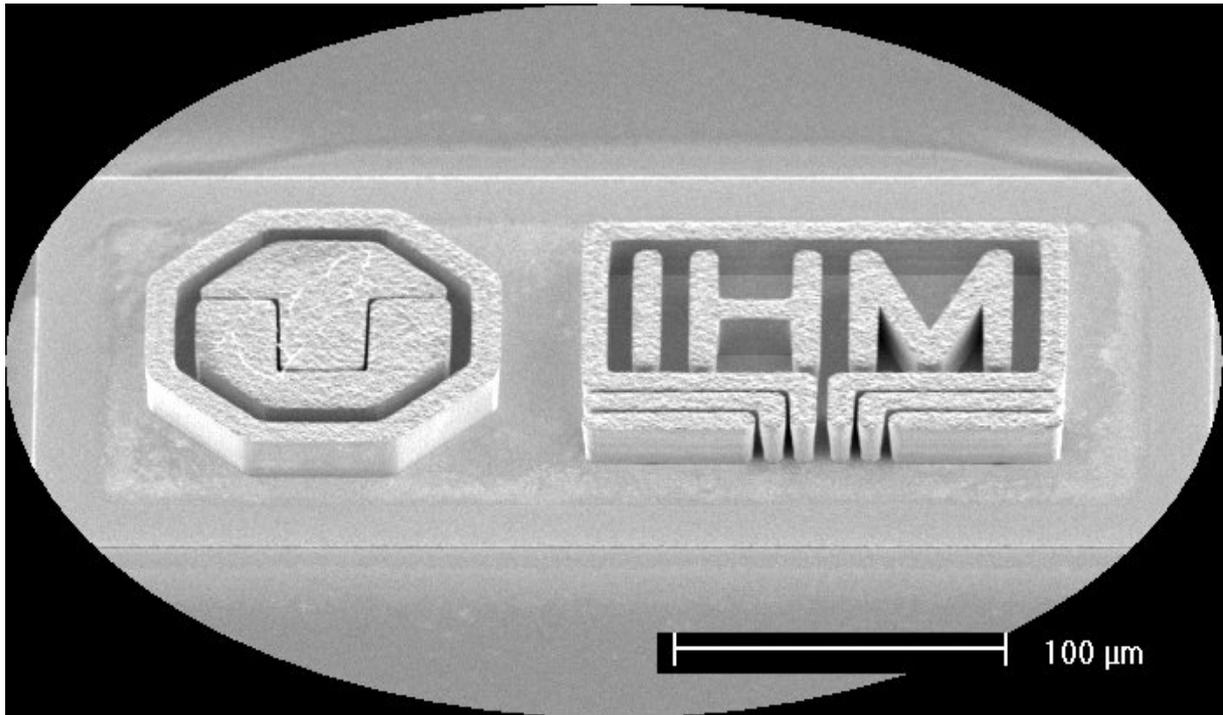
Ich würde mich freuen, wenn unser Jahresbericht Anlaß gibt, auf uns zuzukommen, um Problemstellungen oder Ideen zu beraten, die gemeinsam bearbeitet und verwirklicht werden können.

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen und Anregungen mit unserem Jahresbericht 2009.

A handwritten signature in black ink that reads "J. W. Bartha". The signature is written in a cursive style with a long horizontal line extending to the right.

Prof. Dr. rer. nat. Johann W. Bartha
Institutsdirektor

INSTITUT FÜR HALBLEITER- UND MIKROSYSTEMTECHNIK



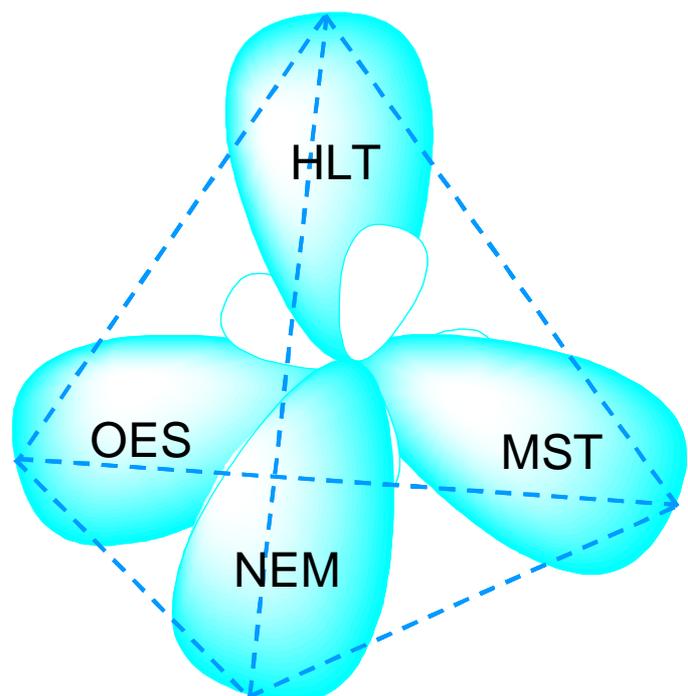
Professuren:

Halbleitertechnik (HLT)

Mikrosystemtechnik (MST)

**Nanoelektronische Materialien
(NEM)**

**Optoelektronische Bauelemente
und Systeme (OES)**



INHALTSVERZEICHNIS / CONTENTS

Seite/Page

1. Institutsstruktur / Organization	5
1.1 Institutsleitung / Laboratory Management	5
1.2 Professur Halbleitertechnik / Chair for Semiconductor Technology	5
1.3 Professur Mikrosystemtechnik / Chair for Microsystems Technology	6
1.4 Professur Optoelektronische Bauelemente und Systeme" / Chair for Optoelectronic Components and Systems	7
1.5 Professur Nanoelektrische Materialien / Chair for Nanoelectroc Materials	7
2. Forschungsgebiete, Kompetenzen und Laboratorien / Research Areas, Competences and Laboratories	8
2.1 an der Professur Halbleitertechnik	8
2.2 an der Professur Mikrosystemtechnik	27
2.3 an der Professur Optoelektronische Bauelemente und Systeme	38
2.4 an der Professur Nanoelektrische Materialien	41
2.5 Reinraumgebäude am MIERDEL-Bau	46
2.6 Gemeinsame Forschungsaktivitäten von TU Dresden (IHM) und NaMLab gGmbH	48
3. Lehre / Education	49
3.1 Ausbildung am IHM / Microelectronic Studies	49
3.2 Lehrveranstaltungen / Lectures	50
3.3 Schüler-, Studien- und Diplomarbeiten 2009 / Scholar Project Reports, Students Project Reports and Diploma Theses 2009	51
3.4 Dissertationen / Doctoral Thesis (PhD) 2009	53
3.5 Weiterbildungen	54
4. Gegenwärtige Forschungsprojekte / Current Research Projects	55
4.1 an der Professur Halbleitertechnik	55
4.2 an der Professur Mikrosystemtechnik	78
4.3 an der Professur Optoelektronische Bauelemente und Systeme	95
5. Publikationen / Publications	103
5.1. Zeitschriftenartikel, Tagungsbeiträge und Vorträge / Journals, Proceedings, Oral Presentations	103
5.2 Patente / Patents	106
6. Mitarbeit in Gremien / Cooperation in Committees	107

1. Institutsstruktur / Organization

1.1. Institutsleitung / Laboratory Management

Fax. (0351) 463-37172

Geschäftsführender Leiter/Institutsdirektor / Head of the Laboratory

Prof. Dr.rer.nat. Johann Wolfgang Bartha

Tel. 463-35468

Professuren / Chairs

Johann Wolfgang Bartha

Prof. Dr.rer.nat.

Tel. 463-35292

Halbleitertechnik / Semiconductor Technology

Fax. 463-37172

Wolf-Joachim Fischer

Prof. Dr.-Ing.habil.

Tel. 463-37504

Mikrosystemtechnik / Microsystems Technology

Fax. 463-37021

Hubert Lakner

Prof. Dr.-Ing.

Tel. 463-39733

Optoelektronische Bauelemente und Systeme /

Optoelectronic Devices and Systems

Fax. 463-39734

Instituts-Oberassistent / Laboratory Senior Assistant

Christian Wenzel

Dr.rer.nat.

Tel. 463-36413

Sekretariat / Secretary

Regine Pfennig

Tel. 463-35468

1.2 Professur Halbleitertechnik / Chair for Semiconductor Technology

Durchwahl:

Leiter / Head:

Johann Wolfgang Bartha

Prof. Dr.rer.nat.

35292

Sekretariat / Secretary:

Regine Pfennig

35468

Emeritus:

Kurt Drescher

Prof.Dr.-Ing.habil. i.R.

35161

Wissenschaftliche Mitarbeiter / Scientific Staff:

Albert, Matthias

Dr.-Ing.

36412

Klaus, Christoph

Dr.-Ing.

36418

Künzelmann, Ulrich

Dr.rer.nat.

36409

Neumann, Volker

Dr.rer.nat.

35161

Wenzel, Christian

Dr.rer.nat.

36413

Technische Mitarbeiter / Technical Staff:

Bendlin, Marion

36425

Hiemann, Egbert

Dipl.-Ing. (FH)

36432

Hiess, André

Dipl.-Ing. (FH)

36407

Forschungsmitarbeiter (Drittmittelfinanzierung) / Research Staff:

Adolphi, Joachim

Dr.rer.nat.

32448

Estel, Kathrin

Dipl.-Chem.

33092

Geidel, Marion (ab 10/09)

Dipl.-Ing.

36335

He, Jian

Dipl.-Ing.

36432

Henke, Thomas (ab 11/09)

Dipl.-Ing.

36418

Hiemann, Heidrun

36407

Hoffmeister-Wiegel, Mario

33817

Hoßbach, Christoph

Dipl.-Ing.

36456

Jahn, Andreas	Dipl.-Phys.	36425
Kellner, Eckehard		32074
Knaut, Martin	Dipl.-Ing.	33817
Kubasch, Christoph	Dipl.-Ing.	32448
Leszczynska, Barbara (ab 10/09)	Dipl.-Ing.	33151
Luther, Rainer	Dipl.-Ing.	35222
Merkel, Ulrich	Dipl.-Phys.	36411
Nobis, Christian	Dipl.-Ing.	36411
Richter, Karola	Dr.-Ing.	36424
Ritter, Zulfija		36432
Rößler, Thorsten (bis 08/09)	Dipl.-Phys.	33151
Schmidt, Daniela (bis 09/09)	Dipl.-Ing.	36418
Schumacher, Henrik	Dipl.-Ing.	32448
Strehle, Steffen (bis 09/09)	Dr.-Ing.	42258
Strobel, Carsten	Dipl.-Ing.	33151
Trumpaicka, Nadezda		33092
Viehweger, Kay	Dipl.-Ing.	36407
Völkel, Sandra (ab 11/09)		36418
Waurenschk, Sylvia	Dipl.-Chem.	33092
Wojcik, Henry	Dipl.-Ing.	36335
Zimmermann, Thomas (bis 09/09)	Dipl.-Ing.	33817

1.3 Professur Mikrosystemtechnik / Chair for Microsystems Technology

Durchwahl:

Leiter / Head:

Fischer, Wolf-Joachim	Prof. Dr.-Ing.habil.	37504
-----------------------	----------------------	-------

Sekretariat / Secretary:

Kunz, Kerstin		36336
---------------	--	-------

Wissenschaftliche Mitarbeiter / Scientific Staff:

Adolphi, Barbara	Dr.rer.nat.	36337
Marschner, Uwe	Dr.-Ing.	35399
Pfeifer, Günther	apl.Prof. Dr.-Ing.habil.	32205
Plötner, Matthias	Dr.-Ing.	36433
Stab, Helmut	Dr.rer.nat.	34939

Technische Mitarbeiterin / Technical Staff:

Chares, Adelheid	Dipl.-Ing.(FH)	34375
------------------	----------------	-------

Forschungsmitarbeiter (Drittmittelfinanzierung) / Research Staff:

Berger, Olena	Dr.rer.nat.	36414
Bertram, Marion	Dr.rer.nat.	36450
Kirchner, Robert	Dipl.-Ing.	32653
Kunadt, Andreas	Dipl.-Ing.	34694
Landgraf, René	Dipl.-Ing.	32653
Li, Fei	Dipl.-Ing.	36450
Renner, Axel	Dipl.-Ing.	34375
Sauer, Sebastian	Dipl.-Ing.	34939
Schlenker, Lars	Dipl.-Ing.	34501
Starke, Eric	Dr.-Ing.	32253
Ulbricht, Bernd	Dipl.-Ing. (FH)	36406

Arbeitsgruppe Dr. Richter (Heisenberg-Stipendium)

Richter, Andreas	Dr.-Ing.	32025
------------------	----------	-------

Allerdißen, Merle	Dipl.-Ing.	39897
Greiner, Rinaldo	Dipl.-Ing.	39054
Klatt, Stephan	Dipl.-Ing.	39054
Luther, René	Dipl.-Chem.	35475
Paschew, Georgi	Dipl.-Ing.	39054

1.4 Professur Optoelektronische Bauelemente und Systeme / Chair for Optoelectronic Components and Systems

Leiter / Head:		Durchwahl /
		E-Mail-Adr.:
Lakner, Hubert	Prof. Dr.-Ing.	39733
Wissenschaftliche Mitarbeiter / Scientific Staff:		
Knoblauch, Hans-Jürgen	Dipl.-Ing. (FH)	39735
Köpp, Eva-Maria	Dipl.-Ing.	39732
Technische Mitarbeiterin / Technical Staff:		
Neugebauer, Margit	Dipl.-Ing.	35121
Forschungsmitarbeiter (Drittmittelfinanzierung) / Research Staff:		
Bechtel, Christin	M. Phys.	Christin.Bechtel@ipms.fraunhofer.de
Conrad, Holger	M. Sc.	Holger.Conrad@ipms.fraunhofer.de
Duzynski, Michal	Dipl.-Ing.	Michal.Duzynski@ipms.fraunhofer.de
Finn, Andreas	Dipl.-Ing.	Andreas.Finn@ipms.fraunhofer.de
Jung, Denis	Dipl.-Ing.	Denis.Jung@ipms.fraunhofer.de
Schmidt, Christian	Dipl.-Ing.	Christian.Schmidt@ipms.fraunhofer.de

1.5 Professur Nanoelektronische Materialien / Chair for Nanoelectronic Materials

Leiter /Head		Durchwahl
Mikolajick, Thomas	Prof. Dr.-Ing	0351-2124990-10

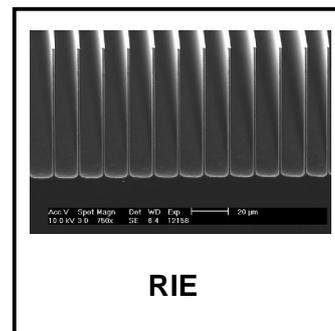
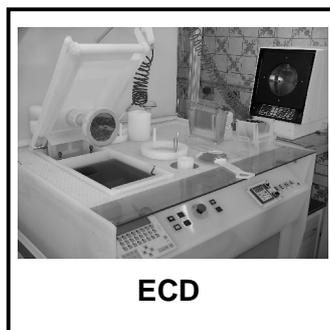
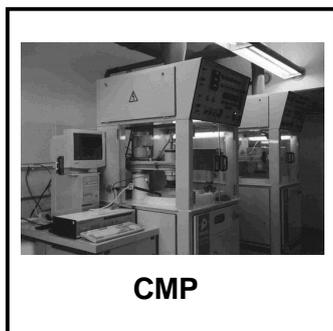
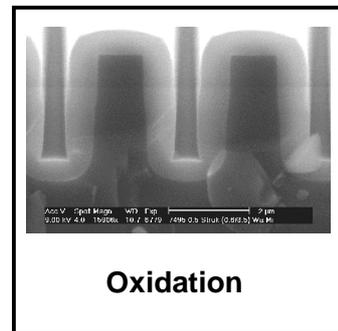
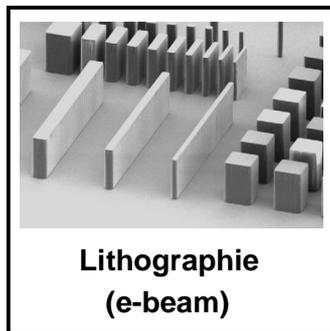
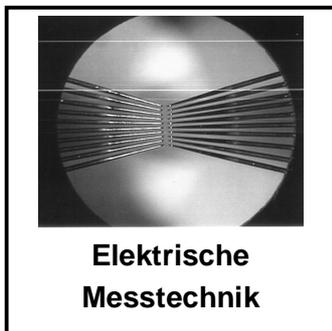
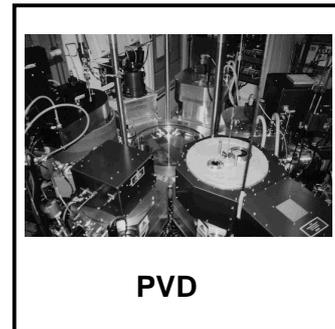
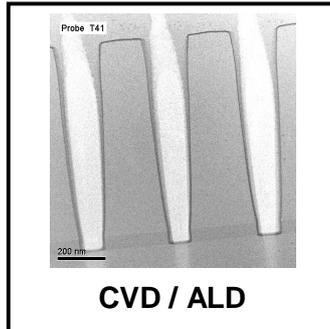
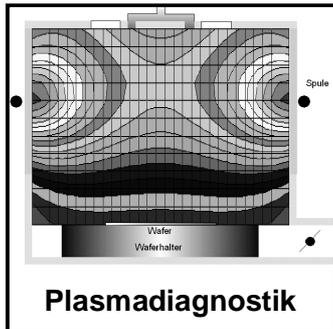
Der Lehrstuhl für Nanoelektronische Materialien befindet sich im Aufbau, so dass bisher alle Forschungstätigkeiten am NaMLab stattfinden und alle Mitarbeiter über die NaMLab gGmbH zu erreichen sind:

NaMLab gGmbH Zentrale	0351-2124990-00
-----------------------	-----------------

2. Forschungsgebiete, Laboratorien und Kompetenzen / Research Areas, Laboratories and Competences

2.1 Forschungsgebiete, Laboratorien und Kompetenzen an der Professur Halbleitertechnik

Übersicht



Forschungskompetenz

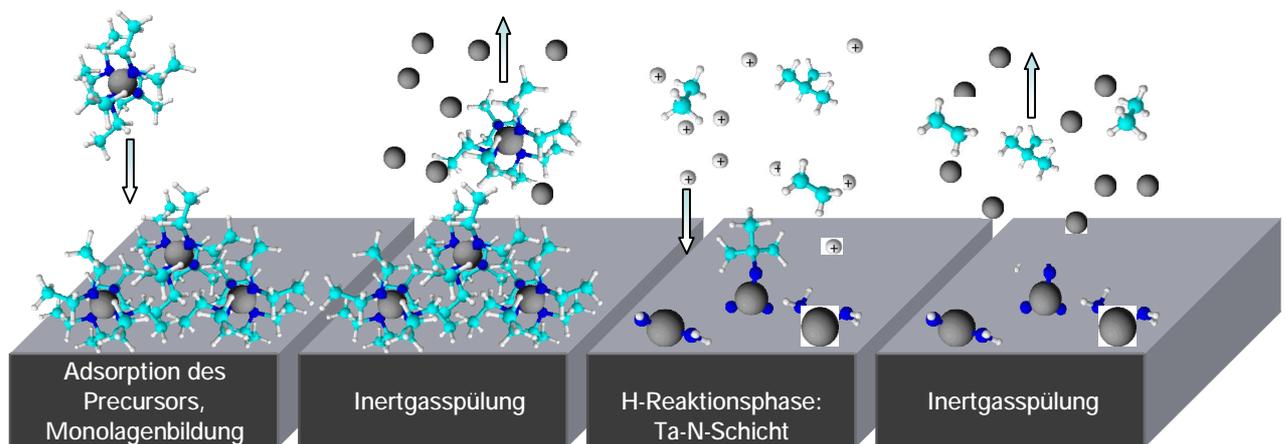
Atomic Layer Deposition (ALD) und Chemical Vapor Deposition (CVD)

Aufgabenbereich ALD: Herstellung von metallischen Diffusionsbarrieren und Elektrodensystemen auf u.a. Tantal-, Ruthenium-, Iridium- und Titan-Basis für Graben- und Via - Strukturen mit hohem Aspektverhältnis

Herstellung von Hafnium-, Zirkonium-, Aluminium- und Titanoxid-Basis für Isolatoren und optische Anwendungen

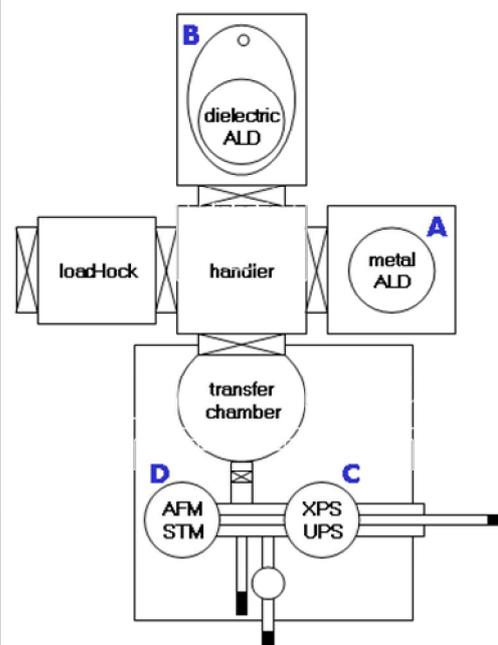
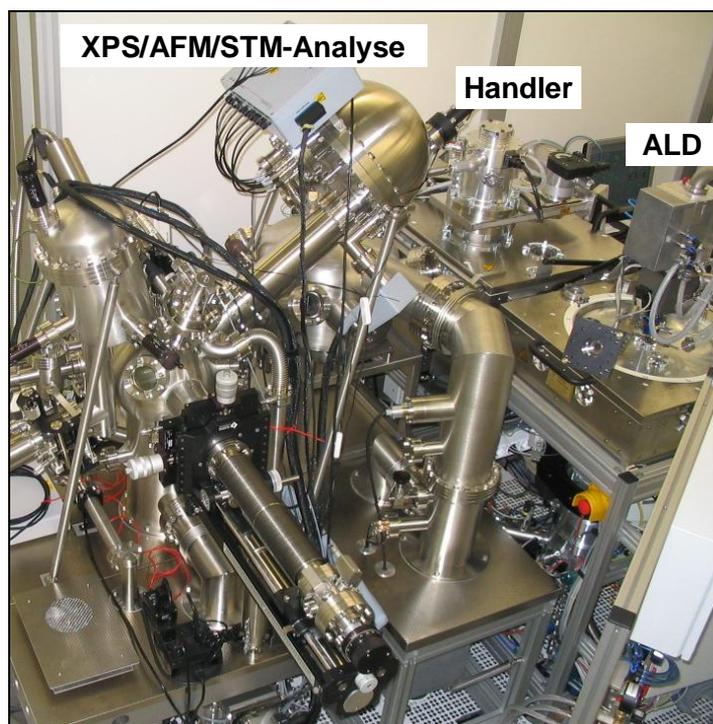
Aufgabenbereich CVD: Herstellung von SiO-, SiN- und SiON bzw. TEOS-Schichten zur elektrischen Isolation, als Hilfsschichten und für funktionale Aufgaben, wie Membranen

Schematischer Ablauf eines ALD-Prozesszyklus:



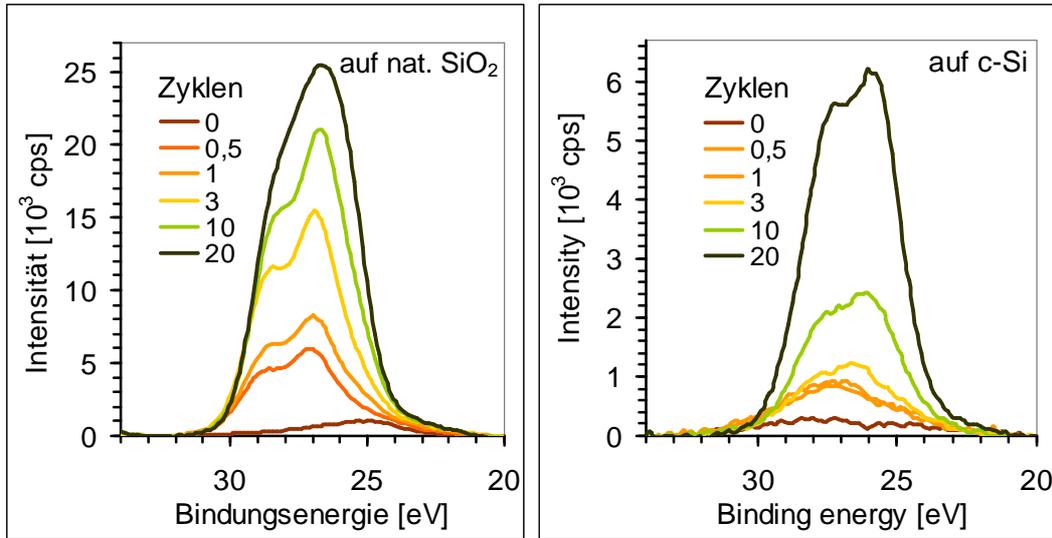
Versuchsanlage

- FHR300 – ALD-Cluster-Anlage mit in-situ-XPS/AFM/STM-Analysesystem



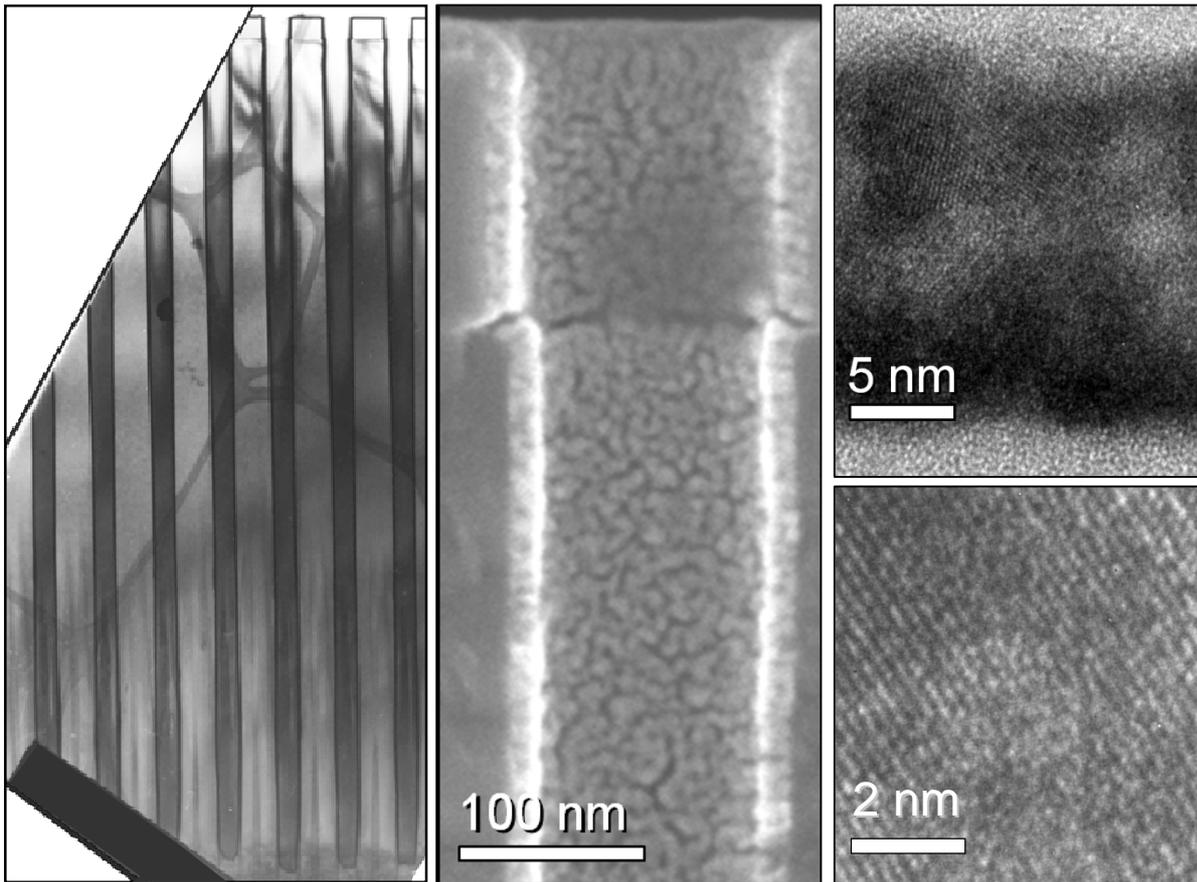
Ausgewählte Ergebnisse

- In-Situ-Analytik mit XPS



Entwicklung des Ta4f-Peaks in den ersten 20 Zyklen der Ta-N ALD auf nat. SiO₂ (links) und auf mit HF-Dip gereinigtem c-Si (rechts) – Die Wirkung einzelner Precursorpulse und der Einfluss des Substrates auf das Wachstum wird sichtbar

- Ta-N-Elektrode in Trench-Strukturen mit Aspektverhältnissen von ca. 25



ALD Ta-N nach Abscheidung
(amorph, 7 g/cm³, 10 Ω-cm)

ALD Ta-N nach in-situ-Temperung
(nanokristallin, 13 g/cm³, 200-300 μΩ-cm)

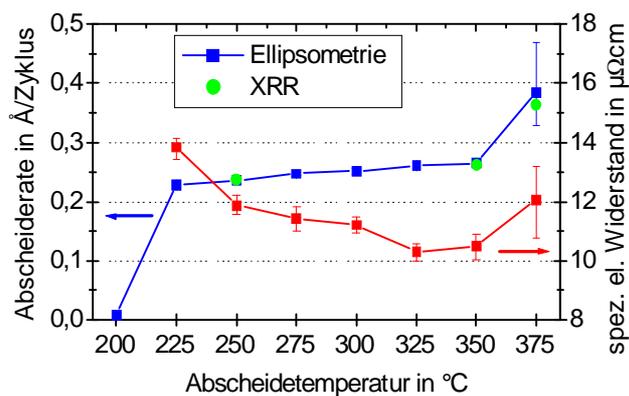
Versuchsanlage:

- BENEQ TFS 500 – Einzelscheiben- und Batch-ALD-Anlage

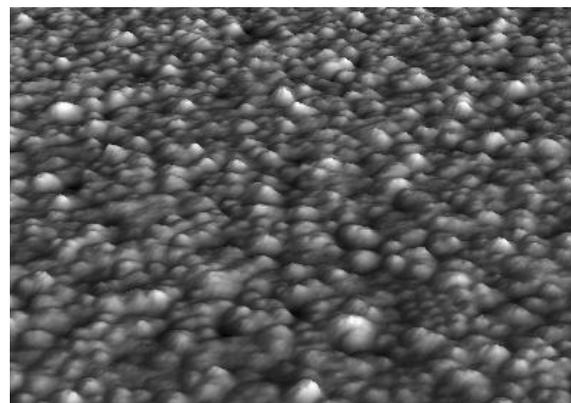


Ausgewählte Ergebnisse:

- ALD von Iridium-Elektroden



ALD-Fenster eines Iridium- Prozesses mit den Precursoren Ir(EtCp)(COD) und Sauerstoff



≈ 10nm dicke ALD Iridium-Schichten mit RMS-Rauheit von ≈ 0,4 nm (AFM)

Forschungskompetenz

Reaktives Ionenätzen (RIE)

Das reaktive Ionenätzen wird am IHM zur Strukturierung von Silizium, organischen und anorganischen Dielektrika, metallischen Barrierematerialien auf Ti- oder Ta-Basis und zum Ätzen von Polymeren für mikroelektronische Anwendungen genutzt.

Anlage:

RIE-Diodenreaktor als Bestandteil einer Mehrkammerbearbeitungsanlage (Cluster Tool) der Firma Surface Technology Systems (STS) Inc., GB

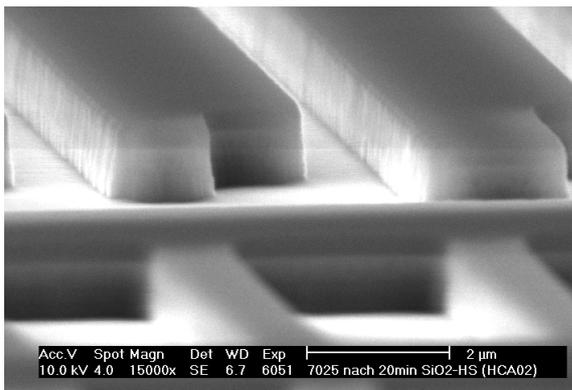
Wesentliche Bestandteile:

- Reaktorkammer aus Aluminium
- Vakuumpumpensystem, bestehend aus Drehschieber- und Turbomolekularpumpe
- Gassteuersystem
- 2 HF-Generatoren, da sowohl im RIE- als auch im PCE-Modus gearbeitet werden kann, Maximalleistung $P_{\max} = 1 \text{ kW}$ bzw. 300 W, Frequenz $f = 13,56 \text{ MHz}$

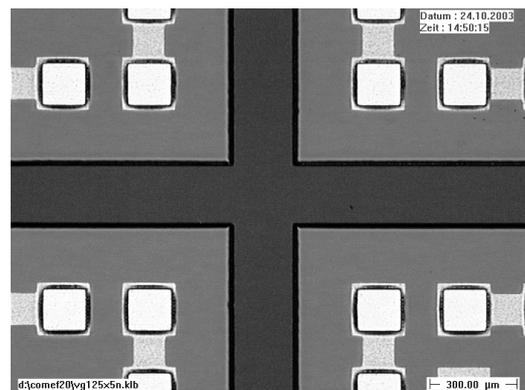
Als Prozessgase stehen N_2 , Ar, O_2 , CF_4 , CHF_3 und NF_3 zur Verfügung.

Anwendungen:

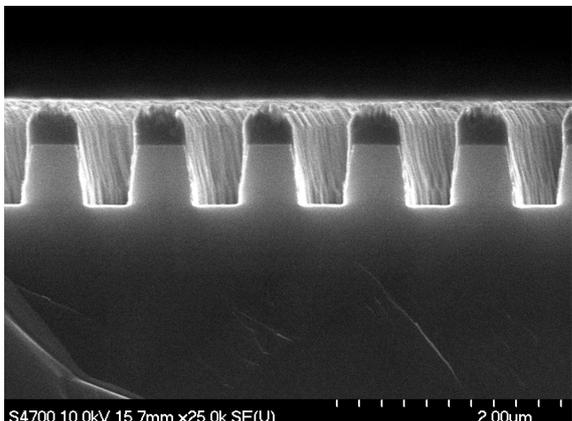
- Strukturierung von Schichtstapeln aus dielektrischen Schichten (SiN-SiO-SiN) zur Öffnung von Kontaktfenstern
- Strukturierung von thermischem SiO_2 zur Erzeugung von Damascene-Strukturen
- Strukturierung oder Rückätzung von Ta- oder Ti-basierten Barrierschichten
- Strukturierung von polymeren Dielektrika wie BCB oder Silk
- Oberflächenbehandlung mit verschiedenen Plasmen zur Veränderung/Verbesserung von Oberflächeneigenschaften (Reinigung, Resiststrippen, Veränderung des Benetzungsverhaltens, Erhöhung der Haftfestigkeit folgender Schichten, ...)
- Erzeugung von Submikrometer-Strukturen in Silizium



Strukturiertes SiO_2 für damascenische-Strukturen



Geöffnete Kontaktfenster



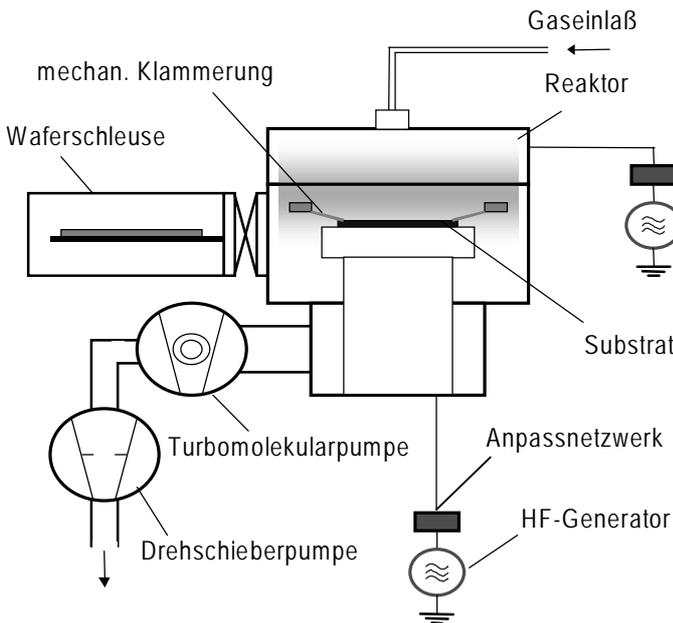
Submikrometerstrukturen in Silizium

Forschungskompetenz

Anisotropic Silicon Etch (ASE) – Reaktives Siliziumätzen

Am IHM wird die Silizium-Tiefenstrukturierung unter Anwendung des von der Firma Surface Technology Systems Inc. (STS), eingeführten sogenannten Advanced Silicon Etch-Prozesses auf der Basis eines patentierten Verfahrens der Firma Bosch durchgeführt. Hauptanwendungsgebiet ist die Strukturierung von Siliziumsubstraten für Bauelemente der Mikrosystemtechnik.

Anlage: Advanced Silicon Etch System (Fa. Surface Technology Systems Inc. (STS), GB)



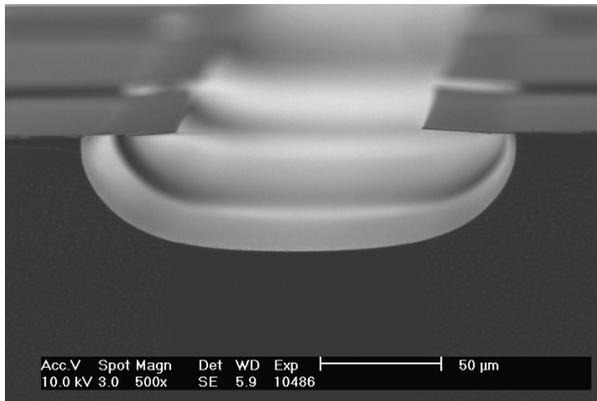
- hochdichte ICP-Plasmaquelle (13,56 MHz, 1 kW)
- Biasfähige Substratelektrode (13,56 MHz, 300 W)
- Prozessgase: SF₆, C₄F₈, CF₄, O₂, N₂, Ar
- Heliumrückseitenkühlung

Schematische Darstellung der ASE-Anlage

Ätzprozesse

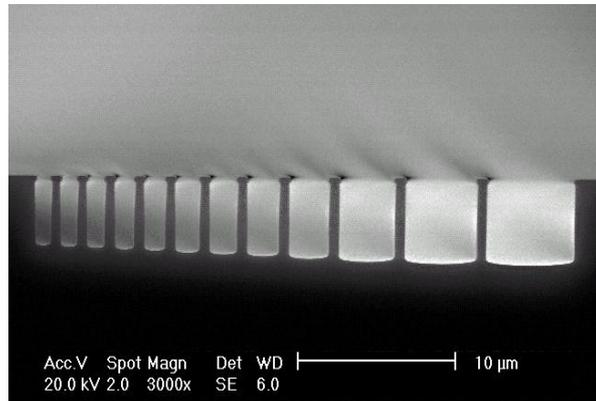
Die folgenden Übersicht zeigt die an der ASE-Anlage durchführbaren Siliziumätzprozesse und die zu erwartenden typischen Ätzergebnisse.

Isotroper Si-Ätzprozess



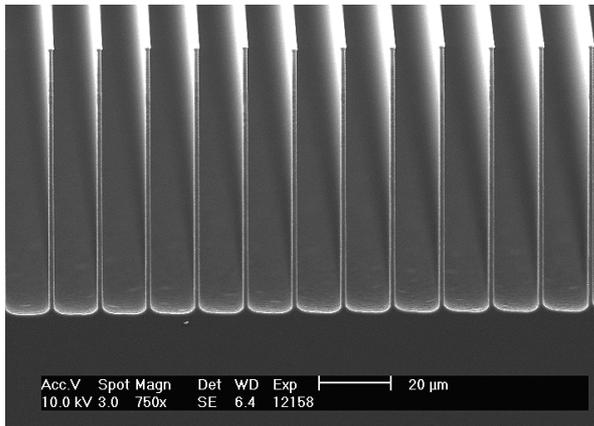
- große Maskenunterätzung
- beliebige Ätztiefen möglich

Anisotroper kontinuierlicher Ätzprozess



- sehr geringe Rauigkeiten
- Ätztiefen bis 20 µm möglich

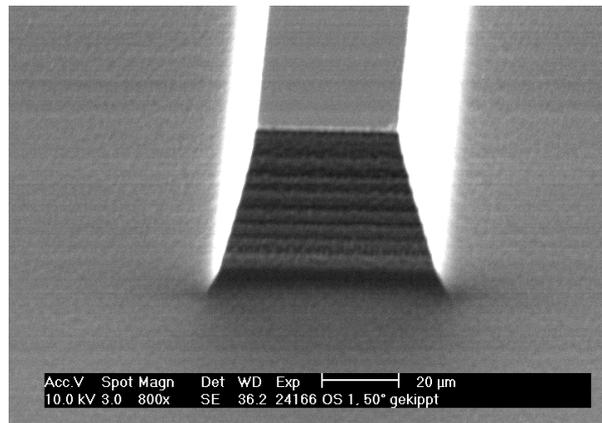
Anisotrope zyklische Ätzprozesse (Bosch-Verfahren)



Alternierende Passivierungs- und Ätzintervalle

- senkrechte Seitenwände
- sehr gute Strukturübertragungsgenauigkeit
- prinzipiell beliebige Äztiefen möglich

Strukturerzeugung mit positivem Ätzprofil (Positive Profile Etching Process)

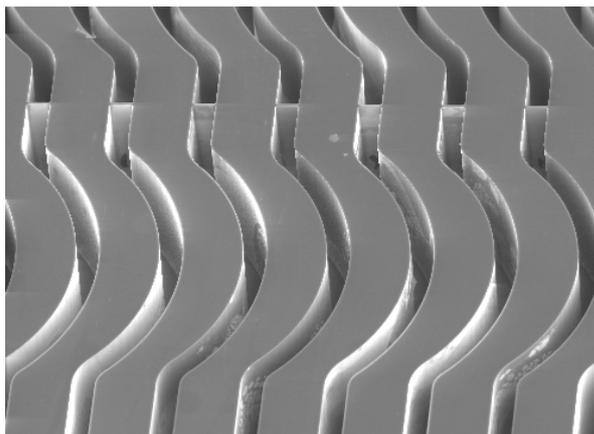


Alternierende Prozessschritte

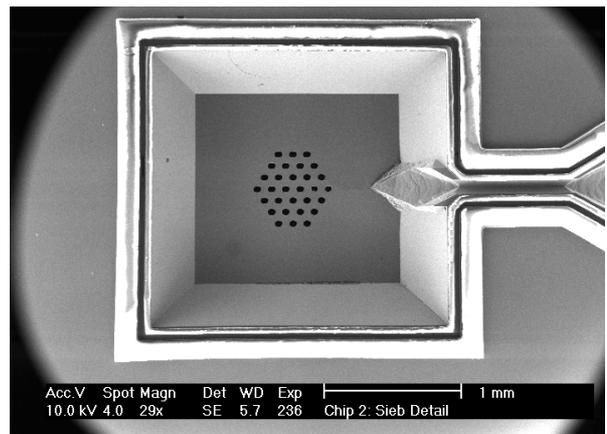
- Definiert einstellbarer Böschungswinkel
- Äztiefen von mehreren 100 µm möglich

Forschungsdienstleistungen (Beispiele)

Siliziumtiefenstrukturierung für mikrofluidische Bauelemente

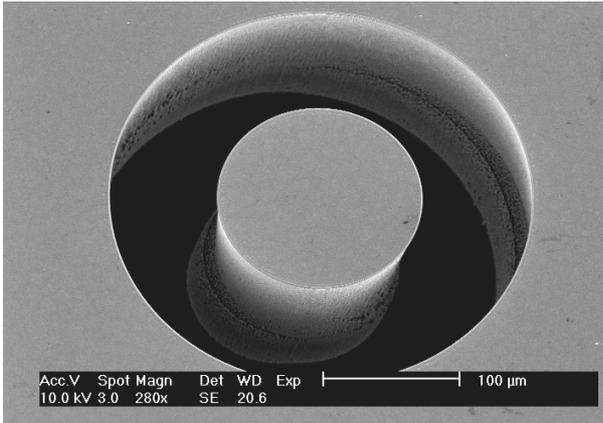
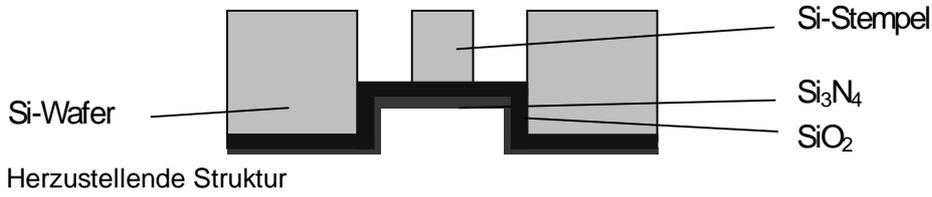


Kanalstruktur

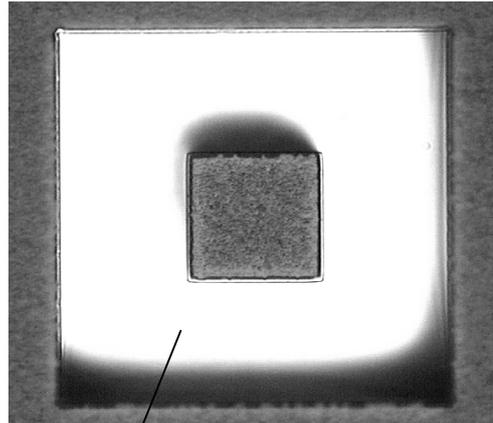


Mikrosieb

Erzeugung mikromechanischer Strukturen mit freier Membran

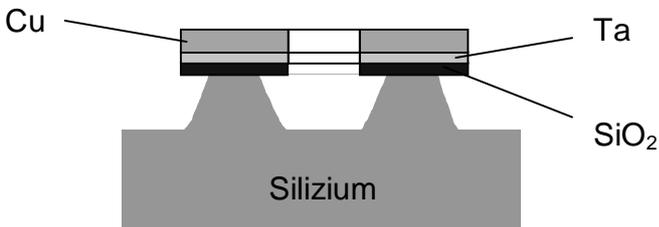


Realisiertes Bauelement

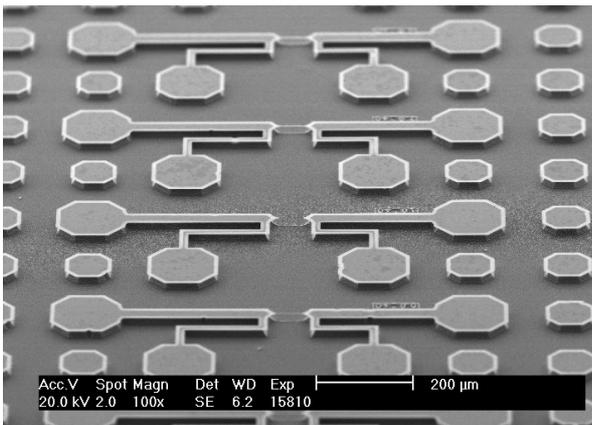


Transparente Membran

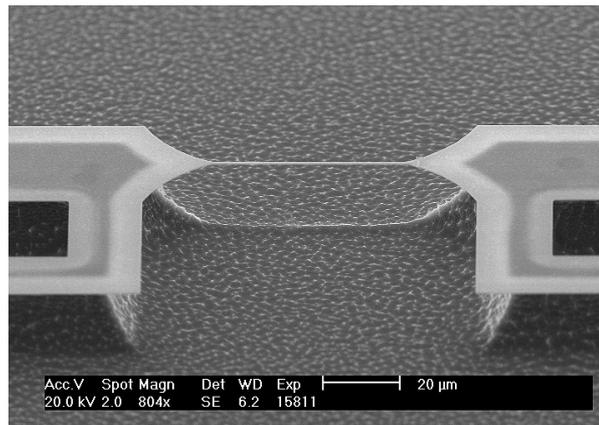
Metallbrückenstrukturen für elektrische Bauelemente oder als Teststrukturen



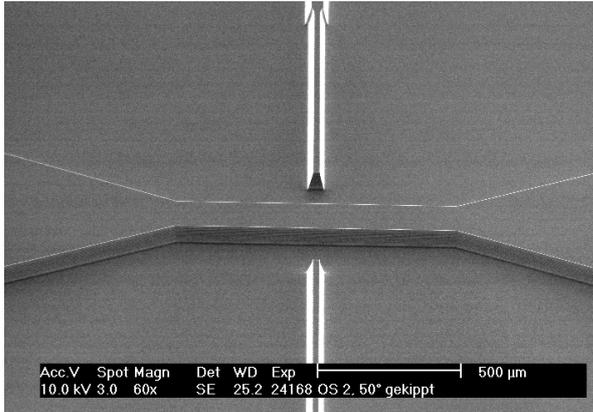
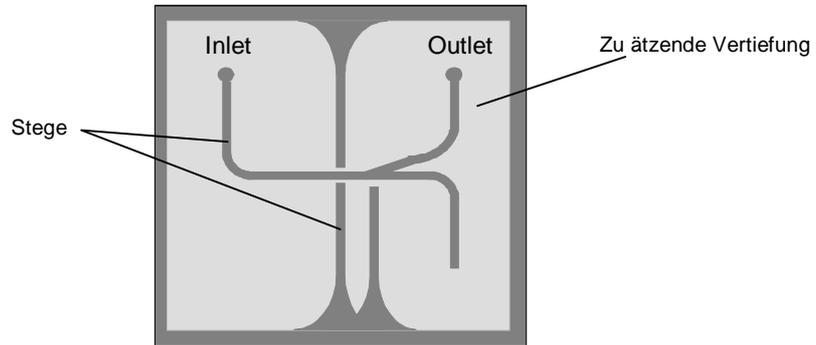
Herzustellende Struktur



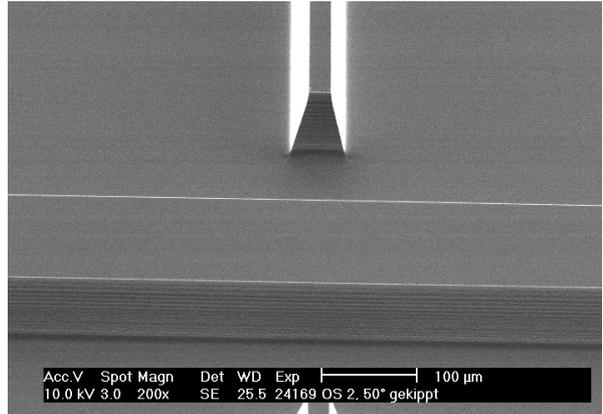
Realisierte Brückenstrukturen



Abformmaster für Polymerteile

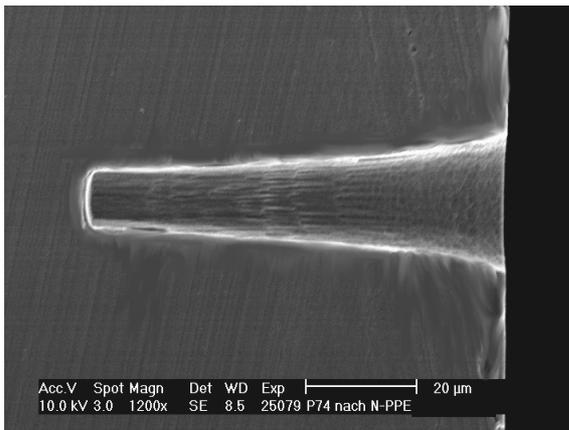


Kreuzungsbereich der Abformstruktur

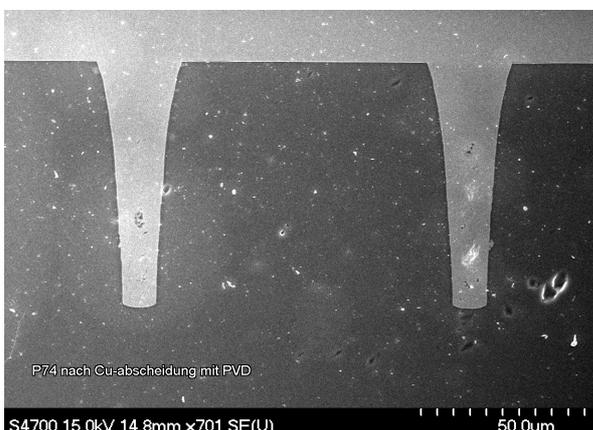
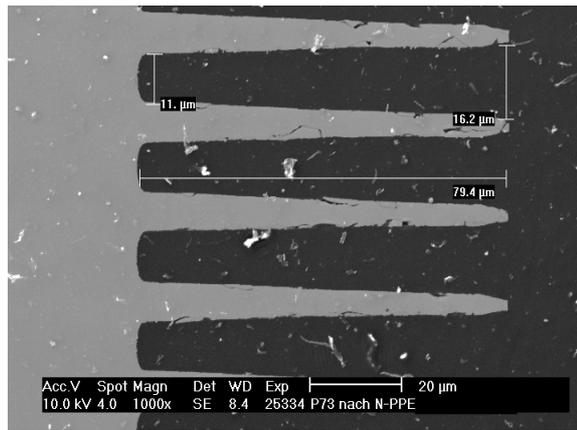


Detailansicht des Kreuzungsbereichs

Sacklöcher für Durchkontaktierungen



Geätzte Sacklöcher mit leicht positivem Ätzprofil



Mit Cu gefüllte Sacklöcher

Forschungskompetenz

Galvanische Schichtabscheidung (Electrochemical deposition, ECD)

Wafer-Plating-Anlage (RENA)



Galvanische Kupferabscheidung auf 4"- bis 8"-Wafern (Prozessmodul mit geneigt rotierendem Wafer, Prozesse mit Opfer- als auch dimensionsstabilen Anoden und entsprechenden Bädern)

Verfahren

Galvanische Beschichtung:

Kupfer, Nickel, Gold u. a.
Zinn-Blei-Legierungen u. a.

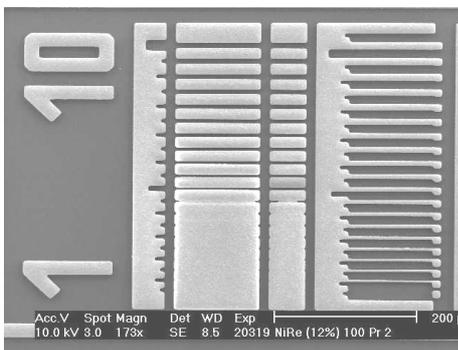
Nasschemische Ätzung:

Aluminium, Wolfram-Titan, Kupfer u. a.

Stromlose Abscheidung:

NiP, NiRe, Au u. a.

Beispiel 1



Galvanische Cu-Teststruktur (5 μm hoch) mit 200 nm dicker stromlos-NiRe-Barriere (20 % Re) nach $\frac{1}{2}$ h Tempern in Formiergas bei 200 $^{\circ}\text{C}$

Prozesse

I Galvanotechnische Kupferabscheidung zur Herstellung von:

- Strukturen (pattern plating)
- Leitbahnen (copper damascene process)
- Durchkontaktierungen für die vertikale Systemintegration (through silicon via, TSV)

II Elektrochemische und stromlos-galvanische Abscheidung weiterer Metalle als:

- Kontaktvorbereitung (für das Drahtbonden oder als under bump metallisation, UBM)
- Kontakt-, Barriere- oder Korrosionsschicht oder Lotdepot (im flip chip bumping)
- Umkontaktierung von Al-Metallisierungen auf Cu-Leitbahnen für höhere Ströme

Charakterisierung

Zusammensetzungen und Schichtdicken:

Kupfer, Nickel, Gold u. a.
Zinn-Blei-Legierungen u. a.

Topologien:

Optische und taktile Profilometrie

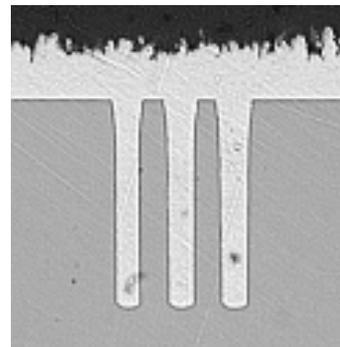
Leitfähigkeiten:

Elektrische Vierpunktmessung, spez. Sonden

Beispiel 2

Galvanische Kupfer-Füllung von ca. 80 μm tiefen, mittels ASE geätzten Löchern zur Durchkontaktierung im TSV-Prozess.

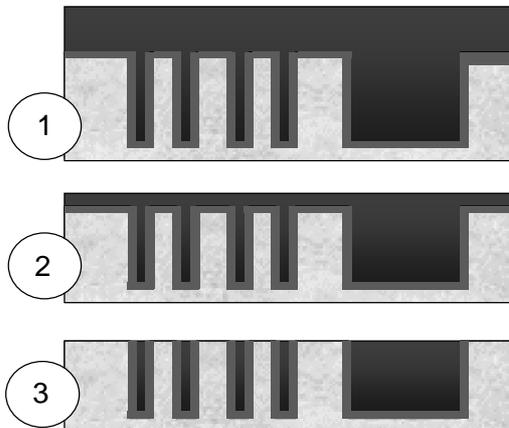
Trotz des hohen Aspektverhältnisses wird die superkonforme Füllung durch eine Technik mit periodischen anodischen Rückpulsen (reversed pulse plating, RPP) und Diffusionspausen aus speziellen Elektrolyten (Rohm und Haas) möglich. Die Abscheidung erfolgt auf einer PVD-Cu-Vormetallisierung mit Tantalnitrid- und α -Tantal-Barrierschicht.



Forschungskompetenz Chemisch Mechanisches Polieren (CMP)

- Aufgabenbereiche:**
1. Herstellung von Cu-Damaszener-Strukturen z. B. für die Chipverdrahtung auf Basis einer Kupfermetallisierung
 2. Planarisierung von Oxid- und Metallschichten
 3. Dünnen von Substraten

Prozeßbeschreibung:



Ausgangszustand:
Wafer mit Grabenstrukturen im Dielektrikum,
gefüllt mit Diffusionsbarriere und Kupfer

1. Schritt: Planarisierung des Kupfers

2. Schritt: Cu-Politur bis Diffusionsbarriere

3. Schritt: Politur der Diffusionsbarriere

Wirkmechanismen:

Chemische Aktion = Modifizierung der zu polierenden Oberfläche durch die Poliersuspension (Slurry).

Mechanische Aktion = Abtrag der modifizierten Schicht durch die Abrasiva zwischen Pad und Wafer.

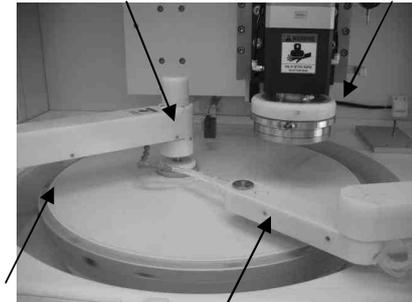
Planarisierung = Ergebnis der stärkeren Einebnung der erhabenen Bereiche im Vergleich zu den Vertiefungen.

Abtragsrate und Selektivität werden im Prozess durch die chemischen Komponenten der Slurry, die mechanischen Eigenschaften/Korngrößenverteilung der Abrasiva sowie die Prozessführung bestimmt.

Additive sind z. B. Puffersubstanzen, Inhibitoren, Netzmittel, Komplexbildner und Stabilisatoren.

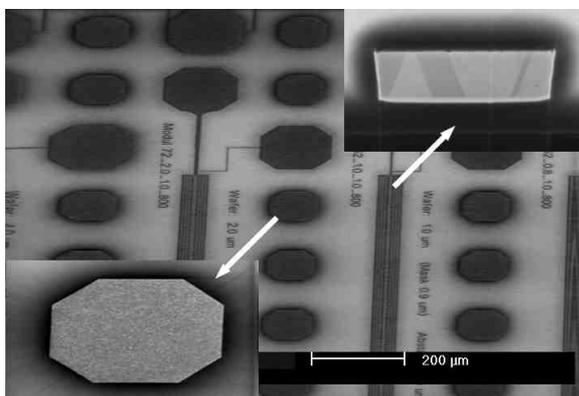
Elemente einer CMP-Maschine: Beispiel: Poli 762 von G&P

Konditionierer für das Pad Polierkopf mit Waferhalter

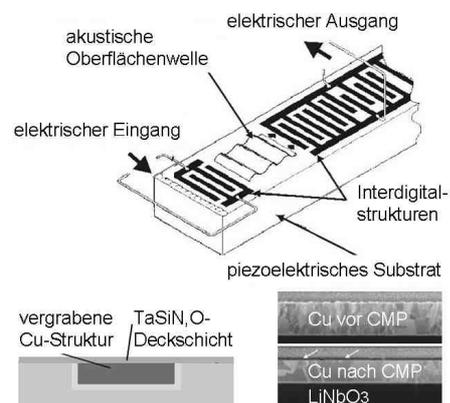


Platen mit Pad Slurryzuführung

Anwendungsbeispiele aus der Forschungskooperation mit dem Leibniz-IFW Dresden



Cu-Elektromigrations-Teststrukturen in Silizium
l.u.: Kontaktpad; re.o.: Leiterbahn im Querschnitt



Vergrabene Cu-Strukturen im piezoelektrischen Substrat eines SAW-Bauelementes

Kompetenzbereich

Fourier-Transformations-Infrarot-Spektroskopie (FTIR-Spektroskopie)

Aufgabenbereiche: – Spektroskopische Charakterisierung von Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen als reine Phasen sowie an deren Grenzen mit Transmissions- und Reflexionsmesstechniken vom sichtbaren Spektralbereich bis zum fernen Infrarot (VIS \rightarrow NIR \rightarrow MIR \rightarrow FIR)

– Untersuchung von Festkörperoberflächen und –schichten, ihrer Eigenschaften und ihres Verhaltens bei Prozessen in der Halbleitertechnologie (CMP, elektrochemische und Ätzprozesse)

Messtechnik:

– Bruker FTIR-Spektrometer Vertex 80v, Gerät ist evakuierbar

• Detektoren f. *MIR*: DTGS/MCT; *FIR*: DTGS; *NIR*: InSb

– Nicolet FTIR-Spektrometer Modell 205

• Detektor für *MIR*: DTGS

– Bruker A121 Polarisierungseinheit

– Bruker A513 Reflexionseinheit mit variablen Winkel

– Bruker A517 ATR-Multireflexionseinheit

– Pike Map300 Mapping-Einheit für Reflexions- und Transmissionsmessungen an Wafern bis zu 300 mm Durchmesser

Messmethoden:

– Transmissionsmessungen mit dem Vertex 80v im Vakuum möglich

– Reflexionsmesstechniken an Festkörpern, z. T. im Vakuum möglich

• Äußere Reflexion mit festem (35°, 45°, 50°, 55°) o. variablem Einfallswinkel 13° bis 83° o. mit dem Wafer-Mapper (auch Transm.)

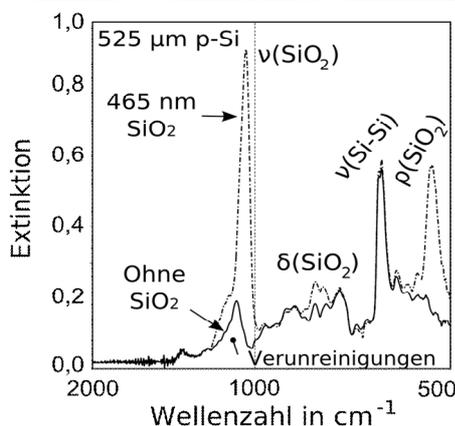
• Innere Reflexion (abgeschwächte Totalreflexion, ATR) z. T. Vak.

○ Mehrfachreflexionselemente 45° aus Si und ZnSe

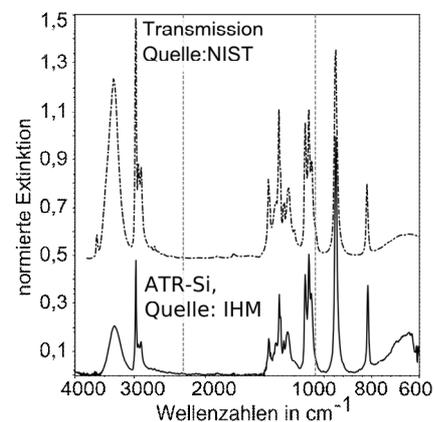
○ Si-Einfachreflexionselement; auch f. Flüssigkeiten geeignet



Bruker Vertex 80v FTIR-Spektrometer (li.) mit der Pike-Map300-Einheit in der Zusatzprobenkammer XSA (re.)



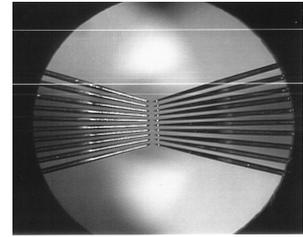
MIR-Spektren von Silizium ohne und mit 465 nm SiO₂



MIR-Spektren von 2-Propanol

Kompetenzbereich

Elektrische Charakterisierung von Schichten, Materialien und Bauelementekomponenten der Mikroelektronik mittels Waferlevelmeßtechnik



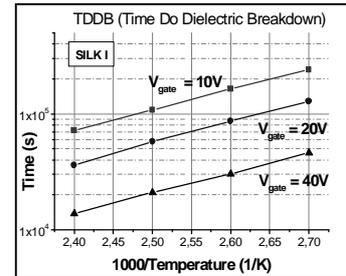
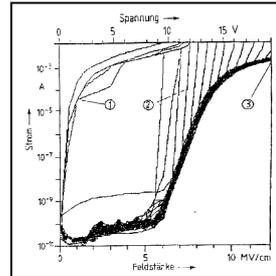
Aufgabenkomplexe und Methoden

Charakterisierung von Isolatorschichten

Integritäts- und Zuverlässigkeitsuntersuchungen

E_{Ramp} – Test für Leckstrom- und Durchbruchspannungsmessungen

E_{Konst} / I_{Konst} – Test für **TDDB-** und **Lifetime**– Messung mit Arrhenius-Plot



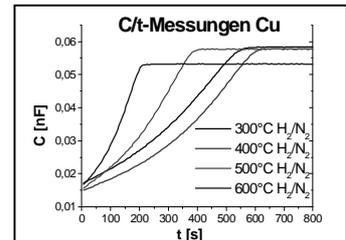
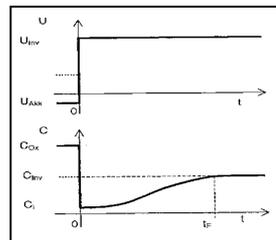
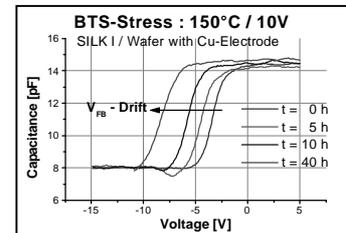
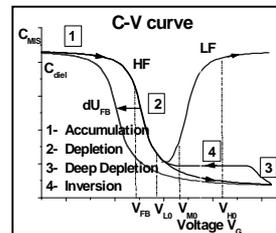
Charakterisierung von Ladungs- und Grenzflächenzuständen im Isolator mittels CV- Meßverfahren

HF-CV @ 100 kHz / 1 MHz, direktionaler und bidirektionaler Sweep bis 20 V

LF-CV mit Sweepraten <0,001 V/s

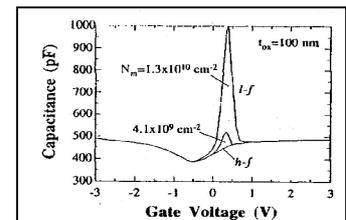
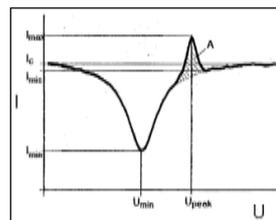
HF CV- BTS zur Ermittlung von Driftraten mobiler Ionen (bis 250 °C)

C-t Meßverfahren zur Ermittlung der Lebensdauer von Ladungsträgern



TVS-Meßverfahren zur Bestimmung mobiler Ionen im Isolator

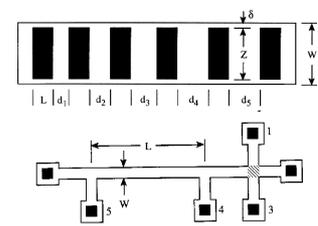
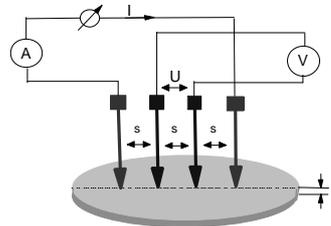
Messung und Auswertung von **Ionenstrompeaks** in Abhängigkeit von der Temperatur



Leitfähigkeitsmessung von Metallschichten, Leitbahnen, van-der-Pauw-Strukturen, Kontaktketten, HL-Kontakten

Schichtwiderstand von Metallschichten mit automatischem Vierpunktprober

Leitbahn - und van-der-Pauw Strukturen, Kontaktketten, TLM-Strukturen mit Probern mit Einzeltips und Probecards

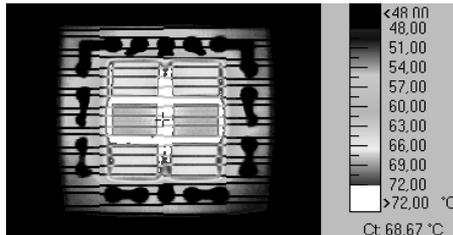


DC- Parametertests, Bauelementekennlinien, Parameterextraktion

Elektrische Charakterisierung unter definierten Umgebungsbedingungen (Temperatur, Feuchte)



Thermografiemessungen an Mikrostrukturen (Temperaturverteilung)



Gerätetechnik

Kontaktierung: Automat. Waferprober PA200 mit Wafermapping
Analytik-Waferprober PA5
Vakuumpheber PLV50 mit Temperatur- und Feuchterege lung
Quecksilbersonde
Koronabeladungskammer für kontaktlosen BTS-Streß bis 2 MV/cm
Switch -System KI 7002 mit Low Current Cards

I-V-Meßtechnik: Source Measure Units KI236, 237 (110-1100 V)
Sourcemeater KI2420 (bis 3 A)
Elektrometer KI 6517 (Hochohmmeter bis 100 T Ω)

CV-Meßtechnik: (einschl. TVS) HF-CV-Meter KI590 (100 kHz/1 MHz)
QS- CV-Meter KI595
Elektrometer HP4575 (IV, QS-CV, Uk, Ik)
Präzisions LCR-Meßbrücke HP4284A (10 Hz-1 MHz)

Kompaktmessgerät Keithley 4200-SCS (3xSMU, CV, Pulsgenerator, Oszilloskop)

Automatisches Schichtwiderstands- Mapping- System CDE ResMap 178

Thermographiemeßsystem mit Infrarotkamera (LN₂ gekühlte Q-Sensormatrix)
Auflösung 100 μ m / 0,1 sec

Meßsoftware: Testpoint, Metrics-ICS, KITE
Applikationen: C-V / C-t / TVS / GOI / WLR

Forschungskompetenz Plasmadiagnostik

Aufgabenbereich: - Grundlagenuntersuchungen zu Plasmaparametern
 - Untersuchung der Wechselbeziehung zwischen Plasmaparametern und dem Ergebnis von Schichtätzung bzw. -abscheidung
 - Modellierung von Plasmaprozessen mit dem Ziel APC/AEP

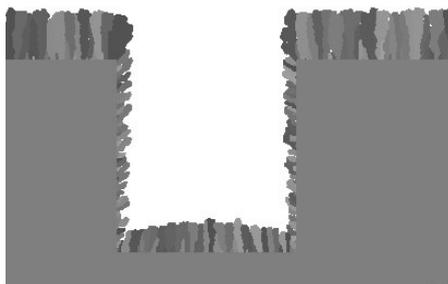
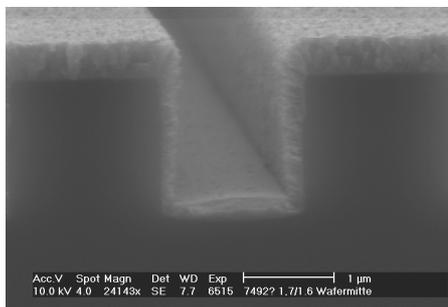
Anlagentechnik: - Diverse Plasmareaktoren für PE-CVD, PE-PVD und RIE

Messmethoden: - Optische Emissionsspektroskopie (OES)
 - Quadrupol-Massen-Spektroskopie (QMS)
 - Selbsterregte Elektronen-Plasma-Resonanzspektroskopie (SEERS)
 - Schichtdickenmessung mit Tastschnittgerät, AFM bzw. REM

Beispiele:

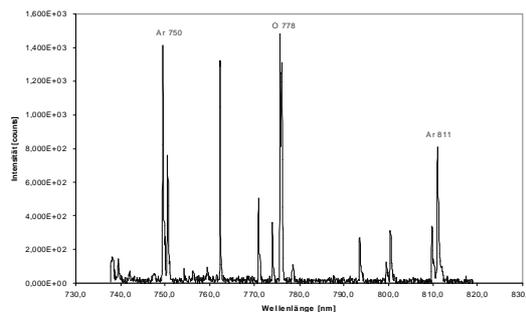
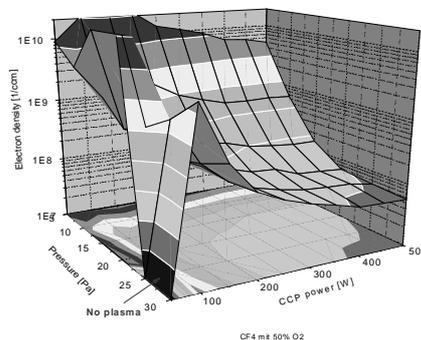
PE-PVD :

Modellierung von Beschichtungsprozessen in Strukturen mit hohem Aspektverhältnis

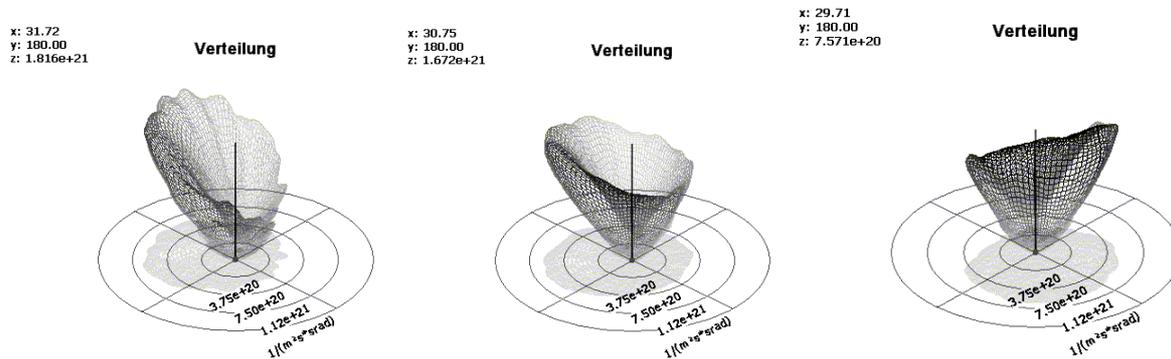


RIE:

Anwendung der OES zur Charakterisierung von Ätzprozessen



PVD: Messung der Einfallswinkelverteilung des Teilchenstromes am Substrat



Einfallswinkelverteilungen Cu-Sputtern für verschiedene Substratpositionen

Kompetenzbereich Fotolithografie

Aufgaben und Leistungen:

- Strukturübertragung auf Si-, SiO-, SiN-, Polymer- und Metallschichten zum nachfolgenden nass- bzw. trocken-chemischen oder auch physikalischen Materialabtrag
minimale Strukturgrößen: 0,4 μm
- Herstellung von Lift-off-Strukturen für Metallicken bis 3000 nm, Aspektverhältnis ≥ 1 , minimale Strukturgröße 0,8 μm
- Resistmasken für galvanische Abscheidung (ECD) bis 100 μm dick
Aspektverhältnis $\geq 8 : 1$
- Beidseitige Strukturierung der Wafer bzw. beliebiger Substrate
(Lagefehlerdifferenz $< 10 \mu\text{m}$)

Materialien:

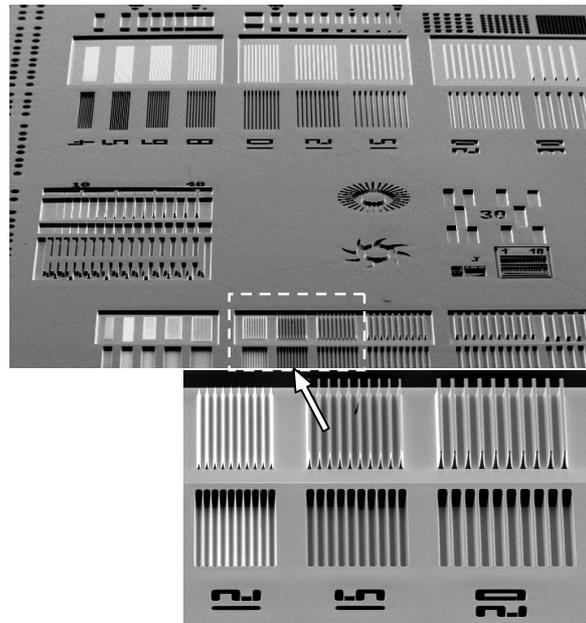
- Diverse Positiv-, Negativ- und Umkehrresiste, photosensitives Polyimid und BCB,
- Flüssig- und Festresiste, Spezialresiste für Sonderanwendungen (z.B. erhöhte Ätzresistenz)
- Beschichtung mittels Spin-on, Tauchen und Ziehen oder Laminieren

Anlagentechnik:

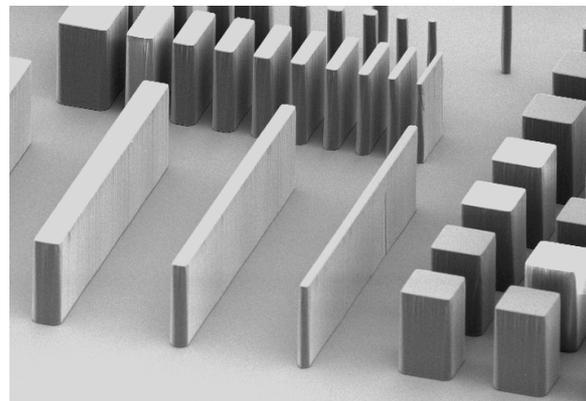
- Spin-on-Beschichter, Fa. CONVAC
- Spin-on-Beschichter mit GYRSET®-Prinzip, Fa. Süss
- SVG - Resistcoater Model 8626 PC/8636 HPO
- MaskAligner AL-6, Fa. Electronic Visions
- Sprühentwickler Fa. CONVAC

Wafergröße:

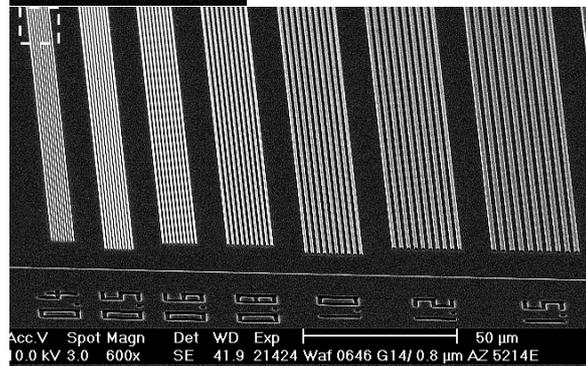
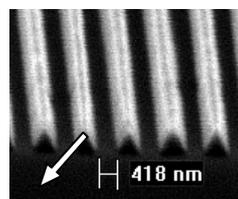
- 3", 4", 5", 6" (8")



Fotolithografische Maske für ECD-Schichten bis 100 μm Schichtdicke



Negativlack SU-8 zur Herstellung von Strukturen mit hohem Aspektverhältnis



RIE-Ätzmaske mit Positivresist AZ 5214E

Forschungsdienstleistung

Mikrodrahtbeschichtung

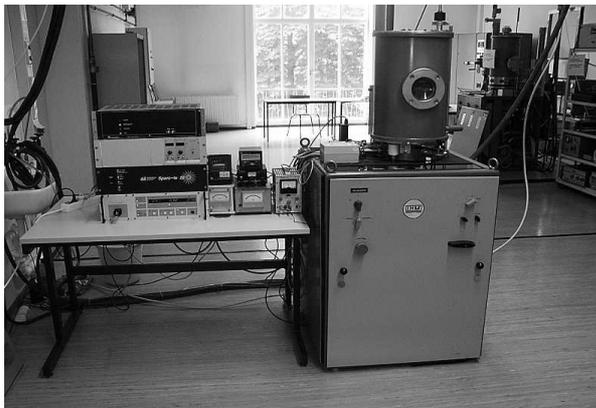
Zielstellung

Beschichtung von Gold-Bonddrähten mit Al (Schichtdicke 10 - 50 nm)
Beschichtung von Gold- und Kupfer-Bonddrähten mit Al (Schichtdicke 10 - 50 nm)

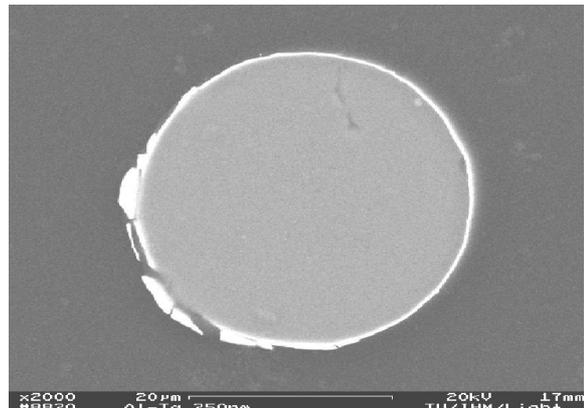
- Verbesserung der Bondbarkeit nach dem Ultraschall-Verfahren im Wedge-/Wedge-Prinzip bei Raumtemperatur
- Patentiertes Verfahren (Patent-Nr. DE 42 32 745 C 2 der TU Dresden)
- Ersatz von Aluminium-Draht durch Gold-Draht (bessere elektrische und mechanische Eigenschaften, Kontaktsystem Au/Au möglich)
- Bei der Beschichtung von Kupferdraht verbessert das Aluminium nicht nur entscheidend die Bondbarkeit, sondern dient auch als Oxydationsschutz für den Draht

Anlage

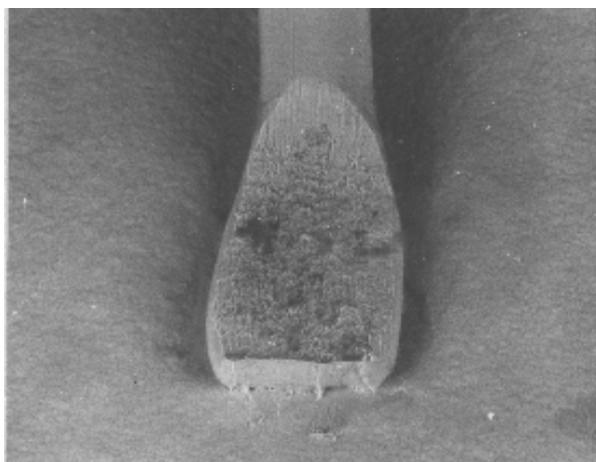
- Pumpstand: B30 (Drehschieberpumpe, Turbomolekularpumpe Leybold)
Basisvakuum: 10^{-3} Pa
- Stromversorgung: DC-Generator ADL TS 15, 1.5 kW
Pulseinheit Advanced Energy Sparcle 20
- Spuleinheit: Drahtdurchmesser bis 50 μm
Doppelflanschspulen (2" Durchmesser, 1" Breite)
max. Drahtlänge je Charge 100 m
- Target: Al-Rohrtarget, Durchmesser 22 mm
Leistung 150 W, Abscheiderate 15 nm/(min·m)



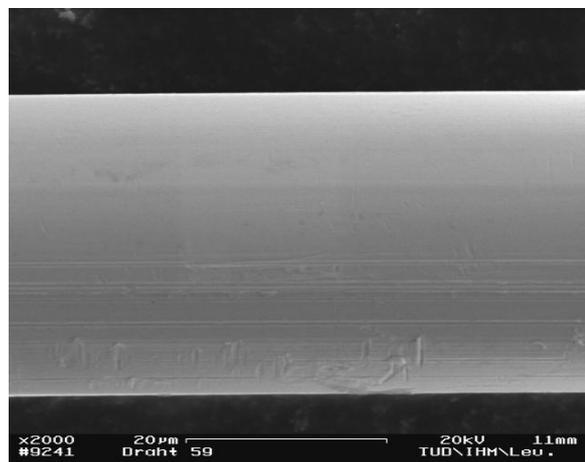
Experimentalanlage



Draht mit 250 nm Beschichtung - Querschliff



Bondkontakt mit Al-beschichtetem Golddraht



beschichteter Draht - Oberfläche

Forschungsdienstleistung

Oxydation von Silizium

Am IHM stehen 2 Verfahren zur thermischen Oxydation von Silizium-Wafern zur Verfügung:

- Trockenoxydation:

Durchführung: 100 °C; reiner Sauerstoff
realisierte Oxiddicken: 30 - 150 nm

- H₂O-Oxydation:

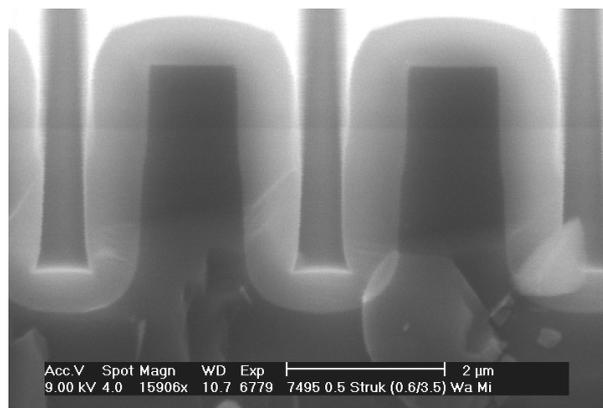
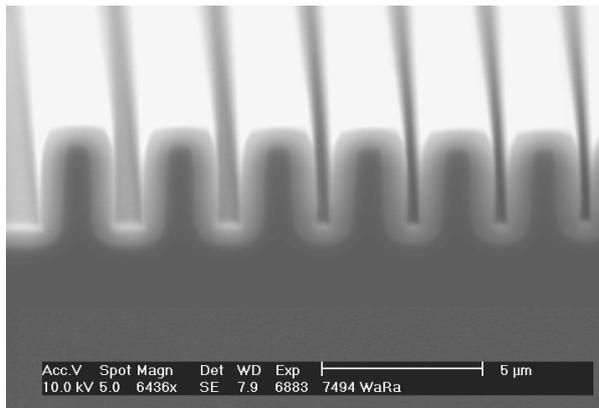
Durchführung: 1000 °C; H₂O-Dampf mit Stickstoff als Trägergas
realisierte Oxiddicken: 500 - 2000 nm

Anlagen:

- Oxydationsanlage vom Typ TMX 9002 der Firma Thermco Systems Inc. Kalifornien, USA
Mit der Anlage können 4"- und 6"-Wafern oxidiert und getempert werden. Dazu können Temperaturprofile mit Arbeitstemperaturen von 20 °C bis 1050 °C eingestellt werden.
- Temperofen DA 62

Anwendungen:

- Dünne SiO₂-Schichten (bis 140 nm) als Basis für den Aufbau von Metallstrukturen
- Dicke SiO₂-Schichten (bis 1300 nm) als Dielektrikum für damaszenische Strukturen bzw. als Hilfsschichten für Lithografie, RIE-Strukturierung und Maskierungen



Anwendungsbeispiel: Si-Oxydation zur Minimierung von Grabenbreiten

Forschungsdienstleistung Trennschleifen

Vorhandene Ausrüstungen:

- Automatic Dicing Saw DAD 2H/6T (Disco)
- Automatic Cleaning System DSC 6 (Disco)
- Wafer Mounter (Alphasem)

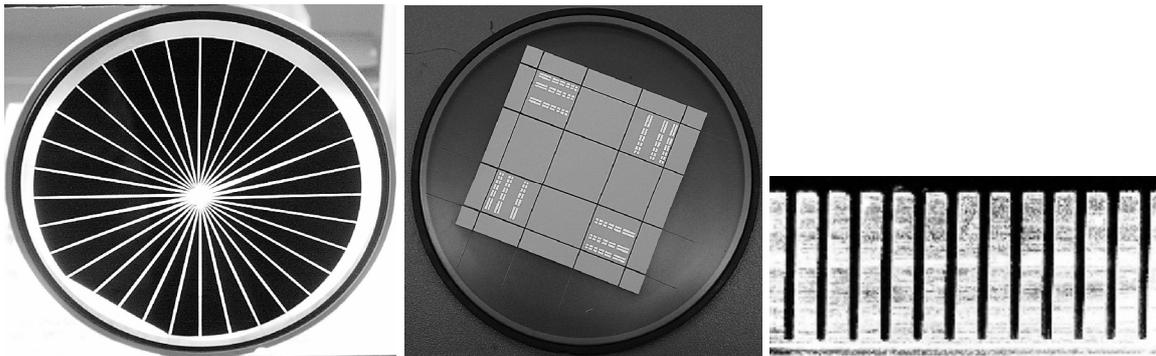


Parameter:

- Maximale Substratabmessungen: 152,4 mm Durchmesser bzw. 105 mm Kantenlänge
- Maximale Materialdicke: 3 mm
- Mögliche Genauigkeit: +/- 5 μm
- Schnittbreiten: 30 μm - 400 μm

Bearbeitete Materialien:

Silizium, Ferrit, Glas, Quarz, Saphir, Keramik, Galliumarsenid, Lithiumniobat

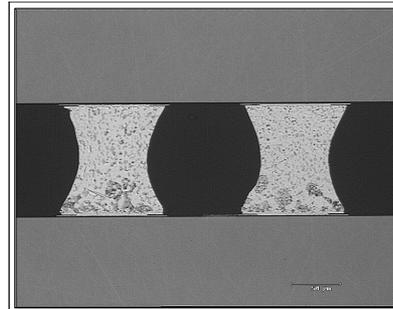


2.2 Forschungsgebiete, Laboratorien und Kompetenzen an der Professur Mikrosystemtechnik

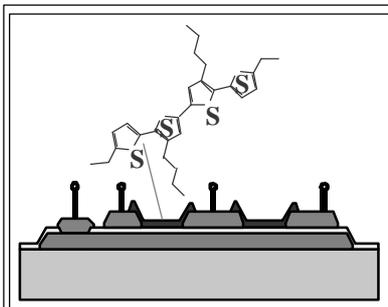
Übersicht



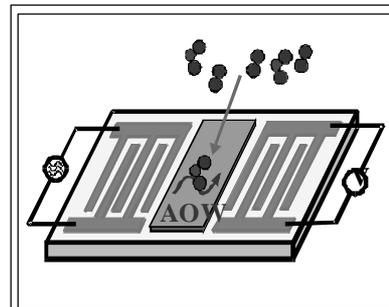
Werkstoff- &
Oberflächenanalytik



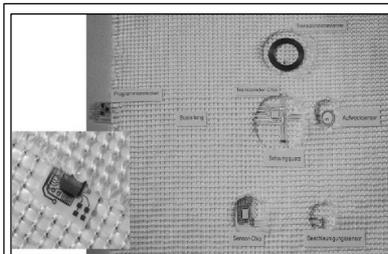
Metallografie &
Zuverlässigkeitstestung



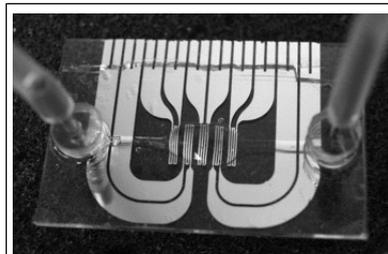
organische Elektronik &
Elektronik auf Plastik



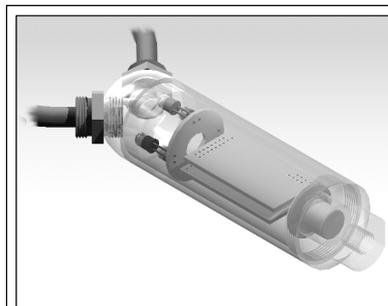
Gassensorik



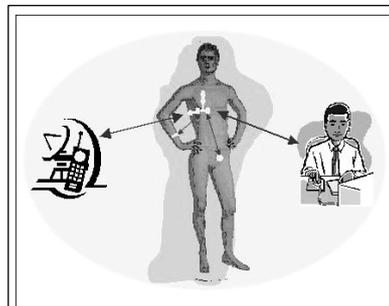
Elektromechanische
Systeme



Polymere
Mikrofluidik



Sensorsignalverarbeitung
& intelligente Systeme



medizinische
Sensorsysteme

Kompetenzbereich

Rasterelektronenmikroskopie und Oberflächenanalytik

Die Erfahrungen und Ausrüstungen werden zum einen begleitend zur Entwicklung von Bauelementen der Gassensorik, der organischen Elektronik und von SAW-Bauelementen eingesetzt (s.u.).

Zum anderen steht das Potential der Labore Kooperationspartnern des Instituts bei der Lösung projektbezogener Aufgaben sowie in Dienstleistungen zur Verfügung.

Besondere Erfahrungen liegen zu nachstehenden Schwerpunkten vor:

Die Kombination von lichtoptischen und elektronenoptischen Untersuchungen erlaubt es, die lateralen und auch vertikalen Strukturen verschiedenster Werkstoffe und Materialverbunde bis in Dimensionen von 2 - 3 nm zu charakterisieren.

Durch die Kombination von EDR, AES und XPS können quantitative chemische Analysen von Probenbereichen von 3 nm bis 2 µm Tiefe bei lateralen Dimensionen von 100 nm bzw. 10 nm angefertigt werden. Gibt es keine hohen Anforderungen an die laterale Strukturauflösung, können mit XPS auch Aussagen über chemische Bindungen getroffen werden.

Ein besonderer Erfahrungsbereich ist die Analytik von organischen Werkstoffen. Self assembly layer wurden erfolgreich mit XPS hinsichtlich chemischer Anbindung und Orientierung zur Unterlage charakterisiert. Für Werkstoffe der organischen Elektronik werden XPS-Messungen am Valenzband zur Aufklärung der elektronischen Struktur durchgeführt. Es liegen auch Erfahrungen vor, diese organischen Materialien durch Tiefenprofilanalytik auf ihre Reinheit über größere Dickenbereiche zu untersuchen.

Folgende Untersuchungen werden vorgenommen:

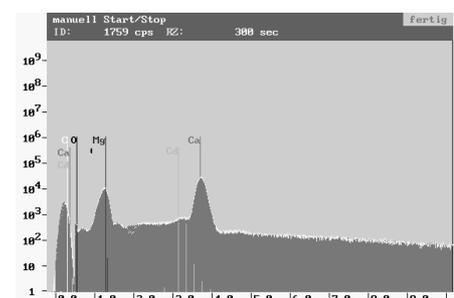
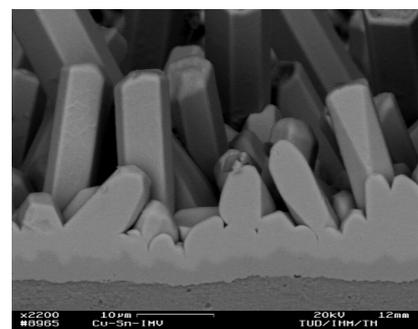
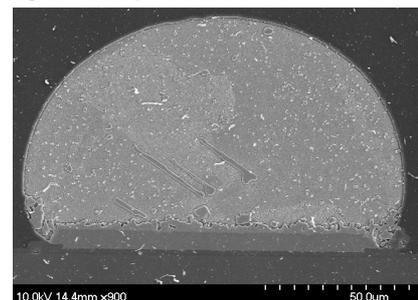
Rasterelektronenmikroskopie mit energiedispersiver Röntgenanalyse (EDR)



- REM- Abbildungen mikroskopischer Objekte
- Oberflächeninspektion

Parameterbereiche:

- Beschleunigungsspannung 5 - 30 keV
- laterale Auflösung >20 nm
- Elementanalyse für $Z \geq 6$ mit lateraler Auflösung 0,5 - 1 µm
- resultierend quantitative Materialzusammensetzung für $Z \geq 6$



Kompetenzbereich

Zuverlässigkeitstestung und Metallografie

Die Langzeitzuverlässigkeit von Werkstoffverbunden, Bauelementen und Baugruppen wird in beschleunigten Tests unter Wärme- und Klimabelastung untersucht. Sie kann mit elektrischen Belastungen und in-situ-Messungen kombiniert werden. Typisch ist die Charakterisierung mit werkstoffanalytischen Methoden.

Zur Charakterisierung von Werkstoffverbunden, Bauelementen und Baugruppen sowohl im Zustand wie hergestellt als auch nach unterschiedlichen Belastungen werden die Proben für die werkstoffanalytische Untersuchung mit metallografischen Methoden aufbereitet.

Folgende Untersuchungen werden vorgenommen:

Zuverlässigkeitstestung



- Funktionstests und Alterungsverhalten von Bauteilen unter Wärme, Feuchte und Temperaturwechseln
- Tempern von Bauteilen
- Aushärten von Deckschichten
- Wasseraufnahme von Polymeren, Keramiken o.a. unter definierten Feuchtebedingungen
- Haftfestigkeit von Beschichtungen nach Temperaturzyklen und/oder Feuchteaufnahme
- Korrosionuntersuchungen unter definierten Feuchtebedingungen

Belastungsmodi und Leistungsparameter

konstante Temperatur (DIN EN 60068)
-70 °C bis 300 °C

schnelle Temperaturwechsel (DIN IEC 68-2-14, N_a)
-60 °C bis 220 °C, t_ü ≤ 3 min

Temperaturwechsel (DIN IEC 68-2-14, N_b)
-70 °C bis 180 °C (mit ca. 4 K/min)

feuchte Wärme, konstant und zyklisch (DIN IEC 68-2-3, C_a, DIN IEC 68-2-30, C_b)
+10 °C bis 90 °C

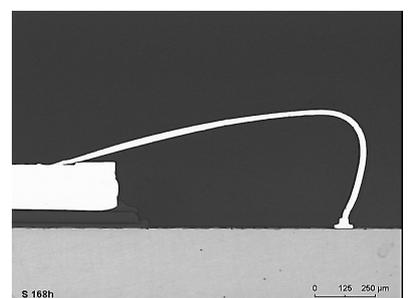
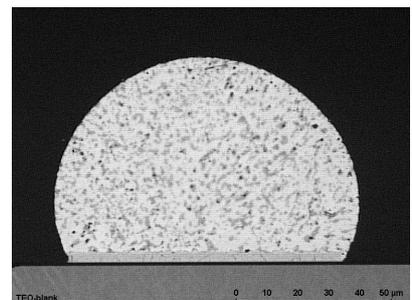
Metallografie



- Quer- und Schrägschliffpräparation (bis 2°)
- Zielpräparation
- Präparation komplizierter Materialverbunde
- Gefügeätzen

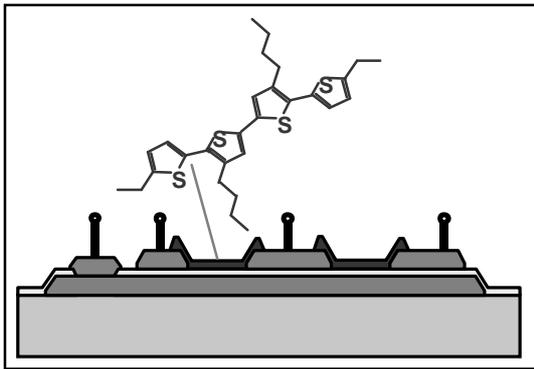


- Lichtmikroskopie mit digitaler Bildbearbeitung und -dokumentation
- Laterale Auflösung >1 µm (Vergrößerung bis 1000fach)

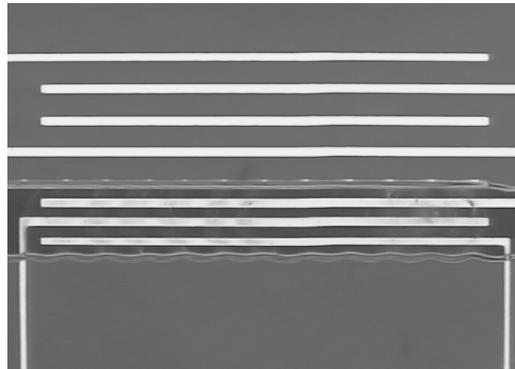


Forschungsgebiet Organische Elektronik & Elektronik auf Plastik

Die Entwicklung organischer Halbleiter mit passablen elektronischen Eigenschaften hat diese Materialien für die Herstellung großflächiger, mechanisch flexibler und sehr billiger elektronischer Bauelemente interessant gemacht. Der Einsatz organischer optischer Emitter (oLEDs) in Anzeigen ist schon weit fortgeschritten; die Nutzung von Transistoren (oFETs) ist im Vergleich dazu weniger etabliert, u.a. wegen der deutlich eingeschränkten Leistungsfähigkeit organischer Schaltelemente im Vergleich zu konventioneller Si-Halbleiterelektronik. Ziel ist es, diesen Flaschenhals zu überwinden und die Anwendung der neuen Materialien in großflächigen, flexiblen Bauelementen und Systemen vorzubereiten. Einen wesentlichen Schwerpunkt bildet dabei die Abscheidung und Strukturierung der Materialien aus der Flüssigphase als Voraussetzung für sehr preiswerte Massentechnologien wie das Drucken.

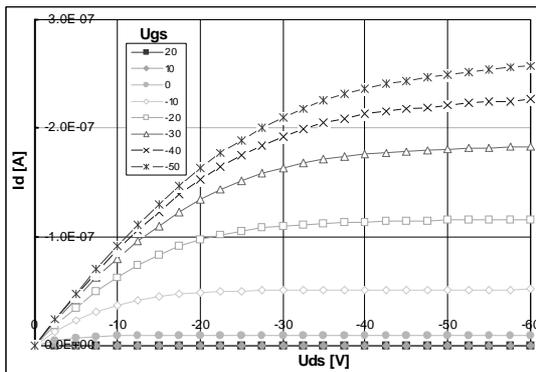


Aufbau von zwei oFETs auf flexiblem Träger

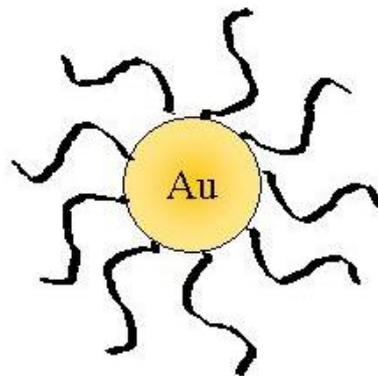


oFET mit Tintenstrahl-gedruckter Halbleiterschicht aus Poly-3-hexylthiophen

Neben organischen Halbleitern werden auch organische und nanodispersierte anorganische Leiter entwickelt und untersucht. Diese können u.a. in RFID-Transpondern mit gedruckten Antennen eingesetzt werden. Im Mittelpunkt der Untersuchungen stehen derzeit Herstellung und Anwendung von Goldnanopartikeln.



Transistorkennlinie eines oFETs mit P3HT als organischem Halbleiter



Goldnanopartikel mit Thiolliganden zur Stabilisierung der Nanodispersion

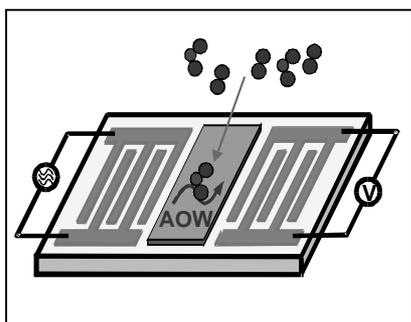
Weitere Schwerpunkte innerhalb dieses Forschungsgebietes sind organische und flüssigprozessierbare anorganische Isolatoren als Gate- und als Zwischenebenendielektrika sowie Architekturen und Technologien mit Folienträgern.

Für die Bearbeitung dieser Forschungsaufgaben stehen als spezielle Ausrüstung zur Verfügung: Polymer-Technologie-Labor, u.a. mit Spin-Coater mit Schutzgasspülung, Glove-Box-Präparationsstrecke, PC-gesteuerter Transistormessplatz mit Prober in Dark-Box, ebenso mit Schutzgasspülung.

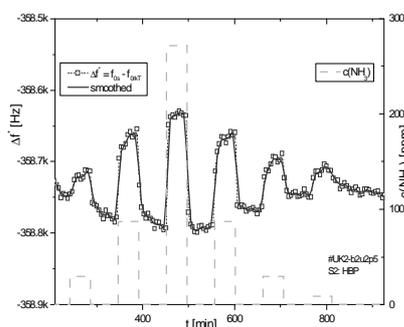
Forschungsgebiet Gassensorik

Chemische Sensoren können über die Auswahl und Gestaltung ihrer Funktionsschicht auf der einen Seite in Richtung hoch sensitiver und selektiver Bauelemente optimiert sein, bieten auf der anderen Seite aber auch die Möglichkeit für den Nachweis ganzer Speziesgruppen oder Wirkungsgruppen, oder auch von Einzelspezies mit gezielter Ansprechschwelle. Durch die Auswahl des Übertragerprinzips und seine Auslegung ist zum einen eine Optimierung der Sensorwirkung und zum anderen eine Anpassung an die konkrete Meßaufgabe und ihrer Randbedingungen möglich.

Schwerpunkte der Forschungsarbeiten am IHM sind

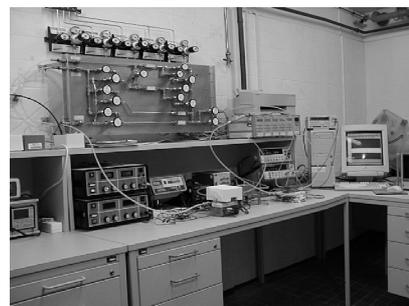


Schematischer Aufbau eines chemischen SAW-Sensors

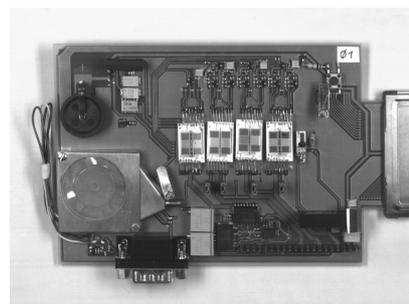


Messsignale eines NH_3 -Sensors auf entsprechende Gaspulse

- Aufbau optimierter Übertragerstrukturen für die Gassensorik
- Abscheidung und Optimierung anorganischer und organischer Wirkfilme für die Gassensorik
- Entwicklung von Sensormodulen mit integrierter Meßumgebung und Erfassung der Betriebsparameter
- komplexe dynamische Bewertung der Sensorbauelemente unter Exposition zu verschiedenen Schadgasen und Gasgemischen auch in Langzeitversuchen
- Sensorsignalaufbereitung
- Entwicklung von Sensorsystemen mit integrierter Signalaufbereitung, -speicherung und -auswertung



Sensormeßplatz



Meßkarte für bis zu 4 SAW- und Leitfähigkeitssensoren

Für die Bearbeitung dieser Forschungsaufgaben stehen als spezielle Ausrüstung zur Verfügung:

Vakuumverdampfungseinrichtung (B30) für organische Wirkfilme, Sputter-/Elektronenstrahlverdampfungseinrichtung (FHR) für anorganische Wirkfilme, Sensorlabor mit 2 automatisierten Meßplätzen für die Gassensoruntersuchung bei Begasung mit verschiedenen Schadgasen (u.a. NO_2 , SO_3 , H_2S , CO , NH_3 , O_3 , ..) sowohl für elektrische Sensoren (Leitfähigkeit, Kapazität, frequenzabhängige Admittanz) als auch für SAW-Sensoren (Mittenfrequenz, Laufzeit, Dämpfung, 4-Pol-Parameter).

Die Präparation der Transducer erfolgt mit Unterstützung der Professur HLT in den Mikrotechnologielaboren des IHM und bei Kooperationspartnern.

Medizinische Sensorsysteme

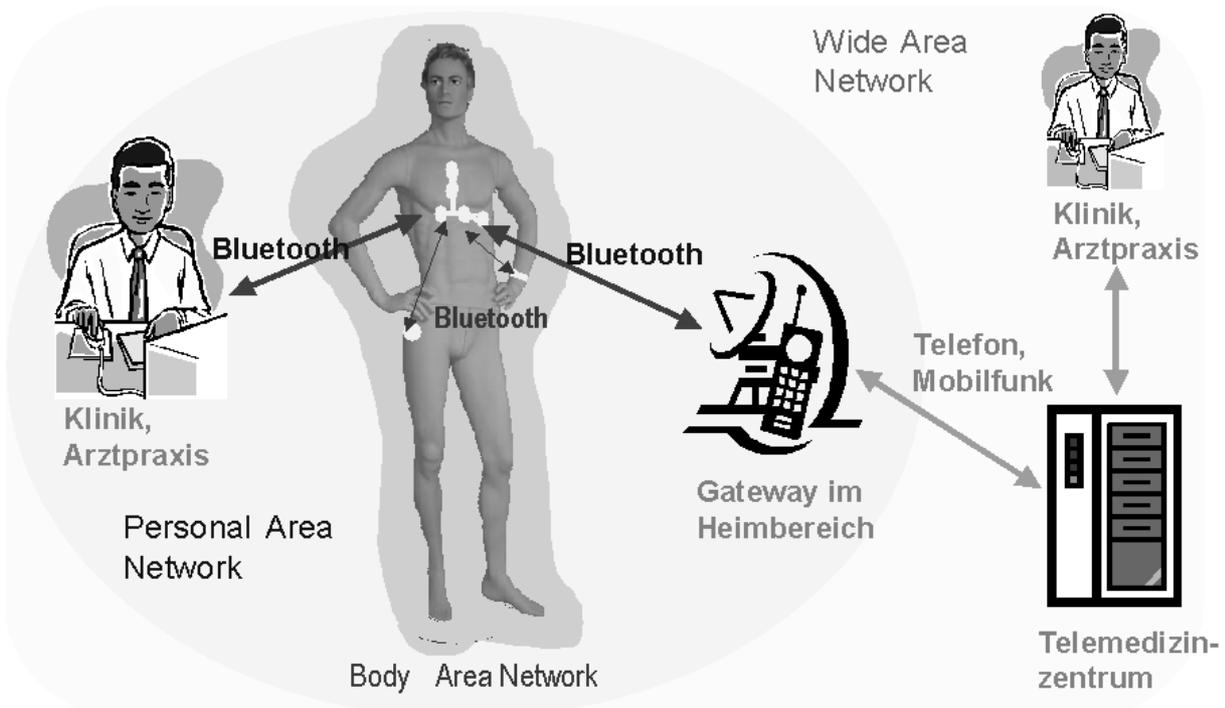
Im Bereich der Medizintechnik besitzen vor allem Systeme des In-vivo-Monitoring und der In-vivo-Diagnostik ein großes Anwendungspotenzial. Sie versprechen eine verbesserte medizinische Versorgung bei gleichzeitigen Kosteneinsparungen. Neue Diagnose- und Therapieansätze, die eine bessere Patientenversorgung ermöglichen, können nur durch innovative Lösungen entstehen.

Die Arbeiten am IHM haben medizinische Mikrosysteme mit einer einheitlichen digitalen Mikrosystem-Sensorschnittstelle zum Ziel, die

- die unkomplizierte Einbindung in Sensornetzwerke zur Messung von klinisch und physiologisch relevanten Größen gestatten (Plug and Play),
- sensorische Mikrosysteme an telemetrische Übertragungssysteme verbinden kann,
- die Abarbeitung von Algorithmen und Datenstrukturen hinsichtlich Signalauswertung, Übertragung und Sicherheit (Verschlüsselung, Redundanz, Kompression etc) auf MST-geeignete Signal- und Mikroprozessoren ermöglicht.

Damit können völlig neuartige kompakte, miniaturisierte, portable und integrierte Diagnosegeräte bis hin zu intelligenten Prothesen geschaffen werden.

Im Zentrum der Datenübertragung steht ein Low-Power Prozessor, der die Verbindung zwischen Sensoren und Kommunikationskanälen herstellt. Der Prozessor bewältigt bei freier Programmierbarkeit erste Aufgaben der Signalvorverarbeitung, z.B. Trendanalysen oder die Detektion von Schwellwertüberschreitungen. Gleichzeitig minimiert er durch gezieltes Hinzuschalten von Sensoren den Energiebedarf. In der Implementierungsphase der Algorithmen werden diese unter Berücksichtigung der Zielarchitektur zunächst simuliert und ggf. modifiziert (z.B. beim Auftreten von Quantisierungsfehlern).

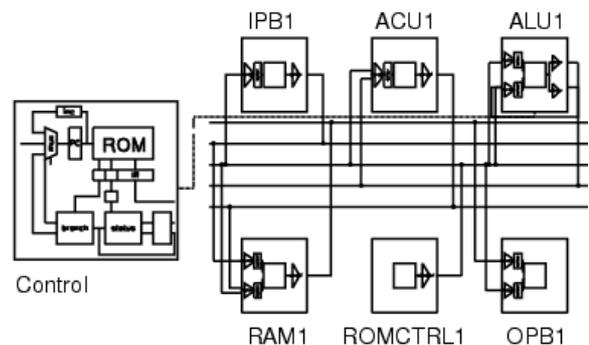
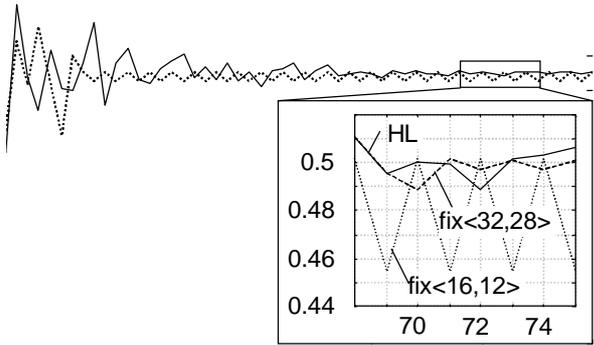


Forschungsgebiet

Sensorsignalverarbeitung und intelligente Mikrosysteme

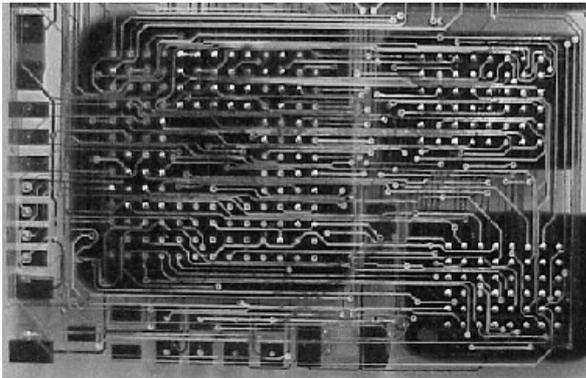
Der Fortschritt in der Halbleiter- und Mikrosystemtechnik, vor allem aber auch in der Softwaretechnologie hat alle Voraussetzungen geschaffen, um große Rechen- und Speicherkapazitäten direkt am Meßfühler anzuordnen. Damit können in einem intelligenten Sensor alle Algorithmen integriert werden, die zur Auswertung von Meßwerten benötigt werden. Es hat sich gezeigt, dass ein großer Gewinn bei der Signalverarbeitung erzielt werden kann, wenn die eigentlich interessierende Information, die in den Meßwerten zwar vorhanden ist, aber von Störungen und anderen Einflüssen überlagert und verfälscht wird, sensornah extrahiert und oftmals auch komprimiert werden kann.

Schwerpunkte der Forschungsarbeiten am IHM sind:



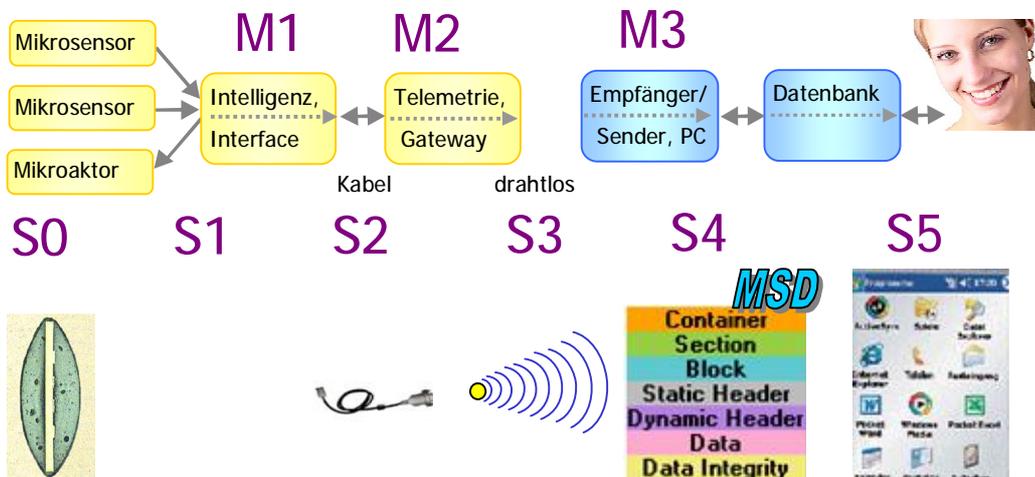
Untersuchung der Hardwarecharakteristiken von Signalverarbeitungsalgorithmen

Integration von Signalverarbeitungsverfahren in Mikrosysteme



Entwicklung leistungsfähiger Mikrosystemhardware

Anwendung von Schwingungsdiagnosemikrosystemen in der Maschinendiagnostik



Analyse von Mikrosystem-Schnittstellen; Mitarbeit am neuen MSD (Micro Systems Data)-Datenformat

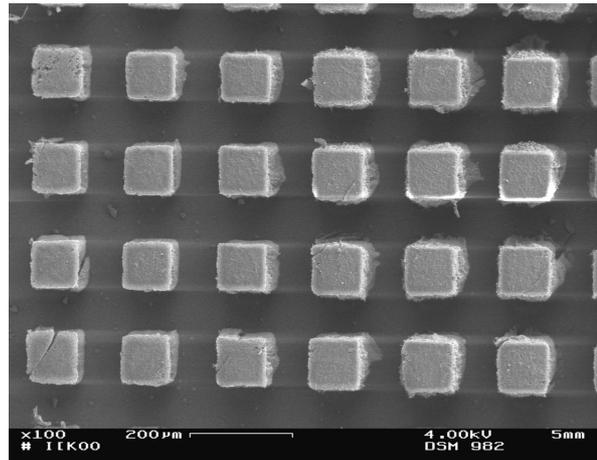
Forschungskompetenz

Polymere Mikrosysteme

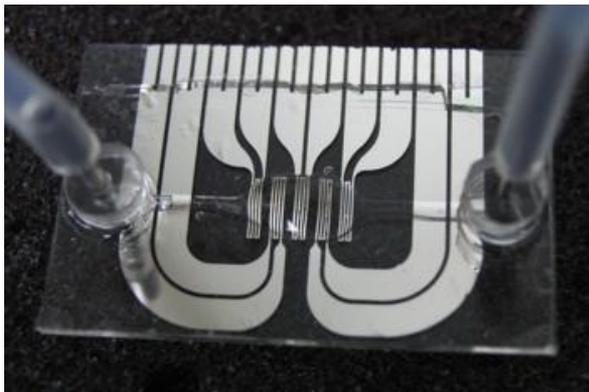
Integrierte und hochintegrierte polymere Mikrosysteme erschließen aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften Anwendungsfelder, welche mit halbleiterbasierten Mikrosystemen nicht zugänglich sind. Das noch junge Forschungsgebiet beschäftigt sich mit Herstellungsverfahren, Integrationstechniken, der Entwicklung von Bauelementen auf Basis aktiver Polymere sowie den Aspekten der Systementwicklung. Eine wesentliche Rolle spielt die Untersuchung und spätere technische Nutzung physikalischer Phänomene im Inneren und an Grenzflächen aktiver Polymere.

Herstellungsverfahren

Einen Schwerpunkt bilden Synthese- und Strukturierungsverfahren für aktive Polymere sowie deren monolithische Integration in Kunststoff-Chips. Wir beschäftigen uns mit dem Rapid Proto-typing von funktionalen Kunststoff-Chips unter Nutzung des Heißprägens, der Softlithografie sowie weiterer lithografischer Verfahren, aber auch der Aufbau- und Verbindungstechnik polymerer Mikrosysteme.



Fotolithografisch strukturiertes Aktorarray auf Basis eines aktiven Polymers



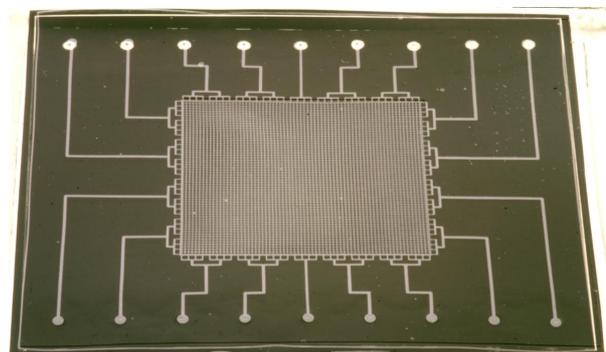
Mikropumpe auf Basis aktiver Polymere

Grundelemente

Es werden grundlegende Entwicklungen zu aktorischen und sensorischen Komponenten durchgeführt. Sie basieren auf Untersuchungen der zum Teil noch unverstandenen Phänomene aktiver Polymere bei ihren Phasenübergängen. Den Schwerpunkt bilden mikrofluidische sowie bildgebende Funktionalitäten.

Systementwicklung

Dieser Bereich beschäftigt sich mit fundamentalen Fragestellungen der Entwicklung von polymeren Mikrosystemen, so z.B. bezüglich Systemintegration und -architektur, aber auch hinsichtlich potenzieller Anwendungsfelder. Entwicklungsschwerpunkte bilden gegenwärtig hochauflösende bildgebende Systeme mit visuell-physikalischen Datenkanälen sowie Mikrofluidik-Prozessoren.



Taktiler Display mit 4.225 Aktorpixeln

2.3 Forschungsgebiete, Laboratorien und Kompetenzen an der Professur Optoelektronische Bauelemente und Systeme

Technologie und Prozesse zur Entwicklung und Herstellung von Mikro-Opto-Elektro-Mechanischen Systemen (MOEMS)

Bulk Micromachining

Surface Micromachining

CMOS

Prozesse für organische Materialien und OLEDs (In-Line und Cluster-Tool)

1500 m² Reinraumklasse 1-100, 6 Zoll Si Wafer

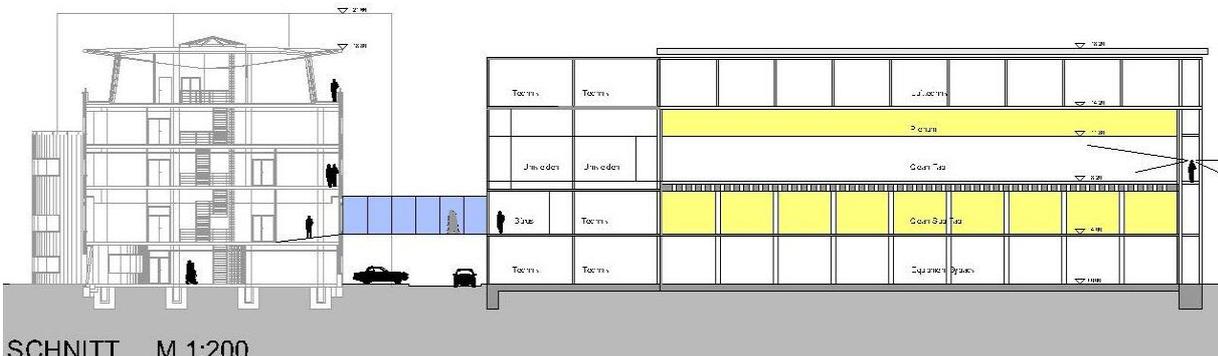
Substrate für Organik bis 300 mm x 400 mm



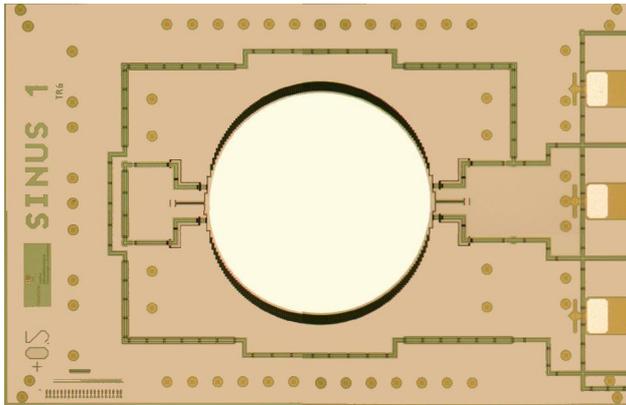
OLED In-Line Anlage



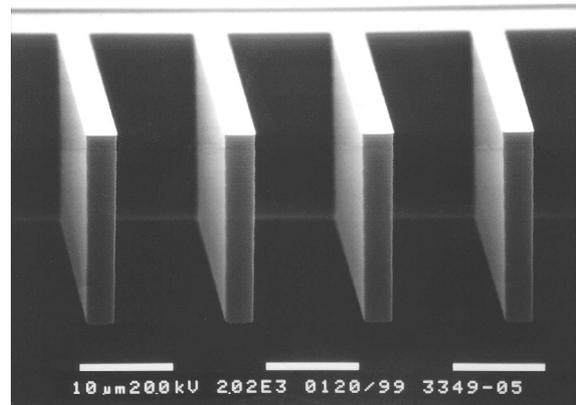
RGB OLEDs



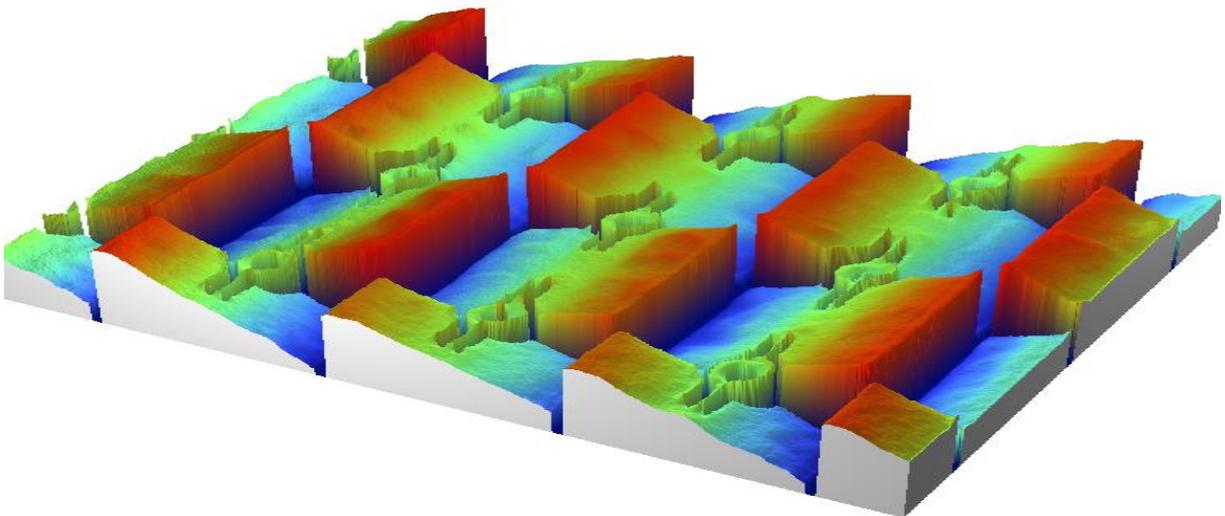
Entwurf, Simulation und Charakterisierung von MOEMS, Systementwicklung für Mikrospiegel Arrays, Mikroscooper, Adaptive Optik



Mikroscooper Chip mit resonantem Antrieb über Fingerstrukturen

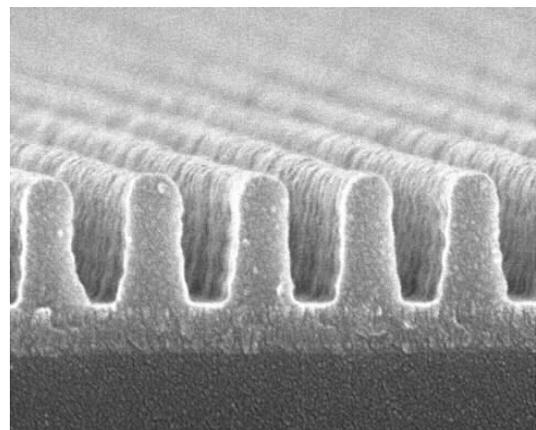
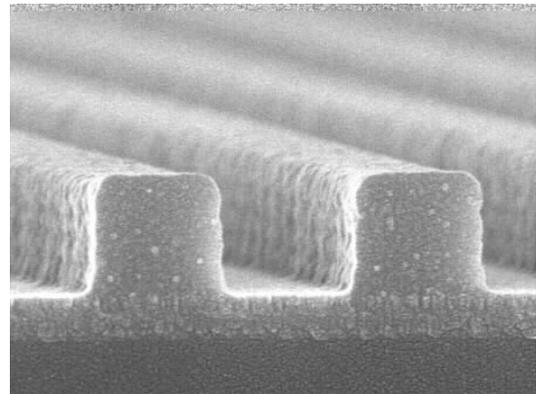
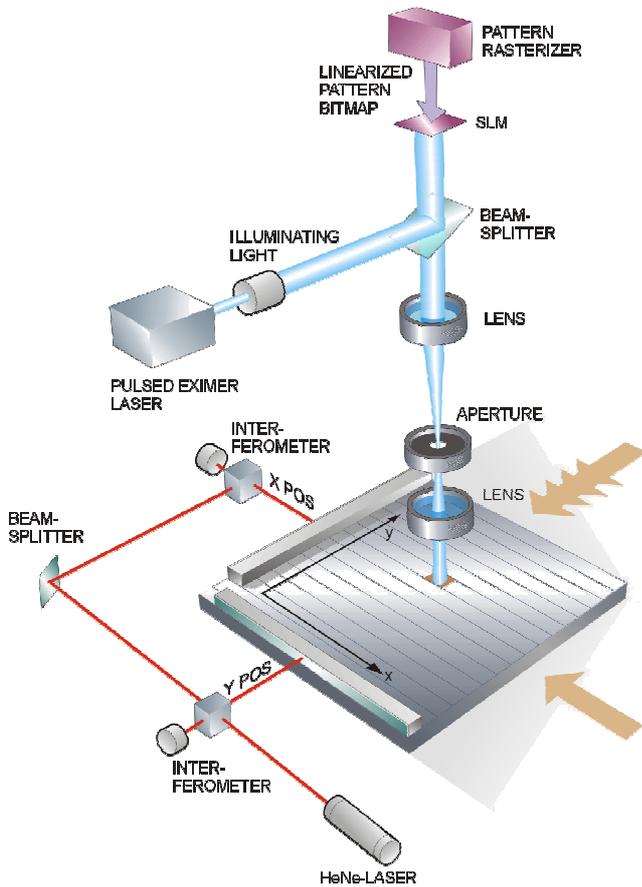


Herstellung der Fingerstrukturen mittels Volumen-Mikromechanik



Ausschnitt eines analog auslenkbaren Mikrospiegelarrays (16 μm Pixel Pitch, 62 nm Auslenkung, 2 kHz Bildwiederholfrequenz bei 1 Mio Pixel)

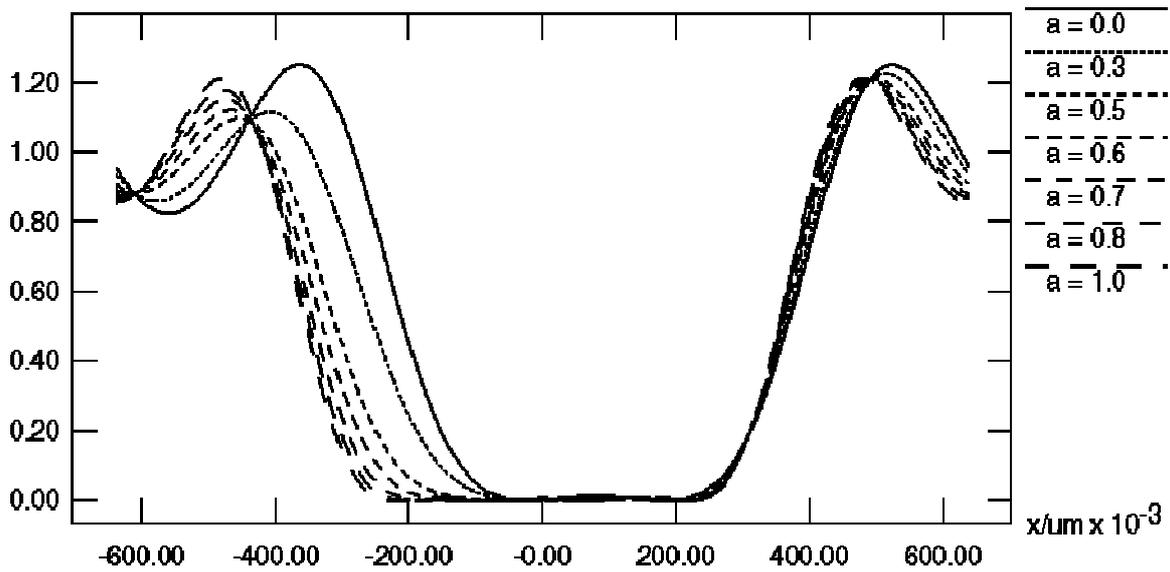
Nanooptik und Nanophotonik



SLM Maskenbelichter für Leading Edge Mask Making bis zum 45 nm Technologie-Node

Linien und Zwischenräume mit 320 nm (oben) und 140 nm (unten)

relative intensity



Verschiebung von Belichtungskanten in 1,6 nm Schritten durch Grauwertadressierung von Randpixeln.

2.4 Forschungsgebiete, Laboratorien und Kompetenzen an der Professur Nanoelektronische Materialien

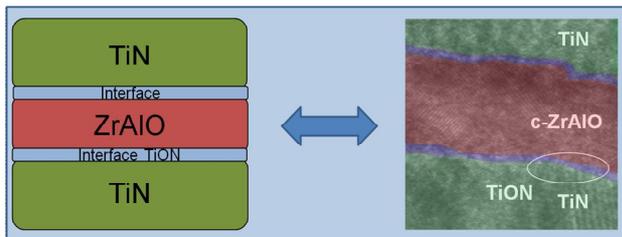
Der Lehrstuhl für Nanoelektronische Materialien befindet sich im Aufbau, so dass bisher alle Forschungstätigkeiten an der NaMLab gGmbH stattfinden.

Forschungsgebiet Kondensatordielektrika

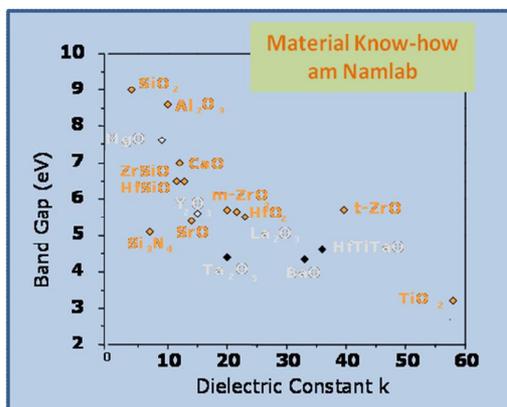
Materialien mit hoher Dielektrizitätszahl (High-k-Materialien) spielen eine immer wichtigere Rolle für Nanoelektronische Bauteile. In konventionellen Halbleiter-Kondensatoren wird die Information in Form von Ladung gespeichert. Um die Kapazität des Kondensators für zukünftige Speichertechnologien d.h. für immer geringer werdende Abmessungen konstant zu halten, kann zum einen die Dielektrikumsdicke von konventionellem SiO_2 oder SiON bis auf wenige Atomlagen verringert werden, oder es können neue Materialien mit höherer Dielektrizitätszahl eingesetzt.

Ähnliche Materialien werden auch für die nächsten Generationen von Hochleistungstransistoren, z.B. in Prozessoren und anderen Logik-Produkten eingesetzt. Dielektrische Schichten müssen auf der atomaren Skala angepasst und optimiert werden, um die Leckströme für immer geringere Dicken niedrig zu halten. Hier wurden eine Reihe von Förderprojekten initiiert, um Transistoren physikalisch und elektrisch zu charakterisieren und den Einfluss der neuen Materialien auf Leckstrom-Mechanismen, Geschwindigkeit und Durchbruchverhalten zu verstehen.

Basierend auf den Ergebnissen der oben genannten Untersuchungen erfolgt zusätzlich eine Suche nach neuen Einsatzmöglichkeiten dieser Materialien. Neben der hohen Dielektrizitätszahl können z.B. auch Ladungsträgerdichte und Diffusionsbarriere-eigenschaften ihre Verwendung in Solarzellen und Sensoren bevorzugen. Insgesamt hat sich das NamLab zum Ziel gesetzt, eine Materialauswahl für spezielle Bauelementeanwendungen durch ein vertieftes Materialverständnis voranzutreiben.



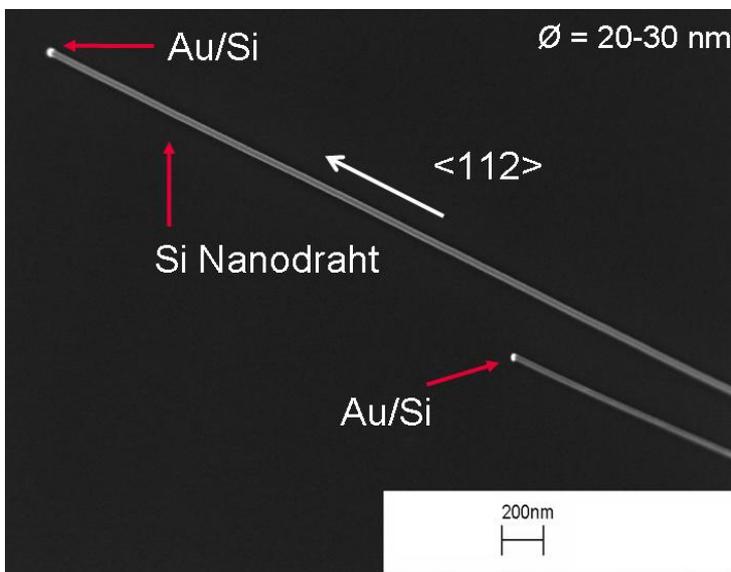
Typischer Schichtaufbau eines Metall-Isolator-Metall-Kondensators:
Schematische Darstellung gegenüber Kondensator mit ca. 10 nm Dielektrikumsdicke.



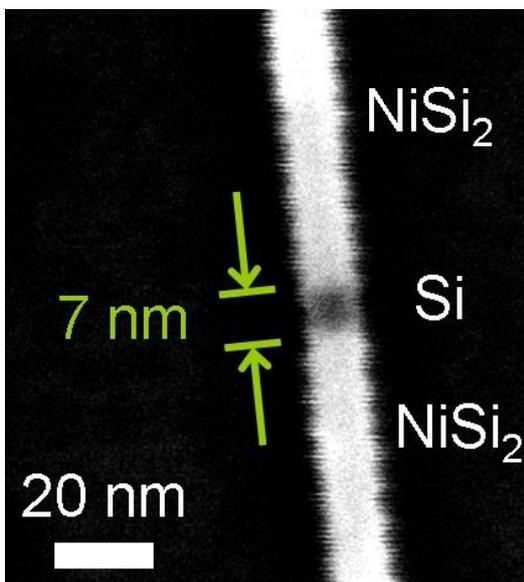
Abhängigkeit des Bandgaps von der Dielektrizitätszahl für am NamLab untersuchte Materialien.

Forschungsgebiet Silizium-Nanodrähte

Die Forschungsarbeiten an der Professur konzentrieren sich gegenwärtig auf die Synthese und Integration von Nanodrähten für neuartige Transistoren und rekonfigurierbare Schaltungen. Da die Abmessungen von elektronischen Bauelementen stetig verkleinert werden und hohe Erwartungen an ihre Leistungsfähigkeit bestehen, werden alternativen Materialien und Bauelementarchitekturen notwendig. Dabei eignen sich Nanodrähte, die aus ‚bottom-up‘-Verfahren hergestellt werden, als potenzielle Kandidaten für die künftigen elektronischen Anwendungen. Ein spezieller Schwerpunkt an der Professur ist die Bildung von longitudinalen Metal / Halbleiter / Metal - Heterostrukturen mit atomar abrupten Grenzflächen. Diese bilden das Kernstück von neuartigen Transistoren und Schaltungen, die eine Funktions-Rekonfigurierbarkeit anbieten. Beispielsweise werden Nanodraht-Transistoren hergestellt, bei denen die Polarität zwischen p- und n-Typ durch externe elektrische Felder frei eingestellt werden kann.



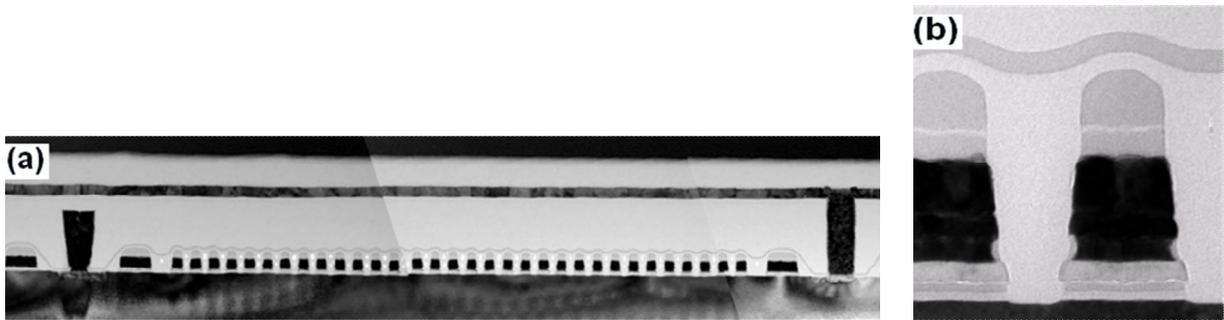
Gesteuertes Wachstum von einkristallinen Si-Nanodrähten mit einem mittleren Durchmesser von 20 nm und kontrollierter Kristallorientierung.



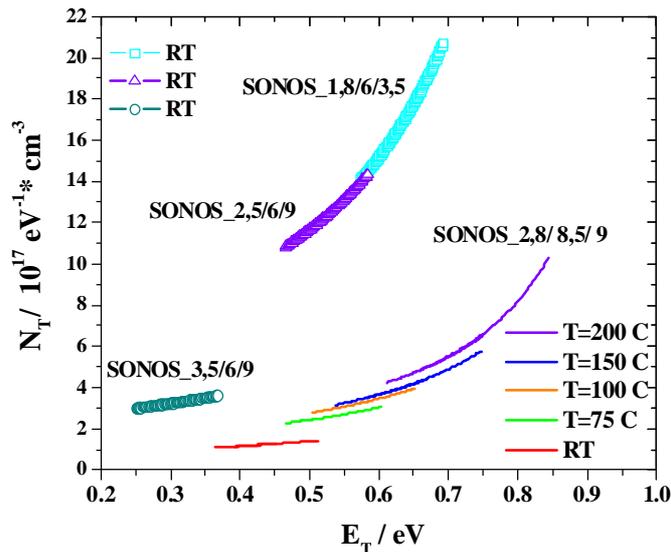
Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme einer NiSi_2 / Si / NiSi_2 Lateralen-Nanodraht Heterostruktur. Die Länge der aktiven Si-Region konnte bis ca. 7 nm durch Silizidierung reduziert werden.

Forschungsgebiet Flash Speicher

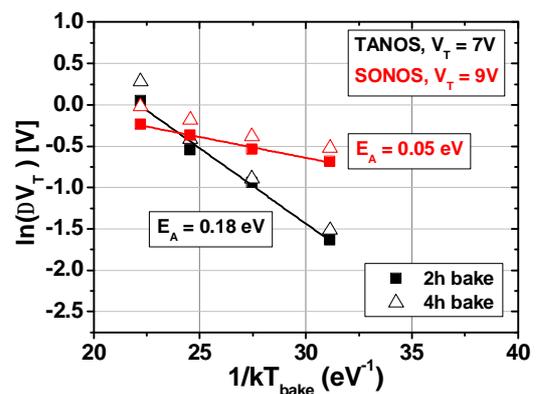
Ein weiteres Forschungsgebiet an der Professur ist die Untersuchung von Strukturen für nichtflüchtige Halbleiter-Bauelemente. Im Rahmen des EU-Projektes „Gossamer“ werden Speicherbauelemente mit haftstellen-basierten Speicherschichten untersucht. Diese sollen später einmal die aktuell dominierende Floating-Gate-Struktur von NAND-Flash-Speicherbausteinen ablösen. Der Fokus der Forschungsarbeit liegt auf der Modellierung des elektrischen Verhaltens der Speicherzellen und der dazu erforderlichen elektrischen Charakterisierung. Für das Erreichen der Projektziele ist es notwendig, neue Materialien in den Schichtstapel der Speicherzelle zu integrieren. So wird anstelle von SiO₂ Aluminiumoxid als mögliches Dielektrikum untersucht, welches eine höhere Dielektrizitätszahl aufweist. Weiterhin wird untersucht, ob sich eine Anwendung von metallischen Gate-Elektroden positiv auf die elektrischen Eigenschaften der Speicherzellen auswirkt. Einen speziellen Schwerpunkt bilden dabei die für die Zuverlässigkeit der Speicherzelle relevanten Parameter, wie z.B. die Energieverteilung der Haftstellen. Zudem wird die Auswirkung der neuen Materialien auf die Zuverlässigkeit analysiert.



Schnitt durch einen NAND-Speicherzellreihe mit 48 nm breiten haftstellen-basierten Speicherzellen (a) und vergrößerter Ausschnitt einer Speicherzelle (die helleren Schichten unterhalb der dunklen metallischen Gate-Elektrode bilden die eigentliche Speicherzelle) (b).



Haftstellendichte in Abhängigkeit von der Haftstellenenergie für drei verschiedene Schichtstapel und für verschiedene Temperaturen



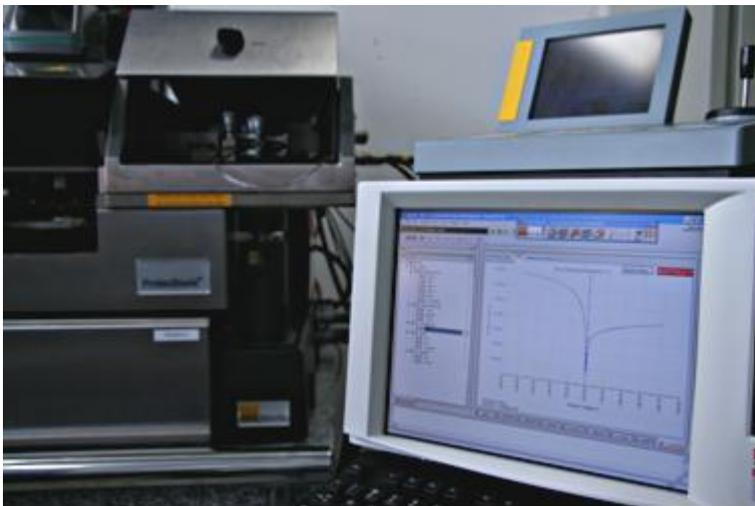
Temperaturbeschleunigung der Ladungshaltung für einen Schichtstapel mit SiO₂ (hell) und Al₂O₃ (dunkel) als Dielektrikum

Kompetenzbereich Elektrische Charakterisierung

Die Entwicklung elektrischer Bauelemente und Schaltkreise ist ohne eine solide messtechnische und messmethodische Arbeit undenkbar. An der Professur wird für die Analyse von Bauelementen ein breites Spektrum an elektrischen Messmethoden wie Kapazitätsmessungen als C(U), C(T) und C(f) oder Strommessungen im Femtoamperebereich bei Temperaturen zwischen 70 K und 450 K zur Verfügung gestellt. Etablierte Methoden sind:

- Analytische Messungen von Speicher-Einzelzellen zur Bestimmung von Haltezeit, Speicher- und Löschenfenstern sowie Schaltzeiten.
- Bestimmung der Transistor- und Kondensator-Kennlinien,
- Messung der Ladungsträgerbeweglichkeit mit Hall und Split-C(U),
- Schichtwiderstandsbestimmung,
- Scanning Spreading Resistance Microscopy,
- Zuverlässigkeitsmessungen von Dielektrika und Transistoren, wie z.B. time dependend dielectric breakdown, stress induced leakage current, bias temperature instability und hot carrier injection, für diese Methoden steht eine most-likelihood-Auswertung zur Verfügung.
- Charge-Pumping und Charge-Trapping-Analysen.

Die vorgestellten Methoden können auf dem Wafer oder für aufgebaute Bauelemente im Gehäuse angewandt werden. Dafür stehen 200 mm und 300 mm Messplätze mit Keithley und Agilent Messtechnik zur Verfügung. Das Know-How und die technischen Geräte werden in zahlreichen Verbundprojekten- und Forschungsprojekten genutzt und weiter entwickelt.



200 mm Messplatz mit Keithley 4200 zur Analyse von Kondensatoren und Speicherbauelementen

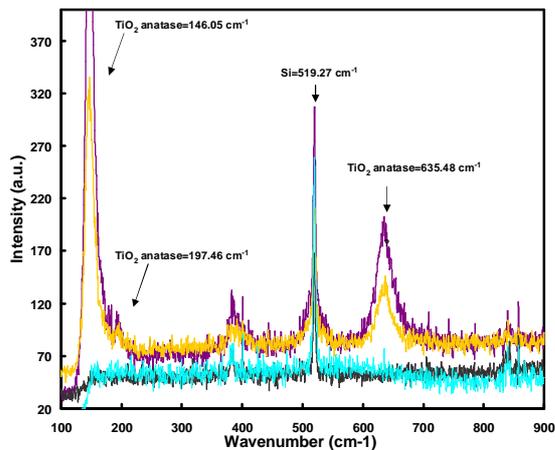


Zuverlässigkeitsmessplatz für Package-level Tests

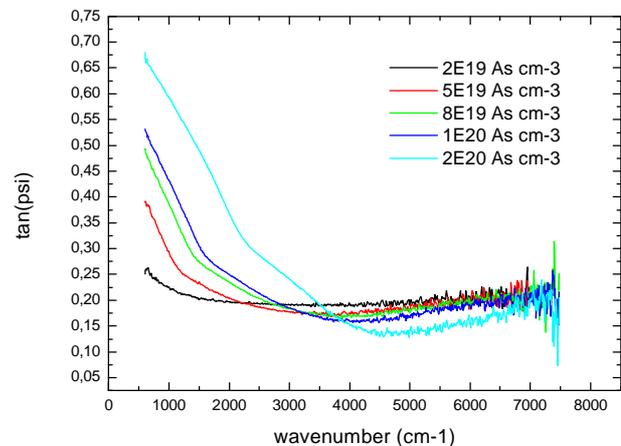
Kompetenzbereich

Physikalische und optische Charakterisierung

An der Professur ist optische Charakterisierung für den gesamten Wellenlängenbereich von 250 nm bis zum infraroten Meßbereich von 17µm vorhanden. Dabei sind die Techniken Photolumineszenz (PL), Photolumineszenzanregungsspektrometrie (PLE), MikroRaman, Fouriertransformierte Infrarot-Ellipsometrie (FTIR-Ellipsometrie) und UV-VIS Spektralellipsometrie verfügbar. Als Quellen für den PL Aufbau stehen Laserlinien von 325 bis 785 nm zur Verfügung. Zur Detektion werden ein Ge-Detektor für den infraroten und Photomultiplier für den sichtbaren Meßbereich genutzt. Ein ‚closed-cycle‘-Kryostat für Temperaturen bis 5 K ist im Aufbau. Für den PLE-Meßplatz ist zusätzliche eine an ein Spektrometer gekoppelte 1 kW Xenonlampe nutzbar. Diese Lampen-Spektrometer-Kombination kann auch für spektralaufgelöste Photoströmmessungen für Photodioden und Solarzellen genutzt werden. Mit dem Mikro-Raman-System kann Stress- und Ladungsträgerkonzentrationsmapping mit Mikrometer-Auflösung erfolgen. Als Quellen stehen hier Laserlinien von 457 bis 785 nm zur Verfügung. Die Anwendungsgebiete des FTIR Ellipsometers erstrecken sich von herkömmlicher Schichtdickenmessung über Infrarotabsorptionsspektroskopie bis hin zur Ladungsträgerkonzentrationsmessungen in Halbleitern und der Vermessung von extrem flachen p-n Übergängen. Das System hat eine räumliche Auflösung von 100x200 µm und kann in Ergänzung zum UV-VIS Ellipsometer betrieben werden. Die an der Professur vorhandenen, sich ergänzenden optischen Methoden ermöglichen eine umfassende optische Charakterisierung von Dünnschichtmaterialien (Absorptionsbanden, optische Zentren, Pumpniveaus, Energietransferprozesse) und von Substraten (lokale Stresser, Ladungsträgerkonzentrations, Photostrom).



Raman-Spektren für 25 nm dickes amorphes und anatase auskristallisiertes TiO₂.



FTIR-Ellipsometer-Messungen an unterschiedlich stark dotiertem Si. Der Anstieg im niedrigen Wellenzahlbereich ist durch die Drude-Absorption hervorgerufen und ein Maß für die Dotierung

2.5 Reinraumgebäude am MIERDEL-Bau

Nach der Inbetriebnahme des Reinraumgebäudes am Mierdel-Bau im April 2006 konnte sich in den Jahren 2007 und 2008 ein kontinuierlicher Reinraum- und Anlagenbetrieb ausbilden. In 2008 und 2009 konnte ein wichtiger Teil des Anlagenparks modernisiert bzw. erweitert werden. So wurden z.B. eine neue Si-Ätzanlage Pegasus der Fa, SPTS Ltd., eine neue Trennsäge, ein neuer Mask Aligner und eine ALD Versuchsanlage in Betrieb genommen. Durch einen Abgleich der Anlagentechnik mit der NaMLab GmbH konnte eine durchgängige Präparationslinie für die Herstellung von Speicherkondensatoren mit high-k Dielektrika in Angriff genommen werden.

Die folgenden Bilder geben einen allgemeinen Überblick über die wichtigsten neuen Geräte und Anlagen, sowie ihre besonderen Leistungsparameter:

Chemisch Mechanisches Polieren (CMP)



POLI-762, Fa. G&P Technology, Südkorea; Waferdurchmesser 100-300 mm; schnelle wechselbare Poliertische; Messung von Reibungskoeffizienten während Politur

Atomic Layer Deposition (ALD)



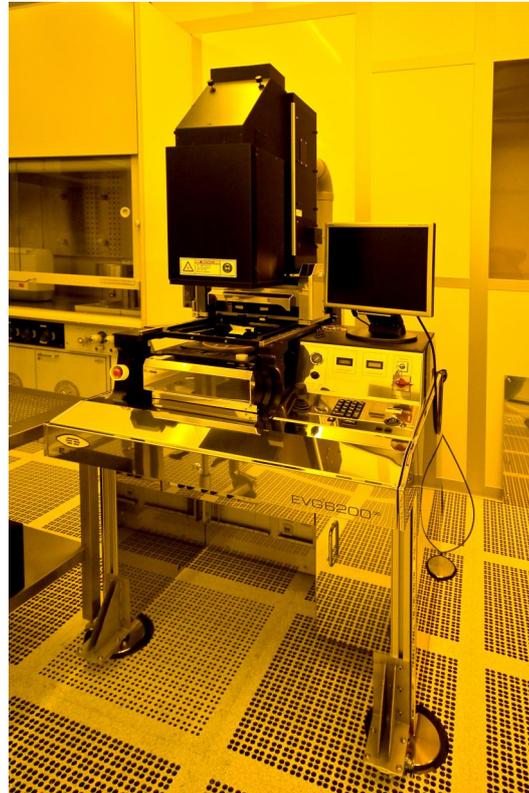
BENEQ TFS 500; Fa. Beneq, Finnland, Heißwandreaktor; Einzelwaferbearbeitung bis 200 mm; Prozesse zur Abscheidung von Al_2O_3 , TiO_2 , Ti-N-O, Ir, IrO_2 und SiO_2

Wafer Cutting



DAD 3350, Fa. Disco, Japan; Trennschleifen von Si-Wafer, Glas, Keramik, Quarz, Saphier bis 200 mm Durchmesser

Contact Lithography



EVG 6200, Fa. ElectronicVision, Austria, 100 bis 200 mm Waferdurchmesser;

Silicon Deep Etch



STS Pegasus; Fa. SPTS Großbritannien; 100 bis 200 mm Waferdurchmesser; Bosch-Prozess;

Laser Cutter



LCS 300, Fa. Synova, ; Trennen von Si-Wafern bis 300 mm Durchmesser

2.6 Gemeinsame Forschungsaktivitäten von TU Dresden (IHM) und NaMLab gGmbH

Das NaMLab wurde am 21. Juli 2006 von der Qimonda Dresden GmbH & Co. oHG und der TU Dresden gegründet. Mit dem Ausscheiden der Qimonda Dresden GmbH & Co. oHG im Mai 2009 ist die NaMLab gGmbH eine Tochtergesellschaft der TU Dresden und erhält seit Juni 2009 institutionelle Förderung durch den Freistaat Sachsen. Seit der Fertigstellung des Reinraums wurden Anlagen insbesondere zur Abscheidung von Isolationsmaterialien mittels MBE, Magnetronspütern und PVD installiert. Darüber hinaus wurden entsprechende Ausrüstungen für die elektrischen und physikalischen Materialcharakterisierung (siehe 2.4.5) aufgestellt.

Das IHM stellt zusammen mit dem NaMLab eine technologische Kette zur Herstellung von Teststrukturen zum Materialscreening von Isolatormaterialien mit einer möglichst hohen relativen Dielektrizitätszahl (high-k), die für den Einsatz in mikroelektronischen Bauelementen (Transistoren, Kondensatoren, Solarzellen und Photodioden) geeignet sind, aufbauen. Die Arbeiten laufen in einem vom BMBF gefördertes Forschungsprojekt (s. Förderprojekt KONDOR).

Weitere Förderprojekte wurden von beiden Forschungsinstituten zusammen beantragt um in Zukunft ein breiteres Spektrum von gemeinsamen Forschungsaktivitäten abdecken zu können.



Gebäude der NaMLab gGmbH neben dem Reinraumgebäude am MIERDEL-Bau

3. Lehre / Education

3.1 Ausbildung am IHM / Microelectronic Studies

Die Ausbildung am IHM beruht auf dem viersemestrigen Grundstudium mit Abschluss der Diplom-Vorprüfung (Vordiplom) in den **Studiengängen**

Elektrotechnik,
Informationssystemtechnik oder
Mechatronik.

Auf dem Grundstudium Elektrotechnik bzw. Mechatronik aufbauend werden im Hauptstudium in den Studienrichtungen Mikroelektronik und Mikromechatronik vom IHM die folgenden obligatorischen Lehrveranstaltungen bestritten:

Halbleitertechnologie,
Mikrosysteme,
Werkstoffe der Mikroelektronik.

In der Vertiefungsausbildung für den **Studiengang Elektrotechnik** gibt es für die Feinwerktechnik, die Informationstechnik und für die Module „Mikroelektronik“ und „Mikrosystemtechnik“ weitere Lehrveranstaltungen, aus denen die Studenten ihr Wahlpflichtprogramm auswählen können. Vom IHM werden dazu folgende Vorlesungen angeboten:

Entwurf und Simulation von Mikrosystemen,
Halbleitertechnologie II,
Herstellung dünner Schichten,
Technische Optik,
Optoelektronische Bauelemente und Systeme,
Messtechnik für Halbleiter- und Mikroelektronik,
Mikroelektroniktechnologie,
Physikalische Mikroanalytik,
Solarenergietechnik,
Vakuumtechnik,
Werkstoffe III.

Für den **Studiengang Mechatronik** bietet das Institut den Modul „Mikro-Elektro-Mechanische Systeme“ (MEMS) an. Er enthält die folgenden Lehrveranstaltungen, die alle vom IHM angeboten werden:

Werkstoffe der Mikrosystemtechnik,
Mikrosysteme (für Mechatroniker),
Elektromechanische Netzwerke (EMN),
Anwendung kombinierter Simulation (AKS),
Praktikum zu EMN und AKS

Für alle Studiengänge werden in Fachpraktika und bei Exkursionen Einblicke in technologische Prinzipabläufe bzw. in die industrielle Fertigung geboten. Ein einsemestriges Industriepraktikum ist obligatorischer Teil des Studiums.

Als studentische Qualifizierungsarbeiten werden Studienarbeit (3 Monate) und Diplomarbeit (6 Monate) in der Regel an einer Professur des IHM durchgeführt.

Die Regelstudienzeit beträgt 10 Semester.

Generally, the education and graduation are organized as two parts. The first part covers undergraduate studies for all students of Electrical Engineering, Information Systems Engineer-

ing and Mechatronics. After passing an intermediate examination (Diplom-Vorprüfung) the students can choose graduate courses in microelectronics or micro-mechatronics.

The IHM is responsible for the following mandatory lectures:

Semiconductor Technology

Microsystems Technology

Materials for Microelectronics

The attendees of different graduate courses may choose lectures out of a wide spectrum of optional courses presented by the IHM faculty and staff. A three month project work and one semester industrial placement are part of the obligatory courses.

Normally, the education lasts ten semesters and is finished by passing the diploma examination (Diplom-Ing. certificate) after six month preparation.

3.2 Lehrveranstaltungen / Lectures

Werkstoffe II / Materials Science II (Dr. Adolphi, Prof. Fischer)	5. u. 6. Semester
Mikrosysteme / Microsystems (Prof. Fischer)	5. u. 6. Semester
Halbleitertechnologie / Semiconductor Technology (Prof. Bartha)	6. Semester
Technische Optik / Technical Optics (Prof. Lakner)	6. Semester
Werkstoffe für Mechatroniker / Materials Science for Mechatronic Engineering (Dr. Adolphi, Prof. Fischer)	6. Semester
Werkstoffe III / Materials Science III (Dr. Adolphi, Prof. Fischer)	6. u. 7. Semester
Entwurf und Simulation von Mikrosystemen / Design and Simulation of Microsystems (Prof. Gerlach, Dr. Marschner, Prof. Fischer)	6. u. 7. Semester
Studienarbeiten auf dem Gebiet der Elektromechanischen Systeme/ Projects in the field of Electromechanical Systems (Prof. Pfeifer)	6. o. 7. Semester
Studienarbeiten auf dem Gebiet der Halbleitertechnik / Projects in the field of Semiconductor Technology (Prof. Bartha)	6. o. 7. Semester
Studienarbeiten auf dem Gebiet der Mikrosystemtechnik / Projects in the field of Microsystem Technology (Prof. Fischer)	6. o. 7. Semester
Studienarbeiten auf dem Gebiet der Optoelektronischen Bauelemente und Systeme / Projects in the field of Optoelectronic Devices and Systems (Prof. Lakner)	6. o. 7. Semester
Elektromechanische Netzwerke / Electromechanical Networks (Prof. Pfeifer)	7. Semester
Halbleitertechnologie II / Semiconductor Technology II (Prof. Bartha)	7. Semester
Physikalische Mikroanalytik / Physical Microanalytics (Dr. Wenzel, Prof. Bartha)	7. Semester
Optoelektronische Bauelemente und Systeme / Optoelectronic Devices and Systems (Prof. Lakner)	7. Semester
Vakuumtechnik / Vacuum Technology (Prof. Bartha)	7. Semester
Anwendung kombinierter Simulation / Application of Integrated Simulation (Prof. Pfeifer, DI Starke)	7. u.8. Semester

Meßtechnik für Halbleiter- und Mikrotechnik / Semiconductor and Microsystem Measurements (Dr. Plötner, Prof. Bartha, Prof. Fischer)	7. u. 8. Semester
Oberseminar Mikroelektronik / Postgraduate Seminar Microelectronics (Prof. Bartha, Prof. Fischer)	7. u. 8. Semester
Dünne Schichten / Thin Films (Dr. Wenzel, Prof. Bartha)	8. Semester
Mikroelektronik-Technologie / Microelectronic Technology (Dr. Klaus, Prof. Bartha)	8. Semester
Solarenergietechnik / Solar Energy Technology (Dr. Albert, Prof. Bartha)	8. Semester
Speichertechnologie / Memory Technology (Prof. Mikolajick)	8. Semester

3.3 Diplom- und Studienarbeitenarbeiten 2008 / Students Diploma Theses and Project Reports 2008

Abgeschlossene Studienarbeiten / Students Project Reports

Anders, Norman	Charakterisierung eines OLED on CMOS Flowsensors (Betreuer: Prof. Fischer)
Junige, Marcel	Untersuchung und Optimierung eines plasmagestützten Ruthenium-ALD-Prozesses (Betreuer: Prof. Bartha, Dipl.-Ing Wojcik)
Kirsten, Sabine	Untersuchung piezoelektrischer Polymere auf deren Einsatz in telemmedizinischen Anwendungen, insbesondere zur Erkennung der Pulswelle am Handgelenk (Betreuer: Prof. Fischer, Dr. Heinig (IPMS))
Kleiner, Anja	Qualifizierung der Photoelektronenspektrometrie (XPS) im IHM zur besseren Quantifizierung der chemischen Zusammensetzung dünner Schichten (Betreuer: Prof. Fischer, Dr. Adolphi)
Lehninger, David	Vergleichende elektrische Messungen zur Charakterisierung von Cu-Diffusionsbarrieren auf TaN- und Ru-Basis im Kontakt mit SiO ₂ und low-k-Dielektrika (Betreuer: Prof. Bartha, Dipl.-Ing Wojcik)
Mütze, Marco	Entwurf und Aufbau von Komponenten zur rotorsynchronen Signalerfassung in einem intelligenten Sensor für die Getriebediagnose (Betreuer: Prof. Fischer, Dr. Marschner)
Poitschke, Frank	ALD (Atomic Layer Desposition) Prozessentwicklung von auf Tantalnitrid basierenden Schichten mittels neuem Precursor TBDETCp (Betreuer: Prof. Bartha, Dipl.-Ing Schmidt)
Scholz, Karsten	Untersuchungen zur Herstellung von organischen Feldeffekttransistoren mit neuartigen Gatedielektrika für den Aufbau auf Folien (Betreuer: Prof. Fischer, Dr. Plötner)
Teng, Lichao	Herstellung und Charakterisierung hybrider Stempelaufbauten für das Nanoimprinting (Betreuer: Prof. Fischer, Dipl.-Ing Kirchner)
Vogel, Uwe	Modellierung eines Resonanz-Biegesensors (Betreuer: Prof. Fischer, Dr. Marschner)
Xin, Gang	Herstellung und Abformstrukturen in Siliziumsubstraten für das Micro- und Nano-Contactprinting und Durchführung erster Untersuchungen zur Polymerabformung (Betreuer: Prof. Bartha, Dr. Richter)

Abgeschlossene Diplomarbeiten / Finished Diploma Theses

Bakardjiev, Petko	Tieffrequenz-Druckgenerator zur sinusförmigen Druckerzeugung (Betreuer: Prof. Pfeifer)
Burmeister , Jens	Personalisierbare Klassifikation des Aktivitätsstatus unter Nutzung neuronaler Netze (Betreuer: Prof. Fischer, Dr. Marschner)
Conesa , Fernando	Show applicability of a new cross-flow reactor for atomic layer deposition by setting up and characterizing a process for thin insulation metal oxide films (Betreuer: Prof. Bartha, Dipl.-Ing. Knaut)
Dudkevich, Dzmitry	Elektrische Charakterisierung von Atomic Layer Deposition high-k-Dielektrika in MIM Strukturen (Betreuer: Prof. Bartha, Dr. Albert, DP. Rößler)
Dürichen, Robert	Optimization of a diffuse reflectance spectroscopy method for hemoglobin measurements in biological tissue (Betreuer: Prof. Lakner; Dr. van der Voort, Philips Res. Eindhoven)
Gatzlaff, Christian	Optimierung der Zellengeometrie von Dünnschichtsolarpanelen (Betreuer: Prof. Bartha, Dr. Albert)
Hasselgruber, Moritz Heinig, Nora	Entwicklung eines OLED-Substrats in Dickschichttechnik (Betreuer: Prof. Lakner, Dipl.-Ing Kirchhof IPMS) On-Chip-fähige chemische Mikrosensoren (Betreuer: Prof. Fischer, Dr. Richter)
Henke, Thomas	Precursorevaluation für die Atomlagenabscheidung von Iridium-basierten dünnen Schichten (Betreuer: Prof. Bartha, Dipl.-Ing. Hoßbach)
Jäger, Philipp	Entwicklung eines Messplatzes zur Charakterisierung von Mikrodisplays auf Basis organischer Leuchtdioden (Betreuer: Prof. Lakner; Dr. U. Vogel, IPMS)
Krause , Martin	Analyse der Signallaufzeit zwischen gekoppelten elektromechanischen Wandlern (Betreuer: Prof. Pfeifer)
Matthes, Konrad	Anwendung und Weiterentwicklung der Spektralreflektometrie zur schnellen orts aufgelösten Messung transparenter strukturierter Schichten in der Halbleiter- und Mikrosystemtechnik (Betr.: Prof. Bartha, Dr. Adolphi)
Päßler, Sebastian	Entwicklung, Aufbau und Erprobung eines mobilen Pulsoximeters für reflexive und transmissive Sensoren mit aktiver Unterdrückung von Bewegungsartefakten (Betreuer: Prof. Fischer)
Sauer, Sebastian	Telemetrische Messung der Resonanzfrequenz eines Biegesensors (Betreuer: Prof. Fischer, Dr. Marschner)
Schimke , Christoph	Dynamische VHF-PECVD flexibler amorpher Siliziumsolarzellen und effiziente Instandhaltungsstrategien der Beschichtungsanlage (Betreuer: Prof. Bartha, Dipl.-Wirtsch.-Ing Strobel, Dr. Albert)
Schulze , Robert	Entwurf piezoelektrischer Antriebe für mikromechanische Si-Komponenten (Betreuer: Prof. Pfeifer)
Zhi, Yuan	Entwicklung eines Konzepts zur Charakterisierung von hochdynamischen CMOS-Bildsensoren, die integrierte Verfahren zur Bildverbesserung haben (Betreuer: Prof. Lakner; Dipl.-Ing. Apel, Robert Bosch GmbH Leonberg)

3.4 Dissertationen 2009 / Finished Doctoral Thesis (PhD) 2009

Hellriegel, Ronald	Trockenätzen von Titannitrid mit Halogenverbindungen zur besonderen Verwendung für ALD/CVD/PVD-Kammerreinigungsprozesse
Reinicke, Marco	Investigation of Physical and Chemical Interaction during Etching of Silicon in dual Frequency capacitively coupled HBr/NF ₃ Gas Discharges
Starke, Eric	Kombinierte Simulation - eine weitere Methode zur Optimierung elektromechanischer Systeme
Türke, Alexander	Synthese von Silberhybridpartikeln als leitfähige Tinten für den Ink-Jet-Druck von leitfähigen Strukturen (an Fak. Mat. Nat.)

3.5. Weiterbildungen / Continuing Education

Dresden Microelectronics Academy

Die langjährige Tradition der „Dresdner Sommerschule Mikroelektronik“ bzw. „Dresden Microelectronics Academy“ (DMA) wurde im vergangenen Jahr durch den Wegfall eines bedeutenden Industriepartners und eine durch die weltweite Finanzkrise ausgelöste Rezession unterbrochen. Die Veranstalter entschieden sich in 2009 keine DMA durchzuführen. Inzwischen (Februar 2010) laufen die Vorbereitungen für die 10. Dresden Microelectronics Academy 2010 auf Hochtouren. Veranstalter sind die Firmen Globalfoundries und Infineon sowie federführend die Technische Universität Dresden.

Ziel dieser Veranstaltung ist es, Studierende und Absolventen der Ingenieur- und Naturwissenschaften für die fachliche und berufliche Praxis der Halbleiterindustrie im Dresdner Mikroelektronik Cluster zu begeistern. Ihren Erfolg verdankt die Sommerschule der Kooperation der beteiligten Partner. Veranstalter und Sponsoren verstehen sich als Mitglieder eines regionalen Netzwerks aus Industrie, Forschung und Lehre. Die 10. DMA ist für den September 2010 geplant. Weitere Informationen finden Sie auf der Internet Seite

<http://www.dresden-microelectronics-academy.de/>



September 13 –17, 2010



For more information, visit

www.dresden-microelectronics-academy.de

Application deadline: May 31, 2010



The long tradition of the Dresden Summer School Microelectronics respectively the Dresden Microelectronics Academy (DMA) was interrupted last Year by the vanish of one of the significant Industry partners induced by the worldwide financial crisis causing a strong recession. Therefore the organizers decided to skip the 2009 DMA. In the meantime the preparation for the 10th DMA in 2010 are running up to speed. Organizers are Globalfoundries and Infineon together with the Technical University of Dresden as project leader.

The objective of this event is to give students and graduates more insight into the practical application of microelectronics in the semiconductor industry and to show the potential of the Dresden microelectronic cluster. The success of this event is based on the cooperation of the participating partners, who understand themselves as part of a regional network merging Industry, R&D and Education.

The 10th Dresden Microelectronics Academy is planned to be held in Sept 2010. Further information can be found at the web-page

<http://www.dresden-microelectronics-academy.de/>

4. Gegenwärtige Forschungsprojekte / Current Research Projects

4.1 Forschungsprojekte an der Professur Halbleitertechnik

Einsatz von kontinuierlicher VHF-Plasma-CVD mittels Linearquellen zur Deposition von a-Si:H/ μ c-Si:H Solarzellen

Implementation of a continuous VHF-plasma-CVD process using a linear plasma source for the deposition of a-Si:H/ μ c-Si:H solar cells

Projektleiter: Prof. J.W. Bartha/ Dr. M.Albert
Mitarbeiter: Dipl.-Ing T. Zimmermann
Förderer: Unterauftrag v. FZJ/BMU
Laufzeit: 01.07.2008 – 30.06.2010
Projektpartner: IEF5-Photovoltaik, Forschungszentrum Jülich GmbH,
Von Ardenne Anlagentechnik GmbH Dresden, FAP GmbH Dresden

Zielstellung

Ziel des Projektes ist die Herstellung von a-Si:H and μ c-Si:H Solarzellen bei gleichzeitig hohen Wirkungsgraden und hoher Produktivität der Anlage. Dank der Verwendung einer Linienquelle ist der Einsatz hoher Frequenzen (VHF-PECVD) bei großen Substratflächen möglich. Dadurch kann auch bei hoher Rate homogen abgeschieden werden. Im Gegensatz zu konventionellen Anlagen (statisch Abscheidung) muss dafür aber das Substrat an mehreren Linienquellen vorbeilaufen, um die entsprechende Schichtdicke zu erreichen. Es ist daher zu klären, ob dieser dynamische Prozess eine Einschränkung für die Materialqualität darstellt.

Ergebnisse

Für amorphe Solarzellen lagen die besten initialen Wirkungsgrade bei rund 8,2 % (880 mV; 13,5 mA/cm²; 70 % Füllfaktor), die degradierten Zellen erreichten maximal 6,5 % (880 mV; 12,4 mA/cm²; 61 % Füllfaktor). Vor allem eine Verringerung der Dicke der intrinsischen Schicht wirkte sich hier positiv auf den stabilisierten Wirkungsgrad aus. Oberhalb einer Abscheiderate von 0,8 nm/s (5,7 nm·m/min dynamische Abscheiderate) begannen die Wirkungsgrade der amorphen Zellen zu sinken.

Als Voraussetzung zur Herstellung mikrokristalliner Zellen wurden zuerst sehr dünne p-Schichten abgeschieden. Durch Variation der Prozessparameter konnten Leitfähigkeiten von mehr als 0,1 S/cm für Schichten von nur 20 nm Dicke erreicht werden. Da dies als ausreichend gilt, wurden in der Folge mikrokristalline Zellen hergestellt. Diese zeigten maximale Wirkungsgrade von 6,3 % (500 mV; 19,5 mA/cm²; 65 % Füllfaktor) bei einer Abscheiderate von 0,4 nm/s (3,1 nm·m/min dynamisch). Durch eine Modifikation des Reaktors konnte nachgewiesen werden, dass die Gasführung einen starken Einfluss auf die Homogenität der Abscheidung hat.

Objective

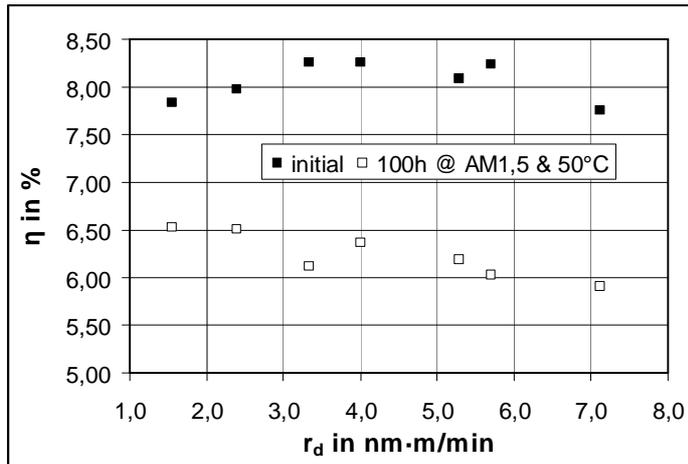
The objective of this project is the deposition of high quality a-Si:H and μ c-Si:H solar cells in a highly productive deposition system. Because of the deployment of a linear plasma source it is possible to work with VHF-PECVD on large areas. As a result highly uniform layers can be deposited even at high rates. But in contrast to conventional systems (static deposition) the substrate has to pass several linear plasma sources in order to deposit the necessary film thickness. Therefore it has to be investigated whether the dynamic process limits the material quality or not.

Results

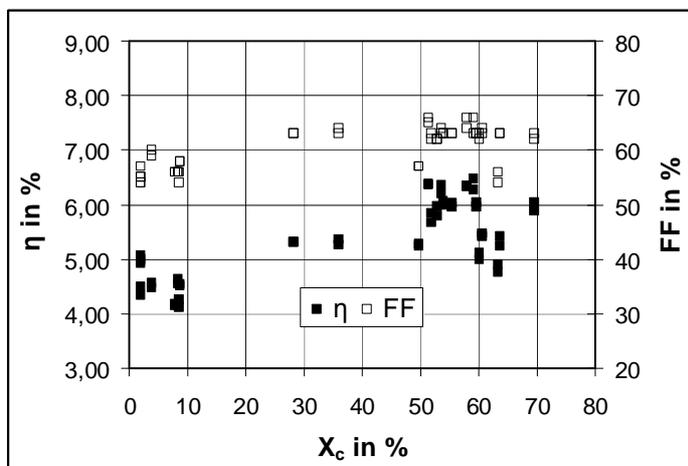
The best amorphous solar cells showed efficiencies of 8.2 % (880 mV; 13.5 mA/cm²; 70 % fill factor), the best degraded cells reached about 6.5 % (880 mV; 12.4 mA/cm²; 61 % fill factor). Especially reducing the thickness of the intrinsic layer proved to have a positive effect on the

stabilised efficiency. However, beyond a deposition rate of 0.8 nm/s (5.7 nm-m/min dynamic rate) the values began to deteriorate.

As a prerequisite for the production of microcrystalline solar cells we first deposited thin p-doped layers. Through a variation of the process parameters we produced layers of 20 nm with a conductivity of more than 0.1 S/cm. As this is supposed to be sufficient we went ahead depositing microcrystalline solar cells. The best cells yielded 6.3 % (500 mV; 19.5 mA/cm²; 65 % fill factor) at a deposition rate of 0.4 nm/s (3.1 nm-m/min). By modifying the reactor geometry we were able to show that the gas flow conditions do have a strong impact on the uniformity of the deposition.



Initialer und stabilisierter Wirkungsgrad von a-Si:H Solarzellen in Abhängigkeit von der dynamischen Abscheiderate
Initial and degraded efficiency of a-Si:H solar cells depending on the dynamic deposition rate



Einfluss der Kristallinität (X_c) auf Füllfaktor und Wirkungsgrad von μc-Si:H Solarzellen
Efficiency and fill factor of μc-Si:H solar cells depending on the crystallinity (X_c)

Beschichtung von flexiblen Substraten mit a-Silizium pin – Solarzellen mittels einer VHF – PECVD – Durchlaufanlage

Deposition of amorphous silicon solar cells on flexible substrates by means of a VHF-PECVD inline system

Projektleiter: Prof. J.W.Bartha/ Dr. M. Albert
Mitarbeiter: Dipl. Wi.-Ing. C. Strobel, Z. Ritter
Förderer: BMU
Laufzeit: 01.10.2006 – 31.03.2010
Projektpartner: FAP GmbH Dresden

Zielstellung

Das Gesamtziel des Vorhabens besteht in der Weiterentwicklung eines hochproduktiven dynamischen Verfahrens zur Abscheidung von a-Silizium-Solarzellen auf flexiblen Polymerfolien mittels einer VHF-Plasma-CVD-Durchlaufanlage. Das Vorhaben beinhaltet die Entwicklung einer Technologie zur Herstellung einfacher a-Si:H p-i-n – Solarzellen auf flexiblem Polymersubstrat. Für die Möglichkeit der späteren Herstellung der Zellen im Rolle-zu-Rolle Verfahren galt es, besonders die mechanische Stabilität der flexiblen Solarzellen unter verschiedenen Beanspruchungen zu untersuchen.

Ergebnisse

Als flexibles Substrat wurde unter mehreren Kandidaten wärmestabilisierte PET-Folie (Melinex ST 504) ausgewählt (Transmission >80 % von 300 nm - 2000 nm, Temperaturbeständigkeit bis 150 °C). Darauf wurde von einem Partner (FEP) das TCO Frontkontakt Material (ITO) mittels Sputterverfahren aufgebracht. Der Schichtwiderstand der ITO-Beschichtung betrug homogen ca. $60 \Omega/\square$ ($< \pm 5\%$). Weiterhin diente eine ebenfalls gesputterte ZnSnOx Barrierschicht zwischen Folie und ITO zur folienseitigen Versiegelung der Zellstruktur. P-i-n Solarzellen auf flexiblem Substrat wurden im Gegensatz zu n-i-p Solarzellen bisher wenig untersucht. Im Rahmen der Untersuchungen im Projektzeitraum konnten gute initiale Wirkungsgrade von bis zu ca. 6 % (3,7 % stabil) für a-Si:H p-i-n Solarzellen auf PET erzielt werden. Das Alterungsverhalten der a-Si Zellen auf PET unterscheidet sich dabei grundlegend im Vergleich zu identischen Solarzellen auf Glassubstrat. Die mechanische Stabilität der Zellen wurde durch zahlreiche Biegeversuche mit anschließender elektrischer Charakterisierung der Zellen untersucht. Dabei zeigte sich, dass die a-Si:H Solarzeleigenschaften unter extern induzierten Zugspannungen stärkeren Beeinträchtigungen unterliegen als unter extern induzierten Druckspannungen.

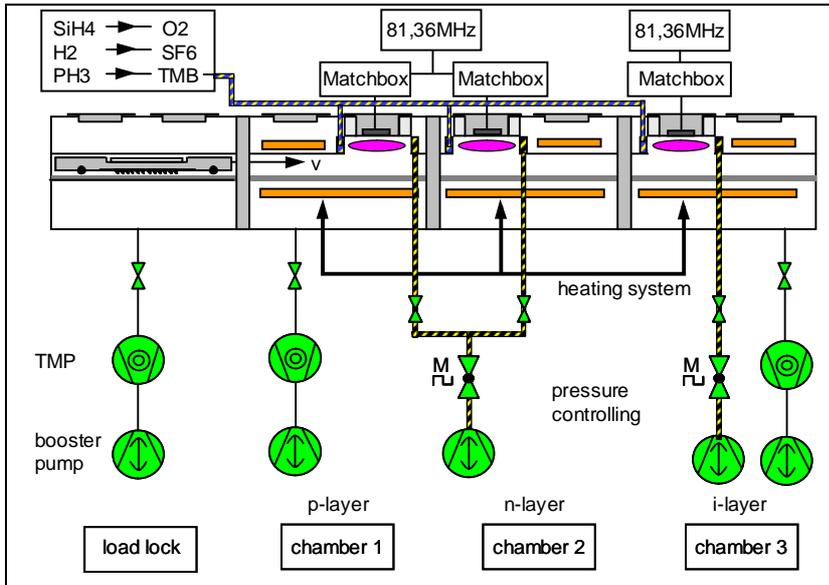
Objective

The objective of our research project is to further develop our inline VHF-PECVD equipment designed for the deposition of amorphous silicon on flexible substrates. This includes the development of a technology for the deposition of amorphous silicon p-i-n solar cells on metallized flexible polymer substrates. For the possibility to produce the solar cells in a roll-to-roll process in the future it was necessary to investigate the mechanical stability of the flexible cells under different stress situations.

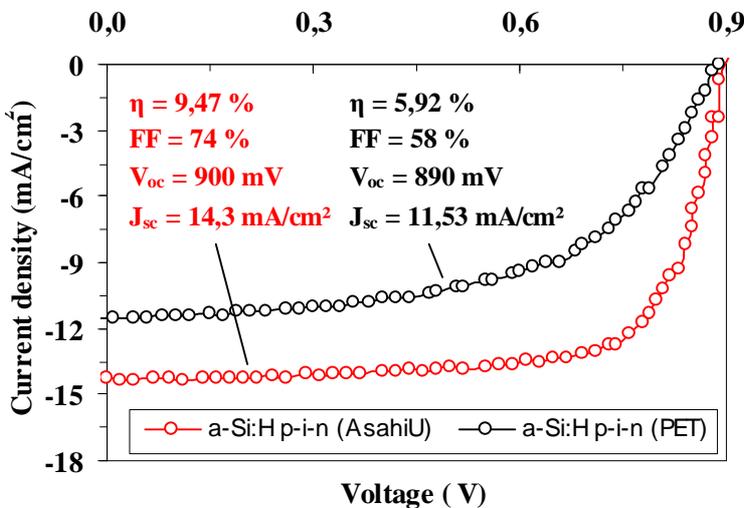
Results

As flexible substrate heat-stabilized PET foil (Melinex ST 504) was chosen among different candidates (transmission >80 % from 300 nm to 2000 nm, thermally stable up to 150 °C). Then, from a project partner (FEP), the front-contact TCO-material (ITO) was deposited on the foil by sputtering. The sheet resistance of the ITO layer was homogeneously about $60 \Omega/\square$ ($< \pm 5\%$). Further on an also sputtered barrier layer made of ZnSnOx (WVTR ~ 10-2 g/m²/24h) served as foil-laterally encapsulation of the cell structure. Investigations on p-i-n solar cells on flexible substrates are rare in contrast to flexible n-i-p cells. Within the work during the project good initial efficiencies of up to about 6 % (3.7 % stable) could be achieved for amorphous silicon p-i-n cells on PET. Thereby the degradation behaviour of the

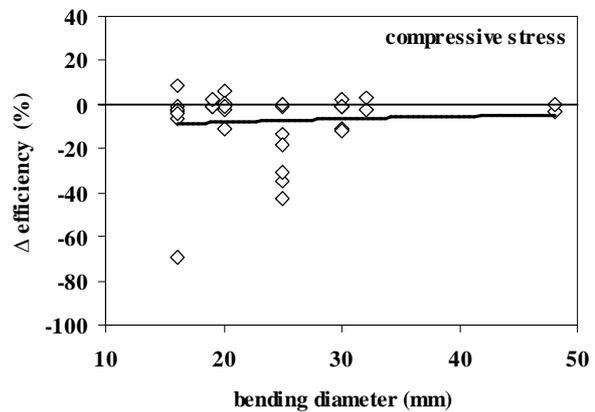
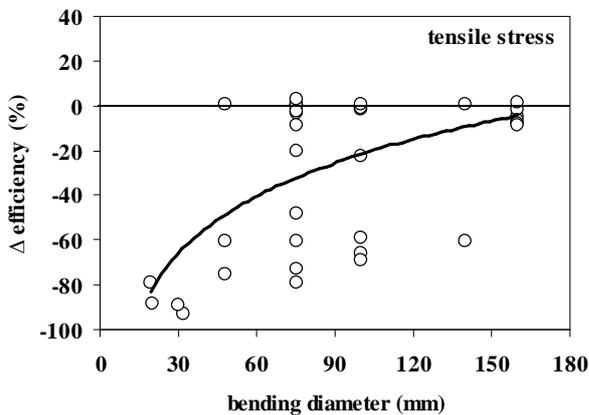
cells on PET differs strongly compared to identical cells on glass. The mechanical stability of the cells was investigated by many bending experiments with following electrical characterisation. It was shown that the a-Si:H solar cell performance was much more sensitive to tensile than to compressive stress.



Schematische Darstellung der VHF-Band-beschichtungsanlage



J/V-Kennlinie und Solarzellenkenngrößen einer a-Si:H pin Solarzelle auf flexiblem PET-Substrat



Veränderung des initialen Wirkungsgrades von a-Si:H p-i-n Solarzellen als Funktion von Zug- (links) und Druckspannung (rechts).

Aufskalierung einer VHF-Linienquelle für höhere Frequenzen und größere Bearbeitungsbreiten

Scale-up of VHF-linear plasma source for higher excitation frequencies and larger working area.

Projektleiter: Prof. J.W. Bartha/ Dr. M.Albert
Mitarbeiter: Dipl.-Ing B. Leszczynska, S. Völkel
Förderer: BMU
Laufzeit: 01.09.2009 – 31.08.2012
Projektpartner: IEF5-Photovoltaik, Forschungszentrum Jülich GmbH
FAP GmbH Dresden

Zielstellung

Ziel des Projektes ist die Weiterentwicklung des dynamischen Verfahrens zur hochproduktiven Abscheidung von amorphen und mikrokristallinen Siliziumschichten und die Erweiterung der Leistungsfähigkeiten der VHF – PECVD - Linienquelle. Die erste Untersuchungsrichtung ist die Erweiterung des Frequenzbereiches der Quelle bis 150 MHz. Wir erwarten eine Verbesserung der Stabilität der amorphen, mikrokristallinen und mikromorphen Solarzellen bei höheren Abscheideraten. Wir gehen davon aus, dass mit höheren Anregungsfrequenzen die Schichten mit wesentlich geringerem Ionenbeschuss erzeugen werden. Im zweiten Schwerpunkt des Projektes wird der Arbeitsbereich der VHF-Linienquelle bis zu einer Länge von 70 cm vergrößert, um die Produktivität des Abscheidungsprozesses zu erhöhen.

Ergebnisse

Die ersten Versuche erfolgten bei einer Anregungsfrequenz von 100 MHz. Es wurden Untersuchungen der Plasmahomogenität durchgeführt. Die statischen Abscheidungsversuche auf Al-Folie wurden stationär vorgenommen. Die Plasmahomogenität wurde bestimmt. Die erste gelbe Linie auf der Schicht, die auf der Al-Folie abgeschieden wurde, war 10 nm dick. Jede nächste Linie wurde 10 nm dicker angenommen, unter der Bedingung, dass die Farbensequenz die Tendenz zur steigenden Liniendicken zeigte. Als zweiter Schritt wurden die Standardparameter für 81,36 MHz-Prozess genutzt um die intrinsische a-Si:H Schichten mit 100 MHz Anregungsfrequenz abzuscheiden. Die 6nm-m/min dynamische Abscheiderate wurde erzeugt, die 1.6-mal besser im Vergleich mit dem 81.36 MHz-Prozess war. Außerdem wurden die ersten amorphen Siliziumdünnschichtsolarzellen hergestellt, dessen intrinsische Schicht mit 100 MHz Frequenz abgeschieden wurde. Die besten Solarzellen hatten den Initialwirkungsgrad 8,02 % (880 mV; 12,78 mA/cm²; 72 % Füllfaktor).

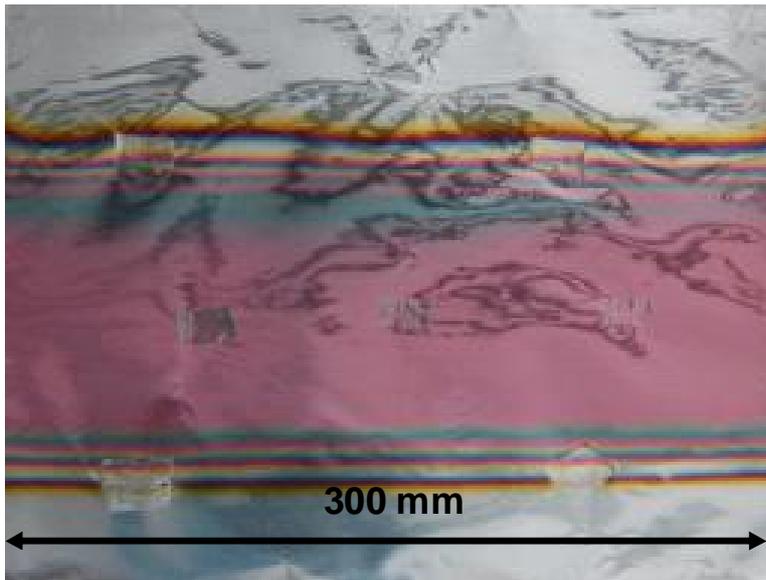
Objective

The objective of this project is the further development of dynamic highly productive a-Si:H and μ c-Si:H solar cells deposition process and improvement of the VHF-PECVD linear plasma source efficiency. The first step is the increase of excitation frequencies up to 150 MHz. As a result the improvement of amorphous, microcrystalline and micromorphous solar cell stability is expected. At higher excitation frequencies the silicon layer can be deposited with reduced ion-bombardment energy. The second research goal is the increase of VHF linear plasma source working area up to 70 cm length in order to improve the deposition efficiency.

Results

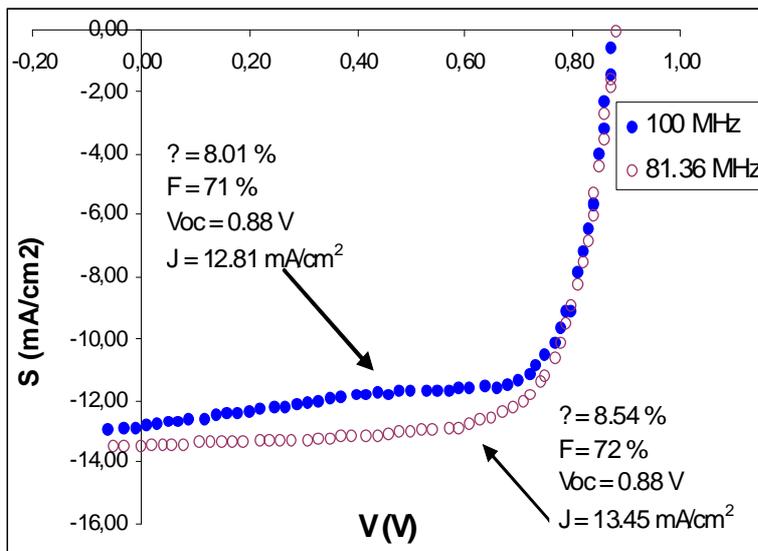
As a first step the excitation frequency of 100 MHz has been chosen and the studies of plasma homogeneity have been performed. Several static deposition processes on aluminium foils have been made, whereas the substrate carrier has been parked at a fixed position in the centre beneath the linear plasma source. The plasma homogeneity has been established. The first yellow line at the beginning of the layer deposited on Al foil was 10 nm thick. Any following colour line has been defined to be 10 nm thicker if the colour sequence

indicates an increasing layer-thickness trend. Next, the standard parameters for 81.36 MHz-process have been used to produce a-Si:H intrinsic layers using 100 MHz excitation frequency. The 6 nm-m/min dynamic deposition rate has been determined, which is 1.6 better in comparison with 81.36 MHz-process. Furthermore, the first amorphous silicon thin film solar cells, with intrinsic layers deposited at 100 MHz frequency, have been fabricated. The best cells showed initial efficiencies of 8.01 % (880 mV; 12.81 mA/cm²; 71 % fill factor).



Amorphe Siliziumschicht auf 300 x 230 mm² Al-Folie.
Der Prozessdruck war 45 Pa und die gesamte Gasströmung war 1200 sccm.

Amorphous silicon layer deposited on an Al-foil. The process pressure was 45 Pa and a total gas flow of 1200 sccm was used.



J-V Kennlinien von dynamisch abgeschiedenen a-Si:H Solarzellen, i-Schicht abgeschieden mit: 100 MHz (geschlossene Kreise) und 81,56 MHz (offene Kreise).

J-V characteristics of dynamically deposited a-Si:H solar cells, i-layer deposited at: 100 MHz (closed circles) and 81.56 MHz (open circles).

Wirkungsgradverbesserung amorpher Silizium p-i-n Solarzellen auf über 8 % **Efficiency enhancement of amorphous silicon p-i-n solar cells to larger than 8 %**

Projektleiter: Prof. J.W.Bartha/ Dr. M. Albert
Mitarbeiter: Dipl. Wi.-Ing. C. Strobel, Dipl.-Ing. B. Leszczynska
Förderer: SAB
Laufzeit: 01.08.2009 – 31.07.2010
Projektpartner: Signet Solar GmbH, FAP GmbH Dresden

Zielstellung

In Zusammenarbeit mit Signet Solar GmbH soll an der Verbesserung des initialen und stabilen Wirkungsgrades von a-Si:H p-i-n Solarzellen gearbeitet werden. Dabei wird ein stabiler Wirkungsgrad von größer als 8 % angestrebt. Dieser Entwicklung liegt die Idee zugrunde, vor Einführung des mikromorphen Tandemzellkonzeptes beim Projektpartner Signet Solar zunächst das volle Potential der in der Tandemzelle enthaltenen amorphen Topzelle auszuschöpfen. Die Verbesserungsarbeiten sollen sich insbesondere auf den kritischen TCO-p Übergang der a-Si Solarzellen konzentrieren.

Ergebnisse

Im bisherigen Projektverlauf wurden mehrere zweistufige Reinigungsversuche zur Verbesserung des TCO-p-Überganges durchgeführt. In der ersten Reinigungsstufe wurden verschiedene tensidische Reinigungsmittel (z.B. Detergent 8, Standard Clean 1, PV110, Tetramethylammoniumhydroxid-TMAH) zur Entfernung von Metallionen von der Oberfläche verwendet. In der zweiten Reinigungsstufe kam überwiegend Citronensäure zum Einsatz. Die Solarzelleneffizienz konnte mit nahezu allen untersuchten Reinigungsvarianten gesteigert werden. Aus den verschiedenen zur Verfügung stehenden Reinigungsmitteln wurden TMAH und die Produkte der Firma Borer Chemie (z.B. PV110) in die engere Auswahl genommen, da sich diese Substanzen am besten in die industrielle Serienproduktion integrieren lassen. Weiterhin wurden grundlegende Untersuchungen zum TCO-p Übergang durchgeführt. Dazu wurden an einfachen Metall-TCO-p-Metall Strukturen I/U-Kennlinien aufgenommen um das Kontaktverhalten zu studieren. Für TMB-Konzentrationen bei der p-Schichtherstellung von 0,3% -3% konnte gezeigt werden, dass der TCO-p Übergang ohmsches Kennlinienverhalten aufweist.

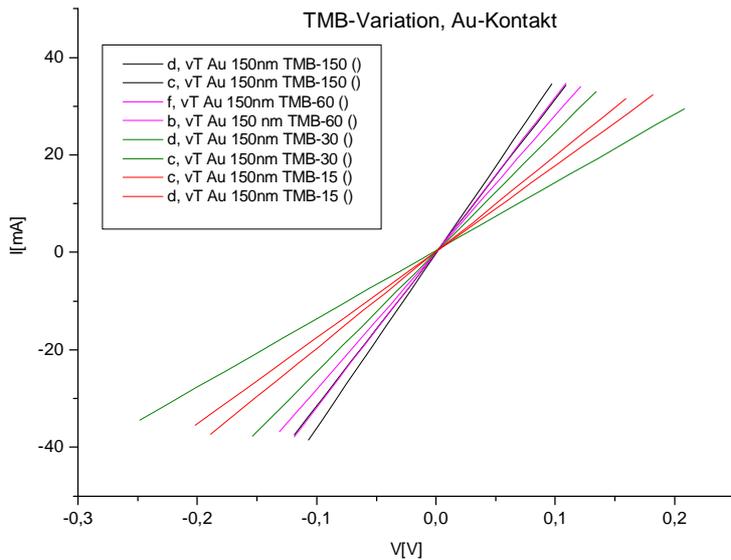
Objective

The initial and stabilized solar cell efficiency of a-Si:H p-i-n devices should be enhanced in collaboration with Signet Solar GmbH. The target stabilized efficiency is thereby larger than 8%. The idea behind this development is to fully exploit the potential of the amorphous silicon top cell first before introducing the micromorph tandem cell concept at the project partner Signet Solar. The optimisations of the single junction a-Si:H cells should especially concentrate on the TCO-p junction.

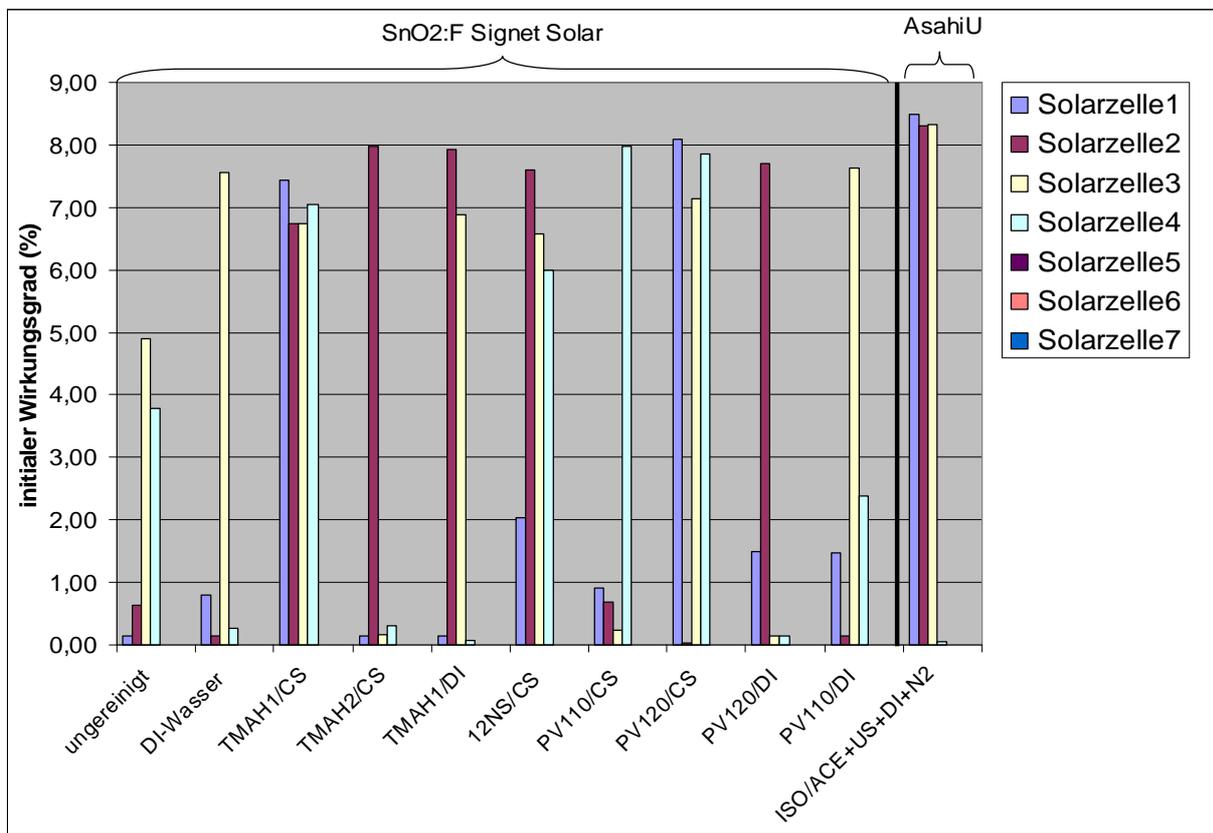
Results

Up to now during the project several purification tests each with two cleaning steps were performed to optimize the TCO-p junction. In the first cleaning step different tensidic detergents (e.g. Detergent 8, standard clean 1, PV110, Tetramethylammoniumhydroxide-TMAH) were used to remove metallic ions from the surface. In the second cleaning step predominantly citric acid was used. The solar cell efficiency could be improved with nearly all tested detergents. From the different possible detergents TMAH and the products of Borer chemicals (e.g. PV110) were taken into closer selection because these substances are well suited to be integrated into industrial series production. Further on fundamental investigations

about the TCO-p junction were performed. Therefore I/V-curves of simple metal-TCO-p-metal structures were measured to study the contact behaviour. For TMB concentration ratios from 0.3 % - 3 % in the p-layer deposition process it was shown that the TCO-p junction exhibits ohmic contact behaviour.



I/U-Kennlinien von Au-TCO-p-Au Strukturen. Die TMB-Konzentration bei der p-Schichtherstellung wurde von 0,3 % (15 sccm TMB) bis 3 % (50 sccm TMB) variiert.



Initiale Wirkungsgrade von a-Si.H p-i-n Solarzellen auf texturiertem SnO₂:F (Signet Solar). Vor der Solarzellenherstellung wurden die SnO₂:F beschichteten Gläser mit unterschiedlichen Reinigungsmitteln gesäubert. TMAH-Tetramethylammoniumhydroxid, PV-kommerzielles Reinigungsmittel der Fa. Borer Chemie AG, CS-Zitronensäure, Referenz AsahiU gereinigt mit Isopropanol/ Acetone (1:1) + Ultraschall (US)

ALD- Techniken für neue Materialien und wenige Atomlagen dicke Schichten (MERLIN)

Atomic layer deposition technology for novel materials and thin films with a thickness of few atomic layers

Projektleiter: Prof. J.W. Bartha / Dr. M. Albert
Mitarbeiter: Dipl.-Ing M. Knaut / Dipl.-Ing C. Hoßbach
Förderer: SAB
Laufzeit: 01.03.2008 - 28.02.2011
Projektpartner: FHR Anlagenbau, FhG-IKTS, NaMLab

Zielstellung

Das Forschung und Entwicklung Projekt für Techniken zur Atomlagenabscheidung (ALD) neuer Materialien und ultradünner Schichten ist in folgende Hauptaufgaben unterteilt:

- Inbetriebnahme und Test der neuen ALD- Versuchsanlage Beneq TFS 500
- Auswahl und Evaluation von Precursoren für die ALD von neuen Elektroden- und Isolatormaterialien mit anschließender Prozessentwicklung
- Herstellung von planaren Kondensatoren unter Verwendung der neu entwickelten Prozessen
- Inbetriebnahme und Test einer neuen ALD- Kammer mit Lampenfeld für die Herstellung von Isolatormaterialien am FHR 300 Clustertool

Ziel ist es Prozesse und Prozessfolgen zu entwickeln, die sowohl funktionell als auch hinsichtlich der Prozess- und Materialkompatibilität das Potential haben für zukünftigen kommerziellen DRAM- Schaltkreisen adaptiert zu werden. Die hergestellten Schichten bzw. Schichtstapel sollen mit HRREM, AFM, TEM, Ellipsometrie, XRR, XRD, elektrischer Messtechnik und in-situ-XPS charakterisiert werden. Letzteres kann auch zur Beurteilung des Aufwuchsverhaltens der Schichten eingesetzt werden.

Ergebnisse

Auf der Versuchsanlage Beneq TFS 500 wurden zusätzlich zum Titanoxid-Prozess ALD-Prozesse zur Herstellung von Aluminiumoxid (aus TMA und H_2O bzw. O_3) und Titanitrid (aus TDMAT und NH_3) entwickelt, die ebenso wie der TiO_2 -Prozess sehr gute Reproduzierbarkeit, Schichtdickenhomogenitäten und Prozessgeschwindigkeiten aufwiesen. Im Rahmen der Auswahl und Evaluation von Precursoren wurden zwei Iridium Precursoren untersucht und für die Herstellung von Iridium- und Iridiumoxid-Kondensatorelektroden eingesetzt (Bilder ob.).

Nach Integration der neuen ALD Kammer mit RTP Lampenfeld für die Herstellung von Isolatormaterialien in das FHR 300 Clustertool (Bild un.li.) wurde ein Prozess zur ALD von Al_2O_3 entwickelt, der auf 300mm-Wafern eine sehr gute Schichtdickenhomogenität (>97 %), Reproduzierbarkeit und Prozessgeschwindigkeit bzw. Abscheiderate (1 nm/min) lieferte. Der Prozess wurde u. a. durch Ellipsometrie und in-situ XPS Messungen charakterisiert (Bild ob.re.), die das gleichmäßige ALD Wachstum ohne Verzögerung auf verschiedenen Substraten und in einen großen Temperaturbereich (50 °C - 450 °C) belegten. Darüber hinaus wurden erste Versuche zur ALD von TiO_2 durchgeführt.

Objective

The project for research and development of Atomic Layer Deposition (ALD) technologies for novel materials and ultrathin films with a thickness of a few atomic layers has the following main objectives:

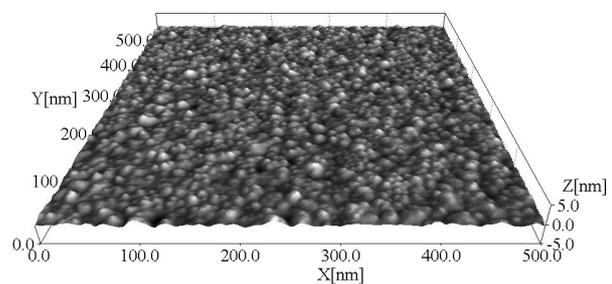
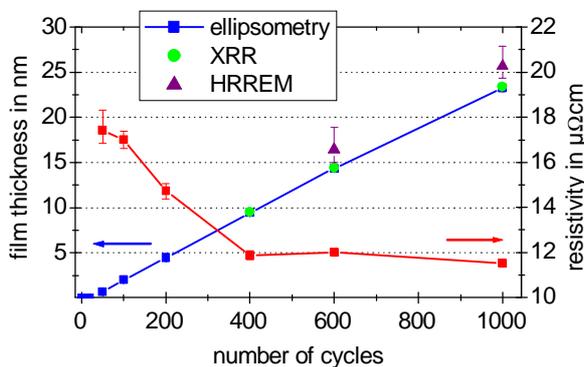
- Commissioning and test of the new Beneq TFS 500 ALD tool
- Selection and evaluation of precursors for the ALD of electrode and dielectric materials with subsequent process development
- Deposition of a planar capacitor by using the newly developed processes
- Commissioning and test of a new ALD chamber for the FHR 300 cluster tool, which is equipped with a bank of flash lamps and dedicated to deposition of dielectric films

Our overall target is the development of processes and process sequences, which are potentially adaptable into future commercial DRAM devices. The deposited films and stacks are to be characterized with HRREM, AFM, TEM, Ellipsometrie, XRR, XRD, electrical metrology and in situ XPS. Later method will be applied for the research of film nucleation.

Results

Additionally to the TiN ALD process on the Beneq TFS 500 ALD tool processes for the ALD of aluminium oxide (from TMA and H₂O or O₃) and titanium oxide (from TDMAT and H₂O) with high reproducibility, uniformity and process speed were developed. In the context of precursor selection and evaluation two iridium precursors were tested and used to produce iridium and iridium oxide electrodes (top figs.).

After integration of the new ALD chamber for dielectrics deposition equipped with a bank of flash lamps into the FHR 300 cluster tool (fig. bo.lt.) a process for deposition of Al₂O₃ was developed, enabling very high uniformity (>97 %), reproducibility and process speed, i.e. deposition rate (1 nm/min). The process was among other techniques characterized by Ellipsometry and in-situ XPS (fig. bo.rt.) approving a homogeneous ALD growth without a delay on different substrates and within a large temperature range (50 °C - 450 °C). Furthermore first test for the ALD of TiO₂ were carried out.

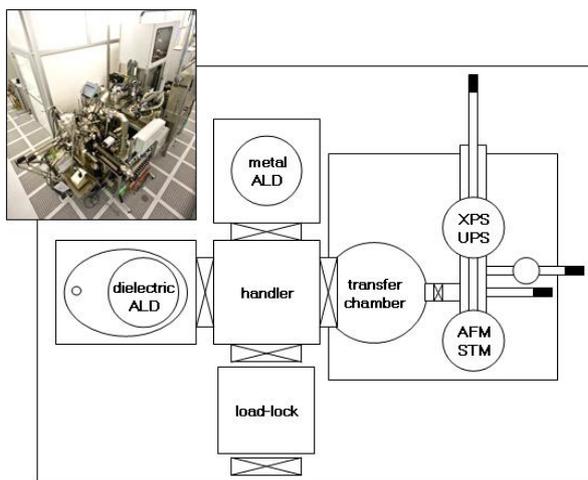


Mit Ellipsometrie, XRR und HRREM gemessene Iridium-Schichtdicken (250°C auf Ru)

Thickness of Iridium films measured by Ellipsometry, XRR and HRREM (250°C on Ru)

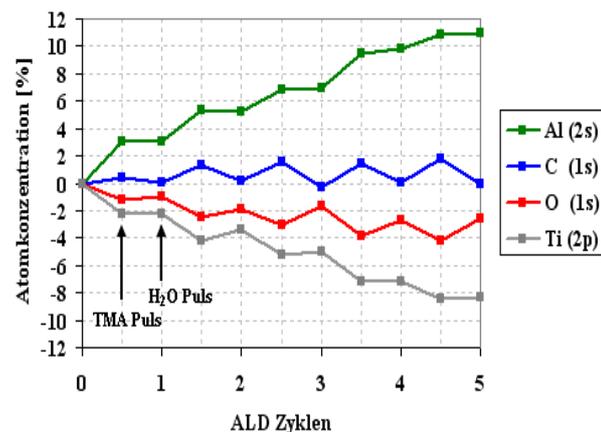
AFM Bild einer Iridiumoberfläche (400cyc auf Ru, Rq ≈ 0,4nm)

AFM picture of a iridium surface (400cyc on Ru, Rq ~ 0.4nm)



FHR 300 Tool & XPS/AFM Gerät

FHR 300 tool & XPS/AFM tool



Änderung der XPS Signale von Al, C, O und Ti nach jedem Prozessschritt (Al₂O₃ ALD auf TiO₂)

Change of XPS signals of Al, C, O and Ti after single process step (Al₂O₃ ALD on TiO₂)

Hafniumoxid basierende Isolatorschichten für Speicherzellen (Verbundprojekt SOHAR)

Hafniumoxide based isolator layer for storage cells

Projektleiter: Prof. Dr. J.W. Bartha / Dr. M. Albert
Mitarbeiter: Dipl.-Phys. T. Rößler, Dipl.-Ing. M. Knaut
Förderer: BMBF / Direktauftrag Qimonda
Laufzeit: 01.06.2006 - 31.05.2009

Zielstellung

Das Forschungsvorhaben verfolgt das Ziel, neue Dielektrika mit hoher Dielektrizitätskonstante zu evaluieren. Die Herstellung dieser nanoskaligen Schichten ist nur mit neuen Technologien wie ALD (Atomic Layer Deposition) möglich.

Hauptaufgabe dieses Teilprojektes ist die Entwicklung zukunftsfähiger Lösungen für dielektrische Schichten in Kondensatorstrukturen. Die Herstellung dieser Schichten soll in einer neu zu entwickelnden ALD Depositionskammer für ein vorhandenes ALD-Clustersystem erfolgen. Damit wird es möglich sein, Kondensatorstrukturen ohne Vakuumunterbrechung mittels ALD herzustellen. Diese Arbeit wird durch eine weitere Verbesserung der in-situ Kontrolle dieser Prozesse begleitet.

Ergebnisse

Aufbauend auf den Ergebnissen der Untersuchung zur HfO₂-ALD aus HfCl₄ und H₂O wurde im zweiten Forschungsabschnitt das HfO₂ mit einem dritten Element dotiert um den Einfluß dieses Dotanden auf die physikalischen Eigenschaften des HfO₂ zu untersuchen.

Es wurden ternäre Schichten abgeschieden und deren Aufwuchsverhalten untersucht. Das Verhältnis zwischen Hafnium und Dotand in der Schicht läßt sich dabei sehr gut über das Zyklenverhältnis der ALD-Zyklen einstellen, allerdings verringert sich mit steigendem Dotandengehalt die Aufwuchsrate und der Chlorgehalt der Schichten steigt (s. Bilder ob.).

Es wurde gezeigt, daß über die Dotierung die Dielektrizitätskonstante einstellbar ist.

Für die Kantenbedeckung im Trench wurden sowohl für die undotierte wie auch für die dotierte Schicht ein sehr gutes Kantenbedeckungsverhalten festgestellt (s. Bilder un.).

Objective

The objective of this research project is the evaluation of new dielectric layers with high dielectric constants. Atomic layer deposition (ALD) is used for the layer manufacturing of the dielectric layers for the future capacitor structure. A new ALD-tool will make it possible to deposit the whole capacitor structure without vacuum interruption.

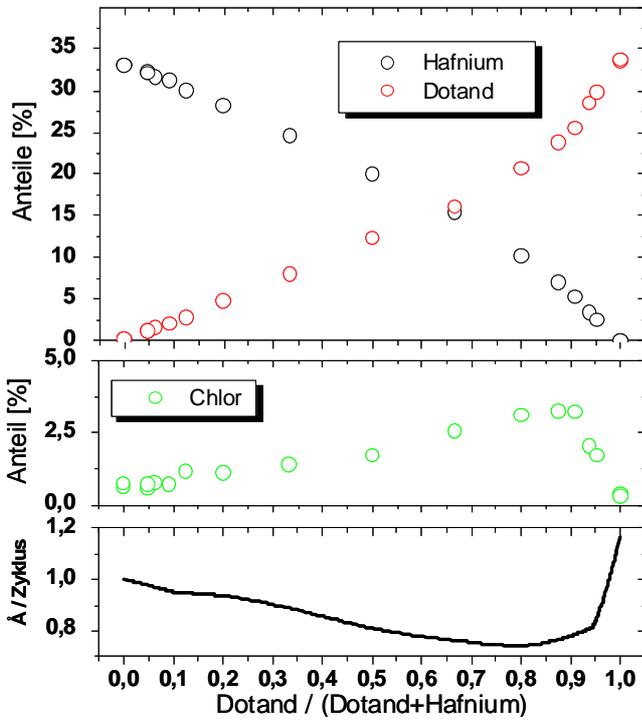
Results

Based on the results of the investigation of HfO₂-ALD from HfCl₄ and H₂O the HfO₂ was doped with a third element to investigate the influence of this element on the physical characteristics of HfO₂.

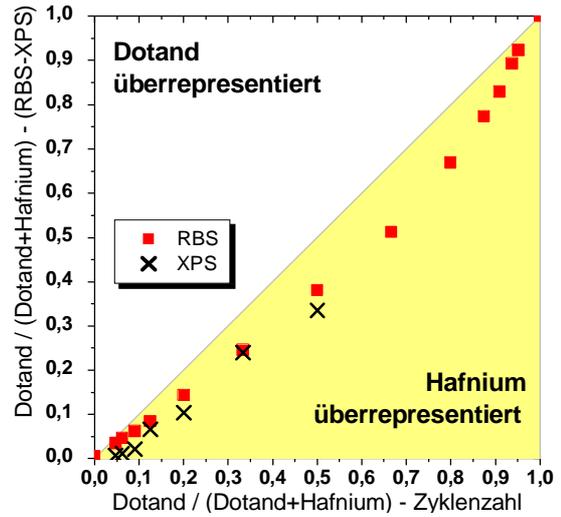
Tenary layer was deposited and the growing behavior was studied. The proportion of hafnium and the dopant in the layer is able to adjust by the proportion of the ALD-cycles. However the growth rate of the layer is decreasing with the increasing of the proportion of the dopant and the chlorine contaminatin from the HfCl₄ is raise (s. top figs.).

The dielectric constant can be adjusted via doping concentration.

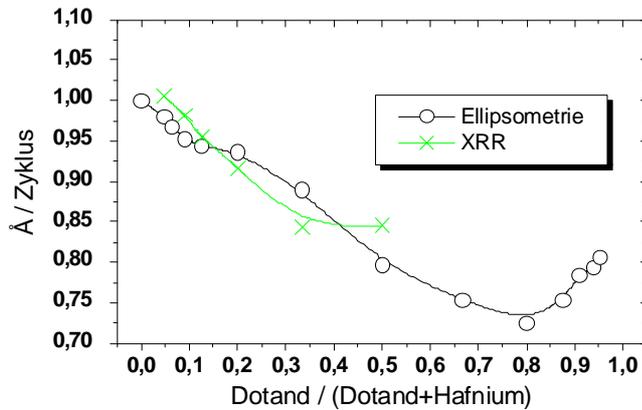
The conformity of the layer in the trench is very good for both, HfO₂ and doped HfO₂ (s. bo. figs.).



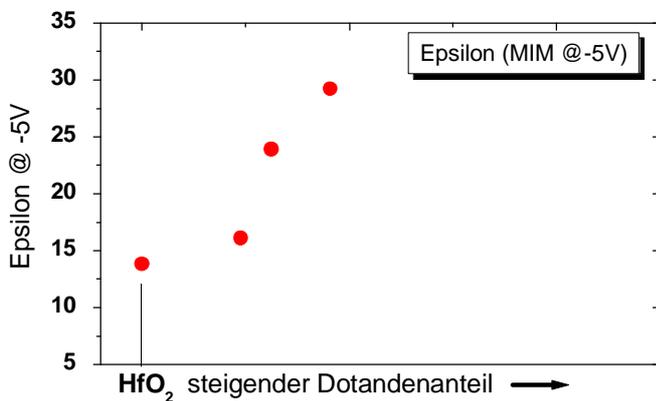
Chem. Zusammensetzung (RBS) und Schichtwachstum (Ellipsometrie) der dotierten HfO_2 -Schichten
Composition (RBS) and film growth rate (ellipsometry) of doped HfO_2 -films



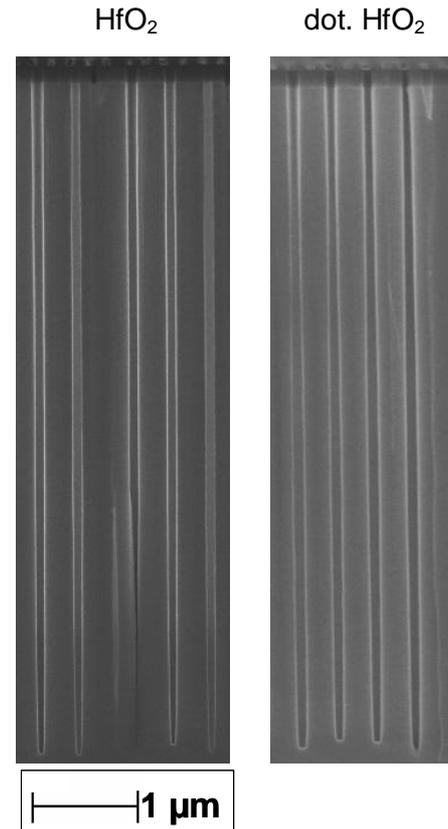
Dotandenanteil in der Schicht in Abhängigkeit vom ALD-Zyklusverhältnis
Dopand portion depending on portion of different ALD cycles



Schichtwachstumsraten in Abhängigkeit vom Dotandenanteil
Layer growth rate depending on dopand portion



Relative Dielektrizitätszahl in Abhängigkeit vom Dotandenanteil
Relative permittivity depending on dopand portion



Konformität der Kantenbedeckung im Trench
Film conformity at the trench walls

Materialentwicklung und –charakterisierung für Speicheranwendungen, realisiert durch eine Kondensator – Route (KONDOR)

Material development and material research for storage applications, realization by capacitor routes

Projektleiter: Prof. J.W. Bartha / Dr. M. Albert
Mitarbeiter: Dr. K. Richter / Dipl.-Phys. A. Jahn
Förderer: BMBF
Zeitraum: 16.07.2007 – 31.07.2010
Projektpartner: NaMLab gGmbH

Zielstellung

Eine Zielstellung des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens besteht im Aufbau von Kompetenz zur Materialentwicklung und –charakterisierung, speziell für Speicher- und Transistoranwendungen. Das Hauptaugenmerk liegt auf der engen Verbindung zwischen Grundlagenforschung und Industrieforschung. Auf der Basis einer engen Zusammenarbeit zwischen der TU Dresden, der NaMLab gGmbH und der Firma Qimonda bestand zunächst die Aufgabe, planare Kondensatorstrukturen aus neuartigen Schichtfolgen herzustellen und diese elektrisch zu charakterisieren.

Objective

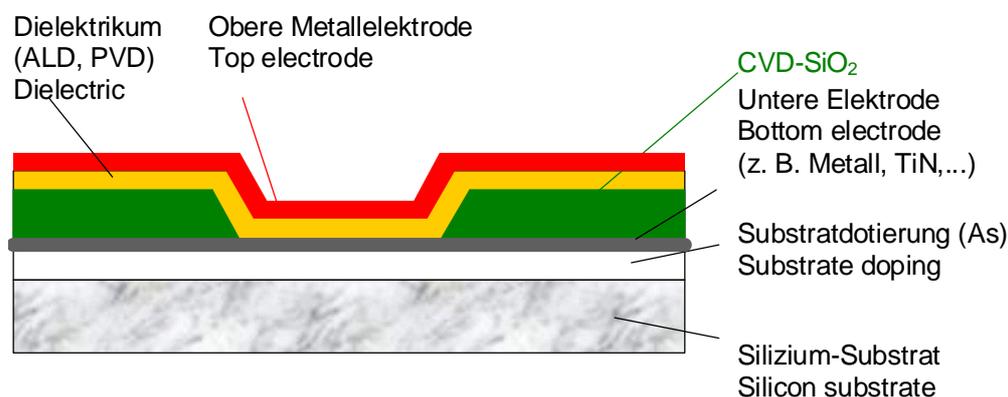
The objective of this research project is the constitution of expertise, especially in storage and transistor applications. We want to develop an effective cooperation between fundamental research and industrial research. Based on a close cooperation between TUD, NaMLab and Qimonda planar capacitors should be created using novel materials for dielectric and electrode layers. We characterized the electrical properties of these layers and structures by electrical measurements.

Ergebnisse

Die ersten Kondensatorstrukturen wurden entsprechend Bild unten aufgebaut.

Die Strukturierung der Schichten erfolgte entweder mittels Lift-off-Technologie oder plasmachemisch durch RIE. Dazu wurden für Ruthenium und Platin geeignete Plasmaätzprozesse ermittelt und angetestet (s. Bild).

Mit Hilfe elektrischer Messtechnik wurden verschiedene dielektrische Schichten und Elektrodenmaterialien charakterisiert. Die Bilder unten zeigen typische Ergebnisse für HfO, HfYO und ZrO bzw. Al₂O₃.

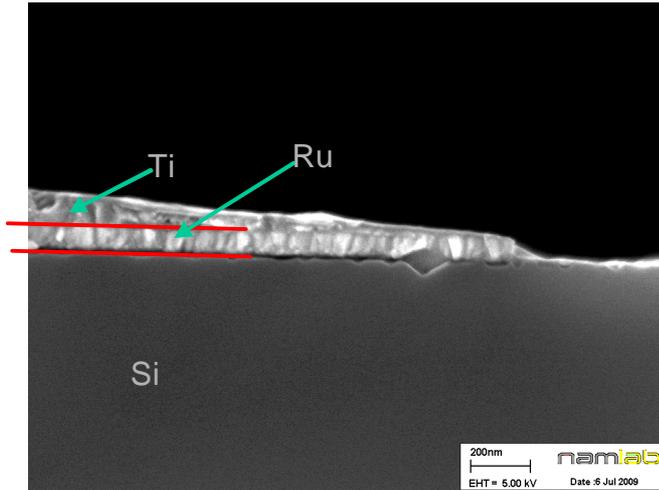


Schichtaufbau der untersuchten Kondensatorstrukturen
Formation of the layers for the test capacitors

Results

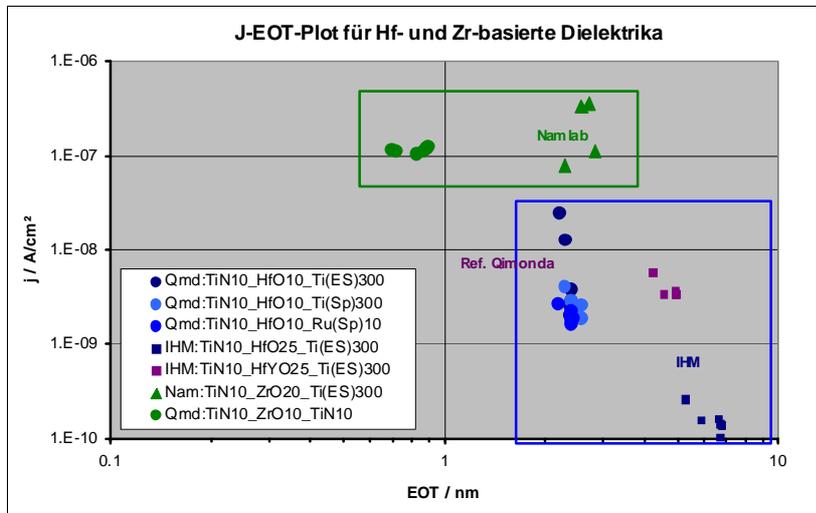
We patterned the layers either by the lift-off-technology or by plasma etching using RIE. In this case we ascertained and tested suitable plasma etching processes (Ruthenium and Platin, s. fig.).

Particularly we characterized the properties of several dielectric layers by numerous electrical measurements. Typical results for layers of HfO, HfYO, ZrO and Al₂O₃ are shown in the figs. below.



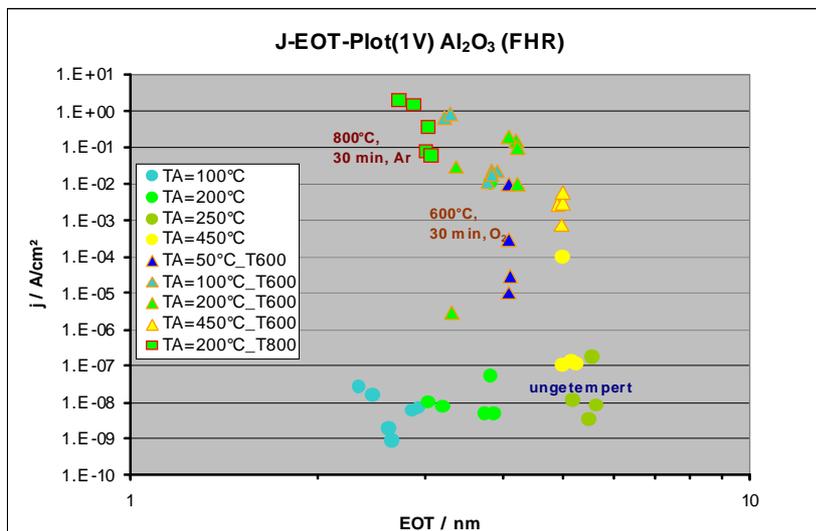
REM-Aufnahme einer strukturierten Ru-Schicht mit einem Ti-Dot als Ätzmaske

SEM view of a patterned Ru layer etched by RIE with an etch mask of Ti



Leckstromdichte der Hf- und Zr-basierten dielektrischen Schichten

Leakage current density of the Hf- and Zr-based layers



Leckstromdichte der Al₂O₃ Schichten

Leakage current density of the Al₂O₃ layers

**Verbundprojekt: Multifunktionale Speicherkonzepte – Teilprojekt:
Photothermisch generierte Nanoschichten und Organische Speicher**

**Joint research project: Multifunctional memory concepts – Particular project:
Photo thermally generated nano films and organic memories**

Projektleiter: Prof. Dr. rer. nat. J. W. Bartha / Dr. M. Albert
Mitarbeiter: Dipl.-Ing. T. Henke, Dipl.-Phys. U. Merkel
Förderer: BMBF
Laufzeit: 01.09.2008 - 31.08.2011
Projektpartner: Forschungszentrum Dresden - Rossendorf

Zielstellung

Das Forschungsvorhaben verfolgt das Ziel, den Einsatz der Blitzlampentechnologie (Flash) zum Auskristallisieren amorpher Siliziumschichten und zur Realisierung einer neuartigen Variante der Atomlagenabscheidung (ALD) zu untersuchen.

Zunächst sollen amorphe Siliziumschichten ausgeheilt werden, ohne das Substrat thermisch stark zu belasten (max. 400 °C). Da die direkte Abscheidung von polykristallinem Silizium aufgrund der Prozesstemperaturen von über 600 °C nicht möglich ist, bieten sich die PECVD von amorphem Silizium und das nachträgliche Ausheilen mittels Blitzlampe an, um polykristalline Siliziumschichten zu erhalten.

Der zweite Schwerpunkt des Projektes befasst sich mit der sogenannten Blitzlampen-ALD. Hierbei soll die Schichtbildung mit nur einem Precursor und der Blitzlampe realisiert werden. In diesem Fall werden die Bindungen der auf dem Substrat adsorbierten Precursormoleküle durch den Energieeintrag eines Lichtblitzes aufgebrochen und die Liganden auf diese Weise entfernt. Zurück bleibt im Idealfall das Zentralteilchen des Precursormoleküles als abzuschheidendes Material.

Ergebnisse

Erste Versuche zum Ausheilen von amorphem Silizium wurden in Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum Dresden-Rossendorf durchgeführt. Die verwendete Anlage ist im oberen Bild schematisch dargestellt. Die Proben, bestehend aus 100 nm amorphem Silizium und einer 1000 nm SiO₂-Zwischenschicht auf einem Siliziumwafer, wurden von der Rückseite durch Halogenlampen auf eine Temperatur von 300 °C vorgeheizt. Durch die Entladung mehrerer Kondensatoren mit einer Gesamtkapazität von 24 mF wurde in den Xe-Lampen ein Lichtblitz von 20 ms Dauer und mit einer Energiedichte von bis zu 230 J/cm² erzeugt. Die Änderung der Blitzenergie erfolgte durch Variation der Spannung im Bereich von 1,5 bis 4,4 kV. Anschließend wurden ausgewählte Proben mittels Röntgenbeugung (XRD) charakterisiert. Diese Untersuchungen zeigten, dass die Siliziumschichten durch die Behandlung mit dem Lichtblitz bei ausreichend großer Leistung kristallisieren (s. Bild un.). Während bei einer Spannung von 1,5 kV Silizium lediglich in amorpher Form vorliegt, ist die mit einer Blitzspannung von 4,4 kV behandelte Schicht polykristallin. Die Korngröße der Kristallite wurde in letzterem Falle zu ca. 50 nm bestimmt.

Objective

The objective of this research is to investigate the application of flash lamp technology for crystallization of amorphous silicon films and to realize a novel version of atomic layer deposition (ALD).

One focus of the project is to anneal amorphous silicon films and avoid too much thermal load on the substrate simultaneously (max. 400 °C). Since direct deposition of polycrystalline silicon is not possible due to process temperatures of more than 600 °C, the PECVD of amorphous silicon and subsequent flash-annealing is a promising method to obtain polycrystalline silicon with acceptable low thermal load.

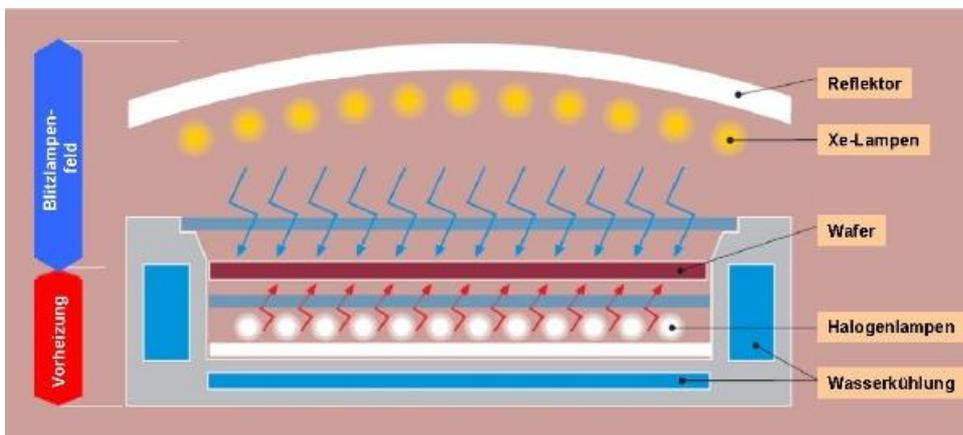
The second focus of the project addresses Flash-ALD. The formation of a thin film should be realized using only one precursor and flash light in this case. The bondings of adsorbed

precursor molecules are broken due to flash energy and ligands are removed in this way. The central atoms of the precursor molecules remain and form the material to be deposited.

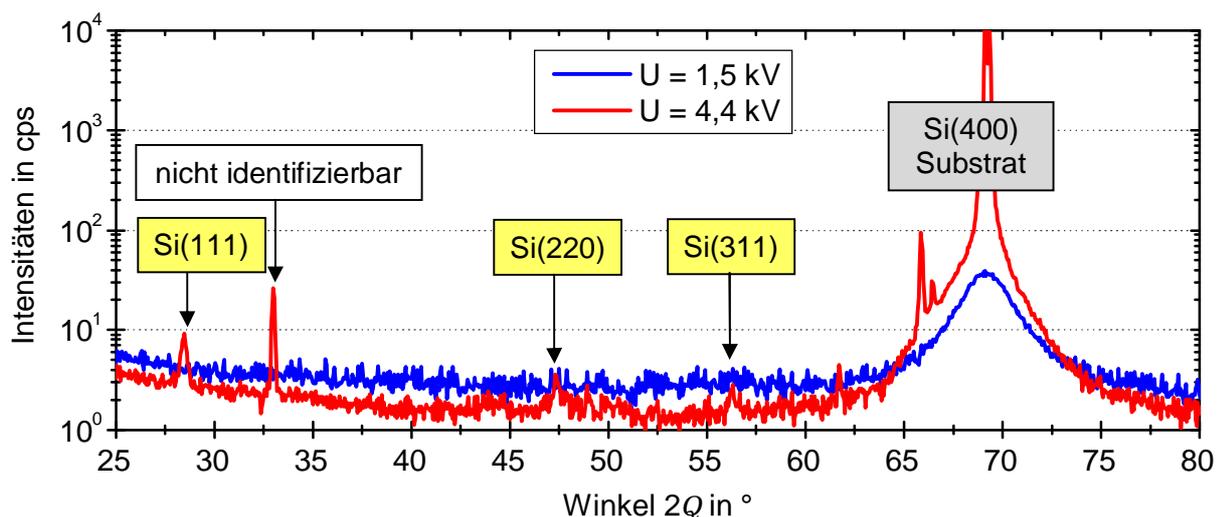
Results

First studies concerning the annealing of amorphous silicon have been carried out in cooperation with Forschungszentrum Dresden-Rossendorf. The used tool is shown schematically in the top fig. The samples, being 100 nm amorphous silicon on top of a 1000 nm silicon oxide film on a silicon wafer, were preheated up to 300 °C by halogen lamps from backside. The flash was generated in Xe-lamps by discharging capacitors with an overall capacity of 24 mF. The duration and energy density of one flash were 20 ms and up to 230 J/cm², respectively. The flash energy was varied by varying the voltage in the range from 1.5 to 4.4 kV.

After annealing selected samples were characterized by x-ray diffraction (XRD). These analyses showed that amorphous silicon films crystallize if the flash power is sufficient high. The bottom fig. illustrates these results. While the film treated with a flash voltage of 1.5 kV is still amorphous, the silicon layer annealed with a flash voltage of 4.4 kV is polycrystalline. The size of the crystallites is about 50 nm in the latter case.



Prinzip der Blitzlampenanlage (schematisch) [1]
Schematic of the flash lamp tool [1]



XRD-Diffraktogramme zweier mit Blitzlampe behandelter Siliziumsschichten [2]
XRD-pattern of two flash lamp treated silicon films [2]

- [1] Forschungszentrum Dresden-Rossendorf,
www.fzd.de/DB/Cms?pOid=24140&pNid=0&pContLang=de
[2] J. Grenzer, L. Rebohle, W. Skorupa, Institut für Ionenstrahlphysik u. Materialforschung,
Forschungszentrum Dresden-Rossendorf

Untersuchungen des Einflusses einer RTP Behandlung auf Ohmsche und Schottky-Kontakte von Metallen mit p- und n-Halbleitern ZnO

Investigation of RTP on Ohmic and Schottky contacts of metals with n- and p-semiconductor ZnO

Projektleiter: Dr. C. Wenzel (Teilthema IHM TU Dresden)
Mitarbeiter: N. Trumpaicka, H. Hiemann
Förderer: Internationales Büro des BMF
Laufzeit: 01.07.2006 - 31.12.2009
Projektpartner: IPLIT der Russischen Akademie der Wissenschaften Shatura, FhG IWS Dresden

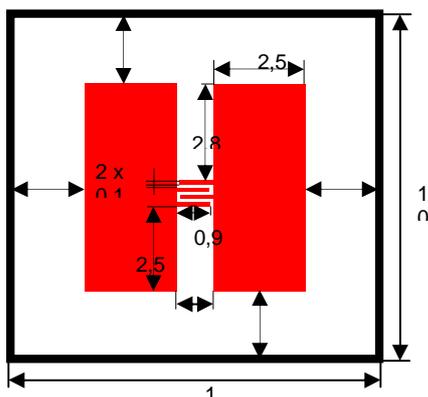
Zielstellung

Die Bearbeitung des Forschungsprojektes gliederte sich in drei inhaltliche und zeitliche Etappen.

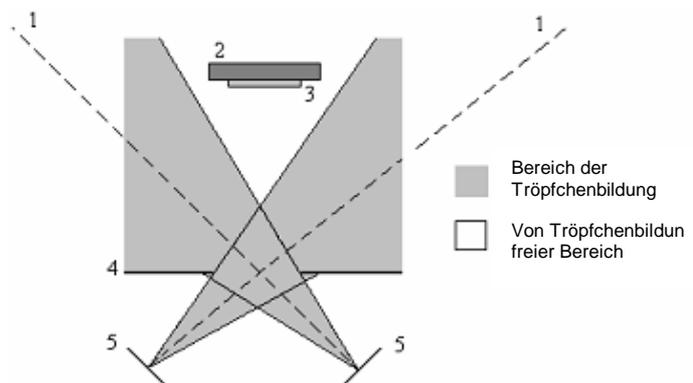
1. Schaffung der experimentell-technischen Basis zur PLD Abscheidung und zur Durchführung der Temperversuche am ILIT in Shatura. Erweiterung der analytischen Möglichkeiten in Shatura als auch am IHM der TU Dresden. Herstellung von Schattenmasken für die strukturierte Abscheidung von Dünnschichten (IHM)
2. Entwicklung und Charakterisierung von Abscheidungsverfahren für metallische Dünnschichten, sowie von p- und n-dotierten ZnO-Dünnschichten. Einzelcharakterisierung der Halbleiterschichten (werkstoffanalytisch und elektrisch)
3. Herstellung, Temperung und Charakterisierung der Metall-Halbleiter-Kontakte

Ergebnisse

1. Herstellung der Schattenmasken. Bild un. li. ist das Beispiel einer verwendeten Schattenmaske zu sehen. Diese Schattenmaske besteht aus Si. Die rot gekennzeichneten Flächen wurden mit einem stark anisotropen RIE Plasmaätzverfahren durchgeätzt.
2. Die Abscheidung der dünnen Schichten mittels PLD erfolgte in einer Vakuumkammer vom Typ WUP-5, in der mit einer Turbomolekularpumpe ein Basisdruck von $1,3 \cdot 10^{-6}$ Pa erreicht wird. Für die Ablation wurde ein KrF Laser LPX-200 (248 nm; Impulslänge 30 ns; Energiedichte bis 20 J/cm^2) verwendet. Die Laserstrahlung wird auf die Targetoberfläche unter einem Winkel von $40-45^\circ$ fokussiert. Um das Target gleichmäßig abtragen zu können, rotiert es mit einer Geschwindigkeit von 4 min^{-1} . Der Abstand zwischen Target und zu beschichtendem Substrat betrug 70 mm. Das Bild un. re. skizziert die Beschichtungsgeometrie.

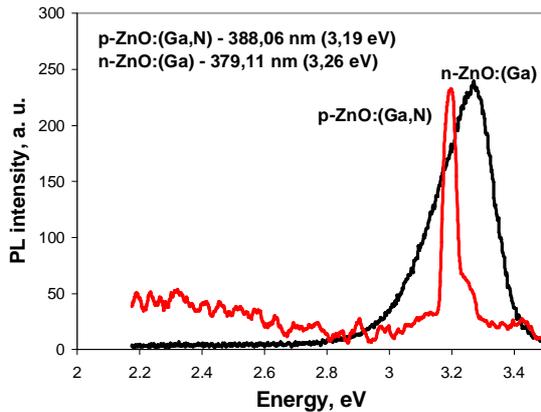


Schattenmaskenlayout



Beschichtungsgeometrie bei PLD. Die gekreuzte Anordnung verhindert die Tröpfchenbildung in der Schicht (2) auf dem Substrat (3). 4-Blende; 5-Targets
Deposition geometry for pulsed laser deposition. The crossbred alignment avoids the formation of droplets in the film (2) on the substrate (3). 4-aperture; 5-targets

Für die Herstellung von p-ZnO Schichten wurden Stickstoff bzw. GaN verwendet. Als Targets wurden sowohl ZnO mit GaN als auch mit Zn₃N₂ eingesetzt. Große Bedeutung erlangte dabei der Temperprozess. Aus den Untersuchungen zur Fotolumineszens konnte eine optimale Temperzeit ermittelt werden, bei der der Anteil der Akzeptoren ein Maximum erreicht. Als Optimum wurde eine ZnO:GaN Schicht ermittelt, die einen Anteil von ca. 1 % GaN aufweist und die in einer N₂O Atmosphäre bei 5 · 10⁻⁴ Torr beschichtet wurde. Das Bild unten zeigt einen Vergleich der Fotolumineszenzspektren von p- und n-ZnO, die Tabelle gibt einen Überblick über die Versuchsergebnisse.

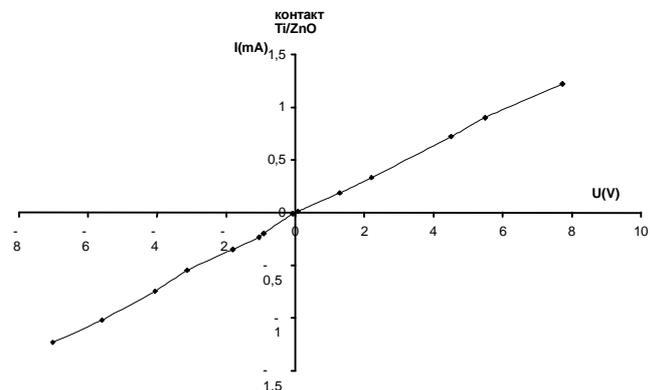
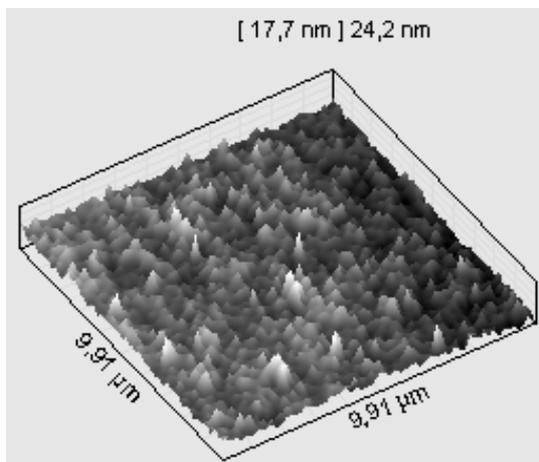


Buffer-gas	FWHH Beugungsrefl. [°]	Gitterkonst. c [nm]	elektr. Widerstand ρ [Ω·cm]	mittlere Rauheit R _a [nm]
vac.	3,08	0,5272	0,051	7,7
N ₂ O	0,78	0,5279	0,12	5,3
N ₂ O	0,70	0,5254	4,86	3,6
N ₂ O	1,95	0,5246	-	5,6
N ₂	1,29	0,5242	1,129	7,3
N ₂	2,32	0,5215	4,38	9,7

Fotolumineszenzspektren von n-ZnO:Ga und p-ZnO:Ga,N
Photoluminescence spectra of n-ZnO:Ga and p-ZnO:Ga,N

Beschichtungsergebnisse zur p-Dotierung von ZnO
Deposition results for p doping of ZnO

3. Es wurden Ti, Ta, Cu und Al auf p,n-Si und p,n-ZnO abgeschieden und unterschiedlichen thermischen Belastungen zwischen 300 und 1000 °C über 5 bis 30 min unterworfen. Es wurden sowohl ohmsche als auch Schottky-Kontakte erzielt. Ab einer Temperatur von ca. 850 °C wird die Oberflächenrauigkeit von n,p-ZnO drastisch größer, was auf morphologische Veränderungen im Kristallgitter hinweist (Bild un.li.). Hierzu sind weitere wissenschaftliche Untersuchungen erforderlich, insbesondere auch was das Verhalten der Dotierstoffe und die halbleitenden Eigenschaften betrifft. Bild un. re. zeigt die I-U-Kennlinie eines ohmschen Kontaktes Ti/n-ZnO. Es wurden auch unterschiedliche Dioden auf der Basis von n,p-ZnO/n,p-Si hergestellt und charakterisiert.



Oberfläche einer mit Stickstoff dotierten ZnO-Dünnschicht nach Wärmebehandlung bei 1000 °C in Sauerstoff
Surface topography of a N-doped ZnO thin film after thermal treatment at 1000 °C in an oxygen atmosphere

I-U-Kennlinie von Ti auf n- ZnO
I-U-graph of Ti on n-ZnO

Objective

The focus of the research project divides into three parts.

1. Build-up of the experimental basics for high temperature annealing at the institute in Shatura and creation of shadow masks for the deposition process.
2. Characterization of the PLD process for metallic and semiconductor n,p-ZnO thin films.
3. Fabrication and annealing of the metal-semiconductor contacts

Results

1. Creation of shadow masks. The first picture gives an example of a shadow mask. The lines and areas are etched through a silicon substrate with an anisotropic RIE process.

2. The thin film deposition was performed in a high vacuum chamber (base pressure $1,3 \cdot 10^{-6}$ Pa). A KrF laser allows the target ablation of metals and semiconductor in high quality. The laser irradiation was adjusted under 40-45 °C to the substrate surface. The targets rotates while ablation for a homogeneous target erosion. The deposition geometry is shown in the 2nd picture N and GaN were used as a dopant for fabrication of p-ZnO thin films and structures. An annealing optimum could be found from the luminescence spectra to reach a maximum in acceptor concentration. ZnO with GaN or Zn₃N₂ were used as target material. The best result was achieved for a ZnO:GaN film with about 1% GaN deposited in a N₂O atmosphere. The fig. in the middle shows the best photoluminescence spectra for p- and n-ZnO. Table 1 gives an overview about the results for p doping.

3. Ti, Ta, Cu and Al were deposited onto p,n-Si and p,n-ZnO. After the deposition process the films were annealed between 300 and 1000 °C from 5 to 30 min. Ohmic and Schottky contacts were obtained. At temperatures > 850 °C a drastic increase of the surface roughness was monitored. This increase can be attributed to crystallographic changes (see fig.). A further investigation is required to clear the behaviour of the dopants in this case. Picture 5 shows the I-U graph of a Ti/n-ZnO contact.

Various n,p-ZnO/n,p-Si diodes have been fabricated and characterized.

Kleinster spezifischer Kupferwiderstand in NANO-Leitbahnen (KUWANO)

Minimized specific Copper Resistance in NANO wiring (KUWANO)

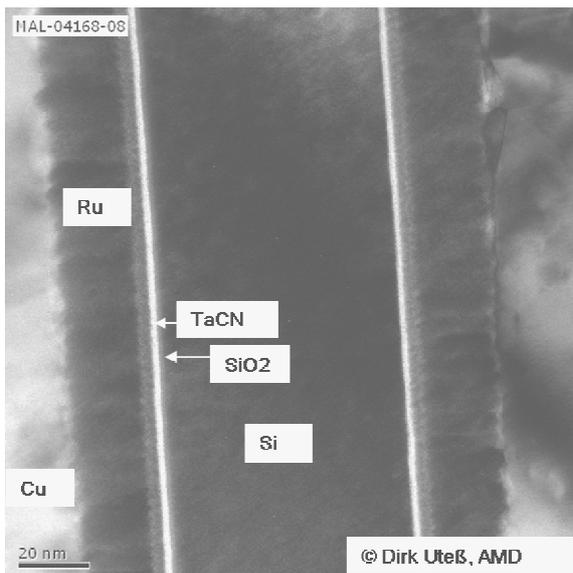
Projektleiter: Prof. J. W. Bartha/Dr. C. Wenzel
 Bearbeiter: Dipl.-Ing. H. Wojcik, Dr.-Ing. C. Klaus, N. Trumpaicka, Dipl.-Ing. C. Kubasch
 Förderer: BMBF-Verbundprojekt „Verbinden“, Unterauftrag Globalfoundries
 Laufzeit: 01.04.2006 - 31.06.2009

Zielstellung

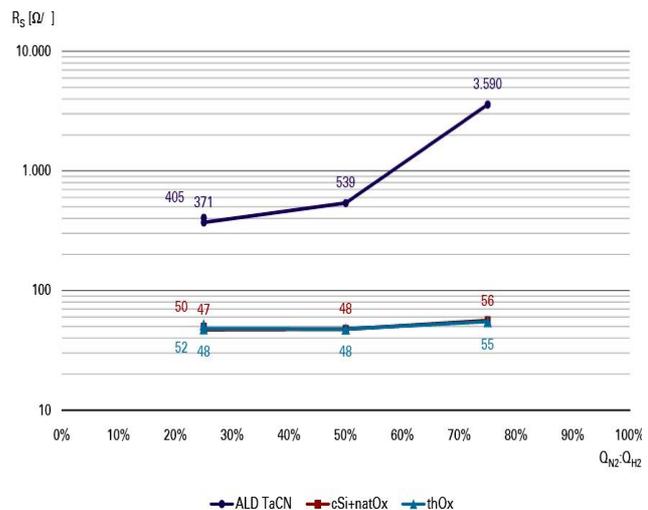
Der Beitrag des Instituts für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik in diesem Projekt konzentriert sich auf die Herstellung von Barriere- und Saatschicht und auf die elektrische Charakterisierung des Zwischenebenenisolators, um Aussagen über die Barrierenstabilität und die Zuverlässigkeit des Chip-Verdrahtungssystems zu erhalten. Die besondere Bedeutung liegt in der Untersuchung und der Evaluierung einer neuen Technologie zur Abscheidung der Barrierschicht und evtl. auch eines Teils der Saatschicht. Parallel zu Arbeiten am CNT werden in situ Untersuchungen zum Aufwachsen der Barrierschicht durchgeführt, um über Precursor-Auswahl und Parameteroptimierung optimale Bedingungen für die nachfolgende Kupfergalvanik zu generieren mit dem Ziel, einen möglichst geringen spezifischen elektrischen Leitbahnwiderstand zu erreichen.

Ergebnisse

Ein Ru PEALD Prozess auf der Basis des Precursors Ru(Etcp)₂ ist entwickelt und hinsichtlich zahlreicher Parameter charakterisiert worden. Analytische und elektrische Messungen bezeugen, dass homogene, hochkonforme und gut leitfähige Schichten (<20 μΩ·cm) erzeugt werden können. Unterschiede im Aufwachsenverhalten bestehen vor allem zwischen Si-basierten Substraten (Si, SiO₂, SiCOH) und Ta-basierten Untergründen (PVD TaN, PEALD TaCN). Die Zusammensetzung der plasmakonstituierenden Gase ist hier von entscheidender Bedeutung, u.U. konkurrieren Ätzeffekte mit dem Bilden der Schicht. Druck, Plasmaleistung und -potentiale beeinflussen die Abscheidung ebenfalls erheblich, auch bei der Ru PECVD.



TEM-Aufnahme einer PEALD Ru / PEALD Ta(C)N Doppelschicht: kein Interface, hohe Konformität an einer Si/SiO₂ Seitenwand.
 TEM picture of a PEALD Ru /PEALD TaNC bilayer on a deep trench sidewall: no interfacial layer, high conformality.



Schichtwiderstand einer Ru PEALD Schicht (400 Zyklen) vs. Mischverhältnis N₂:H₂ im Plasma-teilschritt. Starke Abhängigkeit der Abscheidung auf TaN(C).

Sheet resistance of a PEALD Ru film (400 cyc) vs. gas mixture ratio of H₂:N₂ in the plasma step: strong dependence of the deposition rate on TaNC substrates.

Für eine wirtschaftliche Prozessführung ist es von Bedeutung, die Precursoreinwirkzeiten zu optimieren, d. h. möglichst kurz zu halten. Entsprechende Experimente zeigen, dass bereits 1 s Precursorzeit pro Zyklus ausreichend ist, um ein 200 mm Substrat gleichmäßig zu beschichten. In der Literatur geht man i.d.R. von deutlich längeren Zeiten aus. Begrenzend ist allerdings in erster Linie die Plasmadauer während eines Zyklus, sie beträgt ca. 25 s. Hierfür wird ein Kompromiss zwischen Abscheidung/Zyklus und Prozessdauer erforderlich.

In einer weiteren Untersuchung wurden thermische und plasmagestützte TaCN-ALD Schichten hinsichtlich ihrer Barrierewirkung gegen Cu-Diffusion gegenübergestellt. Die Degradation der Durchbruchfeldstärke eines unterliegenden thermischen Oxids durch Cu-Diffusion erfolgt im Fall der thermischen ALD-Schicht eher als für die plasmagestützte Schicht. Allerdings kann eine Remote-Plasmavorbehandlung die Barriereigenschaften verbessern.

PVD Ru verfügt, trotz der Analogien hinsichtlich des Zustandsdiagramms zu Ta, über keine ausreichende Barrierewirkung gegen Cu-Diffusion.

Bezüglich der Haftung bzw. des Entnetzungsverhaltens von Cu-Saatschichten auf neuartigen Ru-basierten Barrierschichten sind gute Ergebnisse erzielt worden. Die Haftung von Cu auf Ru-Ta-(N) Schichten stellte sich dabei als deutlich besser gegenüber den Ru-W-(N) Schichten heraus. Für eine galvanisch direkt auf die Barrierschicht aufgebrachte Cu Schicht wird geschlussfolgert, dass eine gradierte Ru-Ta-N bzw. Ru-W-N Schicht erforderlich ist, die an der Oberfläche mit Ru angereichert ist.

Objective

The Institute of Semiconductor Technology and Microsystems concentrates in this scientific project on the fabrication of barrier and seed layer with alternative deposition technologies like Atomic Layer Deposition (ALD) or the combination of this one with modified PVD techniques. Furthermore the barrier stability and the integration performance of alternative materials will be investigated. Electrical characterization of low-k dielectrics and the interaction between diffusion barrier and dielectric round off the attempt to minimize the specific electrical resistance of copper lines.

Results

A novel PEALD process using RuEtcp₂ as a precursor and a H₂/N₂/Ar plasma has been developed. According to analytical and electrical characterization these films are highly conformal, homogenous and conductive (< 20 μOhmcm). The initial growth behaviour on Si-based substrates turned out to be different from Ta-based substrates. In this context, the plasma gas composition plays an important role, as different mechanisms, in particular the etching and the deposition of particles, can occur simultaneously. Furthermore, the precise control of the chamber pressure, of the coupled rf power and of the plasma potentials are crucial for the deposition of PEALD and PECVD Ru films. Precursor introduction time has been optimized to less than 1s/cycle, saturating a 200mm wafer surface homogeneously. This is of great importance in terms of cost-effectiveness of the process. According to the literature, longer precursor times were considered necessary in the past. Nevertheless a significant time is consumed by the plasma step in each cycle, which is about 25s. At this point a compromise has to be made between deposition rate and process time.

In a further experiment, thermal and plasma enhanced TaNC films were comparatively studied with regard to the Cu diffusion barrier properties, by means of bias temperature stress measurements. The degradation of an underlying thermal oxide due to the penetration of Cu through a barrier into the oxide occurs faster for thermal ALD than for PEALD films. However a remote plasma activation step before thermal ALD can help to improve the respective barrier properties.

Other experiments confirmed that PVD Ru is not a valid Cu diffusion barrier, despite the strong analogy of the Ru-Cu binary phase diagram to Ta-Cu.

Regarding adhesion and / or de-wetting of Cu seed layers on top of newly developed Ru-based alloys, good results were obtained. Cu adhesion on top of a Ru-Ta(N) film is significantly better than on Ru-W(N) films. It can be concluded that a graded Ru-Ta(N) or Ru-W(N) barrier film, with a pure Ru upper layer, is mandatory for the direct plating of a Cu film.

Poröse Ultra-Low-k-Dielektrika – Abscheidung, Ausheilung, Strukturierung, Planarisierung, Integration

Porous Ultra Low-k Dielectrics – Deposition, Curing, Structuring, Planarization, Integration

Projektleiter: Prof. J. W. Bartha / Dr. C. Wenzel
Bearbeiter: Dr.-Ing. C. Klaus, Dipl.-Ing. C. Kubasch, N. Trumpaicka
Förderer: BMBF über Globalfoundries
Laufzeit: 01.07.2006 - 30.06.2009

Zielstellung

Ziel des Gesamtprojektes ist die Erarbeitung einer Technologie zum Einsatz poröser Ultra-Low-k-Dielektrika als Zwischenebenenisolator in einem innovativen Cu-Leitbahnsystem für die Chipverdrahtung. Innerhalb dieses Projektes zeichnet das IHM für die elektrische Charakterisierung des Verdrahtungssystems, insbesondere des Dielektrikums hinsichtlich der dielektrischen Eigenschaften (Permittivität, Verlustfaktor) und des Leckstrom- bzw. Durchbruchverhaltens verantwortlich. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Neigung der porösen Materialien zur Feuchtigkeitsaufnahme, sodass elektrische Messungen unter definierter Feuchteatmosphäre im Vordergrund stehen.

Ergebnisse

Mithilfe kapazitiver Messungen (C-t) konnte an verschiedenen, ganzflächig abgeschiedenen Low-k bzw. porösen Ultra-Low-k-Dielektrika die Feuchtigkeitsaufnahme infolge zunehmender Permittivität in situ beobachtet werden (Diagramm 1). Ausgehend vom Fickschen Gesetz wurde die Eindiffusion der Feuchtigkeit in die Materialien modelliert und die Diffusionskonstante für Wasser bestimmt. Weitere elektrische Charakterisierungen zeigten eine Erhöhung des Leckstroms sowie geringere Durchbruchfestigkeiten infolge der Wasseraufnahme. Darüber hinaus wurde mit zunehmendem Feuchtigkeitsgehalt in der Probe eine negative Flachbandspannungsverschiebung mittels CV-Messungen nachgewiesen, was auf eine Zunahme von positiven Ladungsträgern in der dielektrischen Schicht schließen lässt (Diagramm 2).

Um die neuartigen dielektrischen Materialien nachhaltig vor der Wasseraufnahme zu schützen, müssen passende Barrierematerialien gefunden und charakterisiert werden. Das am IHM untersuchte Material zeichnet sich durch eine konstante Permittivität bei unterschiedlicher Umgebungsfeuchte aus, wodurch auf eine gute Barrierewirkung geschlossen ist.

Weiterführende Experimente wurden an strukturierten Test-Wafern mit einer Vielzahl von Verdrahtungsebenen durchgeführt. Im Fokus dieser Untersuchung stand die Veränderung der Kapazität infolge der Feuchteeinwirkung innerhalb einer Verdrahtungsebene sowie zwischen zwei Metallisierungsebenen.

Objective

The objective of the project is to develop a technology for the application of porous ultra low-k dielectrics as inter-layer insulator in an innovative copper conducting system for chip wiring. Within this project the IHM is responsible for the electrical characterization of the wiring system, especially with a focus on the determination of the dielectric properties (permittivity, dissipation factor), the leakage current and breakdown mechanisms. The propensity of moisture absorption is of special importance in this case. So the electrical measurement in a defined moistened atmosphere comes to the fore.

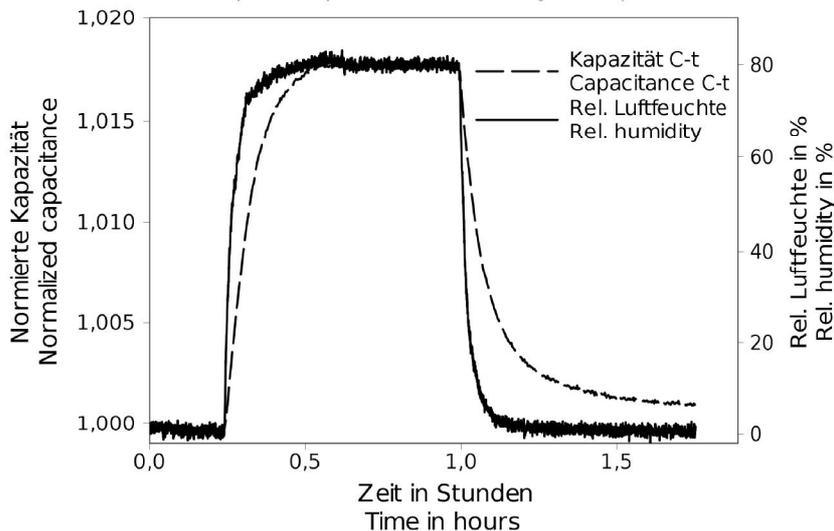
Results

The humidity absorption of different, homogenous coated, low-k or porous ultra-low-k films has been investigated in situ by means of capacitive measurements (C-t) due to a change in the permittivity (chart 1). Based on the Fick's law a diffusion model has been developed and the diffusion coefficient of water in the different materials has been determined. Further

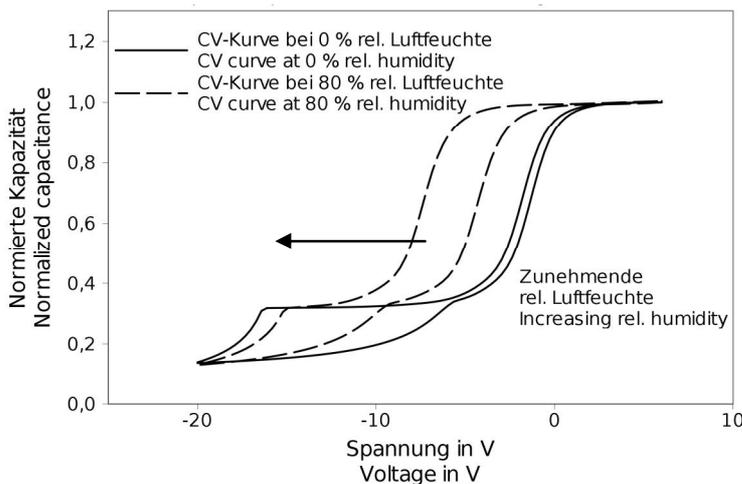
experiments showed an increase of the leakage current as well as a decrease of the breakdown voltage as a result of the high water concentration in the dielectric materials. Furthermore, with an increased water concentration in the samples CV measurements revealed a negative flatband voltage shift which is caused by an increased positive charge level in the investigated dielectric layers (chart 2).

To protect the novel dielectric materials against water absorption effectively, compatible barrier materials have to be found and characterized. That at the IHM investigated material has a constant permittivity during different humid conditions and therefore a good barrier behavior against water absorption.

Further experiments have been performed on structured, multilevel test wafers. The investigation was focused on the characterization of the intralayer capacitance within a metallization layer and the interlayer capacitance between two metallization levels.



Feuchteaufnahme von pULK anhand Kapazitätsänderung
Moisture uptake of pULK - change of capacitance



Feuchteaufnahme von pULK anhand Flachbandverschiebung
Moisture uptake of pULK - flatband voltage shift

Das diesem Bericht zugrund liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor. The project described in this publication was funded by the German Federal Ministry of Education and Research. The author named in the publication bears responsibility for all published contents.

Entwicklung einer Prozesskette für die Herstellung, die Verarbeitung und den Einsatz von beschichteten Bonddrähten

Development of a process line for manufacturing, processing and application of coated wires

Teilvorhaben IHM: Entwicklung und Optimierung einer Beschichtungstechnologie
Subproject IHM: Development and Optimization of the coating technology

Projektleiter: Prof. J. W. Bartha/Dr. C. Wenzel
Bearbeiter: Dipl.-Ing C. Nobis, Dr.-Ing. C. Klaus, H. Hiemann, Dr.-Ing. F. Rudolf (IAVT)
Förderer: BMBF Verbundprojekt
Projektpartner: TU Dresden, IAVT; AEMTec Berlin; Bosch Schwieberdingen; Danfoss Schleswig; EADS Ulm; F&K Delvotek Bondtechnik Ottobrunn; MSE Berg; W.C. Heraeus Hanau; FhG IWM Halle; FhG IZM Berlin
Laufzeit: 01.09.2006 - 31.12.2009

Zielstellung

In Untersuchungen an der TU Dresden wurde festgestellt, dass sich die Ultraschall-Wedge/Wedge-Bondbarkeit von Au- bzw. Cu-Draht bei Raumtemperatur wesentlich verbessern lässt, wenn der Draht mit einer dünnen Hartstoffschicht - zum Beispiel Aluminium, das an der Oberfläche sofort zu Al_2O_3 oxidiert - versehen ist (siehe auch Patentschrift DE 42 32 745 C2 der TU Dresden). Auf diese Weise erhält der Gold- bzw. Kupferbonddraht mit seinen spezifischen Materialeigenschaften im Bezug auf die Kontaktierung bei Raumtemperatur dem Al-Bonddraht vergleichbare Eigenschaften.

Im Berichtszeitraum wurden hierfür der Beschichtungsprozess sowie der Bondprozess charakterisiert und signifikante Verbesserungen erzielt. Die Aufgaben an der TU-Dresden (Institute IHM und IAVT) waren Untersuchungen im Labormaßstab und die Fertigung von Mustern zur Überprüfung der Ergebnisse im industriellen Maßstab.

Ergebnisse

Bei Untersuchungen im industriellen Maßstab traten in den ersten beiden Projektjahren Probleme mit der Langzeitstabilität des Bondprozesses bei Verwendung beschichteter Golddrähte auf. Während entsprechender Bondprozesse lagern sich auf den Bond-Tools Gold- und Aluminium-Kristalle und deren intermetallische Phasen ab (Bild). Sie behindern im Weiteren den Bondprozess und führen zur Degradation der Bonds. Mit veränderten Prozessen und Modifikationen an den Automaten (Delvotec) konnten Verbesserungen für 50 μ m-Goldbonddrähte erreicht werden. Diese Verbesserungen ließen sich auf dünnere Bonddrähte (32 und 25 μ m) nur teilweise übertragen. Entsprechend wurde der Beschichtungsprozess im dritten Projektjahr detailliert untersucht, um Ursachen für diesen Unterschied zu finden.

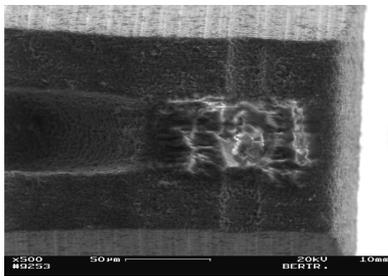
Es konnte gezeigt werden, dass sich nicht nur das Bondverhalten dünner Drähte in Abhängigkeit von der Temperatur ändert, sondern auch, dass die Anlagerungen an die Tools direkt mit der Temperatur während des Beschichtungsprozesses korrelieren. Durch Analyse der Auswirkung der einzelnen Prozessparameter wurde ein Prozess vorgestellt, der die zuverlässige Beschichtung der Drähte (25 μ m) bei Temperaturen <100 °C gewährleistet. Entsprechende Drähte wurden in Versuchen industriellen Maßstabs erfolgreich verbondet und es wurde nachgewiesen, dass sich das Build Up-Verhalten deutlich verbessert.

Mit Hilfe mikroanalytischer Untersuchungen wurde gezeigt, dass mit einem verbesserten Beschichtungsprozess auch bei dünnen Gold-Bonddrähten ein intaktes Schichtsystem (Draht – Übergangsschicht – Beschichtungsmaterial – Oxid) realisierbar ist (Bilder). Darüber hinaus wurde ein weiteres Beschichtungsmaterial getestet und die Bondbarkeit entsprechend beschichteter Drähte demonstriert. In Langzeit-Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass sich durch die Verwendung dieses Beschichtungsmaterials auch das Build Up-Verhalten entsprechend verbessert.

Im Bereich der beschichteten Kupferdrähte lag der Fokus der Untersuchungen auf der Größe des Bondfensters und auf der für industrielle Anwendungen wesentlichen Maschinenstandzeit. Es wurden vergleichende Untersuchungen mit unbeschichtetem Draht durchgeführt, um zu belegen, dass die Beschichtung die Bondbarkeit der Kupferdrähte erheblich verbessert.

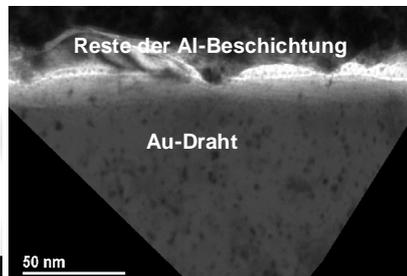
Unter dem Gesichtspunkt des Build Ups wurden im dritten Projektjahr auch verstärkt beschichtete Kupfer-Bonddrähte (20/25 µm) untersucht. Da das System Cu/Al deutlich langsamer interdiffundiert als das System Au/Al, ist hier ein größerer Energieaufwand nötig, um die Ankopplung zu gewährleisten. Dieser Effekt behindert jedoch die Beschichtung nur in geringem Maße, da hier die Ankopplung über die sich bis zur Beschichtung bildende dünne Cu-Oxidschicht realisiert wird (Bild 4).

Beim Bonden hingegen verhindert diese Energiebarriere, dass es zu einer Materialanlagerung an das Tool kommt. Dementsprechend werden Tool-Lebensdauern in der Größenordnung herkömmlicher Bondprozesse erwartet. Nachgewiesen wurde die Stabilität für mehr als 25000 Bonds (Bild).



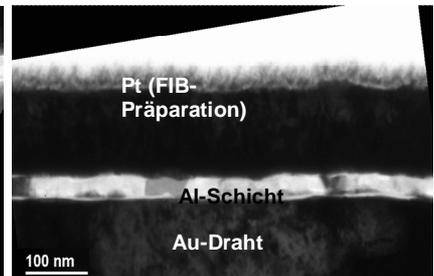
Ablagerungen an crossgroove-Bond-Tool, verwendet zum Bonden von AuHA5 (Al), 25µm

Agglomeration on tool surface, cross groove tool, used to bond AuHA5 (Al) wires, 2'000 Bonds



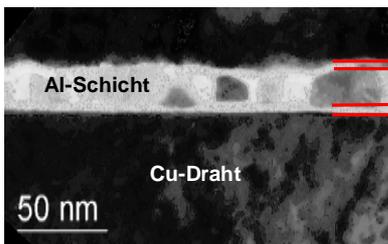
FIB-Crosssection, Beschichtung durch Diffusion verändert, Draht AuHA5 (Al), 25µm, Quelle: Fraunhofer IWMH

FIB-cross-section, coating altered by diffusion effects, wire: AuHA5 (Al), 25µm, source: Fraunhofer IWMH



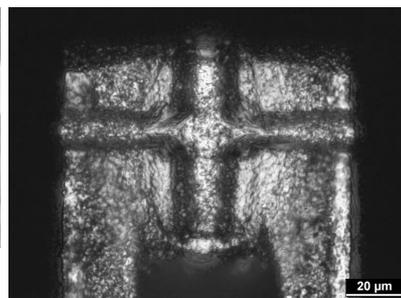
FIB-Crosssection, intakte Beschichtung, Draht: AuHA5 (Al), 25µm, Quelle: Fraunhofer IWMH

FIB-cross-section, faultless coating, wire: AuHA5 (Al), 25µm, source: Fraunhofer IWMH



FIB-Crosssection, beschichteter Kupferdraht, CuHC4 (Al), 25µm, Quelle: Fraunhofer IWMH

FIB-cross-section, coating on copper wire, CuHC4 (Al), 25µm, source: Fraunhofer IWMH



Kreuzgroove-Tool nach 25.000 Bonds CuHC4 (Al), 25µm, leichte Anlagerungen erkennbar, Quelle: IZM Berlin

double cross tool after 25'000 bonds CuHC4 (Al), 25µm, minor agglomeration cognizable, source: IZM Berlin

Objective

In former investigations at the Dresden University of Technology it has been found that the feasibility to bond Au- and Cu-wires at room temperature with ultrasonic wedge-wedge bonding technique improves considerably if such wires are coated with hard covering layers e.g. Aluminium. At the Al surface forms a hard Al_2O_3 layer by oxidation (see patent DE 42 43 745 C2). Applying this layer the wire with its specific material properties gets an aluminium-wire-like bond behaviour.

During the project's maturity the characterization of the coating and bonding processes took place and significant improvements of those could have been realized. The universities (IHM/ IAVT) scope spans analyses and test of the processes as well as prototyping for industrial partners.

Results

At industrial level analysis within the 1st and 2nd year of the project problems occurred concerning the long term bond process stability using coated gold wires. During related bond processes an agglomeration (build up) of gold and aluminium crystals and intermetallic phases (see fig.) took place. Over time the agglomeration increased and though constrained the bonding process. Process modifications and changes within the bond equipment (Delvotec) could achieve improvements for 50 μm wires during that time. The amount of improvement could not be achieved for thinner wires (25/32 μm) in the same way. The fundamentals of the coating process were analysed in more detail within the 3rd year of the project.

The bond behaviour of thin wires depends not only on temperature during coating, but additionally it could have been demonstrated that agglomeration rate on the tools correlates to this temperature as well. As a result of the analysis of the process parameters a set of parameters has been found that supports reliable coating of bond wires at temperatures below 100 °C in contrast to >200 °C before. Corresponding wires have been bonded at industrial scale achieving a substantial improvement in terms of build up behaviour during bonding.

Microanalytical analyses were performed to show differences within the different layer stacks and qualities depending on coating process (wire material – transition layer – coating material – oxide). Improved coating processes result in conform layer stacks (figs.). Better long term bonding stability of the bonding process has also been demonstrated that way. To achieve further improvements another coating material has been tested. Even though build up took place applying this material, the rate of creation was low enough to create 15,000 bonds with a descent of less than 0.5 cN in average pull force.

The bond window size changes and the tool lifetime were of special interest for copper wire application. Comparative bonding studies with coated and uncoated copper wires on gold surfaces had been carried out and showed significant improvements using the coated wires.

(20/25 μm) coated copper wires have been analyzed during the 3rd year of the project. As the system Cu/Al interdiffuses much slower than Au/Al, a bigger energy barrier has to be applied to realize a good coupling of the layer. The significance of this coating demand is rather small, because the coupling is done by exchange reactions on top of the copper oxide which sprouts before coating (fig.).

During bonding the energy barrier prevents a cross-supporting agglomeration of the two materials on the bond tool. The tool lifetime is in the same magnitude of bond amounts that are expected from normal bond processes. The stability has been proven for more than 25'000 bonds (fig.).

Simulationskonzept für 32-nm-CMOS-Technologien (SIMKON2) zum Thema: Modellierung, Simulation und Charakterisierung des CMP-Planarisierungs-verhaltens von dielektrischen Materialien

Modelling, simulation, and characterisation of planarisation during CMP of dielectric materials

Projektleiter: Prof. Dr. J. W. Bartha / Dr. U. Künzelmann
Bearbeiter: Dipl.-Ing. H. Schumacher, Dipl.-Chem. K. Estel, Dipl.-Chem. S. Waurenschk
Förderer: BMBF
Laufzeit: 01.11.2009 - 31.12.2010

Zielstellung

Im Teilprojekt werden Untersuchungen zum besseren Verständnis der chemisch-mechanischen Politur (CMP) von beispielsweise High-Density-Plasma-Siliziumdioxid (HDP-SiO₂) in der Shallow-Trench-Isolation-Technologie (STI) durchgeführt. Schwerpunkt der Arbeiten ist die Aufklärung grundsätzlicher Wirkmechanismen der Oxid-CMP durch Untersuchung der chemischen und physikalischen Wechselwirkungen an der Grenzfläche SiO₂-bedeckte Waferoberfläche / Poliersuspension unter gleichzeitigem Eingriff des Poliermittelträgers. In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer CNT und dem Leibniz IPF Dresden sollen die gewonnenen Erkenntnisse in ein physikalisch-chemisch fundiertes Abtragsmodell einfließen, um den experimentellen Aufwand bei der Prozessoptimierung zu senken sowie die Entwicklung genauer, zuverlässiger Entwurfsregeln und die Layout-Verifikation zu unterstützen.

In Versuchen zur Aufklärung der chemischen und physikalischen Vorgänge an den Grenzflächen Oxid / Poliersuspension / Pad wird die Komplexität der eingesetzten Siliziumdioxid- und Cerdioxid-basierten Suspensionen schrittweise bis zu der des kommerziellen Produkts gesteigert. Damit verbundene Änderungen von pH-Wert, Partikelgrößenverteilung, Zeta-potential und Stabilität der Slurries werden experimentell erfasst und mit den Veränderungen des Abtragsverhaltens auf blanken und strukturierten Wafern korreliert. Ergänzt werden diese Untersuchungen durch Messungen mit der Fourier-Transformation-Infrarotspektroskopie (FTIR-Spektroskopie) während der Politur mit einer vereinfachten Versuchsanordnung. Dabei wird der Messstrahl mittels eigens dafür entwickelten Einkoppelstrukturen auf der Rückseite des infrarottransparenten Wafers so durch ihn geführt, dass an der schichtbedeckten Vorderseite abgeschwächte Totalreflexion (ATR) auftritt. Mit einer steuerbaren Informationstiefe lassen sich auf diese Weise molekülspektroskopische Informationen über den grenzflächen-nahen Bereich gewinnen. Neben einer Schichtdickenänderung können so chemische Verbindungen an der Grenzfläche Siliziumdioxid/Poliersuspension qualitativ und quantitativ erfasst und charakterisiert werden.

Ergebnisse

Chemisch-mechanisches Polieren: In Fortsetzung erster CMP-Versuche mit silicabasierten Slurry-Systemen wurden vergleichende Polituren mit einer ceriabasierten Slurry begonnen. Bei den Versuchen mit unstrukturierten Schichten von anfangs 1000 nm thermischem Oxid wurden die höchsten Blankabtragsraten mit der ceriabasierten Slurry festgestellt, gefolgt von der Fumed-Silica- und einer kommerziellen Referenz-Slurry. Hingegen zeigte die im Sol-Gel-Verfahren hergestellte Versuchs-Slurry das geringste Abtragsvermögen (s. Bild). Die Aufklärung dieser Unterschiede beim SiO₂-Abtrag ist ein Ziel in diesem Projekt. Zur Untersuchung der Strukturabhängigkeiten werden die Spektralreflektometrie und Profilometrie eingesetzt. Für diese Messtechniken wurden im Laufe des Jahres spezielle Konzepte und Rezepturen entwickelt. Außerdem gelang es im Rahmen einer Diplomarbeit die laterale Auflösung, Positioniergenauigkeit und Handhabung des Spektralreflektometers zu verbessern.

FTIR-Spektroskopie: Die Bestimmung des Nachweisvermögens wies die Eignung der Methode für die Detektion von Monolagen nach. In weiterführenden Experimenten soll der SiO₂-Abtrag während einer Politur untersucht werden. Im Bild ist beispielhaft die Intensitätsabnahme der Si-O-Schwingungsmoden während einer Politur dargestellt. Durch die geringere Oxidschichtdicke dringt dabei die abklingende Welle, die sich bei der Totalreflexion

ausbildet, weiter in die flüssige Phase ein und es erscheinen Banden von deren IR-aktiven Hauptbestandteilen: Wasser und Silica-Abrasiva. In weiteren Versuchen soll nun gezielt nach Veränderungen Additive an der SiO_2 -Grenzfläche bei einer solchen Politur durch die Abrasiva bzw. organischen gesucht werden. Das dafür nötige hohe Nachweisvermögen der Methode erfordert eine verbesserte Messtechnik.

Objective

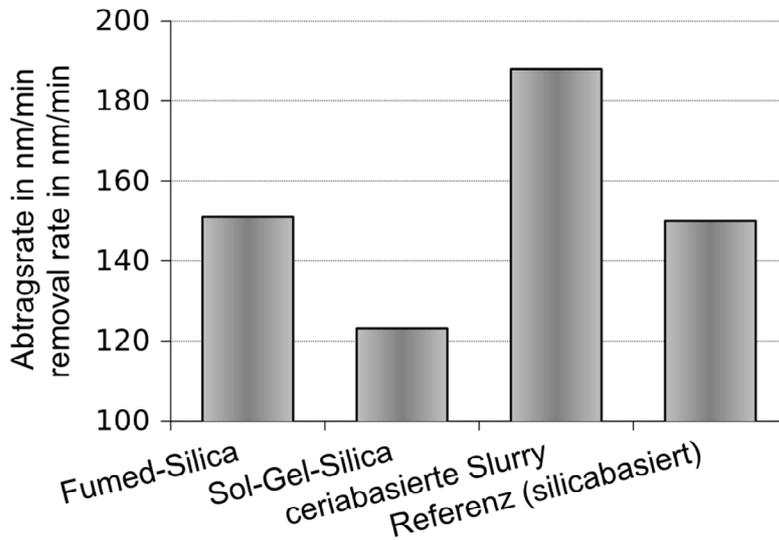
Within the subproject investigations are accomplished in order to gain a better understanding of the chemical-mechanical planarisation (CMP) of e.g. high-density plasma silicon dioxide (HDP- SiO_2) in the shallow trench isolation (STI) technology. The work is focused on the investigation of chemical and physical interactions at the SiO_2 -covered silicon/slurry interface under simultaneous interaction of the polishing pad. In co-operation with the Fraunhofer CNT and the Leibniz IPF Dresden the results will be integrated in a physicochemically founded CMP model. This model should lower the experimental effort during the process optimisation and support the development of exact and reliable designing principles and layout verification.

In order to elucidate chemical processes at the interfaces oxide/slurry/pad silicon dioxide (silica) and cerium dioxide (ceria) based slurries of successively increasing complexity will be used. The associated changes of pH value, particle size distribution, zeta potential and slurry stability are acquired and correlated to changes in the removal rate of blank and structured wafers. These investigations are supplemented by in situ Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopic measurements during the polish with simplified polishing equipment. The infrared beam is passed through the infrared-transparent wafer so that attenuated total reflection (ATR) is arising at the coated frontside. For this purpose special microstructures at the backside developed at the IHM are used. This method allows to acquire spectroscopic information about the interface near region with a controllable information depth. Beside the detection of the oxide layer thickness this enables the qualitative and quantitative characterisation of chemical compounds near the silicon dioxide/slurry interface.

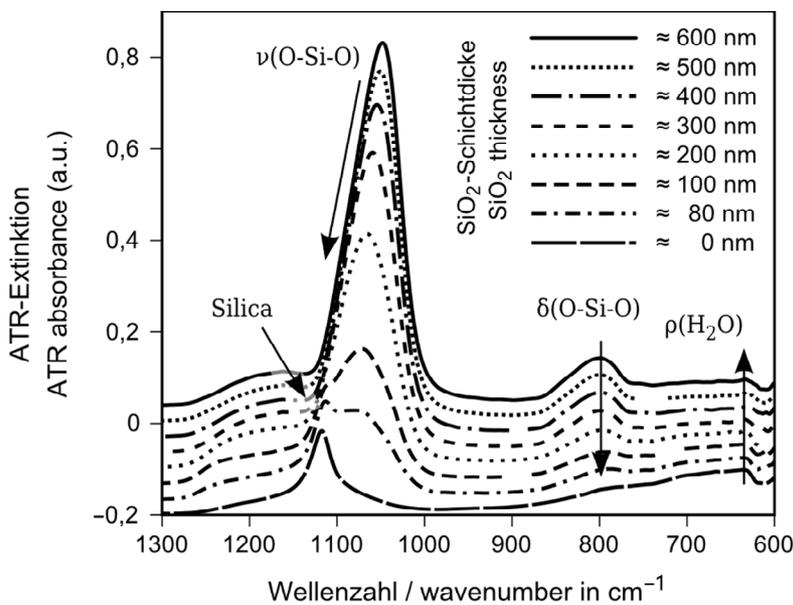
Results

Chemical mechanical polishing: Continuing silica based slurry systems polishing experiments with a ceria based slurry on blank 1000 nm thick oxide layers are performed. The highest blank removal rates were measured by the ceria based slurry, followed by fumed silica slurry and a silica based reference. On the other hand, the sol-gel silica slurry shows the lowest removal rates (s. fig.). One aim of this project is to identify the causes of these differences. The polishing of wafers with structured surface has been investigated in advance with recording surfaces and depth profiles by profilometry and reflectometry. Thus, in the context of a diploma thesis the lateral resolution and positioning accuracy of the reflectometer was improved.

FTIR spectroscopy: The determination of the analytical performance of the method has been evaluated and proved the possibility to detect monolayers. *In situ* polishing experiments have shown the removal of SiO_2 . The fig. shows a series where the decreased intensities of the Si-O vibration modes indicate a material removal. Due the lower oxide thickness the evanescent wave penetrates deeper into the liquid phase and bands of its main IR active components (water and silica abrasive) appear. In further investigations changes by the abrasive and/or organic additives at the SiO_2 interface during the polish is to be researched. The necessary high analytical performance of the method requires an improved measuring technique.



Vergleich der Slurry-Systeme mit Referenz
Comparison of slurry systems with reference



Änderung des SiO₂-Slurry-Absorptionsspektrums im Bereich der Si-O-Schwingungen
Change of SiO₂ slurry absorption spectra in the range of Si-O vibrations

Das diesem Bericht zugrund liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.
The project described in this publication was funded by the German Federal Ministry of Education and Research. The author named in the publication bears responsibility for all published contents.

4.2. Forschungsprojekte an der Professur Mikrosystemtechnik

Herstellung von Nanostrukturen mittels Nanoimprinting (Entwicklung einer auf Nanoimprint basierenden Fertigungstechnologie für polymere Biosensoren)

Realization of Nanostructures with Nanoimprinting (Development of an Imprint based Fabrication Technology for Polymeric Biosensors)

Projektleiter: Prof. Dr. W.-J. Fischer
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Robert Kirchner
Förderer: DFG im Graduiertenkolleg „Nano- und Biotechniken für das Packaging elektronischer Systeme“ (DFG 1401/1)
Laufzeit: 01.07.2007 – 31.07.2010 (1.+2 Förderperiode)

Zielstellung

Nanoimprinting wird seit 1995 als kostengünstige, alternative Lithographietechnologie entwickelt. Mittlerweile etabliert sie sich aufgrund der relativ geringen Anlagenkosten, einer Auflösung unter 50 nm bei Aspektverhältnissen von 1:1, bzw. unter 300 nm bei Aspektverhältnissen größer als 5:1, einer sehr großen Palette strukturierbarer Materialien sowie umfangreicher Möglichkeiten der Materialmanipulation zunehmend für „more than Moore“-Anwendungen. Nanoimprinting ist damit für die Mikrosystemtechnik und vor allem für die auf polymeren Systemen basierende Biosensorik sehr vielversprechend.

Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung einer Direktstrukturierungstechnologie für polymere Biosensoren auf Basis optischer Mikroringresonatoren (MRR). Für die Funktion derartiger Resonatoren müssen 200 nm Strukturen mit Aspektverhältnissen von 5:1 realisiert werden.

Ergebnisse

Es wurde ein UV härtendes Nanoimprintmaterial entwickelt, dessen optische Eigenschaften den Aufbau von MRR gestatten und das gleichzeitig chemisch funktionale Gruppen für die Ankopplung von Biorezeptoren zur Verfügung stellt. Kostentreiber der Nanoimprinttechnologie sind vor allem die monolithischen Nanoimprintstempel. Um diese Kosten zu reduzieren, wurden geklebte Nanoimprintstempel entwickelt. Dabei wird ein Chip, welcher die gewünschte Imprintstruktur trägt, auf einen geeigneten Grundkörper geklebt. Geklebte Stempel können genau wie die wesentlich teureren monolithischen Imprintstempel verwendet werden und sind besonders für die Prototypentwicklung und Evaluation neuer Strukturen geeignet. Für das Nanoimprinting sind Antihafschichten erforderlich, die ein fehlerfreies Entformen des Stempels aus dem Imprintmaterial ermöglichen. UV basiertes Nanoimprinting kann mit Techniken der optischen Lithographie kombiniert werden. Dafür werden hybride Imprintstempel mit transparenten Quarzbereichen und nicht transparenten Chromflächen benötigt. Es wurde ein CVD-Verfahren für Organosilan-Antihafschichten entwickelt, welches sowohl für Standardtemplate als auch hybride Stempel verwendet werden kann. Mit monolithischen Standardstempeln und dem selbst entwickelten Imprintmaterial wurden erfolgreich MRR mit 250 nm Abstand der Wellenleiter und einem Aspektverhältnis von 4:1 realisiert. Diese MRR werden optisch charakterisiert. Derzeit wird mit hybriden Imprintstempeln eine neue Technologie entwickelt, die die bisher verbleibende Polymerrestschicht und damit das nachträgliche Polymerätzen vollständig vermeidet.

Objective

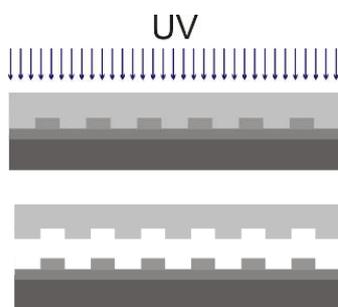
Since 1995, nanoimprinting is developed as cost efficient, alternative lithography technique for “more Moore” applications. Due to the relatively marginal equipment costs, a sub-50 nm resolution for aspect ratios of 1:1, a sub-300 nm resolutions for aspect ratios of larger than 5:1, a very broad spectrum of usable materials and comprehensive possibilities to manipulate material properties by polymer chemistry, nanoimprinting becomes more and more a tech-

nology for “more than Moore” applications. Nanoimprinting is very promising for microsystems and particularly for polymer based biosensors.

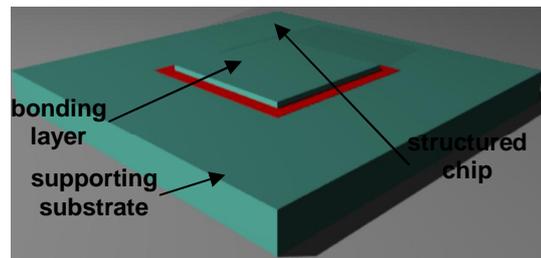
The objective of this project is the development of a direct structuring technology for polymeric biosensors based on microring resonators (MRR). To ensure the function of such resonators, 200 nm structures with an aspect ratio of 5:1 have to be realized.

Results

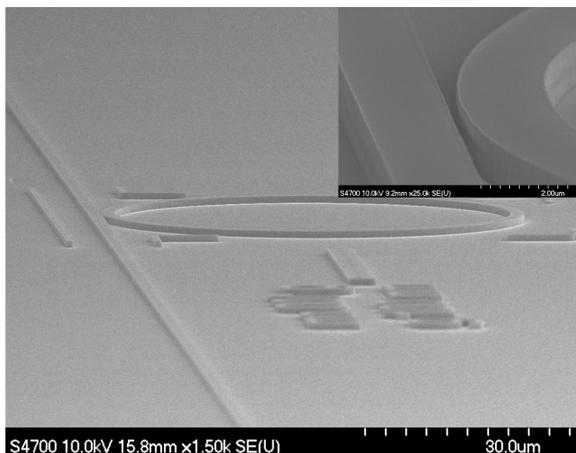
A UV curing nanoimprint material was developed, which has similar optical properties as established MRR materials but provides chemically functional groups on its surface to bind bioreceptors. In order to reduce the template costs, a main cost driver for nanoimprinting, bonded nanoimprint templates were developed. These templates are based on a chip with the desired imprint structure which is bonded to a supporting substrate. Bonded imprint templates can be used in the same way as the more expensive, monolithic imprint templates and are especially suited for prototyping and evaluation of new structures. Antisticking layers are essential for nanoimprinting. They provide a defect free demolding of the imprint template from the imprint material. UV based nanoimprinting can be combined with optical lithography. Therefore, hybrid imprint templates with transparent quartz and non-transparent chromium regions are used. A CVD process was developed for high quality, organosilane antisticking coatings on standard and hybrid imprint templates. With a monolithic imprint template and a customized imprint material, MRR with a gap of 250 nm between the waveguides and an aspect ratio of 4:1 were realized. These MRR are currently characterized optically. Hybrid imprint templates are used to develop a new technique to avoid the imprint inherent, residual polymer layer and the final polymer etch step.



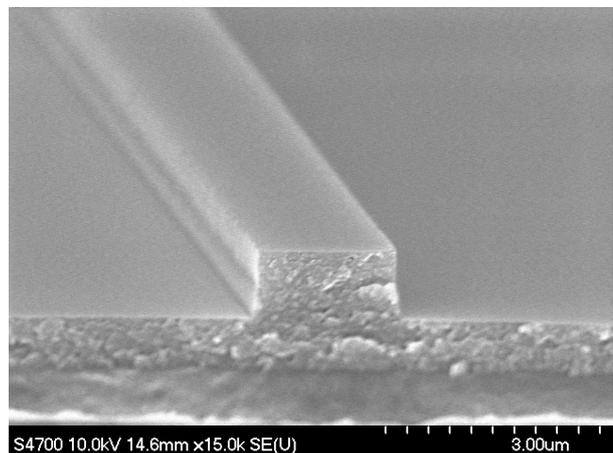
UV-NIL Ablauf: Beschichtung mit UV-härtendem Material, Imprint, Flutbelichtung, Entformung
 UV-NIL process: Coating of UV curing material, imprint, UV flood exposure, Demolding



Schema eines geklebten Imprintstempels
 Scheme of a bonded imprint template



Mikroringresonator mit einem Koppel-Abstand von 100 nm und 250 nm (kleiner Einsatz),
 Microring resonator with a gap between ring and waveguide of 100 nm and 250 nm (insert)



Querschnitt eines mit UV-NIL direktstrukturierten Wellenleiters vor Entfernung der Restschicht.
 Cross section of a waveguide directly imprinted with UV-NIL before residual layer removal.

Photonische Virusdiagnostik mittels Mikroring-Resonatoren **Photonic Viral Diagnostics by Using Microring Resonators**

Projektleiter: Prof. Dr. W.-J. Fischer
Bearbeiter: Dipl.-Ing. René Landgraf
Förderer: DFG im Graduiertenkolleg „Nano- und Biotechniken für das Packaging elektronischer Systeme“ (DFG 1401/1)
Laufzeit: 01.09.2007 - 31.07.2010 (1.+2 Förderperiode)

Ziel

Zahlreiche Vorteile mikro- und nanooptischer Systeme wie Kompaktheit, guter Integrierbarkeit, Kompatibilität mit Glasfasernetzwerken sowie geringer Querempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischer Strahlung führten zu einem großen Interesse an optischen Sensoren und zu verschiedensten Anwendungen. Mit optischen Verfahren sind hochsensitive Messumformer und kurze Messzeiten realisierbar. Ein optisches Sensorprinzip mit sehr hohem Miniaturisierungspotential ist der auf Mikroringresonatoren basierende Brechzahlensor. Mittels Mikroringresonatoren können chemische Verbindungen (Gase, Flüssigkeiten) und verschiedenste biologische Spezies wie z. B. Proteine, DNA oder Viren nachgewiesen werden. Neben einfachen Viren wie dem Herpes Simplex Virus (HSV) könnten somit auch Viren wie der SARS-Virus, H5N1/H1N1-Grippeviren, Hepatitisviren sowie HIV nachgewiesen werden.

Ziel des Projekts ist die Entwicklung und Erprobung eines optischen Biosensorsystems zur Erkennung biologischer Verbindungen insbesondere von Proteinen und Viren. Das System soll ein hohes Potenzial zur Miniaturisierung besitzen und so eine sensitive Detektion von Krankheiten am Ort des Auftretens (Point-of-Care-Diagnostik) ermöglichen.

Ergebnisse

Das Konzept des Sensorsystems auf Basis planaroptischer, polymerer Wellenleiter in Form von Mikroringresonatoren wurde entwickelt und zu großen Teilen umgesetzt. Das System sieht einen Sensorchip mit Mikroringresonatoren und einer funktionalisierten Oberfläche zur Anbindung von Rezeptoren vor. Als Messgröße dient die Änderung der Transmission bei einer definierten Wellenlänge in Resonanznähe. In den Lichtwellenleiter wird Licht eines Infrarotlasers mittels getaperten Fasern und Positioniereinheiten eingekoppelt. Ein mikrofluidisches System ermöglicht die Zuführung wässriger Lösungen zum Sensorchip und die Durchführung weitgehend automatisierter Prozessabläufe.

Erste funktionsfähige Sensorstrukturen wurden mit Shaped-Beam-Elektronenstrahlolithographie realisiert, wobei mehrere Material- und Parameterkombinationen untersucht wurden. Dabei wurden auf Polymethylmethacrylat und Epoxidharz basierende Polymere verwendet. Erste optische Messungen zur Charakterisierung der Strukturen waren erfolgreich.

Das mikrofluidische System ist vollständig aufgebaut und wird derzeit evaluiert. Es basiert auf einer Mikrofluidikpumpe sowie mehreren Mikroventilen zur Zuleitung der benötigten Messflüssigkeiten. Die nötige Ansteuerungssoftware und -hardware wurde entwickelt. Zur Verwendung als Aufsatz auf die Sensorstruktur wurden Flusszellen verschiedener Geometrien aus Polydimethylsiloxan realisiert.

Zur Funktionalisierung der Polymeroberflächen wurde die Eignung einer Oberflächenmodifikation durch Sauerstoffplasma untersucht. Optimale Plasmaparameter und das Verhalten der funktionellen Sauerstoffgruppen unter Lösungsmiteleinfluss sowie bei der Anbindung kleiner Moleküle wurden bestimmt.

Objective

Numerous advantages of micro- and nanooptical systems as compact size and high potential for integration, compatibility to optical fiber networks as well as immunity to interference with electromagnetic radiation lead to a high interest on optical sensors and a great variety of applications. With optical measurement techniques highly sensitive sensors and short measurement times are feasible. An optical sensor principle with a high potential for mini-

aturization is the refractive index sensor based on microring resonators. By using microring resonators, chemical substances (gases, liquids) and multiple biological substances e. g. proteins, DNA or viruses can be detected. Thus, simple viruses like Herpes Simplex Virus (HSV) as well as more significant viruses like the SARS virus, H5N1/H1N1 flu viruses, hepatitis or HIV can be detected.

The aim of the project is to develop and evaluate an optical biosensor system for the detection of biological substances especially for proteins and viruses. The developed system should have a high potential for miniaturization and hence should provide sensitive detection of diseases on-site (point of care diagnostics).

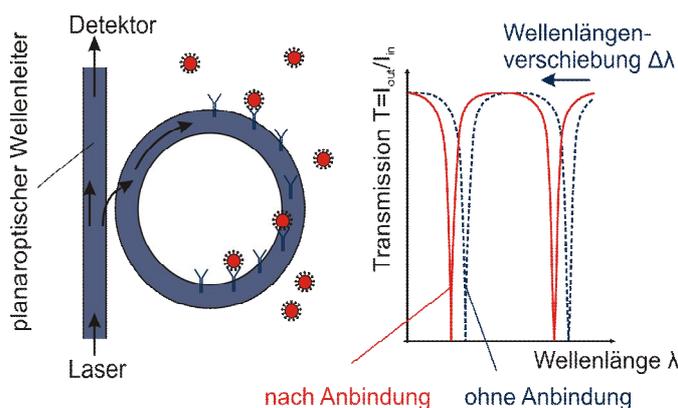
Results

The concept of the sensor system based on integrated optical polymer waveguides in form of microring resonators was developed and the main parts were realized. The system suggests a sensor chip with microring resonators and a functionalized surface for the binding of receptors. The change in transmission at a wavelength near resonance serves as measurand. By using tapered fibers and positioning stages light of a near infrared laser source is coupled into the polymer waveguides. A microfluidic system supplies aqueous solutions to the sensor chip and allows mainly automated process sequences.

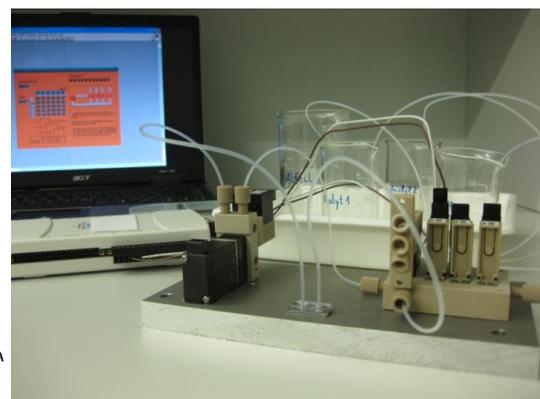
The first functioning sensor structures were realized by using shaped electron beam lithography. Several material and parameter sets were examined by using polymethylmethacrylates as well as epoxy resists. The first optical measurements were successful.

The microfluidic system was entirely built up and is currently evaluated. It is based on a microfluidic pump and several microvalves for the supply of the required test liquids. A suitable control software and hardware was developed. As an upper part to the sensor chip, fluidic cells of several geometries of polydimethylsiloxane were realized.

For the functionalization of the polymer surfaces the suitability of a surface modification by oxygen plasma was determined. Optimal parameters and the behavior of the functional oxygen groups to solvents and the binding of small molecules were determined.



Messprinzip des Biosensors bei der Verwendung planaroptischer Mikroringresonatoren
Schematic measuring principle of the biosensor using integrated optical microring resonators



Laboraufbau des Fluidiksystems mit den Teilkomponenten Mikropumpe (links auf Aluminiumgrundplatte), Flusszelle (Mitte sowie kleines Bild) und Anschlussplatte mit Ventilen (rechts).

Lab setup of the fluidic system with micro-pump (left side on aluminum base plate), fluidic cell (middle and small picture) and connecting board with valves (right side)

Integrierte drahtlose Sensornetzwerke

Integrated wireless sensor networks

Teilprojektleiter: Prof. G. Pfeifer (IHM), Prof. W.-J. Fischer (IPMS)

Bearbeiter: Dipl.-Ing. A. Kunadt, Dipl.-Ing. E. Starke

Förderer: DFG im Sonderforschungsbereich „Textilverstärkte Verbundkomponenten für funktionsintegrierende Mischbauweisen bei komplexen Leichtbauanwendungen“

Laufzeit: 01.01.2004 - 31.12.2011

Projektpartner: Institut für Festkörpermechanik, Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, Institut für Textil- und Bekleidungstechnik, Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik, Institut für Oberflächen- und Fertigungstechnik, Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme, Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden

Zielstellung

Im Rahmen des Teilprojekts wird in Zusammenarbeit mit dem FhG-IPMS an der Entwicklung und Umsetzung eines Konzepts für ein Sensornetzwerk zur Integration in textilverstärkte Verbundbauteile auf Basis von Glasfaser-Polypropylen-Hybridgarn gearbeitet. Ziel ist es, elektronische Systeme aus Sensoren und Schaltkreisen für die Verarbeitung, Speicherung und Übertragung der Sensorsignale direkt in Verbundbauteile einzubringen. Diese sollen in Form flacher Netzwerke so integriert werden, dass das Netzwerk Bestandteil des konsolidierten Verbundes wird.

Die Schwerpunkte in der im Jahr 2008 begonnenen zweiten Projektphase sind die Erweiterung der eingebetteten Sensornetzwerke um weitere Sensoren, die Weiterentwicklung der Schaltkreise [1] und die Erarbeitung von Konzepten zur reproduzierbaren Fertigung von Sensornetzwerken, die in Verbundbauteilen integriert sind.

Ergebnisse

Es wurde die Integration von Sensornetzwerken aus mehreren verschiedenen Modulen in größere Strukturen untersucht. Als Ergebnis der Untersuchungen entstand eine Glasfaser- / Polypropylen-Verbundplatte mit den Abmessungen 600 mm x 600 mm mit integrierter Belastungsüberwachung. Das integrierte Sensornetzwerk misst die mittlere Dehnung der Platte mit integrierten textiltechnisch hergestellten Dehnungssensoren aus Kohlenstoff-Filamentgarn [2]. Die aufgezeichneten Messwerte sind über einen integrierten Transponder drahtlos auslesbar. Mit den im Jahr 2008 entwickelten manuellen Bedienelementen in Form kapazitiver Tasten erfolgt die Steuerung der Dehnungsmessung.

In Kooperation mit dem Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik wurden zudem verschiedene textiltechnische Verfahren zur elektrischen Verbindung und Fixierung der einzelnen Module eines integrierten Sensornetzwerks untersucht

Objective

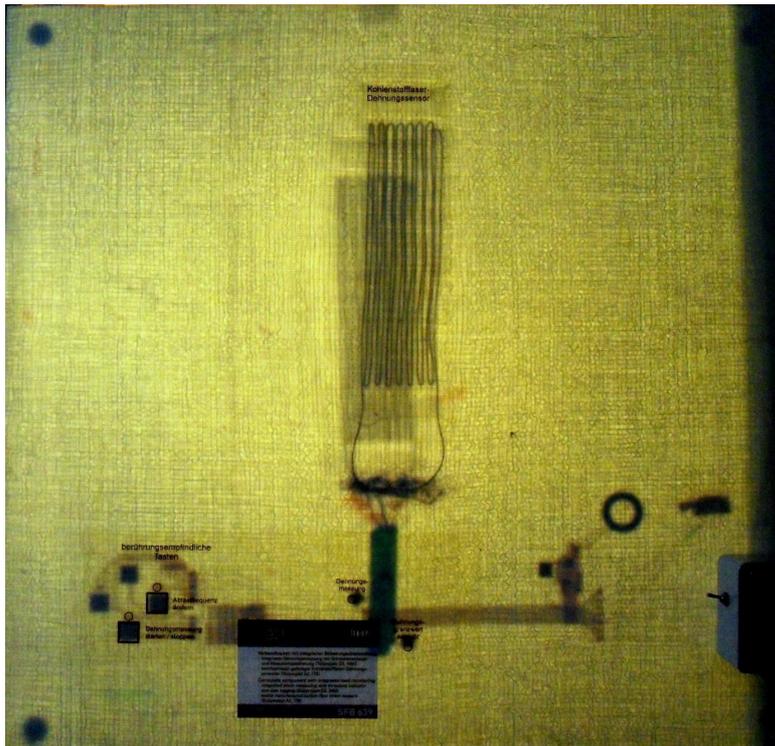
The scope of this subproject is the development and implementation of a sensor network for integration into textile-reinforced composites made of glass fiber and polypropylene. The electronic systems consisting of sensors and electronic circuits for processing, storing and transmitting the sensor signals are integrated in the form of flat networks directly into the composite.

The key aspects of the second project phase that started in 2008 are the extension of the integrated sensor networks with additional sensors, further enhancement of the integrated circuits [1] and formulation of concepts for reproducible assembly of sensor networks integrated in composites.

Results

In 2009 the integration of sensor networks with several different modules in larger structures has been studied. As a result a glass fiber/polypropylene composite plate of 600 mm x 600 mm with integrated load monitoring was produced. The integrated sensor network measures the average strain of the plate with integrated textile manufactured carbon filament yarn strain sensors [2]. With an integrated transponder the recorded strains can be read out wirelessly. The strain measurement is manually operated using the integrated capacitive keys that have been developed in 2008.

In cooperation with the Institute of Textile Machinery and High Performance Material Technology several textile manufacturing processes for the electrical link and fixation of the single modules of an integrated sensor network have been studied.



Durchlichtaufnahme eines Multi-Modul-Demonstrators mit Kohlenstoff-Filamentgarn-Dehnungssensor

Shining-through light photograph of a multi-module demonstrator with carbon filament yarn strain sensor

- [1] Roscher, K.-U., Fischer, W.-J., Heinig, A., Pfeifer, G. and Starke, E.: Start-Up Behavior of Event-Driven Sensor Networks for Impact Load Monitoring. In: Sensors and Actuators A: Physical, Volume 156, Issue 1, November 2009, Pages 109-114.
- [2] Kunadt, A., Starke, E., Pfeifer, G. und Cherif, C.: Messtechnische Eigenschaften von Dehnungssensoren aus Kohlenstoff-Filamentgarn in einem Verbundwerkstoff. In: Technisches Messen, im Druck.

Intelligente Hüftprothese INHUEPRO – Entwicklung eines Systems zur Überwachung der knöchernen Integration bei Hüftprothesen

Intelligent Hip Implant INHUEPRO – Development of a bone integration monitoring system for hip prostheses

Projektleiter: Prof. W.-J. Fischer / Dr. U. Marschner
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Sebastian Sauer
Förderer: BMBF (Projektträger VDI-VDE-IT)
Laufzeit: 01.09.2009 - 31.08.2012
Projektpartner: Aesculap AG, MPD, Ruwisch & Kollegen, AST GmbH, CeramTec AG, Fraunhofer Institut IPMS, Ruhr-Universität Bochum

Zielstellung

Bei der Implantation von Gelenkprothesen handelt es sich um einen schwerwiegenden Eingriff. Bisherige Verfahren zum Nachweis des Einwachsens oder zur Detektion einer Lockerung wie Röntgen oder Szintigrafie haben sich in Sensitivität und Spezifität als unzureichend erwiesen und können zu falscher Operationsindikation führen. So müssen gegenwärtig etwa 10% aller durchgeführten Hüft-Revisionsoperationen als unnötig eingeschätzt werden. Es werden daher weitere Diagnostika angestrebt. Um die Festigkeit des Prothesen-Knochen-Verbundes nach der Operation regelmäßig zu prüfen, soll ein Mikrosystem zur Beschleunigungsmessung in die Prothese integriert werden und so eine Schwingungsanalyse ermöglichen. Die notwendige Messdatenübertragung und Energieversorgung erfolgt auf drahtlosem Weg. Durch die Kenntnis von Eingangs- und Ausgangssignal lassen sich Amplituden- und Phasengang des Systems gewinnen. Über Charakteristika wie Eigenresonanzstellen und wiederkehrende Messungen kann nachweislich auf den Lockerungszustand geschlossen werden. Bei erfolgreicher Einführung ließe sich somit die Zahl unnötig durchgeführter Revisionsoperationen senken. Im Rahmen des Verbundprojektes besteht die Aufgabe der TU-Dresden in der Konzeption und Erprobung von Verfahren zur Schwingungsanregung der Prothese im Gewebe-Knochen Verbund mit der Zielsetzung gewonnene Erfahrungen in einem Anregungsdemonstrator umzusetzen. Zur Abschätzung der Leistungsfähigkeit und zur modellbasierten Diskussion beeinflussender Parameter sind weiterhin analytische und FEM-Berechnungen des Gesamtsystems insbesondere unter der Möglichkeit lokal einwirkender Anregungskräfte und unterschiedlicher mechanischer Randbedingungen durchzuführen.

Ergebnisse

Innerhalb der Vorarbeiten wurden Anregungskonzepte erarbeitet und theoretisch untersucht. Ein erstes auf Matlab beruhendes, zur Abschätzung nutzbares Berechnungsmodell wurde erstellt. In Kooperation mit der TU-Bochum wurden Experimentieranordnungen entworfen und Untersuchungen zu Prinzipnachweis und Einsatzfähigkeit hinsichtlich der Prothesenanregung durchgeführt. Im aktuellen Stadium wird der Messaufbau hinsichtlich anregungsbedingter elektromagnetischer Störungen im Messpfad optimiert und insbesondere deren mögliche Auswirkung auf das INHUEPRO Messsystem geprüft. Definierte Messkörper zur experimentellen Charakterisierung des Systems Gewebe/Knochen/Prothese und zum Vergleich der Anregungskonzepte untereinander werden entworfen. An der Erstellung einer ANSYS basierten FEM Simulation wird gearbeitet.

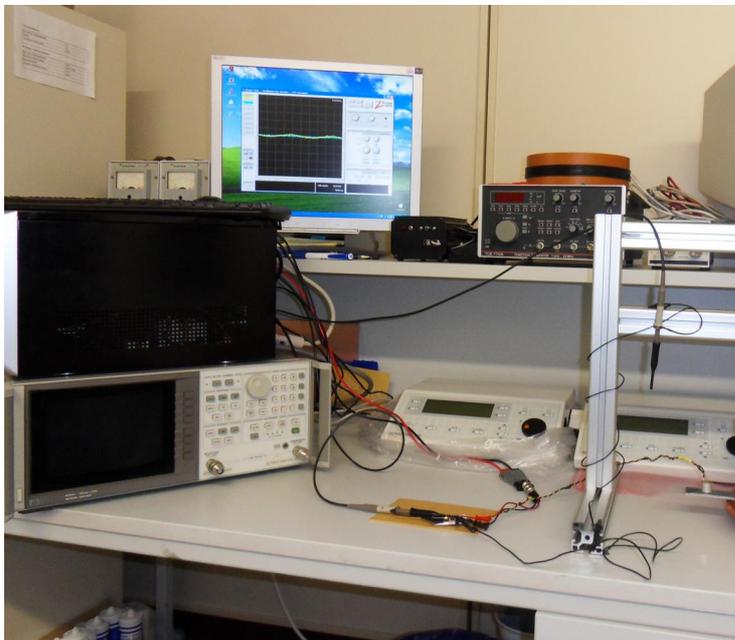
Objective

The implantation of artificial joints is a severe surgical process. Current techniques existing in clinical routine and being capable of monitoring the incorporation process or detecting a possible loosening such as radiography or cintigraphy are not advanced enough in terms of specificity and selectivity. A possible reason that 10% of all hip revision surgeries are considered as unnecessary. Wanted goal is therefore to extend the diagnostic range by introducing a new measurement system. In order to regularly monitor post-surgical stability an acceleration measuring micro system is integrated into the prosthesis allowing vibration analysis of the bone prosthesis compound. For this purpose measurement transmission and

energy supply are carried out wirelessly. Once input and output signal are known it is possible to gain amplitude and phase information. If certain characteristics e.g. resonances are periodically evaluated the loosening condition can be estimated. The physician has therefore the possibility to monitor the assembly process for a long period of time making it possible to detect intricacies and take effective measures. Tasks of the University of Dresden include developing concepts in order to mechanically excite the bone-prosthesis system, the experimental evaluation of this approaches and an excitation demonstrator. In addition analytical and simulative FEM based studies are carried out in order to discuss and evaluate locally acting excitation forces and the influence of mechanic boundary conditions.

Results

Within preliminary works excitation concepts were developed and theoretically examined. A first Matlab based model has been created, which is useable for basic estimations. In cooperation with the University of Bochum experimental setups were built and investigations focusing on proof of concept and general usability were carried out. Currently the arrangements influences in terms of electric and magnetic fields onto the INHUEPRO measurement system are examined. Defined measurement objects characterizing typical measurement situations (tissue/bone/prosthesis system) and allowing a quantitative comparison are under development. The ANSYS based FEM simulation is work in progress.



Versuchsaufbau bestehend aus Anregung, Resonator, Beschleunigungssensor und Oszilloskop
Measurement setup with excitation, resonator, acceleration sensor and oscilloscope

Selbstdiagnostizierende und selbstregulierende Komposite

Self-diagnosing and Self-regulating Composites (SmaComp)

Projektleiter: Prof. Dr. W.-J. Fischer
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Axel Renner
Förderer: Exzellenz-Initiative (ECEMP) – Teilprojekt E2
Laufzeit: 01.05.2009 -
Projektpartner: TU Dresden, Institut für Leichtbau- und Kunststofftechnik; TU Dresden, Institut für Festkörperelektronik; TU Dresden, Institut für Botanik; TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanik und Fluidodynamik

Ziel

Selbstdiagnostizierende und selbstregulierende Werkstoffe nehmen sich und ihre Umwelt wahr und passen sich selbstständig an veränderte Bedingungen an. Zum Beispiel können äußere Einflüsse ein Material beschädigen. Ein intelligenter Werkstoff soll diese Beschädigungen erkennen und sich eigenständig heilen oder adaptieren können. Solche auch als „Smart Materials“ bezeichnete Werkstoffe eröffnen zahlreiche innovative Anwendungsfelder. Viele selbstregulierende bzw. selbstadaptive Prozesse werden in der Natur (z.B. Heilvorgang der Haut) beobachtet. Im Vorhaben sollen durch kompetenzübergreifende Zusammenarbeit (u.a. mit Biologen) innovative Ansätze für intelligente, polymerbasierte Mehrkomponentenwerkstoffe („Smart Composites“) erarbeitet und umgesetzt werden. Hierzu sind für die Selbstdiagnose und Selbstadaptation geeignete werkstoffintegrierbare Funktionselemente zu konzipieren und zu realisieren. Mit informationstechnischen Methoden soll ein autarkes Sensor-Aktor-System mit sensornaher Datenverarbeitung entwickelt werden.

Ergebnisse

Es wurde untersucht, welche Diagnosemethoden zur Erfassung von Umgebungsgrößen sowie Werkstoff interner Parameter geeignet sind. Die entsprechende Sensorik soll einerseits in das Material integriert, andererseits extern appliziert werden können. Für diese beiden Szenarien wurden unter anderem induktive Messverfahren in Betracht gezogen, da sie Vorteile durch kontaktlose Messungen bieten. Simulationen und experimentelle Voruntersuchungen haben gezeigt, dass induktive Methoden für beide Szenarien geeignet sind.

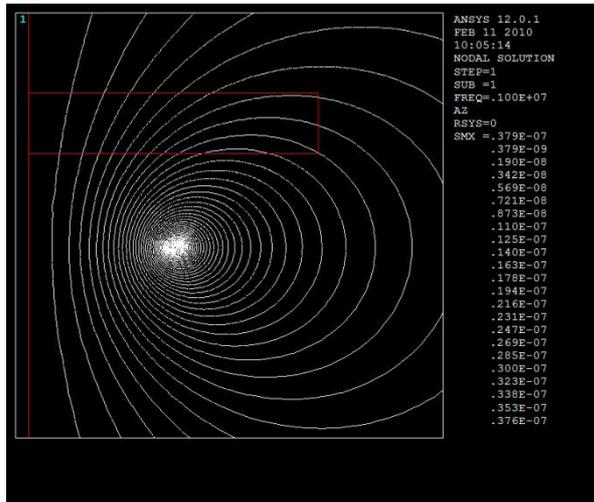
Objective

Self-diagnosing and self-regulating materials are able to “sense” themselves and their environment and adapt autonomously to changing conditions. External action may damage materials for instance. A smart material should detect the damage and remedy or adapt self-contained. Such “smart materials” offer numerous innovative applications. Many self-regulating or self-adaptive processes appear in nature (e.g. healing of skin) too. However, the intent is to develop and realize innovative approaches for intelligent polymer-based multi-component materials (“Smart Composites”) in close interdisciplinary collaboration (a.o. biologist). For this, adequate functional elements capable of being integrated in materials have to be conceived and realized. A self-sustaining sensor-actuator system and a data processing close to the sensors have to be developed.

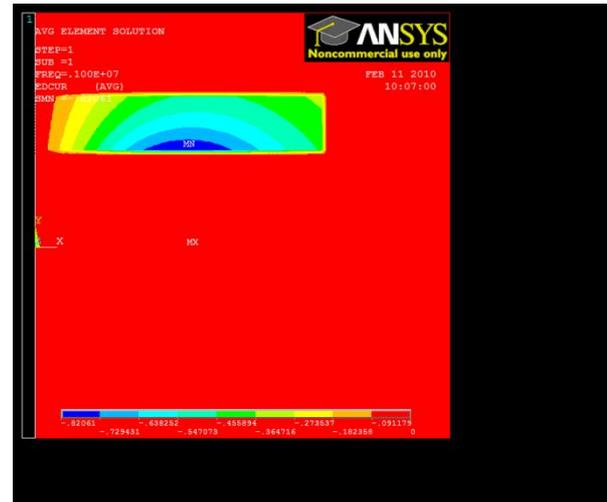
Results

It was determined, what kind of measurement procedure is convenient for acquisition of environmental quantities and materials internal parameter. The sensor system should be able to be integrated into the material as well as to be applied externally.

Amongst others, inductive methods have taken in consideration for both scenarios, since they have advantages due to contactless measurements. Simulations and preliminary investigations indicate that inductive techniques are convenient for both scenarios.



Magnetische Feldlinien einer exemplarischen induktiven Anordnung.
Magnetic streamlines of an exemplary inductive assembly.



Primäre magnetische Flussdichte induziert einen Wirbelstrom im Messobjekt.
Primary magnetic flux density induces an eddy-current in device under test.

Kombinierte Simulation dynamischer Systeme

Combined Simulation of dynamic Systems

Projektleiter: Prof. G. Pfeifer
Förderer: Sennheiser electronic
Laufzeit: 01.01.1999 – 31.07.2009

Zielstellung

Eine Möglichkeit der effizienten Vorausberechnung komplexer dynamischer Systeme ist die Kombination von Netzwerkmethoden und Finite-Elemente-Methoden. Bei dieser sogenannten „Kombinierten Simulation“ erfolgt die Verbindung beider Methoden durch den Anwender auf den programmeigenen Bedienoberflächen. Im Rahmen dieses Projekts werden Vorgehensweisen für einen effizienten Entwurf elektroakustischer Geräte mittels Kombiniertes Simulation erprobt und methodisch aufgearbeitet.

Ergebnisse

Eine effiziente Vorausberechnung von Lautsprecheranordnungen scheitert oft durch den ungenügenden Näherungsgrad von Modellen oder zu langen Rechenzeiten. Mit der Kombinierten Simulation gelingt ein zweckmäßiger Kompromiss zwischen Genauigkeit und Rechenaufwand, der zudem für den typischen Entwicklungsingenieur durchführbar ist. Am Beispiel eines Dipol-Basslautsprechers konnte die Leistungsfähigkeit demonstriert werden. Für die Erstellung eines Netzwerkmodells wurden funktionsbestimmende Teilsysteme durch einfache FE-Analysen bestimmt. Die Genauigkeit des elektroakustischen Netzwerkmodells konnte durch Vergleich mit Messergebnissen bestätigt werden.

2009 wurden die Arbeiten zu diesem Forschungsprojekt erfolgreich abgeschlossen und die Ergebnisse dem Projektpartner übergeben. Des Weiteren wurden einzelne Ergebnisse als Bestandteil einer Dissertation [1] veröffentlicht.

Objective

One possibility for the efficient simulation of complex dynamic systems is the combination of Equivalent-Circuit-Methods and Finite-Element-Methods. With this so-called "combined simulation" the combination of both methods takes place at user level using the programs' standard user interfaces. Within this project methods for an efficient design of electro-acoustic devices by means of combined simulation are developed.

Results

An efficient simulation of loudspeaker configurations often fails because of an insufficient degree of accuracy of the models or too long computing times. The combined simulation offers a useful compromise between accuracy and computing time that can be applied by the typical development engineer. The example of a dipole bass loudspeaker showed the performance. For the creation of a network model relevant subsystems were determined by simple FE analysis. The accuracy of the electro-acoustic network model was validated by comparison with measurement results.

In 2009 the work to this research project was successfully finished and the results were handed over to the project partner. Furthermore several results were published as a part of a thesis [1].

[1] Starke, E.: „Kombinierte Simulation - eine weitere Methode zur Optimierung elektromechanischer Systeme“, Dissertation TU Dresden, 2009.

Hydrogelbasierte Mikrofluidik-Prozessoren

Hydrogel based micro fluidic processors

Projektleiter: Dr. Andreas Richter / Prof. Dr. J. Lienig / Prof. Dr. K.-F. Arndt
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Stephan Klatt (seit 27.03.2007)
Dipl.-Ing. Georgi Paschew (bis 31.03.2008)
Finanzierung: DFG
Laufzeit: 27.03.2007 - 31.03.2010

Zielstellung / Ergebnisse

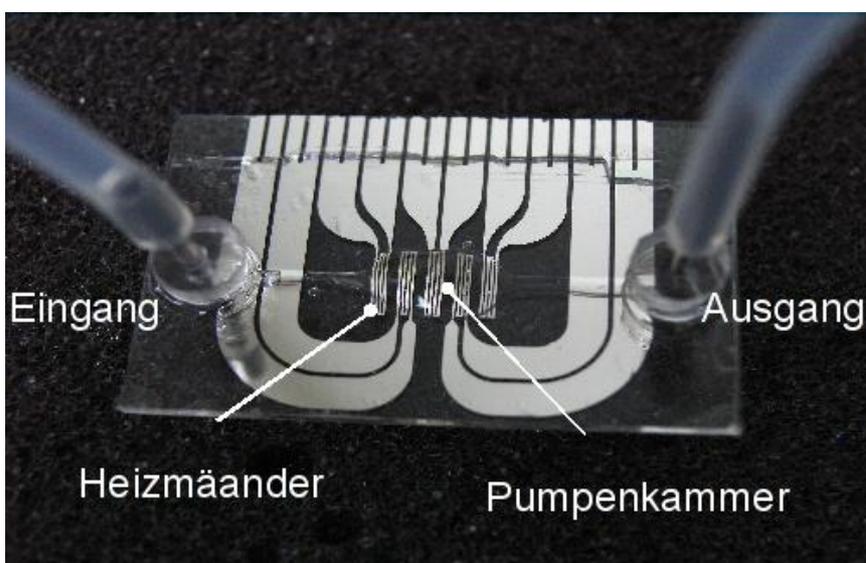
Vorhabensziel ist die Entwicklung der konstruktiv-technologischen Grundlagen so genannter Lab-on-a-Chip-Systeme, die bei minimalem Fertigungs- und Materialaufwand einen bislang unerreichten Leistungsumfang besitzen. Möglich wird dies durch die Nutzung von Hydrogelen, mit denen alle funktionswichtigen aktiven Elemente realisierbar sind. Mit einem einfachen lithografischen Strukturierungsprozess auf vorgefertigten Kunststoff-Chips lassen sich die Hydrogelelemente direkt an ihrem Wirkungsort herstellen.

Es konnten sowohl elektrisch ansteuerbare Pumpen als auch Ventile realisiert werden, wobei erstere in zwei Ausführungen entwickelt wurden. Sie arbeiten zum einen nach dem Verdrängerprinzip, zum anderen als Diffusionspumpen und sind für verschiedene Einsatzgebiete und Anforderungen geeignet. Diese aktiven Einzelelemente sollen im nächsten Schritt in komplexere mikrofluidische Systeme integriert und so eine hohe Funktionalität erreicht werden.

Objective / Results

The aim of the research is to obtain the essential technological base for Lab on a Chip applications, which can be fabricated with a minimum of fabrication complexity and material effort. At the same time these systems offer an unprecedented range of possibilities. This is provided by hydrogels, which are the material base of all necessary active elements. They can be produced by simple lithographic patterning directly at the operating position in pre-manufactured plastic substrates.

We were able to manufacture electrically controlled pumps as well as valves, whereas the pumps could be realized in two different types. They follow either the displacement or the diffusion principle and serve different ranges of application and requirements. In the next step these active elements shall be integrated into more complex micro fluidic systems thus a high functionality is reached.



Diffusionsmikropumpe auf Basis stimuli-sensitiver Hydrogele.
Diffusion micro pump based on stimuli sensitive hydrogel.

Optoelektronische Ansteuerung für hochintegrierte MEMS auf Polymerbasis

Optoelectrothermic control of highly integrated MEMS based on polymers

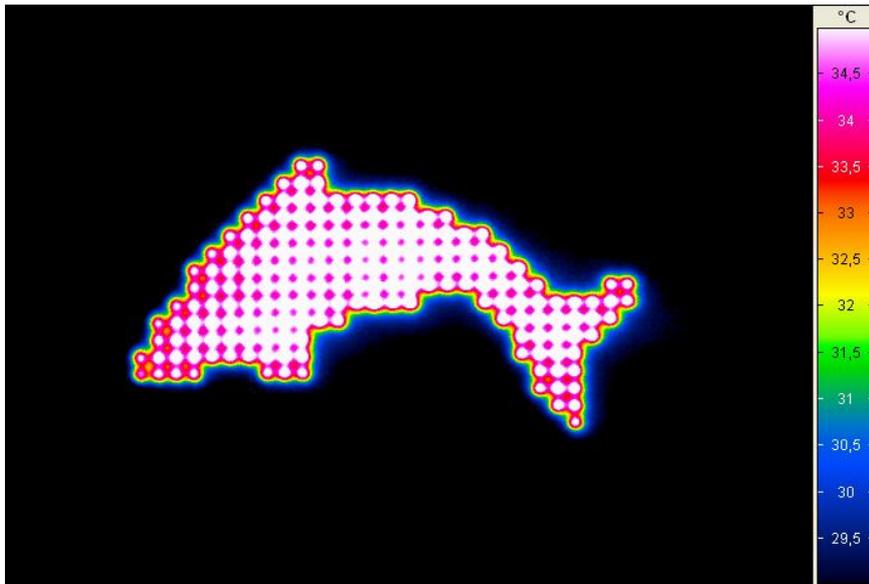
Projektleiter: Dr. Andreas Richter
Mitarbeiter: Dipl.-Ing. Georgi Paschew
Dipl.-Ing. Rinaldo Greiner (seit 01.11.2008)
Finanzierung: DFG
Laufzeit: 01.04.2008 - 31.03.2011

Beschreibung / Ergebnisse

Vorhabensziel ist die Entwicklung der konstruktiv-technologischen Grundlagen einer opto-elektro- bzw. elektrothermischen Ansteuerung für hochintegrierte mikrotechnische Schaltungen auf Hydrogelbasis. Die Arbeiten umfassen materialsynthetische und konstruktiv-technologische Aspekte sowie die physikalisch-empirische Modellierung des Ansteuerprinzips. Am Beispiel eines hochauflösenden taktilen Displays werden die technischen Einflussgrößen des Ansteuerprinzips untersucht und dessen Leistungsgrenzen abgeschätzt. Die taktilen Darstellungsmöglichkeiten eines hydrogelbasierten Displays sind an einem Funktionsmuster zu untersuchen.

Objective / Results

The research aim is to obtain the fundamentals for an optical and electrothermic control of highly integrated circuits based on hydrogel. The task includes as well material synthesis as physical empirical modelling of the control. Using the example of a high resolution tactile display the influencing variables are investigated to estimate the performance of the principle. The possibilities of tactile visualisation will be investigated on a demonstrator.



Temperaturprofil zur Ansteuerung der Hydrogelaktoren des hochauflösenden taktilen Displays.

Verbundprojekt Composit-basierte neue dielektrische Elastomer-Aktoren (CANDELA)

Teilvorhaben Synthese, Funktionalisierung und Herstellung dielektrischer Elastomer-Mikroaktoren

Joint project “Composite based novel dielectric elastomer actuators (CANDELA)”

Subproject “Synthesis, functionalisation and fabrication of dielectric elastomer micro-actuators”

Projektleiter: Dr. Andreas Richter
Bearbeiter: Dipl.-Chem. René Luther (seit 1.11.2009)
Finanzierung: BMBF
Laufzeit: 01.08.2009 - 31.07.2011

Zielstellung/Ergebnisse:

Ziel ist die Erforschung einer völlig neuen Aktorplattform (u.a. für die Robotik und Mikroaktuatorik) auf Basis dielektrischer Elastomeraktoren (DEA). Die neuartigen Aktoren sollen die Limitierungen bisheriger DEA, (a) niedrige Lebensdauer, (b) für elektrische Steuerungen unverhältnismäßig hohe Betriebsspannungen sowie (c) die sehr schwierige Systemintegration (erhebliche Inkompatibilitäten der Elektroden- und Dielektrikumsmaterialien) umgehen. Für die Herstellung der monolithischen Vollpolymeraktoren mit definierten Aktorkennwerten werden verschiedene Wege evaluiert. Für eine verbesserte Materialverträglichkeit zwischen den einzelnen Aktorschichten werden sowohl das Dielektrikum als auch die Elektroden im Wesentlichen aus demselben Matrixelastomer bestehen, jedoch mit einem unterschiedlichen Anteil an leitfähigen bzw. dielektrischen Füllstoffen.

Objective/Results:

The aim of this project is the development of an entirely new actuator platform (e.g. for robotics or micro-actuators) based on dielectric elastomer actuators (DEA). The conceptual new actuators should avoid the limiting factors of actual DEA, (a) low durability (b) disproportional high operating voltage for an electric actuation system (c) the challenging process of system integration (e.g. due to significant incompatibility of electrode and dielectric material). For the design of monolithic polymer actuators offering defined actuation parameters several strategies will be investigated. To improve the compatibility between the layers of the actuator both electrode and dielectric will consist of the same elastomer matrix, but with varying amount of conducting or dielectric composite filler.

4.3 Forschungsprojekte an der Professur Optoelektronische Bauelemente und Systeme

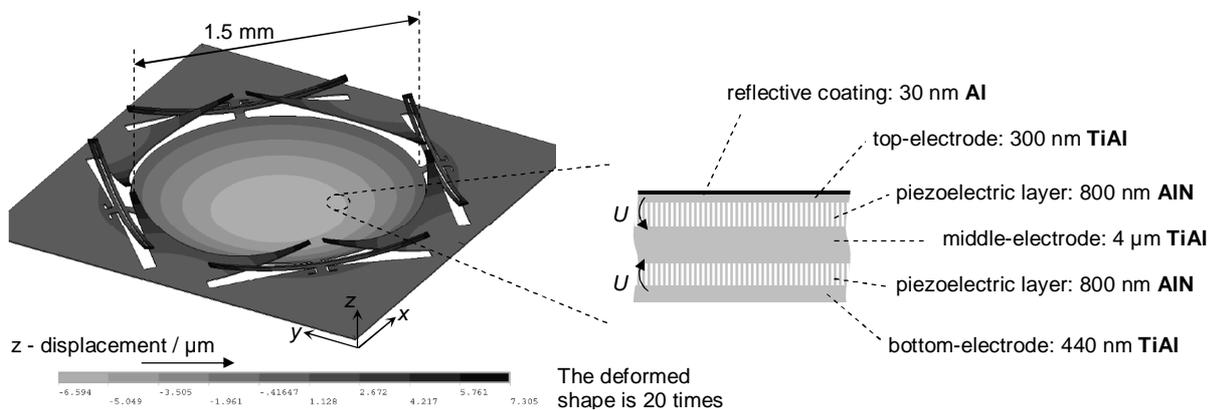
Piezelektisch auslenkbarer Mikrospiegel für die aktive Fokusvariation Piezoelectric deformable micro mirror for active focus variation

Projektleiter: Prof. Dr. H. Lakner / Dr. T. Sandner (Fraunhofer IPMS)
 Bearbeiter: M.Sc. H. Conrad
 Förderer: Fraunhofer IPMS / DFG im Graduiertenkolleg „Nano- und Bio-
 techniken für das Packaging elektronischer Systeme“
 Laufzeit: 01.02.2007 - 31.01.2010

Zielstellung

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Mikrobauteils für die aktive Fokusvariation von Licht. Unter Nutzung des transversalen piezelektrischen Effektes soll eine dünne Spiegelplatte näherungsweise sphärisch verkrümmt und somit einfallendes Licht defokussiert werden. Als piezelektrisch aktive Schicht ist reaktiv gesputtertes Aluminiumnitrid (AlN) vorgesehen.

Dieser Mikrospiegel kann beispielsweise in Strichcodescannern, für die optische Kohärenztomographie (OCT) und insbesondere auch für Zoom- und Fokusanwendungen im IR- und UV- Bereich eingesetzt werden.



FEM-Simulation der Oberflächenverformung des Mikrospiegels bei $U = 30\text{ V}$
 FEM simulation of the micro mirror surface deformation at $U = 30\text{ V}$

Schematischer Querschnitt des piezelektisch deformierbaren Schichtstapels
 Schematic cross section of the piezoelectric deformable stack

Ergebnisse

Schwerpunkte waren die Materialentwicklung der reaktiv gesputterten AlN - Dünnschichten, Ätzversuche von AlN Einzelschichten mithilfe reaktiven Ionenätzens (RIE) und der Aufbau von Multischichtsystemen. Die AlN-Materialeigenschaften wurden mittels Ellipsometrie und Röntgendiffraktometrie mit REM und AFM untersucht. Als ein besonders geeignetes Messverfahren für die Bewertung der inneren Materialstruktur hat sich die Texturanalyse an strukturell statistischen Texturtypen mithilfe von Grauwertübergangsmatrizen herausgestellt. Hierbei wurden Oberflächen der AlN-Dünnschichten am REM gemessen und die Kornstruktur durch numerische Verfahren hinsichtlich ihrer Gestalt und Korngröße ausgewertet. Geeigneter Abscheidebedingungen der durch reaktive Sputterabscheidung aufgewachsenen AlN-Dünnschichten wurde mithilfe einer iterativen statistischen Versuchsplanung bestimmt. Dazu sind umfassende Modelle der morphologischen Materialeigenschaften, der inneren Materialspannung, der Homogenität der Dünnschichten und der Stabilität der Abscheidebedingungen erstellt worden. Die piezelektrischen Materialeigenschaften wurden an ausgewählten Arbeitspunkten der AlN-Abscheidung mit laserakustischen Messverfahren (LAwave) und mithilfe von quasistatisch auslenkbaren Wafercantilevern nachgewiesen.

Objective

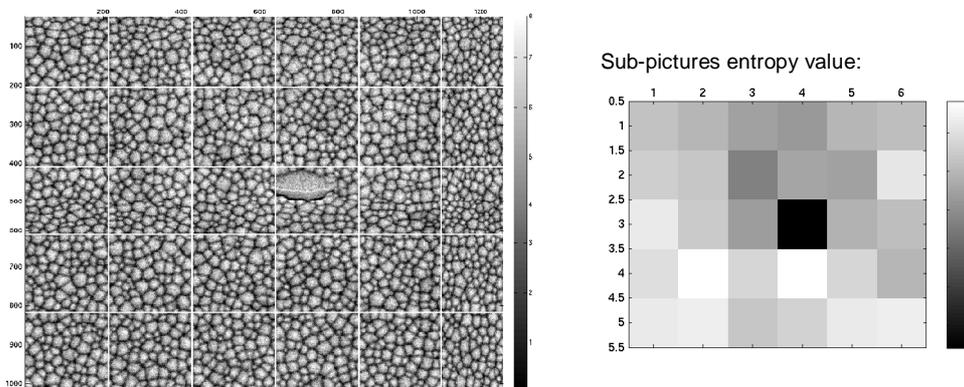
The aim of this project is the development of a micro device for the active focus variation of light. A thin mirror plate is supposed to curve, utilising the transversal piezoelectric effect. The incoming light is focused by the nearly spherical shaped and active deformable surface. Aluminium nitride (AlN) is intended as piezoelectric layer.

Such micro-mirror can be used for barcode scanner, optical coherence tomography (OCT) and for optical focus and zoom applications, particularly in the UV- and IR- range.

Results

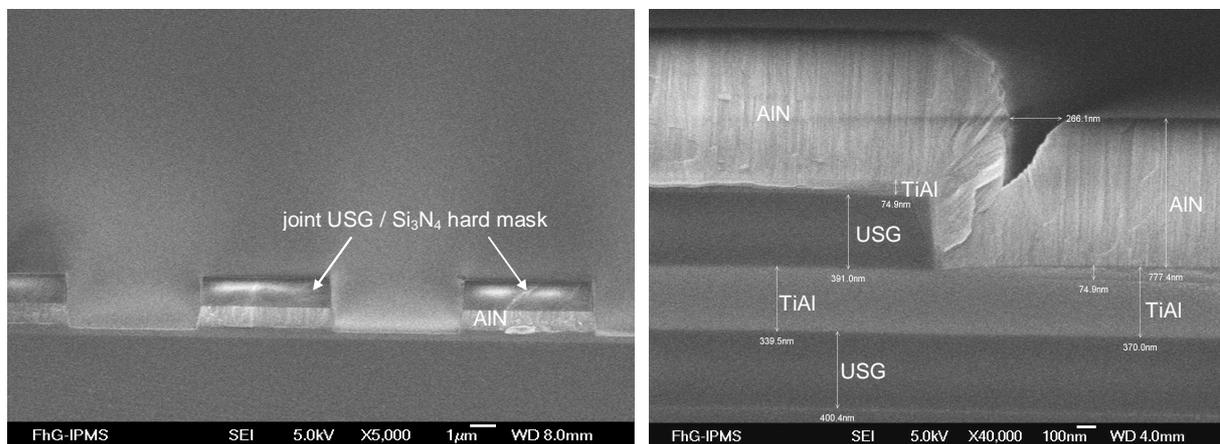
The main focus was the material development of the reactive sputtered aluminum nitride (AlN) thin films, the reactive ion etch (RIE) of single AlN layers and the setup of multilayer systems. The AlN material properties are studied by ellipsometric, x-ray diffraction, SEM and AFM measurements. A numerical investigation via the use of gray level co-occurrence matrices was developed to classify the SEM images of the AlN surfaces by their shape and grain size. It was discovered that the shape of AlN surfaces is a high sensitive evaluation criterion for the texture alignment inside the thin films and thus for the piezoelectric material properties.

The determination of suitable AlN deposition conditions are performed with the use of iterative designs of experiments. Extensive models are established to describe the morphological material properties, the thin film stress and the non-uniformity as well as the stability of the AlN deposition process depending on the machine set-points. At selected set-points the piezoelectric properties of AlN are verified via laser acoustic (LAwave) measurement and quasi-static deformable cantilevers.



Segmentierte REM - Aufnahme der Oberfläche (links) einer 800 nm dicken AlN-Schicht, in welcher ein einzelnes Korn nicht orthogonal zur Substratebene gewachsen ist und die mithilfe von Grauwertübergangsmatrizen berechneten Entropiewerte (rechts) der Einzelbilder

Segmented SEM image of the surface (left hand) of an 800 nm thick AlN-Layer with a single, not orthogonal to the substrate plane aligned grain and the corresponding with co-occurrence matrices calculated sub-pictures entropy value (right hand)



REM Aufnahme eines RIE Profils (links) und Kantenwachstum (rechts) einer 800 nm dicken AlN - Schicht

SEM image of the RIE profile (left hand) and film grow over USG / TiAl edges (right hand) of an 800 nm thin AlN layer

Quasistatischer Mikros scanner mit vertikalen Kammantrieben als System-in-Package

Quasi static Microscanner with vertical Comb Drives as System-in-Package

Projektleiter: Prof. Dr. H. Lakner / Dr. T. Sandner (Fraunhofer IPMS)
Bearbeiter: Dipl.-Ing. D. Jung
Förderer: Fraunhofer IPMS im DFG-Graduiertenkolleg "Nano- und Biotechniken für das Packaging Elektronischer Systeme"
Laufzeit: 01.11.2006 - 31.10.2009

Zielstellung

Mikrospiegel sind als mechanische optische elektrische Mikrosysteme (MOEMS) mit vielfältigen Anwendungen (z.B. Barcodelesen, Endoskopie, Mikroskopie, Laserprojektion) bekannt. Bisher wurden am Fraunhofer Institut für Photonische Mikrosysteme (IPMS) Mikrospiegel mit elektrostatischem out-of-plane Kammantrieb als Translations- und Kippspiegel gefertigt. Diese Art von elektrostatisch betriebenen Mikrospiegel kann nahe der mechanischen Resonanzfrequenz der Zielmode (Kipp-, Senkmode) zu einer resonanten harmonischen Schwingung angeregt werden.

Werden die stationären planaren out-of-plane Kämmen durch vertikale, gekippte (engl.: angular vertical comb, AVC) oder geschichtete (engl.: staggered vertical comb, SVC) Elektrodenkämmen ersetzt, so kann die Auslenkung quasistatisch erfolgen. Der quasistatische Betriebsmodus kann z.B. in Laserdisplays genutzt werden, um eine höhere Bildauflösung zu erzielen und die Anforderungen an die Modulationsfrequenz der Laserlichtquelle zu reduzieren. Das Projektziel ist die Entwicklung eines 1D-Mikrokippspiegels mit vertikalen Kammantrieben als System-in-Package. Verfügbare MEMS-Technologie soll zum Aufbau genutzt und zur Realisierung von vertikalen Kammantrieben erweitert werden. Zu den Arbeitspaketen gehören das Bauteilkonzept, die Modellierung, Bauteil- und Reglerentwurf, Charakterisierung und die Prozessentwicklung.

Ergebnisse

Neben den konzeptionellen Arbeiten zum Systemaufbau, der Realisierung vertikaler Kämmen mittels mechanisch vorausgelenkter SBMs und deren Integration als System-in-Package wurde ein Bauteil- und Deckel-Wafer Fertigungsprozess erarbeitet. Im aktuellen Bauteilkonzept werden parallel die Spiegelmechanik auf einem BSOI-Chip-Wafer und Aperturen und Stempel auf einem Si-Deckel-Wafer volumenmikromechanisch gefertigt. Durch Wafer-zu-Wafer Bonden werden die 2D-Mechaniken des Chips über Stempel des Deckels ausgelenkt und fixiert. Die an Festkörpermechanismen (engl.: solid body mechanism, SBM) befestigten Kammelektroden bilden hierbei vertikale Kammstrukturen aus. Erste Teststrukturen wurden prozessiert und charakterisiert. Es wurden verschiedene Makromodellierungsmethoden und entsprechende Submodelle zur Abbildung des statischen und dynamischen elektromechanischen Systemverhaltens zu Entwurfs- und Optimierungszwecken entwickelt. Entsprechende Modelle wurden außerdem genutzt, um die Regelbarkeit des neuen Kippspiegelsystems zu untersuchen. Es wurden insgesamt drei Reglerkonzepte für die nichtlineare Spiegelstrecke entwickelt. Dabei wurden zwei heuristische Verfahren und ein Kompensationsregler entwickelt. Allen Verfahren gemeinsam ist, dass ein lineares Reglergesetz durch nichtlineare Transformation an die nichtlineare Spiegelstrecke angepasst wird. Für die nichtlineare Transformation wird die bauteilspezifische, elektromechanische Gleichgewichtskennlinie genutzt. Reglertests am Modell des Demonstrator-Designs haben gezeigt, dass das Einschwingverhalten des Bauteils durch die Regelung effektiv um drei Größenordnungen reduziert werden kann.

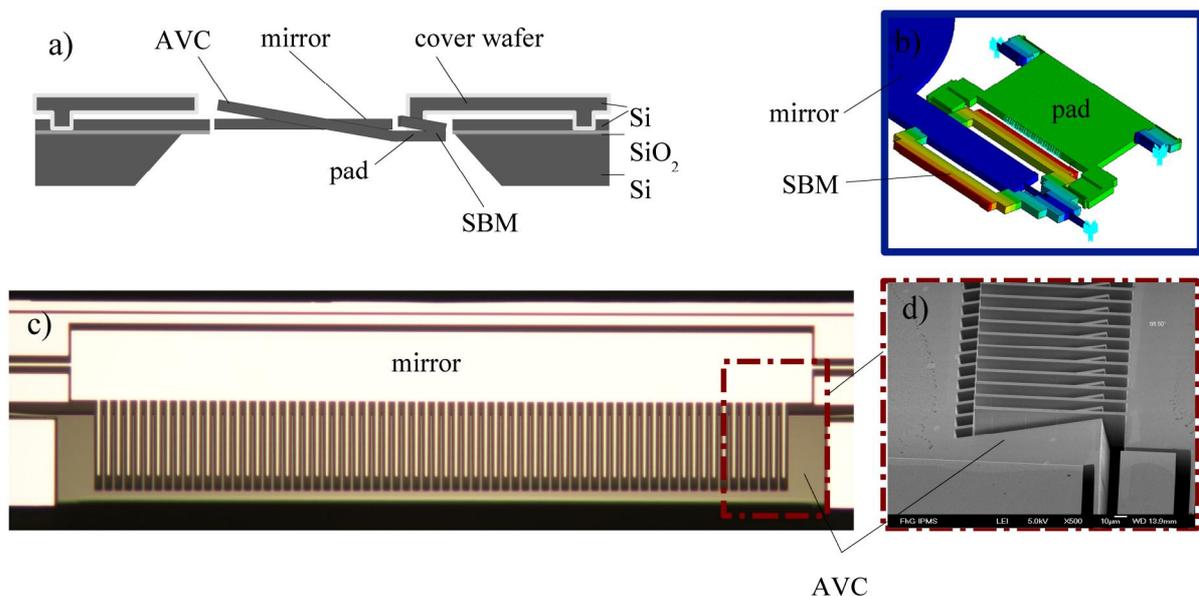
Objective

Micromirrors are known as mechanical optical electrical microsystems (MOEMS) with various applications (e.g. endoscopy, microscopy, laser projection displays). Up to now microscanners are fabricated at the Fraunhofer institute of photonic microsystems (IPMS)

with electrostatic planar out-of-plane comb drives as a translational or tilting mirror device. A mirror oscillation of a target mode can be stimulated near the mechanical resonance frequency of the device. In general a linearized or vector scan can be carried out if the fixed planar out-of-plane combs are replaced by vertical angular comb (AVC) or staggered vertical comb (SVC) electrodes. This quality is of general interest for laser projection displays, confocal microscopy and medical laser tools. The objective of this project is the development of micromirrors with vertical comb drives as a system-in-package. Therefore system modeling, device design and controller design, fabrication process development and device characterization have to be carried out.

Results

Conceptual studies concerning the construction of micromirrors with vertical comb drives, the realization of vertical combs by means of solid body mechanisms (SBM) and their integration as system-in-package were completed. A cover to device wafer assembly process was set up as an ad-on to a qualified bulk-micromachining MEMS Process. A new system-in-package MEMS design was established and successfully tested with a set of test samples. A first demonstrator design is in fabrication now. For the design and optimization process a physically founded macromodelling method was found. From resulting models the static and dynamic electromechanical device behavior of a demonstrator design was analyzed. The modeling approach was also used to investigate appropriate controller designs for the nonlinear plant of the demonstrator. Three different controller designs were proven to effectively reduce the systems settling time up to three orders of magnitude. The successful designs included two heuristic linear controllers and a compensations controller with exact linearization. All Controllers use nonlinear transformation with the systems characteristic nonlinear electromechanical equilibrium curve.



- a) Aufbaukonzept Mikrospiegel mit angewinkeltem vertikalen Kammantrieb (AVC) im Querschnitt
 - b) FEM-Modell eines ausgelenkten Festkörpermechanismus (SBM)
 - c) lichtmikroskopische Aufnahme einer AVC-Teststruktur nach Bondung von Chip- und Deckel-Wafer
 - d) REM-Aufnahme eines Elektrodenausschnitts
- a) concept of tilting micromirror with angular vertical comb drive (AVC) in a cross sectional view
 - b) plot of a FEA solid body mechanism (SBM) model in a deflected state
 - c) light microscopy image of an AVC test structur after bonding chip- and cover-wafer
 - d) REM image of an AVC detail

URL: http://web-redaktion.tu-dresden.de/forschung/dfg1401_1 [Stand: 18.1.2010]

Verkapselungstechnologie für nanophotonische Bauelemente auf Basis von organischen Leuchtdioden (OLED)

Encapsulation technology for nanophotonic devices based on organic light emitting diodes (OLED)

Projektleiter: Prof. Dr. H. Lakner
 Bearbeiter: DI C. Schmidt
 Förderer: DFG im Graduiertenkolleg „Nano- und Biotechniken für das Packaging Elektronischer Systeme“
 Laufzeit: 01.03.2007 - 28.02.2010
 Projektpartner: Fraunhofer IPMS

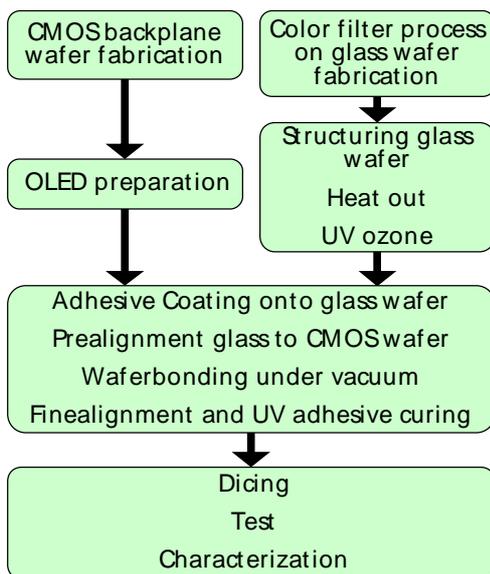
Zielstellung

Organische Leuchtdioden (OLED) sind sehr empfindlich gegen Sauerstoff und Wasser. Eine dadurch hervorgerufene Degradation kann man mit einer entsprechenden Verkapselung verhindern. Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung einer Verkapselungstechnologie für OLED auf CMOS auf Waferlevel um den Platzbedarf der Verkapselung, den Arbeitsaufwand (Zeitbedarf) und die Kosten zu verringern.

Ausgehend von einem zu erarbeitenden Technologiekonzept ist eine Anlageninvestition zu spezifizieren und durchzuführen. Anschließend ist die Verkapselungstechnologie an Bauelementen zu erforschen, wobei die Verkapselungsqualität, die Integration optischer Funktionen und die Verminderung der Sender-Empfängerkopplung zu untersuchen ist.

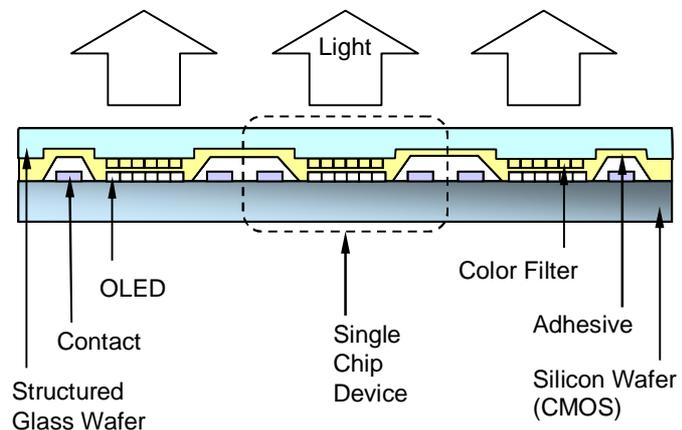
Ergebnisse

Der Verkapselungsprozess basiert auf dem adhäsiven Bonden eines OLED auf CMOS Wafers mit einem strukturierten Deckglaswafer (siehe Abbildung). Der zum Waferbonden als Zwischenschicht verwendete Epoxydharzklebstoff wird mit UV-Strahlung von 365 nm mit einer Dosis von 6 J/cm² ausgehärtet und muss infolge des Bauelementeaufbaus (siehe Abbildung) eine hohe Transparenz, eine Blasen- und Einschlussfreiheit, eine geringe Schichtdicke (< 5 µm) und eine geringe Permeationsrate für Sauerstoff und Wasser (water vapour transmission rate WVTR < 10⁻⁵ g/m²/day) aufweisen. Der Auftrag dieses Klebstoffes erfolgt verdünnt mit Lösungsmittel über Sprühen auf den Glaswafer.



Verkapselungsprozess OLED auf CMOS Wafer mit Farbfilter Deckglas Wafer

Encapsulation Process OLED on CMOS wafer with colour filter cover glass wafer



Schematischer Querschnitt eines verkapselten OLED auf CMOS Wafers

Schematic cross section of encapsulated OLED on CMOS wafer

Es wurden ein Waferbonder EVG520 und ein IQ Aligner der Fa. EV Group im Fraunhofer IPMS in Betrieb genommen. Damit konnten 200 mm OLED auf CMOS Wafer mit Farbfilter Deckglas Wafer zusammengefügt und mit einer Genauigkeit von $\pm 1 \mu\text{m}$ zueinander anhand von Justiermarken ausgerichtet werden (siehe Abbildung). Eine Wafersäge legt die Bond Pads zur elektrischen Kontaktierung des Chips mit einem 1 mm breiten Glassägeblatt frei. Nun kann die elektro-optische Vermessung der Bauelemente im Waferverbund erfolgen.

Objective

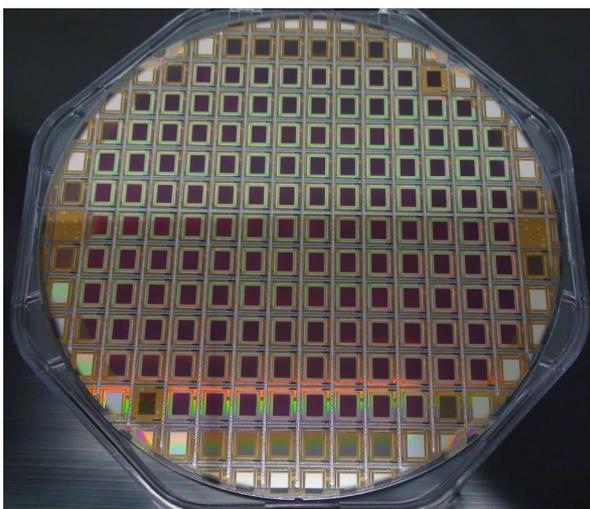
Organic light emitting diodes (OLED) are very sensitive to oxygen and water. An adequate encapsulation can prevent degradation due to these substances. This project aims the development of an encapsulation technology for OLED on CMOS on wafer level for functional integration, reducing space requirement for the encapsulation, time effort and costs.

Based on a technology concept to be developed the equipment has to be specified and its purchasing accomplished. Subsequently, the encapsulation technology has to be investigated on devices, whereas the encapsulation quality, the integration of optical functions and the reduction of transmitter receiver coupling is to be studied.

Results

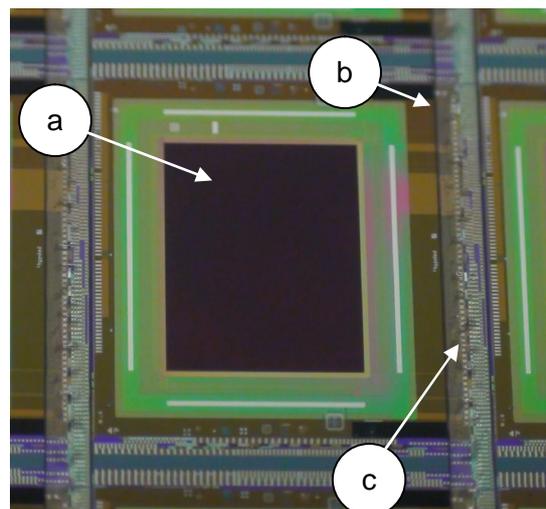
The adhesive bonding of an OLED on CMOS wafer with a structured cover glass wafer builds the fundament for the encapsulation process (see figure). The epoxy resin used for intermediate layer is cured by UV irradiation of 365 nm with a dose of 6 J/cm^2 and it has to be highly transparent, free from bubbles and inclusions, applicable with a low layer thickness ($< 5 \mu\text{m}$) and showing a low permeation rate for oxygen and moisture (water vapour transmission rate WVTR $< 10^{-5} \text{ g/m}^2/\text{day}$) due to the device structure (see figure). This adhesive is diluted with solvent and coated by spraying onto the glass wafer.

A wafer bonder EVG520 and an IQ Aligner from EV Group went in operation at Fraunhofer IPMS. Therewith 200 mm OLED on CMOS wafers were bonded to colour filter cover glass wafers providing an alignment accuracy by means of alignment marks of $\pm 1 \mu\text{m}$ (see fig.). A dicing saw with 1 mm wide glass blade opens the bond pads for electrical contacting the microdisplays. Now, electro-optical testing the devices on wafer level can follow.



Verkapselter 200 mm OLED Mikrodisplay Wafer mit Farbfilter Glas Wafer

Encapsulated 200 mm OLED microdisplay wafer with colour filter glass wafer



Ausschnitt vom Wafer: einzelner Mikrodisplay-Chip mit Farbfilter auf OLED (a), Kavitäten (b) und Kontaktpads (c)

Detail from wafer: single microdisplay chip with colour filter on OLED (a), cavities (b) and bond pads (c)

5. Publikationen / Publications

5.1 Monografien und Buchbeiträge / Monographs and Books

Richter, A.: Hydrogels for actuators. in Gerlach, G. , Arndt, K.-F. (eds.): Hydrogel Sensors and Actuators. Chapter 7. Springer Berlin 2009. ISBN 978-3-540-75644-6

Arndt, K.-F., **Richter, A.**, Mönch, I.: Synthesis of Stimuli-sensitive Hydrogels in μm -range by Radiation Techniques and their Application. in Barbucci, R. (ed.): Hydrogels: Biological Properties and Application. Springer 2009. ISBN 978-88-470-1103-8.

Dang, X.-D., Plieth, W., **Richter, S.**, **Plötner, M.**, **Fischer, W.-J.:** Aluminum Oxide Film as Gate Dielectric for Organic FETs: Anodisation and Characterisation. in Physical and Chemical Aspects of Organic Electronics (ed. C. Wöll), Wiley 2009, 499-511.

5.2 Zeitschriftenartikel und gedruckte Tagungsbeiträge / Journals, Proceedings Prints

Bartha, J.W., Wetzig, K., **Strehle, S.:** Electrical properties of electroplated Cu(Ag) thin films. Thin Solid Films **517** (2009), 3320-3325

Beshchasna, N., Uhlemann, J., **Adolphi, B.**, Granovsky, S., Wolter, K.-J.: Biostability issues of flash gold surfaces. Proc. 59th Electronic Comp. & Technol. Conf., San Diego, 2009, 1071-1079.

Conrad, H., Schmidt, J.-U., Pufe, W. ; Zimmer, F., Sandner, T., Schenk, H., **Lakner, H.:** Aluminium Nitride - a Promising and Full CMOS Compatible Piezo-electric Material for MOEMS Applications. Proc. SPIE **7362** (2009), 736201-7362010.

Conrad, H., Sandner, T., Schenk, H., **Lakner, H.:** Eine Reinkarnation in der Strukturmechanik. CAD-CAM Report 2009, Nr. 4, S. 16-19.

Fischer, W.-J., **Pfeifer, G.:** Integrierte Sensornetzwerke in Faserverbundwerkstoffen. Tag.-bd. 13. Dresdner Leichtbausymposium, Dresden, 2009,

Gorbatenko, L.S., Novodvorsky, O.A., Panchenko, V.Ya., Khramova, O.D., Cherebilo, Ye.A., Lotin, A.A., **Wenzel, C.**, **Trumpaicka, N.**, **Bartha, J.W.:** Characterization of ZnO:Ga and ZnO:N films prepared by PLD. Laser Physics **19** (2009), 1152-1158.

Grahmann, J., **Conrad, H.**, Sandner, T., Klose, T., Schenk, H.: Integrated position sensing for 2D micro scanning mirrors using the SOI-Device layer as the piezoresistive mechanical-elastic transformer. Proc. SPIE **7208** (2009), 720808-1-720808-10.

Grüger, H., Egloff, T., Puegner, T., Scholles, M., Schenk, H., **Lakner, H.:** Diffractive MEMS components, systems, and applications. Proc. SPIE **7319** (2009), 73190G-1 -73190G-9.

Hossbach, C., Teichert, S., Thomas, J., Wilde, L., **Wojcik, H.**, **Schmidt, D.**, **Adolphi, B.**, **Bertram, M.**, Muhle, U., **Albert, A.**, Menzel, S., Hintze, B., **Bartha, J.W.:** Properties of Plasma-Enhanced Atomic Layer Deposition-Grown Tantalum Carbonitride Thin Films. J. Electrochem. Soc. **156** (2009), H852-859.

Jung, D., Kallweit, D., Sandner, T., **Conrad, H.**, Schenk, H., **Lakner, H.:** Fabrication of 3D comb-drive microscanners by mechanically induced permanent displacement. Proc. SPIE **7208** (2009), 72080A-1- 72080A-11.

Kalanda, M.A., Lobanovsky, L.S., Gurskii, L.I., Telesh, E.V., Kotov, D.A., Saad, A., **Adolphi, B.**, **Plötner, M.:** Structure and magnetic properties of $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_{6+\delta}$ nanosized films Proc. Nanomeeting, Minsk, 2009, 248-251.

Keil, K., Choi, K.-H., Hohle, C., Kretz, J., Szikszai, L., **Bartha, J.W.:** Detailed characterization of hydrogen silsesquixane for e-beam applications in a dynamic random access memory pilot line environment. J. Vac. Sci. Technol. **B 27** (2009), 1071-1023.

Keil, K., Hauptmann, M., Choi, K.-H., Kretz, J., Eng, L.M., **Bartha, J.W.:** Fast backscattering parameter determination in e-beam lithography with a modified doughnut test. Microel. Engin., in press

- Kirchner, R.**, Kaiser, M.-K., **Adolphi, B.**, **Landgraf, R.** ; **Fischer, W.-J.**: Imprinting of chemical functionalized acrylates for bioanalytics. Proc. 6th nanomed, Berlin 2009, 127
- Kirchner, R.**, Kaiser, M.-K., **Adolphi, B.**, **Fischer, W.-J.**: Characterization of chemically functional UV-NIL polymers for sensorics and bioanalytics. Proc. 6. Dt. BioSensor Symp., Freiburg 2009, 134-135
- Kirchner, R.**, **Teng, L.**, **Fischer, W.-J.**: Multi-usable, adhesively bonded UV-NIL templates. Proc. Int. Conf. Nanoprint & Nanoprint Technol., San Jose 2009, P52.1-2
- Landgraf, R.**, **Fischer, W.-J.**: Fabrication and Functionalization of Polymer Microring Resonators for Photonic Biosensing. Proc. 6. Dt. BioSensor Sym., Freiburg 2009,
- Landgraf, R.**, Kaiser, M.-K., Posseckardt, J., **Adolphi, B.**, **Fischer, W.-J.**: Functionalization of Polymer Sensor Surfaces by Oxygen Plasma Treatment. *Procedia Chem.* **1** (2009), 1015-18
- Liske, R., Wehner, S., Preusse, A., Kuecher, P., **Bartha, J.W.**: Influence of Additive Coadsorption on Copper Superfill Behaviour. *J. Electrochem. Soc.* **156** (2009), 955-960.
- Malyutina-Bronskaya, V.V., Zalesskii, V.B., Kravchenko, V.M., Khodin, A.A., Kotov, D.A., **Plötner, M.**: Electrical properties of nanostructured vanadium oxide films on silicon substrates. Proc. Nanomeeting, Minsk, 2009, pp. 228-231
- Marschner, U.**, Grätz, H., Jettkant, B., Ruwisch, D., Woldt, G., **Fischer, W.-J.**, Clasbrummel, B.: Integration of a Wireless Lock-In Measurement of Hip Prosthesis Vibrations for Loosening Detection. *Sens. & Act. A* **156** (2009), 145-154.
- Marschner, U.**, **Fischer, W.-J.**, Jettkant, B., Ruwisch, D., Grätz, H., Woldt, G., Clasbrummel, B.: Excitation and Wireless Lock-In Measurement of Hip Prosthesis Vibrations for Loosening Detection. Proc. SENSOR+TEST Conf., Nürnberg, 2009,
- Modler, K.-H., **Pfeifer, G.**, Hufenbach, G., Modler, N., **Starke, E.**: Integrierte drahtlose Sensornetze in Compliantstrukturen mit einstellbarer anisotroper Eigenschaftscharakteristik. Tag.-bd. VDI-Wissensforum Mechatronik 2009, Komplexität beherrschen, Methoden und Lösungen aus der Praxis für die Praxis, Wiesloch, 2009, 223-230.
- Nobis, C.**, **Klaus, C.**, **Hiemann, H.**, **Wenzel, C.**, **Bartha, J.W.**, Rudolf, F.: Preparation of coated Au and Cu wires for US and investigation on their impact on the US wedge bond process. Proc. Smart Systems Integration, Brüssel, 2009,
- Ostermay, I., Kammler, T., **Bartha, J.W.**, Kücher, P.: Enhancing epitaxial $\text{Si}_x\text{C}_{1-x}$ deposition by adding Ge. *Thin Solid Films* () 2009,
- Richter, A.**, **Paschew, G.**: Optoelectrothermic control of polymer-based highly integrated MEMS applied in an artificial skin. *Adv. Mater.* **21** (2009), 979-983.
- Richter, A.**, **Klatt, S.**, **Paschew, G.**, **Klenke, C.**: Micropumps operated by swelling and shrinking of temperature-sensitive hydrogels. *Lab Chip* **9** (2009), 613-618.
- Rieske, R., **Landgraf, R.**, Wolter, K.-J.: Novel Method for Crystal Defect Analysis of Laser Drilled TSVs. Proc. Electronic Comp. & Technol. Conf., San Diego, 2009, 1139-1146.
- Roscher, K.-U., **Fischer, W.-J.**, Heinig, A., **Pfeifer, G.**, **Starke, E.**: Start-Up Behavior of Event-Driven Sensor Networks for Impact Load Monitoring. *Sens. & Act. A* **156** (2009), 109-114.
- Rose, M., **Bartha, J.W.**: Method to determine the sticking coefficient of precursor molecules in atomic layer deposition. *Appl. Surf. Sci.* **255** (2009), S. 6620-6623.
- Schenk, H., Sandner, T., Drabe, C., Scholles, M., Frommhagen, K., Gerwig, C., **Lakner, H.**: Ultra compact laser based projectors and imagers. Human-Computer Interaction, Part III. *LNCS* **5612** (2009), 501-510.
- Schenk, H., Sandner, T., Drabe, C., Klose, T., **Conrad, H.**: Single crystal silicon micro mirrors. *physica status solidi* **C6** (2009), 728-735.
- Schumacher, H.**, **Künzelmann, U.**, **Bartha, J.W.**: Einsatz spezieller Koppelstrukturen für die FT-IR-spektroskopische Schichtcharakterisierung an Si-Wafern mittels abgeschwächter Totalreflexion. Proc. ANAKON, , 2009, 288-288.

- Schütz, A., Henning, S., Heeg, J., **Adolphi, B.**, Schwarz, C., Litschke, H., Wienecke, M.: Adhesive porous DLC-coatings by modified PECVD process. Proc. E-MRS Spring-Meet., Strasbourg, 2009,
- Strehle, S.**, Menzel, S., **Jahn, A.**, **Merkel, U.**, **Bartha, J.W.**, Wetzig, K.: Electromigration in electroplated Cu(Ag) alloy thin films investigated by means of single damascene Blech structures. Microel. Engin., in press (2009).
- Strobel, C.**, **Zimmermann, T.**, **Albert, M.**, **Bartha, J.W.**, Kuske, J.: Productivity potential of an inline deposition system for amorphous and microcrystalline silicon solar cells. Solar Energy Mater. & Solar Cells () 2009, 1598-1607.
- Strobel, C.**, Schmidt, C., **Zimmermann, T.**, **Albert, M.**, **Bartha, J.W.**, Kuske, J.: Amorphous and microcrystalline silicon p-i-in solar cells on flexible polymer substrates deposited by an inline VHF-PECVD deposition system. Proc. 24th Europ. Photovolt. Solar Energy Conf., Hamburg, 2009,
- Suchaneck, G., Volkonskiy, O., Hubicka, Z., Dejneka, A., Jastrabik, L., **Adolphi, B.**, **Bertram, M.**, Gerlach, G.: Titania seed layers for PZT thin film growth on coppercoated kapton films. Integr. Ferroel. **108** (2009), 57-66.
- Uhlemann, J., **Kirchner, R.**: Biokompatibilität in der Aufbau- und Verbindungstechnik der Elektronik. PLUS **11** (2000), 1601-1621
- Wenzel, C.**, **Adolphi, B.**, **Merkel, U.**, **Jahn, A.**, **Marschner, U.**, Ziske, J., Neubert, H., **Fischer, W.-J.**: Resonant bending sensor based on sputtered Gallenol. Sens. & Act. **A156** (2009), 129-133.
- Wenzel, C.**, **Bartha, J.W.**, Bublik, V.T., Shcherbachev, K.D., Novodvorsky, O.A., Gorbatenko, L.S., Panchenko, V.Ya., Khramova, O.D., Cherebilo, Ye.A.: Optical and Structural Characteristics of Ga-doped ZnO Films. Semiconductors **43** (2009), 419-424.

5.3 Vorträge und Poster (ohne Abdruck) / Oral Presentations and Posters

- Kirchner, R.**: Nanoimprinting: Basics and Applications in Microsystems Technology. Silicon Saxony e.V. - 3. Colloquium Halbleitertechnologie und Mikroelektronik, Dresden, 2009.
- Kirchner, R.**: Nanoimprinting for high aspect ratio optical microsystems. Industrie-Partner-Symp. TU Dresden at Semicon, Dresden, 2009.
- Kirchner, R.**, **Teng, L.**, **Fischer, W.-J.**: Bonded nanoimprint templates using perflourinated trichlorosilane monolayers as protection layers during template cleaning. Proc. Mikro System Technik, Berlin, 2009
- Klatt, S.**, Greiner, R., Allerdißen, M., Arndt, K.-F., **Richter, A.**: Hydrogel Based Fluidic Micro-processor. European Polymer Congress 2009, Graz, 2009
- Künzelmann, U.**: Herstellung und Anwendung von mikrostrukturierten Siliciumwafern als Reflexionselemente für die Untersuchung chemisch-physikalischer Oberflächenprozesse mittels ATR-FTIR-Spektroskopie.,, 2009.
- Künzelmann, U.**, **Schumacher, H.**, **Bartha, J.W.**: Investigation of Surface Processes by ATR-FTIR Spectroscopy at Microstructured Silicon Wafers. 23rd CMP User Meet.,, 2009.
- Lakner, H.**: 3D-Integration optischer Mikrosysteme: Trends und neue Anwendungen. 4. Silicon Saxony Day, Dresden, 2009
- Lakner, H.**: From regional clusters to European cooperation in microelectronics. SEMI Europe & JEMI France 20th Conf. Clusters: A chance for the European semiconductor ecosystem, Grenoble, 2009
- Lakner, H.**: Fraunhofer alliance micro and nano electronics – opportunities for European industry / academia collaborations. Intel Europ. Res. & Innovation Conf., Dublin, 2009
- Lakner, H.**: Cooperation: Fraunhofer group for micro electronics VµE and IMEC (Leuven). Conf. Belgium and Germany: Partners in Innovation & Education, Bruxelles, 2009
- Lakner, H.**: Mikro-, Opto-, Elektro- Mechanische Systeme (MOEMS) für innovative Anwendungen. Mechatronik-Tag, Dresden, 2009

- Landgraf, R., Kirchner, R., Fischer, W.-J.:** Photonic Biosensors based on Microring Resonators – High Integration and Low-Cost Sensing. Korean-German-Symp. Medical Diagnostics, Dresden, 2009
- Landgraf, R., Günther, A., Tham, N., Fischer, W.-J.:** Mikrofluidisches System für sensorische Anwendungen. Mikrosystemtechnik-Kongr., Berlin, 2009
- Paschew, G., Richter, A.:** High-resolution tactile display based on active polymers. Europ. Polymer Congr. 2009, Graz, 2009
- Richter, A.:** Hochintegrierte Plastikchips für MEMS. 3. Tagung Feinwerktechnische Konstruktion, Dresden, 2009
- Richter, A., Klatt, S., Greiner, R., Paschew, G.:** Integrated microsystems based on active polymers. Europ. Polymer Congr., Graz, 2009
- Richter, A.:** Plastik-Chips: Billigprodukte oder Zukunftstechnologie? Microsystems Center Bremen, Bremen, 2009
- Strobel, C.:** Dynamische VHF-PECVD für die großflächige Abscheidung von amorphen und mikrokristallinem Silizium auf Glas- und Foliensubstraten. Silicon Saxony Day, Dresden 2009.

5.3 Patente / Patents

- Conrad, H.:** Mikromechanisches Element und Sensor zur Überwachung eines mikromechanischen Elementes. DE 102008049647.2
- Conrad, H.:** Reduzierung der dynamischen Deformation von Translationsspiegeln mit Hilfe von trägen Massen. DE
- Kirchner, R., Fischer, W.-J.:** Methode zur Herstellung gestapelter Nanoimprinttemplates mittels Transferpads bzw. -schichten. 10.2009.053.195.5
- Kirchner, R., Plötner, M., Fischer, W.-J.:** Nichttransparente UV-Nanoimprinttemplate und Methode zur Strukturierung mit diesen. DE 10.2009.053.194.7

6. Mitarbeit in Gremien / Cooperation in Committees

AMA Fachverband für Sensorik e.V.

Prof. Fischer: institutionell

CATRENE Scientific Committee

(CATRENE: Cluster for Application and Technology Research in Europe on Nanoelectronics)

Prof. Lakner: Chairman

Deutsche Forschungsgemeinschaft

Prof. Bartha: Mitglied des Fachkollegiums Elektrotechnik

Dresdner Materialforschungsverband e.V.

Prof. Fischer: Mitglied des Vorstandes

Europäische Fördergemeinschaft Dünne Schichten

Dr. Wenzel: Mitglied

Fördergemeinschaft "Dünne Schichten" e.V.

Dr. Wenzel: institutionell

KOMINAS (Kommission Mikro-/ Nanotechnologie Sachsen) im Auftrag des Freistaats Sachsen

Prof. Lakner: Mitglied

Organic Electronics Saxony e.V.

Prof. Lakner: Mitglied des Vorstandes

Silicon Saxony e.V.

Prof. Bartha: Gründungsmitglied und Vertreter der TUD

Prof. Bartha: Leiter AK F&E

Verein zur Förderung europäischer und internationaler wissenschaftlicher Zusammenarbeit e. V., Brüssel/Bonn

Prof. em. Drescher: Mitglied des Beirats

Vereinigung der ehemaligen Stipendiatinnen und Stipendiaten der Kulturstiftung Dresden der Dresdner Bank

Dr. Marschner: Mitglied

Fakultätsrat der TUD

Prof. Bartha: Mitglied

Konzip der TUD

Prof. Bartha: Mitglied

Bibliothekskommission der TUD

Prof. Bartha: Mitglied

Journal of the Electrochemical Society

Prof. Bartha: Gutachter

Sensors and Actuators

Prof. Fischer: Gutachter

International Nanotechnology Conference on Communication and Cooperation

Prof. Lakner: Committee Member

Mikrosystemtechnik Kongress Berlin

Prof. Lakner: Member Program Committee

Carinthian Tech Research CTR AG in Villach/Austria

Prof. Lakner: Member of the supervisory board (Aufsichtsrat)

Fraunhofer Gesellschaft Center Nanoelectronic Technologies

Prof. Bartha: Mitglied Steering Committee

Fraunhofer Verbund Mikroelektronik

Prof. Lakner: Stellvertretender Sprecher

Prof. Fischer: Leiter Business Development Team "Medical Engineering"

Nano Materials Lab gGmbH

Prof. Bartha: Mitglied Wissensch. Beirat

SIB Innovations- und Beteiligungsgesellschaft mbH

Prof. Bartha: Beiratsmitglied

Impressum

Herausgeber: Technische Universität Dresden
Institut für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik

Redaktion: Dr. M. Plötner, Dr. Ch. Wenzel

Umschlaggestaltung: Universitätsmarketing

Gesamtherstellung: