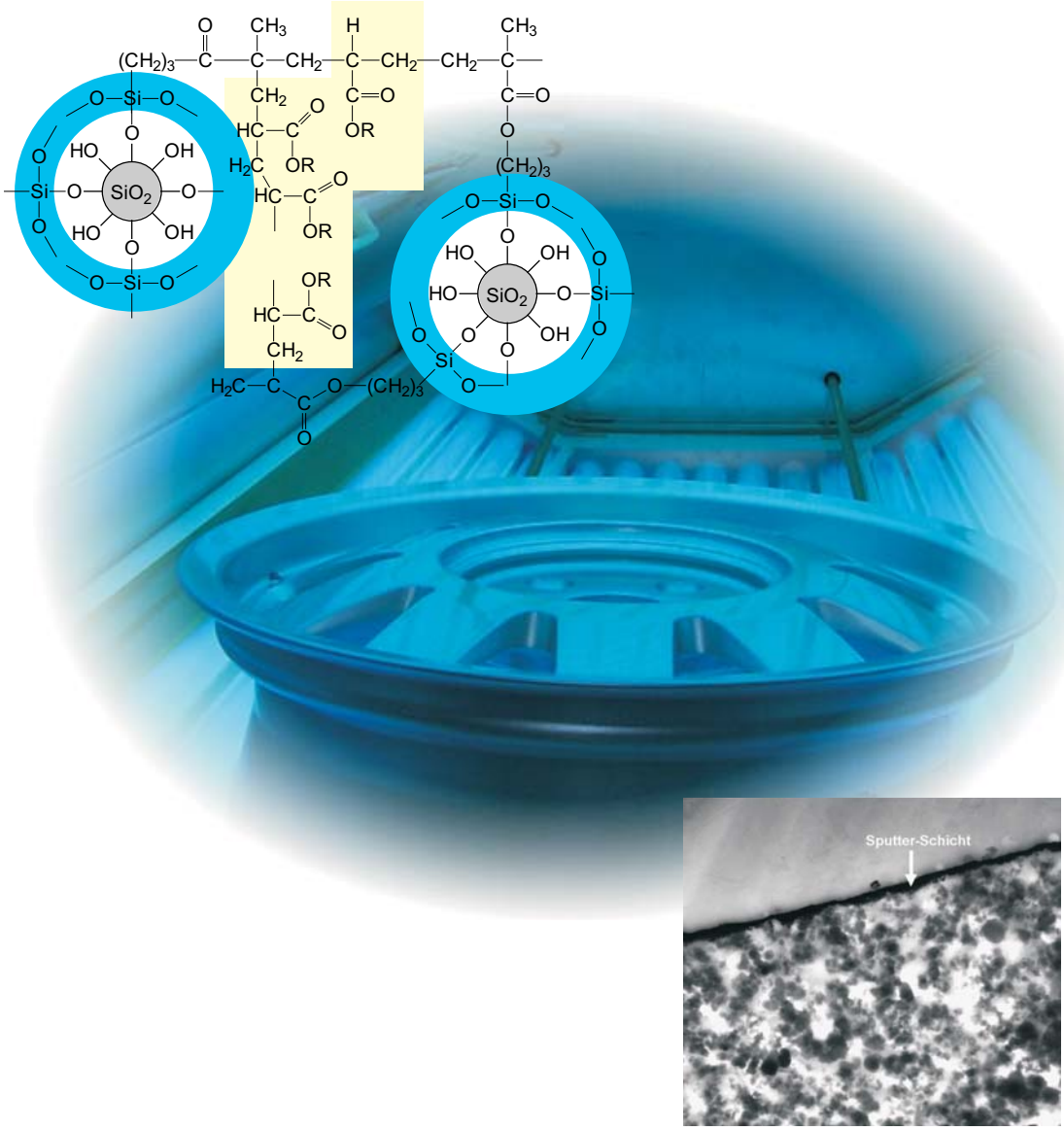
Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung e. V.



Tätigkeitsbericht 2002/2003

Tätigkeitsbericht
2002/2003

Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung e. V.
– Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft –

Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung e. V.
– Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft –

Post:	Permoserstraße 15, 04303 Leipzig
Versand:	Permoserstraße 15, 04318 Leipzig
Telefon:	0341 – 235 2308
Telefax:	0341 – 235 2313
E-Mail:	bernd.rauschenbach@iom-leipzig.de
	reiner.mehnert@iom-leipzig.de
http://	www.iom-leipzig.de
Vorstand:	Prof. Dr. Bernd Rauschenbach
	Prof. Dr. Reiner Mehnert

Titelseite: Acrylat-Nanokomposite sind eine Entwicklung aus dem IOM, die als Lackrohstoffe für lösemittelfreie strahlenhärtbare Beschichtungen eingesetzt werden.
Kompositbeschichtungen sind extrem abrieb- und kratzfest und werden bereits industriell für Oberflächen von Dekorpapieren, Aluminium-Folien, Kunststoff-Folien und Kunststoff-Formkörper eingesetzt.

Vorwort

Das Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung (IOM) ist ein Institut, das im Verbund der Leibniz-Gemeinschaft anwendungsorientierte Grundlagenforschung betreibt. Die Grundfinanzierung durch den Bund und die Länder sichert die Forschungstätigkeit und die Entwicklung neuer Technologien im gesamtgesellschaftlichen Interesse. Mit dem vorliegenden Tätigkeitsbericht legen die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen des IOM´s in kurzer Form Rechenschaft über ihre Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in den Jahre 2002 und 2003 ab.

In wissenschaftlicher Hinsicht waren die Jahre 2002 und 2003 wiederum außerordentlich erfolgreich. Insbesondere die zwei sehr gut verlaufenen internen Evaluierungen zu den Arbeitsgebieten Ionenquellen und Plasmapolymerisation bestätigten die hohe Qualität der wissenschaftlichen Arbeiten am IOM. Es gelang dem Institut trotz wachsender Konkurrenz seine Stellung als führende Institution auf den sechs Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkten weiter auszubauen. Dabei konnten wesentliche Beiträge zur Ultrapräzisionsbearbeitung, Schichtstrukturierung und -deposition, zur Herstellung von Polymerschichten, Drucken und Funktionsschichten sowie zur großflächigen Plasmapolymerisation geleistet werden. Hervorhebenswert ist, dass der Fortsetzungsantrag der Forschergruppe zur Teilchenstrahlen-stimulierten Ultrapräzisionsbearbeitung durch die DFG genehmigt wurde, auf Initiative des IOM`s und in enger Zusammenarbeit mit der Universität Leipzig eine neue Forschergruppe zur Architektur von nano- und mikrodimensionalen Strukturelementen ihre Arbeit aufnehmen und durch das IOM ein Workshop zur Anwendung des Femtosekundenlasers erfolgreich gestaltet werden konnte.

Sehr intensiv hat sich die Zusammenarbeit des IOM`s mit insbesondere der optischen, mikroelektronischen, chemischen und Druck-Industrie weiterentwickelt. Diese positive Entwicklung spiegelt sich in zahlreichen Projekten, gesteigerter Lizenzvergabe und gemeinsamen Patentanmeldungen wider. Hinsichtlich der Drittmitteleinwerbung nimmt das IOM zwischenzeitlich in Deutschland eine Ausnahmeposition ein. In den vergangenen zwei Jahren haben sich zwei große deutsche Firmen entschlossen, in unmittelbarer Nähe des IOM´s Tochterfirmen aufzubauen, die direkt von den F&E-Ergebnissen unseres Instituts partizipieren werden.

Begleitet wird diese erfolgreiche Entwicklung durch einerseits einen intensiven Ausbau der gerätetechnischen Infrastruktur und andererseits durch die Erweiterung der Büro- und Laborkapazität. Im Jahre 2003 wurde mit einem Labor- und Büroerweiterungsbau und einem Neubau eines Technologietransfer-Gebäudes begonnen. Beide Gebäude werden 2004 ihrer Bestimmung übergeben und sichern damit mittelfristig den Bedarf an Labor- und Bürokapazität im IOM. In organisatorischer Hinsicht war die Arbeit des Instituts durch die Einführung der Kosten- und Leistungsrechnung charakterisiert.

Die Herausforderungen in den kommenden Jahren werden für das IOM erheblich sein. Die wissenschaftspolitischen Rahmenbedingungen und die zunehmenden Restriktionen bei der Vergabe von Fördermitteln stellen eine ernsthafte Bedrohung der dem Institut von allen Seiten bestätigten erfolgreichen Entwicklung dar. Das Institut sollte aber aufgrund seiner wissenschaftlichen und technologischen Leistungsfähigkeit sowie seiner Reputation als verlässlicher Partner der Industrie in der Lage sein, diese Probleme zu lösen. Unser Institut hat allen Grund, optimistisch in die Zukunft zu blicken.

Prof. Dr. Bernd Rauschenbach
Prof. Dr. Reiner Mehnert

Leipzig, Januar 2004

INHALTSVERZEICHNIS

Iom im Überblick **0**

- Organisationsstruktur des Institutes 0
- Historie 1
- Gremien 1

Abstracts **2**

ESH- (UV-) Mechanismen **9**

- Photochemische Prozesse nach 222 nm Anregung von Acrylaten 9
- Zur strahleninduzierten Polymerisation zyklischer Vinylether 10
- Radikalkationen heterozyklischer, Sauerstoff-haltiger Ringe und ihre Transformation 11
- Photohydroxylierung von 1,4-Benzochinon in wässriger Lösung 12

ESH- (UV-) Funktionsschichten **13**

- Strahlengehärtete Nanokomposit-Schichten 13
- UV-vernetzende Polymere als Sauerstoff-Barrieren 14
- Prototypische Entwicklung einer umweltfreundlichen Kaschierung für strahlenhärtbare Verpackungsverbunde im Flexodruck 15
- PECVD-Schichten für Laser-strukturierte Mehrschichtsysteme 16
- Prozesskontrolle der UV-Härtung von Acrylaten mittels NIR-Reflexions-Spektroskopie 17
- Weiterentwicklung von Technik und Verfahren zur photochemischen Mikrofaltung mittels 172 nm Excimer-UV-Strahlern 18
- Leistungserhöhung von Excimer-Bestrahlungssystemen für 172- und 222-nm-Photonen 19
- Entwicklung von Messverfahren und Sensoren für die Messung von VUV-Strahlung 20

Projekt: Oberflächenmodifizierung von Zeolith-Katalysatoren **21**

- Oberflächenmodifizierung von Zeolith-Katalysatoren 21

Ladungstransportprozesse und Ionenstrahlquellen **23**

- Clusterung von Breitstrahlionenquellen 23
- Strahlprofilsteuerung von Breitstrahlionenquellen 24
- Validierung eines neuartigen mehrstufigen Ionenquellenprinzips 25

Präzisions-Oberflächenformgebung **26**

- Ionenstrahl-Polierfehlerkorrektur von Synchrotron-Beamline-Optiken einer neuen Generation 26
- Softwareentwicklung für die Ionenstrahlbearbeitung von Sphären und Asphären 27

µm- und nm-Strukturen **28**

- RIBE-Proportionaltransfer zur Herstellung von Mastern für die Abformtechnik diffraktiver Optiken und von Sub-Wellenlängenstrukturen 28
- LIBWE – Prozesscharakterisierung und flexible Herstellung mikro-optischer Strukturen 29
- Femtosekunden-Laserstrukturierung zur integrierten Verschaltung von Dünnschichtsolarzellen auf Folienbasis 30

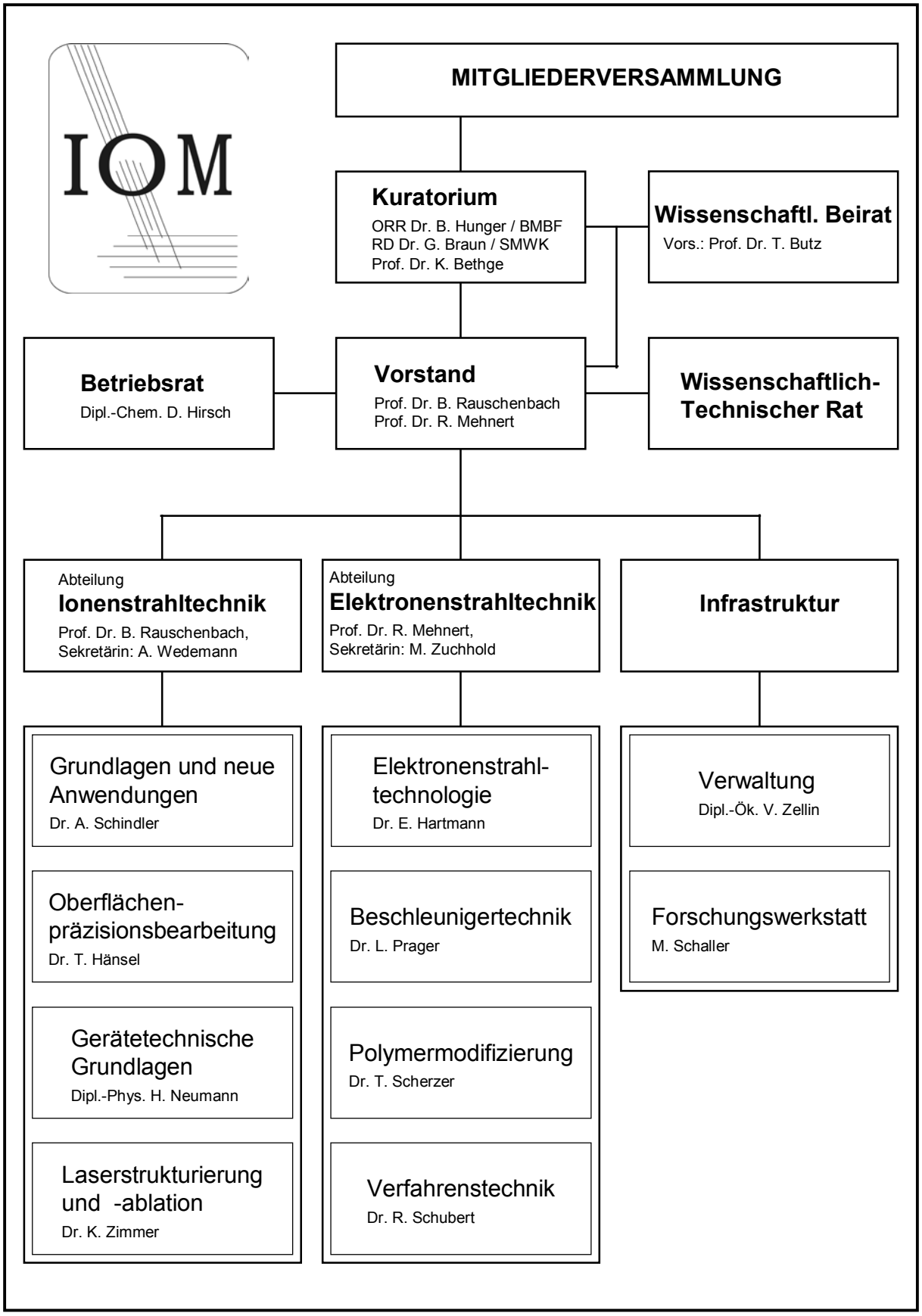
Oberflächenmodifizierung und anorganische Schichten **31**

- Biokompatibilitätsverbesserung von NiTi-Implantaten 31
- Härtung martensitischer Edelstähle mit Stickstoff-ionenimplantation 32
- Schädigung oberflächennaher Bereiche beim Ionenstrahlätzen von Galliumarsenid 33
- Der Einfluss niederenergetischer Ionenbestrahlung bei der Epitaxie dünner Galliumnitrid-Schichten 34
- Ionenstrahlsputtern von optisch polierten CaF_2-Oberflächen 35
- Echtzeit-Wachstumskontrolle von Mo/Si-Mehrfachschichten mit spektroskopischer in-situ-Ellipsometrie 36
- Realisierung und Kalibrierung von Schichtdicken-Normalen mit Dicken kleiner 100 nm 37

Veröffentlichungen und Wissenschaftsbeziehungen **39**

- Veröffentlichungen 39
- Kolloquien und Veranstaltungen am IOM 46
- Vorträge/Poster 47
- Patente 57
- Förderung/Qualifizierung 57
  - Ehrungen/Preise/Berufungen 57
  - Lehrveranstaltungen 57
  - Habilitationen 58
  - Dissertationen 58
  - Gegenwärtig beschäftigte Doktoranden 58
  - Diplomarbeiten 59
  - Praktika 59
  - Gastwissenschaftler 59
- Sonstiges 59
  - Beteiligungen und Mitgliedschaften des IOM 59
  - IOM-Beteiligung an Messen und Ausstellungen 59

Organisationsstruktur des Institutes



Historie

Das Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung e. V. (IOM) wurde am 1.1.1992 auf Empfehlung des Wissenschaftsrates mit dem Ziel gegründet, „...anwendungsorientierte Grundlagenforschung zur Wechselwirkung von Strahlung mit Materie zu betreiben, u. a., um die Mechanismen strahleninduzierter Reaktionen aufzuklären, das Verständnis der Ätz- und Abscheideprozesse zu verbessern und die gewonnenen Erkenntnisse in technologische Anwendungen umzusetzen“.
Das Institut ist Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft und zu gleichen Teilen von der Bundesrepublik Deutschland und den Ländern finanziert. Gegenwärtig sind am Institut etwa 140 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beschäftigt.

Gremien

Dem **Kuratorium** gehören folgende Mitglieder an:

ORR Dr. Dr. B. Hunger,	Bundesrepublik Deutschland, BMBF Berlin
RD Dr. G. Braun,	Freistaat Sachsen, SMWK Dresden
Prof. Dr. K. Bethge,	Universität Frankfurt/Main

Der Vorsitz wird im jährlichen Wechsel durch die Vertreter des Bundes und des Landes wahrgenommen.

Dem vom Kuratorium berufenen **Wissenschaftlichen Beirat** aus Experten der Industrie, des Hochschulbereiches und der außeruniversitären Forschung gehören folgende Mitglieder an:

Prof. Dr. T. Butz, Leipzig (Vorsitzender)	
	Prof. Dr. W. Gudat, Berlin
Dr. W. Arden, München	Dr. Ch. Hollenstein, Schweiz
Prof. Dr. G. Bräuer, Braunschweig	Dr. H. Lauth, Jena
Prof. Dr. O. Brede, Leipzig	Prof. Dr. F. Richter, Chemnitz
Dr. H. Grünwald, Darmstadt	Dr. W. Dengler, Unterensingen

Mitglieder des **Vereins**:

BMBF Bonn	vertreten durch ORR Dr. Dr. B. Hunger
SMWK Dresden	vertreten durch RD Dr. G. Braun
Bruker Saxonia Analytik GmbH Leipzig	vertreten durch Dr. D. Koch
Leybold Optics GmbH Hanau	vertreten durch Dr. H. Hagedorn
Nanotechnologie GmbH Leipzig	vertreten durch G. Seidenkranz
Prof. Dr. F. Bigl	Ehrenmitglied
Prof. Dr. K. Bethge	persönliches Mitglied
Dr. H. Grünwald	persönliches Mitglied
Prof. Dr. A. Heuberger	persönliches Mitglied
Prof. Dr. C. v. Sonntag	persönliches Mitglied
Prof. Dr. K. Unger	persönliches Mitglied

Der von wissenschaftlichen Mitarbeitern des Institutes gewählte **Wissenschaftlich-Technische Rat** unterstützt den Vorstand in wissenschaftlichen und technischen Fragen.

Der **Betriebsrat** vertritt die Belange der Mitarbeiter gegenüber dem Vorstand.

PHOTOCHEMICAL PROCESSES FOLLOWING 222 nm EXCITATION OF ACRYLATES

W. Knolle, S. Naumov, M. Madani (p. 9)

Excimer lamps as monochromatic UV sources with an intense short-wavelength emission open up new possibilities for a photoinitiator-free initiation of the acrylate polymerisation. The results of laser flash photolysis experiments (222 nm KrCl* laser) and of a product study made by GC/MSD after steady-state photolysis (KrCl* excimer lamp, up to 18 mW/cm^2) on model acrylates are used to establish a reaction sequence following excitation. Quantum chemical calculations corroborate the interpretation of the photolysis data.

RADIATION-INDUCED POLYMERISATION OF CYCLIC VINYL ETHERS

I. Janovský, S. Naumov, W. Knolle, R. Mehnert (p. 10)

Concentrated solutions of 2,3-dihydrofuran (DHF) and 2,3-dihydropyran (DHP) in $CFCl_2CF_2Cl$ matrix were irradiated at 77 K and several intermediates – radical cations, dimer radical cations, DHF or DHP radicals and trapped polymer radicals – were observed by low-temperature EPR spectroscopy. The irradiated solutions yielded after melting a polymeric product, which was characterised by IR spectroscopy and GPC. The polydisperse polymer is assumed to be formed by a cationic process initiated by a dimer carbocation. The polymerization proceeds via the ring double bonds, while ring-opening reaction occurs only in DHP and only to a small extent. The free-radical mechanism via the DHF or DHP radicals leads to low molecular weight oligomers only. Quantum chemical calculations support the interpretation.

RADICAL CATIONS OF RINGS CONTAINING OXYGEN ATOMS AND THEIR TRANSFORMATIONS

S. Naumov, I. Janovský, W. Knolle, R. Mehnert (p. 11)

Several model compounds were investigated by low-temperature EPR spectroscopy and quantum chemically. The tetrahydropyran radical cation exists as a c*hair*, which is the most stable conformer. The *twist* conformer was observed as an average structure, resulting from the fast interconversion through ring puckering. In the s-trioxane radical cation conformational interconversion involving ring was observed. The dynamical equilibration, leading to six magnetically equivalent protons characteristic of “planar” geometry of the s-trioxane radical cation, occurs at ~ 120 K. The radical cation 2,4-dihydrofuran (2,4-DHF$^{+\bullet}$) has been identified as a product of intramolecular rearrangement of unstable primary oxygen-centred 2,5-DHF$^{+\bullet}$. It is stable at 77 K but its further intramolecular rearrangements through 2→3 and 3→4 H-shifts can be induced by illumination with visible light. Both transformations proceed simultaneously, with more-or-less same yields of the two isomers of the DHF radical cation, namely 2,3-DHF$^{+\bullet}$ and 3,4-DHF$^{+\bullet}$.

PHOTOHYDROXYLATION OF 1,4-BENZOQUINONE IN AQUEOUS SOLUTION

J. von Sonntag, E. Mvula, K. Hildenbrand, C. von Sonntag (p. 12)

The Benzoquinone triplet is in rapid equilibrium with its exciplex. Although the monomeric triplet yields 1,2,4-trihydroxybenzene and the exciplex free radicals, the final products are the same: hydroquinone and 2-hydroxyquinone.

RADIATION CURED NANOCOMPOSITE LAYERS

H.-J. Gläsel, E. Hartmann, S. Rummel, F. Bauer, D. Hirsch, A. Weller, R. Mehnert (p. 13)

For preparing radiation curable acrylic nanodispersions of tolerable rheology, the filler particles inevitably must reveal proper compatibility with the organic monomer/oligomer substrate. While the metalorganic nanofillers meet this requirement from the outset, such a compatibility must be imparted to inorganic particles either by a heterogeneous hydrolytic condensation (HHC) reaction or by adsorptive particle organophilation (APO). Both routes are tantamount in achieving enhanced surface mechanical properties and activating synergetic effects with microfillers or in a common bimodal dispersion, with the latter synergetic effects concerning both rheological behaviour of the dispersion and wear resistance of the polymeric composite coating. – In the framework of the DFG research unit *“Architecture of nanodimensional structure elements”* initiative work is invested towards preparing ferroelectric/ferromagnetic nanotube ensembles within a stabilising radiation cured surroundings.

UV-CURED POLYMERS AS OXYGEN BARRIERS

C. Elsner, R. Schubert, I. Sander (p. 14)

This work is focussed on the characterisation and improvement of oxygen barrier properties of UV-curable monomer-/oligomer compositions. Furthermore, the influence of VUV-photons on the gas-permeability of polymeric coatings was examined.

DEVELOPMENT OF ENVIRONFRIENDLY LAMINATING TECHNOLOGY IN FLEXOPRINTING

P. Klenert, R. Schweinitz (p. 15)

Fast curing UV-adhesives with absent migrating toxic components were developed in collaboration with an adhesive producer. The results were scaled up to industrial laminating equipment of operating speed up to 200 m/min.

PECVD-LAYERS IN SANDWICH SYSTEMS USED FOR STRUCTURING BY UV-LASER

J. Meinhardt, W. Bondzio (p. 16)

Numerous preliminary PECVD tests were carried out in order to determine appropriate microwave power and related process parameters for depositing Teflon-like layers of a rather good adhesion on various substrates. This block of data enables the adjustment of chemical and physical parameters of multi-layer systems to such an extent that they are qualified to UV-Laser structuring for subsequent use in micro-system technique.

PROCESS CONTROL OF THE UV CURING OF ACRYLATES BY NIR REFLECTION SPECTROSCOPY

T. Scherzer, R. Mehnert, H. Lucht (p. 17)

NIR reflection spectroscopy was used to determine the degree of cure in thin acrylate coatings after UV irradiation in order to test it as a method for process control in technical UV and EB curing. A spectrometer system was developed which is adapted to the specific requirements of UV curing. Quantitative conversion data show good correlation with results from independent reference methods. It was demonstrated that NIR reflection spectroscopy can be successfully used for in-line monitoring of the acrylate conversion in running coating lines.

PROCESS AND TECHNICAL DEVELOPMENT OF PHOTOCHEMICAL MICROFOLDING WITH 172 nm EXCIMER-UV-LAMPS

R. Schubert, R. Mehnert, L. Prager, M. Hinkefuß (p. 18)

The 3D surface structuring of radiation curable paints and varnishes by monochromatic 172 nm UV-light reached industrial importance. The main application fields are finish foils, claddings and flooring materials in connection with abrasion and scratch resistent varnishes for outdoor application. Further applications are in preparation.
The optical and haptic properties of a varnish surface are dominated by the formulation of the paint or varnish. Different gloss and a soft-touch of the coating can be influenced by the microfolding picture. This can be varied by controlling the kinetics of curing and folding.
The irradiation width of an 172 nm excimer lamp is limited by manifacturing to 1450 mm. For > 2000 mm web width a lamp overlapping system has been installed on a customers production line for finish foil. For this application a direct connection of two excimer bulbs has been tested successfully. A further improvement is reached by injection of nitrogen on the top of the lamp.

EFFICIENCY ENHANCEMENT OF EXCIMER IRRADIATION SYSTEMS FOR 172 AND 222 nm PHOTONS

R. Blaue, M. Lenk, L. Prager (p. 19)

Comprehensive investigations on industrial scale excimer irradiation systems for 172 and 222 nm photons were carried out to increase their efficiency and total UV irradiation output. In these studies frequency and voltage of the power supply unit have proven to be of highest relevance. In the case of Xe_2*

excimer lamps special attention has to be directed towards the construction of the water and gas cooling system.

DEVELOPMENT OF METHODS AND DEVICES FOR THE MEASUREMENT OF VUV-IRRADIATION

R. Blaue, L. Prager, P. Stadt (p. 20)

Using gas actinometry, especially the production of ozone in oxygen by VUV photons, a method and a measuring set-up were developed for quantifying the VUV irradiation. Additionally, an optoelectronic device was created analyzing the VUV initiated fluorescence in a scintillation crystal by means of a GaP-photodiode. Both devices are applied to the measurement of 172 nm excimer irradiation, the former as a standard for calibration purposes and the latter as a commercial instrument for use in laboratory and industry.

SURFACE MODIFICATION OF ZEOLITE CATALYSTS FOR SELECTIVITY IMPROVEMENT

F. Bauer, E. Bilz, W.-H. Chen, A. Freyer, S.-B. Liu (p. 21)

Effects of surface modification by Si-CLD and pre-coking techniques on selectivity during xylene isomerization over Pt/HZSM-5 catalysts have been studied. Silanization was performed via water-induced decomposition of tetraethoxysilane (TEOS). After surface modification the samples yielded higher selectivity in xylene isomerization, i.e. a decrease of the undesired disproportionation products toluene and trimethylbenzene. Detailed features of both surface modification techniques have been obtained by combining the results of kinetic studies with that of zeolite characterization, *viz.* nitrogen and xenon adsorption studies and acid site investigations by ^{31}P MAS NMR of adsorbed phosphine oxide probe molecules.

BROAD BEAM ION SOURCE CLUSTER

F. Scholze, M. Tartz, H. Neumann (p. 23)

Because of the absence of interferences of the microwave plasma generation the clustering of 7 ECR-ion beam sources on the smallest area in order to generate a broader homogeneous ion beam as well as a high-dense beam profile could be demonstrated. In doing so the scale up problems of grid systems and discharge chambers in mechanical and thermal view don't play a role. Investigations on the cluster demonstrated clearly that non linear effects in the superposition of the ion beams don't appear. With this setup beam profiles with a homogeneous beam area of 360 mm and focussed ion densities of more than 20 mA/cm^2 could be achieved. The technological possibilities of such arrangement are described.

BROAD BEAM PROFILE CONTROL

M. Tartz, F. Scholze, E. Hartmann, H. Neumann (p. 24)

Technology-adapted broad ion beam profiles allow more effective ion beam applications. By adaptation of the extraction grid geometry to a particular inhomogeneous plasma profile largely homogenised beam profiles can be generated. Clustering of many ion sources enables profiles with high current density or a large homogeneous beam area. Finally, segmented extraction systems offer a nearly unrestricted potential to control the beam profile both in time and space.

VALIDATION OF A NOVEL MULTISTAGE ION SOURCE PRINCIPLE

S. Jankuhn, E. Hartmann, H. Neumann, F. Scholze, M. Tartz, N. Koch, G. Kornfeld (p. 25)

A High Efficient Multistage Plasma (HEMP) ion source, developed by TED GmbH Ulm mainly for electric propulsion purposes, was modelled by the application of the particle-in-cell code `XOOPIC` for elucidating the particulars of the pertinent plasma generation. Experimental ion-current density-distributions reveal conical emission profiles of a divergence which is growing with anode voltage and gas flow. Numerous mechanisms and positions of ion production become manifest in the rather complex features of angle-resolved ion-mass and ion-energy distributions.

ION BEAM FINISHING OF A NEW GENERATION OF X-RAY OPTICS

T. Hänsel, A. Schindler A. Nickel, H.-J. Thomas, F. Siewert, H. Lammert, T. Zeschke (p. 26)

Advanced surface measuring techniques of sub-nm accuracy enables the surface finishing of a new generation of X-ray optics by Ion Beam Finishing (IBF) technology. An ion beam finished plane–elliptical refocussing mirror characterized by a slope error of about 0.1 arcsec rms is tested now at a beamline at BESSY.

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR NANOMETER PRECISION ION BEAM FIGURING OF ASPHERICAL SURFACES

A. Nickel, H.-J. Thomas, T. Hänsel, A. Schindler (p. 27)

Simulation programs for dwell time calculations of flat, spherical, and aspherical surfaces have been developed in the system MATLAB and demonstrated by etching. Various deconvolution methods like Lucy-Richardson algorithm, Wiener filter, regularized filter and a modified van Cittert algorithm are including for a superposition of Gaussian response functions. An MS VC++ Program generates on the basis of dwell times the Cam-Table in order to control the 5 axis movement system for synchronized motion.

RIBE PROPORTIONAL TRANSFER FOR THE FABRICATION OF MASTERS FOR AN EMBOSSING TECHNOLOGY OF DIFFRACTIVE OPTICS AND OF SUB-WAVELENGTH STRUCTURES

R. Fechner, A. Schindler, D. Hirsch, T. Gase, R. Weigelt, M. Helgert (p. 28)

A technology for the fabrication of masters from glass for a replica technology of high spatial frequency 3D-structures has been developed and demonstrated to be mature for production. The technology comprises two main steps, first a holographic lithography for the preparation of the 3D resist masks on top of the master substrates, made from glass, and second a reactive ion beam etching step to transfer the structures proportionally into the substrate surface. After optimization of all processing steps the measured diffraction efficiencies are reliably above the design values. First test structures of very high spatial frequency cross gratings with 6900 lines per mm have been fabricated for antireflection application. The development goes on.

LIBWE – PROCESS CHARACTERISATION AND FLEXIBLE FABRICATION OF MICRO OPTICAL STRUCTURES

R. Böhme, K. Zimmer (p. 29)

Transparent materials can be etched by laser-induced back side wet etching with a high quality at low laser fluences. The composition of etched quartz samples was studied by RBS, XPS and Raman spectroscopy at different processing conditions. The laser-etched surfaces are characterized by a low damage with a depth in the range of 12 to 55 nm and only small chemical alterations. Using the well known laser processing techniques such as mask projection and scanning contour mask technique complex two- and three-dimensional surface topographies can be etched in fused silica and technical glasses with low roughness.

FEMTOSECOND LASER STRUCTURING FOR INTERCONNECTION OF THIN FILM SOLAR CELLS

K. Zimmer, D. Ruthe (p. 30)

Femtosecond laser structuring of thin film solar cells has been studied. For relevant materials threshold fluencies and etch rates were ascertained for different wavelengths. In addition the results were compared with longer pulse ablation. REM, TEM, interference microscopy as well as RBS and Micro-Raman-Spectroscopy were used to evaluate the laser etched microstructures. The laser processing with ultrashort laser pulses (120 fs) results in well defined laser scribes and causes only minor material modifications.

IMPROVED BIOCOMPATIBILITY OF NiTi ALLOYS

S. Mändl, J. W. Gerlach, W. Assmann, R. Sader, B. Rauschenbach (p. 31)

Using oxygen plasma immersion ion implantation, it was possible to form a titania surface layer on NiTi shape memory alloys used for orthopaedic braces. At the same time a radiation enhanced segregation of Ni towards the bulk was observed, leading to the formation of Ni_3Ti below the surface layer. Temperatures larger than 400 °C resulted in a thermally activated diffusion of Ni back to the surface layer.

HARDENING OF MARTENSITIC STAINLESS STEELS USING NITROGEN ION IMPLANTATION

D. Manova, S. Mändl, H. Neumann, B. Rauschenbach (p. 32)

Different martensitic steel grades were implanted with nitrogen ions in the temperature range between 350 and 400 °C. A closed surface layer of expanded martensite extending several micrometer into the sample was observed in all samples with a hardness of up to 2000 HV and a wear reduction by two orders of magnitude. The diffusion rate and hence the layer thickness are functions of steel grade and implantation parameters.

NEAR SURFACE DAMAGE OF GALLIUM ARSENIC BY ION BEAM IMPACT

J. Dienelt, K. Zimmer (p. 33)

During structuring of solid surfaces any ion beam impact with an energy higher the displacement energy of the surface atoms generates a series of damages in the near surface region. The higher the ion beam energy as well as the ion dose the higher the damage. By additionally usage of a chemical component to remove surface material the near surface damage can be lowered. A comparison of the ion beam etching (IBE) and the chemically assisted ion beam etching (CAIBE) at different surface temperatures of GaAs is presented. With increase of the chemical part of the removal process the damage is lowered. The damage depth is characterised by photoluminescence (PL) spectroscopy measurements of etched multi quantum well (MQW) layers of $GaAs/Al_{0.35}Ga_{0.65}As$.

INFLUENCE OF LOW-ENERGY ION BEAM IRRADIATION ON EPITAXY OF GALLIUM NITRIDE THIN FILMS

S. Sienz, J. W. Gerlach, T. Höche, F. Frost, B. Rauschenbach, A. Anders, A. Sidorenko, T. G. Mayerhöfer, G. Benndorf (p. 34)

It is investigated how thin film epitaxy can profit from low-energy ion beam irradiation. The comparison between conventional molecular beam epitaxy and ion beam assisted molecular beam epitaxy of gallium nitride thin films using the same parameters except the kinetic energy of the nitrogen atoms and molecules proves the positive influence of ion beam irradiation on the thin film growth process and on the structural, electronic, and optical properties of the resulting films.

ION BEAM MILLING OF OPTICALLY POLISHED CAF_2 SURFACES

D. Flamm, A. Schindler (p. 35)

Calcium fluoride roughness evolution caused by ion beam milling has been studied in dependence on different optically polished surfaces. For surfaces with high crystal damage the roughness is dominated by the uncovering of the sub-surface damage due to the ion beam milling. For smooth surfaces with low damage the roughness is an intrinsic one and the creation of self-organized nanoscale structures can be obtained.

REAL TIME MONITORING OF Mo/Si MULTILAYER GROWTH BY SPECTROSCOPIC IN-SITU-ELLIPSOMETRY

E. Schubert, H. Neumann, B. Rauschenbach, F. Scholze (p. 36)

Mo/Si soft x-ray mirrors for lithography at $\lambda = 13.4$ nm are deposited by ion beam sputter deposition onto [001] silicon substrates. The growth is monitored in real time by 88 wavelength ellipsometry in order to control the film thickness of each individual layer. Important values for the soft x-ray mirror performance

like sum and ratio of Mo and Si thickness are extracted from ellipsometric data regression and compared to reflectivity measurements near $\lambda = 13.4$.

DEVELOPMENT, FABRICATION AND CERTIFICATION OF THIN FILM THICKNESS STANDARDS WITH THICKNESSES SMALLER THAN 100 nm

W. Frank, A. Schindler, D. Hirsch, R. Fechner, K. Hasche, P. Thomsen-Schmidt, S. Schädlich, M. Procop (p. 37)

Two different kinds of certified film thickness standards have been developed, fabricated and tested. One is useable for typical X-ray methods, like X-ray reflectometry (XRR), X-ray fluorescence analysis (XRF), and electron probe microanalysis (EPMA). The calibration of thickness and evaluation of further parameters characterizing the artifact as reference standard base primarily on XRR. The second type of calibration standard is focussed on ellipsometry and has a small structure, which allows scanning force microscopic (SFM) determination of the film thickness. A short survey on manufacturing and some results of characterization for X-ray method standards shall be communicated here.

FACHBERICHTE

- ESH- (UV-) MECHANISMEN
- ESH- (UV-) FUNKTIONSSCHICHTEN
- PROJEKT: OBERFLÄCHENMODIFIZIERUNG VON ZEOLITH-KATALYSATOREN

Photochemische Prozesse nach 222 nm Anregung von Acrylaten

W. Knolle, S. Naumov, M. Madani*

* NCRRT, Nasr City, P.O. Box 29, Cairo

Die industrielle Einführung kurzwelliger, monochromatischer UV-Quellen hoher Leuchtdichte auf der Basis von Excimerentladungen eröffnet neue Möglichkeiten zur direkten Initiierung der Acrylatpolymerisation. Der Verzicht auf einen zusätzlichen Photoinitiator (PI) hat verschiedene Vorteile: PI tragen nicht nur überdurchschnittlich zu den Kosten einer Beschichtung bei, sondern sind auch problematisch bezüglich Langzeitstabilität (z. B. für Außenanwendungen) und Gesundheitsschutz (toxische Nebenprodukte). Wie im vergangenen Bericht beschrieben, ist es prinzipiell möglich, Acrylate durch Bestrahlung mit 222 nm Licht einer $KrCl^*$-Lampe zu polymerisieren /1/. Für eine technologische Umsetzung ist jedoch eine Optimierung (Erhöhung) der erreichten Bahngeschwindigkeiten von < 30m/min notwendig.

Ein möglicher Weg zu diesem Ziel ist die Untersuchung der primären Reaktionsschritte, die zwischen Lichtabsorption und Kettenstart liegen, mittels zeitaufgelöster Laser-Photolyse, stationärer Produktanalyse (GC/MSD) und quantenchemischer Rechnungen.

Durch die Laserphotolyseuntersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Bildung des Triplettzustandes unabhängig von der Struktur der Seitenkette ist. Die intrinsische Lebensdauer des Acrylat-Tripletts ist vergleichsweise kurz (wenige µs). Die bimolekulare Reaktionsgeschwindigkeit mit weiteren Monomereinheiten hängt von der Funktionalität der Acrylate ab und beträgt z. B. 7×10^8 $dm^3mol^{-1}s^{-1}$ für Butylacrylat und 2×10^9 $dm^3mol^{-1}s^{-1}$ für BDDA. Das deutet darauf hin, dass von den möglichen Reaktionswegen die direkte Addition des Tripletts an die Doppelbindung wahrscheinlicher ist als eine H-Abstraktion; ein Befund, der durch die quantenchemisch berechneten Reaktionsenthalpien von –20,9 und –4,8 kcal/mol gestützt wird.

Ergänzende Ergebnisse konnten durch Produktanalyse mittels GC gewonnen werden. Erstaunlicherweise wurde n-Butanol (BuOH) als ein Hauptprodukt nachgewiesen (Abb. 1a), das wahrscheinlich nach α–Spaltung des Tripletts über ein Butoxyradikal gebildet wird (siehe Schema). Die Ausbeute hängt stark von der Monomerkonzentration ab. Bei kleinen Konzentrationen (< 5×10^{-4} mol dm^{-3}) beträgt sie maximal ca. 40 % (Abb. 2) und sinkt mit steigender Konzentration aufgrund der Konkurrenz der unimolekularen Spaltung mit bimolekularen Reaktionen /2/. Weitere Reaktionsprodukte wie Methylpropionat, Butanal, Butylvinylether, Ethylen und CO wurden ebenfalls identifiziert und sollen zur Aufstellung einer Massenbalance quantifiziert werden.

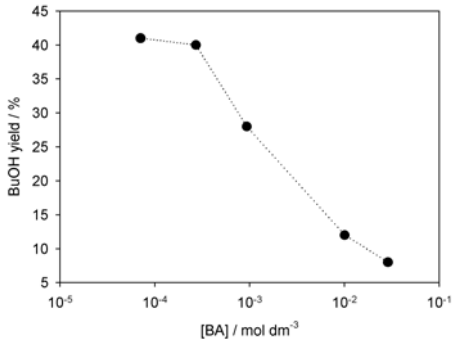
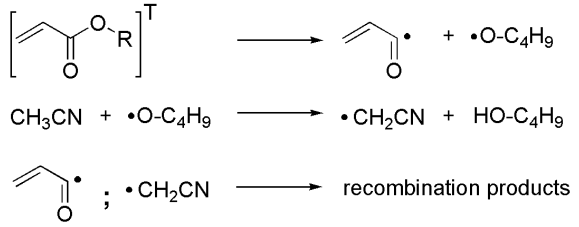


Abb. 2: Abhängigkeit der Butanol-Ausbeute von der BA-Konzentration



Bei hohen Acrylatkonzentrationen (≥ 5×10^{-3} mol dm^{-3}) sind zusätzliche Peaks zu beobachten (Abb. 1d, e, f), die aus bimolekularen Reaktionen stammen. Die Peaks (d) und (e) gehören zu gesättigten Carboxylsäure-Estern, die durch Addition von Photolysebruchstücken an ein Monomer entstanden sind. Peak (f) zeigt im Massenspektrum Fragmente mit hohen m/z-Werten und ist ein Oligomer. Die Untersuchungen werden bei unterschiedlichen Reaktionsbedingungen unter Einbeziehung weiterer Monomere fortgesetzt.

/1/ T. Scherzer, W. Knolle, S. Naumov, R. Mehnert. Proc. RadTech Europe 2001, Basel, Switzerland.
/2/ W. Knolle, T. Scherzer, S. Naumov, M. Madani Proc. RadTech Europe 2003, Berlin, Germany.

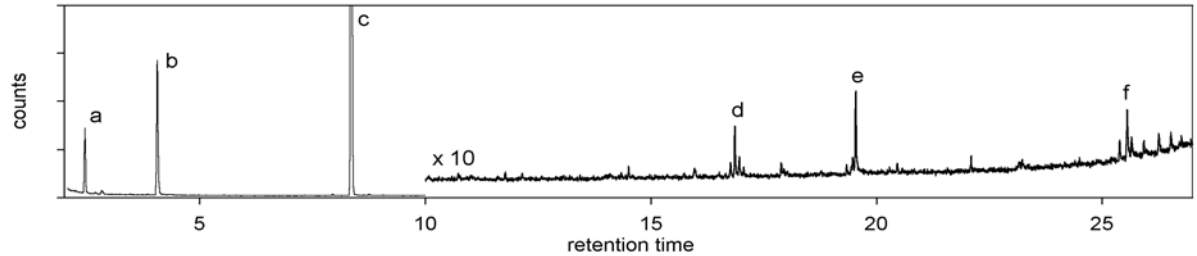


Abb. 1: GC-MSD Chromatogramm einer bestrahlten (222nm) 0,01 mol/l BA/Acetonitril-Lösung. a) BuOH b) Standard c) BA

Zur strahleninduzierten Polymerisation zyklischer Vinylether

I. Janovský, S. Naumov, W. Knolle, R. Mehnert

2,3-Dihydrofuran (DHF) und 2,3-Dihydropyran (DHP) können ähnlich wie andere Vinylether kationisch polymerisieren. Versuche, eine radikalische Polymerisation von 2,3-Dihydropyran zu initiieren, waren nicht erfolgreich. Bei Tieftemperatur-EPR-Untersuchungen an elektronen-bestrahlten gefrorenen Lösungen von DHF und DHP in Freon wurden unterschiedliche Transienten (Radikalkationen, Dimerradikalkationen, Radikale) identifiziert /1, 2/ und Polymerbildung beobachtet. Die Untersuchungen sollten klären, welche Rolle die beobachteten Transienten bei der Initiierung der Polymerisation spielen /3, 4/.

Abb. 1 zeigt die EPR-Spektren einer bestrahlten Probe (5 mol% DHP/F-113). Unmittelbar nach der Erwärmung der Probe auf 110 K (Abb. 1(a)) setzt sich das Spektrum (durchgezogene Linie) zu gleichen Teilen aus dem Monomer- (punktierte Linie) und dem Dimer-Radikalkation zusammen. Mit zunehmender Dauer verschwindet das Monomer-Radikalkation und die Spektren können durch die Überlagerung des Dimer-Radikalkations und einer neuen Spezies, des neutralen Dihydropyrylradikals, erklärt werden (Abb. 1(b) und (c), —— experimentelle Spektren, ····· Simulation). Die relativen Konzentrationen sind 82/18 % (b) und 36/64 % (c). Bei ca. 130 K wird nur noch das neutrale Radikal beobachtet (Abb. 1(d)), das gemäß einem Zerfall zweiter Ordnung verschwindet (Abb. 1, Inset).

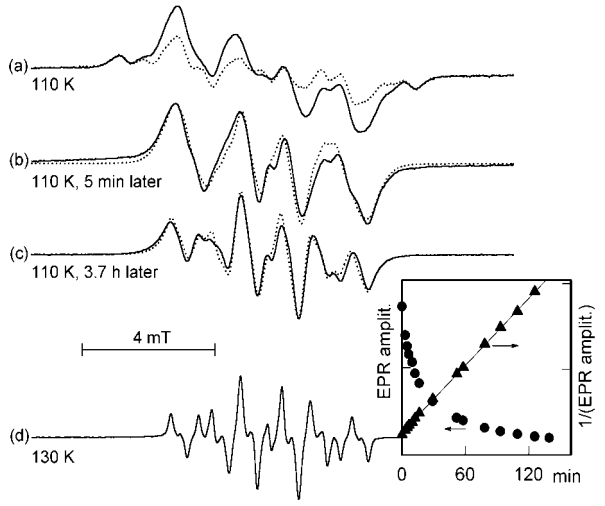


Abb. 1: EPR-Spektren 5 mol% DHP in Freon, bestrahlt (77 K)

Aus den experimentellen Ergebnissen lassen sich folgende Schlussfolgerunen ableiten: Bei hohen Konzentrationen von DHP und DHF bildet sich als dominierende Spezies das Dimer-Radikalkation, welches in einer Ion-Molekül-Reaktion in ein Carbokation und ein neutrales Radikal transformiert wird. Obwohl aus energetischen Gründen für beide

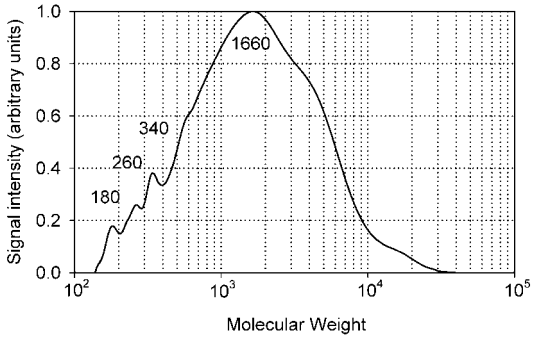


Abb. 2: GPC-Untersuchung des Polymers (DHP)

Spezies ein Kettenstart möglich wäre, zeigen die quantenchemischen Rechnungen zusammen mit GPC-Messungen (Abb. 2), dass das polydispersive Polymer (M_n = 740 (DHP) und 780 (DHF)) in einem kationischen, durch das Carbokation initiierten; Prozess gebildet wird. Aus dem Radikal entstehen im Wesentlichen niedermolekulare Oligomere. Dieser Fakt wird (i) durch die energetisch günstigere Terminierung und (ii) durch die reduzierte Reaktivität der delokalisierten, allylischen Radikalstruktur plausibel. IR-Untersuchungen am Polymer zeigen, dass das Kettenwachstum über die Öffnung der Doppelbindung erfolgt, während Ringöffnung nicht (DHF) oder nur in sehr geringem Maße (DHP) stattfindet. Die Ringöffnung zeigt sich auch in quanten-chemischen Rechnungen als energetisch ungünstiger.

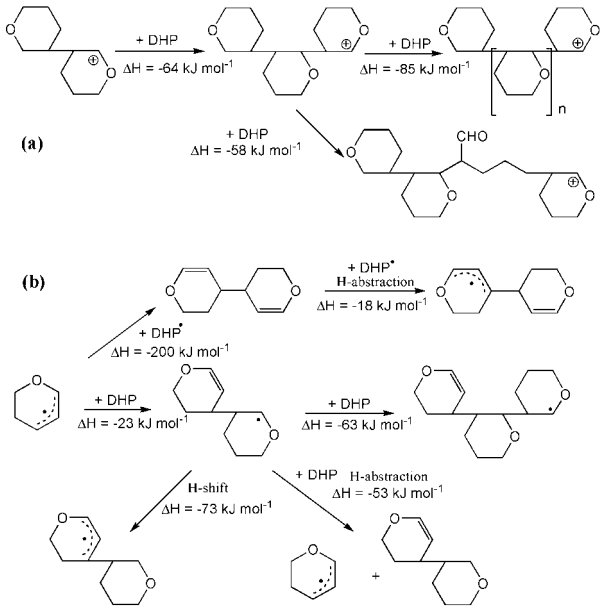


Abb. 3: Polymerisation von DHP nach Initiierung durch das Dimerradikalkation (a) bzw. das Dihydropyryl-Radikal (b).

/1/ S. Naumov, I. Janovský, W. Knolle, R. Mehnert, Nucl. Instr. Meth. B **208** (2003) 385.
/2/ S. Naumov, I. Janovský, W. Knolle, R. Mehnert, Macromol. Chem. Phys. **204** (2003) 2099.
/3/ I. Janovský, S. Naumov, W. Knolle, R. Mehnert, Rad. Phys. Chem. (2004), in press.
/4/ S. Naumov, I. Janovský, W. Knolle, R. Mehnert, Macromol. Chem. Phys. (2004), submitted.

Radikalkationen heterozyklischer, Sauerstoff-haltiger Ringe und ihre Transformation

S. Naumov, I. Janovský, W. Knolle, R. Mehnert

Fünf- und sechsteilige Ringe, die einen heterozyklisch gebundenen Sauerstoff enthalten, bilden Radikalkationen, die sowohl schnellen Konformationsänderungen wie „Ring-Puckering“ und Inversion an der Molekülebene unterliegen als auch einer Isomerisierung durch intramolekulare H-Verschiebung. Typische Modellstrukturen wurden durch Tieftemperatur-EPR und quantenchemische Rechnungen untersucht.

Tetrahydropyran (THP): Abb. 1 zeigt die EPR-Spektren von THP (2 mol%) in CF_3CCl_3-Matrix nach der Bestrahlung. Das primäre Spektrum (77 K) ist bei 143 K besser aufgelöst und durch ein zweites, relativ schwaches Signal überlagert (EPR-Signal 20fach vergrößert). Die Spektren gehören zu zwei Konformeren des THP-Radikalkations mit unterschiedlicher Geometrie, nämlich *Chair* and *Twist*. Die *Chair*-Struktur ist energetisch günstiger und dominiert das Spektrum. Das Spektrum der *Twist*-Struktur, das bei höheren Temperaturen zusätzlich beobachtet wird, entsteht durch schnelle Mittelung aufgrund von „Ring-Puckering“ verschiedener 2,5-*Twist*-Konformere /1/.

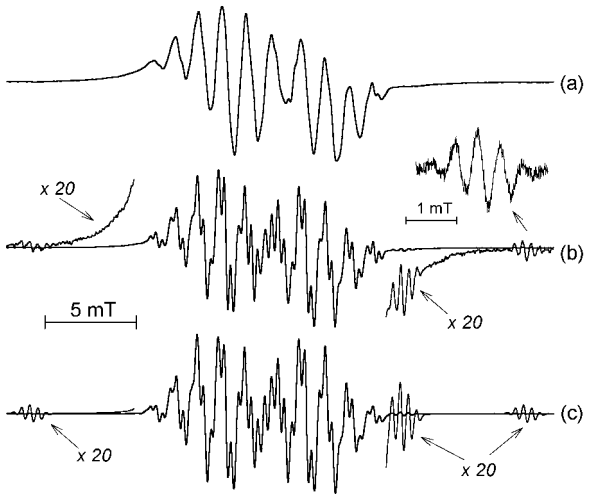


Abb. 1: EPR-Spektren von Tetrahydropyran

s-Trioxan: Das EPR-Spektrum des s-Trioxan Radikalkations (0,1 mol% s-Trioxan in CF_3CCl_3) kann nur unter der Annahme von 6 nahezu äquivalenten Protonen simuliert werden (Abb. 2a). Quantenchemische Rechnungen zeigen, dass die *Half-boat*-Struktur energetisch am günstigsten ist, die jedoch zu unterschiedlichen Kopplungskonstanten führen würde. Aufgrund der hohen Molekülsymmetrie existieren 6 energetisch gleichwertige *Half-boat*-Strukturen (*Half-boat* für jeweils eins der drei Sauerstoffatome, zusätzlich Spiegelung an der Molekülebene), die durch eine Wellenbewegung längs des Molekülringes sowie „Ring-Puckering“ ausgetauscht werden. Dieser Austausch findet aufgrund einer sehr kleinen Energiepotentialbarriere von 0,6 kJ/mol selbst bei tiefen Temperaturen schnell im Vergleich zur EPR-Zeitskala statt, sodass ein dynamisch gemitteltes Spektrum von 6 nahezu äquivalenten Protonen beobachtet wird.

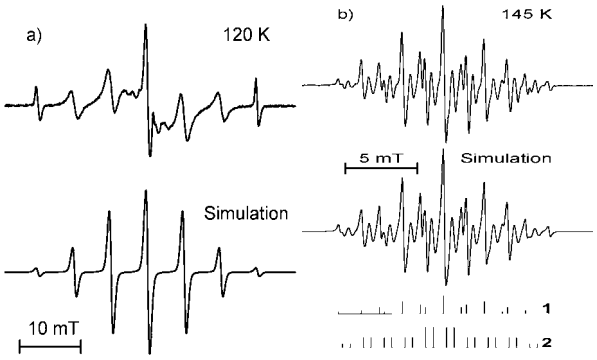


Abb. 2: EPR-Spektren von s-Trioxan (a) und DHF (b) Radikalkationen

Dihydrofuran: Das primäre Radikalkation von 2,5-Dihydrofuran (2,5-DHF$^{+\bullet}$) ist auch bei 77 K unstabil und wandelt sich durch H-Verschiebung spontan in das 2,4-DHF$^{+\bullet}$-Radikalkation um. Dieses ist aufgrund hoher Aktivierungsenergien (Abb. 3) thermisch relativ stabil. Durch Stimulation mit sichtbarem Licht werden gleichzeitig zwei weitere Isomere, 2,3-DHF$^{+\bullet}$ (**1**) and 3,4-DHF$^{+\bullet}$ (**2**) im Verhältnis von 2:3 gebildet (Abb. 2b) /3/. Abb. 3 zeigt das Energieniveauschema und die Spindichteverteilungen für die verschiedenen Isomere des DHF-Radikalkations. Die Bildung distonischer Radikalkationen (mit getrennter Ladungs- und Spindichteverteilung) durch H-Verschiebung ist ein typischer Weg zur Stabilisierung primärer Radikalkationen.

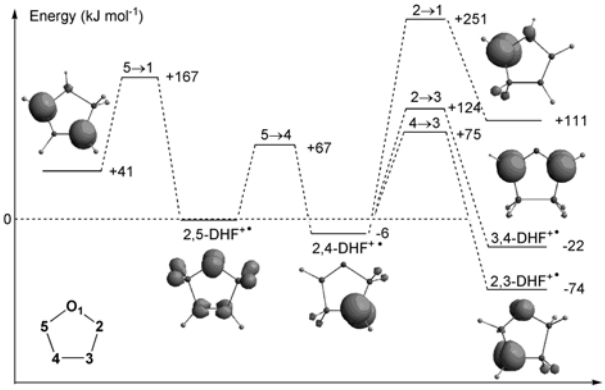


Abb. 3: Energieniveauschema und Spindichteverteilung möglicher Isomere des Dihydrofuran-Radikalkations

/1/ S. Naumov, I. Janovský, W. Knolle, R. Mehnert, PCCP **5** (2003), 3133.
/2/ I. Janovský, S. Naumov, W. Knolle, R. Mehnert, Rad. Phys. Chem. **67** (2003), 237.
/3/ S. Naumov, I. Janovský, W. Knolle, R. Mehnert, Rad. Phys. Chem. **67** (2003), 243.

Photohydroxylierung von 1,4-Benzochinon in wässriger Lösung

J. von Sonntag, E. Mvula*, K. Hildenbrand*, C. von Sonntag*

* Max-Planck-Institut für Strahlenchemie, Stiftstr. 34-37, 45368 Mülheim an der Ruhr

Chinone stellen eine der grundlegenden Substanzklassen in der organischen Chemie dar. Die Photochemie des einfachsten Chinons, 1,4-Benzochinon, wird entsprechend seit dem vorvergangenen Jahrhundert intensiv untersucht /1/.
Um so überraschender mag es erscheinen, dass der grundlegende Mechanismus der Photochemie eines so scheinbar einfachen Systems wie 1,4-Benzochinon, **Q**, in wässriger Lösung jahrzehntelang wiederholt fehlgedeutet wurde (siehe /2/).
In der Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Strahlenchemie (jetzt Max-Planck-Institut für Bioanorganische Chemie) in Mülheim an der Ruhr konnte nicht nur ausführlich gezeigt werden, dass die in der Literatur als Hydroxylierungsagens postulierten Hydroxylradikale nicht als Intermediat auftreten, sondern auch der komplexe Mechanismus mit seinen Gleichgewichten quantitativ beschrieben werden /2/.

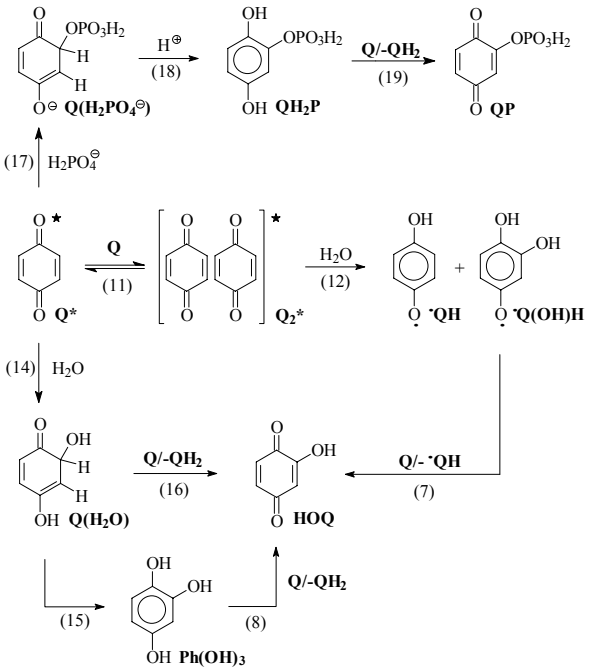


Abb. 1: Generelles Schema der Photohydroxylierung von 1,4-Benzochinon in wässriger Lösung.

Wie in Abb. 1 gezeigt, steht angeregtes 1,4-Benzochinon (**Q***) im Gleichgewicht mit seinem Dimer (**Q_2***). Dieses Dimer zerfällt vergleichsweise langsam ($3.8 \cdot 10^6$ s^{-1}) erster Ordnung in ein Radikalionenpaar, Reaktion (12). Rekombinationsprozesse führen am Ende zu den bekannten Produkten, 2-Hydroxybenzochinon und Hydrochinon, jeweils mit einer Quantenausbeute von ca. 0,4. Monomeres, angeregtes Benzochinon (**Q***) hydratisiert wiederum nicht sehr schnell ($1.8 \cdot 10^6$ s^{-1}) und bildet dabei das 1,2,4-Trihydroxybenzol (**THB**). **THB** wird wiederum vom in der Lösung vorhandenen Benzochinon zu genau den gleichen Produkten, 2-Hydroxybenzochinon und Hydrochinon, aufoxidiert.
Dass intermediär **THB** entsteht, konnte durch Vergleich von zeitaufgelösten Spektren aus der Stopped-Flow (direkte Oxidation des **THB** durch **Q**) mit zeitaufgelösten Spektren, die nach Laseranregung von wässriger Chinonlösung gemessen wurden, gezeigt werden. Auch die Phosphatkatalyse (Reaktion (17)) beider Systeme ist identisch in Ausbeute und Geschwindigkeit, ein weiterer Baustein des Mechanismus.

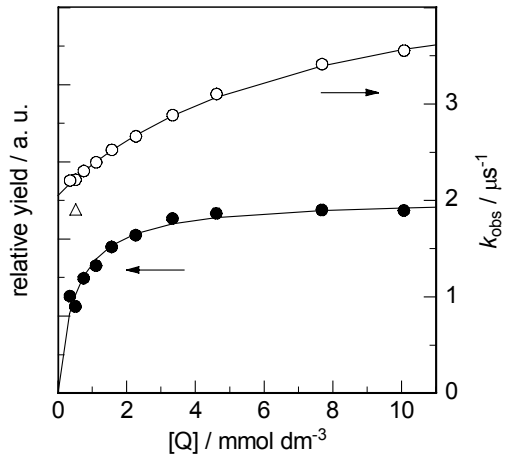


Abb. 2: Laserphotolyse von N_2-gesättigter wässriger Benzochinonlösung. Oben (○, rechte Skala): beobachtete Geschwindigkeit des Triplettzerfalls bei 285 nm (△: aus der Literatur), unten (●, linke Skala) Ausbeute an Radikalen (bei 415 nm). Die durchgezogenen Linien entstammen der Modellierung.

Die Identifizierung eines dimeren, angeregten Zustandes, der im Gleichgewicht mit seinem Monomer steht, entstammt einer sorgfältigen Analyse des scheinbaren Widerspruchs zwischen Radikalausbeute und Tripletzerfallsgeschwindigkeit, Abb. 2. Im Gegensatz zu dem Triplettdimer des Maleimids /3/ unterscheiden sich die Chromophore von **Q*** und **Q_2*** kaum, sodass die Dimerbildung im Spektrum unauffällig bleibt.
Die vollständige Aufklärung des Mechanismus der Photohydroxylierung von Benzochinon trägt einerseits zum Verständnis der künstlichen Photosynthese (Die Photooxidation von Wasser konnte ausgeschlossen werden.) bei, andererseits sind die hier gewonnen Erfahrungen die Basis für die Untersuchungen zur Dimerbildung bei Acrylaten.

/1/ H. Klinger, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **19** (1868), 1862-1870.
/2/ J. von Sonntag, E. Mvula, K. Hildenbrand, C. von Sonntag, *Chem. Eur. J.* **10** (2004) 440-451.
/3/ J. von Sonntag, W. Knolle, S. Naumov, R. Mehnert, *Chem. Eur. J.* **8** (2002) 4199-4209.

Strahlengehärtete Nanokomposit-Schichten

H.-J. Gläsel, E. Hartmann, S. Rummel, F. Bauer, D. Hirsch, A. Weller, R. Mehnert

Die Untersuchungen zu den physikalisch-chemischen Wirkprinzipien von Nanopartikeln in polymeren Kompositen fußten zunächst auf polymerisationsaktiven metallorganischen Nanopartikeln. In diesen kann eine geringe Aktivierung die Polymerisation auslösen, die sich dann über Transferreaktionen auf das monomere/oligomere Substrat überträgt. Im Verlauf dieser heterogenen Copolymerisation (HCP) werden die Nanopartikel zu Vernetzungsstellen, die das polymere Gerüst mechanisch verfestigen /1/. In der praktischen Fortsetzung wurden durch eine heterogene hydrolytische Kondensation (HHC) von Alkoxysilanen mit oberflächenlokalisierten Hydroxylgruppen kommerziell verfügbare Nanopulver (SiO_2, Al_2O_3) in einen analogen funktionellen Zustand überführt. In dieser HHC-Route /2/ fallen aber die entsprechenden Alkohole und die sekundären, ökologisch noch bedenklicheren Umesterungsprodukte an. Eine rein adsorptive Partikelorganophilierung (APO) gelang nur mit ausgewählten Teilchen- und Oligomerenkomponenten, die überdies durch oberflächenaktive Verunreinigungen dominiert werden kann. Das Zusammenspiel enthalpischer und entropischer Effekte in der Realisierung der adsorptiven Umhüllung anorganischer Nanopartikel wird z. Z. mit der 13C-Festkörper-NMR untersucht.

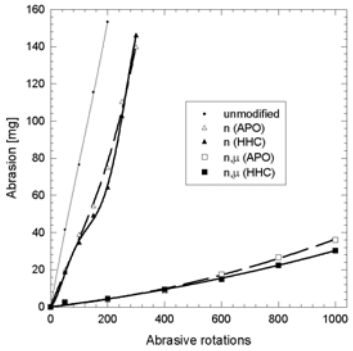


Abb. 1: Der Abrieb für eine n- und n,μ- Modifizierung nach den beiden Routen HHC und APO.

Bei gleichzeitiger Füllung des strahlenhärtbaren organischen Substrates mit n-SiO_2- und μ-Al_2O_3-Partikeln treten signifikante synergetische Effekte sowohl in der Rheologie der Dispersion als auch hinsichtlich der oberflächenmechanischen Eigenschaften der Kompositbeschichtung auf: In der Dispersion zerschlagen die größeren Korundpartikel die von den Nanopartikeln gebildeten dynamischen Strukturen und setzen das komplexe Fließverhalten (thixotrop, dilatant) nachhaltig auf ein weitgehend Newton´sches zurück. In der Kompositschicht verankern die Nanopartikel die Mikrokomponente und verringern dadurch den Abrieb. Dabei erweisen sich die HHC-und APO-Routen /2/ als weitgehend gleichwertig (Abb. 1).

Wegen der von vornherein gegebenen Organophilie sind die metallorganischen Nanofüllstoffe wieder in den Blickpunkt der Betrachtung gerückt. Es werden bei einem höheren Füllgrad eine immer noch akzeptable Rheologie und eine effektivere oberflächenmechanische Stabilisierung erwartet. Weiter soll durch die Entwicklung wasserbasierender Nanodispersionen mit der dadurch eingestellten Spritzfähigkeit das Anwendungsfeld dieser Nano-Kratzfestlacke wesentlich erweitert werden.

Die eigene Route für die Präparation von Metall-(misch)oxid-Nanopartikeln durch eine kombinierte Polymerisation und Pyrolyse (CPP) metallorganischer Precursoren wurde durch die direkte Temperung der gelösten Precursoren (ohne Trocknung als Zwischenschritt) entscheidend verbessert: In der nun homogeneren Reaktion werden kleinere (5-20 nm) Partikel höherer Phasenreinheit erhalten, mit denen „größengetriebene“ Phasenübergänge direkt untersucht werden können /3/. Mit dieser „Flüssig-CPP“-Variante wurde im Rahmen der DFG-Forschergruppe „Architektur von nanodimensionalen Strukturelementen“ begonnen, in AlOx-Filtertemplaten die Röhren (20-200 nm x 60 μm) dünn mit ferroelektrischem/ferromagnetischem ($BaTiO_3$/$CoFe_2O_4$) Material auszukleiden. Nach der Stabilisierung durch ein strahlengehärtetes Polymerskelett werden Materialien erhalten, für die ein hohes Potenzial sowohl in der Grundlagen- als auch in der angewandten Materialforschung erwartet wird /4/.

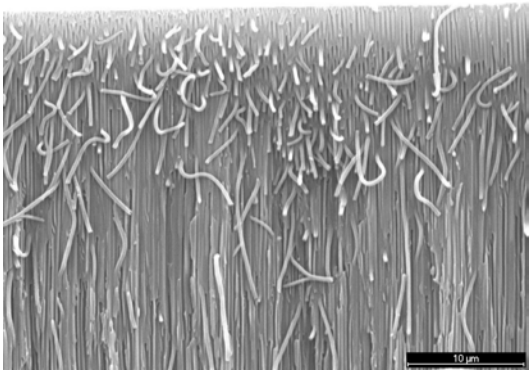


Abb. 2: Querbruch des Filtertemplates mit strahlengehärtetem Polymerskelett.

/1/ H.-J. Gläsel, E. Hartmann, R. Mehnert, D. Hirsch, Physicochemical modification effects of nanoparticles in radiation cured composites, Nucl. Instr. and Meth. B **151** (1999) 200.

/2/ F. Bauer, V. Sauerland, H.-J. Gläsel, E. Hartmann, R. Mehnert, Scratch and abrasion resistant polymeric nanocomposites, Macromol, Mater. Eng. **287** (2002) 546; Nucl. Instr. and Meth. B **208** (2003) 303.

/3/ E. Erdem, R. Böttcher, H.-J. Gläsel, E. Hartmann, Preparation and EPR study of lead titanate nanopowders, J. Mater. Sci. **38** (2003) 3211; phys. stat. sol. (b) **239** (2003) R7.

/4/ M. Cheng et al., Multiferroic $BaTiO_3$-$CoFe_2O_4$ nanostructures, Science **303** (2004) 661.

UV-vernetzende Polymere als Sauerstoff-Barrieren

C. Elsner, R. Schubert, I. Sander

In den letzten Jahren wird ein stark wachsendes Interesse an Hochbarrieremedien besonders im Verpackungssektor beobachtet. Technologien zur Erzeugung organischer Hochbarrierepolymere sind Laminierung verschiedener Materialien, Coextrusion und Beschichtung /1/. Im letzteren Fall führen Vakuumprozesse wie PECVD, aber auch die Abscheidung anorganischer Materialien wie SiO_x und Aluminium aus der Gasphase, zu exzellenten Barriereeigenschaften. Nachteilig für Vakuumprozesse ist jedoch der hohe apparative Aufwand bei der Integration in konventionelle Beschichtungssysteme. Hauptanliegen des bearbeiteten Projektes war demzufolge ein applikables Verfahren zur Darstellung von Barrierepolymeren auf Basis UV-härtender Komponenten zu entwickeln.
Bezugnehmend auf empirische Studien hängt die Gaspermeabilität in vorhersagbarer Weise von der Polymerstruktur ab /2/. In Hinblick auf die Barriereeigenschaften stellen Carbonsäureester und Carbonsäureamide im Polymerrückgrat sowie R-OH, R-CN und R-Cl in den Seitenketten effiziente chemische Funktionalitäten dar. Hinzu kommt, dass der Vernetzungsgrad, bestimmt durch die jeweilige Funktionalität des Monomers, entscheidend das Barriereverhalten prägt (Abb. 1).

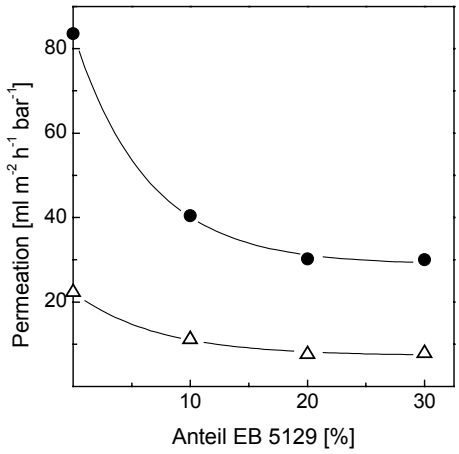


Abb. 1: Permeation von Sauerstoff (●) und Stickstoff (Δ) durch eine vernetzte Acrylatschicht auf PE in Abhängigkeit des prozentualen Anteils des hexafunktionellen Acrylates EB 5129 in EB 244 (aliphatisches bifunktionelles Urethanacrylat).

Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde das Barriereverhalten verschiedener UV-härtender Monomer-/Oligomer-Komponenten wie Organosilan-Cokondensate, Acrylate und cycloaliphatische Epoxide unter Zusatz geeigneter barrierevermittelnder Modifikatoren untersucht und deren Eignung zur Erzeugung von Barriereschichten auf Bahnware und 3d-Formkörpern sowie als Laminierklebstoff mit Barriereeigenschaften getestet.
Neben der Erzeugung von Barriereschichten durch UV-Härtung flüssiger Monomere und Oligomere lassen sich die Barriereeigenschaften von Polymeren durch UV-Bestrahlung mit energiereichen Photonen verändern. Beispielsweise führt die Degradation des organischen Anteils einer Polymeroberfläche (Tab. 1) in den obersten 100 nm durch Bestrahlung mit 126 nm-Photonen eines offenen Argon-Strahlers /3/ zu einer Veränderung der Gaspermeation als auch der Gasselektivität von Stickstoff und Sauerstoff (Abb. 2).

Tab 1: Chemische Zusammensetzung (XPS) einer Polymeroberfläche nach Bestrahlung mit 126 nm-Photonen

Bestrahlungszeit [min]	C [%]	O [%]	Si [%]
0	50,7	23,6	25,7
4	28,7	43,7	27,6

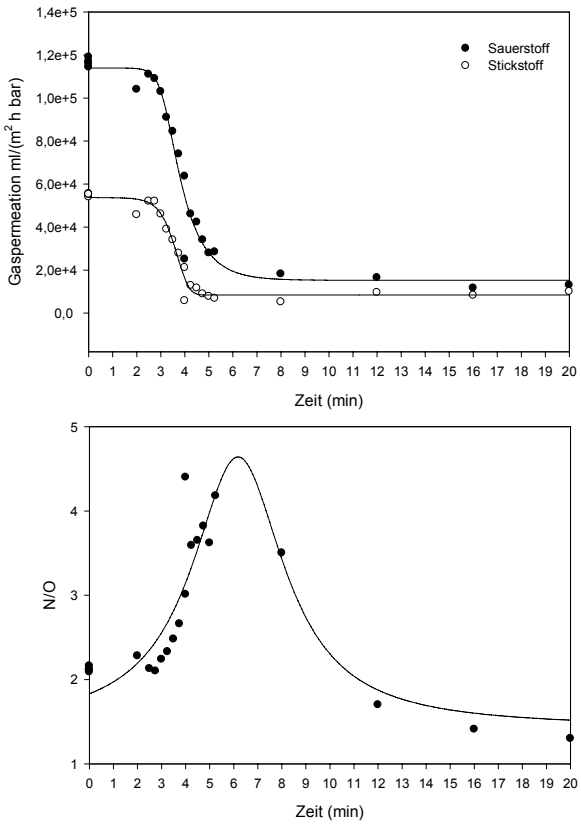


Abb. 2: Veränderung der Gaspermeabilität (oben) und Gasselektivität (unten) einer Polymeroberfläche durch Bestrahlung mit 126 nm Photonen.

/1/ J. Rellmann, H. Schenck, Barrieremedien, Kunststoffe **82**(9) (1992) 729-738.
/2/ M. Salame, Prediction of Gas Barrier Properties of High Polymers, Polym. Eng. Sci. **26**(22) (1986), 1543-1546.
/3/ M. Lenk, R. Mehnert, L. Prager, Design and Performance Characteristics of a Windowless Argon Excimer Source, RadTech Europe 2001, Basel, 8.-10.10.2001.

Prototypische Entwicklung einer umweltfreundlichen Kaschierung für strahlenhärtbare Verpackungsverbunde im Flexodruck

BMBF-Vorhaben 01RK9910/5

P. Klenert, R. Schweinitz*

* Sengewald GmbH & Co.KG, Halle/ Westfalen

Ziel des Projektes war es, eine umweltfreundliche Kaschiertechnologie mit neuen strahlenhärtbaren Klebstoffen ohne Lösemittel und toxische Stoffe zu entwickeln, welche eine Weiterverarbeitung der Verbunde innerhalb von 24 h erlaubt. Bisher übliche Systeme erfordern eine Auslagerungszeit bis zu einer Woche, um einen migrationsfreien Zustand zu erreichen. Im Bearbeitungszeitraum 2000-2001 erfolgten dazu die Formulierungsent--wicklungen sowie die Eignungsprüfungen im Labormaßstab. Dabei waren die Anforderungen nach maximaler Verbundhaftung auf verschiedensten Folien und Farben, hoher Reaktivität, Sterilisierbarkeit, Siegelfestigkeit, minimalem Geruch, Flexibilität und teilweiser Tiefziehbarkeit, Eignung für Lebensmittelverpackungen (Lebensmittelgesetz!) und der Verarbeitbarkeit in der Flexodruck- und kaschiermaschine zu berücksichtigen.
Aus der Entwicklungspalette der Klebstoffe zeigten die Acrylathybridsysteme auf Polyurethanbasis die besten Verbundeigenschaften. Auf den Referenzfoliensystemen (PA/PE, PET/PE, PP/PE) konnte Folienriss bei der Prüfung erzielt werden. Diese Klebstoffformulierung wurde für die folgenden Pilot- und Industrieversuche zugrunde gelegt.

Abb. 1: Pilotanlage Flexodruckmaschine „Soloflex“

Auf der Pilotanlage erfolgte die Untersuchung der maschinellen Verarbeitungseigenschaften des Klebers und der wesentlichen Parameter wie Auftragstemperatur, Bahngeschwindigkeit, Rasterwalzengeometrie, UV-Leistung und optimale Schichtdicken im Fortdruckprozess. Das so gewonnene Arbeitsfenster war der Ausgangspunkt für die industrielle Applikation. Die Kaschiermaschine K05 zeichnet sich durch beheizbare Auftragwerke, eine größere Arbeitsbreite (1200 mm) und höhere Auftragsgeschwindigkeit (400 m/min) aus. Daher musste das Technologiefenster entsprechend aufgeweitet werden.

Abb. 2: Industriekaschieranlage K05

Die UV-vernetzenden Klebstoffe zeigten unter diesen Bedingungen ein differenziertes Erscheinungsbild auf den Referenzfolien.
Den guten Verbund-, Siegel- und Sterilisiereigenschaften standen z. T. ungenügende optische Eigenschaften entgegen, die auch durch mannigfaltige Variation der technologischen Bedingungen an der Kaschiermaschine nicht beherrschbar wurden.

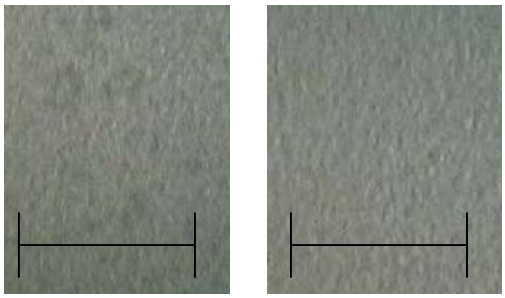


Abb. 3: Optische Qualität am PA/PE-Verbund im Vor- und Endzustand

Weiterführende Entwicklungsarbeiten wurden erforderlich, um die optische Qualität zu verbessern.
Dazu erfolgte die Erprobung einer alternativen Auftragstechnologie (Schmelzdüsenspaltverfahren), die formulative Änderung des Klebers und neue verfahrenstechnologische Schritte.
Eine deutliche Verbesserung der optischen Eigenschaften auf allen Verbunden wurde schließlich auf der Industriemaschine K05 erreicht und das Projekt konnte somit erfolgreich abgeschlossen werden.

PECVD-Schichten für Laser-strukturierte Mehrschichtsysteme

J. Meinhardt, W. Bondzio*

* LPKF Laser & Electronics AG, D-30827 Garbsen

Kohlenstoff-Fluor-Plasmapolymere

Die zunehmende Bedeutung der C_xF_y-Plasmapolymere erfordert systematische Untersuchungen hydrophober dielektrischer C_xF_y-Schichten. Solche Schichten wurden bei variierter Mikrowellenleistung auf Substrate abgeschieden, die für die Mikrosystemtechnik von Bedeutung sind (Glas, CR 39, Polyimidfolien ohne/mit PVD-Metallbeschichtungen Al, Au, Silizium, Silizium mit Polyimid). Zur Charakterisierung wurden Schichtdicken (Profiler), Oberflächenanalysen (XPS, Abb. 1), AFM- und REM-Aufnahmen, Kontaktwinkel und Haftfestigkeiten (Tesafilmtest) bestimmt. Die aus XPS-Analysen berechneten F/C-Verhältnisse lagen im Bereich von 1,05 bis 1,25.

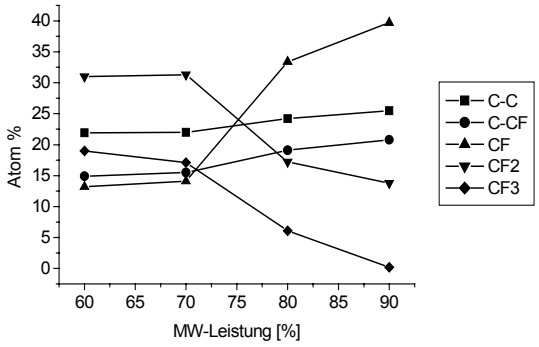


Abb. 1: C_xF_y-Beschichtungen auf Glas – C1s-Peak-Analysenergebnisse

Die Schichtdicken steigen mit höheren Mikrowellenleistungen bei CR 39 und Glas unabhängig von der Art der PVD-Beschichtung an.
Polyimid und Silizium zeigen einen abfallenden Verlauf der Schichtdicken bei höheren Mikrowellenleistungen (Abb. 2).

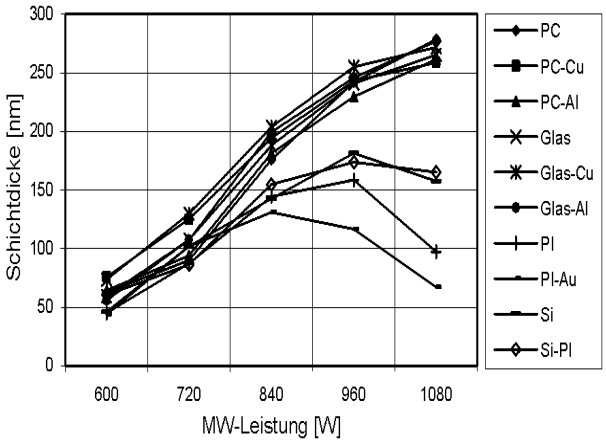


Abb. 2: Schichtdicken in Abhängigkeit vom Substrat und der Mikrowellenleistung

Thermische und elektrische Eigenschaften der Substrate führen zu unterschiedlichen Rauheiten. Beim Substrat Glas erfolgt eine Zunahme der Partikelgröße und rms-Werte von 2,2 nm auf 5,8 nm bei Mikrowellenleistungen von 60 % bis 90 %.
Interessant ist die charakteristische Ankopplung kleinerer Partikel bei der Mikrowellenleistung von 90 %. Beim Substrat Silizium fallen die rms-Werte signifikant von 15,4 nm auf 2,9 nm mit der Leistungszunahme.
Die Kontaktwinkel steigen mit der Mikrowellenleistung von 105 Grad bis auf 125 Grad.
Eine einmonatige Lagerung der beschichteten Substrate an Luft verändert den Sauerstoffanteil der Oberfläche mit zunehmender Mikrowellenleistung von 4,1-5,3 Atom % auf 0,6-2,2 Atom %. Unmittelbar nach der PECVD-Beschichtung wurden unkritische 0,3-0,5 Atom % ermittelt.

PVD-PECVD-Mehrschichtsysteme

Die technologisch angepassten Prozessbedingungen für die PECVD-Beschichtungen wurden aus den Ergebnissen der beschriebenen Voruntersuchungen ermittelt. Auf die metallische PVD-Schicht (Abb. 3, Metall 2) wurde als niederohmiges Dielektrikum eine homogene teflonartige Schicht im Bereich von 300 nm bis 1100 nm Dicke aufgebracht.
Den prinzipiellen Aufbau eines laserstrukturierten Mehrschichtsystems mit zwei Ablationsprinzipien zeigt Abb. 3. Links oben erfolgt die bekannte selektive Ablation der Metallschicht 1 vom Polymer. Rechts ist der neuartige kombinierte Abtrag einer dünnen Metallschicht 1 mit der Plasmapolymerschicht von der Metalloberfläche 2 dargestellt.

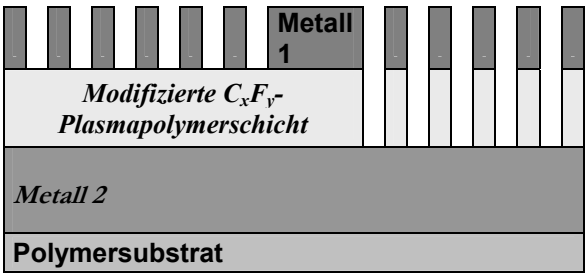


Abb. 3: Schematischer Aufbau eines laserstrukturierten Mehrschichtaufbaus

Die Plasmapolymerschichten müssen haftfest zwischen die PVD-Metallschichten eingebettet sein, sodass die mehrere hundert Nanometer tiefen und ≥ 15 µm breiten Profilsäulen aus PVD- und PECVD-Schichten rückstandsfrei, geometrisch exakt und ohne Schädigung der unteren Metallschicht 2 laserstrukturiert werden können.

/1/ J. Meinhardt, R. Mehnert, W. Bondzio, E. Dayss: Eigenschaften fluorhaltiger Plasmapolymere in Abhängigkeit vom Substrat und den Prozessparametern, Proc. 3. Oberflächentechnisches Kolloquium MLU Halle/Wittenberg, Merseburg, 25.-26.06.2003, 11.

/2/ J. Meinhardt, W. Bondzio, J. Kickelhain, R. Mehnert: Strukturierbare kombinierte PVD- und PECVD-Schichtsysteme, Proc. 10. NDVak, Dresden, 17.-18.10.2002, 135.

Prozesskontrolle der UV-Härtung von Acrylaten mittels NIR-Reflexions-Spektroskopie

T. Scherzer, R. Mehnert, H. Lucht*

* LLA Instruments GmbH., Schwarzschildstr. 10, D-12489 Berlin

Die funktionellen Eigenschaften UV- und ESH-gehärteter Beschichtungen (z. B. Kratz- und Abriebsfestigkeit, Bewitterungsbeständigkeit, Migrationseigenschaften etc.) sowie ihre Weiterverarbeitbarkeit (Stapeln, Rollen u. ä.) hängen maßgeblich vom während der Bestrahlung erreichten Umsatz der Acrylatgruppen ab. Dieser wird in komplexer Weise durch zahlreiche Faktoren wie die Zusammensetzung der Formulierung, Intensität und Dauer der Belichtung, Temperatur, Inertisierung u. a. beeinflusst. Dabei lassen sich einige mögliche Einflussgrößen wie z. B. die Verschmutzung oder Alterung der UV-Lampen nur schwer kontrollieren. Um durch unzureichenden Umsatz bedingte Fehlchargen bei der Beschichtungsherstellung zu vermeiden, ist eine kontinuierliche Überwachung des Aushärtungsgrades zur Prozesskontrolle und zur Qualitätssicherung unumgänglich. Leider stand dazu bislang keine geeignete Analysenmethode zur Verfügung. Alle Verfahren, die in der Vergangenheit auch im IOM erprobt wurden, erwiesen sich unter Produktionsbedingungen als ungeeignet.

Im Rahmen eines durch die AiF geförderten Projektes wurde ein Messverfahren auf der Basis von NIR-Reflexionsspektroskopie entwickelt, das alle Voraussetzungen für einen erfolgreichen Einsatz in technischen Beschichtungsprozessen erfüllt. Das NIR-Spektrum von Acrylaten und Methacrylaten weist eine charakteristische Oberschwingung der C-H-Streckschwingung bei 1620 nm auf, die zur Umsatzbestimmung genutzt werden kann. Die Messung erfolgt mit Hilfe eines speziell an die Erfordernisse der Analyse UV-gehärteter Polymerschichten angepassten Messkopfes, der sich dank einer Glasfaserkopplung zum Spektrometer einfach in Beschichtungsanlagen integrieren lässt (Abb. 1).

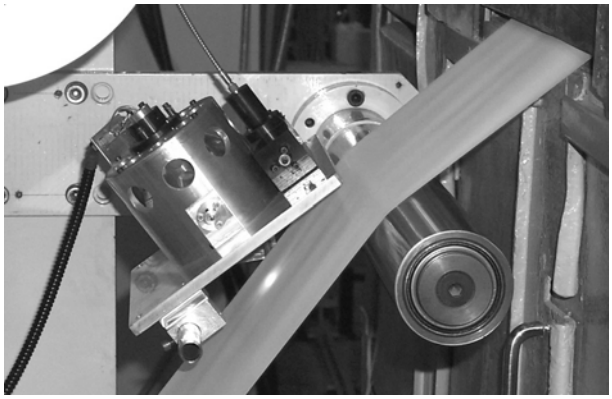


Abb. 1: Montage des NIR-Messkopfes über der beschichteten Bahn in einer Rollenbeschichtungsanlage im IOM

Das Spektrometer wurde so ausgelegt, dass der quantitative Nachweis von unumgesetztem Acrylat in Schichten mit Dicken von einigen Mikrometern auch bei hohen Bahngeschwindigkeiten mit hoher Empfindlichkeit und Reproduzierbarkeit sowie mit hoher Zeitauflösung erfolgen kann. Das Reflexionsverfahren gestattet die Charakterisierung von transparenten und pigmentierten Beschichtungen und ermöglicht dies auch auf nichttransparenten Substraten.

Die quantitative Analyse der spektralen Daten kann sowohl mittels einfacher integrativer Verfahren als auch mit Hilfe leistungsfähiger chemometrischer Methoden (PLS, PCR) erfolgen, für die jedoch eine aufwändige Kalibrierung erforderlich ist. Für die so erhaltenen Umsatzdaten konnte eine enge Korrelation mit Resultaten aus unabhängigen Messverfahren (FTIR, HPLC) gezeigt werden /1/.

Zum Nachweis der Eignung der Methode für die In-line-Überwachung des Acrylatumsatzes unter praxisnahen Bedingungen wurde das NIR-Spektrometer an verschiedenen Pilotanlagen des IOM zur Beschichtung und UV-/ESH-Härtung von Folien, Papieren, Platten und Brettern installiert. Einen typischen Verlauf des Acrylatumsatzes bei Variation der Bestrahlungsbedingungen zeigt Abb. 2 /2/. Jede Veränderung der UV-Dosis kann dabei unmittelbar als Änderung des Acrylatumsatzes beobachtet werden.

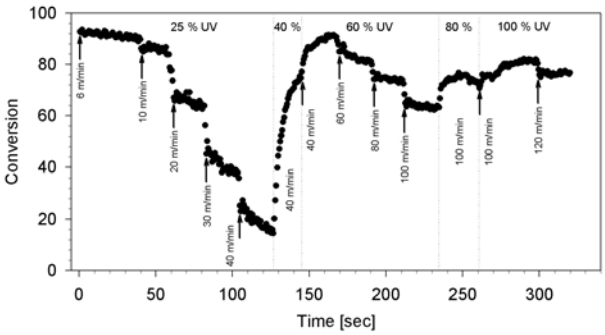


Abb. 2: In-line-Überwachung des Acrylatumsatzes in einer Klarlackbeschichtung auf Papier nach UV-Bestrahlung mit unterschiedlichen Intensitäten und bei unterschiedlichen Bahngeschwindigkeiten

Die NIR-Reflexionsspektroskopie hat sich auch unter Technikumsbedingungen als leistungsfähige Methode erwiesen, sodass ein kommerzieller Einsatz zur Produktions- und Qualitätskontrolle als möglich erscheint. Potentielle Anwendungsfelder sind u. a. Holzbeschichtungen im Möbel- und Fußbodenbereich, Folien- und Papierbeschichtungen, der Automobilsektor sowie strahlenhärtbare Klebstoffe.

/1/ T. Scherzer, R. Mehnert, H. Lucht, In-line monitoring of the degree of cure by NIR spectroscopy, Proc. RadTech Asia 2003 Conference, Yokohama, 348-352.

/2/ T. Scherzer, R. Mehnert, H. Lucht, In-line monitoring of the degree of cure after UV and EB curing using near-infrared spectroscopy, Proc. RadTech Europe 2003 Conference, Berlin, Vol. II, 1109-1116.

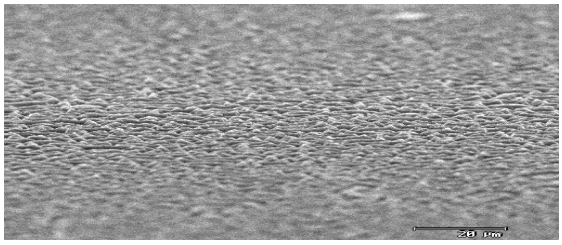
Weiterentwicklung von Technik und Verfahren zur photochemischen Mikrofaltung mittels 172 nm-Excimer-UV-Strahlern

R. Schubert, R. Mehnert, L. Prager, M. Hinkefuß

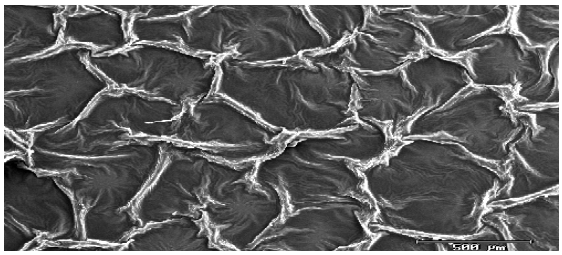
Die Strukturierung von Oberflächen strahlenhärtbarer Lacke mittels kurzwelligen monochromatischen UV-Lichtes hat das Stadium der industriellen Nutzung erreicht /1, 2/.
Hauptanwendungsgebiet ist die Herstellung matt lackierter Oberflächen von Möbelfolien, Fassadenelementen und Fußbodenbelägen in Verbindung mit Nanokomposit-Kratzfestlacken. Weitere Anwendungen sind in Vorbereitung.
Im Berichtszeitraum sind dazu von den Autoren weitere zahlreiche Untersuchungen zur Konsolidierung des Verfahrens und der Bestrahlungstechnik durchgeführt worden.

Gezielte Beeinflussung des Glanzgrades und der Haptik mattierter Oberflächen

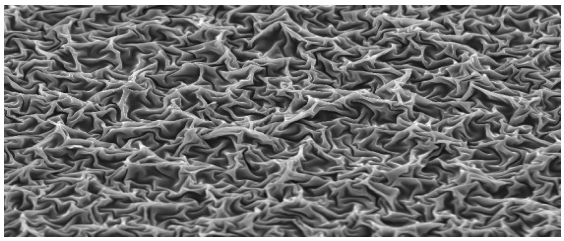
- Grundsätzlich bestimmt die Farb- oder Lackformulierung die Optik und Haptik einer physikalisch strukturierten Oberfläche.
  Eine feine homogene Faltung liefert einen extrem niedrigen Glanzgrad.



Mit einer Netzstruktur, die weniger gefaltete bis glatte Bezirke enthält, kann der Glanzgrad erhöht und beispielsweise ein Seidenmattglanz erzielt werden.



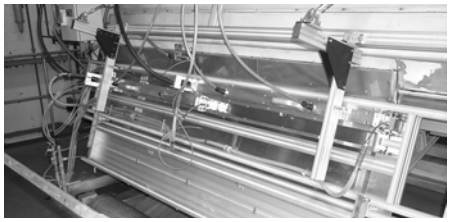
Verwendet man statt eines harten Kratzfestlackes eine bestimmte flexible Formulierung, dann kann eine Oberfläche mit Soft-Touch entstehen.



- Diese Oberflächeneigenschaften eines bestimmten Lackes können dann noch durch die Beeinflussung der Härtungs- und Faltungskinetik in bestimmten Grenzen variiert werden.

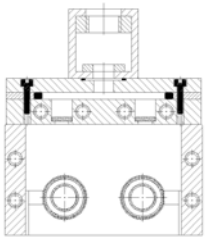
Qualifizierung der 172 nm-Bestrahlungstechnik

- Die Bestrahlungsbreite mit 172 nm–Excimerlampen ist herstellungsbedingt auf maximal 1450 mm beschränkt. Für die Mattierung auf breiteren Bahnen wurde deshalb eine Variante der „Strahlerüberlappung“ entwickelt und bei einem Forschungspartner für eine Bahnbreite > 2000 mm realisiert.



- Die physikalische Mattierung reagiert sehr empfindlich auf Dosisleistungsinhomogenitäten, wie sie im „Überlappungsbereich“ nicht auszuschließen sind. Deshalb wurde eine direkte Röhrenkopplung erfolgreich erprobt.

- Da sich der Wirkungsgrad der 172 nm–Lampe als temperaturabhängig erwies, wurde an einem neu entwickelten Doppellampensystem die Stickstoffeinspeisung über den Röhren vorgenommen.
  Der Stickstoff erfüllt dabei die Funktionen Inertisierung, Kühlung und Spülung.



/1/ R. Schubert, R. Mehnert u. a. Vortrag UCB-Rad-cure-Symposium, Garmisch-Partenkirchen 1998.
/2/ R. Schubert, Erzeugung von Oberflächenstrukturen durch photochemische Mikrofaltung und Abformung, FDS-Workshop, Dresden 2000.

Leistungserhöhung von Excimer-Bestrahlungssystemen für 172- und 222-nm-Photonen

R. Blaue, M. Lenk, L. Prager

Im IOM wurden in der Vergangenheit umfangreiche Untersuchungen zur Mattierung von Lackoberflächen mittels 172-nm-Excimerstrahlung durchgeführt, die in verfahrenstechnische Entwicklungen und den Aufbau von Industrieanlagen mündeten /1/. Im Rahmen von Industrieprojekten wurde es erforderlich, Bahnbreiten von 2,30 m mit möglichst hoher UV-Leistung weitgehend homogen auszuleuchten. Das war Anlass, das Xe_2*-Excimer-System zu optimieren, wobei den Parametern elektrische Leistung, Wirkungsgrad der VUV-Strahlungserzeugung und Lebensdauer der Strahler entscheidende Bedeutung zukam.
Die Untersuchungen wurden an einem wassergekühlten Strahlerkopf mit zwei sich in der Mitte etwa 10 cm überlappenden Strahlern von je 1,30 m Länge durchgeführt, die von einem Röhrengenerator 15 kW HF-Leistung (Fa. Steremat) bzw. 10 kW (Fa. Hüttinger) gespeist wurden. Die anregende Hochspannung zwischen 2 und 5 kV mit einer Frequenz zwischen 250 und 700 kHz wurde an einem LC-Schwingkreis abgenommen und mittels Hochspannungskabel beiden Strahlern separat zugeführt. Die Arbeitsfrequenz ließ sich durch Eingriffe am Schwingkreis des Röhrengenerators zwischen 250 und 700 kHz verändern. Zur Erfassung der relevanten elektrischen Parameter wurde eine Messbox entwickelt, die nah am Strahlerkopf die Messung von Strom und Spannung zur Erfassung und Weiterverarbeitung (Blindleistung, Wirkleistung) an einem Digital-Oszilloskop (Yokogawa DL1740) erlaubte.
Ein typisches Oszillogramm ist in Abb. 1 gezeigt.

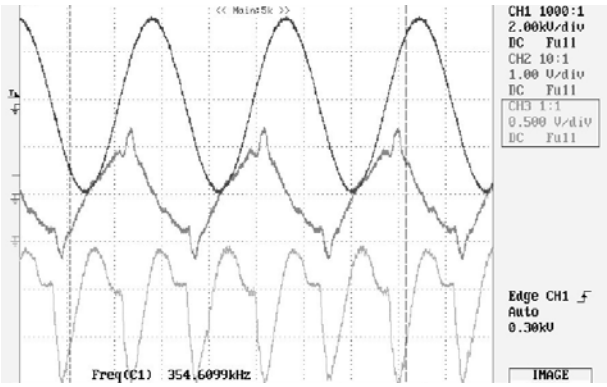


Abb. 1: Oszillogramm von Spannung (oben), Strom (Mitte) und VUV-Emission (unten) bei 355 kHz und Scheitelspannung 3,5 kV (Yokogawa DL1740)

Der angelegten sinusförmigen Hochspannung (oben) ist ein Strom (Mitte) zugeordnet, der sich aus einem durch die kapazitive Belastung von Strahler und Zuführungskabeln hervorgerufenen Blindstrom und einem in den Momenten der eigentlichen Gasentladungen im Entladungsraum fließenden Wirkstromanteil zusammensetzt. Am dritten Kanal (unten) wird die damit korrespondierende Lichtemission zeitaufgelöst angezeigt, die mittels einer schnellen Photodiode erfasst wird.
In Abb. 2 sind die Messergebnisse der dem Drehstromnetz entnommenen Leistung, HF-Leistung am Strahlerkopf und VUV-Leistung in Abhängigkeit von der Frequenz mit der angelegten Hochspannung als Parameter dargestellt.

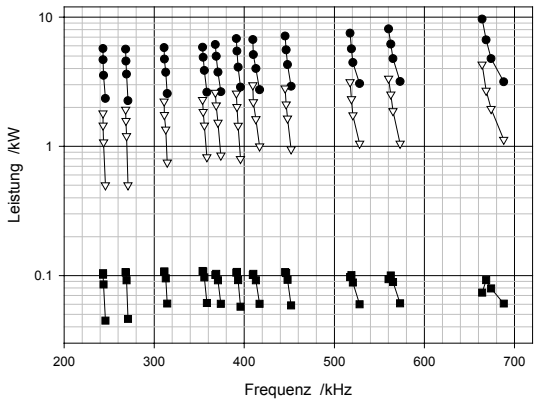


Abb. 2: Elektrische Leistung aus dem Netz (oben ●), HF-Wirkleistung am Strahlerkopf (Mitte △) und VUV-Leistung (unten ■) einer Röhre über der Frequenz bei verschiedenen Spannungen am Strahlerkopf (jeweils von unten nach oben: 2,0, 2,75, 3,5 und 4,1 kV)

Gleichfalls zum Zwecke der Leistungserhöhung wurden analoge Arbeiten an einem 222-nm-Doppellampensystem (KrCl*) mit 60 cm Strahlerlänge durchgeführt. Diese Systeme sind für die photoinitiatorlose Härtung von Beschichtungen von Bedeutung /2/.

Es wurden für die Xe_2*- und KrCl*-Excimerentladung an industriell einsetzbaren Lampensystemen umfangreiche Erkenntnisse zum (i) Wirkungsgrad der UV-Emission in Abhängigkeit von Frequenz und Hochspannung, zur (ii) Abhängigkeit des emittierten Spektrums von der angelegten Hochspannung, zum (iii) thermischen Gleichgewicht und zur Kühlung der Strahler sowie zur (iv) zeit- und ortsaufgelösten Emission der UV-Quanten gewonnen.
Die an beiden Excimersystemen erzielten Untersuchungsergebnisse fließen gegenwärtig in Konstruktion und Bau von UV-Bestrahlungsanlagen für Industriepartner ein.

/1/ R. Schubert, Erzeugung von Oberflächenstrukturen durch photochemische Mikrofaltung und Abformung, FDS-Workshop, Dresden 2000.
/2/ T. Scherzer, W. Knolle, S. Naumov, R. Mehnert, Direct initiation of the photopolymerization of acrylates by short-wavelength excimer UV radiation, Nucl. Instr. and Meth. B, **208** (2003), 271.

Entwicklung von Messverfahren und Sensoren für die Messung von VUV-Strahlung

R. Blaue, L. Prager, P. Stadt*

* G.E.R.U.S. mbH, Ostendestr. 1, 12459 Berlin

Im Rahmen des AIF-Verbundvorhabens mit der G.E.R.U.S. mbH Berlin „Ar_2*–Excimerstrahler-Überwachung im Wellenlängenbereich 120–400 nm“ wurden Arbeiten zur messtechnischen Erfassung von VUV-Strahlung im Bereich von 120–200 nm durchgeführt.
Es erfolgte zunächst die Entwicklung eines Messsystems, das aktinometrisch die VUV-induzierte Bildung von Ozon in Sauerstoffgas quantitativ zu erfassen und auszuwerten gestattet.

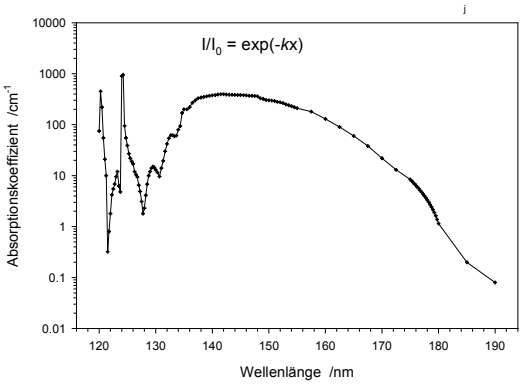


Abb. 1: Absorptionsspektrum von reinem Sauerstoff /1/

Für das Schumann-Runge-Kontinuum (130-180 nm) ist der Verlauf des Absorptionsspektrums stetig und messtechnisch leicht erfassbar (s. Abb. 1). Laszlo et al. /2/ untersuchten für den Wellenlängenbereich der Xe_2*–Excimeremission um 172 nm die Quantenausbeute der Ozonproduktion, die demnach für einen großen Ozon-Konzentrationsbereich durch die empirische Gleichung $\Phi = 2 - 520\ [O_3]$ quantitativ hinreichend exakt beschrieben wird. Darauf aufbauend wurde eine Messzelle konstruiert, durch die ein geregelter Sauerstoffstrom fließt, in dem die durch ein VUV-Fenster eingestrahlten Photonen vollständig absorbiert werden und gemäß den oben beschriebenen Gesetzmäßigkeiten die Produktion von Ozon bewirken. Nachfolgend wird die Ozonkonzentration mit einem handelsüblichen Gerät gemessen, wonach die Anzahl der Photonen bzw. die UV-Leistung bestimmt werden können. Diese Methode steht nun im IOM als Primärstandard zur Eichung von VUV-Messgeräten zur Verfügung.
Um den Messaufwand zu vereinfachen, wurde ein optoelektronisches Messgerät entwickelt, das einen Szintillationskristall als Sensor enthält, in dem einfallendes kurzwelliges UV-Licht durch Fluoreszenz in langwelliges UV- und sichtbares Licht umgewandelt wird. Dieses Licht wird dann von einer GaP-Photodiode aufgefangen. Der entstehende Photostrom wird gemessen und kann, nachdem das System mittels Ozonaktinometrie kalibriert wurde, direkt als UV-Lichtleistung angezeigt werden. Der Umweg über einen Fluoreszenzkristall wurde erforderlich, weil hochenergetisches VUV-Licht Photodioden in wenigen Minuten durch Bildung optisch aktiver Zentren zerstört.

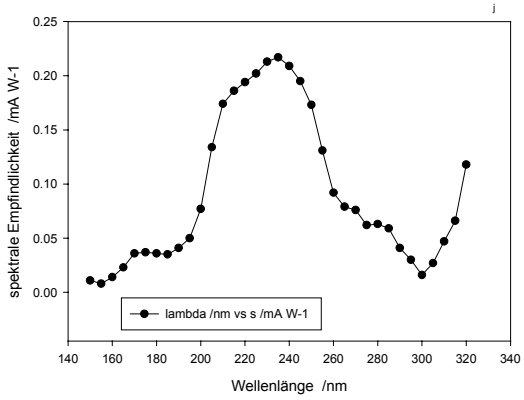


Abb. 2: Kalibrierkurve des Systems Szintillationskristall - GaP, (BESSY 2003 im Auftrag)

In Abb. 2 ist die spektrale Empfindlichkeit eines konkreten derartigen Musters dargestellt. Die starke Abhängigkeit von der Wellenlänge bewirkt, dass schmalbandige, fast monochromatische Emissionen quantitativ gut erfasst werden können, während polychromatisches Licht, insbesondere mit unbekannter Gewichtung der emittierten Linien oder Bänder, nicht bewertet werden kann.
Gemeinsam mit der G.E.R.U.S. mbH wurden bisher drei Typen von Geräten für die Messung von 172-nm-Excimerstrahlung entwickelt und gebaut:

- als Monitor zur Lebensdauerüberwachung installierter VUV-Lampen (s. Abb. 3),
- als Gerät zur direkten Leistungsmessung,
- als mit dem Transportband mitlaufendes Gerät zur Bestimmung des Weg-UV-Leistungsprofiles und der UV-Gesamtdosis eines zu bestrahlenden Produktes.

Abb. 3: Monitorgerät zur Messung und Überwachung von 172-nm-Excimerstrahlern

/1/ K. Watanabe, E.C.Y. Inn, M. Zelikoff, Absorption coefficients of gases in the vacuum ultraviolet, J. Chem. Phys. **20** (1952), 1969.
/2/ Z. Laszlo, I. Ilisz, G. Peintler, A. Dombi, VUV intensity measurement of a 172 nm Xe excimer lamp by means of oxygen actinometry, Ozone Science & Engineering **20** (1998), 421.

Oberflächenmodifizierung von Zeolith-Katalysatoren

F. Bauer, E. Bilz, W.-H. Chen*, A. Freyer, S.-B. Liu*

* Institute of Atomic and Molecular Sciences, Academia Sinica, P.O. Box 23-166, Taipei, Taiwan 106, R.O.C.

Bedingt durch Kristallitgrößen im Submikrometerbereich ist der Einfluss der äußeren Oberfläche von Zeolithkatalysatoren auf die Katalysatorselektivität hoch. Zur Unterdrückung von nichtselektiven Oberflächenreaktionen wurden bindemittelfreie Zeolithe der Typen ZSM-5 und Ferrierit zwei unterschiedlichen Oberflächenmodifizierungsverfahren (Chemical Liquid Deposition - CLD) von Tetraethoxysilan und Vorverkokungstechnik (Pre-coking) mit Methanol unterzogen. Der Effekt beider Modifizierungsverfahren auf die Selektivität der Xylenisomerisierung an HZSM-5 wurde durch kinetische Experimente mit einem industriellen, ethylbenzenhaltigen Einsatzgemisch bestimmt. Danach ergibt die Modifizierung durch Pre-coking eine günstigere Oberflächenmodifizierung hinsichtlich der unerwünschten Disproportionierung von Xylen und damit des Xylenverlusts (Abb. 1).

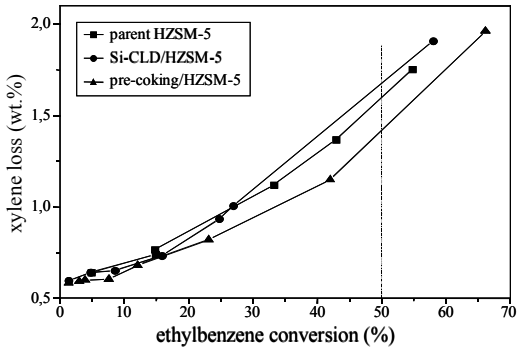


Abb. 1.: Einfluss der Oberflächenmodifizierung auf die Ethylbenzenumwandlung und den Xylenverlust während der Xylenisomerisierung bei 673 K an Pt/HZSM-5.

Des Weiteren wurden ^{31}P MAS NMR Experimente mit Tributylphosphinoxid als Sondenmolekül durchgeführt, um die Auswirkung der Modifizierungsverfahren auf die Azidität der äußeren Kristallitoberfläche zu erfassen. Während sich die Verteilung der Säurestärke bei CLD nur unwesentlich ändert, konnte für das Vorverkokungsverfahren eine Abnahme des Anteils an stark aziden Oberflächenzentren von 26 % auf 3 % festgestellt werden (Abb. 2). Dies erklärt das unterschiedliche Verhalten der beiden Modifizierungsverfahren bezüglich der sterisch anspruchsvolleren, bimolekularen Xylendisproportionierung, die überwiegend bei kleinen Kristalliten an der äußeren Oberfläche abläuft.

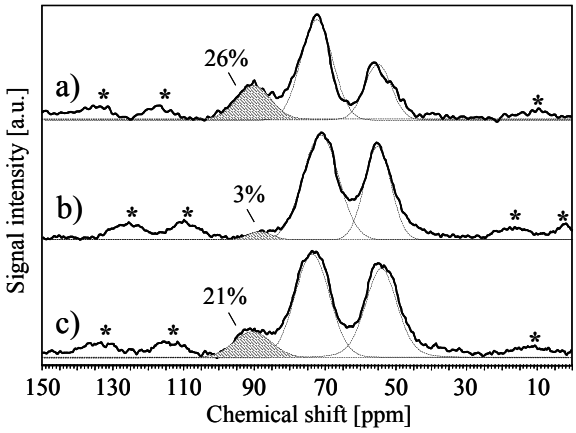


Abb. 2.: ^{31}P MAS NMR Spektren von TBPO, adsorbiert an (a) unbehandelten, (b) vorverkokten und (c) silanisierten HZSM-5-Proben. Die Sterne kennzeichnen Rotationsseitenbänder.

Zur Bestimmung der BET-Oberfläche und des Mikroporenvolumens der unbehandelten und modifizierten Katalysatorproben wurden Stickstoffadsorptionsmessungen herangezogen. Vorverkokung und Silanisierung führen zu einer leichten Verminderung der BET-Oberfläche und des Mikroporenvolumens, wobei die Silanisierung das Mikroporenvolumen stärker vermindert als die Vorverkokung.

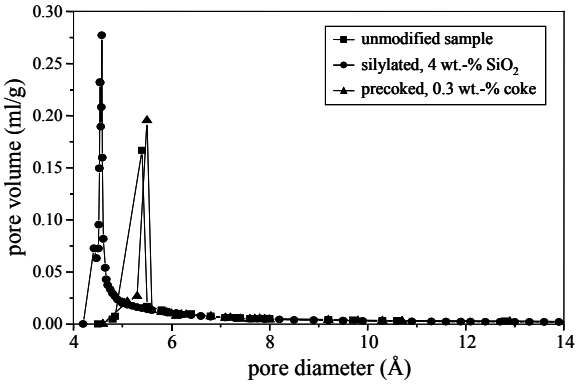


Abb. 3.: Horvath-Kawazoe Porengrößenverteilung von HZSM-5 vor und nach der Modifizierung der Katalysatoroberfläche

Ursache dieses unerwünschten Effektes ist die wasser-induzierte Zersetzung der Alkoxysilane in kleine Silikonspezies, die sich in den Zeolithporen ablagern können (Abb. 3).
Damit ist die Vorverkokung das effizientere Verfahren zur Steigerung der Selektivität bei der Xylenisomerisierung an ZSM-5.

/1/ F. Bauer, W.-H. Chen, Q. Zao, A. Freyer, S.-B. Liu, Improvement of coke-induced selectivation of H-ZSM-5 during xylene isomerization, Micropor. Mesopor. Mat. **47(1)** (2001) 67.

/2/ F. Bauer, W.-H. Chen, H. Ernst, S.-J. Huang, A. Freyer, S.-B. Liu, Selectivity mprovement in xylene isomerization, Micropor. Mesopor. Mat., submitted.

FACHBERICHTE

- LADUNGSTRANSPORTPROZESSE UND IONENSTRAHLQUELLEN
- PRÄZISIONS-OBERFLÄCHENFORMGEBUNG
- µM- UND NM-STRUKTUREN
- OBERFLÄCHENMODIFIZIERUNG UND ANORGANISCHE SCHICHTEN

Clusterung von Breitstrahl-ionenquellen

F. Scholze, M. Tartz, H. Neumann

Die Bearbeitung von Flächen mit Abmessungen von mehreren zehn Zentimetern bis zu einigen Metern durch niederenergetische Ionenstrahlen erfordert robuste, industrietaugliche Werkzeuge in den gleichen Dimensionen. Eine einfache Vergrößerung von zirkularen Ionenquellen durch Skalierung stößt an physikalische und fertigungstechnische Grenzen. Ausgehend von Breitstrahlionenquellen mit einem Multiaperturgittersystem, deren Funktionsstabilität in verschiedenen Anwendungen zur Oberflächenkorrektur und Schichtabscheidung bewiesen ist, wurde durch deren Mehrfachanordnung eine geclusterte Ionenstrahlquelle aufgebaut und charakterisiert. Die konstruktiv gewählte Anordnung gestattet neben der Charakterisierung einer großflächigen Ionenstromdichteverteilung auch durch eine stärkere Kippung der Quellen die Erzeugung eines fokussierten Ionenstrahls mit hohen Stromdichten im generierten Profil.

Aufbau der CISQ 120 ECR4

Im Funktionsmuster wurde eine hexagonale Anordnung von 7 ECR-Ionenstrahlquellen mit 120 mm Ionenstrahldurchmesser so aufgebaut, dass drei Quellen bzgl. der mittleren Quelle entsprechend den Ergebnissen der Simulation um 8° zur Mittelachse gekippt sind. Ein fokussierter Ionenstrahl konnte durch Kippung der drei anderen äußeren Quellen um 25° (resultierend aus einem Bearbeitungsabstand von 300 mm) erzeugt werden. Zusätzliche Freiheitsgrade sind dadurch vorhanden, dass jede der 7 Quellen im Gasfluss, in der Mikrowellenleistung und in den Versorgungsspannungen separat einstellbar ist. Übergeordnete Steuerungsalgorithmen erlauben einen mit einer einzelnen Quelle vergleichbaren Betrieb der Clusteranordnung.

Abb. 1: Geclusterte Ionenstrahlquelle zur Erzeugung großflächiger und fokussierter Ionenstromdichteverteilungen

Charakterisierung der CISQ

Die Charakterisierung der CISQ120 ECR erfolgte mit dem Betriebsgas Argon. Dabei wurde die Variation der Ionenstromdichteverteilung in verschiedenen Abständen zur Quelle bzw. bei unterschiedlichen Ionenenergien untersucht. Ausgewertet wurde das Ergebnis bei Betrieb der entsprechenden 4 Quellen für die zwei unterschiedlichen Ziele. Die Messung erfolgte mit einem Faraday-Sondenarray mit 256 Sonden, das bei jeder Messung parallel zur mittleren Ionenquelle ausgerichtet war.

Zur Erzeugung großflächiger Ionenstromdichten waren die entsprechenden 4 Ionenquellen mit einem planen Gittersystem ausgestattet, das die größte homogene Verteilung pro Quelle ermöglicht. Die Gesamtionenstromdichteverteilung setzte sich durch Superpositionierung der einzelnen Verteilungen zusammen. Die Anordnung der Einzelquellen beeinflusst die Kontur der Ionendichteverteilung und gestattet so die Erzeugung technologieangepasster Verteilungen auch unter Nutzung angepasster Gittersysteme. Bei Substratrotation wird über einen Durchmesser von 360 mm eine Homogenität der Ionenstromdichte von ±5 % ohne weitere Optimierung erreicht.

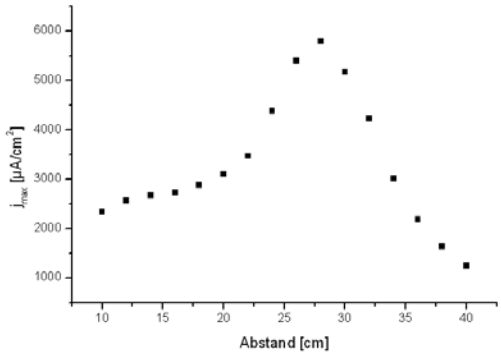


Abb. 2: Maximale Ionenstromdichte als Funktion des Abstandes von der Quelle bei einer Ionenenergie von 800 eV

Die Erzeugung eines Ionenstromdichteprofils mit hohen Stromdichten erfolgte mit Hilfe des Einsatzes von fokussierenden Gittersystemen in den Einzelquellen. Die maximale Ionenstromdichte steigt für diese Anordnung bis zu einem Abstand von ca. 28 cm an, durchläuft ein Maximum und sinkt danach wieder ab (Abb. 2). Bei der starken Kippung der Quellen wird durch die Projektion der Sondenfläche eine zu geringe Stromdichte gemessen. Eine entsprechende Korrektur liefert eine maximale Stromdichte von 12mA/cm^2 bei 4 Quellen bei FWHM von 70 mm.

Durch diese hohen Stromdichten erscheinen beim Einsatz des beschriebenen Prinzips Beschichtungsraten bei z. B. Al_2O_3 von einigen nm/s realisierbar.

Strahlprofilsteuerung von Breitstrahlionenquellen

M. Tartz, F. Scholze, E. Hartmann, H. Neumann

Für die Anwendung von Breitstrahlionenquellen sind die Eigenschaften des Breitstrahles entscheidend. Speziell an die Technologie angepasste Strahlprofile verbessern die Effektivität des Ionenstrahlprozesses oder erlauben überhaupt erst neue Anwendungen.
Das Strahlprofil wird bei gegebenen Plasmaeigenschaften im Wesentlichen vom Extraktionssystem bestimmt. Die Generierung angepasster Strahlprofile kann daher über eine geeignete Modifizierung des Extraktionssystems oder durch die Überlagerung mehrerer Strahlprofile (Ionenquellencluster) geschehen. Diese Möglichkeiten der Strahlprofilsteuerung wurden mit Hilfe einer ionenoptischen Simulation untersucht.

Modifizierung des Extraktionssystems

Passt man die Geometrie des Extraktionssystemes an die vorliegende Plasmadichteverteilung /1/ an, lassen sich wohldefinierte Breitstrahlprofile erzeugen.
Für eine großflächige Strahlhomogenisierung z. B. können die Lochdurchmesser so modifiziert werden, dass alle *beamlets* mit gleicher Divergenz extrahiert werden. Die extrahierte Stromdichte wird homogenisiert, indem die Lochabstände entsprechend angepasst werden, wodurch sich ein nahezu abstandsunabhängiges homogenes Strahlprofil ergibt. Das gleiche Resultat erhält man auch durch eine Modifizierung der Dicke des Schirmgitters, wodurch sowohl Divergenz als auch Stromdichte homogenisiert werden. Eine Änderung der Lochabstände entfällt hier.

Ionenquellencluster

Da sich die Herstellung von Extraktionssystemen sehr großen Durchmessers aufgrund von mechanischen und thermischen Randbedingungen als schwierig erweist, stellt die geeignete Überlagerung mehrerer kleiner Ionenquellen eine günstige Alternative dar. Es wurde untersucht, wie die Quellen auszurichten sind, damit eine möglichst große homogene Strahlfläche entsteht. Hierfür wurden 3 Modell-Breitstrahlprofile mit unterschiedlicher Divergenz unter variierten Ionenstrahlwinkeln bezüglich der zentralen Quelle überlagert (Abb. 1).
Es ergeben sich ausgedehnte homogene Profile (Durchmesser bis etwa zum 2,5-fachen des Einzelquellendurchmessers), die durch die Überlagerung von jeweils drei Profilen von Spitzen um etwa 10 % überragt werden. Diese Spitzen lassen sich durch geeignete Modifikation der Extraktionssysteme verringern.

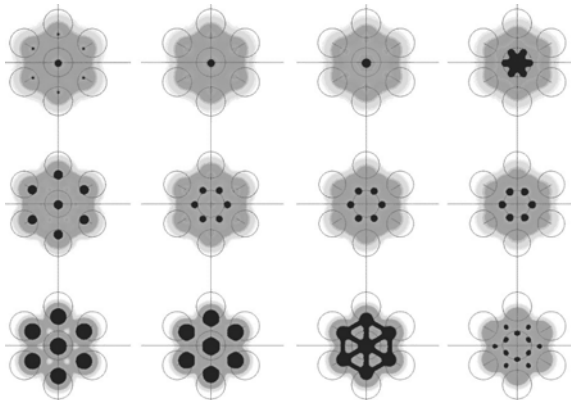


Abb. 1: Überlagerung der Profile von 7 Ionenquellen (∅ 120 mm) (von links: Winkel zur zentralen Quelle 7°, 8°, 9°, 10°, vertikal: 3 Modellprofile, Abstand 30 cm)

Segmentierte Extraktionssysteme

Unterteilt man das Multiapertur-Extraktionssystem in Segmente und beaufschlagt diese gezielt und unabhängig voneinander mit einem Potenzial, lassen sich nahezu beliebige Stromdichteprofile erzeugen, die in situ zeitlich verändert werden können.
Untersucht wurde dieser Effekt an einer linearen Ionenstrahlquelle /2/ mit 2 cm breiten Segmenten, deren Potenzial mittels PLM-Strahlschalter verändert werden kann. Über das Verhältnis zwischen Puls und Pause kann der Beitrag jedes Segmentes zum Gesamtstrahl eingestellt werden.

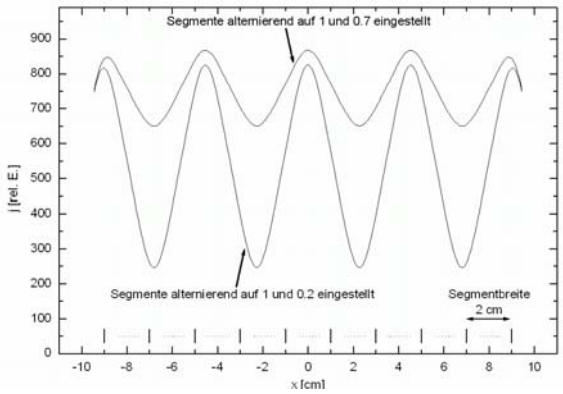


Abb. 2: Strahlprofil (Längsschnitt) der segmentierten Linearquelle (Abstand 12 cm).

Schaltet man die Segmente abwechselnd auf 100 % und 70 % bzw. 20 %, so ergibt sich ein analoges Muster im Breitstrahlprofil (Abb. 2). Die Übergänge sind fließend, es entstehen keine Stufen durch unterschiedlich geschaltete benachbarte Segmente. Allerdings sind aufgrund der *beamlet*-Divergenzen die Unterschiede zwischen Maximum und Minimum geringer als die eingestellten Skalierungsverhältnisse.

/1/ M. Tartz, E. Hartmann, R. Deltschew, H. Neumann, Rev. Sci. Instrum. **71** (2) (2000) 678.
/2/ F. Scholze, H. Neumann, B. Faust, B. Dathe, R. Woyciechowski, Jahresbericht IOM 2000/2001.

Validierung eines neuartigen mehrstufigen Ionenquellenprinzips

S. Jankuhn, E. Hartmann, H. Neumann,
F. Scholze, M. Tartz, N. Koch*, G. Kornfeld*

* Thales Electron Devices GmbH, Söflinger Straße 100, D-89077 Ulm

Eine von der TED GmbH entwickelte hocheffiziente Mehrstufen-Plasma-(HEMP-)Ionenstrahlquelle weist extrem niedrige Wandverluste, einen niedrigen Zerstäubungsabtrag, hohe Schubdichten und einen ausgesprochen weiten Betriebsbereich auf und legt deshalb einen Einsatz als Korrekturtriebwerk in der Raumfahrt nahe /1/.
Im Rahmen einer DLR-Machbarkeitsstudie wurde am IOM versucht, den Reaktionsraum zu modellieren und den gebildeten Ionenstrahl experimentell zu charakterisieren.

Modellierung

Der Plasmazustand im Reaktionsraum wurde unter Verwendung des Particle-in-Cell-(PIC-)Codes `XOOPIC` /2/ beschrieben, in den die Neutralgasdichteverteilung und die magnetischen Felder mit Hilfe gegebener Routinen /3, 4/ eingeführt werden (Abb. 1).

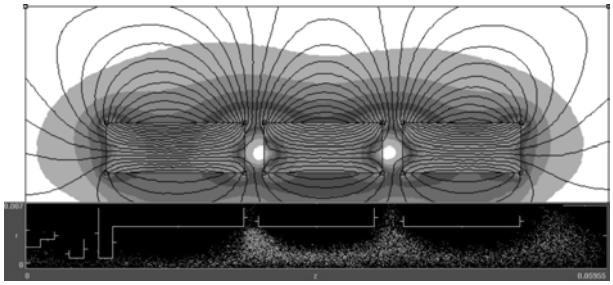


Abb. 1: Teilchendichteverteilung (hier: Elektronen, unten) im Magnetfeld (oben).

Dabei wurde gefunden, dass die Strahlquelle einfach zündet und eine sich exponentiell anwachsende Ionisation des Neutralgases ausbildet. Sich einstellende numerische Instabilitäten stellen jedoch die gefundenen stationären Ergebnisse unter einen gewissen Vorbehalt. (i) Das Plasma füllt alle Stufen relativ uniform aus, sodass (ii) eine Ionenbildung auf Anodenpotenzial nicht notwendig eine örtliche Nähe zu dieser Elektrode impliziert. (iii) Die Plasmagrenzschicht weist am unteren Ende (*downstream*) eine Konvexität auf, die ein konisches, divergentes Emissionsprofil zur Folge hat. (iv) Weiterhin kommt es zu selbsttragenden Prozessen, die den Einsatz von Primärelektronen und eine externe Ladungskompensation des Ionenstrahls überflüssig machen. (v) Allerdings ist noch offen, ob bei der jetzt gegebenen numerischen Stabilität in der Simulation der stationäre Zustand erreicht wird.

Charakterisierung

In den diagnostischen Untersuchungen wurden die Ionenstromdichten mit einem Faradaysondenarray und die Ionenenergien mit einem energieselektiven Massenspektrometer bestimmt (Abb. 2).

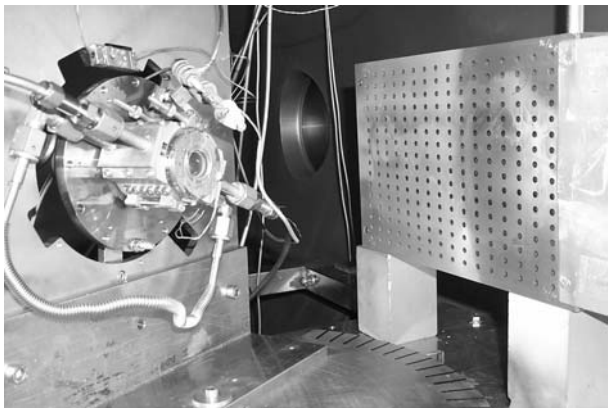


Abb. 2: Messanordnung zur Bestimmung der Ionenstromdichteverteilung des Triebwerkes (links) mittels Faradaysondenarray (rechts).

In Abhängigkeit von Anodenspannung und Gasfluss gemessene Ionenstromdichten wiesen eine konische Emissionscharakteristik auf, deren Divergenz in Übereinstimmung mit der Simulation mit beiden Messparametern wächst.
Den Strukturen in den Energieverteilungsspektren einfach (Abb. 3) und mehrfach geladener Xe-Ionen konnten in plausibler Weise bestimmte Entstehungsmechanismen und -orte zugeordnet werden. Die hohe Komplexität jedoch stand bisher einer quantitativen Diskussion entgegen.

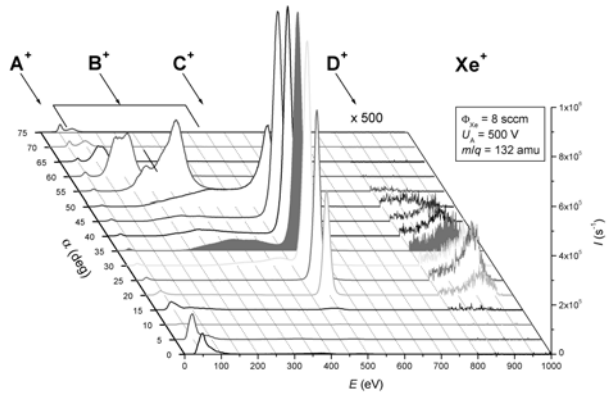


Abb. 3: Winkelaufgelöste Ionenenergieverteilung von Xe^+.

/1/ G. Kornfeld, J. Wegener, H. Seidel, *Plasmabeschleuniger-Anordnung*, Offenlegungsschrift DE 198 28 704 A 1.
/2/ J. P. Verboncoeur, A. B. Langdon, N. T. Gladd, Comput. Phys. Commun. **87** (1995), 199.
/3/ M. Tartz, E. Hartmann, R. Deltschew, H. Neumann, AIAA Paper No. AIAA 1998-3646 (1998).
/4/ D. Meeker, FEMM v. 3.3 (2003).

Ionenstrahl-Polierfehlerkorrektur von Synchrotron-Beamline-Optiken einer neuen Generation

T. Hänsel, A. Schindler, A. Nickel, H.-J. Thomas
F. Siewert*, H. Lammert*, T. Zeschke*

* BESSY GmbH, Albert-Einstein-Str. 15, D-12489 Berlin, Germany

Die Leistungsfähigkeit von Beamlines von Synchrotron-Strahlungsquellen der 3. Generation wie BESSY II ist begrenzt durch die Oberflächenqualität der eingesetzten optischen Komponenten. Eine am BESSY II neuentwickelte Oberflächenmesstechnik (NOM) /1/ mit sub-nm-Genauigkeit schaffte die Voraussetzung, Röntgenoptiken einer neuen Generation mit Oberflächen im Bereich ≤ 0,1 arcsec rms herzustellen. Unter Verwendung der NOM-Topographie-Daten und durch den Einsatz örtlich hochaufgelöster Ionenstrahlbearbeitung (IBF) soll eine Oberflächengenauigkeit < 0,02 arcsec rms Tangentenfehler erzielt werden, was eine 5-10-fache Verbesserung der Qualität derzeitig hergestellter Bauelemente bedeutet /Tab. 1/.

Formgenauigkeit	**arcsec rms (Tangentenfehler)**		
Form	Stand konv. Fertigung		Ziel
Planfläche	≈ 0,1	0,02**	0,03**
Sphäre	≈ 0,1		0,02
Zylinder	≈ 0,5	0,04**	0,1***
Toroid	≈ 0,5	0,04**	0,1***
Paraboloid	≈ 1,0	0,04**	0,1***
Ellipsoid	≈ 1,0	0,04**	0,1***
Carl Zeiss brochure: „Mirrors for Synchrotron Radiation“; **) 100 mm Optik; ***) 310 mm Optik			

Tab. 1: Stand und angestrebte Formgenauigkeit von Synchrotron-Beamline-Optiken

Eine auf der engen Zusammenwirkung von Messtechnik und Endbearbeitung basierende erfolgreiche Verbesserung der Oberflächenformvon Röntgenspiegeln kann am Beispiel der IBF-Polierfehlerkorrektur eines plan-elliptischen Spiegels (Material: Zerodur^{TM}) in 3 Bearbeitungsschritten gezeigt werden.
Die IBF-Polierfehlerkorrektur erfolgte durch ein computerkontrolliertes mäanderförmiges Abfahren der Oberfläche mit einem Ionenstrahl mit gaussförmigem Abtragsprofil kleiner Halbwertsbreite mit Verweilzeiten proportional zum erforderlichen Materialabtrag /2/. Eine im IOM entwickelte 40 mm-Ionenquelle vom Kaufman-Typ mit fokussierenden Gittern wurde bei Verwendung folgender Quellenparameter zur Bearbeitung eingesetzt: Ionenenergie: 800 eV, Ionenstrom: 20 mA, Ätzgas: Ar^+.

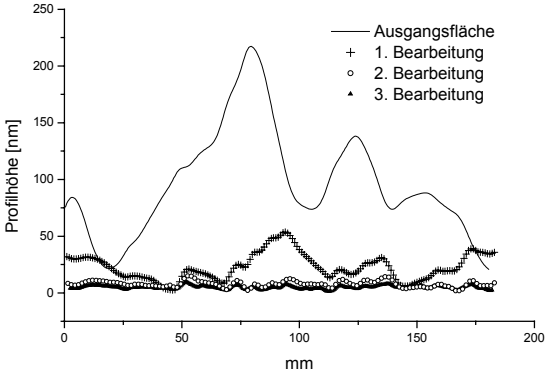


Abb. 1: Höhenprofile der Mittelspur von Ausgangsfläche und nach den einzelnen Ionenstrahl-Bearbeitungsschritten (best-angepasste Ellipse abgezogen).

Die mit der Entwicklung von neuen Synchrotron-Strahlungsquellen gestiegenen Anforderungen an die einzusetzenden Optiken verlangen in zunehmenden Maße die lokale Korrektur von Formfehlern bis in den mittleren Ortswellenlängenbereich (5 mm > ℓ > 500 µm), was den Einsatz entsprechend gewählter Abtragsprofile erfordert.
Diese werden mittels Lochblenden - platziert zwischen Ionenquelle und Werkstück - realisiert.

IBF-Bearbeitungsschritt	Slope [arcsec] rms	Höhe [nm] rms	IBF-Profil mm FWHM
Ausgangsfläche	1,21	47,3	
1.Schritt	0,44	13,3	6
2.Schritt	0,26	2,9	6
3.Schritt	0,138	1,4	2

Tab. 2: Winkel- und Höhenfehler (Mittelspur) eines plan-elliptischen Fokussierspiegels nach 3 Bearbeitungsschritten

Abb. 1 und Tab. 2 zeigen die Verbesserung der Oberflächenform durch Ionenstrahlkorrektur. Der erzielte Tangentenfehler von 0,138 arcsec rms ± 0,02 arcsec (Mittelspur) und eine Profilhöhenabweichung von 8,8 nm PV ± 0,5 nm (shärischer Fit abgezogen) repräsentiert eine 10-fache Verbesserung gegenüber bisher eingesetzter fokussierender Spiegel. Eingesetzt in einer Beamline als horizontal fokussierender Spiegel wurde ein Fokus von < 20 x 20 µm^2 erreicht sowie eine horizontale Intensitätsverteilung von 17 µm (± 10 %) HWB. Das entspricht in dieser Beamline von BESSY II einer Verdopplung der optischen Leistung gegenüber dem Einsatz bisher verfügbarer Spiegel. Damit wird ein Optimum an optischer Leistungsfähigkeit erreicht.

/1/ F. Siewert et al., The Nanometer Optical Component Measuring Machine: a new sub-nm topography measuring device for X-ray optics at BESSY, SRI2003 Conference, San Francisco, 2003.
/2/ A. Schindler et al., Finishing procedure for high performance synchrotron optics, Proc. SPIE **5180** (2003) 64-72.

Diese Arbeiten wurden unterstützt durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, Projekt-Nr.: 13 N 7929.

Softwareentwicklung für die Ionenstrahlbearbeitung von Sphären und Asphären

A. Nickel, H.-J. Thomas, T. Hänsel, A. Schindler

Der Schwerpunkt der Softwareentwicklung im Bereich der Ultrapräzisions-Oberflächenbearbeitung mittels Ionenstrahlen (IBE) und dem Plasmachemischen Ätzen (PACE) lag bisher auf der Simulation der 2- und 4-Blenden- sowie der Verweilzeitmethode für planare optische Bauteile und Wafer. Bedingt durch den Durchbruch der Asphärentechnologie in der mechanischen optischen Fertigung (CNC) wurden in jüngster Vergangenheit Programme zur Simulation des 3D-Ionenstrahl-Verweilzeitverfahrens für Sphären und Asphären entwickelt.

Bei diesen Verfahren wird der Ionenstrahl auf der Bahn eines sphärisch gewölbten Mäanders (die Mäanderzeilen sind Breitenkreise) in konstantem Abstand senkrecht zur Werkstückoberfläche mit unterschiedlicher Geschwindigkeit entsprechend den berechneten Verweilzeiten geführt (Abb. 1).

Die Verweilzeiten werden durch Entfaltungsoperationen der einzuebnenden bzw. Ziel-Topologie mit der Abtragsfunktion des Ionenstrahles (Superposition von Gauß-Funktionen) unter Einhaltung der Limits von maximaler Geschwindigkeit und Beschleunigung des Bewegungssystems berechnet. Wahlweise stehen folgende Algorithmen zur Verfügung:

- Lucy-Richardson-Entfaltung /1, 2/,
- Wiener Filter,
- Regularisierter Filter,
- Modifizierte van-Cittert-Entfaltung /3/.

Die Simulationsprogramme geben Grafiken (Abb. 2) und Dateien der Input- und Restfehlertopologie, der Abtragsfunktion und der Verweilzeiten zur Bewegungssteuerung aus. Die zur Entfaltung notwendige materialspezifische Abtragsfunktion kann dabei aus einer oder mehreren Grabenätzungen mittels automatisierter nichtlinearer Fitprozedur bestimmt werden. Die Programme sind im Entwicklungssystem MATLAB erstellt, mittels MS VC.NET kompiliert worden und gestatten sowohl eine menügesteuerte Bedienung als auch für den industriellen Einsatz erforderliche parametergesteuerte Abarbeitung.

Zur Bearbeitung eines Werkstückes auf einer 5-Achsenanlage (lineare Achsen X, Y und Z sowie 2 orthogonale Kippachsen) wurden MS VC++-Programme für die AEROTECH-U600-Steuerung erstellt und erfolgreich eingesetzt. Ein virtueller Master synchronisiert dabei die Bewegung einer im Bewegungssystem aufgehängten Ionenquelle mittels einer Cam-Table für die Achsen auf der Basis der berechneten Verweilzeiten.

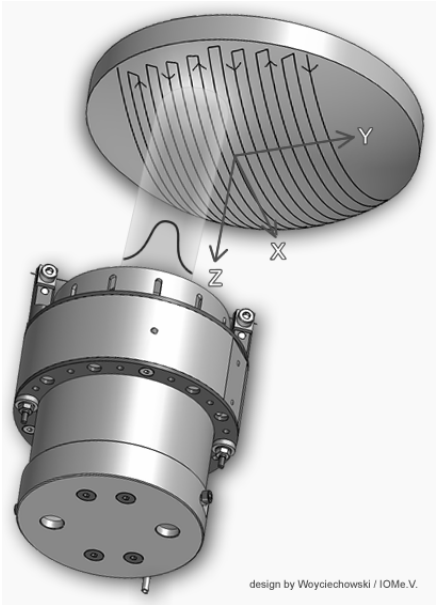


Abb. 1: Schema der sphärischen Mäanderätzung

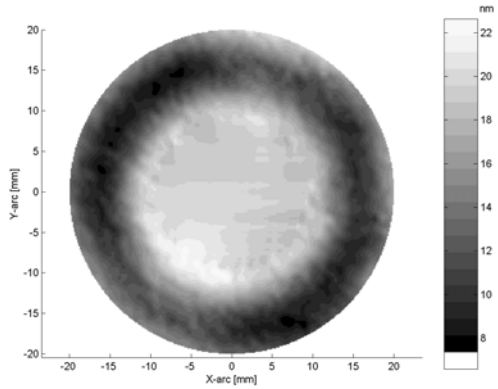


Abb. 2a: Einzuebnende konvexe Oberfläche mit einem Krümmungsradius von 80 mm

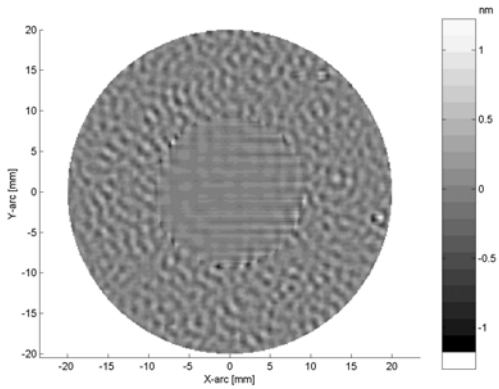


Abb. 2b: Restfehlertopologie als Ergebnis der Entfaltung und Simulation mit einer Gauß-Abtragsfunktion, Halbwertsbreite 2 mm, Abtragsrate 2 nm/s, Gesamtätzzeit 59 min.

/1/ D. S. C. Biggs, M. Andrews, Acceleration of iterative image restoration algorithms, Optics, Vol. **36**, No. 8, 1997

/2/ R. J. Hanisch, R. L. White, R. L. Gilliland, Deconvolutions of Hubble Space Telescope Images and Spectra in "Deconvolution of Images and Spectra", Ed. P. A. Jansson, 2nd ed., Academic Press, CA, 1997

/3/ N. R. Hill, G. E. loup, Convergence of the van Cittert iterative method of deconvolution, J. Opt. Soc. Am., Vol. **66**, No. 5, May 1976.

RIBE-Proportionaltransfer zur Herstellung von Mastern für die Abformtechnik diffraktiver Optiken und von Sub-Wellenlängenstrukturen

R. Fechner, A. Schindler, D. Hirsch, T. Gase*, R. Weigelt*, M. Helgert*

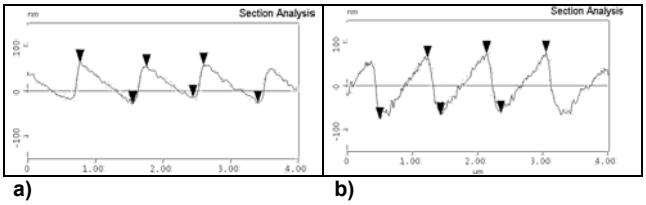
* Carl Zeiss Jena GmbH, Jena

Im modernen Optikdesign spielen diffraktive Elemente eine immer bedeutendere Rolle zur Erzielung anspruchsvoller optischer Eigenschaften. Bauelemente höchster Beugungseffizienz erfordern geblazte Strukturen. Für eine industrietaugliche Technologie sind Replikationsverfahren unverzichtbar. In einer Zusammenarbeit mit der Fa. Carl Zeiss Jena GmbH wurde eine Technologie zur Herstellung von Mastern aus optischem Quarzglas und anderen Gläsern entwickelt. Die wesentlichen Schritte dabei sind die holografische Lithografie und das proportionale Übertragen der 3D-Resistmaskenstrukturen in das optische harte Material mittels reaktiven Ionenstrahlätzens. An drei Beispielen werden die Ergebnisse vorgestellt.

Monochromator-Gitter für Raman-Spektrometer

Es werden zwei Gitter benötigt, ein Gitter für den Beleuchtungsmonochromator (Wellenlängenbereich 220 nm bis 400 nm; Blaze-Wellenlänge 300 nm, Typ I) und ein Gitter für den Empängermonochromator (Wellenlängenbereich 280 nm bis 600 nm, Blaze-Wellenlänge 420 nm, Typ II) mit den Abmessungen: Gitterradius 88,23 mm, Träger-Durchmesser 68 mm und Durchmesser der holografischen Gitter 52 mm.

Bei CZJ wurden die Sägezahn-Gitterprofile mit 1180 L/mm in einer 95 bis 100 nm dicken Fotoresistschicht mittels holografischer Lithografie auf den Glasträgern erzeugt. Entsprechend den Design-Blaze-Wellenlängen wurden die Resistmasken im IOM mittels RIBE in das Glassubstrat übertragen, für das Typ-I-Profil mit einer Tiefe von 120 bis 130 nm und für Typ II von 150 bis 160 nm. Abb. 1 zeigt die Profile, gemessen mit AFM im Resist und im Quarz. Abb. 2 zeigt den Vergleich der erreichten Beugungseffizienzen der Glasgitter mit den Designwerten für 9 von 13 Gittern.



a) b)

Abb. 1: AFM-Messungen an Beugungsgittern: a) holografische Resistmaske und b) ionenstrahlgeätzes Profil in BK7-Glas

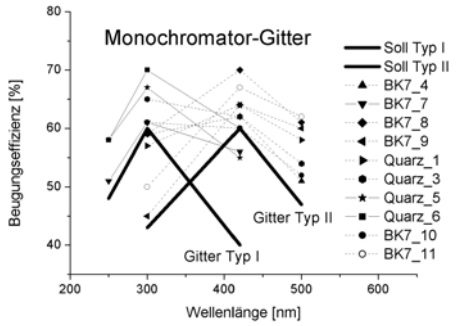


Abb. 2: Beugungseffizienzen der als Master hergestellten Monochromator-Gitter

Konkav-Gitter für Mehrkanal-Spektrometer-Modul MCS

Das hier als Master für die Gitterherstellung geforderte Objektiv (Gitterradius 116,31 mm; Mittendicke des Trägers 9,57 mm; Durchmesser 58 mm) wurde mit einem sägezahnförmigen Furchenprofil von 248 L/mm strukturiert. Die hohen Vorgaben der Beugungseffizienzen von 80 % bei 230 nm erfordert eine nanometergenaue Profilform mit einer Tiefe von 105 nm. Abb. 3 zeigt die Beugungseffizienzen der geätzten Gittermaster. Das Gitter wurde in die Produktion überführt.

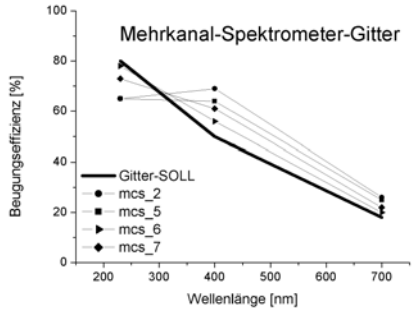


Abb. 3: Beugungseffizienzen der Mastergitter für Mehrkanal-Spektrometer

Funktionsmuster für breitbandige Entspiegelungsschichten

Bei CZJ wurden mittels holografischer Belichtung hochfrequente Kreuzgitter (6900 L/mm) in UV-Lack auf Quarzträgern erzeugt. Erste Strukturübertragungen (Abb. 4) ergaben eine Reflektivität von 2 % der Entspiegelungsschichten. Die Verbesserung von Strukturen, Design und Profiltiefe ist Gegenstand weiterer Untersuchungen.

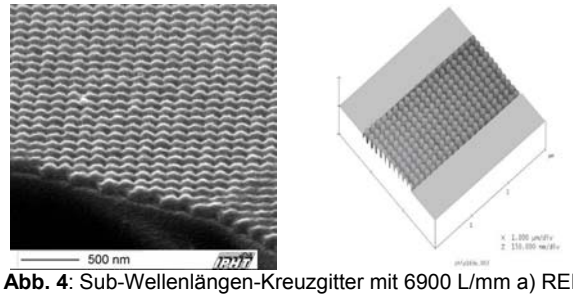


Abb. 4: Sub-Wellenlängen-Kreuzgitter mit 6900 L/mm a) REM-Aufnahme der Resistmaske b) AFM-Aufnahme der Struktur in Quarz

LIBWE – Prozesscharakterisierung und flexible Herstellung mikro-optischer Strukturen

R. Böhme, K. Zimmer

Infolge der geringen Absorption ist die direkte Lasermikrostrukturierung transparenter dielektrischer Materialien (Quarz, MgF_2, optische Gläser etc.) durch UV-Laser nur eingeschränkt erreichbar. Mit dem *laser-induced backside wet etching* (LIBWE) bietet sich die Möglichkeit, solche Materialien mit einem konventionellen UV-Laser (z. B. KrF- oder XeF-Excimerlaser) präzise und mit hoher Oberflächenqualität zu bearbeiten. Die Voraussetzungen für die Anwendung dieses Verfahrens sind die Transparenz des zu strukturierenden Materials für den verwendeten Laser und das Vorhandensein einer die Laserwellenlänge absorbierenden Flüssigkeit an der Probenrückseite /1/.

Prozesscharakterisierung

Der Ätzprozess ist, wie für wichtige transparente Materialien bereits ermittelt wurde /1, 2/, durch niedrige Schwellenenergiefluenzen (mehr als eine Größenordnung geringer als beim Abtrag unter Luft), einen nahezu ablagerungsfreien Abtrag, ausreichend hohe Ätzraten sowie durch eine gute Qualität der geätzten Oberflächen gekennzeichnet. Die Struktur und die chemische Zusammensetzung der geätzten Oberflächen wurden mit Rutherford Rückstreumessungen (RBS, 2 MeV He^{2+}), Photoelektronenspektroskopie (XPS) und Ramanspektroskopie untersucht.

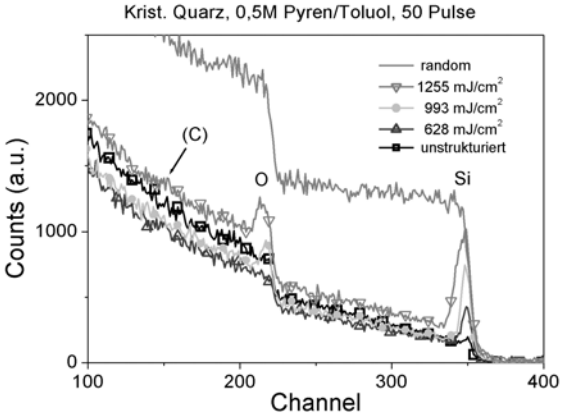


Abb. 1: Channeling-RBS-Spektrum einer kristallinen Quarzprobe, geätzt mit einer 0,5 M Pyren/Toluol-Lösung und 50 Laserpulsen.

Die in Abb. 1 dargestellten RBS-Channeling-Spektren von rückseitengeätzten kristallinen Quarzproben zeigen im Vergleich zur Referenzoberfläche sowie zum Random-Spektrum den Einfluss der Laserfluenz. Die Erhöhung der Rückstreu-Ausbeute an den Si- und O-Kanten im Spektrum der geätzten Proben im Vergleich zur ungeätzten Oberfläche ist auf eine dünne amorphisierte Schicht zurückzuführen. Die aus der Verbreiterung der Peaks im RBS-Spektrum ermittelbare Dicke der amorphen Schicht steigt bei gleicher Pulsanzahl mit der Laserfluenz an /3/. So konnte die Dicke der gestörten Schicht für Fluenzen zwischen 600 mJ/cm² und 1400 mJ/cm² mit 12 nm bis 55 nm bestimmt werden. Wie durch XPS-Messungen bestätigt wurde, wird die chemische Zusammensetzung der Oberflächen durch die Bearbeitung nur geringfügig geändert /3/.

Oberflächenmikrostrukturierung

Die Verbindung von Laserrückseitenätzen mit Maskenprojektionstechniken /4/ ermöglicht die präzise, definierte und flexible Herstellung von 2- und 3-dimensionalen Mikro- und Sub-Mikrostrukturen. Abb. 2 zeigt ein in Quarzglas geätztes Mikrolinsenarray. Die mittels Konturmaskentechnik erzeugte Struktur weist steile Kanten und eine glatte Oberfläche auf. Die gemessene Rauheit betrug bei einer Tiefe von 6 µm weniger als 5 nm rms und unterstreicht damit die Möglichkeit der Herstellung von mikrooptischen und mikrofluidischen Elementen.

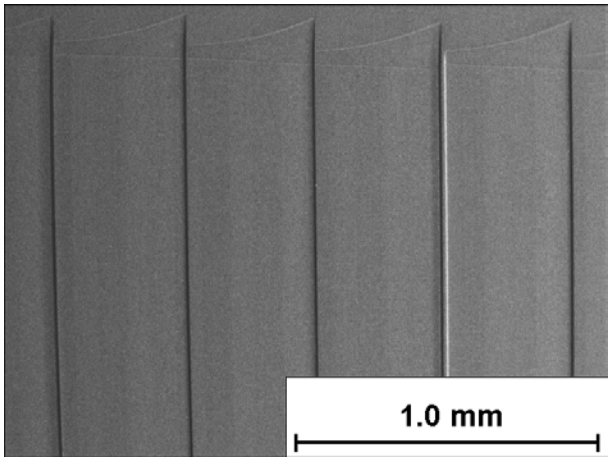


Abb. 2: SEM-Aufnahme eines mittels Konturmaskentechnik in Quarzglas geätzten Mikrolinsenarrays.

Die gute Oberflächenqualität sowie die geringen beobachteten Oberflächenveränderungen machen das Laserrückseitenätzen zu einem geeigneten Verfahren für das *rapid prototyping* von Oberflächenmikrostrukturen in der Mikrosystemtechnik.

/1/ R. Böhme, A. Braun, K. Zimmer, Appl. Surf. Sci. **186** (2002), 276–281.
/2/ K. Zimmer, A. Braun, R. Böhme, Appl. Surf. Sci. **208–209** (2003), 1999-204.
/3/ R. Böhme, D. Spemann, K. Zimmer, Thin Solid Films (2004), im Druck.
/4/ K. Zimmer, A. Braun, Excimer laser machining for 3D-surface structuring, in A. Peled (Ed.) Photo-Excited Processes, Diagnostics and Applications, Kluwer Academic Publishers, Boston (2003), ISBN 1-4020-7527-8.

Femtosekunden-Laserstrukturierung zur integrierten Verschaltung von Dünnschichtsolarzellen auf Folienbasis

K. Zimmer, D. Ruthe

Die Verschaltung von großflächig abgeschiedenen Dünnschichtsolarzellen zu Modulen erfordert eine Anzahl von Herstellungsschritten, die zur Konfektionierung für bestimmte Anwendungen notwendig sind. Diese Segmentierung und serielle Verschaltung dient unter anderem der Anpassung der Ausgangsspannung und hat die Verringerung der ohmschen Verluste zum Ziel. Die integrierte Verschaltung erfordert dabei die definierte Durchtrennung von aufgebrachten Schichten in unterschiedlichen Etappen der Zellenherstellung. Als Strukturierungsmethoden können mechanische Ritzverfahren, nasschemisches und Plasmaätzen sowie die Laserstrukturierung zur Anwendung kommen. Insbesondere zur Strukturierung von Dünnschichtsolarzellen auf polymeren Trägersubstraten ist die Anwendung der Lasertechnik aufgrund des kraftlosen Werkzeugeingriffs von Vorteil.
Die Energieeinkopplung bei der Laserstrukturierung kann aber auch zu Materialveränderungen mit der Ausbildung einer wärmebeeinflussten Zone und Randaufwürfen nahe des Ritzbereiches führen. Diese laserinduzierten Modifizierungen umfassen beispielsweise Schmelzbrücken, Partikelablagerungen und insbesondere bei Verbindungshalbleitern die Bildung von Sekundärphasen, die insgesamt lokale Kurzschlüsse verursachen und den Ausfall oder die Effizienzverminderung der PV-Elemente zur Folge haben, sodass geeignete Laserbearbeitungsmethoden zu entwickeln waren.
Die Strukturierung von Einzelschichten und Schichtsystemen erfolgte an einer Femtosekunden-Lasermaterialbearbeitungsanlage bei Wellenlängen von 775 nm und 387 nm und einer Pulsdauer von 120 fs sowie vergleichend mit ns-Laserpulsen bei einer Wellenlänge von 248 nm.

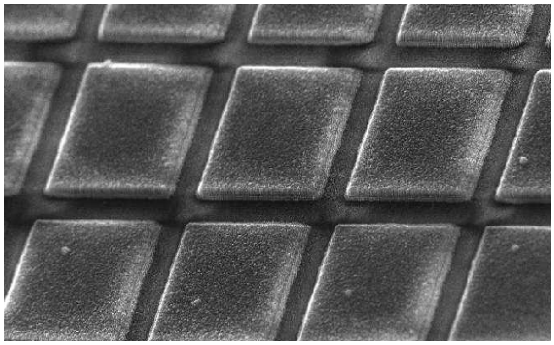
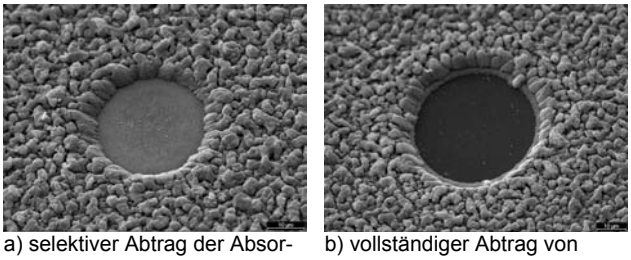


Abb. 1: REM-Aufnahme einer CIS-Strukturierung auf molybdänbeschichtetem Polyimid

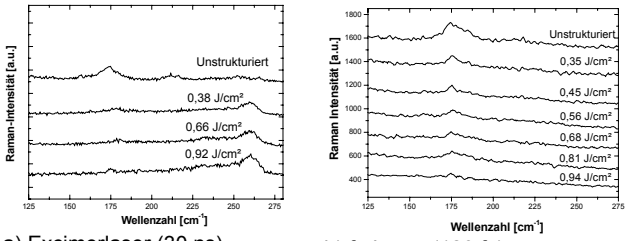
Die laserstrukturierten Bereiche wurden mit mikroskopische Analysemethoden zur Bestimmung der Topographie (REM, Interferenzmikroskop) sowie mit Methoden zur chemisch/strukturellen Analyse (EDX, Mikro-Raman, RBS) untersucht.
Die Abtragsraten, Schwellenfluenzen sowie die Ritzgeschwindigkeiten wurden für die Einzelschichten ermittelt und Bearbeitungsfenster für die Strukturierung der verschiedenen Front- und Rückkontakt- sowie Absorbermaterialien abgeleitet. Durch die Optimierung der Bearbeitungsparameter wurde der selektive Abtrag beispielsweise der Absorberschicht vom Rückkontakt (Abb. 2) erreicht, wodurch eine große Prozesssicherheit gewährleistet werden kann. Die Frequenzverdopplung der Lasergrundwelle hat eine Verringerung der Abtragsschwellenfluenzen zur Folge und kann darüber hinaus positiv auf die Selektivität des Laserritzens wirken.



a) selektiver Abtrag der Absorberschicht b) vollständiger Abtrag von Absorberschicht und Rückkontakt

Abb. 2: Schichtabtrag $CuInS_2$/Mo von einem Glassubstrat bei der Strukturierung mit fs-Laserpulsen

Vergleichende Untersuchungen des Randbereiches lasergeritzter CIS-Schichten mit Mikro-Raman-Spektroskopie ergaben, dass bei Anwendung vergleichbarer Laserfluenzen der Laserabtrag mit fs zu keiner Fremdphasenbildung führt, der bei der Anwendung von ns-Pulsen aber deutlich auftritt, wie in Abb. 3 zu sehen ist.



a) Excimerlaser (30 ns) b) fs-Laser (120 fs)

Abb. 3: Mikroramananalyse des Randbereichs strukturierter CIS-Schicht

Neben der Nutzung eines Gaußstrahls wurden unterschiedliche Strahlfoki durch Methoden der Strahlformung oder Maskenprojektion genutzt, um die vorhandene Pulsenergie effizient zu nutzen und dadurch eine deutliche Erhöhung der Ritzgeschwindigkeit um mehr als eine Größenordnung zu erreichen.
Die Anwendung von ultrakurzen Laserpulsen ermöglicht den schädigungsarmen und selektiven Abtrag von dünnen Schichten von flexiblen Polymersubstraten mit hoher Präzision und erlaubt so die integrierte Verschaltung der Schichten für Photovoltaische Anwendungen.

Biokompatibilitätsverbesserung von NiTi-Implantaten

S. Mändl, J. W. Gerlach, W. Assmann*, R. Sader**, B. Rauschenbach

* Maier-Leibniz-Labor, Ludwig-Maximilliams-Universität München, 85748 Garching
** Universitätsklinik für Wiederherstellende Chirurgie, Kantonsspital Basel, 4031 Basel, Schweiz

Metallische Implantate, selbst aus leichten Titanwerkstoffen, zeigen ein anderes elastisches Verhalten als biologisches Knochenmaterial. Superelastische Formgedächtnislegierungen wie NiTi kommen dem natürlichen Verhalten deutlich näher, sodass hier eine verbessertes Einwachsen und schnellere Heilung von Frakturen erwartet werden kann. Problematisch ist jedoch der hohe Nickelgehalt, der bei Freisetzung im Körper zu Allergien oder anderen negativen Resultaten führen kann. Allerdings liegt die Freisetzungsrate für NiTi-Legierungen deutlich unter der für nickelhaltige Edelstähle.

Nichtsdestotrotz kann durch eine geeignete Oberflächenbehandlung mit Plasma-Immersions-Ionenimplantation die Biokompatibilität deutlich verbessert werden. Dazu wurden Grundlagenuntersuchungen zur Oxidbildung in NiTi nach Sauerstoffionenimplantation durchgeführt. Polierte Flachproben aus SE-508 wurden im Temperaturbereich von 250 bis 550 °C mit $0{,}7–1{,}4 \times 10^{18}$ Sauerstoffatomen/cm^2 bei 25 kV Pulsspannung implantiert.

Die Untersuchung der Tiefenprofile mit elastischer Rückstoßanalyse (ERDA) ergab eine Segregation von Titan zur Oberfläche, die mit einer geschlossenen TiO_2-Schicht (Rutil) bedeckt war. Gleichzeitig wurde Ni in einer Zone unterhalb der Oberfläche angereichert.

Bei niedrigen Temperaturen war die Trennung von TiO_2 und Ni am ausgeprägtesten mit einer Übergangszone, die deutlich schmaler war als die ERDA-Tiefenauflösung. Mit steigender Temperatur wurde die Übergangszone breiter, jedoch erhöhte sich auch gleichzeitig die Dicke der Titanoxidschicht. Allerdings war in allen Fällen die Oberflächenkonzentration an Nickel deutlich geringer als die bei natürlichen Oxidschichten.

Parallel zu den Tiefenprofilen wurde Phasenanalysen mit Röntgendiffraktometrie durchgeführt. Die Rutilschicht selbst ist aufgrund ihrer sehr geringen Korngröße von 10–30 nm /1/ nur sehr schwach in den Diffraktogrammen nachzuweisen. Jedoch finden sich neben der austenitischen NiTi-Phase noch sehr ausgeprägte Reflexe, die Ni_3Ti zugeordnet werden können. Eine genauere Untersuchung der relativen Intensitäten und der Temperaturabhängigkeit ergab Rückschlüsse auf eine sehr komplexe Phasenbildung und Diffusion /2/.

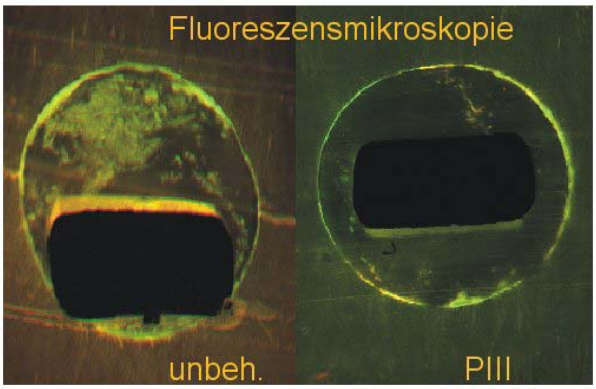


Abb. 1: Fluoreszensmikroskopische Aufnahmen von unbehandelten und PIII-behandelten Frakturklammern nach dem Tierversuch.

Die Streuintensität ist im Temperaturbereich von 300–400 °C am stärksten ausgeprägt, unterhalb und oberhalb ist ein schneller und starker Abfall festzustellen. Die relativen Intensitäten deuten auf eine zufällige Verteilung der kleinen Kristallite hin, jedoch sind einige Reflexe im Vergleich zu anderen deutlich überhöht. Im Hinblick auf die geordnete Struktur von NiTi könnte man darauf schließen, dass eine erhöhte Unordnung auf den regulären Gitterplätzen zu einer Aufhebung der partiellen Auslöschung im Strukturfaktor führt.

Bei niedrigen Temperaturen reicht die atomare Beweglichkeit nicht aus, um die Bildung von Ni_3Ti-Kristalliten zu gewährleisten. Hingegen ist bei hohen Temperaturen die Beweglichkeit wieder soweit erhöht, dass die strahlungsinduzierte Diffusion und Segregation durch rein thermische Prozesse wieder teilweise aufgehoben wird und die lokale Nickelkonzentration zur Bildung von Ni_3Ti nicht mehr ausreicht.

Entsprechende Tierversuche zeigen für Proben, die bei 400 °C implantiert wurden, ein deutlich verbessertes Einwachsverhalten und eine verringerte Gewebeaktivität (Abb. 1). Jedoch sind die Verschleißeigenschaften der PIII-behandelten NiTi-Proben deutlich schlechter als die von Reintitan bzw. Ti_6Al_4V. Ursache ist eine um etwa 1–2 Größenordnungen reduzierte Diffusivität von Sauerstoff, die eine deutlich geringere Schichtdicke zur Folge hat. Damit entsteht eine sehr harte und sehr dünne Schicht, die deutlich schlechter im Substrat verankert ist.

/1/ R. Sader et al., Surface Modification of Medical Titanium Implants with PIII, in *Micro- and Nanostructures of Biological Systems,* eds. G. Bischoff and H.-J. Hein (Shaker-Verlag, Aachen 2001), pp. 121–134.

/2/ S. Mändl, J. W. Gerlach, B. Rauschenbach, Surface Modification of NiTi for Orthopaedic Braces by Plasma Immersion Ion Implantation, 13th Int. Conf. on Surface Modification of Materials by Ion Beams, San Antonio, Texas, 21.-26.9.2003.

Härtung martensitischer Edelstähle mit Stickstoffionenimplantation

D. Manova, S. Mändl, H. Neumann, B. Rauschenbach

Eine signifikante Verschleißreduktion um 2-3 Größenordnungen wird seit Jahren für austenitische Edelstähle nach Stickstoffimplantation im Temperaturbereich von 350–400 °C beobachtet. Martensitische Edelstähle, die aufgrund ihrer Einsatzbereiche ebenfalls Kandidaten für Oberflächenbehandlungen sind, wurden hingegen fast überhaupt nicht untersucht.
Es wurden eingehende Untersuchungen für den martensitischen Edelstahl DIN 1.4542 durchgeführt. Zusätzlich wurden erste Experimente mit verwandten Legierungen, 1.4021, 1.4034, 1.4057 und 1.4104, unternommen. Die Stickstoffimplantation erfolgte jeweils mit Plasmaimmersionsionenimplantation bei 380 °C mit einer Ionenenergie von 10–25 keV. Als Gas wurde entweder reiner Stickstoff oder eine Stickstoff-Methan-Mischung verwendet. An den Proben wurden mechanische Untersuchungen, Verschleiß- und Härte- sowie Phasenanalysen durchgeführt.

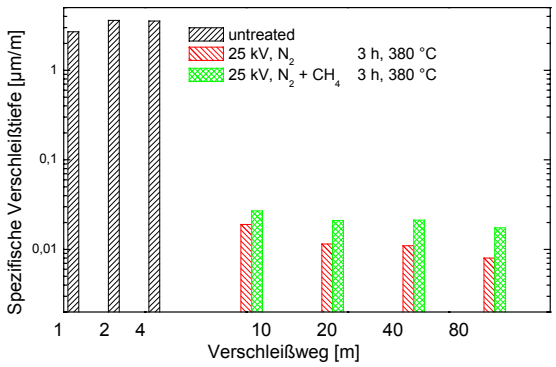


Abb. 1: Spezifischer Verschleiß von Edelstahl 1.4542 vor und nach Ionenimplantation bei erhöhter Temperatur.

Für die Implantation in 1.4542 ergab sich eine Reduktion des spezifischen Verschleißes um knapp 2 Größenordnungen bei einem Anpressdruck der WC-Kugel von 1 GPa (siehe Abb. 1). Selbst ein Verlängerung des Verschleißweges auf 80 oder 400 m führte nicht zu einem Durchbruch durch die Oberflächenschicht. Die entsprechenden Schichtdicken liegen bei 5 µm für Stickstoff und 2,5 µm für Stickstoff/Methan.
Parallel zur Verschleißreduktion ergibt sich eine Erhöhung der Härte von 500 Vickers auf 1750–2000 $HV_{0,01}$ bzw. 1250–1500 $HV_{0,05}$. Die schnell abnehmende Härte ist wiederum ein Hinweis auf die relativ geringe Schichtdicke.
Röntgenuntersuchungen zeigen ein aufgeweitetes martensitisches Kristallgitter mit einer anisotropen Gitteraufweitung senkrecht zur Oberfläche. Für den (100) Reflex ergibt sich eine Expansion von 4 %, während für die (211) und (220) Reflexe nur 2–2,5 % gemessen wurden. Untersuchungen mit streifendem Einfallswinkel bestätigen die Schichtstruktur von aufgeweitetem Martensit oberhalb des Substrats. Es wurden keinerlei Karbid- oder Nitridausscheidungen beobachtet. Ätzversuche zur Sichtbarmachung der Schichtstruktur bestätigen indirekt die Kongruenz von Substrat und Schicht, da es nicht möglich war, einen Kontrast zwischen beiden zu erzeugen.
Die Erweiterung der Untersuchungen auf weitere martensitische Edelstähle hat gezeigt, dass das Verhalten des Hochleistungsstahls 1.4542 auf einfachere Legierungen übertragbar ist. Für die vier weiteren Stahlsorten ist in Abb. 2 der Härte-Tiefen-Verlauf für einen Satz von Prozessparametern aufgetragen. Im Vergleich zu 1.4542 ist hier eine deutlich niedrigere Oberflächenhärte zu finden, hauptsächlich durch die geringere Grundhärte der Substrate verursacht. Gleichzeitig erlauben die Tiefenverläufe eine Extrapolation der Schichtdicke zu etwa 10–15 µm mit Variationen zwischen den einzelnen Legierungen. Anscheinend ergibt sich analog zu austenitischen Edelstählen eine starke Abhängigkeit der effektiven Stickstoffdiffusion sowohl von den Prozessparametern als auch von den Legierungsbeimischungen.

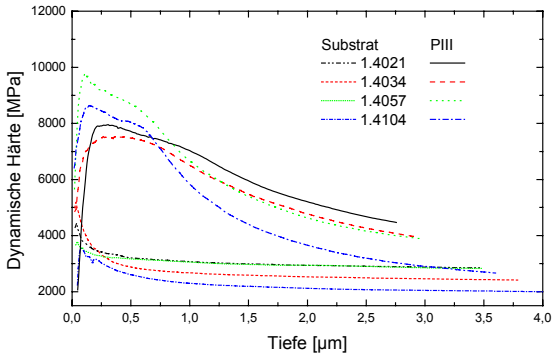


Abb. 2: Dynamische Härte-Tiefen-Kurven für martensitische Edelstähle nach PIII-Behandlung mit Stickstoff bei 380 °C.

Die Verschleißergebnisse für diese Stähle bei Lasten von 1.4 GPa mit einer Al_2O_3-Kugel ergeben auch nur eine Reduktion um den Faktor 5–20. Dieses Ergebnis stimmt mit den Erwartungen aus den Härtekurven überein. Gleichzeitig findet man bei allen Legierungen eine anisotrope Gitteraufweitung.
Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Stickstoffimplantation in martensitische Edelstähle analog zu austenitischen zu einer Härtesteigerung und Verschleißreduktion, ausgelöst von einer Gitteraufweitung durch Einbau von Stickstoff (oder Kohlenstoff) auf Zwischengitterplätzen, führt.

Schädigung oberflächennaher Bereiche beim Ionenstrahlätzen von Galliumarsenid

J. Dienelt, K. Zimmer, V. Gottschalch*

* Universität Leipzig

Der Ionenbeschuss von Halbleiteroberflächen bewirkt neben dem definierten Materialabtrag auch die Erzeugung von Schäden im oberflächennahen Bereich. Verantwortlich dafür sind die Energie- und Impulsübertragung der beschleunigten Ionen auf die Festkörperatome. Daraus resultieren verschiedenste Defekte wie Leerstellen und Zwischengitteratome.

Die Photolumineszenz (PL)-Spektroskopie stellt eine geeignete Methode dar, um Defekte in Halbleiteroberflächen zu untersuchen. Wong et al. /1/ wendeten diese Methode erstmals an geätzten Mehrfach-Quantengraben-Strukturen (MQW, multi quantum well) an. Dabei wird die Sensitivität von Exzitonen gegenüber räumlicher Begrenzung ausgenutzt, um Energiediskontinuitäten an Grenzflächen bzw. prozessinduzierten Defekten zu ermitteln.

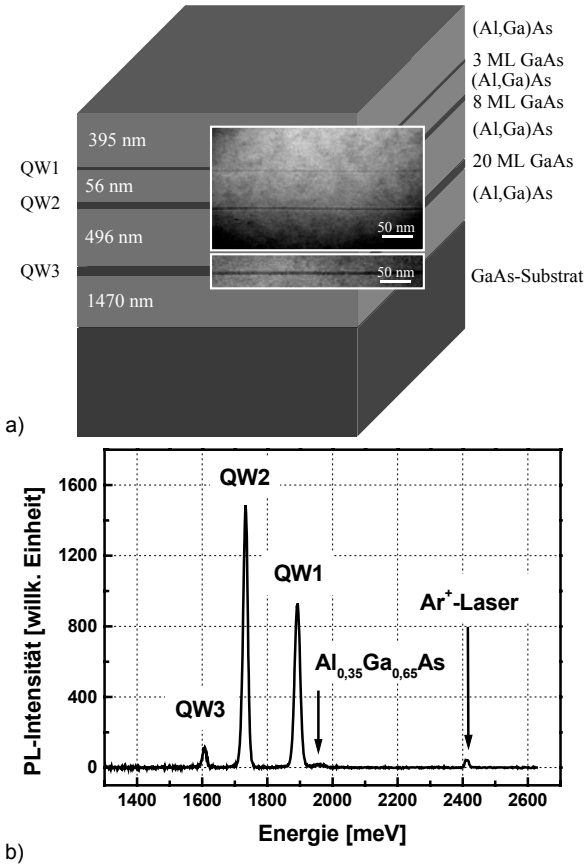


Abb. 1: a) Aufbau der MQW-Struktur aus $Al_{0,35}Ga_{0,65}As/GaAs$, deren Schichtdicke mit dem TEM bestimmt wurden, b) Tieftemperatur (8 K) PL-Spektrum der MQW-Struktur bei Anregung mit einem Ar^+-Laser ($\lambda = 514{,}5$ nm).

Die MQW-Probe wurde in der Arbeitsgruppe „Anorganische Chemie" der Universität Leipzig mittels metallorganischer Gasphasenepitaxie (MOVPE) gezüchtet. Es handelt sich dabei um drei GaAs-QWs mit einer Dicke von 3 ML (QW1), 8 ML (QW2) und 20 ML (QW3), die in unterschiedlich dicke $Al_{0,35}Ga_{0,65}As$-Barriereschichten eingebettet sind (siehe Abb. 1a). Die Lumineszenz der QWs ist durch die unterschiedlichen QW-Dicken klar voneinander getrennt. Ihre Maxima liegen bei 1,89 eV (QW1), 1,73 eV (QW2) und 1,61 eV (QW3). Die Bandlücke von $Al_{0,35}Ga_{0,65}As$ befindet sich für 8 K bei 1,96 eV (siehe Abb. 1b).

Um eine möglichst hohe Auflösung der durch den Ionenbeschuss verursachten Schädigungstiefe (1/e-Abfall, 36,8 % von I_0) zu erreichen, wurde in die MQW-Struktur ein Schrägschliff nach der Technik von Bigl et al. /2/ eingebracht. Entlang des erzeugten Schrägschliffs wurden anschließend ortsaufgelöste PL-Spektren aufgenommen. Die ermittelten Veränderungen der Intensitäten der einzelnen QWs sind in der Abb. 2 als normierte PL-Intensität in Abhängigkeit vom Abstand zwischen QW1 und der Oberfläche dargestellt. Gegenüber einer Schädigungstiefe von 300 nm beim IBE-Prozess verringert die Anwendung des CAIBE-Prozesses die Schädigungstiefe deutlich /3/. Das ätzinduzierte Defektprofil wird durch das dynamische Gleichgewicht zwischen den Geschwindigkeiten der Defekterzeugung, der Defektdiffusion sowie des Defektabtrages bestimmt. Die hohe Ätzrate des CAIBE-Prozesses bewirkt dabei die geringe Schädigungstiefe.

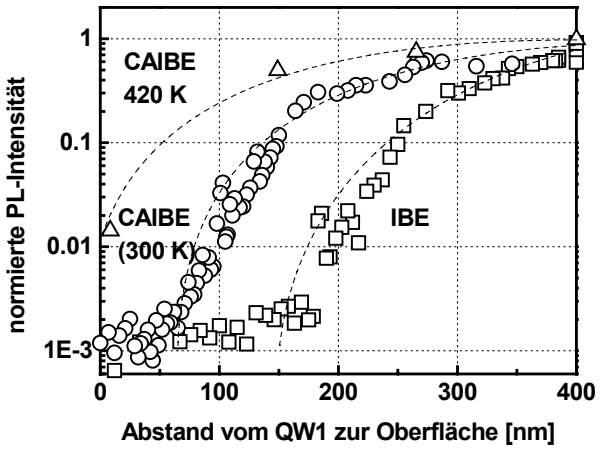


Abb. 2: Normierte PL-Intensität in Abhängigkeit des Abstandes zwischen QW1 und der Probenoberfläche für verschiedene Ätzprozesse.

/1/ H. F. Wong et al., *Investigation of reactive ion etching induced damage in GaAs-AlGaAs quantum well structures*, J. Vac. Sci. Technol. B **6**(6) (1988), 1906

/2/ F. Bigl et al., *A Method of Producing Polished Sections with Very Small Angles of Inclination by Ion Beam Etching and its Application to Profile Measurements*, in: Proceedings of the International Conference on Ion Beam Modification of Materials, herausgegeben durch J. Gyulai, T. Lohner und E. P'asztor, Central Research Institute for Physics (1978) 1743.

/3/ J. Dienelt, *Chemisch unterstütztes Ionenstrahlätzen von Galliumarsenid: Prozessaufklärung und Anwendungen*, Promotion, TU Ilmenau, 2004

Der Einfluss niederenergetischer Ionenbestrahlung bei der Epitaxie dünner Galliumnitrid-Schichten

S. Sienz, J. W. Gerlach, T. Höche, F. Frost, B. Rauschenbach, A. Anders*, A. Sidorenko**, T. G. Mayerhöfer***, G. Benndorf****

* Lawrence Berkeley Laboratory, Plasma Applications Group, 1 Cyclotron Road, MS 53-004 Berkeley, CA 4720, USA
** Institut für Physikalische Chemie, Universität Tübingen, Auf der Morgenstelle 8, D-72076 Tübingen
*** Institut für Physikalische Chemie, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Lessingstraße 10, D-07743 Jena
**** Institut für Experimentelle Physik II, Universität Leipzig, Linnéstraße 5, D-04103 Leipzig

Galliumnitrid (GaN) ist ein modernes Halbleitermaterial mit breitem Anwendungsbereich, der von blauen Leucht- und Laser-Dioden über Leistungstransistoren, Gas- sowie UV-Detektoren bis hin zu Bragg-Spiegeln reicht. Neben der weit verbreiteten Metallorganischen Gasphasenepitaxie (MOVPE) ist die Molekularstrahlepitaxie (MBE) ein alternatives Herstellungsverfahren, welches einige technische Vorteile hat. Durch Einsatz eines niederenergetischen Ionenstrahls bei der MBE lassen sich deutliche Verbesserungen der kristallinen Qualität von GaN-Schichten erzielen /1/. Dieses Verfahren, genannt Ionenstrahlgestützte MBE (IBA-MBE), wurde mit konventioneller MBE verglichen /2/.

Experiment

GaN-Schichten wurden mit MBE und IBA-MBE unter sonst gleichen Bedingungen auf 6H-SiC abgeschieden. Die Substrattemperaturen lagen bei 630 °C, der Basisdruck bei $5 \cdot 10^{-10}$ mbar. Der wesentliche Unterschied war die Energie der Stickstoffionen, die im MBE-Fall 1-2 eV betrug und im IBA-MBE-Fall bis 25 eV reichte /3/.

Ergebnisse

Abb. 1 und 2 zeigen jeweils einen Querschnitt einer MBE- und einer IBA-MBE-Schicht im Transmissions-Elektronenmikroskop. Im ersten Fall besteht die Schicht aus säulenartig gewachsenen Kristalliten, deren typische Abmessungen 15 nm an der Grenzfläche zum Substrat und 15-100 nm an der Oberfläche sind. Im IBA-MBE-Fall dagegen liegen 150-200 nm breite Domänen vor. Es lassen sich lediglich vereinzelte Stapelfehler im Kristallgitter finden, die aufgrund ihrer großen Ausdehnung (teils über Domänen hinweg) auf zweidimensionales Schichtwachstum hinweisen. Die MBE-Schicht zeigt eine vergleichsweise hohe Rauigkeit (5 nm rms), während die IBA-MBE-Schicht eine sehr glatte Oberfläche (0,4 nm rms) aufweist (vgl. auch Abb. 1 und 2). Die höhere strukturelle Qualität der IBA-MBE-Schicht führt hierbei letztlich zu einer höheren elektrischen und optischen Qualität im Vergleich zur herkömmlichen MBE-Schicht /3/.

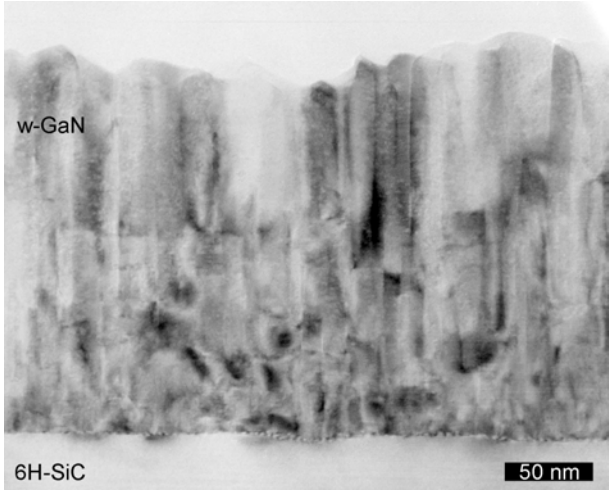


Abb. 1: TEM-Aufnahme einer MBE-GaN-Schicht.

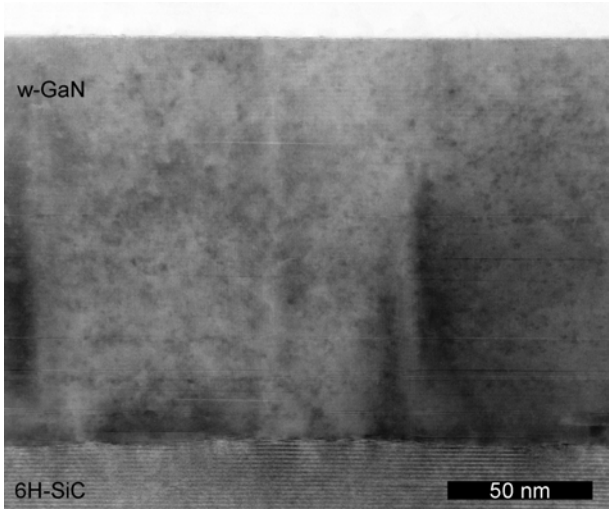


Abb. 2: TEM-Aufnahme einer IBA-MBE-GaN-Schicht.

Diskussion

Die niederenergetische Ionenbestrahlung während der Schichtabscheidung führt zu einem zusätzlichen Energieeintrag in die oberste Monolage der Schicht. Die Ionenenergie ist so gewählt, dass eine Verlagerung von Atomen unterhalb der ersten Monolage durch den Ionenbeschuss nicht möglich ist, d. h. eine Schädigung des Kristallgitters nicht stattfindet. Andererseits können Oberflächenatome, deren Bindung zur bereits gewachsenen Schicht schwächer ist, durch die Ionenbestrahlung von ihrem Platz verlagert werden, d. h. die Oberflächendiffusion wird ballistisch stimuliert. Dadurch wird 2D-Wachstum ermöglicht und konsequenterweise eine höhere kristalline Qualität erzielt.

/1/ S. Sienz et al., Thin Solid Films (im Druck)
/2/ S. Sienz et al., J. Cryst. Growth **264** (2004), 184
/3/ A. Anders, M. Kühn, Rev. Sci. Instrum. **69** (1998), 1340

Ionenstrahlsputtern von optisch polierten CaF_2-Oberflächen

D. Flamm, A. Schindler

Einkristallines Kalziumfluorid wird als hochtransparentes Material mit guter Langzeitstabilität für optische Komponenten in der DUV- (193 nm) und VUV- (157 nm) Lithographie verwendet. Die mechanischen Materialeigenschaften von CaF_2, insbesondere die geringe Härte und die Anisotropie der Härte in unterschiedlichen Kristallorientierungen, stellen für die Erzielung der erforderlichen Formgenauigkeit und der notwendigerweise geringen Mikrorauigkeit im optischen Polierprozess für gekrümmte Linsenoberflächen für Hochleistungsobjektive ein technologisches Problem dar. Im Fertigungsprozess von optischen Komponenten für die UV-Lithographie wird das lokale Ionenstrahlsputtern als Endbearbeitungsverfahren zur Verbesserung der Formgenauigkeit von optischen Oberflächen eingesetzt.

Die Rauigkeitsentwicklung und die Oberflächenmodifizierung beim Ionenstrahlsputtern an optisch unterschiedlich polierten CaF_2-Oberflächen wurde untersucht.

Mechanisch abrasive Polierprozesse erzeugen bei CaF_2 oberflächennah Defekte hoher Dichte. AFM-Messungen an solchen Oberflächen weisen viele Polierspuren auf. Diese Spuren und Defekte können dabei in hohem Maße durch eine dünne Polierschicht auf der Oberfläche aus abgelagertem Material „verdeckt“ sein. Beim Ionenstrahlsputtern wird diese Polierschicht entfernt und die Spuren und Kristallschäden freigelegt.

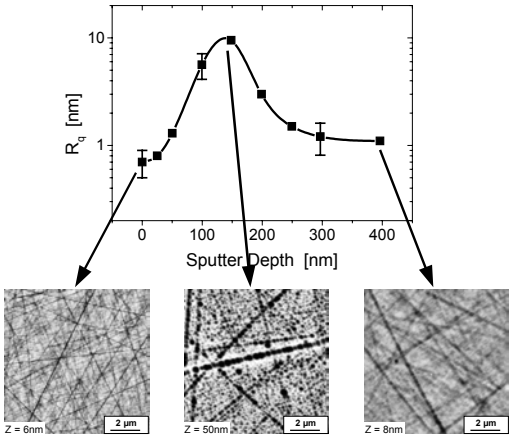


Abb. 1: Rauigkeitsentwicklung von mechanisch abrasiv polierten Oberflächen in Abhängigkeit von der Abtragstiefe beim Ionenstrahlsputtern

Abb. 1 zeigt die Rauigkeit in Abhängigkeit von der Abtragstiefe. Sie steigt zu einem Maximum, das probenabhängig bei Ätztiefen zwischen 100 und 200 nm liegt, an und fällt dann mit zunehmender Abtragstiefe wieder ab. Das Freilegen und Abtragen der beim Polierprozess entstandenen geschädigten oberflächennahen Schicht ist die Ursache für diese Rauigkeitsentwicklung. Als empirisches Modell von CaF_2 mit einer hohen Dichte-Tiefen-Verteilung an Kristallschäden kann eine Schichtstruktur im Oberflächenbereich angenommen werden. Auf der Oberfläche ist eine wenige nm dünne Polierschicht aus abgelagertem Material. Daran schließt sich eine mit Kristalldefekten geschädigte Schicht an. Die Dicke der Schicht und die Art und Verteilung der Kristalldefekte ist abhängig vom Schleif- und Polierprozess. Zwischen dem ungeschädigten Kristall und der geschädigten Schicht sollte noch eine deformierte Übergangsschicht liegen, die nur wenige Kristallschäden aufweist.

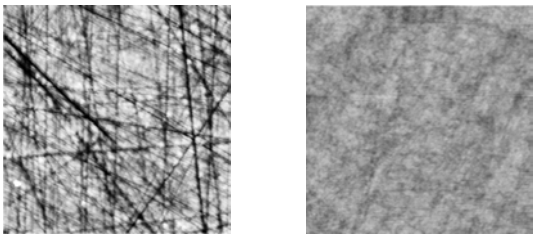
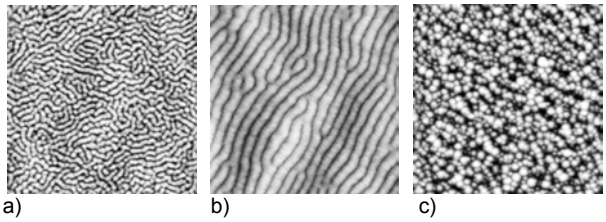


Abb. 2: AFM-Messungen von mechanisch abrasiv (links) und von chemo-mechanisch superglatt poliertem CaF_2,

Bei chemisch-mechanischen Polierverfahren und optimierten Polierparametern werden sehr glatte CaF_2-Oberflächen mit Mikrorauigkeiten von 0,1-0,2 nm rms erreicht, die mit der Rauigkeit von Spaltflächen vergleichbar ist (Abb. 2). Das Ionenstrahlsputtern dieser glatten Oberflächen führt ebenfalls zu einer Erhöhung der Rauigkeit, jedoch mit völlig unterschiedlichem Verhalten bezüglich der Ätztiefe. Hier spielen ionenstrahlinduzierte Effekte die maßgebliche Rolle. Die Rauigkeitsentwicklung ist abhängig von der Ionenenergie und -masse. Unter bestimmten Ionenstrahlbedingungen können regelmäßige nanoskalige Strukturen entstehen (Abb. 3). Verschiedene Typen von solchen Strukturen wurden nachgewiesen – Mäander-, Ripple-, Punkt- und Lochstrukturen. Die Analyse der Leistungs-Spektraldichtefunktion der AFM-Messungen ergeben charakteristische Größen von 20-50 nm für diese Strukturen.



a) b) c)

Abb. 3: Nanoskalige Strukturen entstehen beim Ionenstrahlsputtern von superglatt poliertem CaF_2, a) Mäander-, b) Ripple- und c) Punktstrukturen

Die Oberflächenrauheit beim Ionenstrahlsputtern von CaF_2 mit hoher Schadensdichte wird dominiert von der Freilegung der geschädigten Schicht. Bei Oberflächen mit geringer Schadensdichte ist die Rauigkeitszunahme auf einen ionenstrahlinduzierten Effekt zurückzuführen.

Echtzeit-Wachstumskontrolle von Mo/Si-Mehrfachschichten mit spektroskopischer in-situ-Ellipsometrie

E. Schubert, H. Neumann, B. Rauschenbach, F. Scholze*

* PTB, Bessy II, Berlin

Reflexionsoptiken für die EUV-Lithographie bestehen aus einer periodischen Anordnung von zwei Materialien mit geeigneten optischen Eigenschaften, um eine alternierende Abfolge von hoher und niedriger Brechzahl zu erreichen. Die spektrale Lage des Reflexionsmaximums solcher Schichtstapel wird durch die Periodendicke (Summe aus den Einzelschichtdicken) bestimmt. Die Reflektivitätsausbeute ergibt sich aus den optischen Eigenschaften und dem Dickenverhältnis der beiden verwendeten Materialien sowie aus der Anzahl der übereinandergestapelten Perioden /1/.
Mo/Si-Übergitter sind geeignet für die Herstellung von reflektierenden Maskenunterlagen in der Lithographie bei $\lambda = 13{,}4$ nm. Eine optimale Funktionsweise dieser Röntgenspiegel (maximale Reflektivität bei ca. 70 %) ist für eine Anordnung von 50 Mo/Si-Doppelschichten mit einer Periodendicke von 6,85 nm und einem Dickenverhältnis von 0,37 theoretisch vorhergesagt. Eine genaue Kenntnis der Einzelschichtdicken ist daher für die Qualitätssicherung bei der Herstellung der Stapel notwendig.

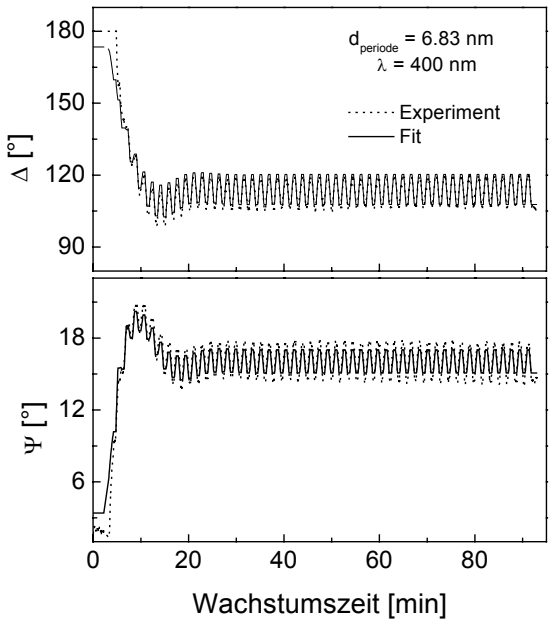


Abb. 1: Zeitabhängige Entwicklung der ellipsometrischen Parameter Ψ und Δ beim Wachstum eines Mo/Si-Übergitters mit 50 Perioden

Mo/Si-Übergitter wurden mit der Ionenstrahl-Sputterabscheidung hergestellt. Das Wachstum wurde mit Hilfe der spektroskopischen in-situ-Ellipsometrie (2 eV bis 4 eV) in Echtzeit verfolgt und ist für das Beispiel des Wachstums eines Mo/Si-Schichtstapels mit 50 Perioden in Abb. 1 dargestellt. Im gewählten Spektralbereich sind die dielektrischen Eigenschaften von Si und Mo unterschiedlich und die zeitabhängige Entwicklung der ellipsometrischen Ψ- und Δ-Spektren sensitiv auf das einzelne Lagenwachstum. Im Messspektrum ist dies an dem oszillierenden Wechsel von Anstieg (Mo-Wachstum) und Abfall (Si-Wachstum) der ellipsometrischen Parameter Ψ und Δ nach einer Einschwingphase bei Beginn des Wachstums zu erkennen. Die Auswertung der Spektren erlaubt eine genaue Bestimmung der Schichtdicken für die Molybdän- (d_{Mo}) und Siliziumlagen (d_{Si}). Im Beispiel Abb. 1 wurde $d_{Mo} = 2{,}65$ nm und $d_{Si} = 4{,}18$ nm und aus der Summe der beiden eine Periodendicke von $d_p = 6{,}83$ nm ermittelt. Die Reflexionskurve des gleichen Schichtstapels im Bereich der weichen Röntgenstrahlung ergibt ein Maximum bei $\lambda = 13{,}38$ nm, das einer Periodendicke von exakt $d_p = 6{,}83$ nm entspricht (Abb. 2).

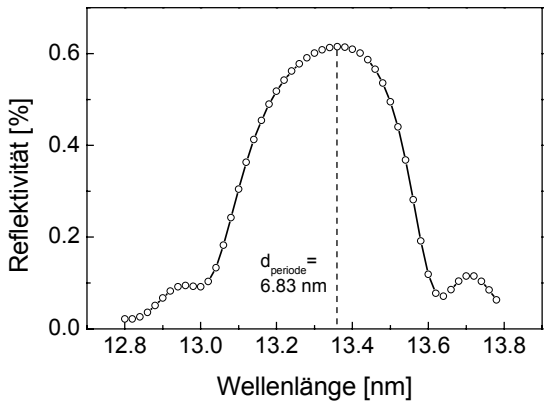


Abb. 2: Röntgenreflexionskurve nahe λ = 13,4 nm, aufgenommen am gleichen Mo/Si-Übergitter wie Abb. 1

Eine präzise Messanordnung bei der Aufnahme der ellipsometrischen Messdaten sollte daher eine auf die Schichtdickenkontrolle abgestimmte Steuerung des Übergitter-Lagenwachstums erlauben.
Eine Erhöhung der Reflektivität wird durch eine gezielte Einstellung der erforderlichen Grenzflächeneigenschaften und durch den Einsatz eines geeigneten Sputtergases erreicht /2/.

/1/ E. Spiller, Soft X-Ray Optics, SPIE Publication, (1994).
/2/ E. Spiller et al., High-performance Mo-Si multilayer coatings for extreme-ultraviolett lithography by ion-beam deposition, Appl. Optics **42** (2003) 4049.

Realisierung und Kalibrierung von Schichtdicken-Normalen mit Dicken kleiner 100 nm

W. Frank, A. Schindler, D. Hirsch, R. Fechner, K. Hasche*, P. Thomsen-Schmidt*, S. Schädlich**, M. Procop***

* Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig
** Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden,
*** Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

Abgeleitet von Anwenderinteressen der Nano-Dünnschichttechnik wurden im Rahmen eines BMBF-Projektes (FKZ 13N7704/1) für die Röntgenreflektometrie (XRR), die Elektronenstrahlmikroanalyse (EPMA) und die Röntgenfluoreszenzanalyse (XRF) einerseits und die Ellipsometrie andererseits Schichtdickenmaßverkörperungen entwickelt, gefertigt und kalibriert. Diese Schichtdickennormale (SDN) sind Maßverkörperungen mit definierten und zertifizierten Schichtdicken und Schichtdickenfehlern. Die Dicke wurde auf ein metrologisch anerkanntes Längennormal zurückgeführt /1-4/.

Ein Quarzglassubstrat (60 x 20 x 10 mm^3) wird mittels Ionentrahlplanarisierung /5/ einseitig auf eine Mikrorauheit Ra < 0,3 nm (10 x 10 μm^2) geglättet und mittels PVD /6/ mit Nenndicken von 10 bzw. 50 nm Pt-Schichten und C-Si-C-Schichtsystemen, wobei die C-Schicht als Trenn- bzw. Schutzschicht dient (Nenndicken 2/10/2 nm), beschichtet. Abb. 1 zeigt ein 10 nm-Pt-Normal.

Die Schichthomogenität über die Prüflänge von 40 mm beträgt bei PLD-Verfahren (Laserpulsabscheidung, Ni) $\Delta d < 0{,}1$ nm + 0,01 d und beim HCA + F (gepulster Vakuumbogen mit Filter, Pt) $\Delta d < 0{,}5$ nm + 0,01 d.

Abb. 1: Schichtdickennormal auf einem Quarzglassubstrat

Zur Überprüfung der lateralen Homogenität der Schichtdicken wurden XRF-Untersuchungen bei BESSYII jeweils an 30 Messstellen durchgeführt (Abb. 2) /7/. Für das „10 nm-Ni-Normal“ betragen die mittlere Dicke d = 9,01 nm und die Standardabweichung SD = 0,122 nm.

In Untersuchungen zur Bewertung diverser Messverfahren und -systeme zur Kalibrierung von Maßverkörperungen für XRR, XRF und EPMA wurde die XRR als die leistungsfähigste Variante mit den kleinsten Messunsicherheiten ermittelt. Die Messunsicherheit U aller durchgeführter XRR-Messungen ergab sich zu U ≈ 0,1 nm + 0,004 d. Ein typischer Reflektivitätsverlauf einer XRR-Schichtdickenmessung ist in Abb. 3 dargestellt. Die Schichtdicke wird dabei über eine bestangepasste Modellierung der experimentellen Reflektivität berechnet.

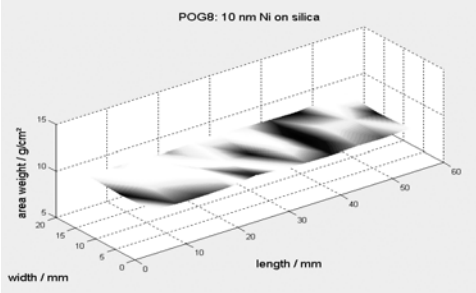


Abb. 2: Mittels XRF gemessene Schichtdickenverteilung eines 10 nm-Ni-Dicken-Normals.

Sample	Mat.	PTB-BESSY D / nm	PTB-BS D / nm	IWS D / nm	IOM D / nm	Mean value	Standard Dev.
12	C-Ni-C	9,9 ± 0,1	9,9 ± 0,2	9,91 ± 0,2	10,03	9,94	0,06
24	Pt	7 ± 0,1	6,96 ± 0,2	6,94 ± 0,2	6,98	6,97	0,03
30	Pt	49,9 ± 0,5	49,9 ± 0,5	49,87 ± 0,5	49,99	49,92	0,05

Tab. 1: Ergebnisse von XRR-Dickenmessungen an 3 Schichtdickennormalen. Die Messungen erfolgten an drei Einrichtungen mit vier Reflektometern und unterschiedlicher Simulationssoftware. Die Konsistenz der Dickenwerte D zeigt die Leistungsfähigkeit der Methode.

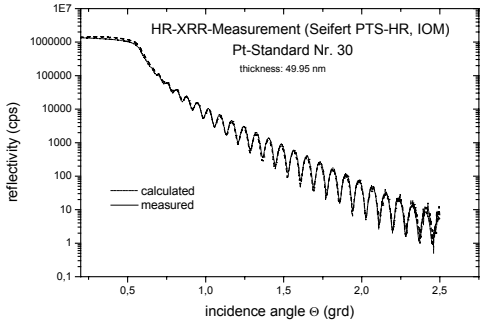


Abb. 3: Gemessener und berechneter Verlauf der Reflektivität eines nominal 50 nm-Pt-Dickennormals.

Neben der metrologisch sauberen Kalibrierung der Normale ist für die Einführung in die Praxis die Langzeitstabilität der kalibrierten Schichten von entscheidender Bedeutung. Dazu wurden die Schichten einer thermische Belastung von 55 °C über mehrere Monate unterzogen. Es wurden keine mechanischen Veränderungen oder chemische Reaktionen (Meßmethode XPS) nachgewiesen. Daraus wurde der Schluss gezogen, dass die Schichten mindestens 12 Monate stabil bleiben.

Ausgewählte Sätze von Normalen wurden von namhaften Anwendern (Geräteproduzenten) aufwendig getestet und ihnen eine sehr gute Eignung für den vorgesehenen Einsatz bescheinigt.

/1/ K. Hasche et al., Proc. EUSPEN 2nd Int. Conf., Turin, May 2001, p. 396-399
/2/ K. Hasche et al., PTB-Bericht F-44; Proc. of the 5th Seminar on Quantitative Microscopy, 15.-16. November 2001, Bergisch-Gladbach
/3/ K. Hasche et al., Proc. EUSPEN 3rd Int. Conf. and 4th General Meeting, Eindhoven, Niederlande, 26.-30.05.2002
/4/ P. Thomsen-Schmidt et al., Appl. Phys.A (2003), DOI: 10.1007/s, 003-39-003-2273-7
/5/ R. Fechner et al., Proc. 9th ICPE, Osaka, 1999, pp. 249-254
/6/ R. Dietsch et al., Appl. Surf. Sci. **127-129** (1998) 451-456
/7/ M. Procop et al., Anal Bioanal Chem **374** (2002) 631-634

VERÖFFENTLICHUNGEN UND WISSENSCHAFTSBEZIEHUNGEN

- VERÖFFENTLICHUNGEN
- KOLLOQUIEN UND VERANSTALTUNGEN AM IOM
- VORTRÄGE/POSTER
- PATENTE
- FÖRDERUNG/QUALIFIZIERUNG
- SONSTIGES

Veröffentlichungen

T. Arnold, S. Grabovski, A. Schindler, H.-E. Wagner, *Spatially resolved spectroscopic investigations and numerical simulation of the chemical kinetics in reactive microwave driven plasma jets*, Proc. XXVI. ICPIG, Greifswald (2003) 179.

N.-K. Bär, F. Bauer, D. M. Ruthven, B. J. Balcom, *Direct and indirect observation of coke deposits on HZSM-5 by 1H NMR imaging*, J. Catalysis **208** (2002) 224.

F. Bauer, V. Sauerland, H.-J. Gläsel, H. Ernst, M. Findeisen, E. Hartmann, H Langguth, B. Marquardt, R. Mehnert, *Preparation of scratch and abrasion resistant polymeric nanocomposites by monomer grafting onto nanoparticles. Part III: effect of filler particles and grafting agents*, Macromol. Mater. Eng. **287** (2002) 546.

F. Bauer, H.-J. Gläsel, E. Hartmann, H. Langguth, R. Mehnert, R. Hinterwaldner, *Functionalized inorganic/organic nanocomposites as new raw materials for adhesives and saelants*, Proc. 3rd Europ. Cong. on Adhesive and Sealant Raw Mat., Nürnberg (2003).

F. Bauer, V. Sauerland, H.-J. Gläsel, H. Ernst, S. Naumov, R. Mehnert, *Preparation of scratch and abrasion resistant polymeric nanocomposites by monomer grafting onto nanoparticles. Part IV: Application of MALDI-TOF mass spectroscopy to the characterization of surface modified nanoparticles*, Macromol. Chem. Phys. **204** (2003) 375.

F. Bauer, H.-J. Gläsel, E. Hartmann, E. Bilz, R. Mehnert, *Surface modification of nanoparticles for radiation curable acrylate clear coatings*, Nucl. Instr. Meth. B **208** (2003) 267.

F. Bauer, H.-J. Gläsel, U. Decker, H. Ernst, A. Freyer, E. Hartmann, V. Sauerland, R. Mehnert, *Trialkoxysilane grafting onto nanoparticles for the preparation of clear coat polyacrylate systems with excellent scratch performance*, Prog. Org. Coat. **47** (2003) 147.

F. Bauer, E. Bilz, A. Freyer, *Selectivity improvement in xylene isomerization*, Tagungsband 15. Deutsche Zeolith-Tagung, Kaiserslautern (2003).

F. Bauer, H. Ernst, D. Hirsch, M. Pelzing, V. Sauerland, R. Mehnert, *Surface modification of oxide nanoparticles for polyacrylate reinforcement*, Proc. RadTech Europe, Berlin (2003).

F. Bauer, E. Bilz, A. Freyer, *Effect of surface modified H-ZSM-5 on xylene isomerization selectivity*, Tagungsband 14. Deutsche Zeolith-Tagung, Frankfurt/M. (2002).

F. Bauer, E. Bilz, A. Freyer, *Alkane treatment of spent H-ZSM-5 Zeolithe - a way to catalyst reactivation and coke selectivation*, Proc. Int. DECHEMA Workshop, Frankfurt/M. (2002).

S. Bender, J. Hormes, E. Hartmann, M. Jansen, *X-ray absorption and electron spectroscopic investigation on nanocrystalline and amorphous barium silicates*, J. Non-crystal. Sol. **298** (2002) 99.

R. Böhme, K. Zimmer, *Laserrückseitenätzen mit Excimerlasern - eine Methode zur präzisen Mikrostrukturierung von Quarz und optischen Gläsern*, Photonik **4** (2003) 25.

R. Böhme, K. Zimmer, *Direct laser etching of high quality microstructures in pyrex for applications in micro-system technology*, Proc. Microsystem Technol. (2003).

R. Böhme, B. Keiper, K. Zimmer, R. Ebert, H. Exner, *Microstructuring of pyrex glass for the manufacturing of hybrid microsystems by laser processing*, Proc. SENSOR 2003, Nürnberg (2003).

R. Böhme, K. Zimmer, *Charakterisierung von LIBWE-geätzten Oberflächenstrukturen in Quarz*, Proc. IWKM (2003).

R. Böhme, K. Zimmer, *Präzisionsbearbeitung transparenter Materialien mit dem Excimerlaser*, Lasermagazin **4** (2002) 25.

W. Bondzio, J. Meinhardt, R. Mehnert, J. Kickelhain, *Metallisierte Polyimidfolien für die Herstellung flexibler Feinstleiterschaltungsträger*, Tagungsband 3. Oberflächentechnisches Kolloquium Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle/S. (2003) 21.

O. Brede, T. Leichtner, S. Kapoor, S. Naumov, R. Hermann, *Antithetical product situation in the femtosecond and nanosecond photoionization of sterically hindered phenols in non-protic solvents*, Chem. Phys. Lett. **366** (2002) 377.

O. Brede, R. Hermann, S. Naumov, T. Mukherjee, S. Kapoor, *Diphenol radical cations and semiquinone radicals as direct products of the free electron transfer from catechol, resorcinol and hydroquinone to parent solvent radical cations*, Phys. Chem. **4** (2002) 5096.

O. Brede, S. Naumov, R. Hermann, *Sterically hindered phenols are extremely efficient light quenchers*, Chem. Phys. Lett. **355** (2002) 1.

O. Brede, R. Hermann, W. Naumann, S. Naumov, *Monitoring of the hetero-group twisting dynamics in phenol type molecules via different characteristic free-electron-transfer products*, J. Phys. Chem. A **106** (2002) 1398.

O. Brede, S. Naumov, R. Hermann, *Monitoring molecule dynamics by free electron transfer*, Radiation Phys. Chem. **67** (2003) 225.

O. Brede, R. Hermann, S. Naumov, G. P. Perdikomatis, A. K. Zarkadis, M. G. Siskos, *Indication of molecular oscillations during free electron transfer: Reaction of butyl chloride parent ions with benzyl-*

trimethylsilanes, Chem. Phys. Lett. **376** (2003) 370.

G. Carl, T. Höche, B. Voigt, *Crystallisation behaviour of a MgO-Al_2O_3-SiO_2-TiO_2-ZrO_2 glass*, Phys. Chem. Glasses **43C** (2002) 256.

Charuvila T. Aravindakumar, M. N. Schuchmann, Balijepalli S. M. Rao, J. von Sonntag, C. von Sonntag, *The reactions of cytidine and 2´-deoxycytidine with SO_4.- revisited. Pulse radiolysis and product studies*, Org. Biomol. Chem. **1** (2003) 401.

T. Chassé, K. H. Hallmeier, J.-D. Hecht, F. Frost, *X-ray absorption near edge structure and photoemission investigations of nitrided AIII-BV semiconductor surfaces*, Surf. Rev. Lett. **9** (2002) 381.

T. Chassé, H. Neumann, B. Ocker, M. Scherer, W. Frank, F. Frost, D. Hirsch, A. Schindler, G. Wagner, M. Lorenz, G. Otto, M. Zeuner, B. Rauschenbach, *Mo/Si-multilayers for EUV-lithography by ion beam assisted deposition*, VACUUM **71** (2003) 407.

T. Chassé, H. Neumann, B. Rauschenbach, *Ion beam assisted deposition of multi-layer X-ray mirrors for the extreme ultraviolet lithography*, Nucl. Instr. Meth. B **206** (2003) 377.

P. Crimmann, G. Leps, J. Meinhardt, R. Adhikari, *Plasmamodifizierung von Polypropylen zur Verbesserung der Adhäsion*, Tagungsband Polymerwerkstoffe 2002, Halle/S. (2002) 540.

P. Crimmann, G. Leps, J. Meinhardt, R. Adhikari, *Grenzflächenmodifizierung und- analyse im Polypropylen-Kupfer-Verbund*, Tagungsband 10. Neues Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium (2002) 44.

E. Dayss, G. Leps, J. Meinhardt, *Oberflächenanalyse von im Plasma modifizierten Polymeren*, Tagungsband 3. Oberflächentechnisches Kolloquium Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle/S. (2003) 1.

E. Dayss, G. Leps, J. Meinhardt, H. Krump, *Analyse der Oberflächenmodifizierungen von Polymeren im Niederdruckplasma*, Tagungsband 11. BFPT, Ilmenau (2003) 71.

E. Dayss, G. Leps, J. Meinhardt, *Analyse der Wechselwirkungen von Polymeren im Niederdruckplasma*, Tagungsband Polymerwerkstoffe 2002, Halle/S. (2002) 548.

J. Dienelt, K. Zimmer, *Fabrication of self-aligned silicon field emission arrays using common processing techniques*, Proc. 3rd Int. Conf. EUSPEN (2002) 129.

J. Dienelt, K. Zimmer, F. Scholze, B. Dathe, H. Neumann, *Generation of a pulsed ion beam with a tuned electronic beam switch*, Plasma Source Sci. Technol. **12** (2003) 489.

J. Dienelt, K. Zimmer, H. Neumann, *Reactive etching of semiconductor surfaces using an electronically chopped low energy broad beam ion source*, Surf. Coat. Technol. **174/175** (2003) 157.

C. Elsner, J. Dienelt, D. Hirsch, *3D-microstructure replication processes using UV-curable acrylates*, Microelectronic Engineering **65** (2003) 163.

V. Ender, Ch. Wetzel, T. Enders, J. Meinhardt, G. Hopp, *Korrosion von Aluminiumlegierungen in Heiznetzen*, Euroheat & Power **31** (2002) 40.

E. Erdem, R. Böttcher, H.-C. Semmelhack, H. J. Gläsel, D. Hirsch, E. Hartmann, *Preparation and characterisation of lead titanate nanopowders from combined polymerisation and pyrolysis*, J. Mater. Sci. **38** (2003) 3211.

E. Erdem, R. Böttcher, H.-J. Gläsel, E. Hartmann, *Multi-frequency EPR study of Cr^{3+} doped $PbTiO_3$ nanopowders*, phys. stat. sol. (b) **239** (2003) R7.

D. Flamm, A. Schindler, M. Berger, *Ion beam milling of optically polished CaF_2 surfaces*, Proc. SPIE **5180** (2003) 81.

R. Flyunt, A. Leitzke, G. Mark, E. Mvula, E. Reisz, R. Schick, C. von Sonntag, *Determination of .OH, O_2.-, and hydroperoxide yields in ozone reactions in aqueous solution*, J. Phys. Chem. B **107** (2003) 7242.

R. Flyunt, A. Leitzke, C. von Sonntag, *Characterisation and quantitative determination of hydroperoxides formed in the radiolysis of dioxygen-containing systems and upon ozonolysis*, Radiat. Phys. Chem. **67** (2003) 469.

R. Flyunt, J. A. Theruvathu, A. Leitzke, C. von Sonntag, *The reaction of thymine and thymidine with ozone*, J. Chem. Soc., Perkin Trans. **2** (2002) 1572.

E. Franke, H. Neumann, M. Schubert, C. L. Trimble, L. Yan, J. A. Woollam, *Low-orbit-environment protective coating for all-solid-state electrochromic heat radiation control devices*, Surf. Coat. Technol. **151/152** (2002) 285.

F. Frost, B. Rauschenbach, *Nanostructuring of solid surfaces by ion beam erosion*, Appl. Phys. A **77** (2003) 1.

F. Frost, *The role of sample rotation and oblique ion incidence on quantum dot formation by ion sputtering*, Appl. Phys. A **74** (2002) 132.

E. Geidel, H. Lechert, J. Döbler, H. Jobic, G. Calzaferri, F. Bauer, *Characterization of mesoporous materials by vibrational spectroscopic techniques*, Microporous and Mesoporous Mat. **65** (2003) 31.

J. Geimer, K. Bernhard, S. Naumov, D. Beckert, *Fourier transform EPR study and quantum chemical calculations of dihydrofuran radicals formed by*

triplet sensitized electron transfer in aqueous solution, Phys. Chem. **4** (2002) 1738.

C. Geißler, O. Brede, J. Reinhardt, *cis-trans-Isomerization of unsaturated fatty acids during gamma-irradiation of barley grains*, Radiation Phys. Chem. **67** (2003) 105.

J. W. Gerlach. S. Sienz, W. Attenberger, B. Rauschenbach, *Influence of defects in low-energy nitrogen ion beam assisted gallium nitride thin film deposition*, Physica B **308/310** (2002) 81.

J. W. Gerlach, S. Sienz, W. Attenberger, B. Rauschenbach, *Competition of epitaxy and ion beam irradiation-determined texture during ion beam assisted deposition of gallium nitride films on r-plane sapphire*, phys. stat. sol (c) **1** (2002) 161.

H.-J. Gläsel, F. Bauer, E. Hartmann, H. Möbus, V. Ptatschek, *Radiation-cured polymeric nanocomposites of enhanced surface mechanical properties*, Nucl. Instr. Meth. B **208** (2003) 303.

H.-J. Gläsel, E. Hartmann, E. Erdem, R. Böttcher, *Synthesis and characterisation of ferroelectric nanopowders*, Proc. Int. Nanotechnol. Symp. VDI Düsseldorf (2003) 3.

H.-J. Gläsel, E. Hartmann, R. Mehnert, H. Möbus, V. Ptatschek, O. Kahle, M. Bauer, *Scratch and abrasion resistant polymeric nanocomposite coatings*, Proc. Int. Nanotechnol. Symp. VDI Düsseldorf (2003) 7.

H.-J. Gläsel, F. Bauer, E. Hartmann, R. Mehnert, *Strahlengehärtete Nanokomposit-Beschichtungen hoher Kratz- und Abriebfestigkeit*, Tagungsband Polymerwerkstoffe 2002, Halle/S. (2002) 582.

H.-J. Gläsel, E. Hartmann, H. Langguth, F. Bauer, R. Mehnert, H. Möbus, V. Ptatschek, *Abrasion resistant polymeric nanocomposite coatings*, Proc. Materials Week 2002, München (2002).

C. Hammerl, Y. Bohne, W. Assmann, K. Helming, B. Rauschenbach, *Formation of buried oxide layers in titanium by high-fluence oxygen ion implantation*, Nucl. Instr. Meth. B **206** (2003) 1072.

T. Hänsel, A. Nickel, H.-J. Thomas, A. Schindler, R. Schwabe, *Local thickness correction of nanometer thin films by means of ion beam etching*, OSA Technical Digest (2002) 95.

T. Hänsel, A. Schindler, B. Dissing, *Multiple high-period-accuracy gratings fabricated by holographic exposure and ion-beam etching with nanometer depth accuracy in silicon*, Proc. SPIE **5180** (2003) 73.

K. Hasche, G. Ulm, K. Herrmann, M. Krumrey, G. Ade, J. Stümpel, I. Busch, P. Thomsen-Schmidt, S. Schädlich, A. Schindler, W. Frank, M. Procop, U. Beck, *About the calibration of thickness standards on the nanometre scale*, Proc. 3rd Int. Conf. EUSPEN (2002) 549.

K. Hasche, K. Herrmann, P. Thomsen-Schmidt, M. Krumrey, G. Ulm, G. Ade, F. Pohlenz, J. Stümpel, I. Busch, S. Schädlich, A. Schindler, W. Frank, M. Procop, U. Beck, *Ein Beitrag zu kalibrierten Nanometerschichten für unterschiedliche Anwendungsbereiche*, Tagungsband 47. Int. wiss. Kolloqu. TU-Ilmenau (2002) 568.

J.-D. Hecht, L. Zhang, F. Frost, T. Chassé, *Photoemission investigation of nitrided III-V semiconductor surfaces - resonant photoemission and time-dependent effects*, BESSY Annual Report 2001 (2002) 109.

J.-D. Hecht, F. Frost, A. Sidorenko, D. Hirsch, H. Neumann, A. Schindler, S. Krasnikow, L. Zhang, T. Chassé, *Influence of preparation parameters for low-energy ion beam nitridation of III-V semiconductor surfaces*, Solid State Electron. **47** (2003) 413.

J.-D. Hecht, S. Krasnikov, L. Zhang, A. Sidorenko, F. Frost, T. Chassé, *NEXAFS investigation of nitrided III-V semiconductor surfaces - effects of elevated substrate temperatures*, BESSY Annual Report 2001 (2002) 247.

R. Hermann, G. R. Mahalaxmi, T. Jochum, S. Naumov, O. Brede, *Balance of the deactivation channels of the first excited singlet state of phenols-effect of alkyl substitution, sterical hindrance and solvent polarity*, J. Phys. Chem. A. **106** (2002) 2379.

T. Höche, S. Esmaeilzadeh, R. Uecker, S. Lidin, W. Neumann, *(3+1)-dimensional structure refinement of the Fresnoite framework-structure type compound $Ba_2TiGe_2O_8$*, Acta Cryst. B **59** (2003) 209.

T. Höche, H.-J. Kleebe, F. Schrempel, W. Wesch, *Depth distribution of oxygen vacancies in 1 MeV Li^+-implanted $KTiOPO_4$*, Phil. Mag. Lett. **82** (2002) 599.

T. Höche, S. Esmaeilzadeh, R. L. Withers, H. Schirmer, *Structural studies on the Fresnoite-structure compound $Ba_2VSi_2O_8$*, Z. Krist. **218** (2003) 788.

T. Höche, W. Neumann, *Retrieving modulation parameters from HRTEM images of modulated structures*, Ultramicroscopy **96** (2003) 181.

T. Höche, W. Neumann, S. Esmaeilzadeh, R. Uecker, M. Lentzen, C. Rüssel, *The crystal structure of $Sr_2TiSi_2O_8$*, J. Solid State Chem. **166** (2002) 15.

T. Höche, P. Olhe, R. Keding, C. Rüssel, P. A. van Aken, R. Schneider, H.-J. Kleebe, X. Wang, A. Jacobson, S. Stemmer, *Synthesis and characterization of mixed-valence Barium Titanates*, Phil. Mag. **83** (2003) 165.

P. Huber, D. Manova, S. Mändl, B. Rauschenbach, *Formation of TiN, TiC and TiCN by MePIIID*, Surf. Coat. Technol. **174/175** (2003) 1243.

P. Huber, D. Manova, S. Mändl, B. Rauschenbach, *Lateral homogeneity variation in metal plasma immersion ion implantation and deposition*, Surf. Coat. Technol. **151/152** (2002) 355.

P. Huber, D. Manova, S. Mändl, B. Rauschenbach, *Homogeneity of metal plasma immersion ion implantation and deposition*, VACUUM **69** (2003) 133.

P. Huber, D. Manova, S. Mändl, B. Rauschenbach, *Lateral texture evolution during formation of TiN by MePIIID*, Surf. Coat. Technol. **156** (2002) 176.

I. Janovský, S. Naumov, W. Knolle, R. Mehnert, *Investigation of the molecular structure of radical cation of s-trioxan: Quantum chemical calculations and low-temperature EPR results*, Radiation Phys. Chem. **67** (2003) 237.

J. Keckes, A. Wenzel, J. W. Gerlach, B. Rauschenbach, *Annealing of the radiation damage in Mg-implanted GaN thin films: Temperature development of lattice parameters and stresses*, Nucl. Instr. Meth. B **211** (2003) 519.

J. Keckes, S. Six, W. Tesch, R. Resel, B. Rauschenbach, *Evaluation of thermal and growth stresses in heteroepitaxial AlN thin films formed on (0 0 0 1) sapphire by pulsed laser ablation*, J. of Crystal Growth **240** (2002) 80.

H. Kersten, R. Wiese, D. Gorbov, A. Kapitov, F. Scholze, H. Neumann, *Characterization of a broad ion beam source by determination of the energy flux*, Surf. Coat. Technol. **173/174** (2003) 918.

A. Kiesow, N. Teuscher, A. Heilmann, J. Meinhardt, *Industrielle Coronabehandlung von LDPE-Folien-Nachweismethoden der Oberflächenmodifizierung*, Tagungsband 11. Neues Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium (2003) 104.

A. Kiesow, N. Teuscher, A. Heilmann, J. Meinhardt, R. Hoffmann, D. Baumann, *Coronabehandlung von LDPE-Folien - Oberflächenanalyse und in situ-Analyse der Gasphasenprozesse*, Tagungsband 3. Oberflächentechnisches Kolloquium Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle/S. (2003) 25.

W. Knolle, S. Naumov, T. Scherzer, *Primary processes after 222 nm excitation of acrylates*, Proc. RadTech Europe Conf., Berlin (2003) 595.

W. Knolle, T. Scherzer, S. Naumov, R. Mehnert, *Direct (222 nm) photopolymerization of acrylates. A laser flash photoysis and quantum chemical study*, Radiation Phys. Chem. **67** (2003) 341.

W. Knolle, V. I. Feldmann, I. Janovský, S. Naumov, R. Mehnert, H. Langguth, F. F. Sukhow, A. Y. Orlov, *EPR study of methyl and ethyl acrylate radical cations and their transformations in low temperature matrices*, J. Chem. Soc., Perkin Trans. **2** (2002) 687.

A. Köhler, J. W. Gerlach, T. Höche, T. Chassé, H. Neumann, W. Frank, G. Wagner, B. Rauschenbach, *Mo-Si interface formation by ion beam sputter deposition*, Mat. Res. Soc. Symp. Proc. **749** (2003) W17.12.1.

A. Kritschil, A. Kielburg, H. Witte, A. Krost, J. Christen, A. Wenzel, B. Rauschenbach, *Electrical characterization of deep defect states in gallium nititde coimplanted with magnesium and sulfur ions*, Mater. Sci. Enging. B **93** (2002) 85.

A. Kritschil, A. Kielburg, H. Witte, A. Krost, J. Christen, A. Wenzel, B. Rauschenbach, *Electrical field effect of H-implantation induced defect states in GaN*, Appl. Phys. Lett. **82** (2003) 403.

A. Krtschil, A. Kielburg, H. Witte, J. Christen, A. Krost, A. Wenzel, B. Rauschenbach, *Electrical characterization of magnesium implanted gallium nitride*, J. of App. Phy. **91** (2002) 178.

R. N. Kumar, H. O. Al-Mahdi, T. Scherzer, J. von Sonntag, *Influence of wood extracts on the UV curing of acrylate coatings*, J. Macromole. Sci. Pure Appl. Chem. A **39** (2002) 657.

A. Leitzke, R. Flyunt, A. Theruvathu, C. von Sonntag, *Ozonolysis of vinyl compounds, CH_2=CH-X, in aqueous solution - the chemistries of the ensuing formyl compounds and hydroperoxides*, Org. Biomol. Chem. **1** (2003) 1012.

S. Mändl, D. Manova, B. Rauschenbach, *Interplay of surface adsorption and preferential sputtering in metal plasma immersion ion implantation and deposition*, Nucl. Instr. Meth. B **206** (2003) 663.

S. Mändl, B. Rauschenbach, *Improving the biocompatibility of medical implants with plasma immersion ion implantation*, Surf. Coat. Technol. **156** (2002) 276.

S. Mändl, B. Rauschenbach, *Formation of wear resistant steel surfaces by plasma immersion ion implantation*, AIP Conf. Proc. **680** (2003) 635.

S. Mändl, B. Rauschenbach, *Plasma stream homogeneity during metal plasma immersion ion implantation & deposition*, IEEE Trans. Plasma Science **31** (2003) 968.

S. Mändl, J. W. Gerlach, B. Rauschenbach, *Thickness of ion implanted layers as determined by elastic recoil detection analysis and spectroscopic ellipsometry*, Nucl. Instr. Meth. B **206** (2003) 668.

S. Mändl, R. Sader, D. Krause, G. Thorwarth, H.-F. Zeilhofer, H. H. Horch, B. Rauschenbach, *Investigation on plasma immersion ion implantation treated medical implants*, Genet. Anal. Biomol. Eng. **19** (2002) 131.

S. Mändl, D. Manova, H. Neumann, B. Rauschenbach, *Textured film deposition using metals ions from a plasma*, Proc. XXVI. Int. Conf. on Phenomena in Ionized Gases **3** (2003) 185.

S. Mändl, B. Stritzker, B. Rauschenbach, *In situ diffusion measurements during RBS analysis of polymers coated with aluminium*, Nucl. Instr. Meth. B **190** (2002) 728.

S. Mändl, B. Rauschenbach, *Concentration dependent nitrogen diffusion coefficient in expanded austenite formed by ion implantation*, J. Appl. Phys. **91** (2002) 9737.

S. Mändl, D. Manova, B. Rauschenbach, *Balancing incident heat and ion flow for process optimization in plasma based ion implantation*, J. Phys. D **35** (2002) 1141.

S. Mändl, B. Rauschenbach, *Plasma stream homogeneity during metal plasma immersion ion implantation & deposition*, Proc. XX. Int. Symp. on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, **1** (2002) 455.

S. Mändl, F. Scholze, H. Neumann, B. Rauschenbach, *Nitrogen diffusivity in expanded austenite*, Surf. Coat. Technol. **174/175** (2003) 1191.

S. Mändl, J. W. Gerlach, W. Assmann, B. Rauschenbach, *Phase formation and diffusion after nitrogen PIII in molybdenum*, Surf. Coat. Technol. **174/175** (2003) 1238.

S. Mändl, R. Sader, G. Thorwarth, D. Krause, H.-F. Zeilhofer, H. H. Horch, B. Rauschenbach, *Biocompatibility of titanium based implants treated with plasma immersion ion implantation*, Nucl. Instr. Meth. B **206** (2003) 517.

D. Manova, W. Attenberger, S. Mändl, B. Stritzker, B. Rauschenbach, *Aluminum diffusion and nitrogen sputter yield for nitrogen plasma immersion ion implantation into aluminum*, J. Vac. Sci. Technol. A **21** (2003) 643.

D. Manova, P. Huber, S. Sienz, J. W. Gerlach, S. Mändl, B. Rauschenbach, *Dependence of ion beam induced nitrogen diffusion in aluminum on oxygen impurities*, J. Vac. Sci. Technol. A **20** (2002) 206.

D. Manova, M. Schreck, B. Stritzker, B. Rauschenbach, *Orientation dependent sputter yield of aluminium*, Surf. Coat. Technol. **151/152** (2002) 72.

G. Mark, H.-P. Schuchmann, M. N. Schuchmann, L. Prager, C. von Sonntag, *Electron-beam treatment of aromatic hydrocarbons that can be air-stripped from contaminated groundwater. Part 1: Model studies in aqueous solution*, Environ. Sci. Technol. **37** (2003) 372.

Th. G. Mayerhöfer, Z. Shen, R. Keding, T. Höche, *Modelling IR-spectra of single-phase polycrystalline materials with random orientation – supplementations and refinements for optically uniaxial crystallites*, Optik **114** (2003) 351.

R. Mehnert, *UV/EB crosslinked polyacrylate nanocomposites and their applications*, CHIMIA 2003 **57** (2003) 2.

R. Mehnert, A. Tauber, E. Hartmann, H.-J. Gläsel, F. Bauer, *UV/EB crosslinked polyacrylate nanocomposites and their applications*, Czechoslovak J. of Phys, Suppl. A **53** (2003) 355.

R. Mehnert, *Von Nitro zu Nano - Neue Ansätze bei Holzlacken*, Holz **1** (2003) 28.

R. Mehnert, A. Prager-Duschke, *UV-härtende, lösemittelfreie Tiefdruckfarben*, Farben & Lacke **108** (2002) 22.

R. Mehnert, *Anorganische Nanopartikel steigern Kratzfestigkeit*, Holz-Zentralblatt **90/91** (2002) 1078.

J. Meinhardt, R. Mehnert, W. Bondzio, E. Dayss, *Eigenschaften fluorhaltiger Plasmapolymere in Abhängigkeit vom Substrat und den Prozeßparametern*, Tagungsband 3. Oberflächentechnisches Kolloquium Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle/S. (2003) 11.

J. Meinhardt, R. Mehnert, W. Bondzio, J. Reinhardt, D. Hirsch, *Korrelation von Substraten und Prozessparametern bei PECVD-PVC-Mehrschichtsystemen für miniaturisierte Schaltungen*, Tagungsband 11. Neues Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium (2003) 137.

J. Meinhardt, W. Bondzio, J. Kickelhain, R. Mehnert, *Strukturierbare kombinerte PVD- und PECVD-Schichtsysteme*, Tagungsband 10. Neues Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium (2002) 135.

H. Möbus, V. Ptatschek, E. Bister, P. Denk, H.-J. Gläsel, E. Hartmann, *Innovative scratch and abrasion resistant coatings*, Proc. Mat. Week 2002, München (2002).

F. Mrowka, S. Manzoor, P. Pongpiyapaiboon, I. L. Maksimov, P. Esquinazi, K. Zimmer, M. Lorenz, *Excess voltage in the vicinity of the superconducting transition in inhomogeneous $YBa_2Cu_3O_7$ thin films*, Physica C **399** (2003) 22.

S. Naumov, I. Janovský, W. Knolle, R. Mehnert, *Distonic dimer radical cation of 2,3-dihydrofuran: Quantum chemical calculations and low temperature EPR results*, Nucl. Instr. Meth. B **208** (2003) 385.

S. Naumov, D. Beckert, *Reply to comment on "A fourier transform EPR study of uracil and thymine radical anions in aqueous solution" by D. M. Close*, Phys. Chem. **4** (2002) 45.

S. Naumov, J. Reinhold, D. Beckert, *Investigation of the molecular structure of the radical anions of some pyrimidine-type bases in aqueous solution by comparison of calculated hyperfine coupling*

constants with EPR results, Phys. Chem. **5** (2003) 64.

S. Naumov, I. Janovský, W. Knolle, R. Mehnert, *Formation of 3,4-dihydrofuran radical cation through intramolecular H-shift: Quantum chemical calculations and low-temperature EPR study*, Radiation Phys. Chem. **67** (2003) 243.

S. Naumov, I. Janovský, W. Knolle, R. Mehnert, *Role of dimer radical cation and radical in polymerisation of 2,3-dihydrofuran*, Proc. RadTech Europe 2003, Berlin (2003).

S. Naumov, I. Janovský, W. Knolle, R. Mehnert, *Radical cations of tetrahydropyran and 1,4-Dioxane revisited: Quantum chemical calculations and low-temperature EPR results*, Phys. Chem. **5** (2003) 3133.

S. Naumov, I. Janovský, W. Knolle, R. Mehnert, *Radical cation, dimer radical cation and neutral radical of 2,3-dihydropyran - possible initiators of its polymerisation?*, Macromol. Chem. Phys. **204** (2003) 2099.

K. Otte, G. Lippold, H. Neumann, A. Schindler, *Hydrogen in $CuInSe_2$*, J. of Phys. and Chem. of Solids **64** (2003) 1641.

K. Otte, T. Chassé, G. Lippold, B. Rauschenbach, R. Szargan, *Chemical defect explantation for the effect of postdeposition treatments on $CuInSe_2$*, J. Appl. Phys. **91** (2002) 1624.

O. Pachtova, M. Kocirik, B. Bernauer, F. Bauer, *Quasiisothermal degradation kinetics of tetrapropylammonium cations in silicalite-1matrices*, Proc. 2nd FEZA Conf., Taormina, (2002).

J. D. Pedarnig, R. Rössler, M. P. Delamare, W. Lang, D. Bäuerle, A. Köhler, H. W. Zandbergen, *Electrical properties, texture, and microstructure of vicinal $YBa_2Cu_3O_7$-d thin films*, Appl. Phys. Lett. **81** (2002) 2587.

L. Prager, G. Mark, H. Mätzing, H.-P. Paur, J. Schubert, F. H. Frimmel, S. Hesse, H.-P. Schuchmann, M. N. Schuchmann, C. von Sonntag, *Electron-beam treatment of aromatic hydrocarbons that can be air-stripped from contaminated groundwater. Part 2: Gas phase studies*, Environ. Sci. Technol. **37** (2003) 379.

M. Procop, M. Radtke, M. Krumrey, K. Hasche, S. Schädlich, W. Frank, *EMPA measurement of thin-film thickness in the nanometre range*, Anal. Bioanal. Chem. **374** (2002) 631.

B. Rauschenbach, S. Mändl, *Plasma-sheath expansion around trenches in plasma immersion ion implantation*, Nucl. Instr. Meth. B **206** (2003) 803.

B. Rauschenbach, *Ion beam assisted deposition - a processing technique for preparing thin films for high-technology applications*, VACUUM **69** (2003) 3.

B. Rauschenbach, A. Schindler, *Sandstrahler in der Nanowelt*, Spektrum der Wissenschaft Oktober (2003) 81.

N. Razek, K. Otte, T. Chassè, D. Hirsch, A. Schindler, F. Frost, B. Rauschenbach, *GaAs surface cleaning by low energy hydrogen ion beam treatment*, J. Vac. Sci. Technol. A **20** (2002) 1492.

D. L. Reid, G. V. Shustov, D. A. Armstrong, A. Rauk, M. N. Schuchmann,. M. S. Akhlaq, C. von Sonntag, *H-Atom abstraction from thiols by C-centered radicals. An experimental and theoretical study*, Phys. Chem. **4** (2002) 2965.

N. G. Salleh, H.-J. Gläsel, R. Mehnert, M. S. Alias, M. Z. Salleh, R. Ismail, *Scratch and abrasion resistance of radiation cured coatings*, Proc. RadTech Asia 2003, Yokohama (2003) 439.

N. G. Salleh, H.-J. Gläsel, R. Mehnert, *Development of hard materials by radiation curing technology*, Radiat. Phys. Chem. **63** (2002) 475.

T. Scherzer, R. Mehnert, H. Lucht, *In-line monitoring of the degree of cure after UV and EB curing using near-infrared spectroscopy*, Proc. RadTech Europe 2003, Berlin (2003) 1109.

T. Scherzer, A. Tauber, R. Mehnert, *UV-curing of pressure sensitive adhesives studied by real-time FTIR-ATR spectroscopy*, Vibr. Spectrosc. **29** (2002) 125.

T. Scherzer, W. Knolle, S. Naumov, R. Mehnert, *Direct initiation of the photopolymerization of acrylates by short-wavelength excimer UV radiation*, Nucl. Instr. Meth. B **208** (2003) 271.

T. Scherzer, R. Mehnert, H. Lucht, *In-line monitoring of the degree of cure by NIR spectroscopy*, Proc. RadTech Asia 2003, Yokohama (2003) 348.

T. Scherzer, *Depth profiling of the degree of cure during the photopolymerization of acrylates studied by real-time FTIR-ATR spectroscopy*, Appl. Spectrosc. (2002) 1403.

T. Scherzer, *Depth profiling of the conversion during the photopolymerization of acrylates using real-time FTIR-ATR spectroscopy*, Vibr. Spectrosc. **29** (2002) 139.

T. Scherzer, *Real-time FTIR-ATR spectroscopy of photopolymerization reactions*, Macromol. Symp. **184** (2002) 79.

A. Schindler, T. Hänsel, F. Frost, R. Fechner, G. Seidenkranz, A. Nickel, H.-J. Thomas, H. Neumann, D. Hirsch, R. Schwabe, *Ion beam finishing technology for high precision optics fabrication*, ODF 2002, Tokyo, Tech. Digest AP0 (2002) PD05.

A. Schindler, T. Hänsel, F. Frost, R. Fechner, A. Nickel, H.-J. Thomas, H. Neumann, D. Hirsch, R. Schwabe, G. Seidenkranz, K. Barucki, *Ion beam finishing technology for high precision optics production*, OSA Technical Digest (2002) 64.

A. Schindler, T. Hänsel, F. Frost, R. Fechner, N. Razek, *Ionenstrahlvorbehandlung für die Nano-Oberflächentechnik*, Tagungsband Workshop Reinigung in der Nano-Oberflächentechnik (2003).

A. Schindler, T. Hänsel, A. Nickel, H. Thomas, H. Lammert, F. Siewert, *Finishing procedure for high-performance synchrotron optics*, Proc. SPIE **5180** (2003) 64.

H. Schmidt, R. Pickenhain, G. Böhm, *Chemical and structural effects of two-dimensional isovalent substitutions in A (III)-B (V) semiconductors*, Phys. Rev. B **65** (2002) 1.

F. Schrempel, T. Höche, J.-P. Ruske, U. Gruse-mann, W. Wesch, *Depth dependence of radiation damage in Li^+-implanted $KTiOPO_4$*, Nucl. Instr. Methods B **191** (2002) 202.

S. Sienz, B. Rauschenbach, A. Wenzel, A. Lell, S. Bader, V. Härle, *In-situ stress measurement during the ion implantation-induced doping of gallium nitride*, Thin Solid Films **415** (2002) 1.

S. Sienz, S. Mändl, B. Rauschenbach, *In situ stress measurements during low energy nitriding of stainless steel*, Surf. Coat. Technol. **156** (2002) 185.

M. Tartz, E. Hartmann, R. Deltschew, H. Neumann, *Study of extraction grid erosion in a long-time ion thruster operational test*, Paper IEPC-03-176, 28th Int. Electric Propulsion Conf., Toulouse (2003).

M. Tartz, E. Hartmann, R. Deltschew, H. Neumann, *Effects of aperture displacement in broad-beam ion extraction systems*, Rev. Sci. Instrum. **73** (2002) 928.

M. Tartz, E. Hartmann, H. Neumann, *Extraction grid erosion in long-time ion thruster operation: Comparison with simulation*, Paper AIAA 2003-4559, 39th Joint Propulsion Conf., Huntsville (2003).

A Tauber, T. Scherzer, R. Mehnert, *Degree of cure: Mechanistic aspects, determination and possibilities of on-line monitoring*, Proc. RadTech Asia 2003, Yokohama (2003) 344.

A. Tauber, T. Scherzer, I. Weiß, R. Mehnert, *UV curing of a pressure sensitive adhesive coating studied by real-time FTIR spectroscopy and laboratory scale curing experiments*, J. Coat. Technol. **74** (2002) 41.

C. von Sonntag, *Free-radical-induced chain scission and cross-linking of polymers in aqueous solution - an overview*, Radiat. Phys. Chem. **67** (2003) 353.

J. von Sonntag, W. Knolle, S. Naumov, R. Mehnert, *Deprotonation and dimerization of maleimide in the triplet state. A laser flash photolysis study with optical and conductometric detection*, Chem. Europ. J. **8** (2002) 4199.

J. von Sonntag, I. Janovský, S. Naumov, R. Mehnert, *Free radical copolymerisation of N-Methyl-maleimide and 2,3-dihydrofuran initiated by their radical cations. A low temperature EPR study of a binary system*, Macromol. Chem. Phys. **203** (2002) 580.

P. Wange, T. Höche, C. Rüssel, J. D. Schnapp, *Microstructure-property relationship in high-strength MgO-Al_2O_3-SiO_2-TiO_2 glass-ceramics*, J. Non-Cryst. Solids **298** (2002) 137.

L. Wennrich, B. Vrana, P. Popp, W. Lorenz, *Development of an integrative passive sampler for the monitoring of organic water pollutants*, J. Environ. Monit. **5** (2003) 813.

G. Wermut, S. Eder, R. Mehnert, A. Prager-Duschke, *UV-Farben für den Tiefdruck auf gutem Weg*, Flexo+Tief-Druck **3** (2003) 4.

A. Wojcik, C. von Sonntag, G. Obe, *Application of the biotin - dUTP chromosome labelling technique to study the role of 5-bromo-2´- deoxyuridine in the formation of UV-induced sister chromatid exchanges in CHO cells*, J. of Photochem. and Photobio. B: Biology **69** (2003) 139.

M. Zeuner, F. Scholze, H. J. Leiter, R. Kukies, D. Feili, M. Tartz, H. Neumann, *Ion beam characterisation of the RIT10 ion thruster*, Paper AIAA 2003-5009, 39th Joint Propulsion Conf., Huntsville (2003).

M. Ziese, R. Höhne, N. H. Hong, J. Dienelt, K. Zimmer, P. Esquinazi, *Magnetoresistance at grain boundaries artificially introduced into magnetite films*, J. of Magnetism and Magnetic Mat. **242/245** (2002) 450.

K. Zimmer, R. Böhme, A. Braun, B. Rauschenbach, F. Bigl, *Excimer laser-induced etching of sub-micron surface relief gratings in fused silica using phase grating projection*, Appl. Phys. A **74** (2002) 453.

K. Zimmer, A. Braun, *Excimer laser machining for 3D-surface structuring*, in A. Peled (Ed.) Photo-Excited Processes, Diagnostics and Applications, Kluwer Academic Publishers, Boston (2003) 325.

K. Zimmer, A. Braun, R. Böhme, *Etching of fused silica and glass with excimer laser at 351 nm*, Appl. Surf. Sci. **208/209** (2003) 199.

K. Zimmer, R. Böhme, *Ultra-präzise Bearbeitung von Oberflächen mit Pulslasern*, Journ. Univ. of Appl. Sci. Mittweida **1** (2003) 5.

Kolloquien und Veranstaltungen am IOM

M. Raible, Uni Augsburg, “Amorphes Schichtwachstum: Simulation und Modellierung”, 01/02.

J. Schreiber, Uni Halle/Wittenberg, „Photoreflexionsspektroskopie an III-V Halbleitern“, 02/02.

R. Sader, Universitätsklinik für Wiederherstellende Chirurgie Basel, Schweiz, „Die Bedeutung moderner Materialwissenschaften aus der Sicht einer anwendungsorientierten Medizintechnik am Beispiel der Cranio-Maxillofazialen Chirurgie“, 02/02

IX. Erfahrungsaustausch „Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen“, 04.-07.02.02 in Mühlleithen, gemeinsam mit der Uni Greifswald

A. Yabe, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japan, “Laser chemical processing of fused silica and Teflon with excimer lasers”, 03/02.

C. Ascheron, Springer-Verlag Heidelberg, “Grundlagen und Technologiehintergrund zum Smart Cut Verfahren”, 04/02.

E.-B. Kley, FSU Jena, „Mikro- und Nanostrukturen für die Optik“, 04/02.

J. von Puttkamer, NASA Washington, USA, „Internationale Raumstation IIS“, 05/02.

H. Leiter, Astrium München, „Elektrische Raumantriebe für kommerzielle und wissenschaftliche Missionen“, 05/02.

Kolloquium „Femtosekundenlaser“, 13.05.02 in Leipzig

P. Perner, Institute of Computer Vision and Applied Computer Sciences Leipzig, “Hep-2cell analysis with data mining and fluorescent image analysis”, 06/02.

D. Meier, LPKF Laser & Electronics AG, Garbsen, „Die Lasertechnik – ein zukünftiges Werkzeug für die Mikrosystem- und Mikrostrukturierungstechnik“, 06/02.

P. Ziemann, Uni Ulm, „Eigenschaften und Anwendungen von Gold-Nanoteilchen - Physik am Übergang vom Cluster zum Festkörper“, 06/02.

Begutachtung zum Fortsetzungsantrag der DFG-Forschergruppe „Teilchenstrahlen-stimulierte Ultrapräzisions-Oberflächenbearbeitung“, 18.06.02 in Leipzig, gemeinsam mit der DFG

B. Borup, Degussa AG, „Kratzfeste Beschichtung auf Nanopartikel-Basis“, 06/02.

W. Bolse, Uni Stuttgart, „Materietransport in heißen Ionenspuren“, 07/02.

W. Assmann, LMU München, „Materialforschung mit schweren Ionen“, 10/02.

O. Riemer, Uni Bremen, „Transregionaler Sonderforschungsbereich SFB/TR4 Prozessketten zur Replikation komplexer Optikkomponenten“, 10/02.

A. Gessenharter, Uni Bremen, „Werkzeugentwicklung und Kinematik des Polierens strukturierter Flächen“, 10/02.

Th. Mayerhöfer, FSU Jena, „Modellierung der IR-Reflexionsspektren von Gläsern und Keramiken“, 11/02.

Interne Evaluierung zum Fachgebiet „Ionenquellen“, 21.11.02 in Leipzig

S. Braun, IWS Dresden, „Herstellung von Multilagenschichten“, 12/02

Th. Chudoba, ASMEC GmbH Dresden, “Mechanische Eigenschaften dünner Schichten”, 01/03.

K. Samwer, Uni Göttingen, „Magnetoresitivität von Manganaten“, 01/03.

A. Richter, FH Wildau, „Wachstum von Biofilmen und deren Modifikation durch Laserstrahlung“, 01/03.

S. Esmaeilzadeh, Uni Stockholm, Schweden, „Synthesis and characterization of novel crystalline and glassy nitridosilicates”, 01/03.

H. Hofsäß, Uni Göttingen, “Schichtwachstum mit niederenergetischen massenselektierten Ionen”, 02/03.

X. Erfahrungsaustausch „Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen“, 18.-22.03.03 in Mühlleithen, gemeinsam mit der Uni Greifswald

C. Hammerl, Uni Augsburg und Axyntec GmbH Augsburg, „Hochfluenzimplantation von Sauerstoffionen in Übergangsmetalle“, 04/03.

S. Sinzinger, TH Ilmenau, „Mikrostrukturierte Optik für die Optimierung und Integration optischer Systeme“, 04/03.

W. Gudat, BESSY Berlin und Uni Potsdam, „Nanostrukturierte Schichten im polarisierten Licht“, 05/03.

D. Mergel, Uni Essen, „Wachstum, strukturelle, elektrische und optische Eigenschaften von dünnen ITO-Schichten“, 05/03.

Treffen des Arbeitskreises Plasmatechnologien, „Plasma- und Ionenstrahlverfahren für Optik und Elektronik“, 20.05.03 in Leipzig, gemeinsam mit dem AK Plasmatechnologien

Chr. Teichert, Montanuniversität Loeben, Österreich, „Spontane Musterbildung auf Halbleiteroberflächen: Heteroepitaxie und Ionenbeschuss“, 06/03.

M. Bilek, ANSTO, Australien, „Correlations be-

tween stress and microstructure in thin film materials: the chicken or the egg“, 07/03.

H. Böttcher, Gesellschaft zur Förderung von Medizin-, Bio- und Umwelttechnologien e. V. Dresden, „Anorganische Nanosole zur Funktionalisierung von Materialoberflächen“, 07/03.

B. Stritzker, Uni Augsburg, „Ionenimplantation – eine alte Methode, aber immer wieder hochaktuell“, 10/03.

H. Löb, Uni Giessen, „Ionentriebwerke für die Raumfahrt“, 10/03.

R. A. Yankow, nanoparc GmbH Dresden, „Dynamics of point defect/impurity interactions and clustering due to ion implantation and thermal annealing – new insights and utilization”, 11/03.

S. Klaumünzer, HMI Berlin, “MeV-Ionen: Werkzeuge der Nanotechnologie”, 11/03.

Interne Evaluierung zum Fachgebiet „Plasmapolymerisation“, 20.11.03 in Leipzig

W. Wesch, FSU Jena, „Vergleichende Untersuchungen zur Schädenerzeugung in III-V-Halbleitern bei Ionenimplantation“, 12/03.

Vorträge/Poster

M. Ababneh, S. Mändl, B. Rauschenbach, J. K. Gregory, *Reduction of fretting corrosion in the titanium alloy Ti_6Al_4V-ELI after PIII surface treatment*, 8th Int. Conf. on Plasma Surf. Engineering, Garmisch-Partenkirchen, 09.-13.09.2002

T Arnold, G. Böhm, S Grabovski, A. Schindler, H.-E. Wagner, *Contributions to an $Ar/SF_6/O_2$ microwave plasma jet silicon etch process*, DPG-Frühjahrstagung, Regensburg, 11.-15.03.2002

T. Arnold, S. Grabovski, A. Schindler, H.-E. Wagner, *Spatially resolved spectroscopic investigations and numerical simulation of the chemical kinetics in reactive microwave driven plasma jets Si or SiO_2 target*, XXVI. Int. Conf. on Phenomena in Ionized Gases, Greifswald, 15.-20.07.2003

T. Arnold, *Mechanismen und Dynamik der lokalen Plasma-Jet Oberflächenbearbeitung*, DFG-Forschergruppe TSUPOB, 4. Workshop, Großbothen, 23.-24.05.2003

T. Arnold, S. Grabovski, A. Schindler, H.-E. Wagner, *SF_6/Ar plasma jet etching of Si and SiO_2*, DPG-Frühjahrstagung, Aachen, 24.-28.03.2003

T. Arnold, *Mechanismen und Dynamik der lokalen Plasma-Jet Oberflächenbearbeitung*, Kolloquium, Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 16.12.2003

G. Bachmann, A. Schindler, *Nanotechnologie - atomare Haarspalterei oder Chance für den Wirtschaftsstandort Deutschland*, Kolloquium, Technologie- und Gründerzentrum Bitterfeld-Wolfen GmbH, 17.06.2002

F. Bauer, *Aufklärung von Reaktionsmechanismen mit Hilfe von isotop-markierten Verbindungen*, Kolloquium, Universität Stuttgart, 05.11.2002

F. Bauer, H. Ernst, D. Hirsch, M. Pelzing, V. Sauerland, R. Mehnert, *Surface modification of oxide nanoparticles for polyacrylate reinforcement*, Rad-Tech Europe 2003, Berlin, 03.-05.11.2003

F. Bauer, *Nanoparticle reinforced polyacrylates for scratch resistant coatings*, Kolloquium, Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia, 04.12.2002

F. Bauer, E. Bilz, A. Freyer, *Alkane treatment of spent H-ZSM-5 Zeolite - a way to catalyst reactivation and coke selectivation*, Int.. Workshop, DECHEMA, Frankfurt/M., 08.-09.04.2002

F. Bauer, H. J. Gläsel, E. Hartmann, E. Bilz, R. Mehnert, *Radiation-cured polymeric nanocomposites of enhanded surface-mechanical propoerties*, 5th Int. Symp. IRaP, Sainte-Adele, Kanada, 21.-26.09.2002

F. Bauer, *Effect of surface modification on xylene isomerization selectivity*, Kolloquium, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, 28.11.2002

F. Bauer, *Isotopic studies on xylene isomerization*, Kolloquium, Université de Poitiers, Frankreich, 27.03.2003

F. Bauer, R. Hinterwaldner, *Functionalized inorganic/organic nanocomposites as new basic raw materials for adhesives and sealants*, 3rd Europ. Cong. on Adhesive and Sealant Raw Materials, Nürnberg, 09.-10.04.2003

F. Bauer, E. Bilz, A. Freyer, *Effect of surface modified H-ZSM-5 on xylene isomerization selectivity*, 14. Deutsche Zeolith-Tagung, Frankfurt/M., 06.-08.03.2002

F. Bauer, E. Bilz, A. Freyer, *Selectivity improvement in xylene isomerization*, 15. Deutsche Zeolith-Tagung, Kaiserslautern, 05.-07.03.2003

N. Bogdanski, M. Wissen, H. Schulz, H.-C. Scheer, J. Zajadacz, K. Zimmer, *3D-Hot embossing of undercut structures - an approach to micro-zippers*, Micro and Nano Engineering 2003, Cambridge, UK, 22.-25.09.2003

R. Böhme, K. Zimmer, *Direct laser etching of high quality microstructures in Pyrex for applications in micro-system technology*, Microsystem Technologies 2003, München, 07.-08.10.2003

R. Böhme, K. Zimmer, *Laser fabrication of micro sized diffractive and refractive optical devices in fused silica and glass*, CLEO®/Europe-EQEC 2003, München, 23.-27.06.2003

R. Böhme, B. Keiper, K. Zimmer, R. Ebert, H. Exner, *3D-microstructuring of Pyrex glass for the manufacturing of hybrid microsystems by laser processing*, SENSOR 2003, Nürnberg, 13.-15.05.2003

R. Böhme, K. Zimmer, *Charakterisierung von LIBWE-geätzten Oberflächenstrukturen in Quarz*, Int. wiss. Konf. Mittweida, Mittweida, 06.-07.11.2003

R. Böhme, D. Spemann, K. Zimmer, *Surface characterization of backside-etched transparent dielectrics*, E-MRS Spring Meeting, Strasbourg, Frankreich, 10.-13.06.2003

Y. Bohne, N. Shevchenko, F. Prokert, J. von Borany, B. Rauschenbach, W. Möller, *In situ x-ray diffraction investigations during high-energy oxygen ion implantation in transition metals*, 13th Int. School on Vacuum, Electron and Ion Technol., Varna, Bulgarien, 15.-19.09.2003

W. Bondzio, J. Meinhardt, R. Mehnert, J. Kickelhain, *Metallisierte Polyimidfolien für die Herstellung flexibler Feinstleiterschaltungsträger*, 3. Oberflächentechnisches Kolloquium, Merseburg, 25.-26.06.2003

O. Brede, R. Hermann, S. Naumov, *Molecule dynamics governs the product distribution of the free electron transfer from phenols to parent solvent radical cations*, 18th Int. Radical ION Conf., Heigenbrücken, 16.-21.06.2002

T. Chassé, H. Neumann, B. Rauschenbach, *Multischichterzeugung für die EUV-Lithographie mit Ionenstrahlen*, DPG-Frühjahrstagung, Regensburg, 11.-15.03.2002

T. Chassé, H. Neumann, B. Ocker, M. Scherer, W. Frank, F. Frost, D. Hirsch, G. Wagner, G. Otto, M. Zeuner, A. Schindler, J. W. Gerlach, A. Köhler, E. Schubert, B. Rauschenbach, *Mo/Si-multilayers for EUV-lithography masks by iom beam sputter deposition*, 1st Int. Symp. on EUV Lithography, Dallas, USA, 15.-17.10.2002

T. Chassé, A. B. Preobrajenski, D. Zerulla, J.-D. Hecht, *Moderne elektronenspektroskopische Methoden der Oberflächenanalytik*, X. Erfahrungsaustausch 'Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen', Mühlleithen, 18.-21.03.2003

P. Crimmann, G. Leps, J. Meinhardt, R. Adhikari, *Grenzflächenmodifizierung und -analyse im Polypropylen-Kupfer-Verbund*, 10. Neues Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium, Dresden, 17.-18.10.2002

P. Crimmann, G. Leps, J. Meinhardt, R. Adhikari, *Plasmamodifizierung von Polypropylen zur Verbesserung der Adhäsion*, Int. Tagung "Polymerwerkstoffe 2002", Halle/S., 24.-27.09.2002

E. Dayss, G. Leps, J. Meinhardt, H. Krump, *Analyse der Oberflächenmodifizierungen von Polymeren im Niederdruckplasma*, 11. BFPT , Illmenau, 09.-12.03.2003

E. Dayss, G. Leps, J. Meinhardt, *Analyse der Wechselwirkungen von Polymeren im Niederdruckplasma*, Int. Tagung "Polymerwerkstoffe 2002", Halle/S., 24.-27.09.2002

E. Dayss, G. Leps, J. Meinhardt, *Oberflächenanalyse von im Plasma modifizierten Polymeren*, 3. Oberflächentechnisches Kolloquium, Merseburg, 25.-26.06.2003

R. Deltschew, M. Tartz, E. Hartmann, H. Neumann, *Sputter characteristics of ion source extraction grid materials*, 8th Int. Conf. on Plasma Surf. Engineering, Garmisch-Partenkirchen, 09.-13.09.2002

J. Dienelt, K. Zimmer, *Oberflächenrauheiten bei der GaAs-Bearbeitung mit dem CAIBE-Prozess*, DFG-Forschergruppe TSUPOB, 4. Workshop, Großbothen, 23.-24.05.2003

J. Dienelt, K. Zimmer, J. von Sonntag, *Trockenätzen von GaAs mit gepulstem Ionenstrahl: Modellierung des Abtragsprozesses*, X. Erfahrungsaustausch 'Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen', Mühlleithen, 18.-21.03.2003

J. Dienelt, K. Zimmer, B. Rauschenbach, *Ätzen von GaAs mit gepulstem Ionenstrahl*, DPG-Frühjahrstagung, Regensburg, 11.-15.03.2002

J. Dienelt, *Was macht den CAIBE-Process für die GaAs-Bearbeitung so interessant?,* Kolloquium, Universität Hamburg, 06.05.2003

J. Dienelt, K. Zimmer, *Fabrication of self-aligned silicon field emission arrays using common processing techniques*, EUSPEN 2002, Eindhoven, Niederlande, 26.-30.05.2002

J. Dienelt, *Chemisch unterstütztes Ionenstrahlätzen - Strukturierung von GaAs*, Seminar der TU Ilmenau, 05.03.2003

J. Dienelt, K. Zimmer, H. Neumann, *Reactive etching of semiconductor surfaces using an electronically chopped low energy broad beam ion source*, 8th Int. Conf. on Plasma Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen, 09.-13.09.2002

J. Dienelt, K. Zimmer, J. von Sonntag, B. Rauschenbach, *Chemisch unterstütztes Ionenstrahlätzen von GaAs bei gepulstem Ionenbeschuss: Modellansatz*, DPG-Frühjahrstagung, Dresden, 24.-28.03.2003

E. Erdem, R. Böttcher, H.-C. Semmelhack, H.-J. Gläsel, E. Hartmann, *Size effects in $PbTiO_3$ nanopowders studied by EPR and XRD*, Europ. Workshop on High-Field Spectroscopy, Antwerpen, Belgien, 30.11.-07.12.2002

E. Erdem, R. Böttcher, H.-J. Gläsel, E. Hartmann, *EPR studies of size effects in Cr^{3+} and Mn^{2+} doped*

perovskitic nanopowders, 5th Europ. Meeting on Magnetic Resonance, Lissabon, Portugal, 07.-12.09.2003

E. Erdem. R. Böttcher, H.-J. Gläsel, E. Hartmann, *Size effects in $PbTiO_3$ nanopowders as probed by various Cr^{3+} centres*, DPG-Kolloquium Hochfeld-EPR, Hirschegg, 21.-24.09.2003

E. Erdem, R. Böttcher, H.-J. Gläsel, E. Hartmann, *High-field CW-EPR studies of co-existent ferroelectric and paraelectric phases in ferroelectric nanopowders*, 25. Fachtagung der GDCh Magnetische Resonanzspektroskopie, Leipzig, 30.09.-02.10.2003

E. Erdem, R. Böttcher, H.-C. Semmelhack, H. J. Gläsel, E. Hartmann, *Perovscitic ferroelectric nanopowders and polymeric composites from various preparation routes*, DPG-Frühjahrstagung, Dresden, 24.-28.03.2003

R. Fechner, R. Steiner, A. Schindler, B. Dobschal, K. Rudolf, M. Burkhardt, R. Brunner, *DUV-DOE Technologien - Probleme und Ergebnisse*, DGaO-Jahrestagung, Innsbruck, Österreich, 21.-25.05.2002

D. Flamm, A. Schindler, M. Berger, *Ion beam milling of optically polished CaF_2 surfaces*, SPIE's 48th Annual Meeting, San Diego, USA, 03.-08.08.2003

R. Flyunt, *Organic hydroperoxides from nucleobases ozonation*, EYICS 2003, Slubice, Polen, 07.-11.05.2003

R. Flyunt, *Formation and reactions of halogenated peroxyl and alkoxyl radicals from fluorinated ethers: Isoflurane, enflurane and methoxyflurane*, 23rd Miller Conf. on Radiation Chemistry, Bialowieza, Polen, 06.-12.09.2003

F. Frost, D. Flamm, B. Rauschenbach, *Pattern formation and atomic scale smoothing of quartz glass surfaces during ion beam erosion*, E-MRS Spring Meeting, Strasbourg, Frankreich, 10.-13.06.2003

F. Frost, B. Ziberi, *Oberflächendesign mit Ionenstrahlen - Ein alternatives Nanostukturierungsverfahren*, X. Erfahrungsaustausch 'Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen', Mühlleithen, 18.-21.03.2003

F. Frost, B. Ziberi, T. Höche, B. Rauschenbach, *The shape and ordering of self-organized nanostructures by ion sputtering*, E-MRS Spring Meeting, Strasbourg, Frankreich, 10.-13.06.2003

F. Frost, R. Fechner, B. Ziberi, D. Flamm, A. Schindler, *Large area smoothing of optical surfaces by low-energy ion beams*, European Vacuum Congress, Berlin, 23.-26.06.2003

F. Frost, R. Fechner, D. Flamm, B. Ziberi, A. Schindler, B. Rauschenbach, *Ion beam assisted smoothing of optical surfaces*, DPG-Frühjahrstagung, Dresden, 24.-28.03.2003

F. Frost, *Oberflächendesign mit Ionenstrahlen - Von selbstorganisierenden Nanostrukturen zu ultraglatten Oberflächen*, Kolloquium, Institut für Materialphysik, Universität Göttingen, 16.05.2003

F. Frost, D. Flamm, R. Fechner, A. Schindler, B. Rauschenbach, *Ionenstrahlerosion: Von Selbstorganisationseffekten zu ultraglatten Oberflächen*, NanoDE, Bonn, 06.-07.05.2002

F. Frost, B. Rauschenbach, *Nanostrukturierung von Festkörperoberflächen durch Ionenstrahlerosion*, DPG-Frühjahrstagung, Regensburg, 11.-15.03.2002

F. Frost, B. Ziberi, B. Rauschenbach, O*rdered nanoscale dots by ion sputtering - Role of the angle of ion incidence*, EUROMAT 2003, Lausanne, Schweiz, 01.-05.09.2003

F. Frost, *Selbstorganisation durch niederenergetische Ionen: Strukturerzeugung und Anwendungen*, III. Ionenstrahltreffen, Dresden, 10.10.2003

F. Frost, R. Fechner, D. Flamm, B. Ziberi, W. Frank, A. Schindler, *Ionenstrahlgestützte Glättung von Oberflächen für optische und mechanische Anwendungen*, Jahrestagung der Deutschen Vakuumgesellschaft, Magdeburg, 17.-20.06.2002

F. Frost, D. Flamm, B. Rauschenbach, *Ion beam erosion of quartz glass*, DPG-Frühjahrstagung, Regensburg, 11.-15.03. 2002

F. Frost, *Nanostrukturierung von Festkörperoberflächen durch Ionenstrahlerosion*, Kolloquium, JENOPTIK Laser Optik Systeme GmbH, Jena, 31.05.2002

F. Frost, *Ionenstrahlerosion von Festkörperoberflächen - Von selbstorganisierenden Nanostrukturen zu ultraglatten Oberflachen*, Kolloquium, Hahn-Meitner-Institut, Berlin, 17.12.2002

F. Frost, *Ionenstrahlglättung von optischen Oberflächen - Möglichkeiten und Grenzen*, IX. Erfahrungsaustausch 'Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen', Mühlleithen, 04.-07.03.2002

J. W. Gerlach, T. Höche, *Ionenstrahlgestützte GaN-Schichtbildung und Epitaxie in unterschiedlichen Ionenenergieregimen*, X. Erfahrungsaustausch 'Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen', Mühlleithen, 18.-21.03.2003

J. W. Gerlach, S. Sienz, T. Höche, B. Rauschenbach, *Thin film deposition using hyperthermal ions*, 13th Int. School on Vacuum, Electron and Ion Technol., Varna, Bulgarien, 15.-19.09.2003

J. W. Gerlach, T. Höche, B. Rauschenbach, *Halbleiter-Nanodrähte mittels Maskenprojektions-Laserablation*, Schwerpunkttreffen, Halle/S., 23.01.2003

J. W. Gerlach, T. Höche, F. Frost, B. Rauschenbach, *Ion beam assisted MBE of GaN on epitaxial TiN films*, European Vacuum Congress, Berlin, 23.-26.06.2003

J. W. Gerlach, T. Höche, B. Rauschenbach, *Ausbildung unterschiedlich orientierter Galliumnitrid-Kristallite bei der ionenstrahlgestützten MBE*, 11. DGK-Jahrestagung, Berlin, 10.-13.03.2003

H.-J. Gläsel, F. Bauer, E. Hartmann, R. Mehnert, *Strahlengehärtete Nanokomposit-Beschichtungen hoher Kratz- u. Abriebfestigkeit*, Int. Tagung "Polymerwerkstoffe 2002", Halle, 24.-27.09.2002

H.-J. Gläsel, E. Hartmann, F. Bauer, R. Mehnert, H. Möbus, V. Ptatschek, O. Kahle, C. Uhlig, M. Bauer, *Radiation-cured nanocomposite coatings of enhanced surface mechanical properties*, Werkstoffinnovation für Industrie und Gesellschaft, WING 2003, Weimar , 30.10.-01.11.2003

H.-J. Gläsel, E. Hartmann, R. Mehnert, H. Möbus, V. Ptatschek, O. Kahle, M. Bauer, *Scratch and abrasion resistant polymeric nanocomposite coatings*, Int. Nanotechnol. Symp. - nanofair 03, Dresden, 20.-21.11.2003

H.-J. Gläsel, E. Hartmann, H. Langguth, F. Bauer, R. Mehnert, H. Möbus, V. Ptatschek, *Radiation-cured polymeric nanocomposite coatings*, Materials Week 2002, München, 30.09.-02.10.2002

H.-J. Gläsel, F. Bauer, E. Hartmann, H. Langguth R. Mehnert, *Radiation-cured polymeric nanocomposites of improved scratch and abrasion resistance*, 5th Int. Symp. IRaP, Sainte-Adele, Kanada, 21.-26.09.2002

H.-J. Gläsel, E. Hartmann, E. Erdem, R. Böttcher, *Synthesis and characterisation of ferroelectric nanopowders*, Int. Nanotechnol. Symp. - nanofair 03, Dresden , 20.-21.11.2003

R. Mehnert, E. Hartmann, F. Bauer, *UV/EB cross-linked polyacrylate nanocomposites*, 14th Radiochemical Conf., Marianske Lazne, Czechoslovakia, 14.-19.04.2002

C. Hammerl, Y. Bohne, W. Assmann, K. Helming, B. Rauschenbach, *Formation of buried oxide layers in titanium by high-fluence oxygen ion implantation*, 13th Int. Conf. on Ion Beam Modification of Materials, Kobe, Japan, 01.-06.09.2002

T. Hänsel, A. Nickel, H.-J. Thomas, A. Schindler, R. Schwabe, *Local thickness correction of nanometer thin films by means of ion beam etching*, Int. Conf. on Optical Fabrication and Testing, Tucson, USA, 03.-05.06.2002

T. Hänsel, A. Schindler, B. Dissing, *Multiple high period accuracy gratings fabricated by holographic exposure and ion-beam etching with nanometer depth accuracy in silicon*, SPIE's 48th Annual Meeting, San Diego, USA, 03.-08.08.2003

T. Hänsel, A. Schindler, F. Frost, A. Nickel, H.-J. Thomas, *Surface finishing of x-ray optics by ion beam etching - advanced methods*, WG meeting, BESSY GmbH Berlin, 21.11.2003

E. Hartmann, H.-J. Gläsel, R. Mehnert, *Reinforcement of polymeric coatings by metalorganic nanofillers*, Nanoforum / BIT-Seminar, Wien, Östereich, 18.-20.11.2003

K. Hasche, G. Ulm, L. Koenders, M. Krumrey, G. Ade, J. Stümpel, I. Busch, P. Thomsen-Schmidt, S. Schädlich, A. Schindler, W. Frank, M. Procop, U. Beck, *Über die metrologische Charakterisierung von Schichtdicken Standards im Nanometerbereich*, AOFA 12, Kaiserslautern, 15.-19.09.2002

K. Hasche, G. Ulm, L. Koenders, M. Krumrey, G. Ade, J. Stümpel, P. Thomsen-Schmidt, I. Busch, S. Schädlich, A. Schindler, W. Frank, D. Hirsch, M. Procop, U. Beck, *Film thickness standards for X-ray techniques and ellipsometry*, 36th IUVSTA Workshop, Plzen, Czechoslovakia, 20.-24.10.2002

K. Hasche, K. Herrmann, P. Thomsen-Schmidt, M. Krumrey, G. Ulm, G. Ade, F. Pohlenz, J. Stümpel, I. Busch, S. Schädlich, A. Schindler, W. Frank, M. Procop, U. Beck, *About the calibration of thickness standards on the nanometre scale*, EUSPEN 2002, Eindhoven, Niederlande 26.-30.5.2002

K. Hasche, P. Thomsen-Schmidt, M. Krumrey, G. Ade, G. Ulm, J. Stümpel, S. Schädlich, W. Frank, M. Procop, U. Beck, *Metrological characterization of nanometer film thickness standards for XRR and ellipsometry applications*, SPIE's 48th Annual Meeting, San Diego, USA, 03.-08.08.2003

K. Hasche, K. Herrmann, P. Thomsen-Schmidt, M. Krumrey, G. Ulm, G. Ade, F. Pohlenz, J. Stümpel, I. Busch, S. Schädlich, W. Frank, A. Schindler, D. Hirsch, M. Procop, U. Beck, *Ein Beitrag zu kalibrierten Nanometerschichten für unterschiedliche Anwendungsbereiche*, 47. Int. Wiss. Kolloquium der TU Ilmenau, 23.-26.09.2002

K. Hasche, G. Ulm, K. Herrmann, M. Krumrey, G. Ade, J. Stümpel, I. Busch, P. Thomsen-Schmidt, S. Schädlich, A. Schindler, W. Frank, M. Procop, U. Beck, *Film thickness standards on the nanometer scale*, ASPE 17th Annual Meeting, St. Louis, USA, 20.-25.10.2002

K. Hasche, G. Ulm, K. Herrmann, M. Krumrey, G. Ade, J. Stümpel, P. Thomsen-Schmidt, I. Busch, S. Schädlich, A. Schindler, W. Frank, D. Hirsch, M. Procop, U. Beck, *Realization and metrology characterization of thickness standards below 100 nm*, Jahrestagung der Deutschen Vakuumgesellschaft, Magdeburg , 17.-20.06.2002

K. Hasche, K. Herrmann, M. Krumrey, G. Ulm, P. Thomson-Schmidt, W. Frank, F. Frost, R. Fechner, M. Procop, M. Radtke, S. Schädlich, *Thin film reference materials for thickness measurement by XRF and GIXR in the nanometer range*, Europ.

Conf. on Energy Dispersive X-Ray Spectrometry, Berlin, 16.-21.06.2002

K. Hasche, K. Herrmann, M. Krumrey, G. Ulm, P. Thomsen-Schmidt, S. Schädlich, W. Frank, F. Frost, R. Fechner, M. Procop, M. Radtke, *Thin film reference materials for thickness measurement by XRF and XRD in the nanometre range*, Europ. Conf. on Energy Dispersive X-Ray Spectrometry, Berlin, 16.-21.06.2002

J.-D. Hecht, L. Zhang, F. Frost, T. Chassé, *Photoemission investigations of nitrided III-V semiconductor surfaces - Resonant photoemission and time-dependent effects*, DPG-Frühjahrstagung, Dresden, 24.-28.03.2003

J.-D. Hecht, F. Frost, A. Sidorenko, L. Zhang, K.-H. Hallmeier, T. Chassé, *NEXAFS and photoemission investigation of low-energy ion beam assisted nitridation of III-V semiconductor surfaces*, E-MRS Spring Meeting, Strasbourg, Frankreich, 17.-21.06.2002

J.-D. Hecht, F. Frost, D. Hirsch, A. Schindler, T. Chassé, B. Rauschenbach, *Ionenstrahlgestützte Nitrierung von III-V Halbleiteroberflächen*, II. Ionenstrahltreffen Göttingen, 28.04.2002

J.-D. Hecht, T. Chassé, F. Frost, K.-H. Hallmeier, S. Krasnikov, L. Zhang, *Ionenstrahlgestützte Nitridbildung an Oberflächen*, 101. Hauptversammlung der DBG für Physikalische Chemie, Potsdam, 09.-11.05.2002

J.-D. Hecht, F. Frost, L. Zhang, T. Chassé, *Photoemission investigations of nitrited III-V semiconductor surfaces - Resonant photoemission and time-dependent effects*, DPG-Frühjahrstagung, Regensburg, 11.-15.03.2002

J.-D. Hecht, F. Frost, S. Krasnikov, K. H. Hallmeier, T. Chassé, *NEXAFS and photoemission investigations of low-energy ion beam assisted nitridation of III-V semiconductor surfaces*, DPG-Frühjahrstagung, Regensburg, 11.-15.03.2002

P. Huber, D. Manova, S. Mändl, B. Rauschenbach, *Formation of TiN, TiC and TiCN by MePIIID*, 8th Int. Conf. on Plasma Surf. Engineering, Garmisch-Partenkirchen, 09.-13.09.2002

S. Jankuhn, E. Hartmann H. Neumann, *Einsatz eines objektorienterter PIC-Codes zur Beschreibung von Plasmaquellen*, IX. Erfahrungsaustausch 'Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen', Mühlleithen, 04.-07.03.2002

S. Jankuhn, E. Hartmann, H. Neumann, F. Scholze, M. Tartz, G. Kornfeld, *Simulation und Validierung einer mehrstufigen Ionenstrahlquelle*, X. Erfahrungsaustausch 'Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen', Mühlleithen, 18.-21.03.2003

I. Janovský, S. Naumov, W. Knolle, R. Mehnert, *Investigation of the molecular structure of radical cation of s-trioxane: Quantum chemical calculations and low-temperature EPR results*, 10th "Tihany" Symp. on Radiation Chemistry, Sopron, Ungarn, 30.08.-05.09.2002

I. Janovský, S. Naumov, W. Knolle, R. Mehnert, *Investigation of the molecular structure of the radical cations of six-membered ring cyclic ethers: comparison of calculated Hfs splitting constants with low-temperature EPR results*, 10th "Tihany" Symp. on Radiation Chemistry, Sopron, Ungarn, 30.08.-05.09.2002

I. Janovský, W. Knolle, S. Naumov, R. Mehnert, F. Williams, *EPR study of amine radical cations and their transformations in low-temperature freon matrix*, 23rd Miller Conf. on Radiation Chemistry, Bialowieza, Polen, 06.-12.09.2003

A. Kiesow, N. Teuscher, A. Heilmann, J. Meinhardt, *Industrielle Coronabehandlung von LDPE-Folien-Nachweismethoden der Oberflächenmodifizierung*, 11. Neues Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium, 16.-17.10.2003

A. Kiesow, N. Teuscher, A. Heilmann, J. Meinhardt, R. Hoffmann, D. Baumann, *Coronabehandlung von LDPE-Folien - Oberflächenanalyse und in-situ-Analyse der Gasphasenprozesse*, 3. Oberflächentechnisches Kolloquium, Merseburg, 25.-26.06.2003

W. Knolle, I. Janovský, S. Naumov, R. Mehnert, V. I. Feldmann, *Low-temperature EPR investigation of organic radical cations*, 5th Int. Symp. IRaP, Sainte-Adele, Kanada, 21.-26.09.2002

W. Knolle, S. Naumov, T. Scherzer, *Primary processes after 222 nm excitation of acrylates*, Rad-Tech Europe 2003, Berlin, 03.-05.11.2003

W. Knolle, *Electron beam and UV-induced polymerisation: basic research and industrial application*, EYICS 2003, Slubice, Polen, 07.-11.05.2003

W. Knolle, T. Scherzer, S. Naumov, *Photochemistry of acrylates after 222 nm excitation*, 23rd Miller Conf. on Radiation Chemistry, Bialowieza, Polen, 06.-12.09.2003

W. Knolle, T. Scherzer, S. Naumov, R. Mehnert, *Direct initiation of the photopolymerization of acrylates by 222 nm excimer UV radiation*, 10th "Tihany" Symp. on Radiation Chemistry, Sopron, Ungarn, 30.08.-05.09.2002

A. Köhler, T. Höche, J. W. Gerlach, *Thermische Beständigkeit von Mo/Si-Schichtstapeln für die EUV-Lithographie*, 11. DGK-Jahrestagung, Berlin, 10.-13.03.2003

A. Köhler, J. W. Gerlach, Y. Bohne, T. Höche, T. Chassé, *In-situ-Röntgendiffraktometrie bei der Temperung von Mo-Si-Multilagenschichten*, DPG-Frühjahrstagung, Dresden, 24.-28.03.2003

A. Köhler, *Zwischenschichtbildung und Mo-Kristallisation bei der Mo-Si-Multilayer-Herstellung mittels Ionenstrahlzerstäubens*, X. Erfahrungsaustausch 'Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen', Mühlleithen, 18.-21.03.2003

A. Köhler, J. W. Gerlach, T. Höche, Y. Bohne, B. Rauschenbach, *Thermal stability of Mo-Si multilayers*, 2nd Int. EUVL Symposium, Antwerpen, Belgien, 29.09.-2.10.2003

G. Leibiger, V. Gottschalch, G. Benndorf, D. Hirsch, *MOVPE von C-dotiertem AlGaAs bei reduzierten Züchtungstemperaturen*, DGKK-Arbeitskreistreffen Epitaxie von III/V-Halbleitern, Bremen, 11.-12.12.2003

S. Mändl, F. Scholze, H. Neumann, B. Rauschenbach, *Nitrogen diffusivity in expanded austenite*, 8th Int. Conf. on Plasma Surf. Engineering, Garmisch-Partenkirchen, 09.-13.09.2002

S. Mändl, J. W. Gerlach, B. Rauschenbach, *Thickness of ion implanted layers as determined by elastic recoil detection analysis and spectroscopic ellipsometry*, Conf. on Ion Beam Modification of Materials, Kobe, Japan, 01.-06.09.2002

S. Mändl, J. W. Gerlach, W. Assmann, B. Rauschenbach, *Phase formation and diffusion after nitrogen PIII in molybdenum*, 8th Int. Conf. on Plasma Surf. Engineering, Garmisch-Partenkirchen, 09.-13.09.2002

S. Mändl, R. Sader, G. Thorwarth, D. Krause, H.-F. Zeilhofer, H. H. Horch, B. Rauschenbach, *Biocompatibility of titanium based implants treated with plasma immersion ion implantation*, Conf. on Ion Beam Modification of Materials, Kobe, Japan, 01.-06.09.2002

S. Mändl, D. Manova, B. Rauschenbach, *Interplay of surface adsorption and preferential sputtering in metal plasma immersion ion implantation & deposition*, Conf. on Ion Beam Modification of Materials, Kobe, Japan, 01.-06.09.2002

S. Mändl, J. W. Gerlach, B. Rauschenbach, *Surface modification of NiTi for orthopaedic braces by plasma immersion ion implantation*, 13th Int. Conf. on Surface Modification of Materials by Ion Beams, San Antonio, USA, 21.-26.09.2003

S. Mändl, B. Rauschenbach, *Plasma stream homogeneity in metal plasma immersion ion implantation and deposition*, XX. Int. Symp. on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, Tours, Frankreich, 30.06.-05.07.2002

S. Mändl, W. Attenberger, B. Stritzker, B. Rauschenbach, *Disorder formation in rutile during ion assisted deposition*, 13th Int. Conf. on Surface Modification of Materials by Ion Beams, San Antonio, USA, 21.-26.09.2003

S. Mändl, B. Rauschenbach, *Comparison of expanded austenite and expanded martensite formed after nitrogen PIII*, 7th Int. Workshop on Plasma Based Ion Implantation, San Antonio, USA, 16.-19.092003

S. Mändl, B. Rauschenbach, *Plasma stream homogeneity during metal plasma immersion ion implantation & deposition*, XX. Int. Symp. on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum, Tours, Frankreich, 30.06.-05.07.2002

S. Mändl, D. Manova, H. Neumann, B. Rauschenbach, T*extured film deposition using metal ions from a plasma*, 26th Int. Conf. on Phenomena in Ionized Gases, Greifswald, 14.-20.07.2003

S. Mändl, *Plasmaimmersionsimplantation und Festkörperdiffusion*, IX. Erfahrungsaustausch 'Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen', Mühlleithen, 04.-07.03.2002

S. Mändl, B. Rauschenbach, *Verschleißschutz von Stählen durch Plasma-Immersions-Ionenimplantation*, 11. Bundesfachtagung Plasmatechnologie, Illmenau, 10.-12.03.2003

S. Mändl, *Stickstoff-Implantation in Edelstahl: Mögliche Ursachen einer stark variablen Diffusivität*, X. Erfahrungsaustausch 'Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen', Mühlleithen, 18.-21.3.2003

S. Mändl, B. Rauschenbach, *Formation of wear resistant steel surfaces by plasma immersion ion implantation*, 17th Conf. on Accelerator Applications in Research & Industry, Denton, USA, 12.-16.11.2002

S Mändl, D. Manova, J. W. Gerlach, W. Assmann, H. Neumann, B. Rauschenbach, *High temperature nitrogen PIII into molybdenum*, E-MRS Spring Meeting, Strasbourg, Frankreich, 10.-13.6.2003

S. Mändl, *Plasma immersion ion implantation - From fundamental investigations towards industrial applications*, Kolloquium, Southwest Research Institute, San Antonio, USA, 6.11.2002

D. Manova, S. Mändl, B. Rauschenbach, *Evolution of surface morphology during ion nitriding of aluminium*, E-MRS Spring Meeting Strasbourg, Frankreich, 10.-13.6.2003

D. Manova, S. Mändl, B. Rauschenbach, *Interplay of ion bombardment, surface reactions and diffusion during nitriding of aluminium*, X. Erfahrungsaustausch 'Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen', Mühlleithen, 18.-21.3.2003

D. Manova, F. Scholze, S. Mändl, H. Neumann, B. Rauschenbach, *Absolute dose calibration in PIII*, 7th Int. Workshop on Plasma Based Ion Implantation, San Antonio, USA, 16.-19.09.2003

D. Manova, S. Mändl, B. Rauschenbach, *Transparent AlN layers formed by metal plasma immersion ion implantation*, 7th Int. Workshop on Plasma

Based Ion Implantation, San Antonio, USA, 16.-19.09.2003

R. Mehnert, *A windowless argon excimer lamp as VUV source for polymer surface treatment*, 5th Int. Symp. IRaP, Sainte-Adele, Kanada, 21.-26.09.2002

R. Mehnert, *Hoch beanspruchbare, spritzfähige UV-Lacke für Holz- u. Metalloberflächen, -3D-UV-Lackaushärtung unter Inertgas, effektive UV-Anlage für das Handwerk*, 22. Treffen Lackiertechnik, Institut für Holztechnik, Dresden, 13.05.2002

R. Mehnert, *Elektronenstrahl und UV: Zwei Technologien für nicht-thermische Anwendungen*, 1. Dresdner Symposium für Elektronenstrahltechnologie, TU Dresden, 08.11.2002

R. Mehnert, *UV/EB crosslinked polyacrylate nanocomposites*, 10th "Tihany" Symp. on Radiation Chemistry, Sopron, Ungarn, 31.08.-05.09.2002

R. Mehnert, B. Borup R. Edelmann, *Silanes and nanoparticles: The winning combination for scratch and abrasion resistant coatings*, European Coatings Conf., Berlin, 14.-15.11.2002

R. Mehnert, *UV-inert für 3-dimensionale Teile*, 12. Radcure Symp., Goslar, 05.-06.09.2002

R. Mehnert, E. Hartmann, H.-J. Gläsel, A. Tauber, F. Bauer, *UV and electron beam crosslinked polyacrylate nanocomposites and their applications*, 23rd Miller Conf. on Radiation Chemistry, Bialowieza, Polen, 06.-12.09.2003

R. Mehnert, *Von Nitro zu Nano - Neue Ansätze bei Holzlacken*, Int. Fachtagung, Möbeltage, Dresden, 28.-01.03.2002

R. Mehnert, *UV/EB crosslinked polyacrylate nanocomposites and their applications*, r + d fair, Meeting des Schweizerischen Verbandes der Chemiker, Basel, Schweiz, 18.10.2002

J. Meinhardt, R. Mehnert, W. Bondzio, E. Dayss, *Eigenschaften fluorhaltiger Plasmapolymere in Abhängigkeit vom Substrat und den Prozeßparametern*, 3. Oberflächentechnisches Kolloquium, Merseburg, 25.-26.06.2003

J. Meinhardt, W. Bondzio, J. Kickelhain, R. Mehnert, *Strukturierbare kombinierte PVD- und PECVD-Schichtsysteme*, 10. Neues Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium, Dresden, 17.-18.10.2002

J. Meinhardt, *Metal nanoparticle-containing PTFE-films deposited by sputtering from a composite target*, 8th Int. Conf. on Plasma Surf. Engineering, Garmisch-Partenkirchen, 09.-13.09.2002

J. Meinhardt, R. Mehnert, W. Bondzio, J. Reinhardt, *Korrelation von Substraten u. Prozessparametern bei PECVD-PVD-Mehrschichtsystemen für miniaturisierte Schaltungen*, 11. Neues Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium, Dresden , 16.-17.10.2003

J. Meinhardt, W. Bondzio, R. Mehnert, *Laserstrukturierbare kombinierte PVD- und PECVD-Schichtsysteme für die Sensorik*, IX. Erfahrungsaustausch 'Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen', Mühlleiten, 04.-07.03.2002

J. Meinhardt, R. Mehnert, W. Bondzio, E. Dayss, *Einfluß der Prozessparameter und der Substrate auf die Eigenschaften fluorhaltiger Plasmapolymere*, X. Erfahrungsaustausch 'Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen', Mühlleiten, 18.-21.03.2003

H. Möbus, V. Ptatschek, E. Bister, H.-J. Gläsel, E. Hartmann, *Innovative scratch and abrasion resistant coatings*, Materials Week 2002, München, 30.09.-02.10.2002

S. Naumov, I. Janovský, W. Knolle, R. Mehnert, *Quantum chemical and low-temperature EPR investigation of radical cation of tetrahydropyran*, 23rd Miller Conf. on Radiation Chemistry, Bialowieza, Polen, 06.-12.09.2003

S. Naumov, I. Janovský, W. Knolle, R. Mehnert, *Formation of 3,4-dihydrofuran radical cation through intramolecular h-shift: Quantum chemical calculations and low-temperature EPR study*, 10th "Tihany" Symp. on Radiation Chemistry, Sopron, Ungarn, 30.08.-05.09.2002

S. Naumov, *Molecular structure of radical anions of pyrimidine-type bases in aqueous solution*, EYICS 2003, Slubice, Polen, 07.-11.05.2003

S. Naumov, *Investigation of the molecular structure of the radical anions of some pyrimidine type bases in aqueous solution by comparison of calculated hyperfine coupling constants with EPR results*, 5th Int. Symp. - GDCh, Ulm, 30.05.-04.06.2002

S. Naumov, I. Janovský, W. Knolle, R. Mehnert, D. A. Tyurin, *Transformations and structures of cyclic radical cations: quantum chemical calculations and comparison with low-temperature EPR results*, 10th "Tihany" Symposium on Radiation Chemistry, Sopron, Ungarn, 30.08.-05.09.2002

S. Naumov, I. Janovský, W. Knolle, R. Mehnert, *Distonic dimer radical cation of 2,3-dihydrofuran: Quantum chemical calculations and low temperature EPR results*, 5th Int. Symp. IRaP, Sainte-Adele, Kanada, 21.-26.09.2002

H. Neumann, *Breitstrahlionenquellen unterschiedlichster Plasmaanregungsprinzipien*, Frühjahrssitzung des AK Plasmaoberflächentechnologie, Leipzig, 19.-20.05.2003

K. Otte, G. Lippold, H. Neumann, A. Schindler, *Hydrogen in $CuInSe_2$*, 13th Int. Conf. on Ternary and Multinary Compounds, Paris, Frankreich, 14.-18.10.2002

L. Prager, M. Lenk, R. Mehnert, *Offener Argon-Excimerstrahler als Quelle von VUV-Photonen*, piAMTU-Analytiktag, Leipzig, 14.05.2002

B. Rauschenbach, *Kleine Teilchen, große Wirkung, beschleunigte Ionen in der Nanotechnologie*, Sonntagsvorlesung, Institut für Physik, Universität Leipzig, 16.03.2003

B. Rauschenbach, *Ionenstrahl-gestützte Beschichtung und Bearbeitung*, Teil 1, Hereaus-Ferienkurs, TU Dresden, 16.-27.09.2002

B. Rauschenbach, *Ionenstrahl-gestützte Beschichtung und Bearbeitung*, Teil 2, Hereaus-Ferienkurs, TU Dresden, 16.-27.09.2002

B. Rauschenbach, *Anwendung von Ionenstrahl- und Plasmaverfahren zur Oberflächenmodifizierung in Mikroelektronik und Optik*, Meeting der Sektion D der WGL, Berlin, 16.05.2003

B. Rauschenbach, *Anwendung der ionenstrahlgestützten Schichtabscheidung für EUV-Multilayeroptiken*, Frühjahrssitzung des AK Plasmaoberflächentechnologie, Leipzig, 19.-20.05.2003

B. Rauschenbach, *Ion beams in semiconductor technology*, Kolloquium, ETH Lausanne, Schweiz, 28.03.2003

B. Rauschenbach, *Oberflächen, Schichten und niederenergetische Ionenstrahlen*, Kolloquium, Universität Göttingen, 29.04.2002

B. Rauschenbach, S. Sienz, J. W. Gerlach, T. Höche, *High-quality GaN films prepared by ion-beam assisted MBE*, EUROMAT 2003, Lausanne, Schweiz, 1.-5.09.2003

B. Rauschenbach, *Modifizierung von Oberflächen mit niederenergetischen Ionen*, Kolloquium, Institut für Physik, Universität Greifswald, 12.6.2003

B. Rauschenbach, *Ionenstrahl-gestütztes Schichtwachstum*, IX. Erfahrungsaustausch 'Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen', Mühlleithen, 04.-07.03.2002

B. Rauschenbach, A. Schindler, T. Hänsel, H. Neumann, *Ion beam and plasma surface figuring for optical component fabrication*, 1st Asian Symp. on Ion and Plasma Surface Treatment, Nagasaki, Japan, 29.-30.08.2002

B. Rauschenbach, *Oberflächen, Schichten und niederenergetische Ionen*, Kolloquium, Hahn-Meitner-Institut Berlin, 24.02.2003

B. Rauschenbach, S. Mändl, *Plasma sheath expansion around trenches in plasma immersion ion implantation*, Conf. on Ion Beam Modification of Materials, Kobe, Japan, 01.-06.09.2002

B. Rauschenbach, T. Chassé, H. Neumann, A. Schindler, *EUV-Schichten außerhalb der Lithographie*, Firmenseminar Xtreme Technologies GmbH, Göttingen, 14.06.2002

B. Rauschenbach, *Ionenstrahl-gestützte Modifikation von Oberflächen und dünnen Schichten*, Kolloquium, Physikalisch-Astronomische Fakultät, Friedrich-Schiller-Universität Jena, 12.05.2003

B. Rauschenbach, *Ionenstrahl-gestützte Modifizierung von Oberflächen und dünnen Schichten*, Kolloquium, Universität Essen, 23.01.2003

B. Rauschenbach, *Ionenstrahl-gestützte Materialmodifizierung*, Kolloquium, Fakultät für Chemie und Mineralogie, Universität Leipzig, 12.04.2002

N. Razek, T. Chassé, A. Schindler, *Cleaning of semiconductor surfaces by low energy hydrogen broad ion beam at low substrate temperatures*, DPG-Frühjahrstagung, Dresden, 24.-28.03 2003

N. Razek, K. Otte, T. Chassé, D. Hirsch, A. Schindler, *GaAs surface cleaning by low-energy hydrogen ion beam exposure at increased temperature*, DPG-Frühjahrstagung, Regensburg, 11.-15.03.2002

N. Razek, A. Schindler, B. Rauschenbach, *Wafer bonding of III-V semiconductors using low energy hydrogen ion beams*, (E. M. R. S) Poland (Warsaw), 15.-19.09. 2003

N. Razek, A. Schindler, T. Chassé, B. Rauschenbach, *GaAs wafer bonding using low energy hydrogen broad ion beam surface cleaning*, DPG-Frühjahrstagung, Dresden, 24.-28.03.2003

S. Rummel, *Entwicklung kratz- und abriebfester Beschichtungen für Holzoberflächen auf der Basis von lösemittelarmen Nanokomposit-Lacken*, 7. Treffen des Fachausschusses "Tribologische Schichten", Hannover, 17.04.2002

D. Ruthe, K. Zimmer, V. Riede, *Ablation of $CuInSe_2$ and $CuInS_2$ with femtosecond laser pulses*, E-MRS Spring Meeting, Strasbourg, Frankreich, 10.-13.06.2003

T. Scherzer, W. Knolle, S. Naumov, R. Mehnert, *Direct initiation of the photopolymerization of acrylates by short-wavelength excimer UV radiation*, 5th Int. Symp. IRaP 2002, Sainte-Adele, Kanada,, 21.-26.09.2002

T. Scherzer, R. Mehnert, H. Lucht, *On-line monitoring of the acrylate conversion in UV photopolymerization by near-infrared reflection spectroscopy*, ESOPS-15, Heraklion, Griechenland, 08.-12.06.2003

T. Scherzer, R. Mehnert, H. Lucht, *On-line monitoring of the degree of cure by NIR spectroscopy*, RadTech Asia 2003, Yokohama, Japan, 09.-12.12.2003

T. Scherzer, *Prozesskontrolle der UV-Härtung von Acrylaten mit dem NIR-Spektrometer Kusta 4004*, European Coating Show, Nürnberg, 08.-10.04.2003

T. Scherzer, R. Mehnert, H. Lucht, *In-line monitoring of the degree of cure during UV curing using*

near-infrared spectroscopy, RadTech Europe 2003, Berlin , 03.-05.11.2003

A. Schindler, T. Hänsel, *Ultrapräzise Oberflächenbearbeitung mittels Ionenstrahlen und Plasmawerkzeugen*, Otti-Kolleg, 3. Fachforum Nanotechnologie, Regensburg, 22.-23.10.2002

A. Schindler, T. Haensel, F. Frost, R. Fechner, A. Nickel, H.-J. Thomas, *Ultra-precision surface machining by ion beams and plasma jets*, 18th Annual Meeting of the American Soc. of Precision Engn., Portland, USA, 26.-31.10.2003

A. Schindler, T. Hänsel, F. Frost, R. Fechner, G. Seidenkranz, A. Nickel, H.-J. Thomas, H. Neumann, D. Hirsch, R. Schwabe, *Ion beam finishing technology for high precision optics fabrication*, ODF 2002, Tokyo, Japan, 30.10.-01.11.2002

A. Schindler, T. Hänsel, *Ultrapräzise Oberflächenbearbeitung mit Ionenstrahlen und Plasmajets*, Kolloquium, Ferdinand-Braun-Institut Berlin, 01.02.2002

A. Schindler, *Ultraprecision ion beam processing of optical surfaces*, Firmenseminar Nikon Corp., Japan, 30.10.2002

A. Schindler, *Nanometer precision surface figuring by ion beam technology*, Firmenseminar Hoya Corp., Japan, 07.05.2003

A. Schindler, R. Fechner, R. Steiner, B. Dobschal, K. Rudolf, M. Burkhardt, R. Brunner, *Technology development for DUV-DOE fabrication - Results and problems*, Int. Conf. on Optical Fabrication and Testing, Tucson, USA, 03.-05.06.2002

A. Schindler, T. Hänsel, A. Nickel, F. Frost, H.-J. Thomas, R. Fechner, H. Neumann, B. Rauschenbach, R. Schwabe, G. Seidenkranz, K. Barucki, C. Riedel, *Ionenstrahl-Endbearbeitungstechnologien mit Sub-Nanometer-Tiefengenauigkeit für Hochleistungsoptiken*, NanoDE, Bonn, 06.-07.05.2002

A. Schindler, T. Hänsel, F. Frost, R. Fechner, A. Nickel, H. J. Thomas, H. Neumann, D. Hirsch, *Ion beam finishing technology for high precision optics production*, Int. Conf. on Optical Fabrication and Testing Tucson, USA, 03.-05.06.2002

A. Schindler, T. Hänsel, F. Frost, R. Fechner, G. Seidenkranz, A. Nickel, H. J. Thomas, H. Neumann, D. Hirsch, R. Schwabe, K. Barucki, *Ionenstrahl-finishing von Hochleistungsoptiken*, Forum, OPTATEC, Frankfurt/M., 21.06.2002

A. Schindler, T. Hänsel, F. Frost, R. Fechner, N. Razek, *Ionenstrahlvorbehandlung für die Nano-Oberflächentechnik*, Workshop 'Reinigung in der Nano-Oberflächentechnik' , 18.11.2003

A. Schindler, T. Hänsel, F. Frost, R. Fechner, G. Seidenkranz, A. Nickel, H.-J. Thomas, H. Neumann, D. Hirsch, R. Schwabe, K. Barucki, *Ionenstrahl-Endbearbeitungstechnologien für die Hochpräzisions-Optikfertigung*, DGaO-Jahrestagung, Innsbruck, Österreich, 21.-25.5.2002

A. Schindler, T. Hänsel, F. Frost, R. Fechner, H. Neumann, R. Schwabe, G. Seidenkranz, *Ionenstrahl-Endbearbeitungstechnologien mit Sub-Nanometer-Tiefengenauigkeit für Hochleistungsoptiken*, NanoDE, Bonn, 06.-07.05.2002

A. Schindler, T. Hänsel, *Ultrapräzise Oberflächenbearbeitung mittels Ionenstrahlen und Plasmawerkzeugen*, OTTI-Forum 'Nanotechnologie in der industriellen Anwendung', Würzburg, 04.-05.11.2003

A. Schindler, T. Hänsel, F. Frost, *Ionenstrahl-Feinstbearbeitung*, Workshop 'Innovative Oberflächen für Uhren und Präzisionstechnik', Dresden, 09.10.2003

A. Schindler, B. Rauschenbach, T. Hänsel, F. Frost, H. Neumann, T. Chassé, S. Sienz, *Ionenstrahl-sputtering - IBS*, OTTI-Forum 'Herstellung dünner Schichten', 23.-24.06.2003

A. Schindler, T. Hänsel, A. Nickel, H. Thomas, H. Lammert, F. Siewert, *Finishing procedure for high performance synchrotron optics*, SPIE's 48th Annual Meeting, San Diego, USA, 03.-08.08.2003

J. Scholz, G. Nocke, J. Meinhardt, *Oberflächenanalytik an metallischen Schichten auf flexiblen textilen Geweben*, 11. Neues Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium, Dresden, 16.-17.10.2003

M. Schubert, A. Kasic, T. Hofmann, N. Ashkenov, W. Grill, M. Grundmann, E. Schubert, H. Neumann, *Advances in spectroscopic ellipsometry characterization of optical thin films*, Int. Symp. 'Optical System Design', St. Etienne, Frankreich, 29.09.-03.10.2003

E. Schubert, A. Köhler, F. Frost, J. W. Gerlach, H. Neumann, B. Rauschenbach, *In situ ellipsometric investigation of Mo/Si multilayer growth for EUV mask blanc manufacturing*, 2nd Int. EUVL Symp., Antwerpen, Belgien, 30.09.-02.10.2003

H. Schulz, H.-C. Scheer, J. Zajadacz, K. Zimmer, M. Brehmer, *Hot embossing of structures with undercuts - an approach to micro-zippers*, 4. caesarium Functional Micro- and Nanosystems, Bonn, 16.-18.06.2003

S. Sienz, J. W. Gerlach, A. Sidorenko, T. Höche, B. Rauschenbach, *High-quality GaN films prepared by ion-beam assisted MBE*, European Vacuum Congress, Berlin, 23.-26.06.2003

S. Sienz, J. W. Gerlach, T. Höche, A. Sidorenko, B. Rauschenbach, *Herstellung hochwertiger Galliumnitrid-Schichten mit ionenstrahlgestützter MBE*, 11. DGK-Jahrestagung, Berlin, 10.-13.03.2003

S. Sienz, J. W. Gerlach, T. Höche, A. Sidorenko, B. Rauschenbach, *Herstellung hochwertiger Gallium-*

nitrid-Schichten mit ionenstrahlgestützter MBE, DPG-Frühjahrstagung, Dresden, 24.-28.03.2003

R. Steiner, H.-J. Dobschal, K. Rudolf, R. Fechner, M. Burkhardt, K. Hage, B. Buchda, R. Brunner, *Hybridlösung (diffraktiv-refraktiv) eines UV-Objektives zur Maskeninspektion*, DGaO-Jahrestagung, Innsbruck, Österreich, 21.-25.05.2002

S. Stojanovic, F. Bauer, H.-J. Gläsel, R. Mehnert, S*cratch and abrasion resistant polymeric nanocomposites - preparation, characterisation and applications*, YUCOMAT 2003, Herceg Novi, Montenegro, 15.-19.09.2003

M. Tartz, R. Deltschew, E. Hartmann, H. Neumann, *Long duration performance of an broad-beam ion source*, 8th Int. Conf. on Plasma Surf. Engineering, Garmisch-Partenkirchen, 09.-13.09.2002

M. Tartz, H. Neumann, *Lebensdauer von CFC-Werkstoffen in Ionenquellen und Raumfahrtantrieben*, Herbsttagung des AK Kohlenstoff der DKG, Hauzenberg/Passau, 23.10.2003

M. Tartz, M. Zeuner, F. Scholze, H. J. Leiter, R. Kukies, D. Feili, H. Neumann, *Ion beam characterisation of the RIT10 ion thruster*, 39th Joint Propulsion Conf., Huntsville, USA, 20.-23.07.2003

M. Tartz, E. Hartmann, H. Neumann, *Extraction grid erosion in long-time ion thruster operation: Comparison with simulation*, 39th Joint Propulsion Conf., Huntsville, USA, 20.-23.07.2003

M. Tartz, E. Hartmann, R. Deltschew, H. Neumann, *Study of extraction grid erosion in a long-time ion thruster operational test*, 28th Int. Electric Propulsion Conf., Toulouse, Frankreich, 17.-21.03.2003

M. Tartz, E. Hartmann, H. Neumann, *Einflüsse von Justierfehlern im Multiaperturgittersystem auf den Ionenbreitstrahl*, IX. Erfahrungsaustausch 'Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen', Mühlleithen, 04.-07.03. 2002

A. Tauber, *Reinforced polyacrylates by UV and EB curing: Preparation, structure and possible applications*, INC 02, Kuala Lumpur, Malaysia, 15.-18.10.2002

A. Tauber, R. Mehnert, *UV/EB crosslinked polyacrylate nanocomposites*, RadTech 2002, Indianapolis, USA, 28.04.-01.05.2002

P. Thomsen-Schmidt, K. Herrmann, M. Krumrey, G. Ulm, G. Ade, J. Stümpel, I. Busch , K. Hasche, S. Schädlich, A. Schindler, W. Frank, D. Hirsch, M. Procop, U. Beck, *Metrological characterization of thickness standards for ellipsometry*, Anwendertreffen L.O.T.-Oriel GmbH und J. A. Woollam Co.Inc., Darmstadt, 21.10.2002

P. Thomsen-Schmidt, K. Hasche, G. Ulm, K. Herrmann, M. Krumrey, G. Ade, J. Stümpel, I. Busch, S. Schädlich, A. Schindler, W. Frank, D. Hirsch, M. Procop, U. Beck, *Realization of thickness standards below 100 nm thickness*, Jahrestagung der Deutschen Vakuumgesellschaft, Magdeburg, 17.-20.06.2002

J. von Sonntag, *Photohydroxylation of benzoquinone*, EYICS 2003, Slubice, Poland, 07.-11.05.2003

F. Williams, W. Knolle, I. Janovský, S. Naumov, *Role of radical cation rearrangements in suicide enzyme inactivation: Matrix ESR studies of allylamine and cyclopropylamine*, 18th Int. Radical ION Conf., Heigenbrücken, 16.-21.06.2002

B. Ziberi, F. Frost, T. Höche, B. Rauschenbach, *Formation of ordered nanoscale dots by ion sputtering - Role of the angle of ion incidence*, DPG-Frühjahrstagung, Dresden, 24.-28.03.2003

B. Ziberi, F. Frost, B. Rauschenbach, *Evolution of Si surface topography during low-energy ion beam erosion*, DPG-Frühjahrstagung, Dresden, 24.-28.03.2003

B. Ziberi, F. Frost, H. Neumann, B. Rauschenbach, *Importance of ion beam parameters on self-organized pattern formation on semiconductor surfaces by ion beam erosion*, European Vacuum Congress, Berlin, 23.-26.06.2003

K. Zimmer, R. Böhme, *Ultra-präzise Bearbeitung von Oberflächen mit Pulslasern*, Int. wissenschaftliche Konferenz Mittweida , 06.-07.11.2003

K. Zimmer, R. Böhme, A. Braun, *Laserinduziertes Rückseitenätzen von transparenten Materialien*, Tagung 'Innovative Energieträger in der Verfahrenstechnik', Leipzig, 21.02.2002

K. Zimmer, J. Dienelt, B. Dathe, H. Neumann, F. Scholze, *Einsatz eines getakteten Ionenstrahles für CAIBE-Prozesse*, IX. Erfahrungsaustausch 'Oberflächentechnologie mit Plasma- und Ionenstrahlprozessen', Mühlleithen, 04.-07.03.2002

K. Zimmer, R. Böhme, A. Braun, *Microstructuring of dielectrics by laser-induced backside etching*, EUSPEN 2002, Eindhoven, Niederlande 26.-30.5.2002

K. Zimmer, *Methoden zur Mikrostrukturierung mittels Excimerlaser und deren Anwendung*, Kolloquium, TU Ilmenau, 16.05.2003

K. Zimmer, J. Dienelt, D. Ruthe, V. Gottschalch, V. Riede, *Etching of $Al_{0.35}Ga_{0.65}As/GaAs$ MQW's by ultrashort pulse laser at a wavelength of 387 nm*, COLA'03, Heraklion, Griechenland, 05.-10.10.2003

K. Zimmer, D. Ruthe, *Etching of oxide semiconductors by ultra-short laser pulses*, CLEO®/Europe-EQEC 2003, München, 23.-27.06.2003

K. Zimmer, T. Höche, D. Ruthe, *Femtosecond-micromachining of inorganic materials, flexible*

electronics: materials, characterization and applications, Workshop, Halle/S., 02.-03.06.2003

K. Zimmer, R. Böhme, *Laserinduziertes Rückseitenätzen von transparenten Materialien*, Kolloquium, Laser in der Mikrostrukturierung und Schichtabscheidung, Leipzig, 13.05.2002

Patente

N. Razek, K. Otte, A. Schindler, T. Chassé, D. Hirsch, „Verfahren zur Reinigung von Halbleiteroberflächen“, AT: 10.03.02, Akz.: 102 10 253.8

R. Böhme, K. Zimmer, „Vorrichtung und Verfahren zum Laserabtrag transparenter Materialien“, AT: 24.06.03, Akz.: 103 28 534.2

R. Böhme, K. Zimmer, „Verfahren zur Präzisionsbearbeitung von transparenten Materialien mit gepulster Laserstrahlung“, AT: 24.06.03, Akz.: 103 28 559.8

A. Braun, K. Zimmer, D. Ruthe, „Laserritzen von Dünnschichthalbleiterbauelementen“, AT: 12.06.03, Akz.: 103 26 505.8, gemeinsam mit Solarion GmbH Leipzig

G. Böhm, W. Frank, A. Schindler, „Verfahren zur Oberflächenbearbeitung“, AT: 24.06.03, Akz.: 103 28 250.5, gemeinsam mit JenOptik AG Jena,

L. Aschke, M. Schweitzer, J. Alkemper, A. Schindler, F. Frost, T. Hänsel, R. Fechner, „Substrat für die EUV-Mikrolithographie und Herstellungsverfahren hierfür“, AT: 17.01.03, Akz.: 103 02 342.9, Anmelder: Schott AG Mainz

M. Schmidt, W. Frank, A. Schindler, F. Seidel, „Verfahren zur definierten, plasmatischen Aufrauung von Metalloberflächen“, AT: 27.05.03, gemeinsam mit Daimler Chrysler AG Stuttgart

H. Möbius, V. Ptatschek, E. Bister, H.-J. Gläsel, E. Hartmann, „Nanodisperse Beschichtungsmasse mit Herstellungs- und Auftragsverfahren sowie deren Verwendung“, AT: 24.02.03, Akz.: PCT/EP02/13156, Anmelder: DAW Ober-Ramstadt

Förderung/Qualifizierung

Ehrungen/Preise/Berufungen

Prof. Dr. R. Mehnert
wurde als Vorsitzender in den Wissenschaftlichen Beirat des Instituts für Nichtklassische Chemie e. V. Leipzig berufen

PD Dr. S. Mändl
wurde mit dem Chatterton Award des XXth Intern. Symp. on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum in Grenoble, Juli 2002, Frankreich ausgezeichnet

H. Neumann
erhielt gemeinsam mit Dr. D. Roth und Dr. M. Zeuner den Innovationspreis der Stadt Chemitz

Prof. Dr. B. Rauschenbach
wurde in das Gutachtergremium des Innovationspreises der Stadt Leipzig berufen

Prof. Dr. B. Rauschenbach
wurde in das „International Commitee for Vacuum, Electron and Ion Technologies“ berufen

Prof. Dr. T. Chassé
wurde als C4-Professor für „Physikalische Chemie“ an die Universität Tübingen berufen

PD Dr. A. Schindler
war Mitglied des Organisationskomittees der SPIE’s Annual Meeting „Optical Manufacturing and Testing“ 2003, San Diego, USA

Prof. Dr. B. Rauschenbach
wurde zum Sprecher des Fachverbandes „Dünne Schichten“ und zum Mitglied des Vorstandsbeirates der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) gewählt

Prof. Dr. B. Rauschenbach
wurde in den Beirat der Deutschen Vakuum Gesellschaft (DVG) berufen

Prof. Dr. B. Rauschenbach
wurde in den Koordinierungsausschuss des Arbeitskreises Plasmaoberflächentechnologie gewählt

Prof. Dr. B. Rauschenbach
wurde als Mitglied des Fachkollegiums „Physik der kondensierten Materie“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gewählt

Lehrveranstaltungen

Prof. Dr. B. Rauschenbach
Physikalische Grundlagen der Oberflächen- und Dünnschichtanalytik
Vorlesung WS 2001/02, Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften

PD Dr. A. Schindler
Dünnschichttechnologie magnetischer und supraleitender Schichten, Teil 2
Ringvorlesung WS 2001/02, Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften

Prof. Dr. B. Rauschenbach
Physik dünner Schichten: Keimbildung, Wachstum, Epitaxie, Struktur
Vorlesung SS 2002, Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften

Prof. Dr. T. Chassé
Spektroskopische und mikroskopische Methoden zur Untersuchung von Festkörperoberflächen
Vorlesung SS 2002, Universität Leipzig, Fakultät für Chemie und Mineralogie

PD Dr. F. Bauer
Radioaktivität, Kernenergie und Strahlenschutz
Vorlesung SS 2002, Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

Prof. Dr. B. Rauschenbach
Ionen-Festkörper-Wechselwirkung
Vorlesung WS 2002/03, Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften

PD Dr. S. Mändl
Grundlagen der Plasmaphysik
Vorlesung WS 2002/03, Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften

Prof. Dr. T. Chassé
Oberflächen- und Dünnschichtanalyse
Vorlesung WS 2002/03, Universität Leipzig, Fakultät für Chemie und Mineralogie

Prof. Dr. B. Rauschenbach
Oberflächen- und Dünnschichtanalytik
Vorlesung SS 2003, Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften

PD Dr. S. Mändl
Grundlagen der Plasmatechnologie
Vorlesung SS 2003, Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften

Dr. T. Höche, Prof. Dr. B. Rauschenbach
Materialwissenschaftliches Seminar
Seminar SS 2003, Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften

Prof. Dr. B. Rauschenbach
Physik dünner Schichten: Keimbildung, Wachstum, Epitaxie, Struktur, Eigenschaften
Vorlesung WS 2003/04, Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften

PD Dr. S. Mändl
Physikalische Oberflächenmodifizierung von Werkstoffen der Medizintechnik
Vorlesung WS 2003/04, Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften

Dr. T. Höche, Prof. Dr. B. Rauschenbach
Materialwissenschaftliches Seminar
Seminar WS 2003/04, Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften

PD Dr. F. Bauer
Radioaktivität, Kernenergie und Strahlenschutz
Vorlesung WS 2003/04, Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

Habilitationen

Dr. S. Mändl, „Plasma Immersion Ion Implantation for Surface Modification of Materials“, Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften (2002).

Dissertationen

A. Braun, „Oberflächenformgebung von synthetischen Polymeren mittels UV-Laserablation unter Verwendung abbildender Maskentechniken“, Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften (2002).

M. Gerhardt, „Einsatz alternativer Gruppe-V-Quellen in der metallorganischen Gasphasenepitaxie im Materialsystem (GaIn)(AsP)/InP, Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften (2002).

K. Otte, „Einfluss niederenergetischer Ionenstrahlen auf die Defektchemie von $Cu(In,Ga)(Se,S)_2$“, Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften (2003).

M. Tartz, „Simulation des Ladungstransportes in Breitstrahlionenquellen“, Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften (2003).

J.-D. Hecht, „Die Nitridbildung auf Oberflächen von III-V-Halbleitern durch niederenergetischen Beschuss mit einfach ionisierten Stickstoffmolekülen“, Universität Leipzig, Fakultät für Physik und Geowissenschaften (2003).

C. Hammerl, „Hochfluenzimplantation von Sauerstoffionen in Übergangsmetalle“, Universität Augsburg, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, (2003), extern.

A. Leitzke, „Mechanische und kinetische Untersuchungen zur Ozonolyse von organischen Verbindungen in wässrigen Lösungen“, GSH Duisburg, Fachbereich Chemie, (2003), extern.

Gegenwärtig beschäftigte Doktoranden
(Arbeitsgebiete)

T. Arnold (Plasmacharakterisierung bei PACE)

R. Böhme (Rückseiten-Laserstrahlätzen)

J. Dienelt (Chemisch unterstützte Ionenstrahlprozesse)

C. Flegel (Entwicklung temperaturbeständiger Komposite mittels Elektronenstrahlvernetzung), extern

S. Jankuhn (Elementaranalytik biologischer Proben)

E. Mvula (Abbau von Phenolen mit Ozon)

E. Nouzille (Investigation of the UV Curing of Printing Inks by Real Time FTIR-ATR Spectroscopy), extern

N. Razek (Ionenstrahl-gestütztes Waferbonden)

T. Rudolph (Oberflächenmodifizierung mit UV- und Laserstrahlung)

D. Ruthe (Laserstrukturierung von dünnen Schichten mit ultrakurzen Pulsen)

T. Schmidt (Entwicklung und Applikation strahlenchemisch vernetzter „smarter“ Hydrogele), extern

D. Schumann (Entwicklung von Werkstoffen aus Polyhydroxybutyraten)

S. Sienz, (Ionengestützte MBE von GaN)

B. Ziberi (Selbstorganisierte Nanostrukturen durch Ionenstrahlerosion)

Diplomarbeiten

D. Ruthe, „Untersuchungen zur Nahfeld-Kontaktlithographie zur Herstellung von Mikrostrukturen“, Hochschule für Technik und Wirtschaft Mittweida (FH), (2002)

Praktika

2002/03 führten 25 Studenten mehrwöchige Praktika im IOM durch.

Gastwissenschaftler

Dr. C. Damm, Martin-Luther-Universität Halle

Dr. J. Reynisson, MPI für Strahlenchemie Mülheim

Prof. B. V. Novikov, St. Petersburger Staatliche Universität, Russland

N. Grigoreva, St. Petersburger Staatliche Universität, Russland

Dr. M. Madany, Natl. Center Radiat. Res. and Technol. Kairo, Ägypten

E. Nouzille, Sicpa S.A. & Uni. de Lausanne, Schweiz

F. Delbaere, Fa. Rolic Allschwil, Schweiz

A. Strozecks, Nicolaus Copernicus Universität Torun, Polen

Sonstiges

Beteiligungen und Mitgliedschaften des IOM

Kompetenzzentren der Nanotechnologie:

„Ultrapräzisions-Oberflächenbearbeitung e. V.“ (CC-UPOB) und „Ultradünne Funktionale Schichten“ (CC-UFS)

RadTech Europe (Brüssel)

Europäische Fördergemeinschaft Dünne Schichten (EFDS)

Fachübergreifende Arbeitsgruppe Halbleiterforschung (FAHL) mit der Universität Leipzig

IOM-Beteiligung an Messen und Ausstellungen

Hannover Messe Industrie 15.-20. April 2002
Gemeinschaftsstand „Forschungsland Sachsen“

OPTATEC, Messe Frankfurt/M.
17.-21. Juni 2002

Tage der Universität Campus 2002 der Universität Leipzig
08.-09. Juni 2002

Polymerwerkstoffe 2002, Messe Halle
24.-27. September 2002

Materials Week & Materialica, Messe München
30. September – 02. Oktober 2002

Hannover Messe Industrie, 07.-12. März 2003
Gemeinschaftsstand „Forschungsland Sachsen“

LASER 2003, Messe München
23.-26. Juni 2003

Tage der Universität Campus 2003 der Universität Leipzig
17.-18. Mai 2003

Werkstoffinnovation für Industrie und Gesellschaft – WING 2003, Weimar
30. Oktober – 02. November 2003

Nanofair 03, Messe Dresden
20.-21. November 2003

Labor- und Verwaltungsgebäude

Neues Labor- und Bürogebäude

Gebäude Elektronenstrahltechnik

Gebäude Ionenstrahltechnik

ANREISE ZUM IOM

mit dem Auto:
Autobahn A14,
Ausfahrt 26 Leipzig Ost,
weiter über Permoserstraße
(ca. 3 km) Richtung Leipzig.

mit der Bahn:
Ab Hauptbahnhof mit der
Straßenbahn Linie 3
Richtung Taucha bis
Haltestelle Permoserstraße.

mit dem Flugzeug:
Flughafen Leipzig/Halle,
mit dem Taxi ca. 20 Minuten
oder mit dem Airport-Cityliner
zum Hauptbahnhof, weiter mit
der Straßenbahn.

Impressum Dezember 2003

Hrsg.: Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung e. V. - IOM -
Permoserstraße 15, 04303 Leipzig

Einband: