JAHRESBERICHT

2009

VORWORT

Sehr geehrte Damen und Herren,

Sie halten heute unseren Jahresbericht für das Jahr 2009 in den Händen. Wir freuen uns, Ihnen auch mit diesem Bericht wieder interessante Informationen über aktuelle Entwicklungen aus dem Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST bieten zu können.

Mit vielen Highlights und spannenden Projekten war das Jahr 2009 für unser Institut wieder ein sehr erfolgreiches Jahr. Auf den folgenden Seiten erfahren Sie mehr.

An dieser Stelle möchten wir Ihr Augenmerk auf diejenigen lenken, deren Leistung und Engagement, Vertrauen und Unterstützung Grundlage für den Erfolg unseres Instituts ist: allen voran die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Fraunhofer IST, unsere Partner aus Forschung und Entwicklung, unsere Auftraggeber aus der Industrie, unsere Förderer, Kollegen und Freunde.

Ihnen allen danken wir ganz herzlich.

Prof. Dr. Günter Bräuer

Dipl.-Ing. Wolfgang Diehl

1 *Rechts: Institutsleiter Prof. Dr. Günter Bräuer. Links: stellvertretender Institutsleiter Dipl.-Ing. Wolfgang Diehl mit diamantbeschichteten Gleitringdichtungen.*

INHALT

Vorwort 3

Inhalt 4

Highlights 2009 6

Aus dem Kuratorium 8

Das Institut im Profil 12

Das Institut in Zahlen 14

Ihre Ansprechpartner 17

Organisationsstruktur 18

Forschungs- und Dienstleistungsangebot 20

Maschinenbau und Fahrzeugtechnik 23

Einsparung von Ressourcen und Reduktion von Co_2-Emissionen in Verbrennungsmotoren 24

UV-Schutzschichten für Polycarbonat 26

Hochtemperatur-Dehnungsmessung 28

Luft- und Raumfahrt 31

Beschichtung von Hochleistungsmaterialien für die Luft- und Raumfahrt 32

Beschichtungen von Titanbauteilen für die Raumfahrt 34

Detektion von Lagerschäden durch integrierte Dünnschichtsensorik 36

Werkzeuge 39

Regelung von Tiefziehprozessen durch Werkzeuge mit integrierter Dünnschichtsensorik 40

Prozesskontrolle in der Warmumformung durch integrierte Dünnschichtsensorik 42

Entwicklung von Hartstoffschichten für Werkzeuge mittels Magnetron-Sputterverfahren 44

CVD-Diamantschichten als Schleifbelag zum Präzisionsschleifen 46

Energie, Glas, Fassade 49

Neue Anwendungen für Transparente leitfähige Schichten durch HIPIMS 50

Winkelaufgelöste Streulichtmessungen an rauen transparent leitfähigen Oxiden 52

Optik, Information, Kommunikation 55

Neue Materialien für Anwendungen in der transparenten Elektronik 56

Messverfahren zur normgerechten Bestimmung der photokatalytischen Aktivität von Oberflächen 58

Polymere und Polymer-Metalloxidkomposite für optische Interferenzschichtsysteme 60

Bonden von heterogenen Verbünden und Polymeren 62

Mensch und Umwelt 65

Innenbeschichtung von Beuteln für den Einsatz in der Stammzellforschung und der Medizin 66

Weichmacherbarrieren auf PVC-Folien mittels Atmosphärendruckplasma 68

Leistungen und Kompetenzen 71

Nanoindentierung zur Bestimmung der Bruchzähigkeit dünner Schichten 72

Tiefe Einblicke in die Schadensanalyse und Qualitätssicherung 74

PIC-MC-Simulation von Gasflüssen und Gasentladungen in Plasmareaktoren 76

PIC-MC-Simulation im Rahmen von »Plasma-Technologie-Grid« 78

Magnetron-Sputterverfahren zur Abscheidung harter und verschleißfester DLC-Schichten 80

Dichte Isolationsschichten mittels moduliert gepulstem Sputtern (MPP) 82

Q-Plas – Ein neues Weiterbildungsangebot mit praktischer Ausbildung 84

Namen, Daten, Ereignisse 2009 87

Messen und Konferenzen 88

Workshops 92

Preise 93

Ereignisse 94

Das Fraunhofer IST in Netzwerken 117

Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick 119

Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces 120

Kompetenznetz industrielle Plasma-Oberflächentechnik e.v. – INPLAS 122

Mitgliedschaften 124

Bildverzeichnis 126

Impressum 128

HIGHLIGHTS 2009

Das Jahr 2009 stand für das Fraunhofer IST unter dem Zeichen des weiteren Ausbaus nationaler und internationaler Kooperationen.

Eines unserer zentralen Themenfelder war 2009 die Dünnschicht-Photovoltaik - unser Ziel war es, unsere Kernkompetenzen auf diesem Gebiet mit Forschungspartnern innerhalb und außerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft zu vernetzen und weiterzuentwickeln. Mit dem Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) wurde die Basis für eine wegweisende Zusammenarbeit geschaffen. Die Vielschichtigkeit der niedersächsischen Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der solaren Energieerzeugung wurde bei einem Photovoltaik Symposium im Juni in Hameln deutlich. Basierend auf dieser Veranstaltung fanden erste Gespräche zu gemeinsamen Projekten mit dem Institut für Solarenergieforschung Hameln ISFH sowie dem Forschungszentrum Next Energy in Oldenburg statt. Unsere neue Durchlaufanlage für die Silizium-Abscheidung mit Heißdraht-CVD wurde im Sommer 2009 geliefert und in Betrieb genommen. Wir wollen mit dieser Anlage weltweit als erste Einrichtung das Potenzial für neue Weg in der Herstellung Silizium-basierter Dünnschicht-Solarzellen aufzeigen.

Im Feld der Hochleitungs-Impuls-Magnetronzerstäubung (HIPIMS) wurde der hervorragende Ruf des Fraunhofer IST weiter ausgebaut. Unser Institut koordiniert eine COST-Initiative mit dem Titel »HIPP Processes«. Mit der Sheffield Hallam University wurde inzwischen der Aufbau eines »HIPIMS Joint Research Laboratory« beschlossen.

In Südkorea konnten die Aktivitäten des Fraunhofer IST konsolidiert und erheblich ausgebaut werden. Mit unserem langjährigen Forschungspartner, dem Korea Institute of Industrial Technology KITECH, werden kontinuierlich Forschungsprojekte durchgeführt und Wissenschaftler ausgetauscht. Darüber hinaus konnten Aufträge aus der Automobil- und Halbleiterindustrie akquiriert werden.

In Südafrika hat das Fraunhofer IST im Sommer 2009 mit internationalen Partnern die RETECZA Initiative ins Leben gerufen, die es sich zur Aufgabe gemacht hat, kostengünstige und autonome Lösungen für Hausbau, Infrastruktur und für Fahrzeuge, die für den Einsatz in abgelegenen Regionen Südafrikas geeignet sind, zu entwickeln. Unser Institut bringt hier seine Expertise auf dem Gebiet der Wasserbehandlung mit Diamantelektroden ein. Eine direkte Kooperation ist mit der TUT Tshwane Technical University in Pretoria geplant.

Anlässlich eines Besuchs in Saint-Étienne im September 2009 konnten auch die Kontakte zur dortigen Technischen Universität sowie zum Netzwerk ViaMéca weiter intensiviert werden. Diese Zusammenarbeit soll auch für die kommenden Jahre einen wichtigen Bestandteil unserer internationalen Kooperationen bilden.

Das vom Fraunhofer IST getragene Kompetenznetz Industrielle Plasmaoberflächentechnik (INPLAS) veranstaltete unter dem Motto »Plasma leuchtet ein« am 18. März im Fraunhofer Forum Berlin einen Parlamentarischen Abend mit mehr als 100 Teilnehmern. Anwender und Anlagenbauer präsentierten im Rahmen einer begleitenden Ausstellung Innovationen aus dem Bereich der Plasmatechnik.

Das neue Technikum des Instituts wurde fertig gestellt. Es ist weitgehend eingerichtet und bezogen und bietet beste Voraussetzungen für einen weiteren Ausbau der Forschungsaktivitäten besonders im Bereich tribologischer Schichten. Die Integration des Instituts für Oberflächentechnik IOT der TU Braunschweig ermöglicht einen noch intensiveren Austausch beider Institute und verstärkt die Synergieeffekte von universitärer Grundlagen orientierter und der für Fraunhofer typischen industrienahen Forschung.

Die Wirtschaftskrise hat uns weitgehend verschont. Sowohl bei unseren Geschäftsfeldern als auch unseren Kompetenzen verbreiterten wir sogar unsere Basis:durch die Bildung eines neuen Geschäftsfelds »Luft- und Raumfahrt« und die Gründung einer eigenständigen Gruppe »Simulation«, mit der wir der zunehmenden Bedeutung dieser Thematik Rechnung trugen. Die Personalkapazität stieg im Vergleich zu den Vorjahren erheblich, dennoch konnte ein nahezu ausgeglichenes Ergebnis erzielt werden. Mit 4,5 Millionen Euro erreichte der Wirtschaftsertrag ein »Allzeithoch«. Mit anspruchsvollen wissenschaftlich-technischen wie auch wirtschaftlichen Zielen wird das Fraunhofer IST auch in 2010 weiterhin auf Erfolgskurs bleiben.

1 *Convention Center Kwa Maritane, Pilanesberg, Südafrika.*
2 *Kooperation mit Gwangwon Province, Südkorea.*

1

AUS DEM KURATORIUM

Als Mitglied in den Kuratorien der niedersächsischen Fraunhofer-Institute habe ich die Struktur der Gesellschaft gut kennengelernt. Besonders schätze ich das erfolgreiche Zusammenspiel der Zentrale in München und der Institute, das von einer erfolgreichen wissenschaftlichen Schwerpunktsetzung, wirtschaftlichen Führung und hoher Autonomie der Institute geprägt ist. So ist es der Fraunhofer-Gesellschaft gelungen, sich als wirtschaftsnahe Forschungsorganisation und als Dienstleister für die Wirtschaft hervorragend zu profilieren. Vom Modell Fraunhofer überzeugt, hat sich daher das Land stark für den Ausbau der vorhandenen drei niedersächsischen Institute eingesetzt und in den vergangenen Jahren den Aufbau von sieben Fraunhofer-Projektgruppen an den Hochschulen ermöglicht.

Das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik in Braunschweig ist in der niedersächsischen Forschungslandschaft von großer Bedeutung. Es ist durch die Professoren Günter Bräuer und Claus-Peter Klages mit dem Institut für Oberflächentechnik der Technischen Universität Braunschweig verknüpft und deckt das breite Spektrum von der Grundlagenforschung bis zur Auftragsforschung ab. Studierende werden frühzeitig in Industrieprojekte eingebunden und lernen die Fraunhofer-Gesellschaft als interessanten Arbeitgeber kennen.

Besonders erfreulich ist die Zusammenarbeit des Fraunhofer IST mit anderen Forschungseinrichtungen im Land. In der Region ist es über gemeinsame Projekte gut mit dem Deutschen Institut für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) vernetzt. Aber auch im weiteren Umfeld ergeben sich zum Beispiel auf dem Gebiet der Dünnschicht-Photovoltaik Kooperationsmöglichkeiten mit dem Institut für Solarenergieforschung in Hameln und dem EWE-Forschungszentrum in Oldenburg. Für die Wirtschaft und die Wissenschaft Niedersachsens bedeutet es einen großen Vorteil, dass das bundesweite Kompetenznetz INPLAS um ein »Niedersächsisches Innovationsnetz Plasmatechnik« ergänzt werden konnte.

Mit dem vom Land und vom Bund gemeinsam finanzierten Neubau sind die Weichen für ein weiteres Wachstum und erfolgreiches Wirken des Fraunhofer IST gestellt. Ich bin mir sicher, dass damit die hier vorhandene Kompetenz in der angewandten Plasmatechnik bundes- und europaweit noch mehr Sichtbarkeit finden wird.

Hans Schroeder

1 *Dr. Hans Schroeder, Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur, Mitglied des Kuratoriums.*

KURATORIUM

Vorsitz

Dipl.-Ing. R. Lacher
Singulus Technologies AG
Vorsitzender bis 30. Juni 2009

Stellvertretender Vorsitz

Prof. Dr. H. Oechsner
IFOS - Institut für Oberflächen- und Schichtanalytik GmbH an der TU Kaiserslautern

Dr. P. Lichtenauer
Plasmawerk Hamburg GmbH
Vorsitzender seit 1. Juli 2009

Dipl.-Ing. E. Dietrich
Frankfurt

Dr. U. Engel
Hagnau

Dr. R. Grün
PlaTeG GmbH

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. J. Hesselbach
Präsident der Technischen Universität Braunschweig

Dr. H. Hilgers
Mainz

RD A. Kletschke
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Prof. Dr. A. Möbius
Cookson Electronics Enthone GmbH

MinRat Dr. H. Schroeder
Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur

Dr.-Ing. W. Steinbach
Burgmann Industries GmbH & Co. KG

Dr.-Ing. M. Steinhorst
DOC - Dortmunder OberfächenCentrum GmbH

Dr. G. J. van der Kolk
IonBond Netherlands BV

1 *Die neue Ansicht des Fraunhofer IST.*
2 *Dipl.-Ing. Roland Lacher.*

Wechsel im Vorsitz des Kuratoriums

In der Kuratoriumssitzung am 26. Mai 2009 verabschiedete das Fraunhofer IST seinen langjährigen Kuratoriumsvorsitzenden, Herrn Dipl.-Ing. Roland Lacher. Herr Lacher leitete das Kuratorium des Instituts seit dem Umzug von Hamburg nach Braunschweig in 1994. Als Geschäftsführer der Singulus Technologies AG, dem Weltmarktführer für Anlagen zur Produktion von CDs, DVDs und Blu-ray Disks gehörte Herr Lacher zu den Top-Managern Deutschlands. Vorher war er mehrere Jahre Chef der Leybold Systems GmbH in Hanau.

Das Fraunhofer IST hat Herrn Lacher viel zu verdanken. Über 15 Jahre hinweg hat er die Entwicklung des Instituts mit außerordentlichem Engagement begleitet. Seine umfangreichen Erfahrungen als Manager von Unternehmen der Beschichtungsbranche, seine analytische Denkweise sowie seine konstruktive und wohlgemeinte Kritik halfen uns oft, den richtigen Weg zu finden. Wir wünschen Herrn Lacher alles Gute für seinen wohlverdienten Ruhestand.

Als Nachfolger von Herrn Lacher wählte das Kuratorium Herrn Dr. Philipp Lichtenauer, Geschäftsführer des Unternehmens Plasmawerk Hamburg GmbH. Das Unternehmen beschäftigt sich mit atmosphärischen Plasmaverfahren, einer Technologie zur Oberflächenmodifikation, die auch für das Fraunhofer IST mehr und mehr an Bedeutung gewinnt. Herr Dr. Lichtenauer gehört unserem Kuratorium erst wenige Jahre an, hat uns aber während dieser kurzen Zeit schon außerordentlich unterstützt. Wir freuen uns auf die weitere Zusammenarbeit.

DAS INSTITUT IM PROFIL

Das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST bündelt als industrienahes FuE-Dienstleistungszentrum Kompetenzen auf den Gebieten Schichtherstellung, Schichtanwendung, Schichtcharakterisierung und Oberflächenanalyse. Zahlreiche Wissenschaftler, Techniker und Ingenieure arbeiten daran, Oberflächen der verschiedensten Grundmaterialien neue oder verbesserte Funktionen zu verleihen, um auf diesem Wege innovative, marktgerechte Produkte zu schaffen. Zurzeit ist das Institut in diesen Geschäftsfeldern tätig:

- Maschinenbau und Fahrzeugtechnik
- Luft- und Raumfahrt
- Werkzeuge
- Energie, Glas und Fassade
- Optik, Information und Kommunikation
- Mensch und Umwelt

Zur Bearbeitung dieser Geschäftsfelder nutzt das Institut seine Kompetenzen in den folgenden Bereichen:

- Niederdruckverfahren
- Elektrische und Optische Schichten
- Superharte Schichten
- Atmosphärendruckverfahren
- Mikro- und Nanotechnologie
- Reibungsminderung und Verschleißschutz
- Analytik und Prüftechnik

Entsprechend dem Querschnittscharakter von Schicht- und Oberflächentechnologien kooperiert das Institut mit einer großen Zahl von Lohnbeschichtern, Anlagenbauern und Schichtanwendern aus den unterschiedlichsten Branchen. Die wichtigsten sind Maschinenbau, Verkehrstechnik, Fertigungstechnik, Elektronik, Optik, Informations-, Energie-, Medizintechnik und Biotechnologie.

106 feste Mitarbeiter bearbeiten auf einer Büro- und Laborfläche von mehr als 4000 m² vielfältige Forschungsaufträge, wobei das Leistungsangebot des Fraunhofer IST durch die Kompetenzen anderer Institute des Fraunhofer-Verbunds »Light & Surfaces« ergänzt wird. Viele Projekte werden mit öffentlichen Mitteln des Landes Niedersachsen, des Bundes, der Europäischen Union und anderer Institutionen gefördert.

Wichtige Ziele des Fraunhofer IST sind:

- die schnelle Umsetzung innovativer Lösungen aus anwendungsorientierter Forschung und Entwicklung in die industrielle Praxis,
- die Etablierung neuer zukunftsweisender Technologien am Markt und
- der Transfer dieser innovativen Technologien zu kleinen und mittleren Unternehmen.

DAS INSTITUT IN ZAHLEN

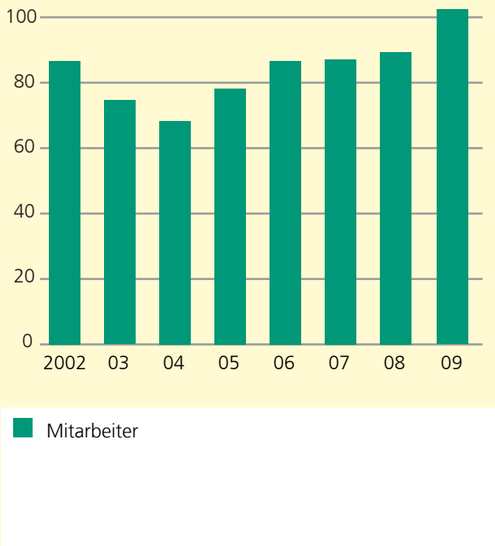
Mitarbeiterentwicklung
Im Berichtszeitraum beschäftigte das Fraunhofer IST 106 Mitarbeiter. Im Vorjahr waren es noch 97 Mitarbeiter. Mehr als die Hälfte der Stellen entfallen dabei auf Wissenschaftler, Doktoranden und Ingenieure. Neben zahlreichen studentischen Hilfskräften und Diplomanden wird die Forschungsarbeit zudem durch technisches und kaufmännisches Personal unterstützt. Das Ausbildungsangebot in den Fachbereichen Physik und Fachinformatik wurde im Berichtsjahr von 5 jungen Mitarbeitern wahrgenommen.

Betriebshaushalt
In 2009 stieg der Betriebshaushalt auf 12,3 Mio € an. Im Verhältnis zum Vorjahr betrug dieses Wachstum gute 20 Prozent. 40 Prozent des Wachstums entfielen auf die Personalkosten und 60 Prozent des Wachstums auf die Sachkosten.

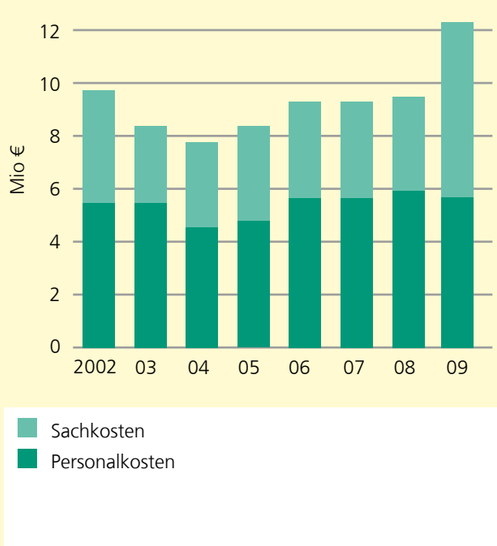
Ertragsstruktur
Das Wirtschaftsertragsniveau des Vorjahres konnte von 4,3 Mio € auf 4,4 Mio € angehoben werden. Auch bei den öffentlichen Erträgen konnte ein Wachstum verzeichnet werden. Erwähnenswert ist hierbei eine nochmalige Steigerung der EU Erträge zum Vorjahr.

Investitionshaushalt
Für Investitionen wurden im Berichtsjahr 100 Prozent mehr Mittel bereit gestellt als im Vorjahr. Von den 2,55 Mio € wurden 28 Prozent für Normalinvestitionen und 67 Prozent für strategische Investitionen ausgegeben. Der Anteil von Projektinvestitionen betrug 5 Prozent.

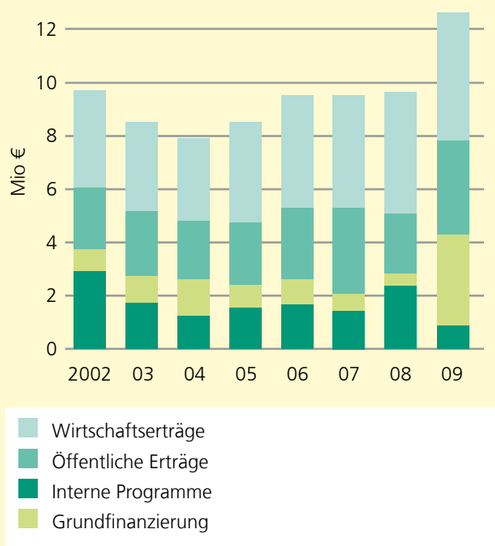
Anzahl der Mitarbeiter.



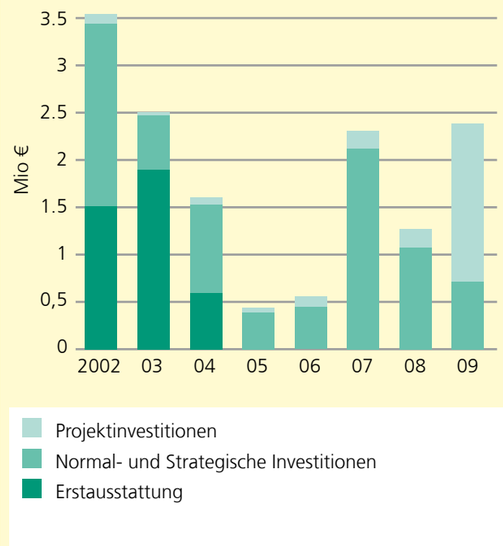
Personal- und Sachkosten.



Ertragsstruktur.



Investitionen.



IHRE ANSPRECHPARTNER

Das 1990 gegründete Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST ist Ihr Ansprechpartner für alle Fragen zur Dünnschichttechnologie. In der Organisation gibt es neben der Geschäftsleitung und dem Marketing sieben Abteilungen:

- Transferzentrum Tribologie
- Neue tribologische Beschichtungen
- Diamanttechnologie
- Optische und elektrische Schichten
  - Optische Funktionsschichten
  - Sensorische Funktionsschichten
  - Mikro- und Sensortechnologie
- Großflächenbeschichtung
  - Magnetron-Sputtern
  - Hohlkathodenverfahren
  - Simulation
- Atmosphärendruckverfahren
  - Galvanotechnologie
  - Atmosphärendruck-Plasmaverfahren
- Schichtcharakterisierung

ORGANISATIONSSTRUKTUR

INSTITUTSLEITUNG

Prof. Dr. Günter Bräuer
Telefon +49 531 2155-500
guenter.braeuer@ist.fraunhofer.de

STELLVERTRETENDER INSTITUTSLEITER

Dipl.-Ing. Wolfgang Diehl
Telefon +49 531 2155-515
wolfgang.diehl@ist.fraunhofer.de

VERWALTUNG

Dipl.-Kaufmann Michael Kaczmarek
Telefon +49 531 2155-220 | michael.kaczmarek@wki.fraunhofer.de

MARKETING UND KOMMUNIKATION

Dr. Simone Kondruweit
Telefon +49 531 2155-535 | simone.kondruweit@ist.fraunhofer.de

TRANSFERZENTRUM TRIBOLOGIE Dr.-Ing. Jochen Brand

Telefon +49 531 2155-600 | jochen.brand@ist.fraunhofer.de

Prototypen- und Kleinserienfertigung | Anlagenkonzeptionierung | Plasmadiffusion | Reinigungstechnologie

DORTMUNDER OBERFLÄCHENCENTRUM

Dr.-Ing. Jochen Brand
Telefon +49 531 2155-600 | jochen.brand@ist.fraunhofer.de

NEUE TRIBOLOGISCHE BESCHICHTUNGEN Dr. Klaus Bewilogua

Telefon +49 531 2155-642 | klaus.bewilogua@ist.fraunhofer.de

Kohlenstoffbasierte Schichten (DLC) | Harte und superharte Schichten | Definierte Benetzung | Werkzeugbeschichtungen (Umformen, Schneiden, Zerspanen) | PVD- und PACVD-Prozesse

DIAMANTTECHNOLOGIE Dr. Lothar Schäfer

Telefon +49 531 2155-520 | lothar.schaefer@ist.fraunhofer.de

Werkzeuge und Bauteile | Diamantelektroden für elektrochemische Anwendungen | Diamantbeschichtete Keramiken DiaCer® | Heißdraht-CVD-Prozesse | Großflächige Heißdraht-CVD-Systeme | Heißdraht-CVD von siliziumbasierten Schichten

OPTISCHE UND ELEKTRISCHE SCHICHTEN Dr. Michael Vergöhl

Telefon +49 531 2155-640 | michael.vergoehl@ist.fraunhofer.de

OPTISCHE FUNKTIONSSCHICHTEN

Dr. Michael Vergöhl
Telefon +49 531 2155-640 | michael.vergoehl@ist.fraunhofer.de

Optische und elektrische Schichtsysteme | Prozessentwicklung | Materialentwicklung

SENSORISCHE FUNKTIONSSCHICHTEN

Dr. Ralf Bandorf
Telefon +49 531 2155-602 | ralf.bandorf@ist.fraunhofer.de

Sensorische Multifunktionsschichten | Hochionisierte Pulsprozesse (HIPIMS) | Mikrotribologie

MIKRO- UND SENSORTECHNOLOGIE

Dipl.-Ing. Saskia Biehl
Telefon +49 531 2155-604 | saskia.biehl@ist.fraunhofer.de

Dünnschichtsensorik | Mikrostrukturierung 2-D und 3-D | Adaptronische Schichtsysteme

GROSSFLÄCHENBESCHICHTUNG Dr. Bernd Szyszka

Telefon +49 531 2155-641 | bernd.szyszka@ist.fraunhofer.de

MAGNETRON-SPUTTERN

Dr. Bernd Szyszka
Telefon +49 531 2155-641 | bernd.szyszka@ist.fraunhofer.de

Großflächenelektronik | Prozesstechnologie | Transparente und leitfähige Schichtsysteme | Prozesssimulation

HOHLKATHODENVERFAHREN

Dr. Thomas Jung
Telefon +49 531 2155-616 | thomas.jung@ist.fraunhofer.de

Plasmaquellen | Hochratenverfahren | Oxid- und C-Schichten | Erosionsschutzschichten

SIMULATION

Dr. Andreas Pflug
Telefon +49 531 2155-629 | andreas.pflug@ist.fraunhofer.de

Anlagen- und Prozessentwicklung | Simulation von Schichteigenschaften | Virtuelle Prozessanalyse

ATMOSPHÄRENDRUCKVERFAHREN Prof. Dr. Claus-Peter Klages

Telefon +49 531 2155-510 | claus-peter.klages@ist.fraunhofer.de

ATMOSPHÄRENDRUCK-PLASMAVERFAHREN

Dr. Michael Thomas
Telefon +49 531 2155-525 | michael.thomas@ist.fraunhofer.de

Biofunktionale Oberflächen | Mikroplasmen | Niedrig-Temperatur-Bonden | Oberflächenfunktionalisierung und -beschichtung

GALVANOTECHNOLOGIE

Dr. Andreas Dietz
Telefon +49 531 2155-646 | andreas.dietz@ist.fraunhofer.de

Komposite | Leichtmetallbeschichtung | Verfahrensentwicklung | Kunststoffmetallisierung

SCHICHTCHARAKTERISIERUNG Dr. Peter Willich

Telefon +49 531 2155-570 | peter.willich@ist.fraunhofer.de

ANALYTIK

Dr. Peter Willich
Telefon +49 531 2155-570 | peter.willich@ist.fraunhofer.de

Mikro- und Oberflächenanalyse | Mikroskopie und Strukturanalyse | Auftragsuntersuchungen

QUALITÄTSSICHERUNG

Dr. Peter Willich
Telefon +49 531 2155-570 | peter.willich@ist.fraunhofer.de

Material- und Schichtprüfung | Kundenspezifische Prüfverfahren | Auftragsuntersuchungen

FORSCHUNGS- UND DIENSTLEISTUNGSANGEBOT

Analytik und Qualitätssicherung

- Hochauflösendes Rasterelektronenmikroskop mit energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX)
- Elektronenstrahl-Mikrosonde (WDX)
- Sekundärionen-Massenspektrometer
- Röntgen-Diffraktometer zur Strukturanalyse und für Reflektrometrie-Messungen
- Rastertunnel- und Rasterkraftmikroskop
- Mikro- und Nanoindentor zur Härteprüfung
- Optische und taktile Profilometrie
- Automatisierte, zerstörungsfreie Schichtdickenmessung
- Prüfeinrichtungen für Reibung, Verschleiß und Schichthaftung
- IR- und UV/VIS-Spektrometer und Ellipsometer
- Messeinrichtungen für Oberflächenenergie
- Einrichtungen für Korrosions- und Klimatests nach DIN EN
- Messeinrichtungen für elektrische und magnetische Schichteigenschaften
- Testsysteme für die elektrochemische Abwasserbehandlung
- Messgeräte und Verfahren zur Charakterisierung der photokatalytischen Aktivität
- Röntgen-Photoelektronen-Spektroskopie
- Glimmentladungsspektroskopie (GDOES)
- Mikroplasmaanlagen zur selektiven Funktionalisierung von Oberflächen (bis ∅ = 20 cm

Laborausstattung und Großgeräte

- Produktionsanlagen für a-C:H:Me, a-C:H, Hartstoff-Schichten (bis 3 m³ Volumen)
- Beschichtungsanlagen auf der Basis der Magnetron- und RF-Dioden-Zerstäubung
- Anlagen für Hohlkathodenverfahren
- Anlagen für die Abscheidung mittels plasmaaktiviertem CVD (PACVD)
- Plasmadiffusionsanlagen
- Heißdraht-CVD-Anlagen für die Abscheidung von Silizium-basierten Schichten (Chargenverfahren und Durchlaufverfahren bis 50 × 60 cm²)
- In-line-Beschichtungsanlage für großflächige optische Funktionsschichten (bis 50 × 100 cm²)
- Technikumsanlage für galvanotechnische Prozesse
- Fotolithografie-Ausstattung (40 m² Reinraum)
- 15-stufige Reinigungsanlage auf wässriger Basis
- Laser für 3-D-Mikrostrukturierung
- Atmosphärendruck-Plasmaanlagen zur großflächigen Funktionalisierung und Beschichtung (bis 40 cm Breite)
- Industrielle Beschichtungsanlagen mit HIPIMS-Technologie
- Zwei Reinräume mit sechs Beschichtungsanlagen
- Sputteranlagen für optische Präzisionsschichten

VORBEHANDLUNG

Wir reinigen Oberflächen
Erfolgreiche Beschichtungen setzen eine richtige Vorbehandlung der Oberfläche voraus. Wir bieten daher effiziente Oberflächenreinigung auf wässriger Basis inklusive Trocknung:

- Effiziente Oberflächenvorbehandlung auf wässriger Basis inklusive Trocknung
- Spezielle Glasreinigung
- Plasmavorbehandlung und Plasmareinigung
- Plasmaaktivierung und Plasmafunktionalisierung
- Nasschemische Ätzvorbehandlung
- Partikelstrahlen

BESCHICHTUNG

Wir entwickeln Prozesse und Schichtsysteme
Dünne Schichten sind das Kerngeschäft des Fraunhofer IST. Zur Schichtherstellung verfügt das Institut über ein breites Spektrum an Technologien: Von der Plasmabeschichtung im Vakuum und bei Atmosphärendruck über Heißdraht-CVD-Verfahren bis hin zur Galvanik. Unser Leistungsangebot umfasst:

- Schichtentwicklung
- Prozesstechnik (einschließlich Prozessdiagnostik, -modellierung und -regelung)
- Simulation von Schichtsystemen und Prozessen

PRÜFUNG/CHARAKTERISIERUNG

Wir sichern Qualität
Eine schnelle und zuverlässige Analytik und Qualitätssicherung ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche Schichtentwicklung. Wir bieten unseren Kunden:

- Prüfverfahren und produktspezifische Qualitätskontrollen, z. B. Verschleißmessung an beliebigen Bauteilen
- Prüfung der Schichthaftung
- Mechanische, chemische, mikromorphologische und strukturelle Charakterisierung
- Optische und elektrische Charakterisierung
- Schnelle und vertrauliche Schadensanalyse

ANWENDUNG

Wir übertragen Forschungsergebnisse in die Praxis
Für einen effizienten Transfer von Technologien in die Praxi bieten wir ein breites Spektrum an Know-how:

- Wirtschaftlichkeitsberechnungen, Entwicklung wirtschaftlicher Produktionsszenarien
- Prototypenentwicklung, Kleinserienfertigung, Beschichtung von Musterbauteilen
- Anlagenkonzepte und Fertigungsintegration
- Beratung und Schulungen
- Produktionsbegleitende Forschung und Entwicklung

MASCHINENBAU UND FAHRZEUGTECHNIK

Im Geschäftsfeld »Maschinenbau und Fahrzeugtechnik« werden Schichtsysteme und Oberflächentechniken zur Reibungsminderung, zum Verschleißschutz und Korrosionsschutz entwickelt und anwendungsorientiert optimiert. Neben der Schichtanpassung an spezielle Applikationen sowie der Entwicklung neuartiger Schichtsysteme steht die Entwicklung und Umsetzung produkt- und produktionsangepasster Beschichtungsprozesse im Vordergrund. In diesem Jahr konnten erfolgreiche Arbeiten z. B. auf folgenden Gebieten durchgeführt werden:

- Einsparung von Ressourcen und Reduktion von CO_2-Emissionen in Verbrennungsmotoren
- UV-Schutzschichten für Polycarbonat
- Hochtemperatur-Dehnungsmessung

Zu den Kunden dieses Geschäftsfeldes zählen neben Schichtherstellern vor allem Schichtanwender aus allen Bereichen des Maschinenbaus und der Automobilindustrie.

KONTAKT

Dr.-Ing. Jochen Brand
Telefon +49 531 2155-600
jochen.brand@ist.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Carola Brand
Telefon +49 531 2155-574
carola.brand@ist.fraunhofer.de

EINSPARUNG VON RESSOURCEN UND REDUKTION VON CO_2-EMISSIONEN IN VERBRENNUNGSMOTOREN

Vor dem Hintergrund eines wachsenden Umweltbewusstseins und der Verknappung fossiler Brennstoffe, verbunden mit steigender Mobilität, sind Ressourcenschonung und -einsparung sowie die Reduktion von CO_2-Emissionen wichtige Themen der Automobilindustrie, die die Entwicklung und den Einsatz energieeffizienter Motorengenerationen erfordern.

Das Ziel: Weniger Reibung und Verschleiß

Im Rahmen des Fraunhofer-Forschungsprojektes »Triboman« wird zur Reduzierung reibungsbedingter Verluste im Verbrennungsmotor ein integraler Ansatz verfolgt, das heißt es werden Werkstoffe, Fertigungs-, Präzisionsbearbeitungs-, Strukturierungs- und Beschichtungsverfahren entwickelt, die durch eine Vorwegnahme des Einlaufprozesses und die gezielte Bildung tribologisch wirksamer Randschichten – schon während der Fertigung der Komponenten – Reibung und Verschleiß in Verbrennungsmotoren deutlich und dauerhaft reduzieren.

Fachübergreifende Zusammenarbeit

Die Projektpartner (Fraunhofer IFAM, IWU, IPT, IST und IWM) ergänzen sich in ihren Institutskompetenzen aus Werkstofftechnik, Gießereitechnologie, Beschichtungstechnik, Produktions- und Fertigungstechnik und Tribologie. Das ermöglicht die ganzheitliche, technologieorientierte Entwicklung optimierter Werkstoffe und Fertigungsverfahren.

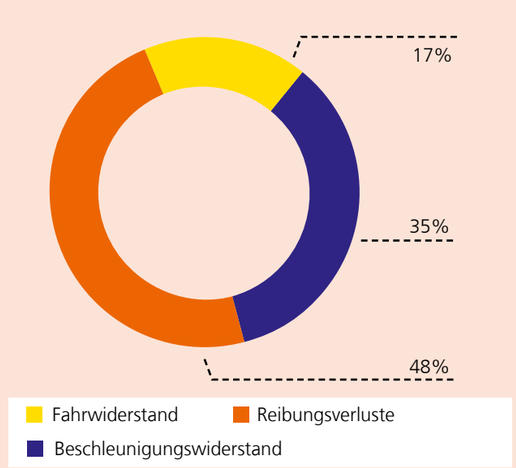
Das Projekt »Triboman«

Da ein Großteil der Verluste im Verbrennungsmotor durch Reibung im Bereich der tribologisch kritischen Komponenten Kolbengruppe, Kurbelwelle und Ventiltrieb verursacht wird, werden im Projekt »Triboman« genau diese Komponenten untersucht. Am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen werden Aluminiumgusslegierungen für Zylinderkurbelgehäuse mit reibungsoptimiertem Gefüge und verbesserten mechanischen Eigenschaften entwickelt. Für die Herstellung hochpräziser Motorkomponenten mit definierter Oberflächenmikrogeometrie entwickelt das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Chemnitz geeignete Endbearbeitungsverfahren. Am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT in Aachen wird an der Entwicklung optimierter Kontaktflächen durch Laserumschmelzen und Laserablation gearbeitet. Die Entwicklung, Anpassung und Optimierung von verschleißfesten, harten und reibungsmindernden DLC- und Hartstoff-Schichtsystemen gehört zu den Aufgaben des Fraunhofer-Instituts für Schicht- und Oberflächentechnik IST in Braunschweig. Mit diesen Schichtsystemen lässt sich ein positiver Einfluss auf Verschleißkonditionierung, Öl- und Treibstoffverbrauch erzielen. Lebensdauer und Belastbarkeit der Motorkomponenten können maßgeblich gesteigert werden. Die optimierten Komponenten werden mit hochauflösender Radionuklid-Messtechnik in einem Kolbenring-Zylinder-Simulator und einem Motorenprüfstand am Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM in Freiburg getestet.

Ausblick

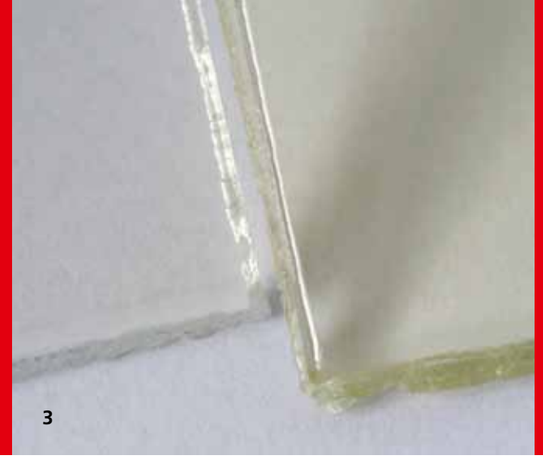
Um die wichtige Stellung der deutschen Automobilindustrie in der Weltspitze auch in Zukunft sichern und ausbauen zu können, sind Produkte und Technologien erforderlich, die den Forderungen nach Energie- und Ressourceneffizienz gerecht werden. Durch die Forschungsarbeiten zur Ressourcenschonung durch Minderung von Verlusten, Reduzierung der Schadstoffemission, Reduzierung des Kraftstoff- und Ölverbrauchs und die Nutzung effizienter Fertigungsverfahren schafft »Triboman« wichtige Voraussetzungen zur erfolgreichen zukünftigen Zusammenarbeit mit der Automobilindustrie.

Energieverbrauch eines Automobils.



KONTAKT

Marko Petrik
Telefon +49 531 2155-509
marko.petrik@ist.fraunhofer.de



UV-SCHUTZSCHICHTEN FÜR POLYCARBONAT

Die Entwicklung dünner UV-Schutzschichten für Polycarbonat konnte im Berichtsjahr am Fraunhofer IST einen großen Schritt voran gebracht werden. Kompositschichten aus Zinkoxid und Siloxan gewährleisten einen guten UV-Schutz bei gleichzeitig hoher mechanischer Stabilität und Flexibilität. Hierfür wurde ein neuartiger Hybrid-Beschichtungsprozess auf der Basis der Hohlkathoden-Glimmentladung eingesetzt.

Polycarbonat - ein vielseitiger Werkstoff

Vor dem Hintergrund von Leichtbau und neuen Designanforderungen in der Automobiltechnik gewinnt Polycarbonat für Scheiben und Beleuchtung zunehmend an Bedeutung. Seine geringe Dichte, hohe Transparenz, leichte Verarbeitung im Spritzguss und seine Schlagzähigkeit machen es zu einem attraktiven Werkstoff. Polycarbonat-Oberflächen sind allerdings auch sehr kratzempfindlich und degradieren unter intensiver UV-Einstrahlung, was im Falle von Kratzschutzschichten die Lebensdauer beeinträchtigt. Am Fraunhofer IST wird daher intensiv an UV-Schutz-Lösungen für Polycarbonat geforscht. Ein großer Fortschritt ist durch die Entwicklung von PVD-PECVD-Hybridschichten auf der Basis von Zinkoxid und Siloxan gelungen. Bereits bei geringen Schichtdicken von 400 bis 1500 Nanometern sorgt die anorganische Zinkoxid-Komponente für einen wirksamen UV-Schutz durch Absorption. Die gleichzeitig mittels Plasma-Polymerisation hergestellte Siloxan-Komponente stellt eine stabilisierende, funktionelle Matrix bereit.

Der Herstellungsprozess

Die UV-Schutzschichten wurden mittels reaktivem Gasfluss-Sputtern gefertigt. Eine intensive Hohlkathoden-Glimmentladung (Bild 4) sorgt dabei einerseits für das Zerstäuben von Zink und gleichzeitig für die Aktivierung der zugeführten Sauerstoff- und Silanmoleküle. Durch eine Variation des Reaktivgasflusses lässt sich das Zn-Si-Verhältnis und damit die optische Bandlücke exakt einstellen. Neben Mischschichten lassen sich auch mehrlagige Wechselschichten leicht abscheiden. Bei dem hier vorgestellten Sputterverfahren kommt es kaum zu einer thermischen Belastung des Polycarbonatsubstrats. Der dynamische Prozess hat eine Beschichtungsbreite von etwa 20 Zentimetern und lässt sich leicht auf größere Breiten aufskalieren.

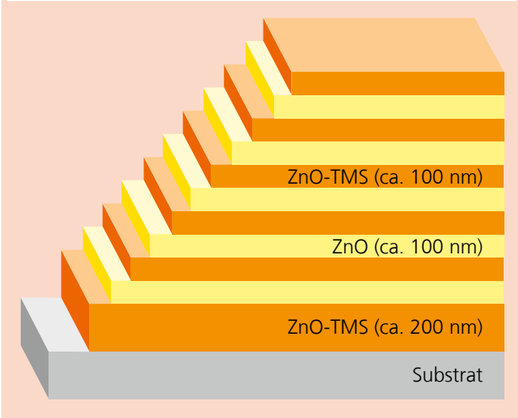
Die Eigenschaften der UV-Schutzschichten

Lage und Steilheit der Absorptionskante lassen sich durch die Prozessparameter gezielt bei einer Wellenlänge von ca. 380 nm einstellen. Die geschützten Polycarbonatsubstrate wurden bis zu 500 Stunden unter UV-Belastung getestet, ohne danach eine Degradation aufzuweisen (Bild 1). Die Siloxan-Komponente verleiht dem Schichtsystem neben der gewünschten Bandkante eine höhere Elastizität und besitzt wahrscheinlich außerdem günstige Barriereeigenschaften. Bei Dehnungstests und im Wasser-Kochtest erwies sich insbesondere der Mehrlagen-Aufbau der Schichten (Grafik) als vorteilhaft.

Fazit

Die am Fraunhofer IST entwickelte Zinkoxid-Siloxan-Kompositschicht wird den meisten der vielfältigen Anforderungen gerecht, die an eine UV-Schutzschicht auf Polycarbonat gestellt werden. Sie leistet einen wirksamen Schutz der Polycarbonatoberfläche vor UV-Licht, ist hochtransparent und mechanisch-elastisch gut an den Kunststoff angepasst. Der Prozess ist auf industrielle Maßstäbe skalierbar und lässt sich leicht mit weiteren Vakuumverfahren, etwa zur Realisierung einer Kratzschutzfunktion, kombinieren.

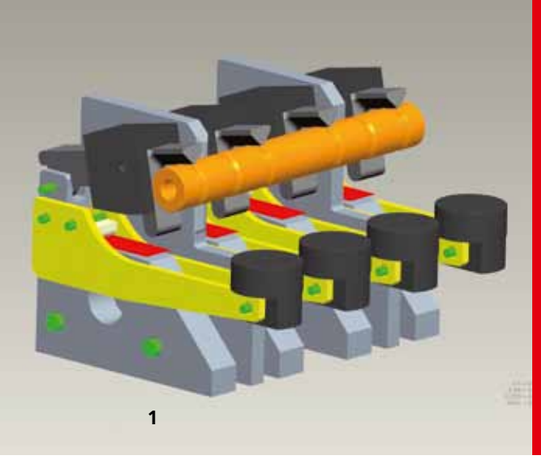
Schematischer Aufbau eines Schutzsystems mit mehreren dünnen ZnO-Schichten für die UV-Absorption.

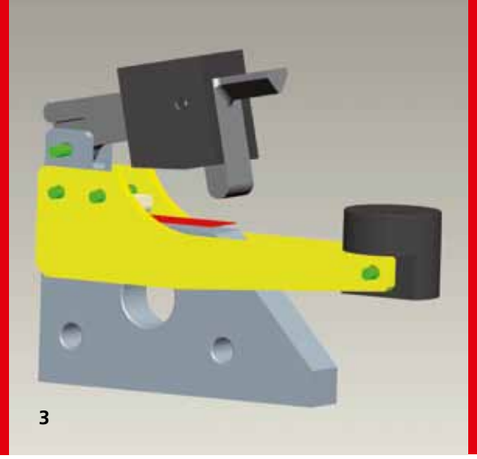


1 Links: Polycarbonat beschichtet und ohne UV-Belastung; Rechts: mit Schicht nach 500 h UV-Belastung.
2 Ohne Schicht und ohne UV-Belastung.
3 Links: geschützt mit beschichtetem Quarzglas nach 500 h UV-Belastung; Rechts: ungeschützt nach 500 h UV-Belastung.
4 Lineare Gasfluss-Sputterquelle als Basis für den PVD-PECVD-Hybridprozess. Die gezeigte Quelle ermöglicht eine Beschichtungsbreite von ca. 20 Zentimetern.

KONTAKT

Dr. Kai Ortner
Telefon +49 531 2155-637
kai.ortner@ist.fraunhofer.de





HOCHTEMPERATUR-DEHNUNGSMESSUNG

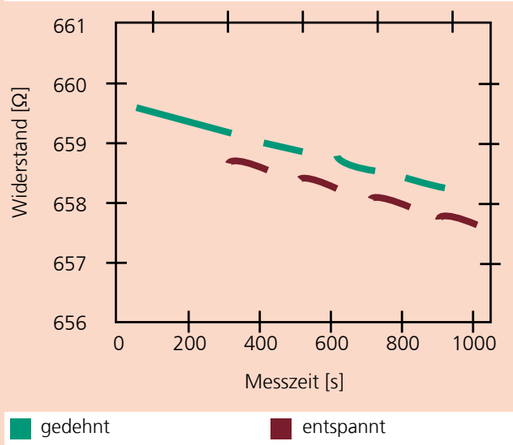
Herkömmliche Dehnungsmessstreifen (DMS) sind nur in einem relativ kleinen Temperaturbereich anwendbar. Bei Anwendungen an extrem heißen Oberflächen wie z. B. Abgasanlagen, Motorblöcken oder Triebwerken werden sensorische Systeme benötigt, die je nach Anwendung bis über 1000 °C temperaturbeständig sind und eine weitgehende Temperaturunabhängigkeit aufweisen.

Sputter-DMS für hohe Betriebstemperaturen
Dehnungsmessungen unter Einsatzbedingungen sind heute unverzichtbar für die Qualitätssicherung von Bauteilen, die hohen Betriebstemperaturen ausgesetzt sind. Für Temperaturen bis 1000 °C werden häufig anschweißbare Dehnungsmessstreifen (DMS) im Metallmantel verwendet. Für spezielle Anwendungen können auch Keramikträger- oder trägerlose DMS mit entsprechenden Klebstoffen montiert werden. Am Fraunhofer IST werden aktuell hochtemperaturstabile Sputter-DMS entwickelt, die direkt auf die Bauteile beschichtet werden und eine hohe Messgenauigkeit ermöglichen.

DMS-Charakterisierung
Die wichtigste Kenngröße bei der Materialentwicklung für Sputter-DMS ist die Änderung des elektrischen Widerstands unter Dehnung und Temperatureinfluss. Angestrebt wird eine möglichst hohe Dehnungsempfindlichkeit (k-Faktor), d. h. eine große Widerstandsänderung unter Dehnung. Gleichzeitig soll der elektrische Widerstand weitgehend unabhängig von der Umgebungstemperatur sein. Ist der Temperaturkoeffizient des Widerstands (TCR) im Bereich weniger 100 ppm / K, so lässt sich die verbleibende Temperaturabhängigkeit mit Hilfe einer Brückenschaltung kompensieren. Für die Charakterisierung der Hochtemperatur-DMS wurde am Fraunhofer IST ein geeignetes Messsystem aufgebaut. Es basiert auf einem Hochtemperaturofen für Einsatztemperaturen bis 1300 °C.

In diesem Ofen wurde eine automatisierte Messvorrichtung für die gleichzeitige Widerstandsmessung an vier DMS-Proben integriert. Zur Bestimmung des k-Faktors werden die DMS-Proben über einen festen Radius von 750 mm gedehnt und anschließend wieder entspannt. Beim Abkühlen der Probe wird zusätzlich der Temperaturkoeffizient des elektrischen Widerstands bestimmt.

Widerstandsmessung am Beispiel einer Pt-ITO-Schicht (50 At % Pt) bei 400 °C im gedehnten und entspannten Zustand. Dehnungsempfindlichkeit: k = 2,9.



Konstruktion der Messvorrichtung
Aufgrund der hohen Einsatztemperaturen wurden die Bauteile der Messvorrichtung aus Keramikwerkstoffen gefertigt. Für die mechanisch beanspruchten Teile wurde Siliziumcarbid und für die elektrisch isolierenden Teile Aluminiumoxid gewählt. Die erforderlichen Gewichte zur Kontaktierung und Dehnung der Testsubstrate wurden aus Zirkonoxid gefertigt, da diese Keramik eine besonders hohe Dichte aufweist.
Bei der Konstruktion mussten sowohl die spezifischen Randbedingungen der Keramikbauteilfertigung als auch die Wärmeausdehnung über den großen Temperaturbereich von Raumtemperatur bis 1300 °C berücksichtigt werden. Für eine stabile 4-Punkt-Widerstandsmessung wurden Messleitungen aus einer weitgehend korrosionsbeständigen Nickellegierung gewählt.

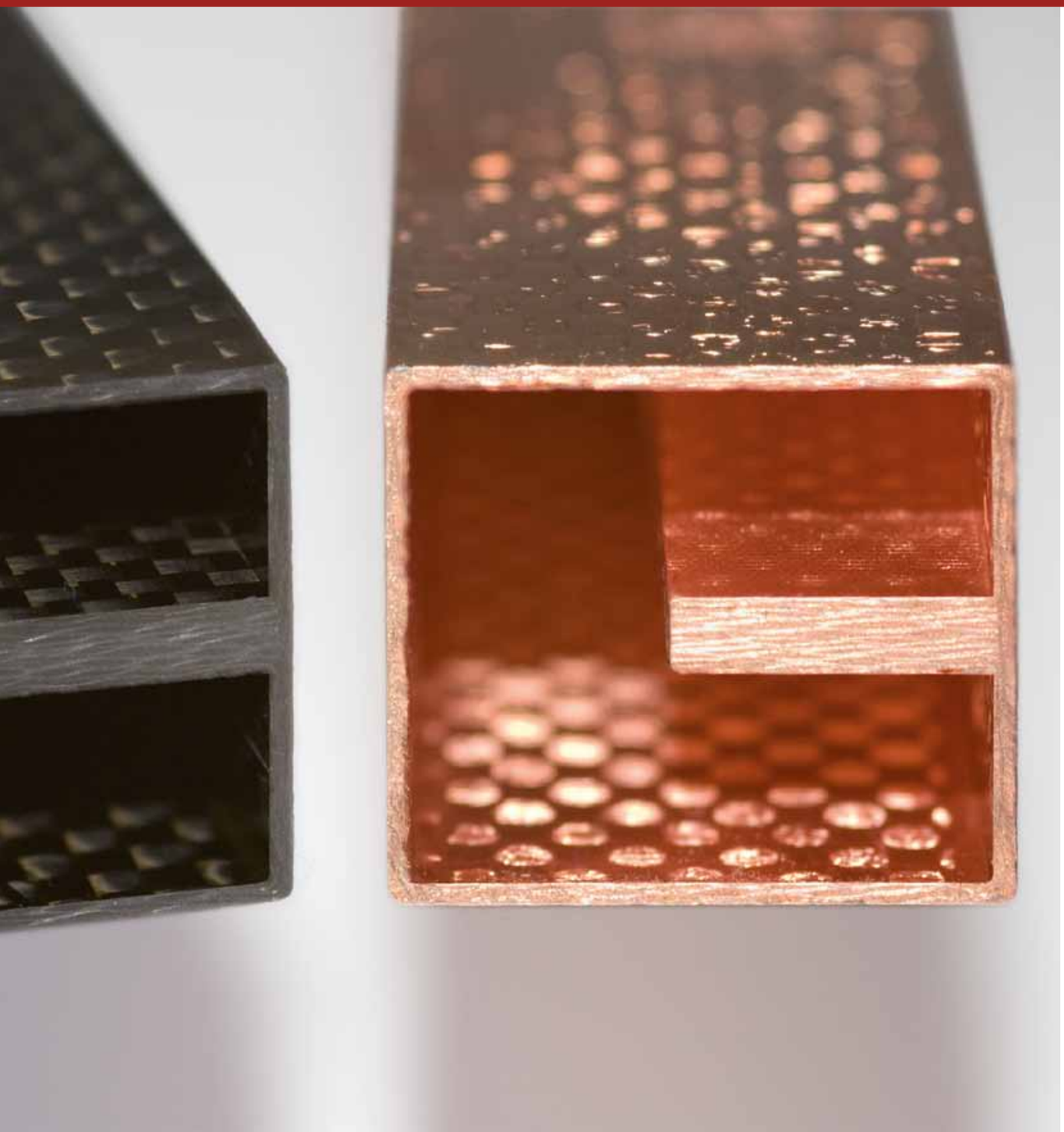
Hochtemperatur-Dehnungsmessungen
Erste Tests haben gezeigt, dass der Messaufbau bis 1000 °C stabil ist. An verschiedenen DMS-Proben wurden k-Faktor und TCR bereits bei Temperaturen bis 800 °C bestimmt. Auch nach mehreren Hochtemperaturzyklen kommt es bei der Widerstandsmessung nur zu geringen Abweichungen (< 5 %) zwischen der Widerstandsmessung im Hochtemperaturofen und der Messung an einem zweiten Messplatz, der für Raumtemperaturmessungen ausgelegt ist. Die nebenstehende Grafik zeigt die Widerstandswerte einer Pt-ITO-Schicht bei 400 °C im gedehnten und entspannten Zustand. Trotz der überlagerten Drift kann die Dehnungsempfindlichkeit mit k = 2,9 eindeutig bestimmt werden.

1 Konstruktionszeichnung von vier gekoppelten Messplätzen zur k-Faktor und TCR-Bestimmung.
2 Blick in den Ofen mit den eingebauten Messplätzen.
3 Detailzeichnung eines einzelnen Messplatzes.
4 Blick auf den Hochtemperaturofen mit Ansteuerung zur Dehnung der DMS-Proben.

KONTAKT

Dipl. Phys. Ulrike Heckmann
Telefon +49 531 2155-581
ulrike.heckmann@ist.fraunhofer.de

Dr. Ralf Bandorf
Telefon +49 531 2155-602
ralf.bandorf@ist.fraunhofer.de



LUFT- UND RAUMFAHRT

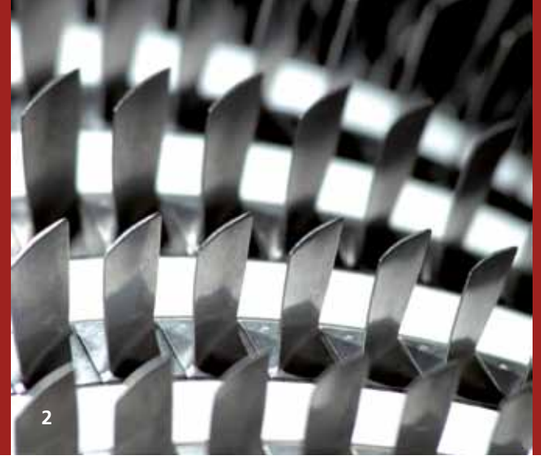
Im neugeschaffenen Geschäftsfeld »Luft- und Raumfahrt« werden Verfahren und Schichten für Sonderwerkstoffe wie zum Beispiel Leichtbauwerkstoffe entwickelt, für die es oft noch keine etablierten Beschichtungsverfahren gibt. Anwendungsgebiete sind überwiegend Verschleiß- und Korrosionsschutz in der Luftfahrt sowie optische und elektrische Funktionen in der Raumfahrt. Zurzeit werden im Fraunhofer IST folgende Themen behandelt:

- Galvanische Metallisierung von CFK-Hohlleitern
- Metallisierung von Titanbauteilen mit Kombinationsverfahren
- Verschleißschutzschichten für Triebwerke in Düsenflugzeugen
- Lagersensorik – Zustandsüberwachung in Flugzeugen
- Entwicklung von Oberflächen für trennmittelfreie Formwerkzeuge
- Galvanische Beschichtung von Magnesium für Leichtbau im Flugzeug

Zu den Kunden zählen Unternehmen aus der Luft- und Raumfahrtindustrie sowie deren Zulieferer.

KONTAKT

Dr.-Ing. Andreas Dietz
Telefon +49 531 2155-646
andreas.dietz@ist.fraunhofer.de



BESCHICHTUNG VON HOCHLEISTUNGSMATERIALIEN FÜR DIE LUFT- UND RAUMFAHRT

Die Luft- und Raumfahrttechnik zählt zur deutschen Spitzentechnologie. Was im Flugzeugbau die Gewichtseinsparung ist, bedeutet im Bereich der Raumfahrt die Erfüllung höchster Anforderungen: Extreme Kälte, Temperaturwechsel in sehr kurzer Zeit und gewaltige mechanische Belastungen erfordern neue Materialien und innovative Prozesse. In dem neuen Geschäftsfeld Luft- und Raumfahrt beschäftigt sich das Fraunhofer IST daher mit der Beschichtung von Hochleistungsmaterialien.

Schichten für die Luftfahrt

Im Flugzeugbau gibt es ein beherrschendes Thema: Gewichtsreduzierung. Diese ist nötig, um den Treibstoffverbrauch der Flugzeuge und damit den CO_2-Ausstoß am Himmel zu senken. Waren früher noch Stahl und Aluminium die beherrschenden Werkstoffe im Flugzeug, so werden diese mehr und mehr durch Carbonfaser verstärkte Kunststoffe (CFK) ersetzt, ein extrem leichtes und mechanisch belastbares Material. Daneben warten noch metallische Leichtgewichte wie Magnesium oder Titan auf ihren Großeinsatz im Flugzeug. Der Einsatz von Magnesium wurde bisher durch drei Faktoren gehemmt: Mangelnde mechanische Dauerfestigkeit, Feuergefahr durch entstehende Mg-Stäube und die starke Korrosionsanfälligkeit. Im Rahmen des EU-Projektes »IDEA« wurden im Fraunhofer IST Beschichtungsverfahren entwickelt, um neue mechanisch verbesserte Mg-Legierungen vor Korrosion zu schützen.

Verringerte Wartungsanfälligkeit und permanente Zustandsüberwachung sind das Ziel neuartiger Dünnschichtsensoren. Immer komplexere Steuerungen, die heute mehr und mehr auf Basis elektrischer oder elektromechanischer Systeme arbeiten und die elektrohydraulischen Aktuatoren ersetzen, erfordern eine ständige zuverlässige Überwachung ihrer Funktion.

Um Treibstoff zu sparen, gilt es auch, die Flugzeugturbinen zu optimieren. Zwar arbeitet eine Turbine bei höherer Verbrennungstemperatur des Treibstoffes effizienter, jedoch werden dadurch bestimmte Bauteile sehr stark thermisch belastet. Wärmedämmschichten aus Yttrium stabilisiertem Zirkonoxid (YSZ) helfen, den Wärmehaushalt zu regulieren. Das Fraunhofer IST entwickelt neuartige Verfahren, durch die eine Kostenreduktion für die Abscheidung der YSZ-Schichten möglich wird. Darüber hinaus werden Komponenten in der Luftströmung, wie z. B. Verdichter durch erosive Angriffe während des Fluges geschädigt, so dass der Wirkungsgrad des Triebwerks sinkt. In einem gemeinsamen Projekt mit Partnern aus der Industrie geht es darum, mit neuartigen Schichtsystemen Verbesserung zu schaffen.

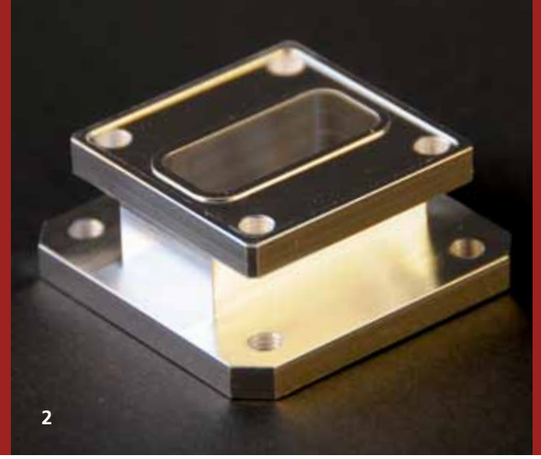
Schichten für die Raumfahrt

In der Raumfahrt spielen neben dem Gewicht, welches sich direkt auf die wirtschaftlich nutzbare »Payload« auswirkt, auch die mechanischen Anforderungen eine große Rolle. Extreme mechanische Belastungen treten insbesondere beim Start einer Rakete auf. Einige Arbeitsfunktionen sind nur ein einziges Mal erforderlich, dafür aber mit absoluter Zuverlässigkeit, da sie eine ganze Raumfahrtmission scheitern lassen können, z. B. das Ausfahren der Solarsegel für die Energieversorgung. Ausfälle haben in der Regel katastrophale Folgen und sind im Weltraum auch nicht mehr zu beheben. Hier sind Hochleistungsmaterialien erforderlich, die diesen Anforderungen gerecht werden. Ähnlich wie in der Luftfahrt spielen auch in der Raumfahrt Kohlenfaserverbundstoffe (CFK) eine dominante Rolle, darüber hinaus kommt Titan vermehrt zum Einsatz. Für das ESA-Projekt »SENTINEL«, einem Satellitenprogramm zur Umweltüberwachung, wurde am Fraunhofer IST in Zusammenarbeit mit einem großen deutschen Raumfahrtunternehmen der Prozess für die Metallisierung von CFK-Antennen entwickelt. Die technische Herausforderung ist dabei die absolut fehlerfreie galvanische Beschichtung auf der Innenseite des CFK-Hohlleiters. Für das ESA-Projekt »BepiColombo«, bei dem ein Satellit auf die Reise zum Merkur geschickt wird, wird die galvanische Metallisierung von Titan entwickelt. Beiden Projekten ist gemein, dass die Bauteile unter extremen thermischen Bedingungen funktionieren müssen. So muss die Haftfestigkeit der CFK-Metallisierung im Temperaturbereich von -200 °C bis +100 °C gewährleistet sein, bei den Ti-Bauteilen werden Temperaturwechsel sogar zwischen -200 °C und +400 °C gefordert. Solche technischen Herausforderungen lassen sich nur lösen, wenn verschiedene Beschichtungstechnologien und –werkstoffe optimal aufeinander abgestimmt werden. Heute liegen viele Verfahren noch im Hochpreisbereich, bei entsprechender Verbreitung und sinkenden Kosten werden sie aber zukünftig auch im Alltag Anwendung finden.

1 Computergrafik von Satelliten für das europäische Navigationssystem Galileo.
2 Verdichterschaufeln von Flugtriebwerken können durch angesaugte Fremdpartikel beschädigt werden.

KONTAKT

Dr. Andreas Dietz
Telefon +49 531 2155-646
andreas.dietz@ist.fraunhofer.de



BESCHICHTUNGEN VON TITANBAUTEILEN FÜR DIE RAUMFAHRT

Die haftfeste Beschichtung von Titanbauteilen, die in Raumfahrtsatelliten eingesetzt werden, ist aufgrund der hohen Temperaturschwankungen eine große Herausforderung. Herkömmliche Methoden der haftfesten Metallisierung versagen durch die Neigung aller Ventilmetalle zur Passivierung. Eine Lösung bietet die Kombination unterschiedlicher Beschichtungsverfahren.

Zuverlässige Funktion unter extremen Bedingungen

Titan und insbesondere die Titanlegierung Ti6Al4V wird aufgrund des geringen spezifischen Gewichts und der hohen Festigkeit vielfach in Raumfahrtsatelliten eingesetzt. An Kontakt mit Luft neigt Titan sehr schnell zur Passivierung durch Oxidation, so dass haftfeste Beschichtungen der Oberfläche oft nicht möglich sind. Hohe Temperaturschwankungen und unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten können darüber hinaus Enthaftungen zwischen Schicht und Bauteil hervorrufen, die die Funktionalität des Bauteils massiv beeinträchtigen. Für die Merkurmission »BepiColombo« der ESA, wurde am Fraunhofer IST die elektrische Oberflächenleitfähigkeit von Hohlleiterantennen aus Titan durch eine dünne elektrisch hoch leitende Silberschicht beträchtlich gesteigert. Die Silberschicht dient als optische Funktionsschicht mit hoher Reflektivität. Die Funktionalität darf weder unter extremen Temperaturen im Weltraum, -200 °C bis zu +400 °C, noch durch aggressive Substanzen in der Merkur-Atmosphäre wie zum Beispiel Schwefel beeinträchtigt werden.

Kombination unterschiedlicher Verfahren

Die Beschichtung von Titan wie auch anderer so genannter Ventilmetalle ist schwieriger als die von z. B. Stahl oder Kupfer. Der herkömmlichen galvanischen Metallisierung wird daher in der Regel eine Aktivierung durch fluoridhaltige Flüssigkeiten vorgeschaltet, um die dünne Oxidschicht zu entfernen. Zwischen der Aktivierung und der nachfolgenden galvanischen Metallisierung sind Spülprozesse unerlässlich, und es besteht die Gefahr einer erneuten Repassivierung. Im Fraunhofer IST wurden daher unterschiedliche Beschichtungsverfahren miteinander kombiniert. Um die Gefahr der Repassivierung zu verhindern, wurden die Bauteile nach einer ersten Vorreinigung in einer Vakuumkammer behandelt. Die dünne Passivschicht ließ sich durch Plasmaätzen entfernen. Durch Beschuss mit hochenergetischen Argonionen auf die Oberfläche wurde die Ti-Oxidschicht entfernt und eine chemisch reine hochaktive Titanoberfläche erzeugt. In einem zweiten Schritt wurde eine ca. 1 µm dünne Kupferschicht als Haftvermittler auf die Oberfläche gesputtert. In einem nasschemischen Prozessschritt wurden die Teile dann bei Atmosphärendruck weiterbehandelt. Eine erste galvanisch aufgebrachte dünne Nickelschicht wirkt dabei als Sperrschicht, damit sich Silber und Kupfer nicht durch Interdiffusion vermischen. Die funktionelle Silberschicht wurde dann auf die Nickelschicht aufgetragen. Die thermisch belasteten Bauteile erhielten noch eine zusätzliche Schutzschicht. Eine besondere Herausforderung war die Innenbeschichtung der Bauteile, da die hydrodynamischen Bedingungen für die Anströmung der Elektrolyten dort in der Regel ungünstiger sind. Das abgeschirmte elektrische Feld führt darüber hinaus zu deutlich messbaren Unterschieden in der Schichtverteilung. Gelöst wurde die Schwierigkeit durch die Verwendung von speziell angefertigten Hilfsanoden, die den Abscheideprozess auf der Innenseite des Hohlleiters unterstützten.

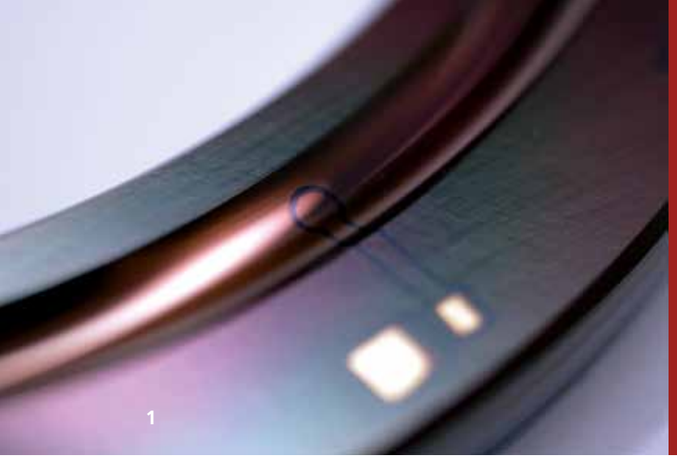
Die Testverfahren

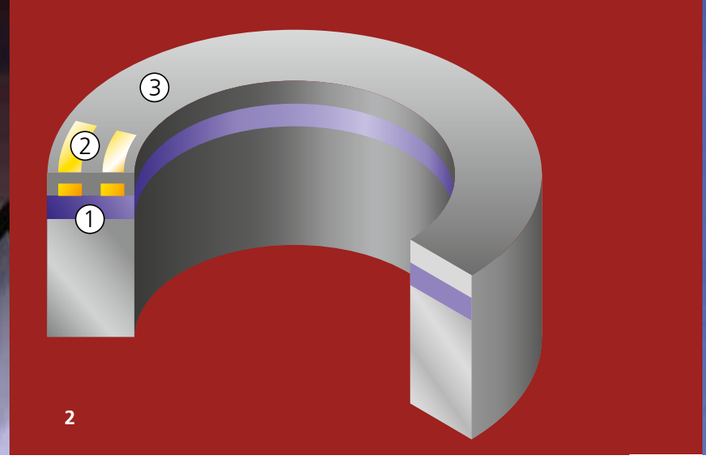
Bei Tests mit einem Thermoschockverfahren wurden die Bauteile erst in flüssigen Stickstoff mit einer Temperatur von -196 °C getaucht und danach direkt in einem Ofen bei +400 °C sehr schnell großer Hitze ausgesetzt. Die nachfolgende Prüfung der Haftfestigkeit mittels eines genormten Abzugstests überstanden die Proben genauso, wie die Dichtigkeitsprüfung der zusätzlichen Schutzschicht. Dazu wurden die Bauteile in eine sulfidhaltige Lösung getaucht, ohne dass sich die Oberfläche durch Bildung von Silbersulfid schwarz verfärbte.

1 *Computergrafik der BepiColombo - Sonde MPO (Mercury Planetary Orbiter), die die Oberfläche des Merkur untersucht.*
2 *Hohlleiter aus Titan, galvanisch versilbert.*

KONTAKT

Dr. Andreas Dietz
Telefon +49 531 2155-646
andreas.dietz@ist.fraunhofer.de





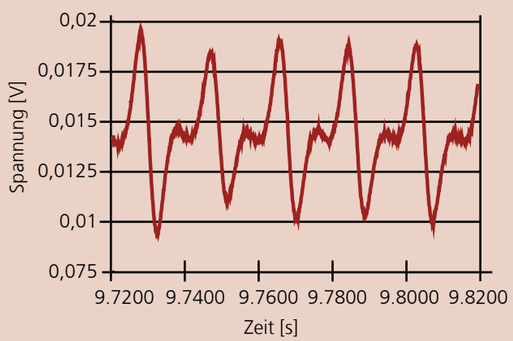
DETEKTION VON LAGERSCHÄDEN DURCH INTEGRIERTE DÜNNSCHICHTSENSORIK

Mit dem Ziel, zuverlässige und langzeitstabile Sensorsysteme zu entwicklen, die Lagerschäden in der Laufbahn frühzeitig detektieren, wurden am Fraunhofer IST Dünnschichtsysteme auf der Außenschräge von Außenlagerringen aufgebaut und charakterisiert.

Anwendungsbereich »Zivile Luftfahrt«
Im Bereich der Flugsteuerungssysteme von Verkehrsflugzeugen stellt die Anwendung elektrohydraulischer Aktuatoren zur Ansteuerung der Ruderflächen noch immer den Stand der Technik dar. Diese fluidischen Systeme bedeuten einen hohen Wartungsaufwand und sind ein wesentlicher Kostentreiber im Rahmen des Flugbetriebs. Der Trend sowohl im Bereich der Flugsteuerungssysteme im Speziellen als auch anderer Luftfahrzeugsysteme im Allgemeinen geht daher immer mehr zu einem verstärkten Einsatz elektrischer bzw. elektromechanischer Systeme. Diese elektromechanischen Stellsysteme sind allerdings erheblich komplexer konstruiert und dadurch anfälliger für Fehler. Um Auswirkungen von einer einfachen Reduktion des Wirkungsgrads bis hin zu irreversiblen Klemmfällen zu verhindern, wird ein Zustandsüberwachungssystem integriert. Dessen Aufgabe ist es, Fehler in einem möglichst frühen Stadium zu erkennen und die Restlebensdauer des Stellantriebs zu prognostizieren. Die hier beschriebene Dünnschichtsensorik kann ein integraler Bestandteil dieses Systems sein.

Sensorsysteme zur Erhöhung der Langzeitstabilität
Die Integration von piezoresistiven Dünnschichtsystemen, welche in der Laufbahn von Lagern direkt die Belastungen detektieren, die durch Überrollung von jedem einzelnen Wälzkörper verursacht werden, ist ein Arbeitsgebiet, mit dem sich die Gruppe Mikro- und Sensortechnologie am Fraunhofer IST schon seit Jahren beschäftigt. Neben der reinen Messung der Lastverteilung in der Laufbahn sollen darüber hinaus auch Temperaturen detektiert werden können (Bild 1). Unter den direkt in der Hauptbelastungszone herrschenden Bedingungen ist es allerdings nur eine Frage der Zeit und Belastung bis die bisher verwendeten sensorischen Schichtsysteme verschleißen. Daher wurde am Fraunhofer IST ein zweiter Anwendungsfall mit dem Schichtsystem auf dem Außenring und außerhalb der Hauptlastbereiche untersucht – mit dem Ziel, die Langzeitstabliltät zu erhöhen. Diese neuen Sensorsysteme wurden in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Institut für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Braunschweig innerhalb des europäischen Projektes »More Open Electrical Technologies« (MOET) entwickelt und am DLR getestet.

Charakteristischer Kennlinienverlauf, aufgenommen am DLR in Braunschweig.



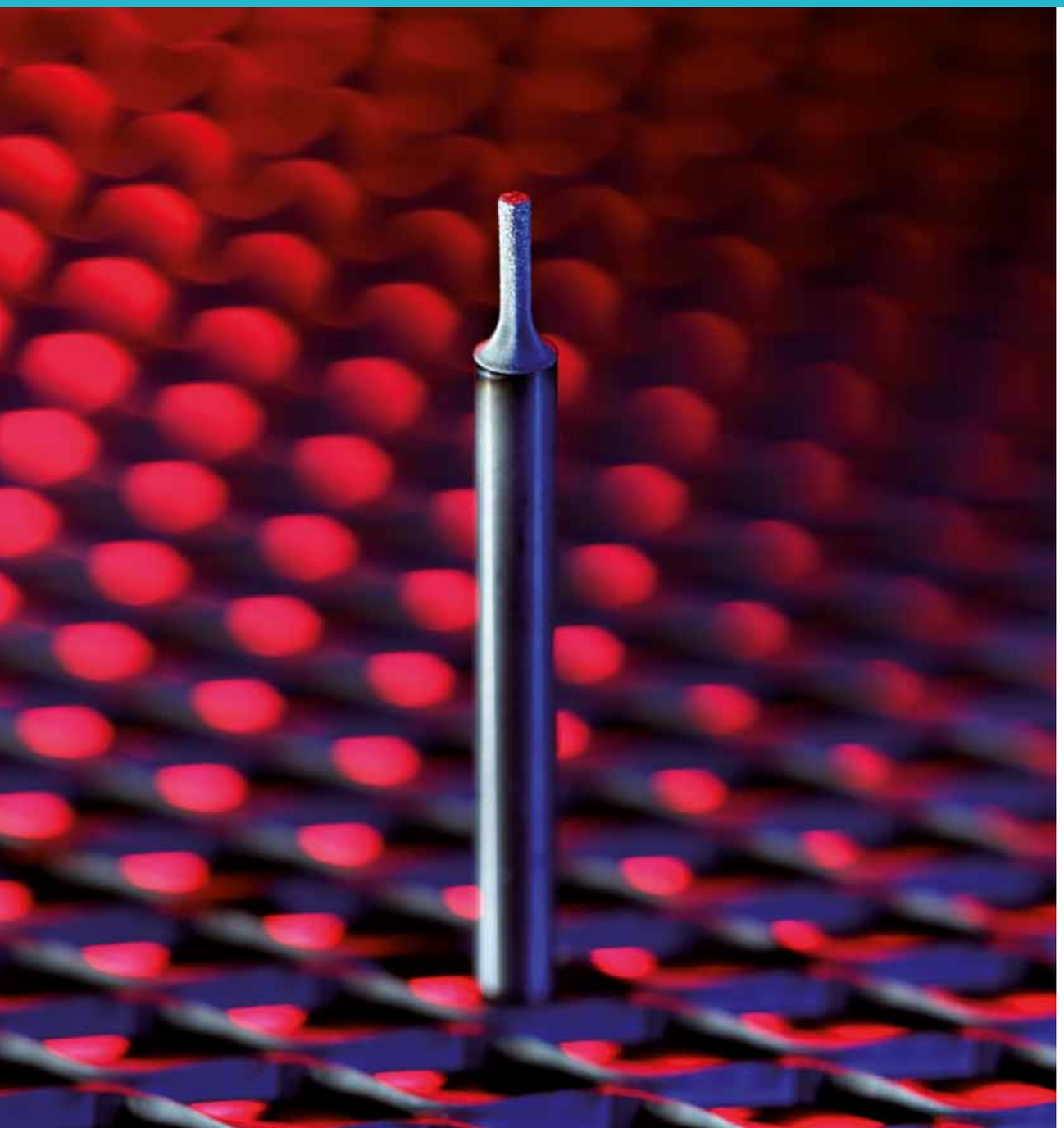
Das piezoresistive Dünnschichtsystem
Auf die Schulter des Außenlagerringes wird im ersten Beschichtungsschritt homogen eine 6 µm dicke amorphe Kohlenwasserstoffschicht DiaForce® in einem PACVD-Prozess abgeschieden. Um lokale Messstellen zu erzeugen, werden mit Hilfe von einseitig adhäsiven Polyimidmasken, die mit einem Lasersystem geschnitten wurden, im Lift-off Prozess einzelne Chromelektroden hergestellt. Nachfolgend werden die Kontaktbereiche mit Gold beschichtet, so dass eine lötfähige Verbindung entsteht. Alle Metallisierungen werden in PVD-Prozessen abgeschieden. Zum Schluss wird auf die gesamte Oberfläche, außer den Kontaktbereichen, eine elektrische Isolations- und Verschleissschutzschicht SICON® abgeschieden (Bild 2).

Charakterisierung der Dünnschichtsysteme im elektromechanischen Aktuator am DLR Braunschweig
In einem Spindeltrieb wird das Lager bewegt. Bei diesen Versuchen wurden neben Lagern mit eingebrachten Schäden auch unbeschädigte Lager getestet. Die Ergebnisse dieser Messungen zeigen, dass nicht nur Lagerschäden sehr deutlich diagnostiziert werden können, sondern auch in dieser Anordnung jede einzelne Überrollung in Höhe einer Sensorstruktur detektiert werden kann (Grafik).

1 Axialrillenlagerring mit Sensorstruktur in der Laufbahn.
2 Schematische Darstellung des sensorischen Dünnschichtsystems:
1 DiaForce® (d=6 µm);
2 Chrom (d=0,2 µm);
3 SiCON® (d=3 µm).
3 Außenlagerring mit Dünnschichtsystemen außerhalb der Laufbahn.

KONTAKT

Dipl.-Ing. Saskia Biehl
Telefon +49 531 2155-604
saskia.biehl@ist.fraunhofer.de



WERKZEUGE

Im Geschäftsfeld »Werkzeuge« konzentriert sich das Fraunhofer IST u. a. auf diese Themen:

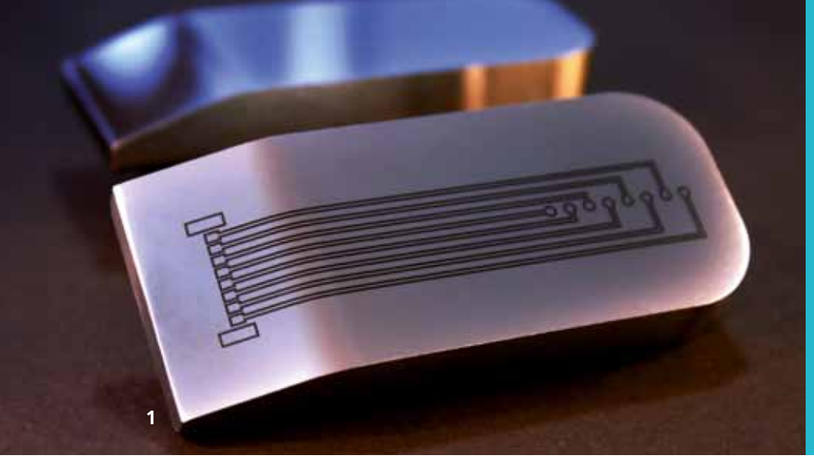
- Verbesserung von Qualität und Leistungsfähigkeit bei Umform- und Schneidprozessen durch Antihaft- und Verschleißschutzbeschichtungen
- Superharte Beschichtungen für Zerspanwerkzeuge
- compeDIA®-Diamantschleifbeläge für Präzisionsschleifwerkzeuge
- Beschichtungen aus kubischem Bornitrid für die Stahlhartzerspanung
- Entwicklung von »intelligenten Werkzeugen« mit integrierten sensorischen Funktionen
- Entwicklung von nanostrukturierten Kompositbeschichtungen

Wichtige Kunden dieses Geschäftsfeldes sind neben Beschichtungsservice-Unternehmen, Werkzeughersteller sowie -anwender z. B. aus dem Bereich Formenbau oder der Automobilindustrie.

KONTAKT

Dr.-Ing. Jan Gäbler
Telefon +49 531 2155-625
jan.gaebler@ist.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Martin Keunecke
Telefon +49 531 2155-652
martin.keunecke@ist.fraunhofer.de



OPTIMIERTE REGELUNG VON TIEFZIEH-PROZESSEN DURCH WERKZEUGE MIT INTEGRIERTER DÜNNSCHICHTSENSORIK

In vielen industriellen Umformprozessen führen Schwankungen der Prozessparameter zu fehlerhaft ausgeformten Teilen, Reißern oder Faltenbildung. Um die Wirtschaftlichkeit beispielsweise beim Tiefziehen und beim Innenhochdruckumformen zu erhöhen, haben Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Schicht- und Oberflächentechnik IST neuartige sensorische Dünnschichtsysteme entwickelt, die integriert in das jeweilige Werkzeug in direkten Kontakt mit dem auszuformenden Werkstück treten und den Umformprozess sehr präzise verfolgen. Die universell einsetzbaren Sensormodule liefern während der Umformung die notwendigen Daten zur dynamischen Online-Prozessregulierung.

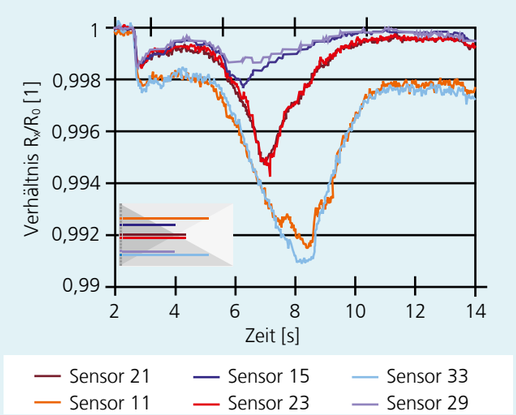
Sensorisches Dünnschichtsystem

Das multifunktionale Dünnschichtsensorsystem hat hervorragende piezoresistive und tribologische Eigenschaften. Dadurch sind erstmals Messungen im direkten Reibkontakt mit dem Werkstück möglich. Das sensorische Schichtsystem wird aufgebaut, indem zunächst auf die polierte Seite des Werkzeugeinsatzes eine 6 µm dicke piezoresistive Kohlenwasserstoffschicht DiaForce® homogen beschichtet wird. Darauf wird eine nur 100 nm dicke Chromschicht abgeschieden, die mittels Fotolithografie und nasschemischer Ätzung strukturiert wird. Die Kontaktierungsbereiche der einzelnen Sensorstrukturen liegen in dem vertieften Bereich des Einsatzes (Bild 1), wodurch sich die photolithographische Strukturierung aufwendiger gestaltete. Sie wird mit flexiblen Masken durchgeführt. Die entstandenen Sensorstrukturen liegen alle vor dem Tiefziehprozess im Kontakt mit dem Stahlblech. Während des Umformvorganges laufen sie dann nacheinander aus dem Kontaktbereich. Die elektrische Isolations- und Verschleißschutzschicht aus SiCON® ermöglicht in einer Dicke von 3 µm die Langzeitstabilität des Dünnschichtsystems.

Sensorverhalten während der Blechumformung

Der Werkzeugeinsatz mit dem vollständigen Schichtsystem wurde zur Herstellung eines Motorträgers in die Hydraulische Presse EHP 1600 der Firma Erfurt am Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen- und Umformtechnik IWU eintuschiert (Bild 2). Zu Beginn des Umformprozesses liegt das Blech flach auf den Sensorstrukturen (Bild 3). Während des Tiefziehprozesses bewegt sich das Blech nach und nach aus den Kontaktzonen der einzelnen Strukturen. In dem Moment, in dem die Berührung mit einer Sensorstruktur verloren geht, erreicht der Sensorwiderstand ein Minimum. Am Ende des Umformprozesses befindet sich das optimal ausgeformte Blech außerhalb der Sensorstrukturen (Bild 4). Ein Ergebnis dieser Messungen ist in der Grafik dargestellt.

Kennlinienverlauf von einzelnen Sensorpaaren, die spiegelsymmetrisch auf dem Sensormodul angeordnet sind.



Vorteile des integrierten Dünnschichtsensors

- Blecheinzugsmessung mit einer Sensorauflösung bis 100 µm
- Druckstabil
- Temperaturstabil
- Sicherung eines hohen Nutzungsgrades der Maschinen
- Variabel einsetzbar
- Hohe Empfindlichkeit
- Hohe Prozessstabilität
- Reproduzierbare Umformprozesse

Ausblick

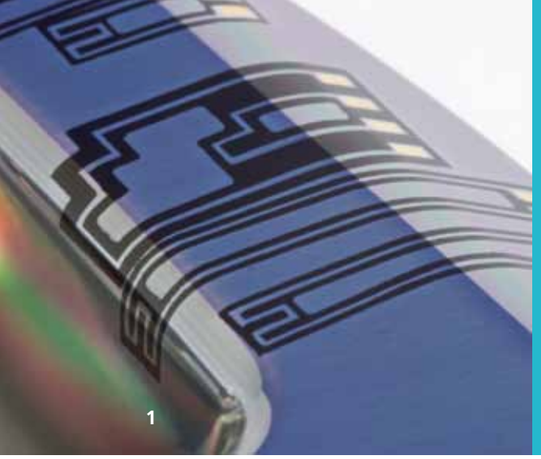
Zur Zeit wird die tribologische Langzeitstabilität des sensorischen Dünschichtsensorsystems getestet. Ziel ist es, den Anwendungsbereich über den Tiefziehprozess hinaus auf Innenhochdruckumformung und Scherschneiden auszuweiten.

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt »ORUM« wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF im Rahmen des Kozepts »Forschung für die Produktion von Morgen« gefördert.

1 Sensormodul mit Dünnschichtsensorik.
2 Erfurt Hydraulische Presse EHP 1600.
3 Eingelegtes Stahlblech auf dem Sensormodul vor dem Tiehziehprozess.
4 Umgeformtes Stahlblech außerhalb des Sensormoduls nach dem Tiefziehprozess.

KONTAKT

Dipl.-Ing. Saskia Biehl
Telefon +49 531 2155-604
saskia.biehl@ist.fraunhofer.de



PROZESSKONTROLLE IN DER WARMUMFORMUNG DURCH INTEGRIERTE DÜNNSCHICHTSENSORIK

Direkt in die Oberfläche von Warmumformungswerkzeugen integrierte Dünnschichtsensorik bietet erstmalig die Möglichkeit jeden einzelnen Umformprozess in situ zu verfolgen.

Integrierte Sensoren für optimierte Prozesse
Integrierte Sensorsysteme in der Umformtechnik und speziell in der Warmumformung ermöglichen eine genaue Prozessüberwachung und -optimierung während der Umformung und sind daher insbesondere bei der Produktion von komplexeren Bauteilen von großem Interesse. In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF geförderten Projekt »SenWerkUm« (Sensorgestützte Werkstoffauslegung und Schichtentwicklung für die Umformtechnik) wurde am Fraunhofer IST ein Dünnschichtsystem entwickelt, das temperaturstabil und verschleißfest ist und darüber hinaus außerordentliche sensorische Fähigkeiten besitzt.

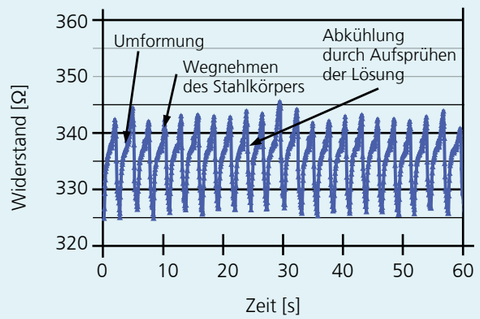
Umformwerkzeuge mit komplexen Geometrien
Die Oberfläche der Werkzeuge, die von der Firma Hirschvogel Umformungstechnik GmbH hergestellt werden, wurde vor der Beschichtung in Form und Oberflächenrauheit für die nachfolgenden Beschichtungsprozesse optimiert. Als erste Schicht wurde eine elektrisch isolierende modifizierte Aluminiumoxidschicht (AlON) abgeschieden, deren Dicke im Bereich von 2,5 µm liegt. Darauf wurden im Lift-off Prozess die Sensorstrukturen aus einer nur 200 nm dicken Chromschicht hergestellt. Das Besondere daran: Auch auf diesen komplexen Geometrien können die Strukturen, unter Verwendung einer flexiblen Maskierung, erzeugt werden (Bild 1). Alternativ können die Sensorstrukturen auch mit einem Lasersystem in eine homogene Chromschicht eingeschrieben werden. Der Laser erzeugt einen nur wenige Mikrometer breiten isolierenden Graben in der Chromschicht. Einzelne Sensorstrukturen sind in Bild 1 dargestellt. Diese sensorischen Elemente müssen mit einer zweiten elektrisch isolierenden 2 µm dicken AlON-Deckschicht vor Verschleiß geschützt werden. Die Kontaktbereiche der Sensormäander liegen in einem abgeschrägten Bereich.

Qualitätskontrolle an den einzelnen Sensorstrukturen
Um die sensorische Qualität der einzelnen Strukturen zu bestimmen, werden die Ausgangswiderstände zwischen den Kontakten gemessen und danach an allen intakten Strukturen in einem Ofen unter Luftatmosphäre die temperaturabhängigen Widerstandskennlinien aufgenommen. Sie weisen den für Metalle typischen linearen Widerstandsanstieg mit steigender Temperatur auf. Die charakteristische Widerstandsänderung liegt bei 1 Ohm/N und der Temperaturkoeffizient bei 10^{-3} K-1.

Das Sensorsystem im Industrieeinsatz
Das Werkzeug mit Dünnschichtsystem ließ sich sehr gut in die Umformungsanlage bei der Firma Hirschvogel Umformungstechnik GmbH einbauen. Das Bild 2 wurde während der Fertigungstests mit eingebautem »Sensor-Werkzeug« gemacht. Für 1000 Umformzyklen wurden die Sensorsignale simultan aufgezeichnet. Dabei wurde jeweils ein 1100 °C heißer 100Cr6-Stahlgrundkörper in die Form einer Dieseleinspritzkomponente umgeformt. Die Taktzeit liegt im Bereich von einigen Sekunden. Das Ergebnis aus diesen Messungen ist in der Grafik dargestellt.

Ausblick
Dünnschichtsensorik, die eine Gesamtdicke von unter 5 µm aufweist, wurde unter den extremen Bedingungen der Warmumformung getestet. Zur Zeit wird der Dauereinsatz des Sensorsystems zur Überwachung und Optimierung der Prozesse geprüft.

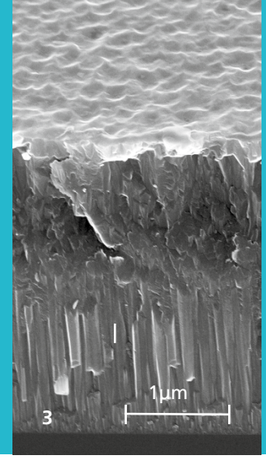
Typischer Kennlinienverlauf einer Sensorstruktur während der Warmumformung.

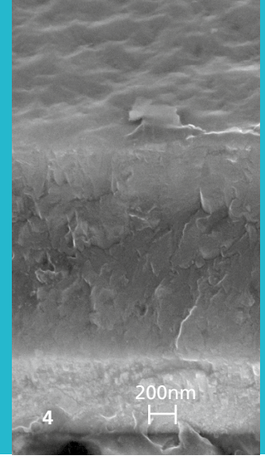


1 Werkzeug mit Sensorstrukturen, die mit Laser eingeschrieben wurden.
2 Kühlphase während des Warmumformprozesses.

KONTAKT

Dipl.-Ing. Saskia Biehl
Telefon +49 531 2155-604
saskia.biehl@ist.fraunhofer.de





ENTWICKLUNG VON HARTSTOFFSCHICHTEN FÜR WERKZEUGE MITTELS MAGNETRON-SPUTTERVERFAHREN

Härter, verschleißfester und optimierter – Mittels Magnetron-Sputterverfahren hergestellte Werkzeugbeschichtungen steigern die Wirtschaftlichkeit in der industriellen Produktion.

Steigerung der Wirtschaftlichkeit

Werkzeugbeschichtungen sind seit Jahren in der industriellen Produktion weit verbreitet und als goldfarbene TiN-Beschichtungen sogar bis in den Heimwerker- und Dekorationsbereich bekannt. Sie bieten eine effektive Möglichkeit, Verschleiß an Schneiden und Freiflächen zu reduzieren. In der Zerspanung gehen die Trends in Richtung höhere Bearbeitungsgeschwindigkeiten, Hart- und Trockenbearbeitung und neue schwer zu bearbeitende Werkstoffe. Das macht eine permante Weiterentwicklung der Werkzeugbeschichtungen notwendig. Die Herstellung dieser Schichten mittels der PVD-Technik Magnetron-Sputtern ermöglicht glatte und »Droplet«-freie Beschichtungen, die vielseitig einsetzbar sind, z. B. bei der Bearbeitung von Stählen, Gusseisen, NE-Metallen bis zu schwer zerspanbaren Werkstoffen. Ausgehend von verschiedenen Standardhartstoffschichten bietet das Fraunhofer IST die Anpassung der Schichtsysteme an spezifische Anwendungen und die Entwicklung von Kombinations- und Nanokompositschichtsystemen an, um auch die zukünftigen Anforderungen in der Fertigung erfüllen zu können.

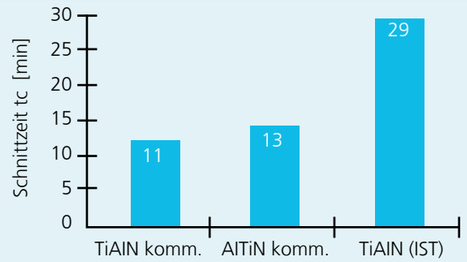
Weiterentwicklung von TiAlN-Beschichtungen

Zunehmende Verbreitung fanden in den letzten Jahren Titanaluminiumnitridbeschichtungen (TiAlN) für Werkzeuge. Dies gilt besonders für Werkzeuge zur Zerspanung. TiAlN-Beschichtungen bieten gegenüber TiN-Beschichtungen einen höheren Verschleißschutz und höhere Oxidationsbeständigkeit sowie Warmfestigkeit. Diese verbesserten Eigenschaften erhöhen die Leistungsfähigkeit der Werkzeuge und ermöglichen höhere Schnittgeschwindigkeiten. Mit den TiAlN-Beschichtungen des Fraunhofer IST konnten in ersten Experimenten bei der Drehbearbeitung von V4A signifikante Leistungssteigerungen bzw. höhere Standzeiten gegenüber kommerziell beschichteten Werkzeugen erzielt werden.

Zerspanuntersuchungen.

Bearbeitung	Drehen
WSP	CNMP 120408-SM
Material	1.4571
KSS	nass
Schnittgeschwindigkeit v_c	140 m/min
Schnitttiefe a_p	2 mm
Vorschub	0,22 mm/ U
Standzeitkriterium	0,4 mm VB_{Kerb}

Drehtest mit kommerziellen und Fraunhofer IST Entwicklungen von TiAlN-Beschichtungen.



Entwicklung nanostrukturierter und Nanokompositschichtsysteme

Die Weiterentwicklung von TiAlN-Schichtsystemen zielt auf höhere Härten und Verschleißbeständigkeiten, eine verbesserte Schichtmorphologie bzw. -struktur und spezielle Zwischenschichtsysteme, aber auch in Richtung nanostrukturierte und Nanokompositbeschichtungen. Durch Kombination mehrerer Phasen und spezieller Abscheidungsbedingungen lassen sich vielversprechende Eigenschaftskombinationen erzielen. Hierfür sind gepulste Magnetron-Sputterverfahren besonders geeignet, denn sie stellen eine flexible Technologie dar, mit der verschiedene Phasen hergestellt und verschiedene Elemente in einer Beschichtung kombiniert werden können. Aktuell werden im vom BMBF-geförderten Projekt »Nano HM« nitridische und boridische Hartstoffschichten durch die Kombination mit weiteren Elementen wie z. B. Cr, Si, C oder W zu nanostrukturierten Beschichtungen entwickelt. Ziel ist es, verbesserte Eigenschaften in der Zerspanung zu generieren. Als ein besonders aussichtsreiches Verfahren für diese Schichtanforderungen hat sich das gepulste Magnetron-Sputterverfahren erwiesen. Es konnten nanokristalline Beschichtungen mit Kristallitgrößen im Bereich von 20 nm und Schichthärten höher als HV 4000 realisiert werden.

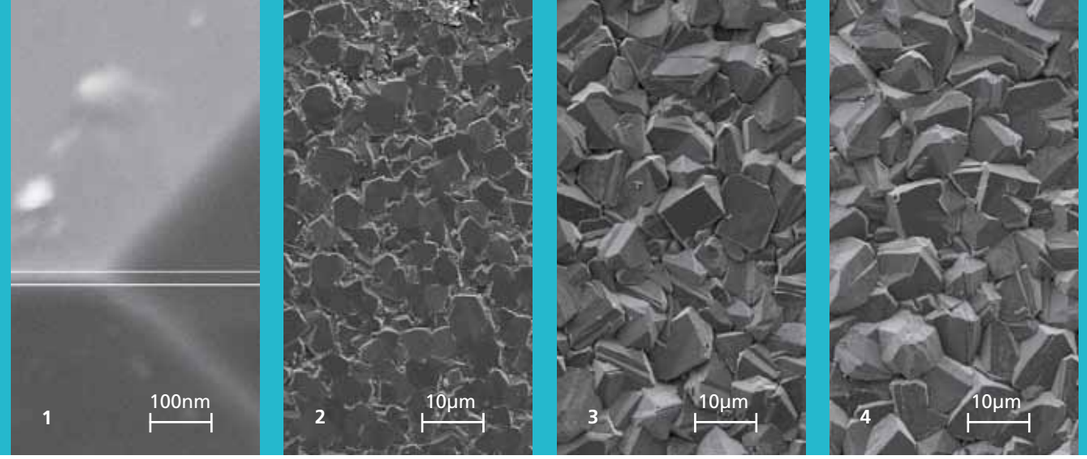
Ausblick

Weitere Untersuchungen zielen darauf, mit dem gepulsten Magnetron-Sputterverfahren superharte, nanoskalige Werkzeugbeschichtungen und Prozesse mit hoher Wirtschaftlichkeit und Qualität zu entwickeln, um eine signifikante Leistungssteigerung bei der Zerspanung zu erreichen und darüber hinaus neue Anwendungsfelder zu eröffnen.

1 Fräs- und Gewindewerkzeuge mit verschiedenen Beschichtungen.
2 Wendeschneidplatten mit Hartstoffschichten.
3 REM-Bruchbild einer TiAlN-Beschichtung mit gradueller Morphologieänderung.
4 REM-Bruchbild einer Hartstoffschicht mit Haftschicht.

KONTAKT

Dr.-Ing. Martin Keunecke
Telefon + 49 531 2155-652
martin.keunecke@ist.fraunhofer.de



CVD-DIAMANTSCHICHTEN ALS SCHLEIF-BELAG ZUM PRÄZISIONSSCHLEIFEN

Beim Präzisionsschleifen von sprödharten Werkstoffen wie Keramik, Hartmetall, Cermet oder Glas kommt es neben möglichst scharfkantigen Einzelschneiden und gleichmäßigen Schleifbelagsdicken vor allem auf eine möglichst feine Körnung an. CVD-Diamantschichten bieten hier ein großes Leistungspotenzial, was in einem von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) geförderten Projekt in Zusammenarbeit mit der Universität Bremen erfolgreich erprobt wurde.

Schleifbelagstopographie

Anstatt gebundener Diamantkörner, die bis heute in Schleifbelägen eingesetzt werden, weisen die CVD-Diamantschleifbeläge, die am Fraunhofer IST entwickelt werden, tetraeder- oder pyramidenförmige Diamantkristallitspitzen auf. Durch die Beeinflussung der Beschichtungsdauer kann die Größe dieser Kristallitspitzen – entsprechend der gewünschten Körnung – sehr klein gehalten werden: bis in den Submikrometerbereich. Auch die Schärfe der Mikroeinzelschneiden ist sehr hoch. Eine Vermessung des Kantenradius ergab Werte von lediglich 20 nm (Bild 1). Beim Vermessen der Schneidenwinkel ergaben sich Keilwinkel von ca. 96 °, Freiwinkel zwischen 16 ° und 77 ° sowie negative Spanwinkel im Bereich zwischen -15 ° und -74 ° (Bild 2).

Nachbeschichten

Um die aufwändig herzustellenden keramischen Schleifscheibengrundkörper wiederverwenden zu können, wurde erstmalig die Nachbeschichtung verschlissener CVD-Diamantschichten erprobt. Es zeigte sich, dass in einem kurzen Beschichtungsprozess die abgeflachten Kristallitspitzen wieder herauswachsen und exakt das gleiche Höhenniveau aufweisen wie die unverschlissenen Kristallitspitzen (Bilder 3 bis 4). Auch die Kristallitgröße war identisch.

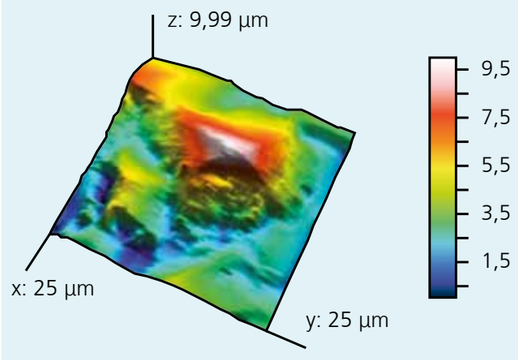
Schleifergebnisse

Bei den Schleifversuchen am Labor für Mikrozerspanung der Universität Bremen zeigte sich, dass mit den CVD-Diamantschleifbelägen höhere Oberflächengüten bei Keramik-, Glas- und Cermetwerkstücken erreicht werden können (Ra = 0,02 µm bei Glas) als mit konventionellen, metallisch und kunstharz-gebundenen Diamantschleifwerkzeugen (Ra = 0,08 µm). Die Standzeit der neuartigen Schleifwerkzeuge ist 10- bis 20-mal höher als die konventioneller Diamantschleifscheiben.

Ausblick

Aufgrund der positiven Ergebnisse ist ein Fortsetzungsprojekt zur Entwicklung von CVD-Diamantschleifwerkzeugen für die Bearbeitung von hochharten Werkstoffen (Diamant, kubisches Bornitrid, Rubin) geplant.

Abbildung einer CVD-Diamantkristallitspitze mit dem konfokalen Laserscanmikroskop.



1 Vermessung des Schneidkantenradius im REM.
2 Verschlissene CVD-Diamantschicht vor der Nachbeschichtung.
3+4 CVD-Diamantschicht nach der Nachbeschichtung (Bild 3) im Vergleich zum unverschlissenen Bereich (Bild 4).

KONTAKT

Dr.-Ing. Jan Gäbler
Telefon +49 531 2155-625
jan.gaebler@ist.fraunhofer.de

ENERGIE, GLAS, FASSADE

Im Geschäftsfeld »Energie, Glas und Fassade« konzentrieren sich die Arbeiten des Instituts unter anderem auf die Entwicklung von:

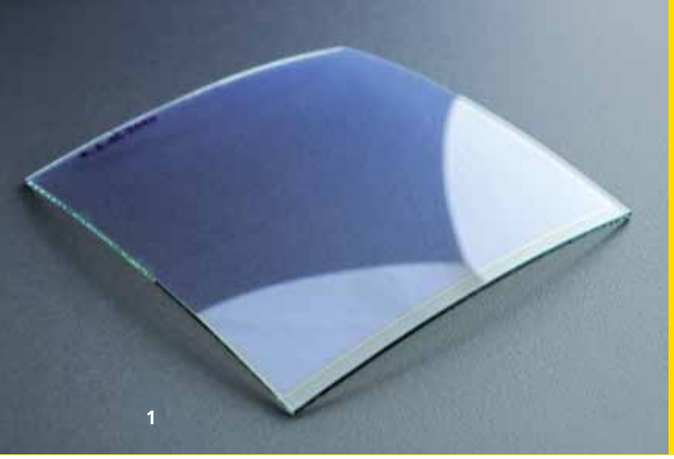
- Schichtsystemen und zugehörigen Prozessen für Photovoltaikanwendungen,
- kostengünstigen transparenten leitfähigen Schichtsystemen (TCOs) für die Photovoltaik und Photothermie,
- Halbleiterschichten für Dünnschicht-Photovoltaik,
- Untersuchungsmethoden zur Charakterisierung von Dünnschicht-Solarzellen,
- verbesserten funktionellen Schichten und Beschichtungsprozessen auf Architekturglas,
- Schichtsystemen für Brennstoffzellen,
- verbessertem kostengünstigen Hochtemperatur-Korrosionsschutz für Turbinenschaufeln.

Zu den Kunden gehören Unternehmen der Glas-, Photovoltaik- und Elektroindustrie, der Energie- und Bauwirtschaft, Heizungs- und Sanitärhersteller sowie Anlagenhersteller und Lohnbeschichter.

KONTAKT

Dr. Bernd Szyszka
Telefon +49 531 2155-641
bernd.szyszka@ist.fraunhofer.de

Dr. Volker Sittinger
Telefon +49 531 2155-512
volker.sittinger@ist.fraunhofer.de



NEUE ANWENDUNGEN FÜR TRANSPARENTE LEITFÄHIGE SCHICHTEN DURCH HIPIMS

Am Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST wurden mit der HIPIMS-Technologie transparent leitfähige Schichten auf Basis von Zinn dotiertem Indium (ITO) entwickelt. Neben ihren hervorragenden optischen und elektrischen Eigenschaften weisen sie ebenfalls eine sehr gute mechanische und chemische Stabilität auf.

Die Historie

Seit den 1940er Jahren werden erste spraypyrolytisch hergestellte SnO_2:F-beschichtete Gläser als elektrisch heizbare niedrig emittierende Verscheibungen in Flugzeugen eingesetzt. Transparente und leitfähige SnO_2:F-Schichten sind bereits im Bereich der Architekturglasbeschichtung als niedrig emittierende Außenbeschichtung im Einsatz. Sie unterdrücken die Kondensation von Feuchtigkeit auf der Außenseite der Verglasung. Da jedoch die mechanische Stabilität und auch die optischen Eigenschaften von SnO_2:F-Beschichtungen ungenügend sind, kamen sie nicht oder nur bedingt zum Einsatz. Mitte der 70er Jahre entwickelte und vermarktete die Firma Glaverbel eine Einfachverglasung mit einer SnO_2:F-Beschichtung für Gewächshäuser unter dem Namen »Hortiplus«. Ein anderes TCO-System mit guten elektrischen, optischen und chemischen Stabilitäten ist die ITO-Beschichtung, die allerdings bei hohen Temperaturen (300 °C) hergestellt werden muss.

Das Lösungskonzept

Die Problematik der ungenügenden Stabilität eines niedrig emittierenden Schichtsystems auf Position 1 (Außenbeschichtung) wird durch das HiPIMS-Verfahren gelöst. Denn hierbei können unter bestimmten Puls- und Leistungsbedingungen der Schichtherstellung bei Raumtemperatur die Textur und Morphologie der Schicht so eingestellt werden, dass diese in einem anschließenden Temperprozess- und möglicherweise Biegeprozess die oben genannten Eigenschaften erhalten. Die Schichten erreichen bei Dicken von 140 nm einen spezifischen Widerstand von 300 µΩcm bei einer visuellen Transmission von über 80 Prozent auf 2 mm Floatglas. Mechanische und chemische Verschleißprüfungen zeigen die Verwendbarkeit der Schichten auf Außenoberflächen. Die mit dem HIPIMS-Verfahren hergestellten Schichten bestanden diese Tests:

- Taber-Test (DHaze < 2 Prozent) für Anwendung auf Pos. 1
- Scratchtest
- Salzsprühtest
- Feuchte Lagerung
- Säuren / Basen Test

Die Vorteile der Beschichtung

In industriellen Anwendungen werden häufig transparente Schutzheizungen benötigt, um die visuelle Kontrolle der Kolonne zu gewährleisten. Am Beispiel einer Heizschicht auf einem Glasrohr lassen sich die gute Transparenz des Werkstoffes Glas mit Heizbarkeit und weiteren Eigenschaften kombinieren (Bild 2). Für den Grundwerkstoff Glas ergeben sich durch die transparente Heizschicht diverse neue Einsatzmöglichkeiten:

- Heizen ohne Sichteinschränkung, wie z. B. durch Heizdrähte
- Beschichtung gekrümmter Oberflächen
- Reduktion der Heizenergie durch Reflektion der langwelligen Wärmestrahlung
- Wärmeisolation durch den Low-E-Effekt
- Verbesserung des mechanischen und chemischen Schutzes
- Beschichtung planarer Oberflächen und nachträgliche Formgebung (Bild 1)

Anwendungen für die Beschichtung

Das Schichtsystem hält den Beanspruchungen von Härtungs- und Verformungsprozessen an Glas stand und eignet sich für vielfältige Anwendungen:

- Niedrig emittierende Schichten für Außenanwendungen zur Beschlagsverhinderung an Außenoberflächen
- Transparente heizbare Schutzschichten
- Transparente flächige homogene Heizung ohne thermische Spitzen auf flachen oder gekrümmten Substraten
- TCOs mit höherer Hitze-Feuchte-Stabilität (Damp-Heat)

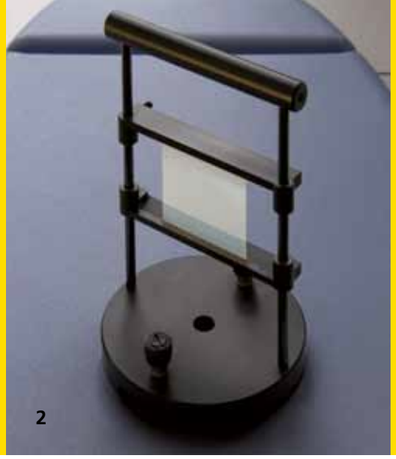
Die HIPIMS-Technologie ermöglicht damit langzeitstabile TCO-Schichten mit vollkommen neuen Anwendungsgebieten.

1 Gebogene ITO Schicht auf Glas nach einem Temperatur- und Biegeprozess bei 650 °C.
2 Beschichtetes Glasrohr für eine Destillationskollonne der BASF-Gruppe.
3 Thermobild einer Heizschicht auf einem Glasrohr der BASF-Gruppe für eine Schutzheizung.

KONTAKT

Dr. Volker Sittinger
Telefon +49 531 2155-512
volker.sittinger@ist.fraunhofer.de

Dr. Bernd Szyszka
Telefon +49 531 2155-641
bernd.szyszka@ist.fraunhofer.de



1 *ARS-Messaufsatz der Firma OMT Solutions für das PerkinElmer-Spektrometer.*
2 *Probenhalter mit einer geätzten ZnO:Al-Probe.*

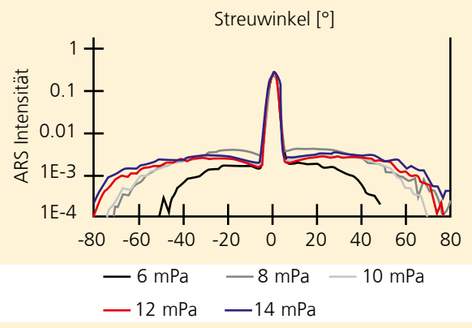
WINKELAUFGELÖSTE STREULICHTMESSUNGEN AN RAUEN TRANSPARENT LEITFÄHIGEN OXIDEN

Raue Zink- oder Zinnoxidschichten sind wegen des Lichteinfangs und der guten Lichteinkopplung in Solarzellen von großem Interesse. Ihr Lichtstreuverhalten wird winkelabhängig charakterisiert.

Die Motivation

Silizium-Dünnschicht-Solarzellen benötigen ein geeignetes Konzept zum Lichteinfang, um bei dünneren Absorbern das auf die Zelle treffende Licht effektiv in Strom umwandeln zu können. Hierzu wird häufig ein transparenter und leitfähiger Frontkontakt aus Aluminium dotiertem Zinkoxid (ZnO:Al) verwendet. Das ZnO:Al wird mit einem nasschemischen Verfahren strukturiert. Auf diese raue Schicht wird dann die Solarzelle aufgebracht, so dass eine lichtstreuende Schicht der Solarzelle vorgeschaltet ist. Dadurch kann die optische Weglänge des Lichtes signifikant verlängert, die Lichtabsorption erhöht und ein größerer Kurzschlussstrom in der Zelle generiert werden. Um einen möglichst großen Bereich des Sonnenspektrums abzudecken, werden Tandemsolarzellen verwendet, die aus amorphem Silizium (a-Si:H) und nanokristallinem Silizium (µc-Si:H) bestehen. Das a-Si absorbiert den kurzwelligen blauen Bereich des Spektrums, während das µc-Si mit einer kleineren Bandlücke den langwelligen roten und infraroten Teil des Lichtes absorbiert. Gerade für den µc-Si Absorber ist eine geeignete Lichtstreuung wichtig, da die Absorption sonst aufgrund der indirekten Bandlücke und der im Vergleich zur Wellenlänge kleinen Schichtdicke nur gering wäre. Am Fraunhofer IST werden diese strukturierten Frontkontakte winkelabhängig bezüglich ihres Lichtstreuverhaltens charakterisiert.

Winkelaufgelöste Streulichtmessung an mit unterschiedlichem Sauerstoffpartialdruck gesputterten und anschließend geätzten ZnO:Al-Proben bei 740 nm.



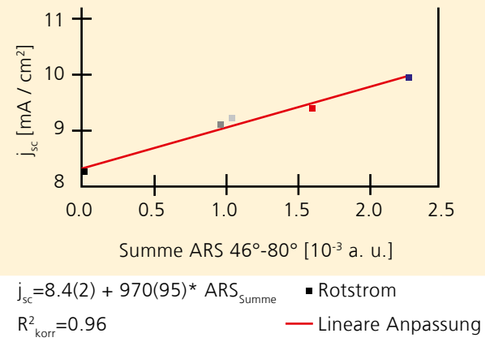
Prinzip der winkelaufgelösten Streulichtmessung (ARS)

Um das Streuverhalten der Schichten charakterisieren zu können, wird die Probe in einem Spektrometer monochromatisch beleuchtet. Sowohl die Probe als auch der Detektor können in einer Ebene bewegt werden.

Korrelation von Lichtstreuung und Kurzschlussstrom in Dünnschichtsolarzellen

Betrachtet wurden bei unterschiedlichem Sauerstoffpartialdruck reaktiv gesputterte ZnO:Al-Proben, die in verdünnter Salzsäure geätzt wurden. Die Lichtstreuung wurde bei 740 nm und einer Beleuchtung der Probe bei senkrechtem Einfall von der Schichtseite gemessen. Der Detektor wurde um jeweils 2 ° verfahren. Die Messung ist in der linken Grafik dargestellt. Auf diesen Schichten wurden a-Si / µc-Si-Tandemsolarzellen aufgebracht und deren externe Quantenausbeute vermessen, so dass der Strom, der in der µc-Si-Zelle erzeugt wurde (Rotstrom), bestimmt werden konnte. Dieser war in jeder Zelle der limitierende Strom. Mit steigendem Sauerstoffpartialdruck werden die Ätzstrukturen spitzer und kleiner, die Großwinkelstreuung des Lichtes nimmt zu. Summiert man das ARS-Signal über 46–80 ° auf, erhält man einen linearen Zusammenhang zwischen der Großwinkelstreuung des Lichtes und dem Kurzschlussstrom, der in der µc-Si-Zelle generiert wird. Somit kann diese Methode eingesetzt werden, um raue TCOs bezüglich ihrer Eignung zum Lichteinfang in Solarzellen einzuschätzen.

Generierter Rotstrom in auf diesen Schichten angefertigten Solarzellen, die in Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum Jülich hergestellt und mittels Quantenausbeute charakterisiert wurden.

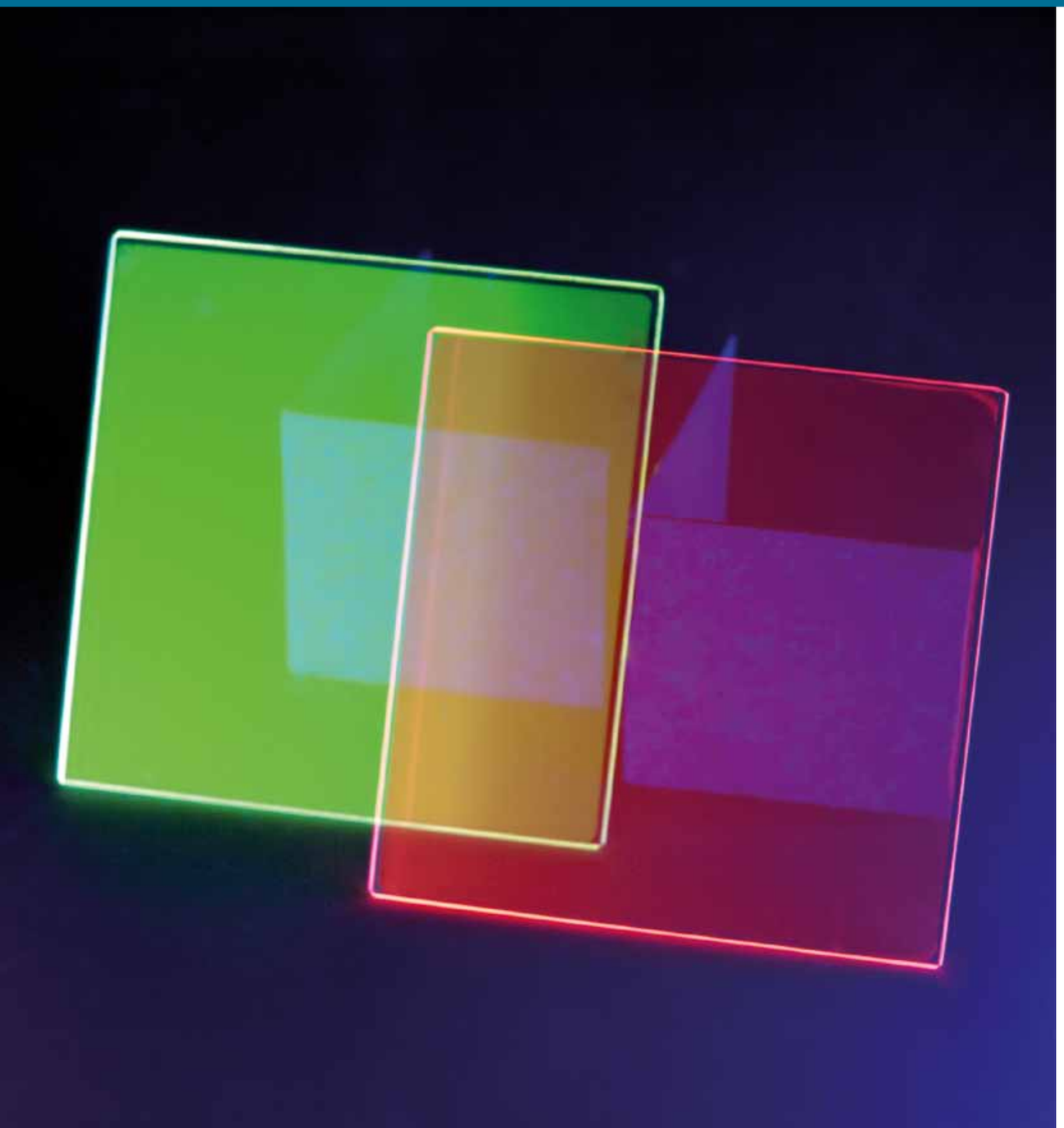


KONTAKT

Dipl.-Phys. Wilma Dewald
Telefon +49 531 2155-669
wilma.dewald@ist.fraunhofer.de

Dr. Volker Sittinger
Telefon +49 531 2155-512
volker.sittinger@ist.fraunhofer.de

Dr. Bernd Szyszka
Telefon +49 531 2155-641
bernd.szyszka@ist.fraunhofer.de



OPTIK, INFORMATION, KOMMUNIKATION

Die Themen im Geschäftsfeld »Optik, Information und Kommunikation« umfassen unter anderem:

- Die Entwicklung elektrischer Kontakt- und Isolationsschichten
- Die Entwicklung von Schichtsystemen für Displays
- Die Entwicklung und das Design von Mehrlagenschichten für optische Filter
- Die Metallisierung von Kunststoffen für 3-D-MID
- Die Entwicklung neuer Materialien sowie Strukturierungs- und Metallisierungstechnologien zur Substitution von ITO-Schichtsystemen in Flachbildschirmen

Zu den Kunden dieses Geschäftsfeldes zählen Unternehmen der optischen Industrie, der Telekommunikation, der Automobilindustrie, Hersteller von Displays und Datenspeichern sowie Anlagenhersteller und Lohnbeschichter.

KONTAKT

Dr. Michael Vergöhl
Telefon +49 531 2155-640
michael.vergoehl@ist.fraunhofer.de

Dr. Ralf Bandorf
Telefon +49 531 2155-602
ralf.bandorf@ist.fraunhofer.de

1 *Plasma aus einer Gasflusssputterquelle.*

NEUE MATERIALIEN FÜR ANWENDUNGEN IN DER TRANSPARENTEN ELEKTRONIK

Am Fraunhofer IST konnten im Berichtsjahr p-leitende transparente Materialien hergestellt werden, die den Weg in die Zukunft der transparenten Elektronik möglich machen. Das verwendete Beschichtungsverfahren wurde weltweit zum ersten Mal eingesetzt, um transparente p-Leiter herzustellen.

Herstellung transparenter p-Leiter

Die meisten Halbleiterbauelemente benötigen für ihre Funktion sowohl n-leitende als auch p-leitende Materialien. Für Anwendungen in der transparenten Elektronik, wie z. B. transparente OLEDs, transparente Solarzellen oder transparente Displays, fehlen bisher die dafür notwendigen p-leitenden transparenten Materialien. Während transparente n-leitende Schichten wie ITO, dotiertes Zinkoxid (Al-ZnO, In-Ga-ZnO), bereits mit guten elektrischen und optischen Eigenschaften hergestellt werden können, fehlte bisher das passende p-leitende Gegenstück. Am Fraunhofer IST wurde dafür $CuCrO_2$. (auch »Delafossit« genannt) hergestellt. Das Verfahren wurde erstmalig eingesetzt, um transparente p-Leiter herzustellen.

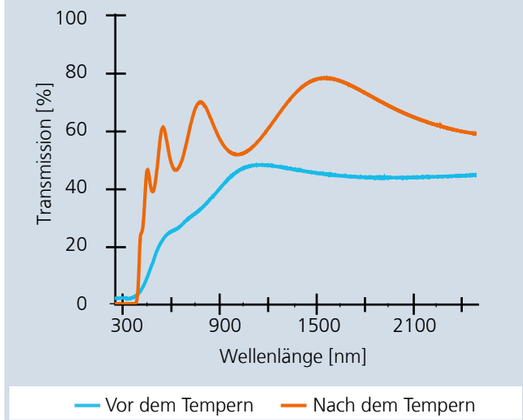
Der Herstellungsprozess

Um Schichten mit der gewünschten chemischen Zusammensetzung herzustellen, wurde das reaktive Gasflusssputtern (GFS) eingesetzt, das eine Hohlkathoden-Glimmentladung ausnutzt. Bei diesem Beschichtungsverfahren arbeitet man im Vergleich zu konventionellen Sputterverfahren bei höheren Drücken (0,5 mbar). Dies führt unter anderem zu deutlich niedrigeren Teilchenenergien und damit einhergehend zu einer geringeren Substratschädigung. Bei geeigneter Wahl der Prozessparameter (Sputtergas- und Reaktivgaszufuhr) und richtiger Materialzusammensetzung der Hohlkathode lassen sich Schichten herstellen, die die korrekte chemische Zusammensetzung enthalten. Lediglich die Anordnung der Atome ist noch zufällig, so dass amorphe Strukturen entstehen. Um die gewünschte Kristallstruktur zu erhalten (den »Delafossiten«), müssen die Schichten nach der Herstellung in einem Rohrofen mit einer bestimmten Gaszusammensetzung bei 700 °C getempert werden. Dabei kristallisieren die dünnen Schichten in der gewünschten Struktur.

Transparent und p-leitfähig

Nach der erfolgreichen Synthese sind die Materialien nicht nur transparent, sondern zeigen auch p-Leitfähigkeit. Es konnte ein Seebeckkoeffizient von +477 µV / K bestimmt werden, wobei das Vorzeichen dieses Wertes den Ladungsträgertyp (in diesem Fall positiv geladene »Löcher«) kennzeichnet. Die Notwendigkeit des Temperschritts kann man in Bild 1 sehr deutlich erkennen. Vor dem Tempern ist die Probe dunkel und lichtundurchlässig. Danach ist die Transparenz im sichtbaren Transmissionsspektrum gut zu erkennen.

Transmissionsspektrum von Gasfluss-gesputtertem $CuCrO_2$. Durch die thermische Nachbehandlung wird die Lichtdurchlässigkeit erheblich gesteigert.



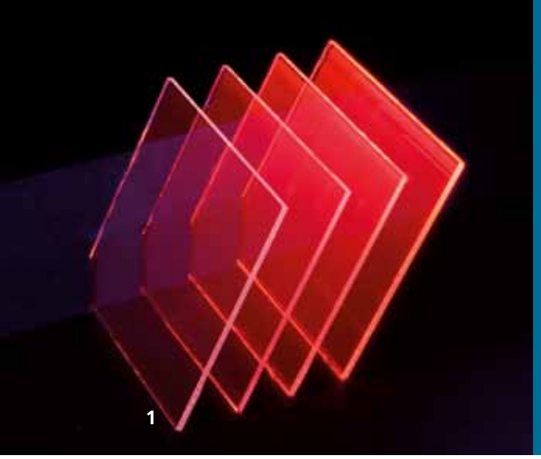
Fazit

Mit dem GFS-Prozess können transparente p-leitende Materialien stabil und reproduzierbar hergestellt werden. Die p-TCOs bieten hohe Transparenz im Sichtbaren bei gleichzeitig guten Leitfähigkeitswerten.

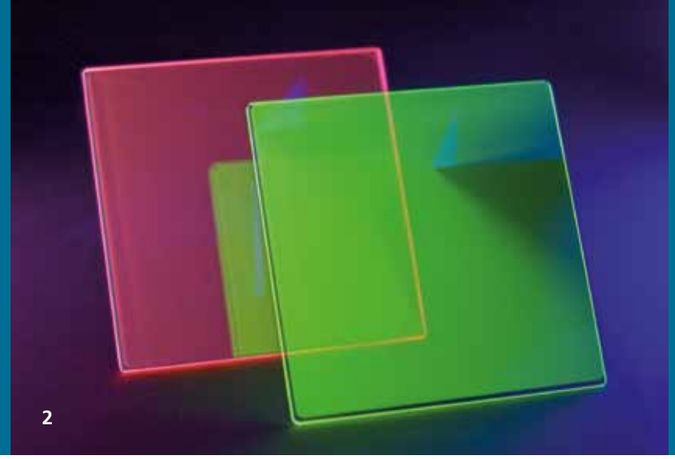
KONTAKT

Christina Polenzky
Telefon +49 531 2155-571
christina.polenzky@ist.fraunhofer.de

Dr. Kai Ortner
Telefon +49 531 2155-637
kai.ortner@ist.fraunhofer.de



1



2

MESSVERFAHREN ZUR NORMGERECHTEN BESTIMMUNG DER PHOTOKATALYTISCHEN AKTIVITÄT VON OBERFLÄCHEN

Eine verlässliche und schnelle Messtechnik zur Beurteilung der photokatalytischen Aktivität und Wirksamkeit von Oberflächen und Pulvern stellt der Lumineszenzabbau maßgeschneiderter organischer Farbstoffe dar. Ziel ist die standardisierte Vergleichbarkeit photokatalytisch aktiver Systeme zur Erhöhung der Markttransparenz.

Photokatalytisch aktive Schichtsysteme, Oberflächen und Pulver versprechen selbstreinigende, reinigungsunterstützende und antimikrobielle Eigenschaften. Photokatalytische Aktivität bestimmt sich allgemein darüber, wie effektiv und effizient adsorbierte Substanzen, wie z. B. Bakterien, Schmutz oder Wasser abgebaut werden. Der direkte Vergleich zwischen unterschiedlichen Materialien ist jedoch durch die komplizierten Wirkmechanismen an der Grenzfläche zwischen Photokatalysator und Reagenz sehr komplex. Das am Fraunhofer IST entwickelte Verfahren des photokatalytischen Lumineszenzabbaus verspricht eine hochempfindliche und schnelle Analysemöglichkeit dieser aktiven Systeme.

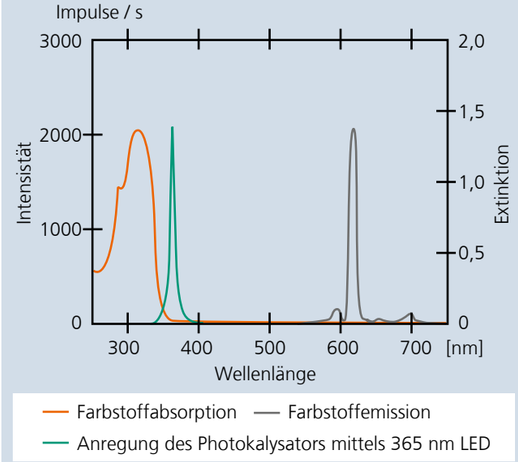
Das neue Messverfahren

Photokatalytisch aktive Materialien absorbieren Photonen des Sonnenspektrums, die energetisch über der Bandlücke des Halbleiters liegen. Die entstehenden Elektron-Loch-Paare reduzieren bzw. oxidieren adsorbiertes Wasser, Sauerstoff und organische Verbindungen. Die dabei gebildeten Radikale, speziell die beim Oxidationsprozess entstandenen Hydroxylradikale (•OH), zerstören das Lumineszenzzentrum des zuvor applizierten Farbstoffes und führen zum Abbau der Lumineszenzintensität. Diese Degradation wird als Maßstab für die photokatalytische Aktivität verwendet.

Präzise Applikation des Lumineszenzfarbstoffes

Die Genauigkeit des Messverfahrens hängt von der reproduzierbaren präzisen Applikation des Farbstoffes auf der zu testenden Oberfläche ab. Der Farbstoff wird als homogene und dünne Schicht in einem thermischen Vakuumbeschichtungsprozess abgeschieden. Diese Methode umgeht die Einschränkungen gängiger Auftragsmethoden, wie z. B. den störenden Einfluss von wässrigen oder lösungsmittelhaltigen Systemen oder die Tiefendiffusion des Testreagenzes bei porösen Materialien. Die Verwendung von maßgeschneiderten Seltenerd-Komplexen garantiert eine aggregations- und photostabile organische Dünnschicht, die im Anregungsbereich des Photokatalysators transparent ist und eine hohe Festkörperlumineszenz aufweist. Der Einsatz von Hochleistungs-UV / Vis-LEDs erlaubt eine schmalbandige Anregung des Photokatalysators bei paralleler Messung der Lumineszenzintensität ohne störende Absorption des Farbstoffes. Das Lumineszenzabbauverfahren gestattet eine schnelle quantitative Bewertung photokatalytischer Systeme. Innerhalb weniger Minuten können transparente und opake Oberflächen, Presspartikel, Kunststoffe und zementäre Systeme auf ihre photokatalytische Wirksamkeit und Effizienz getestet werden.

Anregungs- und Emissionseigenschaften eines Seltenerd-Komplexes.



Ausblick

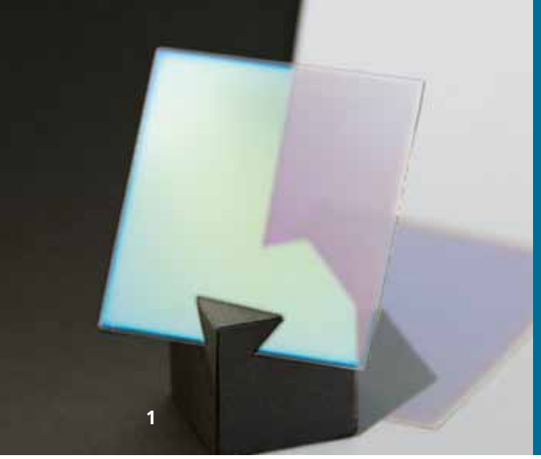
Aktuelle Arbeiten im DIN-Normenausschuss »Photokatalyse« bzw. im Arbeitskreis »Photokatalytische Selbstreinigung« sowie auf europäischer Ebene gewährleisten eine normgerechte Weiterentwicklung dieses Prüfverfahrens. Ziel weiterer Arbeiten ist es, das Lumineszenzmessverfahren in eine europäische Norm zu überführen und den Anwendern im Jahr 2010 ein einheitliches und automatisiertes Messgerät zur Verfügung zu stellen.

1 Seltenerd-Komplex unterschiedlicher Schichtdicke auf Glassubstraten.
2 Lumineszenzfarbstoffe unterschiedlicher Farbstoffklassen auf Glas.

KONTAKT

Dipl.-Chem. Tobias Graumann
Telefon: +49 531 2155-780
tobias.graumann@ist.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. FH Frank Neumann
Telefon: +49 531 2155-658
frank.neumann@ist.fraunhofer.de



POLYMERE UND POLYMER-METALLOXID-KOMPOSITE FÜR OPTISCHE INTERFERENZ-SCHICHTSYSTEME

Zur Herstellung optischer Bauelemente wie dielektrische Verspiegelungen für Laseranwendungen oder spektrale Transmissions- und Reflektionsschichten werden bisher keramische Materialien verwendet, die meist sehr hart und spröde sind. Polymerschichten ermöglichen neue Eigenschaften der Interferenzschichtsysteme, wie mechanische Flexibilität, ließen sich bisher aber nicht in der hierfür erforderlichen optischen Qualität herstellen.

Optische Interferenzschichten

Optische Interferenzschichten sind in der Oberflächen- und Beschichtungstechnik von großer Bedeutung. Sie bestehen aus einer Folge unterschiedlich dicker Schichten mit verschiedenen Brechzahlen. Mit diesen Schichtsystemen lassen sich beliebige spektrale Transmissions- und Reflexionscharakteristika erzielen. Typischerweise werden für optische Schichtsysteme Metalloxide sowie Nitride und auch Fluoride verwendet. Diese besitzen in der Regel sehr gute optische Eigenschaften (geringe Absorption, konstante Brechzahlen), sind jedoch meist sehr hart und spröde. Auf flexiblen Substraten oder Substraten mit anderen thermischen Ausdehnungskoeffizienten führt dieser Umstand bei mechanischen oder thermischen Belastungen der Schichten oft zu Rissbildung. Hier sind flexiblere optische Schichten, wie etwa Polymere oder auch Kompositen aus Polymeren und anorganischen Materialien denkbar. Um die Einsatzfähigkeit derartiger Systeme zu demonstrieren, wurden am Fraunhofer IST einfache optische Interferenzschichtsysteme, bestehend aus Polytertrafluorethan (PTFE) als niedrig brechende Schichten und Ditantalpentoxid (Ta_2O_5) als hoch brechende Schichten abgeschieden (siehe Grafik). Die Schichtabscheidung der PTFE-Schichten erfolgte dabei mit hochfrequenter Wechselspannung (RF-Sputterdeposition) und die der Ta_2O_5-Schichten mit reaktiver DC-Sputterdeposition. Anwendungsgebiete dieser mechanisch flexiblen und optischen Schichtsysteme sind z. B. kontrasterhöhende Bildwände oder klebbare Kunststofffolien als Projekttionsflächen für Head-up Displays.

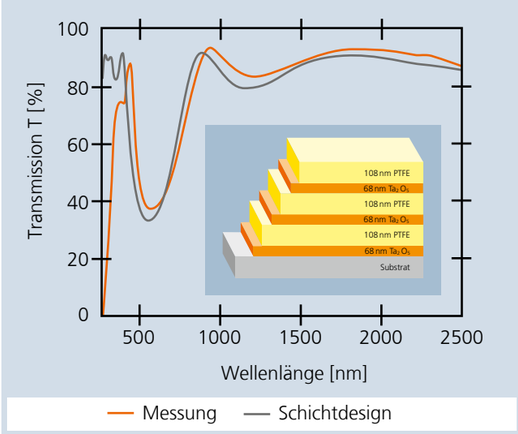
Ergebnisse

Im Gegensatz zu vielen anderen Polymeren und organischen Verbindungen lässt sich PTFE durch Sputtern als transparente Schicht abscheiden, ohne dass dabei die chemische Struktur zu stark verändert wird. Wie bei nichtleitenden Targetmaterialien üblich, erfolgt auch hier die Leistungszufuhr beim Sputtern mittels Radiofrequenz. Diese in Argon-Atmosphäre abgeschiedene PTFE-Schichten zeichnen sich durch niedrige Brechzahlen ($n = 1{,}38$ bis $1{,}40$) und geringe Absorptionindizes ($k \leq 0{,}001$) im sichtbaren Spektralbereich aus. Die Sputterraten liegen mit 0,1–0,3 nm/s in einem für vergleichbare Sputterprozesse typischen Bereich. Somit eignen sich diese Schichten gut als niedrig brechende Komponente in optischen Interferenzschichtsystemen. Als hoch brechende Komponente der Interferenzschichtsysteme werden konventionelle reaktiv in Argon-Sauerstoffatmosphäre mittels DC-Leistungszufuhr gesputterte Ta_2O_5-Schichten verwendet. Diese besitzen hohe Brechzahlen (ca. $n = 2{,}0$) und geringe Absorptionsindizes ($k < 0{,}001$) im sichtbaren Spektralbereich sowie eine gute Prozessstabilität. Das Transmissionsspektrum eines einfachen nach Rate abgeschiedenen und aus sechs Schichten bestehenden optischen Filters ist in der Grafik dargestellt.

Ausblick

Polymermaterialien als Schichtmaterial gewinnen eine immer größere Bedeutung in vielen verschiedenen Anwendungen. Das Fraunhofer IST untersucht im Verbund mit Partnern aus Industrie und Forschung die Beschichtungsprozesse für Polymermaterialien. In der Zukunft sind der Einsatz weiterer Polymermaterialien sowie die Herstellung von neuen Polymer-Metalloxid-Kompositschichten geplant, um die optischen und mechanischen Eigenschaften weiter zu verbessern.

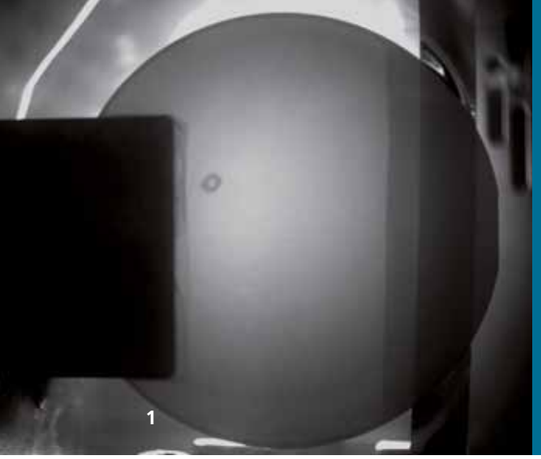
Transmissionsspektren eines einfachen optischen Filtersystems mit gesputterten PTFE- und Ta_2O_5-Schichten.

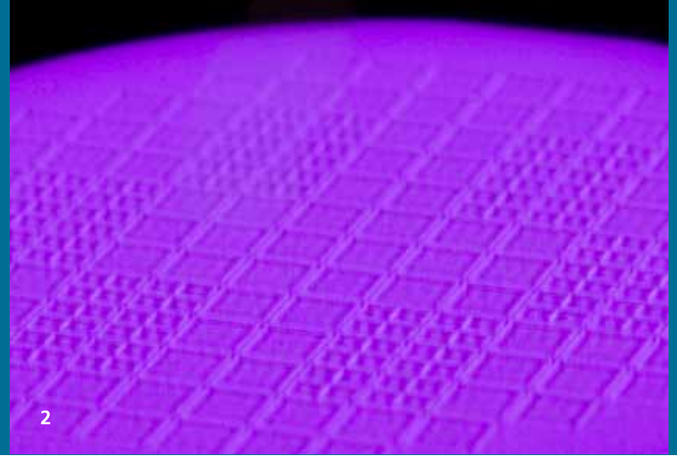


1+2 *Optisches Interferenzschichtsystem mit PTFE-Polymerschichten auf Glas (1) und auf Kunststoff (2).*

KONTAKT

Dr. Thomas Neubert
Telefon +49 531 2155-667
thomas.neubert@ist.fraunhofer.de





BONDEN VON HETEROGENEN VERBÜNDEN UND POLYMEREN

Neue Materialkombinationen haben in innovativen Prozessen und Produkten eine hohe industrielle Bedeutung. Dabei werden in vielen Fällen Klebstoffe für das Fügen der Materialien eingesetzt. Das Niedrigtemperatur-Bonden ist eine klebstofffreie Verbindungstechnik für das Fügen homogener wie auch heterogener Materialverbünde. Am Fraunhofer IST ist es mittels Dielektrischer Barrierenentladung (DBD) bei Atmosphärendruck gelungen, sowohl anorganische Materialverbünde wie Silizium und Glas als auch unterschiedliche Polymere bei niedrigen Annealingtemperaturen miteinander zu bonden.

Hohe Bondfestigkeit trotz niedriger Temperaturen
Bei der Produktion von Mikrosystemen wie Drucksensoren, Thermopiles oder mikrofluidischen Systemen ist das flächige Fügen von Glas- und Silizium-Wafern mit Bondverfahren von elementarer Bedeutung. Dazu wird hauptsächlich das anodische Bonden und das Direktbonden eingesetzt. Problematisch ist jedoch, dass das Anlegen hoher elektrischer Spannungen und die Verwendung von Zwischenschichten beim anodischen Bonden zur Schädigung der Strukturen auf dem Wafer führen kann. Klebstoffe haben oft eine mangelnde Migrationsbarriere, so dass unter anderem Kriechneigung, Migration und Langzeitbeständigkeit eingeschränkt sind. Beim Direktbonden können diese Probleme vermieden werden. Am Fraunhofer IST wurde für das Direktbonden von Silizium gezeigt, dass eine Absenkung der Bondtemperatur auf bis zu 100 °C bei weiterhin hoher Bondfestigkeit möglich ist. Damit können technologische Probleme in der Produktion wie z. B. die Schädigung von thermisch empfindlichen Beschichtungen vermieden werden.

Niedrigtemperatur-Bonden heterogener Verbünde
Einen wesentlichen Einfluss auf die Festigkeit des Verbundes hat die Höhe der Nachbehandlungstemperatur (Annealing). Insbesondere beim Bonden von Materialien mit unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten bereiten hohe Temperaturen Probleme. Aktuelle Ergebnisse zeigen, dass die Plasma-aktivierung heterogener Verbünde, z. B. von Silizium mit Borosilicatglas, zu einer deutlichen Steigerung der Festigkeit führt. Mit optimierten Parametern konnte die Bondfestigkeit um den Faktor 3 gegenüber der unbehandelten Referenz gesteigert werden. Dabei beträgt die Aktivierungszeit nur wenige zehn Sekunden.

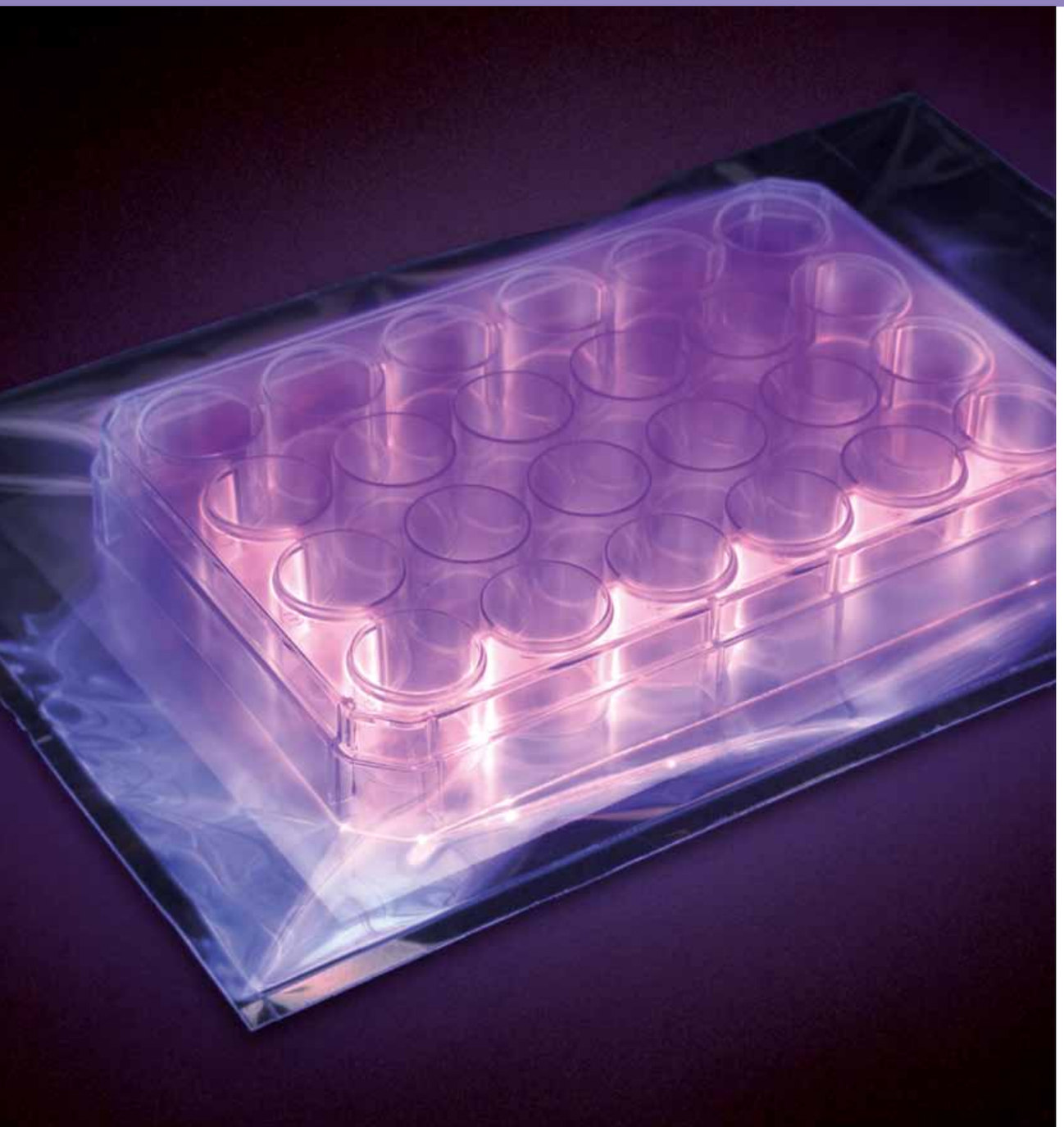
Klebstofffreies Fügen von Kunststoffbahnen
Die thermisch basierten Verfahren Kaschieren und Laminieren haben sich als klebstofffreie Fügeverfahren etabliert. Voraussetzung ist hier jedoch die Verträglichkeit der Fügepartner, welche im Normalfall zwischen unterschiedlichen Kunststoffen nicht gegeben ist. Darüber hinaus leiden Materialeigenschaften wie die optische Güte oder Haptik häufig beim Aufschmelzen der Fügepartner. Verfahren, die klebstofffrei und bei niedrigen Temperaturen arbeiten, sind daher begehrt. Mit der Dielektrischen Barrierenentladung können bei Atmosphärendruck unter sauerstofffreien Bedingungen funktionelle Gruppen auf zu fügende Polymeroberflächen über eine reine Gasphasenfunktionalisierung oder Beschichtung generiert werden. Analog zum Direktbonden können sich diese Schichten bei niedrigen Temperaturen über chemische Reaktionen der funktionellen Gruppen vernetzen. Diese Reaktion wird für das Verbinden der Substrate genutzt. In ersten Versuchen konnte für den Verbund zwischen zwei gleichen Polyethylen-Folien durch die Abscheidung einer ca. 50 nm dicken Schicht aus 3-Aminopropyltrimethoxysilan eine Haftung von 1,5 N / mm erreicht werden, was einer Haftverbesserung gegenüber der unbehandelten Referenz um den Faktor 30 entspricht.

Ausblick
Die bisherigen Untersuchungen sollen auf weitere Materialkombinationen ausgedehnt werden. Ziel ist es dabei, die grundlegenden Zusammenhänge, die das Fügen beeinflussen, zu identifizieren und die anlagentechnischen Voraussetzungen für eine industrielle Umsetzung zu schaffen. Neben dem vollflächigen Bonden von Substraten soll zukünftig auch das selektive Bonden untersucht werden, um z. B. Sticking-Effekte zu vermeiden. Dazu wird in Zusammenarbeit mit der Firma SÜSS MicroTec ein Plasma-Tool entwickelt, dass in einen Bond Aligner integriert werden kann.

1 IR-Transmissionsbild eines Si-Waferpaars während des Temperns im Ofen.
2 Behandlung eines Wafers mit Atmosphärendruck-Plasma.

KONTAKT

Dipl.-Phys. Marko Eichler
Telefon +49 531 2155-636
marko.eichler@ist.fraunhofer.de



MENSCH UND UMWELT

Im Zentrum der Aktivitäten des Geschäftsfeldes »Mensch und Umwelt« steht die Entwicklung von Oberflächen für Anwendungen in Medizintechnik, Biotechnologie und Umwelttechnik. Beispiele sind:

- Selektive Funktionalisierung von Oberflächen für Biochips oder Biosensoren mittels Atmosphärendruck-Plasmaverfahren
- Diamantbeschichtete Elektroden zur elektrochemischen Wasserdesinfektion und zur Behandlung von Abwasser
- Metallisierung von Kunststoffoberflächen für Biosensoren
- Innenbeschichtung von Mikrofluidikkomponenten, Zellkulturbeuteln und Kunststoffflaschen
- Reibungsmindernde biokompatible Schichten (z. B. diamantähnliche Kohlenstoffschichten) für Anwendungen in der Medizintechnik, z. B. in der Prothetik

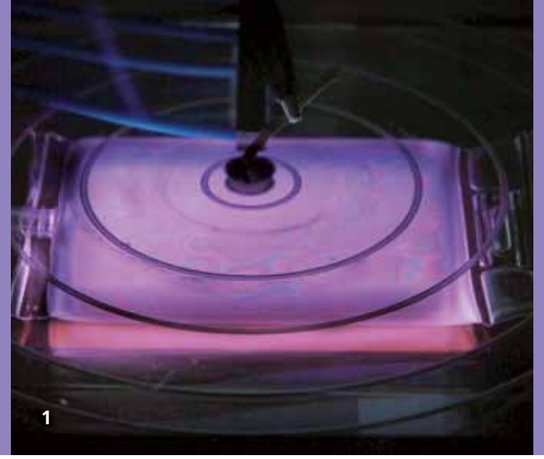
Kunden dieses Geschäftsfeldes sind unter anderem Unternehmen aus der pharmazeutisch-chemischen Industrie, der Biotechnologie, Medizintechnik, Lebensmittelindustrie, der chemischen Industrie und Umwelttechnik.

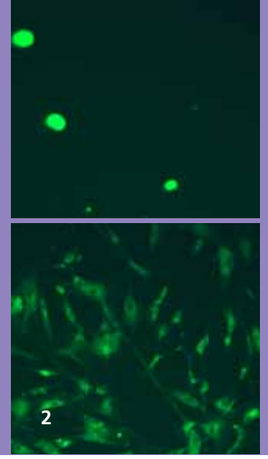
KONTAKT

Dr. Simone Kondruweit
Telefon +49 531 2155-535
simone.kondruweit@ist.fraunhofer.de

Prof. Dr. Claus-Peter Klages
Telefon +49 531 2155-510
claus-peter.klages@ist.fraunhofer.de

Dr. Michael Thomas
Telefon +49 531 2155-525
michael.thomas@ist.fraunhofer.de





INNENBESCHICHTUNG VON BEUTELN FÜR DEN EINSATZ IN DER STAMMZELL-FORSCHUNG UND DER MEDIZIN

Lebende Zellen finden in modernen Therapieverfahren wie Stammzelltherapien, Bluttransfusionen und Knochenmarktransplantationen oder bei schweren Verbrennungen immer häufiger Anwendung. Da die Kultivierung der Zellen in offenen Systemen mit einem hohen Risiko einer Kontamination der Zellkulturen verbunden ist, wurde ein neues Verfahren entwickelt, bei dem in geschlossenen Beutelsystemen gearbeitet werden kann. Um adhärentes Zellwachstum an den Beutelinnenseiten zu ermöglichen, werden die Oberflächen der Innenseiten der Beutel mittels Atmosphärendruck-Plasmen automatisiert beschichtet.

Innenbeschichtung mittels Atmosphärendruck-Plasma
Am Fraunhofer IST wurde ein Beschichtungsverfahren entwickelt, das es ermöglicht, gezielt die Innenseiten von Zellkulturbeuteln mit chemischen Funktionen oder hydrophoben Eigenschaften auszustatten, um ein adhärentes Zellwachstum in den Beuteln zu erzielen. Für die Beschichtung der Beutel werden diese mit einem Edelgas und dem Dampf eines geeigneten Schichtbildners, z. B. 3-Aminopropyltrimethoxysilan (APTMS), gefüllt. Durch die Verwendung von Edelgasen wird die Durchbruchspannung gegenüber der Luft herabgesetzt. Damit ist es möglich, beim Anlegen einer Wechselspannung an Elektroden, die sich oberhalb und unterhalb des Beutels befinden, eine Entladung selektiv im Beutelinneren zu zünden. Durch Optimierung der Befüllung und der Elektrodengeometrie kann eine homogene Schichtabscheidung auf der Beutelinnenseite erhalten werden.

Automatisierter Prozess
Am Fraunhofer IST wurde ein automatisches Befüllungssystem für die Innenbeschichtung der Zellkulturbeutel aufgebaut. Dadurch wird, im Gegensatz zu einer Befüllung per Hand, eine sehr hohe Reproduzierbarkeit der Beschichtungen erreicht. Eine SPS-Steuerung ermöglicht die automatische Ausführung aller Prozessschritte nacheinander:

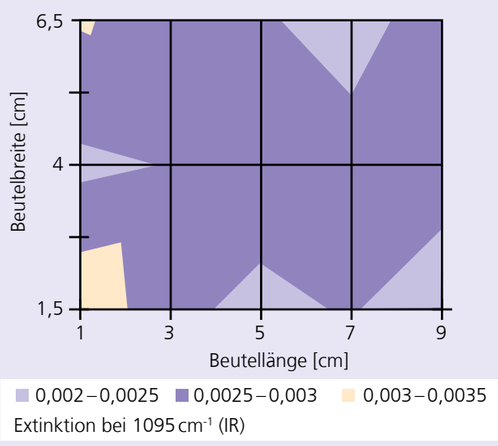
- Entlüften
- Spülen
- Befüllen mit einer genau dosierten Menge des Prozessgases
- Plasmabehandlung bzw. -beschichtung
- Entgasen

Evaluierung der Schichtsysteme
Neben einer reinen Funktionalisierung der Oberfläche durch Einwirkung eines Heliumplasmas wurden unterschiedliche Schichtbildner hinsichtlich ihrer Eignung für adhärentes Zellwachstum untersucht. Dabei handelt es sich neben siliziumorganischen Verbindungen um weitere flüchtige Monomere mit chemischen Funktionalitäten wie Amino-, Epoxy- oder Carboxylgruppen. Die Uniformität der Dicken der Beschichtungen wurde mittels FTIR-ATR-Untersuchungen überprüft (Grafik). Über Fluoreszenzlabeling oder chemische Derivatisierung konnten funktionelle Gruppen nachgewiesen werden. So lässt sich die Anzahl an primären Aminogruppen beispielsweise durch chemische Derivatisierung mit 4-Trifluormethyl-benzaldehyd und anschließender Auswertung der FTIR-ATR-Spektren bestimmen. Es konnte gezeigt werden, dass in APTMS-beschichteten Beuteln bei Lagerung über einen Zeitraum von 24 Wochen noch zwei primäre Aminogruppen/nm² für Folgereaktionen zur Verfügung stehen. An diesen funktionellen Gruppen konnten erfolgreich Sekundärmodifikationen durchgeführt werden.

Ausblick
Durch die Entwicklung der Befüllungsanlage mit integrierter Plasmabehandlung wird auch anderen Forschergruppen eine für ihre Ansprüche maßgeschneiderte Beschichtung von Zellkulturbeuteln ermöglicht. Ziele der Entwicklung sind:

- die Verhinderung der Anhaftung von Proteinen,
- die gezielte Selektion von Zellen durch Antikörper,
- die Erhöhung der Lagerzeit von Thrombozytenkonzentraten.

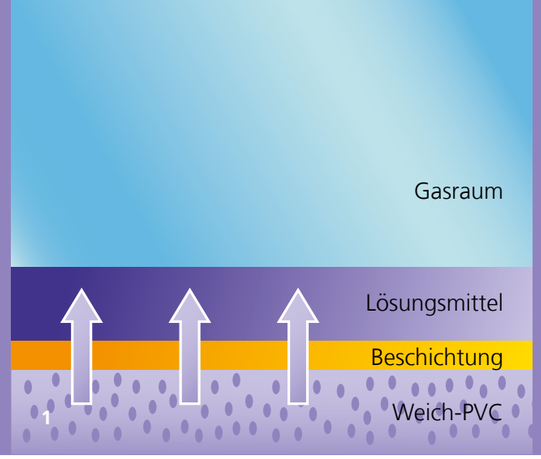
Homogenität eines APTMS-beschichteten Beutels.



1 Plasmabehandlung eines Beutels.
2 Zellkultivierung im geschlossenen Beutel; (oben) unbehandelter Beutel, kein adhärentes Wachstum, (unten) APTMS-beschichteter Beutel mit adhärentem Zellwachstum.
3 Komplettsystem zur automatisierten Innenbeschichtung von Zellkulturbeuteln.

KONTAKT

M. Sc. Kristina Lachmann
Telefon +49 531 2155-683
kristina.lachmann@ist.fraunhofer.de



WEICHMACHERBARRIEREN AUF PVC-FOLIEN MITTELS ATMOSPHÄRENDRUCKPLASMA

Polyvinylchlorid (PVC) hat aufgrund seines guten Preis-Leistungsverhältnisses ein sehr breites Anwendungsspektrum. Bei dem oft eingesetzten Weich-PVC gilt es allerdings den Austritt der enthaltenen Weichmacher, zu denen z. B. Phtalate oder Trimellitate zählen, aus umwelt- ebenso wie aus materialtechnischen Gründen zu unterbinden.

Plasmapolymerschichten als Barriereschicht

Die bisher verfügbaren Lösungen zum Schutz vor Weichmacheraustritt, wie z. B. Lackierungen, mit üblichen Schichtdicken von mindestens 10 µm, oder die nachträgliche Vernetzung der PVC-Oberflächen durch UV-Bestrahlung sind oft mit relativ hohen Materialkosten, Umweltbelastungen und Problemen bei der Weiterverarbeitung verbunden und zeigen eine unbefriedigende Sperrwirkung. In einem gemeinsamen Forschungsprojekt des Fraunhofer IST mit dem Forschungsinstitut für Leder und Kunststoffbahnen (FILK) werden bei Atmosphärendruck abgeschiedene Plasmapolymerschichten als Barriere gegen die Weichmachermigration untersucht. Ziel ist es, eine kostengünstige und umweltschonende Alternative zu bestehenden Beschichtungsverfahren zu entwickeln.

Abscheidung und Eigenschaften der Barriereschichten

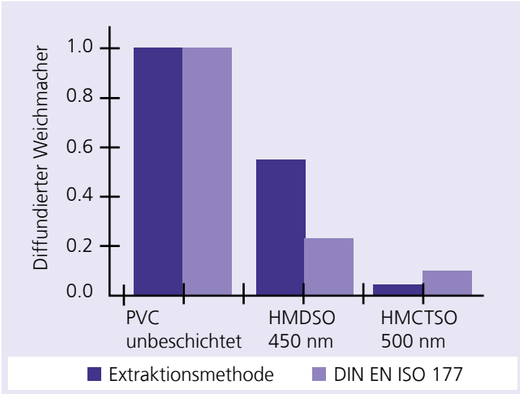
Die Schichtabscheidung erfolgt mittels dielektrischer Barrierenentladung (DBD). Vielversprechend ist der Einsatz von Schichtbildnern auf der Basis siliziumorganischer Verbindungen. REM- und AFM-Aufnahmen geben Hinweise, dass die abgeschiedenen Siloxanschichten bei geeigneten Depositionsbedingungen keine größeren Poren oder Löcher aufweisen. Mit Prozessgasmischungen aus Hexamethylcyclotrisiloxan (HMCTSO) und Luft wurden Schichten abgeschieden, mit denen bei einer Schichtstärke von etwa 500 nm eine Sperrwirkung nach einem in der DIN EN ISO 177 beschriebenen Prüfverfahren von bis zu 90 Prozent erreicht wurde (siehe Grafik). Eine Herausforderung stellt derzeit noch die Haftfestigkeit und mechanische Stabilität der Schichten dar.

Schnelle Methode zur Messung der Weichmachermigration

Die in der DIN EN ISO 177 beschriebene Methode basiert auf gravimetrischen Messungen über einen Zeitraum von 30 Tagen. Am Fraunhofer IST wurde nun im Rahmen dieses Projektes eine neue Methode entwickelt, die innerhalb weniger Stunden Ergebnisse zur Einschätzung der Barrierewirkung liefert. Die Methode beruht auf der Extraktion des Weichmachers aus der Folie mittels eines geeigneten Lösungsmittels (Bild 1 und 2), wie z. B. Decan und seiner anschließenden Quantifizierung durch Infrarotspektroskopie.

Ausblick

Ziel der künftigen Arbeiten ist die weitere Verbesserung der Sperrwirkung sowie der Haftung und mechanischen Stabilität der Barriereschichten. Die am Fraunhofer IST entwickelte schnelle Methode zur Ermittlung der Weichmachermigration soll zukünftig weiter optimiert werden.



1+2 Extraktion von Weichmachern aus PVC-Folie für die Bestimmung der Barrierewirkung der Beschichtungen, links: schematischer Extraktionsaufbau, rechts: Extraktionsrohr.

KONTAKT

Dr. Jochen Borris
Telefon +49 531 2155-666
jochen.borris@ist.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Mercedes Cerezuela Barreto
Telefon +49 531 2155-671
mercedes.cerezuela.barreto@ist.fraunhofer.de

LEISTUNGEN UND KOMPETENZEN

Zur Bearbeitung der in den vorangegangenen Kapiteln exemplarisch vorgestellten Geschäftsfelder nutzt das IST ein breites Spektrum an Kompetenzen, die sich zum einen auf spezielle Schichtsysteme beziehen und zum anderen auf Beschichtungsverfahren:

Niederdruckverfahren

- Magnetron-Sputtern und HIPIMS
- Hohlkathodenverfahren
- PACVD-Verfahren
- Heißdraht-CVD-Verfahren

Atmosphärendruckverfahren

- Galvanische Mehrkomponentensysteme
- Elektrochemie
- Atmosphärendruck-Plasmaverfahren
- Kunststoffmetallisierung
- Korrosionsschutz

Mikro- und Nanotechnologie

- Grenzflächenfunktionalisierung
- Mikro- und Sensortechnologie
- Nanokompositschichten

Elektrische und optische Schichten

- Optische Schichten
- Transparente leitfähige Schichten
- Diamant-Elektroden
- Silizium-basierte Schichten für Photovoltaik

Superharte Schichten

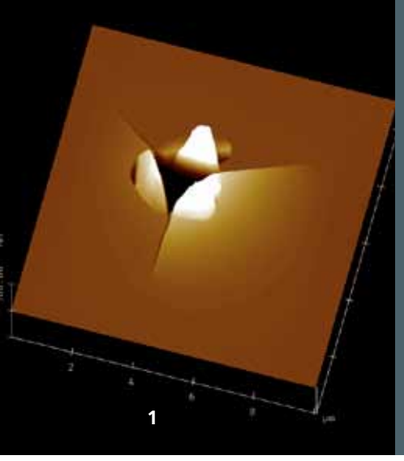
- Diamant
- Kubisches Bornitrid (cBN)

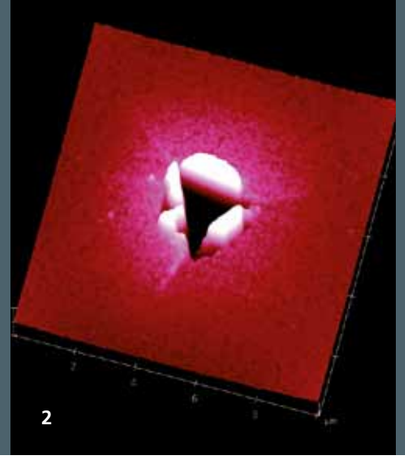
Reibungsminderung und Verschleißschutz

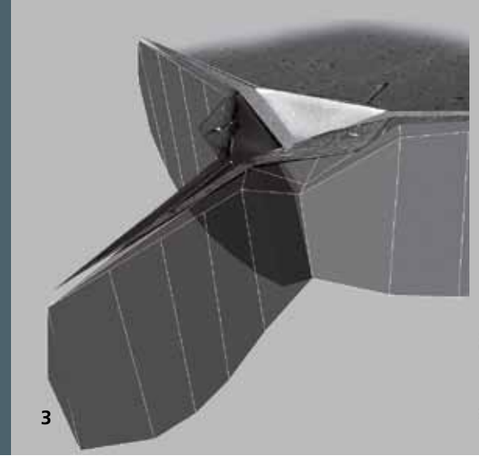
- Amorphe Kohlenstoffschichten (DLC) und Diamant
- Hartstoffschichten
- Plasmadiffusion
- Trockenschmierstoffschichten

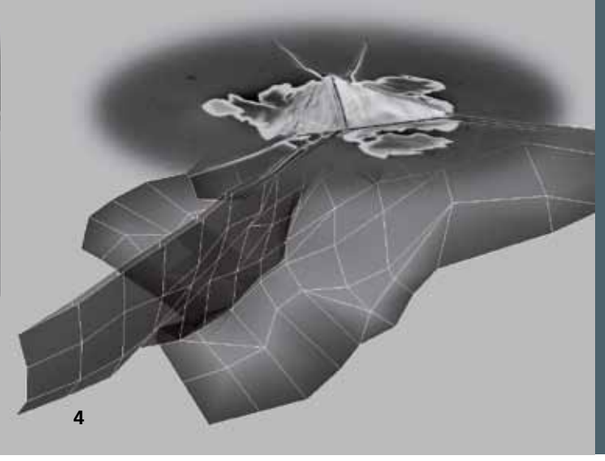
Analytik und Prüftechnik

Darüber hinaus bietet das Institut ein breites Spektrum an Geschäftsfeld übergreifenden Leistungen: Oberflächenvorbehandlung, Schichtentwicklung, Prozesstechnik (einschließlich Prozessdiagnostik, -modellierung und -regelung), Schichtcharakterisierung und -prüfung, Aus- und Weiterbildung, anwendungsbezogene Auslegung und Modellierung, Anlagen- und Komponentenentwicklung sowie Technologietransfer. Der Bereich Schichtcharakterisierung, bei dem es um Analytik von Schichten und Oberflächen, aber auch um Mess- und Prüftechnik geht, ist eine wichtige Säule des Instituts.









NANOINDENTIERUNG ZUR BESTIMMUNG DER BRUCHZÄHIGKEIT DÜNNER SCHICHTEN

Am Fraunhofer IST wurde die Nanoindentierung zur Bestimmung der Bruchzähigkeit getestet. Aus der Vielzahl der Modelle zur Auswertung wurden sechs anhand eigener Proben und Literaturdaten validiert.

Bruchzähigkeit dünner Schichten

Die Bruchzähigkeit K_{IC} ist eine Materialkenngröße, die das Anwachsen vorhandener Risse in Materialien beschreibt. Bei Massivmaterialien wird sie durch genormte Risserweiterungsexperimente bestimmt. Bei dünnen Schichten ist dieses Verfahren nicht anwendbar. Seit Anfang der achtziger Jahre wurden jedoch Modelle veröffentlicht, die eine Bestimmung von K_{IC} mittels Indentierungsexperimenten erlauben sollen. Bis heute ist die Anzahl verschiedener Modelle auf über 20 angewachsen und es ist unklar welches die besten Ergebnisse liefert. Am Fraunhofer IST wurden eine Reihe ausgewählter Modelle getestet und bewertet.

Das Messverfahren

Zur Bestimmung von K_{IC} wird ein »cube corner« Diamant Indentor mit ausreichend hoher Last P (~30mN) in das zu prüfende Material gedrückt, so dass ausgehend von den Eindruckecken Risse im Material entstehen. Die Risslängen c und Eindruckgröße a werden mittels Rasterkraft- oder Rasterelektronenmikroskop ausgemessen und fließen neben der Härte H und dem Elastizitätsmodul E des Materials in das Modell ein. Es wurden folgende Materialien untersucht: Silizium (100), SiO_2 (fused silica), Al_2O_3 (Saphir), Si-DLC (diamond-like-carbon), aC (amorphous hydrogen-free carbon), SnO_2, ZnO:Al, In_2O_3:Sn (ITO), wobei die ersten drei als bulk- und die letzten fünf als dünne Schichten (Dicke 0.5 bis 5µm) vorlagen. Die Validierung geschah durch Vergleich mit K_{IC} Referenzwerten aus der Literatur.

Die verwendeten Modelle

(1) $$K_C = A\left(\frac{E}{H}\right)^{1/2}\frac{P}{c^{3/2}}$$

(2) $$K_C = A\left(\frac{E}{H}\right)^{2/5}\frac{P}{c^{3/2}}$$

(3) $$K_C = A\left(\frac{E}{H}\right)^{2/5}\frac{P}{a\sqrt{l}}$$

(4) $$K_C = x_V\left(\frac{a}{l}\right)^{1/2}\left(\frac{E}{H}\right)^{2/3}\frac{P}{c^{3/2}}$$

(5) $$K_C = \frac{\lambda'}{t_f}\left(\frac{E}{H}\right)^{1/3}\frac{P}{c^{1/2}} + \psi'\sigma_R t_f^{1/2}$$

(6) $$K_C = \sqrt{\frac{E}{1-\nu^2}\frac{U}{F}}$$

Ergebnisse

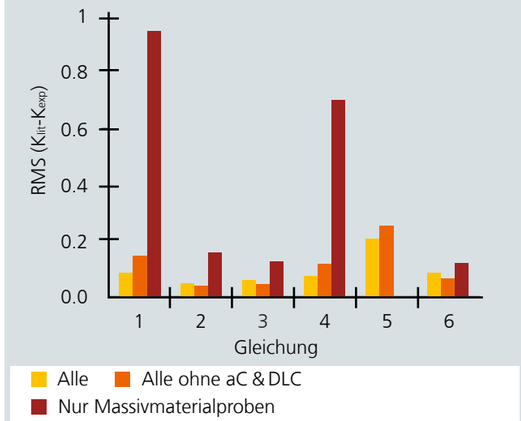
Die Abbildung zeigt die mittlere quadratische Abweichung zwischen den gemessenen K_{IC}-Werten und den Literaturwerten. Gleichung 2 und 3 (Niihara) bzw. Gl. 6 (Li) liefern die beste Übereinstimmung mit der Literatur. Es gibt eine ganze Reihe von Fehlerquellen, die unabhängig vom Modell zu Abweichungen von den Referenzwerten führen können. Fehler in der Bestimmung der Risslängen, da diese teilweise im Submikrometerbereich liegen. Undefinierte Rissgeometrien: Die Modelle gehen von bestimmten Rissgeometrien unterhalb der Oberfläche aus (z. B. Palmquist cracks oder halfpenny cracks), die in der Realität nicht unbedingt vorliegen müssen. Beispiele sieht man in den Abbildungen oben, die links einen wohldefinierten halfpenny crack in SiO_2 zeigen während rechts eine undefinierte Rissgeometrie in Silizium zu sehen ist. Schließlich haben auch die Schichtdicke, das Substratmaterial und intrinsische Schichtspannungen einen gravierenden, schwer abzuschätzenden Einfluss auf die Bruchzähigkeitsbestimmung, die in den Modellen zum größten Teil nicht berücksichtigt wird. Diese Fehlerquellen können zu Abweichungen in den Messergebnissen im Bereich von 30–50 Prozent führen.

Fazit

Die Bestimmung der Bruchzähigkeit mittels Nanoindentierung bietet zwar die Möglichkeit Trends und grobe Unterschiede zwischen den Materialien zu charakterisieren, sollte allerdings nicht für Präzisionsbestimmungen verwendet werden.

[1] J.I. Jang, G.M. Pharr; Acta Materialia 56 (2008) p. 4458
[2+3] K. Niihara, et. al., J. Mat. Sci. Let. 1 (1982) 13
[4] M.T. Laugier, J. Mat. Sci. Lett. 6 (1987) 897
[5] J.M. Jungk, et al; Acta Materialia 54 (2006) 4043
[6] X. Li, D. Diao, B. Bhushan; Acta Mater. 45(11) (1997) 4453

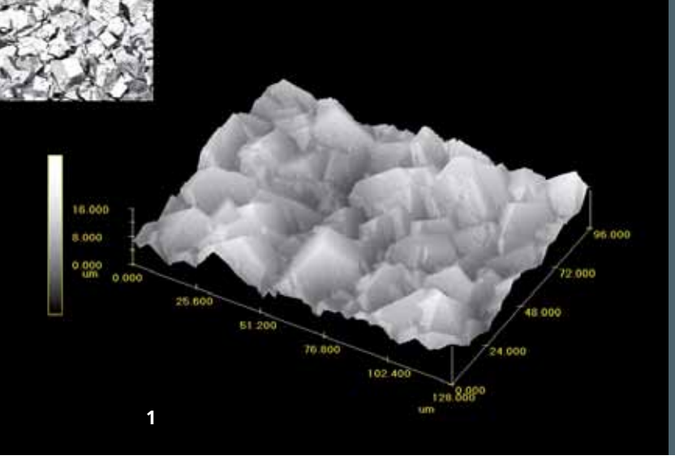
Mittlere quadratische Abweichung der experimentellen und Literaturwerte von K_{IC} für die 6 verschiedenen Modelle und für unterschiedliche Teilmengen von Proben.



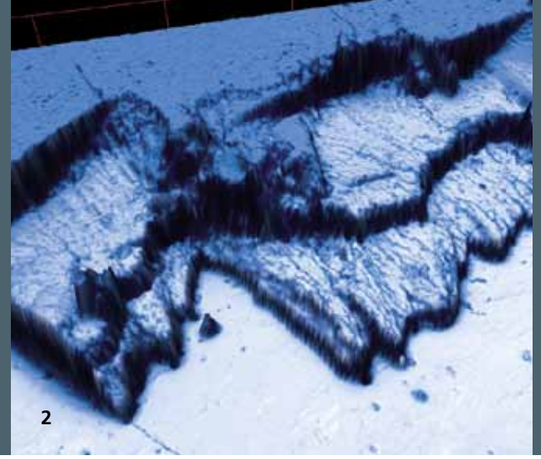
1 *AFM-Abbildung eines Eindrucks in Silizium.*
2 *AFM-Abbildung eines Eindrucks in SnO:Al.*
3 *3D-FIB-Tomographie der Rissgeometrie unter der Oberfläche von amorphem SiO_2.*
4 *3D-FIB-Tomographie der Rissgeometrie unter der Oberfläche von kristallinem Silizium.*

KONTAKT

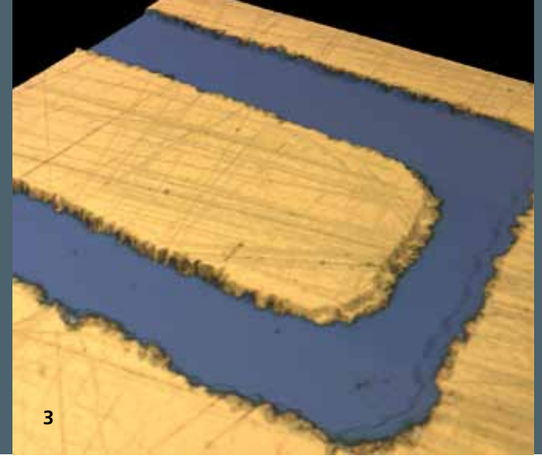
Dr. Kirsten Ingolf Schiffmann
Telefon +49 531 2155-577
kirsten.schiffmann@ist.fraunhofer.de



1



2



3

TIEFE EINBLICKE IN DIE SCHADENSANALYSE UND QUALITÄTSSICHERUNG

Für die Qualitätssicherung von Beschichtungen ist eine schnelle und funktionsgerechte Analyse der Oberflächengüte erforderlich. Die Konfokale Laser Scanning Mikroskopie ist für eine Vielzahl von Untersuchungen zur Oberflächentopographie gut geeignet.

Oberflächen sind Schnittstellen. Sie sind besonderen Einflüssen ausgesetzt und haben oft spezifische Funktionen. Ist diese oberste Schicht fehlerhaft oder von minderer Qualität kann das schnell breite Auswirkungen haben. Die Oberflächengüte von Beschichtungen ist deshalb ein wichtiges Qualitätskriterium. Durch aussagefähige Prüfverfahren, die eine schnelle und funktionsgerechte Bewertung erlauben, können Abweichungen der Schichtqualität von einem gegebenen Standard schnell erkannt und der Schaden durch fehlerhafte Chargen klein gehalten werden.

Konfokale Laser Scanning Mikroskopie

Die Laser Scanning Mikroskopie ermöglicht eine schnelle und berührungslose Abtastung der Oberfläche. Sie ergibt in den meisten Fällen eine ausreichende laterale Auflösung und analysiert auf 10–20 nm genau die Höhen von Strukturen. In wenigen Sekunden werden von einer Vielzahl von Fokusebenen Bilder aufgenommen und zu einem 3-D-Bild zusammengesetzt.

Auswertung

Es können beliebig viele Arten von Objekten vermessen werden. Die berührungslosen 3-D-Messungen sind bei verschiedenen Arten von 3-D-Analysen hoch präzise und erlauben die Analyse folgender Parameter:

- Höhe
- Breite
- Form
- Winkel
- Radius von Querschnittsprofilen
- Rauheitsanalysen von Linienprofilen und Flächenrauheiten

Da der Messpunkt am Bildschirm sichtbar ist, können für jeden mikroskopisch kleinen Punkt hochpräzise Messergebnisse erzielt werden.

Einsatzmöglichkeiten

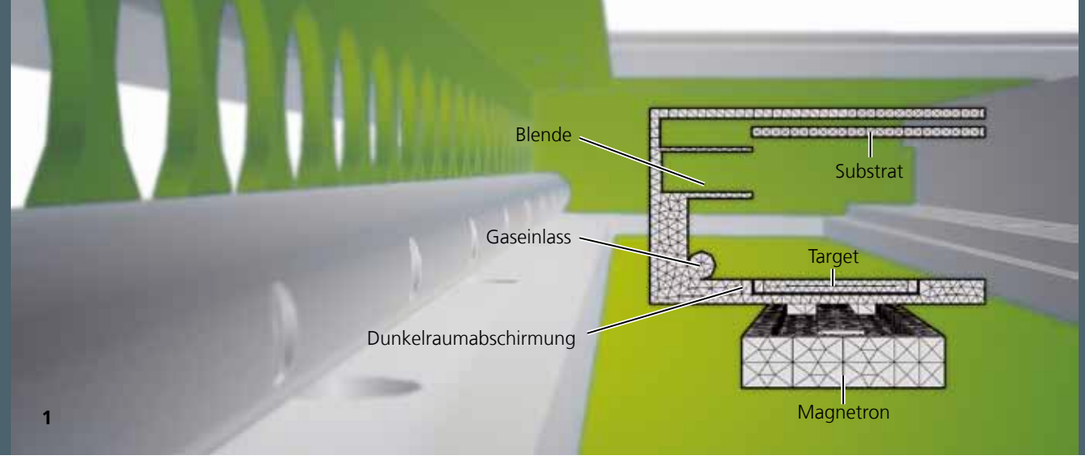
Das Gerät kann sehr gut zur Schadensanalyse eingesetzt werden. Die zu untersuchenden Bauteile müssen nicht wie im Rasterelektronenmikroskop (REM) vakuumfest sein. Zudem wird die Oberfläche nicht zusätzlich durch das Abtasten mit einer Diamantnadel beansprucht wie z. B. bei taktilen Messgeräten. Durch die sehr gute vertikale Auflösung können Schichteigenschaften untersucht werden (Bild 1). Abgebildet ist eine grobkristalline Diamantschicht. Die einzelnen Diamantkristalle können geometrisch vermessen werden. In Bild 2 wird ein Beispiel zur Schadensanalyse einer ca. 3 µm dicken Multilagen-Schichtabplatzung gezeigt. Es ist möglich, die Gesamtschichtdicke und auch die einzelnen Stufen zu vermessen. Bild 3 zeigt einen Ausschnitt einer 400 nm dicken Fingerstruktur. Hierbei handelt es sich um ein Mehrlagenschichtsystem von Gassensoren zur Sauerstoffmessung.

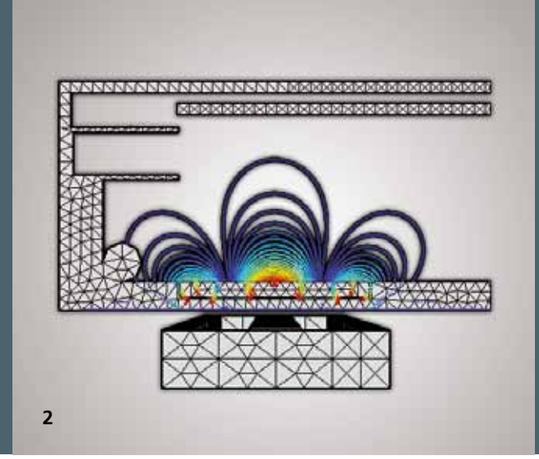
1 *Diamantschicht.*
2 *Mehrstufige Schichtabplatzung.*
3 *Sensorschicht für die Gasanalyse.*

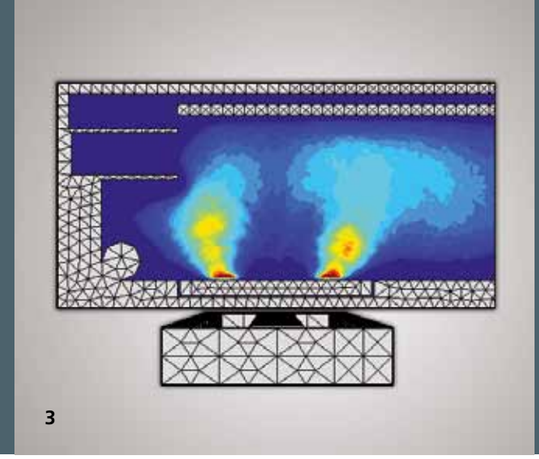
KONTAKT

Dipl.-Ing. Reinhold Bethke
Telefon +49 531 2155-572
reinhold.bethke@ist.fraunhofer.de

Antje Hipp
Telefon +49 531 2155-575
antje.hipp@ist.fraunhofer.de







PIC-MC-SIMULATION VON GASFLÜSSEN UND GASENTLADUNGEN IN PLASMAREAKTOREN

Am Fraunhofer IST wurde eine parallele Particle-in-Cell Monte-Carlo (PIC-MC) Simulationssoftware programmiert, womit sich Gasflüsse und Gasentladungen in beliebig komplexen Rechengebieten orts- und zeitaufgelöst simulieren lassen.

Zur Simulation von Gasflüssen und Gasentladungen im Niederdruck bzw. Niedertemperaturbereich ist das partikelbasierte Simulationsmodell Particle-in-Cell Monte-Carlo besonders gut geeignet, da die Dynamik von Gasen und Plasmen mittels repräsentativer Makroteilchen in einem Rechengitter simuliert wird. Innerhalb diskreter Zeitschritte werden dazu die Änderungen der Teilchenzustände in Abhängigkeit von Feld-, Wand- und Teilchenwechselwirkungen berechnet. Aus den gemittelten Teilchenzuständen ergibt sich so ein orts- und zeitaufgelöstes Abbild der makroskopischen Zustandsgrößen in einem Gas oder Plasma.

Besonderheiten der Software

Die PIC-MC-Simulationssoftware am Fraunhofer IST zeichnet sich durch ihr effizientes Parallelisierungsschema aus. Auf diese Weise können die rechen- und speicherintensiven PIC-MC-Prozesse auf beliebig viele vernetzte Rechnersysteme verteilt werden. Zusammen mit einem automatisierten Verteilungsverfahren für eine optimale Rechnerauslastung kann die PIC-MC-Simulation damit auch auf anspruchsvollere Problemstellungen mit geringem Abstraktionsgrad appliziert werden. Eine weitere Besonderheit der PIC-MC-Simulationssoftware ist ein Importfilter für »Finite-Elemente-Oberflächennetze« zur Definition beliebiger Reaktorgeometrien. Als Vernetzer wird das Programm GMSH verwendet, was die Verarbeitung kommerzieller CAD-Dateiformate ermöglicht. Die bedienerfreundliche Benutzerschnittstelle basiert auf automatisch generierten Parameterfiles. Darüber hinaus erlauben es verschiedene Multiskalenansätze, wie z. B. das Splitten von Gitterzell- und Zeitschrittweite, industrierelevante Problemstellungen, in denen Zeit- und Längenskalen über mehrere Größenordnungen variieren können, mit akzeptabler Performance zu handhaben.

Simulation am Fraunhofer IST

Das Interesse an der PIC-MC-Simulation spiegelt sich in zahlreichen Anfragen und Projekten zu diesem Thema wider, z. b. in zahlreichen Installationen der PIC-MC-Software bei Unternehmen aus der Großflächenbeschichtung. Diesem und weiterem Interesse an Simulationen im Bereich Oberflächentechnik trug das IST mit der Gründung einer eigenen Gruppe »Simulation« Rechnung. Die Kompetenzen im Überblick:

- Particle-in-Cell Monte-Carlo-Simulation
- Simulationsgestützte Auswertung oberflächenanalytischer Methoden wie Spektral-Photometrie, Ellipsometrie und Röntgenreflektometrie.
- Auswertung des Lichtstreuverhaltens in Abhängigkeit von der Oberflächenmorphologie
- Simulation der mechanischen Eigenschaften von Schichtsystemen

Ausblick

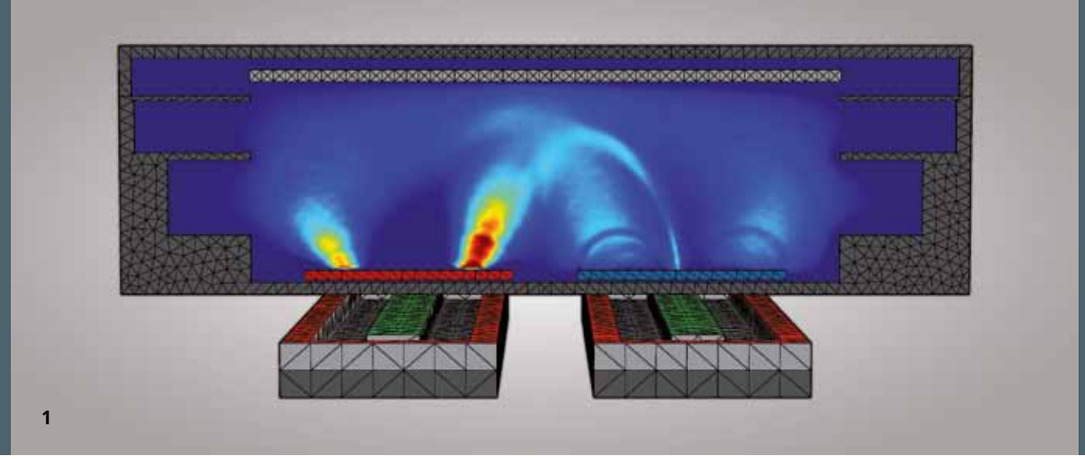
Die PIC-MC-Simulationssoftware wird kontinuierlich hinsichtlich Variabilität und Performance weiterentwickelt, dies beinhaltet neue Verfahren zur numerischen Feldberechnung, die einen Geschwindigkeitszuwachs von bis zu einer Größenordnung erwarten lassen. Zur Erschließung weiterer CPU-Ressourcen für große und komplexe Problemstellungen steht im Rahmen des BMBF-Projekts »Plasma-Technologie-Grid« (Seite 78) die Einbindung ins D-Grid unmittelbar bevor. Die Nutzung der D-Grid Rechnerkapazitäten entbindet von der Notwendigkeit, eine eigene Hochleistungs-Computing-Infrastruktur für die PIC-MC-Simulation vorzuhalten. Im Rahmen dessen wird außerdem eine browserbasierte Benutzerschnittstelle implementiert, um die Bedienbarkeit der Simulationssoftware noch komfortabler zu gestalten.

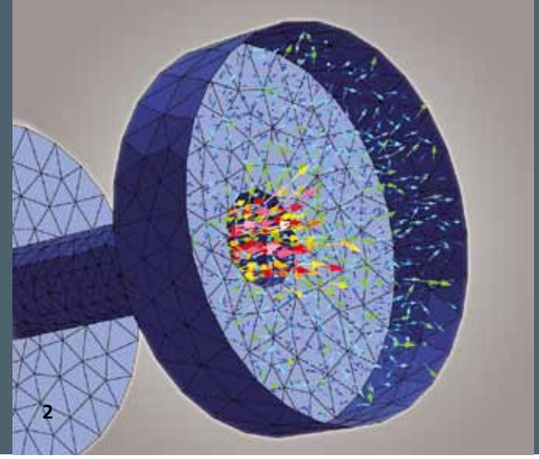
1 Aufbau einer Magnetron-Sputterkammer und deren Abbildung als »Finite Elemente Netz« im PIC-MC-Simulationsraum.
2 Isolinien der Magnetron-Magnetfeldstärke in y-Richtung.
3 PIC-MC simulierte Elektronendichteverteilung einer RF angeregten Magnetronentladung.

KONTAKT

Dipl.-Ing. Michael Siemers
+49 531 2155-521
michael.siemers@ist.fraunhofer.de

Dr. Andreas Pflug
+49 531 2155-629
andreas.pflug@ist.fraunhofer.de





PIC-MC-SIMULATION IM RAHMEN VON »PLASMA-TECHNOLOGIE-GRID«

Die Simulation komplexer Problemstellungen aus dem Bereich der Plasmabeschichtungstechnologie erfordert den Einsatz von parallelen Codes auf modernen Hochleistungsrechnern. Eine Alternative zum Kauf eigener Hardware ist die Nutzung einer GRID-Infrastruktur oder einer Computing-Cloud. Die am Fraunhofer IST für Niederdruckgasflüsse und Gasentladungen entwickelte Particle-in-Cell Monte-Carlo (PIC-MC) Simulationssoftware wird derzeit im Rahmen des BMBF-Projekts »Plasma-Technologie-Grid« für die Nutzung im D-GRID portiert. Durch Einsatz neuester Parallelisierungstechniken und optimierter Berechnungsmodule konnte die Performance um bis zu 50 Prozent gesteigert und die Handhabung des Codes wesentlich vereinfacht werden.

Beschreibung

Die fortschreitende Hochskalierung industrieller Fertigungslinien erfordert Verbesserungen sowohl im Durchsatz als auch in der Präzision von Beschichtungsanlagen. Durch die zunehmende Größe und Komplexität dieser Anlagen wird deren Weiterentwicklung mit Hilfe rein experimenteller Methoden erschwert. Hier setzen Simulationsverfahren an, mit denen ein detailliertes Verständnis komplexer Plasma-Beschichtungsprozesse erarbeitet und die Anzahl teurer Prototypen reduziert werden kann. Im Rahmen des vom INP-Greifswald koordinierten BMBF-Projekts »Plasma-Technologie-Grid« wird im Verbund mit neun geförderten Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung eine Plasma-Modellierungs-Plattform innerhalb der D-Grid-Infrastruktur etabliert (www.pt-grid.de). Das Fraunhofer IST trägt hierzu mit einer Portierung der eigens entwickelten Particle-in-Cell Monte-Carlo Simulationsumgebung für Niederdruck-Plasmabeschichtungsprozesse bei. Ziel ist es, neben der Erschließung großer Hardware-Ressourcen ein webbasiertes Service-Portal aufzubauen, um kleinen und mittelständischen Unternehmen den Einstieg in die Welt der Plasma-Modellierung zu ermöglichen. Der Vorteil: langwierige Einarbeitungszeiten sowie Investitionen in Hochleistungsrechner entfallen.

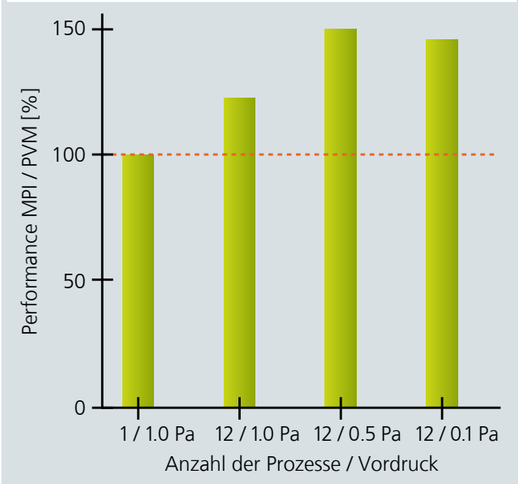
Portierung der PIC-MC-Softwareumgebung

Zur Vereinfachung der Installation auf externer Rechner-Hardware und zur besseren Anbindung an eine Grid-Engine wurde die PIC-MC-Simulationssoftware im Rahmen von PT-Grid auf die Parallelisierungsumgebung OpenMPI portiert. Neben verbesserter Kompatibilität konnten hierdurch Netzwerk-Latenzen verringert und Performance-Steigerungen von bis zu 50 Prozent erzielt werden. Dies betrifft insbesondere Rechnungen bei niedrigen Drücken und hohem Kommunikationsanteil (Grafik und Bild 2). Darüber hinaus wurde im Zuge dieser Portierung die Parallelisierung und Performance der Feldberechnungsmodule wesentlich verbessert. Die Validierung der portierten Version anhand von Test-Cases wie z. B. das in Bild 1 gezeigte Modell eines bipolaren Magnetron-Sputterprozesses ist abgeschlossen. Zwischen bisheriger und neuer Version gibt es keine signifikanten Unterschiede in den Rechenergebnissen.

Ausblick

Im nächsten Schritt wird eine webbasierte Benutzeroberfläche implementiert. Der Benutzer soll lokal ein CAD-Modell der Reaktor-Geometrie erstellen und eine vernetzte Repräsentation auf ein Web-Portal hochladen. Das Web-Portal generiert daraufhin entsprechend der in der Geometrie enthaltenen Flächentypen Eingabemasken für die Simulationsparameter und erlaubt eine ferngesteuerte Bedienung und Ablaufkontrolle der Simulation. Die Endergebnisse können abgerufen und lokal mit weiteren Postprocessing-Tools nachbearbeitet werden. Auf diesem Weg sollen eine Auseinandersetzung des Anwenders mit Skriptsprachen und anderen Programmierumgebungen vermieden und die Einstiegshürden für die Anwendung der Simulationssoftware reduziert werden.

Benchmark der PIC-MC-Strömungssimulation (Bild 2) vor und nach der Portierung. Bei hoher Kommunikationslast skaliert die neue, auf MPI portierte Version wesentlich besser.

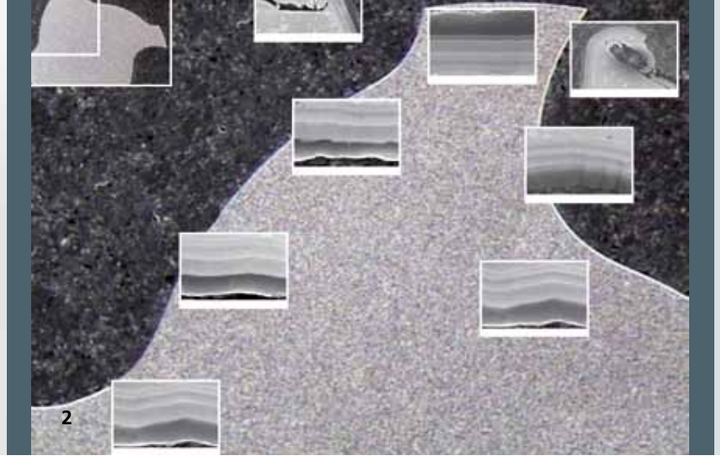


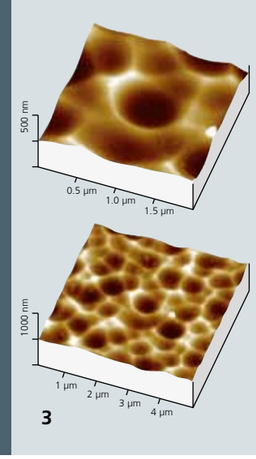
1 PIC-MC-Simulation eines 2-D-Modells einer Magnetron-Beschichtungsanlage. Die Simulation wurde mit der auf MPI portierten PIC-MC-Simulationsumgebung durchgeführt.

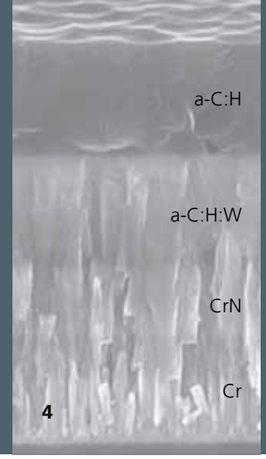
2 Rohrströmungsgeometrie zum vergleichenden Benchmark der PIC-MC-Strömungssimulation (siehe auch Grafik).

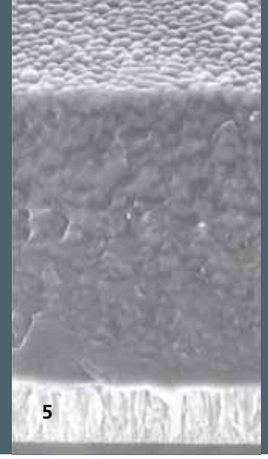
KONTAKT

Dr. Andreas Pflug
Telefon +49 531 2155-629
andreas.pflug@ist.fraunhofer.de









MAGNETRON-SPUTTERVERFAHREN ZUR ABSCHEIDUNG HARTER UND VERSCHLEISSFESTER DLC-SCHICHTEN

DLC-Beschichtungen sind industriell weit verbreitet. Für weitere Leistungssteigerungen in tribologischen Paarungen sind härtere und verschleißfestere DLC-Beschichtungen notwendig. Großes Potenzial zeigt die Schichtabscheidung mit modifizierten Magnetron-Sputterverfahren.

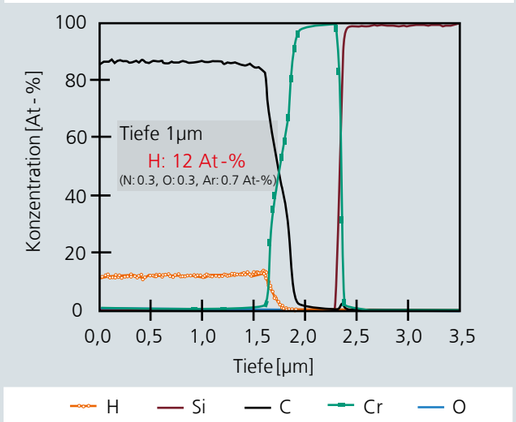
DLC-Schichten

Diamond-like-Carbon-Schichten (DLC) kombinieren viele interessante und außergewöhnliche Eigenschaften, wie z. B. hohe Härte, hohe Verschleißfestigkeit und niedrige Reibwerte. Deshalb bieten DLC-Schichten ein hohes Potenzial als Beschichtung für tribologische Anwendungen. In vielen industriellen Anwendungen werden DLC-Beschichtungen heute bereits eingesetzt, z. B. in der Automobilindustrie, im Maschinenbau oder bei Werkzeugen. Aufgrund der relativ geringen Abscheidetemperaturen (< 200 °C) können viele Bauteile ohne Überschreiten der Anlasstemperaturen beschichtet werden. DLC-Schichten bestehen aus einem Netzwerk von sp^2 und sp^3 gebundenen Kohlenstoffatomen und Wasserstoff. Harte DLC-Schichten (Plastische Universalhärte HUplast ≥ 30 GPa) stehen unter hohen Druckeigenspannungen, die die Haftung der Schichten oft negativ beeinflussen und damit die Anwendung der Schichten limitieren. Industriell werden DLC-Schichten (a-C:H-Schichten) meistens mittels PACVD-Verfahren hergestellt. Eine relativ neue Entwicklung ist die Deposition mittels reaktiver Magnetron-Sputterverfahren mit Graphittargets. Für die so hergestellten a-C:H-Schichten wurde die Bezeichnung C-DLC eingeführt. Diese Technik eignet sich dazu, höhere Schichthärten zu realisieren oder modifizierte DLC-Schichten auf verschiedensten Zwischenschichten abzuscheiden und damit dem Trend zu höherer Härte, Haftfestigkeit und Temperaturbeständigkeit zu folgen.

C-DLC mit Booster und Puls-Magnetron-Sputtern

Booster-Technologie bezeichnet hier die Unterstützung des UBM-Effektes (Unbalanced Magnetron) durch zusätzliche elektromagnetische Spulen. Dies führt zu einer Erhöhung der Ionendichte im Bereich der Substrate. Mit dieser Technik lassen sich C-DLC-Schichtsysteme mit Härten > 40 GPa abscheiden. Der Wasserstoffgehalt der DLC-Schichten korreliert bei diesem Verfahren mit der Schichthärte und liegt bei den genannten Härten im Bereich von 10 At %, im Gegensatz zu kommerziellen DLC-Schichten (ca. 15–20 At %). Durch höhere Reaktivgasflüsse (C_2H_2) lassen sich höhere Beschichtungsraten realisieren und damit die Wirtschaftlichkeit der Prozesse steigern. Das Puls-Magnetron-Sputtern ohne Booster-Unterstützung bietet ähnliche Vorteile. Auch bei dieser Technik wird die Ionendichte erhöht und durch den Puls-Betrieb der Targets sind hohe Reaktivgasflüsse und damit Beschichtungsraten möglich.

Spektrum Filter.



Prozessoptimierung für Bauteile, Werkzeuge und Entwicklung modifizierter C-DLC-Schichten

Ein Vorteil der PVD-Abscheidung ist die Nutzung verschiedener Zwischenschichtsysteme und ein gradueller Übergang zur DLC-Schicht. Durch diese hohe Flexibilität können angepasste Zwischenschichtsysteme entwickelt und appliziert werden, die trotz hoher Druckspannungen der DLC-Schichten eine sehr gute Haftung und Funktion, auch unter zyklischer Belastung, gewährleisten. Aktuell erfolgt die Schichtsystem- und Prozessentwicklung von C-DLC-Schichtsystemen hinsichtlich optimaler Anlagenbeladung und hoher Schichthärte > HV 4000 auf Komponenten unterschiedlicher Geometrien. Darüber hinaus werden am Fraunhofer IST mittels D.C. oder Puls-Magnetron-Sputtertechnik C-DLC-Schichten mit weiteren Atomen dotiert, um z. B. die Reibung zu reduzieren oder höhere Einsatztemperaturen zu erreichen. Erste Versuchsreihen weisen bereits darauf hin, dass reaktives Sputtern von Si-haltigen Targets mit Acetylen ein aussichtsreiches Verfahren sein kann.

Ausblick

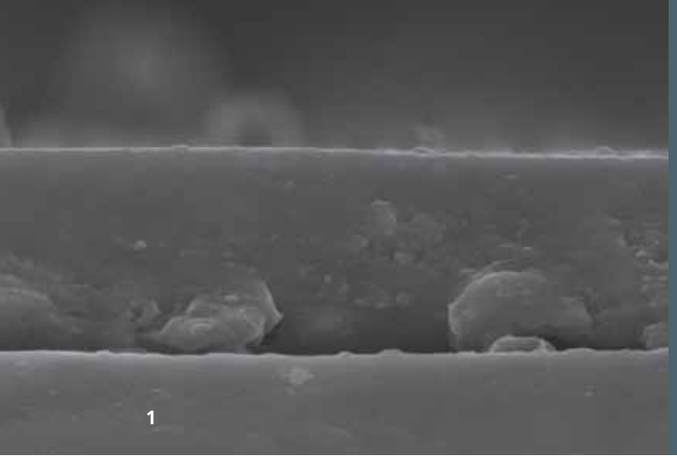
Die weiteren Entwicklungsarbeiten am Fraunhofer IST sind auf höhere Raten, Dotierung mit verschiedenen Elementen wie Bor, Stickstoff oder Silizium zur Modifizierung des Benetzungsverhaltens und der Oberflächenenergien sowie höhere Temperaturbeständigkeiten der Schichten gerichtet.

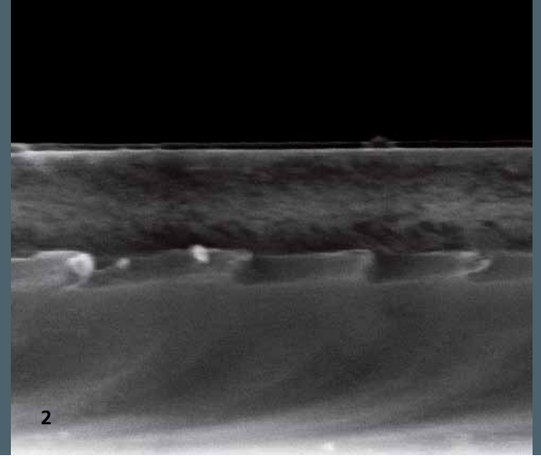
1 Foto eines Fräsers mit C-DLC-Schichtsystem.
2 Mikroskopaufnahmen des beschichteten Fräsers im Querschliff (inkl. REM-Detailaufnahmen).
3 Zwei AFM-Bilder der Oberfläche des C-DLC-Schichtsystems (»Dimpled-Surface«).
4 REM-Bruchbild eines C-DLC-Schichtsystems.
5 REM-Bruchbild einer gesputterten a-C:H:Si-Schicht.

KONTAKT

Dr. Klaus Bewilogua
Telefon +49 531 2155-642
klaus.bewilogua@ist.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Martin Keunecke
Telefon +49 531 2155-652
martin.keunecke@ist.fraunhofer.de





DICHTE ISOLATIONSSCHICHTEN MITTELS MODULIERT GEPULSTEM SPUTTERN (MPP)

Moduliertes Pulsplasma (MPP) ist eine Technologie zur gepulsten hochionisierten Plasmaabscheidung. Bei diesem Verfahren kann innerhalb eines Makropulses Einfluss auf die Ionisierung des Plasmas genommen werden, so dass verbesserte Schichteigenschaften im Vergleich zu herkömmlichen Sputterverfahren erzielt werden, bei gleichzeitig höheren Abscheideraten gegenüber HiPIMS-Prozessen.

MPP – Sputtertechnologie

Beim Modulated Pulse Plasma (MPP) handelt es sich um einen alternativen Ansatz zu der seit einigen Jahren intensiv untersuchten HiPIMS-Technologie. Im Gegensatz zum HiPIMS, das einzelne Mikropulse verwendet, wird beim MPP mit Makropulsen gearbeitet, die aus mehreren Pulssegmenten bestehen. Durch eine Veränderung der ton- und toff-Dauer der einzelnen Pulssegmente können innerhalb des Makropulses unterschiedlich hohe Spannungen am Target angelegt werden. Innerhalb eines Makropulses ist es so möglich, eine nieder- und eine hochionisierte Phase zu realisieren. Die niederionisierte Phase dient in erster Linie dem Zünden und Stabilisieren des Plasmas. Die Dauer der hochionisierten Phase beträgt beim reaktiven Sputtern ca. 30 Prozent des Makropulses. Charakteristische Werte für einen MPP-Prozess sind Spitzenleistungen bis zu einigen 100 W/cm², mittlere Leistungen bis 20 kW und eine Makropulsdauer von bis zu 3000 Mikrosekunden (µs).

MPP – Prozessführung

Um das Plasma zu stabilisieren, sowie eine glasartige Schicht herzustellen, ist es nötig, eine geeignete Abfolge von Pulssegmenten innerhalb eines Makropulses zu erstellen. So kann der Anstieg der Spannung beim Zünden des Plasmas sowie beim Übergang von der nieder- in die hochionisierte Phase gezielt begrenzt werden. Durch die niederionisierte Phase und den begrenzten Anstieg der Spannung wird das Target optimal auf die hochionisierte Phase vorbereitet. Bei industriell relevanten Abscheideraten kann so eine höhere Schichtqualität erreicht werden.

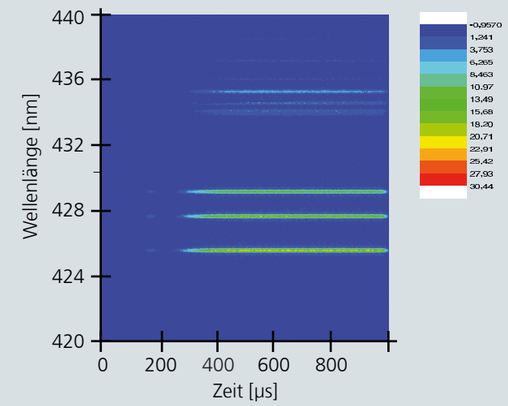
Aluminiumoxidschichten als Isolationsschichten

Aluminiumoxidschichten (Al_2O_3) als elektrische und chemische Barriereschichten werden üblicherweise durch reaktives Sputtern vom metallischen Target hergestellt. Gegenüber konventionellen Sputtertechnologien ergeben sich beim MPP-Sputtern Verbesserungen in der Abscheiderate, der Struktur sowie der Durchschlagsfestigkeit. Die Abscheiderate liegt im Bereich vergleichbarer, geregelter Mittelfrequenzprozesse. Im Gegensatz zum üblichen kolumnaren Wachstum entsteht hier eine dichtere glasartige Schicht. Bei gleicher Stöchiometrie lässt sich mit einem glasartigen Schichtaufbau die Durchschlagfestigkeit um den Faktor 2–4 steigern.

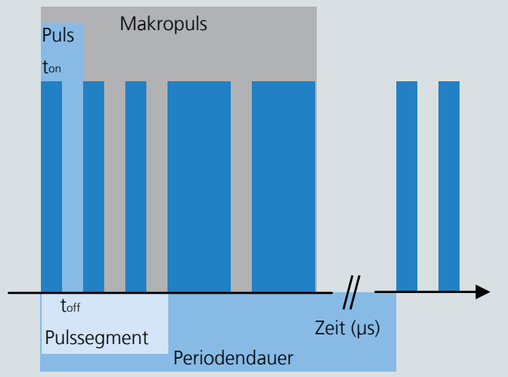
Ausblick

Modulated Pulse Plasma ermöglicht einen Prozess mit optimierten Schichteigenschaften. Gegenüber dem Hochfrequenzsputtern (RF), Stand der Technik für industrielle Prozesse zur Abscheidung von Aluminiumoxid, lässt sich mit dem MPP-Sputtern die Schichtabscheiderate um etwa Faktor 10 steigern. Durch die optimierten Schichteigenschaften ist es möglich, die Schichtdicke zu verringern und die Prozessdauer weiter zu verkürzen.

Aufbau eines MPP Pulsmusters, OES-Aufnahme eines MPP-Pulses.



Aufbau eines MPP Pulsmusters.



1 *REM Aufnahme einer MPP-Schicht.*
2 *REM Aufnahme einer konventionellen Schicht.*

KONTAKT

Dr. Ralf Bandorf
Telefon +49 531 2155-602
ralf.bandorf@ist.fraunhofer.de

1 *Q-Plas E-Learning am PC.*

Q-PLAS – EIN NEUES WEITERBILDUNGS-ANGEBOT MIT PRAKTISCHER AUSBILDUNG

Die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der Plasmatechnik erlauben es, Produkteigenschaften weiterzuentwickeln und zu verbessern oder auch ganz neue Produktlösungen zu verwirklichen. Obwohl die Plasmatechnik sehr gut erforscht ist und die zugehörigen Verfahren ausgereift sind, nutzen bislang nur wenige Unternehmen die Möglichkeiten zur Erlangung von Wettbewerbsvorteilen und zur Erschließung neuer Märkte. Ursachen hierfür sind meist mangelnde Kenntnisse über die Möglichkeiten der Plasmatechnik sowie falsche Vorstellungen über die Anforderungen, die mit ihrem Einsatz in der industriellen Fertigung verbunden sind.

Durch Plasmatechnik werden das Qualitätsniveau, die Funktion vieler Produkte und die Verfahren maßgeblich geprägt. Viele moderne Produkte sind ohne Plasmatechnik nicht denkbar, z. B. CDs, Blue-Rays, DVDs Festplatten, entspiegelte und kratzfeste Brillengläser, Wärmedämmschichten und Entspiegelungen auf Fensterscheiben und LCD-Fernsehgeräte. Auch bei vielen anderen Anwendungen bietet die Plasmatechnik hervorragende Lösungen.

Das Problem

Bislang nutzen nur wenige Unternehmen die Möglichkeiten der Plasmatechnik zur Erlangung von Wettbewerbsvorteilen und zur Erschließung neuer Märkte. Ursachen hierfür sind meist mangelnde Kenntnisse über die Möglichkeiten der Plasmatechnik oder falsche Vorstellungen über die Anforderungen, die mit ihrem Einsatz in der industriellen Fertigung verbunden sind. Es existieren keine geeigneten umfassenden Angebote, bei denen z. B. Technikern oder FH-Ingenieuren ein technologisches Basiswissen sowohl in den ingenieurwissenschaftlichen als auch in den plasmaphysikalischen Bereichen vermittelt wird.

Die Lösung

Mit Q-Plas, einer vom BMBF geförderten Qualifizierungsinitiative, die unter Federführung des Fraunhofer IST Braunschweig konzipiert wurde, gibt es nun ein Angebot, das Unternehmen, insbesondere KMU, den Einstieg in die Plasmatechnik erleichtert. Den Unternehmen wird die Möglichkeit geboten, Wissen zu erwerben, das eine fundierte Beurteilung der Einsatzmöglichkeiten und Potenziale der Plasmatechnologie im eigenen Geschäftsfeld ermöglicht. Q-Plas ist ein Konzept, das Präsenzveranstaltungen (Laborpraktika) und virtuelles Lernen (E-Learning) kombiniert.

Workshop für Entscheidungsträger

Mit dem Workshop für Entscheidungsträger werden alle innovationsbegeisterten Entscheider und interessierte potenzielle Plasmatechnologie-Anwender angesprochen, die sich zum Thema Plasma einen schnellen Überblick verschaffen möchten. Die Teilnehmer lernen anhand von vielen Beispielen, das große Potenzial der Plasmatechnik kennen. Im November 2009 fand am Fraunhofer IST der erste Workshop statt. Zahlreiche Interessenten aus unterschiedlichen Industriezweigen informierten sich über die Möglichkeiten, die Q-Plas ihnen bieten kann.

E-Learning und praktische Ausbildung

Das E-Learning ist modular aufgebaut, Lerninhalte können individuell kombiniert werden. Ein Tutor begleitet den Lernenden über die gesamte Dauer des E-Learnings. Die Zielgruppe sind Facharbeiter, Techniker und Ingenieure, die sich Grundwissen für die praktische Arbeit aneignen möchten. Die Teilnehmer der Laborpraktika können in dreitägigen Präsenzveranstaltungen direkt an realen Anlagen Einblicke in die Prozesse und die praktische Arbeit erhalten sowie ihr erarbeitetes Wissen aus dem E-Learning anwenden und vertiefen. Konkrete Problemstellungen werden gemeinsam diskutiert und die erarbeiteten Lösungen praktisch umgesetzt.

Umsetzung und Start

Die Qualifizierungsinitiative wurde in Zusammenarbeit mit dem Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie INP Greifswald, dem Forschungszentrum für Mikrostrukturtechnik FMT der Universität Wuppertal und der Ruhr-Universität Bochum ins Leben gerufen. Die VDI Technologiezentrum GmbH unterstützt und begleitet das Projekt als Projektträger. Zurzeit befindet sich Q-Plas in der Zertifizierungsphase. Ab Mitte 2010 wird Q-Plas für alle Interessenten nutzbar sein.

KONTAKT

Dipl.-Ing. Marko Petrik
Telefon +49 531 2155-509
marko.petrik@ist.fraunhofer.de

NAMEN, DATEN, EREIGNISSE 2009

Auch im Jahr 2009 präsentierte sich das Fraunhofer IST wieder auf verschiedenen Plattformen. Hier finden Sie eine Übersicht der wichtigsten Ereignisse und Aktivitäten des Jahres 2009:

- Messen und Konferenzen
- Workshops
- Ausstellungen und Institutsbesuche
- Auslandsreisen
- Gremientätigkeit
- Preise und Ehrungen

MESSEN UND KONFERENZEN

SVC 2009
Santa Clara, 9. - 14. Mai, 2009. Eine Kawasaki Ninja bildete das Zentrum des Fraunhofer IST Standes auf der 52. Konferenz der Society of Vacuum Coaters (SVC). Anwendungen der Schicht- und Oberflächentechnik rund um das Motorrad wie z. B. tribologische Schichten, Entwicklungen im Bereich photokatalytisch aktiver und optischer Schichten sowie der Großflächenbeschichtung bildeten den Schwerpunkt der Institutspräsentation. Auch die Beiträge zur Patentdatenbank »DataPlas« und Simulation in der Schicht- und Oberflächentechnik fanden regen Anklang.

Hannover Messe 2009
Hannover, 20. - 24. April 2009. Das Fraunhofer IST präsentierte sich gemeinsam mit der Fraunhofer-Allianz Photokatalyse, dem Fraunhofer-Projekt MAVO METCO, dem Fraunhofer IWM und dem Kompetenznetz INPLAS e.V. auf dem Gemeinschaftsstand der Fraunhofer-Gesellschaft der alle zwei Jahre stattfindenden Leitmesse zur Oberflächentechnik »Surface Technology«. Rund um einen Rennwagen, zeigten Wissenschaftler Praxisbeispiele aus der Schicht- und Oberflächentechnik. Schwerpunktthemen waren Dünnschichtsensorik, tribologische Beschichtungen auf Bauteilen und Werkzeugen sowie Anwendungen der Glas- und Kunststoffbeschichtung. Am Rennwagen selbst zeigte die Gruppe Mikro- und Sensortechnik des Fraunhofer IST in einem nachgestellten Boxenstopp eine intelligente Unterlegscheibe zur Messung der Spannkraft von Schraubverbindungen. Die mit der piezoresistiven Sensorschicht DiaForce® beschichtete Unterlegscheibe ermöglicht eine einfache Diagnose über die Festigkeit der Schraubverbindung. Auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand Adaptronik sowie dem Hauptstand der Fraunhofer-Gesellschaft zeigten Wissenschaftler des Fraunhofer IST, wie adaptronische und sensorische Bauteile durch den Einsatz neuer Materialsysteme noch kostengünstiger werden. Auf dem Gemeinschaftsstand Simulation präsentierte das IST neueste Ergebnisse zum Thema Simulation in der Produkt- und Prozessentwicklung.

PVSEC 2009
Hamburg, 21. - 25. September 2009. Auf der 24. Europäischen Solarenergiekonferenz PVSEC in Hamburg stellte das Fraunhofer IST im Rahmen des Fraunhofer-Projekts MAVO METCO transparent leitfähige Schichten für unterschiedliche Photovoltaik- und Heizschichtanwendungen auf der begleitenden technischen Fachausstellung aus.

Produktronica 2009
München, 10. - 13. November 2009. Auf der 18. Weltleitmesse für innovative Elektronikfertigung präsentierte sich das Fraunhofer IST auf dem Gemeinschaftsstand »Forschungsvereinigung Räumliche Baugruppen 3-D MID e.V.«. Gezeigt wurden unter anderem intelligente Unterlegscheiben, Dünnschichtsensorik, Pneumatikzylinder mit codierter Beschichtung, flexible Schaltungsträger und Sputter-Dehnungsmessstreifen zur Lagerüberwachung.

TCO-Fachtagung von OTTI
Neu-Ulm, 30. September - 2. Oktober 2009. Das Fraunhofer IST war in Neu-Ulm auch auf der dritten OTTI-Fachtagung mit dem Schwerpunkt »Transparente leitfähige Schichten (TCO)« vertreten. Auf der begleitenden technischen Ausstellung zeigte das Fraunhofer IST neueste Entwicklungen für die industrielle Oberflächentechnik unter anderem im Bereich der elektrisch leitfähigen Kontaktschichten.

Glas und Solar - Fachtagung von OTTI
Jena, 28. - 29. Oktober 2009. Auf der ersten OTTI-Fachtagung zum Thema Glas und Solar präsentierte das Fraunhofer IST sein weitreichendes technologisches Know-how von der Herstellung bis zur Anwendung rund um das Thema Glas und Solar.

Glass Performance Days 2009
Tampere, 12. - 15. Juni 2009. Das Fraunhofer IST nahm gemeinsam mit dem Fraunhofer-Projekt MAVO METCO an der begleitenden Ausstellung »Glass Expo« der Glass Performance Days GPD in Tampere teil. Vier Tage lang stellte sich das Institut unter anderem mit einer Heizschicht auf einem Glasrohr, einer Gasflussputterquelle, einem dikroitischen Filter, einer transparenten Solarzelle, verschiedenen p-TCOs und einem beschichteten und nachträglich gebogenen Glas dem internationalen Publikum vor.

Eröffnung »Haus der Wissenschaft«
Braunschweig, 18. Mai 2009. Bei der Eröffnung des »Haus der Wissenschaft« war das Fraunhofer IST auf der begleitenden Ausstellung vertreten und präsentierte mit einem Automotor und verschiedenen Motorteilen Anwendungen der Schicht- und Oberflächentechnik im Bereich Automobil.

WING-nano.DE.2009
Ulm, 1. - 3. April 2009. Zum Thema »Rohstoff für Innovationen« der BMBF-Konferenz war die Gruppe Mikro- und Sensortechnologie des Fraunhofer IST mit einem Beitrag zum BMBF-geförderten Projekt »SenWerkum«vertreten.

RETECZA
Kwa Maritane, Pilanesberg, Südafrika, 22. – 24. Juni 2009. Das Fraunhofer IST nahm an der Gründungsveranstaltung und 1. Konferenz der RETECZA Initiative teil. Im Rahmen eines »Resource Driven Technology Concept Centre« sollen kostengünstige und autonome Lösungen für den Hausbau, Infrastruktur sowie für Fahrzeuge, die für den Einsatz in abgelegenen Regionen Südafrikas geeignet sind, entwickelt werden. An dieser Konferenz nahmen außer den südafrikanischen Gastgebern Experten aus den USA, Schweden, Italien und Deutschland teil. Das Fraunhofer IST wird hier seine Expertise auf dem Gebiet der »Wasserbehandlung mit Diamantelektroden« einbringen. Eine direkte Kooperation ist mit der TUT Tshwane Technical University in Pretoria geplant.

Fraunhofer »TRAVELLING WATER CONFERENCE«
China, November 2009. Im Rahmen der ersten »Fraunhofer Travelling Conference«, die von der Abteilung Business Development der Fraunhofer-Gesellschaft organisiert worden war präsentierten sechs Institute ihre Kompetenz rund um das Thema »Wasser« in chinesischen Metropolen wie unter anderem in Peking, Shanghai oder Ningbo. Auch hier brachte das Fraunhofer IST seine Expertise zur »Wasserbehandlung mit Diamantelektroden« ein.

WORKSHOPS

18. Treffen des Industrie-Arbeitskreises »Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe«
Berlin, 25.–26. März 2009. Im März fand der Industrie-Arbeitskreis (IAK) »Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe« am Produktionstechnischen Zentrum (PTZ) in Berlin statt. Hier wurden einmalig die bisher einzeln organisierten Industrie-Arbeitskreise »Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe«, »Keramikbearbeitung«, »Werkzeugmaschinen« (»Berliner Runde«), »Trockeneisstrahlen und Abtragen« sowie »Mikroproduktionstechnik« in einer gemeinsamen Veranstaltung zum Berliner Industrie-Arbeitskreis (BIAK) zusammen geführt. Mit über 200 Teilnehmern aus verschiedensten kleinen und mittelständischen Unternehmen sowie Konzernen aus ganz Deutschland, Österreich, Luxemburg und der Schweiz waren die Plenarvorträge am ersten Tag und die speziellen Workshops am zweiten Tag sehr gut besucht.

19. Treffen des Industrie-Arbeitskreises »Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe«
Berlin, 29. September 2009. Auf dem September-Treffen des IAK »Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe« am Produktionstechnischen Zentrum (PTZ) in Berlin standen unter anderem diese Themen im Mittelpunkt: Eigenspannungen CVD-diamantbeschichteter Werkzeuge, PVD-Schichten für Wälzfräswerkzeuge, Kleinserienzerspanung von CFK-Bauteilen, Innenkühlung von Zerspanwerkzeugen sowie Magnetfinish als eine alternative Oberflächentechnik.

1. Workshop für Entscheider - Q-Plas
Braunschweig, 12. November 2009. Unter dem Motto »Mit Plasmatechnik zu neuen Produkten« waren alle innovationsbegeisterten Entscheider und interessierte potentielle Plasmatechnologie-Anwender, die sich zu den Themen Plasmatechnologie und Möglichkeiten der Weiterbildung im Bereich Plasmatechnologie einen Überblick verschaffen wollten ins Fraunhofer IST eingeladen. Organisiert wurde der Workshop von dem vom BMBF geförderten Weiterbildungsangebot Q-Plas.

PREISE

Wissenschaftler des Fraunhofer IST erhielten den Technologietransferpreis 2009 der IHK Braunschweig
Für ihre erfolgreichen Arbeiten zu Entwicklung, Anwendung und Transfer des Werkstoffverbundes Diamantbeschichtete Keramiken – DiaCer® für keramische Dichtungen wurden Dr. Lothar Schäfer und Dr. Markus Höfer mit dem mit 10.000 Euro dotierten Technologietransferpreis 2009 der IHK Braunschweig ausgezeichnet. Aufbauend auf ihren Forschungsergebnissen führten sie in enger Zusammenarbeit mit den Firmen EagleBurgmann Germany GmbH & Co. KG und Condias GmbH die Idee keramischer Gleitringdichtungen bis zur Produktionsreife. Unter dem Markennamen DiamondFaces® werden die auf dem Markt bisher einzigartigen Dichtungen von EagleBurgmann weltweit vertrieben.

Durch Kombination der zwei Werkstoffe werden die extremen Eigenschaften von Diamantschichten mit den Vorteilen keramischer Grundkörper verknüpft. Die von den Forschern entwickelten diamantbeschichteten Dichtungen zeichnen sich in der Anwendung insbesondere durch maximalen Verschleißschutz und niedrige Reibwerte unter höchsten Beanspruchungen aus, wodurch sich die Lebensdauern der Dichtungen erheblich verlängern. »Pumpen in schwierigen Einsatzgebieten wie der Erdölförderung leiden oft unter starkem Verschleiß durch Gesteinspartikel, die in den Dichtspalt geraten. Akzeptabe Standzeiten werden hier erst mit diamantbeschichteten Gleitringdichtungen erreicht«, erklärt Lothar Schäfer. Durch die Abscheidung einer nur wenige Mikrometer dicken Diamantschicht auf dem keramischen Dichtungsgrundkörper entsteht ein neuer Hochleistungs-Werkstoffverbund »Diamantbeschichtete Keramik DiaCer®«. Weder Schmiermittelmangel noch in den Dichtspalt eindringende Partikel, können den diamantveredelten Dichtungen etwas anhaben. »Die Anwendung stellt höchste Anforderungen an die Präzision unserer Beschichtungstechnologie, denn die Ebenheiten der Gleitflächen dürfen sich maximal um wenige 100 Nanometer verändern«, erläutert Dr. Markus Höfer. Damit wurde ein extrem leistungs- und international wettbewerbsfähiges Produkt realisiert, dass von Branchenkennern als eine dichtungstechnische Durchbruchsinnovation angesehen wird, die bereits mit zwei internationalen Produktpreisen prämiert wurde.

Mit dem Technologietransferpreis der Industrie- und Handelskammer Braunschweig werden jährlich Wissenschaftler und neuerdings auch Unternehmer für ihren vorbildlichen Einsatz und ihr hohes persönliches Engagement in der transferorientierten Forschung geehrt.

1 *Von links: IHK Präsident Dr. Wolf-Michael Schmid, Dr. Markus Höfer, Dr. Lothar Schäfer, Juryvorsitzender Prof. Werner Gramm.*

EREIGNISSE

Mädchen-Zukunftstag am Fraunhofer IST
Auch 2009 hieß es im Fraunhofer IST wieder: Mädchen unter sich. Für die acht Teilnehmerinnen des Girls'Days stand das Erproben ihrer technischen Fähigkeiten im Vordergrund, als sie in Reinraumkleidung Mikrostrukturen im Gelblichtlabor herstellten. Mittels Fotolithografie und anschließender nasschemischer Ätzung wurden dekorative Bilder in eine Chromschicht strukturiert. Die hergestellten Designs untersuchten die Mädchen danach mit Lichtmikroskopen und Profilometern. Innerhalb eines Tages durchliefen die Schülerinnen so die Prozesskette, die für die Mikrotechnologie typisch ist. »Es ist erstaunlich, mit wie viel Interesse die Schülerinnen diese anspruchsvollen Aufgaben gemeistert haben. Wir hoffen sehr, in Zukunft einige von ihnen als Mitarbeiterinnen hier am Institut wieder zu sehen«, so die Beauftragte für Chancengleichheit des Instituts, Saskia Biehl, über das Engagement der Teilnehmerinnen.

Der Niedersächsische Wissenschaftsminister zu Besuch am Fraunhofer IST
Im Mai 2009 war der niedersächsische Minister für Wissenschaft und Kultur Lutz Stratmann zu Besuch im Fraunhofer IST. Der Wissenschaftsminister reiste persönlich an, um sich über die neuesten Forschungsergebnisse des Instituts zu informieren.

Fraunhofer IST neu im Vorstand der Deutschen Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung DFO
Auf der Mitgliederversammlung der Deutschen Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung e. V. wurde Wolfgang Diehl, stellvertretender Leiter des Fraunhofer IST, als neues Mitglied in den Vorstand der DFO gewählt.

Fraunhofer IST im Board of Directors der SVC
Der stellvertretende Institutsleiter des Fraunhofer IST, Wolfgang Diehl, wurde 2009 als Repräsentant des Fraunhofer IST in das Board of Directors der Society of Vaccuum Coaters SVC gewählt. Mit der Wahl ist das Fraunhofer IST in einer der einflussreichsten internationalen Gesellschaften für Oberflächenbeschichtung vertreten.

Fraunhofer-Truck auf dem Braunschweiger Kohlmarkt
Braunschweig, 28. März 2009. Spannend, visionär und offen für alle: Der Fraunhofer-Truck machte Halt in Braunschweig. Einen ganzen Tag lang zeigte das Fraunhofer IST gemeinsam mit dem WKI High-Tech-Oberflächen zum »Anfassen«. Präsentiert wurden funktionale Oberflächen für den Architektur- und Automobilbereich, die Energie sparen, wie z. B. transparente und elektrisch leitfähige Beschichtungen, die Wärmedämmschichten auf Glas ermöglichen, so dass die Wärme im Winter drinnen und im Sommer draußen bleibt. Ein durch Stickstoff angetriebenes Pendel, das den Vorteil von reibungsarmen Beschichtungen z. B. im Motor veranschaulichte. So wurde Zukunft für jeden erlebbar.

Parlamentarischer Abend 2009 - »Potenziale der Plasmatechnik«
In der Fraunhofer-Repräsentanz Berlin fand am 18. März der erste Parlamentarische Abend des Kompetenznetzes INPLAS e.V. zum Thema Plasmatechnik statt. Ziel war es, die breiten und oft noch ungenutzten Anwendungs- und Zukunftspotenziale dieser Querschnittstechnologie einem breiten hochkarätigen Publikum aus Politik, Wirtschaft, Industrie und Wissenschaft vorzustellen. Edelgard Bulmahn, Mitglied des Bundestages und ehemalige Bundesforschungsministerin, gab in ihrer Rede einen Überblick über die bisherigen Anwendungen des Plasmas und zeigte Zukunftsvisionen auf. Ein für den Abend produzierter Film machte deutlich, wie vielschichtig die Plasma-Oberflächentechnik bereits eingesetzt wird - von der Automobilbranche, Luft- und Raumfahrt über Optik, Medizin- und Pharmaindustrie, Informationstechnologie, Energie- und Umwelttechnik bis hin zum Maschinenbau und zur Herstellung von Werkzeugen. Auf der begleitenden Industrieausstellung »Plasma leuchtet ein« präsentierte sich auch das Fraunhofer IST und bot mit einem Automotor, verschiedenen Motorteilen und beschichteten Turbinenschaufeln spannende Einblicke in Anwendung und Praxis der Plasmatechnik in der Schicht- und Oberflächentechnik.

Mitarbeit in Gremien

Bandorf, R.: Forschungsvereinigung 3D-MID e.V., Mitglied.

Bandorf, R.: Zentrum für Mikroproduktion e.V., Mitglied.

Bandorf, R.: Society of Vacuum Coaters (SVC), »High Power Impuls Magnetron Sputtering«, Co-Chairman.

Bandorf, R.: International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films (ICMCTF), »High Power Impulse Magnetron Sputtering«, Chairman.

Bandorf, R.: International Conference on HIPIMS (HIPIMS 2010), Conference Co-Chair.

Bandorf, R.: COST Action MP0804 Highly Ionised Pulse Plasma Processes (HIPP processes), Action Chair.

Bandorf, R.: International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum 2010, Local Organizing Committee Member.

Bewilogua, K.: DGM-Arbeitskreis »Materialkundliche Aspekte der Tribologie und der Zerspanung«, Mitglied.

Brand, C.: Arbeitskreis Plasmaoberflächentechnologie (Plasma Germany), Mitglied des Koordinierungsausschusses.

Brand, C.: Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS), Mitglied.

Brand, J.: Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS), Leitung des Fachausschusses »Tribologische Schichten«.

Brand, J.: Gesellschaft für Tribologie (GfT), Mitglied.

Brand, J.: International Colloquium Tribology, Tribology and Lubrication Engineering, Mitglied im Programme Planning Committee.

Bräuer, G.: Aufsichtsrat der PVA TePla AG, Mitglied.

Bräuer, G.: Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS), Mitglied.

Bräuer, G.: European Joint Committee on Plasma and Ion Surface Engineering (EJC/PISE), Chairman.

Bräuer, G.: International Conference on Coatings on Glass (ICCG), Mitglied des Organisationskommitees.

Bräuer, G.: ISFH, Mitglied des Beirats.

Bräuer, G.: Nano- und Materialinnovationen Niedersachsen e.V. (NMN), Mitglied des Vorstands.

Bräuer, G.: Zeitschrift »Vakuum in Forschung und Praxis«, Mitglied des Kuratoriums.

Diehl, W.: Plasma Germany, Mitglied des Koordinierungsausschusses.

Diehl, W.: Deutsche Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung DFO, Mitglied des Vorstands.

Diehl, W.: Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS), Mitglied des Vorstands.

Diehl, W.: ForschungRegion Braunschweig, Mitglied des Lenkungskreises.

Diehl, W.: Glass Performance Days (GPD), Mitglied des Advisory Boards.

Diehl, W.: Humboldt-Stiftung, Gutachter.

Diehl, W.: Society of Vacuum Coaters (SVC), Mitglied des »International Relations Committee«.

Diehl, W.: Society of Vacuum Coaters (SVC), Mitglied des Board of Directors, Chairman »Thin Film Photovoltaics«.

Diehl, W.: Technologietransferkreis ForschungRegion Braunschweig, Mitglied.

Dietz, A.: Arbeitsgemeinschaft Elektrochemischer Forschung (AGEF), Mitglied.

Dietz, A.: Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e.V. (DGO), Mitglied des Vorstands.

Dietz, A.: Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e.V. (DGO), stellvertretender Vorsitzender Ortsgruppe Niedersachsen.

Dietz, A.: Fachausschuss Forschung der DGO, Mitglied.

Dietz, A.: Gesellschaft für Korrosionsschutz (GfKorr), Mitglied.

Gäbler, J.: European Technology Platform for Advanced Materials and Technologies EuMaT, Mitglied.

Gäbler, J.: Industrie-Arbeitskreis »Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe«, Leitung.

Gäbler, J.: Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS, Arbeitsgruppenleiter Werkzeuge.

Gäbler, J.: VDI-Richtlinien-Fachausschuss »CVD-Diamant-Werkzeuge«, Mitglied.

Gäbler, J.: DIN Normenausschuss 062 Materialprüfung, Arbeitsausschuss 01-72 »Chemische und elektrochemische Überzüge«, Gast.

Jung, T.: Arbeitskreis »Mechanische und Schutzschichtanwendungen« im Kompetenzzentrum Ultradünne funktionale Schichten Dresden-Chemnitz, Mitglied.

Keunecke, M.: European Technology Platform for Advanced Materials and Technologies EuMaT, Mitglied.

Keunecke, M.: International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films (ICMCTF), »Carbon and Nitride Materials: Synthesis-Structure-Property Relationships – Session D1«, Chairman.

Klages, C.-P.: Fachausschuss »Oberflächen und Beschichtungen in der Bio- und Medizintechnik« (FABM) der Europäischen Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS), Mitglied.

Klages, C.-P.: International Journal of Refractory Metals & Hard Materials, Mitglied des Editorial Advisory Boards.

Klages, C.-P.: Projektbegleitende Arbeitsgruppe »Sensorik« der Fachhochschule Westküste, Mitglied.

Neumann, F.: DIN Normenausschuss 062 Materialprüfung, Arbeitsausschuss NA 062-02-93 AA »Photokatalyse«, Mitglied und Vorsitz des Arbeitskreises »Photokatalytische Selbstreinigung«, DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Neumann, F.: CEN/TC386 »Photocatalysis«, Mitglied der Arbeitskreise WG4 »Selfcleaning« und WG6 »Light Sources«, Europäisches Komitee für Normung.

Schäfer, L.: Industriearbeitskreis »Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe«, Mitglied.

Schäfer, L.: International Conference on New Diamond and Nanocarbons NDNC-2008, Program Committee Member.

Schäfer, L.: Nano- und Materialinnovationen Niedersachsen e.V. (NMN), Mitglied.

Schäfer, L.: Nanotechnologie-Kompetenzzentrum Ultrapräzise Oberflächenbearbeitung CC UPOB e.V., Mitglied.

Schäfer, L.: VDI-Richtlinien-Fachausschuss »CVD-Diamant-Werkzeuge«, Mitglied.

Schiffmann, K.: Arbeitskreis »Rasterkraftmikroskopie in der Werkstoffwissenschaft« im Fachausschuss »Metallographie« der DGM, Mitglied im Lenkungsausschuss.

Thomas, M.: Fachausschuss »Oberflächen und Beschichtungen in der Bio- und Medizintechnik« (FABM) der Europäischen Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS), Mitglied.

Vergöhl, M.: Arbeitskreis »Dünne Schichten für die Optik«, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Mitglied.

Weber, M.: Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS), Leitung des Fachausschusses »Beschichtung von Formen und Werkzeugen für die Kunststoffverarbeitung«.

Internationale Gäste

Frau Yang Ying, B. E., Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, Volksrepublik China, 19.11.2008–27.11.2009.

Schutzrechtanmeldungen

Bandorf, R.: Gehäuse mit einer Beschichtung.

Biehl, S.: Aktuator mit integriertem Zustandsüberwachungssystem, Verfahren zur Zustandsüberwachung sowie Verfahren zur Herstellung eines Aktuators.

Biehl, S.: Drehzahlmessung für rotierende Maschinenelemente mit Hilfe piezoresistiver Dünnschichtsysteme.

Biehl, S.: Kontaktlose Drehmoment- und Kraftmessung.

Biehl, S.; Hauschild, F.; Staufenbiel, S.: Signalführungsvorrichtung und Sensor mit einer solchen.

Bruns, S.; Werner, O.; Vergöhl, M.: Verfahren zur Abscheidung von Oxinitridschichten.

Jung, T.: Gasflusssputterquelle.

Jung, T.: Hohlkathoden-Plasmaquelle.

Klages, C.-P.; Michel, B.; Eichler, M.: Verfahren zum zwischenschichtfreien Verbinden von Substraten, Vorrichtung zur Durchführung einer Plasmabehandlung sowie deren Verwendung.

Neumann, F.; Graumann, T.: Verwendung von lumineszenten Organometallverbindungen zur Bestimmung der Aktivität des photokatalytischen Abbaus von photokatalytisch aktiven Oberflächen durch Lumineszenzlösung.

Pflug, A.; Siemers, M.; Sittinger V.; Szyszka, B.; Ulrich S.: Magnetron-Beschichtungsmodul sowie Magnetron-Beschichtungsverfahren.

Sittinger, V.; Szyszka, B.; Dewald, W.: Verfahren zur Herstellung einer optimierten Ätzstruktur von ZnO:Al-Schichten als Frontkontakt für Silizium-Dünnschichtsolarzellen.

Szyszka, B.; Pflug, A.; Rademacher D.; Vergöhl, M.: In-Situ-Messaufbau für den Einsatz in Beschichtungsanlagen.

Thomas, M.; Eichler, M.; Klages, C.-P.; Nagel, K.: Verfahren zur Herstellung von Antireflexschicht bildenden Beschichtungen sowie Antireflexbeschichtungen.

Thomas, M.; Klages, C.-P.; Dohse, A.: Plasmastempel und Verfahren zur Plasmabehandlung einer Oberfläche.

Publikationen

Albert, A.; Biehl, S.: ORUM – optimierte Regelung von Umformprozessen. In: wt Werkstattstechnik online 99 (2009), 10, S. 779–784.

Bandorf, R.; Heckmann, U.; Lübke, M.; Schnabel, S.; Bräuer, G.: Development of Me-DLC films for strain gauge applications. In: Society of Vacuum Coaters (SVC): 52nd Annual Technical Conference Proceedings, Santa Clara, CA, USA, May 9–14, 2009. Albuquerque: SVC, 2009, pp. 26–30.

Bandorf, R.; Vergöhl, M.; Werner, O.; Sittinger, V.; Bräuer, G.: HiPIMS-Technologie und Anwendungsfelder. In: Vakuum in Forschung und Praxis 21 (2009), 1, S. 32–38.

Bandorf, R.; Paulkowski, D.; Pape, F.; Phataralaoha, A.; Büttgenbach, S.; Gatzen, H. H.; Bräuer, G.: Mikrotribologie. In: Vollertsen, Frank (Hrsg.) u. a.: 4. Kolloquium Mikroproduktion: Fachbeiträge der vier SFB der Mikrotechnik, Bremen, 28.–29. Oktober 2009. Bremen: BIAS-Verlag, 2009, S. 197–203.

Bethke, R.; Rager, B.; Diehl, W.: Actual trends in patents on plasma and surface engineering. In: Society of Vacuum Coaters (SVC): 52nd Annual Technical Conference Proceedings: Santa Clara, CA, USA, May 9–14, 2009. Albuquerque: SVC, 2009, pp. 149–152.

Bewilogua, K.; Keunecke, M.; Thomsen, H.; Wittorf, R.; Ivanov, Y.; Zufraß, T.: Advanced magnetron sputter technique for deposition of superhard a-C:H coatings. In: Society of Vacuum Coaters (SVC): 52nd Annual Technical Conference Proceedings: May 9–14, 2009, Santa Clara, CA, USA. Albuquerque: SVC, 2009, pp. 661–665.

Bewilogua, K.; Bräuer, G.; Dietz, A.; Gäbler, J.; Goch, G.; Karpuschewski, B.; Szyszka, B.: Surface technology for automotive engineering. In: CIRP annals 58 (2009), 2, pp. 608–627.

Biehl, S.: Dünnschichtsensorik: Ein innovatives Überwachungssystem in Tiefziehprozessen: Sensoren, Oberflächentechnik, Umformtechnik. In: wt Werkstattstechnik online 99 (2009), 6, S. 420.

Biehl, S.: Dünnschichtsensorik: Vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. In: IQ-Journal 8 (2009), 3, S. 13.

Biehl, S.; Hauschild, F.; Wolf, L.: Dünnschichtsensorik auf Titandioxidbasis zur Messung von Sauerstoffkonzentrationen bei niedrigen Temperaturen. In: Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) u. a.: MikroSystemTechnik Kongress 2009: Proceedings, Berlin, 12.–14. Oktober 2009. Berlin [u. a.]: VDE-Verlag, 2009, getr. Zählung.

Biehl, S.; Staufenbiel, S.; Weber, M.; Woitschach, O.; Kräusel, V.; Mintenbeck, D.; Merz, J.: Dünnschichtsensorik zur Prozessüberwachung in Stanzprozessen. In: Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) u. a.: MikroSystemTechnik Kongress 2009: Proceedings, 12.–14. Oktober 2009, Berlin. Berlin [u.a.]: VDE-Verl., 2009, getr. Zählung.

Biehl, S.: Kraftmessende Unterlegscheiben auf Basis neuartiger sensorischer Dünnschichtensysteme. In: PLUS 11 (2009), 12, S. 2902–2905.

Biehl, S.; Staufenbiel, S.; Hauschild, F.: Novel measurement and monitoring system for forming processes based on piezoresistive thin film systems. In: Schmid, Ulrich (Ed.) u. a.: SPIE Europe <Cardiff>: Smart sensors, actuators and MEMS IV: May 4–6, 2009, Dresden, Germany. Bellingham, Wash.: SPIE, 2009, 73621J-1–73621J-5 (Proceedings of SPIE 7362).

Biehl, S.; Staufenbiel, S.: Piezoresistive Dünnschichtsensorik integriert in Unterlegscheibensystemen zur Kraftmessung. In: Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) u. a.: MikroSystemTechnik Kongress 2009: Proceedings, 12.–14. Oktober 2009, Berlin. Berlin [u. a.]: VDE-Verl., 2009, getr. Zählung.

Boentoro, W.; Pflug, A.; Szyszka, B.: Scratch resistance analysis of coatings on glass and polycarbonate. In: Thin solid films 517 (2009), 10, pp. 3121–3125.

Boota, M.; Pleger, S.; Erbas, S.; Gäbler, J.; Schäfer, L.: Hot-filament chemical vapour deposition of diamond on nickel based super alloy (CMSX-4) for the development of advanced cutting tools. In: Institute of Physics/Applied Mechanics Group: 7th International Conference on Modern Practice in Stress and Vibration Analysis: September 8–10, 2009, Murray Edwards College, Cambridge, UK; MaMiNa: Special Session: Abstracts and Papers. Cambridge: MaMiNa, 2009, pp. 14–20.

Von Borries, G.: Empirische Modelle zur Bewertung des tribologischen Verhaltens von Kohlenstoffschichten. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verl., 2009 (Berichte aus Forschung und Entwicklung 28). Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2008.

Borris, J.; Dohse, A.; Hinze, A.; Thomas, M.; Klages, C.-P.; Möbius, A.; Elbick, D.; Weidlich, E.-R.: Improvement of the adhesion of a galvanic metallization of polymers by surface functionalization using dielectric barrier discharges at atmospheric pressure. In: Plasma processes and polymers 6 (2009), S1, pp. S258–S263.

Borris, J.; Thomas, M.; Dohse, A.; Hinze, A.; Möbius, A.; Elbick, D.; Weidlich, E.-R.; Schüßler, F.; Franke, J.; Klages, C.-P.: Reel-to-reel patterned plasma activation of polymers at atmospheric pressure for the cost-efficient production of flexible printed circuits. In: Von Keudell, A. (Ed.) u. a.: 19th International Symposium on Plasma Chemistry: ISPC-Proceedings, Bochum, July 26–31, 2009. http://www.ispc-conference.org/ispcproc/papers/349.pdf.

Brand, J.: Dünne Schichten für effiziente Produkte und Prozesse. In: Ingenieur-Spiegel (2009), 1, S. 74–76.

Corbella, C.; Bialuch, I.; Kleinschmidt, M.; Bewilogua, K.: Up-scaling the production of modified a-C:H coatings in the framework of plasma polymerization processes. In: Solid state sciences 11 (2009), 10, pp. 1768–1772.

Dewald, W.; Sittinger, V.; Werner, W.; Szyszka, B.: Influence of strong magnetic fields on the growth of DC magnetron sputtered ZnO:Al films from a ceramic target. In: 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition: Conference: September 21–25, 2009, Exhibition: September 21–24, 2009, Proceedings. Hamburg, 2009, pp. 2824–2826.

Dewald, W.; Sittinger, V.; Werner, W.; Jacobs, C.; Szyszka, B.: Optimization of process parameters for sputtering of ceramic ZnO:Al_2O_3 targets for a-Si:H/µc-Si:H solar cells. In: Thin solid films 518 (2009), 4, pp. 1085–1090.

Eichler, M.; Michel, B.; Hennecke, P.; Thomas, M.; Klages, C.-P.: Atmospheric-pressure plasma activation of silicon for MEMS packaging. In: Von Keudell, A. (Ed.) u. a.: 19th International Symposium on Plasma Chemistry: ISPC-Proceedings, Bochum, July 26–31, 2009. http://www.ispc-conference.org/ispcproc/papers/428.pdf.

Eichler, M.; Michel, B.; Hennecke, P.; Klages, C.-P.: Bondenergie-Messung in situ während des Temperns beim Direktbonden von Glas und Silizium. In: Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) u. a.: MikroSystemTechnik Kongress, Proceedings, 12.–14. Oktober 2009, Berlin. Berlin [u. a.]: VDE-Verl., 2009, getr. Zählung.

Eichler, M.; Michel, B.; Hennecke, P.; Klages, C.-P.: Comparison of bonding kinetics for borosilicate glass and silicon wafers by in situ fracture surface energy measurements during annealing. In: Knechtel, R. (Ed.) u. a.: Conference on Wafer Bonding for Microsystems, 3D- and Wafer Level Integration, December 6–8, 2009, Grenoble, France; [WaferBond, 09]. Grenoble, 2009, pp. 15–16.

Eichler, M.; Michel, B.; Hennecke, P.; Klages, C.-P.: Effects on silanol condensation during low temperature silicon fusion bonding. In: Journal of the Electrochemical Society 156 (2009), 10, pp. H786–H793.

Eichler, M.; Michel, B.; Gabriel, M.; Klages, C.-P.: Einsatz von Mikroplasmen für die Herstellung von Silizium-Mehrlagenaufbauten. In: Vakuum in Forschung und Praxis 21 (2009), 4, S. 6–9.

Eichler, M.; Thomas, M.; Klages, C.-P.: Plasmagestützte Oberflächenmodifizierung in fluidischen Systemen mit gedeckelten Kavitäten (Plasma-enhanced surface modification in sealed microfluidic channels). In: Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) u. a.: MikroSystemTechnik Kongress, Proceedings, 12.–14. Oktober 2009, Berlin. Berlin [u. a.]: VDE-Verl., 2009, paper P7.8.

Eichler, M.; Thomas, M.; Borris, J.; Michel, B.; Klages, C.-P.: Surface reactions controlled by dielectric barrier discharge at atmospheric pressure for high performance large-scale production. In: Japan Society of Applied Physics u. a.: Extended Abstracts of Second International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, November 25–26, 2009, Osaka University, Nakanoshima Center, Osaka, Japan. Osaka: Osaka Univ., 2009, pp. 20–21.

Gabriel, M.; Milde, S.; Eichler, M.; Klages, C.-P.: Lokale Plasma-Behandlung in einem Mask Aligner zur selektiven Veränderung der Oberfläche von Wafern. In: Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) u. a.: MikroSystemTechnik Kongress, Proceedings, 12.–14. Oktober 2009, Berlin. Berlin [u. a.]: VDE-Verl., 2009, paper P8.24.

Gäbler, J.; Pleger, S.; Schäfer, L.: Tools coated with diamond by chemical vapour deposition. In: Institute of Physics/Applied Mechanics Group: 7th International Conference on Modern Practice in Stress and Vibration Analysis, September 8–10, 2009, Murray Edwards College, Cambridge, UK; MaMiNa, Special Session, Abstracts and Papers. Cambridge: MaMiNa, 2009, pp. 37–48.

Geddert, T.; Bialuch, I.; Augustin, W.; Scholl, S.: Extending the induction period of crystallization fouling through surface coating. In: Heat transfer engineering 30 (2009), 10–11, pp. 868–875.

Geddert, T.; Albert, F.; Bialuch, I.; Augustin, W.; Scholl, S.: Verringerung der Belagbildung durch beschichtete Oberflächen. In: Vakuum in Forschung und Praxis 21 (2009), 3, pp. 14–17.

Gerdes, H.; Wellhausen, J.; Bandorf, R.; Bräuer, G.: Optical emission spectroscopy of Ni, Cr, and NiCr for DC and high power impulse magnetron sputtering (HiPIMS). In: Society of Vacuum Coaters (SVC): 52nd Annual Technical Conference Proceedings, May 9–14, 2009, Santa Clara, CA, USA. Albuquerque: SVC, 2009, pp. 588–591.

Gerdes, H.; Bandorf, R.; Heckmann, U.; Schmidt, V.; Krichel-dorf, H.-U.; Bräuer, G.: Sputter deposition of strain gauges using ITO/Ag. In: Plasma processes and polymers 6 (2009), S1, pp. S812–S816.

Greiner, D.; Papathanasiou, N.; Pflug, A.; Ruske, F.; Klenk, R.: Influence of damp heat on the optical and electrical properties of Al-doped zinc oxide. In: Thin solid films 517 (2009), 7, pp. 2291–2294.

Heckmann, U.; Bandorf, R.; Gerdes, H.; Lübke, M.; Schnabel, S.; Bräuer, G.: New materials for sputtered strain gauges. In: Procedia chemistry 1 (2009), 1, pp. 64–67.

Hinze, A.; Lucas, N.; Büttgenbach, S.; Schiffmann, K.; Willich, P.; Franke, R.; Frank, R.; Klages, C.-P.: Quantitative CD ATR-FTIR and CD SEM-EDX analyses of locally amino-functionalized polymer surfaces. In: Von Keudell, A. (Ed.) u. a.: 19th International Symposium on Plasma Chemistry ISPC, Proceedings, Bochum, July 26–31, 2009. Bochum, 2009: http://www.ispc-conference.org/ispcproc/papers/125.pdf.

Hoffmeister, H.-W.; Wittmer, R.; Schuller, B. C.; Biehl, S.; Woitschach, O.; Staufenbiel, S.: Detektion kritischer Wuchtzustände mittels sensorintegrierter Werkzeugschnittstellen: Ein Beitrag zur Erhöhung der Sicherheit beim Zerspanen. In: Holztechnologie 50 (2009), 4, S. 32–37.

Horstmann, F.; Sittinger, V.; Szyszka, B.: Heat treatable indium tin oxide films deposited with high power pulse magnetron sputtering. In: Thin solid films 517 (2009), 10, pp. 3178–3182.

Keunecke, M.; Weigel, K.; Bewilogua, K.; Cremer, R.; Fuss, H.-G.: Preparation and comparison of a-C:H coatings using reactive sputter techniques. In: Thin solid films 518 (2009), 5, pp. 1465–1469.

Kim, M. C.; Klages, C.-P.: One-step process to deposit a soft super-hydrophobic film by filamentary dielectric barrier discharge-assisted CVD using HMCTSO as a precursor. In: Surface and Coatings Technology 204 (2009), 4, pp. 428–432.

Klages, C.-P.: Amination of polymer surfaces with atmospheric-pressure plasmas: Processes, mechanisms, analysis and applications. In: Proceedings of International Symposium on Surface Science and Engineering using Atmospheric-Pressure Plasma, September 10, 2009, Hamamatsu City Information Processing Center, Hamamatsu, Japan, 2009, pp. 43–69.

Klages, C.-P.; Hinze, A.; Thomas, M.: Plasma-based surface animation of polymers at atmospheric pressure. In: The 10th Asian Textile Conference ATC-10, September 7–9, 2009, Ueda, Nagano, Japan. Tokio: Society of Fiber Science and Technology, 2009, 6 Bl.

Kohns, A.; Ortner, K.; Jung, T.: Hollow cathode gas flow sputtering of NixAly coatings on Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo: Mechanical properties and microstructures. In: Advanced engineering materials 11 (2009), 1–2, pp. 67–70.

König, J.; Byrne, F.; Gäbler, J.: VDI-Fachausschuss »CVD-Diamant-Werkzeuge«. In: Diamant Hochleistungswerkzeuge dihw 1 (2009), 3, S. 10.

Lachmann, K.; Michel, B.; Klages, C.-P.: Density and aging behavior of primary amino groups on afterglow plasma-treated low-density polyethylene (LDPE). In: Plasma processes and polymers 6 (2009), S1, pp. S401–S405.

Lachmann, K.; Eckert, S.; Vogel, A.; Klinger, A.; Gebert, A.; Klages, C.-P.: Development of a multifunctional coating system for laser-induced material transport. In: Progress in organic coatings 64 (2009), 2–3, pp. 294–299.

Lucas, N.; Franke, R.; Hinze, A.; Klages, C.-P.; Frank, R.; Büttgenbach, S.: Microplasma stamps for area-selective modification of polymer surfaces. In: Plasma processes and polymers 6 (2009), S1, pp. S370–S374.

Mahrholz, J.; Shikolenko, S.; Szyszka, B.; Jung, T.: Deposition of amorphous silicon films by gas flow sputtering (GFS). In: 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Conference: September 21–25, 2009, Exhibition: September 21–24, 2009, Proceedings. Hamburg, 2009, pp. 2879–2883.

Michel, B.; Giza, M.; Krumrey, M.; Eichler, M.; Grundmeier, G.; Klages, C.-P.: Effects of dielectric barrier discharges on silicon surfaces: Surface roughness, cleaning, and oxidation. In: Journal of applied physics 105 (2009), 7, 073302.

Michel, B.; Eichler, M.; Klages, C.-P.: Investigations on the effect of dielectric barrier discharge (DBD) treatment as a preconditioning method for low temperature silicon wafer bonding. In: Plasma processes and polymers 6 (2009), S1, pp. S173–S177.

Michel, B.; Eichler, M.; Klages, C.-P.: Investigations on the plasma-surface interaction during DBD-treatment for low-temperature direct silicon wafer bonding. In: Von Keudell, A. (Ed.) u. a.: 19th International Symposium on Plasma Chemistry ISPC, Proceedings, Bochum, July 26–31, 2009. Bochum, 2009: http://www.ispc-conference.org/ispcproc/papers/447.pdf.

Michel, B.; Eichler, M.; Klages, C.-P.: Multipin ac corona treatment – a new surface activation method for low temperature direct bonding. In: Knechtel, R. (Ed.) u. a.: Conference on Wafer Bonding for Microsystems, 3D- and Wafer Level Integration, December 6–8, 2009, Grenoble, France [WaferBond, 09]. 2009, pp. 63–64.

Michel, B.; Eichler, M.; Klages, C.-P.: Untersuchung der Aktivierungseffekte durch DBD bei Atmosphärendruck für das Tieftemperatur-Direktbonden (Investigations on the activation effects of DBD at atmospheric pressure for low temperature direct bonding). In: Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) u. a.: MikroSystemTechnik Kongress, Proceedings, 12.–14. Oktober 2009, Berlin. Berlin [u. a.]: VDE-Verl., 2009, paper P8.27.

Möbius, A.; Elbick, D.; Weidlich, E.-R.; Feldmann, K.; Schüßler, F.; Borris, J.; Thomas, M.; Zänker, A.; Klages, C.-P.: Plasma-printing and galvanic metallization hand in hand – a new technology for the cost-efficient manufacture of flexible printed circuits. In: Electrochimica acta 54 (2009), 9, pp. 2473–2477.

Ortner, K.; Kohns, A.; Turley, F.; Jung, T.: Erosionsschutzschichten für Flugtriebwerke. In: Vakuum in Forschung und Praxis 21 (2009), 3, S. 18–21.

Paulkowski, D.; Schiffmann, K.: Analysis of nanoindentation and nanoscratch experiments of thin amorphous carbon coatings and multilayers: Friction, wear and elastic; plastic deformation. In: International journal of materials research 100 (2009), 7, pp. 960–966.

Paulkowski, D.; Bandorf, R.; Schiffmann, K.; Bräuer, G.: Friction of flat-flat micro contacts coated with amorphous carbon. In: Gesellschaft für Tribologie <Aachen>: Reibung, Schmierung und Verschleiß: Forschung und praktische Anwendungen, Band II, 50. Tribologie-Fachtagung, 21.–23. September 2009, Göttingen, Werkstoffe und Werkstofftechnologien, dünne Schichten und Oberflächentechnologien, Maschinenelemente und Antriebstechnik, Fahrzeugtechnik. Aachen: Gesellschaft für Tribologie, 2009, S. 51/1–51/6.

Paulkowski, D. M.: Strukturelle Eigenschaften von dünnen amorphen Kohlenstoffschichten und ihre Auswirkungen auf Mikrotribologie und Deformationsverhalten. Stuttgart: Fraunhofer-Verl., 2009 (Berichte aus Forschung und Entwicklung 30). Zugl.: Berlin, Univ., Diss., 2009.

Pflug, A.; Siemers, M.; Szyszka, B.: Design tools and simulations for plasma processing in large area coaters. In: Society of Vacuum Coaters (SVC): 52nd Annual Technical Conference Proceedings, May 9–14, 2009, Santa Clara, CA, USA. Albuquerque: SVC, 2009, pp. 364–369.

Polenzky, C.; Rickers, C.; Vergöhl, M.: Properties of cosputtered SiO2-Ta2O5-mixtures. In: Thin solid films 517 (2009), 10, pp. 3126 - 3129.

Polenzky, C.; Ulrich, S.; Szyszka, B.; Bywalez, R.; Götzendorfer, S.; Löbmann, P.: Transparent P-conducting materials for application in highly efficient thin film solar cells. In: 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition: Conference: September 21–25, 2009, Exhibition: September 21–24, 2009, Proceedings. Hamburg, 2009, pp. 285–288.

Röger, M.; Rickers, C.; Uhlig, R.; Neumann, F.; Polenzky, C.: Infrared-reflective coating on fused silica for a solar high-temperature receiver. In: Journal of solar energy engineering 131 (2009), 2, p. 021004 1–7.

Ruske, F.: Magnetronsputtern von hochleitfähigen ZnO:Al-Schichten für die Photovoltaik. Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verlag, 2009 (Berichte aus Forschung und Entwicklung 29). Zugl.: Gießen, Univ., Diss., 2008.

Ruske, F.; Pflug, A.; Sittinger, V.; Szyszka, B.; Greiner, D.; Rech, B.: Optical modeling of free electron behavior in highly doped ZnO films. In: Thin solid films 518 (2009), 4, pp. 1289–1293.

Siemers, M.; Pflug, A.; Szyszka, B.: Particle-in-cell Monte Carlo analysis of propagating plasma waves in DC magnetron discharges. In: Society of Vacuum Coaters (SVC): 52nd Annual Technical Conference Proceedings, May 9–14, 2009, Santa Clara, CA, USA. Albuquerque: SVC, 2009, pp. 13–16.

Sittinger, V.; Dewald, W.; Werner, W.; Szyszka, B.: Comparison of different ceramic Al-doped ZnO target materials. In: Photovoltaics international (2009), 6, pp. 101–108.

Sittinger, V.; Horstmann, F.; Boentoro, W.; Werner, W.; Szyszka, B.: Heat treatable TCO film for position 1 based on HiPIMS. In: Society of Vacuum Coaters (SVC): 52nd Annual Technical Conference Proceedings : May 9–14, 2009, Santa Clara, CA, USA. Albuquerque: SVC, 2009, pp. 254–257.

Sittinger, V.; Dewald, W.; Szyszka, B.: Large area deposition of Al-doped ZnO for Si-based thin film solar cells by magnetron sputtering. In: Glass Performance Days: Professionals, Products, Processing, Conference Proceedings, Tampere, Finland, June 12–15, 2009. Tampere, 2009, pp. 518–522.

Sittinger, V.; Diehl, W.; Szyszka, B.: Survey of thin film photovoltaics in Germany. In: Society of Vacuum Coaters (SVC): 52nd Annual Technical Conference Proceedings, May 9–14, 2009, Santa Clara, CA, USA. Albuquerque: SVC, 2009, pp. 81–87.

Stöhr, U.; Dohse, A.; Hoppe, P.; Thomas, M.; Kadel, K.; Klages, C.-P.; Reinecke, H.: Multilayer photoresist stamps for selective plasma treatment in micrometer scales. In: Plasma processes and polymers 6 (2009), 4, pp. 228–233.

Stöhr, U.; Dohse, A.; Hoppe, P.; Gehringer, A.; Thomas, M.; Klages, C.-P.; Reinecke, H.: Porous photoresist stamps for selective plasma treatment. In: Von Keudell, A. (Ed.) u. a.: 19th International Symposium on Plasma Chemistry ISPC, Proceedings, Bochum, July 26–31, 2009. Bochum, 2009: http://www.ispc-conference.org/ispcproc/papers/306.pdf.

Szyszka, B.; Georg, A.; Loebmann, P.; May, C.; Elsaesser, C.: A multidisciplinary approach towards advanced transparent conductive electrodes. In: Glass Performance Days: Professionals, Products, Processing, Conference Proceedings, Tampere, Finland, 12–15 June 2009. Tampere, 2009, pp. 644–648.

Szyszka, B.; Sittinger, V.; Dewald, W.; Pflug, A.; Ulrich, S.; Kaiser, A.; Werner, W.: Reactive magnetron sputtering of ZnO:Al: A status report. In: Society of Vacuum Coaters (SVC): 52nd Annual Technical Conference Proceedings, May 9–14, 2009, Santa Clara, CA, USA. Albuquerque: SVC, 2009, pp. 383–389.

Thomas, M.; Dani, I.; Lommatzsch, U.; Grünler, B.; Schulz-von der Gathen, V.; Viöl, W.; Weltmann, K.-D.; Klages, C.-P.: Recent and future applications of atmospheric pressure plasma technology in Germany. In: Proceedings of the 2nd International Symposium of Plasma Center for Industrial Applications (PLACIA) & Plasma Application Monodzukuri (PLAM) on Industrial Application of Advanced Plasma Technology, November 18, 2009, Science Exchange Plaza, Nagoya Science Park, Nagoya, Japan. Nagoya, 2009, p. 4.

Thomas, M.; Lachmann, K.; Dohse, A.; Thrane, M.; Morlock, J.; Klages, C.-P.: Surface amination of three-dimensional substrates by RotoTEC plasma treatment under defined gas atmospheres at ambient pressure. In: Von Keudell, A. (Ed.) u. a.: 19th International Symposium on Plasma Chemistry ISPC, Proceedings, Bochum, July 26–31, 2009. Bochum, 2009: http://www.ispc-conference.org/ispcproc/papers/351.pdf.

Uhlmann, E.; Oyanedel Fuentes, J. A.; Keunecke, M.: Machining of high performance workpiece materials with CBN coated cutting tools. In: Thin solid films 518 (2009), 5, pp. 1451–1454.

Ulrich, S.; Dewald, W.; Szyszka, B.: Comparison of SnO_2:F based transparent conductive oxides for use in a-Si:H/µc-Si:H solar cells. In: 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Conference: September 21–25, 2009, Exhibition: September 21–24, 2009, Proceedings. Hamburg, 2009, pp. 2814–2816.

Vergöhl, M.; Bruns, S.; Werner, O.: Process control and thin film properties of Al_2O_3 layers deposited by high power impulse magnetron sputtering. In: Society of Vacuum Coaters (SVC): 52nd Annual Technical Conference Proceedings, May 9–14, 2009, Santa Clara, CA, USA. Albuquerque: SVC, 2009, pp. 274–279.

Weber, M.: Werkzeugbeschichtungen für die Kalt- und Warmumformung von Aluminium- und Magnesiumlegierungen. In: Groche, P. (Hrsg.): Institut für Fertigungsforschung u. a.: Der Markt im Umbruch – Erfolg mit innovativen Strategien, Maschinen, Prozessen, 10. Umformtechnisches Kolloquium Darmstadt, 17. und 18. März 2009. Bamberg: Meisenbach, 2009, S. 151–163.

Werner, O.; Neumann, F.; Neubert, T.; Vergöhl, M.: Optisch dünne Schichten mit kontrollierten Eigenschaften durch plasmaunterstütztes Magnetronsputtern. In: Vakuum in Forschung und Praxis 21 (2009), 6, S. 10–16.

Wierner, M.; Wünsch, D.; Bräuer, J.; Eichler, M.; Hennecke, P.; Gessner, T.: Low temperature bonding of hetero-materials using ambient pressure plasma activation. In: Knechtel, Roy (Ed.) u.a.: Conference on Wafer Bonding for Microsystems, 3D- and Wafer Level Integration: 6th–8th December 2009, Grenoble, France, [WaferBond, 09], 2009, pp. 73 –74.

Vorträge, Poster

Bandorf, R.; Gerdes, H.; Heckmann, U.; Bräuer, G.: Thin film strain gauges – potential and unique applications using HIPIMS deposition (Vortrag), 6th HIPIMS Days, Sheffield, Großbritannien, July 2009.

Bandorf, R.: Development of Thin Film Sensors (Vortrag), ACSEL Workshop, Golden CO, USA, April 2009.

Bandorf, R.: Technologies and Applications of HIPP Processes (Vortrag), ACSEL HPPMS/HIPIMS Workshop, Golden CO, USA, April 2009.

Bandorf, R.; Gerdes, H.; Loch, D.; Vergöhl, M.; Bruns, S.; Bräuer, G.: Oxide Coatings Deposited by HIPP Processes (Vortrag), International Symposium on Reactive Sputter Deposition RDS2009, Manchester, Großbritannien, Dezember 2009.

Bandorf, R.: HIPIMS, the Next Generation of Sputtering (Vortrag), Seminar Oberflächentechnik, Duisburg, Februar 2009.

Bandorf, R.: Funktionale Oberflächen – Neue Anforderungen an die Produktionstechnik (Vortrag), IHK Veranstaltung »Mehr Sein als Schein«, Detmold, April 2009.

Bandorf, R.; Heckmann, U.; Lübke, M.; Schnabel, S.; Bräuer, G.: Development of Me-DLC Films for Strain Gauge Applications (Vortrag), 52nd Annual Technical Conference of Society of Vacuum Coaters (SVC), Mai 2009.

Bandorf, R.; Schmidt, M.; Gerdes, H.; Hesse, F.; Mark, G.; Bräuer, G.: Investigation of Ti-Si-C-Films Prepared by DC, HiPIMS, and Superimposed HiPIMS (Poster), 36th International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films, San Diego, CA, USA, April 2009.

Biehl, S.: Innovative Dünnschichtsensorik und ihr Anwendungspotenzial (Vortrag), 2. Adaptronik Workshop, Hannover Messe, April 2009.

Biehl, S.: Innovative Thin Film Sensors and their Applications (Vortrag), IAO-Forum »Intelligente Werkstoffe«, Stuttgart, März 2009.

Biehl, S.: Novel Measurement and Monitoring System for Forming Processes based on Piezoresistive Thin Film Systems (Poster), SPIE Europe Microtechnologies for the New Millenium, Dresden, Mai 2009.

Piezoresistive Dünnschichtsensorik integriert in Unterlegscheibensystemen zur Kraftmessung (Vortrag), MikroSystemTechnik Kongress 2009, Berlin, Oktober 2009.

Biehl, S.: Sensorgestützte Werkstoffauslegung und Schichtentwicklung für die Umformtechnik, Projekt SenWerkUm (Poster), WING-nano.DE2009, Ulm, April 2009.

Biehl, S.: Thin Film Sensor Systems and their Applications (Vortrag), Korea-Germany Seminar on Materials and Components Technology, Hannover Messe, April 2009.

Boota, M.; Pleger, S.; Erbas, S.; Gäbler, J.; Schäfer, L.: Hot-filament chemical vapour deposition of diamond on Nickel based super alloy (CMSX-4) for the development of advanced cutting tools (Vortrag), Institute of Physics (Veranstaltung): 7th International Conference on Modern Practice in Stress and Vibration Analysis, Cambridge, Großbritannien, 2009, September 2009.

Borris, J.; Thomas, M.; Hänsel, R.; Stoll, M.; Klages, C.-P.: Surface Functionalization and Coating of Leather using Atmospheric Pressure Dielectric Barrier Discharges (DBD), 1st International Leather Engineering Symposium »Leather Industry-Environment and Progressive Technologies«, Izmir, Türkei, April–Mai 2009.

Borris, J.; Thomas, M.; Dohse, A.; Möbius, A.; Elbick, D.; Weidlich, E.; Klages, C.-P.: Reel-to-reel patterned plasma activation of polymers at atmospheric pressure for the cost-efficient production of flexible printed circuits (Poster), International Symposium on Plasma Chemistry 19 (ISPC 19), www.ispc-conference.org, Bochum, Juli 2009.

Böttger, M.; Wiegmann, B.; Zölner, M.; Kowalsky, W.; Johannes, H.-H.; Neumann, F.; Graumann, T.: Synthesis and Application of Luminescent Dyes for the Quantitative Determination of Photocatalytic Activity of a TiO2 Surface (Short-talk), The 14th International Conference on TiO2 Photocatalysis: Fundamentals and Applications, The Conference Center, Niagara Falls, New York, October, 2009.

Brand, J.: Intelligente Schichten für tribologische Anwendungen, Kooperationsforum Moderne Beschichtungs- und Oberflächentechnologien, Köln, Dezember 2009.

Bräuer, G.: »Added Value to Steel« – Möglichkeiten und Beispiele aus aktuellen Entwicklungsarbeiten des Fraunhofer IST, Workshop im Dortmunder Oberflächen Centrum, Dortmund, Juni 2009.

Bräuer, G.: Fraunhofer – The German Research Organization, AMAT Europa Engineering und Technology Konferenz, Frankfurt am Main, Juni 2009.

Bräuer, G.: Innovationsmotor Plasma - Beispiele und Potentiale, Kolloquium zur Verabschiedung von Prof. Dr. Jürgen Engemann, Wuppertal, März 2009.

Bräuer, G.: Magnetron Sputtering – Milestones of 30 Years (Invited Talk), 10th International Symposium on Sputtering & Plasma Processes, Kanazawa, Japan, Juli 2009.

Bräuer, G.: Photovoltaikforschung am Fraunhofer IST, Niedersächsisches Photovoltaik Symposium zum 29. Tag der Niedersachsen, Hameln, Juni 2009.

Bräuer, G.: Surface Technology for Automotive Engineering (Keynote Talk), 59th CIRP General Assembly, Boston, USA, August 2009.

Bräuer, G.: Surface Technology for Automotive Engineering, European Summer School on Advanced Manufacturing Processes, Saint-Étienne, France, 9. September 2009.

Bräuer, G.: Thin Film Solar Cell Technology in Germany, 2nd Mini-ICCG, Tokyo, Japan, Juli 2009.

Dewald, W.; Polenzky, C.; Sittinger, V.; Götzendörfer, S.; Bywalez, R.: Seebeck and Hall measurements on p- and n-TCOs (Poster), DPG Frühjahrstagung der Sektion Kondensierte Materie, Dresden, März 2009.

Dewald, W.; Sittinger, V.; Werner, W.; Szyszka, B.: Influence of strong magnetic fields on the growth of DC magnetron sputtered ZnO:Al films from a ceramic target (Poster), EU-PVSEC, Hamburg, September 2009.

Diehl, W.: Functional coatings produced by Plasma Process Technology (Vortrag), Topical Conference »Advanced Coatings Technologies for corrosion/erosion and decorative coatings«, , Albuquerque NM, USA, November 2009.

Diehl, W.: Diamond based electrochemical technology for water treatment, Fraunhofer Water Travelling Conference, Peking-Shanghai, China, November 2009.

Diehl, W.: Green power train coatings (Vortrag), RETETCZA Konferenz, Kwa Maritane, Südafrika, Juni 2009.

Dietz, A.; Hochsattel, T.: Coating properties of electrodeposited layers with self-healing effect (Vortrag), 216th ECS Meeting, Vienna, Austria, October 2009.

Dietz, A.; Kramer, H.-J.: Electrochemical treatment of organic polluted waste water (Vortrag), ACHEMA 2009, Frankfurt a. Main, Mai 2009..

Ehlers, J.; Hinze, A.; Klages, C.-P.; Gericke, K.-H.: Three-dimensional fluorescence imaging of DBD-plasma aminated porous polypropylene (Poster), International Symposium on Plasma Chemistry 19 (ISPC 19), Bochum, Juli 2009.

Eichler, M.; Michel, B.; Henneke, P.; Thomas, M.; Klages, C.-P.: Atmospheric-pressure plasma activation of silicon for MEMS packaging (Poster), International Symposium on Plasma Chemistry 19 (ISPC 19), Bochum, Juli 2009.

Eichler, M.; Michel. B.; Hennecke, P.; Klages, C.-P.: Bondenergie-Messung in situ während des Temperns beim Direktbonden von Glas und Silizium (Vortrag), Mikrosystemtechnik-Kongress 2009, Berlin, Oktober 2009.

Eichler, M.; Michel. B.; Hennecke, P.; Klages, C.-P: Plasmagestützte Oberflächenmodifizierung in fluidischen Systemen mit gedeckelten Kavitäten (Poster), Mikrosystemtechnik-Kongress 2009, Berlin, Oktober 2009.

Eichler, M.; Thomas, M.; Borris, J.; Michel, B.; Klages, C.-P.: Surface Reactions Controlled by Dielectric Barrier Discharge at Atmospheric Pressure for High Performance Large-Scale Production (Vortrag), Second International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, Osaka, Japan, November 2009.

Eichler, M.; Michel, B.; Henneke, P.; Klages, C.-P.: Comparison of bonding kinetics for borosilicate glass and silicon wafers by in situ fracture surface energy measurements during annealing (Vortrag), WaferBond `09, Grenoble, Frankreich, Dezember 2009.

Frach, P.; Glöß, D.; Zywitzki, O.; Vergöhl, M.; Neumann, F.; Hund-Rinke, K.; Trick, I.; Decomposition ability and bioactivity of photocatalytic TiO_2 based layers prepared by reactive pulse magnetron sputtering (Poster), 5. Thüringer Grenz- und Oberflächentage, Friedrichroda, September 2009.

Gäbler, J.; Pleger, S.; Schäfer, S.: Tools coated with diamond by chemical vapour deposition (Vortrag), Institute of Physics (Veranstaltung): 7th International Conference on Modern Practice in Stress and Vibration Analysis, Cambridge, Großbritannien, 2009, September 2009.

Gäbler, J.; König, J.; Feuchter, P.; Frank, M.; Mandelartz, J.; Blum, J.; Vetter, J.: Progress for Carbon Film Standardization in Germany (Vortrag), International Session for Standardization of Diamond-like Carbon Coatings during JNDF Symposium, Chiba, Japan, November 2009.

Gerdes, H.; Wellhausen, J.; Bandorf, R.; Bräuer, G.: Optical Emission Spectroscopy of Ni, Cr, and NiCr 80/20 for DC and High Power Impulse Magnetron Sputtering (HiPIMS) (Poster), 52nd Annual Technical Conference of Society of Vacuum Coaters (SVC), Mai 2009.

Heckmann, U.: Innovative Sensorschichten zur Dehnungs- und Kraftmessung (Vortrag), IHK Veranstaltung »Nanotechnologie bei Sensoren und Aktuatoren«, Stuttgart, April 2009.

Heckmann, U.; Bandorf, R.; Gerdes, H.; Lübke, M.; Schnabel, S.; Bräuer, G.: New Materials for Sputtered Strain Gauges (Poster), Eurosensors XXIII, Lausanne, Switzerland, September 2009.

Hoffmann, F.; Brand, J.: Schadensanalyse/-sensorik und Werkstoffanforderungen bei Windkraftantrieben, 2. Nano und Material Symposium Niedersachsen, Papenburg, Oktober 2009.

Hinze, A.; Lucas, N.; Büttgenbach, S.; Schiffmann, K.; Willich, P.; Franke, R.; Frank, R.; Klages, C.-P.: Quantitative CD-ATR-FTIR and CD-SEM-EDX analyses of locally amino-functionalized polymer surfaces (Vortrag), International Symposium on Plasma Chemistry 19 (ISPC 19), Bochum, Juli 2009.

Klages, C.-P.; Hinze, A.; Willich, P.; Thomas, M.: Atmospheric-pressure plasma amination of polymer surfaces (eingeladener Vortrag), 7th International Symposium on Polymer Surface Modification: Relevance to Adhesion, University of Maine, Orono, Maine, USA, Juli 2009.

Klages, C.-P.; Hinze, A.; Thomas, M.: Plasma-based surface amination of polymers at atmospheric pressure (eingeladener Vortrag), Proceedings of the 10th Asian Textile Conference (ATC-10), Ueda, Japan, September 2009.

Klages, C.-P; Hinze, A.; Thomas, M.: Amination of polymer surfaces with atmospheric-pressure plasmas – processes, mechanisms, analysis and applications (eingeladener Vortrag), Proceedings of International Symposium on Surface Science and Engineering using Atmospheric-Pressure Plasma, Hamamatsu, Japan, September 2009.

Lachmann, K.; Eckert, K.; Blessenohl, M.; Vogel, M.; Klinger, A.; Gebert, A.; Klages, C.-P.: Investigations on a multifunctional film system for laser microdissection and laser pressure catapulting (Poster), 23rd Conference of the European Colloid and Interface Society, Antalya, Türkei, September 2009.

Michel, B.; Eichler, M.; Klages, C.-P.: Investigations on the plasma-surface interaction during DBD-treatment for low-temperature direct silicon wafer bonding (Vortrag), International Symposium on Plasma Chemistry 19 (ISPC 19), Bochum, Juli 2009.

Michel, B.; Eichler, M.; Henneke, P.; Klages, C.-P.: Multipin AC corona treatment – a new surface activation method for low temperatur direct bonding (Poster), WaferBond `09, Grenoble, Frankreich, Dezember 2009.

Neumann, F.; Baumann, S.; Utilization of Standardized High-Power UV and VIS LED Modules for Novel Photocatalytic Test Methods (Vortrag), Optronics World 2009, LaserEXPO 2009, Yokohama, Japan, April 2009.

Neumann, F.; Graumann, T.; Vergöhl, M.; Böttger, M.; Johannes, H.-H.: Novel UV and VIS solid state photocatalysis assessment utilizing the luminescence degradation of tailored organic dye thin-films (Short-talk), The 14th International Conference on TiO2 Photocatalysis: Fundamentals and Applications, The Conference Center, Niagara Falls, New York, Oktober, 2009.

Paschke, H.: Erhöhung der Werkzeugstandmengen durch borhaltige Mehrlagenbeschichtungen auf Schmiedegesenken (Vortrag), AiF-Anwenderforum »Gesenkbeschichtungen zur Standmengenerhöhung in der Warmmassivumformung«, Hagen, November 2009.

Paschke, H.; Weber, M.; Thomsen, H.; Kaestner, P.: Coating Systems for Hot Forming Tools (Vortrag), 7th International Conference on Industrial Tools and Material Processing Technologies (ICIT&MPT), Ljubljna, Slovenia, October 2009.

Paschke, H.; Weber, M.: Reibarme und verschleißfeste diamantähnliche Kohlenstoffschichten (DLC) für Komponenten und Werkzeuge (Vortrag), DiF-Seminar »Verschleissschutz technischer Oberflächen«, Bad Herrenalb, November 2009.

Paulkowski, D.; Bandorf, R.; Schiffmann, K.; Buck, V.: Influence of bias voltage on properties and microtribology of amorphous carbon coatings (Vortrag), 36th Leeds-Lyon Symposium on Tribology, Lyon, France, September 2009.

Paulkowski, D.; Bandorf, R.; Schiffmann, K.; Arfsten, J.: Friction on flat-flat micro contacts coated with amorphous carbon (Vortrag), GfT Tribologie Fachtagung 2009, Göttingen, September 2009.

Paulkowski, D.; Bandorf, R.; Pape, F.; Phataralaoha, A.; Büttgenbach, S.; Gatzen, H.H.; Bräuer, G.: Mikrotribologie (Vortrag), Kolloquium Mikroproduktion, Bremen, Oktober 2009.

Sittinger, V.; Ruske, F.; Pflug, A.; Dewald, W.; Szyszka, B.; Dittmar, G.: Optical on-line monitoring for the long-term stabilization of a reactive mid-frequency sputtering process of Al-doped zinc oxide films (Vortrag), International Symposium on Transparent Oxide Thin Films for Electronic and Optics (TOEO-6), Tokyo, April 2009.

Sittinger, V.; Dewald, W.; Szyszka, B.; Werner, W.; Wurczinger, D.: Evaluation of RF superimposed DC magnetron sputtering of Al-doped ZnO films (Poster), 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Hamburg, September 2009.

Sittinger, V.; Dewald, W.; Werner, W.; Szyszka, B.; Ruske, F.: Comparison of different ceramic Al-doped ZnO target materials (Poster), 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Hamburg, September 2009.

Sittinger, V.; Dewald, W.; Szyszka, B.: Large area deposition of Al-doped ZnO for Si-based thin film solar cells by magnetron sputtering (Vortrag), V2009, Dresden, Oktober 2009.

Sittinger, V.; Szyszka, B.; Dewald, W.; Bräuer, G.; Ruske, F.: Übersicht über die Einsatzgebiete und Anwendungen von TCOs (Vortrag), Dritte Fachtagung Transparente leitfähige Schichten (TCO), OTTI, Neu-Ulm, November 2009.

Stöhr, U.; Dohse, A.; Hoppe, P.; Gehringer, A.; Thomas, M.; Klages, C.-P.; Reinecke, H.: Porous plasma stamps for patterned surface coating (Vortrag), International Symposium on Plasma Chemistry 19 (ISPC 19), Bochum, Juli 2009.

Werner, O.; Neumann, F.; Neubert, T.; Vergöhl, M.: Optisch dünne Schichten mit kontrollierten Eigenschaften durch plasmaunterstütztes Magnetronsputtern. In: VIP Vakuum in Forschung und Praxis 21 (2009), Nr. 6, S. 10-16.

Weber, M.: Reibarme und verschleißfeste Kohlenstoffschichten (DLC) für Werkzeuge und Bauteile (Vortrag), Werkstoffkompetenz in NRW, Rheinbach, September 2009.

Weber, M.: Auswirkungen der Nitrierparameter auf das Härtetiefenprofil und die Rissempfindlichkeit von Schmiedegesenken (Vortrag), AiF-Anwenderforum »Gesenkbeschichtungen zur Standmengenerhöhung in der Warmmassivumformung«, Hagen, November 2009.

Schiffmann, K. I.: Determination of fracture toughness of bulk materials and thin coatings by nanoindentation (Poster), Engineering Conference International: »Nanomechanical Testing in Material Research and Development«, Barga, Italien, Oktober 2009.

Schmolke, H.; Klages, C.-P.: Preparation and stability of poly(acrylic acid)-graft-poly(ethylene glycol) films on stainless steel investigated by FTIR-ATR Spectroscopy (Poster), 23rd Conference of the European Colloid and Interface Society, Antalya, Türkei, September 2009.

Thomas, M.; Lachmann, K.; Dohse, A.; Thrane, M.; Morlock, J.; Klages, C.-P.: Surface amination of three-dimensional substrates by RotoTEC plasma treatment under defined gas atmospheres at ambient pressure (Vortrag), International Symposium on Plasma Chemistry 19 (ISPC 19), Bochum, Juli 2009.

Thomas, M.; Eichler, M.; Dani, I.; Lommatzsch, U.; Grünler, B.; Schulz-von der Gathen, V.; Viöl, W.; Weltmann, K.-D.; Klages, C.-P.: Recent and future applications of atmospheric pressure plasma technology in Germany (Vortrag), The 2nd International Symposium of Plasma Center for Industrial Applications (PLACIA) & Plasma Application Monodzukuri (PLAM) on Industrial Application of Advanced Plasma Technology (Placia), Nagoya, Japan, 2009.

Dissertationen

von Borries, G.: Empirische Modelle zur Bewertung des tribologischen Verhaltens von Kohlenstoffschichten. Braunschweig: Fraunhofer IRB Verlag, 2009 (Berichte aus Forschung und Entwicklung IST, Band 28). Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2008.

Paulkowski, D.: Strukturelle Eigenschaften von dünnen amorphen Kohlenstoffschichten und ihre Auswirkungen auf Mikrotribologie und Deformationsverhalten. Braunschweig: Fraunhofer IRB Verlag, 2009 (Berichte aus Forschung und Entwicklung IST, Band 30). Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2009.

Diplomarbeiten

Loch, D.: Prozessentwicklung und Charakterisierung für die reaktive Abscheidung von Aluminiumoxid mittels Modulated Pulse Plasma, Fachhochschule Oldenburg/Ostfriesland/Wilhelmshaven, Oktober 2009.

Wellhausen, J.: Untersuchungen eines Hochleistungs-Impuls Plasmas beim Sputtern von Nickel-, Chrom-, Nickel-Chrom-Targets mittels optischer Emissionsspektroskopie, Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Göttingen, Dezember 2009.

Zickenrott, T.; Optimierung von Partikelströmen im reaktiven Co-Sputterprozess durch Einsatz angepasster Shaperblenden, Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel, Juli 2009.

Weiss, P.: Galvanische Abscheidung von Aluminium aus ionischen Flüssigkeiten, Hochschule für Technik und Wirtschaft, Aalen, September 2009.

Knorn, S.: Versuche zur Abscheidung von Aluminium aus ionischen Flüssigkeiten, Hochschule für Technik und Wirtschaft, Aalen, Juni 2009.

Recknagel, N.: Prozessentwicklung titanbasierter Hartstoffschichten an einer PA-CVD Anlage, Fachhochschule Dortmund, Juni 2009.

Preise und Auszeichnungen

Höfer, M.; Schäfer, L.: Technologietransferpreis der Industrie- und Handelskammer Braunschweig, 13. November 2009.

DAS FRAUNHOFER IST IN NETZWERKEN

Das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST ist mit seiner Forschungs- und Entwicklungstätigkeit Teil verschiedener interner und externer Netzwerke, die mit unterschiedlichen Schwerpunkten im Spannungsfeld zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik agieren. Innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft bündelt das Institut seine Kompetenzen mit denen anderer Fraunhofer-Institute unter anderem im Fraunhofer-Verbund Light + Surfaces und in verschiedenen Fraunhofer-Allianzen, um Kunden und Partnern auch technologieübergreifend optimale Lösungen für deren Aufgabenstellungen anbieten zu können.

DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT AUF EINEN BLICK

Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit mehr als 80 Forschungseinrichtungen, davon 60 Institute. 17 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,5 Milliarden Euro. Davon fallen 1,3 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Zwei Drittel dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Nur ein Drittel wird von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen erarbeiten können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Niederlassungen in Europa, in den USA und in Asien sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studentinnen und Studenten eröffnen sich an Fraunhofer-Instituten wegen der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826), der als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich war.

FRAUNHOFER-VERBUND LIGHT & SURFACES

Kompetenz durch Vernetzung
Sechs Fraunhofer-Institute kooperieren im Verbund Light & Surfaces. Aufeinander abgestimmte Kompetenzen gewährleisten eine schnelle und flexible Anpassung der Forschungsarbeiten an die Erfordernisse in den verschiedensten Anwendungsfeldern zur Lösung aktueller und zukünftiger Herausforderungen, insbesondere in den Bereichen Energie, Umwelt, Produktion, Information und Sicherheit. Koordinierte, auf die aktuellen Bedürfnisse des Marktes ausgerichtete Strategien führen zu Synergieeffekten zum Nutzen der Kunden.

Kernkompetenzen des Verbunds

- Schicht- und Oberflächentechnologie
- Strahlquellen
- Mikro- und Nanotechnologie
- Materialbearbeitung
- Opto-mechanische Präzisionssysteme
- Optische Messsysteme

Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Jena
Das Fraunhofer IOF entwickelt zur Bewältigung drängender Zukunftsfragen in den Bereichen Energie und Umwelt, Information und Sicherheit sowie Gesundheit und Medizintechnik Lösungen mit Licht. Die Kompetenzen umfassen die gesamte Prozesskette vom Optik- und Mechanik-Design über die Entwicklung von Fertigungsprozessen für optische und mechanische Komponenten sowie Verfahren zur Systemintegration bis hin zur Fertigung von Prototypen. Schwerpunkte liegen auf den Gebieten multifunktionale optische Schichtsysteme, Mikro- und Nanooptik, Festkörperlichtquellen, optische Messsysteme und opto-mechanische Präzisionssysteme.

Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP, Dresden
Die Kernkompetenzen des Fraunhofer FEP sind Elektronenstrahltechnologie, Puls-Magnetron-Sputtern und Plasmaaktivierte Hochratebedampfung. Die Arbeitsgebiete umfassen die Vakuumbeschichtung sowie die Oberflächenbearbeitung und -behandlung mit Elektronen und Plasmen. Neben der Entwicklung von Schichtsystemen, Produkten und Technologien ist ein wichtiger Schwerpunkt die Aufskalierung der Technologien für die Beschichtung und Behandlung großer Flächen mit hoher Produktivität.

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Aachen
Das Fraunhofer ILT zählt weltweit zu den bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungsinstituten im Bereich Laserentwicklung und Laseranwendung. Die Kernkompetenzen umfassen die Entwicklung neuer Laserstrahlquellen und -komponenten, Lasermess- und Prüftechnik sowie Laserfertigungstechnik. Hierzu zählen beispielsweise das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie das Oberflächenvergüten, die Mikrofertigung und das Rapid Prototyping. Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Prozessüberwachung und -regelung, Modellierung sowie der gesamten Systemtechnik. Unser Leistungsspektrum reicht von Machbarkeitsstudien über Verfahrensqualifizierungen bis hin zur kundenspezifischen Integration von Laserprozessen in die jeweilige Fertigungslinie.

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST, Braunschweig
Das Fraunhofer IST bündelt als industrienahes FuE-Dienstleistungszentrum Kompetenzen auf den Gebieten Schichtherstellung, Schichtanwendung, Schichtcharakterisierung und Oberflächenanalyse. Wissenschaftler, Techniker und Ingenieure arbeiten daran, Oberflächen der verschiedensten Grundmaterialien neue oder verbesserte Funktionen zu verleihen, um auf diesem Wege innovative, marktgerechte Produkte zu schaffen. Das Institut ist in folgenden Geschäftsfeldern tätig: Maschinen- und Fahrzeugtechnik, Luft- und Raumfahrt, Werkzeuge, Energie, Glas und Fassade, Optik, Information und Kommunikation, Mensch und Umwelt.

Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik, Freiburg
Fraunhofer IPM entwickelt und realisiert optische Sensor- und Belichtungssysteme. Bei den vorwiegend Laser-basierten Systemen sind Optik, Mechanik, Elektronik und Software ideal aufeinander abgestimmt. Die Lösungen sind besonders robust ausgelegt und jeweils individuell auf die Bedingungen am Einsatzort zugeschnitten. Auf dem Gebiet der Thermoelektrik verfügt das Institut über Know-how in Materialforschung, Simulation und Systemen. In der Dünnschichttechnik arbeitet Fraunhofer IPM an Materialien, Herstellungsprozessen und Systemen.

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, Dresden
Das Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS ist in den Geschäftsfeldern Fügen, Trennen und Oberflächentechnik tätig. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten basieren auf einem ausgeprägten werkstoff- und nanotechnischen Know-how und umfassenden Möglichkeiten der Werkstoffcharakterisierung. Die Besonderheit des Fraunhofer IWS liegt in der Kombination dieses Know-hows mit weitreichenden Erfahrungen in der Entwicklung von Technologien und Systemtechnik im Bereich der Schicht- und Lasertechnik.

KONTAKT

VERBUNDVORSITZENDER
Prof. Dr. Andreas Tünnermann
Albert-Einstein-Straße 7
07745 Jena
Telefon +49 3641 807-201

VERBUNDASSISTENTIN
Susan Oxfart
Telefon +49 3641 807-207
Internet www.vop.fraunhofer.de

KOMPETENZNETZ INDUSTRIELLE PLASMA-OBERFLÄCHENTECHNIK E.V. – INPLAS

Das Fraunhofer IST engagierte sich auch im Berichtsjahr wieder stark für das Kompetenznetz INPLAS e.V. Wesentliches Ziel von INPLAS ist es, die breiten praktischen und wissenschaftlichen Kompetenzen im Bereich Plasmatechnik in Deutschland und Europa zu bündeln und das große Potenzial dieser Technologie deutlich zu kommunizieren. Seit Juli 2006 ist INPLAS beim Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) akkreditiert und arbeitet in der Initiative »Kompetenznetze Deutschland« mit. INPLAS hat zur Zeit 30 Mitglieder, davon stammen 70 Prozent aus der Industrie. Die Geschäftsstelle des Kompetenznetzes hat ihren Sitz am Fraunhofer IST.

Aktivitäten 2009

2009 war für das Netzwerk ein besonders erfolgreiches Jahr. Der erste Parlamentarische Abend im März zum Thema Plasmatechnik war das Highlight für die politische Arbeit. Der intensive Ausbau der Arbeitsgruppen, die Ausarbeitung von Studien, Strategiethemen wie »Neue Materialien für funktionale Oberflächen« und »Plasma-Prospect 2020«, viele Aktivitäten auf Veranstaltungen und Messen wie der Hannover Messe Industrie, der Materialica, der V2009 und die Intensivierung der Kontakte zum französischen Netzwerk ViaMéca waren wichtige Ereignisse für die Arbeit von INPLAS.

Parlamentarischer Abend 2009 »Potenziale der Plasmatechnik«

Der erste Parlamentarische Abend zum Thema Plasmatechnik am 18. März 2009 in Berlin, konzipiert und organisiert von der Geschäftsstelle des INPLAS e.V., hat gezeigt, wo die Plasmatechnik bereits angewendet wird und welche heute noch kaum vorstellbaren Zukunftspotenziale in ihr stecken. Edelgard Bulmahn, Mitglied des Bundestages, gab in ihrer Rede einen Überblick über die bisherigen Anwendungen des Plasmas und zeigte Zukunftsvisionen auf. Wie außergewöhnlich vielschichtig ionisiertes Gas bereits eingesetzt wird zeigte der eindrucksvolle Kurzfilm »Plasma – die unbekannte Größe«, der eigens für den Abend im SpreePalais am Dom produziert wurde. Der Film macht deutlich, dass es so gut wie keinen Bereich gibt, in dem die Plasma-Oberflächentechnik nicht auf verschiedenste Weise eingesetzt wird – von der Automobilbranche, Luft- und Raumfahrt über Optik, Medizin- und Pharmaindustrie, Informationstechnologie, Energie- und Umwelttechnik bis hin zum Maschinenbau und der Herstellung von Werkzeugen. Die begleitende Industrieausstellung »Plasma leuchtet ein« mit sieben Ausstellungsbereichen und zwanzig Ausstellern brachte die große Bandbreite der Plasmatechnik und die Entwicklungen der deutschen Plasmaszene nachhaltig zum Ausdruck. Rund hundert Gäste aus Politik, Wirtschaft und Forschung erlebten beeindruckende Bilder aus der Welt der Plasmatechnik.

Die Entwicklung der Arbeitsgruppen

Besonders die Arbeitsgruppen (AGs) »Neuartige Plasmaquellen und Prozesse« von Dr. Bernhard Cord, Singulus Technologies AG, und »Harte und superharte Werkzeugbeschichtungen« unter der Leitung von Dr. Jan Gäbler, Fraunhofer IST, konnten mit insgesamt fünf Treffen ihre Arbeit erfolgreich fortsetzen. Mini-Workshops, Fachdiskussionen und Tests zu speziellen Themen bildeten den Rahmen für einen intensiven Austausch in kleineren Gruppen.

Weitere Aktivitäten

Die Akquisition eines Projektes zur Intensivierung von Auslandskontakten machte den Ausbau der Aktivitäten zum französischen Maschinenbau-Netzwerk ViaMéca mit rund 200 Mitgliedern möglich. Auf ersten Projekttreffen in St. Étienne und Düsseldorf wurden die Arbeiten für 2010 konkretisiert. Projektarbeiten und Zusammenarbeit in der Lehre sind die ersten gemeinsamen Ziele. Viel Energie wurde auch in die Intensivierung der Arbeiten im Gremium »Plasma Germany« (früher AK Plasma) eingebracht. Der neue Webauftritt von www.inplas.de startete im Dezember 2009 und sorgte nachhaltig für eine bessere Vermarktung der Plasma-Oberflächentechnik und mehr Service für unsere Mitglieder.

1 *Die INPLAS-Arbeitsgruppe »Werkzeuge« unter Leitung von Dr. Jan Gäbler (Fraunhofer IST, 2.v.r.) trifft sich im Rahmen des Industrie-Arbeitskreises (IAK) Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe beim Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF) in Berlin.*

2 *Edelgard Bulmahn, Carola Brand und Dr. Stephan Küper von der Leybold Optics GmbH in Alzenau lassen sich von den INPLAS-Mitgliedern die unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten der Plasma-Oberflächentechnik erklären (M, l., r.).*

KONTAKT

Dipl.-Ing. Carola Brand
Telefon +49 531 2155-574
carola.brand@inplas.de

Dr. Gerrit von Borries
Telefon +49 531 2155-662
gerrit.von.borries@inplas.de

www.inplas.de

MITGLIEDSCHAFTEN

Plasma Germany
www.plasmagermany.org

Competenz-Centrum Ultrapräzise Oberflächenbearbeitung
CC UPOB e. V.
www.upob.de

Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V.
www.dgm.de

Deutsche Gesellschaft für Galvano- und
Oberflächentechnik e. V.
www.dgo-online.de

Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V.
(EFDS)
www.efds.org

European Society for Precision Engineering
and Nanotechnology (euspen)
www.euspen.eu

ForschungRegion Braunschweig e. V.
www.forschungregion-braunschweig.de

Forschungsvereinigung Räumliche Elektronische
Baugruppen 3-D MID e. V.
www.faps.uni-erlangen.de/mid

Fraunhofer-Netzwerk Elektrochemie
Zentrum für Mikroproduktion e. V. (ZemPro)

International Council for Coatings on Glass e. V.

Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik e. V.
(INPLAS)
www.inplas.de

Materials Valley e. V.
www.materials-valley-rheinmain.de

Nanotechnologie-Kompetenzzentrum
»Ultradünne funktionale Schichten«
www.nanotechnology.de

Neue Materialien Niedersachsen e. V. (NMN)
www.nmn-ev.de

PhotonicNet GmbH – Kompetenznetz Optische Technologien
www.photonicnet.de

Fraunhofer-Allianz Adaptronik
www.adaptronik.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Numerische Simulation von Produkten,
Prozessen
www.nusim.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Photokatalyse
www.photokatalyse.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Proteinchips
www.proteinchips.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik
www.allianz-reinigungstechnik.de

Fraunhofer-Allianz Syswasser
www.syswasser.de

Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces
www.vop.fraunhofer.de

BILDVERZEICHNIS

Abbildung auf der Titelseite
Großflächige Beschichtung von Gleitringdichtungen mit dem Heißdraht-CVD Verfahren. Bild: Reiner Meier, BFF Wittmar

S. 2: Jan Benz, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 3: Sascha Gramman, Braunschweig
S. 6: Wolfgang Diehl, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 10: Jan Benz, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 12: Jan Benz, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 14: Jan Benz, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 16: Reiner Meier, BFF Wittmar
S. 20; 2: Reiner Meier, BFF Wittmar
S. 21; 2: Reiner Meier, BFF Wittmar
S. 22: Reiner Meier, BFF Wittmar
S. 24: Reiner Meier, BFF Wittmar
S. 26: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 28/29: Tobias Duffe, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 30: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 32; 1: European Space Agency - ESA;
S. 32; 2.: Rolls-Royce Group
S. 34; 1: European Space Agency - ESA;
S. 34; 2: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 36; 1: Manuela Lingnau, Fraunhofer WKI, Braunschweig
S. 37: Lisa Wolf, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 38: Reiner Meier, BFF Wittmar
S. 40; 1: Manuela Lingnau, Fraunhofer WKI, Braunschweig
S. 40; 2: Saskia Biehl, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 41: Sebastian Staufenbiel, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 42; 1: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 42; 2: Saskia Biehl, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 44: Dr. Martin Keunecke, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 46: Dr. Jan Gäbler, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 48: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 50: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 51: BASF-Gruppe
S. 52: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 54: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 56: Christina Polenzky, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 58: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 60: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 62; 1: Philipp Hennecke, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 62; 2: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST Braunschweig
S. 64: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 66; 1: Antje Dohse, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 66; 2: Oliver Schön, Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung (HZI), Braunschweig
S. 67: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 68; 2: Mercedes Cerezuela Barreto, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 70: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 72: Dr. Kirsten Ingolf Schiffmann, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 73: Dr. Kirsten Ingolf Schiffmann, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 74: Reinhold Bethke, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 75: Reinhold Bethke, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 76/77: Michael Siemers, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 78/79: Dr. Andreas Pflug, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 80: Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 84: Sandra Palm, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 106: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 108: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 109: Wolfgang Diehl, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 110: Anika Heddergott, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 112: Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF, TU Berlin, Berlin
S. 113: Falko Oldenburg, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 114: Wolfgang Diehl, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 115: Prof. Dr. Günter Bräuer, Fraunhofer IST, Braunschweig
S. 116: Mandalla, photocase.com
S. 120: Fraunhofer-Verbund Light&Surfaces
S. 121: Reiner Meier, BFF Wittmar
S. 122; 1: Pia Gausemeier, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF, TU Berlin, Berlin
S. 122; 2: Jochen Meusel, CONMEDIA, Braunschweig

Alle anderen Bilder: Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST, Braunschweig.

IMPRESSUM

Das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST

Institutsleitung
Prof. Dr. Günter Bräuer

Stellvertretender Institutsleiter
Dipl.-Ing. Wolfgang Diehl

Bienroder Weg 54 E
38108 Braunschweig
Telefon +49 531 2155-0
Fax +49 531 2155-900
info@ist.fraunhofer.de
www.ist.fraunhofer.de

Redaktion und Koordination:
Dr. Simone Kondruweit
Dipl.-Sozialwiss. Elena Droege
M. A. Anika Heddergott

Layout
Dipl.-Des. Falko Oldenburg

Druck
Maul-Druck GmbH, Braunschweig
www.mauldruck.de

© Fraunhofer IST 2010