



JAHRESBERICHT
2016

TITELBILD *CFK-Mikrowellenreflektor mit PVD+PACVD-Funktionsschicht für MetOp-SG-Satelliten.*



VORWORT DER INSTITUTSLEITUNG

Sehr geehrte Damen und Herren,

für das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST war das Jahr 2016 in vielfacher Hinsicht wieder ein besonderes Jahr mit vielen neuen Entwicklungen und besonderen Ereignissen wie dem Wechsel der stellvertretenden Institutsleitung. Die aktuellsten Forschungsergebnisse und bedeutendsten Geschehnisse haben wir für Sie auf den folgenden Seiten zusammengestellt.

An dieser Stelle möchten wir die Chance nutzen und all denjenigen danken, ohne deren Leistung, Engagement, Vertrauen und Unterstützung diese Erfolge überhaupt nicht möglich gewesen wären: allen voran den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts, unseren Partnern aus Forschung und Entwicklung, den Auftraggebern aus der Industrie, unseren Förderern, Kollegen und Freunden. Wir danken Ihnen für eine vertrauensvolle Zusammenarbeit.

Ihnen, liebe Leserin und lieber Leser, wünschen wir viel Freude mit dem vorliegenden Jahresbericht und freuen uns auf Ihre Ideen für eine zukünftige Kooperation.

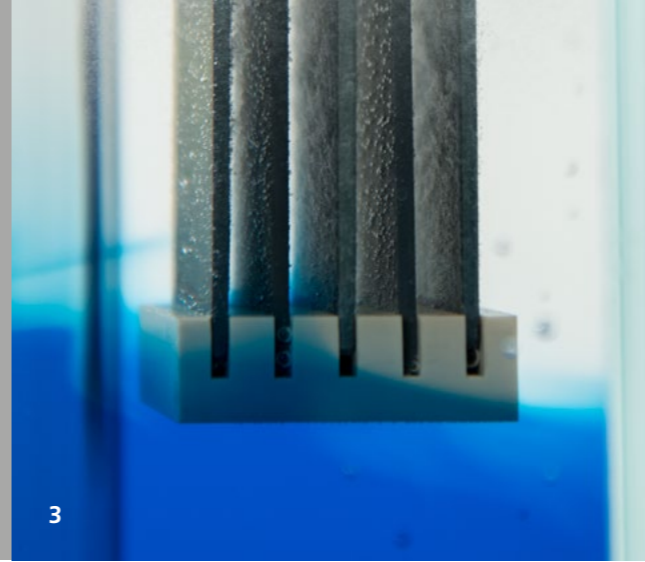
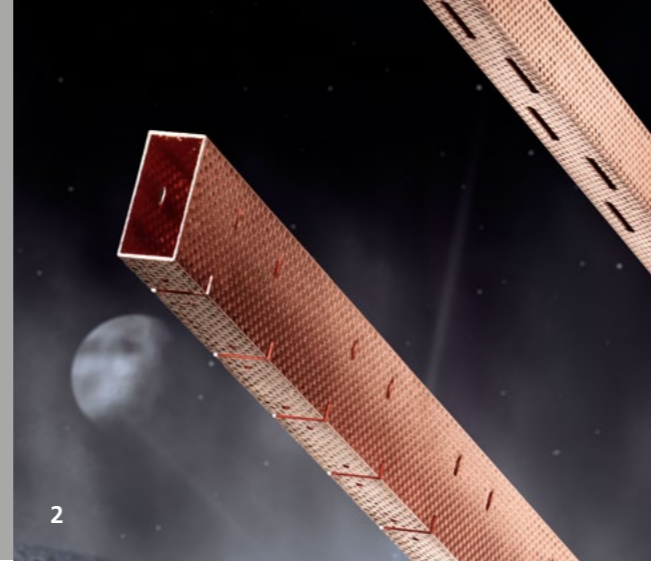
¹ Links: *Institutsleiter Prof. Dr. Günter Bräuer*, rechts: *stellvertretender Institutsleiter Dr. Lothar Schäfer*.

Prof. Dr. Günter Bräuer

Dr. Lothar Schäfer

INHALT

Vorwort der Institutsleitung	3	Dünnschichtsysteme zur Temperaturmessung im Aluminium-Druckguss	34	Life Science und Umwelt	61	Das Fraunhofer IST in Netzwerken	91
2016 im Rückblick	6	Ultrahochleistungsfähige sensor kontrollierte Momentenverbindungen	36	Tuberkulosestest – Empfindlicher und schneller durch Plasmabeschichtung	62	Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick	93
Aus dem Kuratorium	8	Heizleiter zur lokalen Temperierung von Mikrokunststoffspritzgusswerkzeugen	38	Die nächste Generation von Plasma-Therapiegeräten	64	Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces	94
Ausgezeichnete Zusammenarbeit	11	Antiadhäsive konturtreue Schichten für die Kunststoff-Formgebung	40	Reduzierung der Migration von Weichmachern aus PVC	66	Nachwuchsförderung und Ausbildung am Fraunhofer IST	96
Das Institut im Profil	12	Luft- und Raumfahrt	43	Neue Plasmajets für die Silberreinigung	68	Das Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik e.V. –INPLAS	98
Das Institut in Zahlen	14	Funktionsschichten für Wettersatelliten	44	Strukturierte Plasma-Behandlung für den Tiefdruck	70	Publikationen	100
Ihre Ansprechpartner	16	Gasfluss-gesputterte Wärmedämmschichten	46	Leistungen und Kompetenzen	73	Mitgliedschaften	100
Forschungs- und Dienstleistungsangebot	20	Energie und Elektronik	49	Kontinuierliche Kalotten-Verschleissmessung in Echtzeit	78	Mitarbeit in Gremien	101
Analytik und Qualitätssicherung	22	Reaktiv gesputtertes ZnO:Al vom Doppelrohrmagnetron	50	Sauerstofffreie Plasma-Vorbehandlung	80	Publikationen	104
Laborausstattung und Großgeräte	24	Optik	53	Namen, Daten, Ereignisse 2016	83	Dissertationen	114
Nachhaltige Lösungen mit Schicht- und Oberflächentechnik	26	Eigenspannungsarme Siliziumoxid-Schichten mit hoher Rate	54	Messen, Ausstellungen, Konferenzen	84	Diplomarbeiten	114
Maschinenbau, Werkzeuge und Fahrzeugtechnik	29	Pixelfilter – mikrostrukturierte Dünnschichtfilter für die 3D-Messtechnik	56	11 th International Conference on Coatings on Glass and Plastics –ICCG11	86	Masterarbeiten	114
Strukturkonservierende Hartstoffschichten	30	Innovatives Spektrometer mit niedriger Divergenz	58	Ereignisse, Kolloquien, Workshops	88	Bachelorarbeiten	116
Wege zur Trockenumformung von Aluminiumlegierungen	32			Preise und Auszeichnungen	89	Schutzrechtsanmeldungen	117
						Anhang	118
						Bildverzeichnis	118
						Impressum	120



2016 IM RÜCKBLICK

In seinem Vortrag »Application Perspective of Plasma Technology for Food Industry« brachte es kürzlich ein koreanischer Wissenschaftler auf den Punkt: Mit einer Milliarde US-Dollar für die Energietechnologien und 15 Milliarden US-Dollar für die Informationstechnologien sind diese Märkte noch nahezu marginal gegenüber dem weltweiten Lebensmittelmarkt mit einem Volumen von etwa 2,5 Billionen US-Dollar.

Vor rund 50 Jahren begann der Siegeszug der niederdruckplasmagestützten Oberflächentechnik. Er hat Werkstoffe und Produkte hervorgebracht, die unser Leben veränderten. Dabei musste sich die neue Technologie zwangsläufig auf bestimmte anorganische Materialien beschränken, da nur diese kompatibel mit dem Hochvakuum sind. Atmosphärendruckplasmen folgen ihren eigenen physikalischen Gesetzen, aber sie erlauben auch die gezielte Behandlung organischer Oberflächen wie Saatgut, Obst, Gemüse, Fleisch oder der menschlichen Haut. Ihre Bedeutung für unsere Zukunft kann daher nicht hoch genug eingeschätzt werden.

Entsprechend seiner Vision »Hier entstehen Oberflächen für unsere Zukunft« hat das Fraunhofer IST auch 2016 seine Aktivitäten in der Plasmatechnologie sowohl für anorganische als auch für organische Oberflächen weiter ausgebaut. Ein Meilenstein bei dieser Entwicklung war die Evaluierung des

Anwendungszentrums für Plasma und Photonik in Göttingen, das nach seiner vierjährigen Aufbauphase nun als feste Abteilung des Instituts geführt wird. Aber auch die Aktivitäten in Braunschweig auf dem Gebiet der biofunktionalen Oberflächen nahmen eine positive Entwicklung. Einige junge Ingenieurinnen der Bioverfahrenstechnik spielen dabei eine wichtige Rolle, und zwei unter ihnen konnten das Förder- und Entwicklungsprogramm TALENTA, das die Karriere junger Wissenschaftlerinnen unterstützt, erfolgreich abschließen.

Am 22. April traten bereits zum zweiten Mal rund 600 am Fraunhofer IST galvanisch beschichtete Hohlleiter ihre Reise ins All an. Zusammen bilden sie die Basis für die Antenne des Erdbeobachtungssatelliten Sentinel 1B, der Daten für die Umwelt- und Klimafolgeforschung sammeln soll. Die Beschichtungen für die Missionen Sentinel 1C und 1D sind bereits in Arbeit.

Bemerkenswerte Verbundvorhaben nahmen 2016 Fahrt auf. Im Bereich der Galvanotechnologie sollen ionische Flüssigkeiten neue Möglichkeiten zur Herstellung von Rohstoffen eröffnen. Die Diamantelektrode spielt gleich in zwei Schlüsselprojekten eine wichtige Rolle: Im Fraunhofer-internen Projekt »Strom als Rohstoff« geht es um die Nutzung von Überschussstrom für die H₂O₂-Herstellung, und im EU-Vorhaben

»SafeWaterAfrica« sollen Wasseraufbereitungsanlagen für urbane Gegenden in Südafrika erforscht werden. Nebenher scheint auch die Diamantelektronik wieder das Interesse der Forschung zu wecken.

Vor einigen Jahren noch ein »No-Name« auf dem Gebiet präzisionsoptischer Beschichtungen, haben wir 2016 mit der EOSS® (Enhanced Optical Sputtering System) einen Durchbruch erzielt. Erste Aufträge wurden an Anlagenbauer erteilt, die mit uns als Partner zusammenarbeiten.

Zwei Spitzenpolitiker aus Niedersachsen besuchten unsere Standorte Braunschweig und Göttingen. Im Rahmen seiner Sommerreise informierte sich Wirtschaftsminister Olaf Lies in Braunschweig über die Forschungsaktivitäten des Fraunhofer IST, und Ministerpräsident Stephan Weil besuchte im November die Labore der HAWK sowie des Anwendungszentrums in Göttingen. Die beiden Besuche boten gute Gelegenheiten, die Politiker von der enormen Bedeutung der Plasmaforschung für Niedersachsen zu überzeugen.

Viel Spaß beim Lesen unseres Tätigkeitsberichts wünscht Ihnen

Ihr Günter Bräuer

1 *Verbessertes Wachstum der Stammzellen auf den Oberflächen plasma-beschichteter Beutel.*

2 *Metallisierte Antennen aus Faserverbundwerkstoff CFK für die »Sentinel-Mission« der ESA.*

3 *Abbau von blauem Textilfarbstoff mit Diamantelektroden.*



KURATORIUM

Vorsitz

Dr. Philipp Lichtenauer
Plasmawerk Hamburg GmbH

Prof. Dr. Peter Awakowicz
Ruhr-Universität Bochum

Prof. Dr. Hans Ferkel
ThyssenKrupp Steel Europe AG

Dr. Reinard Grün
Plasma Technik Grün GmbH

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

Dr. Tim Hosenfeldt
*Schaeffler Technologies
AG & Co. KG*

Dr. Sebastian Huster
*Niedersächsisches Ministerium für
Wissenschaft und Kultur*

Nicole Kraheck
*Bundesministerium für
Bildung und Forschung*

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Lehold
Volkswagen AG

Dr.-Ing. Anton Pawlakowitsch
Alzenau-Albstadt

Dr. Carola Reimann
Mitglied des Bundestags

Michael Stomberg
EagleBurgmann

Dr. Gerrit van der Kolk
IonBond Netherlands BV

Dr. Ernst-Rudolf Weidlich
GRT GmbH & Co. KG

AUS DEM KURATORIUM

Ein technischer Wettstreit war die Initialzündung für die erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen dem Fraunhofer IST und EagleBurgmann. Vor 12 Jahren führte EagleBurgmann mit einem Institut aus Bayern und dem Fraunhofer IST einen Vergleich ihrer Diamantbeschichtungen durch. Basis dieses Technologievergleichs waren zwei sehr umfangreiche statistische Versuchspläne mit jeweils mehr als 2500 Einzeltests. Das Ergebnis war eindeutig: Die am Fraunhofer IST diamantbeschichteten Siliziumkarbid-Ringe zeigten sowohl eine höhere Reproduzierbarkeit als auch bessere tribologische Eigenschaften. Daraus entwickelte sich nicht nur eine der größten Innovationen im Bereich der Gleitringdichtungen. Ebenso war der Grundstein für die bis heute andauernde intensive Entwicklungskooperation zwischen dem Institut und EagleBurgmann gelegt.

Bereits zur wichtigen Branchenmesse Achema 2006 in Frankfurt präsentierte EagleBurgmann die ersten Pumpendichtungen mit Diamanttechnologie. Ein Jahr später startete die Markteinführung als DiamondFace® gemeinsam mit der Condias GmbH, einer Ausgründung des Fraunhofer IST. Seitdem ist die Technologie von EagleBurgmann in mehr als 50 weiteren Projekten des Fraunhofer IST und der Condias weiterentwickelt worden.

Wurden Gleitringdichtungen mit Diamanttechnologie anfänglich speziell zur Abdichtung stark abrasiver Medien eingesetzt, so sind über die Jahre viele weitere Anwendungsbereiche hinzugekommen. Dazu zählt beispielsweise der Einsatz im hochreinen VE-Wasser, das als Kühlmedium in Kraftwerken oder als Spülflüssigkeit in der Halbleiterindustrie eingesetzt

wird. Die Diamanttechnologie hat hier die tribologischen und korrosiven Herausforderungen von deionisiertem Wasser gelöst. Heute sind EagleBurgmann-Dichtungen mit Diamond-Face® weltweit marktführend.

Für EagleBurgmann ist die Qualität der Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IST beispielhaft. Neben der technischen Kompetenz, Verlässlichkeit und Flexibilität der Partner in Braunschweig ist es besonders die gemeinsame Begeisterungsfähigkeit, die garantiert, dass die Projekte nicht nur konkrete Ergebnisse liefern, sondern auch noch Spaß machen. Wir haben auch von der Offenheit des Fraunhofer IST für Kooperationen im Fraunhofer-Verbund profitiert, insbesondere mit dem Fraunhofer IKTS in Dresden und dem Fraunhofer IWM in Freiburg.

Ich danke allen Institutsmitarbeitern für die hervorragende Zusammenarbeit und wünsche uns noch viele weitere Projekte in dieser Partnerschaft.

Michael Stomberg
Chief Operating Officer (COO)
EagleBurgmann



AUSGEZEICHNETE ZUSAMMENARBEIT

Die FHR Anlagenbau GmbH in Ottendorf-Okrilla ist auf die Entwicklung von innovativen Dünnschichttechnologien und -anlagen sowie Dienstleistungen im Dünnschichtbereich spezialisiert. Sie wurde 1991 in Dresden gegründet. Das FHR-Produktportfolio umfasst Vakuumprozessanlagen für die Großserienfertigung, Pilotproduktion und FuE. Neben vielfältigen Forschungsfeldern finden die Dünnschichttechnologien und das Equipment der FHR beispielsweise Anwendung in den Bereichen Optik, Dünnschichtphotovoltaik, Solarthermie, Halbleiter- und Sensortechnik.

Im Bereich der Entwicklung innovativer Anlagentechnik arbeitet FHR bereits seit mehr als 10 Jahren sehr erfolgreich mit dem Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST zusammen.

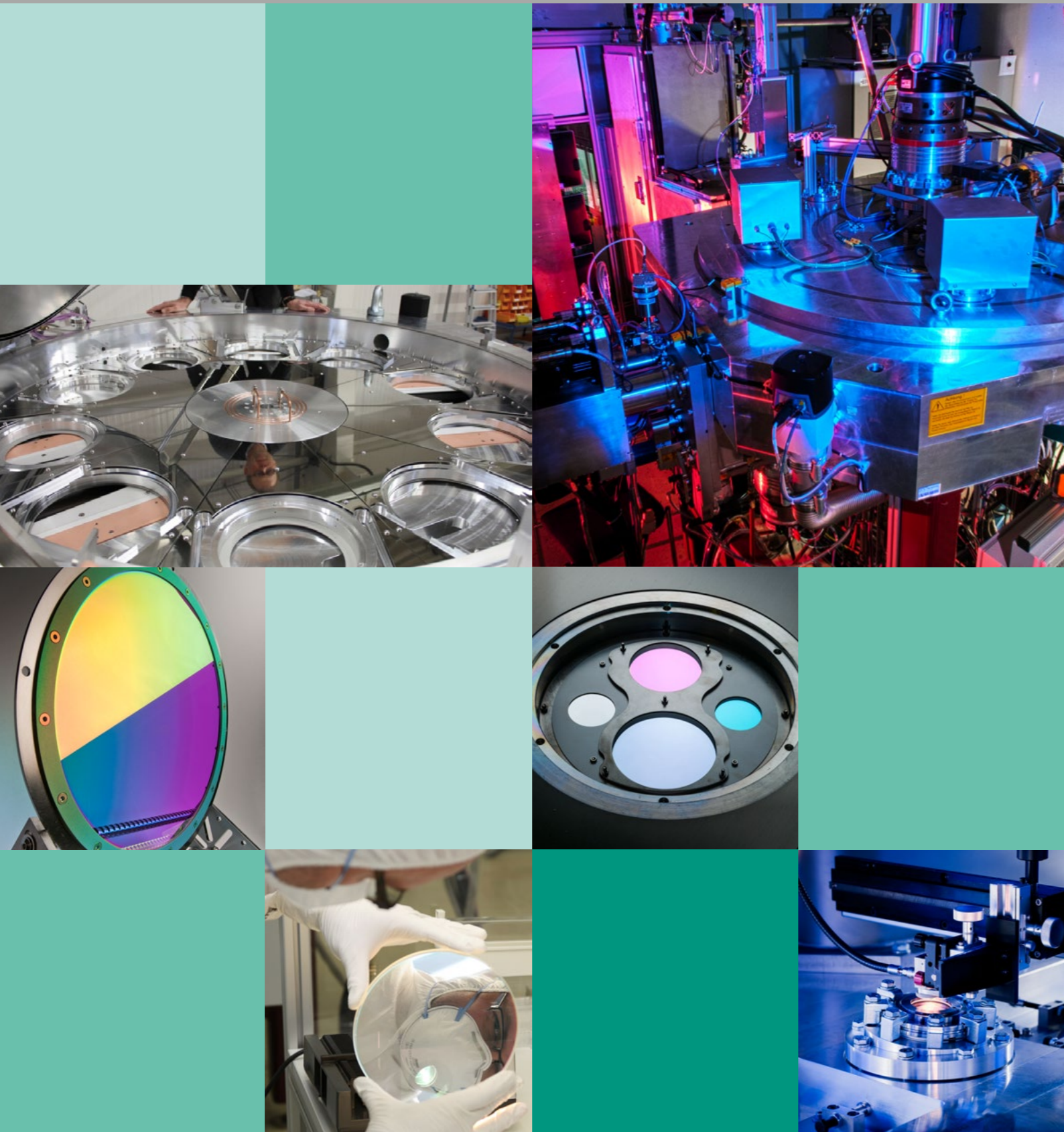
Ein aktuelles Beispiel ist die Entwicklung des EOSS®-Beschichtungssystems. Dabei handelt es sich um eine hochmoderne Anlage zur Plasmabeschichtung, mit der hochpräzise optische Interferenzfiltersysteme hergestellt werden können. Die Anlage verfügt über ein Carriersystem, mit dem gleichzeitig 10 Substrate mit einem Durchmesser von 200 mm automatisiert beschichtet werden. Drei Kammern mit zylindrischen Magnetron-Sputterquellen und ein innovatives »Sputterup«-Konzept erlauben die Herstellung extrem homogener und defektfreier Schichten.

Mit EOSS® wird so ein Beschichtungskonzept umgesetzt und am Markt verfügbar gemacht, das bisher weltweit einzigartig ist. Für FHR bilden Bau und Vertrieb die Grundlage für die Erlangung der Marktführerschaft im Bereich Spezialanlagen für optische Beschichtungen. Die Anwender aus der Optikindustrie profitieren von dem innovativen Werkzeug, mit dem sie ihrerseits optische Beschichtungen auf großformatige Substrate mit exzellenter Homogenität und Qualität der abgeschiedenen Schichten herstellen können. Das EOSS®-Beschichtungssystem bietet somit auch unseren Kunden die technische Voraussetzung, ihre Produkte an die Marktspitze zu führen.

Das Fraunhofer IST mit seinen engagierten und wissenschaftlich hochqualifizierten Mitarbeitern war und ist für FHR dabei ein äußerst wertvoller und zuverlässiger Entwicklungspartner. Auch unsere Kunden profitieren von dieser Verbindung, denn das IST zeichnet sich nicht nur durch seine Kompetenzen bei der Entwicklung von Anlagen, sondern auch bei der dazugehörigen Schicht- und Prozessentwicklung aus.

An dieser Stelle möchte ich allen Mitarbeitern des Fraunhofer IST für die vertrauensvolle und ausgezeichnete Zusammenarbeit danken.

Torsten Winkler
FHR Anlagenbau GmbH



DAS INSTITUT IM PROFIL

Das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST bietet als innovativer FuE-Partner Lösungen in der Oberflächentechnik, die gemeinsam mit Kunden aus Industrie und Forschung erarbeitet werden. Das »Produkt« ist die Oberfläche, die durch Modifizierung, Strukturierung und/oder Beschichtung für Anwendungen primär in den folgenden Geschäftsfeldern optimiert wird:

- ┃ Maschinenbau, Werkzeuge und Fahrzeugtechnik
- ┃ Luft- und Raumfahrt
- ┃ Energie und Elektronik
- ┃ Optik
- ┃ Life Science und Umwelt

Die zentralen Technologiefelder des IST sind die Atmosphärendruckverfahren mit den Schwerpunkten elektrochemische Verfahren und Atmosphärendruck-Plasmaverfahren, die Niederdruck-Plasmaverfahren mit den Schwerpunkten Magnetronspütern, hochionisierte Plasmen und plasmaaktivierte Gasphasenabscheidung sowie die chemische Gasphasenabscheidung mit dem Schwerpunkt

Heißdraht-CVD. Im Zentrum für Tribologische Schichten stehen Reibungsminderung, Verschleiß- und Korrosionsschutz und die Mikro- und Sensortechnik im Vordergrund. Das Anwendungszentrum für Plasma und Photonik arbeitet an Atmosphärendruck- und mobilen Plasmaquellen sowie an Laser-Plasma-Hybridsystemen.

Die Kompetenz des Fraunhofer IST besteht vor allem in der Beherrschung der Prozesse und ihrer Kombination mit einer Vielzahl von Schichten, wobei ein breites Spektrum an Schichtfunktionen realisiert werden kann. Die umfangreichen Erfahrungen in der Schichtherstellung und Schichtanwendung werden unterstützt durch eine entsprechende Schicht- und Oberflächenanalytik, für die die modernsten Geräte zur Verfügung stehen, sowie durch die Simulation der vakuum-basierten Beschichtungsprozesse.

Eine der besonderen Stärken des Instituts besteht darin, aus dem vorhandenen Spektrum an Verfahren die für die jeweilige Aufgabenstellung optimale Kombination auszuwählen.

Neben der Erforschung wissenschaftlicher Grundlagen in Kooperation mit Universitäten und Forschungseinrichtungen

entwickeln etwa 130 Mitarbeiter in enger Zusammenarbeit mit Anwendern aus der Industrie maßgeschneiderte Oberflächen und Prozesse: vom Prototyp über wirtschaftliche Produktionsszenarien und die Skalierung auf industrielle Maßstäbe bis hin zu Transfer und Implementierung der Technologie beim Kunden.

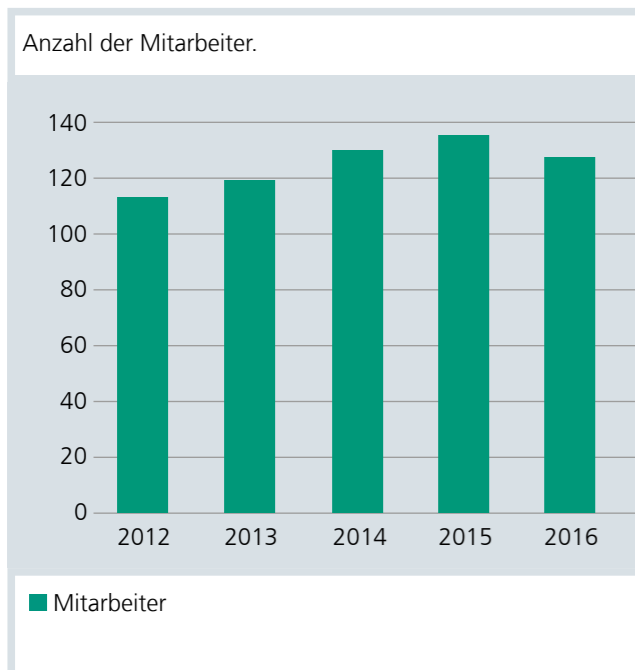
Am Standort Braunschweig verfügt das Institut über 4000 m² Büro- und Laborfläche für die insgesamt 116 festen Mitarbeiter. Darüber hinaus stehen weiteren 14 festen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Anwendungszentrums für Plasma und Photonik des Fraunhofer IST am Standort Göttingen auf drei Etagen 1500 m² Labor- und Bürofläche zur Verfügung. Das Leistungsangebot des Fraunhofer IST wird sowohl durch die Kompetenzen anderer Institute des Fraunhofer-Verbunds »Light & Surfaces« als auch durch die des Instituts für Oberflächentechnik IOT der TU Braunschweig ergänzt, das Prof. Günter Bräuer neben dem Fraunhofer IST in Personalunion leitet. Viele Projekte werden mit öffentlichen Mitteln des Landes Niedersachsen, des Bundes, der Europäischen Union und anderer Institutionen gefördert.



DAS INSTITUT IN ZAHLEN

Mitarbeiterentwicklung

Im Berichtszeitraum beschäftigte das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST 128 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen. Davon gehören 56 Prozent zum Anteil des wissenschaftlichen Personals, der Doktoranden und der Ingenieure. Technisches und kaufmännisches Personal sowie eine Vielzahl von Diplomanden und studentischen Hilfskräften unterstützen darüber hinaus die Forschungsarbeit. In 2016 wurde das Angebot zur Ausbildung in den Berufszweigen Galvanik, Physik und Fachinformatik genutzt.



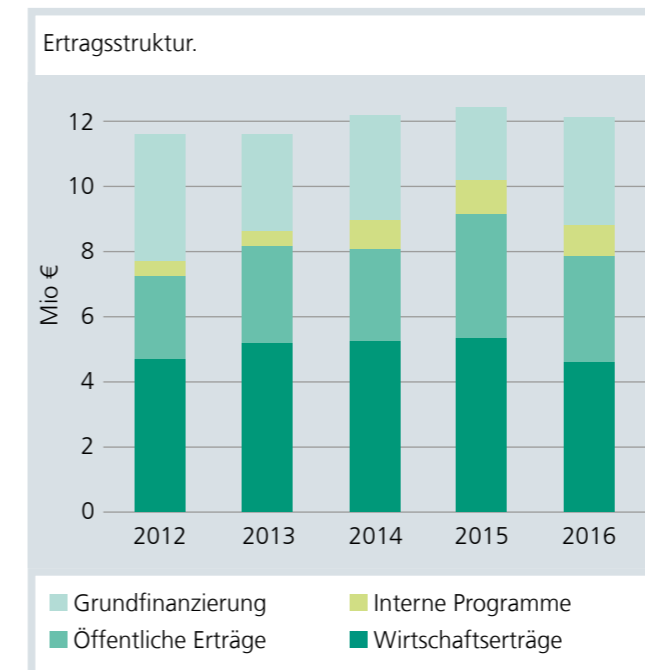
Betriebshaushalt

2016 sank der Betriebshaushalt von 12,4 Mio € auf 12,2 Mio €. Der Sachaufwand blieb dabei konstant zum Vorjahreswert mit 4,1 Mio €, der Personalaufwand sank dementsprechend auf einen Wert von 8,1 Mio € und trägt mit rund 66 Prozent zum gesamten Betriebshaushalt bei.



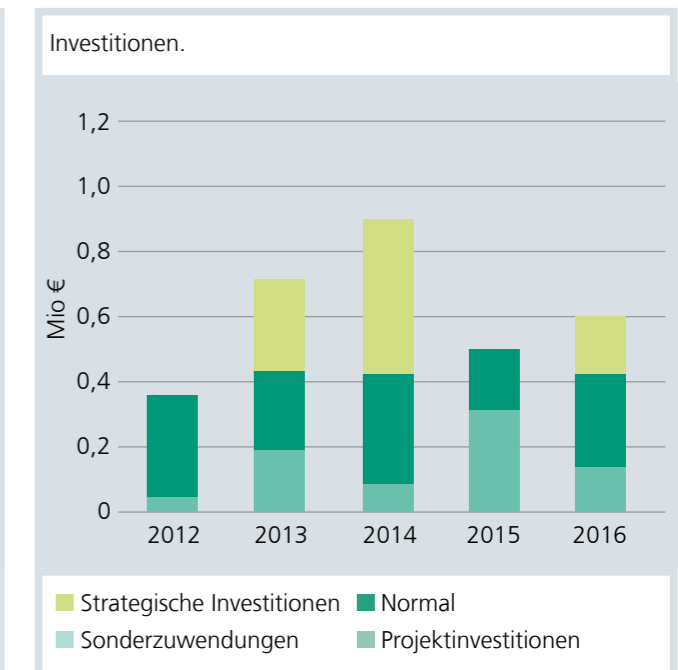
Ertragsstruktur

Durch sinkende Wirtschaftserträge beläuft sich im Berichtsjahr 2016 das WirtschaftsRho des Fraunhofer-Instituts für Schicht- und Oberflächentechnik IST auf 39 Prozent. In Summe ergaben sich 4,7 Mio € Wirtschaftserträge und 3,4 Mio € öffentliche Erträge. Damit erwirtschaftete das Fraunhofer IST externe Erträge in Höhe von 8,1 Mio €.



Investitionshaushalt

Insgesamt tätigte das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST Investitionen in Höhe von 600 000 €. Rund 130 000 € konnten hier durch externe Projektmittel investiert werden. 290 000 € wurden durch sogenannte Normalinvestitionen realisiert. Für strategische Investitionen wurden 180 000 € verwendet. Daraus ergibt sich für das Fraunhofer IST ein Gesamthaushalt (B+) von 12,8 Mio €.





IHRE ANSPRECHPARTNER

Institutsleitung und Verwaltung

Institutsleitung

Prof. Dr. Günter Bräuer¹
Telefon: +49 531 2155-500
guenter.braeuer@ist.fraunhofer.de

Stellvertretende Institutsleitung

Dr. Lothar Schäfer²
Durchwahl: 520
lothar.schaefer@ist.fraunhofer.de

Verwaltung

Ulrike Holzhauer³
Durchwahl: 220
ulrike.holzhauer@ist.fraunhofer.de

Marketing und Kommunikation

Dr. Simone Kondruweit⁴
Durchwahl: 535
simone.kondruweit@ist.fraunhofer.de

Geschäftsfelder

Maschinenbau, Werkzeuge und Fahrzeugtechnik

Dr.-Ing. Tatiana Hentrich⁵
Durchwahl: 518
tatiana.hentrich@ist.fraunhofer.de

Luft- und Raumfahrt

Dr. Andreas Dietz⁶
Durchwahl: 646
andreas.dietz@ist.fraunhofer.de

Energie und Elektronik

Dr. Stephan Ulrich⁷
Durchwahl: 618
stephan.ulrich@ist.fraunhofer.de

Optik

Dr.-Ing. Thomas Fahlbusch⁸
Durchwahl: 517
thomas.fahlbusch@ist.fraunhofer.de

Life Science und Umwelt

Dr. Jochen Borris⁹
Durchwahl: 666
jochen.borris@ist.fraunhofer.de

Abteilungs- und Gruppenleiter und -leiterinnen

Niederdruckplasmaverfahren

Dr. Michael Vergöhl¹⁰
Durchwahl: 640
michael.vergoehl@ist.fraunhofer.de
Optische Schichtsysteme | Prozessentwicklung | Materialentwicklung

Magnetronzerstäubung

*Großflächenelektronik | Transparente und leitfähige Schichtsysteme |
Prozesstechnologie | Anlagen- und Prozessentwicklung | Neue Halbleiter
für Photovoltaik und Mikroelektronik*

Hochionisierte Plasmen und PECVD

Dr.-Ing. Ralf Bandorf¹¹
Durchwahl: 602
ralf.bandorf@ist.fraunhofer.de
*Sensorische Multifunktionsschichten | Hochionisierte Pulsprozesse
(HIPIMS) | Mikrotribologie | Elektrische Funktionsschichten |
Hohlkathodenverfahren (HKV, GFS) | Plasmaunterstützte CVD (PECVD)*

Simulation

Dr. Andreas Pflug¹²
Durchwahl: 629
andreas.pflug@ist.fraunhofer.de
*Simulation von Anlagen, Prozessen und Schichteigenschaften |
Modellbasierte Auslegung von Beschichtungsprozessen*

Chemische Gasphasenabscheidung

Dr. Volker Sittinger¹³
Durchwahl: 512
volker.sittinger@ist.fraunhofer.de
*Werkzeuge und Bauteile | Diamantelektroden für elektrochemische
Wasserbehandlung | Diamantbeschichtete Keramiken DiaCer®*

Dr. Markus Höfer¹⁴

Senior Scientist
Durchwahl: 620
markus.hoefer@ist.fraunhofer.de

Atomlagenabscheidung

*Produktnaher Systembau | Schicht- und Prozessentwicklung | Hoch-
konforme Beschichtung von 3D-Strukturen*

Photokatalyse

*Luft-, Wasser- und Selbstreinigung | Produktevaluierung und Effizienz-
bestimmung | Prüftechnik*

Heißdraht-CVD

*Diamantschichten und Silizium-basierte Schichten | Werkzeug- und
Bauteilbeschichtung für extreme Verschleißbeständigkeit | Elektrische
Anwendungen für Halbleiter, Barrieren | Antireflex*



Atmosphärendruckverfahren

Dr. Michael Thomas¹⁵
Durchwahl: 525
michael.thomas@ist.fraunhofer.de

Prof. Dr. Claus-Peter Klages¹⁶
Durchwahl: 510
claus-peter.klages@ist.fraunhofer.de

Elektrochemische Verfahren

*Komposite | Leichtmetallbeschichtung | Verfahrensentwicklung |
Kunststoffmetallisierung | Elektrochemische Prozesse*

Layer-by-Layer

*Biofunktionale Schichten | Polyelektrolyt-Schichten | Quantitative Analyse
reaktiver Oberflächen*

Atmosphärendruck-Plasmaverfahren

Dr.-Ing. Marko Eichler¹⁷
Durchwahl: 636
marko.eichler@ist.fraunhofer.de
*Biofunktionale Oberflächen | Mikroplasma | Niedrig-Temperatur-Bonden
| Oberflächenfunktionalisierung und -beschichtung | Plasma-Printing*

Zentrum für tribologische Schichten

Dr.-Ing. Jochen Brand¹⁸
Durchwahl: 600
jochen.brand@ist.fraunhofer.de
*Systemanalyse und Systemoptimierung | Tribologische Beschichtungen |
Tribotesting | Anlagenkonzeptionierung*

Mikro- und Sensortechnologie

Dr.-Ing. Saskia Biehl¹⁹
Durchwahl: 604
saskia.biehl@ist.fraunhofer.de
*Dünnschichtsensorik | Mikrostrukturierung 2D und 3D |
Adaptronische Schichtsysteme*

Tribologische Systeme

Dr.-Ing. Martin Keunecke²⁰
Durchwahl: 652
martin.keunecke@ist.fraunhofer.de
*Prototypen- und Kleinserienfertigung | Plasmadiffusion | Reinigungs-
technologie | Maschinenbau und Fahrzeugtechnik | Kohlenstoff-
basierte Schichten (DLC) | Harte und superharte Schichten | Definierte
Benetzung | Werkzeugbeschichtungen (Umformen, Schneiden,
Zerspanen)*

Dortmunder OberflächenCentrum DOC

Dipl.-Ing. Hanno Paschke²¹
Telefon: +49 231 844 5453
hanno.paschke@ist.fraunhofer.de
*Duplex-Behandlungen durch Plasmanitrieren und PACVD-Technologie |
Borhaltige Hartstoffschichten | Werkzeugbeschichtungen | Schichten
für die Warmformgebung | Beschichtungen von Industriemessern |
Brennstoffzellen*

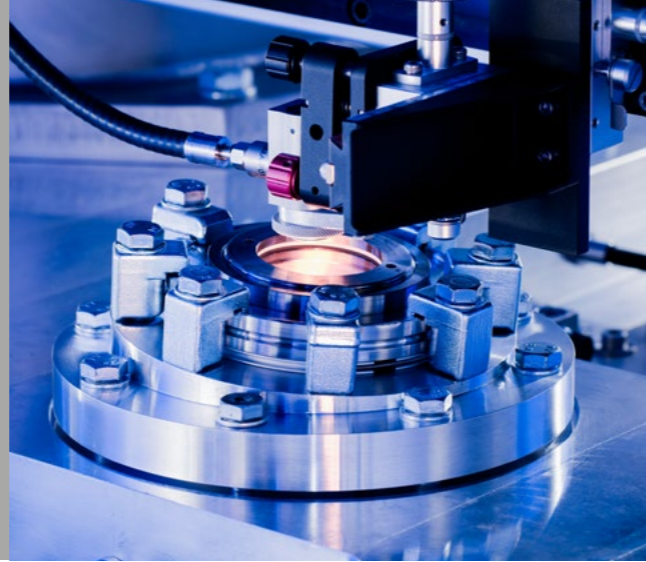
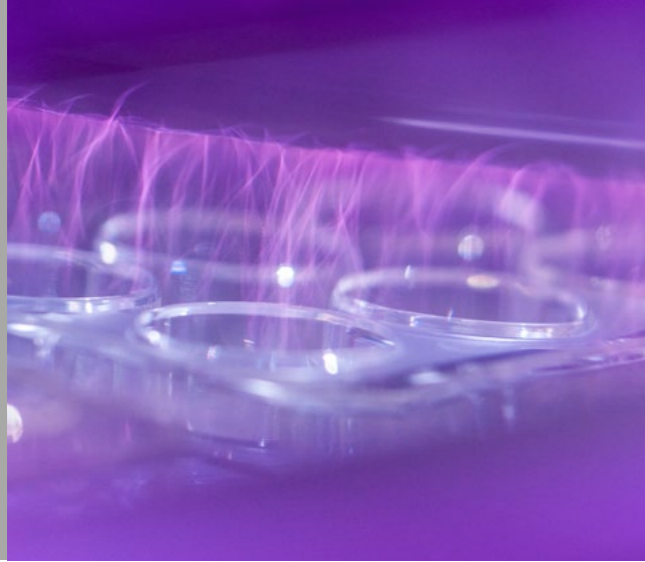
Anwendungszentrum für Plasma und Photonik

Prof. Dr. Wolfgang Viöl²²
Telefon: +49 551 3705-218
wolfgang.vioel@ist.fraunhofer.de

Dr. Bernd Schieche²³
Innovationsmanager
Telefon: +49 551 3705-219
bernd.schieche@ist.fraunhofer.de
*Plasma-Quellenkonzeption, -Hochspannungsgeneratoren, -Gerätebau |
Plasmadiagnostik und Oberflächenanalytik | Plasmamodifikation von Natur-
stoffen | Plasmapartikeltechnik und Kalt-Plasmaspritzen | Plasmamedizin,
atmosphärendruckplasma-basierte Luftreinigung, Entkeimung und Schäd-
lingsbekämpfung | Laser-Plasma-Hybridverfahren zur Mikrostrukturierung
und Oberflächenmodifikation | Lasertechnik zur Materialbearbeitung und
Charakterisierung | Akustische, optische und plasmagestützte Sensorik*

Analytik und Qualitätssicherung

Dr. Kirsten Schiffmann²⁴
Durchwahl: 577
kirsten.schiffmann@ist.fraunhofer.de
*Chemische Mikro- und Oberflächenanalyse | Mikroskopie und
Kristallstruktur | Prüftechnik | Kundenspezifische Prüfverfahren |
Auftragsuntersuchungen*



FORSCHUNGS- UND DIENSTLEISTUNGSANGEBOT

Vorbehandlung – Wir reinigen Oberflächen

Erfolgreiche Beschichtungen setzen eine richtige Vorbehandlung der Oberfläche voraus. Wir bieten daher:

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

Modifikation und Beschichtung – Wir entwickeln Prozesse und Schichtsysteme

Dünne Schichten und gezielt modifizierte Oberflächen sind das Kerngeschäft des Fraunhofer IST. Zur Schichtherstellung und Oberflächenbehandlung verfügt das Institut über ein breites Spektrum an Technologien: von der Plasmabeschichtung und -behandlung im Vakuum und bei Atmosphärendruck über CVD-Verfahren bis hin zur Galvanik und Lasertechnik. Unser Leistungsangebot umfasst:

- | Oberflächenmodifikation
- | Entwicklung von Schichten und Schichtsystemen
- | Prozesstechnik (einschließlich Prozessdiagnostik, -modellierung und -regelung)
- | Simulation von optischen Schichtsystemen
- | Entwicklung von Systemkomponenten
- | Verfahrensentwicklung
- | Geräte- und Anlagenbau

Prüfung und Charakterisierung – Wir sichern Qualität

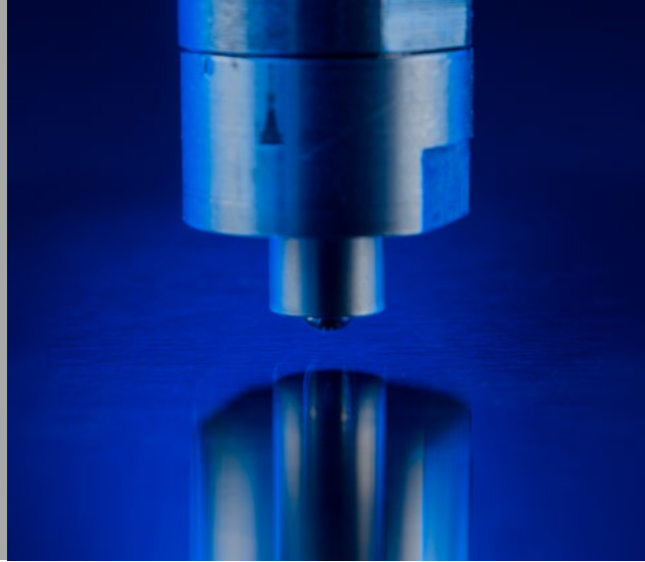
Eine schnelle und zuverlässige Analytik und Qualitätssicherung ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche Schichtentwicklung. Wir bieten unseren Kunden:

- | Chemische, mikromorphologische und strukturelle Charakterisierung
- | Mechanische und tribologische Charakterisierung
- | Optische und elektrische Charakterisierung
- | Prüfverfahren und produktspezifische Qualitätskontrollen
- | Schnelle und vertrauliche Schadensanalyse
- | Prüfung der Korrosionsbeständigkeit

Anwendung – Wir übertragen Forschungsergebnisse in die Praxis

Für einen effizienten Transfer von Technologien in die Praxis 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



ANALYTIK UND QUALITÄTSSICHERUNG

Chemische und strukturelle Analyse

- | Energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX)
- | Elektronenstrahl-Mikroanalyse (WDX, EPMA)
- | Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS)
- | Röntgen-Photoelektronen-Spektroskopie (XPS)
- | Glimmentladungsspektroskopie (GDOES)
- | Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA/XRF)
- | Röntgen-Diffraktometrie (XRD, XRR)

Mikroskopie

- | Rasterelektronenmikroskop (REM)
- | REM mit Focussed Ion Beam (FIB)
- | Rastertunnel- und Rasterkraftmikroskop (STM, AFM)
- | FTIR-Mikroskop
- | Konfokales Laser-Mikroskop (CLM)
- | Lichtoptische Mikroskope

Mechanische Tests

- | Mikro- und Nanoindentierung (Härte, E-Modul)
- | Rockwell- und Scratchtest (Schichthaftung)
- | Gitterschnitttest, Stirnabzugstest (Schichthaftung)
- | Diverse Schichtdickenmessverfahren
- | Diverse Profilometer

Messung optischer Eigenschaften

- | IR-UV-Vis-Spektrometrie
- | Ellipsometrie
- | Farbmessung
- | Winkelaufgelöste Streulichtmessung (ARS)
- | Integrale Streulichtmessung (Haze)
- | FTIR-Spektroskopie
- | Raman-Spektroskopie

Messung von Reibung, Verschleiß und Korrosion

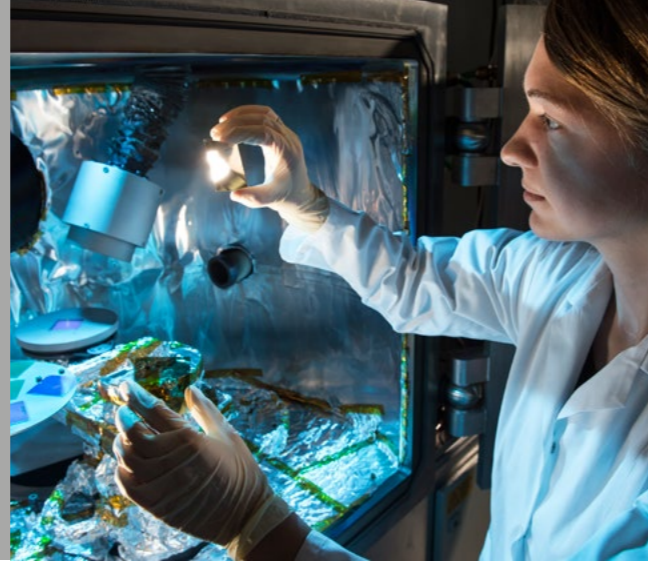
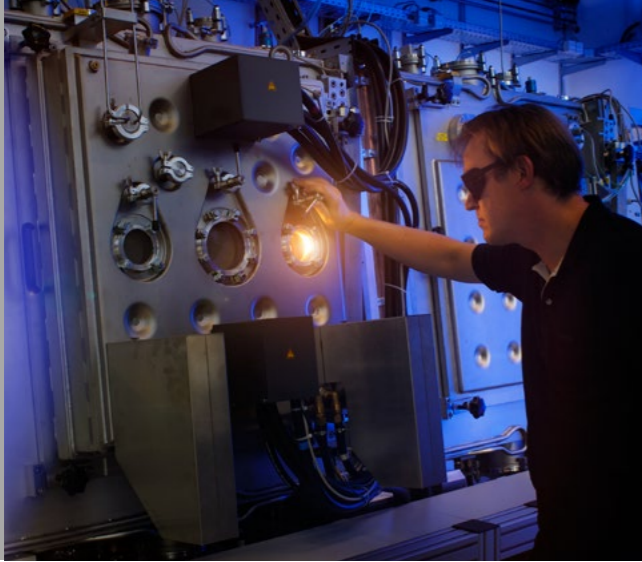
- | Pin-on-Disk-Tester
- | Kalottenverschleißtest (Calo)
- | Wazau-Hochlasttribometer (an Luft, in Öl)
- | CETR-Hochtemperaturtribometer (an Luft, in Öl)
- | Plint-Wälztribometer (an Luft, in Öl)
- | Taber-Abraser-Test, Scheuertest, Sandrieseltest, Bayer-Test
- | Mikrotribologie (Hysitron)
- | Impact- und Ermüdungstester (Zwick Pulsator)
- | Salzsprühtest, Klimatest

Spezialisierte Messplätze und -methoden

- | Charakterisierung von Solarzellen
- | Messplätze für photokatalytische Aktivität
- | Kontaktwinkelmessung (Oberflächenenergie)
- | Messeinrichtungen für elektrische und magnetische Schichteigenschaften, z. B. Hall, Seebeck, Leitfähigkeit, Vibrationsmagnetrometer (VSM)
- | Testsysteme für die elektrochemische Abwasserbehandlung
- | Messplätze zur Charakterisierung des piezoresistiven und thermoresistiven Sensorverhaltens
- | Biochip-Reader zur Fluoreszenzanalytik
- | Schichtmappingsystem (0,6 x 0,6 m²) für Reflexions-, Transmissions-, Haze- und Raman-Messungen
- | In-situ Bondenergiemessung
- | Magnetische Charakterisierung (Vibrationsmagnetrometer VMS)
- | Elektrochemische Messplätze (CV-Messungen)
- | Nasschemische Schnelltests: colorimetrische Bestimmung von Ionen- und Molekülkonzentrationen
- | Bewitterungstest: zyklische Simulation von UV- und Regenexpositionen

Plasma-Diagnostik

- | Absorptions-Spektroskopie
- | Photo-akustische Diagnostik
- | Laser-Induced Fluorescence LIF
- | Hochgeschwindigkeitsaufnahmen
- | Optische Emissionsspektroskopie OES
- | Retarding Field Energy Analyzer RFEA
- | Faser-Thermometrie
- | Elektrische Leistungsmessung
- | Numerische Modellbildung



LABORAUSSTATTUNG UND GROSSGERÄTE

- Produktionsanlagen für a-C:H:Me, a-C:H, Hartstoffschichten (bis 3 m³ Volumen)
- Beschichtungsanlagen auf Basis der Magnetron- und RF-Dioden-Zerstäubung
- Sputteranlagen für optische Präzisionsschichten
- In-line-Beschichtungsanlage für großflächige optische und elektrische Funktionsschichten (bis 60 × 100 cm²)
- Industrielle Beschichtungsanlagen mit HIPIMS-Technologie
- Plasmadiffusionsanlagen
- Anlagen für Hohlkathodenverfahren
- Beschichtungsanlagen für thermische und plasma-aktivierte Atomlagenabscheidung (ALD), (2D und 3D)
- Heißdraht-CVD-Anlagen für die Abscheidung von kristallinen Diamantschichten auf Flächen bis 50 × 100 cm² und für die Innenbeschichtung
- Heißdraht-CVD-Anlagen für die Abscheidung von Silizium-basierten Schichten (Durchlaufverfahren und Batchverfahren bis 50 × 60 cm²)
- Anlagen für die Beschichtung mittels plasma-aktivierter CVD (PACVD), kombiniert mit Plasmanitrieren
- Atmosphärendruck-Plasmaanlagen zur großflächigen Funktionalisierung und Beschichtung (bis 40 cm Breite)
- Mikroplasmaanlagen zur selektiven Funktionalisierung von Oberflächen (bis Ø = 20 cm)
- Bond-Aligner mit integriertem Plasmatool zur Vorbehandlung von Wafern im Reinraum
- Rolle-zu-Rolle-Anlage zur ortsselektiven Oberflächenfunktionalisierung bis 10 m/min
- Anlage zur Innenbeschichtung von Beuteln oder Flaschen
- Laser für 2D- und 3D-Mikrostrukturierung
- Automatisierte Anlage zur Polyelektrolyt-Abscheidung
- Zwei Mask-Aligner für photolithographische Strukturierung
- Mikrostrukturierungslabor (40 m² Reinraum)
- Anlage zur galvanotechnischen Metallisierung von Hohlleitern (11 Aktivbäder mit einem Volumen von je 140 l und 1 Nickelbad mit einem Volumen von 400 l)
- Modulare Technikumgalvanik (20 Stationen für Aktivbäder mit einem Volumen von je 20 l)
- Eloxal-Anlage (11 Aktivbäder mit einem Volumen von je 140 l und 2 Eloxal-Bäder mit einem Volumen von je 350 l)
- 15-stufige Anlage für die Reinigung auf wässriger Basis
- Reinraum-Technikum (25 m²)
- Reinraum-Sensorik (35 m²)
- Laserstrukturierungslabor (17 m²)
- Mobile Atmosphärendruck-Plasmaquellen
- Nanosekunden-Festkörperlaser (Nd: YAG-Laser)
- CO₂-Laser sowie Excimer-Laser
- EUV-Spektrographie
- Halbleiterlaser
- Pikosekundenlaser



NACHHALTIGE LÖSUNGEN MIT SCHICHT- UND OBERFLÄCHENTECHNIK

Nachhaltigkeit ist das aktuell vielleicht bedeutendste gesellschaftliche Leitbild unserer Zeit. Sowohl in der Europäischen Union als auch in der Bundesrepublik Deutschland stehen nachhaltige Entwicklungsprozesse auf der Agenda an erster Stelle. Das Fraunhofer IST entwickelt schon seit einigen Jahren im Bereich der Schicht- und Oberflächentechnik Lösungen für nachhaltige Produkte und eine nachhaltige industrielle Produktion.

Viele Forschungsthemen des Fraunhofer IST orientieren sich an dringlichen Zukunftsthemen und gesellschaftlichen Trends wie u. a. der Energiewende, Alternativen für seltene Materialien und knappe Rohstoffe oder Mobilität im 21. Jahrhundert. Dünne Hochleistungsschichten sind darüber hinaus die Basis für eine Vielzahl zukunftsgerichteter Produkte und Hightech-Anwendungen, insbesondere, wenn es darum geht, Material und Energie einzusparen. Einige Beispiele aus unserer Forschung für nachhaltige industrielle Produkte und Prozesse:

Innovative Materialien

- Am Fraunhofer IST wird intensiv am Ersatz von Indium-Zinn-Oxid (ITO) durch alternative Materialien auf der Basis von ZnO, SnO₂ und TiO₂ geforscht.
- Es werden schädigungsarme Abscheidungen von indium-freien Materialien für hocheffiziente LEDs entwickelt.
- Am Fraunhofer IST werden Materialalternativen für hochbrechende Tantaloxidschichten entwickelt, die in der optischen Industrie eingesetzt werden.
- Es werden neuartige Materialien wie Kanalmaterialien für Dünnschichttransistoren (TFTs) und p-leitende Materialien als transparente Kontaktschichten entwickelt.
- Am Fraunhofer IST werden REACH-konforme Kunststoffmetallisierungen ohne Einsatz von Chrom (VI) entwickelt.

Materialeffizienz

- In einem Kombinationsprozess aus Atmosphärendruck-Plasmaverfahren und elektrochemischen Verfahren werden Edelmetalle gezielt lokal aufgebracht.
- Durch die Kombination verschiedener Materialien bzw. von Schicht und Grundkörper werden Werkstoffe mit neuen Eigenschaften realisiert.

Produktionseffizienz

- Optimierte Hartstoff- und nanostrukturierte Schichtsysteme für Umform-, Schneid- oder Zerspanwerkzeuge erhöhen die Standzeiten und ermöglichen eine wirtschaftlichere Fertigung.
- Schneller zum Ziel: Simulation ermöglicht immer kürzere Entwicklungszeiten, z. B. können durch die modellbasierte Auslegung und Implementierung von Beschichtungsprozessen hocheffiziente Produktionsketten realisiert werden.
- Module mit sensorischen Dünnschichtsystemen werden in Tiefzieh Anlagen und Antriebsmaschinen integriert, um eine effiziente Umformung und Bearbeitung von Bauteilen zu gewährleisten.
- Harte kohlenstoffbasierte Schichten verhindern das Anhaften von Werkstoffen, z. B. Pulvern, an Werkzeugen sowie Ablagerungen, Fouling, an Oberflächen, z. B. von Wärmetauschern oder in Abgassträngen.

Energieeffizienz

- Weniger Energieverbrauch durch Erosionsschutz von Flugtriebwerken: Sehr harte Multilagenschichten aus Keramik und Metall verhindern einen zu hohen Kraftstoffverbrauch und sinkende Wirkungsgrade.
- Breiteres und verbessertes Einsatzspektrum für Leichtbaukomponenten durch verschleißfeste reibungsmindernde Beschichtungen, die auch vor Korrosion schützen.
- Verminderte Sonnenstrahlung in Gebäuden durch den Einsatz elektrochromer Fenster.

Saubere Umwelt

- Mit den am Fraunhofer IST entwickelten Diamantelektroden kann Wasser elektrochemisch aufbereitet werden – angepasst an die Infrastruktur vor Ort und ohne Chemikalien.
- Photokatalytische Schichten ermöglichen antimikrobielle Oberflächen und den Abbau von Schadstoffen aus der Luft.
- Durch Funktionalisierung von Oberflächen im Plasma kann z. B. beim Bonden von Werkstoffen auf Klebstoff verzichtet werden. Die Plasma-Vorbehandlung eignet sich auch als Ersatz von Primern und zur Haftungsverbesserung von Lackierungen.

Gesundheit

- Die Plasmamedizin hat ein großes Potenzial zur nachhaltigen Behandlung von Patienten. Mit dem Medizingerät PlasmaDerm® lassen sich z. B. offene Wunden effizient behandeln. Langfristig beschleunigt dies die Heilung, reduziert den Zeit- und Personalaufwand und erhöht die Lebensqualität.
- Der Einsatz von Atmosphärendruckplasmen erlaubt die Abtötung selbst multiresistenter Keime.

Mobilität in der Zukunft

- Reibungsarme und extrem verschleißfeste Beschichtungen reduzieren den Treibstoffverbrauch des Kfz-Motors, verlängern Wartungsintervalle und die Lebensdauer.
- Neuartige Korrosionsschutzschichten auf metallischen Bipolarplatten ermöglichen die wirtschaftliche Herstellung leistungsfähiger Brennstoffzellen für die Automobilindustrie.
- Robuste Dünnschichtsensorik in stark beanspruchten Bereichen von Bauteilen erhöht die Zuverlässigkeit und Sicherheit in vielen Anwendungsfeldern, wie z. B. Elektromobilität.
- Funktionsschichten für Komponenten von Lithium-Ionen-Batterien erhöhen die Leistungsfähigkeit und die Lebensdauer dieser Speicher für elektromobile Anwendungen.



MASCHINENBAU, WERKZEUGE UND FAHRZEUGTECHNIK

Im Geschäftsfeld »Maschinenbau, Werkzeuge und Fahrzeugtechnik« werden vor allem Schichtsysteme zur Reibungsminderung sowie zum Verschleiß- und Korrosionsschutz entwickelt und anwendungsorientiert optimiert. Dies beinhaltet den gesamten Prozess von der Vorbehandlung über die Schicht- und Prozessentwicklung inklusive der Analytik und Simulation bis hin zur Anwendung. Die Vorbehandlung umfasst dabei neben der Reinigung insbesondere die Einstellung der Oberflächentopographie mit Strahl- oder Plasmaprozessen sowie ggf. eine Diffusionsbehandlung. Beispiele für Anwendungen im Bereich Bauteile und Komponenten sind:

- | DLC- und Hartstoffschichten für Motor- und Antriebskomponenten
- | Oberflächen für Batterien und Brennstoffzellen in mobilen Anwendungen
- | Antihaft- und Antifouling-Beschichtungen
- | Oberflächenoptimierung und Korrosionsschutz von Hybridbauteilen
- | Metallisierung und Funktionalisierung von Kunststoffen
- | Hochkorrosionsfeste Kohlenstoffschichtsysteme für Dichtungsanwendungen

Im Bereich Maschinenbau und Werkzeuge stehen diese Anwendungsfelder im Vordergrund:

- | Beschichtungen von Druckgusswerkzeugen
- | Werkzeugbeschichtungen für die Kunststoffformgebung (Pultrusion, Spritzguss)
- | Plasmadiffusionsbehandlung (inklusive thermodynamischen Simulationen) sowie Beschichtung von Schmiede- und Presshärte Werkzeugen

Darüber hinaus werden sensorische Oberflächen für die unterschiedlichsten sicherheitsrelevanten Anwendungsgebiete entwickelt und erfolgreich eingesetzt. Beispiele sind:

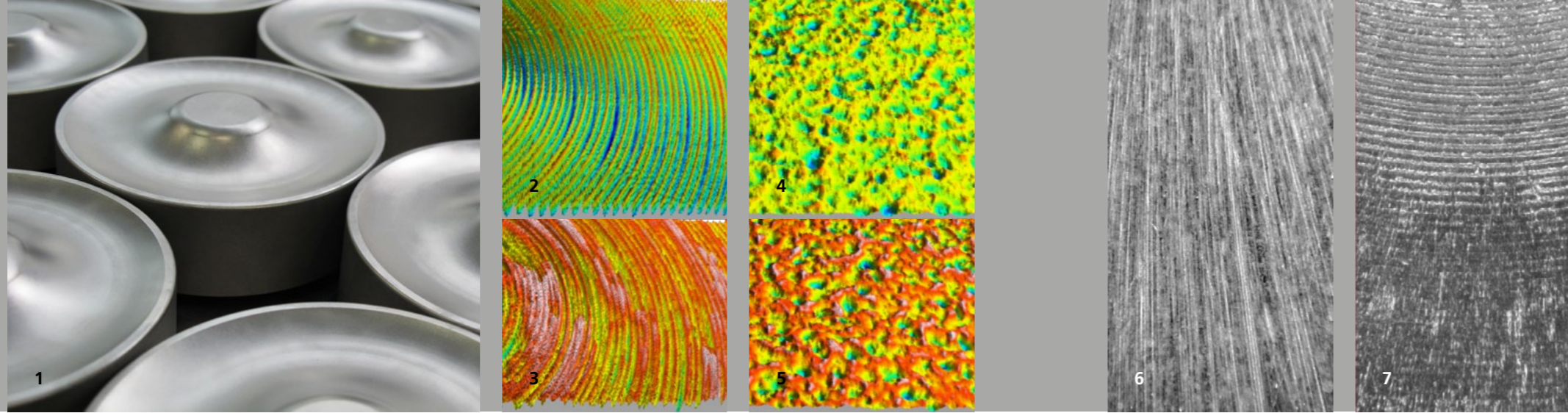
- | Sensorische Unterlegscheiben für eine kontinuierliche Kraftüberwachung
- | Druck- und Temperatur-Dünnschichtsensorik für hochbelastete Werkzeuge
- | Dünnschicht-Dehnungsmessstreifen
- | Magnetische Funktionsschichten

Zu unseren Kunden zählen neben Schichtherstellern vor allem Unternehmen der Automobilindustrie, Werkzeughersteller und -anwender sowie Schichtanwender aus allen Bereichen des Maschinenbaus.

Ein weiteres wichtiges Thema ist die Auslegung von Beschichtungsprozessen durch Simulation realer 3D-Bauteile.

KONTAKT

Dr.-Ing. Tatiana Hentrich
Telefon +49 531 2155-518
tatiana.hentrich@ist.fraunhofer.de



STRUKTURKONSERVIERENDE HARTSTOFFSCHICHTEN

Bei Umformprozessen wie beispielsweise der Warmmassumformung spielt die Struktur der Oberfläche eine maßgebliche Rolle. So treten bei unstrukturierten Oberflächen während des Umformprozesses meist hohe tribologische Belastungen auf, was zu starkem Materialabtrag führt. Durch den Einsatz von Schmierstoffen sollen die Reibkräfte zwischen Gesenkoberfläche und Schmiedeteil verringert werden. Eine zusätzliche Strukturierung der Oberfläche sorgt dabei für eine verbesserte Haftung der Schmierstoffe und darüber hinaus für eine Reduzierung der Traganteile. Sie muss jedoch möglichst effektiv gegen Einebnungsmechanismen, verursacht durch den plastischen oder abrasiven Verschleiß im tribologischen Kontakt, geschützt werden. Am Fraunhofer IST konnten nun Voraussetzungen für eine optimale Gesenkoberflächengestaltung und deren erfolgreiche Konservierung definiert werden.

Topographie und Verschleißentwicklung

In einem ersten Schritt wurden unterschiedliche spanende Verfahren zur Werkzeugfertigung – teilweise in Kombination mit wirtschaftlichen Strahlverfahren – hinsichtlich ihres Verschleißverhaltens untersucht. Mittels Serienschmiedeversuchen konnte der Verschleißfortschritt durch taktile Vermessungen der Gesenkoberflächen ermittelt werden. Zur Auswertung wurden mit Hilfe der Abbott-Firestone-Kurve dreidimensionale Oberflächenkennwerte wie der arithmetische Mittenrauwert S_a bestimmt. Die Versuche zeigten, dass vor allem bei tribologisch hoch belasteten Gesenken deutliche Zusammenhänge zwischen der Oberflächenstruktur und der Verschleißentwicklung bestehen.

Erfolgreiche Konservierung mittels Plasmatechnologien

Zum Erhalt der eingestellten Strukturen wurde eine sogenannte Duplex-Behandlung der Werkzeuge durchgeführt, bei der die Oberflächen zunächst mittels Plasmanitrieren behandelt und anschließend mit einer Hartstoffbeschichtung versehen werden. Dadurch können die Randschicht- und Oberflächenhärte sowie gleichzeitig die Warmfestigkeit des Substrats gesteigert werden. Diese Eigenschaften beeinflussen die Bestän-

digkeit gegenüber plastischen Verformungen und in hohem Maße auch die abrasive Verschleißfestigkeit. Untersuchungen ergaben darüber hinaus, dass die beständigste Oberflächenstruktur gegen vorwiegend tribologische Beanspruchung auch die geringsten Verschleißwerte aufweist. Diese Topographie konnte mittels Strahlen auf einen arithmetischen Rauheitswert von $S_a = 1,5 \mu\text{m}$ eingestellt werden und weist für die Bindung der Schmiermittel auf Wasser-Graphit-Basis optimale Eigenschaften auf. Hohe Reibkräfte während der Umformung und der dadurch begünstigte abrasive Verschleiß lassen sich somit durch die gezielte Oberflächenkonditionierung maßgeblich verringern. Gleichzeitig bietet diese Oberfläche ausreichend Tragfähigkeit, um nicht aufgrund hoher Flächenpressung eingeebnet zu werden. Die Duplex-Behandlung der Werkzeuge unterstützt dies zusätzlich.

Industrieller Nutzen

Um das in den Serienschmiedeversuchen an Modellgesenken festgestellte Verschleißverhalten auch unter industriellen Bedingungen in der Produktion eines Schmiedebetriebs zu evaluieren, wurden Schmiedegesenke eines Projektpartners mit der entwickelten Verschleißschutzmethode bearbeitet:

Industriegesenke wurden strukturiert und mit einer kombinierten Duplex-Behandlung aus Plasmanitrierung und PACVD Hartstoffbeschichtung behandelt. Trotz typischer Schwankungen der erreichten Standmengen zeigten sich positive Effekte der Modifikation. Im Vergleich zu den lediglich gasnitrierten Gesenken der Serienproduktion wiesen die modifizierten insbesondere in tribologisch hoch belasteten Bereichen deutliche Verbesserungen bezüglich des abrasiven Verschleißes auf. Darüber hinaus konnte durch eine deutliche Reduktion mechanisch bedingter Risse eine Erhöhung der Standmengen erreicht werden.

Ausblick

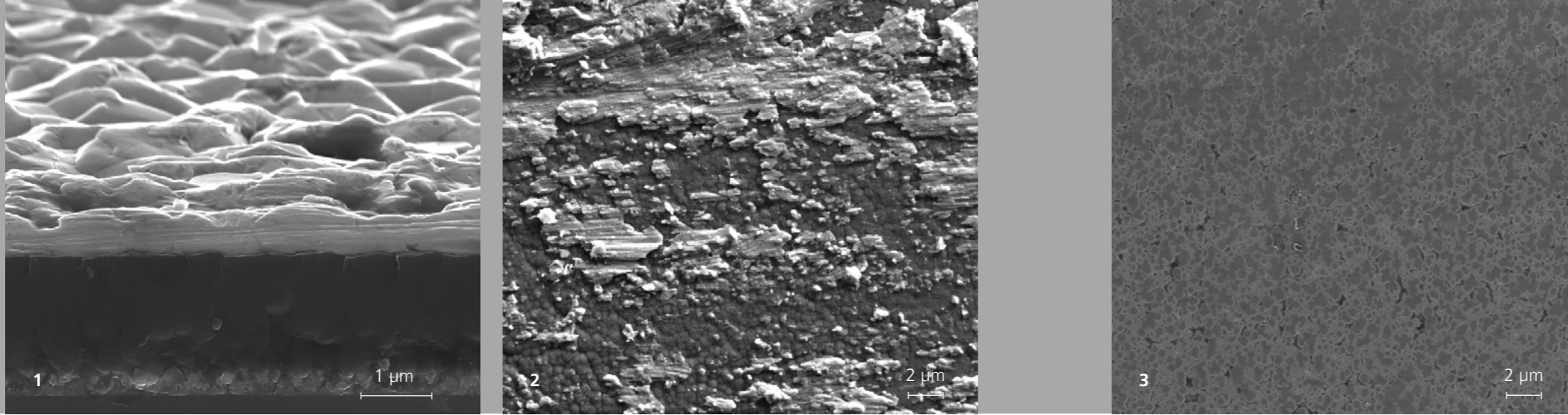
Dem verbesserten Verschleißverhalten und der damit einhergehenden Standmengensteigerung tribologisch hoch belasteter Schmiedegesenke steht derzeit noch ein erhöhter Aufwand durch die Oberflächenkonditionierung mit konservierender Duplex-Behandlung gegenüber. Damit dieses Vorgehen auch in wirtschaftlicher Hinsicht eine Alternative darstellen kann, muss die Lebensdauer der modifizierten Gesenke durch die Beschichtung deutlich gesteigert werden. Die bisher vielversprechenden Ergebnisse müssen daher zukünftig noch in weiterführenden Versuchsreihen bestätigt werden.

1-5 Tribologisch belastete Gesenke mit unterschiedlichen Topographien 2) hart und 3) weich gedreht bzw. 4) mittel und 5) grob gestrahlt.

6-7 Die gedrehte Oberfläche nach 100 Schmiedezyklen zeigt 6) im unbehandelten Zustand starke abrasive Verschleißmarken und 7) im duplexbehandelten Zustand eine Konservierung der Topographie.

KONTAKT

Dipl.-Ing. Hanno Paschke
Telefon +49 231 844-5453
hanno.paschke@ist.fraunhofer.de



WEGE ZUR TROCKENUMFORMUNG VON ALUMINIUMLEGIERUNGEN

Die Beherrschung schmierstofffreier Umformprozesse stellt einen Beitrag zur Etablierung von ökologisch und ökonomisch effizienteren Fertigungstechnologien dar. Ein Verzicht auf Schmierstoffe senkt z. B. die Betriebsmittelkosten, macht kostenintensive Anlagen zum Schmiermittelauftrag und zur Bauteilreinigung überflüssig und verkürzt die Produktionszeiten. Als eine der weltweit führenden Institutionen auf dem Forschungsgebiet kohlenstoffbasierter Dünnschichten entwickelt das Fraunhofer IST Schichtsysteme, mit denen sich Trockenumformprozesse von Aluminiumlegierungen realisieren lassen.

Aktuelle Herausforderungen bei der Aluminiumumformung

Aufgrund ihres hervorragenden Gewicht-Festigkeit-Verhältnisses eignen sich Aluminiumlegierungen besonders für die Fertigung gewichtsoptimierter Bauteile, die derzeit vor allem im Automobil- und Luftfahrtsektor sowie dem allgemeinen Maschinenbau gefragt sind. Die starke Adhäsionsneigung von Aluminium gegenüber gängigen Werkzeugwerkstoffen stellt jedoch hohe Anforderungen an Umformtechnologien. Zur Vermeidung eines rapiden Werkzeugverschleißes wird bei der Aluminiumumformung aktuell noch eine hohe Schmierstoffmenge verwendet. Dadurch sinken Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit des Fertigungsprozesses erheblich.

Schichtentwicklung

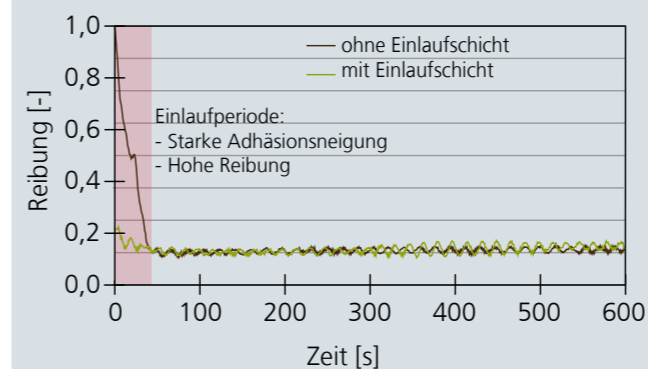
Im Rahmen des Schwerpunktprogramms SPP1676 der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) entwickelt das Fraunhofer IST in einem ersten Schritt antiadhäsive Werkzeugbeschichtungen zur Realisierung einer schmierstofffreien

Aluminiumumformung. Amorphe Kohlenstoffschichten (a-C:H) weisen ein hohes tribologisches Eignungspotenzial für schmierstofffreie Gleitkontakte gegen Aluminium auf. Eingesetzt als Werkzeugbeschichtung ermöglichen aktuelle a-C:H-Schichtsysteme jedoch keine Trockenumformung von Aluminiumlegierungen. Ein Hinderungsgrund ist das Einlaufverhalten dieser Schichten, das durch eine hohe Adhäsionsneigung und Reibung gekennzeichnet ist. Dieses Verhalten führt bei Umformprozessen zu einer sofortigen Adhäsionsausbildung und damit verbunden einem Werkzeugausfall vor Überwindung der Einlaufphase. Zur Optimierung des Einlaufverhaltens entwickelt das Fraunhofer IST Einlaufschichten für a-C:H-Werkzeugbeschichtungen (vgl. Abbildung 1). Wie im nebenstehenden Diagramm und den Abbildungen 2 und 3 ersichtlich, weisen anwendungsbezogene Tribometerversuche eine signifikante Reduktion der Adhäsionsneigung und Reibung nach. Dies verdeutlicht die hohen Erfolgsaussichten zur Realisierung von Trockenumformprozessen durch den Einsatz des entwickelten a-C:H-Schichtsystems.

Ausblick

Der Oberflächenzustand einer eingelaufenen a-C:H-Werkzeugbeschichtung kann potenziell über eine gezielte Oberflächenbehandlung eingestellt werden. Zukünftig soll ein Verfahren zur Nachbildung dieses Zustands auf Basis einer plasmachemisch thermischen Behandlung und Strukturierung von a-C:H-Schichten entwickelt werden. Ziel ist es, optimierte a-C:H-Werkzeugbeschichtungen für die Trockenumformung von Aluminiumblechen bereitzustellen.

Reibverhalten von a-C:H-Schichten mit und ohne Einlaufschicht gegen Aluminiumbleche aus EN AW-5083



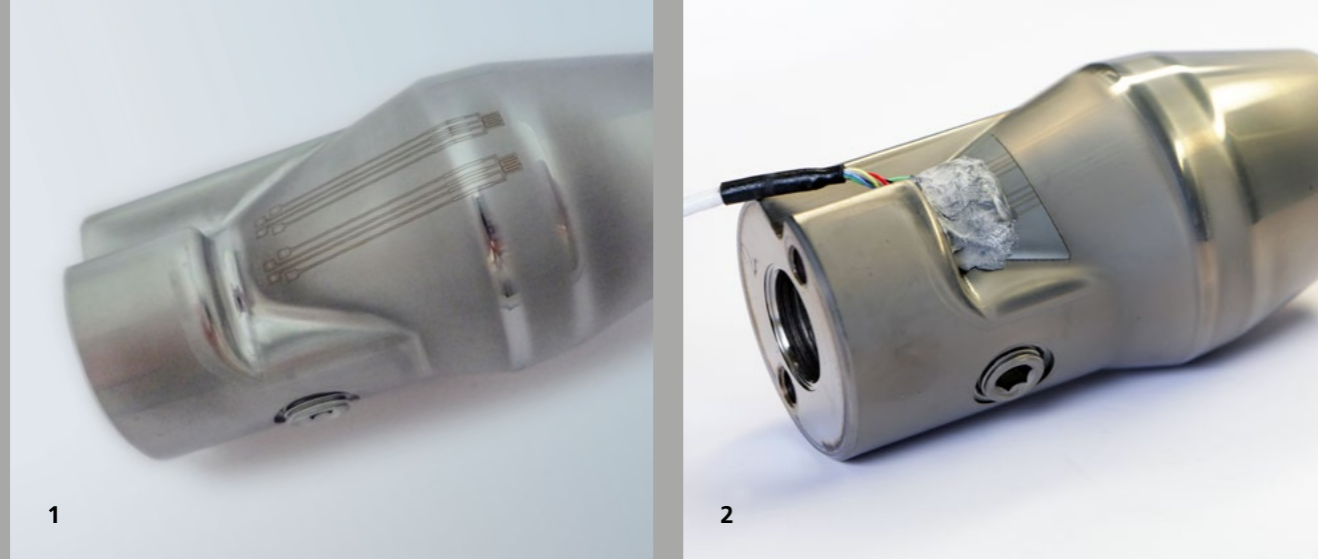
1 REM-Querschnittsaufnahme von a-C:H-Werkzeugbeschichtung mit Einlaufschicht.

2 Aluminiumadhäsionen auf a-C:H-Schicht ohne Einlaufschicht.

3 Keine Adhäsionen auf a-C:H-Schicht mit Einlaufschicht.

KONTAKT

Dipl. Wirt.-Ing. Tim Abraham
Telefon +49 531 2155-655
tim.abraham@ist.fraunhofer.de



DÜNNSCHICHTSYSTEME ZUR TEMPERATURMESSUNG IM ALUMINIUM-DRUCKGUSS

Während eines Druckgussprozesses wirken enorme Kräfte und Temperaturen auf die belasteten Werkzeuge. Bisher waren Daten wie Temperaturverläufe, die für ein besseres Verständnis und vor allem dem Abgleich mit der Simulation des Prozesses notwendig sind, jedoch nicht ermittelbar. Daher war es ein vorrangiges Ziel der Industrie, Sensorik Elemente so nah wie möglich an der Oberfläche der Werkzeuge zu platzieren, um die Prozesse besser kontrollieren und erfassen zu können. In einem von der Volkswagen AG initiierten und beauftragten Projekt, das gemeinsam mit dem Fraunhofer IST und der Firma G. A. Röders GmbH & Co. KG durchgeführt wurde, ist es nun gelungen, Dünnschichtsensorik direkt als Beschichtung auf der Werkzeugoberfläche zu implementieren.

Herstellung des sensorischen Dünnschichtsystems

Für die Entwicklung des Dünnschichtsensoriums auf der Werkzeugoberfläche wird zunächst ein Bereich für die Kontaktierung der Messdrähte auf Formkernen für den Aluminiumdruckguss eingebracht. Jeder Formkern erhält zwei Sensorstrukturen. Mittels physikalischer Gasphasenabscheidung (PVD) wird dann die elektrische Isolationsschicht aus Aluminiumoxid (Al_2O_3) hergestellt. Darauf folgt die homogene Beschichtung der Oberfläche mit Chrom (Cr) in einer Dicke von 250 nm. Diese Chromschicht wird mit einem Mäanderdesign strukturiert. Dafür wird manuell ein Fotolack aufgebracht, mit einer flexiblen Maske belichtet und entwickelt. Die ungeschützten Konturbereiche werden nach der Entwicklung nasschemisch weggeätzt. Zum Abschluss wird der Fotolack entfernt und die mit den Sensorstrukturen versehene Metallisierung verbleibt auf der Oberfläche (vgl. Abbildung 1). Die Sensorstrukturen werden in der Vierleitertechnik aufgebaut. Die einzelnen Leiterbahnen haben dabei eine Breite von 100 μm , die sich im gekrümmten Übergang lokal auf 250 μm erhöht.

Nach dem Aufbringen der Sensorstrukturen wird die zweite elektrische Isolationsschicht aus Al_2O_3 abgeschieden, die Kontaktierungsbereiche werden zusätzlich mit einer 1,5 μm dicken Kupferschicht (Cu) versehen. Daraufhin erfolgt die Beschichtung mit der Verschleißschutzschicht aus Chromvanadiumnitrid (CrVN). Abschließend werden Messdrähte an die Kontaktpads gelötet und der gesamte Bereich versiegelt. Dafür wird eine Masse verwendet, die auch bei Temperaturen über 300 °C eine gute Haftung aufweist und nicht elektrisch leitend ist. Abbildung 2 zeigt einen solchen sensorischen Formkern. Die Cr-Mäanderstrukturen weisen einen Temperaturkoeffizienten von $1,24 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ auf.

Nachweis der Funktionstüchtigkeit

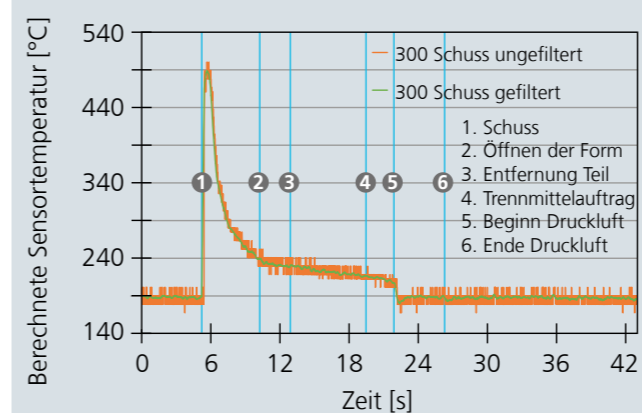
Um die Funktionstüchtigkeit des Formkerns zu überprüfen, wird dieser in eine Formhälfte eines Druckgusswerkzeugs eingebaut, wobei die Messkabel an der Seite herausgeführt werden. Mit der in Form von Temperaturmäandern aus Chrom gefertigten Sensorik kann der Temperaturverlauf auf der Formkernoberfläche während des Druckgussprozesses

realistisch abgebildet werden. Das Schichtsystem ist während der 300 Druckgusszyklen durchgängig funktionstüchtig und weist auch nach diesen Prozessen keine Abplatzungen und Verlust der Sensorgüte auf. Die unten stehende Grafik dokumentiert den Verlauf des 300. Druckgussprozesses, der mit dem sensorischen Formkern durchgeführt wurde.

Ausblick

Zukünftig soll die erprobte Technologie auf weiteren komplex geformten Werkzeugen eingesetzt werden. Ein Ziel dabei ist es, das Verständnis für Aluminiumdruckgussprozesse zu verbessern, um die Voraussetzung für eine optimierte ressourceneffiziente Produktion zu schaffen.

Temperaturverlauf, gemessen mit einem Chrommäander auf dem Formkern beim 300. Druckgusszyklus.

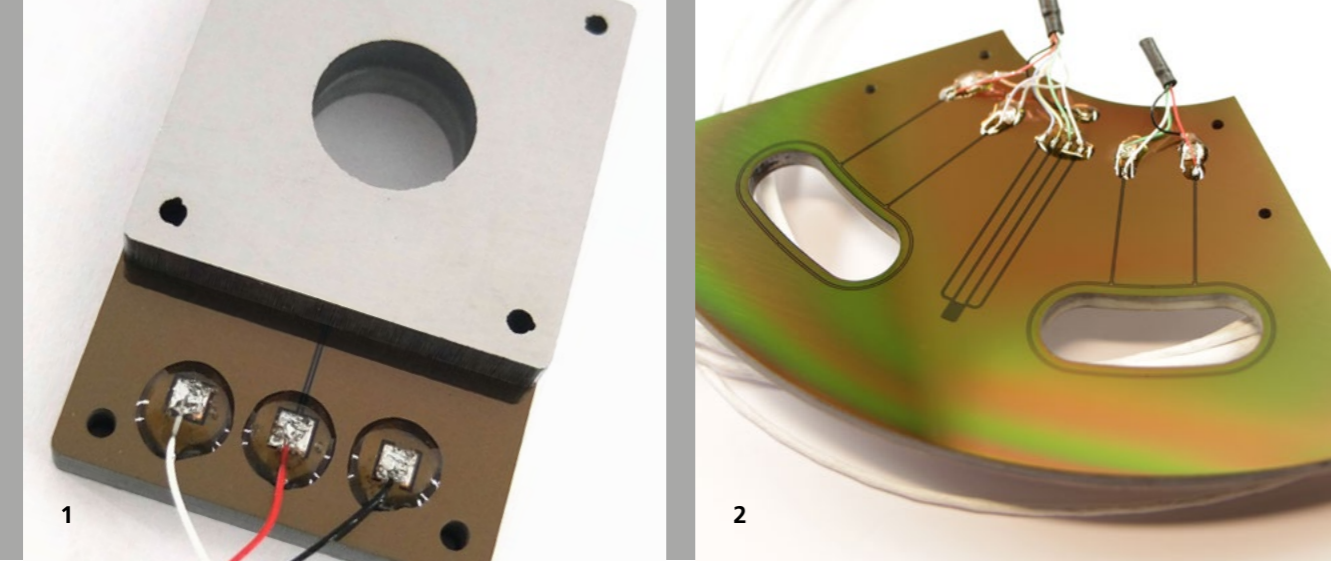


1 Formkern mit zwei Sensorstrukturen auf der Oberfläche.

2 Formkern mit angelöteten Messdrähten an den zwei Sensorstrukturen. Der Lötbereich wurde versiegelt, sodass auch bei Temperaturen über der Schmelztemperatur des bleifreien Lötzinns Messungen möglich sind.

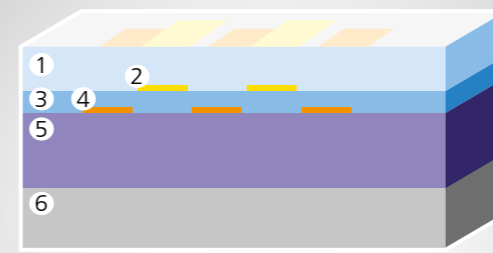
KONTAKT

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



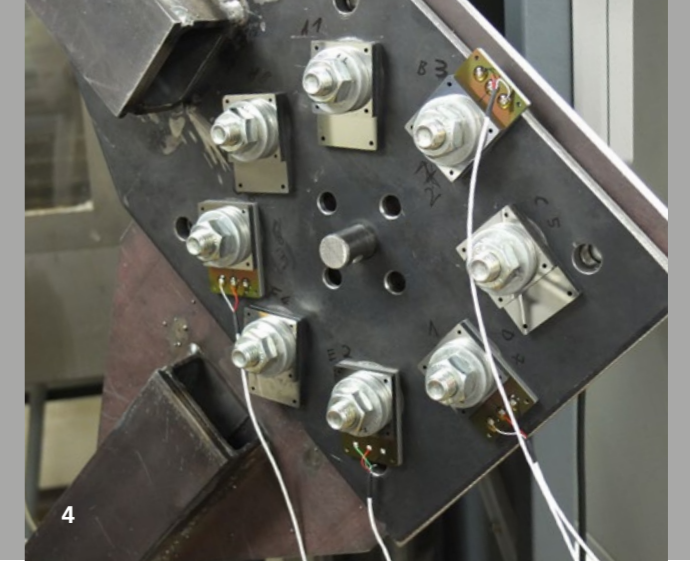
1

2



3

- 1 Isolations- und Verschleißschutzschicht (3 µm)
- 2 Temperaturmäanderstruktur (0,2 µm)
- 3 Isolations- und Verschleißschutzschicht (1 µm)
- 4 Elektrodenstruktur Cr (0,2 µm)
- 5 DiaForce® (6 µm)
- 6 Stahlgrundkörper



4

ULTRAHOCHLEISTUNGSFÄHIGE SENSOR-KONTROLLIERTE MOMENTENVERBINDUNGEN

Im Holzbau werden oftmals Pfosten-Riegel-Verbindungen zur Aussteifung des Gebäudes eingesetzt. Die Anforderungen an diese Verbindungen unterscheiden sich jedoch von Fall zu Fall. Bei Beanspruchungen durch Wind und schwache Erdbeben müssen diese z. B. möglichst steif sein, um entstehende Verformungen gering zu halten. Bei starken Erdbeben hingegen sind weiche Verbindungen von Vorteil, da sich durch die Möglichkeit der Verformung keine kritischen Spannungen aufbauen können – das Gebäude schwingt zwar, kollabiert jedoch nicht. Um ein Bauwerksmonitoring zu ermöglichen, wurden daher am Fraunhofer IST unterschiedliche Module mit sensorischen Dünnschichtsystemen aufgebaut, die innerhalb von neu entwickelten Momentenverbindungen die auftretenden Belastungen und Temperaturen im direkten Reibkontakt erfassen können.

Multifunktionales Schichtsystem

Die in Abbildung 1 und 2 dargestellten Sensormodule weisen auf ihrer Oberfläche ein multifunktionales Schichtsystem auf, das neben einer hohen Verschleißfestigkeit piezoresistive und teilweise auch zusätzliche thermoresistive Sensorstrukturen (vgl. Abbildung 2) enthält. Der schematische Aufbau des multifunktionalen Schichtsystems ist in Abbildung 3 dargestellt.

Die Grundlage für das sensorische Schichtsystem bildet die am Fraunhofer IST entwickelte piezoresistive amorphe Kohlenwasserstoffschicht DiaForce® (5), welche mit einer Schichtdicke von 6 µm auf die polierte Oberfläche homogen abgeschieden wird. Auf diese Sensorschicht werden Elektrodenstrukturen aus Chrom (4) mit einer Schichtdicke von 200 nm aufgebracht, die mit einer elektrischen Isolationszwischen-schicht aus mit Silizium und Sauerstoff modifiziertem Kohlenwasserstoff SiCON® (d ~ 1 µm) (3) bedeckt werden. Die Leiterbahnen sowie der Bereich der Kontaktstellen werden aus Chrom in einer Dicke von 200 nm (2) auf dieser Zwischenschicht abgeschieden. Wird eine lokale Temperaturmessung gewünscht, werden dafür zusätzlich Mäanderstrukturen, ebenfalls aus Chrom, aufgebracht (vgl. Abbildung 2). Diese Strukturen werden

abschließend mit einer weiteren SiCON®-Schicht (d ~ 3 µm) (1) isoliert und vor Verschleiß geschützt. Die Gesamtdicke des Schichtsystems beträgt lediglich rund 10 µm. Zur Schichtherstellung werden ausschließlich Vakuumbeschichtungsverfahren eingesetzt: die plasmaunterstützte chemische Gasphasenabscheidung (PACVD-Verfahren) für die amorphen Kohlenwasserstoffsichten DiaForce® und SiCON® und die physikalische Gasphasenabscheidung (PVD-Verfahren) für die Elektrodenschichten aus Chrom.

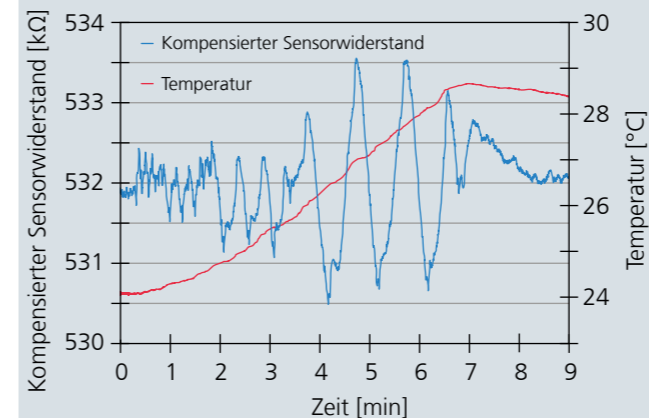
Einsatz der Sensormodule im Versuchsaufbau

Um das Trag- und Verformungsverhalten der neuartigen Sensormodule zu untersuchen, wurden sie in einen Momentenverbinder integriert und im Prüfstand des Instituts für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (IBMB) der TU Braunschweig mit zyklischen Beanspruchungen nach DIN EN 12512 belastet. Die nebenstehende Grafik zeigt die Messwertverläufe eines Kraft- und Temperatursensors. Dabei spiegelt der Kurvenverlauf des Kraftsensors deutlich die zyklischen Beanspruchungen wider. Die zu beobachtende Temperaturerhöhung um 4 K ist auf die über Reibung dissipierte Energie zurückzuführen.

Das Projekt

Die Sensormodule für ultrahochleistungsfähige Momentenverbindungen sind in Kooperation mit der Firma Pitzl Metallbau GmbH & Co. KG und dem Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz (IBMB) der TU Braunschweig mit Unterstützung durch das Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI, und innerhalb des Projekts »Entwicklung von ultrahochleistungsfähigen sensor-kontrollierten Momentenverbindungen mit großem Energie-Dissipationspotenzial für Holzbauten in Erdbebengebieten« KF 2178811 entstanden, das durch das Programm »Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand – ZIM« gefördert wurde.

Exemplarisches Messergebnis der piezo- und thermoresistiven Sensoren des multifunktionalen Schichtsystems.



1 Viereckiges Sensormodul mit ringförmiger kraftmessender Sensorstruktur.

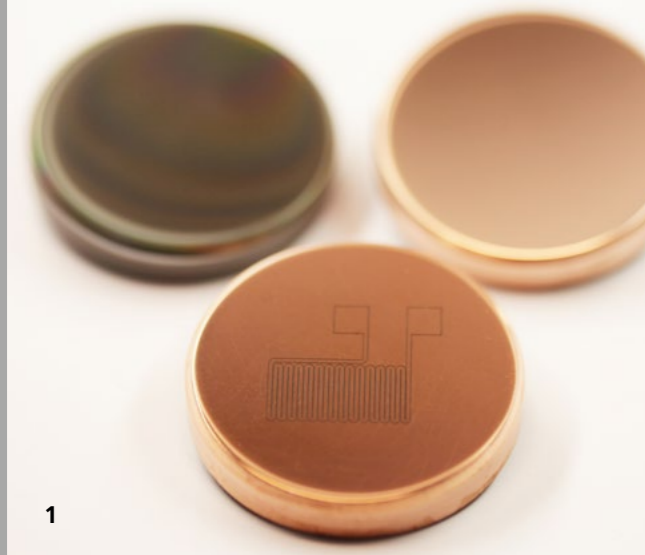
2 Sensorelement mit kraftmessenden Sensorstrukturen und zusätzlicher Mäanderstruktur zur lokalen Temperaturmessung.

3 Schematische Darstellung des multifunktionalen Schichtsystems.

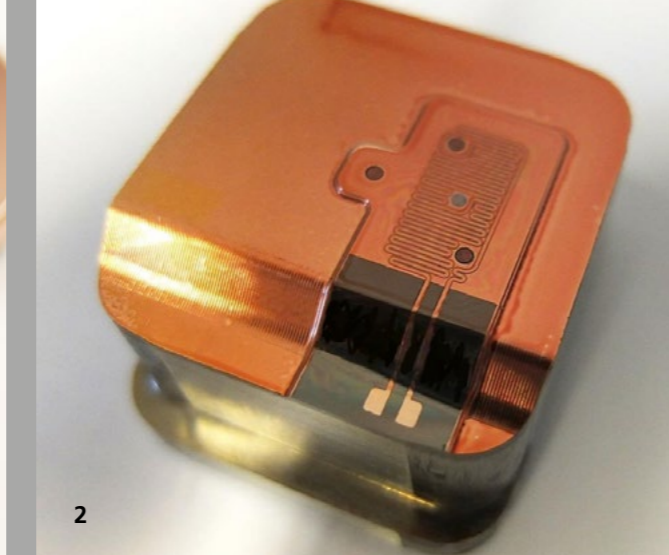
4 Anordnung der einzelnen Sensormodule im Momentenverbinder.

KONTAKT

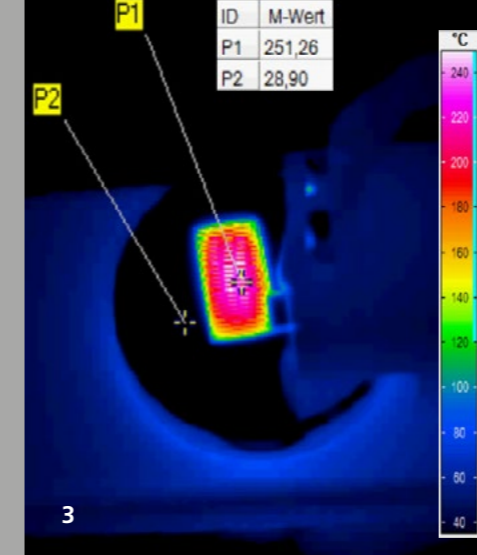
Dr.-Ing. Saskia Biehl
 Telefon +49 531 2155-604
 saskia.biehl@ist.fraunhofer.de



1



2



3

HEIZLEITER ZUR LOKALEN TEMPERIERUNG VON MIKROKUNSTSTOFFSPRITZGUSSWERKZEUGEN

Beim Spritzgießen von Formteilen mittels thermoplastischer, duroplastischer oder elastomerer Werkstoffe kann es zu Defekten bzw. Mängeln in der Oberflächenqualität des Kunststoffformteils kommen. Darüber hinaus entstehen aber auch vielfach Fehler, wenn der erhitzte Werkstoff durch den Kontakt mit der kälteren Werkzeugwand ungleichmäßig erstarrt und sich dadurch seine Fließfähigkeit zu schnell verringert. Da die zu schnell abkühlende Schmelze nicht alle Werkzeughohlräume ausfüllt, ist z. B. die Herstellung optischer Formteile, die Abformung von Mikrostrukturen oder die Fertigung dünnwandiger Teile nicht möglich. Vor allem im Bereich des Miniatur- und Mikrospritzgusses stellt dies ein großes Problem dar. Das Fraunhofer IST verfolgt daher den Ansatz, über speziell für den Einsatz im Spritzgusswerkzeug entwickelte Dünnschichtheizelemente die Kontaktfläche der Werkzeugwandung zur Kunststoffschmelze direkt zu beheizen und damit eine qualitativ hochwertige Konturabformung während des Spritzgussprozesses zu erzielen.

Herstellung des sensorischen Dünnschichtsystems

Zu Beginn des Entwicklungsprozesses wurden zunächst Grundkörper aus Keramik mit Heizstrukturen aus Kupfer aufgebaut. In einem zweiten Schritt wurden dann Stahlgrundkörper verwendet, die mit elektrischen Isolationsschichten aus Al_2O_3 homogen beschichtet und anschließend mit den Heizstrukturen versehen wurden. Sowohl die elektrischen Isolationsschichten als auch die Kupferschicht wurden mittels physikalischer Gasphasenabscheidung gefertigt. Während des Entwicklungsprozesses wurden am Fraunhofer IST Heizstrukturen in unterschiedlichen Schichtdicken und Designs strukturiert. Ein Beispiel einer mäanderförmigen Heizstruktur ist in Abbildung 1 dargestellt. Es zeigte sich, dass mit diesem komplexeren Design deutlich höhere Heizleistungen erzielt werden können als beispielsweise mit flächigen Strukturen. Ein erstes Mikrospritzgusswerkzeug mit einer solchen Heizstruktur

ist in Abbildung 2 dargestellt. Für die Fertigung wurde ein neuer Strukturierungsprozess entwickelt, der aus einer Kombination von Photolithographie, Laserstrukturierung und nasschemischem Ätzen besteht.

Nachweis der Funktionstüchtigkeit der Heizstrukturen

Um die Funktionstüchtigkeit der Heizstrukturen nachzuweisen, wurden diese am Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH (KUZ) mit einer Kontaktierung versehen und in einem Testaufbau bestromt (vgl. Abbildung 3). Dabei konnte je nach Ausführung der Heizstruktur in Abhängigkeit vom erreichten Widerstand eine hohe Dynamik in den erzielten Heizraten nachgewiesen werden. So war z. B. eine Temperaturerhöhung um 100 K von einem Temperaturniveau von 100 °C auf 200 °C innerhalb einer Sekunde bei einer Leistung von ca. 120 W (Bestromung mit Schutzkleinspannung von 30 V) möglich. In einem zweiten

Versuchsaufbau konnten darüber hinaus erfolgreich Dauerversuche mit den o.g. Parametern mit ca. 60000 Lastzyklen durchgeführt werden. Eine Schädigung der Schicht war auch nach den Dauerversuchen nicht festzustellen. Somit ist eine generelle Eignung für den ersten Einsatz der Heizschichten unter Spritzgussbelastung gegeben.

Ausblick

Ziel des Fraunhofer IST ist es, in einem nächsten Schritt die Heizstrukturen mit einer abschließenden Verschleißschicht zu versehen und gemeinsam mit dem Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH (KUZ) die Langzeitstabilität der Strukturen zu untersuchen. Im Rahmen der »FuE-Förderung gemeinnütziger externer Forschungseinrichtungen in Ostdeutschland (INNO-KOM-OST) – Modul Marktorientierte Forschung und Entwicklung (MF)« wird dieses Vorhaben auch weiterhin vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert.

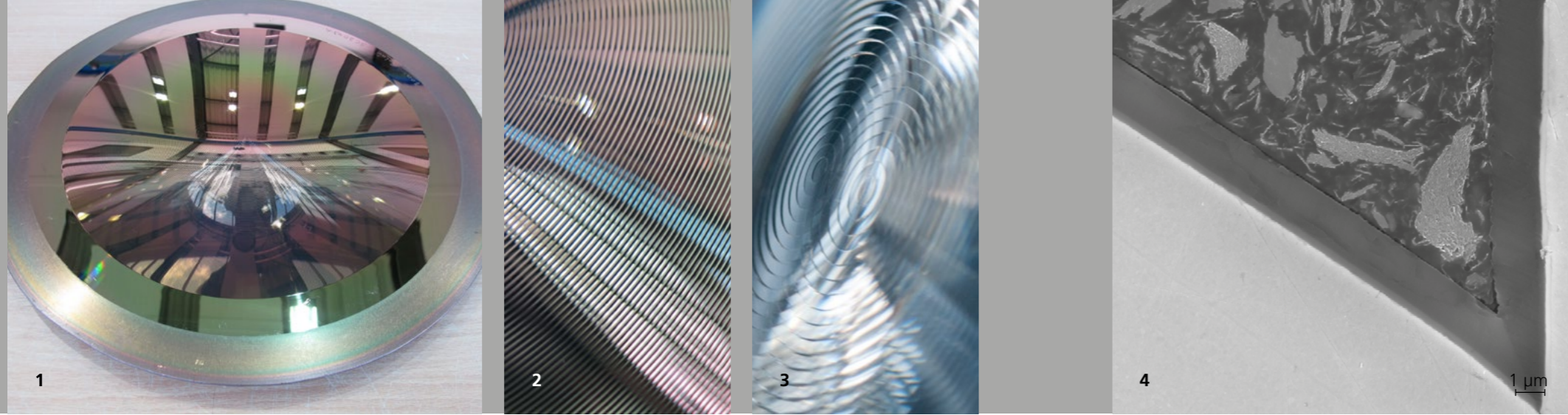
1 Ebene Grundkörper, die die Prozessschritte darstellen: mit Al_2O_3 beschichteter Stahl (o. l.); mit elektrischer Isolations- und darauf homogen abgeschiedener Kupferschicht (o. r.); mit mäanderförmiger Heizstruktur (u.).

2 Mikrospritzgusswerkzeug mit Heizstruktur aus Kupfer.

3 Thermographieaufnahme einer mäanderförmigen Heizstruktur an die 40 V Spannung angelegt wurde und dabei eine Heizleistung von 180 W erzielt werden konnte (Temperaturhub von 170 K in 3 s von 80 °C auf 250 °C).

KONTAKT

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



ANTIADHÄSIVE KONTURTREUE SCHICHTEN FÜR DIE KUNSTSTOFF-FORMGEBUNG

Mit Spritzguss- und Heißprägeverfahren können Kunststoffprodukte mit definierten und komplexen Formen und Strukturen geschaffen werden. Für die wirtschaftliche Fertigung hoher Stückzahlen sind kurze Zykluszeiten erforderlich. Die Neigung vieler Polymere zur Adhäsion an der Werkzeugoberfläche drosselt allerdings die Produktion, da die Entformung der Kunststoffbauteile erschwert wird. Die Folge sind längere Zykluszeiten, Kompromisse bei der Prozessführung und eingeschränkte Gestaltungsmöglichkeiten der realisierbaren Strukturen und Oberflächengüten. Häufig müssen Trennmittel eingesetzt werden, um die Entformung zu erleichtern oder überhaupt zu ermöglichen. Externe Trennmittel werden zwischen den Zyklen auf das Formwerkzeug aufgebracht und erhöhen damit die Zykluszeit. Interne Trennmittel werden dem Polymer zugemischt und können die Materialeigenschaften negativ beeinflussen und stellen zudem einen erheblichen Kostenfaktor dar. Darüber hinaus sind zum Teil für spezielle Formmassen keine geeigneten Trennmittel verfügbar. Das Fraunhofer IST arbeitet hier an wirtschaftlichen Beschichtungslösungen, die die Zykluszeiten verkürzen, die Entformung erleichtern und die Qualität erhöhen.

Optimierte Antihaft-Beschichtungen für strukturierte Formwerkzeuge

Die Basis des alternativen Lösungsansatzes des Fraunhofer IST sind verschleißfeste antiadhäsive Beschichtungen, die auf die Werkzeugoberfläche aufgetragen werden. Die Beschichtungen dürfen nur geringe Adhäsionskräfte in Wechselwirkung mit dem Polymer ausbilden, müssen aber gleichzeitig eine gute Beständigkeit für den Einsatz auf dem Werkzeug besitzen. Eine zusätzliche Herausforderung für die Beschichtung komplexer Formen ist ihre Konturtreue.

Für medizintechnische und optische Komponenten werden zunehmend Mikrostrukturen mit steilen Flanken und hohen Aspektverhältnissen benötigt. So ist zum Beispiel bei der Herstellung von Lab-on-a-chip-Systemen die Abformung von feinen Mikrofluidik-Kanälen erforderlich. Flache und kompakte optische Komponenten wie sie z. B. für Head-up-Displays oder Konzentratoren-Solarzellen verwendet werden, können mit

sogenannten Fresnel-Strukturen auf dem Werkzeug hergestellt werden. Für die Funktion und Effizienz dieser und vieler weiterer Komponenten aus Kunststoff ist eine präzise Replikation der feinsten Strukturen notwendig. Darüber hinaus muss die antiadhäsive Beschichtung der Kontur des Formwerkzeugs folgen, damit die engen Fertigungstoleranzen eingehalten werden.

Von der Entwicklung zum Industrie-Praxistest

Das Fraunhofer IST hat im Rahmen des AiF-Projekts »Konturtreue und antiadhäsive Beschichtungen für mikrostrukturierte Formgebungswerkzeuge für effiziente Kunststoffverarbeitungsprozesse« PACVD-Prozesse für die Beschichtung von komplex strukturierten Formwerkzeugen mit hoher Konturtreue entwickelt. Die Basis dafür bilden modifizierte DLC-Schichten ($a\text{-C:H:X}$, $X = \text{O, Si, F}$) mit geringer Oberflächenenergie. Bei anschließenden Untersuchungen dieser Schichten am Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit

und Systemzuverlässigkeit LBF in Darmstadt konnte gezeigt werden, dass die Entformungskräfte beim Spritzgießen von Polycarbonat durch eine SICON®-Beschichtung ($a\text{-C:H:Si:O}$) um bis zu 90 Prozent reduziert werden können. Erste industrielle Praxisversuche mit strukturangepassten modifizierten DLC-Werkzeugbeschichtungen in Zusammenarbeit mit der Firma ORAFOL Fresnel Optics lieferten bereits vielversprechende Ergebnisse. Mit diesen innovativ beschichteten Formwerkzeugen können Fresnel-Linsen sogar aus einem speziellen Polymer gefertigt werden, das aufgrund seiner starken Adhäsionsneigung auf konventionellem Wege nicht verarbeitet werden kann. Optische Effizienzmessungen zeigen, dass eine hohe Konturtreue und produktionstaugliche Qualität mit dem neuen Fertigungsansatz erreicht werden kann. Diese Entwicklungsergebnisse belegen das hohe Anwendungspotenzial von modifizierten DLC-Beschichtungen als Werkzeugbeschichtung in der Kunststoffverarbeitung.

Ausblick

Die aussichtsreichen Schichtsysteme und Prozesse werden für verschiedene Anwendungen in der Kunststoffverarbeitung und für weitere Polymersysteme weiterentwickelt. Wichtige Ziele sind die Beschichtung von Formwerkzeugen mit größeren Abmessungen und die Optimierung der Werkzeugoberflächen inklusive der Schichtsysteme für die Fertigung von hochwertigen Kunststoffprodukten.

1-2 Mit SICON® beschichtetes Formwerkzeug für die Herstellung von Fresnel-Linsen.

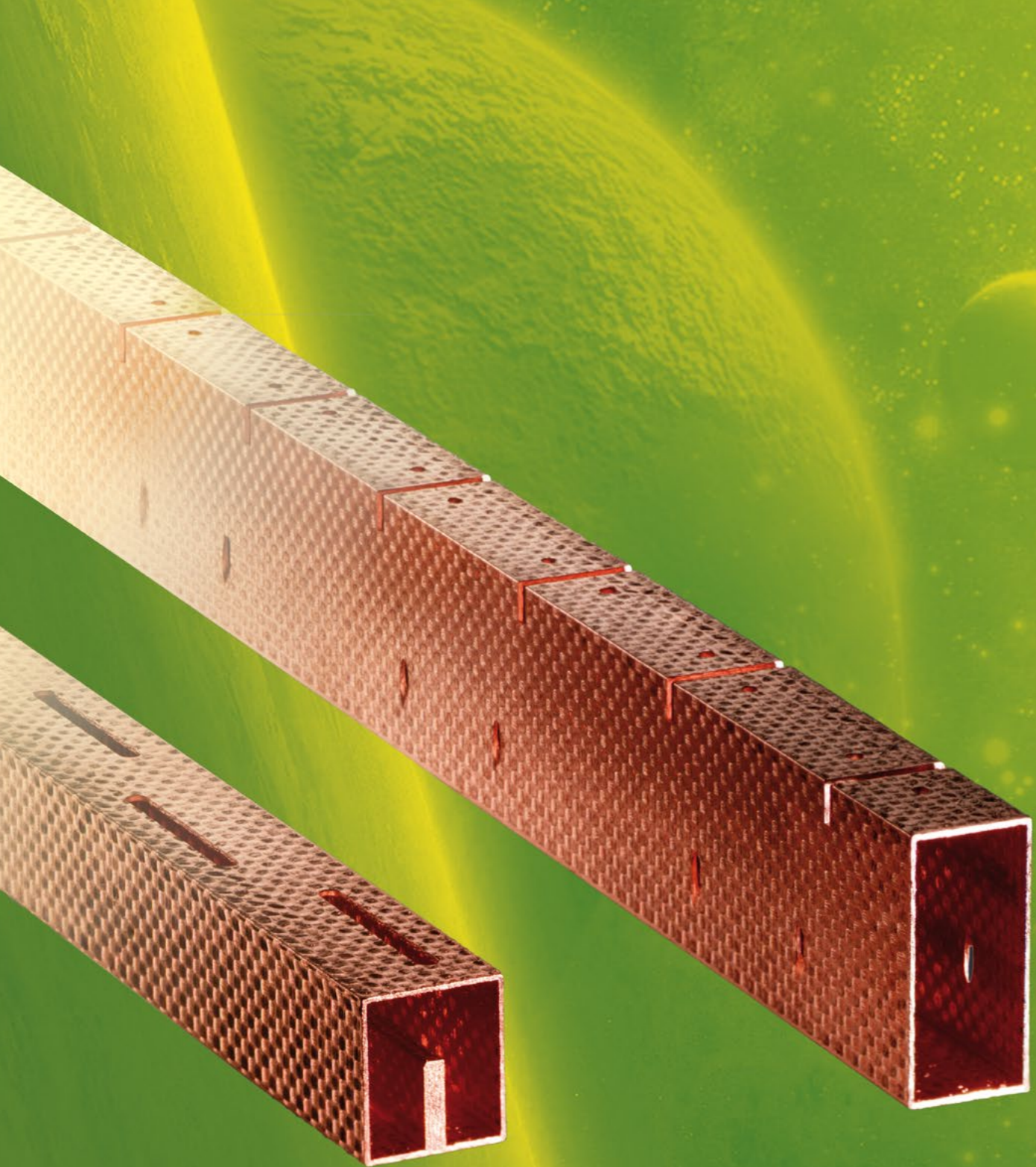
3 Fresnel-Linse aus Kunststoff, hergestellt mit einem beschichteten Formwerkzeug.

4 Struktur angepasste SICON®-Beschichtung auf einem Formwerkzeug.

KONTAKT

Dr.-Ing. Christian Stein
Telefon +49 531 2155-647
christian.stein@ist.fraunhofer.de

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



LUFT- UND RAUMFAHRT

In diesem Geschäftsfeld werden Beschichtungstechnologien für die Luft- und Raumfahrt entwickelt. Das zentrale Thema ist die Funktionalisierung von Leichtbauwerkstoffen wie Kompositmaterialien (CFK) oder Leichtmetallen. Daneben werden Schichtsysteme für optische Anwendungen entwickelt, insbesondere für spezielle Präzisionsfilter für Raumfahrtmissionen.

Zurzeit beschäftigt sich das Fraunhofer IST mit den folgenden Themen:

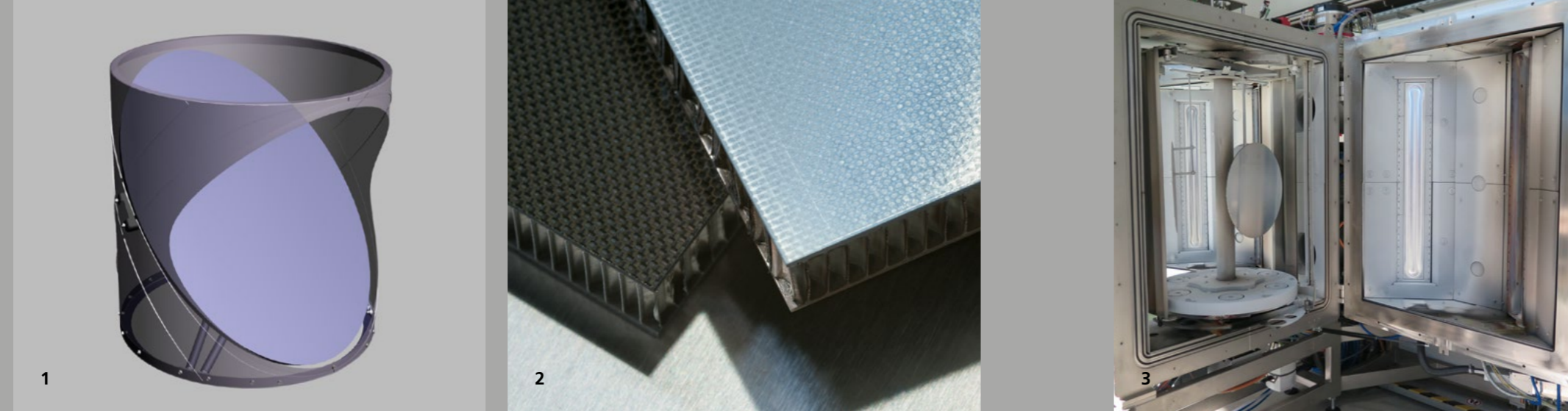
- | Galvanische Metallisierung von CFK-Bauteilen
- | Entwicklung neuer umweltfreundlicher CFK-Metallisierungsverfahren

- | Oberflächenbehandlung von Leichtmetallen wie z. B. Titan, Magnesium, Aluminium
- | Verschleißschutzschichten für Triebwerke in Düsenflugzeugen
- | Lagersensorik für die Zustandsüberwachung in Flugzeugen
- | Entwicklung von Oberflächen für trennmittelfreie Formwerkzeuge
- | Entwicklung von Beschichtungsverfahren für Präzisionsoptiken wie z. B. Filter

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

KONTAKT

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



FUNKTIONSSCHICHTEN FÜR WETTERSATELLITEN

Präzise und zuverlässige Wettervorhersagen können Leben retten und dabei helfen, die weltweiten Auswirkungen von Wetterkatastrophen zu mildern. Daher wird Europas zweite Wettersatelliten-Generation MetOp-SG mit verschiedenen innovativen Hochleistungs-Forschungsinstrumenten ausgestattet. So soll künftig ein verbessertes hochsensibles Radiometer zur Vermessung der Mikrowellen-Erdstrahlung eingesetzt werden, um Lufttemperaturen und Wasserdampfkonzentrationen in unterschiedlichen Höhen zu ermitteln. An dieser Entwicklung ist neben Airbus DS und der Invent GmbH auch das Fraunhofer IST beteiligt.

Innovatives, hochsensibles Radiometer

Kernstück des Radiometers zur Vermessung der Mikrowellen-Erdstrahlung sind neuartige Mikrowellen-Reflektoren aus einem speziellen Kompositmaterial, einem Sandwich-Material aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK) und Aluminiumwabenstrukturen, das sich durch ein sehr geringes Gewicht und gleichzeitig eine hohe Steifigkeit auszeichnet. Entscheidend für die Funktion der Reflektoren sind geeignete Metallbeschichtungen, die eine effiziente Mikrowellenreflexion ermöglichen. Am Fraunhofer IST werden die notwendigen Schichtsysteme und Beschichtungsprozesse für CFK-Bauteile mit einer Dimension von bis zu einem Meter entwickelt.

CFK-Metallisierung durch Magnetronspütern (PVD)

Die Herausforderung bei der Metallisierung der CFK-Bauteile besteht darin, die Prozesstemperatur in einen für das CFK-Kompositmaterial akzeptablen Bereich abzusenken und gleichzeitig eine gute Anbindung der Metallbeschichtung zu erreichen. Der am Fraunhofer IST entwickelte Prozess umfasst die nasschemische Reinigungsprozedur der CFK-Bauteile, die Plasmavorbehandlung und die eigentliche Schichtabscheidung mittels Magnetronspütern. Reflexionsmessungen mit positivem Ergebnis und erste erfolgreiche Systemtests mit einem beschichteten Reflektor liegen bereits vor.

Siliziumoxid-Schutzschichten (PACVD)

Da die Reflektoren im Laufe ihrer Mission – von der Herstellung auf der Erde bis zu ihrem Einsatzziel im Orbit – bis zu 19 Jahre Lagerung unter Laborbedingungen überstehen müssen und zudem im Orbit extremen Umwelteinflüssen ausgesetzt sind, ist es notwendig, die Metallbeschichtung zusätzlich mit einem Korrosionsschutz zu versehen. Die Funktion der Reflektoren darf dabei nicht beeinträchtigt werden. Der am Fraunhofer IST verfolgte Ansatz umfasst die Entwicklung einer dünnen Siliziumoxid-Schicht (SiO_x), die im Anschluss an die Metallisierung mit einem PACVD-Verfahren aufgetragen wird. Zusätzlich zur gewöhnlichen Plasmaanregung im kHz-Bereich wird der Einsatz von Mikrowellenplasmaquellen im GHz-Bereich evaluiert. Das Ziel ist es, durch die intensivere Plasmaaktivierung und die gewonnenen Freiheitsgrade in der Prozessführung einen neuen Beschichtungsprozess bereit zu stellen, der die verschiedenen Anforderungen, die durch das spezielle CFK-Kompositmaterial gegeben sind, optimal erfüllt.

Reflektor-Beschichtung mit Hybridprozessen

Für die Kombination der Metall- und der SiO_x -Abscheidung in einem Hybridprozess und für die Beschichtung der Reflektoren steht am Fraunhofer IST eine industrielle Beschichtungsanlage zur Verfügung, die Bauteile mit einer Dimension von mehr als

einem Meter fassen kann. Die neuen CFK-Reflektoren mit den Funktionsschichten des Fraunhofer IST durchlaufen bei dem Kooperationspartner Airbus DS zunächst ein Qualifizierungsprogramm und sollen anschließend für den Einsatz im Orbit gefertigt werden. Voraussichtlich ab 2021 werden Daten der Systeme für die Wettervorhersage bereitstehen.

Das Projekt

Die Beiträge des Fraunhofer IST zur Schichtentwicklung und zur Schichtapplikation auf die Satellitenbauteile erfolgen im Rahmen eines Projekts mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft. Federführend bei der Fertigung der Hochleistungs-Forschungsinstrumente für Europas neue Wettersatelliten-Generation ist das Unternehmen Airbus DS GmbH. Die vom Fraunhofer IST zu beschichtenden Reflektoren aus CFK-Kompositmaterial werden von der Invent GmbH gefertigt.

1 Schema eines elliptisch geformten Mikrowellen-Reflektors mit einer Ausdehnung von etwa 600 mm.

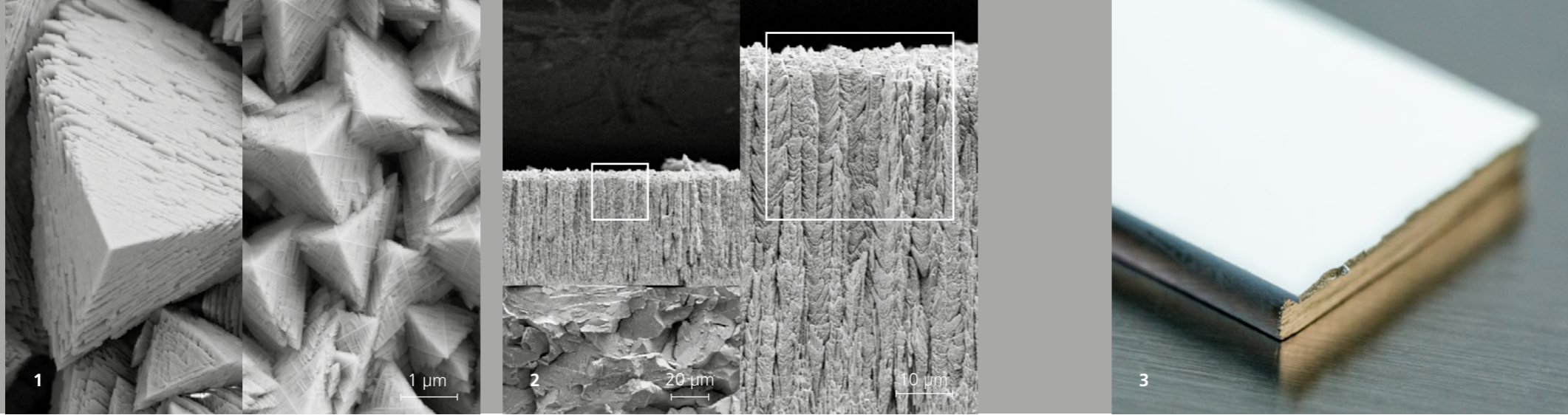
2 Spezielles CFK-Kompositmaterial für die Fertigung von Mikrowellen-Reflektoren. Links: Material im Rohzustand. Rechts: Material nach der Metallisierung und SiO_x -Beschichtung mit einem PVD+PACVD-Hybridprozess.

3 Industrielle PVD+PACVD-Hybridanlage mit Magnetronspütern- und Mikrowellenquellen. Mögliche Bauteilgröße > 1 Meter.

KONTAKT

Dr.-Ing. Christian Stein
Telefon +49 531 2155-647
christian.stein@ist.fraunhofer.de

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



GASFLUSS-GESPUTTERTE WÄRMEDÄMMSCHICHTEN

Für einen effizienteren Betrieb von Gasturbinen bei höchsten Temperaturen müssen die eingesetzten metallischen Werkstoffe vor Heißgas-Korrosion und vor Überhitzung geschützt werden. Die Herstellung von keramischen Wärmedämmschichten, die in solchen Fällen zum Schutz eingesetzt werden, erfolgt heute beispielsweise mittels Elektronenstrahlverdampfen. Aber auch mit dem am Fraunhofer IST entwickelten Gasfluss-Sputterverfahren (GFS) können neuartige und vielversprechende keramische Wärmedämmschichten für hochbelastete Bauteile hergestellt werden.

Wärmedämmschichten für den Einsatz in Gasturbinen

Der Wirkungsgrad einer Gasturbine kann durch eine hohe Gaseintrittstemperatur signifikant erhöht werden. Bauteile in der Brennkammer einer Turbine sind daher sehr hohen Temperaturen ausgesetzt, denen selbst hochwertige Werkstoffe nicht standhalten können. Mit Hilfe einer aktiven Filmkühlung in Kombination mit Wärmedämmschichten sind jedoch hohe Gastemperaturen von ca. 1400 °C möglich, ohne die Betriebsdauer einzuschränken.

Wärmedämmschichten bestehen in der Regel aus mit Yttriumoxid teilstabilisiertem Zirkoniumdioxid (PYSZ). Die Herstellung dieser Schichten erfolgt üblicherweise durch thermische Spritzverfahren wie z. B. atmosphärisches Plasmaspritzen (APS) oder Elektronenstrahlverdampfen (EB-PVD), wobei beide Verfahren unterschiedliche Mikrostrukturen erzeugen. Sogenannte kolumnare Mikrostrukturen, wie sie beim Elektronenstrahlverdampfen entstehen, weisen unter zyklischer Belastung eine längere Lebensdauer auf als die lamellaren Mikrostrukturen der plasmagespritzten Schichten. Ein alternatives Herstellungsverfahren ist das Gasfluss-Sputtern, ein am Fraunhofer IST entwickeltes Hochrate-Sputterverfahren, mit dem ebenfalls kolumnare Mikrostrukturen mit hoher innerer Porosität erzeugt werden.

Der Wärmetransport durch solche Wärmedämmschichten ist zum einen vom Material und zum anderen von der Photonen- und Phononenleitfähigkeit abhängig. Letztere werden durch innere Grenzflächen weiter reduziert, weshalb eine gezielte Einstellung der Porosität einen positiven Einfluss auf den Wärmewiderstand haben kann.

Gasfluss-gesputterte Wärmedämmschichten

Am Fraunhofer IST wurden Abscheideparameter ermittelt und untersucht, die einen großen Einfluss auf die entstehende Mikrostruktur der Zirkoniumdioxidschicht haben. So wurden mit der Methode des Gasfluss-Sputterns erfolgreich voll- und teilstabilisierte Zirkoniumdioxidschichten unterschiedlichster Strukturen auf einer hochtemperaturbeständigen FeCrAlY-Legierung abgeschieden. Diese Oxidschichten wurden charakterisiert und bei Substrattemperaturen in einem Bereich von 500 °C bis 800 °C auf ihre Eignung als Wärmedämmschicht untersucht. Insgesamt wurden vier verschiedene Mikrostrukturen mit unterschiedlicher interkolumnarer Porosität identifiziert. Mit einer angelegten elektrischen Vorspannung, einer Bias-Spannung, lassen sich die Säulendurchmesser beeinflussen. Außerdem verdichtet ein ausreichend hoher Bias die gesputterte Schicht und beeinflusst so die mechanische Schichtsteifigkeit und die Eigenspannung. Neben der Bias-

Spannung ist der zugegebene Sauerstofffluss ein weiterer Prozessparameter, der Dichtheit und Vorzugsorientierung der entstehenden Schichtstruktur verändern kann.

Thermische Zyklerversuche bis zu einer Temperatur von 1050 °C und bei bis zu 1300 Zyklen bewiesen, dass die Lebensdauer der Gasfluss-gesputterten Schichten sehr stark von der Schichtsteifigkeit und der Sinterneigung bestimmt wird. So zeigten Sinterversuche bei stark gefiederten Säulen selbst nach einer Sintertemperatur von 1200 °C weiter eine hohe Porosität der Schichten, die einen niedrigen Wärmetransport erwarten lässt. Darüber hinaus konnten bei Untersuchungen hochsteifer Schichten Sinterneigungen zwischen den einzelnen Säulen nachgewiesen werden, die zu Segmentierungsrissen führen. Niedrigsteife Schichten hingegen bilden solche Risse nicht aus, zeigen jedoch einen geringeren Widerstand gegen ein Ausbeulen und eine nachfolgende Ablösung der Schicht.

Ausblick

Die beschriebenen Lebensdauer begrenzenden Mechanismen werden derzeit weiter untersucht. Je nach Parameterauswahl zeigten viele der analysierten Schichten in den Tests bereits eine gute Lebensdauer und erscheinen dadurch für den Einsatz als Wärmedämmschichten geeignet. Mit einer sinnvollen Parameterauswahl soll zukünftig ein Kompromiss aus Steifigkeit und Sinterneigung gefunden werden, um eine möglichst lange Lebensdauer der Schichten bei gleichzeitig guter Wärmedämmung zu erreichen.

1 Je nach Abscheidetemperatur unterscheiden sich die Strukturen der GFS-Wärmedämmschichten (Aufsicht).

2 Kolumnare Mikrostruktur der GFS-Wärmedämmschichten (Seitenansicht, Bruch).

3 Präparierte Bruchkante der Wärmedämmschicht auf einer FeCrAlY-Legierung zur Untersuchung der mikroskopischen Struktur.

KONTAKT

Jessica Gerstenberg, M.Sc.
Telefon +49 531 2155-660
jessica.gerstenberg@ist-extern.fraunhofer.de

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

ENERGIE UND ELEKTRONIK

Im Geschäftsfeld »Energie und Elektronik« konzentrieren sich die Arbeiten des Instituts auf die folgenden Entwicklungen:

- | Funktionelle Schichten bzw. Schichtsysteme und Beschichtungsprozesse für Architekturglas (Low-E-Schichten, aktiver bzw. passiver Wärme- und Sonnenschutz, schaltbare elektrochrome Verglasung)
- | Transparente leitfähige Schichtsysteme (TCOs) für Architektur- und Automobilverglasung, für Solarzellen und Displays sowie als unsichtbare Heizelemente und für die Solarthermie
- | p- und n-Typ TCOs als Materialien für transparente und flexible Elektronik
- | Halbleiterschichten für die Dünnschicht- und die siliziumbasierte Photovoltaik sowie Charakterisierungsmethoden für Dünnschicht-Solarzellen
- | Elektrische Kontakt- und Isolationsschichten sowie Barrierschichten

| (Lokale) Plasmabehandlung von Oberflächen für Waferbonding, strukturierte Metallisierung sowie Metallisierung von temperaturempfindlichen und komplex geformten Substraten

| Stabile Anoden und Kathoden für Lithium-Ionen-Batterien

| Elektrolytschichten für Hochtemperatur-Brennstoffzellen (SOFC) und Gastrennmembranen für die Wasserstoffherzeugung

| Korrosionsschutz- und Wärmedämmschichten für Hochtemperaturanwendungen z. B. in Gasturbinen.

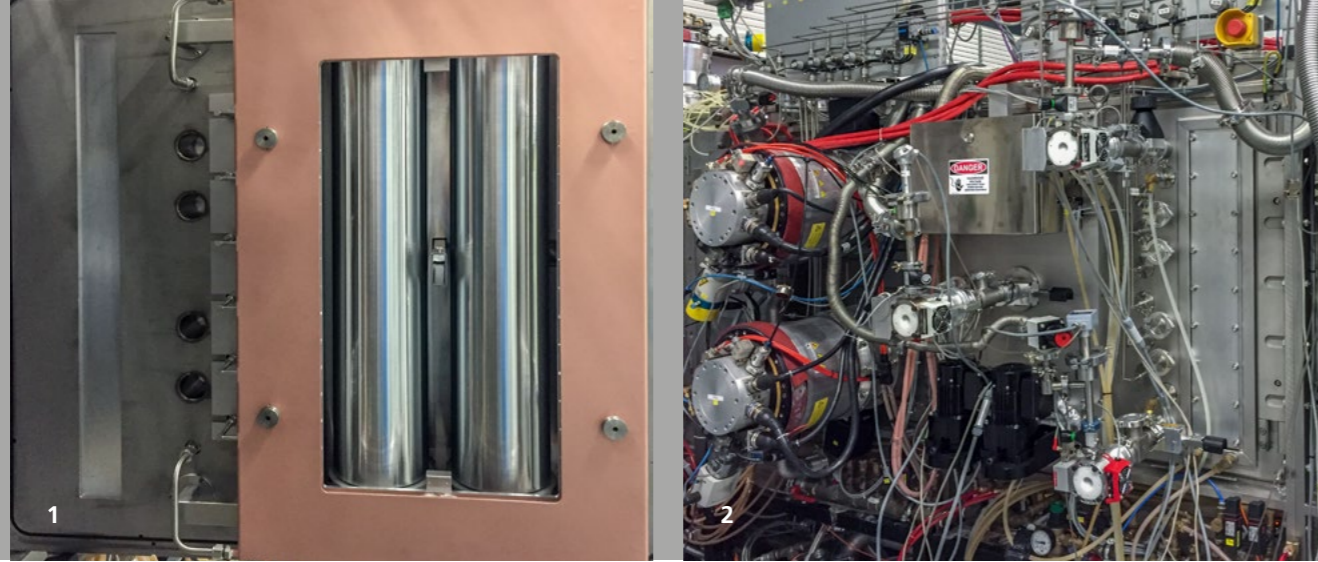
Zu unseren Kunden gehören Unternehmen der Glas-, Photovoltaik- und Automobilindustrie, der Halbleiter- und Mikroelektronik-, Informations- und Kommunikationsbranche, der Energie- und Bauwirtschaft sowie Anlagenhersteller und Lohnbeschichter.

KONTAKT

Dr. Stephan Ulrich

Telefon +49 531 2155-618

stephan.ulrich@ist.fraunhofer.de



REAKTIV GESPUTTERTES ZnO:Al VOM DOPPELROHRMAGNETRON

Für die Produktion von Dünnschichtszellzellen werden transparente, leitfähige Schichten (TCOs) als Frontkontakte benötigt. Die heutzutage industriell eingesetzten Herstellungsprozesse der TCOs beruhen dabei üblicherweise auf dem sogenannten DC-Sputtern von keramischen Rohrtargets. Um die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen zu erhöhen, ist jedoch ein effizienteres Beschichtungsverfahren mit geringerem Materialverbrauch und niedrigeren Kosten auf der einen und einem gesteigerten Wirkungsgrad sowie einer erhöhten Lebensdauer auf der anderen Seite notwendig. Im Rahmen des vom BMWi geförderten Projekts »TCO4CIGS« konnte ein Doppelrohrmagnetron-Modul für diesen Prozess aufgebaut und getestet werden.

Lösungsansatz des Fraunhofer IST

Das Fraunhofer IST verfügt über einen reaktiven Sputterprozess von metallischen Targets, der das Potenzial besitzt, den herkömmlichen DC-Sputterprozess von keramischen Targets abzulösen. Dafür waren folgende Entwicklungen notwendig: zum einen die Aufskalierung und zum anderen die Integration dieses reaktiven Sputterprozesses mit Hilfe eines Doppelrohrs in einen industrietauglichen Herstellungsprozess von Dünnschichtszellzellen.

Beim Aufskalieren des reaktiven Sputterprozesses für ZnO:Al auf ein Doppelrohrmagnetron konnte das Institut auf langjährige Erfahrungen zurückgreifen. Bereits seit einigen Jahren werden am Institut reaktive MF-Prozesse an den vorhandenen planaren Doppelkathoden durchgeführt. Im konkreten Fall wird die für die Abscheidung einer stöchiometrischen Schicht erforderliche Menge an Sauerstoff über die Gaszufuhr bereitgestellt. Gleichzeitig werden metallische Zn:Al-Targets verwendet, wodurch im reaktiven Sputterprozess transparente Oxide auf Basis von ZnO:Al entstehen und abgeschieden werden. Um einen auch über längere Zeit stabilen Prozess entlang des gesamten Targets und dadurch eine gleichmäßige Deposition der Oxide zu gewährleisten, wurden folgende Maßnahmen ergriffen: die Gestaltung und Integration eines geteilten Gasverteilers sowie einer spezifischen Gaszuführung, die Fertigung einer geeigneten

Blendenumgebung für das Doppelrohr, die Entwicklung einer Kurzzeit-Prozessregelung im Millisekunden-Bereich sowie die Einführung einer Gasfluss-Querregelung im Sekunden-Bereich.

Ergebnisse der ZnO:Al Herstellung

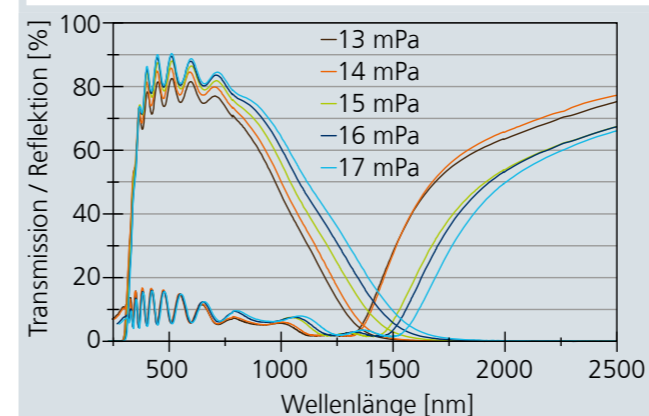
Für die Herstellung der transparenten Oxidschichten wurden Zn:Al Rohrtargets mit einer Aluminium-Konzentration von 1,75 wt.% verwendet. Mit Hilfe einer Lambdasondenregelung wurde der Sauerstoffpartialdruck durch Änderung der zugeführten Leistung auf einen festgehaltenen Wert stabilisiert. In der nebenstehenden Grafik sind die Transmissions- und Reflexionsspektren von auf Glas abgeschiedenen ZnO:Al-Schichten für die festgehaltenen Werte dargestellt. Die Beschichtung fand bei einer Substrattemperatur von 200 °C statt. Es zeigt sich, dass bei steigendem Sauerstoffpartialdruck $p(\text{O}_2)$ gleichzeitig eine Verringerung der Ladungsträgerdichte stattfindet. Dies geschieht vorwiegend in Folge einer Aufoxidation des Aluminiums, aber auch durch ein verringertes Abdampfen aufgrund des geringen Dampfdrucks von Zink. Einhergehend mit der Reduktion der aktiven Ladungsträger sinkt auch die visuelle Absorption, der spezifische Widerstand hingegen steigt von 350 auf ca. 500 $\mu\Omega\text{cm}$ (vgl. nebenstehende Grafik). Die Beweglichkeit der Ladungsträger variiert für die gezeigten Daten zwischen 20 bis 22 cm^2/Vs .

Ausblick

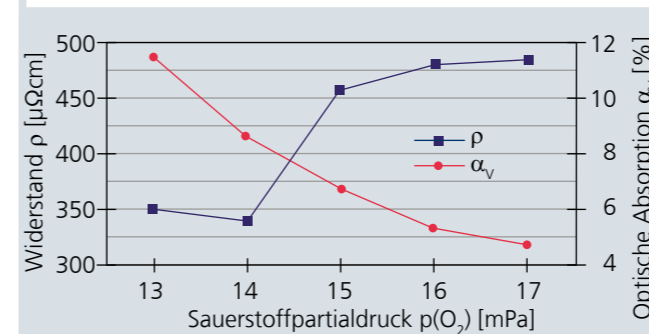
Die neue Doppelrohranordnung zeigte schon bei der ersten Inbetriebnahme hervorragende Schichteigenschaften für das abgeschiedene ZnO:Al. Die Targetumgebung sowie der Prozess sollen im nächsten Schritt weiter optimiert werden, um die Beweglichkeit der Ladungsträger weiter zu steigern. Die daraus folgenden Verbesserungen der Schichteigenschaften wie die Verringerung des spezifischen Widerstands bei gleichzeitiger Verbesserung der Transparenz sollen danach auf CIGS-Absorber übertragen werden.

1-2 Innen- und Außenansicht der konstruierten neuen Anlagentür.

Gemessene Reflexions- und Transmissionsspektren bei unterschiedlichen $p(\text{O}_2)$ hergestellten Schichten auf Borfloat.

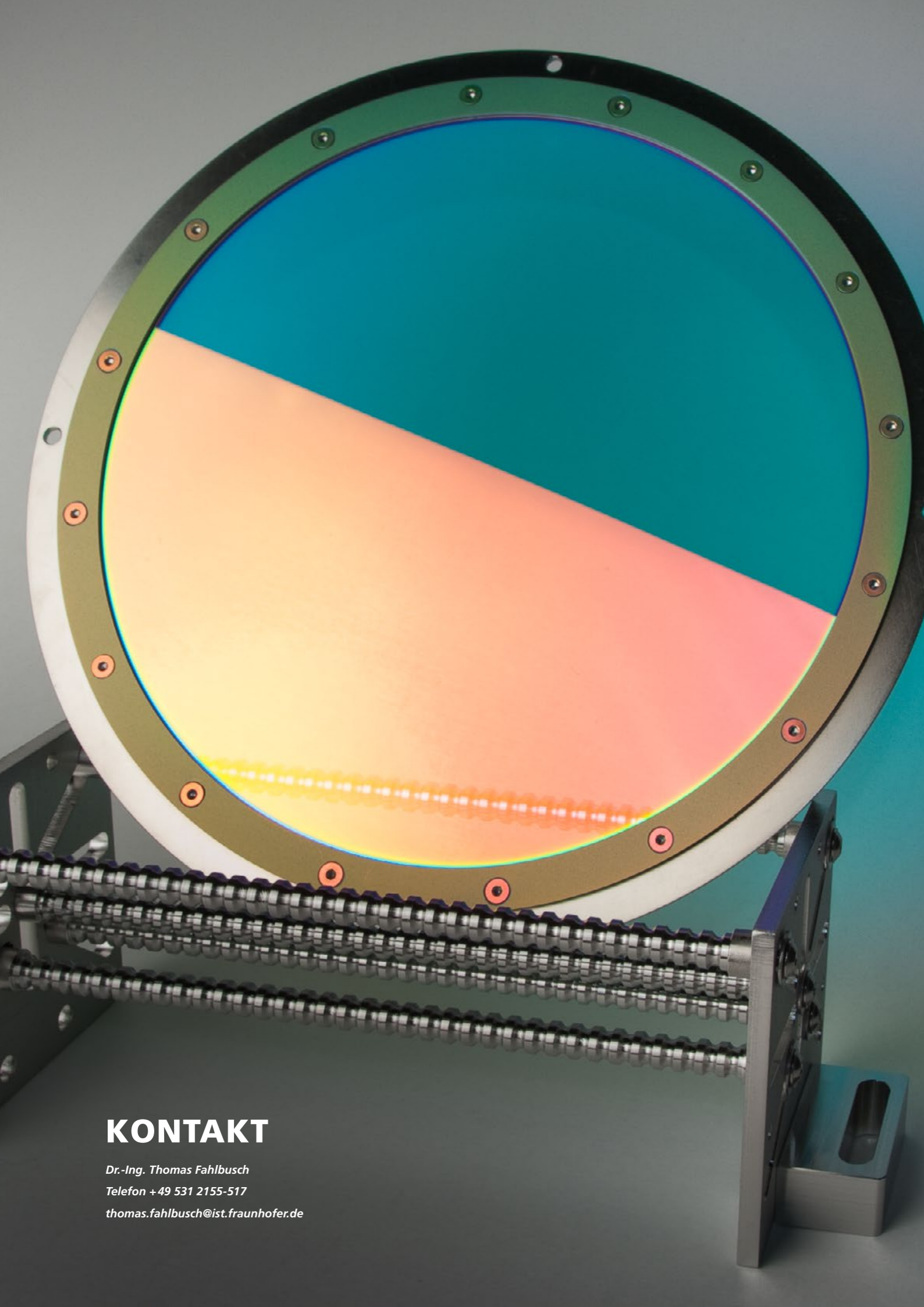


Spezifischer Widerstand und visuelle Absorption zu $p(\text{O}_2)$.



KONTAKT

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



OPTIK

Das Fraunhofer IST ist im Geschäftsfeld »Optik« mit einer Vielzahl von Dünnschichttechnologien zur Entwicklung neuer Lösungen für neue industrielle Anwendungen tätig. Beispiele sind:

- | Entwicklung und Herstellung von Beschichtungen für optische Komponenten
- | Anlagentechnik zur Abscheidung hochwertiger optischer Beschichtungen auf planaren und gekrümmten Optiken
- | Produktionsplattform »EOSS®« zur Herstellung optischer Filter und Laserkomponenten
- | Entwicklung neuer Materialien für intelligente Beschichtungen, z. B. elektrisch schaltbare Filter
- | Hochbeständige Breitband-Antireflexbeschichtungen auf Saphir und Glas
- | Mikrostrukturierte optische Filterschichten für Imaging-Anwendungen
- | Optische Beschichtungen auf Kunststoffoberflächen
- | Auslegung und Optimierung von Beschichtungsprozessen und -anlagen im Niederdruckbereich durch Simulation
- | Entwicklung neuartiger transparent-leitfähiger Schichten für Beleuchtungstechnik und Oxidelektronik

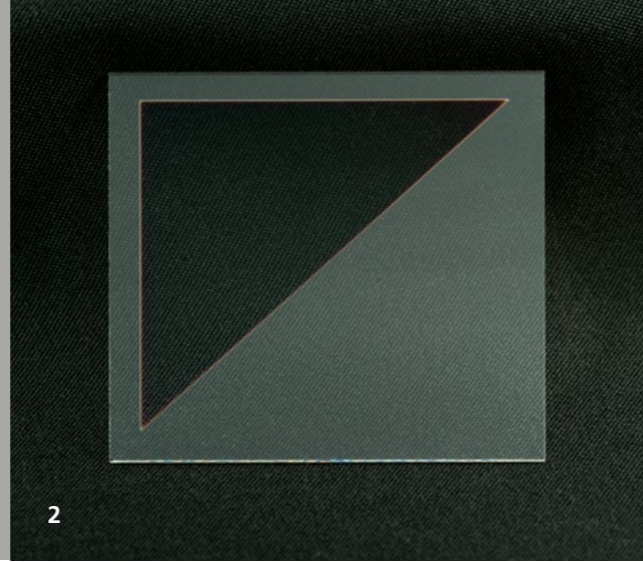
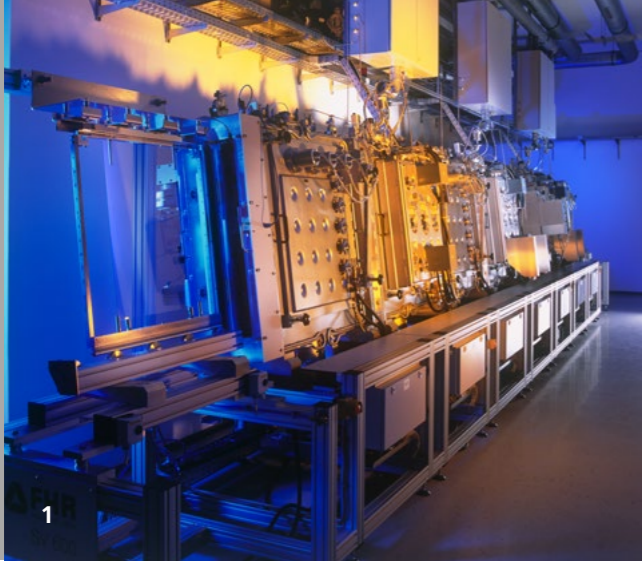
Im Bereich optischer Messtechnik beschäftigt sich das Fraunhofer IST u. a. mit diesen Themen:

- | In-situ-Kontrolle von Beschichtungsprozessen mit dem Monitoringsystem MOCCA®
- | Mappingsystem zur Messung der Ellipsometrie, Reflexion, Transmission, Streulicht und Raman-Spektroskopie auf 60 x 60 cm²
- | Defektanalyse optischer Schichten mittels FIB-REM und konfokal optischer Mikroskopie
- | Prüfung der Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit optischer Oberflächen und Schichten

Zu den Kunden dieses Geschäftsfelds zählen Unternehmen der optischen Industrie, der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrt, Hersteller von Displays und Datenspeichern sowie Anlagenhersteller und Lohnbeschichter.

KONTAKT

Dr.-Ing. Thomas Fahlbusch
Telefon +49 531 2155-517
thomas.fahlbusch@ist.fraunhofer.de



EIGENSPANNUNGSARME SILIZIUMOXID-SCHICHTEN MIT HOHER RATE

Druckspannungen stellen gerade im Bereich optischer Beschichtungen ein großes Problem dar. Durch einen zu starken Druck kann beispielsweise der Grundkörper verbogen oder die Haftfestigkeit der Beschichtung reduziert werden, was letztendlich sogar zu einer kompletten Ablösung der Schicht führen kann. Vor allem für das in der Optik am meisten genutzte Material Siliziumdioxid (SiO_2) gibt es derzeit noch keine etablierte Methode, um mechanische Druckspannungen der Beschichtungen zu reduzieren. Üblicherweise werden zur Herstellung optischer Schichten plasmagestützte Abscheidungsverfahren verwendet, die infolge des Beschusses mit energiereichen Ionen zwar Schichten mit einer hohen Dichte, d. h. auch einer hohen Schichtstabilität erzeugen können. Gleichzeitig entstehen so aber zumeist auch starke Druckspannungen in der Schicht. Am Fraunhofer IST wurde im Rahmen eines von Fraunhofer geförderten DISCOVER Projekts erstmalig das Heißdraht-CVD-Verfahren (HWCVD, Hot Wire Chemical Vapour Deposition) als alternative Herstellungsmethode für SiO_2 -Schichten evaluiert.

Lösungsansatz

Am Fraunhofer IST wurde der HWCVD-Prozess bereits für die Materialien Diamant, Silizium, Siliziumcarbid und Siliziumnitrid für unterschiedliche Anwendungen bis zur industriellen Umsetzung entwickelt. Darüber hinaus lassen sich mit dem HWCVD-Verfahren auch eigenspannungsfreie Nitride auf Kunststoffen unter partikelarmen Bedingungen mit hohen Raten wirtschaftlich abscheiden. Die Herstellung von Oxidschichten mit dieser Beschichtungstechnologie ist jedoch bisher weitgehend unerforscht und in der optischen Industrie noch überhaupt nicht bekannt. Beim HWCVD-Verfahren werden innerhalb eines Vakuumbehälters elektrisch beheizte Wolframdrähte im Bereich von $1900\text{ }^\circ\text{C}$ – $2100\text{ }^\circ\text{C}$ verwendet, um SiH_4 zu dissoziieren und unter Zugabe von Sauerstoff das Metalloxid herzustellen. Die Herausforderung besteht nun darin, die Oxidation der heißen Drähte durch den für die Oxidbildung zwingend erforderlichen Sauerstoff zu verhindern.

Ergebnisse der Siliziumoxid-Herstellung

Für die Entwicklung der Siliziumoxid-Schichten wurde mit Hilfe eines statistischen Versuchsplans (Design of Experiment,

DOE) eine Parameterstudie auf Quarzglas durchgeführt. Dabei wurden Gaszusammensetzungen, Drücke und Temperaturen berücksichtigt. Die Untersuchung hochtransparenter Schichten (vgl. nebenstehende Graphik), die mit geringen Druckspannungen hergestellt wurden, ergab dabei die folgenden Schichteigenschaften: Hohe Transparenz für $d(\text{SiO}_2)=380\text{ nm}$ $T_{250\text{ nm}} > 89\%$ auf Quarz, geringe Druckspannung für $d(\text{SiO}_2) 2,5\text{ }\mu\text{m}$ $\sigma < 170\text{ MPa}$ (eigenspannungsarm), geringe Rauheit für $d(\text{SiO}_2) 2,5\text{ }\mu\text{m}$ $< 6\text{ nm}$, Beschichtungsrate $> 2\text{ nm/s}$, Wolfram Kontamination $[W] \leq 0,2\text{ atom\%}$, keine Substrat- und Schichtschädigung durch Ionenbeschuss.

Im Anschluss an die Parameterstudie wurde am Fraunhofer IST ein spannungsarmes Antireflex-Schichtsystem (vgl. Abbildung 2) auf einer Fläche von $10 \times 10\text{ cm}^2$ hergestellt. Dies besteht aus vier sich abwechselnden hochbrechenden Si_3N_4 - und den entwickelten, niedrigbrechenden SiO_2 -Schichten, die mit Hilfe des HWCVD-Verfahrens abgeschieden wurden. Die Antireflexschicht weist eine sehr geringe Druckeigenspannung von weniger als 50 MPa auf, d. h. die Gefahr des Abplatzens der Schicht oder ein Verbiegen des Grundkörpers kann ausgeschlossen werden.

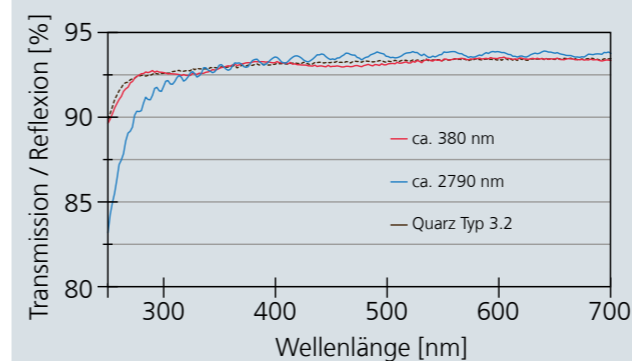
Ausblick

Durch die hohe Beschichtungsrate bei gleichzeitig hoher optischer Güte und geringen Eigenspannungen sind zukünftig Endprodukte mit deutlich erhöhter Lebensdauer zu günstigen Herstellungskosten umsetzbar. Geplant ist der Einsatz in der Displayfertigung für z. B. die Handyproduktion oder die Herstellung von Fahrzeuginnenausstattung über Anwendungen im Solar- und Architekturglasbereich bis hin zur Nutzung als Barriere- oder dekorative Schichten.

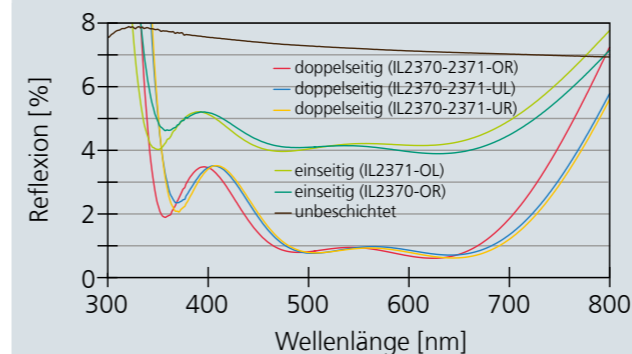
1 7-Kammer Inline-Beschichtungsanlage für HWCVD-Verfahren am Fraunhofer IST.

2 4-fach-Antireflexschicht auf Glas $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiO}_2\text{-Si}_3\text{N}_4\text{-SiO}_2$.

Schichttransmission für Quarzglas und SiO_2 -Schichten.



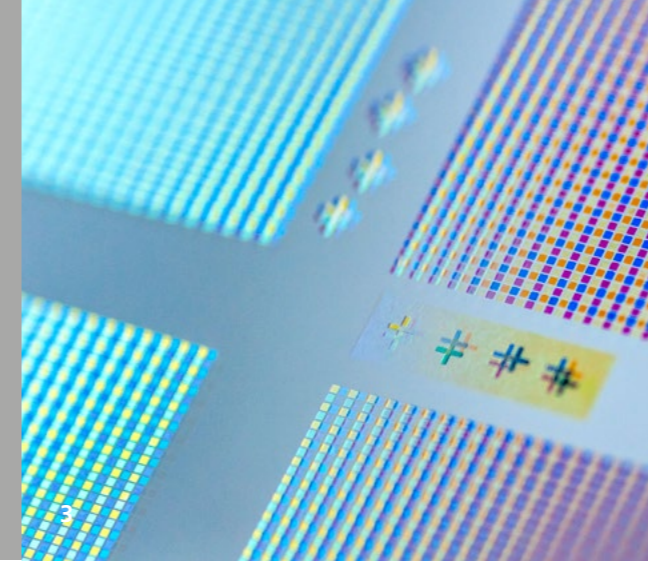
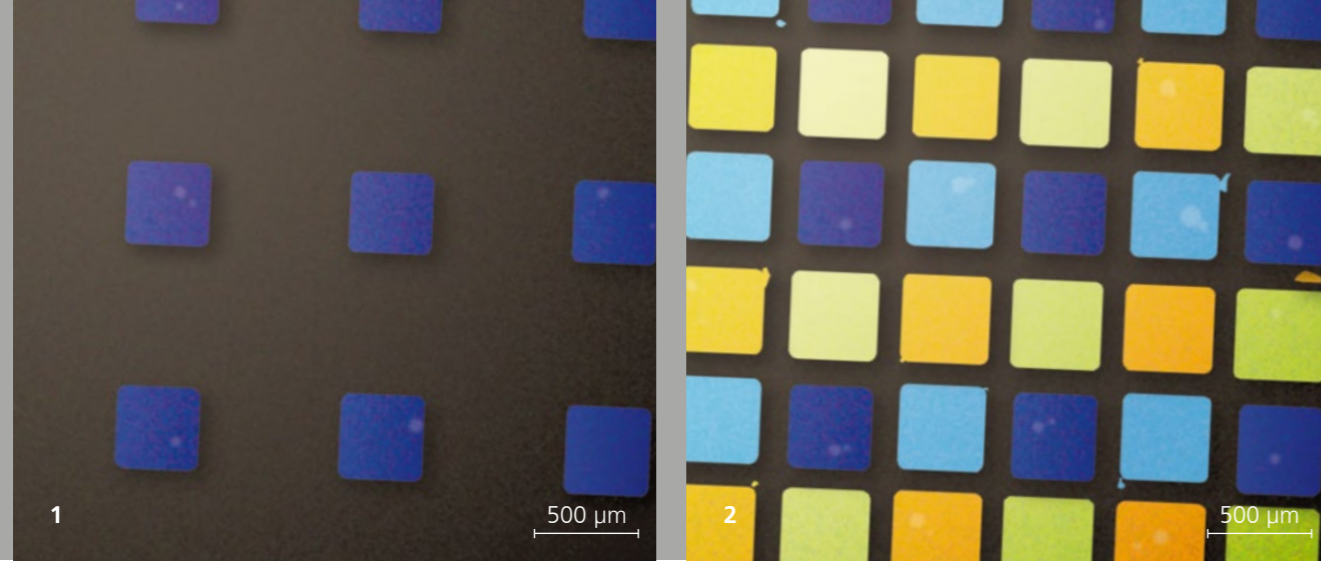
Reflexionsverhalten der 4-fach-Antireflexschicht (ein und doppelseitig) im Vergleich zum Quarzglas.



KONTAKT

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

Dr. Markus Höfer
Telefon +49 531 2155-620
markus.hoefer@ist.fraunhofer.de



PIXELFILTER – MIKROSTRUKTURIERTE DÜNN-SCHICHTFILTER FÜR DIE 3D-MESSTECHNIK

Vor allem im Bereich der hochauflösenden 3D-Messtechnik oder auch der hyperspektralen Bildgebung spielen mikrostrukturierte Filter eine immer größere Rolle. Am Fraunhofer IST wurde daher für die Herstellung dieser sogenannten Pixelfilter ein neues Kombinationsverfahren bestehend aus Beschichtung und Mikrostrukturierung entwickelt. Dabei werden strukturiert mehrere dielektrische Filter nebeneinander auf einem Substrat angeordnet, sodass beispielsweise mit Hilfe eines CCD-Sensors je nach Pixelelement unterschiedliche Wellenlängen herausgefiltert werden können. Bisher konnten dabei Strukturgrößen von unter 100 µm realisiert werden, die sowohl als Bandpass- als auch als Kantenfilter eingesetzt werden können.

Herstellung des mikrostrukturierten Dünnschichtfilters

Der strukturierte Filter wird in mehreren sich abwechselnden Beschichtungs- und Strukturierungsschritten hergestellt. Dabei wird das sogenannte Lift-Off-Verfahren angewendet: Zunächst wird ein Quarzglas im Spinverfahren mit Fotolack (Negativresist AZ4562) beschichtet und anschließend photolithographisch strukturiert. Als Design wird eine regelmäßige Anordnung von quadratischen Strukturen mit einer Seitenlänge von 400 µm und einem Abstand von 100 µm gewählt.

Nach der Strukturierung sind einzelne der quadratischen Bereiche frei von Lack, dem sogenannten Fotoresist, und die restliche Glasoberfläche mit diesem geschützt. Auf den frei liegenden Bereichen wird in dem sich anschließenden ersten Beschichtungsprozess ein Filtersystem aus 18 Einzelschichten mit einer Zielwellenlänge von 400 nm abgeschieden. Dabei handelt es sich um einen Schichtstapel aus abwechselnd nieder- und hochbrechendem Schichtmaterial, ein sogenannter High-Low-Stack. Beide Materialien werden dabei mittels phy-

sikalischer Gasphasenabscheidung vollreaktiv abgeschieden: Das hochbrechende Material besteht aus Nioboxid NbO_2 , das niederbrechende aus Siliziumoxid SiO_2 . Die Gesamtschichtdicke des Filtersystems liegt im Bereich von 2 µm. Nach dieser Beschichtung wird zum Abschluss des ersten Lift-Off-Prozesses die Fotolackmaskierung im Kaliumhydroxid-Bad (KOH) entfernt und die quadratischen Interferenzfilterstrukturen verbleiben auf der Glasoberfläche. Ein Glas mit diesem Prozessergebnis ist in Abbildung 1 dargestellt.

Dieser Prozess wird noch drei Mal wiederholt: In der zweiten Beschichtung wird ein High-Low-Stack aus 15 Einzelschichten mit einer Zielwellenlänge von 475 nm abgeschieden, im dritten Beschichtungsprozess ein Schichtstapel aus 13 Einzelschichten mit einer Zielwellenlänge von 550 nm und abschließend in der vierten Beschichtung ein Schichtstapel aus 11 Einzelschichten mit einer Zielwellenlänge von 625 nm. Das Ergebnis dieser Prozesskette ist eine einheitliche Anordnung dieser unterschiedlichen Filtersysteme (vgl. Abbildung 2).

Ausblick

Das Potenzial der Pixelfilter ist groß: Neben dem Einsatz im Bereich hyperspektraler und multispektraler Bildgebungsverfahren sind zukünftige Anwendungsbeispiele der Filter auch in der Raumfahrt oder der Astronomie zu finden. Darüber hinaus gibt es bereits Konzepte, um durch den Einsatz bildgebender Messtechnik Abfall stofflich zu sortieren oder den Zustand landwirtschaftlicher Nutzpflanzen zu erfassen. Daher arbeitet das Fraunhofer IST bereits an einer Weiterentwicklung der Pixelfilter. Ziel dieser Arbeiten ist es, die einzelnen Pixel weiter zu verkleinern, die spektralen Eigenschaften des Pixelfilters zu verfeinern sowie den gesamten Herstellungsprozess weiter zu vereinfachen und dadurch die Produktionskosten zu senken.

Das Projekt

Die Forschungsarbeiten wurden in dem Fraunhofer-internen mittelstandsorientierten Eigenforschungsprojekt gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB durchgeführt.

1 Filtersystem nach dem ersten Lift-Off-Prozess.

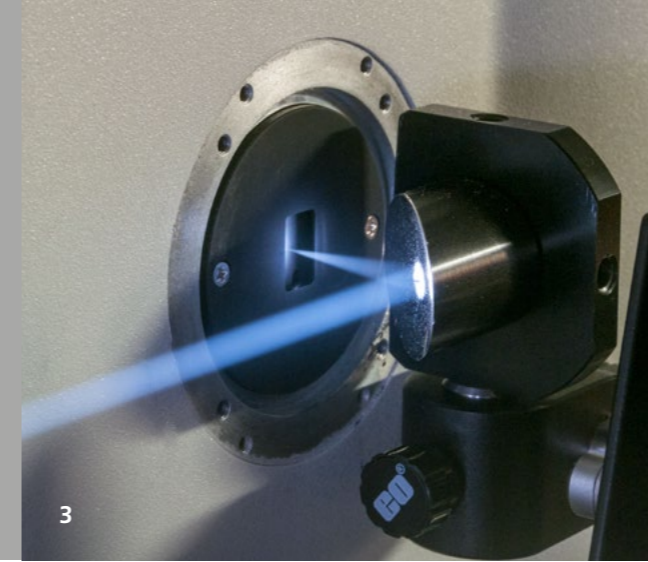
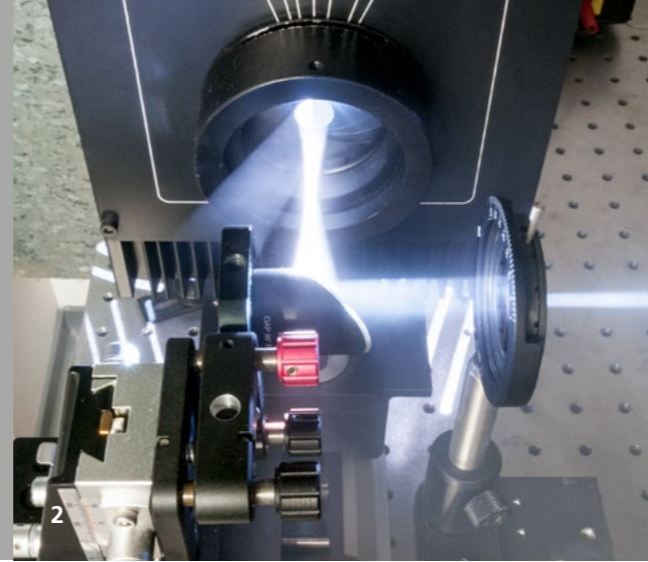
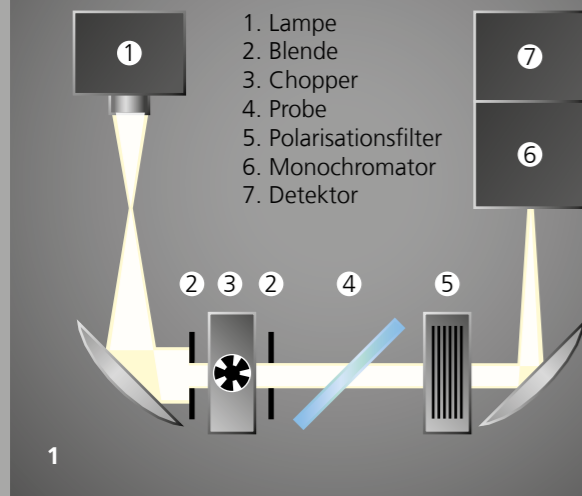
2 Filtersystem nach dem vierten Lift-Off-Prozess.

3 Anordnung von mehreren Pixelfilter-Bereichen auf einem Glassubstrat.

KONTAKT

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

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



INNOVATIVES SPEKTROMETER MIT NIEDRIGER DIVERGENZ

Mit Hilfe von Dünnschichttechnologien können für Industrie und Technik notwendige Interferenzfilter hergestellt werden. Das Anwendungspotenzial dieser Filter reicht dabei von der einfachen Entspiegelung von Brillengläsern über digitale Projektionstechnik bis hin zur speziellen Laseranwendung. An das Filterspektrum werden jedoch häufig hohe Anforderungen gestellt, sodass die Charakterisierung der Spezifikationen, wie z. B. der Halbwertsbreiten, entscheidend für die Qualitätsuntersuchung ist. Wichtige Parameter des Spektrometers für die Vermessung optischer Interferenzfilter sind unter anderem die spektrale Bandbreite und der Divergenzwinkel des Messstrahls. Beide Größen beeinflussen die Breite feiner Strukturen im Spektrum eines Interferenzfilters und limitieren dadurch bei herkömmlichen Spektrometern das Auflösungsvermögen spektral steiler Kanten. Am Fraunhofer IST wurde daher im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens »DAHLIA« ein Spektrometer mit geringerem Divergenzwinkel aufgebaut.

Das neu entwickelte Spektrometer im Messaufbau

Mit dem nachfolgend vorgestellten Spektrometer ist es möglich, die Transmission in einem Wellenlängenbereich von 240 bis 1000 nm winkelabhängig mit einem Divergenzwinkel von $0,25^\circ$ zu messen. Im Vergleich zu einem kommerziellen Spektrometer ist der eingestellte Divergenzwinkel um den Faktor 10 reduziert. Der Monochromator kann bei den Messungen mit einer minimalen spektralen Bandbreite von 0,06 nm eingestellt werden. Da der Messstrahl des Spektrometers für die Messungen eine möglichst hohe Intensität bei einem geringen Divergenzwinkel besitzen muss, wird bei dieser Messkonfiguration eine Xenonbogenlampe als Lichtquelle verwendet. Im Gegensatz zu anderen Lichtquellen verfügt diese über eine vergleichsweise kleine Lichtaustrittsfläche und eine hohe Leuchtdichte. Über ein Spiegel- und Blendensystem wird ein polychromatischer Messstrahl mit einer niedrigen Divergenz generiert (vgl. Abbildung 2). Dieser Messstrahl wird nach dem Durchlaufen des Interferenzfilters in einen Monochromator mit einem hochauflösenden Gitter eingekoppelt (vgl. Abbildung 3)

und mit einem rauscharmen Detektor erfasst. Der Messaufbau ist ausgestattet mit einem Chopper und kann dadurch optische Dichten von bis zu 4 vermessen.

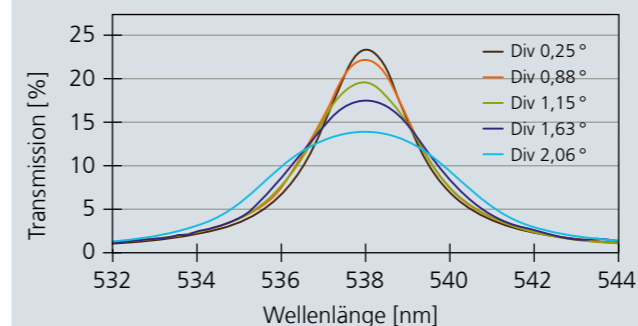
Testmessungen bei unterschiedlichen Divergenzwinkeln

Um die Verbreiterungen der Strukturen in Abhängigkeit zum Divergenzwinkel zu zeigen, wurde eine scharfe Transmissionsstruktur eines Interferenzfilters näher untersucht. Der Filter ist mit einer spektralen Bandbreite von 0,5 nm und einem Einfallswinkel von 45° bei den Divergenzwinkeln $0,25^\circ$ – $0,88^\circ$ – $1,15^\circ$ – $1,63^\circ$ – $2,06^\circ$ vermessen worden (vgl. Diagramm oben). Bei der Untersuchung der Breiten der einzelnen Peaks wurde ein quadratischer Zusammenhang von Halbwertsbreite und Divergenzwinkel festgestellt. Die Ergebnisse aus diesem Versuch sind in dem unteren Diagramm dargestellt. Um Bandpassfilter mit kleinen Halbwertsbreiten oder Langpassfilter mit spektral steilen Kanten zu charakterisieren, werden daher Messstrahlen mit kleinem Divergenzwinkel benötigt.

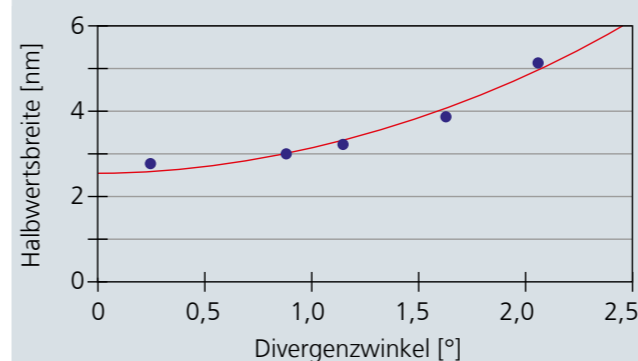
Ausblick

Der Messbereich der optischen Dichte soll zukünftig zur Auflösung noch geringerer Intensitäten erweitert werden. Dadurch können z. B. auch schmale Notchfilter mit sehr hoher Blockung ($> OD 7$) charakterisiert werden.

Vergleich der Transmissionsspektren einer scharfen Struktur bei unterschiedlichen Divergenzwinkeln ($0,25^\circ$ – $0,88^\circ$ – $1,15^\circ$ – $1,63^\circ$ – $2,06^\circ$).



Vergleich der Halbwertsbreiten von Transmissionsmessungen einer scharfen Struktur bei unterschiedlichen Divergenzwinkeln ($0,25^\circ$ – $0,88^\circ$ – $1,15^\circ$ – $1,63^\circ$ – $2,06^\circ$).



- 1 *Prinzipische Skizze eines Spektrometers mit kleinem Divergenzwinkel.*
- 2 *Mit Hilfe eines Spiegel- und Blendensystems wird der von der Lampe kommende Messstrahl kollimiert.*
- 3 *Einkopplung des Messstrahls in den Monochromator.*

KONTAKT

Chris Britze
Telefon +49 531 2155-516
chris.britze@ist.fraunhofer.de



LIFE SCIENCE UND UMWELT

Im Bereich »Life Science« entwickelt das Fraunhofer IST Schichten, Prozesse und Geräte für folgende Anwendungsfelder:

Medizin und Hygiene

- | Heilungsunterstützung bei infektiösen Hauterkrankungen
- | Antiseptische Therapien
- | Zahnmedizin
- | Handhygiene
- | Entkeimung von Oberflächen und Desinfektion
- | Bekämpfung von Läusen und Milben

Medizintechnik

- | Mikrofluidik
- | Biosensorik
- | Lab-On-A-Chip
- | Innenbeschichtung von Schläuchen, Flaschen und Beuteln
- | Funktionalisierung der Oberflächen von Einwegartikeln
- | Implantate

Zellkulturtechnik und Mikrobiologie

- | Steuerung der Zelladhäsion und Differenzierung
- | Steuerung von Proteinadsorption
- | Kopplung von Antikörpern
- | Zelltransfektion und -poration

Agrar- und Lebensmitteltechnik

- | Schädlingsbekämpfung
- | Entkeimung von Saatgut und Lebensmitteln
- | Desinfektion von Verpackungen

Im Bereich »Umwelt« beschäftigt sich das Fraunhofer IST schwerpunktmäßig mit den folgenden Themen:

- | Wasserdesinfektion und Abwasseraufbereitung mittels Diamantelektroden
- | Systeme zur photokatalytischen Luft- und Wasserreinigung
- | Selbstreinigung und Antifouling
- | Standardisierte Prüfverfahren zur neutralen Evaluierung photokatalytischer Produkteigenschaften

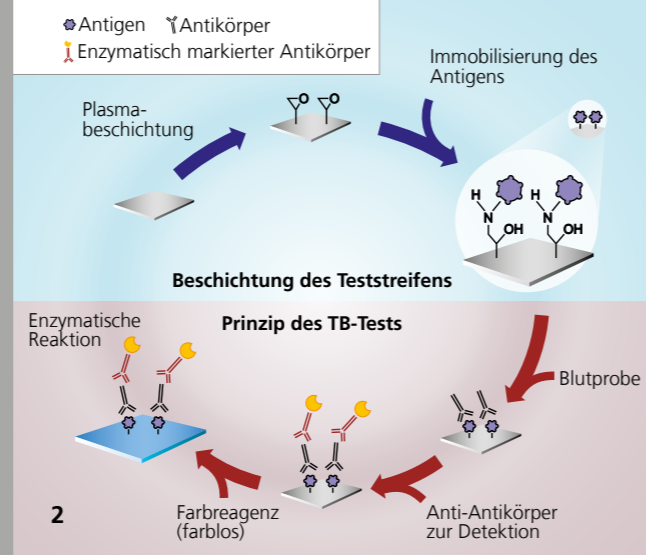
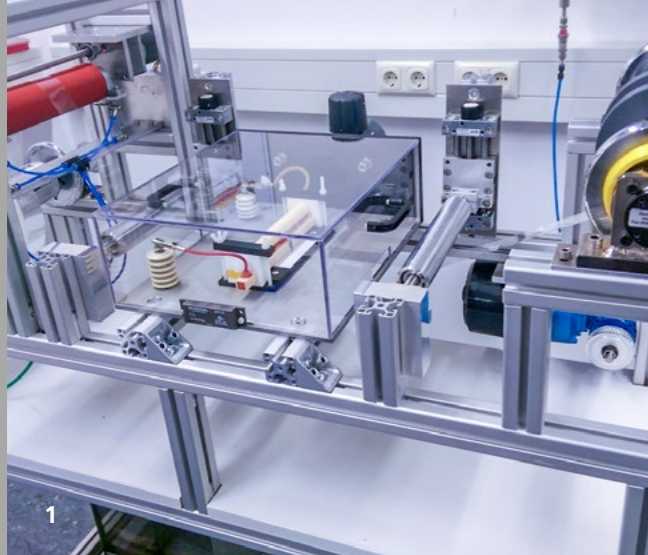
Neben Anwendern aus den oben genannten Bereichen zählen auch Hersteller von Anlagen zur Oberflächenmodifizierung und -beschichtung sowie Lohnbeschichter aus dem In- und Ausland zu unseren Kunden.

KONTAKT

Dr. Jochen Borris

Telefon +49 531 2155-666

jochen.borris@ist.fraunhofer.de



TUBERKULOSETEST – EMPFINDLICHER UND SCHNELLER DURCH PLASMABESCHICHTUNG

Tuberkulose (TB) ist auch heutzutage noch eine der am häufigsten tödlich verlaufenden Infektionskrankheiten weltweit. Jährlich infizieren sich rund neun Millionen Menschen an Tuberkulose, etwa zwei Millionen sterben daran. Besonders verbreitet ist die Krankheit in Entwicklungsländern in Asien und Afrika. Daher besteht ein hoher Bedarf an einfachen sensitiven Testsystemen, mit denen die Krankheit nicht nur frühzeitig und zuverlässig, sondern auch insbesondere in Ländern mit weniger gut ausgebauter Gesundheitsinfrastruktur ohne hohen Geräte- und Kostenaufwand erkannt werden kann. In dem von der EU geförderten Forschungsprojekt »IP4Plasma« entwickelt das Fraunhofer IST zusammen mit dem Industriepartner LIONEX GmbH in Braunschweig nun einen solchen Test.

Der Teststreifen

Das Testprinzip basiert auf dem Nachweis humaner TB-spezifischer Antikörper aus einer Blutprobe, die an TB-Antigene auf einem Teststreifen binden. Der Immobilisierung der Antigene auf der Oberfläche des Teststreifens kommt eine entscheidende Bedeutung für die Sensitivität des Tests zu.

Um eine besonders hohe Dichte an Bindungsmöglichkeiten für die Antigene zu erhalten, wird die Folienoberfläche der Teststreifen mittels einer plasmaunterstützten chemischen Gasphasenabscheidung (PECVD) bei Atmosphärendruck beschichtet. Dieses »kalte« Plasmaverfahren, auch als dielektrisch behinderte Entladung (DBE, DBD) bekannt, zeichnet sich durch eine relativ simple Apparatechnik aus und kommt, anders als alternative Verfahren, ohne Lösungsmittel aus. Die Beschichtung ist nur wenige Nanometer dick und enthält eine hohe Anzahl chemisch reaktiver Gruppen, sogenannter Epoxygruppen, die die Antigene kovalent binden. Insgesamt werden pro Teststreifen zwei linienförmige Bereiche mit Epoxygruppen

aktiviert. Eine der Linien dient als Kontrolllinie »C«, hier werden Antigene immobilisiert, die unspezifisch an humane Antikörper binden. Die zweite Linie stellt die Testlinie dar (»T«). Hier werden TB-Antigene gebunden, die dem Nachweis der Tuberkulose-Antikörper der Testperson dienen.

Die Testdurchführung

Die Durchführung des Tests ist sehr einfach, da keine Apparate notwendig sind. Er ist sowohl für Vollblut, Serum als auch Plasma geeignet und kann mit bloßem Auge ausgewertet werden. Der Anwender des Tests gibt zunächst einen Tropfen der Blutprobe auf den Teststreifen. Zusätzlich wird ein weiterer Tropfen der Reagenzlösung hinzugegeben.

Liegt eine TB-Erkrankung vor oder hat die Testperson eine solche überstanden und noch Antikörper im Blut, dann binden die TB-spezifischen Antikörper nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip an die Antigene auf der Testlinie. Unabhängig von der Anwesenheit TB-spezifischer Antikörper befinden sich in jeder

Blutprobe immer auch Antikörper, die an die Kontrolllinie binden. Die Reagenzlösung enthält einen enzymatisch markierten Antikörper, einen sogenannten Anti-Antikörper, der an humane Antikörper bindet. Mithilfe eines Stempels wird der Reaktionsmix von dem Teststreifen entfernt und das zunächst farblose Reagenz Tetramethylbenzidin TMB aufgetropft. Durch Kontakt mit dem Enzym tritt ein Farbumschlag nach Blau auf.

Dieses Ergebnis wird bereits nach kurzer Zeit sichtbar: Färbt sich lediglich die Kontrolllinie blau, liegt keine Tuberkuloseerkrankung vor. Gleichzeitig beweist die Blaufärbung der Kontrolllinie, dass der Test richtig durchgeführt wurde und auch funktioniert. Färben sich Test- und Kontrolllinie blau, d. h. erkennt der Betrachter zwei Linien, ist dies ein Hinweis auf eine mögliche Tuberkuloseerkrankung. Das beschriebene Testsystem ist hoch sensitiv, d. h. bereits kurz nach Ausbruch der Krankheit wird ein positives Ergebnis angezeigt.

Ausblick

Der Tuberkulose-Test wurde bereits patentiert und wird zurzeit weiter optimiert. Ziel ist es, hier eine Serienproduktion aufzubauen. Darüber hinaus ist geplant, das Testprinzip auf den Nachweis anderer Viruserkrankungen zu übertragen.

1 Anlage zum Beschichten der Teststreifen.

2 Herstellung der Oberfläche (oben), Testprinzip des Tuberkulose-Tests (unten).

3-4 Mögliche Ergebnisse des Tuberkulose-Tests.

KONTAKT

Annika Herrmann, M.Sc.
Telefon +49 531 2155-639
annika.herrmann@ist.fraunhofer.de



DIE NÄCHSTE GENERATION VON PLASMA-THERAPIEGERÄTEN

Wundauflagen gehören zum Standard in der modernen Wundversorgung. Ihre Funktionen umfassen die Aufnahme von Blut und Wundsekret sowie den Schutz vor dem Eindringen von Bakterien und vor mechanischen Reizen. Die nächste Generation moderner Wundauflagen wird über integrierte Plasmatechnik verfügen, um Mikroorganismen zu bekämpfen und die Wundheilung aktiv zu unterstützen. Das weltweit erste Medizinprodukt im Bereich der Plasmamedizin PlasmaDerm® wurde von der CINOXY GmbH unter Beteiligung des Fraunhofer IST entwickelt.

»Kalte« Plasmatechnologie und derzeitige Medizintechnik-Lösungen

Internationale Forschungsergebnisse zum Einsatz sogenannter »kalter« und dadurch gewebeverträglicher Plasmatechnologie für humanmedizinische Therapien belegen ein breites Anwendungspotenzial für diesen neuartigen Therapieansatz. Zu den nachgewiesenen Wirkungen zählen u. a. die antimikrobielle Wirkung, die pH-Modulation des Wundmilieus, die Stimulation von Zellteilung und -bewegung bei Humanzellen sowie die Verbesserung der Mikrozirkulation, d. h. der Durchblutung.

Derzeit sind sämtliche am Markt verfügbaren Produkte in diesem Bereich zur Anwendung als eigenständiges Verfahren vorgesehen und so bei der Wundversorgung lediglich im Rahmen eines Verbandwechsels als Zusatzbehandlung mit einem zusätzlichen Zeitaufwand für Patient und Personal anwendbar.

Die neue Lösung: Plasmatechnologie in Wundauflage integrieren

In dem 2016 gestarteten FuE-Projekt »KonChaWu« arbeiten das Fraunhofer IST und die CINOXY GmbH gemeinsam an der nächsten Generation von Gerätesystemen. Das Projektziel besteht darin, die Konzepte der »kalten« Plasmatechnologie sowie der Wundauflage miteinander zu verbinden, d. h. die plasmabasierte Wundauflage soll für bis zu mehrere Tage unterhalb eines Verbands auf der Wundoberfläche verbleiben können. Über eine externe, durch den Verband geführte Steckverbindung kann je nach Therapiemodalität das Luftplasma ohne Verbandswechsel für den gewünschten Zeitraum, typischerweise 90 s, erzeugt werden. Die Behandlung kann bei Bedarf mehrmals täglich wiederholt werden.

Dazu wurden seit Projektbeginn Testmuster aus unterschiedlichen Polymeren und anwendungsspezifischen Geometrien aufgebaut und mit verschiedenen elektrischen Betriebsparametern getestet. Die stabile Erzeugung des Luftplasmas steht in dieser Projektphase im Vordergrund.

Ausblick

Zukünftig sollen sicherheitsrelevante Prozessparameter wie UV- und Gasspezies-Emission, Ableitstrom und Temperaturentwicklung bestimmt werden, um sichere Betriebsbedingungen definieren zu können. Die Partner erwarten, dass durch ihre Entwicklung die Integrierbarkeit der Technologie in medizinische und pflegerische Abläufe verbessert, und dadurch die Akzeptanz nachhaltig erhöht wird.

Das Projekt

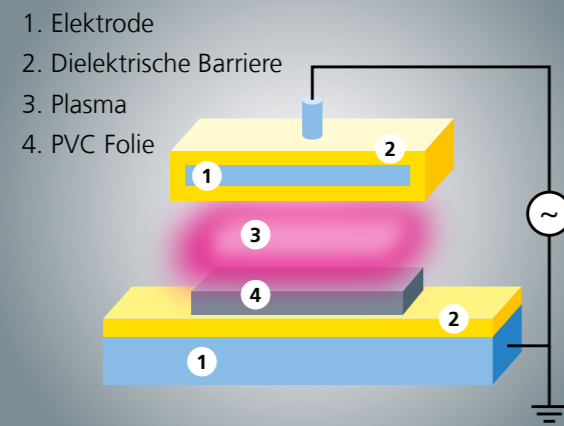
Das Projekt wird durch das Land Niedersachsen sowie den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) mit über 700 000 € gefördert.

1 *Wirtschaftsminister Olaf Lies übergibt den Förderbescheid.*

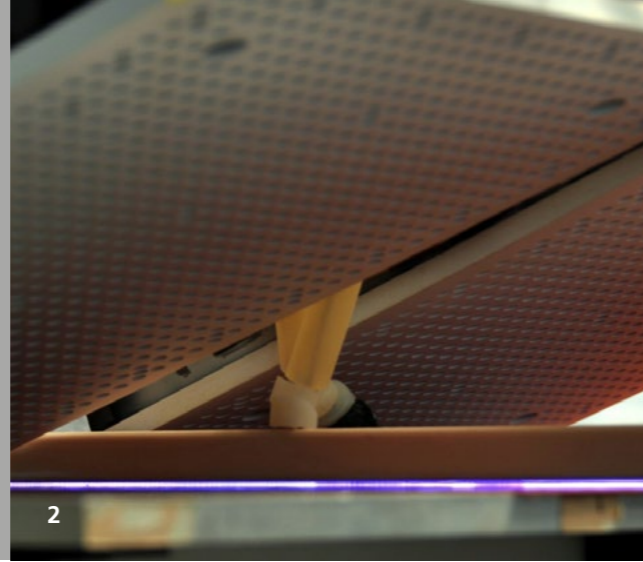
2 *Rechnerunterstützt wird die elektrische Signalcharakteristik entwickelt.*

KONTAKT

*Dr. Andreas Helmke
Telefon +49 551 3705-360
andreas.helmke@ist.fraunhofer.de*



1



2

REDUZIERUNG DER MIGRATION VON WEICHMACHERN AUS PVC

Viele medizinische Produkte wie Blutbeutel oder flexible Schläuche werden aus Polyvinylchlorid (PVC) hergestellt. Dieses Material ist kostengünstig, transparent, verschweißbar sowie kälteelastisch. Um die für die Anwendung notwendige Flexibilität zu erzielen, wird dem PVC-Rohmaterial zusätzlich bis zu 40 Gewichtsprozent Weichmacher zugesetzt. Diese Weichmacher sind meistens nicht chemisch mit dem Polymer verbunden, sondern können sich frei im Polymer und auch in das umgebende Medium bewegen. Die üblicherweise eingesetzten Weichmacher wie Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) werden aber als problematisch für die menschliche Gesundheit eingestuft. Daher wird am Fraunhofer IST daran gearbeitet, durch Beschichtung sowie Vernetzung des PVC-Kunststoffs die Migration der Weichmacher aus dem Polymer zu reduzieren bzw. komplett zu verhindern.

Ansatz

Für die Behandlung bzw. Beschichtung zur Reduktion der Weichmachermigration der PVC-Kunststoffe kommen am Fraunhofer IST dielektrisch behinderte Entladungen (DBE) bei Atmosphärendruck zum Einsatz. Hierbei werden die PVC-Substrate zwischen Hochspannungselektroden mit dielektrischer Barriere gebracht. Eine Wechselspannung erzeugt dann in dem Gasraum zwischen den Elektroden eine dielektrisch behinderte Entladung (vgl. Abbildung 1). Durch Wahl geeigneter Prozessgase können hierdurch unterschiedliche Effekte erzielt werden. Enthält das Prozessgas beispielsweise einen schichtbildenden Precursor wie etwa Hexamethyldisiloxan, können im Prozess Plasmapolymerschichten abgeschieden werden. Andere Prozessgase wie z. B. reines Argon erzeugen dagegen sehr kurzweilige UV-Strahlung, die ausreichend Energie besitzt, um chemische Bindungen zu lösen und somit zur Vernetzung von Polymeren führen kann.

Ergebnisse

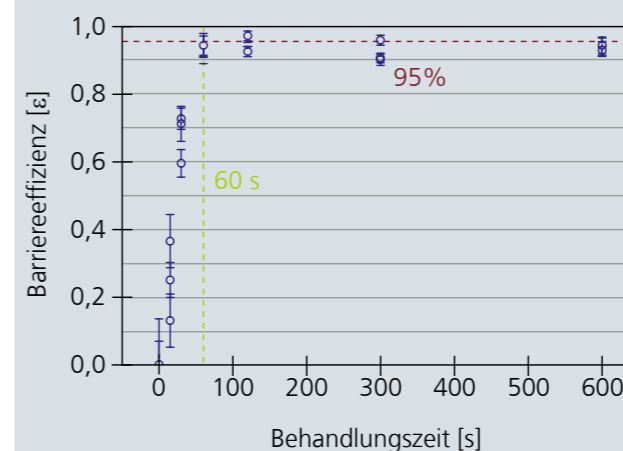
Am Fraunhofer IST konnte gezeigt werden, dass sich insbesondere durch eine Behandlung in reinem Argonplasma die Migration von Weichmachern aus Weich-PVC um 95 %

reduzieren lässt (vgl. Grafik). Dieser Effekt lässt sich nach jetzigen Erkenntnissen auf die Vernetzung des Kunststoffs durch die sehr kurzweilige UV-Strahlung des Argonplasmas zurückführen. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass die Behandlung langzeitstabil (vgl. Grafik) ist und von der Reinheit des Prozessgases abhängt. Neben der Behandlung von planarem Folienmaterial wurden Prozesse entwickelt, mit denen auch die Innenseiten von Schläuchen sowie Blutbeuteln erfolgreich modifiziert und beschichtet werden können.

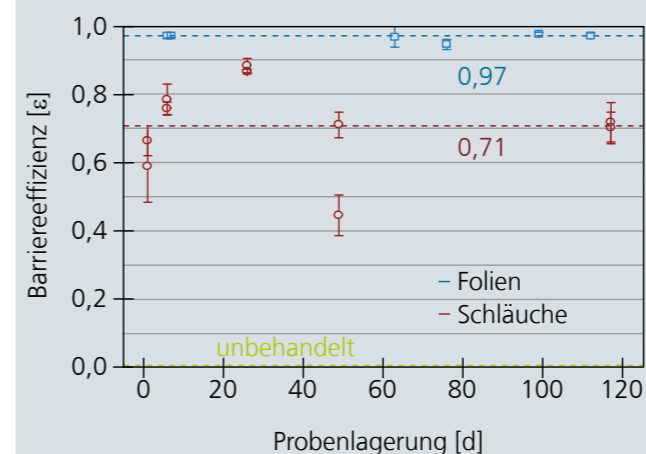
Ausblick

Dielektrisch behinderte Entladungen sind in der Industrie als kostengünstige Möglichkeit der Folienbehandlung vor dem Bedrucken, Kleben und Lackieren weit verbreitet. Daher ist die Modifikation von Folienbahnen und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Weiterverarbeitungsschritte für Medizinprodukte wie Verschweißen oder Kleben Gegenstand aktueller Untersuchungen. Darüber hinaus werden verschiedene Kombinationen unterschiedlicher Verfahren getestet, um die Migration weiter zu reduzieren. Zusätzlich soll künftig erforscht werden, ob sich die Ergebnisse auch auf andere Polymere und die Migration anderer Inhaltsstoffe übertragen lassen.

Barriereeffizienz als Funktion der Behandlungszeit im Argonplasma.



Langzeitstabilität der Barriereeffizienz.



1 Experimentelle Anordnung für DBD-Behandlung von PVC-Folien.

2 Anlage zur Behandlung von Folien mittels dielektrischer Barriereentladung.

KONTAKT

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



NEUE PLASMAJETS FÜR DIE SILBERREINIGUNG

Silberoberflächen, die der Umgebungsluft ausgesetzt sind, laufen nach einiger Zeit an; es entstehen die allgemein bekannten braun-schwarzen Verfärbungen aus Silbersulfid. Vor allem bei Restaurierungsarbeiten ist es häufig ein Ziel, diese dunklen Schichten wieder zu entfernen. Eine Möglichkeit stellt hier die Behandlung der betroffenen Stellen mit Plasmajets dar, die mit reduzierenden Gasen betrieben werden. Herkömmliche bereits etablierte Systeme arbeiten dabei häufig mit einer heißen Entladung, sind dadurch aber ungeeignet, um empfindliche Objekte lokal zu behandeln. Am Fraunhofer IST wurden nun stiftähnliche Jetsysteme entwickelt, die mittels dielektrisch behinderter Entladung (DBE) ein schonendes Arbeiten bei niedrigen Temperaturen bis 50 °C und somit auch die Behandlung von temperatursensiblen und fragilen Kulturgütern ermöglichen.

Jet-Entwicklung für Reduktions- und Oxidationsprozesse

Am Fraunhofer IST gehört die Modifizierung von Oberflächen mit einem Plasmajet in der Schutzatmosphäre einer Glovebox bereits seit längerem zur Standardbehandlung. Mit Hilfe der Plasmajets können so unter Einsatz reaktiver Prozessgase und höheren Temperaturen Oxidationsprodukte und auch organische Kontaminationen effizient entfernt werden.

Die Jet-Entwicklung wurde durch den Einsatz einer gepulsten DBE und einer speziellen Materialauswahl und Konstruktion dahingehend optimiert, dass die Behandlungstemperaturen auf nahezu Raumtemperatur verringert werden können. Durch die spezielle Anordnung des DBE-Jets und die Verwendung bestimmter Prozess- und Reaktivgase konnte zudem erreicht werden, dass die sich in der Entladungszone bildenden Wasserstoffatome bei Reduktionsbehandlungen bzw. Ozonmoleküle bei oxidativer Behandlungen in ausreichender Menge auf die Oberfläche treffen, um Korrosionsprodukte und organische Verunreinigungen zu entfernen.

Darüber hinaus ist es gelungen, einen speziell angeordneten Schutzgasstrom zu entwickeln, mit dem es möglich ist, auch außerhalb einer Glovebox mit diesem Jet zu arbeiten. Der Schutzgasstrom sorgt dafür, dass die reduzierenden von den oxidierenden Spezies in der Umgebung getrennt und gleichzeitig die Reaktionsprodukte von der Oberfläche weggeführt werden. Dies ermöglicht ganz neue Anwendungen für den Plasmajet wie beispielsweise restauratorische Behandlung von unbeweglichen oder großen Objekten.

Reinigung von silberhaltige Textilien

Bei der Restaurierung von Textilien spielen Materialkombinationen von Metallen und Textilien häufig eine bedeutende Rolle. Eine der gebräuchlichsten Formen sind Silberfäden, die flach oder als Gespinst um textile Seidenfäden gearbeitet werden. Problematisch ist dabei, dass die Korrosionsprodukte des Metalls für die Textilfasern sehr schädlich sind, da sie deren Abbau stark fördern. Die Reinigung mit konventionellen meist nasschemischen oder mechanischen Verfahren ist an Objekten mit Materialkombinationen jedoch schwierig durchzuführen und erweist sich oft als nachteilig für das textile Material.

Durch eine Bearbeitung des Silbers mit einem Plasmajet werden vorhandene Korrosionsprodukte deutlich reduziert. Aufgrund der geringen Arbeitstemperatur und dem berührungsfreien Behandeln ist die Schädigung der Seide bei diesem Vorgehen sehr gering. So zeigen Untersuchungen, dass sich die mechanischen Eigenschaften der Textilien wie beispielsweise Zugfestigkeit und Biegesteifigkeit im Anschluss an die Plasmabehandlung kaum verändern, im Falle der Zugfestigkeit um weniger als zwei Prozent.

Reine Silbersulfidschichten können relativ problemlos mit einem reduzierenden Plasma entfernt werden. Da es sich bei den Korrosionsschichten aber häufig um ein komplexes Zusammenspiel aus Silber- und Kupferverbindungen wie Oxiden, Sulfiden und Sulfaten handelt und auch organische Verschmutzungen vorhanden sind, ist eine rein reduktive Behandlung in vielen Fällen nicht ausreichend. Eine Kombination aus einer Oxidationsbehandlung mit sauerstoffhaltigem Prozessgas und anschließender Reduktion zeigt eine deutlich bessere Reinigungswirkung. Darüber hinaus deuten erste Ergebnisse darauf hin, dass die durch die Oxidation entstehenden Schäden an der Seide durch die nachgeschaltete Reduktionsbehandlung wieder verringert werden können.

Ausblick

In Zukunft sollen die Plasmajets so weiterentwickelt werden, dass sie mit der Hand punktgenau über das Objekt geführt werden können, um so auch die Behandlung von komplexen Objektgeometrien zu ermöglichen. Dabei sind ergonomische und sicherheitstechnische Gesichtspunkte zu beachten, da mit Hochspannung und reaktiven Gasen gearbeitet wird.

1 Fragment einer Stola
(Deutsches Textilmuseum
Krefeld Inv. Nr. 26071).

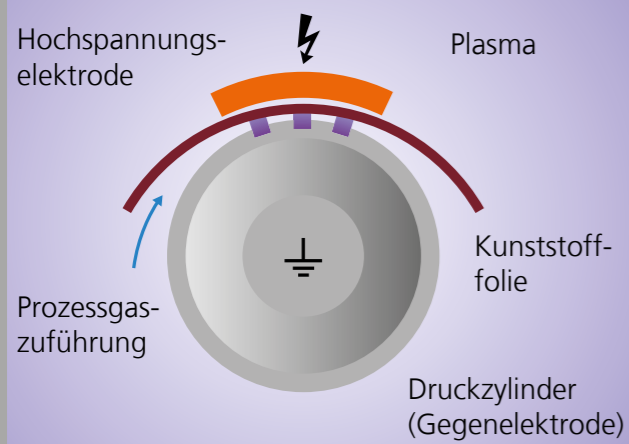
2 Detail der Stola mit
Silberstickerei.

3-4 Silberlahnfäden
vor (3) und nach (4) einer
Plasmabehandlung.

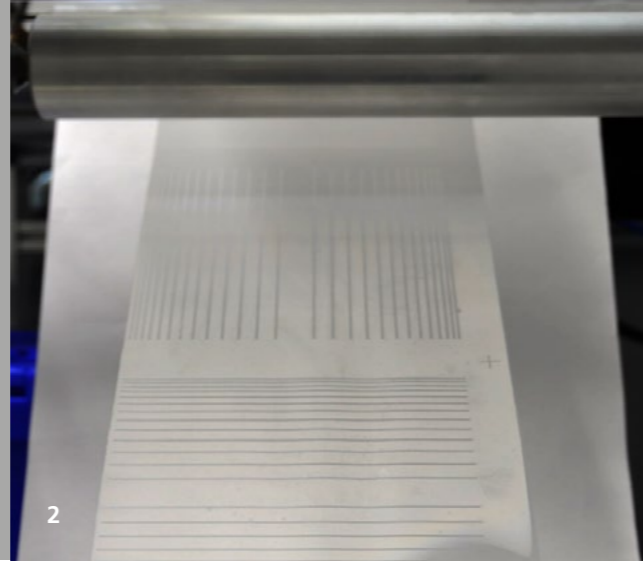
KONTAKT

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

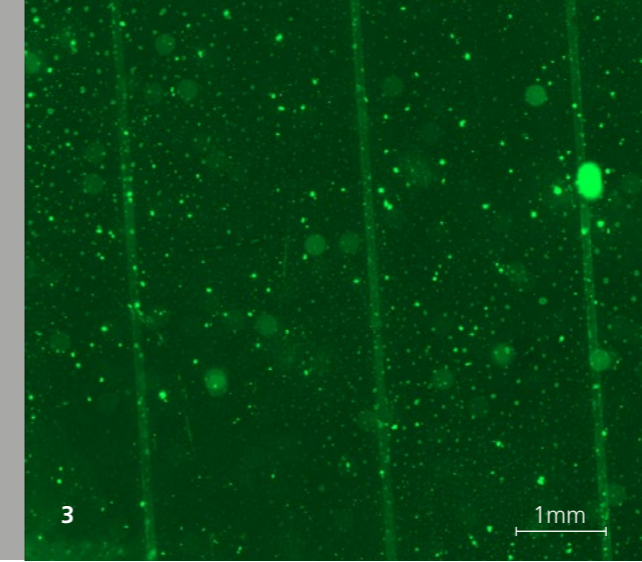
Prof. Dr. Claus-Peter Klages
Telefon +49 531 2155-510
claus-peter.klages@ist.fraunhofer.de



1



2



3

STRUKTURIERTE PLASMA-BEHANDLUNG FÜR DEN TIEFDRUCK

Das BMBF-Projekt »Grundlagen zur ortsselektiven Benetzung von Nanotinten« hat das Ziel, neuartige Mikroplasmaquellen zur ortsselektiven kontinuierlichen Vorbehandlung von Folienoberflächen zu erforschen. Mit diesen neuartigen Plasmaquellen soll auf Folien ein Benetzungskontrast geschaffen werden, der lokal das Ausbreiten von Druckfarben beeinflusst und gleichzeitig die Haftung von leitfähiger Nanotinte verbessert. Gemeinsam mit den Industriepartnern GRT GmbH & Co. KG und Schwarz Druck GmbH soll am Fraunhofer IST die Leistungsfähigkeit des Plasma-Printings in Kombination mit dem Tiefdruck von Nanotinten anhand verschiedener Funktionsmuster aus den Bereichen Elektronik und Sicherheitsdruck evaluiert werden.

Einfluss der Funktionalisierung auf das Benetzungsverhalten

Die ortsselektive strukturierte Plasmabehandlung von Polymeren bei Atmosphärendruck erfolgt am Fraunhofer IST über ein Rolle-zu-Rolle-Verfahren (vgl. Abbildung 1). In Kombination mit einem Tiefdruckprozess sollen leitfähige Strukturen aus Nanotinten für Anwendungen im Bereich der Elektronik oder für den Sicherheitsdruck, d. h. beispielsweise für fälschungssicheres Drucken von Geldscheinen, aufgetragen werden. Durch die Plasmabehandlung wird die Oberfläche der Polymere lokal hydrophilisiert, anschließend wird die Nanotinte in diese Strukturen gedruckt. Durch die Unterschiede der Oberflächenenergie zwischen den plasmabehandelten und unbehandelten Bereichen kann beim Drucken der Nanotinten eine höhere Konturgenauigkeit erreicht werden.

Analyse der plasmabehandelten Folien

Im Anschluss an die Plasmabehandlung wurden am Fraunhofer IST verschiedene Untersuchungen durchgeführt, um die erfolgreiche Strukturierung der Folie zu bestätigen. Dabei wurden vor allem die chemischen Veränderungen der

Oberfläche durch Erzeugung chemisch-reaktiver Gruppen sowie die Abbildungsgenauigkeit und Randschärfe der erzeugten Konturen analysiert.

Eine Methode, chemische Veränderungen an der Oberfläche nach einer Plasmabehandlung indirekt nachzuweisen, ist die Bestimmung der freien Oberflächenenergie mittels Kontaktwinkelmessungen. Die Untersuchungen zeigten, dass bereits bei einem Leistungseintrag von mindestens 100 Wmin/m^2 die Oberflächenenergie der Folie um bis zu 40 Prozent gesteigert und darüber hinaus die Langzeitstabilität der Oberflächenaktivierung auf fünf Tage verbessert werden konnte.

Ein weiterer wichtiger Punkt der Arbeiten am Fraunhofer IST ist die hochauflösende Übertragung der Struktur von der Druckwalze als Benetzungsbild auf die Folie. Dafür wurden ausgewählte Folientypen ortsselektiv mit einer Strukturbreite von $188 \mu\text{m}$ behandelt. Die nachfolgende Auswertung mittels Laser-Scanning-Mikroskop (LSM) ergab eine Abweichung zur gravierten Struktur von lediglich $0,9 \mu\text{m}$, was in etwa 0,5 Prozent entspricht.

Darüber hinaus wurde eine zusätzliche Analyse der Folien mit Hilfe des Fluoreszenzmarkers FITC durchgeführt. Dabei wurden in den plasmaaktivierten Bereichen reaktive stickstoffhaltige Gruppen wie z. B. Amine, Imine oder Amide nachgewiesen. Über die Fluoreszenz des Farbstoffs konnte zudem die homogene Plasmabehandlung innerhalb der Strukturen sowie die Randschärfe zwischen den einzelnen behandelten Bereichen und dem Hintergrund bewiesen werden. Abbildung 3 zeigt beispielhaft die Fluoreszenz einer $200 \mu\text{m}$ breiten, aktivierten Linienstruktur.

Ausblick

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass der Benetzungskontrast der Folien bereits sehr hoch ist. Zukünftig soll die Haftung der Nanotinte in Zusammenarbeit mit der Schwarz Druck GmbH für weitere Behandlungen untersucht werden. Ein Schwerpunkt der Arbeiten am Fraunhofer IST ist es darüber hinaus, die Prozessgeschwindigkeit der Plasmabehandlung weiter zu erhöhen.

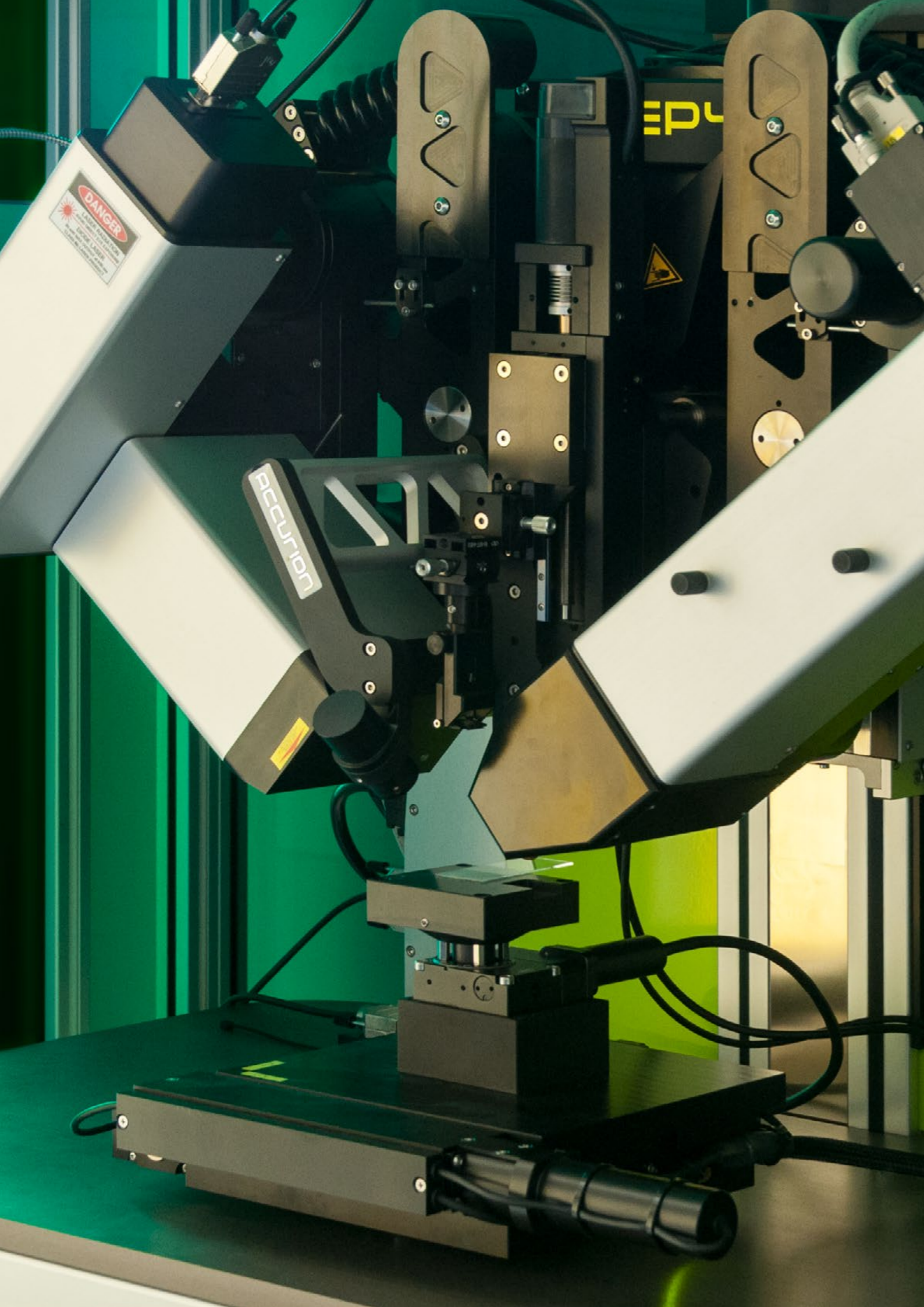
1 Schematische Darstellung des Rolle-zu-Rolle-Plasma-Printing-Prozesses.

2 Benetzung von BOPET-Folie mit Wasserdampf nach lokaler Plasmabehandlung; Strukturbreite $1000 \mu\text{m}$.

3 Fluoreszenz einer FITC-gelabelten Folie nach einer Aktivierung mittels Plasma-Printing. Breite der Linienstrukturen: $200 \mu\text{m}$.

KONTAKT

Gennadiy Günther-Portnikov, M.Sc.
 Telefon +49 531 2155-674
 gennadiy.guenther-portnikov@ist.fraunhofer.de

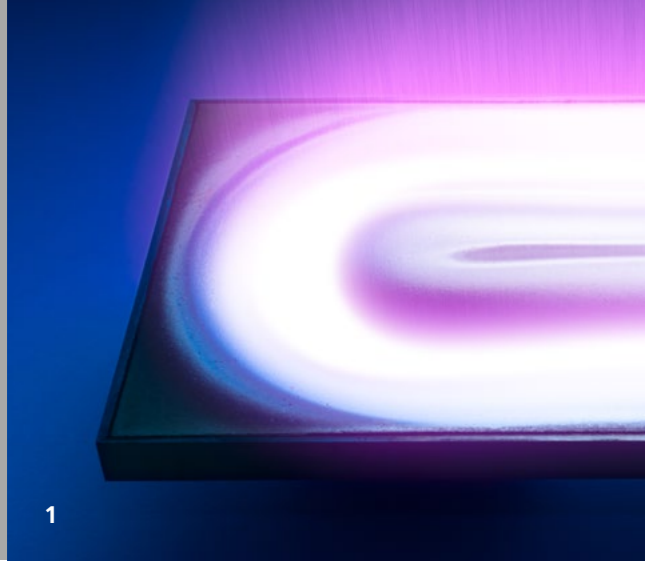


LEISTUNGEN UND KOMPETENZEN

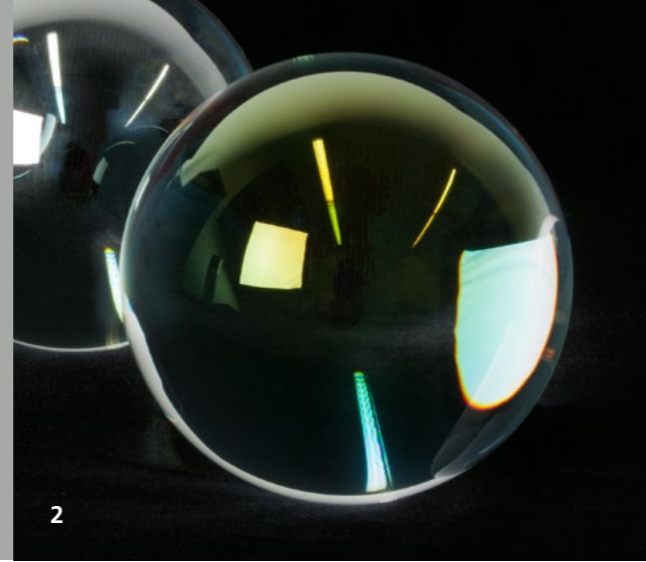
Zur Bearbeitung der in den vorangegangenen Kapiteln exemplarisch vorgestellten Geschäftsfelder nutzt das Fraunhofer IST ein breites Spektrum an Kompetenzen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf diesen Technologien:

- | Physikalische Gasphasenabscheidung
- | Chemische Gasphasenabscheidung
- | Plasmadiffusion
- | Atmosphärendruck-Plasmaverfahren
- | Elektrochemische Verfahren
- | Lasertechnik

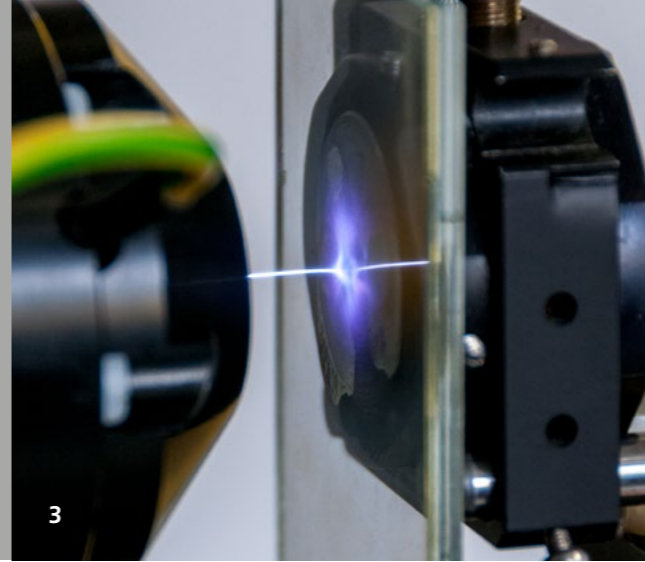
Darüber hinaus verfügt das Fraunhofer IST über anerkannte Kompetenzen bei einer Vielzahl von Schichtsystemen. Das Institut bietet ein breites Spektrum an weiteren geschäftsfeldübergreifenden Leistungen: Oberflächenvorbehandlung, Schichtentwicklung, Oberflächenmodifikation, Prozesstechnik (einschließlich Prozessdiagnostik, -modellierung und -regelung), Schichtcharakterisierung und -prüfung, Aus- und Weiterbildung, anwendungsbezogene Auslegung und Modellierung, Simulation, Anlagen- und Komponentenentwicklung, Geräte- und Anlagenbau sowie Technologietransfer.



1



2



3

KOMPETENZ NIEDERDRUCKVERFAHREN

Physikalische Gasphasenabscheidung (PVD)

- | Magnetronspütern
- | Hochionisierte gepulste Plasmaverfahren u. a. HIPIMS, MPP
- | Hohlkathodenverfahren

Chemische Gasphasenabscheidung (CVD)

- | Heißdraht-CVD
- | Atomlagenabscheidung (ALD)
- | Plasmaunterstützte CVD (PACVD)

Plasmadiffusion

- | Nitrieren / Carbonitrieren
- | Oxidieren
- | Borieren

KOMPETENZ ATMOSPÄRENDRUCKVERFAHREN

Atmosphärendruck-Plasmen

- | Mikroplasmen
- | Plasma-Printing
- | Dielektrisch behinderte Entladung/Coronabehandlung
- | Niedrigtemperatur-Bonden
- | Plasmamedizin
- | Plasma-Partikeltechnik und Kalt-Plasmaspritzen

Elektrochemie

- | Galvanische Mehrkomponentensysteme
- | Nichtwässrige Galvanotechnik
- | Elektrochemische Prozesse

Lasertechnik

- | Laser-Plasma-Hybrid-Verfahren
- | Laserinduzierte Fluoreszenz
- | Laserstrukturierung

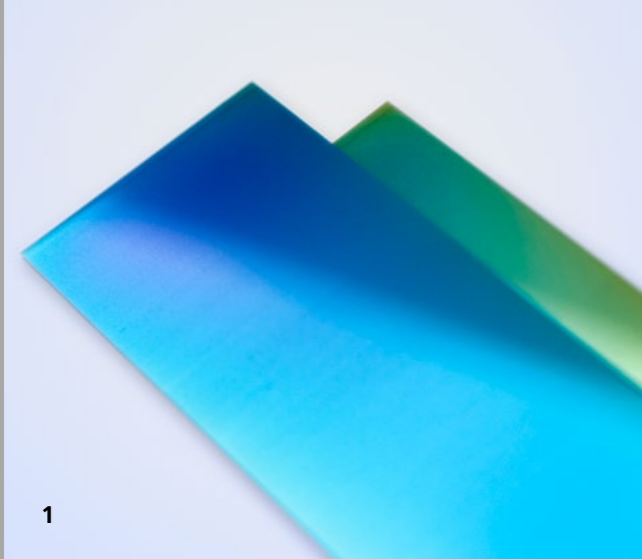
Layer-by-Layer-Verfahren

- | Polyelektrolytschichten
- | Biofunktionale Schichten
- | Chemische Derivatisierung

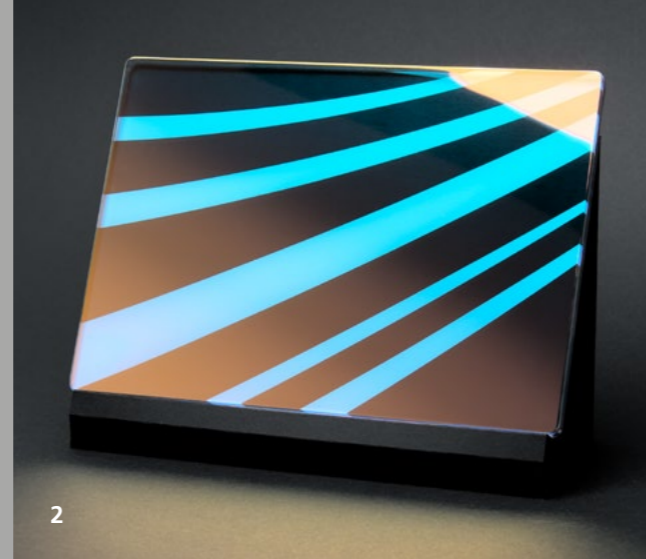
1 Planares Target zur Abscheidung von Schichten mittels Magnetronspütern.

2 Antireflex-Schichtsystem auf 3D-Objekt, hergestellt mittels Atomlagenabscheidung (ALD).

3 Entladung eines direkten dielektrisch behinderten Plasmastrahls auf Glas.



1



2



3

KOMPETENZ SCHICHTSYSTEME

Reibungsminderung und Verschleißschutz

- | Amorphe Kohlenstoffschichten (DLC)
- | Diamantschichten
- | Hartstoffschichten
- | Nitride / Kubisches Bornitrid (cBN)
- | Metallschichten
- | Plasmadiffusion / DUPLEX-Verfahren
- | Trockenschmierstoffe
- | Erosionsschutz
- | Korrosionsschutz
- | Antihaft- und Antifouling-Schichten
- | Diffusionsbarrieren

Elektrische und optische Schichten

- | Präzisionsoptik
- | Transparente leitfähige Schichten (TCOs)
- | Elektrochrome Schichten
- | Low-E- und Sun-Control-Schichten
- | Diamantelektroden
- | Siliziumbasierte Schichten für die Photovoltaik und Mikroelektronik
- | Halbleiter (oxidische, siliziumbasierte, Diamant)

- | Isolationsschichten
- | Piezoelektrische Schichten
- | Kunststoffmetallisierung

Mikro- und Nanotechnologie

- | Dünnschicht-Sensortechnologie
- | Mikrotechnik
- | Nanokomposite
- | Steuerung der Schichtadhäsion
- | Strukturierte Oberflächenbeschichtung und -aktivierung

Biofunktionalisierung

- | Antibakterielle Schichten
- | Adhäsions- und Antiadhäsionsschichten
- | Chemisch reaktive/biologisch aktive Oberflächen

Photokatalyse

- | Luft- und Wasserreinigungssysteme
- | Photokatalytisch aktive Schichten mit antimikrobieller Wirksamkeit

WEITERE KOMPETENZEN

Vorbehandlung und Funktionalisierung

- | Nasschemische Reinigung
- | Grenzflächenfunktionalisierung und -beschichtung
- | Oberflächenstrukturierung
- | Plasmaaktivierung
- | Oxidation und Reduktion von Metallen
- | Plasma-Oberflächenmodifikation von Naturstoffen

Simulation

- | Simulation von Anlagen, Prozessen und Schichteigenschaften
- | Modellbasierte Auslegung von Beschichtungsprozessen

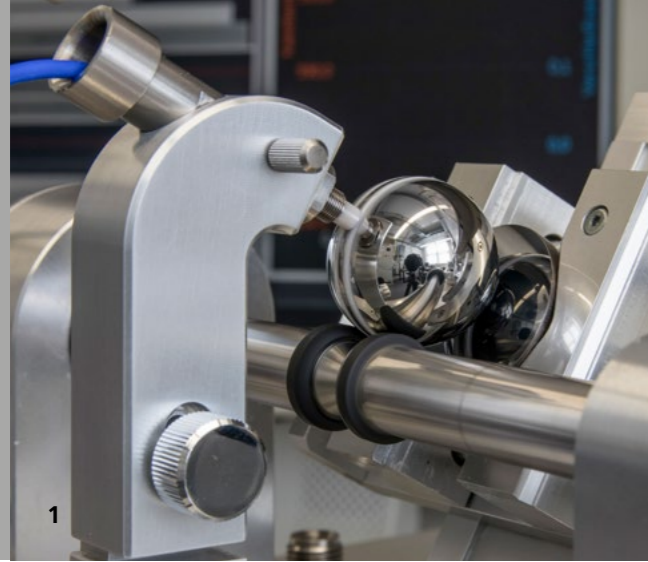
Analytik und Qualitätssicherung

- | Chemische Analyse
- | Kristallstrukturanalyse
- | Mikroskopie
- | Analyse chemisch reaktiver Oberflächen
- | Optische und elektrische Charakterisierung
- | Plasma-Diagnostik
- | Tribologisches Prüfen
- | Mechanische Tests
- | Normgerechte photokatalytische Messtechnik inklusive Prüfanlagen und -geräte

1 1 Meter lange Blechstreifen mit einer Antifouling-Beschichtung.

2 Photokatalytische Beschichtung auf einem Kunststoffsubstrat.

3 Ultraschall-Reinigungssystem für Präzisionsoptiken.



KONTINUIERLICHE KALOTTEN-VERSCHLEISSMESSUNG IN ECHTZEIT

Der Abrasivverschleiß von Beschichtungen wird seit vielen Jahren mit dem etablierten Kalottenschleifverfahren ermittelt. Mit einem modifizierten Kalottenschleifgerät kann das Verschleißverhalten von Beschichtungen nun auch in Abhängigkeit der Zeit dargestellt werden. Dabei wird die Kalottentiefe kontinuierlich gemessen, wodurch die bisher notwendigen zusätzlichen manuellen Auswertungen entfallen. Die am Fraunhofer IST entwickelte Methode spart daher Zeit und bringt Ergebnissicherheit mit sich.

Das Kalottenschleifverfahren

Das Prinzip des herkömmlichen Kalottenschleifverfahrens ist sehr einfach. Mit Hilfe einer rotierenden Kugel, auf die eine Schleifsuspension gegeben wird, wird in die zu untersuchende Schicht eine Kalotte eingeschleift. Nach einer festgelegten Prüfzeit kann das Volumen der Kalotte bestimmt und daraus der Verschleißkoeffizient ermittelt werden. Das Verfahren an sich ist zwar sehr leicht zu handhaben, bringt aber einige Nachteile mit sich. So erfolgt die Bestimmung des Verschleißvolumens beispielsweise in der Regel im Rahmen einer optischen Auswertung und ist damit von den Erfahrungen des Prüfers abhängig. Darüber hinaus werden die Verschleißkoeffizienten von Schichtsystemen bei unterschiedlichen Flächenpressungen ermittelt, da sich bei festgelegter Prüfdauer je nach Verschleißfestigkeit der zu prüfenden Schichten unterschiedlich große Kalotten ausgebildet haben. Ein weiterer Nachteil der herkömmlichen Methode ist, dass das dynamische, d. h. das zeitabhängige Verschleißverhalten nicht dargestellt werden kann.

Die kontinuierliche Verschleißmessung

Um das dynamische Verschleißverhalten zu untersuchen und um in Zukunft Verschleißkoeffizienten bei vergleichbarer Flächenpressung zu ermitteln, wurde am Fraunhofer IST ein Messsystem entwickelt, das die Kalottentiefe während des Schleifvorgangs in Echtzeit erfasst und darstellt. Dafür wurde

ein Kalottenschleifgerät so modifiziert, dass ein Wegsensor die Lageänderung der rotierenden Kugel, d. h. die Eingrabbtiefe der Kugel in den zu prüfenden Werkstoff kontinuierlich aufzeichnet. Der auf der Wirbelstromtechnik basierende Sensor lässt sich so positionieren, dass auch bei unterschiedlichen Auflagekräften Verschleißmessungen durchgeführt werden können. Für Handling und Probenwechsel lässt sich der Sensor seitlich verfahren.

Vergleich von Verschleißkoeffizienten und Flächenpressungen

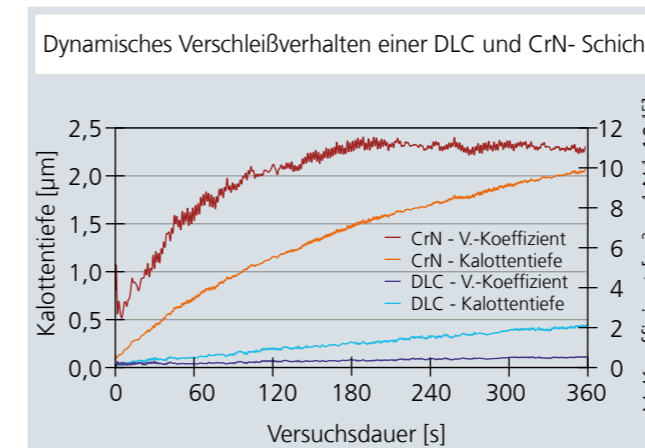
In einem Versuchsaufbau wurde beispielhaft das unterschiedliche dynamische Verschleißverhalten einer DLC- und einer CrN-Schicht aufgezeichnet. Das Ergebnis ist in der nachfolgenden Grafik dargestellt. Dabei zeigt das zeitabhängige Verschleißverhalten der CrN-Schicht einen markanten Unterschied zu dem der DLC-Schicht: Während der Verschleißkoeffizient der DLC-Schicht stetig ansteigt, nähert sich der Verschleiß der CrN-Schicht einem konstanten Wert an.

Die Tabelle zeigt unterschiedliche Auswertungen der in nebenstehender Grafik dargestellten Messkurven. Bei gleicher Versuchsdauer ergibt sich nach dem herkömmlichen Verfahren ein Verschleißkoeffizient von CrN, der etwa um den Faktor 20 höher ist als der der DLC-Schicht. Auch die Kalottentiefe unterscheidet sich. Bei einer Normierung auf die gleiche Flächenpressung ist die Kalottentiefe hingegen identisch und

das Verhältnis der Verschleißkoeffizienten ist deutlich geringer (V.-koeffizient CrN/DLC = 10). Verschleißkoeffizienten von Schichten und Werkstoffen können mit Hilfe der dynamischen Messung bei einheitlicher Flächenpressung bewertet und dadurch besser miteinander verglichen werden.

Ausblick

Bisher sind die Grundlagen des Verfahrens erprobt. In weiterführenden Versuchsreihen soll zukünftig die noch nicht zufriedenstellende Reproduzierbarkeit näher untersucht werden.



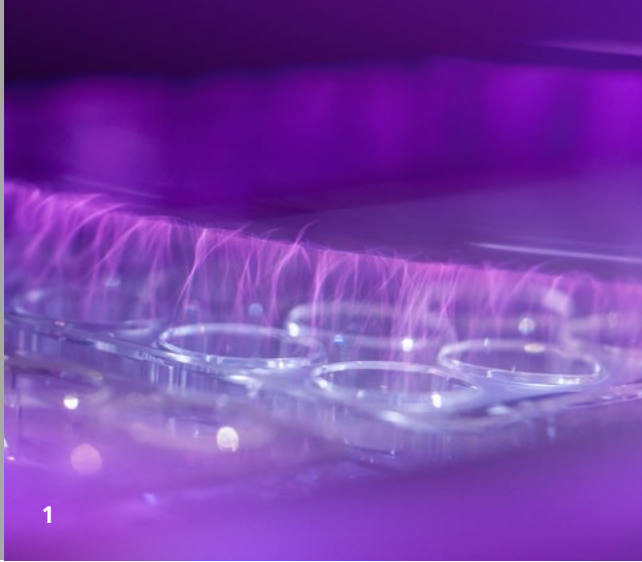
Bestimmung der Verschleißkoeffizienten	Referenzwert (DLC)	Herkömmliche Methode Gleiche Versuchsdauer (CrN)	Neue Methode Gleiche Flächenpressung (CrN)
Versuchsdauer [s]	360	360	30
Kalottentiefe [µm]	0,43	2,0	0,43
Flächenpressung [N/mm²]	13,3	2,8	13,3
V.-Koeffizient [m³ m⁻¹ N⁻¹ 10⁻¹⁵]	0,5	~ 11	~ 5,0

1 Neues Kalottenschleifgerät mit Sensor.

2 Prinzip-Skizze des neuen Messaufbaus.

KONTAKT

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



1



2



3

SAUERSTOFFFREIE PLASMA-VORBEHANDLUNG

Die Plasmareinigung und -aktivierung von Oberflächen zur Vorbereitung für nachfolgende Prozessschritte ist mittlerweile weit verbreitet und industriell etabliert. Besonders häufig werden dabei Luft oder sauerstoffhaltige Gasmischungen als Prozessgase eingesetzt. Insbesondere bei der Vorbehandlung von Kunststoffen können dabei Überbehandlungen auftreten. Am Fraunhofer IST wird die Verwendung von sauerstofffreien, stickstoffhaltigen Prozessgasen untersucht, mit denen sich insbesondere auf organischen Oberflächen hohe Dichten von stickstoffhaltigen chemisch reaktiven Gruppen wie z. B. Aminogruppen erzeugen lassen.

Stand der Technik

Bei der herkömmlichen Plasmavorbehandlung von Kunststoffoberflächen werden zum einen polare Gruppen auf der Oberfläche erzeugt, zum anderen können die im Plasma generierten hoch reaktiven Sauerstoffspezies das Polymer aber auch oberflächlich schädigen, was bei anschließender Verarbeitung zu Haftungsproblemen führen kann. Werden während der Vorbehandlung hingegen sauerstofffreie, stickstoffhaltige Prozessgase eingesetzt, wird die Oxidation der Kunststoffoberfläche vermieden. Das heißt, bei geeigneter Wahl der Parameter bilden sich stickstoffhaltige chemisch reaktive Gruppen, die bei nachfolgenden Beschichtungen die Haftung meist positiv beeinflussen.

Oberflächenfunktionalisierung

Im Gegensatz zu einer Behandlung bei Niederdruck lässt sich die Zusammensetzung des Prozessgases bei einer Vorbehandlung mit Atmosphärendruckplasma nicht so leicht kontrollieren. Es sind spezielle Vorrichtungen erforderlich, die das Eindringen von Sauerstoff aus der Umgebungsluft in den Behandlungsbereich verhindern.

Am Fraunhofer IST werden daher Atmosphärendruck-Plasmaverfahren sowie die entsprechenden Anlagen entwickelt und kundenspezifisch angepasst, die die Möglichkeit bieten, Substrate unter zuvor definierter Prozessgasatmosphäre zu behandeln. Weiterhin wurden Methoden zur Oberflächencharakterisierung entwickelt, mit denen die verschiedenen entstandenen chemisch reaktiven Gruppen nachgewiesen und deren Dichte bestimmt werden können. Die Untersuchungen ergaben, dass vor allem Kunststoffoberflächen, die mit Prozessgasgemischen aus Stickstoff mit geringen Mengen Wasserstoff behandelt wurden, hohe Dichten von chemisch reaktiven Gruppen aufweisen.

Darüber hinaus kann am Fraunhofer IST nicht nur der direkte Nachweis der Oberflächeneigenschaften erbracht, sondern auch die Haftung von Lacken, Klebstoffen oder Druckfarben charakterisiert werden. Auf diese Weise wird die Oberflächenvorbehandlung weiter optimiert.

Behandlung von Kundenmustern

Bei der Vorbehandlung mittels Atmosphärendruckplasmen spielt die Substratgeometrie eine große Rolle für die Anlagenkonstruktion und -auslegung. Das Fraunhofer IST verfügt über verschiedene Laboranlagen für ganz unterschiedliche Substrate, z. B. für Bahnware oder 3D-Substrate. Darüber hinaus stehen auch Plasmasysteme für eine lokale Behandlung, wie beispielweise Plasma-Printing oder Plasmajets, zur Verfügung. Durch das breite Spektrum an unterschiedlichen Systemen können die Prozesse gut auf Kundenmuster übertragen und auf Kundenwünsche abgestimmt werden. Zur Prozessüberwachung werden Lambdasonden und die optische Emissionsspektroskopie eingesetzt, insbesondere um die Sauerstofffreiheit sicherzustellen. Eine abschließende Untersuchung der Oberflächen mittels Derivatisierung, Fluoreszenzlabeling, Infrarotspektroskopie oder auch XPS ermöglicht eine umfassende und zeitnahe Oberflächencharakterisierung.

1 RotoTEC-System zur Behandlung von 3D-Kunststoffteilen.

2 Vorbehandlung von Flachsubstraten für nachfolgendes Kleben.

3 Behandlung einer Kunststoffprobe mit einem Plasma-jet in einer Glovebox.

KONTAKT

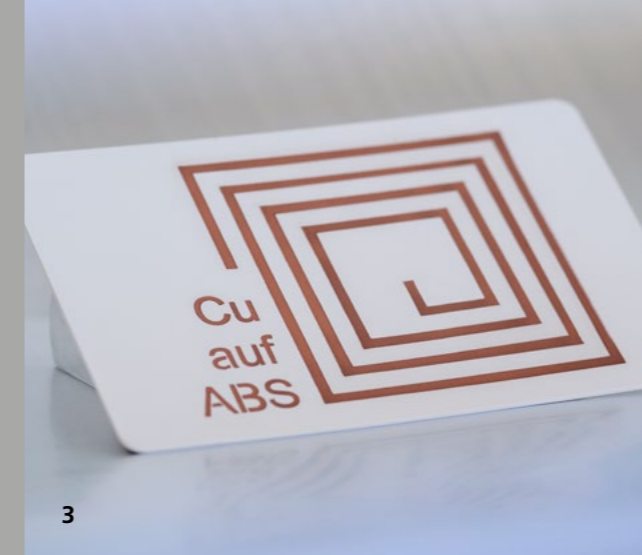
Dr.-Ing. Marko Eichler
Telefon +49 531 2155-636
marko.eichler@ist.fraunhofer.de



NAMEN, DATEN, EREIGNISSE 2016

Auch im Jahr 2016 präsentierte sich das Fraunhofer IST wieder auf verschiedenen Plattformen. Hier finden Sie eine Übersicht der wichtigsten Ereignisse und Aktivitäten des Jahres 2016:

- | Messen, Ausstellungen, Konferenzen
- | 11th International Conference on Coatings on Glass and Plastics – ICCG11
- | Ereignisse, Kolloquien, Workshops
- | Preise und Auszeichnungen



MESSEN, AUSSTELLUNGEN, KONFERENZEN

Hannover Messe 2016

Hannover, 25.–29. April 2016. Bei industriellen Anwendungen werden verstärkt sensorische Messungen direkt auf Bauteiloberflächen gefordert. Diesem Bedarf trägt das Fraunhofer IST mit der Entwicklung eines multifunktionalen Dünnschichtsystems Rechnung, das neben einer lokalen Kraft- bzw. Temperaturmessung auf komplex geformten Oberflächen auch lokale Temperaturmessungen an unterschiedlichen Bereichen des Bauteils ermöglicht und darüber hinaus eine hohe Verschleißbeständigkeit aufweist. Auf der Hannover Messe präsentierte das Fraunhofer IST dieses System neben anderen aktuellen Entwicklungen im Bereich der Dünnschichtsensorik auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand.

International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films ICMCTF 2016

San Diego, CA, USA, 25.–29. April 2016. Gleich mehrere Wissenschaftler des Fraunhofer IST nahmen in diesem Jahr an der International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films ICMCTF in San Diego teil und beteiligten sich dort mit zahlreichen Beiträgen.

SVC TechCon 2016

Indianapolis, IN, USA, 11.–12. Mai 2016. Das Fraunhofer IST präsentierte während der Ausstellung im Rahmen der SVC TechCon die neuesten Erkenntnisse im Bereich der Beschichtungstechnologie HIPIMS (High Power Impulse Magnetron Sputtering) und aktuelle Ergebnisse zur Entwicklung sensorischer und optischer Funktionsschichten. Darüber hinaus beteiligte sich das Fraunhofer IST wie bereits in den Jahren zuvor mit zahlreichen Vorträgen am Programm.

Internationale Luftfahrtausstellung ILA 2016

Berlin, 1.–4. Juni 2016. Bereits zum zweiten Mal präsentierte das Fraunhofer IST auf einem Gemeinschaftsstand der Fraunhofer-Allianz Space seine Aktivitäten im Bereich Luft- und Raumfahrt auf der ILA Berlin Air Show. Schwerpunkte waren dabei galvanisch metallisierte Antennen aus kohlenfaserverstärktem Kunststoff (CFK), die selbst unter extremen Temperaturbedingungen im Weltraum eingesetzt werden können.

Optatec 2016

Frankfurt, 7.–9. Juni 2016. Auf der Optatec war das Fraunhofer IST auf einem Gemeinschaftsstand der Fraunhofer-Gesellschaft vertreten und zeigte u. a. verschiedene mit dem innovativen Sputtersystem EOSS® hergestellte hochpräzise optische Filter. Darüber hinaus präsentierte das Institut die neuesten Entwicklungen im Bereich der Laser-Plasma-Hybridtechnologie. Bei diesem Verfahren werden die beiden Technologien zur Oberflächenoptimierung und -behandlung – Laser und Plasma – miteinander kombiniert. Dadurch wird es möglich, eine Vielzahl von Materialien mit hoher Produktivität und geringeren Kosten punktgenau und homogen auf größeren Flächen zu bearbeiten und auch optische Komponenten exakt und effizient zu mikrostrukturieren.

7th International Conference on High Power Impulse Magnetron Sputtering (HIPIMS)

Sheffield, UK, 27.–30. Juni 2016. Gemeinsam mit der Sheffield Hallam University und dem Kompetenznetzwerk INPLAS e.V. organisierte das Fraunhofer IST die jährlich stattfindende internationale Konferenz zum Thema Hochleistungsimpuls-Magnetronspütern (High Power Impulse Magnetron Sputtering HIPIMS). Mittlerweile stellt diese einen etablierten

Treffpunkt für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt dar, die sich über die neuesten Ergebnisse und Trends im Bereich der innovativen Plasma-Oberflächentechnik austauschen. Vertreter des Fraunhofer IST beteiligten sich auch in diesem Jahr wieder mit zahlreichen Vorträgen am Programm der Konferenz.

glasstec 2016

Düsseldorf, 20.–23. September 2016. Auf einem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand präsentierten das Fraunhofer IST auf der glasstec 2016 die neuesten Entwicklungen und Forschungsergebnisse rund um den Werkstoff Glas. Schwerpunkte waren dabei u. a. ALD-Beschichtungen auf Glasobjekten, Glasbehandlung mittels Atmosphärendruckplasma und die innovative Laser-Plasma-Hybridbehandlung von Glas.

International Conference on Space Optics ICSO 2016

Biarritz, Frankreich, 18.–21. Oktober 2016. Im Rahmen eines Gemeinschaftsstands der Fraunhofer-Allianz Space war das Fraunhofer IST auch in diesem Jahr auf der ICSO vertreten. Präsentiert wurden diverse optische Filter für die Raumfahrt, die mit dem innovativen Sputtersystem EOSS® (Enhanced Optical Sputtering System) hergestellt wurden. Solche hochpräzisen optischen Filter werden beispielsweise in Spektrometer eingebaut, die ihrerseits in Satelliten eingesetzt werden, um u. a. die Vegetation der Erde untersuchen zu können.

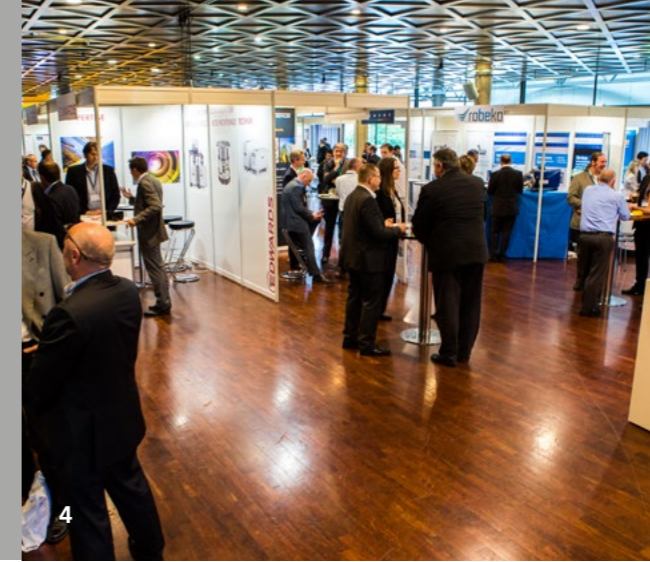
K2016

Düsseldorf, 19.–26. Oktober 2016. Das Anwendungszentrum für Plasma und Photonik des Fraunhofer IST präsentierte sich in diesem Jahr erstmals auf der K – der weltweit größten Kunststoffmesse und stellte dort u. a. die neuentwickelte innovative Technologie »Kalt-Plasmaspritzen« vor.

1 Ein Vortrag von Prof. Wolfgang Diehl, damaliger stellvertretender Institutsleiter des Fraunhofer IST, während der ICMCTF 2016.

2 Blick auf den Fraunhofer-Gemeinschaftsstand auf der K2016.

3 Mittels Kalt-Plasmaspritzen hergestellte Kupfer-Leiterbahnen, ausgestellt auf der K2016.



11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COATINGS ON GLASS AND PLASTICS-ICCG11

Die International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG bietet Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft eine wichtige Plattform, um sich über Zukunftstrends, neue Technologien und aktuelle Entwicklungen und Anwendungen im Bereich der Glas- und Kunststoffbeschichtung auszutauschen. In diesem Jahr fand die Konferenz bereits zum dritten Mal in Braunschweig statt. Das Fraunhofer IST organisierte die ICCG11 vom 12. bis 16. Juni 2016 gemeinsam mit dem internationalen Organisationskomitee.

An insgesamt fünf Konferenztage hatten die über 300 Teilnehmer die Möglichkeit, zahlreiche Vorträge von Vertretern aus der ganzen Welt zu besuchen. Dabei reichte die Themenvielfalt des eigens von einem Expertengremium zusammengestellten Programms von aktuellen Themen und Trends im Bereich der Glas- und Kunststoffbeschichtung über die neuesten Entwicklungen zahlreicher Technologien wie z. B. dem HIPIMS-Verfahren, dem Atmosphärendruck-Plasmaverfahren oder der Atomlagenabscheidung bis hin zu einer Vielzahl von Anwendungsbeispielen, u. a. aus den Feldern flexible Elektronik, Photovoltaik, Displays, Architektur und Automotive. Eine Podiumsdiskussion zum Thema »Architectural Glazing – quo vadis«, Short Courses, mit Hintergrundinformationen zu verwendeten Materialien, unterschiedlichen Beschichtungsverfahren oder einzelnen Prozessen, und eine Posterausstellung ergänzten das Programm. Darüber hinaus präsentierten rund 40 internationale Unternehmen und Forschungseinrichtungen in der begleitenden Ausstellung ihre aktuellen Entwicklungen und Produkte. Ein kurzer Einblick in die Themen der ICCG11:

Direktmetallisierung von Kunststoffen

Metallisierte Kunststoffe werden heutzutage in verschiedensten Anwendungsfeldern eingesetzt. Klassisch sind hierbei die verchromten Armaturen für den Sanitärbereich. Hier ist durch das Chrom (VI)-Verbot eine steigende Nachfrage für vakuum-

basierte Verfahren als Alternative zur Galvanik zu erwarten. Reflektoren im Bereich Automotive werden bereits durch neueste Sputtertechnik beschichtet. Mit steigender Komplexität der Bauteile wächst hier ein Bedarf für eine haftfeste konturgenaue Beschichtung. Eine besondere Herausforderung stellt noch immer die Anbindung der Schicht dar. Verfahren, die eine deutliche Steigerung der Schichthaftung ohne zusätzliche Prozessschritte ermöglichen, sind extrem gefragt.

Ein solches Verfahren ist das Hochleistungsimpuls Magnetron-sputtern (HIPIMS). Das Potenzial dieser Technologie dokumentieren aktuelle Forschungsergebnisse im Bereich der Direktmetallisierung von Kunststoffen. Ein erstes Screening verschiedener Kunststoffsubstrate zeigte, dass ohne jegliche Vorbehandlung eine sehr gute Schichtanbindung mittels HIPIMS möglich ist. Speziell für die Kombination Aluminium auf Plexiglas (PMMA) konnte gezeigt werden, dass optimierte HIPIMS-Parameter eine Direktmetallisierung ermöglichen, obwohl PMMA unter der UV-Strahlung des Plasmas typischerweise geschädigt wird und nur eine mangelhafte Schichtanbindung mit reinen plasmabasierten Verfahren möglich ist. Dr. Ralf Bandorf, Leiter der Gruppe »Hochionisierte Plasmen und PECVD« am Fraunhofer IST gab auf der ICCG11 einen Einblick in den aktuellen Stand der Technik der Kunststoffmetallisierung mittels HIPIMS.

Laser-Plasma-Hybridtechnologie – die Kombination von Laser- und Plasmatechnik

Laserprozesse weisen eine Vielzahl von Vorteilen für die unterschiedlichsten Anwendungen auf. Dazu zählen u. a. die Mikrostrukturierung, Oberflächen- und Schichtmodifikation oder der Abtrag von Verschmutzungen und Beschichtungen. Hier zeichnen sich Laserverfahren besonders durch die Möglichkeit aus, ortsselektiv präzise Strukturen erzeugen zu können. Jedoch unterliegen Laserprozesse auch bestimmten Beschränkungen und können je nach Anwendung sehr energie- und zeitaufwendig sein.

Am Göttinger Anwendungszentrum für Plasma und Photonik des Fraunhofer IST wurde deshalb ein neuartiges Verfahren entwickelt, bei dem zwei Technologien kombiniert werden: Lasertechnik und Atmosphärendruck-Plasmaverfahren. Bei dieser sogenannten Laser-Plasma-Hybridtechnologie werden Plasmen in den Laserstrahl eingekoppelt, um dessen Wirkung, etwa bei der Mikrostrukturierung, deutlich zu verstärken. Durch dieses Vorgehen kann die benötigte Laserenergie deutlich reduziert werden. Zudem ergeben sich durch die plasmaverstärkten Effekte der Laserbehandlung zahlreiche weitere Vorteile wie präzisere Strukturen sowie geringere Produktionskosten durch kürzere Behandlungszeiten.

Dr. Christoph Gerhard vom Anwendungszentrum für Plasma und Photonik stellte auf der ICCG11 das Laser-Plasma-Hybridverfahren genauer vor und verdeutlichte die Einsatzmöglichkeiten an zwei Anwendungsfällen. Am Beispiel der plasmaunterstützten Kristallisation amorpher Schichten mittels Laserstrahlung ging er näher auf die erreichbare Effizienzsteigerung eines solchen Prozesses ein. Zudem erläuterte Gerhard grundlegende Wechselwirkungen und Effekte zwischen Laserstrahlung, Plasma und Oberfläche exemplarisch für einen Laser-Plasma-Hybridabtrag von Lacken auf Glasoberflächen.

1 Die 11th International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG fand bereits zum dritten Mal in Braunschweig statt.

2 Ein Blick in den Konferenzsaal.

3 Dr. Volker Sittinger, Local Chairman der ICCG11, begrüßte die Konferenzteilnehmer.

4 Über 40 internationale Unternehmen und Forschungseinrichtungen präsentierten ihre neuesten Entwicklungen in der begleitenden Ausstellung.



1



2



3

EREIGNISSE, KOLLOQUIEN, WORKSHOPS

Neue Professur in Südafrika

Prof. Wolfgang Diehl, stellvertretender Institutsleiter des Fraunhofer IST, wurde im April 2016 von der Tshwane University of Technology (TUT) zum Industrial Professor der Fakultät für Ingenieurwesen und Raumplanung ernannt. Damit würdigte die Universität die jahrelange gute Zusammenarbeit und vor allem den Einsatz von Prof. Diehl, der bereits seit 2011 als außerordentlicher Professor an der TUT tätig ist. Zuvor war er durch Gastvorlesungen und seinen Einsatz beim Aufbau des RETECZA-Programms bereits aktiv in das akademische Geschehen eingebunden.

Besuch des niedersächsischen Wirtschaftsministers Olaf Lies

Zum ersten Mal war das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST in Braunschweig ein Ziel der jährlichen Sommerreise des niedersächsischen Wirtschaftsministers Olaf Lies. Im Mittelpunkt seines Besuchs am 29. Juli 2016 gemeinsam mit dem Vizepräsidenten des Niedersächsischen Landtags Klaus-Peter Bachmann, den SPD-Landtagsabgeordneten Dr. Christos Pantazis und Christoph Bratmann sowie dem Landesbeauftragten für regionale Landesentwicklung Braunschweig Matthias Wunderling-Weilbier stand das Thema Plasmaoberflächentechnik in Niedersachsen.

Wechsel der stellvertretenden Institutsleitung am Fraunhofer IST

Am 23. September 2016 verabschiedete das Fraunhofer IST seinen langjährigen stellvertretenden Institutsleiter Prof. Wolfgang Diehl im Rahmen eines feierlichen Symposiums. Im Mittelpunkt stand vor allem die internationale Weiterentwicklung des Instituts in den vergangenen Jahren, die Diehl stetig

vorantrieb. Die zahlreichen Gäste würdigten in fachlichen Vorträgen und den anschließenden Grußworten seine hervorragenden Leistungen auf diesem Gebiet. Zukünftig wird Dr. Lothar Schäfer das Amt des stellvertretenden Institutsleiters übernehmen. Schäfer verfügt als langjähriger Abteilungsleiter am Fraunhofer IST über eine umfangreiche Expertise auf dem Gebiet dünner Schichten.

3. Internationale Workshop Plasma Science und Entrepreneurship

Braunschweig, 30. November – 1. Dezember 2016. Der dritte internationale Workshop im Bereich Plasma Science und Entrepreneurship fand in diesem Jahr in Braunschweig statt. Das Fraunhofer IST beteiligte sich mit zahlreichen Vorträgen.

Besuch des niedersächsischen Ministerpräsidenten Stephan Weil

Am 1. November 2016 besuchte der niedersächsische Ministerpräsident Stephan Weil das Fraunhofer IST an seinem Göttinger Standort, dem Anwendungszentrum für Plasma und Photonik. Im Mittelpunkt des Besuchs stand die Plasmaforschung, die für den Einsatz im Alltag immer relevanter wird. Die Plasmatechnologie sei deshalb faszinierend, weil es sich dabei um eine Querschnittstechnologie handele, die in fast allen Bereichen eingesetzt werden könne, betonte der Ministerpräsident. »Wir werden das als Land weiter unterstützen«, erklärte Weil.

PREISE UND AUSZEICHNUNGEN

Zusatzpreis zum EFB-Projektpreis 2016

Für die erfolgreiche Bearbeitung des Projekts »Schneller Werkzeugverschleißversuch für das Tief- und Streckziehen von Stahlblechen« wurde Dipl.-Ing. Martin Weber, langjähriger Mitarbeiter des Fraunhofer IST, mit dem Zusatzpreis zum EFB Projektpreis 2016 ausgezeichnet. Die Verleihung fand am 12. April im Rahmen des Kolloquiums der Europäischen Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e.V. (EFB) statt.

2. Platz im Wettbewerb INNOspace Masters 2016

Auf der INNOspace Masters Konferenz am 4. Mai 2016 in Berlin durfte sich Dr. Andreas Dietz, Leiter des Geschäftsfelds Luft- und Raumfahrt am Fraunhofer IST, über eine Auszeichnung im Rahmen des Wettbewerbs INNOspace Masters 2016 vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) freuen. Gemeinsam mit seinen Projektpartnern Prof. Enrico Stoll vom Institut für Raumfahrtsysteme der TU Braunschweig und Stefan Linke von der INVENT GmbH belegte er mit dem Projekt »OCULUS« den zweiten Platz in der Kategorie »DLR Raumfahrtmanagement Challenge«.

3. Posterpreis der ICCG11

Mitarbeiter des Fraunhofer IST durften sich über den dritten Platz der Posterpreise freuen, die im Rahmen der 11. International Conference on Coatings on Glass and Plastics vom 12. – 16. Juni 2016 in Braunschweig verliehen wurden. Felipe C. Carreri, Holger Gerdes, Ralf Bandorf, Michael Vergöhl und Günter Bräuer vom Fraunhofer IST wurden für den Beitrag »Deposition of ITO films by reactive high power impulse magnetron sputtering from a metallic rotatable target« ausgezeichnet.

1 *Wechsel der stellvertretenden Institutsleitung des Fraunhofer IST: Prof. Wolfgang Diehl, Prof. Dr. Günter Bräuer und Dr. Lothar Schäfer (v.l.n.r.).*

2 *Besuch des niedersächsischen Ministerpräsidenten Stephan Weil am Göttinger Standort des Fraunhofer IST. V.l.n.r.: Prof. Dr. Günter Bräuer, Prof. Dr. Wolfgang Viöl, HAWK-Präsidentin Prof. Dr. Christiane Dienel, Ministerpräsident Stephan Weil.*

3 *Die Preisträger des EFB-Projektpreises 2016.*

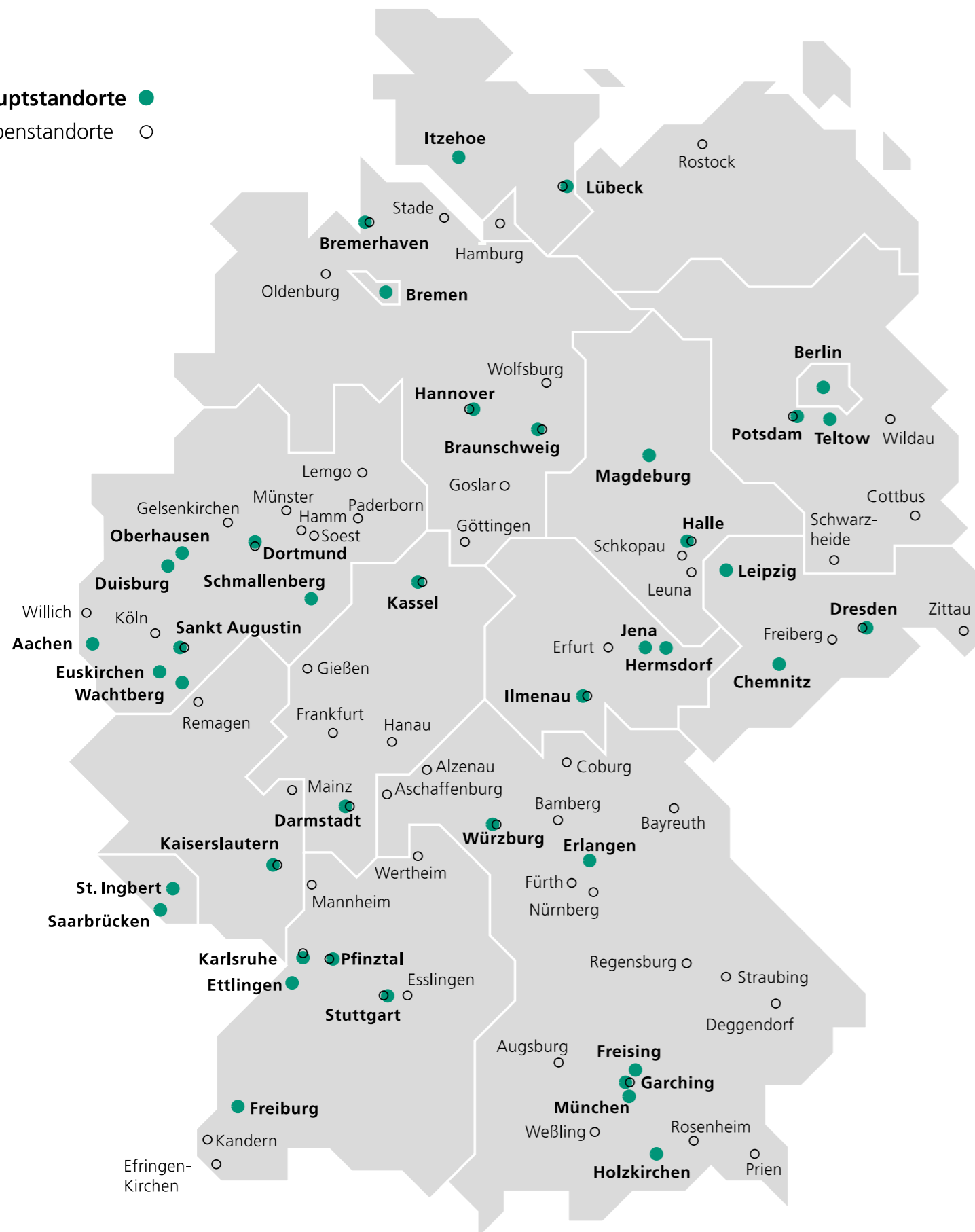


DAS FRAUNHOFER IST IN NETZWERKEN

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.

Darüber hinaus hat das Fraunhofer IST auch die zukünftigen Wissenschaftler und Forscher im Blick. Deshalb vernetzt sich das Institut intensiv mit Ausbildern, Schulen und Schülern, um Jugendliche früh für naturwissenschaftliche und technische Inhalte zu begeistern und den wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern.

Hauptstandorte ●
Nebenstandorte ○



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.

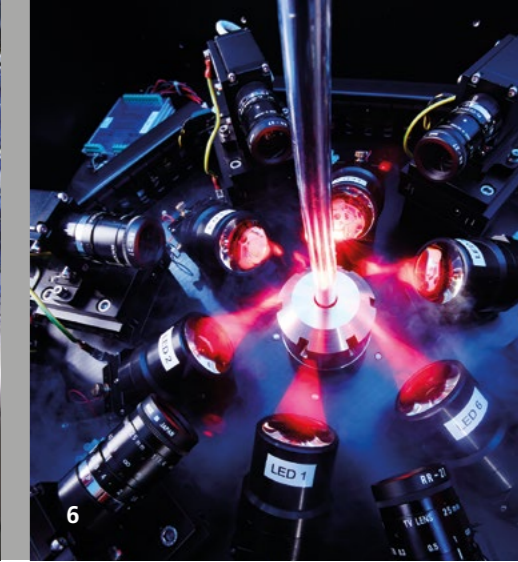
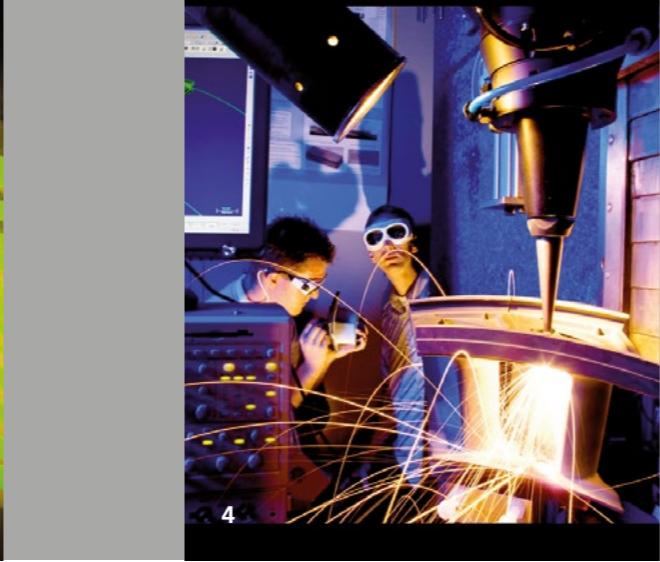
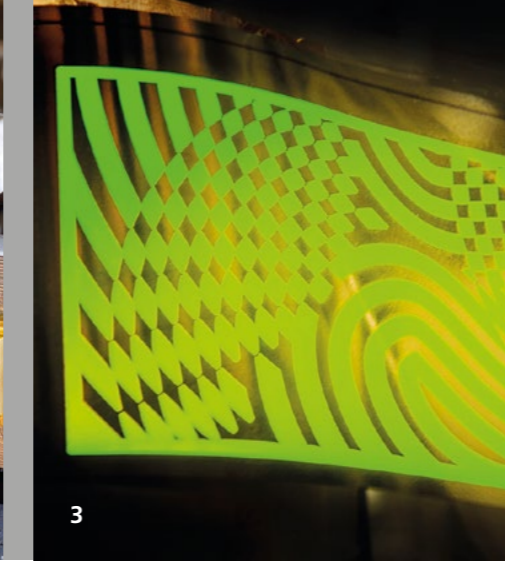
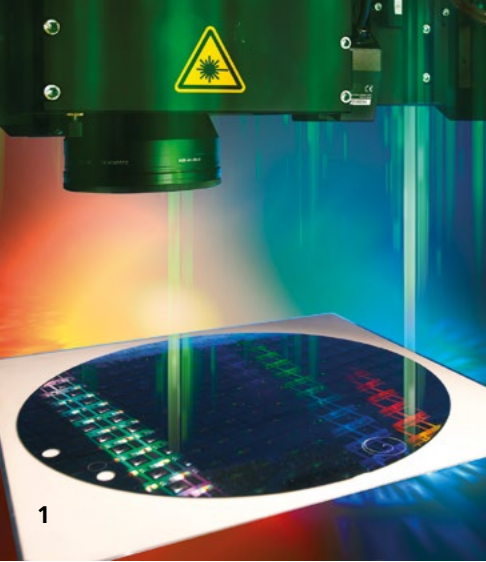
Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 69 Institute und Forschungseinrichtungen. 24 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von mehr als 2,1 Milliarden Euro. Davon fallen über 1,9 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Mehr als 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang 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. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung an Fraunhofer-Instituten hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

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



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

- | Beschichtung und Oberflächenfunktionalisierung
- | Laserbasierte Fertigungsverfahren
- | Laserentwicklung und Nichtlineare Optik
- | Materialien der Optik und Photonik
- | Mikromontage und Systemintegration
- | Mikro- und Nanotechnologien
- | Kohlenstofftechnologie
- | Messverfahren und Charakterisierung
- | Ultrapräzisionsbearbeitung
- | Werkstofftechnologien
- | Plasma- und Elektronenstrahlquellen

Geschäftsfelder

- | Abtragen und Trennen
- | Bildgebung und Beleuchtung
- | Fügen und Generieren
- | Lichtquellen und Lasersysteme
- | Lithographie

- | Materialprüfung und Analytik
- | Medizintechnik und Biophotonik
- | Mikrosysteme und Sensoren
- | Optische Systeme und Instrumentierung
- | Werkzeuge und Formenbau

Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF²

Das Fraunhofer IOF entwickelt innovative optische Systeme zur Kontrolle von Licht – von der Erzeugung und Manipulation bis hin zu dessen Anwendung. Das Leistungsangebot umfasst die gesamte photonische Prozesskette vom optomechanischen und optoelektronischen Systemdesign bis zur Herstellung von kundenspezifischen Lösungen und Prototypen. Das Institut ist in den fünf Geschäftsfeldern Optische Komponenten und Systeme, Feinmechanische Komponenten und Systeme, Funktionale Oberflächen und Schichten, Photonische Sensoren und Messsysteme sowie Lasertechnik aktiv. www.iof.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP³

Das Fraunhofer FEP arbeitet an innovativen Lösungen im Bereich der Vakuumbeschichtung, der Oberflächenbehandlung und der organischen Halbleiter. Grundlage dieser Arbeiten sind die Kernkompetenzen Elektronenstrahltechnologie, Sputtern, plasmaaktivierte Hochratebedampfung und Hochrate-PECVD sowie Technologien für organische Elektronik und IC-/System-design. Die Technologien und Prozesse des FEP finden Anwendung im Maschinenbau, im Transportwesen, der Biomedizintechnik, der Architektur und für den Kulturgüterhalt, in der Verpackungsindustrie, im Bereich Umwelt und Energie, der Optik, Sensorik und Elektronik sowie in der Landwirtschaft. www.fep.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT⁴

Mit über 400 Patenten seit 1985 ist das Fraunhofer ILT ein gefragter FuE-Partner der Industrie für die Entwicklung innovativer Laserstrahlquellen, Laserverfahren und Lasersysteme. Die Technologiefelder umfassen Laser und Optik, Lasermesstechnik, Medizintechnik und Biophotonik sowie Lasermaterialbearbeitung. Hierzu zählen u. a. das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie die Oberflächenbearbeitung, die Mikrofertigung und das Rapid Manufacturing. Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Prozessüberwachung und -regelung, Modellierung sowie der gesamten Systemtechnik. www.ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST⁵

Das Fraunhofer IST bietet als innovativer FuE-Partner Lösungen in der Oberflächentechnik, die gemeinsam mit Kunden aus Industrie und Forschung erarbeitet werden. Das »Produkt« ist die Oberfläche, die durch Modifizierung, Strukturierung und/oder Beschichtung für Anwendungen primär in den folgenden Geschäftsfeldern optimiert wird: »Maschinenbau, Werkzeuge und Fahrzeugtechnik«; »Luft- und Raumfahrt«; »Energie und Elektronik«; »Optik« und »Life Science und Umwelt«. Die Kompetenzen des Fraunhofer IST in der Schichtherstellung und Schichtanwendung werden unterstützt durch eine entsprechende Schicht- und Oberflächenanalytik sowie durch die Simulation der vakuumbasierten Beschichtungsprozesse. www.ist.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM⁶

Das Fraunhofer IPM entwickelt maßgeschneiderte Messtechniken, Systeme und Materialien für die Industrie. Dadurch ermöglicht das Institut seinen Kunden, den Energie- und Ressourceneinsatz zu minimieren und gleichzeitig Qualität und Zuverlässigkeit zu maximieren. Das Fraunhofer IPM macht Prozesse ökologischer und gleichzeitig ökonomischer. Langjährige

Erfahrungen mit optischen Technologien und funktionalen Materialien bilden die Basis für Hightech-Lösungen in der Produktionskontrolle, der Materialcharakterisierung und -prüfung, der Objekt- und Formerfassung, der Gas- und Prozesstechnologie sowie im Bereich Funktionelle Materialien und Systeme. www.ipm.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS¹

Das Fraunhofer IWS steht für Innovationen in den Geschäftsfeldern Fügen, Trennen sowie Oberflächentechnik und Beschichtung. Geschäftsfeldübergreifende Querschnittsthemen sind Energiespeicher, Energieeffizienz, Additive Fertigung, Leichtbau und Big Data. Die Besonderheit des Fraunhofer IWS liegt in der Kombination eines umfangreichen werkstofftechnischen Know-hows mit weitreichenden Erfahrungen in der Entwicklung von Technologien und Systemtechnik. Zahlreiche Lösungen im Bereich der Lasermaterialbearbeitung und Schichttechnik finden jedes Jahr Eingang in die industrielle Fertigung. www.iws.fraunhofer.de

KONTAKT

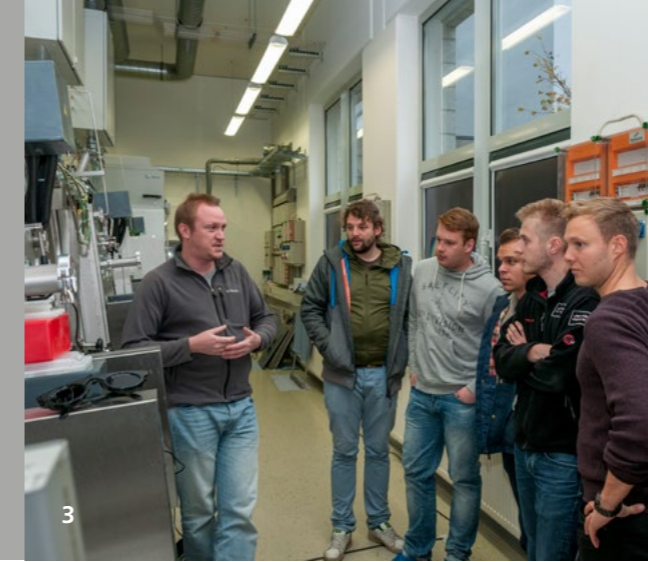
VORSITZENDER DES VERBUNDS

Prof. Dr. Reinhard Poprawe
Telefon +49 241 8906-110

GESCHÄFTSFÜHRER DES VERBUNDS

Dr.-Ing. Arnold Gillner
Telefon +49 241 8906-148
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de

www.light-and-surfaces.fraunhofer.de



NACHWUCHSFÖRDERUNG UND AUSBILDUNG AM FRAUNHOFER IST

Nachwuchsförderung – für das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST bedeutet das nicht nur als Ausbilder und im universitären Rahmen aktiv zu sein, sondern auch, Jugendliche an naturwissenschaftliche Themen heranzuführen, ihnen Berührungspunkte zu nehmen und junge Menschen für industriennahe Forschung zu begeistern. Die Förderung und Betreuung von Schülern und Studierenden, die Interesse an den Forschungsbereichen des Fraunhofer IST haben, war auch im Jahr 2016 wieder ein wichtiger Teil der Arbeit am Institut.

Bona SZ Ausbildungsmesse

In diesem Jahr war das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST erstmals auf der BONA SZ-Ausbildungsmesse vertreten. Am 8. und 9. März 2016 konnten sich interessierte Schülerinnen und Schüler über verschiedene Ausbildungsberufe informieren. Das Angebot des Instituts ist vielfältig: Neben einer Ausbildung zur Kauffrau bzw. zum Kaufmann für Büromanagement ist am IST unter anderem auch eine Ausbildung zur Physiklaborantin/zum Physiklaboranten möglich, ein spannender Beruf, bei dem die Auszubildenden verschiedene Stationen innerhalb des Instituts durchlaufen und weitreichende Kenntnisse in der Schicht- und Oberflächentechnik erlangen.

Zukunftstag für Jungen und Mädchen am Fraunhofer IST

Es hat bereits schon Tradition am Fraunhofer IST, dass einmal im Jahr Schülerinnen und Schüler im Rahmen des »Zukunftstags für Jungen und Mädchen« mit Kitteln und Schutzbrillen ausgerüstet durchs Institut ziehen. Mit dem Ziel, die 8 Jungen und 14 Mädchen für die Wissenschaft zu begeistern, öffnete das IST so auch in diesem Jahr gemeinsam mit dem

Fraunhofer WKI seine Türen. Die jungen Forscher hatten dabei nicht nur die Möglichkeit, leuchtende Plasmablitz oder riesige Beschichtungsanlagen zu sehen, sondern bekamen in vielen Mitmach-Aktionen auch selbst die Gelegenheit, beispielsweise Kunststoffautos mittels Atmosphärendruck vorzubehandeln und anschließend mit Kupfer stromlos zu metallisieren. Am Ende des Tages durften sie ihre beschichteten Werke dann mit nach Hause nehmen. Darüber hinaus hatten in diesem Jahr erstmals auch einige Jungen und Mädchen die Möglichkeit, am Göttinger Standort des Fraunhofer IST einen Blick hinter die Kulissen des Forschungsinstituts zu werfen.

Besuch der Technikakademie der Stadt Braunschweig

In diesem Jahr besuchten erstmals auch Studierende der Technikakademie der Stadt Braunschweig das Fraunhofer IST. Nach einer kurzen Vorstellung des Instituts und der Arbeitsschwerpunkte bekamen die Maschinentech-Interessierten einen Einblick in die Einstiegs- und Beschäftigungsmöglichkeiten innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft. Schließlich konnten sich die Studierenden bei einem Institutsrundgang ein eigenes Bild des Fraunhofer IST machen.

Besuch des Career Service der TU Braunschweig

Erneut besuchten in diesem Jahr naturwissenschaftlich interessierte Studierende und Alumni der Technischen Universität Braunschweig das Fraunhofer IST. Nach einer kurzen Vorstellung des Instituts stand bei dem vom Career Service der TU Braunschweig organisierten Angebot diesmal das Thema »Tribologische Systeme am Fraunhofer IST« im Vordergrund. TU-Absolvent Tim Abraham stellte seine Arbeit und seine Aufgaben am Institut vor und beantwortete Fragen zum Berufseinstieg bei Fraunhofer. Bei der abschließenden Führung durch das Fraunhofer IST bekamen die Studierenden und Alumni noch die Möglichkeit, weitere Tätigkeitsfelder innerhalb des Fraunhofer IST kennenzulernen.

1 Zwei Auszubildende des Fraunhofer IST stellten auf der BONA SZ-Ausbildungsmesse ihren Ausbildungsberuf zum Physiklaboranten näher vor.

2 Die Teilnehmer des »Zukunftstags für Jungen und Mädchen« am Fraunhofer IST.

3 Mitarbeiter des Fraunhofer IST zeigen den Studenten der Technikakademie Braunschweig die großen Beschichtungsanlagen am Fraunhofer IST.

50 INPLAS-Mitglieder

Kompetenznetz
INPLAS Stand: November 2016



DAS KOMPETENZNETZ INDUSTRIELLE PLASMA-OBERFLÄCHENTECHNIK E.V.–INPLAS

Das Kompetenznetz INPLAS e.V., das als Netzwerk beim Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) im Programm »go-cluster« akkreditiert ist, hat seine Geschäftsstelle am Fraunhofer IST. Insgesamt besteht das Netzwerk aus 50 Mitgliedern aus Industrie und Wissenschaft, ca. 200 Personen, die zu 74 Prozent aus der Industrie kommen, beteiligen sich an den verschiedenen Netzwerkaktivitäten.

INPLAS kann auch 2016 erneut auf ein erfolgreiches Jahr Netzwerkarbeit zurückblicken. Ziel der Arbeiten ist es, die Plasmatechnik weiter bekannt zu machen und die Entwicklung in den zahlreichen Anwendungsgebieten in ihrer jeweiligen Komplexität zu unterstützen, zu fordern und zu moderieren. Einige Highlights der vielen Aktivitäten, Projekten und Veranstaltungen 2016 werden im folgenden Abschnitt vorgestellt:

INPLAS-Mitgliederversammlung bei der Schaeffler AG

Die 11. INPLAS-Mitgliederversammlung fand am 17. November 2016 bei der Schaeffler AG in Herzogenaurach statt. Nach einem interessanten Einblick in den Produktionsalltag der Firma im Rahmen einer Werksführung startete der offizielle Teil der Mitgliederversammlung mit einem Jahresrückblick. Dabei wurden die zahlreichen Aktivitäten des Netzwerks deutlich: von verschiedenen Veranstaltungen über Arbeitsgruppentreffen und politischem Engagement bis hin zur Öffentlichkeitsarbeit. Wichtig war es darüber hinaus, den Ausblick auf zukünftige Aktivitäten vorzustellen und gemeinsam zu diskutieren. Die Mitgliederversammlung bietet stets die Möglichkeit des Gedankenaustauschs und einer intensiveren Netzwerkarbeit.

Preisverleihung an Dr. Bernhard Cord, SINGULUS AG¹

Nach 10 Jahren als Leiter der INPLAS-AG »Neuartige Plasmaquellen und -prozesse« verabschiedete sich Dr. Bernhard Cord, Mitarbeiter der SINGULUS Technologies AG in den wohlverdienten Ruhestand. Am 18.11.2016 leitete er ein

letztes Mal das Arbeitsgruppentreffen in Herzogenaurach bei der Schaeffler AG und wurde abschließend für sein langjähriges Engagement mit dem INPLAS-Award ausgezeichnet. Wir danken Herrn Dr. Cord noch einmal herzlichst für sein beispielhaftes, außergewöhnliches Engagement für INPLAS und die sehr gute Zusammenarbeit und wünschen ihm für den bevorstehenden Lebensabschnitt alles erdenklich Gute.

INPLAS-Gemeinschaftsstand auf der internationalen Tagung PSE in Garmisch-Partenkirchen

Auf der 15. Internationalen Konferenz zur Plasma-Oberflächentechnik vom 12.–16. September 2016 in Garmisch-Partenkirchen war INPLAS mit einem Gemeinschaftsstand in der Industrierausstellung vertreten. Folgende Mitglieder beteiligten sich am Auftritt des Netzwerks: W&L Coating Systems GmbH, Advanced Energy Industries GmbH, FHR Anlagenbau GmbH, Fraunhofer FEP, Fraunhofer IST, IOT der TU Braunschweig.

INPLAS-Serie in der Fachzeitschrift VIP begonnen

In diesem Jahr konnte dank engagierter Mitglieder und Vorstände eine INPLAS-Serie mit Fachartikeln in der »Vakuum in Forschung und Praxis (VIP)« begonnen werden. Die Reihe besteht aus den folgenden Themen: Reinigen, Funktionalisieren und Beschichten – Mit Atmosphärendruckplasma Produkte optimieren; 3D-Beschichtungen; Produktkosten bei Plasmaprozessen; Großflächenbeschichtungen. Der erste der insgesamt vier Teile wurde bereits in der Oktober-Ausgabe der VIP veröffentlicht.



Aktive Arbeit der Arbeitsgruppen

In den INPLAS-Arbeitsgruppen kommen Mitglieder, vor allem viele Industriepartner zusammen, um gemeinsame Themen zu besprechen und voranzubringen. Die Arbeitsgruppe »Neuartige Plasmaquellen und -prozesse« unter Leitung von Herrn Dr. Cord, Singulus Technologies AG, tagte 2016 zweimal – im Frühjahr bei der SINGULUS Technologies AG, im Herbst bei der Schaeffler AG – um sich über die Themen Targetmaterialien, Stromversorgungen, Simulation, Prozesskontrolle und Monitoring auszutauschen.

Die Arbeitsgruppe »Werkzeugbeschichtungen« unter Leitung von Herrn Hanno Paschke vom Dortmunder Oberflächen-Centrum DOC/Fraunhofer IST traf sich in Österreich bei der Boehlerit GmbH & Co. KG und in Freiburg bei der TRUMPF Hüttinger GmbH + Co. KG. Im Vordergrund standen hier der Projektstart zum Projekt »Öko-Clean«, Vorbehandlungsprozesse für komplex geformte Schneidwerkzeuge und Stromversorgungen.

Im Gemeinschaftsausschuss (GA) »Kombinierte Oberflächentechnik« wurden die Themen Industrie 4.0 und Additive Fertigung bei der Deutschen Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung (DFO) in Neuss und bei der IGOS GmbH & Co. KG in Solingen diskutiert.

Darüber hinaus fand am 8. Dezember 2016 das erste Treffen der Arbeitsgruppe »Plasma4Life« in Göttingen statt, bei dem die Vielfalt und das Potenzial des Themas Life Science in der Plasma-Oberflächentechnik verdeutlicht wurde. Fast 40 Teilnehmer aus Industrie und Forschung kamen zusammen, um sich über aktuelle Themen aus dem Bereich Plasmatechnik und Life Science auszutauschen. Interessante Vorträge aus den Bereichen Pharmazie, Medizintechnik, Hygiene, Zellkultur, Mikrobiologie, Medizin, Ernährung und Umwelt gaben einen Eindruck über die enorme Breite der Themenfelder und zeigten aktuelle Fragestellungen.

Weitere Öffentlichkeitsarbeit / Serviceprojekte

- | IP4Plasma, FAST, SafeWater, EU-Projekte: verantwortlich für das Work Package »Dissemination«
- | 35. Treffen des Industrie-Arbeitskreises Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe mit den Partnern Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF der TU Berlin, Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK und Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST
- | PlasmaGermany-Sitzungen und Workshops
- | Workshop »Plasmascience & Entrepreneurship« am Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST
- | Beteiligung und Engagement am Strategie Form Photonik

KONTAKT

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

M.A. Sabrina Kühne
M.A. Mareike Sorge
Dr. Jochen Borris

www.inplas.de

MITGLIEDSCHAFTEN

Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e. V.
www.awt-online.org

Deutsche Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung e. V.
www.dfo-online.de

Deutsche Gesellschaft für Elektronenmikroskopie e. V.
www.dge-homepage.de

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

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

Deutsche Glastechnische Gesellschaft (DGG)
www.hvg-dgg.de

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

European Photocatalysis Federation EPF
www.photocatalysis-federation.eu

Fachverband Angewandte Photokatalyse
www.vdmi.de/deutsch/produkte/angewandte-photokatalyse.html

F.O.M. Forschungsvereinigung Feinmechanik, Optik und Medizintechnik e. V.
www.forschung-fom.de

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

Forschungsgemeinschaft Werkzeug und Werkstoffe e. V. (FGW)
www.fgw.de

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

Fraunhofer-Allianz Adaptronik
www.adaptronik.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion
www.automobil.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz Leichtbau
www.leichtbau.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 Space
www.space.fraunhofer.de

Fraunhofer-Allianz SysWasser
www.syswasser.de

Fraunhofer-Netzwerk Elektrochemie
www.elektrochemie.fraunhofer.de

Fraunhofer-Netzwerk Nachhaltigkeit
www.fraunhofer.nachhaltigkeit.de

Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces
www.light-and-surfaces.fraunhofer.de

German Flatpanel Display Forum DFF
www.displayforum.de

German Water Partnership
www.germanwaterpartnership.de

Göttinger Research Council
www.uni-goettingen.de

International Council for Coatings on Glass e. V.
www.iccg.eu

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

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

Measurement Valley e. V.
www.measurement-valley.de

Nanotechnologie Kompetenzzentrum Ultrapräzise Oberflächenbearbeitung CC UPOB e. V.
www.upob.de

NANOfutures European Technology Integration and Innovation Platform (ETIP) in Nanotechnology
www.nanofutures2010.eu

PhotonicNet GmbH – Kompetenznetz Optische Technologien
www.photonicnet.de

Plasma Germany
www.plasmagermany.org

Spectaris – Verband der Hightech-Industrie
www.spectaris.de

Surface.net – Kompetenznetzwerk für Oberflächentechnik e. V.
www.netzwerk-surface.net

Wissens- und Innovations-Netzwerk Polymertechnik (WIP)
www.wip-kunststoffe.de

Zentrum für Mikroproduktion e. V. (ZeMPro)
www.microcompany.de

MITARBEIT IN GREMIEN

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

Bandorf, R.: International Conference on HIPIMS, Conference Chairman.

Bandorf, R.: OTTI-Fachforum Kathodenzerstäubung, Dozent.

Bandorf, R.: Society of Vacuum Coaters, Program Chairman.

Bandorf, R.: Society of Vacuum Coaters, Volunteer Mentor.

Bandorf, R.: Society of Vacuum Coaters, Dozent.

Bandorf, R.: Society of Vacuum Coaters, Member Board of Directors.

Bandorf, R.: Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V. (EFDS), Mitglied.

Bewilogua, K.: OTTI-Fachforum PVD- und CVD-Beschichtungsverfahren für tribologische Systeme, Fachliche Leitung.

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

Brand, C.: Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS e. V., Geschäftsführerin.

Brand, C.: Plasma Germany, Mitglied des Koordinierungsausschusses.

Brand, C.: Arbeitgeberverband Region Braunschweig, Mitglied.

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

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

Bräuer, G.: AMG Coating Technologies, Mitglied des Beirats.

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

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

Bräuer, G.: International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG), Vorsitzender des Organisationskomitees.

Bräuer, G.: International Council for Coatings on Glass (ICCG) e. V., Mitglied des Vorstands.

Bräuer, G.: Institut für Solarenergieforschung, Mitglied des Beirats.

Bräuer, G.: Kompetenznetz Industrielle Plasmaoberflächentechnik (INPLAS), Vorstandsvorsitzender.

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

Bräuer, G.: Zentrum für Mikroproduktionstechnik e. V., Mitglied des Vorstands.

Diehl, W.: Deutsche Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung DFO, stellvertretender Präsident.

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

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

Diehl, W.: RETECZA NPO, Pretoria SA, Vorsitzender des Boards.

Diehl, W.: Society of Vacuum Coaters (SVC), USA, President.

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.: Fachausschuss »Kombinationsschichten« der DGO, Mitglied.

Eichler, M.: Conference on Wafer Bonding for Microsystems 3D- and Wafer Level Integration, Steering Committee.

Eichler, M.: Plasma Surfaces in Healthcare and Industry, International Scientific Committee, Host.

Gäbler, J.: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Normenausschuss 062 Materialprüfung, Arbeitsausschuss 01-72 »Chemische und elektrochemische Überzüge«, Mitglied.

Gäbler, J.: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Normenausschuss NA 062 Materialprüfung, Arbeitsausschuss NA 062-01-64 AA Arbeitsausschuss Kohlenstoffschichten, stellvertretender Obmann.

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

Gäbler, J.: European Technology Platform NANOofutures, Mitglied.

Gäbler, J.: ISO Technical Committee TC 107 »Metallic and other inorganic coatings«, P-Member.

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

Gerdas, H.: Society of Vacuum Coaters, Dozent.

Gerdas, H.: International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films, Session Chairman.

Gerdas, H.: VDI/VDE-GMA Fachausschuss 2.11 »Elektrische Messverfahren; DMS-Messtechnik«, Mitglied.

Keunecke, M.: SAE International, Mitglied.

Keunecke, M.: Society of Vacuum Coaters, Session Chairman.

Keunecke, M.: Society of Vacuum Coaters, Dozent.

Keunecke, M.: EFDS-Fachausschuss »Tribologische Schichten«, Mitglied.

Klages, C.-P.: Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V. (EFDS), Mitglied des wissenschaftlichen Beirats.

Lachmann, K.: COST Action MP1101 »Biomedical Applications of Atmospheric Pressure Plasma Technology«, Management Committee, Substitute.

Neumann, F.: Europäisches Komitee für Normung, CEN/TC 386 »Photocatalysis«, Mitglied.

Neumann, F.: Europäisches Komitee für Normung, CEN/TC 386 »Photocatalysis«, Delegierter des Technischen Komitees.

Neumann, F.: European Photocatalysis Federation EPF, Mitglied.

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

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

Neumann, F.: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Normenausschuss 062 Materialprüfung, Arbeitsausschuss NA 062-02-93 AA »Photokatalyse«, stellvertretender Obmann.

Neumann, F.: Fachverband Angewandte Photokatalyse (FAP), Forschungsausschuss, Mitglied.

Paschke, H.: Fachausschuss FA10 »Funktionelle Schichten« der Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e. V. AWT, Mitglied.

Paschke, H.: Industrie-Arbeitskreis »Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe«, Leitung.

Paschke, H.: Kompetenznetz Industrielle Plasma-Oberflächentechnik INPLAS e. V., Arbeitsgruppenleiter Werkzeugbeschichtungen.

Paschke, H.: Kompetenznetzwerk für Oberflächentechnik »netzwerk-surface.net«, wissenschaftlicher Beirat (Sprecher).

Paschke, H.: Regionale Netzwerk-Initiative »In|Die Region-Ruhr«, Mitglied.

Schäfer, L.: Beirat der CONDIAS GmbH, Mitglied.

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

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

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

Schäfer, L.: RETECZA NPO, Pretoria SA, Mitglied.

Sittinger, V.: Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V. (EFDS), Workshop »Transparente leitfähige Materialien (TCO/TCM)–Festkörperphysikalische Grundlagen und Technologien«, Chairman, Programmkomitee.

Sittinger, V.: EFDS-Fachausschuss »Dünnschichttechnik für Großflächenbeschichtungen«, stellvertretende Leitung.

Sittinger, V.: European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Scientific Committee, Paper Review Expert.

Sittinger, V.: International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG), Local Chairman ICCG 11.

Sittinger, V.: Society of Vacuum Coaters, Session Chairman.

Sittinger, V.: Society of Vacuum Coaters, Volunteer Mentor.

Stein, C.: VDI-Arbeitskreis »Schneidstoffanwendungen«, Mitglied.

Thomas, M.: Anwenderkreis Atmosphärendruckplasma (AK-ADP), Mitglied.

Thomas, M.: International Conference on Plasma Surface Engineering, International Program Committee IPC, Mitglied.

Thomas, M.: International Conference on Plasma Surface Engineering, Chairman.

Thomas, M.: Plasma Germany, Koordinierungsausschuss, Mitglied.

Thomas, M.: 3rd International Workshop on Plasma Science & Entrepreneurship, Organizing Committee.

Thomas, M.: 3rd International Workshop on Plasma Science & Entrepreneurship, International Scientific Committee, Member.

Thomas, M.: Arbeitsgruppe »Plasma4Life« INPLAS e.V., Mitglied.

Vergöhl, M.: Europäische Forschungsvereinigung für dünne Schichten e.V. (EFDS), Mitglied des Vorstands.

Vergöhl, M.: Lenkungskreis »Photonik« des VDMA, Mitglied.

Vergöhl, M.: Optical Society (OSA), Dozent.

Viöl, W.: Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF, Mitglied des Programmbeirats.

Viöl, W.: Deutsche Gesellschaft für Plasmatechnologie e.V. DGPT, Mitglied des Vorstands.

Viöl, W.: DFG Fachkollegien, Mitglied.

Viöl, W.: Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte e.V. GDNÄ, Mitglied im Fachbeirat.

Viöl, W.: HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen, Vizepräsident für Forschung und Transfer.

Viöl, W.: Hochschulrektorenkonferenz Forschungskommission Fachhochschulen.

Viöl, W.: Kompetenznetz für Nachhaltige Holznutzung (NHN) e.V., Vorstandsmitglied.

Viöl, W.: Nationales Zentrum für Plasmamedizin, Kuratoriumsmitglied.

Viöl, W.: Spectaris–Verband der Hightech-Industrie, Fachverband Photonik, Mitglied des Lenkungsausschusses.

Viöl, W.: Amt für regionale Landesentwicklung Braunschweig, Mitglied Fachbeirat Südniedersachsen.

Viöl, W.: Nationales Zentrum für Plasmamedizin, Vorstandsmitglied.

PUBLIKATIONEN

Abraham, T.; Bräuer, G.; Kretz, F.; Groche, P. (2016): Tribological investigation of silicon-modified DLC coatings for the dry forming of aluminium alloys. In: THE „A“ Coatings 2016, pp. 145–152.

Abraham, T.; Weber, M.; Keunecke, M.; Stein, C.; Weirauch, R.; Grahs, M.; Bräuer, G. (2016): Entwicklung von Werkzeugbeschichtungen für die Hochtemperatur-Titanumformung. In: Reibung, Schmierung und Verschleiss: Forschung und praktische Anwendungen. Band II, S. 64/1–64/10.

Altgen, D.; Avramidis, G.; Viöl, W.; Mai, C. (2016): The effect of air plasma treatment at atmospheric pressure on thermally modified wood surfaces. In: Wood science and technology 50 (6), pp. 1227–1241. DOI: 10.1007/s00226-016-0856-7.

Altgen, D.; Bellmann, M.; Wascher, R.; Mai, C. (2016): Enhanced urea-formaldehyde adhesive spreading on plasma treated wood particles. In: European journal of wood and wood products 74 (4), pp. 617–620. DOI: 10.1007/s00107-016-1026-1.

Avramidis, G.; Wascher, R.; Militz, H.; Viöl, W. (2016): Impact of air-plasma treatment at atmospheric pressure on wood and wood extractives. In: International wood products journal 7 (2), pp. 76–79. DOI: 10.1080/20426445.2016.1162429.

Bandorf, R. (2016): 6th international conference on fundamentals and applications of HIPIMS, 10.–11.6.2015, Braunschweig, Germany. Editorial. In: Surface and coatings technology 293, p. 1. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2016.04.015.

Bandorf, R. (2016): Plasmaprozesse der nächsten Generation. Neue industrielle Beschichtungsverfahren. In: JOT : Journal für Oberflächentechnik 56 (1), S. 42–44. DOI: 10.1007/s35144-015-0848-7.

Bandorf, R.; Gröninger, A.; Ortner, K.; Gerdes, H.; Bräuer, G. (2016): Gas flow sputtering for manufacture of high quality hard magnetic films. In: Surface and coatings technology (Article in Press. Published online December 30, 2016). DOI: 10.1016/j.surfcoat.2016.12.114.

Bandorf, R.; Waschke, S.; Carreri, F. C.; Vergöhl, M.; Grundmeier, G.; Bräuer, G. (2016): Direct metallization of PMMA with aluminum films using HIPIMS. In: Surface and coatings technology 290, pp. 77–81. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2015.10.070.

Behrens, B.-A.; Bouguecha, A.; Husic, A.; Baumer, M.; Paschke, H.; Lippold, L. (2016): Increasing the efficiency of forging operations using adjusted tribological surfaces enhanced by hard coatings. In: Tribology online 11 (2), pp. 432–443. DOI: 10.2474/trol.11.432.

Behrens, B.-A.; Lippold, L.; Paschke, H. (2016): Gezielte Oberflächenkonditionierung von Schmiedegesessen. In: Massivumformung (9), S. 56–61.

Bethke, R.; Nöcker, N.; Menzel, R.; Eder, M. (2016): Kontinuierliche Verschleißmessung in Echtzeit mit einem modifizierten Kalottenschleifgerät. In: Fortschritte in der Werkstoffprüfung für Forschung und Praxis : Tagung „Werkstoffprüfung“, 1.–2. Dezember 2016 in Neu-Ulm, S. 185–194.

Biehl, S.; Meyer-Kornblum, E.; Bräuer, G.; Gebauer-Teichmann, A.; Adam, M.; Klenke, T.; Röders, G. (2016): Dünnschichtsensorik im Druckgießprozess. Entwicklung von thermoresistiven Dünnschichtsystemen auf Formkernen zur lokalen Temperaturmessung beim Aluminium-Druckgießen. In: Gießerei 103 (12), S. 50–53.

Biehl, S.; Rumposch, C.; Paetsch, N.; Bräuer, G.; Weise, D.; Scholz, P.; Landgrebe, D. (2016): Multifunctional thin film sensor system as monitoring system in production. In: Microsystem technologies 22 (7), pp. 1757–1765. DOI: 10.1007/s00542-016-2831-5.

Bräuer, G. (2016): 20 Jahre „International Conference on Coatings on Glass and Plastics“. In: Vakuum in Forschung und Praxis 28 (2), S. 3.

Bräuer, G. (2016): Dünne Schichten aus dem Niederdruckplasma. Verfahren und ausgewählte Anwendungen. In: Dialog (5), S. 40–47.

Bräuer, G. (Hg.); Kondruweit, S. (Hg.) (2016): Fraunhofer IST. 1990–2015. Braunschweig.

Bruns, S.; Vergöhl, M.; Zickenrott, T.; Bräuer, G. (2016): Deposition of abrasion resistant single films and antireflective coatings on sapphire. In: Surface and coatings technology 290, pp. 10–15. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2015.11.011.

- Carreri, F. C.; Bandorf, R.; Gerdes, H.; Vergöhl, M.; Bräuer, G. (2016): Highly insulating alumina films by a bipolar reactive MF sputtering process with special arc handling. In: *Surface and coatings technology* 290, pp. 82–86. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2015.09.036.
- Carreri, F. C.; Sabelfeld, A.; Gerdes, H.; Bandorf, R.; Vergöhl, M.; Bräuer, G. (2016): HIPIMS ITO films from a rotating cylindrical cathode. In: *Surface and coatings technology* 290, pp. 65–72. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2015.10.069.
- Dietz, A.; Moustafa, E. (2016): Galvanische Hartverchromung aus wässrigen Cr(III)-Elektrolyten. In: *Journal für Oberflächentechnik* (6), S. 78–81.
- Duckstein, R.; Lachmann, K.; Thomas, M.; Klages, C.-P. (2016): In situ ATR-FTIR study of the formation of hydroperoxides through postdischarge treatment of thin polymer films. In: *HAKONE XV: International Symposium on High Pressure Low Temperature Plasma Chemistry*, pp. 283–286.
- Eichler, M.; Dillmann, H.; Nagel, K.; Klages, C.-P. (2016): Control of direct bonding behavior by interlayers. In: *ECS transactions* 75 (9), pp. 137–144. DOI: 10.1149/07509.0137ecst.
- Eichler, M.; Klages, C.-P.; Lachmann, K. (2016): Surface functionalization of microfluidic devices. In: *Microsystems for pharimatechnology*, pp. 59–97.
- Gascón-Garrido, P.; Mainusch, N.; Militz, H.; Viöl, W.; Mai, C. (2016): Copper and aluminium deposition by cold-plasma spray on wood surfaces. Effects on natural weathering behaviour. In: *European journal of wood and wood products* (Article in Press. Published online November 8, 2016) DOI: 10.1007/s00107-016-1121-3.
- Gascón-Garrido, P.; Mainusch, N.; Militz, H.; Viöl, W.; Mai, C. (2016): Effects of copper-plasma deposition on weathering properties of wood surfaces. In: *Applied surface science* 366, pp. 112–119. DOI: 10.1016/j.apsusc.2016.01.060.
- Gerhard, C.; Gredner, A.; Mainusch, N.; Viöl, W. (2016): Enhanced processing of coatings on glass surfaces. Introducing atmospheric pressure plasmas to laser processes. In: *Vakuum in Forschung und Praxis* 28 (4), S. 19–22. DOI: 10.1002/vipr.201600614.
- Gerhard, C.; Tasche, D.; Munser, N.; Dyck, H. (2016): Increase in nanosecond laser-induced damage threshold of sapphire windows by means of direct dielectric barrier discharge plasma treatment. In: *Optics letters* (Article in Press. Published online November 29, 2016). DOI: 10.1364/OL.42.000049.
- Gerhard, C.; Viöl, W.; Wieneke, S. (2016): Plasma-enhanced laser materials processing. In: *Plasma science and technology : progress in physical states and chemical reactions*, pp. 31–51.
- Gredner, A.; Janker, C.; Gerhard, C.; Wieneke, S. (2016): Atmospheric pressure plasma activation of free-form surfaces. In: *Atmospheric pressure plasmas : processes, technology and applications*, pp. 53–80.
- Heller, M. W.; Zoberbier, M.; Fujita, T.; Eichler, M. (2016): Surface preparation and eutectic wafer bonding. In: *ECS transactions* 75 (9), pp. 229–239. DOI: 10.1149/07509.0229ecst.
- Helmke, A. (2016): Niedertemperaturplasma. Eigenschaften, Wirkungen und Gerätetechnik. In: *Plasmamedizin*, S. 33–45.
- Henkel, B.; Neubert, T.; Zabel, S.; Lamprecht, C.; Selhuber-Unkel, C.; Rätzke, K.; Strunskus, T.; Vergöhl, M.; Faupel, F. (2016): Photocatalytic properties of titania thin films prepared by sputtering versus evaporation and aging of induced oxygen vacancy defects. In: *Applied catalysis / B* 180, pp. 362–371. DOI: 10.1016/j.apcatb.2015.06.041.
- Hergelová, B.; Eichler, M.; Nagel, K.; Klages, C.-P. (2016): Ar-H₂ plasma surface treatments of silicon wafers at atmospheric pressure. In: *HAKONE XV: International Symposium on High Pressure Low Temperature Plasma Chemistry*, pp. 254–257.
- Hirschberg, J.; Loewenthal, L.; Krupp, A.; Emmert, S.; Viöl, W. (2016): Plasma induced changes in human lipid composition as revealed through XPS-analysis. In: *Natural science* 8 (3), pp. 125–137. DOI: 10.4236/ns.2016.83016.
- Hünnekens, B.; Peters, F.; Avramidis, G.; Krause, A.; Militz, H.; Viöl, W. (2016): Plasma treatment of wood-polymer composites. A comparison of three different discharge types and their effect on surface properties. In: *Journal of applied polymer science* 133 (18), pp. 43376-1 - 43376-9. DOI: 10.1002/app.43376.
- Kisch, T.; Helmke, A.; Schleusser, S.; Song, J.; Liodaki, E.; Stang, F. H.; Mailaender, P.; Kraemer, R. (2016): Improvement of cutaneous microcirculation by cold atmospheric plasma (CAP). Results of a controlled, prospective cohort study. In: *Microvascular research* 104, pp. 55–62. DOI: 10.1016/j.mvr.2015.12.002.
- Kisch, T.; Schleusser, S.; Helmke, A.; Mauss, K. L.; Wenzel, E. T.; Hasemann, B.; Mailaender, P.; Kraemer, R. (2016): The repetitive use of non-thermal dielectric barrier discharge plasma boosts cutaneous microcirculatory effects. In: *Microvascular research* 106, pp. 8–13. DOI: 10.1016/j.mvr.2016.02.008.
- Kleinschmidt, D. (2016): Preisverleihung im Rahmen der ICCG11. Hans-Pulker-Award für den besten Konferenzbeitrag, Auszeichnungen für Posterpräsentationen. In: *Vakuum in Forschung und Praxis* 28 (4), S. 15. DOI: 10.1002/vipr.201690037.
- Kotula, S.; Lüdemann, M.; Philipp, J.; Thomas, M.; Klages, C.-P. (2016): Plasma nitrogenation of polymer surfaces with a new type of combinatorial plasma-printing reactor. In: *Plasma processes and polymers* (Article in Press. Published online November 21, 2016). DOI: 10.1002/ppap.201600137.
- Krügner, K.; Busch, S. F.; Soltani, A.; Castro-Camus, E.; Koch, M.; Viöl, W. (2016): Non-destructive analysis of material detachments from polychromatically glazed terracotta artwork by THz time-of-flight spectroscopy. In: *Journal of infrared, millimeter, and terahertz waves* (Article in Press. Published online November 22, 2016). DOI: 10.1007/s10762-016-0339-9.
- Mainusch, N.; Christ, T.; Siedenburg, T.; O'Donnell, T.; Lutansieto, M.; Brand, P.-J.; Papenburg, G.; Harms, N.; Temel, B.; Garnweitner, G.; Viöl, W. (2016): New contact probe and method to measure electrical resistances in battery electrodes. In: *Energy technology* 4 (12), pp. 1550–1557. DOI: 10.1002/ente.201600127.
- Moreira, J. M. R.; Fulgêncio, R.; Alves, P.; Machado, I.; Bialuch, I.; Melo, L. F.; Simões, M.; Mergulhão, F. J. (2016): Evaluation of SICAN performance for biofouling mitigation in the food industry. In: *Food control* 62, pp. 201–207. DOI: 10.1016/j.foodcont.2015.10.023.
- Moreira, J. M. R.; Fulgêncio, R.; Oliveira, F.; Machado, I.; Bialuch, I.; Melo, L. F.; Simões, M.; Mergulhão, F. J. (2016): Evaluation of SICON surfaces for biofouling mitigation in critical process areas. In: *Food and bioproducts processing* 98, pp. 173–180. DOI: 10.1016/j.fbp.2016.01.009.

Neubert, T.; Lachmann, K.; Klages, C.-P.; Thomas, M. (2016): DBD treatment of PVC tubes to reduce plasticizer migration. In: HAKONE XV: International Symposium on High Pressure Low Temperature Plasma Chemistry, pp. 313–316.

Park, S. T.; Han, J.-G.; Keunecke, M. (2016): Mechanical and structural properties of multilayer c-BN coatings on cemented carbide cutting tools. In: International journal of refractory metals & hard materials (Article in Press. Published online December 2, 2016). DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2016.11.009.

Peters, F.; Hirschberg, J.; Mertens, N.; Wieneke, S.; Viöl, W. (2016): Comparison of nitric oxide concentrations in μ s- and ns-atmospheric pressure plasmas by UV absorption spectroscopy. In: Plasma science & technology 18 (4), pp. 406–411. DOI: 10.1088/1009-0630/18/4/13.

Pflug, A.; Siemers, M.; Melzig, T.; Keunecke, M.; Schäfer, L.; Bräuer, G. (2016): Thin-film deposition processes. In: Handbook of software solutions for ICME, pp. 157–189.

Scherg-Kurmes, H.; Hafez, A.; Siemers, M.; Pflug, A.; Schlatmann, R.; Rech, B.; Szyszka, B. (2016): Improvement of the homogeneity of high mobility In_2O_3 :H films by sputtering through a mesh electrode studied by Monte Carlo simulation and thin film analysis. In: Physica status solidi / A 213 (9), pp. 2310–2316. DOI: 10.1002/pssa.201532819.

Sun, M.; Yerokhin, A.; Matthews, A.; Thomas, M.; Laukart, A.; Hausen, M. von; Klages, C.-P. (2016): Characterisation and electrochemical evaluation of plasma electrolytic oxidation coatings on magnesium with plasma enhanced chemical vapour deposition post-treatments. In: Plasma processes and polymers 13 (2), pp. 266–278. DOI: 10.1002/ppap.201500059.

Tiede, R.; Hirschberg, J.; Viöl, W.; Emmert, S. (2016): A μ s-pulsed dielectric barrier discharge source. Physical characterization and biological effects on human skin fibroblasts. In: Plasma processes and polymers 13 (8), pp. 775–787. DOI: 10.1002/ppap.201500190.

Turowski, M.; Jupe, M.; Melzig, T.; Pflug, A.; Demircan, A.; Ristau, D. (2016): Multiple scale modeling of PVD sputter processes. In: Optical Interference Coatings: Optical Society of America, pp. WB.4.

Ulrich, S.; Szyszko, C.; Jung, S.; Vergöhl, M. (2016): Electrochromic properties of mixed oxides based on titanium and niobium for smart window applications. In: Surface and coatings technology (Article in Press. Published online November 22, 2016). DOI: 10.1016/j.surfcoat.2016.11.078.

Wascher, R.; Avramidis, G.; Neubauer, A.; Seifert, V.; Militz, H.; Viöl, W. (2016): Entwicklung von Vorbehandlungsmethoden für Holz und Holzwerkstoffe auf Basis einer dielektrisch behinderten Gasentladung unter Atmosphärendruck. In: Holztechnologie 57 (2), S. 12–17.

Weigel, K.; Keunecke, M.; Bewilogua, K.; Bräuer, G.; Grumbt, G.; Zenker, R.; Biermann, H. (2016): Surface hardening after hard coating deposition – combining TiAlN tribological coatings with subsequent electron beam treatment. In: 3rd Mediterranean Conference on Heat Treatment and Surface Engineering. Proceedings ; Grand Hotel Bernardin, Portoroz, Slovenia, 26.–28. September 2016; IMT, 8 Bl.

VORTRÄGE, POSTER

Abraham, T.; Bräuer, G.; Kretz, F.; Groche, P.: Tribological investigation of silicon-modified DLC coatings for the dry forming

of aluminum alloys, 12th International Conference THE“A“ Coatings, Hannover, Deutschland, 31. März 2016.

Abraham, T.; Bräuer, G.; Weber, M.; Bialuch, I.; Thomsen, H.: Modification of diamond-like-carbon tool coatings for dry forming of aluminum, International Symposium on Green Manufacturing and Applications, Nusa Dua, Indonesien, 21. Juni 2016.

Abraham, T.; Weber, M.; Keunecke, M.; Stein, C.; Weirauch, R.; Grahs, M.; Bräuer, G.: Entwicklung von Werkzeugbeschichtungen für die Hochtemperatur-Titanumformung, 57th Tribologie-Fachtagung, Göttingen, Deutschland, 26. September 2016.

Bandorf, R.; Vergöhl, M.; Diehl, W.; Bräuer, G.: Custom Tailored Coating Solutions, (Vortrag), 59th Society of Vacuum Coaters Technical Conference, Indianapolis, IN, USA, 9.–13. Mai 2016.

Bandorf, R.; Grein, M.; Waschke, S.; Grundmeier, G.; Bräuer, G.: Direct Metallization of Plastics by HIPIMS, (Vortrag), 7th International Conference on Fundamentals and Applications of HIPIMS, Sheffield, UK, 29.–30. Juni 2016.

Bandorf, R.; Gerdes, H.; Waschke, S.; Grundmeier, G.; Bräuer, G.: Excellent adhesion on plastics using HIPIMS, 11th International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG11, Braunschweig, Deutschland, 12.–16. Juni 2016.

Bandorf, R.; Rieke, J.; Ortner, K.; Gerdes, H.; Gröninger, A.; Bräuer, G.: High quality hard magnetic films deposited by hollow cathode processes, (Keynote Vortrag), 15th International Conference on Plasma Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen, Deutschland, 12.–16. September 2016.

Bethke, R.; Nöcker, N.: Wear measurement in real time with a new ball cratering equipment, 15th International Conference on Plasma Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen, Deutschland, 12. September 2016.

Bethke, R.; Nöcker, N.: Kontinuierliche Verschleißmessung mit einem modifizierten Kalottenschleifgerät, Werkstoffprüfung DGM-Tagung, Ulm, Deutschland, 2. Dezember 2016.

Biehl, S.: Intelligente Dünnschichtsensorik für die Automobilindustrie (eingeladener Vortrag), 38. Ulmer Gespräch, Ulm, Deutschland, 12.–13. Mai 2016.

Biehl, S.; Meyer-Kornblum, E.; Paetsch, N.: Carbon based layer systems for sensory applications (eingeladener Vortrag), Energy Materials Nanotechnology EMN Summer Meeting, Cancun, Mexiko, 5.–9. Juni 2016.

Biehl, S.; Meyer-Kornblum, E.; Paetsch, N.: Wear resistant thin film sensor systems for industrial applications (Plenary Lecture), 14th International Conference on ELECTRONICS, HARDWARE, WIRELESS and OPTICAL COMMUNICATIONS (EHAC 16), Mallorca, 19.–21. August 2016.

Biehl, S.: Sensorische Schichtsysteme zur Kenndatenerfassung in der Produktion (eingeladener Vortrag), 6. Galvano- und Oberflächentreff, Solingen, Deutschland, 17. November 2016.

Biehl, S.; Meyer-Kornblum, E.; Paetsch, N.; Bräuer, G.: Thin Film Sensor Systems for Different Industrial Applications (Plenary Lecture), 8th International Conference on Sensors and Signals (Sensig `16), Bern, Schweiz, 17.–19. Dezember 2016.

Bosch, L. ten; Avramidis, G.; Pohl, K.; Wieneke, S.; Karlovsky, P.; Viöl, W.: Plasma based degradation of mycotoxins, 1st Int.

Workshop on Plasma Agriculture, Camden, USA, 15.–20. Mai 2016.

Bosch, L. ten; Avramidis, G.; Pfohl, K.; Karlovsky, P.; Viöl, W.: Decay of fungal metabolites by atmospheric pressure plasma, 6th International Conference on Plasma Medicine, Bratislava, Slovakia, 4.–9. September 2016.

Bräuer, G.: Grundlagen der Kathodenzerstäubung, OTTI-Seminar »Kathodenzerstäubung«, Braunschweig, 24. Februar 2016.

Bräuer, G.: Magnetronzerstäubung, OTTI-Seminar »Kathodenzerstäubung«, Braunschweig, 24. Februar 2016.

Carreri, F.C.; Bandorf, R.; Gerdes, H.; Schröder, E.; Vergöhl, M.; Bräuer, G.: HIPIMS ITO from ceramic and metallic rotating cathodes, (Vortrag), 7th International Conference on Fundamentals and Applications of HIPIMS, Sheffield, UK, 29.–30. Juni 2016.

Carreri, F.C.; Sittinger, V.; Bandorf, R.; Vergöhl, M.; Bräuer, G.: ZnO:Al films by a reactive HIPIMS process from dual rotatable targets, (Poster), 15th International Conference on Plasma Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen, Deutschland, 12.–16. September 2016.

Dietz, A.; Moustafa, E.: Galvanische Beschichtung aus ionischen Flüssigkeiten, 18. Werkstofftechnisches Kolloquium (ELCH-Kurs), Chemnitz, Deutschland, 10.–11. März 2016.

Dietz, A.; Moustafa, E.: Galvanische Hartverchromung aus Cr(III)-Elektrolyten, 18. Werkstofftechnisches Kolloquium (ELCH-Kurs), Chemnitz, Deutschland, 10.–11. März 2016.

Dietz, A.; Moustafa, E.: Electrodeposition of Hard Chromium from trivalent electrolytes (eingeladener Vortrag), 19th Interfinish World Congress & Exhibition, Beijing, China, 20.–22. September 2016.

Dietz, A.: Lightweight materials – New challenges for coating processes, 11th Airtec Congress, München, Deutschland, 25.–27. Oktober 2016.

Duckstein, R.; Schmale, C.; Thomas, M.; Weidlich, E.-R.; Klages, C.-P.: Production of superhydrophobic surfaces by combining molding and atmospheric pressure plasma processes, 11th International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG11, Braunschweig, Deutschland, 12.–16. Juni 2016.

Duckstein, R.; Schmale, C.; Thomas, E.-R. Weidlich, Klages, C.-P.: Production of superhydrophobic surfaces by combining molding and atmospheric pressure plasma processes, 15th International Conference on Plasma Surface Engineering (PSE), Garmisch-Partenkirchen, Deutschland, 11.–16. September 2016.

Duckstein, R.; Wagner, J.; Lachmann, K.; Thomas, M.; Klages, C.-P.: In-situ ATR-FTIR study of the formation of hydroperoxides through postdischarge treatment of thin polymer films, HAKONE XV, Brno, Tschechische Republik, 11.–16. September 2016.

Duckstein, R.; Wagner, J.; Klages, C.-P.: Investigation of substeps of plasma-induced grafting of polymers by FTIR-ATR in situ, Plasmaseminar Clausthal, Deutschland, 14. Juli 2016.

Eichler, M.; Thomas, M.; Klages, C.-P.: Atmosphärendruck-Plasmaverfahren am Fraunhofer IST (Poster), 26. Workshop des Anwenderkreises Atmosphärendruckplasma, Aalen, Deutschland, 8.–9. Juni 2016.

Eichler, M.; Dillmann, H.; Nagel, K.; Klages, C.-P.: Control of Direct Bonding Behavior by Interlayers (Vortrag), Symposium on Semiconductor Wafer Bonding: Science, Technology and Applications 14th, ECS Prime 2016, Honolulu, 2.–7. Oktober 2016.

Gelker, M.; Müller-Goymann, C.; Viöl, W.: Plasma-induced modification of the dermal permeability, 6th International Conference on Plasma Medicine, Bratislava, Slovakia, 4.–9. September 2016.

Gerdes, H.; Bandorf, R.; Vergöhl, M.; Diehl, W.; Bräuer G.: Additional Functionalities by Surface-Integrated Sensors (eingeladener Vortrag), 43rd International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films ICMCTF, San Diego, CA, USA, 25.–29. April 2016.

Gerdes, H.; Barati, V.; Carreri, F.; Bandorf, R.; Gahan, D.; Vergöhl, M.; Bräuer, G.: Planar langmuir probe investigations of metallic and reactive bipolar sputtered aluminium (Poster), 59th Annual Technical Conference of the Society of Vacuum Coaters, Indianapolis, IN, USA, 9.–13. Mai 2016.

Gerdes, H.; Themelis, A.; Bandorf, R.; Bräuer, G.: Highly ionized deposition of CrN using MPP, (Poster), 7th International Conference on Fundamentals and Applications of HIPIMS, Sheffield, UK, 29.–30. Juni 2016.

Gerdes, H.; Themelis, A.; Bandorf, R.; Vergöhl, M.; Bräuer, G.: Highly Ionized Deposition of Chromium Nitrid from Rotating Target (Poster), 15th International Conference on Plasma Surface Engineering (PSE), Garmisch-Partenkirchen, Deutschland, 11.–16. September 2016.

Gerdes H.; Bandorf, R.; Bräuer G.: Gesputterte Dehnungsmessstreifen: Materialentwicklung und Anwendungsbeispiele

(Vortrag), Fachausschuss 2.11 Elektrische Messverfahren und DMS-Messtechnik, Darmstadt, Deutschland, September 2016.

Gerhard, C.; Wieneke, S.; Viöl, W.: Modification of chemical and topographic glass surface properties by means of low-temperature atmospheric pressure plasma treatment, 90. Glastechnische Tagung der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft, Goslar, Deutschland, 6.–8. Juni 2016.

Gerhard, C.; Gredner, A.; Mainusch, N.; Viöl, W.: Enhanced processing of coatings on glass surfaces by introducing atmospheric pressure plasmas to laser processes, 11th International Conference on coatings on glass and plastics ICCG11, Braunschweig, Deutschland, 12.–16. Juni 2016.

Gurram, S. K.; Sittinger, V.; Bräuer, G.: Atomic layer deposition of Al, Nb and Ti doped ZnO transparent conductive oxides, 11th International Conference on coatings on glass and plastics ICCG11, Braunschweig, Deutschland, 12.–16. Juni 2016.

Harig, T.; Justianto, M.; Sittinger, V.; Thiem, H.; Schäfer, L.; Vergöhl, M.; Höfer, M.: HWCVD processes for preparing highly transparent and low-stress SiO₂ films for optical applications, (Vortrag), 9th International Conference on Hot Wire (Cat) and Initiated Chemical Vapor Deposition, Philadelphia, USA, September 2016.

Helmke, A.; Scheglov, A.; Loewenthal, L.; Viöl, W.: XPS study on the modification of amino acids by cold atmospheric plasma, 6th International Conference on Plasma Medicine (ICPM6), Bratislava, Slowakei, 4.–9. September 2016.

Helmke, A.; Wandke, D.: Neue Techniken der Wundversorgung, 7. Niedersächsischer Wundtag, Braunschweig, Deutschland, 19. Oktober 2016.

- Hergelová, B.; Eichler E.; Nagel, K.; Klages, C.-P.: Ar-H₂ plasma surface treatment of silicon wafers at atmospheric pressure, HAKONE XV, Brno, Tschechische Republik, 11.–16. September 2016.
- Hergelová, B.; Eichler E.; Nagel, K.; Klages, C.-P.: Reducing plasma surface treatments of inorganic materials, 4th RAPID Symposium, TU/e, Eindhoven, Netherland, 4.–7. Oktober 2016.
- Herrmann, A.; Franke, M.; Nagel, K.; Thomas, M.; Eichler, E.; Lachmann, K.; Klages, C.-P.: Plasma induced surface polymerization of unsaturated functional monomer via locally separated plasma and coating zone, 11th International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG11, Braunschweig, Deutschland, 12.–16. Juni 2016.
- Herrmann, A.; Eichler E.; Thomas, M.; Klages, C.-P.; Singh, M.; Kovač, J.: Biofunctional epoxy-containing surfaces for biomedical applications, 15th International Conference on Plasma Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen, Deutschland, 12.–16. September 2016.
- Hilt, S.; Schmaljohann, F.; Hagedorn, D.; Löffler, F.; Bandorf, R.; Bräuer, G.: Analysing deposited Au-films on 3D structured aluminum alloy substrates as a function of the HiPIMS parameters, (Poster), 7th International Conference on Fundamentals and Applications of HiPIMS, Sheffield, UK, 29.–30. Juni 2016.
- Höfer M.; Sittinger, V.; Schulz, D.; Schäfer, L.: Uniform bias-enhanced nucleation for hot-filament activated diamond chemical vapor deposition, (Vortrag), 9th International Conference on Hot Wire (Cat) and Initiated Chemical Vapor Deposition, Philadelphia, USA, September 2016.
- Hrebik, J.; Bandorf, R.; Gerdes, H.; Spreemann, D.: Plasma Characterization of Al and Cu with HiPIMS, (Vortrag), AVS 63rd International Symposium & Exhibition, Nashville, TN, USA, 6.–11. November 2016.
- Neubert, T.; Lachmann, K.; Klages, C.-P.; Thomas, M.: DBD treatment of PVC tubes to reduce plasticizer migration, (Poster) HAKONE XV, Brno, Tschechische Republik, 11.–16. September 2016.
- Paschke, H.; Lippold, L.: Längere Nutzungsdauer von Gesenken durch beständige raue Oberflächen?, Jahrestagung Massivumformung, Schwerte, Deutschland, 16. Juni 2016.
- Paschke, H.; Lippold, L.: Steigerung der Wirtschaftlichkeit von Schmiedeprozessen durch gezielte Oberflächenkonditionierung mit strukturverstärkenden Hartstoffschichten (Poster), Jahrestagung Massivumformung, Schwerte, Deutschland, 16. Juni 2016.
- Paschke, H.; Baumer, M.; Lippold, L.; Weber, M.; Bräuer, G.; Behrens, B.-A.: Duplex treatments are preserving adapted topographies to enhance tool life time of forging dies, 15th International Conference on Plasma Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen, Deutschland, 12.–16. September 2016.
- Paschke, H.: Rodentics – Nagetierzähne als Vorbilder für Industriemesser, 6. Galvano- und Oberflächentreff, Solingen, Deutschland, 17. November 2016.
- Scheglov, A.; Loewenthal, L.; Helmke, A.; Viöl, W.: CAP can induce oxygenation of amino acids, 15th International Conference on Plasma Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen, Deutschland, 12.–16. September 2016.
- Schiffmann, K.I.: Analyse und Prüfverfahren für tribologische Schichten (Vortrag), Einführung in die tribologische Funktionalisierung von Oberflächen, Technische Akademie Esslingen Ostfildern, Stuttgart, Deutschland, 25.–26. Oktober 2016.
- Sittinger, V.: Einfluss des keramischen Targetmaterials auf Schichteigenschaften am Beispiel von ZnO:Al (Vortrag), INPLAS AG Neuartige Plasmaquellen und -prozesse, Kahl am Main, Deutschland, März 2016.
- Sittinger, V.; Carreri, F. C.; Jung, S.; Kaiser, A.; Werner, W.; Bräuer, G.: Stabilization of a reactive mid-frequency sputtering process of Al-doped zinc oxide films with rotatable targets, (Poster), 32nd European Photovoltaic Energy Conference, München, Deutschland, Juni 2016.
- Sittinger, V.; Carreri, F. C.; Jung, S.; Kaiser, A.; Werner, W.; Bräuer, G.: Reactive mid-frequency sputtering process of Al-doped zinc oxide films from rotatable targets, (eingeladener Vortrag), 6th International Symposium on Transparent Conductive Materials, Platania, Griechenland, Oktober 2016.
- Thomas, M.: Labbag® – WISA: Labor im Beutel – Labbag®, Netzwerktagung (eingeladener Vortrag), München, Deutschland, 24. Februar 2016.
- Thomas, M.: Functionalization and coating by plasma technology (eingeladener Vortrag); Plasma and Corona Surface treatment, Seminar Kopenhagen, Dänemark, 13. April 2016.
- Thomas, M.: Fundamentals and applications of plasma and corona surface treatment (eingeladener Vortrag); Plasma and Corona Surface treatment, Seminar Kopenhagen, Dänemark, 13. April 2016.
- Thomas, M.: Trends and applications – Plasma medicine and microplasmas (eingeladener Vortrag); Plasma and Corona Surface treatment, Seminar Kopenhagen, Dänemark, 13. April 2016.
- Thomas, M.: Labbag® – Geschlossenes oberflächenbasiertes Kultivierungssystem für Stammzellen (eingeladener Vortrag), 10. COMPAMED Frühjahrsforum, Frankfurt, Deutschland, 24. Mai 2016.
- Thomas, M.; Lachmann, K.; Eichler, M.; Herrmann, A.; Duckstein, R.; Klages, C.-P.: Functional surfaces for biomedical applications – Part 1 (eingeladener Vortrag), ICCG Short Course, 11th International Conference on Coatings on Glass and Plastics ICCG11, Braunschweig, Deutschland, 12.–16. Juni 2016.
- Thomas, M.: PSE-Tutorial 2016: Fundamental and Trends of Plasma Surface Processing – Surface engineering with atmospheric-pressure plasmas, Tutorial, 15th International Conference on Plasma Surface Engineering (PSE), Garmisch-Partenkirchen, Deutschland, 11.–16. September 2016.
- Thomas, M.; Lachmann, K.; Eichler, M.; Herrmann, A.; Duckstein, R.; Borris, J.; Klages, C.-P.: Chemically reactive surfaces by PACVD at atmospheric pressure for biomedical applications, 3rd Workshop Plasma Science & Entrepreneurship, Braunschweig, Deutschland, 30. November 2016.
- Viöl, W.: Plasma-Hybrid-Verfahren, Kolloquium des Leibniz-Instituts für Oberflächenmodifikation, Leipzig, Deutschland, 28. Januar 2016.
- Viöl, W.; Tiede, R.; Emmert, S.: PlasmaDerm® zur Wundbehandlung – Von der Idee zum Medizinprodukt, Workshop zur Plasmamedizin, Rostock, Deutschland, 24. Februar 2016.

Viöl, W., Thomas, M.: Functional Surfaces for biomedical applications, 11th International Conference on coatings on glass and plastics ICCG11, Braunschweig, Deutschland, 12.–16. Juni 2016.

Viöl, W.: Plasma in everyday life, 15th International Conference on Plasma Surface Engineering, Garmisch-Partenkirchen, Deutschland, 12.–16. September 2016.

Viöl, W.: DBD Application in everyday life, 3rd International Workshop on Plasma Science / Entrepreneurship, Braunschweig, Deutschland, 30. November–1. Dezember 2016.

DISSERTATIONEN

Gurram, S.-K.: Atomic Layer Deposition of Zinc Based Transparent Conductive Oxides. Braunschweig, Technische Universität, Dissertation, 2016.

Köhring, M.: Mikrostimmgabel-Chips-Photoakustik: Der Weg zum optisch integrierten Gassensor, Clausthal, Technische Universität, Dissertation, April 2016.

Stein, Christian (2016): Entwicklung von nanostrukturierten Nitriden und c-BN als Verschleißschutzschichten für Zerspanwerkzeuge. Zugl.: Braunschweig, Technische Universität, Dissertation, 2015.

DIPLOMARBEITEN

Kipp, C.: Einfluss des Plasmanitrierens auf Rissempfindlichkeit und Oxidationsverhalten von Warmarbeitsstählen für Gesenkschmiedewerkzeuge, Technische Universität Braunschweig, Februar 2016.

MASTERARBEITEN

Balzer, L.: Korrelation zwischen den Prozessparametern und der entstehenden Randschicht beim Plasmanitrieren von Nickelbasiswerkstoffen, Technische Universität Braunschweig, August 2016.

Barati, V.: Elektrische und optische Charakterisierung von technischen Plasmen mit unterschiedlicher elektrischer Anregung, Technische Universität Braunschweig, 2016.

Bauer, K.: Herstellung und Optimierung eines lateralen Auflösungsnormal für die Rastersondenmikroskopie auf Basis selbstorganisierter Palladiumcluster auf der Si(111)-7x7 Rekonstruktion, Technische Universität Braunschweig, Dezember 2016.

Borchardt, T.: Validierung der Elektrodenanpassung eines Plasmagerätes und grundlegende Untersuchungen zum Einfluss »kalter« physikalischer Plasmen auf die Perfusion des kutanen Gewebes, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen, 2016.

Breit, F. X.: Diffusionsbehandlung komplexer Aluminiumbauteile im Stickstoffplasma, Technische Universität Braunschweig, März 2016.

Czerny, A.: Entwurf, Aufbau und Erprobung eines 2D-Gradienten-DBE-Reaktors für die kombinatorische plasmachemische Oberflächenbehandlung, Technische Universität Braunschweig, März 2016.

Eder, S.: Korrelation der Porenbildung beim Plasmaborieren mit der Prozessdiagnostik, Technische Universität Braunschweig, Juli 2016.

Elzenheimer, N. T.: Untersuchung der tribologischen Eigenschaften von Schichtsystemen aus Gasphasenabscheidungsverfahren gegenüber Polytetrafluorethylen, Technische Universität Braunschweig, März 2016.

Freier, D.: Plasmaultraschallgenerator zur Windgeschwindigkeitsmessung, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen, 2016.

Hackmann, C.: Untersuchungen zur Atmosphärendruck-Plasmabehandlung von Krater-Lackdefekten zur Verbesserung ihrer Nachbearbeitung, Technische Universität Braunschweig, Oktober 2016.

Harms, M.: Oberflächenfunktionalisierung von Polypropylen mittels industrienahe Prozessentwicklung einer Plasmaquelle, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen, 2016.

Holzapfel, N.: Untersuchungen zur Oberflächenfunktionalisierung von Polytetrafluorethylen im Afterglow einer Atmosphärendruck-Plasmaentladung, Technische Universität Braunschweig, April 2016.

Isensee, S.: Optimierung des Einlaufverhaltens von DLC-Schichtsystemen als Werkzeugbeschichtung für die Trockenumformung von Aluminiumlegierungen, Technische Universität Braunschweig, November 2016.

Kühl, F.-C.: Near-edge x-ray absorption fine structure spectroscopy at atmospheric pressure with a table-top laser-induced soft x-ray source, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen, 2016.

Künemund, M.: Untersuchung und Verbesserung der elektromagnetischen Störfestigkeit des PlasmaDerm® FLEXI12550

nach der 3. Edition der DIN EN 60601-1, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen, 2016.

Linkmann, J.: Topographie und Morphologie von Nanosekunden-Laserablationsstellen auf AlMg3 unter Einwirkung eines kalten Atmosphärendruckplasmas, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen, 2016.

Liu, X.: Entwicklung einer OES gestützten Regelung zur Abscheidung von Delafossit Vorläuferschichten, Technische Universität Braunschweig, Juli 2016.

Menzel, R.: Charakterisierung des Verschleißverhaltens bei der Online Tiefenmessung im Kalottenschleifverfahren, Technische Universität Braunschweig, Dezember 2016.

Rieke, J.: Dynamische Beschichtung von Bändern mit hartmagnetischen Schichten, Technische Universität Braunschweig, Juni 2016.

Sachs, R.: Simulation der GFS-Beschichtung von BLISK-Schaufeln mit Erosionsschutzschichten, Technische Universität Braunschweig, Februar 2016.

Samasti, F.: Optische Debrisanalyse in plasmaunterstützten ns- und ps- Lasermaterialbearbeitungsprozessen, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen, 2016.

Sattler, G.: Entwicklung und Validierung einer Vibrationsvorrichtung zur Optimierung des Vergussprozesses von Isolationsmaterialien im Bereich der Plasmaquellenentwicklung, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzminde/Göttingen, 2016.

Schmale, C.: Superhydrophobe Oberflächen durch Kombination von Prägen und Beschichtung mittels Atmosphärendruckplasma, Technische Universität Braunschweig, November 2016.

Schneider, E.: Tribologische Analyse von Ventiltriebskomponenten, Technische Universität Braunschweig, August 2016.

Schulze, S.: Realization Possibilities of Technical Changes for the Surface Protection Concept in Aircraft Industry, Technische Universität Braunschweig, August 2016.

Spreemann, D.: Charakterisierung von Hochleistungs-Impuls Magnetronspalterprozessen im Labor- und Industriemaßstab, Technische Universität Ilmenau, Dezember 2016.

Tischer, M.: Entwicklung und Charakterisierung neuer Plasmamodule zur Reinigung der Umluft, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzmin-den/Göttingen, 2016.

Vogtmann, J.: Korrelation zwischen den Prozessparametern und der entstehenden Randschicht beim Plasmaborieren von Nickelbasiswerkstoffen, Technische Universität Braunschweig, Juli 2016.

Wilting, P.: Plasma- und Photonik-Postprocessing von Kalt-Plasma gespritzten Kupferdünnschichten, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzmin-den/Göttingen, 2016.

BACHELORARBEITEN

Brandes, Y.: Elektrochemische Herstellung von H₂O₂ mit einer Mikrokanalzelle, Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, 2016.

Britze, C.: Aufbau eines Spektrometers zur Vermessung von Interferenzfiltern mit hoher Flankensteilheit, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzmin-den/Göttingen, 2016.

Brückner, T.: Weiterentwicklung und Charakterisierung ternärer PACVD-Ti-B-N-Dünnschichtsysteme für den Einsatz im Aluminiumdruckguss, Fachhochschule Dortmund, August 2016.

Crusius, S.: Atomlagenabscheidung bei Atmosphärendruck Versuchsanlage für das Rolle-zu-Rolle-Verfahren, Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften, Fakultät Versorgungstechnik, Bio- und Umwelttechnik, Mai 2016.

Dunker, P.: Herstellung von angepassten Vorläuferschichten zur Erzeugung von p-Typ-TCOs nach Laser- und Elektronenstrahl-Behandlung, Technische Universität Braunschweig, Februar 2016.

Feuerpfeil, A.: Optimierung der elektrochemischen Herstellung von Wasserstoffperoxid mit Bor-dotierten Diamantelektroden (BDD), Technische Universität Braunschweig, 2016.

Grahs, M.: Tribologische Untersuchung von Werkzeugbeschichtungen auf Wolframkarbidbasis für die Hochtemperaturumformung von Titanlegierungen, Technische Universität Braunschweig, September 2016.

Hilt, S.: Beschichtung hoher Aspektverhältnisse und Hinter-schnitte mittels HiPIMS, Technische Universität Braunschweig, März 2016.

Mann, F.: Aufbau eines Versuchsstandes für die Intensitätsmes-sung von rückreflektiertem Laserlicht, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzmin-den/Göttingen, 2016.

Loer, M.: Untersuchungen zur Wirkungsweise von Atmosphärendruckplasmen auf Pediculus humanus capitis (Kopfläuse), HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzmin-den/Göttingen, 2016.

Piechota, S.: Aufbau und Realisierung eines Hochspannungs-generators basierend auf dem Resonanzwandler-Prinzip zum Zünden von Atmosphärendruck-Plasmen, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzmin-den/Göttingen, 2016.

Placke, A.: Aufbau und Optimierung zweier NEXAFS-Spektrometer für Absorptionsmessungen im extremen UV und im weichen Röntgenbereich, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzmin-den/Göttingen, 2016.

Pons, R.: Entstehung von Debris bei laserinduzierter Gewebeablation mit einem CO₂-Laser, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzmin-den/Göttingen, 2016.

Sonnenkalb, S.: Reinigen und Aktivieren von Ferrit- und Kunststoffoberflächen durch Plasmabehandlung vor dem Verkleben mit Zweikomponentenkleber, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzmin-den/Göttingen, 2016.

Themelis, A.: Abscheidung von CrN-Schichten mittels Modulated Pulse Power (MPP), Technische Universität Braunschweig, Mai 2016.

Volkmer, L.: Hydrophylierung von Elastomer- und Polymerober-flächen zur homogenen Lackhaftung, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzmin-den/Göttingen, 2016.

Wagner, J.: In-situ ATR-FTIR-Untersuchungen zum Pflöpfen von pNiPAAm-Schichten auf Polypropylen, Technische Universi-tät Braunschweig, September 2016.

Werner, H.: Optimierung der dynamischen Testanlage für den industriellen Einsatz atmosphärischer Plasmaquellen hinsichtlich Reproduzierbarkeit und Bedienerfreundlichkeit, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzmin-den/Göttingen, 2016.

SCHUTZRECHTANMELDUNGEN

Bellmann, M.; Ochs, C.; Harms, M.; Viöl, W.: »Disk-Jet« – Koaxial induzierte Barrieren-Entladung.

Josten, S.; Wittland, F.; Brückner, S.; Gerhard, C.; Viöl, W.: Verfahren zur Herstellen einer einbrennsilikonisierten Injekti-onsspritze.

Schieche, B.; Flade, E.: Direktheizung für Rotationsverdampfer.

Ulrich, S.; Bruns, S.; Jung, S.; Vergöhl, M.; Dewald, W.; Walter, H.: Kratzfeste IR-reflektierende ESG ohne Antennen-dämpfung mit winkelnabhängiger Reflexionsfarbe.

BILDVERZEICHNIS

- | | | | | | | | |
|-------|--|-------|---|-------|--|-------|------------------------------------|
| S. 2 | Holger Gerdes, Fraunhofer IST | S. 34 | Manuela Lingnau, Fraunhofer WKI | S. 63 | LIONEX GmbH | S. 87 | Florian Kleinschmidt/BestPixels.de |
| S. 3 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 36 | Eike Meyer-Kornblum, Fraunhofer IST | S. 64 | CINOGY GmbH | S. 88 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST |
| S. 6 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 36 | Manuela Lingnau, Fraunhofer WKI | S. 64 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 89 | EFB |
| S. 6 | Rainer Meier, BFF Wittmar | S. 38 | Manuela Lingnau, Fraunhofer WKI | S. 66 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 96 | Sven Pleger, Fraunhofer IST |
| S. 7 | Jan Benz, Fraunhofer IST | S. 38 | Nancy Paetsch, Fraunhofer IST | S. 66 | Fraunhofer IST | S. 96 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST. |
| S. 8 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 39 | Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH (KUZ) | S. 68 | P. Brachwitz, A. Neuhausen, DTM | S. 97 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST |
| S. 10 | Fraunhofer IST | S. 40 | Christian Stein, Fraunhofer IST | S. 69 | René Weirauch, IOT Braunschweig | S. 99 | Mareike Sorge, Fraunhofer IST |
| S. 11 | Michael Schneider, FHR Anlagenbau GmbH | S. 40 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 70 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | | |
| S. 12 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 42 | Rainer Meier, BFF Wittmar | S. 70 | Gennadiy Günther-Portnikov, Fraunhofer IST | | |
| S. 14 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 44 | Airbus DS GmbH | S. 72 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | | |
| S. 20 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 44 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 74 | Jan Benz, Fraunhofer IST | | |
| S. 20 | Jan Benz, Fraunhofer IST | S. 45 | Christian Stein, Fraunhofer IST | S. 74 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | | |
| S. 21 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 47 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 75 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | | |
| S. 21 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 48 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 76 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | | |
| S. 22 | Jan Benz, Fraunhofer IST | S. 50 | Sebastian Jung, Fraunhofer IST | S. 76 | Jan Benz, Fraunhofer IST | | |
| S. 22 | Fraunhofer IST | S. 52 | Jan Benz, Fraunhofer IST | S. 77 | Jan Benz, Fraunhofer IST | | |
| S. 23 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 54 | Rainer Meier, BFF Wittmar | S. 78 | Reinhold Bethke, Fraunhofer IST | | |
| S. 24 | Rainer Meier, BFF Wittmar | S. 54 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 78 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | | |
| S. 24 | Ronald Frommann | S. 56 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 80 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | | |
| S. 25 | Rainer Meier, BFF Wittmar | S. 57 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 80 | Jan Benz, Fraunhofer IST | | |
| S. 26 | Ulrike Balhorn, Fraunhofer IST | S. 58 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 81 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | | |
| S. 27 | Ulrike Balhorn, Fraunhofer IST | S. 58 | Chris Britze, Fraunhofer IST | S. 82 | Jan Benz, Fraunhofer IST | | |
| S. 28 | Rainer Meier, BFF Wittmar | S. 59 | Chris Britze, Fraunhofer IST | S. 84 | Holger Gerdes, Fraunhofer IST | | |
| S. 30 | Markus Mejauschek, Fraunhofer IST | S. 60 | Jan Benz, Fraunhofer IST | S. 84 | Rainer Rihm, Fraunhofer IAP | | |
| S. 31 | Hanno Paschke, Fraunhofer IST | S. 62 | Annika Herrmann, Fraunhofer IST | S. 85 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | | |
| S. 34 | Elke Bürger, Fraunhofer IST | S. 62 | Falko Oldenburg, Fraunhofer IST | S. 86 | Florian Kleinschmidt/BestPixels.de | | |

IMPRESSUM

**Das Fraunhofer-Institut für Schicht-
und Oberflächentechnik IST**

Institutsleitung

Prof. Dr. Günter Bräuer

Stellvertretender Institutsleiter

Dr. Lothar Schäfer

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
Daniela Kleinschmidt, M.A.

Layout

Dipl.-Des. Falko Oldenburg

Druck

gutenberg beuys feindruckerei GmbH
www.feindruckerei.de

© Fraunhofer IST 2017