



Fraunhofer
LIGHT & SURFACES

WWW.LIGHT-AND-SURFACES.FRAUNHOFER.DE

FRAUNHOFER-VERBUND LIGHT & SURFACES
SMART SURFACES



INHALT

Surfaces – Oberflächentechnologie als vielfältiger Innovationsmotor	3
Die Verbund-Institute	4
Kernkompetenzen	
• Werkstofftechnik	6
• Mikro- und Nanotechnologien	8
• Dünnschichttechnik	10
• Plasmatechnik	12
• Elektronenstrahltechnik	14

SURFACES – OBERFLÄCHENTECHNOLOGIE ALS VIELFÄLTIGER INNOVATIONSMOTOR

Im Fraunhofer-Verbund »Light & Surfaces« kooperieren sechs Fraunhofer-Institute auf den Gebieten Laser-, Optik-, Mess- und Beschichtungstechnik. Die Institute vereinen aufeinander abgestimmte Kompetenzen in den Bereichen Fertigungsverfahren, Strahlquellen, Messtechnik, Medizin und Life Science, Optische Systeme und Optikfertigung, EUV-Technologie, Prozess- und Systemsimulation, Werkstofftechnik, Mikro- und Nanotechnologie, Dünnschicht- sowie Plasma- und Elektronenstrahltechnik.

Kompetenz durch Vernetzung

Basierend auf grundlegenden Arbeiten in verschiedenen Anwendungsfeldern, gewährleistet der Verbund eine schnelle und flexible Realisierung kundenspezifischer Systemlösungen im Bereich Schichttechnik und Photonik. Koordinierte, auf die aktuellen Bedürfnisse des Markts ausgerichtete Strategien, führen zu Synergieeffekten für den Kunden. In Kooperation mit den jeweils ortsansässigen Universitäten, bieten die Institute das gesamte Spektrum der studentischen Ausbildung bis hin zur Promotion. Auf diese Weise sind die Fraunhofer-Institute nicht nur Innovationspartner für technologische Entwicklungen, sondern dienen auch kontinuierlich als Quelle des wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Kernkompetenzen des Verbunds

Die aufeinander abgestimmten Kompetenzen der sechs Verbundpartner gewährleisten eine schnelle und flexible Anpassung der Forschungsarbeiten an die unterschiedlichen Anforderungen aus den Bereichen:

- Laserfertigungsverfahren
- Strahlquellen
- Messtechnik
- Medizin und Life Science

- Werkstofftechnik
- Optische Systeme und Optikfertigung
- Mikro- und Nanotechnologie
- Dünnschichttechnik
- Plasmatechnik
- Elektronenstrahltechnik
- EUV-Technologie
- Prozess- und Systemsimulation

Die Anwendungsfelder

Mit dem umfangreichen Know-how der Institute können maßgeschneiderte, laser- und prozessspezifische Lösungen realisiert werden, die Werkstoffe, Produktdesign, Konstruktion, Produktionsmittel und Qualitätssicherung umfassen. Dabei werden vielfältige Branchen adressiert:

- Automotive
- Biotechnologie und Life Science
- Elektronik und Sensorik
- Energie und Umwelt
- Luft- und Raumfahrt
- Maschinen- und Anlagenbau, Werkzeugbau
- Optik

DIE INSTITUTE

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

Das Fraunhofer FEP arbeitet an innovativen Lösungen im Bereich der Vakuumbeschichtung, der Oberflächenbearbeitung und -behandlung mit Elektronen und Plasmen sowie an Technologien für flexible, organische Elektronik. Grundlage dieser Arbeiten sind die Kernkompetenzen Elektronenstrahl-technologie, Sputtern, plasmaaktivierte Hochratebedampfung und Hochrate-PECVD sowie Technologien für organische Elektronik und IC-/Systemdesign. Unsere Technologien und Prozesse finden Anwendung im Maschinenbau, im Transportwesen, in der Biomedizintechnik, in der Architektur und für den Kulturguterhalt, 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 ILT

Mit über 400 Mitarbeitern ist das Fraunhofer ILT ein gefragter FuE-Partner der Industrie für die Entwicklung innovativer Laserstrahlquellen, Laserverfahren und Lasersysteme. Unsere 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 die Generative Fertigung. Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Prozessüberwachung und -regelung, Modellierung sowie der gesamten Systemtechnik.

www.ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF

Das Fraunhofer IOF entwickelt innovative optische Systeme zur Kontrolle von Licht – von der Erzeugung und Manipulation bis hin zu dessen Anwendung. Unser 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 Physikalische Messtechnik IPM

Das Fraunhofer IPM entwickelt maßgeschneiderte Messtechniken, Systeme und Materialien für die Industrie. Dadurch ermöglichen wir unseren Kunden, den Energie- und Ressourceneinsatz zu minimieren und gleichzeitig Qualität und Zuverlässigkeit zu maximieren. Fraunhofer IPM macht Prozesse ökologischer und gleichzeitig ökonomischer. Langjährige Erfahrungen mit optischen Technologien und funktionalen Materialien bilden die Basis für Hightechlösungen in der Produktionskontrolle, der Objekt- und Formerfassung, der Gas- und Prozesstechnologie sowie im Bereich der thermischen Energiewandler.

www.ipm.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST

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, 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 Werkstoff- und Strahltechnik IWS

Das Fraunhofer IWS steht für Innovationen in den Geschäftsfeldern Laserabtragen und -trennen, Mikrotechnik, Fügen, thermische Oberflächentechnik, Generieren und Drucken und chemische Oberflächen- und Reaktionstechnik. 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

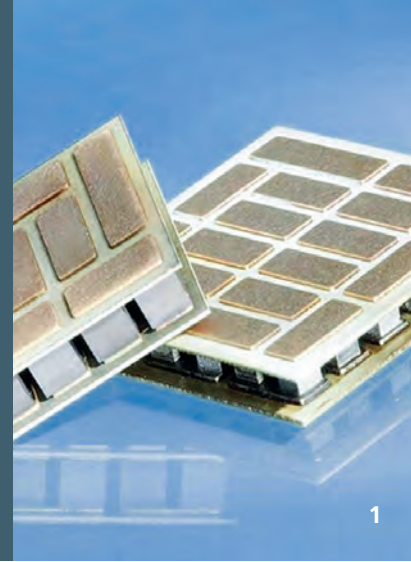
Kontakt – Fraunhofer-Verbund Light & Surfaces

Prof. Reinhart Poprawe (Vorsitzender)
Steinbachstraße 15, 52074 Aachen
reinhart.poprawe@ilt.fraunhofer.de

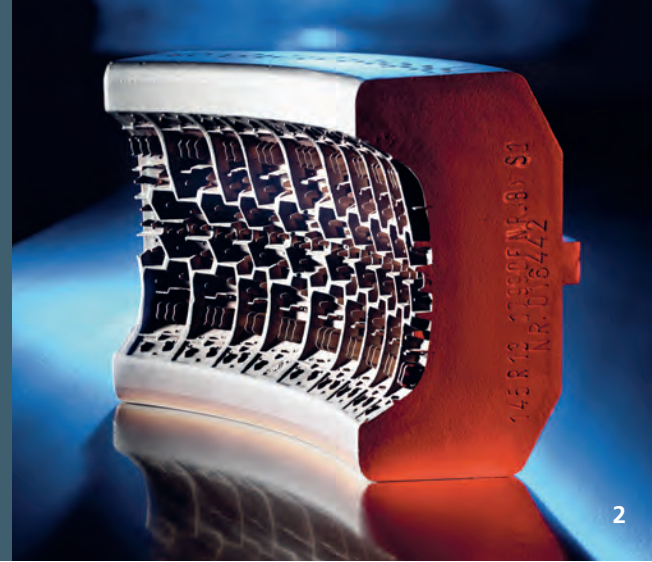
Dr. Arnold Gillner (Geschäftsführer)
Steinbachstraße 15, 52074 Aachen
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de

www.light-and-surfaces.fraunhofer.de

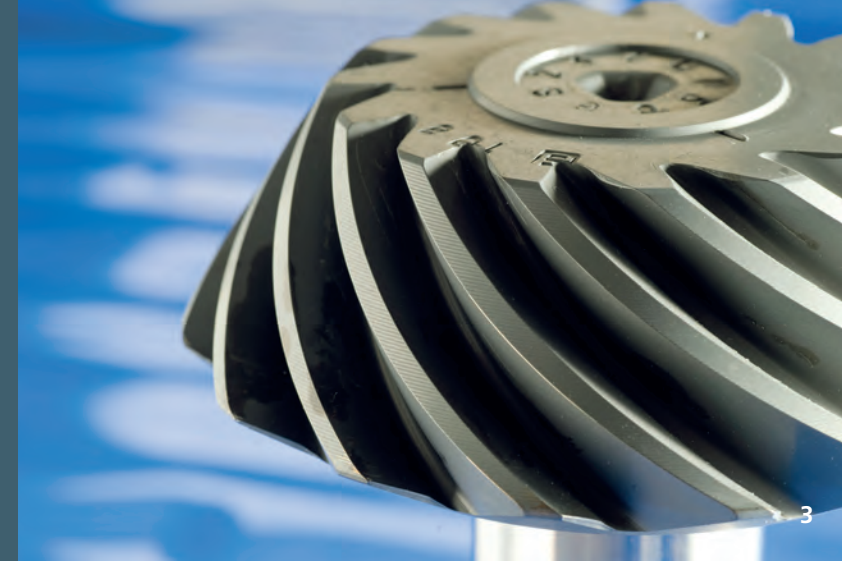
WERKSTOFFTECHNIK



1



2



3

Die Werkstofftechnik und damit verbunden die Charakterisierung der Ausgangsvoraussetzungen und der werkstofflichen Zusammenhänge ist für den Erfolg von Fertigungsverfahren entscheidend. Die Verbundinstitute verfügen hier über geeignete Mess- und werkstoffliche Untersuchungsmethoden. Zur Charakterisierung der Werkstoffe und Bearbeitungsergebnisse werden z. B. chemische Analysen von Materialien mittels Röntgen-, Sekundärionen-Massen- und Photoelektronenspektroskopie oder Röntgenfluoreszenzanalyse, durchgeführt. Darüber hinaus verfügen die Institute über ein breites Spektrum an Werkstoffentwicklungen, wie z. B. neue thermoelektrische Werkstoffe, die zum Energy-Harvesting eingesetzt werden, oder biokompatible Werkstoffe, die über generative Verfahren hergestellt werden. Neben diesen stofflichen Untersuchungen werden auch funktionale Bauteiluntersuchungen durchgeführt, die der Bestimmung von mechanischen Kennwerten oder der Ermittlung von Kennlinien zur Bewertung der Schwingfestigkeit und der Materialermüdung dienen.

Anwendungen

- Funktionswerkstoffe
- Werkstoffcharakterisierung
- Tribologische Systeme
- Fertigungsangepasste Werkstoffe

FUNKTIONSWERKSTOFFE

Auf Basis umfangreicher Erfahrungen in optischen Systemen sowie in der Analyse und Auswahl geeigneter hochtransparenter Gläser und Thermoplaste für mikrooptische Komponenten werden optische Werkstoffe am Fraunhofer IOF entwickelt. So können z. B. mithilfe von Nanostrukturtechniken neue Materialien für Optik und Photonik, bspw. photonische Kristalle oder Metamaterialien, hergestellt werden. Auch am Fraunhofer IPM wird an der Entwicklung neuer Materialien geforscht. Neben Arbeiten zu optisch-nichtlinearen Werkstoffen werden thermoelektrische Werkstoffe und magneto- bzw. elektrokalarische Materialien entwickelt und untersucht. Thermoelektrische Materialien können aus Abwärme elektrischen Strom gewinnen. Magneto- und elektrokalarische Materialien eignen sich zur Entwicklung energieeffizienter Kühlsysteme ohne Kältemittel.

WERKSTOFF-CHARAKTERISIERUNG

Für die Dünnschichtcharakterisierung verfügen die Fraunhofer-Institute Fraunhofer IST, Fraunhofer IWS und Fraunhofer FEP über eine breite Palette an Verfahren zur Werkstoffcharakterisierung, z. B. zur chemischen Analyse von Materialien (orts aufgelöst, tiefenaufgelöst, oberflächennah oder gemittelt). Dazu gehören die Röntgenspektroskopie (EDX/WDX/EPMA), die Sekundärionen-Massenspektroskopie (SIMS), die Photoelektronenspektroskopie (XPS) und die Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA/XRF). Kristalline Materialien können zudem mittels Röntgenbeugung (XRD) untersucht werden. Daneben existieren eine Vielzahl an anwendungsbezogenen

Prüfverfahren zur Charakterisierung von Materialeigenschaften, wie Härte, Reibung, Verschleiß, Korrosion oder Ermüdungsverhalten. Hierfür stehen am Fraunhofer IWS und am Fraunhofer ILT moderne Prüfsysteme der Metallographie, Licht- und Elektronenmikroskopie sowie Mikroanalytik zur Verfügung.

TRIBOLOGISCHE SYSTEME

Eine spezielle Entwicklungslinie der Verbundinstitute betrifft tribologische Schichtsysteme und Oberflächen, deren Ziel die Erhöhung der Verschleißfestigkeit bei hochbeanspruchten Systemen ist. Hierfür werden sowohl verschleißfeste Schichten, als auch geeignete Nachbearbeitungs- und Funktionalisierungsverfahren, bei denen die intrinsischen Eigenschaften der jeweiligen Werkstoffe genutzt werden, entwickelt.

Im Bereich der Tribologie beschäftigt sich das Fraunhofer IST mit der gesamtheitlichen Optimierung verschleiß- und reibbeanspruchter Systeme durch geeignete Dünnschichtsysteme. Die Oberflächen können je nach Werkstoff, Fertigungshistorie und Einsatzbedingungen individuell gestaltet werden und mithilfe von Impact-Tester, Hochtemperatur- oder Wälztribometer untersucht werden. Ebenso stehen dem Fraunhofer ILT individuelle Technologien der Oberflächenfunktionalisierung, wie die Wärmebehandlung, Beschichtung oder eine hochaufgelöste Mikrostrukturierung zur Verfügung, die zu einer Erhöhung der Verschleißfestigkeit bzw. zur Minderung der Reibung führen. Auch die vom Fraunhofer IWS entwickelten Diamor®-Schichten aus tetraedrischem, amorphen Kohlenstoff (ta-C) sind extrem verschleißfest und reibungsarm. Sie eignen

sich daher hervorragend als Schutzschichten für Werkzeuge, Komponenten und Bauteile unter (un-) geschmierten Einsatzbedingungen. Neben der Technologie liefert das Fraunhofer IWS auch die erforderlichen Beschichtungsquellen und -anlagen sowie die laserakustische Prüftechnik »LAwave« zur Qualitätssicherung und Schichtoptimierung.

FERTIGUNGSANGEPASSTE WERKSTOFFE

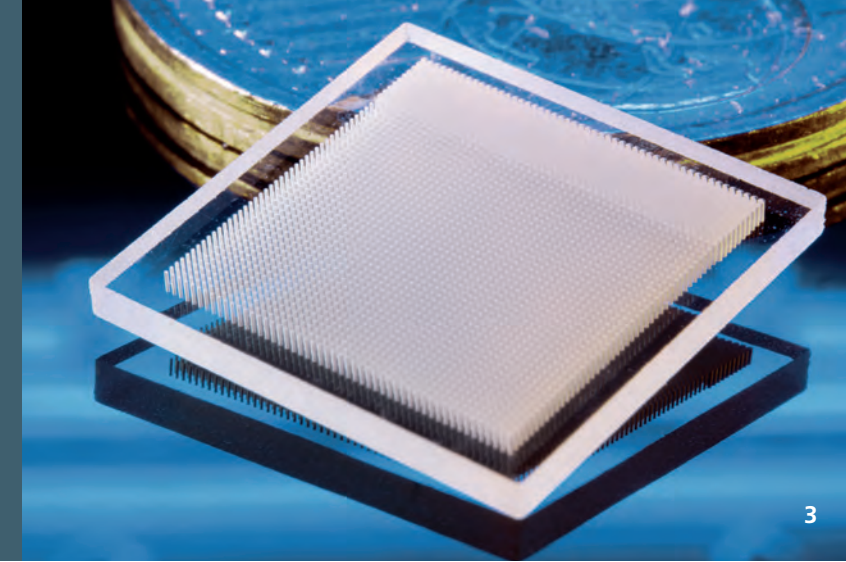
Am Fraunhofer ILT werden neuartige, funktionale Photopolymere auf Acryl-, Epoxy- oder Thiol-En-Basis, die eine selektive Lichthärtung im Mikrometer- und Submikrometerbereich ermöglichen, entwickelt. Diese konsequente Werkstoffentwicklung erfolgt in enger Abstimmung mit den angewandten Fertigungsverfahren, sodass mit Blick auf die gewünschte Funktion des Produkts unterschiedliche Polymere mit angepassten Laserstrahlquellen ($\lambda = 266 \text{ nm} - 1 \text{ }\mu\text{m}$) oder inkohärenten LED-Projektionen (SLM – Spatial Light Modulation) bearbeitet und hochaufgelöste Strukturen (2D oder 3D) erzeugt werden. Bei der Materialentwicklung finden zudem besondere Eigenschaften wie mechanische, optische (hohe Transparenz und Brechkraft), elektrische, chemische und biologische Eigenschaften (Bio-Kompatibilität) ihre Berücksichtigung.

1 Thermoelektrische Hochtemperaturmodule.

2 DLC-beschichtetes Segment einer Reifenform.

3 Beschichtung von Getriebebauteilen mit Diamor®-Schichten.

MIKRO- UND NANOTECHNOLOGIEN



Für die Erzeugung von Mikro- und Nanostrukturen verfügen die Verbundinstitute über vielfältige Strukturierungstechniken und -verfahren. Neben klassischen lithographischen Techniken sind hier vor allem die laserbasierten Mikrostrukturierungsverfahren mit Nanosekunden-, Piko- und Femtosekundenlasern zu nennen. Letztere eröffnen durch die beinahe athermische Verfahrensführung vielfältige Anwendungsmöglichkeiten in unterschiedlichen industriellen Bereichen. Bedingt durch die einzigartigen Prozesscharakteristika der Femto- und Pikosekundenlaser, wie dem verdampfungsdominierten Materialabtrag oder dem minimalen Wärmeeintrag ins Werkstück, können mikro- und nanoskalige Strukturen auf nahezu beliebigen Oberflächen erzeugt werden. Die umfangreiche und moderne Ausstattung sowie das fundierte Know-how der Verbundinstitute ermöglichen die angewandte Forschung zur Mikro- und Feinbearbeitung mit Laserstrahlen im Maschinen-, Anlagen-, Fahrzeug- und Gerätebau, sowie in der Bio- und Medizintechnik.

Anwendungen

- Mikrostrukturierung
- Nanostrukturierung
- Volumenmodifikation
- Nanowerkstoffe

MIKROSTRUKTURIERUNG

An den Fraunhofer-Instituten Fraunhofer ILT und Fraunhofer IOF werden Ultrakurzpulslasersysteme entwickelt, mit denen sich hervorragende Strahlqualitäten, aber vor allem kurze Prozesszeiten realisieren lassen. Diese Systeme haben ein hohes Einsatzpotenzial zur hochpräzisen Strukturierung von verschiedenen Materialien, insbesondere von Metallen, Gläsern, Halbleitern und biologischen Gewebe. Darüber hinaus werden am Fraunhofer IOF mithilfe von Photo-, Laser-, Elektronenstrahlolithographie und reaktivem Ionenätzen funktionale Oberflächen und Komponenten wie z. B. High-End mikro- und nanooptische Elemente höchster Auflösung gefertigt und charakterisiert. Am Fraunhofer IST werden Dünnschichtsensoren für die Messung von Kraft und Temperatur in stark belasteten Zonen entwickelt, die direkt auf das Werkzeug oder Bauteil aufgebracht und mittels Laser- oder Photolithographie strukturiert werden. Am Fraunhofer IPM werden Sensoren durch Bulk- oder Hotplate-Technologien mit Tiefenstrukturierungen von einigen Mikrometern mittels RIE- bzw. ICP-Ätzanlagen und nasschemische Ätzprozessen hergestellt. Das Fraunhofer FEP weist eine große Erfahrungsbasis auf dem Gebiet der Verarbeitung organischer Halbleiter-Materialien vor, aus denen mittels Beschichtung und Mikrostrukturierung mit Elektronenstrahltechnologie organische Leuchtdioden (OLED) und OLED-Mikrodisplays entwickelt werden.

1 Effiziente Herstellung von funktionalen Oberflächen durch die Kombination von Nano- und Pikosekundenpulsen.

2 Laserstrukturierter Sternenhimmel eines Uhrenziffernblatts.

3 Mittels Selective Laser Etching erzeugte Mikrostrukturen in Glas.

NANOSTRUKTURIERUNG

Funktionale Oberflächen erfordern häufig Strukturen, welche die intrinsischen Eigenschaften der Werkstoffe verstärken bzw. aufgrund ihrer Dimension einen besonderen physikalischen oder optischen Effekt hervorrufen. Dazu sind Nanostrukturen erforderlich, die sich reproduzierbar und mit hoher Geschwindigkeit mittels gepulster Laserstrahlung erzeugen lassen.

Durch den Einsatz der Laserabtragstechnik können hochauflösende Oberflächenstrukturen erzielt werden, wobei durch die sogenannte Mehrstrahl-Interferenztechnik periodische Strukturen im Bereich 100 - 1000 nm auf Bauteile applikabel sind. Spezielle Optiken erlauben die gezielte Einstellung der Periodizitäten sowie der Nanomuster, wodurch sich bedingt durch die sich einstellenden Interferenzen an den Oberflächen bestimmte Interferenzfarben sowohl auf Bauteilen, als auch auf Werkzeugen erzeugen lassen. Diese lassen sich mittels Replikationsverfahren auf große Bauteile kostengünstig übertragen. Darüber hinaus ermöglichen Selbstorganisations-effekte in der Bearbeitung mit Ultrakurzpulslasern die Nanostrukturierung im Bereich 100 - 500 nm. Dabei werden funktionale Strukturen auf Metallen erzeugt, die sich im Spritzguss oder über Prägeverfahren auf metallische Folien und Polymere übertragen lassen.

VOLUMENMODIFIKATION

Mittels stark fokussierter, ultrakurzgepulster Laserstrahlung im Femtosekundenbereich sind am Fraunhofer ILT Technologien verfügbar, mit denen sich transparente Werkstoffe wie Gläser, Saphir oder andere transparente Keramiken lokal modifizieren lassen. Die dafür benötigten Multiphotonenprozesse werden nur bei hohen Intensitäten induziert, sodass nur im Fokusbereich das Material verändert wird. Durch eine Strahlablenkung mit Genauigkeiten im Nanometerbereich können somit beliebige 3D-Geometrien im Volumen der Werkstücke schichtweise erstellt werden.

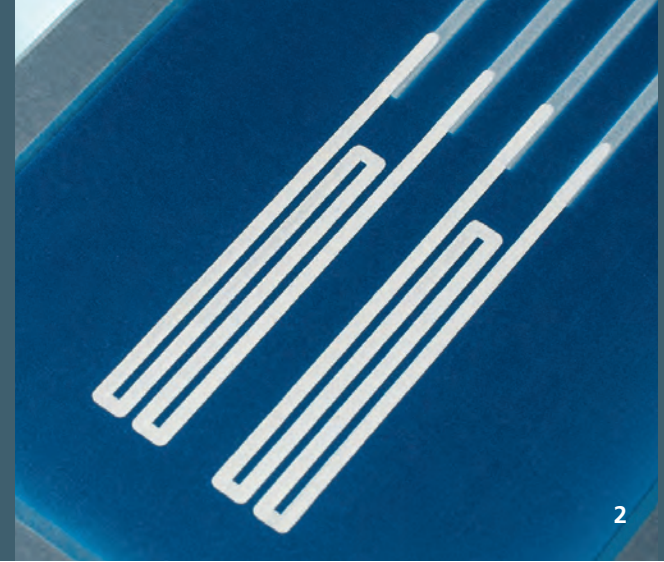
NANOWERKSTOFFE

Am Fraunhofer IWS werden Prototypen von Reaktoren für Oberflächenbehandlungen, wie Feinreinigung, Funktionalisierung oder Ätzen, und zur Herstellung von oxidischen bzw. nicht-oxidischen Schichten, Nanopartikeln, Nanoröhren (Carbon Nanotubes – CNT), und Karbonfasern entwickelt. Zur Abscheidung von Nanometer-Einzelschichten und -Multischichten für EUV- und Röntgenoptiken werden hierfür Verfahren der Magnetron- und Ionenstrahl-Sputtern-Deposition eingesetzt. Auch Verfahren wie die Puls-Laser-Deposition finden in diesen Bereichen ihren Einsatz. Neben der Entwicklung und Herstellung von Präzisionsschichten verfügt das Fraunhofer IWS über langjährige Erfahrungen auf den Gebieten der Charakterisierung und Modellierung von Nanometerschichten.

DÜNNSCHICHTTECHNIK



1



2



3

Die Entwicklung nanostrukturierter Materialien mit einer definierten Oberflächenchemie ist die Voraussetzung, um die Effizienz der Oberflächeneigenschaften zu steigern, denen in der Anwendung bei vielen Werkstoffen und Materialien eine besondere Rolle zuteil wird, so z. B. für die Kratzfestigkeit. Hierfür werden Beschichtungsverfahren wie Physical Vapour Deposition (PVD), Sputtern oder Chemical Vapour Deposition (CVD), sowie Nachbehandlungsverfahren genutzt, die der Herstellung unterschiedlicher Schichten und Schichtsysteme, wie funktionale Schichten, Multi-Material-Schichtsysteme für Sensorik, Elektronik und Optik oder Verschleiß- und Korrosionsschutzschichten für Werkzeuge und Bauteile, dienen. Zahlreiche Prozesse, Anlagen und Reinräume an den Instituten ermöglichen die Kombination aus nasschemischen Beschichtungsverfahren mit Verfahren der Lasernachbehandlung.

Anwendungen

- PVD-Beschichtung
- CVD- und elektrochemische Beschichtung
- Sputterverfahren
- Dünnschichtdesign und -modifikation

PVD-BESCHICHTUNG

Die Verbundinstitute verfügen über ein breites Spektrum an Beschichtungsverfahren. Die PVD-Beschichtung ist dabei eine zentrale Technologie und wird an den Instituten Fraunhofer IST und Fraunhofer FEP zur Herstellung unterschiedlicher Beschichtungen, z. B. zur Beschichtung von Bau- und Klein-teilen, genutzt. Sie erlaubt die Abscheidung hochwertiger, tribologischer und funktioneller Schichten im Dickenbereich von wenigen Nano- bis zu einigen Mikrometern. Am Fraunhofer IWS stehen hierzu Verfahren der Hochratebedampfung bis hin zu hochaktivierten Plasmaverfahren sowie deren Kombination zur Verfügung.

CVD- UND ELEKTRO-CHEMISCHE BESCHICHTUNG

An den Verbundinstituten werden Beschichtungsverfahren auf Gas- und Flüssigkeitsbasis entwickelt, mit denen sich großflächige Beschichtungen auf Basis neuer Materialien auftragen lassen. Schwerpunkte liegen dabei auf transparente, funktionale Dünnschichten und poröse Kohlenstoffschichten für elektrische Energiespeicher. Das Fraunhofer IOF nutzt Atomic Layer Deposition (ALD) zur Herstellung von innovativen, verbesserten, optischen Nanostrukturen. Ebenso werden Hochvakuumbedampfungsanlagen mit Widerstands- und Elektronenstrahlverdampfern bzw. Plasmaionenquellen für verschiedene Beschichtungsaufgaben, wie z. B. das thermische Aufdampfen organischer Verbindungen verwendet.

Am Fraunhofer IST stehen verschiedene CVD-Verfahren wie z. B. das Heißdraht-CVD-Verfahren zur Verfügung. Für Großflächenbeschichtungen temperaturempfindlicher Materialien eignet sich insbesondere das PECVD-Verfahren, welches zusätzlich ein Plasma zur Abscheidung der Schichten aus der Gasphase nutzt. So können z. B. Permeationsbarriereschichten oder auch optische Schichten sowie Schichtsysteme auf Kunststofffolien aufgebracht werden, die durch Anpassung der Plasmaanregung und durch eine Veränderung der Zusammensetzung des Prozessgases relativ einfach variiert werden können. Dabei gehört die PECVD-Beschichtung zu den Kerntechnologien des Fraunhofer FEP. Das Fraunhofer IST nutzt nasschemische Beschichtungsverfahren wie Atmosphärendruckprozesse in wässriger Umgebung zur Abscheidung von Metallen.

SPUTTERVERFAHREN

Sputtertechnologien werden an den Verbundinstituten entwickelt, um Schichten und Mehrlagenschichtsysteme im Vakuum mit guter Effizienz auf große Oberflächen aufzubringen, sodass eine präzise Abscheidung von dünnen, elektrischen und optischen Funktionsschichten im industriellen Maßstab erzielt wird. Das Magnetronspütern und das Hohlkathodenverfahren werden am Fraunhofer IST zur Herstellung unterschiedlichster Beschichtungen verwendet. Das Fraunhofer IOF setzt das Magnetronspütern an Präzisionsoptiken ein, um steigenden Anforderungen an die Qualität und Homogenität der Beschichtung auf großen Optiken gerecht zu werden. Ebenso werden klassische Sputteranlagen u. a. für Abscheidungen von EUV-/Röntgenschichtsysteme auf Substratgröße bis zu einem Durchmesser von 660 mm eingesetzt. Das Fraunhofer FEP ist

auf das Puls-Magnetronspütern (PMS) und auf die Regelung reaktiver Sputterprozesse spezialisiert. Neben Metallen werden Oxide, Nitride und Oxinitride als abscheidbare Materialien verwendet. Mithilfe des dualen Magnetronspütersystems (DMS) können ebenso elektrisch hochisolierende Materialien abgeschieden werden. Zur Abscheidung von Nanometer-Einzelschichten und -Multischichten für EUV- und Röntgenoptiken setzt das Fraunhofer IWS die Verfahren der Magnetron- und Ionenstrahl-Sputter-Deposition sowie der Puls-Laser-Deposition ein.

DÜNNSCHICHTDESIGN UND -MODIFIKATION

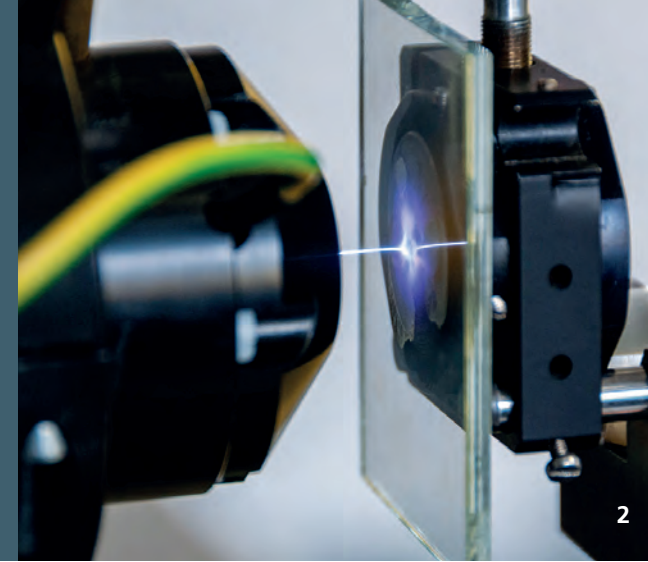
Der Laser als zeitlich und örtlich hervorragend zu steuerndes Werkzeug eignet sich gut, um dünne Schichten bspw. durch Kristallisierung, Sinterung oder durch Schmelzen zu modifizieren. Insbesondere auf thermisch empfindlichen Substraten wie Gläsern, Kunststoffen oder gehärteten Stählen ist die mit der Laserstrahlung verbundene, geringe, thermische Belastung des Substrats im Vergleich zu konventionellen Prozessen oftmals der Schlüssel zur Erzeugung funktionaler Schichten. Die ortselektive Behandlung von Schichten eröffnet neue Möglichkeiten in der Gestaltung von Oberflächeneigenschaften, wie z. B. funktionale und Multi-Material-Schichtsysteme, tribologische Schichten und nano- und mikropartikulärer Schichten.

- 1 Elektrolumineszenzfolie als transparente Elektrode.
- 2 Detailaufnahme einer Sensorstruktur.
- 3 Hydrophil / hydrophob-strukturierte Oberfläche.

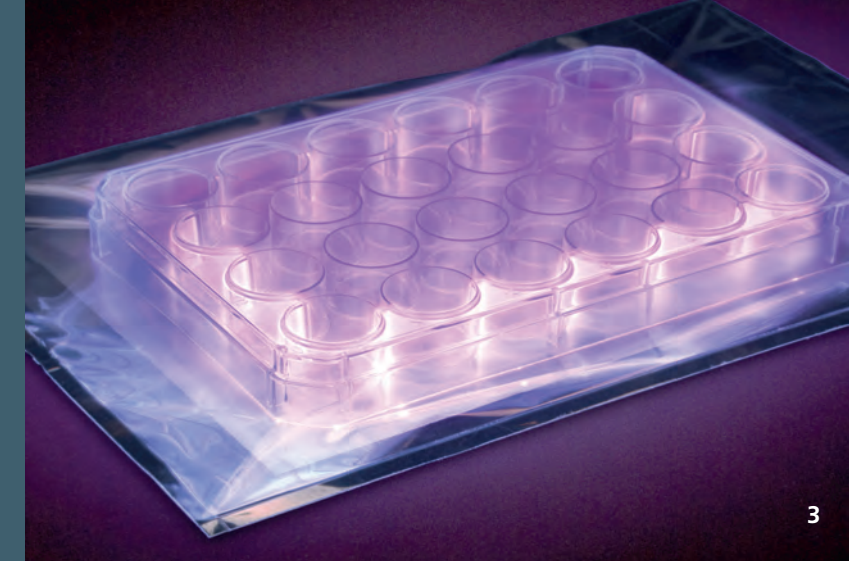
PLASMATECHNIK



1



2



3

Die Plasmatechnik ist ein wichtiges Werkzeug für die Herstellung, Modifikation und Funktionalisierung von Beschichtungen und Oberflächen. Sie wird für die Herstellung besonderer Schichtfunktionalitäten als auch für die Modifikation lasertechnisch hergestellter Schichten an den Verbundinstituten genutzt. Durch Anregungstechniken in der Gasphase können Schichtzusammensetzungen und Oberflächenzustände gezielt verändert und an die jeweilige Anwendung, bspw. zur Reinigung von Oberflächen oder zur Aktivierung von Polymerfolien, Holz und Holzwerkstoffen, angepasst werden. Beschichtungsprozesse bei Atmosphärendruck sorgen mittels zusätzlicher Plasmaprozesse für Benetzbarkeit und Oberflächenspannungen, die bei gezielter Einstellung zu hydrophilen, hydrophoben und super-hydrophoben Oberflächen führen. Ebenso werden Plasmaverfahren für medizinische und eigenschafts-ändernde Anwendungen genutzt, bei denen die hohe Elektronenenergie der Plasmen und die entstehende UV-Strahlung für eine (De-)Aktivierung von Oberflächen zum Einsatz kommen.

Anwendungen

- Plasmaquellen
- Atmosphärendruckplasmen
- Plasmaverfahren

PLASMAQUELLEN

Die Plasmaaktivierung bei der Bedampfung führt zu einer Erhöhung der Teilchenenergie, die hohe Beschichtungsraten auf großen Flächen ermöglicht und sich positiv auf die Verbindungsbildung auswirkt. Hierfür werden leistungsstarke Quellen benötigt, die einer hohen Beschichtungsrate und einer Großflächenbeschichtung angepasst sind. Durch die Kombination der Hochratebedampfung mit verschiedenen geführten Bogenentladungen (SAD- und HAD-Prozess) entwickelt das Fraunhofer FEP hierfür geeignete Prozesse. Großflächige Atmosphärendruck-Plasmaquellen für kundenspezifische Anwendungen werden vom Fraunhofer IWS entwickelt. Die »LARGE«-Plasmaquelle des Dresdner Instituts zeichnet sich bspw. durch die Verwendung einer Vielzahl von Prozessgasen und eine kompakte Bauweise aus, die eine einfache Integration in Inlineprozesse oder roboter-gesteuerte Prozesse ermöglicht. Die am Fraunhofer IST entwickelte Plasmaquelle »Disk-Jet« basiert auf einer dielektrisch behinderten Gleitentladung, die sowohl eine flächige als auch konturgenaue und tiefengängige Behandlung von temperaturempfindlichen Substraten erlaubt.

ATMOSPHÄRENDRUCK-PLASMEN

Atmosphärendruck-Plasmaverfahren werden in der Industrie zur Aktivierung und Reinigung von Oberflächen eingesetzt. Das Fraunhofer IST entwickelt hier kundenorientierte, neue Verfahren und Plasmaquellen, die die Modifizierung und Beschichtung von unterschiedlichen Oberflächen auf 3D-Substraten ermöglichen. Derartige Verfahren bzw. Quellen werden in der Mikrosystem- und Medizintechnik, der Verpackungs- und Elektronikgüterindustrie sowie in der Automobil-, Luft- und Raumfahrtbranche genutzt. Die Verwendung von geeigneten Gasen und Reagenzien wird darüber hinaus bei Atmosphärendruckplasmen eingesetzt, um Oberflächen mit reaktiven Gruppen chemisch zu funktionalisieren und damit die Haftung optimal einzustellen. Des Weiteren werden Verfahren entwickelt, um mittels Mikroplasmen eine gezielte lokale Modifikation von Oberflächen im Bereich weniger 10 µm, wie z. B. die Einstellung der gewünschten Oberflächenenergie, zu ermöglichen. Das Fraunhofer IWS entwickelt plasmagestützte Prozesse bei Atmosphärendruck, um die großflächige Reinigung und Aktivierung sowie das Ätzen von Oberflächen zu ermöglichen. Die Abscheidung qualitativ hochwertiger Funktionsschichten ist dabei ohne den Einsatz von kostenintensiven Vakuumanlagen möglich, sodass kontinuierliche Beschichtungsprozesse auf temperaturempfindlichen Materialien sowie auf leicht gekrümmten Substraten unterschiedlicher Dicke realisierbar sind.

PLASMAVERFAHREN

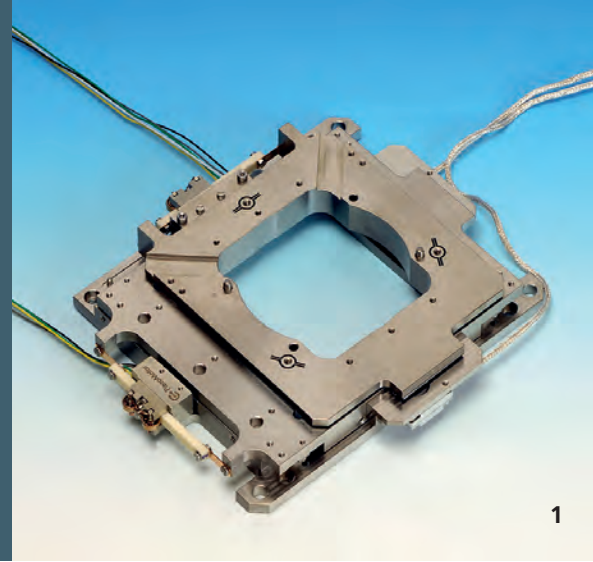
Der Einsatz von Atmosphärendruck-Plasmaverfahren für die Reinigung von Oberflächen sowie für die Aktivierung von Polymerfolien, Holz und Holzwerkstoffen zur Verbesserung der Benetzbarkeit ist in der Industrie weit verbreitet und wird am Fraunhofer IST stetig weiterentwickelt. Eine geeignete Prozessführung ermöglicht die gezielte Einführung funktioneller Gruppen, die durch Anpassungen der Oberfläche an das reaktive Schichtsystem, die Haftung von Lacken und Klebstoffen deutlich verbessert. Das Atmosphärendruck-Plasmaverfahren ermöglicht so die Herstellung von Barrierschichten auf flexiblen Substraten, etwa zur Vermeidung der Migration von Weichmachern aus PVC. Neben Kunststofffolien und Glassubstraten werden auch Textilien, poröse Substrate und Objekte mit 3D-Geometrien beschichtet. Die plasmaaktivierte Hochratebedampfung und das PECVD-Verfahren, als etablierter Prozess, um siliziumbasierte Polymerschichten für verschiedene Anwendungen abzuscheiden, sind Kerntechnologien des Fraunhofer FEP.

1 DBD-Gleitentladungsquelle »Disk-Jet«.

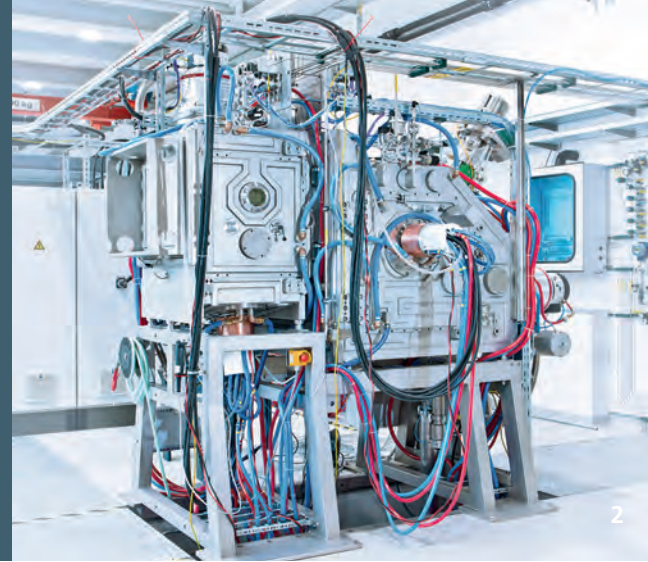
2 Entladung eines direkten, dielektrisch behinderten Plasmastrahls auf Glas.

3 Plasmabehandlung einer Mikrotiterplatte bei Atmosphärendruck.

ELEKTRONEN- STRAHLTECHNIK



1



2



3

Die Elektronenstrahltechnik eignet sich besonders gut für hohe Beschichtungsraten und ist wegen der Erforderlichkeit eines Vakuums ideales Werkzeug für großflächige Folienbeschichtung. Die Verbundinstitute widmen sich der Entwicklung von Technologien und Prozessen zur Oberflächenveredelung und für die organische Elektronik. Die Elektronenstrahltechnik wird zur Lösung vielfältiger, industrieller Problemstellungen der Oberflächentechnologie eingesetzt. Zahlreiche industriennahe Anlagen zur Beschichtung großer Flächen in Batch-Anlagen, in-line oder im Rolle-zu-Rolle-Verfahren sowie Elektronenstrahlanlagen zur effizienten Bearbeitung von Oberflächen stehen an den Instituten zur Verfügung. Das Fraunhofer FEP verfügt daneben über mehrere Reinräume mit Forschungs- und Entwicklungslinien für die organische Elektronik, in denen Flachsubstrate aus Glas, Kunststoff oder Metall, flexible Oberflächen wie metallische Bänder, flexibles Glas oder Kunststofffolien, dreidimensionale Bauteile oder Siliziumwafer veredelt und beschichtet werden.

Anwendungen

- Elektronenstrahlquellen
- Beschichtungstechnik
- Lithographie
- Werkstoffmodifikation

ELEKTRONENSTRAHLQUELLEN

Das Fraunhofer FEP entwickelt Elektronenstrahlquellen für verschiedene Anwendungen und Problemstellungen, die von der Technologie- und Prozessentwicklung bis hin zur Zusammenstellung kompletter Paketlösungen reichen. Neben dem Technologietransfer und der Inbetriebnahme der Prozesse in der Produktion gehören zudem die Ausstattung von Anlagen mit Schlüsselkomponenten (auch Retro-fit bestehender Anlagen), die Aufskalierung von Prozessen und Technologien für Industrieanlagen, die Erstellung von kompletten Paketlösungen inklusive Strahlsteuerung, Arc-Schutz-Beschaltung, Leistungs-, Strahlage- und Ablenkgeneratoren, die Anpassung der Elektronenstrahlquelle an die speziellen Kundenanforderungen, die Entwicklung von Sonderlösungen sowie die Bereitstellung und Integration optionaler Zusatzkomponenten zu den Leistungen des Fraunhofer FEP.

BESCHICHTUNGSTECHNIK

Am Fraunhofer FEP werden Entwicklungen von Technologien und Prozessen zur Oberflächenveredelung sowie für die organische Elektronik verfolgt. Dabei werden Kerntechnologien wie Sputtern, Hochrate-PECVD oder Elektronenstrahltechnologie zur Lösung vielfältiger, industrieller Problemstellungen der Oberflächentechnologie eingesetzt. Neben Materialien wie Glas, Kunststoff oder Metall, wird ultradünnes Glas, auch bekannt als flexibles Glas, als relativ neues Material mit exzellenten Oberflächeneigenschaften und einer niedrigen Substratrauheit als Substratmaterial betrachtet, wobei sowohl Sheet-to-Sheet- als auch Rolle-zu-Rolle-Abscheidungsverfahren adressiert werden, um die Anwendung von ultradünnem Glas in Hightechgeräten zu ermöglichen.

LITHOGRAPHIE

Die Elektronenstrahlolithographie ist wegen der geringen Spotgröße von wenigen Nanometern ein ideales Werkzeug für die Nanotechnologie. Das Fraunhofer IOF besitzt langjährige Kompetenz auf dem Gebiet der Realisierung anspruchsvoller optischer Mikro- und Nano-Strukturen. Schlüsseltechnologie ist hierbei die Elektronenstrahlolithographie. Die am Fraunhofer IOF verfügbare, technologische Ausstattung ermöglicht die effiziente Realisierung optischer Mikro- und Nano-Strukturen auf Flächen bis 300 mm Ausdehnung mit höchster Präzision und Auflösung.

WERKSTOFFMODIFIKATION

Neben der prinzipiell hohen Ortsauflösung der Elektronenstrahlbearbeitung bietet diese darüber hinaus durch die hohe Energie und den Teilchencharakter weitere Möglichkeiten in der Werkstoffbearbeitung. Am Fraunhofer FEP werden Elektronenstrahlen genutzt, um kontrolliert chemische und biologische Wirkungen an Materialoberflächen zu erzielen. Eine bereits am Markt etablierte Methode ist das Saatgutbeizen mittels niederenergetisch, beschleunigten Elektronen, bei dem die DNA der Schädlinge zerstört wird. Ebenso lassen sich mithilfe von niederenergetisch beschleunigten Elektronen Oberflächen von Medizinprodukten (Implantate, Geräte), Verpackungen, Lebensmittel und Futtermittel sterilisieren bzw. desinfizieren.

Selbst empfindliche Materialien und Produkte können mit der umweltfreundlichen und materialschonenden Technologie innerhalb von Millisekunden bis Sekunden effizient desinfiziert oder sterilisiert werden. Die Proben können dabei unter Atmosphärendruck bearbeitet werden und behalten ihre Formstabilität sowie ihre produktspezifischen Eigenschaften. Der Elektronenstrahl kann dabei auch durch Verpackungen hindurch die Produktoberfläche sterilisieren, was Sterilisationsprozesse deutlich vereinfacht. Oberflächenmorphologische als auch energetische Charakteristika, die der bakteriellen Adhäsion entgegenwirken, werden bei der Beschichtung mittels nicht-thermischer Elektronenstrahltechnologie genutzt, sodass sich Keime an der Oberfläche erst gar nicht anlagern können.

Darüber hinaus dient die Elektronenstrahlmodifizierung von Kunststoffen vor allem einer Verbesserung der Haftung auf Oberflächen. Besonders in der Druckindustrie beim Auftragen von Tinten, beim Compoundieren von Polymergranulaten oder beim Aufbringen von Barrierschichten für unterschiedlichste Anwendungen auf Plastikfolien ist eine Elektronenstrahlbehandlung zur Erzeugung optimaler Haftung von entscheidender Bedeutung.

- 1 Präzisionspositionierungssystem für Elektronenstrahlanwendungen.
- 2 Versuchsanlage zur 3D-Beschichtung mittels Puls-Magnetron-Sputtern.
- 3 Glas mit Antireflexbeschichtung.

Kontakt

Prof. Reinhart Poprawe (Vorsitzender)
Steinbachstraße 15, 52074 Aachen
reinhart.poprawe@ilt.fraunhofer.de

Dr. Arnold Gillner (Geschäftsführer)
Steinbachstraße 15, 52074 Aachen
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de

www.light-and-surfaces.fraunhofer.de

Die Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die führende Organisation für angewandte Forschung in Europa. Unter ihrem Dach arbeiten 72 Institute und Forschungseinrichtungen an Standorten in ganz Deutschland. Mehr als 25 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erzielen das jährliche Forschungsvolumen von 2,3 Milliarden Euro. Davon fallen knapp 2 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

www.fraunhofer.de