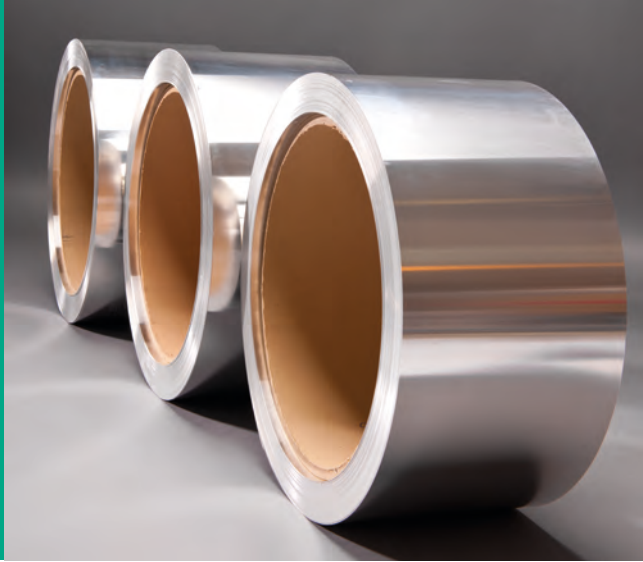
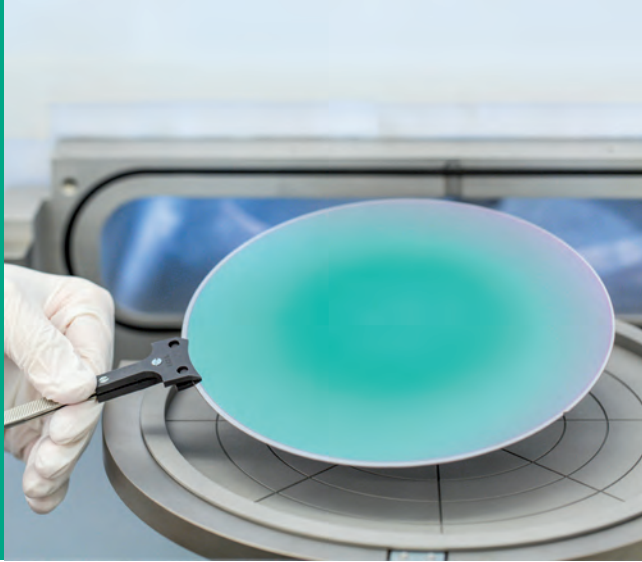


BESCHICHTUNGEN

**FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG:
ANWENDUNGEN – MATERIALIEN – SUBSTRATE – TECHNOLOGIEN – SYSTEME**





VORWORT

Beschichtungen von höchster Präzision werden für zahlreiche Anwendungen in Optik, Elektronik, Sensorik, Energie- und Medizintechnik, Maschinenbau- und Automobiltechnik benötigt. Das Fraunhofer FEP entwickelt Prozesse und Technologien, um beispielsweise elektrische, optische, akustische oder magnetisch wirksame Schichten und Schichtsysteme mit Vakuumverfahren präzise und homogen auf große Flächen aufzubringen. Neben der hohen Umweltverträglichkeit besteht der Vorteil unserer Verfahren in der fast unerschöpflichen Palette abscheidbarer Schichtmaterialien, die weit über die der konventionellen Oberflächenveredelungsverfahren hinausgeht.

Für unsere Kunden entwickeln wir effiziente Technologien zur Herstellung innovativer Produkte, für deren Funktionen die Kombination verschiedener Schichteigenschaften wesentlich ist. Unser Service reicht von der Machbarkeitsstudie über die Schichtstapelentwicklung, Kleinserienbeschichtung und Pilotproduktion bis hin zum Transfer der Technologie in die Produktion auf Basis leistungsfähiger, im Fraunhofer FEP entwickelter Komponenten. Außerdem erweitern wir ständig die Palette der von uns einsetzbaren Substratmaterialien sowie der Beschichtungstechnologien und dringen damit in neue Anwendungen vor.

Auf den folgenden Seiten finden Sie einen Auszug an Schichtentwicklungen und Beschichtungen, dargestellt aus dem Blickwinkel der verschiedenen und vielseitigen späteren Anwendungsfelder, die das Fraunhofer FEP in seiner über 25-jährigen Forschungstätigkeit realisiert hat. Diese Ausführungen sollen einen Einblick in die Möglichkeiten geben, die wir Ihnen bieten können. Natürlich sind alle Kombinationen und Schichtentwicklungen hinsichtlich der Materialien, Prozesse und kunden- sowie anwendungsspezifischen Gegebenheiten und Parameter anpassbar.



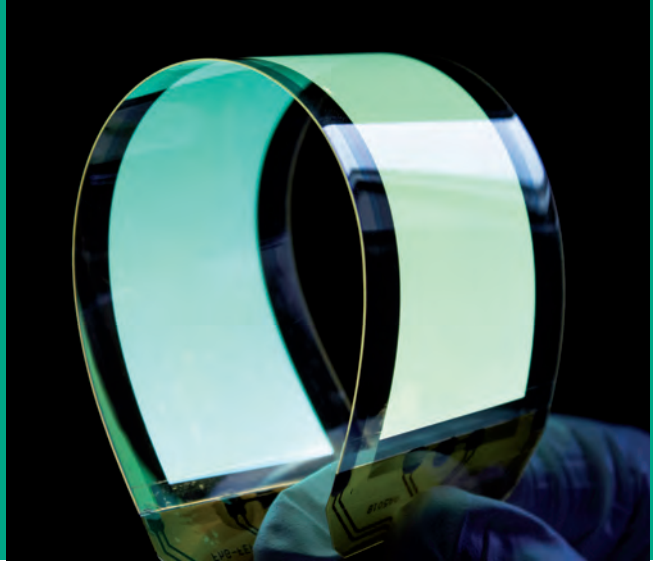
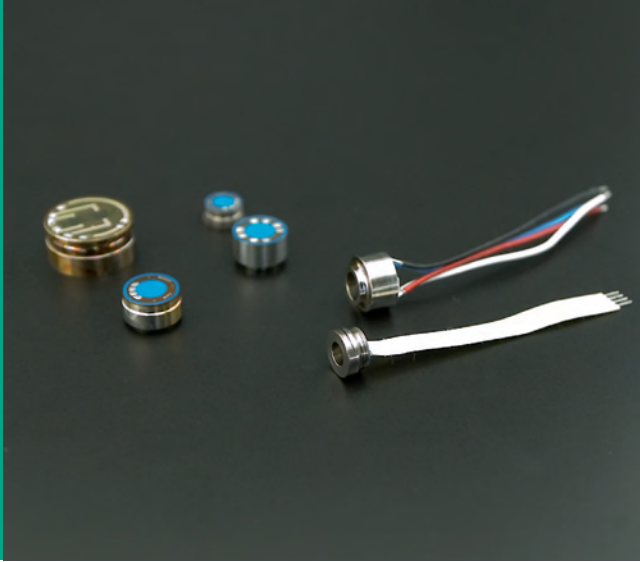


OPTIK UND DEKOR

Anwendungen	Materialien	Substrate	Technologie
Antireflex (AR)/Antireflex-Antistatik (ARAS)	Dielektrika: Al_2O_3 , Cr_2O_5 ,	Glas, Kunststoffe, Metallbänder, Metallplatten	Unipolares oder bipolares Magnetron-Sputtern, Hochrate-Elektronenstrahlverdampfung, plasma-aktivierte Elektronenstrahlbedampfung, anodische Bogenverdampfung
Elektromagnetische Abschirmung elektronischer Geräte	MgO , Nb_2O_5 , SiO_2 , Si_3N_4 , SnO_2 , Ta_2O_5 , TiO_2 , ZnO , ZrO_2		
Energieeffizientes Bauen (low-E, solar control)	Transparente leitfähige Oxide (TCO): ITO, IZO, ZnO-basierte TCO, TiO_2 -basierte TCO		
Spiegelschichten (hochreflektierende Spiegel, barocke Verspiegelungen, Blauspiegel)	Metalle: Ag, Al, Cr, Cu, Mo, Sn, Ta, Ti, Zr, TiN		
Dekorative Schichten			
Optische Filter für Laseroptiken, Spektroskopie-Anwendungen	SiO_2 , Si_3N_4 , Ta_2O_5 , TiO_2 , Al_2O_3 ,	Glas, Kunststoffe	Reaktives Puls-Magnetron-Sputtern, Hochrate-PECVD
Antireflex-Schichten auf Brillengläsern	HfO_2 , Nb_2O_5		
Anti-Fälschungsetiketten, Dekorfolien	SiO_2 , TiO_2 , Ag, Al	Polymerfolien, dünne Metallfolien, flexibles Glas, Membranen, Textilien, Papier, strahlhärtable Lacke	Puls-Magnetron-Sputtern, Hochrate-PECVD, Hochrate-Elektronenstrahlverdampfung, Plasma- und Ionenoberflächenbehandlung, Schlitzdüsenbeschichtung, Elektronenstrahl-Lackhärtung



Wir entwickeln Ihre passgenaue, anwendungsspezifische Beschichtungslösung!



ELEKTRONIK / SENSORIK

Anwendungen	Materialien	Substrate	Technologie
Hochbarriere- und Funktionsfolien für die flexible und organische Elektronik Solarzellen	ZnSnO, TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Organik, strahlenhärtende Lacke, Ormocere	Polymerfolien dünne Metallfolien, flexibles Glas Dicke: 50 µm ... 100/200 µm	Puls-Magnetron-Sputtern, Hochrate-PECVD, Hochrateverdampfung, Plasma- und Ionenoberflächenbehandlung, Schlitzdüsenbeschichtung, Elektronenstrahl-Lackhärtung, Atomic Layer Deposition (ALD)
Piezoelektrische Anwendungen: ▪ Mikrosysteme (MEMS), BAW, SAW ▪ elektroakustische Bauelemente ▪ Ultraschallmikroskopie ▪ Piezoaktorik und -sensorik ▪ Systeme zur Mikroenergiegewinnung	Kristalline AlN- und AlScN-Schichten mit starker c-Achsen-Orientierung	Silizium, Stahl, LiNbO ₃ , LiTaO ₃ , Quarz	Reaktives Puls-Magnetron-Sputtern, Magnetron-PECVD
Elektrische Isolationsanwendungen: ▪ Sensoren (u. a. bauteilintegriert) ▪ Mikroelektronik ▪ Photovoltaik	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , Si ₃ N ₄ , Al _x O _y N _z	Silizium, Stahl, Kupfer, Aluminium, Glas, Keramik	Reaktives Puls-Magnetron-Sputtern, Magnetron-PECVD
Wärmeabfuhr-Bauelemente: ▪ Laserdioden ▪ Elektronikkühlung ▫ Thermoelektrik, Peltierkühler ▪ Elektronikentwicklung	AlN, Al _x O _y N _z	Kupfer, Aluminium	Reaktives Puls-Magnetron-Sputtern, Magnetron-PECVD
Passivierungs-, Schutz- und Barrierschichten: ▪ Sensoren ▪ Elektronikbauelemente	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , Si ₃ N ₄	Silizium, Stahl, Kunststoffe, Glas	Reaktives Puls-Magnetron-Sputtern, Magnetron-PECVD
Elektronische und MEMS-Komponenten	SiO ₂ , TaN, HfO ₂	Silizium, Keramik, Titan, LiNbO ₃ , LiTaO ₃ , Covar Glas, Polymerfolien, dünne Metallfolien, flexibles Glas, Wafer	Reaktives Puls-Magnetron-Sputtern, Magnetron-PECVD
OLED, OPV und OTFT	Kleine Moleküle	Glas, Polymerfolien, dünne Metallfolien, flexibles Glas, Wafer	Thermische Verdampfung (Sheet-to-Sheet oder Rolle-zu-Rolle)
Gas- und Feuchtsensorik	TiO ₂ , Fe, Ag, CuSn	Silizium, Keramik, Glas	Reaktives Puls-Magnetron-Sputtern, Magnetron-PECVD
Multilayer für elektrische Isolations-schichten mit Parylene	Parylene	Glas, Polymerfolie, Metallfolie, Silizium, Dünnglas, Leiterplatten	CVD bei Raumtemperatur



KORROSIONS- / KRATZSCHUTZ

Anwendungen	Materialien	Substrate	Technologie
Korrosionsschutz	Ti, Al, Cr, Cu, Sn, ZnMg, Zn Dicke: 10 µm	Stahl, Edelstahl, vorbeschichteter Stahl, Kupfer, Aluminium und deren Legierungen	Vakuumbasiert, z. B. physikalische Dampfabscheidung (PVD)
	Parylene	Glas, Polymerfolie, Metallfolie, Silizium	CVD bei Raumtemperatur
Verschleißschutz, Reibungsminderung, Kratzschutz, Korrosionsschutz	a-C, ta-C (wasserstofffreie amorphe Kohlenstoffschichten)	Stahl, Edelstahl, Hartmetall, Werkzeuge, Stahlblech	Plasma-unterstützte Elektronenstrahlverdampfung
Transparenter Kratzschutz	SiO _x , Al ₂ O ₃ Dicke: 1 ... 10 µm strahlenhärtende Lacke	Dekorfolien, Dekorpapiere, High-Pressure-Laminat (HPL)-Platten	Plasma-unterstützte Elektronenstrahlverdampfung, Elektronenstrahl-Lackhärtung

ENERGIEWANDLUNG, -TRANSPORT, -SPEICHERUNG UND BATTERIETECHNIK

Anwendungen	Materialien	Substrate	Technologie
Stromableiter für Batterien und Solarzellen	Cu, Al	Polymerfolien, Silizium-Wafer	Magnetron-Sputtern, Elektronenstrahlverdampfung, thermische Verdampfung
Dünnschicht-Photovoltaik	CdTe, CdS, Mo, CIGS, TCO	Glas, Metallfolie	Close Spaced Sublimation (CSS), Plasma-enhanced Close Spaced Sublimation (PECSS), Magnetron-Sputtern, thermische Verdampfung, anodische Bogenverdampfung
Kristalline Photovoltaik	TCO, AlN, Perovskite (für Tandemzellen), Si-Dünnschichtabsorber	Silizium-Wafer, Glas, Stahl	Magnetron-Sputtern, anodische Bogenverdampfung, thermische Verdampfung, Elektronenstrahlverdampfung, Elektronenstrahlkristallisation
Anodenmaterialien für Li-basierte Batterien	Silizium	Metallfolie	Magnetron-Sputtern, Hochrate-Elektronenstrahlverdampfung
Feststoffelektrolyte	LiPON	Metall	Thermische Verdampfung, Elektronenstrahlverdampfung



Wir entwickeln Ihre passgenaue, anwendungsspezifische Beschichtungslösung!



PERMEATIONS-BARRIERESCHICHTEN

Anwendungen	Materialien	Substrate	Technologie
<p>Nicht-optische Funktionsschichten:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Magnetische Speicher ▪ Kratzschuttschichten auf Kunststoff ▪ Oberflächenmetallisierung ▪ Hartstoffschichten 	<p>Dielektrika: Al_2O_3, Cr_2O_5, MgO, Nb_2O_5, SiO_2, Si_3N_4, SnO_2, Ta_2O_5, TiO_2, ZnO, ZrO_2</p> <p>Transparente leitfähige Oxide (TCO): ITO, IZO, ZnO-basierte TCO, TiO_2-basierte TCO</p> <p>Metalle: Ag, Al, Cr, Cu, Mo, Sn, Ta, Ti, Zr</p>	Glas, Kunststoffe	Unipolares oder bipolares Magnetron-Sputtern, anodische Bogenverdampfung
<p>Beschichtung flexibler Materialien:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Barrierefolien für Verpackungen ▪ Hochbarriere für Verkapselung von elektronischen Komponenten (z. B. Solarzellen, Wearables, OLEDs, ...) 	Al_2O_3 , SiO_2 , ZnSnO , SiN, Al, strahlenhärtende Lacke, Ormocere	Polymerfolien	Puls-Magnetron-Sputtern, Hochrate-PECVD (arc-PECVD), Hochrateverdampfung, Elektronenstrahl-Lackhärtung, Schlitzdüsenbeschichtung
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ultrahochbarriereschichten in Kombination mit ALD oder Sputterschichten, ▪ Barrierefolien und -substrate, ▪ Direktverkapselung (3D) 	Parylene	Glas, Polymerfolie, Metallfolie, Silizium, Dünnglas, Leiterplatten	CVD bei Raumtemperatur
Korrosionsschutz	Strahlenhärtende Lacke	Polymere, Holz, Blech, Papiere, Folien, Glas, Keramik, Metall	Elektronenstrahl-Lackhärtung

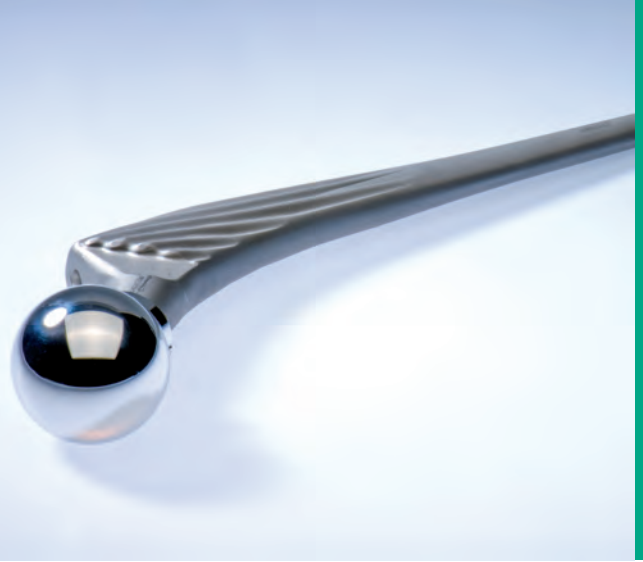
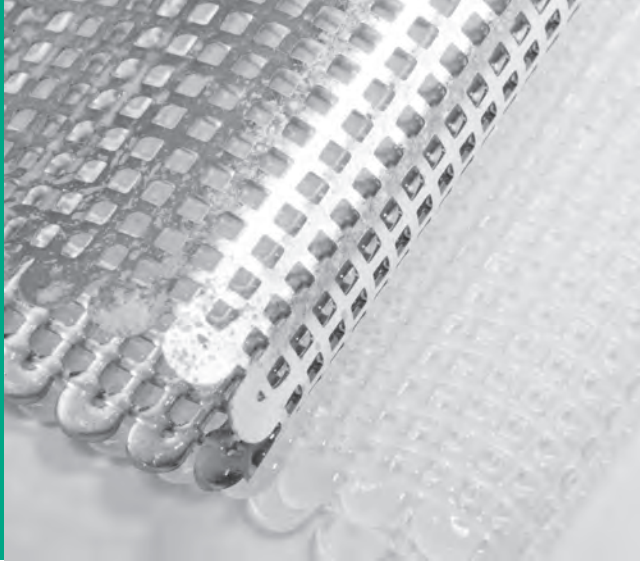


BAUTEILE, KOMPONENTEN, SCHÜTTGÜTER

Anwendungen, Funktion		Materialien	Substrate	Technologie
Elektrische Funktion	Elektr. Leitfähigkeit, elektromagnetische Abschirmung	Metalle, Legierungen, Transparente leitfähige Oxide	Steckerkontakte, Chemieanlagenkomponenten, Kunststoffgehäuse	Elektronenstrahlverdampfung, Puls-Magnetron-Sputtern, anodische Bogenverdampfung
	Elektrische Isolation	Metall- und Halbleiteroxide	Additiv gefertigte Kontaktstrukturen	Elektronenstrahlverdampfung, Puls-Magnetron-Sputtern
Thermische Funktion	Therm. Leitfähigkeit	Metalle	Wärmespeichergranulat	Thermische Verdampfung
	Therm. Isolation	Stabilisiertes ZrO ₂	Turbinenschaufeln	Elektronenstrahlverdampfung
Chemische Barrierefunktion	Korrosionsschutz	Aluminium-basiert, Cr, CrN	Nietverbinder, Strukturbauteile in der Luftfahrt	Thermische Verdampfung, Puls-Magnetron-Sputtern
Mechanische Schutzfunktion	Verschleißschutz	Hartstoffschichten	Werkzeuge, Transmissionskleinteile	Puls-Magnetron-Sputtern
	Reibungsminderung	Metalllegierungen (AlSn-Basis)	Gleitlager	Elektronenstrahlverdampfung,
		Kohlenstoffbasierte Materialien	Automobil- und Maschinenbaukomponenten	Puls-Magnetron-Sputtern, Hochrate-PECVD
Kratzschutz	Metallnitride	Gebrauchsgegenstände	Puls-Magnetron-Sputtern	
Dekorative Funktion	Metalloptik	Metalle	Kunststoffbauteile, Sanitärrohre	Puls-Magnetron-Sputtern
	Körperfarben	Metallnitride	Beschläge, Brillengestelle	Puls-Magnetron-Sputtern
	Interferenzfarben	Metalloxide	Medizinische Instrumente	Puls-Magnetron-Sputtern
Sonstige Funktionen	Spezifische optische Funktion	Solare Absorberschichtsysteme	Solarkollektor-Röhren	Puls-Magnetron-Sputtern
	Photoaktivierbarkeit, Photokatalytische Funktion	Titanoxid	Dentalimplantate	Puls-Magnetron-Sputtern



Wir entwickeln Ihre passgenaue, anwendungsspezifische Beschichtungslösung!



BIOMEDIZINISCHE APPLIKATIONEN

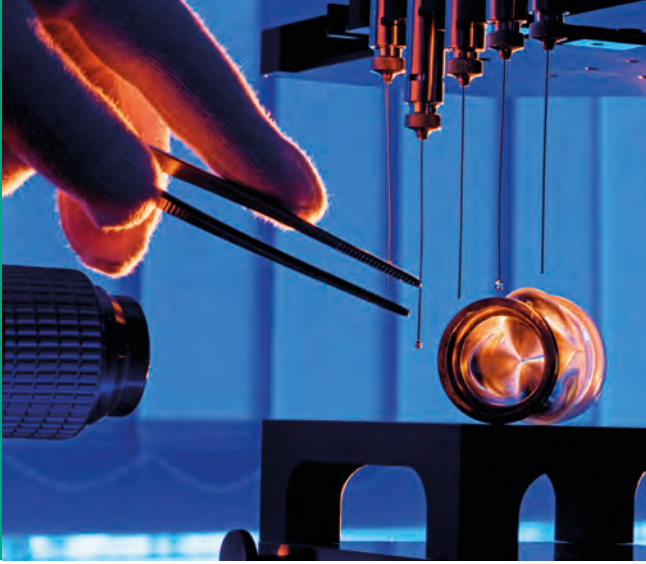
Anwendungen	Materialien	Substrate	Technologie
Biokompatibilität für Verpackung und Verkapselung	Parylene	Glas, Dünnglas, Polymerfolie, Metallfolie, Silizium	CVD bei Raumtemperatur
Biokompatibilität	ITO, ZnO:Al, AZO, TiO ₂ , Ag, Cu	Kunststoffe, Metalle, thermolabile Stoffe, organische Materialien und Gewebe, Keramiken, Textilien, Hydrogele, elektronische Bauteile, Polymerefolien, Glas, Keramik, Textilien, Metalle	Elektronenstrahlbehandlung, Plasmabehandlung, vakuumbasierte Verfahren zur Dünnschichtabscheidung, Rolle-zu-Rolle-Beschichtung von flexiblen Materialien
Biofunktionalität			
Antimikrobielle Beschichtungen	Ag, Cu, Ag & Cu, TiO ₂ , dotiertes TiO ₂		
Elektronenstrahl-basiertes Grafting			

SONSTIGE FUNKTIONALE BESCHICHTUNGEN

Anwendungen	Materialien	Substrate	Technologie
Hartstoffschichten	TiN, TiC, WC, Al ₂ O ₃ , a-C(H):(Ti/W)	Metallbänder, Metallplatten	Puls-Magnetron-Sputtern, plasmagestützte Elektronenstrahlverdampfung
Elektrisch leitend	Al, Cu, Sn, Mo	Metallbänder, Metallplatten	Puls-Magnetron-Sputtern, plasmagestützte Elektronenstrahlverdampfung
Löt- und schweißbar	Cu, Sn, Si	Metallbänder, Metallplatten	Puls-Magnetron-Sputtern, plasmagestützte Elektronenstrahlverdampfung
Photokatalytisch	TiO ₂ , TiO _x N _y	Metall, Glas, Keramik, Kunststoffe	Reaktives Puls-Magnetron-Sputtern, plasmagestützte Elektronenstrahlverdampfung
Photo-induzierte superhydrophile Beschichtung	TiO ₂ , TiO _x N _y		Reaktives Puls-Magnetron-Sputtern, plasmagestützte Elektronenstrahlverdampfung
Funktionelle Schichten für elektroakustische Bauelemente	SiO ₂ , TaN, F:SiO ₂ , AlN, AlScN	Silizium, Keramik, Glas, Metall, Lithiumniobat, Lithiumtantalat,	Reaktives Puls-Magnetron-Sputtern, Magnetron-PECVD
Substratglättung	Parylene	Silizium	CVD bei Raumtemperatur
Laserstoppschicht			



Wir entwickeln Ihre passgenaue, anwendungsspezifische Beschichtungslösung!



VORBEHANDLUNG FÜR BESCHICHTUNGEN

Um Substrate effektiv beschichten zu können, ist es in der Regel notwendig und sinnvoll, die Oberflächen vorzubehandeln. Das Fraunhofer FEP verfügt über ein langjähriges Know-how in verschiedenen Verfahren zur **Vorbehandlung oder Oberflächenfunktionalisierung**, durch die die Grundlage für eine hochwertige Beschichtung und Schichthaftung geschaffen wird.

Essenziell dabei ist eine abgestimmte **Reinigungstechnologie**, damit die Schichtsysteme haftfest aufgebracht werden können. Reinigung ist somit ein wichtiger Schritt in der Wertschöpfungskette, der die Grundlage bildet, um Ausschuss zu minimieren, Kosten zu senken und qualitativ hochwertige Produkte herzustellen. Verschiedenste Verunreinigungen, zum Teil bis in atomare Größenordnungen, sowie unterschiedliche Anforderungen an die Oberflächen verlangen eine Palette an unterschiedlichen Reinigungsverfahren, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Diese Palette umfasst am Fraunhofer FEP unter anderem die nasschemische Fein- bzw. Feinstreinigung für metallische Bauteile oder Präzisionsteile aus Glas und Kunststoff, die Plasmareinigung für Bauteile aus Metall und Kunststoff im Vakuum, die lokale Funktionsflächenreinigung mit dem Elektronenstrahl im Vakuum und die **Sterilisation, Desinfektion und Inaktivierung** mit beschleunigten Elektronen.

Weiterhin wird am Fraunhofer FEP an der **Oberflächenfunktionalisierung** geforscht und gearbeitet. Hierbei kommen beschleunigte, niederenergetische Elektronen zum Einsatz, die die betreffenden Oberflächen gezielt behandeln und beispielsweise antibakterielle Wirkungen oder selbstreinigende Oberflächen erzeugen. Durch die Elektronenstrahlbehandlung kommt es z. B. zu einer Anpassung der Benetzbarkeit der Oberfläche (Oberflächenhydrophilie). So kann die Interaktion der Oberfläche mit der Umwelt gezielt beeinflusst werden.

Eine besondere Art der **Oberflächenbearbeitung** ist das **Härten** geeigneter Eisenwerkstoffe mit dem Elektronenstrahl. Dabei führt ein fokussierter, hochfrequent über die Werkstückoberfläche abgelenkter Elektronenstrahl zu einer schnellen, lokalen und auch in der Eindringtiefe exakt dosierbaren Erwärmung des Materials. Die hohe Wärmeleitung in das umgebende Material erzwingt danach eine große Abkühlgeschwindigkeit ohne zusätzliche Kühlmittel (Selbstabschreckung), die bei geeigneten Materialien zu einer Härtung dieser Randschicht führt. Damit können lokale Funktionsflächen mit exzellenten Verschleißigenschaften hergestellt werden.

Darüber hinaus kann der Elektronenstrahl dazu genutzt werden, um **raue Oberflächen** vieler metallischer Bauteile zu **glätten** und so für eine Beschichtung vorzubereiten. Das Verfahren ist damit insbesondere für die Nachbearbeitung additiv gefertigter Teile geeignet. Wirkprinzip ist, dass durch den lokalen Energieeintrag ein kurzzeitiges oberflächliches Aufschmelzen bewirkt wird. Die entstehende Schmelze erstarrt umgehend wieder, wobei die Oberflächenspannung zu einer Einebnung der Höhenunterschiede führt. Die **Glättung** erfolgt bei geeigneter Wahl der Parameter flächig homogen und weitestgehend ohne einen Materialabtrag.

TECHNOLOGIEN / PROZESSE

Elektronenstrahltechnologie



Wir bieten langjährige Expertise auf dem Gebiet der Elektronenstrahl-Technologien, mit der wir beschleunigte Elektronen im Energiebereich von 10 bis 300 keV in einer großen Anwendungsbreite technologisch nutzbar machen. Dabei schöpfen wir sowohl die thermischen Wirkungen beschleunigter Elektronen als auch ihre chemischen und biologischen Wirkungen aus.

Unsere Stärke ist es, Elektronenstrahl-Technologien für die industrielle Produktion tauglich zu machen. Eine wesentliche Alleinstellung ist die Kombination von technologischen und technischen Prozessentwicklungen sowie die Entwicklung spezieller Elektronenstrahl-Quellen aus einer Hand.

Plasmatechnologie



Plasmagestützte Beschichtungsverfahren erlauben die Herstellung maßgeschneiderter Schichten für viele Anwendungsbereiche. Unsere Stärke ist es, diese plasmagestützten Beschichtungsverfahren für die industrielle Produktion und die Beschichtung großer Flächen zu qualifizieren.

Die Kernkompetenz umfasst die PVD-Verfahren plasmaaktivierte Hochratebedampfung und Puls-Magnetron-Sputtern sowie PECVD-Verfahren zur plasmaaktivierten chemischen Dampfphasenabscheidung mit verschiedenen leistungsfähigen Plasmaquellen. Eine wesentliche Alleinstellung ist die Kombination von äußerst dichten Plasmen mit extrem hohen Beschichtungsraten für die wirtschaftliche Abscheidung von qualitativ hochwertigen Schichten.

Die Verbindung von Wirtschaftlichkeit mit Präzision hinsichtlich Prozessführung und Schichteigenschaften ermöglicht neue Anwendungen. Für diese Beschichtungsverfahren entwickeln wir zusätzlich die zur Sicherung der Schichthftung notwendigen Reinigungsverfahren sowie Plasmavorbehandlungen.

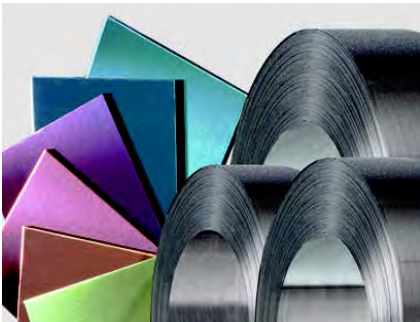
Organische Elektronik



Unsere Kernkompetenzen in der organischen Elektronik umfassen die Entwicklung von Technologien und Prozessen zur Herstellung organischer elektronischer Bauelemente basierend auf halbleitenden Kohlenwasserstoffverbindungen. Dazu stehen Pilotfertigungslinien zur Sheet-to-Sheet-, Wafer- als auch Rolle-zu-Rolle-Prozessierung zur Verfügung. Unsere Schwerpunkte liegen in der Prozessentwicklung zur Abscheidung und Strukturierung dünner organischer Schichten sowie in der Verkapselung und Systemintegration. Das Portfolio reicht von der Erstellung einfacher OLED-Layouts auf Glas oder flexiblen Substraten über OLED-auf-Silizium (Mikrodisplays) bis zur Baugruppenintegration.

SUBSTRATE

Metallische Platten und Bänder



Schüttgut und 3D-Bauteile



Flexible Folien



Ultradünnglas



Werkzeuge



Wafer



Sonstiges: Kulturgüter (entschichten)



Saatgut (behandeln)



Textilien (integrieren)



ANSPRECHPARTNER UND KONTAKT

Marketing

Ines Schedwill

Telefon +49 351 8823-238

Fax +49 351 8823-394

ines.schedwill@fep.fraunhofer.de

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

Winterbergstr. 28 | 01277 Dresden

Telefon +49 351 2586-0

Fax +49 351 2586-105

info@fep.fraunhofer.de

www.fep.fraunhofer.de





www.fep.fraunhofer.de

 twitter.com/fraunhoferfep

 facebook.com/fraunhoferfep

 instagram.com/fraunhoferfep

 youtube.com/fraunhoferfep

 linkedin.com/company/fraunhofer-fep

 xing.com/companies/fraunhoferfep

Bildnachweis

Thomas Ernsting: 9L

Fraunhofer FEP: 2R, 3L, 4L, 4R, 5R, 6R, 6L, 7L, 7R, 8L, 8R, 9R,
10O, 10M, 11OL, 11OM, 11OR, 11MM, 11UL, 11UR

iStockphoto.com/fhgfep: 11UM

Jürgen Lösel: Titelbild, 3R, 11ML

LYTEUS: 10U

MEV-Verlag: 5L

Anna Schroll: 2L, 11MR



Management
System
ISO 9001:2015
ISO 50001:2018

www.tuv.com
ID: 9105950079

*Wir setzen auf Qualität
und die ISO 9001.*