

Fraunhofer Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP

Winterbergstr. 28

01277 Dresden

Tel.: +49 (351) 25 86 0

Fax.: +49 (351) 25 86 105

web: www.fep.fraunhofer.de

Das Ziel des Fraunhofer FEP ist es, das Innovationspotenzial der Elektronenstrahl- und Plasmatechnik für Produktionsprozesse und den Anlagenbau zu erschließen und für Kunden nutzbar zu machen. Die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit des FEP zeichnet sich durch große Industrienähe und Kundenorientierung aus. Dabei bleibt die Entwicklung innovativer Technologien ebenso im Blick wie deren Kosteneffizienz in der Produktion.

Grundlage der Institutsarbeit sind die Kernkompetenzen Elektronenstrahltechnologie, Puls-Magnetronspütern und plasmaaktivierte Hochratebedampfung. Diese Kernkompetenzen werden ständig weiterentwickelt und in innovativen Arbeitsgebieten nutzbar gemacht. Die Arbeitsgebiete umfassen die Vakuumbeschichtung sowie die Oberflächenbearbeitung und -behandlung mit Elektronen und Plasmen. Neben der Entwicklung von Schichtsystemen, Produkten und Technologien ist ein wichtiger Schwerpunkt die Aufskalierung der Technologien für die Beschichtung und Behandlung großer Flächen mit hoher Produktivität.

Machbarkeitsstudien, Entwicklungsprogramme, Fertigung von Schlüsselkomponenten und Pilotproduktion sind nur einige Fassetten des umfangreichen Leistungsangebotes. Unterstützt wird unsere Arbeit durch ein enges Geflecht von nationalen und internationalen Kooperationsbeziehungen.

Beschichtung von Flachsubstraten – mit optischen Schichten und Schichtsystemen

Beschichtung von Flachsubstraten mit optischen Schichten und Schichtsystemen mittels Puls-Magnetron-Sputtern (PMS).

Entwicklung neuer Abscheideprozesse mittels PMS

- Herstellung über Direktschäumung (z.B. von keramischen Suspensionen oder Precursorlösungen) oder Abformung von Polymerschäumen. Entwicklung von PMS – Prozessen zur Abscheidung neuer Materialien (z. B. MgO)
- Weiterentwicklung von PMS – Prozessen insbesondere mit den Zielen Reduzierung der Beschichtungskosten und Optimierung der Schichteigenschaften (z. B. transparente leitfähige Schichten / Schichtsysteme)

Entwicklung der optischer Schichtsysteme - Überführung auf die Produktionsanlagen

- computergestütztes Design von Schichtsystemen
- Entwicklung einer Abscheidetechnologie für diese Schichtsysteme auf applikationsnahen Anlagen des Fraunhofer FEP (ILA 900)
- Bemusterung, Pilotproduktion

Technologie Pakete zum reaktiven PMS, insbesondere DMS-Systeme

- Retrofit alter Anlagen oder Komplettierung neuer Maschinen mit PMS-Beschichtungsstationen Stabilisierung des reaktiven Sputterprozesses mittels Plasma - Emissions - Regelung
- Entwicklung und Überführung von Technologien zur Abscheidung von Einzelschichten
- Erarbeitung von Prozeduren zur automatischen Parameterkorrektur bei Qualitätsabweichungen

Versuchsanlage ILA 900

Vertikale Inline Beschichtungsanlage für die Entwicklung von Schichtsystemen und Technologien zur Abscheidung von optischen, elektrischen und dekorativen Funktionsschichten.

Mehrkommer Inline Anlage	2 Heizkammern 10 Prozesskammern, davon - 5 mit DMS-system (Targetgröße 900 mm x 750 mm) - 2 mit umgekehrten HF Sputter (Länge: 750mm) - 3 zur Entwicklung erweiterter Arbeitsprozesse
Basisdruck	$2 * 10^{-6}$ mbar
Arbeitsdruck	$10^{-4} \dots 10^{-2}$ mbar
Max. Substratgröße	1200 mm x 900 mm x 60 mm
Substratgeschwindigkeit	0,1 ... 6 m/min
Abstand zw. Target und Substrat	80 ... 150 mm
maximale homogene Beschichtungsbreite	600 mm
Vorbehandlung mittels:	- Ätzen von leitenden oder nicht-leitenden Substraten - Erhitzen (max.Temp.: 400°C)
Metallisches und Reaktives Gleichstrom oder pulse-magnetron sputtern	- Gleichstrom Sputtern bis 30kW - Impuls Sputtern (Sinuskurve) bis 100 kW; (pulse packet) bis 60 kW



Abb.1: Versuchsanlage ILA 900

Beschichtung von flexiblen Produkten

- Entwicklung von Schichtsystemen, Produkten und Beschichtungstechnologien für die Vakuumbandbeschichtung
- Aufskalierung von Beschichtungstechnologien für große Bandbreiten und hohe Bandgeschwindigkeiten
- Lohnbeschichtung in der Pilotphase eines Produktes
- Technologietransfer und Umrüstung von Bandbeschichtungsanlagen mit Schlüsselkomponenten (Magnetrons, Plasmaquellen, Reaktivgassysteme, Produkt- und Prozesskontrolle)

Basistechnologie

- Vakuumbandbeschichtung von flexiblen Materialien: Kunststofffolien, Textilien, Papier, dünne Metallfolien
- Magnetron-Sputtern: reaktiv und nichtreaktiv, DC, gepulst und MF
- Plasma-aktiviertes Verdampfen: Hollow cathode Activated Deposition (HAD) process
Hochrateverdampfung aus dem Schiffchen: reaktiv und nichtreaktiv, Al, Al₂O₃, Cu, Ag
- Hochrate-Elektronenstrahlverdampfung: reaktiv und nichtreaktiv, Ti, TiO₂, TiN, SiO₂, Al, Al₂O₃
Thermisches Verdampfen: SiO In-line Plasmavorbehandlung
- In-line Plasmavorbehandlung
- Vakuumbandbeschichtungsanlagen für die Beschichtung von flexiblen Materialien mit optischen, elektrischen und dekorativen Funktionsschichten und Barrierschichten
- Pilotanlagen für die Rolle-zu-Rolle-Beschichtung von flexiblen Materialien (Kunststofffolien, Textilien, Metallfolien)

	CoFlex 600	LabFlex 200
Aufgaben	Entwicklung von Schichtsystemen und Beschichtungstechnologien Bemusterung	
	Pilotproduktion Aufskalierung von Beschichtungstechnologien	
Beschichtungsbreite	600 mm	200 mm
Bandbreite	650 mm	-
Banddicke	12...200µm	12...200µm
Beschichtungsquellen	6 Dual-Magnetron-Sputter-Systeme (DMS)	1 Dual-Magnetron-Sputter-System (DMS)
Beschichtungskammern	6 separat evakuierte Kammern	3 separat evakuierte Kammern
Bandgeschwindigkeit	0,1...100 m/min	0,1...6 m/min
Beschichtungsmaterial	z. B. SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , ITO, ...	z. B. SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ ...
In-situ Messung	Optische Transmission und Reflexion	Optische Transmission und Reflexion Elektrischer Widerstand
Technologie	Dual-Magnetron-Sputtern In-line Vorbnehandlung	
	Gesamttechnologie für die Herstellung von Schichtsystemen unter produktionsnahen Bedingungen	

	<i>FOBA 1</i>	<i>FOBA 2</i>
Basistechnologie	Elektronenstrahlverdampfung	- Schiffchenverdampfung (Al, Cu, Ag) - thermisches Verdampfen von SiO
Aufgaben	- Entwicklung von Schichten und Beschichtungstechnologien - Aufskalierung von Beschichtungstechnologien - Pilotproduktion	
Substratdicke	12...500µm	12...1000µm
Max.Rollenaußen-durchmesser	450 mm	600 mm
Bandbreite	400 mm	500 mm
Bandgeschwindigkeit	Bis 10 m/s	Bis 10 m/s
Verdampfungsquellen	Elektronenstrahlkathode – 200kW/ 50kV	6 Schiffchen
Typische Beschichtungs-raten	100...600 nm/s (1,8...10,4 µm*m/min)	100...600 nm/s (1,8...10,4 µm*m/min)
Beschichtungsmaterialien	Al, Ti, Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , TiO ₂ , TiN ...	Al, Cu, Ag, Al ₂ O ₃ , SiO _x , ...
Technologie	- plasmaaktivierte reaktive Elektronenstrahl- verdampfung - in-line Vorbehandlung	- plasmaaktivierte reaktive Verdampfung aus dem Schiffchen - in-line Vorbehandlung - plasmaaktivierte metallische Verdampfung



Abb.2: Versuchsanlage FOBA1



Abb.3: Versuchsanlage labFlex 200

Beschichtung metallischer Platten und Bänder

- Entwicklung der Beschichtungstechnologie und des Schichtsystems für Produkte
- Entwicklung von Schlüsselbaugruppen (Verdampfer, Plasmaquellen, Vorbehandlungseinrichtungen)
- Vakuumbeschichtung von großflächigen Mustern (Metallbänder und Platten)
- Technologietransfer in die Produktion
- Unterstützung bei der Anlagenrealisierung

Basistechnologie

- Elektronenstrahlbedampfung
- Plasmaaktivierte (Elektronenstrahl-) Hochratebedampfung
- Hochratebedampfung – thermische Verdampfung
- Puls-Magnetron-Sputtern
- Plasmaoberflächenbehandlung mittels Sputterätzen
- Thermische Behandlung im Vakuum
- Nasschemische Vorreinigung
- Weitere Vakuumbeschichtungsverfahren auf Anfrage

In-line – Vakuum-Beschichtungsanlage für Platten und metallische

<i>MAXI</i> (modular aufgebaute 8-Kammer-Anlage)	
Entwicklung neuer Produkte auf der Basis von neuen Schichtsystemen und komplexen PVD-Technologien unter aufskalierbaren Bedingungen	
Elektronenkathode	100 kW und 300 kW
Plasmaaktivierung	3000 A Bogenstromversorgung
	Wassergekühlte Kupfertiegel, Keramik- und Grafitiegel
Beschichtungsbreite	Bis zu 500 mm
Substratgeschwindigkeit	0,01...1,0 m/s
Bandabmessungen	Max. Breite: 300 mm Max. Dicke: 0,5 mm
Plattenabmessungen	Max. Größe: 500 mm x 500 mm Max. Masse: 15 kg
Sonstige Ausrüstung	Strahlungsheizer 60 kW Ionenätzer 30 kW Dual Magnetron System 30 kW Wendeeinrichtung zur Zweiseitenbeschichtung von Platten
Beschichtung	Hochrate-Elektronenstrahl-Bedampfung - mit Metallen, Legierungen und Verbindungen - plasmaaktivierte Prozessführung (HAD-/ SAD-/ RAD-Prozess) - reaktive Prozessführung Puls-Magnetron-Sputtern andere PVD-Verfahren (z.B. Jet-Verdampfer)
Vor- und Nachbehandlung	verschiedene Plasmaprozesse - Heizen - Abscheidung von Zwischenschichten
In-situ Messungen	Substrattemperatur Schichtdicke und –zusammensetzung mittels XRF Beschichtungsrate

Oberflächenbearbeitung und -behandlung mit Elektronenstrahl

Thermische Elektronenstrahlprozesse

- Schweißen
- Randschichtbehandlung (Härten, Umschmelzen, ...)
- Mikrobearbeitung
- Verdampfen

Nicht-thermische Elektronenstrahlprozesse

- Curing
 - Polymermodifizierung
 - Keimreduzierung
 - Desinfizierung
 - Sterilisierung
 - e-Beizen
-
- Entwicklung von Technologien für oben genannten Arbeitsgebiete
 - Machbarkeitsstudien für konkrete Produkte
 - Pilotserien Einführung der Verfahren in die Produktion
 - Unterstützung bei der Anlagenrealisierung

<i>ELSA</i> Elektronenstrahlanlage	
Aufgaben	<ul style="list-style-type: none">- Grundlagenuntersuchungen zu Elektronenstrahltechnologien- Technologieentwicklung für Kundenteile einschließlich Bemusterung- Untersuchungen zu neuen Einsatzmöglichkeiten der Elektronenstrahltechnologie- Entwicklung neuer Komponenten für Elektronenstrahlkanonen
Elektronenstrahlkanone	10kW/ 60 kV
Arbeitsdruck	5 x 10 ⁻² mbar
Größe Arbeitstisch	1000 x 500 mm ²
Max. Höhe der zu bearbeitenden Teile	450 mm
NC- Achse	2 orthogonale Linearachsen 1 Drehachse
Technologien	<ul style="list-style-type: none">- Elektronenstrahlschweißen- Elektronenstrahlhärten- Elektronenstrahlumschmelzen/ -schmelzlegieren

ESC Elektronenstrahl-Mikrobearbeitungsautomat	
Aufgaben	Strukturierung und Abgleich von ebenen Dünnschicht-Bauelementen wie Widerstandsnetzwerken und Chipwiderständen
Elektronenkanone	
Beschleunigungsspannung	UB = 40 keV
Strahlleistung	P = 80 W
Streckenenergie	em = 2 Wsm ⁻¹
Brennfleckdurchmesser	dF = 15 µm
Energie pro Bildpunkt	E = 30 µJ
Schaltzeit der Strahlentastung	T < 300 ns
Größe des Ablenkfeldes bei 100 mm Arbeitsabstand	30 x 20 mm ²
Elektronenstrahl-Mikrobearbeitungstechnik	
Grenzfrequenz Ablenktechnik	f = 200 kHz
Strahl-Ablenkgeschwindigkeit	v = 1 ... 3 ms ⁻¹
Abtragbreite, programmierbar	s = 15 ... 50 µm
Gesamtprozesszeit pro R-Chip	typisch t = 100 ms (Substrathandling eingeschlossen)
Schichtdicke	Bis zu 1000 nm
Substratgröße	< 60 x 100 mm ²
Technologie	<p>Bearbeitung dünner metallischer und Cermet-Schichten</p> <ul style="list-style-type: none"> - elektrisch isolierenden Substraten - Strukturierung und Abgleich von Widerstandsnetzwerken und Chipwiderständen in Dünnschichttechnik - Keramikbearbeitung - Mikroschweißen



Abb.4: ESC Elektronenstrahl Microbearbeitungsautomat

ANDREA 1 2D- EB- System Laborversion

Anwendung	<ul style="list-style-type: none"> - Elektronenstrahlhärtung (organische Schichten auf Holz, Papier, Plastik, Metallen) - Elektronenstrahlvernetzung (Plastikfolien, Oberflächen) - Modifizierung natürlicher und nachwachsender Öle - Sterilisation/Desinfektion (Produktoberflächen) - Analysen (Dosimetrie , Rissbeständigkeit, Glanz, Adhäsion) - Option: ESR, DTA, ESCA, ELMI, AFM
Beschleunigungsfolie	90... 120 kV
Schichtdicke	10...80 µm
Max. Output (Oberfläche)	4000 kGy*m/min
Dosishomogenität	< + 15 %
Transportgeschwindigkeit	1 ... 600 m/min
Produktbreite:	bis 300 mm
Produktlänge:	bis 500 mm
Produktform:	Platten & Folien
Dienstleistungen	<ul style="list-style-type: none"> - Machbarkeitsstudien zu Polymermodifikation, Sterilisation/Desinfektion - Technologieoptimierung - Entwicklung neuer Technologien und Produkte inkl. Analytik - (Dosimetrie, Verschleißbeständigkeit, Adhäsionstests, Messung der Restradikale mittels ESR-Spektroskopie, Alterungsbeständigkeit, DTA-Analyse von Plastik und Lacken) - Entwicklung und Lieferung von kompletten Spezialkomponenten zur Elektronenstrahlhärtung - Entwicklung und Lieferung von Ausrüstungen zur Online-Dosimetrie - Bedienerqualifizierung, Schulungen

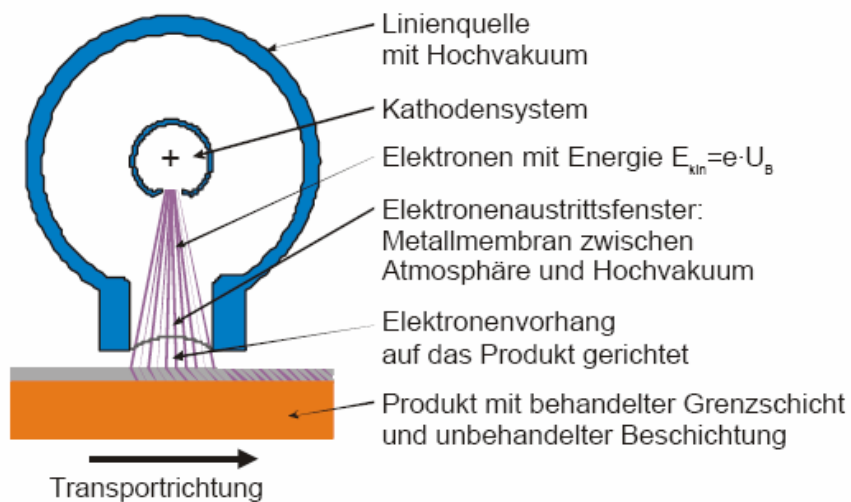


Abb.5: ESC Prinzipaufbau Andrea1

Beschichtung von Komponenten für die Optik, Magnetik und Elektronik

- Entwicklung und Optimierung von Beschichtungstechnologien und Schichtsystemen
- Entwicklung von Schlüsselbaugruppen (Magnetronsputterquellen, Plasmaätzeinrichtungen) angepasst an die Anforderungen der Beschichtungsaufgabe
- Beschichtung von Mustern und Pilotproduktion
- Transfer von Integrierten Paketen (bestehend aus Schlüsselkomponenten, vollautomatischer Steuer- und Regelungstechnik sowie Technologie) in Produktionsanlagen

Basistechnologie

- Langzeitstabile Hochrate-Magnetronsputtern (DC, MF, RF) für eine Vielfalt von Schichten wie Metalle, Legierungen, Verbindungen, Schichtsystemen und Gradientenschichten
- Reaktives Puls-Magnetron-Sputtern für mehrkomponentige Verbindungs- und Gradientenschichtsysteme
- Beschichtungsverfahren für stationäre und bewegte Substrate

CLUSTER 300 Versuchsanlage für das stationäre Magnetronsputtern

Aufgaben	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung von Magnetron-Sputterquellen - Entwicklung von reaktiven Sputterprozessen - Entwicklung von Schichtsystemen - Beschichtung von Kundensubstraten - Test von Hardware-Komponenten
<ul style="list-style-type: none"> - Vierkammeranlage (Schleusenkammer, Handlerkammer und 2 Prozesskammern) - Enddruck 2×10^{-7} mbar - kohlenwasserstofffreies Vakuum - Reinraumbedingungen für Substrathandling - Substratgröße bis 12", (300 mm Durchmesser) - Sputterquellen: Doppelringmagnetron DRM 400 - Substratvorbehandlung: HF-Plasma-Ätzen - Abscheidebedingungen: HF-Substratbias, Substratkühlung und -heizung (10 °C ... 500 °C) - Eignung für korrosive Gase einschließlich reinen Fluors - Vollautomatische Prozesssteuerung 	
Technologie	<ul style="list-style-type: none"> - DC-Sputtern von Metallen - HF-Sputtern von dielektrischen Schichten - reaktives Puls-Magnetron-Sputtern von Verbindungsschichten - reaktives Abscheiden von mehrkomponentigen Verbindungen und Gradientenschichten - Abscheiden von Mehrfachschichtsystemen - doppelseitige Beschichtung