

Anwendungen der Plasmatechnik in der Herstellung optischer Funktionsschichten (SYOF)

gemeinsam veranstaltet vom
Fachverband Kurzzeitphysik (K) und der
Deutschen Gesellschaft für Plasmatechnologie e.V. (DGPT)

Klaus-Dieter Weltmann
Institut für Niedertemperatur-Plasmaphysik e.V.
Felix-Hausdorff-Str. 2
17489 Greifswald
weltmann@inp-greifswald.de

Detlev Ristau
Laser Zentrum Hannover e.V.
Hollerithallee 8
30419 Hannover
d.ristau@lzh.de

Plasmen sind heutzutage ein unverzichtbares Arbeitsmittel und Stoffwandler zur Herstellung hochwertiger dünner Schichten und der Schlüssel für innovative Oberflächen und neue Produkte. Dabei erstreckt sich das Spektrum der Einsatzbereiche von der Beschichtung und Strukturierung von Glas bis hin zur Strukturierung und Abscheidung multifunktionaler Schichtsysteme auf Kunststoffen. Selbst in einfachster Form, der direkten Plasmabehandlung der Oberfläche, können über viele andere Techniken hinaus nicht nur neue Eigenschaftsprofile durch Strukturierungsverfahren, sondern auch Angleichungen in der Passform der Oberfläche im Sub-Nanometer-Maßstab realisiert werden. Unübertroffen ist die Nutzungsvielfalt des Plasmas bei der Herstellung von Schichten, die von einer Unterstützung des Schichtwachstums in plasmagestützten Bedampfungsprozessen, über eine direkte Wechselwirkung in Plasma-CVD-Prozessen bis hin zu Sputterprozessen reicht, bei denen die Freisetzung des Beschichtungsmaterials durch Plasmabeaufschlagung eines Targets ausgeführt wird. Die Plasmatechnik steht deshalb mit ihrer Fülle von Gestaltungsmöglichkeiten an vorderster Front der Forschung an optischen Oberflächen. Das Symposium „Anwendungen der Plasmatechnik in der Herstellung optischer Funktionsschichten“ (SYOF) soll vor diesem Hintergrund Einblicke in die aktuelle Forschung und entsprechende Umsetzungen der Plasmatechnik in den Optischen Technologien illustrieren. Neben Beiträgen aus Forschungsinstituten sind insbesondere auch Vorträge aus dem industriellen Umfeld vorgesehen, um das breite Anwendungsspektrum moderner Plasmaverfahren in der Herstellung optischer Schichten zu dokumentieren.

Hauptvorträge

SYOF 1.1	Mi	14:00–14:40	2G	Optische Funktionalisierung durch Plasmatechniken — ●NORBERT KAISER
SYOF 1.2	Mi	14:40–15:10	2G	Herstellung komplexer Interferenzschichtfilter — ●HARRO HAGEDORN
SYOF 1.3	Mi	15:10–15:40	2G	Neue Entwicklungen der Magnetron-Sputtertechnik für hochwertige optische Beschichtungen — ●MICHAEL VERGÖHL, OLIVER WERNER, STEFAN BRUNS
SYOF 1.4	Mi	15:40–16:00	2G	Neuartige Prozesskonzepte für das Ionenstrahl-Zerstäuben — ●KAI STARKE, HENRIK EHLERS, MARC LAPPSCHIES, NILS BEERMANN, DETLEV RISTAU
SYOF 2.1	Mi	16:30–17:00	2G	Plasmaverfahren für optische Anwendungen - früher und heute — ●RALF FELLEBERG
SYOF 2.2	Mi	17:00–17:30	2G	Radio Frequency ion sources, from space to terrestrial applications. — ●DAVAR FEILI
SYOF 2.3	Mi	17:30–18:00	2G	Plasmagestützte Beschichtungen auf Brillengläsern — ●BERNHARD GÄNSWEIN
SYOF 2.4	Mi	18:00–18:30	2G	Infrarotspektroskopische Prozesskontrolle — ●NORBERT LANG, JÜRGEN RÖPCKE, KLAUS-DIETER WELTMANN

Fachsitzungen

SYOF 1.1–1.4	Mi	14:00–16:00	2G	Herstellung
SYOF 2.1–2.4	Mi	16:30–18:30	2G	Plasmatechnik/ Anwendungen/ Analytik

SYOF 1: Herstellung

Zeit: Mittwoch 14:00–16:00

Raum: 2G

Hauptvortrag SYOF 1.1 Mi 14:00 2G
Optische Funktionalisierung durch Plasmatechniken —
 •NORBERT KAISER — Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und
 Feinmechanik IOF

Plasmen sind heute unverzichtbares Arbeitsmittel und Stoffwandler zur Herstellung hochwertiger dünner Schichten und der Schlüssel für innovative Oberflächen und neue Produkte. Plasmagestützte Beschichtungs- und Strukturierungsverfahren verdrängen die konventionellen Herstellungsverfahren in vielen Industriebereichen und werden stetig intensiv optimiert. Dabei erstreckt sich das Spektrum der Einsatzbereiche von der Beschichtung und Strukturierung von Glas und Kristallen bis hin zur Strukturierung und Abscheidung multifunktionaler Schichtsysteme auf Kunststoffen.

Hauptvortrag SYOF 1.2 Mi 14:40 2G
Herstellung komplexer Interferenzschichtfilter — •HARRO HAGEDORN — Leybold Optics, Alzenau

Als Techniken zur Herstellung anspruchsvoller optischer Interferenzfilter kommen Beschichtungsverfahren wie das Ionen- oder Plasma unterstützte Aufdampfen, das Magnetronspütern oder das Ionenstrahlspütern zum Einsatz. Die immer komplexeren Anforderungen an die Schichtsysteme fordern den Einsatz von direkter optischer Schichtdickenkontrolle. Mit einer Weiterentwicklung des Magnetronspüterns, dem Plasma unterstütztem Magnetronspütern (PARMS), lassen sich extrem komplexe Schichtsysteme mit hoher Genauigkeit herstellen. Durch den zusätzlichen Plasmaeinsatz und in Verbindung mit direktem optischen Monitoring können hervorragende Schichteigenschaften, hohe Präzision und hohe Beschichtungsraten realisiert werden.

Hauptvortrag SYOF 1.3 Mi 15:10 2G
Neue Entwicklungen der Magnetron-Sputtertechnik für hochwertige optische Beschichtungen — •MICHAEL VERGÖHL, OLIVER WERNER und STEFAN BRUNS — Bienroder Weg 54E, D-38108 Braunschweig, Deutschland

Das Magnetronspütern hat in den letzten Jahren für die industrielle Herstellung optischer Schichten erheblich an Bedeutung gewonnen. Während seit Mitte der 90er Jahre die Flachglasbeschichtung auf

großen Flächen im Vordergrund der Anwendungen stand, gelangen seit jüngster Zeit auch immer mehr präzisionsoptische Anwendungen in den Fokus der Anwendung. Der Vortrag gibt einen Überblick über die verschiedenen Modifikationen der Sputtertechnik und gibt Beispiele erreichbarer Eigenschaften optischer Schichten. Im Vordergrund stehen dabei auch die jüngsten Entwicklungen auf dem Gebiet der hochionisierten Plasmen zur Herstellung optischer Funktionsschichten sowie der entsprechenden Anlagentechnik. Es werden Beispiele reaktiv und nicht-reaktiv gesputterter optischer Schichten (ZrO₂, TiO₂) und Schichtsysteme vorgestellt und diskutiert.

Hauptvortrag SYOF 1.4 Mi 15:40 2G
Neuartige Prozesskonzepte für das Ionenstrahl-Zerstäuben — •KAI STARKE^{1,2}, HENRIK EHLERS¹, MARC LAPPSCHIES¹, NILS BEERMANN¹ und DETLEV RISTAU¹ — ¹Laser Zentrum Hannover e.V., Hannover — ²Cutting Edge Coatings GmbH, Hannover

Das Ionenstrahl-Zerstäuben (IBS) ist seit Langem als das Verfahren bekannt, welches zur Abscheidung optischer Funktionsschichten mit höchsten Qualitätsmerkmalen in der Lage ist. Für spezielle Fragestellungen in der Grundlagenforschung und für kommerzielle Anwendungen werden mit dem IBS-Prozess komplexe Schichtsysteme mit extremen spektralen Übertragungsfunktionen, geringsten Absorption- und Streuverlusten und hoher Stabilität hergestellt. Mit der Einführung der breitbandigen optischen Schichtdickenmessung ist in den letzten Jahren ein enormer Fortschritt bei der Fertigungspräzision erreicht worden. Ohne Zuhilfenahme von langwierigen Einfahrprozeduren sind moderne IBS-Anlagen nunmehr in der Lage, auch anspruchsvolle Schichtdesigns wie Dünnschichtpolarisatoren, Multiband-Filter und Chirped Mirrors sicher zu realisieren. Eine weitere Prozessinnovation stellt die Adaption des IBS-Prozesses für die Herstellung von oxidischen Mischschichten dar. Hierbei können durch eine kontrollierte Kodelposition beliebige Mischungsverhältnisse eingestellt werden. Die Erzeugung von Meta-Materialien mit definierter Dispersion eröffnen neue Möglichkeiten für optische Designs mit hohem technologischen Potenzial (z. B. Rugate-Filter). Beispielsweise konnten für Beschichtungen mit Ti_xSi_{1-x}O₂ erhebliche Steigerungen der Laserfestigkeit für ns-NIR-Laserpulse und eine höhere Temperaturstabilität beobachtet werden.

SYOF 2: Plasmatechnik/ Anwendungen/ Analytik

Zeit: Mittwoch 16:30–18:30

Raum: 2G

Hauptvortrag SYOF 2.1 Mi 16:30 2G
Plasmaverfahren für optische Anwendungen - früher und heute — •RALF FELLEBERG — VDI Technologiezentrum GmbH

Plasmaverfahren und -prozesse werden schon seit vielen Jahren erfolgreich für optische Anwendungen eingesetzt. Optische Schichten haben in Deutschland eine lange Tradition. Schon in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts haben sich die Unternehmen Carl Zeiss und Schott in Jena mit der Entwicklung derartiger Schichten beschäftigt. Heutzutage werden Plasmen eingesetzt zur Reinigung, Strukturierung und zum Polieren von Oberflächen aber auch zur Funktionalisierung bis hin zur Abscheidung von Multifunktionsschichten. In diesen Bereichen existieren zahlreiche Anwendungen.

Hauptvortrag SYOF 2.2 Mi 17:00 2G
Radio Frequency ion sources, from space to terrestrial applications. — •DAVAR FEILI — Justus-Liebig-Universität Gießen

The 1st physics Institute of the Justus Liebig University at Giessen has been working on Radio Frequency ion sources since more than 45 years after the invention of RF-ion thrusters (RITs) by Prof. Horst Loeb. This type of ion sources uses RF to produce plasma as the source for the ions, which can be extracted, focused and accelerated towards a target. The use of cathodeless RF discharge for ionisation, makes this technology preferable for different applications. One of the most outstanding applications is the RF ion Thrusters (RIT), which are under development and use in cooperation with EADS Company.

Other sides the inherent isolation of the plasma from the discharge power supply, makes it the first choice for application with very high extraction/acceleration voltages, for example RF ion sources for plasma

heating in fusion machines.

As ion sources for material processing, this technology is of great interest because of its capability to work with oxidising gases. This technology needs no cathode for discharge, which can be *poisoned* in oxidising atmospheres. The same reason makes the technology also adoptable for electron sources/neutralizers in such atmospheres.

The talk will deal with the history of RF ion sources and their applications and, describing the key features of the technology, it will cover the application spectrum of this type of sources. Finally the most recent applications from space research and fusion and material processing will be showed.

Hauptvortrag SYOF 2.3 Mi 17:30 2G
Plasmagestützte Beschichtungen auf Brillengläsern —
 •BERNHARD GÄNSWEIN — Maximilian-Lorenz-Str. 4, 73433 Aalen

Das vergütete Brillenglas zählt heute zu den selbstverständlichen Produkten für den Brillenträger. Die leichteren Kunststoffbrillengläser sind ohne harter Vergütung kaum denkbar. Doch bei ihrer Herstellung müssen weit schwierigere Hürden überwunden werden, wenn man das Ziel von harten und stabilen Schichten erreichen möchte. Hierbei setzen sich zunehmend Beschichtungsverfahren durch, die zur Deckung des erhöhten Energiebedarfs während des Aufdampfens der dünnen Schichten im Vakuum Plasmatechnologien einsetzen. Dazu müssen die Anlagen mit zusätzlichen Komponenten der Plasmaerzeugung ausgerüstet werden, im wesentlichen heisst das die Bereitstellung von elektrischer Hochspannung im KV-Bereich mit allen zusätzlichen Sicherheitsmassnahmen. Das bedeutet eine Verteuerung der ganzen Produktionsanlage mit der Folge eines teureren Brillenglasses. Als Plasmaverfahren

haben sich durchgesetzt: das IAD Verfahren (Ion assisted deposition oder ionenunterstütztes Aufdampfen); das Sputtern oder die Katodenzerstäubung; PECVD plasma enhanced chemical vacuum deposition; APS (advanced plasma source: Leybold-Verfahren)

Hauptvortrag SYOF 2.4 Mi 18:00 2G
Infrarotspektroskopische Prozesskontrolle — •NORBERT LANG, JÜRGEN RÖPCKE und KLAUS-DIETER WELTMANN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Plasmatechnologische Verfahren zur Oberflächenbearbeitung, wie Abscheide- oder Ätztechniken, nehmen in der industriellen Anwendung eine Schlüsselrolle ein. Der Einsatz von molekularen Plasmen stellt hierbei besondere Anforderungen an Verfahren zur in-situ Prozesskontrolle. Die aktuelle Entwicklung und kommerzielle Verfügbarkeit von Quanten-Kaskaden-Lasern (QCL) eröffnet neue attraktive Möglichkeiten für den Einsatz der Infrarot-Absorptionsspektroskopie

zur Plasmaprozessüberwachung und Plasmaprozesskontrolle. QCL emittieren im MIR-Spektralbereich bei Raumtemperatur, d.h. ohne aufwändige Kühlung. Damit erlauben QCL den Aufbau von sehr kompakten MIR-Strahlungsquellen, die sich durch Single-Modigkeit und hohe Strahlungsleistungen auszeichnen. Erreichbare Empfindlichkeiten liegen im ppb-Bereich bei Zeitaufösungen von weniger als ms. Das am INP Greifswald entwickelte neue, kompakte und modulare Messgerät Q-MACS ist in der Lage, das Potenzial von QCL für eine Steuerung von Plasmaprozessen oder eine hochempfindliche Spurengasanalyse zu nutzen. Es kombiniert die Vorteile der Absorptionsspektroskopie im mittleren infraroten Bereich mit den positiven Eigenschaften der Quantenkaskadenlaser. In dem Beitrag wird auf aktuelle Ergebnisse des Einsatzes von Q-MACS zur Prozesskontrolle in der industriellen Anwendung von Plasmaätzprozessen zur Herstellung von Halbleiterspeicherelementen eingegangen.