

Symposium Plasma und Optische Technologien (SYPO)

gemeinsam veranstaltet von
 Fachverband Kurzzeitphysik der DPG,
 Fachverband Plasmaphysik und
 Deutsche Gesellschaft für Plasmatechnologie e.V.(DGPT)

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

Peter Awakowicz
 Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl AEPT
 Universitätsstrasse 150
 44801 Bochum
 awa@aept.rub.de

Die Herstellung funktionaler Dünnschichtsysteme kommt heutzutage ohne den Einsatz moderner Konzepte der Plasmatechnologie, Plasmadiagnostik und Plasmasimulation gekoppelt mit der Vielfalt der modernen Schichtanalytik nicht mehr aus. So wird nicht nur häufig das Beschichtungsgut selbst mit Plasmen vorbehandelt, sondern es kommen auch direkte plasmagestützte Beschichtungsverfahren zum Einsatz, die eine deutliche Verbesserung der Qualität optischer, elektronischer und mechanischer Funktionsschichtsysteme bewirken können. Beispielsweise kann die Packungsdichte dieser Schichten in plasmagestützten Prozessen erheblich bis nahezu auf den Wert des entsprechenden Festkörpermateriale gesteigert und so eine erhebliche Erhöhung der Schichtstabilität erreicht werden. Bei den Zerstäubungsprozessen spielen Plasmen und Plasmastrahlen eine zentrale Rolle in der kontrollierten Freisetzung des Beschichtungsmaterials in einem Energieregime, das besonders günstig ist für die Bildung von qualitativ hochwertigen Schichten. Trotz dieser enormen Vorteile sind die Untersuchungen längst nicht abgeschlossen, da die Zusammenhänge der Plasmamparameter wie Elektronendichte, Teilchenflussdichten und Teilchenenergien mit den Eigenschaften der in Form dünner Schichten synthetisierten Materialien nur zu einem geringen Teil aufgeklärt sind. Für die zukünftige Entwicklung der Beschichtungsprozesse und die Herstellung der zunehmend geforderten anspruchsvollen Schichtsysteme ist eine grundlegende Erkundung der Wirkung von Plasmen in den modernen Beschichtungsprozessen unumgänglich. Die Zielstellung des nunmehr zehnten Symposiums zu diesem Themenfeld ist es, den Dialog der beteiligten Technologiebereiche weiter zu intensivieren. Als Plattform bieten sich dabei zwei koordinierte Verbundvorhaben im Bereich der modernen Plasmatechnik an, zum einen der von der DFG seit sechs Jahren geförderte SFB-TR 87 „Gepulste Hochleistungsplasmen zur Synthese nanostrukturierter Funktionsschichten“ und zum anderen das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung in seiner zweiten Phase seit dem Jahr 2009 geförderte Pluto+ „Plasma und Optische Technologien“. Beide großen Verbünde haben mittlerweile einen hohen weltweit einmaligen wissenschaftlichen Stand erreicht, und beide Projekte weisen mehr und mehr Kooperationen auf, die sich gegenseitig stark unterstützen. Im Rahmen des Symposium sollen nun ausgewählte, von beiden Konsortien errungene Ergebnisse der Fachöffentlichkeit vorgestellt werden.

Übersicht der Hauptvorträge und Fachsitzungen

(Hörsaal GW1 HS)

Hauptvorträge

SYPO 2.1	Mi	14:10–14:35	GW1 HS	Herstellung von Interferenz-Schichtsystemen - vom Design zum fertigen Filter — ●DETLEF ARHILGER
SYPO 2.2	Mi	14:35–15:00	GW1 HS	Praxisnahe Modellierung von Ionenstrahl-Zerstäubungsprozessen — ●KAI STARKE, BENJAMIN LOTZ, WJATSCHESLAW SAKIEW, STEFAN SCHRAMEYER
SYPO 2.3	Mi	15:00–15:25	GW1 HS	Stabilisierung des Ionenstrahl-Zerstäubungs-Prozesses über adaptiv geregelte Prozessparameter — ●FLORIAN CARSTENS
SYPO 2.4	Mi	15:25–15:50	GW1 HS	Interface chemistry of thin films deposited from pulsed high power plasmas — ●GUIDO GRUNDMEIER
SYPO 4.1	Mi	16:20–16:45	GW1 HS	Diagnostics and Control Schemes for Industrial PIAD Processes — ●JENS HARHAUSEN, RÜDIGER FOEST, CHRISTIAN FRANKE, OLAF STENZEL, JOCHEN WAUER, STEFFEN WILBRANDT

SYPO 4.2	Mi	16:45–17:10	GW1 HS	Wiederholbarkeit optischer Konstanten von plasmagestützt abge- schiedenen Oxidschichten — ●OLAF STENZEL, STEFFEN WILBRANDT
SYPO 4.3	Mi	17:10–17:35	GW1 HS	Die Multipolresonanzsonde: Von der Diagnostik zur Systemanwen- dung — ●MORITZ OBERBERG, MARCEL FIEBRANDT, STEFAN RIES, NIKITA BIBINOV, PETER AWAKOWICZ
SYPO 4.4	Mi	17:35–18:00	GW1 HS	Low stress transparent materials for optical coatings on flexible substrates — ●MELANIE GAUCH, HENRIK EHLERS, DETLEV RISTAU

Fachsitzungen

SYPO 1.1–1.1	Mi	14:00–14:10	GW1 HS	Begrüßung
SYPO 2.1–2.4	Mi	14:10–15:50	GW1 HS	Plasma und Optische Technologien I
SYPO 3	Mi	15:50–16:20	GW1 HS	Kaffeepause
SYPO 4.1–4.4	Mi	16:20–18:00	GW1 HS	Plasma und Optische Technologien II

SYPO 1: Begrüßung

Zeit: Mittwoch 14:00–14:10

Raum: GW1 HS

Begrüßung — •DETLEV RISTAU — Laser Zentrum Hannover e.V.

Kurze Einführung in das Symposium "Plasma und Optische Technologien"

SYPO 2: Plasma und Optische Technologien I

Zeit: Mittwoch 14:10–15:50

Raum: GW1 HS

Hauptvortrag SYPO 2.1 Mi 14:10 GW1 HS
Herstellung von Interferenz-Schichtsystemen - vom Design zum fertigen Filter — •DETLEF ARHILGER — Bühler Alzenau GmbH, Siemensstr. 88, 63755 Alzenau

Heutige Dünnschicht-Spezifikationen stellen hohe Anforderungen an die Anlagentechnik sowie die Reproduzierbarkeit der Schichtdickenmessung. Die Präsentation beschreibt die Vorgehensweise zur Herstellung von Interferenz-Schichtsystemen vom Design bis zum fertigen Filter. Der Fokus des Beitrags liegt hierbei auf der optischen Schichtdickenmessung mittels OMS 5100 (monochromatisches Monitoring). Neben einer kurzen Einführung in die Anlagentechnik werden Beispiele aus Aufdampfanlagen (Syruspro) sowie Magnetron-Sputteranlagen (Helios) präsentiert.

Hauptvortrag SYPO 2.2 Mi 14:35 GW1 HS
Praxisnahe Modellierung von Ionenstrahl-Zerstäubungsprozessen — •KAI STARKE, BENJAMIN LOTZ, WJATSCHESLAW SAKIEW und STEFAN SCHRAMEYER — Cutting Edge Coatings GmbH, Garbsener Landstr. 10, Hannover

In dem aktuellen Beitrag wird ein Zwischenstand über die laufenden Forschungsarbeiten der Cutting Edge Coatings GmbH auf dem Gebiet hochpräziser und produktiver Ionenstrahl-Zerstäubungsprozesse für anspruchsvolle Anwendungen in Laser- und Präzisionsoptik gegeben. Wesentlicher Schwerpunkt der Arbeiten liegt auf dem umfassenden Verständnis über den Einfluss verschiedener in- und extrinsischer Prozessparameter auf die Ausbreitung der Materialwolke im Prozessraum. Für einige Prozesse wird exemplarisch eine modellhafte Beschreibung der Verteilung des Beschichtungsmaterials sowie ableitbare Tendenzen und Skalierungen gegeben. Von besonderem Interesse sind hierbei die gezielte Einstellung von gewünschten Aufwachsraten im Bereich der zu beschichtenden Substrate und die hochgenaue Kontrolle von Brechungsindex und Schichtdicke zwecks Darstellung komplexer optischer Filter.

Hauptvortrag SYPO 2.3 Mi 15:00 GW1 HS
Stabilisierung des Ionenstrahl-Zerstäubungs-Prozesses über adaptiv geregelte Prozessparameter — •FLORIAN CARSTENS — Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithallee 8, 30419 Hannover, Deutschland

Sputter-Depositionsprozesse, insbesondere das Ionenstrahl-Zerstäuben (Ion Beam Sputtering, IBS), sind heute etablierte Verfahren, wenn es

um die Herstellung von besonders anspruchsvollen, funktionalen Beschichtungen auf optischen Komponenten geht.

Anders als beispielsweise beim Magnetron-Sputtern werden nach dem gegenwärtigen Stand der Technik in IBS-Prozessen noch materialspezifische, feste Parametersätze ohne eine In-situ-Regelung der Prozessgrößen verwendet. Eine derartige adaptive Regelung birgt jedoch ein erhebliches Potential, um eine vor allem für industrielle Anwendungen notwendige weitere Steigerung der Qualität, Reproduzierbarkeit und Ausbeute der hergestellten Beschichtungen zu realisieren.

Im Rahmen des BMBF-Forschungsverbunds PluTO⁺ wurden am Laser Zentrum Hannover verschiedene adaptive Regelungsansätze zur Stabilisierung des IBS-Beschichtungsprozesses erforscht. Mit Hilfe dieser Verfahren konnte unter anderem die Stabilität der Beschichtungsrate des Prozesses deutlich erhöht werden.

Der Vortrag gibt einen Überblick über die verfolgten Regelungsansätze und präsentiert die jeweils erreichte Prozessstabilitätsverbesserung.

Hauptvortrag SYPO 2.4 Mi 15:25 GW1 HS
Interface chemistry of thin films deposited from pulsed high power plasmas — •GUIDO GRUNDMEIER — Lehrstuhl für Technische und Makromolekulare Chemie, Universität Paderborn

Interface chemistry plays a major role during the growth of thin plasma polymer films or plasma hard coatings on engineering materials. Within the SFB-TR87 both the deposition of thin barrier films on polymer substrates and the deposition of wear resistant coatings on tool steels applied for polymer processing are considered. In such cases a strong link between the plasma process and the structure and properties of the thin films is desired. Moreover, the functional properties of such films are mainly dominated by the interfaces between film and substrate, within the plasma film and between the film and the environment. In the frame of the presentation selected examples are discussed which illustrate how advanced interface analysis can promote the development of plasma deposition processes. The surface chemistry of HPPMS TiAlN hard coatings under conditions which are relevant for polymer processing is considered with regard to thermal and electrochemical oxidation. Moreover, studies of the adhesive properties of HPPMS TiAlN hard coatings by means of UHV-AFM are presented. The nucleation and growth of SiO_x thin barrier films on model polymer substrates are correlated to the formation of nanoscopic defects in such films.

SYPO 3: Kaffeepause

Zeit: Mittwoch 15:50–16:20

Raum: GW1 HS

30 min break

SYPO 4: Plasma und Optische Technologien II

Zeit: Mittwoch 16:20–18:00

Raum: GW1 HS

Hauptvortrag SYPO 4.1 Mi 16:20 GW1 HS
Diagnostics and Control Schemes for Industrial PIAD Processes — ●JENS HARHAUSEN¹, RÜDIGER FOEST¹, CHRISTIAN FRANKE², OLAF STENZEL², JOCHEN WAUER¹, and STEFFEN WILBRANDT² — ¹Leibniz Institute of Plasma Science and Technology, Felix-Hausdorff-Straße 2, D-17489 Greifswald — ²Fraunhofer Institute of Applied Optics and Precision Engineering, Albert-Einstein-Straße 7, D-07745 Jena

Plasma ion assisted deposition (PIAD) is an important tool for the production of interference optics on the industrial scale. This technique combines thermal or e-beam evaporation with plasma treatment of the film growth. The work focusses on characterization of plasma and film properties aiming at improved stability of the processes to finally result in enhanced quality, repeatability and yield. This contribution presents concepts of plasma diagnostics - optical emission spectroscopy and active plasma resonance spectroscopy - which are suited for industrial needs. Practical applications are exemplified. Based on the parameters radiance and electron density now being available during deposition, new strategies for process control have been developed and examined regarding their efficacy compared to conventional approaches. Results of deposition series of single and multilayer systems comprising the materials SiO₂, Al₂O₃, Ta₂O₅ and TiO₂ are discussed. Funded by German Federal Ministry of Education and Research under grants 13N13213 and 13N13214.

Hauptvortrag SYPO 4.2 Mi 16:45 GW1 HS
Wiederholbarkeit optischer Konstanten von plasmagestützt abgeschiedenen Oxidschichten — ●OLAF STENZEL^{1,2} und STEFFEN WILBRANDT¹ — ¹Fraunhofer IOF Jena — ²Abbe Center of Photonics ACP, FSU Jena

Im Rahmen mehrerer Charakterisierungsstudien wurde untersucht, in welchem Maße optische Konstanten von plasmagestützt abgeschiedenen Oxidschichten stochastischen Schwankungen unterliegen. Hauptaugenmerk lag dabei auf der Brechzahl sowie der Bandkantenlage. Untersucht wurden Titanoxid-, Tantaloxid-, Aluminiumoxid und Siliziumoxidschichten, die von verschiedenen Einrichtungen präpariert worden waren. Als Präparationsverfahren kamen dabei sowohl das Plasma-Ionengestützte Elektronenstrahlverdampfen (PIAD), als auch Magnetron- bzw. Ionenstrahlsputtern zur Anwendung. Typische Standardabweichungen in der Brechzahl lagen dabei - je nach Material - im Bereich zwischen ca. 5e-4 und 1e-2. Der Beitrag beschäftigt sich ausführlich mit der Methodik von Charakterisierungsexperiment und Datenauswertung. Repräsentative Ergebnisse hinsichtlich Mittelwert und Standardabweichung erzielter optischer Charakteristika werden aufgezeigt und diskutiert.

Hauptvortrag SYPO 4.3 Mi 17:10 GW1 HS
Die Multipolresonanzsonde: Von der Diagnostik zur Systemanwendung — ●MORITZ OBERBERG, MARCEL FIEBRANDT, STEFAN RIES, NIKITA BIBINOV und PETER AWAKOWICZ — Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, Ruhr-Uni Bochum

Die Multipolresonanzsonde (MRP) ist seit einigen Jahren als neue Realisierung der aktiven Plasmaresonanzspektroskopie bekannt. Zahlreiche Veröffentlichungen zu Modell, Simulationen und praktischen Anwendungen sind mittlerweile verfügbar. Um das Konzept in eine Industrieanwendung zu überführen, müssen mehrere Einflüsse bzw. Zusammenhänge überprüft werden: Die Zuverlässigkeit der Elektronendichtebestimmung in Argon-Molekülgas-Mischungen sowie in reinem Molekülgas (N₂, O₂, H₂) soll anhand von Vergleichsmessungen mit einer Langmuir-Sonde (LP) gezeigt werden. Als Prozessumgebung wird ein doppelt induktiv gekoppeltes Plasma (DICP) gewählt und für die Prozessbedingungen muss auch die in der Literatur gut beschriebene LP beurteilt werden. Von der LP ist bekannt, dass sie hauptsächlich Elektronen mit niedriger kinetischer Energie (< 10 eV) erfasst. Die optische Emissionsspektroskopie hingegen bestimmt Plasmaparameter aus der Strahlungsabregung, deren Anregung für Stickstoff Energien von mehr als 10 eV benötigt. Die MRP wird durch Messungen im DICP mit einer Maxwell'schen EEDF und in einem CCP mit stark nicht-Maxwell'scher Verteilung mit beiden Diagnostikmethoden verglichen und eingeordnet. Letztlich wird die MRP in einem industrierelevanten reaktiven Sputterprozess als Sensor für eine Regelung eingesetzt. Die Ergebnisse werden mit einem handelsüblichen optischen Regler verglichen.

Hauptvortrag SYPO 4.4 Mi 17:35 GW1 HS
Low stress transparent materials for optical coatings on flexible substrates — ●MELANIE GAUCH, HENRIK EHLERS, and DETLEV RISTAU — Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithallee 8, 30419 Hannover, Germany

Ion beam sputtering (IBS) is known as a well suited coating process for the deposition of high quality oxide coatings usually produced on glass substrates. However, thin and flexible carrier substrates like PMMA foils need adapted coating materials with properties beyond the quality of oxide coatings. Especially high coating stress can lead to problems like deformation of the substrates or coating failure due to cracking and delamination. In this study IBS was used for the production of nearly stress free coatings sputtered from a PTFE target and from a zone target consisting of PTFE and alumina or tantalum. The relation between composition and optical properties was investigated just as the coating stress. Single layer coatings on PMMA foils are produced with this materials and a simple multilayer system with reduced stress is demonstrated.