

1

PLASMA UND OPTISCHE TECHNOLOGIEN (PLUTO)

PLASMA AND OPTICAL TECHNOLOGIES (PLUTO)

Der Erfolg der Optischen Technologien wird entscheidend von der Qualität und Funktionalität der optischen Komponenten, speziell deren Oberflächen geprägt. Hier haben sich Prozessplasmen als unverzichtbares Hilfsmittel für die Herstellung funktionaler Schichtsysteme erwiesen. Können oxidische Schichten durch Plasmastützung inzwischen weitgehend dicht und absorptionsarm hergestellt werden [1], ist die Plasmastützung fluoridischer Schichten nach wie vor problematisch, da gleichzeitig dichte und absorptionsarme Fluoridschichten trotz umfangreicher Optimierungsarbeiten bisher nicht erreicht worden sind [2] (Abb. 2).

Die Zielstellung des vom Fraunhofer IOF koordinierten PluTO-Projekts ist es daher, die Dünnschicht- und Plasmatechnologien zusammenzuführen. Dementsprechend setzt sich das Konsortium sowohl aus Experten der optischen Beschichtungstechnologie (Laser Zentrum Hannover, Fraunhofer IOF) als auch der Plasmatechnik (INP Greifswald, Ruhr-Universität Bochum RUB) zusammen.

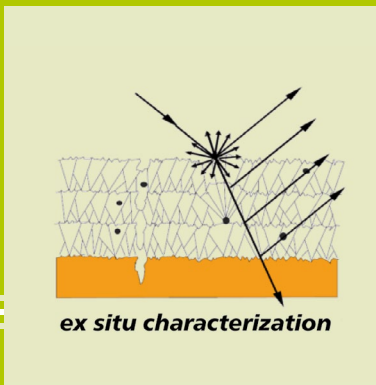
Die verfügbaren Prozessplasmen, speziell die Randschichten, sollen mithilfe spezieller Sonden eingehend qualifiziert werden, so dass die Art, die Anzahl und die Energie der an den Schichtbildungsprozessen beteiligten Teilchen erstmals eingehend und umfassend bestimmt werden können.

The quality and performance of optical components, and particularly their surfaces, are of crucial importance for the success of optical technologies in general. In this field, process plasmas represent an important tool for layer and surface property refinement. While the plasma assisted deposition of dense low-loss oxide coatings is commercial reality today [1], plasma assistance during fluoride coating growth is still problematic, although considerable effort has been applied in the last years to improve the situation [2] (Fig. 2).

The PluTO-project, which is coordinated by the Fraunhofer IOF, therefore pursues the combination of plasma and coating technologies into a unique manufacturing chain. The fields of expertise of the participating institutes include thin film technology (Laser Zentrum Hannover, Fraunhofer IOF) as well as plasma physics (INP Greifswald, Ruhr-Universität Bochum RUB). The relevant process plasmas, and particularly the Debye sheath region, are to be characterized by means of special plasma probe measurements. In this way, kind, number, and energy distribution of the species which form the growing film are expected to be determined for the first time.

1 Von der Beschichtungstechnologie zur Schichteigenschaft.

1 From deposition technology to layer property



Die somit gewonnenen Daten werden die Grundlage einer numerischen Modellierung des Schichtwachstums auf atomarer Skala (Bremen Center of Computational Material Sciences) bilden. Im Ergebnis soll ein vertieftes Verständnis für die physikalischen Mechanismen gewonnen werden, die für den Einfluss der Plasmaeinwirkung auf die Schichteigenschaften verantwortlich sind. Gleichzeitig werden geeignete Monitoringwerkzeuge zur Prozessüberwachung identifiziert und bereitgestellt.

Erste Ergebnisse belegen bereits zum jetzigen Zeitpunkt die Tragfähigkeit des Ansatzes:

- So ermöglichten Plasmasimulationen innerhalb des Verbunds (RUB, INP) erstmals die theoretische Reproduktion der Ionen- und Neutralteilchenenergieverteilung, wie sie von der Plasmaquelle APS unter für den Beschichtungsprozess typischen Betriebsbedingungen gemessen wird [3].
- Ausgefeilte Modellierungen an fluoridischen Schichten erlaubten die sichere Identifikation von lokaler Fluor-Unterstöchiometrie als Hauptursache für die immer noch beobachteten Restabsorptionen von durch Stützung hinreichend verdichteten Fluoridschichten [4, 5].
- In der Beschichtungstechnik bisher nicht etablierte Verfahren zum Plasmamonitoring bestehen jetzt erste Praxistests in industrienahen Anwendungsumgebungen. So erlaubt die vom INP entwickelte Thermosonde erstmals die Messung des gesamten auf eine Probe wirksamen Energieeintrags aus dem Beschichtungsplasma.
- Die von der RUB entwickelte Multipol-Resonanzsonde ermöglicht ähnlich der traditionellen Langmuir-Sonde die Ermittlung von Elektronendichte und Elektronentemperatur im Plasma, aber ohne Signalverfälschung durch während der Beschichtung auf die Sonde aufgebrachtetes dielektrisches Schichtmaterial.

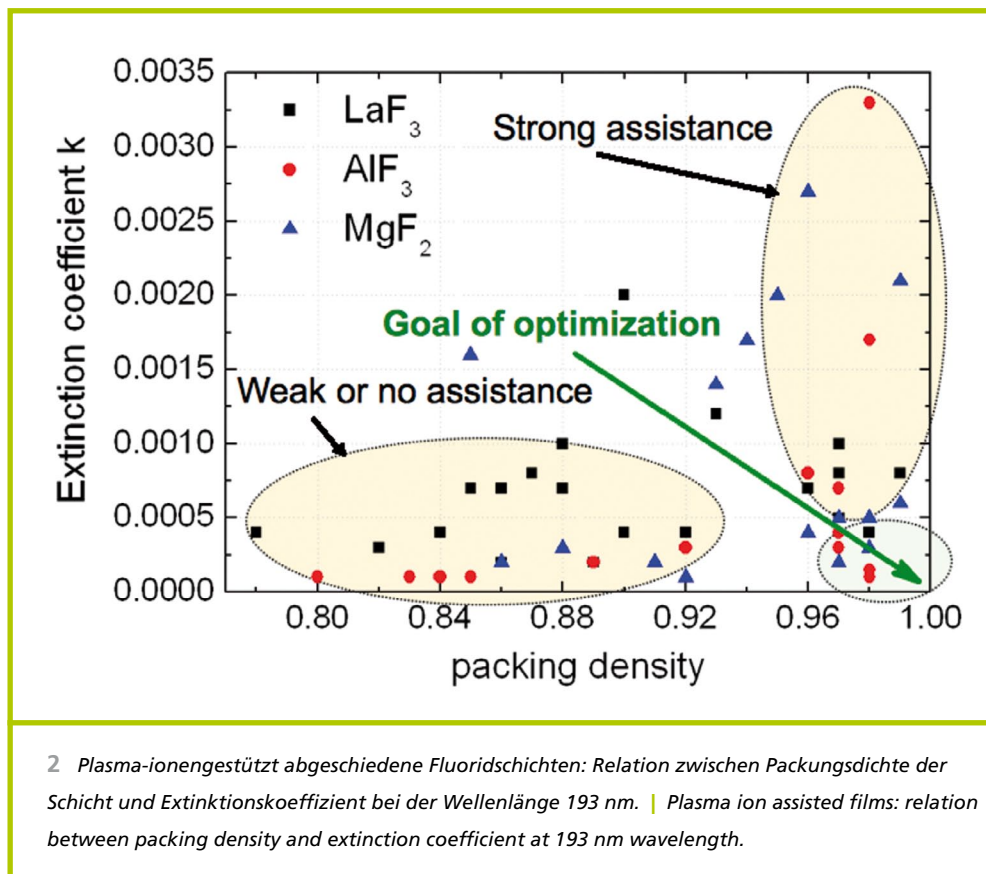
The data obtained define the experimental basis for numerical modeling of the film growth at an atomic scale (Bremen Center of Computational Material Sciences). All this is due to result in a deeper understanding of the physical mechanisms responsible for the observed impact of plasma assistance on film properties. At the same time, optimized monitoring tools will be created.

First results obtained from the PluTO-consortium confirm the suitability of the approach:

- For the first time, plasma simulations (RUB, INP) allow the theoretical reproduction of ion and neutral particle energy distributions, as they are measured for the APS plasma source in practically relevant operation mode [3].
- By means of sophisticated models of fluoride layers, it was possible to identify local fluorine understoichiometry as the dominant absorption loss mechanism in dense fluoride coatings deposited with plasma assistance [4, 5].
- Innovative applications of plasma probe techniques prove their applicability in an industrial coating environment. Thus the thermoprobe developed by INP allows measuring the full energy impact from the plasma onto the substrate.
- The multipole resonance probe as developed by RUB allows determining the electron density and electron temperature of the plasma without any artefacts resulting from dielectric overcoating of the probe itself. This is an advantage over the traditionally applied Langmuir probe measurement.

Die Kombination von Modellierung und ausgefeilter Prozessanalytik soll letztlich neuen Schub für die in Abb. 2 angedeutete weitere Optimierung optischer Schichten durch gezielt angepasste Prozessführung generieren.

The combined application of modeling and innovative plasma monitoring should ultimately provide new impetus to the coating optimization routines indicated in Fig. 2.



Die Autoren danken dem VDI Düsseldorf für die Unterstützung im Rahmen der Projektträgerschaft, sowie dem BMBF für die finanzielle Unterstützung (FKZ: 13N10459).

The authors are grateful to the VDI Düsseldorf for support, as well as to the BMBF for sponsoring these investigations in terms of the PluTO grant No 13N10459.

Literatur/References

- [1] Ehlers, H.; et al.: Ion assisted deposition processes: industrial network Intlon; Proc. SPIE 5250, (2004), p. 646–655.
- [2] Bischoff, M.: Plasmagestützte Beschichtung von Metallfluoriden für den tiefen ultravioletten Spektralbereich, Ph.D. thesis, Friedrich-Schiller-University Jena (2008).
- [3] Schröder, B.; et al.: Modelling and Simulation of the APS plume; in preparation for Journ. Phys. D.
- [4] Wilbrandt, S.; et al.: Combined in situ and ex situ optical data analysis of magnesium fluoride coatings deposited by plasma ion assisted deposition; Appl. Opt. 50, (2011); p. C5–C10.
- [5] Bischoff, M.; et al: Plasma Assisted Deposition of Metal Fluoride Coatings and Modelling the Extinction Coefficient of As-deposited Single Layers; Appl. Opt. 50, (2011), accepted for publication.

AUTHORS

Olaf Stenzel

Norbert Kaiser

CONTACT

Dr. Olaf Stenzel

+49 3641 807-348

olaf.stenzel@iof.fraunhofer.de