

Symposium Optische Hochleistungsbeschichtungen für den Einsatz in Lasersystemen und anderen Anwendungen (SYOH)

gemeinsam veranstaltet vom Fachverband Kurzzeitphysik und der Deutschen Gesellschaft für angewandte Optik e.V. (DGaO)

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

Dr. Rainer Schuhmann
Berliner Glas KGaA
Herbert Kubatz GmbH & Co.
Waldkraiburger Str. 5
12347 Berlin
schuhmann@berlinerglas.de

Optische Hochleistungsbeschichtungen sind heutzutage aus der modernen Lasertechnik und Präzisionsoptik nicht mehr wegzudenken. Prominente Anwendungen überspannen breite Technologiebereiche von der Konsumoptik über optische Speichermedien und Messverfahren bis hin zu anspruchsvollen Lasersystemen im industriellen Einsatz oder in der Grundlagenforschung. In vielen Anwendungsbereichen sind es die Qualitätsmerkmale der optischen Schichten, die beispielsweise das Leistungsvermögen von Lasersystemen, die Wirtschaftlichkeit von Produkten und Anwendungen der Lasertechnik in der Industrie oder sogar den Erfolg von wissenschaftlichen Experimenten begrenzen. Das Symposium SYOH soll in diesem Rahmen eine aktuelle Zusammenfassung zu den gegenwärtigen Problemstellungen und Lösungsansätzen in der optischen Dünnschichttechnologie präsentieren. Neben Beiträgen aus dem institutionellen Umfeld sind auch viele Industrieunternehmen vertreten, die interessante Aspekte der Herstellung, Charakterisierung und Optimierung von optischen Hochleistungsschichten abdecken. Das Symposium soll eine Diskussionsplattform darstellen für Wissenschaftler aus allen Fachdisziplinen, die optische Schichtsysteme einsetzen oder auf Gebieten der Vakuum- und Plasmaprozesse tätig sind.

Übersicht der Hauptvorträge und Fachsitzungen

(Hörsaal 6A, Poster A)

Hauptvorträge

SYOH 1.2	Mi	11:35–12:10	6A	Beschichtung von Hochleistungsoptiken - Trends und Herausforderungen — •NORBERT KAISER, ANDREAS TÜNNERMANN, MARTIN BISCHOFF, DIETER GÄBLER, OLAF STENZEL
SYOH 1.3	Mi	12:10–12:40	6A	Herausforderungen an Design, Beschichtungs- und Meßtechnik bei der Umsetzung aktueller Anforderungen an die Dünnschichtoptik am Beispiel der Fluoreszenzmikroskopie — •UWE SCHALLENBERG
SYOH 2.1	Mi	14:00–14:30	6A	Herstellung optischer Hochleistungsschichten — •HARRO HAGEDORN
SYOH 2.2	Mi	14:30–15:00	6A	Hochpräzise Fertigung: In situ Monitorierung und Rugate-Filter — •HENRIK EHLERS
SYOH 3.1	Mi	15:00–15:30	6A	Optische Beschichtungen für Laseranwendungen — •JOHANNES EBERT
SYOH 3.2	Mi	15:30–16:00	6A	Quality Characteristics of Laser Optics — •KAI STARKE, HOLGER BLASCHKE, LARS JENSEN, MARCO JUPÉ, PUJA KADKHODA, HEINRICH MÄDEBACH, DETLEV RISTAU
SYOH 3.3	Mi	16:30–17:00	6A	Dispersive Spiegel für Femtosekunden-Laserquellen – Status und Trends — •UWE MORGNER
SYOH 3.4	Mi	17:00–17:30	6A	Innovatives Magnetronspütern für die Lasertechnik — •MICHAEL SCHERRER
SYOH 4.1	Do	11:30–12:00	6A	Optische Hochleistungsschichten für die Lithografieoptik — •CHRISTOPH ZACZEK
SYOH 4.2	Do	12:00–12:30	6A	XUV Multilayer Optiken — •TORSTEN FEIGL, SERGIY YULIN, NICOLAS BENOIT, UWE DETLEF ZEITNER, THOMAS PESCHEL, CHRISTOPH DAMM, NORBERT KAISER, ANDREAS TÜNNERMANN

Symposium Optische Hochleistungsbeschichtungen für den Einsatz in Lasersystemen und anderen Anwendungen (S

SYOH 5.1	Do	14:00–14:30	6A	Optische Hochleistungsbeschichtungen in Excimer Lasern — ●CLAUS STROWITZI
SYOH 5.2	Do	14:30–15:00	6A	Charakterisierung der Verlustmechanismen und der Strahlungsstabilität UV-optischer Materialien — ●KLAUS MANN
SYOH 6.1	Do	15:00–15:30	6A	Herstellung und Anwendungspotenziale hochwertiger optischer Funktionsschichten durch Magnetron-Sputtertechnik — ●MICHAEL VERGÖHL, BERND SZYSZKA, CHRISTOPH RICKERS, ANDREAS PFLUG
SYOH 6.2	Do	15:30–16:00	6A	Innovative stationary and in-line sputter technologies for precision optical coatings — ●PETER FRACH, HAGEN BARTZSCH, JOERN-STEFFEN LIEBIG, JOERN WEBER, VOLKER KIRCHHOFF

Fachsitzungen

SYOH 1.1–1.3	Mi	11:30–12:40	6A	Design, Herstellung und Kontrolle
SYOH 2.1–2.2	Mi	14:00–15:00	6A	Design, Herstellung und Kontrolle (Fortsetzung)
SYOH 3.1–3.4	Mi	15:00–17:30	6A	Anwendungen in der Lasertechnik
SYOH 4.1–4.2	Do	11:30–12:30	6A	Optiken im DUV/EUV-Spektralbereich
SYOH 5.1–5.2	Do	14:00–15:00	6A	Optiken im DUV/EUV-Spektralbereich (Fortsetzung)
SYOH 6.1–6.4	Do	15:00–17:00	6A	Industrielle Anwendungen
SYOH 7.1–7.5	Mi	17:30–18:30	Poster A	Poster Optische Hochleistungsbeschichtungen

SYOH 1: Design, Herstellung und Kontrolle

Zeit: Mittwoch 11:30–12:40

Raum: 6A

SYOH 1.1 Mi 11:30 6A

Begrüßung der Teilnehmer — ●RISTAU DETLEV — Laser Zentrum Hannover, Hollerithallee 8, 30419 Hannover

Optische Hochleistungsbeschichtungen sind heutzutage aus der modernen Lasertechnik und Präzisionsoptik nicht mehr wegzudenken. Prominente Anwendungen überspannen breite Technologiebereiche von der Konsumoptik über optische Speichermedien und Messverfahren bis hin zu anspruchsvollen Lasersystemen im industriellen Einsatz oder in der Grundlagenforschung. In vielen Anwendungsbereichen sind es die Qualitätsmerkmale der optischen Schichten, die beispielsweise das Leistungsvermögen von Lasersystemen, die Wirtschaftlichkeit von Produkten und Anwendungen der Lasertechnik in der Industrie oder sogar den Erfolg von wissenschaftlichen Experimenten begrenzen. Das Symposium SYOH soll in diesem Rahmen eine aktuelle Zusammenfassung zu den gegenwärtigen Problemstellungen und Lösungsansätzen in der optischen Dünnschichttechnologie präsentieren. Neben Beiträgen aus dem institutionellen Umfeld sind auch viele Industrieunternehmen vertreten, die interessante Aspekte der Herstellung, Charakterisierung und Optimierung von optischen Hochleistungsschichten abdecken. Das Symposium soll eine Diskussionsplattform darstellen für Wissenschaftler aus allen Fachdisziplinen, die optische Schichtsysteme einsetzen oder auf Gebieten der Vakuum- und Plasmaprozesse tätig sind.

Hauptvortrag

SYOH 1.2 Mi 11:35 6A

Beschichtung von Hochleistungsoptiken - Trends und Herausforderungen — ●NORBERT KAISER, ANDREAS TÜNNERMANN, MARTIN BISCHOFF, DIETER GÄBLER und OLAF STENZEL — Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Albert Einstein-Straße 7, 07745 Jena

Eine der grundlegenden optischen Technologien, die zu einer erheblichen Leistungssteigerung optischer Systeme geführt hat, sind optische Schichtsysteme. Mit optischen Schichten können Oberflächen für die vielseitigen Anforderungen einer extrem reichhaltigen Palette

von modernen Hochleistungsoptiken maßgeschneidert werden. Neben der Möglichkeit der direkten Anpassung der spektralen Eigenschaften, sind optische Schichten in der Lage, eine Vielzahl von anderen Oberflächeneigenschaften zu realisieren, wie z.B. die Strahlungs- und Umweltstabilität der Oberflächen im industriellen Einsatz. Bei Hochleistungsanwendungen definiert somit die Qualität optischer Schichten die technologischen Grenzen und die Effizienz des gesamten optischen Systems. Daher werden optische Schichten auch für die Zukunft als eine der entscheidenden Schlüsseltechnologien angesehen. Dieser Beitrag informiert über neue Entwicklungen und Trends auf dem Gebiet Beschichtungen für kurze und extrem kurze Wellenlängen.

Hauptvortrag

SYOH 1.3 Mi 12:10 6A

Herausforderungen an Design, Beschichtungs- und Meßtechnik bei der Umsetzung aktueller Anforderungen an die Dünnschichtoptik am Beispiel der Fluoreszenzmikroskopie — ●UWE SCHALLENBERG — Carl-Zeiss-Promenade 10, 07745 Jena

Die modernen Verfahren der Fluoreszenzmikroskopie basieren zwar auf der klassischen Fluoreszenzanordnung mit Anregungsquelle, Umlenkspiegel und Sperrfilter, ermöglichen jedoch auf Grund der Anregung mit einzelnen Laserwellenlängen ungeahnte Qualität und Möglichkeiten in der Bildauswertung. Wesentliche Bestandteile dieser neuartigen Fluoreszenzmikroskope sind Dünnschichtfilter, deren Schichtsysteme zur Realisierung der spektralen Anforderungen bis zu 200 Einzelschichten mit absoluter Stabilität und extremer Genauigkeit erfordern. Am Beispiel typischer Interferenzfilter wie Steilkantenfilter und Farbteiler werden diese Herausforderungen an Design, Beschichtungs- und Meßtechnik in einem Überblick erläutert. Wesentliche Technologiekomponenten wie die Needle-Optimierung bei der Designsoftware, die Ionenstützung als Bestandteil der Aufdampftechnik und das optische Breitbandmonitoring bei der Meßtechnik werden vorgestellt und ihre Bedeutung für die Umsetzung aktueller Anforderungen an die Dünnschichtoptik insbesondere bei der Serienfertigung herausgestellt.

SYOH 2: Design, Herstellung und Kontrolle (Fortsetzung)

Zeit: Mittwoch 14:00–15:00

Raum: 6A

Hauptvortrag

SYOH 2.1 Mi 14:00 6A

Herstellung optischer Hochleistungsschichten — ●HARRO HAGEDORN — Leybold Optics GmbH, Alzenau, Germany

Plasmaunterstützte Verfahren zur Herstellung optischer Hochleistungsschichten haben sich in den letzten Jahren zunehmend in den Fertigungsprozessen etabliert. Neben dem Einsatz des richtigen Beschichtungsverfahrens zur Erzielung der gewünschten Schichteigenschaften kommt es in Zukunft vermehrt darauf an, diese Verfahren auf großen Flächen mit hohen Beschichtungsraten so zu kontrollieren, dass auch bei anspruchsvollen Beschichtungen eine kostengünstige Fertigung möglich ist. Darüber hinaus müssen immer komplizierte Schichtdesigns in immer kürzeren Zeiten in den Produktionsprozess überführt werden. Die direkte optische in-situ Schichtdickenkontrolle hat sich dabei zu einem der wirkungsvollsten Instrumente entwickelt, diese Ziele zu erreichen.

Hauptvortrag

SYOH 2.2 Mi 14:30 6A

Hochpräzise Fertigung: In situ Monitorierung und Rugate-Filter — ●HENRIK EHLERS — Laser Zentrum Hannover e. V., Holle-

rithallee 8, 30419 Hannover

Bei der Fertigung von hochpräzisen optischen Filtern stehen neben stabilen Beschichtungsprozessen vor allem fortschrittliche Methoden der Prozesskontrolle im Mittelpunkt des Interesses. Ausgehend von einer breitbandigen in situ Messung der Transmission am bewegten Produkt wurde ein Gerät entwickelt, das eine umfangreiche Datenbasis liefert. Die Verknüpfung des in situ Monitors mit der Anlagensteuerung ergibt ein vollautomatisiertes System, das auf einer präzisen Bestimmung der Schichtdicke aufsetzt und eine Ausgangsbasis für das Rapid Manufacturing komplexer Schichtsysteme darstellt.

Ein herausragendes Beispiel für den Einsatz dieses Messsystems ist die Herstellung von Rugate-Filtern in einem modifizierten Ion Beam Sputtering (IBS) Prozess. Im Gegensatz zu Multischichtsystemen mit alternierenden Schichten hoch- und niedrigbrechender Materialien basieren Rugate-Filter auf einem tiefenabhängig kontinuierlich modulierten Brechungsindex. Neben anspruchsvollen spektralen Charakteristika konnten mittels der abgeschiedenen oxidischen Mischmaterialien Fortschritte in der Laserzerstörfestigkeit sowie der Temperaturfestigkeit der Optiken erzielt werden.

SYOH 3: Anwendungen in der Lasertechnik

Zeit: Mittwoch 15:00–17:30

Raum: 6A

Hauptvortrag SYOH 3.1 Mi 15:00 6A
Optische Beschichtungen für Laseranwendungen — ●JOHANNES EBERT — Laseroptik GmbH, Gneisenastr. 14, D-30826 Garbsen

Die Qualität der optischen Schichten bestimmt wesentlich die Effizienz eines Lasers. In diesem Beitrag sollen daher die gängigen Techniken für die Herstellung hochwertiger optischer Laserkomponenten betrachtet und in ihren Ergebnissen verglichen werden. Neben den bekannten optischen Parametern zur Charakterisierung der Schichten, wie Reflexion, Transmission, Absorption und Streuung, spielen hauptsächlich Zerstörschwelle, innere Spannungen und Umweltstabilität eine entscheidende Rolle für die Auswahl des Herstellungsverfahrens und der Schichtmaterialien. Zunehmend werden Beschichtungen auf temperatur- und feuchtigkeitsempfindlichen Kristallen und auf Lasergläsern gefordert, wobei zusätzlich die Haftfestigkeit problematisch ist. Ionengestützte Aufdampfverfahren, gepulstes Magnetronspütern, Ionenplattieren und Ionenstrahlspütern bieten heute eine breite Palette von effizienten Prozessen, die eine wirtschaftliche Herstellung qualitativ hochwertiger Schichten ermöglichen. Während höchste Zerstörschwellen für resonatorinterne Dünnschicht-Polarisatoren noch immer mit dem klassischen Elektronenstrahl-Verdampfen erreicht werden, können höchste Reflexionen sicher durch das aufwendige Ionenstrahlspütern erzeugt werden. Für hohe thermische Stabilität und Streufreiheit eignen sich die ionengestützten Verfahren und für harte, weltraumtaugliche Schichten haben sich Sputterverfahren bewährt, die zugleich auch eine hohe Reproduzierbarkeit für die Herstellung von fs-Spiegel bieten.

Hauptvortrag SYOH 3.2 Mi 15:30 6A
Quality Characteristics of Laser Optics — ●KAI STARKE, HOLGER BLASCHKE, LARS JENSEN, MARCO JUPÉ, PUJA KADKHODA, HEINRICH MÄDEBACH, and DETLEV RISTAU — Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithallee 8, 30419 Hannover

The characterization of high performance dielectric coatings concerning optical losses, spectral characteristics and durability is a prerequisite for new applications in the strongly evolving area of laser development and materials processing. For a successful implementation of leading edge optical coatings in laser systems, the quality specifications stated by the manufacturers has to be evaluated by precise and reliable measurements. For this purpose, standard measurement procedures have been elaborated by the International Standardization Working Groups. In the present publication, the most important test procedures for measuring reflectance/transmittance, absorptance, scattering and

laser-induced damage will be presented. The explanations will include also test results for typical optical coatings for different manufacturing procedures and spectral regions. Furthermore, the influence of pulse duration on the laser-induced damage will be analyzed referring to the underlying damage mechanisms. The damage resistance of high performance coatings for nanosecond and femtosecond pulses will be especially considered.

30 min break

Hauptvortrag SYOH 3.3 Mi 16:30 6A
Dispersive Spiegel für Femtosekunden-Laserquellen – Status und Trends — ●UWE MORGNER — Institut für Quantenoptik, Leibniz Universität und Laser Zentrum Hannover

Seit Erfindung des "chirped mirror" Anfang der Neunziger Jahre spielen phasenkorrigierende dielektrische Spiegel eine bedeutende Rolle in Femtosekunden-Oszillatoren und -Verstärkersystemen. Die weiten Forschungsgebiete der extremen nichtlinearen Optik mit Pulsen mit Dauern im Bereich weniger Zyklen wie auch der Attosekunden-Pulserzeugung wären ohne dispersive Spiegel undenkbar gewesen.

Während einfache dispersive Spiegel zur Standardware geworden sind, sind die Grenzen des Möglichen bei weitem noch nicht ausgelotet. Neue Materialien und neue Herstellungstechnologien erlauben immer wieder neue Freiheitsgrade und stecken die für das Design denkbaren Bereiche neu ab.

Der Vortrag gibt einen Überblick über den aktuellen Stand und zeigt ein paar plakative Erfolge phasenkorrigierender Spiegel. Darüber hinaus sollen die absehbaren Trends in der Laserphysik im Blick auf ihre Berührungspunkte zur Beschichtungstechnologie diskutiert werden.

Hauptvortrag SYOH 3.4 Mi 17:00 6A
Innovatives Magnetronspütern für die Lasertechnik — ●MICHAEL SCHERER — Leybold Optics GmbH, Siemensstrasse 88, 63755 Alzenau, Germany

Mit der absehbaren starken Zunahme der Laseranwendungen in zahlreichen Bereichen wie Medizin, Materialbearbeitung, Spektroskopie, Grundlagenforschung wird auch die Anzahl hochwertig beschichteter Komponenten stark zunehmen. Ein plasmaunterstützter, reaktiver Magnetron Sputterprozess besitzt das Potential diese anspruchsvollen Komponenten auch wirtschaftlich zu beschichten. Die Vorteile dieser Technik sowie einige ausgewählte Beispiele werden präsentiert.

SYOH 4: Optiken im DUV/EUV-Spektralbereich

Zeit: Donnerstag 11:30–12:30

Raum: 6A

Hauptvortrag SYOH 4.1 Do 11:30 6A
Optische Hochleistungsschichten für die Lithografieoptik — ●CHRISTOPH ZACZEK — Carl Zeiss SMT AG, Oberkochen, Germany

Die optische Lithografie ist die Schlüsseltechnologie bei der Herstellung von Chips in der Halbleiterindustrie. Mit der neuesten Generation der 193nm-Immersionlithografie werden in der Produktion in Bälle Strukturgrößen von ≤ 40 nm auf Chips erreicht. Solche Hochleistungslithografieoptiken stellen besondere Anforderungen an die optischen Schichten dar. Im ersten Schritt sind hierbei grundlegende Kenntnisse über den Einfluss von Umgebung, Linsenmaterial, Beschichtungsprozess und -geometrie auf die Schichtstruktur und damit auf die optischen Eigenschaften der Schichten erforderlich. Diese erlauben es dann im zweiten Schritt den Beschichtungsprozess in geeigneter Weise zu steuern, um die geforderten optischen Spezifikationen zu erfüllen. Erst die Kombination von Grundlagenwissen und Prozessbeherrschung machen aus optischen Schichten Hochleistungsschichten für die Lithografieoptik.

Hauptvortrag SYOH 4.2 Do 12:00 6A
XUV Multilayer Optiken — ●TORSTEN FEIGL, SERGIY YULIN, NI-

COLAS BENOIT, UWE DETLEF ZEITNER, THOMAS PESCHEL, CHRISTOPH DAMM, NORBERT KAISER und ANDREAS TÜNNERMANN — Fraunhofer IOF, Albert-Einstein-Str. 7, 07745 Jena, Germany

Der Anspruch zur Erhöhung der Auflösung optischer Systeme sowie der Bedarf nach Strukturierung und Visualisierung immer kleinerer Details der uns umgebenden Welt hat die Optikentwicklung in den letzten Jahren nachhaltig beeinflusst. So ist das globale Interesse an Optikkomponenten für extrem ultraviolette Strahlung sowie den weichen Röntgenbereich sprunghaft angestiegen.

Da die absorptionsbedingte Eindringtiefe von XUV-Strahlung in Materie nur wenige hundert Nanometer beträgt, erfolgt die Strahlformung in diesem Wellenlängenbereich mit Hilfe reflektiver Optiken. Verwendung finden vor allem aus alternierenden Schichtmaterialien unterschiedlicher Brechzahlen bestehende XUV-Multilayerspiegel.

Neben der Entwicklung hochreflektierender und thermisch sowie strahlungsstabiler Schichtsysteme wurden am Fraunhofer IOF Jena Kollektor- und Abbildungsoptiken für verschiedene Anwendungen realisiert. Es werden aktuelle Herausforderungen der EUV Lithographie bei 13,5nm sowie ausgewählte Ergebnisse laufender F&E-Aktivitäten im weichen Röntgenbereich zur Diskussion gestellt.

SYOH 5: Optiken im DUV/EUV-Spektralbereich (Fortsetzung)

Zeit: Donnerstag 14:00–15:00

Raum: 6A

Hauptvortrag SYOH 5.1 Do 14:00 6A
Optische Hochleistungsbeschichtungen in Excimer Lasern —
 •CLAUS STROWITZI — Coherent München, Zielstattstrasse 32, 81379 München

In den letzten Jahren gab es bei der Entwicklung von kompakten Excimerlasern, bezüglich Laserröhre und Schaltkreis, viele Innovationen. Ziel aller Entwicklung war die Vergrößerung von Lebenszeiten und die Reduzierung der Betriebskosten für die Kunden. Ein wesentlicher Punkt ist die Verlängerung der Optiklebensdauer. Durch neue Beschichtungsverfahren ist es gelungen die Optiklebensdauern bei 193nm ArF* Excimerlasern auf 7 Milliarden Pulsen zu steigern. Der Stand der Technik und zukünftige Entwicklungen werden aufgezeigt.

Hauptvortrag SYOH 5.2 Do 14:30 6A
Charakterisierung der Verlustmechanismen und der Strahlungsstabilität UV-optischer Materialien — •KLAUS MANN — Laser-Laboratorium Göttingen e.V.

Um die Effizienz von UV-Optiken insbesondere für den Ein-

satz in der Halbleiter-Lithographie zu erhöhen, werden am Laser-Laboratorium Göttingen umfassende Untersuchungen zu den Verlusten und Übertragungseigenschaften an Quarz und CaF₂-Optiken bei Belastung mit intensiver gepulster UV-Strahlung durchgeführt. Absolute Absorptionskoeffizienten bei 193nm werden mit Hilfe eines hochauflösenden Laser-Kalorimeters bestimmt. Das Messsystem gestattet gleichzeitig eine Erfassung linearer und nicht-linearer Absorptionsverluste sowie die schnelle Bewertung des Degradationsverhaltens durch strahlungsinduzierte Farbzentrenbildung. Für die Bestimmung der Qualität von DUV-Optiken wurde außerdem ein extrem empfindlicher Hartmann-Shack-Wellenfrontsensor aufgebaut. Damit lässt sich zum Beispiel die Wellenfrontverzerrung durch den Effekt der thermischen Linse an Excimerlaser-bestrahlten Optiken mit einer Genauigkeit im Sub-Nanometerbereich vermessen. Um die Arbeiten zur Optik-Charakterisierung auch in den EUV-Spektralbereich (13nm) ausdehnen zu können, wurde eine kompakte EUV-Strahlungsquelle auf der Basis eines lasergenerierten Plasmas entwickelt. Es werden Testmessungen an unterschiedlichen EUV-Optiken vorgestellt.

SYOH 6: Industrielle Anwendungen

Zeit: Donnerstag 15:00–17:00

Raum: 6A

Hauptvortrag SYOH 6.1 Do 15:00 6A
Herstellung und Anwendungspotenziale hochwertiger optischer Funktionsschichten durch Magnetron-Sputtertechnik — •MICHAEL VERGÖHL, BERND SZYSZKA, CHRISTOPH RICKERS und ANDREAS PFLUG — Fraunhofer Institut für Schicht- und Oberflächentechnik, Braunschweig, Deutschland

Bei der Abscheidung optischer Funktionsschichten durch physikalische Plasmaverfahren hat das Zerstäuben von Kathoden in Magnetronplasmen (Magnetronspattern) eine herausragende Bedeutung. Während die ersten Anwendungen, unterstützt durch die Einführung der Wärmeschutzverordnung 1995, im Bereich der Wärmeschutzbeschichtung von Architekturglas lagen, sind eine Vielzahl neuer Anwendungen entstanden, unter anderem in den Bereichen Flachglas, Automobil, Displays und Präzisionsoptik. Der Vortrag beleuchtet die spezifischen Aspekte der Prozessführung für die Entwicklung und Herstellung optischer Schichten und geht auf die Anwendungspotenziale der Magnetronspattertechnik für die Abscheidung optischer Funktionsschichten für industrielle Anwendungen ein. Dabei werden auch neueste Entwicklungen wie die Nutzung hoch ionisierter Plasmen mittels Hochenergie-Pulssputtern diskutiert.

Hauptvortrag SYOH 6.2 Do 15:30 6A
Innovative stationary and in-line sputter technologies for precision optical coatings — •PETER FRACH, HAGEN BARTZSCH, JOERN-STEFFEN LIEBIG, JOERN WEBER, and VOLKER KIRCHHOFF — Fraunhofer-Institut fuer Elektronenstrahl- und Plasmatechnik Dresden, Winterbergstr. 28, 01277 Dresden, Germany

In this paper different new concepts for precision optical and antireflective coatings deposited by reactive Pulse Magnetron Sputtering (PMS) are introduced. In the first part features of stationary coating technology using various reactive gases and gas mixtures will be explained. The precise control of gas flow and process conditions during reactive sputtering of a silicon target in a mixture of oxygen and nitrogen gas allows to deposit layer systems with stepwise or gradient variation of the refractive index. Examples of AR-coatings, rugate and different filters based on SiO₂/SiO_x/N₂O coatings could proof the required optical performance as well as several application relevant properties like low internal stress, low roughness, high stability at temperature and humidity changes and at high density laser pulses. The complete coating can be done highly efficient at only one deposition station without interruption of the plasma. Furthermore results regarding deposition of SiO₂ and Al₂O₃-coatings suited for applications in the UV range (193nm) will be presented. In the second part of the paper a new in-line coating system for precision optics with very strict requirements on accuracy,

thickness uniformity and reproducibility will be presented that is based on two highly stabilized PMS-stations and a precision substrate transport system combined with an intermediate in-situ measurement.

30 min break

SYOH 6.3 Do 16:30 6A
Anforderungen an Hochleistungsschichtsysteme für die DUV - Lithographie — •MARTIN BISCHOFF, DIETER GÄBLER und NORBERT KAISER — Fraunhofer Institut Angewandte Optik und Feinmechanik, Albert-Einstein-Straße 7, 07745 Jena

Zur Erzeugung immer kleinerer Strukturgrößen verwenden die Chiphersteller immer kürzere Wellenlängen und zur Vergrößerung der numerischen Apertur und damit des Auflösungsvermögens eine Wasserschicht zwischen dem letzten Linsenelement und der Lackschicht auf dem Wafer (Immersion). Ausgehend vom aktuellen Stand der optischen Halbleiter-Lithografie bei 193nm (65-nm-Node) geht die aktuelle Entwicklung über Immersionslithographie (45-nm-Node) hin zu "Double Exposure" Immersionslithographie (32-nm-Node). Dies stellt wiederum neue Anforderungen an die Qualität optischer Schichten und Schichtsysteme, die im Wesentlichen die Strahlungs- und Umweltstabilität von Lithographieoptiken definieren. Ziel ist es, defekt- und absorptionsarme Schichten herzustellen, so dass als Schichtmaterialien aufgrund des geringen Extinktionskoeffizienten im Wesentlichen nur Metallfluoride in Frage kommen. In diesem Beitrag werden aktuelle Beschichtungsverfahren vorgestellt und neue Entwicklung zur Verbesserung der Schichteigenschaften präsentiert.

SYOH 6.4 Do 16:45 6A
Charakterisierung optischer Hochleistungsschichten — •CHRISTIAN MÜHLIG, WOLFGANG TRIEBEL, SIEGFRIED KUFERT und CHRISTIAN NOPPENY — IPHT Jena, Albert-Einstein-Strasse 9, 07749 Jena

Ein limitierender Faktor für den Einsatz optischer Hochleistungsschichten ist deren Restabsorption durch Verunreinigungen und/oder Defekte. Die Auswirkungen dieser Absorptionen reichen von der Beeinflussung der optischen Abbildung durch die entstehende thermische Linse bis hin zur Schichtzerstörung. Zur direkten Bestimmung der Absorption in Einzelschichten und Schichtsystemen wird das Verfahren der laserinduzierten Teststrahlableitung (LID) eingesetzt. Neben experimentellen Setups für verschiedene Probengeometrien und Messstrategien in Abhängigkeit von der Funktion des zu untersuchenden Schichtsystems werden einige Anwendungsbeispiele präsentiert.

SYOH 7: Poster Optische Hochleistungsbeschichtungen

Zeit: Mittwoch 17:30–18:30

Raum: Poster A

SYOH 7.1 Mi 17:30 Poster A

Damage threshold investigations of high power laser optics under atmospheric and vacuum conditions —

•LARS JENSEN¹, MARCO JUPÉ¹, HEINRICH MÄDEBACH¹, HENRIK EHLERS¹, KAI STARKE¹, DETLEV RISTAU¹, WOLFGANG RIEDE², PAUL ALLENSPACHER², and HELMUT SCHRÖDER² — ¹Laser Zentrum Hannover e.V., Hannover, Germany — ²Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Stuttgart, Germany

It is well known that optical dielectric coatings show a change in performance when altering the environmental condition from air to vacuum. Evacuating or venting a set-up will shift the spectral characteristic and also the damage behavior of the specimen. With respect to the spectral shift it has been observed that dense dielectric coatings manufactured by Ion Assisted Deposition and Ion Beam Sputtering do not show this modification.

This work was performed to investigate AR coatings of different deposition processes to determine whether the LIDT of dense layers can also be kept stable in vacuum. It was found that the damage threshold of these dense coatings does not decrease in an evacuated environment.

SYOH 7.2 Mi 17:30 Poster A

Improvement in laser irradiation resistance of fs- dielectric optics using silica mixtures —

•MARCO JUPÉ, MARC LAPPSCHIESS, LARS JENSEN, KAI STARKE, and DETLEV RISTAU — Laser Zentrum Hannover e.V., Hannover, Germany

Investigations in fs-laser damage mechanisms within the recent years indicate that damage mechanisms in the fs-range are based on electronic interaction schemes in the material. Usually, a direct correlation of the power handling capability to the band gap structure of the material and the field strength distribution in the optical system is observed. The present work is focused on the optimization of high refractive index coating materials by mixing with silica. The different compositions of mixed materials are manufactured with an IBS coating process using a zone target. This technique allows for a continuous variation of the material composition.

In addition, new coating designs were developed to adapt the contents of silica within the layers to the high field strengths. By combining these techniques a significant increase of the laser damage threshold could be accomplished.

SYOH 7.3 Mi 17:30 Poster A

Optische Komponenten Charakterisierung mit Ultrakurzpulslaser —

•THOMAS STUBBE, KAI STARKE, LARS JENSEN, MARCO JUPÉ, ISTVAN BALASA, and DETLEV RISTAU — Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithallee 8, 30419 Hannover

Applications of ultrashort pulse laser nowadays are used in areas like medicine, basic research, laser machining and many high other technology fields. The results are high innovation laser tools and the motivation to turn these results into compact and high efficiency laser systems and into economic success. Because of the fast development in the optical components have to keep pace with the rapid evolution of requirements which are produced in a regular production chain. Therefore to obtain the ability to compete with other foreign countries, the cooperative project OKuLas, Optische Komponenten für Ultrakurzpulslaser starts to fix the numerated problems. The Laser Zentrum Hannover (LZH), in cooperations with LINOS, started to work on nonlinear absorption with ultra short pulsed Lasers. The difference compared to

other absorption experiments at the LZH is that volume optics will be measured. Due to different geometrical crystals, two mounts are in a design process and will be tested to study if there is a difference in convection or the direct contact on the temperature sensors. Also a demonstration of a test set-up for a standardized absorption measurement of crystals in u.s.p. laser systems will be shown. Results will be presented as well as recently conducted results concerned to LC of coated fs -optics.

SYOH 7.4 Mi 17:30 Poster A

Photocatalytical measurements with thin films of evaporated stearic acid —

•THOMAS NEUBERT, WENZAO SUN, FRANK NEUMANN, and MICHAEL VERGÖHL — Fraunhofer Institute for Surface Engineering and Thin Films, Bienroder Weg 54E, 38108 Braunschweig, Germany

We show a simple and quantitative method for the measurement of the photocatalytic activity of transparent layers. Such photocatalytic layers could be used for selfcleaning optical devices such as mirrors or lenses. The developed measuring method uses thin films of evaporated stearic acid as a well defined organic pollution. These films show a good homogeneity of the thickness and a high scattering of the visible light. A good correlation between the area-related mass and the optical haze of the stearic acid films was found. So the decomposition of the stearic acid by UV-light can be observed by optical haze measurements. From the change of the haze value with time a decomposition rate and from this in turn a photocatalytic activity can be calculated. Advantages of this method are the good reproducibility and simplicity, the possibility to use multiple photocatalytic substrates, a measuring time of less than an hour for samples with a good activity and the use of a non toxic and inexpensive organic material such as stearic acid.

SYOH 7.5 Mi 17:30 Poster A

Reaktives Sputtern von SiO_xN_y-Schichten für optische Filter

— JÖRN WEBER, •PETER FRACH und HAGEN BARTZSCH — Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik, Winterbergstr. 28, 01277 Dresden, Deutschland

Der Brechungsindex von Silizium-Oxinitrid (SiO_xN_y)-Schichten lässt sich innerhalb eines weiten Bereiches zwischen 1.46 und 2.08 einstellen. Diese Schichten eignen sich deshalb für den Einsatz in Dünnschichtfiltern. Reaktives Puls Magnetron Sputtern (PMS) ermöglicht die Hochratescheidung dieser Schichten mit einstellbarer Brechzahl durch Änderung der Zusammensetzung des Reaktivgases während des Beschichtungsprozesses. Die Beschichtungsraten liegen dabei entsprechend der Leistung innerhalb eines Bereichs zwischen 50 und 240 $\frac{nm}{min}$. Mit dieser Technologie lassen sich ohne Prozessunterbrechung an einer Prozessstation durch Gaswechsel Antireflex(AR)- und Filterschichtsysteme abscheiden. Diese können bei schnellem Wechsel der Reaktivgase als HL-Schichtsystem oder bei zeitlich präzise gesteuertem, kontinuierlichem Gaswechsel als Gradientenschichtsysteme abgeschieden werden. Damit ist die leistungsfähige Abscheidung von rugaten Filtern mit völlig neuen optischen Designmöglichkeiten gegeben. Die Schichtsysteme zeichnen sich durch ihre geringe Rauheit, hohe Dichte und sehr gute Temperatur- und Feuchtebeständigkeit aus. Am Beispiel der AR-Beschichtung von Brillenlinsen wird die gute Schichthaltung bei niedriger prozessbedingter Temperaturbelastung auf Kunststoffen demonstriert. Die Eignung für Laserapplikationen mit hoher Energiedichte konnte nachgewiesen werden.