

P 4: Plasmatechnologie I

Zeit: Montag 16:30–18:45

Raum: HS 2

Hauptvortrag P 4.1 Mo 16:30 HS 2
Mikrowellenplasmen bei Atmosphärendruck — ●MARTINA LEINS¹, JOCHEN KOPECKI¹, SANDRA GAISER¹, ANDREAS SCHULZ¹, MATTHIAS WALKER¹, ULRICH STROTH² und THOMAS HIRTH¹ — ¹Institut für Plasmaforschung, Stuttgart — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Garching

Mikrowellenplasmen bei Atmosphärendruck haben eine Vielzahl an Anwendungen. Sie werden für Oberflächenbehandlungen, wie beispielsweise die Reinigung, Sterilisation oder Dekontamination, für Vorbehandlungen um eine verbesserte Haftung von Lacken, Farben oder Klebstoffen zu erzielen oder um verschiedenartige Beschichtungen abzuscheiden, eingesetzt. Mikroplasmen finden zudem Anwendung im biomedizinischen Bereich und bei der Behandlung kleiner und komplizierter Geometrien wie der Innenseite von Kapillaren. Größere Plasmabrenner, welche höhere Gastemperaturen aufweisen, sind vielsprechend für chemische Synthesen wie die Abgasreinigung, die Methanpyrolyse, die Dissoziation von CO₂ oder für das Plasmaspritzen.

Der Vortrag wird eine Übersicht über aktuelle atmosphärische Mikrowellenplasmaquellen und Mikrowellenplasmabrenner, welche am IPF entwickelt wurden, geben. Die Plasmaquellen basieren entweder auf koaxialen Strukturen oder auf Zylinder- oder Rechteckresonatoren. Die Funktionsprinzipien der Quellen werden an Hand von Simulationen der elektrischen Feldverteilung erklärt. Des Weiteren werden einige physikalische Eigenschaften wie Mikrowellenheizmechanismen, Gas- und Elektronentemperaturen und Elektronendichten diskutiert. Zuletzt werden ausgewählte Anwendungsbeispiele vorgestellt.

P 4.2 Mo 17:00 HS 2
Improving the Electronic Transport and Structural Properties of Magnetron Sputtered ZnO:Al and ZnMgO:Al Films by Reducing the Particle Energy — ●ANDRÉ BIKOWSKI and KLAUS ELLMER — Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Hahn-Meitner-Platz 1, D-14109 Berlin, Germany

We deposited ZnO:Al and ZnMgO:Al films by DC and RF (13.56 MHz and 27.12 MHz) magnetron sputtering for substrate temperatures between 25°C and 500°C. X-ray diffraction measurements were used to determine the crystalline quality. Conductivity and Hall measurements revealed the carrier concentration and Hall mobilities.

For sputtering processes it is known that the growing films are bombarded by high energetic species, especially negative ions. The maximum energy of these high energetic species is directly correlated to the plasma excitation frequency. For all three discharge frequencies a similar behavior for the resistivities of the films has been observed: a decrease up to an optimum substrate deposition temperature and an increase with further increase of the temperature up to 500°C. The minimum obtainable resistivity is decreasing with increasing plasma excitation frequency, which can be explained as a result of the reduced maximum energy, the high energetic negative oxygen ions have due to a decreasing target voltage with increasing plasma excitation frequency. Our results show the decisive role of the particle energies in plasma deposition processes for electronic and structural properties of thin films.

P 4.3 Mo 17:15 HS 2
Untersuchung der Veränderung eines Strukturproteins der Haut durch Plasmabehandlung — ●SABRINA BALDUS¹, MEIKE MISCHO², MARTINA HAVENITH² und PETER AWAKOWICZ¹ — ¹Lehrstuhl für Allgemeine Elektro- und Plasmatechnik (AEPT), Ruhr-Universität Bochum — ²Lehrstuhl für Physikalische Chemie II, Ruhr-Universität Bochum

Der Einsatz von Atmosphärendruckplasmen in der Medizin rückt in der heutigen Zeit immer mehr in den Fokus. Viele Studien haben bereits gezeigt, dass die Behandlung von chronischen Wunden mit Plasma deren Heilungsprozess anregt. Die desinfizierende Wirkung von kalten Plasmen ist allseits bekannt, jedoch ist die Wechselwirkungen zwischen den vom Plasma erzeugten, reaktiven Teilchen und dem behandelten Gewebe, noch kaum untersucht. Um einen tieferen Einblick in diese Mechanismen zu bekommen wurden die chemischen Auswirkungen der Behandlung eines Modellsystems mit einer dielektrischen Barriereentladung (DBD) detailliert analysiert. Die DBD wurde speziell für therapeutische Zwecke in der Dermatologie entwickelt und ist vollständig charakterisiert.

Als Modell wird das Strukturprotein Keratin behandelt, welches in der Epidermis, den Haaren sowie den Nägeln des Menschen vorkommt. Diese Proben wurden mittels Raman Mikrospektroskopie untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass die von der DBD erzeugten reaktiven Spezies zu Strukturveränderungen im Keratin führen.

Die erzielten Ergebnisse werden vorgestellt und deren Bedeutung für die direkte Plasmabehandlung von menschlicher Haut erläutert.

P 4.4 Mo 17:30 HS 2
The effect of the driving frequencies on the Electrical Asymmetry Effect in dual-frequency capacitive radio frequency plasmas — ●JULIAN SCHULZE¹, IHOR KOROLOV², UWE CARNETZKI¹, and ZOLTAN DONKO² — ¹Ruhr-University Bochum — ²Hungarian Academy of Sciences

In capacitive radio frequency discharges driven by two consecutive phase locked harmonics, an electrical asymmetry is induced and a DC self bias is generated as a function of the phase shift between the driving frequencies. Until now, only dual-frequency discharges operated at a fundamental frequency of 13.56 MHz have been investigated. It was shown, that a maximum self bias of 25 % of the driving voltage amplitude can be generated electrically and that the mean ion energy at the electrode can be controlled separately from the ion flux by adjusting the phase in a geometrically symmetric reactor. Here, we study the effect of changing this fundamental frequency between 0.5 MHz and 27.12 MHz on the Electrical Asymmetry Effect by Particle-in-Cell simulations and an analytical model for different γ -coefficients [1]. We find the electrical generation of the DC self bias and the quality of the separate control of ion properties to be strongly reduced at lower frequencies. This is caused by the effect of the driving frequencies on the charge and electron heating dynamics. These effects are understood by the model. [1] I. Korolov et al. (2012) J. Phys. D 45 465205

P 4.5 Mo 17:45 HS 2
Scaling parameter in plasma-enhanced CVD of SiO₂ thin films in atmospheric pressure dielectric barrier discharges — ●S. WELZEL¹, S.A. STAROSTIN², H. DE VRIES², M.C.M. VAN DE SANDEN^{1,3}, and R. ENGELN¹ — ¹Eindhoven University of Technology, P.O. Box 513, 5600 MB Eindhoven, The Netherlands — ²FUJIFILM Manufacturing Europe B.V., P.O. Box 90156, 5000 LJ Tilburg, The Netherlands — ³Dutch Inst. for Fundamental Energy Research (DIFFER), P.O. Box 1207, 3430 BE Nieuwegein, The Netherlands

Large-area roll-to-roll processing of polymeric substrates in diffusive, high-current dielectric barrier discharges containing organo-silicon precursors in industrially relevant air-like gas mixtures have been shown to yield high-quality SiO₂-like barrier layers. To better understand the link between plasma chemistry and the deposition process, studies of the gas phase composition using *ex-situ* Fourier-transform infrared absorption spectroscopy were carried out. A clear transition in the downstream gas phase can be observed as a function of injected power and hence the level of precursor consumption. Broadly speaking, a typical H-N-O chemistry in the presence of traces of hydrocarbons is found under full precursor consumption whereas distinct precursor fragments could be identified for HMDSO and TEOS at low average power densities. It transpires that the CO density in the gas phase is closely linked with the growth rate of the SiO₂ films. More importantly, all trends observed can be described by a scaling parameter (mean energy). This approach allows to define a parameter range for good quality films that can be normalised to a 'reactor constant'.

P 4.6 Mo 18:00 HS 2
Kombinationssensor zur Charakterisierung von Beschichtungsplasmen — ●KLAUS ELLMER, THOMAS WELZEL, KARSTEN HARBAUER und MAX KELLERMEIER — Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie

Bei der plasmagestützten Schichtabscheidung bzw. Oberflächenmodifizierung spielen viele physikalische Parameter (Teilchendichten, -energien, -ströme) eine wesentliche Rolle, um die Veränderung der Oberfläche verstehen zu können. Um möglichst viele dieser Parameter räumlich und zeitlich gleich zu erfassen, wurde ein Kombinationssensor entwickelt, der mehrere Diagnostiken beinhaltet. Er besteht aus einem Schwingquarz, mit dem die Aufwachsrate einer Schicht gemessen werden kann. Dieser fungiert gleichzeitig als Langmuir-Sonde zur

Ermittlung der Ladungsträgerdichten, Potenziale und mittleren Elektronenenergie des Plasmas, aus denen Ströme und Energien der auf die Oberfläche treffenden Ionen und Elektronen bestimmt werden können. Zusätzlich wird die Aufheizung des Schwingquarzes durch rückwärtige Detektion seiner Wärmestrahlung für die Bestimmung des integralen Energieeinstroms auf die wachsende Schicht genutzt.

Die Funktion des Kombinationssensors wird am Plasma eines 2-Zoll-Magnetrons mit Titantarget zur Abscheidung von Titan- bzw. Titanoxidschichten demonstriert. An dieser wurde jeweils die radiale Verteilung der beschriebenen Größen untersucht. Während die Verteilung der Ladungsträgerdichten und des Energieeinstroms ähnlich sind, ist die Aufwachsrate für die reaktive Entladung wegen der Oxidation des Ti-Targets bei der Titanoxidabscheidung deutlich erniedrigt.

P 4.7 Mo 18:15 HS 2

Charakterisierung eines großflächigen, kapazitiv gekoppelten Mehrfrequenzplasmas (MFCCP) für keramische PVD-Beschichtungen — ●STEFAN BIENHOLZ¹, NIKITA BIBINOV¹, DARIO GROCHLA², DENIS EREMIN³, ALFRED LUDWIG², THOMAS MUSSENBRÖCK³ und PETER AWAKOWICZ¹ — ¹Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik — ²Ruhr-Universität Bochum, Institut für Werkstoffe — ³Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik

PVD-Beschichtungen werden seit vielen Jahren mit kapazitiv gekoppelten Plasmen hergestellt. Zur Abscheidung keramischer Schichten eignen sich MFCCPs besonders wegen des stark reduzierten Arcings im Vergleich zu DC-Abscheideprozessen. MFCCPs nutzen die Frequenzabhängigkeit wichtiger Plasmagrößen aus. Der verwendete großflächige MFCCP mit einem Elektrodendurchmesser von etwa 500 mm wird mit zwei phasenfesten HF-Quellen (13,56 MHz und 27,12 MHz) zur Erzeugung einer großen Selbstspannung betrieben. Eine hohe Plasmadichte wird durch den Einsatz einer VHF-Quelle (60 MHz) eingestellt. Der MFCCP wurde vollständig mittels optischer Emissionsspektroskopie und Langmuirsonde charakterisiert und mit 2-D PIC Simulationen

verglichen. Weiterhin wurden die abgeschiedenen AlN-Schichten hinsichtlich Schichtdicken, Schichtspannungen und Schichtstruktur analysiert. Die Ergebnisse der Schichtanalytik werden mit Plasmaparametern korreliert.

Die Autoren danken der Deutsche Forschungsgemeinschaft für die Förderung im Rahmen des SFB-TR87.

P 4.8 Mo 18:30 HS 2

Massenspektrometrische Untersuchungen an Aluminium-Triisopropoxid-haltigen Plasmen — ●MAIK FRÖHLICH, STEFAN NIEMIETZ und HOLGER KERSTEN — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel

Aluminium-Triisopropoxid (ATI) wird u.a. in plasmagestützten Prozessen zur chemischen Abscheidung von Aluminiumoxid genutzt. Diesen Schichten kommt aufgrund hervorragender Verschleißigenschaften und der hohen thermischen Stabilität eine große industrielle Bedeutung zu. Zur Optimierung der Prozessführung dieses PECVD-Prozesses ist ein grundlegendes Verständnis der im Plasma stattfindenden Reaktionen notwendig. Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Fokus auf die Bildung von Reaktionsprodukten aus dem monomeren ATI in einer Hochfrequenzentladung gelegt. Anhand von massenspektrometrischen Untersuchungen konnten mögliche Reaktionspfade für die Fragmentation des organometallischen Präkursors aufgestellt werden. Besonders hervorzuheben ist das im Plasma mit hoher Konzentration gebildete Molekül mit der Masse 59 amu. Dieses kann entweder auf eine der drei Kohlenwasserstoffgruppen am monomeren ATI-Molekül oder auf die Bildung von AlO₂ als Restprodukt hindeuten. Letzteres ist eine mögliche Basis für die Bildung von Al₂O₃, welches mittels des PECVD-Prozesses abgeschieden wird. Darüber hinaus sind die vom Basismolekül oder deren Fragmenten abgespalteten Methylgruppen zur Bildung von organischen Molekülen mit höheren Massen (C_nH_m) sowie für die Entstehung von Nanoteilchen von großer Bedeutung.