

## P 1: Plasmatechnology

Time: Monday 14:00–16:25

Location: B 302

## Topical Talk

P 1.1 Mo 14:00 B 302

**Simulation des Plasmajet-Hochratenätzens von massivem Quarzglas** — ●JOHANNES MEISTER und THOMAS ARNOLD — Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung, Leipzig, Deutschland

Plasma Jet Machining (PJM) - ein lokales trockenchemisches Ätzverfahren auf Fluorbasis mittels atmosphärischen Plasmajets ist eine viel versprechende Technologie zur deterministischen Ultrapräzisionsbearbeitung von insbesondere optischen Quarzglasbauteilen. Mittels eines leistungsstarken Mikrowellenplasmajets können berührungslos hohe Abtragsraten erzielt werden, wie sie für die Asphärisierung benötigt werden. Allerdings führt der hohe Wärmeeintrag des Jets ins Werkstück zu einem nichtlinearen Ätzverhalten des rein chemischen temperaturabhängigen Abtragsprozesses, was die Konvergenz des Verfahrens erheblich mindert. Daher wurde eine Methode entwickelt, welche mit hoher Orts- und Zeitaufösung den Wärmeeintrag des Jets ermittelt. Mithilfe eines FEM-Modells für die Wärmeleitung des Werkstückes lässt sich dann die Temperaturentwicklung während eines Bearbeitungsprozesses extrapolieren. Anhand von wohldefinierten Teststützungen wird außerdem eine temperaturabhängige Abtragsfunktion bestimmt. Damit ist es möglich, den tatsächlichen zu erwartenden Abtrag vorauszusagen. Mit dieser Information kann die Formgenauigkeit zur Zieltopologie erheblich verbessert werden.

P 1.2 Mo 14:25 B 302

**Optimierung von Barrierschichten mittels Substratbias** — ●EVELYN HÄBERLE<sup>1</sup>, JOCHEN KOPECKI<sup>1</sup>, ANDREAS SCHULZ<sup>1</sup>, MATTHIAS WALKER<sup>1</sup>, ULRICH STROTH<sup>1</sup>, ANDREAS MUTZKE<sup>2</sup> und RALF SCHNEIDER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Greifswald

Die Eigenschaften von Barrierschichten, die in einem Mikrowellen-PECVD-Prozess abgeschieden werden, wurden mit Hilfe eines Substratbias im kHz-Bereich verbessert. Die Schichten bestehen aus SiO<sub>x</sub> bzw. Si<sub>x</sub>N<sub>y</sub> und dienen als Barriere zwischen dem Substrat und Dünnschichtszellen. In diesem Prozess kann der Teilchenfluss auf das Substrat unabhängig von der Energie der auftreffenden Ionen gesteuert werden. Grundlegende Untersuchungen von auf strukturierten Si-Wafern abgeschiedenen Schichten zeigen den Einfluss des Substratbias auf das Aufwuchsverhalten der Schicht speziell an Stellen von Vertiefungen im Substrat. Die angelegte Vorspannung führt zu einer besseren Auskleidung der Rillen mit Schicht und zu einem Verschmelzen der Schicht über entstehenden Hohlräumen, so dass keine Pinholes in der Schicht vorhanden sind. Zusätzlich wurde der Einfluss des Substratbias auf die molekulare Zusammensetzung der Schichten mittels In-situ-FTIR-Spektroskopie untersucht.

Die experimentellen Ergebnisse zur Form der aufwachsenden Schicht auf den Modellsubstraten werden mit Simulationen verglichen. Dazu werden als einfaches Modellsystem a-Si:H-Schichten verwendet, die in einem reinen Silanplasma abgeschieden werden. Erste Ergebnisse dieses Vergleichs werden vorgestellt.

P 1.3 Mo 14:40 B 302

**Lokale Abscheidung von Siliziumoxidschichten mittels atmosphärischen Plasmajets** — ●MANUELA JANIETZ und THOMAS ARNOLD — Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung, Leipzig, Deutschland

Für Siliziumoxidschichten gibt es ein breites Anwendungsfeld, das jedoch durch die bisherigen Herstellungsmethoden, die hohe Temperaturen oder niedrige Drücke erfordern, eingeschränkt wurde. Der vorgestellte Plasmajet arbeitet hingegen in offener Umgebungsluft und ermöglicht die Bearbeitung temperaturempfindlicher Materialien. Aufgebaut ist er aus zwei koaxialen Rohren, in denen die Prozessgase Helium, Stickstoff und Sauerstoff mittels gepulster Mikrowellenstrahlung (2,45 MHz) angeregt werden. Als Siliziumlieferant wird das Monomer Hexamethyldisiloxan (HMDSO) eingesetzt. Bei einem Gesamtgasfluss von circa 1500 sccm und Mikrowellenleistungen zwischen 3 und 5 W wurden Abscheidungsraten bis zu 30 nm/s erzielt. Die hergestellten Siliziumoxidschichten von einigen hundert Nanometern Dicke wurden in Abhängigkeit von den Plasmametern umfangreich hinsichtlich chemischer Zusammensetzung und physikalischer Eigenschaften charakterisiert.

P 1.4 Mo 14:55 B 302

**Construction and Characterization of Micro Plasma Jet for Thin Film Deposition on Capillary.** — ●RAMASAMY POTHIRAJA, NIKITA BIBINOV, PHILIPP MERTMANN, and PETER AWAKOWICZ — Institute for Electrical Engineering and Plasma Technology, Ruhr-Universität Bochum, Germany.

A micro plasma jet operating with variable applied voltage, frequency, reacting gas has been developed. An axial directed long filamentary discharge ignited in this micro plasma jet in inert gas and nitrogen will be used for film deposition in tube and capillaries. Methane and acetylene will be used as precursor gas for production of chemically active radicals. For the optimization of deposition condition, discharge is characterized using optical emission spectroscopy (OES) with time and spatial resolution. Electron distribution function and electron density are determined using OES and numerical simulations. The influence of nature of plasma forming gas, applied voltage and gas flow rate on plasma parameters like filament geometry, reduced electric field, electron density and its energy distribution, rate constant for the different reactions have also been studied. These results will be presented and compared with the plasma parameters obtained for similar plasma generating instrument \*Plasma brush(Regd.)\*.

P 1.5 Mo 15:10 B 302

**Ätzmechanismen bei der Bearbeitung von SiC mittels atmosphärischer Plasmajets** — ●INGA-MARIA EICHENTOPF und THOMAS ARNOLD — Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung, Permoserstrasse 15, D-04318 Leipzig

Siliziumkarbid ist aufgrund hervorragender Eigenschaften, wie seiner großen Härte, sehr guter thermischer Leitfähigkeit und großer Bandlücke ein vielversprechendes Halbleitermaterial, dessen Anwendungen von der Luft- und Raumfahrttechnik bis hin zur Halbleiterindustrie reichen. Wegen seiner Eigenschaft chemisch inert zu sein, ist das plasmaaktivierte Trockenätzen eines der wenigen praktikablen Mittel um Siliziumkarbid zu bearbeiten. Zur Untersuchung der dabei stattfindenden Prozesse wurden Experimente mit einem RF (13.56 MHz) angeregten atmosphärischen Plasmajet durchgeführt. Als Trägergas diente hierbei He mit Zugabe von CF<sub>4</sub> und O<sub>2</sub> als Ätzgasen. Es wurden Ätzungen mit und ohne Probenheizung bei verschiedenen CF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>-Gemischen durchgeführt. Anschließend wurden mit Hilfe von Arrhenius-Plots die Aktivierungsenergien bestimmt. Weiterhin wurden XPS-Untersuchungen an den geätzten Oberflächen vorgenommen, die ein unterschiedliches Verhalten der silizium- und kohlenstofforientierten Seite in Form von Bildung verschiedener Oxidationsprodukte zeigen.

P 1.6 Mo 15:25 B 302

**Filamentary and homogeneous DBD modes for human skin treatment: Discharge characterization and simulation of surface irradiation** — ●PRIYADARSHINI RAJASEKARAN<sup>1</sup>, PHILIPP MERTMANN<sup>1</sup>, NIKITA BIBINOV<sup>1</sup>, DIRK WANDKE<sup>2</sup>, WOLFGANG VIOEL<sup>3</sup>, and PETER AWAKOWICZ<sup>1</sup> — <sup>1</sup>AEPT, Ruhr Universität Bochum — <sup>2</sup>Cinogy GmbH — <sup>3</sup>HAWK & Laser-Laboratorium, Goettingen

The DBD plasma source comprises of a ceramic-covered copper electrode and is suitable for direct use on human body. A homogeneous discharge superimposed with plasma filaments is ignited on the surface of the human body as seen by microphotography. Stochastic filamentary discharge is obtained with aluminium plate and PBS solution, and homogeneous discharge with glass, as opposite electrodes. During treatment, when the plasma source encounters a raised point like hair strand on the body surface, a single-filamentary discharge is ignited. To study this discharge mode, grounded aluminium spike is used as counter electrode. These 3 different DBD modes are characterized by determining gas temperature, electron density & electron energy distribution function (EEDF) by applying optical emission spectroscopy (OES), current-voltage measurements, numerical simulation and microphotography. The fluxes of photons, nitric oxide and ozone to the treated surface are calculated. Plasma conditions and the production of active species in each mode are distinct. The estimated fluxes in the single filamentary mode are the highest but the treated surface area is very small. For treating larger area, the homogeneous DBD is more effective than the stochastic filamentary discharge.

P 1.7 Mo 15:40 B 302

**Untersuchungen zur Aufladung und Abscheidung von polydispersen Aerosolen durch Barrierentladungen** — ●ABDELALI BOUGOUTAYA, SIEGFRIED MÜLLER und TILA KRÜGER — Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald

Hintergrund der Untersuchungen bildet die Haftung von Partikeln an Oberflächen von Elektroden oder Isolierstoffschichten. Dies ist bei der Suche nach geeigneten Entladungskonfigurationen und Verfahren für die Plasmabehandlung von Partikeln aber auch die Gasreinigung allgemein von Bedeutung. Von Interesse war, ob sich der Aerosoltransfer mit Mitteln der Ansteuerung des Entladungssystems oder auch durch geeignete Wahl der Entladungskonfiguration steuern lässt. Es wurden Untersuchungen zur Aufladung von Aerosolen und zur Abscheidung an Oberflächen unter Einbeziehung von Aerosolmessungen im Wandbereich gemacht. Als Plasmaquelle diente eine Oberflächenentladungs-Konfiguration (SD-DBD). Zur Steuerung des Aufladungsprozesses wurden Ionen beiderlei Vorzeichens aus dem Entladungssystem extrahiert. Untersucht wurden die Einflüsse von Pulsmustern, der Frequenz, der Spannungspulse (pos., neg. Amplitude, Form) und der Position des Extraktionselementes (Extraktionselektrode). Neben Messungen zum Abscheideverhalten wurde das Entladungssystem hinsichtlich der Ionendichten charakterisiert. Das Abscheideverhalten der Aerosole wurde mit einem Aerosolspektrometer, welches nach dem Prinzip der Mie-Streuung arbeitet, gemessen. Zur Bestimmung der Ionenkonzentrationen fand ein Ionometer Anwendung.

P 1.8 Mo 15:55 B 302

**Beladung und Plasmaregeneration von mineralischen Gasadsorbentien** — ●TILA KRÜGER, SIEGFRIED MÜLLER und ABDELALI BOUGOUTAYA — Leibniz-Inst. für Plasmaforschung und Technologie e.V., Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Mineralische Gasadsorber finden gegenwärtig eine breite Anwendung im Bereich der Gasreinigung. Gegenüber anderen Reinigungsmethoden erweisen sich insbesondere die Herstellungs- und Betriebskosten sowie die Wiederverwendbarkeit als vorteilhaft. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Beladung natürlich vorkommender Adsorber und deren Regeneration mit einem Niedertemperaturplasma. In den Versuchen erfolgte eine Belegung der Adsorberoberfläche mit Ozon und

Ammoniak. Der Beladungsprozess vollzog sich mit dem Rohgas im durchströmten System und zumeist bis zum Durchbruch. Für eine anschließende Regeneration im Plasma eignete sich der dafür entwickelte Pellet-Reaktor, welcher bevorzugt getaktet betrieben wurde. Im Falle der  $\text{NH}_3$ -Beladung erfolgte die Freisetzung von zuvor adsorbiertem Gas. Vom Grundprinzip her stellt dieser Aufbau eine dielektrisch behinderte Entladung (DBE) dar. Zur Optimierung des Verfahrens wurden verschiedene Entladungsparameter variiert. Es zeigte sich, dass mit dem gewählten Plasmaverfahren das Adsorbermaterial mehrmals beladen und nachfolgend regeneriert werden konnte.

P 1.9 Mo 16:10 B 302

**Removal of volatile organic compound using a multi stage packed bed reactor under atmospheric conditions** — ●MARKO HÜBNER<sup>1</sup>, OLIVIER GUATELLA<sup>2</sup>, ANTOINE ROUSSEAU<sup>2</sup>, and JÜRGEN RÖPCKE<sup>1</sup> — <sup>1</sup>INP Greifswald e.V., Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald — <sup>2</sup>LPP Ecole Polytechnique, Route de Saclay, 91128 Palaiseau

A plurality of industrial processes involves the treatment of volatile organic compounds, VOC. They are input product or part of the exhaust gas streams. Because of the toxicological properties some of them have they must not be freed into the environment. A contaminated gas stream has therefore been to be cleaned. This contribution reports a VOC destruction method based on a new approach introduced by Whitehead and co-workers. They used a serial combination of several active stages. One stage consists of two stainless steel grid shaped electrodes filled with glass beads. The VOC contaminated gas flows perpendicular to the electrodes. Harling [1] has been able to demonstrate that the VOC destruction rate of such an arrangement increased nonlinear compared to a parallel arrangement of the same number of stages. This phenomenon has been investigated. For this reason the dependency of the destruction rate on the initial concentration of the test VOC ethylene, the number of active stages, the surface structure and the resulting creation rate of by-products has been investigated using a single layer stage. The composition of the input and output gas flow has been identified and quantified using FTIR- and TDL absorption spectroscopy. The main products detected have been  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{CO}$  and  $\text{H}_2\text{CO}_2$ . [1] Harling, A.M., DOI: 10.1021/es703213p