

P 2: Plasmatechnologie

Zeit: Montag 14:00–16:10

Raum: HS Biochemie (groß)

Fachvortrag P 2.1 Mo 14:00 HS Biochemie (groß)
3D MHD-Modellierung eines induktivgekoppelten Plasmabrenners — ●MARGARITA BAEVA, DIRK UHRLANDT und KLAUS-DIETER WELTMANN — INPGreifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

Induktionsbrenner werden u.a. zur Herstellung von optischen Fasern angewendet. Die Optimierung des Abscheideprozesses ist ein vielparametrisches Problem. Die Ausnutzung einer Simulation der Strömungsverhältnisse im Brenner und in der Abscheidezone gekoppelt mit der Simulation der Energiebilanz und chemischen Zusammensetzung bei Anwendung der "Computational Fluid Dynamics" (CFD) kann wesentlich zur Aufklärung der komplexen Strömungs-, Temperatur- und Abscheideverhältnisse beitragen. Mit Hilfe einer 3D CFD-Simulation wurde ein induktiv gekoppelter Plasmabrenner unter Voraussetzung eines lokalen thermodynamischen Gleichgewichts untersucht und an den Abscheidungsprozess von SiO₂ an der Oberfläche eines bewegten Substrats gekoppelt. Insbesondere wurden die Energieeinkopplung, die Abweichungen von der Rotationssymmetrie und das Vermischen der Gaskomponenten N₂, O₂ und SiCl₄ im Brenner untersucht. Das Modell liefert die Abscheiderate am Substrat und an den Brennerwänden als Funktion u.a. der Induktionsleistung, der Precursor- und der Gaszufuhr und lässt sich zur Optimierung des Brenners ansetzen.

P 2.2 Mo 14:25 HS Biochemie (groß)
Optische Emissionsspektroskopie an einer Mikrowellenplasmaquelle für den Abbau von halogenierten VOC bei Atmosphärendruck — ●MARTINA LEINS, ANDREAS SCHULZ, MATTHIAS WALKER, UWE SCHUMACHER und ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Die Reinhaltung der Luft und somit der Abbau von Abgasen gewinnen angesichts des Klimawandels zunehmend an Bedeutung. Insbesondere der Abbau von klimaschädlichen halogenierten VOC (volatile organic compounds) ist von immer größer werdender Bedeutung. Die vorgestellte Plasmaquelle, die sich gut für die Abgasreinigung eignet, basiert auf einem Resonatorprinzip. Mikrowellen mit einer Frequenz von 2,45 GHz werden so in den axial symmetrischen Hohlraum eingekoppelt, dass sich in dessen Mitte ein hohes elektrisches Feld aufbauen kann, welches die Zündung eines Plasmas bei Atmosphärendruck ohne weitere Zündhilfe ermöglicht und zu einem stationären Betrieb der Plasmaquelle beiträgt. Hierzu wurden Simulationen der elektrischen Feldverteilung mit ComsolMultiphysics[®] durchgeführt. Das Plasma wurde mittels optischer Emissionsspektroskopie charakterisiert. Die Gasrotationstemperatur wurde aus dem A²Σ⁺ – X²Π_γ-Übergang des freien OH-Radikals zu 3600 - 4000 K im Resonator bestimmt. Eine Abschätzung der Elektronentemperatur zu 5000 - 6500 K ergab sich aus der Messung der Anregungstemperatur mittels Sauerstoffatomlinien. Weitere spektroskopische Untersuchungen wurden an CF₄- und SF₆-haltigen N₂-Plasmen zum Abbau von halogenierten VOC durchgeführt, um Aufschluss über mögliche Reaktionskanäle zu erhalten.

P 2.3 Mo 14:40 HS Biochemie (groß)
IR-spektroskopische Untersuchungen zum Abbau flüchtiger organischer Substanzen (VOC) in einem mehrstufigen, geschüttelten Plasmareaktor — ●MARKO HÜBNER und JÜRGEN RÖPCKE — INP Greifswald e.V., Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Leicht flüchtige organische Substanzen (engl. Volatile Organic Compounds, VOCs) finden eine breite Verwendung in der chemischen Industrie. Von vielen VOCs ist bekannt, dass sie gesundheitsschädliche Eigenschaften besitzen. Die Abluft vieler industrieller Prozesse enthält VOCs, die wegen ihrer gesundheitsschädlichen Eigenschaften nicht in die Umwelt gelangen dürfen. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit dem Abbau von VOCs mittels atmosphärischen Plasmen. Basierend auf einem neuen Ansatz von Whitehead und Mitarbeitern, wurde ein mehrstufiger Reaktor gebaut. Eine Stufe besteht aus zwei gitterförmigen ebenen Elektroden, die mit Glaskugeln gefüllt sind. Das VOC enthaltende Abgas strömt senkrecht durch die einzelnen Stufen. Harling konnte zeigen, dass so betriebene Stufen in einer seriellen Anordnung eine sehr viel höhere VOC-Abbaureate erreichen als eine parallele Anordnung. Die Aufklärung der Ursache dieses Synergieeffektes ist Ziel des vorliegenden Beitrages. Als Testabgas wurde Ethylen in Luft ver-

wendet. Die postplasma Abluft wurde durch eine optische Langwegzelle geleitet und mit FTIR Spektroskopie charakterisiert. Die vorliegende Untersuchung konnte zeigen, dass eine effektive Abbaureate von 97% möglich ist.

P 2.4 Mo 14:55 HS Biochemie (groß)
Einfluss der Kondensatverteilung auf die Zündung von quecksilberfreien D-Lampen — ●CORNELIA RUHRMANN¹, MARC CZICHY², JÜRGEN MENTEL¹ und PETER AWAKOWICZ¹ — ¹Ruhr-Universität Bochum, D-44801 Bochum — ²OSRAM GmbH, D-13629 Berlin

D-Lampen sind Hochdruckgasentladungslampen, die im Automobilbereich in Hauptscheinwerfern eingesetzt werden. In den bisher verwendeten Lampen befindet sich eine geringe Menge an Quecksilber. Mit Hilfe des Quecksilber-Dampfdruckes wird die Brennspannung und dadurch der Leistungseintrag in den Lampen-Lichtbogen kontrolliert. Da Quecksilber ein giftiges und umweltschädliches Schwermetall ist, wird in einer neuen Generation von Lampen dieses durch das Metallhalogenid Zinkjodid ersetzt. Der Einsatz von Zinkjodid führt zu einer erhöhten und stark streuenden Zündspannung. Zeitaufgelöste optische und elektrische Untersuchungen der Zündung zeigen, dass sich die Zündspannung durch Gleitfunken entlang der Innenwand des Lampenkolbens reduzieren lässt. Der Einfluss der Kondensatverteilung im Entladungsgefäß auf die Form der Zündung und den Zündspannungsbedarf von quecksilberfreien D-Lampen wird anhand einer gezielten Manipulation der Zünd-Kathode untersucht. Durch Erhitzen der Elektrode mittels eines gepulsten IR-Lasers verdampfen die Salzablagerungen auf der Elektrode und kondensieren sofort auf der kalten Gefäßwand in Elektrodennähe. Vor allem bei Lampen, die zur Zündung eine hohe Spannung benötigen, führt die Erhitzung der Kathode vorübergehend zu einer starken Reduktion der Zündspannung. Gefördert durch die DFG (GRK 1051) und OSRAM GmbH, Berlin.

P 2.5 Mo 15:10 HS Biochemie (groß)
Resonanzheizung von kapazitiv gekoppelten, asymmetrischen Zweifrequenzentladungen — ●DENNIS ZIEGLER, THOMAS MUSSEN-BROCK und RALF PETER BRINKMANN — Ruhr Universität Bochum, Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, 44780 Bochum

Die bei geringem Druck in kapazitiv gekoppelten Entladungen umgesetzte Leistung kann durch selbsterregte kollektive Resonanzen stark erhöht werden. Auf der Basis eines nichtlinearen, globalen Modells für kapazitiv gekoppelte, asymmetrische Zweifrequenzentladungen wird ein Experiment nachgebildet und der gemessene Hochfrequenzstrom bestmöglich approximiert. Ausgehend von dieser Approximation kann die zeitliche Dynamik der Entladung, und dabei insbesondere die auftretende Dissipation, untersucht werden. Es zeigt sich, dass zu Zeitpunkten, an denen die Randschicht kollabiert, also der Spannungsabfall über der Randschicht minimal wird, ein starker Zuwachs der in der Entladung umgesetzten Leistung zu verzeichnen ist. Genau zu diesen Zeitpunkten wird die Dynamik der Entladung durch die nichtlineare Interaktion von Hochfrequenzquellen und Plasmarandschicht stark beeinflusst. Dies wird sichtbar in der Anregung einer kollektiven Resonanz, auch bekannt als Plasmaserienresonanz. Tiefere Einblicke in die Dissipationsdynamik gewährt eine phasenaufgelöste Analyse von Bulk- und Randschichtspannung, sowie von der in der Entladung umgesetzten Momentanleistung.

P 2.6 Mo 15:25 HS Biochemie (groß)
Reactive plasma jet high-rate etching of SiC — ●INGA-MARIA EICHENTOPF and THOMAS ARNOLD — Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung e.V., Permoserstraße 15, 04318 Leipzig

The material removal of SiC utilizing a 13.56 MHz rf-driven fluorine containing plasma jet source at atmospheric pressure has been investigated. A coaxial nozzle with a central tube for helium and CF₄ feeding the plasma and the outer ring-shaped nozzle for N₂ to shield the plasma jet from the surrounding air is used. The diameter of the inner tube of 0.5 mm allows the formation of a nearly Gaussian material removal function with 0.7 mm FWHM. Additionally an O₂ gas flow is provided and its effect on the etching rate is investigated for varied CF₄/O₂ ratios. By optimizing the ratio of CF₄ and O₂ gas flow an increase in etching rates is found. An increase of the etching rate with a decrease of O₂ content is detected. A maximum volume removal rate of 0.5 mm³/h has been found. To obtain the activation energy for the reac-

tion of fluorine radicals with SiC on both the silicon and carbon face etching tests at elevated temperatures have been carried out. Changes in surface roughness are also investigated. Furthermore examinations concerning plasma jet-surface interactions without reactive gas have been performed. Material removal during inert gas treatment occurs, but additional deposition of SiO_x takes place.

P 2.7 Mo 15:40 HS Biochemie (groß)

Enhanced process simulation for Plasma Assisted Chemical Etching — •JOHANNES MEISTER and THOMAS ARNOLD — Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung e.V., Permoserstrasse 15, 04303 Leipzig, Germany

Surface figuring using CNC chemically reactive plasma jets containing fluorine species is a promising technology for the manufacture of optical elements, especially made of fused silica. However, the etching rate during plasma jet treatment strongly depends on the surface temperature which is influenced by the jet heat flux. A conventional process simulation does not consider these resulting nonlinear effects. In order to improve the process stability an enhanced etching simulation, based on a heat transfer model, is introduced. The determination is divided into two parts: At first a three-dimensional FEM heat transfer model of the work piece is established. The boundary conditions and the jet heat flux are reconstructed on the base of IR thermography during a locally fixed etching. The second step implies the calculation of the temperature dependent removal rates by use of different groove etchings. The measured and simulated topology of an etching process agree well. For figuring of a desired surface topology the conventional

method of computing the CNC jet motion is applied. An improved contour accuracy is achieved by modifying the target topology according to the result of the enhanced simulation routine.

P 2.8 Mo 15:55 HS Biochemie (groß)

Untersuchungen zur Abscheidung von Aerosolen — •SIEGFRIED MÜLLER, ROLF-JÜRGEN ZAHN und NORMAN MLECZKO — Leibniz-Inst. für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald, Deutschland

Es werden Untersuchungen zur Aerosolabscheidung in einer speziellen Entladungskonfiguration mit elektrostatischer Aufladung und Abscheidung vorgestellt. Als Entladungskonfiguration wird das Prinzip einer Oberflächen-Entladung auf der Basis von dielektrisch behinderten Entladungen (SD-DBD) benutzt. In einem Driftraum werden Ionen aus dem Plasmabereich der SD-DBD durch geeignete Pulsspannungen extrahiert. Diese laden die durch den Extraktionsraum strömenden Aerosole auf und befördern sie durch das elektrische Feld zur Wand bzw. Extraktionselektrode.

Neben der Charakterisierung des Entladungssystems werden Ergebnisse zur Aerosolabscheidung am Auslass und im Wandbereich vorgestellt. Für praktische Anwendungen können Aerosole ähnlich wie in Elektrofiltern abgeschieden werden oder es kann eine geeignete Plasmabehandlung erfolgen.

Es wurden Extraktionselektroden verschiedener Bauart untersucht. Je nach Bauart werden bis zu 75% der Aerosole bei einmaliger Durchströmung abgeschieden. Das Abscheideverhalten ist Frequenzabhängig und steigt mit höherer Frequenz.