

## P 14: Plasmatechnologie II

Zeit: Mittwoch 14:00–16:00

Raum: HS H

**Hauptvortrag**

P 14.1 Mi 14:00 HS H

**Miniaturisierte Plasmajets für die Oberflächenbehandlung** — ●RÜDIGER FOEST, JAN SCHÄFER, FLORIAN SIGENEGER und KLAUS-DIETER WELTMANN — Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie Greifswald e.V.

Anisotherme Plasmajets sind von Interesse für die lokale Oberflächenbehandlung unter Normaldruck. Zu den hierbei relevanten Oberflächenprozessen zählen das Plasmaätzen, die Plasmafeinreinigung, die plasmachemische Oberflächenfunktionalisierung und die Abscheidung dünner Schichten, für die bereits einige Applikationen bekannt sind. Nach einem kurzen Überblick über aktuelle Entwicklungen erfolgt eine Fokussierung des Vortrages auf die Abscheidung dielektrischer Funktionsschichten aus siliziumorganischen Ausgangsstoffen mit Hilfe eines HF-Kapillarjets. Es werden plasmadiagnostische und Modellansätze erörtert, die eine Beurteilung der in diesem speziellen Plasma herrschenden Bedingungen gestatten. Korrelieren lassen sich die gefundenen Plasmaeigenschaften mit der chemisch-strukturellen Charakteristik der wachsenden Schicht unter Ausnutzung der Ergebnisse einer komplexen Analyse des statischen Schichtabscheidungsprofils mit mehreren oberflächenanalytischen Verfahren.

P 14.2 Mi 14:30 HS H

**Untersuchung verschiedener Precursoren zur lokalen Plasmajetbeschichtung** — ●MANUELA JANIETZ und THOMAS ARNOLD — Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung, Leipzig, Deutschland

Atmosphärische Plasmajets stehen gegenwärtig im Mittelpunkt zahlreicher Untersuchungen zur Schichtabscheidung, da sie es ermöglichen, durch die Wahl geeigneter Precursoren lokal sehr verschiedene Materialien unter normalen Umgebungsbedingungen aufzutragen. Dieser Vortrag beschäftigt sich mit der Untersuchung der Abscheidung mittels gängiger Precursoren zur Herstellung von Siliziumoxid und a-CN-Schichten. Getestet wurden Hexamethyldisiloxan (HMDSO), Propanol und Methan. Die Experimente wurden mit einer am IOM entwickelten Plasmajetquelle durchgeführt, die sowohl mit Helium als auch mit Argon betrieben werden kann. Die Anregung der Prozessgase, denen auch der Precursor beigemischt wird, erfolgt mittels gepulster Mikrowellenenergie bei 2,45 MHz. Die hergestellten Schichten wurden mit verschiedenen Methoden (REM, IR-Spektroskopie, XPS, etc.) hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung und physikalischer Eigenschaften umfangreich charakterisiert. Aus den Ergebnissen lassen sich Aussagen zur Anwendbarkeit der Schichten zur lokalen deterministischen Oberflächenformgebung mit Nanometergenauigkeit gewinnen.

P 14.3 Mi 14:45 HS H

**Nichtthermischer Luft-Plasmajet mit Hochgeschwindigkeitsdüse** — ●ANNETTE MEINERS<sup>1</sup>, MICHAEL LECK<sup>1</sup> und BERND ABEL<sup>2</sup> — <sup>1</sup>HAWK - Hochschule Hildesheim/Holzminde/Göttingen, D-37085 Göttingen — <sup>2</sup>Wilhelm-Ostwald-Institut, Universität Leipzig, D-04103 Leipzig

In den letzten Jahren wurden zahlreiche nichtthermische Plasmajets zur Modifizierung oder Beschichtung von Oberflächen entwickelt. Als Arbeitsgase werden typischerweise Edelgase, Stickstoff oder Mischungen dieser Gase mit Sauerstoff verwendet. Mit solchen Jets lassen sich sichtbare Plasmastrahlen bis zu einer Länge von einigen cm erzeugen.

Hier wurde ein nichtthermischer Plasmajet auf Grundlage einer DBE entwickelt, der ausschließlich mit Umgebungsluft betrieben werden kann. Aufgrund des hohen Sauerstoffgehalts ist es jedoch nicht möglich, langreichweitige Plasmastrahlen mit Luft zu erzeugen. Daher war zuvor eine Optimierung äußerer Prozessparameter wie Geometrie und Material des Dielektrikums, Größe des Gaspalts oder auch Gasströmungsgeschwindigkeit unbedingt erforderlich. Die Optimierung erfolgte mit Hilfe optischer Emissionsspektroskopie und elektrischer Messtechnik.

Es konnte gezeigt werden, dass sich insbesondere durch die Wahl eines geeigneten Dielektrikums die Elektronendichte und damit auch die Konzentration reaktiver Spezies bei gleicher äußerer Leistung deutlich erhöhen lässt. Durch die Geometrie der Düse und der damit verbundenen hohen Gasströmungsgeschwindigkeit konnte die Wirksamkeit einer Plasmabehandlung mit dem Jet zusätzlich entscheidend verbessert werden.

P 14.4 Mi 15:00 HS H

**Energiestrommessungen an Atmosphärendruck-Plasmajetquellen**

— ●MAIK FRÖHLICH<sup>1</sup>, SVEN BORNHOLDT<sup>1</sup>, STEFAN WREHDE<sup>2</sup>, CHRISTOPH REGULA<sup>2</sup>, JÖRG IHDE<sup>2</sup> und HOLGER KERSTEN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, D-24098 Kiel — <sup>2</sup>Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, D-28359 Bremen

Atmosphärische Plasmajetquellen bieten im Hinblick auf die Anwendungsmöglichkeiten gegenüber Niederdruckplasmen wesentliche Vorteile. Zum einen ist ein Verzicht auf kosten- und zeitintensive Pump- und Vakuumpumpen möglich, wodurch diese Quellen leicht in bestehende Prozessabläufe und Produktionsketten zu integrieren sind. Zum anderen reichen ihre Einsatzgebiete von der Oberflächenbehandlung bis hin zur Abscheidung funktioneller plasmapolymere Schichten.

Besonders für die Behandlung und Beschichtung polymerer Werkstoffe ist die Temperaturbelastung durch die Plasmajetquelle ein wichtiger Punkt, der in der Regel die Behandlungsmöglichkeiten begrenzt. Durch die Kenntnis des Energieeinstroms auf die zu bearbeitende Materialoberfläche kann das Behandlungsergebnis oder die Qualität der Beschichtungen deutlich optimiert werden. Diese Arbeit präsentiert die Analyse des Energieeinstroms an kommerziellen Plasmajetquellen. Als Messsonde kommt hierbei eine selbstentwickelte kalorimetrische Sonde zum Einsatz. Insbesondere wird der Einfluss wichtiger Parameter, wie der Abstand zum Substrat, die Art und Menge der Prozessgase und -gasmischungen sowie die Entladungsleistung, diskutiert.

P 14.5 Mi 15:15 HS H

**Einfluss unterschiedlicher Targetmaterialien auf die atomare Sauerstoff-Dichteverteilungen im Effluent eines Mikro-Plasmajets** — ●DANIEL SCHRÖDER, NIKOLAS KNAKE, HENDRIK BAHRE, TERESA DE LOS ARCOS und VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN — Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Atomarer Sauerstoff zählt neben anderen Sauerstoffspezies zu den wichtigsten Reaktanten in der biomedizinischen Behandlung von Gewebe und in der Oberflächenmodifikation. Zur lokalisierten Erzeugung wird ein bei einer Radiofrequenz mit einer Helium/Sauerstoffmischung betriebener Mikro-Plasmajet ( $\mu$ -APPJ) benutzt. Zur Untersuchung der Reaktionsmechanismen wurden Messungen der räumlichen Verteilung des atomaren Sauerstoffs entlang des Effluents vom Gasaustritt des  $\mu$ -APPJs bis ca. 250  $\mu$ m vor einer planaren Oberfläche unter Variation des Gasflusses und der angelegten Leistung durchgeführt. Neben diesen Verteilungen wird die gegenseitige Wechselwirkung zwischen Effluent und dem Material der Oberfläche (PET, Glas, Aluminium und Gold) vorgestellt. Der atomare Sauerstoff wurde mit Hilfe der TALIF-Diagnostik und die Ozondichte im Effluent mittels UV-Absorptionsspektroskopie bestimmt. Für die Analyse der Oberflächen diente ein XPS-Spektrometer. Desweiteren werden beispielhaft für die Sauerstoffdichteverläufe vor einer PET- und einer Goldoberfläche die möglichen physikalischen Prozesse detailliert diskutiert. Diese Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes A1 der Forschergruppe FOR1123 im Research Department Plasma durchgeführt.

P 14.6 Mi 15:30 HS H

**Untersuchungen zu Ätzmechanismen bei der Plasmajetbearbeitung von Siliziumkarbid** — ●INGA-MARIA EICHENTOPF und THOMAS ARNOLD — Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung, Leipzig, Deutschland

Aufgrund seiner ausgezeichneten Eigenschaften, wie seiner großen Härte, sehr guter thermischer Leitfähigkeit und großer Bandlücke, ist Siliziumkarbid ein vielversprechendes Halbleitermaterial, das von der Luft- und Raumfahrttechnik bis hin zur Halbleiterindustrie Anwendung findet. Als Alternative zu konventionellen mechanisch-abrasiven Verfahren stellt das plasmachemische Trockenätzen mit reaktiven Plasmajets auf Basis einer Fluorchemie eines der wenigen praktikablen Mittel dar, um eine effektive Oberflächenformgebung von Siliziumkarbid zu erreichen. Zur Untersuchung der dabei stattfindenden Prozesse wurden Experimente mit einem RF (13.56 MHz) angeregten atmosphärischen Plasmajet sowohl auf der silizium- als auch auf der kohlenstofforientierten Seite von 4H-SiC Wafern realisiert. Als Trägergas diente hierbei He unter Zugabe von CF<sub>4</sub> und O<sub>2</sub> als Ätzgase. Die Experimente wurden vergleichend in normaler Atmosphäre sowie in einer Atmosphäre mit reduziertem Sauerstoffgehalt unter Variation des CF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>-Gemisches durchgeführt, um den Einfluss des sich aus der Atmosphäre

einmischenden Sauerstoffs feststellen zu können. Weiterhin wurden Ätzungen bei variiertem Substrattemperatur und verschiedenen  $\text{CF}_4/\text{O}_2$ -Gemischen durchgeführt und die zugehörigen Aktivierungsenergien der chemischen Reaktionen bestimmt. XPS-Analysen wurden zur Untersuchung der an der Oberfläche verbleibenden Ätzprodukte herangezogen.

P 14.7 Mi 15:45 HS H

**Innovative plasma generation in flexible biopsy channels for inner-tube decontamination** — •JÖRN WINTER<sup>1</sup>, MARTIN POLAK<sup>2</sup>, UTA SCHNABEL<sup>1</sup>, JÖRG EHLBECK<sup>1</sup>, REINHARD SCHNEIDER<sup>3</sup> und KLAUS-DIETER WELTMANN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie (INP-Greifswald e.V.), Greifswald, Germany

— <sup>2</sup>Webeco GmbH & Co. KG, Selmsdorf, Germany — <sup>3</sup>XION GmbH, Berlin, Germany

An innovative device capable of generating a cold atmospheric pressure plasma inside a 5 m long flexible tube with 2 mm inner diameter is presented. In order to analyze the inner-tube plasma, Optical Emission Spectroscopy in the VUV and UV spectral range and FTIR spectroscopy were performed. By admixing small concentrations of nitrogen and oxygen to the standard argon gas flow rate of 1.5 slm, a drastic change in the plasma composition was observed. Additionally, it is possible to form a jet-like plasma at the end of the tube. The microbicidal efficacy of the inner-tube plasma and the jet-like plasma was shown for *Bacillus atrophaeus* spores.