

P 2 Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 1

Zeit: Montag 14:45–16:30

Raum: 1002

Fachvortrag

P 2.1 Mo 14:45 1002

Zeitliche und räumliche Verteilung der Ladungsträger einer induktiven RF-Entladung — ●J. ALEXANDER WAGNER — Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Fachbereich Physik, D-45117 Essen

Es werden Struktur und Dynamik der Ladungsträger einer induktiven RF-Entladung vorgestellt. Untersucht wurde eine gepulst betriebene Edelgas / Sauerstoff Entladung in einer GEC-Referenzzelle bei verschiedenen Mischungsverhältnissen der Gase und eingekoppelten Leistungen. Die Plasmaentwicklung im Afterglow, insbesondere die Erzeugung negativer Ionen mit dem Übergang zu einem Ionen-Ionen-Plasma, wird mit zeitaufgelösten Diagnostiken (Emissionsspektroskopie, Massenspektroskopie, Appearance Potential Spektroskopie, Laser induziertes Photodetachment und Sonden) studiert. Vergleiche der Messungen mit einem einfachen globalen Modell bestätigen die wesentlichen identifizierten Erzeugungs- und Verlustprozesse von negativen Sauerstoffionen und der Ladungsträgerbilanz. Gegenseitige Neutralisation mit positiven Ionen stellen den wesentlichen Verlustprozess der negativen Ionen dar. Der Einfluss von atomarem Sauerstoff auf den Zeitpunkt des Überganges zu einem Ionen-Ionen-Plasma lässt sich experimentell verifizieren. Dieses Projekt wird von der DFG im Rahmen des SFB 591, Teilprojekt A7, gefördert.

P 2.2 Mo 15:15 1002

Die Elektronendichte in einem gepulsten Sauerstoff-Plasma — ●GEORGE-FELIX LEU, ALBRECHT BROCKHAUS und JÜRGEN ENGMANN — Forschungszentrum für Mikrostrukturtechnik - fnt, Bergische Universität Wuppertal, Rainer Gruenterstr. 21, 42119, Wuppertal

Das Sauerstoff-Plasma spielt in zahlreichen technologischen Anwendungen wie Ätzen, Sterilisation, oder als Zwischenprozess in Schichtabscheidungsverfahren, eine besondere Rolle. Zur effizienten Steuerung eines solchen Plasmas betreibt man die Leistungsversorgung oft gepulst. Das hier diskutierte Experiment verwendet eine induktiv gekoppelte Hochfrequenz-Plasmaquelle. Der Sauerstoffdruck wurde zwischen 10 Pa und 100 Pa und die Leistung zwischen 100 W und 1000 W variiert. Zur Messung der Elektronendichte kam ein Mikrowellen-Interferometer bei 27 GHz zum Einsatz. Im kontinuierlichen Betrieb ließen sich die Messungen mit den Ergebnissen einer Langmuir-Doppelsonde vergleichen. Die Interpretation der Messergebnisse erfolgt mittels eines globalen Modells, das als Teilchensorten O₂, O, O₃ im Grundzustand und in metastabilen Zuständen, sowie positive und negative Sauerstoff-Ionen enthält. Ein interessanter Effekt wurde zu Beginn der Aus-Phase beobachtet. Hier kommt es zunächst zu einem raschen Anstieg der Elektronendichte. Die Erklärung liegt nach dem globalen Modell darin, dass einerseits bei Leistungsabschaltung die Elektronentemperatur schlagartig sinkt und somit keine neuen negativen Ionen mehr gebildet werden können, und dass andererseits die vorhandenen negativen Ionen stoßinduziert Elektronen freisetzen.

P 2.3 Mo 15:30 1002

Phase resolved optical emission spectroscopy on an industrial dual frequency capacitively coupled RF discharge — ●JULIAN SCHULZE¹, TIMO GANS¹, DEBORAH O'CONNELL¹, UWE CZARNETZKI¹, and MILES TURNER² — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, CPST, Ruhr University Bochum, Germany — ²School of Physical Sciences, Dublin City University, Dublin 9

Dual frequency capacitively coupled rf discharges are frequently used in technological applications. The principle of these discharges is to allow separate control of the ion energy and ion flux impinging on the substrate surface. The ion flux is mainly controlled by the high frequency component while the ion energy is predominantly determined by the low frequency voltage. We present experimental investigations on a confined industrial discharge (Exelan, Lam Research Inc.) operated with two frequencies, 1.94 MHz and 27.12 MHz, applied simultaneously to one electrode. Phase resolved optical emission spectroscopy (PROES), resolving both the high and low rf frequencies, gives insight into the electron impact excitation dynamics. Measurements reveal a strong coupling of both frequencies. The discharge is well confined resulting in similar excitation mechanisms in front of the powered and grounded electrodes caused by sheath expansion heating. The comparison of various emission lines of small rare gas admixtures yields time and space resolved profiles of the electron propagation velocities and electron temperature.

Funding from: Lam Research Inc., FP5, SFB 591, GK 1051

P 2.4 Mo 15:45 1002

Space- and time-resolved development of a pulsed magnetron discharge — ●THORALF DUNGER, THOMAS WELZEL, and FRANK RICHTER — TU Chemnitz, Institut für Physik, 09107 Chemnitz, Germany

The temporal development of an asymmetrical bipolar pulsed cylindrical magnetron discharge was investigated by space- and time-resolved Langmuir double probe measurements. The temporal behaviour of the charge carrier density on the axis of symmetry showed a typical two peak structure in the on-phase followed by a transition into a stationary state. It was found that the ratio of the peaks is influenced by discharge parameters, e.g. the pulse frequency. We propose the following simple model for the development of the discharge in the on-phase: The first maximum is related to volume ionisation due to acceleration of residual electrons - from the off-phase - away from the cathode. The second one is dominated by secondary electrons released by ion bombardment from the cathode. This maximum is delayed due to the drift of the ions to the surface and the slope of the applied target voltage affected by the power supply. The spatial distribution of the maxima shows that the first maximum compared to the second one is more pronounced in the substrate region than close to the target. The obtained results are discussed in terms of the influence of the magnetic field on both "residual" and "secondary" electrons (see above) and their contribution to the development of the discharge.

P 2.5 Mo 16:00 1002

Anwendbarkeit der Massenspektrometrie zur quantitativen Analyse von Schaltergasen — ●C. M. FRANCK, M. BENDER und V. CHOY — ABB Schweiz AG, Corporate Research, CH-5405 Baden

SF₆-Gas-Leistungsschalter sind das zentrale Schutzelement in heutigen Hochspannungsnetzen. Die Schalter bestehen im Wesentlichen aus einem mechanisch angetriebenen System von Metallkontakten, zwischen denen sich während der Öffnungsphase ein Lichtbogen ausbildet. Der Lichtbogen ist das eigentlich Schaltelement, weil sich seine elektrische Leitfähigkeit innert kürzester Zeit um mehrere Größenordnungen durch Abkühlung verringern lässt.

Das Plasma des Lichtbogens weist nicht nur einen sehr hohen Ionisierungsgrad, sondern insbesondere auch eine starke Dissoziation auf. Während des Abkühlens kommt es zu einer Vielzahl von möglichen chemischen Verbindungen, insbesondere in Kombination mit den Abbrandprodukten der Teflondüsen, den Wolfram-Kupfer-Kontakten und evtl. eingelagertem Wasser. Eine Vielzahl der chemischen Produkte ist stark korrosiv oder sehr toxisch (SF₄, SOF₂, HF, WF₆, ...).

Eine sehr genaue, aber auch zeitaufwändige Methode zur quantitativen Bestimmung der Schaltergase ist die FTIR-Spektroskopie. Die Massenspektrometrie hat den Vorteil nur eine geringe Gasmenge zu benötigen und sehr schnell zu sein. Nachteil ist aber, dass viele der zu untersuchenden Gase die gleichen Fragmentierungsmoleküle und -atome besitzen. Die Arbeit stellt den Rahmen dar (Art der Moleküle, prozentuale Zusammensetzung, Genauigkeit der Messung, ...), in dem sich die Massenspektrometrie zur quantitativen Analyse von Schaltergasen eignet.

P 2.6 Mo 16:15 1002

Untersuchung eines Mikrowellenkonzentrators als linear ausgedehnte Plasmaquelle — ●U. SCHWEITZER, A. SCHULZ, M. WALKER und U. STROTH — Universität Stuttgart, Institut für Plasmaforschung, Pfaffenwaldring 31, 70569 Stuttgart

Die Eigenschaften eines Mikrowellenkonzentrators in der Form eines elliptischen Zylinders zur Erzeugung eines linear ausgedehnten, freistehenden Plasmas wurden untersucht. Die Mikrowelle mit einer Frequenz von 2,45 GHz wurde auf oder in der Nähe der einen Fokusslinie in den Konzentrador eingekoppelt und die resultierende Verteilung des elektrischen Felds im Bereich der anderen Fokusslinie in Abhängigkeit von Parametern wie Form und Position der Antenne und Form des Konzentrators gemessen. Numerische Simulationen der Anordnung zeigen gute Übereinstimmung mit den Messergebnissen und wurden zur Optimierung der Geometrie verwendet.

In einem evakuierten Glasrohr um die zweite Fokusslinie kann in Argon oder in Luft in einem weiten Druckbereich (ca. 10 bis 10000 Pa) ein Plasma gezündet und unterhalten werden. Elektronendichten und -temperaturen wurden mit einer Langmuir-Sonde gemessen. Diese Mes-

sungen wurden in cw-Plasmen orts aufgelöst und in gepulsten Plasmen zeitaufgelöst durchgeführt.