

## P 25 Staubige Plasmen 2

Zeit: Mittwoch 14:45–16:30

Raum: 1004

P 25.1 Mi 14:45 1004

**FIR-Streuung an Plasmakristallen** — ●JENS RÄNSCH und JÖRG WINTER — Lehrstuhl für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum

Plasmakristalle können einfach hergestellt werden, sie reagieren sehr schnell auf Änderungen der Plasmaparameter. Ihre Kinetik kann mit Hilfe von optischen Lasern und CCD Kameras beobachtet werden. Diese Beobachtungsmethode nutzt die Streuung von Licht an den einzelnen Staubteilchen. Komplementär dazu soll die kollektive Streuung von Ferninfrarot(FIR)-Strahlung benutzt werden, um die Kristallstruktur zu bestimmen und diese mit der optisch beobachteten zu vergleichen.

Um kollektive Streuphänomene beobachten zu können, muss die Wellenlänge der einfallenden Strahlung in etwa dem Gitterabstand der Plasmakristalle entsprechen. Dieser liegt in 3d-Kristallen typischerweise zwischen 100  $\mu\text{m}$  und 500  $\mu\text{m}$ . Aus diesem Grund soll die FIR-Strahlung eines von uns entwickelten optisch gepumpten FIR-Lasers für die Streuexperimente genutzt werden.

Wenn die Wellenlänge der einfallenden Strahlung größer als die Debye-Länge ist, kann die Streuung an der Debye-Kugel zum Streusignal beitragen (Debye-Streuung), wie theoretische Berechnungen zeigen [1]. Dies soll an staubigen Plasmen mit ungeordneten Staubteilchen getestet werden.

In dem Beitrag werden wir den Aufbau des Experiments und erste Ergebnisse zur kollektiven und zur Debye-Streuung vorstellen.

[1] R. Guerra, J. T. Mendonca, *Physical Review E*, **62**, 1 (2000)

P 25.2 Mi 15:00 1004

**Micro-Raman spectroscopy on a-C:H nanoparticles** — ●SUK-HO HONG and JÖRG WINTER — Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstr. 150, Bochum 44780

We present the Raman spectra of amorphous hydrogenated carbon nanoparticles prepared in an Ar-CH<sub>4</sub> hydrocarbon plasma. The measured Raman spectra are compared with that of both soft polymer-like and hard diamond-like a-C:H films deposited from pure CH<sub>4</sub> plasma. The film properties were studied by Rutherford Backscattering and spectroscopic ellipsometry. It is shown the plasma characteristics are continuously changed from a "precursor-rich" state to a "precursor-depleted" state during the particle formation process. As a result, the net flux of the carbon atoms to the surface of the nanoparticles (growth rate) decreases linearly as a function of time as the nanoparticles are growing up. Also, hydrogen content in nanoparticles increases as a function of nanoparticle size. The particle growth process is then examined by a simple ballistic model. It is found that the volume polymerization process, i.e. the growth of the nanoparticles at a large particle size ( $\geq 100$  nm) is essentially the same as the surface polymerization process occurring at a surface of a substrate.

P 25.3 Mi 15:15 1004

**Das Plasmakristallexperiment PK-4** — ●MARKUS THOMA<sup>1</sup>, MARTIN FINK<sup>1</sup>, HERWIG HÖFNER<sup>1</sup>, SERGEY KHRAPAK<sup>1</sup>, MICHAEL KRETSCHMER<sup>1</sup>, GREGOR MORFILL<sup>1</sup>, SVETLANA RATYNSKAIA<sup>1</sup>, VICTORIA YAROSHENKO<sup>1</sup>, VLADIMIR FORTOV<sup>2</sup>, OLEG PETROV<sup>2</sup>, ALEXANDRE USACHEV<sup>2</sup> und ANDREI ZOBIN<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, Giessenbachstr., 85748 Garching, Germany — <sup>2</sup>Institute for High Energy Densities, Russian Academy of Sciences, Izhorskaya 13/19, 125412 Moscow, Russia

Das Plasmakristallexperiment PK-4 dient zur Untersuchung von staubigen oder komplexen Plasmen unter Schwerelosigkeit. Im Gegensatz zu seinen Vorgängern auf der Internationalen Raumstation PKE-Nefedov und PK-3 Plus, in denen RF-Entladungen benutzt werden, wird das Plasma bei PK-4 mittels einer DC-Entladung in einer Glasröhre erzeugt. Dies ermöglicht insbesondere das Studium der flüssigen Phase komplexer Plasmen. Hier wird der momentane Status und geplante Entwicklungen des Experiments vorgestellt und die bisherigen im Labor und auf Parabelflügen erzielten Resultate diskutiert. Dazu gehört unter anderem die Bestimmung der Mikropartikelladungen und der Ionenreibungskraft.

P 25.4 Mi 15:30 1004

**Selbsterregte Kompressionswellen in komplexen Plasmen unter Mikrogravitation** — ●MARKUS KLINDWORTH<sup>1</sup>, OLIVER ARP<sup>1</sup>, MATTHIAS KROLL<sup>1</sup>, ALEXANDER PIEL<sup>1</sup>, MATTHIAS WOLTER<sup>2</sup> und ANDRE MELZER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel — <sup>2</sup>Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17489 Greifswald

Plasmen mit einer zusätzlich injizierten Teilchenspezies von mikroskopischen Partikeln bezeichnet man als komplexe Plasmen. Die Partikel sind durch ihre hohe elektrische Ladung stark gekoppelt und lassen sich aufgrund ihrer Größe leicht mit Videomikroskopen beobachten. Unter Schwerelosigkeit bilden komplexe Plasmen ausgedehnte Staubwolken, in denen sich z.B. die Ausbreitung von Wellenphänomenen sehr gut beobachten läßt. In den auf Parabelflügen durchgeführten Experimenten wurden selbsterregte Wellen mit großer Amplitude beobachtet, die sich vom staubfreien Kern (Void) einer Partikelwolke her ausbreiten. Als kritischer Parameter für das Einsetzen der Instabilität zeigt sich die Partikeldichte. Im Unterschied zu früheren Messungen wurden die Oszillationen erstmalig mit Hilfe einer CMOS-Hochgeschwindigkeitskamera mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung gemessen und die Wellenfunktion mittels Singularwertzerlegung (SVD) bestimmt. Die zugehörigen Hintergrundplasmaeigenschaften wurden in-situ mit Langmuirsondendiagnostik erfasst. Somit lassen sich die Experimente mit aktuellen Fluid- und kinetischen Modellen zu staubakustischen Wellen in komplexen Plasmen in ihrer Dispersion und ihren Anwachsraten vergleichen und der treibende Mechanismus diskutieren.

P 25.5 Mi 15:45 1004

**Untersuchung von Staubpartikeln in einem reaktiven Kohlenwasserstoff - Plasma** — ●CARSTEN GODDE<sup>1</sup>, JOHANNES BERNDT<sup>1</sup>, EVA KOVACEVIC<sup>1</sup>, ILIJA STEFANOVIC<sup>1</sup>, HANS-WERNER BECKER<sup>2</sup> und JÖRG WINTER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum — <sup>2</sup>Dynamitron-Tandem-Laboratorium, Ruhr-Universität Bochum

Das Interesse an staubigen Plasmen hat in den letzten Jahren nicht zuletzt durch ihre große technische Relevanz stetig zugenommen. Für die Kontrolle technischer Prozesse ist es unerlässlich, den Staub mittels geeigneter Verfahren während des Prozesses aus der Plasmaentladung zu extrahieren und so für weitere Untersuchungen zugänglich zu machen. Dieser Beitrag stellt entsprechende Verfahren vor, die es erlauben, Staubpartikel auf schnelle und einfache Art aus Prozessplasmen zu sammeln. Neben diesem verfahrenstechnischen Aspekt wird darüber hinaus auch über die Zusammensetzung der Staubpartikel berichtet. Für die Analyse der Partikel kamen hauptsächlich auf Kernreaktionen gestützte Ex-situ Diagnostiken zum Einsatz. Diese Verfahren (Nuclear Reaction Analysis (NRA), Deuteron Induced Gamma-ray Emission (DIGE) und Rutherford Backscattering Spectroscopy (RBS)) erlauben es, die Elementzusammensetzung der im Plasma polymerisierten Partikel zu bestimmen. Von besonderem Interesse ist hier insbesondere der Vergleich zwischen Partikeln, die in einer Argon/Acetylen- bzw. einer Stickstoff/Acetylen-Entladung synthetisiert wurden. Im Hinblick auf astrophysikalische oder auch fusionsrelevante Probleme ist hier vor allem die Frage nach dem Wasserstoffgehalt von Interesse.

P 25.6 Mi 16:00 1004

**The role of atomic hydrogen in dust formation from plasmas in C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>** — ●OLIVERA STEPANOVIC, JOHANNES BERNDT, and JÖRG WINTER — Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum

Although a formation of dust particles is intensively investigated for years and models for the mechanism of the growth process and possible precursors in hydrocarbon plasmas are available in the literature, the chemical picture of the dust formation is still not well understood. Hydrogen, in both forms, as atomic (H) and molecular, appears as an important constituent in hydrocarbon plasmas and plays an important role. Here we present the results about the role of H atoms in the dust formation investigated in a double plasma experiment. The experiment consists of two parts: rf 13.56 MHz acetylene plasma and 144.1 MHz H<sub>2</sub> plasma as an additional hydrogen fraction in the precursor gas. The H<sub>2</sub> plasma can be operated in the fully recombined mode injecting just the H atoms (and possibly excited H<sub>2</sub> molecules) into the acetylene plasma. Under some conditions complete suppress of the dust formation in presence

of H atoms is observed. We investigated this phenomenon by laser light scattering and mass spectroscopy. The change in the plasma behaviour and the chemical composition in presence of H atoms are observed. This work was partially supported by the DFG in the frame of SFB 591 and by BMBF in the frame of the project FKZ 13N 8049.

P 25.7 Mi 16:15 1004

**Theoretische Beschreibung der asymmetrischen RF-Entladung PULVA-INP** — •D. LOFFHAGEN, F. SIGENEGER, R. BASNER und H. KERSTEN — INP Greifswald, F.-L.-Jahnstr. 19, 17489 Greifswald

Um das Verhalten von Staubteilchen in der Plasma-Randschicht zu analysieren, erfolgen gegenwärtig Untersuchungen an der am INP Greifswald installierten asymmetrischen RF-Entladung PULVA-INP. In der gewählten Anordnung ordnen sich eingelassene Staubteilchen in der Randschicht über der nicht gespeisten Elektrode an, die sich unterhalb der gespeisten Elektrode befindet. Die nicht gespeiste Elektrode verfügt über Segmente, mit deren Hilfe die Randschicht gezielt manipuliert werden kann. Zur Charakterisierung des Argonplasmas einschließlich der asymmetrischen Randschichten erfolgte eine theoretische Beschreibung der Entladung mit Hilfe eines selbstkonsistenten Fluidmodells. Das Modell umfasst u.a. die gekoppelte Lösung der Poissongleichung, der Teilchenbilanzgleichungen der Elektronen, Ionen und Gasatome sowie der Energiebilanz der Elektronen. Letztere liefert die mittlere Energie der Elektronen sowie die sich daraus ergebenden Raten- und Transportkoeffizienten. Der periodische Zustand wird mit Hilfe eines transienten Lösungsverfahrens unter Verwendung unterschiedlicher Zeitskalen für die Elektronen und schweren Teilchen erhalten. Erste Ergebnisse zweidimensionaler Berechnungen dokumentieren das ausgeprägt asymmetrische Verhalten der Entladung. In den Randschichten vor der gespeisten bzw. nicht gespeisten Elektrode treten deutlich unterschiedliche Modulationsgrade des elektrischen Feldes, der Strom- und Teilchendichten sowie der absorbierten Leistung auf.