






Jahresbericht 2004



Institut für Niedertemperatur-Plasmaphysik e.V.
Mitglied der



**Leibniz
Gemeinschaft**

Vorwort	S. 2
Das ist das INP	S. 3
Highlights 04	S. 4
Berichte aus der Arbeit der Forschungsschwerpunkte	S. 6
 Plasmaquellen	S. 7
 Nano- und Mikrodisperse Materialien	S. 14
 Umweltrelevante Plasmaprozesse	S. 20
 Oberflächen und funktionelle Schichten	S. 26
 Neue Arbeitsgebiete	S. 33
Weitere Projekte (außerhalb der Forschungsschwerpunkte)	S. 38
Organisatorische Einheiten	S. 41
Verwaltung//Infrastruktur	S. 42
Plasmastrahlungstechnik	S. 43
Plasmaprozessestechnik	S. 45
Plasmaoberflächentechnik	S. 47
Plasdiagnostik	S. 49
Plasmodellierung	S. 52
Anhang	S. 55
Kooperationen // Kontakte	S. 56
Publikationen	S. 57
Vorträge und Poster	S. 62
Patente	S. 71
Gutachtertätigkeit	S. 72
Weitere Aktivitäten	S. 73
So finden Sie uns	S. 75

Hinweis:

Direkte Industrieprojekte sowie Kooperationspartner aus der Industrie sind in diesem Jahresbericht aus Geheimhaltungsgründen nicht aufgeführt. Vorgestellt werden die grundfinanzierten Projekte sowie abgeschlossene Drittmittelprojekte.

Abkürzungen:

GP Grundfinanziertes Projekt
DP Drittmittelfinanziertes Projekt



Das Institut für Niedertemperatur-Plasmaphysik forscht an Plasmen, die in der Technik Anwendung finden, als Licht- und Partikelquellen, zum Reinigen, Ätzen, Abtragen, Schweißen, Schneiden, als Schaltmedium, Antrieb und für vieles andere mehr. Es ist diese Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten, welche der Plasmatechnologie, in Verbindung mit den einzigartigen Leistungsmerkmalen des Arbeitsmittels Plasma, ein anhaltendes Wachstum sichert. Die große Entwicklungsdynamik in Hochtechnologiefeldern wie der Nanotechnologie, der Biomedizintechnik und der Mikrostrukturtechnik wird stets auch durch Entwicklungen in der Plasmatechnik mit bestimmt. Zugleich entstehen in vergleichsweise etablierten Technologiefeldern wie der Oberflächentechnik, der Umwelttechnik und der Energietechnik neue Aufgabenstellungen, die anwendungsorientierte Plasmaforschung erfordern. Das Institut trägt dem mit der Neuausrichtung und Fokussierung seiner Forschungsschwerpunkte Rechnung.

Die mit der im Vorjahr entwickelten Strategie verbundenen strukturellen Veränderungen sind im Wesentlichen abgeschlossen und zeigen erste Erfolge insbesondere im Bereich anwendungsnaher Projekte sowie direkter Industrieprojekte.

Besonderer Wert wurde auf eine zielorientierte, professionelle Bearbeitung und Abwicklung von industrierelevanten Fragestellungen gelegt. Ohne kompetentes Projektmanagement von der Einwerbung über die Planung und Durchführung bis zum Projektabschluss ist die Drittmittelquote in diesem Bereich nur bedingt steigerbar. Der Vorstand hat verstärkt durch Reviews, Schulung und individuelle Beratung die Qualitätssicherung und -steigerung unterstützt. Das Institut konnte so die bisher höchste Einwerbung von Industriemitteln seit Gründung verzeichnen, was z. B. gegenüber dem Vorjahr eine Steigerung um den Faktor 7 bedeutet.

Neben der Erschließung des hohen Innovationspotenzials von Plasmen in den Zukunftstechnologien ist es notwendig, die Kosten von Ausrüstungen und Verfahren zu senken, um Plasmen auch für herkömmliche Technologien attraktiv zu machen. Ein Weg dahin ist der Einsatz atmosphärennaher Plasmen, ein Weiterer die Steigerung der Energieeffizienz, beispielsweise bei Plasmalampen oder UV-Strahlungsquellen. Das INP ist in mehreren Projekten an der Erarbeitung derartiger Lösungen beteiligt.

Im Jahr 2004 wurde intensiv damit begonnen, die in der Vergangenheit mit großem Erfolg betriebenen Grundlagenuntersuchungen zu fokussieren, Themen einerseits abzuschließen, aber auch neue erfolgversprechende Fragestellungen



Prof. Dr. K.-D. Weltmann,
Direktor des INP Greifswald

aufzugreifen. Das Potenzial interdisziplinärer Forschung ist in den Schwerpunkten *Plasmastrahlungsquellen* und *Oberflächen und funktionelle Schichten* gezielter untersucht worden. Der Schwerpunkt *Mikro- und Nanodisperse Materialien* ist gewachsen und erzielte zunehmend Erfolge im Drittmittelbereich. Auf dem Gebiet der *Umweltrelevanten Plasmaprozesse* erfolgte eine Bewertung möglicher zukünftiger Fragestellungen. Im Schwerpunkt *Neue Arbeitsgebiete/Service* wurden die Arbeiten zu Teilaspekten der Lichtbogen-simulation intensiviert. Die Gruppe Plasmamodellierung hat im Bereich anisothermer Plasmen ihre interne Zusammenarbeit erweitern können und auch erfolgreich ein neues Anwendungsfeld erschlossen. Die Gruppe Plasmadiagnostik konnte Ergebnisse aus der Grundlagenforschung in ein Labormuster (Messgerät) zur Spurengasanalyse überführen. Ebenso wurde die interne Vernetzung der Projekte und Ressourcen vorangetrieben.

Es war Ziel im Berichtsjahr jedes einzelne Projekt mit einer möglichen Anwendung (kurz-, mittel- oder langfristig) zu verbinden. Die Suche nach geeigneten Kooperationspartnern (Industrie, Institute, FH, TU, Universitäten) wurde in zwei Forschungsschwerpunkten exemplarisch durch strategisches Marketing unterstützt. Der Aufbau von stabilen und zuverlässigen Kooperationen ist für eine Planbarkeit der Personalsituation und damit auch des Nachwuchses und Know-how-Erhaltes ein wesentliches Kriterium. Das Institut hat, seinem satzungsgemäßen Auftrag folgend, die Profilierung als bedeutendes Kompetenzzentrum für die Förderung der Anwendung von technologischen Plasmen fortgesetzt.

Unser Wissen ist Ihr Erfolg.

Wir bringen die Plasmatechnologie auf den neuesten Stand. Unsere Forschung erschließt unseren Kunden neue Marktpotenziale und macht Sie damit fit für die Zukunft.

Einzigartig ist unser internes Kompetenznetzwerk aus erfahrenen Mitarbeitern und die hochmoderne technische Ausrüstung des Instituts. So bieten wir Ihnen ein komplettes Service-Paket von der Problemdefinition bis zum Prototyp.

Wir haben Experten für die zukunftsweisenden Plasmatechnologien: Neue Materialien, Funktionelle Oberflächen, Biomedizintechnik, Umwelttechnologie, Plasma- und Lichtquellen, Diagnostik und Modellierung.

Unsere Beziehungen zu Kunden und Kooperationspartnern sind stets auf beiderseitig nachhaltigen Nutzen ausgerichtet. Wir sind erst zufrieden, wenn Ihr Problem gelöst ist oder Ihre Idee Wirklichkeit wird.



Gremien // Organisation

Mitgliederversammlung

Vorsitzender: Prof. Dr. G. Ecker
(ab Nov. 04: Prof. Dr. R. Winkler)

Wissenschaftlicher Beirat

Vorsitzender: Prof. Dr. R. Wilhelm

Kuratorium

Vorsitzender: Reg. Dir. Dr. M. Dube

Vorstand Direktor

Prof. Dr. K.-D. Weltmann
Stv.: Dr. A. Ohl
PD Dr. H. Kersten

Verwaltung/Infrastruktur
Dipl. Ing. D. Schlott

Plasmastrahlungstechnik
Dr. E. Kindel

Plasmaprozessstechnik
PD Dr. H. Kersten

Plasmaoberflächentechnik
Dr. A. Ohl

Plasmadiagnostik
PD Dr. J. Röpcke

Plasamodellierung
PD Dr. D. Loffhagen

BalticNet-PlasmaTec: Plasmatechnologie-Netzwerk gegründet

Kompetenz vernetzen und technologieorientierte Arbeitsplätze schaffen: Das sind die Ziele des "BalticNet-PlasmaTec". Eine Absichtserklärung für die Gründung des Plasmatechnologie-Netzwerkes "BalticNet-PlasmaTec" unterzeichneten am 5.11.2004 Vertreter von Forschungseinrichtungen und Technologiezentren aus Greifswald, Stettin und Köslin.

Die Plasmatechnologie ist eine Schlüsseltechnologie mit ausgesprochenem Querschnittscharakter für viele Branchen. Deutschland hat in Forschung und Technologieentwicklung auf diesem Gebiet eine führende Rolle, zusammen mit Japan und den USA. Um diesen Vorsprung zu halten, insbesondere aber die Umsetzung von Wissen in industrielle Produkte zu fördern, wird das PlasmaBalticNet gegründet.

In den Bereichen Abgas- bzw. Abwasserreinigung, Schweißtechnik, Nanomaterialien und Dünnschichtdeposition haben sich bereits Ansatzpunkte für konkrete Projekte ergeben. Diese Bereiche spiegeln zwar nur einen kleinen Ausschnitt der Möglichkeiten der Plasmatechnologie wider, repräsentieren aber jeder für sich große, und in Zukunft noch wachsende Märkte.

Partner im BalticNet-PlasmaTec sind:

INP Greifswald e.V., Technologiezentrum Vorpommern, Science and Technology Park of Szczecin, Institut für Physik der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Technical University of Koszalin, Technical University of Szczecin und Science and Technology Park Technical University of Koszalin.



Gründung des BalticNet-PlasmaTec am 5.11.04 in Greifswald



Dritter Preis beim Ideenwettbewerb M-V:

40.000 € für das Team Q-MACS

Ein „Gründer-Team“ des INP Greifswald um PD Dr. Jürgen Röpcke entwickelte ein Echtzeit-Messsystem für die Analyse von Plasma- prozessen und Spurengasen.

Jürgen Röpcke beschreibt die Motivation der Wissenschaftler:

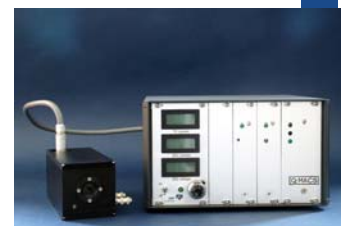
„Bei unseren Industriepartnern haben wir oft Messungen durchgeführt, um deren Plasmaanlagen zu optimieren. Die in Laboren gängige Methode ist die Laserspektroskopie. Trotzdem gab es auf dem Markt kein mobiles und bedienfreundliches System, bei dem alle Teile harmonisieren: Laserquelle, Optik- und Steuereinheit sowie Auswertungssoftware. Das hat uns ge- ärgert, denn gerade bei so feinen Messmethoden wie der Laserspektro- skopie ist das Zusammenspiel der Komponenten entscheidend, weil sich sonst Störquellen einschleichen, die zu erheblichen Messfehlern führen.“

Im Rahmen eines von DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) und Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projektes entwickelte sein Team das bedienfreundliche Kompaktsystem Q-MACS: Der verwendete Halbleiterlaser läuft bei Raumtemperatur, muss also nicht, wie bei den Vorgängerverfahren, aufwändig mit flüssigem Stick- stoff gekühlt werden. Daher ist Q-MACS auch für Langzeitmessungen bestens geeignet. Das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten wurde optimal aufeinander abgestimmt und die Auswertungssoftware an die Be- dürfnisse der Industriepartner angepasst.

In 2004 wurden drei Prototypen von Q-MACS hergestellt und einigen Industriepartnern erfolgreich vorgestellt. 2005 wird eine Kleinserie Q-MACS gebaut und die Vermarktung ausgeweitet.



PD Dr. Jürgen Röpcke (5. v. l.) während der Prämierungsver- anstaltung zum Ideenwettbewerb MV 2004 - Venture Sail - am 5. August im Theater am Stadt- hafen Rostock.



Q-MACS: Laserkopf und Steuereinheit

Spitzenforschung international vernetzt

INP Greifswald unterzeichnet in Japan Kooperationsvereinbarung

Auf Einladung des „Center of Excellence Plasma-Nano“ an der Universität von Nagoya trafen sich Vertreter von acht führenden Forschungszentren der Plasmatechnologie im April 2004 in Japan, um eine intensivere Zusammenarbeit zu vereinbaren. Prof. Dr. Klaus-Dieter Weltmann, Direktor des INP Greifswald, erläutert die Ziele des Kooperationsvertrages: „Geplant ist ein verstärkter Austausch von Informationen und Personal, um die Forschung weiter effektiv voranzubringen. Und es geht darum, die Plasmatechnologie als unverzichtbare Schlüsseltechnologie für viele Hightech-Produkte in noch größerer Breite im industriellen Prozess zu etablieren. In dieser Kooperation wird das INP einen aktiven Part übernehmen.“

Das nächste Treffen der „Center of Excellence“ aus Japan, Korea, Frankreich, Holland und Irland organisieren die drei beteiligten deutschen Institute, das CPST (Center of Excellence for Plasma Science and Technology) des Landes Nordrhein-Westfalen, der Sonderforschungsbereich „Gleichgewichtsferne Plasmen“ an der Ruhr-Universität Bochum und das INP Greifswald gemeinsam in Deutschland.



Prof. Weltmann (vorne links) beim Fototermin in Nagoya

Der nanoTruck besuchte Greifswald

Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) informiert über Nanotechnologie

Auf Einladung des INP war der nanoTruck am 24. August in Greifswald zu Gast. Zahlreiche Schulklassen nutzten das Angebot, sich in speziellen Führungen über die Welt der kleinsten Dimensionen zu informieren. Auch am „Nachmittag der offenen Türen“ war großes Gedrängel in dem auffälligen LKW. Die Wissenschaftler, die die Roadshow begleiteten, hatten viele Fragen zu beantworten.

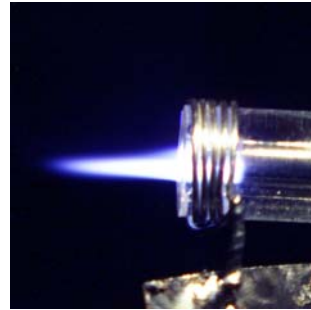
Zusätzlich organisierte das INP Vorträge, zum Zusammenwirken von Nano- und Plasmatechnologie in der INP-Forschung, wie zu Chancen und Risiken der Nanotechnologie allgemein.

„nanoTruck: Reise in den Nanokosmos – Die Welt kleinster Dimensionen“ ist ein gemeinsames Projekt des Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und der Initiative Wissenschaft im Dialog (WiD). Die Kampagne wurde ins Leben gerufen, um über den aktuellen Forschungsstand und die Entwicklungspotenziale dieser Zukunftstechnologie zu informieren.

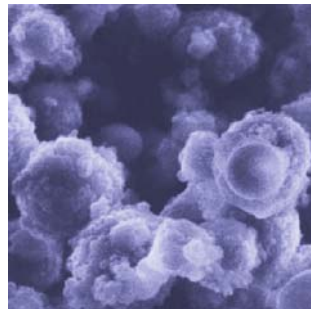


Dicht umlagert: Der Eingang zum nanoTruck

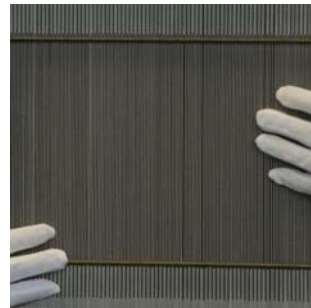
Plasmaquellen



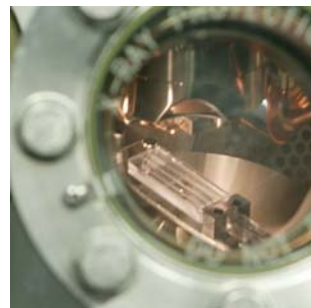
Nano- und Mikrodisperse Materialien



Umweltrelevante Plasmaprozesse

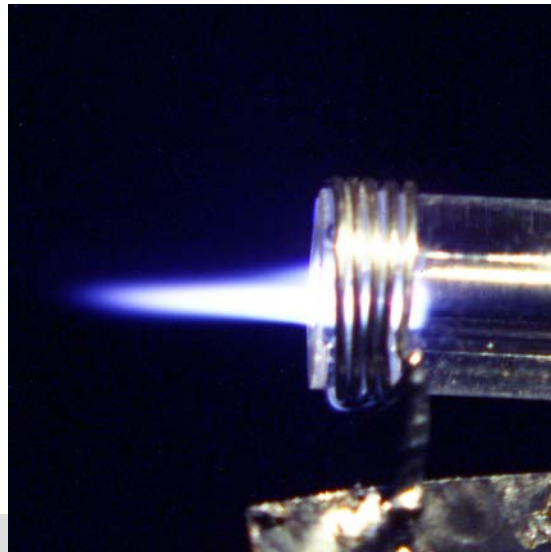


Funktionelle Oberflächen



Neue Arbeitsgebiete





Projekte // Übersicht

1. UV / VUV-Strahlungsquellen

Untersuchungen an Hohlkatoden in quecksilberfreien Niederdrucklampen (GP)

Kaltstartuntersuchungen an Leuchtstofflampen mittels laserinduzierter Fluoreszenz (DP)

Energieeffiziente quecksilberfreie Niederdrucklampen, Teilvorhaben: Grundlegende Charakterisierung und Modellierung der VUV-Ausbeute von Xenon-Entladungen (DP)

2. Hochdruck-Lichtquellen

Untersuchungen zur Abstrahlung aus Hg-freien Hochdruckplasmen (GP)

Grundlagenuntersuchungen zu quecksilberfreien Kurzbogen-Hochdrucklampen für Fahrzeug-Scheinwerfer; Teilvorhaben: Charakterisierung des Plasmas in quecksilberfreien Kurzbogen-Entladungen (DP)

Quecksilberfreie Hochdruck-Entladung mit hohem Wirkungsgrad für die Allgemeinbeleuchtung (DP)

Untersuchungen an Hg-freien Hochdruckplasmen (GP)

3. Spezial-Lichtquellen

Untersuchungen an hochfrequenzbetriebenen Kapillarentladungen (GP)

Deuterium Lampe (DP)

Vorbemerkungen

In diesem Schwerpunkt werden *Plasmaquellen* für die Erzeugung von Plasmastrahlung (Beleuchtung und Spezialanwendungen) und für die Bearbeitung von Oberflächen entwickelt und optimiert. Es wird an Plasmaquellen in allen Druckbereichen geforscht.

Plasmalampen werden vor allem hinsichtlich ihrer Gebrauchseigenschaften und ihrer Umweltfreundlichkeit betrachtet. So soll das umweltschädigende Quecksilber ersetzt werden, worunter andere Eigenschaften der Lampe, wie die Lebensdauer oder die Effizienz nicht leiden dürfen. Hier spielen Vorgänge an den Elektroden eine entscheidende Rolle, weshalb das Augenmerk der Untersuchungen verstärkt auf ein Verständnis der Elektrodenprozesse gerichtet wurde. Mehrere Projekte widmeten sich im letzten Jahr dieser Frage unter verschiedenen Perspektiven, z.B. für die Optimierung von quecksilberfreien HID-Lampen oder Fahrzeugscheinwerfern.

Hervorzuheben ist die enge Zusammenarbeit mit der Gruppe Plasmamodellierung des INP. Mit den Experimenten gut übereinstimmende Simulationen ermöglichen schnellere und kostengünstige technologische Fortschritte.

Anisotherme Plasmen bei Normaldruck werden in vielen Gebieten angewendet, z.B. in der Medizin, Pharmazie, Mikrobiologie und Oberflächentechnologie. Aufgrund des hohen Gasdruckes sind solche Entladungen stark räumlich kontrahiert und somit nur in kleinen Entladungsvolumina stabil. Gegenstand der Untersuchungen war in diesem Bereich die Optimierung der plasmaphysikalischen Bedingungen in engen Entladungskanälen, wie Kapillaren. Eine Vorstudie zum Anwendungspotenzial der Plasmaquellen wurde im Forschungsschwerpunkt *Neue Arbeitsgebiete* durchgeführt.

Anwendungspotenzial

Hochdrucklampen

- für die Allgemeinbeleuchtung
- für Fahrzeugscheinwerfer
- für bildgebende Verfahren

Niederdrucklampen

- in Niederdruck-Fluoreszenzlampen
- für die Allgemeinbeleuchtung
- als UV/VUV-Strahlungsquellen

Spezial-Plasmaquellen

- für Desinfektion, Sterilisation, auch für hitzempfindliche Materialien
- für Kalibrierungszwecke
- für die Oberflächenmodifizierung
- DBE für Displays und Allgemeinbeleuchtung

1. UV / VUV-Strahlungsquellen

Untersuchungen an Hohlkatoden in quecksilberfreien Niederdrucklampen

Problem

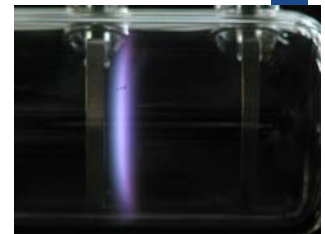
Hochspannungsleuchtröhren in der Werbebranche arbeiten zumeist auf der Basis von Quecksilber(Hg)-Niederdruckentladungen. Neuentwickelte Hg-freie Niederdruckentladungslampen in Xenon-Edelgasgemischen wiesen eine unzureichende Lebensdauer durch Gasverluste in metallischen Elektroden auf. Dies macht die Entwicklung von angepassten Elektroden notwendig.

Lösungsansatz

Eine Passivierung der Katoden durch Gasdeponierung soll das Problem der Gasverluste in Elektroden minimieren. Zu diesem Zweck werden die Plasmamparameter und Transportprozesse im Katodenbereich von planaren und Hohlkatoden untersucht und modelliert.

Technologischer Nutzen

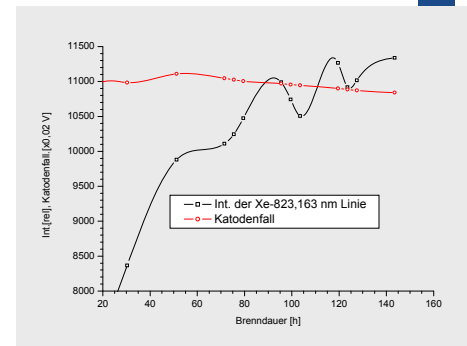
Die Arbeiten stellen einen Beitrag zur Schaffung der physikalischen und technologischen Grundlagen von neuartigen Leuchtröhren dar, um deren Marktreife zu beschleunigen. Einerseits entfällt damit eine aufwendige Entsorgung der Lampen und andererseits wird der Austritt von Quecksilber bei einer unsachgerechten Entsorgung oder einer Zerstörung vermieden.



Beispiel einer Xe-Glimmentladung (1 Torr) zur Untersuchung der Gasaufnahme und -abgabe an metallischen Elektroden

Ergebnisse 2004

Der experimentelle Aufbau des Messplatzes zur Emissions- und Absorptionsspektroskopie des Glimmlichts an planaren Kathoden und Hohlkatoden wurde abgeschlossen. Erste Messungen von Katodenfällen in planaren anormalen Glimmentladungen wurden mit den Ergebnissen aus einfachen Katodenmodellen verglichen. Die Gasaufnahme und -abgabe von Xenon und Krypton an planaren Nickelelektroden konnte durch eine zeitaufgelöste Spektralanalyse der Gaskomponenten erfolgreich nachgewiesen werden, wobei beide Gase sich quantitativ unterschiedlich verhalten. Zeitgleich wurde die Entwicklung von selbstkonsistenten Modellen zur Beschreibung der Potenzialverteilung, der Plasmachemie sowie der Elektronen- und Ionenkinetik in Hohlkatoden vorangetrieben.



Experimenteller Nachweis für den Austritt von (zuvor absorbiertem) Xenon aus einer Ni-Kathode

Vorhaben 2005

- Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Teilchenströmen und Einbauraten (Experimente in Verbindung mit einer Modellierung)
- Untersuchungen zur zeitlichen Stabilität von kommerziellen Becherelektroden in Edelgasglimmentladungen mittels Emissionsspektroskopie
- Erstellen von Passivierungsparametern
- Messung der Atomdichten von Xe-(1s₄)- und Xe-(1s₅)- Zuständen

2. Hochdruck-Lichtquellen

Untersuchungen zur Abstrahlung aus Hg-freien Hochdruckplasmen

(im August zusammengeführt mit „Charakterisierung der Wechselwirkung zwischen Hg-Hochdruckplasmen und Wolframelektroden in HID-Lampen“)

Problem

Durch Substitution von Hg in HID-Lampen verändern diese ihre Gebrauchseigenschaften und das Abstrahlungsverhalten. Sie müssen in ihrem Verhalten verstanden und für die Anwendung optimiert werden.

Lösungsansatz

Mit Hilfe von elektrischen Messungen und optischer Emissionsspektroskopie (OES) werden Hg-freie HID-Lampen untersucht, um das Verständnis des Lampen-Plasmas zu erweitern. Dies beinhaltet die Bestimmung von Partialdrücken und Plasmatemperaturen. Außerdem wird der Zustand der Elektroden und des Plasmas in Elektrodennähe untersucht.

Technologischer Nutzen

Ziel ist die Substitution von Hg in HID-Lampen. Durch eine Optimierung der Füllsubstanzen und der Betriebsweise von HID-Lampen kann die Abstrahlung effizienter werden. Dazu ist das Verständnis des Lampenplasmas und der Elektroden erforderlich.

Ergebnisse 2004

Es wurden HID-Lampen mit Hg, Metalljodid-Füllungen und verschiedenen Xe-Kaltfülldrücken (2–20 bar) untersucht. Durch unterschiedlichen Leistungseingang stellen sich verschiedene Plasmazustände ein. Daraus resultieren z. B. unterschiedliche Cold-Spot-Temperaturen, was die Dampfdrücke der Leuchtzusätze und das Spektrum der Lampen verändert. Diese Veränderungen sind im Experiment mit OES und Thermographie gemessen worden.

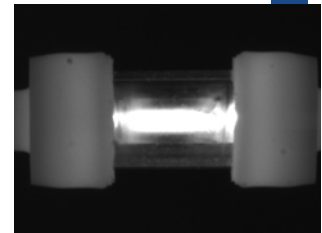
Die Plasmatemperatur wurde aus der gemessenen Flächenstrahllichte der Umkehrkuppen und Minima von selbstabsorbierenden Spektrallinien nach Bartels und Karabourniotis bestimmt (Na 819 nm, Ti 535 nm und Sc 408 nm). Zusätzlich wurde die Bartels-Methode modifiziert und auf die blaue Umkehrkuppe der Na-Resonanzlinie 589 nm angewendet. Die Temperaturen im Bogenkern liegen zwischen 4000 und 5300 K für reine NaI-Füllungen und 5000 K und 5900 K für die Selten-Erd-Jodid-Füllungen.

Außerdem wurde die Abstrahlung von optisch dünnen und selbstabsorbierten Na-Spektrallinien simuliert. Stark-, Resonanz- und Van-der-Waals-Verbreiterung gehen in die Berechnung der Linienprofile ein. Die berechneten Linienprofile zeigen eine gute Übereinstimmung mit dem Experiment (vgl. Abb.). Sowohl Linienflügel, Umkehrkuppen und Selbstabsorptionsminima der Na-D-Linien können für kleine Xe-Drücke gut wiedergegeben werden.

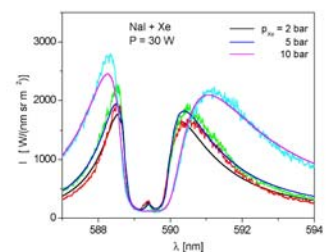
Aus diesen an das Experiment gefitteten Linienprofilen lassen sich der Na-Partialdruck (p_{Na}), die Plasmatemperatur und der experimentell unzugängliche Xe-Druck bestimmen. Für 30 W-Kurzbogenlampen liegt p_{Na} zwischen einigen mbar und 50 mbar. Der Xenondruck erhöht sich in den Lampen während des Betriebs auf Werte von 10 bis 100 bar.

Vorhaben 2005

- Ausbau der Diagnostik von HID-Lampen
- Energiebilanzrechnungen und Simulation der Abstrahlung einzelner Spektrallinien
- Experimente und Modellrechnungen zum Modenwechsel in Hg



Kurzbogenlampe



Spektrenfit für Na D Linien

2. Hochdruck-Lichtquellen

Grundlagenuntersuchungen zu quecksilberfreien Kurzbogen-Hochdrucklampen für Fahrzeug-Scheinwerfer;
Teilvorhaben: Charakterisierung des Plasmas in quecksilberfreien Kurzbogen-Entladungen

Problem

Entwicklung einer umweltfreundlichen Autolampe ohne Quecksilber.

Lösungsansatz

Ein neues Lampendesign in Keramik-Safir-Bauform wird entwickelt, zudem soll die Lampen mit Hilfe von Plasmadiagnostik, Thermografie und Spektrensimulation optimiert werden.

Technologischer Nutzen

Durch Substitution von Quecksilber in Fahrzeuglampen wird ein Beitrag zum Umweltschutz geleistet.

Ergebnisse

Die Machbarkeit einer quecksilberfreien Kurzbogen-Hochdrucklampe für Fahrzeugscheinwerfer wurde nachgewiesen. Für einen Einsatz im Scheinwerfer ist die Helligkeit ausreichend und das Streulicht akzeptabel (s. Abb.).

Zur Lampenoptimierung wurde optische Emissionsspektroskopie an Lampen verschiedener Bauform und mit unterschiedlichen Füllungen vorgenommen. Es wurden HCI-35W-Lampen mit einer Metallhalogenid-Füllung ohne und mit Hg-Zusatz, Safir-Lampen mit NaI-Füllung (pur) und mit Zusätzen (MHP4), ($p_{Xe} \cdot 1 - 20$ bar) sowie herkömmliche und Hg-freie D2-Lampen untersucht. An den Versuchslampen wurden die Plasmatemperaturprofile und die Partialdrücke bestimmt.

An den Lampen sind thermografische Messungen zur Berechnung des Wärmehaushaltes und der Optimierung der Materialbelastung der Lampen durchgeführt worden. Für einige Lampen ist ein optisches Verfahren zur Bestimmung der Cold-Spot-Temperatur aus dem Kuppenabstand der Na-D-Linien ausgearbeitet worden.

Es wurden Simulationsrechnungen zur Abstrahlung von Na-Spektrallinien vorgenommen. Ziel der Spektrensimulation war die Vertiefung des Verständnisses der Abstrahlungsmechanismen in HID-Lampen sowie die Absicherung der aus dem Experiment gewonnenen Plasmamaparameter.

Für die Anwendung in einem Autoscheinwerfer wird augenblicklich eine mit 30 W betriebene Safir-Lampe mit einer Metallhalogenid-Füllung und einem Xe Fülldruck von 10 bar bevorzugt.

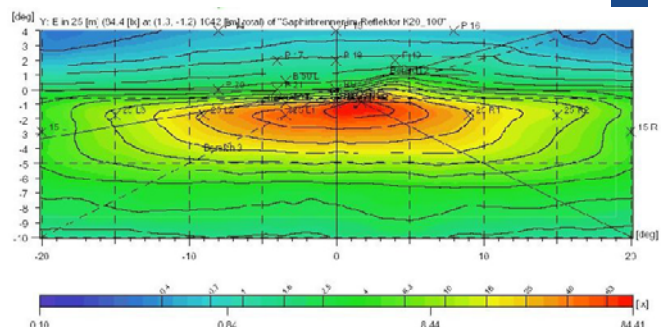


Hg-freie Autolampe

Vorhaben 2005

- Projektabschluss 2004

Ausleuchtung
der Straße mit
einer Hg-freien
Autolampe



2. Hochdruck-Lichtquellen

Untersuchungen an Hg-freien Hochdruckplasmen

Problem

Zukünftige Hochdrucklampen werden unter Beibehaltung ihrer Abstrahlungseigenschaften ohne das umweltschädliche Quecksilber (Hg) betrieben. Deshalb müssen die Aufgaben des Hg im Plasma von einem oder mehreren anderen Elementen übernommen werden. Daher muss der Einfluss dieser neu einzusetzenden Elemente sowohl auf die Gradientenbildung als auch auf das Abstrahlungsverhalten der Lampen geklärt werden.

Lösungsansatz

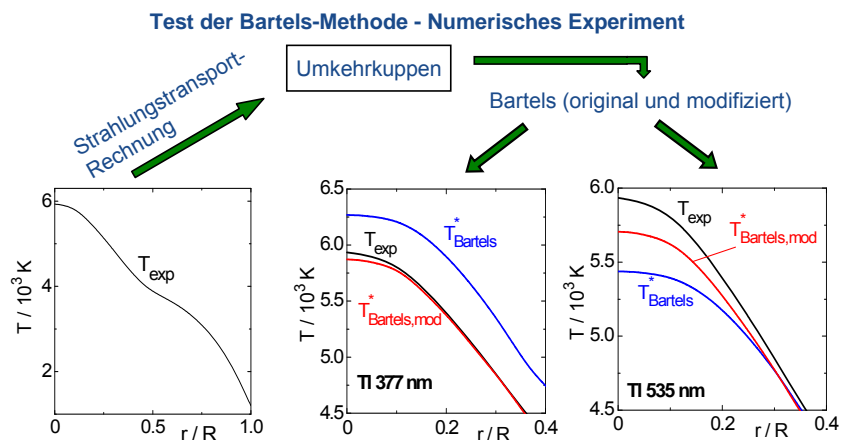
An ausgewählten Füllungen sind spektroskopische Untersuchungen zur Bestimmung des radialen und zeitlichen Verlaufs der Plasmaparameter sowie zur Veränderung der Spektren durchzuführen. Zum Vergleich wird sowohl eine kommerzielle Metallhalogenid-Lampe bei sinusförmigem Strom (50 Hz) als auch die Standard-Lampe, wie sie in Modellrechnungen berücksichtigt wird, herangezogen.

Technologischer Nutzen

Möglichkeiten der Strahlungserzeugung mittels Hg-freier Hochdruckplasmen dienen als Grundlage für eine Umsetzung in Produkte.

Ergebnisse 2004

Für eine Reihe von Linien, die eine wesentliche Rolle im Strahlungstransport der betrachteten Mischplasmen spielen, liegen keine oder stark differierende Daten zur Verbreiterung vor. Diese Daten wurden in realisierbaren Fällen durch Anpassung an gemessene Profile extrahiert. Basis der Untersuchungen ist die zuverlässige experimentelle Bestimmung von zeitlichen und räumlichen Temperaturverläufen. Die Anwendbarkeit der Methoden von Bartels und Karabourniotis zur Auswertung von selbstumgekehrten Linien ist geprüft worden.



Vorhaben 2005

- Ausbau der Diagnostik an HID-Lampen
- Bestimmung von Plasmatemperaturprofilen und Partialdrücken an ausgewählten HID-Lampen
- Spektrensimulation
- Berechnung der Energiebilanz

3. Spezial-Lichtquellen

Untersuchungen an hochfrequenzbetriebenen Kapillarentladungen

Problem

Anisotherme Plasmen bei Normaldruck finden eine immer breitere Anwendung auf technologisch relevanten Gebieten. Aufgrund des hohen Gasdruckes sind solche Entladungen stark räumlich kontrahiert und arbeiten nur in kleinen Entladungsvolumina stabil. Das Auffinden von optimalen plasmaphysikalischen Bedingungen in engen Entladungskanälen, wie z.B. Kapillaren ist Gegenstand dieser Untersuchungen.

Lösungsansatz

Auf der Grundlage von geschlossenen und offenen Kapillarentladungen im Normal-, Mittel- und Niederdruckbereich werden modulare, HF-(Hochfrequenz) betriebene Plasmaquellen zur Erzeugung von VUV/UV-Strahlung bzw. räumlichen Afterglow-Plasmen für die Oberflächenmodifizierung entwickelt und erprobt. Plasmaphysikalische Diagnostiken, wie optische Emissionsspektroskopie, Interferometrie dienen der Optimierung dieser Systeme.



Lineares, offenes, gasdurchströmtes HF-Kapillarentladungssystem (31 Kapillaren, Prozessgas N_2) bei 27,12 MHz

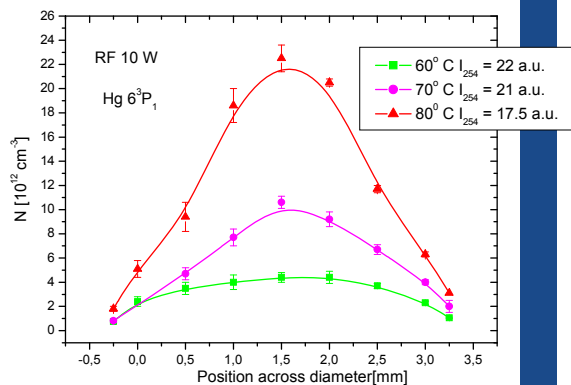
Technologischer Nutzen

Elektrodenlose, HF-angeregte, geschlossene Kapillarentladungen bieten die Möglichkeit beliebig geformte Strahler (zylindrisch, flächenhaft) bei hoher Strahldichte zu konstruieren. An offenen, gasdurchströmten Kapillaren werden das räumliche Afterglow-Plasma wie auch die aktive Plasmazone im Innenraum (Strahlung, aktive Spezies) der Kapillare genutzt. Anwendungen finden sich in der Medizin, Pharmazie, Mikrobiologie und Oberflächentechnologie.

Ergebnisse 2004

Es wurden unterschiedliche Plasmaquellen (offene Kapillarentladungssysteme) für Oberflächenbeschichtungen erfolgreich eingesetzt und erprobt.

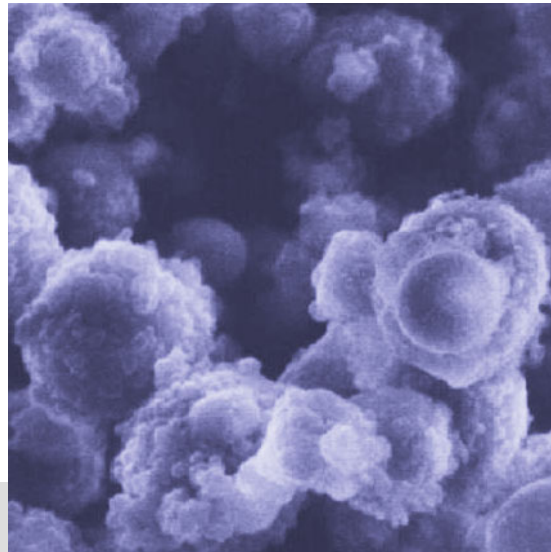
An der geschlossenen Kapillarentladung wurden umfangreiche, radial aufgelöste Dichtemessungen von angeregten Atomen durchgeführt, die der Optimierung der UV/VUV-Strahlungsquelle dienen.



Radiale Dichteprofile der $Hg-6^3P_1$ -Resonanzatome in einer 4mm-Kapillare in Abhängigkeit von der Cold-Spot-Temperatur (Leistung 10W, 13.56 MHz)

Vorhaben 2005

- Experimentelle und theoretische Untersuchungen zum Katodengebiet, besonders zum Gastransport in der Katode (UV/VUV-Strahlungsquellen, Niederdruckglimmentladungen in Edelgasgemischen)
- Entwicklung von HF-angeregten, bei Atmosphärendruck arbeitenden Plasmaquellen für unterschiedliche Anwendungszwecke



Projekte // Übersicht

1. Plasmaquellen zur Modifizierung nano- und mikrodisperser Materialien

Pulvermodifizierung (GP)

Plasmagestützte Katalysatorfixierung für Brennstoffzellen mit flüssigen Reaktanden (DP)

2. Plasmagestützte Pulversynthese und Schichteinbau

Abscheidung partikelhaltiger Schichten: DBE (GP)

3. Diagnostik und Modellierung der Plasma-Teilchen-Wechselwirkung

Plasma-Pulver-Wechselwirkung (GP)

Ionisierungsquerschnitte (GP)

Simulation komplexer Plasmen (DP)

Plasmadiagnostik zur Untersuchung des Anlageneinflusses beim DC-Sputtern für die Herstellung von ZnO-Schichten für Dünnschicht-solarzellen (DP)

Mikrodisperse Teilchen im Plasma (DP: SFB, A 14)

Plasmadiagnostik an steuerbaren Ionenstrahlsystemen (DP)

Vorbemerkungen

Die plasmagestützte Oberflächenbehandlung von kleinskaligen Substraten (Nanofasern, Granulate, Pulver, Stäube) ist nach wie vor ein wenig erschlossenes Arbeitsfeld mit der Perspektive innovativer Lösungen für die Entwicklung Neuer Materialien. Der Forschungsschwerpunkt *Nano- und Mikrodisperse Materialien* arbeitet an der Verbindung von Plasma- und Nanotechnologie: erfolgreich, wie sich an der steigenden Anzahl der Drittmittelprojekte zeigt.

Pulver, die mittels Plasmaprozessen erzeugt werden, haben vorteilhafte Eigenschaften, z.B. Größen im nm- und μm -Bereich, einheitliche Größenverteilung und chemische Aktivität. Größe, Struktur und Zusammensetzung können für spezielle Anwendungen „maßgeschneidert“ werden. Auch mit Partikeln dotierte Kompositschichten sind von großem technologischen Interesse. Die Einsatzmöglichkeiten für plasma-behandelte Pulver sind vielfältig. Beispiele sind Additive für Farben, Kosmetika und Medikamente, Testteilchen in der Biomedizin, Trägermaterial für die chemische Katalyse oder Füllstoffe für Kompositschichten und Sintermaterialien.

Die INP-Forschung erreichte Fortschritte bei der Anpassung der mechanischen Verfahrenstechnik an die physikalischen Eigenschaften der Substrate im Sub-Mikrometerbereich. Technologische Prozesse zur Synthese und Modifizierung von mikro- und nanodispersen Materialien und zur umweltverträglichen Ruß- und Aerosolbehandlung wurden entwickelt. Besonders die Expertise zum Einsatz von Atmosphärendruckplasmen wurde ausgebaut. Um die Verbindung von Plasma- und Nanotechnologie zu vertiefen, wurden anwendungsorientierte Grundlagenuntersuchungen zur Plasma-Partikel-Wechselwirkung und deren Diagnostik – auch mit nicht-konventionellen Methoden, wie Thermosondenmessungen, Photometrie – durchgeführt.

Zwei abgeschlossene Drittmittelprojekte werden auf den folgenden Seiten nicht dargestellt: „Mikrodisperse Teilchen im Plasma“ und „Plasmadiagnostik an steuerbaren Ionenstrahlsystemen“. Ersteres Projekt wurde im Rahmen des SFB 198 (Thema A14) bearbeitet; in Kürze wird ein Gesamtbericht erscheinen. Das zweite Thema ist ein BMBF-Verbundprojekt („Ultrapräzise Oberflächenbearbeitung“, FKZ: 13N7920), dessen Ergebnisse demnächst in einer Ausgabe der VDI-Publikation InfoPhysTech zusammengefasst werden.

Anwendungspotenzial

Maßgeschneiderte Eigenschaften für Nano- und Mikroteilchen

- Additive für Farben / Toner
- Additive für Kosmetikprodukte
- für eine bessere Haftung in Kompositmaterialien
- für die Steuerung der Wirkstoffabgabe in Arzneimitteln

Innovative Katalysatoren

- für Brennstoffzellen
- für die heterogene chemische Katalyse
- für die Abwassereinigung

Oberflächenveredlungen

- Korrosionsschutz (Leuchstoffe)
- funktionelle Schichten
- Steuerung der Benetzbarkeit

Partikel als Diagnostiktools

- Manipulation
- Mikrosonden im Plasma (elektrisch, thermisch, chemisch)
- Optimierung von Plasmaquellen

1. Plasmaquellen zur Modifizierung nano- und mikrodisperser Materialien Pulvermodifizierung

Problem

Bei der Modifizierung von Pulvern wirken sich deren physikalische und chemische Eigenschaften vor allem bei der Fluidisierung aus. Es ist schwierig einerseits homogene Modifizierungen (Funktionalisierung, Beschichtung) und andererseits kontinuierliche Prozesse zu gewährleisten.

Lösungsansatz

Bei der Fluidisierung von Pulvern im Plasma bei Atmosphärendruck durch mechanische Agitation oder Gasfluss spielen die elektrischen Parameter wie Puls-Pause-Verhältnis sowie die Pulsform eine wichtige Rolle. Durch die Auswahl der verschiedenen Formen der dielektrisch behinderten Entladung (DBE) wie Volumen-, Oberflächen-, koplanare oder zylindrische Entladung stehen zusätzliche Möglichkeiten zur Anpassung der Plasmaprozesse an die jeweilige Aufgabe bereit.

Technologischer Nutzen

Mit Hilfe der DBE lassen sich relativ einfache kontinuierliche Prozessabläufe realisieren. Durch die Behandlung bei Atmosphärendruck kann auf die Vakuumtechnik verzichtet werden. Die Skalierung für größere Durchsätze lässt sich unkompliziert durchführen. Die Oberflächenentladung bringt für bestimmte und geeignete Prozesse (z.B. Funktionalisierung von Polyethylen (PE-Pulver)) eine weitere Vereinfachung gegenüber der Volumenentladung.

Ergebnisse 2004

Bei der Pulverbehandlung im Niederdruckplasma wurden erfolgreich Katalysatorteilchen auf Kohlenstoffsubstraten fixiert und aktiviert. Außerdem wurden Kohlenstoffpulveroberflächen für die homogene und feinkristalline Verteilung von Platin-Palladium-Katalysatoren aktiviert.

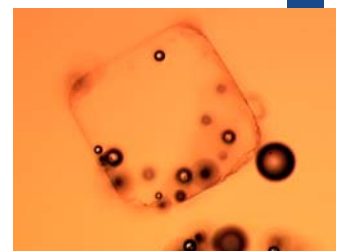
Die Arbeiten zur Pulverbehandlung im Atmosphärendruckplasma führten zum Aufbau einer Oberflächenentladung (DBE) und einer zylindrischen Entladung (DBE, Wirbelschichtprinzip). PE-Pulveroberflächen wurden sowohl in der Volumen als auch in der Oberflächenentladung aktiviert. Zudem gelang die Abscheidung von weitgehend geschlossenen SiO_x -haltigen Schichten auf Al_2O_3 und NaCl -Pulver.

Vorhaben 2005

- Charakterisierung der behandelten Partikel mit SEM, NDIR, UV-Spektroskopie und XPS
- SiO_2 -Beschichtung von Leuchtstoffpulvern
- Metallisierung und Funktionalisierung mit Hilfe der DBE
- Fixierung und Aktivierung von Katalysatormaterialien auf elektrisch leitfähigen Substraten durch HF-Entladung und Magnetron-Sputtern im Niederdruckbereich



Oberflächenentladung
bei Atmosphärendruck



SiO_x -Hülle
um herausgelösten
Salzkristall

2. Plasmagestützte Pulversynthese und Schichteinbau Abscheidung partikelhaltiger Schichten: DBE

Problem

Die Herstellungskosten transparenter Oxidschichten für Anwendungen in der Solartechnik sind erheblich. Stand der Technik ist die Abscheidung von Zinkoxid(ZnO)-Schichten im Vakuum. Günstiger wäre eine Technologie, mit deren Hilfe partikelhaltige Schichten unter Atmosphärendruck abgeschieden werden können.

Lösungsansatz

Beim Übergang zum Atmosphärendruck müssen übliche Beschichtungsverfahren (z.B. Sputterprozesse) verändert werden. Gefragt sind innovative Transportmethoden von Zn-haltigen Schichtbildungsprecursoren (in Gas- bzw. Nebelform) in die reaktive Zone, wo Aktivierung und ZnO-Abscheidung erfolgen. Es ist zu prüfen, in welcher Form Zink (z. B. als metallorganische Verbindung oder als Zn^{2+} in Lösung) dem Plasmaprozess zugeführt werden kann. Hierzu war eine Studie dieser Verfahren nötig.

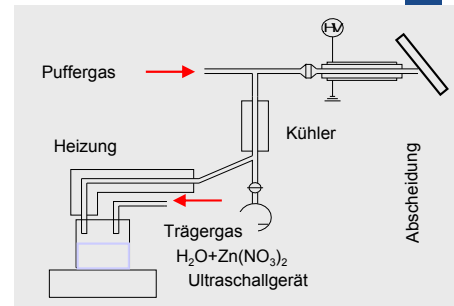
Technologischer Nutzen

Zinkoxid-Schichten werden als transparente leitfähige Oxidschichten (TCO) in der Solartechnik verwendet. Hierbei ist aus Kostengründen der Ersatz von ITO durch ZnO gewünscht. Weiterhin finden diese Schichten Einsatz in einem weiten Spektrum der Sensortechnik, bei akustooptischen / piezoelektrischen Sensoren, bei IR-Re-flektoren und UV-Laserdioden.

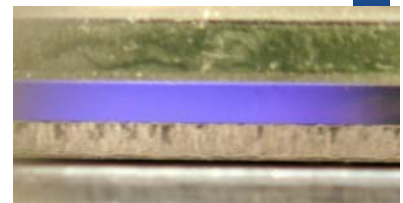
Ergebnisse 2004

Im Ergebnis der Studie „ZnO-Abscheidung mittels Plasmaverfahren“, welche die Prüfung und Wichtung der möglichen Beschichtungsverfahren zum Ziel hatte, wurde die Abscheidung von ZnO aus $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ als besonders erfolgversprechend identifiziert. Es wurde eine Versuchsanlage (Abb. oben) konstruiert, deren Hauptbestandteile die Verdampfungsstrecke und die Entladungsstrecke sind. Das mit Zn^{2+} angereicherte Trägergas strömt durch eine langgestreckte, planparallele Elektrodenanordnung. Der Entladungstyp ist eine homogenisierte, dielektrisch behinderte Entladung (DBE) bei 100 kHz, deren Entladungsspalt im Detail in der unteren Abb. gezeigt ist.

Erste Experimente auf Probekörpern ergaben Schichten mit pulvrigem Charakter. Die Fortführung der Untersuchungen ist in diesem Stadium aus Kapazitätsgründen abgebrochen worden.



Schema der
Entladungsanordnung



Detail Elektroden-
zwischenraum mit DBE

Vorhaben 2005

- Projektabschluss 2004

3. Diagnostik und Modellierung der Plasma-Teilchen-Wechselwirkung Plasma-Pulver-Wechselwirkung

Problem

Für die technische Handhabung mikrodisperser Partikel zur Oberflächenmodifikation und zum Schichteinbau an vorbestimmten Positionen in festgelegten Zeitfenstern fehlen exakte Kenntnisse über das Aufladungs- und Einfangverhalten in der Plasmarandschicht. Der Zugang zu einer einfachen Prozessdiagnostik der Randschicht ist für eine Reihe von Plasmaquellen nicht oder nur unzureichend gegeben.

Lösungsansatz

Mittels Plasma- und Teilchendiagnostiken mit problemangepasster theoretischer Analyse werden die Zusammenhänge zwischen Eigenschaften der Partikel (Masse, Ladung, Geometrie und Position) und den Einflüssen durch das umgebende Plasma (Ladungsträgerstrom, Energiestrom und Feldwirkung) erforscht. In der Apparatur PULVA-INP wird durch den Einsatz einer Adaptiven Elektrode (AE) die Plasmarandschicht lokal beeinflusst. Mit einer monochromen CCD-Kamera werden die Partikel lasergestützt visualisiert und ihre Position bestimmt. Die Kenngrößen des Plasmas werden mittels Langmuirsonden-Messtechnik und Ionenplasma-Massenspektrometrie bestimmt.



Apparatur
PULVA-INP

Technologischer Nutzen

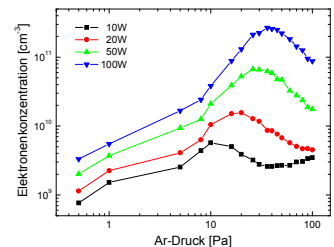
Das Projekt schafft die Grundlagen dafür, die Eigenschaften von Nieder-temperaturplasmen in technischen Applikationen optimal auszunutzen. Praxisbeispiele sind die Modifizierung von Teilchenoberflächen für mechanische, optische, biologische und pharmazeutische Anwendungen oder Manipulationen für eine zielgerichtete Sortierung.

Ergebnisse 2004

Das ungestörte Ar-HF-Plasma in der Nähe der Plasmarandschicht wurde über der adaptiven Elektrode diagnostiziert. Als äußere Parameter für die Messungen wurden der Ar-Neutralgasdruck im Bereich von 0,5–100 Pa und die eingespeiste Entladungsleistung von 5–100 W variiert. In Abhängigkeit vom Ar-Druck zeigen sich charakteristische Unterschiede für die Änderung von Elektronenkonzentration, Elektronentemperatur und Plasmapotenzial, außerdem eine deutliche Beeinflussung seitens der gewählten Plasmaleistung.

Die Analyse der Energieverteilungsfunktion der Elektronen ergibt ein Zwei-Temperaturverhalten bei geringem Druck und geringer Leistung. Bei Erhöhung von Druck und Leistung wird übereinstimmend mit Modellrechnungen eine zunehmende Maxwellisierung festgestellt. Die Ionenplasmamassenspektrometrie zeigt die Dominanz der einfach geladenen Ar-Ionen in der Entladung und bestätigt in Übereinstimmung mit den Sondenmessungen die Zunahme der Plasmadichte mit steigender Leistung. Die gemessenen Energieverteilungen der Ionen zeigen den signifikanten Einfluss der Schwereteilchenstöße auf die Energie der zur Oberfläche fließenden Ionen.

Melaminharz-Mikroteilchen verschiedener Größe wurden eingefangen und visualisiert. Die gezielte Beeinflussung der Plasmarandschicht vor der adaptiven Elektrode wurde nachgewiesen. Sowohl der Teilchenabstand zur als auch die Position über der adaptiven Elektrode werden durch die Wahl des Potentials der Segmente gesteuert. Bei Verwendung eines elektrischen Wechselfeldes gelingt es die Teilchen in Resonanz zu bringen.



Charakterisierung
der Plasmamaterie
in PULVA-INP

Vorhaben 2005

- Untersuchung der Auswirkung zusätzlicher HF-Einspeisung auf das Aufladungs- und Einfangverhalten der mikroskopischen Partikel an weiteren Plasmaquellen

3. Diagnostik und Modellierung der Plasma-Teilchen-Wechselwirkung Ionisierungsquerschnitte

Problem

In technischen Plasmen sind die direkte und die dissoziative Elektronenstoßionisierung der Arbeitsgase der einleitende und häufig der dominierende ladungsträgererzeugende Prozess und ein entscheidender Initiator für plasmachemische Reaktionen. Es stellt sich die Aufgabe, die Ionisierungsquerschnitte von plasmatechnisch relevanten Molekülen experimentell zu bestimmen. Gegenstand der Bearbeitung sind die Moleküle Trifluormethan (CHF_3) und Octafluorpropan (C_3F_8) als wichtige Plasmaprozessgase.

Lösungsansatz

In der Ionenquelle eines Massenspektrometers wird unter den Bedingungen des Einzelstoßes ein Elektronenstrahl wohl definierter kinetischer Energie durch ein Gastarget, bestehend aus einem Gemisch aus Referenzgas und Analysegas, geschossen. Die erzeugten Ionen werden massensepariert und ihre Anzahl in Abhängigkeit von der Energie der stoßenden Elektronen unter Vermeidung von Ionenverlusten bei der Extraktion, der Transmission und dem Nachweis am Detektor gemessen. Anschließend werden die relativen Ionisierungskurven mit einem Referenzquerschnitt kalibriert.

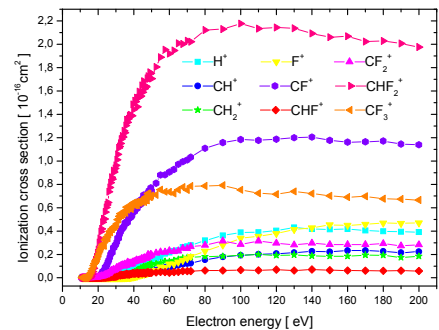
Technologischer Nutzen

Die Bereitstellung plasmarelevanter Elementardaten von Prozessgasen leistet einen Beitrag für die quantitative Diagnostik, ist grundsätzliche Voraussetzung für die Modellierung und eröffnet Möglichkeiten der Optimierung von Plasmaprozessen.

Ergebnisse 2004

Die absoluten partiellen Ionisierungsquerschnitte der durch Elektronenstoß erzeugbaren positiven Ionen des CHF_3 , d.R. H^+ , CH^+ , CH_2^+ , F^+ , CF^+ , CHF^+ , CF_2^+ , CHF_2^+ und CF_3^+ wurden experimentell bestimmt. Die Ergebnisse zeigen, dass die direkte Ionisierung von CHF_3 nicht eintritt und keine mehrfachgeladenen Fragmentionen erzeugt werden. Die dissoziative Ionisierung unter Abspaltung eines F-Atoms zur Bildung des Fragment-Ions CHF_2^+ ist der dominierende Prozess über den gesamten Energiebereich. Im für Niedertemperaturplasmen besonders interessanten Bereich niedriger Stoßenergie folgen in der Effizienz die beiden Fragmentionen CF^+ , CF_3^+ . Diese drei Hauptfragmentionen gemeinsam liefern 90% der Gesamtionenausbeute für 40 eV. Analoge Messungen wurden für Octafluorpropan (C_3F_8) durchgeführt. Das Molekülion C_3F_8^+ und mehrfach geladene Ionen wurden nicht nachgewiesen.

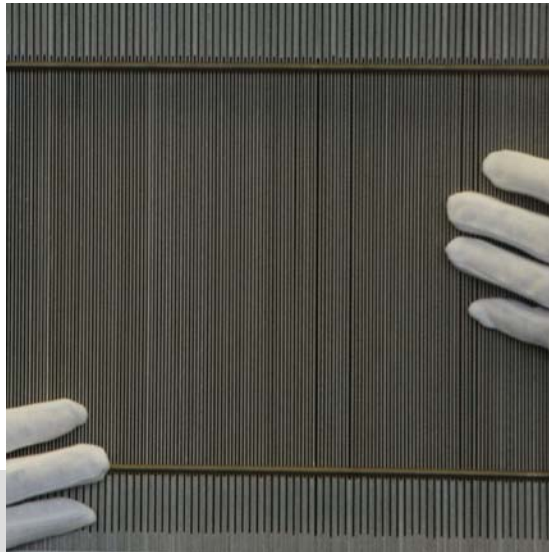
Folglich ist die dissoziative Ionisierung der entscheidende Prozess zur Erzeugung von einfach geladenen positiven Fragmentionen. Es werden insgesamt elf einfach geladene Ionen (C^+ , F^+ , CF_x^+ mit $x=1-3$, C_2F_y^+ mit $y=1-5$ und C_3F_7^+) generiert, für die ein kompletter Satz von absoluten partiellen Ionisierungsquerschnitten bestimmt wurde. Die Summation über alle partiellen Querschnitte ergibt für das Molekül den totalen Ionisierungsquerschnitt. Über den gesamten Energiebereich bis zu 200 eV ist die Bildung des CF_3^+ Fragmentions der dominierende Ionisierungskanal mit einem Anteil von 65 % an der Gesamtionenausbeute für eine Elektronenstoßenergie von 40 eV. Einen merklichen Beitrag leistet in diesem Bereich nur noch das Ion C_3F_7^+ mit 17%, während sich 18% auf die restlichen neun Fragmentionen verteilen.



*Ionisierungsquerschnitte
der Fragmentionen*

Vorhaben 2005

- Projektabschluss 2004



Projekte // Übersicht

1. Stoffwandlung

Untersuchungen zur Radikalbildung in
Edelgas-Wasserdampf-Plasmen (GP)
Partikelabbau in atmosphärischen Plasmen:
Abluftbehandlung (GP)
Prozesssteuerung (DP)
Reaktionskinetik chemisch aktiver
Plasmen (DP, SFB 198)
VOC- und NO_x-Abbau (DP)

2. Plasmakatalyse

Recherche und Voruntersuchungen zu
umweltrelevanten Plasmaprozessen (GP)
Synfuels (DP)

Vorbemerkungen

Der Schwerpunkt *Umweltrelevante Plasmaprozesse* ist im Ergebnis der Strategieentwicklung seit Beginn des Jahres im Aufbau. Hier werden zum Einen Projekte zusammengefasst, die sich schon seit längerem Plasmaverfahren für die Umwelttechnologie widmen, wie z.B. der Abluft- und Abgasreinigung. Zum Anderen soll das große Potenzial von umweltfreundlichen Plasmatechnologien für Forschung und Industrie für neue Projekte ausgelotet werden. Dazu wurde 2004 eine breit angelegte Studie begonnen, die Recherchen und Voruntersuchungen kombiniert. Erste Ergebnisse zeigen, dass vor allem neuartige interdisziplinäre Ansätze, die das Know-how verschiedener z. B. chemischer, physikalischer oder biologischer Disziplinen kombinieren, Erfolgsaussichten erwarten lassen. Die Studie, die den Aufbau von spezifischer Kompetenz im INP und die Akquirierung von Drittmitteln zum Ziel hat, wird fortgeführt.

Die Arbeiten im Forschungsschwerpunkt, die z. T. in internationaler Kooperation stattfanden, erreichten Fortschritte bei der Untersuchung von Bildungs- und Reaktionsmechanismen molekularer Plasmabestandteile in chemisch aktiven molekularen Nichtgleichgewichtsplasmen, die für den Schadstoffabbau, wie von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) und von Aerosolen, eingesetzt werden. Ein Schwerpunkt bildete die Aufklärung der Reaktionskinetik von transienten Spezies, insbesondere von Radikalen. Die Analyse komplexer plasmachemischer Reaktionsabläufe, vorzugsweise unter nichtstationären Anregungsbedingungen, erlaubte die Bestimmung wichtiger molekularer Parameter.

Im anwendungsnahen Bereich konnte die Entwicklung eines Messgerätes und Verfahrens zur Spurengasanalyse massiv vorangetrieben werden. Es gelang bestehende Industriekooperationen zu festigen und neue aufzubauen. Mit der realisierten Anwendungsnähe konnte die Einwerbung von Drittmitteln gesteigert werden.

Anwendungspotenzial

Umwelttechnologie

- Dieselpartikelfilter
- Behandlung von Aerosolen und Gerüchen
- Abbau von flüchtigen organischen Substanzen (VOC)

Plasmachemische Prozesse

- hoch empfindlicher Nachweis flüchtiger molekularer Spezies
- kinetische Studien zu molekularen Reaktionen

Diagnostikanwendungen

- Überwachung und Steuerung von Plasmaprozessen
- Erhöhung der Prozesseffektivität, Prozesssicherheit und Reproduzierbarkeit
- Optimierung von Oberflächenbehandlungen

1. Stoffwandlung

Untersuchungen zur Radikalbildung in Edelgas-Wasserdampf-Plasmen

Problem

Untersuchungen im Rahmen eines BMBF-geförderten Projektes haben gezeigt, dass die plasmainduzierte Polymerisation amphiphiler Aggregate in wässriger Lösung nicht auf UV-Strahlung beruht. Daher wird vermutet, dass die durch die Einwirkung des Plasmas gebildeten OH-Radikale eine radikalische Polymerisation bewirken.

Lösungsansatz

Es wird eine Modellentladung aufgebaut, die den Bedingungen in den Polymerisationsreaktoren nachempfunden ist und einen spektroskopischen Zugang ermöglicht. Mittels TALIF (Two-Photon Absorption Laser-Induced Fluorescence Spectroscopy) am Wasserstoffatom sollen absolute Teilchendichten bestimmt werden, die Rückschlüsse auf die OH-Radikalkonzentration und somit auf die ablaufenden Elementarprozesse erlauben. Weiterhin werden die OES (Optical Emission Spectroscopy) und spektral selektiertes Imaging mittels schneller ICCD-Technik auf die Modellentladung angewandt.

Ziel ist es, räumliche und zeitliche Konzentrationsprofile aufzunehmen und eine Korrelation zu der Polymerisationseffizienz herzustellen.

Technologischer Nutzen

Durch die Polymerisation können Micellen und Vesikel in Größe und Form stabilisiert werden. Anwendung finden diese z. B. als Depot-tabletten, in Waschmitteln oder in der chemischen Katalyse als Katalysatorträger und Ort der Reaktion. Bisher werden solche Aggregate hauptsächlich über die Photopolymerisation oder nasschemische Verfahren gewonnen. Die plasmainduzierte Polymerisation ist eine gute Alternative, da auf den Einsatz von Initiatoren oder Komonomeren verzichtet werden kann. Auch zeigen sich, im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren, verbesserte Eigenschaften: So erhöhte sich in der chemischen Katalyse die Haltbarkeit der Katalysatorträger und die Raum-Zeit-Ausbeute.

Ergebnisse 2004

Zur Analyse des Entladungsvorganges wurden zunächst mit einer intensivierten CCD-Kamera Bilder der Einzelentladung aufgenommen, wie sie in Abb. 1 dargestellt sind. Mittels dieser Aufnahmen können die Fluktuationen zwischen den Einzelentladungen dokumentiert werden. Die ursprüngliche Zielsetzung die Entladung unter Verwendung eines H_α -Filters zu betrachten, konnte aufgrund der schwachen Emission sowie der Empfindlichkeit des Detektorsystems nicht realisiert werden. In Abb. 2 ist exemplarisch ein Einzelschuss-TALIF-Signal des H_α -Übergangs dargestellt.

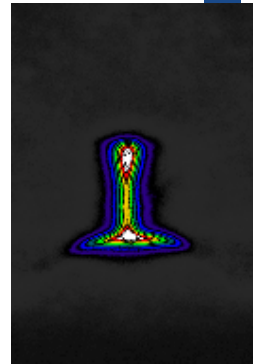


Abb. 1: Argon-Einzelentladung: 800 Hz, U_p ca. 8 kV, 1 bar Argon mit 80 % relativer Luftfeuchte, Elektrodenabstand 3 mm, Belichtungszeit: 50 ns

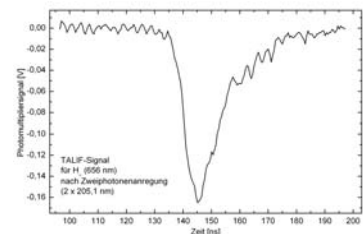


Abb. 2: TALIF-Signal an der Testentladung

Vorhaben 2005

- Projektabschluss 2004

1. Stoffwandlung

Partikelabbau in atmosphärischen Plasmen: Abluftbehandlung

Problem

Filterung und Zersetzung von Partikeln (Aerosolen) und Abluft mit einer Größe bis in den Nano-Bereich.

Lösungsansatz

Es wird eine DBE-Konfiguration mit filternden Eigenschaften entwickelt. Weiterführende Untersuchungen sollen eine neuartige Reaktorkonfiguration mit strukturierten Elektroden (bzw. makroskopischen Materialien im Entladungsraum) einer dielektrisch behinderten Entladung (DBE) zum Ergebnis haben.

Technologischer Nutzen

Ziel ist die Erschließung neuer Anwendungsfelder auf der Grundlage bisheriger Untersuchungen im Bereich aerosolhaltiger und geruchsbelasteter Abluft. In der praktischen Umsetzung wird ein wesentlicher Beitrag zur Minderung von Gesundheitsrisiken und zur Entlastung der Umwelt geleistet.

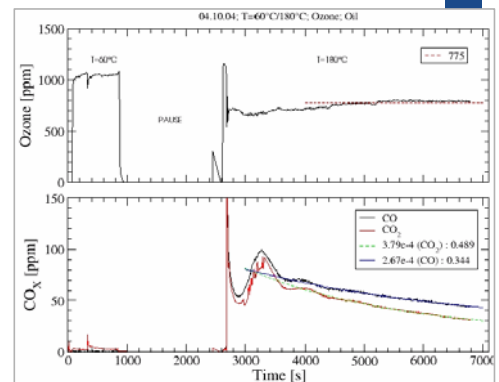


Testreaktor zur
Abluftbehandlung

Ergebnisse 2004

Es wurden neue Reaktorprinzipien entwickelt. Diese ermöglichten – neben dem Einsatz im Bereich der Diesel-Abgasbehandlung – weitere Anwendungen bei der Behandlung von aerosolhaltiger Abluft.

In Zusammenarbeit mit einem Industriepartner wurde in einer konkreten Anwendung die Geruchsbelastung bei der Zubereitung von Lebensmitteln durch das entwickelte Plasmaverfahren wirksam reduziert, wie olfaktometrische Messungen zeigten. Die Zersetzung von auf Filteroberflächen abgeschiedenen Fettaerosolen durch Ozon weist ein ähnliches Verhalten wie bei Ruß auf.



Zersetzung von abge-
schiedenen Fettaerosolen

Vorhaben 2005

Schaffung eines Moduls für den praktischen Einsatz:

- Laboraufbau für Aerosolerzeugung in Luft
- Prüfung des Filterverhaltens
- Olfaktometrie
- Skalierung und Vereinfachung des Aufbaus

Beiträge zur Aufklärung von Abbaumechanismen für Aerosole:

- Zersetzungsprodukte und ihr Zeitverlauf von auf Elektroden abgeschiedenen Aerosolen (in der Entladung, durch Ozon, durch Einwirkung von UV-Strahlung)
- Bestimmung der Temperaturbelastung in der Entladung (Pyrometrie)

1. Stoffwandlung

Reaktionskinetik chemisch aktiver Plasmen

Problem

Hochreaktive, kurzlebige Moleküle, insbesondere Radikale, beeinflussen die Eigenschaften von fast allen molekularen Plasmen, sowohl in der industriellen Anwendung und im Labor als auch in der freien Natur. Sie sind von großer Bedeutung für die Plasmachemie und Reaktionskinetik. Die Untersuchung des Verhaltens von Radikalen, besonders die verlässliche Messung ihrer Konzentrationen, im Zusammenhang mit stabilen Reaktionspartnern, ermöglicht erst ein tiefergehendes Verständnis der ablaufenden Prozesse.

Die Eigenschaften von kohlenwasserstoffhaltigen Plasmen werden wesentlich durch das Methyl-(CH₃) Radikal bestimmt. Die zuverlässige Konzentrationsbestimmung von CH₃ basiert auf einer genauen Kenntnis relevanter molekularer Parameter, wie z.B. von Linienstärken. Dies war ein Schwerpunkt der Untersuchungen. Weiterhin standen borhaltige Plasmen, die eine hohe technologische Relevanz besitzen, im Zentrum der Untersuchungen.

Lösungsansatz

Die Messung der Konzentration des CH₃ und der Nachweis des Bormonoxid-(BO)-Radikals ist mittels absorptionsspektroskopischer Methoden im infraroten (IR) Spektralbereich möglich. Die Genauigkeit des Verfahrens wird direkt durch die Verlässlichkeit von Elementardaten, wie von Linienpositionen und Linienstärken, bestimmt.

Durch die zeitabhängige Messung des Absorptionskoeffizienten des Methylradikals in der Abklingphase eines gepulsten Plasmas konnten erstmalig Aussagen zum Dipolmoment des ν_2 -Bandes gewonnen werden.

Zur Ermittlung molekularer Parameter wurde das BO-Radikals mittels einer Reaktion von Sauerstoff mit Bortrichlorid in einem Mikrowellenplasma erzeugt und absorptionsspektroskopisch nachgewiesen.

Technologischer Nutzen

Kohlenwasserstoff- und borhaltige Plasmen werden in einer Vielzahl plasmatechnologischer Anwendungen genutzt. Zuverlässige diagnostische Methoden erlauben nicht nur ein besseres Verständnis sondern auch ggf. ein Monitoring und eine Steuerung von Plasmaprozessen. Darüber hinaus besitzen genaue Daten zu Kohlenwasserstoffradikalen auch große Bedeutung für astro-physikalische Untersuchungen.

Ergebnisse 2004

In kohlenwasserstoffhaltigen Plasmen wurden Konzentrationen des Methylradikals durch Analyse kinetischer Prozesse bestimmt. *Erstmals* konnten aus dem Abklingen des Absorptionskoeffizienten von CH₃ in gepulsten Plasmen die Linienstärken von mehreren Übergängen des ν_2 -Fundamentalbandes im elektronischen Grundzustand des Radikals bestimmt werden. Die experimentell ermittelten Linienstärken erlaubten die Berechnung eines genauen Wertes des entsprechenden Dipolmoments: $\mu_2 = 0.215(25)$ Debye (vgl. Abb. 1).

Der infrarotspektroskopische Nachweis des ¹⁰B¹⁶O- und des ¹¹B¹⁶O-Radikals und die genaue Bestimmung der spektralen Position einer Vielzahl von Absorptionslinien erlaubte die Berechnung wesentlicher molekularer Konstanten, wie des Bandursprungs, der Rotationskonstanten und der intermolekularen Abstände (Abb. 2). Die Intensitäten sind für eine Temperatur von 300 K berechnet.

Vorhaben 2005

- Projektabschluss 2004

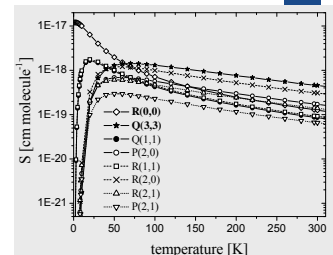


Abb. 1:
Temperaturabhängigkeit
von Linienstärken des
CH₃-Radikals im Bereich
1 – 300 K.

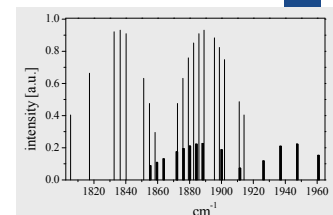


Abb. 2: Diagramm der
gemessenen ¹⁰B¹⁶O-
(fett) und ¹¹B¹⁶O-
Absorptionslinien.

2. Plasmakatalyse

Recherche und Voruntersuchungen zu umweltrelevanten Plasmaprozessen

Problem

Dieses Projekt dient dem weiteren Know-how-Aufbau am INP zu umweltrelevanten Plasmaprozessen. Es soll innovative Grundlagen- und Drittmittelprojekte im Forschungsschwerpunkt initiieren.

Lösungsansatz

Zunächst werden mit interdisziplinärem Ansatz aktuelle Umweltfragen recherchiert, die den Einsatz der Plasmatechnologie fordern. Einbezogen werden die internationale Fachliteratur, globale Trends und die gegenwärtige Förderpolitik der Europäischen Union. Ausgewählte experimentelle Voruntersuchungen, z. T. innerhalb bereits bestehender europäischer Kooperationen unterstützen die Recherche.

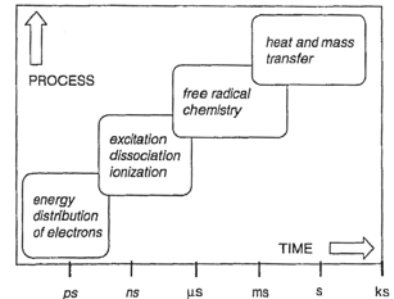


Abb. 1: Zeitskalen von Entladungsphysik und Entladungschemie

Technologischer Nutzen

Das Potenzial von Plasmaverfahren für ressourcenschonende, umweltfreundliche Technologien ist für industrielle Anwendungen noch lange nicht ausgeschöpft. Insbesondere neuartige interdisziplinäre Ansätze, die das Know-how verschiedener, z.B. chemischer, physikalischer oder biologischer Disziplinen kombinieren, lassen hohe Erfolgsaussichten erwarten.

Ergebnisse 2004

Es wurde eine umfangreiche Literaturstudie zu umweltrelevanten Plasmaprozessen durchgeführt. Diese Studie beinhaltet (a) die physikalischen und chemischen Grundlagen und aktuellen Entwicklungslinien des Plasmaeinsatzes, insbesondere von nicht-thermischen Plasmen bei Atmosphärendruck, als Umwelttechnologie, (b) wirtschaftliche Aspekte, wie industrielle Einsatzschwerpunkte, Marktvolumen, Alternativkonzepte und bisherige Fördermaßnahmen, und (c) die Analyse des Zukunftspotenzials dieser Schlüsseltechnologie.

Erste experimentelle Voruntersuchungen zur Effektivitätssteigerung des plasmagestützten Abbaus von flüchtigen organischen Komponenten (VOC) mittels plasmastimulierter Katalysatoren wurden erfolgreich in internationaler Kooperation durchgeführt. In Abb. 2 sind Ergebnisse der VOC-Umwandlung zu CO_2 in einer gepulsten DC-Entladung mit und ohne Katalysator gegenübergestellt. Die Messungen zeigen eine deutliche Verbesserung der Oxidationseffizienz durch Katalysatoreinsatz (in Kooperation mit Ecole Polytechnique Palaiseau, Frankreich).

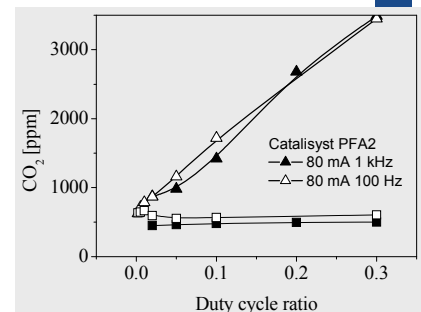
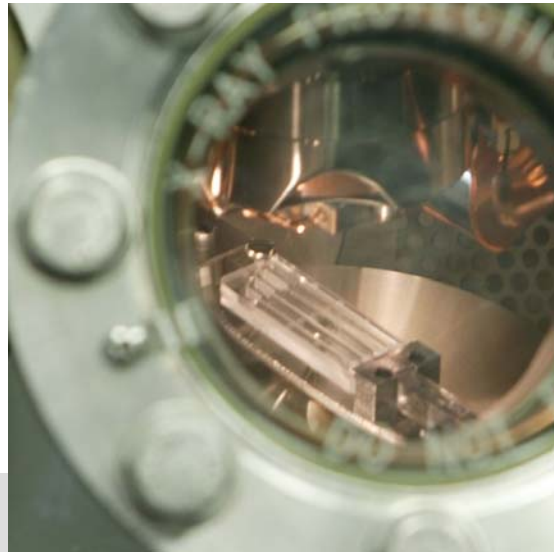


Abb. 2 Effektivitätserhöhung der VOC-Umwandlung in CO_2 durch Plasmakatalyse (in Kooperation mit Ecole Polytechnique Palaiseau, Frankreich)

Vorhaben 2005

- Weitere Verifizierung der Wirkung plasmastimulierter Katalysatoren zum VOC-Abbau auf der Grundlage der Analyse wesentlicher plasma-chemischer Reaktionspfade
- Orientierung der Arbeiten am Entwicklungspotenzial der Umwelttechnologie, basierend auf der durchgeführten Literaturstudie



Projekte // Übersicht

1. Oberflächenprozesse

Elementarprozesse der plasmagestützten
Aminofunktionalisierung (GP)

Gasphasen- und Oberflächenprozesse bei der
Wechselwirkung gepulster stickstoffhaltiger Plasmen mit
Oberflächen (DP)

2. Funktionalisierung von Oberflächen für die Biomedizintechnik und Kunststofftechnik

Biologisierte Oberflächen (GP)

Grenzflächenbiologisierung (DP)

PSD (DP)

3. Funktionelle Schichten

Barrierschichten (GP)

Plasmaprozesse für die Direkt-Methanol-Brennstoffzellen-
Technologie (DP)

Vorbemerkungen

Der Forschungsschwerpunkt *Oberflächen und funktionelle Schichten* bearbeitet ein Anwendungsfeld von Plasmen, das sich durch eine große Breite und anhaltendes Wachstum auszeichnet.

Der Einsatz von Plasmaprozessen zur Steuerung von Grenzflächeneigenschaften und zur Abscheidung funktioneller Schichten auf flächige und komplexe dreidimensionale Substrate hat viele Vorteile. Hervorzuheben sind die niedrige thermische Belastung der Bauteile, Umweltfreundlichkeit, gute Spaltgängigkeit sowie äußerst geringe Beeinflussung der Grundmaterialeigenschaften bei gleichzeitig guter Eignung zur Bearbeitung auch chemisch inerte Materialien.

Seit einiger Zeit konzentriert sich die Forschung auf plasmagestützte Prozesse für die Biomedizin- und Kunststofftechnik. Ziel ist es, die Qualität der Ergebnisse zu steigern sowie die Einbindung in Prozessabläufe zu verbessern. Die erreichten Fortschritte werden auf den folgenden Seiten dokumentiert.

Bearbeitet wurden Fragen der Erzeugung hochwertiger plasmachemischer Oberflächenfunktionalisierungen, der Einbindung von Plasmaprozessen in Prozessabläufe bei der Herstellung bioaktiver Beschichtungen auf Biomaterialien sowie der Herstellung von speziellen Sperrschichten.

Das Detailverständnis der Oberflächenprozesse bei der Aminofunktionalisierung von Kunststoffen, einschließlich der gleichzeitig stattfindenden Erzeugung langlebiger Kohlenstoff-Oberflächenradikale wurde verbessert. Die im INP verfügbare Auswahl von Plasmaprozessen zur Oberflächenmodifikation wurde erweitert: Das betrifft Verfahren zur Steuerung der Adhäsion von Zellen oder Biomolekülen auf Biomaterialien, zur Steuerung der Adhäsion beim Fügen von Kompositmaterialien und zur Erzeugung von Sperrschichten für die selektive Steuerung der Permeation unterschiedlicher chemischer Substanzen.

Anwendungspotenzial

Kontrollierte Oberflächenaktivierung durch plasma-chemische Prozesse

- für unterschiedl. Materialien: Polymere, Metalle, Dielektrika (auch hitzempfindliche Stoffe)
- Behandlung dreidimensional strukturierter Substrate, Folien oder Gewebe
- für hydrophile/hydrophobe Oberflächen
- Verbesserung der Haftfestigkeit in Komposit-Materialien
- Bedruckbarkeit chemisch inerte Materialien (Kunststoffe)

Funktionelle Beschichtungen mit Plasma-CVD für

- Dampfsperren
- Kratzfestigkeit
- Steuerung der Gasdurchlässigkeit
- Korrosionsschutz
- Verschleißschutz

Plasmagestützte Steigerung der Biokompatibilität

- für Zellkultursysteme, Biosensoren und Einwegartikel
- für Implantate

Plasma-cleaning

- ultrareine Oberflächen
- verbesserte Fügetechnologien (kleben, leimen, löten)
- kombinierbar mit Oberflächenaktivierung

1. Oberflächenprozesse

Elementarprozesse der plasmagestützten Aminofunktionalisierung

Problem

Festkörper-Oberflächenreaktionen während der plasmagestützten Funktionalisierung von makromolekularen Festkörperoberflächen sind immer noch wenig verstanden. Das trifft auch auf die Erzeugung von aminofunktionellen Gruppen ($-NH_2$) zu, welche als positiv geladene Funktionalitäten für prozesstechnische Aufgaben besonders wichtig sind.

Lösungsansatz

Eine komplexe Analytik der Prozesse unter paralleler Verwendung plasmatechnischer und oberflächenanalytischer Methoden sollte grundsätzliche Verständnisdefizite abbauen. Von einer Kombination energetisch hochauflösender Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS) mit chemischen Derivatisierungstechniken für den Nachweis der funktionellen Gruppen wird ein detailliertes Bild der Prozessergebnisse erwartet.

Technologischer Nutzen

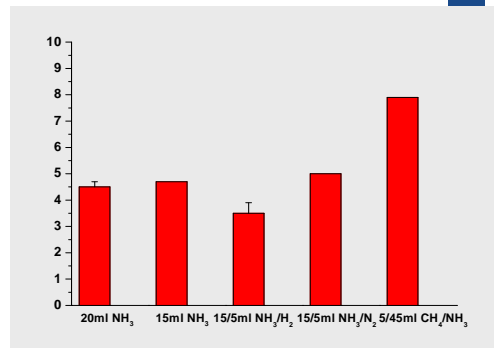
Diese Arbeiten sollten neue Einsichten in die Wechselwirkung von Plasmen mit Polymeroberflächen ermöglichen und so die Qualität der Prozessergebnisse verbessern. Definierte Aminodichten werden z.B. zur chemischen Kopplung von Biomolekülen an Polymeroberflächen benötigt. Hier sind exakt vorgebbare Reaktionsabläufe der Kopplung erforderlich, die sich ausgehend von Aminogruppen besonders gut realisieren lassen. Auch eine Anhebung der bisher sehr niedrigen Funktionalisierungsdichten bei Oberflächenverfahren ist von großem Interesse, z.B. für Festigkeitssteigerungen bei plasmagestützten Fügeverfahren.

Ergebnisse 2004

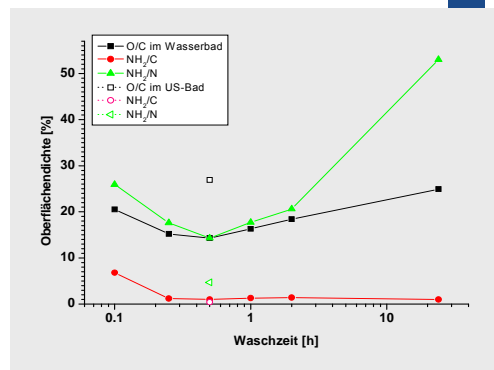
Ausgehend von Vorarbeiten, bei denen günstige Plasma-Anregungsbedingungen für erhöhte bzw. besonders reine Aminofunktionalisierungen ermittelt wurden, konnten durch systematische Variation plasmachemischer Einflussgrößen Ansatzpunkte zur weiteren Anhebung der Dichten gefunden werden. Vergleichende Untersuchungen mit aminofunktionellen Plasmapolymere ergaben Unterschiede in der Oxidationsbeständigkeit der Funktionalisierungen, die auf unterschiedliche Anteile an primären, sekundären und tertiären Aminogruppen zurückgeführt werden.

Vorhaben 2005

- Grundlagenuntersuchungen, geplante und laufende Drittmittelprojekte, vorzugsweise zur Biofunktionalisierung von Oberflächen



Einfluss von Zumischungen auf im Ammoniakplasma erzielte Aminogruppendichten auf Polymeroberflächen



Ergebnisse von Untersuchungen zur Oxidationsbeständigkeit von Allylamin-Plasmapolymere im Wasser-Ultraschallbad

1. Oberflächenprozesse

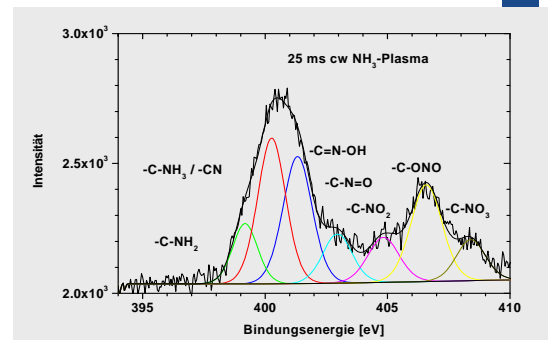
Gasphasen- und Oberflächenprozesse bei der Wechselwirkung gepulster stickstoffhaltiger Plasmen mit Oberflächen

Problem

Die Wechselwirkung zwischen Plasmagasphase und Festkörperoberfläche bei der Funktionalisierung von Polymeren ist bisher nur sehr wenig verstanden. Problematisch ist vor allem, dass wenig Kenntnisse über grundlegende Prozesse der sehr komplexen heterogenen Grenzflächenreaktionen vorliegen. In diesem Projekt sollen Kenntnisse zum Nachweis und zur Abreaktion von durch das Plasma erzeugten Oberflächenradikalen gewonnen werden.

Lösungsansatz

Kurz gepulste Plasmen werden verwendet, um eine merkliche Reduzierung des Umfanges der plasma-induzierten Oberflächeneffekte zu bewirken. Mit Hilfe des Radikalfängers NO und chemischer Derivatisierungen werden Kohlenstoffoberflächenradikale bzw. funktionelle Gruppen markiert, so dass es eine Kombination von sowohl quasi-in-situ als auch ex-situ durchgeführter, spektral hochauflösender Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS) unter Einbeziehung zielgerichteter Prozessvariationen ermöglicht, Rückschlüsse auf Oberflächenprozesse zu ziehen.



XPS-Spektrum einer aminofunktionalisierten Polystyroloberfläche nach NO-Derivatisierung

Technologischer Nutzen

Diese Arbeiten waren auf die Erweiterung des Verständnisses grundsätzlicher Plasma-Oberflächen-Wechselwirkungsmechanismen ausgerichtet. Ein technologischer Nutzen wurde für die Verbesserung der Qualität der als Beispiel ausgewählten Prozesse der Aminofunktionalisierung und der plasmagestützten Gasphasenpfropfungen erwartet.

Ergebnisse 2004

Die Arbeiten dieses im Rahmen eines Verbundvorhabens „Analyse und Modellierung der Einwirkung gepulster Plasmen auf Oberflächen“ durchgeführten Drittmittelprojektes (FKZ13N8054) haben zu Fortschritten hinsichtlich der Qualität der Aminofunktionalisierung geführt. In speziellen Fällen konnte eine Verdopplung der Aminodichte erreicht werden. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass bei sehr kurzen Plasmaeinwirkungen Monofunktionalisierungen hinsichtlich der stickstoff-funktionellen Gruppen mit Aminogruppen erzielbar sind, wobei aber immer noch überschüssige, langlebige Oberflächenradikale entstehen.



Derivatisierungskammer für den quasi-in-situ Nachweis von Oberflächenradikalen mit Hilfe des Radikalfängers NO

Vorhaben 2005

- Projektabschluss 2004

2. Funktionalisierung von Oberflächen für die Biomedizintechnik und Kunststofftechnik

Biologisierte Oberflächen

Problem

Für hochwertige neue und weiterentwickelte Biomaterialien aus Kunststoffen sind Oberflächenfunktionalisierungen notwendig. Plasmainduzierte Prozesse können hier sehr nützlich sein, da sie technologischen Prozessanforderungen gut entsprechen. Problematisch ist dabei, dass eine Reihe grundlegender Fragen zur Abstimmung der Interaktion zwischen Biomaterialoberfläche und biologischem System noch offen sind, so dass zum Beispiel bisher nur wenige Ansätze existieren, Oberflächeneigenschaften auf die spezifischen Anforderungen bestimmter Zellarten abzustimmen.

Lösungsansatz

Es wurde die chemisch selektive Ankopplung hochverdünnter biologischer Signalmoleküle an im Ammoniakplasma erzeugte Aminogruppen auf den Böden von Mikrotiterplatten untersucht. Zur Erlangung von Aussagen zur biologischen Funktionalität wurden die Beschichtungen in realen zellbiologischen Diagnostikverfahren durch eine kooperierende Arbeitsgruppe um Herrn Prof. Greinacher (Universität Greifswald) getestet.

Technologischer Nutzen

Die plasmachemisch funktionalisierten Multiwellplatten werden zur Erarbeitung neuartiger Assays zur Quantifizierung der Thrombozytenadhäsion eingesetzt. Weiterhin werden Kenntnisse hinsichtlich der Modifikation der Böden dreidimensional strukturierter Verbrauchsmaterialien aus Polystyrol erhalten.

Ergebnisse 2004

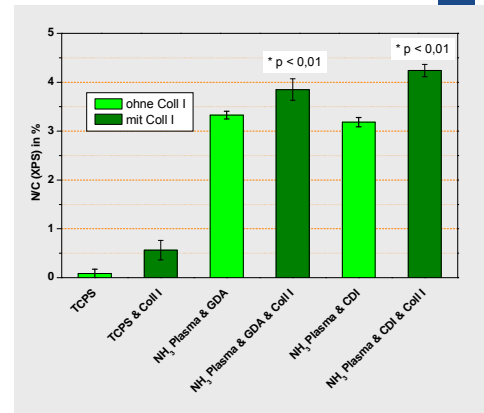
Es konnte die selektive Kopplung niedrig konzentrierter Signalmoleküle realisiert und mittels XPS nachgewiesen werden.

Besonders für sehr niedrige Konzentrationen wurde ein signifikanter Einfluss der Oberflächenmodifikation auf die Plättchenadhäsion (Thrombozyten) beobachtet. Nach geeigneter Modifikation wurde die fünf- bis achtfache Plättchendichte festgestellt.

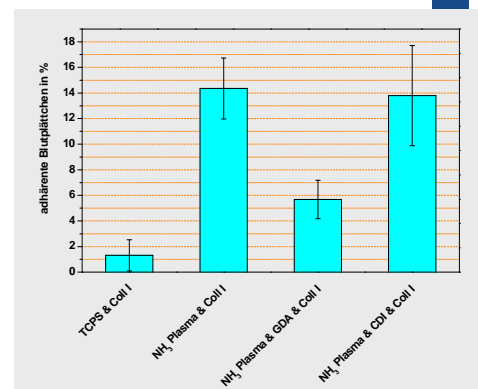
Die ausgewählten Verfahren sind geeignet, die Adhäsionseigenschaften großer Stückzahlen dreidimensional strukturierter Testplattformen aus Kunststoffen rationell und exakt einzustellen.

Vorhaben 2005

- Grundlagenuntersuchungen, geplante und laufende Drittmittelprojekte zur Biofunktionalisierung von Oberflächen



Effekt von Plasmaoberflächenfunktionalisierungen auf Anbindung von Collagen I, Nachweis des gebundenen Stickstoffs mittels XPS-Messungen



Blutplättchenadhäsion an plasmamodifizierten und mit Collagen I-beschichteten Oberflächen

3. Funktionelle Schichten Barriereschichten

Problem

Plasmen eignen sich vorzüglich zur Abscheidung dichter, geschlossener Schichten mit variabler chemischer Struktur. Ein großes Anwendungsfeld derartiger Schichten ist deshalb die Erzeugung von Barrierewirkungen. So konnten unter Verwendung fluorhaltiger Ausgangsstoffe bereits hohe Sperrwirkungen gegenüber der Permeation von Kohlenwasserstoffen demonstriert werden. Als Problem erweisen sich immer noch die unerwünschten Alterungserscheinungen der Schichten nach Prozessende, die durch Makroradikale verursacht werden.

Lösungsansatz

Das Problem der Alterungserscheinungen soll durch systematische Studium der Eigenschaften von aus kohlenwasserstoffhaltigen und fluorhaltigen Schichtbildungsprecursoren auf Kunststoffen abgeschiedenen Schichten mittels Scanning-XPS und Oberflächenenergiemessungen gelöst werden.

Technologischer Nutzen

Barriereschichten werden mit vielfältigem Nutzen technisch eingesetzt, z.B. als oleophobische Deckschichten, zur Verbesserung des Korrosionsschutzes von Metallen, zum Schutz von feuchteempfindlichen Materialien, zur Verlängerung der Haltbarkeit von Lebensmitteln oder zur Stofftrennung, zur Steuerung der Wirkstofffreigabe bei Pharmaka und zum sicheren Ausschluss von Kontaminationen. In fast allen Fällen sind stabile Schichten eine Grundvoraussetzung für die Anwendung.

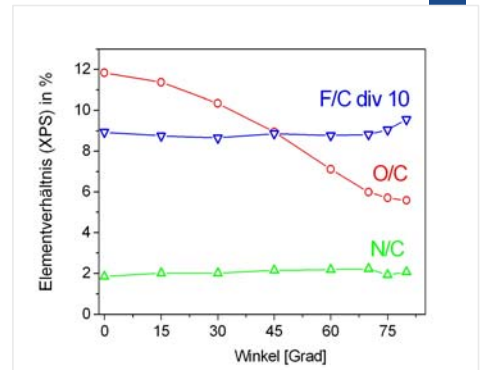
Ergebnisse 2004

Untersuchungen zur Abscheidung von Barriereschichten zeigten, dass eine systematische Kategorisierung der Oberflächen zu beschichtender Kunststoffe hinsichtlich ihrer chemischen Beschaffenheit mittels XPS- und FT-IR-ATR-Messungen geeignet ist, stark streuende Behandlungsergebnisse zu unterdrücken.

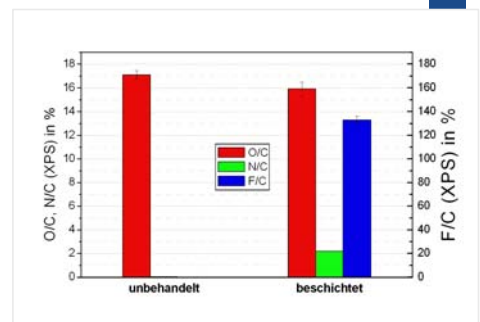
Die beschichtungstechnischen Möglichkeiten des Instituts wurden auf Abscheidungen aus perfluorierten Precursoren ausgeweitet. Unter Beimischung solcher perfluorierten Kohlenwasserstoffe konnten die hydrophoben Eigenschaften der Schichten über den Zeitraum von mindestens 14 Tagen stabil gehalten werden.

Vorhaben 2005

- Experimentelle Untersuchungen zum Teilaspekt der Barrierewirkung bei komplexeren dreidimensionalen Bauteilen und Strukturdetails



XPS-Tiefenprofil ultradünner Plasma-polymerschichten aus perfluorierten Kohlenwasserstoffen



Charakterisierung der Schichtbildung bei der Plasmapolymerisation aus perfluorierten Kohlenwasserstoffen

3. Funktionelle Schichten

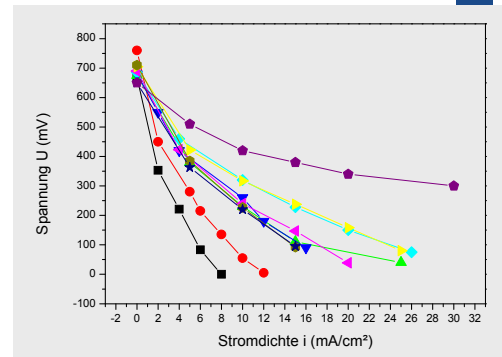
Plasmaprozesse für die Direkt-Methanol-Brennstoffzellen-Technologie

Problem

Eine wichtige Kenngröße von Stofftrennmembranen ist deren Selektivität. Bei protonenleitenden Membranen in Direkt-Methanol-Brennstoffzellen soll die Protonenleitfähigkeit möglichst hoch sein, während die Methanoldiffusion vernachlässigbar sein sollte. In der Praxis ist das nicht gegeben. Das so genannte „Methanol Cross-Over“ ist beträchtlich und reduziert den Wirkungsgrad der Energieumwandlung erheblich.

Lösungsansatz

Unterschiedliche Plasmaoberflächentechniken zur Erzeugung zusätzlicher selektiver Sperrwirkungen werden experimentell erprobt, wie plasmagestützte Vernetzungen zur Optimierung des Quellverhalten der Membranoberfläche im Methanol-Wasser-Gemisch, die plasmagestützte Pfropfung polarer Gruppen mit spezifischem Rückhaltevermögen und Plasmapolymerschichtung als zusätzliche, selektive Trennmembran. Alle Plasmaverfahren verändern die Membraneigenschaften, Methanoldiffusion und Protonenleitfähigkeit. Während die Protonenleitfähigkeit fast immer reduziert wird, kann das Methanol-Cross-Over über die Wahl der Prozessbedingungen sowohl erhöht als auch reduziert werden. Eine Plasmavernetzung kann ebenfalls zu einer signifikanten Absenkung des Cross-Over führen.



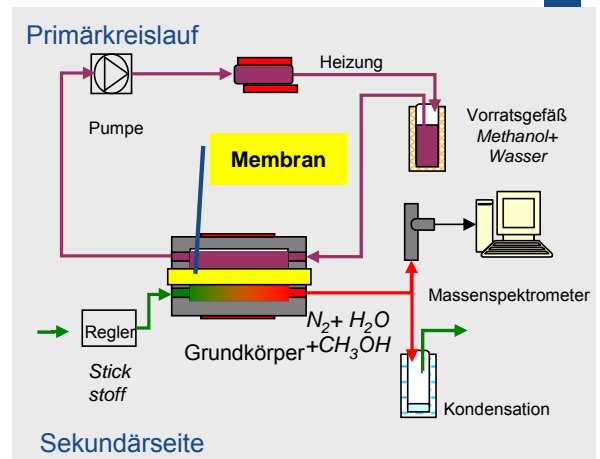
Kennlinienschar von Brennstoffzellen mit plasmabehandelten Membranen

Technologischer Nutzen

Neben Effizienzsteigerung für diesen Typ von Brennstoffzellen wurde technologisches Wissen für mögliche weitere Membran-Optimierungsaufgaben erarbeitet. Beispiele sind die Innenmodifizierung von Poren in hoch porösen Membranen mit dem Ziel chemisch selektiver Stofftrennwirkung für Moleküle und die Erzeugung ultradünner Sperrschichten für wässrige, polare Flüssigkeiten.

Ergebnisse 2004

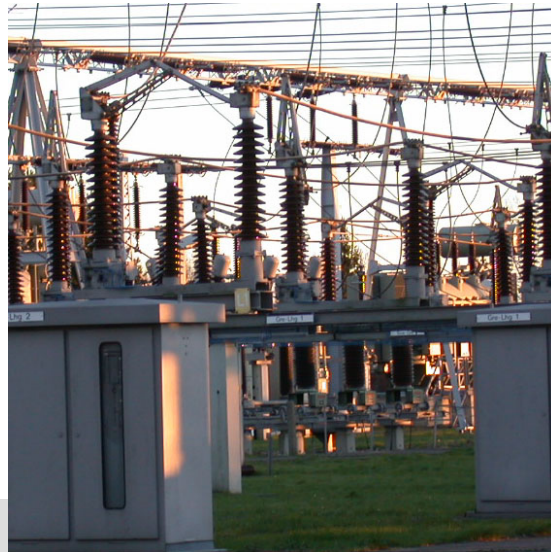
Es wurden Prozesssequenzen ermittelt, die eine geringere Reduktion der Leitfähigkeit als des Cross-Over ermöglichen. Ausgewählte Modifikationen konnten im Versuchsstand bei HIAT im Brennstoffzellenbetrieb hinsichtlich U-I-Kennlinie getestet werden.



Die Messung der Methanol-Permeation erfolgte in einem der Brennstoffzellen-Betriebsweise nachempfundenen Messaufbau

Vorhaben 2005

- Projektabschluss 2004



Projekte // Übersicht

1. Studien // Voruntersuchungen

Studien // Voruntersuchungen (GP)

Service // Consulting (DP)

2. Simulation von Schaltlichtbögen

SF₆-Schaltlichtbögen (GP)

Simulation von Lichtbögen in HCS (DP)

3. Diagnostik am Schweißlichtbogen

Diagnostik am Schweißlichtbogen (GP)

Schweißlichtbogen Chop-Arc (DP)

Vorbemerkungen

Der Forschungsschwerpunkt *Neue Arbeitsgebiete* dient vordringlich der Auffindung neuer Themen, Arbeitsgebiete und Marktpotenziale für das INP. Dabei wird, aufbauend auf vorhandener Kompetenz, nach neuen Anwendungsfeldern gesucht, zugleich aber auch Know-how für die erfolgreiche Bearbeitung neuer Gebiete gewonnen. Zu neuen Themen werden Vorstudien angefertigt; bei positiver Beurteilung münden diese in eigene Projekte. Kriterien sind neben der Marktfähigkeit der zu erwartenden Ergebnisse vor allem die Erfolgsaussichten bei der Einwerbung von Drittmitteln und die Identifizierung neuer Themen für die Vorlaufforschung. Auch die Konkurrenzsituation und die Bearbeitungskapazitäten im INP werden evaluiert. Erfolgreiche Vorstudien werden in die entsprechenden Forschungsschwerpunkte überführt oder bei hinreichender Größe und Bedeutung als selbstständige Projekte herausgelöst.

Im Jahr 2004 erfolgten Vorstudien u.a. zur Anwendung elektrotechnischer Verfahren in Verbindung mit Atmosphärendruck-Plasmenquellen zur Sterilisation und Beeinflussung von Zellen im Bereich Biomedizintechnik, zur Diagnostik am Schweißlichtbogen und zur Simulation von Schaltlichtbögen. Infolge einer positiven Beurteilung des letztgenannten Themas wurde mit einem Projekt zur Schaltlichtbogensimulation begonnen. Die Arbeiten zum Schweißlichtbogen wurden erfolgreich abgeschlossen. Eine Neueinwerbung ist in Vorbereitung.

Neben der Erschließung neuer Themen, Arbeitsgebiete und Marktpotenziale für das INP zielt dieser Forschungsschwerpunkt auf den Ausbau des Serviceangebotes für Industriekunden. Das Angebot umfasst derzeit Serviceleistungen aus den Bereichen Diagnostik, Modellierung und Oberflächenanalytik, zudem Beratung und Marketing.

Anwendungspotenzial

Energie - und Elektrotechnik

- LV, MV, HV Schalter
- Generatorschalter
- elektrische Isolation

Schweisstechnik

- Prozessoptimierung
- Neue Materialien (Zusatzstoffe)

Biomedizintechnik

- Entkeimung
- Beschichtung
- Bestrahlung

Pharmazie

- Entkeimung
- Oberflächenmodifikation
- Radikalenerzeugung

Varia

- Oberflächenanalytik
- Volumenanalytik
- Beratung
- Marketing

1. Studien // Voruntersuchungen Studien // Voruntersuchungen

Problem

Forschungsergebnisse müssen auf Ihre Verwertbarkeit geprüft werden, Industriekunden sind gezielt zu akquirieren, die Vermarktung von Ergebnissen muss zielgerichtet erfolgen, neue Trends in Forschung und Entwicklung sind auf Bearbeitbarkeit durch das INP und wissenschaftliche sowie markttechnische Relevanz zu prüfen. Interdisziplinäre Fragestellungen müssen unter INP Gesichtspunkten bewertet werden.

Lösungsansatz

Kurze gezielte Studien zur Machbarkeit ausgewählter Fragestellungen insbesondere zu Kundenproblemen werden durchgeführt. Ergebnisse aus der Grundlagenforschung werden auf mögliche Anwendbarkeit getestet und gegebenenfalls zu einem neuen Projekt in die anderen Forschungsschwerpunkte überführt.

Spezialisierte Literatur und Patentrecherchen ermöglichen die frühzeitige Beurteilung von zukunftssträchtigen Fragestellungen sowohl aus wissenschaftlicher wie auch markttechnischer Sicht. Neue, insbesondere industrierelevante Themen können so identifiziert werden ohne die laufenden Arbeiten in den weiteren Forschungsschwerpunkten massiv zu beeinflussen.

Technologischer Nutzen

Ein rechtzeitiger Beginn von relevanten Arbeiten mit zu erwartendem hohen Kundennutzen kann besser sichergestellt werden. Die Machbarkeitsstudien gewährleisten eine Themenauswahl, die sowohl den Stand der Technik, die Marktsituation, die Konkurrenz, die Patentlage und das wissenschaftliche Potenzial berücksichtigen.

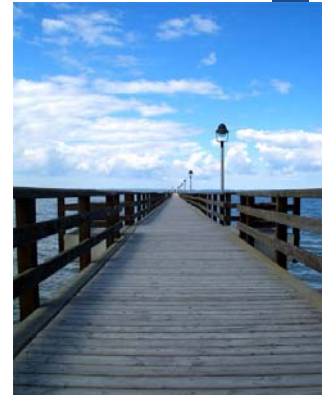
Kostenreduktion und Vorbereitung der Einführung neuer Technologien im Bereich Elektrotechnik, Oberflächenmodifikation und Bestrahlung standen im Berichtszeitraum im Fokus.

Ergebnisse 2004

Es wurden ein Studie zur Verwendung von Plasmajets zur Oberflächenmodifikation (konkretes Problem eines Industriepartners) durchgeführt. Die Studie fließt in ein Projekt im Schwerpunkt *Plasmaquellen* ein. Ein zusätzliches Drittmittelprojekt konnte akquiriert werden. Mehrere Kleinaufträge (Service) konnten erfolgreich abgewickelt werden und haben die Kundenbeziehungen intensiviert. Ein direktes Industrieprojekt konnte durch eine Studie für den Schwerpunkt *Mikro- und Nanodisperse Materialien* eingeworben werden. Die durchgeführten Patentrecherchen fanden direkte Verwendung bei der Fokussierung der Forschungsthemen im INP. Die unterstützende Marketingstrategie zeigte übergreifende Erfolge im Bereich Drittmiteleinwerbung.

Vorhaben 2005

- ausgewählte Studien auf dem Gebiet der Biomedizintechnik
- Studie zu ausgewählter Problematik im Bereich Vakuumschalter
- Potenzialuntersuchung existierender Themenstellungen bzgl. Intensivierung oder Abbruch der Aktivitäten
- Konzepterarbeitung Messen



*Zielstrebig zu neuen
Horizonten*



*Corporate Marketing:
eine Auswahl der
neuen Flyer*

2. Simulation von Schaltlichtbögen SF₆-Schaltlichtbögen

Problem

Die Möglichkeit eines kundenorientierten Kompetenzaufbaus am INP zu Problemen bei der Modellierung von Schaltstrecken in Hoch- und Mittelspannungsschaltern ist zu klären. Ziel ist es, Beiträge zum Verständnis und zur erfolgreichen Simulation des Bogenplasmabereiches bzw. der thermischen und dielektrischen Wiederverfestigung in den Schaltern zu leisten.

Lösungsansatz

Mit Hilfe von Literatur- und Konkurrenzrecherchen sind der Stand der Forschung und der aktuelle Bedarf zu analysieren. Kontakte zu potenziellen Kooperationspartnern sollen genutzt werden, um ökonomisch und wissenschaftlich attraktive Teilprobleme zu identifizieren. Aufwand, Nutzen und Erfolgspotenzial sind jeweils zu ermitteln. Positiv beurteilte Aufgabenstellungen sollen in enger Zusammenarbeit mit Industriepartnern zeitnah und ergebnisorientiert bearbeitet werden. Dies schließt sowohl die Adaption vorhandener Verfahren als auch die Entwicklung eigener Modelle ein.



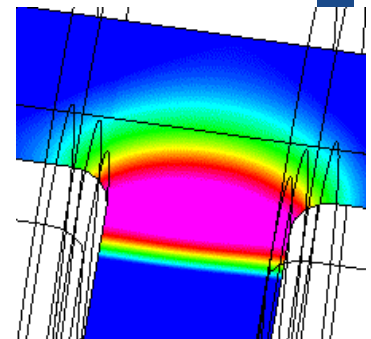
SF₆-Generatorschalter

Technologischer Nutzen

Zur Zeit werden in der industriellen Entwicklung von Schaltanlagen viele aufwändige Experimente durchgeführt. Qualifizierte Modelle und Simulationen können den Aufwand für Design und Entwicklung entscheidend senken. Zum Aufbau realitätsnaher Simulationen ist jedoch der gegenwärtige Stand des physikalischen Verständnisses und der Modellierung von thermischen Plasmen in Hoch- und Mittelspannungsschaltern in vielen Punkten nicht ausreichend. Dies gilt z.B. für Probleme der Bogenansätze, der Plasmachemie, der Strahlungsprozesse und der Transportprozesse an Elektroden und Abschirmungen in der Hochstromphase sowie nach Verlöschen des Bogens.

Ergebnisse 2004

Spezialisierte Literaturrecherchen und Studien wurden zu MHD-Simulationen von SF₆-Schaltplasmen sowie zu Bogen- und Katodenmodellen durchgeführt. Es wurde Kontakt zu potenziellen Industriepartnern und technischen Hochschulen aufgenommen. Erste Projekte befinden sich in der Planungsphase bzw. starteten in 2004, in denen Teilaufgaben zur Gesamtsimulation von Bogenplasmen in Schaltstrecken bearbeitet werden. Mit dem Ziel der Kompetenzerweiterung beschaffte das INP kommerzielle Tools für CFD-Simulationen und Multi-Physics Anwendungen nach kritischer Bewertung. In ersten Anwendungen der Tools konnte nachgewiesen werden, dass sich die Simulationstools erfolgreich auf plasmaspezifische Problemstellungen anwenden lassen.



Simulation der Druckwelle
eines Schaltlichtbogens

Vorhaben 2005

- Ausweitung der Kontakte zu Partnern in der Industrie und im Hochschulbereich
- Analyse spezifischer Probleme, wie die verbesserte Erfassung von Plasmaeigenschaften in MHD-Modellen und die Rolle von Fußpunkten bei der feld- oder strömungsgetriebene Bewegung von Bögen unter Hoch- bzw. Niederdruckbedingungen

3. Diagnostik am Schweißlichtbogen Diagnostik am Schweißlichtbogen

Problem

Der Schweißlichtbogen ist ein Lichtbogen bei Atmosphärendruck, der als offenes System verschiedensten Einflüssen unterliegt und schwer zu analysieren ist. Durch den Einsatz des Impuls-Schweißlichtbogens soll ein geringerer Energieeintrag beim Fügen von Dünnblechen, insbesondere im Ultraleichtbau, erreicht werden.

Lösungsansatz

Die Auswertung ausgewählter Spektrallinien erlaubt Temperatur- und Dichteverteilungen bestimmter Elemente im Lichtbogenplasma zu ermitteln. Ergebnisse für die Temperatur- und Elementverteilungen im Lichtbogenplasma werden durch zeitlich und räumlich hochaufgelöste Spektralanalyse erzielt.

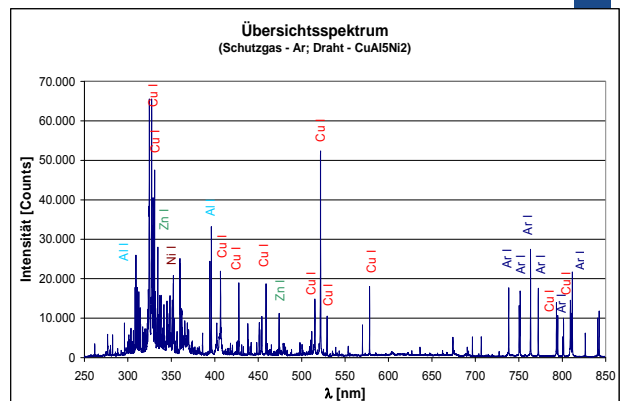
Technologischer Nutzen

Das Interesse bei Untersuchungen am Impuls-Schweißlichtbogen zielt auf die Kenntnisse der im Lichtbogenplasma ablaufenden Prozesse. Die Ergebnisse bilden die Grundlage, um die Fügeprozesse durch Verbesserungen von Schweißgeräten und Prozessgasen zu beeinflussen und anzupassen.

Ergebnisse 2004

Mittels optischer Emissionsspektroskopie konnten Informationen über die im Plasma vorzufindende Elementverteilung gewonnen werden.

Eingebettet in die Arbeiten ist die Betreuung eines bestehenden geförderten Projektes im Verbundprojekt zur „Entwicklung einer neuartigen integralen Lichtbogenfügetechnologie für die besonderen Anforderungen im Ultraleichtbau am Beispiel Fahrzeug-Bodengruppe (chop-arc)“. Dieses Projekt wurde im September 2004 erfolgreich abgeschlossen und die Ergebnisse in einem umfangreichen Bericht dargestellt.



Übersichtsspektrum eines Schweißprozesses

Vorhaben 2005

- Einwerbung von Drittmitteln zwecks konzentrierter Fortführung der begonnenen Untersuchungen am Schweißlichtbogen
- Nachfolgeprojekt („OptiSpek“) bewilligt (bisher ohne geförderte Finanzierung)
- Weiterer Förderantrag TBI (Technologie- und Beratungs-Institut MV) gestellt (Schweißen mit aktivierenden Hilfsstoffen)

Einzelprojekte **(außerhalb der Forschungsschwerpunkte)**

Modellierung von Niedertemperaturplasmen (GP)

Elektronenkinetik und selbstkonsistente Beschreibung von
inhomogenen und instationären Plasmen (DP; SFB 198)

Elektronenkühlung (DP)

Plasmose (DP)

Modellierung von Niedertemperaturplasmen

Problem

Die mikrophysikalische Analyse von Niedertemperaturplasmen liefert wesentliche Beiträge für die Optimierung technologischer Plasmen und für die physikalische Durchdringung ihrer komplexen zeitlichen Dynamik und räumlichen Strukturbildung. Ein aktuelles Problem betrifft die Wechselwirkung des Plasmas mit invasiven Messmethoden zur Diagnostik und Steuerung von Prozessplasmen. So kann der Einsatz von z.B. Langmuir-Sonden zu unerwünschten Störungen des Plasmas führen, deren Ausmaß bisher nur unzureichend verstanden ist.

Lösungsansatz

Ein räumlich eindimensionales Hybridverfahren zur selbstkonsistenten Beschreibung und Analyse der Störung einer Gleichstromglimmentladung durch die Einwirkung einer Langmuir-Sonde (s. Abb. 1) wurde entwickelt. Die theoretische Beschreibung basiert auf der gekoppelten Lösung von Poisson-Gleichung und hydrodynamischen Gleichungen für die Elektronen, Ionen und angeregten Atome. Sie schließt eine kinetische Beschreibung der Elektronenkomponente zur Bestimmung der Transport- und Ratenkoeffizienten der Elektronen und die Rekombination der Ladungsträger am Glasträger der Sonde ein. Zur Verifizierung der gewonnenen Resultate erfolgten Vergleiche mit experimentellen Ergebnissen.

Technologischer Nutzen

Das Verständnis der räumlichen Strukturbildungsprozesse liefert eine Grundlage dafür, Strukturierungen beispielsweise in Lichtquellen- und Beschichtungsplasmen zu verringern und durch homogenere Bedingungen verbesserte Strahlungs- oder Oberflächeneigenschaften zu erzielen.

Ergebnisse 2004

Die erfolgreich entwickelte nichtstationäre Hybridmethode verfügt über hohe Effizienz und gute Konvergenzeigenschaften. Sie wurde als zeitliches Relaxationsverfahren zur Bestimmung des stationären Zustandes eines durch eine Langmuir-Sonde gestörten Neonplasmas eingesetzt.

Die Analyse zeigt, dass durch das Einbringen der Sonde in das Plasma ausgeprägte Änderungen sowohl des elektrischen Feldes und der Teilchendichten angeregter Atome (s. Abb. 2) als auch der Elektronen- und Iondichten im Bereich der Sonde resultieren, die gedämpft räumlich periodisch in Richtung Anode relaxieren. Die Amplituden der Änderungen wachsen nicht-linear mit zunehmender Eindringtiefe der Sonde in das Plasma an. Diese Reaktion des Plasmas auf die Störung wird maßgeblich durch das nichtlokale Verhalten der Elektronen im gestörten elektrischen Feld bestimmt. Die Ergebnisse der Modellierung stimmen gut mit spektroskopisch bestimmten Dichten angeregter Atome überein.

Vorhaben 2005

- Selbstkonsistente Modellierung axial strukturierter Edelgasentladungen unter besonderer Berücksichtigung des Kathodenbereiches.



Abb. 1: Langmuir-Sonde im Übergangsbereich zwischen positiver Säule und Anode

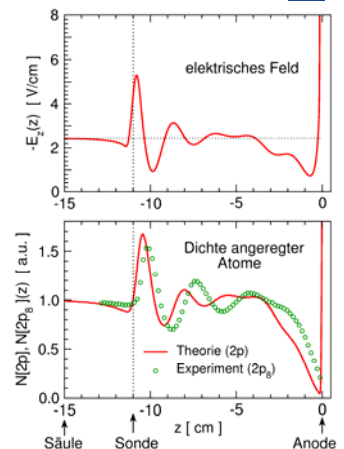


Abb. 2: Elektrisches Feld und Dichte angeregter Atome

Elektronenkinetik und selbstkonsistente Beschreibung von inhomogenen und instationären Plasmen

Problem

Das Projekt sieht die Entwicklung und Erweiterung der Grundlagen und Methoden zur adäquaten Erfassung der Nichtgleichgewichtskinetik der Elektronen und zur selbstkonsistenten Beschreibung von schwach ionisierten, stoßbestimmten Niedertemperaturplasmen vor.

Lösungsansatz

An räumlich inhomogenen bzw. zeitlich veränderlichen kinetischen Gleichungen erfolgen theoretische Untersuchungen zur detaillierten Analyse der Nichtgleichgewichtskinetik der Elektronen in spezifischen anisothermen Plasmen, die zum Teil mit experimentellen Ergebnissen bzw. mit Resultaten von Teilchensimulationsverfahren verglichen werden. Unter Einbeziehung der inhaltlichen und methodischen Resultate dieser Untersuchungen wird eine weitgehend selbstkonsistente mikrophysikalische Beschreibung ausgewählter Niedertemperaturplasmen angestrebt.

Technologischer Nutzen

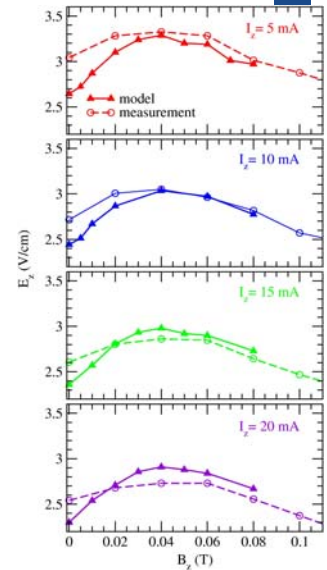
Die Ergebnisse der theoretischen Untersuchungen sollen das Verständnis des Plasmaverhaltens und der quantitativen Plasmabeschreibung in einigen experimentell untersuchten Entladungsanordnungen wesentlich verbessern, die z. B. als Prozessplasmen und Plasmenlichtquellen zukünftig eingesetzt werden.

Ergebnisse

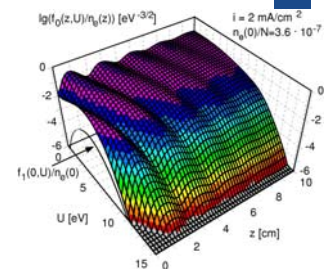
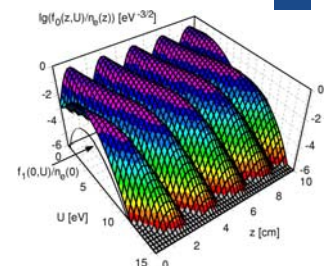
Es erfolgten die selbstkonsistente Analyse von axialsymmetrischen, zylindrischen Hohlkathodenplasmen, umfassende Untersuchungen zum zusätzlichen Einfluss longitudinaler Magnetfelder auf das Säulenplasma von Glimmentladungen, Modellierungen der plasmachemischen und reaktionskinetischen Prozesse in Mischplasmen sowie Relaxationsuntersuchungen zur räumlichen Änderung der Kinetik des Elektronengases in weitgehend feldfreien Remote-Plasmen und zur Aufklärung der Einflussnahme der Elektron-Elektron-Wechselwirkung auf die räumliche und raum-zeitliche Strukturbildung der Elektronenkinetik. Die Ergebnisse wurden in 20 Publikationen in referierten Zeitschriften dargestellt.

Als ein Beispiel für die Entwicklung effizienter selbstkonsistenter Hybrid-Verfahren zur Plasmaanalyse illustriert die Abb. oben das Verhalten der elektrischen Feldstärke in Säulenplasmen bei zusätzlicher Wirkung eines longitudinalen Magnetfeldes. Kleine Magnetfeldstärken führen zum Ansteigen der elektrischen Feldstärke durch den Übergang vom nichtlokalen zum lokalen kinetischen Verhalten der Elektronen. Größere Magnetfelder bedingen eine Abnahme des elektrischen Feldes durch die Ablösung der Raumladungs- durch die Magnetfeldhalterung. Die Modellierung wurde erfolgreich durch Experimente verifiziert.

Den Einfluss der Elektron-Elektron-Wechselwirkung (EEW) auf die räumliche Strukturbildung der Elektronenkinetik im Kryptonplasma bei $E/N=14.1 \text{ Td}$ zeigt die Abb. unten. Bereits bei relativ kleinen Ionisationsgraden führt die zusätzliche dämpfende Wirkung der EEW zu einer erheblichen Modifizierung der Relaxationsstruktur und der resultierenden Relaxationslänge bei kleinen bis mittleren elektrischen Feldstärken. Im zugehörigen homogenen Zustand ist die Wirkung der EEW hingegen nahezu vernachlässigbar.



Magnetfeldeinfluss auf die axiale elektrische Feldstärke eines Neonplasmas



Energieverteilung der Elektronen ohne (oben) und mit (unten) EEW-Einfluss

Vorhaben 2005

- Projektabschluss 2004



Verwaltung // Infrastruktur

Plasmastrahlungstechnik



Plasmaprozessstechnik

Plasmaoberflächentechnik



Plasmadiagnostik

Plasmapmodellierung





Verwaltung // Infrastruktur

Als Ergänzung und zur organisatorischen Unterstützung der Fachabteilungen und -gruppen hat das INP die Abteilung *Verwaltung/Infrastruktur*. Diese organisiert im Wesentlichen den reibungslosen wissenschaftlich-technischen Betriebsablauf des Instituts. Beide Gebiete – Verwaltung und Infrastruktur – sind schlank angelegt.

Die Verwaltung des Instituts umfasst die Bereiche Personal, Beschaffung, Finanzen, Controlling / KLR, Anlagenverwaltung und Projektabwicklung. Die Infrastruktur besteht aus der mechanischen Werkstatt, einer Glasbläserei, einer Elektronikwerkstatt, einem Technologie-labor und dem IT/EDV-Bereich. In den Werkstätten werden Komponenten, Baugruppen und Prototypen für die Fachabteilungen hergestellt oder komplettiert.

Für die Datenverarbeitung unterhält das INP ein Datennetz, baut es weiter aus und pflegt die Anbindung des INP-Netzes an externe Netze. Die Abteilung *Verwaltung/Infrastruktur* betreut außerdem die Gebäudetechnik des Instituts sowie alle Baumaßnahmen.



**Abteilung
Plasmastrahlungstechnik**



Schwerpunkte

Plasmalichtquellen
Quellenentwicklung für die Oberflächenmodifikation



Arbeitsgegenstand

- Hochdrucklichtquellen
- UV/VUV-Strahlungsquellen
- Speziallichtquellen
- Schweißlichtbogen

Arbeitsmittel

- Hg-freie Niederdrucklampen
- Quecksilberfreie Hochdruck-Mischplasmen
- Kapillarentladungen für Spezialanwendungen
- UV/VUV-Strahlungsquellen

Mittelfristiger Schwerpunkt

Die Entwicklung neuartiger Plasmalichtquellen und Normaldruck-Plasmaquellen bilden mittelfristig die Schwerpunktthemen.

Beitrag der Plasmastrahlungstechnik zur Technologieentwicklung

Die Arbeiten zu Hochdruckentladungen mit komplexen Plasmamischungen vervollständigen das physikalische Verständnis. Das betrifft besonders die quantitative, semiempirische Beschreibung der Strahlungsbeiträge eines Viellinienstrahlers sowie die Klärung der Rolle, die die einzelnen Plasmakomponenten bei variierender Energieeinspeisung spielen.

Auf dem Gebiet der UV/VUV-Strahlungsquellen liefern die Untersuchungen zu den Elektroden wichtige Daten zur Lebensdauerverlängerung und erbringen einen Beitrag zur Schaffung der physikalischen und technologischen Grundlagen von neuartigen Elektroden in Niederdruckentladungslampen.

Die Untersuchungen zu Hochdrucklampen und zu UV/VUV-Strahlungsquellen liefern wichtige Beiträge zur Entwicklung von neuen, energiesparenden und damit umweltfreundlichen, quecksilberfreien Entladungssystemen. Die Elektrodenuntersuchungen in Hoch- und Niederdrucklampen bilden die Voraussetzung zur Erhöhung der Lebensdauer und Stabilität.

Untersuchungen in sehr engen Entladungsvolumina liefern einen Beitrag zur Entwicklung von modularen Plasmastrahlungs- und Plasmaquellen für Oberflächenmodifikationen.



**Abteilung
Plasmaprozessstechnik**

Schwerpunkte

Erzeugung, Modifizierung und Schichteinbau von mikro- und nanodispersen Materialien, Plasmabehandlung von Ruß und Aerosolen, Plasma- und Randschichtdiagnostik



Arbeitsgegenstand

- Mikro- und nanodisperse Materialien (Pulver, Granulate, Nanofasern, Stäube, Ruß, Aerosole)
- Großflächige Substrate mit dünnen Schichten (Metalle, Metalloxide)

Arbeitsmittel

- Modulare Prozessplasmen, insbesondere Atmosphärendruck-Plasmen sowie PECVD-Quellen, Magnetrons und Ionenstrahlquellen
- Plasmadiagnostik, insbesondere nicht-konventionelle Randschichtdiagnostik

Mittelfristiger Schwerpunkt

Mittelfristiges Ziel ist die Bereitstellung und Optimierung von Plasmaverfahren zur Herstellung und Behandlung von neuartigen mikro- und nanodispersen Materialien (Synthese, Modifizierung, Schichteinbau).

Das INP soll kompetenter Projekt- und Ansprechpartner in Fragen der Plasma-Pulver-Wechselwirkung (Prozessoptimierung durch Diagnostik und Modellierung) sein. Zudem wird die Expertise zu Fragen der Diagnostik von Plasma-prozessquellen für die Oberflächenbearbeitung und für Raumantriebe (Quellenoptimierung durch Diagnostik und Modellierung, Etablierung von spezifischen Mikroteilchen als Werkzeug zur Plasmadiagnostik) weiter ausgebaut.

Beitrag der Plasmaprozessstechnik zur Technologieentwicklung

Die Mitarbeiter der Abteilung Plasma-Prozesstechnik entwickeln technologische Prozesse zur Synthese und Modifizierung von mikro- und nanodispersen Materialien, zur Dünnschicht-Deposition und zur umweltverträglichen Ruß- und Aerosolbehandlung.

Dazu arbeiten sie an modularen Plasmaquellen (Wirbelschicht-Anlage, DBE-Anordnungen, etc.) und benutzen eine Reihe teilweise neuartiger Diagnostikmethoden (z.B. Teilchen als Sonden). Letzteres eröffnet neue Anwendungspotenziale und Kundenkreise, wie z. B. Magnetronhersteller und Raumfahrtinstitutionen.

Von besonderem technologischen Interesse ist die Expertise der Mitarbeiter zum Einsatz von Atmosphärendruckplasmen. Mit der Optimierung solcher Plasmen zur Pulvermodifizierung vertieft das INP weiter die Verbindung von Plasma- und Nanotechnologie für *Neue Materialien*.



Abteilung
Plasmaoberflächentechnik

Schwerpunkte

Funktionelle Oberflächen



Arbeitsgegenstand

- Plasmagestützte Prozesse zur Steuerung von Grenzflächeneigenschaften
- Plasmagestützte Prozesse zum Aufbau funktioneller Schichten auf komplexen dreidimensionalen und flächigen Substraten aus Kunststoffen, Biomaterialien und Kompositen mit charakteristischen Abmessungen zwischen einigen Mikrometern und einem Meter.
- Untersuchung der Prozesse im Zusammenhang mit der jeweiligen Gesamttechnologie

Arbeitsmittel

- Mehrere komplette Plasmaprozessanlagen
- Mehrere anwendungstypische Plasmaprozesssysteme mit jeweils auf konkrete Prozesse abgestimmte Sonderausrüstungen zur realistischen Erprobung von Plasmaprozessen und zur Behandlung größerer Stückzahlen von Substraten
- Ein Multireaktorsystem, gekoppelt mit einem zertifizierten Reinraum, für Untersuchungen unter sehr definierten, reinsten Umgebungsbedingungen bei gleichzeitig exzellentem Zugang für Plasma- und Prozessdiagnostikverfahren
- Ausgewählte prozessanalytische Messsysteme, z.B. zum Prozessmonitoring und zur Materialprüfung
- Oberflächenanalytische Messtechnik, unter anderem hochauflösende Scanning-XPS, In-situ-XPS, Infrarot-ATR-Mikroskopie, digitale optische Mikroskopie und Rasterelektronenmikroskopie.

Mittelfristiger Schwerpunkt

Im Mittelpunkt stehen plasmachemische Oberflächenfunktionalisierungen und funktionelle Beschichtungen sowie daraus ableitbare neue Technologien. Die Ergebnisse sollen in industrierelevanten Projekten umgesetzt werden.

Beitrag der Plasmaoberflächentechnik zur Technologieentwicklung

Arbeiten zum grundlegenden Verständnis plasmaprozessspezifischer Oberflächenprozesse sollen die Entwicklung neuartiger Plasmatechniken vorantreiben. Die kostengünstige plasmagestützte Oberflächenaktivierung findet zwar heute bereits vielfältige Anwendung. Ihr technologisches Potenzial kann aber bei weitem nicht ausgeschöpft werden, weil sie chemisch immer noch sehr unspezifisch ist. Eine den Anforderungen der Anwender genügende chemisch selektive und dichte-steuerbare Erzeugung von kovalenten Bindungen auf beliebigen, von Natur aus nicht oder nicht in der gewünschten Weise bindungsfähigen Materialoberflächen mit Hilfe dieser Technik wäre ein Durchbruch zu einer neuen Qualität von plasmagestützten Oberflächenmodifizierungsverfahren, insbesondere für thermolabile Materialien und Substrate und bei Interface-Optimierungen, z.B. bei Verklebungen, Farbgebungen, Drucken, in der Biomedizintechnik und generell bei Haftungsproblemen in Schichtsystemen.



**Gruppe
Plasmadiagnostik**

Schwerpunkte

Bereitstellung, Optimierung und Weiterentwicklung von Methoden der Plasmadiagnostik sowohl in Grundlagenuntersuchungen als auch im industriellen Einsatz
Ausrichtung auf umweltrelevante Fragestellungen
Vernetzung der INP-Kompetenz



Arbeitsgegenstand

- Plasmachemische Stoffwandlung in der Gasphase
- Kinetik transienter molekularer Plasmabestandteile und Wirkung auf Oberflächen
- Steuerung plasmachemischer industrieller Prozesse
- Plasmakatalyse zum VOC-Abbau
- Eigenschaften von Ladungsträgern in Plasmen
- Beiträge zur Alterung von Elektroden in Plasmalichtquellen

Arbeitsmittel

- Verschiedene Typen von DC-, RF- bis MW-Plasmen
- Plasmen im cw- oder Pulsbetrieb
- industriennahe Reaktorkonfigurationen, z.T. aktiv steuerbar
- Plasmalichtquellen
- Bleisalz- und Quantenkaskaden-Laser-Systeme für Absorptionsspektroskopie im MIR (3-20 μm)
- ND-YAG gepumpte Farbstofflaser von 205 nm - 3 μm , z.B. für TALIF
- Systeme für Emissionsspektroskopie von UV bis MIR

Mittelfristiger Schwerpunkt

Die Plasmadiagnostik arbeitet mit allen Forschungsteams im INP zusammen. Bezüglich der Serviceangebote für die Industrie spielt die Diagnostik wegen der hervorragenden (auch mobilen) Ausstattung und der Kompetenz der Mitarbeiter eine wichtige Rolle.

Spezielle Lösungen werden für die Optimierung der Steuerung industrieller Plasmareaktoren durch Nutzung spektroskopischer Methoden erarbeitet. Außerdem ist die Entwicklung innovativer Diagnostiken für die Kinetik transienter Moleküle in Plasmen und in Wechselwirkung mit Oberflächen ein Schwerpunkt.

Technologischer Nutzen

Der gezielte Einsatz von Methoden der Plasmadiagnostik ist der Schlüssel zum Verständnis komplexer Plasmen. Gerade molekulare Plasmen, die eine Vielzahl unterschiedlicher Spezies aufweisen, besitzen eine Reihe von interessanten und nützlichen Eigenschaften. Ihre vielfältigen technologischen Einsatzgebiete reichen von der ressourcenschonenden Oberflächenbearbeitung über Abgasbeseitigung, Gasreinigung und Partikelabbau bis hin zu Wasser- und Luftaufbereitung sowie Sondermüllbehandlung.

Beitrag der Plasmadiagnostik zur Technologieentwicklung

Die Mitarbeiter der Gruppe Plasmadiagnostik entwickeln u.a. Methoden zur aktiven Steuerung industrieller Plasmareaktoren, untersuchen Elektrodenalterungsprozesse von Plasmalichtquellen und tragen zur Klärung plasma-chemischer Prozesse in der Oberflächenbehandlung bei.



Gruppe
Plasmamodellierung

Schwerpunkte

Selbstkonsistente Modellierung von Niedertemperaturplasmen
Kinetische Beschreibung der Elektronen in anisothermen Plasmen
Modellierung von Bogenplasmen
Analyse von plasmachemischen Prozessen und Strahlungstransport
Strömungssimulation



Arbeitsgegenstand

Wissenschaftlich und technologisch relevante Niedertemperaturplasmen stellen den Arbeitsgegenstand der Gruppe dar, wobei sowohl anisotherme Plasmen als auch Gleichgewichtsplasmen untersucht werden. Die theoretische Beschreibung dieser Plasmen in ihrer Gesamtheit erfordert jeweils

- die Entwicklung eines adäquaten Plasmamodells,
- die Formulierung von auf hydrodynamischer bzw. kinetischer Grundlage basierenden Gleichungen für die wesentlichen Komponenten des Plasmas,
- entsprechende Gleichungen für das äußere und das sich im Plasma einstellende elektrische Feld,
- das Recherchieren und die kritische Bewertung der relevanten atomaren Daten,
- die problemspezifische Erarbeitung von geeigneten Verfahren bzw. Verwendung kommerzieller Codes zur Lösung des resultierenden komplexen Systems von gewöhnlichen und partiellen Differenzialgleichungen,
- die systematische Gewinnung von Lösungen für ausgewählte Parameterbereiche sowie
- die Visualisierung und inhaltliche Interpretation der gewonnenen Resultate.

Auf Grund der Komplexität der Gesamtbeschreibung werden Teilprobleme, wie die kinetische Beschreibung einzelner Plasmakomponenten und die Strahlungstransport- und Spektrenanalyse, eigenständig bearbeitet.

Arbeitsmittel

- Analyse und Beschreibung schwach ionisierter Plasmen mittels am INP entwickelter numerischer Verfahren (hohe Effizienz, Stabilität und Genauigkeit der problemspezifisch adaptierten Methoden)
- Kommerzielle Programmpakete für ausgewählte Problemstellungen
- Durchführung der Modellierungen auf modernen Servern und Workstations (deren Verfügbarkeit die theoretische Beschreibung der komplexen, mehrdimensionalen Probleme erst ermöglicht)
- Quantitative Untersuchungen in enger Kopplung an experimentelle Arbeiten und geförderte Projekte am INP sowie in Zusammenarbeit mit weiteren nationalen und internationalen Kooperationspartnern.

Mittelfristiger Schwerpunkt

Die realitätsnahe Analyse und Beschreibung der Eigenschaften und des Verhaltens von wissenschaftlich und technologisch relevanten Niedertemperaturplasmen, wie z.B. Prozessplasmen sowie Plasmen in Lichtquellen und der Elektrotechnik, stellen mittelfristig den Forschungsschwerpunkt der Gruppe dar. Derartige Untersuchungen dienen insbesondere dem physikalischen Verständnis und der quantitativen Erfassung

- der zeitlichen und räumlichen Änderung der Dichten einzelner Plasmakomponenten,
- der Teilchen- und Energietransportprozesse im Plasma,
- der durch Stoß- und Strahlungsprozesse bedingten Energiedissipation,
- der sich im Plasma einstellenden elektrischen Felder,
- der komplexen Mechanismen des zeitlichen und räumlichen Übergangsverhaltens sowie
- der Wechselwirkung einzelner Spezies mit Wänden, Elektroden und Mikropartikeln.

Technologischer Nutzen

Die Erforschung der Mechanismen und Prozesse liefert wesentliche Beiträge für die physikalische Durchdringung des komplexen Verhaltens von Niedertemperaturplasmen in experimentellen Anordnungen und technologischen Anwendungen. Auf der Grundlage umfangreicher Parameterstudien ermöglicht die Plasmamodellierung eine gezielte Optimierung technologischer Plasmen beispielsweise hinsichtlich der elektrischen Leistungseinkopplung, der Strahlungsleistung und der Effizienz von Plasmalichtquellen. Prädiktive Modelle zur Simulation von Schaltstrecken können den Aufwand für Design und Entwicklung von Schaltanlagen entscheidend senken.

Beitrag der Plasmamodellierung zur Technologieentwicklung

Die erfolgreiche Modellierung von Xenon-Edelgas-Glimmentladungen unterstützt maßgeblich die Entwicklung energieeffizienter, quecksilberfreier Niederdrucklampen. Die Gesamtbeschreibung stationärer und nichtstationärer Entladungen ermöglicht die Optimierung von Xenon-VUV-Lichtquellen hinsichtlich der elektrischen Betriebsweise. Weitere Untersuchungen betreffen die Wechselwirkungen von Metall- und beschichteten Katoden mit dem Plasma in Fluoreszenzlampen mit dem Ziel einer Verbesserung des Startverhaltens und der Lebensdauer der Lampen. Von der Analyse quecksilberfreier Hochdruckentladungslampen mit Seltenen-Erd-Elementen wird eine Optimierung der Farbwiedergabe und Lichtausbeute erwartet. Der Aufbau einer Bogensimulation wird den Aufwand für die Entwicklung von Schaltanlagen bei Kooperationspartnern verringern.

Kooperationen // Kontakte

Publikationen

Vorträge und Poster

Patente

Gutachtertätigkeit

Weitere Aktivitäten

Kooperationen // Kontakte (ohne Industriekontakte)

- Centro de Física de Plasmas. Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal
- CPAT, Toulouse
- CIPS, Garching
- Department of Chemistry, University of Cambridge, U.K.
- Department of Mechanical Engineering, University of Minnesota
- DLR Bonn
- Fachhochschule Gelsenkirchen
- Fachhochschule Neubrandenburg
- Fachhochschule Stralsund
- GREMI Orleans
- Hahn-Meitner-Institut, Berlin
- Hydrogen Institute of Applied Technologies (HIAT), Schwerin
- IHED, Moskau, Russia
- Institut für Atomphysik und Spektroskopie, Universität Lettland, Riga
- Institut für Chemie und Biochemie der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
- Institut für Organische Katalyse Rostock
- Institut für Pharmazie der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
- Institut für Physik, Staatliche Universität St. Petersburg
- Institut für Physik der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
- Instituto Tecnológico e Nuclear, Sacavém, Portugal
- Institut für Transfusionsmedizin der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
- Institut für Werkstoffwissenschaften, RWTH Aachen
- Instituto de Estructura de la Materia (CSIC), Madrid, Spain
- IOM Leipzig
- Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas (LPGP), Universität Paris-Süd, France
- Laboratoire de Physique et Technologie des Plasmas (LPTP), Ecole Polytechnique. Palaiseau, France
- Physikalische Fakultät der Staatliche Universität St. Petersburg
- Research Institute for Solid State Physics and Optics, Budapest, Hungary
- Stevens Institute of Technology, Hoboken, NJ, USA
- TU Berlin
- TU Eindhoven, Niederlande
- Universität Rostock, Institut für elektrische Schaltungssysteme
- Universität Rostock, Klinik für Innere Medizin
- Universität St. Petersburg, Russland
- University of Paris-North, LIMHP, Villetaneuse, Frankreich
- ZSW, Stuttgart

Publikationen in Zeitschriften

Adler, F.; Foest, R.; Kindel, E.; Stieber, M.; Weltmann, K.-D.:

RF capillary jet for surface treatment at atmospheric pressure

Proc. 15th Int. Conf. Gas Discharges and their Applications 1 (2004) 485

Arndt, S.; Sigeneger, F.; Brandt, Ch.; Kozakov, R. V.; Testrich, H.:

Study of a disturbed glow discharge by a self-consistent approach

Proc. 17th ESCAMPIG (2004) 151

Basner, R.; Becker, K.:

Experimental absolute electron impact ionization cross sections of Cl_2

New J. Phys. 6 (2004) 118

Basner, R.; Schmidt, M.; Becker, K.:

Measurements of absolute total and partial cross sections for the electron ionization of tungsten hexafluoride (WF_6)

Int. J. Mass Spectr. 233 (2004) 25

Behnke, J. F.; Sonnenfeld, A.; Ivnaova, O.; To, T.X.H.; Foest, R.; Schmidt, M.; Hippler, R.:

Study of corrosion protection of aluminium by silicon oxide polymer coatings deposited by a dielectric barrier discharge at atmospheric pressure

Proc. 9th HAKONE (2004) 112

Besch, W.; Schröder, K.; Ohl, A.:

Access of plasma polymerization and plasma induced vapor phase grafting processes to high aspect ratio trenches in polymeric microstructures analyzed by XPS

Plasma Processes and Polymers 2 (2004) 97

Britton, J.; Hoath, S.; Lang, N.; Lange, H.; Page, A.:

Measurement of deuterium lamp noise & implications for UV instrumentation

Proc. 10th Int. Symp. Sci. and Technol. of Light Sources (2004) 387

Bussiahn, R.; Golubovskii, Yu. B.; Lange, H.; Porokhova, I.A.:

The decay of xenon $1s_3$ and $1s_2$ atoms in the afterglow of a He-Xe mixture

Proc. 17th ESCAMPIG (2004) 84

Bussiahn, R.; Golubovskii, Yu. B.; Porokhova, I. A.; Lange, H.; Uhrlandt, D.:

On the influence of diffusion and radiation transport on the metastable and reonant atom densities in a positive column

Proc. 17th ESCAMPIG (2004) 86

Bussiahn, R.; Gortchakov, S.; Lange, H.; Loffhagen, D.:

On the electron kinetics in square-wave pulsed low-pressure discharges in He/Xe mixtures

Proc. 17th ESCAMPIG (2004) 139

Bussiahn, R.; Gortchakov, S.; Lange, H.; Loffhagen, D.:

Self-consistent modelling and experimental studies of pulsed low-pressure He-Xe lamps for publicity lighting"

Proc. 15th Int. Conf. Gas Discharges and their Applications 2 (2004) 765

Bussiahn, R.; Gortchakov, S.; Lange, H.; Loffhagen, D.; Uhrlandt, D.:

On the characteristics of the resonance radiation of pulsed low-pressure discharges in He-Xe mixtures

Proc. 10th Int. Symp. Sci. and Technol. of Light Sources (2004) 395

Bussiahn, R.; Gortchakov, S.; Lange, H.; Uhrlandt, D.:

Experimental and theoretical investigations of a low-pressure He-Xe discharge for lighting purpose

J. Appl. Phys. 95 (2004) 4627

Duan, X.R.; Lange, H.:

Effect of laser property fluctuations over multipulses on H atom measurement by two-photon absorption laser-induced fluorescence

J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 37 (2004) 427

Foest, R.; Kindel, E.; Stieber, M.; Weltmann, K.-D.:

Modularer RF-Kapillarjet zur plasmagestützten Oberflächenbehandlung

EFDS-Tagungsbd. 1 (2004) 1

Getzlaff, M.; Kleiber, A.; Methling, R.; Bansmann, J.; Meiwes-Broer, K.-H.:

Mass-filtered ferromagnetic alloy cluster on surfaces

Surf. Sci. 566 (2004) 332

Grundmann, J.; Müller, S.; Zahn, R.-J.:

Treatment of soot by dielectric barrier discharges and ozone

Proc. 15th Int. Conf. Gas Discharges and their Applications 2 (2004) 713

Hadrath, S.; Ehlbeck, J.; Lieder, G.; Sigener, F.:

Investigation of tungsten erosion in fluorescent lamps during cold start by laser-induced fluorescence

Proc. 10th Int. Symp. Sci. and Technol. of Light Sources (2004) 627

Heintze, M.; Pietruszka, B.:

Plasma catalytic conversion of methane into syngas: the combined effect of discharge activation and catalysis

Catal. Today 89 (2004) 21

Kersten, H.; Brüser, V.; Wiese, R.; Weltmann, K.-D.:

Plasma-powder interaction: application and diagnostics

Int. COE Forum on Plasma Sci. and Technol. (2004) 31

Kersten, H.; Deutsch, H.; Kroesen, G.M.W.:

Charging of micro-particles in plasma-dust interaction

Int. J. Mass Spectr. 233 (2004) 51

Kersten, H.; Thieme, G.; Brüser, V.; Wiese, R.; Weltmann, K.-D.:

Plasma treatment of nano- and microdisperse particles

Proc. 2nd Int. Workshop Microplasmas (2004) 25

Kersten, H.; Thieme, G.; Brüser, V.; Wiese, R.; Weltmann, K.-D.; Hippler, R.:

Coating and modification of particles and fibres in plasma

VDI-Bericht 1839 (2004) 111

Kersten, H.; Thieme, G.; Fröhlich, M.; Kopitov, A.; Wiese, R.; Quaas, M.; Wulff, H.:

Complex (dusty) plasmas: examples for application and diagnostics

Pure Appl. Chem. (2004)

Kersten, H.; Wiese, R.; Hannemann, M.; Kapitov, A.; Scholze, F.; Neimann, H.; Hippler, R.:

Plasma and ion beam characterization by non-conventional methods

Surf. Coat. Technol. (2004)

Kettlitz, M.; Krylova, O.; Wendt, M.; Schneidenbach, H.:

Broadening of spectral lines in high pressure mercury-free short arc lamps

Proc. 10th Int. Symp. Sci. and Technol. of Light Sources (2004) 625

Khassin, A.A.; Pietruszka, B.L.; Heintze, M.; Parmon, V.N.:

Methane oxidation in a dielectric barrier discharge. The impact of discharge power and discharge gap filling

React. Kinet. Catal. Lett. 82 (2004) 111

Khassin, A.A.; Pietruszka, B.L.; Heintze, M.; Parmon, V.N.:

The impact of a dielectric barrier discharge on the catalytic oxidation of methane over Ni-containing catalyst

React. Kinet. Catal. Lett. 82 (2004) 131

Lang, N.; Lange, H.:

Radial profiles of vibrational temperatures in deuterium lamps analysing the dissociation continuum

Proc. 10th Int. Symp. Sci. and Technol. of Light Sources (2004) 637

Loffhagen, D.; Sigener, F.; Winkler, R.:

The effect of a field reversal on the spatial transition of the electrons from an active plasma to a field-free remote plasma

Eur. Phys. J. Appl. Phys. 25 (2004) 45

Lombardi, G.; Hassouni, K.; Bénédic, F.; Mohasseb, F.; Gicquel, A.:

Determination of gas temperature and C_2 absolute density in $Ar/H_2/CH_4$ microwave discharges used for nanocrystalline diamond deposition from the C_2 Mulliken system

Plasma Sources and Tech. Vol 13 (2004), 375

Lombardi, G.; Hassouni, K.; Bénédic, F.; Mohasseb, F.; Röpkcke, J.; Gicquel, A.:

Spectroscopic diagnostics and modelling of $Ar/H_2/CH_4$ microwave discharges used for nanocrystalline diamond deposition

J. Appl. Phys. 96 (2004) 6739

Lombardi, G.; Stancu, G.D.; Hempel, F.; Gicquel, A.; Röpkcke, J.:

Quantitative detection of methyl radicals in non-equilibrium plasmas

Plasma Sources Sci. Technol. 13 (2004) 27

Matyash, K.; Fröhlich, M.; Kersten, H.; Thieme, G.; Schneider, R.; Hannemann, M.; Hippler, R.:

Rotating dust ring in an RF discharge coupled with a dc-magnetron sputter source. Experiment and simulation

J. Phys. D: Appl. Phys. 37 (2004) 2703

Matyash, K.; Schneider, R.; Bonnin, X.; Coster, D.; Rohde, V.; Kersten, H.:

Modelling of parasitic plasma under the divertor roof baffle

J. Nucl. Matter (2004)

Metzke, E.:

Welding and plasma physics

Proc. 5th EUROJOIN, Int. Kongress EWF (2004)

Neumann, H.; Kersten, H.; Wiese, R.; Kapitov, A.; Scholze, F.:

Plasma and ion beam characterization by non-conventional methods

Proc. 4th Int. Space Propulsion Conference (2004) 81

Pietruszka, B.; Anklam, K.; Heintze, M.:

Plasma-assisted partial oxidation of methane to synthesis gas in a dielectric barrier discharge

Appl. Catal. A-Gen. 261 (2004) 19

Pietruszka, B.; Heintze, M.:

Methane conversion at low temperature: the combined application of catalysis and non-equilibrium plasma

Catal. Today 90 (2004) 151

Pinhão, N.; Donkó, Z.; Loffhagen, D.; Pinheiro, M. J.; Richley, E. A.:

Comparison of calculation techniques for a pulsed Townsend discharge at low to moderate E/N values

Plasma Sources Sci. Technol. 13 (2004) 719

Rousseau, A.; Guaitella, O.; Röpcke, J.; Gatilova, L.V.; Tolmachev, Y.A.:

Combination of a pulsed microwave plasma with a catalyst for acetylene oxidation
Appl. Phys. Lett. 85 (2004) 2199

Schoepp, H.; Franke, S.; Methling, R.; Schneidenbach, H.; Hess, H.:

Influence of buffer gases on the radiation properties of HID-lamps
Proc. 10th Int. Symp. Sci. and Technol. of Light Sources (2004) 371

Schoepp, H.; Langenscheidt, O.; Schneidenbach, H.; Franke, S.; Hess, H.:

Field strength and electrode sheath voltage of a high-pressure arc discharge in neon
Proc. 10th Int. Symp. Sci. and Technol. of Light Sources (2004) 385

Schröder, K.; Babucke, G.; Ohl, A.:

Visualization of plasma-generated chemical micropattern on polystyrene by XPS
Surf. Interf. Anal. 36 (2004) 702

Sigeneger, F.; Winkler, R.:

Self-consistent analysis a helium plasma in a cylindrical hollow cathode
Plasma Chem. Plasma Process. (2004)

Stancu, G.D.; Davies, P.B.; Röpcke, J.:

On the transition dipole moment of the Y_2 band of the methyl radical
Proc. 17th ESCAMPIG (2004) 205

Stancu, G.D.; Röpcke, J.; Davies, P.B.:

Diode laser spectroscopy of $^{10}\text{B}^{16}\text{O}$ and $^{11}\text{B}^{16}\text{O}$ boron monoxide
J. Mol. Spectr. 223 (2004) 181

Starostin, S.; Kindel, E.; Stieber, M.:

Radial profiles of the Hg excited states densities in a narrow electrodeless mercury-argon discharge
Proc. 10th Int. Symp. Sci. and Technol. of Light Sources (2004) 455

Stoffels, E.; Sladek, R. E. J.; Kieft, I. E.; Kersten, H.; Wiese, R.:

Power outflux from the plasma: an important parameter in surface processing
Plasma Phys. and Contr. Fusion 46 (2004), B 167

Testrich, H.; Kozakov, R. V.; Brandt, Ch.; Wilke, Ch.; Sigeneger, S.; Arndt, S.:

Experimental investigations of the spatial relaxation in neon glow discharges caused by a local disturbance
Proc. 17th ESCAMPIG (2004) 201

Testrich, H.; Uhrlandt, D.; Wilke, C.:

Experimental investigations of a neon glow discharge in a longitudinal magnetic field
Proc. 17th ESCAMPIG (2004) 203

Uhrlandt, D.; Bussiahn, R.; Gortchakov, S.; Lange, H.; Loffhagen, D.:

Low-pressure mercury-free plasma light sources: theoretical and experimental perspectives
Proc. 10th Int. Symp. Sci. and Technol. of Light Sources (2004) 15

Uhrlandt, D.; Gortchakov, S.; Lange, H.; Golubovskii, Yu. B.:

Radiation transport and spatial profiles of excited atom densities in a low-pressure xenon column plasma for lighting purpose
Proc. 10th Int. Symp. Sci. and Technol. of Light Sources (2004) 497

Vartolomei, V.; Matyash, K.; Schneider, R.; Hannemann, M.; Wilke, C.; Hippler, R.:

ECWR expansion plasma parameter modeling and tuning
Proc. 17th ESCAMPIG (2004) 99

Winkler, R.; Arndt, S.; Loffhagen, D.; Uhrlandt, D.:

Progress of the electron kinetics in spatial and spatiotemporal plasma structures
Contrib. Plasma Phys. 44 (2004) 437

Publikationen in Monografien

Becker, K.; Schmidt, M.; Viggiano, A. A. ; Dressler, R.; Williams, S.:

Air Plasma Chemistry

Non-equilibrium air plasmas at atmospheric pressure, Bristol, IOP 2004

Laroussi, M.; Schoenbach, K.; Kogelschatz, U.; Vidmar, R. J.; Kuo, S.; Schmidt, M.; Behnke, J. F.; Yukimura, K.; Stoffels, E.:

Current applications of atmospheric pressure air plasmas

Non-equilibrium air plasmas at atmospheric pressure, Bristol, IOP 2004

Meichsner, J.; Loffhagen, D.; Wagner, H.-E. (Guest Editors)

Contrib. Plasma Phys. 44

No. 5-6, 2004

Schmidt, M.; Foest, R.; Behnke, J.:

Plasma Polymerization in an Atmospheric Pressure Dielectric Barrier Discharge in a Flowing Gas

Gaseous Dielectrics X, New York, Kluwer Academic Plenum Press 2004

Schröder, K.; Finke, B.; Ohl, A.:

Improved low-pressure microwave plasma assisted amino functionalization of polymers

in *Plasma Processes and Polymers*, R.d'Agostino, ed., Wiley VCH, in press 2004, 167

Vorträge und Poster

Arndt, S.; Sigenege, F.; Brandt, Ch.; Kozakov, R. V.; Testrich, H.:
Study of a disturbed glow discharge by a self-consistent approach
Poster, 17th ESCAMPIG, Constanta / Romania

Basner, R.:
Messung von Ionisierungsquerschnitten plasmatechnologisch relevanter Moleküle
Poster, DPG-Frühjahrstagung Plasmaphysik, Kiel

Basner, R.; Becker, K.:
Partial ionisation of tetrachlorosilane and molecular chlorine by electron impact
Poster, ECAMP 8, Rennes / Frankreich

Behnke, J.F.; Sonnenfeld, A.; Ivanova, O.; To, T.X.H.; Vu, O.; Foest, R.; Schmidt, M.; Hippler, R.:
Study of Corrosion Protection of Aluminium by silicon oxide polymer coatings deposited by a Dielectric Barrier Discharge at Atomic Pressure
Poster, HAKONE IX, Padua

Besch, W.; Schröder, K.; Ohl, A.:
Access of plasma polymerization and plasma induced vapour phase grafting processes to high aspect ratio trenches in polymeric microstructures analyzed by XPS
Poster, PSE, Garmisch-Partenkirchen

Britton, J.; Hoath, S.; Lang, N.; Lange, H.; Page, A.:
Measurement of Deuterium Lamp Noise & Implications for UV Instrumentation
Poster, 10th Int. Symp. Sci. and Technol. of Light Sources, Toulouse / France

Brüser, V.; Heintze, M.; Lohmar, J.; Brandl, W.; Marginean, G.; Bubert, H.:
Plasma surface modification of carbon fibres
Poster, PSE, Garmisch

Brüser, V.; Khan, M.M.; Hähnle, M.; Kersten, H.:
Plasmabehandlung von Pulveroberflächen bei Atmosphärendruck
Vortrag, EFDS Workshop Plasmabehandlung und Plasma-CVD-Beschichtungen bei Atmosphärendruck, Dresden

Brüser, V.; Khan, M.M.; Thieme, G.; Kersten, H.:
On powder particle treatment in atmospheric pressure plasmas
Poster, PSE, Garmisch

Brüser, V.; Schmuhl, A.; Junge, H.:
Brennstoffzellensystem Wasserstoff/Wasserstoffperoxid
Vortrag, WTI Mitgliederversammlung, Schwerin

Bussiahn, R.:
Measurement of Particle Number Densities by means of Laser Atom Absorption Spectroscopy
Seminarvortrag, International Max Planck Research School (IMPRS), Greifswald

Bussiahn, R.; Golubovskii, Yu. B.; Lange, H.; Porokhova, I.A.:
The decay of xenon 1s3 and 1s2 atoms in the afterglow of a He-Xe mixture
Poster, 17th ESCAMPIG, Constanta / Romania

Bussiahn, R.; Golubovskii, Yu. B.; Porokhova, I. A.; Lange, H.; Uhrlandt, D.:
On the influence of diffusion and radiation transport on the metastable and resonant atom densities in a positive column
Poster, 17th ESCAMPIG, Constanta / Romania

Bussiahn, R.; Gortchakov, S.; Lange, H.; Loffhagen, D.:

On the electron kinetics in square-wave pulsed low-pressure discharges in He/Xe mixtures

Poster, 17th ESCAMPIG, Constanta / Romania

Bussiahn, R.; Gortchakov, S.; Lange, H.; Loffhagen, D.; Uhrlandt, D.:

On the Characteristics of the Resonance Radiation of Pulsed Low-Pressure Discharges in He-Xe Mixtures

Poster, 10th Int. Symp. Sci. and Technol. of Light Sources, Toulouse / France

Bussiahn, R.; Gortchakov, S.; Lange, H.; Loffhagen, L.:

Self-consistent modelling and experimental studies of pulsed low-pressure He-Xe lamps for publicity lighting

Vortrag, 15th Int. Conf. Gas Discharges and their Appl., Toulouse / France

Ehlbeck, J.; Maaß, M.; Dwars, T.; Fuhrmann, H.; Oehme, G.:

Plasma induced polymerisation of unsaturated amphiphiles on aerosols and thin films

Poster, PSE, Garmisch-Partenkirchen

Ehlbeck, J.:

Plasma, der vierte Aggregatzustand

Einführungsveranstaltung zur Physik-Vorlesung an der FH Stralsund

Ehlbeck, J.; Hadrath, S.; Kettlitz, M.; Krohmann, U.; Lieder, G.; Maaß, M.; Ohl, A.; Rackow, K.; Schneidenbach, H.; Sieg, M.:

The INP: an experineced Partner in fundamental research an industrial applications

eingeladener Vortrag, Technological Plasma Workshop, Univ. of Sheffield, UK

Ferber, H.; Glitsch, S.; Hempel, F.; Röpcke, J.; Saß, S.:

Quantum cascade laser- and tunable diode laser-absorption spectroscopy: a valuable tool for on-line process monitoring

Vortrag, PSE, Garmisch-Partenkirchen

Finke, B.; Schröder, K.; Ohl, A.:

Improvement of amino group functionalization of polymers by non-depositing low-pressure plasmas

Vortrag, PSE, Garmisch-Partenkirchen

Foest, R.:

Homogene, dielektrisch behinderte Entladungen zur Schichtabscheidung unter Atmosphärendruck

Seminarvortrag, Kolloquium Firma Alstom, Birr / Schweiz

Foest, R.:

Plasmagestützte, anisotherme Verfahren zur Behandlung von Oberflächen unter Atmosphärendruckbedingungen

Seminarvortrag, Kuratoriumssitzung, Greifswald

Foest, R.:

Atmosphärische Plasmen zur Oberflächenmodifikation

eingeladener Vortrag, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Kiel

Foest, R.; Kindel, E.; Stieber, M.; Weltmann, K.-D.:

RF capillary jet for surface tretment at atmospheric pressure

Vortrag, 15th Int. Conf. Gas Discharges and theit Appl., Toulouse / France

Foest, R.; Kindel, E.; Stieber, M.; Weltmann, K.-D.:

Modularer RF-Kapillarjet zur plasmagestützten Oberflächenbehandlung

eingeladener Vortrag, EFDS-Workshop Plasmabehandlung und Plasma-CVD-Beschichtung bei Atmosphärendruck, Dresden

Foest, R.; Maiorov, V.A.; Golubovskii, Yu.B.; Behnke, J.F.; Schmidt, M:
Diffuse atmospheric pressure dielectric barrier discharge at 100 kHz in He
Poster, Int. Workshop on Cold Atm. Pressure Plasmas: Sources and Appl., Gent

Foest, R.; Schmidt, M.; Behnke, J.:
Plasma Polymerization in an Atmospheric Pressure Dielectric Barrier Discharge in a Flowing Gas
Poster, 10th Int. Symposium on Gaseous Dielectrics, Athens, Greece

Fröhlich, M.; Kersten, H.; Hippler, R.:
Zur Aufladung von mikrodispersen Teilchen im Plasma
Poster, DPG-Frühjahrstagung Plasmaphysik, Kiel

Glitsch, S.; Hempel, F.; Lombardi, G.; Röpcke, J.; Sass, S.; Zimmermann, H.:
Q-MACS: a new quantum cascade laser system for CRD spectroscopy in the mid infrared
Vortrag, 4th Cavity Ring Down User Meeting, Heeze, Netherlands

Gortchakov, S.; Bussiahn, R.; Lange, H.; Loffhagen, D.; Uhrlandt, D.:
Grundlegende Charakterisierung und Modellierung der VUV-Ausbeute von Xenon-Entladungen
Seminarvortrag, 6. Verbundtreffen "Energieeffiziente quecksilberfreie Niederdrucklampen", Heidelberg

Gortchakov, S.; Bussiahn, R.; Lange, H.; Loffhagen, D.; Uhrlandt, D.:
Grundlegende Charakterisierung und Modellierung der VUV-Ausbeute von Xenon-Entladungen
Seminarvortrag, 5. Verbundtreffen Energieeffiziente quecksilberfreie Niederdrucklampen, Leipzig

Grundmann, J.; Müller, S.; Zahn, R.-J.:
Treatment of soot by dielectric barrier discharges and ozone
Vortrag, 15th Int. Conf. on Gas Discharges and their Appl., Toulouse / France

Guaitella, O.; Gatilova, L.; Rousseau, A.; Guillard, C.; Thevenet, F.; Röpcke, J.:
Mechanisms of plasma-photocatalyst interaction
Poster; 57th Annual GEC, Bunratty, Ireland

Hadrath, S.:
Investigation of tungsten erosion in fluorescent lamps during cold start by laser-induced fluorescence
Seminarvortrag, IMPRS, Greifswald

Hadrath, S.; Ehlbeck, J.; Lieder, G.; Sigeneger, F.:
Investigation of Tungsten Erosion in Fluorescent Lamps during Cold Start by Laser-Induced Fluorescence
Poster, 10th Int. Symp. Sci.Technol. of Light Sources, Toulouse / France

Henkel, G.; Schneidenbach, H.; Schöpp, H.:
GP 6026, HID-Lampen: Untersuchungen an Hochdruck-Plasmen
Vortrag, Projektstatus INP, Greifswald

Kersten, H.:
Diagnostics of plasma particle interaction by SEERS and other methods
eingeladener Vortrag, 3rd Workshop on Self Excited Electron Plasma Resonance Spectroscopy (SEERS), Dresden

Kersten, H.:
Das Universum-eine Welt des Plasmas
Seminarvortrag, ASI-Schulung 1, Berlin

Kersten, H.:

Nano- und Mikrodisperse Materialien

Vortrag, RUB-INP-Workshop zur Plasmaphysik, Bochum

Kersten, H.:

Fundamentals of plasmas for thin film deposition

eingeladener Vortrag, PSE, Garmisch-Partenkirchen

Kersten, H.:

The universe - a world of plasma

eingeladener Vortrag, CLTPP International We-Heraeus Summer School, Bad Honnef

Kersten, H.:

Coating of dust particles in a plasma: scientific and industrial applications

eingeladener Vortrag, Colloquium Department of Physics, University of West Virginia, Morgantown / USA

Kersten, H.:

Das Universum - eine Welt des Plasmas

Seminarvortrag, MNU-Lehrerfortbildung, Rostock

Kersten, H.:

Nano- und Mikrodisperse Partikel in Prozessplasmen

eingeladener Vortrag, SFB-Kolloquium des SFB 591, Bad Honnef

Kersten, H.:

Das Universum-eine Welt des Plasmas

Seminarvortrag, ASI-Schulung 2, Berlin

Kersten, H.; Brüser, V.; Hähnel, M.:

Plasmabehandlung von Pulveroberflächen bei Atmosphärendruck

Vortrag, Landestechnologiekonferenz M-V, Laser- und Plasmatechnologien, Rostock

Kersten, H.; Brüser, V.; Thieme, G.; Tung, D.H.; Hippler, R.; Quaas, M.; Wulff, H.:

Coating of dust particles in a plasma

eingeladener Vortrag, 31st EPS conference on Plasma Physics, London

Kersten, H.; Brüser, V.; Wiese, R.; Weltmann, K.-D.:

Plasma-powder interaction: application and diagnostics

eingeladener Vortrag, Int. COE Forum on Plasma Science and Technology, Nagoya / Japan

Kersten, H.; Thieme, B.; Brüser, V.:

Plasma modification of nano-particles and nano-fibres

Poster, DPG-Tagung Dünne Schichten, Regensburg

Kersten, H.; Thieme, G.; Brüser, V.; Wiese, R.; Weltmann, K.-D.; Hippler, R.:

Coating and modification of particles and fibres in plasma

Poster, NanoFair, Karlsruhe

Kersten, H.; Thieme, G.; Brüser, V.; Wiese, R.; Weltmann, K.-D.:

Plasma treatment of nano- and microdisperse particles

eingeladener Vortrag, 2nd Int. Workshop on Microplasmas, Hoboken / USA

Kersten, H.; Wiese, R.; Hannemann, M.; Kapitov, A.; Scholze, F.; Neumann, H.:

Plasma and ion beam characterization by non-conventional methods

Vortrag, PSE, Garmisch-Partenkirchen

Kersten, H.; Wiese, R.; Hähnel, M.:

Non-conventional plasma sheath diagnostics for thin film deposition

Poster, DPG-Tagung Dünne Schichten, Regensburg

Kettlitz, M.:

Farbortdrift von D2-Lampen

eingeladener Vortrag, OSRAM, Berlin

Kettlitz, M.:

Elektroden für Hochdruck-Entladungslampen

Vortrag, Sitzung AG V 2.4 des DVS im INP, Greifswald

Kettlitz, M.; Krylova, O.; Wendt, M.; Schneidenbach, H.:

Broadening of Spectral Lines in High Pressure Mercury-Free Short Arc Lamps

Poster, 10th Int. Symp. Sci. and Technol. of Light Sources, Toulouse / France

Kosse, S.; Bonitz, N.; Golobnychiy, V.; Fehske, H.; Kersten, H.; Melzer, A.:

Molekuldynamik-Simulation staubiger (komplexer) Plasmen

Poster, DPG-Tagung Plasmaphysik, Kiel

Krylova, O.:

Plasma investigations in high-pressure short arc discharge

Vortrag, Inst. für Theoretische Physik, Bonn

Krylova, O.:

Plasma investigations in high-pressure short arc discharge

Vortrag, Forschungszentrum für Mikrostrukturtechnik, Wuppertal

Krylova, O.:

Plasma investigations in high-pressure short arc discharge

Vortrag, Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe, Dresden

Lang, N.; Lange, H.:

Radial Profiles of Vibrational Temperatures in Deuterium Lamps Analysing the Dissociation Continuum

Poster, 10th Int. Symp. Sci. and Technol. of Light Sources, Toulouse / France

Lange, H.:

Diagnostik an Niederdruck-Xe-Lampen

eingeladener Vortrag, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Kiel

Loffhagen, D.:

Plasmodellierung

Vortrag, RUB-INP-Workshop zur Plasmaphysik, Bochum

Loffhagen, D.:

Kinetische Modellierung anisothermer Plasmen

eingeladener Vortrag, DPG-Frühjahrstagung Plasmaphysik, Kiel

Loffhagen, D.:

Theoretische Methoden zur Bestimmung von Elektron-Molekül-Stoßquerschnitten

Vortrag, Habilitationskolloquium, Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Greifswald

Loffhagen, D.; Bussiahn, R.; Gortchakov, S.; Lange, H.:

Elektrische Eigenschaften gepulster He-Xe-Niederdrucklampen

Vortrag, DPG-Frühjahrstagung Plasmaphysik, Kiel

Maaß, M.; Ehlbeck, J.; Oehme, G.; Fuhrmann, H.; Dwars, T.:

Plasmainduzierte Polymerisation amphiphiler Aggregate

Vortrag, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Kiel

Matyash, K.; Schneider, R.

Kinetic modelling of dusty plasmas

Poster, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Kiel

Metzke, E.:

Schweißtechnik und Plasmaphysik

eingeladener Vortrag, Eurojoin 5, Wien

Metzke, E.:

Schweißlichtbogen und Plasmaphysik

Vortrag, Sitzung AG V 2.4 des DVS im INP, Greifswald

Metzke, E.; Schöpp, H.:

Spektralanalyse des Metall-Lichtbogenplasmas

Vortrag, Projektabschlusspräsentation, Berlin

Metzke, E.; Schöpp, H.:

Diagnostik an Schweißlichtbögen

Vortrag, Kuratoriumssitzung, Greifswald

Metzke, E.; Schöpp, H.:

Diagnostik an Schweißlichtbögen

Vortrag, Präsentation RWTH Aachen, Aachen

Neumann, H.; Kersten, H.; Wiese, R.; Kapitov, A.; Scholze, F.:

Plasma and ion beam characterization by non-conventional methods

Vortrag, 4th Int. Space Propulsion Conference, Cagliari / Sardinien

Neumann, H.; Scholze, H.; Tartz, M.; Nestler, M.; Weller, R.; Blum, T.; Kersten, H.; Wiese, R.; Schulze, M.; Schlemm, H.; Rauschenbach, B.:

Ion current density profile control of scalable broad beam sources and its application

Vortrag, PSE, Garmisch-Partenkirchen

Ohl, A.:

Oberflächen und Funktionelle Schichten

Vortrag, RUB-INP-Workshop zur Plasmaphysik, Ruhr-Universität Bochum, Bochum

Ohl, A.:

Microfluidics and plasma induced chemical micro patterning

eingeladener Vortrag, European Marie Curie Training Course, Master Class: Biotechnical and medical applications, 5.-8.10., Bad Honnef,

Ohl, A.:

Plasmagestützte Oberflächenmodifizierung strukturierter Kunststoffbauteile für die Biomedizin- und Mikrostrukturtechnik

Vortrag, Landestechnologiekonferenz M-V, Laser- und Plasmatechnologien, Rostock

Pipa, V.; Lombardi, G.; Duten, X.; Hassouni, K.; Röpcke, J.:

On the influence of argon addition on microwave hydrogen plasmas obtained under moderate pressure conditions

Poster, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Kiel

Röpcke, J.:

Diagnostics: IR-techniques – From basics to the state-of-the-art

eingeladener Vortrag, European Marie Curie Training Course, Bad Honnef

Röpcke, J.:

Infrared absorption of molecules in plasmas – from basics to the state-of-the-art

eingeladener Vortrag, Master Class Molecular Physics and Plasma Physics, Eindhoven

Röpcke, J.; Stancu, G.D.; Davies, P.B.:

Measurements of line strengths and calculations of their temperature dependence of ν_2 IR transitions of the methyl radical

Poster, 57th Annual GEC, Bunratty, Ireland

Röpcke, J.:

On recent progress in on-line process monitoring using quantum cascade laser- and tuneable diode laser absorption spectroscopy

eingeladener Vortrag, The 2nd German-Polish Conference on Plasma Diagnostics for Fusion and Applications, Cracow

Röpcke, J., Hempel, F., Glitsch, S., Saß, S.; Zimmermann, H.:

On recent progress in on-line plasma process monitoring using infrared absorption spectroscopy

eingeladener Vortrag, Technological Plasmas Workshop, University of Sheffield, U.K.

Röpcke, J.; Glitsch, S.; Hempel, F.; Sass, S.; Zimmermann, H.:

On recent progress in on-line process monitoring using QCLAS

eingeladener Vortrag, 5th QCL-Workshop, Freiburg

Röpcke, J.; Glitsch, S.; Hempel, F.; Sass, S.; H. Zimmermann:

Plasma process analysis using quantum cascade laser-absorption spectroscopy

Vortrag, 57th Annual GEC, Bunratty, Ireland

Röpcke, J.:

Umweltrelevante Plasmaprozesse

Vortrag, RUB-INP-Workshop zur Plasmaphysik, Ruhr-Universität Bochum, Bochum

Rousseau, A.; Guaitella, O.; Gatilova, L.; Thevenet, F.; Guillard, C.; Hannemann, M.;

Röpcke, J.:

VOC removal by plasma-photocatalyst combination: comparison between a low and an atmospheric pressure plasma

Vortrag, 57th Annual GEC, Bunratty, Ireland

Schlüter, B.; Oppel, K.; Meusel, M.; Schröder, K.; von Woedtke, T.; Weitschies, W.:

Alteration of cytocompatibility and properties of surfaces of biomaterials by sterilisation processes

Vortrag, Jahrestagung der DPG, Regensburg

Schöpp, H.; Franke, S.; Methling, R.; Schneidenbach, H.; Hess, H.:

Influence of Buffer Gases on the Radiation Properties of HID-Lamps

Poster, 10th Int. Symp. Sci. and Technol. of Light Sources, Toulouse / France

Schöpp, H.; Langenscheidt, O.; Schneidenbach, H.; Franke, S.; Hess, H.:

Field Strength and Electrode Sheath Voltage of a High-Pressure Arc Discharge in Neon

Poster, 10th Int. Symp. Sci. and Technol. of Light Sources, Toulouse / France

Schöpp, H.:

Hochdrucklampen als Plasmastrahlungsquellen

Vortrag, Sitzung AG V 2.4 des DVS im INP, Greifswald

Schöpp, H.:

Plasmalichtquellen

Vortrag, RUB-INP-Workshop zur Plasmaphysik, Ruhr-Universität Bochum, Bochum

Sigeneger, F.:

Electron Kinetics and Self-Consistent Description of Non-Thermal Plasmas

eingeladener Vortrag, Internationales Kolloquium des SFB 198 "Kinetik partiell ionisierter Plasmen", Greifswald

Sigeneger, F.; Arndt, S.; Testrich, H.; Brandt, Ch.:

Selbstkonsistente kinetische Beschreibung einer gestörten Neon-Glimmentladung

Poster, DPG-Frühjahrstagung Plasmaphysik, Kiel

Stancu, G.D.; Davies, P.B.; Röpcke, J.:

On the spectroscopic properties of the Y2 band of the methyl radical

Vortrag, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Kiel

Testrich, H.; Kozakov, R. V.; Brandt, Ch.; Wilke, Ch.; Sigeneger, S.; Arndt, S.:

Experimental investigations of the spatial relaxation in neon glow discharges caused by a local disturbance

Poster, 17th ESCAMPIG, Constanta / Romania

Testrich, H.; Kozakov, R.; Brandt, Ch.; Wilke, Ch.; Arndt, S.; Sigeneger, F.:

Experimentelle Untersuchungen von Störungen in einer Neon-Glimmentladung verursacht durch Sonden

Poster, DPG-Frühjahrstagung Plasmaphysik, Kiel

Testrich, H.; Uhrlandt, D.; Wilke, C.:

Experimental investigations of a neon glow discharge in a longitudinal magnetic field

Poster, 17th ESCAMPIG, Constanta / Romania

Thieme, G.; Tatanova, M.; Hannemann, M.; Kersten, H.; Hippler, R.:

Diagnostik eines kombinierten HF-Plasmas und DC-Magnetron-Plasmas zur Beschichtung von mikrodispersen Pulvern

Poster, DPG-Frühjahrstagung Plasmaphysik, Kiel

Tung, D.H.; Thieme, G.; Hippler, R.:

Particle formation in process plasmas

Vortrag, 11. Erfahrungsaustausch Oberflächentechnologie mit Plasmaprozessen, Mühlleiten

Uhrlandt, D.; Bussiahn, R.; Gortchakov, S.; Lange, H.; Loffhagen, D.:

Low-Pressure Mercury-Free Plasma Light Sources: Theoretical and Experimental Perspectives

eingeladener Vortrag, 10th Int. Symp. Sci. and Technol. of Light Sources, Toulouse / France

Uhrlandt, D.; Gortchakov, S.; Lange, H.; Golubovskii, Yu. B.:

Radiation Transport and Spatial Profiles of Excited Atom Densities in a Low-Pressure Xenon Column Plasma for Lighting Purpose

Poster, 10th Int. Symp. Sci. and Technol. of Light Sources, Toulouse / France

Vartolomei, V.; Hannemann, M.; Hippler, R.:

Two methods to control ion energy and influx to substrate in an icp with superimposed magnetic field

Vortrag, 31st IEEE Int. Conf. Plasma Sci., Baltimore / Maryland

Vartolomei, V.; Matyash, K.; Schneider, R.; Hannemann, M.; Wilke, C.; Hippler, R.:

ECWR expansion plasma parameter modeling and tuning

Poster, 17th ESCAMPIG, Constanta / Romania

Weltmann, K.-D.:

Neue Arbeitsgebiete // Schaltermodellierung

Vortrag, RUB-INP-Workshop zur Plasmaphysik, Ruhr-Universität Bochum, Bochum

Weltmann, K.-D.:

Plasmaanwendungen

eingeladener Vortrag, DPG Frühjahrstagung Plasmaphysik, Kiel

Weltmann, K.-D.; Hess, H.:

Plasma Light Sources

eingeladener Vortrag, Int. COE Forum on Plasma Science and Technology, Nagoya / Japan

Weltmann, K.-D.:

RF capillary jet for surface treatment at atmospheric pressure

Vortrag, 15th Int. Conf. Gas Discharges and their Appl., Toulouse / France

Weltmann, K.-D.:

Von der Säule bis zum Bogen

eingeladener Vortrag, Phys.Colloquium, Universität Rostock

Wendt, M.; Kettlitz, M.; Schneidenbach, H.:

Higher order Chapman-Enskog electrical conductivities of Hg, Na and rare-gas plasmas

Poster, High Temperature Materials, Processes and Diagnostics, Waterville / USA

Wiese, R.; Kopitov, A.; Hannemann, M.; Hähnel, M.; Kersten, H.; Hippler, R.:

Charakterisierung von Ionenstrahlquellen

Vortrag, 11. Erfahrungsaustausch Oberflächentechnologie mit Plasmaprozessen, Mühlleithen

Patente

eingereicht

Jülich, W.-D.; Lindequist, U.; Weltmann K.-D.:

Verfahren und Vorrichtung zur Testung von Wirkstoffen für deren Verwendung als Arzneimittel unter dem Einfluss freier Radikale

Glitsch, S.; Hempel, F.; Röpcke, J.; Saß, S.; Schulz, K.-D.; Weltmann, K.-D.:

Anordnung zur effektiven Wärmeableitung für ein kompaktes Quantenkaskadenlaser-System mit Ansteuerelektronik

Glitsch, S.; Hempel, F.; Röpcke, J.; Saß, S.; Schulz, K.-D.; Strämke, S.; Weltmann, K.-D.:

Verfahren, Anordnung und Optikkopf zur Ein- und Auskopplung von IR-Strahlung in Gefäße

Glitsch, S.; Hempel, F.; Röpcke, J.; Saß, S.; Schulz, K.-D.; Strämke, S.; Weltmann, K.-D.; Zimmermann, H.:

Verfahren zur spektralen Durchstimmung eines Quantenkaskadenlasers

Glitsch, S.; Hempel, F.; Röpcke, J.; Saß, S.:

Verfahren zur spektralen Durchstimmung eines Quantenkaskadenlasers

Müller, S.; Reich, W.; Zahn, R.-J.:

Vorrichtung und Verfahren zur plasmagestützten Abgasreinigung und Behandlung von Abluft (Erweiterung)

Müller, S.; Zahn, R.-J.; Grundmann, J.; Reich, W.:

Vorrichtung nach dem Prinzip einer dielektrisch behinderten Entladung zur Strahlungserzeugung

Metzke, E.; Goecke, S.-F.; Hübner, M.; Langula, M.:

Verfahren und Vorrichtung zum Regeln eines Energieeintrags bei einem Fügeprozess

Brüser, V.; Heintze, M.; Nadolny, S.; Kersten, H.:

Anordnung zur Oberflächenbehandlung von Schüttgut in einer Plasmazone bei Atmosphärendruck

Brüser, V.; Heintze, M.; Hähnel, M.; Kersten, H.:

Anordnung zur Oberflächenbehandlung von Schüttgut in einer Plasmazone bei Atmosphärendruck

erteilt

Ehlbeck, J.; Maaß, M.; Oehme, G.; Fuhrmann, H.; Dwars, T.; Teller, J.; Frank, M.:

Verfahren und Vorrichtung zur Behandlung von Flüssigkeiten mittels Plasmen
DE 103 52 459 A1

Gutachtertätigkeit // Mitarbeit in Scientific Committees

Basner, R.: Australian Journal of Chemistry

Foest, R.: Advanced Materials

Kersten, H.: Gutachten für J. Phys. D: Applied Phys.

Kersten, H.: Gutachten für Int. J. Heat Mass Transfer

Kersten, H.: Gutachten für New J. Phys.

Kersten, H.: Gutachten für Surface and Coating Technology

Kersten, H.: Mitarbeit im CIPS-Advisory Board

Kersten, H.: Mitarbeit im Programmkomitee der EPS

Loffhagen, D.: Contrib. Plasma Phys.

Loffhagen, D.: Plasma Chem. Plasma Process.

Ohl, A.: IEEE Transactions on Plasma Science

Ohl, A.: Plasma Processes and Polymers

Ohl, A.: Surface and Coatings Technology

Ohl, A.: Mitarbeit im DGPT-Vorstand

Ohl, A.: Mitarbeit im Koordinierungsausschuss AK Plasma

Röpcke, J.: Gutachten für Chem. Phys.

Röpcke, J.: Gutachten für J. Appl. Phys.

Röpcke, J.: Gutachten für J. Phys. D: Applied Phys.

Röpcke, J.: Gutachten für PSST

Röpcke, J.: Mitglied Fachbeirat Physik

Röpcke, J.: Wissenschaftl. Experte der EU

Schöpp, H.: Mitarbeit im Sc.Com. LS 10

Schröder, K.: Nanoletters

Uhrlandt, D.: Journal of Physics D: Appl. Phys.

Weltmann, K.-D.: Gutachten für das regionale Programm für
Innovationsmaßnahmen (RIS++)

Weltmann, K.-D.: Mitarbeit im Sc. Com. Center of Excellence Plasma-Nano (COE)

Weltmann, K.-D.: Mitarbeit im Sc. Com International Microplasma Workshop

Praktika // Ausbildung // Promotionen // Habilitation

Basner, R.; Kersten, H.: Ion energy distributions in RF discharges of Pulva INP in argon, hydrogen and their mixtures, FH-Praktikum, INP

Basner, R.; Kersten, H.: Untersuchungen zum Einfluss externer Felder und Teilchenquellen auf ein komplexes Plasma, Uni-Diplom, Institut für Physik der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Brüser, V.: Modifizierung von Pulvern bei Atmosphärendruck, Promotion, TU Hamburg

Brüser, V.: Oberflächenreinigung von Kupferpulver durch Plasmabehandlung, Schülerpraktikum, Gymnasium, Wolgast

Brüser, V.: Plasmaätzen von Polycarbonatfolie im Drehtrommelreaktor, Schülerpraktikum, Humboldt-Gymnasium, Greifswald

Brüser, V.; Kersten, H.: Modifizierung von Pulver bei Atmosphärendruck, FH-Praktikum, FH Stralsund

Bussiahn, R.; Lang, N.: Schülerpraktikum, Runge-Gymnasium Wolgast

Haeder, U.; Wagner, A.: Flyer & Broschüren für die Industrie, Schülerpraktikum, Herdergymnasium Greifswald

Haeder, U.; Kersten, H.; Wagner, A.: Schülerbetreuung Fachgymnasium Greifswald, Schülerpraktikum, INP Greifswald

Ihrke, R.; Schröder, K.: Schülerpraktikum, Humboldt-Gymnasium Greifswald

Kersten, H.: Astronomisches Beobachtungspraktikum, Institut für Physik der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Kersten, H.: Einführung in die Astronomie und Astrophysik (II), Vorlesungsreihe, Institut für Physik der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Kersten, H.; Basner, R.: Elektronenenergieverteilung an PULVA-INP, DAAD, FH-Praktikum, INP Greifswald

Kersten, H.: Exotische Gasentladungen, Abiturienten fit für die Wirtschaft, Schülerpraktikum, INP Greifswald

Kersten, H.: Laborpraktikum, FH-Praktikum, INP

Kersten, H.: Praktikum Plasmatechnologie, FH-Praktikum, FH-Stralsund

Kersten, H.: Staub in exotischen Entladungen, Abiturienten fit für die Wirtschaft, Schülerpraktikum, INP Greifswald

Kersten, H.: Vorlesung Plasmatechnologie, Vorlesungsreihe, FH Stralsund

Loffhagen, D.: Zeit- und raumabhängige Kinetik der Elektronen und selbstkonsistente Beschreibung schwach ionisierter Plasmen
Habilitationsschrift

Loffhagen, D.: Theoretische Methoden zur Bestimmung von Elektronen-Molekül-Stoßquerschnitten
Habitationskolloquium

Loffhagen, D.: Zur Kinetik von Niedertemperaturplasmen
Probevorlesung, Universität Greifswald

Pipa, A.: On Determination of the Degree of Dissociation of Hydrogen in Non-Equilibrium Plasmas by Means of Emission Spectroscopy, Promotion, E.-M.-Arndt-Universität, Greifswald

Röpcke, J.: Fundamental aspects, diagnostics and technological applications of plasmas
Vorlesungsreihe, Institut für Physik, Universität Greifswald

Röpcke, J.: Plasmatechnik
Vorlesungsreihe, FH Stralsund

Stancu, G.: Absorption Spectroscopic Studies of the Methyl and Boron Monoxide Radical, Promotion, E.-M.-Arndt-Universität, Greifswald

Schröder, K.: Homogenität der Plasmafunktionalisierung und der plasmagestützten Beschichtung von Polycarbonat, Schülerpraktikum, Runge-Gym. Wolgast

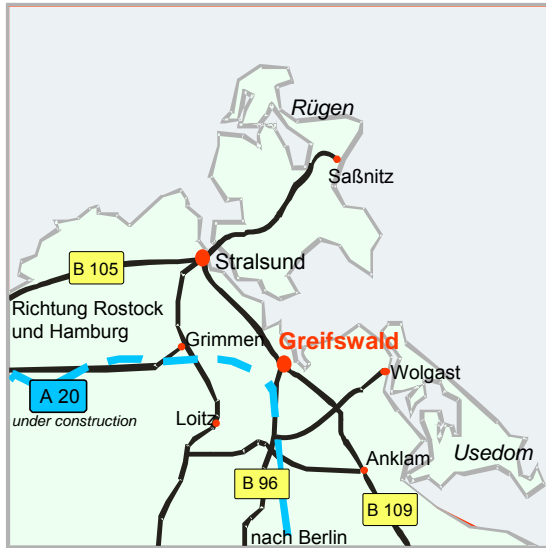
Schröder, K.: Schülerpraktikum, Regionale Schule „Ernst Moritz Arndt“

Weltmann, K.-D.: Seminare „Führungsmethoden“ und „Projektmanagement“, INP-intern

Zimmermann, H.: Entwicklung von Softwaremodulen zur Messung, Visualisierung und Steuerung molekularer Konzentrationen in industriellen Plasmareaktoren, FH-Diplom, Fachhochschule Stralsund, Fachber. Elektrotechnik u. Informatik

Messebeteiligung

Hannover Messe Exponate VDI-Stand
Nanotruck in Greifswald, August 04
Nano Fair Karlsruhe



Institut für Niedertemperatur-Plasmaphysik e.V.
– Ein Institut der Leibniz-Gemeinschaft –

Friedrich-Ludwig-Jahn-Str. 19
D - 17489 Greifswald

Telefon +49 - 3834 - 554 300
Fax +49 - 3834 - 554 301

Email welcome@inp-greifswald.de
www www.inp-greifswald.de

Direktor Prof. Dr. Klaus-Dieter Weltmann
Verwaltungsleiter Dipl.-Ing. Dieter Schlott
PR//Marketing Anke Wagner, Uta Haeder