

# CBS-LSA-VP4: Analyse der Gasphasenvorgänge in Niedertemperatur-Plasmen zur Modifizierung flexibler Substrate



**Dr. Sandra Richter**  
wiss. Mitarbeiterin

Sandra Richter ist seit 2007 am Fraunhofer IMWS in der Arbeitsgruppe „Technologien für Biofunktionale Oberflächen“. Fokus der Arbeiten liegt auf der Modifizierung und Funktionalisierung von technischen Folien und Medizinprodukten in Anlehnung an industrielle Anforderungen. Das Studium der Werkstoffwissenschaften an der MLU Halle-Wittenberg schloss sie mit der Promotion zum Thema „Korrelationen von Plasma- und Materialparametern zur Kontrolle des industriellen Atmosphärendruck-Plasmaprozesses“ ab. 2008 absolvierte sie einen Forschungsaufenthalt in Troy, New York, USA bei der Firma Evident Technologies, Inc. zum Thema: „Investigations of semiconductor nano-crystal quantum dots in emulsions“.

Fraunhofer IMWS  
Walter-Hülse-Str. 1  
06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 5589-259  
Fax +49 3455589-101

sandra.richter@imws.fraunhofer.de

## Entwicklung und Etablierung von Diagnostikverfahren für in-line Atmosphärendruck-Plasmen zur Prozessoptimierung

Niedertemperatur-Plasmen, d.h. ionisierte Gase, sind zur Bearbeitung von Oberflächen industriell etabliert und finden bei der Modifizierung von Kunststoffen, Metallen, Halbleitern und auch immer mehr in der medizinischen Therapie Einsatz. Bei der Produktion flexibler Substrate, z. B. Folien für die Verpackungsindustrie oder dünner multikristalliner Wafer für die Photovoltaik müssen die Hersteller den wachsenden Ansprüchen der Endverarbeiter gerecht werden und qualitativ hochwertige Produkte bereitstellen.

Mit den prozessintegrierten Atmosphärendruck-Plasmaproduktionsverfahren stehen beispielsweise den Folienherstellern bereits gute Möglichkeiten zur Seite die Folien in einem ersten Schritt während sehr kurzer Behandlungszeiten (< 1 s) in den Oberflächeneigenschaften anzupassen. Infolge der Vorgänge im Plasma und den Wechselwirkungen der reaktiven Teilchen im Plasma mit der Folie treten Effekte wie Reinigung, Aktivierung, Ätzung/Texturierung oder Funktionalisierung/Beschichtung der Oberflächen auf.

Eine Aktivierung der Folienoberfläche durch Radikalbildung und Oxidation der oberflächennahen Polymerkette führt zu einer Erhöhung der Oberflächenenergie und verbessert die Benetzung mit Druckfarben oder Klebstoffen. Jedoch zeigen Untersuchungen immer wieder, dass eine Vielzahl an systematischen Einflussfaktoren die Homogenität der Prozesse beeinträchtigt und dazu führt, dass Druckfarben z.T. schlecht haften. Zudem steigen über die eigentliche Polaritätserhöhung die Anforderungen nach spezifischen Oberflächeneigenschaften (Adhäsion, Antistatik, Antibeschlag, Antibakteriell),

die nur durch die Anpassung der Plasmachemie realisiert werden können. In Abhängigkeit der Plasmaentladungsbedingungen (u. a. Druck, klimatische Bedingungen, Zeit, Gasfluss, Chemie) werden so die chemischen als auch die morphologischen Eigenschaften der behandelten Folien variiert. Damit erstreckt sich ein weites Parameterfeld an Faktoren, welche den Oberflächenmodifizierungsprozess entscheidend beeinflussen. Eine Kontrolle für die Homogenität des Prozesses ist hierfür von enormer Bedeutung.

Im Bereich der Photovoltaik werden die Plasmen mit reaktiven Sauerstoffionen und Fluorionen eingesetzt, um organische Molekülreste von Siliziumoberflächen abzutragen, zur Oberflächenpassivierung und hauptsächlich zur Strukturierung der Oberfläche. Insbesondere bei den sog. „kerfless“ hergestellten Wafern stellt die Plasmatexturierung eine vielversprechende Alternative dar, die Lichtabsorption für einen höheren Modulwirkungsgrad zu verbessern. Während das Prozessfenster zur Folienoberflächenaktivierung einigen Behandlungsspielraum bietet, zeigt sich, dass für den neuartigen Ansatz der Plasmatexturierung von flexiblen multikristallinen Wafern nur eine sehr eng begrenzte Behandlungsmatrix zur Erzeugung definierter Strukturen genutzt werden kann. Hierbei ist es besonders wichtig sowohl die optischen als auch die elektrischen Eigenschaften gleichzeitig zu optimieren. Eine Kontrolle der Gasphase ist für das Prozessverständnis von grundlegender Bedeutung, für eine spätere Auslegung der Großproduktion.

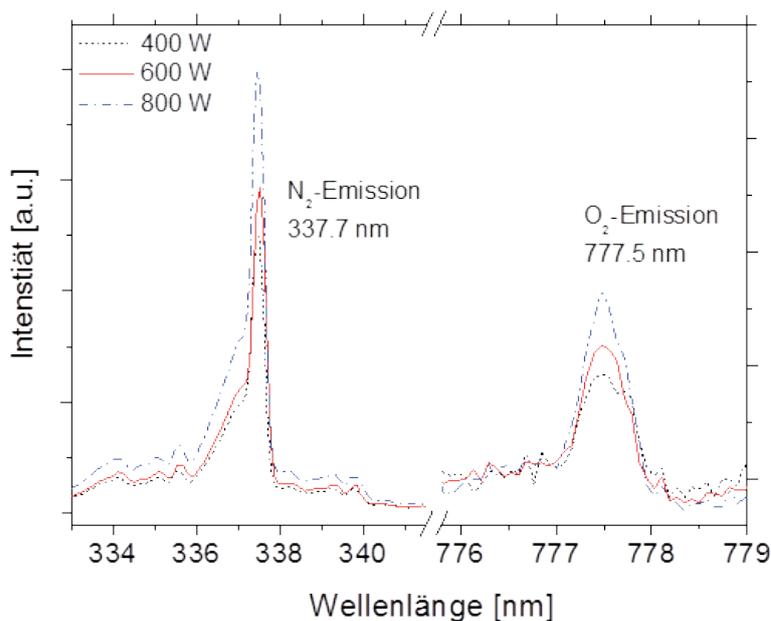
Da gegenwärtig der Einsatz von Prozessüberwachungstechnologien über die Plasmaphase bisher nicht

industriell genutzt wird, wollen Forscher des Fraunhofer-Institutes für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen im Projekt »FlexPlas«, das vom Ministerium für Wirtschaft und Wissenschaft des Landes Sachsen-Anhalt gefördert wird, aufklären, was genau im Plasma an der Oberfläche einer Verpackungsfolie sowie der Siliziumoberfläche passiert. Sie widmen sich den Fragestellungen welche Teilchen im Plasma die entscheidenden Veränderungen hervorrufen oder wie lange die Veränderungen stabil bleiben oder wann der Prozess sein Optimum erreicht hat, ehe sich die Eigenschaften verschlechtern.

Ziel des Vorhabens ist es die in der Kunststoffindustrie etablierten Plasmabehandlungsprozesse durch die Entwicklung von in-situ Messverfahren zur Kontrolle der Prozesse wesentlich zu verbessern. Gerade im Bereich der Produktion niederenergetischer Folien wie Polyethylen oder Polytethylen-

therphtalat wird der Energieeintrag in die Folien oftmals überdosiert, um die erforderlichen Oberflächeneigenschaften zu generieren. Zudem soll für die erfolgreiche neuartige Plasmatexturierung von Solarwafern eine Diagnostik etabliert werden, um die aufwändigen Prozesse für eine Anwendung in der Massenfertigung überwachen zu können. Hier bieten Prozessüberwachung und Diagnostik wertvolle Unterstützung zum einen für ein detaillierteres Prozessverständnis und damit die Möglichkeit der Prozesssteuerung und zum anderen Produktionskosten einzusparen.

Getestet werden hierfür unter anderem optische und massenspektroskopische Messtechniken zur Analyse der Plasmazusammensetzung sowie der Teilchenwechselwirkungen, die für eine spätere in-situ Prozessüberwachung an industriellen Anlagen eingesetzt werden können.



Detailspektrum der optischen Emissionsspektroskopie bei der Prozessüberwachung der Coronabehandlung unter Variation der Plasmaleistung: Abhängigkeit der Emissionsintensität von Stickstoff ( $N_2$  – 337.7 nm) und Sauerstoff ( $O_2$  - 777.5 nm) Emissionen von der Plasmaleistung.



**Dr. Dominik Lausch**  
wiss. Mitarbeiter

Dominik Lausch studierte Physik an der Universität Leipzig. Während seines Studiums beschäftigte er sich in Zusammenarbeit mit Q-Cells SE mit dem Thema Bruchdetektion und schrieb seine Diplomarbeit zum Thema „Rückwärtslumineszenz von Silizium-solarzellen“. Er promovierte an der MLU Halle-Wittenberg in Kooperation mit dem Fraunhofer Centrum für Silizium Photovoltaic CSP und Q-Cells SE zum Thema „Einfluss von rekombinationsaktiven Defekten auf die elektrischen Eigenschaften von Silizium-solarzellen“. Als Gewinner des PVSEC Student Award für herausragende Forschung arbeitet er seit 2012 am Fraunhofer CSP und leitet ein Team im Themenbereich Plasmatexturierung und Wasserstoffpassivierung.

Fraunhofer CSP  
Otto-Eißfeldt-Str. 12  
06120 Halle (Saale)

dominik.lausch@csp.fraunhofer.de