

Projekt:	Effiziente Produktion ultrapräziser innovativ strukturierter funktioneller Oberflächen mittels adaptiver Plasmatechnik - Shapion
Koordinator:	Carl Zeiss Jena GmbH Dr. Michael Helgert Carl-Zeiss-Promenade 10 07745 Jena Tel.: 03641 643685 e-Mail: helgert@zeiss.de
Projektvolumen:	3,4 Mio € (50% Förderanteil durch das BMBF)
Projektlaufzeit:	01.05.2012 bis 31.10.2015
Projektpartner:	➔ NTG GmbH & Co. KG, 63571 Gelnhausen ➔ Metrolux GmbH, 37085 Göttingen ➔ IOM Leipzig e.V., 04303 Leipzig ➔ Laser Zentrum Hannover e.V., 30419 Hannover

Ein vielseitiges Werkzeug für innovative Anwendungen

Plasma ist als „4. Aggregatzustand“ (ionisiertes Gas) ein besonderes und vielseitiges Werkzeug - nicht nur für die Optischen Technologien: als Schlüsselement in vielen Branchen.

Über elektrische und magnetische Felder kann Energie effizient in verschiedener Form gezielt ins Gas eingekoppelt werden. So wird entweder die thermische Energie zum Schweißen genutzt, die gezielte Anregung zur effizienten Erzeugung von Licht für die Beleuchtung, in Mikroelektronik, Medizintechnik und Unterhaltungsindustrie, oder das gezielte Aufbrechen von chemischen Verbindungen zur Synthese oder Umwandlung von Stoffen. Die Sicherung der Technologieführerschaft deutscher Unternehmen und die Marktdurchdringung sind vordringliche Ziele dieser Fördermaßnahme.

Gegen die steigende Umweltbelastung für Luft und Wasser haben Plasmaverfahren Potentiale, die effizient genutzt werden sollten: Durch das Zusammenführen von nicht-thermischen Plasmaverfahren mit anderen Methoden, z. B. katalytischer Behandlung oder Adsorption werden neuartige Konzepte für die Abluft- und Abgasnachbehandlung eröffnet. In der Abwasserbehandlung ist die plasmabasierte Erzeugung von Ozon schon lange Stand der Technik. Eine Vielzahl organischer Verbindungen (z. B. Pestizide oder Öle), aber auch bestimmte biologische Kontaminationen verlangen jedoch nach effizienten Ansätzen zur Schadstoffreduktion. Die gezielte Erzeugung nicht-thermischer Plasmen in direktem Kontakt mit der Flüssigkeit ist hierbei ein Schlüssel zum Erfolg.

Auch die funktionelle Beschichtung und Veredelung von Oberflächen mit Plasmen sind zwar etablierte Verfahren, die zugrundeliegenden Prozesse sind bisher jedoch noch weitgehend unverstanden. Nur eine systematische Erforschung kann hier das empirische Vorgehen überwinden und entscheidende Verbesserungen und Innovationen für Schichten und Schichtsysteme herbeiführen.



Bild 1: Plasma birgt enorme Potentiale zur Bearbeitung und Veredelung von Oberflächen. Hier: Plasmadiffusionsbehandlung von Werkzeugen (Quelle: FhG-IST, IOT, Braunschweig)

Mikrostrukturen für neue optische Funktionen

Zu den innovativsten optischen Komponenten gehören solche, die nach dem Prinzip diffraktiver optischer Elemente (DOE) funktionieren. Anders als bei gewöhnlichen optischen Linsen, deren Funktion auf der Brechung des Lichts beruht, wird bei DOE das Licht an mikroskopischen Strukturen gebeugt, also unmittelbar dessen Wellennatur für die Beeinflussung der Lichtausbreitung manipuliert.

Durch die gezielte Steuerung der Lichtbeugung lassen sich optische Funktionen realisieren, die mit lichtbrechenden Komponenten grundsätzlich nicht machbar sind. So können beispielsweise Strahlformungselemente hergestellt werden, die einen kreisrunden Lichtstrahl in einen fast perfekt quadratischen umwandeln.

DOE sind für eine Vielzahl von Anwendungen hochinteressant. Bislang wurden sie jedoch nur in Ausnahmefällen verwendet, da die Herstellung von DOE im Vergleich zu konventionellen Linsen sehr aufwendig und damit teuer ist.

Präzise Strukturübertragung durch Plasmaätzen

Das Projekt bearbeitet ein Verfahren zur Herstellung von DOE, das auf einem Plasmaätzprozess beruht. Beim sogenannten „Reactive Ion Beam Etching“ (RIBE) wird eine laterale Mikrostruktur, die vorher in konventioneller Weise mittels optischer Lithographie in Fotolack erzeugt wurde, in das harte optische Material (Glas, Quarz u.ä.) übertragen.

Dies ist möglich, da das RIBE Verfahren einen proportionalen Materialabtrag der lithographisch hergestellten Struktur erlaubt und dabei Fotolack und Substrat, trotz deren ganz unterschiedlicher Materialeigenschaften, gleichermaßen abgetragen werden. Somit wird nach einer gewissen Ätzzeit die Struktur vom dann vollständig weggeätzten Fotolack in das Substrat übertragen.

Problem dieser Methode ist, dass es keine genaue Kenntnis über die mikroskopischen chemisch-physikalischen Abläufe des Ätzverfahrens gibt und demzufolge die jeweiligen Parametereinstellungen nicht ab initio berechnet werden können, sondern für jede zu ätzende Struktur und jedes Material aufs neue heuristisch ermittelt werden müssen. Dies macht das Verfahren unverhältnismäßig teuer.

Im Projekt sollen daher neuartige in-situ Messmethoden aufgebaut werden, die es erlauben, sowohl das Plasma und die chemischen Ätzprodukte, als auch die Strukturbildung während des Ätzprozesses zu überwachen und ggf. den Ätzprozess geeignet nachzuregeln.

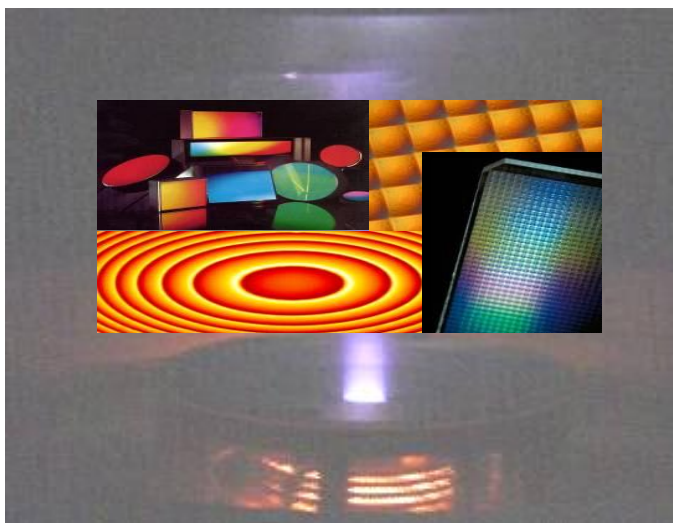


Bild 2: Verschiedene diffraktive optische Elemente vor dem Hintergrund einer im Betrieb befindlichen Plasmaätzanlage (leuchtet blau) (Quelle: Zeiss)

Weiterhin soll auf Basis der ermittelten Prozessdaten eine Datenbank entstehen, in der das empirische Wissen über unterschiedlichste Strukturen auf den verschiedenen Materialien gesammelt wird und die es langfristig ermöglichen soll, auf Basis des Erfahrungswissens ohne zeitraubende Iterationen Strukturen direkt unter den optimalen Ätzbedingungen herzustellen.

Von einem solchen Verfahren verspricht man sich eine deutliche Kostenreduzierung bei der Herstellung von DOE aber auch von refraktiven Mikrooptiken, so dass solche für eine wesentlich größere Zahl von Anwendungen genutzt werden können, als dies heute der Fall ist.