

Dünne funktionale Polymerschichten für die Nanoanalytik und Reaktork

Motivation

Dünne ($10 \text{ nm} < d < 100 \text{ nm}$) und ultradünne ($d < 10 \text{ nm}$) polymere Schichtsysteme eröffnen vielseitige potentielle Anwendungen in der Nanoanalytik, in der Steuerung zellulärer Wachstumsprozesse sowie in der Nanoreaktork. Die mikrostrukturierbaren Schichtsysteme sollten stabil auf Oberflächen haften, im Inneren mit biofunktionalen Einheiten (z.B. Enzyme, Antikörper, Oligo-DNA) modifizierbar sein und sie sollten als Transportsysteme wässriger Reaktanden dienen können.

Stand der Technik

Die mikrostrukturierte Oberflächenfunktionalisierung kann zum einen durch Übertragung geeigneter niedermolekularer Einheiten auf Oberflächen mittels eines Mikrostampelprozesses (Softlithographie) erfolgen, zum anderen lassen sich dünne molekulare Schichten im Sinne molekularer Resistssysteme auch mittels Elektronenstrahlolithographie chemisch funktionalisieren.

Die Anwendung der Elektronenstrahlolithographie zur Oberflächenanbindung und Vernetzung eines geeigneten Polymersystems wurde kürzlich erstmals in der Literatur beschrieben.

Lösungsweg

Die elektronenstrahlolithographische Strukturierung ultradünner Polyethylenoxidschichten (PEO) stellt sich als ausgezeichnete Methode zur Herstellung ultradünner PEO-Hydrogelschichten dar, die bis in den Submikrometerbereich strukturierbar sind (Abb. 1). Der Vernetzungsgrad und damit das Quellvermögen sind durch die Elektronendosis variierbar. Wie in Abb. 2 a,b dargelegt, führt die unterschiedliche Dickenzunahme der verschieden stark vernetzten PEO-Filme zu unterschiedlichen Interferenzfarbenänderungen im reflektierten Licht.

Die zur weiteren Funktionalisierung der Schicht notwendige Reaktivität in der Schicht kann durch die Endgruppen der PEO-Moleküle erreicht werden. So lässt sich durch aminospezifische Fluoreszenzfärbung (Koop. Dr. Opitz / Max-Bergmann-Zentrum) eindeutig die Präsenz reaktiver Aminoendgruppen in der strukturierten Hydrogelschicht nachweisen (Abb. 3). Damit ist die Voraussetzung zur weiteren Funktionalisierung der Gelschichten gegeben. Die weiterführende chemische Umsetzung der Schicht mit aldehydischen Gruppen ermöglicht die reduktive Silberabscheidung innerhalb der PEO-Gelschicht.

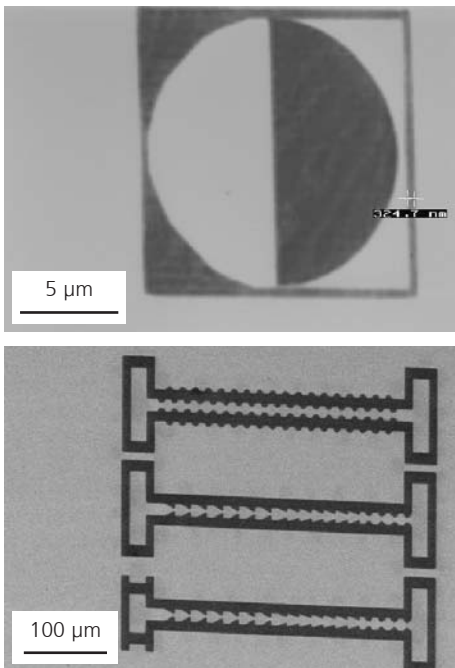


Abb. 1: REM-Aufnahmen elektronenstrahlvernetzter PEO-Strukturen ($d < 400 \text{ nm}$) (Bild: Max-Bergmann-Zentrum für Biomaterialien Dresden)

Am Projekt beteiligte Partner:

- Max-Bergmann-Zentrum für Biomaterialien Dresden

Die zur Silberreduktion angewandte chemische Grundreaktion ist die seit langem bekannte und in der Silber-spiegelherstellung genutzte Aldehyd-reduktion einer ammoniakalischen Silbernitratlösung. Im Gegensatz zur großflächigen Abscheidung einer kontinuierlichen Silberschicht werden bei der Silberreduktion in aminoterminierten PEO-Schichten isolierte nanoskopische Silberpartikel erzeugt, die in der Hydrogelphase immobilisiert sind.

Ziele

Nachdem die Strukturierung, Oberflächenanbindung und Reaktivität der PEO-Hydrogelschichten demonstriert werden konnte, wird die Integration biofunktionaler Moleküle in die Schicht verfolgt. Besonderes Interesse im Sinne einer reaktiven Schichtgestaltung als Teil eines Nanoreaktionssystems gilt dabei Enzymen, wie z.B. Peroxidasen. Die enzymatische Aktivität in den Schichten wird durch analytische Detektion mittels Chemolumineszenz der Schicht nachzuweisen sein.

Die Biotinylierung der Schicht wird als vielseitig anwendbare Modifizierung zur Immobilisierung biofunktionaler Einheiten angesehen. Hierzu gehören Oligo-DNA-Sequenzen ähnlich wie Avidin gelabelte Antikörper, die als Basiselemente molekularer Erkennungsprozesse dienen.

Die Beladung der mikrofluidischen Gelschichten an vordefinierten Orten, der diffusive Stofftransport in den Schichten und die Erzeugung materialwissenschaftlich interessanter Komponenten (kontrollierte Partikelbildung, diffusionsgesteuerte Strukturbildung) durch gesteuerte Reaktion in den Schichtsystemen werden weitere Ziele zukünftiger Arbeiten sein.

Die Kombination der strukturierten Schichtsysteme mit Elektroden-systemen, die eine aktive Steuerung der Transportprozesse ermöglichen können, wird technologisch ebenso bedeutend sein, wie die Kopplung mit neuartigen mikrofluidischen Transportprinzipien wie beispielsweise der Flüssigkeitstransport durch oberflächenakustische Wellen.

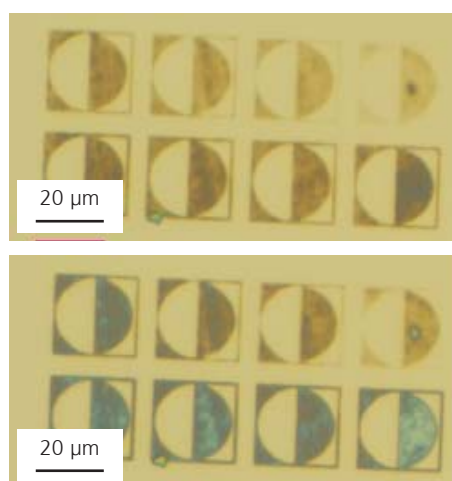


Abb. 2: Schichtdickenänderung (Farbänderung) strukturierter PEO-Schichten unterschiedlicher Vernetzung bei Quellung mit Wasser (Bild: Max-Bergmann-Zentrum für Biomaterialien Dresden)

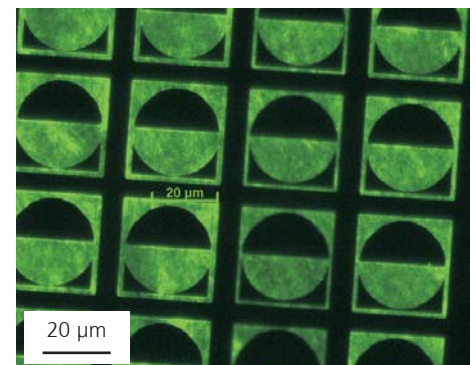


Abb. 3: Spezifische Anlagerung fluoreszenzmarkierter DNA-Moleküle (Dr. Opitz, MBZ) an aminoterminale Gruppen des strukturierten PEO-Hydrogels (Bild: Max-Bergmann-Zentrum für Biomaterialien Dresden)

Ihr Ansprechpartner für weitere Informationen:

Max-Bergmann-Zentrum für Biomaterialien Dresden
Hohe Str. 6
01069 Dresden
Dr. Hans-Georg Braun
Mikrostrukturgruppe
Tel. 0351 / 4658 548
Fax 0351 / 4658 533
Mail braun@ipfdd.de