

Nanotemplate aus Blockcopolymeren mit supramolekularer Struktur

Das Ziel: Nanostrukturierte Materialien

Die aktuelle Entwicklung der Technologien in Richtung Miniaturisierung und Vergrößerung der Strukturichte erfordert neue Lösungswege und die Anwendung neuer Herstellungsprinzipien. Obwohl die Photolithographie gegenwärtig in der Lage ist, Strukturgrößen bis hinunter zu 100 nm herzustellen, steigen die Herstellungskosten dafür stark an, da die Prozesse bei niedrigeren Wellenlängen (Röntgen- oder Elektronenstrahlen) durchgeführt werden müssen.

Deshalb hat das Prinzip der Selbstorganisation mittels chemischer oder physikalischer Triebkräfte als alternativer Weg zum Aufbau periodischer Nanostrukturen mit Strukturgrößen im Bereich von einigen nm bis in den sub-Mikrometer-Bereich erhebliches Interesse geweckt. Selbstgeordnete nanostrukturierte anorganische und organische Materialien öffnen die Möglichkeit zur Herstellung periodischer Arrays. Sie müssen untersucht werden, um sie als Template für eine weitere Strukturierung nutzen zu können.

Obwohl das Phänomen der Selbstorganisation in Block-Copolymeren seit den 60er Jahren bekannt ist, haben die Anforderungen der modernen Technologie zu einer Renaissance dieses Gebietes geführt. Seit 1995 hat das Interesse an Selbstorganisation in ultradünnen (10 - 100 nm) Block-Copolymerfilmen zu einem erheblichen Wachstum auf diesem Forschungsfeld geführt.

Selbstorganisation und molekulare Anordnung

In der Abteilung Nanostrukturierte Materialien des Institutes für Polymerforschung Dresden wird die Anwendung eines speziellen Ansatzes zur Herstellung nanostrukturierter Oberflächen unter Verwendung der Selbstorganisation in Block-Copolymeren untersucht. Er basiert auf der molekularen Anordnung eines der Blöcke mit aktiven Additiven. Die Moleküle der Additive sind relativ beweglich im System und nur mittels Wasserstoffbrücken mit den Monomeren verbunden.

Dies hat zwei wichtige Folgen: Erstens wird die mittels Selbstorganisation erreichte Ordnung verbessert, gut geordnete Strukturen können innerhalb weniger Minuten erhalten werden. Und zweitens können die Additive nachfolgend durch Waschen in einem geeigneten Lösungsmittel entfernt werden, wodurch sie Hohlräume oder Kanäle in hexagonaler Anordnung mit Periodizitäten im Bereich von 10 bis 100 nm hinterlassen. Typische Beispiele derartiger Muster sind in den Abbildungen gezeigt.

Anschließend werden die Zylinder mit Metallen, elektrisch leitfähigen Polymeren usw. gefüllt, um ein Array aus Stäbchen / Punkten nanostrukturierter Materials zu erhalten. Z. B. wurde mit Chrom und Gold besputtert, um zu zeigen, wie Metallnanopunkte oder -nanostäbchen hergestellt werden können. Mittels Elektroablagerung durch Nanomembranen wurden auch Nanostäbchen aus Ni erzeugt.

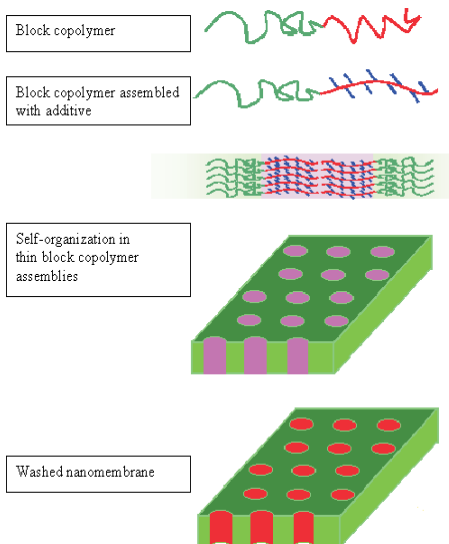


Abb. 1: Selbstorganisation in Block-Copolymeren
(Bild: Leibniz-Institut für Polymerforschung e.V. Dresden)

Am Projekt beteiligte Partner:

- Leibniz-Institut für Polymerforschung e.V. Dresden
- Brandenburgische Technische Universität Cottbus

Es lohnt sich, die ideale Datenspeicherdichte solcher Materialien mit den bekannten Speichermedien zu vergleichen. Dabei enthält unsere Ni-Probe $1,2 \cdot 10^{10}$ Punkte pro mm^2 . Wenn man jeden Punkt als ein Bit einer Information ansieht und die Dichte mit der Informationsdichte einer CD-R vergleicht (700 MByte auf $9\,790\,\text{mm}^2$, entspricht $570\,000\,\text{Bit cm}^{-2}$), bekommt man eine um 21 000 höhere Dichte auf der neuen "Nanofloppy".

In Zusammenarbeit mit Prof. D. Schmeisser von der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus wurden hochinteressante Experimente mit Röntgen-Photoemissionselektronenmikroskopie (XPEEM) mit Synchrotronstrahlung am BESSY durchgeführt. Die Probenherstellung vereint Photolithographie und Mikrophasentrennung in dünnen selbstorganisierten Block-Copolymerfilmen. Während die photolithographisch aufgetragenen Strukturen einer Isolierschicht eine Periodizität von $12\,\mu\text{m}$ haben, liefert der Block-Copolymerfilm Strukturen von $24\,\text{nm}$. Schließlich erzeugt die elektrolytische Abscheidung von Nickel in zwei Strukturebenen Nickelnanopunkte.

Die nächsten Ziele

Unsere nächsten Forschungsziele beinhalten u. a. die Herstellung geordneter Arrays von Nanodrähten, Nanostäbchen und Nanoröhrchen aus magnetischen und elektro-optischen Materialien. Außerdem sollen grundlegende Eigenschaften der molekularen Ordnung von Block-Copolymeren untersucht werden, um damit die Morpho-

logie von Nanotemplaten steuern zu lernen und die geordneten, kristallartigen Domänen bis in den Millimeterbereich ausweiten zu können. Es wird erwartet, dass man auf diese Weise neue nanostrukturierte Materialien mit langreichweitiger Ordnung (Makroskala) erhält.

Die Verwendung neuer selbstorganisierter Materialien auf der Grundlage von Block-Copolymer-Strukturen öffnet neue Horizonte in der modernen Technologie. Natürlich müssen noch viele grundlegende und technische Probleme auf dem langen Weg vom Laborexperiment zur Anwendung gelöst werden. Die Gruppe in der Abteilung Nanostrukturierte Materialien des Instituts für Polymerforschung Dresden beschäftigt sich mit anwendungsorientierter Grundlagenforschung auf diesem und anderen hochinteressanten Gebieten der Polymerphysik, -chemie und Materialwissenschaft.

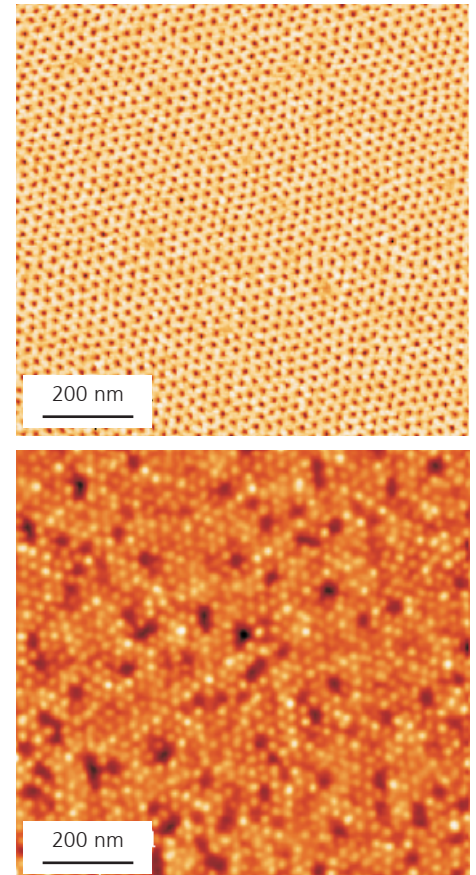


Abb. 2: Nanotemplat (oben) und nanostrukturiertes Material (Ni-Nanostäbchen, unten), hergestellt mittels eines selbstgeordneten Block-Copolymeren (Bild: Leibniz-Institut für Polymerforschung e.V. Dresden)

Ihr Ansprechpartner für weitere Informationen:

Leibniz-Institut für Polymerforschung
e.V. Dresden
Hohe Str. 6
01069 Dresden
Dr. Alexander Sydorenko
Tel. 0351 / 4658 271
Fax 0351 / 4658 281
Mail sydorenko@ipfdd.de