

Forschungsschwerpunkte

Baukastensystem für die Nanophysik

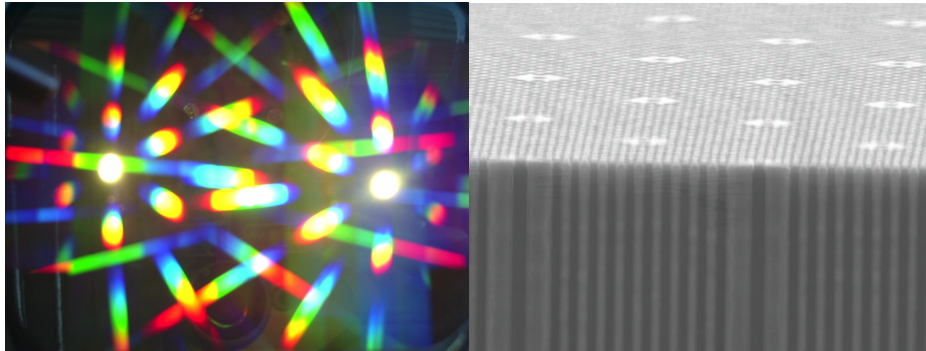
Ziel der Arbeiten von Ralf Wehrspohn ist es durch Kombination von Selbstordnung und Lithographie perfekt geordnete 2D- und 3D-Nanostrukturen herzustellen. Dies ist dem Team um Ralf Wehrspohn sowohl für die Materialsysteme makroporöses Silizium als auch poröses Aluminiumoxid gelungen. Dabei sind die Strukturgrößen im Bereich von zehn Nanometern bis einige Mikrometer. Mittels neu entwickelter Methoden gelang die Replikation dieser monodispersen, hochgeordneten Porenstrukturen sowohl mit Metallen (Nikel, Cobalt, Silber, Gold, ...) als auch mit Polymeren. Dabei wurde ein Verfahren entwickelt, welches jedes Polymer, das im flüssigen Zustand prozessierbar ist, in Polymernanoröhrchen abformen kann.

Dieses Baukastensystem ermöglicht das Studium der Kopplung und der Interferenzen unterschiedlichster Wechselwirkungen und ist damit Modellsystem für die Physik und die Photonik, *sui generis*. Beispiel sind Photonische Kristalle und magnetische Nanostabensembles. Weitere Anwendungen liegen in der Nanobiotechnologie sowie der Plasmonik.

Photonische Kristalle

Bei Photonischen Kristallen, die erstmals von Eli Yablonovitch und Sajeev John diskutiert wurden, handelt es sich um eine neue Materialklasse, deren Mitglieder sich durch einen räumlich periodisch variierenden Brechungsindex auszeichnen. Die damit verbundenen Mehrfachstreuungen an "dielektrischen Atomen" führen in Analogie zur Ausbreitung elektronischer de Broglie Wellen in einem Halbleiterkristall zur Ausbildung einer photonischen Bandstruktur, welche für gewisse Frequenzbereiche vollständige photonische Bandlücken aufweisen kann. Man erhält also einen "Halbleiter für Licht". Wiederum in Analogie zu elektronischen Halbleitern sollte dabei die Periodizität des zugrundeliegenden Gitters von der Größenordnung der Wellenlänge der betrachteten elektromagnetischen Strahlung sein. Wegen den extremen Miniaturisierungsanforderungen ist es daher aufgrund bedeutender Fortschritte in der Nanotechnologie erst seit kurzem aussichtsreich, derartige Photonische Kristalle für optische Frequenzen bzw. für die in der Telekommunikation wichtigen Frequenzfenster im nahen Infrarot (bei Wellenlängen um 1.3 bzw. 1.5 μm) künstlich herzustellen. Als gesichert gilt, daß ihnen bei der Realisierung neuartiger optischer Bauelemente eine Schlüsselrolle zukommen wird. Neben diesen bedeutenden technologischen

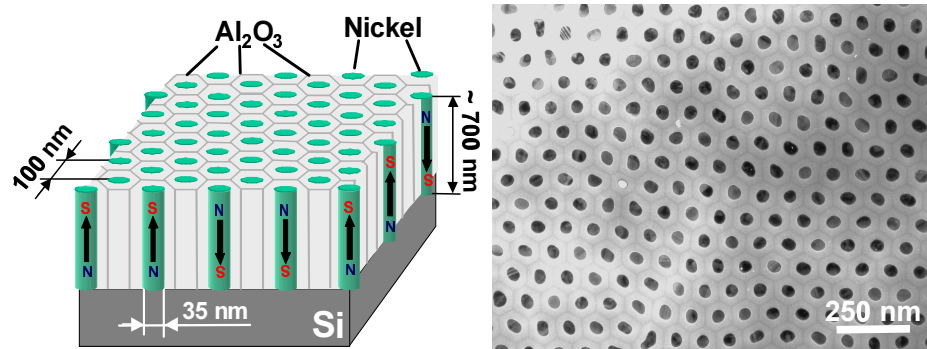
Aspekten, eröffnen sie auch der Grundlagenforschung, insbesondere der nichtlinearen Optik, der Plasmonik sowie der Quantenoptik, völlig neue Wege.



Links: Oberflächenreflexe von 2D-Photonischen Kristallen mit Weisslicht. Die hexagonale Symmetrie des Gitters sowie die Dispersion des 2D-Gitters ist in den Reflexen deutlich zu erkennen. Rechts: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Photonischen Kristall mit Mikrokavitäten (www.mpi-halle.de/pbg).

Magnetische Nanostab-Ensembles

In den vergangenen Jahrzehnten haben magnetische Datenspeicher eine entscheidende Rolle in der rasanten Entwicklung der Informationstechnologie gespielt. Seit 1991 ist die Speicherdichte von kommerziell erhältlichen Festplatten jährlich um 60 % gestiegen. Bei kommerziellen Dünnschichtfestplatten wird eine Informationseinheit (1 Bit) über 100 bis 1000 ferromagnetische Kristallite verteilt auf der Datenträgeroberfläche gespeichert, deren Magnetisierungsrichtung sich in der Ebene befindet. Die enorme Steigerung der Speicherdichten wurde durch eine Verringerung der Kristallitgrößen erreicht. Ferromagneten werden unter kritischen Größe von 10 – 14 nm superparamagnetisch und damit mageto-thermisch instabil. Die Speicherung von Daten über lange Zeiträume ist nicht mehr gewährleistet. Eine Möglichkeit die Speicherdichte über das superparamagnetische Limit auszudehnen, basiert auf der Anordnung von nanometergroßen eindomänigen Ferromagneten in einem quadratischen oder hexagonalen zweidimensionalen Gitter. Jedes magnetische Element ist eindomänig und speichert eine Informationseinheit. Um die Fläche zur Datenspeicherung auf ein Minimum zu reduzieren, befindet sich die Magnetisierungsrichtung senkrecht zur Ebene des Speichermediums. Ideal wäre ein gestreckter zylinderförmiger Ferromagnet dessen Zylinderachse senkrecht zur Ebene orientiert ist, sodass sich aufgrund der Form die Magnetisierung nur entlang der Stabachse ausrichten kann. Im Prinzip kann die Speicherdichte eines strukturierten Datenmediums um eine Größenordnung höher sein, als dies mit den herkömmlichen Festplatten möglich ist. Zum Beispiel bei einer hexagonalen Anordnung von Nano-Stabmagneten mit einem periodischen Abstand von $D_{int} = 50 \text{ nm}$ beträgt die Speicherdichte 300 Gbit/in^2 .



Das linke Bild zeigt schematisch, wie die magnetischen Nanostäbe auf dem Siliziumwafer sitzen. Rechts: transmissionselektronenmikroskopische Aufnahme eines magnetischen Nanostab-Ensembles (www.mpi-halle.de/pbg)