

Universität Hamburg, Jungiusstr. 11, 20355 Hamburg

Sonderforschungsbereich 668

Institut für Angewandte Physik

Universität Hamburg

Jungiusstr. 11

20355 Hamburg

Heiko Fuchs

Öffentlichkeitsarbeit

Tel.: (0 40) 428 38 – 69 59

Fax: (0 40) 428 38 – 24 09

hfuchs@physnet.uni-hamburg.de

## Pressemitteilung

Hamburg, 09.02.2010

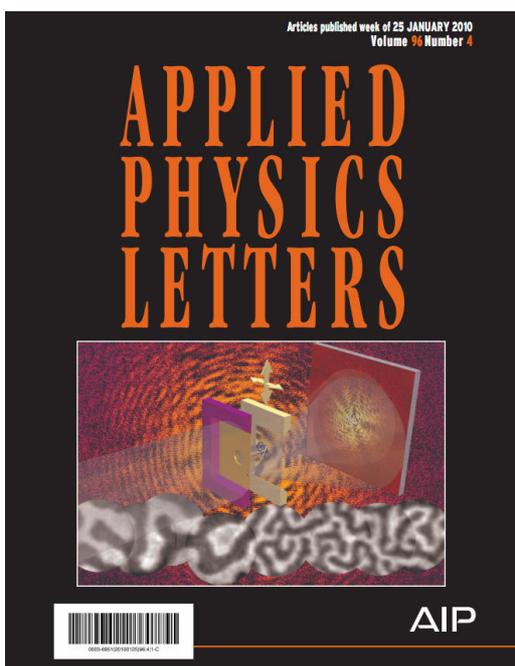
### Hologramme aus dem Nanokosmos

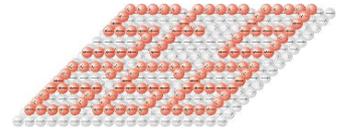
Jeder kennt aus dem Alltag die Hologramme, die beispielsweise auf Kreditkarten als Sicherheitsmerkmale angebracht sind. Im Unterschied zum Foto eines Objektes, das nur die Amplitude der Lichtwelle, die von einem Objekt ausgeht, aufzeichnet, enthält ein Hologramm zusätzlich die örtliche Information über die Phase der Lichtwelle. Bei geeigneter Beleuchtung des Hologramms wird die ursprüngliche Wellenfront phasenrichtig wiederhergestellt und der Betrachter erhält einen dreidimensionalen Eindruck des Objektes.

Aber nicht diese Eigenschaft der Holografie steht im Mittelpunkt, wenn es um die Abbildung kleinster Strukturen geht, sondern die Tatsache, dass für die Aufzeichnung eines Hologramms keinerlei Linsen benötigt werden. Für die Untersuchung nanometergroßer Strukturen wird Licht mit mindestens ebenso kleiner Wellenlänge benötigt (weiche Röntgenstrahlung). Die einzigen Linsen die in diesem Wellenlängenbereich funktionieren (sog. Fresnel-Zonenplatten) sind sehr aufwändig herzustellen und liefern trotzdem eine um eine Größenordnung schlechtere Abbildungsqualität als Linsen für sichtbares Licht.

Die Vorgehensweise bei der linsenlosen Aufzeichnung eines Hologramms besteht darin, die Lichtwelle - nachdem sie das Objekt durchstrahlt hat - bei der Aufzeichnung mit einer Referenzwelle bekannter und dazu stabiler (kohärenter) Phase zu überlagern (Interferenz). Als Referenzwelle dient eine Kugelwelle, die von einem wenige Nanometer großen Loch direkt neben dem Objekt ausgeht. Kohärente Röntgenstrahlen stehen an modernen Synchrotron-Quellen oder an den neuen Freie-Elektronen-Lasern wie dem Hamburger FLASH mit größter Helligkeit zur Verfügung, so dass seit einigen Jahren Verfahren zur holografischen Abbildung von Nanostrukturen erprobt werden.

Eine Arbeitsgruppe des Sonderforschungsbereichs 668 in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern vom DESY in Hamburg und der ESRF in Grenoble hat kürzlich das erste voll funktionsfähige Mikroskop für die Holografie von Nanostrukturen vorgestellt. Dabei erlaubt der neuartige Aufbau aus zwei direkt hintereinander angeordneten und präzise gegeneinander verschiebbaren Siliziumnitrid-Membranen eine beliebige Stelle des zu untersuchenden Objekts gezielt anzufahren und abzubilden, was mit den bisher bekannten Verfahren nicht möglich war. Der Trick





besteht darin (Abb.1), die optisch wirksamen Komponenten - das sind ein Mikrometer großes Loch für die Wahl des Bildausschnitts und das kleine Loch für die Erzeugung der Referenzwelle - aus einer eigenen, undurchlässigen Membran herzustellen. Das Objekt wird dagegen auf einer zweiten, durchlässigen Membran präpariert, die separat gewechselt werden kann.

Die Hologramme der einzelnen Bildausschnitte eines ausgedehnten Objekts werden in einem sehr einfachen Verfahren (FFT) am Computer rekonstruiert und die Bilder anschließend zusammengesetzt. Weiche Röntgenstrahlung bietet die Möglichkeit der selektiven Abbildung einzelner chemischer Elemente oder auch deren lokaler Magnetisierung, was sich je nach Fragestellung gezielt ausnutzen lässt (siehe Abb. 2). Die Zeitstruktur der Röntgenpulse verspricht darüber hinaus Information hin zu der Pikosekunden-Skala. Gegenwärtig wird an einer Verbesserung der Ortsauflösung auf 10 nm gearbeitet. Die Fachzeitschrift „Applied Physics Letters“ bewertete die Technik der „Röntgen-Holografischen Mikroskopie“ (XHM) als so vielversprechend, dass sie der Veröffentlichung ein eigenes Titelblatt widmete.

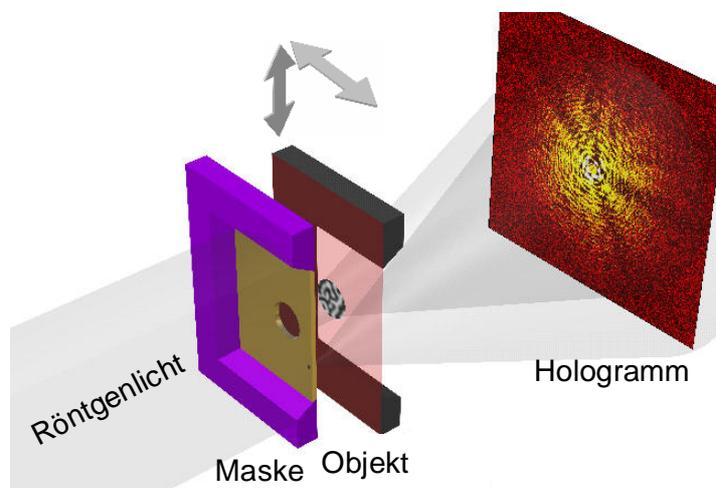


Abb. 1 Von links kommend fällt das Licht durch beide Membranen und bildet das Hologramm auf der Kamera (rechts).

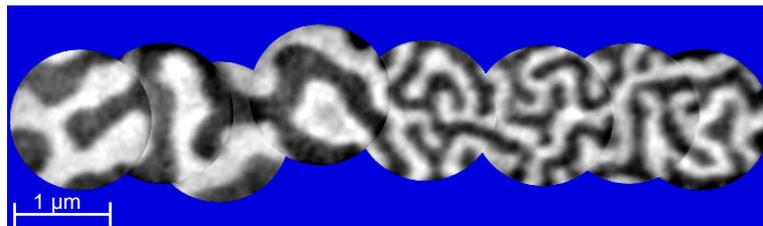


Abb. 2 Magnetische Domänenstruktur eines Co/Pt-Films unter dem Einfluss einer von links nach rechts ansteigenden Eisenbedeckung.

*D. Stickler, R. Frömter, H. Stillrich, C. Menk, C. Tieg, S. Streit-Nierobisch, M. Sprung, C. Gutt, L.-M. Stadler, O. Leupold, G. Grübel, and H. P. Oepen, „Soft x-ray holographic microscopy“, Appl. Phys. Lett. **96**, 042501 (2010).*

Dipl.-Chem. Heiko Fuchs  
Sonderforschungsbereich 668  
Universität Hamburg  
Institut für Angewandte Physik  
Jungiusstr. 11A  
20355 Hamburg

Tel.: (0 40) 4 28 38 - 69 59  
Fax.: (0 40) 4 28 38 - 24 09  
E-Mail: hfuchs@physnet.uni-hamburg.de  
URL: <http://www.sfb668.de>