

PRESSEMITTEILUNG

Schärfer sehen mit Röntgenlicht: HZB Team entwickelt dreidimensionale Röntgenoptiken für Volumenbeugung

Berlin, 18. Juni 2014

Weitere Informationen:

Dr. Stephan Werner
Institut Weiche Materie und Funktionale Materialien
Tel.: +49 (0)30-8062-13181
stephan.werner@helmholtz-berlin.de

Dr. Stefan Rehbein
Tel.: +49 (0)30-8062-13165

Dr. Peter Guttman
Tel.: +49 (0)30-8062-14749

Dr. Gerd Schneider
Tel.: +49 (0)30-8062-13131

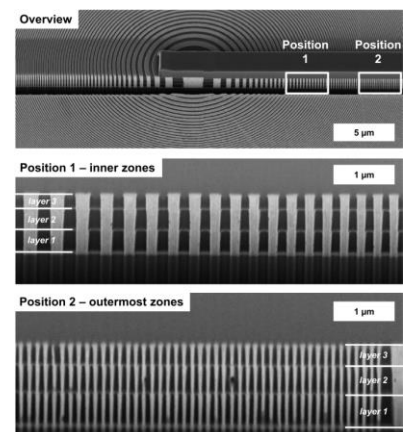
Pressestelle

Dr. Antonia Rötger
Tel.: +49 (0)30-8062-43733
Fax: +49 (0)30-8062-42998
antonia.roetger@helmholtz-berlin.de

HZB-Physiker haben ein Verfahren entwickelt, mit Hilfe dessen zukünftig die Auflösung in der Röntgenmikroskopie deutlich erhöht und ein Vielfaches des Röntgenlichtes für die Abbildung genutzt werden kann. Sie erzeugen dafür eine dreidimensionale Röntgenoptik für Volumenbeugung, die aus übereinander gestapelten Fresnel-Zonenplatten besteht. Diese dreidimensionalen Nanostrukturen fokussieren das einfallende Röntgenlicht wesentlich effizienter und ermöglichen die Auflösung auf unter 10 Nanometern zu verbessern. Solche neuartigen Röntgenoptiken sollen zukünftig auch den Nutzern an der Synchrotronquelle BESSY II zur Verfügung stehen. Sie ermöglichen es, Strukturen in biologischen Proben noch präziser als bisher zu untersuchen, sind aber auch für die Forschung an Nanostrukturen wichtig, die zum Beispiel in neuen Batteriesystemen zum Einsatz kommen.

In der Mikroskopie begrenzt die Wellenlänge des Lichts die Auflösung. Sichtbares Licht kann Strukturen im Bereich von einem viertel Mikrometer voneinander trennen, während das deutlich kurzwelligere Röntgenlicht im Prinzip Strukturen bis in den Bereich von wenigen Nanometern auflösen kann. Zudem dringt Röntgenlicht auch tiefer in die Proben ein, so dass auch eingebettete, innere Strukturen von dreidimensionalen Proben untersucht werden können. Doch während Licht im sichtbaren Bereich durch Brechungsinsen aus Glas gebündelt werden kann, gelingt dies mit weichem Röntgenlicht nicht. Um Röntgenlicht für Abbildungen zu nutzen, arbeitet man daher mit so genannten Fresnel-Zonenplatten aus konzentrischen Ringen, die aus Metallen wie Nickel oder Gold bestehen. Dabei wird das Röntgenlicht durch die Ringstrukturen gebeugt, wobei sich die Beiträge der verschiedenen Zonen im Fokuspunkt konstruktiv überlagern. So können Fresnel-Zonenplatten als Objektive Röntgenlicht fokussieren oder in Röntgenmikroskopen eingesetzt werden. Hierbei gibt die kleinste herstellbare Ringbreite die erzielbare Auflösung vor, die bislang bei etwa 10 Nanometern liegt.

Eine Steigerung der Auflösung auf unter 10 Nanometer wirft fundamentale physikalische wie auch technologische Probleme auf. Einerseits ist es technologisch extrem herausfordernd, quasi periodische Zonenstrukturen mit einer Ringbreite von weniger als 10 Nanometern und einer Strukturhöhe im Bereich einiger 100 Nanometern herzustellen. Andererseits zeigen theoretische Berechnungen, dass solche Optiken mit abnehmender Ringbreite zunehmend ineffizient wären und schlicht zu wenig Licht sammeln würden. Dieses Dilemma kann mit Hilfe der „Volumenbeugung“ gelöst werden: Diese erfordert jedoch



Unter dem Rasterelektronenmikroskop wird sichtbar, wie genau die drei Fresnel-Zonenplatten übereinander positioniert werden konnten. Mit solchen 3D-Röntgenoptiken lassen sich Auflösung und Lichtstärke deutlich steigern.
Bild: S. Werner/HZB

Zonenstrukturen mit radial wachsenden Kippwinkeln und abnehmenden Zonen-Höhen, d.h. eine dreidimensional strukturierte Röntgenoptik. „Theoretisch könnte so fast 100 Prozent des einfallenden Lichts für die Abbildung genutzt werden“, erklärt Dr. Stephan Werner von der Arbeitsgruppe Mikroskopie am HZB-Institut für Weiche Materie und Funktionale Materialien.

Um eine dreidimensionale Röntgenoptik zu erzeugen, haben die HZB-Experten nun drei Fresnel-Zonenplatten nahezu perfekt übereinander positioniert. „Wir haben ein Verfahren entwickelt, das es ermöglicht, Schichten aus Fresnel-Zonenplatten mit einer Präzision von weniger als 2 Nanometern übereinander zu positionieren“, sagt Dr. Gerd Schneider, der die Arbeitsgruppe Mikroskopie leitet. Die ersten Messungen zeigen, dass schon diese Strukturen deutlich mehr Licht für die Abbildung nutzen als konventionelle Fresnel-Zonenplatten. „Wenn es uns demnächst gelingt, fünf Zonenplatten aufeinander zu positionieren, wird ein Vielfaches des bisher genutzten Röntgenlichts für die Abbildung verwendet“, sagt Werner.

Im Fachjournal Nano Research berichtet das HZB-Team über die Entwicklung der neuartigen Röntgenoptik. Demnächst können auch die Nutzer an BESSY II von diesem Fortschritt profitieren. Denn die Röntgenmikroskopie ist eine wichtige Methode für ganz unterschiedliche Fragestellungen, zum Beispiel in den Lebenswissenschaften, um Zellorganellen, Viren oder Nanopartikel innerhalb von Zellen zu untersuchen, aber auch in der Material- und Energieforschung, zum Beispiel, um Prozesse in neuartigen elektrochemischen Energiespeichern in situ abzubilden.

Nano Research 2014, 7(4): 528–535
DOI 10.1007/s12274-014-0419-x

Das **Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB)** betreibt und entwickelt Großgeräte für die Forschung mit Photonen (Synchrotronstrahlung) und Neutronen mit international konkurrenzfähigen oder sogar einmaligen Experimentiermöglichkeiten. Diese Experimentiermöglichkeiten werden jährlich von mehr als 2500 Gästen aus Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen weltweit genutzt. Das Helmholtz-Zentrum Berlin betreibt Materialforschung zu solchen Themen, die besondere Anforderungen an die Großgeräte stellen. Forschungsthemen sind Materialforschung für die Energietechnologien, Magnetische Materialien und Funktionale Materialien. Im Schwerpunkt Solarenergieforschung steht die Entwicklung von Dünnschicht-Solarzellen im Vordergrund, aber auch chemische Treibstoffe aus Sonnenlicht sind ein wichtiger Forschungsgegenstand. Am HZB arbeiten rund 1100 Mitarbeiter/innen, davon etwa 800 auf dem Campus Lise-Meitner in Wannsee und 300 auf dem Campus Wilhelm-Conrad-Röntgen in Adlershof.

Das HZB ist Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V., der größten Wissenschaftsorganisation Deutschlands.