



Pressemitteilung, 13.12.2007 Sperrfrist bis 13.12.2007, 20.00 Uhr (MEZ)

Eva-Maria Diehl
Öffentlichkeitsarbeit

Tel: +49 89 8578-2824
Fax: +49 89 8578-2943
diehl@biochem.mpg.de
www.biochem.mpg.de

Kristall zu Metall - Umwandlung auf der Nanoskala

Eine internationale Kollaboration findet Beweis für Mottschen Phasenübergang

Durch neuartige "Nahfeld" - Mikroskopie konnte im MPI für Biochemie (Martinsried bei München) erstmals das spontane Entstehen winziger metallischer Bereiche beobachtet werden, die die Umwandlung eines nicht leitfähigen Kristalls in ein Metall auslösen.

Dieses Forschungsergebnis kann unser Verständnis der Supraleiter (Metalle, die den Strom ohne jeden Verlust leiten) erleichtern, oder auch die Suche nach besseren Leitern für Hochgeschwindigkeitsrechner.

In der am heutigen Freitag, 14.12.2007, in *Science* erscheinenden Veröffentlichung stellen Markus Brehm und Fritz Keilmann mit ihren internationalen Kollegen einen neuen experimentellen Ansatz zur lange offenen Problematik des Mottschen Isolator-Metall Phasenübergangs in Vanadiumdioxid vor. Die Mitautoren sind Mumtaz Qazilbash, Greg Andreev, Brian Maple und Dimitri Basov in der University of California, San Diego, Alexander Balatsky im Los Alamos National Laboratory, sowie Byung-Gyu Chae, Hyun-Tak Kim und Sun-Jin Yun im Electronics and Telecommunications Research Laboratory, Daejeon, Korea.

Materialien wie das metallische Kupfer enthalten viele bewegliche Elektronen, die den elektrischen Strom tragen. Wie auch in Aluminium, Gold oder Silber behindern sich die Elektronen nicht, sondern bewegen sich frei durch das Kristallgitter der Atome. In komplexeren Oxid-Materialien wie Vanadiumdioxid spüren die Elektronen aber positive und negative Ladungen der Atome und können in ihrer Bewegung behindert werden. Physiker nennen sie "korrelierte Materialien". Beispielsweise sind Supraleiter korrelierte Materialien, oder auch Halbleiter, also Kristalle mit nur wenigen Fremdatomen, die jeweils ein einzelnes bewegliches Elektron beisteuern. Solche korrelierten Materialien können ausserordentliche Veränderungen ihrer physikalischen Eigenschaften aufweisen und sich beispielsweise von einem Nichtleiter in ein Metall verwandeln, wenn man sie leicht unter Druck setzt oder erwärmt.

Vanadiumdioxid beginnt bei 68°C leitfähig zu werden und ist bereits bei 71°C in ein Metall umgewandelt, bei Abkühlung verschwindet die Leitfähigkeit wieder. Seit grundlegenden Theorieüberlegungen von Sir Neville Mott rätseln Festkörperphysiker, wie man dem Isolator-Metall-Phasenübergang experimentell beikommen könnte. Auf die Erfolgsspur brachte den US-Spektroskopiker D.N. Basov und seinen Theoriepartner A. Balatsky ihr Interesse an elektronischer Phasenseparation, dem spontanen Auftreten von feinsten Inhomogenitäten, die möglicherweise in vielen korrelierten Materialien vorkommen. Diese sichtbar zu machen bedurfte es eines "Vergrößerungsglases für die Nanowelt", also für Gebilde mit Abmessungen zwischen denen der Atome und ausgewachsenen Mikrokristallen.

Das Infrarot-Nanoskop der Arbeitsgruppe Keilmann war das rechte Instrument zur rechten Zeit. Diese einzigartige Entwicklung hatte schon früher herausragende Veröffentlichungen ermöglicht und kürzlich einzelne Viren von weniger als 20 nm Dicke (ein Menschenhaar ist 80 000 nm dick) oder moderne Transistoren von 65 nm Länge im Infrarotkontrast abgebildet. Jetzt kam D.N. Basov mit Vanadiumdioxid-Kristallen aus Korea zu einer erfolgreichen Messkampagne nach Martinsried. Postdoktorand M. Brehm sah den zunächst strukturlosen Kristall bei Erreichen der kritischen Temperatur plötzlich von Myriaden winziger metallischer Bereiche durchsetzt, die zunehmend grösser wurden und zusammenwuchsen. Die in feinen Temperaturintervallen aufgenommenen Infrarotbilder enthüllten in der mathematischen Ausarbeitung die unerwartete Existenz eines Materialzustandes besonders hoher Elektronenkorrelation, der gerade und nur in der nanoskalig-inhomogenen Phase der Materialumwandlung vorkommt.

Das Infrarot-Nanoskop mit seiner langen Wellenlänge von 10 000 nm kann so winzige Gebilde nur deshalb erkennen, weil das Licht von der Tastspitze quasi nachfokussiert wird (diese Wirkung ähnelt dem Einfangen von Rundfunk durch eine Autoantenne). Die metallischen Bereiche spiegeln das auf 20 nm konzentrierte Infrarotlicht besonders gut und treten so im Infrarotbild deutlich hervor.

Die gewonnenen Erkenntnisse dürften weltweit zum besseren physikalischen Verständnis dafür beitragen, wie sich geladene Teilchen durch korrelierte Materialien bewegen. Sie könnten die Materialexperten dazu bringen, die Dotierung mit Atomen zwecks Steuerung der Leitfähigkeit oder der Supraleitungsschwelle zu optimieren. Andersherum liessen sich vielleicht auch vollständig strom- oder magnetfeldabweisende Materialien massschneiden. "Wir sind natürlich begeistert dass hier vier Arbeitsgruppen verschiedener Ausrichtung (Theorie, Spektroskopie, Optik und Materialforschung) gemeinsam die erste Anwendung unseres Infrarot-Nanoskops zur Lösung eines Fundamentalproblems der Festkörperphysik zeigen"—(F. Keilmann).

Original-Veröffentlichung:

M.M. Qazilbash, M. Brehm, B.-G. Chae, P.-C. Ho, G.O. Andreev, B.-J. Kim, S.J. Yun, A.V. Balatsky, M.-P. Maple, F. Keilmann, H.-T. Kim, and D.N. Basov

"Mott Transition in VO₂ Revealed by Infrared Spectroscopy and Nanooptical Imaging", Science, 14. Dec. 2007

Kontakte:

Dr. Fritz Keilmann

Max-Planck-Institut für Biochemie
Abteilung Molekulare Strukturbiologie
Am Klopferspitz 18
82152 Martinsried, Germany
Tel. +49 89 8578 2617
keilmann@biochem.mpg.de
www.biochem.mpg.de/keilmann/

Prof. Dimitri N. Basov

Department of Physics
University of California, San Diego
La Jolla, California CA92093 USA
Office 858 822 12 11
Cell: 858 699 6297
dbasov@physics.ucsd.edu
http://infrared.ucsd.edu/



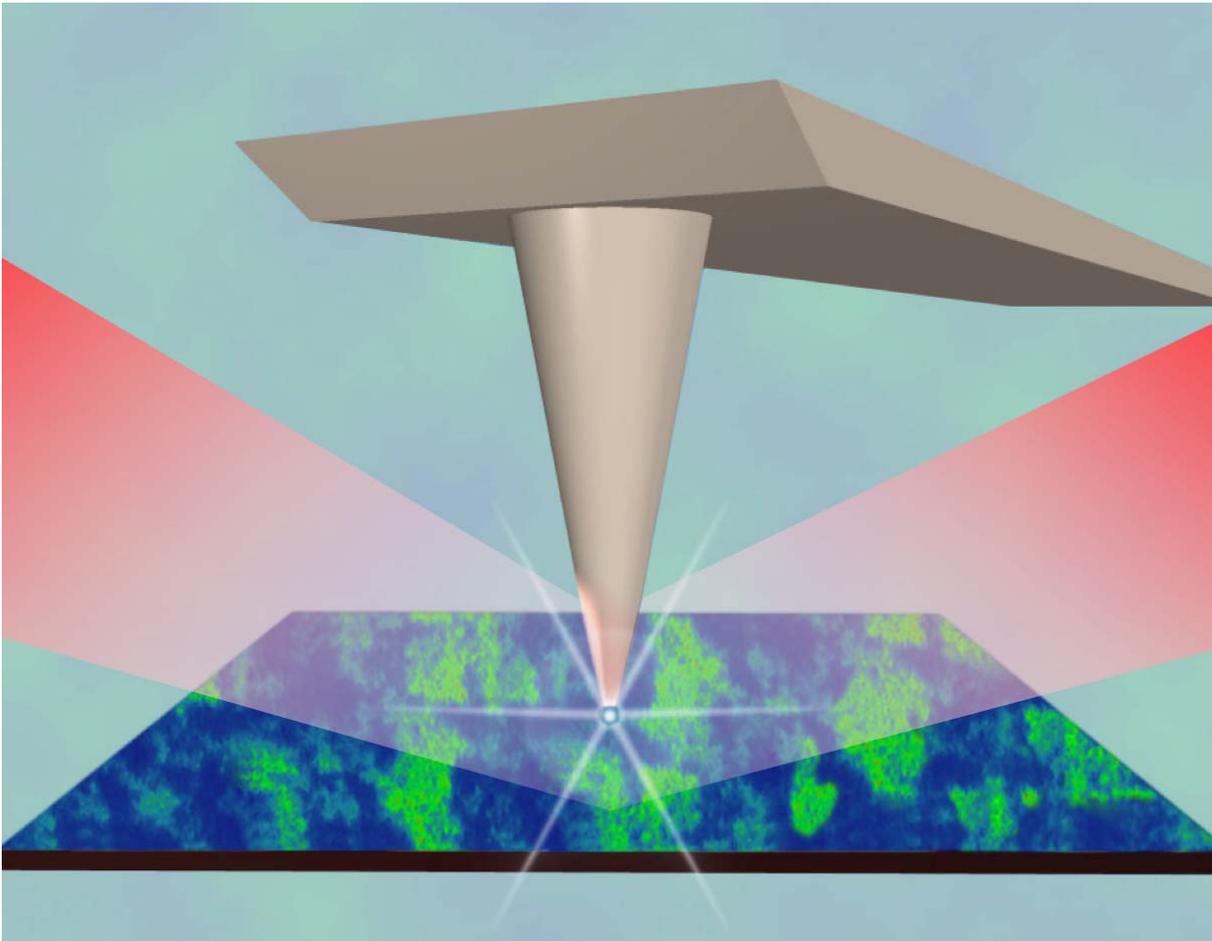


Abbildung 1. Das Infrarot-Nanoskop basiert auf einem AFM (Kraftmikroskop), dessen Tastspitze den Infrarotstrahl ausserordentlich scharf nachfokussiert, auf ca. 20 nm Durchmesser. Die Raster-Aufzeichnung des ausgestreuten Infrarotlichts ergibt das hochdetaillierte Infrarotbild, hier von der Metallverteilung in VO₂.

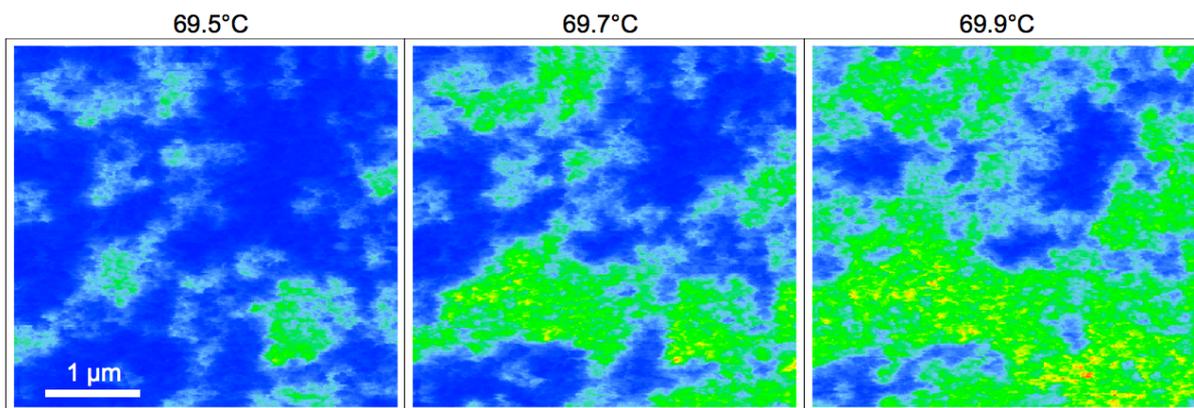


Abbildung 2. Infrarot-Schnappschüsse während des Aufwärmens eines VO₂ Kristalls im kritischen Temperaturbereich des Mottischen Phasenübergangs. Die Verwandlung von Nichtleiter in Metall geschieht durch spontanes Entstehen und Zusammenwachsen individueller, nanoskaliger Metallbereiche.