

5.585 Zeichen
Abdruck honorarfrei
Beleg wird erbeten



Das Bayreuther Forschungsteam: Prof. Dr. Natalia Dubrovinskaia und Prof. Dr. Leonid Dubrovinsky (Mitte) mit den Nachwuchswissenschaftlern Dr. Maxim Bykov (li.) und Dr. Elena Bykova (re.), die vor kurzem ihre Dissertationen an der Fakultät für Mathematik, Physik und Informatik und in der Bayreuther Graduiertenschule für Mathematik und Naturwissenschaften (BayNAT) abgeschlossen haben. Foto: Pressestelle Universität Bayreuth.

In „Nature“: Rekord in der Hochdruckforschung erzeugt bisher unbekannte Materiezustände

Bei einem Kompressionsdruck von mehr als 770 Gigapascal – dem höchsten Druck, der bisher im Labor erzeugt wurde – ändert sich das Elektronenverhalten in Osmium, dem Element mit der höchsten bekannten Massendichte, auf eine äußerst ungewöhnliche Weise. Kernelektronen, die normalerweise passiv sind, treten miteinander in Wechselwirkung. Darüber berichtet eine internationale Forschungsgruppe unter der Leitung von Prof. Dr. Natalia Dubrovinskaia und Prof. Dr. Leonid Dubrovinsky an der Universität Bayreuth im Forschungsmagazin „Nature“. Der jetzt erstmals beobachtete Effekt lässt vermuten, dass unter extremen Drücken weitere, bisher unbekannte Materiezustände entstehen könnten.



Die neuen Erkenntnisse, an denen in Deutschland auch Wissenschaftler am Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg mitgewirkt haben, können das Verständnis von Strukturen und Prozessen in extrem komprimierter Materie weiter voranbringen und das Design hochbelastbarer Funktionsmaterialien fördern. Sie können zudem die Astrophysik bei der Modellierung des Inneren von großen Planeten und Sternen unterstützen.

Osmium unter Hochdruck

Osmium ist ein Platinmetall, das in der Erdkruste sehr selten vorkommt und sich durch eine außerordentliche Härte auszeichnet. In keinem anderen chemischen Element ist das Verhältnis von Masse zu Volumen derart hoch. Und kein anderes Element ist so widerstandsfähig gegenüber Kompressionsdrücken. Eine internationale Forschungsgruppe aus Deutschland, Frankreich, Schweden, den Niederlanden und den USA hat Eigenschaften und Strukturen dieses ungewöhnlichen Metalls jetzt erstmals bei stetig steigenden Drücken analysiert. Zweistufige Diamantstempelzellen machten es möglich, den Druck auf eine Rekordhöhe von mehr als 770 Gigapascal zu steigern. In keinem anderen Labor der Welt wurde bisher bei Raumtemperatur ein derart hoher Kompressionsdruck erzielt – mehr als doppelt so hoch wie der Druck, der im inneren Erdkern herrscht.

Prof. Dubrovinskaia und Prof. Dubrovinsky in Bayreuth haben die Forschungsarbeiten koordiniert. Erst vor wenigen Jahren wurden von ihnen die leistungsstarken Stempelzellen entwickelt. Diese enthalten zwei Stempel aus Nanodiamanten, deren halbrunde Köpfe einander exakt gegenüber liegen. Dazwischen wird die Materialprobe platziert. Die Stempel haben jeweils einen Durchmesser von rund 10 bis 20 Mikrometern, also zwischen 0,01 bis 0,02 Millimetern. Aufgrund der winzigen Korngröße der Nanodiamanten, die unterhalb von 50 Nanometern liegt, sind sie extrem belastbar.

Ein bisher unbekannter Effekt:

Extremer Druck beeinflusst das Verhalten von Elektronen

Während der enormen Steigerung des Kompressionsdrucks blieb die hexagonale Grundstruktur des Osmiums durchweg erhalten. Bei rund 150 Gigapascal aber trat erstmals eine Anomalie im Aufbau der kristallinen Elementarzellen auf. Diese Strukturänderung ließ sich mit bekannten physikalischen Vorgängen erklären. Doch eine weitere Anomalie, die in den



Prof. Dr. Natalia Dubrovinskaia und Prof. Dr. Leonid Dubrovinsky an einem Mikromanipulator, mit dem Proben für die Untersuchung in zweistufigen Diamantstempelzellen vorbereitet werden.
Foto: Pressestelle Universität Bayreuth.

Elementarzellen bei etwa 440 Gigapascal beobachtet werden konnte, überraschte die Forscher. „Hier führen konventionelle Erklärungen nicht weiter. Vielmehr sieht es so aus, als ob die Strukturänderung durch bisher unbekannte Verhaltensweisen der Kernelektronen verursacht wird“, erklärt Prof. Dubrovinskaia.

Kernelektronen befinden sich in unmittelbarer Nähe der Atomkerne und sind an chemischen Bindungen nicht beteiligt. Dies unterscheidet sie von den sogenannten Valenzelektronen, die von den Atomkernen deutlich weiter entfernt sind. Valenzelektronen lösen sich von der räumlichen Zugehörigkeit zu ihren jeweiligen Atomen und bilden ‚elektronische Bänder‘, so dass chemische Bindungen zwischen verschiedenen Atomen entstehen. Unter den hohen, stetig ansteigenden Kompressionsdrücken bleiben die Kernelektronen aber nicht länger in ihren ursprünglichen, klar unterscheidbaren Zuständen. Sie beginnen miteinander zu interagieren – und zwar, wie theoretische Berechnungen zeigen, bei 392 Gigapascal. „Die Strukturänderungen des Osmiums, die wir bei rund 440 Gigapascal im Experiment beobachtet haben, lassen sich daher mit Interaktionen der Kernelektronen gut erklären“, so Prof. Dubrovinskaia.



Eine vielversprechende Richtung der Materialforschung

Die Autoren des „Nature“-Beitrags schlagen für die sehr ungewöhnlichen Interaktionen der Kernelektronen, deren Zustände dabei ineinander übergehen, die Bezeichnung „Core Level Crossing Transition“ vor. „Hier eröffnet sich ein vielversprechendes Gebiet für weitere Untersuchungen“, meint Prof. Dubrovinsky. „Denn wenn extrem hohe Drücke imstande sind, sogar in einem innerlich sehr stabilen Metall wie Osmium ein neuartiges Elektronenverhalten auszulösen und so die Materialstrukturen zu ändern, lassen sich möglicherweise noch andere bisher unbekannte Materiezustände erzeugen. Nicht zuletzt deshalb ist die Hochdruckforschung, wie wir sie hier an der Universität Bayreuth betreiben, ein vielversprechender Forschungszweig“, fügt der Bayreuther Wissenschaftler hinzu. Er hält es für durchaus möglich, dass die dabei gewonnenen Erkenntnisse bei der Entwicklung neuer, für Extrembedingungen geeigneter Funktionsmaterialien genutzt werden können.

Die neuen Forschungsergebnisse belegen die Bedeutung internationaler Kooperationen in der Materialwissenschaft. Denn an den Strukturuntersuchungen der Osmium-Proben waren drei der weltweit leistungsstärksten Teilchenbeschleuniger beteiligt: das Deutsche Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg, die European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) in Grenoble und die Advanced Photon Source (APS) am Argonne National Laboratory in Chicago.

Veröffentlichung:

Leonid Dubrovinsky, Natalia Dubrovinskaia, et al., The Most Incompressible Metal Osmium at Static Pressures above 750 GPa,

Nature 2015, 24 August 2015 (Advance Online Publication), DOI: 10.1038/nature14681

Kontakt (vorzugsweise per E-Mail):

Prof. Dr. Leonid Dubrovinsky
Bayerisches Geoinstitut (BGI)
Universität Bayreuth
Telefon: +49 (0)921-55 3736 oder 3707
Leonid.Dubrovinsky@uni-bayreuth.de

Prof. Dr. Natalia Dubrovinskaia
Laboratorium für Kristallographie
Universität Bayreuth
Telefon: +49 (0)921-55 3880 oder 3881
Natalia.Dubrovinskaia@uni-bayreuth.de



Text und Redaktion:

Christian Wißler M.A.
Stabsstelle Presse, Marketing und Kommunikation
Universität Bayreuth
D-95440 Bayreuth
Tel.: +49 (0)921 55-5356
E-Mail: mediendienst-forschung@uni-bayreuth.de

Fotos:

Pressestelle Universität Bayreuth; zur Veröffentlichung frei.
In hoher Auflösung zum Download unter:

www.uni-bayreuth.de/de/universitaet/presse/images/2015/Bayreuther-Team.jpg

www.uni-bayreuth.de/de/universitaet/presse/images/2015/Mikromanipulator.jpg

Kurzporträt der Universität Bayreuth

Die Universität Bayreuth ist eine junge, forschungsorientierte Campus-Universität. Gründungsauftrag der 1975 eröffneten Universität ist die Förderung von interdisziplinärer Forschung und Lehre sowie die Entwicklung von Profil bildenden und Fächer übergreifenden Schwerpunkten. Die Forschungsprogramme und Studienangebote decken die Natur- und Ingenieurwissenschaften, die Rechts- und Wirtschaftswissenschaften sowie die Sprach-, Literatur- und Kulturwissenschaften ab und werden beständig weiterentwickelt.

Gute Betreuungsverhältnisse, hohe Leistungsstandards, Fächer übergreifende Kooperationen und wissenschaftliche Exzellenz führen regelmäßig zu Spitzenplatzierungen in Rankings. Die Universität Bayreuth zählt im weltweiten Times Higher Education (THE)-Ranking ‚100 under 50‘ zu den hundert besten Universitäten, die jünger als 50 Jahre sind.

Seit Jahren nehmen die Afrikastudien der Universität Bayreuth eine internationale Spitzenposition ein; die Bayreuther Internationale Graduiertenschule für Afrikastudien (BIGSAS) ist Teil der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder. Die Hochdruck- und Hochtemperaturforschung innerhalb des Bayerischen Geoinstituts



genießt ebenfalls ein weltweit hohes Renommee. Die Polymerforschung ist Spitzenreiter im Förderranking der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Die Universität Bayreuth verfügt über ein dichtes Netz strategisch ausgewählter, internationaler Hochschulpartnerschaften.

Derzeit sind an der Universität Bayreuth rund 13.280 Studierende in 135 verschiedenen Studiengängen an sechs Fakultäten immatrikuliert. Mit ca. 1.200 wissenschaftlichen Beschäftigten, davon 226 Professorinnen und Professoren, und etwa 870 nichtwissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ist die Universität Bayreuth der größte Arbeitgeber der Region.