

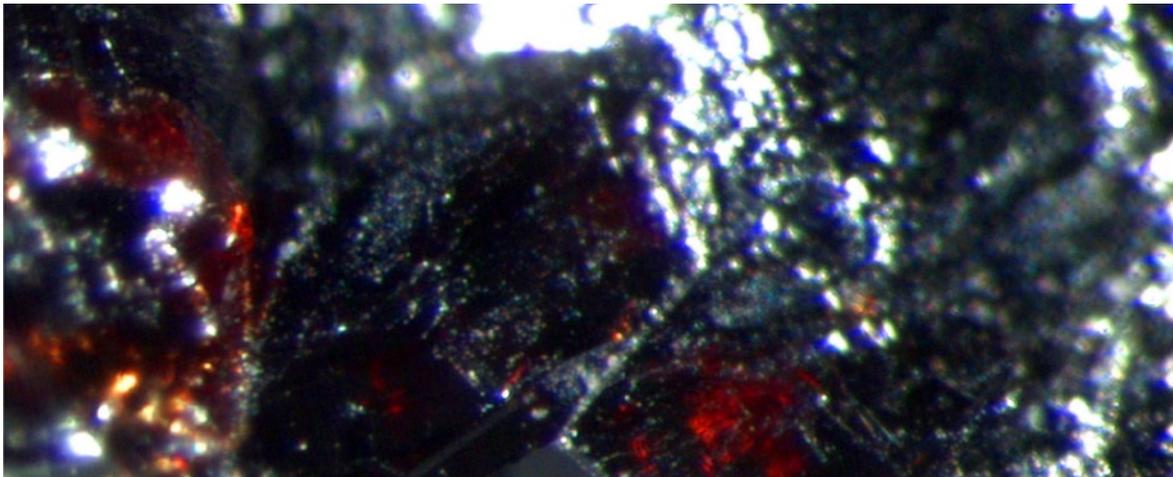
→ English Translation



Prof. Dr. Natalia Dubrovinskaia und Prof. Dr. Leonid Dubrovinsky, Universität Bayreuth, mit ihren Doktoranden Gleb Parakhonskiy (links) und Elena Bykova (rechts). Beide nehmen am Promotionsprogramm „Experimental Geosciences“ der BayNAT teil, der Bayreuther Graduiertenschule für Mathematik und Naturwissenschaften.

Neue industrierelevante Erkenntnisse der Bor-Forschung

Einem Forschungsteam an der Universität Bayreuth ist es gelungen, Alpha-Bor eindeutig als thermodynamisch stabile Phase von Bor zu identifizieren. Die in der aktuellen Ausgabe von „Scientific Reports“ veröffentlichten Forschungsergebnisse bilden zudem eine Grundlage, um Alpha-Bor-Einkristalle im Industriemaßstab mit Hochdrucktechnologien herzustellen. Damit eröffnen sich neue Perspektiven für industrielle Anwendungen, insbesondere für die Halbleiter-Industrie und die Gewinnung von Solarstrom.



Alpha-Borkristalle mit einer Länge von ca. 2 mm unter dem optischen Mikroskop. Zahlreiche physikalische Eigenschaften von Alpha-Bor sind für technische Anwendungen von besonderem Interesse. Alpha-Bor ist ein Halbleiter mit breiter direkter Bandlücke, der sich durch einen hohen Härtegrad, Hitzebeständigkeit und eine vergleichsweise geringe Dichte auszeichnet.

Das 1808 entdeckte Bor ist eines der rätselhaftesten chemischen Elemente. Wegen seiner äußerst hohen Reaktivität kommt es in der Natur nicht in Reinform vor. Unter hohen Drücken und Temperaturen lassen sich reine Borkristalle künstlich herstellen. Dabei entstehen, abhängig von der Höhe der Drücke und Temperaturen, drei verschiedene Arten von Borkristallen, die in der Forschung als „Phasen“ bezeichnet werden. Diese unterscheiden sich durch ihre unterschiedlich komplexen Strukturen und werden Alpha-, Beta- oder Gamma-Bor genannt.

Lange Zeit war die Wissenschaft uneins über eine für die Grundlagenforschung und ebenso für technologische Anwendungen hochrelevante Frage: Welches ist die stabilste Bor-Phase? Ein Team um Prof. Dr. Natalia Dubrovinskaia, Heisenberg-Professorin für Materialphysik und Technologie an der Universität Bayreuth, und Prof. Dr. Leonid Dubrovinsky am Bayerischen Geoinstitut (BGI) hat diesen Streit jetzt eindeutig zugunsten von Alpha-Bor entscheiden können. Während gemeinsamer Forschungsarbeiten in Bayreuth, in die auch das GeoForschungsZentrum Potsdam einbezogen war, stellte sich überdies heraus: Moderne Hochdruck-Technologien können voraussichtlich so angepasst werden, dass es möglich ist, Alpha-Bor im Industriemaßstab zu produzieren. Über diese Erkenntnisse berichten die Wissenschaftler aus Bayreuth und Potsdam in der neuesten Ausgabe von „Scientific Reports“.

In den Hochdrucklaboratorien des BGI – einem Forschungszentrum der Universität Bayreuth – wurde eine Serie unterschiedlicher Borkristalle synthetisiert, bei Temperaturen bis zu 2300 Kelvin (ca. 2030 Grad Celsius) und Drücken bis zu 15 Gigapascal. Ein Vergleich zeigt die Außergewöhnlichkeit dieser künstlich erzeugten Bedingungen: Würde man den Pariser Eiffelturm auf einer Fingerspitze balancieren, entspräche das einem Druck von 10 Gigapascal. Borkristalle der Alpha-Phase entstanden im BGI bei Drücken zwischen 4 und

11 Gigapascal, die mit Temperaturen zwischen 1400 und 1900 Kelvin einhergingen. Die experimentell gewonnenen Daten führten zu dem Ergebnis, dass diese Alpha-Borkristalle – und nicht, wie vielfach vermutet, Beta-Borkristalle – die stabilste Bor-Phase darstellen.

Zugleich gelang es den Forschern, die im Labor synthetisierten Alpha-Borkristalle genauer zu charakterisieren. Eine Reihe von Eigenschaften, die für technologische Anwendungen besonders relevant sind, wurden durch hochpräzise Messungen entweder bestätigt oder erstmals zuverlässig nachgewiesen: Alpha-Bor ist ein Halbleiter mit breiter direkter Bandlücke, zeichnet sich durch einen außerordentlichen Härtegrad aus, ist hitzebeständig und vergleichsweise leicht.

Von besonderem Interesse für die Forschung und für industrielle Anwendungen sind Bor-Einkristalle. Einkristalle sind Festkörper mit einer durchgängigen Kristallstruktur, die von inneren Bruchstellen frei ist und daher keine sogenannten Korngrenzen aufweist. Eine derartige fehlerfreie Struktur kann einem Einkristall einzigartige mechanische, optische und elektrische Eigenschaften verleihen. Diese Eigenschaften machen Einkristalle zu wertvollen Bestandteilen von Juwelen. Vor allem aber können sie für technologische Anwendungen, insbesondere auf den Gebieten der Optik und der Elektronik, industriell genutzt werden. Vertiefte Forschungsarbeiten zu den Anwendungspotenzialen von Alpha-Bor wurden bislang dadurch erschwert, dass es kein zuverlässiges Verfahren gab, um Alpha-Bor-Einkristalle zu synthetisieren. Dieses Hindernis ist jetzt ausgeräumt. Der in „Scientific Reports“ veröffentlichte Beitrag enthält ein Phasendiagramm, das Stabilitätsfelder der Borphasen mit unterschiedlichen Eigenschaften und Strukturen abbildet. Damit liegt jetzt eine Anleitung für die gezielte Herstellung von Borkristallen vor, einschließlich von Alpha-Bor-Einkristallen.

Die an der Universität Bayreuth erzielten Forschungsergebnisse erschließen so die Möglichkeit, Borkristalle für innovative Anwendungen in verschiedenen Technologiezweigen nutzen zu können. Insbesondere für die Halbleiter-Industrie ist das voraussichtlich im Industriemaßstab produzierbare Alpha-Bor ein hochattraktiver Werkstoff. Zudem eignet es sich möglicherweise für den Bau von Solarzellen, die mit hoher Effizienz das Sonnenlicht in elektrische Energie umwandeln.

Veröffentlichung:

Gleb Parakhonskiy, Natalia Dubrovinskaia, Elena Bykova,
Richard Wirth, Leonid Dubrovinsky,

Experimental pressure-temperature phase diagram of boron:
resolving the long-standing enigma,

in: Scientific Reports (2011), 1 : 96, DOI-Bookmark: 10.1038/srep00096

Veröffentlicht am 19. September 2011, siehe:

www.nature.com/srep/2011/110919/srep00096/full/srep00096.html

Ansprechpartner für weitere Informationen:

Prof. Dr. Natalia Dubrovinskaia

Universität Bayreuth

D-95440 Bayreuth

Tel.: +49 (0)921 55-3880

E-Mail: natalia.dubrovinskaia@uni-bayreuth.de

Text und Redaktion: Christian Wißler

Abbildungen: Prof. Dr. Natalia Dubrovinskaia; zur Veröffentlichung frei.

In hoher Auflösung zum Download:

www.uni-bayreuth.de/blick-in-die-forschung/34-2011-Bilder/