

Das SNI unterstützt Titularprofessoren vom PSI

Thomas Jung untersucht Siliziumkarbid

Der Titularprofessor Dr. Thomas Jung betreut eine Forschungsgruppe am Departement Physik der Universität Basel und ein Team am Paul Scherrer Institut. Beide Gruppen arbeiten mit Nanostrukturen, unter anderem aus Molekülen auf Oberflächen und an Grenzflächen. Dabei sind es mechanische, magnetische und elektronische Eigenschaften, die Thomas Jung interessieren. Im Jahr 2019 publizierte sein Team beispielsweise eine Studie in «Applied Physics Letters», die zeigt, was den Einsatz von Siliziumkarbid in der Hochleistungselektronik heute noch einschränkt.

Notwendige Infrastruktur

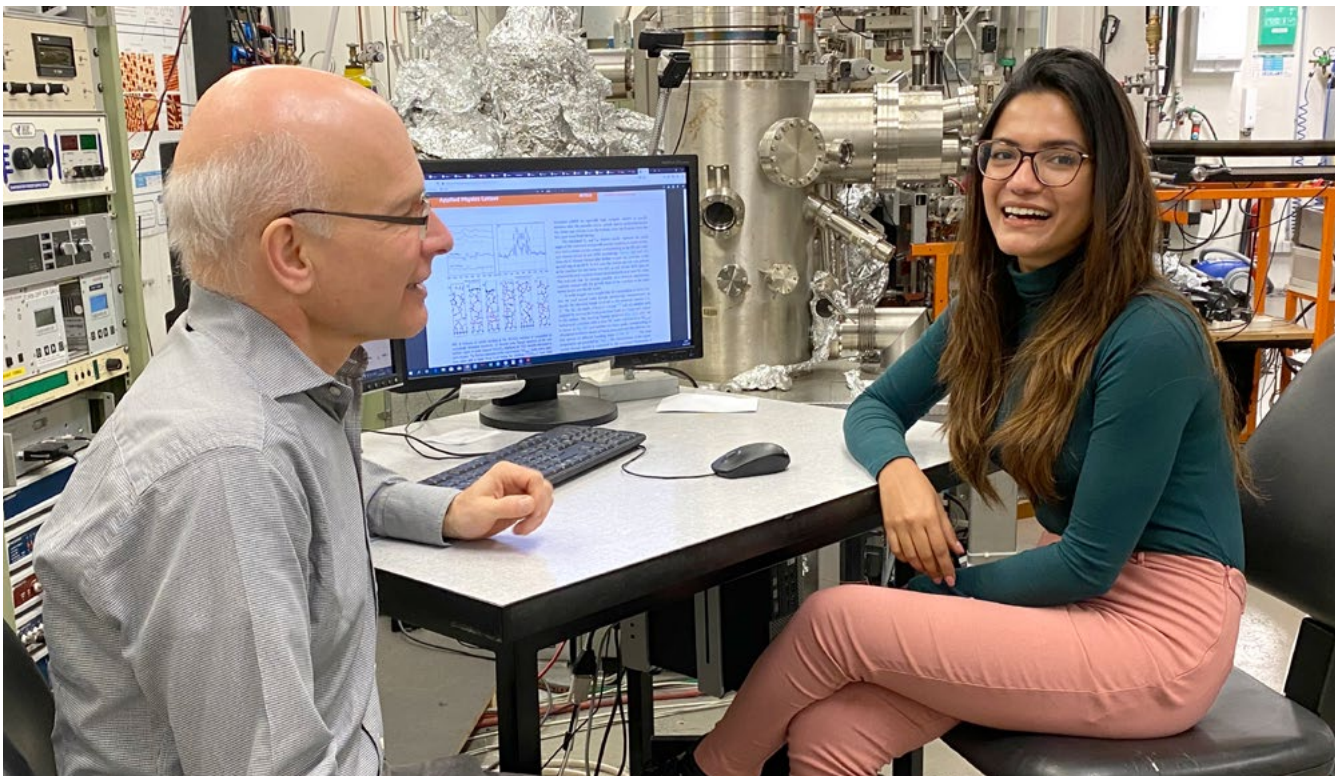
Der weltweite Energieverbrauch wächst stetig. Elektrische Antriebe und nachhaltige Energien wie Wind- und Solarenergie gewinnen dabei zunehmend an Bedeutung. Allerdings wird der elektrische Strom oft in grosser Entfernung vom Verbraucher erzeugt. Effiziente Verteilungs-, Transport- und Steuersysteme sind daher ebenso unerlässlich wie Umspannungsstationen und Stromrichter, die den produzierten Gleichstrom in Wechselstrom umwandeln.

Enorme Einsparungen möglich

Die verwendete Leistungselektronik muss daher heute in der Lage sein, mit grossen Stromstärken und hohen Span-

nungen umzugehen. Die Transistoren aus Halbleitermaterialien für Feldeffekttransistoren basieren heute vor allem auf der Siliziumtechnologie. Siliziumkarbid – eine Verbindung aus Silizium und Kohlenstoff – hätte jedoch gegenüber Silizium physikalisch und chemisch einige entscheidende Vorteile. Es weist eine weit höhere Hitzeresistenz auf und besitzt eine deutlich bessere Energieeffizienz, die zu enormen Einsparungen führen könnte.

Bekannt ist, dass diese Vorteile durch Defekte an der Grenzfläche zwischen Siliziumkarbid und dem Isolationsmaterial Siliziumdioxid zu einem guten Teil wieder zunichtegemacht werden. Diese Beschädigungen basieren auf winzigen, unre-



Thomas Jung und Dipanwita Dutta können das Auftreten von Defekten beim Oxidationsprozess von Siliziumkarbid beeinflussen.

gelmässigen Ansammlungen (Clustern) von Kohlenstoffringen, die im Kristallgitter gebunden sind wie die Forschenden um Prof. Dr. Thomas Jung experimentell zeigen konnten. Sie wiesen mithilfe von Rasterkraftmikroskop-Analysen und Raman-Spektroskopie nach, dass die Defekte nicht nur an der Grenzfläche entstehen, sondern auch in einigen Atomlagen des Siliziumkarbids anzutreffen sind.

Experimente bestätigt

Die störenden, nur einige Nanometer grossen Kohlenstoffcluster entstehen beim Oxidationsprozess des Siliziumkarbids zu Siliziumdioxid unter hohen Temperaturen. «Wenn wir bestimmte Parameter während der Oxidation verändern, können wir das Auftreten der Defekte beeinflussen», erklärt Dr. Dipanwita Dutta, die im Team von Thomas Jung promoviert hat. So führt beispielsweise eine Lachgas-Atmosphäre beim Heizvorgang zu deutlich weniger Kohlenstoffclustern. Auch eine Nachbehandlung mit Stickstoff zeigt positive Effekte.

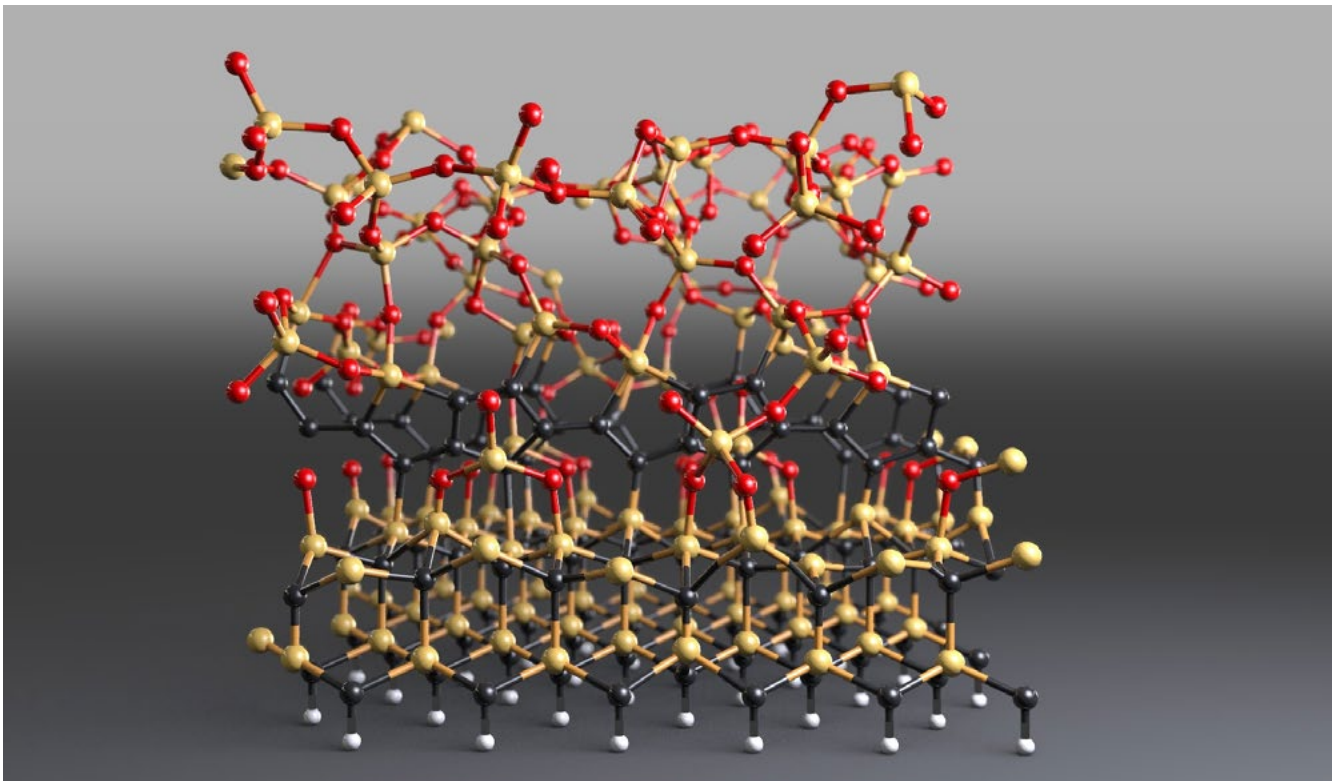
Die experimentellen Ergebnisse wurden durch das Team von Prof. Dr. Stefan Gödecker vom Departement Physik der Universität Basel bestätigt. Computersimulationen zeigten genau dieselben strukturellen und chemischen Veränderungen durch graphitische Kohlenstoffatome wie die experimentellen Untersuchungen. Bestätigt wurden auch die positiven Effekte durch die Behandlung von Siliziumkarbid mit Stickstoff.

Bessere Stromnutzung

«Unsere Arbeiten könnten die Entwicklung von Feldeffekttransistoren auf der Basis von Siliziumkarbid vorantreiben und zur effektiveren Nutzung elektrischer Energie beitragen», kommentiert Thomas Jung, der zusammen mit Vertretern von ABB dieses Projekt im Rahmen des Nano-Argovia-Programms initiiert hatte.

«Unsere Arbeiten könnten die Entwicklung von Feldeffekttransistoren auf der Basis von Siliziumkarbid vorantreiben und zur effektiveren Nutzung elektrischer Energie beitragen.»

Prof. Dr. Thomas Jung, Departement Physik, Universität Basel und Paul Scherrer Institut



Eine Simulation der Oxidation von Siliziumkarbid veranschaulicht die Bildung der Defekte: An der Grenzfläche zwischen Siliziumkarbid (schwarz-gelbe Atome) und dem Isolationsmaterial Siliziumdioxid (rot-gelbe Strukturen) entstehen unregelmässige Ansammlungen von Kohlenstoffringen (schwarze Strukturen im mittleren Bildteil), welche im Kristallgitter gebunden sind und den Stromfluss stören. (Bild: Departement Physik, Universität Basel)