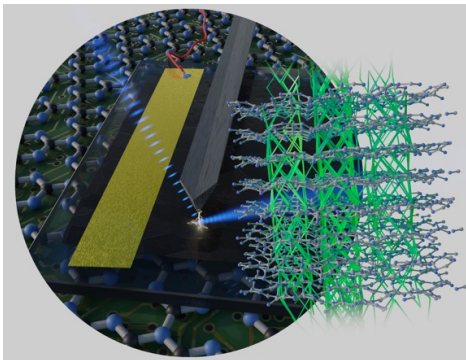


Neuer Halbleiter aus der Familie der Kohlenstoffnitride

Teams der Humboldt-Universität und des Helmholtz-Zentrum für Materialien und Energie Berlin haben ein neues Material aus der Familie der Kohlenstoffnitride untersucht. Das Triazin-basierte graphitische Kohlenstoffnitrid (TGCN) ist ein Halbleiter, der sich gut für Anwendungen in der Optoelektronik eignen sollte. Die Struktur ist zweidimensional und erinnert an Graphen. Anders als beim Graphen ist die Leitfähigkeit jedoch senkrecht zu den Ebenen 65mal höher als in den Ebenen selbst.



Manche organische Materialien könnten ähnlich wie Siliziumhalbleiter in der Optoelektronik eingesetzt werden. Ob als Solarzellen, Leuchtdioden oder auch als Transistoren – wichtig ist dabei die so genannte Bandlücke, also der Energieunterschied zwischen Elektronen im Valenzband (gebundener Zustand) und dem Leitungsband (beweglicher Zustand). Durch Licht oder eine elektrische Spannung lassen sich Ladungsträger vom Valenzband ins Leitungsband heben – so funktionieren im Prinzip alle elektronischen Bauelemente. Ideal sind Bandlücken zwischen 1-2 Elektronenvolt.

Ein Team um den Chemiker Dr. Michael J. Bojdys vom **IRIS Adlershof** und dem Institut für Chemie der Humboldt-Universität zu Berlin hat kürzlich ein neues organisches Halbleitermaterial aus der Familie der Kohlenstoffnitride synthetisiert. Das Triazin-basierte graphitische Kohlenstoffnitrid oder TGCN besteht nur aus Kohlenstoff- und Stickstoff-Atomen und lässt sich als brauner Film auf einem Quarzsubstrat aufwachsen. Die C- und N-Atome bilden miteinander sechseckige Waben, ähnlich wie im Graphen, das aus reinem Kohlenstoff besteht. Wie bei Graphen ist auch beim TGCN die kristalline Struktur zweidimensional. Bei Graphen ist die Leitfähigkeit in der Ebene jedoch exzellent, senkrecht dazu deutlich schlechter. Bei TGCN ist es genau umgekehrt: die Leitfähigkeit senkrecht zur Ebene ist rund 65mal höher als in der Ebene selbst. Mit einer Bandlücke von 1,7 Elektronenvolt ist TGCN ein guter Kandidat für Anwendungen in der Optoelektronik.

Der Physiker Dr. Christoph Merschjann vom Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH (HZB) hat daraufhin im Laserlabor JULiQ, einem Joint Lab zwischen HZB und Freier Universität Berlin, die Transporteigenschaften in Proben aus TGCN mit zeitaufgelösten Absorptionmessungen im Femto- bis Nanosekundenbereich untersucht. Solche Laserexperimente stellen eine der wenigen Möglichkeiten dar, makroskopische Leitfähigkeiten mit mikroskopischen Transportmodellen zu verknüpfen. Aus den Messdaten konnte er ableiten, wie die Ladungsträger durch das Material diffundieren. „Sie verlassen die sechseckigen Waben aus Triazin-Einheiten nicht horizontal, sondern bewegen sich schräg zur nächsten Triazin-Einheit in der Nachbarebene. Dabei führt die Kristallstruktur zu einer bevorzugten Bewegung entlang röhrenartiger Kanäle.“ Dieser Mechanismus könnte erklären, dass die Leitfähigkeit senkrecht zu den Ebenen deutlich höher ist, als in den Ebenen. „TGCN ist daher bislang der beste Kandidat, um gängige anorganische Halbleiter wie Silizium mit ihren teilweise kritischen „Dotanden“ aus seltenen Elementen zu ersetzen“, sagt Michael Bojdys. „Unser Herstellungsverfahren, das wir in meiner Gruppe an der Humboldt-Universität entwickelt haben, führt zu flachen Schichten von halbleitendem TGCN auf isolierendem Quarzglas. Das ermöglicht Upscaling und einfache Device-Produktion.“

Directional charge transport in layered, two-dimensional triazine-based graphitic carbon nitride

Noda, C. Merschjann, J. Tarábek, P. Amsalem, N. Koch, and M.J. Bojdys
 Angew. Chem. Int. Ed. 58 (2019) 9394