idw - Informationsdienst Wissenschaft
Nachrichten, Termine, Experten

Pressemitteilung

Max-Planck-Institut für Struktur und Dynamik der Materie
Jenny Witt

22.01.2021
http://idw-online.de/de/news761652

Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen
Informationstechnik, Physik / Astronomie, Werkstoffwissenschaften
überregional

Eine neue natürliche Plattform zur Realisierung von Flachband-basierten Quantenphänomenen und topologischen Zuständen

Elektronen in Festkörpern können nur bestimmte Energien besitzen - die sogenannten Bänder. In den letzten Jahren wurde experimentell gezeigt, dass der Bereich der möglichen Energien für Elektronen durch das Verdrehen zweier Graphenschichten relativ zueinander gesteuert werden kann. Unter geeigneten Bedingungen ist der Bereich der möglichen Energien sehr schmal, was zu einem "flachen Band" führt. Die Forschungsergebnisse bewiesen, dass In diesen flachen Bändern aufgrund der starken Wechselwirkungen zwischen den Elektronen exotische Quantenphänomene wie Supraleitung und Magnetismus auftreten.

Eine in den Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) veröffentlichte Arbeit von Forscher*innen der Columbia University in den USA, des Max-Planck-Instituts für Struktur und Dynamik der Materie (MPSD) und der RWTH Aachen zeigt, dass vierlagiges rhomboedrisches Graphen ein neues Material ist, mit dem sich flachbandbasierte Quantenphänomene auf natürliche Weise realisieren lassen. Rhomboedrisches Graphen ist seit vielen Jahren bekannt und eng verwandt mit bernalem Graphen, der stabileren und häufigeren Form von Graphit. Rhomboedrisches Graphen kann aus bernalem Graphen durch einfaches Verschieben der einzelnen Schichten zueinander gebildet werden, ist jedoch instabil und verwandelt sich leicht wieder in bernales Graphen zurück.

Das Team hat nun eine neue, einfache und robuste Methode zur Herstellung mikrometergroßer Regionen aus gleichmäßigem, rhomboedrischem, vierlagigem Graphen demonstriert. Werden zwei Schichten aus zweilagigem Graphen leicht verdreht, entsteht ein neues Material, in dem dreieckige Regionen von rhomboedrischem Graphen zwischen Regionen von bernalem Graphen eingeschlossen sind. Das Forschungsteam zeigt, dass die Elektronen in den rhomboedrischen Graphen-Regionen energetisch eng begrenzt sind, was die geeigneten Bedingungen für die Beobachtung von Quantenphänomenen erzeugt.

Außerdem bewies das Team, dass die möglichen Energien für Elektronen durch Anlegen eines statischen elektrischen Feldes manipuliert werden können. Beim Anlegen eines solchen elektrischen Feldes zeigte sich eine Überraschung: Die Elektronen waren in engen Regionen, sogenannten topologischen Randzuständen, zwischen dem rhomboedrischen und dem bernalen Graphen eingeschlossen. Da das elektrische Feld nach Belieben ein- und ausgeschaltet werden kann, ist dieses neue Material ein ideales, programmierbares topologisches Quantenmaterial. Dies ist von möglicher Bedeutung für das topologische Quantencomputing, wo topologisch geschützte Kantenmoden Qubits darstellen könnten - die grundlegenden Bausteine eines Quantencomputers.

"Es ist faszinierend, wie konkurrierende strukturelle und elektronische Wechselwirkungen kohärent zusammenwirken und die makroskopischen Eigenschaften einiger weniger Graphenschichten beeinflussen können", sagen die MPSD-Autoren Dante Kennes, Lede Xian und Angel Rubio. "Wir untersuchen nun, ob ähnliche Phänomene auch in anderen zweidimensionalen Heterostrukturen zu beobachten sind und ob sich das vorgestellte Konzept auf dickere, vielschichtige Proben erweitern lässt, in denen die Verdrehung neuartige topologische dreidimensionale Phasen einführt."

Die weitere Erforschung von rhomboedrischem Graphen könnte Antworten auf grundlegende Fragen liefern, zum Beispiel hinsichtlich der Bedeutung von Moiré-Potentialen und den nahe ganzzahligen Füllungen erzeugten emergenten Phasen wie der Supraleitung. Die chirale Natur der abstimmbaren topologischen Randzustände in rhomboedrischem Graphen macht es auch von großem Interesse für die Beobachtung gyrotroper Effekte und in Richtung des Floquet-Engineerings.

"Diese Arbeit eröffnet neue Wege zur Kontrolle und zum Design von Phänomenen in korrelierten und topologischen Materialien", schließt MPSD-Theorie-Direktor Ángel Rubio. Abhay Pasupathy, Professor für Physik an der Columbia University, und Postdoc-Stipendiatin Carmen Rubio-Verdù stimmen dem zu: "Die topologischen und Quanteneigenschaften, die wir entdeckt haben, waren für uns überraschend. Wir freuen uns darauf, diese Materialklasse weiter zu erforschen und sind gespannt, welche weiteren Quantenüberraschungen auf uns warten."

BILDUNTERSCHRIFT: a.) STS LDOS von Bernal- und rhomboedrischen Graphen-Domänen in kleinwinklig verdrehtem Doppelschicht-Graphen. Der Inset zeigt die atomare Stapelung für Bernal und rhomboedrisches Graphen. b.) STS-LDOS-Karte bei -20 meV, die das Auftreten von Randzuständen zeigt. Ein externes Verschiebungsfeld öffnet eine Lücke auf bernalem und rhomboedrischem Graphen.

wissenschaftliche Ansprechpartner:

Ángel Rubio, corresponding author MPSD: angel.rubio@mpsd.mpg.de
Abhay Pasupathy, corresponding author Columbia University: apn2108@columbia.edu

Originalpublikation:

https://www.pnas.org/content/118/4/e2017366118

URL zur Pressemitteilung: https://www.mpsd.mpg.de/502339/2021-01-kerelsky-graphene?c=42319