

Pressemitteilung

Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH

Dr. Ina Helms

29.10.2021

<http://idw-online.de/de/news778424>

Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen
Informationstechnik, Physik / Astronomie
überregional



Spintronik: Exotische ferromagnetische Ordnung in zwei Dimensionen nachgewiesen

Einem internationalen Team ist es an der Vektormagnetanlage VEKMAG an BESSY II gelungen, eine ungewöhnliche ferromagnetische Eigenschaft in einem zweidimensionalen Material nachzuweisen: eine sogenannte Anisotropie der leichten Ebene („easy-plane“). Die Ergebnisse könnten die Entwicklung von energieeffizienten Informationstechnologien weiter beflügeln und sind nun im renommierten Fachmagazin Science veröffentlicht.

Die feinsten Werkstoffe der Welt sind so dünn wie ein einzelnes Atom. Solche zweidimensionalen oder 2D-Materialien – besonders bekannt ist das aus einer einzelnen Schicht von Kohlenstoff-Atomen bestehende Graphen – elektrisieren Forscherteams weltweit. Denn sie versprechen ungewöhnliche Eigenschaften, die sich mit dreidimensionalen Werkstoffen nicht erreichen lassen. Dadurch stoßen 2D-Materialien das Tor auf zu neuen Anwendungen, etwa in der Informationstechnik, als Displays oder hochempfindliche Sensoren.

Besonderes Interesse wecken sogenannte van-der-Waals-Einzelschichten: Kombinationen von zwei oder mehr atomar dünnen Materialien, die durch schwache elektrostatische van-der-Waals-Kräfte zusammengehalten werden. Durch die Auswahl der Materialschichten und ihre Anordnung zueinander lassen sich elektrische, magnetische oder optische Merkmale einstellen und variieren. Allerdings: Die großflächige, homogene Abscheidung von van-der-Waals-Einzelschichten mit ferromagnetischer Eigenschaft war bislang nicht möglich. Dabei ist gerade diese Art von Magnetismus auf großer Skala für einige potenzielle Anwendungen besonders wichtig – zum Beispiel für neuartige dauerhafte Datenspeicher.

Einem Team des Max-Planck-Instituts für Mikrostrukturphysik in Halle, der Synchrotron-Lichtquelle ALBA in Barcelona und des Helmholtz-Zentrums Berlin für Energie und Materialien (HZB) ist es nun zum ersten Mal gelungen, ein gleichförmiges zweidimensionales Material zu erzeugen – und ein exotisches ferromagnetisches Verhalten darin nachzuweisen; den „easy-plane“-Magnetismus.

Eine fast freischwebende Schicht aus Chrom und Chlor

Als Werkstoff verwendeten die Forschenden aus Deutschland und Spanien Chromchlorid (CrCl_3), das der entsprechenden Verbindung aus Chrom und Iod in seiner Struktur ähnelt – aber deutlich robuster sein kann. Eine großflächige monoatomare Schicht dieses Materials brachte das Team in Halle per Molekularstrahl-Epitaxie auf ein Substrat aus Siliziumkarbid auf. Dazwischen legten die Forschenden eine Schicht aus Graphen. „Sie hatte den Zweck, die Wechselwirkung zwischen Chromchlorid und Siliziumkarbid zu dämpfen und so zu verhindern, dass das Substrat die Eigenschaften der monoatomaren CrCl_3 -Schicht beeinflusst. Das war der Schlüssel, um an die schwer fassbare magnetische ‘leichte Ebene’ heranzukommen“, erklärt Dr. Amilcar Bedoya-Pinto, der in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Stuart Parkin am Max-Planck-Institut in Halle forscht. „Im Prinzip erhielten wir so eine fast freischwebende ultradünne Schicht, die nur durch schwache van-der-Waals-Kräfte mit der Graphen-Zwischenlage verbunden war.“

Ziel war es, die Frage zu klären, wie sich die magnetische Ordnung in Chromchlorid zeigt, wenn dieses nur noch aus einer monoatomaren Schicht besteht. In ihrer normalen, dreidimensionalen Form ist die Substanz antiferromagnetisch. Dabei sind die atomaren magnetischen Momente Schicht für Schicht in jeweils entgegengesetzter Richtung orientiert – wodurch das Material als Ganzes nicht magnetisch erscheint. Theoretische Überlegungen deuteten bislang darauf hin, dass die magnetische Ordnung verlorengeht oder eine schwache konventionelle Magnetisierung zeigt, wenn das Material auf eine einzige Atomschicht reduziert wird.

Präzise Messungen an der VEKMAG-Anlage

Doch der Gruppe gelang es nun, das zu widerlegen – durch einen detaillierten Blick auf die magnetischen Eigenschaften des 2D-Materials. Dazu nutzten sie die einzigartigen Möglichkeiten der an der Synchrotron-Strahlungsquelle BESSY II des HZB installierten Vektormagnetanlage VEKMAG. „Die Einrichtung ermöglicht Materialuntersuchungen mit weicher Röntgenstrahlung in einem starken Magnetfeld – und das bei Temperaturen bis nahe dem absoluten Nullpunkt“, sagt Dr. Florin Radu, der Leiter des für die VEKMAG-Anlage verantwortlichen Teams am HZB. „Das macht die Anlage weltweit einzigartig“, ergänzt der Berliner Wissenschaftler. An dieser Anlage konnte das Team aus Halle die Orientierung einzelner magnetischer Momente bestimmen und dabei exakt zwischen Chrom- und Chlor-Atomen unterscheiden.

Die Messungen zeigten, wie sich unterhalb der sogenannten Curie-Temperatur eine ferromagnetische Ordnung in dem zweidimensionalen Werkstoff bildete. „In der monoatomaren Chromchlorid-Schicht fand ein Phasenübergang statt, der für easy-plane-Magneten charakteristisch ist, aber an einem solchen 2D Material zuvor noch nie beobachtet worden war“, berichtet Bedoya-Pinto.

Rückenwind für die Entwicklung der Spintronik

Die Entdeckung bietet nicht nur neue Einsichten in das magnetische Verhalten zweidimensionaler Materialien. „Wir haben damit nun auch eine exzellente Plattform, um eine Vielzahl physikalischer Phänomene zu erforschen, die es nur in zweidimensionalen magnetischen Materialien gibt“, erklärt Bedoya-Pinto: beispielsweise den widerstandslosen Transport von Spins. Sie sind die Grundlage einer neuen Form der Datenverarbeitung, die – anders als die herkömmliche Elektronik – nicht elektrische Ladungen, sondern magnetische Momente nutzt. Die sogenannte Spintronik könnte künftig unter anderem eine deutlich schnellere und energiesparende Speicherung von Daten ermöglichen.

wissenschaftliche Ansprechpartner:

Kontakt zum korrespondierenden Autor:

Dr. Amilcar Bedoya-Pinto

Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik

E-Mail: abedoya@mpi-halle.mpg.de

Kontakt zum HZB-Experten:

Dr. Florin Radu

E-Mail: florin.radu@helmholtz-berlin.de

Originalpublikation:

Science (2021): Intrinsic 2D-XY ferromagnetism in a van der Waals monolayer

Amilcar Bedoya-Pinto, Jing-Rong Ji, Avanindra Pandeya, Pierluigi Gargiani, Manuel Valvidares, Paolo Sessi, James Taylor, Florin Radu, Kai Chang and Stuart S.P. Parkin

<http://dx.doi.org/10.1126/science.abd5146>

URL zur Pressemitteilung: https://www.helmholtz-berlin.de/pubbin/news_seite?nid=23222;sprache=de;seitenid=1