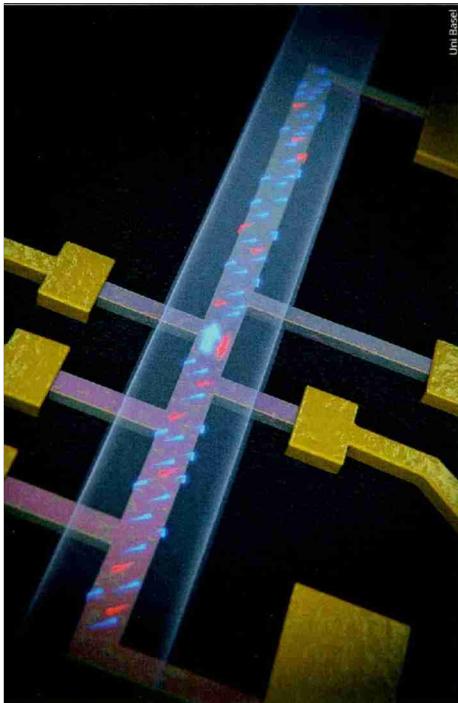


Quanten-Einbahnstrasse in Nanodrähten aus topologischen Isolatoren

Nanodrähte aus einem topologischen Isolator könnten dazu beitragen, hochstabile Informationseinheiten für künftige Quantencomputer zu entwickeln. In neuen Forschungsergebnissen zu solchen Bauelementen erkennen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einen wichtigen Schritt, um das Potenzial dieser Technologie ausschöpfen zu können.



Das Anlegen eines Magnetfeldes bewirkt, dass der Strom leichter in eine Richtung entlang des Nanodrahtes fliesst als in die entgegengesetzte Richtung.

Nanodrähte, die mehr als 100-mal dünner sind als ein menschliches Haar, können wie eine Einbahnstrasse für Elektronen wirken, wenn sie aus einem besonderen Material bestehen, das als topologischer Isolator bezeichnet wird. Das berichtet ein internationales Team von Forschern in der Fachzeitschrift «Nature Nanotechnology». Die Entdeckung ermöglicht neue technologische Anwendungen von Bauelementen aus topologischen Isolatoren und ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu sogenannten topologischen Quantenbits (Qubits). Von diesen erhofft man sich, dass sie Informationen für einen Quantencomputer robust kodieren können.

Aussen leitend, innen nicht

Topologische Isolatoren sind Materialien, bei denen eine Kombination aus Quantenmechanik und dem mathematischen Konzept der Topologie dazu führt, dass sie elektrischen Strom an der Oberfläche leiten, sich im Innern aber wie Isolatoren verhalten. Topologische Isolatoren gelten als vielversprechende Kandidaten für künftige Technologien und für Anwendungen im Quantencomputing.

Die Forscherinnen und Forscher konnten zeigen, dass unter den richtigen Umständen elektrische Ströme leichter in die eine als in die andere Richtung fließen können – ein Vorgang, der als Gleichrichtung bezeichnet wird. Die Gleichrichtung bietet ein breites Spektrum an Anwendungen und bildet die Grundlage der meisten drahtlosen Technologien. Gleichrichter, die beispielsweise in Smartphones zu finden sind, bestehen heute aus Halbleiterdioden. Im Unterschied dazu entsteht der Gleichrichtereffekt in den Nanodrähten aus topologischen Isolatoren durch quantenmechanische Effekte und ist ausserordentlich gut steuerbar.

«Quantenmechanische Gleichrichtereffekte entstehen für gewöhnlich durch eine sogenannte Spin-Bahn-Kopplung, die eine Mischung aus Quantenmechanik und Einsteins Relativitätstheorie ist. Diese seltsame Mischung führt normalerweise nur zu winzigen Gleichrichtereffekten», erklärt Erstauteur Dr. Henry Legg von der Universität Basel. «Das Tolle an den Nanodrähten aus topologischen Isolatoren ist, dass wir im Wesentlichen die gleiche Physik künstlich erzeugen können, allerdings in einem viel grösseren Massstab», ergänzt Legg. «Dies führt zu einem Gleichrichtereffekt, der im Vergleich zu anderen Materialien wirklich riesig ist. Das ist auch einer der Aspekte, die topologische Isolatoren für Anwendungen im Quantencomputing so interessant machen.»

Robuste Quanteninformation

Quantencomputer versprechen eine noch nie da gewesene Rechenleistung, sind aber sehr anfällig für kleinste Störungen von aussen. Ein

Vorschlag, um die empfindlichen Einheiten der Quanteninformation – die Qubits – zu schützen, sind topologische Qubits. Von ihnen wird erwartet, dass sie weitaus stabiler gegenüber äusseren Einflüssen sind. Dieser Schutz ergibt sich auch aus der Mathematik der Topologie, die den Eigenschaften der topologischen Isolatoren zugrunde liegt.

«Topologische Isolatoren gelten schon seit Langem als geeignete Kandidaten für topologische Quantencomputer», erklärt die Basler Professorin Jelena Klinovaja, die vor Kurzem einen ERC-Grant für ihre Forschung zu topologischer Quantenmaterie erhalten hat. «Damit die Herstellung topologischer Qubits nun vorankommt, ist es entscheidend, dass wir Bauelemente aus topologischen Isolatoren genauestens kontrollieren können.»

«In unserer Studie haben wir nicht nur einen einzigartigen und sehr grossen Quanteneffekt entdeckt, sondern wir zeigen auch, dass wir sehr gut verstehen, was in diesen Systemen passiert. Es scheint, dass alle Schlüsseigenschaften von topologischen Isolatoren vorhanden sind, um auf dem Weg zur Herstellung von topologischen Qubits weiterzukommen», kommentiert Klinovaja. ●

Reto Caluori
Universität Basel

Originalpublikation:

Henry F. Legg et al.
Giant magnetochiral anisotropy from quantum confined surface states of topological insulator nanowires. Nature Nanotechnology (2022); doi: 10.1038/s41565-022-01124-1