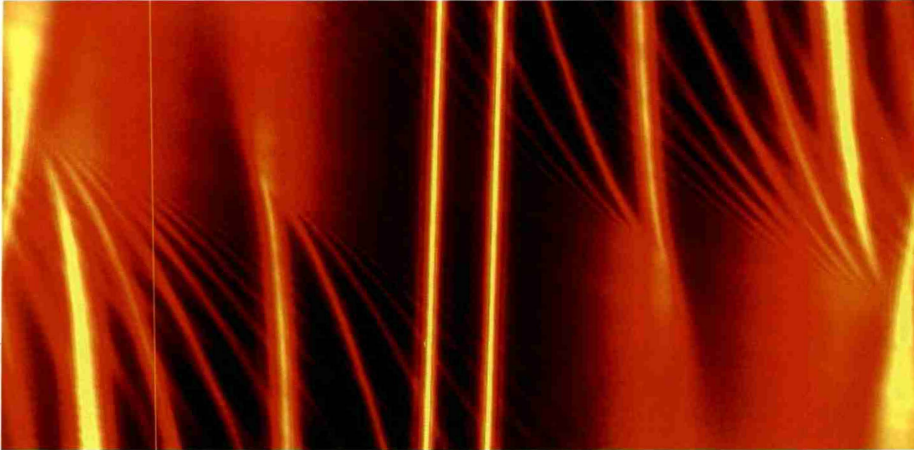


LABORSCOPE

Elektronensysteme: Präzise Untersuchung einzelner Randkanäle



Gemessener Tunnelstrom in Abhängigkeit der beiden angelegten Magnetfelder: Die Fächer aus roten und gelben Kurven entsprechen jeweils einem «Fingerabdruck» der leitenden Randzustände. Jede einzelne Kurve bildet dabei separat einen der Randkanäle ab.

Bild: Universität Basel, Departement Physik

Originalpublikation:

T. Patlatiuk, C. P. Scheller, D. Hill,
Y. Tserkovnyak, G. Barak, A. Yacoby,
L. N. Pfeiffer, K.W. West, and D. M.

Zumbühl: Evolution of the quantum
Hall bulk spectrum into chiral edge
states. Nature Communications (2018),
doi: 10.1038/s41467-018-06025-3

Mit einer neuen Methode lässt sich
erstmalig ein individueller Fingerab-
druck von stromleitenden Randka-
nälen erstellen, wie sie in neuartigen
Materialien wie zum Beispiel topo-
logischen Isolatoren vorkommen.
Physiker der Universität Basel stellen
das Verfahren zusammen mit ameri-
kanischen Wissenschaftlern in «Na-
ture Communications» vor.

Während Isolatoren keinen elektrischen
Strom leiten, gibt es einige Materialien, die
über besondere elektrische Eigenschaften ver-
fügen: Sie können zwar nicht in ihrem Innern,
aber aufgrund von Quanteneffekten an ihrer
Oberfläche und an ihren Rändern elektrische
Ströme übermitteln, und dies sogar verlustfrei.
Diese sogenannten topologischen Isolatoren
stehen seit einigen Jahren im Fokus der Fest-
körperforschung, da ihre besonderen Eigen-
schaften technologische Innovationen verspre-
chen – beispielsweise für elektronische
Bauelemente.

Stromfluss nur am Rand

Ähnliche Effekte wie die Randströme in den
topologischen Isolatoren zeigen sich auch,
wenn ein zweidimensionales Metall bei tiefen
Temperaturen einem starken Magnetfeld aus-
gesetzt wird. Tritt der sogenannte Quanten-
Hall-Effekt ein, fließt Strom nur noch an den
Grenzflächen. Dabei bilden sich mehrere
stromleitende Bereiche.

Individuelle Untersuchung möglich

Bisher war es nicht möglich, diese leitenden Bereiche individuell zu untersuchen beziehungsweise die Position eines einzelnen Randzustands zu messen. Ein neues Verfahren erlaubt nun erstmals, einen exakten Fingerabdruck der leitenden Bereiche mit einer Auflösung im Nanometerbereich zu erstellen.

Dies berichten Forscher des Departements Physik und des Swiss Nanoscience Institutes der Universität Basel zusammen mit Kollegen der University of California Los Angeles sowie der Universitäten Harvard und Princeton (USA). Zur Messungen der leitenden Bereiche haben sich die Physiker um Professor Dominik Zumbühl von der Universität Basel die Tunnelspektroskopie zunutze gemacht.

Sie verwenden einen Nanodraht aus Galliumarsenid, der sich auf dem Rand der Probe befindet und parallel zu den Randkanälen verläuft. Elektronen können nun zwischen dem Nanodraht und spezifischen Randzuständen hin und her hüpfen (tunneln), falls die Impulse in beiden Systemen übereinstimmen. Mithilfe eines zweiten Magnetfeldes kontrollieren die Wissenschaftler den Impuls der tunnelnden Elektronen, wodurch sie einzelne Randzustände individuell ansteuern können. Aus den gemessenen Tunnelströmen lassen sich die Position und der Verlauf jedes Randzustands mit einer Präzision im Nanometerbereich berechnen.

Mehr als eine Momentaufnahme

Wird bei Quanten-Hall-Systemen die Stärke des angelegten Magnetfeldes erhöht, ändert sich die Verteilung der Randzustände und ihre Anzahl sinkt. Mit der neuen Methode konnten die Wissenschaftler erstmals den gesamten Verlauf der Randzustände inklusive ihrer Entstehung bei kleinen Magnetfeldern beobachten.

Mit zunehmender Magnetfeldstärke werden

die Randzustände zunächst gegen den Materialrand gedrückt und wandern schliesslich in die Mitte der Probe, wo sie vollständig verschwinden. Analytische und numerische Modelle, die das Forscherteam erstellt hat, stimmen sehr gut mit den experimentellen Daten überein.

«Wir können diese neue Technik nicht nur zur Untersuchung des Quanten-Hall-Effektes einsetzen», kommentiert Dominik Zumbühl die Ergebnisse der internationalen Zusammenarbeit. «Auch bei der Untersuchung exotischer neuer Materialien wie beispielsweise topologischen Isolatoren, Graphen oder anderer 2D-Materialien erhoffen wir bahnbrechende Erkenntnisse durch Anwendung der neuen Methode.»

www.unibas.ch