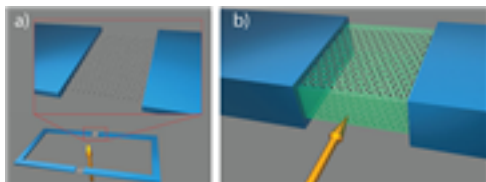




## Winziges Instrument misst kleinste Magnetfelder



SQUID aus sechs Schichten 19.09.2020 | Physiker der Universität Basel haben ein winziges Instrument entwickelt, das kleinste Magnetfelder detektieren kann. Dieses supraleitende Quanteninterferometer beruht auf zwei atomaren Lagen Graphen, welche die Forschenden mit Bornitrid kombinierten. Instrumente wie dieses finden beispielsweise Anwendung in der Medizin, aber auch in der Erforschung neuer Materialien.

Zur Messung kleinster Magnetfelder verwenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler häufig supraleitende Quanteninterferometer, sogenannte «SQUIDs» («superconducting quantum interference device»). Sie finden in der Medizin Anwendung, um beispielsweise die Aktivität des Gehirns oder des Herzens darzustellen. In den Geowissenschaften verwenden Forschende SQUIDs, um die Zusammensetzung von Gesteinen zu charakterisieren oder Grundwasserströmungen zu erkennen. Auch in anderen Bereichen und in der Grundlagenforschung finden SQUIDs zahlreiche Anwendungen.

Das Team um Prof. Dr. Christian Schönenberger vom Departement Physik und Swiss Nanoscience Institute der Universität Basel hat nun eines der kleinsten SQUIDs realisiert, das je hergestellt wurde. Davon berichten die Forschenden im Fachjournal « Nano Letters ».

Video/Präsentation:

Supraleitender Ring mit schwachen Verbindungen

Ein SQUID besteht meist aus einem supraleitenden Ring, der an zwei Stellen durch einen normalleitenden oder isolierenden, sehr dünnen Film unterbrochen ist. Diese sogenannten «schwachen Verbindungen» müssen so dünn sein, dass die für die Supraleitung verantwortlichen Elektronenpaare hindurch «tunneln» können. Seit kurzem verwenden Wissenschaftler auch Nanomaterialien wie Nanoröhrchen, Nanodrähte oder Graphen, um diese schwachen Verbindungen zwischen den beiden Supraleitern herzustellen.

Aufgrund seines Aufbaus besitzt ein SQUID eine kritische Strom-Schwelle, oberhalb derer der widerstandsfreie Supraleiter zu einem Leiter mit normalem Widerstand wird. Diese kritische Schwelle hängt vom magnetischen Fluss ab, der das Innere des Rings durchdringt. Durch exaktes Messen dieses kritischen Stromes können die Forschenden daher Rückschlüsse auf die Stärke des Magnetfelds ziehen.

SQUID aus sechs Schichten

«Unser neuartiger SQUID besteht aus einem komplexen, sechsschichtigen Stapel einzelner zwei-dimensionaler Materiallagen», erklärt Studiererstautor David Indolese. Im Inneren befinden sich zwei Monoschichten Graphen, die durch eine sehr dünne Schicht aus isolierendem Bornitrid getrennt sind. «Wenn zwei supraleitende Kontakte dieses Sandwich verbinden, verhält es sich wie ein SQUID – kann also schwächste Magnetfelder darstellen.»

Die Graphenschichten sind hier die schwachen Verbindungen, die allerdings anders als bei einem herkömmlichen SQUID nicht nebeneinander, sondern übereinander, horizontal zueinander verlaufen. «Unser SQUID hat also eine sehr kleine Grundfläche, die nur durch Nanofabrikationstechniken limitiert ist», bemerkt Dr. Paritosh Karnatak aus dem Schönenberger-Team.



Das winzige Magnetfeldmessgerät hat eine Höhe von etwa 10 Nanometer – ist also nur so dick wie ein Tausendstel eines Haares. Das Instrument kann Supraströme auflösen, die auf kleinstem Raum fließen. Die Empfindlichkeit lässt sich zudem einstellen, indem der Abstand der Graphenschichten voneinander verändert wird. Desweiteren können die Forschenden mithilfe elektrischer Felder die Signalstärke erhöhen und damit die Messgenauigkeit weiter verbessern.

#### Analyse topologischer Isolatoren

Das Wissenschaftlerteam aus Basel hat die neuartigen SQUIDs in erster Linie entwickelt, um die Kantenströme topologischer Isolatoren zu analysieren. Diese Materialien stehen zurzeit im Fokus zahlreicher Arbeitsgruppen weltweit. Sie verhalten sich in ihrem Inneren wie Isolatoren, leiten aber aussen – beziehungsweise an den Kanten – Strom fast verlustfrei und sind daher im Gespräch für viele mögliche elektronische Anwendungen.

«Mit dem neuen SQUID können wir nachweisen, ob diese verlustfreien Supraströme auf topologischen Eigenschaften eines Materials basieren und können sie so von nicht-topologischen unterscheiden. Für die Erforschung topologischer Isolatoren ist dies sehr wichtig», kommentiert Schönenberger die Arbeit. In Zukunft könnten die SQUIDs auch als rauscharme Verstärker für hochfrequente elektrische Signale, wie zum Beispiel zum Detektieren lokaler Hirnströme (Magnetenzephalographie), verwendet werden, da durch ihre kompakte Bauweise viele in Serie geschaltet werden können.

Die Arbeit wurde in enger Zusammenarbeit zwischen Arbeitsgruppen der Universität Basel, der Universität Budapest und des National Institute for Material Science in Tsukuba (Japan) realisiert.

Universität Basel

Petersplatz 1

4003 Basel

Tel. +41 (0)61 267 31 11

Fax +41 (0)61 267 30 13

Zum Firmenportrait Kontaktaufnahme