



## Produkte des Monats



Komplettlösung für Anwendungen mit kalten Atomen

Menlo Systems GmbH



Forschung

## Nano-Squid löst Supraströme auf

08.09.2020 - Kombination aus Graphen und Bornitrid ermöglicht winziges Quanteninterferometer.

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 Forscher mit Bornitrid kombinierten. Instrumente wie dieses finden beispielsweise Anwendung in der Medizin, aber auch in der Erforschung neuer Materialien.

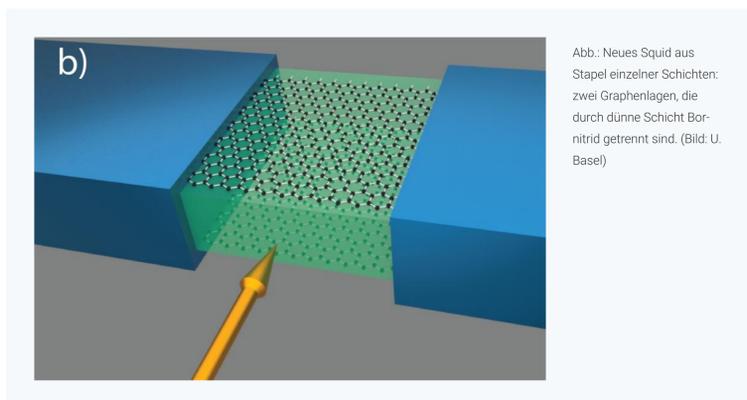


Abb.: Neues Squid aus Stapel einzelner Schichten: zwei Graphenlagen, die durch dünne Schicht Bornitrid getrennt sind. (Bild: U. Basel)

Zur Messung kleinster Magnetfelder verwenden Wissenschaftler häufig supraleitende Quanteninterferometer oder „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 Forscher 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 Christian Schönenberger vom Departement Physik und Swiss Nanoscience Institute der Universität Basel hat nun eines der kleinsten Squids realisiert, das je hergestellt wurde.

Ein Squid besteht meist aus einem supraleitenden Ring, der an zwei Stellen durch einen normalleitenden oder isolierenden, sehr dünnen Film unterbrochen ist. Diese „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 Forscher daher Rückschlüsse auf die Stärke des Magnetfelds ziehen.

„Unser neuartiger Squid besteht aus einem komplexen, sechsschichtigen Stapel einzelner zweidimensionaler Materiallagen“, erklärt Erstautor 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 Paritosh Karnatak aus dem Schönenberger-Team.

Das winzige Magnetfeldmessgerät hat eine Höhe von etwa zehn Nanometer – ist also nur so dick wie ein Tausendstel eines Haars. 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 Forscher mithilfe elektrischer Felder die Signalstärke erhöhen und damit die Messgenauigkeit weiter verbessern.

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

U. Basel / DE

### Weitere Infos

- Originalveröffentlichung  
*D. I. Indolese et al.: Compact SQUID realized in a double layer graphene heterostructure*, Nano Lett., online 1. September 2020; DOI: 10.1021/acs.nanolett.0c02412
- Quantum and Nanoelectronics (C. Schönenberger), Universität Basel



## Verwandte Artikel

- Forschung [Neutronenreiche Kerne werfen sich in Schale](#)
- Forschung [Nanolaser, Quantenoptik und Mikroskope](#)
- Forschung [Leuchtende Atmosphäre](#)
- Forschung [Kosmische Katastrophe bestätigt Lorentzinvarianz](#)
- Forschung [Theoretisch super, praktisch nicht](#)

## Newsletter

Die Physik in Ihrer Mailbox – abonnieren Sie hier kostenlos den pro-physik.de Newsletter!

IMMER INFORMIERT

## Erleben Sie unsere neue HiScroll – die ölfreien Vakuumpumpen von Pfeiffer Vacuum

Die HiScroll Serie besteht aus drei ölfreien und hermetisch dichten Scrollpumpen mit einem nominellen Saugvermögen von 6 – 20 m<sup>3</sup>/h. Die Pumpen zeichnen sich insbesondere durch ihre hohe Leistung beim Evakuieren gegen Atmosphäre aus. Ihre leistungsstarken IPM\*-Synchronmotoren erzielen einen bis zu 15% höheren Wirkungsgrad in Vergleich zu konventionellen Antrieben.

\*Interior Permanent-Magnet



Erfahren Sie mehr über die neue HiScroll Vakuumpumpe

## Die äußerst leisen, kompakten, ölfreien Pumpen

Die Modelle der neuen Scrollpumpenbaureihe HiScroll von Pfeiffer Vacuum sind ölfreie, hermetisch dichte Vakuumpumpen. Die kompakte Bauweise sowie leiser und vibrationsarmer Betrieb zeichnen die Neuentwicklungen besonders aus.

Erleben Sie unsere neue HiScroll – die ölfreien Vakuumpumpen von Pfeiffer Vacuum in 3D!



Erfahren Sie mehr über die neue HiScroll Vakuumpumpe