

Supraleiter als „Phasenbatterie“

• 03. Dezember 2012

Neue Möglichkeiten der Kryoelektronik entdeckt.

Physiker der Universitäten Tübingen, Tel Aviv und der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) haben erstmals eine neue Art von supraleitenden Elementen – die φ -Josephson-Kontakte – theoretisch und experimentell nachgewiesen. „Supraleitende elektronische Schaltungen arbeiten mit den φ -Josephson-Kontakten praktisch ‚von selbst‘ und kommen ohne komplizierte Steuerlogiken aus“, erläutert Edward Goldobin von der Universität Tübingen, leitender Wissenschaftler des Gemeinschaftsprojektes. Durch diese verbesserte Funktionalität stehen zum Beispiel in der medizinischen Bildgebung oder für skalierbare Quantencomputer ganz neue Möglichkeiten der Kryoelektronik zur Verfügung. Auch neuartige Akkus, die sich nicht entladen, wären damit möglich.

Ein Josephson-Kontakt ist ein quantenmechanisches Bauteil, das aus zwei Supraleitern besteht, die durch eine sehr dünne Barriere von etwa zwei Nanometern getrennt werden. Entsprechend quantenmechanischer Grundsätze „fühlen“ die supraleitenden Elektronen ihre Nachbarn auf der anderen Barriereenseite und verhalten sich kohärent. Das heißt, die Elektronen schwingen auf beiden Seiten der Barriere gewissermaßen im Gleichtakt. Diese quantenmechanische Kohärenz kann über ein ganzes Bauelement oder auch über einen kompletten Mikrochip hinweg aufrecht erhalten werden. Sie ermöglicht den Einsatz von Josephson-Kontakten zum Beispiel als präzise Sensoren von Magnetfeldern.

„Jetzt haben wir erstmals verstanden, wie konventionelle und π -Kontakte – diese stellen eine ganz spezielle Phase mit dem Wert der Kreiszahl π zur Verfügung – so kombiniert werden können, dass man einen beliebigen Wert φ erhalten kann. Und es ist uns gelungen, einen φ -Kontakt experimentell nachzuweisen“, berichtet Goldobin. Zudem haben die Wissenschaftler entdeckt, dass diese φ -Josephson-Kontakte sich in zwei Zuständen befinden können: die Supraleiter „synchronisieren“ mit der Phasenverschiebung von entweder $+\varphi$ oder dem negativen dieses Werts.

In den Experimenten bei 300 Millikelvin konnte die Existenz dieser beiden Zustände demonstriert werden. Durch die Kombination der Eigenschaften von konventionellen und π -Kontakten haben die Wissenschaftler aus Tübingen, Tel Aviv und Kiel Josephson-Kontakte mit einer beliebigen Phasenverschiebung φ zwischen Elektronen in zwei Supraleitern entwickelt. Der Wert von φ ($0 < \varphi \leq \pi$) kann durch das Design frei gewählt werden. Dieser φ -Josephson-Kontakt kann zum Einstellen einer konstanten Phasenverschiebung zwischen zwei supraleitenden Elektroden verwendet werden.

Der φ -Kontakt wirkt als eine Batterie, die eine gegebene Phasenverschiebung φ (statt einer Spannung wie in einer herkömmlichen Batterie) für eine angefügte supraleitende elektronische Schaltung erzeugt. „Dieser Phasen-Akku kann sich im Gegensatz zu den üblichen Batterien nicht entladen, da sie streuungsfrei und analog zum Fluss supraleitender Ströme wirkt“, erklärt Roman Mints von der Tel Aviv University.

Damit haben die Wissenschaftler eine wichtige Erkenntnis gewonnen. Denn vor den aktuellen Arbeiten galten Phasen, die ein Josephson-Kontakt ohne Stromfluss annehmen kann, als nicht beliebig änderbar. In einem herkömmlichen Josephson-Kontakt erfolgt die „Synchronisation“ der Elektronenbewegung nämlich gleichphasig, das heißt: ohne Phasenverschiebung.

„Die Nanotechnologie zur Herstellung des φ -Kontaktes resultiert aus der intensiven Forschung von über einem Jahrzehnt und ist derzeit weltweit einzigartig“, berichtet Martin Weides, der die nano-strukturierten Proben herstellte. „Das zentrale Element unserer Proben ist die Kontrolle der Schichtmorphologie auf atomarer Skala“, erläutert der Wissenschaftler.

U. Tübingen / PH

Weitere Infos

- Originalveröffentlichungen
[E. Goldobin et al.: Josephson junction with magnetic-field tunable ground state, Phys. Rev. Lett. 107, 227001 \(2011\); DOI: 10.1103/PhysRevLett.107.227001](#)
[H. Sickinger et al.: Experimental evidence of a \$\varphi\$ Josephson junction, Phys. Rev. Lett. 109, 107002 \(2012\); DOI: 10.1103/PhysRevLett.109.107002](#)
- [Edward Goldobin, Physikalisches Institut, Universität Tübingen](#)
- [Hermann Kohlstedt, AG Nanoelektronik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel](#)

Verwandte Beiträge

- [Magnetischer Supraleiter - supraleitender Magnet](#)
- [Supraleitung in neuem Zustand](#)
- [Schnelle Schalter sichern die Stromversorgung](#)

Copyright 2001 - 2012