



Pressemitteilung

Supraleiter, die von selbst arbeiten

Physiker der Universitäten Tübingen, Tel Aviv und Kiel entdecken neue Möglichkeiten der Kryoelektronik

Tübingen, den 03.12.2012

Wissenschaftler der Universitäten Tübingen, Tel Aviv und der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) haben erstmals eine neue Art von supraleitenden Elementen – sogenannte 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 Dr. Edward Goldobin von der Universität Tübingen und leitender Wissenschaftler des Gemeinschaftsprojektes. Durch diese verbesserte Funktionalität stehen zum Beispiel in der medizinischen Bildgebung oder für skalierbare Quantencomputer ganz neue Möglichkeiten der Kryoelektronik – elektrischen Schaltungen bei ultrakalten Temperaturen – zur Verfügung. Auch neuartige Akkus, die sich nicht entladen, wären jetzt möglich. Ihre Ergebnisse veröffentlichten die Wissenschaftler in der Fachzeitschrift „Physical Review Letters“.

Ein Josephson-Kontakt ist ein quantenmechanisches Bauteil, das aus zwei Supraleitern besteht, die durch eine sehr dünne Barriere von etwa 2 Nanometern (= millionstel Millimeter) 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, die über ein ganzes Bauelement oder auch über einen kompletten Mikrochip hinweg aufrecht erhalten werden kann, 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.

Hochschulkommunikation

Myriam Hönig

Leitung

Michael Seifert

Abteilung Presse, Forschungsbericht-
erstattung, Information

Telefon +49 7071 29-76789

Telefax +49 7071 29-5566

Michael.seifert@uni-tuebingen.de

www.uni-tuebingen.de/aktuell

Wir bitten um Zusendung von
Belegexemplaren! Danke.

In den Experimenten bei 300 Millikelvin (-273 °C) konnte die Existenz dieser beiden Zustände demonstriert werden. „Wir können experimentell bestimmen, in welchem Zustand der Kontakt ist und wir können ihn kontrollieren, also in den gewünschten Zustand von $+\varphi$ oder $-\varphi$ schalten. Der Wert der Phasenverschiebung φ kann durch Parameter wie die Schichtdicke der Probe gesteuert werden“, so Goldobin.

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 Dr. Martin Weides, der die nanostrukturierten Proben herstellte. „Das zentrale Element unserer Proben ist die Kontrolle der Schichtmorphologie auf atomarer Skala“, erläutert der Wissenschaftler das Besondere der vorgelegten Arbeit.

Zum wissenschaftlichen Hintergrund

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 Prof. Roman Mints von der Tel Aviv University.

Publikationen:

- [1] E. Goldobin, D. Koelle, R. Kleiner, R.G.Mints, “Josephson junction with magnetic-field tunable ground state”, Phys. Rev. Lett. **107**, 227001 (2011).
- [2] H. Sickinger, A. Lipman, M. Weides, R. G. Mints, H. Kohlstedt, D. Koelle, R. Kleiner, E. Goldobin, "Experimental evidence of a φ Josephson junction", Phys. Rev. Lett. **109**, 107002 (2012).

Kontakt:

Dr. Edward Goldobin
Universität Tübingen
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät
Physikalisches Institut
Auf der Morgenstelle 14
72076 Tübingen
gold@uni-tuebingen.de

Prof. Dr. Hermann Kohlstedt
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Technische Fakultät
Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik
AG Nanoelektronik
Kaiserstraße 2, 24143 Kiel
hko@tf.uni-kiel.de