

Pressemitteilung

Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH

Dr. Antonia Rötger

02.12.2021

<http://idw-online.de/de/news783475>

Forschungsergebnisse
Physik / Astronomie
überregional



Grüne Informationstechnologien: Supraleitung trifft Spintronik

Ein internationales Team hat eine Kopplung zwischen zwei supraleitenden Regionen nachgewiesen, die durch ein ferromagnetisches Material von einem Mikrometer Breite getrennt sind. Dieser makroskopische Quanteneffekt ist als Josephson-Effekt bekannt und erzeugt einen Strom aus supraleitenden Cooper-Paaren innerhalb der ferromagnetischen Region. Messungen an BESSY II zeigten, dass der Spin der Cooper-Elektronen gleich ist. Die Ergebnisse weisen den Weg für supraleitende spintronische Anwendungen mit sehr geringem Energiebedarf, bei denen spinpolarisierte Ströme durch Quantenkohärenz geschützt sind.

Wenn supraleitende Bereiche durch einen Streifen nicht-supraleitenden Materials getrennt sind, kann ein besonderer Quanteneffekt auftreten, der beide Bereiche koppelt: Der Josephson-Effekt. Handelt es sich bei dem Material um einen halbleitenden Ferromagneten, ergeben sich neuartige Implikationen für spintronische Anwendungen.

Ein internationales Team hat nun erstmals ein Materialsystem entworfen, das einen ungewöhnlich weitreichenden Josephson-Effekt aufweist: Hier sind Bereiche aus supraleitendem $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ durch einen Bereich aus halbleitendem, ferromagnetischem Manganit ($\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$) von einem Mikrometer Breite getrennt.

Mit Hilfe von Magneto-Transportmessungen konnten die Forscher*innen nachweisen, dass ein supraleitender Strom durch das Manganit zirkuliert - hervorgerufen durch die Kopplung zwischen den beiden supraleitenden Bereichen als Manifestation eines Josephson-Effekts mit makroskopisch großer Reichweite.

Darüber hinaus erforschten sie eine weitere interessante Eigenschaft mit tiefgreifenden Konsequenzen für spintronische Anwendungen. In Supraleitern paaren sich Elektronen zu sogenannten Cooper-Paaren. In der überwiegenden Mehrheit der supraleitenden Materialien bestehen diese Paare aus Elektronen mit entgegengesetztem Spin, um das magnetische Austauschfeld zu minimieren, das die Supraleitung schwächt. Im hier verwendeten ferromagnetischen Material kann jedoch nur ein Elektron mit einem Spin zirkulieren. Die Tatsache, dass in diesem Material ein Suprastrom nachgewiesen wurde, bedeutet, dass die Cooper-Paare dieses Suprastroms aus Elektronen mit dem gleichen Spin bestehen müssen. Diese so genannte "Triplett"-Supraleitung ist extrem selten.

"An der XMCD-PEEM-Station bei BESSY II haben wir die magnetischen Domänen innerhalb des Manganit-Streifens kartiert und gemessen. Wir haben weite Bereiche beobachtet, die homogen magnetisiert sind und die supraleitenden Bereiche miteinander verbinden. In diesen können sich Triplett-Spinpaare frei ausbreiten", erklärt Dr. Sergio Valencia Molina, HZB-Physiker, der die Messungen an BESSY II betreut hat.
Stabilität durch Quantenkohärenz

Supraleitende Ströme fließen ohne Widerstand, was sie für Anwendungen mit geringem Stromverbrauch sehr interessant macht. Im vorliegenden Fall besteht dieser Strom aus Elektronen mit gleichen Spins. Solche spinpolarisierten Ströme könnten in neuartigen supraleitenden spintronischen Anwendungen für den Transport über große Entfernungen und das Lesen/Schreiben von Informationen verwendet werden. Die makroskopische

Quantenkohärenz des Josephson-Effekts sorgt dabei für Stabilität.

Ein neues Bauelement, das aus supraleitenden und ferromagnetischen Komponenten besteht, würde daher Möglichkeiten für die supraleitende Spintronik eröffnen und neue Perspektiven für das Quantencomputing aufzeigen.

Kooperationspartner: An dieser internationalen Zusammenarbeit (Spanien, Frankreich, USA, Russland und Deutschland) unter der Leitung von Prof. Jacobo Santamaria von der Complutense Universität Madrid (Spanien) und Javier Villegas von der α Unité Mixte de Physique CNRS/THALES (Frankreich) war die Abteilung Spin und Topologie in Quantenmaterialien am HZB beteiligt.

Finanzierung: To2Dox, ERA-NET, EU Horizon 2020

Originalpublikation:

Nature Materials (2021): Extremely long range, high-temperature Josephson coupling across a half metallic ferromagnet

D. Sanchez-Manzano, S. Mesoraca, F. Cuellar, M. Cabero, V. Rouco, G. Orfila, X. Palermo, A. Balan, L. Marcano, A. Sander, M. Rocci, J. García-Barriocanal, F. Gallego, J. Tornos, A. Rivera, F. Mompean, M. García-Hernández, J. M. González-Calbet, C. León, S. Valencia, C. Feuillet-Palma, N. Bergeal, A.I. Buzdin, J. Lesueur, Javier E. Villegas y J. Santamaría.

DOI: [10.1038/s41563-021-01162-5](https://doi.org/10.1038/s41563-021-01162-5)