

トポロジカル物質で超伝導ダイオードを実現

理化学研究所（理研）創発物性科学研究センター強相関物性研究グループの安田憲司客員研究員（マサチューセッツ工科大学博士研究員）、十倉好紀グループディレクター（東京大学大学院工学系研究科教授）、強相関界面研究グループの川崎雅司グループディレクター（東京大学大学院工学系研究科教授）、東北大学金属材料研究所の塚崎敦教授らの共同研究グループは、トポロジカル絶縁体の超伝導界面において、超伝導電流の整流効果を観測しました。

今回、共同研究グループは、その電子状態を調べるため、トポロジカル絶縁体表面状態と超伝導が共存している FeTe （Fe：鉄、Te：テルル）と Bi_2Te_3 （Bi：ビスマス、Te：テルル）の積層界面に着目しました。超伝導界面と平行（面内）に磁場を加えて抵抗を測定したところ、部分的に超伝導の発現した状態でのみ、電流の方向に依存して抵抗が変化する整流効果（ダイオード効果）が現れることが分かりました。詳細な測定と理論計算から、スピン運動量ロックした表面状態の電子が特殊な超伝導状態を実現していることが明らかになりました。

本研究は、英国のオンライン科学雑誌『Nature Communications』（6月21日）に掲載されます。

トポロジカル絶縁体と超伝導体の相互作用を研究するため、共同研究グループは FeTe （Fe：鉄、Te：テルル）と Bi_2Te_3 （Bi：ビスマス、Te：テルル）の積層界面に着目しました。いずれの物質も単体では超伝導を示しませんが、これらの積層界面では超伝導を発現することが明らかになっています。さらに、この界面にはトポロジカル絶縁体表面状態が存在することから、その表面状態と超伝導との相互作用を研究することに適しています。分子線エピタキシー法[8]を用いて FeTe と Bi_2Te_3 の積層構造を作製し、試料を極低温で測定したところ、7K（約-266°C）程度で抵抗が0となり、界面において超伝導が発現していることを確認しました（図 1a）。

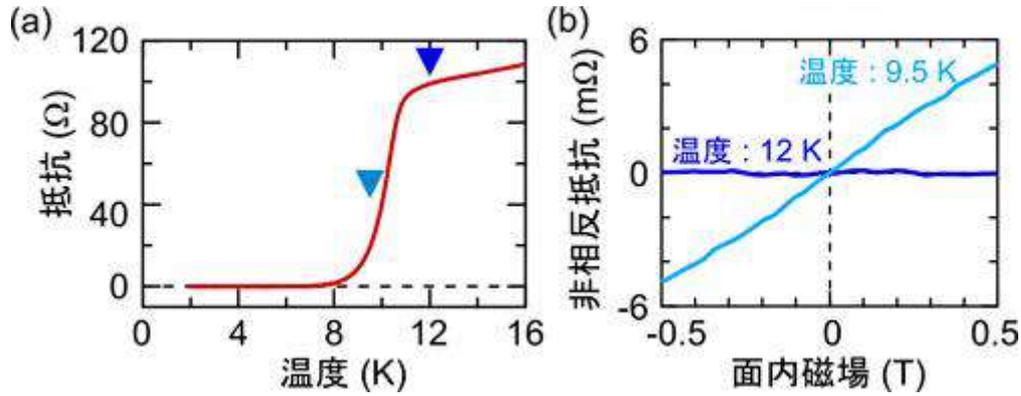


図 1 FeTe と Bi_2Te_3 の積層構造の抵抗と非相反抵抗

そこで超伝導状態の理解を深めるため、界面に平行（面内）に磁場を加えた状態で、整流効果（ダイオード効果）を、図 2 の赤方向電流下での抵抗と青方向電流下での抵抗の差分に対応する、非相反抵抗を通して測定しました。常伝導状態では、非相反抵抗は 0 であるのに対し、部分的に超伝導に転移した温度では、有限な非相反抵抗が生じ、整流効果が現れました（図 1b）。特に、磁場方向の反転に伴って、非相反抵抗の符号が反転する重要な性質を確認しました。これは、超伝導電流の流れやすい方向を外部から加える磁場の方向で制御できることを意味しています。

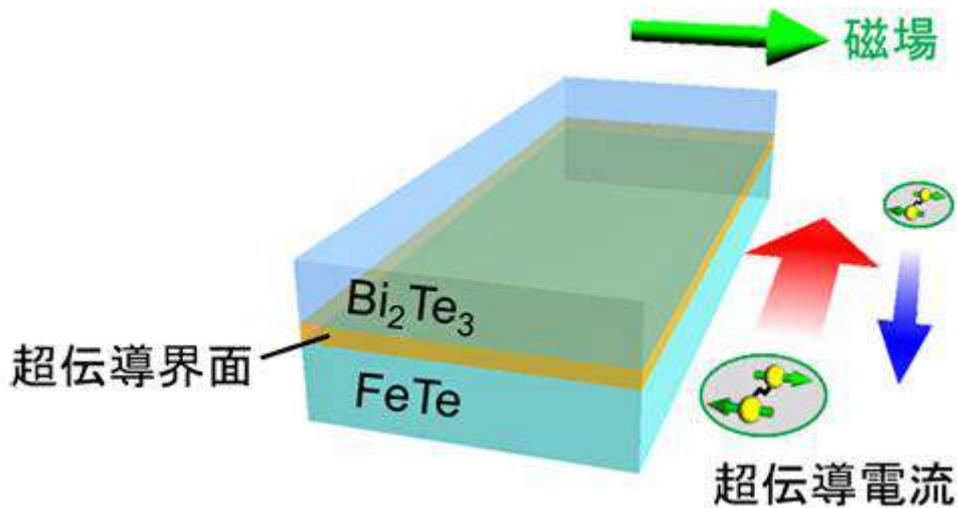


図 2 界面における超伝導と磁場下での超伝導電流の整流効果のイメージ

本研究結果から、トポロジカル絶縁体と超伝導体との接合によって、超伝導電流の流れる方向を効果的に制御できることが明らかになりました。これは、磁場で制御可能な超伝導電流のダイオードとして応用できると期待できます。

(日文发布全文 http://www.riken.jp/pr/press/2019/20190621_1/)

文 JST 客观日本编辑部