

BiS₂ 超伝導層を有する新しい層状超伝導物質を発見

層状物質では二次元的な結晶構造に由来した特異な電子状態が実現する。そのため、高温超伝導をはじめとした非従来型超伝導機構や特異な磁性などが発現するため、盛んに研究されてきた。銅酸化物高温超伝導系や鉄系超伝導系も層状物質であり、超伝導が発現する“超伝導層”と超伝導層間を絶縁する“ブロック層”の積層構造をとる。銅酸化物系においては CuO₂ 面が共通の超伝導層を形成し、CuO₂ 面の枚数およびブロック層の構造を変化させることで様々な高温超伝導体が発見された。銅酸化物系における CuO₂ 面のような共通の超伝導層を発見することは、新超伝導物質の探索に大きな指針を与える。

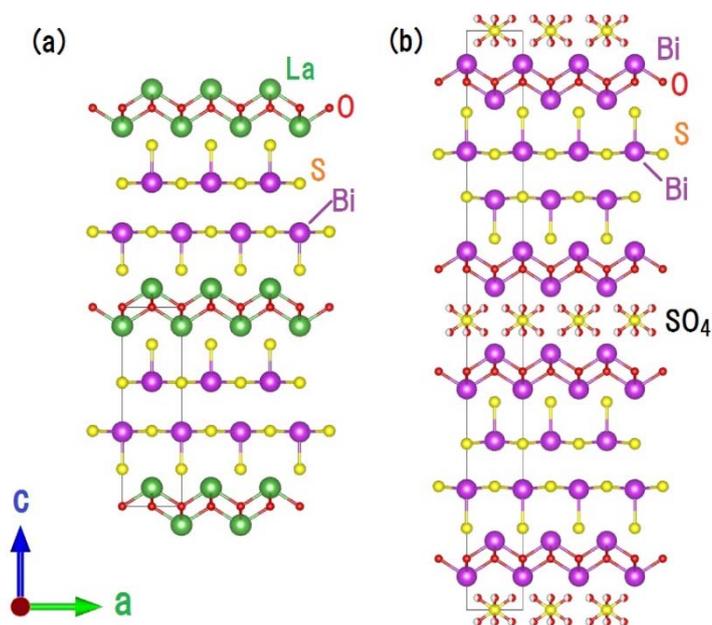


図 1. (a)LaOBiS₂ の結晶構造. (b) Bi₄O₄S₃ の結晶構造.

最近、首都大学東京電気電子工学専攻のメンバーを中心とする研究グループは、ビスマス (Bi) および硫黄 (S) から構成される BiS₂ 層を有する一連の層状超伝導物質系を発見した。この成果は、日本物理学会が発行する英文誌 Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ) の 2012 年 11 月号に掲載された。

LaOBiS₂ は図 1(a)に示すように 2 枚の BiS₂ 層と La₂O₂ ブロック層が積層した構造を取り、Bi³⁺の半導体である。ブロック層の酸素を一部フッ素で置換することで BiS₂ 層に電子がドーピングされ、LaO_{0.5}F_{0.5}BiS₂ は超伝導転移温度(T_c)が 10K 以上の超伝導体となる。これまでに、La サイトを他のランタノイド元素 (Ce, Nd, Pr, Yb) で置き換えた物質においても電子ドーピングにより超伝導が発現すると報告されている。また、図 1(b)に示すような厚いブロック層を持つ物質においても超伝導が発現する。Bi₄O₄S₃ は二枚の BiS₂ 層の間に Bi₄O₄(SO₄)_x ブロック層が存在し、SO₄ サイトが欠損することで BiS₂ 層に電子がドーピングされ、4.5K の超伝導体になる。これまでに発見されている物質についてまとめると、BiS₂ 系超伝導体は 2 枚の BiS₂ 層とブロック層の積層構造を取り、母相の半導体に電子をドーピングすることで超伝導が発現する。

比熱測定や圧力下電気抵抗測定から BiS₂ 系は半導体的な伝導の近傍で起こる低キャリア超伝導であると示唆されており、これは HfNiCl 系と非常に類似している。また、鉄系超伝導のように局所構造の変化により T_c が大きく変化することもわかってきた。今後、さらに高い T_c を持った BiS₂ 系超伝導物質が発見されることが強く期待されるとともに、超伝導発現機構も今後の興味深い研究対象である。

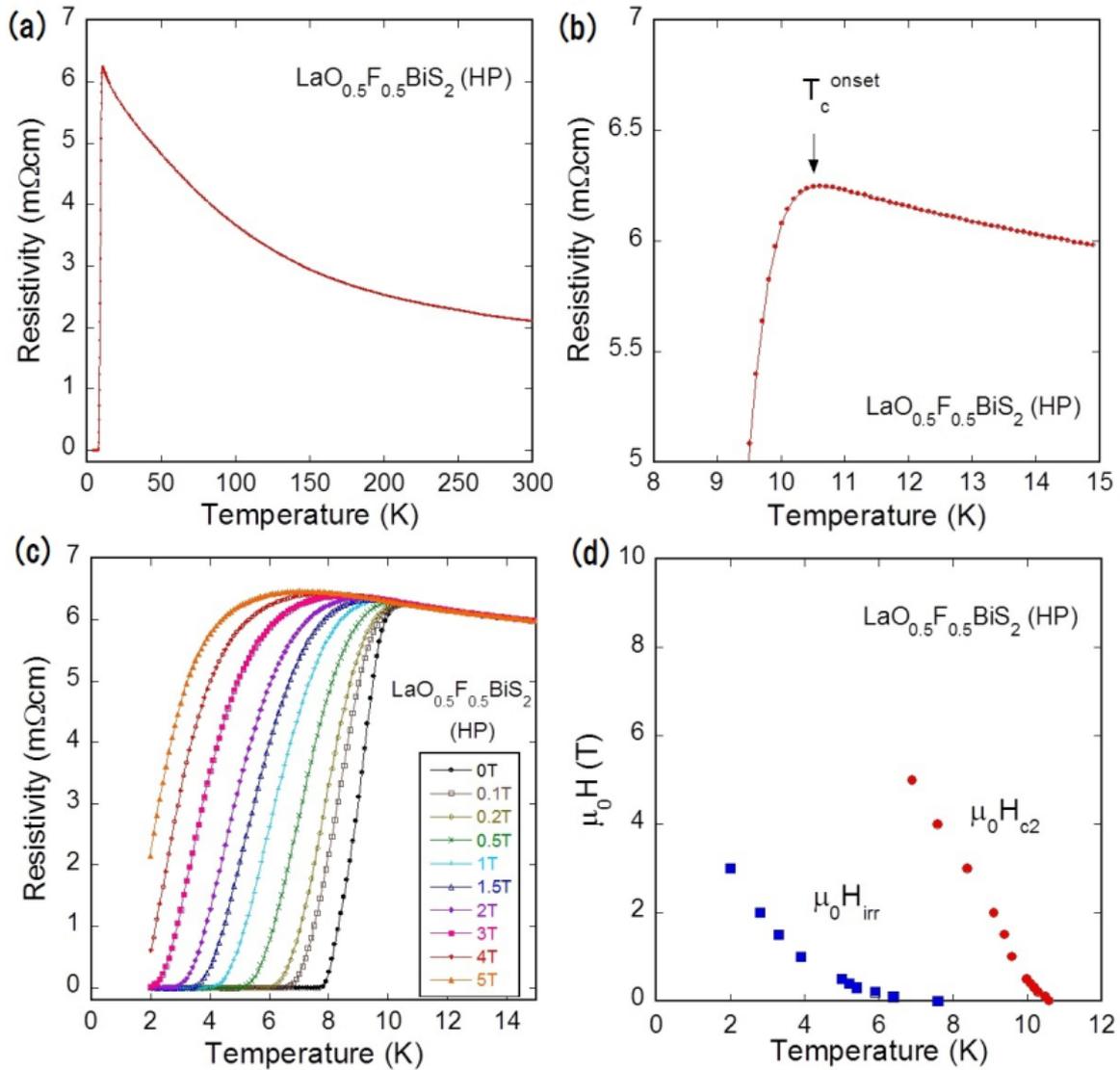


図 2. $\text{LaO}_{0.5}\text{F}_{0.5}\text{BiS}_2$ (高圧アニール試料) の超伝導特性. (a, b) 電気抵抗率の温度依存性. (c) 磁場中電気抵抗率の温度依存性. (d) 磁場-温度相図.

原論文(11月1日公開済)

Superconductivity in Novel BiS_2 -Based Layered Superconductor $\text{LaO}_{1-x}\text{F}_x\text{BiS}_2$

[Y. Mizuguchi, S. Demura, K. Deguchi, Y. Takano, H. Fujihisa, Y. Gotoh, H. Izawa, and O. Miura, J. Phys. Soc. Jpn. 81 \(2012\) 114725.](#)

情報提供

水口 佳一 (首都大学東京電気電子工学専攻)

高野 義彦 (物質・材料研究機構ナノフロンティア材料グループ)