

Sm(O,F)BiS₂ 単結晶の育成と超伝導特性の評価

Growth and characterization of Sm(O,F)BiS₂ superconducting single crystals

山梨大¹, 北大², 首都大³, NIMS⁴

(M1)木南幸希¹, 花田祐二¹, 長尾雅則¹, 三浦章², 後藤陽介³,

丸山祐樹¹, 綿打敏司¹, 高野義彦⁴, 田中功¹

Univ. Yamanashi¹, Hokkaido Univ.², Tokyo Metropolitan Univ.³, NIMS⁴

Koki Kinami¹, Yuji Hanada¹, Masanori Nagao¹, Akira Miura², Yosuke Goto³, Yuki Maruyama¹,

Satoshi Watauchi¹, Yoshihiko Takano⁴, Isao Tanaka¹

E-mail: g19ta017@yamanashi.ac.jp

I. 序論

超伝導体の中でも、銅酸化物超伝導体と鉄系超伝導体は、ともに高い超伝導転移温度 T_c を示す。これらは超伝導層とブロック層が積層した層状構造を有しており、層状構造における超伝導のメカニズムを解明することは、 T_c を向上させるための重要な知見を与えるものと期待されている。2012年に BiS₂ 層を超伝導層とする層状超伝導体 R(O,F)BiS₂ が発見された[1]。その後、数年のうちに R=La, Ce, Pr, Nd において単結晶の育成が報告され、その固有特性が明らかとなり、R サイトのイオン半径が小さくなるほど T_c が高くなる傾向にあることなどが示された[2]。しかし、Nd よりさらにイオン半径の小さい Sm が、R サイトを全置換した Sm(O,F)BiS₂ 単結晶において超伝導転移は観測されていない[3]。そこで、本研究では種々の F 置換量の Sm(O,F)BiS₂ 単結晶を育成し、その超伝導性を確認するとともに、電気・磁気的特性の評価を行った。

II. 実験方法

Sm(O,F)BiS₂ の原料として Sm₂S₃, Bi₂O₃, BiF₃, Bi, Bi₂S₃ を SmO_{1-x}F_xBiS₂ (x=0.3-1.0) の仕込み組成に合計 0.8 g になるよう秤量し、これに KI-KCl (KI : KCl=3.85 g : 1.15 g) フラックスを加え、これらを乾式混合し、石英管に真空封入した。これを 700 °C で 10 時間保持後、0.5 °C/h で 600 °C まで徐冷し、単結晶育成を行った。得られた結晶を走査電子顕微鏡 (SEM) で観察、エネルギー分散 X 線分光 (EDS) および電子線プローブマイクロアナライザー (EPMA) により組成分析、X 線回折 (XRD) による結晶構造の評価を行った。超伝導特性については、 T_c を超伝導量子干渉計 (SQUID) による磁化測定および直流四端子法による電気抵抗率測定によって評価を行い、超伝導異方性パラメーター γ_s を上部臨界磁場 H_{c2} の異方性および有効質量モデルから評価した。

III. 実験結果

大きさ 0.5 mm 角、厚さ 10 μ m 程度の Sm(O,F)BiS₂ 単結晶の育成に成功した。Fig.1 (Inset) に得られた単結晶の SEM 像を示す。SmO_{0.5}F_{0.5}BiS₂ (x=0.5) の仕込み組成から育成し、組成分析の結果 Sm_{1.04} ± 0.03 O_{0.83} ± 0.05 F_{0.17} ± 0.05 Bi_{0.97} ± 0.03 S_{2.00} となった単結晶について、磁化測定の結果から 4.8 K 付近で超伝導転移を確認した。Fig.1 に電気抵抗率の温度依存性を示す。この結果から、 $T_c^{\text{onset}}=5.45$ K, $T_c^{\text{zero}}=3.90$ K と見積もられた。また、上部臨界磁場 H_{c2} の異方性から超伝導異方性パラメーター γ_s は 26 となり、有効質量モデルによる見積もりでは、10 となった。しかしながら、有効質量モデルによるスケーリングにおいて、データの逸脱が大きいことから、 H_{c2} の異方性から求めた γ_s を採用した。F 濃度が異なる試料についても同様の評価を行っており、本講演では、F 濃度変化に伴う Sm(O,F)BiS₂ 単結晶の超伝導特性の違いについても述べる予定である。

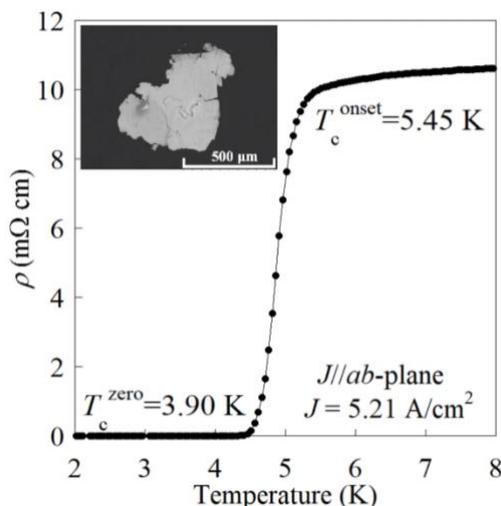


Fig.1. Resistivity-temperature (ρ - T) characteristics at around T_c for Sm_{1.04} ± 0.03 O_{0.83} ± 0.05 F_{0.17} ± 0.05 Bi_{0.97} ± 0.03 S_{2.00} single crystal. (Inset) Typical SEM image of Sm(O,F)BiS₂ single crystal.

References

- [1] Y. Mizuguchi *et al.*, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **81** (2012) 114725.
- [2] M. Nagao, *Nov. Supercond. Mater.*, **1** (2015) 64-74.
- [3] G. S. Thakur *et al.*, *Inorg. Chem.*, **54** (2015) 1076-1081.