

BiS₂系超伝導体 SmO_{0.5}F_{0.5}BiS₂における超伝導と面内化学圧力効果

SATテクノロジー・ショーケース2024

■ はじめに

近年、持続可能な社会の実現に向けて様々なカーボンニュートラルへの取り組みが行われている。例えば、超伝導体は抵抗がゼロになる性質（ゼロ抵抗）を持つため、超伝導ケーブルを用いればエネルギーロスのない送電によりカーボンニュートラルに貢献できると考えられている。しかし、現在広く応用されている超伝導体は低温でのみゼロ抵抗となることから、高い温度でも利用できる高温超伝導体が求められている。鉄ヒ素系超伝導体は高温超伝導体として知られており、最高で約50Kで超伝導転移する。

2011年に発見されたBiS₂系超伝導体は鉄ヒ素系超伝導体と同様に伝導層とブロック層からなる層状構造を持ち、その超伝導の性質に興味を持たれている。典型的なBiS₂系超伝導体の超伝導転移温度(T_c)は数Kであるが、ブロック層の元素をイオン半径の小さい元素で置換すると T_c が最大で5倍に上昇する特異的な性質を持つ。この性質は面内方向の化学圧力によるものと指摘されており、Biのイオン半径とSのイオン半径の和を結晶構造のBi-S間の長さで割ることで算出される面内化学圧力係数(P_1)が大きいほど T_c が高くなる傾向がある[1]。このことからイオン半径が小さいSmでブロック層の元素を置換することで、 P_1 が大きく、 T_c が高いBiS₂系超伝導体を作製できると期待される。そこで私はSmO_{0.5}F_{0.5}BiS₂の単結晶作製を行い、超伝導特性を評価した。本発表ではSmO_{0.5}F_{0.5}BiS₂の面内化学圧力係数と超伝導転移に関して議論する。

■ 活動内容

【実験】

SmO_{0.5}F_{0.5}BiS₂の単結晶をフラックス法により作製し、微小単結晶X線回折実験により試料の同定と結晶構造の解析を行った。微小単結晶X線回折実験の結果より、作製された単結晶はBiS₂系超伝導体の結晶構造であるP4/nmmであることが確認された。また作製された試料について2~300Kでの電気抵抗率の温度依存性の測定を行った。

【実験結果・考察】

電気抵抗率の測定から、作製した試料は2~300Kでは超伝導転移を示さないことが分かった。

微小単結晶X線解析から求めたSmO_{0.5}F_{0.5}BiS₂の P_1 及びLa_{1-x}Sm_xO_{0.5}F_{0.5}BiS₂の P_1 についてSm濃度依存及び T_c の関係をそれぞれ図1と図2に示す。La_{1-x}Sm_xO_{0.5}F_{0.5}BiS₂の P_1 は $x=0.0\sim 0.7$ までは上昇傾向にあり、超伝導転移温度も上昇する。一方で $x=1.0$ の P_1 は大幅に減少し、 $P_1\sim 0.994$ となった。水口らは P_1 と T_c との間には相関があると同時にバルクの超

伝導を示すためには P_1 がある閾値($P_1\sim 1.0$)以上になる必要があると報告している[1]。本研究結果はイオン半径の小さなSmで全置換した場合でも超伝導を示すには P_1 がその閾値を超える必要があることを示している。

【今後の展望】

面内化学圧力係数が大きいSm置換の単結晶作製方法を模索し、 T_c の高いBiS₂系超伝導体を作製したいと考えている。

■ 参考文献

[1]Y.Mizuguchi,A.Miura,J.Kajitani,T.Hiroi,O.Miura,K.tadanaga,N.Kumada,E.magome,C.moriyoshi,Y.Kuroiwa, Sci.Rep.5,14968(1-8)(2015)

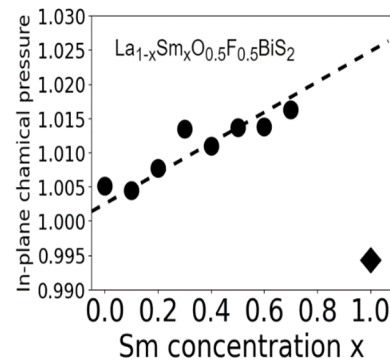


図1.La_{1-x}Sm_xBiS₂の面内化学圧力係数 (P_1) のSm濃度依存性。図中の破線は $x=0.0\sim 0.7$ でのSm濃度に対する P_1 の傾向を示す。図中の●は $x=0.0\sim 0.7$ 、◆は $x=1.0$ の P_1 を示す。

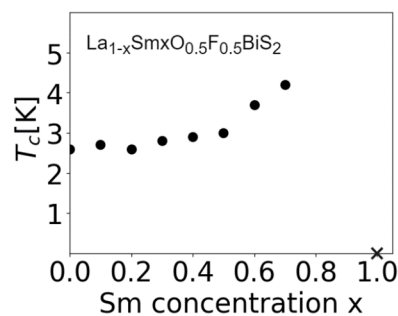


図2.La_{1-x}SmO_{0.5}F_{0.5}BiS₂の超伝導転移温度 (T_c) のSm濃度依存性。図中の×は2K以上で超伝導転移が見られなかった点を表す。

代表発表者 水澤 清(みずさわ きよし)
 所属 室蘭工業大学
 システム理化学科物理物質システムコース
 電子物性研究室
 問合せ先 〒050-0071 北海道室蘭市水元町 27-1
 E-mail: 20026218@muroran-it.ac.jp

■キーワード: (1)超伝導
 (2)面内化学圧力効果
 (3)希土類