

Co 置換した BaFe₂As₂ 超伝導体の作製と超伝導特性

藤代・内藤研究室 S0416028 菅原直人

1. 序論

2008 年に鉄系超伝導体が発見されて以降、超伝導特性向上に向けた様々な基礎研究が進められている [1]。鉄系超伝導体の超伝導転移温度 T_c は最大で 58.1 K であり銅酸化物系に次ぐ値を示し、20~30 T 以上の高磁場における臨界電流特性が MgB₂ や Nb₃Sn などに比べ高いことから注目され、応用に向けた研究が進められている。特に Ba122 系は線材分野において非常に高い臨界電流密度 J_c 、50 T 以上の高い上部臨界磁場 H_{c2} を有していることなどから高磁場での応用、また結晶粒界による弱結合性の問題が小さいため多結晶体でバルク磁石への応用が期待される。122 系における最大 T_c は (Ba_{0.6}K_{0.4})Fe₂As₂ で 38 K を記録している。しかし化学的に非常に不安定な K をドープする必要があり、単体での扱いが難しいことや劣化することなどが問題としてあげられる。一方で Ba(Fe_{1-x}Co_x)₂As₂ の T_c は 23 K と K ドープに比べ下がってしまうが、化学的に安定で劣化等も見られないため実用化に向け注目されている。Co ドープによる 122 系については、前駆体である FeAs、CoAs を用いたフラックス法などにより単結晶を容易に作製出来ることが先行研究により知られている[2]。しかし SPS 法による Co ドープ 122 多結晶バルクの作製方法は確立されていない。よって本実験は Co ドープした BaFe₂As₂ 多結晶バルクの作製を目的とし実験と物性評価を行った。

2. 実験

本実験は Ba, Fe, Co, As の原料単体を混合し焼結する方法と、FeAs と CoAs を前駆体として作製しそれらを用いて焼結する方法でそれぞれ Ba(Fe_{1-x}Co_x)₂As₂ を作製した。原料単体を焼結する方法は、Ba(Fe_{1-x}Co_x)₂As₂ のモル比になるよう秤量、混合し、Φ8 の SUS 製の管に Ar 雰囲気で封入し焼結した。焼結温度は 900°C、時間は 24h もしくは 30h 保持で行った。Co のドープ量は超伝導が発現する $x=0.06 \sim 0.2$ の範囲で試料の作製を行った。前駆体を使用した方法では Ba:FeAs:CoAs=1:2(1-x):2x の割合で混合し焼結した。こちらも Ar 雰囲気で封入後、900°C、24h で焼結を行った。前駆体である FeAs、CoAs はそれぞれ Fe, Co:As=1:1 で混合し Ar 雰囲気で封入後 500°C で 10 h 保持、その後 900°C まで加熱し 10 h 保持した後室温まで冷却した。単体で $x=0.08$ で作製した試料と FeAs と CoAs の前駆体を使用した Ba(Fe_{1.84}Co_{0.08})₂As₂ 粉末をそれぞれ用いて SPS (Spark Plasma Sintering) 法により 2 つのバルク試料を作製した。SPS の条件はどちらも Φ10 のダイスで、印加圧力 40 MPa、800°C、10 min 保持で行った。

作製した試料は結晶相の同定を XRD (X 線回折装置)、磁化の温度依存性測定を SQUID (超伝量子干渉磁束計) を用いてそれぞれ行った。SPS 後のバルク試料の電気抵抗率の温度依存性の測定は直流 4 端子法を用いて測定した。

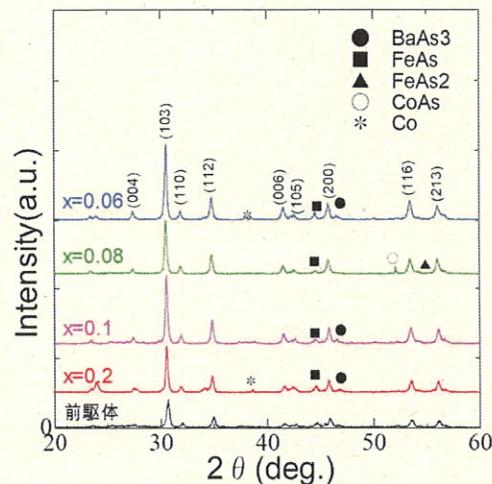


図 1.Ba(Fe_{1-x}Co_x)₂As₂, 24h 保持 XRD パターン

3. 結果と考察

図1に原料単体を混合して作製した試料と前駆体を使用した試料のXRDパターンを示す。この結果からすべての試料で122相が形成されていることが確認出来た。原料単体から作製した試料からは不純物相としてFeAsなどのヒ素化合物等が確認された。前駆体を使用した試料ではピーク強度はほかの試料に比べ大きく落ちたが不純物は減少した。

図2に原料単体から作製した $x=0.08$ 試料の磁化の温度依存性を示す。磁場は10 Oeを印加し零磁場冷却(ZFC)と磁場中冷却(FC)の測定を行った。磁化の振る舞いから超伝導になっていることを確認出来なかった。また、その他の組成の試料並びに前駆体から作製した試料の超伝導を示さなかつた。XRDとSQUIDの結果より超伝導を示さなかつた理由として、FeサイトへCoがドープしていないのではないかと考えられる。

図3にSPS前後のXRDパターンを示す。SPS後の試料でも122相が分解されずに形成されていることが確認出来た。

図4にSPSで作製したバルク試料を直流4端子法で電気抵抗率を測定した結果を示す。 $T_c \text{ onset} = 17.4 \text{ K}$ で電気抵抗が落ちはじめ超伝導の兆候を確認することが出来た。

4. 結論

本研究はCoドープBaFe₂As₂バルクの作製と物性評価を目的として実験を行った。単体を混合し作製した試料はXRDの結果から122相が確認出来たが、SQUIDの結果より超伝導を示すことはなかつた。これはCoが鉄サイトへドープしなかつたことが原因と考えられる。

作製した多結晶をSPS法で作製したバルク試料では、電気抵抗率の結果から $T_c = 17.4 \text{ K}$ を得ることに成功した。

よって本研究の目的であるBa(Fe_{x-1}Co_x)₂As₂は作製できたと言える。しかし先行研究より作製したバルクの超伝導転移温度は $T_c = 23 \text{ K}$ 程度を期待していたため今後、焼結条件や作成方法の改善が求められる。

参考文献

- [1] Z.-S. Wang et al, Phys. Rev. B 78, 140501(R) (2008)
- [2] N. Ni et al, PHYSICAL REVIEW B 78, 214515(2008)

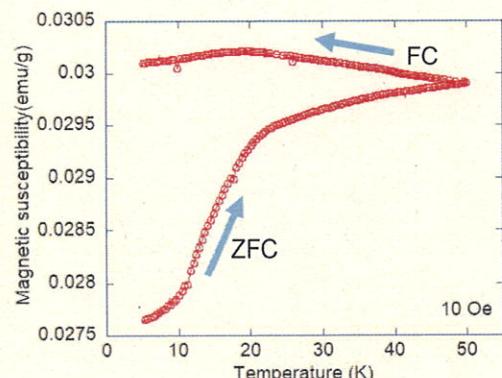


図2. $x=0.08$, 24h 試料の磁化の温度依存性

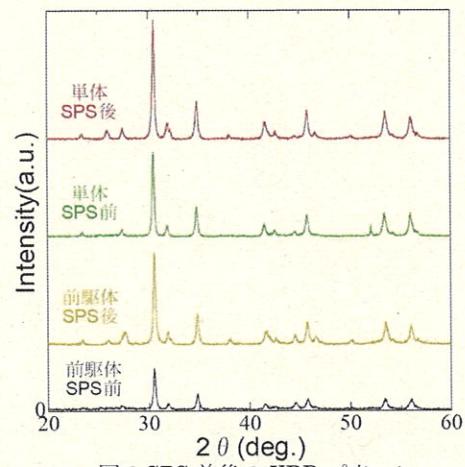


図3.SPS 前後の XRD パターン

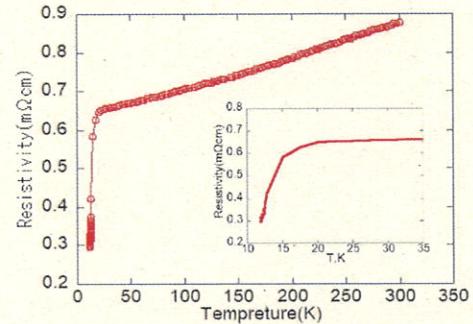


図4.SPS 試料の電気伝導率