

Sr_{0.6}K_{0.4}Fe₂As₂多結晶超伝導体の臨界電流密度評価に与える粒径分布の影響

09232214 松下研究室 眞弓哲青

1. はじめに 昨年度の研究で多結晶の Sr_{0.6}K_{0.4}Fe₂As₂について、試料の臨界電流密度 J_c に及ぼす銀添加の影響を SQUID 磁力計を用いて評価したところ、2 種類の遮蔽電流の存在が確認され、それを粒間の臨界電流密度 J_{cg} と粒内の臨界電流密度 J_{cl} に分離した。そして J_{cg} は銀を添加することによって向上することを確認することができた[1]。しかし粒径の分布が広く、 J_{cl} の正しい評価ができていない可能性があった。本研究では、粒の直径の分布が J_{cl} の評価に与える影響を定量的に調査し、より正確な粒内の臨界電流密度 J_{clP} を導出することを目的とする。

2. 実験 試料は Sr_{0.6}K_{0.4}Fe₂As₂ 超伝導体に銀を 20 wt% 添加した試料(#1)と無添加の試料(#2)の 2 つを使用した[2]。従来、残留磁化を測定し、その変化率の測定結果より得られた試料全体の中心到達磁場と試料のサイズより J_{cg} を、結晶粒の中心到達磁場と結晶粒径よりみかけの J_{cl} を評価した。今回 J_{cl} に対して、粒の直径の分布を考慮した評価を行い、分布によって変化した磁気モーメントから真の J_{clP} を求める方法について調査を行った。

3. 結果及び検討 Fig. 1 より、銀を添加すると J_{cg} の特性が評価できる値となった。しかし、銀を添加したことにより J_{cl} は低い値となった[1]。 J_{clP} についての議論は後に記述する。ここで粒の直径の分布が J_{cl} に与える影響について調査する。粒の直径が D のときの粒内の磁気モーメント m は

$$\begin{aligned} m(H_m) &= \frac{\pi^2}{16} \left(\frac{3D^2 H_m^2}{2J_d} + \frac{3D^2 H_m^3}{J_d^2} + \frac{7H_m^4}{4J_d^3} \right) & : 0 < H_m < H_p \\ &= \frac{\pi^2}{16} \left(\frac{-D^4 J_d}{16} + D^3 H_m - \frac{3D^2 H_m^2}{2J_d} + \frac{DH_m^3}{J_d^2} + \frac{H_m^4}{4J_d^3} \right) & : H_p < H_m < 2H_p \\ &= \frac{D^4 \pi^2 J_d}{128} & : 2H_p < H_m \end{aligned}$$

と書ける。 H_m は最大経験磁場、 H_p は中心到達磁場である。

ここで D の分布を考慮し、粒の直径が D のときの頻度 $P(D)$ を対数正規分布を用いて

$$P(D) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma'D} \exp \frac{-(\log D - \log \mu)^2}{2\sigma'^2}$$

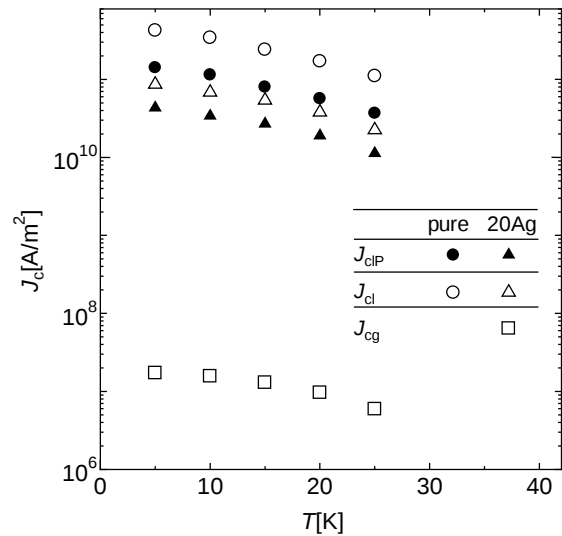
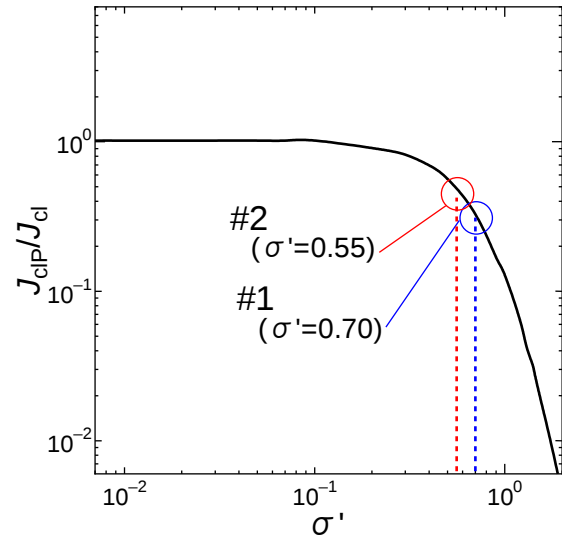
と仮定した。 μ は粒の直径の平均値、 σ' は粒の直径の対数正規分布における標準偏差である。 SEM の観察結果より平均値 μ と標準偏差 σ' はそれぞれ無添加の試料(#1)で $\mu=0.3 \mu\text{m}$ 、 $\sigma'=0.70$ 、銀を添加した試料(#2)で $\mu=1.0 \mu\text{m}$ 、 $\sigma'=0.55$ となった。このとき、分布を考慮した粒内の磁気モーメント m' は

$$m'(H_m) = \int_0^\infty m(D, H_m) P(D) dD$$

と書ける。この m' を H_m について微分することにより、変化率のピーク時の磁場を求め、分布を考

慮した粒内の臨界電流密度 J_{clP} を導出する。 J_{clP}/J_{cl} と σ' の関係を Fig. 2 に示す。 σ' が大きいほど J_{clP}/J_{cl} の値が小さくなり、 σ' が 0.1 以下だと正しく評価されていることが分かった。また、試料 #1 ($\sigma'=0.55$) と試料 #2 ($\sigma'=0.70$) では J_{clP}/J_{cl} に 1.5 倍程度の差がみられた。

これを元に修正を行ったのが Fig. 1 に示す J_{clP} であり、これまで求めた J_{cl} は 2 倍以上過大評価されている結果となった。

Fig. 1 : J_c vs T .Fig. 2 : J_{clP}/J_{cl} vs σ' .

【参考文献】

- [1] 吉田 信之：九州工業大学情報工学部修士論文 (2009)「鉄ヒ素系多結晶超伝導体の臨界電流密度特性」
[2] L. Wang et al. : Supercond. Sci. Technol. **23** (2010) 025027.