低温磁気顕微鏡観察に基づく Co ドープBaFe₂As₂超伝導薄膜の J_c と T_c分布の空間的相関についての考察 A Study on Spatial Correlation between J_c and T_c distributions in a Co-doped BaFe₂As₂ Film Based on Low Temperature Magnetic Microscopy

九大¹, 中国科学院² ⁰呉 澤宇¹, 東川 甲平¹, 徐 中堂², 馬 衍偉², 木須 隆暢¹

Kyushu Univ.¹, CAS²

[◦]兵 澤子⁻, 泉川 中平⁻, 伝 中室⁻, 高 初岸⁻, 木須 座物⁻ [◦]Zeyu Wu¹, Kohei Higashikawa¹, Zhongtang Xu², Yanwei Ma², Takanobu Kiss¹ E-mail: kiss@sc.kyushu-u.ac.jp

1. 背景

122系鉄系超伝導体(IBSs)は、高い上部臨界磁場など優れた物 性を有し、低コストな高性能線材として実用化が期待されてい る [1]。しかし、臨界電流特性の評価には、四端子法や磁化法 を用いたマクロな特性評価が一般的であるが、電流制限因子や イントリンシックな材料特性について、未だ充分な情報を得ら れない。そこで本研究は、良く制御された単結晶基板上の Co ドープ BaFe2As2(以下 Ba-122と略記)薄膜試料を対象に、空間分 解能を有する磁気顕微法によって臨界電流密度(Ja)ならびに臨 界温度(Ta)の分布を評価し、その統計分布や両者の関連性を明ら かとした。

2. 実験方法

走査型ホール素子磁気顕微鏡(SHPM)を用いて、試料面内の磁 化特性を測定した。測定には、CaF2単結晶基板上に PLD 法によ って成膜した、c軸配向で結晶性の高い Ba-122 エピタキシャル 薄膜を用いた。試料サイズは、5 mm×5 mm である。同試料を目 標温度に冷却後、充分の外部磁場を印加することで磁化させた。試 料直上でホール素子を走査し、残留磁場の垂直成分(*B*2)分布を計 測した。

3. 結果·考察

試料温度 5, 7, 10, 12, 14, 16 K においての残留磁場分布を測定 した。Biot-Savart 則の逆問題を解くことで、各温度における磁化電 流分布を導出し、J_c分布を評価した。さらに、各座標位置における温 度依存性より、T_cの面内分布を取得した。J_c分布(@ 5K)ならびに T_c 分布の評価結果をそれぞれ Fig. 1, 2 に示す。なお、T_cの導出にお いて、null-line ならびに欠陥位置においてはその影響を考慮し除外 している。J_c分布を統計的視点から分析したところ、J_cの確率密度関 数(PDF)の 9 割以上を占めるメインの分布と、1 割未満のもう一つの 事象とに分離でき、それぞれの分布は温度によらず独立した形状係 数を有する Weibull 関数にスケールする事を示した[2]。また、T_cとJ_c の間には相関が見られ、更に空間的には試料中心と周辺領域に区 分できる。Fig. 3 に両者の領域おけるJ_c分布最頻値の温度依存性を 示した。以上、磁気顕微法によりJ_c と T_c空間分布を評価でき、両者 の統計分布ならびに空間分布的相関について明らかとした。

謝辞:本研究は、独立行政法人日本学術振興会と中国科学院 (CAS)との二国間交流事業(共同研究)による支援を得た。

参考文献

[1] Yuan et al., SuST 30 (2017) 025001

[2] T. Kiss et al., Cryogenics 80 (2016) 221-228.

Critical current density, J_c (MA/cm²)



2mm

Fig. 1. (a) critical current density (J_c) distribution, corresponding to the magnetic profile at 5 K based on SHPM.



Fig. 2. Critical temperature (T_c) distribution without region under the influence of null J_c , derived from local temperature dependence of the J_c .



Fig. 3. Comparison between the temperature dependence of mean J_{cs} , corresponding to edge- and center-region, respectively.