

高 J_c $\text{BaFe}_2(\text{As,P})_2$ 薄膜のヘテロエピタキシャル成長と 等方的な磁束ピンニング特性

Heteroepitaxial growth of $\text{BaFe}_2(\text{As,P})_2$ thin film with a high J_c
and isotropic vortex pinning properties

東工大応セラ研¹, 東工大元素センター², 東工大フロンティア³

佐藤 光¹, 平松 秀典^{1,2}, 神谷 利夫^{1,2}, 細野 秀雄^{1,2,3}

MSL Tokyo Tech¹, MCES Tokyo Tech², FRC Tokyo Tech³

Hikaru Sato¹, Hidenori Hiramatsu², Toshio Kamiya³, Hideo Hosono⁴

E-mail: h_sato@lucid.msl.titech.ac.jp

【緒言】鉄系超伝導体は、(i) 50 T を超える上部臨界磁場、(ii) 小さい異方性因子 ($\gamma = 1 \sim 2$)、(iii) 臨界電流密度 (J_c) が急減する結晶粒界の臨界角が銅酸化物よりも 2 倍程度大きい、という高磁場発生マグネット用線材への応用に有利な特性をもつ。これまでその薄膜では、 $\text{Ba}(\text{Fe,Co})_2\text{As}_2$ ($\text{BaFe}_2\text{As}_2\text{:Co}$) が最も研究され、パルスレーザー堆積 (PLD) 法による高 J_c 化が達成されている。しかしながら、 $\text{BaFe}_2\text{As}_2\text{:Co}$ は超伝導特性を支配する Fe サイトを Co で置換してしまうことから散乱効果が大きく、 T_c が 22 K と低く、 J_c も銅酸化物に比べて 1 桁以上低いことが課題となっている。

そこで我々は As サイトを P で置換するので不純物散乱効果の低減が期待できる $\text{BaFe}_2(\text{As,P})_2$ ($\text{BaFe}_2\text{As}_2\text{:P}$)に着目した。また、この系は T_c が 31 K と $\text{BaFe}_2\text{As}_2\text{:Co}$ に比べて約 10 K 高いことから、液体 He ではなく液体水素 (沸点 20 K) や冷凍機による冷却での応用も期待できる。本研究では、基板加熱機構として半導体レーザーを使った独自の PLD 装置 (励起光 Nd:YAG) を立ち上げ、 $\text{BaFe}_2\text{As}_2\text{:P}$ エピタキシャル薄膜を作製し、磁束ピンニング特性を評価した。

【結果】 $\text{MgO}(001)$ 単結晶基板上への $\text{BaFe}_2\text{As}_2\text{:P}$ 薄膜の成長条件の最適化を行った結果、原子平坦面を有するエピタキシャル薄膜を得るには $\text{BaFe}_2\text{As}_2\text{:Co}$ (850°C) と比べて高い基板温度 (1000°C) が必要であることがわかった。得られた $\text{BaFe}_2\text{As}_2\text{:P}$ 薄膜は、自己磁場中では $\text{BaFe}_2\text{As}_2\text{:Co}$ と同等の 2 MA/cm^2 を超える高い J_c を示し、さらに 9 T の高磁場下においても 1 MA/cm^2 を超える高い J_c を保持することがわかった (図 1)。この値は $\text{BaFe}_2\text{As}_2\text{:Co}$ 薄膜よりも約 20 倍大きく、これまでの鉄系超伝導薄膜の中で最高の値であった。また、 J_c の角度依存性を調べたところ (Fig. 2)、1 T ではほぼ等方的な振る舞いが、3 T 以上では $H//ab$ 方向で弱いピークが観察された。これらの結果は、 c 軸方向に沿った柱状のピンニングセンターが存在する $\text{BaFe}_2\text{As}_2\text{:Co}$ とは異なり、 $\text{BaFe}_2\text{As}_2\text{:P}$ 薄膜では ab 面内方向に沿った異方的ピンニングセンターと弱い等方的なピンニングセンターが共存していることを示唆している。

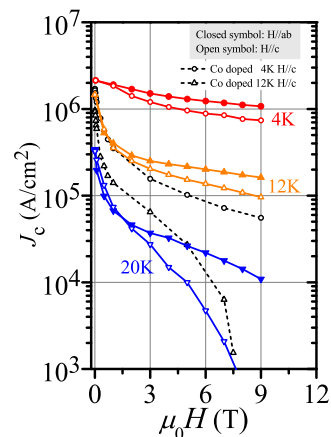


Fig. 1 Magnetic field dependence of transport J_c of $\text{BaFe}_2\text{As}_2\text{:P}$ epitaxial film

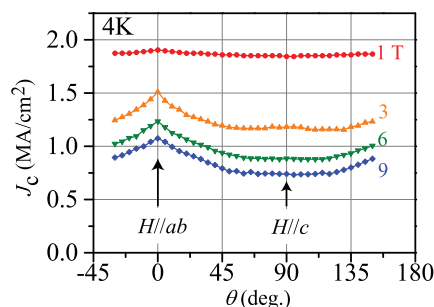


Fig. 2 Angular dependence of transport J_c of $\text{BaFe}_2\text{As}_2\text{:P}$ epitaxial film at 4K under 1 – 9 T.