

19p-D4-1

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 元素戦略研², 東工大 フロンティア研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 Hiramatsu^{1,2}, Toshio Kamiya^{1,2}, Hideo Hosono^{1,2,3}

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

【緒言】 $\text{Ba}(\text{Fe,Co})_2\text{As}_2$ は薄膜成長の容易性と化学的安定性から、鉄系超伝導体薄膜の中では最も精力的に研究されており、パルスレーザー堆積 (PLD) 法によって 1 MA/cm^2 を越える高い臨界電流密度 (J_c) が達成されている。最近、Co ではなく P を添加した $\text{BaFe}_2(\text{As,P})_2$ 薄膜において自己磁場中で 10 MA/cm^2 を超える高い J_c が報告された[1]。この値は $\text{Ba}(\text{Fe,Co})_2\text{As}_2$ よりも 2~3 倍高く、かつ最高 T_c は 31 K と $\text{Ba}(\text{Fe,Co})_2\text{As}_2$ に比べて約 10 K 高いことから、 $\text{Ba}(\text{Fe,Co})_2\text{As}_2$ より高い性能が期待できる。しかしながら、磁場中での J_c 特性向上のためには、磁束ピンニング中心の導入が必要不可欠である。2013 年秋の発表では LD を励起光源とする 1000°C 以上で成膜が可能な PLD 装置を立ち上げることで、 $\text{BaFe}_2(\text{As,P})_2$ のエピタキシャル成長に成功し、 J_c の異方性が小さいことを報告した。今回、 J_c の異方性が $\text{BaFe}_2(\text{As,P})_2$ 薄膜の成長速度に大きく依存することを見出したので、その結果を含めて報告する。

【結果】まず、成長速度を $\text{Ba}(\text{Fe,Co})_2\text{As}_2$ における最適値 ($\sim 3 \text{ Å/s}$) に固定し、 $\text{BaFe}_2(\text{As,P})_2$ 薄膜の成長温度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 $\text{Ba}(\text{Fe,Co})_2\text{As}_2$ (850°C) と比べて高い成長温度 (1050°C) が必要であることがわかった。得られた $\text{BaFe}_2(\text{As,P})_2$ 薄膜の J_c は、自己磁場中では 7 MA/cm^2 を超え、さらに 9 T の高磁場下においても 1 MA/cm^2 を超える高い値を示した。この 9 T 下での値は $\text{Ba}(\text{Fe,Co})_2\text{As}_2$ 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。次に成長温度を 1050°C に固定して成長速度を変えたところ、成長速度の減少に伴って、 J_c が外部磁場に対してより等方的な特性を示した(Fig. 1)。この等方的ピンニング特性の起源を探るため、走査型透過電子顕微鏡観察を行った結果、 $\text{Ba}(\text{Fe,Co})_2\text{As}_2$ 薄膜よりも多くの c 軸配向欠陥が観察された。これらのことから、薄膜成長時に導入される c 軸配向欠陥がピンニングセンターとなり、本質的に J_c が低くなる $H//c$ 方向の J_c を増加させることによって、異方性が小さくなっていると考えられる。

[1] A. Sakagami et al., Physica C (2013) [2] M. Miura et al., APEX (2013)

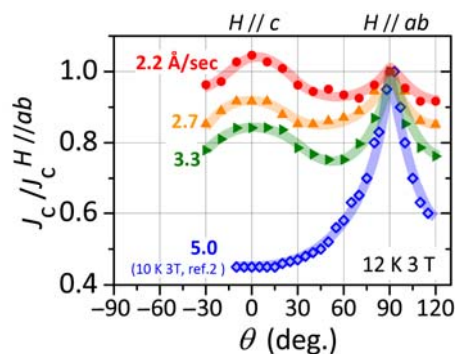


Fig.1 Angular dependence of J_c of $\text{BaFe}_2(\text{As,P})_2$ epitaxial films grown at three growth rates under $\mu_0 H = 3 \text{ T}$ and 12 K. The J_c is normalized by $J_c^{H//ab}$. That for the film grown at 5.0 Å/sec is shown for comparison [2].