

Reel-to-Reel 法を用いた IBAD 基板上 P ドープ BaFe₂As₂ 薄膜線材の作製 Fabrication of P-doped BaFe₂As₂ Coated Conductors on IBAD Substrates Using a Reel-to-Reel Deposition System

超電導工学研究所 ○宮田 成紀, 石丸喜康, 安達成司, 下出貴史, 村井佑多, 田辺圭一
Superconductivity Research Laboratory ○Seiki Miyata, Yoshihiro Ishimaru, Seiji Adachi,
Takashi Shimode, Yuta Murai, and Kei-ichi Tanabe
E-mail: miyata@istec.or.jp

鉄系高温超電導体の応用へ向けた研究開発が精力的に進められている。転移温度 T_c については現時点においてまだ銅酸化物系に及ばないものの、Nb 系などの従来型超電導体に比べ T_c および上部臨界磁場 H_{c2} が高い。したがって主なターゲットとしては低温高磁場領域を考えている。とくに H_{c2} に関しては圧倒的に高く、銅酸化物系高温超電導体と同程度の 100 T を超える値が報告されている。さらに銅酸化物系超電導体と比較すると、異方性が小さいため転移線近傍においても熱ゆらぎに強いことが利点であるとされる。また線材用途において重要な要素となる粒界特性に関しても、バイクリスタル基板を用いた実験において弱結合的振る舞いが見られるものの、臨界電流密度の急激な減少が始まる臨界角度が大きいという報告があり、二軸配向基板を用いた線材 (いわゆる coated conductor) の開発においては配向度に対する要求が緩和されることになる。このため、基板の製造にかかるコストを大幅に下げることができる可能性がある。

現在、鉄系超電導体の線材開発は主に 1111 (LnFeAs(O,F)) 系、122 (AeFe₂As₂) 系、11 (FeCh) 系の 3 つの系統を用いて薄膜法および powder-in-tube 法などを中心に進められている (Ln = ランタノイド、Ae = アルカリ土類、Ch = カルコゲン) [1]。1111 系は最初に発見された鉄系超電導体であり最高で 50 K を超える高い T_c を有するが、構造が複雑で、とくに F の組成制御が難しい。一方、構造が単純な 11 系は、応用としては T_c が低いことが難点である。そこで我々は比較的単純な構造と組成を持ち、また T_c 特性においても比較的高い良好な性質をもつ 122 系を選択した。物質の安定性の観点から Sr122 ではなく Ba122 系を選択、K 元素はやはり組成制御が難しく、また Co ドープ系は T_c が低いため、最終的に線材化のための物質として P ドープ BaFe₂As₂ を採用することとした。これまで、我々のグループでは同様の手法により単結晶基板上への静止成膜において 3.5 MA/cm² (4.2 K, 自己磁場) の臨界電流密度 (J_c) 特性をもつ P ドープ Ba122

膜の作製に成功している [2]。

今回、Reel-to-Reel 方式により搬送基板上に連続成膜が可能な成膜装置を新規に設計・導入した。成膜部は、Nd:YAG の第二高調波 (波長: 532 nm) を用いたパルスレーザー蒸着 (PLD) 法を採用している。また長尺成膜用に真空破壊を伴うことなくターゲットの交換が可能な仕組みも備えており、当面の目標として 1m 長サンプルの作製を目指している。この装置を用い、まず短尺・静止基板上において成膜条件の最適化作業を行った。ターゲットとして仕込み組成 BaFe₂(As_{0.60}P_{0.40})₂ のものを用いた。パルス周波数は 10 Hz、ターゲット上におけるエネルギー密度はおよそ 3 J/cm² であった。基板は、IBAD-MgO をベースにした二軸配向中間層付きの金属基板を用いた。

本研究は最先端研究開発支援プログラムとして日本学術振興会の助成を受けて実施したものである。

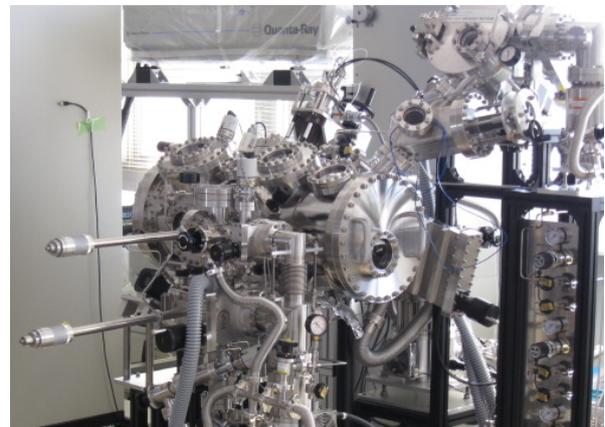


Figure 1: Photograph of a reel-to-reel Nd:YAG PLD system for Fe-based oxypnictide superconductors.

[1] K. Tanabe and H. Hosono, Jpn. J. Appl. Phys. 51, 010005 (2012).

[2] S. Adachi et al., Supercond. Sci. Technol. 25 105015 (2012).