

多層 REGREB 法により作製した $\text{SmBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 超伝導線材の高速成膜の検討

High Rate Deposition of $\text{SmBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ Coated Conductors by the Multilayer-REGREB Technique

○森 舜介, 土屋 雄司, 一野 祐亮(名大), 淡路 智(東北大), 松本 要(九工大), 和泉 輝郎(産総研), 吉田 隆(名大)

OMORI Shunsuke, TSUCHIYA Yuji, ICHINO Yusuke(Nagoya Univ.); AWAJI Satoshi(Tohoku Univ.);

MATSUMOTO Kaname(KIT); IZUMI Teruo(AIST); YOSHIDA Yutaka (Nagoya Univ.)

E-mail: mori.syunsuke@f.mbox.nagoya-u.ac.jp

1. 緒言

$\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ (REBCO: RE=Y 及び希土類)超伝導体の応用に向けた課題として REBCO 線材の低コスト化が挙げられ、製造プロセスコストの低減が求められている。したがって、線材作製速度の向上が必要である。しかし、代表的な作製法である Pulse Laser Deposition(PLD)法では、成膜レートを増加させた場合、 a 軸混在粒が生成し、超伝導特性が低下する。そこで、我々の研究グループでは基板上に Seed 層として良好な結晶性を示す REBCO 層を作製することで、その上に超伝導特性を維持したまま幅広い条件で Upper 層の REBCO を成膜可能となる REBCO Growth using REBCO Buffer-layer (REGREB)法を提案し^[1]、REGREB 法を用いた線材作製速度の向上について報告した。さらなる製造プロセスコストの低減に向けて、PLD 法における成膜範囲に着目した。

成膜レートを増加させるため、in plume かつ高酸素分圧条件を検討した。Fig.1 に、比較的高い酸素分圧 200 Pa 下での蒸着範囲及び基板加熱範囲を示す。低温と示された領域では、 a 軸混在粒が生成し超伝導特性が低下する。そこで、線材送り速度を速くすることで、低温領域での蒸着量を減少させ、 a 軸混在粒の生成抑制が可能であると考えられる。一方、速い線材送り速度は、線材膜厚が薄くなる欠点があるため、複数回繰り返し成膜することでこれを解決した。本報告ではこの手法を多層 REGREB 法と呼ぶ。

以上から、本研究では線材作製速度向上を目的として、多層 REGREB 法を用い in plume かつ高酸素分圧条件で $\text{SmBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ (SmBCO)線材の作製を行った。

2. 実験方法

KrF エキシマレーザー、Reel to Reel 装置を用いて多層 REGREB 法によって IBAD-MgO テープ上に SmBCO 線材の作製を行った。

成膜レートを増大させた線材の作製について、Seed 層は膜厚 60 nm、酸素分圧 53 Pa、線材移動速度 25.2 m/h、繰り返し成膜数 2、レーザーエネルギー密度 2.8 J/cm²、繰り返し周波数 100 Hz、Upper 層を膜厚 400 - 900 nm、酸素分圧 53 - 200 Pa、線材送り速度 25.2 m/h、繰り返し成膜数 12、レーザーエネルギー密度 3.1 J/cm²、レーザー繰り返し周波数 100 Hz とした。比較対象である conventional 線材として、膜厚 400-900 nm 酸素分圧 53-200 Pa、線材移動速度 25.2 m/h、繰り返し成膜数 14、レーザーエネルギー密度 2.8 J/cm²、レーザー繰り返し周波数 100 Hz で作製を行った。

線材膜厚は誘導結合プラズマ発光分析法、結晶構造は X 線回折、超伝導特性は 4 端子法を用いて評価した。

3. 実験結果及び考察

Fig. 2 に各線材の成膜時酸素分圧に対する 77 K、自己磁場における臨界電流 I_c を示す。REGREB 導入線材では酸素分圧の増大に伴い成膜レートが増加しても超伝導特性が低下せず、臨界電流密度 J_c が 1 MA/cm² 以上であることを確認した。また、酸素分圧 200 Pa の線材において a 軸混在率が 25%から 7%に、面外配向性が 1.7° から 0.6° に、面内

配向性が 3.1° から 2.8° に低下した。これは Seed 層上に Upper 層がホモエピタキシャル成長したことで結晶配向性が向上したためであると考えられる。

以上から、多層 REGREB 法を用いることで、超伝導特性を維持しながら線材作製速度を向上させることが可能であると示唆された。さらに、人工ピンニングセンターの導入による磁場中における超伝導特性の向上についても検討中である。

4. 謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金 (25226014, 16K20898), 及び JST-ALCA から助成を受けて実施したものである。本研究に使用した IBAD-MgO テープは(株)フジクラの飯島様より提供していただいた。

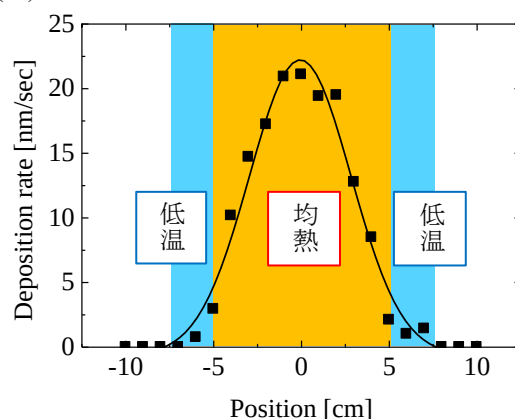


Fig.1 Deposition rate distribution of SmBCO at 200 Pa. A heater was located as the central orange area.

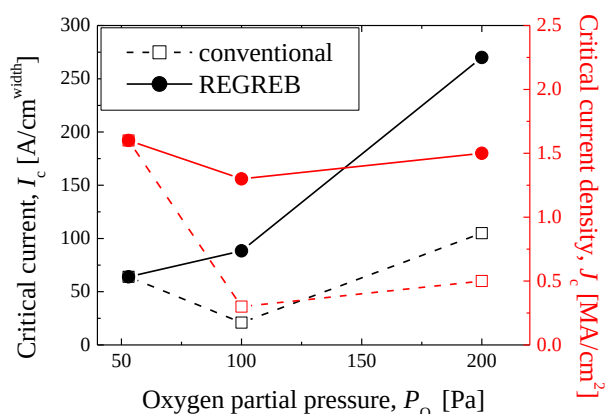


Fig.2 Oxygen partial pressure dependence of I_c and J_c for the conventional and REGREB films.

参考文献

- [1] 後藤大志 他: 第 94 回低温工学・超伝導学会、東京、2018 年 5 月。