

電磁鋼板を基材とした酸化物中間層及び YBCO 薄膜の作製 Fabrication of oxide buffer layers and YBCO thin film on textured silicon steel tape

京大院エネ科¹, JST-ALCA², 電中研³

◦田所 朋¹, 喜多村 康平¹, 堀井 滋^{1,2}, 土井 俊哉^{1,2}, 一瀬 中^{2,3}

Kyoto Univ.¹, JST-ALCA², CRIEPI³

◦Tomo Tadokoro¹, Kohei Kitamura¹, Shigeru Horii^{1,2}, Toshiya Doi^{1,2}, Ataru Ichinose^{2,3}

E-mail: tadokoro.tomo.82s@st.kyoto-u.ac.jp

【緒言】

現在市販されている $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ (YBCO) 超伝導線材の製造法では, Ni-W 合金やハステロイなどの金属基材上に複数の酸化物中間層を 2 軸配向させ, その上に YBCO 薄膜をエピタキシャル成長させる方法が用いられている. 我々は低コスト YBCO 線材の開発を目的に, 安価な金属基材として $\{110\}\langle 001\rangle$ 集合組織を有する電磁鋼板に着目している. これまでに電磁鋼板上でも望ましい結晶方位に選択成長する中間層として Y_2O_3 安定化 ZrO_2 (YSZ) や CaO 安定化 ZrO_2 (CSZ) を見出し, 2 軸配向した YBCO 層を持つ YBCO/CeO₂/CSZ/Fe [1,2] や, YBCO/CeO₂/CSZ/CeO₂/CSZ/Fe [3] なる新しい線材構造を提案した. しかし, 前者の YBCO 層の臨界電流密度 (J_c) は $4.2 \times 10^4 \text{ A/cm}^2$ (77 K, 自己磁場) であり, 実用の目安 ($J_c \sim 10^6 \text{ A/cm}^2$) と比べ著しく低い. 本研究では, この超伝導層の J_c 向上に向けて, YBCO/CeO₂/CSZ/Fe 構造における中間層成膜プロセスの改善及び, 中間層上における YBCO 層の成膜条件について検討した.

【実験方法】

金属基板は日本金属(株)製の方向性電磁鋼板を用いた. 機械研磨した基板を成膜槽内に設置し, $5.0 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ の真空中での Ar イオンビーム照射により表面の酸化皮膜をエッチングした. その後の $\text{Zr}_{0.79}\text{Ca}_{0.21}\text{O}_2$ (CSZ) および CeO_2 の成膜は KrF エキシマレーザーによるパルスレーザー蒸着法 (PLD 法) により行った. CSZ は $5.0 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ の Ar ガス圧中, CeO_2 は $5.0 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ の真空中で成膜を行った. 成膜温度はいずれも 800°C とした. YBCO 層は 35 Pa の O_2 ガス圧中で同様に PLD 法により成膜した. 成膜温度は $730 \sim 760^\circ\text{C}$ とした. 試料はすべて酸素気流中で 450°C , 16 時間アニールし, 炉冷した.

微細組織観察には SEM および TEM を用いた. 結晶配向性の評価については X 線回折装置 (XRD) による θ - 2θ 法及び極点図法により行った. また, 試料を直接液体窒素に浸し, 直流四端子法による I - V 曲線から J_c を決定した.

【結果および考察】

Fig. 1 に, YBCO 層を 750°C で成膜した YBCO/CeO₂/CSZ/Fe 試料の $\{100\}_{\text{Fe}}$, $\{111\}_{\text{CSZ}}$, $\{111\}_{\text{CeO}_2}$ および $(103)_{\text{YBCO}}$ 極点図を示す. 成膜したすべての層の極点図には, 明瞭な 4 回対称性のスポットが現れた. つまり, 基板上に CSZ が望ましい結晶方位 ($(100)_{\text{CSZ}} // (110)_{\text{Fe}}$ かつ $[110]_{\text{CSZ}} // [001]_{\text{Fe}}$) に選択成長し, CeO_2 と YBCO が 2 軸配向したことがわかった. また, 配向度 ($\Delta\phi$) に着目すると, Fe, CSZ, CeO_2 , YBCO 層の半値幅はそれぞれ 9.8° , 9.5° , 8.7° , 11.9° であった. このことから, 中間層は Fe の配向度と同程度の 2 軸配向度を有していたが, YBCO 層は配向度がわずかに低下していることが分かった.

当日は SEM 及び TEM による表面・断面組織や, J_c についても報告する予定である.

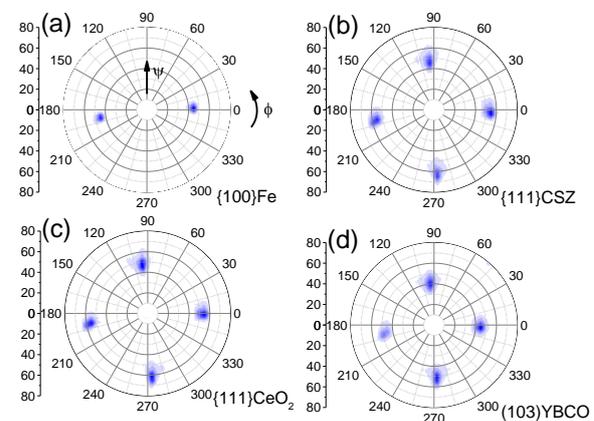


Fig. 1 X-ray pole figures of (a) $\{100\}$ for Fe tape, (b) $\{111\}$ for CSZ, (c) $\{111\}$ for CeO_2 , and (d) (103) for YBCO.

参考文献

- [1] Ichinose *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **54** (2015) 080302.
- [2] 中ら, 平成 26 年春季応用物理学会 (18p-D4-9).
- [3] 喜多村ら, 低温工学・超電導学会 関西支部 第 14 回若手合同講演会 (2015).