YSZ/Hastelloy 基板上に蒸着した MgB₂ 薄膜の微細組織

九州大学大学院総合理工学研究院 波多 聡 超高压電子顕微鏡室 ハリニ ソシアティ
産学連携センター 桑野 範之 大学院総合理工学研究院 友清 芳二
物質・材料研究機構 松本 明善 福富 勝夫 北口 仁
小森 和範 熊倉 浩明

Fig. 1 MgB₂ 膜の明視野像(a, b), 暗視野像(c, d), 電子回折図形(e, f). 左側は 873 K, 右側は 953 K 熱処理材.

Fig. 2 873 K 熱処理材の高分解能像.

金属系超伝導体としては高い臨界温度を有している MgB₂⁽¹⁾ 薄膜の高磁界中での利用を目指した研究が盛んに行われている. しかし, 実用化にとって, 十分高い臨界電流密度 J_c 特性が得られていない. 高磁界中での J_c 特性を高めるためには薄膜の組織制御が不可欠である. 本研究では, イットリア安定化ジルコニア (YSZ) / Hastelloy 基板上に蒸着した MgB₂ 薄膜を TEM 観察し, 高磁界中で高い J_c 特性を得るための微細組織の条件について検討した⁽²⁾.

Ar 雰囲気中で Mg-rich MgB₂ ターゲット材に KrF エキシマレーザを照射し, YSZ / Hastelloy 基板上に MgB₂ 膜を蒸着した後, 873 K で 1 h または 953 K で 0.5 h の熱処理を施した. 4.2 K, 10 T における熱処理材の J_c はそれぞれ 10 および 0.8 A m⁻² となり, 873 K 熱処理材の方が約 1 桁高い値を示した.

Fig. 1 の左側は 873 K, 右側は 953 K 熱処理材の断面 TEM 観察結果である. 明視野像(a, b)より, MgB₂ 膜には大きさ 5–30 nm のナノ結晶のコントラスト(黒矢印), ならびにボイドまたは非品質領域のコントラスト(白矢印)が確認できる. 電子回折図形(e, f)より, ナノ結晶は MgB₂ および MgO と同定された. ○で囲んだ回折波で結像した暗視野像を(c, d)に示す. 873 K 熱処理材の方が MgB₂, MgO ナノ結晶の平均粒径が小さいことがわかる. Fig. 2 は 873 K 熱処理材の高分解能像である. MgB₂ や MgO と記した領域はフーリエ・逆フーリエ変換処理により同定した. ナノ結晶は互いに接触しており(矢印), このような接触箇所が超伝導電流経路になっていると考えられる.

以上より, 低温熱処理で粒径の小さい MgB₂, MgO ナノ結晶組織を得ることが, MgB₂ 膜の J_c 特性向上に有効であると考えられる. この結果は, MgB₂ 結晶粒界の高密度化やナノサイズの MgO 常伝導相の導入が, 高磁場中での磁束のピン止めに有効であることを示唆している⁽³⁾.

文 献

- (1) J. Nagamatsu *et al.*: Nature, **410**(2001), 63–64.
- (2) H. Sosiati *et al.*: Physica C, **412–414**(2004), 1376–1382.
- (3) C. B. Eom *et al.*: Nature, **411**(2001), 558–560.

(2004年 8 月19日受理)

Microstructures of MgB₂ Thin Films Deposited on YSZ/Hastelloy Substrate; Satoshi Hata*, Harini Sosiati**, Yoshitsugu Tomokiyo*, Noriyuki Kuwano***, Akiyoshi Matsumoto****, Masao Fukutomi****, Hitoshi Kitaguchi****, Kazunori Komori****, Hiroaki Kumakura**** (*Department of Engineering Sciences for Electronics and Materials, Kyushu Univ., Kasuga. **Research Laboratory for High Voltage Electron Microscopy, Kyushu Univ., Kasuga. ***Art, Science and Technology Center for Cooperative Research, Kyushu Univ., Kasuga. ****Superconducting Materials Center, National Institute for Materials Science, Tsukuba)

Keywords: MgB₂ thin film, yttria-stabilized zirconia, Hastelloy, pulsed laser deposition, critical current density

TEM specimen preparation: FIB microsampling technique (HITACHI FB-2000K) TEM-utilized: FEI TECNAI-F20 (200 kV)