

As-grown MgB_2 薄膜に対するポストアニールの J_c 向上効果

J_c improvement of as-grown MgB_2 thin film by post-annealing

京大¹, 電中研², 日立³,

土井 俊哉¹, 北村 直也¹, 出店 純弥¹, 一瀬 中², 岩中 拓夢³, 楠 敏明³

Kyoto Univ.¹, CRIEPI², Hitachi Ltd.³,

°T. Doi¹, N. Kitamura¹, J. Demise¹, A. Ichinose², T. Iwanaka³, T. Kusunoki³

E-mail: doi@device.energy.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

MgB_2 は、高い臨界温度($T_c = 39$ K)を有する、組成制御が容易、軽量(低比重)、結晶配向化が不要である等の特長があり、液体水素や冷凍機を利用した 20 K 近傍での実用化が期待されている。我々は電子ビーム(EB)蒸着法で作製した MgB_2 薄膜が高い臨界電流密度[1, 2]を有することから、 MgB_2 コート線材の開発に取り組んできた。 MgB_2 コート線材は 300°C未満の低温で製造可能であり、かつ結晶配向化が不要であるため、REBCO 線材に比べて大幅に低コストで製造できる可能性が高い。これまでに、Cu [3]、Al [4]、ジュラルミン、ステンレスなどの無配向の汎用金属テープ上にも高い J_c を有する MgB_2 層が作製できること、10 μm 厚の厚膜が Cu テープ上に容易に作製できること[5]などを報告してきた。

今回、as-grown 状態で 1 MA/cm² (20 K, 0 T) を超える高 J_c を有する MgB_2 薄膜上に Mg 蒸発を防止する保護膜を形成した後にポストアニールを施すことで更に大きく磁場中 J_c を向上させることに成功したので報告する。

2. 実験方法

MgB_2 薄膜の作製には EB 蒸着法を用いた。Mg および B 原料にそれぞれ電子ビームを照射し、270°Cに加熱した Si 単結晶基板(100 面)上に 300 秒間蒸着することで MgB_2 薄膜を作製した。 MgB_2 薄膜の形成後、EB 成膜装置内で Nb 層を 5 nm 厚の堆積した後、試料を大気中に取り出した。取り出した試料は直ちに RE マグネトロンスパッタリング装置内に移動し、3% H_2 +Ar 雰囲気中で 3 μm の Nb 層を堆積した(Nb/ MgB_2 /Si 試料)。

作製した Nb/ MgB_2 /Si 試料を 4 つに分割し、その内の 3 つを 3% H_2 +Ar 気流中、450、550、650°Cで 1 時間アニールした。

3. 結果と考察

X 線回折測定の結果から、いずれの試料でも c 軸配向した MgB_2 が得られたことが確認でき

た。As-grown 試料と比べて熱処理後試料の X 線回折ピークの強度、半値幅に特に変化はなかった。磁化法により決定した as-grown、450、550、650°C熱処理試料の T_c はそれぞれ 35、36、37、37.5 K であった。Fig. 1 に、各試料の 20 K における J_c の磁場依存性を示す。磁場は膜面に垂直に印加した。As-grown 試料に比べてポストアニールした試料では J_c が大きく向上していることが分かる。特に 650°Cでアニールした試料では、20 K、6T で 1 MA/cm² を超えた高い値となっている。この値は PIT 線材、IMD 線材の J_c より 1 桁以上高い値である。

以上のように、 MgB_2 薄膜の上に Nb を保護層として形成した後に 650°C程度の高温度でアニールすることにより、 T_c および J_c を大きく向上させることが可能であることが分かった。

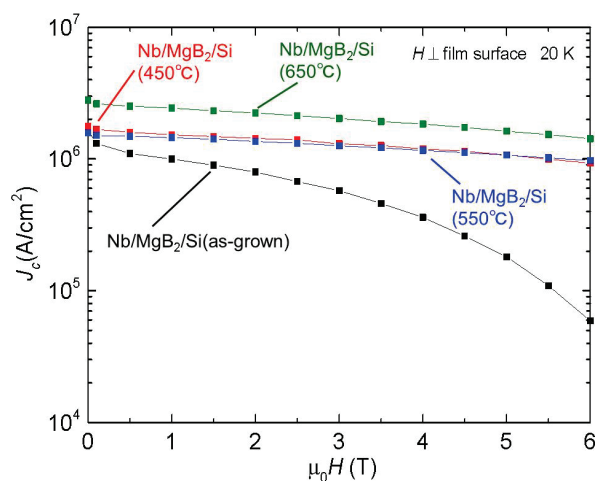


Fig. 1 Magnetic field dependence of the J_c 's for the as-grown and the annealed samples at 450, 550, and 650°C for 1 hour.

参考文献

- [1] H. Kitaguchi et al., IEEE TAS. **15**(2005)3313.
- [2] Shigeru Horii et al., APEX. **11** (2018) 093102.
- [3] K. Masuda et al., IEEE TAS. **16**(200)2895.
- [4] 吉原和樹ら, 低温工学 **47** (2012) 103.
- [5] T. Kusunoki et al., IEEE TAS. **27**(2017) 6200204.