

Cu および Al テープ上に作製した MgB₂ 薄膜の J_c の歪み依存性

J_c-ε properties of MgB₂ thin films grown on Cu and Al tapes

京大院エネ科¹, 日立², 電中研³

°出店 純弥¹, 高畑 仁志¹, 北村 直也¹, 堀井 滋¹, 土井 俊哉¹, 楠 敏明², 岩中 拓夢², 一瀬 中³

Kyoto Univ.¹, Hitachi Ltd.², CRIEPI³

°J. Demise¹, H. Takahata¹, N. Kitamura¹, S. Horii¹, T. Doi¹, T. Kusunoki², T. Iwanaka², A. Ichinose³

E-mail: demise.junya.38v@st.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

MgB₂ は金属系超伝導体の中で最高の臨界温度($T_c = 39$ K)を有する。MgB₂ には、組成制御が比較的容易であること、構成元素の Mg と B がいずれも資源的に豊富であること、軽量であること(低比重)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 Si 基板上に作製した MgB₂ 薄膜が高い臨界電流密度($J_c = 0.6$ MA/cm² @ 20 K, 5 T)を示すことを報告した[1]。MgB₂ 超伝導線材を実用化するには超伝導状態が壊れた場合に電流が回避できる安定化層を有していること、また線材をコイル状に加工した後でも歪みにより超伝導特性が低下しないことが必要とされる。そこで本研究では、基板に導電率が高く安定化層の候補材料である Cu と Al を用いて MgB₂ / Cu および MgB₂ / Al 試料を作製した。また、作製した MgB₂ 薄膜について成膜条件と T_c および J_c の関係とともに、 J_c の歪み依存性についても調べた。

2. 実験方法

MgB₂ 薄膜の作製には電子ビーム蒸着法を用いた。超高真空中で Mg および B 原料にそれぞれ電子ビームを照射し、加熱した Cu、Al テープ上に 300 s 蒸着し、MgB₂ / Cu および MgB₂ / Al 試料を作製した。なお、原料には Mg 鑄造塊と結晶性 B を用いた。ここで、基板加熱には赤外線ランプを用いたが、基板材料により赤外線の吸収率が異なる。そこで同一のランプ出力に対する基板温度を一定にする目的で基板の裏面には黒体塗料を塗布した。しかし成膜中には B 原料からの輻射熱によって基板の成膜面が加熱され、基板温度が上昇するので成膜中の基板温度は基板材料により若干変化すると考えられる。本研究では便宜上、成膜直前の基板温度を成膜温度とした。

生成相の同定には X 線回折(XRD)測定法を、化学組成の決定には誘導結合プラズマ(ICP)発光分光分析を、 T_c の決定には磁化法を、 J_c の決定には四端子法を用いた。また、微細組織を確認するため断面 STEM 観察を行った。

3. 結果と考察

XRD 測定の結果から、いずれの試料でも c 軸配向した MgB₂ 膜が得られたことがわかった。磁化法により決定した MgB₂ / Cu および MgB₂ / Al 試料の T_c と成膜温度の関係を Fig. 1 に示す。どの成膜温度においても MgB₂ / B / Si 試料のそれらと比較すると低下した。

また、215°C で作製した MgB₂ / Cu 試料と 210°C で作製した MgB₂ / Al 試料および同温度で作製した MgB₂ / B / Si 試料の 20 K、無磁場下での J_c の値を Table 1 に示す。MgB₂ / Cu 試料および MgB₂ / Al 試料の J_c は MgB₂ / B / Si 試料のそれらの二分の一以下の値であり、 J_c 低下の原因の一つは T_c である。一方、断面 STEM 像から Cu および Al と MgB₂ の反応はほとんど見られなかった。現在、MgB₂ / Cu 試料および MgB₂ / Al 試料の低い T_c の改善に向けて成膜中の基板温度の最適化が課題である。当日は J_c の歪み依存性についても報告する予定である。

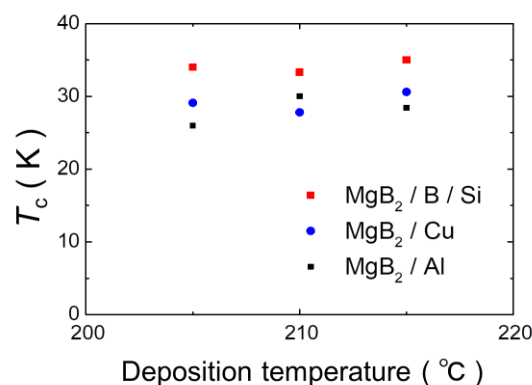


Fig. 1 Relationship between T_c and deposition temperature for MgB₂ films.

Table 1 J_c in self-field at 20 K.

sample	depo.temp.(°C)	J_c (MA/cm ²)
MgB ₂ / B / Si	215	> 2.6
MgB ₂ / Cu	215	0.96
MgB ₂ / B / Si	210	> 2.6
MgB ₂ / Al	210	1.2

4. 参考文献

- [1] 下田ら、平成 28 年春季応用物理学会 21a-W834-4.