ジュラルミンテープ上への MgB_2 厚膜の作製と J_c の膜厚依存性

Fabrication of MgB₂ Thick Films on Duralumin Tapes and Thickness Dependence of Their J_c

京大院 土井 俊哉, 堀井 滋

Kyoto Univ. [°]Toshiya Doi, Shigeru Horii

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

1. はじめに

二ホウ化マグネシウム (MgB₂) は,金属系超伝導物質の 中で最高の超伝導転移温度 (T_c = 39 K) を有している。 MgB₂ には,組成制御が比較的容易,構成元素の Mg と B がいずれも資源的に豊富で安価,環境に優しい等の利点が ある。更に,MgB₂ は他の超伝導物質に比べて軽い(密度が 小さい)。このようなことから,実用化に向けて精力的に開発が 行われている。

これまでに我々は、Al テープ上に作製した MgB₂ 薄膜が, 外部磁場 10 T 中で 10⁶ A/cm² 以上の非常に高い臨界電 流密度(J_c)を有することを報告し[1]、Y 系高温超伝導線材と 異なって 2 軸配向が不要で基材テープ表面が凹凸でも高 J_c が得られること[2]、また機械的強度の高いジュラルミンテー プ上でも Al テープ上と同等の性能を示すことを報告してきた。 このように MgB₂を用いたテープ状線材は低コスト高性能線材 としての高い可能性を有している。そこで今回は、ジュラルミン テープ上に 5 μ m の厚膜を作製した。

2. 実験方法

MgB₂ 膜は 250°C に加熱したジュラルミンテープ上に電子 ビーム蒸着装置を用いて作製した。原料である Mg と B の 蒸着速度をそれぞれ 0.9 nm/sec と 0.3 nm/sec にコントロー ルすることで,ほぼ化学量論組成の MgB₂ 膜を作製した。膜厚 は 200 nm、1 μ m、5 μ m の 3 種類とした。成膜時間は 5 分、25 分、125 分である。これらの試料を Du-a(200)、Du-a(1000)、 Du-a(5000)と呼ぶことにする。組成は ICP 発光分光分析装 置を用いて決定した。臨界温度 T_c は磁化の温度依存性から 決定した。また,4.2 K と 20 K において、磁化の印加磁場依存 性を測定し,そこから J_c を算出した。

3. 結果と考察

ICP 発光分光分析装置による組成分析の結果, Du-a(200)、 Du-a(1000)、Du-a(5000)の組成はそれぞれ B/Mg = 2.0, 2.1, 1.8 であり,何れの試料もほぼ化学量論組成あることが確認で きた。Fig. 1 に磁化の温度依存性を示す。Du-a(200), Du-a(1000), Du-a(5000)のT_cは、それぞれ 29.4, 32.8, 32.9 K であった。膜厚が薄い場合は、初晶の結晶性の低さの影響で T_cが低くなるものと推測される。

Fig. 2 に 4.2 K で測定した磁化の磁場依存性を示す。磁 場は膜面に垂直に印加した。縦軸は磁化を超伝導膜の体積 除した値としている。臨界状態モデルを仮定して計算した 0 磁 場付近の Du-a(200), Du-a(1000), Du-a(5000)の J_c は、5 MA/cm²、2 MA/cm²、0.9 MA/cm² であった。 T_c が最も低い Du-a(200)の J_c が最も高い値となっていることは少し奇妙に思 われる。M-B 曲線の形状を見てみると、膜厚が厚くなるに従っ て、低磁場の Mが抑制されているように見える。

Fig.3 には 20 K で測定した磁化の磁場依存性を示す。温 度 20 K の場合の *M-B* 曲線の形状は、4.2 K のものと明らかに 異なっていることが分かる。そして1 T 近傍の *M* に注目して みると、4.2 K では Du-a(200)が最大であったが、20 K では Du-a(1000)が最大となっている。また、Du-a(5000)の 0 磁場近 傍の *M* は 4.2 K と 20 K でほぼ同じ値であった。 以上の結果から,厚膜の場合には磁化法で J_c を正しく測定 できていない可能性が考えられるものの、ジュラルミンテープ 上に作製した 1 μ m、5 μ m の MgB₂厚膜は高い T_c 及び J_c を 有することが確認できた。







Fig. 2 M-B curves of the MgB₂ films at 4.2 K. Du-a(200), Du-a(1000), Du-a(5000).



- Fig. 3 *M-B* curves of the MgB₂ films at 20 K. Du-a(200), Du-a(1000), Du-a(5000).
- [1] 吉原ら, 低温工学, vol.47, 2012年, pp.103-108.
- [2] 常松ら, 応用物理学関係連合講演会予稿集 59 (2012) 16a-B1-1