

As-grown MgB₂ 薄膜の短時間アニール効果

Annealing effects on superconducting properties of as-grown MgB₂ thin films

京大¹ 山崎 輝¹, 田代 達哉¹, 川山 巖¹, 土井 俊哉¹

Kyoto Univ.¹ A. Yamasaki¹, T. Tashiro¹, I. Kawayama¹, T. Doi¹

E-mail: doi@energy.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) を有し、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 薄膜を 650°C で 1 時間アニールすることで高い臨界電流密度 ($J_c = 1.62$ MA/cm² @ 20 K, 5 T) が得られることを報告した[1]。また、MgB₂ 薄膜線材化を目指して SUS304 基板上に MgB₂ 薄膜を作製し、アニールした試料では MgB₂/Si 試料とは異なり J_c が 0.1 MA/cm² 程度の低いレベルにとどまること、この原因は SUS304 の構成元素が MgB₂ 層中に拡散していることである可能性が高いことを報告した[2]。そこで本研究では、金属基板中の元素の MgB₂ 薄膜中への拡散侵入を抑制するために短時間のポストアニールによる MgB₂ 薄膜の特性向上について調べた。

2. 実験方法

MgB₂ 薄膜の作製には EB 法を用いた。超高真空中 (1×10^{-7} Pa) 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 Si ウェハ上に MgB₂ 薄膜を作製した。MgB₂/Si 試料の上に保護層として Nb 層をスパッタリングによって成膜した。20 mm × 20 mm の大きさの Nb/MgB₂/Si 試料を 10 mm × 4 mm 程度の大きさに切断し、その試料片についてそれぞれ 600、650、700、750°C で 1 秒のアニールを行った。

3. 結果と考察

Fig. 1 に as-grown 状態、600、650、700、750°C で 1 秒の後アニールを施した試料の T_c ($R < 1 \mu V$) を示す。As-grown 薄膜の T_c が 34.4 K であったが、600、650、700、750°C で 1 秒の後アニールを施した試料の T_c はそれぞれ 35.5、35.9、35.7、35.9 K であり、1 秒アニールすることで T_c は 1.1-1.5 K 向上した。

Fig. 2 に as-grown 状態 (黒)、600、650、700、750°C で 1 秒の後アニールを施した試料の 20 K における J_c の磁場依存性を示す。自己磁場中の J_c は後アニールの有無に関係なく、2 MA/cm² 程度でほぼ同じであった。一方、後アニールによって磁場中の J_c には向上が見られた。As-grown

薄膜の 5 T (B ⊥ 膜面) の J_c が 0.42 MA/cm² であったのに対して、600、650、700、750°C で 1 秒の後アニールを施した試料の J_c は 0.6-0.7 MA/cm² 程度まで向上していた。

以上の結果から、as-grown MgB₂ 薄膜に対する後アニールは 1 秒という短時間でも効果があることが分かった。

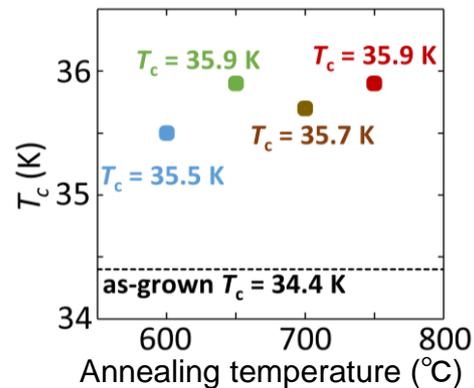


Fig. 1 Annealing temperature dependence of the MgB₂ thin films grown on Si and post-annealed at 600-750°C for 1 s.

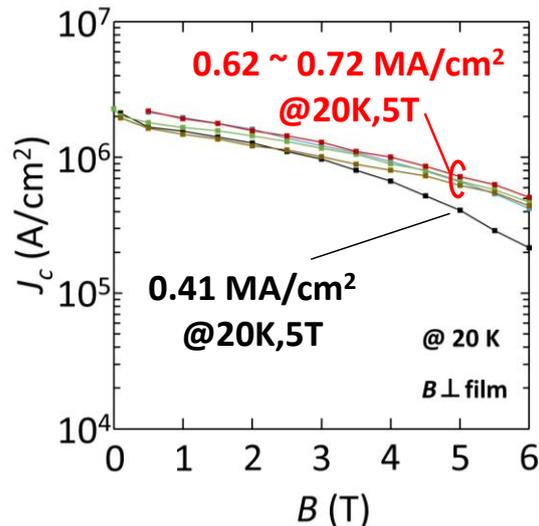


Fig. 2 J_c - B curves at 20 K for the MgB₂ films grown on Si and post-annealed at 600-750°C for 1 s.

4. 参考文献

- [1] H. Kambe et al., Appl. Phys. Exp. **14** (2021)025504.
- [2] H. Kambe et al., Abstract of ISS2020, WBP2-3, Kyoto, Japan (2019-12).