

Fe 基板上に作製した MgB₂ 薄膜へのポストアニール効果

Annealing effects on superconducting properties of MgB₂ thin films grown on Fe tapes

京大¹, 日立², 電中研³°山崎 輝¹, 神部 大翔¹, 川山 巖¹, 岩中 拓夢², 楠 敏明², 一瀬 中³, 土井 俊哉¹Kyoto Univ.¹, Hitachi Ltd.², CRIEPI³°A. Yamasaki¹, H. Kambe¹, I. Kawayama¹, T. Iwanaka², T. Kusunoki², A. Ichinose³, T. Doi¹

E-mail: akira.yamasaki.88e@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を報告した[2]。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り、その中でも Cr と Ni の拡散が大きいと分かった。そこで本研究では、Fe 基板上に MgB₂ 薄膜を作製し、650°C でアニールし、 T_c および J_c を測定した。

2. 実験方法

MgB₂ 薄膜の作製には EB 法を用いた。超高真空中 ($1 \sim 5 \times 10^{-7}$ 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 Fe 基板上に膜厚 175 nm の MgB₂ 薄膜を作製した。MgB₂/Fe 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/Fe 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 650°C で 1、3、5 時間のアニールを行った。

3. 結果と考察

Fig. 1 にアニール前、1、3、5 時間アニールした試料の抵抗率の温度変化を示す。アニール前、1 時間アニールした試料の T_c はそれぞれ 33.5 K、34.4 K であり、1 時間アニールすることで T_c は 0.9 K 向上した。しかし 3、5 時間アニールした試料では T_c が大きく低下していた。

Fig. 2 にアニール前、1、3 時間アニールした試料の J_c の磁場依存性を示す。1 時間アニールすることで高磁場中の J_c が向上していたが、低磁場中での J_c が低下していた。3 時間アニールすると、1 時間アニールした試料より全磁場領域中

で J_c が低下しており、特に 3.5 T 以上での J_c はゼロであった。また、5 時間アニールした試料では全ての磁場中において J_c はゼロであった。

これらの結果から、アニール時に Fe 基板から MgB₂ 層中に Fe が拡散し MgB₂ の超伝導特性が低下したことが分かった。

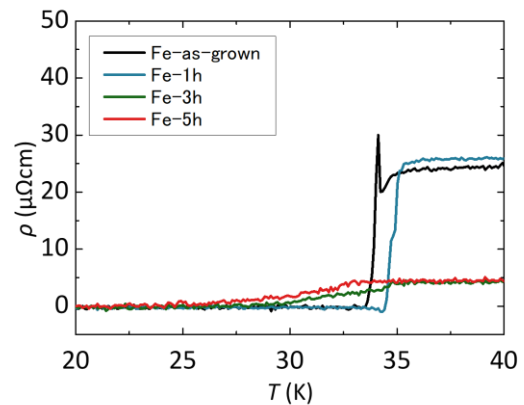


Fig. 1 The ρ - T curves for the MgB₂ films grown on Fe tapes and post-annealed at 650°C.

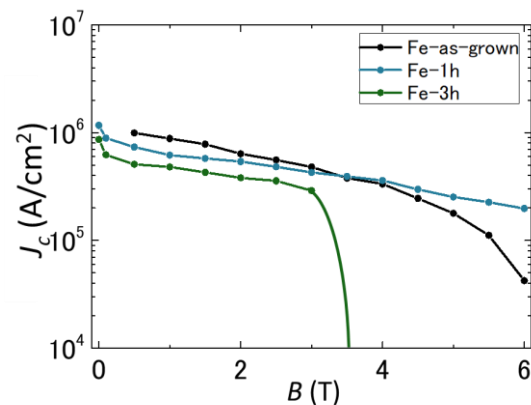


Fig. 2 The J_c - B curves at 20 K for the MgB₂ films grown on Fe tapes and post-annealed at 650°C.

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).