

# Ni 保護層を形成してポストアニールを施した MgB<sub>2</sub> 薄膜の組織と超伝導特性

## Superconducting properties and microstructures of post-annealed MgB<sub>2</sub> thin film with Ni protection layer

京大<sup>1</sup>, 日立<sup>2</sup>, 電中研<sup>3</sup>      °土井俊哉<sup>1</sup>, 神部広翔<sup>1</sup>, 川山巖<sup>1</sup>, 岩中拓夢<sup>1,2</sup>, 楠敏明<sup>2</sup>, 一瀬中<sup>3</sup>  
Kyoto Univ.<sup>1</sup>, Hitachi Ltd.<sup>2</sup>, CRIEPI<sup>3</sup>

°T. Doi<sup>1</sup>, H. Kambe<sup>1</sup>, I. Kawayama<sup>1</sup>, T. Iwanaka<sup>2</sup>, T. Kusunoki<sup>2</sup>, A. Ichinose<sup>3</sup>

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

### 1. はじめに

MgB<sub>2</sub>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<sub>2</sub> 薄膜が高い臨界電流密度[1, 2]を有することから、MgB<sub>2</sub> コート線材の開発に取り組んできた。MgB<sub>2</sub> 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。我々はこれまでに、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<sub>2</sub> 層が作製できること、10  $\mu$ m 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。更に高  $J_c$  を有する as-grown 状態の MgB<sub>2</sub> 薄膜上に Nb 層を保護層として形成した後に 650°Cでポストアニールを施すことで、磁場中  $J_c$  が大きく向上することを報告した[6]。

今回、Ni を保護層として形成した MgB<sub>2</sub> 薄膜にポストアニールを行った結果について報告する。

### 2. 実験方法

MgB<sub>2</sub> 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、267°Cに加熱した Si 単結晶基板 (100) 上に 300 秒間蒸着することで MgB<sub>2</sub> 薄膜を作製した。MgB<sub>2</sub> 薄膜の形成後、EB 成膜装置内で Ni 層を約 5 nm 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<sub>2</sub>+Ar 雰囲気中で Ni 層を数  $\mu$ m 堆積した (Ni/MgB<sub>2</sub>/Si 試料)。

作製した試料は 6 分割し、2 片を組成分析、X 線回折測定等に使用し、その他の 3 試料片に対して 3% H<sub>2</sub>+Ar 気流中、450、550、650°Cで 1 時間アニールのアニールを施した。

### 3. 結果と考察

Fig. 1 に、Ni/MgB<sub>2</sub>/Si 試料の抵抗率の温度変化を示す。As-grown 試料およびポストアニール後の試料の Ni 層の厚さはそれぞれ 5、1,000 nm 程度であるため、常伝導領域での抵抗率は大きく異なっている。As-grown 試料の  $T_c$  は 34.4 K であるが 450、550°C  $\times$  1 h のポストアニールにより 35.2、35.0 K と 0.8 K 程度上昇した。しかし、650°C とさらにアニール温度を上げると、 $T_c < 10$  K と低下した(超伝導性を失った)。

当日は  $J_c$ - $B$  特性、組織観察結果と併せて議論する。

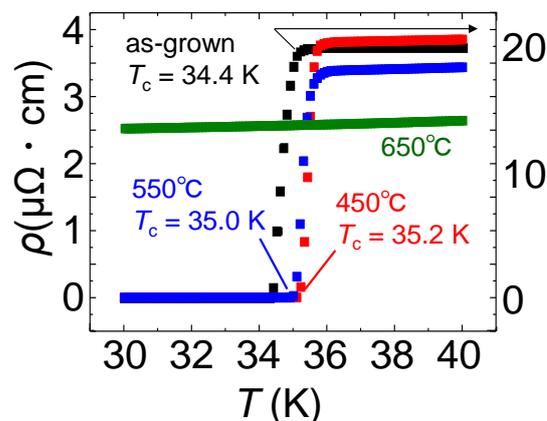


Fig. 1 Temperature dependences of the electrical resistivities of the as-grown and the annealed samples at 450, 550, and 650°C for 1 hour.

### 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.
- [6] H. Kambe et al., APEX submitted.