

EB 法による Si 基板への MgB_2 薄膜の作製と磁束ピンニングセンタ導入の試み Fabrication of MgB_2 thin films on Si substrate by electron-beam deposition and introduction of vortex pinning centers

京大院エネ科¹, 日立製作所²: ○青木 翔太¹, 竹原 寛人¹, 堀井 滋¹, 土井 俊哉¹, 楠 敏明²
Kyoto Univ.¹, Hitachi Ltd.²: S. Aoki¹, H. Takehara¹, S. Horii¹, T. Doi¹, T. Kusunoki²

E-mail: aoki.shota.47v@st.kyoto-u.ac.jp

【緒言】

MgB_2 は, 金属系超伝導物質の中で最も高い超伝導転移温度($T_c=39$ K)を有しており, ヘリウムフリーの冷凍機冷却あるいは液体水素による 15~30 K での応用が期待されている。我々のグループはこれまでに電子ビーム蒸着法で作製した MgB_2 薄膜が 4.2 K, 10 T において $J_c > 10^6$ A/cm² を示すことを報告した[1]。しかし, 20 K, 高磁場での MgB_2 の臨界電流特性の改善が実用化への課題であり, MRI などの強磁場応用に向けて SiC[2], C[3]などの磁束ピンニングセンタ導入に関する研究が進められている。

本研究では, 電子ビーム蒸着法で作製した MgB_2 薄膜における 20 K 近傍での臨界電流密度(J_c)のさらなる向上を目的として, MgB_2 への磁束ピンニングセンタの導入を試み, 臨界電流特性の評価を行なった。

【実験】

電子ビーム(EB)蒸着法で各種ドーパントを導入した MgB_2 薄膜をシリコン(Si)単結晶基板上で 280°C で成膜した。炭素ドーパの場合, Mg 側原料には鋳造 Mg 塊(3N)を用い, B 側原料には, 結晶性 B(純度 99.5%)および結晶性 B_4C (2Nup)を $\text{Mg}(\text{B}_{1-x}\text{C}_x)_2$ ($x=0, 0.01$) となるように混合して用いた。

得られた試料について, X 線回折(XRD)法により生成相の同定および配向性の評価を行い, B/Mg 比を誘導結合プラズマ(ICP)発光分光分析から, ドーパントの添加量をエネルギー分散型 X 線分光(EDX)から決定した。また, 薄膜の T_c および不可逆曲線については四端子法を用いて評価した。

【結果及び考察】

Fig. 1 に, Si 基板上で作製した C-free および C-doped MgB_2 薄膜の XRD パターンを示す。 $2\theta=25^\circ, 52^\circ$ 付近にそれぞれ MgB_2 相の (001), (002) のピークが認められたことから, いずれも c 軸配向した MgB_2 薄膜が得られたことがわかる。

Fig. 2 に C-free および C-doped MgB_2 薄膜の電気抵抗の温度依存性を示す。 T_c は C-free 薄膜において 33.4 K, C-doped 薄膜において 31.3 K であった。また, C-doped MgB_2 の方が常伝導領域の電気抵抗率が高いことから, C が薄膜内部に取り込まれていることが確認された。また, $\text{RRR}(=\rho(300\text{K})/\rho(T_c))$ は C-free 試

料では 1.30, C-doped 試料では 1.24 となり, C ドープにより若干低下した。なお, HPCVD の値[4]と比べると RRR は総じて小さいことが分かった。

当日は, 各種ドーパントを添加した MgB_2 薄膜における磁束ピンニング効果についても報告する予定である。

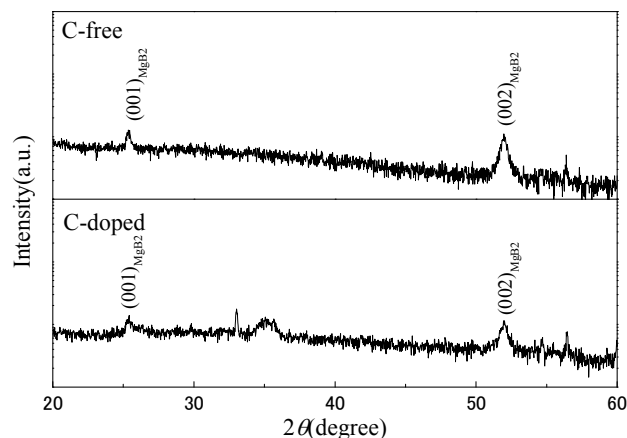


Fig. 1 XRD pattern of C-free and C-doped MgB_2 thin films on Si substrate.

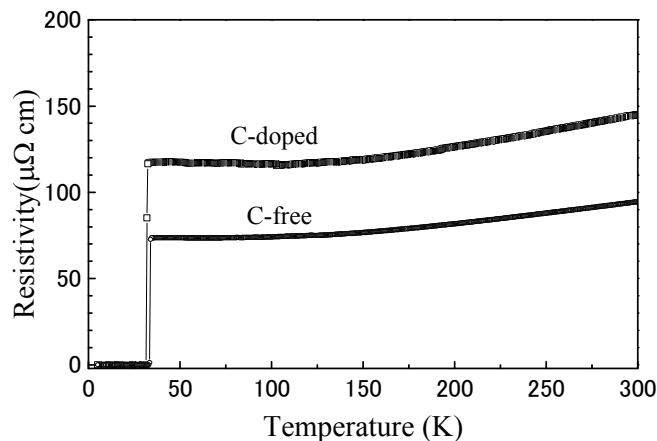


Fig. 2 Temperature dependences of electrical resistivity for the C-free and C-doped MgB_2 thin films.

【参考文献】

- [1] 吉原ら, 低温工学 **47**, 103 (2012).
- [2] S.X. Dou *et al.*, *J. Appl. Phys.* **96**, 7549 (2004).
- [3] S.X. Dou *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **81**, 3419 (2002).
- [4] A.V. Pogrebnikov *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **85**, 13 (2004).