複雑形状 REBCO 溶融凝固バルクの直接育成と物性

Direct preparation and physical properties of REBCO melt-textured bulks with complex shapes

青学大理工¹ TEP² O元木 貴則¹, 笹田 廉陛¹, 富久 琢磨¹, 中村 新一², 下山 淳一¹

Aoyama Gakuin Univ.¹ TEP² ^oTakanori Motoki¹, Rempei Sasada¹, Takuma Tomihisa¹,

Shin-ichi Nakamura², Jun-ichi Shimoyama¹

E-mail: motoki@phys.aoyama.ac.jp

1. はじめに

REBCO 溶融凝固バルクは、強磁場を捕捉できるため強力超伝導磁石としての応用が期待されている。 ほとんどすべての溶融凝固バルクは、Top-Seeded Melt Growth (TSMG) 法などに代表されるバルク上面 に設置した種結晶を起点とする溶融凝固法で育成されており、例えば小型 NMR などに適する中空の リング形状のバルクは得られた円柱状バルクの中央部を機械的に切削することで成形される。しかし、 加工時の機械的損傷や a-growth, c-growth 両領域の存在により、均質性に優れる複雑形状バルクの再現 性の高い育成は困難であった。これまで我々は全体が単一結晶成長領域からなる溶融凝固バルクの作 製が可能な Single-Direction Melt Growth (SDMG) 法を開発し報告してきた^[1]。本手法は、希土類元素の 異なる REBCO の包晶温度(Tp)の差を利用して、底面に設置した seed plate からバルクを鉛直方向に結 晶成長させる手法である。SDMG 法では、鉛直方向のみに結晶成長が進行するため、鉛直方向に連続 する限り、原理的にどのような形状のバルクであっても直接育成が可能である。

2. 実験方法

日本製鉄社製 EuBCO 溶融凝固バルク(Eu-QMG®)を[001]方位が鉛直方向になるよう切り出した平板 を seed plate とし、その上に中空円筒形状を含む様々な形状の DyBCO 焼結体ペレットを設置し、SDMG 法を用いてバルク全体が c-growth 領域からなる DyBCO 溶融凝固バルクを作製した。なお、DyBCO ペ レットには、TEP 社製混合粉(Dy123:Dy211 = 7:3)に Tp を低下させるため 10 wt%の Ag2O を、Dy211 の 微細化のため 0.5 wt%の CeO2 をそれぞれ混合したものを用いた。得られたすべてのバルクについて、 seed plate から切り離した後、低酸素分圧下での還元アニールと長時間の酸素アニールを行った。得ら れたバルクは液体窒素浸漬下(77 K),1T磁場中冷却にて着磁後、捕捉磁場特性を評価した。

3. 結果と考察

Interf

外径 25 mm, 内径 10 mm の中空円筒形状の金型を用いてリング状 DyBCO バルクペレットを作製し、 EuBCO seed plate 上で SDMG 法により溶融凝固を行った。Fig. 1 に得られたリング形状 DyBCO 溶融凝 固バルクの seed plate を切り離し後の外観を示す。中空のペレット形状を保ったまま溶融凝固バルク特 有の光沢を示すリング状バルクの直接育成に成功した。seed plate 側界面 (Fig. 1 の上面部)の77 Kに おける捕捉磁場分布をFig.2(a)に示す。中央部でゆるやかなピークを示す円形の捕捉磁場が観測された。 電流が ab 面内のみに流れバルク厚さ方向の電流密度は等しいと仮定して逆 Biot-Savart 問題を解くこ とで、この捕捉磁場分布からリングバルク内の電流密度分布を推定した(Fig.2(b))。推定された電流密度 分布は、リング形状を反映して非常に均質かつ同心円状であり、SDMG 法が均質な複雑形状バルクの 直接育成に適していることを示している。当日は育成した様々な形状のバルクについて報告する。

[1] T. Motoki et al., Appl. Phys. Express 13 (2020) 093002.





Fig. 1. Appearance of a ringshaped DyBCO melt-textured bulk grown using SDMG method.

Fig. 2. Trapped field distribution above the interfacial side of the ring-shaped DyBCO melt-textured bulk (a) and estimated current density flow inside the ring by computing the inverse problem of the Biot-Savart law (b).