

ソレノイド型とスプリット型コイルを用いた超電導バルクの パルス着磁とシミュレーション

Pulsed field magnetizing characteristics of rectangular-shaped GdBaCuO bulk using solenoid- and split-type coils

高橋 圭太, 藤代 博之(岩手大); Mark Ainslie (Cambridge 大); 内藤 智之(岩手大)

TAKAHASHI Keita, FUJISHIRO Hiroyuki (Iwate Univ.); MARK Ainslie (Univ. of Cam); NAITO Tomoyuki (Iwate Univ.)

E-mail: t2216017@iwate-u.ac.jp

1. はじめに

強力な磁場発生源としての RE-Ba-Cu-O 系超電導バルク磁石の実用化のために、バルクの作製技術と同時にその着磁技術が求められている。静磁場を印加して着磁を行う磁場中冷却着磁 (FCM) に対し、パルス着磁 (PFM) では瞬間的な磁束運動に伴う発熱により、捕捉磁場は FCM 法に及ばない。当研究室では、ソレノイド型コイルを用いたマルチパルス着磁は発熱の抑制に有効であるとして、2005年に直径 45 mm の Gd 系バルクに対して PFM では最高となる 5.20 T (30 K) を達成した[1]。この他、バルクの上下に設置する新しい形のスプリット型及びボルテックス型コイルの利用により捕捉磁場の向上が報告されているが[2]、両装置において同一のバルクを用いた統一的な比較は行われていない。

本研究では、典型的な円盤形バルクに比べ隙間なく敷設できるといった利点がある四角形 Gd 系バルクに対し捕捉磁場向上のメカニズムを明らかにするため、ソレノイド及びヨークを挿入したスプリット型コイルを用いて両装置におけるパルス着磁特性の比較を実験的また解析的に行った。

2. 実験方法

試料は改良型 QMG 法[3]により作製された四角形バルク (33×33×15 mm³, 新日鐵製) を使用した。Fig. 1 に着磁装置の概略図を示す。捕捉磁場はバルク表面中心に設置したホールセンサーにより測定し、磁場分布測定の際にはこれを 2 mm 上方で走査し測定した。温度は CERNOX 温度計により各装置の治具側面で測定した。また、PFM 中の電磁場-熱伝導シミュレーションには PHOTO-series (フoton(株)) を用い、実験環境を再現するように 3次元有限要素モデルを構築し解析を行った。シミュレーションにおいて、ヨークは飽和磁化を 1.61 T とし、典型的な純鉄系の電磁軟鉄を参考とした。

3. 結果と考察

Fig. 2(a) は両装置に対し各初期温度 ($T_s = 65$ K, 40 K) における捕捉磁場の印加磁場依存性を示す。バルク表面中心の最大捕捉磁場は、40 K においてスプリット型装置で 3.09 T であった。いずれの初期温度でも、スプリット型ではソレノイド型より高い捕捉磁場が得られた。この結果から、着磁コイルの違い及びヨークの存在がパルス着磁特性に影響していると考えられる。

着磁シミュレーションの解析結果を述べる。Fig. 2(b) は両装置に対し捕捉磁場の印加磁場依存性を示す。Fig. 2(a) と同様にスプリット型装置の捕捉磁場はソレノイド型より高い値を示した。熱伝導率の良好なバルクの ab 面からの冷却が可能であるスプリット型では温度上昇の抑制が期待できる。ところが、ヨークを用いない場合にはソレノイド型と同等の捕捉磁場を示しており、温度上昇の抑制が捕捉磁場に与える影響は小さいと言える。従って、ヨークの存在は捕捉磁場の向上における重要な要因である。

Fig. 3 は規格化したバルク表面における捕捉磁場分布のシミュレーション結果を示す。ヨークを用いたスプリット型の捕捉磁場分布は、ヨークがない場合やソレノイド型と比較して、

Fig. 2 に示すように磁場強度が向上するだけでなく、その均一性を増している。これはバルクに侵入した磁束が、磁化されたヨークに引き付けられることで z 軸方向に安定して捕捉されたためであると考えられる。

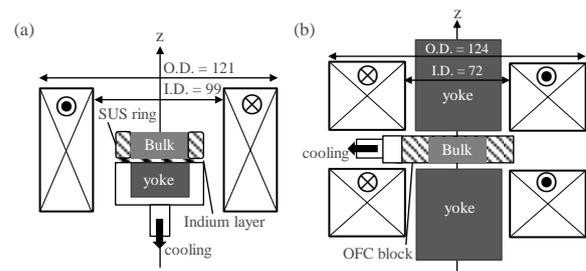


Fig.1 Experimental setup of two kinds of apparatuses for PFM and the magnetizing coil, (a) solenoid type and (b) split type.

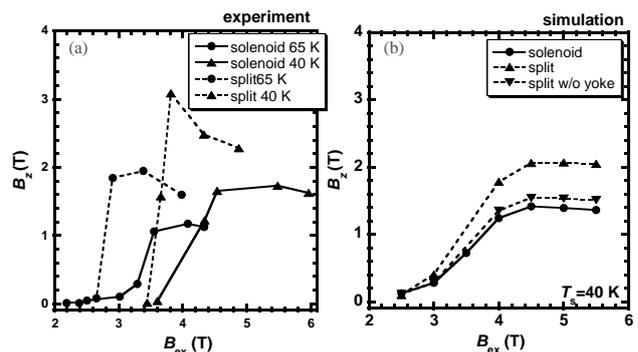


Fig.2 (a) Experimental and (b) analytical results of the trapped field B_z ($r = 0$) at the center of the bulk surface as a function of the applied field B_{ex} using the solenoid- and split-coil.

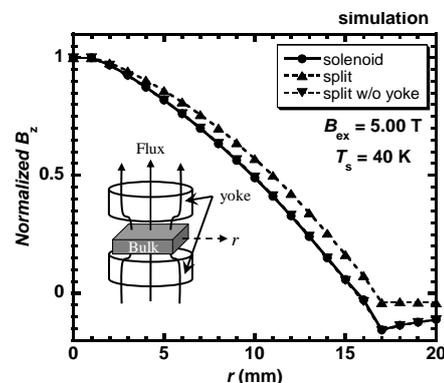


Fig.3 Normalized B_z profiles on the bulk surface for $B_{ex} = 5.00$ T using the solenoid- and split-coil.

参考文献

- [1] H. Fujishiro *et al.* Physica C 445-448 (2006) 334
- [2] T. Ida *et al.* Physica C 412-414 (2004) 638
- [3] M. Morita *et al.* Physica C 235-240 (1994) 209-212