

二層構造イットリウム系超伝導バルクの作製

志摩 翔太* 平松 子竜** 谷口 よしの*** 原田 寛治**

Fabrication of Two-layer Structure Superconducting Bulk with YBCO

Shota SHIMA, Shiryu HIRAMATSU, Yoshino TANIGUCHI and Kanji HARADA

YBa₂Cu₃O_y(Y123) superconductors are highly attractive for bulk applications, such as strong superconducting bulk magnets. Phase diagram shows a peritectic point at about 1010°C where Y₂BaCuO₅(Y211), a liquid and Y123 coexist. Y211 is known to contribute to a critical current density.

We put Y211 powder in Y123 powder and made the superconducting bulk. As the result, we could have Y211 film in Y123 superconducting bulk. We named two-layer structure superconducting bulk. We showed that superconducting properties improved by putting Y211 powder with an experiment.

Key Words: Superconductivity, Two-layer structure, YBCO bulk

1. 緒 言

高温超伝導体が発見されて以来、より高い臨界温度 (T_c)、や超伝導状態では電気抵抗がゼロであるが、電流を流すとある限界点で常伝導に転移する臨界電流密度 (J_c) の向上など、多くの研究がなされてきた。¹⁾ 本研究では、酸化物超伝導体の中でも、最も多くの研究がなされている YBCO 系を用いて試料を作製した。²⁾

超伝導体において、常伝導析出物が J_c 向上に寄与する最も有効なピン止め点になることや、YBa₂Cu₃O_{7-δ} (Y123 相) 超伝導相は、Y₂BaCuO₅ (Y211 相) 常伝導相と液相との包晶反応により生成されることが知られている。この包晶反応を積極的に利用し、ピン止め点を導入することにより、より高い J_c を得る研究がなされている。³⁾

また、YBCO バルクを部分熔融することにより、熔融凝固体は強い磁束捕捉効果を発揮し、強い永久磁石になることを以前の研究で確認している。

4-5)

本研究では Y211 常伝導体を真ん中に用いる Y123/Y211/Y123 二層構造を作製し、Y123 単体と比べて超伝導特性が向上することを実験により確認したので報告する。

2. 試料作製方法

試料は原材料として Y₂O₃, BaCO₃, CuO₂ を用い、全体の質量を 30g として、組成比 Y:Ba:Cu=1:2:3, Y:Ba:Cu=2:1:1 になるように試料を混合した。仮焼成後に粉碎し、これを 5 回繰り返した。つぎに、図 1 に示すように最初に Y123 (黒) をプレス器にかける器に半分ほど入れ、その後 Y211 (緑) を入れる。そしてさらに Y123 を入れ、プレスすることで二層構造を作製した。このときのプレス圧は 8kN、プレス時間は 7min とした。その後、本焼成 (900°C, 20 時間) を 2 回行った。

3. 実 験

3. 1. 試料形状

作製した二層構造バルクを図 2 (a) に断面内部を図 2 (b) に示す。作製したバルクは直径約 30mm、厚さ約 5mm であった。図 2 に示すように作製したバルクは図 1 のような真ん中が Y211 の常伝導相がある二層構造になっていた。

3. 2. 反発、吸引力測定方法

超伝導特性としてよく知られているマイスナー効果などの浮上力や吸引力を測定するには、秤の上に適当な永久磁石を置き、超伝導バルクを近づけて磁石が受ける力を測定する方法が知られている。⁶⁾ 本研究では図 3 に示す自作装置を用い、反発力 (バルクを磁石に近づけていく場合の力)、吸引力 (バルクを磁石から離していく場合の反発力)

原稿受付 平成 24 年 8 月 31 日

*電気電子工学科 平成 24 年 3 月卒業 (現 岡山大学在学中)

**電気電子工学科

***専攻科電子・情報システム工学専攻

を測定した。

①磁石：ネオジム磁石 0.3T×4個

②デジタル式ノギス (150mm)

：磁石と超伝導体の距離を測定するために使用
(シンワ測定株式会社製)

③ノブ式昇降台 (ジャッキ)

：超伝導体を上下させるために使用
(株式会社テラオカ製)

④断熱材 (発泡スチロール)

：液体窒素を長持ちさせるために使用。
(タテ×ヨコ×高さ=160×160×210mm)

⑤ポータブル天秤 BJ310

：反発, 吸引力を測定するために使用
(ザルトリウス (株) 製)

⑥超伝導試料

測定は秤の上に磁石を固定し発泡スチロールの底面に試料を置く。冷媒には液体窒素を使用した。

磁石と試料間の距離, 秤に表示される値を [Pa] に計算したものとの関係をグラフにする。距離は 20mm を最大とし, 0.5mm 間隔で値を取り, 距離はノギスを用いて計測する。距離を近づける場合を反発力, 離していく場合を吸引力とした。

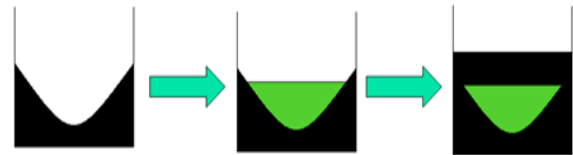
3. 3. 反発, 吸引力測定結果

バルクは Y123 のみのもの, Y211 を 0.1g 入れたもの, Y211 を 0.3g 入れた三種類のバルクを作製した。本焼成後の試料の反発, 吸引力測定結果を図 4, 5 に示す。また, 試料を冷却する場合, 磁石の影響を受けない距離に試料を配置し, ゼロ磁界冷却とした。各試料の最大反発力は Y123 のみ 56.0 Pa, Y211 (0.1g) 97.8Pa, Y211 (0.3g) 68.0Pa であった。Y211 (0.1g) のバルクが一番大きい反発力を示した。

3. 4. 各ヒステリシスループの面積

本研究で作製した Y 系超伝導体はバルク内に磁束が侵入する。そこで磁石面から十分離れたところで液体窒素温度に冷却したバルクを磁石に近づけると, 測定結果のように反発力は増大し, 吸引力は減少する。またバルクに磁束が侵入し, ピン止める効果のためにヒステリシスループが生じる。このヒステリシスループはピン止めの強さに大きく依存することが知られている。

図 6 に三種類の測定結果の面積を示す。なお面積は天秤の指示値[g]を距離[m]で規格化した。その結果 Y123 のみは 5.04g/m, Y211 (0.1g) では 11.3g/m, Y211 (0.3g) では 8.99g/m となった。



プレス時 8kN 7min

図1 二層構造作製



(a) (b)

図2 二層構造バルクの内部

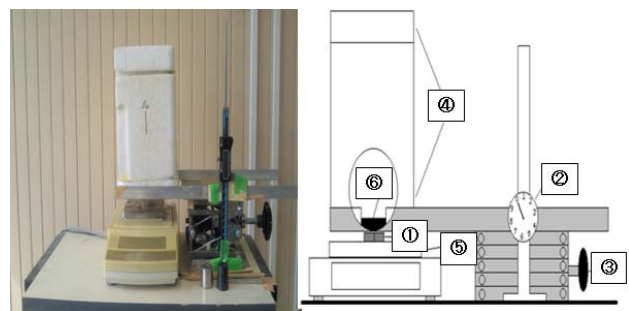


図3 反発, 吸引力測定装置

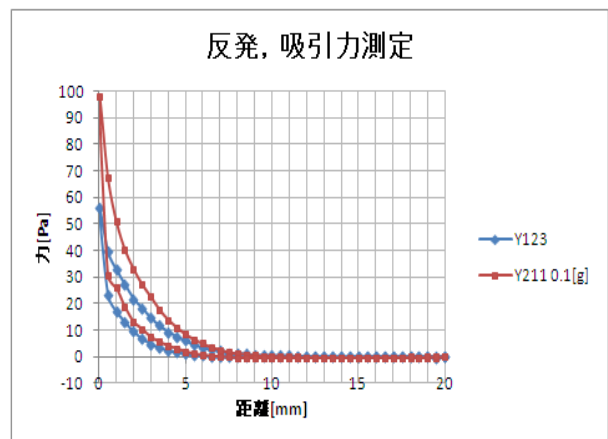


図4 反発, 吸引力測定結果 (Y211, 0.1[g])

4. 結果と考察

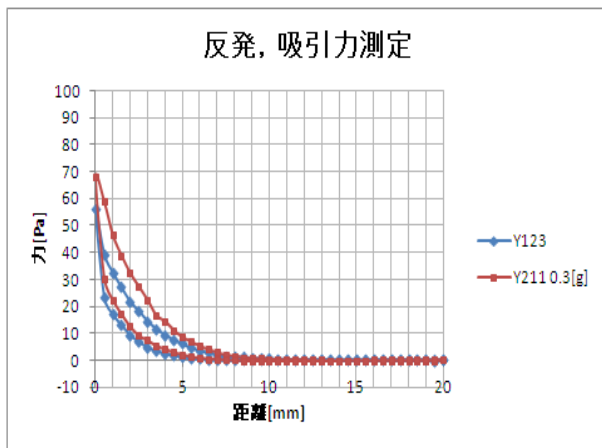


図5 反発, 吸引力測定結果(Y211, 0.3[g])

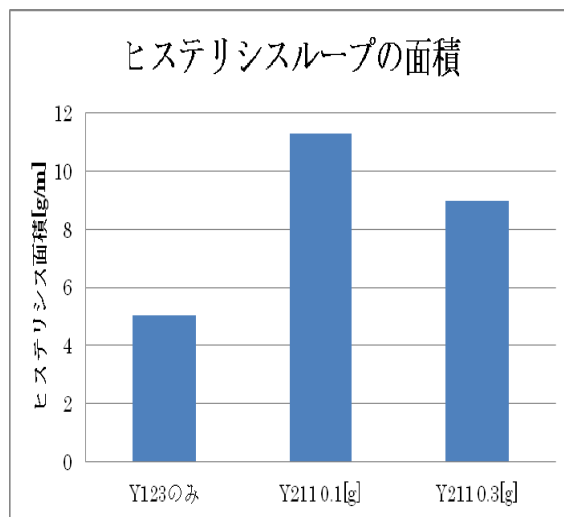


図6 ヒステリシスループ面積

Y123 内部に常伝導層の Y211 を導入することにより, 反発, 吸引力特性のヒステリシスループが変わることが実験より明らかになった. また, Y211 (0.1g) が Y211 (0.3g) よりヒステリシスループが大きくなるのは Y123 と Y211 との界面が特性に大きく寄与しているためと考えられる. また Y211 が多いと Y123 超伝導相が少なくなるため特性に影響を及ぼしていると考えられる. これらのことは, 現在, 強磁場マグネットに用いられている NbTi 線材においても, ピン止め中心が, 常伝導層である α -Ti を熱処理により析出させ, 特性を向上させていることと同様と考えられる.

これらのことより, Y211 常伝導層と Y123 超伝導層の界面が特性に大きく影響していると考えられ, 今後さらに評価していく必要があると思われる.

参考文献

- 1) 坂井直道, 成木紳也, 村上雅人: 超伝導バルク磁石, 応用物理, 71, 5 (2002) 580-581
- 2) 中村雄一, 塩原融: 高温超伝導体バルク材料研究の進展, 応用物理, 61, 5 (1992) 456-463
- 3) 村上雅人: 高温超伝導体の材料科学, 内田老鶴圃, (1999) 210-212
- 4) 小野仁, 小倉雄一, 原田寛治: 高温超伝導バルクの表面拡散, 津山工業高等専門学校紀要, 43, (2001) 15-18
- 5) 芳野充, 原田寛治: 超伝導体の反発力及び吸引力の測定に関する研究, (1995) 平成 14 年度電気工学科卒業研究報告書
- 6) 田沼静一, 家泰弘: 高温超伝導体とエキゾチック超伝導体, 共立出版, (1999) 286-288

