

二段に重ねた超伝導バルクのパルス着磁特性

平成 18 年度入学 小山 允

1, 序論

REBaCuO バルク超伝導は臨界温度(T_c)以下で永久磁石よりも強力な磁石となるため様々な分野への応用が期待されている。一般的な着磁方法としては、 T_c 以下で瞬間的に磁場を印加するパルス着磁法(PFM)と、磁場中で T_c 以下まで冷却する磁場中冷却法(FCM)の二つである。捕捉磁場は PFM よりも FCM のほうが大きいがこの理由は PFM が FCM と違い瞬間的に印加するため磁束が激しく運動することで発熱するため捕捉磁場が減少するからである。しかし、FCM の装置は高価で大きいため、実用化の観点から安価で小さな装置かつ短時間で印加できる PFM が現在盛んに研究されている。その中でも特に PFM では発熱量の減少及び磁場捕捉領域の拡大が積極的に研究されてきた。これまで本研究室ではバルクの厚さが大きいほど捕捉磁場が大きくなることをシミュレーションで予測している。しかし、今までの研究では 15~18mm の厚さのバルクで実験を行ってきた。しかし、現在 30mm 以上の厚さのバルクはない。そのため、本研究ではバルクを重ねて 30mm 以上の厚さの PFM で着磁することによる捕捉磁場の増大を実験的に検討した。

2, 実験方法

本研究では図 1 のように上段に直径 45mm・厚さ 18mm の GdBaCuO 超伝導体(新日鉄製)を置き、下段には直径 45mm・厚さ 15mm の SmBaCuO(同和鋳業製)を設置しその間にホールセンサーを設置するため 1mm の真鍮板を挟んだ。なお熱伝導性を向上させるために各バルクと真鍮板の間には 0.2mm の In を挟みさらに各接触部分にアピエゾングリースを塗布した。

測定方法はクロメル・コンスタンタン熱電対(直径 76 μ m)を図 2 のように GdBaCuO の中心近く(T_1)と GSR(T_2)に設置し局所温度を測定した。また、ホールセンサーを図 2 のように GdBaCuO 表面の中心と GSR、GdBaCuO と SmBaCuO の間の計三つに設置し局所磁場を測定した。

実験方法は同一強度パルス実験(SPA)により着磁を行った。また、コイルの位置の違いによる捕捉磁場を調べるためにコイル中心の位置を SmBaCuO の中心 (Set1)と GdBaCuO の中心(Set2)のように各バルクの中心にくるように設置して捕捉磁場を調べた。

なお実験条件としてバルクの初期温度は 20K と 40K、印加磁場は 4.68~8.62T する。

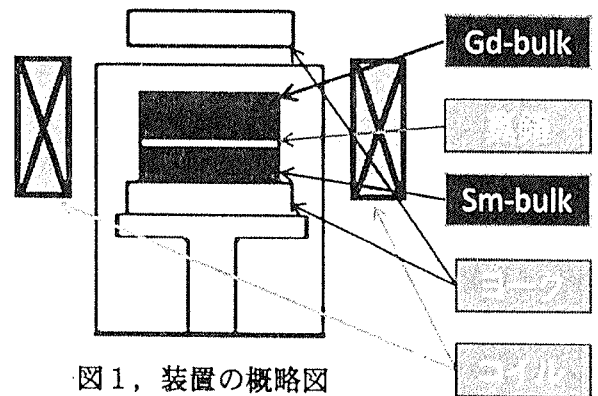


図 1, 装置の概略図

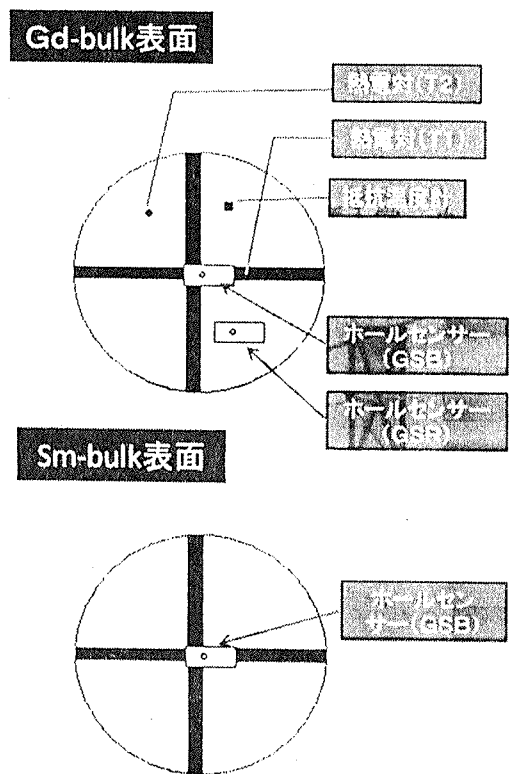


図 2, バルク表面の概略図

3, 実験結果

図3(a)は二段重ねで磁場を Set1, 40K で印加した時の Gd バルク表面の中心と Gd バルクのみを SPA で着磁した時の捕捉磁場である。この図をみると Gd バルクのみに印加したときは 4 T で磁場を捕捉し始めるが、二段重ねでは約 6T から磁束を捕捉し始める。次に図3(b)は Sm バルクのみと Set1, 40K で二段重ねの Sm バルク表面にある中心の局所捕捉磁場である。こちらも Gd バルクのときと同様に Sm バルクのみに印加した時に比べ二段重ねは高印加磁場で磁束を捕捉し始めている。

図4は Set1, 20K のときの 1 回目(No1)の局所捕捉磁場と 3 回目(No3)の局所捕捉磁場である。この図より高印加磁場になるほど No1 に比べ No3 の捕捉磁場が上昇していることがわかる。これは磁場を印加するごとに磁束の運動量が減少することで発熱量が減少しているからである。そのため、SPA のような複数回磁場を印加する方法で磁場を印加する場合二段重ねの方がバルク一枚のときと比べ回数を重ねるごとに捕捉磁場が増大する。

図5は Set1 の印加磁場 8.62T 初期温度 20K の SPA の局所捕捉磁場の時間依存性の No1~3 のグラフである。この図より磁場の印加の回数が増えることにより磁束が捕捉されることで磁束の運動量が減少していることが分かる。

4, 結論

SPA によってバルクを二段重ねた時の捕捉磁場を求めた。その結果初期温度 20K で印加磁場 8.62T において Sm 表面にて 4.1T の捕捉磁場を観測した。さらに、初期温度 20K における捕捉磁場の様子を見ると、8.62T 以上の高印加磁場を与えた時さらに大きな捕捉磁場を観測する可能性がある。また、Sm 及び Gd バルクのみの印加磁場よりも二段重ねのバルクは磁場を捕捉し始めるため磁場の捕捉には高印加磁場が必要である。そして、以前シミュレートしていたものよりも捕捉磁場は大きくなること分かった。

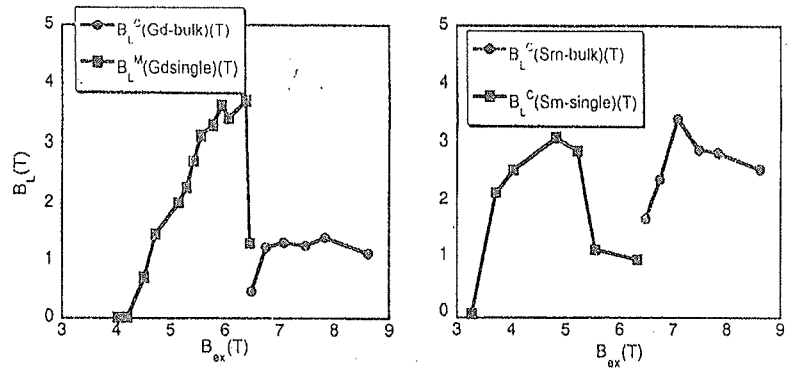


図3, (a)Smの局所捕捉磁場(b)Gdの局所捕捉磁場

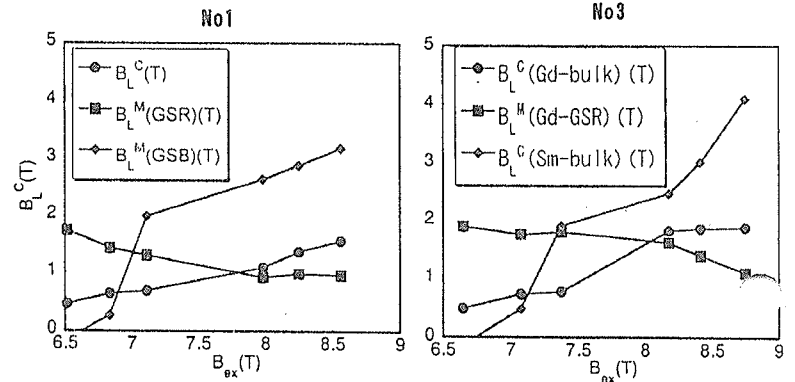


図4, Set1-20Kにおける局所捕捉磁場 (No1及びNo3)

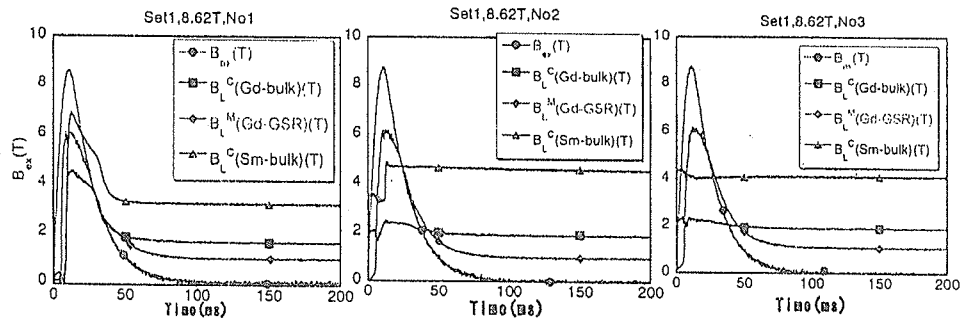


図5, Set1における局所捕捉磁場 (8.62T, 20K)