

4角型超伝導バルクのパルス着磁特性

平成13年度入学 23番 池部研究室 佐塚悠介

1. はじめに

バルク超伝導体の応用の一つに強力な超伝導バルク磁石がある。超伝導バルク磁石は、バルク体を着磁する必要があるが、一般的な着磁方法として、磁場中冷却着磁(FC)、パルス着磁(PFM)などがある。FCは強い捕捉磁場が得られるが、磁場を捕捉させるのに時間がかかる上、装置が大型で高価であるため実用的ではない。一方、PFMではFCほどの強い磁場は得られないが、装置が小型でコストも安価であるため注目されている。これまでの本研究室の研究でGaBaCuO丸型バルクでパルス着磁の一つであるMMPSC法(Modified Multi-Pulse technique with Step-wise Cooling)により世界最高の5.2Tを捕捉することを報告した。この実験結果に基づいて、本研究では丸型超伝導バルクではなく4角型超伝導バルクを用いて、4角型超伝導バルクのパルス着磁特性を調べた。4角型超伝導バルクのメリットとしては丸型とは違い、タイル状に敷き詰めることが出来ることである。4角型バルクを用いた例としては水浄化装置などがある。

2. 実験方法

バルクは縦34mm、横34mm、厚さ20mmで、 $GdBa_2Cu_3O_y$ と Gd_2BaCuO_5 をモル比1.0:0.4、 Ag_2O 10wt%、 Pt 0.5wt%を混合し作製された $GdBaCuO$ バルク超伝導体(新日鉄製)である。バルクは強度向上のためエポキシ樹脂含浸を施した後、上下面の樹脂は温度応答を向上させるために取り除いた。このサンプルには非対称にGSB(Growth Sector Boundary)があり図1に示す。サンプルはGM冷凍機により、サンプル温度約40K~20Kまで冷却した。この周辺に液体窒素で冷却したパルスコイルを設置し、パルスの立ち上がり時間約12ms、強さBex3.00T~7.03Tの範囲で磁場を印加し、温度

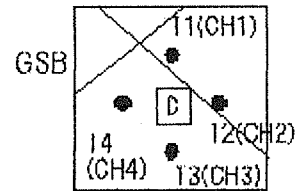


図1. バルク中心にホールセンサ、そこから等間隔に熱電対を貼った。

と磁場の測定を行った。また、パルス磁場の大きさはコイルの冷却時間によって変動するため導線中のシャント抵抗により測定した。バルク表面には、着磁時の磁束の侵入を温度上昇からみるためにバルク中心から等間隔に熱電対を四点(T1, T2, T3, T4)貼り付け、中心にホールセンサを貼り同一パルスによる捕捉磁場を計測した(図1参照)。更に熱電対を貼った場所にホールセンサ(CH1, CH2, CH3, CH4)を貼り、温度上昇と磁束の侵入の関係を確認した。

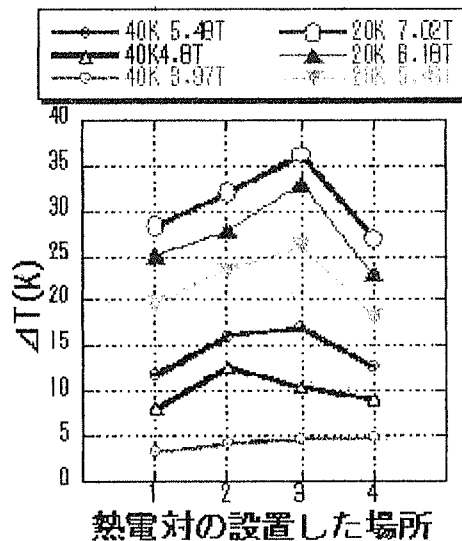


図2. 20K, 40Kでの温度上昇の結果

3. 実験結果及び考察

図2に40K, 20Kでの同一パルスの温度上昇 ΔT の結果を示す。この図から同じ印加磁場では40Kよりも20Kの方が発熱が大きいこと、温度上昇は40Kの印加磁場

3.97TではT4が大きいがその他はT2, T3が大きいことがわかった。

このことから磁束はT2, T3の方から侵入していると考えられる。

次に同じ場所にホールセンサを貼った結果を図3、図4に示す。図3は20Kで5.49Tを印加した結果である。この図より最も局所磁場が変化している位置はCH1、CH4(熱電対T1、T4の位置)であったが、最終的に磁場を捕捉した位置はCH2、CH3(熱電対T2、T3の位置)であることがわかった。その結果より磁束は主にCH1、CH4から侵入し、CH2、CH3に捕捉されたと考えられる。図4は20Kで図3よりも強い磁場($B_{ex}=6.18T$)を印加した結果である。この図からCH3で二度立ち上がっていることがわかる。その結果よりCH3に入ろうとした磁束が一旦バリアに阻まれ侵入が止まり、その後CH4の立ち上がりの後に更に磁束が入り始めることがわかり、この印加磁場でCH3からは磁束が入らないことがわかった。そして、これらの結果よりCH1、CH4では粘性損失が、CH2、CH3ではピンニング損失が主に温度上昇に関係しているものと考えられる。粘性損失、ピンニング損失とは磁束がバルク内を移動する、及び磁場が捕捉されることによる発熱である。そして図3より、CH2、CH3はピンニング力がCH1、CH4より強く、図1に示すGSBを境に捕捉磁場、温度上昇に大きな違いがあることがわかった。

図5に今回の同一パルスにおける捕捉磁場と印加磁場の関係を示す。この図から単一パルスでは20Kで最大2.6Tの磁場を捕捉した。

4. 結論

今回の実験で4角型超伝導バルクの磁束の侵入には、異方性があることがわかった。そして、温度上昇や捕捉磁場の結果、GSBを境に大きな違いが見つかった。捕捉磁場では20Kで2.6Tが最高だった。

昨年、この4角型超伝導バルクでMMPSC法により温度上昇を抑え、最高2.9Tの磁場を捕捉した。今後このMMPSC法により捕捉磁場の向上が期待される。

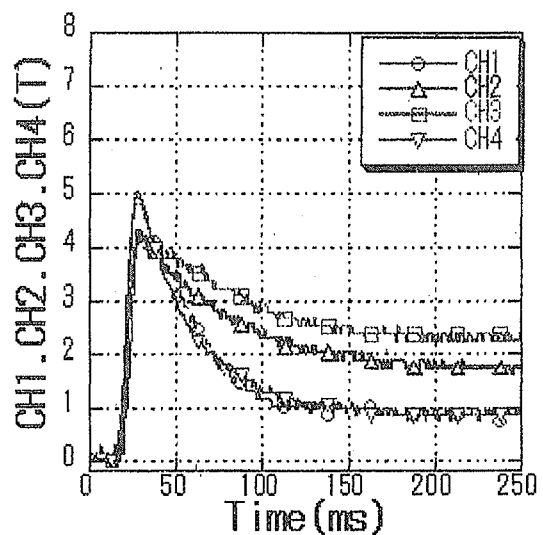


図3. 20K, 5.49T印加時の結果

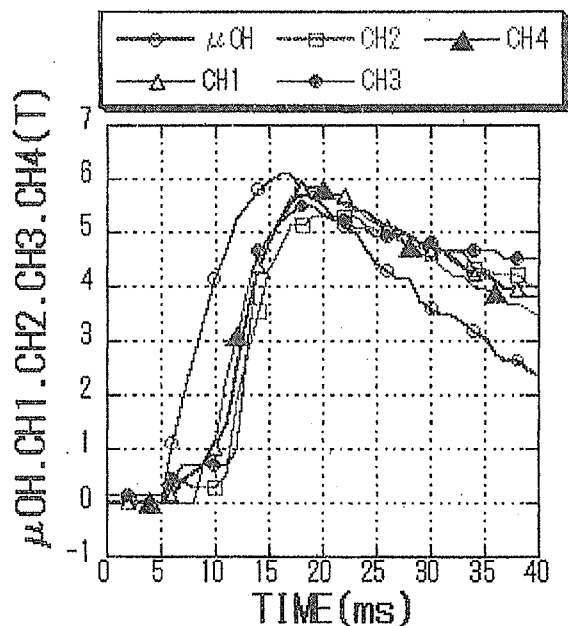


図4. 20K 6.18T印加時の結果

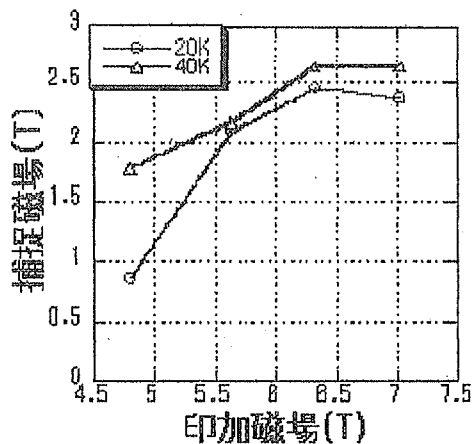


図5. 20K, 40K単一パルスの結果
捕捉磁場と印加磁場の関係