

四角形状を有する超伝導バルクの着磁特性

平成 20 年度入学 21208036 藤代研究室 田村拓也

1. 序論

RE 系超伝導バルクを超伝導転移温度(T_c)以下に冷却し、磁場を印加すると超伝導バルクのピン止め効果により、磁場が捕捉され擬似永久磁石となる。RE 系高温超伝導バルク材でできた磁石は従来の永久磁石よりも強磁場にすることが可能なため、磁気浮上などの応用が期待できる。一般的な着磁方法として、静磁場を印加後 T_c 以下に冷却し着磁する磁場中冷却着磁(Field cooling magnetization : FCM), T_c 以下に冷却後、静磁場を印加し着磁するゼロ磁場中冷却着磁(Zero field cooling : ZFC), T_c 以下に冷却後 1s 以下のパルス磁場を印加し着磁するパルス着磁(Pulsed field magnetization : PFM)がある。RE 系超伝導バルクは擬似的な単結晶であり種結晶を用い円柱状に結晶成長させる必要がある。その際、結晶面に成長領域(Growth sector region :GSR)と成長領域境界(Growth sector boundary :GSB)が現れる。本研究室では丸型形状のバルクの着磁特性を主に研究してきた。磁束はバルク外周部から中心に向かって侵入する。さらに、磁束は GSR などのピン止め力の弱い領域から優先的に侵入することが研究からわかっている。バルクの実用化にあたってタイル状に並べて使えるなどの利点から四角形状のバルクの着磁特性を調べる必要がある。本研究では GSB の配置が異なる四角形状の超伝導バルクの捕捉磁場分布から四角形状のバルクの着磁特性について考察する。

2. 実験方法

- (1) 試料：新日鐵製の直径 65mm の丸型バルクから切り出した、一辺 45.2mm , 厚さ 15mm である四角形状の Gd 系超伝導バルクを使用した。GSB が対角線上にあるものをバルク A , GSB が十字にあるものをバルク B とする。
- (2) 測定：バルク表面の初期温度 $T_s=77K$ で印加磁場 $B_{ex}=0.5T$, 1.0T(掃引速度 0.222T/min)の条件の下、ZFC を行った。さらに、 $B_{ex}=10T$ (掃引速度 0.222T/min)で $T_s=48\sim 77K$ の条件の下、FC を行った。次に、 $T_s=77K$, 40K , $B_{ex}=2.6\sim 6.3T$ (立ち上がり時間 $\tau=12ms$ のパルス磁場)の条件の下、PFM を行った。着磁後、ZFC , FC はバルク表面から 4mm 上方を、PFM は 1mm 上方を、走査型ホールセンサーにより、捕捉磁場分布の測定を行った。さらに ZFC , FC はバルク表面に張り付けたホールセンサーにより中心の捕捉磁場を測定した。

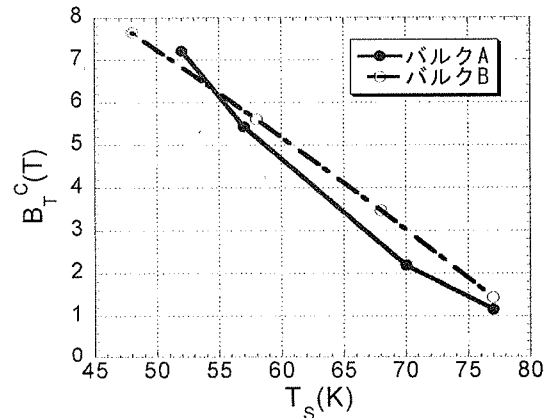


図 1 FC ($B_{ex}=10T$)の中心捕捉磁場の温度依存性

3. 結果と考察

図 1 に FC の $B_{ex}=10T$ でのバルク表面での中心捕捉磁場の温度依存性を示す。バルク表面での中心捕捉磁場はバルク A , バルク B とともに低温にするにつれ単調に増大する。バルク A , バルク B で値の傾向にほとんど違いは見られないため、FC からは、これら 2 つのバルク自体のピン止め力に差は見られない。

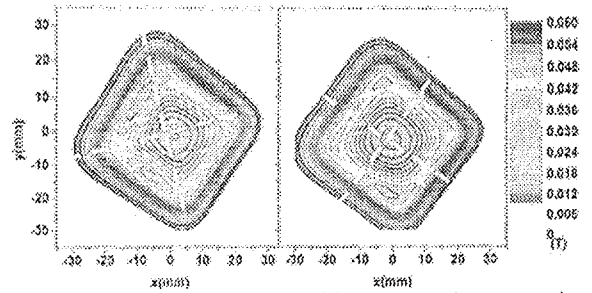
図 2(a) にバルク A の ZFC ($T_s=77K$, $B_{ex}=0.5T$) , 図 2(b) にバルク B の ZFC ($T_s=77K$, $B_{ex}=0.5T$) の捕捉磁場分布を示し、図内の破線は GSB を示す。バルク A , バルク B とともに GSR 内で捕捉磁場が高い領域があり、ZFC ではピン止め力の弱い GSR から磁場が侵入し、捕捉している事がわかる。

図 3(a) にバルク A の PFM ($T_s=77K$, $B_{ex}=2.9T$) , 図 3(b) にバルク B の PFM ($T_s=77K$, $B_{ex}=3.0T$) の捕捉磁場分布を示す。GSB が対角線上に入っているバルク A では GSR である辺領域に捕捉磁場が高い領域がある。それに対して、GSB が十字に入っているバルク B では GSR に磁場が捕捉されているというよりはバルク A と同様に辺領域に捕捉磁場が高い領域がある。

図 4(a) にバルク A の PFM ($T_s=77K$, $B_{ex}=3.5T$) , 図 4(b) にバルク B の PFM ($T_s=77K$, $B_{ex}=3.4T$) の捕捉磁場分布を示す。バルク A で若干 GSR に捕捉磁場の高い領域があるが、バルク A , バルク B とともに対角線上に捕捉磁場の高い領域が見られる。図 3 , 図 4 の PFM の結果から、低い印加磁場では辺領域に高い捕捉磁場が見られ、それより少し高い印加磁場では対角線上に高い捕捉磁場が見られた。これらから、四角形状のバルクはピン止め力の弱い領域から磁束が侵入するのではなく、辺領域から磁束が優先的に侵入していることが分かる。そして、印加磁場を大きくしていくと、対角線上に磁場が捕捉されていくことが分かる。

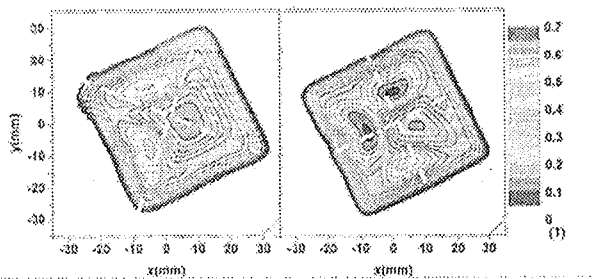
4. 結論

本研究では GSB の配置が異なる四角形状の超伝導バルクの捕捉磁場分布から四角形状のバルクの着磁特性を考察した。ZFC において低磁場を印加した場合、磁束の侵入は丸型バルクと同様に GSR のようなピン止め力の弱い領域に依存している事がわかる。PFM において低いパルス磁場を印加した場合、四角バルクの辺領域に磁束が優先的に侵入していて、ZFC での捕捉磁場分布と比べると GSR , GSB のようなピン止め力の異なる領域に依存していない。これは四角形状の超伝導バルクが GSR や GSB のようなピン止め力の異なる領域に依存し捕捉領域が決まるだけでなく、捕捉領域が形状にも依存することを示している。



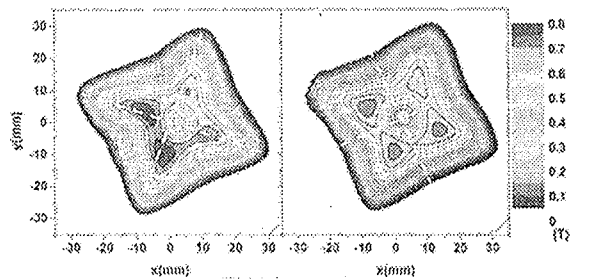
(a)バルク A ($B_{ex}=0.5T$) (b)バルク B ($B_{ex}=0.5T$)

図 2 ZFC ($T_s=77K$)での捕捉磁場分布



(a)バルク A ($B_{ex}=2.9T$) (b)バルク B ($B_{ex}=3.0T$)

図 3 PFM ($T_s=77K$)での捕捉磁場分布



(a)バルク A ($B_{ex}=3.5T$) (b)バルク B ($B_{ex}=3.4T$)

図 4 PFM ($T_s=77K$)での捕捉磁場分布