

Bi-2223 単結晶超伝導体の凝縮エネルギー密度

052322032 松下研究室 河合 真司

1. はじめに Bi-2223 超伝導体は機械的に配向しやすく製造コストが安価であり、臨界温度 T_c が高いことなどから広く線材として開発されている超伝導体であるが、臨界電流密度 J_c が十分な値にまで改善されていない。これはこれまでに本格的なピンの導入が行われていないからであり、強いピンを導入することでどの程度 J_c を改善させることができるのかについては明確にはされていない。しかし、酸素アニール処理をした単結晶についてピン力と密接な関係にある凝縮エネルギー密度を定量的に評価し、低温ではY-123の値に迫り、高いポテンシャルを有する超伝導体であることが明らかにされた¹⁾。そこで本論文では酸素アニールの影響をより明確にするために、酸素アニール条件を変えたBi-2223単結晶試料にイオン照射を行って人工的にピンを導入し、そのピン力を測定することから凝縮エネルギー密度を求めた。その結果をY-123、Bi-2212の結果と比較し、柱状欠陥やキャリアのドーパ状態の及ぼす影響を明らかにし、Bi-2223の応用の可能性について議論することを目的としている。

2. 実験 測定に用いた試料はKClフラックス法で作製された酸素アニール処理の異なるBi-2223単結晶試料であり、Biサイトの約15%をPbで置換している。試料の諸元をまとめたものを表1に示す。測定はSQUID磁力計を用いた直流磁化法を行い、広範囲の温度領域において臨界電流密度を評価した。またイオン照射により全試料の T_c は3~4 K低下した。

表1 試料の諸元

| 試料 | アニール条件 | T_c (K) |
|----------|--------------------------------|-----------|
| #1 AS | アニール処理なし | 107.6 |
| #1 1atm | 350°C 48時間 1気圧 O ₂ | 106.9 |
| #2 AS | アニール処理なし | 107.1 |
| #2 1atm | 350°C 48時間 1気圧 O ₂ | 106.7 |
| #2 10atm | 350°C 48時間 10気圧 O ₂ | 104.7 |

3. 結果及び検討 全試料の J_c - B の結果に対して磁束クリープ理論、要素的ピン力の加算理論を用いて解析を行った。図1に今回作製した試料#1,#2と、様々なドーパにより次元性を変えたBi-2212相単結晶²⁾、そしてY-123単結晶の凝縮エネルギー密度の温度依存性に示す。#1,#2の凝縮エネルギー密度が低温で高くなっていることから、Bi-2223は低温でのポテンシャルが高く、低温での応用に適しているとわかった。また元の試料の J_c が高かったこともあり、#1,#2共に1atmの酸素アニール条件で作製した試料が最も良い結果となった。

図2に各試料の熱力学的臨界磁界 B_c の規格化温度依存性を示す。 B_c の値は、試料#1,#2ともに1atmの試料が高くなった。試料#2の1atmと10atmの結果を比べると、全温度領域において1atmの試料の方が高い値を取っている。しかし1atmよりも10atmの方が T_c が低いのだが、高温時では1atmとほぼ同じ値を取っている。これは、酸素アニール処理により、高温側で超伝導体の次元性が改善されたことによるものである。

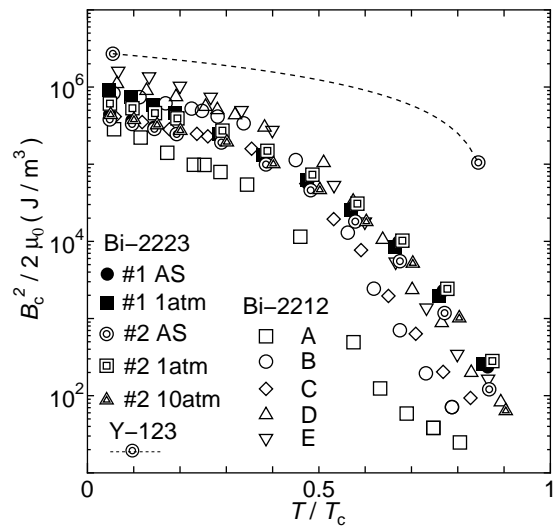


図1 各試料の凝縮エネルギー密度

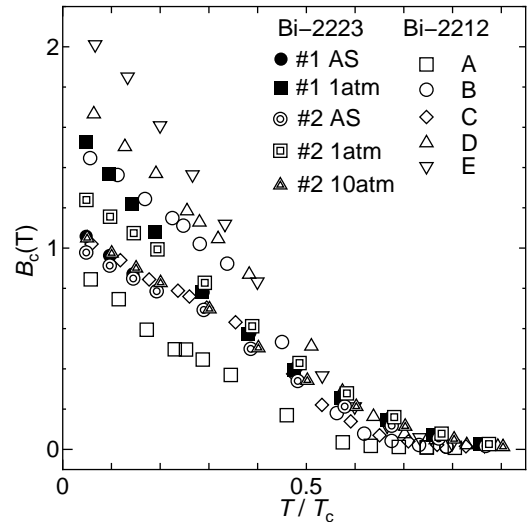


図2 熱力学的臨界磁界 B_c の規格化温度依存性

【参考文献】

- 1) 河野 他：春季第53回応用物理学会学術講演会講演予稿集 25p-K-7.
- 2) K. Okamura et al., Physica C **412-414** (2004) 416-421.

【研究業績】

- 低温工学超電導学会 (2006 秋)