

超伝導 MgB₂ における磁束ピンニング特性

03232060 小田部研究室 姫木 携造

背景と目的 超伝導体は、ある一定の温度以下で電流を損失無しに流せることや巨大量子現象を起こすことが知られている。その性質を利用し、送電ケーブルや超伝導マグネット、超伝導量子干渉計などに応用がされている。現在主流として実用化されている超伝導素材はNbTiであるが、臨界温度が9 Kと低いために冷却コストが高いという問題点がある。そこで次世代の超伝導線材としてMgB₂が期待されている。MgB₂は39 Kの臨界温度をもつために、液体水素や冷凍機を用いた20 K近傍による運用を行う事で冷却コストの低下という利点に加え、軽量かつ低コストというメリットもある事から応用への期待がされている。しかし高温領域での臨界電流密度の磁界特性は未だ実用化できる段階に至っていない。そうした特性の改善には低温での熱処理およびB₄CやSiC等の添加が有効であることが知られている。そこで本研究では低温での熱処理を行ったMgB₂、B₄CとSiCを添加させたMgB₂を用いて、臨界電流密度特性への影響を調べた。

実験 測定に用いた試料はSUS316管の端部を閉じて焼結させる powder in close tube 法で作製されたものである。試料サイズはいずれの試料も2 mm × 2 mm × 0.16 mm 程度である。各試料の諸元を表1に示す。なお、#1は無添加で一般的な熱処理を行った試料で、これを高温熱処理試料とする。4端子法を用いた抵抗測定から上部臨界磁界を求め、SQUID 磁力計を用いた直流磁化測定から臨界電流密度 J_c を求めた。また、 $J_c=0$ となる不可逆磁界 B_i は便宜的に $J_c = 1.0 \times 10^6$ A/m² となる磁界で決定した。

結果及び検討 各試料の J_c - B 特性を図1に示す。高温熱処理試料に比べ他の三つの試料の特性が向上している事が分かる。特に低磁界側では低温熱処理試料が、高磁界側ではCドープをした試料の特性が良いことが分かった。次に各試料の不可逆磁界の温度依存性を図2に示す。Cドープした試料において大きな値を示した。低温熱処理試料においても高温熱処理試料よりも高い値を示した。このように不可逆磁界が J_c - B 特性を反映する値を示している事が分かった。また抵抗測定より求めた上部臨界磁界も不可逆磁界と同様な傾向を示した。上部臨界磁界が向上するのは電子の平均自由行程の減少によってコヒーレンス長が減少するためであるが、Cドープ試料における平均自由行程の減少は、BサイトへCが置換されることによる格子の歪みによって電子が散乱されるために生じるものである。

その欠陥密度の大きさからCドープ試料は高い上部臨界磁界を有する。上部臨界磁界にともなって不可逆磁界も向上するためにCドープ試料が高い不可逆磁界の値をもつことが示される。各試料の不可逆磁界やピンニング特性についての考察、および磁束クリープ理論との比較は当日行う。

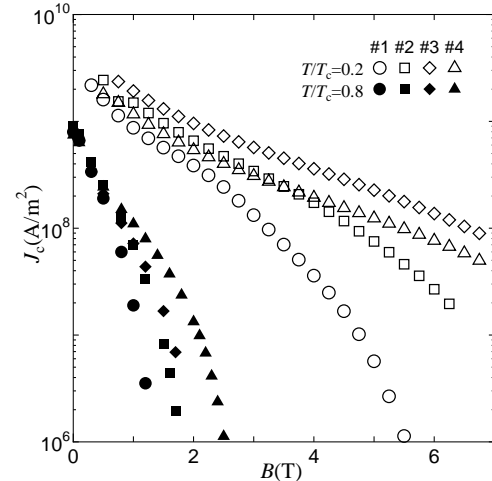


図1：各試料の J_c - B 特性。

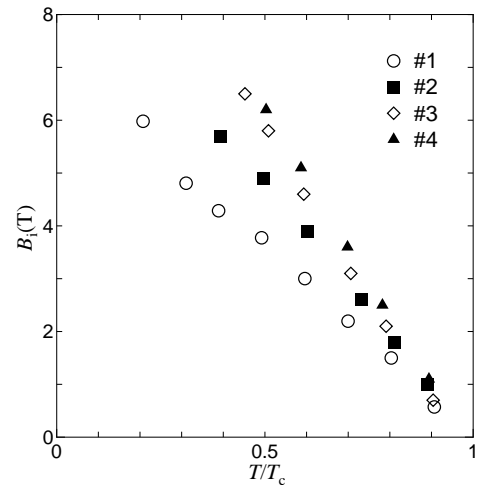


図2：各試料の不可逆磁界の温度依存性。

【参考文献】

- 1) Y. Katshura, A. Yamamoto, I. Iwayama, S. Horii, J. Shimoyama and K. Kishio: 低温工学 41 巻 11 号 p.497-p.504
- 2) A. Yamamoto, J. Shimoyama, S. Ueda, Y. Katshura, S. Horii and K. Kishio: Supercond. Sci. Technol. 17(2004) 921-925

【研究業績】

- 応用物理学会九州支部 (2007)

試料	仕込み	熱処理条件	T_c
#1 MgB ₂ (高温熱処理)	MgB ₂	950°C,12h	38.6 K
#2 MgB ₂ (低温熱処理)	MgB ₂	600°C,24h	38.2 K
#3 B ₄ C 添加 MgB ₂	MgB _{1.5} (B ₄ C) _{0.1}	850°C,3h	35.4 K
#4 SiC 添加 MgB ₂	MgB _{1.80} SiC _{0.2}	850°C,3h	35.8 K