

Bi-2223 銀シース線材の不可逆磁界の電界基準依存性

松下研究室 B4 森田 弦

$$E = -\frac{\mu_0}{2df(l+w)} \cdot \frac{dm}{dt}$$

序論 高温超伝導体の応用には、直流定常状態(永久電流モード)から交流電流下に至るまで様々な場合が考えられ、それに対応して超伝導体に加わる電界の領域は大きく異なる。不可逆磁界は電流密度 J がゼロとゼロでない領域の境界の磁界であり、この不可逆磁界の温度依存性をみると不可逆曲線を描く事ができる。この曲線は高温超伝導体の応用上で重要な指標となっている。現在では、電界基準を設け、その電界における J を臨界電流密度 J_c とし、その時の磁界を不可逆磁界としている。不可逆磁界は電界領域によって異なるが、両者の間に何らかの関係があり、任意の電界における不可逆磁界を評価することは可能であると考えられる。本研究では、超伝導 Bi-2223 銀シーステープ線材について、異なる電界領域における測定方法で不可逆磁界を評価した。また、磁束・クリープ・フローモデルを用い不可逆磁界の理論値を求め、比較検討を行った。

実験 試料は、超伝導 Bi-2223 銀シーステープ線材で、幅 3.7 mm、厚さ 270 μm であり、磁化測定のために 4.2 mm の長さに切断して用いた。線材内部のフィラメントを観測したところ、平均の幅 w 、厚さ d は、それぞれ 320 μm 、11 μm であり、フィラメント数 f は 59 であった。また、直流磁化率より求めた臨界温度 T_c は 110 K であった。四端子法における測定ではテープを長さ 46 mm に切り、磁化測定においてはテープを長さ $l = 4.2$ mm に切って用いた。すべての場合で c 軸方向に磁界を加えた。

本研究では、具体的に以下の方法により不可逆磁界を求めた。(1) 四端子法による電流-電圧特性において $E_c = 10^{-4}$ V/m かつ $\Delta J_c = 10^7$ A/m² とした場合、(2) 交流磁化率の虚部がピークをとる温度(不可逆温度 T_i)の磁界依存性、(3) 直流磁化のヒステリシスの幅から J_c を求め、 $\Delta J_c = 10^7$ A/m² とした場合、および(4) 磁化の緩和により求められた電流-電圧特性において $E_c = 10^{-10}$ V/m かつ $\Delta J_c = 10^7$ A/m² とした場合である。測定(4)に関しては、SQUID 磁力計を用いて磁気モーメント m の緩和を測定し、以下の解析式を用いて電流-電圧特性の評価を行った。またすべてのフィラメント内の磁束分布が Bean モデルで記述されるような臨界状態にあるものとして考えている。

$$J = \frac{12m}{w^2 df(3l - w)}$$

結果及び検討 上記の測定方法によって求められた不可逆磁界を図1に示す。図1からも分かるように電界基準を高く設定すると B_i が高く評価された。また $\Delta J_c = 10^7$ A/m² としたときの B_i の E_c 依存性ならびに温度 $T = 70$ K における磁束クリープ・フローモデルによる理論結果との比較を図2に示す。図2より、広い電界領域について B_i が、磁束クリープ・フローモデルにより記述できることが分かる。結論として、不可逆磁界は磁束クリープ・フローモデルにより記述でき、任意の電界基準において推測する事が可能である。

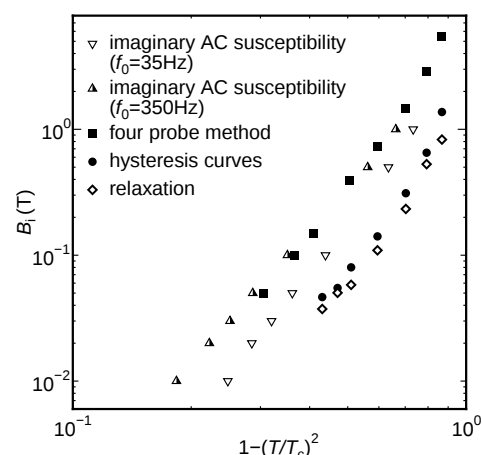
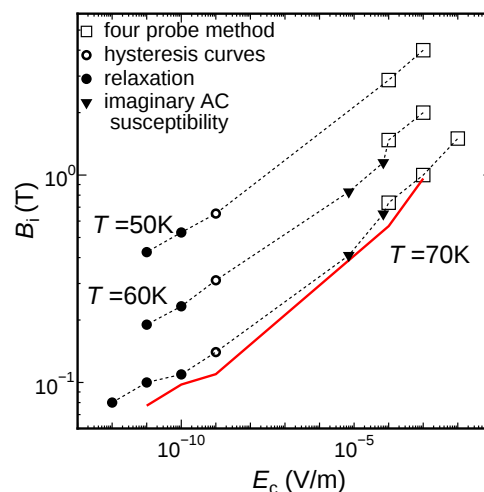
図1 各測定法による B_i の温度依存性

図2 不可逆磁界の電界基準依存性の理論値(シンボル)と測定値(実線)