

学生番号	08232098	氏名	米川 恭平
論文題目	重イオン照射した鉄砒素系超伝導体の凝縮エネルギー密度の評価		

1. はじめに

2008年に発見された鉄系超伝導体の臨界温度は55 Kに達し、実用化に向けてPIT(Powder in Tube)法が試みられている。現在、臨界電流は180 A程度まで達した。一方で、将来的に有効なピンが導入されたときに、どの程度、臨界電流密度が改善されるかを予想するためには、ピン力と密接な関係にある凝縮エネルギー密度を評価することが重要である。

これまで重イオン照射で柱状欠陥を導入した銅酸化物超伝導体について、磁束クリープ理論と加算理論を用い凝縮エネルギー密度が評価されてきた[1]。本研究ではBa(Fe_{0.93}Co_{0.07})₂As₂鉄砒素系超伝導体にこの手法を用いて凝縮エネルギー密度を評価した。また、この凝縮エネルギー密度を導出する際に用いられる有効ピンニング効率ηは、計算の簡略化のため磁束線が一次元的なモデルにより導出されるが、実際の磁束線は二次元であるため、ピン力の働きが複雑化し有効ピンニング効率に誤差が生じる可能性がある。そこで本研究では、これまでの導出方法と合わせて、取り扱いが複雑な問題に対して有効なシミュレーションにより有効ピンニング効率を求めた。

2. 実験

本研究で評価するBa(Fe_{0.93}Co_{0.07})₂As₂鉄砒素系超伝導体単結晶試料はself-flux法で作製した。臨界温度は24 K、試料の厚さは10 μm程度である。この試料に対しAuイオンを照射エネルギー200 MeV、マッチング磁場2 Tで厚さ方向に照射した。この試料を測定して得られた臨界電流密度特性から磁束クリープ理論と加算理論を用いて凝縮エネルギー密度を評価した。また、シミュレーションにおいて、三角格子状の磁束線は、周囲に近接する6つの磁束線とバネ定数k_fのバネで繋がれ弾性相互作用を受ける。この磁束線全体を、マッチング磁界に応じた数のピンがランダムに配置された500 nm×500 nmの領域上を、微小区間ずつ移動させる。このとき、磁束線とピンの重なる面積の変化量からピン力が算出され、磁束線はピン方向に力が働くが、先述したように磁束線同士には弾性相互作用が働くため、磁束線は互いに一定の距離を保とうとする力が働く。これらの力を考慮したシミュレーションを行い、マッチング磁界を変化させた時の有効ピンニング効率を求めた。

3. 結果及び検討

図1にAuイオン照射したBa(Fe_{0.93}Co_{0.07})₂As₂鉄砒素系超伝導体およびY-123(YBa₂Cu₃O₇)、Bi-2212(Bi₂Sr₂CaCu₂O₈)、Bi-2223(Bi₂Sr₂Ca₂Cu₃O₁₀)の凝縮エネルギー密度の温度依存性を示す。縦軸はB_c²/2μ₀、横軸は1-T/T_cを表し、実線は各試料の値を最小二乗法により直線近似したものである。このと

きの直線の傾きが温度依存性mを示し、この値が小さいほど温度依存性は低い。図1において、Ba(Fe_{0.93}Co_{0.07})₂As₂、Y-123、Bi-2212、Bi-2223の温度依存性mはそれぞれ2.6、1.7、5.3、4.3であり、Ba(Fe_{0.93}Co_{0.07})₂As₂は、Bi-2212やBi-2223よりもY-123の値に近く、温度が上昇した時の凝縮エネルギー密度の低下が緩やかであると言える。

図2にシミュレーションにより得られた有効ピンニング効率ηの分布を示す。縦軸はη、横軸がf_{pt}/f_pを表す。ただし、f_{pt}/f_pはマッチング磁界により変化する値である。また、理論値を実線、実際の測定条件に近い値を赤丸で示す。図2において、f_{pt}/f_pの値が増加するとともに有効ピンニング効率の誤差が大きくなっている。これは欠陥同士の重なりを考慮していないプログラム上に原因があると考えられる。しかし、欠陥の重なる確率の低い実際の測定条件に近い領域では、ほとんど誤差が見られないことから、少なくとも、その領域内においては凝縮エネルギー密度を従来の方法で導出しても問題ないと言える。

以上より、Ba(Fe_{0.93}Co_{0.07})₂As₂は臨界温度付近でのポテンシャルが高いため、臨界付近での应用到に有利であり、将来的に線材としての利用が期待できる。

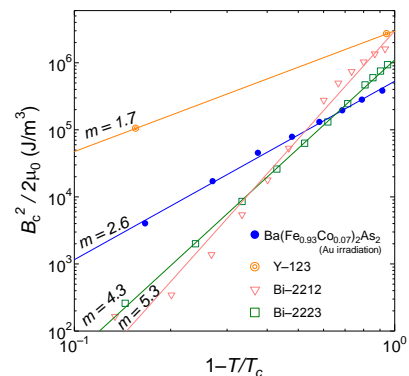


図1：凝縮エネルギー密度 B_c²/2μ₀ の温度依存性

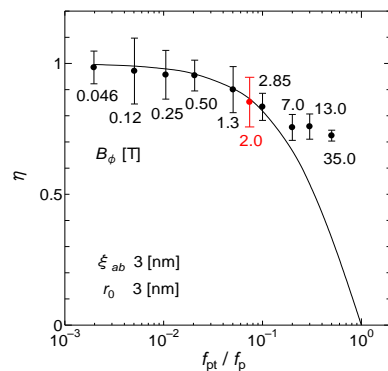


図2：有効ピンニング効率 η の分布

[参考文献]

[1] E. S. Otabe et al., Adv. Cryo. Eng. 52 (2006) 805.