

高温超伝導体のピンニング特性に及ぼす電子線照射効果

Effects of electron irradiation on flux pinning properties of high- T_c superconductors

東大院工¹ 東北大金研² 産総研³ ○下山 淳一¹, 山木 修¹, 瀬戸山 結衣¹, 山本 明保¹,
荻野 拓¹, 岸尾 光二¹, 寺井 隆幸¹, 淡路 智², 永崎 洋³

Univ. of Tokyo¹ Tohoku Univ.² AIST³ ○Jun-ichi Shimoyama¹, Shu Yamaki¹, Yui Setoyama¹,
Akiyasu Yamamoto¹, Hiraku Ogino¹, Kohji Kishio¹, Takayuki Terai¹, Satoshi Awaji², Hiroshi Eisaki³
E-mail: shimo@sogo.t.u-tokyo.ac.jp

【緒言】 超伝導コヒーレンス長が短い高温超伝導体に対する照射欠陥の導入は、磁束ピンニング特性を大きく改善すること多く、この 20 年以上にわたって実に多数の研究が行われてきた。特に電氣的磁氣的異方性が大きい銅酸化物超伝導体においては $H \parallel c$ の磁場下において磁束線の次元性に影響する重イオン照射による円柱状欠陥導入の効果が精力的に調べられ、またピンニングに適当な大きさのカスケード損傷を生じる中性子照射効果の研究例も多い。一方、原子レベルの小さな欠陥を生じる電子線照射は重イオンや中性子照射よりも、臨界電流特性改善の効果が小さく、性質が異なる超伝導体間の照射効果の比較や、照射量とピンニング特性の変化の系統的な研究はほとんど行われていなかった。そこで本研究では、様々な銅酸化物超伝導体、鉄系超伝導体に対する電子線照射のピンニング特性に及ぼす効果を調べた。

【実験方法】 Bi2212 単結晶、(Bi,Pb)2212 単結晶、RE123 溶融凝固バルク、(Ba,K)122 単結晶について、磁化測定により超伝導特性を評価した後、線形加速器によって 35 MeV の電子線を試料に照射し、磁化測定を再び行った。試料によっては照射、磁化測定を繰り返した。電子線は大半が試料を透過するため、試料を電子ビームの経路($\sim 4 \text{ mm}\phi$)中に並べて照射を行った。 J_c は $H \parallel c$ での磁化ヒステリシスの幅より拡張 Bean モデルによって見積もった。

【結果と考察】 電子線照射がピンニング特性に及ぼす効果は超伝導体の異方性が小さくなるほど、また金属組成が定比(整数比)に近づくほど大きくなることがわかった。まず、異方性が最も大きな Bi2212 においては、電子線照射による J_c の改善は 30 K 以上の温度域の低磁場下に限定され、Pb ドープによりやや異方性が低い(Bi,Pb)2212 では低磁場域と高磁場域の J_c の上昇が見られたが、照射量 $4.4 \times 10^{17} \text{ e}^- \text{ cm}^{-2}$ の試料の 20 K におけるピンニング力密度 F_p の改善はせいぜい $5 \times 10^8 \text{ N m}^{-3}$ であった。これに対し、Y123 では 60 K で $\sim 7 \text{ T}$, 40 K で 10 T 以上の磁場まで電子線照射によって J_c が高くなり、 F_p の向上も 40 K で 10^{10} N m^{-3} と大きい。但し、照射効果は RE 元素に敏感であり、Ba サイトを置換しやすい RE を含むほど J_c の改善は抑えられる。最も異方性が小さい(Ba,K)122 においては $T_c (= 38 \text{ K})$ 直下より高磁場まで照射効果が現れ、不可逆磁場の劇的な改善を伴い、30 K でも 15 T 以上まで F_p が大幅に上昇し、20 K での F_p の改善は $4 \times 10^{10} \text{ N m}^{-3}$ 以上である。異方性パラメータ(γ^2)をもとに $\sim 0.5 T_c$ において電子線照射によるピンニング特性改善の効果が現れる磁場を示したのが Fig. 1 である。なお、 $9.6 \times 10^{17} \text{ e}^- \text{ cm}^{-2}$ までの照射において T_c の顕著な低下は観測されておらず、今後、追加照射を行いこれらの超伝導体に対する点欠陥導入による臨界電流特性改善の限界を追求していく。

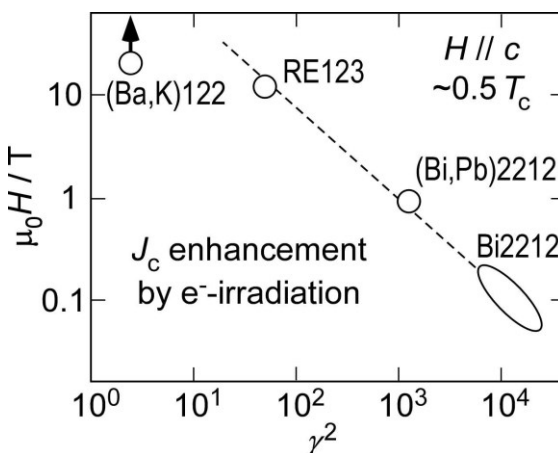


Fig. 1 Magnetic fields where e^- -irradiation improves J_c for various superconductors at $0.5 T_c$.