

電子機能材料への量子線照射による特性変化の評価

Estimation of Characteristics Change in Electronic Functional Materials due to Quantum Beam Irradiation

中島一雄

久保俊晴

寺井隆幸

Kazuo NAKASHIMA

Toshiharu KUBO

Takayuki TERAI

東京大学

電子機能材料として高温超伝導線材である Y 系 PLD 線材に着目し、その臨界電流密度の向上を行うため、重イオン照射および照射後アニールを行い、最適な照射条件を検討した。今後、より詳細な条件を明らかにする予定である。

キーワード: Y 系超伝導線材, 重イオン照射, 臨界電流密度, 転移温度, アニール

1. 目的

1986 年に高温超伝導体 (HTSC) が発見されて以来 [1]、液体窒素温度における超伝導応用に向けて種々の研究が行われている。HTSC のように磁場中において磁束が超伝導体内に部分的に侵入する第 2 種超伝導体においては、高い臨界電流密度 (J_c) を実現するために、欠陥や不純物など、侵入した磁束を固定するピンニングセンターとなる領域を効果的に超伝導体内に導入することが必要不可欠である。量子線照射は、超伝導体の製作過程によらず、照射条件を変化させることにより、ピンニングセンターの形状・密度を制御できる利点がある。そこで本研究では、超伝導材料として Pulsed laser deposition (PLD 法) により作製された YBCO 線材 (Y 系 PLD 線材) に対して重イオン照射を行い、臨界電流密度や超伝導転移温度などの超伝導特性の変化を調べた。重イオン照射では電子的阻止能 S_e が大きいほど、中心にアモルファス構造を持つ円柱状欠陥の直径が大きくなる [2]。また、過剰フルエンス照射では欠陥の数が多くなり、欠陥が重なるために超伝導特性は低下する。しかし、超伝導特性の劣化は適当な熱アニールを施すことにより回復するという報告がなされている [3]。以上のことから、本研究では Y 系 PLD 線材に照射フルエンス、イオン種を変えた重イオンを照射すると共に、照射後アニールを行い、超伝導特性と結晶の構造変化を評価し、試料の特性向上条件を調べた。

2. 方法

Y 系 PLD 線材は (財) 国際超電導産業技術研究センター超電導工学研究所において作製された線材を使用した。照射用の試料は線材を 2 mm×2 mm 程度に切り出して作製した。高エネルギー重イオン照射には、TIARA 内 AVF サイクロトロンを用いた。照射は保護層である Ag 層側から YBCO 層に垂直な c 軸に対して平行に照射した。照射フルエンスは $1 \times 10^{10} \sim 1.5 \times 10^{12}$ [ions/cm²] の範囲で行い、照射イオン種は YBCO 層を十分貫通するように、400 MeV の Kr¹⁸⁺、450 MeV の Xe²³⁺、500 MeV の Au³¹⁺ を用いた。また、500 MeV の Au³¹⁺ イオン照射については、Ag 層をケミカルエッチングにより除去した試料に対する照射も行った。照射前後について、PPMS (Quantum Design 社製) により試料の磁化測定を行い、転移温度 (T_c)、臨界電流密度 (J_c) 等の評価を行った。照射後アニールとして、照射試料を酸素雰囲気中において、目的の温度および時間で保持した後に銅板上で急冷し、超伝導特性の変化を調べた。

3. 研究成果

図 1 に温度 77 K、印加磁場 2 T における J_c の照射フルエンス依存性を示す。どのイオン種でも 5×10^{11} [ions/cm²] 程度のフルエンスで最も J_c が向上しているのがわかる。また、 J_c が最も向上するイオン種は Xe イオンであった。図 2 に照射後の試料を 473 K または 673 K で 2 時間アニールした際の J_c 変化を示す。測定条件は図 1 の場合と同様に温度 77 K、磁場 2 T である。Xe イオン照射に関しては、過剰フルエンスの照射により減少した J_c はアニールによって大きく上昇するのに対し、最適フルエンスにより向上した J_c はアニールを施しても顕

著には増大しないことが分かった。

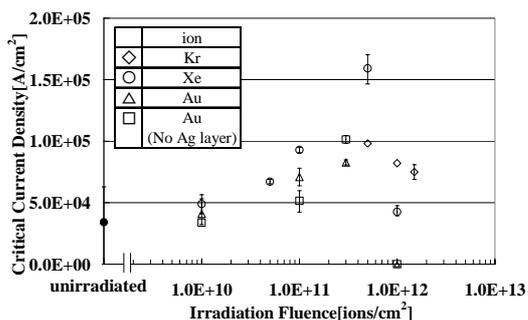


図1 各イオン照射についての J_c の照射フルエンス依存性 (77 K, 2 T)

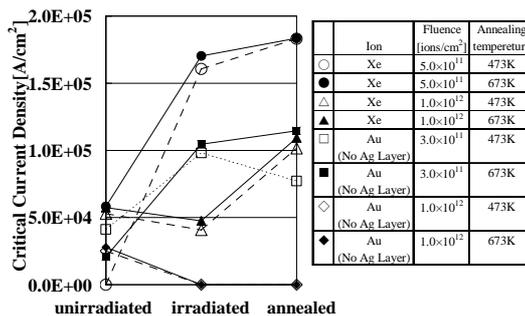


図2 アニールによる J_c 変化

4. 結論・考察

J_c は重イオンを照射することにより増加し、過剰に照射を行なうと減少するという従来から知られている傾向が見られた。最も J_c が向上したのは Xe イオン照射であるが、この理由は Xe イオン照射の場合は YBCO 層を大きく損傷させないで強いピンング力を持つ円柱状欠陥を多数入れることができるため J_c が高温高磁場で最も向上するのであると考えられる。また、過剰フルエンスにより低下した J_c は照射後アニールによって大きく向上させ得ることが分かった。今後、最適な照射条件をより詳細に調べていく予定である。

5. 引用(参照)文献等

- [1] J. G. Bednortz and K. A. Müller, Z. Phys. B - Condensed Matter **64**, 189 (1986).
- [2] Y. Zhu *et al.*, Phys. Rev. B **48**, 6436 (1993).
- [3] T. Terai *et al.*, Physica C **282-287**, 2285 (1997).