

学生番号	10232011	氏名	大隈 翔悟
論文題目	重イオン照射により人工ピンを導入した希土類系コート線材の縦磁界下における臨界電流特性		

1. はじめに

超伝導線材に電流 I を通電する場合、自己磁界を含めて、垂直に磁界 B が加わる。垂直磁界 $B \perp I$ 下では、電気抵抗無しに流せる最大の電流密度である臨界電流密度 J_c は、 B の増加とともに減少する。これは、超伝導線材内部に侵入した磁束線ローレンツ力の影響で動き出し、抵抗を生じるためである。これが J_c 低下の原因である。この磁束線の動きを止めるものがピンであり、適度なピンを添加することで、 J_c を大きく増加させることができる。一方、 I 方向に平行に B を加える縦磁界($B \parallel I$)下では、 J_c は B の増加と共に増加することが、金属超伝導体では知られている[1]。さらに、垂直磁界下と同様に適切なピンを導入することで J_c が増加することも知られている[2]。

現在、希土類(RE: Rare Earth)系を用いたRE系超伝導コート線材は、超伝導層の作製技術の最適化により、高い J_c と超伝導電流の均一な流れが得られるようになってきた。したがって、金属超伝導体で観測された縦磁界下での J_c の増加が酸化物超伝導体であるコート線材でも観測される可能性が出てきた。

先行研究[3]において、RE系コート線材の縦磁界下での J_c 増加が報告されている。本研究では、酸化物超伝導体で人工的にピンが働くことが知られている、重イオン照射円柱状欠陥に注目し、AuイオンおよびXeイオンを照射したRE系コート線材を準備し、縦磁界下での J_c 特性を測定し、その影響について議論した。

2. 実験方法

本研究で用いたRE系コート線材は、SuperPower社(SP)の市販コート線材と、住友電気工業株式会社(住)により作製されたNiクラッドPLD法GdBCO超伝導コート線材である。照射は、日本原子力開発機構で行った。照射イオンはAuとXeで、照射エネルギーは200 MeV、照射方向はコート線材の広い面と垂直である。ここでは、照射量は、人工ピンの間隔と磁束線格子間隔が等しくなるマッチング磁界 B_ϕ で表す。今回は、 $B_\phi = 0.5$ T、 $B_\phi = 1.0$ Tで行い、各々のピン間隔は69 nm及び49 nm程度である。照射の様子を図1に示す。また、各試料の柱状欠陥の半径 r 、自己磁界中の J_c を表1に記す。

$J_c - B$ 特性の測定には直流四端子法を用いた。 J_c は、電界基準として $E = 1.0 \times 10^{-4}$ V/mを用いて J_c を求めた。測定温度は液体窒素中の77.3 Kである。

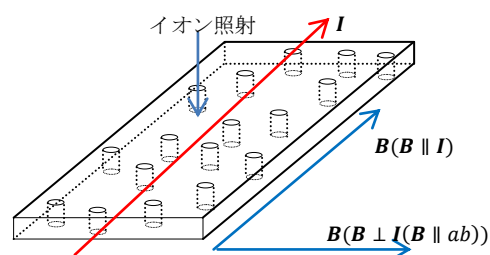


図1: 重イオン照射方向

表1: 試料の特性

	企業名	イオン	B_ϕ [T]	J_c [GA/m ²]	r [nm]
#1	SP	-	-	32.0	-
#2	SP	Au	0.5	22.5	5.00
#3	SP	Au	1.0	22.3	5.00
#4	SP	Xe	1.0	25.2	3.75
#5	住	Au	1.0	1.23	5.00
#6	住	Xe	1.0	7.06	3.75

3. 結果と考察

SuperPowerの $J_c - B$ 特性を図2に示す。この結果から、重イオン照射によるピン導入を導入しても、金属超伝導体のような磁界の増加に伴う J_c の増加は得られなかった。また、欠陥サイズが大きく、照射量が多い#3の J_c の磁界依存性が大きく劣化していることがわかる。また、同じ照射量でもサイズの小さいXe照射では、0.6 T近傍において J_c の磁界依存性が向上しており、欠陥半径が小さいXeの方が縦磁界下での J_c 特性に有効であることが分かった。したがって、縦磁界下においてもピン導入は有効であるが、超伝導層にダメージが少ないピンの導入が必要である。

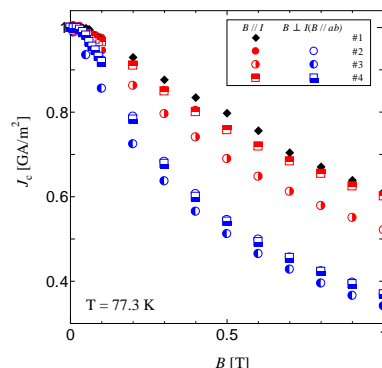


図2: #1~#4の $J_c - B$ 特性(規格化)

参考文献

- [1] Yu. F. Bychkov *et. al.*, JEPT Lett, 9(1969) 404.
- [2] G. W. Cullen *et. al.*, Appl. Phys, Lett, 4(1964)147.
- [3] 大橋 愛一郎: 若手セミナー(2013)「REBCOコート線材の縦磁界下における臨界電流に人工ピンが与える影響」