

重イオン照射が DyBCO コート線材の臨界電流特性に与える影響

Effect of heavy ion irradiation on the critical current properties in DyBCO coated conductors

磯部 現, 水間 祐貴, 木内 勝, 小田部 荘司, 松下 照男 (九工大);
岡安 悟 (原子力機構); Werner Prusseit (THEVA GmbH)

ISOBE Gen, Mizuma Yuki, KIUCHI Masaru, OTABE Edmund Soji, MATSUSHITA Teruo (Kyushu Inst. of Tech.);
OKAYASU Satoru (JAEA); Werner Prusseit (THEVA GmbH)
E-mail: isobe@aquarius10.cse.kyutech.ac.jp

はじめに 超電導線材において、高磁界中の臨界電流密度 J_c の向上が求められおり、nano-rod など人工的なピンニング・センターの導入が試みられている。人工ピンの導入により磁界中 J_c が改善されつつあるが、導入するピンのサイズや数密度が臨界電流特性に与える影響が、定量的に議論がなされていない。本研究では、重イオン照射によりサイズと数密度の分かる円柱状欠陥を導入し、ピンのサイズと数が臨界電流特性に与える影響を調べた。

実験 試料は THEVA GmbH による DyBCO コート線材であり、厚さ $90 \mu\text{m}$ の Hastelloy C276 上に、中間層として ISD (Inclined Substrate Deposition) 法による厚さ $3.7 \mu\text{m}$ の MgO 配向層と $0.3 \mu\text{m}$ の MgO-cap 層が作製され、その上に共蒸着法により厚さ $1.5 \mu\text{m}$ の DyBCO 層、 $0.5 \mu\text{m}$ の Ag 保護層が成膜されている。

テープ面に対して垂直方向より Au または Ni イオンを照射した。磁束量子 $\phi_0 = 2.068 \times 10^{-15} (\text{Wb})$ 、単位面積当たりの欠陥 $\phi_t (\text{m}^{-2})$ を用いて、照射量はマッチング磁界 $B_\phi = \phi_0 \phi_t$ として評価できる。照射の条件、照射後の臨界温度 T_c 、照射で出来る円柱状欠陥の半径 r_0 を Table 1 に示す。照射前の T_c は 89.7 K であった。磁界をテープに対して垂直、すなわち円柱状欠陥に対して平行に印可し、SQUID 磁力計による直流磁化測定から臨界電流密度を、磁化緩和測定から E - J 特性、 n 値を評価した。

結果と検討 Fig. 1 に Au イオン照射前後の J_c - B 特性を示す。低磁界では、照射後により J_c が低下している。低磁界における J_c の劣化と T_c の劣化の間には相関が見られており、超電導組織の劣化が原因であると考えられる。一方、高磁界では Au イオンを照射した試料において、大幅に J_c が向上しており、柱状欠陥が有効なピンとして働いていると考えられる。臨界電流密度の磁界依存性は Au を 2 T 照射した試料において最も優れた特性を示した。これは、以前 Ni イオン照射を行った際、照射量が増えるにつれて高磁界中での J_c が向上したと同様であり、ピンの数が多いほうが高磁界中で有効なピンとして働く傾向があることが分かる。Ni イオンを照射した試料では大幅な特性改善は見られなかった。Ni イオン照射による欠陥は、Au イオン照射による欠陥に比べサイズが小さく、要素的ピン力が弱いためであると考えられる。

Fig. 2 に照射前後の n 値の測定結果を示す。Au イオン照射後の試料で n 値が増加している。Au イオン照射後の試料では、照射によってできたシャープなピン力の分布を持つピンが、支配的に作用することで、 n 値が増加したことが考えられる。これらの結果につ

いて、磁束クリープ・フローモデルと、要素的ピン力の加算理論を用いて解析を行った。

Table 1 Condition of the irradiation, T_c after the irradiation and size of columnar defects.

ion	energy (MeV)	B_ϕ (T)	T_c (K)	r_0 (nm)
Au	320	1.0	88.3	8
Au	200	2.0	87.1	5
Ni	200	5.0	89.2	2

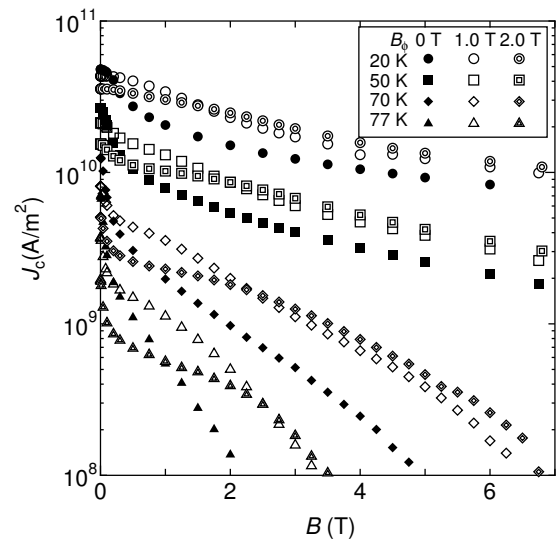


Fig.1 Critical current density of DyBCO coated conductor before and after the Au ion irradiation.

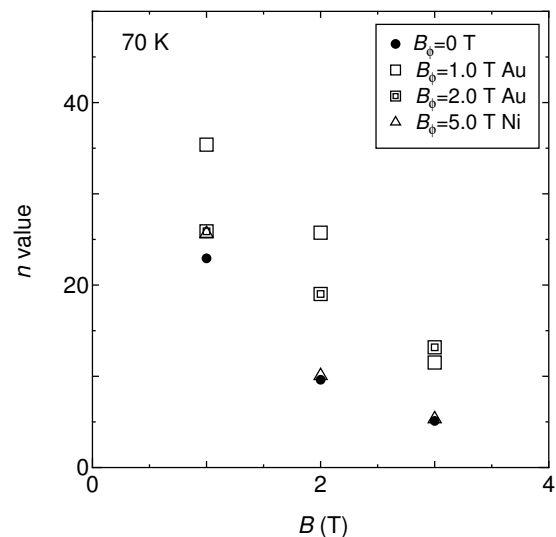


Fig.2 n value of DyBCO coated conductor before and after the heavy ion irradiation.