

学生番号	13674032	氏名	水上 総司
論文題目	縦磁界効果を利用した超伝導限流器の開発		

1. はじめに

Pulsed Laser Deposition (PLD) 法による希土類系超伝導コート線材 (REBCO コート線材)は、従来の金属系超伝導体による線材と比較して磁界中の臨界電流密度 J_c が高く、さらに、近年では高品質な長尺線材が開発可能になってきている。

このような超伝導線材の電流通電方向に平行に磁界を印加した場合、磁束線は Lorentz 力が作用しない Force-Free 状態となり、臨界電流密度 J_c が増加する縦磁界効果が現れる。特に近年では、作製手法の最適化により、酸化物超伝導線材においても縦磁界効果が観察されている。さらに、この縦磁界効果を利用した超伝導直流ケーブルの開発が試みられている。

一方で、そのような大電流電力ケーブルにおいては、落雷などによる事故電流の末端機器への流入を防ぐ限流器が必要となる。一般的には抵抗型限流器や誘導型限流器等がある。

本研究では、縦磁界状態を平常運転時とし、故障による電流増加分により、垂直方向の自己磁界が生じ、縦磁界状態が崩れることにより、線材に大きな電界が生じ、故障電流を限流させる縦磁界限流器を提案し、その開発を行うことを目標とする。

2. 実験

限流器として用いた線材は、PLD 法により作製された $GdBa_2Cu_3O_y$ (GdBCO) コート線材である。

今回の限流器特性評価として、縦磁界下で直流電流を通電した線材を ab 平面内で回転させ、線材の通電電流方向に対する外部磁界 B の向きを変化させた。これにより縦磁界限流器における故障発生時の状況、すなわち故障電流の自己磁界によって縦磁界状態が崩れる過程を模擬的に再現し、故障発生時に線材の発生させる電界を直流四端子法により測定した。なお、線材を回転させるタイミングは縦磁界下の通常通電時、ここでは J_c の 8 割程度が通電された時点とし、線材の回転は 1 秒以内に行った。測定は液体窒素中で行った。

3. 結果および考察

Fig. 1 に縦磁界下で、通電中に線材を回転させることにより限流動作させた場合の、電界-電流密度特性 ($E-J$ 特性)を示す。外部磁界の向きが変化したことにより、 $\phi = 0^\circ$ (縦磁界状態)における $E-J$ 特性が、 $\phi = 60^\circ$ (縦磁界状態でない状態)における特性へと移行していることが確認できた。このため、縦磁界状態時よりも大きな電界が急激に発生していることがわかる。

Fig. 2 (a) に線材の回転により発生する電界の大きさ ΔE の磁界依存性を示す。線材の回転の前後で観測された電界の差を ΔE と定義した。 B が大きくなるにつれて、 ΔE が増加していることがわかる。ここで、なぜこのような特性になるのかを考察するために、縦磁界下と横磁界下の J_c の差を ΔJ_c と定義した。 ΔJ_c の磁界依存性を Fig. 2 (b) に示す。 ΔJ_c も ΔE と同様の磁界依存性となった。したがって、限流作用を大きくするためには ΔE を大きく、すなわち ΔJ_c の大きい線材を用いる必要があることがわかった。

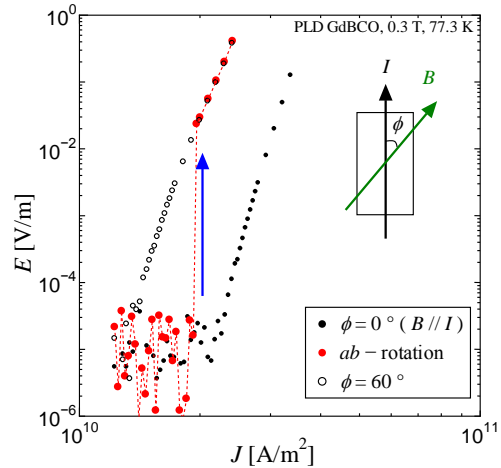


Fig. 1 $E-J$ property before and after change of direction of external magnetic field.

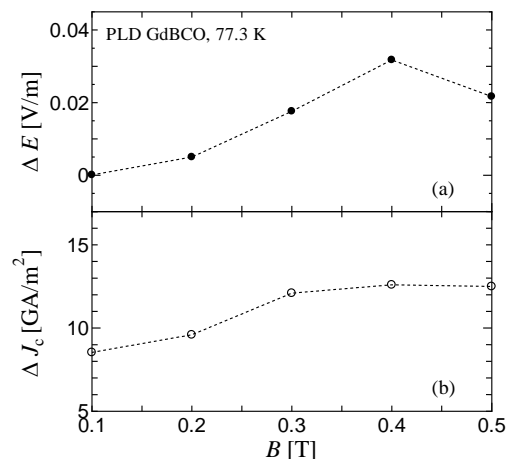


Fig. 2 (a) Magnetic field dependence of ΔE .
(b) Magnetic field dependence of ΔJ_c .

4. 研究業績

S. Mizukami et al.: "Evaluation of trapped magnetic field properties in superconducting MgB_2 bulk magnets by finite element method", Physics Procedia (2015) accepted. 他 5 件