

学生番号	15676109	氏名	木戸 竜馬
論文題目	RE系超伝導線材を用いた縦磁界直流超伝導ケーブルに関する研究		

1. はじめに

超伝導ケーブルは損失無しに大電流を通電でき、さらに既存の送電ケーブルから置き換えた場合には省スペースなどの利点が見込まれる。このケーブルの実用化のためには臨界輸送電流 I_t の更なる向上が必要である。一方で、磁界 B を電流 I 通電方向と平行に印加する縦磁界状態($B//I$)では臨界電流密度 J_c が増加することが報告され、これを縦磁界効果という。これは超伝導体の利用環境を変えることのみで高い J_c 値が利用できることから、この縦磁界効果を超伝導利用機器へ応用することが期待されている。

本研究では、実用化が期待されている Rare Earth(RE)系超伝導体の縦磁界中での J_c 特性を評価し、その結果から縦磁界効果を利用した3層直流超伝導ケーブルの内側層を設計した。その結果に基づきケーブルを作製し、液体窒素中で通電試験を行い、この縦磁界ケーブルの有効性を調査した。

2. 3層直流超伝導ケーブルの設計

Metal Organic Chemical Vapor Deposition(MOCVD)法線材、Pulsed Laser Deposition(PLD)法薄膜、Metal Organic Decomposition(MOD)法薄膜の縦磁界中および横磁界中での J_c 特性を液体窒素中で直流四端子法を用いて測定した。得られた結果から、3層直流超伝導ケーブルの内側層の臨界電流値 I_t と磁界 B の関係を数値計算した[1]。ケーブルの基本構造は直径10mmのフォーマーを用い内側3層構造で、線材の巻き付け角度 θ はケーブルの軸に対し 10° とした。

3種類の超伝導体の縦磁界下での J_c 特性を用いて設計した、ケーブルの輸送電流 I_t の磁界依存性の計算結果を図1に示す。 I_t は $B = 0.2$ Tまでの低磁界領域ではMOD線材を用いたケーブルが最も高いが、PLD線材は縦磁界の増加と共に I_t が増加し続け、高磁界領域ではMOD線材よりも高くなった。また、 I_t の磁界依存性がMOD線材とCVD線材で似たような特性となるのは、2つの線材の J_c が磁界と共に減少する特性のためである。また、PLD線材の I_t が磁界の増加と共に増加しているのは、この線材の J_c が磁界と共に大きく増加するためである。したがって、線材の縦磁界中での J_c の増加率が大きいほど、ケーブルの I_t も大きいことがわかった。

3. ケーブルの作製と評価

本研究では長尺線材が市販されているMOCVD法線材(SuperPower社製SCS2050-CF線材)に注目し、上記の数値計算に基づき3層直流超伝導ケーブルの内側層を作製した。ケーブルは電流端子部を含めて700mmで、縦磁界ケーブル部は300mmである。電圧端子は最外層の中央部100mmに設けた。測定は液体窒素中で、直流四端子法を用いて通電特性を評価し、

Bi-2223超伝導コイルを用いて外部から縦磁界を印加した。ケーブルの電圧が 1.0×10^{-5} Vとなる電流値を I_t とした。

図2に I_t - B 特性の測定結果と計算結果を示す。測定の結果、ケーブルに縦磁界 $B = 0.1$ Tが加わったときに、ケーブルの電流量の最大値が得られ、設計と一致した結果が得られた。従って、ケーブルとその設計方法の有効性を確認し、更なる大容量化のためには、縦磁界で大きな J_c 増加率を有する線材を使用することが重要であることが明らかになった。

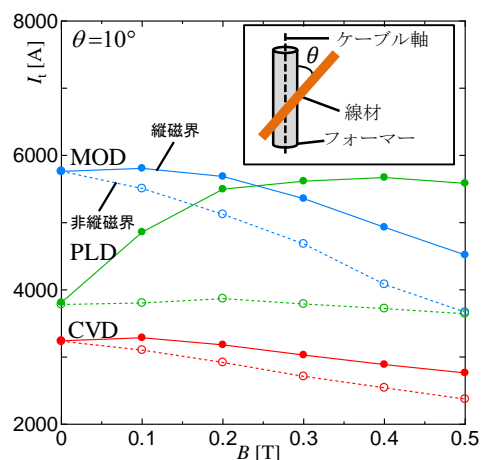


図1: 3種類の超伝導体を用いたケーブルの I_t - B 特性の計算結果。

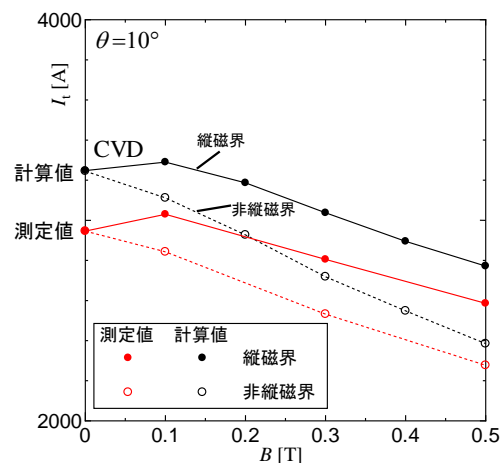


図2: CVD線材を用いたケーブルの I_t - B 特性の測定結果と計算結果。

参考文献

[1] V. S. Vyatkin, K. Tanabe, J. Wada, M. Kiuchi, E. S. Otabe, T. Matsushita: Physica C **494** (2013) 135

4. 研究実績

R. Kido, et al. "Critical current properties in longitudinal magnetic field of YBCO superconductor with APC", Physics Procedia **81**(2016) 117-120 他5件