

学生番号	14232003	氏名	飯島 誠
論文題目	直流四端子法を用いた臨界電流密度 J_c の自動探索システムの構築		

1. はじめに

酸化物超伝導体は電気抵抗ゼロ特性を用いて、電力ケーブル等の応用機器への利用が検討されている。この電気抵抗ゼロで流すことができる電流には限界があり、その限界を臨界電流 I_c 、その密度を臨界電流密度 J_c と呼ぶが、応用機器へ利用する際はこの特性の把握が重要となる。この臨界電流密度は、超伝導体の磁化の大きさや、超伝導体に直接電流を通电する電界 E -電流密度 J 特性から評価される場合が多い。また、実験的に J_c を決定する手法として、ある電界基準 E_c に到達したときの電流密度を J_c としている。超伝導体の E - J 特性は指数的に変化し、パラメータ n を用いて $E \propto J^n$ のように記述されるが、この n 値は超伝導体の種類や作製方法により大きく変化する。そのため、未知の超伝導体の E - J 特性を測定する際は、急激な電界の発生により超伝導体を焼損する可能性が高い。このような簡便な四端子法の測定においても、測定者の熟練した技術が必要になることから、焼損しない測定手法が求められる。

そこで本研究では、直流四端子法を用いて未知の超伝導試料の E - J 特性を焼損なく測定するプログラムを作製して、超伝導試料の E - J 特性を測定し、その有効性を検証した。

2. プログラム作製

超伝導試料の E - J 特性では、電流端子部の発熱や、測定ノイズを低減するために、パルス状の電流を通电して測定を行う。ただし、 I_c が不明の超伝導試料の場合は、電流のステップ幅の見積を間違えると焼損の原因になる。ここでは①大まかな I_c を測定し、その後、②パルス電流による高精度測定 の 2 段階の手段で、焼損なく E - J 特性を測定するシステムを構築する。

はじめに作製したプログラムのフローチャートを図 1 に示す。①大まかな I_c 測定として、電流を階段状に増加させていき、 $E \propto J^n$ の n 値がある一定値を超えたときに I_c を達したと判断する。ただし、ノイズの影響を受けるために、複数回測定して n が連続で一定値を超えたときに I_c に達したものとする。また、図 2 に n - I の関係を示す。ノイズの影響で n の値が \pm と大きく振動しているが、電流が 1.5 A 上では n 値が連続で 20 以上を取っており、 I_c に達したと判断できる。その後この I_c -20 mA を②の高精度測定 of the start current とし、ステップ幅を小さくして再度測定を行う。図 3 に②の高精度測定および従来の測定の結果を示す。

図 3 から従来の測定と測定結果が概ね一致しており、自動測定による実験から J_c が得られていることがわかる。このことから、未知の超伝導試料の I_c を焼損なく測定する自動化プログラムの作製及び、有効性について検証した。ただし、2 段階の測定を行う

ために、従来の手法に比べて測定時間がかかるため、更なる最適化が必要である。

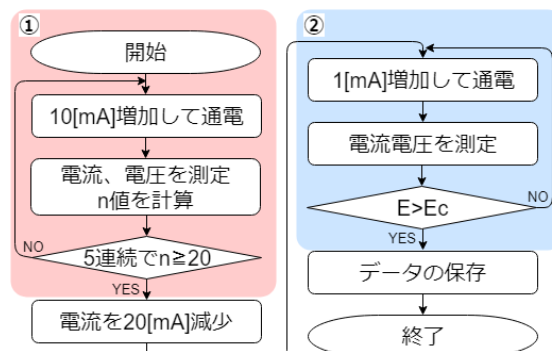


図 1: プログラムのフローチャート

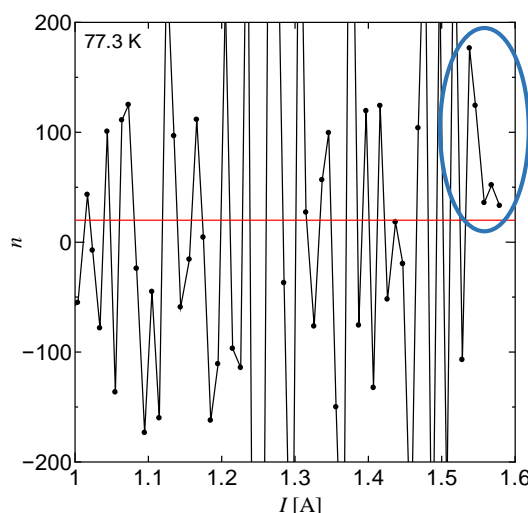


図 2: 大まかな I_c 測定による n - I 特性。ここでは n 値が 5 回連続で 20 以上となったとき I_c に達したと判断した。赤線は $n=20$ 。

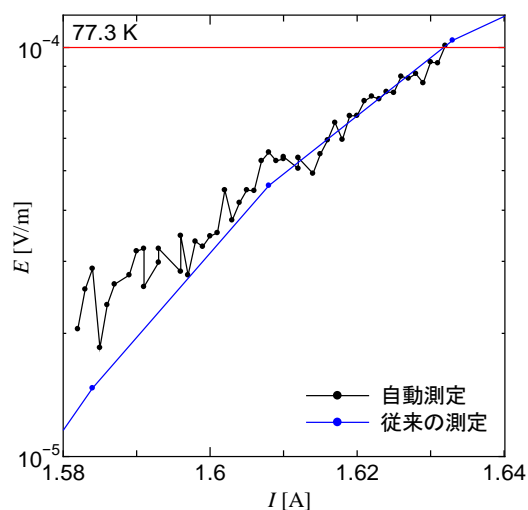


図 3: 図 2 からスタート電流を決定した高精度測定から得られた E - I 特性と、従来の測定から得られた E - I 特性の比較。赤線は本実験の E_c を示す。