

- ・ 6 日目

- ・ 実験課題

超電導線の抵抗値を温度を変化させて測定して、抵抗率が 0 となる温度を決定すること。

- ・ 実験目的

超電導線の抵抗値の温度依存性を確認して、抵抗率が 0 となる臨界温度を測定すること。

- ・ 実験内容

4 日目と同様に 4 端子回路のサンプルとして超電導線を用いた。1 回目は室温でのクロメル線の電圧を測定して、電流を変化させた時の電圧を測定した。それを I-V グラフにして、超電導線を液体窒素に近づけた。同様に電流の値を変化させて電圧を測定した。その操作を超電導線が液体窒素に付くまで行った。

以上の操作が終わると、次に超電導線を液体窒素から遠ざけていきながら同様の測定を行った。

- ・ 実験結果

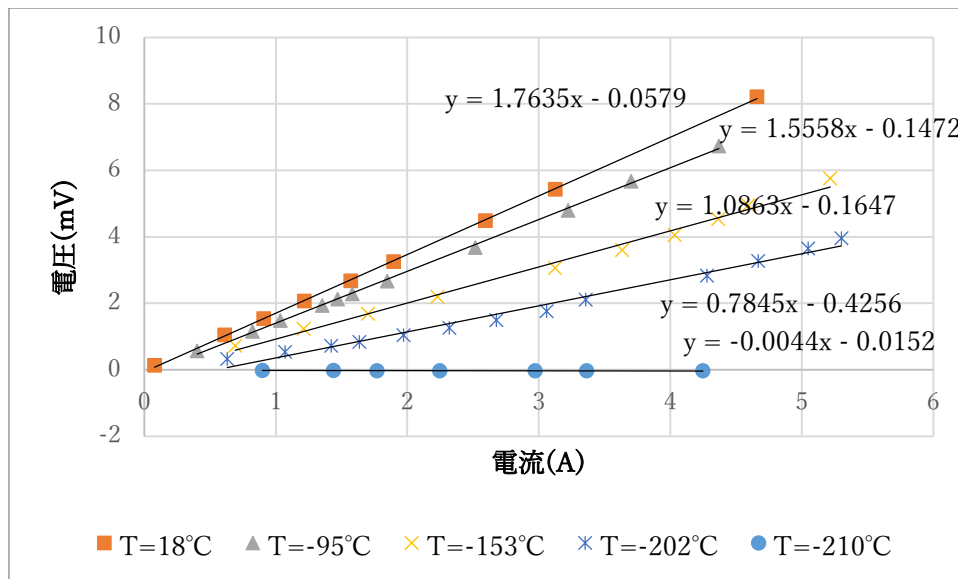


図 6-1 超電導線の I-V グラフ (T を下げていった時)

図 6-1 のグラフの傾きは $R(\Omega \cdot 10^{-3})$ を表している。温度の低下に伴って、抵抗率が小さくなっていった。そして、 $T=-210^{\circ}\text{C}$ の時に抵抗率がほとんど 0 となった。

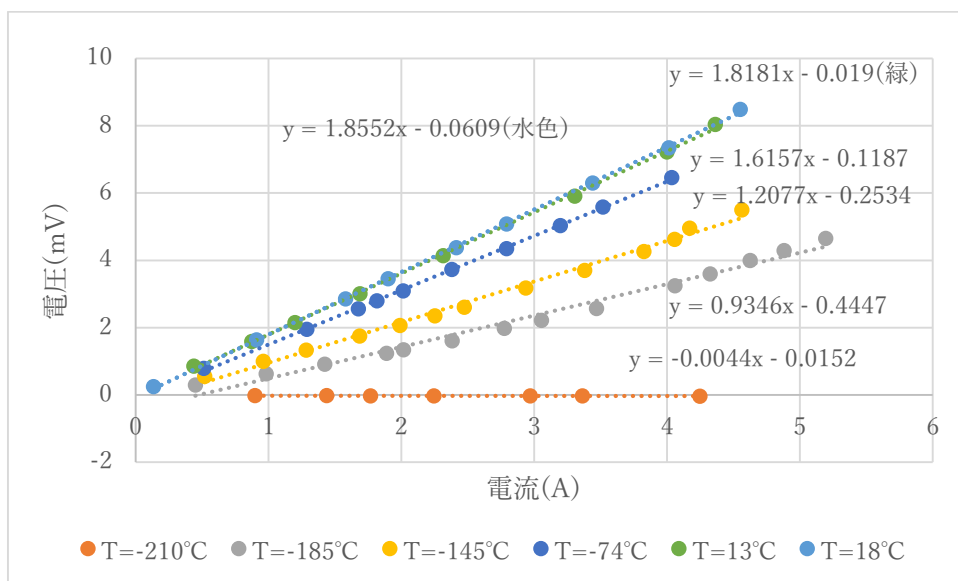


図 6-2 超電導線の I-V グラフ (T を上げていった時)

図 6-2 のグラフの傾き図 6-1 のグラフと同様に $R(\Omega \cdot 10^{-3})$ を表している。T=-210°C の時に抵抗率がほとんど 0 となり、そして、温度を上昇させると抵抗値が大きくなっていった。

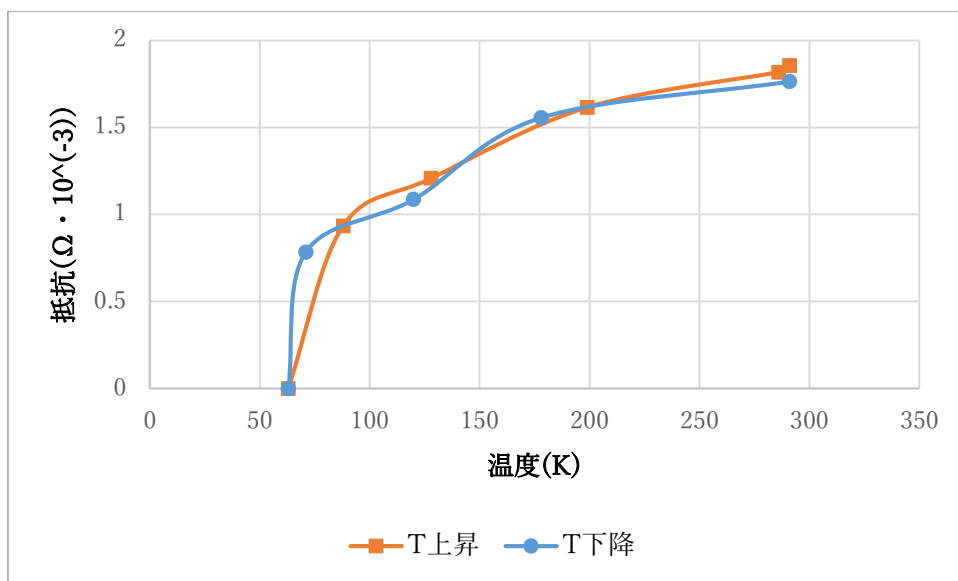


図 6-3 超電導線の温度-抵抗のグラフ

抵抗率がほとんど 0 となる点は一致したが、T を上昇させた時と T を下降させた時では抵抗値のとり値が変化することがわかった。つまり、ヒステリシスであるという事である。

・考察

超電導線は、臨界温度以下になると抵抗率がほとんど 0 となる。超電導線では電子が 2 つで 1 組となっており、それが大きな波の様に運動していて物質中の不純物や結晶欠陥などの散乱要因の影響を無視できるので電子の運動が妨げられにくくなり、更には温度の低下によって散乱要因の影響は更に小さくなるので、臨界温度(今回は -210°C)以下の温度では抵抗率が 0 となると考えた。

ここで、図 6-3 からヒステリシスが生じていることについて考える。超電導線は磁束が磁束線として量子化して、侵入しており直流電流が流れている場合には磁束線にはたらくローレンツ力と磁束線を格子欠陥などのピン止め中心に存在しているピン止め力が釣り合っているので磁力線は静止している。ここで、超電導線を通れる電流が変化したとすると、超電導体内部の磁束の分布が変化して、その時にローレンツ力がピン止め力に抗して磁束線を移動させる。その際に生じる仕事がエネルギー欠損となる。従って、抵抗率が変化すると考えられるので、図 6-3 から温度 T を下降させた時の抵抗値と上昇させた時の抵抗値が一致せず、ヒステリシスとなったと考えた。

また 4 日目の実験結果と比較して、超電導線の温度変化による抵抗率の変化率は、通常の導線のそれに比べて小さくなっていることが分かった。

・参考文献

理科年表

半導体デバイス