

第1章 抵抗の測定

試料の抵抗を測定する場合、試料と電極の間の接触抵抗のために試料の抵抗を正確に測定することが困難な場合がある。そのような場合には4端子法を用いる。高温超伝導体の抵抗の温度変化を4端子法で測定しよう。

試料に用いる高温超伝導体は液体窒素温度（約 77 K）という高温で超伝導状態になる。超伝導状態では電気抵抗がゼロになるなど特異な性質を持つ。

問題：インターネット上で高温超伝導体について調べて報告せよ。

1.1 注意

液体窒素という凍傷を起こす可能性のある液体を実験に使用するので教官の指示に従うこと。

指示に従わない時は実験を中止する。

実験が始まると教官が来ます。それまで、このノートをもう一度良く読んで置くこと。

1.2 2端子法

マルチメータまたはテスターと呼ばれる測定器がある。この装置を用いて様々な試料の抵抗を2端子法によって測定することができる。図 1.1(a) に測定の原理図を示す。

電池 V_e と抵抗 r によって一定の電流 I が流れる。この電流は試料 R にも流れる。ただし、 $r \gg R$ としており、電流 $I = V_e/r$ と見なす。ここで、電圧計によって試料に生じる電圧降下を測定すれば、オームの法則によって R を求めることができる。

問題：電圧降下を V とすると試料の抵抗 R はどのような式で表されるか？

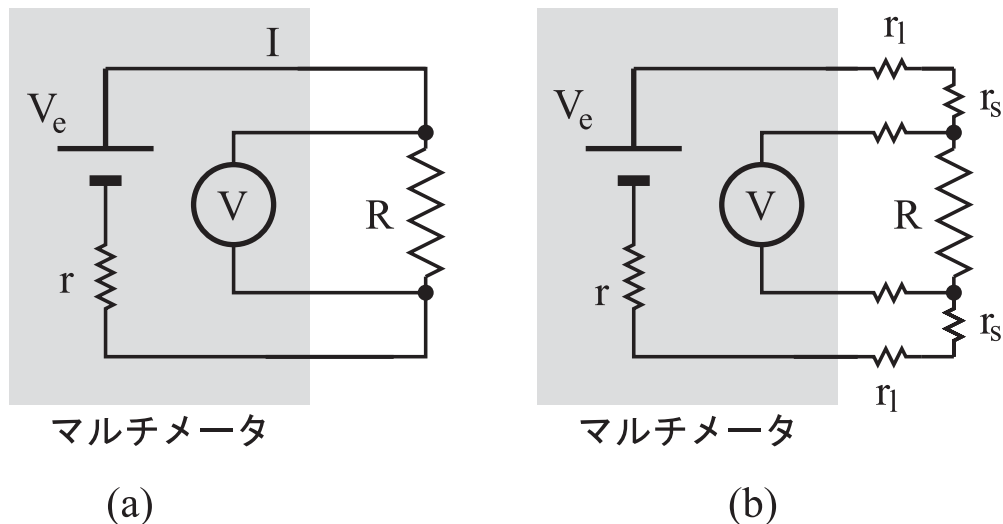


図 1.2: 4 端子法による抵抗の測定。原理 (a) と実際 (b)

1.5 高温超伝導体の抵抗の温度変化の測定

1.5.1 手作りのマルチメータ

実験で使うもう一つのマルチメータは 2001 年の物理コースの 3 年生によって、制作されたものである。FET を用いた定電流源 (<http://member.nifty.ne.jp/ichian/analog/loadline/loadline4.htm> を参照) と入力抵抗の非常に大きな (電圧を測定するために必要な電流が非常に少なくて良い) 電圧計 (秋月電子通商) を用いて、4 端子法によって抵抗を測定することができるようになっている。定電流源のスイッチをオンにすると 4 端子法によって抵抗が測定できる。

問題：室温における高温超伝導体のマルチメータの指示値はいくらか？

1.5.2 温度変化：液体窒素の使用

温度を下げるために液体窒素を使用する。液体窒素によって凍傷が起こるので注意が必要である。液体窒素の温度は低温 (約 77 K) であるが、沸騰している水と同様に扱うと良い。実際に液体窒素は常に沸騰している！

教官が装置をセットした後、液体窒素を溢れないように容器に注ぐ。溢れたらそこで注ぐのを中止すること。熱電対による温度計によって温度が下がり始めることが確認できる。2 分毎に温度と抵抗を測定し表を作る。また同時にグラフも作成すること。

教官が最初に液体窒素を注ぐ。どのように行うか注意して見ておくように。

注意：熱電対による温度計の表示 D は独自のものである。室温での指示値と液体窒素温度 (77 K) の指示値を用いて、温度計の読みと絶対温度との関係を示す式を求めよ。ただし、温度計の指示値の変化は絶対温度の変化に比例すると仮定する。

表 1.1: 抵抗と温度の時間変化の表。実際には20分以上の測定を行うので、もっと長い表をノートに作成すること。

時間(分)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
熱電対の読み											
絶対温度(K)											
抵抗(Ω)											

温度の低下が止まったら、液体窒素を再び注ぐ。先の表に液体窒素を注いだ時刻をメモしておくように。

注意：液体窒素が溢れないように。

この操作を繰り返して温度を下げながら抵抗の温度変化を測定する。

抵抗が $0.01\ \Omega$ 以下になると液体窒素を注ぐのをやめる。教官に報告すること。温度がゆっくりと上昇するので、続いて温度が上昇する時の抵抗の温度変化を測定する。

抵抗が $0.2\ \Omega$ まで上昇したら、教官を呼ぶこと。時間に余裕があればマイスナー効果のデモを見せる。実験装置はまだ冷たいので、かたづけは後で教官が行う。

1.6 レポートを書くときの注意

レポートの提出は論理的な文章を書く練習のために行う。今回、レポートを転出するのは実験者でそのレポートを読むのは実験指導者であるが、本来レポートを読むのは実験に携わっていない第三者である。この第三者に対して実験について報告するつもりでレポートを作成することが大切である。以下に注意すべき点を挙げる。

- 日本語として読める文章になっているか？
- 論理的な構成になっているか？
- 実験者、共同実験者、実験日、温度、気圧等の必要な情報が記載されているか？
- 必要十分な情報が提供されているか？(第三者が実験を再現することができるか？)
- 考察を行っているか？