

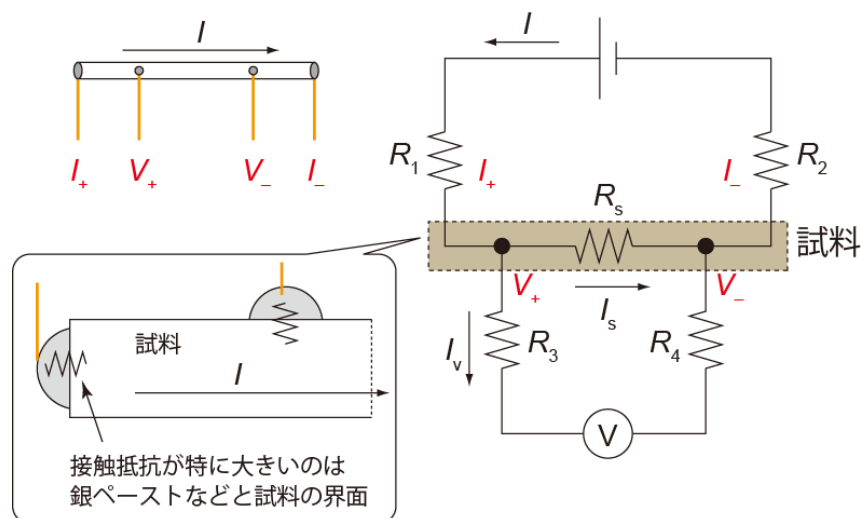
2019/10/29 (Mon.)

1. 電気抵抗率測定の実理

● 4 端子法

通常のテスターのような測定方法()では、導線の抵抗や が試料の抵抗に対して無視できないため、数オームよりも小さい抵抗は正確に測定することができない。

これを避けるために、以下のような配置で測定を行う。 R_l は導線の抵抗や 抵抗を含む。



測定される電圧 V (キルヒホッフの法則より) :

電流の関係

電圧計には大きな($\sim 10\text{ M}\Omega$ - $1\text{ G}\Omega$ 程度)内部抵抗が内蔵されている。そのため、 I_v は I_s の 分の 1 程度である。従って、 R_3 や R_4 が 10 - 100Ω 程度であれば、 I_s は にほとんど等しく、かつ上の電圧の式のうち、 R_s に関係ない項は無視できるほど小さい。つまり、測定電圧 V を印加した電流 I で割ったものは、ほぼ正確に である。また、 $R_s \rightarrow 0$ (超伝導) になった場合は $I_v \rightarrow$ になるので、 $V \rightarrow 0$ でやはり OK (数式を使って、より正確に議論してみよ)。

この電気抵抗測定方法を 4 端子法という。

※ ポイントは、「電圧測定ループ内にある余計な抵抗には電流がほとんど流れていない」という点。逆に言うと、電圧測定ループ内にある余計な抵抗に電流が流れるようになるとまずい。

→ どういう端子になるとまずいか？

● 電気抵抗と電気抵抗率

試料の電気抵抗 R_s は測定電圧 V を電流 I で割って得られる。

また、電気抵抗は試料の長さ l が長いほど _____、試料断面積 S が大きいほど _____。

この効果を補正した物質固有の値を電気抵抗率 ρ といい、これは R_s と

の関係にある。

4 端子法の場合、 l としては _____ の距離を使う必要がある。

さらに、現実的には端子に幅があるので、幾つかの長さを測っておく必要がある。

この端子の幅などが電気抵抗率のエラーバーになる。

● 電圧オフセット(熱起電力等)のキャンセル

測定電圧にはわずかなオフセットが乗ることがある(つまり $V=0$ を測っても測定値が完全にゼロにはならない)。

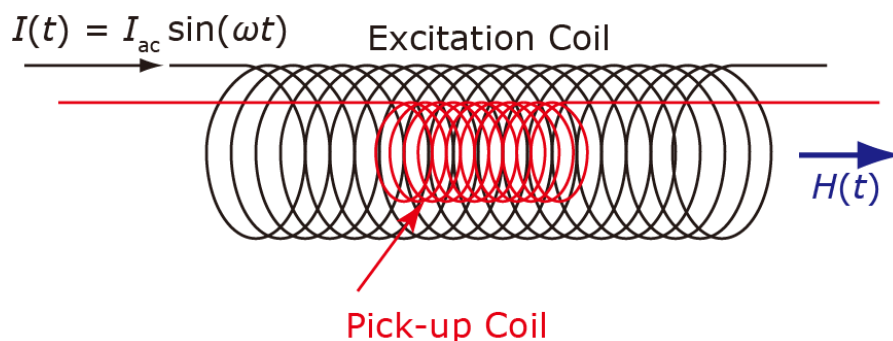
例えば: 室温と温度が異なる環境での測定を行う場合、回路中に _____ が生じている。

↓

これをキャンセルするために、電圧オフセットが _____ に依存しないことを利用する。

2. 交流磁化率測定の実験原理

まず、図のような 1 組のコイルを考える。Pick-up Coil (総巻き数 N_p 、単位長さ当たり巻き数 n_p) の外側に Excitation Coil (総巻き数 N_e 、単位長さ当たり巻き数 n_e) が巻かれている。



- Excitation Coil に交流電流 $I(t) = I_{ac} \sin(\omega t)$ を流す。

→ この電流は Excitation Coil 内にほぼ一様な交流磁場

$$H(t) = \underline{\hspace{10cm}}$$

を発生させる。コイル内の磁束密度 B は真空の透磁率 μ_0 を用いて

$$B(t) = \underline{\hspace{10cm}}$$

と書ける。さらに、Pick-up Coil の断面積を S とすると、Pick-up Coil 内の全磁束 $\Phi(t)$ は

$$\Phi(t) = \underline{\hspace{10cm}}$$

と書ける。

- レンツの法則によると、このときに Pick-up Coil に生じる起電力 $V(t)$ は

$$V(t) = \underline{\hspace{10cm}}$$

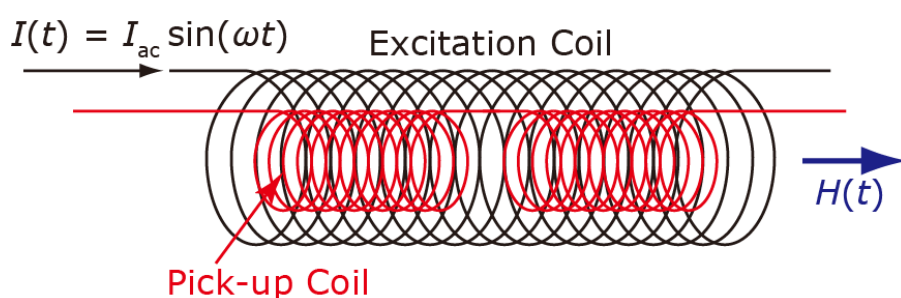
と書ける。

- 物質内部では、磁化を M とすると、磁束密度 B は $\mu_0 H$ から $\underline{\hspace{5cm}}$ に変化する。

- まず、磁化は H に比例する ($M = \chi H$) とする。このときの比例係数 χ を磁化率という。例えばマイスナー状態の超伝導体の場合、磁化率は $\underline{\hspace{5cm}}$ になる。

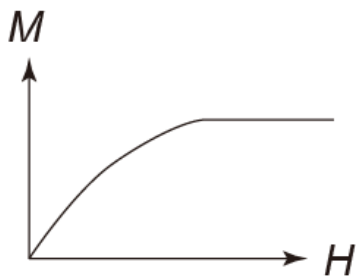
● 今、Pick-up Coil の中に試料を入れた場合、Pick-up Coil 全体に生じる起電力はどうなるか。ここでは、簡単のため試料は Pick-up Coil の内側に隙間なく入っているとする。（自分の試料の磁化率を考える上では、断面積の違いなどを考慮する必要がある。発表やレポートを書く際には注意すること！）

● 次に、Pick-up Coil を2つにし、巻く向きが逆になるように直列につなげる。Excitation Coil はその外側に巻かれている。試料は Pick-up コイルのうちの一方のみに入れる。このとき、Pick-up Coil に生じる起電力はどうなるか。

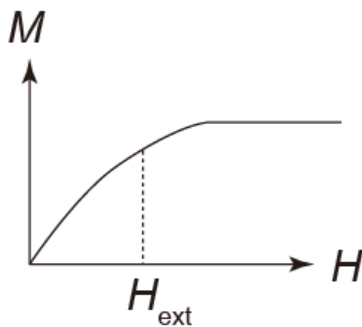


このようにして物質の磁化率（に比例する起電力）を測る方法を
_____法と呼ぶ。

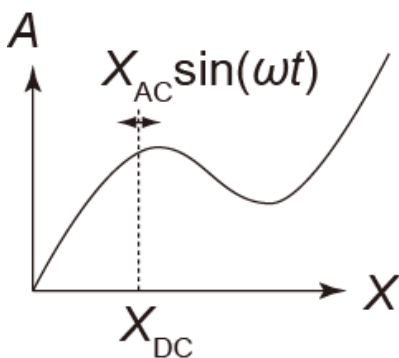
- より一般的に、磁化が磁場に対して非線形な依存性 $M(H)$ を持つ場合、起電力はどうなるか。



- さらに、上記の場合に外部直流磁場がゼロでない場合はどうか。



- さらに一般化して考えてみる。ある外部パラメータ X に依存する物理量 $A(X)$ がある。適当な方法で A (現実的には、 A に比例する電圧 V_A) を測定できるとする。このとき、 $X(t) = X_{\text{DC}} + X_{\text{AC}} \sin(\omega t)$ (X_{AC} は十分「小さい」とする) のように直流成分と交流成分を持つ $X(t)$ を印加し、 $A(t)$ を測定する。 $A(t)$ のうち $\sin(\omega t)$ の交流成分はどのような量に比例するか。また、 $\sin(n\omega t)$ ($n = 2, 3, \dots$) の成分はどうか？



- ☆ このような方法は非線形な電流-電圧特性を持つ素子の研究などに応用可能である。