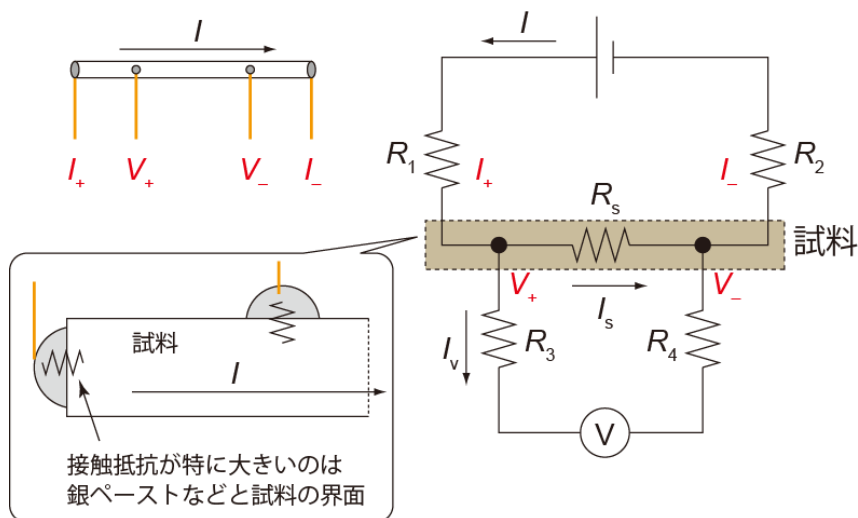


1. 電気抵抗率測定の原理

● 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  $10$ - $100\Omega$  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。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)。つまり、測定電圧  $V$ はほぼ正確に である。

**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  $\rho$  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。

### ● 熱起電力

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。

↓

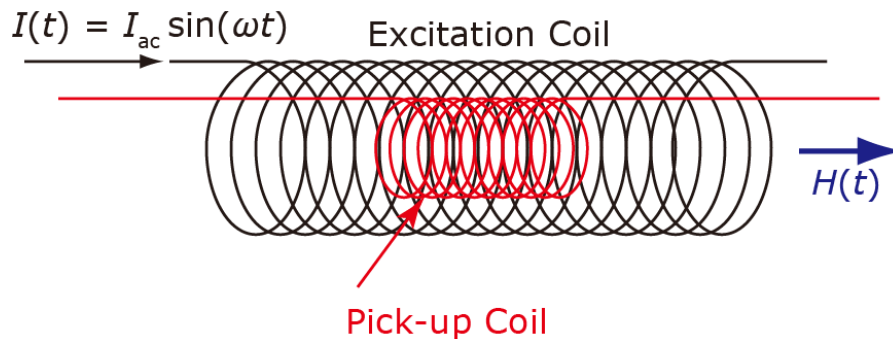
時として熱起電力が回路に生じ、測定電圧に加わることもある。

↓

これをキャンセルするために、熱起電力が \_\_\_\_\_ に依存しないことを利用する。

## 2. 交流磁化率測定 の原理

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

$$H(t) = \underline{\hspace{15em}}$$

を発生させる。コイル内の磁束密度  $B$  は真空の透磁率  $\mu_0$  を用いて

$$B(t) = \underline{\hspace{15em}}$$

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

$$\Phi(t) = \underline{\hspace{15em}}$$

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

$$V(t) = \underline{\hspace{15em}}$$

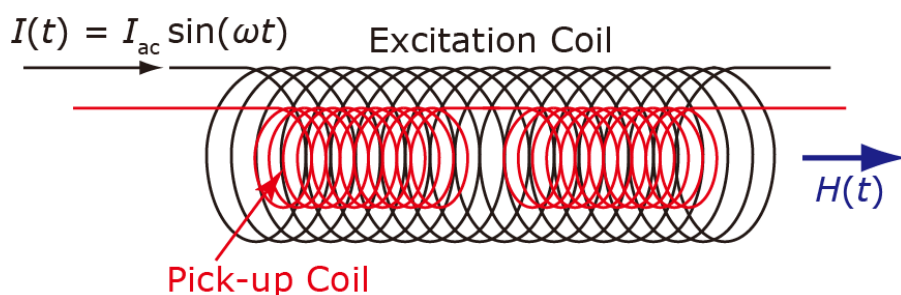
と書ける。

- 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  $\underline{\hspace{15em}}$  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  $\chi$  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  $\underline{\hspace{15em}}$  になる。

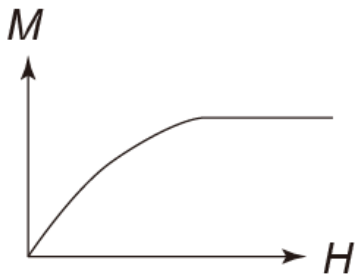
● 今、Pick-up Coil の中に試料を入れた場合、Pick-up Coil 全体に生じる起電力はどうか。ここでは、簡単のため試料は Pick-up Coil の内側に隙間なく入っているとす。 (自分の試料の磁化率を考える上では、断面積の違いなどを考慮する必要がある)

● 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 コイルのうち的一方のみに入れる。このとき、Pick-up Coil に生じる起電力はどうか。

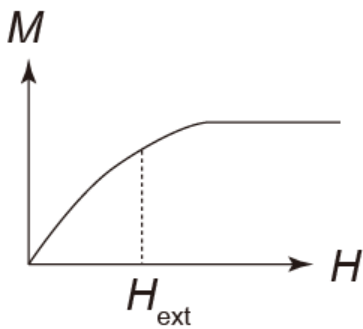


このようにして物質の磁化率（に比例する起電力）を測る方法を  
\_\_\_\_\_法と呼ぶ。

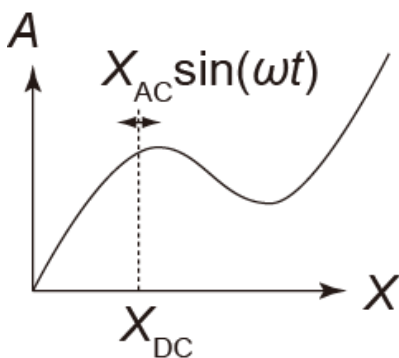
- より一般的に、磁化が磁場に対して非線形な依存性  $M(H)$ を持つ場合、起電力はどうか。



- 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、 $X(t) = X_{\text{DC}} + X_{\text{AC}} \sin(\omega t)$  ( $X_{\text{AC}}$  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。