

抵抗率測定方法の紹介

精密・電子・航空技術部門

材料開発における電気特性値には、体積抵抗率及び表面抵抗率が用いられます。これは抵抗率が物質固有の値であり、形状、寸法、電極の取り付け位置などの影響を受けないためです。抵抗率は試料の抵抗値を測定し、形状に応じた計算をすることによって得られるため、測定時には試料の抵抗値と寸法を測る必要があります。また、抵抗値の測定についても留意しなければならない点があります。これらを踏まえ、本稿では物質に応じた抵抗率測定方法について紹介します。

■ はじめに

電気回路における電気の流れにくさを表現する際には電気抵抗値(以下抵抗値)が用いられます。一方で、材料を評価する際には、形状、寸法、電極の取り付け位置等で抵抗値は変わるため、抵抗値では評価できない場合があります。例えば、円柱状の試料の場合では、長さや断面積が変われば両端間の抵抗値は変化します。このような形状や寸法の影響を取り除き、物質固有の特性を比較する絶対的な尺度として、抵抗率と呼ばれる値が用いられます。

■ 抵抗率とは

電気の流れにくさの指標としての抵抗値 R は電流に対する電圧の大きさを定義されます。一方で、抵抗率 ρ は比抵抗値とも称し、単位体積当たりの電流の流れにくさを示します。そのため、表 1 にあるようにゴムや樹脂、金属など様々な物質がどのような形状であっても電気的特性を評価する際には抵抗率が用いられます。

抵抗率は、直接的に形状等を考慮した測定ができないため、試料の抵抗値を測定後、抵抗率に換算します。そのため、換算の際に必要な、長さや断面積等の寸法をあらかじめ測定します。ここで説明した抵抗率とは一般に体積抵抗率と称し、単位については、 $\Omega \cdot m$ を用います。

一方で、試料表面に流れる電流の流れにくさを評価する場合もあります。例えば、絶縁体上に形成した導電性薄膜では試料(導電性薄膜)の厚さを考慮せず表面積のみを考慮した抵抗率を評価します。これを表面抵抗率またはシート抵抗率と称し、単位は Ω / \square (スクウェア : 抵抗値 Ω と区別するためにこの表記が用いられる) が使われます。また、絶縁体では表面上を微小電流が流れることがあり、これに対する評価にも表面抵抗率が用いられます。

実際の抵抗率評価では、さらに抵抗値の大きさも考慮して、測定方法を選択する必要があります。次項で触れます。

表 1 抵抗率測定における規格

項目	低抵抗領域	高抵抗領域
範囲目安	$10^{-1} \Omega$ 以下(導体)	$10^6 \Omega$ 以上(絶縁体)
応用分野	導電性ゴム 導電性プラスチック 金属系薄膜 等	機能性ゴム 熱硬化性樹脂 コンクリート 等
関連規格	ISO 1853、3915 JIS K 7194 SRIS 2301 ASTM D 991	ISO 2951、2878 JIS K 6911、6271 SRIS 2304 ASTM D 257

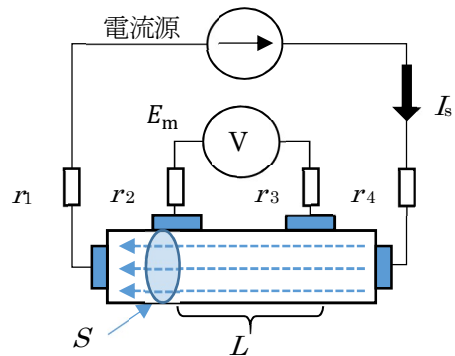


図 1 4端子法による抵抗測定

■ 低抵抗測定方法

導電性材料や金属のような低抵抗材料の測定は、試料と電極の接触抵抗やリード線の抵抗値による影響を考慮しなければなりません。そこで、電流源で一定の電流供給を保持した状態で 4 端子法を用いて電圧を測定します。4 端子法では均一な断面積をもつ棒状の試料を用います。図 1 に示す 4 端子法では外側 2 本の端子の組で試料に電流 I_s を流し、内側 2 本の端子の組で電圧 E_m を測定します。内側の端子で電圧を測定することで、接触抵抗やリード線の抵抗値 $r_1 \sim r_4$ による影響も無視することができます。よって試料の抵抗値 R_V は、式 $R_V = E_m / I_s$ より求めることができます。ここで電圧端子間距離を L 、断面積を S とし、体積抵抗率は次の式によって求めます。

$$\rho_V = \frac{S}{L} R_V \quad (1)$$

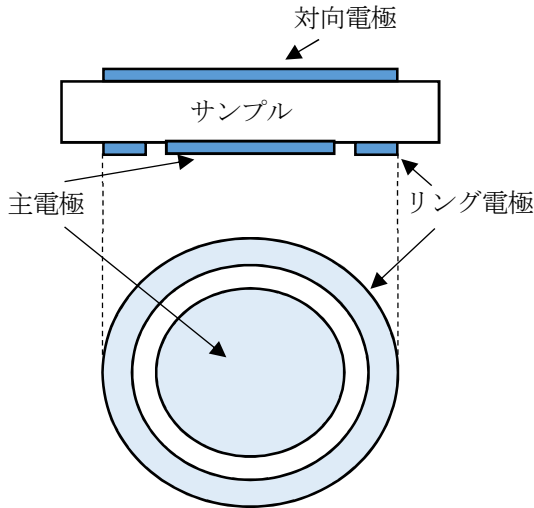


図2 2重リング電極法

また、薄膜もしくはシート状試料の表面抵抗率を測定するためには、4 探針法が用いられます。4 探針法は評価したい試料の表面に 4 本の探針を押し付けて、前述した 4 端子法と同様に電流と電圧の関係を評価します。試料の表面が 4 つの探針の配列に対して十分に広い平面であれば、試料の形状は測定結果にほとんど影響を及ぼさないため、電流と電圧の関係から表面抵抗率を求めることができます。

■ 高抵抗測定方法

ゴム、樹脂等の絶縁性の材料は電流が流れにくいので、数百 V 以上の高電圧を印加する必要があります。一方で試料に流れる電流は微小であり、後述する漏れ電流の影響を排除しつつ測定する必要があります。そのため定電圧源と、図 2 に示す、2 重リング電極法を用います。2 重リング電極法では平面状の試料を用います。

◇ 体積抵抗率測定

体積抵抗率測定では、通常、図 2 のような主電極及びリング電極、対向電極を用い、図 3 の構成で測定します。電圧源 V_S を試料上部の電極(対向電極)に印加し、点線矢印のように試料に流れる電流 I_m を測定します。抵抗値 R_V は、オームの法則より、式 $R_V = V_S / I_m$ から計算します。試料の表面及び側面を伝ってリング電極に流れる漏れ電流と対向電極から試料内部を通り、リング電極に流れる電流は、図 3 ように電流計を通らず V_S 側に流れ込むので、 R_V の計算に使用する測定電流 I_m の大きさには影響を与えません。ここで、 S は主電極の有効面積であり、 t は試料の厚みとし、体積抵抗率 ρ_V は以下の式から得られます。

$$\rho_V = \frac{S}{t} R_V \quad (2)$$

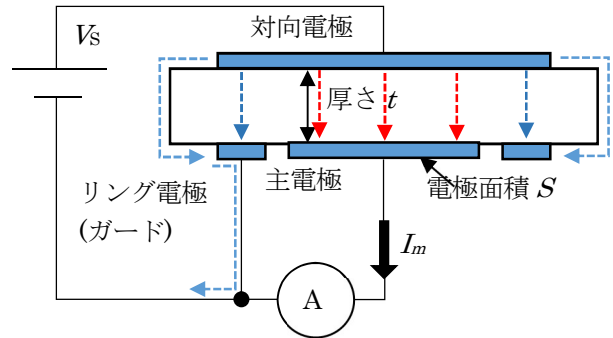


図3 体積抵抗率測定

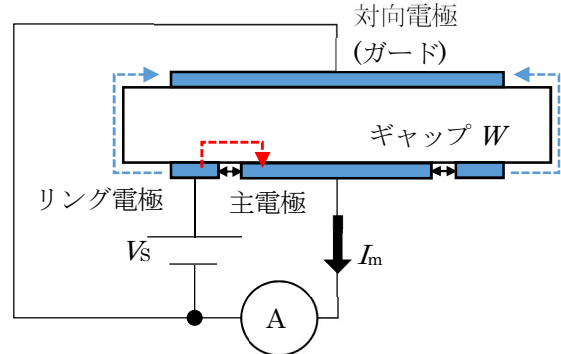


図4 表面抵抗率測定

◇ 表面抵抗率測定

表面抵抗率測定には、通常、図 4 の構成で測定します。電圧源 V_S をリング電極に印加し、点線矢印のように、リング電極から主電極に向かって試料表面上を流れる電流 I_m を測定します。

表面抵抗値 R_S は、式 $R_S = V_S / I_m$ から計算します。リング電極から対向電極に流れる電流は電流計に流れ込まないので、測定電流 I_m には影響を与えません。ここで主電極の外径及びリング電極の内径の平均長さを L 、主電極とリング電極の間隔を W とし、表面抵抗率 ρ_S は次式によって計算します。

$$\rho_S = \frac{L}{W} R_S \quad (3)$$

■ ご利用について

工業技術総合センターでは、低抵抗領域ではミリオームメータを、高抵抗領域ではハイ・レジスタンスメータを保有し、材料の電気的評価が可能です。ご利用を希望の場合は、下記の連絡先まで遠慮なくお問い合わせ下さい。

長野県工業技術総合センター
 精密・電子・航空技術部門 電子部 征矢隼人
 TEL: 0266-23-4054 FAX: 0266-23-9081
 E-Mail: seimitsushiken@pref.nagano.lg.jp