

携帯電話やパソコンなどの電子機器に含まれるコンデンサには誘電体材料が利用されています。また、プリント基板やアンテナなどにも誘電体材料が利用されています。そのような、日常の様々な場面で利用されている誘電体について紹介します。

材料の特性

世の中には鉄や銅などの電気を通す「導体」と、紙やビニールなどの電気を通さない「絶縁体」の物質があります。これは、物質を構成する原子が持つ電子が自由に移動できる(電流が流れる)か、原子核に束縛されて移動できない(電流が流れない)かによる違いです。

絶縁体は外部から電界を印加された際、例えば原子核の束縛の範囲内で、正負の電荷で偏りを持った状態となります。このような電荷の偏った状態を分極といい、分極した絶縁体は物質全体で見ただけで表面に電荷が誘起され、これを誘電現象といいます。このような分極を生ずる絶縁体は誘電体とも呼ばれます。

平行平板コンデンサでの誘電現象

誘電現象の例として平行平板コンデンサについて考えてみます。図1のような面積Sの金属板を2枚、距離dだけ離して平行に設置します。これに直流電源をつなげると金属板に挟まれた誘電体が分極を起し、片側の電極に正電荷が、反対側の電極には同じ大きさの負電荷が生じます。

この時、電源を切り離してもコンデンサには電荷がためられた状態となります。コンデンサが電荷をためられる大きさを電気容量と呼び、(式1)で表されます。

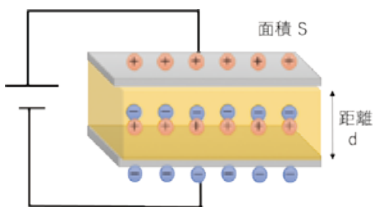


図1 コンデンサ(直流)

$$(式1) C = \epsilon \frac{S}{d}$$

C: 電気容量 ϵ : 誘電率
S: 電極面積 d: 電極間距離

分極のしやすさは物質によって異なっており、これを誘電率といいます。誘電率が大きいほど電気をためることができます。逆に誘電率が小さいほど電気がたまるのを防ぎます。真空中の誘電率は ϵ_0 で表記され、物質の誘電率 ϵ と ϵ_0 との比を比誘電率 ϵ_r ($=\epsilon/\epsilon_0$)といいます。物質の誘電率といった際にこの比誘電率を指している場合もあり、気をつける必要があります。

以上は直流の場合での話でしたが、交流になると状況がガラリと変わります。交流は時間的に電圧が正負反転します。直流の場合は電圧が一定であり、コンデンサが一度充電されれば以降は電気が流れません。ところが交流では図2のように電圧の時間変動に合わせて誘電体の分極も正負で変動し、電極に蓄えられていた電荷が流れ出します。これは充電と放電を繰り返している状

態で、実際には電荷が誘電体の中を移動して流れているわけではないのですが、外から見れば電流が流れ続けているように見えます。

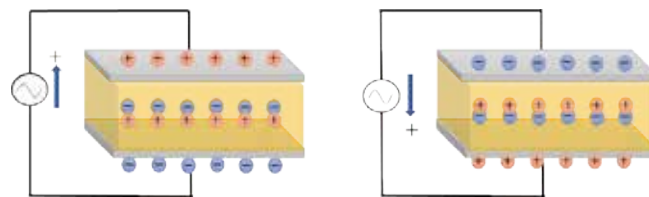


図2 コンデンサ(交流)

エネルギーの蓄積と損失

誘電体に交流電界が印加されると、周波数が高くなるにつれて分極の応答が印加電界の時間変化に追従できず遅れが生じ、やがて完全に追従できなくなります。この過程で、外部から加えられた電気エネルギーの一部が熱として消費され、エネルギーの損失が発生します。身近な例では、電子レンジでマイクロ波が水を加熱する現象が挙げられます。損失を含んだ誘電率は(式2)のように取り扱うことができ、実数部 ϵ' が外部電界から材料に蓄えられるエネルギー、虚数部 ϵ'' が外部電界に対するエネルギー消費分になります。

$$(式2) \epsilon^* = \epsilon' - i\epsilon''$$

素誘電率の実数部と虚数部の比
で定義されます。誘電損失の小さな材料では、 $\tan\delta \approx \delta$ のため、

$$(式3) \tan\delta = \frac{\epsilon''}{\epsilon'}$$

$\tan\delta$ は角度として表されたりします。近年では、5Gなど高周波帯域においても利用できる誘電損失の低い材料開発が進められています。

多様な誘電体

ここまで電界によって分極を起す誘電体について紹介しましたが、誘電体には電界以外でも分極を起すものがあります。例えば、物質に圧力を加え変形させた際に分極が発生する圧電体は、ライターの着火などに利用されています。温度変化によって分極が発生する焦電体は、赤外線センサーなどに利用されています。これらも誘電体の一種であり無数にある個々の材料特性を活かして、様々な場面で利用されています。

当センターでは、自由空間法による高周波帯域から容量法による低周波帯域まで、誘電率測定が可能です。試料の厚みなど細かな条件もありますが、まずはお気軽にご相談ください。