

电工材料

导电: 导体内部存在可以自由移动的电子, 电子定向移动形成电流

超导: 材料低于某一温度时, 电阻变为零的状态. 这一温度称为超导转变温度(T_c)

导体材料: 电阻率为 $1.5 \sim 10 \times 10^{-8} \Omega/\text{mm}$ 金属

金属导电材料可分为: 金属元素, 合金, 复合金属, 特殊功能导电材料.

性能: 1. 导电材料电特性主要用电阻率表征.

2. 影响电阻率的因素有温度, 杂质含量, 冷变形, 热处理

3. 温度影响所以导电材料电阻率以温度系数表示 ($\alpha [1/K]$)

4. 除接近熔点和超低温以外, 在一般温度范围, 电阻率随温度呈线性关系.

复合型高分子导电材料由高分子材料与各种导电性物质通过填充复合, 表面复合或层状复合等方式制得 导电塑料, 导电橡胶, 导电纤维织物.

超导材料.

特性: 1. 零电阻: 超导材料处于超导态时电阻为0, 能够无损地传输电能.

2. 抗磁性: 超导材料处于超导态时, 只要外加磁场不超过一定值, 磁力线(磁场线)不能透入, 超导材料内磁场恒为0.

3. 临界温度: T_c 值因材料不同而异, 所谓超导材料最低 T_c 是指且临界温度 T_c 与其同元素质量 M 有关, $M \uparrow T_c \downarrow$.

例: 铌(Nb) $T_c = 9.26 K$. 铌锆合金($Nb-75 Zr$)

半导体材料.

一类具有半导体性能(电阻率 $10 \times 10^{-8} \Omega/\text{m} \sim 1 \times 10^{10} \Omega/\text{m}$)的材料. 可分为元素半导体, 无机化合物半导体, 有机化合物半导体, 非晶态与液态半导体.

1. 元素半导体: 元素周期表 IIIA 族至 IVA 族分布 11 种 (B, Si, Ge, Te)

2. 无机化合物: 二元系: $SiC, GeSi$ 三元系: $ZnSiP_2, ZnGeP_2$

3. 有机化合物: 苯, 萘, 聚丙烯腈. 一些芳香族化合物.

4. 非晶态与液态半导体: 不具有严格周期性排列的晶体结构

半导体工艺大致可概括为: 提纯, 单晶制备, 杂质与缺陷控制.

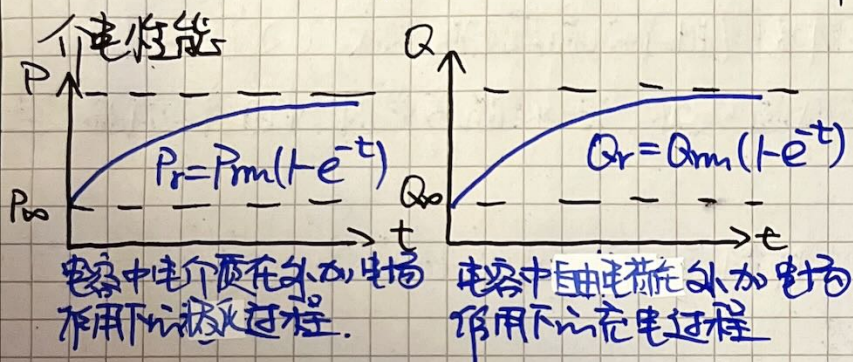
绝缘材料:

绝缘材料是允许电压下不导电的材料. 但不是绝对不导电, 在一定外加电场强度下也会发生导电, 极化, 损耗, 击穿过程. 长期使用还会老化.

绝缘材料的电阻率很高, $10^{10} \sim 10^{22} \Omega \cdot m$

分类

1. 气体绝缘材料: 常温常压气体具有良好绝缘性能 空气, 六氟化硫
2. 液体绝缘材料: 通常为绝缘油 天然矿物油, 天然植物油, 合成油
3. 固体绝缘材料: 绝缘漆, 纤维制品, 橡胶塑料制品, 玻璃, 陶瓷, 云母



介质主要描述的是电容特性.

左边实际上表示束缚电荷的能力

对于工程中 ϵ_r 希望能大一些, 保证能存储更多的能量. 在电缆绝缘中

希望 ϵ_r 小一些 能够提高整体性能和绝缘系统稳定性.

绝缘材料的老化

1. 电老化: 绝缘材料在高压作用下发生局部放电. (高压电器)
2. 热老化: 在温度作用下绝缘材料内部成分氧化, 裂解, 变质, 与水发生水解反应而逐渐失去绝缘性能. (低压电器)
3. 环境老化: 由紫外线, 臭氧, 盐雾, 酸碱引起的污染性化学老化.

陶瓷: 通常陶瓷不导电, 是良好的绝缘体, 在氧化物陶瓷中原子的外层电子通常受到原子核吸引力, 被束缚在各自原子周围, 不能自由移动. 某些氧化物陶瓷在加热时, 原子的外层电子获得足够能量, 可以自由移动, 变成导电陶瓷.

绝缘陶瓷

1. $2-Al_2O_3$, $Al_2O_3 > 75\%$ 用来制造超高频, 大功率真空器件的绝缘零件.
2. 滑石瓷 ($3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$) 热膨胀系数大. 用来制造开关, 插座.
3. 氧化铍陶瓷 (BeO) 大功率晶体管.
4. 氮化硼 (六方氮化硼) 随温度升高热导率降低较慢.

云母: $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ 云母晶体具有层状结构. 呈片状晶体. 以六方片状晶体为主.

用途：高压应用，高温应用，密封。(灭火剂，电焊条)

特性：1. 高介电强度，2. 高介电电阻，3. 耐高温抗热震，4. 良好透明度，光学纯度，5. 耐酸耐油，6. 良好可加工性。

磁性材料：能对磁场作出某种方式反应的材料。按物质在外磁场中表现出来磁性强弱，可分为抗磁性物质，顺磁性物质，反磁性物质和亚铁磁性物质与铁磁性物质。

顺磁性：材料对磁场响应很弱磁性，用磁化率 $K = M/H$ 表示 (M —磁化强度， H —磁场强度) $K > 0$ 。磁化强度与磁场强度同向， $K = 10^{-6} \sim 10^{-3}$ (O_2 ，过渡金属盐类，稀土盐类)

抗磁性：是一种弱磁性，产生与磁场强度方向相反附加磁矩。 $K = -10^{-5} \sim -10^{-6}$ (惰性气体，Bi, Sb)

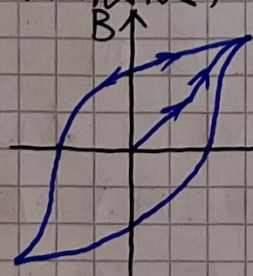
铁磁性：一种材料磁性状态，具有自发磁化现象。(室温以上：铁，钴，镍，钕)

亚铁磁性：在无外加磁场作用下，由于相邻原子间电子交换作用使它们磁矩在克服热运动后，处于部分抵消有序排列状态，具有较弱铁磁性。

由于组成亚铁磁性物质成分必须具有两种不同磁矩，只有化合物或合金才能表现出亚铁磁性。(Fe₃O₄, Fe₂O₃)

反磁性： $K \sim -10^{-5}$ (水，大多数有机化合物)

磁滞现象：铁磁性材料在磁化和去磁过程中，铁磁质磁化强度不仅依赖于外加磁场强度，还依赖于原来磁化强度现象。



当外加磁场施加于铁磁质时，其原子磁矩按照外加场排列。即当外加场被撤离，部分排列仍保持，此时该材料被磁化，一旦被磁化，其磁性会继续保留。施加相反方向

磁场即可消磁。(硬盘记忆原理)

磁路中心损耗

1. 磁滞损耗：磁性材料每经过一个循环就有能量输入到材料，能量用来推动材料中心磁矩，以发热方式在材料中

耗散。磁滞损耗正比于磁滞回线的面积和材料的总体积。

2. 铁损：在磁性材料中变化的磁场导致感应电流，也称涡流。感应电流在铁芯中形成环流并反抗材料中磁通密度的变化。 $P_{\text{loss}} \propto f B_{\text{max}}^2$
 $P_{\text{loss}} \propto \Phi_{\text{max}}^2$

无铅焊料：1. Sn-58Bi 139°C 熔融。手机、电话。

2. Sn-3.4Ag-4.8Bi 205~210°C 熔融。家用电器、汽车。

3. Sn-3.5Ag-0.5Cu-1In 221°C 熔融。家用电器、航空。

导电粘合剂：使用混合环氧树脂的导电材料。在印刷电路板上形成连接电路部件的导电性的接合部。替代以前的焊锡。

环氧树脂 + Ag / 石墨。

薄膜材料：厚度介于原子到几毫米之间的薄金属或有机物质。

膜的主要功能：1. 电气连接：电路板及膜与基板互为一体，元器件搭载在基板上达到与导体端子相互连接。

2. 元件搭载：不必采用引线键合还是倒装片方式。芯片搭载在封装基板上需要焊接盘。

3. 表面改善：通过膜的使用可以使材料在某些性能上得到改善，如增强耐磨性，抗腐蚀性，耐高温性。

工艺：1. 导体薄膜主要用于形成电路图形，为半导体芯片、元件、电阻、电容等元件搭载部分提供金属化及相互引线。

2. 介质膜因其优良的电学性、机械电性及光学电性在电子元件、光学器件等领域有较大应用。成膜方法：MOCVD, 粒子束溅射。

3. 电阻膜：真空蒸镀，粒子束溅射，电镀，热分解。

4. 功能膜：在传感器、太阳能电池、光集成电路、显示器、电子元件等领域。

厚膜技术：用丝网印刷的方法将导体浆料、电阻浆料或介质浆料等材料涂布到陶瓷基板上，这些材料经高温烧结后，会在陶瓷电路板上形成牢固的膜。多次重复后，会形成多层互连结构以包含电阻或电容的电路。

陶瓷基板：薄膜及厚膜技术中可以使用的基板材料有氧化铝、氮化铝、氧化锆、SiC、石英等。