五：电子功能陶瓷

Monday, March 16, 2020 11:58 PM

1. 介电陶瓷：
   a. 电极化：
      电介质放入外电场，其表面上会出现电荷；
   b. 介电陶瓷的基本性质：
      i. 极化：
         电介质在外电场作用下，其正负电荷不再重合，而是发生分离，即产生了极化现象，形成了电偶极子；
         a) 电偶极矩：
            $\mu = q\delta$
            所含电量——q
            正、负电荷中心间距——δ
         b) 电极化强度：
            $\vec{P} = \frac{\Sigma\mu}{\Delta V}$
            电偶极矩——μ
            电极化强度——$\vec{P}$，单位：$C \cdot m^{-2}$
         1) 极化的类型：
            a) 电子位移极化：
               在外加电场作用下，产生感生电偶极矩，主要是电子(云)运动；
            b) 离子位移极化：
               离子晶体在电场作用下离子间的键合被拉长；
            c) 取向极化：
               在外加电场作用下，分子沿外场取向与热混乱运动达到平衡；
            d) 空间电荷极化：
               在多晶或存在缺陷的晶态电介质中，在晶界处或缺陷处会存在空间电荷，它们在外加电场作用下有序化；
      ii. 介电常数：
         介电常数$\varepsilon = \varepsilon_0\varepsilon_r$表征材料极化并存储电荷的能力，它是平板电容器中的重要参数；
         a) 平板电容器的电容：
            $C = \varepsilon\frac{A}{d}$
      iii. 电极化强度不仅和外加电场有关，而且还和极化电荷所产生的电场有关；
         $\vec{P} = \varepsilon_0\chi_e\vec{E}, \chi_e = \varepsilon_r - 1$
         介质中的总场强——$\vec{E}$
         电极化率——χ_e
      iv. 电位移矢量(D)与有效电场(E)和极化强度(P)有关：

iv. 电位移矢量($\vec{D}$)与有效电场($\vec{E}$)和极化强度($\vec{P}$)有关；

$$\vec{D} = \vec{P} + \varepsilon_0\vec{E}$$
$$\because \vec{P} = \varepsilon_0\chi_e\vec{E}$$
$$\Rightarrow \vec{P} = \varepsilon_0(\varepsilon_r - 1)\vec{E}$$
$$\Rightarrow \vec{D} = \varepsilon_0\varepsilon_r\vec{E} = \varepsilon_0(1 + \chi_e)\vec{E} = \varepsilon\vec{E}$$

2. 压电陶瓷：

a. 压电效应：

当对某些晶体在某些特定方向上加力时，在施力方向的垂直平面上出现正负束缚的电荷，这种现象称为压电效应；

1) 正压电效应：

当晶体收到机械力作用时，一定方向的表面产生束缚电荷，电荷密度大小与所加应力大小成线性关系，这种由机械效应转换为电效应的过程；

2) 逆压电效应：

当某些晶体在外电场激励下，会使晶体在某些方向上产生形变(或谐振)现象，且二者之间亦存在线性关系，这种由电效应转换为机械效应的过程称为逆压电效应；

b. 石英晶体在不同轴向上的压电效应：

i. x切石英：

1) 当沿x方向施加应力时，石英晶体中带正电荷的硅离子与带负电的氧离子间相对位置发生变化，破坏了分子间原先的平衡，在晶体内产生电场，于是在垂直于x轴的两极板表面产生等值的异号电荷堆积(束缚电荷)，即产生了压电效应；

2) 在垂直于x轴的两极板面施加电场时，电场的作用使离子极化，而极化电荷因同性相斥、异性相吸导致离子发生相对位移，使晶体在x轴方向上的厚度发生变化，其表现与正压电效应的情况相反，即产生了逆压电效应；

ii. y切石英：

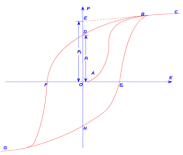
1) 当沿u轴方向施加压力，使得改变硅离子与氧离子相对位置时，在x轴方向的两个极板上出现等值异号电荷堆积；

2) 在逆效应时，石英晶体受外加电场作用，使离子发生极化，晶胞中的离子因极化电荷的同性相斥、异性相吸而产生相对位移，使得晶胞内部产生应变力，最终引起宏观应变的发生；

3. 铁电陶瓷：

在热释电晶体中，有些晶体不但在某些温度范围内具有自发极化，而且其自发极化强度可以因外电场的作用而重新取向；

铁电陶瓷的电滞回线：



a. 热释电效应：

由于温度作用而使极化发生，这就是晶体的热释电性或热释电效应；

1) 产生热释电效应的条件：

a) 具有自发极化的晶体；

b) 晶体结构的极轴与结晶学的单向重合的晶体；

b. 电畴：

铁电体并不是在一个方向上单一地产生自发极化，而是在许多小区域内自发极化并具有不同的极化方向；

每一极化方向相同的小区域称为铁电畴，而畴与畴之间的界壁称为畴壁；

铁电体在相当的电场作用下，可以使一多畴铁电体变为单畴铁电体或者可以使一单畴铁电体的自发极化反向，称为畴的反转；

c. 铁电体的主要特征：

极化强度P表现为电场强度E的双值函数；

d. 铁电体的相变：

当外界温度超过铁电体的临界温度(又称居里温度或居里点，用T_C表示)，晶体发生结构变化，自发极化消失，没有铁电性。此时晶体属非极性结构，称为顺电结构；

1) 一级相变：相变时，比热容发生突变并伴随着潜热产生，自发极化在居里点突变为零；
2) 二级相变：相变时，只有大的比热容变化，而无潜热产生，自发极化渐变为零；

i. 在居里温度时，铁电体的介电常数呈现极大值，超过居里温度时，其介电常数随温度的变化遵循居里-外斯定律：

$$\varepsilon = \frac{C}{T-\theta} + \varepsilon_e$$

一般ε_e小于1，在居里点附近时可忽略不计，即：

$$\varepsilon = \frac{C}{T-\theta}, (T \to T_C)$$

1) 直接型铁电体：遵循居里-外斯定律；
2) 间接型铁电体：不遵从居里-外斯定律；

4. 半导体陶瓷：

调整半导体陶瓷材料电阻的方法：

i. 利用掺杂；
ii. 利用化学计量比偏离；

5. 完；