

PTC材料的特性及其应用

张志芹

早在1955年W. Haayman等人发现,在高纯BaTiO₃陶瓷中加入微量稀土氧化物如五氧化二铌、三氧化二钽等,其室温下的电阻率将大幅度下降;并且发现某一温度范围内,其电阻率可增高几个数量级,由此开拓了PTC (Positive temperature coefficient,正温度系数)材料的广泛应用。随着PTC热敏电阻商品化,有关理论的

研究工作也得到不断地发展。

目前,人们普遍认为,PTC效应与晶界势垒的高度与介电常数有关。在居里点以下,介电常数很大,晶界势垒很低。在居里点以上,介电常数变小,使晶界势垒急剧升高,导致电阻率增加了几个数量级。

一、PTC材料的特性

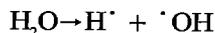
PTC材料是使用陶瓷工艺制成的具有半导体特性的材料,是在已经半导化的BaTiO₃或

中国人民武装警察部队学院基础部 河北廊坊 065000

美拉德反应:还原糖与氨基化合物在中性或微酸性条件下起缩合反应,生成葡萄糖胺,葡萄糖胺在酸的催化下,进行一系列复杂的反应,生成羟甲基糠醛,进而与氨基化合物经过缩合与聚合反应生成黑色素,产生美拉德反应,使样品的色泽加浓。

因此,静电场的作用,促使上述反应的进行,起到类似于催化剂的作用。

由于电晕放电,使空气中的电子和正离子在强电场的作用下,与中性分子和原子不断发生碰撞,其中较为重要的碰撞是电子与氧分子的碰撞以及电子与酒体、醋体和酱油体的碰撞。电子与氧分子碰撞产生臭氧: $O_2 + e \rightarrow 2O + e$ $O + O_2 + (M) \rightarrow O_3 + (M)$ 臭氧的强氧化作用,使样品液体中的某些细菌的细胞膜氧化破裂,失去物质交换能力,从而使生物体不能正常生活。此外,样品液体含有水分,电子进入液体中后,与液体中的若干水分子作用,使水分子激发或电离:

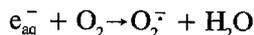


电子与若干水分子作用形成水合分子 e_{aq}^- :

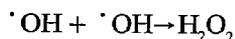


e_{aq}^- 与液体中的 O_2 结合成为超氧化物阴离子自

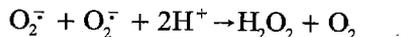
由基 O_2^- :



进入液体中的电子由于能量高到足以使水分子的氢氧键断裂,因此,使水容易分解为 H^+ 和 OH^- , OH^- 也容易失去一个电子变为羟自由基 $\cdot OH$, $\cdot OH$ 与 $\cdot OH$ 碰撞生成过氧化氢 H_2O_2 :



超氧化物阴离子自由基与 H^+ 碰撞而分解为过氧化氢和氧:



因此,液体中存在大量的活性氧,使细菌分子损伤,破坏了细菌的生物膜和细胞核,使酶功能失调、蛋白质被破坏。膜内外电解质平衡的破坏等进一步引起代谢调节的紊乱和能量供应的障碍, DNA 复制、转录和翻译等过程的错误,导致细胞突变、老化和死亡。宏观上,使酒、醋和酱油中的细菌总数下降。

用电晕放电的方法,对酒和食醋进行人工老熟,可大大缩短后熟陈酿期,为酒和食醋的生产开辟了一条新途径。利用电晕放电产生的臭氧和活性氧,可杀灭酱油中的细菌,在保持酱油的香气和营养成分方面,电晕法要优于加热灭菌法。

SrTiO₃ 或 PbTiO₃ 上呈现出电阻温度系数为正值电阻体。它的导电性能介于导体和绝缘体之间,电导率约为 10⁻¹⁰—10³Ω⁻¹cm⁻¹之间。它有以下的主要特性。

1. 阻温特性

PTC 材料的阻温特性曲线如图 1 所示。从图中可以看出,当温度升到 T_{\min} 时,阻温曲线发生弯曲,当温度大于居里点 T_c 时,在一个很窄的温区内,电阻率可增加几个数量级。因而常用一半对数坐标来描述阻温特性曲线。当温度达到 T_p 后,曲线发生弯曲;超过 T_{\max} 时,电阻随温度的升高而下降了。

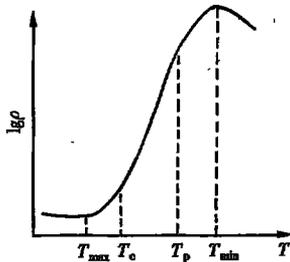


图1

试验表明,在工作温区内,PTC 的阻温特性可近似用下式表示:

$$R_T = R_{T_0} \exp B_p (T - T_0)$$

其中 R_T 、 R_{T_0} 表示温度分别为 T 、 T_0 时的电阻值, B_p 为材料常数。

2. 静态 V-I 特性

由于 PTC 材料电阻随阻体温度的变化而变化,就造成了 PTC 材料特殊的伏安特性。

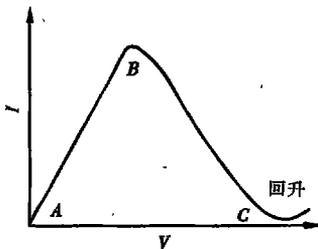


图2

如图 2 所示,从图中可以看出,曲线分 AB 和 BC 两段,B 为转折点。在 AB 段,由于所加电压不高,材料的温升不高,此时与普通电阻相似;但是功率随电压的上升而增高,因而温度升

高,当升到居里点时,由于电阻值急剧上升,电流随电压的升高而降低,电压继续升高时,由于材料的晶粒边界效应,电流逐渐趋于平缓,当电压达 V_{\max} ,温度达 T_p 时,由于电阻趋于饱和,若电压再升高会引起电流随之升高,反应在 $V-I$ 曲线上出现回升现象。

3. 电压效应

在一定温度下,PTC 材料的常温电阻率随测量电压的变化而变,这种现象叫电压效应。如图 3 所示。

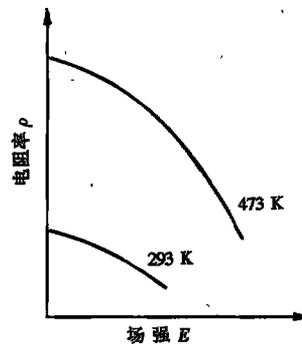


图3

从图中可以看出,对应不同的温度由单位场强引起的电压效应是不同的。在居里温度以上,由于势垒高度增高,电压效应加强;在居里温度以下,由于势垒高度较低,电压效应大大减弱。

4. 交流频率效应

由于晶粒边界的势垒层存在空间电荷,具有电容效应。所以 PTC 材料的电阻率随交流频率的变化而变化。当温度高于居里点时,电阻率的频率相关性大;当温度低于居里点时,电阻率的频率相关性小,如图 4 所示。

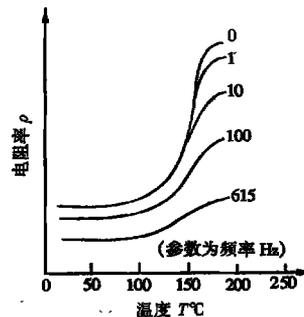


图4

从图中可以看出,由于频率的不同,同一温

度下的电阻率有数量级的差别,并且 R_{\max}/R_{\min} 值随频率的上升而下降,当频率大于 1MHz 时, PTC 材料不再具有正温度系数的特性。

二、PTC 材料的应用

PTC 材料问世后,已在多方面得到应用。

1. 作为恒温自控发热体

由于它在低温时为半导性。当加电场时,立即产生功率并升温,达到居里点后,电阻突升,使功率下降,因此在居里点达到平衡,故可作为恒温自控发热体,如灭蚊器、电饭煲、暖风机、电烙铁、空调加热器等。将 PTC 元件与加热器相串联,一起置于恒温箱,当箱内温度较低时,PTC 元件处于低温电阻状态,电路中有相对大的电流通过。但是,一旦温度超过控制点,由于 PTC 元件电阻率的增加而处于高阻状态,这时电路中的电流减小,加热器的功率降低,达到控温目的,使温度维持在居里点附近的一个小范围内。

2. 作为保护元件

由于制造工艺的进步,单位面积发热功率逐步提高,开发出了低电阻、高耐压的 PTC 材料,使用途不断扩展,如最近制出了石油液化加热器。这种材料的阻温特性使之自然成为良好的保护元件,如过流保护、过热保护、电视彩显管消磁、电机启动等。目前的冰箱压缩机正从重锤式启动向 PTC 启动发展。采用 PTC 启动不仅甩掉了有触点的电磁继电器,而且省去了电容,具有无触点,启动无噪音,寿命长,低电压下启动,节省电机铜线等优点。常温下,PTC 元件电阻较小(25℃时, $R = 22\Omega$),故可作压缩机启动继电器,开启电源瞬间,启动绕组电流较大(5—8A),启动电流使 PTC 发热,在温度急剧升高后,PTC 本身电阻猛增,于是启动绕组流过

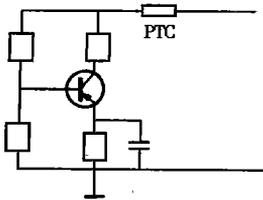


图5

的电流极微小。此时运转绕组工作,压缩机进入正常运转状态,此过程相当迅速。

图 5 为晶体管过热保护原理图。当集电极电流达到一定值时,由于 PTC 元件电阻值的上升,可以防止晶体管过热。

图 6 为电视彩显管的消磁原理图。彩色电视机在使用中受到地磁或其他磁场的干扰,轻者色纯度不良,图像色彩失真,严重时无法显示图像。为防止这类现象发生,彩电中常用 PTC 自动消磁。开启电路瞬间 10—20A 的大电流迅速流过回路,使消磁线圈 L 产生一个相当强而瞬间衰减的交变电场,达到自动消磁的目的。PTC 元件是温度敏感元件,大电流流过时其温度上升,同时电阻增大,于是回路中的电流减小。当 PTC 元件达到自身的热平衡温度以后,回路电流也从最大值变为最小值,并使回路电流维持在极小值(约 10mA),整个过程瞬间完成。

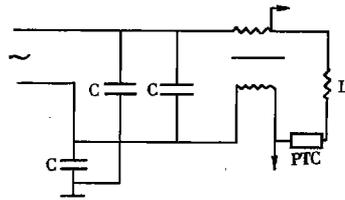


图6

另外,还可利用它在超过居里点后所具有的大电阻温度系数作测温元件用。对其他一些引起元件温度变化的量也能进行测量和控制。现在用 PTC 材料制作的元器件不下百余种。

