

红外技术应用 ·

文章编号 :1001-5078(2004) 03-0206-03

高温红外电热膜的制备与特性研究

郝晓辉,徐景智,杨景发,闫正,马全喜

(河北大学物理科学与技术学院,河北 保定 071002)

摘 要:采用蒸镀法制备掺杂的二氧化锡电热膜,并研究了溶液成分,掺杂浓度对电热膜的电阻、电阻温度特性以及红外辐射性能的影响,得到电阻性能稳定且发射率高的高温红外电热膜。

关键词:电热膜;红外辐射;发射率

中图分类号:TK17;TN304 **文献标识码:**A

Preparation and Characteristics of High-temperature Infrared Electrothermal Films

HAO Xiao-hui ,XU Jing-zhi ,YANG Jing-fa ,YAN Zheng ,MA Quan-xi

(College of Physics Science & Technology ,Hebei University ,Baoding 071002 ,China)

Abstract: Impurity SnO_2 electrothermal films are prepared by means of Evaporation. The effects of solution component and impurity concentration on room resistance values ,resistance temperature characteristics and infrared radiation characteristics of the electrothermal films have been studied. So a high-temperature infrared electrothermal film have been prepared with high resistance performance and high emissivity.

Key words: electrothermal film ;infrared radiation ;emissivity

1 引 言

电热膜加热属于膜电阻加热方法。由于电热膜加热技术与其他导电发热材料相比,具有较为明显的优点,如热效率高、节能省电、寿命长、外型可选择性强、适用范围广、加工工艺简单、结构简单、成本低、无明火、安全可靠等。所以许多国家对电热膜加热技术及其应用都非常重视,我国电热膜研制始于上世纪 70 年代,1986 年后,应用电热膜的家电产品陆续问世。

把金属氧化物沉积在基体表面,形成的薄膜称金属氧化膜。不少金属氧化物具有导电的性能,它们属于半导体,半导体电热膜是一种极具应用潜力的电热膜,它有可能靠薄膜自身特性控制温度,成为

安全的“智能”型发热材料,它将是未来导电膜发热体的主要研究方向^[1,2]。国内半导体电热膜的研究工作,最早进行的主要是二氧化锡膜。在二氧化锡中掺杂少量的氧化锑、氧化锰、氧化镍等,可以显著降低其电阻率^[3],稳定温度系数,增强其红外辐射,这种氧化膜可以用来制造性能良好的加热元件。本课题进行了二氧化锡电热膜的研究,将电热膜技术与红外加热技术结合起来,以耐高温陶瓷为基底,在其上制备以二氧化锡为主且含有少量氧化锑、氧化锰、氧化镍等的导电膜。这样既提高了膜电阻的稳

作者简介:郝晓辉(1979-),女,河北大学在读硕士研究生。

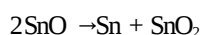
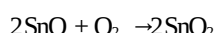
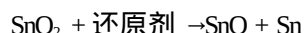
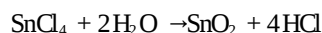
收稿日期:2003-12-15

定性,同时提高了元件表面发射率。

2 电热膜制备

2.1 制备原理

采用化学沉积法制备二氧化锡电热膜,其原理是将 SnCl_4 的水溶液雾化,高温分解,使其在基体表面沉积,形成一层导电薄膜。发生的化学反应如下:



由于上述反应,使所获得的电介质 SnO_2 薄膜成为 SnO_{2-x} 半导体或具有电子导电的 $\text{SnO}_2 + \text{SnO} + \text{Sn}$ 薄膜^[4,5]。

2.2 溶液组成

二氧化锡电热膜是由化学反应制得的,因此,成膜溶液的组分及反应条件对氧化膜的性能有较大的影响。

本实验所用成膜溶液的主要成分是 SnCl_4 和 SbCl_3 。同时溶液中还加入了极少量的 NiCl_2 , MnCl_2 , CrCl_3 , FeCl_3 等。化学反应所用的原料还可采用 SnCl_2 和 SbCl_5 以及 Sn 、 Sb 的有机化合物等。在溶液中通常加入乙醇和盐酸,可以防止溶液发生水解反应形成氧化锡沉淀^[3]。所用原料均采用化学试剂,水应采用蒸馏水或去离子水。

2.3 制备方法

二氧化锡电热膜的制法有浸渍法、热喷涂、蒸镀法(气态蒸发沉积)和磁控溅射等方法^[6]。蒸镀法在金属氧化膜电阻器的生产工艺中称为烟化法。本实验采用此种方法来制备电热膜。

将 SnCl_4 的水溶液在 400 ~ 700 °C 下汽化形成烟雾,当蒸汽通过加热的基体(衬底温度为 500 °C 左右)时,在其表面发生水解反应,形成电热膜。基体材料选用陶瓷管,为了使膜层厚度均匀,在整个镀膜过程中需旋转陶瓷管。成膜后的基体在略低于成膜时的温度下退火 15 到 20min,降温,自然冷却,在适当位置涂上导电银浆,再高温烧烤,烧结出银电极,即可得到成品。通过改变溶液成分,掺杂量,以及各种成膜条件可以得到不同阻值及光电性能的电热膜。

3 结果与讨论

3.1 电热膜电阻与掺杂浓度的关系

在电热膜制备过程中可通过掺杂浓度来控制薄膜电阻。薄膜电阻与掺 Sb 浓度的关系如图 1 所示。样品衬底为陶瓷,成膜温度 500 °C 左右。

从图中可以看出,随着锡的增加,膜电阻开始很快下降,大约在锡含量摩尔分数为 1.5 % 时,膜电阻出现极小值,然后随着锡的继续增加,膜电阻又不断增加。这一结果与其他文献^[7]的理论分析结果是一致的。

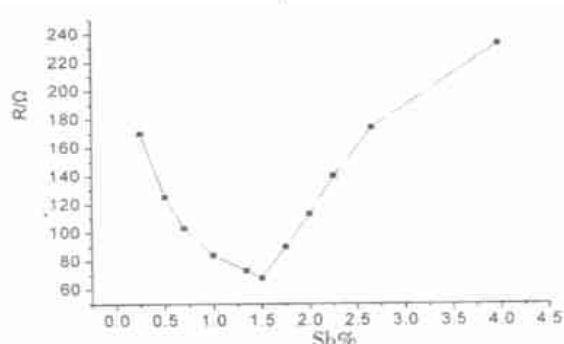


图1 二氧化锡薄膜的电阻随掺锡含量的变化曲线

3.2 不同掺锡量电热膜的电阻温度特性

在二氧化锡中加入不同含量的氧化锡,可得到温度系数不同的氧化膜。二氧化锡薄膜掺锡前后的电阻温度特性如图 2 所示。从图中可以看出,掺杂量的多少影响电热膜的温度特性。纯二氧化锡电热膜的电阻不很稳定,随温度变化较大,温度系数大。掺杂可以改善其温度特性。在掺杂量较低时,电热膜电阻显示负的温度特性,反之,电热膜电阻则表现出正温度特性。

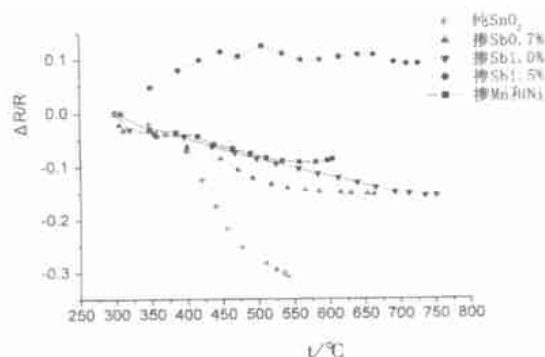


图2 二氧化锡膜电阻与温度的关系

3.3 电热膜的热辐射性

喷涂在陶瓷管上的掺杂二氧化锡电热膜样品所能承受的加热温度较高。本实验所制备的电热膜可以加热至 800 °C 的高温下工作。在高温下工作可以

有效地加强辐射传热,减少对流传热,提高热效率。

我们通过测量样品在 300 时的红外辐射来研究其红外光谱发射率。所测的辐射波长范围为 0.8 ~ 14.4 μm 。测试装置为 WDF 型反射式红外光谱发射率测量仪。

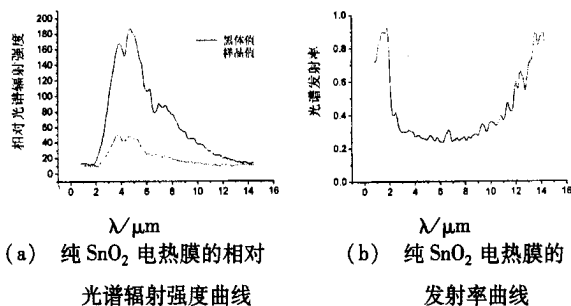


图3

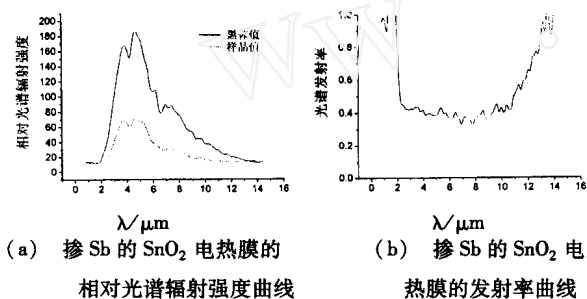


图4

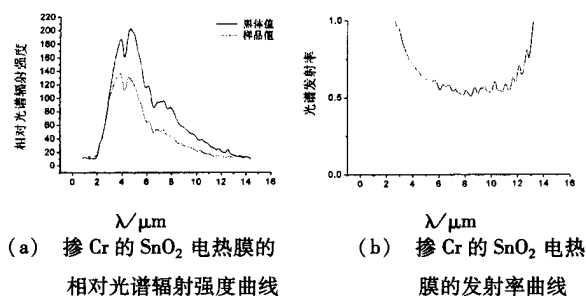


图5

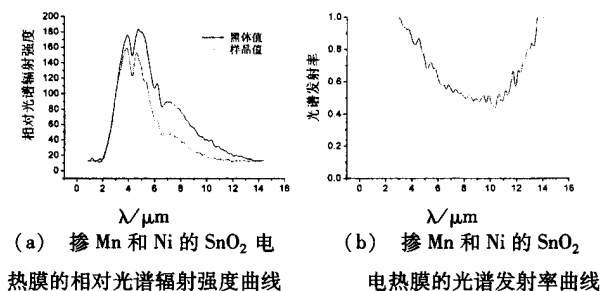


图6

由以上几组纯净二氧化锡电热膜以及掺杂后的二氧化锡电热膜的相对光谱辐射强度和光谱发射率曲线我们可以看出,纯净的二氧化锡电热膜的发射率是很低的,掺入杂质 Sb 后不但可以提高膜的电阻稳定性,改善温度特性,还会对发射率稍有提高。如

果在电热膜成膜溶液中再加入极少量的 CrCl_3 , MnCl_2 , NiCl_2 等,那么经过化学沉积得到的电热膜中会含有 CrO_3 , MnO_2 , Ni_2O_3 等高发射率材料,就可以大大提高电热膜的发射率。红外加热属于辐射加热的一种,发射率的提高可以大大增加其热效率,从而有效节能。

4 结 论

采用蒸镀法在陶瓷衬底上制备出掺杂的二氧化锡电热膜,可在 600 以上的高温下工作。从而可以有效地增加辐射传热,减少对流传热,有效提高加热效果。

二氧化锡中加入少量的氧化锑,可以改进电阻稳定性和电阻温度系数,并且提高它对热、化学以及电等方面的稳定性,二氧化锡电热膜的电阻率和掺杂浓度有很大关系。最佳 Sb 掺杂量为 1.5 %。掺杂量的多少影响电热膜的温度特性。在掺杂量较低时,电热膜电阻显示负的温度特性,反之,电热膜电阻则表现出正温度特性。

通过改变成膜溶液的成分,使得制得的二氧化锡电热膜中含有 Cr_2O_3 , MnO_2 , Ni_2O_3 等高度发射率材料,可以有效提高电热膜的发射率。

综上所述,掺杂的二氧化锡电热膜具有半导体性质,本身硬度高,与载体结合牢,高温性能稳定,又有很好的抗氧化、抗化学腐蚀能力,以及较好的阻值稳定性和红外高发射率。在红外加热技术领域有着良好的应用发展前景。

参考文献:

- [1] 白鲜萍,任国强,张玉仙,等. 半导体电热膜的研究[J]. 内蒙古大学学报,1997,07:485 - 488.
- [2] 周清,丛琦,荣军,等. 陶瓷基半导体电热膜的研制[J]. 东北大学学报,2000,06:659 - 661.
- [3] 陈其翔. 电阻器[M]. 北京:技术标准出版社,1981:163 - 171.
- [4] 陈援,刘瑞平,陈一,等. SnO_2 透明电热膜成膜研究[J]. 云南冶金,1999,02:56 - 59.
- [5] 唐洁影,汪开源. SnO_2 电热膜的特性[J]. 电子器件,1995,06:119 - 124.
- [6] 樊沛林. 二氧化锡电热膜的特点和制法[J]. 家用电器科技,2001,03:76 - 77.
- [7] 范志新,陈玖琳,孙以材. 二氧化锡薄膜的最佳掺杂含量理论表达式[J]. 电子器件,2001,02:132 - 135.