



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111243922 A

(43)申请公布日 2020.06.05

(21)申请号 202010045735.1

(22)申请日 2020.01.16

(71)申请人 中国建筑材料科学研究总院有限公司

地址 100024 北京市朝阳区管庄东里1号

(72)发明人 周东站 刘辉 蔡华 王辰 刘畅 廉姣

(74)专利代理机构 北京鼎佳达知识产权代理事务所(普通合伙) 11348

代理人 霍红艳 刘铁生

(51)Int.Cl.

H01J 31/12(2006.01)

H01J 31/50(2006.01)

H01J 9/22(2006.01)

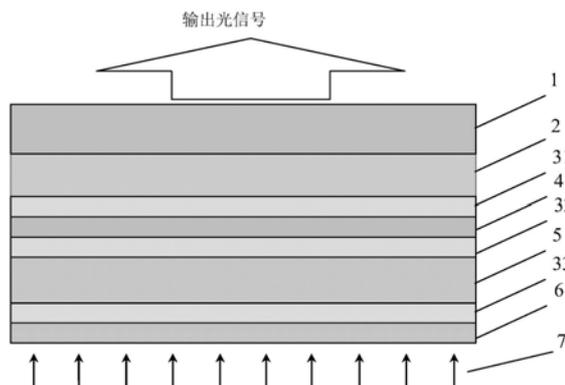
权利要求书1页 说明书9页 附图1页

(54)发明名称

一种荧光薄膜屏、其制备方法及其在微通道板像增强器中的应用

(57)摘要

本发明涉及一种荧光薄膜屏、其制备方法及其在微通道板像增强器中的应用,该荧光薄膜屏包括透明基底以及依次沉积在该透明基底上的第一荧光薄膜层、荧光增强层、第二荧光薄膜层及导电膜层。本发明所提供的荧光薄膜屏,其中荧光薄膜层是该荧光屏的发光功能层,决定着荧光屏的发光光谱、荧光寿命等性能;荧光增强层是指具有增强荧光层发光的功能层,能够显著提高荧光屏的发光强度;隔离膜层是指处于荧光层与荧光增强层之间的透明绝缘层;导电层是指能够把荧光屏的负电荷顺利传导出去的膜层,同时还兼具反射荧光、保护荧光层的作用。



1. 一种荧光薄膜屏,其特征在於,包括透明基底以及依次沉积在该透明基底上的第一荧光薄膜层、荧光增强层、第二荧光薄膜层及导电膜层。

2. 如权利要求1所述的荧光薄膜屏,其特征在於,还包括第一隔离层、第二隔离层和第三隔离层中的至少一种;所述第一隔离层设置于所述第一荧光薄膜层与荧光增强层之间;所述第二隔离层设置于所述荧光增强层与第二荧光薄膜层之间;所述第三隔离层设置于所述第二荧光薄膜层与导电膜层之间。

3. 如权利要求2所述的荧光薄膜屏,其特征在於,所述第一隔离层、第二隔离层及第三隔离层的材质选自 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{HfO}_2$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 或 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,其膜层厚度为 $5\text{nm}\sim 40\text{nm}$ 。

4. 如权利要求1所述的荧光薄膜屏,其特征在於,所述透明基底的材质选自玻璃、石英、光纤面板或有机玻璃。

5. 如权利要求1所述的荧光薄膜屏,其特征在於,所述第一荧光薄膜层、第二荧光薄膜层为无机荧光材料,其荧光发光波长处于 $380\text{nm}\sim 760\text{nm}$ 的可见光范围,其膜层厚度为 $50\text{nm}\sim 2000\text{nm}$ 。

6. 如权利要求5所述的荧光薄膜屏,其特征在於,所述无机荧光材料选自CRT用荧光材料;所述CRT用荧光材料选自硫化物、氧化物、硫氧化物或硅酸盐。

7. 如权利要求1所述的荧光薄膜屏,其特征在於,所述荧光增强层的材质选自 $\text{Au}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{Pt}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Cr}$ 及其合金中的至少一种,其膜层厚度为 $5\text{nm}\sim 50\text{nm}$ 。

8. 如权利要求1所述的荧光薄膜屏,其特征在於,所述导电膜层的材质选自 $\text{Al}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Zn}$ 金属及其合金中的至少一种,其膜层厚度为 $20\text{nm}\sim 200\text{nm}$ 。

9. 一种权利要求1-8任一项所述的荧光薄膜屏的制备方法,其特征在於,包括以下步骤:

在透明基底上至少通过物理气相沉积法、化学气相沉积法或湿化学沉积法沉积第一荧光薄膜层;

在所述第一荧光薄膜层上至少通过溅射法、热蒸发法沉积荧光增强层;

在荧光增强层上至少通过物理气相沉积法、化学气相沉积法或湿化学沉积法沉积第二荧光薄膜层;

在所述第二荧光薄膜层上至少通过溅射法、热蒸发法沉积导电膜层。

10. 如权利要求9所述的荧光薄膜屏,其特征在於,所述制备方法还包括以下步骤中的至少一个:

在所述第一荧光薄膜层与荧光增强层之间设置第一隔离层的步骤;

在所述荧光增强层与第二荧光薄膜层之间设置第二隔离层的步骤;以及

在所述第二荧光薄膜层与导电膜层之间设置第三隔离层的步骤。

11. 一种微通道板像增强器,其特征在於,所述微通道板像增强器包括权利要求1-8任一项所述的荧光薄膜屏。

## 一种荧光薄膜屏、其制备方法及其在微通道板像增强器中的应用

### 技术领域

[0001] 本发明属于微通道板像增强器显示技术领域,特别是涉及一种荧光薄膜屏、其制备方法及其在微通道板像增强器中的应用。

### 背景技术

[0002] MCP(微通道板)像增强器是微弱信号探测中优先选用的重要成像器件,广泛应用于微光夜视、紫外预警、粒子探测等领域。荧光屏作为MCP像增强器的关键部件,承担着把MCP倍增电子信号转换成光信号,并输出光信号以供观察和记录。由此可见,荧光屏的质量直接影响着MCP像增强器的性能质量和使用寿命。

[0003] 目前,MCP像增强器用荧光屏是以荧光粉作为荧光材料,即在粘合剂的辅助下,将CRT用荧光粉颗粒均匀涂覆在透明基底1'上得到荧光粉末层8',再在荧光粉末层8'上涂覆光滑平整的有机膜,然后以有机膜为基础镀制铝膜层得到导电膜层6',再经过高温烘烤去除有机膜,最终形成铝封式荧光粉屏,其受到高速电子束流7'的激发能够发出可见光,所述铝封式荧光粉屏的结构如图1所示。

[0004] 然而,由于传统的荧光粉屏制作工艺复杂、且存在自身缺陷,非常不利于高性能MCP像增强器的使用,主要体现在以下几个方面:第一,荧光粉颗粒须依靠粘合剂来实现与基底的结合,但结合力较差、且增大了颗粒间隙,导致荧光层分辨率较差、放气率大、导热性差,不利于MCP像增强器性能的提高。第二,由于有机膜材料的化学性质不稳定、操作有危险性,且涂覆要求很严格,表面必须光滑平整、不能有针孔;导致其制作过程周期长、操作复杂、成品率低,不利于降低生产成本、提高生产效率。第三,荧光粉颗粒粒径大,一般小粒径也在2~3 $\mu\text{m}$ (微米),导致荧光粉层表面粗糙度大,影响MCP像增强器的近贴质量,不利于提高MCP像增强器的产品性能和使用寿命。

[0005] 随着薄膜制备技术的日益完善和快速发展,各种材料的薄膜化已成为了材料应用的发展趋势,越来越多的传统材料被制备各种功能薄膜,诸如导电薄膜、绝缘薄膜、半导体薄膜、压电薄膜、光电薄膜、钝化保护薄膜等等,在器件微型化、集成化等方面表现出独特的优势,已广泛应用在科研生产和日常生活的各个方面。

[0006] 同时,由于荧光薄膜通常为多晶甚至非晶,内部存在着较多的结构缺陷,降低了其发光效率;又因为荧光薄膜的折射系数较高,除了与界面法线夹角较小的部分发光可以出射外,其它大部分荧光都在界面上发生全反射而消耗在薄膜内部;这两大因素导致荧光薄膜发光亮度较差。

### 发明内容

[0007] 有鉴于此,本发明的主要目的在于,提供一种荧光薄膜屏、其制备方法及其在微通道板像增强器中的应用,以提高MCP像增强器用荧光屏的生产效率及产品性能。

[0008] 为了达成上述的目的,本发明提供了一种荧光薄膜屏,包括透明基底以及依次沉

积在该透明基底上的第一荧光薄膜层、荧光增强层、第二荧光薄膜层及导电膜层。

[0009] 优选的,前述的荧光薄膜屏,其中还包括第一隔离层、第二隔离层和第三隔离层的至少一种;所述第一隔离层设置于所述第一荧光薄膜层与荧光增强层之间;所述第二隔离层设置于所述荧光增强层与第二荧光薄膜层之间;所述第三隔离层设置于所述第二荧光薄膜层与导电膜层之间。

[0010] 优选的,前述的荧光薄膜屏,其中所述第一隔离层、第二隔离层及第三隔离层的材质选自SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、HfO<sub>2</sub>、MgO、ZrO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>或Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,其膜层厚度为5nm~40nm。

[0011] 优选的,前述的荧光薄膜屏,其中所述透明基底的材质选自玻璃、石英、光纤面板或有机玻璃。

[0012] 优选的,前述的荧光薄膜屏,其中所述第一荧光薄膜层、第二荧光薄膜层为无机荧光材料,其荧光发光波长处于380nm~760nm的可见光范围,其膜层厚度为50nm~2000nm。

[0013] 优选的,前述的荧光薄膜屏,其中所述无机荧光材料选自CRT用荧光材料;更优选地,所述CRT用荧光材料选自硫化物、氧化物、硫酸盐或硅酸盐。

[0014] 优选的,前述的荧光薄膜屏,其中所述荧光增强层的材质选自Au、Ag、Cu、Al、Pt、Zn、Cr及其合金中的至少一种,其膜层厚度为5nm~50nm,膜层形貌一般若是呈现岛状、团簇状、栅格状等类点阵列形态分布,则增强效果更佳;其中Au和Ag最为常用。

[0015] 优选的,前述的荧光薄膜屏,其中所述导电膜层的材质选自Al、Ag、Cr、Ni、Au、Cu、Zn金属及其合金中的至少一种,其膜层厚度为20nm~200nm。

[0016] 为了达成上述的目的,本发明还提供了一种荧光薄膜屏的制备方法,包括以下步骤:

[0017] 在透明基底上至少通过物理气相沉积法、化学气相沉积法或湿化学沉积法沉积第一荧光薄膜层;

[0018] 在所述第一荧光薄膜层上至少通过溅射法、热蒸发法沉积荧光增强层;

[0019] 在荧光增强层上至少通过物理气相沉积法、化学气相沉积法或湿化学沉积法沉积第二荧光薄膜层;

[0020] 在所述第二荧光薄膜层上至少通过溅射法、热蒸发法沉积导电膜层。

[0021] 优选的,前述的荧光薄膜屏的制备方法,其中所述制备方法还包括

[0022] 在所述第一荧光薄膜层与荧光增强层之间设置第一隔离层的步骤。

[0023] 优选的,前述的荧光薄膜屏的制备方法,其中所述制备方法还包括

[0024] 在所述荧光增强层与第二荧光薄膜层之间设置第二隔离层的步骤。

[0025] 优选的,前述的荧光薄膜屏的制备方法,其中所述制备方法还包括

[0026] 在所述第二荧光薄膜层与导电膜层之间设置第三隔离层的步骤。

[0027] 为了达成上述的目的,本发明还提供了一种微通道板像增强器,所述微通道板像增强器包括上述的荧光薄膜屏。

[0028] 本发明所提供的荧光薄膜屏,其中荧光薄膜层是该荧光屏的发光功能层,决定着荧光屏的发光光谱、荧光寿命等性能;荧光增强层是具有增强荧光层发光的功能层,能够显著提高荧光屏的发光强度;隔离膜层是处于荧光层与荧光增强层之间的透明绝缘层;导电层是能够把荧光屏的负电荷顺利传导出去的膜层,同时还兼具反射荧光、保护荧光层的作用。

[0029] 借由上述技术方案,本发明至少具有下列优点:

[0030] 本发明利用金属表面等离子体效应与荧光薄膜层的相互作用,即引入荧光增强层,以提高荧光薄膜的发光亮度。同时,为了更好地发挥荧光增强层的增强效果,本发明还在荧光薄膜层与荧光增强层之间引入了隔离层。本发明通过荧光材料薄膜化、以及荧光增强层和隔离层引入,最终实现MCP像增强器用高性能荧光薄膜屏。

[0031] 本发明将荧光材料以薄膜的形式镀制成荧光层(即荧光薄膜层),通过与荧光增强层相互作用来提高荧光薄膜屏的发光强度,具有以下优势:

[0032] 第一,由于荧光薄膜的致密度高、厚度均匀、表面平滑等特点,所镀制的荧光层放气率低、导热性好、发光亮度均匀,有利于MCP像增强器的MCP近贴,分辨率高。

[0033] 第二,由于荧光薄膜与基底的结合力强,所镀制的荧光层不需要粘结剂就可以牢固地附着基底,极大降低了荧光层脱落的风险,也避免了粘结剂对荧光层的不利影响,从而提高了荧光屏的发光亮度均匀性和分辨率,保证了荧光屏的使用性能和质量。

[0034] 第三,由于荧光薄膜的致密度高、表面平滑的特点,可在其表面上直接镀制其他薄膜,省去了传统荧光粉屏制作中的有机膜涂覆工序,消除了传统荧光粉屏的针孔、透铝等产品缺陷,也缩短了制作周期、提高了产品合格率,降低了生产成本。

## 附图说明

[0035] 图1为传统的荧光粉屏结构示意图;

[0036] 图2为本发明的荧光薄膜屏的结构示意图;

[0037] 其中:

[0038] 透明基底-1', 荧光粉末层-8', 导电膜层-6', 电子束流-7' ;

[0039] 透明基底-1, 第一荧光薄膜层-2, 第一隔离层-31, 第二隔离层-32, 第三隔离层-33, 荧光增强层-4, 第二荧光薄膜层-5, 金属膜层-6, 电子束流-7。

## 具体实施方式

[0040] 为更进一步阐述本发明为达成预定发明目的所采取的技术手段及功效,以下结合附图及较佳实施例,对依据本发明提出的荧光薄膜屏、其制备方法及其在MCP像增强器中的应用,其具体实施方式、结构、特征及其功效,详细说明如后。在下述说明中,不同的“一实施例”或“实施例”指的不一定是同一实施例。此外,一或多个实施例中的特定特征、结构、或特点可由任何合适形式组合。

[0041] 如图2所示,本发明提供了一种荧光薄膜屏,包括透明基底1以及依次沉积在该透明基底1上的第一荧光薄膜层2、荧光增强层4、第二荧光薄膜层5及导电膜层6;还可以包括第一隔离层31、第二隔离层32和第三隔离层33中的至少一种:第一隔离层31设置于所述第一荧光薄膜层2与荧光增强层4之间;第二隔离层32设置于所述荧光增强层4与第二荧光薄膜层5之间;第三隔离层33设置于所述第二荧光薄膜层5与导电膜层6之间。

[0042] 具体实施时,所述透明基底1的材质选自玻璃、石英、光纤面板、或其他符合使用要求的透明材料,其作为荧光屏的光信号输出窗口,具有透明、绝缘、耐高温、耐腐蚀、耐刻蚀等特点。

[0043] 具体实施时,所述第一荧光薄膜层2、第二荧光薄膜层5可以为无机荧光材料或有

机荧光材料,其荧光发光波长一般处于380nm~760nm的可见光范围,其膜层厚度一般为50nm~2000nm;所述无机荧光材料选自CRT用荧光材料,其具体可以为硫化物、氧化物、硫氧化物或硅酸盐等;其是荧光屏的发光功能层,受到高速电子束流7的激发能够发出可见光,该层直接决定着荧光屏的发光光谱、荧光寿命等基本性能,具有薄膜式、耐高温、抗电子轰击、表面平滑等特点。荧光薄膜层5与荧光薄膜层2可以是不相同的,如果两者不同,则是指在包括其材料组分、制备方法、膜层厚度等方面中至少有一个方面是不相同的。与荧光薄膜层2相比,一般地,荧光薄膜层5若选用抗电子轰击能力更佳的材料,则荧光薄膜屏的使用寿命更优。

[0044] 具体实施时,所述荧光增强层4的材质可以选自Au、Ag、Cu、Al、Pt、Zn、Cr及其合金中的至少一种,其膜层厚度处于5nm~50nm范围内,膜层形貌一般若是呈现岛状、团簇状、栅格状等类点阵形态分布,则荧光增强效果更优;其是与荧光薄膜层间隔一定距离(即隔离层的厚度5nm~40nm)的发光辅助层,能够显著提高荧光屏的发光强度,该增强层是通过金属表面等离子体效应与荧光层的相互作用以实现增强荧光的效果。

[0045] 具体实施时,所述导电膜层6的材质选自Al、Ag、Cr、Ni、Au、Cu、Zn金属及其合金,其膜层厚度为20nm~200nm;其位于荧光薄膜屏的最外表面的膜层,具有导电、反射荧光、保护内部膜层等作用,具有光滑、平整、导电性好、反射率高等特点。

[0046] 具体实施时,所述第一隔离层31、第二隔离层32及第三隔离层33的材质选自SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、HfO<sub>2</sub>、MgO、ZrO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>或Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,其膜层厚度为5nm~40nm。所述第一隔离层31位于第一荧光薄膜层2与荧光增强层3之间或第一荧光薄膜层5与导电膜层6之间,起到隔离两者的作用,使得两者之间距控制在合适的范围内,以辅助荧光增强层3(或导电膜层6)实现增强荧光的效果,具有透明、绝缘、耐高温等特点。

[0047] 所述荧光薄膜屏在具体使用时,需要使用电子束流7轰击;电子束流7是指在一定加速电压下工作的大密度电子束流,作用是通过电子束流轰击荧光层,实现电子信号向光信号的转换。其来源一般有微通道板或打拿极倍增的电子、热阴极发射的电子、或者冷阴极发射的电子等。

[0048] 本发明还提供了一种荧光薄膜屏的制备方法,包括以下步骤:

[0049] 在透明基底1上至少通过物理气相沉积法、化学气相沉积法或湿化学沉积法沉积第一荧光薄膜层2;

[0050] 在所述第一荧光薄膜层2上至少通过溅射法、热蒸发法沉积荧光增强层4;

[0051] 在荧光增强层4上至少通过物理气相沉积法、化学气相沉积法或湿化学沉积法沉积第二荧光薄膜层5;

[0052] 在所述第二荧光薄膜层5上至少通过溅射法、热蒸发法沉积导电膜层6。

[0053] 具体实施时,所述制备方法还包括:

[0054] 在所述第一荧光薄膜层2与荧光增强层4之间设置第一隔离层31的步骤。

[0055] 具体实施时,所述制备方法还包括:

[0056] 在所述荧光增强层4与第二荧光薄膜层5之间设置第二隔离层32的步骤。

[0057] 需要说明的是,三个隔离层不是必须要求同时存在的,但如果同时存在时,则荧光增强效果更佳。

[0058] 具体实施时,所述制备方法还包括:

[0059] 在所述第二荧光薄膜层5与导电膜层6之间设置第三隔离层33的步骤。

[0060] 具体实施时,所述荧光薄膜屏的制备方法具体包括以下步骤:

[0061] 1) 选择基底:选择表面光滑平整的透明基底,清洗干净,以达到表面洁净无油污、无灰尘杂质附着等。以玻璃基底为例,其清洗过程可按照丙酮、无水乙醇、去离子水的顺序超声清洗,或重复超声清洗(一般清洗2次;如果用显微镜发现基底表面脏污,还需要继续重复清洗,最终得到表面洁净无污染的基底),最终得到表面洁净无污染的基底。

[0062] 2) 制备荧光薄膜:选择所需的电子束流激发发光的荧光原材料,其荧光发光波长一般处于380nm~760nm的可见光范围,以合适的薄膜制备技术和工艺镀制在基底上。以真空镀制传统CRT荧光材料(阴极射线管显示屏用荧光材料)为例,其荧光薄膜制备过程可以是当设备达到合适的真空度(优于 $1 \times 10^{-3}$ Pa)时,通入工作气体或反应气体,在加热(一般为100~300℃)基底上沉积所需要的荧光薄膜材料,膜层厚度一般处于50nm~2000nm的范围。上述荧光薄膜层可以是单层或者多层荧光材料、也可以是一种或者多种荧光材料组分。

[0063] 3) 制备隔离层:该制作工序不是必须要求的,但如果存在隔离层,则可以提高荧光增强效果(一般而言,合适的隔离层可以提高荧光增强效果10%至200%不等)选择所需的隔离层材料,常用的有SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、MgO、HfO<sub>2</sub>等,以合适的薄膜制备技术和工艺镀制在荧光薄膜层上。以真空镀制SiO<sub>2</sub>材料为例,其制备过程可以是当设备达到合适的真空度(优于 $5 \times 10^{-3}$ Pa)时,通入工作气体或反应气体,在加热(一般为100~300℃)荧光薄膜上沉积所需要的SiO<sub>2</sub>薄膜,膜层厚度一般处于5nm~40nm的范围内。

[0064] 4) 制备荧光增强层:选择所需的荧光增强材料,常用的有Au、Ag、Cu、Al、Pt、Zn、Cr等金属,以合适的薄膜制备技术和工艺镀制在隔离膜层上。以真空溅射Au材料为例,其制备过程可以是当设备达到合适的真空度(优于 $1 \times 10^{-3}$ Pa)时,通入工作气体(一般为氩气、也可以是其他惰性气体),在不加热的隔离膜层上沉积所需要的Au薄膜,膜层厚度一般处于5nm~50nm的范围内,膜层形貌一般若呈现岛状、颗粒状、或栅格状分布,则荧光增强效果更优(岛状或颗粒状或栅格状的每个点位尺寸都在纳米量级,例如,可认为Au薄膜是由零维Au点阵构成的,当物质由三维体材料逐渐向更低维的材料过渡时,其电子的能态密度逐渐减小,并最终由准连续的能级变为一个个分立的能级(量子点时)。除此之外,零维材料由于小的尺寸与大的比表面积等特点,使其拥有很多独特而新颖的物理特性)。

[0065] 5) 制备隔离层:同上述步骤3)所述。

[0066] 6) 制备其他膜层:如果产品还需要镀制其他荧光薄膜层,则在上述步骤5)隔离层的基础上重复上述步骤2)、3)的过程即可,或者重复步骤2)、3)、4)、5)的过程。

[0067] 7) 制备导电膜层:位于荧光屏各功能膜层的最外表面,选择所需的导电材料,常用的有Al、Ag、Cr、Ni等金属及其合金,最常用的是Al,这是Al价格低、导电性好、反光率高、透电子效果好,因此最常用Al,膜层厚度一般处于20nm~200nm范围内,目的是提供一个光滑平整、导电良好、荧光反射率高、可保护内部膜层等作用的导电保护层。

[0068] 8) 退火处理:该制作工序不是必须要求的,但如果各功能层经过适当退火处理,则可以提高荧光薄膜屏的性能质量。然而,当荧光材料退火处理不恰当时,会因为氧化、分解等引起材料组分变化,严重时会导致发光亮度猝灭、发光颜色改变等现象。因此,一般要选择合适的温度、在一定的保护气氛里退火处理。

[0069] 以下结合具体实施例对本发明进行进一步说明。

[0070] 实施例1

[0071] 本实施例提供了一种荧光薄膜屏的制备方法,包括以下步骤:

[0072] 1) 以玻璃为透明基底1,用丙酮、无水乙醇和去离子水,依次各超声5分钟,以清洗玻璃基底,然后将其放入洁净的烘干箱内50℃烘10分钟,最终得到表面洁净无污染的玻璃基底。

[0073] 2) 以硫化物荧光材料ZnS:Cu,Al(铜铝掺杂的硫化锌,其中Cu/Al=10mol%~100mol%,Cu/Zn=0.001mol%~5mol%)为原料制备第一荧光薄膜层2:使用PLD激光沉积法制备ZnS:Cu,Al荧光薄膜,其中腔室真空度优于 $1 \times 10^{-3}$ Pa,基底温度为200~300℃,激光能量为 $10 \sim 20 \text{ J/cm}^2$ ,基底与膜材间距为3~8cm,沉积时间为5~30分钟,得到厚度为50nm~2000nm的第一荧光薄膜层2。

[0074] 3) 以SiO<sub>2</sub>为原料制备第一隔离层31:使用电子束蒸镀法制备SiO<sub>2</sub>膜层,其中腔室真空度优于 $1 \times 10^{-3}$ Pa,基底温度为200~300℃,电子束高压为5~10kV,束流为50~300mA,基底与膜材间距为10~50cm,沉积时间为1~10分钟,得到厚度为5nm~40nm的第一隔离层31。

[0075] 4) 以Au为原料制备荧光增强层4:使用离子溅射蒸镀Au膜层,其中腔室真空度为 $7 \times 10^{-1}$ Pa,溅射电流为5~100mA,基底与膜材间距为2~8cm,沉积时间为0.5~5分钟,得到厚度为5nm~50nm的荧光增强膜层4。

[0076] 5) 重复2)、3)步骤,得到ZnS:Cu,Al/SiO<sub>2</sub>/Au/SiO<sub>2</sub>/ZnS:Cu,Al的“三明治”多层薄膜结构,分别得到厚度为50nm~2000nm的第二荧光薄膜层5、厚度为5nm~40nm的第二隔离层32。

[0077] 6) 重复3)步骤,得到厚度为5nm~40nm的第三隔离层33。

[0078] 7) 以Al为原料制备导电膜层6:使用电子束蒸镀法制备Al膜层,其中腔室真空度优于 $1 \times 10^{-3}$ Pa,基底不加热,电子束高压为5~10kV,束流为300~500mA,基底与膜材间距为10~50cm,沉积时间为1~10分钟,得到厚度为20nm~200nm的导电膜层6;

[0079] 经过以上步骤,得到Au膜增强的ZnS:Cu,Al/Au/ZnS:Cu,Al荧光薄膜屏(其中Cu/Al=10mol%~100mol%,Cu/Zn=0.001mol%~5mol%)。

[0080] 将实施例1制备的荧光层厚度为200nm~2000nm的ZnS:Cu,Al/Au/ZnS:Cu,Al(其中Cu/Al=10mol%~100mol%,Cu/Zn=0.001mol%~5mol%)荧光薄膜屏与对比例1的荧光层厚度为4μm~6μm(微米)(荧光粉粒径为2~3微米)ZnS:Cu,Al荧光粉屏在同等条件下进行性能测试,测试结果如表1所示。

[0081] 荧光层与基底结合力测试:室温下按照ASTMD 3359-09标准试验方法中胶带法测量膜层与基底的附着力,并给出结合力等级。

[0082] 荧光层的放气速率测试:室温条件下,真空腔室放气速率小于 $1.5 \times 10^{-8}$ (Pa·m<sup>3</sup>/s),测试起始真空度优于 $1 \times 10^{-4}$ (Pa),测试时间间隔1小时。

[0083] 荧光层热导率测试:室温条件下采用3ω法,测试真空度 $1.33 \times 10^{-2}$ (Pa),ω交流频率200~1200Hz。

[0084] 荧光屏亮度均匀性测试:室温条件下,真空度优于 $5 \times 10^{-4}$ (Pa),灯丝电流0~10A可调,入射电子能量2~4keV可调。

[0085] 荧光层表面粗糙度测试:室温下采用AFM测试膜层表面,探针力度 $10^{-8} \sim 10^{-6}$ (N),

测量范围 $2*2*1\mu\text{m}$ 。

[0086] 荧光屏分辨率测试:室温条件下,采用的光源功率为25W,光源色温为2860K,标准分辨率靶USAF1951,图像亮度大于 $1\text{cd}/\text{m}^2$ ,视角大于 $10^\circ$ 。

[0087] 表1

项目	结合力 (ASTM)	放气速率 ( $\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ )	热导率 ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )	亮度均匀性 (Min/Max)	表面粗糙度 Rz(nm)	分辨率 (lp/mm)
[0088] ZnS:Cu, Al/ Au/ ZnS:Cu, Al 荧光薄膜屏	5B	(8.1~9) $\times 10^{-8}$	3~15	>91%	20~60	>230
ZnS:Cu, Al 荧 光粉屏	1B	(8.6~9.6) $\times 10^{-7}$	0.3~1	85%~93%	100~200	110~200

[0089] 实施例2

[0090] 本实施例提供了一种荧光薄膜屏的制备方法,包括以下步骤:

[0091] 1) 以光纤面板为透明基底1,用丙酮、无水乙醇和去离子水,依次各超声10分钟,以清洗玻璃基底,然后将其放入洁净的烘干箱内 $90^\circ\text{C}$ 烘5分钟,最终得到表面洁净无污染的光纤面板基底。

[0092] 2) 以氧化物荧光材料ZnO为原料制备第一荧光薄膜层2:使用湿化学反应的原子层沉积法制备ZnO荧光薄膜,其中腔室真空度优于 $2\times 10^2\text{Pa}$ (此设备真空度要求不高),基底温度为 $150\sim 250^\circ\text{C}$ ,以氮气为工作载气,以二乙基锌和水为反应源,其通入比例按照时间计算为二乙基锌1.5s(秒)、水1.5s(秒)与氮气10s(秒)依次通入腔室作为一个循环,沉积时间为400个至3500个循环,得到厚度为 $50\text{nm}\sim 500\text{nm}$ 的第一荧光薄膜层2。

[0093] 3) 以 $\text{HfO}_2$ 为原料制备第一隔离层31:使用磁控溅射沉积法制备 $\text{HfO}_2$ 膜层,其中腔室真空度优于 $3\times 10^{-3}\text{Pa}$ ,基底温度为 $200\sim 300^\circ\text{C}$ ,基底与膜材的间距为 $3\sim 8\text{cm}$ ,工作气体为Ar气,工作功率为 $80\sim 200\text{W}$ ,沉积时间为 $1\sim 10$ 分钟,得到厚度为 $5\text{nm}\sim 40\text{nm}$ 的第一隔离膜层31。

[0094] 4) 以Al为原料制备荧光增强层4:使用热蒸发法制备Al膜层,其中腔室真空度优于 $1\times 10^{-3}\text{Pa}$ ,基底不加热,基底与膜材间距为 $10\sim 50\text{cm}$ ,用钨舟通电加热熔化Al,工作电流为 $0.5\sim 10\text{A}$ ,沉积时间为 $0.5\sim 5$ 分钟,得到厚度为 $5\text{nm}\sim 50\text{nm}$ 的荧光增强层4。

[0095] 5) 重复3) 步骤参数,得到厚度为 $5\text{nm}\sim 40\text{nm}$ 的第二隔离膜层32。

[0096] 6) 以氧化物荧光材料ZnO:Al(其中 $\text{Al}/\text{Zn}=0.5\text{mol}\%\sim 10\text{mol}\%$ )为原料制备第二荧光薄膜层5:使用磁控溅射沉积法制备ZnO:Al荧光薄膜,其中腔室真空度优于 $3\times 10^{-3}\text{Pa}$ ,基底温度为 $200\sim 300^\circ\text{C}$ ,基底与膜材的间距为 $3\sim 8\text{cm}$ ,工作气体为氩气,工作功率为 $80\sim 200\text{W}$ ,沉积时间为 $5\sim 30$ 分钟,得到厚度为 $50\text{nm}\sim 500\text{nm}$ 的第二荧光薄膜层5。

[0097] 7) 在惰性气氛中, $400\sim 700^\circ\text{C}$ 退火 $0.5\sim 1$ 小时,得到ZnO/ $\text{HfO}_2$ /Al/ $\text{HfO}_2$ /ZnO:Al的多层薄膜结构。

[0098] 8) 重复3) 步骤,得到厚度为 $5\text{nm}\sim 40\text{nm}$ 的第三隔离膜层33。

[0099] 9) 以Ag为原料制备导电膜层6:使用热蒸发法制备Ag膜层,其中腔室真空度优于1

$\times 10^{-3}$ Pa, 基底不加热, 基底与膜材的间距为10~50cm, 用钨舟通电加热熔化Ag, 工作电流为0.5~10A, 沉积时间为0.5~5分钟, 得到厚度为20nm~200nm的导电膜层6。

[0100] 经过以上步骤, 得到Al膜增强的荧光层的ZnO/Al/ZnO:Al荧光薄膜屏1 (其中Al/Zn=0.5mol%~10mol%)。

[0101] 将实施例2制备的荧光层厚度为150nm~1200nm的ZnO/Al/ZnO:Al (其中Al/Zn=0.5mol%~10mol%)。荧光薄膜屏与对比例2的荧光层厚度为4 $\mu$ m~7 $\mu$ m (荧光粉粒径为2~5微米) ZnO/ZnO:Al荧光粉屏在同等条件下进行性能测试 (测试条件同实施例1), 测试结果如表2所示。

[0102] 表2

项目	结合力 (ASTM)	放气速率 (Pa·m <sup>3</sup> /s)	热导率 (W/m.K)	亮度均匀性 (Min/Max)	表面粗糙度 Rz(nm)	分辨率 (lp/mm)
[0103] ZnO/Al/ZnO:Al 1 荧光薄膜屏	5B	(4.8~5.7) $\times 10^{-8}$	5~15	>92%	15~50	>300
ZnO/ZnO:Al 荧 光粉屏	1B	(8~9) $\times 10^{-7}$	0.5~1	83%~94%	100~300	100~180

[0104] 实施例3:

[0105] 本实施例提供了一种荧光薄膜屏的制备方法, 包括以下步骤:

[0106] 1) 以石英为透明基底1, 用丙酮、无水乙醇和去离子水, 依次各超声10分钟, 以清洗玻璃基底, 然后将其放入洁净的烘干箱内60℃烘10分钟, 最终得到表面洁净无污染的石英基底。

[0107] 2) 以硫氧化物Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb (其中Tb/Gd=0.1mol%~7mol%) 为原料制备第一荧光薄膜层2: 使用磁控溅射沉积法制备Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb荧光薄膜, 其中腔室真空度优于 $3 \times 10^{-3}$ Pa, 基底温度为200~300℃, 基底与膜材的间距为3~8cm, 工作气体为氩气, 工作功率为80~200W, 沉积时间为5~30分钟, 得到厚度为50nm~2000nm的第一荧光薄膜层2, 然后放入H<sub>2</sub>S气氛炉内600~800℃退火0.5~2小时。

[0108] 3) 以Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>为原料制备第一隔离层31: 使用磁控溅射沉积法制备Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>膜层, 其中腔室真空度优于 $3 \times 10^{-3}$ Pa, 基底温度为200~300℃, 基底与膜材的间距为3~8cm, 工作气体为Ar气, 工作功率为100~200W, 沉积时间为1~10分钟, 得到厚度为5nm~40nm的第一隔离膜层31。

[0109] 4) 以Cr为原料制备荧光增强层4: 使用电子束蒸镀法制备Cr膜层, 其中腔室真空度优于 $1 \times 10^{-3}$ Pa, 基底不加热, 电子束高压为5~10kV, 束流为250~350mA, 基底与膜材的间距为10~50cm, 沉积时间为0.5~5分钟, 得到厚度为5nm~50nm的荧光增强层4。

[0110] 5) 重复3) 步骤, 得到厚度为5nm~40nm的第二隔离层32。

[0111] 6) 以铝酸盐Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce (其中Ce/Y=0.02mol%~4mol%) 为原料制备第二荧光膜层5: 使用电子束蒸镀法制备Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce膜层, 其中腔室真空度优于 $1 \times 10^{-3}$ Pa, 基底温度为200~300℃, 电子束高压为5~10kV, 束流为100~200mA, 基底与膜材的间距为10~50cm, 沉积时间为0.5~5分钟, 得到厚度为50nm~2000nm的第二荧光薄膜层5。

[0112] 7) 重复3) 步骤,得到厚度为5nm~40nm的第三隔离层33。

[0113] 8) 以NiCr合金为原料制备导电膜层6:使用电子束蒸镀法制备NiCr合金膜层,其中腔室真空度优于 $1 \times 10^{-3}$ Pa,基底不加热,基底与膜材的间距为10~50cm,电子束高压为5~10kV,束流为250~350mA,沉积时间为1~10分钟,得到厚度为20nm~200nm的导电膜层6。

[0114] 经过以上步骤,得到Cr膜增强的双层荧光层的Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb/Cr/Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce荧光薄膜屏。

[0115] 将实施例3制备的荧光层厚度为200nm~2000nm的Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb/Cr/Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce荧光薄膜屏与对比例3的荧光层厚度为4 $\mu$ m~6 $\mu$ m(荧光粉粒径2~5微米)的Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb/Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce荧光粉屏在同等条件下进行性能测试(测试条件同实施例1),测试结果如表3所示。

[0116] 表3

项目	结合力 (ASTM)	放气速率 (Pa·m <sup>3</sup> /s)	热导率 (W/m.K)	亮度均匀性 (Min/Max)	表面粗糙度 Rz(nm)	分辨率 (lp/mm)
[0117] Gd <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S:Tb/Cr /Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce 荧光薄膜屏	5B	(7.2~8.1) $\times 10^{-8}$	0.5~5	>92%	20~60	>230
Gd <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S:Tb/Y <sub>3</sub> Al <sub>5</sub> O <sub>12</sub> :Ce 荧 光粉屏	1B	(7.8~8.7) $\times 10^{-7}$	0.2~0.5	80%~91%	100~200	110

[0118] 从表1-表3的数据可以看出,本发明实施例1-3所制备的荧光薄膜屏的各项性能明显要优于对比例1-3相应的荧光粉屏,这是由于实施例1-3所制备的荧光薄膜屏的各层之间以及与基底之间均是物理结合和化学键合相结合,膜层堆积致密度高,故使得其基底-荧光层-导电层结合力较大,放气速率低,有利于热量向外传导散热;同时荧光薄膜屏的膜层颗粒均匀、厚度均匀、表面平滑,故其亮度均匀性好,表面粗糙度小,且分辨率高,有利于MCP像增强器的MCP近贴,能有效提高MCP像增强器的产品性能和使用寿命。

[0119] 本发明通过采用荧光薄膜作为荧光层,同时引入了荧光增强层和隔离层,实现新型的高性能MCP像增强器用荧光屏;制作方法是通过真空沉积或湿化学沉积技术得到荧光薄膜层、隔离层、荧光增强层、导电膜层等各光电功能层。

[0120] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例而已,并非对本发明作任何形式上的限制,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰,均仍属于本发明技术方案的范围。

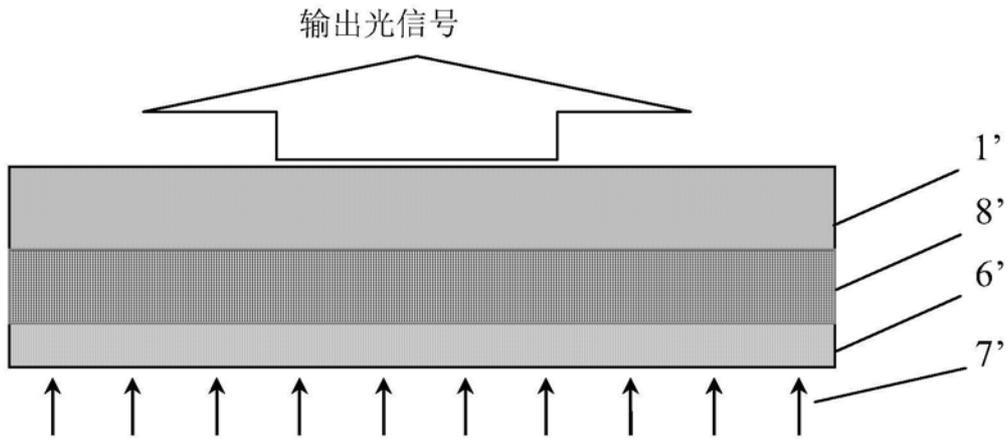


图1

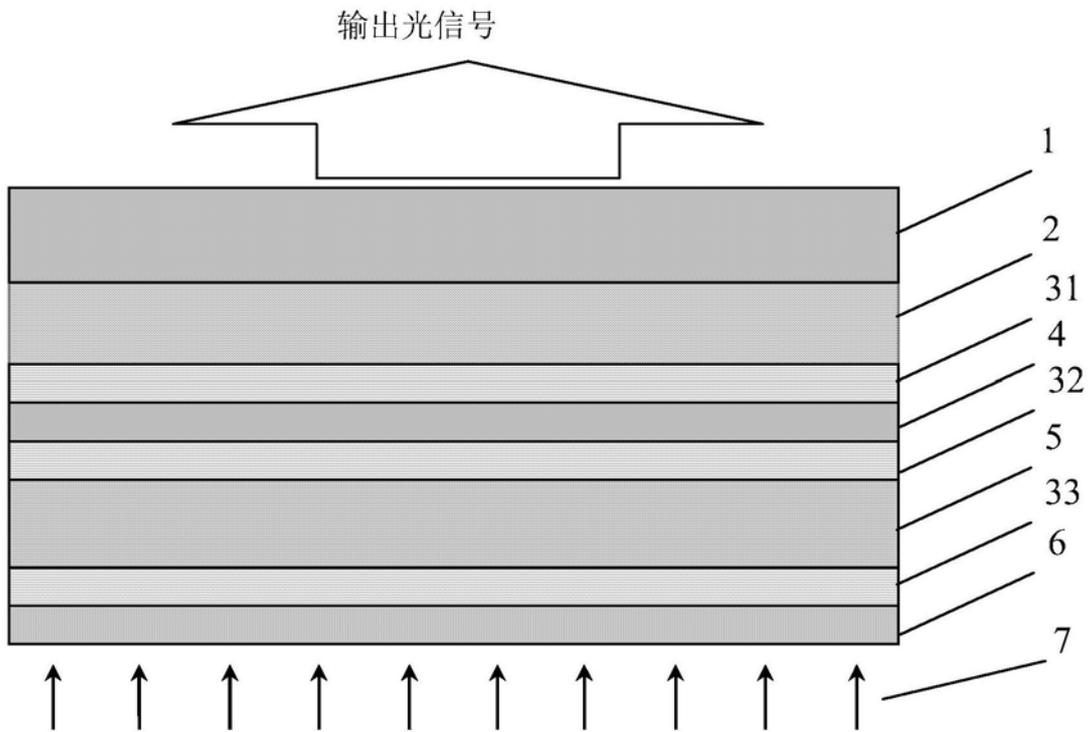


图2