



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103069535 A

(43) 申请公布日 2013. 04. 24

(21) 申请号 201180039931. 7

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011. 06. 17

H01J 29/89(2006. 01)

(30) 优先权数据

H01J 31/50(2006. 01)

1054859 2010. 06. 18 FR

H01J 1/62(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 02. 18

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2011/060075 2011. 06. 17

(87) PCT申请的公布数据

W02011/157809 FR 2011. 12. 22

(71) 申请人 福通尼斯法国公司

地址 法国布里夫

(72) 发明人 格特·纽特泽尔 帕斯卡尔·拉武特

克里斯托弗·丰泰内

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限

责任公司 11240

代理人 余刚 吴孟秋

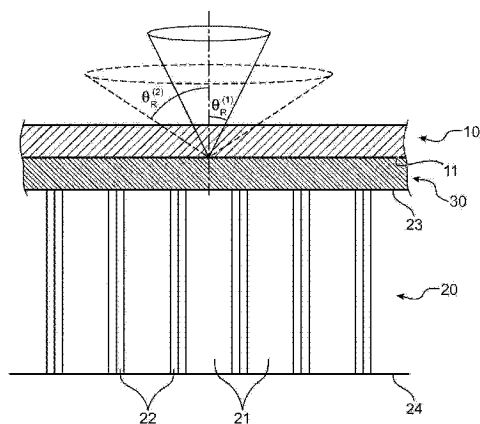
权利要求书2页 说明书10页 附图7页

(54) 发明名称

包括角度滤波器的光纤荧光屏

(57) 摘要

本发明涉及一种光纤荧光屏,其包括薄膜荧光层(10)以及光纤面板(20),允许减少光纤的包层(22)中的干涉光。为了这个目的,所述荧光屏包括具有至少一个层(31;32)的角度滤波器(30),所述角度滤波器(30)设置在所述薄膜荧光层(10)和所述光纤面板(20)之间。



1. 一种光纤荧光屏,包括薄膜荧光层(10)以及光纤面板(20),光纤被组装成束并沿所述面板(20)的厚度取向,每个光纤包括由光学指数为 n_c 的包层(22)包围的光学指数为 n_c 的芯部(21),所述薄膜荧光层(10)设置在所述面板(20)的表面(23)上,

其特征在于,所述荧光屏包括具有至少一个层(31;32)的角度滤波器(30),所述角度滤波器(30)设置在所述薄膜荧光层(10)和所述面板(20)的所述表面(23)之间,使得由所述薄膜荧光层(10)发出并穿过所述角度滤波器(30)的光线以小于或等于 $\pi/2 - \arcsin(n_c n_G)$ 的折射角透入邻接光纤的芯部(21)。

2. 根据权利要求1所述的光纤荧光屏,其特征在于,所述角度滤波器(30)一方面与所述薄膜荧光层(10)直接接触,另一方面与所述光纤面板(20)的所述表面(23)直接接触。

3. 根据权利要求1或2所述的光纤荧光屏,其特征在于,所述角度滤波器(30)是包括薄膜(31)叠层的干涉滤波器,所述薄膜叠层的光学指数及厚度被匹配为使光线以小于或等于 $\pi/2 - \arcsin(n_c n_G)$ 的折射角在所述邻接光纤的芯部(21)中传输。

4. 根据权利要求3所述的光纤荧光屏,其特征在于,所述多个薄膜包括由第一材料制成的第一组(31A)薄膜以及由光学指数小于所述第一材料的光学指数的第二材料制成的第二组(31B)薄膜。

5. 根据权利要求4所述的光纤荧光屏,其特征在于,所述第一材料选自 TiO_2 及 Ta_2O_5 ,所述第二材料选自 MgF_2 、 CaF_2 及 SiO_2 。

6. 根据权利要求4或5所述的光纤荧光屏,其特征在于,所述第一材料和/或所述第二材料形成多孔介质或无孔介质。

7. 根据权利要求1或2所述的光纤荧光屏,其特征在于,所述角度滤波器(30)包括单层(32)。

8. 根据权利要求7所述的光纤荧光屏,其特征在于,所述单层(32)具有小于或等于 $\sqrt{n_c^2 - n_G^2}$ 的光学指数 n_F 。

9. 根据权利要求7或8所述的光纤荧光屏,其特征在于,所述角度滤波器(30)的所述单层(32)的材料形成无孔介质。

10. 根据权利要求7或8所述的光纤荧光屏,其特征在于,所述角度滤波器(30)的所述单层(32)的材料形成多孔介质。

11. 根据权利要求10所述的光纤荧光屏,其特征在于,所述角度滤波器(30)的所述单层(32)由多个 SiO_2 纳米棒形成。

12. 根据权利要求10或11所述的光纤荧光屏,其特征在于,所述角度滤波器(30)的所述单层(32)具有小于或等于 1.1 的光学指数。

13. 根据权利要求1至12中任一项所述的光纤荧光屏,其特征在于,在与所述角度滤波器(30)相对的表面上由与所述薄膜荧光层(10)发出的光线相对的反射层覆盖所述薄膜荧光层(10)。

14. 根据权利要求1至13中任一项所述的光纤荧光屏,其特征在于,所述薄膜荧光层(10)形成被布置为分别覆盖所述邻接光纤的芯部(21)的多个荧光垫片(12)。

15. 根据权利要求14所述的光纤荧光屏,其特征在于,所述角度滤波器(30)形成被布置为分别基本上被所述荧光垫片(12)覆盖的多个垫片。

16. 根据权利要求 15 所述的光纤荧光屏,其特征在于,由荧光垫片(12)和角滤波垫片的叠层形成的每个组设置在所述光纤面板(20)的正面(23)的中空部,并由光纤包层(22)的突出部从侧面分隔开。

17. 根据权利要求 16 所述的光纤荧光屏,其特征在于,光纤包层(22)的突出部的侧面覆盖有金属材料层(50)。

18. 根据权利要求 15 所述的光纤荧光屏,其特征在于,由荧光垫片(12)和角滤波垫片的叠层形成的每个组由附加壁(27)从侧面分隔开,每个壁(27)被布置为基本上覆盖所述邻接光纤的包层(22)。

19. 一种光学设备,包括接收光子并发射电子进行响应的光电阴极;以及根据权利要求 1 至 18 中任一项所述的用于从所述电子形成图像的光纤荧光屏。

20. 根据权利要求 19 所述的光学设备,还包括设置在所述光电阴极和所述荧光屏之间的电子倍增装置。

21. 根据权利要求 20 所述的光学设备,所述光学设备是图像增强管。

包括角度滤波器的光纤荧光屏

技术领域

[0001] 本发明涉及光纤荧光屏的一般领域,换句话说,涉及包括薄膜荧光层和光纤面板的屏幕。

[0002] 本发明尤其适用于图像增强管,例如医学领域中使用的 X 射线管或用于夜视的管件。

背景技术

[0003] 许多设备使用光纤荧光屏。这尤其是夜视范围内使用的图像增强管的情况。

[0004] 这些设备通常包括使用例如光纤的三个主要组成部分,即,光电阴极、微通道板及荧光屏。

[0005] 光电阴极接收从外部环境入射的光子,以根据与所观测环境的图像对应的图案将光子转换为光电子。

[0006] 微通道板使光电子倍增,然后荧光屏将光电子转换成增强光信号。

[0007] 光纤荧光屏还包括光纤面板,该光纤面板将光信号传输至管件的外部,例如,传输至所述夜视设备所使用的可视化装置。

[0008] 由此,此光纤荧光屏包括荧光层及光纤面板。

[0009] 荧光层通常由施加在光纤面板表面上的荧光粉形成。可以利用本领域技术人员已知的技术(例如沉降、刷镀、沉淀、喷涂等)沉积该粉末。荧光粉颗粒的大小通常在 $1\ \mu\text{m}$ 至 $10\ \mu\text{m}$ 之间变化,且荧光层的平均厚度大约为 $5\ \mu\text{m}$ 量级。

[0010] 然而,该粉末荧光屏存在几个缺陷。粉末具有相当大的总表面积,其从荧光粉的组分中排出大量气体。要避免该大量排气,需要在超高真空环境中(大约 10^{-10} 托)使用荧光屏。另外,需要粘接剂(例如胶粘剂)来确保荧光粉颗粒保持在光纤面板上,这使设备的生产工艺变得复杂化且可以修改其光学特性。此外,粉末结构引起了由此产生的光学图像水平的粒度效应。

[0011] 可选择地,荧光层可以是薄膜荧光层,由非颗粒状荧光粉固体膜形成。与粉末状荧光层不同,薄膜荧光层由连续材料,换句话说,由非微粒状或非颗粒状材料制成。可以通过物理气相沉积技术(例如通过蒸发或溅射)或通过化学气相沉积技术获得。

[0012] 这种光线荧光屏由此包括薄膜荧光层以及光纤面板,如在图 1 中的横截面中示意性地所示。

[0013] 光纤面板 20 通常由组合成束状的大量光纤形成。每个光纤包括包层 22 包围的芯部 21。光纤沿面板 20 的厚度在正面 23 和背面 24 之间延伸。

[0014] 薄膜荧光层 10 与光纤面板 20 的正面 23 接触并在其上延伸以完全覆盖该正面。

[0015] 两个角孔径可以限定在薄膜荧光层和光纤的芯部之间的界面处,即,由薄膜荧光层发出的光线在光纤的芯部中的传输锥面,以及光纤的数值孔径。

[0016] 光纤芯部中的光线传输锥面通常利用斯涅耳-笛卡尔定律在荧光层/邻接光纤的芯部的界面处限定。如图 1 所示,用第一临界角 $\theta_m^{(1)} = \arcsin(n_c/n_p)$ 表征。这里, n_c 及 n_p 分

别表示光纤的芯部 21 和薄膜荧光层 10 的光学指数或折射指数。此外,所述界面处的入射角 θ_p 严格小于第一临界角 $\theta_{th}^{(1)}$ 的任何光线在光纤的芯部 21 中折射。相反,光线由全内反射进行反射。

[0017] 光纤的数值孔径在薄膜荧光层 10 和光纤的芯部 21 之间的界面处形成第二角孔径,用第二临界角 $\theta_{th}^{(2)} = \arcsin\left(\sqrt{n_c^2 - n_g^2} / n_p\right)$ 表征,其中 n_c 是光纤包层的光学指数。同样地,透入光纤芯部 21 且在所述荧光层 / 光纤芯部的界面处的入射角 θ_p 小于或等于所述第二临界角 $\theta_{th}^{(2)}$ 的光线,由于全内反射现象,保持定位于光纤的芯部 21。然后通过光纤引导该光线,除光纤的特征衰减之外无任何损失。

[0018] 然而,这种荧光屏相对于这两个角孔径存在一定缺陷。

[0019] 实际上,它们的表达式显示,第一临界角和第二临界角不可能相等。另外,第一临界角 $\theta_{th}^{(1)}$ 通常基本上大于第二临界角 $\theta_{th}^{(2)}$ 。

[0020] 作为示意性,对于光纤的芯部及包层的光学指数的正常值来说,例如 $n_c \sim 1.8$ 、 $n_g \sim 1.4$ 及 $n_p \sim 2.2$,第一临界角和第二临界角分别大约为 55° 和 30° 量级,得到的比值 $\theta_{th}^{(2)} / \theta_{th}^{(1)}$ 为 0.6 量级。

[0021] 因此,光纤的数值孔径比光纤芯部中的光线传输锥面表现出更加大大的限制。

[0022] 因此,由薄膜荧光层 10 发出并且包含在两个临界角之间的入射角 θ_p 的任何光线在光纤芯部 21 中传输,然后在包层 22 中折射,从而形成干涉光。在前述示例中,所述两个临界角之间包括光线的风险大约为 70%。

[0023] 显然,这种风险特别高,大幅降低了荧光屏的性能,从而降低了包含荧光屏的光学设备的性能。更准确地说,输出图像的对比度大大降低。此外,在所述光线仍然捕获在光纤面板中并因此不加入形成输出图像的情况下,荧光屏的效率会大幅降低。

发明内容

[0024] 本发明的目的主要在于提供一种光纤荧光屏,其包括薄膜荧光层,从而可以降低最初在光纤芯部中传输的光线在对应包层中发生折射的风险。

[0025] 为了这个目的,本发明的主题是一种光纤荧光屏,包括薄膜荧光层以及被组合成束并沿所述面板的厚度取向的光纤面板,每个光纤包括由光学指数为 n_c 的包层包围的光学指数为 n_c 的芯部,所述薄膜荧光层设置在面板的一个表面上,

[0026] 根据本发明,所述光纤荧光屏包括具有至少一个层的角度滤波器,所述角度滤波器设置在所述薄膜荧光层和面板的所述表面之间,使得由薄膜荧光层发出并穿过角度滤波器的光线以小于或等于 $\pi/2 - \arcsin(n_c/n_c)$ 的折射角透入邻接光纤的芯部。

[0027] 因此,由荧光层发出并借助于角度滤波器而在邻接光纤的芯部中传输的任何光线通过光纤的芯部和包层之间的全内反射而仍然局限于芯部。换句话说,透入邻接光纤的光线属于光纤的数值孔径。与前面提到的现有技术的示例不同,本发明大幅减少了不同光纤包层内部的干涉光。提高了荧光屏的效率,且由荧光屏形成的输出图像具有更好的对比度。

[0028] 薄膜荧光层是指制造成由非微粒状或非颗粒状材料制成的薄膜形式的荧光层。

[0029] 邻接光纤是指设置为与角度滤波器中的光线输入区相对的光纤。

[0030] 薄膜是指与长度和宽度尺寸相比厚度更小的层。其厚度通常大约为几纳米至几百

纳米。

[0031] 荧光屏的效率在这里被定义为由薄膜荧光层发出并有效参与图像形成的光线或光子的数量与由薄膜荧光层发出的光线或光子的总数之比。应理解的是,在光纤包层中折射的光线不可能参与输出图像的形成,从而降低了荧光屏的效率和 / 或降低了输出图像的对比度。

[0032] 优选地,所述角度滤波器一方面与薄膜荧光层直接接触,另一方面与光纤面板的所述表面直接接触。所述角度滤波器的厚度优选大致恒定。每个光纤优选以基本上正交的方式出现在面板的所述表面上。

[0033] 根据本发明的优选实施方式,所述角度滤波器是一种包括薄膜叠层的干涉滤波器,其光学指数及厚度适于使光线沿着小于或等于 $\pi/2 - \arcsin(n_c/n_c)$ 的折射角在邻接光纤芯部中传输。

[0034] 有利地,薄膜荧光层的荧光体发出准单色辐射。干涉滤波器可以是带通滤波器或低通滤波器。

[0035] 优选地,所述多个薄膜干涉滤光片包括由第一材料制成的第一组薄膜,以及由光学指数小于第一材料的光学指数的第二材料制成的第二组薄膜。第一材料可以例如选自 TiO_2 及 Ta_2O_5 , 第二材料可以例如选自 MgF_2 、 CaF_2 及 SiO_2 。

[0036] 所述第一材料和 / 或所述第二材料可以形成多孔介质或无孔介质。就多孔介质而言,所述第一材料和第二材料可以是 SiO_2 和 / 或 TiO_2 纳米棒。

[0037] 根据本发明的第二实施方式,所述角度滤波器包括单层。

[0038] 有利地,角度滤波器的所述单层具有小于或等于 $\sqrt{n_c^2 - n_g^2}$ 的光学指数。

[0039] 所述角度滤波器的单层的材料可以形成无孔介质,或在变形中可以形成多孔介质。就多个介质而言,角度滤波器的所述层可以由多个 SiO_2 纳米棒形成。

[0040] 有利地,根据前面给出的定义,所述薄膜荧光层形成被布置为分别覆盖相对光纤或邻接光纤的芯部的多个荧光垫片。所述垫片彼此空间分隔开。

[0041] 垫片是指相对于其他两个长度和宽度尺寸不可忽视其厚度的层。垫片的厚度的大小可以与它的长度和 / 或它的宽度相同。

[0042] 有利地,所述角度滤波器形成被布置为均基本上由荧光垫片覆盖的多个垫片。

[0043] 由荧光垫片和角滤波垫片的叠层形成的每个组可以设置在光纤面板的正面的中空部中,并由光纤包层的突出部从侧面分隔开。所述垫片组物理上彼此分开。优选地,光纤包层的突出部的侧面覆盖有金属材料层。由此,该层对荧光垫片发出的光线是反射的。

[0044] 可选择地,由荧光垫片和角滤波垫片的叠层形成的每个组由附加壁从侧面分隔开,每个壁被设置为基本上覆盖邻接光纤的包层。所述垫片组物理上彼此分开。壁可以由对荧光层发出的光线反射或吸收的材料制成。

[0045] 有利地,在与所述角度滤波器相对的表面所述薄膜荧光层被与所述薄膜荧光层发出的光线相对的反射层覆盖。所述反射层优选由铝制成。

[0046] 本发明还涉及一种光学设备,其包括接收辐射光子并发出电子以响应的光电阴极;以及根据前述任意特征所述的用于从所述电子形成图像的光纤荧光屏。

[0047] 此外,所述光学设备包括设置在所述光电阴极和所述荧光屏之间的电子倍增装置。

- [0048] 所述光学设备可以是例如用于夜视的图像增强管。
- [0049] 本发明的其他优点和特征在下面详述的非限制性描述中将变得显而易见。

附图说明

- [0050] 现在通过参照附图描述以非限制性示例的形式给出的实施方式,附图中:
- [0051] 图 1(已描述)是根据现有技术示例的光纤荧光屏的示意性横截面图;
- [0052] 图 2 是根据本发明的荧光屏的示意性横截面图;
- [0053] 图 3 是根据本发明优选实施方式的荧光屏的示意性横截面图,其中角度滤波器是干涉滤波器;
- [0054] 图 4A 和图 4B 示意性地表示取决于光线入射角的波长范畴内的角度滤波器的透光率的变化(图 4A),以及随着所述光线入射角的透光率的相应关系(图 4B);
- [0055] 图 5 是根据本发明第二实施方式的荧光屏的示意性横截面图,其中角度滤波器由形成多孔或无孔介质的材料的单层形成;
- [0056] 图 6 是根据另一个实施方式的荧光屏的示意性横截面图,其中角度滤波器和薄膜荧光层以覆盖每个光纤的芯部的层垫片形式出现并由光纤包层的一部分从侧面分隔开;
- [0057] 图 7 是根据另一个实施方式的荧光屏的示意性横截面图,该实施方式与前述实施方式的不同之处在于层垫片由沉积材料的壁分隔开;
- [0058] 图 8A~图 8E 示出了图 7 中呈现的荧光屏的制造方法的不同步骤。

具体实施方式

- [0059] 图 2 示出了根据本发明的可以配备图像增强管的光纤荧光屏。
- [0060] 根据本发明的荧光屏包括薄膜荧光层 10 及光纤面板 20。
- [0061] 面板 20 的光纤被组装成束并沿所述面板的厚度取向。
- [0062] 每个光纤包括由光学指数为 n_c 的包层 22 包围的光学指数为 n_c 的芯部 21。
- [0063] 人们认为,形成光纤面板 20 的光纤的芯部 21 和包层 22 的材料对每个光纤来说是相同的。
- [0064] 光纤以基本上正交的方式出现在面板的正面 23 上。
- [0065] 薄膜荧光层 10 设置在面板 20 的所述正面 23 上。该薄膜荧光层均匀地或不连续地覆盖光纤面板 20 的正面 23,而不与该正面接触。
- [0066] 如前所述,薄膜荧光层 10 形成连续介质,换句话说,形成非微粒状或非颗粒状介质,与粉末状荧光粉层的微粒状介质不同。其厚度为几十分之微米至几十微米,例如 $0.5 \mu\text{m}$ 至 $50 \mu\text{m}$ 。
- [0067] 薄膜荧光层的材料例如可以包括 $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{S:Tb}$ (GOS:Tb) 或掺铈的钇铝石榴石(YAG)。
- [0068] 可以通过各种已知的物理气相沉积技术(例如通过蒸发或溅射),或通过已知的化学气相沉积技术(例如原子层沉积技术(ALD))等获得。荧光层 10 的光学指数被标记为 n_p 。
- [0069] 荧光屏还包括具有至少一个层的角度滤波器 30,该角度滤波器设置在所述薄膜荧光层 10 和面板 20 的所述表面 23 之间。
- [0070] 所述角度滤波器 30 一方面与薄膜荧光层 10 直接接触,另一方面与光纤面板 20 的所述表面 23 直接接触。优选地,角度滤波器具有大致恒定的厚度。

[0071] 根据本发明,角度滤波器 30 确保由薄膜荧光层 10 发出并穿过该角度滤波器的任何光线然后以小于或等于 $\pi/2 - \arcsin(n_c n_c)$ 的折射角透入邻接光纤的芯部 21。

[0072] 因此,由薄膜荧光层 10 发出并以这个折射角透入光纤的芯部 21 的任何光线属于其数值孔径。

[0073] 通常,入射角和折射角总是相对于法线限定在具有不同光学指数的两种介质之间的界面处。

[0074] 根据本发明的优选实施方式,角度滤波器 30 是干涉滤波器。如图 3 所示,该干涉滤波器包括多个薄膜 31 的叠层。

[0075] 薄膜是指沿厚度的尺寸与长度和宽度尺寸相比要小的层。其厚度通常为大约为几纳米至几百纳米。

[0076] 优选地,所述多个薄膜包括至少两组薄膜 31A、31B,其中相同组的薄膜由相同材料制成。不同组的材料彼此具有不同的光学指数。

[0077] 厚度及材料被选择为确保由角度滤波器 30 发出的任何光线沿小于或等于 $\pi/2 - \arcsin(n_c n_c)$ 的折射角透入邻接光纤的芯部。

[0078] 多个薄膜可以包括由高光学指数 n_H 的第一材料制成的第一组 31A 薄膜,以及由小于第一材料的光学指数的低光学指数 n_L 的第二材料制成的第二组 31B 薄膜。

[0079] 薄膜 31 被布置为第一组 31A 薄膜和第二组 31B 薄膜之间彼此交替。

[0080] 第一材料和第二材料可以均形成连续介质。对于第一材料来说,可以选自 TiO_2 ($n \sim 1.81$) 及 Ta_2O_5 ($n \sim 2.50$),对于第二材料来说,可以选自 MgF_2 ($n \sim 1.39$)、 CaF_2 ($n \sim 1.44$) 及 SiO_2 ($n \sim 1.55$)。

[0081] 薄膜 31 可以具有随薄膜荧光层 10 发出的光线的波长变化的四分之一波长厚度。由此减小干涉滤波器的反射率。

[0082] 干涉滤波器 30 是带通滤波器或低通滤波器,且薄膜荧光层 10 发出单色或准单色光线。

[0083] 波长大约为 550nm 的荧光粉 $Gd_2O_3S:Tb$ 是发出准单色辐射的材料的示例。还可以使用包括掺杂有波长大约为 550nm 的铈的钇铝石榴石(YAG)的荧光粉。

[0084] 现在,对干涉滤波器 30 的光学角滤波特性进行描述。干涉滤波器的带宽 Δ 通常根据取决于入射辐射的波长的滤波器透光率的变化 $T(\lambda)$ 而限定在零入射角 $\theta = 0^\circ$ 。

[0085] 众所周知,对于非零入射角的光线来说,滤波器的带宽 Δ 被修改,并尤其展示出向更低的波长偏移。该修改源自这样一个事实:滤波器薄膜的表观厚度随入射角增加。

[0086] 滤波器向低波长偏移的带宽 Δ 会导致向滤波器的截止值或值的低波长偏移。低通滤波器实际包括单个截止值,带通滤波器包括两个截止值,即上限值和下限值。

[0087] 带宽截止值是指透光率小于最大值的 50%,或 20%,10% 或甚至 5% 的波长的值。

[0088] 例如,就带通滤波器而言,滤波器的中心波长与入射角之间的关系可以通过下列表达式进行描述:

$$[0089] \quad \lambda_\theta = \lambda_0 \sqrt{1 - \left(\frac{n_p}{n^*}\right)^2 \sin^2 \theta}$$

[0090] 其中, θ 是由薄膜荧光层发出的光线在与干涉滤波器的界面处的入射角, λ_0 是零入射角时滤波器的中心波长的值, n_p 是薄膜荧光层的光学指数, n^* 是滤波器的有效光学指

数的值。

[0091] 例如,对于带通干涉滤波器的零入射角时,大约为 570nm 的上限截止值,以及对于光学指数 $n_p \sim 2.2$ 及 $n^* \sim 2$,当入射角为 30° 时,该截止值变成大约为 480nm。

[0092] 因此,在该示例中,当由薄膜荧光层发出的 550nm 波长的辐射以零度入射时,打开干涉滤波器,当所述辐射的入射角为 30° 时,关闭该干涉滤波器。

[0093] 如图 4A 及图 4B 所示,可以看出,波长 $T(\lambda)$ 范畴内的带通(图 4A)或低通干涉滤波器等同于预定波长的入射角 $T(\theta)$ 范畴内的低通滤波器(图 4B)。

[0094] 实际上,当带宽 Δ_0 向低波长偏移足够时,由薄膜荧光层发出的辐射的波长 λ_p 不在带宽范围内。然后,可以确定入射截止角 θ_c ,其表征对于波长 λ_p ,入射角 $T(\theta)$ 范畴内的低通滤波器。然后,光线被反射,该光线不再属于干涉滤波器在邻接光纤的芯部中的传输锥面。根据稍后给出的该角的定义,还可以将该入射截止角标记为 $\theta_{th}^{(1)}$ 。

[0095] 此外,由于已知了形成干涉滤波器 30 的薄膜 31 的光学指数 n_H, n_L ,因此由薄膜荧光层 10 发出的光线的入射角 θ_p 与该相同折射光线在邻接光纤的芯部 21 中的折射角 θ_R 之间的关系 $\theta_R(\theta_p)$ 直接由斯涅耳-笛卡尔定律确定。

[0096] 因此,形成干涉滤波器 30,并且薄膜荧光层 10 被选择为使得干涉滤波器的入射截止角 θ_c 在邻接光纤的芯部 21 产生小于或等于 $\pi/2 - \arcsin(n_c/n_c)$ 的折射角 θ_R 。

[0097] 在干涉滤波器的制造过程中,迄今为止获得必要的带宽必须有多个变量,利用取决于波长的计算机程序以及取决于入射角的透光率有利地计算出透光率。

[0098] 例如,就 $Gd_2O_3:S:Tb$ 的荧光层 10 而言,干涉滤波器 30 可以包括呈 TiO_2 层和 MgF_2 层的叠层形式的多个薄膜。干涉滤波器可以包括五个薄膜,即,218nm 的 MgF_2 层、102nm 的 TiO_2 层、210nm 的 MgF_2 层、230nm 的 TiO_2 层以及最后的 218nm 的 MgF_2 层。

[0099] 干涉滤波器 30 可以通过已知的物理气相沉积技术(例如阴极溅射、蒸发或电子束物理气相沉积(EBPVD))进行制造。还可以使用已知的化学气相沉积技术(例如原子层沉积技术(ALD))以及混合技术(例如反应溅射及离子束辅助沉积(IBAD))等已知的技术。

[0100] 在一变形中,干涉滤波器的第一材料和第二材料可以形成多孔介质。因此,可以使用包括纳米 SiO_2 及 TiO_2 棒叠层的干涉滤波器,可以精确地确定该干涉滤波器的厚度及光学指数,如在 Xi 等人的题为“Optical thin film materials with low refractive index for broadband elimination of Fresnel reflection”,2007, Nat. Photonics, Vol. 1, 176-179 的文章中所提出的一样。

[0101] 实际上,通过使用物理气相沉积技术,可以形成纳米棒形式的 SiO_2 层或 TiO_2 层,在该技术中,蒸气通量相对于基板(这里是光纤面板的正面)具有倾斜角。对 SiO_2 来说,光学指数可以从 1.46 变为 1.05,对 TiO_2 来说,光学指数可以从 2.7 变为 1.3。

[0102] 此外,干涉滤波器不限于两组薄膜,而是可以包括三组、四组或四组以上薄膜。

[0103] 根据第二实施方式,角度滤波器 30 包括光学指标标记为 n_F 的单层 32,如图 2 和图 5 所示。

[0104] 单层 32 的光学指数被定义为,使得由薄膜荧光层 10 发出并穿过角度滤波器 30 的光线以小于或等于 $\pi/2 - \arcsin(n_c/n_c)$ 的折射角透入邻接光纤的芯部 21。

[0105] 单层 32 设置在薄膜荧光层 10 和光纤面板 20 的正面 23 之间,并直接与它们接触。

[0106] 通过类似于前述现有技术的示例的方式,两个角孔径可以限定在薄膜荧光层 10

和角度滤波器 30 的单层 32 之间的界面 11 处(图 2)。

[0107] 第一角孔径对应于由荧光层 10 发出的光线在角度滤波器 30 的薄膜中的传输锥面。

[0108] 该传输锥面由第一临界角 $\theta_{th}^{(1)} = \arcsin(n_F/n_P)$ 限定。因此,由薄膜荧光层 10 发出并在所述荧光层 10/ 滤波器 30 的单层 32 的界面处的入射角严格小于第一临界角 $\theta_{th}^{(1)}$ 的任何光线在角度滤波器 30 中折射以传输或在相对情况下通过全内反射进行反射。

[0109] 第二角孔径对应于光纤的数值孔径,不限定在光纤的输入端,而限定在薄膜荧光层 10 和角度滤波器 30 的单层 32 之间的界面 11 处。

[0110] 通过利用斯涅耳-笛卡尔定律,数值孔径用第二临界角 $\theta_{th}^{(2)} = \arcsin\left(\sqrt{n_C^2 - n_G^2}/n_P\right)$ 表征。由薄膜荧光层 10 发出并具有小于或等于所述第二临界角的在所述界面 11 上的入射角 θ_P 的任何光线在邻接光纤的芯部 21 中进行传输,并通过所考虑的光纤的芯部 21 和包层 22 之间的全内反射仍然局限于芯部 21。

[0111] 角度滤波器的单层的光学指数 n_F 可以选择为使得 $\theta_{th}^{(1)} \leq \theta_{th}^{(2)}$,从而得到关系式 $n_F \leq \sqrt{n_C^2 - n_G^2}$ 。

[0112] 因此,由薄膜荧光层 10 发出并具有严格小于 $\theta_{th}^{(1)}$ 的入射角 θ_P 的光线穿过角度滤波器并以小于或等于 $\pi/2 - \arcsin(n_C/n_C)$ 的折射角透入邻接光纤的芯部。此外,该光线通过所考虑的光纤的芯部 21 和光纤的包层 22 之间的全内反射而仍然局限于芯部 21。

[0113] 尤其有利的是,将光学指数 n_F 选择为接近或等于 $\sqrt{n_C^2 - n_G^2}$ 。因此,第一临界角和第二临界角基本上相等,从而使先前限定的两个光学孔径一致。角度滤波器 30 于是具有光阻抗适配功能。实际上,当在荧光层 / 角度滤波器的界面 11 对面入射的由荧光层 10 发出的光线属于邻接光纤的数值孔径时,传输锥面具有最大孔径。

[0114] 例如,对于指数为 $n_P \sim 2.2$ 的薄膜荧光层以及芯部 21 的光学指数为 $n_C \sim 1.8$ 且包层 22 的指数为 $n_G \sim 1.4$ 的光纤,角度滤波器 30 的单层 32 的指数 n_F 必须小于或等于 1.13。

[0115] 优选地,角度滤波器 30 的单层 32 的厚度基本上大约为四分之一波长。因此,根据由薄膜荧光层 10 发出的光线的波长或波长范围确定该厚度。因此,有利的是,薄膜荧光层 10 发出准单色辐射。

[0116] 角度滤波器 30 的单层 32 可以由形成无孔介质(与多孔介质相对)的材料制成。所述材料可以选择为使得其光学指数满足关系式 $n_F \leq \sqrt{n_C^2 - n_G^2}$ 。

[0117] 例如,对于芯部 21 的指数为 $n_C \sim 2.1$ 且包层 22 的指数为 $n_G \sim 1.5$ 的光纤,角度滤波器 30 的单层 32 的指数 n_F 必须小于或等于 1.47。单层 32 的材料可以选自 MgF_2 、 CaF_2 或 SiO_2 ,其光学指数分别大致等于 1.39、1.44 及 1.46。

[0118] 例如,就 $Gd_2O_3:S:Tb$ 的荧光层而言,角度滤波器 30 可以由厚度为 260nm 的 MgF_2 单层形成。

[0119] 角度滤波器 30 可以通过已知的物理气相沉积技术(例如阴极溅射、蒸发或电子束物理气相沉积(EBPVD))来制造。还可以使用已知的化学气相沉积技术,例如原子层沉积技术(ALD),以及混合技术(例如反应溅射及离子束辅助沉积(IBAD))等已知的技术。

[0120] 根据本发明的第二实施方式的变形,单层 32 可以由形成多孔介质的材料制成。该

层可以形成使得其光学指数 n_F 满足关系式 $n_F \leq \sqrt{n_C^2 - n_G^2}$ 。

[0121] 层 32 由此可以由纳米大小的 SiO₂ 棒形成, 如在 Xi 等人的题为“Very low-refractive-index optical thin films consisting of an array of SiO₂nanorods”, 2006, Opt. Lett., Vol. 31, No. 5, 601-603 的文章中所提出的一样。

[0122] SiO₂ 棒以基本上直线倾斜的方式从光纤面板的正面延伸。倾斜角大约为 45°。

[0123] 单层 32 的厚度可以大约为几十纳米至几百纳米。

[0124] 角度滤波器 30 的单层的光学指数可以小于 $n_F \leq \sqrt{n_C^2 - n_G^2}$ 。所引用的文章指出指数 $n_F=1.08$ 。

[0125] 这样, 由于角度滤波器 30 的单层 32 的光学指数 n_F 较低, 在荧光层 / 角度滤波器的界面 11 处表征邻接光纤的数值孔径的第二临界角 $\theta_{th}^{(2)}$ 与在所述界面 11 处表征传输锥面的第一临界角 $\theta_{th}^{(1)}$ 的比接近 1。

[0126] 通过示例的方式, 对于薄膜荧光层、芯部和包层的正常光学指数分别为 $n_p \sim 2.2$ 、 $n_c \sim 1.8$ 及 $n_g \sim 1.4$, 且角度滤波器的指数为 $n_F \sim 1.08$, 获得大约为 1 的比值 $\theta_{th}^{(2)} / \theta_{th}^{(1)}$ 。因此, 保证由薄膜荧光层 10 发出的穿过角度滤波器 30 的所有光线透入邻接光纤的芯部 21, 并通过芯部 21 和包层 22 之间的全内反射仍然局限于芯部 21。

[0127] 现在参照先前引用的、Xi 等人在《Optics Letters》上发表的文章描述由 SiO₂ 纳米棒制成的单层的实施方式。

[0128] 利用物理气相沉积技术通过倾斜角方式获得纳米棒。通过蒸发获得蒸气通量(这里为 SiO₂)。沿大约 85° 的倾斜角将蒸气通量导向基板(这里是光纤面板的正面)。

[0129] 由于蒸气通量倾斜, 单层生长的随机波动会导致出现蒸气通量无法到达的阴影区。

[0130] 该效应(所引用文章的作者称之为“自我遮蔽效应”), 由如下事实反映出: 优先在生长区而不是在阴影区发生沉积。然后获得纳米棒阵列。

[0131] 所引用的文章指出纳米棒被间隔开小于 30nm 的距离, 由此远低于图像增强管中采用的薄膜荧光层的正常波长范围, 从而可以最大程度地减少光学散射效应。

[0132] 此外, 所使用的蒸发沉积技术使得能够精确地控制单层的厚度, 从而形成四分之一波长层。

[0133] 最后, 所引用的文章阐述了尽管 SiO₂ 纳米棒倾斜, 尤其是因单层的高孔隙率和低厚度的缘故, 薄膜仍然保持各向同性。

[0134] 应注意的是, 还可以制造由纳米大小的 TiO₂ 棒形成的单层, 其光学指数满足条件式 $n_F \leq \sqrt{n_C^2 - n_G^2}$ 。

[0135] 此外, 将由铝等材料制成的反射层(未示出)沉积在薄膜荧光层上, 以沿与角度滤波器相对的方向反射由薄膜荧光层发出的任何光线。从而, 光线被反射并沿后者的方向传播。

[0136] 铝层可以具有几纳米至几十纳米之间的厚度, 例如 5nm 至 10nm 的厚度。

[0137] 不管是本发明的什么实施方式, 薄膜荧光层都可以被构造为形成多个荧光垫片, 该多个荧光垫片被设置为均覆盖邻接光纤的芯部。

[0138] 因此,当荧光垫片发出的光线不属于角度滤波器中的传输锥面时,即,就干涉滤波器而言入射角大于 θ_c ,或就具有单层的角度滤波器而言大于 $\theta_{th}^{(1)}$,该光线被反射但仍然有利地局限于初始垫片。然后光线在与铝层的界面处反射,直到具有在角度滤波器中传输所需的入射角。

[0139] 图 6 和图 7 示出的多个实施方式与描述的那些实施方式的不同之处仅在于,薄膜荧光层 10 和角度滤波器 30 被设置为仅覆盖每个邻接光纤的芯部 21,而不覆盖包层 22。

[0140] 在图 6 中所示的实施方式中,光纤面板 20 的正面被构造为,使得每个光纤都为芯部 21 的正面 23C 相对于包层 22 的正面 23G 解耦。因此,中空部(hollow out)26 在面板 20 的正面上形成于每个光纤中,并由包层 22 的突出部从侧面分隔开。

[0141] 现在,描述用于制造此荧光屏的方法。

[0142] 通过酸刻蚀在光纤面板 20 的正面上形成中空部。通过酸溶解芯部 21 的材料的速率与溶解包层 22 的材料的速率之间的差形成中空部。

[0143] 将金属层 50 (例如铬层)沉积在将中空部 26 分隔开的包层 22 的突出部的表面上。优选地,仅将金属层 50 沉积在包层 22 的一部分的侧面上。这尤其可以通过电子束沉积以合适的倾斜角来获得。

[0144] 然后,在光纤面板 20 的正面上形成角度滤波器 30。角度滤波器 30 然后建立在每个光纤的芯部 21 的正面 23C 上以及包层 22 的正面 23G 上。可以根据前述任意实施方式制造该角度滤波器。

[0145] 然后,在面板 20 的正面上沉积薄膜荧光层 10。荧光层覆盖角度滤波器 30。

[0146] 最后,在薄膜荧光层 10 上沉积例如由铝制成的反射层 40。应注意的是,在沉积铝层 40 之前,还可以在薄膜荧光层 10 上沉积 MgF_2 层(未示出),旨在提高铝层 40 的反射率。

[0147] 最后,除去位于每个光纤的包层 22 的正面 23G 上的各个层 30、10、40 的一部分。可以以机械方式执行该步骤。

[0148] 优选地,在该后一个步骤之后,每个光纤的包层 22 的正面 23G 与铝层 40 基本上在同一水平上,使得由此形成的荧光屏的正面基本上是平坦的。

[0149] 每个光纤的包层 22 的正面 23G 还可以与薄膜荧光层 10 的正面基本上在同一水平上,使得在不同的荧光垫片 12 上以及在每个光纤的包层 22 的正面 23G 上连续沉积铝层 40。因此,由此形成的荧光屏的正面基本上是平坦的并由铝层 40 限定。

[0150] 因此,在每个光纤芯部 21 的水平上形成层的垫片,而不覆盖每个光纤的包层 22。每个垫片由荧光层 10、角度滤波器 30 及铝层 40 形成。另外,垫片由确保光线反射功能的金属层 50 从侧面分隔开。

[0151] 因此,由荧光垫片 12 发出的任何光线可以仅在邻接光纤的芯部 21 中传输。因此,荧光屏的对比度特别高。

[0152] 根据图 7 中所示的变形,层的垫片不由光纤包层的一部分从侧面分隔开,而是由通过传统光刻技术形成的附加材料的壁分隔开。

[0153] 图 8A 至图 8E 示出了用于制造图 7 中表示的荧光屏的方法的不同步骤。

[0154] 如图 8A 所示,在光纤面板 20 的正面 23 上沉积感光树脂,然后从背面 24 对面板 20 进行光通量处理。因此,每个光纤的包层就像掩模一样。

[0155] 除去通过化学蚀刻(图 8B)未活化的树脂。因此,在每个光纤的芯部 21 上设置树

脂垫片。

[0156] 在树脂垫片以及包层 22 的正面 23G 上沉积合适的材料(图 8C)。该材料可以是金属,例如镍或铝,或改为硅。将所述材料沉积在粘附子层(例如, NiCr-TiW)上。

[0157] 然后,除去通过化学蚀刻活化的树脂(图 8D)。因此,在每个光纤的包层 22 上设置由此形成的壁 27。优选地,壁 27 的厚度为 1 微米左右,例如 $1\ \mu\text{m}$ 至 $1.5\ \mu\text{m}$ 。

[0158] 最后,在与参照图 6 描述的步骤相同的步骤之后,沉积薄膜荧光层 10、角度滤波器 30 以及铝层 40。

[0159] 除了层 10、30、40 的垫片由壁 27 从侧面分隔开,而不是由光纤包层的一部分分隔开之外,由此获得与图 6 中所示的荧光屏类似的荧光屏(图 8E)。

[0160] 显然,本发明所属技术领域的普通技术人员可以对以非限制性示例的方式唯一地描述的本发明进行各种修改。

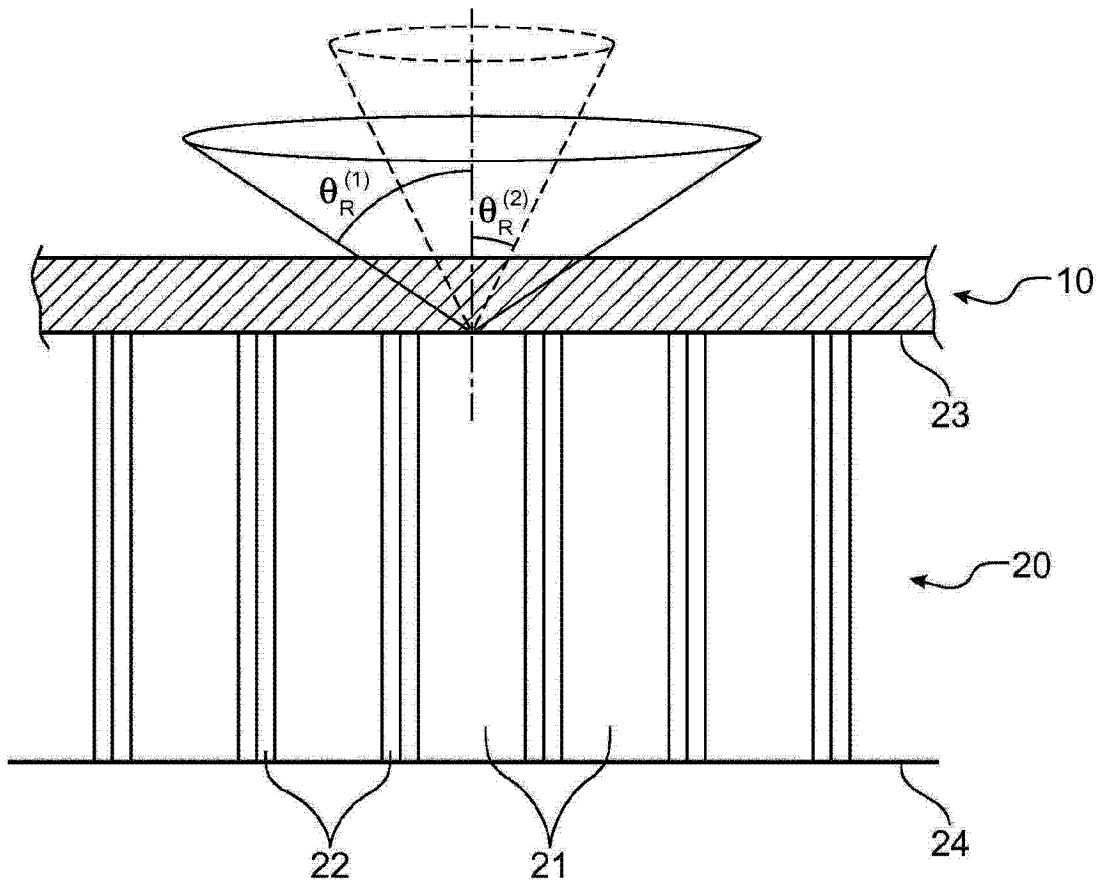


图 1

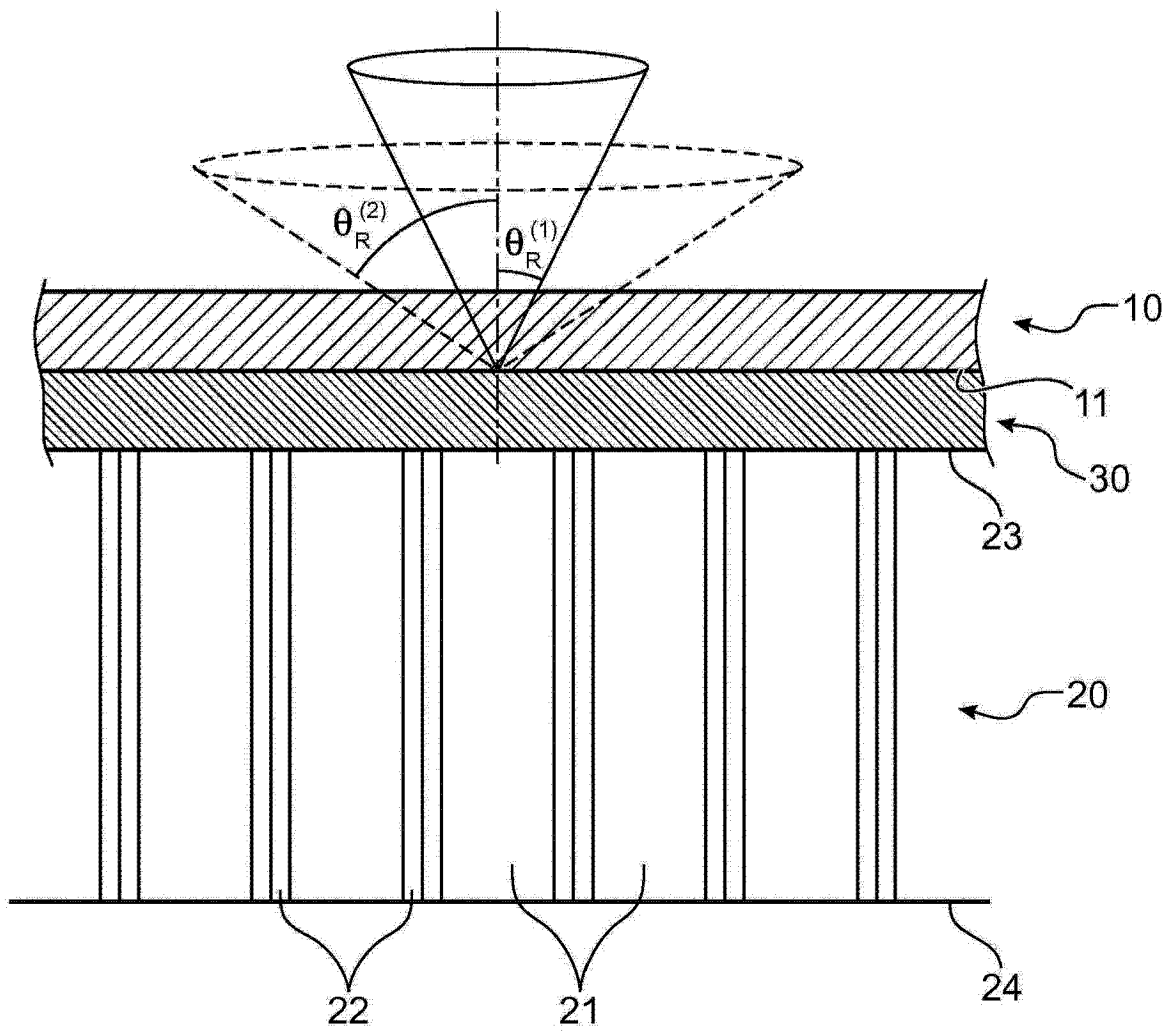


图 2

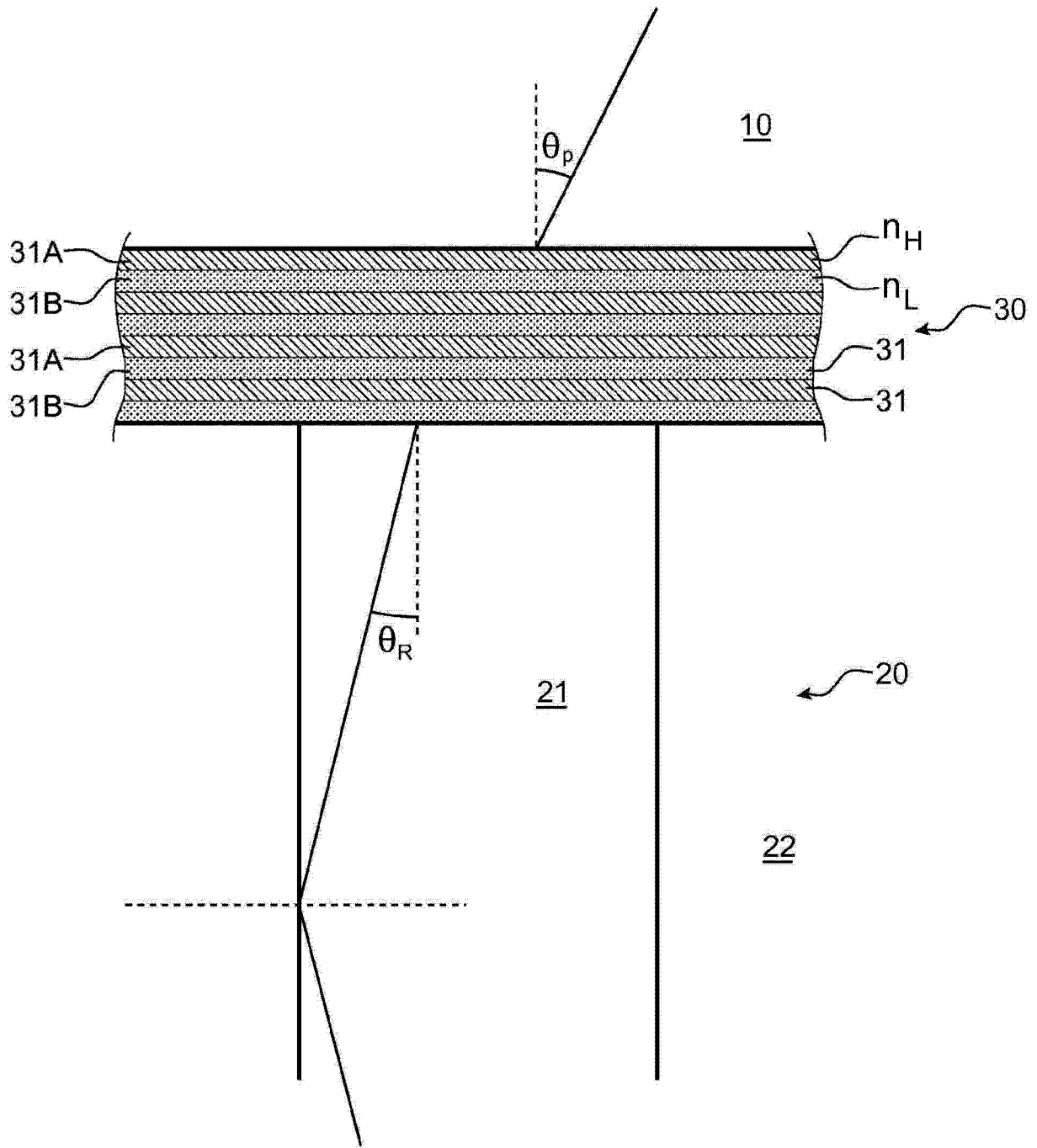


图 3

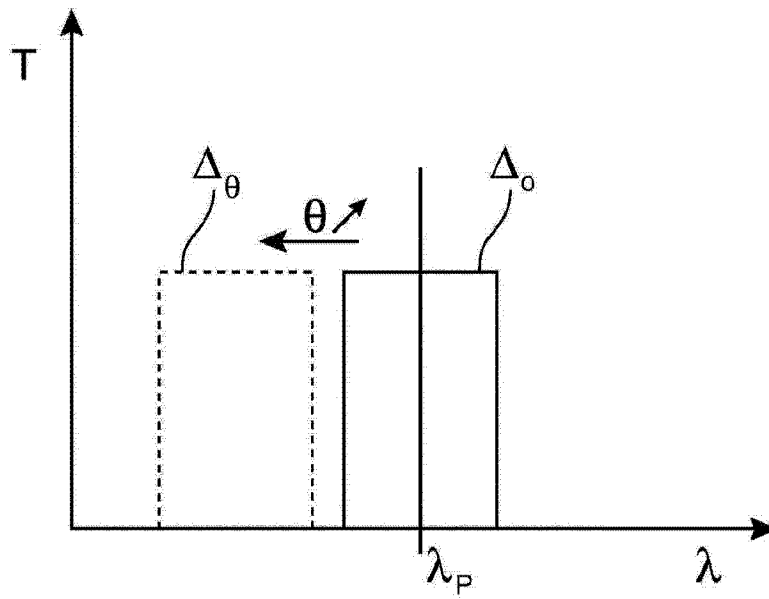


图 4A

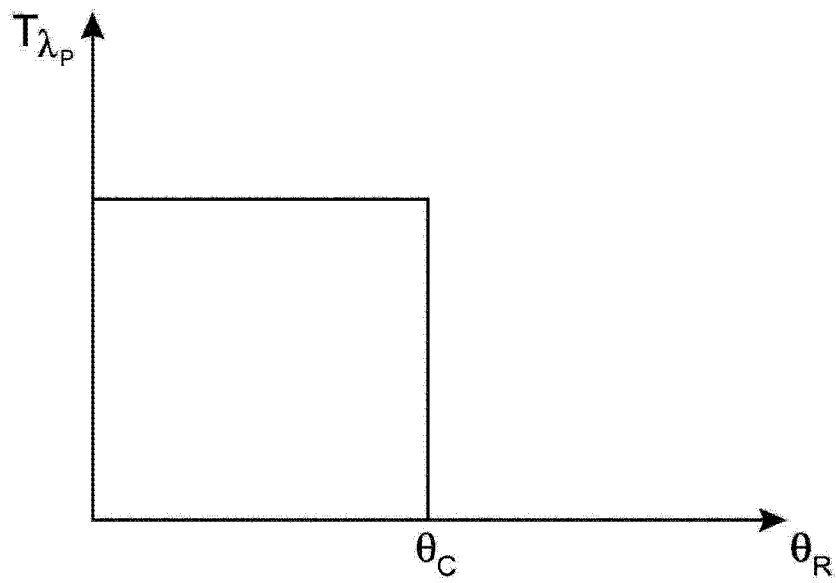


图 4B

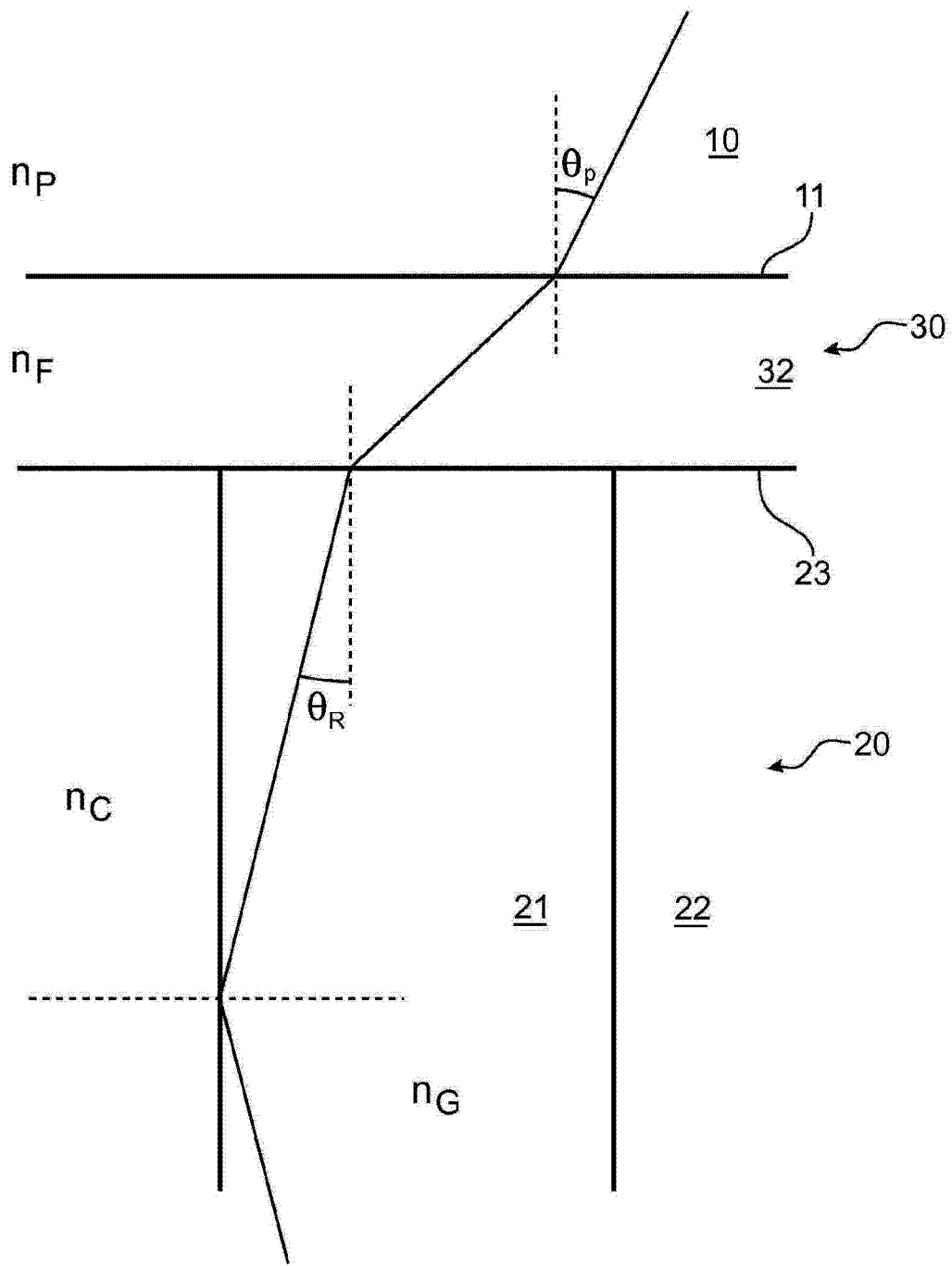


图 5

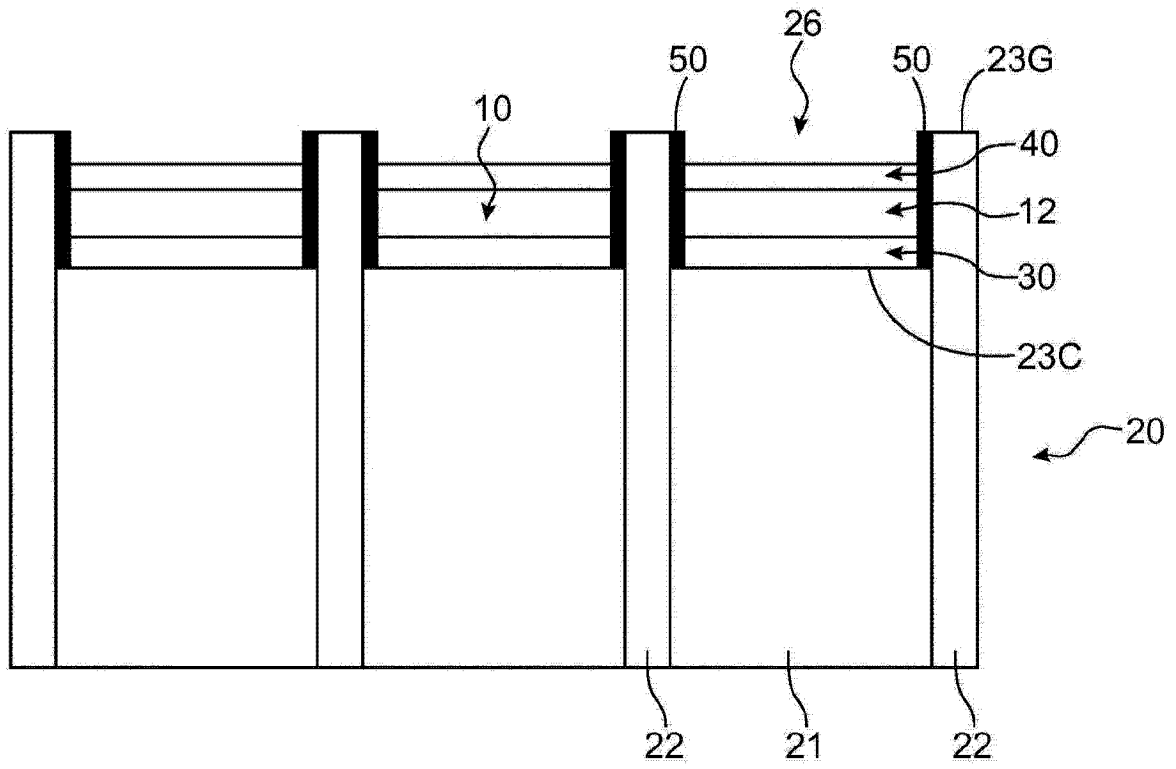


图 6

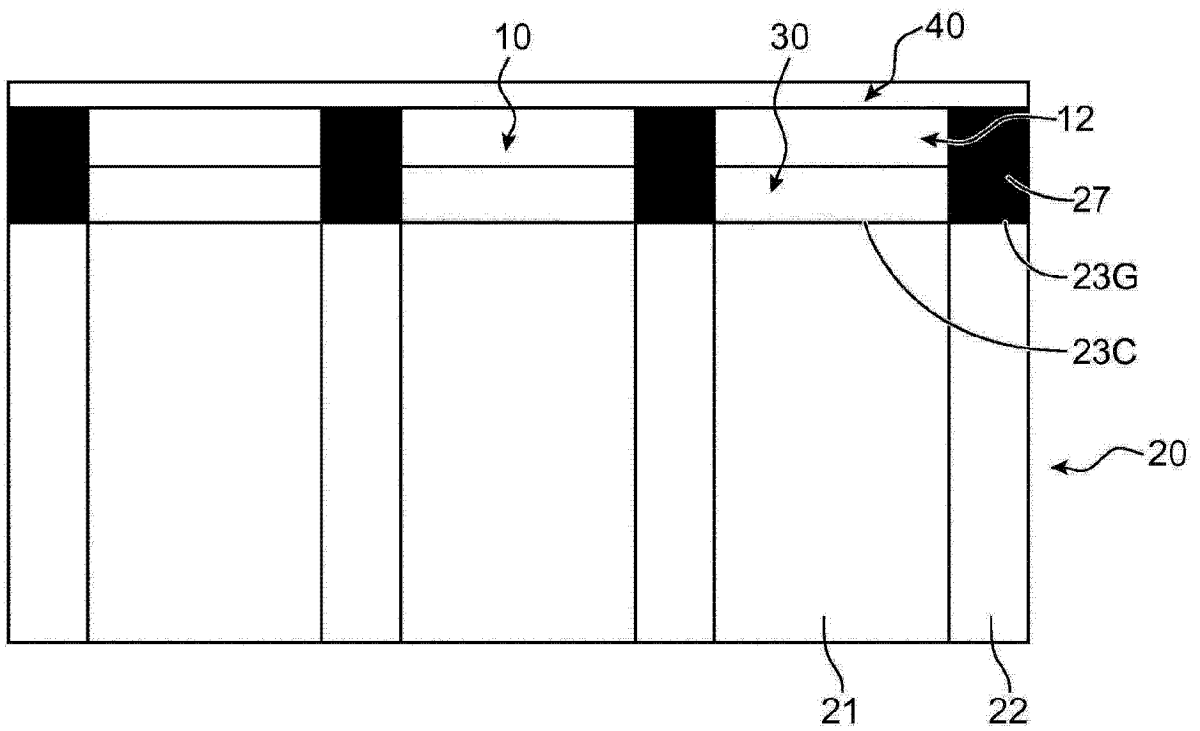


图 7

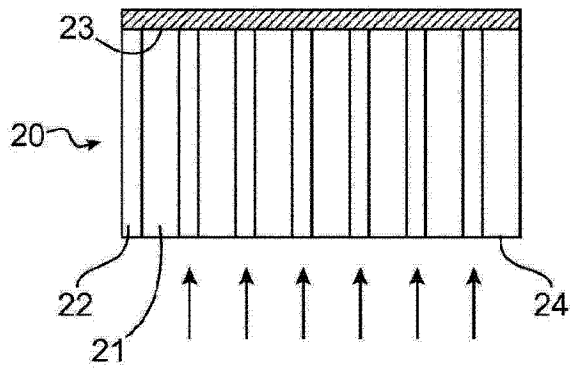


图 8A

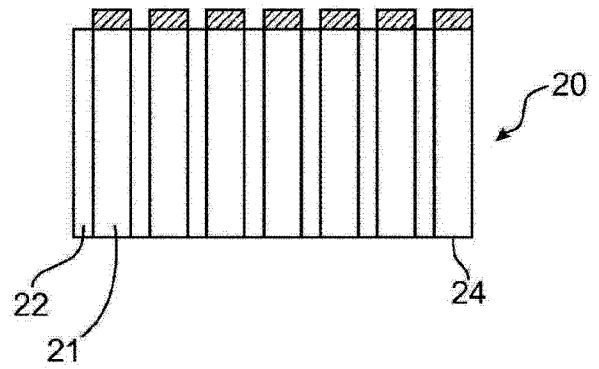


图 8B

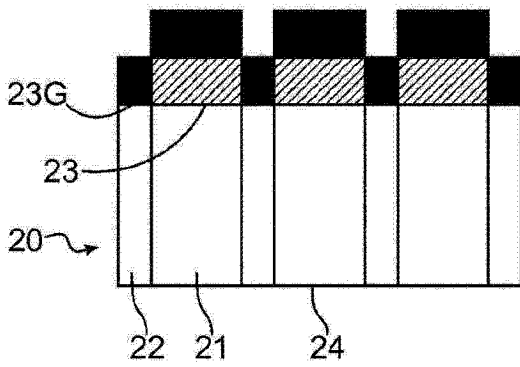


图 8C

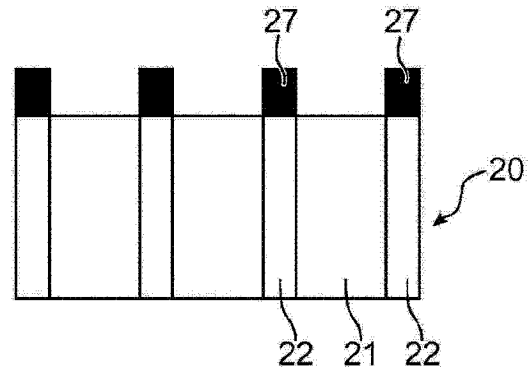


图 8D

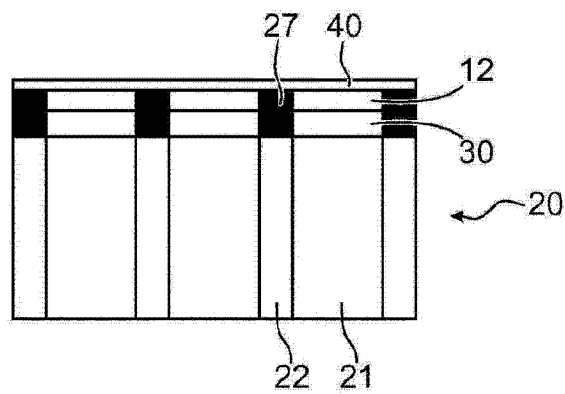


图 8E