



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108139618 A

(43)申请公布日 2018.06.08

(21)申请号 201680059935.4

(22)申请日 2016.10.14

(30)优先权数据

1518371.8 2015.10.16 GB

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.04.12

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/GB2016/053196 2016.10.14

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/064509 EN 2017.04.20

(71)申请人 牛津大学科技创新有限公司

地址 英国牛津

(72)发明人 培曼·胡赛尼 哈里什·巴斯卡兰

本·布劳顿

(74)专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有限公司 11270

代理人 杨雅 姚开丽

(51)Int.Cl.

G02F 1/01(2006.01)

G02F 1/19(2006.01)

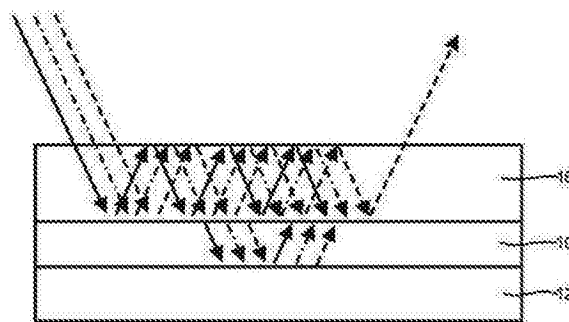
权利要求书2页 说明书9页 附图8页

(54)发明名称

光学装置

(57)摘要

一种光学装置,该光学装置包括以下层的堆叠:覆盖层(16),该覆盖层(16)具有用于引导入射光的高折射率;光吸收材料层(10),优选为相变材料;以及反射层(12),其中,覆盖层的折射率为至少1.6。



1. 一种光学装置,所述光学装置包括以下层的堆叠:
覆盖层;
光吸收材料层;以及
反射层,
其中,所述覆盖层的折射率为至少1.6。
2. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述折射率为至少1.8,优选为至少2.0,更优选为至少2.2。
3. 根据权利要求1或2所述的装置,其中,所述覆盖层包括TiO₂、ZnO、金刚石、SiO₂、Si₃N₄和TaO中的至少一种。
4. 根据前述权利要求中任一项所述的装置,还包括在所述覆盖层和所述反射层之间的间隔层。
5. 根据前述权利要求中任一项所述的装置,其中,所述光吸收层的厚度为至少10nm。
6. 一种光学装置,所述光学装置包括以下层的堆叠:
覆盖层;
光吸收材料层;
光学活性材料层;以及
反射层。
7. 根据权利要求6所述的装置,其中,设置电极以使得所述光学活性材料的折射率能够通过施加电压而改变。
8. 根据权利要求6或7所述的装置,其中,所述光学活性材料是液晶材料,并且所述堆叠还包括偏振层。
9. 根据权利要求8所述的装置,其中,所述液晶材料层的厚度小于300nm。
10. 根据权利要求6或7所述的装置,其中,所述光学活性材料是电光活性材料。
11. 根据权利要求10所述的装置,其中,所述电光活性材料层的厚度小于100nm。
12. 根据前述权利要求中任一项所述的装置,其中,所述覆盖层包括多个覆盖层子层,所述覆盖层子层中的至少两个覆盖层子层具有相对于彼此不同的折射率。
13. 根据前述权利要求中任一项所述的装置,其中,在所述反射层和所述光吸收材料层之间设置有间隔层。
14. 根据权利要求13所述的装置,其中,所述间隔层包括多个间隔层子层,所述间隔层子层中的至少两个间隔层子层具有相对于彼此不同的折射率。
15. 根据前述权利要求中任一项所述的装置,其中,所述光吸收材料包括选自下列组合的元素组合的化合物或合金:GeSbTe、VO_x、NbO_x、GeTe、GeSb、GaSb、AgInSbTe、InSb、InSbTe、InSe、SbTe、TeGeSbS、AgSbSe、SbSe、GeSbMnSn、AgSbTe、AuSbTe和AlSb。
16. 根据前述权利要求中任一项所述的装置,还包括无源光吸收材料层。
17. 根据权利要求16所述的装置,其中,所述无源光吸收材料层是金属的。
18. 根据权利要求16或17所述的装置,其中,所述无源光吸收材料层不包括任何相变材料。
19. 根据权利要求16至18中任一项所述的装置,其中,
所述覆盖层包括多个覆盖层子层,所述覆盖层子层中的至少两个覆盖层子层具有相对

于彼此不同的折射率,并且所述无源光吸收材料层设置在所述覆盖层内,夹在所述覆盖层子层中的两个覆盖层子层之间,或者所述无源光吸收材料层被设置成与所述覆盖层直接相邻。

20. 根据权利要求16至19中任一项所述的装置,其中,

所述间隔层包括多个间隔层子层,所述间隔层子层中的至少两个间隔层子层具有相对于彼此不同的折射率,并且所述无源光吸收材料层设置在所述间隔层内,夹在所述间隔层子层中的两个间隔层子层之间,或者所述无源光吸收材料层被设置成与所述间隔层直接相邻。

21. 根据前述权利要求中任一项所述的装置,其中,所述光吸收材料是具有复折射率的相变材料,所述复折射率能设定为赋予所述装置不同光学性能的至少两个值。

22. 根据前述权利要求中任一项所述的装置,其中,所述反射层是部分反射的并且所述装置是透射的,或者其中,所述反射层是全反射的。

23. 根据前述权利要求中任一项所述的装置,其中,所述层中的一层或更多层包括确定所述装置对入射光的光谱响应的光学腔。

24. 根据前述权利要求中任一项所述的装置,其中,所述堆叠被配置成在对应的多个不同区域中提供对入射光的多个不同的光谱响应。

25. 根据权利要求24所述的装置,其中,至少部分地通过将所述区域的至少一个子集配置成具有不同的层的顺序和/或一个或多个对应层的不同厚度来提供所述不同的光谱响应。

26. 根据权利要求24或25所述的装置,其中,至少部分地通过将所述区域的至少一个子集配置成使得所述光吸收材料层被切换成不同的相来提供所述不同的光谱响应。

27. 根据权利要求24至26中任一项所述的装置,其中,所述装置被配置成使用所述多个不同的光谱响应来提供全息效果。

28. 一种显示器、彩色显示器、安全标记、彩色滤光器、装饰层、分光计或窗户,包括根据前述权利要求中任一项所述的光学装置。

光学装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种光学装置。

背景技术

[0002] 期望改进光学装置,使其光谱特性可以定制为例如用于光谱测定的彩色滤光器,或者在装置是可切换的情况下的彩色显示器。

[0003] 装置的现有提议按以下原理工作:使用在光学透射层的相对表面上的反射进行干涉(即,类似于标准具);这提供了反射或透射中的光谱响应(即,颜色)。可以通过加入光吸收材料层来设置光谱(颜色)。如果光吸收材料是相变材料(PCM),则可以通过切换PCM的相来切换装置的光学特性。

[0004] 然而,仅在使用诸如7nm的超薄PCM层的情况下才会产生可观察的颜色对比度。这在装置是在粗糙衬底例如柔性聚合物上制造的情况下是有问题的。

[0005] 另一个想法是使用液晶材料作为显示器的可切换元件。然而,常规装置需要最小厚度为1至2微米的液晶(取决于所使用的液晶的双折射率)。该厚度限制了最大切换速度,也使用了更多的材料,并使装置更厚。其他概念使用电光活性材料,但是这些材料通常需要非常高的电压,例如10kV,这会产生问题。

发明内容

[0006] 鉴于上述问题设计了本发明。

[0007] 因此,本发明提供了一种光学装置,该光学装置包括以下层的堆叠:覆盖层、光吸收材料层以及反射层,其中,覆盖层的折射率为至少1.6。

[0008] 本发明的另一方面提供了一种光学装置,该光学装置包括以下层的堆叠:覆盖层、光吸收材料层、光学活性材料层以及反射层。

[0009] 在从属权利要求中限定了其他可选方面。

[0010] 在整个说明书中,使用了术语“光学”和“光”,因为它们是与电磁辐射相关的技术中的常用术语,但是应该理解,在本说明书的上下文中,它们不限于可见光。可以设想,本发明还可以用于可见光谱以外的波长,例如,红外光和紫外光。

附图说明

[0011] 现在将参照附图仅以示例的方式描述本发明的实施方式,在附图中:

[0012] 图1是根据本发明的实施方式的用于装置的光学装置的一部分的示意性横截面;

[0013] 图2示出了根据本发明的实施方式的装置的反射率与波长的关系曲线;

[0014] 图3(a)和图3(b)是示出了用(a)传统装置和(b)根据本发明的实施方式的装置可实现的色域的色度图;

[0015] 图4是本发明的包括液晶层的另一实施方式的横截面示意图;

[0016] 图5是本发明的包括液晶层的又一实施方式的横截面示意图;

[0017] 图6示出了根据本发明实施方式的基于图4的结构的装置的反射率与波长的关系曲线图；

[0018] 图7是本发明的包括电光活性材料层的实施方式的横截面示意图。

[0019] 图8是本发明的包括电光活性材料层的另一实施方式的横截面示意图；

[0020] 图9示出了根据本发明的实施方式的基于图7的结构的装置在不同的施加电压下的反射率与波长的关系曲线图；

[0021] 图10示出了根据本发明的实施方式的基于图7的结构的装置在不同的施加电压和不同的电光活性材料层厚度下的反射率与波长的关系曲线图；以及

[0022] 图11示出了示例性堆叠，该堆叠包括由多个覆盖层子层形成的覆盖层和由多个间隔层子层形成的间隔层；

[0023] 图12示出了包括设置在覆盖层内的无源光吸收材料层的示例性堆叠；

[0024] 图13示出了包括设置在间隔层内的无源光吸收材料层的示例性堆叠；

[0025] 图14示出了示例性堆叠，该示例性堆叠包括设置在覆盖层内的无源光吸收材料层和设置在间隔层内的无源光吸收材料层；

[0026] 图15示出了形成在光学厚覆盖片上的示例性堆叠；以及

[0027] 图16示出了具有提供不同光谱响应的多个区域的装置。

具体实施方式

[0028] 在现在将参照图1来描述光学装置的第一实施方式，图1以横截面的形式示意性地示出了分层结构。设置有固体光吸收材料层10。该层也被认为是薄膜吸收体，并且该材料通常在宽波长范围内具有非零的折射率(k)的虚部。可以使用许多合适的材料，随后将给出一些具体示例。层10的厚度通常大于10纳米。在该特定实施方式中，吸收材料是 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ (GST)。

[0029] 吸收材料层10设置在反射层12(部分反射或全反射，取决于装置是否以透射模式使用)上。

[0030] 在早前的提议中，间隔层会夹在吸收层10和反射层12之间，并且在装置的前(顶)侧会设置二氧化硅或ITO(氧化铟锡)的覆盖层。通常，覆盖层对颜色性能没有贡献，并且吸收层必须是超薄的。

[0031] 相比之下，在该特定实施方式中，将具有高折射率(在这种情况下为折射率的实部；折射率的虚部应该尽可能小，以使材料尽可能透明)的材料用作覆盖层16。折射率大于1.6，例如1.8或更大，并且可以大于2.0或甚至2.2。用于覆盖层16的材料的示例包括 TiO_2 、 ZnO 、 AgO 、金刚石、 SiO_2 、 SiN 和 TaO 。与传统装置相比，进入高折射率覆盖层16的光更易于保留在该层中(正如光可以被限制在诸如光纤之类的波导中)。颜色是通过与“泄漏”吸收层和下界面的干涉而产生的。去除了对超薄吸收层的要求。在GST作为包含吸收层10的PCM的情况下，当GST处于非晶相时，GST吸收性较小并且覆盖层16中的光受影响较小；当GST处于结晶相时，GST吸收性更强(更金属性)，因此光在特定波长处泄漏，从而通过干涉产生颜色和颜色调制。

[0032] 在层10和12之间还可以可选地设置间隔层(未示出)。如果吸收层10是PCM，则在需要的情况下可以设置电极以通过从电压源施加的合适的电压脉冲来(电或热)切换层的相，

PCM可以经历诱导的可逆相。反射层12可以充当底部电极(或者如果可选的间隔层导电的情况下(例如ITO)也可以是可选的间隔层充当底部电极);并且与PCM接触的第二电极(未示出)可以设置在侧面或顶部(层10和16之间)。或者,例如,如在WO 2015/097468 A1或EP16000280.4中所描述的那样,PCM层可被由与PCM相邻或者在反射层的与PCM相对的侧上的加热元件所提供的热脉冲激活。在这种情况下,间隔层可以是不导电的并且仅由于其光学特性和热特性而被选择。

[0033] 图2示出了其中TiO₂的覆盖层16的厚度为10纳米、50纳米和100纳米的装置的光谱响应的示例;虚线表示当GST处于非晶相时,实线表示当GST处于结晶相时。从这些示例中可以看出,在切换期间颜色可以从淡变为亮。使用这种结构,可以产生RGB型像素,其中,一种状态为淡色(几乎是白色),另一状态为亮原色(例如亮蓝色、亮红色或亮绿色)。使用较薄的覆盖层16,该装置可以具有相当平坦的光谱,或者可以简单地用于在像素的明暗状态之间切换。在图2的所有示例中,反射层12是100nm厚的Ag层。

[0034] 吸收层10的厚度本身可以独立地产生颜色。

[0035] 通过将顶部电极变为在薄透明电极层(例如10nm ITO)顶部的高折射率层16,可以容易地将图1的结构与从CMOS电路的顶部的PCM存储装置已知的架构集成。

[0036] 使用根据本发明的该方面的实施方式的装置,可以显著改善色域(在色彩空间中可取得的颜色范围)。在图3(a)的色度图中绘制的点示出了使用ITO覆盖层的先前可能的色域,而图3(b)示出了在高折射率覆盖层16的情况下可能的大得多的色域,在该示例中,覆盖层是金刚石(例如通过CVD生长的合成金刚石)。

[0037] 在本发明的另一实施方式中,间隔层和覆盖层中的任一者或两者可以包括“复合”层,该“复合”层包括具有不同折射率的多个材料层。以这种方式,在这些多个层的界面处产生进一步的局部内反射,提供了更复杂的干涉模式的可能性,这使得能够增加对可用状态的反射光谱的控制。这可以包括:在窄波长范围内产生具有高反射率的反射光谱、产生更鲜艳的颜色并由此产生更大的色域的能力;以及在装置的多个状态下更独立地调整所期望的反射光谱的能力。可以用作复合间隔层或覆盖层内的子层的材料可以包括(但不限于)ZnO、TiO₂、SiO₂、Si₃N₄、TaO和ITO。图11至图15中示出了具有这样的复合间隔层或覆盖层的示例性装置。

[0038] 图11示出了其中覆盖层16包括多个覆盖层子层161-162的示例性堆叠。覆盖层子层161-162中的至少两个子层具有相对于彼此不同的折射率。通常,至少那些彼此直接相邻的覆盖层子层具有相对于彼此不同的折射率。在所示的特定示例中,覆盖层16包括第一折射率的两个覆盖层子层161,其夹着与第一折射率不同的第二折射率的单个覆盖层子层162,但是其他配置也是可能的。在所示的示例中,在反射层12和光吸收材料层10之间另外设置了间隔层40。在该特定示例中,间隔层40包括多个间隔层子层401-402。间隔层子层401-402中的至少两个子层具有相对于彼此不同的折射率。通常,至少那些彼此直接相邻的间隔层子层具有相对于彼此不同的折射率。在图11的特定示例中,仅设置了两个间隔层子层,但是其他实施方式可以包括多于两个的间隔层子层。在该实施方式中,堆叠是从反射层12下方的衬底50开始形成的。如下文参照图15所述,这不是必需的。堆叠也可以以相反的顺序从覆盖层16上方的光学厚覆盖层70开始形成(在这种情况下反射层下方的衬底50是可选的)。

[0039] 在又一实施方式中,其示例在图12至图14中示出,装置还包括无源光吸收材料层60。无源光吸收材料层60可以包括光吸收材料薄层或薄膜。无源光吸收材料层60可以被设置作为覆盖层16的一部分(例如夹在两个覆盖层子层之间)、与覆盖层16直接相邻(无论覆盖层是否包括多个覆盖层子层)、作为间隔层40的一部分(例如夹在两个间隔层子层之间)和/或与间隔层40直接相邻(无论间隔层是否包括多个间隔层子层)。

[0040] 不希望受理论束缚,发明人目前认为添加这样无源光吸收材料层既有助于增加该层界面处的内反射,又能优先吸收在无源光吸收材料层的位置处由装置中的其他层提供的腔或多个腔上具有驻波波腹的波长的光。这又可以增加装置的多个状态的反射光谱的颜色选择性,扩大可实现的反射颜色的范围和/或每个状态中所反射颜色的独立性。在一实施方式中,因为无源光吸收材料层60不能例如以与PCM层同样的方式在不同状态之间切换,因此无源光吸收材料层60是无源的。无源光吸收材料层60不包含任何相变材料。在一实施方式中,无源光吸收材料层60是金属的,例如由诸如Ag、Au、Al或Pt之类的金属材料形成。无源吸收材料层60通常被设计为足够厚以产生期望的光学效果,但不会厚到以至于吸收或反射较大比例的入射光。3nm-30nm已被确认为最佳范围。为了防止无源光吸收材料层60的氧化(例如在该层由易氧化的金属材料形成的情况下),可以在金属层的一侧或两侧沉积一层稳定的材料。该层可以足够厚(通常小于10nm)以免影响由装置产生的反射光谱,或者可以是本身有助于预期反射光谱的较厚层。或者,无源吸收材料层60包括非金属吸收体。

[0041] 图12示出了具有无源光吸收材料层60的示例性堆叠。在该特定实施方式中,堆叠包括多个覆盖层子层161-162。无源光吸收材料层60设置在覆盖层内,夹在两个覆盖层子层161-162之间。

[0042] 图13示出了具有无源光吸收材料层60的另一示例性堆叠。在该特定实施方式中,堆叠包括多个间隔层子层401-402。无源光吸收材料层60设置在间隔层内,夹在两个间隔层子层401-402之间。

[0043] 图14示出了具有两个无源光吸收材料层60的示例性堆叠。第一个无源光吸收材料层60设置在覆盖层内,夹在两个覆盖层子层161-162之间。第二个无源光吸收材料层60的设置间隔层内,夹在两个间隔层子层401-402之间。

[0044] 图4中示出了本发明的另一实施方式。在该实施方式中,在光吸收层10和反射层12之间设置了液晶材料层。如从LCD(液晶显示器)领域已知的那样,透明电极21、22(由例如ITO制成,10nm厚)设置在液晶腔的每侧上。该装置具有例如由ITO、二氧化硅、氧化铝、硫化锌或聚合物材料制成的透明顶层24以及偏振器26。向电极21、22施加适当的电压将切换液晶分子的定向以改变腔的折射率,从而调制装置(可以是薄膜的形式,并且可以像素化)的颜色。

[0045] 为了正常工作,常规液晶装置需要1微米至2微米的一定最小厚度。该厚度由以下等式决定:

[0046]
$$d = \lambda / (4 \Delta n)$$

[0047] 其中,d是最小厚度, λ 是波长,以及 Δn 是装置中使用的特定液晶的双折射。

[0048] 然而,对于本发明的本实施方式,该等式不适用,因为是通过改变纳米腔(层20)的折射率来对光进行调制,而不是像在传统LCD装置中那样在光的相位上进行工作。因此,液晶层20可以比传统方式薄约10倍,例如大约200nm。这意味着该装置可以做成超薄的,并且

可以以比传统装置高得多的速度进行切换。因此,该装置对于电信应用是有利的。然而,该装置也可以用于采用低功耗的色彩调制的装饰应用,或用于无源反射型显示器。减小反射层12的厚度将使得能够在透射模式下进行颜色调制,并且可以用作分光计的彩色滤光器或可调谐宽带吸收器。

[0049] 图5示出了该实施方式的变体,其中,吸收层10与反射层12相邻以提供类似于图1的装置的“泄漏型”装置。不需要顶层24。

[0050] 在根据图4和5的实施方式的装置中,诸如GST之类的吸收层10不需要可切换,也不需要示出相变,因此不需要设置有自己的电极。然而,可以将该吸收层预设成所需的相。

[0051] 图6示出了根据图4的装置的一段范围内的光谱响应(反射中),图4的装置依次包括ITO顶层24、GST吸收层10、ITO电极21、TL216的液晶层20、ITO电极22和Ag的反射层12。GST和TL216的厚度如图6的图例中给出的那样。对于每对厚度,示出了针对具有寻常折射率(n_o)或非常折射率(n_e)的液晶TL216的曲线图,该寻常折射率(n_o)或非常折射率(n_e)可通过在由电极21、22施加的电场中切换液晶来获得。可以看出,显著的光谱变化以及因此颜色变化是明显的。

[0052] 图7和图8示出了本发明的又一实施方式。这些结构类似于图4和5的装置,不同之处在于液晶层被称为E0层30的电光活性材料层30所代替。在E0层的每侧上设置透明电极31、32(由例如ITO制成,10nm厚)。图7的装置具有透明顶层34,其例如由ITO、二氧化硅、氧化铝、硫化锌或聚合物材料制成。

[0053] 电光活性材料基于施加的电场的强度来改变它们的折射率。E0材料的示例包括:磷酸二氢铵(ADP)、磷酸二氢钾(KDP)、铌酸锂、钽酸锂、碲化镉以及诸如DANS、DR、FTC、CLD1、AJL8之类的各种聚合物发色团。向电极31、32施加适当的电压将切换E0层30的折射率,从而调制装置(其可以是薄膜的形式并且可以像素化)的颜色。

[0054] 该装置可以使用例如在10nm至200nm的范围内的非常薄的E0层。这意味着即使在诸如100V或更低的相对低的电压下也可以产生引起可见切换的高电场。工作电压高达100V的表面贴装装置DC-DC转换器已经很容易买到。E0材料都是高度绝缘的,因此即使在高电压下也几乎没有电流循环。因此,即使在高电压下工作,能耗也非常低,因此可以进行电池操作。

[0055] 切换速度也可以非常高,例如120GHz,并且可以实现大量切换周期的寿命。因此,该装置对于电信应用是有利的。但是,该装置也可以用于采用低功耗的颜色调制的装饰应用或用于显示器。减小反射层12的厚度将使得能够在透射模式下进行颜色调制,并且可以用作分光计的彩色滤光器或可调谐宽带吸收器。

[0056] 在根据图7和8的实施方式的装置中,诸如GST之类的吸收层10不需要可切换,也不需要显示相变,因此不需要设置其自己的电极。

[0057] 图9示出了根据图7的装置的光谱响应(在反射中),图7的装置依次包括40nm厚的SiO₂顶层34、5nm厚的GST(非晶态)吸收层10、10nm厚的ITO电极31、20nm的LiNbO₃E0层30、10nm的ITO电极32以及100nm厚的Ag反射层12。相对平坦的光谱示出了随着电压从+100V降至-100V的从黑到亮的转变。图10示出了下述示例的光谱响应,该示例具有与图9的结构相同的结构,不同之处在于GST是6nm厚,并且E0层30是CLD1聚合物,在两个示例中其厚度分别为20nm和120nm。可以看出,当从+100V切换到-100V时,显著的光谱变化以及因此颜色变化

是明显的。

[0058] 在前述实施方式中,液晶材料和E0材料两者都包含在通称“光学活性材料”内。

[0059] 材料

[0060] 在许多应用中,尽管光吸收材料层10可以是相变材料,但是光吸收材料层10并不一定要是相变材料。用于吸收层10的合适材料的示例包括:下面提到的任何相变材料;非晶硅、无定形碳、Ge、GaAs、InAs、InP、CdTe、Ag₂S、有机半导体;可以吸收光线并且可以沉积成几纳米厚的薄膜的任何合适的材料(对此半导体材料通常非常理想)。化学计量可以改变,并且可以使用掺杂来产生期望的吸收特性。事实上,没有必要使用以本体状态吸收光的材料;可以对这样的材料进行改造以产生在吸收方面具有期望特性的超材料。

[0061] 许多合适的相变材料可单独或组合使用,包括选自以下列表的元素的组合的化合物或合金:GeSbTe、GeTe、GeSb、GaSb、AgInSbTe、InSb、InSbTe、InSe、SbTe、TeGeSbS、AgSbSe、SbSe、GeSbMnSn、AgSbTe、AuSbTe和AlSb。还应理解的是,这些材料的各种化学计量形式是可能的,例如Ge_xSb_yTe_z;另一合适的材料是Ag₃In₄Sb₇₆Te₁₇(也称为AIST)。其他合适的材料包括任何所谓的“莫特忆阻器”(在某特定温度下经历金属与绝缘体转变(MIT)的材料),例如,VO_x或NbO_x。此外,该材料可以包含一种或多种掺杂剂,例如C或N。

[0062] 这种所谓的相变材料(PCM)在非晶相和结晶相之间切换时经历了实折射率和虚折射率的剧烈变化。可以例如通过由合适的电脉冲或由来自激光源的光脉冲所引起的加热来实现该切换,或者该加热可以是例如使用与相变材料热接触的相邻层的电阻加热的热加热。当材料在非晶相和结晶相之间切换时,折射率发生显著变化。材料在任何一种状态下都是稳定的。切换可以有效地执行无限多次。然而,切换并不是必须是可逆的。

[0063] 适用于所有实施方式的进一步改进是层10的材料不必在完全晶态和完全非晶态之间简单地切换。可以实现相的混合,例如20%结晶、40%结晶等。根据部分结晶的程度,所得的材料的有效折射率介于完全结晶和完全非结晶的两个极端之间。可以容易地实现4至8个不同的混合相,具有相应数量的不同的可检测的反射率,但是通过适当的控制,该数量可以更高,例如为128。

[0064] 尽管本文描述的一些实施方式提及材料层可以在诸如结晶相和非结晶相之类的两个状态之间切换,但是变换可以是在任何两个固相之间,包括但不限于:结晶相到另一结晶相或准结晶相或反之亦然、非结晶到结晶或准结晶/半有序或反之亦然,以及其间的所有形式。实施方式也不仅限于两个状态。

[0065] 在优选实施方式中,吸收材料层10由厚度小于200nm的Ge₂Sb₂Te₅(GST)组成。

[0066] 反射层12通常是例如由Au、Ag、Al或Pt组成的薄金属膜。如果该层要部分反射,则可以选择5nm至15nm范围内的厚度,否则将该层制成更厚例如100nm,以基本上全反射。

[0067] 图1、图4、图5、图7、图8、图11、图12、图13、图14中所示的整个结构可以设置在诸如玻璃、石英、或塑料材料、聚碳酸酯、PET之类的衬底50(例如图11至图14中示出)上,以便于制造或结构坚固。衬底50可以是光学厚层,以便不影响反射光谱,或者可以设置在完全不透明的反射层12后面。在诸如吸收材料10、ITO、SiO₂之类的无机材料层的情况下,使用溅射来沉积这些层,这可以在100°C或甚至70°C或更低的相对低的温度下进行。聚合物层可以通过旋涂和固化来形成。根据需要还可以设置附加层。低温工艺意味着光学装置不必与包括衬底的制品(制品可以是例如窗玻璃)同时制造;光学装置可以被改装为随后施加至例如现有

的窗户或面板的表面涂层。或者,光学上重要的层可以以相反顺序沉积到透明的光学厚覆盖板(也称为光学厚覆盖层70)上,然后可选地层压至或以其他方式附接到可选衬底50以进一步坚固或封装。图15中示出了这样的配置的示例。在该特定示例中,堆叠包括覆盖层16、光吸收材料层10、间隔层40和反射层12,但是应该理解,本文公开的任何堆叠配置(包括具有多个覆盖层子层和/或多个间隔层子层和/或一个或更多个无源光吸收材料层的堆叠)都可以以相应的方式形成在光学厚覆盖层70上(在有或者没有额外的衬底50的情况下)。衬底50和/或覆盖板70可以是刚性的,例如玻璃或硅,或者可以是柔性的,例如聚合物片或厚柔性玻璃。为了改善由装置产生的彩色反射的可见性,覆盖板可以可选地在上(观察者侧)表面上涂覆有抗反射膜。

[0068] 应用

[0069] 根据本文的任何实施方式的光学装置可以用作透射式彩色(光谱)滤光器(可切换式或固定式),例如用于LCD/OLED显示器和投影仪的超薄彩色滤光器。它们也可以用于透视显示器,例如平视显示器(HUD)。

[0070] 根据本文的任何实施方式的光学装置可以用作应用于物品、包装、ID徽章/通行证、钞票等的透射式安全标记。通过设置不同区域的晶体学状态,可以在相变材料层中存储图案。该图案可以简单地是可识别的图像,或者可以例如以条形码、QR码或其他合适的码的形式对特定的信息进行编码。基于PCM的光调制器的优点之一是可以将非常高分辨率的图案写入装置(参见Nature 511,206-211(2014年7月10日))。这使得可以使用全息图案。全息图案可以用于对入射光进行衍射,以便在有或没有附加透镜或其他光学元件的帮助下,形成距离装置某个距离或一组距离的实像、多个实像或三维体积图像。全息图案还可以与装置一起使用,以对输入光束进行光束转向、聚焦、复用或其他光学效果。

[0071] 在本发明的又一实施方式中,如图16中示意性地描绘的那样,堆叠被配置成向对应的多个不同区域80中的入射光提供多个不同的光谱响应。在一实施方式中,至少部分地通过将区域80的至少一个子集配置成具有不同的层的顺序(更多或更少的层和/或不同的层组成顺序和/或厚度)和/或一个或更多个对应层的不同的厚度(例如相同的层组成顺序但以该顺序的一个或更多个层在不同区域中具有不同厚度)来提供不同的光谱响应。可替换地或另外地,至少部分地通过将区域80的至少一个子集配置成使得光吸收材料层被切换到不同的状态(例如不同的相)来提供不同的光谱响应。每个区域可以分别包括本文公开的任何堆叠。多个区域80可以形成更大的多个区域的子集(其也可以被称为像素)。在一实施方式中,该装置被配置成使用在不同区域中提供的多个不同光谱响应来提供全息效果,例如如上所述的全息图案。

[0072] 为了优化用于全息应用的装置的性能,可以调整间隔层、有源和无源薄膜吸收层以及覆盖层的配置,以便在用于装置的照明的特定窄带波长处给出高对比度调制以重现全息效果。这种高对比度调制可以是基于幅度的(即,在特定波段的反射率的强烈变化),或者可以是在多个状态下反射时光的相位的大的变化(理想地为 π 或 2π 弧度)。或者,可以指定光学层的配置,以便在足够宽的波长范围上给出充分的调制,以在一定波长范围内实现全息效应。

[0073] 因为人们可能仅依赖于难以复制的光学装置固有的预定颜色变化或光谱响应,因此图案不是必需的。

[0074] 在一个实施方式中,安全标记位于柔性衬底上,例如智能标签或ID膜,其可以弯曲以显示已知的颜色变化或向安检人员显示图案。因为弯曲该装置会改变层的厚度,特别是间隔层的厚度,并且因此改变装置的光谱透射响应,所以会发生颜色的变化和/或图案的展示。

[0075] 另一种变型是使用作为相变材料的莫特忆阻器(例如 VO_x 或 NbO_x)的图案来定义标记。当标记被加热到转变温度以上时,会发生颜色对比度的变化,因此可以通过加热装置来显示安全标记,并且标记在再次冷却时消失。

[0076] 包括简单分光计的装置读取器可以评估标记在不同角度(有或没有弯曲)的颜色变化,并将其与先前存储的响应进行比较以便以极高的置信度验证标记的真实性。

[0077] 另一装置读取器使用一个或更多个低功率激光二极管来测量固定波长下随角度变化的透射率,并与已知的响应进行比较。

[0078] 在图案被写入到标记中的情况下,装置读取器可以包括相机以在特定照明波长或角度下拍摄标记的一个或更多个图像,并且可以使用对比度比较和/或图像识别来验证标记。

[0079] 有了上述任何一个安全标记,当然可以使用如前所述的适当的切换手段来擦除和/或重写标记(例如激光、电或热)。这实现了多用途的安全分级,例如,用户的卡在第一个检查点进行验证,此时装置读取器也会将第二信息写入标记。然后第二检查点验证第二信息的存在,然后擦除和/或写入另一信息。以这样的方式,只能依次通过检查点,而绕过检查点将导致随后的检查点的访问被拒绝。写入和重写强加在装置上的图案的能力还使得能够将装置用作显示器或空间光调制器,以用于直接观看,或者以在距作为投影或全息投影系统的一部分的装置本身的一定距离处形成图像。当用作显示系统中的光调制元件时,装置可以被配置成调制一组不同波长的频带以提供全色能力。这可以通过在显示器中设置多个区域,使其具有不同配置的间隔层、有源和无源薄膜吸收层以及覆盖层以用于调制不同的波段来实现(即显示器内的不同类型的子像素),或者基于相变材料的装置的快速(通常亚微秒)切换能力可以用于按时间顺序提供对输入颜色序列的调制。

[0080] 虽然图2、图6、图9、图10的光谱主要涉及电磁光谱的可见部分,但是透射型膜也可以用于调制光谱的其他部分,例如红外(IR)光。因此,可以制造用于透射或减少特定频带的IR滤光器。如果使用可切换的吸收材料层10,则装置可以用作用于对例如建筑物进行热管理的玻璃窗的表面涂层。可以在吸收层的非晶态和结晶态之间实现光谱的红外部分的透射率的大变化,使得透射通过装置的总红外能量的变化可以被切换超过25%。因此,太阳红外光能量可以透射通过玻璃窗以为建筑物内部提供加热,或者可以切换装置以反射更多的红外光以减少建筑物内部的不想要的加热。

[0081] 通过适当选择材料和层厚度,装置可以在光谱的红外部分提供较大的变化,同时仅在很小程度上影响可见光。例如,在可见波长处透射的总能量可能受到的影响小于20%。以这种方式,可以保持通过窗玻璃进入建筑物的可见光的亮度,同时仍然不显眼地调节透射的热能(红外光)。换句话说,即使改变了红外透射,可见外观也不一定改变或者看起来有色。

[0082] 分光计

[0083] 存在被称为基于宽带滤光器的分光计的一种类型的分光计。代表要被分析的光谱

的光通过具有随波长变化的已知传输特性的宽带滤光器。不同的频带被衰减不同的量,并且得到的光到达单个检测器,其提供单个得到的总强度值。使用多个宽带滤光器重复该过程,每个宽带滤光器都以不同的方式修改频谱。根据所有宽带滤光器的已知透射光谱和强度测量结果,可以通过计算重建原始光谱。

[0084] 通过同时测量一组强度可以使分光计更高效。这样做的一个实施方式采用设置有诸如电荷耦合装置 (CCD) 的二维检测器阵列的衬底。在检测器阵列的前面是一组光谱滤光器,每个光谱滤光器包括如前所述的具有部分反射层的透射滤光器。通过调整层的组成和/或厚度,每个滤光器的光谱透射可以不同。

[0085] 并非每个检测器都必须有一个滤光器,而是一个滤光器可以服务于多个检测器元件。此外,滤光器不一定每个都要分立制造。

[0086] 这种结构和技术使得该装置易于在 CCD 阵列上廉价且快速地制造,以提供片上分光计 (spectrometer-on-a-chip)。该装置可以用作针对红外光和紫外光以及可见光的分光计,并且当暴露于整个光谱的电磁辐射时是稳定的。阵列中不同的滤光器 34 和检测器 32 的数量可以是几百甚至更多的数量级,并且该数量将确定光谱分辨率。可以实现 $\pm 1\text{nm}$ 的光谱分辨率。

[0087] 上述任何装置的进一步应用是作为装饰层。例如,太阳镜的镜片可以被设置为涂覆有该光学装置。颜色和图案可以预先确定和/或可以随后改变。

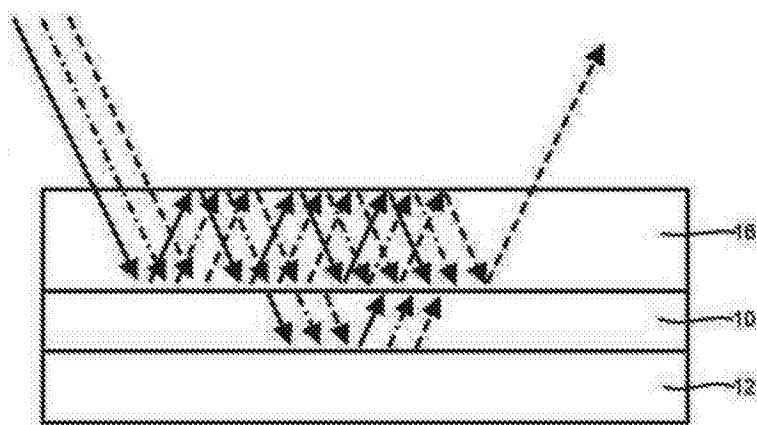


图1

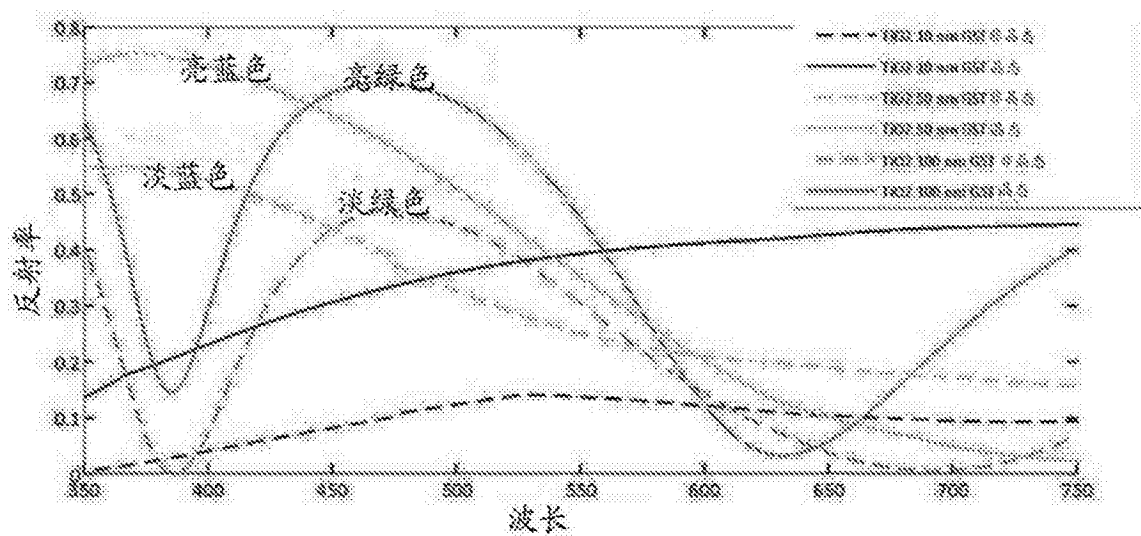


图2

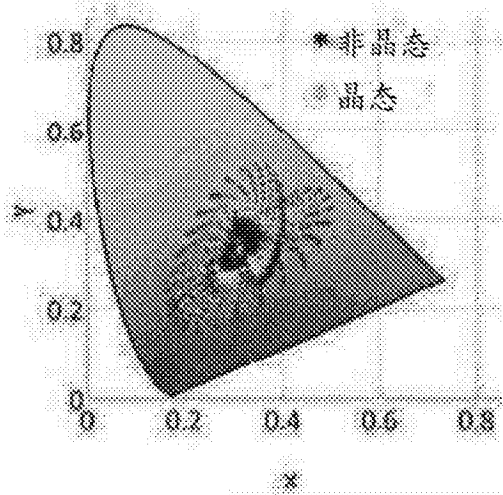


图3 (a)

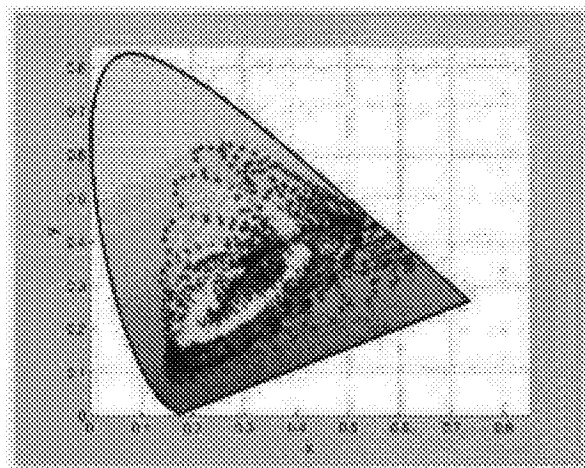


图3 (b)

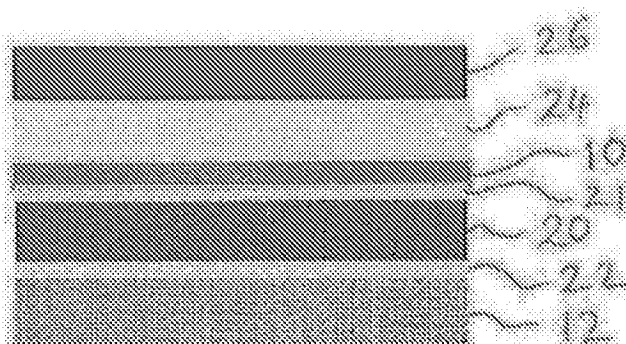


图4

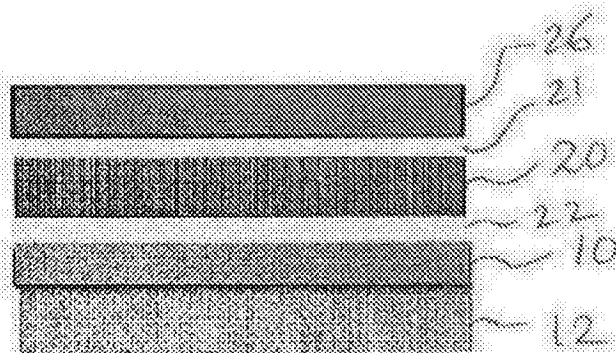


图5

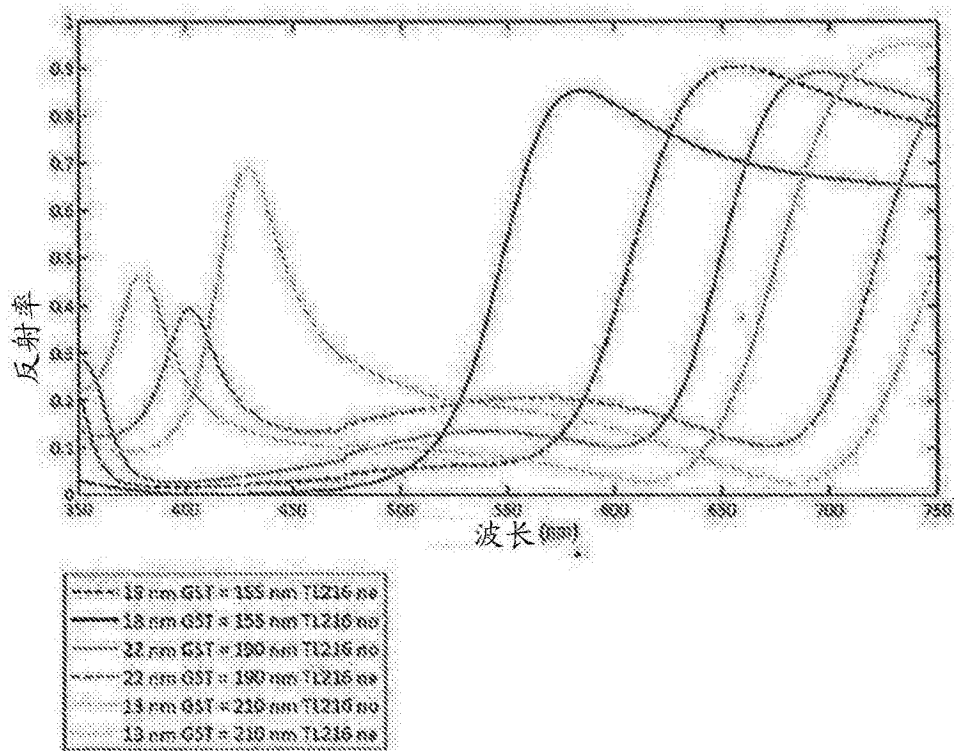


图6

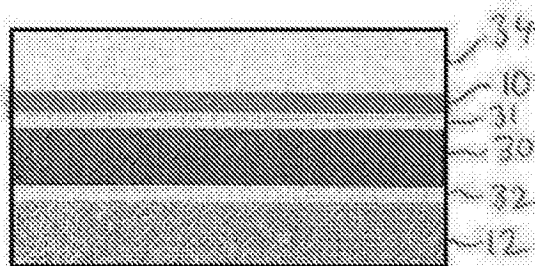


图7

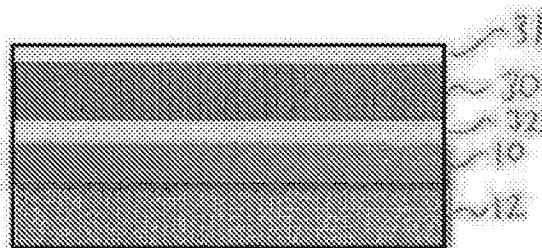


图8

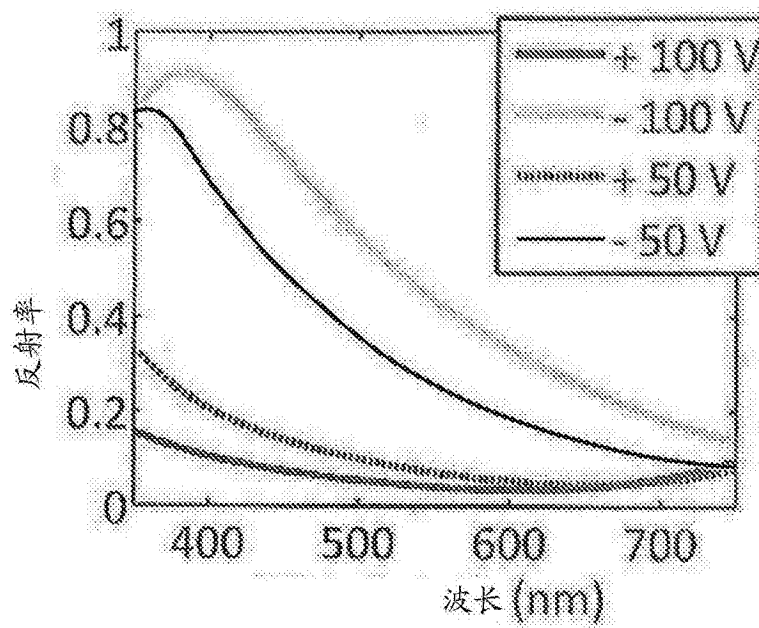


图9

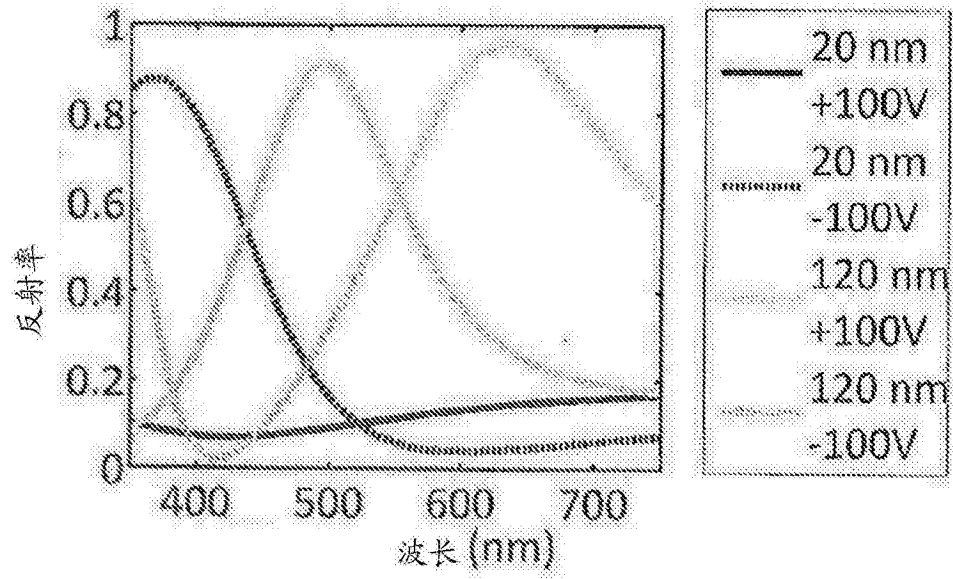


图10

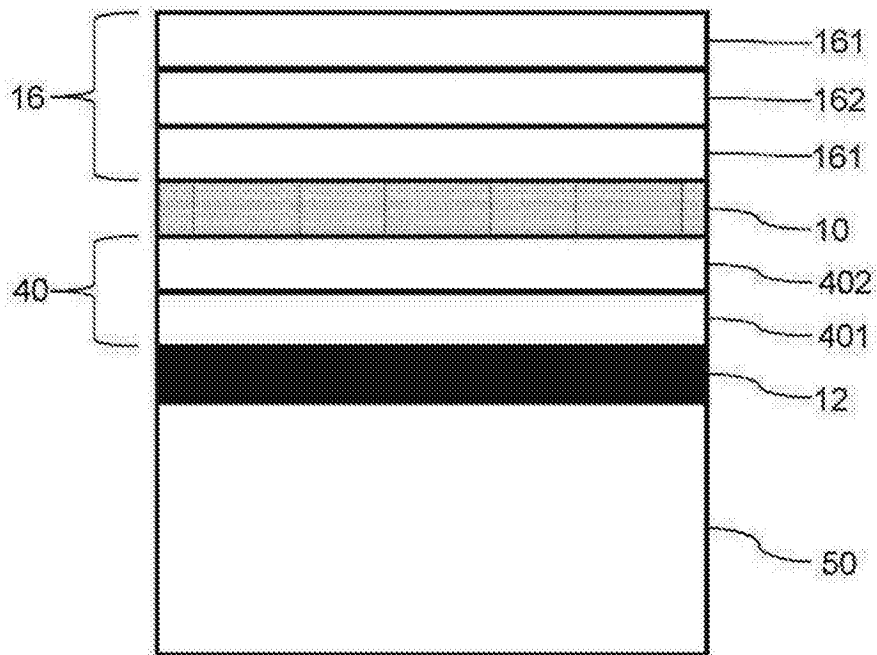


图11

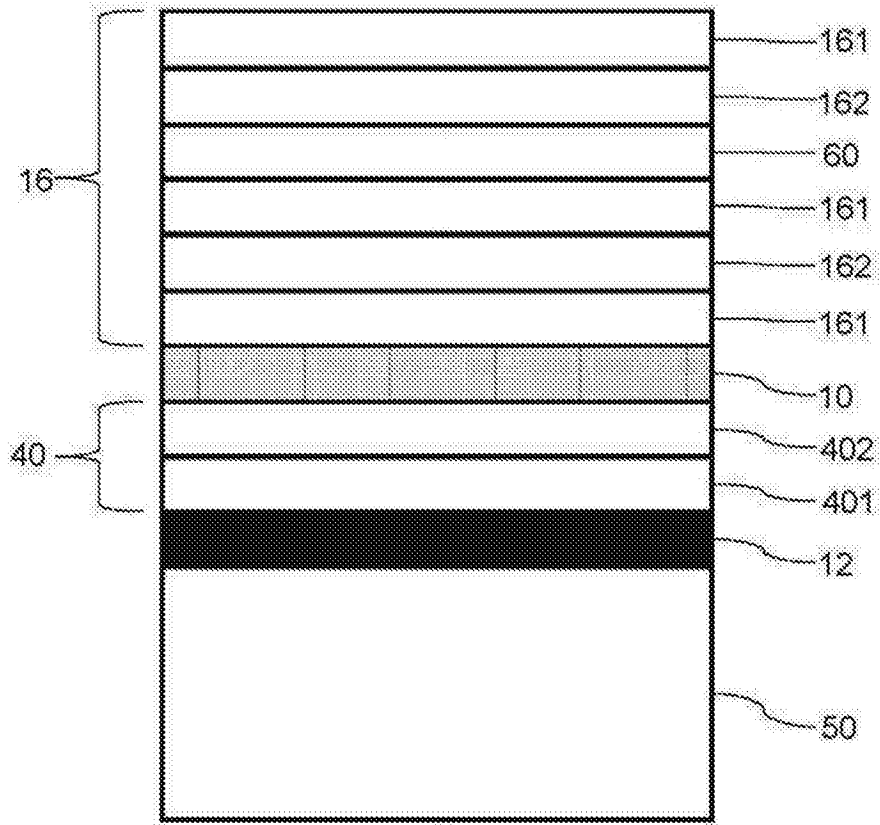


图12

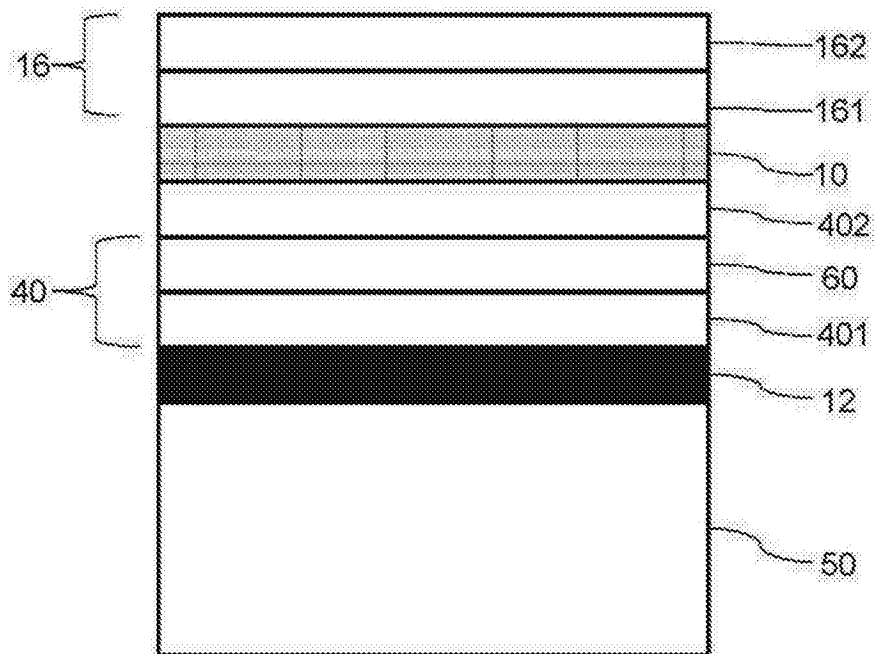


图13

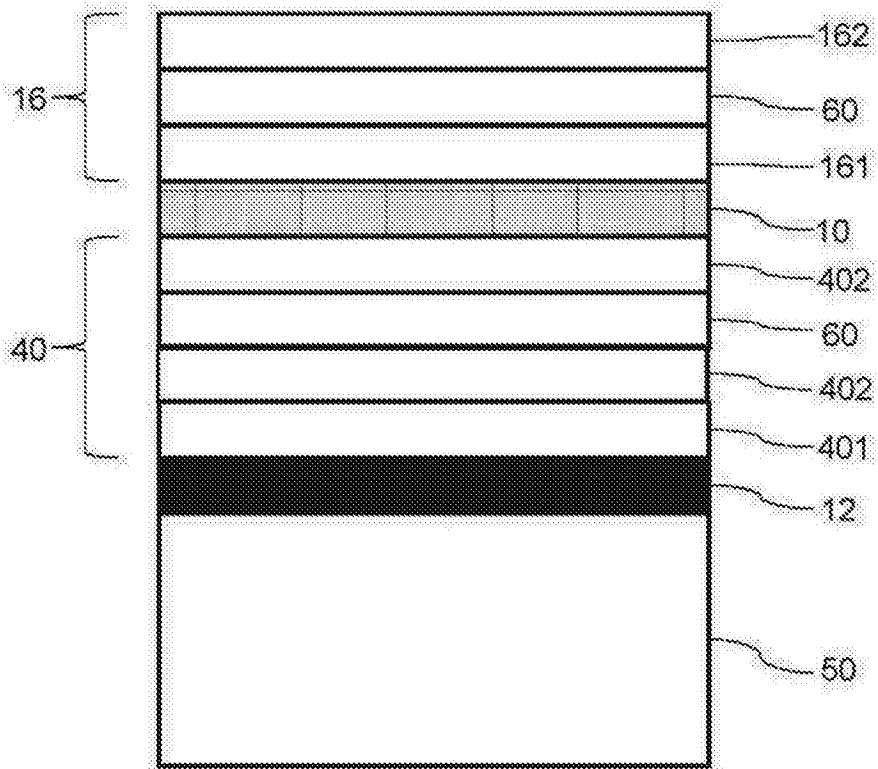


图14

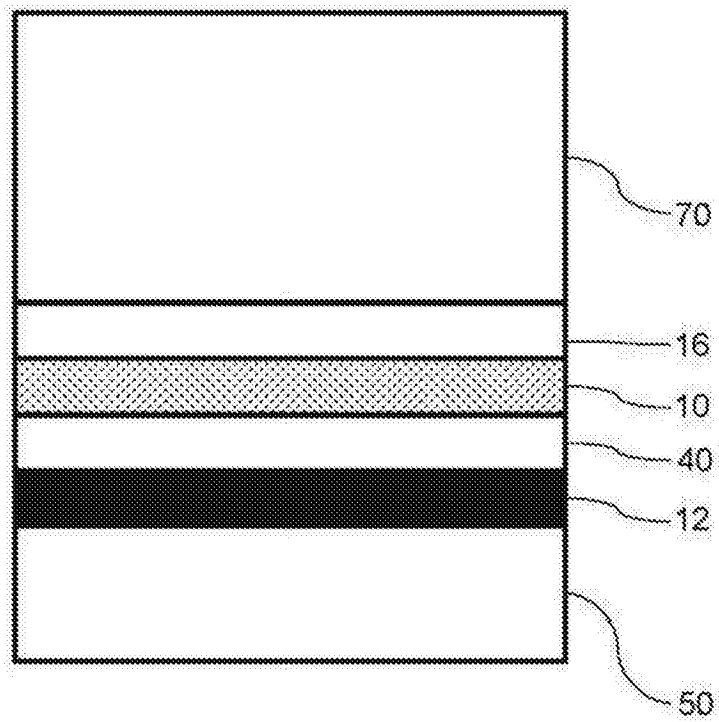


图15

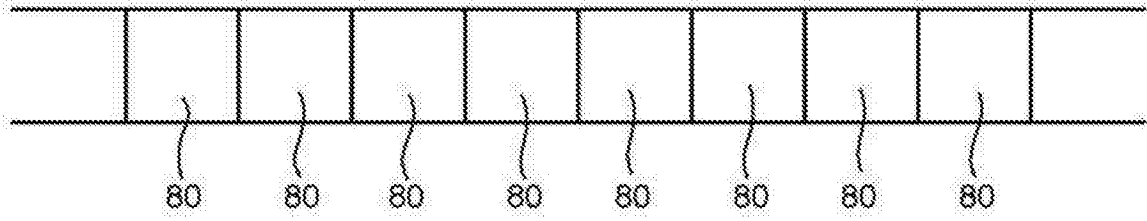


图16