(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101073166 B
(45)授权公告日 2012.03.21

(21)申请号 200580041939.1
(22)申请日 2005.12.05
(30)优先权数据
0452891 2004.12.07 FR
(85)PCT申请进入国家阶段日
2007.06.06
(86)PCT申请的申请数据
PCT/EP2005/056465 2005.12.05
(87)PCT申请的公布数据
WO2006/061363 FR 2006.06.15
(73)专利权人 汤姆森许可贸易公司
地址 法国布洛涅—比郎库尔
(72)发明人 冈瑟·哈斯 克里斯托夫·费里
(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021
代理人 戎志敏
(51)Int.Cl.
H01L 51/52(2006.01)
(56)对比文件
CN 1453883 A,2003.11.05, 全文.
CN 1510974 A,2004.07.07, 全文.
US 2004/0178722 A1,2004.09.16, 全文.
审查员 冯津京

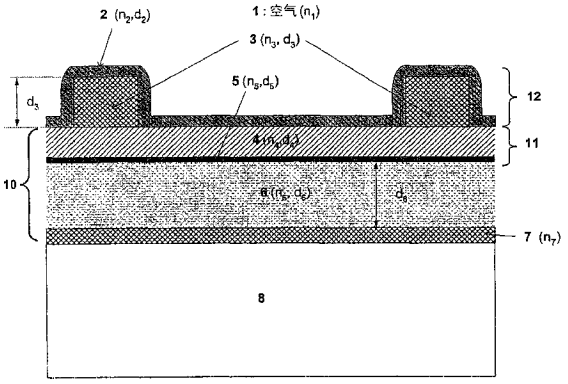
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 4 页

(54)发明名称

具有促进光提取的抗反射层的有机发光二极管和二极管面板

(57)摘要

本发明涉及一种二极管，包括插入到下电极和部分透明且半反射的上电极之间的有机电致发光层(6)，其本身包括透明导电子层(4)和电流分布金属子层(3)，例如不透明栅格。将电介质抗反射层(2)沉积到所述栅格上，以改善环境光中的发射对比度，根据有利实施例，所述栅格设计成最优化上电极的半反射性质，从而通过光学腔效果来改善已发射光的提取。



CN 101073166 B

1. 一种能够发光的有机发光二极管，包括：

衬底 (8)；

能够发光的有机电致发光层 (6)，插入到下电极和部分透明的上电极之间，所述下电极和上电极设计成使电流通过所述有机电致发光层 (6)，并且因此在有机电致发光层 (6) 内引起光的发射，所述上电极包括近似均匀厚度的至少一个透明或半透明导电子层 (4、5) 和电流分布金属子层 (3)，该金属子层分布成不透明区，在不透明区之间该子层中存在着形成用于通过由所述电致发光层 (6) 发射的光的窗口；

反射下层，设计成反射所述发射的光，所述反射下层插入到所述衬底和所述下电极之间，或由所述下电极形成，或作为所述下电极的集成部分，或插入到所述下电极和所述有机电致发光层 (6) 之间，或集成到所述衬底中；以及

近似均匀厚度的透明电介质抗反射层 (2)，经由其外表面与介质 (1) 接触，并且经由其内表面与所述至少一个透明或半透明导电子层 (4) 和所述电流分布金属子层 (3) 的不透明区接触；

其特征在于：

根据所述电流分布金属子层 (3) 的材料，选择所述透明电介质抗反射层 (2) 的材料和厚度，使得在与 550nm 接近的波长 λ_{amb} 处在所述不透明区的位置处正入射测量的反射率小于 0.1；

λ 是与发射的光的最大发射度接近的波长，根据所述至少一个透明或半透明导电子层 (4、5) 的在波长 λ 处测量的光学指数 (n_4、n_5) 和厚度 (d_4、d_5)，选择所述透明电介质抗反射层 (2) 的材料、在波长 λ 处测量的光学指数 (n_2) 和厚度 (d_2)，以构成半反射上层，该半反射上层设计成部分地反射所述发射的光，并且设计成在正入射时具有在该波长 λ 处测量的最大反射率，如此构成的反射下层和半反射上层因此限定了用于由有机电致发光层发射的光的光学腔，反射下层和半反射上层之间的距离 d_6 界定了所述光学腔以获得该层内发射的光的相长干涉。

2. 根据权利要求 1 所述的二极管，其特征在于所述介质 (1) 是空气。

3. 根据权利要求 1 所述的二极管，其特征在于：n_1 是波长 λ_{amb} 处所述介质 (1) 的光学指数，根据所述电流分布金属子层 (3) 的材料选择所述透明电介质抗反射层 (2) 的材料和厚度 d_2，所述透明电介质抗反射层 (2) 的材料具有在波长 λ_{amb} 处测量的光学指数 $n_2(\lambda_{amb})$，所述电流分布金属子层 (3) 的材料具有光学指数 $\tilde{n}_3$，$\tilde{n}_3$ 在相同的波长 λ_{amb} 处测量，并且按照以下方式由其自变量 n_3 及其相位 Φ 来限定：$\tilde{n}_3 = n_3 e^{i\phi}$，以近似满足方程：

$$n_2(\lambda_{amb}) = \frac{\sqrt{-(n_1\cos(\phi) - n_3 + n_3\sin^2(\phi))n_3 n_1(n_1\sin^2(\phi) + n_3\cos(\phi) - n_1)}}{-(n_1\sin^2(\phi) + n_3\cos(\phi) - n_1)}$$

4. 根据权利要求 1 所述的二极管，其特征在于：选择所述透明电介质抗反射层 (2) 的材料和厚度 d_2，所述透明电介质抗反射层 (2) 的材料具有在与 550nm 接近的波长 λ_{amb} 处测量的光学指数 $n_2(\lambda_{amb})$，以近似满足方程：

$$d_2 = \frac{\lambda_{amb}}{4n_2(\lambda_{amb})}\left(p - \frac{\phi_{2-3}}{\pi}\right)$$

其中，p 是任意偶数整数，并且 Φ_{2-3} 是在透明电介质抗反射层 (2) 和电流分布金属子层

(3) 之间的界面处反射之后的波长 λ_{amb} 的光线的相移。

5. 根据任一前述权利要求所述的二极管，其特征在于：所述透明电介质抗反射层 (2) 的材料和所述电流分布金属子层 (3) 的材料分别是：

氮化硅和钽；

或氧化钛和来自镍、铬、钛和钒的金属；

或硒化锌和来自镍、铬、钛和钒的金属。

6. 根据权利要求 1 至 4 中任一项所述的二极管，其特征在于：所述距离 d_6 近似满足以下方程：

$$d_6 = \frac{\lambda}{2n_6}\left(q - \frac{\phi_{tot}}{2\pi}\right)$$

其中，q 是任意整数；

其中，n_6 是波长 λ 处的有机电致发光层的平均光学指数；以及

其中，Φ_{tot} 是在反射离开反射下层和半反射上层之后，所发射光线的总相移。

7. 根据权利要求 1 至 4 中任一项所述的二极管，其特征在于：选择有机电致发光层与反射下层分离的距离以获得所述发射的光和反射离开该反射下层的光之间的相长干涉。

8. 根据权利要求 7 所述的二极管，其特征在于：所述有机电致发光层 (6) 包括发射有机子层和插入到所述反射下层和所述发射有机子层之间的至少一个非发射下有机子层，并且选择非发射下有机子层的厚度使得：所述发射有机子层的中心与所述反射下层分离的距离 z 近似满足以下方程：

$$z = \frac{\lambda}{2n_6}\left(r - \frac{\phi_{inf}}{2\pi}\right)$$

其中，r 是任意整数；

其中，λ 是与发射的光的最大发射度接近的波长，以及 n_6 是该波长处的有机电致发光层的平均光学指数；以及

其中，Φ_{inf} 是反射离开反射下层之后的发射的光线的相移。

9. 一种图像显示面板或一种照明面板，包括多个根据权利要求 1 至 4 中任一项所述的二极管。

10. 根据权利要求 9 所述的面板，其特征在于：所述上电极为多个所述二极管所共用。

11. 根据权利要求 10 所述的面板，其特征在于：共用上电极的所述电流分布金属子层 (3) 的所述不透明区在该上电极上形成了电流分布栅格。

具有促进光提取的抗反射层的有机发光二极管和二极管面板

技术领域

[0001] 本发明涉及一种二极管，具体地，涉及一种具有促进光提取的抗反射层的有机发光二极管和二极管面板。

背景技术

[0002] 本发明涉及一种能够发射光的有机发光二极管，包括：

[0003] 衬底；

[0004] 有机电致发光层，插入到下电极和部分透明的上电极之间，所述上电极包括：连续的并且均匀厚度的透明导电子层，以及不透明电流分布金属子层，所述金属子层具有用于通过由所述电致发光层发射的光的窗口；以及

[0005] 透明电介质抗反射层，经由其外表面与一般是空气的介质接触，并且经由其内表面与所述透明导电子层和所述不透明金属子层接触。

[0006] 这就是称为“顶部发射”二极管（即，在与衬底相对的一侧发射的二极管）的原因。这种二极管可以具有其中上电极是负极的传统结构，或其中上电极是正极的相反结构。

[0007] 因此，该二极管的上电极至少是一个双层，包括：透明导电主要子层，确保进入到所述电致发光层的电荷的均匀分布，以便在该层的厚度中产生均匀的电场；以及不透明电流分布子层，例如本质上用于增加所述上电极的导电性并且在所述电致发光层中发射的光可以通过其条之间的金属栅格。

[0008] 本发明还涉及这些二极管的阵列，尤其是形成照明或显示的二极管阵列，尤其是图像显示器、面板。

[0009] 例如在上述栅格的所述条上，所述不透明电流分布子层的环境光的反射，大大地退化了环境光中的所述二极管的发射对比度（emission contrast）。通过在所述二极管的整个有源表面上涂敷称为“完整层”的均匀厚度的抗反射层，可以解决该问题，但是该抗反射层然后有以下风险：使所述上电极的总透明度退化，并且从而使所述二极管的发光效率退化。

发明内容

[0010] 本发明的一个目的在于提供一种在所述上电极的所述不同明区域中的这种层的抗反射功能和所述上电极的总光学性能之间的最优化折衷，以便确保通过该电极提取由所述二极管发射的光方面的最佳性能。

[0011] 为此目的，本发明的一个主题是能够发光的有机发光二极管，包括：

[0012] 衬底；

[0013] 能够发光的有机电致发光层，插入到下电极和部分透明的上电极之间，设计成用于使电流通过所述有机电致发光层，并且因此在该层内引起光的发射，所述上电极包括近似均匀厚度的至少一个透明导电子层和用于分布所述电流的金属子层，该金属子层分布成

不透明区，在不透明区之间存在着该子层中的缝隙，形成作为由电致发光层发射的光的通道的缝隙；

[0014] 近似均匀厚度的透明电介质抗反射层，经由其外表面与通常为空气的介质接触，并且经由其内表面与所述透明导电子层和所述不透明金属子层接触，

[0015] 其中，根据所述电流分布金属子层的材料选择所述电介质抗反射层的材料和厚度，使得在与 550nm 接近的波长 λ_{amb} 处正入射测量的所述不透明区的反射率小于 0.1。

[0016] 因此，将下电极本身插入到衬底和电致发光层之间。

[0017] 优选地，二极管还包括发射下层，设计成反射所述已发射的光，将所述层插入到所述衬底和所述有机电致发光层之间，或将其集成到衬底中。

[0018] 由于该反射下层，实质上改善了由二极管发射的光的提取和二极管的发光效率。

[0019] 优选地，该反射下层由下电极形成，或作为所述下电极的集成部分，并且因此大体上是金属性的并且是不透明的。

[0020] 根据其他可能实施例：

[0021] 将该反射下层插入到衬底和下电极之间，因此该反射下层是透明的或半透明的；

[0022] 将该反射下层插入到所述下电极和所述有机电致发光层之间；

[0023] 该反射下层是衬底的集成部分。在衬底由有源矩阵形成的情况下，反射下层可以由有源矩阵的层之一形成。

[0024] 该反射下层可以由电介质构成，并且具有多层结构（布拉格反射器）。

[0025] 优选地，电流分布金属子层采取栅格的形式，所述栅格的条具有足够大的厚度以实质改善电流分布，同时在这些条之间留下足够宽的窗口，用于由电致发光层发射的光的通过。沿电流分布金属子层的不透明区（尤其是条）的方向、由电致发光层发射的光通常反射离开二极管内部的这些不透明区。因此，上电极是部分透明的，特别是因为电流分布金属子层的不透明区。

[0026] 将电流分布金属子层直接沉积到所述一个或多个透明或半透明导电子层中的透明导电子层上。其上直接沉积了电流分布子层的透明导电子层通常是基于诸如 ITO（氧化铟锡）之类的半导体氧化物。可以将诸如银之类的金属用于该透明导电子层，在这种情况下其厚度非常小以便实质上是透明的或至少是半透明的。还可以使用一个位于另一个上面的两个透明导电子层，即基于银的子层、然后是基于 ITO 的子层。所述至少一个透明或半透明的导电子层覆盖二极管的整个有源区，并且通常不具有孔洞。其厚度在二极管的整个有源区上通常是恒定的。

[0027] 由电致发光层反射的光经由在电流分布金属子层的不透明区之间形成的窗口或孔洞通过上电极。在这些不透明区的位置处，例如在上述栅格的条的位置处，优选地，该金属子层的表面导电率至少大于至少一个下面透明导电子层的表面导电率的 10 倍，以便确保对在上电极中流过的电流有效地进行分布。

[0028] 将透明电介质抗反射层直接沉积到上述电流分布金属子层上。因此，一方面，其经由其内表面与不透明区位置处的电流分布金属子层接触，并且另一方面，通过分布子层中的窗口与该透明导电子层接触。根据本发明，由于用该抗反射层包覆不透明区，这些不透明区的位置处的环境光的反射率小于 0.1。更精确地，在与 550nm 接近的波长 λamb 处正入射测量该反射率。考虑人眼的光谱灵敏度，所述波长 λamb 与环境光中的最大发射度

(emittance) 的近似波长相对应。

[0029] 因此根据本发明，作为第一功能，透明电介质层对于不透明电流分布导电子层提供对环境光的最优化抗反射效果。因此改善了二极管在环境光中的发射对比度。

[0030] 优选地，如果 n_1 是波长 λ_{amb} 处所述介质的光学指数 (opticalindex)，对于所述电流分布金属子层的指数 $\tilde{n}_3$ 的材料，选择所述电介质抗反射层的在波长 λ_{amb} 处测量的光学指数 $n_2(\lambda_{amb})$ 的材料和厚度 d_2，指数 $\tilde{n}_3$ 在相同的波长 λ_{amb} 处测量，并且按照以下方式由其自变量 n_3 及其相位 Φ 来限定 $:\tilde{n}_3 = n_3 e^{i\phi}$，以便近似满足方程：

[0031] $$n_2(\lambda_{amb}) = \frac{\sqrt{-(n_1\cos(\phi) - n_3 + n_3\sin^2(\phi))n_3 n_1(n_1\sin^2(\phi) + n_3\cos(\phi) - n_1)}}{-(n_1\sin^2(\phi) + n_3\cos(\phi) - n_1)}.$$

[0032] 由于材料的选择，尤其由于抗反射层和电流分布层材料的选择，获得了上电极的不透明区上的环境光的较低或非常低的反射率，从而可观地改善了二极管在环境光中的发射对比度。

[0033] 另外，为了补充抗反射功能，优选地，选择所述电介质抗反射层的在与 550nm 接近的波长 λ_{amb} 处测量的指数 $n_2(\lambda_{amb})$ 的材料和厚度 d_2，以便近似满足方程：

[0034] $$d_2 = \frac{\lambda_{amb}}{4n_2(\lambda_{amb})}\left(p - \frac{\phi_{2-3}}{\pi}\right).$$

[0035] 其中，p 是任意偶数整数，并且 Φ_{2-3} 是在电介质抗反射层和电流分布金属子层之间的界面处反射之后的波长 λ_{amb} 的光线的相移。

[0036] 给出 d_2 值的方程这里表示电介质抗反射层之内的环境光的相消干涉 (destructive interference)。由于抗反射层的该厚度，然后获得了上电极上环境光的较低或非常低的反射率，从而进一步地改善了环境光中二极管的发射对比度。

[0037] 优选地，所述电介质抗反射层的材料和所述电流分布金属子层的材料分别是：

[0038] 氮化硅和钽；

[0039] 或氧化钛和来自镍、铬、钛和钒的金属；

[0040] 或硒化锌和来自镍、铬、钛和钒的金属。

[0041] 电介质抗反射层和至少一个透明导电子层组成半反射上层，设计成部分地反射由电致发光层发射的所述光。按此方式组成的反射下层和该半反射上层限定了光学腔 (optical cavity)。根据透明导电子层的材料和厚度选择所述电介质抗反射层的材料和厚度，使得半反射上层部分地反射已发射的光。

[0042] 因此，二极管包括半反射上层，设计成部分地反射所述已发射光，并且至少被部分地集成到上部电极中。根据本发明，属于该半反射上层的透明电介质层因此提供最优化效果作为第二功能，从而其最优化该半反射上层的半反射特征。因此，近似均匀厚度的、并且因此有利地无需掩模进行沉积的相同透明电介质层既作为抗反射层也作为改善光学腔的侧壁之一的反射率的层。

[0043] 上电极还可以包括电荷注入子层，插入到有机电致发光层和透明导电子层之间，还可以形成半反射上层的一部分。

[0044] 如果上电极是负极，可以选择诸如钙之类的具有较低功函数的金属作为所述上电极；还可以使用 LiF+Al 类型的混合物。如果上电极是正极，可以选择诸如银或金之类的具

有较高功函数的金属作为所述上电极。

[0045] 上电极可以包括第二半透明导电子层，当将其插入到有机电致发光层和另一个透明导电子层之间时，尤其可以作为扩散阻挡层。因此，该第二半透明导电子层还可以意欲防止上电极的成分扩散到有机电致发光层中，以便防止其退化。优选地，将银用于该子层。

[0046] 因为反射下层和半反射上层定义了用于由有机电致发光层发射的光的光学腔，优选地，定义了该腔的这些层之间的距离 d_6 适合于在该腔之内获得所发射光的相长干涉(constructiveinterference)。有利地，该相长干涉促进了通过上电极的已发射光的提取，从而改善了二极管的发光效率。

[0047] 优选地，所述距离 d_6 近似满足以下方程：

[0048] $$d_6 = \frac{\lambda}{2n_6}\left(q - \frac{\phi_{tot}}{2\pi}\right)$$

[0049] 其中，q 是任意整数；

[0050] 其中，λ 是与所发射光的最大发射度接近的波长，以及 n_6 是该波长 λ 处的有机电致发光层的平均指数。

[0051] 其中，Φ_{tot} 是从反射下层和半反射上层反射离开之后，所发射光线的总相移。

[0052] 优选地，至于半反射上层，组合选择所述电介质抗反射层在波长 λ 处测量的指数 n_2 和厚度 d_2、透明导电第一子层在波长 λ 处测量的指数 n_4 和厚度 d_4、以及适当的情况下透明导电第二子层在波长 λ 处测量的指数 n_5 和厚度 d_5，使得正入射时在该波长 λ 处测量的所述多层和子层的迭层的反射率最大。有利地，这导致在该迭层的透明度和反射率之间的最佳折衷，这两个因素有助于二极管的最佳发光效率。

[0053] 根据涉及半反射上层的另一个实施例，该层可以具有如文献 US 2003/184982 中所述的多层电介质结构（布拉格反射器），将其沉积在上电极上。该多层结构可以用于包封二极管，如文献 WO03/052842 所述。

[0054] 因此，通过增加光学腔效应，进一步地增加了该腔中的相长干涉，从而改善了已发射光的提取和二极管的发光效率。

[0055] 实际上，已经根据导电性和透明度标准选择了透明导电子层的材料，并且已经根据操纵电荷注入的性能标准和阻挡扩散到有机电致发光层中选择了半反射上层，确定透明导电子层的厚度，以便获得电致发光有机层中发射的光正入射时离开与半反射上层之间的界面的最大反射率。

[0056] 优选地，所述反射下层位于所述下电极和所述有机电致发光层之间的界面处，并且所述半反射上层位于所述上电极和所述有机电致发光层之间的界面处。

[0057] 在这种情况下，每一个电极均具有反射功能。

[0058] 那么，距离 d_6 与电极之间的有机电致发光层的厚度相对应，并且给出 d_6 近似值的以上方程表示由下电极和上电极限制的光学腔中发射的光的相长干涉。

[0059] 优选地，将有机电致发光层与反射下层分离的距离适合于获得所述已发射的光和反射离开被该反射下层的光之间的相长干涉。

[0060] 优选地，所述有机电致发光层包括发射有机子层和插入到所述反射下层和所述发射子层之间的至少一个非发射下有机子层，并且非发射下有机子层的厚度适合于使得：所述反射下层的所述发射有机子层的中心分离的距离 z 近似满足以下方程：

[0061] $$z=\frac{\lambda}{2n_6}\left(r-\frac{\phi_{inf}}{2\pi}\right)$$

[0062] 其中，r 是任意整数；

[0063] 其中，λ 是与已发射光的最大发射度接近的所述波长，以及 n_6 是该波长处的有机电致发光层的平均指数；以及

[0064] 其中，Φ_{inf} 是从反射下层反射离开之后的已发射光线的相移。

[0065] 发射有机子层的中心与该子层中与该子层的下表面和上表面大致等距的水平相对应。

[0066] 大体上，将非发射下有机子层设计成注入和 / 或输送第一类型的载流子。优选地，电致发光有机层还包括插入到上电极和所述发射子层之间的至少一个非发射上有机子层，并且优选地，设计成注入和 / 或输送第二类型的载流子。载流子类型与电子或空穴相对应。

[0067] 本发明的目的还在于一种根据本发明的包括多个二极管的图像显示器或照明面板，其特征在于：这些二极管由同一个衬底支撑。

[0068] 优选地，上电极为多个这些二极管所共用。该电极的透明导电子层在面板的整个有源区上延伸。

[0069] 优选地，共用上电极的不透明导电子层形成了该电极上的电流分布栅格。

[0070] 总结以上主要特征，本发明的目的在于有机发光二极管和包括这些二极管的阵列的面板。该二极管包括插入到下电极和部分透明且半反射的上电极之间的有机电致发光层，所述有机电致发光层本身包括透明导电子层和电流分布金属子层，例如不透明栅格。将电介质抗反射层沉积到栅格上以改善环境光中的发射对比度，根据有利实施例将其设计成使上电极的半反射性能最优化，从而通过光学腔效应改善已发射光的提取。

附图说明

[0071] 根据阅读作为非限制性示例并且参考附图给出的以下描述，将更加清楚地理解本发明，其中：

[0072] 图 1 是根据本发明第一实施例的整个二极管的示意性剖面图；

[0073] 图 2 是在下电极和上电极之间的、根据图 1 的二极管的有机子层迭层的详细横截面；

[0074] 图 3 示出了金属的最小反射率作为覆盖这种金属以便提供抗反射功能的电介质层材料的“理论”指数的函数的变化，其中，每一条曲线示出了针对不同金属（即，Ta、Cr、Ti、Ni 和 V）的变化；

[0075] 图 4 示出了在根据第一实施例的二极管中、包括 15nm 钙子层、d_4 厚的 ITO 子层和 27nm 的氧化钛电介质层的迭层反射率作为用作上层或子层的 ITO 层的厚度 d_4（以 nm 为单位）的函数的变化，其中每一条曲线示出了针对不同波长（即，针对曲线 R 为 636nm、针对曲线 G 为 516nm、以及针对曲线 B 为 452nm）的这种变化；

[0076] 图 5 示出了根据第一实施例的二极管的光强（任意单位）作为该二极管的有机层的厚度 d_6（以 nm 为单位）的函数的变化，其中，每一条曲线示出了针对不同发射颜色（即，针对曲线 R 为红色、针对曲线 G 为绿色、以及针对曲线 B 为蓝色）的这种变化；

[0077] 图 6 示出了在根据本发明第二实施例的二极管中、包括 15nm 钙子层、d_4 厚的氧化

钛子层和 27nm 的电介质层的迭层反射率作为用作上层或子层的氧化钛子层的厚度 d_4（以 nm 为单位）的函数的变化，其中每一条曲线示出了针对不同波长（即，针对曲线 R 为 636nm、针对曲线 G 为 516nm、以及针对曲线 B 为 452nm）的这种变化；以及

[0078] 图 7 示出了根据第二实施例的二极管的光强（任意单位）作为该二极管的有机层的厚度 d_6（以 nm 为单位）的函数的变化，其中，每一条曲线示出了针对不同发射颜色（即，针对曲线 R 为红色、针对曲线 G 为绿色、以及针对曲线 B 为蓝色）的这种变化。

具体实施方式

[0079] 现在将具体地参考图 1 和图 2，利用几个非限制性示例描述根据本发明的二极管或二极管阵列的第一实施例，及其制造中的一些步骤。

[0080] 制作开始于衬底 8，例如玻璃板或包括二极管驱动器的有源矩阵。该衬底配置有意欲用作负极的反射金属下电极 7 或所述电极的阵列，每一个下电极均与衬底上的驱动器的输出相连。这里，一个或更多下电极的下层由铝或铬组成。其厚度为约 0.1 微米。

[0081] 按照本身已知的方式沉积到一个或更多反射电极 7 的该下层上的是有机电致发光层 6，该有机电致发光层由以下迭层构成的，如图 2 所示：

[0082] 铯掺杂的 4,7- 联苯 -1,10- 菲咯啉 (BPhen) 子层 62，用于注入和输送电子，具有厚度 d_{62}，这将随后详细说明；

[0083] 具有 d_{63} = 10nm 厚度的未掺杂 4,7- 联苯 -1,10- 菲咯啉 (BPhen) 子层 63，用于阻挡空穴；

[0084] d_{61} = 20nm 的发射子层 61，设计成当电流通过其时发射光，例如红光、绿光、蓝光或白光，来自该子层的发射度对于波长 λ 具有最大值；

[0085] 具有 d_{64} = 10nm 厚度的 2,2',7,7'- 四 (N,N- 二苯胺)-9,9'- 螺环双芴 (Spiro-TAD)(2,2',7,7'tetrakis(N,N diphenylamino)9,9'spiro-bifluorene) 子层 64，用于阻挡电子；以及

[0086] 具有将随后详细说明的厚度 d_{65} 的 2,2',7,7'- 四 (N,N'- 二 -m- 甲基苯基氨)-9,9'- 螺环双芴 (Spiro m-TTb)(2,2',7,7'-tetraki s-(N,N'-di-m-methylphenylamino)-9,9'-spirobifluorene(Spiro m-TTB))，掺杂有诸如 F4-TCNQ（四氟四氰代醌二甲烷）(tetrafluorotetracyanoquinodimethane) 之类的 p 型掺杂剂，用于注入和输送空穴。

[0087] 为了形成这里作为正极的电极层 11，沉积以下物质：

[0088] 第二半透明导电子层 5，由约为 d_5 = 15nm 厚的银组成。有利地，该子层提供对来自上层原子的扩散的阻挡层，保护有机电致发光层 6 免于退化的风险；

[0089] 第一半透明导电子层 4，是“完整”层，即没有在其中故意形成任何孔洞，该层由具有 d_4 厚度的混合氧化铟锡 (ITO) 组成，将随后详细说明；以及

[0090] 不透明电流分布金属子层 3，由平行的金属条的阵列组成，在平行的金属条之间留下较大的孔或窗口用于通过由电致发光层 6 发射的光，这里，每一个条具有等于或大于 100nm 的厚度 d_3。依赖于所选择的金属来确定厚度 d_3，以获得比 ITO 层 4 高至少 10 倍的表面导电率，以便确保对在电极中流过的电流有效地进行分布。条的金属材料具有在近似与眼睛的最大光谱灵敏度相对应的波长 λ_{amb}（即，约 550nm）处测量的指数 $\tilde{n}_3$。

[0091] 接下来，将在波长 λ_{amb} 处测量的指数 $n_2(\lambda_{amb})$ 的透明电介质层沉积在上电极层 11 上。该层是连续的，具有均匀的厚度 d_2，并且除了作为缺陷的结果可能出现的孔洞之外不包含孔洞。该层被设计成提供抗反射功能，因此，该层经由其内表面与电流分布金属子层 3 的不透明条或区接触，并且通过位于金属子层 3 的条之间的窗口与透明导电子层 4 接触。

[0092] 第一透明导电子层 4 和电介质抗反射层 2 的材料的性质适合于保护其下方的有机层 6 不受由来自环境空气的氧和 / 或水汽引起的退化的风险。因此，该子层 4 和 / 或该层 2 这里还具有包封二极管的功能。

[0093] 然后，透明电介质层 2 经由其外表面与在波长 λ_{amb} 处测量的指数 n_1 的介质 1 接触，这里该材料是空气。根据第一替代实施例（不再详细描述），将二极管包封在用气体或流体填充的密封封装中，因此限定了介质 1。根据第二非限制性替代实施例，将附加的包封层添加到透明电介质层 2 的顶部上，那么介质 1 与该包封层的材料相对应。

[0094] 因此，在衬底 8 上包括下层 7 的至少一个电极、有机电致发光层 6、上电极层 11 和抗反射层 2 的迭层形成根据本发明一个实施例的有机发光二极管或二极管阵列，现在将详细说明其特定的参数。

[0095] 根据本发明，根据不透明金属子层 3 的指数 $\tilde{n}_3$ 的材料，选择电介质层 2 的指数 $n_2(\lambda_{amb})$ 的材料和厚度 d_2，使得正入射时在 λ_{amb}（约 550nm）处测量的不透明金属子层 3 的条的反射率小于 0.1。那么，电介质层 2 相对于这里形成透明上电极中的不透明区的条具有抗反射功能。环境光的实质部分不再反射离开二极管的上电极的不透明区，从而显著地改善了环境光中二极管的发射对比度性能。

[0096] 现在将描述进行这种选择的第一种方式，但是不是限制性的。

[0097] 图 3 示出了针对能够形成电流分布子层 3 的栅格的一组金属（即，Ta、Cr、Ti、Ni 和 V），金属在波长 λ_{amb} 处最小反射率作为覆盖该金属以便提供抗反射功能的电介质层的材料的指数 $n_2(\lambda_{amb})$ 的函数的变化已经表示出电介质 SiO_2、SiN 和 TiO_2 的指数值 $n_2(\lambda_{amb})$。

[0098] 根据本发明的选择在于选择金属 / 电介质对，从而对于与所述电介质之一的指数的值 n_2 接近的值 n_2^0，获得最小反射率。因此：

[0099] 对于氧化钛，将使用铬、钛、镍或钒。在这些金属中，因为铬被广泛地用在微电子中，铬是优选的；

[0100] 对于氮化硅，将使用钽。

[0101] 根据这种方法，至少对于以上所列金属，避免了使用二氧化硅 (silica) 作为电介质抗反射层。

[0102] 现在将描述进行这种选择的第二种方式，但是不是限制性的。

[0103] 在本领域普通技术人员的公知常识中，事实是：指数 $n_2^0(\lambda_{amb})$ 抗反射层的电介质必须满足以下方程：

[0104] $$n_2(\lambda_{amb}) = \frac{\sqrt{-(n_1\cos(\phi) - n_3 + n_3\sin^2(\phi))n_3 n_1(n_1\sin^2(\phi) + n_3\cos(\phi) - n_1)}}{-(n_1\sin^2(\phi) + n_3\cos(\phi) - n_1)}$$

[0105] 以下表 1 给出了各种金属（即，Cr、Ta、Ti、Ni、V 和 Co）在 λ_{amb} 处的复指数 $\tilde{n}_3$ 和 λ_{amb} 处的指数 n_2^0，这些指数是根据该方程（其中 $n_1 = 1$）计算的。在表的右手部分是某些电介质（即 SiO_2、SiN 和 TiO_2）的实际指数值。

[0106] 表 1

金属	$\tilde{n}_3$	n_2^0	d_2
Cr	2.8 + 3.3 i	2.97	27 nm
Ta	2.74 + 1.97 i	2.23	39 nm
Ti	1.79 + 2.42 i	3.03	20 nm
Ni	1.69 + 2.99 i	3.83	15 nm
V	3.59 + 3.21 i	2.75	33 nm
Co	2.02 + 3.72 i	3.95	17 nm

[0107]

电介质	n_2
SiO_2	1.5
SiN	2.0
TiO_2	3.0

[0108] 根据本发明的选择在于选择金属 / 电介质对，从而 n_2^0 和 n_2 的相应值彼此尽可能接近。因此：

[0109] 对于氧化钛，将使用铬、钛、钴和钒。在这些金属中，因为铬被广泛地用在微电子中，铬将是优选的；

[0110] 对于氮化硅，将使用钽。

[0111] 根据这种方法，至少对于以上所列金属，避免了使用二氧化硅作为电介质抗反射层。

[0112] 对于其余描述，将使用 Cr-TiO2 对。

[0113] 已经选择了形成由窗口穿透的不透明导电子层 3 的栅格的材料（铬）和电介质抗反射层 2 的材料（氧化钛），具体地，其仍然保持确定该电介质层的理想厚度 d_2。

[0114] 优选地，如果 Φ_{2-3} 是在电介质层 2 和金属子层 3 的条之间的界面处反射之后的波长 λ_{amb} 的光线的相移，选择厚度 d_2 以便近似满足以下方程：

[0115] $$d_6 = \frac{\lambda}{2n_6}\left(q - \frac{\phi_{tot}}{2\pi}\right)$$

[0116] 其中，p 是任意偶数整数，并且 λ_{amb} 是与环境光的最大发射度接近的波长（通常在 550nm 附近）。因此给出了值 d_2 的方程表示出电流分布金属层 3 的不透明区以上的电介质抗反射层之内的环境光的相消干涉。

[0117] 如表 1 所示，因此，结果是 $d_2 = 27nm$（针对 $p = 0$）。该表还表示将使用其他金属上的氧化钛获得值 d_2（总是针对 $p = 0$）。d_2 的变化范围反映具体针对每一种金属的 Φ_{2-3} 值。

[0118] 在根据本发明的二极管中，在上电极的不透明区之间（即，栅格的条之间），有机层 6 包覆有包括三个子层的迭层，所述三个子层形成半反射上层，即由银组成的 $d_5 = 15nm$ 厚的第二半透明导电子层 5，条之间由 ITO 组成的 d_4 厚的第一半透明导电子层 4 和 $d_3 > 100nm$ 厚的电流分布金属层 3，由氧化钛组成的 $d_2 = 27nm$ 厚的电介质层 2。根据本发明的有利变体，选择上电极的透明导电子层 4 的厚度 d_4，以便对于由电致发光层发射的光获得三个子层的这种迭层的近似最大的反射率。这里在预定的波长 λ 处测量该反射率，对于所述波长 λ，发射子层 61 的发射度具有最大值。因此，电介质层 2 提供两种功能，即上述的环境

光抗反射功能和改善半反射上层对于由电致发光层发射的光的反射率性能的功能。

[0119] 此外，在电流分布金属层 3 的条的位置处，即有利地提供了对由电致发光层发射的光的反射功能的条的下表面，可以看出电流分布金属层 3 也提供两种功能，即对电流进行分布的功能和对由电致发光层发射的光进行反射的功能。

[0120] 因此，结合电介质层 2，上电极形成半反射表面，将已发射的光反射回二极管的内部。因此，在反射下电极和半反射上电极之间获得的是在电致发光层中的波长 λ 处对发射的光的光学腔。

[0121] 由于利用如上所述获得的电介质层 2 的上电极的最大反射率，提高了该光学腔的效果，从而改善了所发射的光的提取和二极管的发光效率。

[0122] 现在将按照非限制性方式描述用于选择 ITO 导电第一子层 4 的厚度 d_4 的方法。图 4 示出了作为该厚度 d_4 的函数，上述迭层的反射率的变化。该图包括三条曲线 2 针对红光波长的第一条 R，可以用于红光发光二极管；针对绿光波长的第二条 R，可以用于绿光发光二极管；以及针对绿光波长的最后一条 B，可以用于蓝光发光二极管。根据该图选择与最大反射率相对应的 d_4 值。以下的表 2 表示因此选择的 d_4 值：对于红光 60nm，对于绿光 40nm，以及对于蓝光 30nm。

[0123] 现在将建立限定有机电致发光层的总厚度 d_6 和发射有机子层 61 的中心与反射下电极 7 近似分开的距离 z 的方程，可以使得在两个电极之间获得的光学腔效果可估计地改善由二极管发射的光的提取效率。

[0124] 首先，近似地选择 d_6 使得

[0125] $$d_6 = \frac{\lambda}{2n_6}\left(q - \frac{\phi_{tot}}{2\pi}\right)$$

[0126] 其中，q 是任意整数；

[0127] 其中，λ 再次近似是二极管的最大发射波长；

[0128] n_6 是该波长处的有机电致发光层 6 的平均指数；以及

[0129] 其中，Φ_{tot} 是反射离开反射下电极 7 和离开包括所述三个上层或子层 5、4、2 的上述迭层的之后所发射光线的总相移。

[0130] 确定 d_6 的近似值的方程表示在下电极 7 和半反射上迭层 5、4、2 之间的光学腔中发射的光的相长干涉。

[0131] 其次，近似地选择用于注入和 / 或输送空穴的子层 62 的厚度，使得距离 z 近似等于：

[0132] $$z = \frac{\lambda}{2n_6}\left(r - \frac{\phi_{inf}}{2\pi}\right)$$

[0133] 其中，r 是任意整数；

[0134] 其中，n_6 是波长 λ 处的有机电致发光子层的平均指数：这里 $n_6 = 1.7$；以及

[0135] 其中，Φ_{inf} 是反射离开反射下电极之后所发射的光线的相移：

[0136] 这里 $\Phi_{inf} = 2.6rd$。

[0137] 确定 z 的近似值的方程表示在发射子层 61 发射的光和在反射下电极 7 反射离开

的光之间的相长干涉。

[0138] 有利地，以上两种类型的干涉有利地合作，以便获得非常高的光提取因子，从而改善二极管的发光效率。

[0139] 用于确定在光学腔中提供相长干涉的 d_6 值的等效方法在于是从图 5 的曲线之一中提取该资料，在本领域普通技术人员能力内的简单数值模型或具有各种几何特征的二极管的帮助下，所述曲线给出作为 d_6 值的函数（以 nm 为单位），由二极管实际输出的光强度的变化（已提取的光，任意单位）。选择近似给出最大光强度的 d_6 的值。在下表 2 中给出针对红、绿和蓝发射颜色的这些 d_6 的值。

[0140] 因为：

[0141] $z = d_{61}/2+d_{62}+d_{63}$，近似地：因为 d_{61}（= 20nm）和 d_{63}（= 10nm）是已知的，因此可以从中得出 d_{62}；以及

[0142] $d_6 = d_{61}+d_{62}+d_{63}+d_{64}+d_{65} = z+d_{61}/2+d_{64}+d_{65}$：因为 d_{61}（= 20nm）和 d_{64}（= 10nm）是已知的，因此可以从中得出 d_{65}。

[0143] 在表 2 中给出了针对每一种颜色红、绿和蓝获得的全部值。

[0144] 最后一栏中的缩写“Int”表示任意单位的已提取光强。

[0145] 由于已经描述的本发明特有的特征的结合，获得了表现出优良的发光效率的顶发射发光二极管或发光二极管的阵列。

[0146] 表 2

[0147]

颜色	λ (nm)	Ref. 4 ITO d_4 (nm)	z (nm)	EIL/ETL d_{62} (nm)	HBL d_{63} (nm)	EML d_{61} (nm)	EBL d_{64} (nm)	HIL/HTL d_{65} (nm)	Tot. d_6 (nm)	Int. (a.u.)
蓝色	452	30	53	23	10	20	10	37	100	6.7
绿色	516	40	61	31	10	20	10	44	115	6.7
红色	636	60	75	45	10	20	10	55	140	6.0

[0148] 现在将描述本发明的第二实施例，作为上述第一实施例的变体，其中仅有的区别在于第一透明导电子层 4 由氧化钛组成而不是 ITO。

[0149] 根据代替图 4 的图 6 并且根据代替图 5 的图 7，按照与上述类似的方式获得了在表 3 中给出的新结果：

[0150] 表 3

[0151]

颜色	λ (nm)	Ref. 4 ITO d_4 (nm)	z (nm)	EIL/ETL Ref.62 (nm)	HBL Ref.63 (nm)	EML Ref.61 (nm)	EBL Ref.64 (nm)	HIL/HTL Ref.65 (nm)	Tot. d_6 (nm)	Int. (a.u.)
蓝色	452	20	53	23	10	20	10	42	105	7.1
绿色	516	36	61	31	10	20	10	49	120	7.0
红色	636	38	75	45	10	20	10	65	150	6.8

[0152] 本发明还可以应用于其中经由掺杂有机层注入电荷的有机发光二极管或面板。对于本领域普通技术人员显而易见的是，在不脱离所附权利要求范围的情况下，可以将本发明应用于其他类型的二极管和照明面板或显示面板。

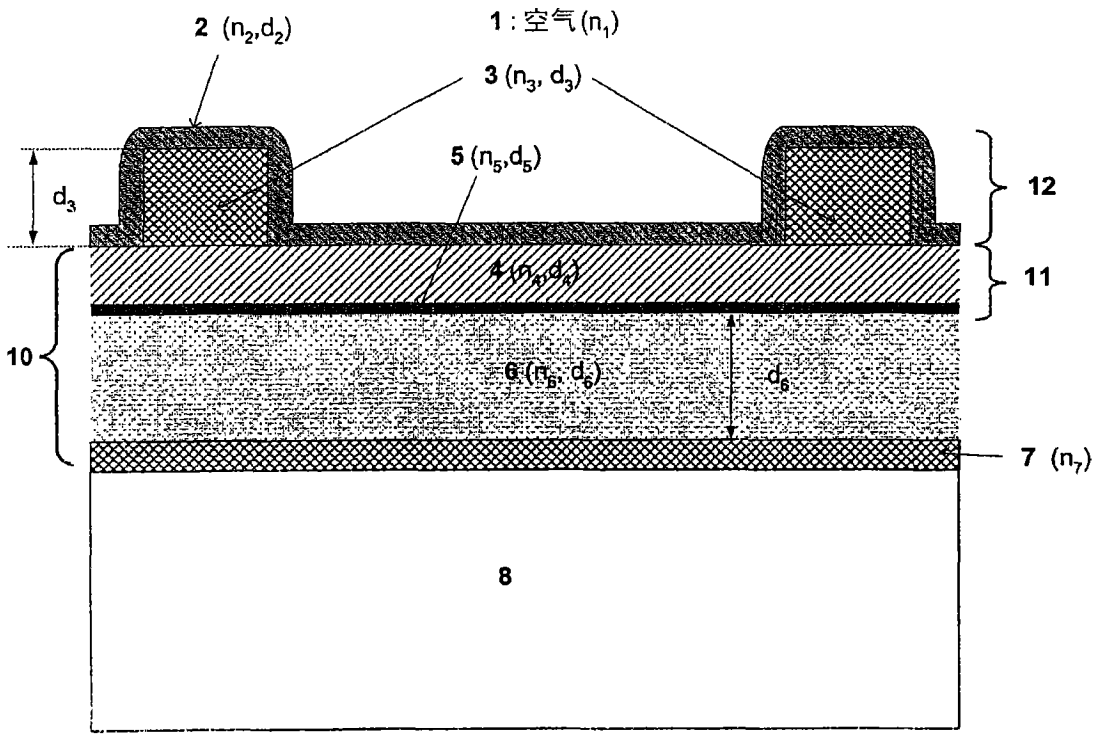

2 (n2,d2)
1 : 空气 (n1)
3 (n3, d3)
5 (n5,d5)
d3
12
11
4 (n4,d4)
10
6 (n6, d6)
d6
7 (n7)
8

图 1

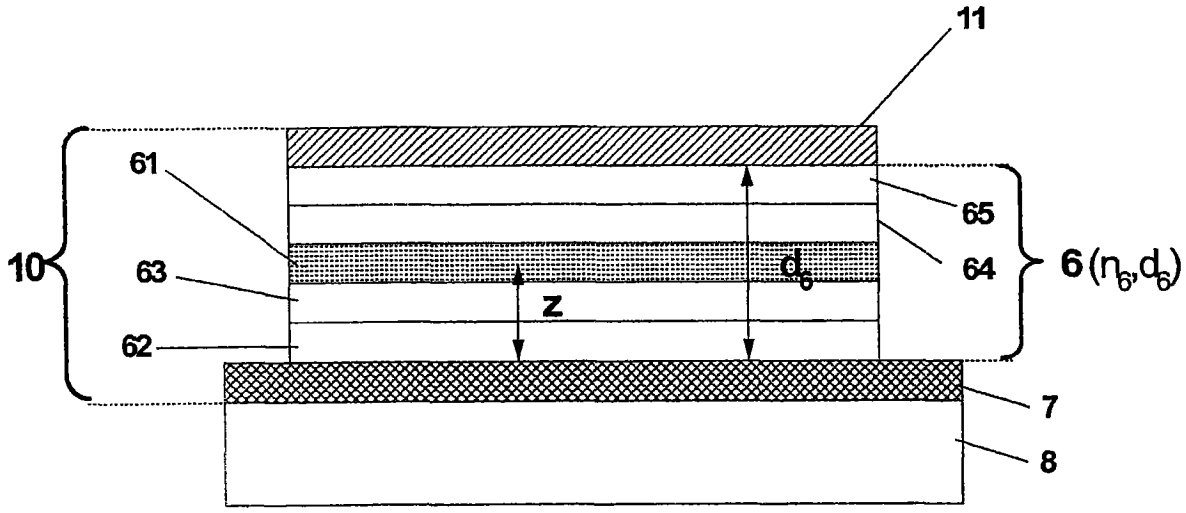

11
61
65
10
63
64
6 (n6,d6)
d6
z
62
7
8

图 2

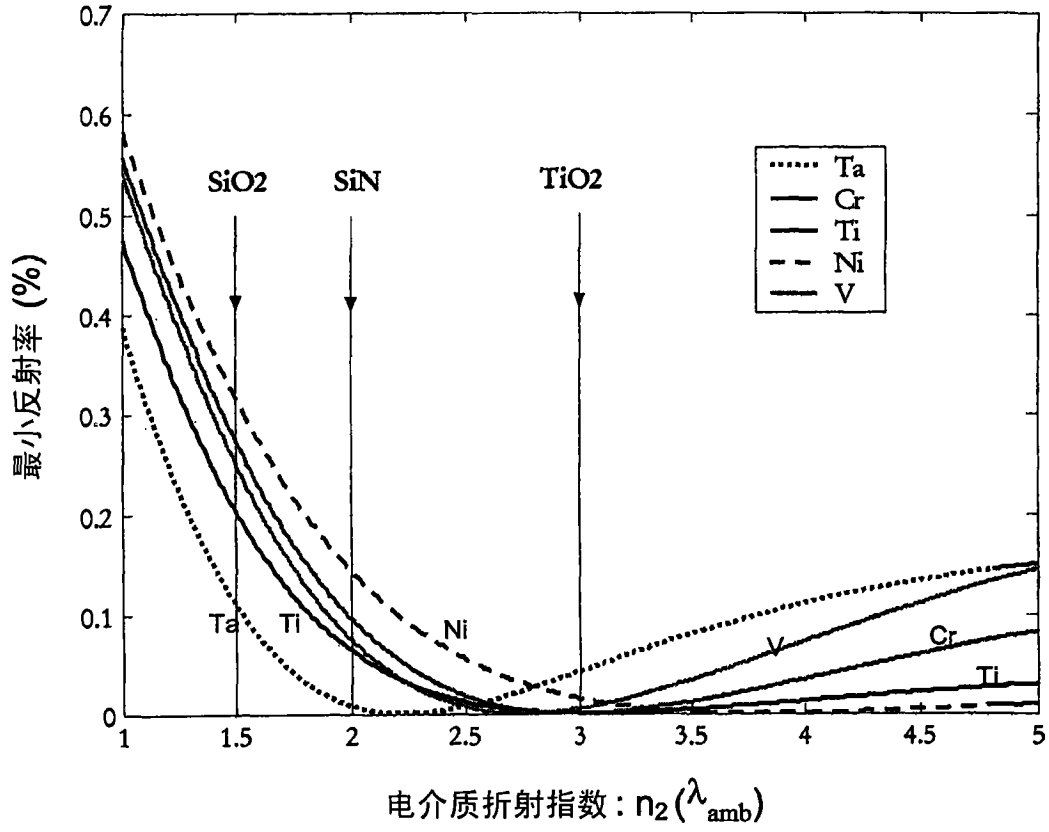

SiO2
SiN
TiO2
Ta
Cr
Ti
Ni
V
最小反射率 (%)
电介质折射指数 : $n_2(\lambda_{amb})$

图 3

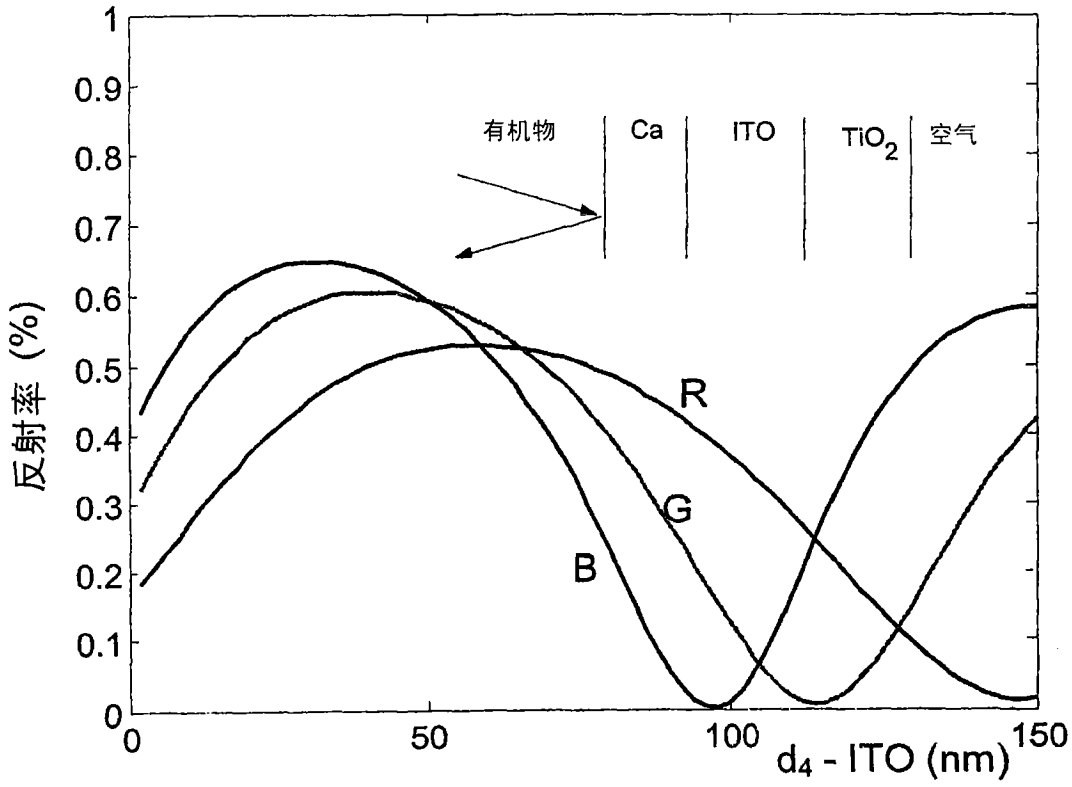

有机物
Ca
ITO
TiO_2
空气
R
G
B
反射率 (%)
d_4 - ITO (nm)

图 4

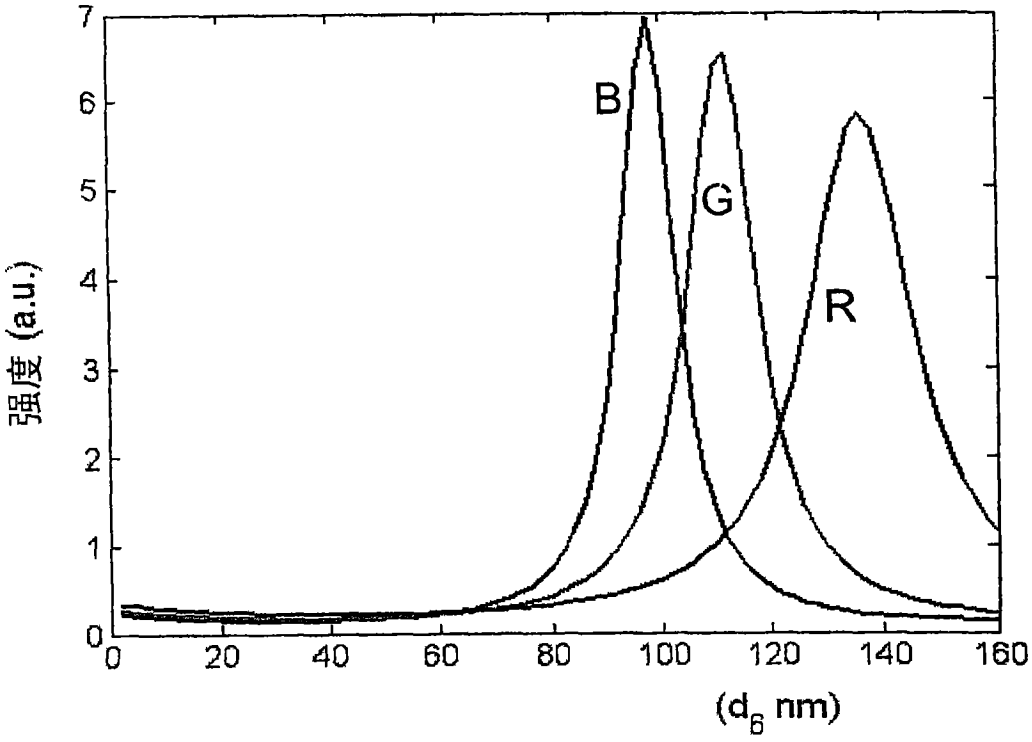

强度 (a.u.)
(d6 nm)
B
G
R
0
1
2
3
4
5
6
7
0
20
40
60
80
100
120
140
160

图 5

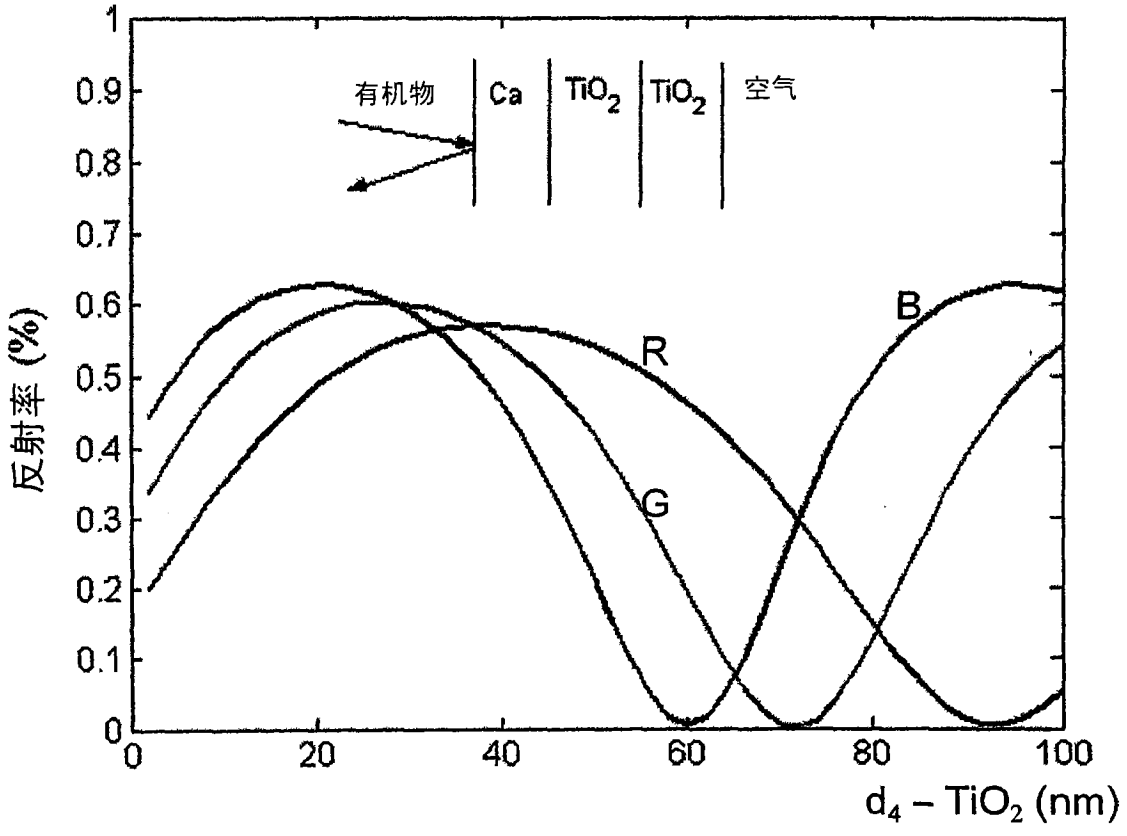

有机物
Ca
TiO2
TiO2
空气
反射率 (%)
d4 – TiO2 (nm)
B
R
G
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
0
20
40
60
80
100

图 6

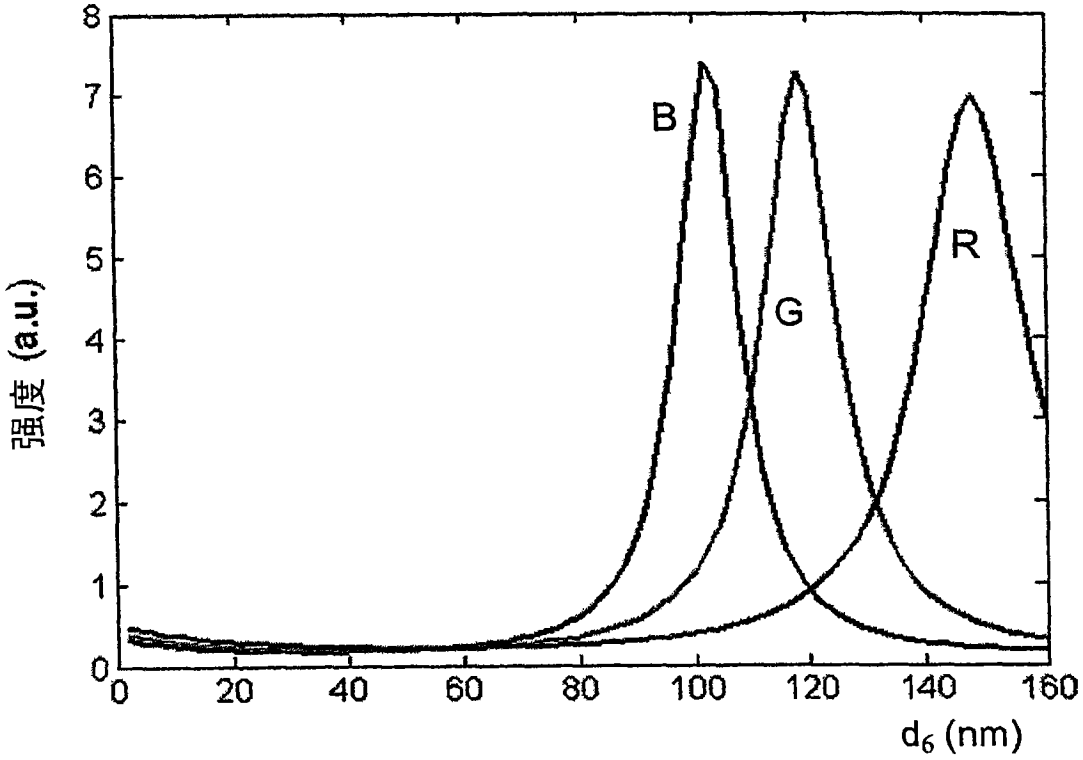


图 7