



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110431683 A

(43)申请公布日 2019.11.08

(21)申请号 201880017609.6

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22)申请日 2018.03.14

代理人 刘炳胜

(30)优先权数据

1752095 2017.03.15 FR

(51)Int.Cl.

H01L 51/52(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.09.11

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2018/056452 2018.03.14

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/167177 FR 2018.09.20

(71)申请人 原子能和辅助替代能源委员会

地址 法国巴黎

(72)发明人 S·布塔米 S·盖廷 T·曼德隆

B·拉辛

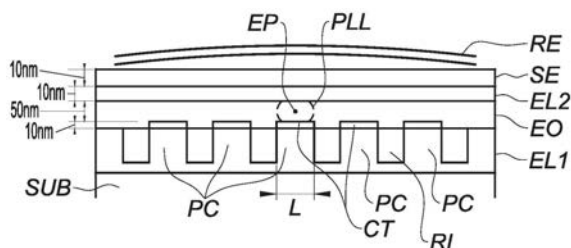
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

具有等离激元约束优化的输出的有机发光二极管以及包括多个这种二极管的显示设备

(57)摘要

一种有机发光二极管,包括:第一电极(EL1);半导体有机层的堆叠层(E0),包括至少一个电致发光有机层且堆叠层被沉积在第一电极上方;以及第二电极(EL2),被沉积在堆叠层的与第一电极相对的表面上,其中,第一电极包括与半导体有机层的堆叠层电接触的至少一个区域(PC),具有适于允许在该电致发光有机层的发射波长上产生局部等离激元模式(PLL)的激励的几何形状。本公开还涉及包括共享半导体有机层的堆叠层的多个二极管的显示设备,以及制造二极管和显示设备的方法。



1. 一种有机发光二极管,包括:第一电极(EL1);半导体有机层的堆叠层(E0),包括至少一个电致发光有机层,所述堆叠层沉积在所述第一电极的上方;以及第二电极(EL2),被沉积在所述堆叠层的与所述第一电极相对的表面上,其特征在于,所述半导体有机层的堆叠层的厚度不足以允许在所述电致发光有机层的至少一个发射波长上在所述第一和第二电极之间存在法布里-珀罗模式,并且其特征在于,所述第一电极包括与所述半导体有机层的堆叠层电接触的至少一个区域(PC),所述区域被与所述堆叠层电绝缘的一个或多个区域(RI)环绕,与所述堆叠层电接触的所述或每个所述区域具有等于 $(2m+1)\frac{\lambda}{2n_{eff}}$ 的至少一个横向尺寸,以便允许在所述电致发光有机层的所述发射波长上激励局部等离激元模式(PLL),其中,m是大于或等于0的整数, λ 是所述波长,并且 n_{eff} 是在所述半导体有机层的堆叠层中位于所述电极之间的等离激元的有效折射率。

2. 根据权利要求1所述的有机发光二极管,其中,所述横向尺寸等于 $\frac{\lambda}{2n_{eff}}$ 。

3. 根据前述权利要求中的任一项所述的有机发光二极管,其中,所述有机层的堆叠层的厚度小于100纳米,优选为20至85纳米之间,甚至优选为30至70纳米之间。

4. 一种显示设备,包括:第一电极(EL1a,EL1b)的矩阵阵列(MEL);半导体有机层(E0)的堆叠层,包括至少一个电致发光有机层并且所述堆叠层被沉积在所述第一电极的上方;以及第二电极(EL2),其被沉积在所述堆叠层的与所述第一电极的矩阵阵列相对的表面上,每个第一电极与所述第二电极和所述半导体有机层的堆叠层一起形成法布里-珀罗光学腔,其特征在于,

-所述半导体有机层的堆叠层的厚度不足以允许在所述电致发光有机层的发射频谱的至少一部分上在所述腔中存在法布里-珀罗模式;并且

-所述矩阵阵列包括多个第一电极族,给定族中的第一电极具有等于 $(2m+1)\frac{\lambda}{2n_{eff}}$ 的至少一个横向尺寸,以便允许在所述电致发光有机层的所述发射波长上激励局部等离激元模式(PLL),其中,m是大于或等于0的整数, λ 是所述波长,并且 n_{eff} 是在所述半导体有机层的堆叠层中位于所述电极之间的等离激元的有效折射率。

5. 根据前述权利要求所述的显示设备,其中,所述横向尺寸等于 $\frac{\lambda}{2n_{eff}}$ 。

6. 一种用于制造根据权利要求1至3之一所述的有机发光二极管的方法,包括:

-通过蚀刻期望与半导体有机层的堆叠层电绝缘的一个或多个区域,构建形成所述第一电极(EL1)的金属层的步骤;

-在所构建的第一电极的上方沉积介电层(CD)的步骤;

-暴露所述第一电极的至少一个未蚀刻区域(PC)以便与所述半导体有机层的堆叠层电接触的步骤;以及

-在所述第一电极的上方沉积所述半导体有机层的堆叠层(E0),并且在所述堆叠层的与所述第一电极相对的表面上沉积所述第二电极(EL2)的步骤。

7. 一种用于制造根据权利要求4至5之一所述的显示设备的方法,包括:

- 通过蚀刻构建金属层从而限定形成所述第一电极 (EL1a, EL1b) 的未蚀刻区域的步骤;
- 在所构建的金属层的上方沉积介电层 (CD) 的步骤;
- 暴露所述第一电极的步骤;以及
- 在所述第一电极的上方沉积半导体有机层的所述堆叠层 (E0), 以及在所述堆叠层的与所述第一电极的相对的表面上沉积所述第二电极 (EL2) 的步骤。

具有等离激元约束优化的输出的有机发光二极管以及包括多个这种二极管的显示设备

[0001] 本发明涉及一种有机发光二极管 (OLED), 并且更特别地, 涉及一种顶发射 OLED。特别地, 这种二极管可应用于显示器应用 (OLED 显示器), 但也适用于其他应用, 例如照明。

[0002] 本发明还涉及一种显示设备, 例如 OLED 显示器, 其包括多个这种二极管。

[0003] OLED 由包括至少一个发射层的半导体有机层的堆叠层组成, 该堆叠层位于通常由金属制成的两个电极之间。该有机堆叠层由至少一个空穴传输层、(电致发光) 发射层和电子传输层组成。该有机区域的厚度通常设定为约 100 纳米, 以便形成用于可见光的半波法布里-珀罗腔 (有机层的折射率通常为约 1.7)。在电极之间施加电势差会在有机堆叠层中注入电子和空穴, 这些电子和空穴在发射层中辐射性地重新组合。

[0004] 相对于波长而言, 发射器与电极的距离相当小, 除了引起有用的辐射垂直法布里-珀罗模式之外, 这会在电极的表面上引起等离激元激发。这些等离激元为平面引导模式, 在横向传播一定距离后会被金属完全吸收。

[0005] 文献 W0 2014/191733 描述了一种顶发射型的有机发光二极管 (即通过与衬底的表面相对的表面发射), 其中, 通过其进行光发射的顶部电极被周期性地构建, 以形成衍射光栅。文献 US 2013/0153861 就其本身而言描述了一种底部发射型的有机发光二极管 (即通过衬底发射), 其中, 被构建的是底部电极。同样地, 文献 W0 2014/069573 A1 描述了一种底部发射型的有机发光二极管, 其中底部电极包括与有机层的堆叠层电接触的至少一个区域, 并且与有机层接触的一个或多个区域具有合适的几何形状, 其允许以发射波长激发等离激元模式 (plasmon mode)。在这三种情况下, 与光栅的耦合 (以本身已知的方式) 允许提取等离激元和法布里-珀罗 (Fabry-Pérot) 模式, 从而提高辐射效率。

[0006] 该方法允许提取等离激元的一些能量, 但并不能完全地消除与之相关的损失。因此, 效率保持在 50% 以下。此外, 对于顶发射型的二极管 (W0 2014/191733), 构建顶部电极具有降低有机堆叠层的品质的风险。

[0007] 本发明旨在克服现有技术的缺点。更特别地, 其旨在提供一种有机发光二极管, 尤其是提供一种顶发射型的有机发光二极管, 其辐射效率高于现有技术中可能达到的辐射效率。

[0008] 根据本发明, 通过使用在其发射波长上不能支持法布里-珀罗模式的减薄有机堆叠层以及以适当尺寸的导电垫的形式构建的底部电极来实现该发明目的。该导电垫与连续的顶部电极一起形成用于等离激元的谐振器。因此, 代替让等离激元直到被完全吸收之前一直在非结构电极的表面上传播, 生成局部等离激元模式 (静止波), 其被该垫的边缘衍射并且与从 OLED 传播出来的辐射电磁模式耦合。应当注意的是, 该工作原理从根本上不同于包括法布里-珀罗腔的常规的 OLED 的工作原理, 并且该等离激元不是损失源, 而是发光源。这是因为这是局部等离激元的问题, 该局部等离激元的传播与现有技术不同。

[0009] 与包括相同的电致发光层的常规的二极管的发射频谱相比, 根据本发明的 OLED 具有较窄的发射频谱, 发射峰值取决于导电垫的几何形状。

[0010] 因此, 本发明的一个主题是一种有机发光二极管, 其包括: 第一电极; 半导体有机

层的堆叠层,其包括至少一个电致发光有机层,堆叠层被沉积在该第一电极的上方;以及第二电极,其被沉积在该堆叠层的与该第一电极相对的表面上,该第一与第二电极和半导体有机层的堆叠层形成法布里-珀罗光学腔,其特征在于,半导体有机层的堆叠层的厚度不足以允许在该电致发光有机层的至少一个发射波长上在腔中存在法布里-珀罗模式,并且该第一电极包括与半导体有机层的堆叠层电接触的至少一个区域(PC),该区域被与该堆叠层电绝缘的一个或若干个区域所环绕,该一个区域或若干个区域中的每一个区域与该堆叠层电接触,该堆叠层具有适于允许在该电致发光有机层的发射波长上产生局部等离子激元模式的激励的几何形状。

[0011] 根据这种有机发光二极管的一个特定实施例,与半导体有机层的该堆叠层电接触的该第一电极的该一个或若干个区域中的每一个区域具有等于 $(2m+1) \frac{\lambda}{2n_{eff}}$ 的至少一个横向尺寸,其中,m是大于或等于0的整数, λ 是波长, n_{eff} 是在半导体有机层的堆叠层中位于电极之间的等离子激元的有效折射率,尤其是,该横向尺寸可以等于 $\frac{\lambda}{2n_{eff}}$ 。

[0012] 本发明的另一主题是一种用于制造这种有机发光二极管的方法,包括:

[0013] -通过蚀刻与半导体有机层的堆叠层电绝缘的一个或多个区域,构建形成该第一电极的金属层的步骤;

[0014] -在所构建的第一电极的上方沉积介电层的步骤;

[0015] -暴露该第一电极的至少一个未蚀刻区域的步骤,以便与半导体有机层的堆叠层电接触;以及

[0016] -在该第一电极的上方沉积半导体有机层的堆叠层,并且在该堆叠层的与该第一电极相对的表面上沉积该第二电极的步骤。

[0017] 本发明的另一主题是一种显示设备,包括:第一电极的矩阵阵列;半导体有机层的堆叠层,其包括至少一个电致发光有机层,堆叠层被沉积在该第一电极的上方;以及第二电极,其被沉积在该堆叠层的与该第一电极的矩阵阵列相对的表面上,每个第一电极与该第二电极和半导体有机层的堆叠层一起形成法布里-珀罗光学腔,其特征在于,

[0018] -半导体有机层的堆叠层的厚度不足以允许在该电致发光有机层的发射频谱的至少一部分上在该腔中存在法布里-珀罗模式;并且

[0019] -该矩阵阵列包括多个第一电极族,给定族的第一电极的几何形状适于允许在该电致发光有机层的该发射频谱的给定波长上产生局部等离子激元模式的激励,该波长不同于其他族的波长。

[0020] 根据这种显示设备的一个特定实施例,该第一电极或每个该第一电极具有至少一个等于 $(2m+1) \frac{\lambda}{2n_{eff}}$ 的横向尺寸,其中,m是大于或等于0的整数, λ 是波长, n_{eff} 是在半导体有机层的堆叠层中位于电极之间的等离子激元的有效折射率。尤其是,该横向尺寸可以等于 $\frac{\lambda}{2n_{eff}}$ 。

[0021] 本发明的另一主题是一种用于制造这种显示设备的方法,包括:

[0022] -通过蚀刻构建金属层从而限定形成该第一电极的未蚀刻区域的步骤;

- [0023] -在所构建的金属层的上方沉积介电层的步骤；
- [0024] -暴露该第一电极的步骤；以及
- [0025] -在该第一电极的上方沉积半导体有机层的堆叠层，以及在该堆叠层的与该第一电极相对的表面上沉积该第二电极的步骤。
- [0026] 在阅读了参照附图给出的描述之后，本发明的其它特征、细节和优点将显而易见，这些附图作为示例给出并且其分别表示：
- [0027] -图1示出了根据现有技术的OLED；
- [0028] -图2示出了图1中的OLED的作为发射波长的函数的辐射效率的曲线图；
- [0029] -图3示出了根据本发明的一个实施例的OLED；
- [0030] -图4示出了在波长550纳米处图3中的OLED的作为半导体有机层的堆叠层的厚度的函数的辐射效率的曲线图；
- [0031] -图5示出了作为发射波长的函数的图3中的OLED的辐射效率的曲线图；
- [0032] -图6示出了根据本发明的另一个实施例的显示设备
- [0033] 图1中的有机发光二极管(其并未按比例绘制)包括从底部开始的：
- [0034] -衬底SUB,其例如可以是由玻璃或硅制成；
- [0035] -底部电极,其由AlCu合金制成,(例如通过物理气相沉积或PVD)沉积在衬底的表面上方。该电极是不透明的,并且可以是相对较厚的(几百纳米,或者甚至几微米)；
- [0036] -缓冲层CT,其由TiN制成,例如通过PVD、PECVD(等离子体(plasma)增强化学气相沉积)或ALD(原子层沉积)沉积,有利地,其厚度小于10纳米,以便避免过度吸收并且减少从电极EL1处反射的光量,通常为大约5纳米；
- [0037] -有机堆叠层E0,例如通过湿法处理或者通过PVD沉积而成,其厚度通常为80至300纳米之间,例如100纳米。在该堆叠层的中心,存在有电致发光层,其具有集中于波长为550纳米的发射。该附图并未示出该层,而是仅示出了点发射器(该层的一个点)EP。标记RE用于表示由点发射器发射的光辐射,该辐射在基本垂直于衬底的表面的方向上传播。如上所述,该堆叠层E0的厚度选择为等于 $\lambda/2n_{\text{OLED}}$,其中, λ 是属于该电致发光层的发射频谱的波长(优选地,其是中心波长,或者对应于发射率峰值的波长), n_{OLED} 是该波长处的堆叠层的平均折射率。以这种方式,该堆叠层形成用于发射辐射的法布里-珀罗腔。
- [0038] 标记PL用于表示由介于该有机堆叠层与底部电极和顶部电极之间的界面所引导的等离激元,这些是损失源。
- [0039] -顶部电极EL2,其被沉积在该有机堆叠层的上方,由Ag制成并且厚度为10纳米,该厚度足够小从而使其基本上是透明的。
- [0040] -封装结构SE,其覆盖顶部电极,以便保护该有机堆叠层免受大气氧气并且在更加通常的情况下,免受任何污染。在图1中的设备中,该封装结构包括例如通过PVD制造的具有25纳米厚度的 SiO_x ($x \leq 2$) 层构成。其它实施例可包括性能更好的多层封装结构。例如,有利的是,在由 SiO_2 制成的层的上方设置通过原子层沉积(ALD)产生的由 TiO_2 或者 Al_2O_3 制成的第二层,并且该第二层具有小到5纳米的厚度。这种极为紧凑的层极大地提高了封装的密封性。
- [0041] 图2是作为发射波长 λ 的函数的图1中的OLED的辐射效率 η_{rad} 的曲线图。该辐射效率被定义为辐射功率 P_{rad} 和该同一辐射功率以及由该金属电极所吸收的功率 P_{abs} 的和之间的

比率：

$$[0042] \quad \eta_{rad} = \frac{P_{rad}}{P_{rad} + P_{abs}}$$

[0043] 可以看出,即使在其最高(550-600纳米)的频谱区域中,该效率勉强超过10%,这主要是由于等离激元PL引起的损失。

[0044] 图3示出了根据本发明的一个实施例的OLED的横截面图。它与图1中的OLED的不同之处主要表现在以下两个方面：

[0045] -有机堆叠层E0的厚度从100纳米减小到50纳米。这样带来两个结果：一方面,该厚度不足以允许在该电致发光层的发射所处的可见频谱中存在法布里-珀罗模式；另一方面,顶部和底部电极足够接近使得它们的等离激元模式高度耦合。

[0046] -将下部电极EL1构建为一组导电垫PC,由绝缘区域(实际上是通过蚀刻电极获得的腔或沟槽)以及覆盖它的缓冲层分隔开,并且填充有诸如SiO₂或抗蚀剂的介电材料。

[0047] 以这样一种方式选择导电垫PC的几何形状,以便使得局部等离激元模式PLL可以被限定在垫和与其直接相对的顶部电极EL2的部分之间。在实践中,该垫通常是圆形的、正方形的或者甚至是多边形的；在这种情况下,一定具有的横向尺寸L(在正方形的情况下是边长,在圆形的情况下是直径,在多边形的情况下是相对的两个边之间的距离等等)等于该电致发光层的发射频谱的波长λ的奇数倍的一半除以有效折射率：

$$[0048] \quad L = (2m + 1) \frac{\lambda}{2n_{eff}}$$

[0049] 其中,m是大于或等于0的整数。该有效折射率 n_{eff} 大于但接近于有机堆叠层的平均折射率。最佳配置包括选择 $m=0$ 。具体地,要通过垫的边缘的衍射允许局部等离激元模式通过与所发射的辐射模式RE耦合而“逃逸”；增加阶数m并因此增加垫的尺寸仅会增加局部等离激元的吸收,则损失会增加。

[0050] 考虑到约1.7的有效折射率,针对550纳米发射优化的垫的宽度为约200纳米。

[0051] 重要的是要理解由垫形成的等离激元谐振器是独立于彼此的。换句话说,没有光栅效应：垫之间的间隔不是关键的,只要它足以防止位于各垫中的等离激元间的耦合即可；通常地,该间隔将大于或等于垫的宽度的20%。因此,该结构不必是周期性的,并且连续不断的,OLED甚至可以包括一个单独的垫(尽管这当然意味着将有非常集中的光发射来自非常小的区域,并且也因此其总亮度会较低)。

[0052] 用于制造图3中的该器件的方法类似于用于制造常规的OLED的方法,不同之处在于该方法还包括构建底部电极和沉积更薄的有机层的步骤。

[0053] 该构建分几个步骤进行。首先是蚀刻金属层和覆盖它的缓冲层CT。在该蚀刻步骤结束时,沉积一个较厚的介电层,通常为SiO₂,并且其厚度足以填充金属部分之间的孔。最后,为了暴露电极EL1的电接触,进行平坦化,例如化学-机械平坦化(CMP)。接下来,以常规的方式沉积有机堆叠层E0(同时注意确保其具有所寻求的厚度,该厚度比现有技术中的小得多),第二电极和封装结构也是如此。

[0054] 图4是根据本发明的OLED在λ=550纳米处作为有机堆叠层E0的厚度 h_{oled} (即电极之间的距离)的函数的辐射效率的曲线图。将该垫的宽度设定为L=200纳米来进行该计算。

可见,当 $h_{oled}=50$ 纳米时,该效率达到最大值,即55%,其比图1中的常规的OLED的情况高了几近5倍,在40纳米至60纳米之间变化非常小。

[0055] 图5根据本发明的OLED在 $\lambda=550$ 纳米处作为波长 λ 的函数的辐射效率的曲线图,其中将该垫的宽度设定为 $L=200$ 纳米并将电极间距离设定为 $h_{oled}=50$ 纳米来进行该计算。与图2相比可见,该辐射效率的提高主要发生在用于标出垫尺寸的大约波长(550纳米)附近。因此,该发射频谱比现有技术中的要窄。

[0056] 这种发射频谱变窄在某些应用中是有利的,特别是在显示器应用中。具体地,可以制造包括多个单独的垫形底部电极的设备,该底部电极被单独地控制并且具有不同的尺寸,以便获得集中于不同波长的发射频谱。在图6的实施例中,该设备包括属于两个族的底部电极的矩阵阵列:电极EL1a具有第一横向尺寸 L_a ,并且适于允许发射第一发射REa;电极EL1b具有大于 L_a 的第二横向尺寸 L_b ,并且适于允许发射中心波长比波长REa长的第二发射REb。这些电极沉积在同一基板SUB上并由绝缘区域RI分隔开;它们覆盖有共同的有机堆叠层E0(标记EPa和EPb用于表示堆叠层的内部中的点发射器)、共同的顶部电极EL2以及封装层,如图3中的OLED。在实践中,优选地使用包括三个或更多个不同族的下部电极的规则布置的显示设备。例如,被优化为发射在其中红、绿和蓝色分别主导的辐射的电极将可能被用于生产RGB屏幕显示器,在该RGB屏幕显示器中每个单独电极对应于一个子像素。根据本发明所获得的颜色是非充分饱和的,以避免求助于像素的颜色滤波;然而,本发明允许放宽对该滤波的约束和/或对颜色渲染的改善。

[0057] 已经主要参考图3和图6的实施例描述了本发明,但是还有许多可能的变型。

[0058] 有机堆叠层、第二电极和封装结构是常规的元件,并且可以以已知的方式进行改良。

[0059] 下部电极通常用作阴极,上部电极是阳极,但相反也是可能的。

[0060] 不同层的厚度并非至关重要,只要有机堆叠层的厚度足够薄即可。

[0061] 导电垫可以具有比迄今为止考虑到的更复杂的形状,例如不能简单地通过横向尺寸表征的形状。重要的是他们能够支持在OLED的电致发光层的至少一个发射波长处的本地等离激元模式。

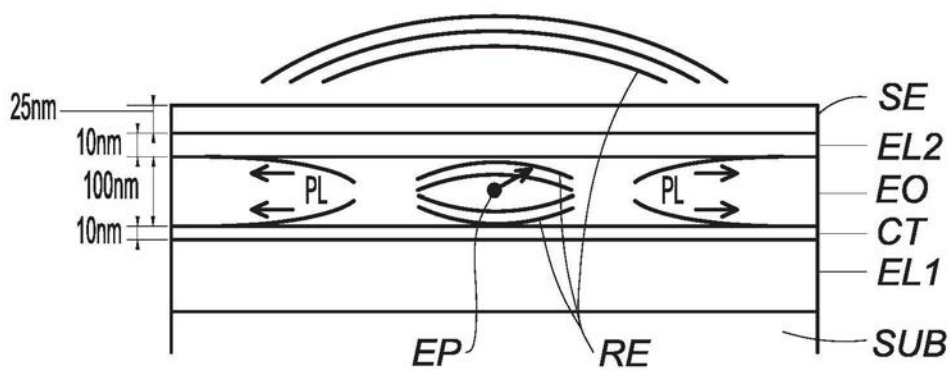


图1

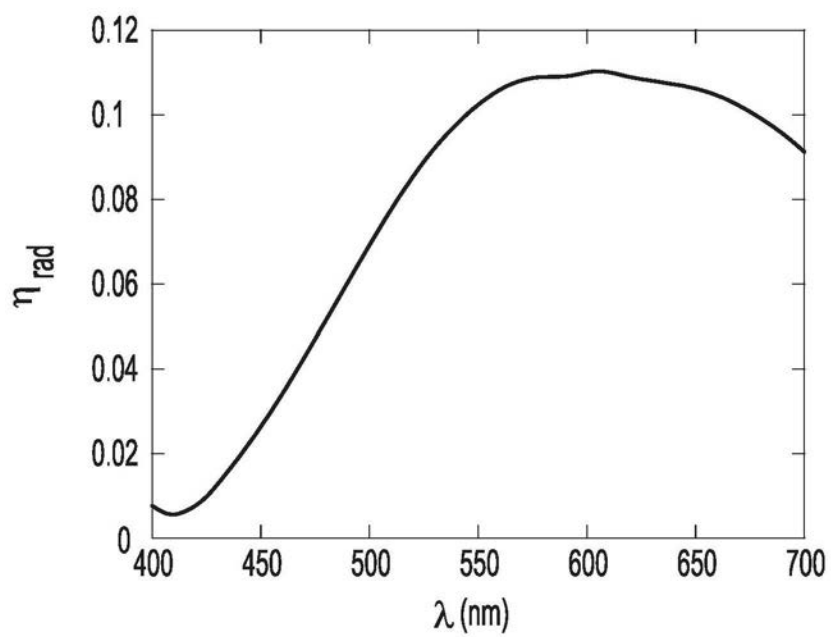


图2

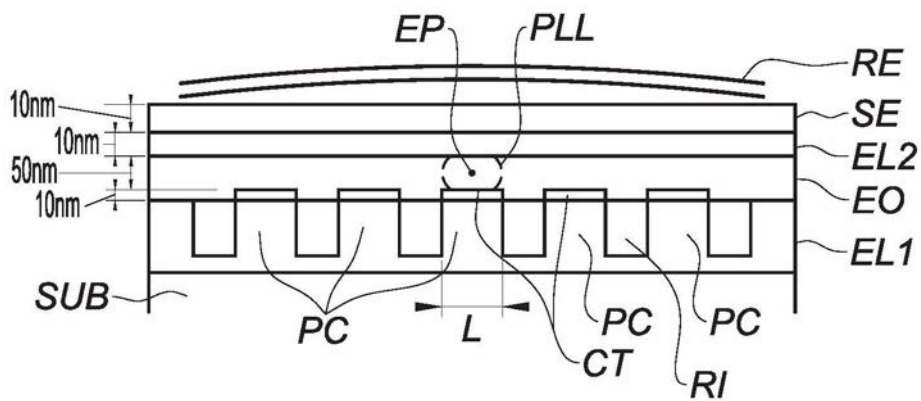


图3

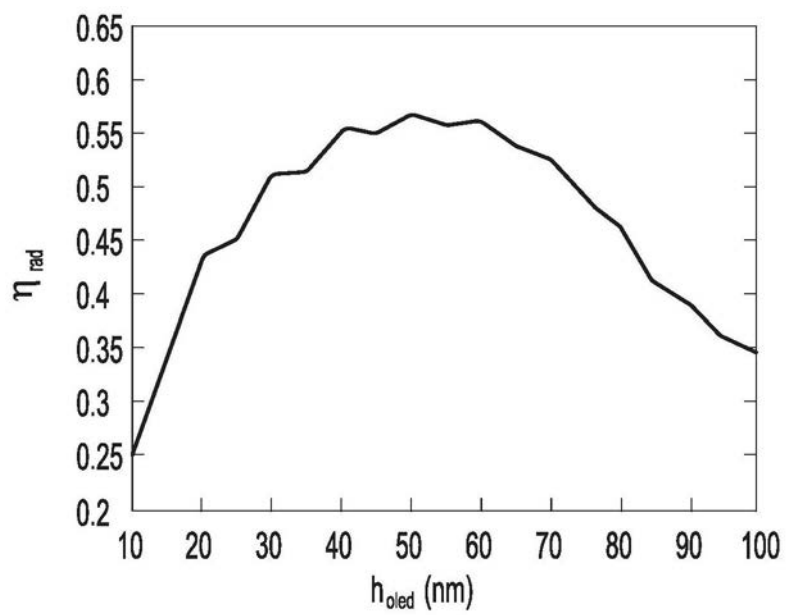


图4

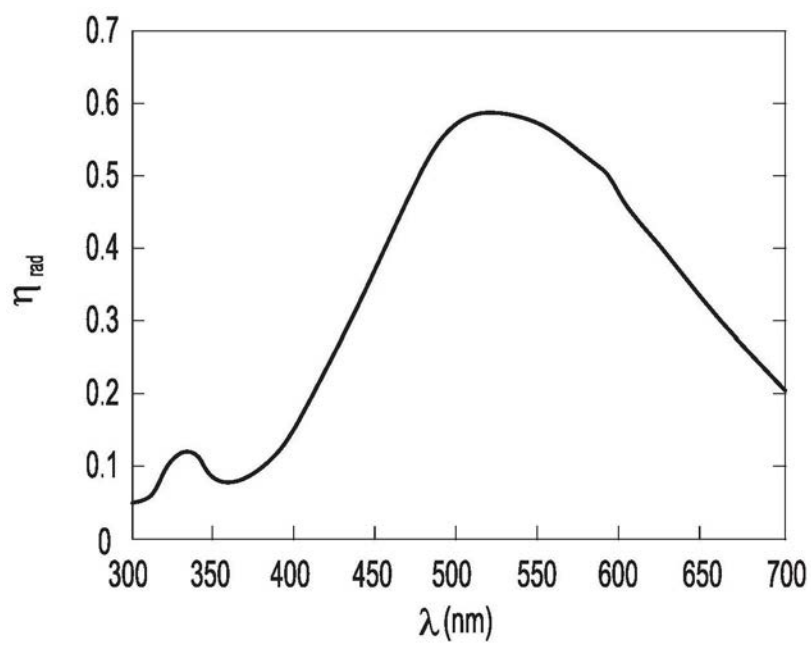


图5

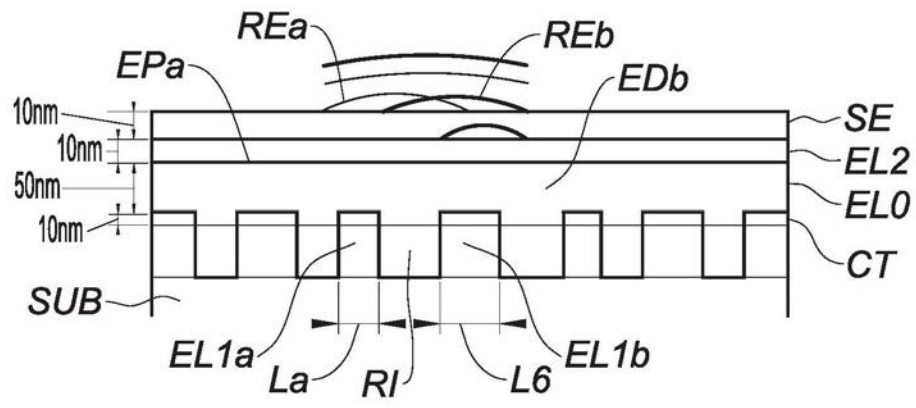


图6

专利名称(译)	具有等离子激元约束优化的输出的有机发光二极管以及包括多个这种二极管的显示设备		
公开(公告)号	CN110431683A	公开(公告)日	2019-11-08
申请号	CN201880017609.6	申请日	2018-03-14
[标]申请(专利权)人(译)	原子能和辅助替代能源委员会		
申请(专利权)人(译)	原子能和辅助替代能源委员会		
当前申请(专利权)人(译)	原子能和辅助替代能源委员会		
[标]发明人	S 布塔米 S盖廷 T 曼德隆 B拉辛		
发明人	S·布塔米 S·盖廷 T·曼德隆 B·拉辛		
IPC分类号	H01L51/52		
CPC分类号	H01L51/5209 H01L51/5225 H01L51/5262 H01L2251/5315 H01L51/0017 H01L51/5203 H01L51/5275 H01L51/5278		
代理人(译)	刘炳胜		
优先权	2017052095 2017-03-15 FR		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种有机发光二极管，包括：第一电极(EL1)；半导体有机层的堆叠层(E0)，包括至少一个电致发光有机层且堆叠层被沉积在第一电极上方；以及第二电极(EL2)，被沉积在堆叠层的与第一电极相对的表面上，其中，第一电极包括与半导体有机层的堆叠层电接触的至少一个区域(PC)，具有适于允许在该电致发光有机层的发射波长上产生局部等离子激元模式(PLL)的激励的几何形状。本公开还涉及包括共享半导体有机层的堆叠层的多个二极管的显示设备，以及制造二极管和显示设备的方法。

