



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102956839 A

(43) 申请公布日 2013. 03. 06

(21) 申请号 201210283600. 4

(22) 申请日 2012. 08. 10

(30) 优先权数据

2011-176463 2011. 08. 12 JP

2012-017447 2012. 01. 31 JP

(71) 申请人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 角田隆行 梶本典史 水野信贵

伊藤希之

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 康建忠

(51) Int. Cl.

H01L 51/52 (2006. 01)

H01L 51/50 (2006. 01)

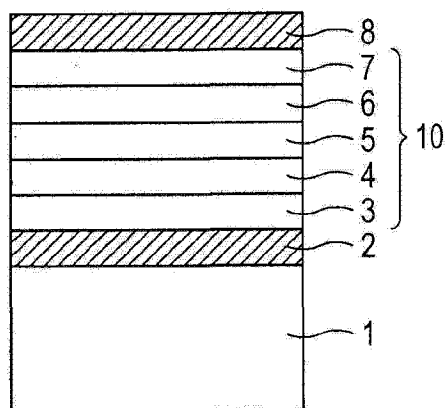
权利要求书 2 页 说明书 16 页 附图 7 页

(54) 发明名称

有机 EL 元件、发光装置、图像形成装置、显示装置和成像装置

(57) 摘要

本发明公开了有机 EL 元件、发光装置、图像形成装置、显示装置和成像装置。提供了通过抑制由在电极表面上产生的表面等离子体振子导致的激发能量的损失来提高发光效率的有机 EL 元件。空穴传输层(3)由在由发光层(5)发射的光的光谱的最大峰值波长具有大于等于 1.20 且小于等于 1.65 的折射率的材料形成。



1. 一种有机 EL 元件,包括:

包含反光性金属的第一电极;

包含透光性金属的第二电极;

位于第一电极与第二电极之间的至少包含发光层的有机化合物层;和

放置于第一电极与发光层之间的第一低折射率层,

其中,第一电极与第二电极之间的光学距离 L 满足下式(I),

$$(\lambda/4) \times (-1 - (\phi/\pi)) < L < (\lambda/4) \times (1 - (\phi/\pi)) \quad (I)$$

这里, λ 表示由有机 EL 元件发射的光的光谱的最大峰值波长, ϕ 表示在具有波长 λ 的光被第一电极和第二电极反射时的相移的和,并且满足 $\phi < 0[\text{rad}]$, 并且,

在由有机 EL 元件发射的光的光谱的最大峰值波长,第一低折射率层的折射率大于等于 1.20 且小于等于 1.65。

2. 根据权利要求 1 的有机 EL 元件,还包括与第二电极接触的包含有机化合物的第二低折射率层,第二低折射率层位于第二电极与发光层之间,

其中,在由有机 EL 元件发射的光的光谱的最大峰值波长,第二低折射率层的折射率大于等于 1.20 且小于等于 1.65。

3. 根据权利要求 1 的有机 EL 元件,其中,第一电极的反射表面与发光层之间的光学距离 L_r 满足下式(III),

$$(\lambda/8) \times (-1 - (2\phi_r/\pi)) < L_r < (\lambda/8) \times (1 - (2\phi_r/\pi)) \quad (III)$$

这里, λ 表示由有机 EL 元件发射的光的光谱的最大峰值波长, $\phi_r[\text{rad}]$ 表示具有波长 λ 的光被该反射表面反射时的相移。

4. 根据权利要求 1 的有机 EL 元件,其中,发光层的折射率比第一低折射率层的折射率高。

5. 根据权利要求 1 的有机 EL 元件,其中,满足下式(IV),

$$n_{\text{EML}} - n_{\text{LOW}} \geq 0.1 \quad (IV)$$

这里, n_{EML} 表示发光层的折射率,并且, n_{LOW} 表示第一低折射率层的折射率。

6. 根据权利要求 1 的有机 EL 元件,其中,第一电极的反射表面与发光位置之间的光学距离 L_r 满足下式(IV):

$$57.5\text{nm} < L_r < 232.5\text{nm} \quad (IV)。$$

7. 根据权利要求 1 的有机 EL 元件,其中,第一低折射率层的膜厚大于等于 5nm 且小于等于 193.75nm。

8. 根据权利要求 1 的有机 EL 元件,其中,第一电极包含 Al 合金。

9. 一种有机 EL 元件,包括:

包含反光性金属的第一电极;

包含透光性金属的第二电极;

位于第一电极与第二电极之间的至少包含发光层的有机化合物层;和

与第二电极接触的包含有机化合物的低折射率层,低折射率层位于第二电极与发光层之间,

其中,第二电极的反射表面与发光位置之间的光学距离 L_s 满足下式(II),

$$(\lambda/8) \times (-1 - (2\phi_s/\pi)) < L_s < (\lambda/8) \times (1 - (2\phi_s/\pi)) \quad (II)$$

这里, λ 表示由有机 EL 元件发射的光的光谱的最大峰值波长, ϕ_s 表示具有波长 λ 的光被第二电极的反射表面反射时的相移, 并且满足 $\phi_s < 0[\text{rad}]$, 并且,

在由有机 EL 元件发射的光的光谱的最大峰值波长, 低折射率层的折射率大于等于 1.20 且小于等于 1.65。

10. 一种发光装置, 包括:

根据权利要求 1 或 9 的有机 EL 元件; 和
用于控制有机 EL 元件的发光控制电路。

11. 一种图像形成装置, 包括:

根据权利要求 10 的发光装置; 和
用于使其上要通过发光装置形成潜像的感光部件带电的带电单元。

12. 一种显示装置, 包括:

具有不同的发光颜色的多个有机 EL 元件; 和
用于控制所述多个有机 EL 元件的发光控制电路,
其中, 所述多个有机 EL 元件包含根据权利要求 1 的有机 EL 元件。

13. 根据权利要求 12 的显示装置, 其中,

第一低折射率层形成为在具有不同的发光颜色的所述多个有机 EL 元件之间具有共同的膜厚, 并且,

第一低折射率层的膜厚大于等于 5nm 且小于等于 143.75nm。

14. 一种成像装置, 包括:

根据权利要求 12 的显示装置; 和
成像元件。

有机 EL 元件、发光装置、图像形成装置、显示装置和成像装置

技术领域

[0001] 本发明涉及有机电致发光(EL)元件,并且还涉及使用有机 EL 元件的发光装置、图像形成装置、显示装置和成像装置。

背景技术

[0002] 近年来,通过约几伏的低驱动电压自发地发射光的有机 EL 元件正受到关注。有机 EL 元件具有其中层叠具有金属反射层的反射电极、发光层和透明电极的配置。由于诸如表面发射特性、重量轻和可视性的优异的特征,有机 EL 元件正作为薄型显示器、照明设备、头部安装显示器或用于电子照相打印机的打印头的光源的发光装置被付诸实用。

[0003] 特别地,对于有机 EL 显示装置的低功耗化的要求增加,并且,正期望进一步提高发光效率。明显提高发光效率的元件结构中的一种是微腔系统(microcavity system)。发光分子(light-emitting molecule)具有向出现光的“增强干涉”的空间强烈地放射光的特征。具体地,通过使用光学干涉可增加激子的放射速度并控制其放射图案。根据微腔系统,元件参数(膜厚和折射率)被设计为使得“增强干涉”沿从发光分子观察的光提取方向出现。

[0004] 特别地,已知在金属反射层的反射表面与发光层的发光位置之间的距离 d 满足条件 $d=i\lambda/(4n)$ ($i=1, 3, 5\cdots$)的情况下,通过干涉效果最大程度地增加放射强度。 i 表示干涉的阶次,并且,以下, $i=1$ 的条件被称为 $\lambda/4$ 的干涉条件。这里, λ 表示发光分子的 PL 光谱的在真空中的峰值波长,并且, n 对应于发光点与金属反射层之间的有效折射率。根据微腔系统,不必使用诸如微透镜的不均匀结构,并且,可望以低成本增大发光效率。

[0005] 微腔根据光提取侧的反射率的大小被分为弱腔(weak cavity)和强腔(strong cavity)。一般地,在弱腔中,使用诸如玻璃/透明氧化物半导体的具有高透射率的电极结构,并且,腔的干涉效果主要由金属反射层与发光层之间的干涉条件确定。另一方面,在强腔中,使用具有高的反射率的半透射性金属薄膜作为光提取侧的透明电极。因此,强腔不仅包含在金属反射层与发光层之间获得的干涉效果,而且包含在发光层与光提取侧的金属薄膜之间获得的干涉效果。在这种情况下,发光层与金属薄膜之间的光学距离也被设计以便以干涉效果变得最大的方式满足 $\lambda/4$ 的干涉条件。因此,在强腔中,可以使用比弱腔中的干涉效果大的干涉效果,并因此可明显提高发光效率。

[0006] 但是,已知在 $\lambda/4$ 的干涉条件中,与 $3\lambda/4$ 的干涉条件($i=3$ 的条件)相比,发光层与金属反射层之间的距离为约 60nm 或更小,并且表面等离子体振子(surface plasmon, SP)损失由此变得特别大。SP 损失是如下的现象,即其中通过发光分子的激发能量激发金属的 SP,并且作为结果,激发能量被转变成焦耳热。因此,使用 $\lambda/4$ 干涉结构的微腔具有不关于大的光学干涉效果提高发光效率的问题。具体地,为了进一步提高 $\lambda/4$ 干涉条件下的微腔的发光效率,需要控制 SP 损失的方法。

[0007] 到目前为止,作为抑制 SP 损失的方法,提出了在日本专利申请公开

No. 2008-543074 中公开的牺牲增加金属反射层与发光层之间的距离的干涉效果的方法。并且,如 Jorg Frischeisen et al., Organic Electronics 12, 809-817 (2011) 所示,开始提出通过水平放置发光分子的跃迁偶极矩(transition dipole moment)以满足 $\lambda/4$ 的干涉效果和 SP 损失的抑制两者的方法。可通过光学模拟计算诸如 SP 损失的有机 EL 元件中的光的行为,并且,在 S. Nowy et al., Journal of Applied Physics 104, 123109 (2008) 中找到其细节。

[0008] 但是,已对于在金属与电介质之间仅具有一个界面的弱腔研究了上述的抑制 SP 损失的方法。具体地,还没有提出满足 $\lambda/4$ 的干涉条件的强腔中的表面等离子体振子的抑制。

发明内容

[0009] 本发明的一个目的是,提供通过抑制在电极表面上产生的表面等离子体振子所导致的激发能量的损失(SP 损失)来提高发光效率的有机 EL 元件和使用该有机 EL 元件的各种装置。根据本发明的第一方面,提供了一种有机 EL 元件,该有机 EL 元件包括:包含金属的反光性的第一电极;包含金属的透光性的第二电极;位于第一电极与第二电极之间的至少包含发光层的有机化合物层;和放置于第一电极与发光层之间的低折射率层,其中,在由有机 EL 元件发射的光的光谱的最大峰值波长,低折射率层的折射率大于等于 1.20 且小于等于 1.65。

[0010] 根据本发明的第二方面,提供了一种有机 EL 元件,该有机 EL 元件包括:反光性的第一电极;透光性的第二电极;位于第一电极与第二电极之间的至少具有发光层的有机化合物层;和与第二电极接触的包含有机化合物的低折射率层,低折射率层位于第二电极与发光层之间,其中,在由有机 EL 元件发射的光的光谱的最大峰值波长,低折射率层的折射率大于等于 1.20 且小于等于 1.65。第一电极与第二电极之间的光学距离 L 满足下式(I),

[0011]

$$(\lambda/4) \times (-1 - (\phi/\pi)) < L < (\lambda/4) \times (1 - (\phi/\pi)) \quad (I)$$

[0012] 这里, λ 表示由有机 EL 元件发射的光的光谱的最大峰值波长, ϕ 表示当具有波长 λ 的光分别被第一电极和第二电极反射时的相移的总和,并且,满足 $\phi < 0[\text{rad}]$ 。

[0013] 根据本发明的第三方面,提供一种发光装置,该发光装置包括:上述的根据本发明的有机 EL 元件;和用于控制有机 EL 元件的发光的控制电路。

[0014] 根据本发明的第四方面,提供一种图像形成装置,该图像形成装置包括:上述的根据本发明的发光装置;在其上要通过发光装置形成潜像的感光部件;和用于使感光部件带电的带电单元。

[0015] 根据本发明的第五方面,提供一种显示装置,该显示装置包括:具有不同的发光颜色的多个有机 EL 元件;和用于控制多个有机 EL 元件的发光的控制电路,其中,多个有机 EL 元件是上述的根据本发明的有机 EL 元件。

[0016] 根据本发明的第六方面,提供一种成像装置,该成像装置包括:上述的根据本发明的显示装置;和成像元件。

[0017] 根据本发明,即使当使用具有高反射率的金属电极时,仍可抑制 SP 损失,由此可以提供发光效率提高的有机 EL 元件。因此,可以增强通过使用该有机 EL 元件被配置的发

光装置、图像形成装置、显示装置和成像装置的特性。

[0018] 参照附图阅读示例性实施例的以下描述,本发明的其它特征将变得清晰。

附图说明

[0019] 图 1 是示意性地示出根据本发明的一个实施例的有机 EL 元件的配置的截面图。

[0020] 图 2 是表示蓝光发射有机 EL 元件的 $\lambda/4$ 配置中的关于发光效率的空穴传输层的折射率相关性的曲线图。

[0021] 图 3A、图 3B 和图 3C 是表示阳极由 Ag 和 Mg 制成的情况下的关于发光效率的空穴传输层的折射率相关性和 CIEy = 0.06 时的空穴传输层的折射率相关性的曲线图。

[0022] 图 4A 和图 4B 是表示改变与阳极接触的具有双层配置的空穴传输层的折射率或改变其折射率和膜厚两者的情况下的发光效率的模拟结果的曲线图。

[0023] 图 5 是表示 $3\lambda/4$ 配置中的发光效率的各色度(chromaticity)的空穴传输层的折射率相关性的曲线图。

[0024] 图 6 是表示蓝光发射有机 EL 元件的 $\lambda/4$ 配置中的关于发光效率的电子传输层的折射率相关性的曲线图。

[0025] 图 7 是表示由配置的差异导致的激发能量的分配比的差异的光学模式分配图。

[0026] 图 8 是表示通过本发明的例子中的有机 EL 元件的实验得到的色度 - 发光效率曲线的曲线图。

[0027] 图 9 是表示通过本发明的例子中的有机 EL 元件的模拟得到的色度 - 发光效率曲线的曲线图。

[0028] 图 10 是表示沉积膜与涂敷膜之间的折射率的差异的曲线图。

[0029] 图 11 是表示在空穴传输层中使用沉积膜和涂敷膜的情况下的通过有机 EL 元件的模拟得到的色度 - 发光效率曲线的曲线图。

具体实施方式

[0030] 基于在电极表面上出现的 SP 损失不仅因电极的金属种类的折射率改变而且因金属电极附近的有机化合物层的折射率改变这一事实,实现本发明。具体地,本发明的有机 EL 元件包括包含反光性金属的第一电极、包含透光性金属的第二电极和位于第一电极与第二电极之间的发光层。本发明具有以下配置。

[0031] (1) 第一电极与第二电极之间的光学距离 L 满足下式(I),

[0032]

$$(\lambda/4) \times (-1 - (\phi/\pi)) < L < (\lambda/4) \times (1 - (\phi/\pi)) \quad (I)$$

[0033] 这里, λ 表示由有机 EL 元件发射的光的光谱的最大峰值波长, ϕ 表示当具有波长 λ 的光被第一电极和第二电极反射时的相移的总和并且满足 $\phi < 0[\text{rad}]$ ([弧度]);并且,第一低折射率层位于第一电极和发光层之间,其中,在由有机 EL 元件发射的光的光谱的最大峰值波长,第一低折射率层的折射率大于等于 1.20 且小于等于 1.65。

[0034] (2) 位于第一电极与第二电极之间的至少包含发光层的有机化合物层;第二电极的反射表面与发光位置之间的光学距离 L_s 满足下式(II)

[0035]

$$(\lambda/8) \times (-1 - (2\phi_s/\pi)) < L_s < (\lambda/8) \times (1 - (2\phi_s/\pi)) \quad (II)$$

[0036] 这里, λ 表示由有机 EL 元件发射的光的光谱的最大峰值波长, ϕ_s 表示具有波长 λ 的光被第二电极的反射表面反射时的相移并且满足 $\phi_s < 0[\text{rad}]$; 并且, 包含有机化合物的低折射率层被设置在第二电极和发光层之间以与第二电极接触, 并且, 低折射率层的折射率被设为在由有机 EL 元件发射的光的光谱的最大峰值波长为大于等于 1.20 且小于等于 1.65。

[0037] (3) 在以上的(1)中描述的有机 EL 元件中, 包含有机化合物的低折射率层 1 被设置在第一电极与发光层之间, 并且, 包含有机化合物的低折射率层 2 被设置在第二电极与发光层之间以与第二电极接触。低折射率层 1 和低折射率层 2 的折射率都被设为在由有机 EL 元件发射的光的光谱的最大峰值波长为大于等于 1.20 且小于等于 1.65。

[0038] 以下, 作为实施例描述本发明的有机 EL 元件。图 1 是示意性地示出根据本发明的一个实施例的有机 EL 元件的配置的截面图。图 1 的实施例是顶发射型元件, 其中, 在支撑基板 1 上设置作为反光性的第一电极的反射电极 2, 在反射电极 2 的关于发光层 5 的相反侧设置作为透光性的第二电极的透明电极 8, 并且从透明电极 8 侧提取光。这里, 反射电极 2 是在发光波长具有 80% 或更大的反射率的金属电极。并且, 透明电极 8 是被设置在向外提取光的一侧的电极, 并且在发光波长具有 40% 或更大的透射率。发光波长是从有机 EL 元件发射的光的光谱的最大峰值波长。从发光效率、寿命和光学干涉等的观点对大量的叠层(stack)配置进行研究, 这些叠层配置具有包括位于一对电极之间的发光层 5 的由有机化合物制成的一些功能层。被夹在反射电极 2 与透明电极 8 之间的由有机化合物制成的叠层一般被称为有机化合物层 10。

[0039] 在有机化合物层 10 中, 在反射电极 2 上, 除了空穴传输层 3、电子阻挡层 4、发光层 5、空穴阻挡层 6 和电子传输层 7 以外, 适当地还使用电子注入层(未示出)和空穴注入层(未示出)等。本发明对于包含于各层中的材料没有限制。例如, 可以使用荧光材料和磷光材料中的任一种作为构成发光层 5 的发光材料, 或者, 可以使用掺杂的主材料(host material)。并且, 除了发光材料以外, 在发光层 5 中还可以包含至少一种类型的化合物以增强元件性能。并且, 空穴传输层 3 可用作电子阻挡层或空穴注入层, 并且, 电子传输层 7 可用作空穴阻挡层或电子注入层。

[0040] 并且, 作为支撑基板 1, 可以使用各种玻璃基板和上面形成有由诸如多晶硅(Poly-Si)或 a-Si (非晶硅)的半导体形成的薄膜晶体管(TFT)的驱动电路的玻璃基板。并且, 也可使用其中在硅晶片上形成驱动电路的玻璃基板或其中在硅晶片上设置驱动电路的玻璃基板等。

[0041] 通过使用透明电极 8 作为光提取侧的电极, 元件中的 EL 光被发射到外面。并且, 作为透明电极 8, 使用由金属薄膜制成的透明电极。在这种情况下, 透明电极 8 的反射率增加, 并由此显现作为显微光学谐振器(微腔)的特性。因此, 通过调整有机化合物层 10 的发光层 5 与反射电极 2 之间的膜厚, 可以控制发光层 5 中的光放射(light radiation)分布。在显示装置中, 通过设定各有机化合物层的膜厚以使得亮度尤其沿正面方向变得高, 还通过光学干涉控制发光颜色, 并且, 光被沿正面方向更高效地放射。具体地, 通过设定干涉的阶次 i 以将从发光层 5 的发光位置到透明电极 8 和反射电极 2 的各反射表面的距离 d_0 调整到 $d_0 = i \lambda / 4n_0$ ($i=1, 3, 5, \dots$), 正面方向上的成分的量在来自发光层 5 的放射分配中增加,

并且正面亮度增强。注意, n_0 是从发光位置到反射表面的层的有效折射率。

[0042] 在精确地考虑具有波长 λ 的光被反射表面反射时的相移的情况下, 假定具有波长 λ 的光被反射表面反射时的相移为 ϕ_r [rad], 从发光位置到反射电极 2 的反射表面的光学距离 L_r 由下式(1)表示。光学距离 L_r 是有机化合物层的各层的折射率 n_j 与各层的厚度 d_j 的乘积的总和。具体地, L_r 可由 $\sum n_j \times d_j$ 表示, 并且, 也可由 $n_0 \times d_0$ 表示。这里, ϕ_r 是负值。

[0043]

$$L_r = (2m - (\phi_r/\pi)) \times (\lambda/4) \quad (1)$$

[0044] 这里, m 是 0 或更大的整数。当 $\phi_r = -\pi$ 并且 $m = 0$ 时, $L_r = \lambda/4$, 并且, 当 $\phi_r = -\pi$ 并且 $m = 1$ 时, $L_r = 3\lambda/4$ 。这些条件分别与干涉阶次 $i=1$ 的 $\lambda/4$ 干涉条件的配置和干涉阶次 $i=3$ 的 $3\lambda/4$ 干涉条件的配置对应。

[0045] 此时, 在实际的有机 EL 元件中, 考虑到与正面的提取效率具有折衷关系的视角特性, 不必严格地满足上述的膜厚。具体地, 光学距离 L 可在相对于满足式(1)的值为 $\pm \lambda/8$ 的值的范围内。因此, 在本发明的有机 EL 元件中, 优选满足下式(2)。更优选地, 光学距离 L 处于相对于满足式(1)的值为 $\pm \lambda/16$ 的值的范围内, 并且, 优选满足下式(2')。

[0046]

$$(\lambda/8) \times (4m - (2\phi_r/\pi) - 1) < L_r < (\lambda/8) \times (4m - (2\phi_r/\pi) + 1) \quad (2)$$

[0047]

$$(\lambda/16) \times (8m - (4\phi_r/\pi) - 1) < L_r < (\lambda/16) \times (8m - (4\phi_r/\pi) + 1) \quad (2')$$

[0048] 并且, 在本发明中, 如后面描述的那样, 在式(2)和(2')中希望 $m = 0$ 。因此, 优选地满足下式(3)并进一步满足下式(3')。

[0049]

$$(\lambda/8) \times (-1 - (2\phi_r/\pi)) < L_r < (\lambda/8) \times (1 - (2\phi_r/\pi)) \quad (3)$$

[0050]

$$(\lambda/16) \times (-1 - (4\phi_r/\pi)) < L_r < (\lambda/16) \times (1 - (4\phi_r/\pi)) \quad (3')$$

[0051] 在通过使用多个本发明的有机 EL 元件配置全色显示装置的情况下, 当有机 EL 元件的发光颜色是红色(620nm)、绿色(520nm)和蓝色(460nm)时, λ 是 460nm ~ 620nm。在这种波长条件下, 从上述的式(3)和(3'), 优选的光学距离 L 满足下式(4)并进一步满足下式(4')。金属层的反射表面上的相移为约 $-\pi$, 并由此在 $\phi_r = -\pi$ 的条件下进行计算。

$$[0052] \quad 57.5\text{nm} < L_r < 232.5\text{nm} \quad (4)$$

$$[0053] \quad 86.25\text{nm} < L_r < 193.75\text{nm} \quad (4')$$

[0054] 为了获得强腔的干涉效果, 上述的式(2)~(4')可被类似地应用于从发光层 5 的发光位置到透明电极 8 的反射表面的光学距离。即, 希望从发光位置到透明电极 8 的反射表面的光学距离 L_s 满足下式(5)和(5'),

[0055]

$$(\lambda/8) \times (-1 - (2\phi_s/\pi)) < L_s < (\lambda/8) \times (1 - (2\phi_s/\pi)) \quad (5)$$

[0056]

$$(\lambda/16) \times (-1 - (4\phi_s/\pi)) < L_s < (\lambda/16) \times (1 - (4\phi_s/\pi)) \quad (5')$$

[0057] 这里, ϕ_s [rad] 表示具有波长 λ 的光被反射表面反射时的相移。即, 从式(3)和

(5), 希望根据本发明的反射电极 2 和透明电极 8 之间的光学距离 L 满足式(I)。更优选地, 从式(3') 和(5'), 优选地光学 距离 L 满足式(I')。注意, Φ 是具有波长 λ 的光被第一电极和第二电极反射时的相移的总和, 并且, 满足 $\Phi = \Phi_r + \Phi_s$ 。

[0058]

$$(\lambda/4) \times (-1 - (\Phi/\pi)) < L < (\lambda/4) \times (1 - (\Phi/\pi)) \quad (I)$$

[0059]

$$(\lambda/8) \times (-1 - (2\Phi/\pi)) < L < (\lambda/8) \times (1 - (2\Phi/\pi)) \quad (I')$$

[0060] 在本发明中, 为了进一步提高发光效率, 一般认为优选地, 反射电极 2 的反射率较高, 例如, 使用具有比 Al 电极的反射率高的反射率的 Ag 电极。但是, 如果只关注反射率, 那么可能不能提高发光效率。这是由于, 根据金属种类, SP 损失会变得显著并且发光效率会降低。并且, 已发现 SP 损失不仅因金属种类的折射率而改变, 而且因与反射电极 2 接触的有机化合物层的折射率而改变。

[0061] 以下, 描述通过分析发光效率与反射电极 2 的金属种类和与反射电极 2 接触的有机化合物层的折射率之间的关系而获得的结果。要作为本发明的例子被分析的元件配置是如下这样的系统, 其中使用反射电极 2 作为阳极, 并且改变与阳极接触的空穴传输层 3 的折射率。但是, 反射电极 2 可被用作阴极, 并且透明电极 8 可被用作阳极。作为用于阳极和阴极的电极材料, 可适当地使用诸如 Ag、Al、Mg、Ti、Ni、Cr、W、Mo、Au 和 Cs 的反射性金属。

[0062] 在以下的模拟中, 除非另外描述, 否则, 考虑以下叠层的强腔元件配置, 其中, 对于阳极使用 Al 并且对于阴极使用具有 24nm 的膜厚的 Ag 薄膜。

[0063] 支撑基板 / Al 阳极 / 空穴传输层 / 电子阻挡层(10nm) / 发光层(20nm) / 空穴阻挡层(10nm) / 电子传输层(10nm) / 电子注入层(10nm) / Ag 阴极。顺便说一句, 括号中的数值表示各层的厚度。空穴传输层 3 的膜厚与 $\lambda/4$ 干涉条件匹配。并且, 从发光层 5 发射的光的峰值波长为 460nm。并且, 通过与 S. Nowy et al., Journal of Applied Physics 104, 123109 (2008) 的过程类似的过程进行模拟。

[0064] 关于发光效率的空穴传输层 3 的折射率相关性

[0065] 图 2 表示在蓝光发射有机 EL 元件的 $\lambda/4$ 配置中的发光效率的对于各色度(CIEy) 的由模拟材料 A 制成的空穴传输层 3 的折射率相关性。图中, n 表示折射率。

[0066] 根据通过改变与 Al 阳极 2 接触的模拟材料 A 的折射率 n 获得的结果, 发光效率在折射率 n 为 2.50 时最低。另一方面, 随着空穴传输层 3 的折射率 n 从 1.90 减小到 1.60、1.40 和 1.20, 在色度 CIEy 为 0.06 时, 发光效率从 4.7cd/A 增加到 6.1cd/A、7.0cd/A 和 7.8cd/A。具体地, 发光效率分别变为折射率为 1.90 的材料的发光效率的 1.3 倍、1.5 倍和 1.6 倍。因此发现, 随着空穴传输层 3 的折射率 n 减小, 发光效率趋于提高。即, 已经清楚, 通过减小与作为反射电极 2 的 Al 阳极接触的空穴传输层 3 的折射率 n 来提高发光效率。

[0067] 用于一般的有机 EL 元件的有机材料的折射率为约 1.70 ~ 1.90。为了获得通过减小折射率提高发光效率的效果, 优选地如上述的模拟中那样使折射率最小化。但是, 通过优选地将折射率减小到 1.65 或更小, 可进一步获得本发明的提高发光效率的效果。

[0068] 顺便说一句, 作为具有低折射率的空穴传输层 3, 例如, 如具有以下的结构的化合物 2 中那样, 将作为大体积功能基(bulky functional group)的特丁基(tert-butyl)引入具有空穴传输能力的基于三芳胺的骨架的末端中。在这种情况下, 有机膜密度被降低以减

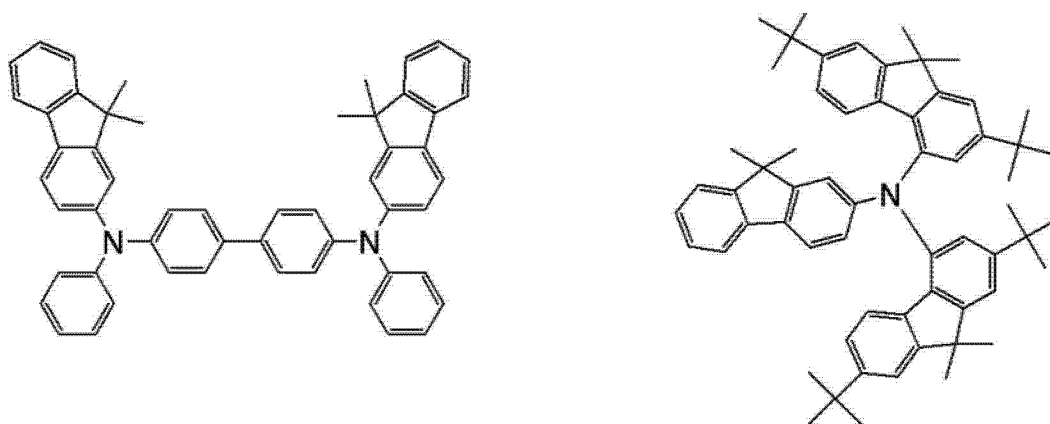
小折射率。另外,例如通过将长链烷基(long-chain alkyl group)引入末端中,也可期望类似的减小折射率的效果。作为替代方案,通过将包含氟的功能基引入材料中,也可期望减小折射率的效果。

[0069] 并且,甚至可通过利用掺杂使低折射率材料与一般的空穴传输材料混合获得具有低折射率的有机化合物层。这里,低折射率材料可以是有机物质或无机物质。作为例子,表 1 和表 2 表示关于通过混合具有以下结构的化合物 1 和化合物 2 而获得的膜和通过混合化合物 1 与氟化锂而获得的膜的折射率。随着低折射率材料的混合比增加,折射率减小,由此可对于具有低折射率的有机化合物层使用低折射率材料。可通过通常的共沉积执行混合,只要材料可被沉积即可。作为替代方案,如果材料可溶于溶液中,那么可以以预定的比例将该材料溶入溶液中,并通过涂敷方法使其形成为混合膜。

[0070] 化合物 1

化合物 2

[0071]



[0072] 表 1

[0073]

	混合比 (质量%)					
化合物 1	100	80	60	40	20	0
化合物 2	0	20	40	60	80	100
折射率	1.90	1.85	1.80	1.75	1.70	1.65

[0074] 表 2

[0075]

	混合比 (质量%)					
化合物 1	100	80	60	40	20	0
LiF	0	20	40	60	80	100
折射率	1.90	1.81	1.72	1.62	1.51	1.40

[0076] 例如,诸如聚四氟乙烯的氟基聚合物使得能够通过涂敷方法获得具有约 1.30 的折射率的低折射率有机膜。折射率可被以如下方式进一步减小,即通过加热而消失的挥发性材料和微粒事先被添加到低折射率有机膜中并在成膜之后被加热以获得具有孔隙(void)的有机化合物膜。因此,可进一步减小折射率。例如,如果上述的孔隙被设为约 47%,那么折射率可减小到约 1.20。但是,当孔隙比由于折射率的进一步的减小而超过 50%时,膜变脆并且不能经受实际使用,这在技术上被视为是困难的。作为替代方案,甚至可在不混合特殊的挥发性材料的情况下仅通过使用作为涂敷方法的旋转涂敷形成膜来减小折射率。例如,作为例子,描述可被用作空穴传输材料的化合物 7 (后面描述)。

[0077] 首先,为了检查化合物 7 的折射率,通过旋转涂敷在硅基板上形成由化合物 7 制成的薄膜。这里使用的涂敷溶液是包含 0.5 质量 % 的化合物 7 的甲苯溶液,并且,旋转涂敷条件为 1000rpm 下的 60 秒。然后,在真空炉中在 80° C 下将基板加热 10 分钟,并且将涂敷膜退火以形成具有 18nm 的膜厚的薄膜。并且,化合物 7 通过真空沉积在硅基板上形成为膜以具有与涂敷膜相同的膜厚。通过椭圆光度法测量以相互比较获得的涂敷膜和沉积膜的折射率。

[0078] 图 10 表示通过椭圆光度法获得的折射率。如图 10 所示,例如,在 460nm 的波长的情况下,沉积膜的折射率为 1.99,而涂敷膜的折射率为 1.85,比沉积膜的折射率低 0.14。在 400nm ~ 750nm 的可见光范围波长上观察到折射率的减小。具体地,即使当使用相同的化合物 7 时,折射率也根据成膜处理是真空沉积还是旋转涂敷而改变。

[0079] 折射率减小的一种因素是膜密度的改变。涂敷膜是从甲苯溶液形成的,因此,即使在成膜之后,在化合物 7 的薄膜中仍存在甲苯分子。认为涂敷膜在真空炉中被退火以使甲苯分子挥发,并且,涂敷膜的膜密度变得比沉积膜的膜密度低。具体地,不必添加特殊的挥发性材料,并且,可通过诸如要使用的溶剂和加热的处理条件来减小折射率。

[0080] 因此,根据使用涂敷溶液的方法,形成的薄膜的折射率可减小,并由此通过使用通过气相沉积和涂敷获得的各折射率执行模拟。图 11 表示模拟结果。在模拟中使用的元件配置是支撑基板 / Al 阳极 / 空穴传输层 (18nm) / 电子阻挡层 (10nm) / 发光层 (20nm) / 电子传输层 (30nm) / Ag 阴极 (24nm)。并且,在该模拟中使用的除空穴传输层的材料以外的材料与后面描述的例子相同。

[0081] 从图 11 可以看出,折射率减小的涂敷膜具有高的发光效率。例如,涂敷膜的发光效率在 0.06 的 CIEy 为 4.5cd/A,因此,与沉积膜的 4.0cd/A 的发光效率相比,涂敷膜的发光效率提高。从该结果可以理解,在通过涂敷可比通过气相沉积更多地减小膜折射率的情况下,即使通过使用相同的材料,也增加发光效率。具体地,在通过减小与反射电极接触的空穴传输层的折射率来抑制 SP 损失以提高发光效率的情况下,涂敷也是有效的。

[0082] 作为另一例子,在将阳极金属种类变为 Al 以外的 Ag 和 Mg 的情况下,也分析了通过空穴传输层 3 的折射率的减小导致的发光效率的改变。图 3A 到 3C 示出结果。从图 3A 的 Ag 和图 3B 的 Mg 可以理解,在每种金属中,随着空穴传输层 3 的折射率 n 从 2.50 减小到 1.20,发光效率提高。图 3C 表示在对于阳极使用 Al、Ag 和 Mg 的情况下的在色度 CIEy 为 0.06 时的发光效率。横轴表示空穴传输层 3 的折射率 n 。很清楚,随着折射率变得越小,发光效率变得越大,并且确认,不管金属种类如何,空穴传输层 3 的折射率的减小都具有提高发光效率的效果。并且,还能够通过布置多个具有通过以这种方式减小折射率而获得的高

效率的有机 EL 元件来制造发光装置或显示装置。

[0083] 双层 HTL 配置

[0084] 已发现通过减小与作为反射电极 2 的 A1 阳极接触的空穴传输层 3 的折射率, 发光效率提高。但是, 为了保持 $\lambda/4$ 配置的干涉条件, 空穴传输层 3 的膜厚也伴随折射率的减小一起增加。因此, 不是通过折射率减小而是通过增加发光层 5 与阳极 2 之间的距离来抑制 SP 损失的可能性不能被排除。

[0085] 这里, 在空穴传输层 3 (HTL) 具有双层配置 (HTL1 和 HTL2) 的情况下执行模拟。首先, 示出不使用干涉设计的模拟的结果, 其中, 在空穴传输层 3 的两个层的总膜厚被设为恒定并且与阳极 2 接触的 HTL1 的膜厚被设为 5nm 的情况下, 只有折射率 (x) 被改变。顺便说一句, HTL2 的折射率被固定为 1.90, 并且, 膜厚被固定为 26.6nm。对以下的配置进行模拟。

[0086] 支撑基板 /A1 阳极 /HTL1/HTL2/ 电子阻挡层 (10nm)/ 发光层 (20nm)/ 空穴阻挡层 (10nm)/ 电子传输层 (10nm)/ 电子注入层 (10nm)/Ag 阴极 (24nm)。顺便说一句, 括号中的数值表示各层的厚度。

[0087] 图 4A 总结了结果。当关注在 0.06 的 CIEy 附近的色度的发光效率时, 发现随着与阳极接触的 HTL1 的折射率 n 减小, 发光效率提高。具体地, 空穴传输层 3 的总膜厚是恒定的, 由此阐明了尽管阳极 2 和发光层 5 之间的距离不变这一事实, 但当与阳极 2 接触的 HTL1 的折射率 n 减小时, 发光效率提高。

[0088] 然后, 空穴传输层 3 (HTL) 被设为具有双层配置 (HTL1 和 HTL2), 并且, 使用干涉设计, 即, HTL1 的膜厚被设为恒定 (5nm) 并且其折射率 n 改变。曲线图示出在 HTL2 的膜厚被定义为 Y (nm) 并且被改变以匹配 $\lambda/4$ 配置的干涉条件的情况下的模拟结果。对以下的配置进行模拟。

[0089] 支撑基板 /A1 阳极 /HTL1/HTL2/ 电子阻挡层 (10nm)/ 发光层 (20nm)/ 空穴阻挡层 (10nm)/ 电子传输层 (10nm)/ 电子注入层 (10nm)/Ag 阴极 (24nm)。顺便说一句, 括号中的数值表示各层的厚度。

[0090] 图 4B 总结了结果。与其中 HTL1 和 HTL2 的总膜厚恒定的图 4A 不同, HTL2 的膜厚改变, 由此获得各色度的发光效率。然后, 类似地确认, 随着与 A1 阳极接触的 HTL1 的折射率 n 减小, 不管各色度如何, 发光效率都趋于提高。

[0091] 表 3 和表 4 总结了通过从图 4A 和图 4B 提取其中获得具有在 CIEy 为 0.06 附近的色度的计算结果的元件配置而获得的结果。从表 3 和表 4 可以清楚地看出, 应理解, 即使在 HTL 的总膜厚恒定的元件 A-1 ~ A-6 和 HTL2 的膜厚改变以匹配元件的 $\lambda/4$ 配置的元件 B-1 ~ B-6 中的任一个中, 当 HTL1 具有较低折射率时, 发光效率也变得更高。一般地, 在使用增加阳极与发光层之间的距离以抑制 SP 损失的方法的情况下, 必须将 HTL 膜厚增加到 $3\lambda/4$ 配置。但是, 根据本发明, 证明了通过设置与阳极 2 接触的具有低折射率的有机化合物层, 可以在保持具有高的发光效率的 $\lambda/4$ 配置的同时提高发光效率。

[0092] 表 3

[0093]

	HTL1 折射率	HTL1 膜厚 (nm)	HTL2 折射率	HTL2 膜厚 (nm)	HTL 总膜厚 (nm)	CIE _x	CIE _y	发光效率 [cd/A]
元件 A-1	2.50	5.00	1.90	26.60	31.60	0.1390	0.0632	4.48
元件 A-2	1.90	5.00	1.90	26.60	31.60	0.1388	0.0605	4.70
元件 A-3	1.65	5.00	1.90	26.60	31.60	0.1386	0.0597	4.84
元件 A-4	1.60	5.00	1.90	26.60	31.60	0.1385	0.0595	4.87
元件 A-5	1.40	5.00	1.90	26.60	31.60	0.1382	0.0590	5.03
元件 A-6	1.20	5.00	1.90	26.60	31.60	0.1371	0.0585	5.23

[0094] 表 4

[0095]

	HTL1 折射率	HTL1 膜厚 (nm)	HTL2 折射率	HTL2 膜厚 (nm)	HTL 总膜厚 (nm)	CIE _x	CIE _y	发光效率 [cd/A]
元件 B-1	2.50	5.00	1.90	26.00	31.00	0.1384	0.0602	4.36
元件 B-2	1.90	5.00	1.90	31.67	36.67	0.1380	0.0603	4.69
元件 B-3	1.65	5.00	1.90	26.80	31.80	0.1383	0.0602	4.87
元件 B-4	1.60	5.00	1.90	26.67	31.67	0.1386	0.0595	4.87
元件 B-5	1.40	5.00	1.90	27.00	32.00	0.1382	0.0604	5.09
元件 B-6	1.20	5.00	1.90	27.00	32.00	0.1384	0.0599	5.30

[0096] 干涉阶次对于发光效率的影响

[0097] 虽然通过减小空穴传输层 3 的折射率提高发光效率,但是,已描述了 $\lambda/4$ 配置的分析。这里,也分析蓝光发射有机 EL 元件的 $3\lambda/4$ 配置,并且,将分析结果与 $\lambda/4$ 配置的结果相比较。元件配置如下。支撑基板 /A1 阳极 / 空穴传输层 (150nm ~ 250nm) / 电子阻挡层 (10nm) / 发光层 (20nm) / 空穴阻挡层 (10nm) / 电子传输层 (10nm) / 电子注入层 (10nm) /Ag 阴极 (24nm)。括号中的数值表示各层的厚度。图 5 示出对于各干涉阶次总结的发光效率的各色度 (CIE_y) 的空穴传输层 3 的折射率相关性。

[0098] 首先,在关注图 5 所示的 $3\lambda/4$ 配置的情况下,当空穴传输层 3 由模拟材料 A (在 $\lambda = 460\text{nm}$ 的折射率 $n = 1.90$) 形成时,发光效率最低,并且,当模拟材料 A 的折射率 n 减小时,发光效率明显提高。具体地,示出通过减小空穴传输层 3 的折射率来提高发光效率的效果对于 $3\lambda/4$ 配置也是有效的。

[0099] 另一方面,即使在空穴传输层 3 的折射率 n 为 1.20 (通过该折射率在 $3\lambda/4$ 配置的模拟中获得最高的效率) 的情况下,发光效率也达不到在具有图 2 所示的 $\lambda/4$ 配置的空穴传输层 3 的折射率 n 为 1.65 或更小的情况下获得的发光效率。特别地,在 $\lambda/4$ 配置中 SP 损失大,由此,当通过减小折射率抑制表面等离子体振子时,可获得大的发光效率。具体地,应理解,为了获得大的发光效率,优选使用 $\lambda/4$ 配置而不是 $3\lambda/4$ 配置并进一步减小空穴传输层 3 的折射率。具体地,应理解,在上述的式 (2) 和 (2') 中, $m = 0$ 是最优选的配置。并且,低折射率层仅需位于发光层与第一电极之间,并且不总是需要与第一电极接触。这是由于,在满足式 (1) 的器件配置中的第一电极上出现的 SP 处于与在第二电极上出现的称为长程表面等离子体振子 (LRSP) 的 SP 模式混合的状态中。这里,混合模式被称为 SP1。另外,希望低折射率层的消光系数在要使用的波长区域中为 0.02 或更小。这是由于,强腔配置具有大的多重干涉的程度,由此,大量的光可能在器件中被吸收。

[0100] 关于低折射率层的插入位置效果

[0101] 然后,检查发光效率如何因具有低折射率的有机化合物层的插入位置而改变。具体地,将图 2 所示的减小与作为反射电极 2 的阳极接触的空穴传输层 3 的折射率的情况与减小与光提取侧的透明电极 8 的阴极接触的电子传输层 7 的折射率的情况相比较。

[0102] 顺便说一句,虽然在改变与阳极接触的空穴传输层 3 的折射率的模拟中使用的元件配置如上面描述的那样,但是,改变与阴极接触的电子传输层 7 的折射率的模拟具有以下的配置。

[0103] 支撑基板 /A1 阳极 / 空穴传输层 / 电子阻挡层(10nm)/ 发光层(20nm)/ 空穴阻挡层(10nm) / 电子传输层(26nm) /Ag 阴极(24nm)。括号中的数值表示各层的厚度。空穴传输层 3 的膜厚与 $\lambda/4$ 干涉条件匹配,当 n 被设为 1.90 时为 32nm。并且,从发光层 5 发射的光的峰值波长为 460nm (蓝光发射)。

[0104] 图 6 总结了通过减小电子传输层(ETL)的折射率所获得的结果。作为电子传输层 7 (ETL),使用模拟材料 B,并且,其折射率 n 在 λ 为 460nm 时从 1.84 减小到 1.20。因此,观察到通过折射率 n 的减小实现的发光效率的提高。具体地,即使通过减小电子传输层 7 的折射率,也获得提高发光效率的效果。下面描述希望具有小的折射率的电子传输层与由金属制成的第二电极接触的原因。

[0105] 表 5 示出蓝光发射有机 EL 元件的 $\lambda/4$ 配置中的具有低折射率的电子传输层的配置相关性,并且示出由金属制成的 Ag 阴极和由透明导电膜制成的 IZO 阴极之间的比较。对于以下的配置执行表 5 的模拟。支撑基板 /A1 阳极 / 空穴传输层 / 发光层(20nm) / 第一电子传输层 / 第二电子传输层 / 第三电子传输层 /Ag 阴极(26nm) 或 IZO (73nm)。括号中的数值表示各层的厚度。空穴传输层的厚度被设为满足式(I)。第二电子传输层的折射率被设为 1.6,并且,其它的有机化合物层的折射率被设为 1.9。元件 C (和元件 D) 的相对发光效率和相对 SP 耦合效率分别被元件 C-1 (和元件 D-1)规格化。比较元件 C 和元件 D,应理解,在其中 Ag 阴极和第二电子传输层相互接合的元件 C-2 具有降低最多的 SP 耦合效率,并因此具有最高的发光效率。即,在金属阴极的情况下,低折射率层与阴极相互接合是有效的。这是由于,不仅可以减少上述的 SP1 而且可以减少局部地存在于薄膜金属阴极上的表面等离子体振子模式。以上表明,在发光层与第二电极之间的光学距离满足 $\lambda/4$ 的干涉条件的配置中,通过减小与第二电极接触的电子传输层的折射率,能够降低表面等离子体振子的耦合效率以提高发光效率。

[0106] 表 5

[0107]

	ETL1		ETL2		ETL3		阴极	相对发光效率	相对 SP 模式
	折射率	厚度 [nm]	折射率	厚度 [nm]	折射率	厚度 [nm]			
元件 C-1	1.9	0	1.6	0	1.9	30	Ag(26nm)	100%	100%
元件 C-1	1.9	20	1.6	10	1.9	0	Ag(26nm)	111%	92%
元件 C-2	1.9	10	1.6	10	1.9	10	Ag(26nm)	107%	95%
元件 C-3	1.9	0	1.6	10	1.9	20	Ag(26nm)	106%	96%
元件 D-1	1.9	0	1.6	0	1.9	30	IZO(73nm)	100%	100%
元件 D-1	1.9	20	1.6	10	1.9	0	IZO(73nm)	102%	99%
元件 D-2	1.9	10	1.6	10	1.9	10	IZO(73nm)	105%	98%
元件 D-3	1.9	0	1.6	10	1.9	20	IZO(73nm)	106%	97%

[0108] 关于 EML 的折射率的关系

[0109] 如图 3C 所示,通过减小空穴传输层的折射率来提高发光效率。但是,希望发光层的折射率(n_{EML})比空穴传输层的折射率(n_{HTL})大($n_{\text{HTL}} \leq n_{\text{EML}}$)。表 6 示出蓝光发射有机 EL 元件的 $\lambda/4$ 配置中的关于发光效率的相对值的电子传输层和空穴传输层的折射率相关性。发光效率对应于在 CIEy 为 0.06 时的发光效率。在以下的配置上执行表 6 的模拟。支撑基板 /Al 阳极 / 空穴传输层 / 发光层 (20nm) / 电子传输层 (30nm) / Ag 阴极 (26nm)。括号中的数值表示各层的厚度。空穴传输层的厚度被优化以满足式 (I)。应理解,满足条件 $n_{\text{HTL}} \leq n_{\text{EML}}$ 的元件 C 的发光效率比元件 D 的发光效率高。关注于元件 C,可以理解,具有更大的 EML 和 HTL 之间的折射率差 δn 的元件具有更高的发光效率。从以上可以看出,为了通过减小空穴传输层的折射率提高发光效率,优选地满足 $n_{\text{HTL}} \leq n_{\text{EML}}$ 。特别地,更优选满足 $n_{\text{EML}} - n_{\text{HTL}} \geq 0.1$,原因是可以获得更强的低折射率层的效果。类似地,当电子传输层的折射率由 n_{ETL} 表示时,优选地满足 $n_{\text{ETL}} \leq n_{\text{EML}}$ 。

[0110] 表 6

[0111]

	EML 折射率 n_{EML}	HTL 折射率 n_{HTL}	$n = n_{\text{EML}} - n_{\text{HTL}}$	发光效率 [cd/A]
元件 E-1	1.9	1.9	0	4.95
元件 E-2	1.9	1.5	0.4	6.58
元件 E-3	1.65	1.65	0	5.21
元件 E-4	1.65	1.6	0.05	5.44
元件 E-5	1.65	1.5	0.15	5.79
元件 E-6	1.6	1.6	0	5.21
元件 E-7	1.6	1.5	0.1	5.62
元件 E-8	1.5	1.5	0	5.2
元件 F-1	1.5	1.9	-0.4	3.79
元件 F-2	1.6	1.65	-0.05	5.02
元件 F-3	1.5	1.65	-0.15	4.62
元件 F-4	1.5	1.6	-0.1	4.84

[0112] 可以发现,通过减小电子传输层 7 和空穴传输层 3 的折射率中的每一个,观察到发光效率的提高,由此研究了同时减小电子传输层 7 和空穴传输层 3 的折射率的情况。具体地,关于将空穴传输层 3 的折射率从 1.9 变为 1.6 并同时减小电子传输层 7 的折射率从 1.9 变为 1.6 的情况,模拟发光效率的变化。表 7 示出了在蓝光发射有机 EL 元件的 $\lambda/4$ 配置中的关于发光效率的电子传输层 7 和空穴传输层 3 的折射率相关性。

[0113] 在以下的配置上执行表 7 的模拟。支撑基板 /Al 阳极 / 空穴传输层 (20nm)/ 电子阻挡层 / 发光层 (20nm)/ 空穴阻挡层 (10nm)/ 电子传输层 /Ag 阴极 (26nm)。括号中的数值表示各层的厚度。电子传输层的膜厚与 $\lambda/4$ 干涉条件匹配,并且对于 $n = 1.9$ 为约 30nm 并且对于 $n = 1.6$ 为约 35nm。并且,空穴传输层的厚度被固定为 20nm,并且,电子阻挡层的厚度被优化,以与 $\lambda/4$ 干涉条件匹配。在该模拟中使用的电子阻挡层的折射率为 $n = 2.0$ 。

[0114] 从表 7 可理解,在其中空穴传输层和电子传输层两者的折射率均为 1.9 的元件 G-1 具有最低的效率。如上所述,与元件 G-1 相比,在其中空穴传输层和电子传输层中的一个的折射率低的元件 G-2 和 G-3 的效率提高。并且,空穴传输层和电子传输层两者的折射率均减小的元件 G-4 的效率最大程度地提高。关于元件 G-4 的相对亮度的括号中的数值对应于(元件 G-2 和 G-3 的相对效率的总和)相对于(元件 G-4 的相对效率)的差值,即对应于通过减小空穴传输层和电子传输层两者的折射率而表现的提高的发光效率分量。从结果可以理解,在减小空穴传输层和电子传输层两者的折射率的情况下,可获得比减小空穴传输层和电子传输层中的一个的折射率的情况更优选的提高效率的效果。

[0115] 表 7

[0116]

	HTL 折射率	ETL 折射率	发光效率 [cd/A]	相对发光效率
元件 G-1	1.9	1.9	5.05	100%
元件 G-2	1.6	1.9	6	121%
元件 G-3	1.9	1.6	6.12	119%
元件 G-4	1.6	1.6	7.49	148% (+8.6%)

[0117] 图 7 示出了激发能量在各配置中如何分配。图中的各数值表示关于在腔中产生的所有单线态激子(singlet exciton)的功率(施加的功率的 25%)的比,其是 λ 为 400nm ~ 580nm 的范围中的平均值。

[0118] 描述各模式的定义。OC 表示输出耦合(out coupling),其是作为光被从元件提取出的成分。假定光的行进方向相对于法线方向的倾角为 θ , θ 落入 $0 < \theta < \theta_c$ 的范围内(θ_c :全反射临界角)。ABS 表示吸收损失,其是满足 $\theta < \theta_c$ 的条件的并在元件中被吸收的成分。Wg 表示波导模式,其是允许光在元件中传播的成分,并且,其行进方向为 $\theta_c < \theta < 90^\circ$ 。SP 如上所述表示表面等离子体振子,其是由于表面等离子体振子激发而导致激子能量损失的成分,然后其能量转变成焦耳热。该模式是本发明关注的要被抑制的成分。NR 表示发光分子中的未放射损失,该损失是在不伴随从激发的发光分子向基底状态的发光的情况下被去激励的成分。

[0119] 从图 7 所示的空穴传输层 3 (HTL) 的模拟材料 A 的折射率 n 被设为 1.90 并且电子传输层 7 (ETL) 的折射率 n 被设为 1.84 的情况,电子传输层 7 的折射率减小到 1.60 和

1.40,这在图7中由A、B和C示出。然后,分配给SP的能量从47.9%减小到43.0%和38.0%。另一方面,在被从元件提取出以有助于发光效率的提高了的OC模式中,能量从19.3%增加到23.0%和25.1%。具体地,可以理解,通过减小电子传输层7的折射率来抑制SP损失,并且提高从元件提取出光的效率。

[0120] 然后,当电子传输层7(ETL)的折射率 n 被固定于1.84并且空穴传输层3(HTL)的折射率 n 从1.90减小到1.60和1.40时,如图7中的D和E所示,分配给SP的能量从47.9%减小到39.1%和30.7%。另一方面,在被从元件提取出以有助于发光效率的提高了的OC模式中,能量从19.3%增加到24.6%和26.4%。具体地,可以理解,通过减小空穴传输层3的折射率抑制SP损失,并且,提高从元件提取出光的效率。

[0121] 考虑到上述的结果,在本发明中,减小与反射电极2接触的有机化合物层的折射率。并且,低折射率层的折射率大于等于1.20且小于等于1.60。从光学的观点看,希望低折射率层的厚度尽可能地厚。但是,可能出现依赖于低折射率层的电阻的电压的增加。因此,希望从光学和电气的观点来确定最佳的厚度。因此,低折射率层的膜厚优选大于等于5nm且小于等于193.75nm。膜厚小于5nm不是优选的,原因是不能得到本发明的效果。并且,在红光发射有机EL元件中,在折射率为1.20并且 L 为232.5nm的情况下,低折射率层的膜厚为193.57nm,并且,在本发明中,优选地193.75nm的膜厚作为低折射率层的膜厚的上限。并且,低折射率层的膜厚优选大于等于5nm且小于等于161.46nm。161.46nm的膜厚与折射率为1.20并且 L 为193.75nm的情况对应。

[0122] 如上所述,在本发明的有机EL元件中,金属电极中的SP损失减小,并且,发光效率高。因此,通过将本发明应用于使用有机EL元件的各种装置,获得更高的特性。一个具体的例子是包括本发明的有机EL元件和用于控制有机EL元件的发光的控制电路的发光装置。发光装置的例子包括照明设备和电子照相图像形成装置的曝光光源和液晶显示装置的背光。图像形成装置包括曝光光源、在其上将通过曝光光源形成潜像的感光部件、和用于使感光部件带电的带电单元。

[0123] 并且,在包括多个具有不同发光颜色的有机EL元件和用于控制有机EL元件的发光的控制电路的显示装置中,可以使用本发明的有机EL元件。显示装置被用于电视接收器或个人计算机的显示部分、移动电话的显示部分、便携式游戏机的显示部分、移动音乐播放器的显示部分、个人数字助理(PDA)的显示部分和汽车导航系统的显示部分中。另外,本实施例的显示装置可被放置于诸如数字照相机和数字视频照相机的成像装置的显示部分或电子取景器中。成像装置还包括成像光学系统和用于成像的诸如CMOS传感器的成像元件。在这种显示装置中,优选地,低折射率层由具有共同的膜厚的多个具有不同的发光颜色的有机EL元件形成,并且,低折射率层的膜厚大于等于5nm且小于等于143.75nm。膜厚小于5nm不是优选的,原因是不能获得本发明的效果。并且,在蓝光发射有机EL元件中,在折射率为1.20且 L 为172.5nm(对应于式(I)中的在 $\lambda = 460\text{nm}$ 和 $\varphi = -\pi$ 时的上限值)的情况下,低折射率层的膜厚为143.75nm,由此,优选地,低折射率层的膜厚的上限为143.75nm。并且,低折射率层的膜厚优选大于等于5nm且小于等于119.79nm。119.79nm的膜厚与折射率为1.20且 L 为143.75nm的情况对应(对应于式(I')中的在 $\lambda = 460\text{nm}$ 和 $\varphi = -\pi$ 时的上限值)。

[0124] (例子)

[0125] 以下,描述本发明的具体的例子。在以下的例子中,在减小与阳极接触的空穴传输层的折射率的情况下确认效果,在该情况下在上述的模拟结果中获得高的发光效率。

[0126] 在本例子中,使用具有不同的折射率的两个空穴传输层。空穴传输层中的一个由上述的化合物 1 ($\lambda = 460\text{nm}$ 时的折射率 $n = 1.90$) 制成,并且,另一个由具有比化合物 1 低的折射率的化合物 2 ($\lambda = 460\text{nm}$ 时的折射率 $n = 1.65$) 制成。

[0127] 本例子的元件被如下地制造。首先,通过溅射在玻璃基板上形成为膜厚为 100nm 的铝合金(AlNd)的膜以形成阳极。通过真空沉积在阳极上依次形成有机化合物层。作为空穴传输层,上述的化合物 1 的膜形成为 18nm 的膜厚,或者,化合物 2 的膜形成为 21nm 的膜厚,并且,作为电子阻挡层,具有以下的结构的化合物 3 的膜形成为 10nm 的膜厚。然后,作为发光层,具有以下的结构的化合物 4 和化合物 5 的膜分别以 **0.98Å/s**和 **0.02Å/s**的成膜速度被共沉积,并且,发光层形成为 20nm 的膜厚。然后,作为电子传输层,具有以下的结构的化合物 6 的膜形成为 30nm 的膜厚。然后,作为阴极,形成 AgCs (6nm)/Ag (20nm)的透光性的层叠金属薄膜。这里,由 Ag 和 Cs 制成的 Ag 合金被放置于与电子传输层接触的阴极的一侧,由此有利于将电子注入到电子传输层中。括号中的数值表示相应的金属的各膜厚。

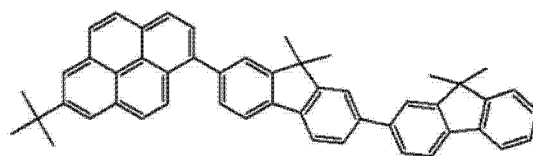
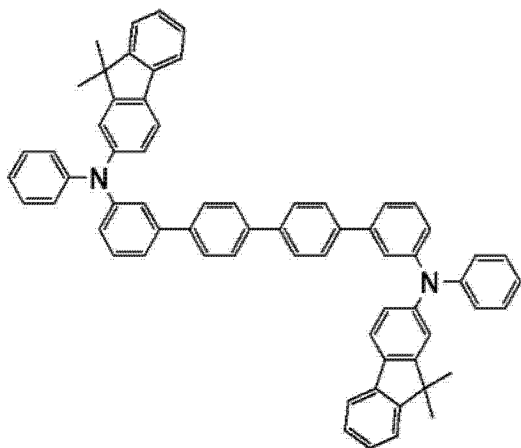
[0128] 最后,在氮气气氛中在手套箱中通过 UV 可固化树脂密封包含干燥剂的密封玻璃(未示出)和玻璃基板的成膜表面。

[0129] 应注意,在本例子中生产的有机 EL 元件中的任一个具有 $\lambda/4$ 配置并且满足上述的式(II)。

[0130] 化合物 3

化合物 4

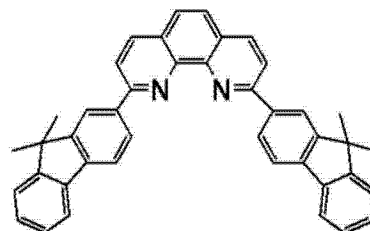
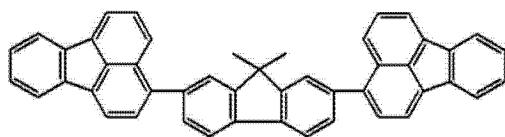
[0131]



[0132] 化合物 5

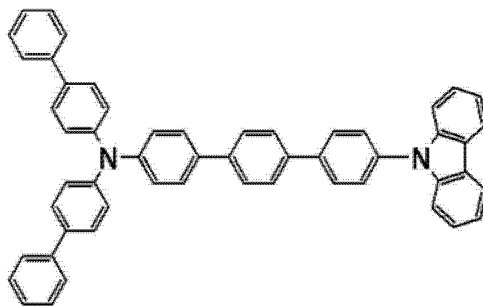
化合物 6

[0133]



[0134] 化合物 7

[0135]



[0136] 图 8 表示在实验获得的有机 EL 元件的色度 - 发光效率曲线, 图 9 表示通过模拟与各有机 EL 元件对应的层配置而获得的结果。由图 8 中的空心圆表示的对于空穴传输层使用化合物 1 的有机 EL 元件在 CIEy 为 0.065 时具有约 4.1cd/A 的发光效率。另一方面, 由图 8 中的黑点和曲线表示的使用具有低折射率的化合物 2 的有机 EL 元件示出在 CIEy 为 0.065 时约 5.3cd/A 的发光效率。因此, 通过减小折射率而实现的使用化合物 2 的有机 EL 元件的发光效率的增加比率为使用化合物 1 的有机 EL 元件的约 1.3 倍。并且, 在图 9 中, 实线表示使用化合物 2 的元件, 并且, 虚线表示使用化合物 1 的元件。在化合物 2 的模拟中获得的增加比率为化合物 1 的约 1.3 倍, 并且, 确认模拟结果与实验结果一致。

[0137] 具体地, 在本例子中, 确认模拟结果与实验结果一致, 并且表示通过减小与阳极接触的空穴传输层 3 的折射率来提高发光效率。

[0138] 虽然已参照示例性实施例描述了本发明, 但应理解, 本发明不限于公开的示例性实施例。以下的权利要求的范围应被赋予最宽泛的解释以包含所有的这样变更方式、等同的结构和功能。

[0139] 附图标记列表

- [0140] 1 : 支撑基板,
- [0141] 2 : 第一电极(反射电极),
- [0142] 3 : 空穴传输层,
- [0143] 4 : 电子阻挡层,
- [0144] 5 : 发光层,
- [0145] 6 : 空穴阻挡层,
- [0146] 7 : 电子传输层,
- [0147] 8 : 第二电极(透明电极),
- [0148] 10 : 有机化合物层

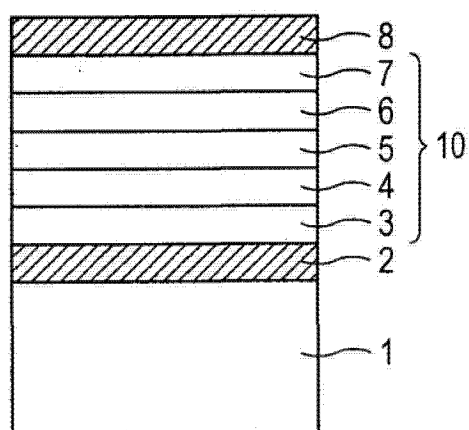


图 1

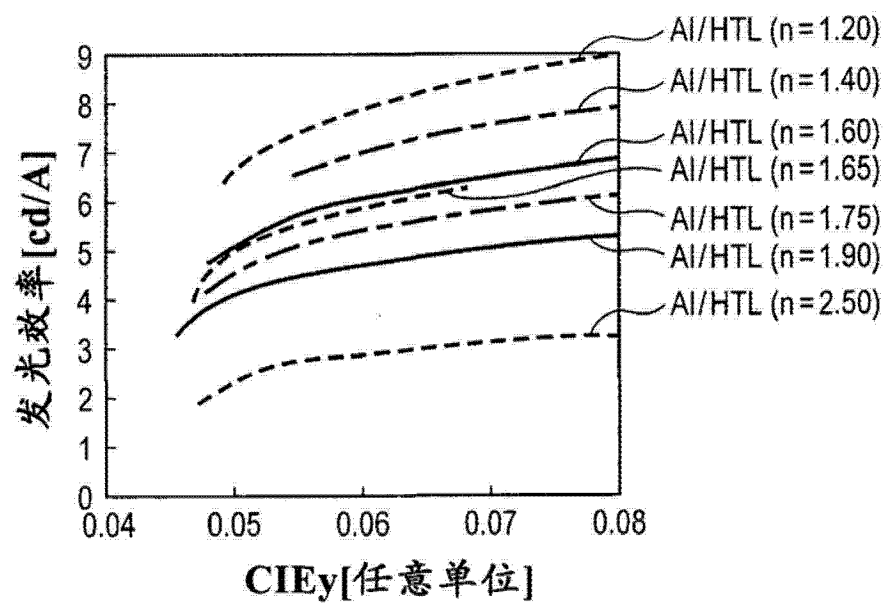


图 2

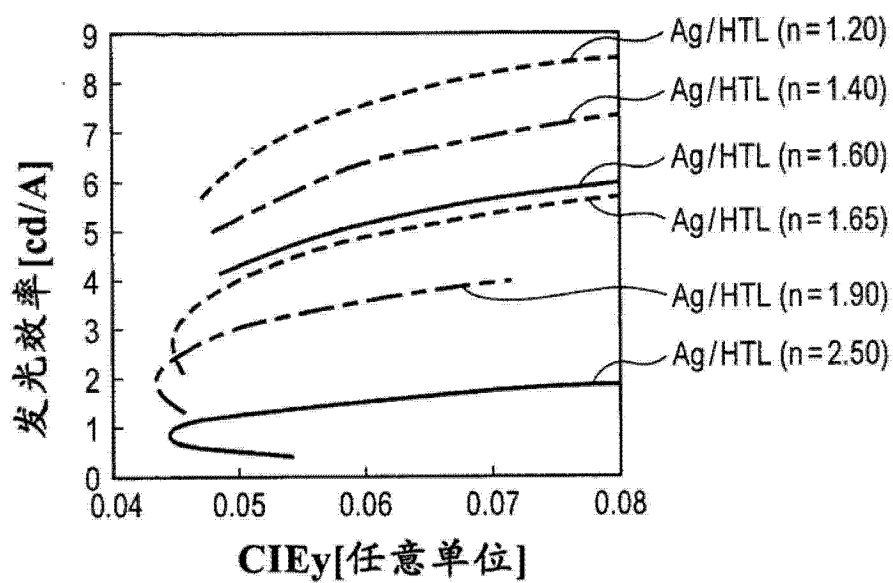


图 3A

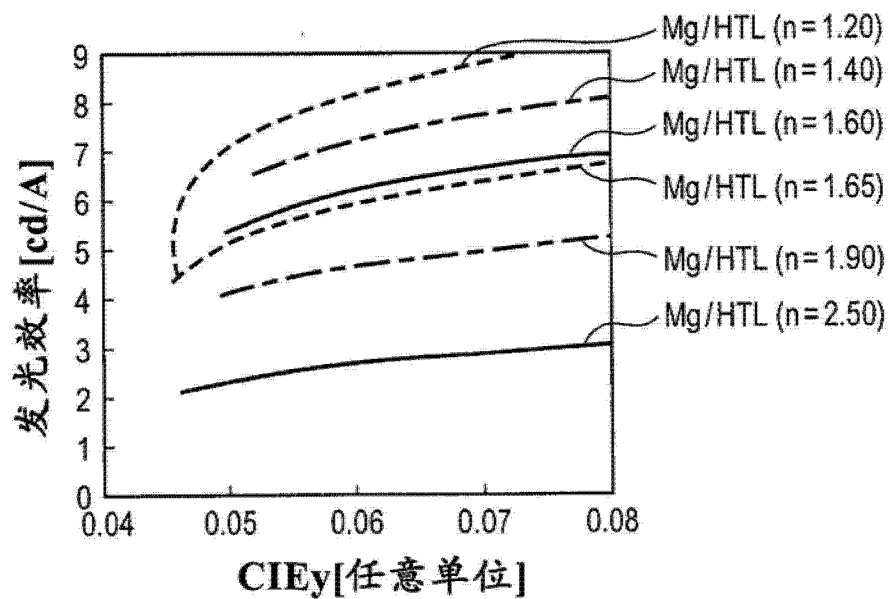


图 3B

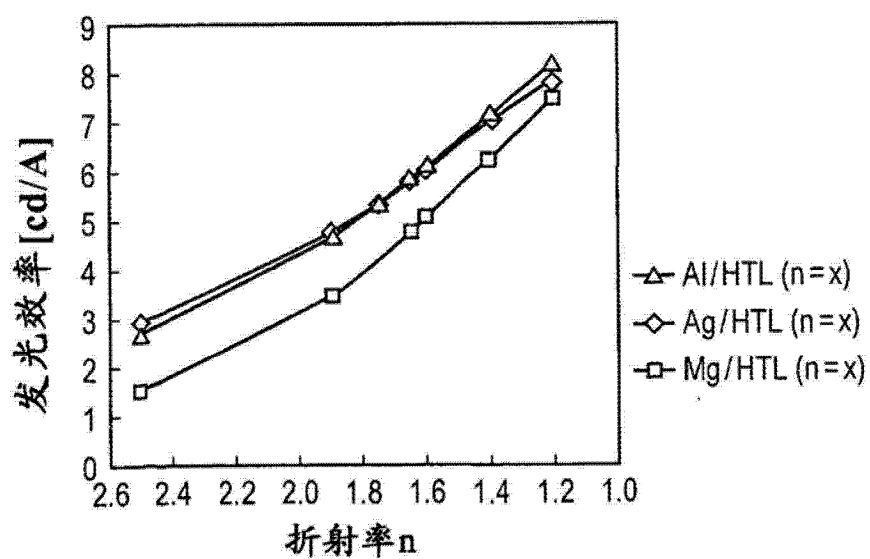


图 3C

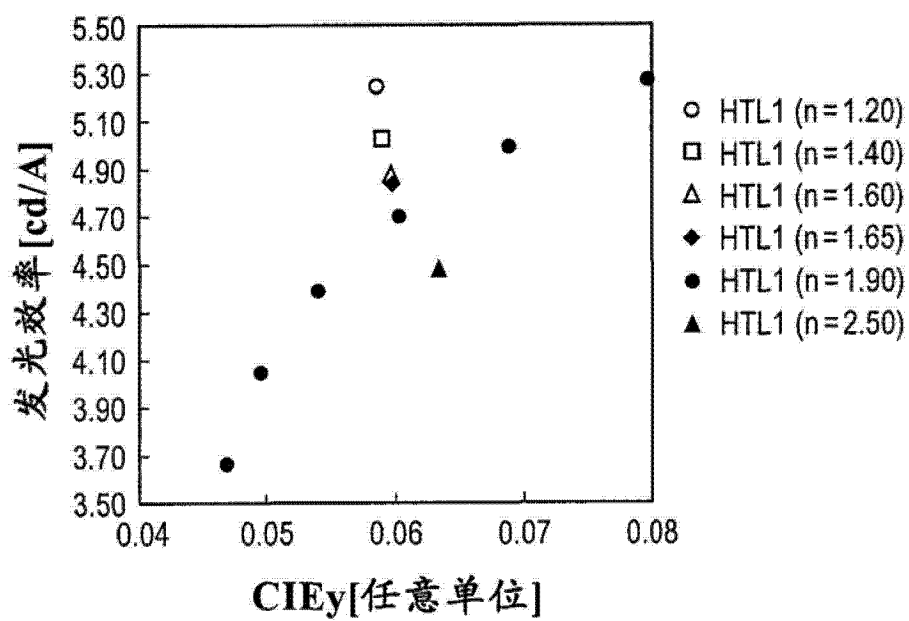


图 4A

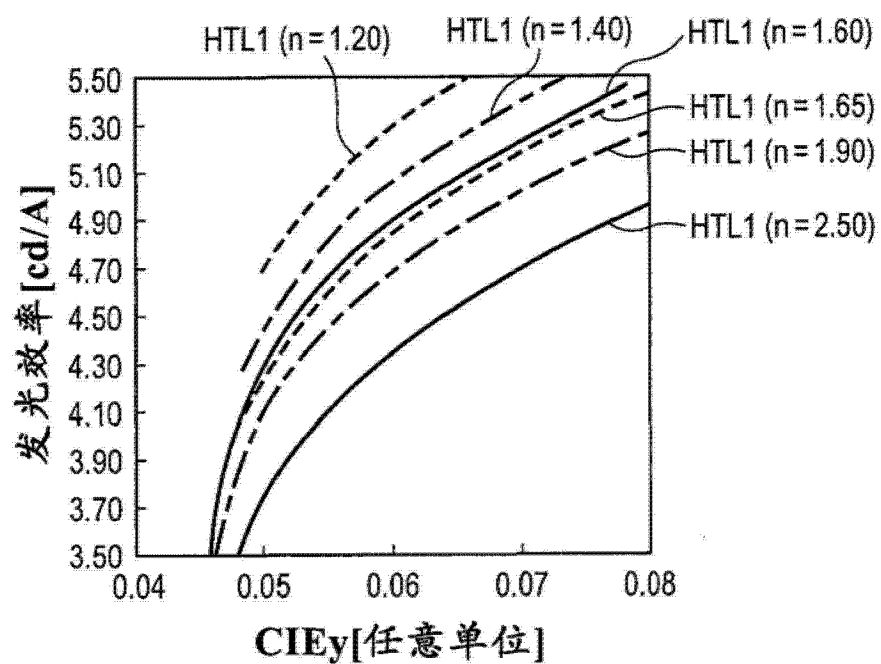


图 4B

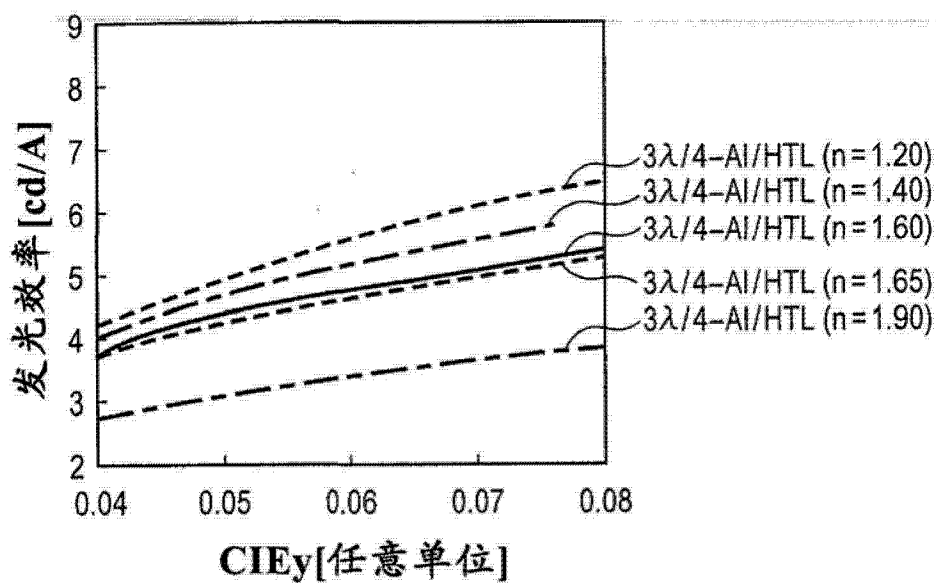


图 5

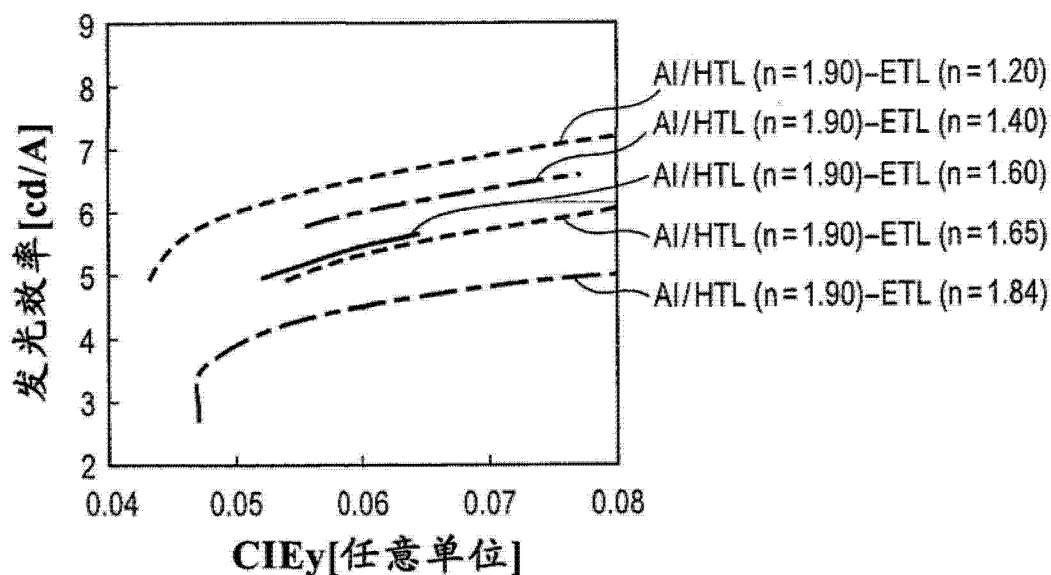
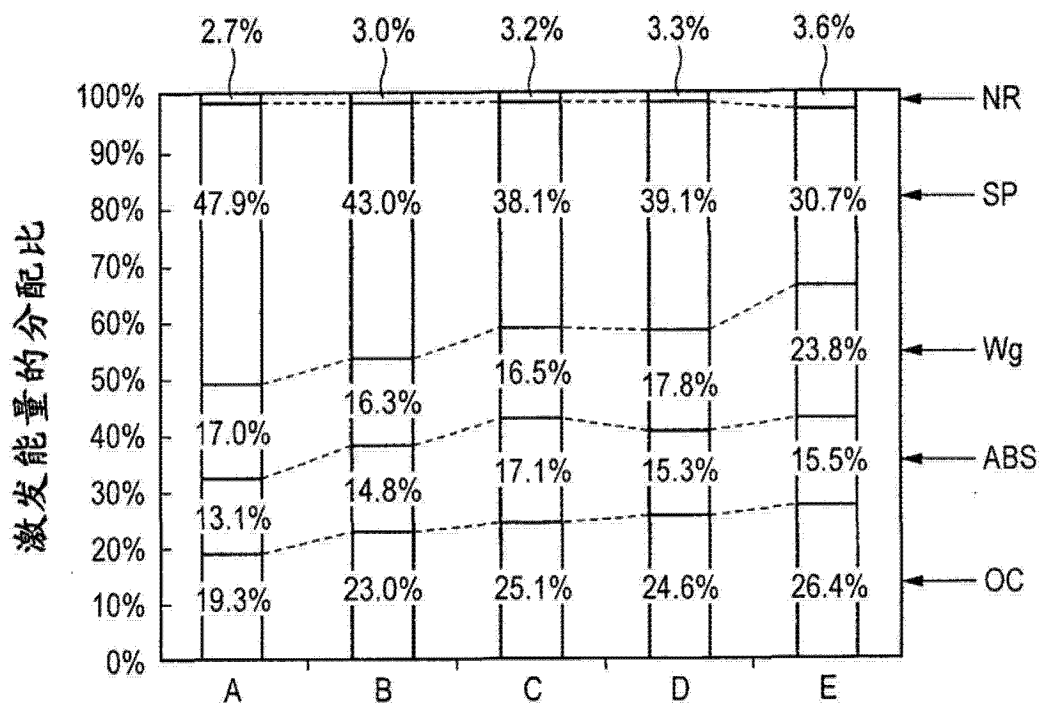


图 6



A: Al/HTL (n=1.90)-ETL (n=1.84)
 B: Al/HTL (n=1.90)-ETL (n=1.60)
 C: Al/HTL (n=1.90)-ETL (n=1.40)
 D: Al/HTL (n=1.60)-ETL (n=1.84)
 E: Al/HTL (n=1.40)-ETL (n=1.84)

图 7

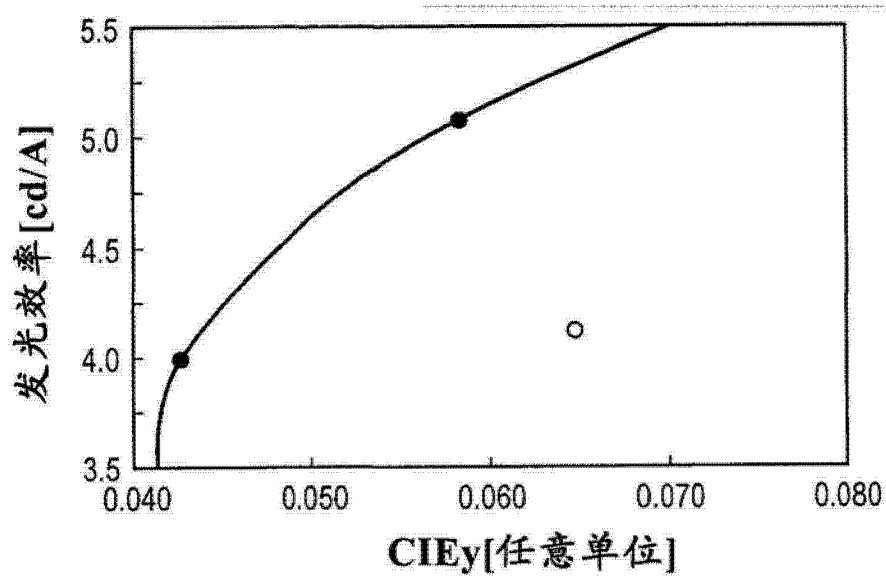


图 8

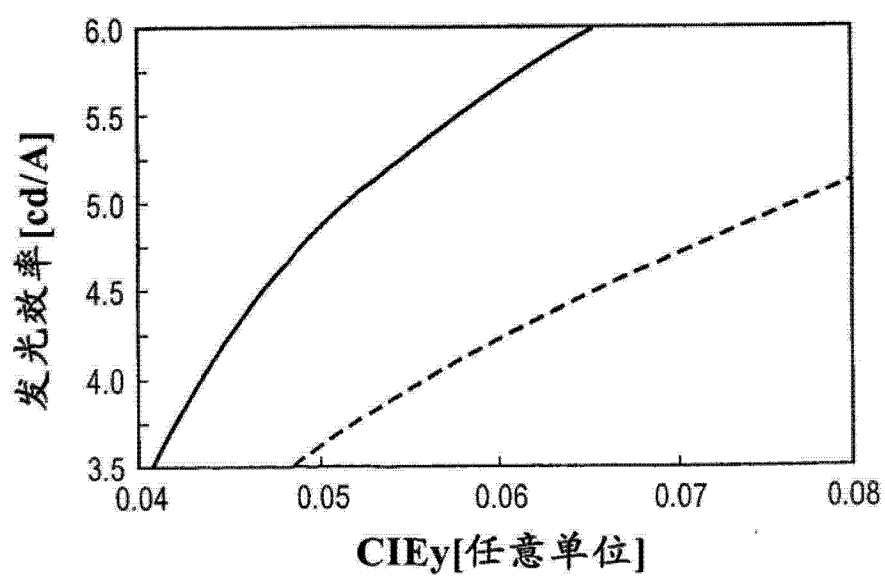


图 9

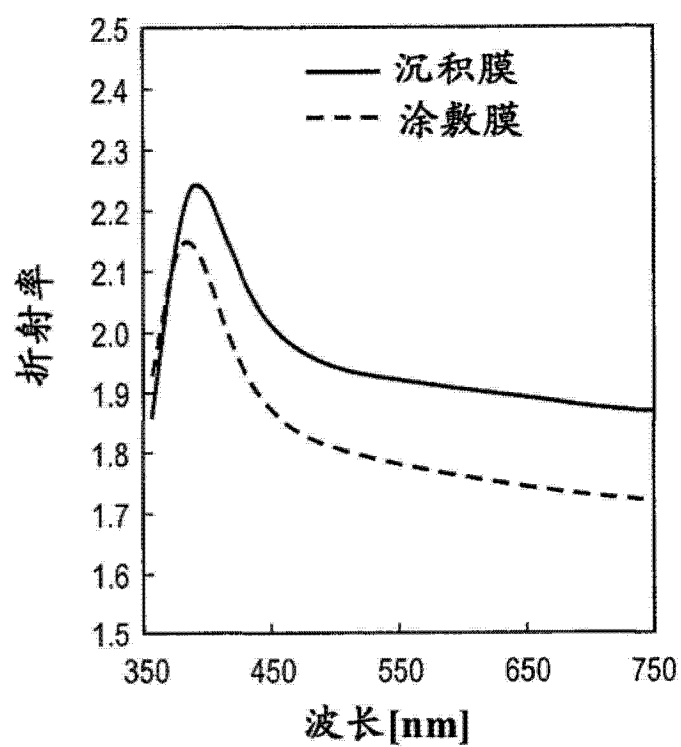


图 10

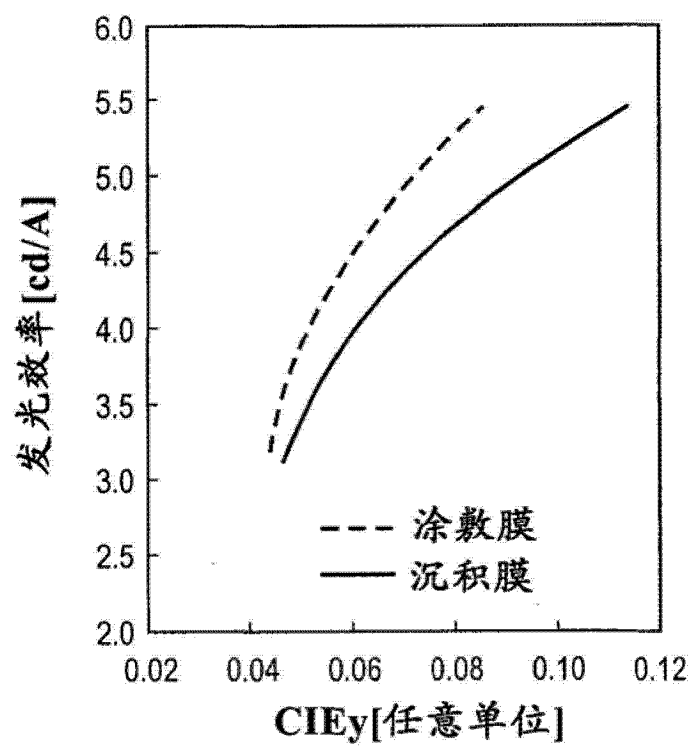


图 11

专利名称(译)	有机EL元件、发光装置、图像形成装置、显示装置和成像装置		
公开(公告)号	CN102956839A	公开(公告)日	2013-03-06
申请号	CN201210283600.4	申请日	2012-08-10
[标]申请(专利权)人(译)	佳能株式会社		
申请(专利权)人(译)	佳能株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	佳能株式会社		
[标]发明人	角田隆行 梶本典史 水野信贵 伊藤希之		
发明人	角田隆行 梶本典史 水野信贵 伊藤希之		
IPC分类号	H01L51/52 H01L51/50		
CPC分类号	H01L51/006 H01L51/5275 H01L2251/558 H01L51/5265		
代理人(译)	康建忠		
优先权	2011176463 2011-08-12 JP 2012017447 2012-01-31 JP		
其他公开文献	CN102956839B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了有机EL元件、发光装置、图像形成装置、显示装置和成像装置。提供了通过抑制由在电极表面上产生的表面等离子体振子导致的激发能量的损失来提高发光效率的有机EL元件。空穴传输层(3)由在由发光层(5)发射的光的光谱的最大峰值波长具有大于等于1.20且小于等于1.65的折射率的材料形成。

