



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102347450 B

(45) 授权公告日 2015. 02. 25

(21) 申请号 201110205236. 5

US 6469438 B2, 2002. 10. 22, 全文.

(22) 申请日 2011. 07. 21

审查员 张跃

(30) 优先权数据

2010-163790 2010. 07. 21 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 滨口敦 水野信贵

(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 李帆

(51) Int. Cl.

H01L 51/52(2006. 01)

H01L 27/32(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2007/0228367 A1, 2007. 10. 04, 全文.

US 2010/0053043 A1, 2010. 03. 04, 全文.

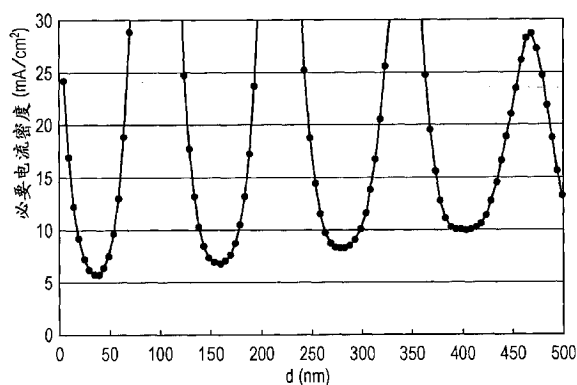
权利要求书2页 说明书12页 附图7页

(54) 发明名称

有机电致发光显示器

(57) 摘要

有机电致发光 (EL) 显示器包括用于红色、绿色和蓝色副像素的多个有机 EL 器件, 每个有机 EL 器件包括光输出侧的第一电极、与该第一电极相对的第二电极和它们之间的包括发光层的有机化合物层。该有机 EL 器件在比该有机化合物层更接近该第一电极的第一反射表面与比该有机化合物层更接近该第二电极的第二反射表面之间具有共振器结构。通过将该三色混合来显示预定的白色, 将各色的有机 EL 器件的发光层中的发光位置与该第二反射表面之间的光学距离设定在与必要电流密度对至少该光学距离的曲线的 n 次最小值对应的光学距离 $\pm 10\%$ 内。



1. 有机电致发光显示器,包括:

用于红色、绿色和蓝色副像素的多个有机 EL 器件,每个有机 EL 器件包括光输出侧的第一电极、与该第一电极相对的第二电极和它们之间的包括发光层的有机化合物层,该有机 EL 器件具有经构成以在比该有机化合物层更接近该第一电极的第一反射表面与比该有机化合物层更接近该第二电极的第二反射表面之间使从该发光层发出的光共振的共振器结构,

其中通过将该三色混合来显示预定的白色,将各色的有机 EL 器件的发光层中的发光位置与该第二反射表面之间的光学距离设定在与必要电流密度对至少该光学距离的曲线的 n 次最小值对应的光学距离 $\pm 10\%$ 内, n 次最小值的 n 为 1 以上的整数,

其中该必要电流密度由下式 (1)-(3) 计算,

$$\begin{pmatrix} \frac{R_x}{R_y} & \frac{G_x}{G_y} & \frac{B_x}{B_y} \\ \frac{1-R_x-R_y}{R_y} & \frac{1-G_x-G_y}{G_y} & \frac{1-B_x-B_y}{B_y} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \frac{W_x}{W_y} \\ \frac{1}{W_y} \\ \frac{1-W_x-W_y}{W_y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_R \\ l_G \\ l_B \end{pmatrix} \quad (1)$$

其中式 (1) 中, l_R 表示白色的显示过程中 R 的亮度比, l_G 表示白色的显示过程中 G 的亮度比, l_B 表示白色的显示过程中 B 的亮度比, R_x 、 R_y 表示 R 的 CIE 色度坐标, G_x 、 G_y 表示 G 的 CIE 色度坐标, B_x 、 B_y 表示蓝色的 CIE 色度坐标, 和 W_x 、 W_y 表示白色的 CIE 色度坐标,

$$\begin{aligned} L_R &= L_W \times \frac{l_R}{l_R + l_G + l_B} \times \frac{100}{\text{起偏振器透射率}} \times \frac{100}{\text{开口率}} \times \frac{100}{100 - \text{光学损失}} \\ L_G &= L_W \times \frac{l_G}{l_R + l_G + l_B} \times \frac{100}{\text{起偏振器透射率}} \times \frac{100}{\text{开口率}} \times \frac{100}{100 - \text{光学损失}} \\ L_B &= L_W \times \frac{l_B}{l_R + l_G + l_B} \times \frac{100}{\text{起偏振器透射率}} \times \frac{100}{\text{开口率}} \times \frac{100}{100 - \text{光学损失}} \end{aligned} \quad (2)$$

其中式 (2) 中, l_R 表示白色的显示过程中 R 的亮度比, l_G 表示白色的显示过程中 G 的亮度比, l_B 表示白色的显示过程中 B 的亮度比, L_R 表示 R 的亮度, L_G 表示 G 的亮度, L_B 表示 B 的亮度, 和 L_W 表示 W 的亮度,

$$\begin{aligned} i_R &= L_R / \eta_R \\ i_G &= L_G / \eta_G \\ i_B &= L_B / \eta_B \end{aligned} \quad (3)$$

其中式 (3) 中, i_R 表示 R 的必要电流密度, L_R 表示白色的显示过程中 R 的亮度比, η_R 表示 R 的效率, i_G 表示 G 的必要电流密度, L_G 表示白色的显示过程中 G 的亮度比, η_G 表示 G 的效率, i_B 表示 B 的必要电流密度, L_B 表示白色的显示过程中 B 的亮度比, η_B 表示 B 的效率。

2. 根据权利要求 1 的有机电致发光显示器, 其中基于该必要电流密度的曲线的 2 次最

小值来设定各色的光学距离。

3. 根据权利要求 1 的有机电致发光显示器, 其中将三种颜色的每种有机 EL 器件的第一和第二反射表面之间的光学距离设定在与曲线的 n 次最小值对应的光学距离 $\pm 10\%$ 内, 该曲线为必要电流密度对发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离和发光层中的发光位置与第一反射表面之间的光学距离的曲线。

有机电致发光显示器

技术领域

[0001] 本发明涉及具有多个有机 EL 器件的有机电致发光 (EL) 显示器, 每个有机 EL 器件包括电极和电极之间的包括发光层的有机化合物层, 并且特别涉及具有共振器结构 (resonator structure) 的有机 EL 显示器。

背景技术

[0002] 有机 EL 显示器是将多个有机 EL 器件例如以矩阵状配置的显示器。有机 EL 器件, 也称为有机发光器件, 具有在阳极和阴极之间保持包括发光层的有机化合物层的层叠结构。当电流流过有机化合物层时, 从电极注入电子和空穴以生成激子。有机 EL 器件基于激子返回基态时发光的性质。

[0003] 有机 EL 显示器, 由于它们自发光, 因此具有高对比度并且薄, 近来作为有前途的平板显示器已受到关注并且已广泛地开发。此外, 有机 EL 显示器适合视频显示, 原因在于它们与液晶显示器相比具有显著高的响应速度。

[0004] 对于有机 EL 显示器和有机 EL 器件, 已提出了各种技术, 其中控制阳极和阴极之间的光学厚度以利用光学干涉来改善光输出效率和色纯度。

[0005] 日本专利公开 No. 2000-323277 提出了通过对于有机化合物材料层中的任何功能层设定对各发光色不同的厚度而提供具有高光输出效率的有机 EL 显示器的技术。

[0006] 此外, 美国专利 No. 6, 469, 438 提出了使用色度的极值使其色鲁棒性 (color robustness) 改善的有机 EL 器件和该有机 EL 器件的制备方法。

[0007] 但是, 在日本专利公开 No. 2000-323277 中公开的技术中, 即使使一种颜色的副像素的发光效率 (电流亮度效率) 最大, 也未必使白色显示过程中通过所有副像素的总电流量最小。对于白色显示, 以预定的比例将红色 (R)、绿色 (G) 和蓝色 (B) 副像素打开; 对于具有所需色度的白色的显示必要的电流量随副像素的有机 EL 器件正面方向所示的色度而变化。例如, 在具有较高发光效率和较浅色度 (较高 CIEy) 的蓝色器件和具有较低发光效率和较深色度 (较低 CIEy) 的蓝色器件的情况下, 尽管它们较高的发光效率, 前者可能需要较大的用于白色显示的电流。因此, 只通过发光效率未必能确定必要电流量。

[0008] 另一方面, 根据美国专利 No. 6, 469, 438 中公开的技术, 通过将副像素的有机 EL 器件的颜色设定为色度的极值, 能够制备色移较小的显示器, 但该显示器具有较高的功率消耗 (power consumption)。

发明内容

[0009] 根据本发明方面的有机 EL 显示器包括红色、绿色和蓝色副像素的多个有机 EL 器件, 每个有机 EL 器件包括光输出侧的第一电极、与该第一电极相对的第二电极和它们之间的包括发光层的有机化合物层。该有机 EL 器件具有经构成以在比该有机化合物层更接近该第一电极的第一反射表面与比该有机化合物层更接近该第二电极的第二反射表面之间使从该发光层发出的光共振的共振器结构。将该三色混合来显示预定的白色, 将各色的有

机 EL 器件的发光层中的发光位置与该第二反射表面之间的光学距离设定在与必要电流密度对至少该光学距离的曲线的 n 次最小值 (nth-order minimum) 对应的光学距离 $\pm 10\%$ 内。

[0010] 由以下参照附图对示例性实施方案的说明, 本发明进一步的特征将变得清楚。

附图说明

[0011] 图 1 是表示根据本发明实施方案的有机 EL 显示器的层叠结构的示意图。

[0012] 图 2 是表示 CIE 色度坐标的坐标图。

[0013] 图 3 是表示发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离 d 变化的蓝色副像素的有机 EL 器件的发光效率 η (cd/A) 的坐标图。

[0014] 图 4 是表示发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离 d 变化的蓝色副像素的有机 EL 器件的色度 (CIE_x) 的坐标图。

[0015] 图 5 是表示发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离 d 变化的蓝色副像素的有机 EL 器件的色度 (CIE_y) 的坐标图。

[0016] 图 6 是表示用于以 250cd/m^2 显示白色的蓝色副像素的有机发光器件的必要电流密度的坐标图。

[0017] 图 7 是表示发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离 d 变化的有机 EL 器件的发光效率 η (cd/A) 的坐标图。

[0018] 图 8 是表示发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离 d 变化的有机 EL 器件的色度 (CIE_x) 的坐标图。

[0019] 图 9 是表示发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离 d 变化的有机 EL 器件的色度 (CIE_y) 的坐标图。

[0020] 图 10 是表示发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离 d 变化的有机 EL 器件的必要电流密度的坐标图。

[0021] 图 11 是表示实施例 1 中电流效率和 CIE_y 对空穴传输层的厚度的坐标图。

[0022] 图 12 是表示实施例 1 中用于显示白色的蓝色副像素的必要电流密度和功率消耗对空穴传输层的厚度的坐标图。

[0023] 图 13 是表示改变电子注入层的厚度时电流密度的变化对空穴传输层的厚度的坐标图。

[0024] 图 14 是表示改变电子注入层的厚度时功率消耗的变化对空穴传输层的厚度的坐标图。

具体实施方式

[0025] 现在参照附图对本发明的实施方案进行说明, 尽管本发明并不限于该实施方案。附图中, 为了图示的目的将各个层放大足以识别, 因此没有按规定比例。此外, 除非另有图示或说明, 应用本领域中已知的技术。

[0026] 首先, 参照图 1 对根据本发明实施方案的有机 EL 显示器的有机 EL 器件的层叠结构进行说明。图 1 是表示根据本实施方案的有机 EL 显示器的有机 EL 器件的层叠结构的示意图。图 1 中所示的根据本实施方案的有机 EL 显示器包括多个顶部发光型有机 EL 器件;

使用者从与基板侧相反的光输出侧观看显示器。此外,根据本实施方案的有机 EL 显示器是彩色显示器,其包括三色,即红色 (R)、绿色 (G) 和蓝色 (B) 的副像素的有机 EL 器件。必要时,将红色副像素表示为 R,将绿色副像素表示为 G,并且将蓝色副像素表示为 B。

[0027] 在下述说明中,术语“发光位置”是指有机 EL 器件沿其厚度的发光强度分布中峰出现的位置。术语“共振器结构”也称为微共振器结构或微空腔结构 (microcavity structure),是指基于光学干涉的所有结构。共振器结构的实例包括在一端具有反射膜并且在另一端具有半透明金属膜的金属空腔结构 (metal cavity structure)、在一端具有反射膜并且在另一端具有空隙与半透明膜之间的界面以致该界面形成最大的折射率台阶 (step) 的结构和在一端具有反射膜并且在另一端具有介质反射镜 (dielectric mirror) 的结构。

[0028] 根据本实施方案的有机 EL 显示器的有机 EL 器件均具有至少两个电极。在下述说明中,将设置在光输出侧的电极称为第一电极,并且将其间夹持有机化合物层而与第一电极相对设置的电极称为第二电极。此外,将比有机化合物层更接近第一电极的反射表面称为第一反射表面,并且将比有机化合物层更接近第二电极的反射表面称为第二反射表面。

[0029] 根据本实施方案的有机 EL 显示器中,如图 1 中所示,第一电极为阴极 12,第二电极为阳极 2。此外,在阴极 12 与阴极 12 的光输出侧的空隙之间的界面形成第一反射表面,并且在阳极 2 的反射层 (未图示) 在有机化合物层侧的界面形成第二反射表面。密封部件 (未图示) 内的、阴极 12 的光输出侧的空隙填充有气体例如氮或氩以致空隙与阴极 12 之间的界面形成有机 EL 器件中的最大折射率台阶。

[0030] 本发明的方面并不限于上述电极结构并且可以应用于任何具有共振器结构的构成。例如,可以将阴极设置在基板侧并且将阳极设置在光输出侧。这种情况下,阴极至少包括反射层,并且阳极是透明电极。对于任何构成,在光输出侧可使用具有高透射率的电极。

[0031] 包括分别对应于红色 (R)、绿色 (G) 和蓝色 (B) 的发光层 6、7 和 8 的有机化合物层设置在阳极 2 与阴极 12 之间。本实施方案中,R 和 G 有机化合物层具有包括空穴传输层 3、发光层 6 或 7、空穴阻挡层 9、电子传输层 10 和电子注入层 11 的层叠结构。另一方面,B 有机化合物层具有包括空穴传输层 3、电子阻挡层 4、发光层 8、空穴阻挡层 9、电子传输层 10 和电子注入层 11 的层叠结构。

[0032] 有机化合物层的层叠结构只是实例;可以省略或追加层。例如,任选设置电子阻挡层 4,其防止从阴极 12 注入的电子泄漏到阳极 2 而没有在发光层 8 中与空穴充分地再结合。也任选设置空穴阻挡层 9,其防止从阳极 2 注入的空穴移动到阴极 12 而没有在发光层 6、7 或 8 中与电子充分地再结合。有机化合物层可由已知的有机化合物材料形成。

[0033] 根据本实施方案的有机 EL 器件通过例如使用金属掩模的低分子量有机化合物材料的真空沉积制备,尽管使用的方法并不限于本实施方案中所示的实例。例如,使用的有机化合物材料可以取而代之为聚合物材料。此外,形成有机化合物层的方法并不限于真空沉积并且可以取而代之为例如湿法例如旋转涂布。

[0034] 根据本实施方案的有机 EL 显示器作为包括具有薄膜晶体管 (TFT) 的基板 1 的有源矩阵型显示器制备。为了制备全色显示器,例如,红色、绿色和蓝色副像素可配置为矩阵状。但是,配置并不限于此;例如,可配置四色的副像素,例如红色、绿色、蓝色和白色副像素,红色、绿色、蓝色和蓝色副像素,或红色、绿色、绿色和蓝色副像素。

[0035] 在基板上形成 R、G 和 B 副像素的方法的实例包括使用金属掩模分别形成光的三原色,即 R、G 和 B 的发光材料的图案;通过滤色器将白光转换为三原色;和通过色变换介质例如磷光体将蓝光转换为绿色和红色。

[0036] 这些方法中,本实施方案中将使用金属掩模分别形成 R、G 和 B 发光材料的图案的方法作为实例进行说明,尽管本发明的方面并不限于此。

[0037] 首先,使用图 2 对根据本发明方面的、不使用具有最高发光效率的构成而考虑发光效率和色度两者使白色显示过程中的功率消耗最小化的理由进行说明。图 2 是表示 CIE 色度坐标的坐标图。图 2 中, W 表示显示器的预定的白色的色度, R 表示红色器件的色度,和 G 表示绿色器件的色度。

[0038] 现在对在具有 R、G 和 B 副像素的有机 EL 显示器上显示白色 W 进行讨论。如果副像素足够小,如观察者所看到那样, R、G 和 B 混合。因此,通过以预定的亮度点亮 R、G 和 B,能够显示白色 W。

[0039] 图 2 中,如果以 $1_R : 1_G : 1_B$ 的亮度比将 R、G 和 B 点亮,它们在色度坐标系上形成在 W 具有其重心的三角形。图 2 中,如果将 R、G 和 W 的坐标固定, B 副像素的有机 EL 器件具有较低的 CIEy (较深的色度),因此要求色度 B1 处的亮度比色度 B2 处的亮度高。这是因为 B1 位于远离 W,因此使由 R、G 和 B 形成的三角形的重心更接近 B。

[0040] 即,由于 B1 比 B2 远离重心 W,因此 1_B 较低。另一方面,发光效率 η_B 向着 B2 变得较高。通常, 1_B 越低,功率消耗越低,并且 η_B 越高,功率消耗越低。即,将 $1_B / \eta_B$ 最小化时,使功率消耗最小化。考虑到使白色显示过程中有机 EL 显示器的功率消耗最小化,因此只考虑发光效率以使发光效率最大化来确定有机 EL 器件的结构是不适合的;必须考虑发光效率和色度两者。

[0041] 接下来,对使根据本实施方案的有机 EL 显示器的功率消耗和必要电流最小化的方法更具体地说明。根据本实施方案的有机 EL 器件中,至少将有机化合物层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离最优化。

[0042] 首先,对将有机化合物层中的发光位置与第一反射表面之间的光学距离固定的情形进行说明。作为实例,对已将 R 和 G 副像素的光学距离固定的情况下使 B 副像素的必要电流最小化的方法进行说明。

[0043] 设有机 EL 显示器的所需的白色的色度为 (W_x, W_y), 光输出的红色组分的色度为 (R_x, R_y), 光输出的绿色组分的色度为 (G_x, G_y)。这种情况下,调节 B 有机发光器件的发光位置与第二反射表面之间的光学距离以致蓝色组分的色度 (B_x, B_y) 和电流效率 η_B (cd/A) 使得 L_B / η_B 为最小值或者在最小值 $\pm 10\%$ 内。

[0044] 通过将亮度 L_R, L_G 和 L_B (cd/m²) 和电流效率 η_R, η_G 和 η_B (cd/A) 分别代入 $L_R / \eta_R, L_G / \eta_G$ 和 L_B / η_B , 来确定各色的必要电流密度 i_R, i_G 和 i_B 的曲线。

[0045] 通过下式计算亮度 L_R, L_G 和 L_B (cd/m²) :

[0046] [数 1]

[0047]

$$L_R = L_W \times \frac{I_R}{I_R + I_G + I_B} \times \frac{100}{\text{起偏振器透射率}} \times \frac{100}{\text{开口率}} \times \frac{100}{100 - \text{光学损失}}$$

[0048]

$$L_G = L_W \times \frac{I_G}{I_R + I_G + I_B} \times \frac{100}{\text{起偏振器透射率}} \times \frac{100}{\text{开口率}} \times \frac{100}{100 - \text{光学损失}}$$

[0049]

$$L_B = L_W \times \frac{I_B}{I_R + I_G + I_B} \times \frac{100}{\text{起偏振器透射率}} \times \frac{100}{\text{开口率}} \times \frac{100}{100 - \text{光学损失}}$$

[0050] 术语“起偏振器透射率”是指起偏振器的透射率；不具有起偏振器的构成具有 100 的起偏振器透射率。术语“开口率 (aperture ratio)”是指各色的发光区域的面积相对于有机 EL 显示器上的显示区域的面积。各色的开口率通常为 10% -50%。此外，术语“光学损失”是指由于起偏振器产生的损失以外的损失，包括由于有机发光器件的有机化合物层和电极中的吸收而引起的损失。

[0051] 上式中， l_R 、 l_G 和 l_B 为使用 CIE 色度坐标系上的 R、G、B 和 W 的色度，即 (R_x, R_y) 、 (G_x, G_y) 、 (B_x, B_y) 和 (W_x, W_y) ，由下式计算的 R、G 和 B 的亮度比：

[0052] [数 2]

$$[0053] \begin{pmatrix} \frac{R_x}{R_y} & \frac{G_x}{G_y} & \frac{B_x}{B_y} \\ \frac{1}{1-R_x-R_y} & \frac{1}{1-G_x-G_y} & \frac{1}{1-B_x-B_y} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \frac{W_x}{W_y} \\ \frac{1}{1-W_x-W_y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_R \\ l_G \\ l_B \end{pmatrix}$$

[0054] l_R 、 l_G 和 l_B 以及 η_R 、 η_G 和 η_B 的参数为光学距离。

[0055] 此外，图 3 是表示具有变化的发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离 d 的蓝色副像素的有机 EL 器件的发光效率 η (cd/A) 的坐标图。图 4 是表示具有变化的发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离 d 的蓝色副像素的有机 EL 器件的色度 (CIE_x) 的坐标图。图 5 是表示具有变化的发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离 d 的蓝色副像素的有机 EL 器件的色度 (CIE_y) 的坐标图。图 6 是表示以 250cd/m² 显示白色的蓝色副像素的有机发光器件的必要电流密度 (mA/cm²) 的坐标图。

[0056] 图 3 表示发光效率 η 的曲线的振幅衰减并收敛于某值。以下将该值称为亮度收敛值。这归因于发光材料的光致发光 (PL) 具有某半宽度的事实。即，如果半宽度为零，有机 EL 器件的发光效率 η 的曲线的振幅不会衰减并且 PL 遵循脉冲函数 (Dirac delta 函数)；实际上，自然界中尚未发现具有这样的 PL 的发光材料。由有机 EL 器件输出的光的主光谱的峰与邻近的光谱彼此干涉而衰减。因此，发光效率 η 的曲线的较高次极值具有较低的绝对值。

[0057] 同样地，图 4 和 5 中的色度 (CIE_x 和 CIE_y) 曲线的振幅衰减并且收敛于某值。

[0058] 此外，图 6 表示使发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离 d 变化而制备的有机 EL 器件的必要电流密度，其中将有机 EL 器件的发光效率和色度代入式 L_B/η_B 来计算必要电流密度。即，图 6 绘制式 L_B/η_B 对于蓝色副像素的有机 EL 器件的光学距离，其中暂时将 R 和 G 的色度固定。图 6 表示在发光效率的曲线的影响下有机 EL 器件的必要电流密度的振幅衰减并且收敛于某值。本文中使用的术语“使必要电流或功率消耗最小化的点”是指衰减曲线的全部 n 次最小值。

[0059] 由于即使厚度变化，必要电流也缓和地变化，因此在衰减曲线的 n 次最小值，板的

功率消耗稳定。此外,本发明的方面容许对应于最小值的光学距离的 $\pm 10\%$ 以内的光学距离的变化。这是因为即使存在对应于最小值的光学距离的 $\pm 10\%$ 以内的变化,板的功率消耗也足够低并且比较稳定。

[0060] 此外,本实施方案中,能够使有机 EL 器件的第一与第二反射表面之间的光学距离最优化。图 7 是表示使发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离 d 变化的有机 EL 器件的发光效率 η (cd/A) 的坐标图。图 8 是表示使发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离 d 变化的有机 EL 器件的色度 (CIE x) 的坐标图。图 9 是表示发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离 d 变化的有机 EL 器件的色度 (CIE y) 的坐标图。图 10 是表示发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离 d 变化的有机 EL 器件的必要电流密度的坐标图。图 7-10 中, D 为发光层中的发光位置与第一反射表面之间的光学距离。

[0061] 将第一与第二反射表面之间的光学距离表示为发光层中的发光位置与第一反射表面之间的光学距离和发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离之和。因此,图 7-10 中,使发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离 d 和第一与第二反射表面之间的光学距离 D 两者最优化。

[0062] 图 7 表示发光效率 η 的曲线的振幅衰减并收敛于亮度收敛值。同样地,图 8 和 9 中的色度 (CIE x 和 CIE y) 曲线的振幅衰减并且收敛于色度收敛值。

[0063] 此外,图 10 表示以 250cd/m^2 显示白色的必要电流密度的振幅衰减并且收敛于某值。如上所述,本文中使用的术语“使必要电流或功率消耗最小化的点”是指衰减曲线的全部 n 次最小值。此外,由于即使厚度变化,必要电流缓和地变化,因此在使必要电流或功率消耗最小的点附近显示器(板)的功率消耗稳定。

[0064] 因此,通过不仅使有机 EL 器件的发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离 d 最优化,而且使有机 EL 器件的第一与第二反射表面之间的光学距离 D 最优化,能够进一步使有机 EL 器件的必要电流减小。

[0065] 此外,为了对 R、G 和 B 的每一个设定干涉,可例如使用金属掩模来改变有机化合物层的厚度(光学距离)。这种情况下,可将具有低电阻的有机化合物材料用于形成厚度调节层。这是因为较低的电压使有机 EL 显示器的功率消耗降低。此外,厚度调节层可由使对应的有机 EL 器件的颜色的光透射的有机化合物材料形成。这是因为较高的透射率增加有机 EL 器件的亮度。

[0066] 此外,根据本发明的方面,有机 EL 显示器的白色色度可自由地设定。例如,白色色度可设定为 NTSC 色度坐标,即 $(W_x, W_y) = (0.310, 0.316)$,或者 D65 标准色度,即 $(W_x, W_y) = (0.31271, 0.32902)$ 。

[0067] 上述方法,当有机 EL 显示器显示白色时其使一色的副像素的器件的必要电流最小,要求其他副像素的色度预先临时固定。因此,为了使流过整个有机 EL 显示器的电流量最小,可以将本文中公开的方法反复地应用于各色的副像素以依次通过归纳将各色的副像素的光学厚度最优化。现在对该方法详细说明。

[0068] 本方法中,首先,将三色中的两色的色度临时固定以将剩余色的器件的光学厚度最优化。例如,假设将 R 和 G 的色度临时固定以将 B 的光学厚度最优化。接下来,由于唯一地确定最优化的器件的色度,将两个剩余色之一的色度临时固定。

[0069] 例如,假设 R 的色度暂时固定并且与已最优化的 B 的色度一起使用以将 G 器件的光学厚度最优化。接下来,由于唯一地确定最优化的器件的色度,因此使剩余色,即 R 的光学厚度最优化。随后,再次暂时固定 R 和 G 的色度以将 B 的光学厚度再次最优化。由于重复该过程,因此 R、G 和 B 副像素的光学厚度收敛于它们各自的最佳值,从而使流过整个有机 EL 显示器的电流最小。

[0070] 由于 TFT 配线的布置,如果 R、G 和 B 享有相同的供给电压,使流过整个显示器的电流的量最小时使整个有机 EL 显示器的功率消耗最小。但是,这并不适用于 R、G 和 B 使用不同供给电压的情况。这种情况下,整个显示器的功率消耗 P 由下式表示:

$$[0071] \quad P = V_R \times I_R + V_G \times I_G + V_B \times I_B$$

[0072] 其中 V_R 为施加于 R 副像素的电压, V_G 为施加于 G 副像素的电压, V_B 为施加于 B 像素的电压, I_R 是流过 R 副像素的总电流, I_G 是流过 G 副像素的总电流, I_B 是流过 B 副像素的总电流, $I_R = S \times i_R$, $I_G = S \times i_G$, 和 $I_B = S \times i_B$, 其中 S 为发光面积和 i 为电流密度。

[0073] 为了使整个有机 EL 显示器的功率消耗 P 最小,需要考虑施加于副像素的电压来应用上述方法。

[0074] 如上所述,通过有机 EL 器件的发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离和第一与第二反射表面之间的光学距离最优化来使有机 EL 器件的必要电流和有机 EL 显示器的功率消耗最小。

[0075] 此外,根据本发明的方面,能够使用必要电流对有机 EL 器件的发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离的曲线的 2 次最小值。如果有机 EL 器件的发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离短,在阳极和阴极之间可能发生泄漏电流,因此产生黑点或亮点。使用该 2 次最小值,能够使有机 EL 器件的发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离合理地长以致能够制备即使它们含有一些异物也无泄漏电流发生的有机 EL 器件。因此,能够防止有机 EL 器件中的泄漏电流以改善有机 EL 显示器的生产率。

[0076] 尽管以上对本发明的实施方案进行了说明,但本实施方案是说明本发明的实例;在不脱离本发明的精神的情况下可以以不同于上述实施方案的各种方式实施。

[0077] 例如,尽管将具有多个顶部发光型有机 EL 器件的显示器作为上述实施方案中的实例进行了说明,但本发明的方面也可应用于具有多个从基板侧输出光的底部发光型有机 EL 器件的显示器。

[0078] 实施例

[0079] 现在参照以下实施例对根据本发明方面的有机 EL 显示器更详细地说明,尽管本发明的方面并不限于此。

[0080] 实施例 1

[0081] 实施例 1 的有机 EL 显示器具有包括顶部发光型有机 EL 器件的像素,均具有包括设置在基板侧的阳极和设置在光输出侧的阴极的层叠结构。此外,实施例 1 的有机 EL 显示器具有三色,即 R、G 和 B 的副像素。

[0082] 实施例 1 中, R、G 和 B 有机 EL 器件的有机化合物层的光输出侧的端面与第一反射表面之间的光学距离相同,只是 R、G 和 B 有机 EL 器件的发光层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离不同。

[0083] 现在再次参照图 1 对实施例 1 的有机 EL 显示器的制备方法进行说明。首先,如图 1 中所示,在其上形成有 TFT 的基板 1 上形成具有接触孔的平坦化膜。图 1 中,没有示出 TFT、平坦化膜和接触孔。

[0084] 接下来,在真空装置中通过溅射在平坦化膜上将银合金膜沉积为 100nm 的厚度,同样地通过溅射将氧化铟锡 (ITO) 膜沉积为 10nm 的厚度,并且将它们图案化以形成阳极 2。图 1 中,将银合金膜和 ITO 膜合起来示为阳极 2。阳极 2 经由接触孔与 TFT 连接。此外,银合金膜不仅用作阳极 2,而且用作第二反射表面。

[0085] 接下来,在阳极 2 上形成的绝缘层上通过进行光刻术形成器件隔离膜(未图示)。设置该器件隔离膜以将像素和副像素隔离以致由 TFT 将它们独立地驱动。

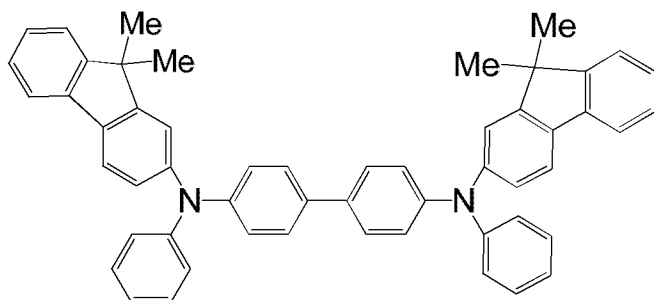
[0086] 接下来,对基板预处理进行说明。在基板预处理中,首先,在由 ULVAC, Inc. 制造的真空装置中将基板 1 加热 5 分钟以致基板温度达到 100℃。然后通过将干燥空气引入装置中并且对基板 1 照射紫外线,从而对基板 1 进行臭氧清洁。随后,将装置抽真空,并且将基板 1 加热 10 分钟。

[0087] 完成预处理后,形成空穴传输层 3。使用下述结构式 HT1 的空穴传输材料形成空穴传输层 3。使用金属掩模对 R、G 和 B 的每一个改变空穴传输层 3 的厚度。后面对空穴传输层 3 的厚度进行说明。

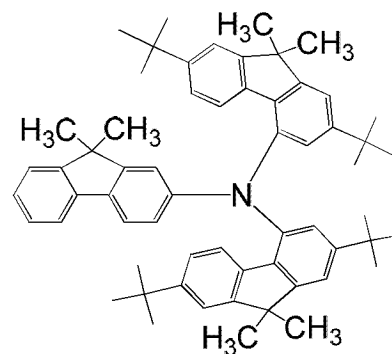
[0088] 随后,只在 B 副像素中形成电子阻挡层 4。本实施例中,在 R 和 G 副像素中没有形成电子阻挡层 4。因此,在 B 副像素中形成空穴传输层 3 后,在没有将金属掩模从基板 1 移去的情况下将基板 1 转移到用于沉积电子阻挡层 4 的室。将下述结构式 HT2 的电子阻挡材料沉积到 10nm 的厚度。

[0089]

[化 1]



HT1

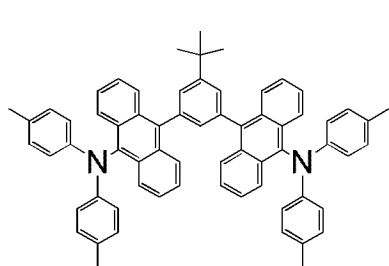


HT2

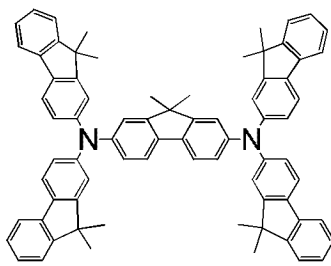
[0090] 接下来,对发光层 6、7 和 8 的形成详细说明。首先,对 G 发光层 7 的形成进行说明。形成电子阻挡层 4 后,将金属掩模从基板 1 移去。然后再次将金属掩模对准基板 1 以将 R 和 B 副像素覆盖以致只将 G 副像素暴露,并且将基板 1 转移到用于沉积 G 发光层 7 的室。通过下述结构式 GD8 的绿色发光掺杂剂(10 体积%)、下述结构式 GD12 的辅助掺杂剂(30 体积%)和下述结构式 GH3 的发光层主体材料的共沉积将 G 发光层 7 形成 45nm 的厚度。G 发光层 7 中的发光位置分布在更接近于基板 1。

[0091]

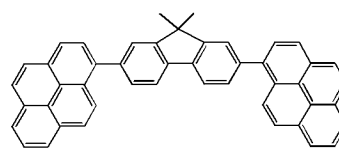
[化 2]



GD8



GD12

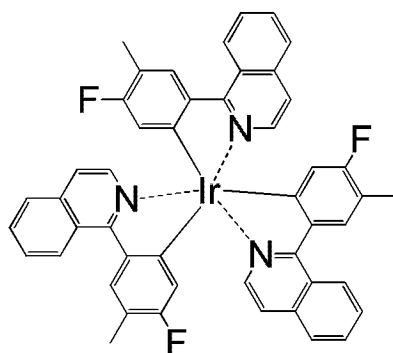


GH3

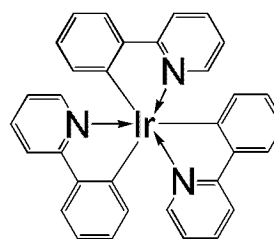
[0092] 接下来,对 R 发光层 6 的形成进行说明。形成 G 发光层 7 后,将金属掩模从基板 1 移去。然后再次将金属掩模对准基板 1 以覆盖 G 和 B 副像素以致使 R 副像素暴露,并且将基板 1 转移到用于沉积 R 发光层 6 的室。通过下述结构式 RD10 的红色发光掺杂剂(3 体积%)、下述结构式 RD12 的辅助掺杂剂(10 体积%)和下述结构式 RH4 的发光层主体材料的共沉积将 R 发光层 6 形成为 50nm 的厚度。R 发光层 6 中的发光位置分布在更接近基板 1。

[0093] [化 3]

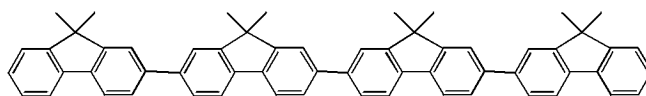
[0094]



RD10



RD12

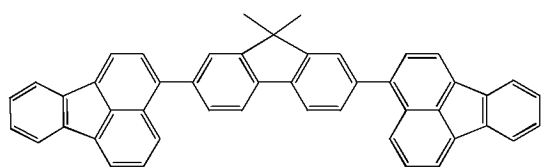


RH4

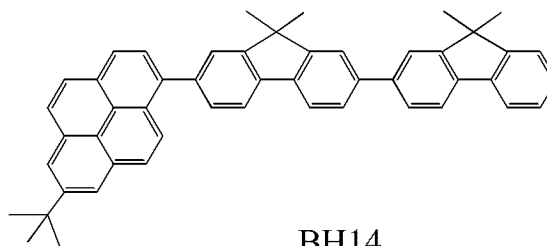
[0095] 最后,对 B 发光层 8 的形成进行说明。形成 R 发光层 6 后,将金属掩模从基板 1 移去。然后再次将金属掩模对准基板 1 以覆盖 G 和 R 副像素以致使 B 副像素暴露,并且将基板 1 转移到用于沉积 B 发光层 8 的室。通过下述结构式 BD12 的蓝色发光掺杂剂(5 体积%)和下述结构式 BH14 的发光层主体材料的共沉积将 B 发光层 8 形成为 35nm 的厚度。B 发光层 8 中的发光位置分布在更远离基板 1。这样,形成发光层 6、7 和 8。

[0096]

[化 4]



BD12



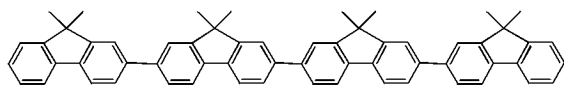
BH14

[0097] 剩余的层对于 R、G 和 B 是共同的。形成发光层 6、7 和 8 后,将金属掩模从基板 1 移去。将基材 1 转移到用于沉积空穴阻挡层 9 的室。然后通过沉积下述结构式 HB1 所示的有机化合物将空穴阻挡层 9 形成成为 10nm 的厚度。

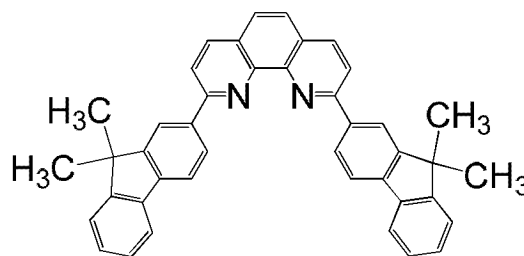
[0098] 接下来,将基板 1 转移到用于沉积电子传输层 10 的室。然后通过沉积下述结构式 ET25 所示的菲绕啉化合物将电子传输层 10 形成成为 10nm 的厚度。

[0099] [化 5]

[0100]



HB1



ET25

[0101] 接下来,形成电子传输层 10 后,形成电子注入层 11。将基板 1 转移到用于沉积电子注入层 11 的室。然后通过由上述结构式 ET25 表示的菲绕啉化合物和碳酸铯的共沉积将电子注入层 11 形成成为 60nm 的厚度,其中调节沉积速率以致铯浓度为 23 重量%。

[0102] 接下来,在电子注入层 11 上形成阴极 12。通过采用溅射将银沉积为 12nm 的厚度,然后将氧化铟锌 (IZO) 沉积为 60nm 的厚度来形成阴极 12。银和 IZO 膜之间的界面用作第一反射表面。

[0103] 最后,将基板 1 转移到 N_2 气氛。将紫外线固化性树脂施涂于基板 1 的周边,用玻璃基板覆盖,并且在其上放置掩模以使紫外线不照到像素区域而通过紫外线照射使其固化。

[0104] 红色副像素的空穴传输层 3 具有 220nm 的厚度,并且绿色副像素的空穴传输层 3 具有 167nm 的厚度。本实施例中,CIE 色度坐标系上的红色副像素的色度为 (0.670,0.330),并且 CIE 色度坐标系上的绿色副像素的色度为 (0.240,0.698)。

[0105] 现在对 6,500K 下白色显示的必要功率消耗的最小化进行讨论。参照附图 11 和 12 对空穴传输层 (HTL) 的厚度变化,因此从有机化合物层中的发光位置到第二反射表面的光学距离变化的蓝色副像素的特性变化进行说明。图 11 是表示电流效率和 CIEy 对空穴传输层 (HTL) 的厚度的坐标图。图 11 表示空穴传输层 (HTL) 的厚度为 115nm 时达到 CIEy 的极值并且空穴传输层 (HTL) 的厚度为 160nm 时达到电流效率的最大值。如果空穴传输层 (HTL) 比 150nm 厚,由于 6,500K 下的白色在色再现范围以外,因此不能显示白色。

[0106] 此外,图 12 是表示用于白色的显示的蓝色副像素的必要电流密度和功率消耗对空穴传输层 (HTL) 的厚度的坐标图。如图 12 中所示,蓝色副像素的必要电流密度和功率消

耗正相关。必要电流密度最小化的空穴传输层 (HTL) 的厚度, 即 135nm 接近功率消耗最小化的厚度。

[0107] 表 1 对实施例 1 (其中使蓝色副像素的必要电流密度最小化)、比较例 1 (其中达到了 CIEy 的极值) 和比较例 2 (其中使电流效率最大化) 之间的功率消耗进行比较。如表 1 中所示, 实施例 1, 其中使蓝色副像素的必要电流密度最小化, 具有最低的功率消耗。

[0108] 表 1

[0109]

	HTL 的厚度 (nm)	CIE _x	CIE _y	效率 (cd/A)	功率消耗 (mW)
实施例 1	135	0.128	0.083	4.5	324
比较例 1	115	0.153	0.035	0.9	455
比较例 2	160	0.097	0.311	13.3	348

[0110] 此外, 基于实施例 1 的色度, 计算 R 和 G 器件的有机化合物层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离。结果, 实施例 1 中的 R 和 G 器件的有机化合物层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离落在使 R 和 G 器件的必要电流最小化的各光学距离 $\pm 10\%$ 的范围内。

[0111] 参考例 2

[0112] 参考例 2 的有机 EL 显示器具有 R、G 和 B 发光副像素, 并且 R 和 G 器件的结构与实施例 1 中的那些相同。参考例 2 中, 在 B 器件的结构中, 有机化合物层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离和有机化合物层中的发光位置与第一反射表面之间的光学距离都最优化。即, 第一与第二反射表面之间的光学距离也最优化。

[0113] 使用金属掩模在 R、G 和 B 副像素中分别形成电子传输层以使 R 和 G 器件的有机化合物层中的发光位置与第一反射表面之间的光学距离不同于 B 器件的有机化合物层中的发光位置与第一反射表面之间的光学距离。

[0114] 为了改变有机化合物层中的发光位置与第一反射表面之间的光学距离而改变电子注入层 (EIL) 的厚度, 并且为了改变有机化合物层中的发光位置与第二反射表面之间的光学距离而改变空穴传输层 (HTL) 的厚度。图 13 表示蓝色副像素的必要电流密度的变化。图 13 绘制改变电子注入层 (EIL) 的厚度时电流密度 (mA/cm^2) 的变化对空穴传输层 (HTL) 的厚度。如图 13 中所示, 电子注入层 (EIL) 越薄, 电流密度越低。

[0115] 此外, 图 14 表示功率消耗的变化。图 14 绘制使电子注入层 (EIL) 的厚度变化时功率消耗 (mW) 的变化对空穴传输层 (HTL) 的厚度。如图 14 中所示, 如必要电流密度那样, 电子注入层 (EIL) 越薄, 电流密度越低。这是因为电子注入层 (EIL) 越薄, 发光点与光输出电极之间的光学距离越与蓝色的相干长度密切匹配。

[0116] 使蓝色副像素的必要电流密度最小化的特性如下: 电子注入层 (EIL) 的厚度为 15nm, 空穴传输层 (HTL) 的厚度为 135nm, CIE_x 为 (0.130), CIE_y 为 (0.085), 发光效率为 6.1cd/A, 并且功率消耗为 297mW。

[0117] 因此, 本发明的方面可提供通过同时将有机 EL 器件的发光效率和色度最优化从而使其必要电流量和其功率消耗最小化的有机 EL 显示器。

[0118] 尽管已参照示例性实施方案对本发明进行了说明,但应理解本发明的方面并不限于所公开的示例性实施方案。下述权利要求的范围应给予最宽泛的解释以包括所有这样的变形以及等同的结构和功能。

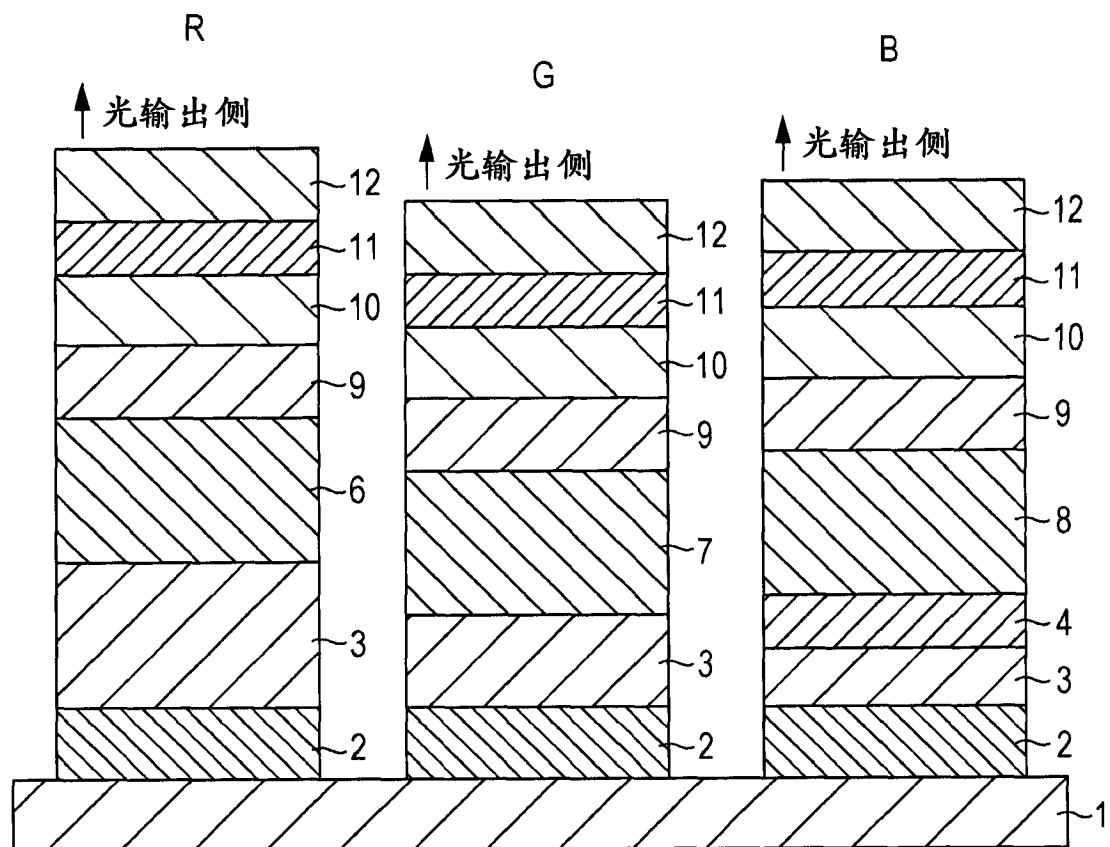


图 1

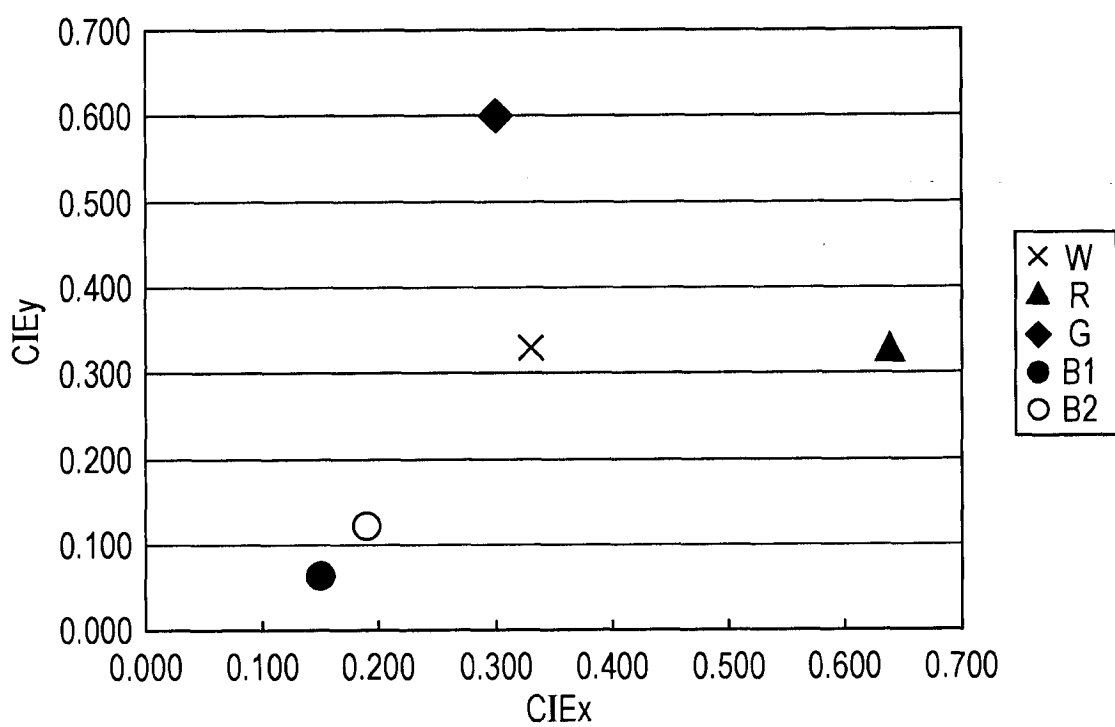


图 2

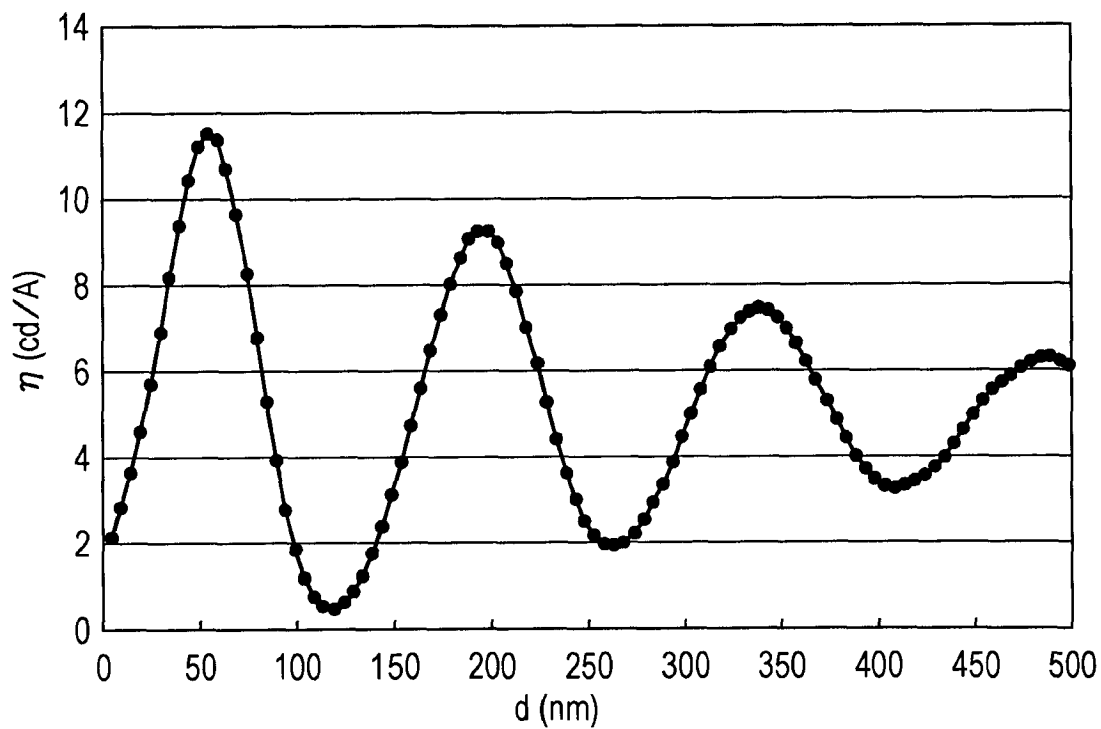


图 3

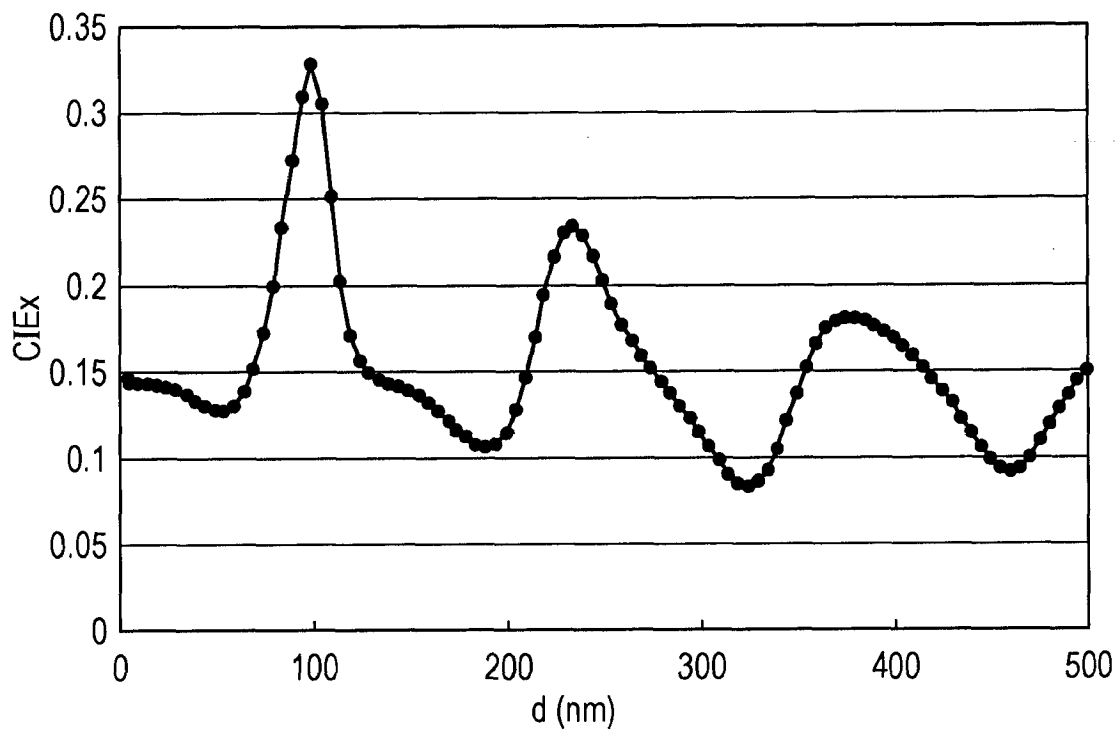


图 4

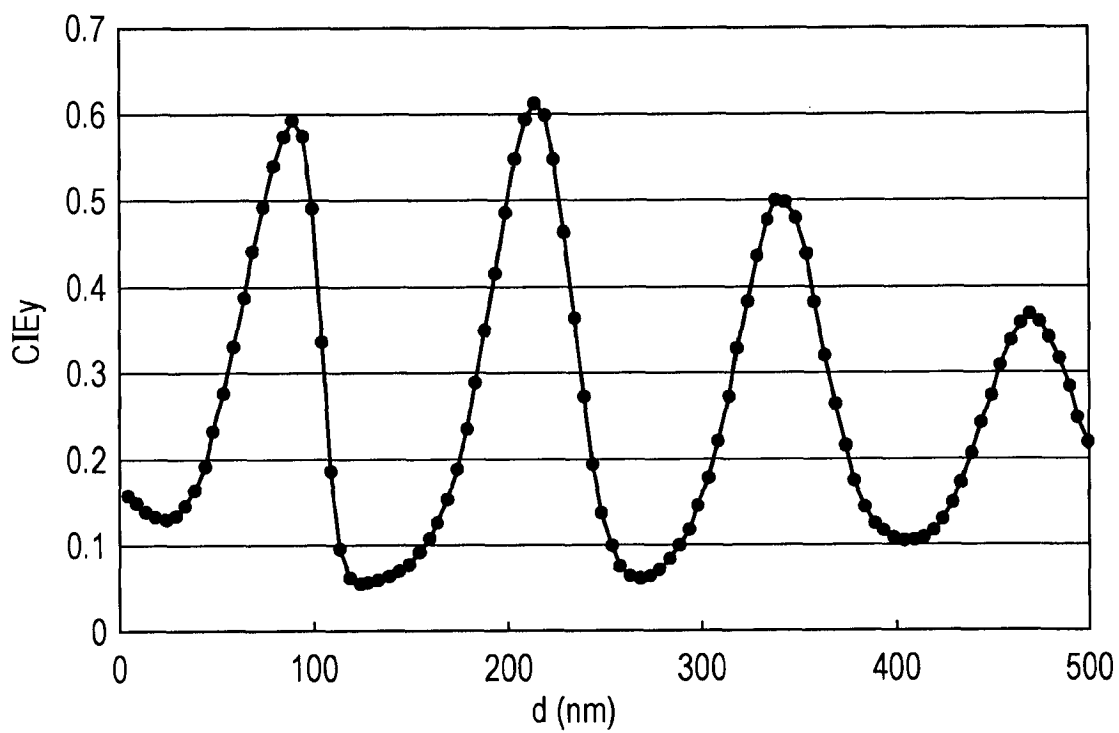


图 5

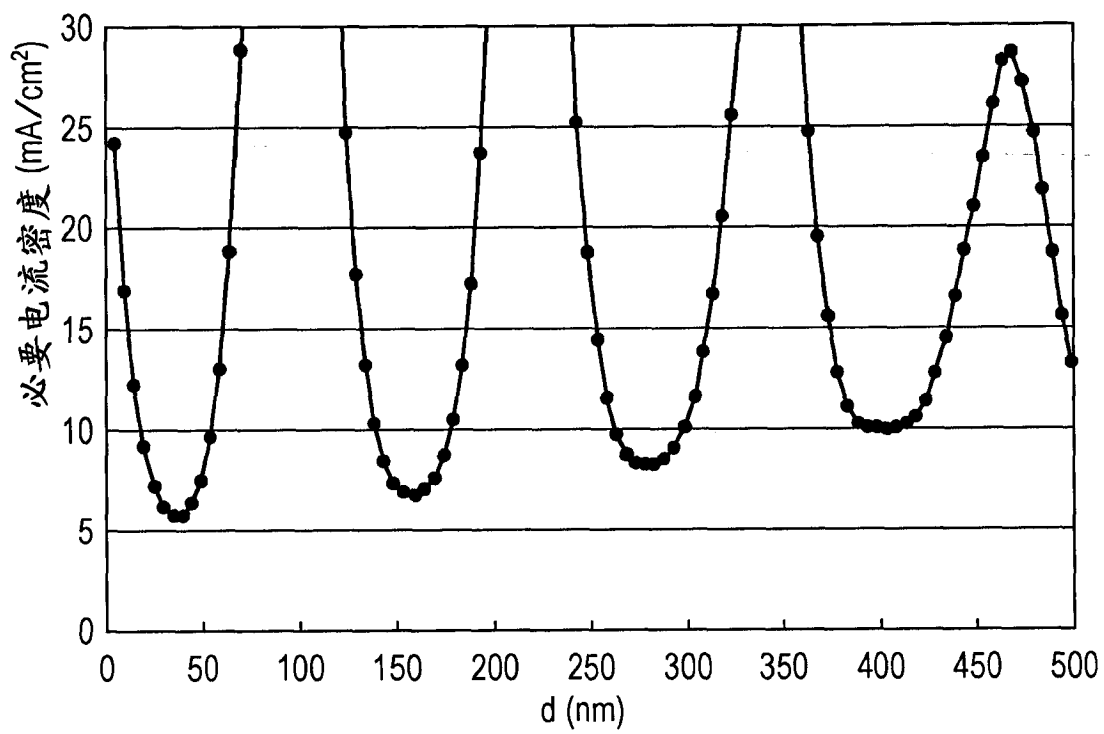


图 6

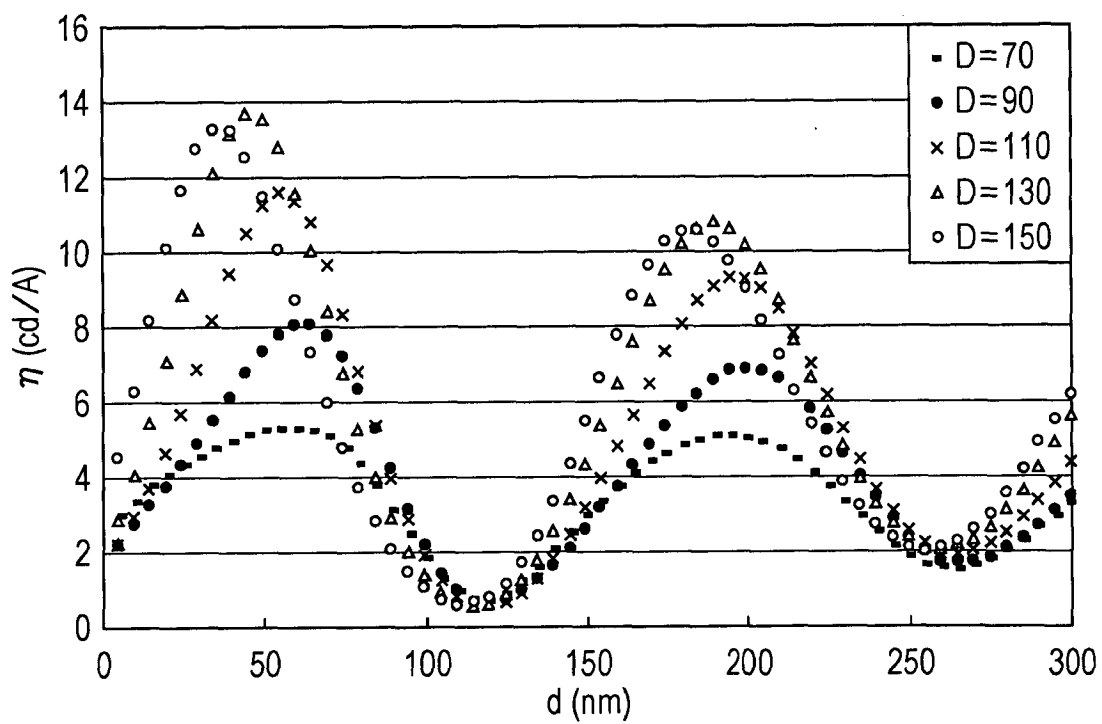


图 7

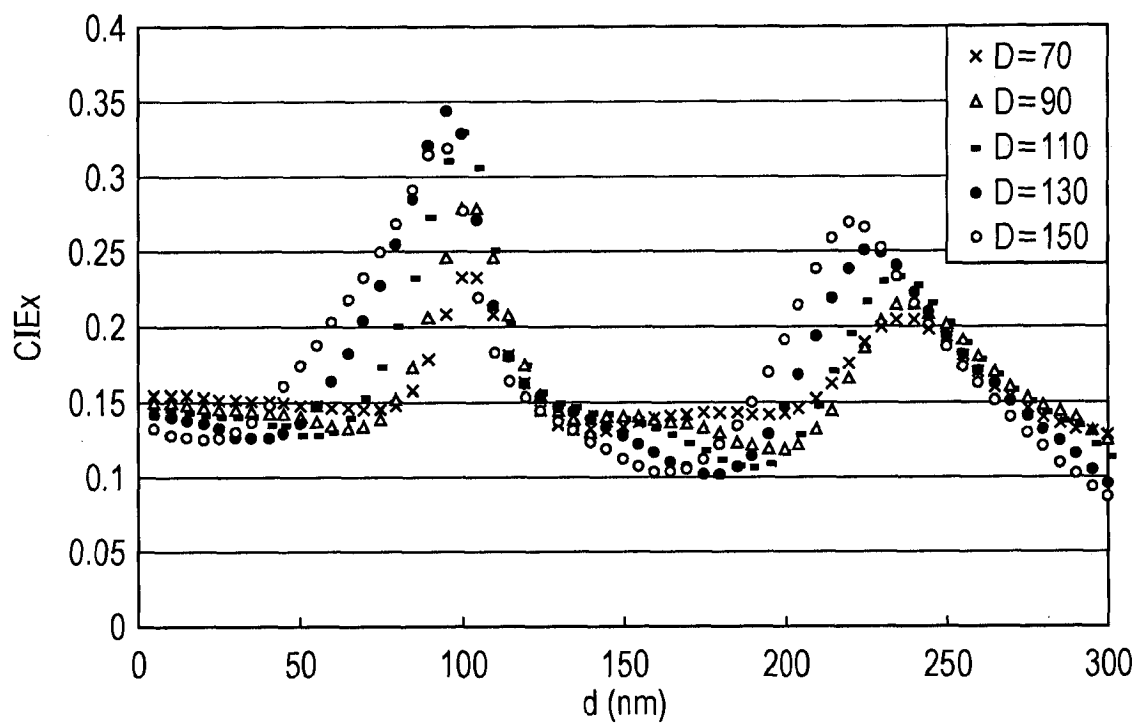


图 8

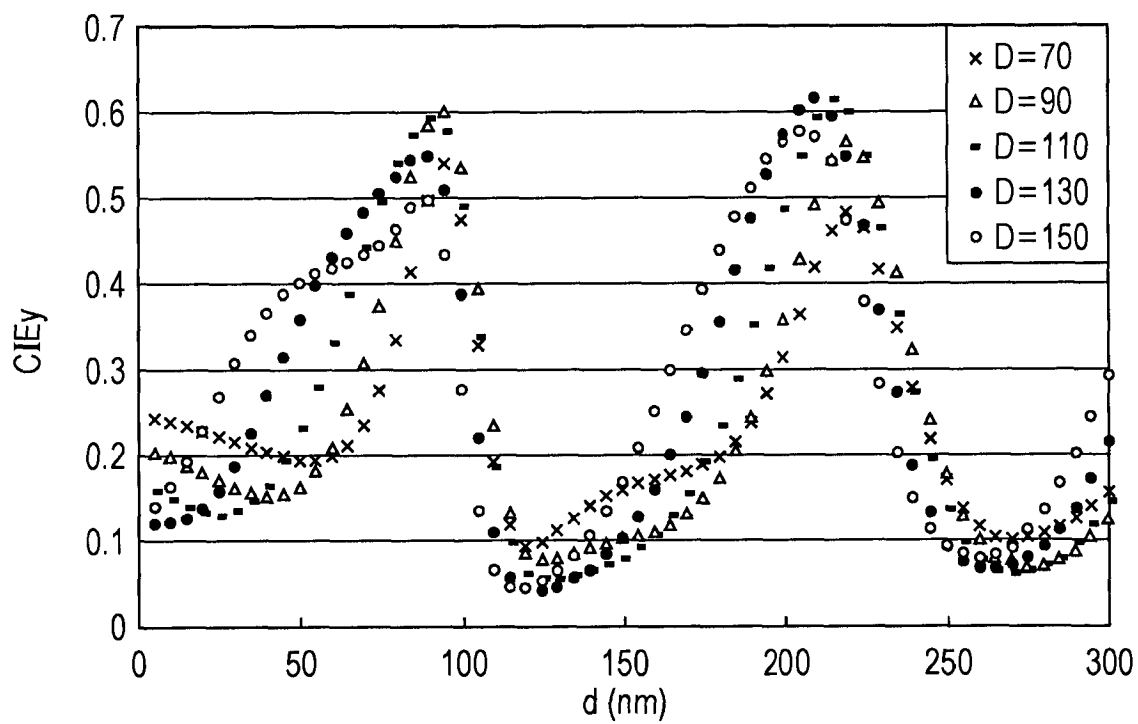


图 9

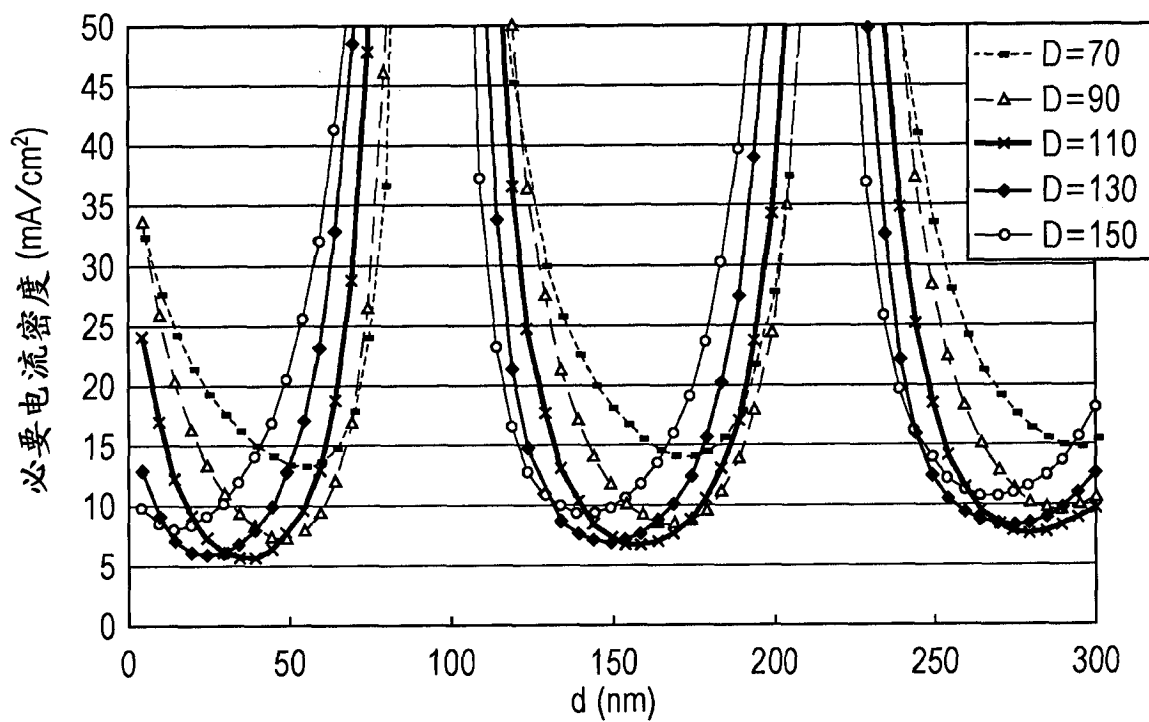


图 10

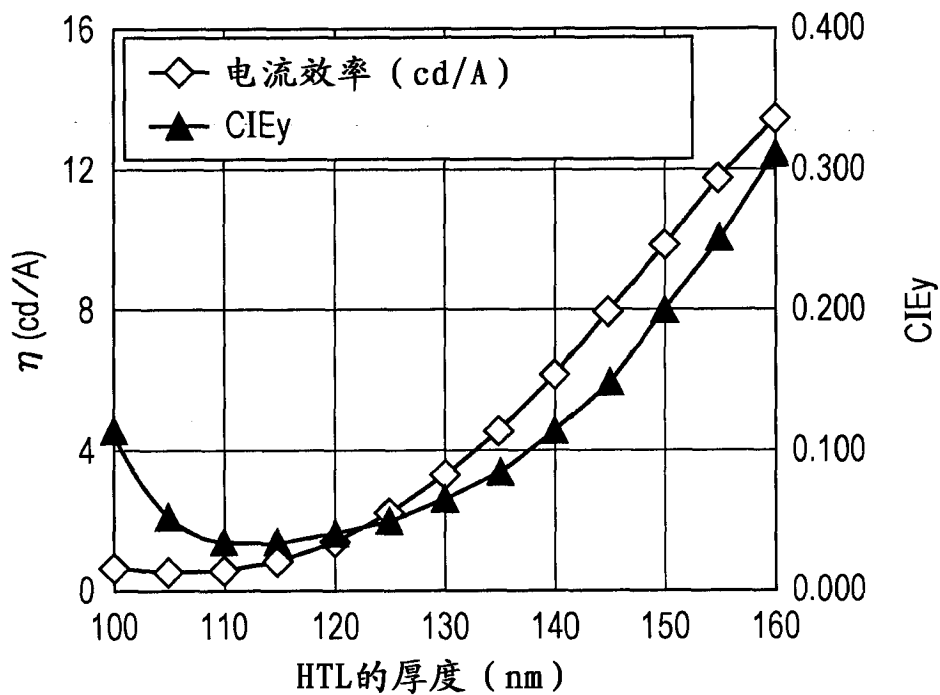


图 11

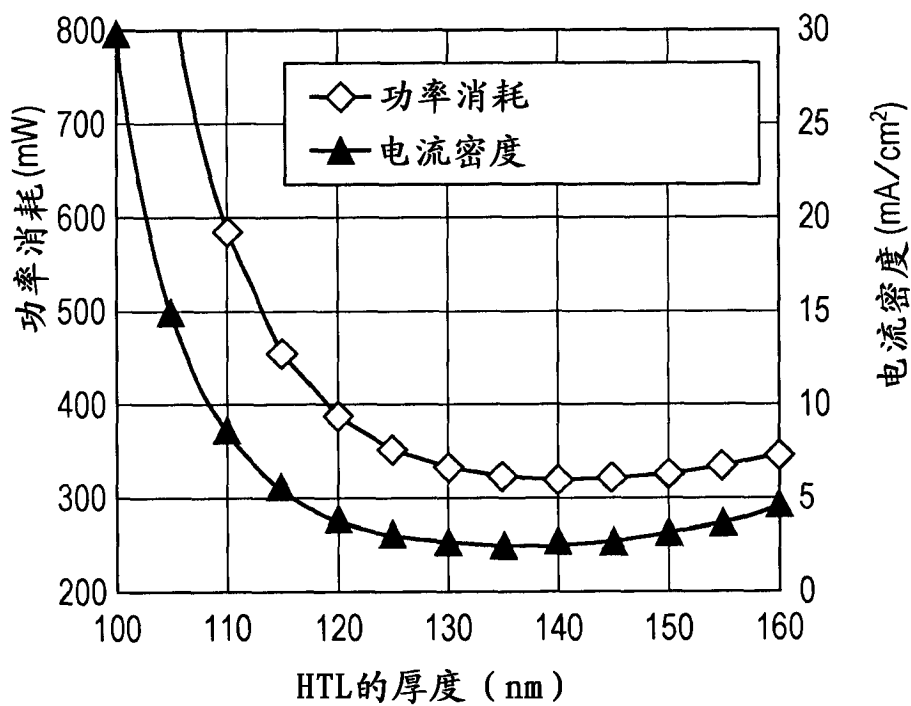


图 12

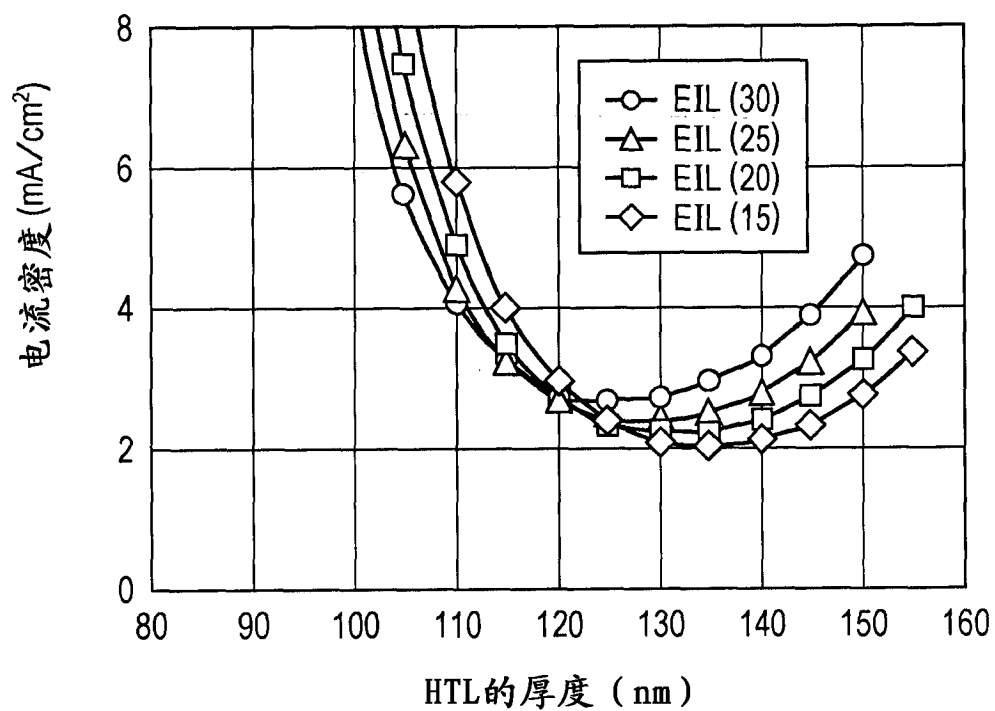


图 13

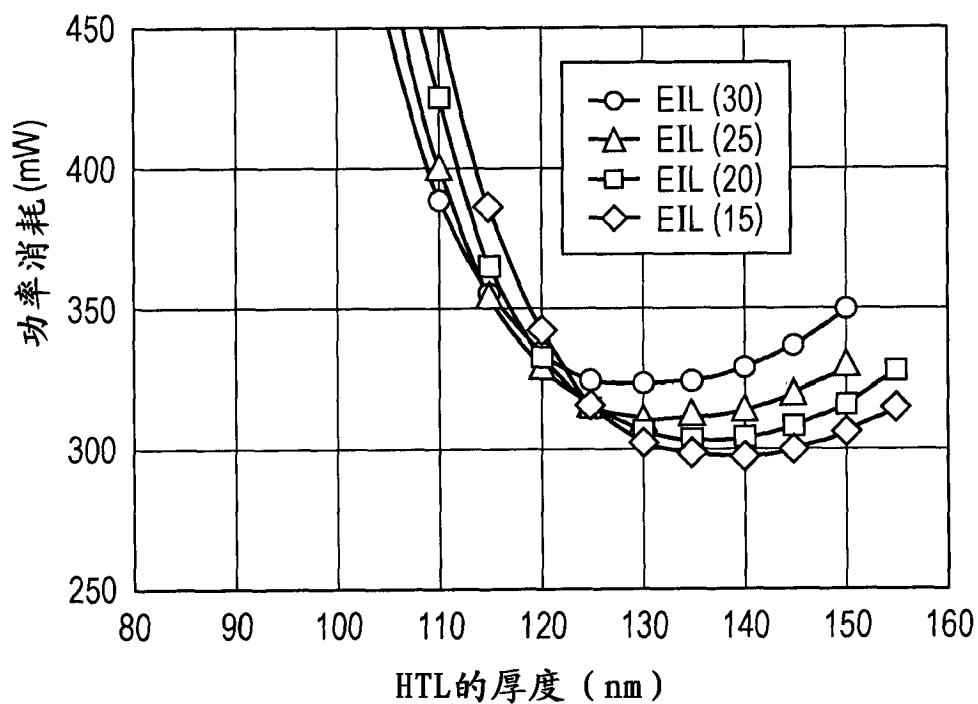


图 14