



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103608943 B

(45) 授权公告日 2016.02.10

(21) 申请号 201280014972.5

(22) 申请日 2012.03.09

(30) 优先权数据

2011-066567 2011.03.24 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013.09.24

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/056134 2012.03.09

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/128079 JA 2012.09.27

(73) 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 葛冈义和 辻博也 佐佐木博之

小原贤 山江和幸

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 陈松涛 韩宏

(51) Int. Cl.

H01L 51/50(2006.01)

G09F 9/30(2006.01)

H01L 27/32(2006.01)

H05B 33/02(2006.01)

H05B 33/12(2006.01)

(56) 对比文件

CN 1503606 A, 2004.06.09, 全文.

CN 101821851 A, 2010.09.01, 全文.

CN 101821872 A, 2010.09.01, 全文.

CN 101924191 A, 2010.12.22, 全文.

US 2007200124 A1, 2007.08.30, 全文.

JP 2011049356 A, 2011.03.10, 全文.

审查员 赵芳

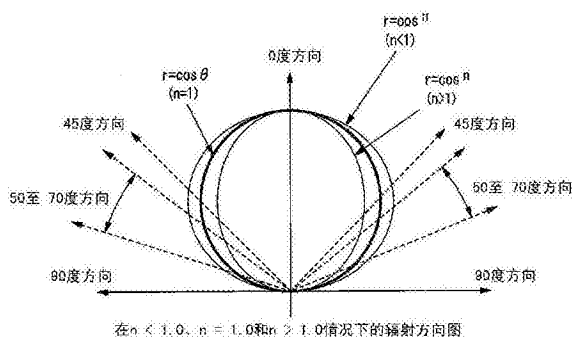
权利要求书2页 说明书18页 附图5页

(54) 发明名称

白色发光有机电致发光元件和白色发光有机电致发光面板

(57) 摘要

提出了一种具有减小的视角依赖性的高效率的白色发光有机电致发光元件。白色发光有机电致发光元件包括存在于阴极和阳极之间的具有不同发射峰值波长的至少四种发光掺杂剂。四种发光掺杂剂包括各自的峰值波长依次变长的发光掺杂剂A、发光掺杂剂B、发光掺杂剂C、和发光掺杂剂D。发射光谱满足以下关系：(在发光掺杂剂A的峰值波长处)对于50°到70°的辉度平均值/正面辉度 > (在发光掺杂剂D的峰值波长处)对于50°到70°的辉度平均值/正面辉度；以及(在发光掺杂剂C的峰值波长处)对于50°到70°的辉度平均值/正面辉度 > (在发光掺杂剂B的峰值波长处)对于50°到70°的辉度平均值/正面辉度。



1. 一种白色发光有机电致发光元件,包括存在于阴极和阳极之间的具有不同发射峰值波长的至少四种发光掺杂剂,

其中,

所述四种发光掺杂剂包括各自的峰值波长依次变长的发光掺杂剂“A”、发光掺杂剂“B”、发光掺杂剂“C”、和发光掺杂剂“D”,

其中,

所述白色发光有机电致发光元件具有满足以下关系的发射光谱:

“对于 50° 到 70° 范围中的角度的第一平均辉度 / 第一正面辉度”>“对于 50° 到 70° 范围中的角度的第二平均辉度 / 第二正面辉度”;以及

“对于 50° 到 70° 范围中的角度的第三平均辉度 / 第三正面辉度”>“对于 50° 到 70° 范围中的角度的第四平均辉度 / 第四正面辉度”,并且

其中:

“对于 50° 到 70° 范围中的角度的所述第一平均辉度”定义为在所述发光掺杂剂“A”的所述峰值波长处对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度,并且是相对于 0° 倾斜 50° 到 70° 范围中的辉度的测量值的算术平均值,0° 垂直于所述白色发光有机电致发光元件;

“所述第一正面辉度”定义为在所述发光掺杂剂“A”的所述峰值波长处的正面辉度,并且所述正面辉度定义为 0° 的辉度,0° 垂直于所述白色发光有机电致发光元件;

“对于 50° 到 70° 范围中的角度的所述第二平均辉度”定义为在所述发光掺杂剂“D”的所述峰值波长处对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度,并且是相对于 0° 倾斜 50° 到 70° 范围中的辉度的测量值的算术平均值,0° 垂直于所述白色发光有机电致发光元件;

“所述第二正面辉度”定义为在所述发光掺杂剂“D”的所述峰值波长处的正面辉度并且所述正面辉度定义为 0° 的辉度,0° 垂直于所述白色发光有机电致发光元件;

“对于 50° 到 70° 范围中的角度的所述第三平均辉度”定义为在所述发光掺杂剂“C”的所述峰值波长处对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度,并且是相对于 0° 倾斜 50° 到 70° 范围中的辉度的测量值的算术平均值,0° 垂直于所述白色发光有机电致发光元件;

“所述第三正面辉度”定义为在所述发光掺杂剂“C”的所述峰值波长处的正面辉度并且所述正面辉度定义为 0° 的辉度,0° 垂直于所述白色发光有机电致发光元件;

“对于 50° 到 70° 范围中的角度的所述第四平均辉度”定义为在所述发光掺杂剂“B”的所述峰值波长处对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度,并且是相对于 0° 倾斜 50° 到 70° 范围中的辉度的测量值的算术平均值,0° 垂直于所述白色发光有机电致发光元件;以及

“所述第四正面辉度”定义为在所述发光掺杂剂“B”的所述峰值波长处的正面辉度并且所述正面辉度定义为 0° 的辉度,0° 垂直于所述白色发光有机电致发光元件。

2. 根据权利要求 1 所述的白色发光有机电致发光元件,其中:

所述发光掺杂剂“B”的所述峰值波长在 480nm 与 520nm 之间;并且

所述发光掺杂剂“C”的所述峰值波长在 520nm 与 580nm 之间。

3. 根据权利要求 1 所述的白色发光有机电致发光元件, 其中 :
所述发光掺杂剂“A”是蓝色发光掺杂剂 ; 并且
所述发光掺杂剂“D”红色发光掺杂剂。
4. 根据权利要求 1 所述的白色发光有机电致发光元件, 其中 :
满足“对于 50° 到 70° 范围中的角度的所述第一平均辉度 / 所述第一正面辉度” >1 的关系。
5. 根据权利要求 1 所述的白色发光有机电致发光元件, 其中 :
满足“对于 50° 到 70° 范围中的角度的所述第二平均辉度 / 所述第二正面辉度” <1 的关系。
6. 根据权利要求 1 所述的白色发光有机电致发光元件, 进一步包括两个发光单元和连接所述发光单元的中间连接层, 所述两个发光单元布置在所述阴极与所述阳极之间,
其中 :
所述两个发光单元是包含所述发光掺杂剂“A”的第一发光单元和包含所述发光掺杂剂“C”和所述发光掺杂剂“D”的第二发光单元。
7. 根据权利要求 6 所述的白色发光有机电致发光元件, 其中 :
包含所述发光掺杂剂“A”的所述第一发光单元进一步包含所述发光掺杂剂“B”; 并且
所述发光掺杂剂“B”是单线态发光材料。
8. 根据权利要求 6 所述的白色发光有机电致发光元件, 其中 :
包含所述发光掺杂剂“C”和“D”的所述第二发光单元进一步包含所述发光掺杂剂“B”;
并且
所述发光掺杂剂“B”是三线态发光材料。
9. 根据权利要求 1 所述的白色发光有机电致发光元件, 其中 :
所述发光掺杂剂“A”是单线态发光材料 ; 并且
所述发光掺杂剂“C”和“D”是三线态发光材料。
10. 根据权利要求 6 所述的白色发光有机电致发光元件, 其中 :
所述阴极和所述阳极之一是反射电极 ;
所述第一发光单元比所述第二发光单元更远离所述反射电极 ; 并且
所述白色发光有机电致发光元件设计为发射具有在 2000K 到 4500K 范围中的相关色温的白光。
11. 根据权利要求 1 所述的白色发光有机电致发光元件, 其中 :
由仅仅所述四种发光掺杂剂得到所述发射光谱。
12. 一种白色发光有机电致发光面板, 包括 :
根据权利要求 1 至 11 中的任一项所述的白色发光有机电致发光元件 ; 以及
光漫射层, 设计为散射光并布置在所述白色发光有机电致发光元件的光提取面上。

白色发光有机电致发光元件和白色发光有机电致发光面板

技术领域

[0001] 本发明涉及：具有高发光效率（辉度效能）且特别是对外部具有高光提取效率的白色发光有机电致发光元件；以及使用所述白色发光有机电致发光元件的作为高效率的平面光源的白色发光有机电致发光面板。

背景技术

[0002] 具有介于电极之间的发光层以获得电致发光的电致发光元件和发光二极管均已得到迅猛发展，不仅应用于显示设备，还应用于各种光源，例如平面照明、用于光纤的光源、用于液晶显示器的背光单元和用于液晶投影仪的背光单元等。

[0003] 具体地，有机电致发光元件在发光效率、低压驱动、重量和成本上表现优异，并在近年来已经引起关注。获得与应用于照明的荧光灯相当的发光效率，已经开发了设备结构、材料、驱动方法、制造方法等。

[0004] 然而，在设计为允许从发光层本身提取光的内部固态发光元件（例如有机电致发光元件）中，如果光的角度不低于临界角，则光被全反射，并被限制在内部，结果作为导波光而损失。临界角取决于发光层和发射介质的折射率。

[0005] 根据 Snell 定律，以等式 $\eta = 1/(2n^2)$ 来近似光提取效率 η ，其是将光提取到外部的效率，其中， n 表示发光层的折射率。假定发光层的折射率为 1.7（其是有机化合物的折射率中的代表值）， η 约为 17%，且不小于 80% 的发射光作为导波光损失了，即，作为朝向元件的侧向的损耗光损失了。

[0006] 为了提取这种导波光，在发射面与发光层之间需要用于扰乱反射角和折射角以及用于干扰 Snell 定律的区域，以便改变光的透射角，否则会作为导波光被全反射。可替换地，需要发射光具有集光特性。

[0007] 在专利文献 1 和 2 中所述的典型的有机电致发光元件中，电子传输发光层的厚度在几十纳米到一百几十纳米范围中，并且具有与可见光波长相同的数量级。因此，最终发射到外部的光波（光）取决于发光区与反射电极之间的距离 d 而彼此相消干涉或相长干涉。尽管在专利文献 1 的图 13 中仅示出沿元件的法线方向发射光，但实际上也存在沿倾斜方向发射的光。干涉的条件取决于光的角度以及距离 d 和发射波长 λ 而改变。因此，可以出现沿法线方向发射的光彼此相长干涉，而沿宽角度方向发射的光彼此相消干涉的情况，或者出现相反的情况。换句话说，发射光的辉度取决于视角而改变。

[0008] 专利文献 1 和专利文献 2 公开了一种用于改进具有光漫射结构的有机电致发光元件的发光效率的方法，其通过设计为在形成用于提取导波光的前述结构之前在有机电致发光元件的光提取面的辉度分布中满足以下公式 (1)，随后通过在这一元件的光提取面上形成光漫射结构等。

[0009] 正面辉度 $< (\text{对于 } 50^\circ \text{ 到 } 70^\circ \text{ 范围中的角度的辉度})$ (1)

[0010] 在该发明中，在不形成光漫射层的状态中，将沿法线方向的光波设计为相消干涉，而限制于元件内部中的导波光波设计为相长干涉。以此方式，该发明指出为了改进有机电

致发光元件的发光效率,应在有机电致发光元件上形成光漫射层,具有设计为引起通常作为导波光限制于元件中的光(宽角度分量光)相长干涉的基本结构,以便放大导波光,其构成了大部分的光,而不是在设计为导致可以发射到外部的沿法线方向的光的相长干涉的基本结构上。

[0011] 注意,公式(1)可以变换为以下公式(2)。

[0012] (对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度)/正面辉度 >1 (2)

[0013] 此外,专利文献2公开了在具有不同颜色的发光层的有机电致发光元件中,优化阴极与低效率的发光层之间的距离。为了将有机电致发光元件应用于照明,优选地不仅发光效率要高,而且发射颜色的视角依赖性要低。一致的发射颜色的发射强度的视角依赖性理想上不提供白色发光有机电致发光的视角依赖性。然而,需要不一致的发射颜色的发射强度的视角依赖性用于通过使用专利文献2中所示的光学干涉来调整发射颜色的发光效率。

[0014] 如专利文献3中所述的,通过在有机电致发光元件的光提取面上形成具有光散射特性的光散射层来抑制发射颜色的视角依赖性。因此,通过在具有在没有光漫射层的情况下已经减小的发射颜色的视角依赖性的有机发光元件中形成光漫射层来进一步减小视角依赖性。

[0015] 引用列表

[0016] 专利文献

[0017] 专利文献1:JP2004-296423 A

[0018] 专利文献2:JP2004-335183 A

[0019] 专利文献3:W02005/094130 A1

发明内容

[0020] 技术问题

[0021] 考虑到环境情况而获得本发明,其目的是提出:具有改进的视角依赖性和高效率的白色发光有机电致发光元件;以及包括所述元件的白色发光有机电致发光面板。

[0022] 问题的解决方案

[0023] 根据本发明的一种白色发光有机电致发光元件包括存在于阴极和阳极之间的具有不同发射峰值波长的至少四种发光掺杂剂,其中,所述四种发光掺杂剂包括各自的峰值波长依次变长的发光掺杂剂“A”、发光掺杂剂“B”、发光掺杂剂“C”、和发光掺杂剂“D”。白色发光有机电致发光元件具有满足以下关系的发射光谱:“对于 50° 到 70° 范围中的角度的第一平均辉度/第一正面辉度” $>$ “对于 50° 到 70° 范围中的角度的第二平均辉度/第二正面辉度”;“对于 50° 到 70° 范围中的角度的第三平均辉度/第三正面辉度” $>$ “对于 50° 到 70° 范围中的角度的第四平均辉度/第四正面辉度”。“对于 50° 到 70° 范围中的角度的第一平均辉度”定义为在发光掺杂剂“A”的峰值波长处对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度,并且是相对于 0° 倾斜 50° 到 70° 范围中的辉度的测量值的算术平均值, 0° 垂直于白色发光有机电致发光元件。“第一正面辉度”定义为在发光掺杂剂“A”的峰值波长处的正面辉度,并且正面辉度定义为 0° 的辉度, 0° 垂直于白色发光有机电致发光元件。“对于 50° 到 70° 范围中的角度的第二平均辉度”定义为在发光掺杂剂“D”的峰值波长处

对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度,并且是相对于 0° 倾斜 50° 到 70° 范围中的辉度的测量值的算术平均值,0° 垂直于白色发光有机电致发光元件。“第二正面辉度”定义为在发光掺杂剂“D”的峰值波长处的正面辉度并且正面辉度定义为 0° 的辉度,0° 垂直于白色发光有机电致发光元件。“对于 50° 到 70° 范围中的角度的第三平均辉度”定义为在发光掺杂剂“C”的峰值波长处对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度,并且是相对于 0° 倾斜 50° 到 70° 范围中的辉度的测量值的算术平均值,0° 垂直于白色发光有机电致发光元件。“第三正面辉度”定义为在发光掺杂剂“C”的峰值波长处的正面辉度并且正面辉度定义为 0° 的辉度,0° 垂直于白色发光有机电致发光元件。“对于 50° 到 70° 范围中的角度的第四平均辉度”定义为在发光掺杂剂“B”的峰值波长处对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度,并且是相对于 0° 倾斜 50° 到 70° 范围中的辉度的测量值的算术平均值,0° 垂直于白色发光有机电致发光元件。“第四正面辉度”定义为在发光掺杂剂“B”的峰值波长处的正面辉度并且正面辉度定义为 0° 的辉度,0° 垂直于白色发光有机电致发光元件。

[0024] 在白色发光有机电致发光元件中,优选地,发光掺杂剂“B”的峰值波长在 480nm 到 520nm 之间,发光掺杂剂“C”的峰值波长在 520nm 到 580nm 之间。

[0025] 在白色发光有机电致发光元件中,优选地,发光掺杂剂“A”是蓝色发光掺杂剂,发光掺杂剂“D”红色发光掺杂剂。

[0026] 在白色发光有机电致发光元件中,满足“对于 50° 到 70° 范围中的角度的第一平均辉度 / 第一正面辉度” >1 的关系。

[0027] 在白色发光有机电致发光元件中,优选地,满足“对于 50° 到 70° 范围中的角度的第二平均辉度 / 第二正面辉度” <1 的关系。

[0028] 优选地,白色发光有机电致发光元件进一步包括两个发光单元和连接所述发光单元的中间连接层,所述两个发光单元布置在阴极与阳极之间,其中,所述两个发光单元是包含发光掺杂剂“A”的第一发光单元和包含发光掺杂剂“C”和发光掺杂剂“D”的第二发光单元。

[0029] 在白色发光有机电致发光元件中,优选地,包含发光掺杂剂“A”的第一发光单元进一步包含发光掺杂剂“B”,发光掺杂剂“B”是单线态发光材料。

[0030] 在白色发光有机电致发光元件中,优选地,包含发光掺杂剂“C”和“D”的第二发光单元进一步包含发光掺杂剂“B”,发光掺杂剂“B”是三线态发光材料。

[0031] 在白色发光有机电致发光元件中,优选地,发光掺杂剂“A”是单线态发光材料,发光掺杂剂“C”和“D”是三线态发光材料。

[0032] 在白色发光有机电致发光元件中,优选地,阴极和阳极之一是反射电极,所述第一发光单元比所述第二发光单元更远离所述反射电极,并且白色发光有机电致发光元件设计为发射具有在 2000K 到 4500K 范围中的相关色温的白光。

[0033] 在白色发光有机电致发光元件中,优选地,由仅四种发光掺杂剂得到发射光谱。

[0034] 根据本发明的一种白色发光有机电致发光面板包括白色发光有机电致发光元件和光漫射层,光漫射层设计为散射光并布置在所述白色发光有机电致发光元件光提取面上。

[0035] 发明的有利效果

[0036] 根据本发明,可以减小视角依赖性并改善效率(辉度效能)。

附图说明

[0037] 图 1 是根据本发明的实施例中的辐射图的说明图，

[0038] 图 2 是示出波长与发射强度之间关系的曲线图，

[0039] 图 3 是示出波长与发射强度之间关系的曲线图，

[0040] 图 4 是具有菱形标记的色度图，菱形标记指示在 $u'v'$ 比色系统中对应于发光掺杂剂的峰值波长的坐标，

[0041] 图 5 是具有菱形标记的色度图，菱形标记指示在 $u'v'$ 比色系统中对应于发光掺杂剂的峰值波长的坐标，

[0042] 图 6 是示出矢量 X、矢量 Y 和矢量 Z 的关系的图，以及

[0043] 图 7A 是示出白色发光有机电致发光元件的示例的横截面图，图 7B 是示出白色发光有机电致发光面板的示例的横截面图。

具体实施方式

[0044] 在下文中，将说明本发明的实施例。

[0045] 在本说明书中，将有机电致发光元件定义为发光器件，其具有介于彼此相对的阳极与阴极之间的有机发光层，并且在光提取面上不具有光漫射层。此外，将有机电致发光面板定义为包括该有机电致发光元件和布置在有机电致发光元件的光提取面上的光漫射层的发光器件。

[0046] 白色发光有机电致发光元件包括多个发光掺杂剂，其具有发射峰值并存在于阴极与阳极之间。发光掺杂剂包括至少四种具有不同峰值波长（峰值发射波长）的发光掺杂剂。四种发光掺杂剂包括发光掺杂剂“A”、发光掺杂剂“B”、发光掺杂剂“C”、和发光掺杂剂“D”，其各自的峰值波长依次变长。优选地，白色发光有机电致发光元件的发射光谱实际上由从四种发光掺杂剂得到的发射光谱组成。因此，可以减小视角依赖性并改善效率。

[0047] 如果白色发光有机电致发光元件包括五种发光掺杂剂，基本上优选地，从五种中选择具有第一到第四最高外量子效率的发光掺杂剂作为四种发光掺杂剂“A”、“B”、“C”和“D”，而从五种中选出四种发光掺杂剂存在五个组合，并且四种发光掺杂剂“A”、“B”、“C”和“D”需要满足它们的峰值波长依次变长的条件。在元件包括六种发光掺杂剂或者更多的情况下，优选地，以相同的方式选择四种发光掺杂剂。

[0048] 白色发光有机电致发光元件具有满足由以下公式 (F1) 和 (F2) 定义的条件发射光谱。

[0049] 对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“A”的峰值波长中的）商 $>$ 对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“D”的峰值波长中的）商 ... (F1)

[0050] 对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“C”的峰值波长中的）商 $>$ 对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“B”的峰值波长中的）商 ... (F2)

[0051] 在白色发光有机电致发光元件中，通过满足由公式 (F1) 和 (F2) 定义的条件，可以减小视角依赖性并改善发光效率。

[0052] 注意,“(发光掺杂剂“A”的峰值波长)”表示发光掺杂剂“A”的峰值波长 $\pm 1\text{nm}$ 的范围。对于发光掺杂剂“B”、“C”和“D”,采用相同的方式。换句话说,“(发光掺杂剂“B”的峰值波长)”表示发光掺杂剂“B”的峰值波长 $\pm 1\text{nm}$ 的范围。“(发光掺杂剂“C”的峰值波长)”表示发光掺杂剂“C”的峰值波长 $\pm 1\text{nm}$ 的范围。“(发光掺杂剂“D”的峰值波长)”表示发光掺杂剂“D”的峰值波长 $\pm 1\text{nm}$ 的范围。例如,假定发光掺杂剂的峰值波长是 400nm ,则在 $400\text{nm} \pm 1\text{nm}$ 的范围中测量并计算对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的商。当普通辉度比色计(例如,可由 TOPCON TECHNOHOUSE CORPORATION 获得的 SR-3)用于发射光谱的测量时,没有任何问题地获得了这一波长分辨率($\pm 1\text{nm}$)。在“对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的商”中的辉度指的是在不包括光漫射层的白色发光有机电致发光元件中的发光掺杂剂的峰值波长中的辉度。“对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度”是相对于 0° 倾斜 50° 到 70° 范围中的辉度的测量值的算术平均值, 0° 垂直于白色发光有机电致发光元件。“正面辉度”定义为 0° 的辉度(即,元件的正面的辉度), 0° 垂直于白色发光有机电致发光元件。

[0053] 前述的公式 (F1) 可以变换为以下的公式 (F1')。

[0054] $(\text{对于 } 50^\circ \text{ 到 } 70^\circ \text{ 范围中的角度的第一平均辉度} / \text{第一正面辉度}) > (\text{对于 } 50^\circ \text{ 到 } 70^\circ \text{ 范围中的角度的第二平均辉度} / \text{第二正面辉度}) \dots (F1')$

[0055] 注意,“对于 50° 到 70° 范围中的角度的第一平均辉度”定义为在发光掺杂剂“A”的峰值波长下 50° 到 70° (50 到 70 度) 范围中的角度的平均辉度。“第一正面辉度”定义为发光掺杂剂“A”的峰值波长下的正面辉度。“对于 50° 到 70° 范围中的角度的第二平均辉度”定义为发光掺杂剂“D”的峰值波长下对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度。“第二正面辉度”定义为发光掺杂剂“D”的峰值波长下的正面辉度。

[0056] 前述公式 (F2) 可以变换为以下公式 (F2')。

[0057] $(\text{对于 } 50^\circ \text{ 到 } 70^\circ \text{ 范围中的角度的第三平均辉度} / \text{第三正面辉度}) > (\text{对于 } 50^\circ \text{ 到 } 70^\circ \text{ 范围中的角度的第四平均辉度} / \text{第四正面辉度}) \dots (F2')$

[0058] 注意,“对于 50° 到 70° 范围中的角度的第三平均辉度”定义为发光掺杂剂“C”的峰值波长下 50° 到 70° (50 到 70 度) 范围中的角度的平均辉度。“第三正面辉度”定义为发光掺杂剂“C”的峰值波长下的正面辉度。“对于 50° 到 70° 范围中的角度的第四平均辉度”定义为发光掺杂剂“B”的峰值波长下对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度。“第四正面辉度”定义为发光掺杂剂“B”的峰值波长下的正面辉度。

[0059] 在包含介于阴极与阳极之间的四种发光掺杂剂“A”、“B”、“C”和“D”的前述白色发光有机电致发光元件中,优选地,作为第二最长峰值波长的发光掺杂剂“B”的峰值波长在 480nm 到 520nm 范围中,作为第三最长峰值波长的发光掺杂剂“C”的峰值波长在 520nm 到 580nm 范围中。由于这个结构,视角依赖性被进一步改善。在此情况下,优选地,发光掺杂剂“A”是蓝色发光掺杂剂,其峰值波长比发光掺杂剂“B”的短,发光掺杂剂“D”是红色发光掺杂剂,其峰值波长比发光掺杂剂“C”的短。

[0060] 在白色发光有机电致发光元件中,优选地,满足对 50° 到 70° 范围中角度的平均辉度除以正面辉度的(在发光掺杂剂“A”的峰值波长中的)商 > 1 的关系式。换句话说,优选地,满足(对 50° 到 70° 范围中角度的第一平均辉度 / 第一正面辉度 > 1 的关系式。发光掺杂剂“A”是短波长发光掺杂剂,其可能具有比包含在发光层中的其它发光掺杂剂更低

的发光效率（辉度效能）。因此，例如优选地在形成光漫射层后通过这个结构来改善白色发光有机电致发光元件的效率。

[0061] 在白色发光有机电致发光元件中，优选地，满足对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“D”的峰值波长中的）商 <1 的关系。换句话说，优选地，满足（对于 50° 到 70° 范围中的角度的第二平均辉度 / 第二正面辉度） >1 的关系。发光掺杂剂“D”是发射效能可能高于包含在发光层中的其它发光掺杂剂的发射效能的长波长发光掺杂剂。因此，优选地，在形成光漫射层后，例如通过这样的结构来抑制白色发光有机电致发光元件的效率的改善。

[0062] 在根据本发明的有机电致发光元件的实施例中，优选地，形成两个发光单元（第一发光单元 1 和第二发光单元 2）作为如图 7A 所示的在阳极 10 与阴极 11 之间的有机发光层 13。此外，优选地，有机发光层 13 包括连接两个发光单元 1 和 2 的中间连接层（夹层）3。此外，优选地，发光单元 1 包含用于蓝色的发光掺杂剂“A”，发光单元 2 包含用于绿色的发光掺杂剂“C”和用于红色的发光掺杂剂“D”。优选地，发光掺杂剂“A”是单线态发光材料，发光掺杂剂“C”和“D”是三线态发光材料。为了延长元件的使用寿命，优选地，蓝色发光掺杂剂“A”是单线态材料，因为三线态材料作为蓝色发光材料具有相对短的使用寿命。作为单线态材料的蓝色发光材料可能具有比包含在发光层中的其他材料相对低的发光效率（辉度效能）。然而，可以通过满足按照上述公式 (F1) 和 (F2) ((F1') 和 (F2')) 定义的条件来改善效率，从而获得具有长使用寿命和高效率的白光有机电致发光元件。当发光掺杂剂“B”是单线态发光材料时，发光掺杂剂“B”优选包含在含发光掺杂剂“A”的发光单元 1 中，发光掺杂剂“A”也是单线态发光材料。当发光掺杂剂“B”是三线态发光材料时，发光掺杂剂“B”优选包含在含发光掺杂剂“C”和“D”的发光单元 2 中，发光掺杂剂“C”和“D”也是三线态发光材料。

[0063] 前述“发光单元”定义为除了阴极和阳极以外，用于构成普通有机电致发光元件的组件。“用于构成普通有机电致发光元件的组件”的示例包括（阳极）/ 发光层 /（阴极）、（阳极）/ 空穴传输层 / 发光层 /（阴极）、（阳极）/ 空穴传输层 / 发光层 / 电子传输层 /（阴极）、以及（阳极）/ 空穴注入层 / 空穴传输层 / 发光层 / 电子传输层 / 电子注入层 /（阴极）。另外，上述的“中间连接层”是连接前述发光单元 1 和 2 的层。可以从常规组件中选择中间连接层，例如，在 JP1999-329748 A 中说明的包括透明导电膜的中间连接层、在 JP1999-329748 A 中说明的中间电极、在 JP2003-272860 A 中说明的电荷生成层、在 JP2004-281371 A 中说明的掺杂连接器和在 JP2006-49393 A 中说明的电荷提取层及相邻层，但优选地，由有机化合物膜或以掺杂剂掺杂的有机化合物膜来形成，即，非金属膜和非金属氧化物膜，以有利于光学设计并抑制有机发光层与中间连接层的折射率之间的差。

[0064] 此外，在前述白光发光有机电致发光元件的实施例中，优选地，阳极 10 和阴极 11 之一是反射电极。在此情况下，发光单元 1 比发光单元 2 更远离反射电极。此外，白色发光有机电致发光元件发射具有在 2000K 到 4500K 范围中的相关色温的白光，在该范围中红色相对占优势。在这个白色发光有机电致发光元件中，可以改善效率并减小视角依赖性。更优选地，阳极 10 是透明电极，阴极 11 是反射电极。

[0065] 在根据本发明的白色发光有机电致发光元件中，光漫射层设计为散射光，并布置在白色发光有机电致发光元件的光提取面上。“光漫射层”没有特别限制，只要可以有

效地将等于或大于全反射角的光的透射角改变为小于全反射角,并可以迫使限制在元件内部的导波光更多地发射到外部就可以。作为“光漫射层”,使用在 JP2004-335183 A、JP2004-296423 A 等中所示的常规的光漫射层。光漫射层的总透光率优选在 55% 到 85% 范围内。在光提取面(有机发光层的光从这个面发射到外部)上形成光漫射层。将光提取面设置在除了阳极 10 与阴极 11 之间以外的任何位置。例如,如图 7B 所示,借助粘合剂将作为光漫射层 14 的漫射膜粘结在支撑基底 12 的除在其上形成诸如 ITO 的透明阳极 10 的表面以外的表面(光提取面)上。在其他示例中,白色发光有机电致发光元件布置于其上的支撑基底 12 具有光漫射特性,或者光漫射层 14 介于透明电极与支撑基底之间。

[0066] 这样的光漫射层减小了视角依赖性。

[0067] 在下文中,将说明基于数值计算的对本发明的验证结果。

[0068] 首先,将说明用于数值计算的方法。将发射光谱的形状定义为高斯型曲线 $G(\lambda_p, \sigma)$, 其峰值归一化为 1, 其中, λ_p [nm] 表示峰值波长, σ 表示标准偏差。

[0069] 随后,将辐射率的角度依赖性 $D(\theta)$ 定义为等式 $D(\theta, n) = \cos^n(\theta)$, 其中 θ 表示在平面光源(白色发光有机电致发光元件)的法线方向(正向)与层光源到检测器的方向之间的角度。

[0070] 假定在以上公式中 $n = 1$, 则平面光源的辐射分布是郎伯(Lambertian)分布,这是通常假定的。

[0071] 假定 $n > 1$, 则满足 50° 到 70° (50 到 70 度)范围中的角度的平均辐射率 < 在法线方向(0 度方向)上的辐射率的关系。

[0072] 假定 $n = 1$, 则满足对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辐射率 = 在法线方向上的辐射率的关系。

[0073] 假定 $n < 1$, 则满足对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辐射率 > 在法线方向上的辐射率的关系。

[0074] 图 1 示出在 $n < 1$ 、 $n = 1$ 和 $n > 1$ 的各情况下的辐射分布。在数值计算中,满足 $0 < \cos(\theta) < 1$ [$0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$] 的关系。假定 $0 < n_1 < n_2$, 满足对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辐射率除以法线方向上的辐射率的商 ($n = n_1$) > 对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辐射率除以法线方向上的辐射率的商 ($n = n_2$) 的关系。

[0075] 将郎伯分布定义为其中法线方向上的辐射率等于各个方向上的辐射率的辐射分布。

[0076] 光谱 $S(\lambda, \theta)$ 是在角度 θ 测量的四种发射光谱的合成光谱,如以下公式 (3) 定义的。

[0077] [数学运算式 1]

[0078]

$$S(\lambda, \theta) = P_A \times D(\theta, n_A) \times G(\lambda_{pA}, \sigma_A) + P_B \times D(\theta, n_B) \times G(\lambda_{pB}, \sigma_B) + P_C \times D(\theta, n_C) \times G(\lambda_{pC}, \sigma_C) + P_D \times D(\theta, n_D) \times G(\lambda_{pD}, \sigma_D) \quad (3)$$

[0079] P_A 、 P_B 、 P_C 和 P_D 分别是与发光掺杂剂“A”、“B”、“C”和“D”的发射强度成比例的量。 $D(\theta, n_A)$ 、 $D(\theta, n_B)$ 、 $D(\theta, n_C)$ 和 $D(\theta, n_D)$ 分别表示发光掺杂剂“A”、“B”、“C”和“D”的辐射率的角度依赖性。此外, λ_{pA} 、 λ_{pB} 、 λ_{pC} 和 λ_{pD} 分别表示发光掺杂剂“A”、“B”、“C”和“D”

的峰值波长 (nm)。而且， σ_A 、 σ_B 、 σ_C 和 σ_D 分别表示发光掺杂剂“A”、“B”、“C”和“D”的发射光谱的标准偏差。

[0080] 表 1 示出用于计算光谱的条件（例如，发射光谱的峰值波长、标准偏差，峰值强度和辐射率的角度依赖性）。此外，表 1 示出在这些条件下从观测角得到的色度的差。在表 1 中的全部光谱中，法线方向上的光谱一致。因此，关于表 1 中所示的前述四个条件，除了发射颜色的发射强度的角度依赖性以外，对于计算条件没有区别。

[0081] [表 1]

[0082]

		S1	S2	S3	S4
A	中心波长 λ_{pA} (nm)	450			
	标准偏差 σ_A (nm)	20			
	强度 P_A	0.2			
	n_A	0.8			
B	中心波长 λ_{pB} (nm)	520			
	标准偏差 σ_B (nm)	20			
	强度 P_B	0.6			

[0083]

	n_B	1.0	1.3	0.9	1.1
C	中心波长 λ_{pC} (nm)	570			
	标准偏差 σ_C (nm)	20			
	强度 P_C	0.5			
	n_C	1.3	1.0	1.1	0.9
D	中心波长 λ_{pD} (nm)	615			
	标准偏差 σ_D (nm)	20			
	强度 P_D	20			
	n_D	1.3		1.2	
正面色度 (CIE.x, CIE.y)		0.431,0.438	0.431,0.438	0.431,0.438	0.431,0.438
色度变化 CIE.x		0.066	0.032	0.055	0.031
色度变化 CIE.y		0.025	0.034	0.006	0.013
正面色度 u', v'		0.233,0.533	0.233,0.533	0.233,0.533	0.233,0.533
色度变化 u'		0.031	0.007	0.031	0.014
色度变化 v'		0.019	0.017	0.010	0.009
$\Delta(x,y)$		0.071	0.047	0.055	0.033
$\Delta(u',v')$		0.036	0.019	0.032	0.016

[0084] 假定对于 S1 和 S2, $n_A = 0.8$, $n_D = 1.3$, 满足对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的 (在发光掺杂剂“A”的峰值波长中的) 商 > 对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的 (在发光掺杂剂“D”的峰值波长中的) 商的关系。

[0085] 假定对于 S1, $n_B = 1.0$, $n_C = 1.3$, 在 S1 中满足对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的 (在发光掺杂剂“C”的峰值波长中的) 商 < 对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的 (在发光掺杂剂“B”的峰值波长中的) 商的关系。

[0086] 假定对于 S2, $n_B = 1.3$, $n_C = 1.0$, 在 S2 中满足对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的 (在发光掺杂剂“C”的峰值波长中的) 商 > 对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的 (在发光掺杂剂“B”的峰值波长中的) 商的关系。

[0087] S1 与 S2 之间的比较得出结论: S2 在 CIE 标准比色系统和 $u' v'$ 比色系统的每一个中均具有发射颜色的小视角依赖性。

[0088] 对于具有不同角度依赖性的 S3 和 S4, 以类似方式检验发射颜色的视角依赖性。

[0089] 在 S3 和 S4 中, 满足对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的 (在发光掺杂剂“A”的峰值波长中的) 商 < 对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的 (在发光掺杂剂“D”的峰值波长中的) 商的关系。

[0090] 假定对于 S3, $n_B = 0.9$, $n_C = 1.2$, 在 S3 中满足对于 50° 到 70° 范围中的角度的

平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“C”的峰值波长中的）商 > 对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“B”的峰值波长中的）商的关系。

[0091] 假定对于 S4, $n_b = 1.2$, $n_c = 0.9$, 在 S4 中满足对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“C”的峰值波长中的）商 < 对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“B”的峰值波长中的）商的关系。

[0092] S3 与 S4 之间的比较得出结论 :S4 在 CIE 标准比色系统和 $u'v'$ 比色系统的每一个中均具有发射颜色的小视角依赖性。换句话说, 将满足以下关系的配置断定为对于减小视角依赖性是有用的 :对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“A”的峰值波长中的）商 > 对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“D”的峰值波长中的）商 ; 以及对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“C”的峰值波长中的）商 > 对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“B”的峰值波长中的）商。

[0093] 表 1 中所示的角度依赖性是在单独使用发光掺杂剂时它们各自的角度依赖性。在发光掺杂剂（例如, 四种发光掺杂剂）被混合的条件下, 对于发光掺杂剂的峰值波长, 略微影响以下商之间的量值关系 :对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“A”的峰值波长中的）商与对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“D”的峰值波长中的）商 ; 以及对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“C”的峰值波长中的）商与对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“B”的峰值波长中的）商。此外, 与单独使用掺杂剂的条件下的角度依赖性相比, 在混合条件下, 发光掺杂剂的峰值波长的角度依赖性受到其他发光掺杂剂的峰值波长的角度依赖性的影响。然而, 即使在混合条件下, 当每一个发光掺杂剂的峰值大于最大峰值约 0.1 倍时, 相关于峰值波长的商的量值关系（不等式关系）基本上不改变。因此, 在混合条件下, 关于对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在各自峰值波长中的）商的掺杂剂之间的量值关系（不等式关系）可能等于单独使用发光掺杂剂时, 关于对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的商的量值关系（不等式关系）。

[0094] 图 2 示出关于表 1 中所示的 S2 的发射光谱的角度依赖性。图 3 示出关于表 1 中所示的 S2 的发射光谱（在最大强度的波长处归一化）的角度依赖性。根据基于图 2 中所示的发光掺杂剂“A”、“B”、“C”和“D”的总和的这一模拟, 假定波长是 450nm、520nm、570nm 和 615nm, 商（每一个商均定义为对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的商）分别确认为 1.16、0.81、0.97 和 0.81。因此, 在用于四个颜色的发光掺杂剂的光谱的总和中, 断定满足由以下不等式定义的关系 :对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“A”的峰值波长中的）商 > 对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“D”的峰值波长中的）商 ; 以及对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“C”的峰值波长中的）商 > 对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的（在发光掺杂剂“B”的峰值波长中的）商。

[0095] 关于表 1 中所示的 S2, 发光掺杂剂“C”的峰值波长是 570nm 并且辐射分布是郎伯分布 ($n_c = 1$)。在仅是发光掺杂剂“C”起作用的简单条件下, 对于 50° 到 70° 范围中的角

度的平均辉度除以正面辉度的商必须为 1.0。因此,在四种掺杂剂的总和的光谱中的发光掺杂剂的波长中各自的与辉度有关的角度依赖性确实不同于在单独使用每一种掺杂剂时的发光掺杂剂的角度依赖性。然而,在将每一个商定义为对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的商的情况下,该效果并未强到足以改变掺杂剂之间的商的量值关系。可能因为以峰值波长发光的发光掺杂剂的角度依赖性主要受到以这个峰值波长发光的掺杂剂的影响。

[0096] 随后,检验峰值波长与视角依赖性之间的关系。

[0097] 比较表 2 中的 T1、T2 和 T3。T1、T2 和 T3 示出当选自于发光掺杂剂“A”、“B”、“C”和“D”中的发光掺杂剂“B”的峰值波长改变时,发射颜色的角度依赖性。图 4 是具有菱形标记的色度图,菱形标记指示 $u'v'$ 比色系统中对应于 T1 中使用的发光掺杂剂“A”、“B”、“C”和“D”的峰值波长的各自坐标。图 4 中的圆形标记指示 $u'v'$ 比色系统中的对应于 T1、T2 和 T3 中的发光掺杂剂“B”的峰值波长的坐标,它们的峰值波长分别为 520nm、500nm 和 490nm。注意, $u'v'$ 比色系统中的对应于峰值波长的前述坐标指的是对应于在峰值波长中光谱的尖峰(其标准偏差为 1nm)的坐标。

[0098] [表 2]

[0099]

		T1	T2	T3	U1	U2
A	中心波长 λ_{pA} (nm)	450				
	标准偏差 σ_A (nm)	20				
	强度 P_A	0.2				
	n_A	0.8				
B	中心波长 λ_{pB} (nm)	520	500	490	520	500
	标准偏差 σ_B (nm)	20				
	强度 P_B	0.6				
	n_B	1.3			1.0	
C	中心波长 λ_{pC} (nm)	570				
	标准偏差 σ_C (nm)	20				
	强度 P_C	0.5				
	n_C	1.0			1.3	

[0100]

D	中心波长 λ_{pD} (nm)	615				
	标准偏差 σ_D (nm)	20				
	强度 P_D	0.9				
	n_D	1.3				
$\alpha / ^\circ$ (CIE.x, CIE.y)		55	18	4	55	18
$\beta / ^\circ$ (CIE.x, CIE.y)		51	38	17	51	38
正面色度 (CIE.x, CIE.y)		0.431, 0.438	0.423, 0.387	0.416, 0.354	0.431, 0.438	0.423, 0.387
色度变化 CIE.x		0.031	0.030	0.028	0.066	0.069
色度变化 CIE.y		0.034	0.021	0.012	0.025	0.041
正面色度 u', v'		0.233,0.355	0.249,0.342	0.259,0.331	0.233,0.355	0.249,0.342
色度变化 u'		0.007	0.011	0.014	0.031	0.030
色度变化 v'		0.017	0.014	0.010	0.019	0.029
$\Delta(x,y)$		0.047	0.037	0.030	0.071	0.081
$\Delta(u',v')$		0.019	0.017	0.017	0.036	0.041

[0101] 假定对于 T1、T2 和 T3 中每一个, $n_A = 0.8$ 且 $n_D = 1.3$, 从 0° 至 80° , 发射颜色变得可能易受到发光掺杂剂“A”的影响, 而不是发光掺杂剂“D”。当在 $u' v'$ 比色系统中将矢量定义为具有指示在 0° 的颜色的起始点, 和指示在 80° 的颜色的终点时, 随着, 颜色沿图 4 中显示为在发光掺杂剂“A”与发光掺杂剂“D”之间的关系中角度从 0° 到 80° 的变化的矢量 (V) (矢量 DA) 而变化。于是, 为了借助于剩余颜色抑制颜色的沿矢量 DA 的变化, 颜色沿从“B”到“C”方向 (矢量 BC) 的变化可以抑制 (V) 的颜色的变化, 而这有可能是图 5 中以各自坐标显示的发光掺杂剂“B”。

[0102] 在表 2 中, α 由以下公式 (4) 定义, 并具有度的单位 (注意, “A”、“B”、“C”、和“D”的坐标在 CIE 比色系统中定义)。

[0103] [数学运算式 2]

$$[0104] \quad \cos \alpha = \frac{\left| \overrightarrow{DA} \cdot \overrightarrow{BC} \right|}{\left| \overrightarrow{DA} \right| \left| \overrightarrow{BC} \right|}$$

[0105] ... (4)

[0106] 在表 2 中, β 由以下公式 (5) 定义, 并具有度的单位 (注意, “A”、“B”、“C”、和“D”的坐标在 $u' v'$ 比色系统中定义)。

[0107] [数学运算式 3]

$$[0108] \quad \cos \beta = \frac{|\vec{DA} \cdot \vec{BC}|}{|\vec{DA}| |\vec{BC}|} \quad \dots(5)$$

[0109] 此外, α 和 β 分别表示 CIE 比色系统和 $u'v'$ 比色系统中的在矢量 DA 与矢量 BC 之间的角。

[0110] 在表 2 中分别作为 T1、T2 和 T3 检验了在发光掺杂剂“B”的波长为 520nm、500nm 和 490nm 的情况下发射颜色的视角依赖性。在 CIE 比色系统和 $u'v'$ 比色系统中, 在 T1、T2 和 T3 的矢量 DA 与矢量 BC 之间的角度都是递减的(以此顺序减小)。在 CIE 比色系统和 $u'v'$ 比色系统的每一个中, T1、T2 和 T3 的发射颜色的视角依赖性也是递减的(以此顺序减小)。注意, 为了参考而附上在 CIE 比色系统中的视角依赖性, 但在假定颜色空间中的距离恒定的 $u'v'$ 比色系统中的视角依赖性对于照明来说实际上是重要的。

[0111] 比较表 2 中所示的 U1 和 U2。在 U1 和 U2 的每一个中, 选自于发光掺杂剂“A”、“B”、“C”、和“D”中的发光掺杂剂“B”的波长改变。U1 和 U2 系列不同于 T1、T2 和 T3 系列, 具有相对于 T1、T2 和 T3 系列的相反的 n_B 与 n_C 的量值关系。

[0112] 假定在发光掺杂剂“A”和发光掺杂剂“D”的关系中, $n_A = 0.8$ 且 $n_D = 1.3$, 从 0° 至 80° , 发射颜色变得可能易于受到发光掺杂剂“A”的影响, 而不是发光掺杂剂“D”。当在 $u'v'$ 比色系统中将矢量定义为具有指示在 0° 的颜色的起始点和指示在 80° 的颜色的终点时, 在发光掺杂剂“A”和发光掺杂剂“D”之间的关系中, 颜色沿图 4 中所示的矢量 (V) (矢量 DA) 改变。

[0113] 假定在发光掺杂剂“B”和发光掺杂剂“C”的关系中, $n_B = 1.0$ 且 $n_C = 1.3$, 当在 $u'v'$ 比色系统中将矢量定义为具有指示在 0° 的颜色的起始点和指示在 80° 的颜色的终点时, 颜色沿从“C”到“B”的方向改变。在这一点上, 这个系列不同于前述 T1、T2 和 T3 的系列。

[0114] U1 与 U2 之间的比较教导: 视角依赖性在 $u'v'$ 比色系统以及 CIE 比色系统中随着矢量 DA 与矢量 BC 之间的角度的减小而增大。

[0115] 表 2 中所示的结果还教导: 通过控制沿相消方向的发光掺杂剂“B”和发光掺杂剂“C”的角度依赖性来抑制由发光掺杂剂“A”、“B”、“C”、和“D”组成的发射光谱的角度依赖性, 该相消方向允许消除起因于发光掺杂剂“A”和发光掺杂剂“D”的角度依赖性的发射颜色的变化。此外, 该结果教导: 矢量 DY 与矢量 BC 优选地平行或几乎平行, 其中: 以 $u'v'$ 比色系统中的对应于发光掺杂剂“A”的峰值波长的坐标和 $u'v'$ 比色系统中的对应于发光掺杂剂“D”的峰值波长的坐标来定义矢量 DA; 矢量 BC 是以 $u'v'$ 比色系统中的对应于发光掺杂剂“B”的峰值波长的坐标和 $u'v'$ 比色系统中的对应于发光掺杂剂“C”的峰值波长的坐标来定义的矢量。

[0116] 以如下的一般方式重新说明“相消方向”。如图 6 所示, 将矢量 X 和 Y 定义为具有相同的量值和相反的方向。于是, 检验在矢量 Z 和矢量 X 的总和与矢量 Z 和矢量 Y 的总和之间哪一个更小。

[0117] 根据公式 (6), 作为矢量 Y 和矢量 Z 的总和的矢量比作为矢量 X 和矢量 Z 的总和的矢量更小。

[0118] [数学运算式 4]

[0119]

$$|\vec{Z} + \vec{Y}|^2 - |\vec{Z} + \vec{X}|^2 = 2|\vec{Z}||\vec{Y}|(\cos(\gamma) - \cos(\delta)) < 0 \quad \dots(6)$$

$$\therefore |\vec{Y}| = |\vec{X}|$$

[0120] (γ : 矢量 Z 与矢量 Y 之间的角度 ($>90^\circ$))

[0121] (δ : 矢量 Z 与矢量 X 之间的角度 ($<90^\circ$))

[0122] 在至少四种发光掺杂剂中, 将这些发光掺杂剂定义为从短波长开始依次为发光掺杂剂“A”、发光掺杂剂“B”、发光掺杂剂“C”、和发光掺杂剂“D”。在 $u'v'$ 比色系统中将 (X_a, Y_a) 、 (X_b, Y_b) 、 (X_c, Y_c) 和 (X_d, Y_d) 定义为分别对应于发光掺杂剂“A”、发光掺杂剂“B”、发光掺杂剂“C”、和发光掺杂剂“D”的峰值波长的坐标。向将量 Z 定义为具有在对应于发光掺杂剂的峰值波长的坐标上的终点, 该发光掺杂剂的峰值波长趋向于在发光掺杂剂“A”和发光掺杂剂“D”的关系中从 0° 朝向 80° 变大, 及具有在对应于发光掺杂剂的峰值波长的坐标上的起始点, 该发光掺杂剂的峰值波长趋向于在该关系中从 0° 朝向 80° 变小。

[0123] 例如, 当满足对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的 (在发光掺杂剂“A”的峰值波长中的) 商 $>$ 对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的 (在发光掺杂剂“D”的峰值波长中的) 商的关系时, 从 0° 至 80° , 发光掺杂剂“A”的发射强度与发光掺杂剂“D”的相比变大。因此, 将矢量 Z 定义为 $(X_a - X_d, Y_a - Y_d)$ 。关于发光掺杂剂“B”和“C”, 将矢量 X 定义为发光掺杂剂“B”从 0° 至 80° 变大情况下的矢量, 将矢量 Y 定义为发光掺杂剂“C”变大情况下的矢量。换句话说, 将矢量 X 定义为 $(X_b - X_c, Y_b - Y_c)$, 将矢量 Y 定义为 $(X_c - X_b, Y_c - Y_b)$ 。假定峰值波长的色度坐标总是出现在 $u'v'$ 比色系统的外边缘, 发光掺杂剂“B”的峰值波长小于发光掺杂剂“C”的峰值波长, 以与上述类似的方式提供以下关系式 (7)

$$|\vec{Z} + \vec{Y}|^2 - |\vec{Z} + \vec{X}|^2 = 2|\vec{Z}||\vec{Y}|(\cos(\gamma) - \cos(\delta)) < 0 \quad (7)$$

$$\therefore |\vec{Y}| = |\vec{X}|$$

[0125] (γ : 矢量 Z 与矢量 Y 之间的角度 ($>90^\circ$))

[0126] (δ : 矢量 Z 与矢量 X 之间的角度 ($<90^\circ$))

[0127] 将矢量 Y 定义为相对于发光掺杂剂“B”和发光掺杂剂“C”, 在发光掺杂剂“C”变大情况下的矢量。

[0128] 以如下的一般方式重新说明以上的描述。在至少四种发光掺杂剂中, 将这些发光掺杂剂定义为从短波长开始依次为发光掺杂剂“A”、发光掺杂剂“B”、发光掺杂剂“C”、和发光掺杂剂“D”。在 $u'v'$ 比色系统中将 (X_a, Y_a) 、 (X_b, Y_b) 、 (X_c, Y_c) 和 (X_d, Y_d) 定义为分别对应于发光掺杂剂“A”、发光掺杂剂“B”、发光掺杂剂“C”、和发光掺杂剂“D”的峰值波长的坐标。向将量 Z 定义为具有在对应于发光掺杂剂的峰值波长的坐标上的终点, 该发光掺杂剂的峰值波长趋向于在发光掺杂剂“A”和发光掺杂剂“D”的关系中从 0° 至 80° 变大, 及具有在对应于发光掺杂剂的峰值波长的坐标上的起始点, 该发光掺杂剂的峰值波长趋向于在

发光掺杂剂“A”和发光掺杂剂“D”的关系中从 0° 至 80° 变小。向将量 Y 定义为具有在对应于发光掺杂剂的峰值波长的坐标上的终点,该发光掺杂剂的峰值波长趋向于在发光掺杂剂“B”和发光掺杂剂“C”的关系中从 0° 至 80° 变大,及具有在对应于发光掺杂剂的峰值波长的坐标上的起始点,该发光掺杂剂的峰值波长趋向于在发光掺杂剂“B”和发光掺杂剂“C”的关系中从 0° 至 80° 变小。在本应用中,重要的是设计发光掺杂剂“B”和发光掺杂剂“C”的角度依赖性,以使得在矢量 Z 与矢量 Y 之间的角度为钝角,以便减小发射光谱的发射颜色的视角依赖性。

[0129] 依据前述的原理显然地,优选地,发光掺杂剂“B”和发光掺杂剂“C”的峰值波长分别出现在 520nm 以上和以下,520nm 是 u' - v' 比色图中绿色区域的外边缘的峰值。简言之,优选地,发光掺杂剂“B”的峰值波长小于 520nm,发光掺杂剂“C”的峰值波长大于 520nm。

[0130] 在最优选的实施例中,两条线在 u' - v' 比色系统中平行,其中两条线之一连接对应于发光掺杂剂“A”的峰值波长的坐标与对应于发光掺杂剂“D”的峰值波长的坐标,另一条线连接对应于发光掺杂剂“B”的峰值波长的坐标与对应于发光掺杂剂“C”的峰值波长的坐标。而且,优选地,发光掺杂剂“A”的峰值波长在 450nm 到 470nm 范围中,发光掺杂剂“B”的峰值波长在 495nm 到 510nm 范围中,发光掺杂剂“C”的峰值波长在 540nm 到 480nm 范围中,发光掺杂剂“D”的峰值波长在 600nm 到 700nm 范围中,以便获得白色发射光谱。注意,已经开发了作为发光掺杂剂的各种发光材料,包括用于各种波长的单线态材料和三线态材料,因此根据本发明的发光掺杂剂的示例包括传统掺杂剂以及将开发的掺杂剂。

[0131] 在根据本发明的最优选的实施例中,当连接发光掺杂剂“A”和发光掺杂剂“D”的线与连接发光掺杂剂“B”和发光掺杂剂“C”的线平行或几乎平行,并且以改善显色性的方式来选择发光掺杂剂时,分别地,发光掺杂剂“A”的峰值波长在 450nm 到 470nm 范围中,发光掺杂剂“B”的峰值波长在 495nm 到 510nm 范围中,发光掺杂剂“C”的峰值波长在 540nm 到 580nm 范围中,发光掺杂剂“D”的峰值波长在 600nm 到 700nm 范围中。

[0132] 优选地,根据本发明的发光掺杂剂“A”、“B”、“C”和“D”选自于以下示例,但并非限制性的,传统材料也是可用的。

[0133] TBP 是用于发光掺杂剂“A”的示例。TBP 具有 442nm 的峰值波长,及在峰值波长的坐标 $(u', v') = (0.234, 0.035)$ 。香豆素 6 是用于发光掺杂剂“B”的示例。香豆素 6 具有 510nm 的峰值波长,及在峰值波长的坐标 $(u', v') = (0.005, 0.564)$ 。 $Bt_2Ir(acac)$ 是绿色发光掺杂剂和用于发光掺杂剂“C”的示例。 $Bt_2Ir(acac)$ 具有 570nm 的峰值波长,及在峰值波长的坐标 $(u', v') = (0.203, 0.570)$ 。 $Btp_2Ir(acac)$ 是用于发光掺杂剂“D”的示例。 $Btp_2Ir(acac)$ 具有 620nm 的峰值波长,及在峰值波长的坐标 $(u', v') = (0.520, 0.522)$ 。

[0134] 关于以上材料,TBP 是 1-叔丁基-二萘嵌苯。 $Bt_2Ir(acac)$ 是双(2-苯基苯并噻唑-N-C2)乙酰丙酮酸铱(III), $Btp_2Ir(acac)$ 是双(2-(2'-苯并噻吩基)吡啶-N,C3)乙酰丙酮酸铱(III),香豆素 6 是 3-(2-苯并噻唑基)-7-(二乙氨基)香豆素。

[0135] 多种材料用于发光掺杂剂“A”到“D”。用于蓝色区的单线态材料的示例包括 BCzVBi:4,4'-双(9-乙基-3-呋唑乙烯基)-1,1'-联苯)、二萘嵌苯、TBPe(2,5,8,11-四-叔丁基二萘嵌苯)、BCzVB(9H-呋唑-3,3'-(1,4-苯撑-2,1-乙烯-二基)双[9-乙基-(9C)])和 DPAVBi(4,4'-双[4-(二-对甲苯胺基)苯乙烯基]联苯)。用于蓝色区的三线态材料的示例包括 fac-Ir(Pmb)₃(三(1-苯基-3-甲基苯并咪唑

啉-2-亚基-C, C2') 和 mer-Ir(Pmb)₃(三(1-苯基-3-甲基苯并咪唑啉-2-亚基-C, C2'))。用于绿色到黄色区的单线态材料的示例包括香豆素 63-(2-苯并噻唑基)-7-(二乙氨基)香豆素、C545T(2, 3, 6, 7-四氢-1, 1, 7, 7-四甲基-1H, 5H, 11H-10-(2-苯并噻唑基)喹啉并[9, 9a, 1gh]香豆素)、DMQA(N, N'-二甲基-噻吡啶酮)、BA-TAD(N¹⁰, N¹⁰, N^{10'}, N^{10'}-四苯基-9, 9'-二蒽-10, 10'-二胺)和红荧烯。用于绿色到黄色区的三线态材料的示例包括 Ir(ppy)₃(三(2-苯基吡啶)铱(III))、Ir(ppy)₂(acac)(双(2-苯基吡啶)(乙酰丙酮酸)铱(III))和 Ir(mppy)₃(三[2-(对甲苯基)吡啶]铱(III))。用于红色区的单线态材料的示例包括 DCM2(4-(二氰亚甲基)-2-甲基-6-久洛尼定-9-烯基-4H-吡喃)和 DCJT(4-(二氰亚甲基)-2-甲基-6-(1, 1, 7, 7-四甲基久洛尼定-9-烯基)-4H-吡喃)。用于红色区的三线态材料的示例包括 Ir(btp)₂(acac)(双(2-苯并[b]噻吩-2-基-吡啶)(乙酰丙酮酸)铱(III))、Ir(piq)₃(三(1-苯基异喹啉)铱(III))和 Ir(piq)₃(acac)(双(1-苯基异喹啉)(乙酰丙酮)铱(III))。

[0136] 在用于有机电致发光元件的普通白色发光有机电致发光元件中, 发光掺杂剂“A”实际上是蓝色发光材料(峰值波长是 500nm 或更短), 发光掺杂剂“D”是红色发光材料(峰值波长是 600nm 或更长)。发光掺杂剂“B”和“C”绿色或黄色发光材料(峰值波长在 500nm 到 600nm 之间)。普通蓝色发光材料的内量子效率低于用于其它颜色的发光掺杂剂的内量子效率。使用具有低内量子效率但具有长使用寿命的单线态材料作为蓝色发光材料, 因为作为蓝色发光材料的三线态材料使用寿命较短。因此, 在如 JP2004-335183 A 中所描述的在光提取面上不形成光漫射区的条件下, 对于蓝色发光掺杂剂的发射强度, 优选地, 促成在法线方向上的相消干扰和在倾斜方向上的相长干涉, 随后通过形成光漫射层来改善蓝色发光掺杂剂的发光效率。换句话说, 优选地, 在没有光漫射层的情况下, 满足对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的(在发光掺杂剂“A”的峰值波长中的)商 > 1 的关系, 并且因此使用光漫射层来改善来自蓝色发光掺杂剂的发光效率的增益。

[0137] 当存在除了红色以外的其它颜色的发光层时, 红色发光层的发光效率常常可能高于用于其它颜色的发光层的发光效率。因此, 红光的发射强度可能在高效率白色发光有机电致发光元件中很大。在此情况下, 优选地, 在没有光漫射层的情况下, 满足对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的(在发光掺杂剂“D”的峰值波长中的)商 < 1 的关系, 并且因此使用光漫射层减小来自红色发光掺杂剂的发光效率的增益。

[0138] 注意, 发光层与阴极(通常是反射电极)之间的距离定义并控制发光掺杂剂的干涉。当满足由公式(8)定义的关系时, 在倾斜方向上发生相长干涉, 其中, λ 表示包含感兴趣的发光掺杂剂的发光层的发射波长, d 表示发光层与阴极之间的距离, n 表示介于发光层与阴极之间的层的折射率。

[0139] [数学运算式 6]

$$[0140] \quad \frac{0.3\lambda}{n} < d < \frac{0.7\lambda}{n} \quad (8)$$

[0141] [数学运算式 7]

$$[0142] \quad 0 < d < \frac{0.25\lambda}{n} \quad (9)$$

[0143] 当满足由公式 (9) 定义的关系式时,在法线方向上发生相长干涉。

[0144] 对于光学干涉的设计不限于上述的这种设计,其他传统技术也是可用的。控制对于 50° 到 70° 范围中的角度的平均辉度除以正面辉度的商大于 1 或者小于 1 的这种方法 是公知的。

[0145] 以上说明针对在阴极是反射电极情况下用于控制干涉的方法。然而,即使当阴极 不是反射电极时,也可以通过用于光学干涉的模拟数值分析等,来估计是在法线方向上还 是在倾斜方向上发生相长干涉,可以通过适当地调整空穴传输层、电子传输层和发光层的 膜厚度来控制这种干涉。

[0146] 可以借助传统技术来控制光学干涉,已有说明关于为了郎伯分布在法线方向上 或者倾斜方向上造成相长干涉的这种技术的文献,例如,“Organic electroluminescence materials and displays”(CMC Publishing Co.,Ltd. 出版,第 298-310 页)、“Organic electroluminescence handbook”(Realize Science&Engineering Center/Sipecc Co.,LTD. 出版,第 203-228 页)、JP1994-240227 A 和 JP2006-165271 A。即使在具有集成 的光漫射层的基底上,或者在本身具有光漫射特性的基底上形成有机 EL 层的情况下,也可 以通过在相同条件下在不具有光漫射特性的基底上形成有机 EL 层来检验元件是否依据了 本发明,而没有光漫射层情况下的辉度分布是不明显的。此外,借助使用透射电子显微镜的 横截面观察以展现层的堆叠结构和膜厚度,在某种程度上可以估计辉度的角度分布。

[0147] 当发光掺杂剂“A”是单线态发光材料(单线态材料),发光掺杂剂“D”是三线态发 光材料(三线态材料)时,显著地展现了本发明的有利效果。在此情况下,发光掺杂剂“D” 以高于发光掺杂剂“A”的效率发光。因此,为了改善白色发光有机电致发光元件和包括光 漫射层的白色发光有机电致发光面板的效率,优选地,在形成光漫射层的条件下,从发光掺 杂剂“A”的发光效率的改善获得的增益大于从发光掺杂剂“D”的发光效率的改善获得的增 益。此外,发光掺杂剂“C”可以是三线态发光材料。利用是单线态材料的发光掺杂剂“A”, 可以获得具有高效率 and 长使用寿命的白光有机电致发光元件。

[0148] 当在阴极与阳极之间插入用于连接两个发光单元的中间连接层时,优选地,是单 线态发光材料的发光掺杂剂“A”包含在第一发光单元中,是三线态发光材料的发光掺杂剂 “D”包含在第二发光单元中,以便抑制能量转移。如果发光掺杂剂“C”是三线态发光材料, 发光掺杂剂“C”优选地包含在第二发光单元中。如果发光掺杂剂“B”是单线态发光材料, 发光掺杂剂“B”优选地包含在第一发光单元中。如果发光掺杂剂“B”是三线态发光材料, 发光掺杂剂“B”优选地包含在第二发光单元中。

[0149] 尤其是在设计用于发射具有在 2000K 到 4500K 范围中的相关色温的白光的白色发 光有机电致发光元件中,阳极和阴极中的一个优选地是反射电极,第一发光单元优选地比 第二发光单元更远离反射电极。这是因为从接近反射电极(但远离反射电极 50nm)的发光 单元的光学干涉获得的增益相比远离反射电极的另一个发光单元提供了更好的光提取效 率。如在 JP2000-243573 A 中说明的,接近反射电极的发光单元相比远离反射电极的发光 单元具有小干涉度,因此接近反射电极的发光单元的光学干涉提供了更好的增益。典型的

反射电极由金属（例如铝）构成。如果发光层过于接近金属，激发子可能从发光层转移到金属，从而导致猝灭。因此，从除了光学干涉以外的其他角度来看，优选地，发光层与阴极之间的距离是 30nm 或更大。在具有 2000K 到 4500K 范围中的相关色温的白光中，红色的发射强度相对较高，因此优选地，接近反射电极的发光单元包括用于红色的发光层。

[0150] 参考标记列表

[0151] S 白色发光有机电致发光元件

[0152] P 白色发光有机电致发光面板

[0153] 1 发光单元

[0154] 2 发光单元

[0155] 3 中间连接层

[0156] 10 阳极

[0157] 11 阴极

[0158] 12 光漫射层

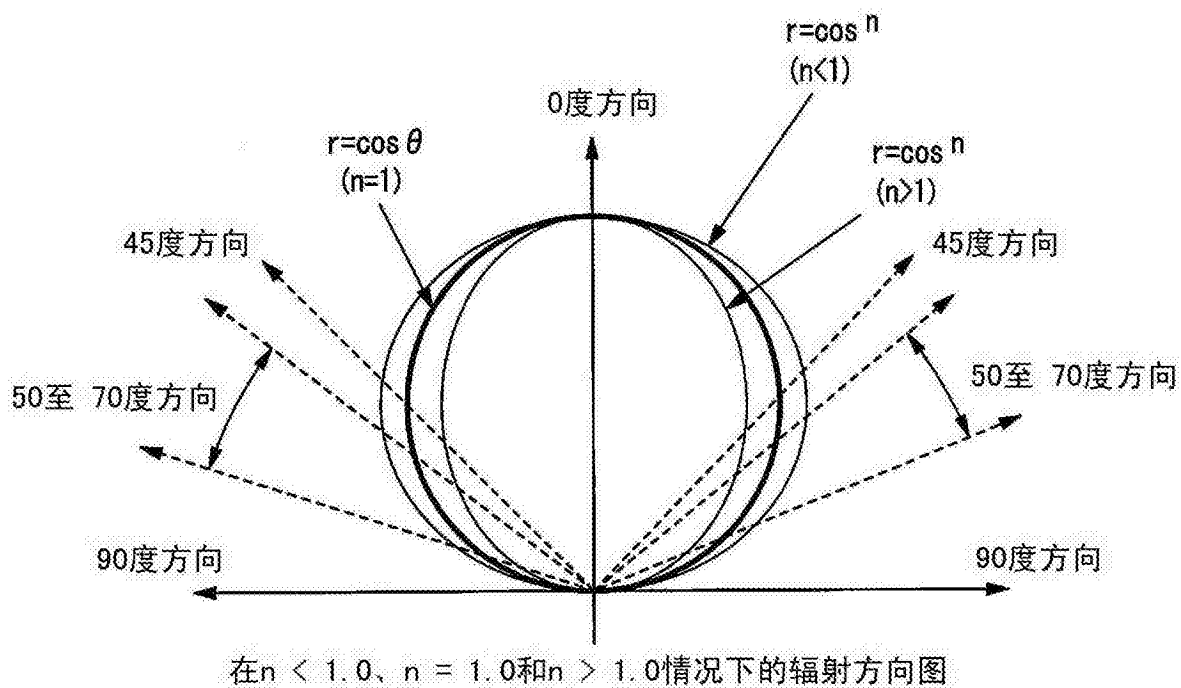


图 1

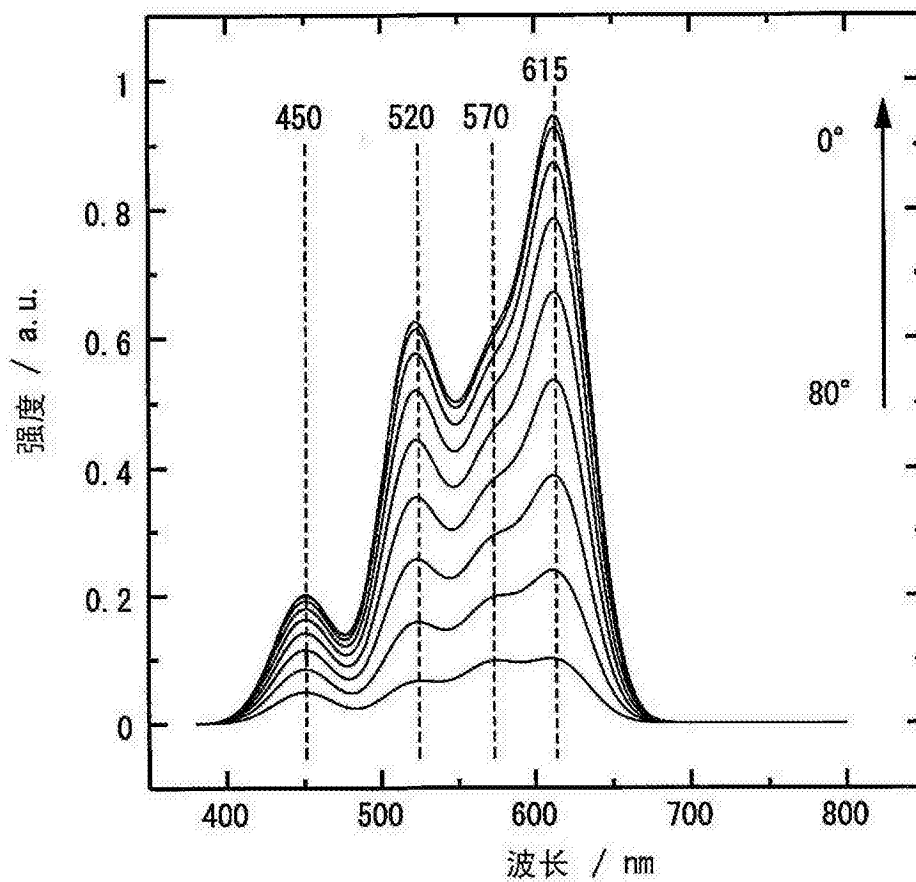


图 2

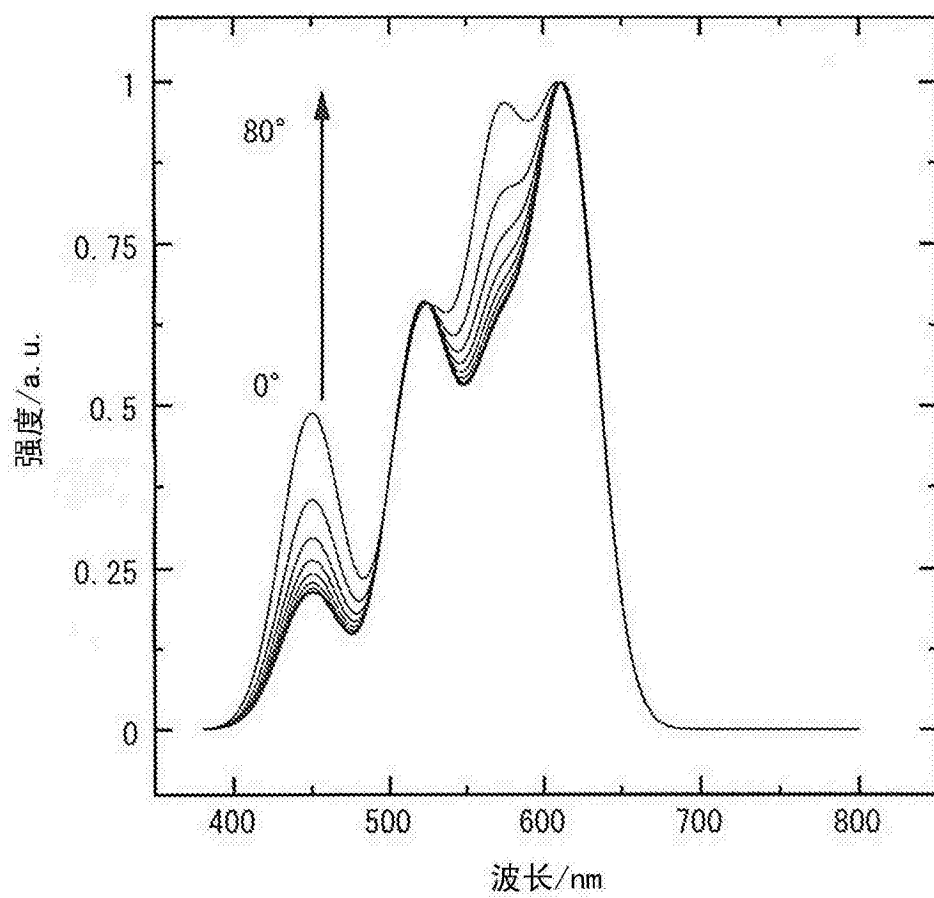


图 3

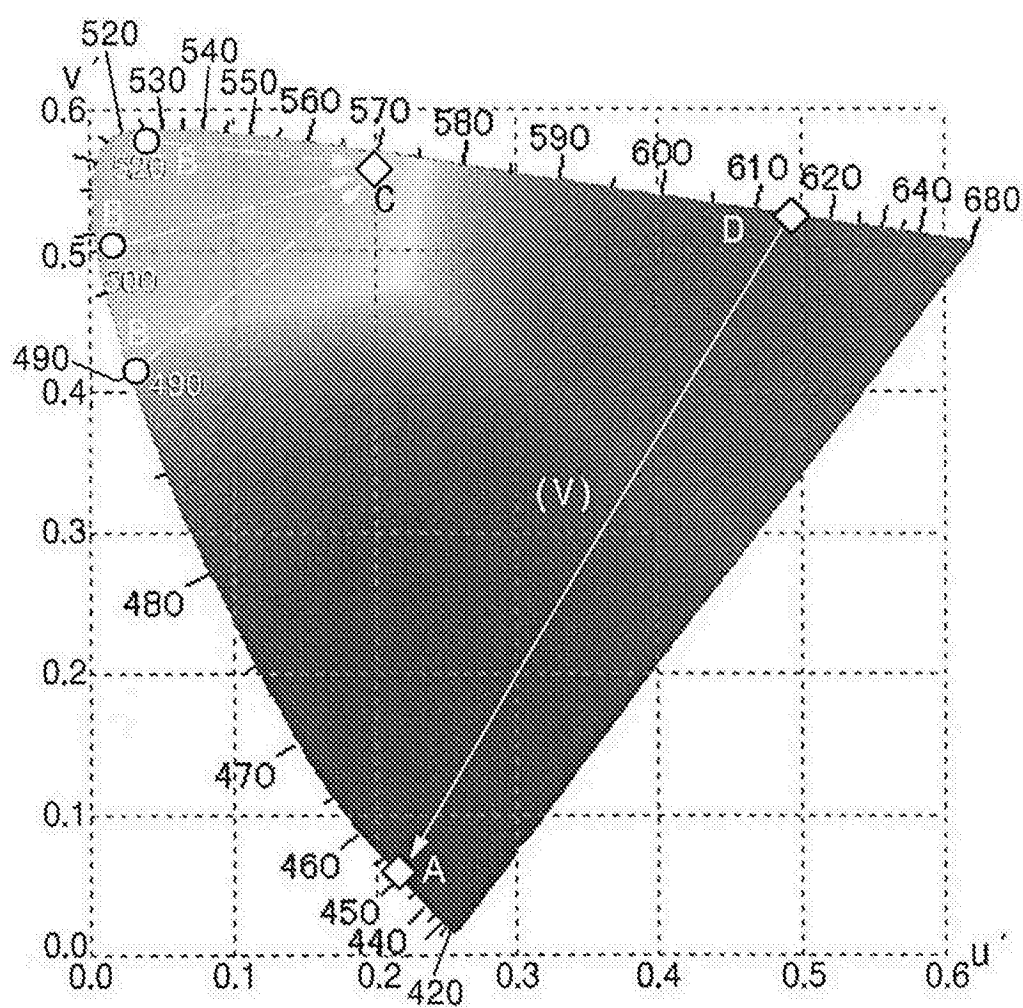


图 4

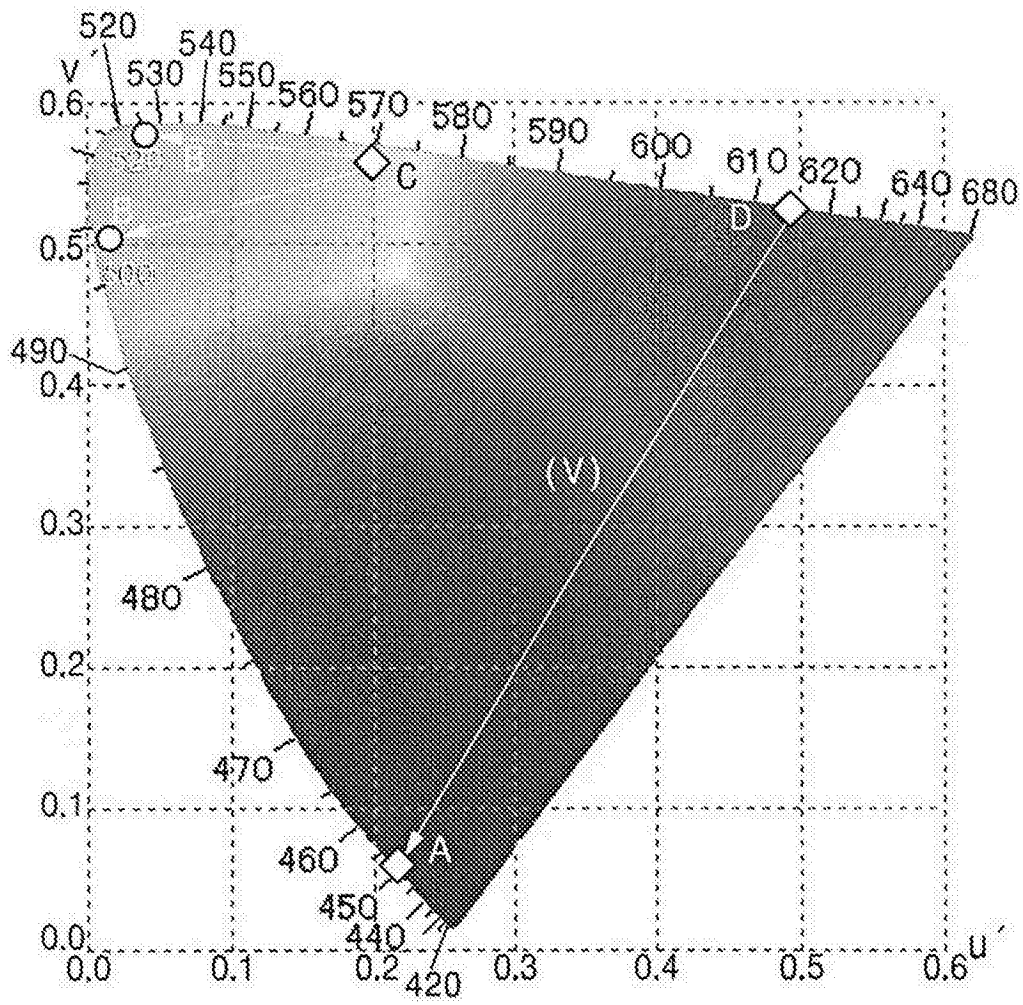


图 5

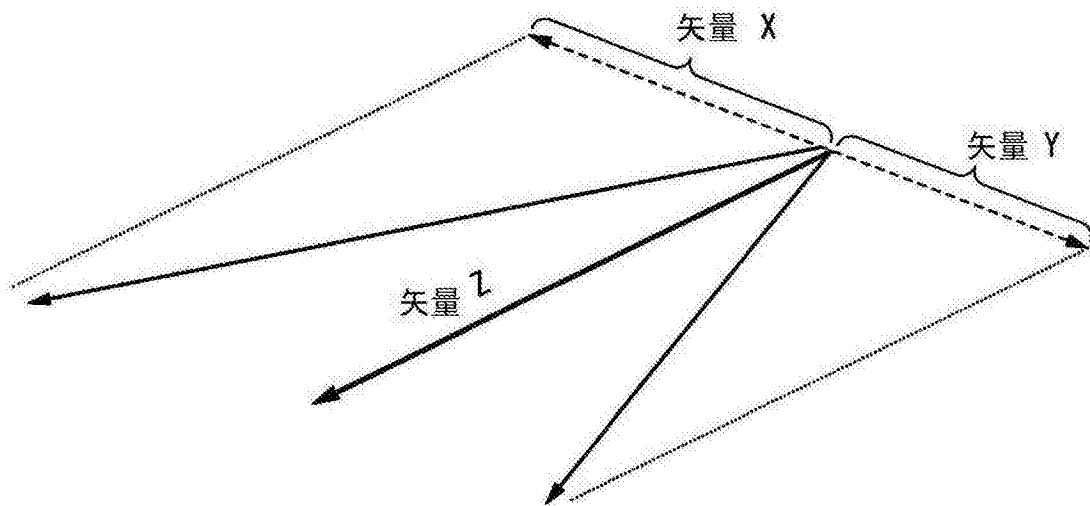


图 6

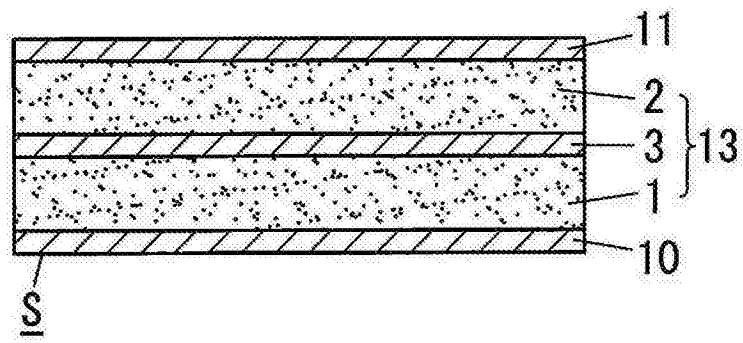


图 7A

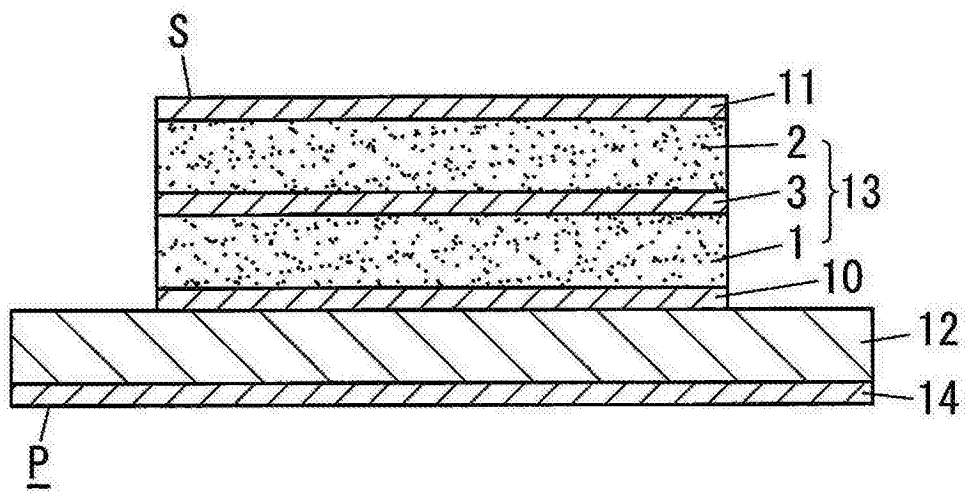


图 7B

专利名称(译)	白色发光有机电致发光元件和白色发光有机电致发光面板		
公开(公告)号	CN103608943B	公开(公告)日	2016-02-10
申请号	CN201280014972.5	申请日	2012-03-09
[标]申请(专利权)人(译)	松下电器产业株式会社		
申请(专利权)人(译)	松下电器产业株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	松下电器产业株式会社		
[标]发明人	葛冈义和 辻博也 佐佐木博之 小原贤 山江和幸		
发明人	葛冈义和 辻博也 佐佐木博之 小原贤 山江和幸		
IPC分类号	H01L51/50 G09F9/30 H01L27/32 H05B33/02 H05B33/12		
CPC分类号	H01L51/5024 H01L27/3209 H01L51/5036		
代理人(译)	陈松涛 韩宏		
审查员(译)	赵芳		
优先权	2011066567 2011-03-24 JP		
其他公开文献	CN103608943A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

提出了一种具有减小的视角依赖性的高效率的白色发光有机电致发光元件。白色发光有机电致发光元件包括存在于阴极和阳极之间的具有不同发射峰值波长的至少四种发光掺杂剂。四种发光掺杂剂包括各自的峰值波长依次变长的发光掺杂剂A、发光掺杂剂B、发光掺杂剂C、和发光掺杂剂D。发射光谱满足以下关系：（在发光掺杂剂A的峰值波长处）对于50°到70°的辉度平均值/正面辉度>（在发光掺杂剂D的峰值波长处）对于50°到70°的辉度平均值/正面辉度；以及（在发光掺杂剂C的峰值波长处）对于50°到70°的辉度平均值/正面辉度>（在发光掺杂剂B的峰值波长处）对于50°到70°的辉度平均值/正面辉度。

