



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102440073 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 08

(21) 申请号 201080020797. 1

H05B 33/04 (2006. 01)

(22) 申请日 2010. 08. 10

H05B 33/10 (2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2011. 11. 11

H05B 33/22 (2006. 01)

H05B 33/26 (2006. 01)

H05B 33/28 (2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2010/005028 2010. 08. 10

H05B 33/24 (2006. 01)

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02012/020452 JA 2012. 02. 16

(56) 对比文件

CN 101137257 A, 2008. 03. 05,

JP 2007123065 A, 2007. 05. 17,

US 2007029539 A1, 2007. 02. 08,

US 2007182319 A1, 2007. 08. 09,

(73) 专利权人 松下电器产业株式会社  
地址 日本大阪府

审查员 赵龙凤

(72) 发明人 仓田惠子 松末哲征 米田和弘

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所  
11247

代理人 徐健 段承恩

(51) Int. Cl.

H01L 51/50 (2006. 01)

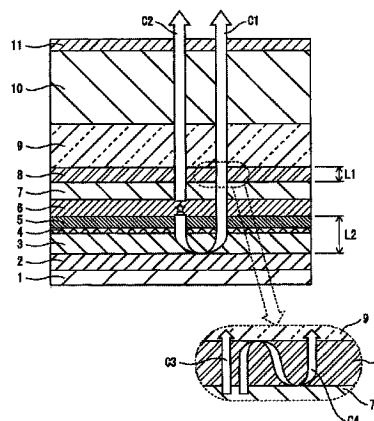
权利要求书6页 说明书14页 附图17页

(54) 发明名称

有机发光元件、有机发光装置、有机显示面板、有机显示装置以及有机发光元件的制造方法

(57) 摘要

本发明提供一种有机发光元件、有机发光装置、有机显示面板、有机显示装置以及有机发光元件的制造方法。有机发光元件包括反射阳极 (2)、透明阴极 (8)、出射蓝色光的有机发光层 (6)、配置在反射阳极 (2) 与有机发光层 (6) 之间的第 1 功能层、配置在有机发光层 (6) 与透明阴极 (8) 之间的第 2 功能层、配置在透明阴极 8 上的覆盖层。第 1 功能层的光学厚度为大于 0nm 且 316nm 以下。第 2 功能层中的与透明阴极 (8) 相邻的层和透明阴极 (8) 的折射率差为 0.1 以上且 0.7 以下。透明阴极 (8) 的厚度为大于 0nm 且 70nm 以下, 且折射率为 2.0 以上且 2.4 以下, 且光学厚度为大于 0nm 且 168nm 以下。覆盖层中的与透明阴极相邻的层和透明阴极 (8) 的折射率差为 0.1 以上且 0.7 以下。



1. 一种有机发光元件,包括:

第 1 电极,其对入射的光进行反射;

第 2 电极,其与所述第 1 电极相对地配置,对入射的光进行透射;

有机发光层,其配置在所述第 1 电极与所述第 2 电极之间,出射蓝色光;

第 1 功能层,其配置在所述第 1 电极与所述有机发光层之间,包括 1 层或 2 层以上的层;

第 2 功能层,其配置在所述有机发光层与所述第 2 电极之间,包括 1 层或 2 层以上的层;  
以及

覆盖层,其配置成覆盖所述第 2 电极,包括 1 层或 2 层以上的层,

所述有机发光元件形成有第 1 光路和第 2 光路,

所述第 1 光路是从所述有机发光层出射的所述蓝色光的一部分通过所述第 1 功能层而入射到所述第 1 电极,被所述第 1 电极反射后通过所述第 1 功能层、所述有机发光层、所述第 2 功能层、所述第 2 电极以及所述覆盖层而出射到外部,

所述第 2 光路是从所述有机发光层出射的所述蓝色光的剩余一部分不向所述第 1 电极侧行进而是通过所述第 2 功能层向所述第 2 电极行进,通过所述第 2 电极和所述覆盖层而出射到外部,

所述第 1 功能层的厚度为大于 0nm 且 316nm 以下,

所述第 2 功能层中的与所述第 2 电极相邻的层和所述第 2 电极的折射率差为 0.1 以上且 0.7 以下,

所述第 2 电极的厚度为大于 0nm 且 70nm 以下,且折射率为 2.0 以上且 2.4 以下,且光学厚度为大于 0nm 且 168nm 以下,

所述覆盖层中的与所述第 2 电极相邻的层和所述第 2 电极的折射率差为 0.1 以上且 0.7 以下,

所述第 1 功能层的厚度  $X_3$  和所述第 2 电极的厚度  $Y_3$  取由以下式 1 的关系式所包围的范围内的值,

式 1:

$$X_3 = R_x \cos \theta \cos \phi - R_y \sin \theta \sin \phi + X_0$$

$$Y_3 = R_x \cos \theta \sin \phi + R_y \sin \theta \cos \phi + Y_0$$

其中,  $-\phi \leq \theta \leq \pi - \phi$ ,

$$X_0 = 31, Y_0 = 35, R_x = 5.2, R_y = 27, \phi = 0.15 \text{rad}.$$

2. 一种有机发光元件,包括:

第 1 电极,其对入射的光进行反射;

第 2 电极,其与所述第 1 电极相对地配置,对入射的光进行透射;

有机发光层,其配置在所述第 1 电极与所述第 2 电极之间,出射蓝色光;

第 1 功能层,其配置在所述第 1 电极与所述有机发光层之间,包括 1 层或 2 层以上的层;

第 2 功能层,其配置在所述有机发光层与所述第 2 电极之间,包括 1 层或 2 层以上的层;  
以及

覆盖层,其配置成覆盖所述第 2 电极,包括 1 层或 2 层以上的层,

所述有机发光元件形成有第 1 光路和第 2 光路，

所述第 1 光路是从所述有机发光层出射的所述蓝色光的一部分通过所述第 1 功能层而入射到所述第 1 电极，被所述第 1 电极反射后通过所述第 1 功能层、所述有机发光层、所述第 2 功能层、所述第 2 电极以及所述覆盖层而出射到外部，

所述第 2 光路是从所述有机发光层出射的所述蓝色光的剩余一部分不向所述第 1 电极侧行进而是通过所述第 2 功能层向所述第 2 电极行进，通过所述第 2 电极和所述覆盖层而出射到外部，

所述第 1 功能层的光学厚度为大于 0nm 且 316nm 以下，

所述第 2 功能层中的与所述第 2 电极相邻的层和所述第 2 电极的折射率差为 0.1 以上且 0.7 以下，

所述第 2 电极的厚度为大于 0nm 且 70nm 以下，且折射率为 2.0 以上且 2.4 以下，且光学厚度为大于 0nm 且 168nm 以下，

所述覆盖层中的与所述第 2 电极相邻的层和所述第 2 电极的折射率差为 0.1 以上且 0.7 以下，

所述第 1 功能层的厚度 X3 和所述第 2 电极的厚度 Y3 取由以下式 2 的关系式所包围的范围内的值，

式 2：

$$X3 = R_x \cos \theta \cos \phi - R_y \sin \theta \sin \phi + X0$$

$$Y3 = R_x \cos \theta \sin \phi + R_y \sin \theta \cos \phi + Y0$$

其中， $-\phi \leq \theta \leq \pi - \phi$ ，

$$X0 = 130, Y0 = 35, R_x = 8, R_y = 15, \phi = 0.20\text{rad}。$$

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的有机发光元件，

所述第 2 功能层中的与所述第 2 电极相邻的层的折射率为 1.7 以上且 2.1 以下，

所述覆盖层中的与所述第 2 电极相邻的层的折射率为 1.7 以上且 2.1 以下。

4. 根据权利要求 1 所述的有机发光元件，

所述第 2 电极的厚度为 30nm 以上且 60nm 以下，光学厚度为 60nm 以上且 144nm 以下。

5. 根据权利要求 2 所述的有机发光元件，

所述第 2 电极的厚度为 30nm 以上且 70nm 以下，光学厚度为 60nm 以上且 168nm 以下。

6. 根据权利要求 1 或 2 所述的有机发光元件，

所述第 2 功能层具有向所述有机发光层输送电子的电子输送层，

所述第 2 电极是阴极，

所述覆盖层具有形成在所述阴极上的第 1 封止层和形成在所述第 1 封止层上的第 2 封止层。

7. 根据权利要求 6 所述的有机发光元件，

所述电子输送层的厚度为 31.5nm 以上且 38.5nm 以下，且折射率为 1.7 以上且 2.1 以下，

所述阴极的厚度为 31.5nm 以上且 38.5nm 以下，且折射率为 2.0 以上且 2.4 以下，且光学厚度为 63nm 以上且 92.4nm 以下，

所述第 1 封止层的膜厚为 558nm 以上且 682nm 以下，且折射率为 1.7 以上且 2.1 以下，

所述第 2 封止层的厚度为 5400nm 以上且 6600nm 以下,且折射率为 1.3 以上且 1.7 以下。

8. 根据权利要求 1 或 2 所述的有机发光元件,

所述第 1 电极是阳极,

所述第 1 功能层具有形成在所述阳极上的透明导电层、形成在所述透明导电层上的空穴注入层、以及形成在所述空穴注入层上的空穴输送层。

9. 根据权利要求 1 所述的有机发光元件,

所述第 1 电极是阳极,

所述第 1 功能层具有形成在所述阳极上的透明导电层、形成在所述透明导电层上的空穴注入层、以及形成在所述空穴注入层上的空穴输送层,

所述透明导电层的厚度为 14.4nm 以上且 17.6nm 以下,且折射率为 1.9 以上且 2.3 以下,

所述空穴注入层的厚度为 4.5nm 以上且 5.5nm 以下,且折射率为 1.8 以上且 2.2 以下,

所述空穴输送层的厚度为 9nm 以上且 11nm 以下,且折射率为 1.5 以上且 1.9 以下。

10. 根据权利要求 2 所述的有机发光元件,

所述第 1 电极是阳极,

所述第 1 功能层具有形成在所述阳极上的透明导电层、形成在所述透明导电层上的空穴注入层、以及形成在所述空穴注入层上的空穴输送层,

所述透明导电层的厚度为 63nm 以上且 77nm 以下,且折射率为 1.9 以上且 2.3 以下,

所述空穴注入层的厚度为 36nm 以上且 44nm 以下,且折射率为 1.8 以上且 2.2 以下,

所述空穴输送层的厚度为 18nm 以上且 22nm 以下,且折射率为 1.5 以上且 1.9 以下。

11. 根据权利要求 1 所述的有机发光元件,

所述第 1 功能层的光学厚度为 49.0nm 以上且 73.5nm 以下,

所述第 2 电极的光学厚度为 63nm 以上且 92.4nm 以下。

12. 根据权利要求 2 所述的有机发光元件,

所述第 1 功能层的光学厚度为 212nm 以上且 316nm 以下,

所述第 2 电极的光学厚度为 63nm 以上且 92.4nm 以下。

13. 一种有机发光装置,其具有权利要求 1 ~ 12 中任意一项所述的有机发光元件。

14. 一种有机显示面板,其具有权利要求 1 ~ 12 中任意一项所述的有机发光元件。

15. 一种有机显示装置,其具有权利要求 1 ~ 12 中任意一项所述的有机发光元件。

16. 一种有机发光元件的制造方法,包括:

第 1 工序,准备对入射的光进行反射的第 1 电极;

第 2 工序,在所述第 1 电极上设置包括 1 层或 2 层以上的层的第 1 功能层;

第 3 工序,在所述第 1 功能层上设置出射蓝色光的有机发光层;

第 4 工序,在所述有机发光层上设置与所述第 1 功能层不同的包括 1 层或 2 层以上的层的第 2 功能层;

第 5 工序,在所述第 2 功能层上设置对入射的光进行透射的第 2 电极;以及

第 6 工序,设置包括 1 层或 2 层以上的层的覆盖层,以使得覆盖所述第 2 电极,

在所述第 2 工序中,所述第 1 功能层形成为光学厚度为大于 0nm 且 316nm 以下,

在所述第 4 工序中,所述第 2 功能层中与所述第 2 电极相邻的层使用与所述第 2 电极的折射率差为 0.1 以上且 0.7 以下的材料来形成,

在所述第 5 工序中,所述第 2 电极形成为厚度为大于 0nm 且 70nm 以下,且折射率为 2.0 以上且 2.4 以下,且光学厚度为大于 0nm 且 168nm 以下,

在所述第 6 工序中,所述覆盖层中的与所述第 2 电极相邻的层使用与所述第 2 电极的折射率差为 0.1 以上且 0.7 以下的材料来形成,

在所述第 5 工序中,所述第 2 电极的厚度 Y3 形成为相对于在所述第 2 工序中形成的第 1 功能层的厚度 X3 而取由以下式 1 的关系式所包围的范围内的值,

式 1:

$$X3 = R_x \cos \theta \cos \phi - R_y \sin \theta \sin \phi + X0$$

$$Y3 = R_x \cos \theta \sin \phi + R_y \sin \theta \cos \phi + Y0$$

其中,  $-\phi \leq \theta \leq \pi - \phi$ ,

$$X0 = 31, Y0 = 35, R_x = 5.2, R_y = 27, \phi = 0.15\text{rad}.$$

17. 一种有机发光元件的制造方法,包括:

第 1 工序,准备对入射的光进行反射的第 1 电极;

第 2 工序,在所述第 1 电极上设置包括 1 层或 2 层以上的层的第 1 功能层;

第 3 工序,在所述第 1 功能层上设置出射蓝色光的有机发光层;

第 4 工序,在所述有机发光层上设置与所述第 1 功能层不同的包括 1 层或 2 层以上的层的第 2 功能层;

第 5 工序,在所述第 2 功能层上设置对入射的光进行透射的第 2 电极;以及

第 6 工序,设置包括 1 层或 2 层以上的层的覆盖层,以使得覆盖所述第 2 电极,

在所述第 2 工序中,所述第 1 功能层形成为光学厚度为大于 0nm 且 316nm 以下,

在所述第 4 工序中,所述第 2 功能层中与所述第 2 电极相邻的层使用与所述第 2 电极的折射率差为 0.1 以上且 0.7 以下的材料来形成,

在所述第 5 工序中,所述第 2 电极形成为厚度为大于 0nm 且 70nm 以下,且折射率为 2.0 以上且 2.4 以下,且光学厚度为大于 0nm 且 168nm 以下,

在所述第 6 工序中,所述覆盖层中的与所述第 2 电极相邻的层使用与所述第 2 电极的折射率差为 0.1 以上且 0.7 以下的材料来形成,

在所述第 5 工序中,所述第 2 电极的厚度 Y3 形成为相对于在所述第 2 工序中形成的第 1 功能层的厚度 X3 而取由以下式 2 的关系式所包围的范围内的值,

式 2:

$$X3 = R_x \cos \theta \cos \phi - R_y \sin \theta \sin \phi + X0$$

$$Y3 = R_x \cos \theta \sin \phi + R_y \sin \theta \cos \phi + Y0$$

其中,  $-\phi \leq \theta \leq \pi - \phi$ ,

$$X0 = 130, Y0 = 35, R_x = 8, R_y = 15, \phi = 0.20\text{rad}.$$

18. 根据权利要求 16 或 17 所述的有机发光元件的制造方法,

在所述第 4 工序中,所述第 2 功能层中的与所述第 2 电极相邻的层使用折射率为 1.7 以上且 2.1 以下的材料来形成,

在所述第 6 工序中,所述覆盖层中的与所述第 2 电极相邻的层使用折射率为 1.7 以上

且 2.1 以下的材料来形成。

19. 根据权利要求 16 所述的有机发光元件的制造方法，

在所述第 1 工序中，作为所述第 1 电极而形成阳极，

所述第 2 工序是作为所述第 1 功能层而在所述阳极上形成透明导电层，在所述透明导电层上形成空穴注入层，在所述空穴注入层上形成空穴输送层的工序，

所述透明导电层使用折射率为 1.9 以上且 2.3 以下的材料而形成厚度为 14.4nm 以上且 17.6nm 以下，

所述空穴注入层使用折射率为 1.8 以上且 2.2 以下的材料而形成厚度为 4.5nm 以上且 5.5nm 以下，

所述空穴输送层使用折射率为 1.5 以上且 1.9 以下的材料而形成厚度为 9nm 以上且 11nm 以下，

在所述第 3 工序中，所述有机发光层使用折射率为 1.6 以上且 2.0 以下的材料而形成厚度为 36nm 以上且 44nm 以下，

在所述第 4 工序中，作为所述第 2 功能层，使用折射率为 1.7 以上且 2.1 以下的材料形成向所述有机发光层输送电子的电子输送层，使得所述电子输送层的厚度为 31.5nm 以上且 38.5nm 以下，

在所述第 5 工序中，作为所述第 2 电极，在所述电子输送层上使用折射率为 2.0 以上且 2.4 以下的材料形成阴极，使得所述阴极的厚度为 31.5nm 以上且 38.5nm 以下，且光学厚度为 63nm 以上且 92.4nm 以下，

所述第 6 工序是作为所述覆盖层，在所述阴极上形成第 1 封止层，在所述第 1 封止层上形成第 2 封止层的工序，

所述第 1 封止层使用折射率为 1.7 以上且 2.1 以下的材料而形成厚度为 558nm 以上且 682nm 以下，

所述第 2 封止层使用折射率为 1.3 以上且 1.7 以下的材料而形成厚度为 5400nm 以上且 6600nm 以下。

20. 根据权利要求 17 所述的有机发光元件的制造方法，

在所述第 1 工序中，作为所述第 1 电极而形成阳极，

所述第 2 工序是作为所述第 1 功能层，在所述阳极上形成透明导电层，在所述透明导电层上形成空穴注入层，在所述空穴注入层上形成空穴输送层的工序，

所述透明导电层使用折射率为 1.9 以上且 2.3 以下的材料而形成厚度为 63nm 以上且 77nm 以下，

所述空穴注入层使用折射率为 1.8 以上且 2.2 以下的材料而形成厚度为 36nm 以上且 44nm 以下，

所述空穴输送层使用折射率为 1.5 以上且 1.9 以下的材料而形成厚度为 18nm 以上且 22nm 以下，

在所述第 3 工序中，所述有机发光层使用折射率为 1.6 以上且 2.0 以下的材料而形成厚度为 36nm 以上且 44nm 以下，

在所述第 4 工序中，作为所述第 2 功能层，使用折射率为 1.7 以上且 2.1 以下的材料形成向所述有机发光层输送电子的电子输送层，使得所述电子输送层的厚度为 31.5nm 以上

且 38.5nm 以下,

在所述第 5 工序中,作为所述第 2 电极,在所述电子输送层上使用折射率为 2.0 以上 2.4 以下的材料来形成阴极,使得所述阴极的厚度为 31.5nm 以上且 38.5nm 以下,且光学厚度为 63nm 以上且 92.4nm 以下,

所述第 6 工序是作为所述覆盖层,在所述阴极上形成第 1 封止层,在所述第 1 封止层上形成第 2 封止层的工序,

所述第 1 封止层使用折射率为 1.7 以上且 2.1 以下的材料而形成厚度为 558nm 以上且 682nm 以下,

所述第 2 封止层使用折射率为 1.3 以上且 1.7 以下的材料而形成厚度为 5400nm 以上且 6600nm 以下。

## 有机发光元件、有机发光装置、有机显示面板、有机显示装置以及有机发光元件的制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及利用了有机材料的电致发光现象的有机发光元件,尤其涉及有机发光元件的光学设计。

### 背景技术

[0002] 近年来,作为用于数字电视机等显示装置的显示面板,提出有采用利用了有机材料的电致发光现象的有机 EL(Electro Luminescence:电致发光)面板的方案。有机 EL 面板具有排列有红、绿、蓝各种颜色的有机发光元件的结构。

[0003] 在有机 EL 面板中,从降低功耗和延长寿命等观点来看,重要的是使有机发光元件的光取出效率提高。因此,在专利文献 1 中提出了如下技术方案:在基板上层叠有反射阳极、透明导电层、空穴注入层、空穴输送层、有机发光层、电子输送层、电子注入层、透明阴极的有机发光元件中,通过利用从有机发光层直接射向透明阴极的光与被反射阳极反射而从有机发光层射向透明阴极的光的干涉效应,从而提高光取出效率。具体而言,记载了:当将透明导电层(折射率 2.2)的厚度设为 183nm、将空穴注入层(折射率 1.85)的厚度设为 80nm、将空穴输送层(折射率 1.85)的厚度设为 20nm 时,波长 470nm 的蓝色光的光取出效率从 2.0% 提高到 3.0%(第 0043 ~ 0045 段)。

[0004] 在先技术文献:

[0005] 专利文献 1:日本特开 2003-272855 号公报

### 发明内容

[0006] 发明要解决的问题

[0007] 然而,在有机发光元件中,蓝色光的光取出效率与绿色光、红色光的光取出效率相比,可以说尚且不足,还有改善的余地。

[0008] 因此,本发明的目的在于提供一种能提高蓝色光的光取出效率的有机发光元件、有机发光装置、有机显示面板、有机显示装置以及有机发光元件的制造方法。

[0009] 用于解决问题的手段

[0010] 作为本发明的一种方式有机发光元件包括:第 1 电极,其对入射的光进行反射;第 2 电极,其与所述第 1 电极相对地配置,对入射的光进行透射;有机发光层,其配置在所述第 1 电极与所述第 2 电极之间,出射蓝色光;第 1 功能层,其配置在所述第 1 电极与所述有机发光层之间,包括 1 层或 2 层以上的层;第 2 功能层,其配置在所述有机发光层与所述第 2 电极之间,包括 1 层或 2 层以上的层;以及覆盖层,其配置成覆盖所述第 2 电极,包括 1 层或 2 层以上的层,所述有机发光元件形成有第 1 光路和第 2 光路,所述第 1 光路是从所述有机发光层出射的所述蓝色光的一部分通过所述第 1 功能层而入射到所述第 1 电极,被所述第 1 电极反射后通过所述第 1 功能层、所述有机发光层、所述第 2 功能层、所述第 2 电极以及所述覆盖层而出射到外部,所述第 2 光路是从所述有机发光层出射的所述蓝色光的剩余

一部分不向所述第 1 电极侧行进而是通过所述第 2 功能层向所述第 2 电极行进,通过所述第 2 电极和所述覆盖层而出射到外部,所述第 1 功能层的光学厚度为大于 0nm 且 316nm 以下,所述第 2 功能层中的与所述第 2 电极相邻的层和所述第 2 电极的折射率差为 0.1 以上且 0.7 以下,所述第 2 电极的厚度为大于 0nm 且 70nm 以下,且折射率为 2.0 以上且 2.4 以下,且光学厚度为大于 0nm 且 168nm 以下,所述覆盖层中的与所述第 2 电极相邻的层和所述第 2 电极的折射率差为 0.1 以上且 0.7 以下。

[0011] 发明的效果

[0012] 在作为本发明的一种方式有机发光元件中,由于第 1 功能层的厚度得到了适当的调整,所以能够通过从有机发光层出射而直接射向第 2 电极的光与从有机发光层出射而被第 1 电极反射后射向第 2 电极的光的干涉效应来加强蓝色光。而且,由于第 2 电极和与其相邻的层的折射率差以及第 2 电极的厚度得到了适当的调整,所以能够通过第 2 电极内的多重反射来进一步加强蓝色光。由于这相辅相乘的效应,能够大幅度提高蓝色光的光取出效率。

#### 附图说明

[0013] 图 1 是表示配置在有机发光层与反射阳极之间的功能层的厚度 L2 和光取出效率的关系的图。

[0014] 图 2 是表示透明阴极的厚度和光取出效率的关系的图。

[0015] 图 3 是表示配置在有机发光层与反射阳极之间的功能层的厚度和光取出效率的关系的图。

[0016] 图 4 是示意表示本发明实施方式涉及的有机发光元件的构造的图。

[0017] 图 5 是表示本发明实施方式涉及的有机发光元件所形成的光路的图。

[0018] 图 6 是表示有机发光元件的各层的折射率、消光系数、膜厚 (nm) 以及光学膜厚 (nm) 的图。

[0019] 图 7 是映射 (mapping) 了辉度与 xy 色度的 y 值之比的图。

[0020] 图 8 是标绘有位于辉度与 y 值之比为 335 以上或小于 335 的边界的数据、和由式 1 得到的数据的图。

[0021] 图 9 是映射了通过滤色器进行了色度修正的情况下的光取出效率与 xy 色度的 y 值之比的图。

[0022] 图 10 是用于在透明阴极的厚度为 100nm 的情况下和为 35nm 的情况下比较红、绿、蓝各种颜色的光取出效率和色度的图。

[0023] 图 11 是表示有机发光元件的各层的折射率、消光系数、膜厚 (nm) 以及光学膜厚 (nm) 的图。

[0024] 图 12 是映射了辉度与 xy 色度的 y 值之比的图。

[0025] 图 13 是标绘有位于辉度与 y 值之比为 285 以上或小于 285 的边界的数据、和由式 2 得到的数据的图。

[0026] 图 14 是映射通过滤色器进行了色度修正的情况下的光取出效率与 xy 色度的 y 值之比的图。

[0027] 图 15 是示意表示本发明实施方式涉及的有机显示面板的像素构造的剖视图。

- [0028] 图 16 是本发明实施方式涉及的有机显示装置的功能框图。
- [0029] 图 17 是示例本发明实施方式涉及的有机显示装置的外观的图。
- [0030] 图 18 是用于说明本发明实施方式涉及的有机显示面板的制造方法的图。
- [0031] 图 19 是用于说明本发明实施方式涉及的有机显示面板的制造方法的图。
- [0032] 标号说明
- [0033] 1 :基板
- [0034] 2 :反射阳极
- [0035] 3 :透明导电层
- [0036] 4 :空穴注入层
- [0037] 5 :空穴输送层
- [0038] 6、6b、6g、6r :有机发光层
- [0039] 7 :电子输送层
- [0040] 8 :透明阴极
- [0041] 9 :薄膜封止层
- [0042] 10 :树脂封止层
- [0043] 11 :基板
- [0044] 12 :堤
- [0045] 13b、13g、13r :滤色器 ( 滤色片 )
- [0046] 15 :有机显示装置
- [0047] 16 :有机显示面板
- [0048] 17 :驱动控制单元
- [0049] 18 ~ 21 :驱动电路
- [0050] 22 :控制电路

### 具体实施方式

[0051] [ 得到本发明的一种方式的过程 ]

[0052] 以下,在具体说明本发明的方式之前,对得到本发明的方式的过程进行说明。

[0053] 首先,发明人们为了提高光取出效率而对有机发光元件采用谐振器 (cavity) 构造。具体而言,在基板上层叠有反射阳极、透明导电层、空穴注入层、空穴输送层、有机发光层、电子输送层、电子注入层、透明阴极的有机发光元件中,调整配置在反射阳极与有机发光层之间的功能层 (即透明导电层、空穴注入层以及空穴输送层) 的厚度,使得光由于干涉效应而被增强。

[0054] 图 1 是表示配置在有机发光层与反射阳极之间的功能层的厚度  $L_2$  和光取出效率的关系的图。如图 1 所示,当使功能层的厚度  $L_2$  变化时,光取出效率发生变化。通常,在谐振器构造中,调整功能层的厚度  $L_2$  以使得光取出效率呈现极大值。在本说明书中,为了便于说明,将这些谐振器构造按功能层厚度从小到大的顺序依次称作第 1 腔 (1st cavity)、第 2 腔 (2nd cavity)。根据发明人们的研究,明白了至少在蓝色光中当光取出效率为极大值时色度未必接近目标色度。当色度远离目标色度时,则需要相应地通过滤色器 (CF) 对色度修正,其结果,即使原本的光取出效率为极大值,也存在光取出效率会大幅度降低而变成非极

大值的情况。这种倾向特别是在第 2 腔时显著出现。于是,有时不是使功能层的厚度符合第 2 腔,而是主动地从 2nd cavity 错开而符合第 1 腔与第 2 腔之间。为方便起见,将此时的谐振器构造称作 1.5 腔 (1.5cavity)。从图 1 的结果来看可知,与第 2 腔相比,采用第 1 腔时能提高光取出效率。另外,在有 CF 的情况下,基于上述理由,与第 2 腔相比,采用 1.5 腔时能提高光取出效率。

[0055] 这样,通过采用谐振器构造,在某种程度上能提高光取出效率,但是蓝色光的光取出效率比绿色光、红色光的光取出效率低,可以说尚且不足以使采用了有机发光元件的有机显示装置产品化。因此,需要进一步提高光取出效率。

[0056] 作为有机发光元件的谐振器构造,有将阳极和阴极中的一方设为反射性并将另一方设为透射性的单侧反射型、和将阳极和阴极中的一方设为反射性并将另一方设为半反射性 (half mirror) 的两侧反射型。在发明人们研究的单侧反射型中,得知主要有助于光取出效率的是配置在反射阳极与有机发光层之间的功能层的厚度。因此,以往,不仅从电学的观点出发研究功能层的厚度,还从光学的观点出发研究功能层的厚度,但是功能层以外的层的厚度往往仅从发挥本来的功能的观点出发来进行研究。具体而言,覆盖透明电极而配置的封止层的厚度根据确保封止性的观点而被设定为几微米,透明阴极的厚度根据确保导电性的观点而被设定为数百纳米。

[0057] 如上所述,作为现有技术常识,只是停留在为了确保导电性而将透明阴极的厚度设为较厚的数百纳米即可这种程度的认知上。然而,发明人们没有局限于上述技术常识,对透明阴极的厚度也从光学的观点出发进行研究,明白了在透明阴极的厚度和光取出效率之间存在关联性。图 2 是表示透明阴极的厚度和光取出效率的关系的图。在此,标绘了采用 ITO (Indium Tin Oxide :氧化铟锡) 作为透明阴极、使用滤色器进行了色度修正以使得出射光的 xy 色度的 y 值成为 0.075 的情况下的光取出效率 (cd/A)。根据图 2 可知,当使透明阴极的厚度变化时,光取出效率周期性地变化。这启示了由于在透明阴极内的多重反射而出现光的干涉效应。另外,可知当使透明阴极的厚度在大于 0nm 且 70nm 以下的范围内时,与以往的 100nm 左右的情况相比,光取出效率变高。

[0058] 另外,在图 2 中是改变透明阴极的膜厚,但在图 3 中,使配置在有机发光层与反射阳极之间的透明导电层的厚度改变。根据图 3 可知,当透明导电层的厚度为 16nm (由于将空穴注入层的厚度设为 5nm,将空穴输送层的厚度设为 10nm,所以作为功能层的厚度,相当于 31nm) 时,透明阴极的厚度为 35nm 的情况下,与上述现有技术的 100nm 的情况相比,得到约 1.6 倍的光取出效率的提高。进而,根据图 3 可知,即使以 35nm 和 100nm 改变透明阴极的厚度,相对于功能层厚度的变化的光取出效率的变化的情形 (例如,光取出效率的峰值周期性出现、峰值的位置、第 1 腔的光取出效率比第 2 腔的光取出效率高等) 也几乎没有改变。这启示了能够分别独立地设计功能层的厚度和透明阴极的厚度,通过最适当地调整这两者就能够得到光取出效率的进一步提高。

[0059] 这种见解是发明人们从光学的观点出发也包括以往被忽略的透明阴极的厚度而进行了研究之后初次得到的。作为本发明的一种方式有机发光元件的结构是基于这样的新见解而获得的。

[0060] [ 本发明的一种方式概要 ]

[0061] 作为本发明的一种方式有机发光元件包括 :第 1 电极,其对入射的光进行反射 ;

第 2 电极,其与所述第 1 电极相对地配置,对入射的光进行透射;有机发光层,其配置在所述第 1 电极与所述第 2 电极之间,出射蓝色光;第 1 功能层,其配置在所述第 1 电极与所述有机发光层之间,包括 1 层或 2 层以上的层;第 2 功能层,其配置在所述有机发光层与所述第 2 电极之间,包括 1 层或 2 层以上的层;以及覆盖层,其配置成覆盖所述第 2 电极,包括 1 层或 2 层以上的层,所述有机发光元件形成有第 1 光路和第 2 光路,所述第 1 光路是从所述有机发光层出射的所述蓝色光的一部分通过所述第 1 功能层而入射到所述第 1 电极,被所述第 1 电极反射后通过所述第 1 功能层、所述有机发光层、所述第 2 功能层、所述第 2 电极以及所述覆盖层而出射到外部,所述第 2 光路是从所述有机发光层出射的所述蓝色光的剩余一部分不向所述第 1 电极侧行进而是通过所述第 2 功能层向所述第 2 电极行进,通过所述第 2 电极和所述覆盖层而出射到外部,所述第 1 功能层的光学厚度为大于 0nm 且 316nm 以下,所述第 2 功能层中的与所述第 2 电极相邻的层和所述第 2 电极的折射率差为 0.1 以上且 0.7 以下,所述第 2 电极的厚度为大于 0nm 且 70nm 以下,且折射率为 2.0 以上且 2.4 以下,且光学厚度为大于 0nm 且 168nm 以下,所述覆盖层中的与所述第 2 电极相邻的层和所述第 2 电极的折射率差为 0.1 以上且 0.7 以下。

[0062] 根据上述结构,由于适当地调整了第 1 功能层的厚度,所以能够通过从有机发光层出射而直接射向第 2 电极的光与从有机发光层出射而被第 1 电极反射后射向第 2 电极的光的干涉效应来加强蓝色光。而且,由于适当地调整了第 2 电极和与其相邻的层的折射率差以及第 2 电极的厚度,所以能够通过第 2 电极内的多重反射来进一步加强蓝色光。利用它们的叠加效应,能够大幅度提高蓝色光的光取出效率。

[0063] 另外,也可以为所述第 1 功能层的厚度 X3 和所述第 2 电极的厚度 Y3 取由以下式 1 的关系式所包围的范围内的值,

[0064] 式 1:

$$[0065] \quad X3 = Rx \cos \theta \cos \phi - Ry \sin \theta \sin \phi + X0$$

$$[0066] \quad Y3 = Rx \cos \theta \sin \phi + Ry \sin \theta \cos \phi + Y0$$

[0067] 其中,  $-\phi \leq \theta \leq \pi - \phi$ ,

$$[0068] \quad X0 = 31, Y0 = 35, Rx = 5.2, Ry = 27, \phi = 0.15 \text{rad}.$$

[0069] 另外,也可以为所述第 1 功能层的厚度 X3 和所述第 2 电极的厚度 Y3 取由以下式 2 的关系式所包围的范围内的值,

[0070] 式 2:

$$[0071] \quad X3 = Rx \cos \theta \cos \phi - Ry \sin \theta \sin \phi + X0$$

$$[0072] \quad Y3 = Rx \cos \theta \sin \phi + Ry \sin \theta \cos \phi + Y0$$

[0073] 其中,  $-\phi \leq \theta \leq \pi - \phi$ ,

$$[0074] \quad X0 = 130, Y0 = 35, Rx = 8, Ry = 15, \phi = 0.20 \text{rad}.$$

[0075] 另外,也可以为所述第 2 功能层中的与所述第 2 电极相邻的层的折射率为 1.7 以上且 2.1 以下,所述覆盖层中的与所述第 2 电极相邻的层的折射率为 1.7 以上且 2.1 以下。

[0076] 另外,也可以为所述第 2 电极的厚度为 30nm 以上且 60nm 以下,光学厚度为 60nm 以上且 144nm 以下。

[0077] 另外,也可以为所述第 2 电极的厚度为 30nm 以上且 70nm 以下,光学厚度为 60nm 以上且 168nm 以下。

[0078] 另外,也可以为所述第 2 功能层具有向所述有机发光层输送电子的电子输送层,所述第 2 电极是阴极,所述覆盖层具有形成在所述阴极上的第 1 封止层和形成在所述第 1 封止层上的第 2 封止层。

[0079] 另外,也可以为所述电子输送层的厚度为 31.5nm 以上且 38.5nm 以下,且折射率为 1.7 以上且 2.1 以下,所述阴极的厚度为 31.5nm 以上且 38.5nm 以下,且折射率为 2.0 以上且 2.4 以下,且光学厚度为 63nm 以上且 92.4nm 以下,所述第 1 封止层的膜厚为 558nm 以上且 682nm 以下,且折射率为 1.7 以上且 2.1 以下,所述第 2 封止层的厚度为 5400nm 以上且 6600nm 以下,且折射率为 1.3 以上且 1.7 以下。

[0080] 另外,也可以为所述第 1 电极是阳极,所述第 1 功能层具有形成在所述阳极上的透明导电层、形成在所述透明导电层上的空穴注入层、以及形成在所述空穴注入层上的空穴输送层。

[0081] 另外,也可以为所述透明导电层的厚度为 14.4nm 以上且 17.6nm 以下,且折射率为 1.9 以上且 2.3 以下,所述空穴注入层的厚度为 4.5nm 以上且 5.5nm 以下,且折射率为 1.8 以上且 2.2 以下,所述空穴输送层的厚度为 9nm 以上且 11nm 以下,且折射率为 1.5 以上且 1.9 以下。

[0082] 另外,也可以为所述透明导电层的厚度为 63nm 以上且 77nm 以下,且折射率为 1.9 以上且 2.3 以下,所述空穴注入层的厚度为 36nm 以上且 44nm 以下,且折射率为 1.8 以上且 2.2 以下,所述空穴输送层的厚度为 18nm 以上且 22nm 以下,且折射率为 1.5 以上且 1.9 以下。

[0083] 另外,也可以为所述第 1 功能层的光学厚度为 49.0nm 以上且 73.5nm 以下,所述第 2 电极的光学厚度为 63nm 以上且 92.4nm 以下。

[0084] 另外,也可以为所述第 1 功能层的光学厚度为 212nm 以上且 316nm 以下,所述第 2 电极的光学厚度为 63nm 以上且 92.4nm 以下。

[0085] 作为本发明的一种方式有机发光装置具有上述有机发光元件。

[0086] 作为本发明的一种方式有机显示面板具有上述有机发光元件。

[0087] 作为本发明的一种方式有机显示装置具有上述有机发光元件。

[0088] 作为本发明的一种方式有机发光元件的制造方法包括:第 1 工序,准备对入射的光进行反射的第 1 电极;第 2 工序,在所述第 1 电极上设置包括 1 层或 2 层以上的层的第 1 功能层;第 3 工序,在所述第 1 功能层上设置出射蓝色光的有机发光层;第 4 工序,在所述有机发光层上设置与所述第 1 功能层不同的包括 1 层或 2 层以上的层的第 2 功能层;第 5 工序,在所述第 2 功能层上设置对入射的光进行透射的第 2 电极;以及第 6 工序,设置包括 1 层或 2 层以上的层的覆盖层,以使得覆盖所述第 2 电极,其中,在所述第 2 工序中,所述第 1 功能层形成成为光学厚度为大于 0nm 且 316nm 以下,在所述第 4 工序中,所述第 2 功能层中与所述第 2 电极相邻的层使用与所述第 2 电极的折射率差为 0.1 以上且 0.7 以下的材料来形成,在所述第 5 工序中,所述第 2 电极形成成为厚度为大于 0nm 且 70nm 以下,且折射率为 2.0 以上且 2.4 以下,且光学厚度为大于 0nm 且 168nm 以下,在所述第 6 工序中,所述覆盖层中的与所述第 2 电极相邻的层使用与所述第 2 电极的折射率差为 0.1 以上且 0.7 以下的材料来形成。

[0089] 另外,也可以为在所述第 5 工序中,所述第 2 电极的厚度 Y3 形成成为相对于在所述

第 2 工序中形成的第 1 功能层的厚度 X3 而取由以下式 1 的关系式所包围的范围内的值，

[0090] 式 1：

$$[0091] \quad X3 = R_x \cos \theta \cos \phi - R_y \sin \theta \sin \phi + X0$$

$$[0092] \quad Y3 = R_x \cos \theta \sin \phi + R_y \sin \theta \cos \phi + Y0$$

[0093] 其中， $-\phi \leq \theta \leq \pi - \phi$ ，

$$[0094] \quad X0 = 31, Y0 = 35, R_x = 5.2, R_y = 27, \phi = 0.15 \text{rad.}$$

[0095] 另外，也可以为在所述第 5 工序中，所述第 2 电极的厚度 Y3 形成相对于在所述第 2 工序中形成的第 1 功能层的厚度 X3 而取由以下式 2 的关系式所包围的范围内的值，

[0096] 式 2：

$$[0097] \quad X3 = R_x \cos \theta \cos \phi - R_y \sin \theta \sin \phi + X0$$

$$[0098] \quad Y3 = R_x \cos \theta \sin \phi + R_y \sin \theta \cos \phi + Y0$$

[0099] 其中， $-\phi \leq \theta \leq \pi - \phi$ ，

$$[0100] \quad X0 = 130, Y0 = 35, R_x = 8, R_y = 15, \phi = 0.20 \text{rad.}$$

[0101] 另外，也可以为在所述第 4 工序中，所述第 2 功能层中的与所述第 2 电极相邻的层使用折射率为 1.7 以上且 2.1 以下的材料来形成，在所述第 6 工序中，所述覆盖层中的与所述第 2 电极相邻的层使用折射率为 1.7 以上且 2.1 以下的材料来形成。

[0102] 另外，也可以为在所述第 1 工序中，作为所述第 1 电极而形成阳极，所述第 2 工序是作为所述第 1 功能层而在所述阳极上形成透明导电层，在所述透明导电层上形成空穴注入层，在所述空穴注入层上形成空穴输送层的工序，所述透明导电层使用折射率为 1.9 以上且 2.3 以下的材料而形成厚度为 14.4nm 以上且 17.6nm 以下，所述空穴注入层使用折射率为 1.8 以上且 2.2 以下的材料而形成厚度为 4.5nm 以上且 5.5nm 以下，所述空穴输送层使用折射率为 1.5 以上且 1.9 以下的材料而形成厚度为 9nm 以上且 11nm 以下，在所述第 3 工序中，所述有机发光层使用折射率为 1.6 以上且 2.0 以上的材料而形成厚度为 36nm 以上且 44nm 以下，在所述第 4 工序中，作为所述第 2 功能层，使用折射率为 1.7 以上且 2.1 以下的材料形成向所述有机发光层输送电子的电子输送层，使得所述电子输送层的厚度为 31.5nm 以上且 38.5nm 以下，在所述第 5 工序中，作为所述第 2 电极，在所述电子输送层上使用折射率为 2.0 以上且 2.4 以下的材料形成阴极，使得所述阴极的厚度为 31.5nm 以上且 38.5nm 以下，且光学厚度为 63nm 以上且 92.4nm 以下，所述第 6 工序是作为所述覆盖层，在所述阴极上形成第 1 封止层，在所述第 1 封止层上形成第 2 封止层的工序，所述第 1 封止层使用折射率为 1.7 以上且 2.1 以下的材料而形成厚度为 558nm 以上且 682nm 以下，所述第 2 密封层使用折射率为 1.3 以上且 1.7 以下的材料而形成厚度为 5400nm 以上且 6600nm 以下。

[0103] 另外，也可以为在所述第 1 工序中，作为所述第 1 电极而形成阳极，所述第 2 工序是作为所述第 1 功能层，在所述阳极上形成透明导电层，在所述透明导电层上形成空穴注入层，在所述空穴注入层上形成空穴输送层的工序，所述透明导电层使用折射率为 1.9 以上且 2.3 以下的材料而形成厚度为 63nm 以上且 77nm 以下，所述空穴注入层使用折射率为 1.8 以上且 2.2 以下的材料而形成厚度为 36nm 以上且 44nm 以下，所述空穴输送层使用折射率为 1.5 以上且 1.9 以下的材料而形成厚度为 18nm 以上且 22nm 以下，在所述第 3 工序中，所述有机发光层使用折射率为 1.6nm 以上且 2.0 以上的材料而形成厚度为 36nm 以上且

44nm 以下,在所述第 4 工序中,作为所述第 2 功能层,使用折射率为 1.7 以上且 2.1 以下的材料形成向所述有机发光层输送电子的电子输送层,使得所述电子输送层的厚度为 31.5nm 以上且 38.5nm 以下,在所述第 5 工序中,作为所述第 2 电极,在所述电子输送层上使用折射率为 2.0 以上 2.4 以下的材料来形成阴极,使得所述阴极的厚度为 31.5nm 以上且 38.5nm 以下,且光学厚度为 63nm 以上且 92.4nm 以下,所述第 6 工序是作为所述覆盖层,在所述阴极上形成第 1 封止层,在所述第 1 封止层上形成第 2 封止层的工序,所述第 1 密封层使用折射率为 1.7 以上且 2.1 以下的材料而形成厚度为 558nm 以上且 682nm 以下,所述第 2 封止层使用折射率为 1.3 以上且 1.7 以下的材料而形成厚度为 5400nm 以上且 6600nm 以下。

[0104] [有机发光元件的构造]

[0105] 图 4 是示意表示本发明实施方式涉及的有机发光元件的构造的图。

[0106] 有机发光元件包括基板 1、反射阳极 2、透明导电层 3、空穴注入层 4、空穴输送层 5、有机发光层 6、电子输送层 7、透明阴极 8、薄膜封止层 9、树脂封止层 10 以及基板 11。以下,有时将透明导电层 3、空穴注入层 4 以及空穴输送层 5 称作“第 1 功能层”,将电子输送层 7 称作“第 2 功能层”,将薄膜封止层 9 和树脂封止层 10 称作“覆盖层”。

[0107] 在有机发光元件中,由于反射阳极 2 的存在,实现了谐振器构造。如图 5 所示,在有机发光元件中形成第 1 光路 C1 和第 2 光路 C2,所述第 1 光路 C1 是从有机发光层 6 出射的蓝色光的一部分通过第 1 功能层而入射到反射阳极,被反射阳极反射后通过第 1 功能层、有机发光层 6、第 2 功能层、透明阴极 8 以及覆盖层而出射到外部,所述第 2 光路 C2 是从有机发光层 6 出射的蓝色光的剩余一部分不向反射阳极 2 侧行进而是通过第 2 功能层而向透明阴极 8 行进,通过透明阴极 8 和覆盖层而出射到外部。调整第 1 功能层的膜厚 L2,使得通过第 1 光路的光和通过第 2 光路的光因干涉效应而加强,从而能够提高有机发光元件的光取出效率。

[0108] 另外,在有机发光元件中,除了直接通过透明阴极 8 而出射到外部的第 3 光路 C3 之外,还形成有在透明阴极 8 内被电子输送层 7 和薄膜封止层 9 的界面多重反射后而出射到外部的第 4 光路 C4。调整透明阴极 8 的膜厚 L1,使得通过第 4 光路的光因干涉效应而加强,从而能够进一步提高有机发光元件的光取出效率。

[0109] 以下,参照模拟结果来说明各层的光学常数和厚度的优选范围。

[0110] [模拟(第 1 腔)]

[0111] <条件>

[0112] 图 6 示出有机发光元件的各层的折射率、消光系数、膜厚 (nm) 以及光学膜厚 (nm)。模拟以平均值 (ave) 进行了实施,但在实际的有机发光元件中,由于在光学特性上存在产品误差,所以估计  $\pm 10\%$  左右的误差而规定了最小值 (min) 和最大值 (max)。透明导电层的材料是 IZO (Indium Zinc Oxide 氧化铟锌),透明阴极的材料是 ITO (Indium Tin Oxide),反射阳极的材料是铝,有机发光层的材料是 SUMATION 公司生产的 BP105。

[0113] <研究 1>

[0114] 前述的图 2 的结果是使图 6 的参数中的透明阴极的厚度发生了变化时得到的。从图 2 可知,如果透明阴极的厚度在大于 0nm 且 70nm 以下的范围内,则与将厚度取为 100nm 的情况相比,能提高光取出效率。另外,如前所述,光取出效率与透明阴极的厚度相应地变化可认为是出现了在透明阴极内的光的干涉效应。因此,可认为透明阴极和与其相邻的层

的折射率差也有助于如图 2 的结果所能看到的提高光取出效率。于是,可以说当透明阴极满足以下条件时,则能提高光取出效率。

[0115] (1) 透明阴极的厚度  $L1$ :  $0\text{nm} < L1 \leq 70\text{nm}$

[0116] (2) 透明阴极的折射率  $n$ :  $2.0 \leq n \leq 2.4$

[0117] (3) 透明阴极的光学厚度  $Lc1$ :  $0\text{nm} < Lc1 \leq 168\text{nm}$

[0118] (4) 透明阴极和电子输送层的折射率差  $ndif$ :  $0.1 \leq ndif \leq 0.7$

[0119] (5) 透明阴极和薄膜封止层的折射率差  $ndif$ :  $0.1 \leq ndif \leq 0.7$

[0120] 光学厚度在单层构造的情况下通过膜厚与折射率的乘积来求出,在 2 层以上的多层构造的情况下按每层求出膜厚与折射率的乘积,并通过合计所得到的乘积而求出。

[0121] 另外,前述的图 3 的结果是在使图 6 的参数中的透明导电层的厚度改变时得到的。从图 3 可知,在透明导电层的厚度为 16nm 时,光取出效率取得极大值。在使透明导电层的厚度改变时光取出效率发生变化可认为是出现了从有机发光层出射而在第 1 光路 C1 中行进的光、与从有机发光层出射而在第 2 光路 C2 中行进的光的干涉效应。因此,实质上,第 1 功能层的厚度有助于提高光取出效率,要使光取出效率最高,将第 1 功能层的厚度取为 31nm 即可。当考虑产品误差时,可以说当第 1 功能层满足以下条件时,则能提高光取出效率。

[0122] (6) 第 1 功能层的厚度  $L2$ :  $27.9\text{nm} \leq L2 \leq 34.1\text{nm}$

[0123] (7) 第 1 功能层的光学厚度  $Lc2$ :  $49.0\text{nm} \leq Lc2 \leq 73.5\text{nm}$

[0124] 根据以上,通过满足条件 (1) ~ (7),能够提高光取出效率。

[0125] < 研究 2 >

[0126] 图 7 是将横轴取为第 1 功能层的厚度、将纵轴取为透明阴极的厚度映射了辉度 (brightness) 和 xy 色度的 y 值之比的图。在蓝色光的情况下,即使采用谐振器构造来提高射光的辉度,也存在色度 (特别是 y 值) 偏离目标色度的情况。因此,需要抑制出射光的色度不匀、并且提高辉度。辉度和 y 值之比是对评价抑制色度不匀的效果和提高辉度的效果的平衡有效的指标,该值越大越好。图 7(a) 是以宽度 20 的等高线划分了 290 ~ 350 的范围的图,图 7(b) 是从图 7(a) 中选出评价良好的 335 ~ 350 的范围、并以宽度 5 的等高线进行了划分的图。当用椭圆来拟合图 7(b) 所示的良好范围时,则得到了以下的式 1 的关系式。

[0127] [ 式 1 ]

[0128]  $X3 = Rxcos \theta \cos \phi - Rysin \theta \sin \phi + X0$

[0129]  $Y3 = Rxcos \theta \sin \phi + Rysin \theta \cos \phi + Y0$

[0130] 其中,  $-\phi \leq \theta \leq \pi - \phi$ ,

[0131]  $X0 = 31, Y0 = 35, Rx = 5.2, Ry = 27, \phi = 0.15\text{rad}$ 。

[0132] 在此,  $X3$  是第 1 功能层的厚度  $L2$ ,  $Y3$  是透明阴极的厚度  $L1$ 。

[0133] 图 8 是标绘有位于辉度和 y 值之比为 335 以上或小于 335 的边界的数据、和由式 1 得到的数据的图。根据该图可知,式 1 能高精度地进行拟合。

[0134] 根据以上,通过第 1 功能层的厚度  $X3$  和透明阴极的厚度  $Y3$  取由式 1 的关系式所包围的范围内的值,能抑制蓝色光的出射光的色度不匀、并且提高辉度。

[0135] < 研究 3 >

[0136] 针对通过滤色器进行了色度修正的情况下的光取出效率,与图 8 同样地进行映射

得到了图 9 的结果。从图 9 可知,更优选的是透明阴极的厚度  $L_1$  为 60nm 以下。另外,透明阴极的厚度  $L_1$  大于 0nm 即可,但为了确保本来的目的即导电性,更优选为 30nm 以上。

[0137] 根据以上,可以说透明阴极的厚度  $L_1$  的更优选的范围是 30nm 以上且 60nm 以下。此时的光学厚度为 60nm ( $= 30 \times 2.0$ ) 以上且 144 ( $= 60 \times 2.4$ ) nm 以下。

[0138] < 研究 4 >

[0139] 另外,如图 2 和图 3 所示,在透明阴极的厚度为 35nm、第 1 功能层的厚度为 31nm 的情况下,光取出效率的改善效果高。观察图 7,则在透明阴极的厚度为 35nm、第 1 功能层的厚度为 31nm 的情况下,辉度和  $y$  值之比在 345 ~ 350 的范围。于是,可以说,反之,如果辉度和  $y$  值之比在 345 ~ 350 的范围内,则能得到与透明阴极的厚度为 35nm、第 1 功能层的厚度为 31nm 的情况相同的效果。

[0140] 在图 7 中,辉度和  $y$  值之比在 345 ~ 350 的范围内是第 1 功能层的厚度为 27nm 以上且 32nm 以下、且透明阴极的厚度为 35nm 以上且 53nm 以下的情况。因此,当满足该条件时,则可以说光取出效率的改善效果高,是所希望的。

[0141] < 研究 5 >

[0142] 图 10 是用于在透明阴极的厚度为 100nm 的情况下和为 35nm 的情况下比较红、绿、蓝各种颜色的光取出效率和色度的图。

[0143] 当将透明阴极的厚度取为 35nm 时,与取为 100nm 的情况相比,可看出在蓝色光下光取出效率提高到 165%、在绿色光下光取出效率提高到 112%。另一方面,在红色光下,光取出效率会降低,但在特性上不会产生问题的程度。

[0144] [ 模拟 (1.5 腔) ]

[0145] 接着,说明采用 1.5 腔作为谐振器构造时的模拟。

[0146] < 研究 6 >

[0147] 图 11 示出有机发光元件的各层的折射率、消光系数、膜厚 (nm) 以及光学膜厚 (nm)。在第 1 腔和 1.5 腔时仅第 1 功能层的厚度  $L_2$  不同。即,在第 1 腔时,第 1 功能层的厚度为 27.9nm 以上且 34.1nm 以下,光学厚度为 49.0nm 以上且 73.5nm 以下,与此相对,在 1.5 腔时,第 1 功能层的厚度为 117nm 以上且 143nm 以下,光学厚度为 212nm 以上且 316nm 以下。除此之外的参数在第 1 腔和 1.5 腔时是相同的。

[0148] 前述的图 2 的结果是在使图 11 的参数中的透明阴极的厚度改变而得到的。从图 2 可明确,基于透明阴极内的多重反射的光取出效率的提高效果在第 1 腔和 1.5 腔时是相同的。因此,可以说在 1.5 腔的情况下,也与第 1 腔的情况同样地,当满足以下条件时,就能提高光取出效率。

[0149] (1) 透明阴极的厚度  $L_1$  :  $0\text{nm} < L_1 \leq 70\text{nm}$

[0150] (2) 透明阴极的折射率  $n$  :  $2.0 \leq n \leq 2.4$

[0151] (3) 透明阴极的光学厚度  $L_{c1}$  :  $0\text{nm} < L_{c1} \leq 168\text{nm}$

[0152] (4) 透明阴极和电子输送层的折射率差  $ndif$  :  $0.1 \leq ndif \leq 0.7$

[0153] (5) 透明阴极和薄膜封止层的折射率差  $ndif$  :  $0.1 \leq ndif \leq 0.7$

[0154] < 研究 7 >

[0155] 对于 1.5 腔,也映射辉度和  $xy$  色度的  $y$  值之比时,则成为如图 12 所示。另外,在 1.5 腔时光取出效率的改善效果变高是在透明阴极的厚度为 35nm、第 1 功能层的厚度为

130nm 的情况下。当用椭圆拟合图 12(b) 所示的良好范围时,得到了以下的式 2 的关系式。

[0156] [式 2]

[0157]  $X3 = R_x \cos \theta \cos \phi - R_y \sin \theta \sin \phi + X0$

[0158]  $Y3 = R_x \cos \theta \sin \phi + R_y \sin \theta \cos \phi + Y0$

[0159] 其中,  $-\phi \leq \theta \leq \pi - \phi$ ,

[0160]  $X0 = 130, Y0 = 35, R_x = 8, R_y = 15, \phi = 0.20\text{rad}$ 。

[0161] 在此, X3 是第 1 功能层的厚度 L2, Y3 是透明阴极的厚度 L1。

[0162] 图 13 是标绘有位于辉度和 y 值之比为 285 以上或小于 285 的边界的数据、和由式 2 得到的数据的图。根据该图可知,式 2 能高精度地进行拟合。

[0163] 根据以上,通过第 1 功能层的厚度 X3 和透明阴极的厚度 Y3 取由式 2 的关系式所包围的范围内的值,能够抑制蓝色光的出射光的色度不匀,并且提高辉度。

[0164] <研究 8>

[0165] 对于 1.5 腔,也映射通过滤色器进行了色度修正的情况下的光取出效率时,则成为如图 14 所示。从图 14 可知,更优选的是,透明阴极的厚度 L1 为 70nm 以下。另外,为了确保本来的目的即导电性,透明阴极的厚度 L1 优选为 30nm 以上。

[0166] 根据以上,可以说在 1.5 腔的情况下,透明阴极的厚度 L1 的更优选的范围是 30nm 以上且 70nm 以下。此时的光学厚度为 60nm(= 30×2.0) 以上 168(= 70×2.4)nm 以下。

[0167] <研究 9>

[0168] 当应用与上述研究 4 同样的讨论时,当在 1.5 腔时第 1 功能层的厚度为 129nm 以上且 137nm 以下、且透明阴极的厚度为 35nm 以上且 42nm 以下时,则光取出效率的改善效果高,可以说是更优选的。

[0169] [有机显示面板]

[0170] 图 15 是示意表示本发明实施方式涉及的有机显示面板的像素构造的剖视图。在有机显示面板中,在行方向和列方向上呈矩阵状规则地配置有红、绿、蓝各种颜色的像素。各像素由使用了有机材料的有机发光元件构成。

[0171] 蓝色的有机发光元件包括基板 1、反射阳极 2、透明导电层 3、空穴注入层 4、空穴输送层 5、有机发光层 6b、电子输送层 7、透明阴极 8、薄膜封止层 9、树脂密封层 10、基板 11。绿色的有机发光元件除了具有有机发光层 6g 之外具有与蓝色的有机发光元件同样的结构。红色的有机发光元件除了具有有机发光层 6r 之外也具有与蓝色的有机发光元件同样的结构。该例中,在各种颜色的有机发光元件中,基板 1、电子输送层 7、透明阴极 8、薄膜密封层 9、树脂封止层 10 是共同的,除此之外的层用堤 12 进行了划分。另外,根据需要设置滤色器 13b、13g、13r。

[0172] [各层的具体例]

[0173] <基板>

[0174] 基板 1 是例如 TFT(Thin Film Transistor:薄膜晶体管)基板。基板 1 的材料是例如钠玻璃、无荧光玻璃、磷酸类玻璃、硼酸类玻璃等玻璃板及石英板、以及丙烯酸类树脂、苯乙烯类树脂、聚碳酸酯类树脂、环氧类树脂、聚乙烯、聚酯、硅类树脂等塑料板或者塑料薄膜、以及氧化铝等金属板或者金属箔等。

[0175] <堤>

[0176] 堤 12 只要由绝缘性材料形成即可,优选具有有机溶剂耐性。另外,堤 12 有时被进行蚀刻处理、烘焙处理等,因此优选由对这些处理的耐性高的材料形成。堤 12 的材料既可以是树脂等有机材料,也可以是玻璃等无机材料。作为有机材料,可使用丙烯酸类树脂、聚酰亚胺类树脂、酚醛清漆 (novolac) 型酚醛树脂等,作为无机材料,可使用二氧化硅 (SiO<sub>2</sub>)、氮化硅 (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) 等。

[0177] < 反射阳极 >

[0178] 反射阳极 2 与配置于基板 1 上的 TFT 电连接,作为有机发光元件的正极发挥功能,并且具有对从有机发光层 6b、6g、6r 向反射阳极 2 出射的光进行反射的功能。反射功能既可以通过反射阳极 2 的构成材料来发挥的,也可以是通过反射阳极 2 的表面部分实施反射涂敷来发挥的。反射阳极 2 由例如 Ag (银)、APC (银、钯、铜的合金)、ARA (银、铷、金的合金)、MoCr (钼和铬的合金)、NiCr (镍和铬的合金) 等形成。

[0179] < 透明导电层 >

[0180] 透明导电层 3 作为在制造过程中防止反射阳极 2 发生自然氧化的保护层而发挥功能。透明导电层 3 的材料通过对有机发光层 6b、6g、6r 产生的光具有足够的透光性的导电性材料来形成即可,例如优选 ITO、IZO 等。这是因为即使在室温下成膜也能得到良好的导电性。

[0181] < 空穴注入层 >

[0182] 空穴注入层 4 具有将空穴注入到有机发光层 6b、6g、6r 的功能。例如,由氧化钨 (W<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、氧化钼 (MoO<sub>3</sub>)、氧化钼钨 (Mo<sub>x</sub>W<sub>y</sub>O<sub>z</sub>) 等过渡金属的氧化物形成。通过使用过渡金属的氧化物来形成,能够使电压 - 电流密度特性提高,另外,能提高电流密度,提高发光强度。除此以外,也可以应用过渡金属的氮化物等金属化合物。

[0183] < 空穴输送层 >

[0184] 空穴输送层 5 的材料例如是日本特开平 5-163488 号中所记载的三唑衍生物、噁二唑衍生物、咪唑衍生物、聚芳烷烃 (poly arylalkane) 衍生物、吡唑啉衍生物及吡唑啉酮衍生物、苯二胺衍生物、芳基胺衍生物、氨基取代苯基苯乙烯酮衍生物、噁唑衍生物、苯乙烯基蒽衍生物、茚酮衍生物、脞衍生物、均二苯代乙烯衍生物、卟啉化合物、芳香族第三级胺化合物及苯乙烯基胺化合物、丁二烯化合物、聚苯乙烯衍生物、脞衍生物、三苯甲烷衍生物、四苯基联苯胺衍生物。特别优选的是,卟啉化合物、芳香族第三级胺化合物以及苯乙烯基胺化合物。

[0185] < 有机发光层 >

[0186] 有机发光层 6b、6g、6r 的材料例如是日本特开平 5-163488 号公报中所记载的所记载的类噁星 (oxinoid) 化合物、茈化合物、香豆素化合物、氮杂香豆素化合物、噁唑化合物、噁二唑化合物、紫环酮 (perinone) 化合物、吡咯并吡咯化合物、萘化合物、蒽化合物 (アントラセン化合物)、茚化合物、荧蒽化合物、并四苯化合物、茈化合物、晕苯化合物、喹诺酮化合物及氮杂喹诺酮化合物、吡唑啉衍生物及吡唑啉酮衍生物、若丹明化合物、薹 (chrysene) 化合物、菲化合物、环戊二烯化合物、茈化合物、二苯基苯醌化合物、苯乙烯基化合物、丁二烯化合物、双氰亚甲基吡喃化合物、双氰亚甲基噻喃化合物、荧光素化合物、吡喃鎓化合物、噻喃鎓化合物、硒吡喃鎓化合物、碲吡喃鎓化合物、芳香族坎利酮化合物、低聚亚苯基化合物、噻吨化合物、蒽化合物 (アンスラセン化合物)、花青昔化合物、吡啶化合物、

8-羟基喹啉化合物的金属配合物、2,2'-联吡啶化合物的金属配合物、席夫碱与 III 族金属的配合物、8-羟基喹啉（喔星）金属配合物、稀土类配合物等荧光物质。

[0187] < 电子输送层 >

[0188] 电子输送层 7 的材料例如是日本特开平 5-163488 号公报所记载的硝化芴酮衍生物、噻喃二氧化物 (thiopyran dioxide) 衍生物、联苯醌衍生物、二萘嵌苯四羧酸 (perylene-tetracarboxylic) 衍生物、蒽醌二甲烷 (anthraquinodimethane) 衍生物、亚芴基甲烷 (fluorenylidene methane) 衍生物、蒽酮衍生物、噁二唑衍生物、二萘嵌苯衍生物、喹啉络合物衍生物。

[0189] 从进一步提高电子注入性这一点来看,也可以对构成上述电子输送层的材料掺杂 Na、Ba、Ca 等的碱金属或碱土族金属。

[0190] < 透明阴极 >

[0191] 透明阴极 8 作为有机 EL 元件的负极发挥功能。透明阴极 8 的材料由对有机发光层 6b、6g、6r 产生的光具有足够的透光性的导电性材料形成即可,例如优选 ITO 或 IZO 等。

[0192] < 薄膜封止层 >

[0193] 薄膜封止层 9 具有防止其与基板 1 之间所夹着的各层暴露在水分、空气中的功能。薄膜封止层 9 的材料例如是氮化硅 (SiN)、氮氧化硅 (SiON)、树脂等。

[0194] < 树脂封止层 >

[0195] 树脂密封层 10 使包括从基板 1 到薄膜封止层 9 的各层的背面面板和形成有滤色器 13b、13g、13r 的基板 11 贴合,并且具有防止各层暴露在水分、空气中的功能。树脂封止层 10 的材料例如是树脂粘接剂等。

[0196] < 滤色器 >

[0197] 滤色器 13b、13g、13r 具有对从有机发光元件出射的光的色度进行矫正的功能。

[0198] [ 有机显示装置 ]

[0199] 图 16 是本发明实施方式涉及的有机显示装置的功能框图。图 17 是示例本发明实施方式涉及的有机显示装置的外观的图。有机显示装置 15 包括有机显示面板 16 和与其电连接的驱动控制单元 17。有机显示面板 16 是具有图 15 所示的像素构造的面板。驱动控制单元 17 包括在各有机发光元件的反射阳极 2 与透明阴极 8 之间施加电压的驱动电路 18 ~ 21 和控制驱动电路 18 ~ 21 的工作的控制电路 22。

[0200] [ 有机显示面板的制造方法 ]

[0201] 接着,说明有机 EL 面板的制造方法。图 18、图 19 是用于说明本发明实施方式涉及的有机显示面板的制造方法的图。

[0202] 首先,利用蒸镀法、溅射法等基板 1 上形成反射阳极 2 (图 18(a))。接着,利用蒸镀法、溅射法等反射阳极 2 上形成透明导电层 3 (图 18(b))。此时,在上述范围内适当地调整透明导电层 3 的厚度。

[0203] 接着,通过例如溅射法等透明导电层 3 上形成空穴注入层 4,并形成堤 12,进而通过例如喷墨法等空穴注入层 4 上形成空穴输送层 5 (图 18(c))。

[0204] 接着,在空穴输送层 5 上形成有机发光层 6b、6g、6r (图 18(d))。

[0205] 接着,在有机发光层 6b、6g、6r 上形成电子输送层 7 (图 19(a))。

[0206] 接着,在电子输送层 7 上形成透明阴极 8 (图 19(b))。此时,在上述范围内适当地

调整透明阴极 8 的厚度。

[0207] 接着,在透明阴极 8 上形成薄膜封止层 9,使用树脂封止层 10 来贴合形成有滤色器 13b、13g、13r 的基板 11(图 19(c))。

[0208] 以上,根据实施方式说明了本发明,但本发明不限于上述实施方式。例如,有如以下的变形例。

[0209] (1) 在实施方式中,第 1 功能层由透明导电层 3、空穴注入层 4 以及空穴输送层 5 构成,但本发明不限于此。既可以没有它们中的任意一个,也可以包含除此之外的功能层。

[0210] (2) 在实施方式中,第 2 功能层由电子输送层 7 构成,但本发明不限于此。例如,也可以包含电子注入层。

[0211] (3) 在模拟中,关于各层的折射率、膜厚、光学厚度,规定了优选的范围,其中最佳的范围是图 6、图 11 所示的数值范围。通过满足图 6、图 11 所示的数值范围,能够进一步提高光取出效率。

[0212] 产业上的可利用性

[0213] 本发明的有机发光元件能利用于有机 EL 面板等有机显示面板、有机 EL 显示器等有机显示装置、有机 EL 照明等有机发光装置等。

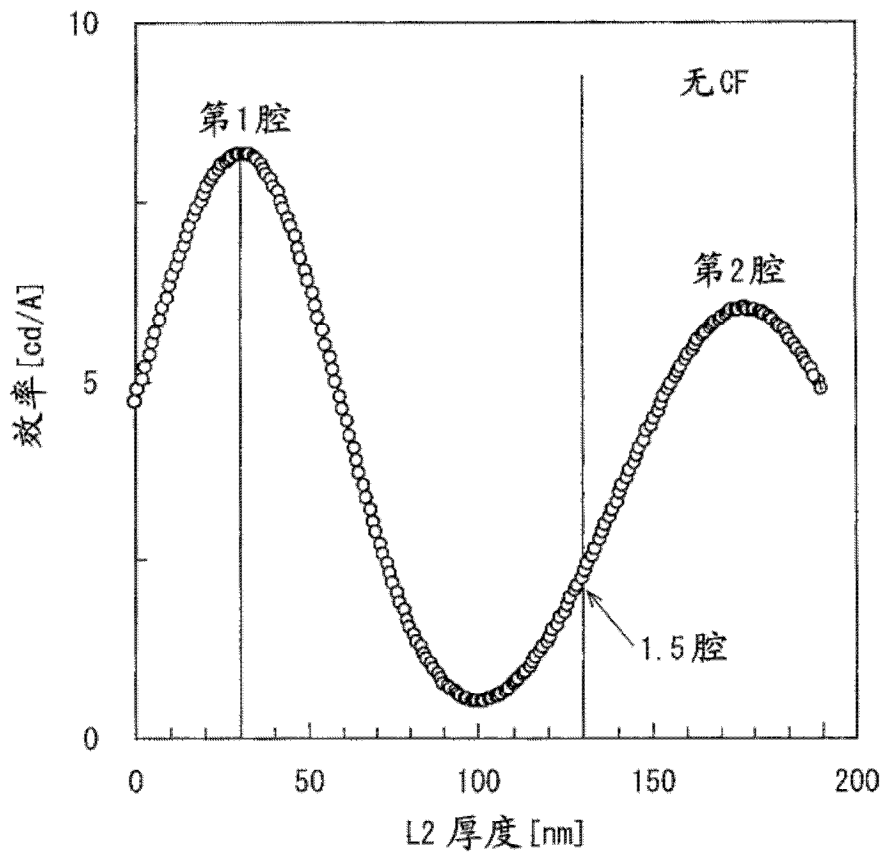


图 1

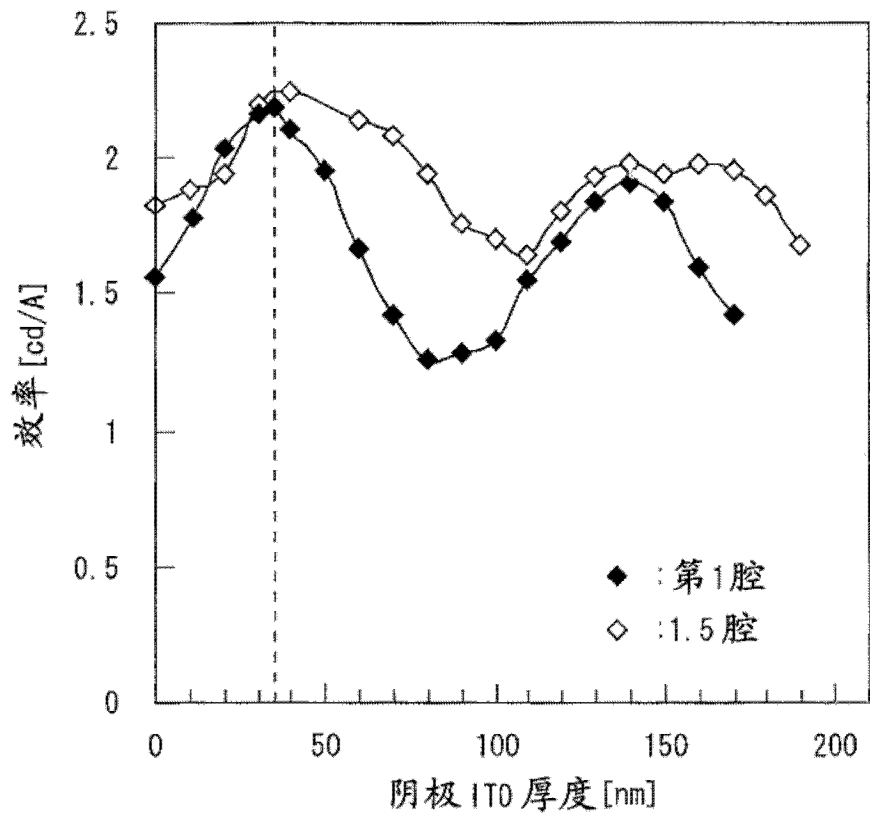


图 2

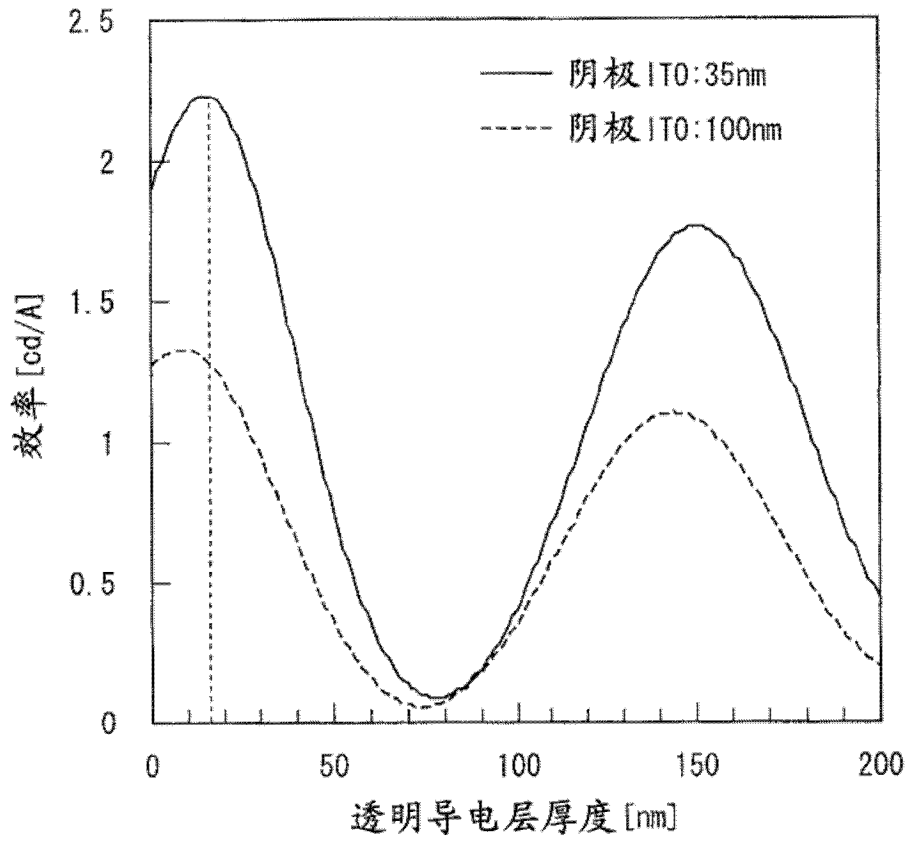


图 3

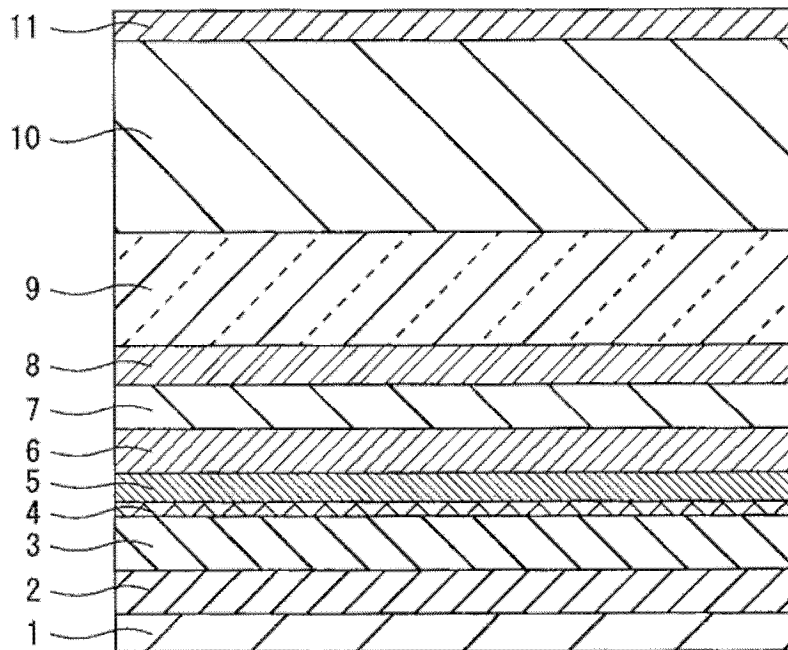


图 4

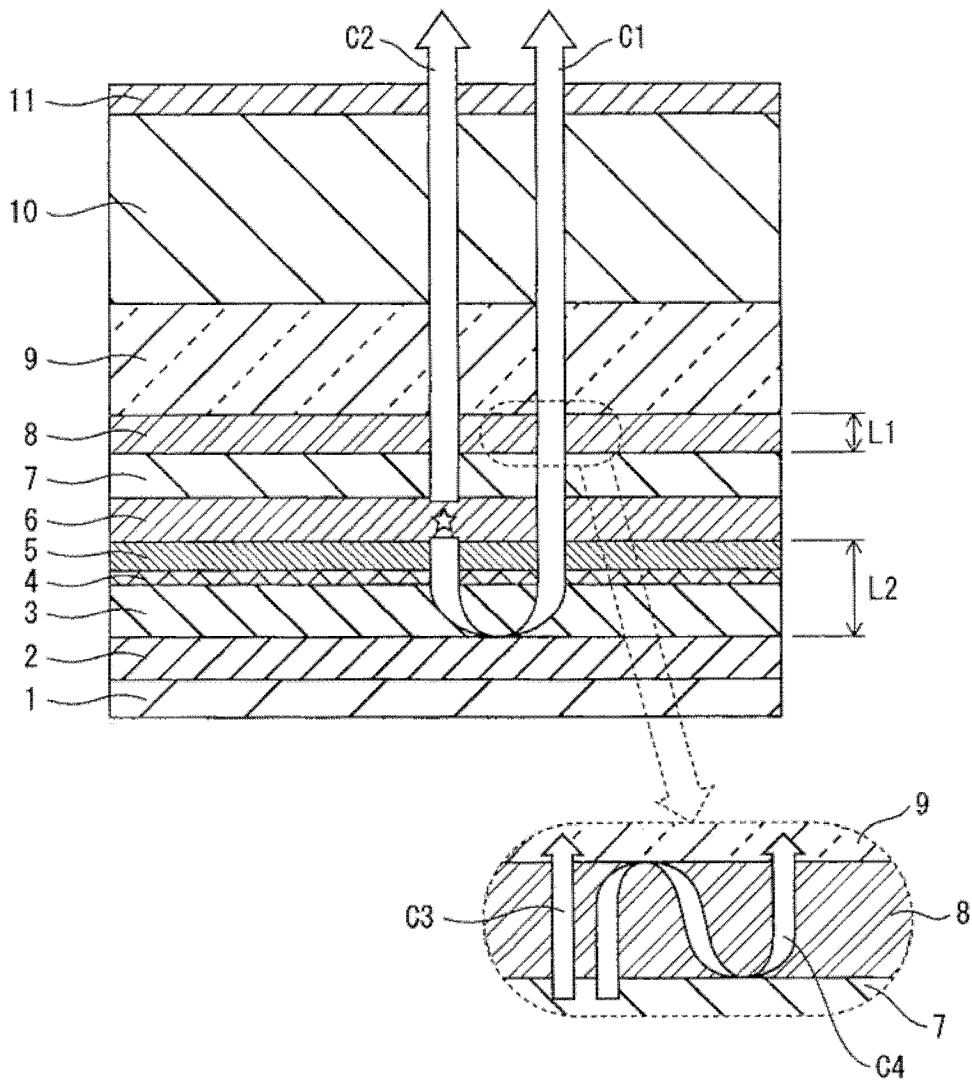


图 5

	折射率(n)		
	最小值	平均值	最大值
树脂封止层	1.3	1.5	1.7
薄膜封止层	1.7	1.9	2.1
透明阴极	2.0	2.2	2.4
电子输送层	1.7	1.9	2.1
发光层(蓝)	1.6	1.8	2.0
空穴输送层	1.5	1.7	1.9
空穴注入层	1.8	2.0	2.2
透明导电层	1.9	2.1	2.3
反射阳极	0.12	0.14	0.19

	消光系数(k)		
	最小值	平均值	最大值
树脂封止层	0.00	0.00	0.00
薄膜封止层	0.00	0.011	0.08
透明阴极	0.00	0.15	0.55
电子输送层	0.10	0.18	0.30
发光层(蓝)	0.00	0.15	0.62
空穴输送层	0.13	0.15	0.17
空穴注入层	0	0.17	0.91
透明导电层	0	0.19	0.60
反射阳极	1.52	2.9	5.3

	膜厚[nm]		
	最小值	平均值	最大值
树脂封止层	5400	6000	6600
薄膜封止层	558	620	682
透明阴极	31.5	35	38.5
电子输送层	31.5	35	38.5
发光层(蓝)	36	40	44
空穴输送层	9	10	11
空穴注入层	4.5	5	5.5
透明导电层	14.4	16	17.6
反射阳极	135	150	165

	光学膜厚[nm]		
	最小值	平均值	最大值
树脂封止层	7020	9000	11220
薄膜封止层	949	1178	1432
透明阴极	63	77	92.4
电子输送层	53.6	66.5	80.9
发光层(蓝)	57.6	72	88
空穴输送层	13.5	17	20.9
空穴注入层	8.1	10	12.1
透明导电层	27.4	33.6	40.5
反射阳极			

图 6

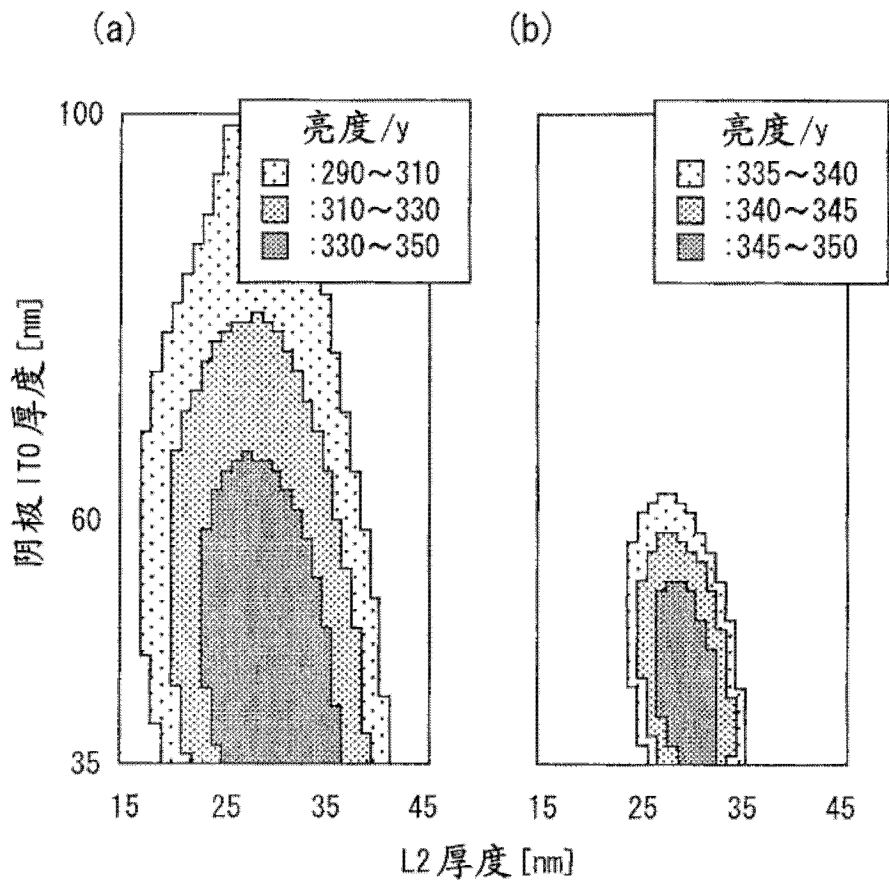


图 7

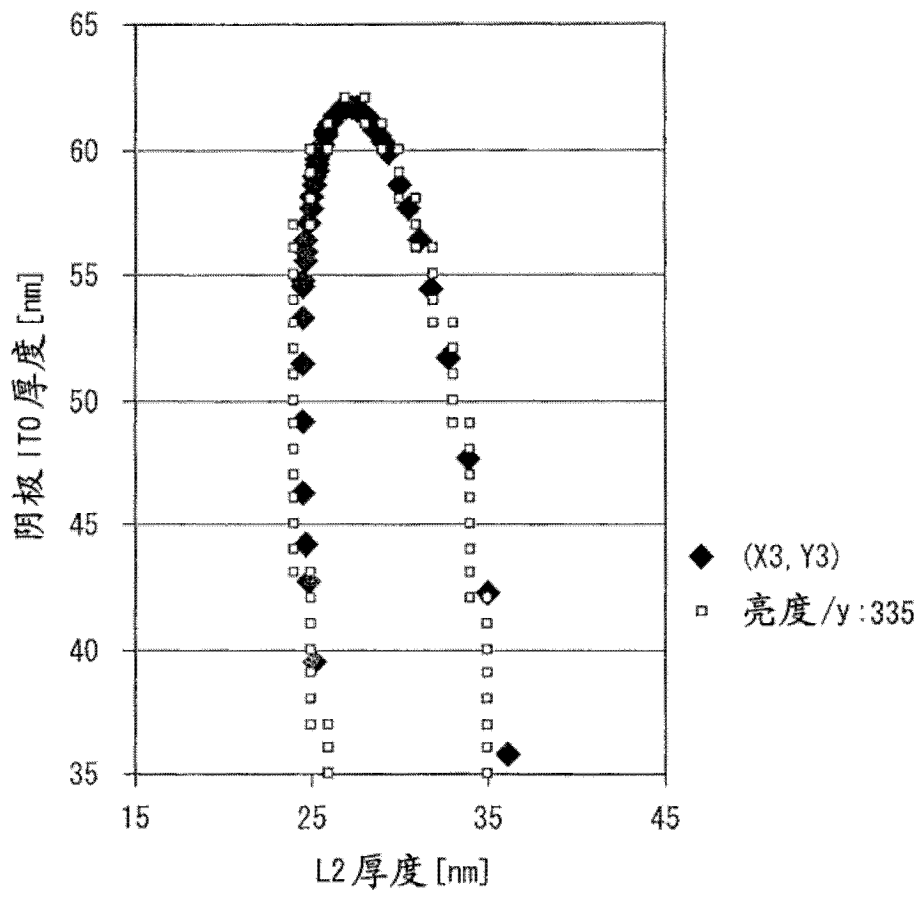


图 8

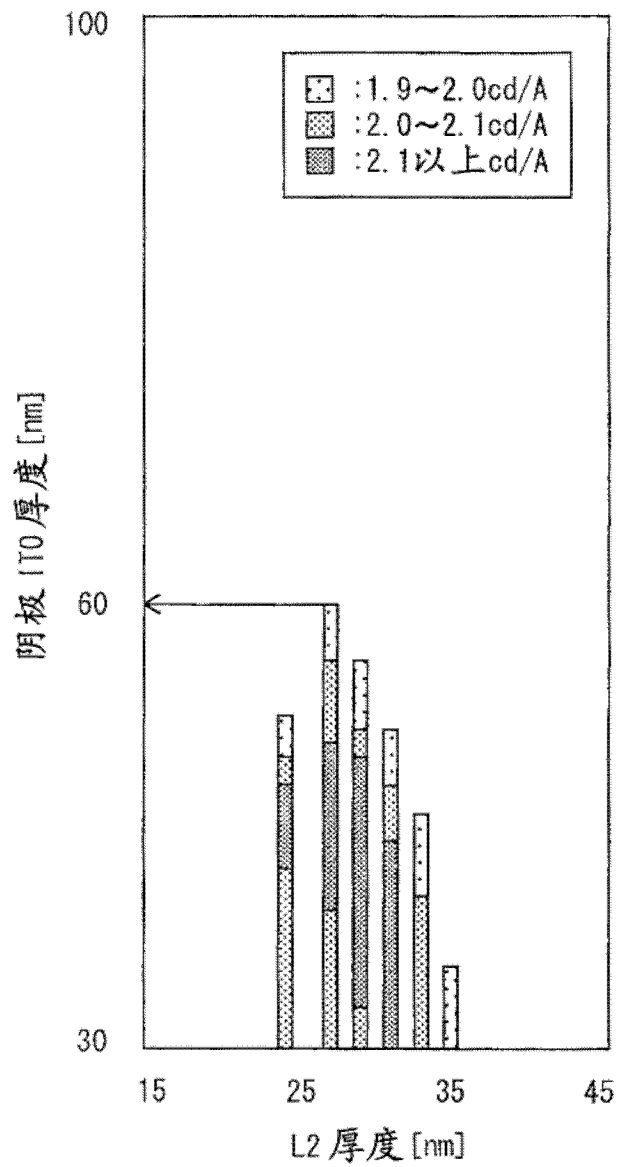


图 9

	阴极ITO 100nm			阴极ITO 35nm			提高 (%)
	效率(cd/A)	x	y	效率(cd/A)	x	y	
红	12.6	0.67	0.33	10.3	0.67	0.33	82
绿	40.4	0.29	0.65	45.2	0.29	0.66	112
蓝	1.3	0.13	0.07	2.2	0.13	0.08	165

图 10

	折射率(n)		
	最小值	平均值	最大值
树脂封止层	1.3	1.5	1.7
薄膜封止层	1.7	1.9	2.1
透明阴极	2.0	2.2	2.4
电子输送层	1.7	1.9	2.1
发光层(蓝)	1.6	1.8	2.0
空穴输送层	1.5	1.7	1.9
空穴注入层	1.8	2.0	2.2
透明导电层	1.9	2.1	2.3
反射阳极	0.12	0.14	0.19

	消光系数(k)		
	最小值	平均值	最大值
树脂封止层	0.00	0.00	0.00
薄膜封止层	0.00	0.011	0.08
透明阴极	0.00	0.15	0.55
电子输送层	0.10	0.18	0.30
发光层(蓝)	0.00	0.15	0.62
空穴输送层	0.13	0.15	0.17
空穴注入层	0	0.17	0.91
透明导电层	0	0.19	0.60
反射阳极	1.52	2.9	5.3

	膜厚[nm]		
	最小值	平均值	最大值
树脂封止层	5400	6000	6600
薄膜封止层	558	620	682
透明阴极	31.5	35	38.5
电子输送层	31.5	35	38.5
发光层(蓝)	36	40	44
空穴输送层	18	20	22
空穴注入层	36	40	44
透明导电层	63	70	77
反射阳极	135	150	165

	光学膜厚[nm]		
	最小值	平均值	最大值
树脂封止层	7020	9000	11220
薄膜封止层	949	1178	1432
透明阴极	63	77	92.4
电子输送层	53.6	66.5	80.9
发光层(蓝)	57.6	72	88
空穴输送层	27	34	41.8
空穴注入层	64.8	80	96.8
透明导电层	119.7	147	177.1
反射阳极			

图 11

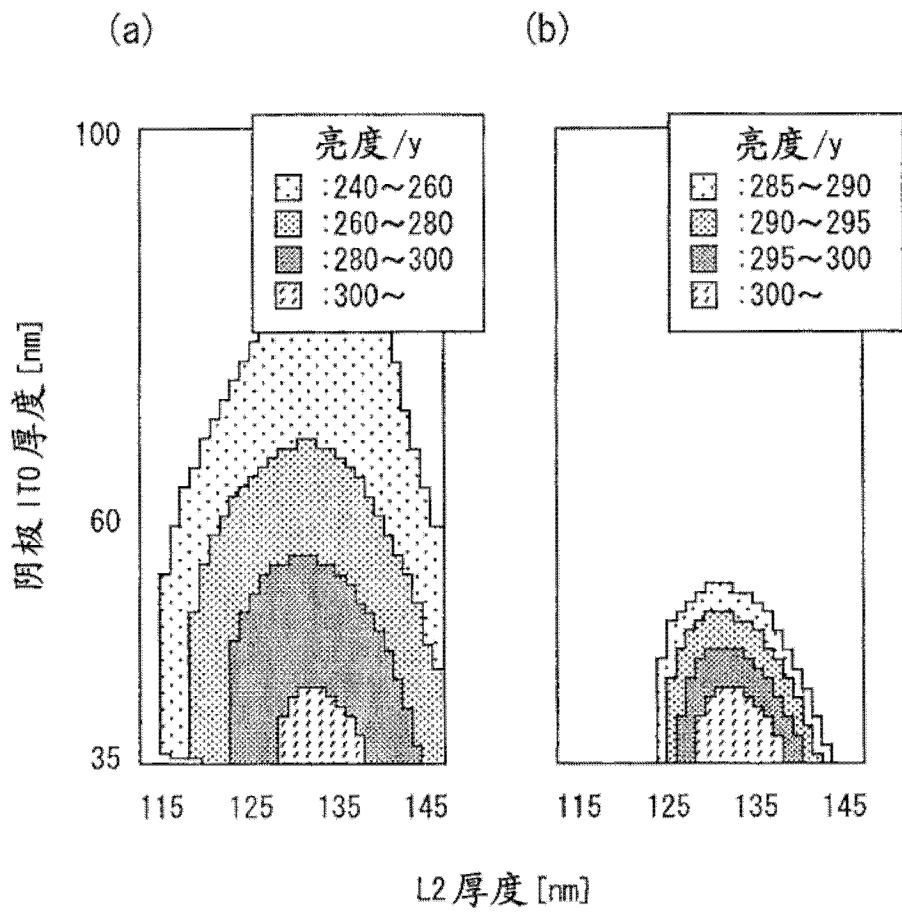


图 12

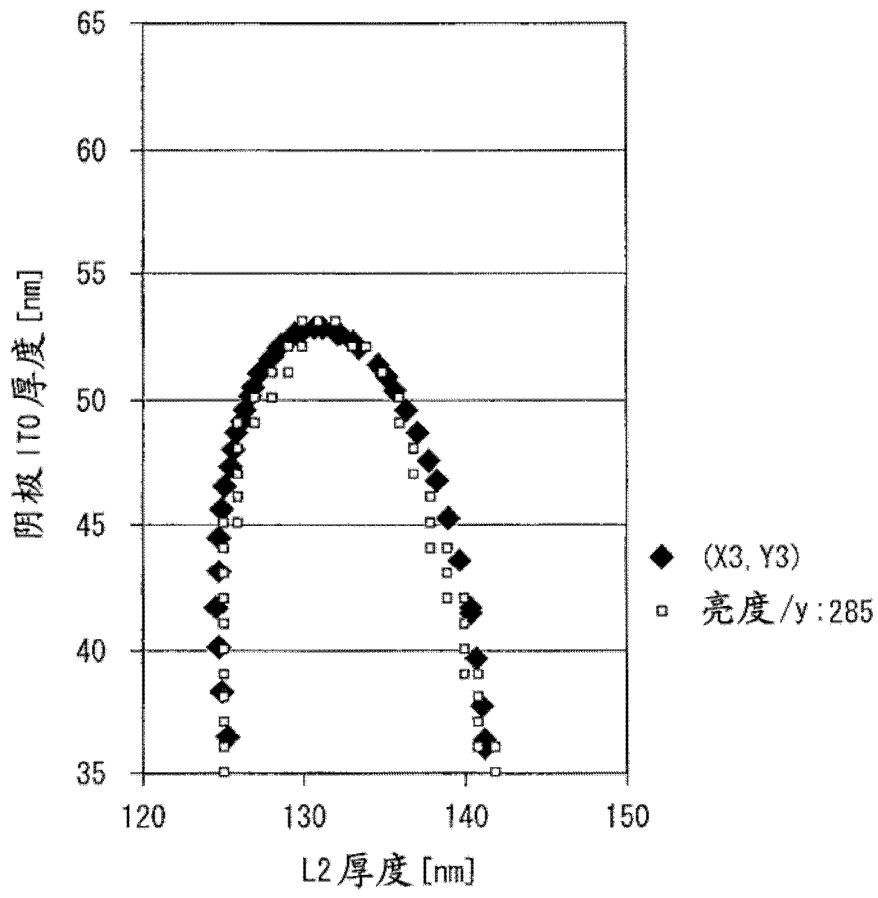


图 13

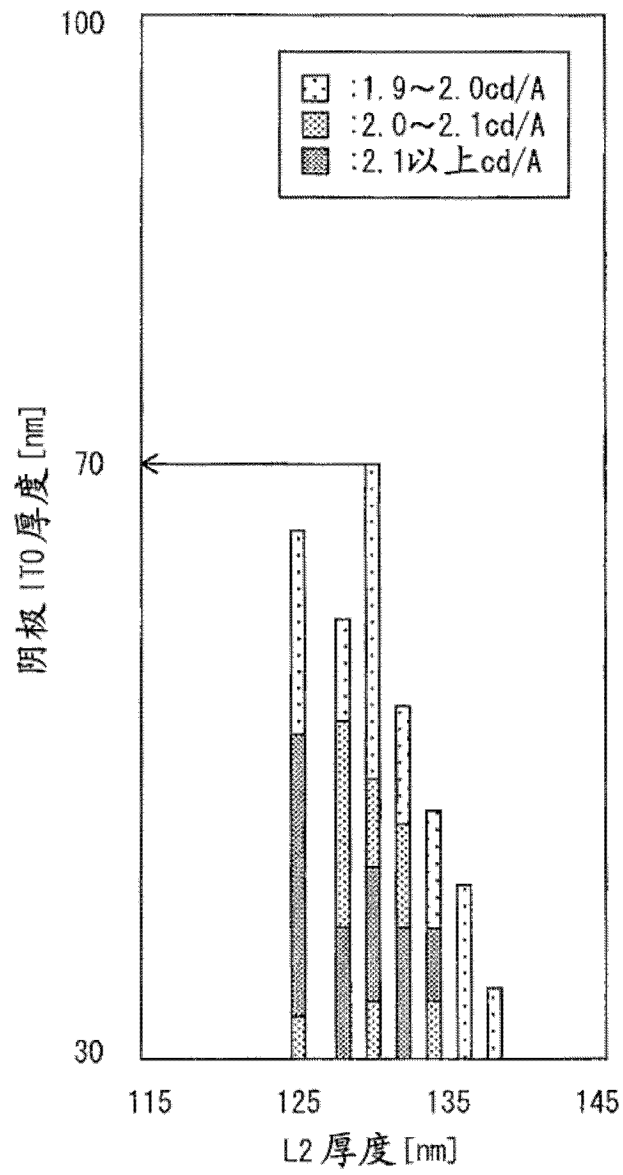


图 14

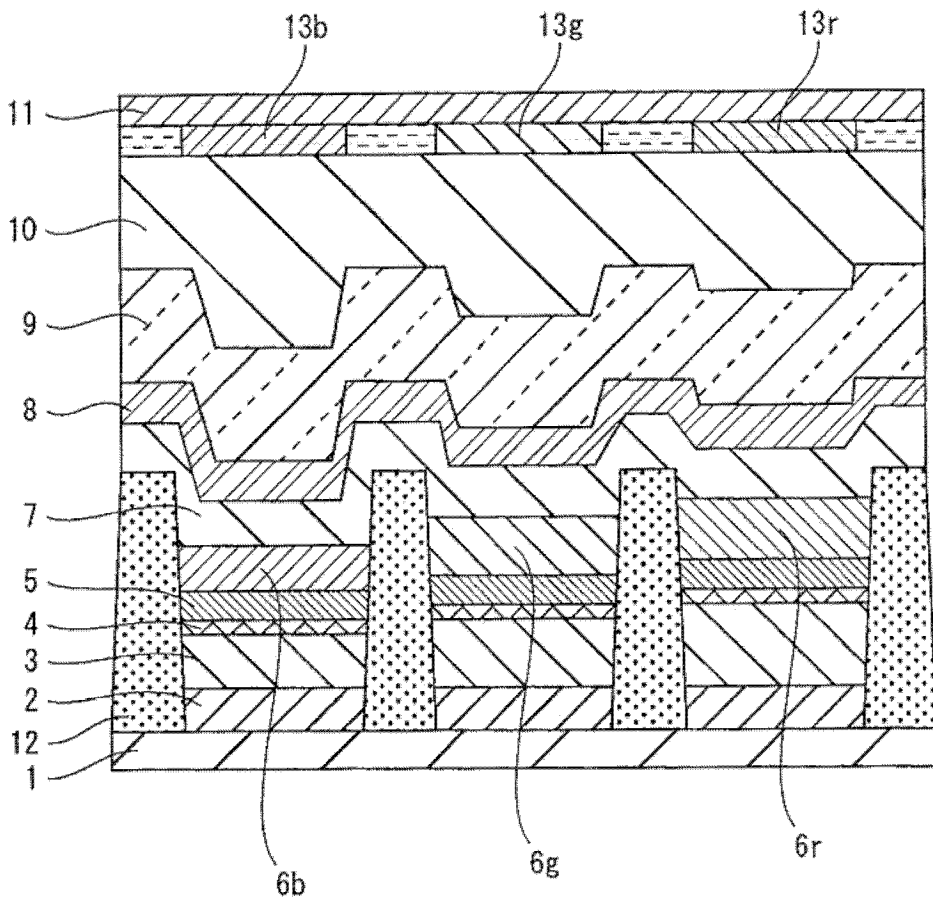


图 15

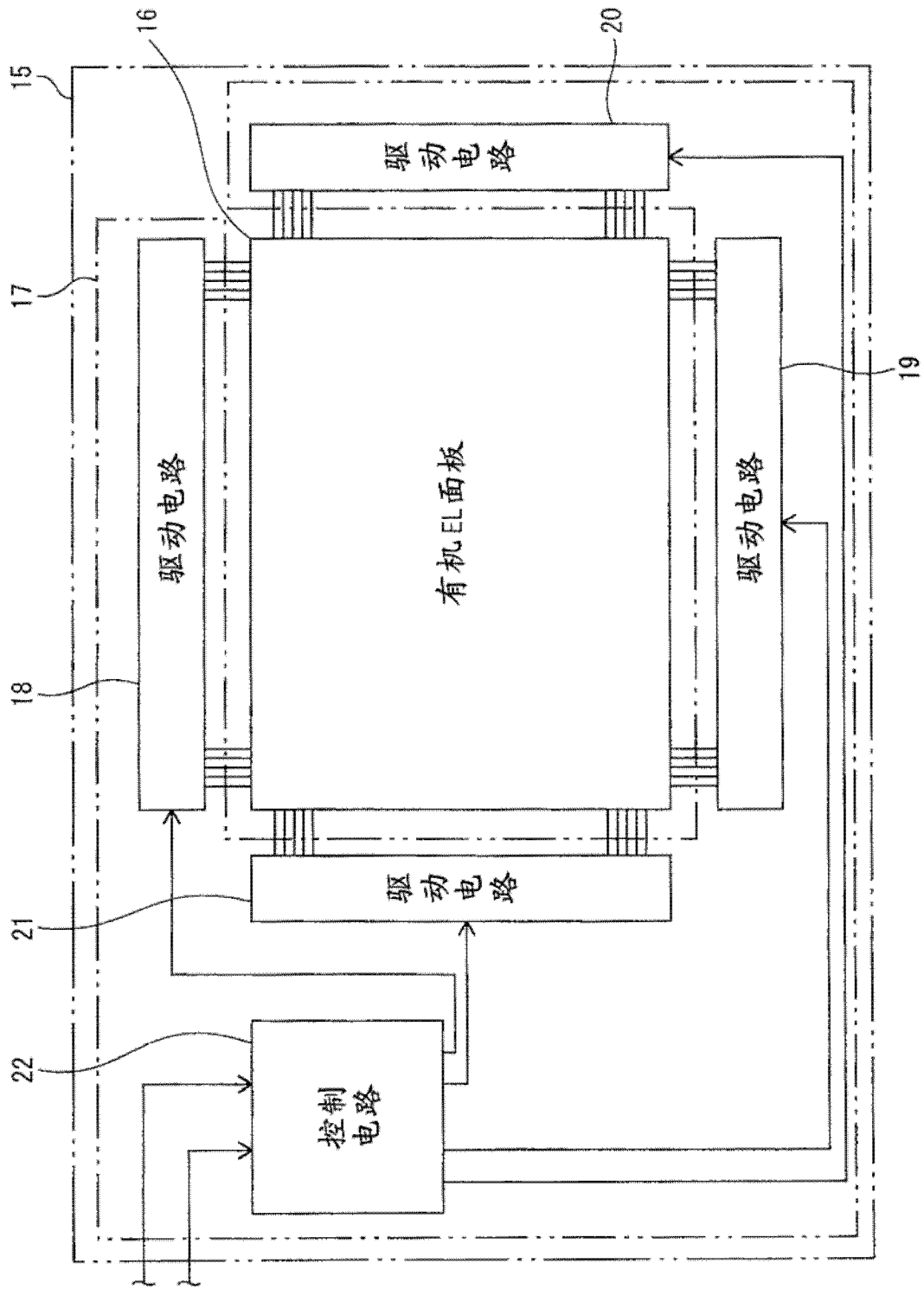


图 16

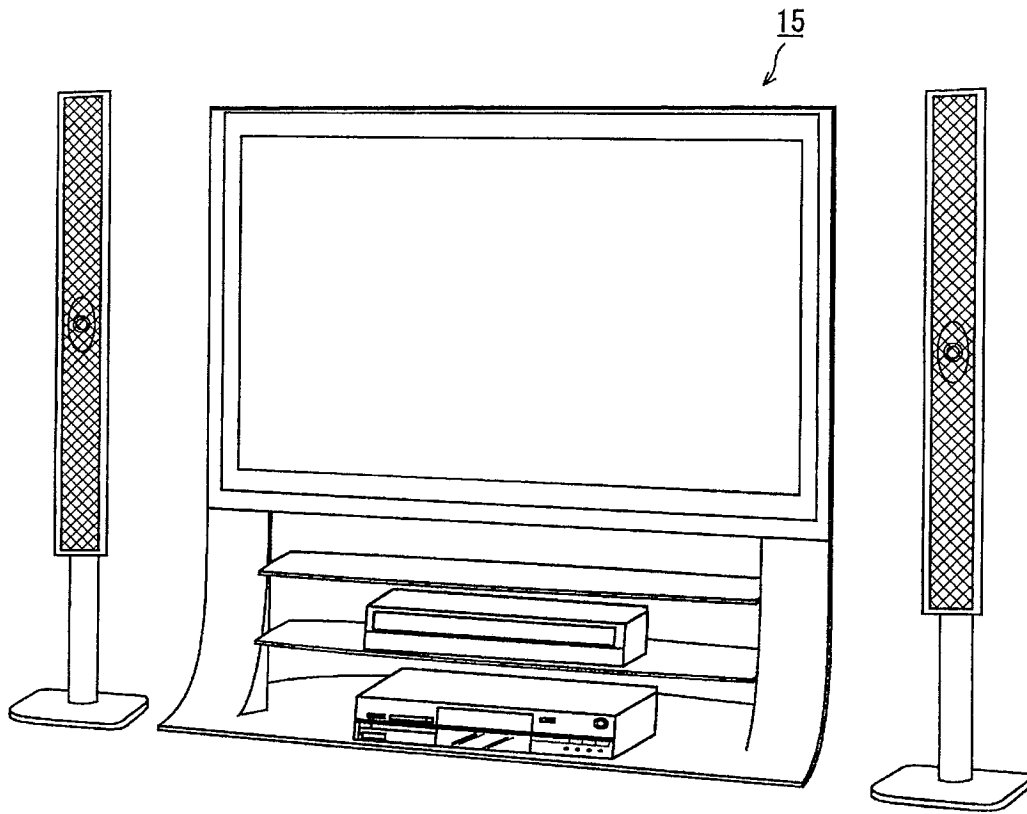


图 17

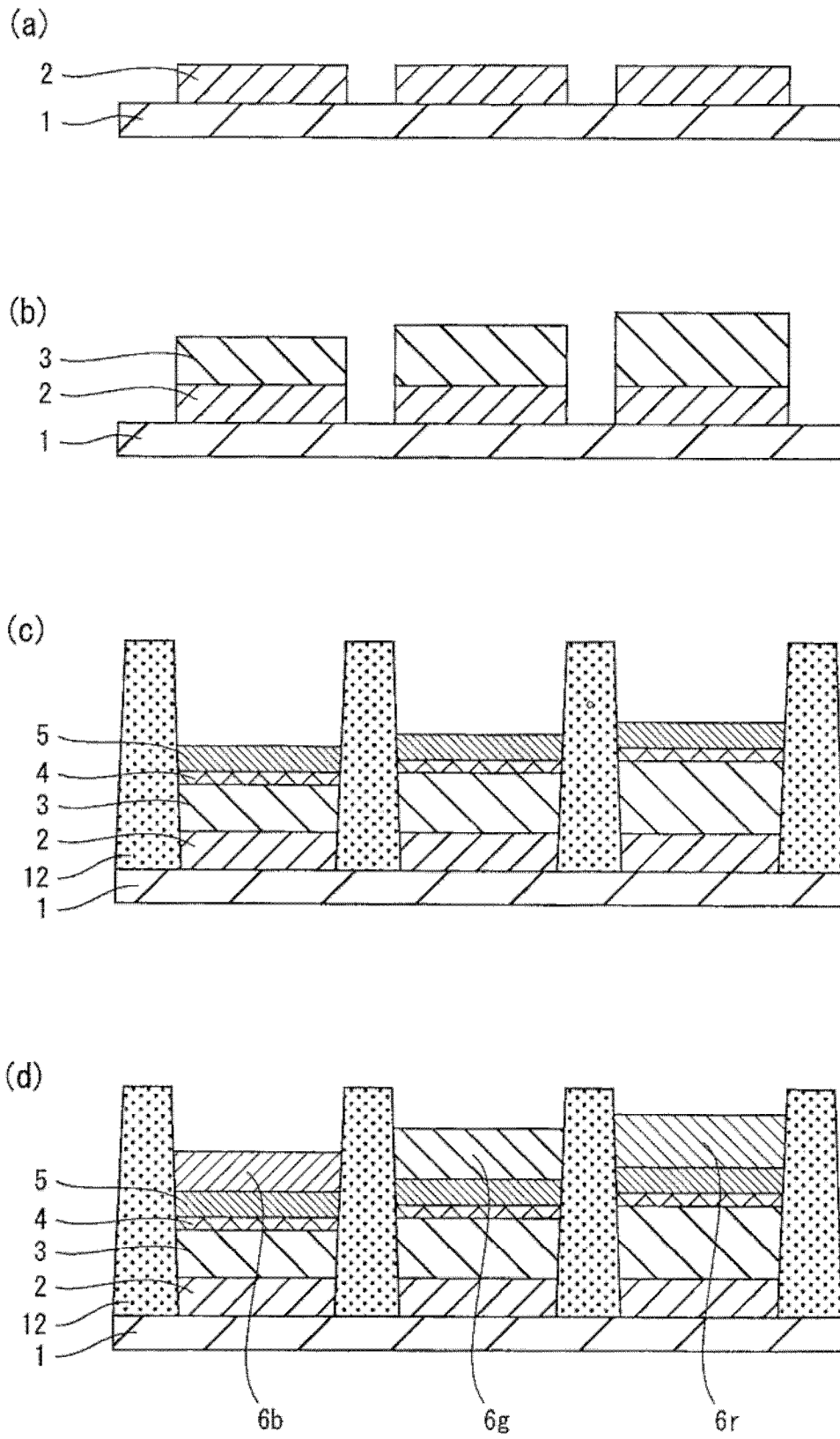


图 18

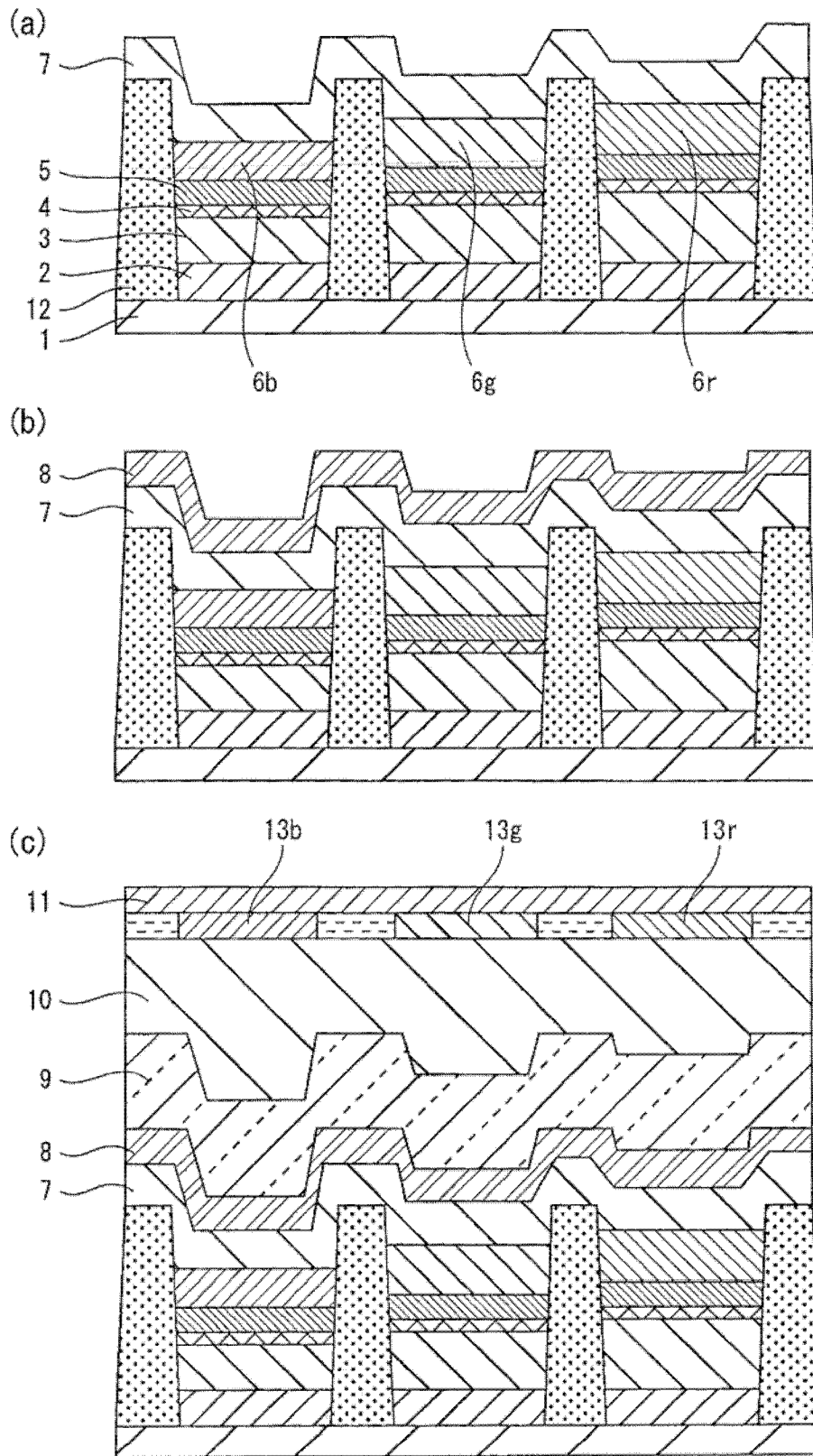


图 19

专利名称(译)	有机发光元件、有机发光装置、有机显示面板、有机显示装置以及有机发光元件的制造方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN102440073B</a>	公开(公告)日	2014-10-08
申请号	CN201080020797.1	申请日	2010-08-10
[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	仓田惠子 松末哲征 米田和弘		
发明人	仓田惠子 松末哲征 米田和弘		
IPC分类号	H01L51/50 H05B33/04 H05B33/10 H05B33/22 H05B33/26 H05B33/28 H05B33/24		
CPC分类号	H05B33/28 H01L51/5234 H01L51/5265		
代理人(译)	徐健 段承恩		
审查员(译)	赵龙凤		
其他公开文献	CN102440073A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明提供一种有机发光元件、有机发光装置、有机显示面板、有机显示装置以及有机发光元件的制造方法。有机发光元件包括反射阳极(2)、透明阴极(8)、出射蓝色光的有机发光层(6)、配置在反射阳极(2)与有机发光层(6)之间的第1功能层、配置在有机发光层(6)与透明阴极(8)之间的第2功能层、配置在透明阴极8上的覆盖层。第1功能层的光学厚度为大于0nm且316nm以下。第2功能层中的与透明阴极(8)相邻的层和透明阴极(8)的折射率差为0.1以上且0.7以下。透明阴极(8)的厚度为大于0nm且70nm以下，且折射率为2.0以上且2.4以下，且光学厚度为大于0nm且168nm以下。覆盖层中的与透明阴极相邻的层和透明阴极(8)的折射率差为0.1以上且0.7以下。

