



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115943330 A

(43) 申请公布日 2023.04.07

(21) 申请号 202180051209.9

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(22) 申请日 2021.08.06

专利代理师 李志强 林毅斌

(30) 优先权数据

2020-140132 2020.08.21 JP

2020-167184 2020.10.01 JP

(51) Int.Cl.

G02B 5/20 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.02.20

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2021/057241 2021.08.06

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/038452 JA 2022.02.24

(71) 申请人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川县厚木市

(72) 发明人 中村太纪 青山智哉 清野史康

石谷哲二

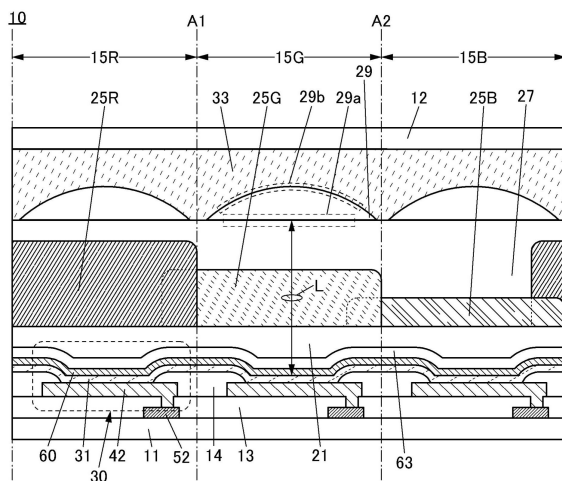
权利要求书4页 说明书33页 附图27页

(54) 发明名称

显示装置、电子设备及头戴显示器

(57) 摘要

提供一种显示装置的使用者能够看到明亮的图像的显示装置。本发明是从下层依次层叠第一衬底、发光元件、绝缘层、着色层、平坦化层、平凸透镜、树脂层及第二衬底而成的显示装置。平凸透镜是向显示装置的上方向凸出的形状。平凸透镜的凸部与树脂层接触，树脂层的折射率低于平凸透镜的折射率。发光元件发射的光通过平凸透镜在正面方向聚光。



1. 一种显示装置,包括:

第一发光元件;

第一着色层;

第一透镜;

第一衬底;

第二衬底;

绝缘层;

平坦化层;以及

树脂层,

其中,所述第一透镜包括第一平坦部和第一凸部,

所述第一发光元件设置在所述第一衬底上,

所述绝缘层设置在所述第一发光元件上,

所述第一着色层以具有与所述第一发光元件重叠的区域的方式设置在所述绝缘层上,

所述平坦化层设置在所述第一着色层上,

以所述第一平坦部与所述平坦化层接触且具有与所述第一发光元件重叠的区域的方式设置所述第一透镜,

所述树脂层与所述第一凸部接触,

所述第二衬底与所述树脂层接触,

并且,所述树脂层的折射率低于所述第一透镜的折射率。

2. 根据权利要求1所述的显示装置,包括:

第二发光元件;

第二着色层;以及

第二透镜,

其中所述第二透镜包括第二平坦部和第二凸部,

所述第二发光元件设置在所述第一衬底上,

所述绝缘层设置在所述第二发光元件上,

所述第二着色层以具有与所述第二发光元件重叠的区域的方式设置在所述绝缘层上,

以所述第二平坦部与所述平坦化层接触且具有与所述第二发光元件重叠的区域的方式设置所述第二透镜,

所述树脂层与所述第二凸部接触,

所述树脂层的折射率低于所述第二透镜的折射率,

所述第一着色层和所述第二着色层使不同颜色的光透过,

并且所述第一着色层和所述第二着色层的厚度不同。

3. 一种显示装置,包括:

发光元件;

波长转换层;

透镜;

第一衬底;

第二衬底;

绝缘层；  
平坦化层；以及  
树脂层，  
其中，所述透镜包括平坦部和凸部，  
所述发光元件设置在所述第一衬底上，  
所述绝缘层设置在所述发光元件上，  
所述波长转换层以具有与所述发光元件重叠的区域的方式设置在所述绝缘层上，  
所述平坦化层设置在所述波长转换层上，  
以所述平坦部与所述平坦化层接触且具有与所述发光元件重叠的区域的方式设置所述透镜，

所述树脂层与所述凸部接触，  
所述第二衬底与所述树脂层接触，  
并且，所述树脂层的折射率低于所述透镜的折射率。

4. 一种显示装置，包括：

第一衬底；  
第一发光元件；  
第二发光元件；  
绝缘层；  
第一着色层；  
第二着色层；  
分隔壁；  
第一透镜；以及  
第二透镜，

其中，所述第一发光元件和所述第二发光元件设置在所述第一衬底上，  
所述绝缘层设置在所述第一发光元件上及所述第二发光元件上，  
所述分隔壁设置在所述绝缘层上，  
所述第一着色层以与所述分隔壁的侧面接触且具有与所述第一发光元件重叠的区域的方式设置在所述绝缘层上，

所述第二着色层以与所述分隔壁的侧面接触且具有与所述第二发光元件重叠的区域的方式设置在所述绝缘层上，

所述第一透镜以具有与所述第一发光元件重叠的区域的方式设置在所述第一着色层上，

所述第二透镜以具有与所述第二发光元件重叠的区域的方式设置在所述第二着色层上，

并且，所述分隔壁的折射率低于所述第一着色层的折射率及所述第二着色层的折射率。

5. 根据权利要求4所述的显示装置，

其中所述显示装置包括平坦化层，  
所述第一透镜包括第一平坦部和第一凸部，

所述第二透镜包括第二平坦部和第二凸部，  
所述平坦化层设置在所述第一着色层上及所述第二着色层上，  
并且所述第一平坦部及所述第二平坦部与所述平坦化层接触。

6. 根据权利要求4或5所述的显示装置，  
其中所述第一着色层和所述第二着色层的厚度不同。

7. 一种显示装置，包括：

第一衬底；

第一发光元件；

第二发光元件；

绝缘层；

波长转换层；

分隔壁；

第一透镜；以及

第二透镜，

其中，所述第一发光元件和所述第二发光元件设置在所述第一衬底上，

所述绝缘层设置在所述第一发光元件上及所述第二发光元件上，

所述分隔壁设置在所述绝缘层上，

所述波长转换层以与所述分隔壁的侧面接触且具有与所述第一发光元件重叠的区域的方式设置在所述绝缘层上，

所述第一透镜以具有与所述第一发光元件重叠的区域的方式设置在所述波长转换层上，

以具有与所述第二发光元件重叠的区域的方式设置所述第二透镜，并且，所述分隔壁的折射率低于所述波长转换层的折射率。

8. 根据权利要求7所述的显示装置，

其中所述显示装置包括平坦化层，

所述第一透镜包括第一平坦部和第一凸部，

所述第二透镜包括第二平坦部和第二凸部，

所述平坦化层设置在所述波长转换层上，

并且所述第一平坦部及所述第二平坦部与所述平坦化层接触。

9. 根据权利要求5或8所述的显示装置，

其中所述显示装置包括第二衬底和树脂层，

所述树脂层与所述第一凸部及所述第二凸部接触，

所述第二衬底与所述树脂层接触，

并且所述树脂层的折射率低于所述第一透镜的折射率及所述第二透镜的折射率。

10. 根据权利要求2所述的显示装置，

其中所述平坦化层与所述第一着色层的顶面及侧面以及所述第二着色层的顶面及侧面接触，

并且所述平坦化层的折射率低于所述第一着色层的折射率及所述第二着色层的折射率。

11. 根据权利要求10所述的显示装置，  
其中所述第一透镜与所述第二透镜相邻，  
并且所述第一着色层和所述第二着色层分开。
12. 根据权利要求1至11中任一项所述的显示装置，  
其中所述绝缘层是被平坦化的层。
13. 一种电子设备，包括：  
权利要求1至12所述的显示装置；以及  
电池。
14. 一种头戴显示器，包括：  
权利要求1至12所述的显示装置；以及  
安装部。

## 显示装置、电子设备及头戴显示器

### 技术领域

[0001] 本发明的一个方式涉及一种显示装置。另外,本发明的一个方式涉及一种电子设备。再者,本发明的一个方式涉及一种头戴显示器。

[0002] 注意,本发明的一个方式不局限于上述技术领域。作为本说明书等所公开的本发明的一个方式的技术领域的例子,可以举出半导体装置、显示装置、发光装置、蓄电装置、存储装置、电子设备、照明装置、输入装置、输入输出装置、这些装置的驱动方法或制造方法。半导体装置是指能够利用半导体特性而工作的所有装置。

### 背景技术

[0003] 此外,作为用于增强现实(AR:Augmented Reality)或虚拟现实(VR:Virtual Reality)的显示装置,可穿戴型显示装置及固定式显示装置逐渐普及。作为可穿戴型显示装置,例如,有头戴显示器(HMD:Head Mounted Display)及眼镜型显示装置等。作为固定式显示装置,例如,有平视显示器(HUD:Head-Up Display)等。例如,专利文献1中公开了易于拍摄使用者的眼睛的头戴显示器。

[先行技术文献]

[专利文献]

[0004] [专利文献1]日本专利申请公开第2019-80354号公报

### 发明内容

发明所要解决的技术问题

[0005] HMD等显示面离使用者近的显示装置有如下问题:使用者更容易看到像素而可能感到很强的颗粒感,有时会减弱AR或VR的沉浸感及临场感。因此,需要具有精细的像素的显示装置,以使使用者不能看到像素。换言之,需要高分辨率的显示装置。

[0006] 当像素精细化时,有时像素的开口率下降。由此,像素的占有面积中的显示元件的占有面积的比例变小。因此,例如在作为显示元件使用发光元件的情况下,有时显示装置的使用者所看到的图像变暗。此外,当要在显示装置上显示明亮的图像时,由于需要使大电流流过发光元件,所以有时显示装置的功耗变大或显示装置的寿命变短而显示装置的可靠性下降。

[0007] 本发明的一个方式的目的之一是提供一种使用者能够看到明亮的图像的显示装置。另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种低功耗的显示装置。另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种可靠性高的显示装置。另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种具有精细的像素的显示装置。另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种能够显示高质量图像的显示装置。另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种廉价的显示装置。另外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种新颖的显示装置。此外,本发明的一个方式的目的之一是提供一种上述显示装置的制造方法。

[0008] 注意,这些目的的记载不妨碍其他目的的存在。注意,本发明的一个方式并不需要

实现所有上述目的。此外,上述以外的目的是可以从说明书、附图、权利要求书等的记载衍生出来的。

#### 解决技术问题的手段

[0009] 本发明的一个方式是一种显示装置,该显示装置包括第一发光元件、第一着色层、第一透镜、第一衬底、第二衬底、绝缘层、平坦化层和树脂层,其中第一透镜包括第一平坦部和第一凸部,第一发光元件设置在第一衬底上,绝缘层设置在第一发光元件上,第一着色层以具有与第一发光元件重叠的区域的方式设置在绝缘层上,平坦化层设置在第一着色层上,以第一平坦部与平坦化层接触且具有与第一发光元件重叠的区域的方式设置第一透镜,树脂层与第一凸部接触,第二衬底与树脂层接触,并且树脂层的折射率低于第一透镜的折射率。

[0010] 另外,在上述方式中,显示装置也可以包括第二发光元件、第二着色层及第二透镜,其中第二透镜也可以包括第二平坦部和第二凸部,第二发光元件也可以设置在第一衬底上,绝缘层也可以设置在第二发光元件上,第二着色层也可以以具有与第二发光元件重叠的区域的方式设置在绝缘层上,也可以以第二平坦部与平坦化层接触且具有与第二发光元件重叠的区域的方式设置第二透镜,树脂层也可以与第二凸部接触,树脂层的折射率也可以低于第二透镜的折射率,第一着色层和第二着色层也可以使不同颜色的光透过,并且第一着色层和第二着色层的厚度也可以不同。

[0011] 另外,本发明的一个方式是一种显示装置,该显示装置包括发光元件、波长转换层、透镜、第一衬底、第二衬底、绝缘层、平坦化层和树脂层,其中透镜包括平坦部和凸部,发光元件设置在第一衬底上,绝缘层设置在发光元件上,波长转换层以具有与发光元件重叠的区域的方式设置在绝缘层上,平坦化层设置在波长转换层上,以平坦部与平坦化层接触且具有与发光元件重叠的区域的方式设置透镜,树脂层与凸部接触,第二衬底与树脂层接触,并且树脂层的折射率低于透镜的折射率。

[0012] 另外,本发明的一个方式是一种显示装置,该显示装置包括第一衬底、第一发光元件、第二发光元件、绝缘层、第一着色层、第二着色层、分隔壁、第一透镜和第二透镜,其中第一发光元件和第二发光元件设置在第一衬底上,绝缘层设置在第一发光元件上及第二发光元件上,分隔壁设置在绝缘层上,第一着色层以与分隔壁的侧面接触且具有与第一发光元件重叠的区域的方式设置在绝缘层上,第二着色层以与分隔壁的侧面接触且具有与第二发光元件重叠的区域的方式设置在绝缘层上,第一透镜以具有与第一发光元件重叠的区域的方式设置在第一着色层上,第二透镜以具有与第二发光元件重叠的区域的方式设置在第二着色层上,并且分隔壁的折射率低于第一着色层的折射率及第二着色层的折射率。

[0013] 另外,在上述方式中,显示装置也可以包括平坦化层,第一透镜也可以包括第一平坦部和第一凸部,第二透镜也可以包括第二平坦部和第二凸部,平坦化层也可以设置在第一着色层上及第二着色层上,第一平坦部及第二平坦部也可以与平坦化层接触。

[0014] 另外,在上述方式中,第一着色层和第二着色层的厚度也可以不同。

[0015] 另外,本发明的一个方式是一种显示装置,该显示装置包括第一衬底、第一发光元件、第二发光元件、绝缘层、波长转换层、分隔壁、第一透镜和第二透镜,其中第一发光元件和第二发光元件设置在第一衬底上,绝缘层设置在第一发光元件上及第二发光元件上,分隔壁设置在绝缘层上,波长转换层以与分隔壁的侧面接触且具有与第一发光元件重叠的区

域的方式设置在绝缘层上,第一透镜以具有与第一发光元件重叠的区域的方式设置在波长转换层上,以具有与第二发光元件重叠的区域的方式设置第二透镜,并且分隔壁的折射率低于波长转换层的折射率。

[0016] 另外,在上述方式中,显示装置也可以包括平坦化层,第一透镜也可以包括第一平坦部和第一凸部,第二透镜也可以包括第二平坦部和第二凸部,平坦化层也可以设置在波长转换层上,第一平坦部及第二平坦部也可以与平坦化层接触。

[0017] 另外,在上述方式中,显示装置也可以包括第二衬底和树脂层,其中树脂层也可以与第一凸部及第二凸部接触,第二衬底也可以与树脂层接触,并且树脂层的折射率也可以低于第一透镜的折射率及第二透镜的折射率。

[0018] 另外,在上述方式中,平坦化层也可以与第一着色层的顶面及侧面以及第二着色层的顶面及侧面接触,平坦化层的折射率也可以低于第一着色层的折射率及第二着色层的折射率。

[0019] 另外,在上述方式中,第一透镜也可以与第二透镜相邻,第一着色层也可以与第二着色层分开。

[0020] 此外,在上述方式中,绝缘层也可以是被平坦化的层。

[0021] 包括本发明的一个方式的显示装置和电池的电子设备也是本发明的一个方式。

[0022] 包括本发明的一个方式的显示装置和安装部的头戴显示器也是本发明的一个方式。

#### 发明效果

[0023] 根据本发明的一个方式,可以提供一种使用者能够看到明亮的图像的显示装置。另外,根据本发明的一个方式,可以提供一种低功耗的显示装置。另外,根据本发明的一个方式,可以提供一种可靠性高的显示装置。另外,根据本发明的一个方式,可以提供一种具有精细的像素的显示装置。另外,根据本发明的一个方式,可以提供一种能够显示高质量图像的显示装置。另外,根据本发明的一个方式,可以提供一种廉价的显示装置。另外,根据本发明的一个方式,可以提供一种新颖的显示装置。此外,根据本发明的一个方式,可以提供一种上述显示装置的制造方法。

[0024] 注意,这些效果的记载不妨碍其他效果的存在。注意,本发明的一个方式并不需要具有所有上述效果。此外,可以从说明书、附图、权利要求书等的记载抽出上述以外的效果。

#### 附图简要说明

[0025] 图1A是示出显示装置的结构例子的截面图。图1B是示出光的行进方向的一个例子的图。

图2A及图2B是示出显示装置的结构例子的截面图。

图3是示出显示装置的结构例子的截面图。

图4A是示出显示装置的结构例子的截面图。图4B是示出光的行进方向的一个例子的图。

图5A是示出显示装置的结构例子的截面图。图5B是示出光的行进方向的一个例子的图。

图6A及图6B是示出显示装置的结构例子的截面图。

图7A及图7B是示出显示装置的制造方法的一个例子的截面图。

图8A及图8B是示出显示装置的制造方法的一个例子的截面图。

图9是示出显示装置的结构例子的截面图。

图10A是示出晶体管的一个例子的俯视图。图10B至图10D是示出晶体管的一个例子的截面图。

图11A是说明IGZO的结晶结构的分类的图。图11B是说明CAAC-IGZO膜的XRD谱的图。图11C是说明CAAC-IGZO膜的纳米束电子衍射图案的图。

图12A至图12D是示出电子设备的一个例子的图。

图13A至图13F是示出电子设备的一个例子的图。

图14是用于模拟的显示装置的示意图。

图15是示出用于模拟的发光元件的配光特性的图表。

图16是示出模拟结果的图表。

图17A及图17B是显示装置的电子显微镜图像。

图18是用于模拟的显示装置的示意图。

图19是示出根据本实施例的显示装置的辐射亮度的实测结果和模拟结果的图表。

实施发明的方式

[0026] 以下,参照附图对实施方式进行说明。但是,实施方式可以以多个不同方式来实施,所属技术领域的普通技术人员可以很容易地理解一个事实,就是其方式和详细内容可以被变换为各种各样的形式而不脱离本发明的宗旨及其范围。因此,本发明不应该被解释为仅限定在以下所示的实施方式所记载的内容中。

[0027] 注意,在以下说明的发明的结构中,在不同的附图之间共同使用相同的附图标记来表示相同的部分或具有相同功能的部分,而省略其重复说明。此外,当表示具有相同功能的部分时有时使用相同的阴影线,而不特别附加附图标记。

[0028] 注意,在本说明书所说明的附图中,为便于清楚地说明,有时夸大表示各构成要素的尺寸、层的厚度或区域。因此,本发明并不局限于附图中的尺寸。

[0029] 注意,在本说明书等中使用的“第一”、“第二”等序数词是为了避免构成要素的混淆而附记的,而不是为了在数目方面上进行限定的。

[0030] 注意,以下,“上”、“下”等方向的表现基本上按照附图的方向而使用。但是,为了简化起见,说明书中的“上”或“下”表示的方向有时与附图不一致。例如,当说明叠层体等的叠层顺序(或者形成顺序)等时,即使附图中的设置该叠层体的一侧的面(被形成面、支撑面、结合面、平坦面等)位于该叠层体的上侧,有时也将该方向记载为“下”,或者将与此相反的方向记载为“上”等。

[0031] 注意,在本说明书中,EL层是指设置在发光元件的一对电极之间且至少包括发光物质的层(也称为发光层)或包括发光层的叠层体。

[0032] (实施方式1)

在本实施方式中,对本发明的一个方式的显示装置的结构例子等进行说明。

[0033] [结构例子1]

图1A是示出本发明的一个方式的显示装置的显示装置10的结构例子的截面图。显示装置10包括像素15R、像素15G和像素15B。在此,像素15R、像素15G及像素15B设置在显示装置10的显示面。在该显示面中,像素15R、像素15G及像素15B可以排列为矩阵状。注意,可

以说由像素15R、像素15G和像素15B构成一个像素并且该像素在显示装置10的显示面排列为矩阵状。此时,可以将像素15R、像素15G和像素15B都称为子像素。

[0034] 显示装置10包括衬底11、晶体管52、绝缘层13、发光元件30、分隔壁14、绝缘层63、绝缘层21、着色层25R、着色层25G、着色层25B、平坦化层27、透镜29、树脂层33和衬底12。相对于像素15R、像素15G及像素15B的每一个设置一个发光元件30及透镜29。另外,着色层25R设置在像素15R中,着色层25G设置在像素15G中,着色层25B设置在像素15B中。

[0035] 在本说明书等中,可以将发光元件称为“发光器件”。此外,可以将显示元件称为“显示器件”。

[0036] 在图1A所示的显示装置10中,像素15G与像素15R及像素15B相邻。在此,可以说设置在相邻的像素中的各发光元件30彼此相邻,各着色层彼此相邻且各透镜29彼此相邻。例如,可以说设置在图1A所示的像素15R中的发光元件30与设置像素15G中的发光元件30相邻。或者,可以说图1A所示的着色层25R与着色层25G相邻。再者,可以说设置在图1A所示的像素15R中的透镜29与设置在像素15G中的透镜29相邻。注意,在图1A中,虽然像素15R没有与像素15B相邻,但是像素15R也可以与像素15B相邻。

[0037] 绝缘层13及晶体管52设置在衬底11上。发光元件30设置在绝缘层13上。绝缘层63设置在发光元件30上。绝缘层21设置在绝缘层63上。着色层25R、着色层25G及着色层25B设置在绝缘层21上。平坦化层27设置在着色层25R上、着色层25G上及着色层25B上。透镜29设置在平坦化层27上。树脂层33设置在透镜29上。衬底12设置在树脂层33上。在此,虽然在图1A中绝缘层13的顶面被平坦化,但是也可以不被平坦化。

[0038] 在本说明书等中,例如在“A上的B”的情况下,如果A的至少一部分与B至少一部分重叠,则不必具有A与B接触的区域。

[0039] 作为衬底11,可以使用:绝缘衬底诸如玻璃衬底、石英衬底、蓝宝石衬底、陶瓷衬底等;或者半导体衬底诸如以硅或碳化硅等为材料的单晶半导体衬底或多晶半导体衬底、硅锗等的化合物半导体衬底、SOI (Silicon On Insulator:绝缘体上硅) 衬底等。此外,通过作为衬底11使用具有柔性的衬底并且作为衬底12也使用具有柔性的衬底,可以使显示装置10成为柔性显示装置。

[0040] 作为绝缘层13及绝缘层21,例如优选使用有机绝缘膜。作为有机绝缘膜,例如可以举出丙烯酸树脂、聚酰亚胺树脂、环氧树脂、聚酰胺树脂、聚酰亚胺酰胺树脂、硅氧烷树脂、苯并环丁烯类树脂、酚醛树脂及这些树脂的前体等。另外,作为绝缘层63,例如优选使用无机绝缘膜。作为无机绝缘膜,例如可以使用氮化硅膜、氧氮化硅膜、氧化硅膜、氮氧化硅膜、氧化铝膜、氮化铝膜等。此外,也可以使用氧化铪膜、氧氮化铪膜、氮氧化铪膜、氧化钽膜、氧化锆膜、氧化镓膜、氧化钽膜、氧化镁膜、氧化镧膜、氧化铈膜及氧化钕膜等。此外,也可以层叠上述绝缘膜中的两个以上。注意,作为绝缘层13或绝缘层21也可以使用无机绝缘膜,作为绝缘层63也可以使用有机绝缘膜。显示装置10所包括的其他绝缘层可以使用与绝缘层13、绝缘层63或绝缘层21相同的材料。

[0041] 注意,在本说明书中,“氧氮化硅”是指在其组成中氧含量多于氮含量的物质。另外,“氮氧化硅”是指在其组成中氮含量多于氧含量的物质。

[0042] 如图1A所示,着色层25R、着色层25G和着色层25B分别设置在不同的发光元件30上。另外,着色层25R上、着色层25G上和着色层25B上分别设置有不同的透镜29。如此,以具

有彼此重叠的区域的方式设置发光元件30、着色层25R和透镜29。此外,以具有彼此重叠的区域的方式设置发光元件30、着色层25G和透镜29。再者,以具有彼此重叠的区域的方式设置发光元件30、着色层25B和透镜29。

[0043] 在图1A中,以虚线示出具有两种着色层重叠的区域的结构。另外,图1A示出透镜29彼此分开设置的结构。注意,各着色层既可以重叠,也可以具有与设置在相邻的像素中的透镜29彼此接触的区域。

[0044] 发光元件30中层叠有导电层42、发光层31和导电层60。在此,导电层42可以是发光元件30的像素电极,导电层60可以是发光元件30的公共电极。

[0045] 发光元件30例如可以发射白色光。具体而言,可以从发光层31发射白色光。作为发光元件30,可以使用有机发光二极管(OLED:Organic Light Emitting Diode)或者量子点发光二极管(QLED:Quantum-dot Light Emitting Diode)等EL元件。此外,作为发光元件30,可以使用Micro LED。

[0046] 当作为发光元件30使用白色发光的发光元件时,优选使发光层31包含两种以上的发光物质。例如通过以使两个以上的发光物质的各发光成为互补色关系的方式选择发光物质,可以获得白色发光。例如,优选包含如下发光物质中的两个以上:呈现R(红色)、G(绿色)、B(蓝色)、Y(黄色)、O(橙色)等发光的发光物质或者呈现包含R、G、B中的两种以上的颜色的光谱成分的发光的发光物质。另外,优选使用来自发光元件的发光的波长在可见光区域的波长(例如350nm至750nm)的范围内具有两个以上的峰的发光元件。另外,在黄色的波长区域中具有峰的材料发射光谱优选是在绿色及红色的波长区域也具有光谱成分的材料。

[0047] 优选的是,发光层31采用叠层结构,该叠层包含发射一种颜色的光的发光材料的发光层与包含发射其他颜色的光的发光材料的发光层。例如,发光层31中的多个发光层既可以互相接触并层叠,也可以隔着不包含任何发光材料的区域层叠。例如,可以在荧光发光层与磷光发光层之间设置如下区域:包含与该荧光发光层或磷光发光层相同的材料(例如主体材料、辅助材料),并且不包含任何发光材料的区域。由此,易于制造发光元件30,并且降低驱动电压。注意,在发光元件30中层叠有多个发光层31的情况下,也可以隔着电荷发生层层叠该多个发光层31。

[0048] 导电层42可以通过设置于绝缘层13的到达晶体管52的开口与晶体管52电连接。例如,导电层42可以与晶体管52的源极或漏极电连接。

[0049] 分隔壁14具有使不同的发光元件30所包括的导电层42电绝缘(也称为电分离)的功能。导电层42的端部被分隔壁14覆盖。

[0050] 作为分隔壁14,优选使用无机绝缘膜。例如,分隔壁14可以使用与可用于绝缘层63等的材料同样的材料。此外,作为分隔壁14,也可以使用有机绝缘膜。分隔壁14是使可见光透过的层。也可以设置遮蔽可见光的分隔壁来代替分隔壁14。

[0051] 可以以覆盖发光元件30的方式设置绝缘层63。绝缘层63优选为由不容易使水或氢等杂质透过的膜构成。通过以覆盖发光元件30的方式设置由不容易使水或氢等杂质透过的膜构成的绝缘层63,可以抑制水或氢等杂质进入发光元件30。由此,可以提高发光元件30的可靠性。如此,绝缘层63用作发光元件30的保护层。注意,也可以不设置绝缘层63。此时,优选将绝缘层21用作上述保护层。

[0052] 如上所述,可以在发光元件30上设置绝缘层21并在绝缘层21上设置着色层25R、着色层25G及着色层25B。例如,可以以接触绝缘层21的顶面的方式设置着色层25R、着色层25G及着色层25B。在此,如图1A所示,在对绝缘层21的顶面进行平坦化的情况下,可以将着色层25R、着色层25G及着色层25B设置在平坦面上。

[0053] 着色层25R例如具有使红色光透过的功能。着色层25G例如具有使绿色光透过的功能。着色层25B例如具有使蓝色光透过的功能。此时,从像素15R发射红色光,从像素15G发射绿色光,从像素15B发射蓝色光。注意,着色层25R、着色层25G或着色层25B也可以具有使青色(cyan)、品红色(magenta)或黄色等光透过的功能。此外,虽然在图1A中示出显示装置10包括三种着色层,但是显示装置10也可以包括四种以上的着色层。

[0054] 作为着色层25R、着色层25G及着色层25B,可以使用金属材料、树脂材料、包含颜料或染料的树脂材料等。

[0055] 通过以具有与发光元件30重叠的区域的方式设置着色层,不需要分别形成发光层31。由此,可以使设置有发光元件30的像素为精细的像素。

[0056] 在此,设置在相邻的像素中的着色层的一部分可以互相重叠。在图1A所示的例子中,着色层25R和着色层25G可以具有互相重叠的区域。此外,着色层25G和着色层25B可以具有互相重叠的区域。因此,当例如利用光刻法及蚀刻形成着色层25R、着色层25G及着色层25B时,例如即使在光刻法中使用的掩模的对准精度低,也可以形成着色层25R、着色层25G及着色层25B。由此,可以使设置在发光元件30中的像素为精细的像素。

[0057] 在此,着色层25R、着色层25G及着色层25B的厚度可以互不相同。因此,例如可以使透过着色层的光的色纯度与着色层的光的吸收率的平衡达到各颜色所希望的值。由此,显示装置10可以显示高质量图像。注意,着色层25R、着色层25G及着色层25B的厚度也可以都相同。

[0058] 如上所述,在着色层25R上、着色层25G上及着色层25B上设置平坦化层27。例如,可以以与着色层25R、着色层25G及着色层25B接触的方式设置平坦化层27。具体而言,可以以与着色层25R、着色层25G及着色层25B的顶面及侧面接触的方式设置平坦化层27。

[0059] 例如,平坦化层27可以使用与可用于绝缘层21的材料同样的材料。

[0060] 如上所述,在平坦化层27上设置透镜29。在此,透镜29可以为包括平坦部29a和凸部29b的平凸透镜。可以使透镜29的平坦部29a面向衬底11一侧而凸部29b面向衬底12一侧。例如,可以以平坦部29a与平坦化层27的顶面接触的方式设置透镜29。

[0061] 如上所述,着色层25R、着色层25G及着色层25B的厚度可以互不相同。即使在这种情况下,通过在着色层25R上、着色层25G上及着色层25B上设置平坦化层27并在平坦化层27上设置透镜29,可以使各透镜29的平坦部29a都在同一平面上。由此,可以使从发光元件30的发光层31到透镜29的平坦部29a的距离L都相等。具体而言,可以使与着色层25R重叠的发光层31至平坦部29a的距离、与着色层25G重叠的发光层31至平坦部29a的距离以及与着色层25B重叠的发光层31至平坦部29a的距离都相等。

[0062] 以与透镜29的凸部29b接触的方式设置树脂层33。另外,以与树脂层33的顶面接触的方式设置衬底12。可以利用树脂层33将透镜29和衬底12贴合。

[0063] 作为树脂层33,可以使用环氧树脂、丙烯酸树脂、硅酮树脂、酚醛树脂、聚酰亚胺树脂、酰亚胺树脂、PVC(聚氯乙烯)树脂、PVB(聚乙烯醇缩丁醛)树脂、EVA(乙烯-醋酸乙烯酯)

树脂等。另外,也可以使用两液混合型树脂。在此,优选使树脂层33的折射率低于透镜29的折射率,将在后面说明详细内容。

[0064] 虽然在图1A中利用树脂层33将透镜29和衬底12贴合,但是本发明的一个方式不局限于此。例如,可以通过使透镜29和衬底12之间为真空状态而使其贴合。此时,可以不设置树脂层33。

[0065] 作为衬底12使用具有透光性的衬底。例如可以将玻璃衬底、石英衬底或蓝宝石衬底等用作衬底12。另外,作为衬底12通过与衬底11同样地使用柔性衬底,可以使显示装置10成为柔性显示装置。

[0066] 图1B是从图1A所示的截面图中截取点划线A1至点划线A2的部分的图。在图1B中,光43表示发光元件30发射的光。

[0067] 在本说明书等中,有时可以将“光”换称为“光束”。

[0068] 发光元件30不仅向正面方向发射光43,也向倾斜方向发射光43。如果向倾斜方向发射的光43以发射时的角度从像素射出,例如当显示装置10的使用者从显示装置10的显示面的正面看该显示面时,有时显示装置10的使用者不能看到向倾斜方向发射的光43。在此,由于发光元件30所发射的光入射到透镜29的平坦部29a,如上所述,通过使树脂层33的折射率低于透镜29的折射率,根据斯涅尔定律,能够使图1B所示的向倾斜方向发射的光在正面方向聚光。因此,例如当显示装置10的使用者从显示装置10的显示面的正面看该显示面时,可以增大显示装置10的使用者所看到的光43的光量。由此,显示装置10的使用者可以看到明亮的图像。另外,由于可以减小发光元件30的发光光度,所以可以使显示装置10成为低功耗的显示装置,并且可以使其成为可靠性高的显示装置。

[0069] 在此,透镜29的折射率例如可以为1.5以上且1.8以下,例如可以为1.5以上且1.6以下,例如可以为1.56。另外,树脂层33的折射率例如可以为1.2以上且1.5以下,例如可以为1.3以上且低于1.5,例如可以为1.40。注意,当不设置树脂层33并通过使透镜29和衬底12之间为真空状态而使其贴合时,透镜29的折射率大于1即可。

[0070] 此外,优选以使算式(1)所示的关系成立的方式设定距离L。在此,R1表示凸部29b的曲率半径,N1表示透镜29的折射率,N2表示树脂层33的折射率,N3表示平坦化层27的折射率。注意,透镜29的焦点距离为“ $R1 \times N3 / (N1 - N2)$ ”。

[0071]  $0.1 \times R1 \times N3 / (N1 - N2) \leq L \leq 5 \times R1 \times N3 / (N1 - N2)$  (1)

[0072] 在此,如上所述,着色层25R、着色层25G及着色层25B的厚度可以互不相同。由此,如果不设置平坦化层27并在着色层25R上、着色层25G上及着色层25B上设置透镜29,则各像素的距离L不同。当各像素的距离L不同时,根据式(1),有时需要改变各像素的凸部29b的曲率半径R1或透镜29的折射率N1。在这种情况下,需要分开制造各像素的透镜29,从而导致显示装置的制造工序变复杂。另一方面,在显示装置10中,由于在平坦化层27上设置透镜29,所以可以使各像素的距离L相等。因此,可以简化显示装置10的制造工序。由此,可以降低显示装置10的制造成本并提供廉价的显示装置10。

[0073] [结构例子2]

图2A是图1A所示的显示装置10的变形例子。图2A所示的显示装置10与图1A所示的显示装置10的不同之处在于:设置发光层51代替发光层31并设置波长转换层55R及波长转换层55G代替着色层25R、着色层25G及着色层25B。

[0074] 发光层51例如具有发射蓝色光的功能。设置于像素15R的波长转换层55R具有将发光层51所发射的光转换成红色光的功能。设置于像素15G的波长转换层55G具有将发光层51所发射的光转换成绿色光的功能。在此,当发光层51发射蓝色光时,可以不在像素15B设置波长转换层。注意,发光层51也可以具有发射紫外线的功能。此时,通过在像素15B设置具有将发光层51发射的光转换成蓝色光的功能的波长转换层,可以使像素15B发射蓝色光。

[0075] 作为波长转换层55R及波长转换层55G,优选包含荧光材料或量子点(QD:Quantum dot)。特别是,量子点的发射光谱的峰宽较窄且转换效率高,因此可以得到色纯度高的发光。因此,由于可以实现颜色再现性高的显示装置10,所以显示装置10可以显示高质量图像。

[0076] 波长转换层55R及波长转换层55G可以是使荧光体或量子点分散在有机树脂中而成的层。作为有机树脂,可以使用对发光层51发射的光以及波长转换层55R或波长转换层55G发射的光具有透光性的固化性材料。

[0077] 波长转换层55R及波长转换层55G例如可以通过液滴喷射法(例如,喷墨法)、涂敷法、压印(imprint)法及各种印刷法(丝网印刷法、胶印法)等形成。另外,通过作为有机树脂使用具有感光性的树脂材料,也可以在利用旋涂法涂敷有机树脂后经过曝光处理、显影处理加工成任意形状来形成波长转换层55R及波长转换层55G。

[0078] 作为构成量子点的材料,没有特别的限制,例如可以举出第14族元素、第15族元素、第16族元素、包含多个第14族元素的化合物、第4族至第14族的元素和第16族元素的化合物、第2族元素和第16族元素的化合物、第13族元素和第15族元素的化合物、第13族元素和第17族元素的化合物、第14族元素和第15族元素的化合物、第11族元素和第17族元素的化合物、氧化铁类、氧化钛类、硫系尖晶石(spinel chalcogenide)类、半导体簇等。

[0079] 具体而言,可以举出硒化镉、硫化镉、碲化镉、硒化锌、氧化锌、硫化锌、碲化锌、硫化汞、硒化汞、碲化汞、砷化铟、磷化铟、砷化镓、磷化镓、氮化铟、氮化镓、铋化铟、铋化镓、磷化铝、砷化铝、铋化铝、硒化铅、碲化铅、硫化铅、硒化铟、碲化铟、硫化铟、硒化镓、硫化砷、硒化砷、碲化砷、硫化铋、硒化铋、碲化铋、硫化铋、硅、碳化硅、锗、锡、硒、碲、硼、碳、磷、氮化硼、磷化硼、砷化硼、氮化铝、硫化铝、硫化钡、硒化钡、碲化钡、硫化钙、硒化钙、碲化钙、硫化铍、硒化铍、碲化铍、硫化镁、硒化镁、硫化锗、硒化锗、碲化锗、硫化锡、硒化锡、碲化锡、氧化铅、氟化铜、氯化铜、溴化铜、碘化铜、氧化铜、硒化铜、氧化镍、氧化钴、硫化钴、氧化铁、硫化铁、氧化锰、硫化钼、氧化钒、氧化钨、氧化钽、氧化钛、氧化锆、氮化硅、氮化锗、氧化铝、钛酸钡、硒化镉的化合物、铟砷磷的化合物、镉硒硫的化合物、镉硒碲的化合物、铟镓砷的化合物、铟镓硒的化合物、铟硒硫化物、铜铟硫的化合物以及它们的组合等。此外,也可以使用以任意比率表示组成的所谓的合金型量子点。

[0080] 作为量子点的结构,有核型、核壳(Core-Shell)型、核多壳(Core-Multishell)型等。此外,在量子点中,由于表面原子的比例高,因此反应性高而容易发生聚集。因此,量子点的表面优选附着有保护剂或设置有保护基。通过附着有保护剂或设置有保护基,可以防止聚集并提高对溶剂的溶解性。此外,还可以通过降低反应性来提高电稳定性。

[0081] 量子点其尺寸越小带隙越大,因此适当地调节其尺寸以获得所希望的波长的光。随着结晶尺寸变小,量子点的发光向蓝色一侧(即,向高能量一侧)迁移,因此,通过改变量子点的尺寸,可以在涵盖紫外区域、可见光区域和红外区域的光谱的波长区域中调节其发

光波长。量子点的尺寸(直径)为例如0.5nm以上且20nm以下,优选为1nm以上且10nm以下。量子点其尺寸分布越小发射光谱越窄,因此可以获得色纯度高的发光。另外,量子点的形状不局限于球状,也可以是棒状、圆盘状或其他形状。

[0082] 在此,当使量子点分散在波长转换层55R及波长转换层55G中时,波长转换层55R发射的光及波长转换层55G发射的光的指向性较低。但是在显示装置10中,透镜29的平坦部29a面向波长转换层55R及波长转换层55G一侧,凸部29b面向衬底12一侧。另外,在显示装置10中,树脂层33的折射率低于透镜29的折射率。如此,即使在波长转换层55R发射的光及波长转换层55G发射的光的指向性低的情况下,可以利用透镜29使该光在正面方向聚光。因此,例如当显示装置10的使用者从显示装置10的显示面的正面看该显示面时,可以增大显示装置10的使用者所看到的光43的光量。由此,显示装置10的使用者可以看到明亮的图像。另外,由于可以减小发光元件30的发光光度,所以可以使显示装置10成为低功耗的显示装置,并且可以使其成为可靠性高的显示装置。

[0083] 在图2A所示的显示装置10中,在像素15R及像素15G设置波长转换层而不在像素15B设置波长转换层。但是,通过设置平坦化层27并在其上设置透镜29,可以在同一平面上设置像素15R或像素15G中的透镜29的平坦部29a以及像素15B中的透镜29的平坦部29a。由此,可以使从发光元件30的发光层到透镜29的平坦部29a的距离L都相等,从而可以简化显示装置10的制造工序。

[0084] [结构例子3]

图2B是图2A所示的显示装置10的变形例子。图2B所示的显示装置10与图2A所示的显示装置10的不同之处在于设置有着色层25R及着色层25G。

[0085] 着色层25R设置在波长转换层55R上。着色层25G设置在波长转换层55G上。

[0086] 有时从发光层51入射到波长转换层55R或波长转换层55G的光中的一部分不被转换波长。因此,例如当发光层51发射蓝色光时,有时波长转换层55R发射的红色光或波长转换层55G发射的绿色光与发光层51发射的蓝色光发生混色,而色纯度下降。于是,通过在波长转换层55R或波长转换层55G的衬底12一侧分别配置着色层25R及着色层25G,可以抑制透过波长转换层55R或波长转换层55G的蓝色光射出到显示装置10外部。由此可以抑制从像素15R射出的光及从像素15G射出的光的色纯度下降,显示装置10可以显示高质量图像。

[0087] [结构例子4]

图3是示出显示装置10的其他结构例子的截面图。图3所示的显示装置10与图1A所示的显示装置10的不同之处在于绝缘层21之上方的层的结构。

[0088] 图3所示的显示装置10在绝缘层21上设置透镜29。例如,可以以与绝缘层21的顶面接触的方式设置透镜29的平坦部29a。此外,以与透镜29的凸部29b接触的方式设置树脂层33。如上所述,树脂层33的折射率优选低于透镜29的折射率。

[0089] 在树脂层33上设置着色层25R、着色层25G及着色层25B。此外,在着色层25R上、着色层25G上及着色层25B上设置粘合层37。作为粘合层37可以使用紫外线固化粘合剂等光固化粘合剂、反应固化粘合剂、热固化粘合剂、厌氧粘合剂等各种固化粘合剂,例如可以使用与可用于树脂层33的材料同样的材料。

[0090] 在粘合层37上设置衬底12。通过粘合层37可以使着色层25R、着色层25G及着色层25B与衬底12贴合。

[0091] 在图3所示的显示装置10中,在发光元件30与着色层25R、着色层25G及着色层25B之间设置透镜29。由此,可以使从发光元件30的发光层31到透镜29的平坦部29a的距离L短于图1A等所示的显示装置10。因此,由算式(1)可知,可以减小凸部29b的曲率半径R1。另外,可以增大透镜29的折射率N1。此外,可以减小树脂层33的折射率N2。再者,可以减小平坦化层27的折射率N3。

[0092] [结构例子5]

图4A是示出显示装置10的其他结构例子的截面图。图4A所示的显示装置10与图1A所示的显示装置10的不同之处在于包括分隔壁35。

[0093] 分隔壁35可以设置在像素的边界。例如,如图4A所示,可以横跨像素15R和像素15G设置分隔壁35。此外,可以横跨像素15G和像素15B设置分隔壁35。

[0094] 分隔壁35设置在绝缘层21上。例如,可以以与绝缘层21的顶面接触的方式设置分隔壁35。分隔壁35的形状例如可以为六面体。

[0095] 可以以与分隔壁35的侧面接触的方式设置着色层25R、着色层25G及着色层25B。在此,例如设置于像素15R与像素15G的边界的分隔壁35可以具有如下结构:与着色层25R所接触的侧面的相对面与着色层25G接触。此外,例如设置于像素15G与像素15B的边界的分隔壁35可以具有如下结构:与着色层25G所接触的侧面的相对面与着色层25B接触。

[0096] 在此,分隔壁35的折射率优选低于着色层25R、着色层25G及着色层25B的折射率,将在后面说明详细内容。作为这样的分隔壁35,例如优选使用包含氟的聚合物。另外,作为分隔壁35,可以使用丙烯酸树脂、聚酰亚胺树脂、环氧树脂、聚酰胺树脂、聚酰亚胺酰胺树脂、硅氧烷树脂、苯并环丁烯类树脂、酚醛树脂及这些树脂的前体等或者有机绝缘膜。注意,作为分隔壁35,也可以使用无机绝缘膜。

[0097] 图4B是从图4A所示的截面图中截取点划线A3至点划线A4的部分的图。在图4B中,光47表示发光元件30发射并照射到分隔壁35的光。

[0098] 通过使分隔壁35的折射率低于着色层25R、着色层25G及着色层25B的折射率,光47在分隔壁35和着色层(图4B中的着色层25G)的界面全反射。因此,可以抑制光47入射到两种以上的着色层重叠的部分并被吸收。由此,可以使图4A所示的显示装置10成为光提取效率高的显示装置。由此,图4A所示的显示装置10的使用者可以看到明亮的图像。此外,可以使图4A所示的显示装置10成为低功耗的显示装置或者可以使其成为可靠性高的显示装置。

[0099] 此外,由于图4A所示的显示装置10中可以抑制光47入射到例如设置在相邻的像素中的着色层,所以可以提高色纯度。由此,显示装置10可以显示高质量图像。

[0100] 此外,由于分隔壁35引起的光47的反射为全反射,所以例如与作为分隔壁35使用金属等反射材料的情况相比,可以抑制光47被分隔壁35吸收。因此,可以使图4A所示的显示装置10成为光提取效率高的显示装置。注意,当分隔壁35引起的光47的吸收在允许范围内时,作为分隔壁35也可以使用金属等反射材料。

[0101] 在此,优选以在使光47全反射的同时抑制全反射的光47入射到相邻的像素的方式调整分隔壁35的锥形角度,。例如,在锥形角度小,即分隔壁35的侧面接近于垂直的情况下,有时在分隔壁35的侧面全反射的光47入射到相邻的像素。例如,有时在分隔壁35全反射的光47入射到设置在相邻的像素中的透镜29。另一方面,在锥形角度大,即分隔壁35的侧面接近于水平的情况下,分隔壁35与着色层的界面的光47的入射角变小,有时不发生光47的全

反射。优选考虑以上情况而调整分隔壁35的锥形角度。

[0102] 注意,虽然在图4A中分隔壁35的厚度与着色层25B的厚度相同,但是本发明的一个方式不局限于此。分隔壁35既可以比着色层25B薄,也可以比其厚。另外,分隔壁35既可以比着色层25G薄,也可以比其厚。再者,分隔壁35既可以比着色层25R薄,也可以比其厚。如果增厚分隔壁35,可以减少发光元件30所发射的光中的不入射到分隔壁35而泄漏到相邻的像素的光。另一方面,如果减薄分隔壁35,由于可以减小分隔壁35的纵横比,所以可以抑制在显示装置10的制造工序中分隔壁35倒塌。

[0103] [结构例子6]

图5A是图4A所示的显示装置10的变形例子。图5A所示的显示装置10与图4A所示的显示装置10的不同之处在于设置有遮光层45。

[0104] 可以将遮光层45设置在设置有发光元件30的层和设置有分隔壁35的层之间。在图5A中,示出以与绝缘层21的顶面接触的方式设置遮光层45,以与遮光层45的顶面接触的方式设置分隔壁35的例子。

[0105] 图5B是从图5A所示的截面图中截取点划线A5至点划线A6的部分的图。在图5B中,光49表示发光元件30发射并照射到遮光层45的底面的光。

[0106] 当显示装置10没有设置遮光层45时,光49照射到分隔壁35的底面。当分隔壁35的折射率低于绝缘层21的折射率时,有时光49在分隔壁35的底面与绝缘层21的顶面的界面全反射。由此,有时产生光49的杂散光,光49泄漏到相邻的像素。另一方面,通过设置遮光层45,遮光层45可以吸收光49。因此,可以抑制光49泄漏到相邻的像素。因此,由于可以抑制光49入射到例如设置在相邻的像素中的着色层,所以可以提高色纯度。由此,显示装置10可以显示高质量图像。

[0107] 在图5A中,分隔壁35覆盖遮光层45的侧面。由此,可以抑制如果没有遮光层45则入射到分隔壁35的侧面并在与着色层的界面全反射的光照射到遮光层45的侧面而被吸收。注意,分隔壁35也可以不覆盖遮光层45的侧面而与遮光层45的侧面及着色层接触。

[0108] 遮光层45可以使用碳黑、金属氧化物、包含多种金属氧化物的固溶体的复合氧化物等。

[0109] [结构例子7]

图6A是示出显示装置10的其他结构例子的截面图。图6A所示的显示装置10与图1A所示的显示装置10的不同之处在于以彼此分开的方式设置有着色层25R、着色层25G及着色层25B。此外,与图1A所示的显示装置10的不同之处在于设置平坦化层57代替平坦化层27。

[0110] 在图6A所示的显示装置10中,平坦化层57的折射率优选低于着色层25R、着色层25G及着色层25B的折射率。因此,可以使发光元件30发射的光在着色层25R、着色层25G或着色层25B的侧面与平坦化层57的界面全反射。由此,与图4A所示的显示装置10同样,图6A所示的显示装置10的使用者可以看到明亮的图像。此外,可以使图6A所示的显示装置10成为低功耗的显示装置或者可以使其成为可靠性高的显示装置。

[0111] 平坦化层57可以使用与可用于树脂层33的材料同样的材料。或者,平坦化层57可以使用与可用于分隔壁35的材料同样的材料。

[0112] 如上所述,图6A所示的显示装置10虽然没有设置分隔壁35但可以呈现与设置分隔壁35时相同的效果。因此,由于图6A所示的显示装置10没有设置分隔壁35,所以可以简化制

造工序。由此,可以降低显示装置10的制造成本并提供廉价的显示装置10。

[0113] [结构例子8]

图6B是图6A所示的显示装置10的变形例子。图6B所示的显示装置10与图6A所示的显示装置10的不同之处在于设置有遮光层45。

[0114] 在显示装置10具有各着色层不重叠的结构的情况下,有时发光元件30发射的光的一部分泄漏到相邻的像素并且该泄漏的光入射到设置在该相邻的像素的着色层。例如,有时设置在像素15G的发光元件30所发射的光的一部分入射到着色层25R或着色层25B。在此,通过设置图6B所示的遮光层45,由于可以抑制上述漏光,所以可以提高色纯度。由此,显示装置10可以显示高质量图像。

[0115] 另外,在图6B所示的显示装置10中,以与着色层25R、着色层25G及着色层25B分开的方式设置遮光层45。由此,与遮光层45和着色层25R、着色层25G或着色层25B的一部分重叠的情况相比,可以降低入射到着色层25R、着色层25G或着色层25B的光中的入射到遮光层45的光的比例。注意,遮光层45也可以和着色层25R、着色层25G或着色层25B的一部分重叠。

[0116] 本说明书所示的结构可以适当地组合而实施。例如,图2A或图2B所示的结构可以与图3、图4A、图5A、图6A或图6B所示的结构组合而实施。具体而言,例如在图3、图4A、图5A、图6A或图6B所示的结构中,可以设置波长转换层55R及波长转换层55G。

[0117] [制造方法例子]

以下参照附图对显示装置10的制造方法的一个例子进行说明。这里,以图1A所示的显示装置10为例进行说明。

[0118] 注意,构成显示装置的薄膜(绝缘膜、半导体膜、导电膜、着色膜等)可以利用溅射法、化学气相沉积(CVD:Chemical Vapor Deposition)法、真空蒸镀法、脉冲激光沉积(PLD:Pulsed Laser Deposition)法、原子层沉积(ALD:Atomic Layer Deposition)法等形成。作为CVD法,也可以利用等离子体增强化学气相沉积(PECVD)法或热CVD法。作为热CVD法的例子,也可以利用有机金属化学气相沉积(MOCVD:Metal Organic CVD)法。

[0119] 另外,构成显示装置的薄膜可以利用旋涂法、浸渍法、喷涂法、喷墨法、分配器法、丝网印刷法、胶版印刷法、刮刀(doctor knife)法、狭缝式涂敷法、辊涂法、帘式涂敷法、刮刀式涂敷法等方法而形成。

[0120] 当对构成显示装置的薄膜进行加工时,可以利用光刻法等进行加工。另外,也可以利用使用遮蔽掩模的成膜方法形成岛状的薄膜。另外,也可以利用纳米压印法、喷砂法、剥离法等对薄膜进行加工。光刻法例如有如下两种方法。一种是通过在要加工的薄膜上涂敷感光性的抗蚀剂材料,隔着掩模曝光后进行显影,形成抗蚀剂掩模,通过蚀刻等加工该薄膜,去除抗蚀剂掩模的方法。另一种是形成具有感光性的薄膜之后进行曝光而显影,将该薄膜加工为所希望的形状的方法。

[0121] 在光刻法中使用光时,作为用于曝光的光,例如可以使用i线(波长365nm)、g线(波长436nm)、h线(波长405nm)或将这些光混合了的光。此外,还可以使用紫外线、KrF激光或ArF激光等。此外,也可以利用液浸曝光技术进行曝光。此外,作为用于曝光的光,也可以使用极紫外(EUV:Extreme Ultra-violet)光或X射线。此外,也可以使用电子束代替用于曝光的光。当使用极紫外光、X射线或电子束时,可以进行极其精细的加工,所以是优选的。注意,在通过利用电子束等光束进行扫描而进行曝光时,不需要光掩模。

[0122] 作为薄膜的蚀刻方法,可以利用干蚀刻法、湿蚀刻法及喷砂法等。

[0123] 如图7A所示,首先在衬底11上形成晶体管52。接着,在衬底11上及晶体管52上形成绝缘层13。之后,在绝缘层13中形成到达晶体管52的开口。然后在绝缘层13上形成成为导电层42的导电膜,通过对该导电膜的一部分进行蚀刻形成导电层42。

[0124] 然后,以覆盖导电层42的端部的方式形成隔壁14。接着,形成发光层31及导电层60。

[0125] 发光层31可以利用蒸镀法、涂敷法、印刷法、喷射法等方法形成。发光层31例如可以利用不使用金属掩模的蒸镀法。另外,导电层60可以利用蒸镀法、溅射法等方法形成。

[0126] 然后,在导电层60上形成绝缘层63。发光元件30被绝缘层63密封。优选在导电层60形成之后以不暴露于大气的方式形成绝缘层63。

[0127] 接着,在绝缘层63上形成绝缘层21。例如,利用旋涂法等形成有机绝缘膜。当利用旋涂法等形成有机绝缘膜时,可以使绝缘层21成为平坦化层。注意,绝缘层21的顶面也可以不被平坦化。

[0128] 然后,在绝缘层21上形成着色层25R、着色层25G及着色层25B(图7B)。在此,优选从膜厚较薄的着色层开始依次形成。因此,在图7B所示的例子中,优选在形成着色层25B后形成着色层25G,然后形成着色层25R。

[0129] 例如,首先形成成为着色层25B的着色膜,例如利用光刻法对该着色膜进行加工形成着色层25B。接着形成成为着色层25G的着色膜,例如利用光刻法对该着色膜进行加工形成着色层25G。然后形成成为着色层25R的着色膜,例如利用光刻法对该着色膜进行加工形成着色层25R。

[0130] 注意,当制造图4A所示的显示装置10时,通过在形成绝缘层21后形成成为隔壁35的膜并对该膜的一部分进行蚀刻来形成隔壁35。然后,形成着色层25B、着色层25G及着色层25R。另外,当制造图5A所示的显示装置10时,在形成成为遮光层45的膜并对该膜的一部分进行蚀刻形成遮光层45后,通过形成成为隔壁35的膜并对该膜的一部分进行蚀刻来形成隔壁35。

[0131] 然后,在着色层25R上、着色层25G上及着色层25B上形成成为平坦化层27的膜。例如,利用旋涂法等形成有机绝缘膜(图8A)。

[0132] 接着,在平坦化层27上形成透镜29(图8B)。例如,可以在利用光刻法形成抗蚀剂图案后加热衬底11并使抗蚀剂回流来形成透镜29。

[0133] 然后,准备衬底12并在衬底12上形成树脂层33。树脂层33可以利用丝网印刷法或分配法等形成。接着,利用树脂层33将透镜29与衬底12贴合。由此,可以制造图1B所示的显示装置10。

[0134] [结构例子9]

图9是示出显示装置10的结构例子的截面图。图9示出图1所示的显示装置10的更具体的结构例子。

[0135] 在图9所示的显示装置10中,在衬底11上设置绝缘层152、晶体管52、绝缘层162、绝缘层181、绝缘层182、绝缘层183、绝缘层185、导电层189a、导电层189b、导电层189c、导电层189d、绝缘层186及绝缘层187。另外,在绝缘层187上设置导电层190、导电层195、发光元件30、隔壁14、绝缘层63、绝缘层21、着色层25、平坦化层27、透镜29、树脂层33及衬底12。如

上所述,发光元件30包括导电层42、发光层31及导电层60。

[0136] 晶体管52包括导电层161、绝缘层163、绝缘层164、金属氧化物层165、一对导电层166、绝缘层167、导电层168等。关于晶体管52等能够用于本发明的一个方式的显示装置的晶体管的具体例子,将在实施方式2中详细地说明。

[0137] 金属氧化物层165具有沟道形成区域。金属氧化物层165具有与一对导电层166中的一个重叠的第一区域、与一对导电层166中的另一个重叠的第二区域以及该第一区域与该第二区域之间的第三区域。

[0138] 绝缘层152上设置有导电层161及绝缘层162,并且覆盖导电层161及绝缘层162地设置有绝缘层163及绝缘层164。金属氧化物层165设置在绝缘层164上。导电层161被用作栅电极,绝缘层163及绝缘层164被用作栅极绝缘层。导电层161隔着绝缘层163及绝缘层164与金属氧化物层165重叠。绝缘层163优选与绝缘层152同样地被用作阻挡层。与金属氧化物层165接触的绝缘层164优选使用氧化硅膜等氧化物绝缘膜。

[0139] 在此,导电层161的顶面的高度与绝缘层162的顶面的高度大致一致。由此,可以缩小晶体管52的尺寸。

[0140] 一对导电层166分开地设置在金属氧化物层165上。一对导电层166被用作源极及漏极。覆盖金属氧化物层165及一对导电层166地设置有绝缘层181,绝缘层181上设置有绝缘层182。绝缘层181及绝缘层182中设置有到达金属氧化物层165的开口,绝缘层167及导电层168埋入在该开口内部。该开口与上述第三区域重叠。绝缘层167与绝缘层181的侧面及绝缘层182的侧面重叠。导电层168隔着绝缘层167与绝缘层181的侧面及绝缘层182的侧面重叠。导电层168被用作栅电极,绝缘层167被用作栅极绝缘层。导电层168隔着绝缘层167与金属氧化物层165重叠。

[0141] 在此,导电层168的顶面的高度与绝缘层182的顶面的高度大致一致。由此,可以缩小晶体管52的尺寸。

[0142] 以覆盖绝缘层182、绝缘层167及导电层168的顶面的方式设置有绝缘层183及绝缘层185。

[0143] 绝缘层152、绝缘层181及绝缘层183被用作阻挡层,抑制水或氢等杂质侵入到金属氧化物层165并抑制氧从金属氧化物层165脱离。此外,通过由绝缘层181覆盖一对导电层166,可以抑制绝缘层182中的氧导致一对导电层166氧化。

[0144] 作为绝缘层152、绝缘层181及绝缘层183,例如可以使用氧化铝膜、氧化钪膜、氮化硅膜等与氧化硅膜相比不容易使氢和氧扩散的膜。

[0145] 与一对导电层166中的一个及导电层189a电连接的插头埋入在设置于绝缘层181、绝缘层182、绝缘层183及绝缘层185中的开口内。插头优选包括与该开口的侧面及一对导电层166中的一个的顶面接触的导电层184b及埋入在该导电层184b的内侧的导电层184a。此时,作为导电层184b,优选使用不容易使氢及氧扩散的导电材料。

[0146] 绝缘层185上设置有导电层189a及绝缘层186,导电层189a上设置有导电层189b,绝缘层186上设置有绝缘层187。绝缘层186优选具有平坦化功能。在此,导电层189b的顶面的高度与绝缘层187的顶面的高度大致一致。绝缘层187及绝缘层186设置有到达导电层189a的开口,导电层189b埋入在该开口内部。导电层189b被用作使导电层189a与导电层42电连接的插头。

[0147] 晶体管52的一对导电层166中的一个经过导电层184a、导电层184b、导电层189a及导电层189b与发光元件30所包括的导电层42电连接。

[0148] 绝缘层186优选使用氧化硅、氧氮化硅、氮氧化硅、氮化硅、氧化铝、氧化铪、氮化钛等无机绝缘材料形成。

[0149] 作为绝缘层187例如可以使用氧化铝膜、氧化铪膜、氮化硅膜等与氧化硅膜相比不容易使氢和氧扩散的膜。绝缘层187优选被用作防止水或氢等杂质向晶体管52扩散的阻挡层。

[0150] 导电层189c经过导电层189d、导电层190及导电层195与FPC电连接。显示装置10经过FPC被供应信号及电力。

[0151] 导电层189c可以与导电层189a使用同一材料及同一工序形成。导电层189d可以与导电层189b使用同一材料及同一工序形成。导电层190可以与导电层42使用同一材料及同一工序形成。

[0152] 作为导电层195,例如可以使用各向异性导电膜(ACF:Anisotropic Conductive Film)或各向异性导电膏(ACP:Anisotropic Conductive Paste)等。

[0153] 本实施方式的至少一部分可以与本说明书所记载的其他实施方式或实施例适当地组合而实施。

[0154] (实施方式2)

在本实施方式中,说明能够应用于本发明的一个方式的显示装置的晶体管。

[0155] 对显示装置所包括的晶体管的结构没有特别的限制。例如,可以采用平面型晶体管、交错型晶体管或反交错型晶体管。此外,晶体管都可以具有顶栅结构或底栅结构。或者,也可以在沟道的上下设置栅电极。

[0156] 作为显示装置所包括的晶体管,可以使用例如将金属氧化物用于沟道形成区域的晶体管。因此,可以实现关态电流极低的晶体管。

[0157] 作为显示装置所包括的晶体管,也可以使用沟道形成区域中含有硅的晶体管。作为该晶体管可以举出例如含有非晶硅的晶体管、含有结晶硅(典型为低温多晶硅)的晶体管、以及含有单晶硅的晶体管等。例如,也可以组合使用将金属氧化物用于沟道形成区域的晶体管和沟道形成区域包含硅的晶体管。

[0158] 在本说明书等中,晶体管是指至少包括栅极、漏极以及源极这三个端子的元件。晶体管在漏极(漏极端子、漏极区域或漏电极)与源极(源极端子、源极区域或源电极)之间具有形成沟道的区域(以下也称为沟道形成区域),并且经过沟道形成区域电流能够流过源极和漏极之间。注意,在本说明书等中,沟道形成区域是指电流主要流过的区域。

[0159] 另外,在使用极性不同的晶体管的情况或电路工作中的电流方向变化的情况等下,源极及漏极的功能有时互相调换。因此,在本说明书等中,有时源极和漏极可以相互调换。

[0160] 注意,沟道长度例如是指晶体管的俯视图中的半导体(或在晶体管处于导通状态时,在半导体中电流流过的部分)和栅电极互相重叠的区域或者沟道形成区域中的源极(源极区域或源电极)和漏极(漏极区域或漏电极)之间的距离。另外,在一个晶体管中,沟道长度不一定在所有的区域中成为相同的值。也就是说,一个晶体管的沟道长度有时不限于一个值。因此,在本说明书中,沟道长度是沟道形成区域中的任一个值、最大值、最小值或平

均值。

[0161] 沟道宽度例如是指在晶体管的俯视图中半导体(或在晶体管处于导通状态时,在半导体中电流流过的部分)和栅电极互相重叠的区域或者沟道形成区域中的垂直于沟道长度方向的沟道形成区域的方向的长度。另外,在一个晶体管中,沟道宽度在所有区域中不一定为相同。也就是说,一个晶体管的沟道宽度有时不限于一个值。因此,在本说明书中,沟道宽度是沟道形成区域中的任一个值、最大值、最小值或平均值。

[0162] 在本说明书等中,根据晶体管的结构,有时形成沟道的区域中的实际上的沟道宽度(以下,也称为“实效沟道宽度”)和晶体管的俯视图所示的沟道宽度(以下,也称为“外观上的沟道宽度”)不同。例如,在栅电极覆盖半导体的侧面时,有时因为实效的沟道宽度大于外观上的沟道宽度,所以不能忽略其影响。例如,在微型且栅电极覆盖半导体的侧面的晶体管中,有时形成在半导体的侧面上的沟道形成区域的比例增高。在此情况下,实效的沟道宽度大于外观上的沟道宽度。

[0163] 在上述情况下,有时难以通过实测估计实效沟道宽度。例如,为了根据设计值估计实效沟道宽度,需要预先知道半导体的形状的假定。因此,当半导体的形状不确定时,难以准确地测量实效沟道宽度。

[0164] 在本说明书中,在简单地描述为“沟道宽度”时,有时是指外观上的沟道宽度。或者,在本说明书中,在简单地描述为“沟道宽度”时,有时是指实效沟道宽度。注意,通过对截面TEM(Transmission Electron Microscope:透射电子显微镜)图像等进行分析等,可以决定沟道长度、沟道宽度、有效沟道宽度、外观上的沟道宽度等的值。

[0165] 注意,在本说明书等中,可以将“绝缘体”换称为“绝缘膜”或“绝缘层”。另外,可以将“导体”换称为“导电膜”或“导电层”。另外,可以将“氧化物”换称为“氧化物膜”或“氧化物层”。另外,可以将“半导体”换称为“半导体膜”或“半导体层”。

[0166] 图10A是晶体管200的俯视图。注意,在图10A中,为了明确起见,省略图示一部分的构成要素。图10B是沿着图10A中的点划线X1-X2的截面图。图10B可以说是晶体管200的沟道长度方向的截面图。图10C示出沿着图10A中的点划线Y1-Y2的截面图。图10C可以说是晶体管200的沟道宽度方向的截面图。图10D是沿着图10A中的点划线Y3-Y4的截面图。

[0167] 图10A至图10D所示的半导体装置包括衬底(未图示)上的绝缘体212、绝缘体212上的绝缘体214、绝缘体214上的晶体管200、晶体管200上的绝缘体280、绝缘体280上的绝缘体282、绝缘体282上的绝缘体283以及绝缘体283上的绝缘体285。绝缘体212、绝缘体214、绝缘体280、绝缘体282、绝缘体283及绝缘体285被用作层间绝缘膜。另外,包括与晶体管200电连接且被用作插头的导体240(导体240a及导体240b)。另外,以与用作插头的导体240的侧面接触的方式设置绝缘体241(绝缘体241a及绝缘体241b)。另外,在绝缘体285上及导体240上设置与导体240电连接且被用作布线的导体246(导体246a及导体246b)。

[0168] 以与绝缘体280、绝缘体282、绝缘体283及绝缘体285的开口的内壁接触的方式设置绝缘体241a,以与绝缘体241a的侧面接触的方式设置导体240a的第一导体,其内侧设置导体240a的第二导体。此外,以与绝缘体280、绝缘体282、绝缘体283及绝缘体285的开口的内壁接触的方式设置绝缘体241b,以与绝缘体241b的侧面接触的方式设置导体240b的第一导体,并且在其内侧设置导体240b的第二导体。在此,导体240的顶面

的高度与重叠于导体246的区域的绝缘体285的顶面的高度可以大致一致。此外,示出在晶体管200中,作为导体240层叠有第一导体及第二导体的结构,但是本发明不局限于此。例如,导体240也可以具有单层结构或者三层以上的叠层结构。另外,在结构体具有叠层结构的情况下,有时按形成顺序赋予序数以进行区别。

[0169] [晶体管200]

如图10A至图10D所示,晶体管200包括绝缘体214上的绝缘体216、以埋入于绝缘体216的方式配置的导体205(导体205a、导体205b及导体205c)、绝缘体216上及导体205上的绝缘体222、绝缘体222上的绝缘体224、绝缘体224上的氧化物230a、氧化物230a上的氧化物230b、氧化物230b上的氧化物243(氧化物243a及氧化物243b)、氧化物243a上的导体242a、导体242a上的绝缘体271a、氧化物243b上的导体242b、导体242b上的绝缘体271b、氧化物230b上的绝缘体250(绝缘体250a及绝缘体250b)、位于绝缘体250上且与氧化物230b的一部分重叠的导体260(导体260a及导体260b)、以覆盖绝缘体222、绝缘体224、氧化物230a、氧化物230b、氧化物243a、氧化物243b、导体242a、导体242b、绝缘体271a及绝缘体271b的方式配置的绝缘体275。

[0170] 以下,有时将氧化物230a及氧化物230b统称为氧化物230。另外,有时将导体242a和导体242b统称为导体242。另外,有时将绝缘体271a及绝缘体271b统称为绝缘体271。

[0171] 在绝缘体280及绝缘体275中形成到达氧化物230b的开口。在该开口内配置有绝缘体250及导体260。另外,在晶体管200的沟道长度方向上,绝缘体271a、导体242a及氧化物243a与绝缘体271b、导体242b及氧化物243b间设置有导体260及绝缘体250。绝缘体250具有与导体260的侧面接触的区域及与导体260的底面接触的区域。

[0172] 氧化物230优选包括绝缘体224上的氧化物230a及氧化物230a上的氧化物230b。当在氧化物230b下包括氧化物230a时,可以抑制杂质从形成在氧化物230a的下方的结构物向氧化物230b扩散。

[0173] 注意,在晶体管200中氧化物230具有氧化物230a及氧化物230b的两层叠层结构,但是本发明不局限于此。例如,氧化物230可以具有氧化物230b的单层或三层以上的叠层结构,也可以具有氧化物230a及氧化物230b分别具有叠层的结构。

[0174] 导体260被用作第一栅(也称为顶栅极)电极,导体205被用作第二栅(也称为背栅极)电极。此外,绝缘体250被用作第一栅极绝缘膜,绝缘体224及绝缘体222被用作第二栅极绝缘膜。另外,导体242a被用作源电极和漏电极中的一个,导体242b被用作源电极和漏电极中的另一个。另外,氧化物230的与导体260重叠的区域的至少一部分被用作沟道形成区域。

[0175] 氧化物230b在与导体242a重叠的区域具有源极区域和漏极区域中的一个,并且在与导体242b重叠的区域具有源极区域和漏极区域中的另一个。另外,氧化物230b在夹在源极区域与漏极区域之间的区域具有沟道形成区域(图10B中以阴影部分表示的区域)。

[0176] 沟道形成区域是与源极区域及漏极区域相比氧空位少或者杂质浓度低而载流子浓度低的高电阻区域。在此,沟道形成区域的载流子浓度优选为 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以下,更优选低于 $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ,进一步优选低于 $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ ,更进一步优选低于 $1 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$ ,还进一步优选低于 $1 \times 10^{12} \text{cm}^{-3}$ 。注意,沟道形成区域的载流子浓度的下限值没有特别的限制,例如可以为

$1 \times 10^{-9} \text{cm}^{-3}$ 。

[0177] 注意,上面示出在氧化物230b中形成沟道形成区域、源极区域及漏极区域的例子,但是本发明不局限于此。例如,有时氧化物230a中也同样地形成有沟道形成区域、源极区域及漏极区域。

[0178] 另外,优选在晶体管200中将被用作半导体的金属氧化物(也称为氧化物半导体)用于包含沟道形成区域的氧化物230(氧化物230a及氧化物230b)。

[0179] 另外,能用作半导体的金属氧化物的带隙为2eV以上,优选为2.5eV以上。如此,通过使用带隙较宽的金属氧化物,可以减小晶体管的关态电流。

[0180] 作为氧化物230,例如优选使用包含铟、元素M及锌的In-M-Zn氧化物(元素M为选自铝、镓、铊、锡、铜、钒、铍、硼、钛、铁、镍、钴、锆、钼、镧、铈、钕、钐、钆、铽、钨和镁等中的一种或多种)等的金属氧化物。另外,作为氧化物230也可以使用In-Ga氧化物、In-Zn氧化物、铟氧化物。

[0181] 在此,优选的是,用于氧化物230b的金属氧化物中的In与元素M的原子个数比大于用于氧化物230a的金属氧化物中的In与元素M的原子个数比。

[0182] 具体而言,作为氧化物230a使用In:M:Zn=1:3:4[原子个数比]或其附近的组成或者In:M:Zn=1:1:0.5[原子个数比]或其附近的组成的金属氧化物,即可。另外,作为氧化物230b,使用In:M:Zn=1:1:1[原子个数比]或其附近的组成、或者In:M:Zn=4:2:3[原子个数比]或其附近的组成的金属氧化物,即可。注意,附近的组成包括所希望的原子个数比的 $\pm 30\%$ 的范围。另外,作为元素M优选使用镓。

[0183] 另外,在通过溅射法形成金属氧化物时,上述原子个数比不局限于所形成的金属氧化物的原子个数比,而也可以是用于金属氧化物的形成的溅射靶材的原子个数比。

[0184] 如此,通过在氧化物230b下配置氧化物230a,可以抑制杂质及氧从形成在氧化物230a的下方的结构物向氧化物230b扩散。

[0185] 此外,氧化物230a及氧化物230b除了氧以外还包含共同元素(作为主要成分),所以可以降低氧化物230a与氧化物230b的各界面的缺陷态密度。因为可以降低氧化物230a与氧化物230b的界面的缺陷态密度,所以界面散射给载流子传导带来的影响小,从而可以得到大通态电流。

[0186] 氧化物230a及氧化物230b优选具有结晶性。尤其是,优选使用CAAC-OS(c-axis aligned crystalline oxide semiconductor:c轴取向结晶氧化物半导体)作为氧化物230b。

[0187] CAAC-OS具有结晶性高的致密结构且是杂质及缺陷(例如,氧空位(也称为 $V_{\text{O}}$ : oxygen vacancy)等)少的金属氧化物。尤其是,通过在形成金属氧化物后以金属氧化物不被多晶化的温度(例如,400°C以上且600°C以下)进行加热处理,可以使CAAC-OS具有结晶性更高的致密结构。如此,通过进一步提高CAAC-OS的密度,可以进一步降低该CAAC-OS中的杂质或氧的扩散。

[0188] 另一方面,在CAAC-OS中不容易观察明确的晶界,因此不容易发生起因于晶界的电子迁移率的下降。因此,包含CAAC-OS的金属氧化物的物理性质稳定。因此,具有CAAC-OS的金属氧化物具有耐热性及高可靠性。

[0189] 绝缘体212、绝缘体214、绝缘体271、绝缘体275、绝缘体282和绝缘体283中的至少

一个优选被用作抑制水、氢等杂质从衬底一侧或晶体管200的上方扩散到晶体管200的阻挡绝缘膜。因此,绝缘体212、绝缘体214、绝缘体271、绝缘体275、绝缘体282和绝缘体283中的至少一个优选使用具有抑制氢原子、氢分子、水分子、氮原子、氮分子、氧化氮分子( $N_2O$ 、 $NO$ 、 $NO_2$ 等)、铜原子等杂质的扩散的功能(不容易使上述杂质透过)的绝缘材料。另外,优选使用具有抑制氧(例如,氧原子、氧分子等中的至少一个)的扩散的功能(不容易使上述氧透过)的绝缘材料。

[0190] 另外,在本说明书中,阻挡绝缘膜是指具有阻挡性的绝缘膜。注意,在本说明书中,阻挡性是指具有抑制对应的物质的扩散的功能(也可以说是透过性低)。或者,阻挡性是指具有俘获并固定对应的物质(也称为吸杂)的功能。

[0191] 作为绝缘体212、绝缘体214、绝缘体271、绝缘体275、绝缘体282及绝缘体283,例如可以使用氧化铝、氧化镁、氧化钪、氧化镓、铟镓锌氧化物、氮化硅或氮氧化硅等。例如,作为绝缘体212、绝缘体275及绝缘体283,优选使用氢阻挡性更高的氮化硅等。另外,例如,作为绝缘体214、绝缘体271及绝缘体282,优选使用俘获并固定氢的性能高的氧化铝或氧化镁等。因此,可以抑制水、氢等杂质通过绝缘体212及绝缘体214从衬底一侧向晶体管200一侧扩散。此外,可以抑制水、氢等杂质从配置在绝缘体283的外方的层间绝缘膜等扩散到晶体管200一侧。另外,可以抑制绝缘体224等中的氧通过绝缘体212及绝缘体214扩散至衬底一侧。另外,可以抑制绝缘体280等中的氧通过绝缘体282等扩散至晶体管200的上方。如此,优选采用由具有抑制水、氢等杂质及氧的扩散的功能的绝缘体212、绝缘体214、绝缘体271、绝缘体275、绝缘体282及绝缘体283围绕晶体管200的结构。

[0192] 在此,作为绝缘体212、绝缘体214、绝缘体271、绝缘体275、绝缘体282及绝缘体283,优选使用具有非晶结构的氧化物。例如,优选使用 $AlO_x$  ( $x$ 是大于0的任意数)或 $MgO_y$  ( $y$ 是大于0的任意数)等金属氧化物。上述具有非晶结构的金属氧化物具有如下性质:氧原子具有悬空键而有时由该悬空键俘获或固定氢。通过将上述具有非晶结构的金属氧化物作为晶体管200的构成要素使用或者设置在晶体管200的周围,可以俘获或固定含在晶体管200中的氢或存在于晶体管200的周围的氢。尤其是,优选俘获或固定含在晶体管200的沟道形成区域的氢。通过将具有非晶结构的金属氧化物作为晶体管200的构成要素使用或者设置在晶体管200的周围,可以制造具有良好特性的可靠性高的晶体管200及半导体装置。

[0193] 另外,绝缘体212、绝缘体214、绝缘体271、绝缘体275、绝缘体282及绝缘体283优选具有非晶结构,但是也可以在其一部分形成多晶结构的区域。另外,绝缘体212、绝缘体214、绝缘体271、绝缘体275、绝缘体282及绝缘体283也可以具有层叠有非晶结构的层与多晶结构的层的多层结构。例如,也可以具有在非晶结构的层上层叠有多晶结构的层的叠层结构。

[0194] 绝缘体212、绝缘体214、绝缘体271、绝缘体275、绝缘体282及绝缘体283的成膜例如可以利用溅射法。溅射法不需要作为成膜气体使用氢,所以可以降低绝缘体212、绝缘体214、绝缘体271、绝缘体275、绝缘体282及绝缘体283的氢浓度。注意,成膜方法不局限于溅射法,也可以适当地使用CVD法、MBE法、PLD法、ALD法等。

[0195] 此外,绝缘体216、绝缘体280及绝缘体285的介电常数优选比绝缘体214低。通过将介电常数低的材料用于层间绝缘膜,可以减少产生在布线之间的寄生电容。例如,作为绝缘体216、绝缘体280及绝缘体285,适当地使用氧化硅、氧氮化硅、氮氧化硅、氮化硅、添加有氟的氧化硅、添加有碳的氧化硅、添加有碳及氮的氧化硅或具有空孔的氧化硅等。

[0196] 导电体205以与氧化物230及导电体260重叠的方式配置。另外,导电体205优选以埋入于绝缘体216的开口中的方式设置。

[0197] 导电体205包括导电体205a、导电体205b及导电体205c。导电体205a与该开口的底面及侧壁接触。导电体205b以埋入于形成在导电体205a的凹部的方式设置。在此,导电体205b的顶面低于导电体205a的顶面及绝缘体216的顶面。导电体205c与导电体205b的顶面及导电体205a的侧面接触。在此,导电体205c的顶面的高度与导电体205a的顶面的高度及绝缘体216的顶面的高度大致一致。换言之,导电体205b由导电体205a及导电体205c包围。

[0198] 导电体205a及导电体205c使用后面说明的能够用于导电体260a的导电材料即可。另外,导电体205b使用后面说明的能够用于导电体260b的导电材料即可。注意,示出在晶体管200中导电体205层叠有导电体205a、导电体205b及导电体205c的结构,但是本发明不局限于此。例如,导电体205可以具有单层结构,也可以具有两层或四层以上的叠层结构。

[0199] 绝缘体222及绝缘体224被用作栅极绝缘膜。

[0200] 绝缘体222优选具有抑制氢(例如,氢原子、氢分子等中的至少一个)的扩散的功能。此外,绝缘体222优选具有抑制氧(例如,氧原子、氧分子等中的至少一个)的扩散的功能。例如,与绝缘体224相比,绝缘体222优选能够进一步抑制氢和/或氧的扩散。

[0201] 绝缘体222优选使用包含作为绝缘材料的铝和铪中的一方或双方的氧化物的绝缘体。作为该绝缘体,优选使用氧化铝、氧化铪、包含铝及铪的氧化物(铝酸铪)等。另外,作为绝缘体222也可以使用能够用于上述绝缘体214等的阻挡绝缘膜。

[0202] 例如,作为绝缘体224适当地使用氧化硅或氮化硅等,即可。通过以与氧化物230接触的方式设置包含氧的绝缘体224,可以减少氧化物230中的氧空位,从而可以提高晶体管200的可靠性。另外,绝缘体224优选以与氧化物230a重叠的方式加工为岛状。在此情况下,绝缘体275与绝缘体224的侧面及绝缘体222的顶面接触。由此,可以用绝缘体275使绝缘体224与绝缘体280分离,所以可以抑制绝缘体280中的氧扩散到绝缘体224而绝缘体224中的氧过多。

[0203] 此外,绝缘体222及绝缘体224也可以具有两层以上的叠层结构。此时,不局限于使用相同材料构成的叠层结构,也可以是使用不同材料形成的叠层结构。注意,图10B等示出绝缘体224以与氧化物230a重叠的方式形成为岛状的结构,但是本发明不局限于此。只要能够将绝缘体224中的氧量调整为合适的量,就可以与绝缘体222同样地不对绝缘体224进行图案化。

[0204] 氧化物243a及氧化物243b设置在氧化物230b上。氧化物243a与氧化物243b隔着导电体260分离。氧化物243(氧化物243a及氧化物243b)优选具有抑制氧透过的功能。通过在被用作源电极或漏电极的导电体242与氧化物230b之间配置具有抑制氧的透过的功能的氧化物243,导电体242与氧化物230b之间的电阻被降低,所以是优选的。另外,在能够充分降低导电体242与氧化物230b间的电阻的情况下,也可以不设置氧化物243。

[0205] 作为氧化物243也可以使用包含元素M的金属氧化物。尤其是,作为元素M优选使用铝、镓、铟或锡。氧化物243的元素M的浓度优选比氧化物230b高。此外,作为氧化物243也可以使用氧化镓。另外,作为氧化物243也可以使用In-M-Zn氧化物等金属氧化物。具体而言,用于氧化物243的金属氧化物中的相对于In的元素M的原子个数比优选大于用于氧化物230b的金属氧化物中的相对于In的元素M的原子个数比。此外,氧化物243的膜厚度优选为

0.5nm以上且5nm以下,更优选为1nm以上且3nm以下,进一步优选为1nm以上且2nm以下。

[0206] 优选的是,导电体242a与氧化物243a的顶面接触,导电体242b与氧化物243b的顶面接触。导电体242a及导电体242b分别用作晶体管200的源电极或漏电极。

[0207] 作为导电体242(导电体242a及导电体242b)例如优选使用包含钽的氮化物、包含钛的氮化物、包含钼的氮化物、包含钨的氮化物、包含钽及铝的氮化物、包含钛及铝的氮化物等。在本发明的一个方式中,尤其优选采用包含钽的氮化物。此外,例如也可以使用氧化钪、氮化钪、包含锶和钪的氧化物、包含镧和镍的氧化物等。这些材料是不容易氧化的导电材料或者即使吸收氧也维持导电性的材料,所以是优选的。

[0208] 另外,优选在导电体242的侧面与导电体242的顶面之间不形成弯曲面。通过使导电体242不具有该弯曲面,可以增大如图10D所示的沟道宽度方向的截面上的导电体242的截面积。由此,可以提高导电体242的导电率而提高晶体管200的通态电流。

[0209] 绝缘体271a与导电体242a的顶面接触,绝缘体271b与导电体242b的顶面接触。

[0210] 绝缘体275以与绝缘体222的顶面、绝缘体224的侧面、氧化物230a的侧面、氧化物230b的侧面、氧化物243的侧面、导电体242的侧面以及绝缘体271的侧面及顶面接触的方式设置。绝缘体275在将设置绝缘体250及导电体260的区域中形成开口。

[0211] 通过在夹在绝缘体212与绝缘体280间的区域内设置具有俘获氢等杂质的功能的绝缘体214、绝缘体271及绝缘体275,可以俘获绝缘体224或绝缘体216等中的氢等杂质而使该区域内的氢量为一定的值。此时,绝缘体214、绝缘体271及绝缘体275优选包含非晶结构的氧化铝。

[0212] 绝缘体250包括绝缘体250a及绝缘体250a上的绝缘体250b且被用作栅极绝缘膜。另外,绝缘体250a优选以与氧化物230b的顶面、氧化物243的侧面、导电体242的侧面、绝缘体271的侧面、绝缘体275的侧面及绝缘体280的侧面接触的方式配置。另外,绝缘体250的膜厚度优选为1nm以上且20nm以下。

[0213] 作为绝缘体250a可以使用氧化硅、氧氮化硅、氮氧化硅、氮化硅、添加有氟的氧化硅、添加有碳的氧化硅、添加有碳及氮的氧化硅、具有空孔的氧化硅等。尤其是,氧化硅及氧氮化硅具有热稳定性,所以是优选的。与绝缘体224同样,优选绝缘体250a中的水或氢等杂质的浓度得到降低。

[0214] 注意,优选的是绝缘体250a使用通过加热释放氧的绝缘体形成,绝缘体250b使用具有抑制氧的扩散的功能的绝缘体形成。通过具有上述结构,可以抑制包含在绝缘体250a的氧扩散到导电体260。换言之,可以抑制供应到氧化物230的氧量的减少。另外,可以抑制包含在绝缘体250a的氧所导致的导电体260的氧化。例如,绝缘体250b可以使用与绝缘体222同样的材料设置。

[0215] 具体而言,作为绝缘体250b可以使用选自铅、铝、镓、铋、锗、钨、钛、钽、镍、锆、镁等中的一种或两种以上的金属氧化物或者可用于氧化物230的金属氧化物。特别是,优选使用包含铝和铅中的一方或双方的氧化物的绝缘体。作为该绝缘体,优选使用氧化铝、氧化铅、包含铝及铅的氧化物(铝酸铅)等。另外,绝缘体250b的膜厚度优选为0.5nm以上且3.0nm以下,更优选为1.0nm以上且1.5nm以下。

[0216] 注意,图10B及图10C示出具有两层的叠层结构的绝缘体250,但是本发明不局限于此。绝缘体250也可以为单层或者具有三层以上的叠层结构。

[0217] 导电体260设置在绝缘体250b上且被用作晶体管200的第一栅电极。导电体260优选包括导电体260a以及配置在导电体260a上的导电体260b。例如,优选以包围导电体260b的底面及侧面的方式配置导电体260a。另外,如图10B及图10C所示,导电体260的顶面与绝缘体250的顶面大致一致。虽然在图10B及图10C中导电体260具有导电体260a和导电体260b的两层结构,但是也可以具有单层结构或三层以上的叠层结构。

[0218] 作为导电体260a优选使用具有抑制氢原子、氢分子、水分子、氮原子、氮分子、氧化氮分子、铜原子等杂质的扩散的功能的导电材料。另外,优选使用具有抑制氧(例如,氧原子、氧分子等中的至少一个)的扩散的功能的导电材料。

[0219] 此外,当导电体260a具有抑制氧的扩散的功能时,可以抑制绝缘体250所包含的氧使导电体260b氧化而导致导电率的下降。作为具有抑制氧扩散的功能的导电材料,例如可以使用钛、氮化钛、钽、氮化钽、钨、氧化钨等。

[0220] 另外,由于导电体260还被用作布线,所以优选使用导电性高的导电体。例如,导电体260b可以使用以钨、铜或铝为主要成分的导电材料。另外,导电体260b可以具有叠层结构,例如可以具有钛或氮化钛与上述导电材料的叠层结构。

[0221] 另外,在晶体管200中,以填埋形成于绝缘体280等的开口的方式自对准地形成导电体260。通过如此形成导电体260,可以在导电体242a和导电体242b之间的区域中无需对准并确实地配置导电体260。

[0222] 另外,如图10C所示,在晶体管200的沟道宽度方向上,以绝缘体222的底面为基准,导电体260的不与氧化物230b重叠的区域的底面的高度优选比氧化物230b的底面的高度低。通过采用被用作栅电极的导电体260隔着绝缘体250等覆盖氧化物230b的沟道形成区域的侧面及顶面的结构,容易使导电体260的电场作用于氧化物230b的沟道形成区域整体。由此,可以提高晶体管200的通态电流及频率特性。以绝缘体222的底面为基准时的氧化物230a及氧化物230b不与导电体260重叠的区域中的导电体260的底面的高度和氧化物230b的底面的高度之差为0nm以上且100nm以下,优选为3nm以上且50nm以下,更优选为5nm以上且20nm以下。

[0223] 绝缘体280设置在绝缘体275上,在将设置绝缘体250及导电体260的区域中形成开口。此外,绝缘体280的顶面也可以被平坦化。在此情况下,绝缘体280的顶面优选与绝缘体250的顶面及导电体260的顶面大致一致。

[0224] 绝缘体282以与绝缘体280的顶面、绝缘体250的顶面及导电体260的顶面接触的方式设置。另外,绝缘体282优选被用作抑制水、氢等杂质从上方向绝缘体280扩散的阻挡绝缘膜且具有俘获氢等杂质的功能。另外,绝缘体282优选被用作抑制氧透过的阻挡绝缘膜。作为绝缘体282,例如使用氧化铝等绝缘体即可。通过在夹在绝缘体212与绝缘体283的区域内设置与绝缘体280接触且具有俘获氢等杂质的功能的绝缘体282,可以俘获包含在绝缘体280等的氢等杂质而将该区域内的氢量为一定的值。尤其是,通过作为绝缘体282使用具有非晶结构的氧化铝,有时可以进一步有效地俘获或固定氢,所以是优选的。由此,可以制造具有良好特性且可靠性高的晶体管200及半导体装置。

[0225] 导电体240a及导电体240b优选使用以钨、铜或铝为主要成分的导电材料。此外,导电体240a及导电体240b也可以具有叠层结构。在导电体240采用叠层结构时,作为与绝缘体241接触的导电体优选使用具有抑制水、氢等杂质的透过的功能的导电材料。例如,可以使

用上述能够用于导电体260a的导电材料。

[0226] 作为绝缘体241a及绝缘体241b,例如使用氮化硅、氧化铝或氮氧化硅等绝缘体,即可。因为绝缘体241a及绝缘体241b与绝缘体283、绝缘体282及绝缘体271接触地设置,所以可以抑制包含在绝缘体280等中的水、氢等杂质经过导电体240a及导电体240b混入氧化物230。

[0227] 可以以与导电体240a的顶面及导电体240b的顶面接触的方式配置被用作布线的导电体246(导电体246a及导电体246b)。导电体246优选使用以钨、铜或铝为主要成分的导电材料。另外,该导电体可以具有叠层结构,例如,可以具有钛或氮化钛与上述导电材料的叠层结构。另外,该导电体可以填埋于绝缘体的开口中。

[0228] 根据本发明的一个方式,可以提供一种具有良好的电特性的半导体装置。另外,可以提供一种可靠性良好的半导体装置。此外,可以提供一种可以实现微型化或高集成化的半导体装置。此外,可以提供一种功耗低的半导体装置。

[0229] [金属氧化物]

接着,说明能够用于晶体管的金属氧化物(也称为氧化物半导体)。

[0230] <结晶结构的分类>

首先,对氧化物半导体中的结晶结构的分类参照图11A进行说明。图11A是说明氧化物半导体,典型为IGZO(包含In、Ga、Zn的金属氧化物)的结晶结构的分类的图。

[0231] 如图11A所示那样,氧化物半导体大致分为“Amorphous(无定形)”、“Crystalline(结晶性)”、“Crystal(结晶)”。此外,completely amorphous包含在“Amorphous”中。此外,在“Crystalline”中包含CAAC、nc(nanocrystalline)及CAC(cloud-aligned composite)。此外,在“Crystalline”的分类中不包含single crystal(单晶)、poly crystal(多晶)及completely amorphous。此外,在“Crystal”中包含single crystal及poly crystal。

[0232] 此外,图11A所示的外框线被加粗的部分中的结构是介于“Amorphous(无定形)”与“Crystal(结晶)”之间的中间状态,是属于新的边界区域(New crystalline phase)的结构。换言之,该结构与“Crystal(结晶)”及在能量性上不稳定的“Amorphous(无定形)”可以说是完全不同的结构。

[0233] 可以使用X射线衍射(XRD:X-Ray Diffraction)谱对膜或衬底的结晶结构进行评价。在此,图11B示出被分类为“Crystalline”的CAAC-IGZO膜的通过GIXD(Grazing-Incidence XRD)测量而得到的XRD谱。此外,将GIXD法也称为薄膜法或Seemann-Bohlin法。下面,将图11B所示的通过GIXD测量而得到的XRD谱简单地记为XRD谱。此外,图11B所示的CAAC-IGZO膜的组成是In:Ga:Zn=4:2:3[原子个数比]附近。此外,图11B所示的CAAC-IGZO膜的厚度为500nm。

[0234] 如图11B所示,在CAAC-IGZO膜的XRD谱中检测出表示明确的结晶性的峰值。具体而言,在CAAC-IGZO膜的XRD谱中, $2\theta=31^\circ$ 附近检测出表示c轴取向的峰值。此外,如图11B所示那样, $2\theta=31^\circ$ 附近的峰值在以检测出峰值强度的角度为轴时左右非对称。

[0235] 此外,可以使用纳米束电子衍射法(NBED:Nano Beam Electron Diffraction)观察的衍射图案(也称为纳米束电子衍射图案)对膜或衬底的结晶结构进行评价。图11C示出CAAC-IGZO膜的衍射图案。图11C是通过将电子束向平行于衬底的方向入射的NBED观察的衍射图案。此外,图11C所示的CAAC-IGZO膜的组成是In:Ga:Zn=4:2:3[原子个数比]附近。此

外,在纳米束电子衍射法中,进行束径为1nm的电子衍射。

[0236] 如图11C所示那样,在CAAC-IGZO膜的衍射图案中观察到表示c轴取向的多个斑点。

[0237] (氧化物半导体的结构)

此外,在着眼于结晶结构时,有时氧化物半导体属于与图11A不同的分类。例如,氧化物半导体可以分为单晶氧化物半导体和除此之外的非单晶氧化物半导体。作为非单晶氧化物半导体,例如可以举出上述CAAC-OS及nc-OS。另外,在非单晶氧化物半导体中包含多晶氧化物半导体、a-like OS (amorphous-like oxide semiconductor) 及非晶氧化物半导体等。

[0238] 在此,对上述CAAC-OS、nc-OS及a-like OS的详细内容进行说明。

[0239] [CAAC-OS]

CAAC-OS是包括多个结晶区域的氧化物半导体,该多个结晶区域的c轴取向于特定的方向。另外,特定的方向是指CAAC-OS膜的厚度方向、CAAC-OS膜的被形成面的法线方向、或者CAAC-OS膜的表面的法线方向。另外,结晶区域是具有原子排列的周期性的区域。注意,在将原子排列看作晶格排列时结晶区域也是晶格排列一致的区域。再者,CAAC-OS具有在a-b面方向上多个结晶区域连接的区域,有时该区域具有畸变。另外,畸变是指在多个结晶区域连接的区域中,晶格排列一致的区域和其他晶格排列一致的区域之间的晶格排列的方向变化的部分。换言之,CAAC-OS是指c轴取向并在a-b面方向上没有明显的取向的氧化物半导体。

[0240] 另外,上述多个结晶区域的每一个由一个或多个微小结晶(最大径小于10nm的结晶)构成。在结晶区域由一个微小结晶构成的情况下,该结晶区域的最大径小于10nm。另外,结晶区域由多个微小结晶构成的情况下,有时该结晶区域的尺寸为几十nm左右。

[0241] 在In-M-Zn氧化物(元素M为选自铝、镓、铟、锡和钛等中的一种或多种)中,CAAC-OS有包括含有层叠有铟(In)及氧的层(以下,In层)、含有元素M、锌(Zn)及氧的层(以下,(M,Zn)层)的层状结晶结构(也称为层状结构)的趋势。另外,铟和元素M可以彼此置换。因此,有时(M,Zn)层包含铟。另外,有时In层包含元素M。注意,有时In层包含Zn。该层状结构例如在高分辨率TEM图像中被观察作为晶格像。

[0242] 例如,当对CAAC-OS膜使用XRD装置进行结构分析时,在使用 $\theta/2\theta$ 扫描的Out-of-plane XRD测量中,在 $2\theta=31^\circ$ 或其附近检测出表示c轴取向的峰值。注意,表示c轴取向的峰值的位置( $2\theta$ 值)有时根据构成CAAC-OS的金属元素的种类、组成等变动。

[0243] 例如,在CAAC-OS膜的电子衍射图案中观察到多个亮点(斑点)。另外,在以透过样品的入射电子束的斑点(也称为直接斑点)为对称中心时,某一个斑点和其他斑点被观察在点对称的位置。

[0244] 在从上述特定的方向观察结晶区域的情况下,虽然该结晶区域中的晶格排列基本上是六方晶格,但是单位晶格并不局限于正六边形,有是非正六角形的情况。另外,在上述畸变中,有时具有五角形、七角形等晶格排列。另外,在CAAC-OS的畸变附近观察不到明确的晶界(grain boundary)。也就是说,晶格排列的畸变抑制晶界的形成。这可能是由于CAAC-OS因为a-b面方向上的氧原子的排列的低密度或因金属原子被取代而使原子间的键合距离产生变化等而能够包容畸变。

[0245] 另外,确认到明确的晶界的结晶结构被称为所谓的多晶(polycrystal)。晶界成为

复合中心而载流子被俘获,因而有可能导致晶体管的通态电流的降低、场效应迁移率的降低等。因此,确认不到明确的晶界的CAAC-OS是使晶体管的半导体层具有优异的结晶结构的结晶性氧化物之一。注意,为了构成CAAC-OS,优选为包含Zn的结构。例如,与In氧化物相比,In-Zn氧化物及In-Ga-Zn氧化物能够进一步地抑制晶界的发生,所以是优选的。

[0246] CAAC-OS是结晶性高且确认不到明确的晶界的氧化物半导体。因此,可以说在CAAC-OS中,不容易发生起因于晶界的电子迁移率的降低。另外,氧化物半导体的结晶性有时因杂质的混入或缺陷的生成等而降低,因此可以说CAAC-OS是杂质及缺陷(氧空位等)少的氧化物半导体。因此,包含CAAC-OS的氧化物半导体的物理性质稳定。因此,包含CAAC-OS的氧化物半导体具有高耐热性及高可靠性。另外,CAAC-OS对制造工序中的高温(所谓热积存;thermal budget)也具有稳定性。由此,通过在OS晶体管中使用CAAC-OS,可以扩大制造工序的自由度。

[0247] [nc-OS]

在nc-OS中,微小的区域(例如1nm以上且10nm以下的区域,特别是1nm以上且3nm以下的区域)中的原子排列具有周期性。换言之,nc-OS具有微小的结晶。另外,例如,该微小的结晶的尺寸为1nm以上且10nm以下,尤其为1nm以上且3nm以下,将该微小的结晶称为纳米晶。另外,nc-OS在不同的纳米晶之间观察不到结晶取向的规律性。因此,在膜整体中观察不到取向性。所以,有时nc-OS在某些分析方法中与a-like OS或非晶氧化物半导体没有差别。例如,在对nc-OS膜使用XRD装置进行结构分析时,在使用 $\theta/2\theta$ 扫描的Out-of-plane XRD测量中,不检测出表示结晶性的峰值。此外,在对nc-OS膜进行使用其束径比纳米晶大(例如,50nm以上)的电子束的电子衍射(也称为选区电子衍射)时,观察到类似光晕图案的衍射图案。另一方面,在对nc-OS膜进行使用其束径近于或小于纳米晶的尺寸(例如1nm以上且30nm以下)的电子束的电子衍射(也称为纳米束电子衍射)的情况下,有时得到在以直接斑点为中心的环状区域内观察到多个斑点的电子衍射图案。

[0248] [a-like OS]

a-like OS是具有介于nc-OS与非晶氧化物半导体之间的结构的氧化物半导体。a-like OS包含空洞或低密度区域。也就是说,a-like OS的结晶性比nc-OS及CAAC-OS的结晶性低。另外,a-like OS的膜中的氢浓度比nc-OS及CAAC-OS的膜中的氢浓度高。

[0249] [氧化物半导体的结构]

接着,说明上述的CAC-OS的详细内容。注意,CAC-OS与材料构成有关。

[0250] [CAC-OS]

CAC-OS例如是指包含在金属氧化物中的元素不均匀地分布的构成,其中包含不均匀地分布的元素的材料的尺寸为0.5nm以上且10nm以下,优选为1nm以上且3nm以下或近似的尺寸。注意,在下面也将在金属氧化物中一个或多个金属元素不均匀地分布且包含该金属元素的区域混合的状态称为马赛克状或补丁(patch)状,该区域的尺寸为0.5nm以上且10nm以下,优选为1nm以上且3nm以下或近似的尺寸。

[0251] 再者,CAC-OS是指其材料分开为第一区域与第二区域而成为马赛克状且该第一区域分布于膜中的结构(下面也称为云状)。就是说,CAC-OS是指具有该第一区域和该第二区域混合的结构的复合金属氧化物。

[0252] 在此,将相对于构成In-Ga-Zn氧化物的CAC-OS的金属元素的In、Ga及Zn的原子个

数比的每一个记为[In]、[Ga]及[Zn]。例如,在In-Ga-Zn氧化物的CAC-OS中,第一区域是其[In]大于CAC-OS膜的组成中的[In]的区域。另外,第二区域是其[Ga]大于CAC-OS膜的组成中的[Ga]的区域。另外,例如,第一区域是其[In]大于第二区域中的[In]且其[Ga]小于第二区域中的[Ga]的区域。另外,第二区域是其[Ga]大于第一区域中的[Ga]且其[In]小于第一区域中的[In]的区域。

[0253] 具体而言,上述第一区域是以铟氧化物或铟锌氧化物等为主要成分的区域。另外,上述第二区域是以镓氧化物或镓锌氧化物等为主要成分的区域。换言之,可以将上述第一区域称为以In为主要成分的区域。另外,可以将上述第二区域称为以Ga为主要成分的区域。

[0254] 注意,有时观察不到上述第一区域和上述第二区域的明确的边界。

[0255] 例如,在In-Ga-Zn氧化物的CAC-OS中,根据通过能量分散型X射线分析法(EDX: Energy Dispersive X-ray spectroscopy)取得的EDX面分析(mapping)图像,可确认到具有以In为主要成分的区域(第一区域)及以Ga为主要成分的区域(第二区域)不均匀地分布而混合的结构。

[0256] 在将CAC-OS用于晶体管的情况下,通过起因于第一区域的导电性和起因于第二区域的绝缘性的互补作用,可以使CAC-OS具有开关功能(控制导通/关闭的功能)。换言之,在CAC-OS的材料的一部分中具有导电性的功能且在另一部分中具有绝缘性的功能,在材料的整体中具有半导体的功能。通过使导电性的功能和绝缘性的功能分离,可以最大限度地提高各功能。因此,通过将CAC-OS用于晶体管,可以实现高通态电流( $I_{on}$ )、高场效应迁移率( $\mu$ )及良好的开关工作。

[0257] 氧化物半导体具有各种结构及各种特性。本发明的一个方式的氧化物半导体也可以包括非晶氧化物半导体、多晶氧化物半导体、a-like OS、CAC-OS、nc-OS、CAAC-OS中的两种以上。

[0258] <具有氧化物半导体的晶体管>

在此,说明将上述氧化物半导体用于晶体管的情况。

[0259] 通过将上述氧化物半导体用于晶体管,可以实现场效应迁移率高的晶体管。此外,可以实现可靠性高的晶体管。

[0260] 优选将载流子浓度低的氧化物半导体用于晶体管。例如,氧化物半导体中的载流子浓度为 $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以下,优选为 $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 以下,更优选为 $1 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$ 以下,进一步优选为 $1 \times 10^{11} \text{cm}^{-3}$ 以下,更进一步优选低于 $1 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$ ,且 $1 \times 10^{-9} \text{cm}^{-3}$ 以上。在以降低氧化物半导体膜的载流子浓度为目的的情况下,降低氧化物半导体膜中的杂质浓度以降低缺陷态密度即可。在本说明书等中,将杂质浓度低且缺陷态密度低的状态称为“高纯度本征”或“实质上高纯度本征”。此外,有时将载流子浓度低的氧化物半导体称为“高纯度本征或实质上高纯度本征的氧化物半导体”。

[0261] 因为高纯度本征或实质上高纯度本征的氧化物半导体膜具有较低的缺陷态密度,所以有可能具有较低的陷阱态密度。

[0262] 此外,被氧化物半导体的陷阱态俘获的电荷到消失需要较长的时间,有时像固定电荷那样动作。因此,有时在陷阱态密度高的氧化物半导体中形成沟道形成区域的晶体管的电特性不稳定。

[0263] 因此,为了使晶体管的电特性稳定,降低氧化物半导体中的杂质浓度是有效的。为

了降低氧化物半导体中的杂质浓度,优选还降低附近膜中的杂质浓度。作为杂质有氢、氮、碱金属、碱土金属、铁、镍、硅等。

[0264] <杂质>

在此,说明氧化物半导体中的各杂质的影响。

[0265] 在氧化物半导体包含第14族元素之一的硅或碳时,在氧化物半导体中形成缺陷态。因此,将氧化物半导体中或与氧化物半导体的界面附近的硅或碳的浓度(通过SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry)测得的浓度)设定为 $2 \times 10^{18}$  atoms/cm<sup>3</sup>以下,优选为 $2 \times 10^{17}$  atoms/cm<sup>3</sup>以下。

[0266] 此外,当氧化物半导体包含碱金属或碱土金属时,有时形成缺陷态而形成载流子。因此,使用包含碱金属或碱土金属的氧化物半导体的晶体管容易具有常开启特性。因此,使通过SIMS测得的氧化物半导体中的碱金属或碱土金属的浓度为 $1 \times 10^{18}$  atoms/cm<sup>3</sup>以下,优选为 $2 \times 10^{16}$  atoms/cm<sup>3</sup>以下。

[0267] 当氧化物半导体包含氮时,容易产生作为载流子的电子,使载流子浓度增高,而n型化。其结果是,在将包含氮的氧化物半导体用于半导体的晶体管容易具有常开启特性。或者,在氧化物半导体包含氮时,有时形成陷阱态。其结果,有时晶体管的电特性不稳定。因此,将利用SIMS测得的氧化物半导体中的氮浓度设定为低于 $5 \times 10^{19}$  atoms/cm<sup>3</sup>,优选为 $5 \times 10^{18}$  atoms/cm<sup>3</sup>以下,更优选为 $1 \times 10^{18}$  atoms/cm<sup>3</sup>以下,进一步优选为 $5 \times 10^{17}$  atoms/cm<sup>3</sup>以下。

[0268] 包含在氧化物半导体中的氢与键合于金属原子的氧起反应生成水,因此有时形成氧空位。当氢进入该氧空位时,有时产生作为载流子的电子。此外,有时由于氢的一部分与键合于金属原子的氧键合,产生作为载流子的电子。因此,使用包含氢的氧化物半导体的晶体管容易具有常开启特性。由此,优选尽可能地减少氧化物半导体中的氢。具体而言,在氧化物半导体中,将利用SIMS测得的氢浓度设定为低于 $1 \times 10^{20}$  atoms/cm<sup>3</sup>,优选低于 $1 \times 10^{19}$  atoms/cm<sup>3</sup>,更优选低于 $5 \times 10^{18}$  atoms/cm<sup>3</sup>,进一步优选低于 $1 \times 10^{18}$  atoms/cm<sup>3</sup>。

[0269] 通过将杂质被充分降低的氧化物半导体用于晶体管的沟道形成区域,可以使晶体管具有稳定的电特性。

[0270] 本实施方式的至少一部分可以与本说明书所记载的其他实施方式或实施例适当地组合而实施。

[0271] (实施方式3)

在本实施方式中,对具备使用本发明的一个方式的显示装置的电子设备进行说明。

[0272] 图12A是头戴显示器8200的外观图。

[0273] 头戴显示器8200包括安装部8201、透镜8202、主体8203、显示面8204以及电缆8205等。另外,在安装部8201中内置有电池8206。

[0274] 通过电缆8205,将电力从电池8206供应到主体8203。主体8203具备无线接收器等,能够将对应用于所接收的图像数据等的图像显示到显示面8204上。另外,通过利用设置在主体8203中的相机捕捉使用者的眼球及眼睑的动作,并根据该信息算出使用者的视线的坐标,可以利用使用者的视线作为输入方法。

[0275] 另外,也可以对安装部8201的被使用者接触的位置设置多个电极。主体8203也可以具有通过检测出根据使用者的眼球的动作而流过电极的电流,识别使用者的视线的功

能。此外,主体8203也可以具有通过检测出流过该电极的电流来监视使用者的脉搏的功能。安装部8201可以具有温度传感器、压力传感器、加速度传感器等各种传感器,也可以具有将使用者的生物信息显示在显示面8204上的功能。另外,也可以检测出使用者的头部的动作等,并根据该动作改变显示在显示面8204上的图像。

[0276] 可以将本发明的一个方式的显示装置用于显示面8204。由此,头戴显示器8200的使用者可以看到明亮的图像。另外,可以在显示面8204设置精细的像素。

[0277] 图12B、图12C及图12D是头戴显示器8300的外观图。头戴显示器8300包括外壳8301、显示面8302、带状安装部8304以及一对透镜8305。另外,电池8306内置于外壳8301,可以从电池8306向显示面8302等供应电力。

[0278] 使用者可以通过透镜8305看到显示面8302上的显示。优选的是,弯曲配置显示面8302。通过弯曲配置显示面8302,使用者可以感受高临场感。注意,在本实施方式中,例示出设置一个显示面8302的结构,但是不局限于此,例如也可以采用设置两个显示面8302的结构。此时,在将每个显示面配置在使用者的每个眼睛一侧时,可以进行利用视差的三维显示等。

[0279] 可以将本发明的一个方式的显示装置用于显示面8302。由此,头戴显示器8300的使用者可以看到明亮的图像。此外,可以在显示面8302设置精细的像素。

[0280] 接着,图13A至图13F示出与图12A至图12D所示的电子设备不同的电子设备的例子。

[0281] 图13A至图13F所示的电子设备包括外壳9000、显示面9001、扬声器9003、操作键9005(包括电源开关或操作开关)、连接端子9006、传感器9007(该传感器具有测量如下因素的功能:力、位移、位置、速度、加速度、角速度、转速、距离、光、液、磁、温度、化学物质、声音、时间、硬度、电场、电流、电压、电力、辐射线、流量、湿度、倾斜度、振动、气味或红外线)及电池9009等。

[0282] 图13A至图13F所示的电子设备具有各种功能。例如,可以具有如下功能:将各种信息(静态图像、动态图像、文字图像等)显示在显示面上的功能;触摸面板的功能;显示日历、日期或时间等的功能;通过利用各种软件(程序)控制处理的功能;进行无线通信的功能;通过利用无线通信功能来连接到各种计算机网络的功能;通过利用无线通信功能,进行各种数据的发送或接收的功能;读出储存在存储介质中的程序或数据来将其显示在显示面上的功能;等。注意,图13A至图13F所示的电子设备可具有的功能不局限于上述功能,而可以具有各种功能。另外,虽然在图13A至图13F中未图示,但是电子设备可以包括多个显示面。此外,也可以在该电子设备中设置相机等而使其具有如下功能:拍摄静态图像的功能;拍摄动态图像的功能;将所拍摄的图像储存在存储介质(外部存储介质或内置于相机的存储介质)中的功能;将所拍摄的图像显示在显示面上的功能;等。

[0283] 下面,详细地说明图13A至图13F所示的电子设备。

[0284] 图13A是示出便携式信息终端9101的立体图。便携式信息终端9101例如具有电话机、电子笔记本和信息阅读装置等中的一种或多种的功能。具体而言,可以将其用作智能手机。另外,便携式信息终端9101可以将文字或图像信息显示在其多个面上。例如,可以将三个操作按钮9050(还称为操作图标或简称为图标)显示在显示面9001的一个面上。另外,可以将由虚线矩形表示的信息9051显示在显示面9001的另一个面上。此外,作为信息9051的

一个例子,可以举出提示收到来自电子邮件、SNS (Social Networking Services: 社交网络服务) 或电话等的信息的显示; 电子邮件或SNS等的标题; 电子邮件或SNS等的发送者姓名; 日期; 时间; 电池余量; 以及天线接收信号强度的显示等。或者,可以在显示有信息9051的位置上显示操作按钮9050等代替信息9051。

[0285] 可以将本发明的一个方式的显示装置用于便携式信息终端9101。由此,可以实现便携式信息终端9101能够显示高质量图像。

[0286] 图13B是示出手表型便携式信息终端9200的立体图。便携式信息终端9200可以执行移动电话、电子邮件、文章的阅读及编辑、音乐播放、网络通信、电脑游戏等各种应用程序。此外,显示面9001的显示面被弯曲,能够在所弯曲的显示面上进行显示。在图13B中,示出在显示面9001显示时间9251、操作按钮9252 (操作图标或简称为图标) 及内容9253的例子。内容9253例如可以是动态图像。

[0287] 另外,便携式信息终端9200可以进行被通信标准化的近距离无线通信。例如,通过与可进行无线通信的耳麦相互通信,可以进行免提通话。此外,便携式信息终端9200包括连接端子9006,可以通过连接器直接与其他信息终端进行数据的交换。另外,也可以通过连接端子9006进行充电。此外,充电工作也可以利用无线供电进行,而不通过连接端子9006。

[0288] 可以将本发明的一个方式的显示装置用于便携式信息终端9200。由此,可以实现便携式信息终端9200能够显示高质量图像。

[0289] 图13C、图13D及图13E是示出能够折叠的便携式信息终端9201的立体图。另外,图13C是展开状态的便携式信息终端9201的立体图,图13D是从展开状态和折叠状态中的一个状态变为另一个状态的中途的状态的便携式信息终端9201的立体图,图13E是折叠状态的便携式信息终端9201的立体图。便携式信息终端9201在折叠状态下可携带性好,在展开状态下因为具有无缝拼接的较大的显示区域而其显示的一览性优异。便携式信息终端9201所包括的显示面9001由铰链9055所连接的三个外壳9000来支撑。通过铰链9055使两个外壳9000之间弯折,可以从便携式信息终端9201的展开状态可逆性地变为折叠状态。例如,可以以1mm以上且150mm以下的曲率半径使便携式信息终端9201弯曲。

[0290] 可以将本发明的一个方式的显示装置用于便携式信息终端9201。由此,可以实现便携式信息终端9201能够显示高质量图像。

[0291] 图13F是示出电视装置9100的立体图。可以将例如是50英寸以上或100英寸以上的大型显示面9001组装到电视装置9100。除了操作键9005,还可以利用另外提供的遥控操作机9110进行电视装置9100的操作。或者,显示面9001也可以具备触摸传感器,通过手指等触摸显示面9001也可以操作电视装置9100。遥控操作机9110也可以具备显示从该遥控操作机9110输出的信息的显示面。可以利用遥控操作机9110具备的操作键或触摸面板进行频道及音量的操作,并且可以对显示在显示面9001的图像进行操作。

[0292] 可以将本发明的一个方式的显示装置用于电视装置9100。由此,可以实现电视装置9100能够显示高质量图像。

[0293] 本实施方式的至少一部分可以与本说明书所记载的其他实施方式适当地组合而实施。

#### [实施例1]

[0294] 在本实施例中说明对本发明的一个方式的显示装置进行光学模拟 (光线追踪) 的

结果。

[0295] 图14是在本实施例中用于模拟的显示装置的示意图。如图14所示,发光元件30上设置有层71,层71上设置有着色层25,着色层25上设置有层77。另外,层77上设置有透镜29,以覆盖透镜29的方式设置有树脂层33,树脂层33上设置有衬底12,衬底12上设置有层79。

[0296] 发光元件30的俯视形状是长边为 $1.9\mu\text{m}$ 、短边为 $1.6\mu\text{m}$ 的椭圆形。

[0297] 此外,发光元件30所包括的发光层31中层叠有发射蓝色光的发光层和发射黄色光的发光层。此外,发光元件30的配光特性为图15所示。在图15中,归一化光度示出将配光角度为 $0^\circ$ 时的光度设为1时的光度。就是说,图15示出发光元件30的以角度 $0^\circ$ 进行归一化而得的配光特性。

[0298] 着色层25的俯视形状是长边为 $2.9\mu\text{m}$ 、短边为 $2.8\mu\text{m}$ 的六角形。另外,从着色层25的底面到透镜29的平坦部29a的距离为 $2\mu\text{m}$ 。

[0299] 透镜29的平坦部29a的俯视形状是长边为 $3.1\mu\text{m}$ 、短边为 $2.8\mu\text{m}$ 的椭圆形。透镜29是底面为平坦部29a的半椭圆体。在此,当俯视时,发光元件30的中心、着色层25的中心与透镜29的中心彼此重叠。

[0300] 层71、着色层25、层77及透镜29的折射率为1.56。另外,树脂层33的折射率为1.40。另外,衬底12为玻璃衬底且其折射率为1.50。再者,层79为空气且其折射率为1.00。此外,树脂层33的厚度为 $3\mu\text{m}$ ,衬底12的厚度为 $0.5\mu\text{m}$ ,层79的厚度为 $400.5\mu\text{m}$ 。在此,层79的顶面为评价面80。

[0301] 图16是示出发光元件30所发射的光的评价面80处的归一化辐射亮度与距离L的关系的模拟结果的图表。在此,透镜29的厚度t为 $0.6\mu\text{m}$ 、 $0.8\mu\text{m}$ 、 $1.0\mu\text{m}$ 、 $1.2\mu\text{m}$ 或 $1.4\mu\text{m}$ 。各厚度t时的沿着平坦部29a的短边的截面的曲率半径R1分别为 $1.93\mu\text{m}$ 、 $1.63\mu\text{m}$ 、 $1.48\mu\text{m}$ 、 $1.42\mu\text{m}$ 、 $1.40\mu\text{m}$ 。

[0302] 此外,评价面80处的光阑半径为 $10\mu\text{m}$ 。再者,利用模拟算出发光元件30的正面的辐射亮度。在图16中,归一化辐射亮度示出在没有透镜29的情况下评价面80处的辐射亮度为1时的辐射亮度。具体而言,示出在没有透镜29且到达评价面80的光线的数量为1时的在各条件下到达评价面80的光线的数量。

[0303] 根据图16可知,无论距离L及透镜29的厚度t如何,归一化辐射亮度都为1.0以上。就是说,图16意味着发光元件30发射的光由透镜29在发光元件30的正面方向聚光。另外,从图16可知,当距离L短时,例如当距离L为 $6\mu\text{m}$ 以下时,厚度t越厚(曲率半径R1越小)辐射亮度越高,而当距离L长时,例如当距离L大于 $6\mu\text{m}$ 时,厚度t越薄(曲率半径R1越大)放射亮度越高。例如,当距离L为 $4\mu\text{m}$ 时,厚度t为 $1.0\mu\text{m}$ 时的辐射亮度最高。另一方面,当距离L为 $7\mu\text{m}$ 时,厚度t为 $0.8\mu\text{m}$ 时的辐射亮度最高。

[0304] 本实施例的至少一部分可以与本说明书所记载的其他实施方式或实施例适当地组合而实施。

#### [实施例2]

[0305] 在本实施例中,制造本发明的一个方式的显示装置并对辐射亮度的测量结果进行说明。

[0306] 在本实施例中,制造图1A所示的结构的显示装置。在此,在制造透镜29时,首先涂敷成为透镜29的具有感光性的膜。接着,进行曝光及显影而将成为透镜29的膜加工成所希

望的形状。然后,通过进行漂白曝光对成为透镜29的膜脱色。通过在脱色后以105℃进行10分钟的热回流,对成为透镜29的膜进行球状化。利用上述方法制造透镜29。

[0307] 图17A及图17B是示出制造的显示装置的截面的电子显微镜图像。图17A示出图像91和图像92。图像92示出垂直于图像91的方向的截面的电子显微镜图像。图像92包括透镜29。图17B示出图像91。

[0308] 如图17A及图17B所示,可确认到能够以所希望的形状制造发光元件30、绝缘层21、着色层25、平坦化层27及透镜29等,并且能够制造像素。另外,从发光元件30到透镜29的平坦部的距离L约为7 $\mu\text{m}$ 。再者,透镜29的厚度t约为0.59 $\mu\text{m}$ 。注意,由树脂层21a及保护层21b构成绝缘层21。

[0309] 接着,测量从制造的显示装置所包括的像素15射出的光的辐射亮度,并与光学模拟结果进行对比。

[0310] 图18是在本实施例中用于光学模拟的显示装置的示意图。如图18所示,发光元件30上设置有层71,层71上设置有着色层25R、着色层25B及着色层25G。另外,着色层25R上、着色层25B上及着色层25G上设置有平坦化层27,平坦化层27上设置有透镜29。再者,以覆盖透镜29的方式设置树脂层33,树脂层33上设置有衬底12,衬底12上设置有层79。在此,着色层25R、着色层25B及着色层25G各自具有与不同的发光元件30及透镜29重叠的区域。在图18中,与着色层25R重叠的发光元件30为发光元件30R,与着色层25B重叠的发光元件30为发光元件30B,与着色层25G重叠的发光元件30为发光元件30G。

[0311] 在此,根据图17所示的实测值,从发光元件30的发光层31到透镜29的平坦部29a的距离L为7 $\mu\text{m}$ 。

[0312] 发光元件30R的俯视形状是长边为7.15 $\mu\text{m}$ 、短边为1.95 $\mu\text{m}$ 的矩形。发光元件30B及发光元件30G的俯视形状是长边为7.10 $\mu\text{m}$ 、短边为1.48 $\mu\text{m}$ 的矩形。此外,发光元件30R所包括的发光层31、发光元件30B所包括的发光层31及发光元件30G所包括的发光层31中都层叠有发射蓝色光的发光层及发射黄色光的发光层。

[0313] 着色层25R的厚度为1.8 $\mu\text{m}$ ,着色层25R的宽度为3.2 $\mu\text{m}$ 。着色层25B的厚度为0.72 $\mu\text{m}$ ,着色层25B的宽度为2.9 $\mu\text{m}$ 。着色层25G的厚度为1.0 $\mu\text{m}$ ,着色层25G的宽度为2.9 $\mu\text{m}$ 。另外,着色层25R的折射率为1.768,着色层25B的折射率为1.635,着色层25G的折射率为1.623。

[0314] 透镜29的平坦部29a的俯视形状是长边为7.85 $\mu\text{m}$ 、短边为2.2 $\mu\text{m}$ 的矩形。根据图17所示的实测值,透镜29的厚度t为0.59 $\mu\text{m}$ 。在此,当俯视时,透镜29的中心与发光元件30R、发光元件30B或发光元件30G的中心在长边方向上错开0.4 $\mu\text{m}$ ,在短边方向上错开0.2 $\mu\text{m}$ 。

[0315] 层71的折射率、平坦化层27的折射率及透镜29的折射率为1.56。另外,树脂层33的折射率为1.40。此外,衬底12为玻璃衬底且其折射率为1.50。再者,层79为空气且其折射率为1.00。在此,层79的顶面为评价面80。

[0316] 在本实施例的光学模拟中,算出发光元件30R发射的光、发光元件30B发射的光及发光元件30G发射的光的在各个发光元件的正面的评价面80处的辐射亮度。在此,层79的厚度为400.5 $\mu\text{m}$ ,层79的顶面为评价面80。此外,评价面80处的光阑半径为10 $\mu\text{m}$ 。

[0317] 图19是示出发光元件30R发射的光、发光元件30G发射的光及发光元件30B发射的光的归一化辐射亮度的实测结果与模拟结果的图表。在此,归一化辐射亮度示出在没有透镜29的情况下评价面80处的辐射亮度为1时的评价面80处的辐射亮度。具体而言,示出在没

有透镜29的情况下当到达评价面80的光线的数量为1时的到达评价面80的光线的数量。

[0318] 如图19所示,发光元件30R的归一化辐射亮度的实测值为1.26,利用光学模拟的计算值(模拟值)为1.29。另外,发光元件30G的归一化辐射亮度的实测值为1.54,模拟值为1.55。再者,发光元件30B的归一化辐射亮度的实测值为1.45,模拟值为1.50。

[0319] 由此,可确认到发光元件30R、发光元件30G及发光元件30B的归一化辐射亮度都为1.0以上。就是说,可确认到发光元件30发射的光通过透镜29聚光。此外,可确认到归一化辐射亮度的实测值与模拟值的差为0.05以下,光学模拟再现实测值。

[0320] 本实施例的至少一部分可以与本说明书所记载的其他实施方式或实施例适当地组合而实施。

[符号说明]

[0321] 10:显示装置、11:衬底、12:衬底、13:绝缘层、14:分隔壁、15:像素、15B:像素、15G:像素、15R:像素、21:绝缘层、21a:树脂层、21b:保护层、25:着色层、25B:着色层、25G:着色层、25R:着色层、27:平坦化层、29:透镜、29a:平坦部、29b:凸部、30:发光元件、30B:发光元件、30G:发光元件、30R:发光元件、31:发光层、33:树脂层、35:分隔壁、37:粘合层、42:导电层、43:光、45:遮光层、47:光、49:光、51:发光层、52:晶体管、55G:波长转换层、55R:波长转换层、57:平坦化层、60:导电层、63:绝缘层、71:层、77:层、79:层、80:评价面、91:图像、92:图像、152:绝缘层、161:导电层、162:绝缘层、163:绝缘层、164:绝缘层、165:金属氧化物层、166:导电层、167:绝缘层、168:导电层、181:绝缘层、182:绝缘层、183:绝缘层、184a:导电层、184b:导电层、185:绝缘层、186:绝缘层、187:绝缘层、189a:导电层、189b:导电层、189c:导电层、189d:导电层、190:导电层、195:导电层、200:晶体管、205:导电体、205a:导电体、205b:导电体、205c:导电体、212:绝缘体、214:绝缘体、216:绝缘体、222:绝缘体、224:绝缘体、230:氧化物、230a:氧化物、230b:氧化物、240:导电体、240a:导电体、240b:导电体、241:绝缘体、241a:绝缘体、241b:绝缘体、242:导电体、242a:导电体、242b:导电体、243:氧化物、243a:氧化物、243b:氧化物、246:导电体、246a:导电体、246b:导电体、250:绝缘体、250a:绝缘体、250b:绝缘体、260:导电体、260a:导电体、260b:导电体、271:绝缘体、271a:绝缘体、271b:绝缘体、275:绝缘体、280:绝缘体、282:绝缘体、283:绝缘体、285:绝缘体、8200:头戴显示器、8201:安装部、8202:透镜、8203:主体、8204:显示面、8205:电缆、8206:电池、8300:头戴显示器、8301:外壳、8302:显示面、8304:安装部、8305:透镜、8306:电池、9000:外壳、9001:显示面、9003:扬声器、9005:操作键、9006:连接端子、9007:传感器、9009:电池、9050:操作按钮、9051:信息、9055:铰链、9100:电视装置、9101:便携式信息终端、9110:遥控操作机、9200:便携式信息终端、9201:便携式信息终端、9251:时间、9252:操作按钮、9253:内容。

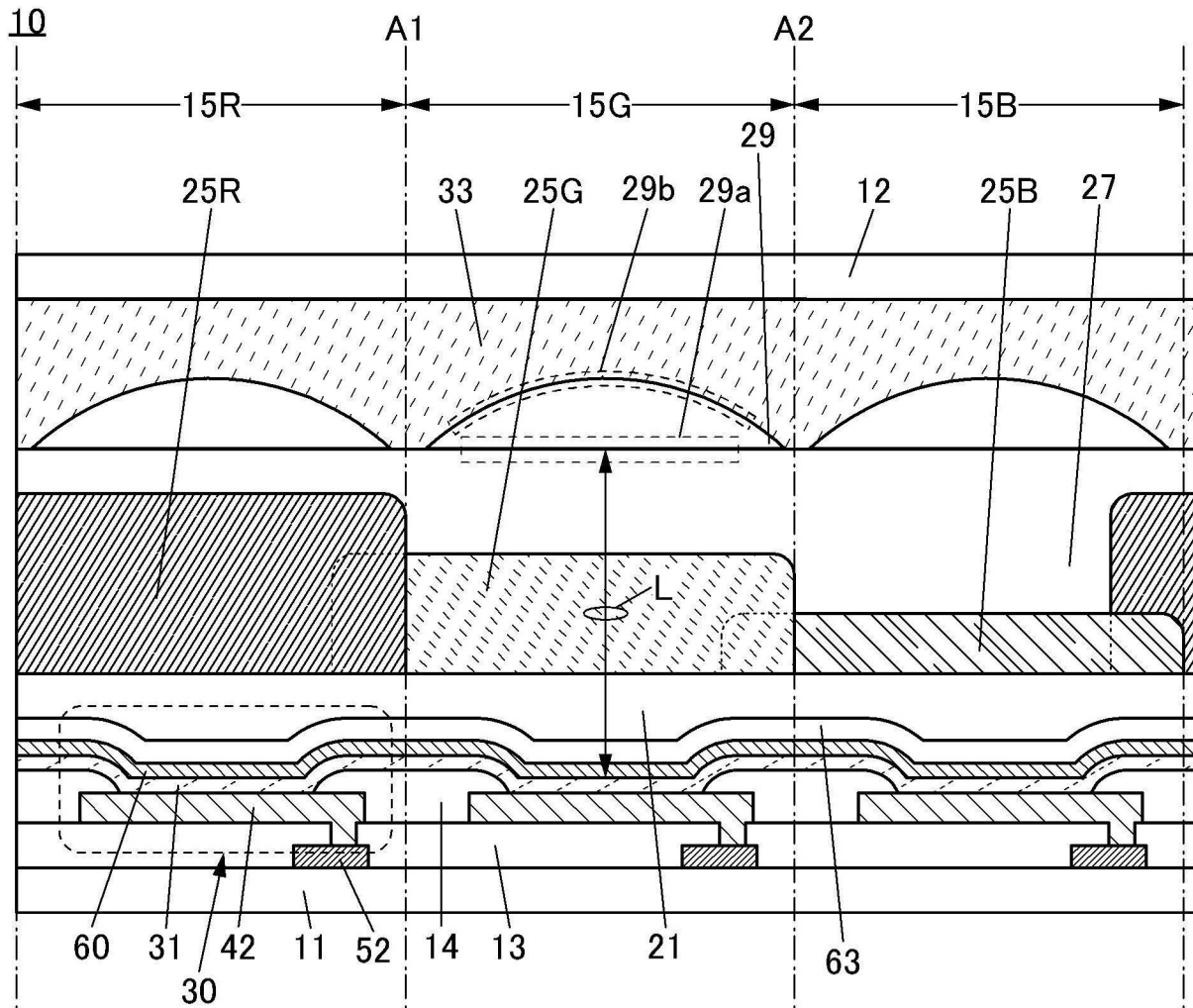


图1A

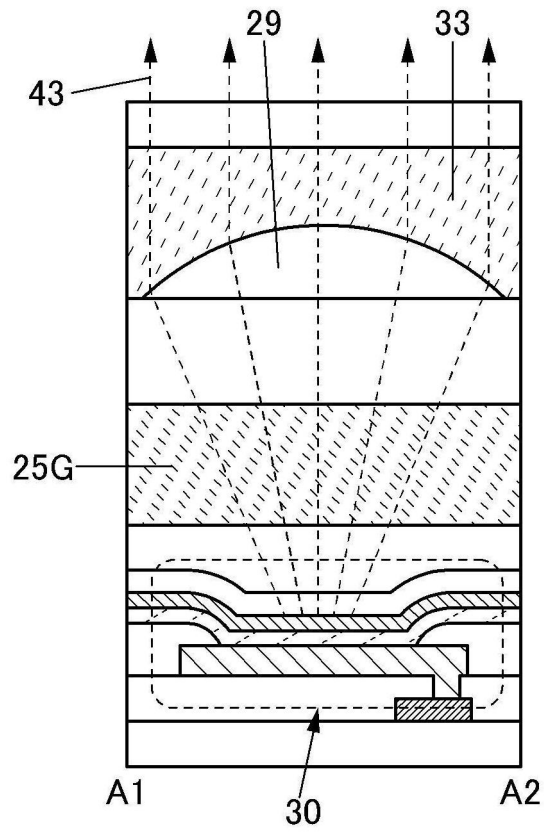


图1B

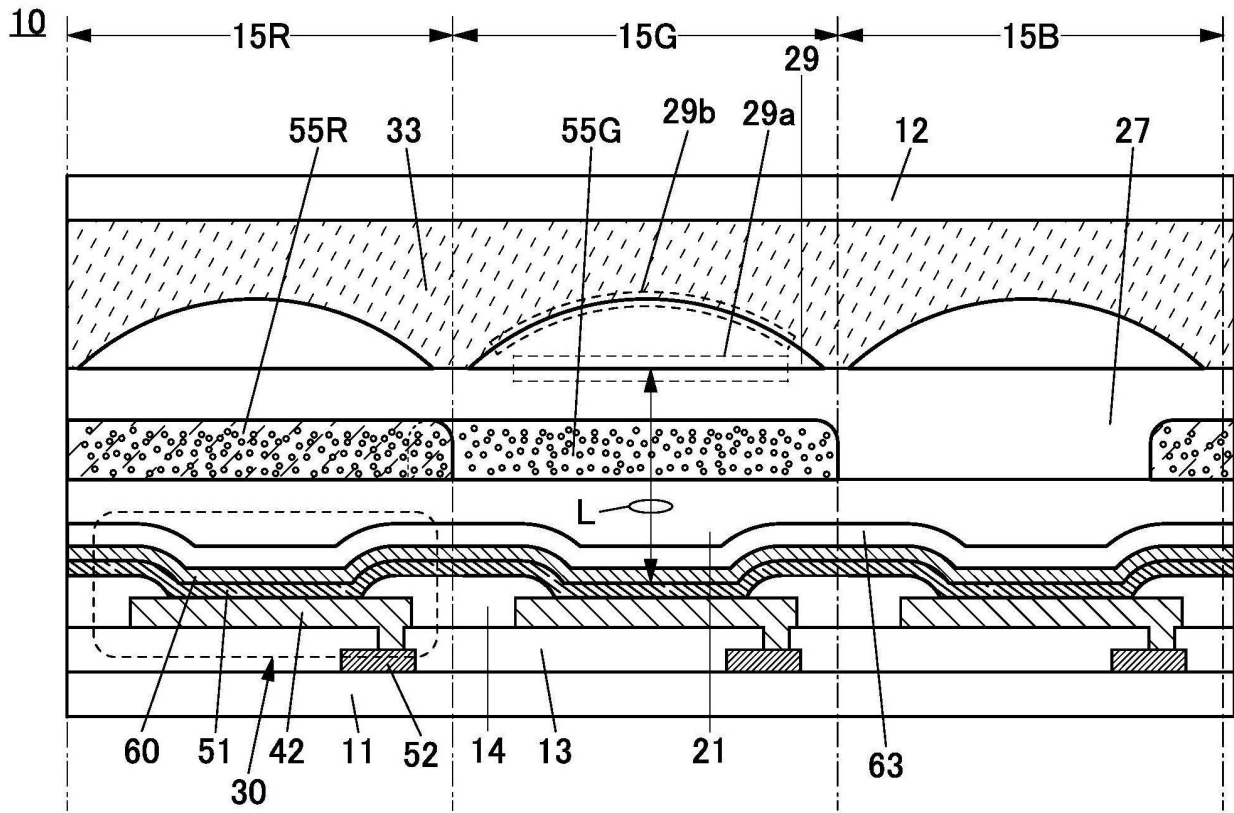


图2A

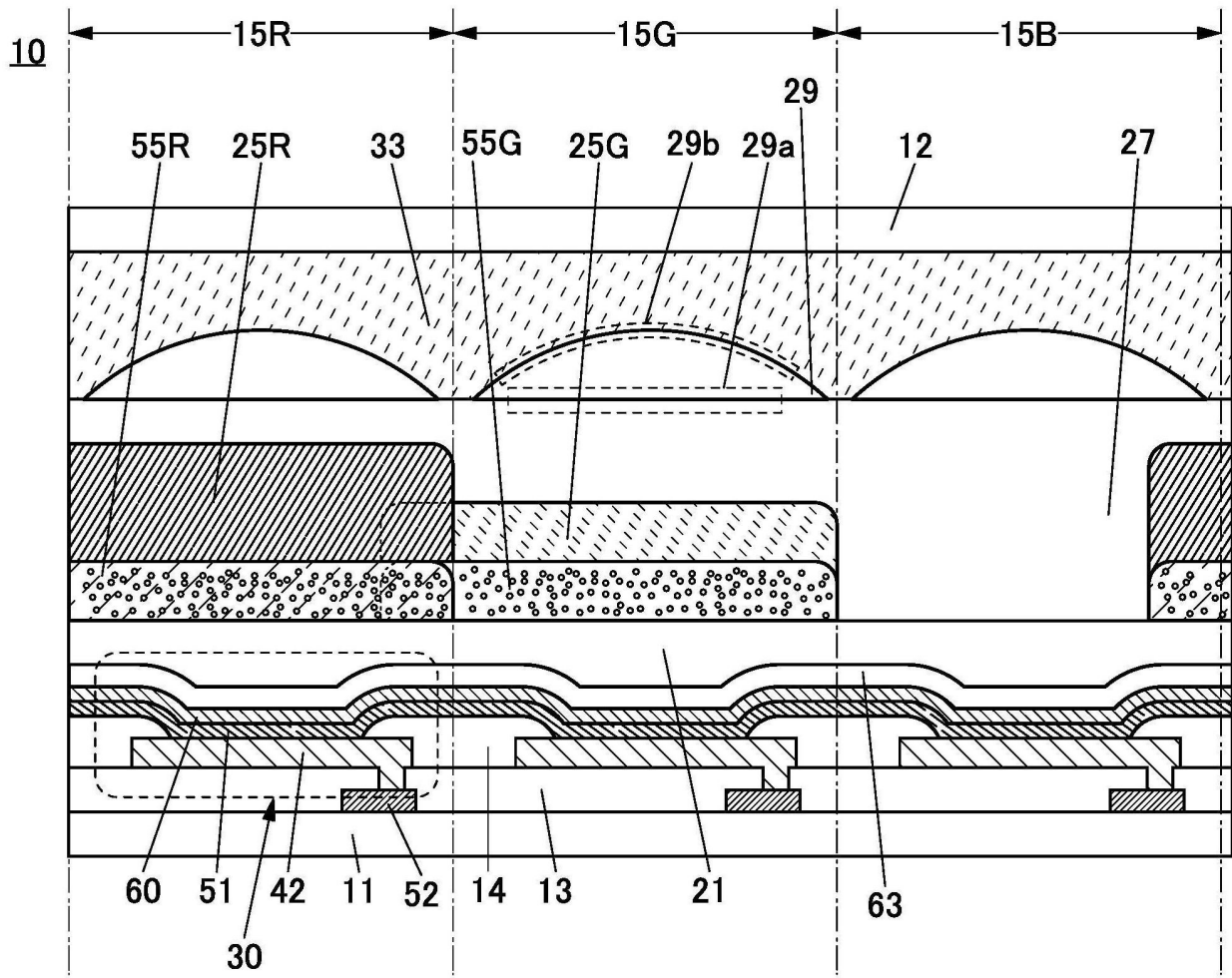


图2B

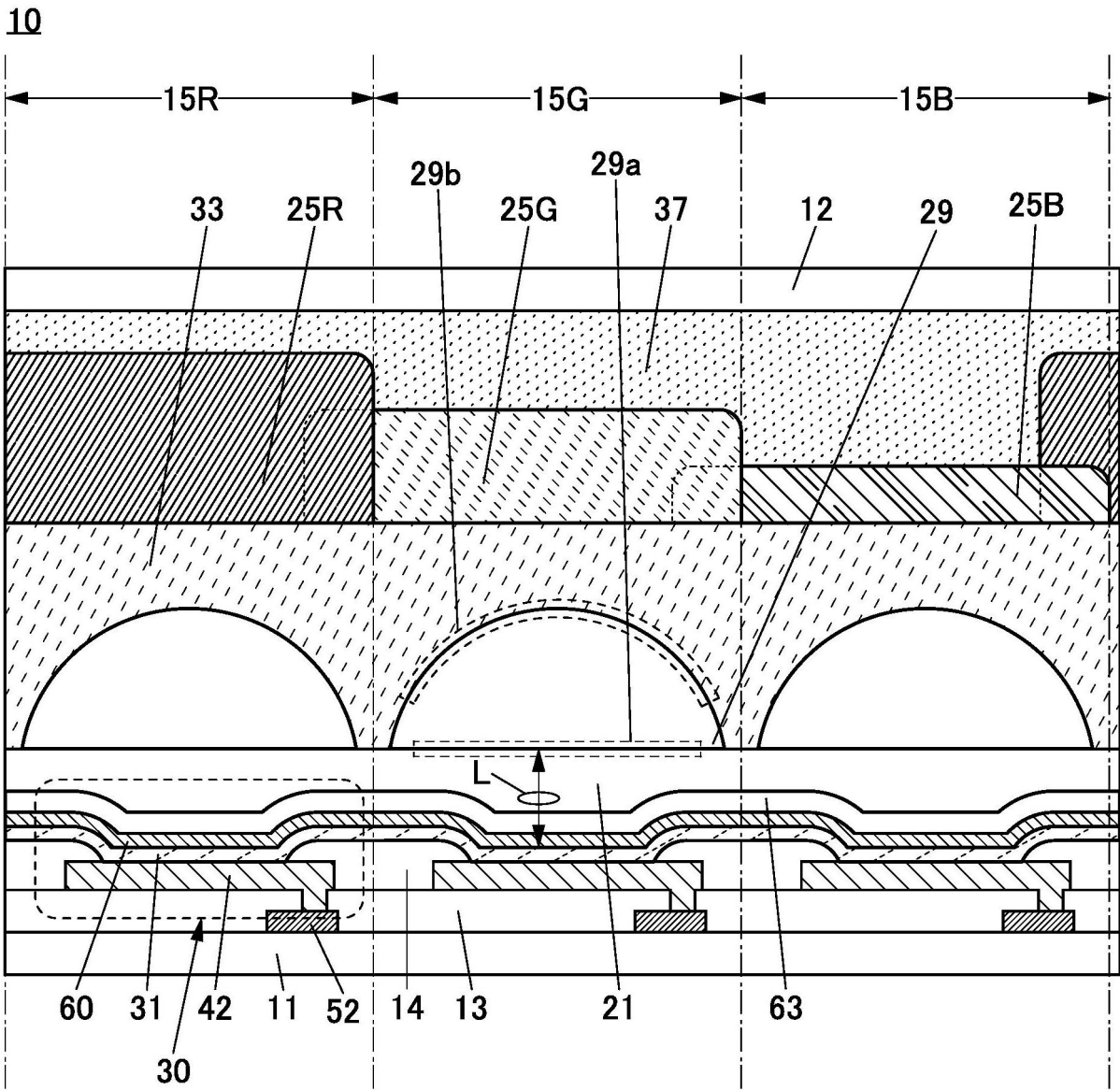


图3

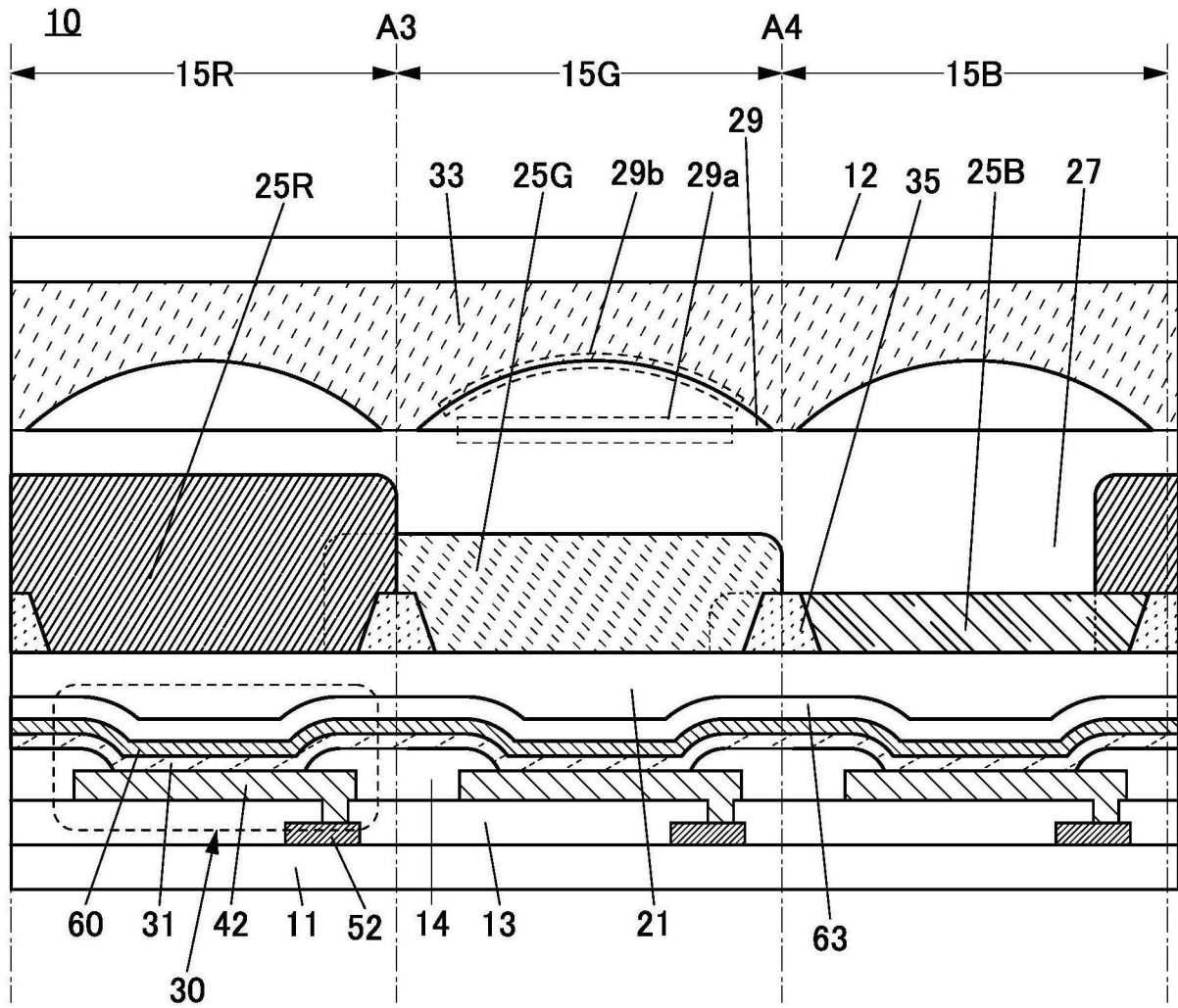


图4A

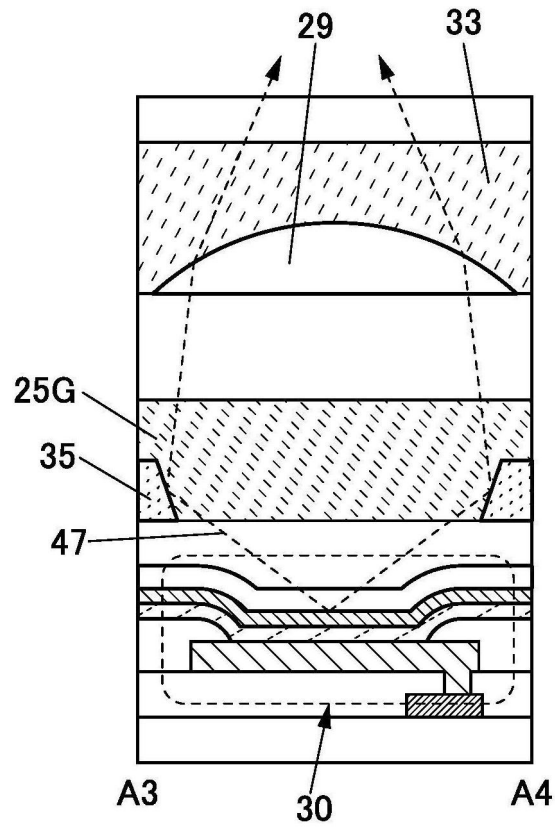


图4B

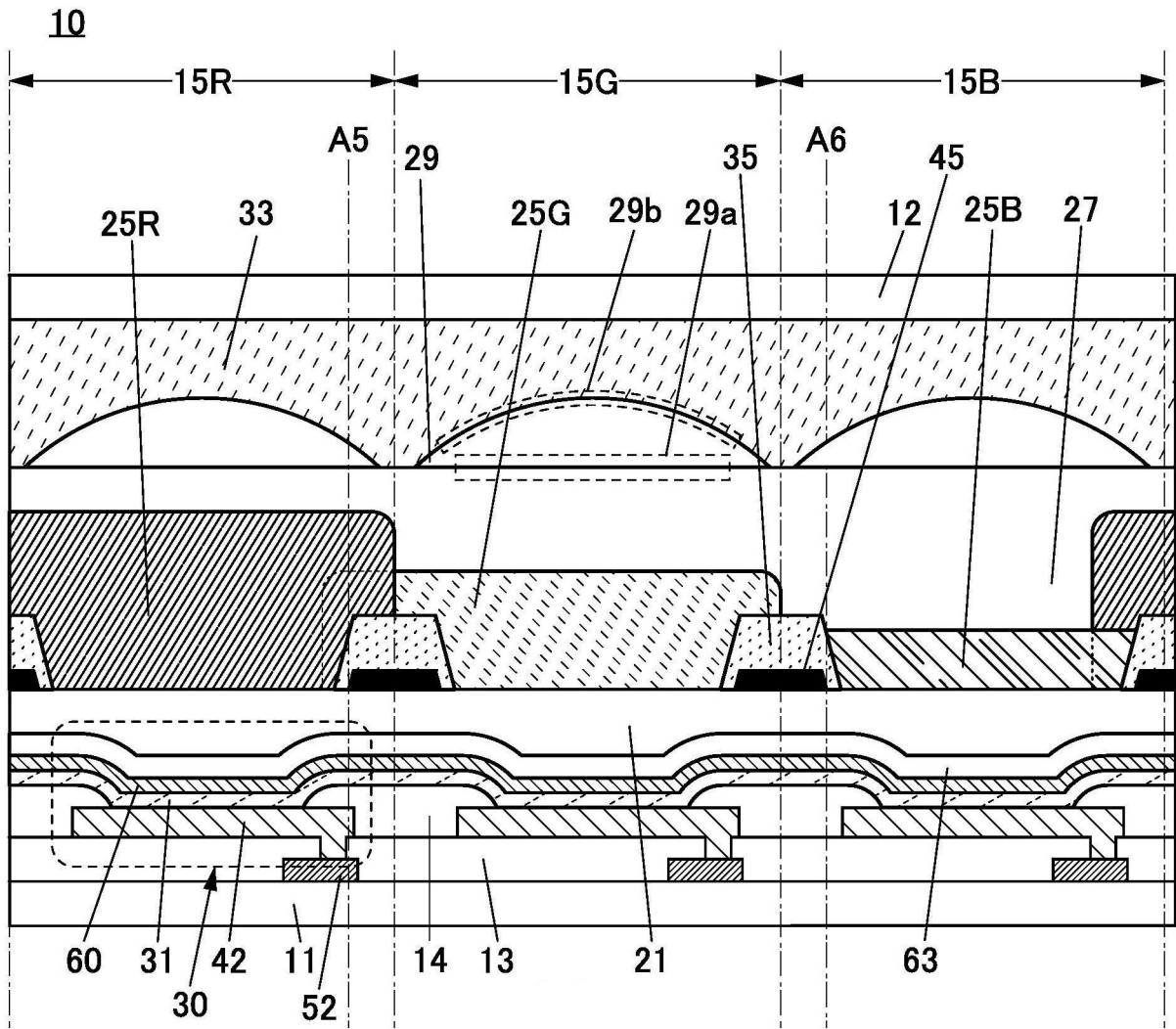


图5A

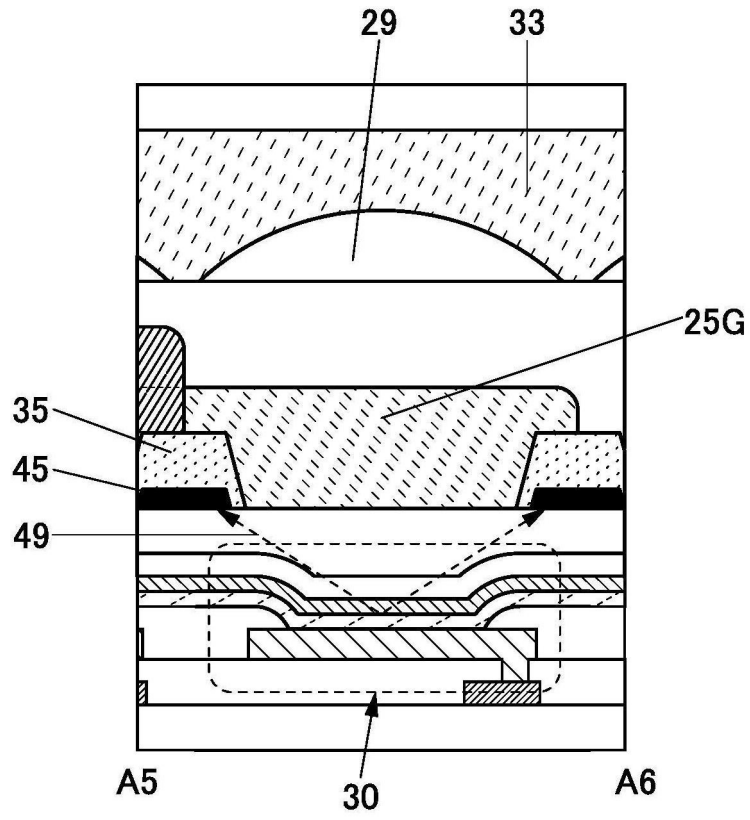


图5B

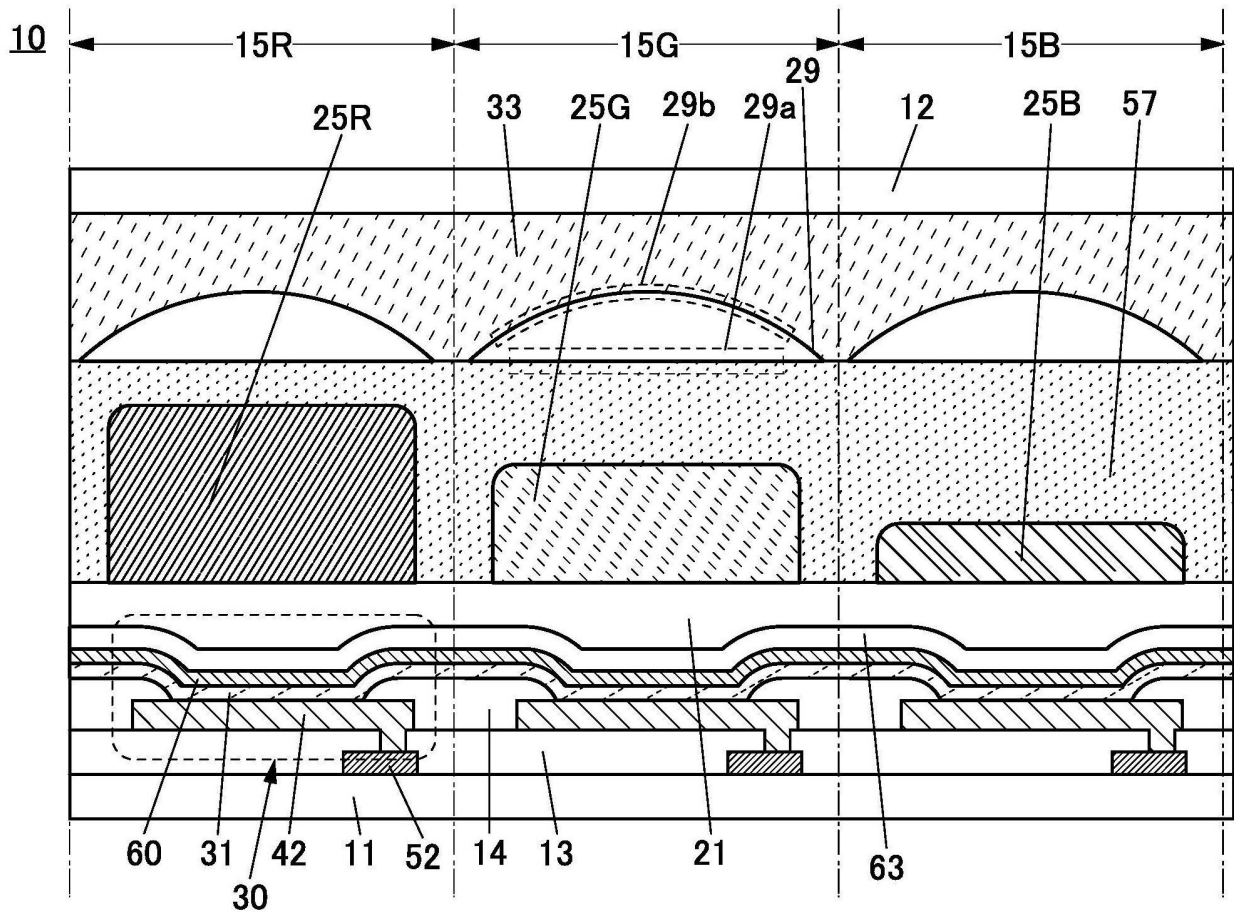


图6A

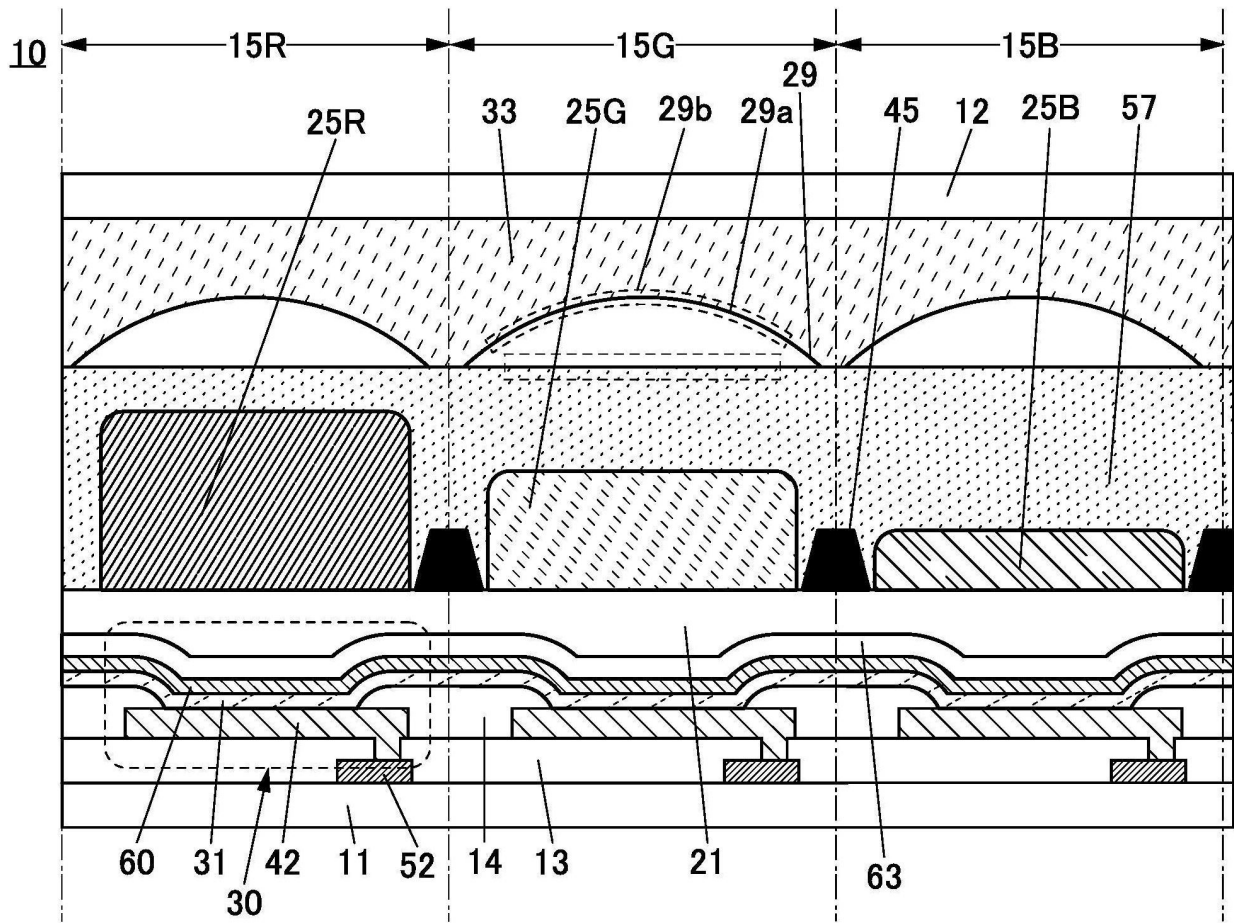


图6B

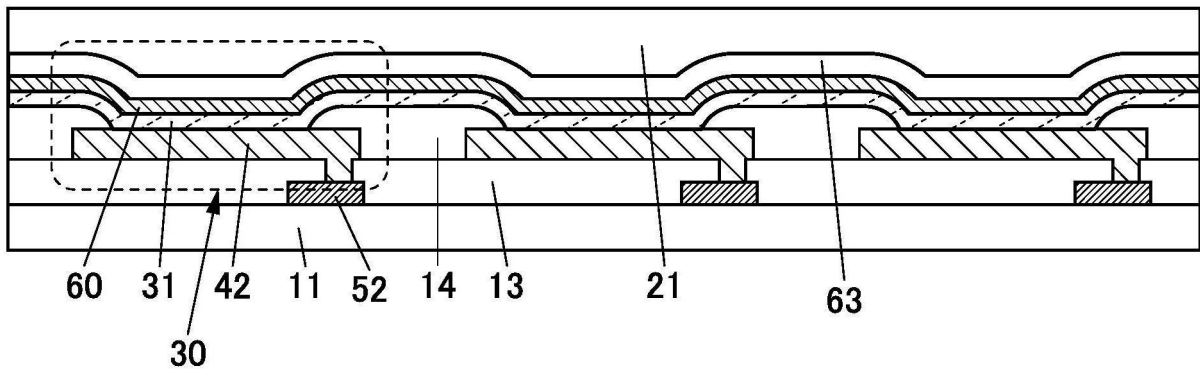


图7A

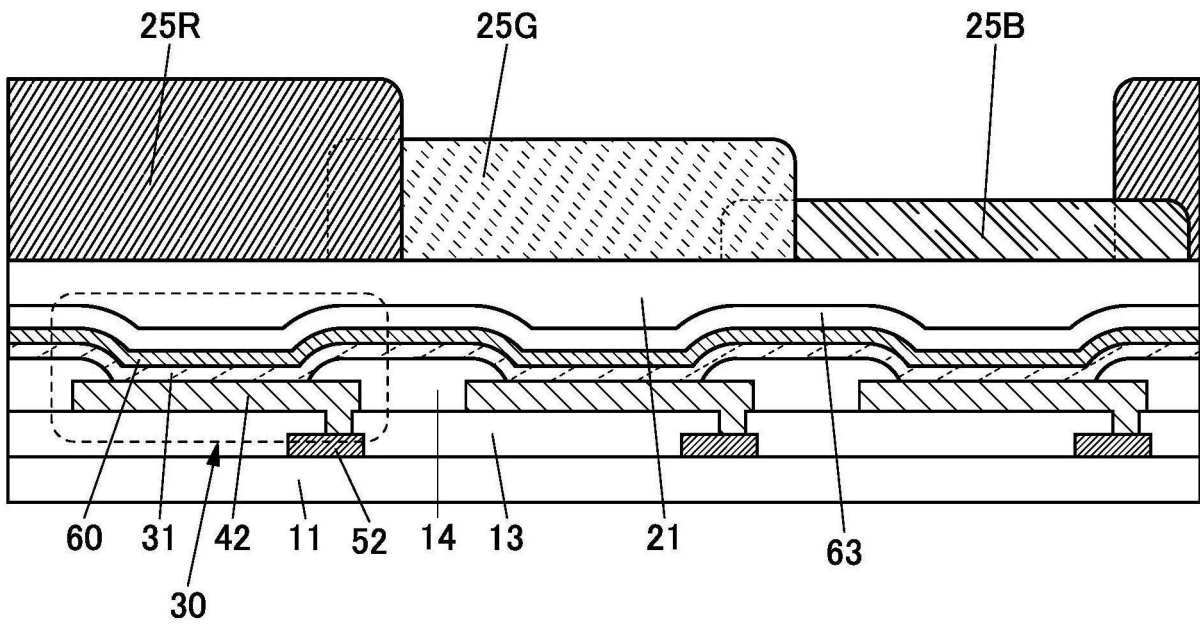


图7B

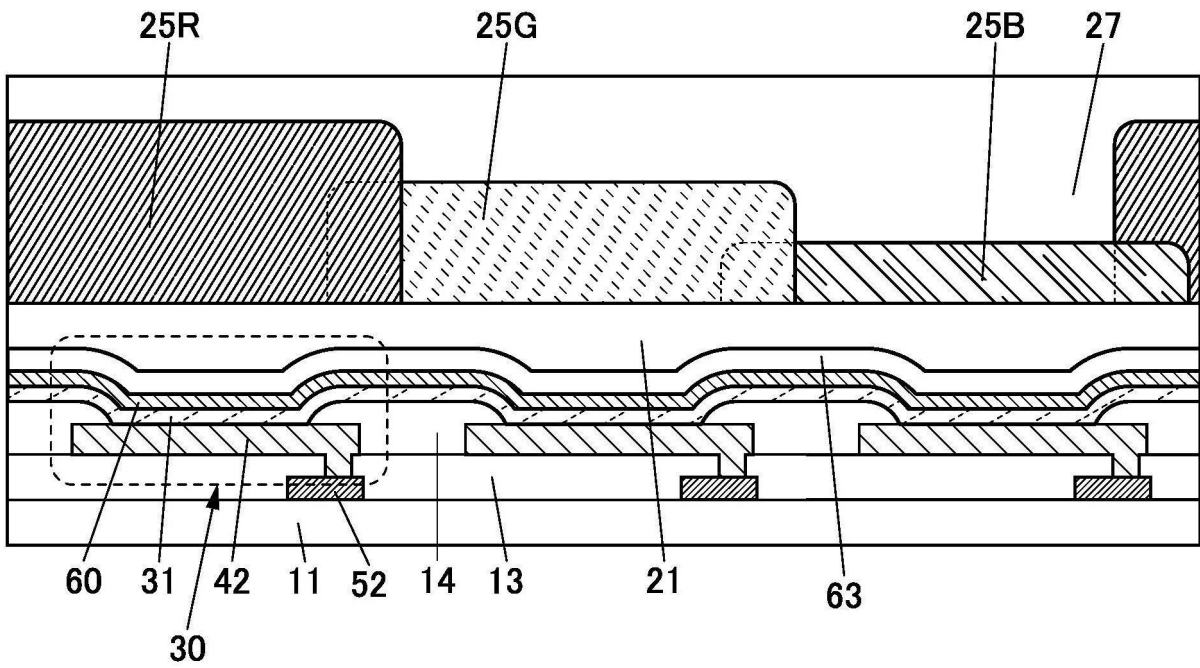


图8A

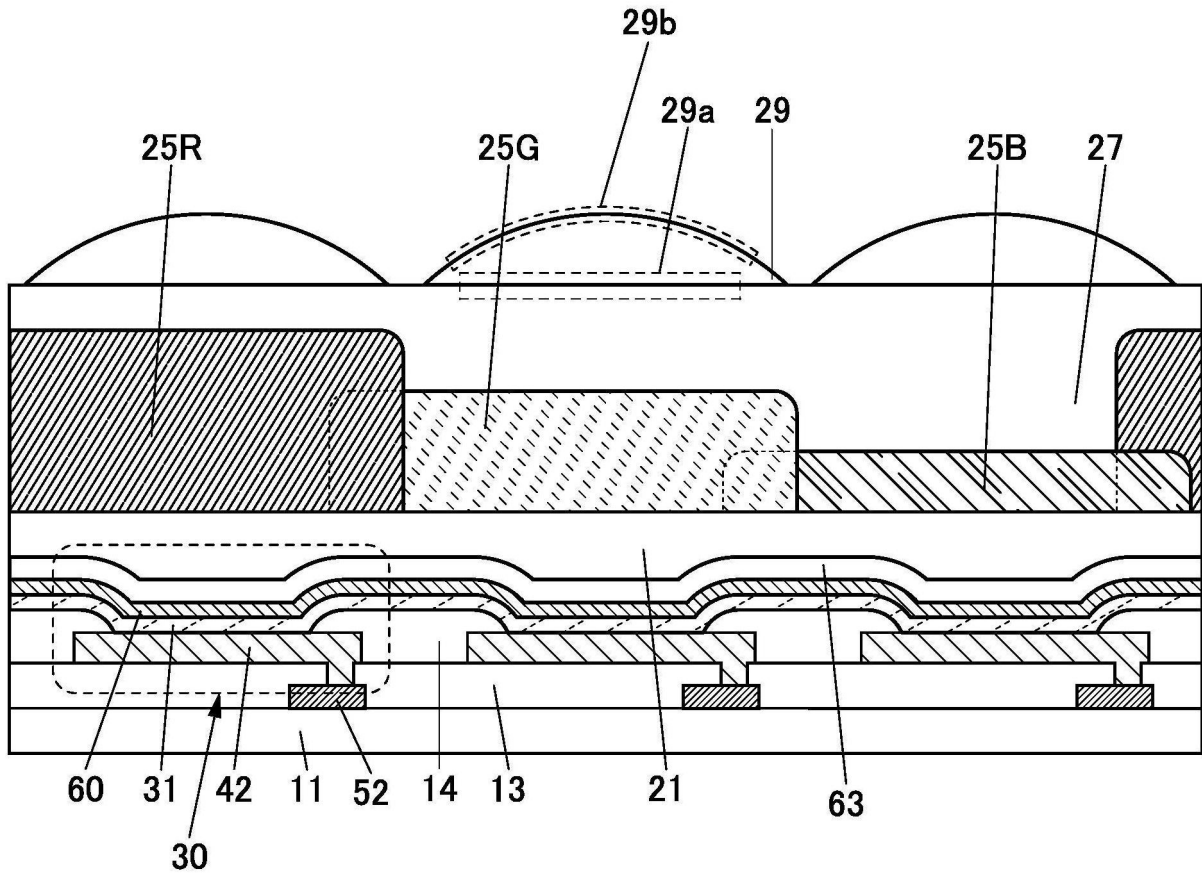


图8B

10

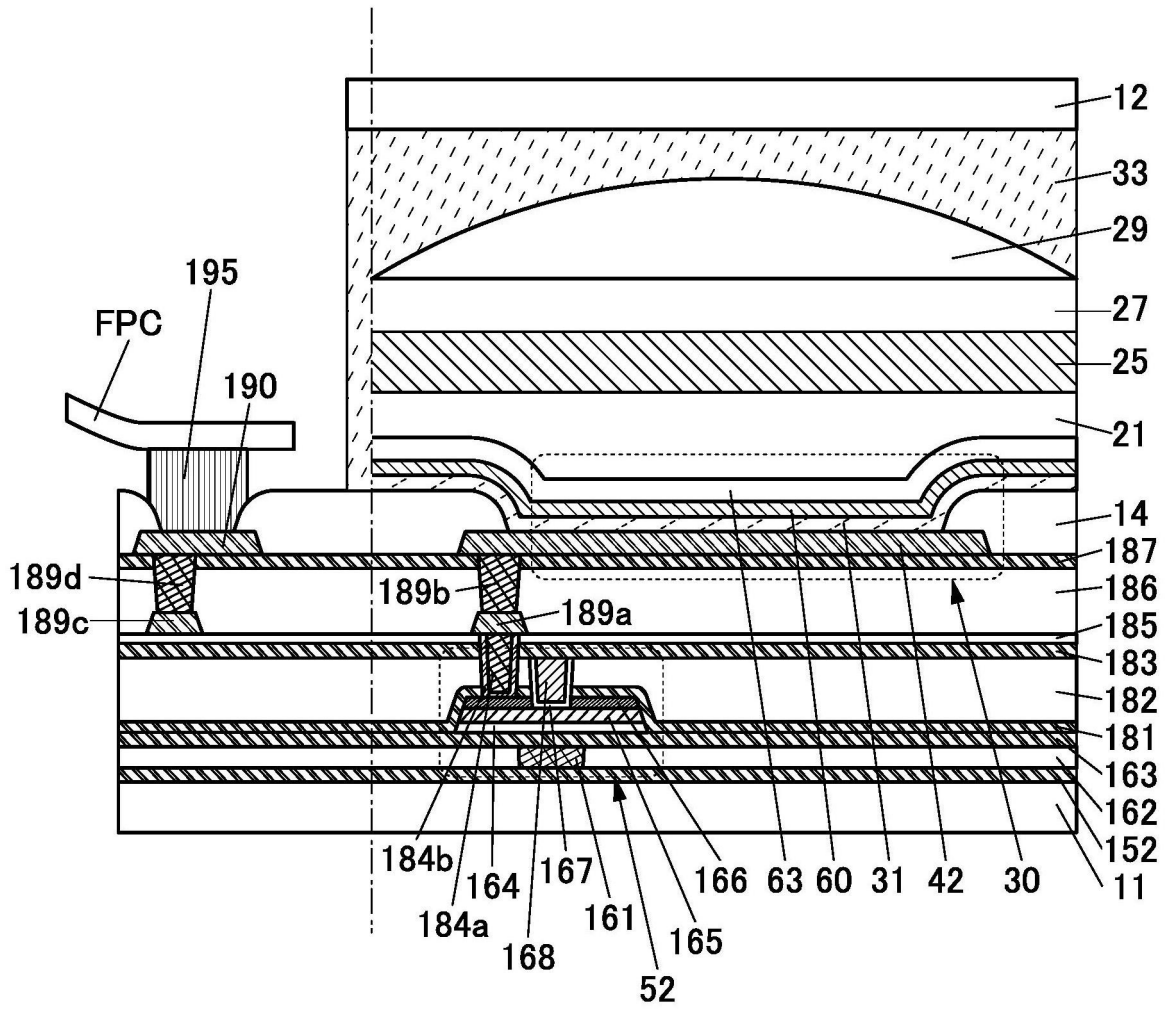


图9

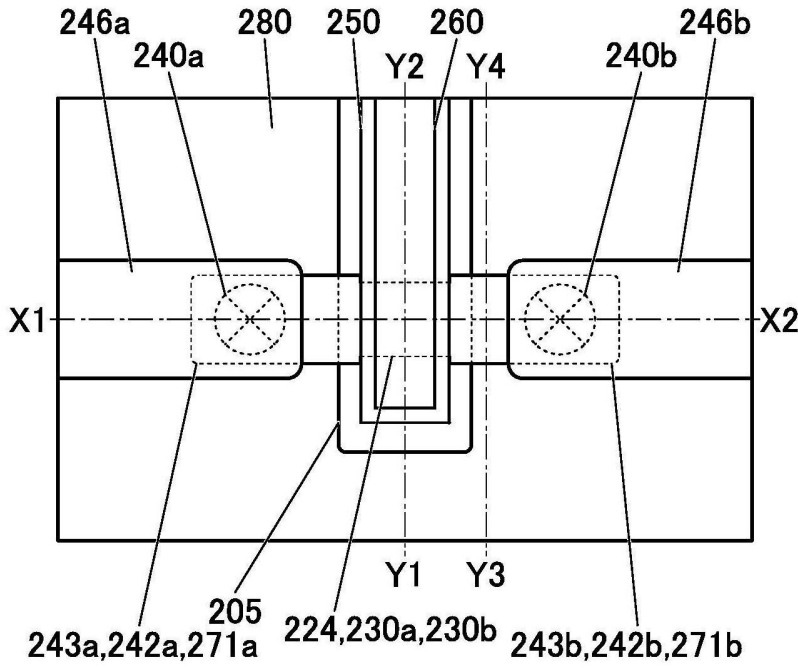


图10A

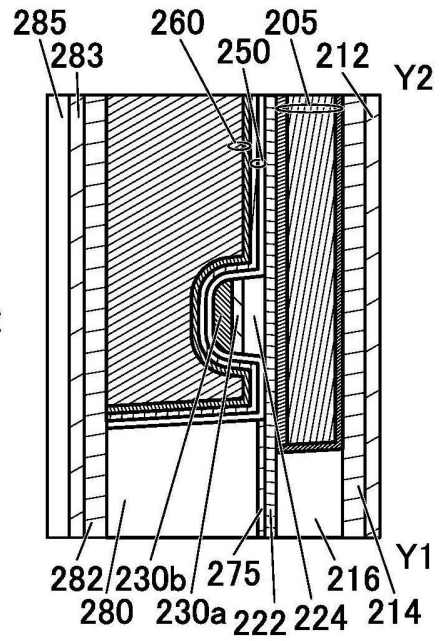


图10C

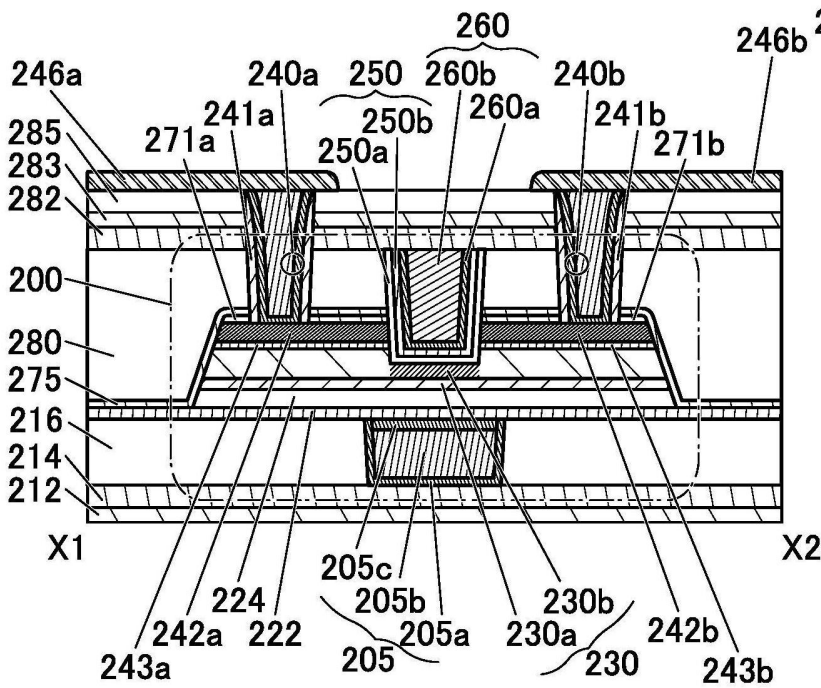


图10B

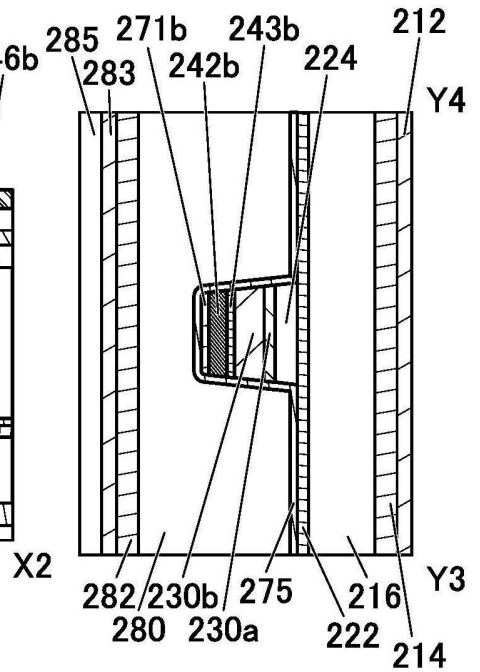


图10D

中中间状态  
 状新的边界区域态  
 的边界区域

Amorphous (无定形)	Crystalline (结晶性)	Crystal (结晶)
▪ completely amorphous	▪ CAAC ▪ nc ▪ CAC  不包含 single crystal 及 poly crystal	▪ single crystal ▪ poly crystal

图11A

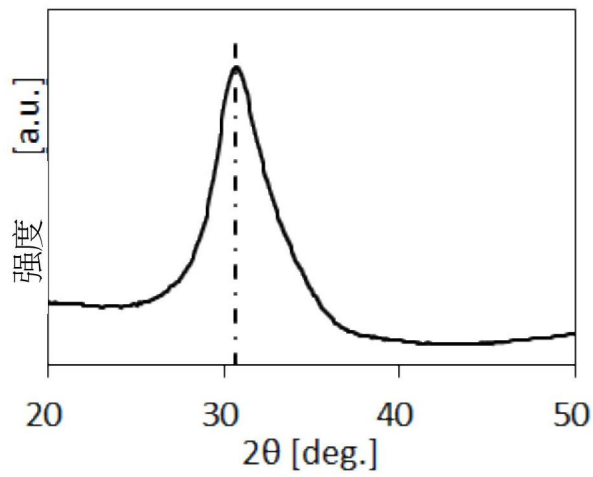


图11B

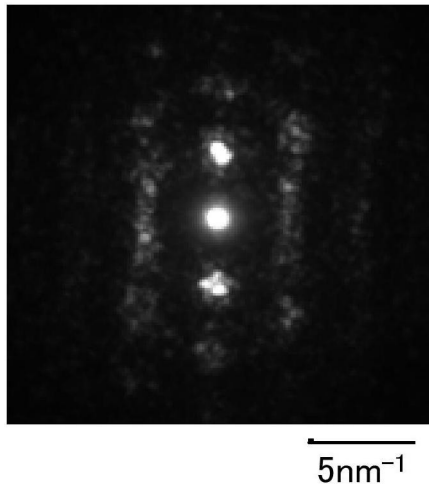


图11C

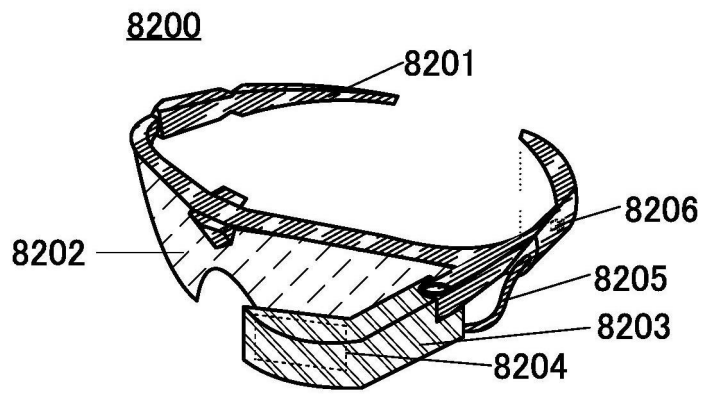


图12A

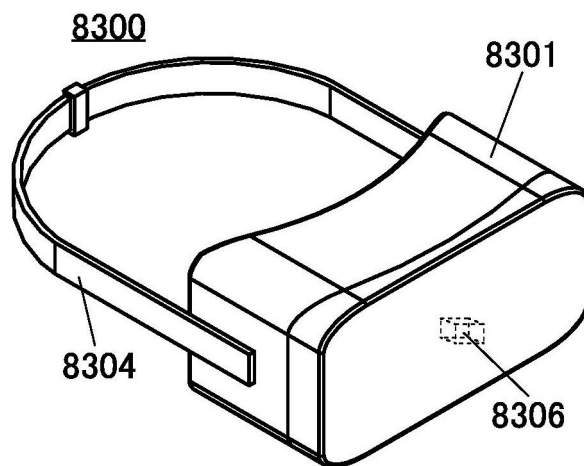


图12B

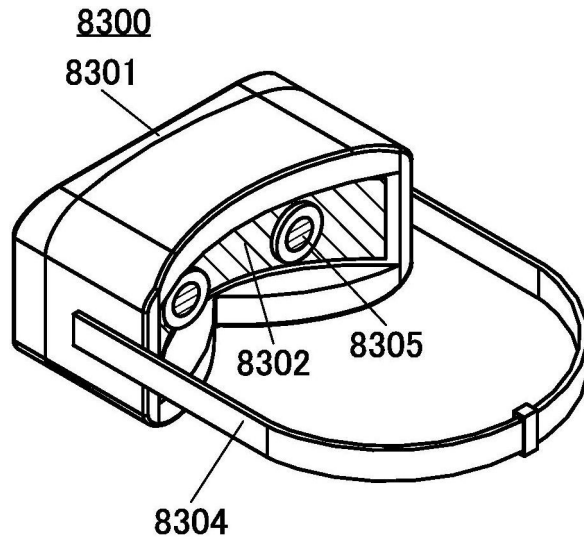


图12C

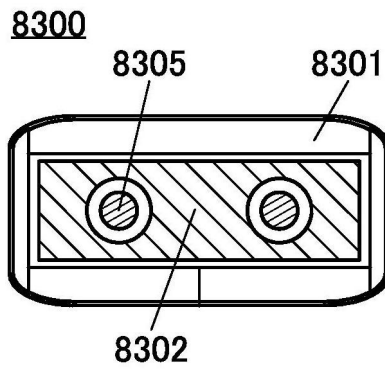


图12D

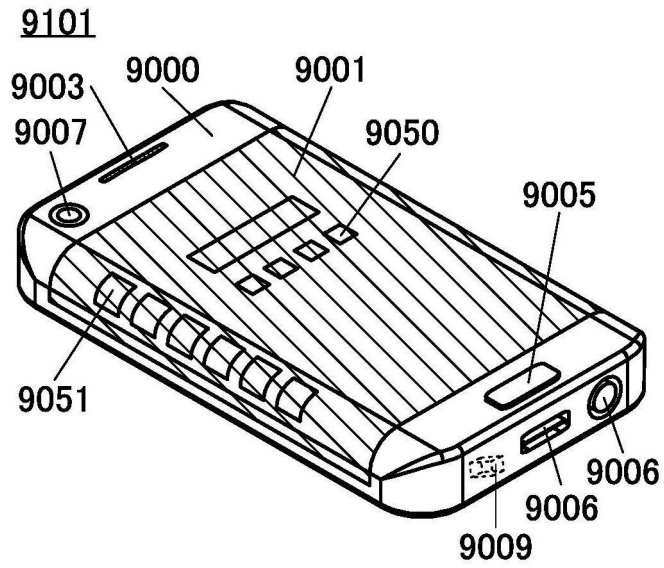


图13A

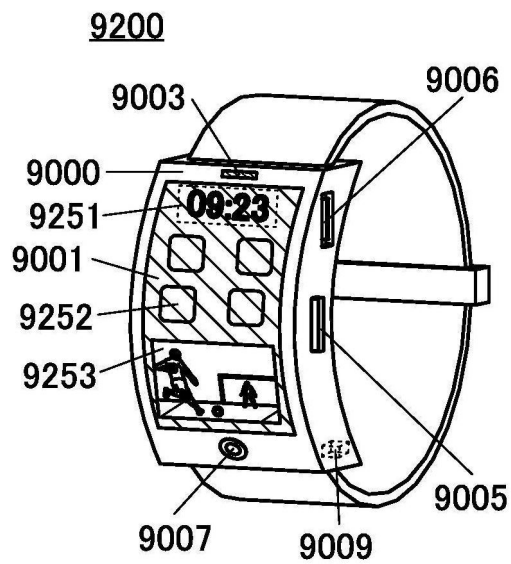


图13B

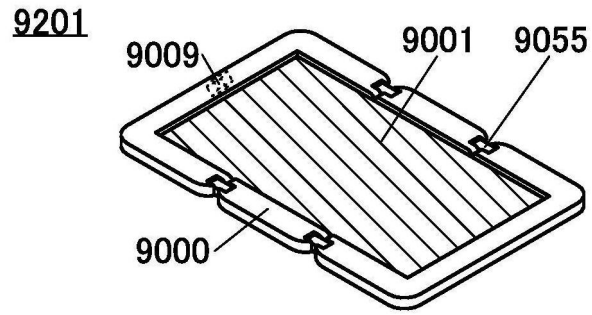


图13C

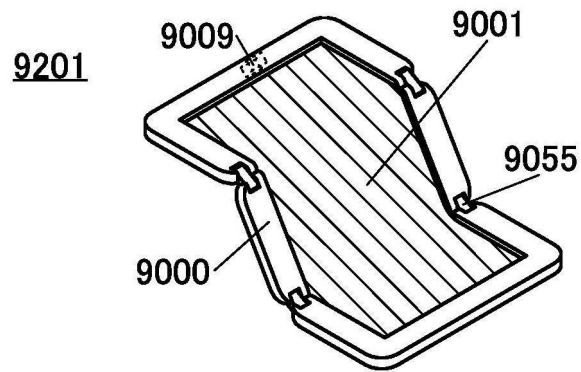


图13D

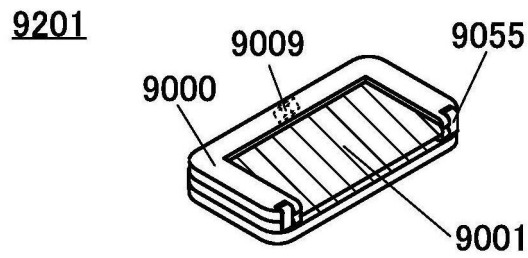


图13E

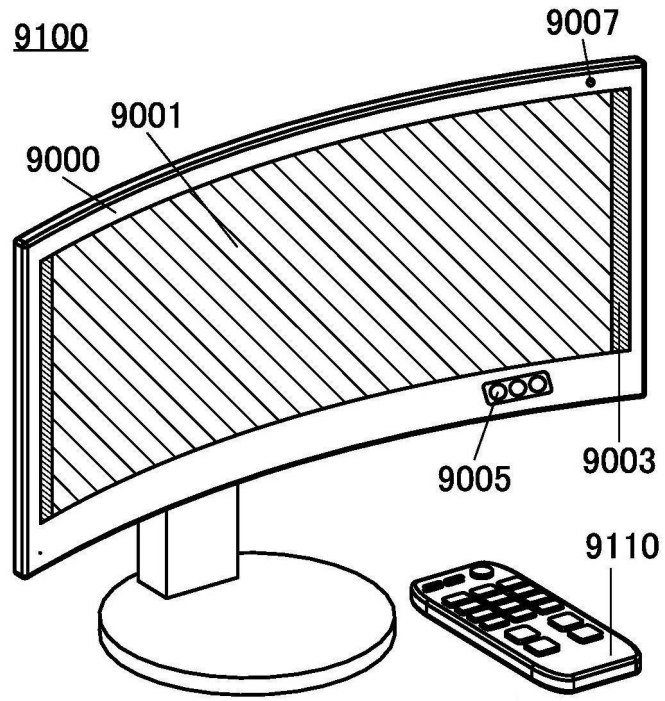


图13F

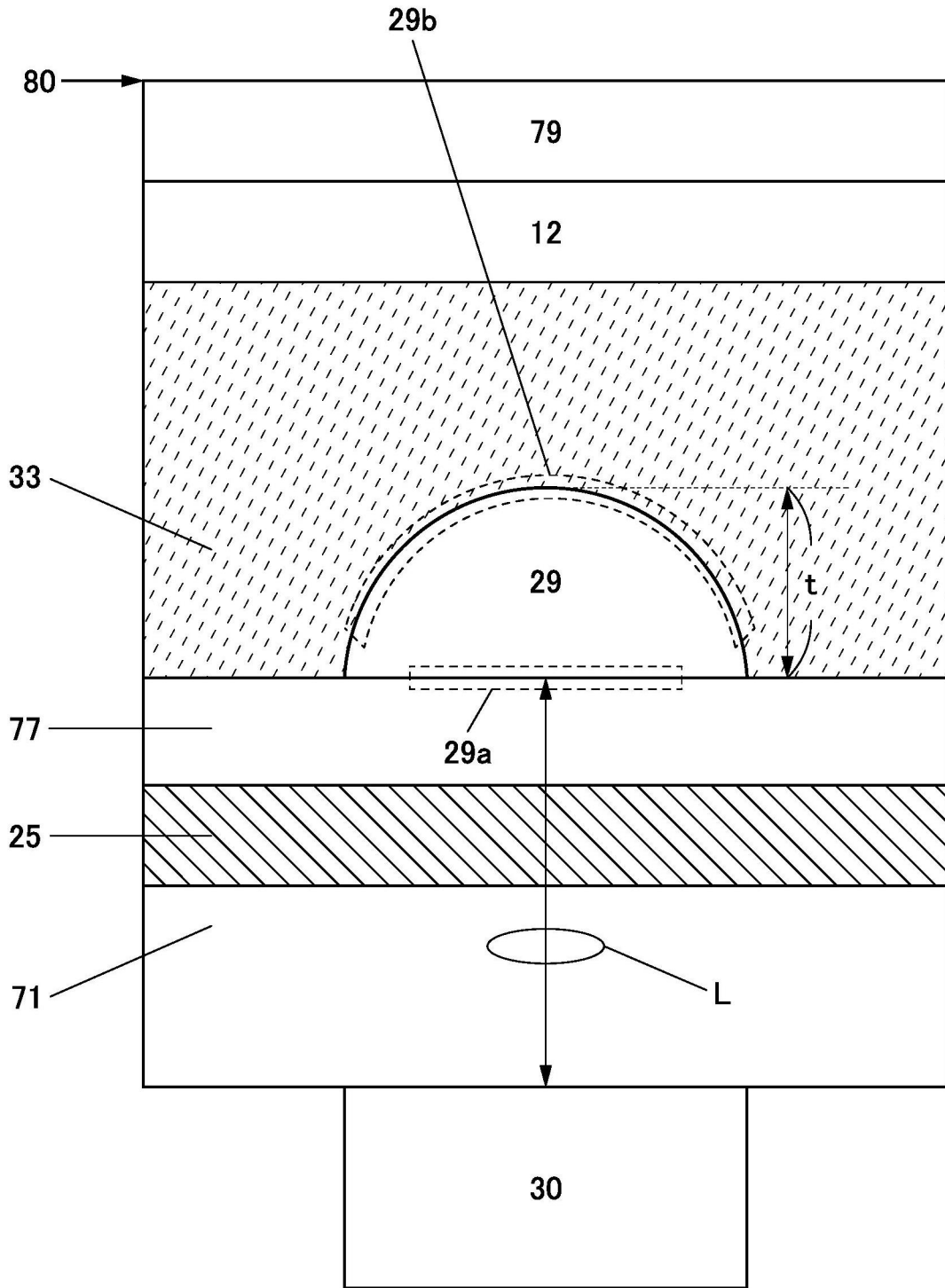


图14

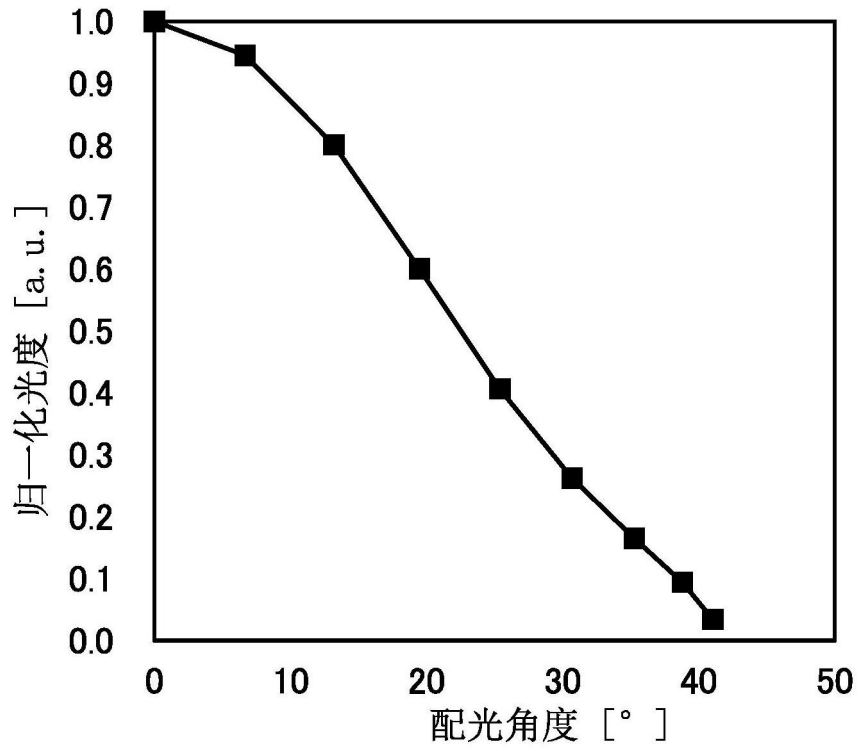


图15

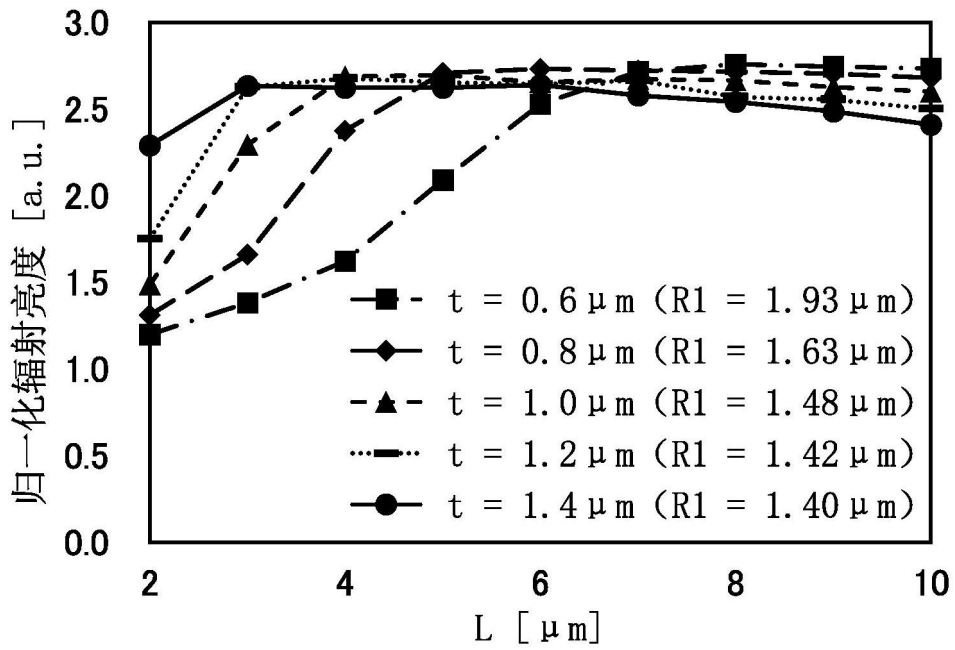


图16

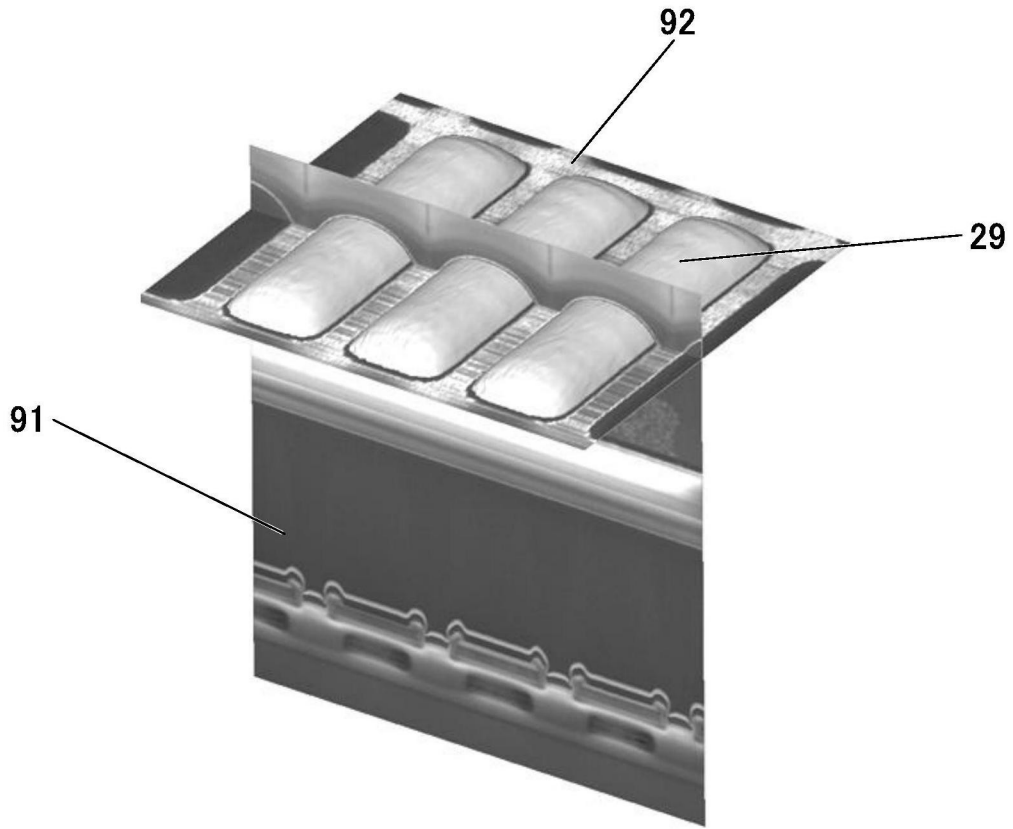


图17A

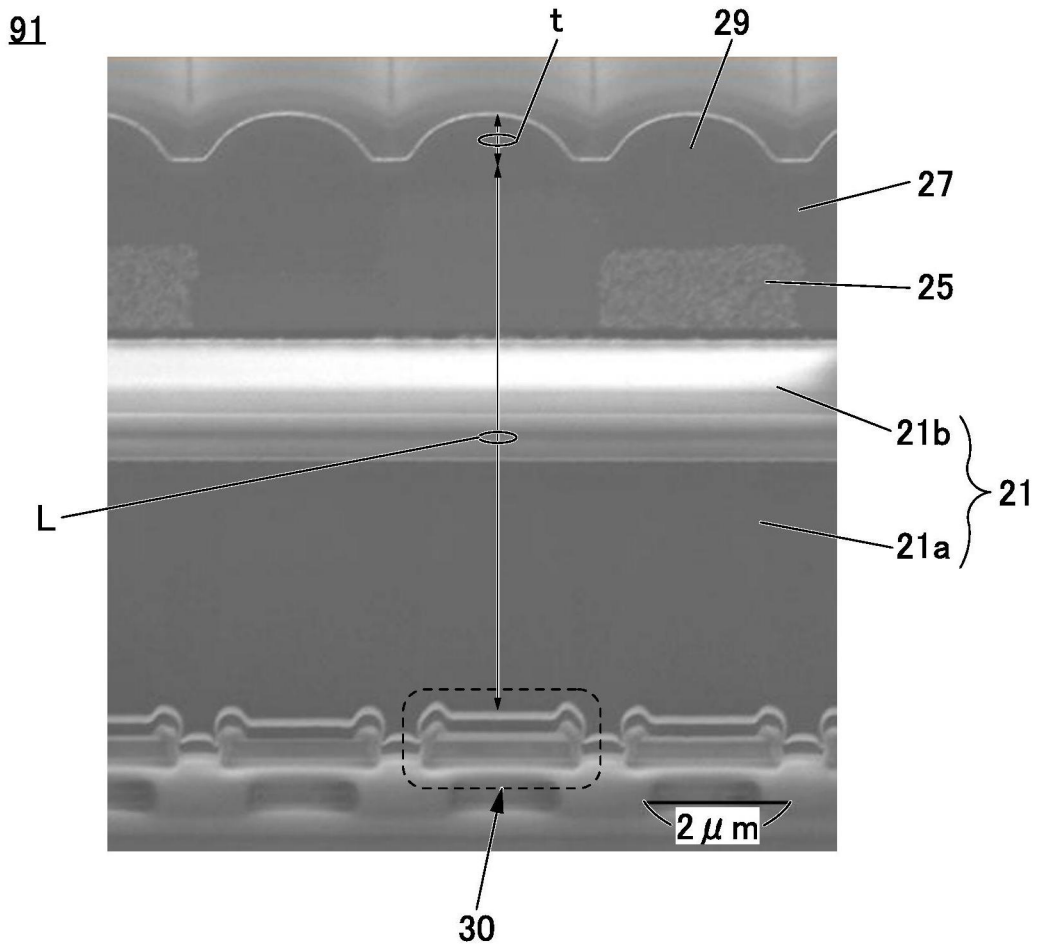


图17B

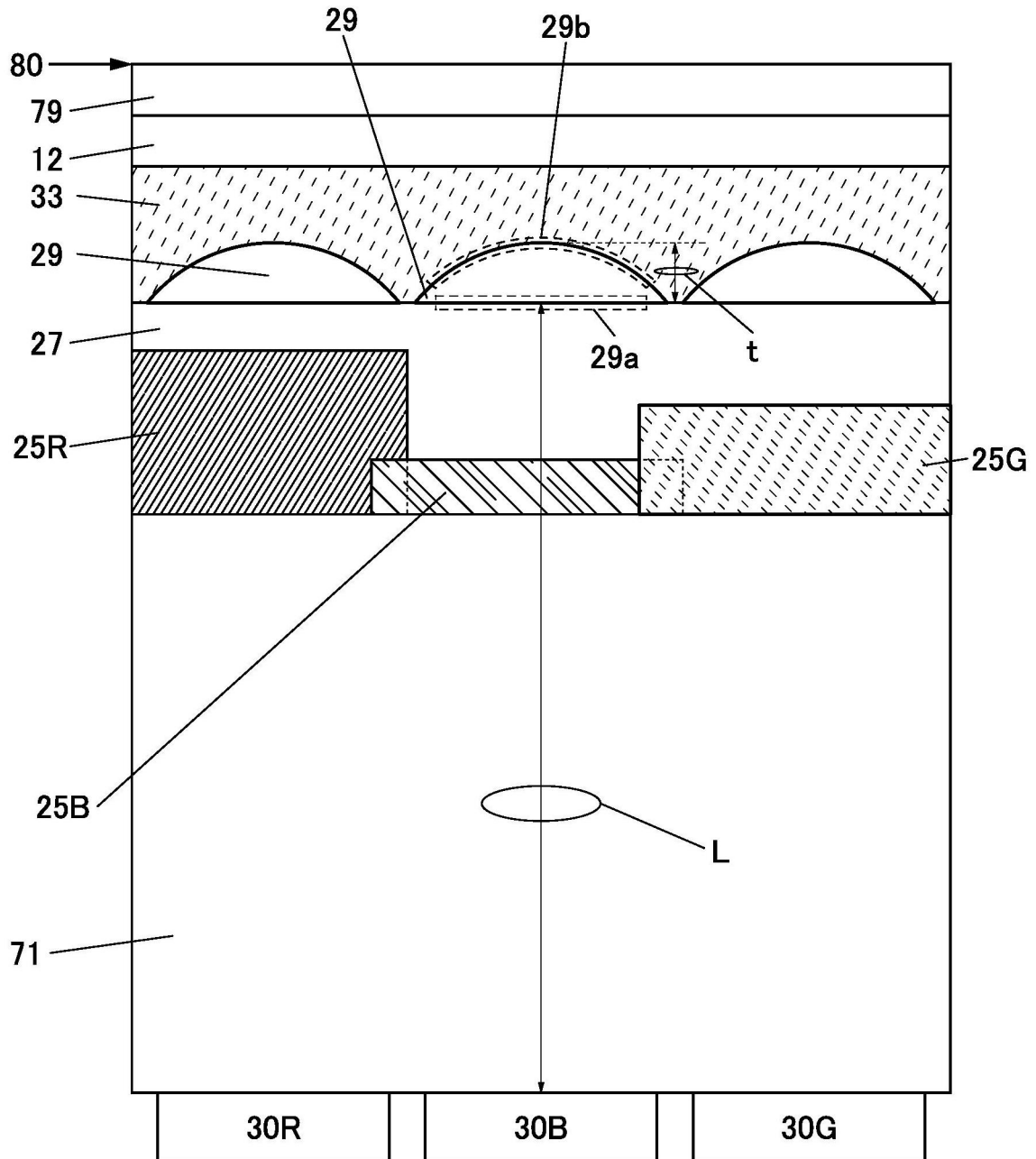


图18

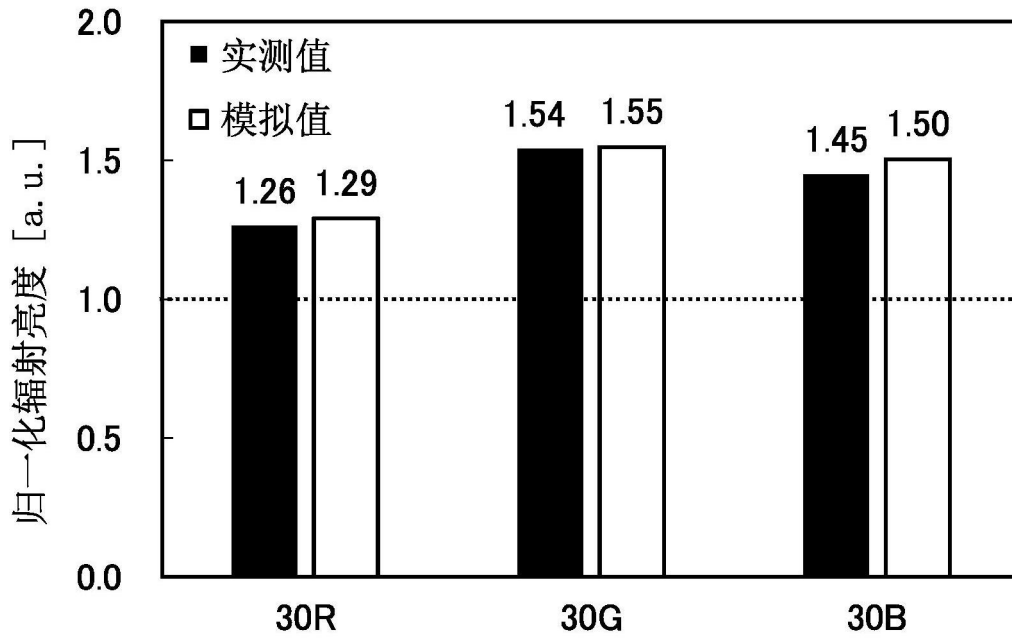


图19