



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110071202 A

(43)申请公布日 2019.07.30

(21)申请号 201910069445.8

(22)申请日 2019.01.24

(30)优先权数据

2018-009878 2018.01.24 JP

(71)申请人 夏普株式会社

地址 日本国大阪府堺市堺区匠町1番地

(72)发明人 井口胜次

(74)专利代理机构 深圳市赛恩倍吉知识产权代理有限公司 44334

代理人 汪飞亚 刁冬梅

(51)Int.Cl.

H01L 33/32(2010.01)

H01L 33/20(2010.01)

G09F 9/33(2006.01)

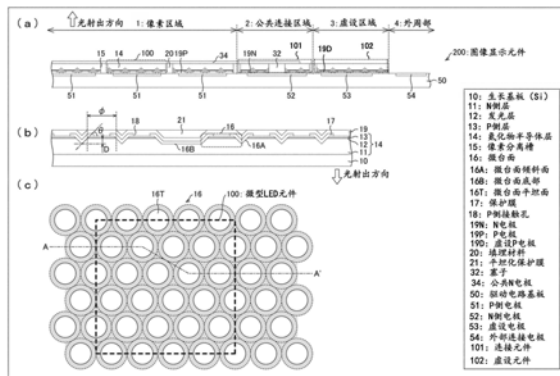
权利要求书2页 说明书15页 附图11页

(54)发明名称

微型LED元件以及图像显示元件

(57)摘要

本发明提供一种即使在使微型LED元件的尺寸微小化的情况下也能够抑制发光效率低下的微型LED元件。微型LED元件(100)具有包含N侧层(11)、发光层(12)和P侧层(13)的氮化物半导体层(14),具有多个包含倾斜面和平坦面的微台面,其中,该倾斜面包围发光层(12),且与前述发光层所成的角度(θ)包含45度的规定范围内的角度倾斜,该平坦面由所述P侧层的表面构成。



1. 一种微型LED元件,其特征在于,包括:  
氮化物半导体层,其从光出射面侧观察依次层叠有N侧层、发光层及P侧层;  
第一电极,其配置在所述P侧层侧;  
第二电极,其配置在所述N侧层侧;以及  
多个微台面,其形成在所述氮化物半导体层的所述P侧层侧的表面,  
所述多个微台面分别具有所述P侧层的平坦面,并由倾斜面包围所述发光层,所述倾斜面是从所述P侧层延续到所述N侧层的一部分的面,相对于所述发光层以包含45度的规定范围内的角度倾斜。
2. 根据权利要求1所述的微型LED元件,其特征在于,  
所述规定范围为45度 $\pm$ 10度。
3. 根据权利要求1所述的微型LED元件,其特征在于,  
从所述P侧层侧俯视观察时,在所述平坦面中无切缺的所述微台面中,所述发光层由所述倾斜面包围整周。
4. 根据权利要求1所述的微型LED元件,其特征在于,  
从所述P侧层侧俯视观察时,所述微型LED元件包含所述平坦面的一部分所切缺的微台面。
5. 根据权利要求1所述的微型LED元件,其特征在于,  
从所述发光层到所述倾斜面的底部的垂直方向的距离为俯视观察时的所述发光层的直径的三倍以下。
6. 根据权利要求1所述的微型LED元件,其特征在于,  
构成所述微型LED元件的外形的侧壁与光出射面所成的锥角为70度到110度。
7. 根据权利要求1所述的微型LED元件,其特征在于,  
所述第一电极覆盖所述微型LED元件的所述P侧层的整个面。
8. 根据权利要求1所述的微型LED元件,其特征在于,  
所述倾斜面被透明绝缘膜覆盖。
9. 根据权利要求8所述的微型LED元件,其特征在于,  
覆盖所述倾斜面的所述透明绝缘膜被金属膜覆盖。
10. 根据权利要求8所述的微型LED元件,其特征在于,  
覆盖所述倾斜面的所述透明绝缘膜由所述第一电极覆盖。
11. 根据权利要求1所述的微型LED元件,其特征在于,  
将构成所述微型LED元件的外形的侧壁用透明绝缘膜和金属反射膜覆盖。
12. 根据权利要求1所述的微型LED元件,其特征在于,  
在从所述P侧层侧俯视观察时,所述微台面周期性配置。
13. 根据权利要求12所述的微型LED元件,其特征在于,  
在从所述P侧层侧俯视观察时,所述微型LED元件具有矩形形状,所述微台面以相对于所述矩形的一边大致平行的矩阵图案配置,  
所述矩形的一边的长度与所述微台面所对应的边方向的周期的整数倍不同。
14. 根据权利要求13所述的微型LED元件,其特征在于,  
所述矩形的一边的长度与所述微台面所对应的边方向的周期的整数倍相差1/2周期。

15. 根据所述权利要求11所述的微型LED元件,其特征在于,  
微型LED元件的配置间距是所述微台面的配置图案所对应的方向的周期的整数倍。
16. 一种图像显示元件,其特征在于,包括:  
权利要求1至15中任一项所述的多个微型LED元件;以及  
驱动电路基板,其形成有向所述多个微型LED元件分别供给驱动电流的驱动电路,  
所述多个微型LED元件在所述驱动电路基板上以二维矩阵状层叠。
17. 根据权利要求16所述的图像显示元件,其特征在于,包括:  
在所述图像显示元件的像素区域的外侧设置有公共连接区域,  
在所述公共连接区域中配置着具有所述氮化物半导体层、所述第一电极以及所述第二  
电极的连接元件,  
所述连接元件将所述第二电极与所述第一电极电连接。
18. 根据权利要求17所述的图像显示元件,其特征在于,包括:  
所述连接元件具有所述微台面。
19. 根据权利要求18所述的图像显示元件,其特征在于,包括:  
所述连接元件与所述微型LED元件相比,具有所述微台面的切缺部。
20. 根据权利要求17所述的图像显示元件,其特征在于,包括:  
在所述图像显示元件的像素区域与所述公共连接区域的外侧设置有虚设区域,  
在所述虚设区域中配置着具有所述氮化物半导体层与所述第一电极的虚设元件。

## 微型LED元件以及图像显示元件

### 技术领域

[0001] 本发明涉及微型LED元件、具有多个微型LED元件的图像显示元件及图像显示元件的制造方法。

### 背景技术

[0002] 在平面显示器(flat panel display)领域中,从大型到中小型,不论显示器的尺寸如何,作为显示元件均使用液晶显示元件、有机EL显示器。另外,作为平面显示器,提出作为显示元件采用化合物半导体制的LED元件的LED显示器(参照专利文献1及2)。

[0003] 上述的LED元件被称为微型LED元件。当前微型LED元件的微小化(miniaturization)正在发展,例如,发表了7 $\mu\text{m}$ 左右大小的微型LED元件(参照非专利文献1)。

[0004] 微型LED元件与通常的LED同样地,大多在形成在生长基板上后,被单片化并被搭载在驱动电路基板(driving circuit substrate)上(拾取和放置法)。在研究开发层面,还提出了在生长基板上生长了成为LED的外延层后,与驱动电路基板通过在晶圆级上贴合,在驱动电路基板上形成各个LED的制造方法(参照非专利文献2)。

现有技术文献

专利文件

[0005] 专利文献1:日本特开2009-272591号公报(2009年11月19日公开)

专利文献2:日本特表2016-503958号公报(2016年2月8日公开)

非专利文献

[0006] 非专利文献1:Francois Olivier,Anis Daami,Ludovic Dupr e,Franck Henry,Bernard Aventurier,Francois Templier,“Investigation and Improvement of 10 $\mu\text{m}$  Pixel-pitch GaN-based Micro-LED Arrays with Very High Brightness”,SID 2017DIGEST,P353,2017

非专利文献2:Francois Templier,Lamine **Benaïssa**,Bernard Aventurier,Christine Di Nardo,Matthew Charles,Anis Daam i,Franck Henry,Ludovic Dupré,“A Novel Process for Fabric ating High-Resolution and Very Small Pixel-pitch GaN LED Microdisplays”,SID 2017DIGEST,P268,2017

### 发明内容

本发明所要解决的技术问题

[0007] 但是,上述专利文献1、2及非专利文献1、2中记载的微型LED元件,在使其尺寸微小化的情况下,存在发光效率(light emission efficiency)低下的问题。

[0008] 本发明是鉴于上述技术问题而提出的构成,其目的在于,提供一种即使在使微型LED元件的尺寸微小化的情况下,也能够实现高的发光效率的微型LED元件、图像显示元件及图像显示元件的制造方法。

### 解决问题的手段

[0009] 为了解决上述技术问题,本发明一方案的微型LED元件包括:氮化物半导体层,其从光出射面(light emission surface)侧观察依次层叠有N侧层(N-side layer)、发光层及P侧层(P-side layer);在所述P侧层侧配置的第一电极;在所述N侧层侧配置的第二电极;多个微台面(micro-mesa),其形成在所述氮化物半导体层的所述P侧层侧的表面,所述多个微台面分别具有所述P侧层的平坦面,由倾斜面(slope)包围所述发光层,所述倾斜面是从所述P侧层延续到所述N侧层的一部分的面,相对于所述发光层以包含45度的规定范围内的角度倾斜。

[0010] 为了解决上述技术问题,本发明一方案的图像显示元件的制造方法包括:在生长基板上依次层叠N侧层、发光层及P侧层而获得氮化物半导体层的工序;通过对所述氮化物半导体层的所述P侧层、所述发光层及所述N侧层的一部分进行蚀刻而形成倾斜面,形成包含由所述P侧层构成的平坦面和所述倾斜面的微台面的工序;在所述P侧层上设置第一电极的工序;将所述氮化物半导体层向驱动电路基板贴合的工序;去除所述生长基板的工序;在所述驱动电路基板上对所述氮化物半导体层进行蚀刻,按微型LED元件进行分割的工序;以及在所述氮化物半导体层的与驱动电路基板相反侧的面形成第二电极的工序,形成所述微台面的工序在所述贴合工序前实施。

### 发明效果

[0011] 根据本发明的一方案,能够提供一种即使在使微型LED元件的尺寸微小化的情况下,发光效率仍高的微型LED元件、图像显示元件及图像显示元件的制造方法。

### 附图说明

[0012] 图1的(a)是具有多个本发明第一实施方式的微型LED元件的图像显示元件的剖视图,图1的(b)是微型LED元件的P侧层侧表面的放大剖视图,图1的(c)是从微型LED元件的P侧层侧的面观察时的俯视图。

图2的(a)至(f)是图1所示的微型LED元件的制造工序中的微台面的形成工序的各步骤的剖视图。

图3的(a)至(h)是图1所示的图像显示元件的制造方法的各步骤的微型LED元件及图像显示元件的剖视图。

图4是表示第一实施方式的变形例的微型LED元件的微台面的形成工序的各步骤的剖视图。

图5的(a)、(c)、(e)是表示本发明第二实施方式的微型LED元件的微台面的平面形状的俯视图,(b)和(d)是分别对(a)和(c)的倾斜面进行说明的剖视图。

图6的(a)至(c)是表示本发明第二实施方式的微型LED元件的微台面的平面形状的其他俯视图。

图7的(a)至(c)是对本发明第三实施方式的微型LED元件的配置图案与微台面的配置图案的关系进行说明的俯视图。

图8的(a)、(b)是对本发明第三实施方式的微型LED元件的配置图案与微台面的配置图案的关系进行说明的其他俯视图。

图9的(a)是具有多个本发明第四实施方式的微型LED元件的图像显示元件的剖视图,

图9的 (b) 是微型LED元件的P侧层侧表面的放大剖视图,图9的 (c) 是从微型LED元件的P侧层侧的面观察时的俯视图。

图10的 (a) 至 (f) 是图9所示的微型LED元件的制造工序中的微台面的形成工序的各步骤的剖视图。

图11的 (a) 至 (d)、(g)、(h) 是图9所示的图像显示元件的制造方法的各步骤中的微型LED元件及图像显示元件的剖视图。

## 具体实施方式

[0013] (以往的显示元件的构造例及其问题点)

在对本申请发明一方式进行具体说明之前,对以往的显示元件的构造例及其问题点总结如下。

[0014] 以往,作为显示元件广泛使用的液晶显示元件,利用液晶元件使背景光开关来对各像素的亮度进行调整。

[0015] 作为显示元件使用液晶显示元件的液晶显示器,存在难以提高对比度的问题。原因在于,在控制液晶显示元件使背景光关闭的情况下,液晶显示元件也很难完全遮挡背景光遮挡。

[0016] 另外,液晶显示器存在难以提高演色性的问题。理由在于,为了表现各原色而使用的多个彩色滤光片(例如RGB的三种颜色)很难完全遮挡其透过带以外的光,其结果,无法将各彩色滤光片的透过带完全分离。

[0017] 另一方面,作为显示元件采用有机EL元件的有机EL显示器被实用化。有机EL元件是自发光元件,且为R、G、B单色发光元件。因此,期待有机EL显示器能够解决前述液晶显示器的对比度和演色性的问题,在智能手机用的小型平面显示器领域中实际实用化。

[0018] 但是,有机EL显示器存在有机EL元件的亮度容易随着时间劣化的问题。理由在于,有机EL元件的发光层由有机物构成。因此,有机EL显示器已应用于制品寿命较短(换言之更换周期短)的智能手机,但很难应用于制品寿命长(换言之更换周期长)的制品(例如电视等)。另外,在将有机EL显示器应用于制品寿命长的制品的情况下,需要用于补偿亮度的随着时间劣化的复杂电路。

[0019] 作为解决上述的液晶显示器及有机EL显示器的技术问题的平面显示器,提出了将化合物半导体制的LED元件作为显示元件使用的LED显示器。LED显示器中,以二维矩阵状配置有化合物半导体制的LED元件,对比度高,演色性优异,且亮度不易随着时间劣化。

[0020] 特别是与有机EL元件相比,LED元件发光效率高,且长期可靠性高(亮度的随着时间劣化等少)。因此,LED显示器即使在室外也能够实现容易看见的高亮度显示器。在超大型平面显示器领域中,作为数位电子看板用开始了LED显示器的实用化。另外,在可穿戴终端或TV用等从小型到大型的平面显示器领域中,LED显示器的开发也得到了发展。

[0021] 但是,以往的微型LED元件存在下述技术问题。

[0022] 在发展微型LED元件微小化的情况下,微型LED元件中,外部量子效率(external quantum efficiency)(相对于注入电子数的释放光子数的比率)非常小。具体来说,当微型LED元件的尺寸低于 $10\mu\text{m}$ 时,其外部量子效率低于11%。与此相对,通常尺寸(例如 $100\mu\text{m}$ 以上 $1000\mu\text{m}$ 以下)的LED元件的外部量子效率为30%至60%左右。按照上述方式,尺寸低于 $10\mu\text{m}$

m的微型LED元件与通常尺寸的LED元件相比,外部量子效率显著较低。具备微型LED元件的图像显示元件期待有高的发光效率。因此,对于微型LED显示器来说,微型LED元件的外部量子效率低是非常严重的问题。

#### [0023] (第一实施方式)

以下,参照图1至图3对具备多个本发明第一实施方式的微型LED元件100的图像显示元件200进行说明。

此外,也可以在光的释放侧配置波长转换层、光扩散层(light diffusion layer)、彩色滤光片、微透镜等,但由于与本发明没有直接关系,因此在附图中并未记载。一般而言,驱动电路板50(driving circuit substrate)为形成LSI的硅基板(半导体基板)并能够用已知的技术制造,因此,其功能、构成不做详细记载。再者,微型发光元件可以采用矩形、多角形、圆形、椭圆形等各种平面形状,但最大长度假设为60 $\mu\text{m}$ 以下。图像显示元件200在像素区域1中,假设集成有3千个以上的微型发光元件。在下面专门描述微型发光元件100是由从紫外线光到绿色的波长带发光的氮化物的情况,但也可以置换成是由从黄绿色到红色的波长带发光的AlInGaP类、由从红色到红外线的波长带发光的AlGaAs类或GaAs类。

在下面专门关于构成微型发光元件100的氮化物半导体14、关于将N侧层11配置在光释放侧的构成进行说明,但也可以是将P侧层13配置在光释放侧的构成。N侧层11、发光层12、P侧层13通常不是单层而是被最优化为包含多层,但由于与本发明构成没有直接关系,因此不描述各层的具体结构。通常而言,发光层被夹置于N型层(N-type layer)与P型层(P-type layer),但N型层或P型层可以包括非掺杂层、或者也可以是在某种情况下导电性为相反的掺杂剂的层的情况,因此在下文中将其描述为N侧层和P侧层。

[0024] 图1的(a)是具有多个微型LED元件100的图像显示元件200的剖视图。在本发明的微型LED元件100的表面,为了提高光取出效率而形成有多个微台面构造。图1的(b)表示对微台面构造进行说明的图,是微型LED元件100的截面放大图。图1的(c)是表示微台面构造的表面构造的平面示意图。如图1所示,图像显示元件200包括多个微型LED元件100和形成有分别向多个微型LED元件100供给驱动电流的像素驱动电路(pixel driving circuit)的驱动电路板50(driving circuit substrate),多个微型LED元件100在驱动电路板50上以二维矩阵状层叠。

[0025] 图2是表示微型LED元件100的制造工序(manufacturing process)中的微台面构造的制造工序的图。图3是表示微型LED元件100及图像显示元件200的制造工序的图。

#### [0026] (微型LED元件100的构造)

如图1的(a)所示,图像显示元件200包含像素区域(pixel region)1、公共连接区域2(common interconnection region)、虚设区域3(dummy region)和外周部4(peripheral region)。在像素区域1排列有构成各像素的微型LED元件100,微型LED元件100包括氮化物半导体层14、P电极19P(第一电极)(P-electrode)和公共N电极34(第二电极)(common N-electrode),在光出射面侧配置有公共N电极34,在驱动电路板50侧配置有P电极19P。在氮化物半导体层14的P电极19P侧形成有微台面构造。公共连接区域2中与微型LED元件100同样地,设有包括氮化物半导体层14、N电极19N(第一电极)和公共N电极34(第二电极)的连接元件(connection element)。由于连接元件不发光,因此也可以不需要微台面。虚设区域3也同样地,设有包括氮化物半导体层14、虚设P电极19D(第一电极)和公共N电极34(第二电

极)的虚设元件(dummy element)。由于虚设元件不发光,因此也可以不需要微台面。另外,如图1的(a)所示,也可以不需要公共N电极34。P电极19P与驱动电路基板50上的P侧电极51(P-drive electrode)连接,公共N电极34在公共连接区域2中经由塞子32与驱动电路基板50上的N侧电极52(N-drive electrode)连接,微型LED元件100从分别对应的P侧电极51供给电流而并发光。光从与驱动电路基板50相反侧的公共N电极34侧释放。

[0027] 外周部4为图像显示元件200的外缘部,包含将图像显示元件200分离为单片的切断区域(scribe region)和线接盘等与外部电路的连接部。在外周部4,氮化物半导体层14被去除。虚设区域3是图像显示元件200的除了像素区域1、公共连接区域2和外周部4以外的区域,在该区域中配置有氮化物半导体层14,但不发光,配置用于确保表面的平坦性。驱动电路基板50的像素区域1中配置有各像素的像素驱动电路,虚设区域3中主要配置有行选择电路(row selection circuit)、列信号输出电路(column signal output circuit)、图像处理电路(image processing circuit)、输入输出电路(input-output circuit)等。驱动电路基板50上的虚设电极53配置用于固定氮化物半导体层14,并对这些电路进行遮光。

[0028] 微型LED元件100由像素分离槽15(pixel isolation trench)独立分割,像素分离槽15由填埋材料20(filling material)填埋。

[0029] 下面,基于图1的(b)和图1的(c)对在微型LED元件100的一个面形成的微台面16进行说明。图1的(c)是与光出射面相反侧表面的俯视图,图1的(b)是图1的(c)的A-A'部分的剖视图。如图1的(b)所示,氮化物半导体层14从光出射面侧依次由N侧层11、发光层12和P侧层13构成,P侧层13侧的表面加工为多个微台面16。如图1的(c)所示,在本实施方式中,微台面16在P侧层13侧具有圆形的平坦面16T(flat top surface),形成为包含P侧层13、发光层12和具有N侧层11的一部分的倾斜面16A的圆锥台(truncated cone)的形状。因此,在本发明的微型LED元件100中,发光层12由倾斜面16A包围,分割为相互分离的多个区域。另外,如图1的(b)所示,各微台面16中的发光层12由倾斜面16A包围整周。这样的微台面16小于微型LED元件100且为多个包含在微型LED元件100内的结构,一个的大小为 $10\mu\text{m}$ 以下。

[0030] 微台面16的表面由保护膜17覆盖,在平坦面16T上开设有P侧接触孔18,形成有P侧电极层19。P侧电极层19的表面也可以由平坦化保护膜21覆盖而平坦化。

[0031] 在微型LED元件100的发光层12侧形成微台面16的理由是提高光取出效率。首先,假设微型LED元件100不具有微台面,其形状为长方体。一般而言,微型LED元件通过对平坦的氮化物半导体层14干法蚀刻进行加工而形成,其侧壁与氮化物半导体层14大致垂直。因此,在不具有微台面的情况下,微型LED元件的形状形成为长方体。从发光层12同方向地释放光,但仅在以与出射面(在该情况下为N侧层11的表面)垂直的方向为中心的临界角 $\alpha$ 以内释放的光(以下称为垂直光),从长方体形状的LED元件出射。以接近于与发光层12平行方向的角度释放的光从微型LED元件向外部释放,而被填埋材料20或相邻的微型LED元件所吸收,不成为对显示有效的。其余的光由于全反射在长方体中重复反射,不向外部出射。在从GaN层(折射率:2.5)向折射率为1.5的树脂层出射的情况下, $\alpha=37$ 度左右。即使将向P侧层方向释放,并由P侧层13表面反射,而从N侧层出射的部分作为没有反射损失包含在内,也只能取出整体20%左右( $2*(1-\cos 37^\circ)*2\pi/(4\pi)$ )的光。而且,即使在N侧层11上具有公共N电极34,只要在其外侧具有树脂层,这种情况也不会改变。在外侧为空气的情况下,临界角更小。



[0032] 相对于发光层12的角度在 $\pm\beta$ 以内出射的光(以下称为水平光),相对于发光层12的发光量整体所占比率为 $\sin\beta(2*\cos(90^\circ-\beta)*2\pi/(4\pi))$ 左右。在 $\beta=37$ 度的情况下,所占比较大为60%左右。在发光层12由与发光层12垂直相交的侧面包围情况下,无法像上述那样将水平光从出射面取出到氮化物半导体层14的外部。另一方面,通过由倾斜面16A包围发光层12改变水平光的方向,能够从出射面取出到外部,能够大幅度提高取出效率。

[0033] 若将倾斜面16A与构成为发光层12的面相交的角度设为 $\theta$ ,则优选 $\theta$ 为包含45度的规定范围内的角度,但在 $\theta=45$ 度的情况下,能够使 $\beta\leq\alpha$ 的水平光从出射面向外部放射,取出效率最高。因此,最优选 $\theta=45$ 度,但即使在 $\theta=30$ 度~60度,光取出效率也大幅地改善。

[0034] 按照上述方式,微型LED元件100包括从光出射面侧观察由N侧层11、发光层12及P侧层19依次层叠的氮化物半导体层14、在P侧层19侧配置的第一电极19P、在N侧层11侧配置的第二电极34以及在氮化物半导体层14的P侧层19侧的表面形成的多个微台面16,多个微台面16分别具有P侧层19的平坦面16T,且由倾斜面16A包围发光层12,倾斜面16A是从P侧层19连续到N侧层11的一部分的面,相对于发光层12以包含45度的规定范围内的角度倾斜。

[0035] 但是,如后所述,倾斜面16A通过对氮化物半导体层14的一部分进行蚀刻(参照图2的(b))而形成。实际制造的微型LED元件100中的角度 $\theta$ 与该蚀刻精度相关,在一定程度的范围内变动。在作为蚀刻方法采用了干法蚀刻的情况下,由蚀刻精度引起的角度 $\theta$ 的变动范围在 $\pm 10$ 度左右。因此,实际制造的微型LED元件100中的角度 $\theta$ 不限于规定角度的45度,只要包含在以45度为中心的规定角度即 $45\pm 10$ 度的范围内即可。并且,上述角度 $\theta$ 的变动范围能够根据在后述的蚀刻工序中采用的蚀刻方法而变化。

[0036] 若将从发光层12到倾斜面16A底部的垂直方向的距离设为D,则D越大取出效率越高。若将发光层12与倾斜面16A相交的部分的直径设为 $\phi$ ,则D在 $=\sin\beta/(\cos\beta-\sin\beta)\cdot\phi$ 时光取出效率最高。只要满足该条件,则从发光层12发出的水平光能够全部取出。在 $\beta=37$ 度的情况下, $D=3.06\cdot\phi$ ,D的上限约为俯视观察时的发光层12的直径的三倍左右。另一方面,若D增大,则与 $\theta=90$ 度的情况相比,发光层12的面积减小至 $\{\phi/(\phi+2\cdot D)\}^2$ ,流经发光层12的电流密度增大,由于下降效应而使内部量子效率降低。因此,实际的D值由取出效率的提高和由发光层面积减小引起的下降效应的权衡决定最优值。

[0037] 以下对一个微型LED元件100设置多个小的微台面16的理由进行说明。为了提高光取出效率,可以在微型LED元件100的外周形成微台面,但这里存在以下两个问题。第一,如上所述,若要最大限度提高取出效率,则必须使D的值大于残留发光层12的直径 $\phi$ 。但是,D值存在N侧层11厚度的上限,在微型LED元件100的尺寸大的情况下,无法充分提高光取出效率。通过形成微台面16,能够利用较小的D的倾斜面16A提高光取出效率。

[0038] 第二,在微型LED元件100的外周设置倾斜面的情况下,在形成有倾斜面的阶段,由于微型LED元件100的外形已决定,因此在将氮化物半导体层14向驱动电路板50贴合的阶段,需要使微型LED元件100相对于P侧电极51精确对准。另一方面,在氮化物半导体层14的表面形成有大量微台面16,在氮化物半导体层14的贴合后作为微型LED元件100进行加工的情况下,不需要进行这种对准。能够通过预先在氮化物半导体层14的表面形成微台面16而不需要精确对准的晶圆/晶圆贴合,将驱动电路板50与氮化物半导体层14贴合,大幅度提

高生产率。此外,能够通过晶圆工艺(前半工序)执行图像显示元件200的全部工序,因此与利用芯片焊接装置将分割的氮化物半导体层向驱动电路基板搭载的情况(后半工序)相比,能够减少粉尘,提高成品率。由此,能够大幅度降低图像显示元件200的成本。

[0039] (微型LED元件100的制造方法)

以下,参照图2及图3对作为微型LED元件100的制造方法的一例的制造方法进行说明。

[0040] 如图2的(a)所示,通过在生长基板10上依次层叠N侧层11、发光层12及P侧层13形成氮化物半导体层14(工序1)。作为生长基板10例如能够使用(111)面硅基板。特别优选与驱动电路基板50相同大小。也可以是蓝宝石( $Al_2O_3$ )或SiC等。另外,作为构成氮化物半导体层14的物质,例如能够使用GaN系半导体等。另外,作为在生长基板10上生长氮化物半导体层14的装置,能够使用例如MOCVD装置。并且,生长基板10也可以在表面具有凹凸构造。N侧层11由于需要在层厚方向上导通,因此优选内部不包含高电阻层,优选在整个层厚方向上是N型良导体。另外,在生长基板10上形成氮化物半导体层14并返回室温的阶段,优选生长基板10的翘曲较小,在8英寸晶圆的情况下为 $35\mu m$ 以下。这种翘曲的减小能够通过N侧层11内设置适当的缓冲层来实现。

[0041] 发光层12包含由InGaN层或GaN层构成的多重量子阱层。N侧层11及P侧层13分别由多种多层构造构成。发光层12可以是掺杂了铕(Eu)、铒(Er)、铥(Tm)等的稀土元素的氮化物半导体层。在本实施方式中,N侧层11、发光层12及P侧层13的具体构造并无特别限定,例如,能够适当采用使用以往LED元件的N侧层、发光层及P侧层的构造。因此,本实施方式中,省略关于N侧层11、发光层12及P侧层13的具体构造的说明。

[0042] 并且,N侧层11的厚度 $t_n$ 通常为 $10\mu m$ 以下,大多为 $5\mu m \pm 2\mu m$ 左右。发光层12的厚度 $t_{mqw}$ 通常为 $10nm$ 以上 $600nm$ 以下,大多为 $50nm$ 以上 $100nm$ 以下左右。P侧层13的厚度 $t_p$ 通常为 $50nm$ 以上 $1000nm$ 以下,大多为 $100nm$ 以上 $300nm$ 以下左右。

[0043] 如图2的(b)所示,通过对氮化物半导体层14的一部分进行蚀刻而形成微台面16(工序2)。微台面16的倾斜面16A与构成发光层12的面相交的角度 $\theta$ 形成作为规定范围内的角度的 $45^\circ$ 。为了形成微台面16,首先,使用通常的摄影工序形成覆盖微台面平坦面16T的抗蚀图案。然后,使用干法蚀刻装置,对P侧层13、发光层12和N侧层11的一部分进行蚀刻。

[0044] 接下来如图2的(c)所示,层叠保护膜17。保护膜17覆盖倾斜面16。保护膜17例如通过CVD法形成 $SiO_2$ (二氧化硅)。即,保护膜优选如 $SiO_2$ 膜那样的透明的绝缘膜。作为透明绝缘膜,也可以是 $Si_3N_4$ 膜、 $SiN$ 膜、 $SiOCN$ 膜、硅树脂膜等。为了保持绝缘性并增加光的反射率,保护膜17的厚度优选为 $75nm$ 以上,更优选为 $400nm$ 以上。

[0045] 此外,如图2的(d)所示,去除微台面平坦面16T的保护膜17形成P侧接触孔18。对其使用通常的摄影法和湿法或干法蚀刻法形成。

[0046] 如图2的(e)所示,在整个面上形成P侧电极层19。如后所述,像素区域1中的P电极层19成为与微型LED元件100的P侧层13连接的P电极19P(同时参照后述的图3的(c))(工序3)。在该阶段中,P侧电极层19形成在作为生长基板10的晶圆整个表面,未被图案化。作为P侧电极层19,与氮化物半导体层14接触且将界面反射率高的金属薄膜例如铝或银等薄膜配置在P侧层侧,在表面侧应用金属多层膜,该金属多层膜配置有适合于与驱动电路基板50上的P侧电极51连接的金或铜。P侧电极层19也可以是ITO(氧化铟锡)这样的透明导电膜与金属膜的层叠膜。这种多层膜例如能够使用电子束蒸镀法或溅射法形成。

如图2的(e)所示,即使在倾斜面16A上,P侧电极层19覆盖保护膜17。如此,在倾斜面16A上设置覆盖透明绝缘膜即保护膜17且反射率高的金属,具有增加在倾斜面16A中的反射率并提高光取出效率的效果。此外,具有防止向相邻像素的光的泄露。进一步地,在本构成中,由于P侧电极层19也覆盖微台面平坦面16T,因此通过增加在平坦面16T中的光反射率,提高光取出效率的同时,能够抑制向驱动电路基板50侧的光的泄露。如此,虽然P侧电极(第一电极)是微型LED元件100的一个电极,但同时起到提高光取出效率并防止向周围的光的泄露的作用。因此,虽然制造方法简单,但可以实现优异的显示特性。

[0047] 如图2的(f)所示,形成平坦化保护膜21。平坦化保护膜21是填埋微台面倾斜面16A或底部16B这样的凹部而使表面平坦化的保护膜。例如,可以在P侧电极层19上层叠SiO<sub>2</sub>(二氧化硅)等保护膜,通过CMP使表面平坦化,使微台面平坦面16T上的P侧电极层19露出而形成。平坦化保护膜21也可以省略。

[0048] 通过以上工序,在生长基板10上形成的氮化物半导体层14的整个表面形成微台面16。

[0049] 接下来,使用图3对微型LED元件100及图像显示元件200的制造工序进行说明。

[0050] 驱动电路基板50形成有图像显示元件200的驱动电路,包含驱动各微型LED元件100的像素驱动电路、选择以二维矩阵配置的像素中的特定行的行选择电路、输出特定列的发光强度信号的列信号输出电路、图像处理电路等。在驱动电路基板50的表面上,在像素区域1内露出向各微型LED元件100供给电流的P侧电极51,在公共连接区域2露出N侧电极52,在虚设区域3露出虚设电极53,在外周部4露出外部连接电极54。图3示出一个图像显示元件200的截面示意图,但实际的工序以配置有多个图像显示元件200的基板状态进行。例如,驱动电路基板50是8英寸硅基板,配置有几百个图像显示元件200的驱动电路。

[0051] 首先,如图3的(a)所示,在驱动电路基板50上贴合以图2的工序形成的氮化物半导体层14(工序4)。在氮化物半导体层14的表面露出P电极层19,与驱动电路基板50上的P侧电极51、N侧电极52、虚设电极53、外部连接电极54连接。此时,粘贴可以是金属电极(例如铜)间的直接连接,也可以夹设金属钠粒子作为接合层。在本贴附工序中不需要精密的对准。在晶圆间贴合的情况下,只要晶圆间重合即可。而且,为了避免由贴合时的加热、冷却的膨胀/收缩引起的受力,优选生长基板10与驱动电路基板50为相同材料,特别优选硅。

[0052] 接下来,在图3的(b)的工序中,去除生长基板10(工序5)。在硅基板的情况下,能够将研削、研磨、等离子体蚀刻、湿法蚀刻等组合去除。并且,在图3所示的工序中,在设有生长基板10的状态下将氮化物半导体层14与驱动电路基板50贴合,但也可以在暂时将氮化物半导体层14转印到其他基板(转印基板(transfer substrate))上之后贴合于驱动电路基板50,将转印基板剥离。

[0053] 接下来,如图3的(c)所示形成像素分离槽15。像素分离槽15是至少从氮化物半导体层14蚀刻到P电极层19而进行分割的槽(工序6)。在像素区域1中,各微型LED元件100通过像素分离槽15被独立分割。像素区域1中的P电极层19成为与微型LED元件100的P侧层13连接的P电极19P(工序3)。在各像素区域1与公共连接区域2的边界或公共连接区域2与虚设区域3的边界同时形成边界槽15B。也可以将公共连接区域2或虚设区域3进一步利用边界槽15B细分割。公共连接区域2的P电极层19成为与N侧电极52连接的N电极19N,虚设区域3的P电极层19成为虚设P电极19D。在外周部4将氮化物半导体层14或P电极层19去除(露出带150

(exposed region)),使外部连接电极54露出。在公共连接区域2中,在N侧电极52上形成公共电极接触孔15H。

[0054] 像素分离槽15的截面形状优选在图3的(c)的截面观察时,使构成微型LED元件100外形的侧壁成为正锥形(forward tapered side wall)。从而在后工序的填埋材料20形成工序中容易填埋像素分离槽15。若成为倒锥形(reverse tapered),则容易在侧壁上残留气泡,容易产生光输出的波动。此外,在填埋材料20的形成工序中,在不产生如上述问题的情况下,也可以是倒锥形。

但是,若锥角从90度开始增大,则发光层12的面积减少,因此锥角优选70度到110度的范围。在这里,上述锥角如图3(c)所示,是指构成微型LED元件100外形的侧壁与所述光出射面所成的角度。

[0055] 本工序以后的工序针对驱动电路基板50进行处理,各图案相对于驱动电路基板50精密对准。并且,本工序也可以分为像素分离槽15或边界槽15B的形成工序、和露出带150与公共电极接触孔15H的形成工序执行。

[0056] 接下来,如图3的(d)所示,利用填埋材料20填埋像素分离槽15,氮化物半导体层14露出。同时,边界槽15B、公共电极接触孔15H或露出带150也由填埋材料20埋没。填埋材料20在后工序中形成公共N电极,因此是以使表面平坦化为第一目的层,可以是树脂材料、CVD膜或两者组合。为了防止向相邻像素的光的泄漏,也可以是添加了吸收光的颜料或炭黑等的树脂。反之,为了强化反射而提高微型LED元件100的光输出,也可以是添加有作为反射材料的白色颜料或散乱粒子的树脂。为防止向相邻像素的光的泄漏并加强在像素分离槽15的侧壁处的反射,与倾斜面16A同样地,也可以在像素分离槽15的侧壁上设置透明绝缘膜和高反射率的金属膜的层叠结构。

[0057] 接下来,如图3的(e)所示,将公共电极接触孔15H部的填埋材料20去除,如图3的(f)所示,由塞子32堵塞公共电极接触孔15H。塞子32可以是钨等材料。此外,如图3的(g)所示,在氮化物半导体层14的与驱动电路基板50相反侧的面形成公共N电极34(工序7)。公共N电极34可以采用ITO等透明导电膜,可以采用在氮化物半导体层14的大部分设有开口部且在像素分离槽15上配置有金属薄膜图案的金属制的网格状电极,也可以将两者组合。公共N电极34与微型LED元件100的N侧层11连接,在公共连接区域中借助塞子32与N侧电极52连接。

[0058] 按照上述方式,图像显示元件的制造方法包括以下工序:在生长基板10上依次层叠N侧层11、发光层12及P侧层13而获得氮化物半导体层14(上述工序1);通过对氮化物半导体层14的P侧层13、发光层12及N侧层11的一部分进行蚀刻而形成倾斜面16A,从而形成包含由P侧层13构成的平坦面16T和倾斜面16A的微台面16(上述工序2);在P侧层13上设置第一电极19P(上述工序3);将氮化物半导体层14向驱动电路基板50贴合(上述工序4);去除生长基板10(上述工序5);在驱动电路基板50上对氮化物半导体层14进行蚀刻,按微型LED元件100进行分割(上述工序6);以及在氮化物半导体层14与驱动电路基板50相反侧的面上形成第二电极34(上述工序7),形成微台面的工序(上述工序2)在贴合工序(上述工序4)之前实施。

[0059] 最后,去除外周部4的填埋材料20,并将外部连接电极54露出于表面。并且,也可以在形成N型公共N电极34后,在微型LED元件100上形成波长转换层(wavelength conversion

layer)。在形成波长转换层时,如图3的(g)所示,图像显示元件200的表面优选为平坦。由于波长转换层利用旋涂法而形成,因此若不平坦,则会在涂布时产生条纹等不均匀性,产生无法形成均匀的波长转换层之类的问题。在虚设区域3没有氮化物半导体层14的情况下,产生氮化物半导体层14厚度的几 $\mu\text{m}$ 高度的高低差。这样大的高低差成为严重的问题。因此,虚设区域3的氮化物半导体层14是必需的,且也需要用于进行固定的虚设电极53。

[0060] 在驱动电路基板50上形成的图像显示元件200最终被独立切断并封装。

[0061] 在本制造工序中,氮化物半导体层14向驱动电路基板50的贴合能够在无需精密对准的情况下进行,因此能够简化贴合工序的设备,且在短时间内实现贴合,因此能够实现非常高的生产效率。另外,能够在晶圆级执行贴合,能够以清洁度高的前半工序执行全部工序。其结果,能够防止粉尘产生,实现高成品率。因此,能够减少图像显示元件200的成本。

[0062] (微型LED元件100的特性)

本实施例的微型LED元件100在图1所示的微型LED元件100中采用以下构造。

- 俯视观察时的情况的轮廓:一片的长度为 $8.5\mu\text{m}$ 的正方形(像素分离槽15的宽度为 $1.5\mu\text{m}$ ,微型LED元件100的配置间距为 $10\mu\text{m}$ )

- 微台面:在一边为 $2\mu\text{m}$ 的正三角形的各顶点配置微台面的中心

- $t_p = 100\text{nm}$

- $t_{\text{mqw}} = 70\text{nm}$

- $t_n = 5000\text{nm}$

- $\theta = 45\text{度}$

- $D = 500\text{nm}$

- $\phi = 1\mu\text{m}$

另外,使用未设置本实施例的微台面构造而形成的微型LED元件作为对比例。

[0063] 在分别供给同一驱动电流的状态下,测定本实施例的微型LED元件100及第一对比例的微型LED元件的光输出。其结果,本实施例的微型LED元件100的光输出为对比例的微型LED元件的光输出的190%。

[0064] 本申请发明的发明人推测该光输出的显著增加由微台面16得到。通过设置微台面倾斜面16A,并利用由透明且低折射率材料构成的保护膜17覆盖该倾斜面16A的外侧,从而从发光层12放射的水平光向出射面方向全反射。并且,该反射光大致向N侧层11的光出射面垂直入射,并向外部出射。

[0065] 这种光在没有微台面倾斜面16A时从发光层12沿水平方向出射,被埋埋材料20吸收、或者在氮化物半导体层14中反复反射的过程中衰减。即,这种光不向外部出射。

[0066] 在微型LED元件100中,由于微台面16的形成,发光层12的面积相对于微型LED元件100的面积缩小。在本实施例子中,发光层12的面积相对于微型LED元件100的面积的比例平均为 $\pi \cdot 600^2 / (1/2 \cdot 2000^2 \cdot \sqrt{3}) = 0.326$ ,约为33%左右。因此,注入发光层12的电流密度约增大三倍。

[0067] 使用外部量子效率的电流依存性数据,将内部量子效率与光取出效率分离,对内部量子效率进行评价。其结果,本实施例的微型LED元件100的内部量子效率及第一对比例的微型LED元件的内部量子效率分别为66%和70%,由于微台面16的形成而表现内部量子效率的降低。对此考虑由电流密度增加引起的下降效应和微台面的形成时的蚀刻损伤的影

响这两方。因此可知,本实施例的微型LED元件100中的发光效率的提高主要是由于光取出效率的提高( $2.0\text{倍}=1.9\times 70\%/66\%$ )。

[0068] (变形例)

对于作为第一实施方式的变形例的微型LED元件100a的构造及制造方法,参照图4进行说明。图4的(a)至图4的(c)是本变形例的制造方法的各步骤中的微型LED元件100a的剖视图。本变形例与第一实施方式的区别在于P电极层19a按微台面16a分割,其他方面与第一实施方式相同。

[0069] 在微型LED元件100a中,如图4的(a)所示,在生长了图2的(a)所示的氮化物半导体层14后,在其表面形成P电极层19a。P电极层19a可以是图2的(e)所示的金属多层膜,也可以是ITO等透明导电层与金属多层膜的组合。

[0070] 接下来,如图4的(b)所示形成微台面16a。除了在微台面16a的表面载置有P电极层19a以外,均与图2的(b)相同。接下来,如图4的(c)所示,层叠保护膜17a,通过CMP使表面平坦化,使P电极层19a露出。在驱动电路基板50上粘贴图4的(c)的氮化物半导体层14,形成微型LED元件100a及图像显示元件200a的工序与图3所示的方法相同。

[0071] 按照上述方式,微型LED元件100a的P电极即使按微台面16a分割,其特性也没有差异。另外,工序也能够通过图2的工序简化。

[0072] (第二实施方式)

本实施方式与第一实施方式相比除了微台面的形状不同以外,基本不变。在第一实施方式中,如图1的(c)所示,在俯视观察时,将圆形的微台面配置在正三角形顶点的位置,但微台面的形状不限于圆形,如图5所示,可以是多种形状及配置。

[0073] 图5的(a)、图5的(c)及图5的(e)是以四边形为基础的微台面形状的例子。图5的(b)及(d)分别是斜上方观察图5的(a)及图5的(c)的一个微台面的俯视图,分别示出倾斜面16b及16c。在图5的(a)中,从微台面的中心P观察周围时,如图5的(b)所示,周围未完全由倾斜面16b覆盖。与此相对,在图5的(c)的情况下,如图5的(d)所示,由倾斜面16c覆盖四边。因此,与没有微台面构造的情况相比,任意情况下的光取出效率均提高,但图5的(c)的构造的光取出效率的提高效果更大。即,即使在像倾斜面16b这样没有覆盖发光层12整周的情况下,也能够获得取光效果改善的优点,但更加优选倾斜面16c这样,发光层12周围整体由倾斜面覆盖。

[0074] 如图5的(e)所示,即使配置偏移,光取出效率的提高效果也与图5的(c)相同。

[0075] 此外,即使微台面形状是图6的(a)所示的六边形,即使是图6的(b)所示的三角形的组合,也能够获得光取出效率的提高效果。另外,若能够密集配置,则也可以如图6的(c)所示,是局部任意的形状、配置。

[0076] (第三实施方式)

本实施方式除了对微台面的配置图案及微型LED元件100的大小关系加以限制以外,与第一实施方式或第二实施方式相同。使用图7来说明在使微型LED元件的发光特性均匀化的基础上,优选微台面的配置图案及微型LED元件100的大小满足一定的关系的情况。

[0077] 微型LED元件100的图案相对于驱动电路基板50对准并被加工,但形成有微台面的氮化物半导体层14不与驱动电路基板50对准。因此,与微台面的配置无关地进行微型LED元件100的形状加工。图7的(a)中示例出微台面图案、与表示微型LED元件100外形的矩形P1以

及表示微型LED元件100的周围的像素分离槽15的中心线的矩形P0的关系。P0与P1相对于微台面图案随机重合。P1内部包含的微台面成为该微型LED元件的发光区域。P0表示微型LED元件100的配置周期。并且,如图7的(a)中强调示出,不限于微台面图案的坐标轴与微型LED元件100的坐标轴平行,可以具有角度偏移。这个角度偏移的大小由例如在驱动电路基板50上贴合具有氮化物半导体层14的生长基板10时的晶圆凹口的对准精度决定,其大小通常较小为0.5度以下。因此,在微型LED元件100的大小范围内不会出现严重的问题,因此如图7的(b)所示,以下两者平行地图示。但是,若从图像显示元件200整体来看存在问题。

[0078] 如上所述,在本实施方式中,在从P侧层侧俯视观察时,微型LED元件100具有矩形形状,微台面相对于所述矩形的一边以平行或大致平行的矩阵图案配置。在这里,“大致平行”是指具有从平行状态偏移规定角度以内的偏移的情况,例如,是指具有从平行状态偏移0.5度以内的偏移的情况。

[0079] 另外,如图7的(a)所示,在本实施方式中,微型LED元件100包含在从P侧层侧俯视观察时使平坦面局部切缺(losing a part of flat top surface)的微台面。这在图7的(b)及(c)所示的例子中相同。

[0080] 如图7的(b)所示,即使微型LED元件100的外形为与P1相同的情况下,但也可能存在配置于P2和P3的位置的情况。在这些情况下,微型LED元件100包含的完全微台面的数量在P2的情况下为9个,在P3的情况下为13个,差别很大。按照上述方式,根据对准方式,平坦面16T无切缺的微台面的数量按微型LED元件而不同。在这里,倾斜面16A无切缺的微台面的光输出最高,由于切缺越大,光输出越少,因此将平坦面16T无切缺的微台面的数量作为光取出效率的尺度使用。在形成像素分离槽15时,在一部分微台面中,将平坦面或倾斜面切断,使图案产生切缺。根据像素分离槽15,被切削的量越多,来自该不完全微台面的发光量越少。若平坦面被切削,则电流量减少,发光量降低,即使仅切削倾斜面,也由于取出效率降低而使取光量下降。因此,完全微台面数量越多的微型LED元件,发光量越大。

[0081] 为了抑制这种平坦面16T无切缺微台面数的波动,需要以下两个对策。第一,减少较近的微型LED元件间的发光量的波动,第二,减少微型LED元件间的发光量的波动幅度。

[0082] 为了改善第一点,微台面的配置在图像显示元件200内的接近的微型LED元件间相同即可。即,使得微型LED元件的配置周期为微台面的配置周期的整数倍即可。由此,能够在接近的微型LED元件间,使微型LED元件内的微台面图案的配置相同。在图7的(a)中,若使微台面的X方向的周期为 $X_a$ ,使Y方向的周期为 $Y_a$ ,则P0的X方向的长度 $P0_x$ 为 $N \times X_a$ (N为整数),Y方向的长度 $P0_y$ 为 $M \times Y_a$ (M为整数)即可。

[0083] 关于第二点的波动的要因,由驱动电路基板50上的微台面图案相对于P侧电极51的相对位置和像素分离槽15的位置波动引起。该波动由于在驱动电路基板50上贴合具有氮化物半导体层14的生长基板10时的对准波动或像素分离槽15的图案化时的对准波动而产生。为了减少这种波动,如图7的(b)的P2所示,优选避免由于配置位置而使内置的完全微台面的数量差别很大的尺寸。图7的(b)的图案P2的大小存在以下特征。即,在将微台面X方向的行周期表示为 $X_b (=X_a/2)$ ,将微台面Y方向的列周期表示为 $Y_b (=Y_a/2)$ 的情况下,相对于 $X_b$ 及 $Y_b$ ,P2的X方向长度 $P2_x$ 为 $2 \times L \times X_b$ (L为整数),P2的Y方向长度 $P2_y$ 为 $2 \times K \times Y_b$ (K为整数)。

[0084] 按照这种方式,构成二维矩阵的微型LED元件的配置间距为微台面的配置图案的

对应方向的周期的整数倍。

[0085] 因此,例如,如图7的(c)的P4所示,P4的X方向长度 $P_{4x}$ 为 $(L+1/2) \times X_b$ (L为整数),Y方向的长度 $P_{4y}$ 为 $(K+1/2) \times Y_b$ (K为整数)即可。换言之,只要将表示微型LED元件100的外形的矩形的一边的长度设为与微台面的对应边方向的周期的整数倍相差1/2周期即可。即,将表示微型LED元件100的外形的矩形的行方向长度设为与微台面的行周期的整数倍相差1/2,将表示微型LED元件100的外形的矩形的列方向长度设为与微台面的列周期的整数倍相差1/2即可。

[0086] 采用这种配置的结果,图7的(c)的P4和大小相同而位置不同的图案的P5中,完全微台面的数量为15个和14个,没有出现图7的(b)所示的很大差异。

[0087] 并且,图7的(a)的微台面图案也视为相同周期的两个图案错位配置,因此图案的周期与图案中所见的行或列的间距不同,具有 $X_b = X_a/2$ 、 $Y_b = Y_a/2$ 的关系。但是,如图8的(a)所示,在单纯的微台面图案中为 $X_b = X_a$ 、 $Y_b = Y_a$ 。即使是相同的四边形微台面,在图8的(b)所示的图案中,也是 $X_b = X_a/3$ 、 $Y_b = Y_a/3$ 。在微型LED元件的二维排列方向上,微台面图案的配置周期( $X_a$ 、 $Y_a$ )与微台面图案上所见的行或列的间距( $X_b$ 、 $Y_b$ )的关系根据微台面图案而不同。

[0088] 在本实施方式中,为了改善上述第一和第二点,针对微台面图案和像素分离槽15的宽度设置一定的制约。在这里, $W_x$ 是像素分离槽15沿Y轴方向的宽度, $W_y$ 是像素分离槽15沿X轴方向的宽度。

[0089] 在图7的(c)的例子中, $P_{0x} = P_{4x} + W_x$ , $P_{0x} = N \times X_a$ , $P_{4x} = (L+1/2) \times X_b$ ,因此优选满足 $W_x = (2 \times N - L - 1/2) \times X_b = (H+1/2) \times X_b$ (H为整数)的关系。同样地, $P_{0y} = P_{4y} + W_y$ , $P_{0y} = M \times Y_a$ , $P_{4y} = (K+1/2) \times Y_b$ ,因此优选满足 $W_y = (2 \times M - K - 1/2) \times Y_b = (I+1/2) \times Y_b$ (I为整数)的关系。

[0090] 在图7的(a)、图7的(b)的例子中,在 $X_a = 2\mu\text{m}$ 、 $Y_a = 2\sqrt{3} = 3.464\mu\text{m}$ 的情况下,最重要的是避免 $W_x$ 为 $1\mu\text{m}$ 的整数倍,进一步优选从 $1\mu\text{m}$ 的整数倍偏离仅 $0.5\mu\text{m}$ 的值,具体来说, $0.5\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ 、 $2.5\mu\text{m}$ 等为最优值。此时, $P_{0x}$ 为 $2\mu\text{m}$ 的整数倍,为 $2\mu\text{m}$ 、 $4\mu\text{m}$ 、 $6\mu\text{m}$ 、 $8\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $12\mu\text{m}$ 等。同样地, $W_y$ 避免 $1.732\mu\text{m}$ 的整数倍最重要,优选从 $1.732\mu\text{m}$ 的整数倍偏移 $0.866\mu\text{m}$ ,具体来说, $0.866\mu\text{m}$ 、 $2.6\mu\text{m}$ 、 $4.33\mu\text{m}$ 等为最优值。此时, $P_{0y}$ 为 $3.464\mu\text{m}$ 、 $6.928\mu\text{m}$ 、 $10.039\mu\text{m}$ 、 $13.856\mu\text{m}$ 等。考虑微型LED元件的大小或像素分离槽的加工能力,能够从这些组合中选择最优值。实际上,先决定 $P_{0x}$ 、 $P_{0y}$ 、 $W_x$ 、 $W_y$ ,与之配合地设计微台面图案的形状、配置。

[0091] 按照上述方式,避免构成微型LED元件100的氮化物半导体层14的大小为微台面图案的行间距(微台面行的周期)或列间距(微台面列的周期)的整数倍,能够减小各微型LED元件的发光强度波动。

[0092] 换言之,通过使构成微型LED元件100外形的矩形的一边的长度与微台面的对应边方向的周期的整数倍不同,能够减小各微型LED元件的发光强度波动。

[0093] 特别是,通过使构成微型LED元件100的氮化物半导体层14的大小从行间距或列间距的整数倍偏移1/2,使发光强度的波动减小至最小限。另外,通过将微型LED元件100的配置周期设为微台面图案周期的整数倍,能够使接近的微型LED元件间的发光强度均匀化。

[0094] <第四实施方式>

本实施方式与第一实施方式的区别在于公共连接区域的形成方法,其余相同。不需要



像素区域1的精确对准这一点与第一实施方式相同,虽然需要进行与公共连接区域有关的粗略对准,但存在能够简化图像显示元件200d的制造方法的特征。使用图9至11进行说明,而仅对与第一实施方式的差别进行说明。

[0095] 图9的(a)是图像显示元件200d的截面示意图。图9的(b)及图9的(c)是用于对像素区域1与公共连接区域2的微台面构造进行说明的截面示意图和平面示意图,图9的(b)表示图9的(c)的B-B'部分的截面。

[0096] 如图9的(a)所示,图像显示元件200d的公共连接区域2的连接元件101d与图1的(a)不同。即,将连接公共N电极34与N侧电极52的塞子32删除,公共N电极34经由N侧层11和N电极19N与N侧电极52连接。而且,N电极19N中,公共连接区域2内的P侧电极层19是伴随像素分离槽15的形成而被分割的构成。如图9的(b)及图9的(c)所示,在公共连接区域2的中未形成微台面16,设有使N侧层11露出的微台面切缺部16D(micro mesa vacancy)(以下简称切缺部(vacancy))。即,与在整个面上配置有微台面16的微型LED元件100相比,连接元件101d的微图案有意地设置有切缺部16D。在该切缺部16D中,N电极19N与N侧层11连接。也可以在切缺部16D的保护膜17形成有N侧接触孔18N,N侧接触孔18N与P侧接触孔18P同时形成。

[0097] 在本构造中,必须使N电极19N与N侧电极52精确对准,但与微型LED元件100相比,由于公共连接区域2能够由大尺寸形成,因此对准容易。例如,若微型LED元件100的配置间距为 $10\mu\text{m}$ ,则包含微型LED元件100的像素区域1必须以 $1\mu\text{m}$ 以下的精度将P电极19P与P侧电极51对准。但是,在切缺部16D与像素区域之间为 $10\mu\text{m}$ 的情况下,N侧电极52的宽度为 $20\mu\text{m}$ 以上成为条件,而容许最大 $10\mu\text{m}$ 的对准偏差。只要是本构造,就能够基于容易实现的对准精度,设计公共连接区域2的详细配置。而且,本构造如下所示,能够通过更简略的制造工序生产。

[0098] 将微台面构造的制造工序在图10的(a)至(f)示出。分别与图2的(a)至(f)对应。与图2的区别在于,如图10的(b)所示,在微台面形成时的氮化物半导体层14的蚀刻时,在切缺部16D未设置微台面的平坦面或倾斜面,而蚀刻至N侧层11。在切缺部16D设置一定面积的N侧层11的露出区域。

[0099] 另一区别在于,在图10的(c)形成的保护膜17上开设接触孔的图10的(d)的工序中,在像素区域1内的微台面的平坦面16T上形成P侧接触孔18,并在切缺部16D开设N侧接触孔18N。在图10的(d)中,也在公共连接区域2内的微台面平坦面16T上开设P侧接触孔18,但这一点并非必需。以下的图10的(e)、(f)的工序也可以与图2相同。

[0100] 接下来,使用图11对图像显示元件200d的制造工序进行说明。图11的(a)至(d)、(g)、(h)分别与图3的相同标记的工序对应。图3的(e)、(f)对应的工序被删除,使得工序简化,是本构造的很大优点。氮化物半导体层14向图11的(a)的驱动电路基板50的贴合中,以在N侧电极52上配置切缺部16D的方式将生长基板相对于驱动电路基板50对准,这一点是与图3的很大区别。以下的工序除了将与图3的(e)、(f)对应的工序删除以外,与图3相同。

[0101] 在本构成中,在像素区域1中与第一实施方式没有差别,微型LED元件100的特性相同,能够利用微台面构造实现高发光效率。此外,能够简化图像显示元件200d的制造工序。

[0102] 本发明不限于上述的各实施方式,能够在权利要求显示的范围内进行多种变更,将不同实施方式分别公开的技术手段适当组合得到的实施方式也包含在本发明的技术范围内。此外,能够将各实施方式分别公开的技术手段组合形成新的技术特征。

## 附图标记说明

- [0103] 1 像素区域  
2 公共连接区域  
3 虚设区域  
4 外周部  
10 生长基板  
11 N侧层  
12 发光层  
13 P侧层  
14 氮化物半导体层  
15 像素分离槽  
15B 边界槽  
15H 公共电极接触孔  
150 露出带  
16、16a 微台面  
16T、16Tb、16Tc、16Td、16Te、16Tf、16Tg 微台面平坦面(平坦面)  
16A、16b、16c、16d、16e、16f、16g 微台面倾斜面(倾斜面)  
16B 微台面底部(底部)  
16D 微台面切缺部(切缺部)  
17、17a 保护膜  
18P P侧接触孔  
18N N侧接触孔  
19、19a P电极层  
19P P电极  
19N N电极  
19D 虚设P电极  
20 填埋材料  
32 塞子  
34 公共N电极  
50 驱动电路基板  
51 P侧电极  
52 N侧电极  
53 虚设电极  
54 外部连接电极  
100 微型LED元件  
101、101d 连接元件  
102 虚设元件  
200、200d 图像显示元件

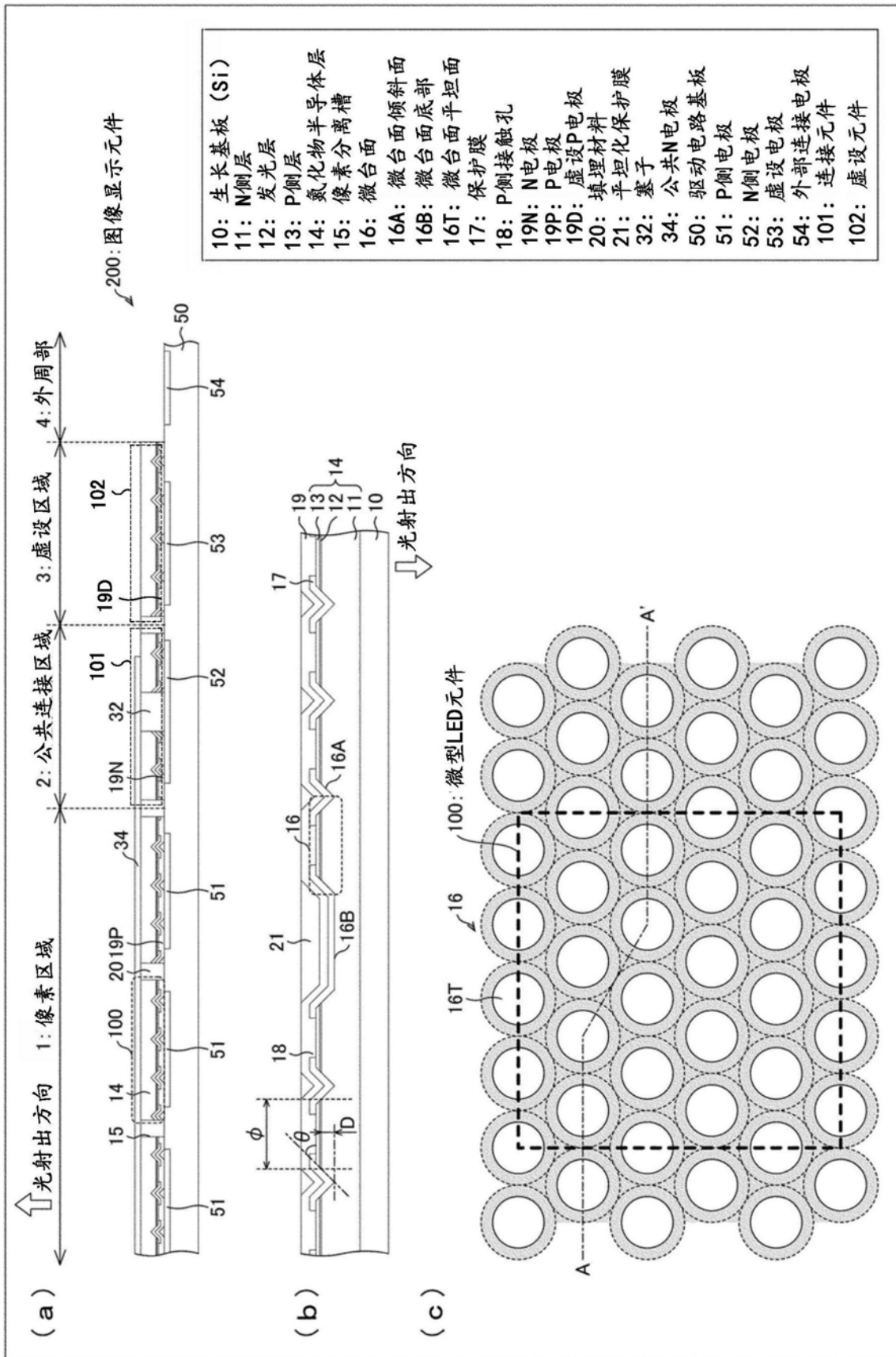


图1

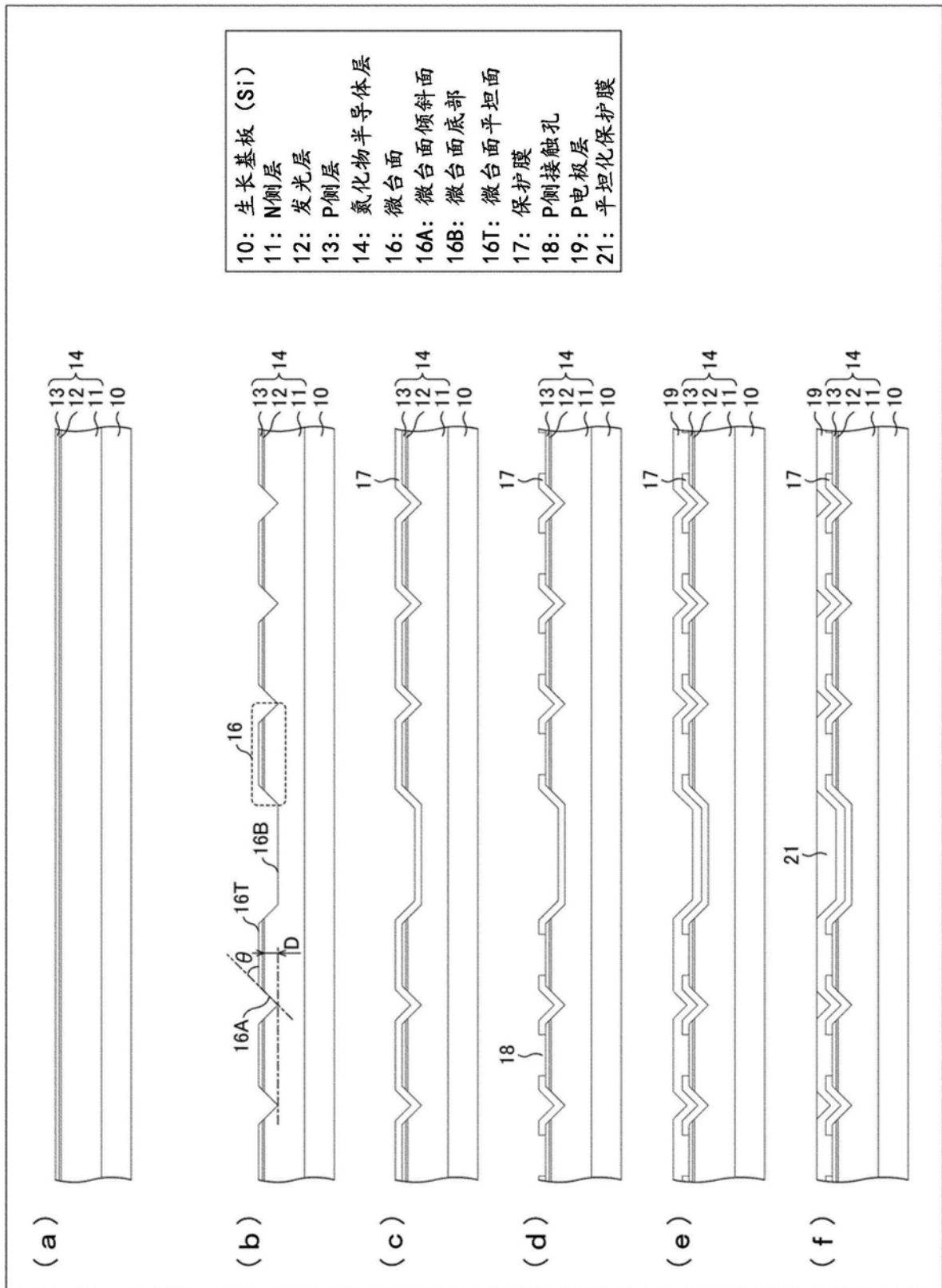


图2

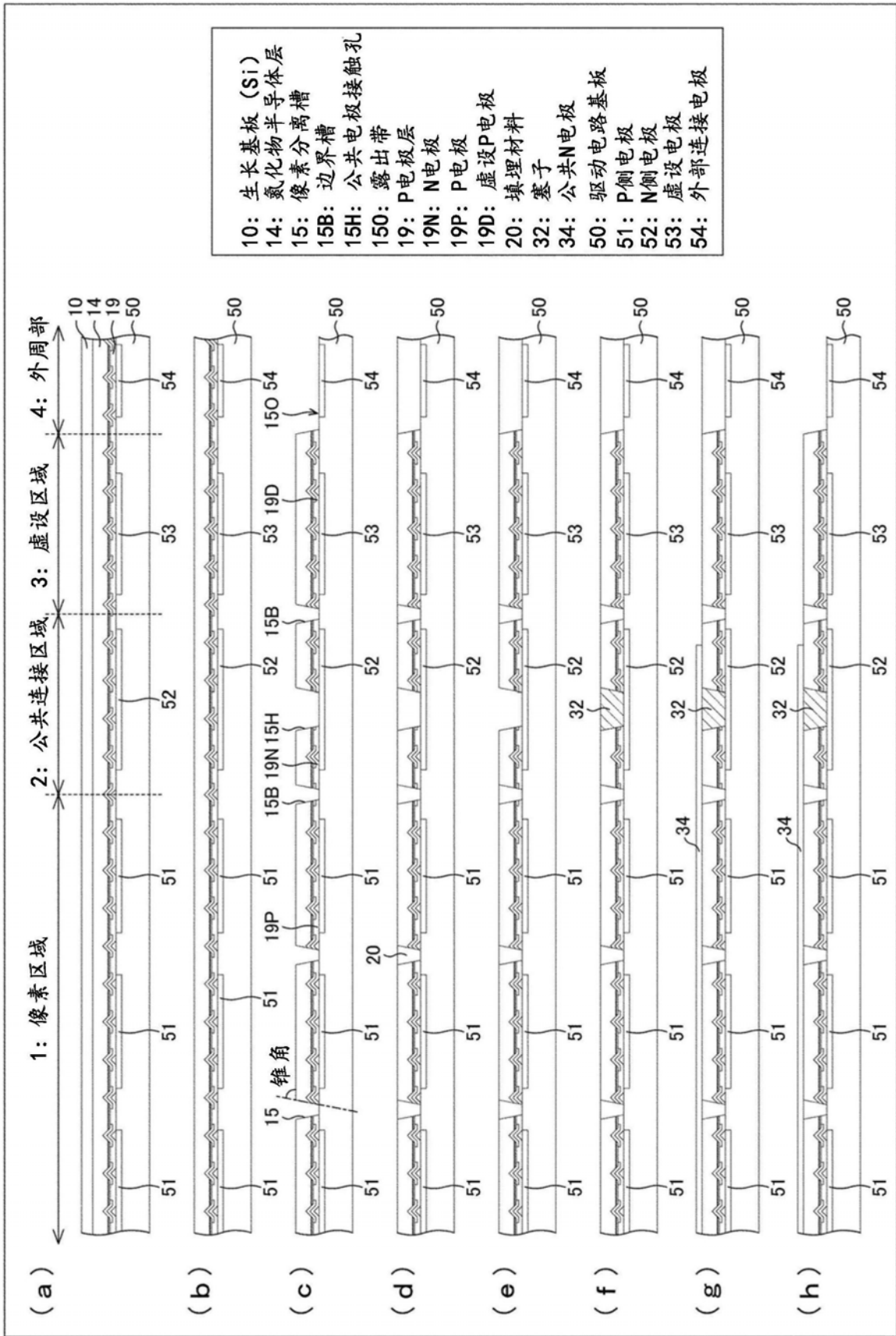


图3

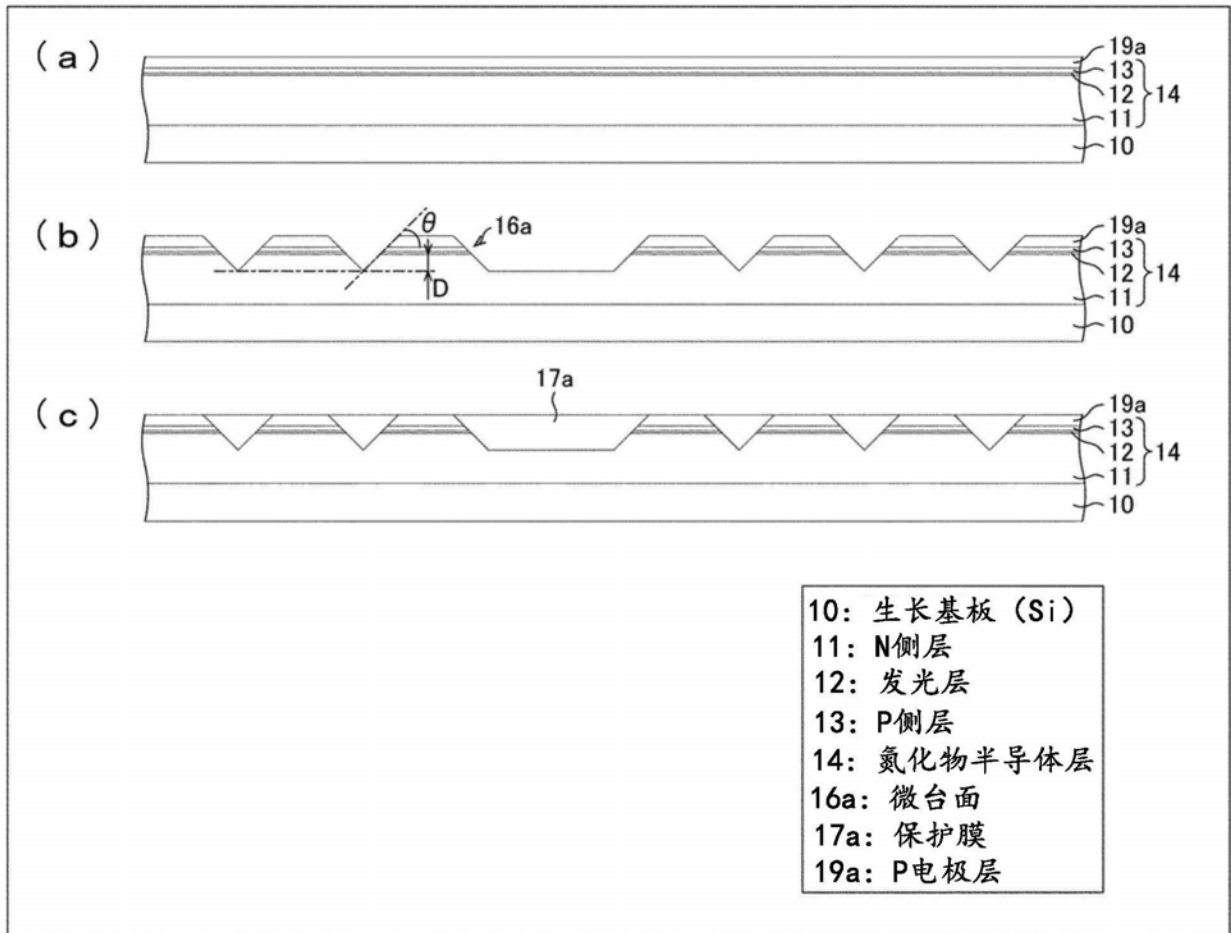


图4

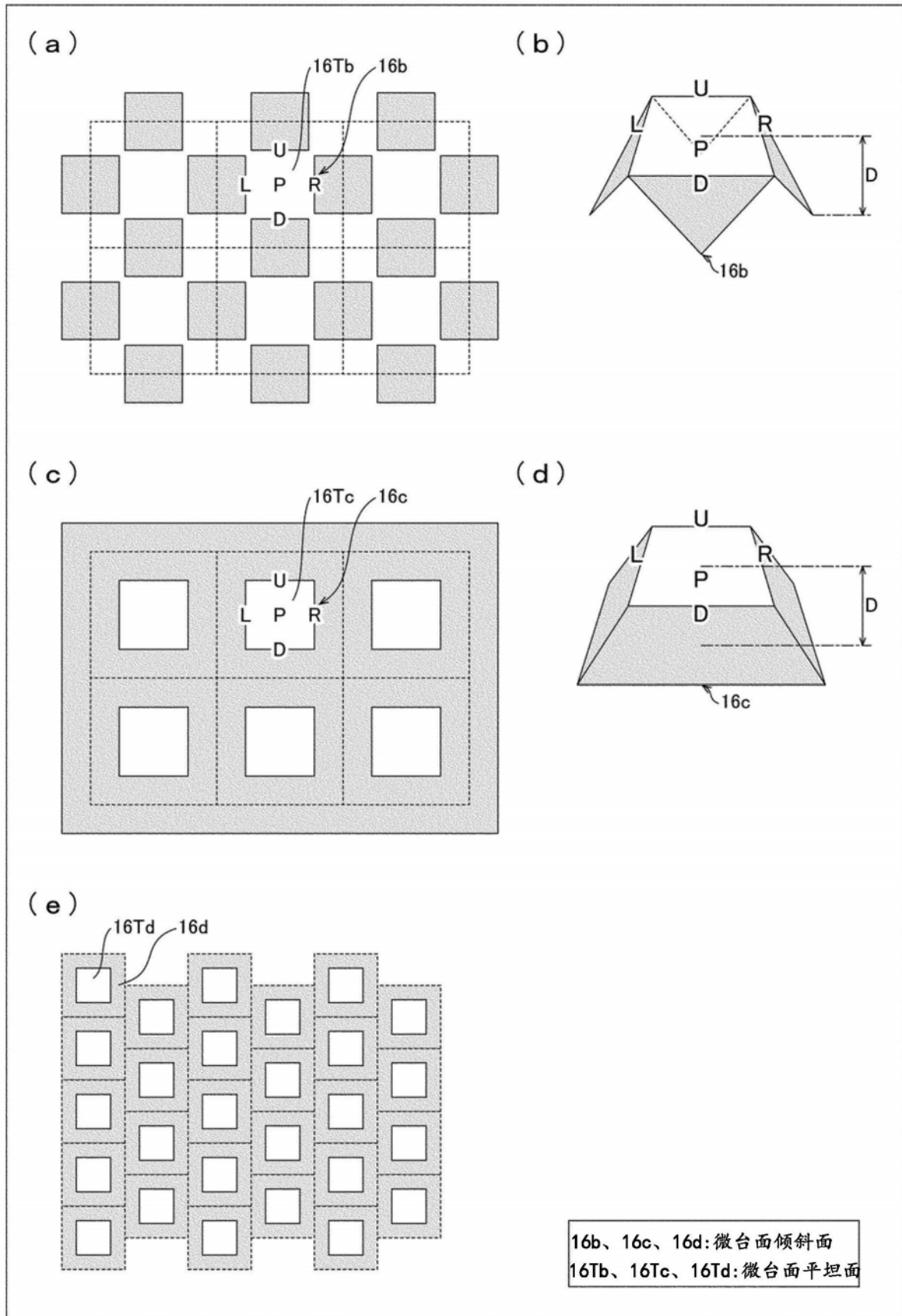


图5

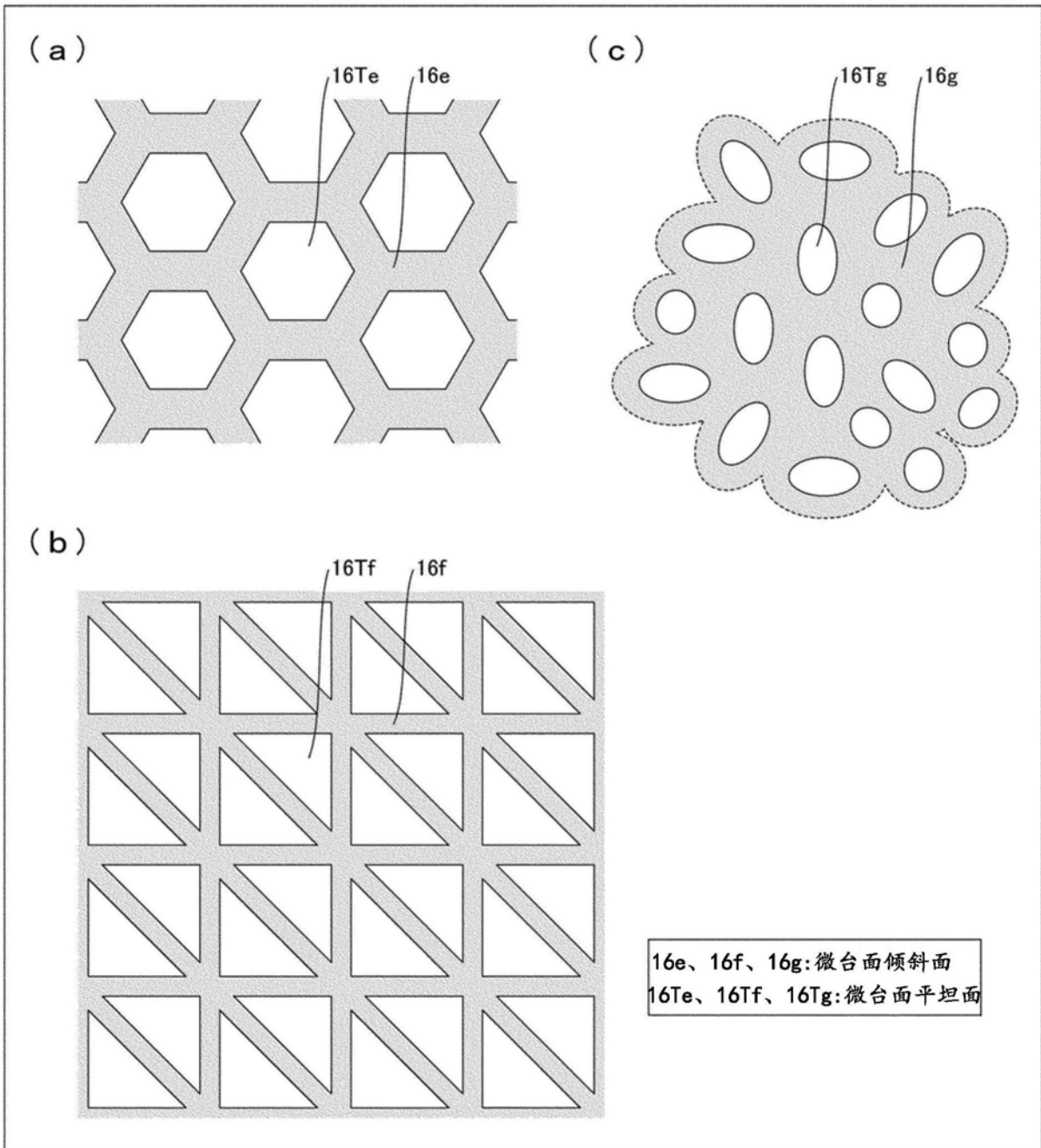


图6



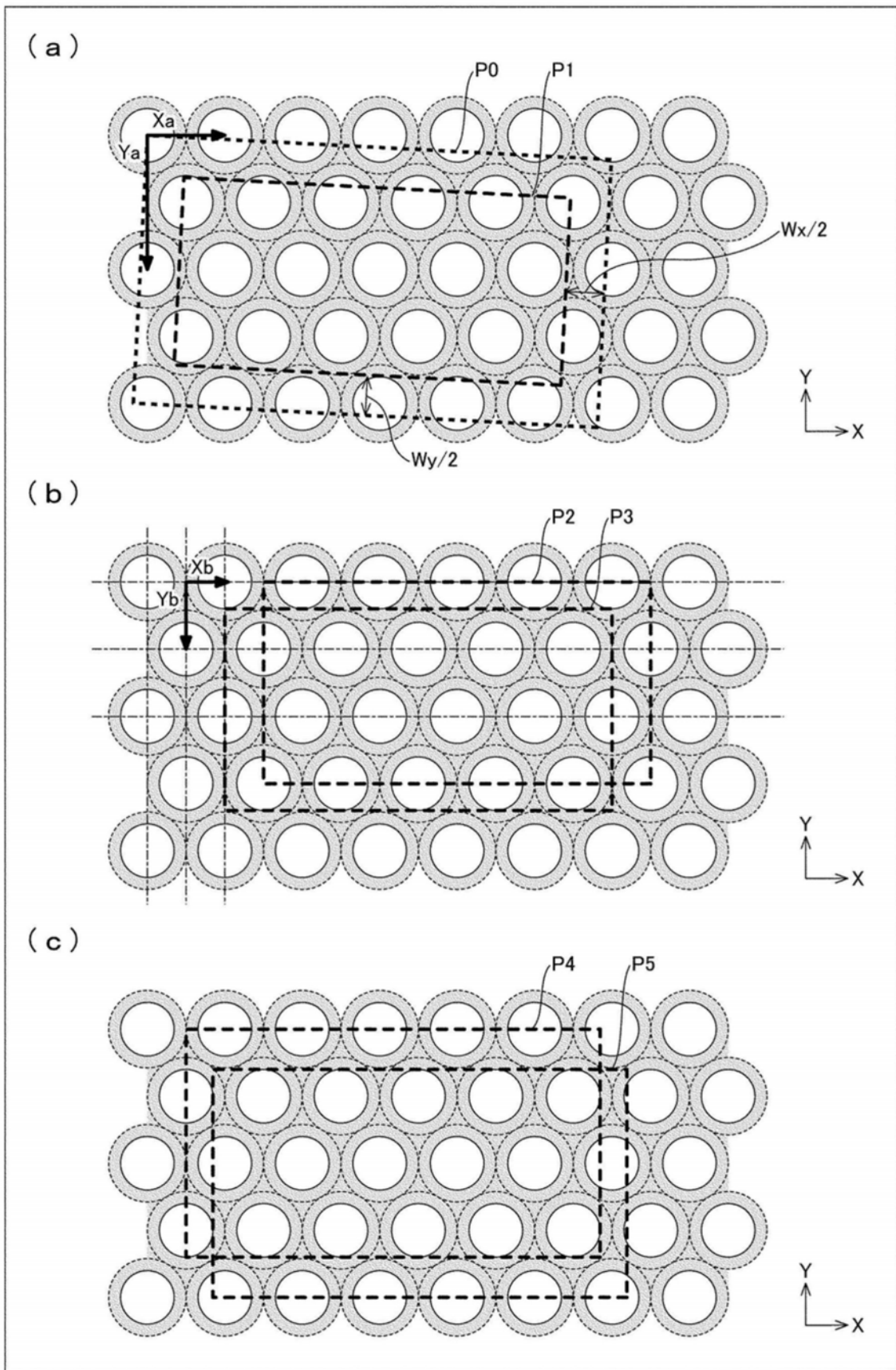


图7

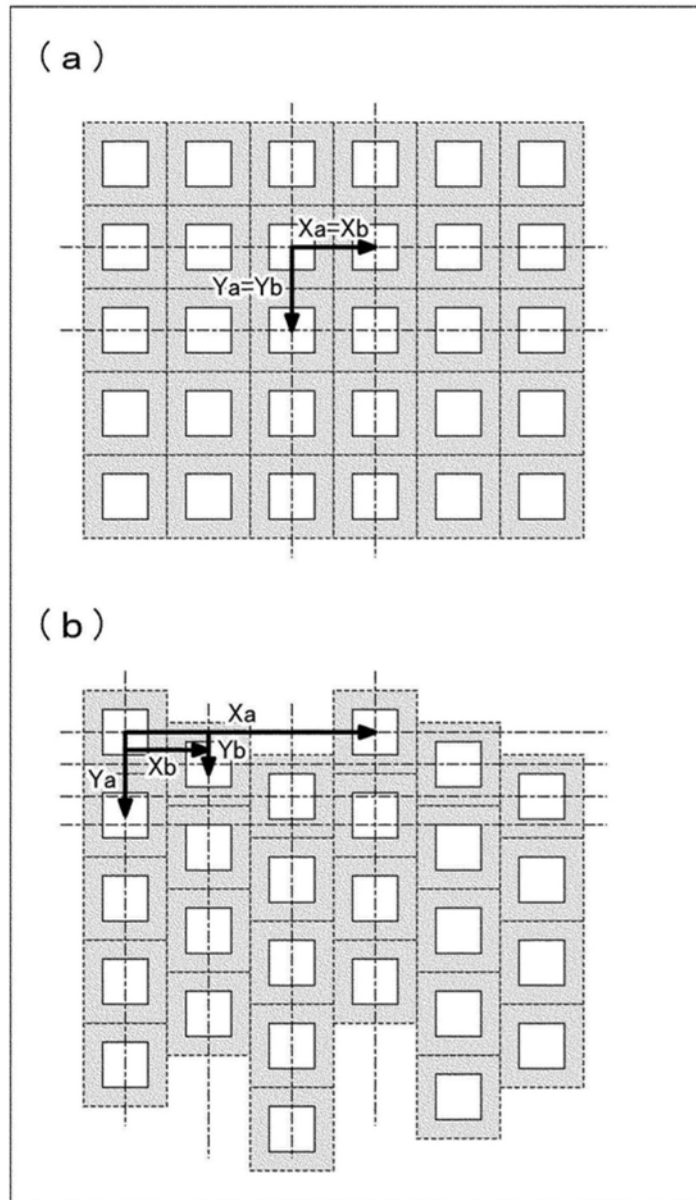


图8

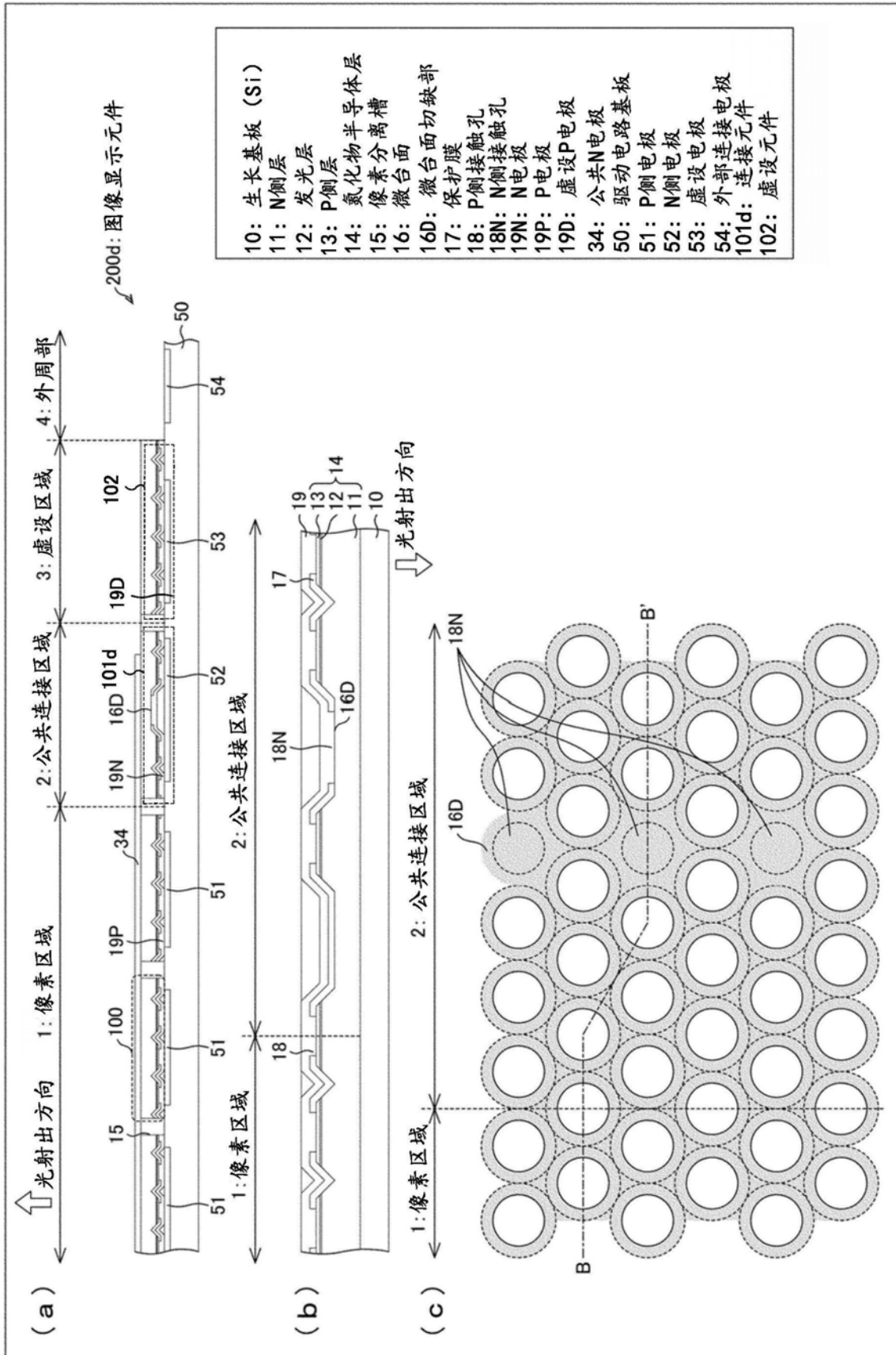


图9

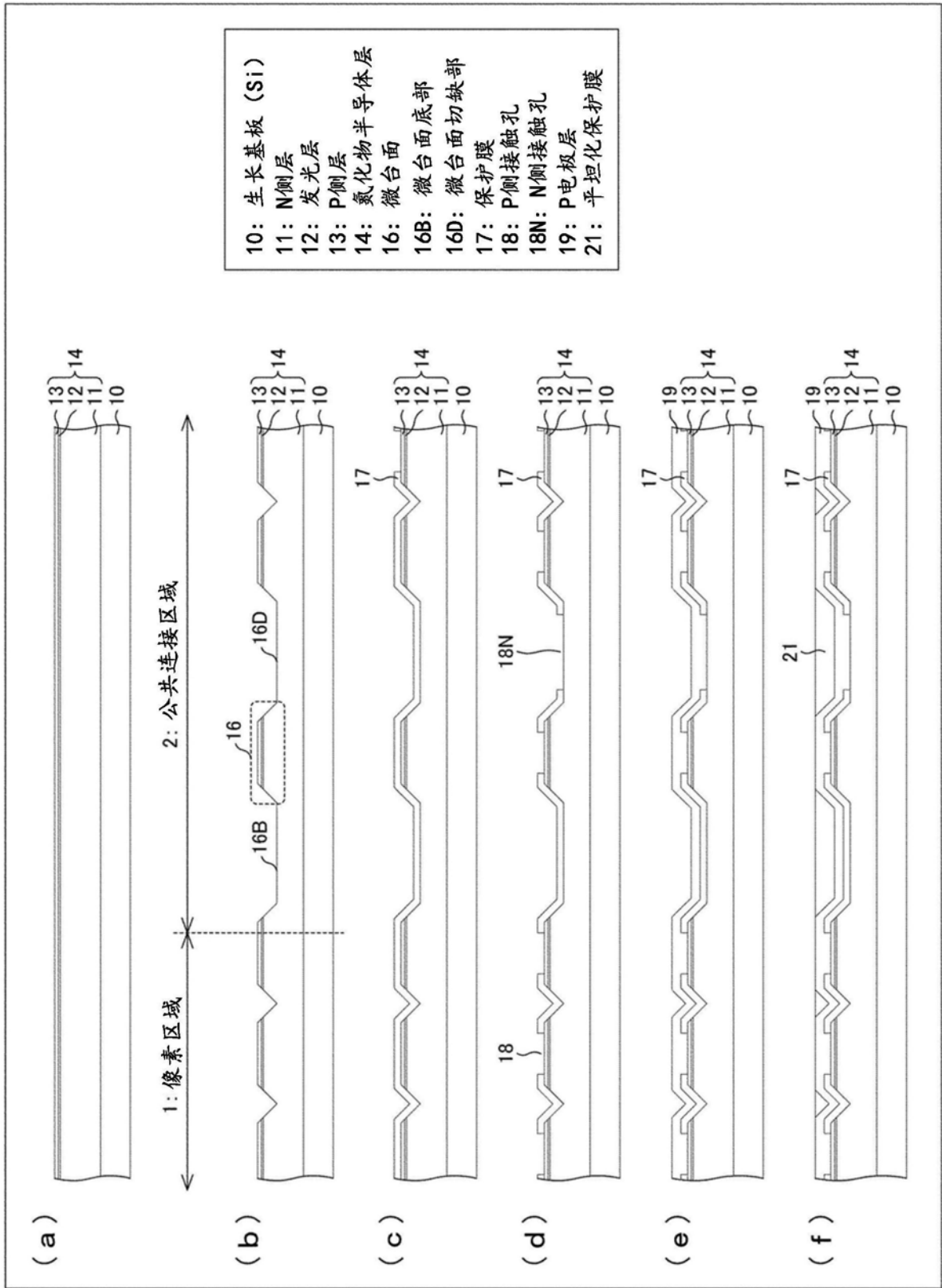


图10

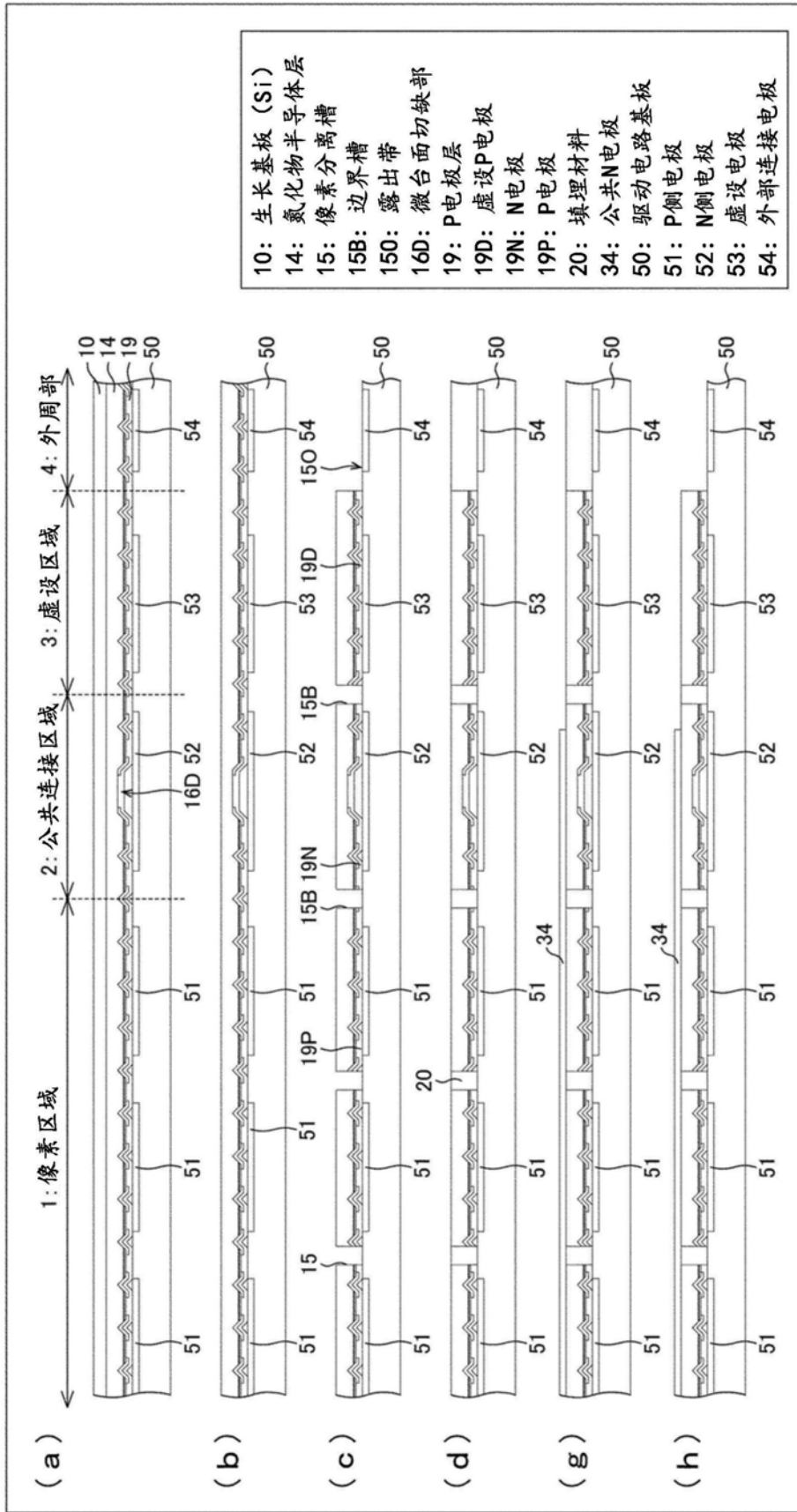


图11

专利名称(译)	微型LED元件以及图像显示元件		
公开(公告)号	<a href="#">CN110071202A</a>	公开(公告)日	2019-07-30
申请号	CN201910069445.8	申请日	2019-01-24
[标]申请(专利权)人(译)	夏普株式会社		
申请(专利权)人(译)	夏普株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	夏普株式会社		
[标]发明人	井口胜次		
发明人	井口胜次		
IPC分类号	H01L33/32 H01L33/20 G09F9/33		
CPC分类号	G09F9/33 H01L33/20 H01L33/32 H01L27/156 H01L33/0093 H01L33/38 H01L33/44 H01L33/46 H01L33/24 H01L33/62		
优先权	2018009878 2018-01-24 JP		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明提供一种即使在使微型LED元件的尺寸微小化的情况下也能够抑制发光效率低下的微型LED元件。微型LED元件(100)具有包含N侧层(11)、发光层(12)和P侧层(13)的氮化物半导体层(14),具有多个包含倾斜面和平坦面的微台面,其中,该倾斜面包围发光层(12),且以与所述发光层所成的角度( $\theta$ )包含45度的规定范围内的角度倾斜,该平坦面由所述P侧层的表面构成。

