



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113614935 A

(43) 申请公布日 2021. 11. 05

(21) 申请号 201980094444.7

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2019.03.22

H01L 33/36 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.09.18

H01L 33/00 (2006.01)

H01L 33/46 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2019/012154 2019.03.22

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/194388 JA 2020.10.01

(71) 申请人 堺显示器制品株式会社
地址 日本国大阪府堺市堺区匠町1番地

(72) 发明人 岸本克彦

(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 王娟 郝家欢

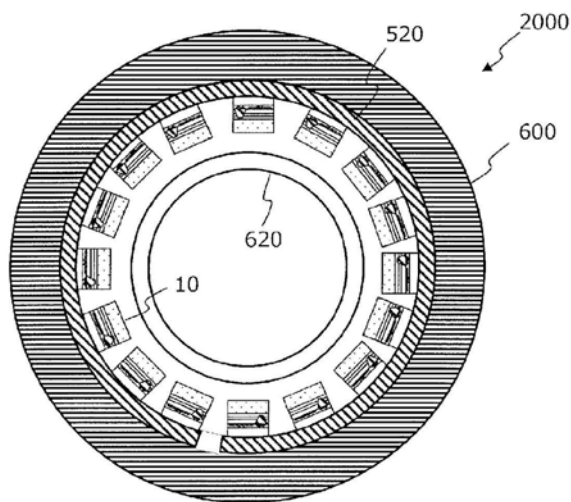
权利要求书2页 说明书18页 附图14页

(54) 发明名称

微型LED紫外辐射源及其制造方法

(57) 摘要

本公开的微型LED紫外辐射源具备：晶体生长基板(100)；以及前板(200)，其包括分别具有第一导电型的第一半导体层(21)和第二导电型的第二半导体层(22)的多个微型LED(220)、以及位于微型LED之间的元件分离区域(240)。元件分离区域具有与第二半导体层电连接的至少一个金属插塞(24)。该 μ LED紫外辐射源具备：中间层(300)，其包含与第一半导体层电连接的第一接触电极(31)以及与金属插塞连接的第二接触电极(32)；以及背板(400)，其形成在中间层上。基板、前板、中间层、背板被分割为多个发光元件单元，多个发光元件单元由可挠性薄膜支承。



1. 一种微型LED紫外辐射源,其特征在于,其具备:

晶体生长基板;

前板,其设于所述晶体生长基板上,所述前板包括:多个微型LED,分别具有第一导电型的第一半导体层和第二导电型的第二半导体层,并放射紫外线;以及元件分离区域,其位于所述多个微型LED之间,所述元件分离区域具有与所述第二半导体层电连接的至少一个金属插塞;

中间层,其由所述前板支承,所述中间层包括:多个第一接触电极,其分别与所述多个微型LED的所述第一半导体层电连接;以及至少一个第二接触电极,其与所述金属插塞连接;以及

背板,其由所述中间层支承,所述背板具有:电路,其经由所述多个第一接触电极以及所述至少一个第二接触电极与所述多个微型LED电连接,

所述晶体生长基板、所述前板、所述中间层及所述背板被分割为多个发光元件单元,

所述多个发光元件单元分别包含所述多个微型LED的至少一个,从所述多个微型LED放射的所述紫外线透射所述晶体生长基板并出射至外部,

所述多个发光元件单元由可挠性薄膜支承。

2. 根据权利要求1所述的微型LED紫外辐射源,其特征在于,

所述背板包括在所述中间层上生长的金属、半导体和/或绝缘材料的层。

3. 根据权利要求1或2所述的微型LED紫外辐射源,其特征在于,

所述元件分离区域具有反射镜,其将从所述多个微型LED分别辐射的紫外线向所述晶体生长基板反射。

4. 根据权利要求3所述的微型LED紫外辐射源,其特征在于,

所述反射镜的至少反射面由铝(Al)或铯(Rh)形成。

5. 根据权利要求4所述的微型LED紫外辐射源,其特征在于,

所述紫外线的波长在200nm以上且380nm以下。

6. 根据权利要求3至5的任一项所述的微型LED紫外辐射源,其特征在于,

所述至少一个金属插塞的至少一部分作为所述反射镜发挥功能。

7. 根据权利要求6所述的微型LED紫外辐射源,其特征在于,

所述多个微型LED分别具有正锥形的侧面,

所述至少一个金属插塞与所述多个微型LED的每一个所具有的所述侧面接触。

8. 根据权利要求1至7中任一项所述的微型LED紫外辐射源,其特征在于,

所述晶体生长基板是蓝宝石基板。

9. 根据权利要求1至8中任一项所述的微型LED紫外辐射源,其特征在于,

还具备具有曲面或角部的部件,

所述可挠性薄膜附着在所述曲面或所述角部上。

10. 根据权利要求9所述的微型LED紫外辐射源,其特征在于,

所述部件具有长轴部分,所述长轴部分具有内表面以及外表面,所述长轴部分在规定的方向上延伸,

所述可挠性薄膜附着在所述长轴部分的所述内表面和/或所述外表面。

11. 根据权利要求10所述的微型LED紫外辐射源,其特征在于,

所述多个发光元件单元分别包含在所述规定方向上排列的多个所述微型LED。

12. 根据权利要求1至11中任一项所述的微型LED紫外辐射源,其特征在于,所述电路包含薄膜晶体管。

13. 根据权利要求1至12中任一项所述的微型LED紫外辐射源,其特征在于,

在所述多个发光元件单元的每一个中,所述前板的所述元件分离区域具有绝缘物,所述绝缘物覆盖所述多个微型LED的侧面,所述绝缘物具有用于所述金属插塞的至少一个通孔。

14. 根据权利要求1至13中任一项所述的微型LED紫外辐射源,其特征在于,

所述可挠性薄膜具有将所述多个发光元件单元的所述背板电连接的布线层。

15. 一种微型LED紫外辐射源的制造方法,其特征在于,所述制造方法包括:

准备层叠结构体的工序,

形成背板的工序,其是在所述层叠结构体上形成背板的工序,

将所述层叠结构体和所述背板分割成多个发光元件单元的工序;以及

将所述多个发光元件单元转印到可挠性薄膜上的工序,

所述层叠结构体包括:晶体生长基板、前板、中间层,

所述前板支承于所述晶体生长基板,所述前板包括:多个微型LED,分别具有第一导电型的第一半导体层和第二导电型的第二半导体层,并放射紫外线;以及元件分离区域,其位于所述多个微型LED之间,所述元件分离区域具有与所述第二半导体层电连接的至少一个金属插塞;

所述中间层支承于所述前板,所述中间层包括:多个第一接触电极,其分别与所述多个微型LED的所述第一半导体层电连接;以及至少一个第二接触电极,其与所述金属插塞连接,

所述背板具有电路,其经由所述多个第一接触电极以及所述至少一个第二接触电极与所述多个微型LED电连接。

16. 根据权利要求15所述的制造方法,其特征在于,

将所述多个发光元件单元转印到可挠性薄膜上的工序包括:

在所述晶体生长基板上附着扩张膜,通过扩张所述扩张膜,扩大所述多个发光元件单元的间隔的工序;以及

使扩张后的所述扩张膜上的所述多个发光元件单元附着于所述可挠性薄膜的工序。

17. 根据权利要求15所述的制造方法,其特征在于,

将所述多个发光元件单元转印到可挠性薄膜上的工序包括:

在所述背板上附着扩张膜,通过扩张所述扩张膜,扩大所述多个发光元件单元的间隔的工序;以及

在所述多个发光元件单元附着的状态下,使扩张后的所述扩张膜进一步附着在具有曲面或角部的部件上。

微型LED紫外辐射源及其制造方法

技术领域

[0001] 本公开涉及微型LED紫外辐射源及其制造方法。

背景技术

[0002] 作为放射紫外线的光源,提出了使用深紫外LED(Light Emitting Diode:发光二极管)代替荧光灯以及汞灯的装置。

[0003] 专利文献1公开了将深紫外LED组并排配置在金属制散热基板上,并将其外侧用石英玻璃封装体覆盖的杀菌装置。

现有技术文献

专利文献

[0004] 专利文献1:日本特开2015-91582号公报

发明内容

本发明所要解决的技术问题

[0005] 难以将多个深紫外LED安装在例如弯曲的部件上。

[0006] 本公开提供一种能够解决上述课题的新型的紫外辐射源。

用于解决技术问题的技术方案

[0007] 本公开的微型LED紫外辐射源,在例示的实施方式中,其具备:晶体生长基板;前板,其是所述晶体生长基板上的前板,所述前板包括:多个微型LED,分别具有第一导电型的第一半导体层和第二导电型的第二半导体层,并放射紫外线,以及元件分离区域,其位于所述多个微型LED之间,所述元件分离区域具有至少一个与所述第二半导体层电连接的金属插塞;中间层,其由所述前板支承,所述中间层包括:多个第一接触电极,其分别与所述多个微型LED的所述第一半导体层电连接,以及至少一个第二接触电极,其与所述金属插塞连接;以及背板,其由所述中间层支承,所述背板具有电路,其经由所述多个第一接触电极以及所述至少一个第二接触电极与所述多个微型LED电连接。所述晶体生长基板、所述前板、所述中间层及所述背板被分割为多个发光元件单元。所述多个发光元件单元分别包含所述多个微型LED的至少一个,从所述多个微型LED放射的所述紫外线透射所述晶体生长基板并出射至外部,所述多个发光元件单元由可挠性薄膜支承。

[0008] 在某一实施方式中,所述背板包括在所述中间层上生长的金属、半导体和/或绝缘材料的层。

[0009] 在某一实施方式中,所述元件分离区域具有反射镜,其将从所述多个微型LED分别辐射的紫外线向所述晶体生长基板反射。

[0010] 在某一实施方式中,所述反射镜的至少反射面由铝(Al)或铑(Rh)形成。

[0011] 在某一实施方式中,所述紫外线的波长在200nm以上且380nm以下。

[0012] 在某一实施方式中,所述至少一个金属插塞的至少一部分作为所述反射镜发挥功能。

[0013] 在某一实施方式中,所述多个微型LED分别具有正锥形的侧面,所述至少一个金属插塞与所述多个微型LED的每一个所具有的所述侧面接触。

[0014] 在某一实施方式中,所述晶体生长基板是蓝宝石基板。

[0015] 在某一实施方式中,还具备具有曲面或角部的部件,所述可挠性薄膜附着在所述曲面或所述角部上。

[0016] 在某一实施方式中,所述部件具有长轴部分,所述长轴部分具有内表面以及外表面,所述长轴部分在规定方向上延伸,所述可挠性薄膜附着在所述长轴部分的所述内表面和/或所述外表面。

[0017] 在某一实施方式中,所述多个发光元件单元分别包含在所述规定方向上排列的多个所述微型LED。

[0018] 在某一实施方式中,所述电路包含薄膜晶体管。

[0019] 在某一实施方式中,在所述多个发光元件单元的每一个中,所述前板的所述元件分离区域具有绝缘物,所述绝缘物覆盖所述多个微型LED的侧面,所述绝缘物具有用于所述金属插塞的至少一个通孔。

[0020] 在某一实施方式中,所述可挠性薄膜具有将所述多个发光元件单元的所述背板电连接的布线层。

[0021] 本公开的微型LED紫外辐射源的制造方法,在例示的实施方式中,所述制造方法包括:准备层叠结构体的工序,形成背板的工序,其是在所述层叠结构体上形成背板的工序,将所述层叠结构体和所述背板分割成多个发光元件单元的工序;以及将所述多个发光元件单元转印到可挠性薄膜上的工序,所述层叠结构体包括:晶体生长基板、前板、中间层,所述前板支承于所述晶体生长基板,所述前板包括:多个微型LED,分别具有第一导电型的第一半导体层和第二导电型的第二半导体层,并放射紫外线;以及元件分离区域,其位于所述多个微型LED之间,所述元件分离区域具有与所述第二半导体层电连接的至少一个金属插塞;所述中间层支承于所述前板,所述中间层包括:多个第一接触电极,其分别与所述多个微型LED的所述第一半导体层电连接;以及至少一个第二接触电极,其与所述金属插塞连接,所述背板具有电路,其经由所述多个第一接触电极以及所述至少一个第二接触电极与所述多个微型LED电连接。

[0022] 在某一实施方式中,将所述多个发光元件单元转印到可挠性薄膜上的工序包括:在所述晶体生长基板上附着扩张膜,通过扩张所述扩张膜,扩大所述多个发光元件单元的间隔的工序;以及使扩张后的所述扩张膜上的所述多个发光元件单元附着于所述可挠性薄膜的工序。

[0023] 在某一实施方式中,将所述多个发光元件单元转印到可挠性薄膜上的工序包括:在所述背板上附着扩张膜,通过扩张所述扩张膜,扩大所述多个发光元件单元的间隔的工序;以及在所述多个发光元件单元附着的状态下,使扩张后的所述扩张膜进一步附着在具有曲面或角部的部件上。

有益效果

[0024] 根据本发明的实施方式,提供解决上述课题的微型LED紫外辐射源。

附图说明

[0025] 图1A是示出本公开的实施方式中的 μ LED-UV源1000的一部分的截面图。
图1B是示出 μ LED-UV源1000中的 μ LED220的配置例的俯视图。
图2是示出 μ LED-UV源1000中的前板的其他构成例的截面图。
图3是示出 μ LED-UV源1000中的前板的又一构成例的截面图。
图4A为示意性地示出紫外线被金属插塞24反射的情况的截面图。
图4B是示意性地示出紫外线被金属插塞24反射的样子的其它截面图。
图4C是示出本公开的实施方式中的反射金属的反射率与波长的关系的图表。
图4D是示出本公开的实施方式中的反射金属的反射率与波长的关系的图表。
图5是示出侧面220S由圆锥台的侧面形成的例子的立体图。
图6是示出 μ LED-UV源1000的又一构成例的截面图。
图7是示出 μ LED-UV源1000的又一构成例的截面图。
图8是示出 μ LED-UV源1000中的第一接触电极31和第二接触电极32的配置例的立体图。
图9是示出 μ LED-UV源1000中的电路的一部分的例子的电路图。
图10A是示意性地示出 μ LED-UV源1000的制造工序的立体图。
图10B是示意性地示出 μ LED-UV源1000的制造工序的立体图。
图10C是示意性地示出 μ LED-UV源1000的制造工序的立体图。
图10D是示意性地示出 μ LED-UV源1000的制造工序的立体图。
图11是本公开的实施方式中的 μ LED-UV源1000的截面图。
图12A是示意性地示出 μ LED-UV源1000的制造工序的截面图。
图12B是示意性地示出 μ LED-UV源1000的制造工序的截面图。
图12C是示意性地示出 μ LED-UV源1000的制造工序的截面图。
图12D是示意性地示出 μ LED-UV源1000的制造工序的截面图。
图12E是示意性地示出 μ LED-UV源1000的制造工序的截面图。
图12F是示意性地示出 μ LED-UV源1000的制造工序的截面图。
图13是示出本公开的实施方式中的 μ LED-UV源1000的其它构成例的截面图。
图14是示出本公开的实施方式中的 μ LED-UV源1000的又一构成例的截面图。
图15是示出本公开的实施方式中的 μ LED-UV源1000的又一构成例的截面图。
图16是示出本公开的实施方式中的 μ LED-UV源2000的构成例的截面图。
图17A是示意性地示出 μ LED-UV源2000的制造工序的截面图。
图17B是示意性地示出 μ LED-UV源2000的制造工序的截面图。
图18A是示意性地示出 μ LED-UV源2000的制造工序的截面图。
图18B是示意性地示出 γ LED-UV源2000的制造工序的截面图。
图19A是示意性地示出 μ LED-UV源2000的制造工序的俯视图。
图19B是示意性地示出 μ LED-UV源2000的制造工序的俯视图。

具体实施方式

[0026] <定义>

本公开中的“微型LED”是指,具有占有区域的尺寸包含在 $1000\mu\text{m}\times 1000\mu\text{m}$ 的区域内或者宽度在 $1000\mu\text{m}$ 以下的条状区域内的大小的发光二极管(LED)。本公开中的微型LED放射的电磁波是波长 380nm 以下的紫外线。以下,有时将“微型LED”标记为“ μLED ”。

[0027] μLED 具有第一导电型的第一半导体层和第二导电型的第二半导体层。第一导电型是p型和n型中的一种,第二导电型是p型和n型中的另一种。例如在第一导电型为p型时,第二导电型为n型。相反,当第一导电型为n型时,第二导电型为p型。第一半导体层及第二半导体层分别可以具有单层结构或多层结构。典型地,在第一半导体层与第二半导体层之间形成具有至少1个量子阱(或双异质结构)的发光层。

[0028] 本公开中的“微型LED紫外辐射源($\mu\text{LED-UV}$ 源)”是指具备分别放射紫外线的多个 μLED 的设备。有时将 $\mu\text{LED-UV}$ 源中的多个 μLED 称为“ μLED 阵列”。 $\mu\text{LED-UV}$ 源能够用于树脂的紫外线固化、抗蚀剂的感光、杀菌等要求紫外线的照射的各种用途。特别是,本公开的 $\mu\text{LED-UV}$ 源能够以无掩模的方式实现任意的照射图案。

[0029] <基本构成>

参照图1A以及图1B,说明本公开的 $\mu\text{LED-UV}$ 源的基本构成例。图1A是示出 $\mu\text{LED-UV}$ 源1000的一部分的截面图。图1B是示出 $\mu\text{LED-UV}$ 源1000中的 μLED 阵列的配置例的俯视图。图1A所示的 $\mu\text{LED-UV}$ 源1000的截面相当于图1B的A-A线截面。

[0030] $\mu\text{LED-UV}$ 源1000可以具备例如数百~数千个或超过1万个的多个 μLED 。图1A和图1B仅示出 $\mu\text{LED-UV}$ 源1000中的包含多个 μLED 的一部分。 $\mu\text{LED-UV}$ 源1000的整体具备图示的部分例如周期性地或者以特定的图案排列的构成。

[0031] 在 $\mu\text{LED-UV}$ 源1000中,不是从以往的较大的1个LED元件所包含的一层连续的发光层放射紫外线,而是从较小地分割的多个 μLED 放射紫外线。因此,如何利用来自各个 μLED 所包含的发光层的端面的紫外线辐射变得重要。这是因为,随着 μLED 的尺寸缩小,且 $\mu\text{LED-UV}$ 源1000中包含的 μLED 的个数增加,发光层中的端面的面积相对于半导体层的与层叠方向垂直的面积比率增加。在本公开的实施方式中,通过将后述的反射镜设置于各个 μLED 之间的区域(元件分离区域),也能够有效地活用从发光层在横方向放射的紫外线。

[0032] $\mu\text{LED-UV}$ 源1000具备晶体生长基板100、支承于晶体生长基板100的前板200、支承于前板200的中间层300以及支承于中间层的背板400。

[0033] 在附图中, μLED 等各构成要素的横向尺寸相对于纵向尺寸的比率未必反映实施方式中的实际的比率。在附图中,以易懂性为优先的比率记载了各构成要素。另外,附图中的各构成要素的朝向对实际制造 $\mu\text{LED-UV}$ 源时的朝向以及使用时的朝向没有任何限制。在图1A和图1B中,为了参考,记载有相互正交的X轴、Y轴以及Z轴的坐标轴。

[0034] <晶体生长基板>

晶体生长基板100是构成 μLED 的半导体晶体进行外延生长的基板。在本公开中,晶体生长基板100是蓝宝石基板。以下,将由蓝宝石形成的晶体生长基板100简称为“基板(substrate)”。将产生基板100的晶体生长的面100T称为“上表面”或“晶体生长面”,将基板100的相反侧的面100B称为“下表面”。在本说明书中,“上表面”及“下表面”的语句不取决于基板100的实际朝向而使用。

[0035] 在本公开的实施方式中可利用的半导体晶体的典型例为氮化镓系化合物半导体。以下,有时将氮化镓系化合物半导体标记为“ GaN ”。 GaN 中的镓(Ga)原子的一部分可以由铝

(Al) 原子或铟 (In) 原子取代。有时将Ga原子的一部分被Al原子取代的Ga_N标记为“AlGa_N”。另外,有时将Ga原子的一部分被In原子取代的Ga_N标记为“InGa_N”。进而,有时将Ga原子的一部分被Al原子和In原子取代的Ga_N标记为“AlInGa_N”或“InAlGa_N”。Ga_N的带隙比AlGa_N的带隙小,且比InGa_N的带隙大。另外,在本公开中,有时将构成原子的一部分被其他原子置换的氮化镓系化合物半导体统称为“Ga_N”。在“Ga_N”中能掺杂n型杂质和/或p型杂质作为杂质离子。导电型为n型的Ga_N标记为“n-Ga_N”,导电型为p型的Ga_N标记为“p-Ga_N”。关于半导体晶体的生长方法的详情将后述。另外,在本公开的实施方式中,构成μLED的半导体晶体不限于Ga_N系半导体,也可以由AlN、InN、或AlInN等氮化物半导体、或其他半导体形成。

[0036] 在本公开的实施方式中,基板100是最终的μLED-UV源1000的构成要素。基板100的厚度例如可以为30μm以上且1000μm以下,优选为500μm以下。基板100的作用是成为晶体生长的基底、以及用于提高动作时的紫外线取出效率的光学部件。因此,μLED-UV源1000的刚性也可以由除了基板100以外的其他刚性部件补偿。这样的刚性部件例如能够固定于背板400。另外,在制造工序中,也可以在基板100的下表面100B固定用于补偿基板100的刚性的支承基板(未图示)。这样的支承基板能够从最终的μLED-UV源1000中除去。

[0037] 也可以在基板100的上表面(晶体生长面)100T上赋予缓和晶格畸变的槽或脊等结构。此外,也可以在基板100的上表面100T形成用于降低晶格畸变的缓冲层。在基板100的下表面100B,也可以形成用于进一步提高从μLED阵列放射并透射基板100的紫外线的取出效率、或扩散紫外线的微细的凹凸。微细的凹凸的例子包含蛾眼结构。蛾眼结构使基板100的下表面100B的有效折射率连续地变化,所以能够使在基板100的下表面100B被反射到基板100的内侧的比例(反射率)大幅降低(实质上为零)。

[0038] 在本公开中,有时将图1A所示的Z轴的正方向(箭头的方向)称为“晶体生长方向”或“半导体层叠方向”。此外,也可以将基板100的下表面100B和上表面100T分别称作基板100的“正面”和“背面”。

[0039] <前板>

前板200包含多个μLED220以及位于多个μLED220之间的元件分离区域240。多个μLED220在与基板100的上表面100T平行的二维平面(XY面)内可排列为行及列状。如图1A所示,多个μLED220分别具有第一导电型的第一半导体层21和第二导电型的第二半导体层22。第二半导体层22与第一半导体层21相比,位于靠近基板100的位置。

[0040] 在本公开的实施方式中,各μLED220具有能够与其他μLED220独立地发光的发光层23。发光层23位于第一半导体层21与第二半导体层22之间。元件分离区域240具有与第二半导体层22电连接的至少一个金属插塞24。金属插塞24作为μLED220的基板侧电极发挥功能。

[0041] 第一导电型的第一半导体层21的典型例为p-Ga_N层。第二导电型的第二半导体层22的典型例为n-Ga_N层。p-Ga_N层和n-Ga_N层无需分别沿着与基板100的上表面100T垂直的方向(半导体层叠方向:Z轴正方向)具有相同的组成,可以具有多层结构。如上所述,Ga_N的Ga可至少部分地被Al和/或In取代。这种置换可以调整Ga_N的带隙和/或折射率而进行。此外,n型杂质和p型杂质的浓度,即掺杂水平也不需要沿着半导体层叠方向(Z轴正方向)相同。

[0042] 为了发出紫外线,发光层23的典型例含有至少一个AlGa_N或InAlGa_N阱层。在发光层23包括多个阱层的情况下,在各个阱层之间可以配置带隙大于阱层的势垒层。阱层的带隙规定发光波长。具体而言,如果设真空中的发光波长为λ[nm],带隙为E_g[电子符号:eV],

则 $\lambda \times E_g = 1240$ 的关系成立。因此,为了放射例如 $\lambda = 350\text{nm}$ 的紫外线,只要将阱层的带隙 E_g 调整为约 3.54eV 即可。例如, AlGaIn 阱层的带隙可以根据 AlGaIn 阱层中的 Al 组成比率来调整。

[0043] 构成各 $\mu\text{LED}220$ 的上述多个半导体层分别是在基板100上外延生长的单晶的层(外延层)。元件分离区域240由沟槽状的凹部(以下称为“沟槽”)规定,该沟槽状的凹部通过对在基板100上外延生长的多个半导体层进行局部蚀刻而形成。被沟槽分离的各个 $\mu\text{LED}220$ 的占有区域,具有在 $1000\mu\text{m} \times 1000\mu\text{m}$ 的区域内容有的大小(例如 $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ 的区域或其以下)。另外, $\mu\text{LED}220$ 的占有区域通过由元件分离区域240划分的第一半导体层21和/或发光层23的轮廓规定。

[0044] 如图1B所示,元件分离区域240包围各 $\mu\text{LED}220$,将各个 $\mu\text{LED}220$ 与其他 $\mu\text{LED}220$ 分离。更具体而言,元件分离区域240将各个 $\mu\text{LED}220$ 的第一半导体层21和发光层23与其它 $\mu\text{LED}220$ 的第一半导体层21和发光层23电气/空间分离。

[0045] 如图1A所示,第二半导体层22可以不按每个 $\mu\text{LED}220$ 完全分离。在图1A所示的例子中,多个 $\mu\text{LED}220$ 分别具有的第二半导体层22由一层连续的半导体层形成,由多个 $\mu\text{LED}220$ 共用。若一层的连续的第二半导体层22被多个 $\mu\text{LED}220$ 共用,则该第二半导体层22作为对于多个 $\mu\text{LED}220$ 的第二导电侧的共用电极而发挥功能。如果各 $\mu\text{LED}220$ 的第二半导体层22相互分离,且第二半导体层22分别与背板400的第二导电侧的电极(布线)连接的方式中,若第二导电侧的电极或布线的一部分发生断线不良,则一部分的 $\mu\text{LED}220$ 发生通电不良。但是,根据多个 $\mu\text{LED}220$ 分别具有的第二半导体层22由一层连续的半导体层形成的方式,能够抑制这样的不良的产生。本公开的实施方式不限于这样的例子。如果各 $\mu\text{LED}220$ 的第二半导体层22与金属插塞24或后述的 TiN 缓冲层等适当地连接,则也可以从其他的 $\mu\text{LED}220$ 的第二半导体层22分离。

[0046] 在该例子中,元件分离区域240具有填埋(fill)多个 $\mu\text{LED}220$ 之间的埋入绝缘物(embedded insulator)25。埋入绝缘物25具有用于金属插塞24的一个或多个通孔。通孔由构成金属插塞24的金属材料填埋。金属插塞24也可以具有层叠不同金属层的结构。

[0047] 在本公开的实施方式中,优选前板200的上表面如图1A所示被平坦化。这样的平坦化,通过使元件分离区域240中的金属插塞24及埋入绝缘物25的上表面的电平与 $\mu\text{LED}220$ 中的第一半导体层21的上表面的电平大致一致来实现。

[0048] <反射镜>

在本公开的实施方式中, $\mu\text{LED-UV}$ 源1000的元件分离区域240具备将从多个 $\mu\text{LED}220$ 分别放射的紫外线向晶体生长基板100反射的反射镜260。更具体而言,元件分离区域240具有填埋多个 $\mu\text{LED}220$ 之间的埋入绝缘物25,埋入绝缘物25具有用于金属插塞24的V字形槽(通孔)。埋入绝缘物25由透射从 $\mu\text{LED}220$ 放射的紫外线的材料形成。

[0049] 金属插塞24在V字形槽的底部与第二半导体层22接触。该金属插塞24不仅作为用于将各 $\mu\text{LED}220$ 电连接到背板400的导电体发挥功能,而且还作为反射镜260发挥功能。如图所示,金属插塞24的侧面(反射面260S)与晶体生长基板100的上表面100T不正交,而是倾斜。金属插塞24优选由在至少与第二半导体层22接触的部分实现欧姆接触的材料形成。但是,其它部分能够由各种金属材料形成。例如,可以由选自 Al 、 Ag 、 Rh 、 Au 、 Cu 、 Pd 、 Pt 、 Ti 、 Ni 、 Mo 以及 W 组成的组中的至少一种金属形成。根据本发明人的研究,从以高反射率(例如90%以上)反射从 $\mu\text{LED}220$ 放射的紫外线这样的观点出发,金属插塞24的至少侧面(反射镜

260的反射面260S) 优选由Al形成。在想要确保70%以上作为实用的反射率的情况下,反射镜260的反射面260S优选由Al、Ag或Rh形成。特别是对于波长300nm以下的紫外线,作为反射镜260的反射面260S,优选Al或Rh。后述的模拟的结果可知,例如波长350nm的紫外线的反射率具有 $Al > Ag > Rh > Cu \approx Ti$ 的关系。此外,波长300nm以下的紫外线的反射率具有 $Al > Rh > Ti > Cu > Ag$ 的关系。

[0050] 作为反射镜260发挥功能的金属插塞24如图1B所示,包围各个 μ LED220。因此,从 μ LED220向四方放射的紫外线通过金属插塞24的倾斜的侧面(反射面260S)向晶体生长基板100的方向反射。金属插塞24不需要是具有格子形状的1个导电物,也可以分离为多个部分。

[0051] <反射镜的其它形态>

接下来,参照图2。在图2所示的例子中,金属插塞24在侧面具有反射层28,该反射层28作为反射镜260发挥功能。反射层28能够由与金属插塞24的材料不同的材料、例如Al或Rh形成。反射层28的厚度例如为30nm以上且50nm以下。反射层28也可以由金属以外的材料形成。反射层28例如可以由具有与埋入绝缘物25的折射率不同的折射率的电介质材料形成。利用存在于反射层28与埋入绝缘物25的界面的折射率差,能够反射从 μ LED220放射的紫外线。透射该界面入射到金属插塞24的紫外线能够被金属插塞24本身反射。

[0052] 图3是示出 μ LED-UV源1000的其它构成例的截面图。该例中的多个 μ LED220分别具有倾斜的侧面220S。金属插塞24与各 μ LED220所具有的侧面220S接触。在该例子中,金属插塞24具有与各 μ LED220所具有的侧面220S接触的反射面260S,作为反射镜260发挥功能。在该例子中,反射面260S的倾斜角度 θ 规定各 μ LED220具有的侧面220S的倾斜角度。在图3所示的例子中,反射面260S的倾斜角度 θ 小于90度(例如30~60度)。 μ LED220具有的侧面220S形成正锥形。

[0053] 金属插塞24的表面优选由能够与第二半导体层22实现欧姆接触的材料形成。第二半导体层22由n-GaN形成的情况下,通过使用具有比n-GaN的功函数 Φ_n 小的功函数 Φ_m 的金属(例如Ti),能够在第二半导体层22与金属插塞24之间实现选择性的欧姆接触,另一方面,在由P-GaN形成的第一半导体层21与金属插塞24之间形成高电阻层。根据图3的构成例,可以省略在元件分离区域240中形成埋入绝缘物25的工序以及在埋入绝缘物25中形成通孔的工序。

[0054] 在图3的构成例中,金属插塞24的构成不限于上述的例子,也可以具有层叠结构(上层金属以及下层金属)。以在上层金属与第一半导体层21之间形成高电阻或绝缘性的界面的方式选择上层金属的材料,并且以在下层金属与第二半导体层22之间形成低电阻欧姆接触的方式选择下层金属的材料。此时,如以下说明的那样,优选对紫外线的反射率高的材料至少与发光层23接触。

[0055] 另外,在第一半导体层21由p-GaN形成的情况下,欧姆接触的形成一般是困难的,此外,为了元件分离,由蚀刻引起的损伤形成p-GaN与金属插塞24之间的电阻。因此,如图3所示,能够避免第一半导体层21和第二半导体层22之间由于金属插塞24而电短路的问题。

[0056] <反射镜的倾斜角度及材料>

图4A及图4B示意性地示出发光层23产生的紫外线被金属插塞24反射的情况。在图示的例子中,在金属插塞24中的、反射紫外线的区域设置有高反射率层24R。高反射率层24R作为反射镜260发挥功能。在 μ LED内的发光层23产生的紫外线基本上各向同性地辐射,但带

隙相对大,容易沿着折射率高的发光层23横向地传导。因此,为了实现高反射率且使紫外线以适当的角度入射到基板100,反射镜260相对于发光层23的倾斜角度变得重要。

[0057] 图4A和图4B所示的反射镜260的反射面260S向下方(Z轴的负方向)反射从发光层23接收的紫外线。

[0058] 在本发明中,将反射镜260的反射面260S与XY面之间的角度定义为“反射面的倾斜角度 θ ”。此外,将在发光层23中传播来的紫外线相对于反射面260S的法线N所成的角度设为 α 。此时, $\theta+\alpha=90^\circ$ 的关系成立。被反射面260S反射的紫外线向相对于Z轴的负方向成 $|2\theta-90|^\circ$ 的角度的方向行进。将相对于Z轴的负方向成 $|2\theta-90|^\circ$ 度表示的角度称为“基板入射角”。

[0059] 在图4B所示的例子中,半导体层21、22、23的侧面(μ LED220的侧面220S)以倾斜角度 θ 倾斜,形成正锥形。关于图4B所示的构成例,本发明人进行了模拟后发现,为了实现紫外线的光取出,基板入射角需要为25度以下,优选为15度以下,更优选为10度以下。因此,作为反射镜260的反射面260S的倾斜角的 θ 需要在32.5~57.5度的范围,角度 θ 优选在37.5~52.5度的范围,更优选在40~50度的范围。

[0060] 当角度 θ 在40~50度的范围内时,实现90%左右的高的光取出效率。但是,这样的高光取出效率在基板100由蓝宝石形成的情况下实现,在由其他材料例如GaN形成的情况下未实现。具体而言,在基板100为GaN基板的情况下,即使基板入射角为0度,波长375nm以下的紫外线也无法取出。

[0061] 如后所述,也可以在基板100的上表面100T形成氮化钛(TiN)层。TiN层有助于晶体生长,但会影响紫外线的透射。根据本发明人的研究,如果使基板入射角为23度以下,则可以进行紫外线的取出。在存在厚度为5~15nm的TiN层的情况下,基板入射角优选为10度以下。如果基板入射角为10度以下,则能够实现60%以上的光取出效率。

[0062] 金属插塞24(反射镜260)的反射面260S中的材料优选为相对于紫外线反射率高的Al或Rh。如果反射面260S由Al层或Rh层形成,则金属插塞24(反射镜260)的内部也可以由其他金属、例如Cu、Ag、Ti、TiN等形成。还发现存在Al层或Rh层越厚至50nm左右,紫外线反射率越增加的倾向。作为反射镜发挥功能的Al层或Rh层的优选厚度例如为30nm以上。

[0063] 根据发明人的模拟可知,即使在可见光的波长范围内表示比较高的反射率的金属,例如在杀菌中利用的波长200nm以上且300nm以下的范围内,即使是Al和Rh以外的金属,反射率显著降低。例如,在图4B的例子中角度 $\theta=45^\circ$ 、构成反射镜260的反射面260S的金属膜的层厚为30nm时,如图4C所示,Al的反射率在波长200~380nm的宽范围内大致为90%以上。Rh的反射率也在波长200~380nm的宽范围内大致为68%以上。与此相对,例如,如图4D所示,Ag的反射率在波长350nm时为85%左右,在波长295nm时减少至37%。此外,Cu的反射率在波长380nm下为50%以上,在波长260~280nm附近为约40%。若详细比较Cu和Ag,则波长200nm~280nm的范围的反射率是Cu $\approx$ Ag,与此相对,在280nm~305nm的范围内是Cu>Ag,超过305nm时,Ag>>Cu。因此,在波长大于305nm的区域优选Ag,在波长为300nm附近优选Cu。另外,Al在整个这些波长范围中显示出比Ag、Cu高的反射率。Rh在318nm以上低于Ag,但在除此以外的特别为300nm以下,显示出比Ag、Cu高的反射率。

[0064] 由以上可知,将本公开的 μ LED紫外放射光源用于杀菌用途(波长:200nm以上且300nm以下,典型地为250nm以上且300nm以下)时,反射镜260的至少反射面260S优选由Al或

Rh形成。

[0065] 为了在紫外线的区域实现高反射率,构成反射面260S的Al或Rh的层厚优选为30nm左右以上。即使该层厚增加至50nm以上,反射率的增加也饱和。因此,作为反射镜260发挥作用的部分的Al或R的层厚优选为30~50nm。金属插塞24中,除从侧面起厚度为30~50nm左右的表层区域之外的其他部分,不考虑紫外线反射率,从降低电阻率或接触电阻的观点出发,可以选择其他金属。

[0066] 从提高针对半导体层的欧姆接触性的观点出发,优选将TiN用于金属插塞24的接触部分,但如果在反射面260S存在TiN层,则对紫外线的反射率下降。在反射面260S存在TiN层等Al层以外的金属层的情况下,优选将角 θ 设为40度以下。各 θ 越小,反射率越高。

[0067] 金属插塞24(反射镜260)的X轴方向(或Y轴方向)上的尺寸(宽度W)可以比金属插塞24的Z轴方向上的尺寸(高度h)大。金属插塞24的宽度相对于高度的比率(W/h)的典型的例子可以为0.5以上且10以下。

[0068] 图4A以及图4B的金属插塞24(反射镜260)的截面具有反梯形形状或者倒三角形的形状,但是金属插塞24(反射镜260)的截面的形状不限于这样的例子。此外,各 μ LED220所具有的侧面220S不需要是平面。图5是示出 μ LED220的侧面220S从圆锥台的侧面形成的例子的立体图。各 μ LED220的形状的底面能够由多角形、圆或椭圆的任意的锥台形成。

[0069] 图6是示出 μ LED-UV源1000的又一构成例的截面图。该例中的多个 μ LED220分别具有正锥形的侧面220S。但是,金属插塞24不与各 μ LED具有的侧面220S接触。在该例子中,金属插塞24位于形成在埋入绝缘物25上的通孔内。在该例子中,将从各 μ LED220放射的紫外线向晶体生长基板100反射的反射镜260是埋入绝缘物25与 μ LED220的界面(侧面220S)。这样的界面反射是由于埋入绝缘物25的折射率与 μ LED220的折射率之差而产生的菲涅尔反射。可构成 μ LED220的半导体的折射率例如在2.1以上且3.0以下的范围。在由具有比这些折射率低的折射率的电介质形成埋入绝缘物25的情况下,如果调整反射面的倾斜角度,则也可以产生从发光层23放射的紫外线的全反射。

[0070] 另外,埋入绝缘物25的折射率也可以高于 μ LED220的折射率。

[0071] 图7是示出 μ LED-UV源1000的又一构成例的截面图。该例中的多个 μ LED220分别具有正锥形的侧面220S。但是,在该例子中,反射镜260由与 μ LED220所具有的侧面220S接触的反射层28形成。该反射层28可以是将折射率不同的多个电介质层交替层叠而成的电介质多层膜。此时,作为电介质膜,可以优选使用例如 SiO_2 (折射率 $n=1.47$)和 TiO_2 ($n=2.7$)。这种情况下,通过调整各膜厚,层叠5个周期以上,可以使该电介质多层膜的反射率为95%以上。

[0072] 由上述反射镜260向晶体生长基板100反射的紫外线与从 μ LED220直接向晶体生长基板100放射的紫外线一起透射晶体生长基板100而向外部射出。这样的紫外线能够用于各种用途。

[0073] <中间层>

中间层300包括多个第一接触电极31和第二接触电极32(参照图1A)。多个第一接触电极31分别与多个 μ LED220的第一半导体层21电连接。至少一个第二接触电极32与金属插塞24连接。

[0074] 图8是示出第一接触电极31及第二接触电极32的配置例的立体图。在图8中,由于示出了接触电极31、32的配置例,省略了背板400的记载。图8所示的构造只不过是 μ LED-UV

源1000的一部分,如上所述, μ LED-UV源1000的实施方式具备多个 μ LED220。

[0075] 图8所示的第二接触电极32经由金属插塞24与第二半导体层22电连接。第二接触电极32的形状及尺寸并不限定于图示的例子。如上所述,由于金属插塞24能够采取多种形状,因此,只要经由金属插塞24与第二半导体层22电连接,则第二接触电极32的配置的自由度高。与此相对,第一接触电极31独立地电性连接于多个 μ LED220的第一半导体层21。在从与基板100的上表面100T垂直的方向观察时,第一接触电极31的形状及大小无需与第一半导体层21的形状及大小一致。

[0076] 如上所述,由于前板200的上表面平坦化,从基板100到第一接触电极31和第二接触电极32的距离,换言之,这些接触电极31、32的“高度”或“电平”彼此相等。这使得使用半导体制造技术来形成后述的背板400变得容易。本公开中的“半导体制造技术”包括:沉积半导体、绝缘体或导电体的薄膜的工序;以及通过光刻和蚀刻工序对薄膜进行图案化的工序。另外,在本说明书中,“被平坦化的表面”是指存在于其表面的凸部或凹部的高低差为300nm以下的表面。在优选的实施方式中,该阶差为100nm以下。

[0077] 再次参照图1A。在图1A所示的例子中,中间层300包括具有平坦表面的层间绝缘层38。层间绝缘层38具有多个接触孔,该多个接触孔用于将第一接触电极31和第二接触电极32分别与背板400的电路连接。接触孔由过孔电极36填埋。

[0078] 在本公开的实施方式中,优选在形成背板400之前的阶段中使层间绝缘层38的上表面平坦化。在形成背板400之前或形成途中的工序中的绝缘层的平坦化中,除了蚀刻以外,还可以优选使用化学机械研磨(CMP)处理。

[0079] <背板>

背板400具有在图1A中未图示的电路。电路经由多个第一接触电极31和至少一个第二接触电极32与多个 μ LED220电连接。在优选的实施方式中,电路包含多个薄膜晶体管(TFT)及其它电路要素。如后所述,TFT各自具有在被基板100支承的前板200和/或中间层300上生长的半导体层。另外,还有多个 μ LED220不需要进行有源矩阵动作的用途。当用于这样的用途时,背板400的电路不需要包含TFT。另外,即使在背板400的电路不包含TFT的情况下,该电路也包括通过物理或化学气相沉积法在中间层300上直接生长的金属、半导体和/或绝缘材料的层(生长层或堆积层)。这些层通过光刻技术而被图案化。

[0080] 图9是 μ LED-UV源1000以 μ LED单位放射紫外线时的基本等效电路图。在图9所示的例子中,背板400的电气电路具有选择用TFT元件Tr1、驱动用TFT元件Tr2以及保持电容CH。图9所示的 μ LED不是存在于背板400,而是存在于前板200内。

[0081] 在图9的例子中,选择用TFT元件Tr1连接于强度信号线DL和选择线SL。强度信号线DL是运送规定紫外线辐射的强度的信号的布线。强度信号线DL经由选择用TFT元件Tr1与驱动用TFT元件Tr2的栅极电连接。选择线SL是运送控制选择用TFT元件Tr1的导通/截止的信号的布线。驱动用TFT元件Tr2控制功率线PL和 μ LED之间的导通状态。如果驱动用TFT元件Tr2导通,则电流经由 μ LED从功率线PL向接地线GL流动。该电流使 μ LED发光。即使选择用TFT元件Tr1截止,也可以通过保持电容CH,维持驱动用TFT元件Tr2的导通状态。

[0082] 如果是具有上述构成的背板400,则能够由 μ LED单位控制紫外线的放射强度。这广泛扩大紫外辐射源的用途。例如,对于用紫外线硬化的树脂,可以无掩膜且用具有任意的强度分布的紫外线照射。此外,紫外线照射的强度分布也能够根据输入的强度信号来简单地

变更。

[0083] 背板400的电路可以包括选择用FT元件Tr1、驱动用TFT元件Tr2、强度信号线DL和选择线SL等,但是电路的配置不限于这样的例子。通过调整 μ LED-UV源1000所包含的各个 μ LED的形状、尺寸、配置,能够实现各种紫外线照射的强度分布。假设,其强度分布即使是按照每个 μ LED-UV源1000固定,根据用途也是充分的。

[0084] <制造方法>

接着,说明制造 μ LED-UV源1000的方法的基本例子。

[0085] 首先,如图10A所示,准备具有上表面(晶体生长面)100T的基板100。图10A只不过示出沿着与上表面100T平行的平面扩张的基板100的一部分。

[0086] 接着,从基板100的上表面100T使包含第二导电型的第二半导体层22、发光层23及第一导电型的第一半导体层21的多个半导体层外延生长。各半导体层是氮化镓系化合物半导体的单晶外延生长层。氮化镓系化合物半导体的生长例如可以采用MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法进行。规定各导电型的杂质在晶体生长期间从气相中掺杂。

[0087] 在基板100上形成包含上述半导体层的半导体层叠结构280之后,如图10B所示,在第一半导体层21上形成掩膜M1。掩膜M1具有规定元件分离区域240的形状及位置的开口部。换言之,掩膜M1规定 μ LED220的形状及位置。通过从上表面对半导体层叠结构280中未被掩膜M1覆盖的部分进行蚀刻,如图10C所示,形成规定元件分离区域240的沟槽。该蚀刻(平台蚀刻)可以通过例如电感耦合等离子体(ICP)蚀刻法或反应性离子蚀刻(RIE)法来进行。蚀刻的深度以在沟槽的底部出现第二半导体层22的方式决定。通过蚀刻形成的沟槽的深度例如可以为 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $5\mu\text{m}$ 以下,沟槽的宽度例如可以为 $5\mu\text{m}$ 以上且 $100\mu\text{m}$ 以下。从提高紫外线照射强度的面内均匀性的观点出发,优选沟槽的宽度小。各个 μ LED220的横向宽度例如可以为 $5\mu\text{m}$ 以上且 $1000\mu\text{m}$ 以下,例如为 $10\sim 100\mu\text{m}$ 。为了对任意的图案化区域选择性地紫外线照射,优选减小二维排列的各个 μ LED220的尺寸(例如使之收敛在 $100\mu\text{m}\times 100\mu\text{m}$ 以下的区域内、或者宽度 $100\mu\text{m}$ 的条纹区域内的大小)。通过蚀刻, μ LED220的侧面220S露出。换言之,各个 μ LED220具有蚀刻后的侧面(etched side surfaces)220S。在图10C的例子中,侧面220S不倾斜,但通过调整掩膜M1的材料及蚀刻条件,也能够形成前述的正锥形。

[0088] 接着,在形成了包含金属插塞24的元件分离区域240之后,如上述图8所示,形成第一接触电极31及第二接触电极32。接着,在形成中间层300的层间绝缘层(厚度:例如 $500\text{nm}\sim 1500\text{nm}$)38后,在层间绝缘层38形成用于将背板400的电路与前板200的 μ LED220连接的多个接触孔(图8中未图示)。接触孔形成为到达位于下层的接触电极31、32。接触孔由过孔电极填充。另外,层间绝缘层38的上表面能够通过CMP处理而被平滑化。

[0089] 接着,如图10D所示,在中间层300上形成背板400。本公开中的特征点在于,不是将背板400粘贴在中间层300上,而是通过半导体制造技术将构成背板400的各种电子元件以及布线直接形成在包括前板200以及中间层300的层叠构造体上。其结果,背板400中包含的多个TFT的各自具有在由基板100支承的前板200和中间层300构成的层叠结构体上生长的半导体层。

[0090] 如上所述,如果前板200的上表面和中间层300的上表面被平坦化,则通过半导体制造技术容易制造包括TFT的背板400。通常,在通过半导体制造技术形成TFT的情况下,需

要进行所堆积的半导体层、绝缘层以及金属层的图案化。这种图案化通过伴随曝光的光刻工序来实现。在堆积的半导体层、绝缘层以及金属层的基底上存在大高度差的情况下,曝光时的焦点不一致,无法实现精度高的微细图案化。在本公开的实施方式中,包括元件分离区域240的整个前板200被平坦化,从而中间层300也被平坦化,利用半导体制造技术背板400的形成变得容易。

[0091] 在参照图10A~图10D说明的构成例中, μ LED220的形状概略为长方体,但 μ LED220的形状可以是圆柱,也可以是六棱柱等多棱柱或椭圆柱。此外,如图4B所示,也可以具有倾斜的侧面。

[0092] <第一实施方式>

以下,进一步详细说明基于本公开的 μ LED-UV源的基本实施方式。

[0093] 参照图11。本实施方式中的 μ LED-UV源1000是具备与上述的基本构成例同样的构成的紫外辐射源。该 μ LED-UV源1000具备:由蓝宝石形成的基板100、形成于基板100上的前板200、形成于前板200上的中间层300、以及形成于中间层300上的背面板400。

[0094] 接着,参照图12A至图15,说明本实施方式中的 μ LED-UV源1000的构成和制造方法的一例。

[0095] 首先,参照图12A。在本实施方式中,将基板100置于MOCVD装置的反应室内,供给各种气体,进行氮化镓(GaN)系化合物半导体的外延生长。本实施方式中的基板100例如为厚度约50~600 μ m的蓝宝石基板。基板100的上表面100T典型地为C面(0001),但也可以在上表面具有m面、a面、r面等非极性面或半极性面。此外,上表面100T可以从这些结晶面倾斜几度左右。基板100典型地为圆板状,其直径例如可以为1英寸至8英寸。基板100的形状和尺寸不限于该例子,也可以是矩形。此外,也可以使用圆板状的基板100来进行制造工序,最终将基板100的周边切割而加工成矩形形状。此外,也可以使用比较大的基板100来进行制造工序,最终对1张基板100进行分割来形成多个 μ LED-UV源(划分)。

[0096] 首先向MOCVD装置的反应室内供给三甲基镓(TMg)或三乙基镓(TEG)、作为载气的氢(H_2)、氮(N_2)、氨(NH_3)和硅烷(SiH_4)。将基板100加热至1100 $^{\circ}C$ 左右,使n-GaN层(厚度:例如2 μ m)22n生长。硅烷是供给作为n型掺杂剂的Si的原料气体。n型杂质的掺杂浓度可以是例如 $5 \times 10^{17} cm^{-3}$ 。

[0097] 接着,停止 SiH_4 的供给,将基板100的温度降温到低于800 $^{\circ}C$ 而形成发光层23。具体而言,首先使 $Al_x In_y Ga_z N$ ($0 \leq x < 1, 0 < y < 1, 0 < z < 1$) 势垒层生长。再开始三甲基镓(TMI)的供给,使 $Al_{x'} In_{y'} Ga_{z'} N$ ($0 \leq x' < 1, 0 < y' < 1, 0 < z' < 1$) 阱层生长。通过势垒层和阱层以两个周期以上交替地生长,能够形成具有作为发光部发挥作用的多量子阱的发光层(厚度:例如100nm)23。阱层的数量越多越能够抑制在大电流驱动时阱层内部的载流子密度变得过大。一个发光层23可以具有被两个势垒层夹着的单一的阱层。也可以在n-GaN层22n上直接形成阱层,在阱层上形成势垒层。

[0098] 在形成发光层23后,暂时停止TMI的提供。然后,也可以在载气(氢)中除了氮以外,再次开始氨的供给,使生长温度上升至850 $^{\circ}C$ ~1000 $^{\circ}C$,供给三甲基铝(TMA)和作为p型掺杂物的Mg的原料的双环戊二烯基镁(Cp_2Mg),使溢出抑制层生长。接着,停止TMA的供给,使p-GaN层(厚度:例如0.5 μ m)21p生长。p型杂质的掺杂浓度可以是例如 $5 \times 10^{17} cm^{-3}$ 。

[0099] 另外,可以在n-GaN层22n与发光层23之间设置n-AlGaN层,也可以代替n-GaN层22n

而设为n-AlGaIn层。此外,可以在发光层23和p-GaN层21p之间形成p-AlGaIn层。

[0100] 接着,如图12B所示,通过对从MOCVD装置的反应室取出的基板100进行光刻和蚀刻工序,除去p-GaN层21p和发光层23的规定区域(形成有元件分离区域240的部分,深度:例如1.5 μ m),使n-GaN层22n的一部分露出。如后所述,氮化镓系半导体的蚀刻可以使用氯系气体的等离子体进行。

[0101] 如图12C所示,用埋入绝缘物25填满规定元件分离区域240的空间。埋入绝缘物25的材料及形成方法只要从透射紫外线的材料及其形成方法中选择,就是任意的。在图示的例子中,埋入绝缘物25的上表面被平坦化,且位于与p-GaN层21p的上表面相同的水平。

[0102] 如图12D所示,在埋入绝缘物25的一部分上形成到达n-GaN层22n的贯通孔(通孔)26。该通孔26规定金属插塞24的位置以及形状。在该例子中,以使金属插塞24作为反射镜发挥功能的方式使通孔26的侧面倾斜。此外,通孔26收纳具有图1B所示那样的形状的金属插塞24。

[0103] 如图12E所示,形成填充通孔26的金属插塞24,使前板200的上表面平坦化。然后,形成第一接触电极31和第二接触电极32。平坦化例如可以通过回蚀、选择生长或剥离等各种工艺来进行。

[0104] 为了进行与n-GaN层22n欧姆接触,金属插塞24例如可以由钛(Ti)和/或铝(Al)等金属形成。金属插塞24优选在与n-GaN层22n接触的部分具有包含Ti的金属的层(例如TiN层)。TiN层的存在有助于实现低电阻的n型欧姆接触。TiN层可通过在形成与n-GaN层22n接触的Ti层后,例如进行30秒的600℃左右的热处理来形成。如上所述,在反射紫外线的部分存在Al或Rh。

[0105] 第一及第二接触电极31、32能够通过金属层的沉积及图案化来形成。在第一接触电极31与 μ LED220的p-GaN层21p之间形成金属-半导体界面。为了实现p型欧姆接触,第一接触电极31的材料能够从例如铂(Pt)和/或钯(Pd)等功函数大的金属中选择。在形成Pt或Pd的层(厚度:约50nm)后,例如,可以在350℃以上且400℃以下的温度下进行30秒左右的热处理。如果在与p-GaN层21p直接接触的部分存在Pt或Pd的层,则在其层上也可以层叠其他金属、例如Ti层(厚度:约50nm)和/或Au层(厚度:约200nm)。

[0106] 也可以在p-GaN层21p的上部形成p型杂质以相对高浓度掺杂的区域。第二接触电极32不是与半导体电连接而是与金属插塞24电连接。因此,第二接触电极32的材料能够从广的范围选择。第一接触电极31及第二接触电极32可以通过对一张连续的金属层进行图案化而形成。该图案化还包括剥离。如果第一接触电极31和第二接触电极32的厚度彼此相等,则与后述的TFT40等的、背板400中的电路的连接变得容易。

[0107] 在形成第一以及第二接触电极31、32之后,它们被层间绝缘层(厚度:例如1000nm至1500nm)38覆盖。在某一优选例中,层间绝缘层38的上表面可以通过CMP处理等平坦化。上表面被平坦化的层间绝缘层38的厚度意味着“平均厚度”。

[0108] 如图12F所示,在层间绝缘层38上形成接触孔39。接触孔39用于将背板400的电路与前板200的 μ LED220电连接。

[0109] 再次参照图11,以下对背板400的电路中包含的TFT的结构例以及形成方法进行说明。

[0110] 在图11所示的例子中,TFT40具有:形成在层间绝缘层38上的漏极41及源极42;与

漏极41及源极42的各自的上表面的至少一部分接触的半导体薄膜43;形成在半导体薄膜43上的栅极绝缘膜44;和形成在栅极绝缘膜44上的栅极45。在图示的例子中,漏极41以及源极42分别通过过孔电极36与第一接触电极31及第二接触电极32连接。这些TFT40的构成要素通过公知的半导体制造技术形成。

[0111] 半导体薄膜43能够由多晶硅、非晶硅、氧化物半导体以及/或者氮化镓系半导体形成。多晶硅例如可通过如下方式形成:通过薄膜沉积技术将非晶硅沉积在中间层300的层间绝缘膜38上后,用激光束使非晶硅结晶化。这样形成的多晶硅被称为LTPS (Low-Temperature Poly Silicon)。多晶硅在光刻和蚀刻工序中被图案化为所希望的形状。

[0112] 图11中的TFT40被绝缘层(厚度:例如500nm~3000nm)46覆盖。在绝缘层46设置有未图示的开口孔,能够将TFT40的例如栅极45与外部的驱动器集成电路元件等连接。优选绝缘层46的上表面也被平坦化。背板400的电路可以包括未示出的TFT、电容器和二极管等电路元件。因此,绝缘层46可以具有层叠有多个绝缘层的构成,该情况下的各绝缘层中可以根据需要设置有连接电路元件的过孔电极。此外,在各绝缘层上,根据需要可以形成布线。

[0113] 本实施方式中的背板400可以具有与在显示器装置中使用的公知的背板(例如TFT基板)相同的构成。但是,本公开的背板400具有的特征在于,通过半导体制造技术形成在位于下层的 μ LED220上。因此,例如TFT40的漏极41以及源极42能够通过对以覆盖前板200的方式堆积的金属层进行图案化来形成。这种图案形成能够利用光刻技术进行高精度的位置对准。特别是在本实施方式中,由于前板200和/或中间层300均被平坦化,因此可以提高光刻的分辨率。其结果,能够成品率良好且价格低地制造具备例如以20 μ m以下、极端的例子中为5 μ m以下的微细间距排列的多个 μ LED220的器件。

[0114] 图11所示的TFT40的构成是一个例子。为了便于理解说明,对TFT40的漏极41与第一接触电极31电连接的例子进行了说明,但TFT40的漏极41也可以与背板400内的其他电路元件或布线连接。此外,TFT40的源极42不需要与第二接触电极32电连接。第二接触电极32可与 μ LED220的n-GaN层22n共用,并与提供规定电位的布线(例如接地布线)连接。

[0115] 在本实施方式中,背板400的电气电路具有分别与第一接触电极31及第二接触电极32连接的多个金属层(作为漏极41及源极42发挥功能的金属层)。此外,在本实施方式中,多个第一接触电极31分别覆盖多个 μ LED220的p-GaN层21p,并作为遮光层或反射层发挥功能。各个第一接触电极31无需覆盖 μ LED220的上表面,即p-GaN层21p的上表面的整体。第一接触电极31的形状、尺寸及位置以实现充分低的接触电阻,并且充分抑制从发光层23放射的紫外线入射到TFT40的沟道区域的方式来决定。另外,使从发光层23放射的紫外线不入射到TFT40的沟道区域通过使其它金属层配置于适当的位置来实现。

[0116] 根据本公开的实施方式,在通过用金属插塞24及埋入绝缘物25埋入元件分离区域240而实现的具有平坦的上表面的前板200上,形成具有平坦化的上表面的中间层300。这些结构(下部结构)作为在其上形成TFT等电路元件的基底而发挥作用。在沉积用于TFT的半导体时或在沉积后进行热处理时,上述下部结构例如在350℃以上的温度下被处理。因此,元件分离区域240内的埋入绝缘物25及中间层300中包含的层间绝缘层38优选由即使通过350℃以上的热处理也不会劣化的材料形成。例如,聚酰亚胺和SOG (Spin-on Glass) 可以优选使用。

[0117] 背板400中的电路所包含的TFT的构成不限于上述例子。

[0118] 图13是示意性地示出TFT的其他例子的截面图。图14是示意性地示出TFT的又一个例子的截面图。

[0119] 在图13的例子中,TFT40具有:形成在层间绝缘层38上的漏极41、源极42和栅极45;形成在栅极45上的栅极绝缘膜44;和形成在栅极绝缘膜44上,并与漏极41和源极42各自的上表面的至少一部分接触的半导体薄膜43。在图示的例子中,漏极41以及源极42分别通过过孔电极36与第一接触电极31及第二接触电极32连接。

[0120] 在图14的例子中,TFT40具有:形成在层间绝缘层38上的半导体薄膜43;形成在层间绝缘层38上,且分别与半导体薄膜43的一部分接触的漏极41及源极42;形成在半导体薄膜43上的栅极绝缘膜44;和形成在栅极绝缘膜44上的栅极45。在图示的例子中,漏极41以及源极42分别通过过孔电极36与第一接触电极31及第二接触电极32连接。

[0121] TFT40的构成不限于上述例子。在本公开的实施方式中,在形成TFT40的工序的初期阶段,形成经由中间层300中的层间绝缘层38的接触孔39与前板200的第一及第二接触电极31、32连接的多个金属层。这些金属层可以为TFT40的漏极41或源极42,但并不限于这些。

[0122] 本实施方式中的漏极41以及源极42在被平坦化的中间层300中的层间绝缘层38上堆积金属层后,通过光刻以及蚀刻工序被图案化。因此,在前板200(中间层300)与背板400之间,不会产生导致成品率降低的错位。

[0123] <TiN缓冲层>

图15是示意性地示出具有位于基板100与各 μ LED220的n-GaN层22n之间的氮化钛(TiN)层50的 μ LED-UV源的一部分的截面图。TiN层50的厚度例如可以为5nm以上且20nm以下。TiN层50可以与由蓝宝石形成的基板100组合来适当利用。

[0124] TiN层50具有导电性。在本公开的实施方式中,在广泛的范围内排列有多个 μ LED220,通过至少1个金属插塞24将 μ LED220的n-GaN层22n连接到背板400的电路。因此,如果相对于从n-GaN层22n流向金属插塞24的电流的电阻成分(片电阻)过高,则导致耗电量的增加。TiN层50在晶体生长时作为缓和晶格失配的缓冲层发挥功能,有助于降低晶体缺陷密度,并且在器件工作时,有助于使上述电阻成分降低。从使电阻成分降低并作为基板侧电极发挥功能的观点出发,TiN层50的厚度优选为10nm以上,更优选为12nm以上。另一方面,从使从 μ LED220放射的紫外线透射的观点出发,优选将TiN层50的厚度设为例如20nm以下,进一步优选为5~15nm。

[0125] 在图15所示的例子中,一层连续的n-GaN层22n(第二半导体层)被多个 μ LED220共用。但是,n-GaN层22n也可以按每个 μ LED220分离。在该情况下,规定元件分离区域240的沟槽的底到达TiN层50的上表面,金属插塞24与TiN层50接触。由于1片连续的TiN层50被与所有的 μ LED220中的n-GaN层22n电连接,所以确保了金属插塞24与各个 μ LED220的n-GaN层22n的电导通。在该例子中,TiN层50作为多个 μ LED220的n侧共用电极而发挥功能。在本公开的实施方式中,由于多个 μ LED220中的第二导电侧的电极被半导体层或TiN层共用化,因此避免了由于断线而在一部分的 μ LED220产生导通不良的问题。

[0126] <第二实施方式>

上述的实施方式具备在1个连续的基板100上排列有多个 μ LED220的构成,但是本公开的 μ LED紫外辐射源并不限定于这样的例子。

[0127] 以下,说明例如将图1A和图1B所示的构成分割为多个发光元件单元而由可挠性薄

膜(柔性基板)支承的 μ LED紫外辐射源的其他实施方式。

[0128] 首先,参照图16说明本实施方式中的 μ LED紫外辐射源的构成例。本实施方式中的 μ LED紫外辐射源2000基本上具备上述 μ LED紫外辐射源1000的构成。不同点在于,在 μ LED紫外放射源2000中,被分割成多个发光元件单元10的构成由可挠性薄膜(柔性薄膜)520支承。更具体而言,晶体生长基板100、前板200、中间层300以及背板400被分割为多个发光元件单元10,多个发光元件单元10分别包含多个 μ LED220中的至少一个。从多个 μ LED220放射的紫外线透射晶体生长基板100向外部射出。在上述第一实施方式中的 μ LED紫外辐射源1000中,必须具备反射镜,但第二实施方式的 μ LED紫外辐射源2000也可以不必具备反射镜。但是,通过在 μ LED220的周围设置反射镜,不仅能够得到紫外线的取出效率提高且光学损失减少的效果,还能够得到能够以 μ LED220单位控制紫外线辐射的指向性的效果。在本实施方式中,由于能够利用可挠性薄膜使各个 μ LED220朝向不同的方向,所以利用反射镜提高来自各个 μ LED的紫外线放射的指向性,能够提高利用柔性的 μ LED紫外放射源2000的放射图案的自由度和控制性。另外,优选被分割的各个发光元件单元10中包含的全部的 μ LED220的全周被反射镜包围,但这不是不可缺少的。

[0129] 在图16的例子中, μ LED紫外放射源2000具备具有曲面或角部的部件600,柔性薄膜520附着在该部件600上。在图16的例子中,该部件600具有长轴部分,该长轴部分具有内表面和外表面。具体而言,部件60具有在与图的纸面垂直的方向上延伸的圆筒形状。搭载有单片化的多个 μ LED220的柔性薄膜520附着于这样的长轴部分的内表面。多个发光元件单元10各自也可以包含沿规定方向排列的多个 μ LED220。

[0130] 在图16的例子中,接受紫外线照射的材料,例如包含杀菌对象物的水等流动体在位于中心部的管620的内部流动。该管620由使紫外线良好地透射的材料、例如石英形成。以包围管620的周围的方式排列的多个发光元件单元10分别具有发出紫外线的一个或多个 μ LED220。此外,包围发光元件单元10的部件600的至少内壁面优选由反射紫外线的材料或膜构成。这样,从多个 μ LED220放射的紫外线有效地集中在管620的内部,因此能够在短时间内达到杀菌等处理所需的照射强度。另外,如果在管620的内壁堆积由具有光催化效果的材料形成的膜,则能够防止污垢的附着。这样的膜的典型例为 TiO_2 膜。膜的厚度优选设为不妨碍紫外线透射的程度(例如5~20nm)。

[0131] 所有发光元件单元10无需同时放射紫外线。在同时射出紫外线的情况下,由于 μ LED220的密集排列,能够进行均匀的照射。紫外线的照射强度、照射时间也可以以发光元件单元单位或 μ LED单位进行。在不需要这样的动作的情况下,只要将各发光元件单元单位或各 μ LED单位连接到共用的电源线的简单的电路设置于背板400即可。但是,为了实现任意的照射图案,例如将包含用于有源矩阵驱动的TFT的电路设置于背板400即可。

[0132] 另外, μ LED紫外放射源2000的形态不限于图16所示的具有向封闭空间放射紫外线的构成的例子。排列有多个发光元件单元10的柔性薄膜520贴附于具有复杂的外形形状的物体的表面,也能够向外放射紫外线。特别是,能够得到以下效果:在各个发光元件单元10的尺寸被充分缩小且设置有反射镜的情况下,可以自由地控制紫外线辐射的指向性。即使想要通过现有的拾取/非玩游戏法获得同样的效果,事实上也不可能在非平面上边调整朝向边安装多个 μ LED。

[0133] 接着,说明制造 μ LED紫外放射源2000的方法的一例。

[0134] 首先,通过上述方法,制作与图1A及图1B所示的 μ LED紫外放射源1000同样的结构物。接着,进行将晶体生长基板100以及晶体生长基板100上的层叠结构物分割为多个发光元件单元10的工序。具体而言,例如如图17A所示,将背板400固定在扩张膜510上后,通过激光束或切割刀片切断多个发光元件单元10的边界位置。这样,在相邻的发光元件单元10之间形成切断槽。

[0135] 之后,通过扩张扩张膜510,如图17B所示,扩大多个发光元件单元10的中心间距离。扩张前的中心间距离在扩张后例如可以扩大1.2~2.5倍,或其以上(5倍程度)。将扩张膜510扩张后,如图17B所示,使多个发光元件单元10同时或依次移动(转印)到柔性薄膜520。转印后,可剥离扩张膜510。

[0136] 这样,得到以规定的间隔载置有多个发光元件单元10的柔性薄膜520之后,能够将该柔性薄膜520与固定对象物的表面形状一致而灵活地变形。在柔性薄膜520的表面中与背板400相对的面上设置有用与背板400电连接的电极垫和布线。布线也可以具有能够与柔性薄膜520一起扩张的材料及结构。这样的材料的例子为分散有导电性粒子的树脂、或其自身具有导电性的导电性高分子(导电性聚合物)。此外,这样的结构的例子是蛇行或弯曲的布线图案,具有即使柔性薄膜520扩张也不会断线的形状。

[0137] 接着,将柔性薄膜520和多个发光元件单元10的整体卷成圆筒状后,插入图16所示的圆筒状的部件600的内部,并固定在部件600的内壁上。如果将使紫外线透射的管620插入中空部分,则实现图16所示。

[0138] 另外,在将扩张膜510从图17A的状态向图17B的状态扩张时,例如能够使用图19A所示的扩张装置800。扩张装置800把持圆形状的扩张膜510的圆周部分,圆柱状可动台(未图示)的上表面与扩张膜510的背面接触。扩张装置800在将扩张膜510的圆周部分保持在规定位置上的状态下,在可动台的上表面对扩张膜510进行加热的同时,将可动台向附图的近前方向推出。其结果,能够将扩张膜510从中央向半径方向的外侧扩大。图19B示出了扩张装置800使可动台向图中的近前侧移动,将扩张膜510从中央向半径方向的外侧放大的状态。根据扩张薄膜510的扩大/扩张,支承于扩张薄膜510的多个发光元件单元10分别使位置移位而扩大相互的间隔。例如,在这样的状态下将图17B所示的柔性薄膜520固着于扩张膜510之后,使扩张膜510从扩张装置800拆卸即可。

[0139] 图19A和图19B的例子中,各个发光元件单元10被切割/分离成例如具有小于 $1000\mu\text{m} \times 1000\mu\text{m}$ (例如 $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$)的尺寸,但是本公开的实施例不限于这样的例子。各发光元件单元10也可以具有在规定的方向上延伸的条纹形状。例如,如图16所示,在使柔性薄膜520沿着圆柱面变形的情况下,发光元件单元10在长轴方向上延伸,对变形来说不会成为障碍。

[0140] 在上述的例子中,扩张膜510没有作为最终的 μ LED紫外放射源2000的构成要素发挥功能,但是本公开的实施方式不限于这样的例子。例如,如图18A所示,可以在被分割的多个发光元件单元10的背板400固定于扩张膜510的状态下,扩大多个发光元件单元10的中心间距离,变形为图18B所示的状态。当扩张膜510作为最终的 μ LED紫外放射源2000的可挠性薄膜发挥功能时,设置于扩张膜510的粘接层优选由因紫外线照射而其粘接力不会降低的粘接剂形成。

[0141] 扩张后,也可以在图17B的柔性薄膜520的背面、或者图18B的扩张膜510的背面粘

贴布线层或印刷电路板等功能层。

[0142] 另外,在图17A所示的例子中,从背板400侧执行用于分割的切断,而在图18A所示的例子中,从基板100侧执行这样的切断。为了使切断的影响不会影响到扩张膜510或柔性薄膜520,在切断时,将切割膜等其他膜预先贴附到基板100或背板400,在切断后从切割膜转印至扩张膜510即可。

[0143] 这样,使用扩张膜510来扩大发光元件单元10的中心间距离的方式可存在多种多样的变化。此外,发光元件单元10的形状及构成也可能有各种变化。各个发光元件单元10可包含单个或多个 μ LED220。

[0144] 图16所示的 μ LED紫外放射源2000具备固定于圆筒状的部件600的内壁面的柔性薄膜520,但柔性薄膜520可以固定于圆筒状的部件600的外壁面,也可以固定于具有其他各种形状的任何部件而使用。

产业上的可利用性

[0145] 本发明的实施方式提供新的微型LED紫外辐射源。微型LED紫外辐射源能够用于树脂的紫外线固化、抗蚀剂的感光、树脂膜的剥离、杀菌等要求紫外线的照射的各种用途。特别是在要求对规定的区域选择性地照射紫外线的装置中是有用的。

附图标记说明

[0146] 21...第一半导体层;22...第二半导体层;23...发光层;24...金属插塞;25...埋入绝缘物;31...第一接触电极;32...接触电极;36...过孔电极;38...层间绝缘层;100...晶体生长基板;200...前板;220... μ LED;240...元件分离区域;300...中间层;400...背板;1000... μ LED-UV源。

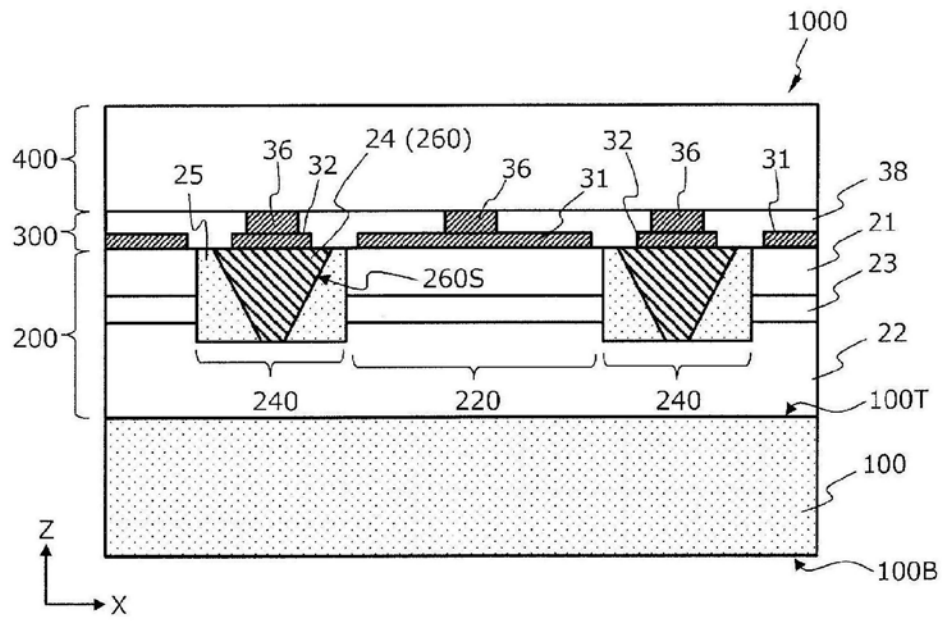


图1A

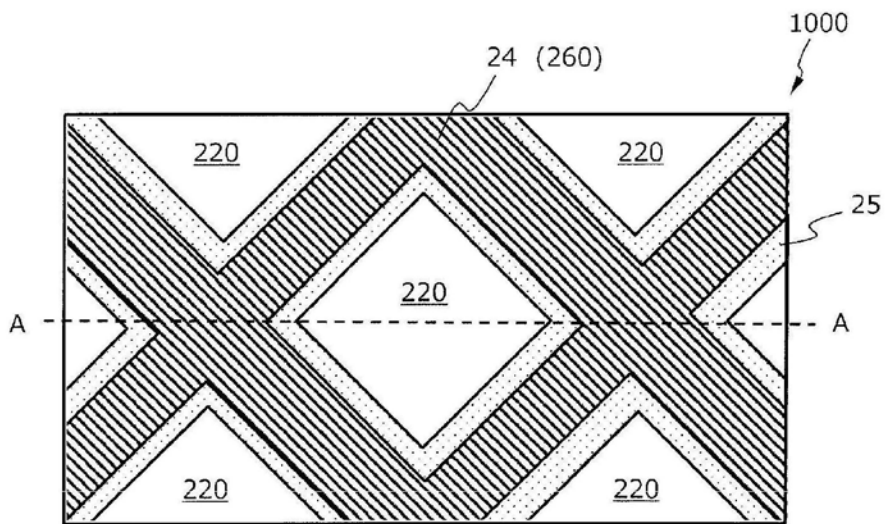


图1B

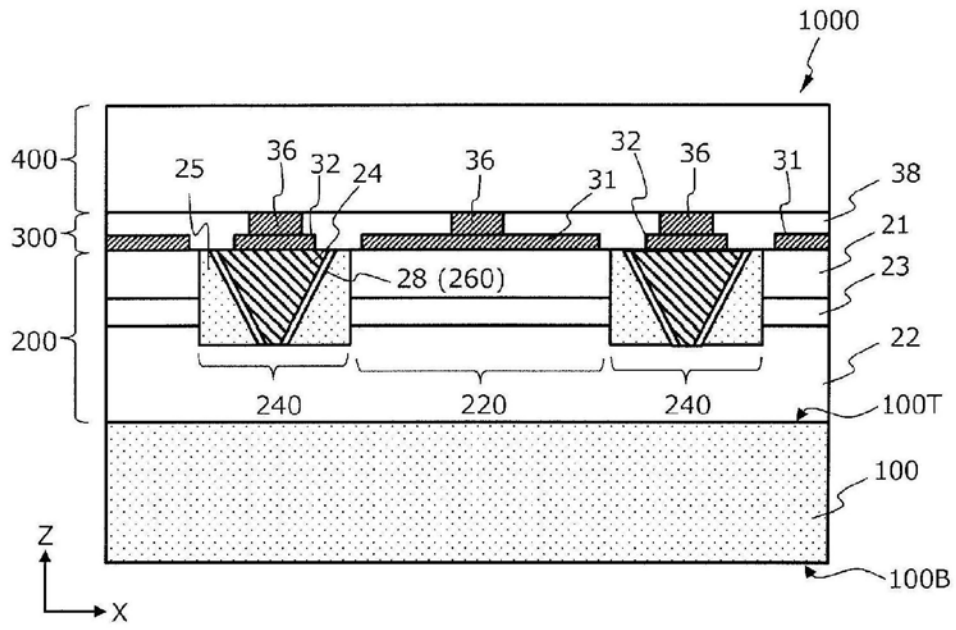


图2

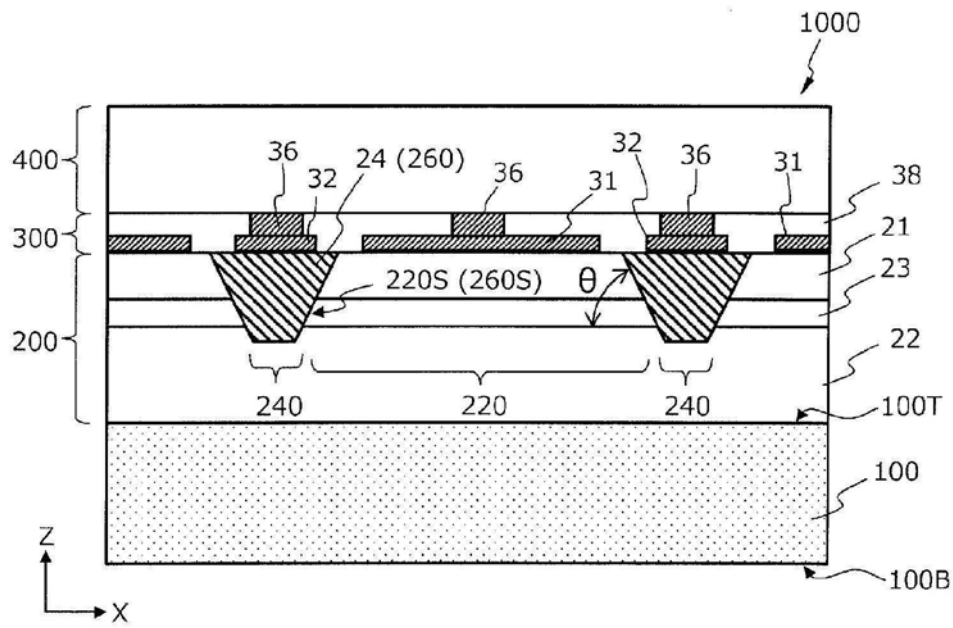


图3

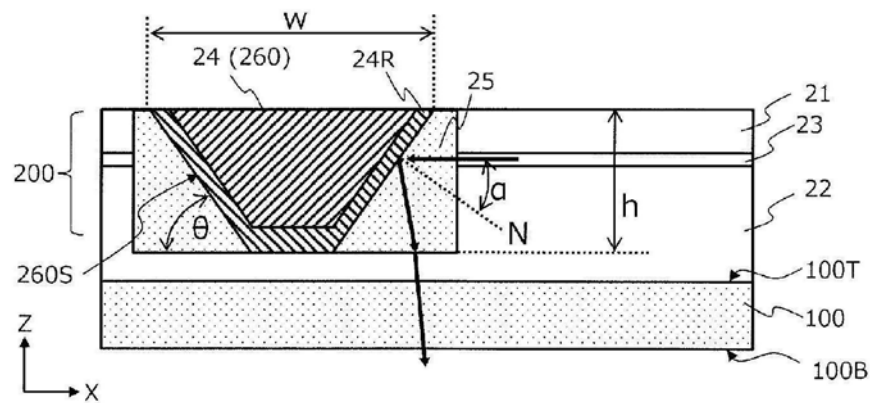


图4A

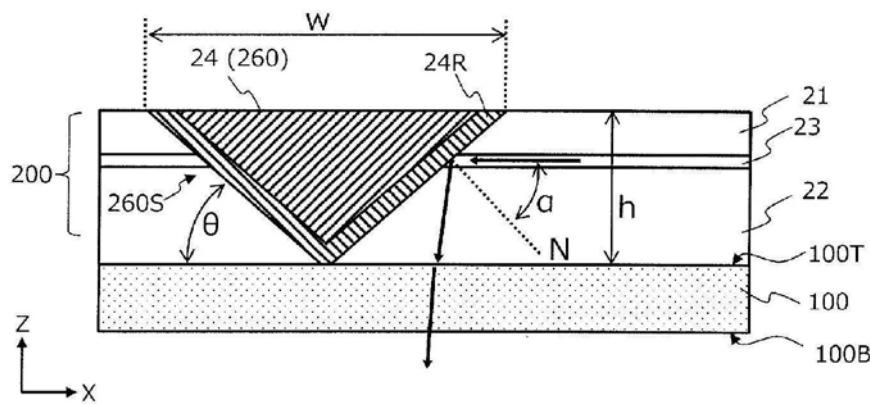


图4B

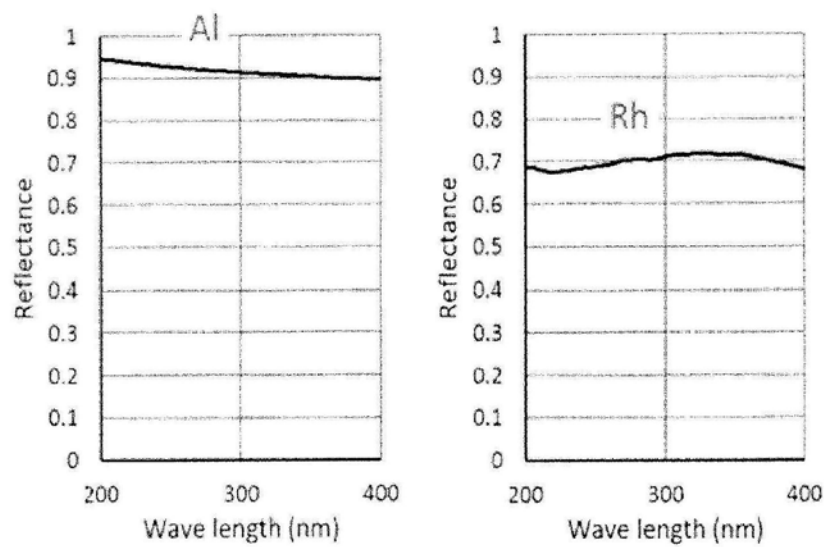


图4C

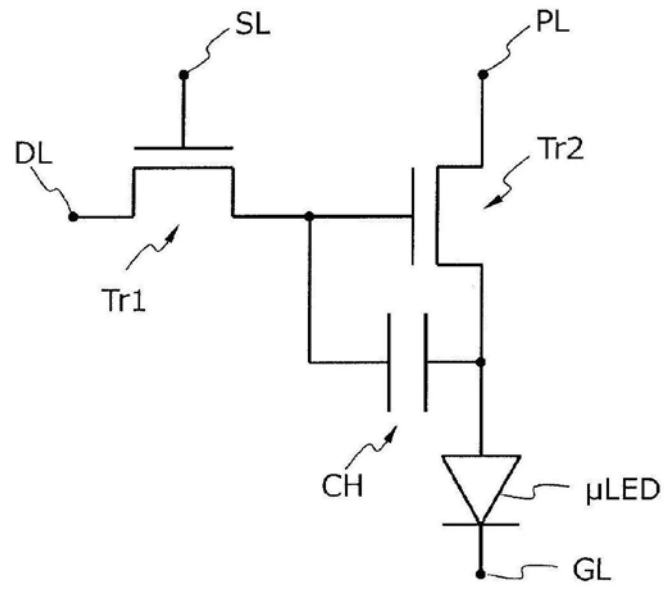


图9

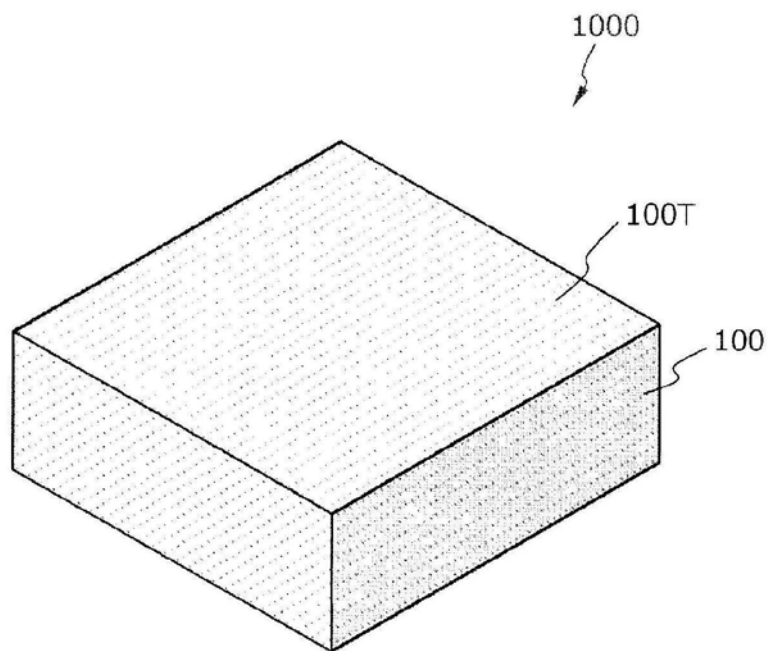


图10A

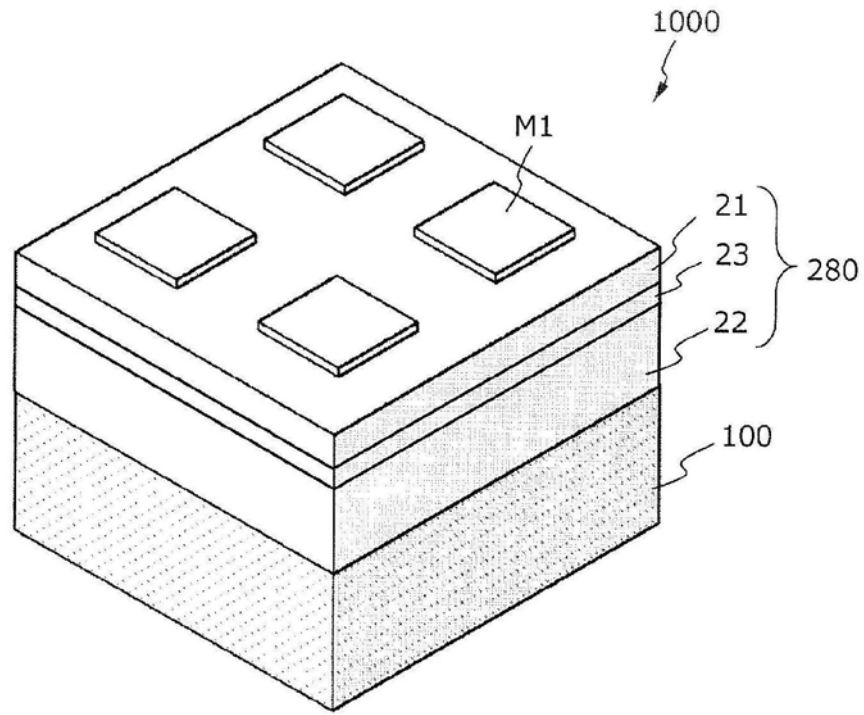


图10B

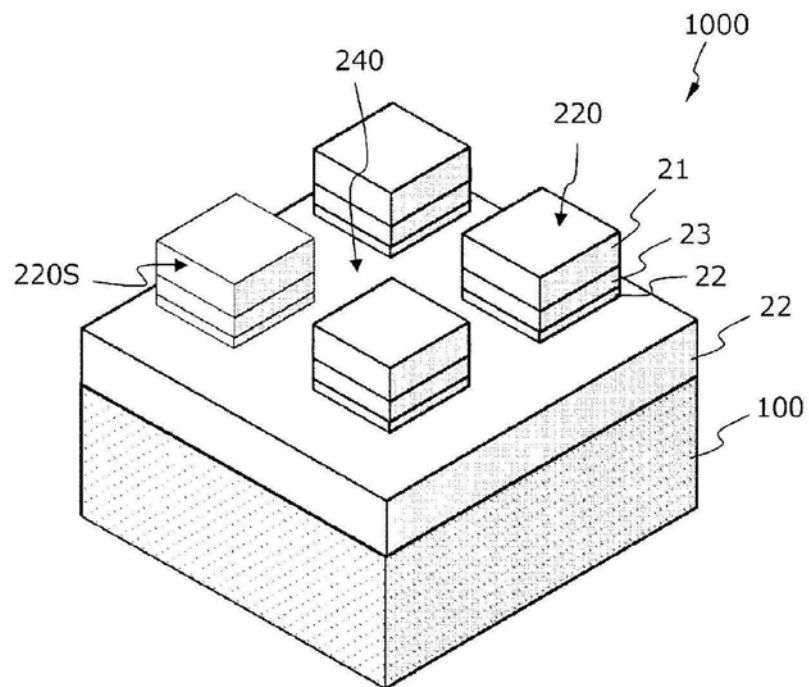


图10C

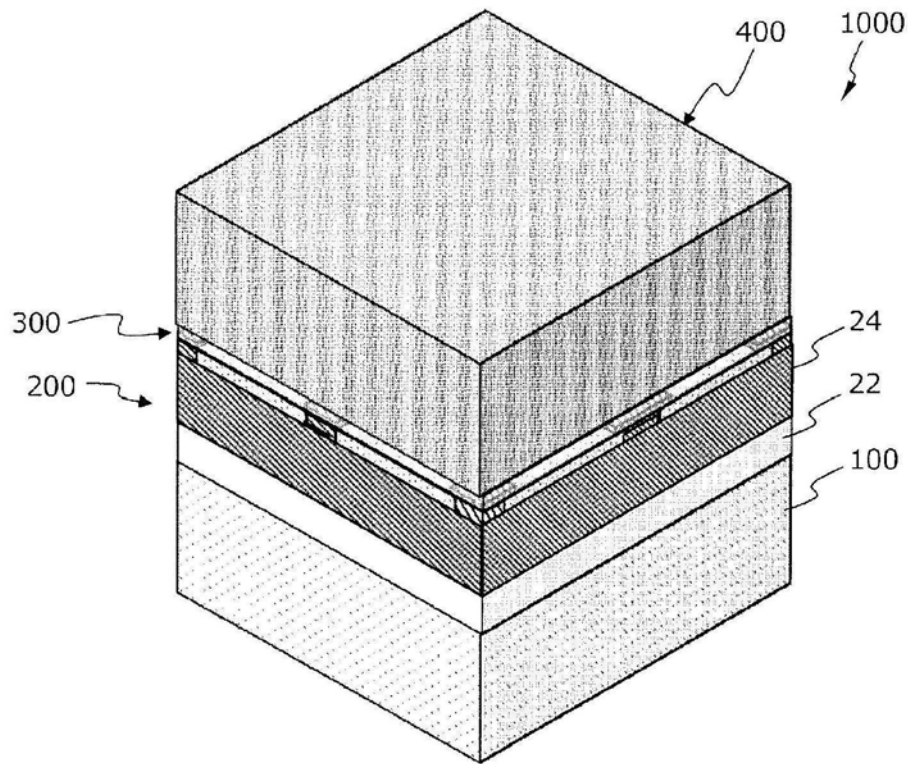


图10D

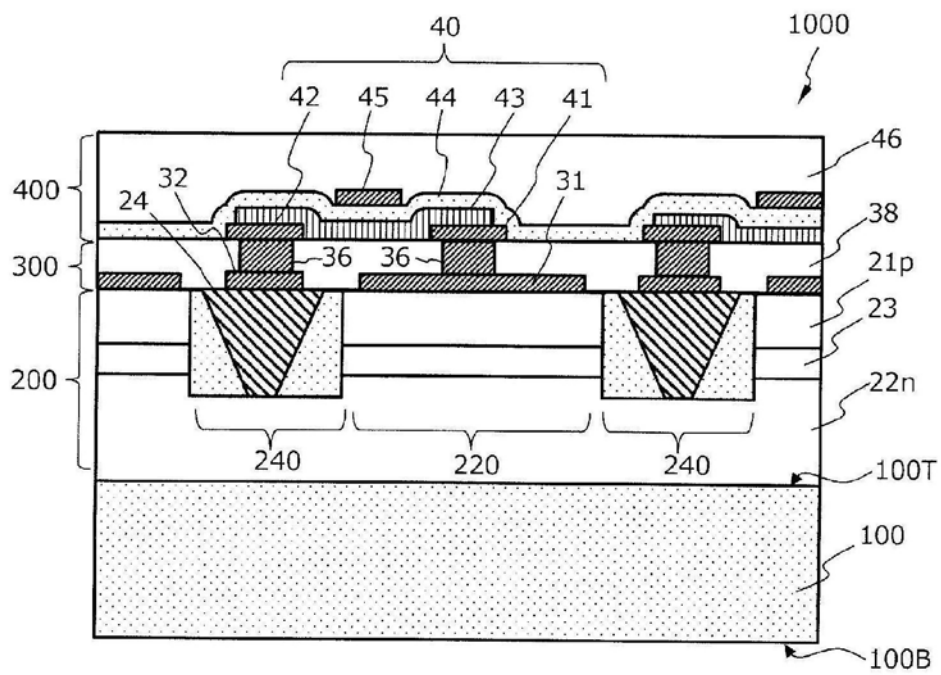


图11

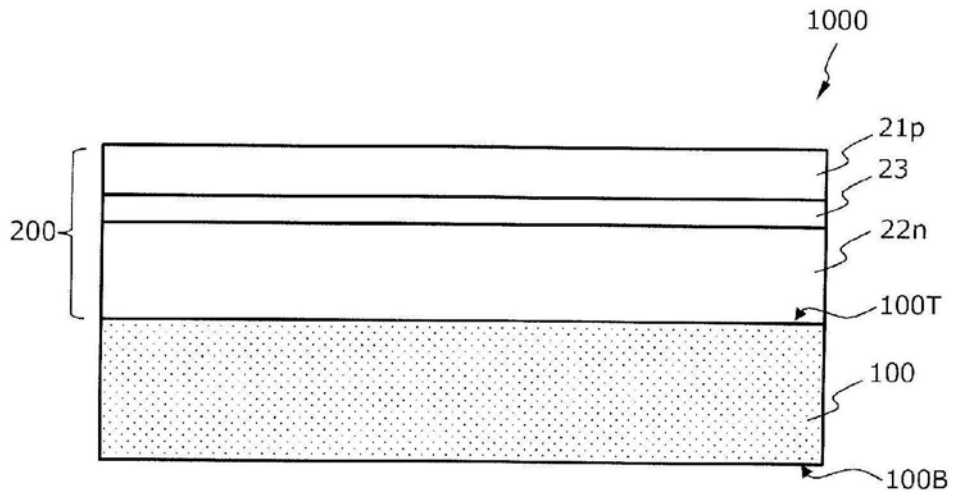


图12A

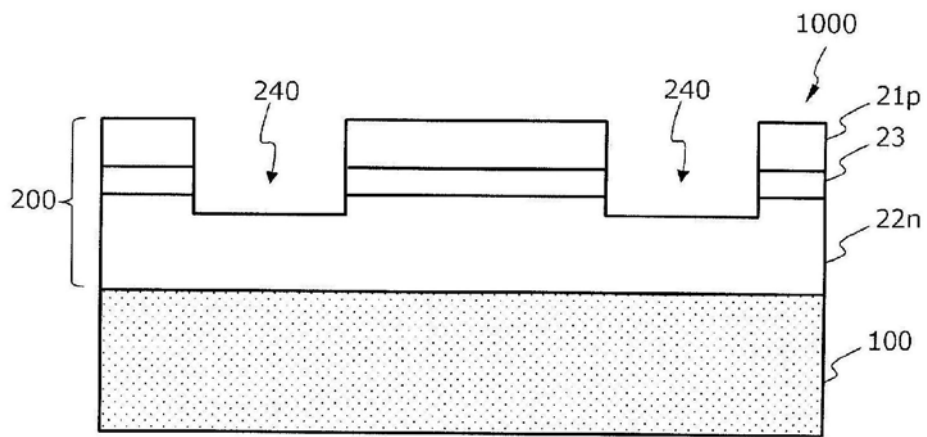


图12B

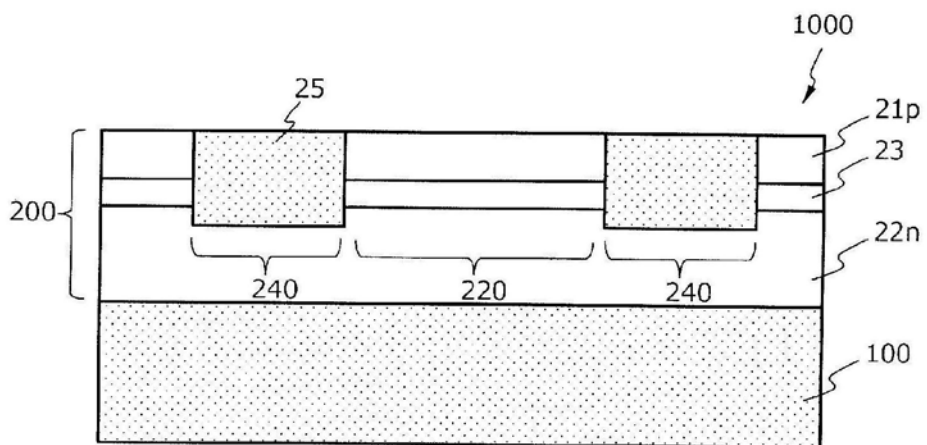


图12C

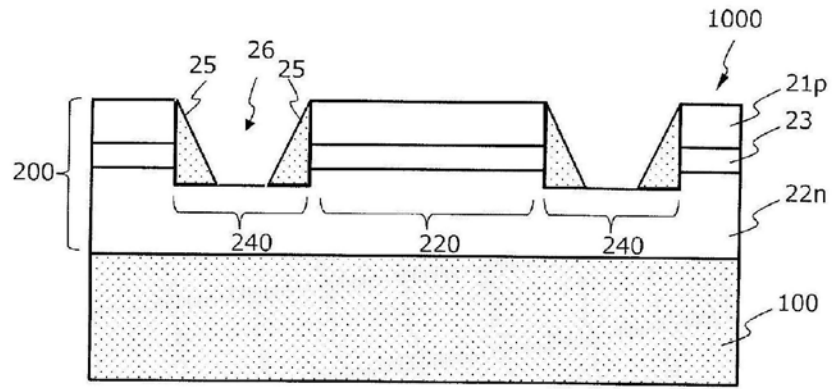


图12D

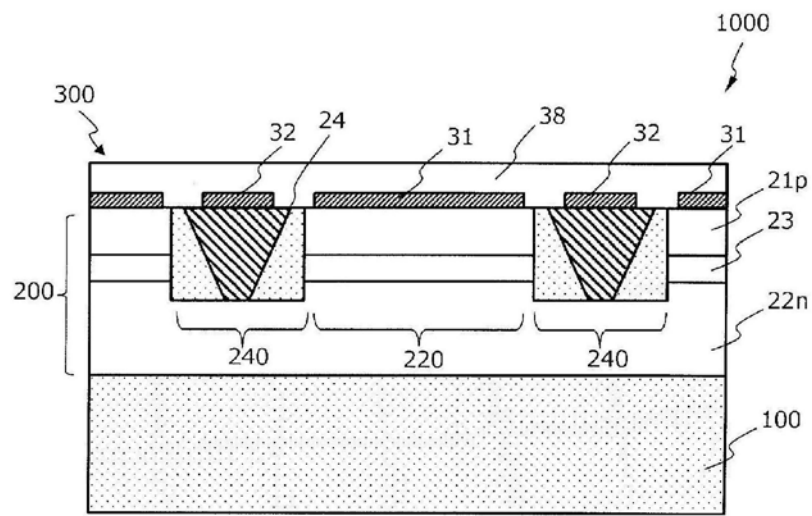


图12E

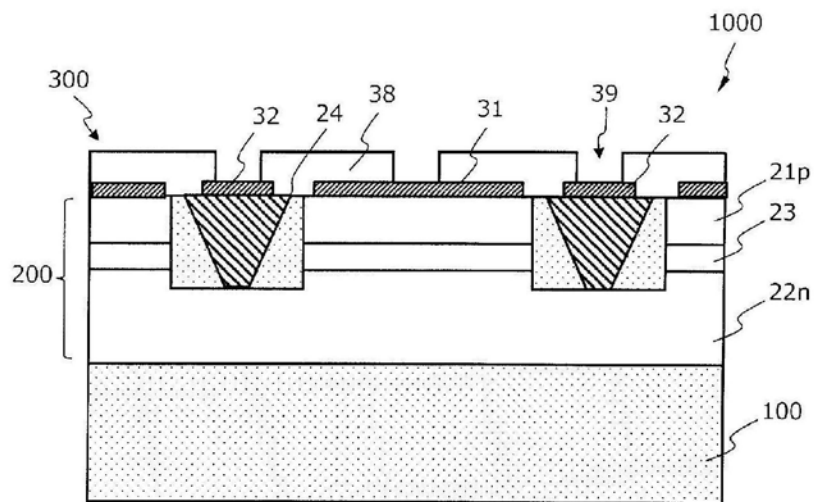


图12F

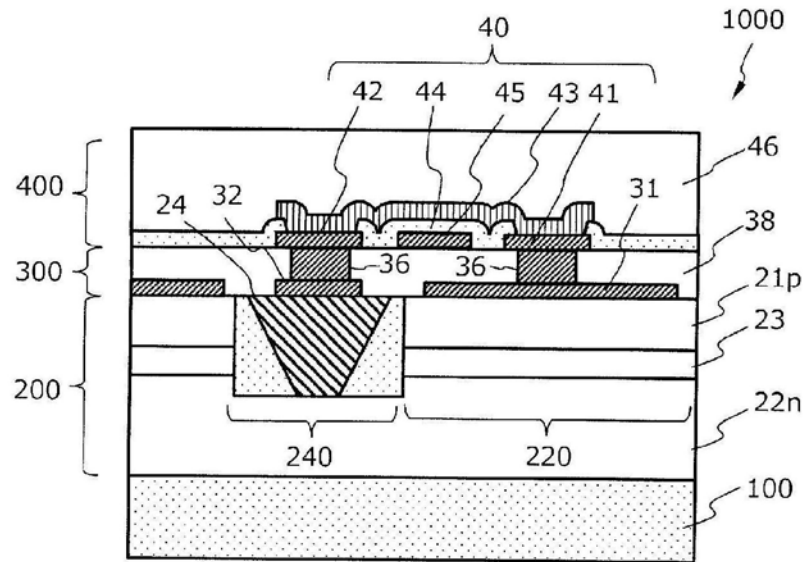


图13

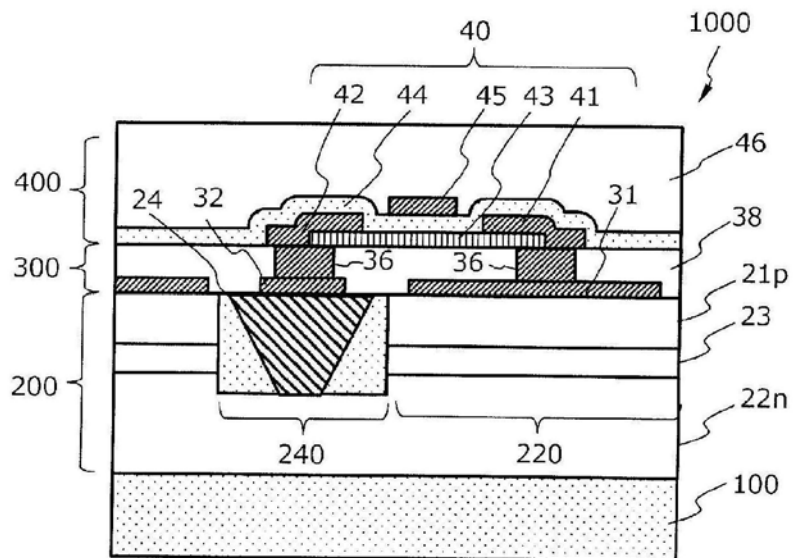


图14

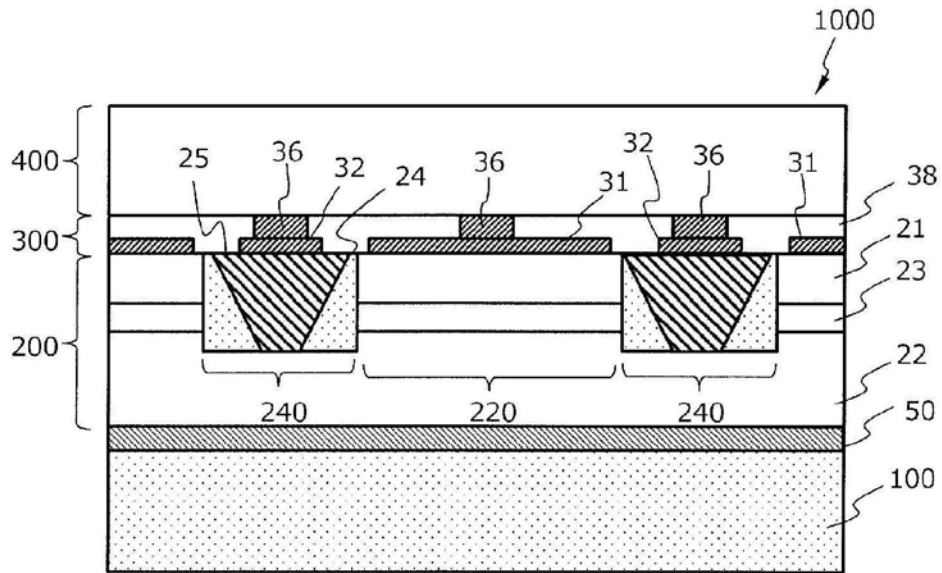


图15

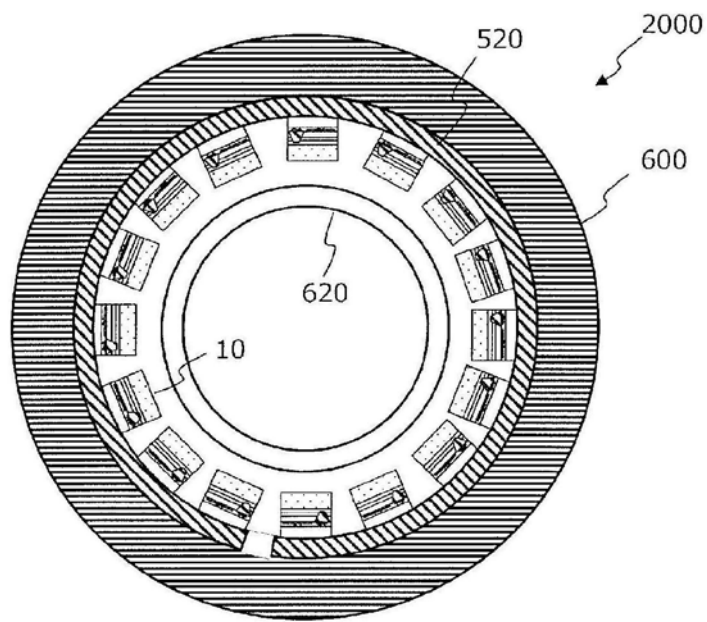


图16

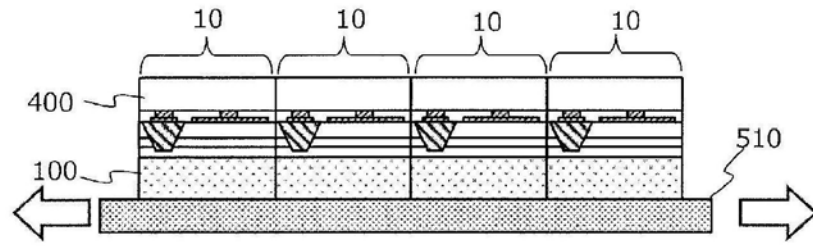


图17A

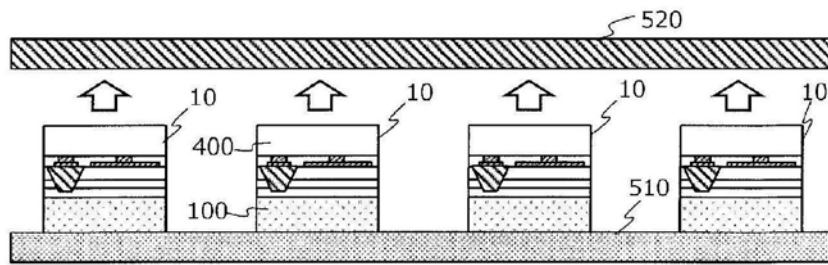


图17B

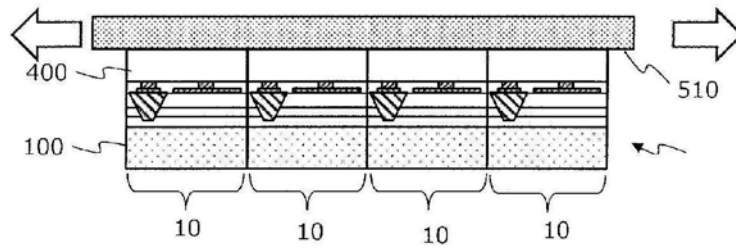


图18A

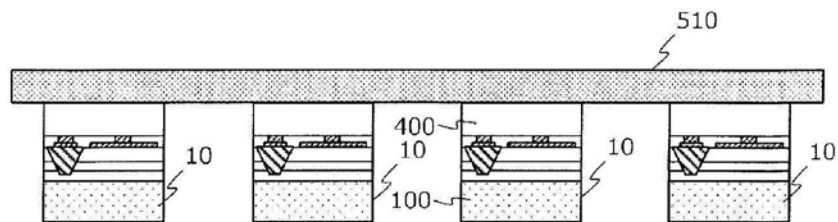


图18B

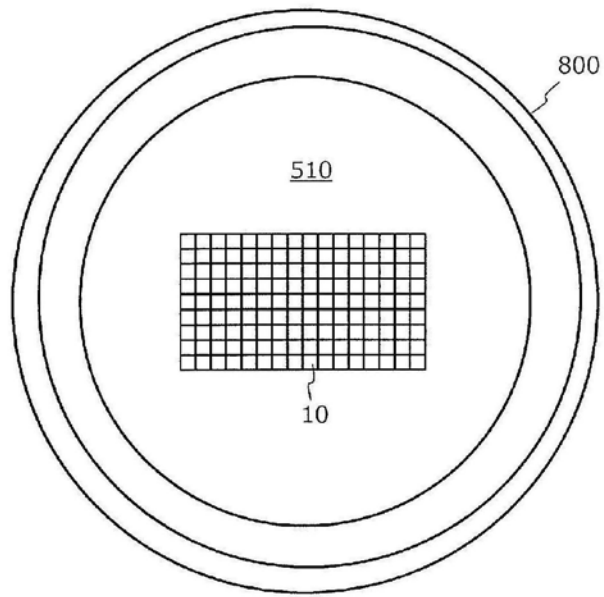


图19A

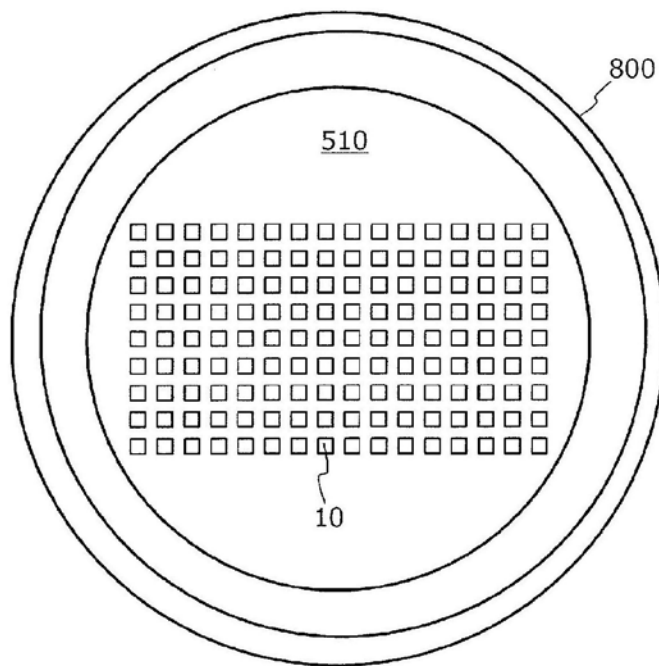


图19B