



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107305920 B

(45)授权公告日 2020.04.07

(21)申请号 201710180536.X

(22)申请日 2017.03.24

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107305920 A

(43)申请公布日 2017.10.31

(30)优先权数据
105112210 2016.04.20 TW

(73)专利权人 晶元光电股份有限公司
地址 中国台湾新竹市

(72)发明人 陈凯欣 黄信雄 李宛蓉 陈佩佳
戴永信

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 陈小雯

(51)Int.Cl.

H01L 33/32(2010.01)

H01L 33/00(2010.01)

(56)对比文件

- JP 2011026168 A, 2011.02.10,
- US 2005274976 A1, 2005.12.15,
- US 2011275172 A1, 2011.11.10,
- TW 200802974 A, 2008.01.01,
- CN 101990698 A, 2011.03.23,
- CN 104218131 A, 2014.12.17,
- CN 103374754 A, 2013.10.30,
- CN 102034853 A, 2011.04.27,
- CN 102763293 A, 2012.10.31,

审查员 刘凌云

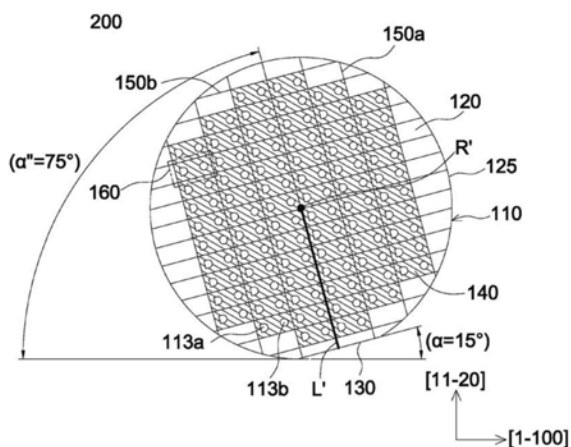
权利要求书2页 说明书10页 附图8页

(54)发明名称

基板晶片以及Ⅲ族氮化物半导体元件的制造方法

(57)摘要

本发明公开一种基板晶片以及Ⅲ族氮化物半导体元件的制造方法。其中由一六方晶系单晶材料所构成的基板晶片，且上述六方晶系单晶材料包含一c轴晶面、一a轴晶面、及一m轴方向，包含：一上表面，包含上述c轴晶面构成的一c轴平面；一第一侧边，与上述上表面连接，且自垂直于上述c轴平面方向观之，上述第一侧边实质为一弧线；以及一第二侧边，与上述第一侧边连接，且自垂直于上述c轴平面方向观之，上述第二侧边实质为一直线；其中，上述a轴晶面与上述m轴方向平行；其中，上述第二侧边与上述m轴方向不平行。



1. 一种由一六方晶系单晶材料所构成的基板晶片,且该六方晶系单晶材料包含一c轴晶面、一a轴晶面、及一m轴方向,该基板晶片包含:

上表面,包含该c轴晶面构成的一c轴平面;

第一侧边,与该上表面连接,且自垂直于该c轴平面方向观之,该第一侧边实质为一弧线,并具有一曲率中心;以及

第二侧边,与该第一侧边连接;

其中,该a轴晶面与该m轴方向平行;

其中,该第二侧边与该曲率中心具有一最短距离构成的一线段,而该线段与该m轴方向不垂直。

2. 一种由一六方晶系单晶材料所构成的基板晶片,且该六方晶系单晶材料包含一c轴晶面、一a轴晶面、及一m轴方向,该基板晶片包含:

上表面,包含该c轴晶面构成的一c轴平面;

第一侧边,与该上表面连接,且自垂直于该c轴平面方向观之,该第一侧边实质为一弧线;以及

第二侧边,与该第一侧边连接,且自垂直于该c轴平面方向观之,该第二侧边实质为一直线;

其中,该a轴晶面与该m轴方向平行;

其中,该第二侧边与该m轴方向不平行。

3. 一种外延晶片,包含:

如权利要求2所述的基板晶片;以及

多个Ⅲ族氮化物半导体单元,设置于该上表面上。

4. 如权利要求2所述的基板晶片或权利要求3所述的外延晶片,该第二侧边与该m轴方向的夹角介于5度~20度或40~50度。

5. 如权利要求2所述的基板晶片或权利要求3所述的外延晶片,其中,该六方晶系单晶材料为蓝宝石。

6. 如权利要求2所述的基板晶片或权利要求3所述的外延晶片,该上表面还包含多个规则排列的凸部结构。

7. 如权利要求6所述的基板晶片或外延晶片,其中,自垂直于该c轴平面方向观之,该些多个规则排列的凸部结构分别具有一个外轮廓图案,且该些外轮廓图案分别具有一个几何中心点,连接该些几何中心点其中六个实质上可构成一个想象的正六边形,而该想象的正六边形的各边均不平行或垂直于该第二侧边。

8. 如权利要求3所述的外延晶片,还包含多条彼此相互平行的第一方向切割道及多条彼此相互平行的第二方向切割道,分隔该些Ⅲ族氮化物半导体单元。

9. 如权利要求8所述的外延晶片,其中该些第一方向切割道或该些第二方向切割道平行于该第一侧边。

10. 一种Ⅲ族氮化物半导体元件的制作方法,包含:

提供一个如权利要求1所述的基板晶片;

形成多个Ⅲ族氮化物半导体单元于该基板晶片上;以及

分割该些Ⅲ族氮化物半导体单元以形成多个Ⅲ族氮化物半导体元件。

11. 如权利要求10所述的Ⅲ族氮化物半导体元件的制作方法,还包含蚀刻该上表面以形成多个规则排列的凸部结构。

12. 如权利要求11所述的Ⅲ族氮化物半导体元件的制作方法,其中,自垂直于该c轴平面方向观之,该些多个规则排列的凸部结构分别具有一个外轮廓图案,且该些外轮廓图案分别具有一个几何中心点,连接该些几何中心点其中六个实质上可构成一个想象的正六边形,而该想象的正六边形的各边均不平行或垂直于该第二侧边。

13. 如权利要求10、11、或12所述的Ⅲ族氮化物半导体元件的制作方法,还包含形成多条彼此相互平行的第一方向切割道及多条彼此相互平行的第二方向切割道。

14. 如权利要求13所述的Ⅲ族氮化物半导体元件的制作方法,其中该些第一方向切割道或该些第二方向切割道平行于该第二侧边。

基板晶片以及Ⅲ族氮化物半导体元件的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基板晶片以及一种Ⅲ族氮化物半导体元件的制造方法,尤其涉及一种使用此种基板晶片制作的Ⅲ族氮化物半导体元件的制造方法。

背景技术

[0002] 近十年来Ⅲ族氮化物半导体材料的研究已经非常广泛。以现今来说,氮化铝(Aluminum Nitride,AlN)、氮化镓(Gallium Nitride,GaN)、氮化铟(Indium Nitride,InN)、或以与其相同元素依适当比例合成的三元或四元合金等都是目前相当热门的材料。

[0003] 依据其带隙宽度,氮化镓系化合物材料通过有机金属化学气相沉积法(Metalorganic Chemical Vapour Deposition,MOCVD)、分子束外延成长法(Molecular Beam Epitaxy,MBE)、氢化物气相外延法(Hydride Vapour Phase Epitaxy,HVPE)等外延技术,可制作高亮度蓝光及绿光的发光二极管元件(Light Emitting Diode,LED)。此外,也可应用于蓝光、绿光激光二极管(Laser Diode,LD)的制作。若再与Ⅲ-V族其他氮化物材料以适当比例合成三元或四元合金,其带隙宽度可从1.9eV连续调变到6.4eV,波长涵盖范围还可延伸至紫外光、紫光、蓝光、绿光、红光,甚至红外光。除了上述的LED及LD外,可利用Ⅲ族氮化物半导体材料的物理特性所制作的元件还有太阳能电池元件、光侦测器、及高功率电子元件例如高电子迁移率晶体管(High Electron Mobility Transistor,HEMT)及整流器等。

[0004] 传统的Ⅲ族氮化物半导体元件大略的制作工艺步骤如下:首先,先通过外延制作工艺于基板晶片上形成多个Ⅲ族氮化物半导体外延层后,再依据不同元件需求进行后续不同制作工艺以形成多个Ⅲ族氮化物半导体单元,例如:形成沟槽、形成绝缘层、形成电极等;接着,在各个Ⅲ族氮化物半导体单元间,通过蚀刻制作工艺移除部分Ⅲ族氮化物半导体外延层,以形成分隔各个Ⅲ族氮化物半导体单元的切割道;最后,再沿着上述的切割道分割基板晶片,以将上述的多个Ⅲ族氮化物半导体单元分割为多个Ⅲ族氮化物半导体元件。

[0005] 分割基板晶片的方式,一般有以下步骤:首先,通过划片机、切块机、激光等,对于欲切断的基板晶片,形成作为破坏的起点的沟或加工变质层。其中,举例来说,通过激光的切割方式为将激光以对物透镜光学系统进行集光,再沿着对于基板晶片所想定的切断预定线,即前述切割道部分,聚焦照射至基板晶片内部,使基板晶片内部聚焦的位置变质形成结晶强度较低的加工变质层,此即所谓的隐形切割法;接着,以接触的方式将前端具有锐角的刀片冲击压入至基板晶片,使基板晶片经由受力而断裂,继而切断基板晶片并分割成多个Ⅲ族氮化物半导体元件。

[0006] 然而,使用蓝宝石(Sapphire)等六方晶系单结晶材料作为基板晶片时,即便经由隐形切割法于基板晶片内部先进行加工变质、再以垂直基板晶片表面的方向通过冲击加压的方式劈裂分割Ⅲ族氮化物半导体元件,仍会产生不可控制的斜裂,造成Ⅲ族氮化物半导体元件的部分侧面(切断面),产生倾斜的问题,甚至产生切断面延伸到Ⅲ族氮化物半导

体元件内部,造成III族氮化物半导体元件的损伤。以下将详述之:

[0007] 图1表示的是六方晶系单结晶材料的结晶方位的图。在六方晶系结构中,六角柱的底面朝上的面为c轴晶面(0001),六角柱的六个侧面分别为m轴晶面(1-100)及等价于m轴晶面(1-100)的面(m轴晶面的集合{1-100},图未示),以下皆称为m轴晶面。垂直于c轴晶面(0001)的方向为[0001]方向(c轴方向),垂直于m轴晶面(1-100)的方向为[1-100]方向(m轴方向)。此外,在六角柱结构之中,底面分别标示出a1轴、a2轴、a3轴,这三个a轴都垂直于c轴方向;在a1轴及a2轴中,定义出一个包含各坐标“1”的点,通过两点平行于c轴的面为a轴晶面(11-20)。在这边,以类似的方式,可另外由六角柱的上面(下面)的六角形其他顶点定义出平行于c轴的5个面为等价于a轴晶面(11-20)的面(a轴晶面的集合{11-20},图未示)。以下皆称为a轴晶面。并且,垂直于a轴晶面(11-20)的方向为[11-20]方向(a轴方向)。

[0008] 如图2A所示,显示为以形成III族氮化物发光二极管元件60为目标,在切割裂片前,基板晶片10的上表面20形成有多个III族氮化物发光二极管单元40时外延晶片100结构的俯视图。进行半导体元件制作工艺时,如果使用六方晶系单结晶材料,例如本实施例中的Sapphire作为基板晶片10时,因应欲制成元件的特性需求,现有的技术会采用由c轴晶面((0001)面)构成的c轴平面作为基板晶片的上表面20。值得注意的是,在这边,基于制作工艺能力及后续外延品质的考虑,由c轴晶面构成的c轴平面被定义为相对于c轴晶面具有正负一度以内倾斜角(off angle)的平面。此外,自垂直于上表面20的方向(即,垂直于c轴平面方向)观之,基板晶片10还具有一个显示基板晶片10结晶方位的定向侧边30(Orientation Flat)。如图2A中所示,定向侧边30会平行于基板晶片10的a轴晶面(即,垂直于a轴方向([11-20]方向)或平行于m轴方向([1-100]方向))。亦即,a轴晶面与m轴方向平行。此外,多个矩形的III族氮化物发光二极管单元40通过沿着垂直及平行于定向侧边30而被定义出来的切割道50a、50b被定义出来,彼此相邻。

[0009] 接着,当依据前述的分割制作工艺沿着平行于a轴方向([11-20]方向)的切割道50a以及垂直于a轴方向(即,平行于a轴晶面或m轴[1-100]方向)的切割道50b而劈裂基板晶片10后,便可分割出表面形状为矩形的多个III族氮化物发光二极管元件60。图2B、图2C、及图2D分别显示分割后的III族氮化物发光二极管元件60的俯视图、短边侧视图、以及长边侧视图。

[0010] 由图2B~图2D我们可以发现,当我们从俯视图观察时,III族氮化物发光二极管元件60包含III族氮化物半导体外延部分61、第一电极63、以及第二电极65。参考图2C,当我们从短边侧视图观察时,III族氮化物发光二极管元件60长边侧面62'的短边62"相对应于上表面20的法线方向会有倾斜角 θ_3 及 θ_4 (即两个长边侧面62'分别相对应于垂直上表面20的倾斜角),在本实施例中倾斜角 θ_3 及 θ_4 为 2° 以下,即对于基板上表面20而言为几乎垂直的切断面。然而,参考图2D,从长边侧视图观察时,III族氮化物发光二极管元件60的长边侧面62'则约略形成为平行四边形,即,当我们从长边侧视图观察时,III族氮化物发光二极管元件60短边侧面64'的短边64"相对应于上表面20的法线方向会有倾斜角 θ_1 及 θ_2 (即两个短边侧面64'分别相对应于垂直上表面20的倾斜角),在本实施例中倾斜角 θ_1 及 θ_2 为 $5^\circ\sim 8^\circ$ 。也就是说,III族氮化物发光二极管元件60的短边侧面64'相对于上表面20而言倾斜角较大,较为倾斜不垂直于上表面20。当倾斜角过大时,可能会造成分割裂片时断裂的位置超过切割道(50a、50b)甚至到达III族氮化物半导体外延部分61,更严重的话,甚至会有影响III族

氮化物发光二极管元件60制作工艺良率的情况。值得注意的是,本领域具有通常知识的技术人士应当可以明白,当分割裂片时,两个长边与两个短边分别与上表面的法线方向夹角不一定会相同,也可以夹有不同的角度。

发明内容

[0011] 本发明提供一种由一六方晶系单晶材料所构成的基板晶片,且上述六方晶系单晶材料包含一c轴晶面、一a轴晶面、及一m轴方向,包含:一上表面,包含上述c轴晶面构成的一c轴平面;一第一侧边,与上述上表面连接,且自垂直于上述c轴平面方向观之,上述第一侧边实质为一弧线,并具有一曲率中心;以及一第二侧边,与上述第一侧边连接;其中,上述a轴晶面与上述m轴方向平行;其中,上述第二侧边与上述曲率中心具有一最短距离构成的一线段,而上述线段与上述m轴方向不垂直。

[0012] 本发明还提供一种由一六方晶系单晶材料所构成的基板晶片,且上述六方晶系单晶材料包含一c轴晶面、一a轴晶面、及一m轴方向,包含:一上表面,包含上述c轴晶面构成的一c轴平面;一第一侧边,与上述上表面连接,且自垂直于上述c轴平面方向观之,上述第一侧边实质为一弧线;以及一第二侧边,与上述第一侧边连接,且自垂直于上述c轴平面方向观之,上述第二侧边实质为一直线。其中,上述a轴晶面与上述m轴方向平行;其中,上述第二侧边与上述m轴方向不平行。

[0013] 本发明还提供一种III族氮化物半导体元件的制作方法,包含提供一个上述的基板晶片;形成多个III族氮化物半导体单元于上述基板晶片上;以及分割上述多个III族氮化物半导体单元以形成多个III族氮化物半导体元件。

附图说明

[0014] 图1为六方晶系单晶材料的结晶方位的图;

[0015] 图2A为现有III族氮化物发光二极管外延晶片的俯视图;

[0016] 图2B为使用现有外延晶片分割裂片的III族氮化物发光二极管元件的俯视图;

[0017] 图2C为使用现有外延晶片分割裂片的III族氮化物发光二极管元件的短边侧视图;

[0018] 图2D为使用现有外延晶片分割裂片的III族氮化物发光二极管元件的长边侧视图;

[0019] 图3A为本发明一实施例的一种III族氮化物发光二极管外延晶片的俯视图;

[0020] 图3B为本发明一实施例的一种III族氮化物发光二极管外延晶片的侧视图;

[0021] 图3C为本发明一实施例的一种III族氮化物发光二极管外延晶片的局部放大图;

[0022] 图3D为本发明一实施例的一种III族氮化物半导体基板晶片的俯视图;

[0023] 图4A~图4C为本发明一实施例的一外延晶片,经由激光加工形成改质结构于外延晶片内部的方法的侧面透视图;

[0024] 图5A为使用本发明一实施例的外延晶片分割裂片的III族氮化物发光二极管元件的俯视图;

[0025] 图5B为使用本发明一实施例的外延晶片分割裂片的III族氮化物发光二极管元件的短边侧视图;

[0026] 图5C为使用本发明一实施例的外延晶片分割裂片的III族氮化物发光二极管元件的长边侧视图；

[0027] 图6为改变定向侧边与a轴晶面的夹角 α 与相对应切割裂片后III族氮化物发光二极管元件侧边与上表面法线方向倾斜角 $\theta_1 \sim \theta_4$ 的关系图；

[0028] 图7A为本发明一实施例的一种具有凸部结构的基板晶片的俯视图；

[0029] 图7B~图7D为三种不同实施样态凸部结构350、450、550的基板晶片局部侧视图。

[0030] 符号说明

[0031] 10、110、110'、210、310、410、510:基板晶片

[0032] 15:黏接薄片

[0033] 16:金属环

[0034] 20、120、220、320、420、520:上表面

[0035] 23、24:改质结构

[0036] 30:定向侧边

[0037] 40、140:III族氮化物发光二极管单元

[0038] 44:光学系统

[0039] 45:激光

[0040] 50a、50b、150a、150b:切割道

[0041] 52:吸附台

[0042] 60、160:III族氮化物发光二极管元件

[0043] 61、161:III族氮化物半导体外延部分

[0044] 62'、162':长边侧面

[0045] 62''、64''、162''、164'':短边

[0046] 63:第一电极

[0047] 64'、164':短边侧面65:第二电极

[0048] 100、200:外延晶片

[0049] 110b:背表面

[0050] 113a:n型电极

[0051] 113b:p型电极

[0052] 125、125':第一侧边

[0053] 130、130'、230:第二侧边

[0054] 132:n型层

[0055] 133:发光层

[0056] 134:p型层

[0057] 135:III族氮化物半导体外延层

[0058] 136:透明导电层

[0059] 150b':切断预定面

[0060] 250、350、450、550:凸部结构

[0061] 351、352、451、452、551、552:侧边

[0062] 353:顶边

- [0063] 453、553:顶端
- [0064] (0001):c轴晶面
- [0065] [0001]:c轴方向
- [0066] (1-100):m轴晶面
- [0067] [1-100]:m轴方向
- [0068] (11-20):a轴晶面
- [0069] [11-20]:a轴方向
- [0070] a1、a2、a3:a轴
- [0071] θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 :倾斜角
- [0072] α 、 α' 、 α'' :夹角
- [0073] d1、d2:距离
- [0074] L、L':线段
- [0075] R、R':曲率中心
- [0076] H:想象的正六边形
- [0077] G:几何中心点
- [0078] S:想象的侧边

具体实施方式

[0079] 参考图3A~图3C显示根据本发明一实施例的一具有多个III族氮化物发光二极管单元的外延晶片;图3D显示根据本发明一实施例的一种III族氮化物半导体基板晶片的俯视图;图4A~图4C显示依据本发明一实施例的经由激光加工于外延晶片内部形成改质结构的流程;图5A~图5C显示本发明一实施例的外延晶片分割裂片的III族氮化物发光二极管元件视图。

[0080] 图3A为根据本发明的一个实施例,一具有多个III族氮化物发光二极管单元140的外延晶片200结构的俯视图。在本实施例中,基板晶片110是由蓝宝石(Sapphire)构成。如前所述,六方晶系单晶材料本身便具有多个c轴晶面、多个a轴晶面、以及与a轴晶面平行的m轴方向。由俯视图观之,基板晶片110的上表面120是一个以c轴晶面所构成的c轴平面。此外,基板晶片110还包含与上表面120相连接的弧状的第一侧边125、以及与上表面120和第一侧边125连接的第二侧边130。在本发明中,c轴平面实质上为由c轴晶面所构成,但相对于c轴晶面具有正负一度以内倾斜角(off angle)的平面仍包含在c轴平面范围内,在本发明的一实施例中,此倾斜角为0.2度。在本实施例中,第一侧边125以及第二侧边130定义出上表面120。基板晶片110还包含一第一侧面及一第二侧面(图未示)分别垂直并与上表面120相连接于第一侧边125及第二侧边130。在这边,第二侧边130实质是一条直线,同时也是用以作为后续制作工艺的定向侧边,在本实施例中,第二侧边130与m轴方向([1-100]方向)夹有夹角 α 。换句话说,当包含第二侧边130的第二侧面与上表面120垂直时,第二侧面也会与a轴晶面夹有一个夹角 α 。在本实施例中,夹角 $\alpha=15^\circ$ 。也就是说,如图3A所示,第二侧边130与m轴方向([1-100]方向)的夹角为15度。值得注意的是,本领域具有通常知识的技术人士应当可以明白,在基板晶片110上,作为定向的结构并不局限为一个直线的侧边。如图3D所示,基板晶片110'除了弧状的第一侧边125'之外,还可以由弧状的第二侧边130'构成定向沟槽

(notch)。此时,不论是直线的第二侧边130或是弧状的第二侧边130',都可以找到一个与第一侧边125(或125')的曲率中心R'(或R)的最短距离的线段L'(或L)。参考图3D,当我们在定向时,依据本发明的精神,最短距离的线段L的延伸方向便会以与m轴方向([1-100]方向)夹有夹角 α' 的方式设置,其中,夹角 α' 不等于 90° 。也就是说,线段L的方向与m轴方向不垂直。如图3D所示,在本实施例中,夹角 $\alpha' = 45^\circ$ 。同理,参考图3A,在本实施例中,我们也可以找到第二侧边130与第一侧边125的曲率中心R'的最短距离构成的线段L'。并且,线段L'与m轴方向([1-100]方向)夹有一夹角 α'' ,在本实施例中,夹角 $\alpha'' = 90^\circ - \alpha$ 。在图3A中,当夹角 α 等于 15° 时,夹角 α'' 等于 75° 。

[0081] 外延晶片200形成的详细制作工艺步骤如下所示:首先,如图3B所示,在基板晶片110上形成由多个外延层所构成的III族氮化物半导体外延层135。形成III族氮化物半导体外延层135的方式,例如可通过缓冲层(略图示),和形成于缓冲层上的基底层(略图示)为基底,而后再形成具有良好结晶性的III族氮化物半导体外延层135为佳,但并不以此为限。在此,后续仅作为代表例而举出形成III族氮化物发光二极管元件160所需要的III族氮化物半导体外延层135作为实施例。上述的缓冲层可以由例如氮化铝(AlN)、氮化镓(GaN)等III族氮化物半导体材料的单结晶及/或柱状结晶的集合体所组成,可用以缓和基板晶片110与III族氮化物半导体外延层135之间晶格常数的不同。形成缓冲层的方式例如可以使用有机金属气相沉积法(MOCVD法)、氢化物气相外延法(HVPE法)、分子束外延成长法(MBE法)、物理气象沉积法(PVD法)等方法,但并不以此为限。物理气象沉积法包含溅镀法。此外,缓冲层上的基底层例如也可以由III族氮化物半导体材料所构成,而基底层的材料可与缓冲层相同或不同。为了因应需求,基底层可以掺杂Si,Ge及Sn等的n型不纯物,但亦可为未掺杂的III族氮化物半导体材料,而掺杂条件的调整是以不影响后续外延品质及其结晶性为目的。

[0082] 如侧视图图3B所示,III族氮化物半导体外延层135包含有与n型电极113a接触的n型层132、发光层133、和与p型电极113b接触的p型层134。n型层132通常可以由n型接触层(图未示)与n型包覆层(图未示)所构成,或者也可以由n型接触层单独构成。n型接触层的材料例如为 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x < 1$ 、理想为 $0 \leq x \leq 0.5$ 、更佳为 $0 \leq x \leq 0.1$),而为了与n型电极113a间维持良好的电性接触,n型接触层一般可以掺杂n型不纯物,常用的n型不纯物例如可以是Si、Ge、或Sn等。此外,当在n型接触层与发光层133之间另外设置n型包覆层时,n型包覆层例如可由AlGaN,GaN,GaInN等材料构成,n型包覆层的组成成分带隙可大于发光层133的组成成分带隙。

[0083] 发光层133例如可以由单一量子阱构造或多重量子阱构造所构成。单一量子阱构造例如可以使用 $Ga_{1-y}In_yN$ ($0 < y < 0.4$) 或者使用所构成的III族氮化物半导体层。另外,当发光层133是多重量子阱构造时,例如可以使用前述 $Ga_{1-y}In_yN$ 作为阱层,并使用较阱层能带隙为大的 $Al_zIn_qGa_{1-z-q}N$ ($0 \leq z < 0.3, 0 \leq q < 0.1$) 作为障壁层。而阱层及障壁层可以经由设计例如为掺杂或未掺杂不纯物皆可。发光层133发出光线的颜色包含绿色、蓝色、以及通过增加Al含量使其产生紫光或紫外光。

[0084] p型层134通常可以由p型包覆层(图未示)及p型接触层(图未示)加以构成,也可以是由p型接触层兼具p型包覆层所单独构成。p型包覆层一般是由较发光层133带隙为大的成分所组成,例如可以由 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 < x \leq 0.4$) 所构成,但并无特别加以限定。p型接触层为了达到与p型电极113b间维持良好电性接触,一般会掺杂p型不纯物,例如可以有 $1 \times 10^{18}/$

$\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ 的掺杂浓度, 较佳则可含有 $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3 \sim 5 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ 的掺杂浓度。掺杂浓度的调整, 以达到良好的电性接触的维持、龟裂发生的防止、良好的结晶性的维持为目标。在这边, p型不纯物例如可以是Mg, 但并无特别加以限定。

[0085] 将前述III族氮化物半导体外延层135形成于基板晶片110上的方式, 可使用例如机金属气相沉积法(MOCVD法)、氢化物气相外延法(HVPE法)、分子束外延成长法(MBE法)、物理气象沉积法(PVD法)等方法。在本实施例中, 使用MOCVD法成长III族氮化物半导体外延层135时, 可以使用氢(H_2)或氮(N_2)作为载气(carrier gas)、III族原料的Ga源例如可以使用三甲基镓(TMg)或三乙基镓(TEG)、III族原料的Al源例如可以使用三甲基铝(TMA)或三乙基铝(TEA)、III族原料的In源例如可以使用三甲基铟(TMI)或三乙基铟(TEI)、V族原料的N源例如可以使用氨(NH_3), 联胺(N_2H_4)等。另外, 作为不纯物掺杂, n型不纯物例如可以使用甲硅烷(SiH_4)或二硅烷(Si_2H_6)作为Si不纯物的原料、例如可以使用有机锗作为Ge不纯物的原料, p型不纯物例如可以使用二茂基镁(Cp_2Mg)或双乙基环戊二烯基镁($(\text{EtCp})_2\text{Mg}$)作为Mg不纯物的原料。

[0086] 在III族氮化物半导体外延层135形成后, 于III族氮化物半导体外延层135的p型层134上特定的位置, 还可以选择性地使用光刻技术及剥离技术形成透光性的透明导电层136。透明导电层136的材料, 例如可以使用选自金属或金属氧化物材料; 金属包含Au、Ni或其合金; 金属氧化物材料包含NiO、ITO($\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$)、AZO($\text{ZnO-Al}_2\text{O}_3$)、IZO($\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$)、或GZO(ZnO-GeO_2)等的至少一种材料, 但并不以此为限。如图3B所示, 最后, 再于透明导电层136上特定的位置, 通过光刻技术形成p型电极113b, 而p型电极113b的材料例如可以使用Au、Al、Ni、Cu或其合金, 但并不以此为限。

[0087] 形成p型电极113b之前或之后, 可通过光刻技术及反应性离子蚀刻技术, 蚀刻去除部分III族氮化物半导体外延层135, 以形成多条彼此间相互平行的切割道150a与多条彼此间相互平行的切割道150b, 而切割道150a与切割道150b之间则彼此相互垂直, 并通过切割道150a及切割道150b定义出彼此相邻的III族氮化物发光二极管单元140的区域。在这边, 形成切割道150a及150b的技术还可以使用激光法、钻石刀切割法…等现有的手段, 主要是以除去部分III族氮化物半导体外延层135为目标, 并不以这边所举出实施方式为限。除此之外, 形成切割道150a及150b的同时, 还可以通过光刻技术及反应性离子蚀刻技术, 一并移除剩余的III族氮化物半导体外延层135内特定位置的部分外延层(p型层134及发光层133), 使得n型层132裸露出来。最后, 在露出的n型层132上通过光刻技术形成n型电极113a, 便完成后如图3B所示的侧视图结构。n型电极113a的材料例如可以使用Ti, 或Au等金属材料或其合金的各种组成, 并不以实施例为限。前述形成切割道150a, 150b以及蚀刻特定位置的部分外延层露出n型电极113a的位置的先后顺序可以调整。

[0088] 图3C显示为俯视图图3A的局部放大图, 如图中所示, 将外延晶片200分隔成多个III族氮化物发光二极管单元140的切割道150a及150b是以分别垂直与平行于第二侧边130的方向设置, 也就是设置为分别与基板晶片110的a轴晶面方向(即m轴方向([1-100]方向, 两者平行))夹15度角的方向垂直或平行。通过前述分割裂片的方式, 后续便可以将本实施例中具有多个III族氮化物发光二极管单元140的外延晶片200分割为多个III族氮化物发光二极管元件160。

[0089] 在本实施例中, 分割裂片基板晶片110的方法是经由前述经过激光的照射进行隐

形切割法而形成,其详细制作工艺方法如下所述:如图4A与图4B所示,图中显示为平行于其中一条切割道150b方向(即切断预定面150b')的外延晶片200侧面透视图。首先,如图4A所示,外延晶片200将形成有多个III族氮化物发光二极管单元140以及切割道150a的一侧加以贴合于外围以金属环16固定的黏接薄片15上。接着,整个结构再设置于吸附台52上。以下,将对于外延晶片200设置于吸附台52之后的激光加工制作工艺加以说明。激光45从外延晶片200背表面110b的方向入射,经由光学系统44聚焦集光于相对应切割道150b并于与基板晶片110背表面110b距离d1的位置形成改质结构23。接着,如图4B所示,经由脉冲振荡,激光45沿着相对应于切割道150b的延伸方向并持续以与基板晶片110背表面110b距离d1的位置以聚焦集光的方式重复形成多个基板内的改质结构23。激光45的脉冲振荡频率数例如为15,000Hz~300,000Hz、吸附台52的移动速度例如为100mm/sec~500mm/sec,而激光的输出例如为1.5 μ J~5.0 μ J的范围。此外,除了前述的结构外,也可以如图4C所示,在基板晶片110平行于其中一条切割道150b方向(即想定的切断预定面150b'内),从基板晶片110背表面110b侧距离第2个距离d2的位置作为激光45的集光点,沿着切割道150b的方向再形成多个改质结构24。即,在基板晶片110想定的切断预定面150b'内,形成两段的改质结构23与改质结构24。前述改质结构23及改质结构24形成的先后顺序可以调整,在另一实施例中,可以通过多焦点激光,在基板晶片110内同时形成改质结构23及改质结构24。改质结构23及改质结构24是经由集光强的激光45经由集光聚焦而形成龟裂或熔融的结构,相较于未照射激光45的范围,改质结构23、24的机械强度较低。重复上述步骤,在形成切割道150b方向的多个改质结构23、24之后,可以再沿着切割道150a的方向形成多个改质结构23、24(图未示)。因此,在进行激光加工工程后,便可再于外延晶片200相反侧,即外延晶片200上表面相对应于激光改质的位置以接触的方式将前端具有锐角的刀片冲击压入至基板晶片110内部,使基板晶片110经由受力而沿着切割道150a、150b的方向断裂。采用此种切割方式,便可以切断基板晶片110并将外延晶片200上多个III族氮化物发光二极管单元140分割成多个III族氮化物发光二极管元件160。在另一实施例中,在进行激光加工工程后,亦可于外延晶片200背表面110b侧相对应于激光改质的位置以接触的方式将前端具有锐角的刀片冲击压入至基板晶片110内部,使基板晶片110经由受力而沿着切割道150a、150b的方向断裂。

[0090] 图5A~图5C说明依据本实施例分割裂片制成的III族氮化物发光二极管元件160的图。图5A、图5B、及图5C分别显示III族氮化物发光二极管元件160的俯视图、短边侧视图、以及长边侧视图。

[0091] 以垂直于基板晶片110的上表面120方向为基准,如图5B所示,从III族氮化物发光二极管元件160的短边侧视图观察,可以发现III族氮化物发光二极管元件160长边侧面162'的短边162"相对应于上表面120的法线方向会有倾斜角 θ_3 及 θ_4 (即长边侧面162'相对应于垂直上表面120的倾斜角);同样的,如图5C所示,III族氮化物发光二极管元件160短边侧面164'的短边164"相对应于上表面120的法线方向会有倾斜角 θ_1 及 θ_2 (即短边侧面164'相对应于垂直上表面120的倾斜角)。根据本实施例所呈现的结果,自垂直于上表面120的方向观之,当III族氮化物发光二极管元件160的长边162与基板晶片110的m轴方向([1-100]方向)夹15度角时(即,III族氮化物发光二极管元件160的短边164与基板晶片110的a轴方向([11-20]方向)夹15度角时),于分割裂片时,短边侧面164'的倾斜角 θ_1 及 θ_2 以及长边侧面162'的倾斜角 θ_3 及 θ_4 皆为2°以下,即对于基板晶片110的上表面120而言,III族氮化物发

光二极管元件160的短边侧面164'及长边侧面162'皆为近似垂直的切断面。如此一来,通过本发明精神所提到的实施例,前述于裂片时断裂的位置超过切割道(150a及150b)甚至到达III族氮化物半导体外延部分161的情况便不会发生,也可以使元件整体的制作工艺良率稳定。

[0092] 图6显示本发明的实施例中,在夹角 α 为不同角度下切割裂片的结果。参照图6,我们发现,当调整基板晶片110第二侧边130与m轴方向([1-100]方向)间具有不同夹角 α 时,可以缩小切割裂片后III族氮化物发光二极管元件160的长边侧面162'及短边侧面164'相对应于上表面120法线方向的倾斜角($\theta_1\sim\theta_4$,在本实施例中,倾斜角为 2° 以下,进一步由此达到理想的元件制作工艺良率。由图6实施例可知,夹角 $\alpha=15^\circ$ 及 45° 时可得到较小的倾斜角。在这两个情况下,倾斜角 $\theta_1\sim\theta_4$ 可低于 1° 。此外,根据实验得知(图未示),在较佳的情况下,当夹角 α 被控制在 $5^\circ\sim 20^\circ$ 或 $40^\circ\sim 50^\circ$ 时,倾斜角 $\theta_1\sim\theta_4$ 也可以达到 2° 以下需求。

[0093] 在制作III族氮化物发光二极管元件时,除了可以应用依据本发明精神所制作的基板晶片外,为了增加元件的整体出光效率,还可以在基板晶片的上表面以蚀刻的方式形成多个规则排列的凸部结构。

[0094] 如图7A所示,显示为依据本发明精神所示一实施例的基板晶片210俯视图。在本实施例中,基板晶片210第二侧边230与m轴方向([1-100]方向)间的夹角 α 为 45° 。自垂直基板晶片210的上表面220方向(以本实施例为例,上表面220是由c轴晶面构成的一c轴平面)观之,基板晶片210的上表面220有多个彼此间等间距并呈现规则交错排列的凸部结构250。从俯视图观看,由于Sapphire构成的基板晶片210是透明的,于是我们所看到的凸部结构250便会有一个与基板上表面相接触的外轮廓图案,在本实施例中,外轮廓图案为圆形。值得注意的是,本领域具有通常知识的技术人士应当可以明白,外轮廓图案并不以圆形为限,例如也可以是方形,正多边形,椭圆形等形状。在本实施例中,我们会发现,当我们将其六个凸部结构250的各几何中心点G(在本实施例中为圆心)连接起来时,由于凸部结构250彼此间为等间距且规则的排列,因此会连结构成一个想象的正六边形H,具有六个侧边S。此外,由于多个凸部结构250后续是要相对应于III族氮化物发光二极管单元而配置,因此会以平行于a轴晶面(即m轴方向([1-100]方向))排列。于是,不论是在如图3A所示的实施例之中(夹角 α 为 45°)或是在依据我们发明精神所作的优选实施方式中(即,夹角 α 为 $5^\circ\sim 20^\circ$ 或 $40^\circ\sim 50^\circ$),想象的正六边形H的六个想象的侧边S皆不会与第二侧边230平行或垂直。

[0095] 如图7B~图7D所示,举出三种含有不同实施样态凸部结构350、450、550的基板晶片局部侧视图。如图7B所示,凸部结构350凸设于基板晶片310的上表面320之上。本领域具有通常知识的技术人士应当可以明白,依据后续制作工艺的需求,上表面320同样可以由c轴晶面构成的一c轴平面,但并不以此为限。此外,在本图中,凸部结构350的侧视图为梯形,具有两个倾斜的侧边351、352以及近似平坦的顶边353。在不同的实施例之中,如图7C所示,凸部结构450凸设于基板晶片410的上表面420之上。凸部结构450的侧视图例如可以是具有两个外凸弧状侧边451、452以及顶端453的帐篷状,又或者,如图7D所示,凸部结构550凸设于基板晶片510的上表面520之上。凸部结构550的侧视图例如也可以是具有两个直线侧边551、552及顶端553的三角形,但并不以此为限。

[0096] 通过本发明精神的实施方式,在分割裂片III族氮化物半导体元件时,在有效抑制元件侧边倾斜断裂的同时,可以有效提高元件制作工艺的制作工艺良率。有着在制造、利用

III族氮化物半导体元件的产业利用性。以上所述的实施例仅为说明本发明的技术思想及特点,其目的在使熟悉此项技术的人士能够了解本发明的内容并据以实施,不能以之限定本发明的专利范围,即大凡依本发明所揭示的精神所作的均等变化或修饰,仍应涵盖在本发明的权利要求保护范围内。

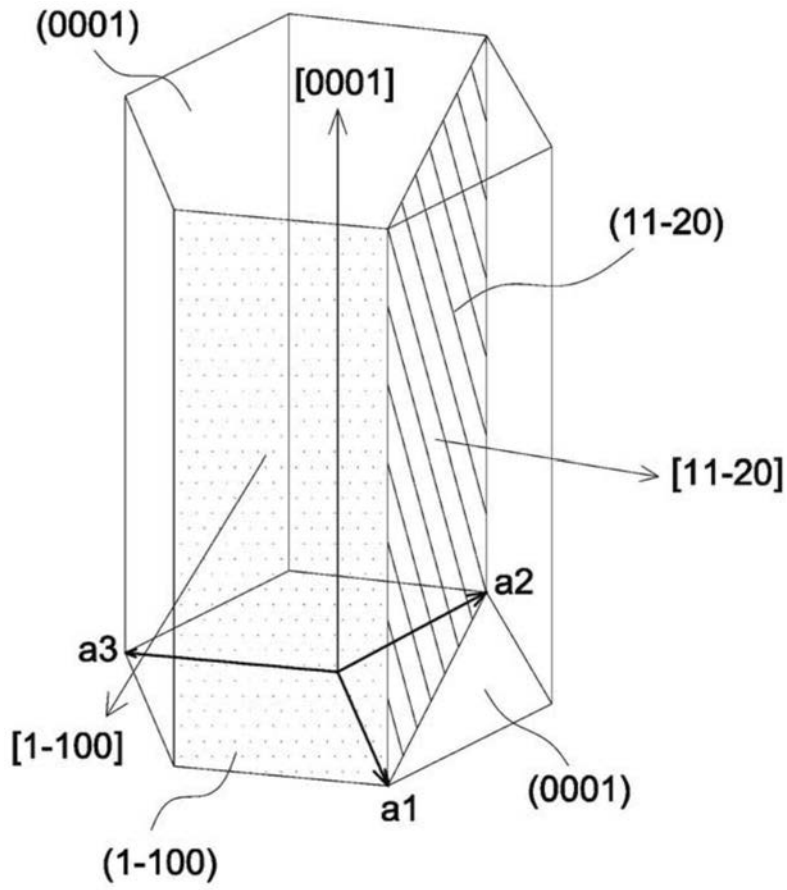


图1

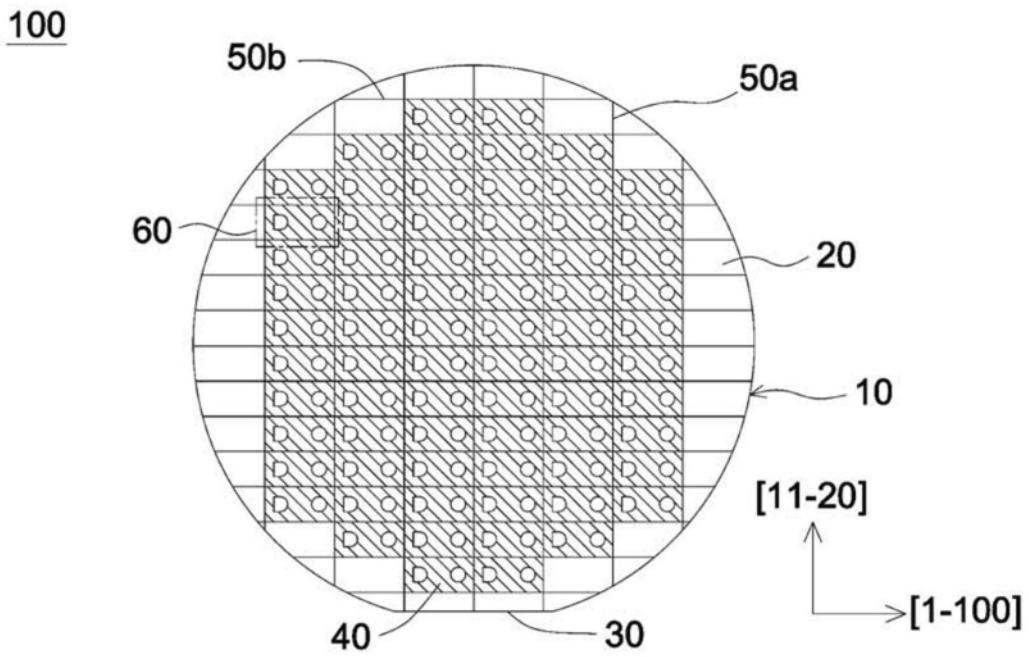


图2A

60

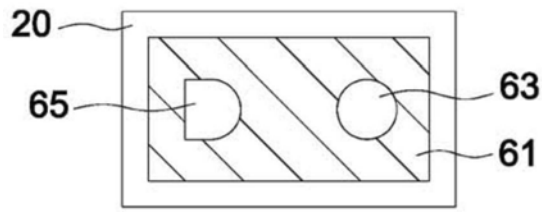


图2B

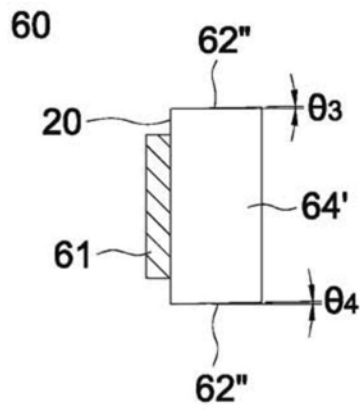


图2C

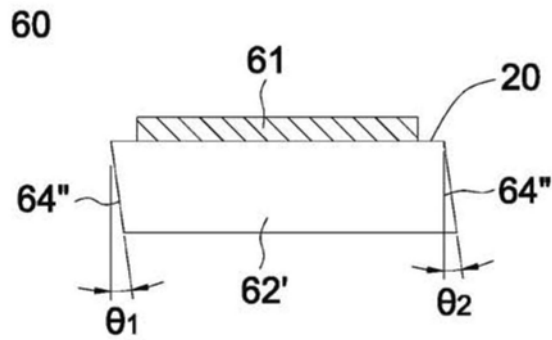


图2D

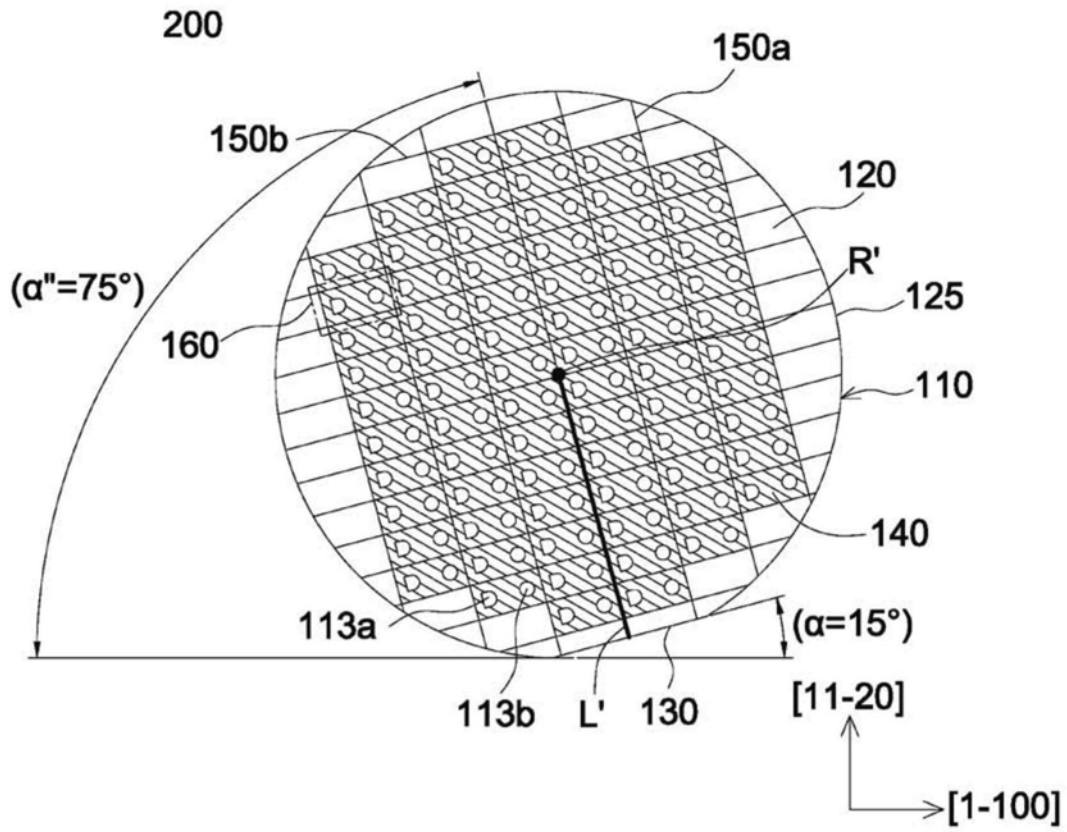


图3A

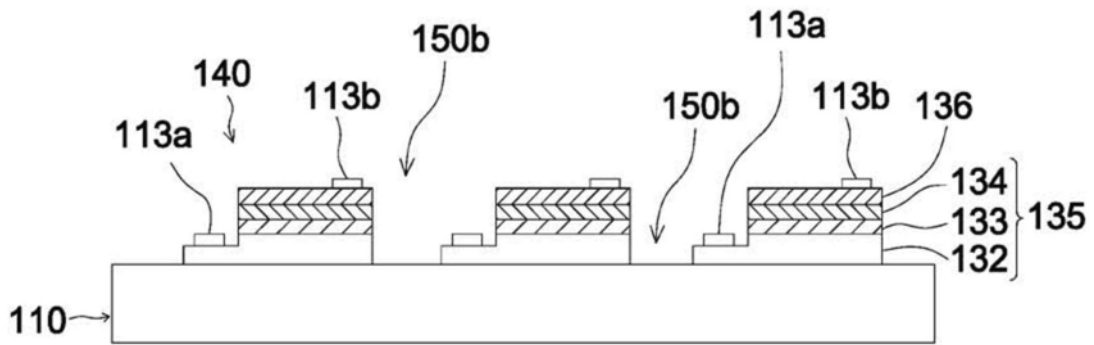


图3B

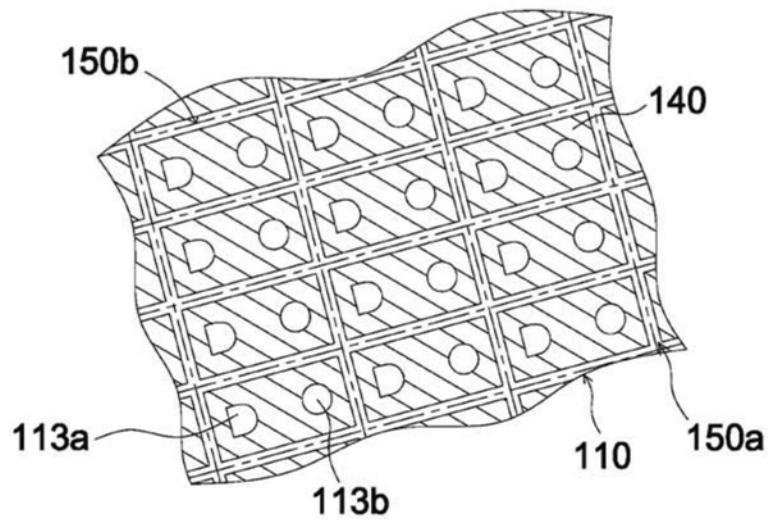


图3C

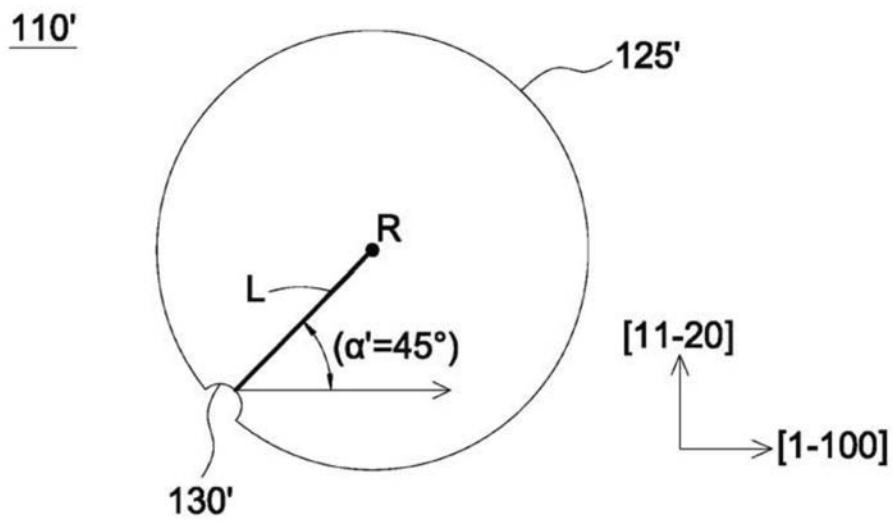


图3D

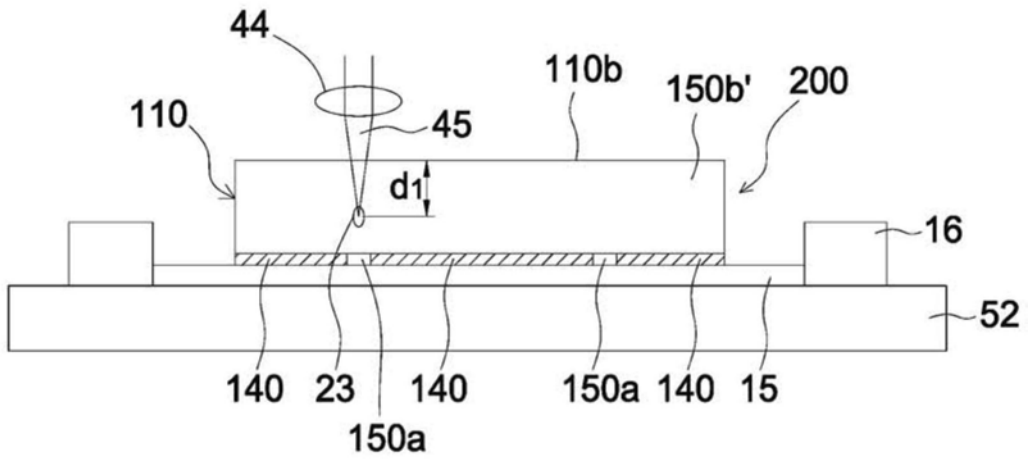


图4A

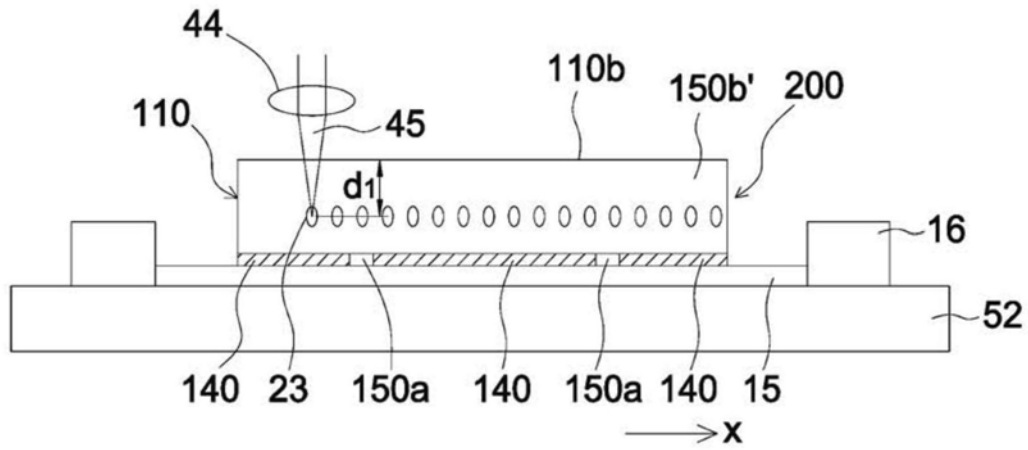


图4B

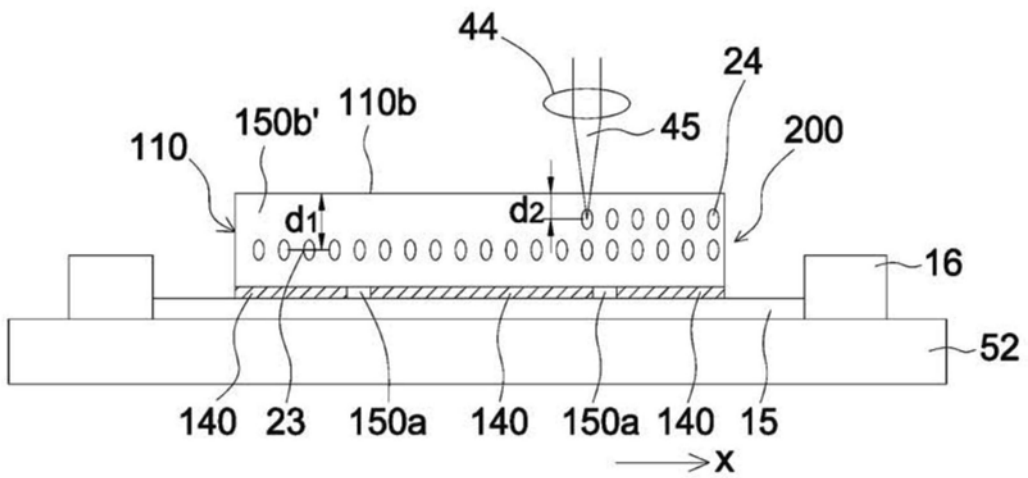


图4C

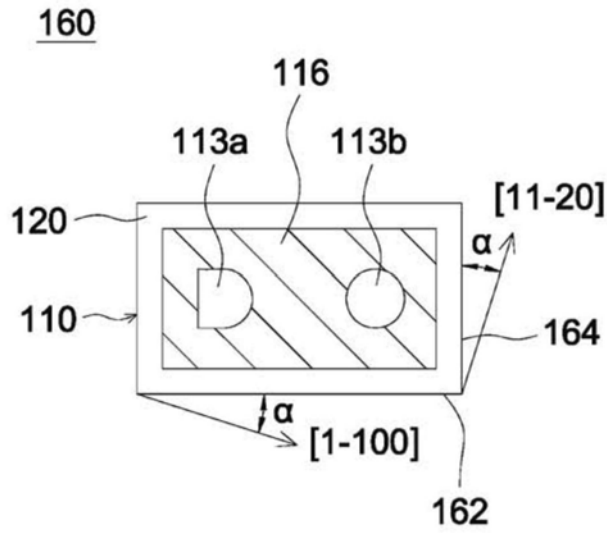


图5A

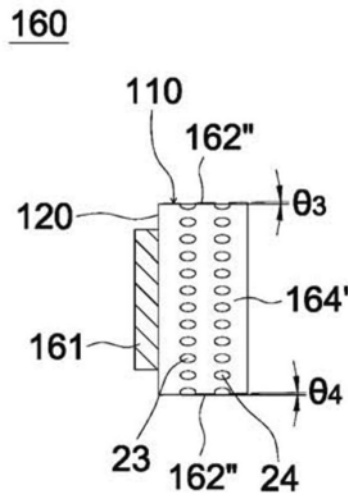


图5B

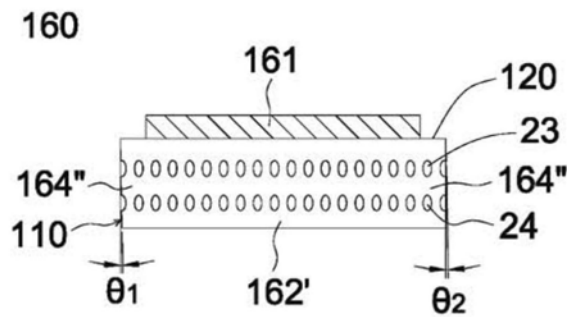


图5C

夹角 (α)	5°	15°	30°	45°
短边侧面倾斜角 (θ_1 及 θ_2)	$\pm 1^\circ$	$\pm 1^\circ$	5~8°	$\pm 1^\circ$
长边侧面倾斜角 (θ_3 及 θ_4)	5~8°	$\pm 1^\circ$	$\pm 1^\circ$	$\pm 1^\circ$

图6

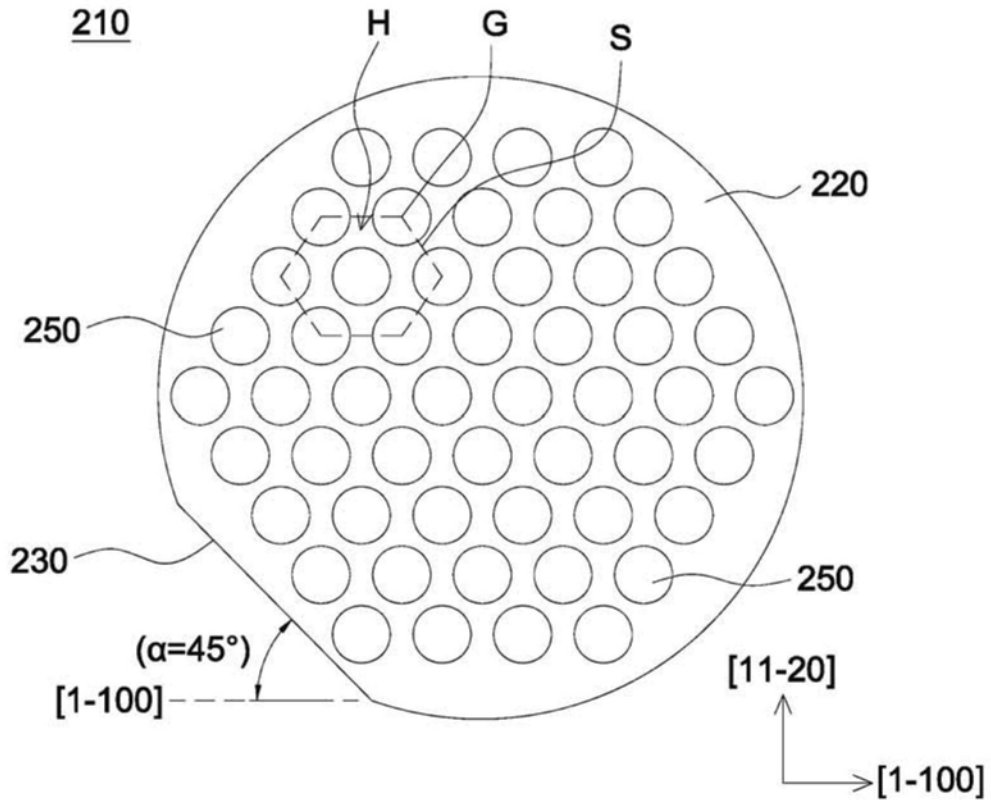


图7A

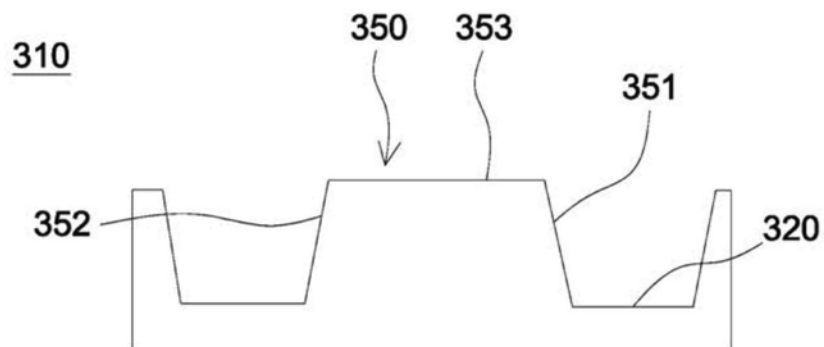


图7B

410

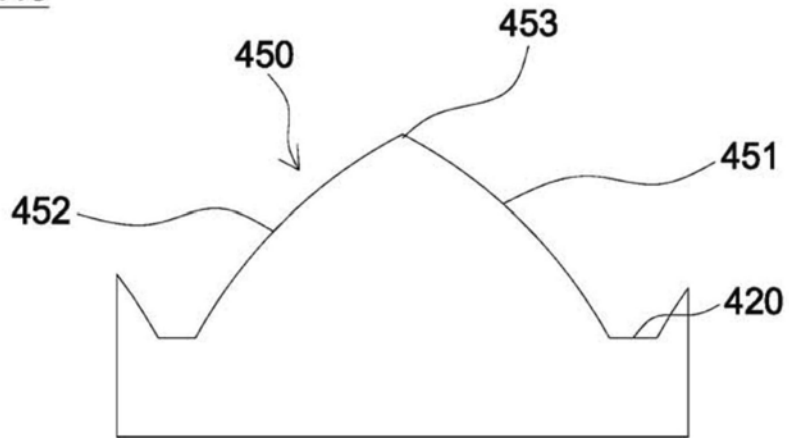


图7C

510

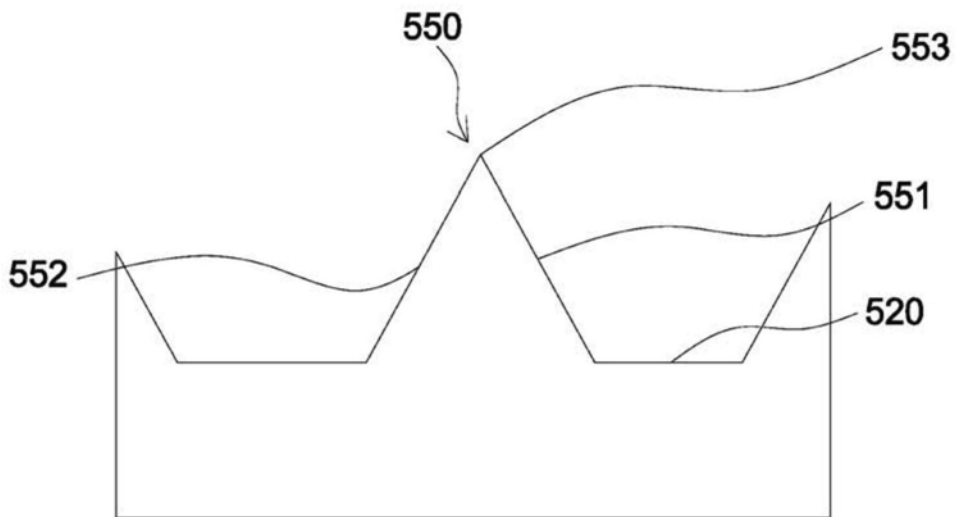


图7D