



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119836719 A

(43) 申请公布日 2025. 04. 15

(21) 申请号 202380063818.5

(22) 申请日 2023.06.30

(30) 优先权数据

2022-143000 2022.09.08 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2025.03.05

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/024337 2023.06.30

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/053222 JA 2024.03.14

(71) 申请人 新唐科技日本株式会社

地址 日本

(72) 发明人 村上雄马 光井靖智 西川学

林茂生 井上升

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

专利代理师 吕文卓

(51) Int.Cl.

H01S 5/042 (2006.01)

H01S 5/028 (2006.01)

H01S 5/22 (2006.01)

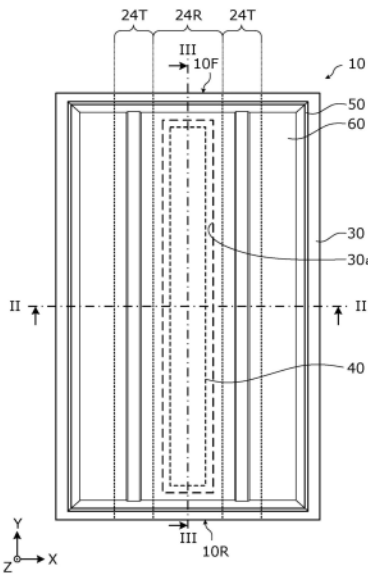
权利要求书2页 说明书17页 附图18页

(54) 发明名称

半导体激光元件

(57) 摘要

半导体激光元件(10)具备第一半导体层、活性层(23)、绝缘膜(30)、接触电极(40)和势垒金属层(50);第二半导体层具有隆起部(24R);绝缘膜(30)具有配置在与隆起部(24R)的上表面(24Rt)对应的位置的开口部(30a);接触电极(40)配置在开口部(30a);接触电极(40)的侧面(40s)朝向接触电极(40)的内侧倾斜;绝缘膜(30)的侧面(30s)朝向开口部(30a)的外侧倾斜;势垒金属层(50)将接触电极(40)的上表面(40t)整体覆盖,并且将从接触电极(40)的上表面(40t)到绝缘膜(30)的上表面(30t)连续地覆盖。



1. 一种半导体激光元件, 射出激光, 其特征在于,
具备:

第一导电型的第一半导体层;

活性层, 配置在上述第一半导体层的上方;

与上述第一导电型不同的第二导电型的第二半导体层, 配置在上述活性层的上方;

绝缘膜, 配置在上述第二半导体层的上方;

接触电极, 配置在上述第二半导体层的上方, 与上述第二半导体层相接; 以及

势垒金属层, 配置在上述接触电极的上方;

上述第二半导体层具有在上述激光的传播方向上延伸的隆起部;

上述绝缘膜具有在与上述隆起部的上表面对应的位置配置的开口部;

上述接触电极配置在上述开口部;

上述接触电极的位于与上述激光的传播方向及上述接触电极的层叠方向垂直的横向的端部处的侧面, 相对于与上述隆起部的上表面垂直的方向, 朝向上述接触电极的内侧倾斜;

上述绝缘膜的位于上述开口部的周缘处的侧面中的位于上述开口部的上述横向的端部处的侧面, 相对于与上述隆起部的上表面垂直的方向, 朝向上述开口部的外侧倾斜;

上述势垒金属层将上述接触电极的上表面整体覆盖, 并且将从上述接触电极的上表面到上述绝缘膜的上表面连续地覆盖。

2. 如权利要求1所述的半导体激光元件, 其特征在于,

上述势垒金属层将从上述接触电极的上表面到配置在上述隆起部的外侧的上述绝缘膜的上表面连续地覆盖。

3. 如权利要求1或2所述的半导体激光元件, 其特征在于,

上述绝缘膜配置在上述半导体激光元件的上述激光的传播方向的端面与上述接触电极之间;

上述势垒金属层在上述激光的传播方向上将从上述接触电极的上表面到上述绝缘膜的上表面连续地覆盖。

4. 如权利要求1~3中任一项所述的半导体激光元件, 其特征在于,

在上述激光的传播方向上, 上述半导体激光元件的前侧的端部处的上述绝缘膜与上述接触电极之间的距离, 比上述半导体激光元件的后侧的端部处的上述绝缘膜与上述接触电极之间的距离长。

5. 如权利要求1~4中任一项所述的半导体激光元件, 其特征在于,

上述绝缘膜的位于上述开口部的周缘处的侧面之中, 位于上述接触电极与上述半导体激光元件的前侧的端面之间的侧面处配置的上述势垒金属层的膜厚, 比位于上述接触电极与上述半导体激光元件的后侧的端面之间的侧面处配置的上述势垒金属层的膜厚薄。

6. 如权利要求1~5中任一项所述的半导体激光元件, 其特征在于,

上述接触电极的位于上述激光的传播方向的端部处的侧面相对于上述隆起部的上表面的倾斜角度在上述半导体激光元件的前侧比后侧大。

7. 如权利要求1~6中任一项所述的半导体激光元件, 其特征在于,

上述接触电极的侧面的至少一部分相对于上述隆起部的上表面的倾斜角度是30度以

下。

8. 如权利要求1~7中任一项所述的半导体激光元件,其特征在于,上述势垒金属层由Cr或Ti形成。
9. 如权利要求1~8中任一项所述的半导体激光元件,其特征在于,上述接触电极是单层膜。
10. 如权利要求1~9中任一项所述的半导体激光元件,其特征在于,上述隆起部具有位于上述隆起部的上表面的相对于上述激光的传播方向垂直的方向的端部且从上述隆起部的侧面突出的突出部。
11. 如权利要求10所述的半导体激光元件,其特征在于,在上述绝缘膜中的将上述突出部覆盖的部分的表面形成有凹部,上述凹部比上述突出部靠上方。

半导体激光元件

技术领域

[0001] 本公开涉及半导体激光元件。

背景技术

[0002] 以往,已知具有隆起部的半导体激光元件(例如,专利文献1等)。在专利文献1所记载的半导体激光元件中,在半导体层叠体的上方配置有在与隆起部的上表面对应的位置具有开口部的绝缘膜。在隆起部的上表面配置有由Pd形成的接触电极,在接触电极上配置有由Pt形成的势垒金属层。在专利文献1所记载的半导体激光元件中,想要通过这样的势垒金属层来抑制杂质向接触电极的扩散。即,想要抑制由于杂质向接触电极的扩散而引起的电阻的增大。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:国际公开第2020/110783号

发明内容

[0006] 发明要解决的课题

[0007] 但是,在专利文献1所记载的半导体激光元件中,特别是,由于将接触电极的周缘部覆盖的势垒金属层较薄,所以杂质可能会向接触电极扩散。

[0008] 此外,在接触电极的侧面与半导体层叠体的上表面大致垂直的情况下,有在将该侧面附近覆盖的势垒金属层中形成狭缝的情况。杂质能够经由这样的狭缝向接触电极扩散。如以上这样,在以往的半导体激光元件中,将接触电极覆盖的势垒金属层所带来的杂质扩散抑制功能并不充分。

[0009] 本公开用于解决这样的课题,目的在于提供能够抑制杂质向接触电极的扩散的半导体激光元件。

[0010] 用来解决课题的手段

[0011] 为了解决上述课题,本公开的半导体激光元件的一技术方案,是射出激光的半导体激光元件,具备:第一导电型的第一半导体层;活性层,配置在上述第一半导体层的上方;与上述第一导电型不同的第二导电型的第二半导体层,配置在上述活性层的上方;绝缘膜,配置在上述第二半导体层的上方;接触电极,配置在上述第二半导体层的上方,与上述第二半导体层相接;以及势垒金属层,配置在上述接触电极的上方;上述第二半导体层具有在上述激光的传播方向上延伸的隆起部;上述绝缘膜具有在与上述隆起部的上表面对应的位置配置的开口部;上述接触电极配置在上述开口部;上述接触电极的位于与上述激光的传播方向及上述接触电极的层叠方向垂直的横向的端部处的侧面,相对于与上述隆起部的上表面垂直的方向,朝向上述接触电极的内侧倾斜;上述绝缘膜的位于上述开口部的周缘处的侧面中的位于上述开口部的上述横向的端部处的侧面,相对于与上述隆起部的上表面垂直的方向,朝向上述开口部的外侧倾斜;上述势垒金属层将上述接触电极的上表面整体覆盖,

并且将从上述接触电极的上表面到上述绝缘膜的上表面连续地覆盖。

[0012] 发明效果

[0013] 根据本公开,能够提供能够抑制杂质向接触电极的扩散的半导体激光元件。

附图说明

[0014] 图1是表示有关实施方式的半导体激光元件的整体结构的示意性平面图。

[0015] 图2是表示有关实施方式的半导体激光元件的整体结构的示意性第一剖视图。

[0016] 图3是表示有关实施方式的半导体激光元件的整体结构的示意性第二剖视图。

[0017] 图4A是表示有关实施方式的半导体激光元件的安装方法的一例的示意性剖视图。

[0018] 图4B是表示安装着有关实施方式的半导体激光元件的半导体激光装置的结构示意性剖视图。

[0019] 图5是图2所示的虚线框V的内部的放大图。

[0020] 图6是图3所示的虚线框VI的内部的放大图。

[0021] 图7是图3所示的虚线框VII的内部的放大图。

[0022] 图8是表示有关实施方式的半导体激光元件的制造方法的第一工序的示意性剖视图。

[0023] 图9是表示有关实施方式的半导体激光元件的制造方法的第二工序的示意性剖视图。

[0024] 图10是表示有关实施方式的半导体激光元件的制造方法的第三工序的示意性剖视图。

[0025] 图11是表示有关实施方式的半导体激光元件的制造方法的第四工序的示意性剖视图。

[0026] 图12是表示有关实施方式的半导体激光元件的制造方法的第四工序中的抗蚀剂部形成工序的示意性剖视图。

[0027] 图13是表示有关实施方式的半导体激光元件的制造方法的第四工序中的开口部形成工序的示意性剖视图。

[0028] 图14是表示有关实施方式的半导体激光元件的制造方法的第四工序中的接触电极形成工序的示意性剖视图。

[0029] 图15是表示有关实施方式的半导体激光元件的制造方法的行星蒸镀的第一旋转位置处的蒸镀材料的入射方向的示意性第一剖视图。

[0030] 图16是表示有关实施方式的半导体激光元件的制造方法的行星蒸镀的第二旋转位置处的蒸镀材料的入射方向的示意性第一剖视图。

[0031] 图17是表示有关实施方式的半导体激光元件的制造方法的行星蒸镀的第三旋转位置处的蒸镀材料的入射方向的示意性第一剖视图。

[0032] 图18是表示有关实施方式的半导体激光元件的制造方法的行星蒸镀的第四旋转位置处的蒸镀材料的入射方向的示意性第一剖视图。

[0033] 图19是表示有关实施方式的半导体激光元件的制造方法的行星蒸镀的第一旋转位置处的蒸镀材料的入射方向的示意性第二剖视图。

[0034] 图20是表示有关实施方式的半导体激光元件的制造方法的行星蒸镀的第二旋转

位置处的蒸镀材料的入射方向的示意性第二剖视图。

[0035] 图21是表示有关实施方式的半导体激光元件的制造方法的行星蒸镀的第三旋转位置处的蒸镀材料的入射方向的示意性第二剖视图。

[0036] 图22是表示有关实施方式的半导体激光元件的制造方法的行星蒸镀的第四旋转位置处的蒸镀材料的入射方向的示意性第二剖视图。

[0037] 图23是表示有关实施方式的半导体激光元件的制造方法的第五工序的示意性剖视图。

[0038] 图24是表示有关实施方式的变形例1的半导体激光元件的整体结构的示意性剖视图。

[0039] 图25是图24所示的虚线框XXV的内部的放大图。

[0040] 图26是表示有关实施方式的变形例2的半导体激光元件的整体结构的示意性剖视图。

[0041] 图27是表示安装着有关实施方式的变形例2的半导体激光元件的半导体激光装置的结构示意性剖视图。

[0042] 图28是表示有关实施方式的变形例3的半导体激光元件的整体结构的示意性剖视图。

[0043] 图29是图28所示的虚线框XXIX的内部的放大图。

[0044] 图30是表示安装着有关实施方式的变形例3的半导体激光元件的半导体激光装置的结构示意性剖视图。

具体实施方式

[0045] 以下,参照附图对本公开的实施方案进行说明。另外,以下说明的实施方案都表示本公开的一具体例。因而,以下实施方案中表示的数值、形状、材料、构成要素及构成要素的配置位置、连接形态等作为一例而并不意欲限定本公开。

[0046] 此外,各图是示意图,并不一定严格地图示。因而,在各图中比例尺等并不一定一致。另外,在各图中,对于实质上相同的结构赋予相同标记,将重复的说明省略或简略化。

[0047] 此外,在本说明书中,“上方”及“下方”这样的用语不是指绝对空间识别中的铅直上方及铅直下方,而是作为基于层叠结构中的层叠顺序而由相对位置关系规定的用语使用。此外,“上方”及“下方”这样的用语不仅应用于两个构成要素相互隔开间隔配置且在两个构成要素之间存在其他构成要素的情况,也应用于将两个构成要素以相互相接的状态配置的情况。

[0048] (实施方式)

[0049] 对有关实施方式的半导体激光元件及其制造方法进行说明。

[0050] [1—1.整体结构]

[0051] 首先,使用图1~图3对有关本实施方式的半导体激光元件的整体结构进行说明。图1是表示有关本实施方式的半导体激光元件10的整体结构的示意性平面图。图2及图3是表示有关本实施方式的半导体激光元件10的整体结构的示意性剖视图。在图2中表示了图1的II—II线的半导体激光元件10的截面。在图3中表示了图1的III—III线的半导体激光元件10的截面。另外,在各图中表示了相互正交的X轴、Y轴及Z轴。X轴、Y轴及Z轴是右手正交坐

标系。半导体激光元件10的层叠方向与Z轴方向平行,光(在本实施方式中是激光)的主要射出方向与Y轴方向平行。

[0052] 半导体激光元件10如图2及图3所示,具备半导体层叠体10S,从与半导体层叠体10S的层叠方向(即,Z轴方向)垂直的方向的端面10F(参照图1)射出激光。在本实施方式中,半导体激光元件10如图1所示,是具有形成共振器的两个端面10F及10R的氮化物半导体激光元件。端面10F是射出激光的前侧的端面,端面10R是反射率比端面10F高的后侧的端面。在本实施方式中,端面10F及10R的反射率分别是15%及98%。此外,半导体激光元件10具有形成在端面10F与端面10R之间的波导。本实施方式的半导体激光元件10的共振器长(即,端面10F与端面10R之间的距离)是1200 μm 左右。此外,半导体激光元件10例如是在445nm波带具有峰值波长的蓝色光。

[0053] 如图2及图3所示,半导体激光元件10具备基板21、半导体层叠体10S、绝缘膜30、接触电极40、势垒金属层50、焊盘电极60和N侧电极70。

[0054] 基板21是作为半导体激光元件10的基台的板状部件。在本实施方式中,基板21是N型GaN基板。

[0055] 半导体层叠体10S是包含半导体层的层叠体。半导体层叠体10S具有在层叠方向上层叠的多个半导体层。在本实施方式中,半导体层叠体10S具有N侧半导体层22、活性层23和P侧半导体层24。

[0056] N侧半导体层22是在基板21的上方且活性层23的下方配置的第一导电型的第一半导体层的一例。在本实施方式中,N侧半导体层22包含氮化物半导体。此外,N侧半导体层22包含折射率比活性层23低的N型包层(clad layer)。N侧半导体层22例如是N型AlGaIn层。另外,N侧半导体层22也可以包含N型包层以外的层。N侧半导体层22例如也可以包含缓冲层、导光层等。

[0057] 活性层23是在N侧半导体层22的上方配置的发光层。在本实施方式中,活性层23包含氮化物半导体,具有量子阱构造。活性层23既可以具有单一的量子阱,也可以具有多个量子阱。在本实施方式中,活性层23具有由InGaIn构成的多个势垒层和由InGaIn构成的多个阱层。

[0058] P侧半导体层24配置在活性层23的上方,是与第一导电型不同的第二导电型的第二半导体层的一例。P侧半导体层24包含氮化物半导体。在本实施方式中,P侧半导体层24包含折射率比活性层23低的P型包层。P侧半导体层24例如是P型AlGaIn层。另外,P侧半导体层24也可以包含P型包层以外的层。P侧半导体层24例如也可以包含导光层、电子阻挡层、接触层等。此外,P侧半导体层24也可以具有超晶格结构。

[0059] 如图2所示,P侧半导体层24具有在激光的传播方向上延伸的隆起部24R。隆起部24R是P侧半导体层24中的在Z轴方向上突出的部分。在本实施方式中,在P侧半导体层24,形成有沿着隆起部24R配置且在Y轴方向上延伸的两个槽24T。在本实施方式中,隆起部宽度(即,隆起部24R的X轴方向的尺寸)是45 μm 左右。图1中的表示隆起部24R与槽24T的边界的虚线与隆起部24R的上表面24Rt的X轴方向端部(从半导体激光元件10的上表面看不到)的位置对应。此外,图1中的表示槽24T的虚线中的距隆起部24R较远的虚线与槽24T的X轴方向端部(从半导体激光元件10的上表面看不到)的位置对应。进而,在槽24T的两侧形成有由P侧半导体层构成的翼(wing)部24W。翼部24W是P侧半导体层24中的在Z轴方向上突出的部分,

在激光的传播方向上延伸。

[0060] 绝缘膜30是在P侧半导体层24(即,第二半导体层)的上方配置的层。在本实施方式中,绝缘膜30是配置在半导体层叠体10S与势垒金属层50之间的具有电绝缘性的层。绝缘膜30具有在与隆起部24R的上表面24Rt对应的位置配置的开口部30a。在本实施方式中,绝缘膜30配置在P侧半导体层24的上表面中的、隆起部24R的上表面24Rt的中央部以外的区域。具体而言,将隆起部24R的上表面24Rt的一部分、隆起部24R的侧面、槽24T的底面、翼部24W的侧面、翼部24W的上表面、P侧半导体层24的侧面(即X轴方向的端面)、活性层23的侧面、N侧半导体层22的侧面的一部分连续地覆盖。由此,能够将开口部30a确保在绝缘膜30上配置的势垒金属层50及在势垒金属层50的上方配置的焊盘电极60与P侧半导体层24的侧面之间的电绝缘。因此,能够抑制从势垒金属层50及焊盘电极60经由绝缘膜30流到隆起部24R的侧面附近的电流。由此,能够抑制隆起部24R的侧面附近的光密度变高的情况。因而,能够抑制由于光密度变高所引起的烧孔(hole burning)现象从而光的放大增益下降的情况。

[0061] 形成绝缘膜30的材料只要是绝缘材料即可,没有特别限定。在本实施方式中,绝缘膜30是膜厚300nm的氧化硅膜。关于绝缘膜30的详细结构及效果在后面叙述。

[0062] 接触电极40配置在P侧半导体层24的上方,是与P侧半导体层24相接的电极。接触电极40在P侧半导体层24的隆起部24R的上方与P侧半导体层24对置,并且与P侧半导体层24相接。在本实施方式中,接触电极40配置在绝缘膜30的开口部30a。接触电极40与绝缘膜30分离。

[0063] 接触电极40可以包含Pd或氧化铟锡(ITO)。由此,能够减小接触电极40与P侧半导体层24之间的接触电阻,所以能够降低半导体激光元件10的工作电压。此外,接触电极40也可以是由Pd、Pt、Ni及Ag的至少一种形成的单层膜或多层膜,或者由ITO、氧化铟锌(IZO)、氧化锌(ZnO)、InGaZnO_x(IGZO)等的导电性的金属氧化物等构成。在本实施方式中,接触电极40是单层膜。更具体地讲,接触电极40是膜厚40nm的Pd层。

[0064] 势垒金属层50是配置在接触电极40上方的金属层。势垒金属层50具有抑制杂质向接触电极40的扩散的功能。作为杂质,例如可以举出氧原子等。此外,例如在将半导体激光元件10结朝下(倒装片)安装的情况下(即,将焊盘电极60与安装基板等接合的情况下),作为接合件而使用的焊料中包含的Sn元素会成为向接触电极40扩散的杂质。

[0065] 势垒金属层50将接触电极40的上表面整体覆盖,并且将从接触电极40的上表面到绝缘膜30的上表面连续地覆盖。在本实施方式中,势垒金属层50将从接触电极40的上表面到在隆起部24R的外侧配置的绝缘膜30的上表面连续地覆盖。更具体地讲,势垒金属层50如图2所示,将在左侧的翼部24W的上方和左侧的槽24T及隆起部24R的上表面的一部分的上方连续地配置的绝缘膜30的上表面、位于左侧的绝缘膜30与接触电极40之间的隆起部24R的上表面、接触电极40的上表面、位于接触电极40与右侧的绝缘膜30之间的隆起部24R的上表面、以及在隆起部24R的上表面的一部分的上方和右侧的槽24T和右侧的翼部24W右上方连续地配置的绝缘膜30的上表面连续地覆盖。

[0066] 此外,势垒金属层50还具有提高焊盘电极60与绝缘膜30之间的密接性的功能。势垒金属层50例如由Cr或Ti形成。在势垒金属层50包含Cr或Ti、绝缘膜30是氧化物的情况下,能够进一步提高绝缘膜30与势垒金属层50的密接性。这是因为,在绝缘膜30是氧化物的情况下,如果势垒金属层50是容易形成氧化物的材料,则绝缘膜30与势垒金属层50强力地结

合。在本实施方式中,势垒金属层50是膜厚100nm的Cr层。另外,Cr膜的厚度如果过厚则由于较大的内部应力所以有可能发生裂纹、剥离。例如,势垒金属层50的厚度可以是200nm以下。

[0067] 在本实施方式中,接触电极40的膜厚比势垒金属层50的膜厚薄。此外,将接触电极40的膜厚与势垒金属层50的膜厚加在一起的膜厚比绝缘膜的膜厚薄。

[0068] 焊盘电极60配置在绝缘膜30及接触电极40的上方,是与接触电极40电连接的导电层。这里,焊盘电极60使用与势垒金属层50的形成相同的掩模,以与势垒金属层50相同的平面形状而被形成在势垒金属层50的上表面。焊盘电极60含有Au。在本实施方式中,焊盘电极60是膜厚约2000nm的Au层。

[0069] N侧电极70是配置在基板21的下表面(即,基板21的配置半导体层叠体10S的主面的相反侧的主面)的导电层。N侧电极70例如可以是由Cr、Ti、Ni、Pd及Pt的至少一种形成的单层膜或多层膜。在本实施方式中,N侧电极70具有与基板21相接的膜厚10nm的Ti层、与Ti层相接的膜厚35nm的Pt层以及与Pt层相接的膜厚300nm的Au层。

[0070] [1—2. 半导体激光元件的安装方式]

[0071] 使用图4A及图4B对本实施方式的半导体激光元件10的安装方式的一例进行说明。图4A是表示本实施方式的半导体激光元件10的安装方法的一例的示意性剖视图。图4B是表示安装着本实施方式的半导体激光元件10的半导体激光装置11的结构示意性剖视图。在图4A及图4B中与图2同样地表示了相对于半导体激光元件10的激光的传播方向垂直的截面。

[0072] 使用图4A对半导体激光元件10的安装方法的一例进行说明。这里,作为安装方法的一例,对结朝下(junction down)安装的方法进行说明。

[0073] 首先,准备半导体激光元件10和层叠了接合件90的副装配板(submount)80。

[0074] 副装配板80是安装半导体激光元件10的基体。副装配板80例如能够使用由氧化铝、AlN、SiC、金刚石等材料构成的陶瓷基板、多晶基板、单晶基板等。

[0075] 接合件90是将半导体激光元件10与副装配板80接合的部件。在本实施方式中,接合件90含有AuSn焊料。

[0076] 接着,如图4A所示,将半导体激光元件10向接合件90上载置。

[0077] 在将半导体激光元件10载置到接合件90上之后(即,在半导体激光元件10成为与接合件90相接的状态之后),将副装配板80加热到比接合件90的熔点 T_m 高的温度 T 而将接合件90熔融。这里,在加热工序中,副装配板80在温度 T 维持10秒左右。

[0078] 在加热工序之后,使副装配板80的温度降低到小于接合件90的熔点 T_m 的温度。

[0079] 通过以上那样的工序,经由接合件90将半导体激光元件10的焊盘电极60接合于副装配板80。即,半导体激光元件10被结朝下安装于副装配板80,能够制造图4B所示那样的半导体激光装置11。

[0080] 如图4B所示,本实施方式的半导体激光装置11具备N侧电极70、基板21、半导体层叠体10S、绝缘膜30、接触电极40、势垒金属层50、焊盘电极60a、接合件90a和副装配板80。

[0081] 焊盘电极60a是通过由Au层构成的焊盘电极60与含有AuSn焊料的接合件90相接合而形成的电极,是含有从接合件90扩散的Sn元素的Au层。焊盘电极60a中的Sn元素的浓度例如是3%左右。另外,焊盘电极60a中的Sn元素浓度可以不是均匀的。焊盘电极60a中的Sn元素浓度例如可以随着接近于接合件90a而增大。

[0082] 接合件90a是通过含有AuSn焊料的接合件90与由Au层构成的焊盘电极60相接合而形成的层,是含有从焊盘电极60扩散的Au元素的AuSn层。接合件90a中的Sn元素的浓度例如是20%左右。另外,接合件90a中的Sn元素浓度可以不是均匀的。接合件90a中的Sn元素浓度例如可以随着接近于焊盘电极60a而减小。

[0083] 如图4B所示,通过将半导体激光元件10与副装配板80用含有AuSn焊料的接合件90接合,接合件90中包含的Sn元素扩散到半导体激光元件10的焊盘电极60中。这里,Sn元素向接触电极40扩散,从而接触电极40的电阻增大。在本实施方式中,通过用能够抑制Sn元素的扩散的势垒金属层50将接触电极40覆盖,能够抑制接触电极40的电阻的增大。

[0084] 另外,以上表示了将半导体激光元件10结朝下安装的结构,但半导体激光元件10的安装方式并不限于此。例如,也可以将半导体激光元件10结朝上安装。

[0085] [1—3. 半导体激光元件的详细结构及效果]

[0086] 主要使用图5~图7对本实施方式的半导体激光元件10的详细结构及效果进行说明。图5是图2所示的虚线框V的内部的放大图。图6及图7分别是图3所示的虚线框VI及虚线框VII的内部的放大图。

[0087] 在本实施方式的半导体激光元件10中,如图5所示,势垒金属层50将接触电极40的上表面40t整体覆盖(参照图2及图3),并且将从接触电极40的上表面40t到绝缘膜30的上表面30t连续地覆盖。具体而言,势垒金属层50将位于接触电极40与右侧的绝缘膜30之间的隆起部24R的上表面24Rt覆盖。由于势垒金属层50的Z轴方向的厚度大致均等,所以形成在接触电极40及绝缘膜30的倾斜部上的势垒金属层50的倾斜角度是与各个底层的倾斜部大致相同的倾斜角度。但是,配置在接触电极40及绝缘膜30的角部上的势垒金属层50的倾斜角度可能会与底层的角部的倾斜角度不同。例如,有配置在接触电极40及绝缘膜30的角部上的势垒金属层50不形成角部(即,倾斜角度对应于X轴方向位置而平滑地变化)的情况。

[0088] 这样,通过势垒金属层50将接触电极40覆盖,能够抑制氧原子等杂质向接触电极40扩散。例如,在如图4B所示的半导体激光元件10的安装方式那样将半导体激光元件10结朝下安装的情况下,当半导体激光元件10的焊盘电极60与AuSn焊料等含有Sn元素的部件被连接时,能够抑制Sn元素经由焊盘电极60向接触电极40扩散。此外,势垒金属层50不仅将接触电极40上覆盖,而且直到从接触电极40离开了的绝缘膜30的上表面30t都连续地覆盖,从而能够使膜厚可能变薄的势垒金属层50的周缘部从接触电极40离开。由此,能够抑制将接触电极40覆盖的势垒金属层50的膜厚变薄的情况。因而,能够更可靠地抑制杂质经由势垒金属层50向接触电极40扩散的情况。

[0089] 此外,接触电极40的位于与激光传播方向及接触电极40的层叠方向垂直的横向(即,X轴方向)的端部的侧面40s,相对于与隆起部24R的上表面24Rt垂直的方向(即,Z轴方向)朝向接触电极40的内侧倾斜。

[0090] 这里,作为比较例,对接触电极40的侧面与隆起部24R的上表面24Rt垂直的情况进行研究。在此情况下,接触电极40的上表面40t与侧面所成的角为90度左右。随之,难以在接触电极40的上表面40t与侧面40s的边界部分均匀地形成势垒金属层50。因此,在配置在上表面40t与侧面40s的边界部分的势垒金属层50,容易形成从该边界部分朝向势垒金属层50的表面而延伸的狭缝状的空隙。在形成了这样的空隙的情况下,杂质能够经由空隙向接触电极40扩散。

[0091] 相对于此,在本实施方式中,如上述那样,接触电极40的侧面40s倾斜,所以接触电极40的上表面40t与侧面40s所成的角小于90度。由此,在上表面40t与侧面40s的边界部分容易均匀地形成势垒金属层50。因此,能够抑制在势垒金属层50中形成狭缝状的空隙。因而,能够抑制杂质向接触电极40的扩散。

[0092] 此外,在绝缘膜30的位于开口部30a周缘的侧面之中,位于开口部30a的横向的端部处的侧面30s相对于与隆起部24R的上表面24Rt垂直的方向朝向开口部30a的外侧倾斜。在本实施方式中,绝缘膜30的侧面30s相对于隆起部24R的上表面24Rt的倾斜角度是90度以下。另外,绝缘膜30的侧面30s也可以具有二阶倾斜面。换言之也可以是,隆起部24R的上表面附近的侧面30s的倾斜角度不同于绝缘膜30的上表面30t附近的侧面30s的倾斜角度。

[0093] 由此,与配置在接触电极40的上表面40t及侧面40s上的势垒金属层50同样地,能够抑制在配置在绝缘膜30的上表面30t与侧面30s的边界部分的势垒金属层50中形成狭缝状的空隙的情况。因而,能够抑制杂质经由空隙以及势垒金属层50与隆起部24R的上表面24Rt的边界部分向接触电极40扩散的情况。

[0094] 此外,在本实施方式中,如图3、图6及图7所示,在半导体激光元件10的激光传播方向的端面10F及10R与接触电极40之间配置绝缘膜30。此外,势垒金属层50在激光传播方向上将从接触电极40的上表面40t到绝缘膜30的上表面30t连续地覆盖。

[0095] 由此,与接触电极40的横向的端部同样,在激光传播方向的端部也能够抑制将接触电极40的上表面40t及侧面40s覆盖的势垒金属层50变薄的情况。由此,能够抑制杂质经由势垒金属层50向接触电极40扩散。

[0096] 此外,接触电极40的位于激光传播方向以及接触电极40的激光传播方向的端部的侧面40s相对于与隆起部24R的上表面24Rt垂直的方向朝向接触电极40的内侧倾斜。

[0097] 由此,能够抑制配置在接触电极40的上表面40t与侧面40s的边界部分的势垒金属层50中形成狭缝状的空隙的情况。因而,能够抑制杂质向接触电极40的扩散。

[0098] 此外,绝缘膜30的位于开口部30a的周缘的侧面中的、位于开口部30a的激光传播方向的端部的侧面30s相对于与隆起部24R的上表面24Rt垂直的方向朝向开口部30a的外侧倾斜。

[0099] 由此,能够抑制配置在绝缘膜30的上表面30t与侧面30s的边界部分的势垒金属层50中形成狭缝状的空隙的情况。因而,能够抑制杂质经由空隙以及势垒金属层50与隆起部24R的上表面24Rt的边界部分向接触电极40扩散。

[0100] 此外,在本实施方式中,如图6及图7所示,在激光传播方向上,半导体激光元件10的前侧的端部处的绝缘膜30与接触电极40之间的距离 D_f 大于半导体激光元件10的后侧的端部处的绝缘膜30与接触电极40之间的距离 D_r 。

[0101] 在本实施方式中,形成势垒金属层50的Cr及形成焊盘电极60的Au的导热率高于形成绝缘膜30的氧化硅及形成接触电极40的Pd的各导热率。因此,关于从半导体层叠体10S上表面散热的散热特性,在势垒金属层50与半导体层叠体10S的上表面相接的区域、即接触电极40与绝缘膜30之间的区域是最好的。因而,通过使这样的散热特性好的区域的尺寸在发热量多的半导体激光元件10的前侧的端部比后侧的端部大,能够提高半导体激光元件10的前侧的端部的散热特性。

[0102] 此外,在本实施方式中,如图6及图7所示,在绝缘膜30的位于开口部30a的周缘处

的侧面30s之中,位于接触电极40与半导体激光元件10的前侧的端面10F之间的侧面30s处配置的势垒金属层50的膜厚 T_f 小于位于接触电极40与半导体激光元件10的后侧的端面10R之间的侧面30s处配置的势垒金属层50的膜厚 T_r 。

[0103] 在本实施方式中,形成焊盘电极60的Au的导热率比形成势垒金属层50的Cr的导热率高。因此,通过使发热量多的前侧的端部处的势垒金属层50的膜厚 T_f 比后侧的端部处的膜厚 T_r 薄,能够提高半导体激光元件10的前侧的端部处的散热特性。

[0104] 此外,在本实施方式中,接触电极40的位于激光传播方向的端部处的侧面40s相对于隆起部24R的上表面24Rt的倾斜角度在半导体激光元件10的前侧比后侧大。即,图6所示的前侧的侧面40s的倾斜角度 θ_f 比图7所示的后侧的侧面40s的倾斜角度 θ_r 大。

[0105] 由此,能够使前侧的侧面40s的Y轴方向上的长度比后侧的侧面40s的Y轴方向上的长度短。因此,容易使半导体激光元件10的前侧的端部处的绝缘膜30与接触电极40之间的距离 D_f 大于半导体激光元件10的后侧的端部处的绝缘膜30与接触电极40之间的距离 D_r 。因而,容易使半导体激光元件10的发热量多的前侧的端部的散热特性比后侧的端部的散热特性高。

[0106] 此外,在本实施方式中,接触电极40的侧面40s的至少一部分相对于隆起部24R的上表面24Rt的倾斜角度为30度以下。

[0107] 由此,容易在接触电极40的上表面40t与侧面40s的边界部分更均匀地形成势垒金属层50。因此,能够抑制在势垒金属层50中形成狭缝状的空隙的情况。因而,能够进一步抑制杂质向接触电极40的扩散。另外,在本实施方式中,接触电极40的侧面40s相对于隆起部24R的上表面24Rt的倾斜角度比绝缘膜30的侧面30s相对于隆起部24R的上表面24Rt的倾斜角度小。

[0108] 此外,在本实施方式中,势垒金属层50由Cr形成。通过用由不易与Sn元素合金化的Cr形成的势垒金属层50将接触电极40覆盖,在半导体激光元件10被结朝下安装的情况下,能够抑制Sn元素向接触电极40的扩散。另外,势垒金属层50也可以由与Cr同样地不易与Sn元素合金化的Ti形成。

[0109] 此外,在本实施方式中,接触电极40是单层膜。由此,能够容易使接触电极40的侧面40s倾斜。

[0110] [1—4. 制造方法]

[0111] 使用图8~图23对本实施方式的半导体激光元件10的制造方法进行说明。

[0112] 图8~图23是表示本实施方式的半导体激光元件10的制造方法的各工序的示意性剖视图。在图8~图14、图23中表示了与图2同样的截面,在图15~图18中表示了与图2同样的截面的一部分。在图19~图22中表示了与图3同样的截面的一部分。

[0113] 首先,如图8所示,在基板21的上方,作为第一导电型的第一半导体层而形成N侧半导体层22,在N侧半导体层22的上方形成活性层23,在活性层23的上方,作为第二半导体层而形成P侧半导体层24。更具体地讲,首先准备基板21。在本实施方式中,作为基板21而准备由N型GaN构成的晶片(GaN基板)。接着,在基板21之上,通过基于MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition,金属有机化学气相沉积)法的外延生长技术,依次层叠N侧半导体层22、活性层23和P侧半导体层24。由此,能够形成半导体层叠体10S。

[0114] 接着,如图9所示,形成隆起部24R、翼部24W、槽24T、以及用来将半导体激光元件10

单片化的元件分离槽10D。

[0115] 元件分离槽10D形成在与半导体激光元件10的X轴方向的两端部对应的位置。在本实施方式中,元件分离槽10D从半导体层叠体10S的上表面达到N侧半导体层22的内部。

[0116] 在本实施方式中,隆起部24R及翼部24W通过形成两个槽24T而形成。两个槽24T形成在P侧半导体层24中,没有到达活性层23。

[0117] 元件分离槽10D、隆起部24R、翼部24W及槽24T的形成方法没有被特别限定。元件分离槽10D、隆起部24R、翼部24W及槽24T例如可以使用光刻技术及刻蚀来形成,也可以通过激光加工来形成。

[0118] 接着,如图10所示,在P侧半导体层24的上方形形成绝缘膜30。在本实施方式中,作为绝缘膜30而使用减压CVD法等形成氧化硅膜。也可以在氧化硅膜的形成中使用常压CVD法。

[0119] 接着,如图11所示,在与隆起部24R的上表面24Rt对应的位置形成开口部30a,在绝缘膜30的开口部30a处形成与P侧半导体层24相接的接触电极40。以下,使用图12~图14对该工序详细地进行说明。

[0120] 如图12所示,在与绝缘膜30的开口部30a对应的区域以外的区域形成抗蚀剂部95。

[0121] 接着,如图13所示,通过刻蚀将绝缘膜30中的与开口部30a对应的区域除去。由此,能够使绝缘膜30的侧面30s相对于隆起部24R的上表面24Rt倾斜。刻蚀的方法没有被特别限定。作为刻蚀,能够利用干式刻蚀或湿式刻蚀。

[0122] 接着,如图14所示,在绝缘膜30的开口部30a形成与P侧半导体层24相接的接触电极40。在本实施方式中,作为接触电极40而形成Pd层。在形成接触电极40之后,将抗蚀剂部95除去。在本实施方式中,利用行星蒸镀形成接触电极40。行星蒸镀是通过使安装着作为进行蒸镀的对象的基材的圆顶(dome)或平板一边自转一边相对于蒸镀材料源公转从而对于基材一边使蒸镀材料的入射方向变化一边进行蒸镀的方法。

[0123] 以下,使用图15~图22对利用了行星蒸镀的接触电极40的形成方法进行说明。在图15~图18中表示了与激光传播方向垂直的截面,在图19~图22中表示了与各半导体层的层叠方向及激光传播方向平行的截面。在图15~图22中,直线箭头表示蒸镀材料的入射方向。

[0124] 在本实施方式的行星蒸镀中,自转公转的圆顶的自转轴相对于公转轴倾斜,被蒸镀物(在本实施方式中是半导体层叠体10S等)被设置在从圆顶的自转中心离开了的部位。在该蒸镀法中具有如下特征,即:在蒸镀掩模的开口部从蒸镀对象位置离开了的情况下,蒸镀膜的侧面的倾斜角度根据方向(即,根据是相对于开口部的中心位于哪个方向的侧面)而不同。以下,详细地说明其制法。这里,将在自转的1周期中距公转中心最近的圆顶的位置设为第一旋转位置。以在第一旋转位置处元件的前侧即基板21的Y轴正向侧位于圆顶的外侧(距自转中心较远侧)、后侧即基板21的Y轴负向侧位于圆顶的内侧(距自转中心较近侧)的方式,将基板21设置于圆顶。

[0125] 图15及图19分别表示与Y轴垂直的截面及与X轴垂直的截面中的、配置有基板21等的圆顶的第一旋转位置处的蒸镀材料的入射方向。图16及图20表示从该圆顶的第一旋转位置旋转(即自转)了90度的第二旋转位置处的蒸镀材料的入射方向。图17及图21表示从该圆顶的第二旋转位置再旋转了90度的第三旋转位置处的蒸镀材料的入射方向。图18及图22表示从该圆顶的第三旋转位置再旋转了90度的第四旋转位置处的蒸镀材料的入射方向。

[0126] 通过这样将基板21设置于圆顶而进行行星蒸镀,例如,在第一旋转位置,如图15及图19所示,蒸镀材料的入射方向相对于X轴方向垂直并相对于Y轴方向较小(例如10度左右)地倾斜。在这样的蒸镀材料的入射方向的情况下,在X轴方向上,在开口部的正下方的位置均匀地蒸镀,在Y轴方向上,在比开口部向左(前方)偏移了的位置(向正向偏移了的位置)均匀地蒸镀。由于第一旋转位置处的蒸镀材料的入射方向相对于Y轴方向的倾斜比较小,所以偏移量比较小。

[0127] 若从第一旋转位置一边使圆顶旋转一边继续蒸镀,则在第二旋转位置,如图16及图20所示,蒸镀材料的入射方向相对于X轴方向以中等程度(例如23度左右)倾斜,相对于Y轴方向垂直。在这样的蒸镀材料的入射方向的情况下,在X轴方向上,在比开口部向左偏移了的位置(向负向偏移了的位置)均匀地蒸镀,在Y轴方向上,在开口部的正下方的位置均匀地蒸镀。由于第二旋转位置处的蒸镀材料的入射方向相对于X轴方向的倾斜是中等程度的,所以偏移量为中等程度。

[0128] 进而,如果从第二旋转位置一边使圆顶旋转一边继续蒸镀,则在第三旋转位置,如图17及图21所示,蒸镀材料的入射方向相对于X轴方向垂直,相对于Y轴方向较大(例如以45度左右)地倾斜。另外,这里,第三旋转位置处的蒸镀材料的入射方向相对于Y轴方向的倾斜的方向与第一旋转位置处的倾斜的方向相反。在这样的蒸镀材料的入射方向的情况下,在X轴方向上,在开口部的正下方的位置均匀地蒸镀,在Y轴方向上,在比开口部向右(后方)偏移了的位置均匀地蒸镀。由于第三旋转位置处的蒸镀材料的入射方向相对于Y轴方向的倾斜比较大,所以偏移量比较大。

[0129] 进而,如果从第三旋转位置一边使圆顶旋转一边继续蒸镀,则在第四旋转位置,如图18及图22所示,蒸镀材料的入射方向相对于X轴方向以中等程度(例如23度左右)倾斜,相对于Y轴方向垂直。另外,这里,第四旋转位置处的蒸镀材料的入射方向相对于X轴方向的倾斜的朝向与第一旋转位置处的倾斜的朝向相反。在这样的蒸镀材料的入射方向的情况下,在X轴方向上,在比开口部向右偏移了的位置均匀地蒸镀,在Y轴方向上,在开口部的正下方的位置均匀地蒸镀。由于第四旋转位置处的蒸镀材料的入射方向相对于X轴方向的倾斜是中等程度的,所以偏移量为中等程度(与第二旋转位置左右对称的偏移量)。

[0130] 进而,如果从第四旋转位置一边使圆顶旋转一边继续蒸镀,则回到第一旋转位置。通过这样使圆顶旋转,一边使蒸镀材料的入射方向周期性地变化一边进行蒸镀,其变化量在X轴方向和Y轴方向上不同。换言之,通过一边将蒸镀区域在开口部的俯视下向上下左右周期性地错移一边进行蒸镀,其偏移量在X轴方向和Y轴方向上不同。

[0131] 如以上这样,通过在本实施方式的元件配置下进行行星蒸镀,能够使接触电极40的侧面40s倾斜。具体而言,在X轴方向上,左右的偏移量大致相同所以接触电极40的位于横向的端部处的侧面40s相对于隆起部24R的上表面24Rt的倾斜角度如图18那样全都成为相同程度。此外,在Y轴方向上,能够使接触电极40的位于激光传播方向的端部处的侧面40s相对于隆起部24R的上表面24Rt的倾斜角度如图22那样在前侧比后侧大。

[0132] 接着,如图23所示,形成势垒金属层50及焊盘电极60。具体而言,在绝缘膜30之上,使用光刻技术及行星蒸镀法,形成由Cr膜构成的势垒金属层50和由Au膜构成的焊盘电极60。势垒金属层50将接触电极40的上表面整体覆盖,并且将从接触电极40的上表面到绝缘膜30的上表面连续地覆盖。另外,在焊盘电极60的形成中也可以使用电镀法。

[0133] 以下,使用图15~图22对使用行星蒸镀的势垒金属层50及焊盘电极60的形成方法进行说明。在本实施方式中,与接触电极40的形成同样,一边依次周期性地重复第一旋转位置到第四旋转位置,一边将势垒金属层50及焊盘电极60蒸镀。

[0134] 如果着眼于X轴方向,则在图16所示的第二旋转位置,与图15所示的第一旋转位置及图17所示的第三旋转位置相比,蒸镀材料的入射方向的X轴负向成分的增加以中等程度发生,X轴正向成分的减少以中等程度发生。此外,在图18所示的第四旋转位置,与图15所示的第一旋转位置及图17所示的第三旋转位置相比,蒸镀材料的入射方向的X轴正向成分的增加以中等程度发生,X轴负向成分的减少以中等程度发生。由此,通过第一旋转位置~第四旋转位置的状态的周期性重复,蒸镀量的差异相互抵消,配置在绝缘膜30的侧面30s上的势垒金属层50的膜厚在左右(即,X轴正向端部的侧面30s及X轴负向端部的侧面30s)相等。

[0135] 此外,如果着眼于Y轴方向,则在图19所示的第一旋转位置,与图20所示的第二旋转位置及图22所示的第四旋转位置相比,发生蒸镀材料的入射方向的Y轴正向成分的小幅增加,发生Y轴负向成分的小幅减小。此外,在图21所示的第三旋转位置,与图20所示的第二旋转位置及图22所示的第四旋转位置相比,发生蒸镀材料的入射方向的Y轴负向成分的大幅增加,发生Y轴负向成分的大幅减小。由此,通过第一旋转位置~第四旋转位置的状态的周期性重复,配置在位于半导体激光元件10的Y轴正向的端部处的绝缘膜30的侧面30s上的势垒金属层50的膜厚 T_f 比配置在位于半导体激光元件10的Y轴负向的端部处的绝缘膜30的侧面30s上的势垒金属层50的膜厚 T_r 薄。即,配置在位于接触电极40与半导体激光元件10的前侧的端面10F之间的侧面30s上的势垒金属层50的膜厚 T_f 比配置在位于接触电极40与半导体激光元件10的后侧的端面10R之间的侧面30s上的势垒金属层50的膜厚 T_r 薄。

[0136] 接着,通过将基板21的下表面研磨及刻蚀,将基板21的厚度削减之后,如图2所示,在基板21的下表面形成N侧电极70。具体而言,使用光刻技术及蒸镀法,形成依次形成了Ti膜、Pt膜及Au膜的N侧电极70。

[0137] 通过以上这样的制造方法,能够制造本实施方式的半导体激光元件10。

[0138] [1—5.变形例1]

[0139] 对本实施方式的变形例1的半导体激光元件10A进行说明。本变形例的半导体激光元件主要在隆起部24R的形状及绝缘膜30的形状方面与实施方式的半导体激光元件10不同。以下,对于本变形例的半导体激光元件,以与实施方式的半导体激光元件10的不同点为中心,使用图24及图25进行说明。

[0140] 图24是表示本变形例的半导体激光元件10A的整体结构的示意性剖视图。在图24中表示了与图2同样的截面。图25是图24所示的虚线框XXV的内部的放大图。

[0141] 如图25所示,在本变形例的半导体激光元件10A中,隆起部24R具有位于隆起部24R的上表面24Rt的相对于激光传播方向垂直的方向(X轴方向)的端部、从隆起部24R的侧面24Rs突出的突出部24Rp。即,突出部24Rp从隆起部24R的侧面24Rs在X轴方向上突出。换言之,在隆起部24R的侧面24Rs形成有凹部24Rd。进一步换言之,在隆起部24R的侧面24Rs形成有缩颈(向内凹陷)部。

[0142] 这样,通过在隆起部24R形成突出部24Rp,能够在维持由隆起部24R带来的电流狭窄效果的同时,将隆起部24R的上表面24Rt的面积扩大。因而,在隆起部24R的上表面24Rt中,能够扩大用来配置接触电极40的区域。

[0143] 此外,在本变形例的半导体激光元件10A中,在绝缘膜30中的将突出部24Rp覆盖的部分的表面,形成有凹部30d,凹部30d比突出部24Rp靠上方。这样,突出部24Rp和凹部30d的上下方向的位置不同,从而能够抑制突出部24Rp与凹部30d接近的情况。即,能够抑制由于突出部24Rp与凹部30d接近从而在绝缘膜30中局部地形成膜厚小的部分的情况。因而,能够抑制绝缘膜30的绝缘性能的下降。

[0144] 本变形例的半导体激光元件10A的隆起部24R,能够通过进行由刻蚀形成的隆起部24R的形状成为倒锥(隆起部宽度从隆起部的上方朝向下方而变窄的形状)的第一刻蚀、以及隆起部24R的形状成为正锥(隆起部宽度从隆起部的上方朝向下方而变宽的形状)的第二刻蚀来形成。以下,作为用来形成隆起部24R的刻蚀方法的一例,说明利用频率13.56MHz的ICP(Inductively Coupled Plasma(电感耦合等离子体))方式的例子。

[0145] 作为第一刻蚀的条件,例如能够采用最大功率(top power)是150W、偏压功率(bias power)是15W、气体压力是2Pa、气体种类是Cl₂(流量50sccm)的条件。

[0146] 作为第二刻蚀的条件,例如能够采用最大功率是150W、偏压功率是20W、气体压力是4Pa、气体种类是Cl₂(流量50sccm)的条件。

[0147] 根据上述的第一刻蚀的条件,由于气体压力低而能够实现各向异性刻蚀,所以能够使隆起部24R的形状为倒锥。根据上述的第二刻蚀的条件,由于气体压力高而能够实现各向同性刻蚀,所以能够使隆起部24R的形状为正锥。

[0148] 通过采用这样的刻蚀方法,能够形成本变形例的半导体激光元件10A的隆起部24R。

[0149] [1—6.变形例2]

[0150] 对本实施方式的变形例2的半导体激光元件进行说明。本变形例的半导体激光元件在焊盘电极60上还具备金属层这一点上与实施方式的半导体激光元件10不同。以下,对于本变形例的半导体激光元件,以与实施方式的半导体激光元件10的不同点为中心,使用图26进行说明。图26是表示本变形的半导体激光元件10B的整体结构的示意性剖视图。在图26中表示与图2同样的截面。

[0151] 如图26所示,本变形例的半导体激光元件10B除了半导体激光元件10以外还具备第一金属层61和第二金属层62。

[0152] 第一金属层61是配置在焊盘电极60的上方的金属层。第一金属层61将焊盘电极60的上表面覆盖,具有抑制杂质向焊盘电极60的扩散的功能。第一金属层61例如可以是由Cr、Ti及Pt的至少一种形成的单层膜或多层膜。在本变形例中,第一金属层61具有与焊盘电极60相接的膜厚10nm的Ti层以及与Ti层相接的膜厚35nm的Pt层。

[0153] 第二金属层62是配置在第一金属层61的上方的金属层。第二金属层62将第一金属层61的上表面覆盖,包含Au。在本变形例中,第二金属层62是膜厚300nm的Au层。

[0154] 关于本变形例的半导体激光元件10B,也起到与实施方式的半导体激光元件10同样的效果。

[0155] 此外,本变形例的半导体激光元件10B,由于通过具备第一金属层61而能够抑制杂质向焊盘电极60的扩散,所以能够进一步抑制从焊盘电极60向接触电极40扩散的杂质的扩散。

[0156] 接着,使用图27对本变形例的半导体激光元件10B的安装方式的一例进行说明。图

27是表示安装着本变形例的半导体激光元件10B的半导体激光装置11B的结构的示意性剖视图。在图27中表示了与图4B同样的截面。

[0157] 如图27所示,本变形例的半导体激光装置11B具备N侧电极70、基板21、半导体层叠体10S、绝缘膜30、接触电极40、势垒金属层50、焊盘电极60、第一金属层61、接合件90b和副装配板80。

[0158] 接合件90b是通过将第二金属层62与接合件90合金化而形成的部件。接合件90b是AuSn层。在本变形例中,Sn元素在接合件90b整体中大致均匀地扩散(即,Sn元素浓度均匀)。接合件90b的Sn元素浓度例如是20%左右。

[0159] 本变形例的半导体激光装置11B能够通过实施方式中的半导体激光装置11同样的安装方法来制造。即,在上述的有关实施方式中的半导体激光装置11的安装方法中,通过代替半导体激光元件10而使用半导体激光元件10B,能够制造半导体激光装置11B。

[0160] 在本变形例的半导体激光装置11B中,由于半导体激光元件10B具备第一金属层61,所以能够抑制从包含AuSn焊料的接合件90向焊盘电极60的Sn元素的扩散,从而能够进一步抑制Sn元素向接触电极40的扩散。因而,能够进一步抑制接触电极40的电阻的增大。此外,由于从焊盘电极60向接合件90的Au的扩散也被抑制,所以不存在伴随着焊盘电极60的安装的组分比的变化。

[0161] [1—7.变形例3]

[0162] 对本实施方式中的变形例3的半导体激光元件进行说明。本变形例的半导体激光元件在绝缘膜的结构方面与实施方式中的半导体激光元件10不同。以下,对于本变形例的半导体激光元件,以与实施方式中的半导体激光元件10的不同点为中心,使用图28及图29进行说明。图28是表示本变形的半导体激光元件10C的整体结构的示意性剖视图。在图28中表示了与图2同样的截面。图29是图28所示的虚线框XXIX的内部的放大图。

[0163] 如图28所示,本变形例的半导体激光元件10C具备绝缘膜30C。绝缘膜30C具有配置在与隆起部24R的上表面24Rt对应的位置处的开口部30Ca。

[0164] 如图29所示,本变形例的绝缘膜30C的位于开口部30Ca的周缘处的侧面30Cs具有下段侧面区域31和配置在下段侧面区域31上方的上段侧面区域32。下段侧面区域31和上段侧面区域32相对于隆起部的上表面24Rt的倾斜角度不同。即,下段侧面区域31相对于隆起部的上表面24Rt的倾斜角度 θ_1 与下段侧面区域31相对于隆起部的上表面24Rt的倾斜角度 θ_2 不同。在本变形例中,倾斜角度 θ_1 比倾斜角度 θ_2 大。

[0165] 如上述那样,绝缘膜30C的侧面30Cs具有下段侧面区域31和上段侧面区域32,下段侧面区域31和上段侧面区域32相对于隆起部的上表面24Rt的倾斜角度不同。

[0166] 由此,与侧面30Cs整体以较小的倾斜角度(例如倾斜角度 θ_2)形成的情况相比,能够减小倾斜区域的宽度。因而,在本变形例中,能够确保绝缘膜30C的在隆起部24R的上表面24Rt上配置的绝缘膜30C的端部上的厚度,并且使开口部30Ca的面积增大。由此,能够将接触电极40的面积增大。随之,能够增大电流注入区域的面积,所以能够降低半导体激光元件10C的工作电压。

[0167] 在本变形例中,下段侧面区域31相对于隆起部24R的上表面24Rt的倾斜角度(图29所示的倾斜角度 θ_1)比上段侧面区域32相对于隆起部24R的上表面24Rt的倾斜角度(图29所示的倾斜角度 θ_2)大。由此,能够使膜厚较小且绝缘电阻较低的下段侧面区域31的宽度减

小,所以能够进一步提高绝缘膜30C的绝缘性。

[0168] 这里,上段侧面区域32相对于隆起部24R的上表面24Rt的倾斜角度可以小于90度。在此情况下,在向绝缘膜30C之上形成势垒金属层50时,能够减小在绝缘膜30C的角部上的势垒金属层50中发生破裂的危险性。此外,上段侧面区域32的倾斜角度也可以是40度以上60度以下。在此情况下,能够兼顾伴随着倾斜的接触面积增加和角部破裂的避免,在45度时该效果最大。这样,通过减小上段侧面区域32的倾斜角度,能够增大位于隆起部24R的上表面24Rt上的绝缘膜30C的上端部与势垒金属层50的接触面积。因而,能够提高绝缘膜30C与势垒金属层50的密接性。

[0169] 这里,下段侧面区域31相对于隆起部24R的上表面24Rt的倾斜角度可以是90度以下。在此情况下,在向绝缘膜30C之上形成势垒金属层50时,能够减小在绝缘膜30C与势垒金属层50之间产生孔隙的危险。此外,下段侧面区域31的倾斜角度也可以是65度以上85度以下。在此情况下,能够兼顾伴随着倾斜的接触面积增加和孔隙产生的避免,在75度时该效果最大。这样,通过增大下段侧面区域31的倾斜角度,能够增大绝缘膜30C的开口部30Ca的面积。因而,能够增大电流注入区域的面积,所以能够进一步降低半导体激光元件10C的工作电压。

[0170] 本变形例的绝缘膜30C的制造方法在形成开口部30Ca的工序中与实施方式的绝缘膜30的制造方法不同。

[0171] 形成绝缘膜30C的开口部30Ca的工序包括将绝缘膜30C中的与开口部30Ca对应的区域通过第一刻蚀方法以第一膜厚进行刻蚀的第一刻蚀工序、以及在第一刻蚀工序之后将该区域通过与第一刻蚀方法不同的第二刻蚀方法以第二膜厚进行刻蚀的第二刻蚀工序。

[0172] 第一刻蚀方法例如是干式刻蚀。具体而言,在与开口部30Ca对应的区域以外的区域形成抗蚀剂部,利用干式刻蚀将绝缘膜30C的没有被抗蚀剂部覆盖的区域刻蚀。第一膜厚例如是150nm。作为干式刻蚀的方式,例如能够使用频率13.56MHz的ICP方式。作为在干式刻蚀中使用的处理条件,例如能够采用最大功率是120W、偏压功率是40W、气体压力是1Pa、气体种类是CHF₃(流量35sccm)的条件。

[0173] 第二刻蚀方法例如是湿式刻蚀。具体而言,利用湿式刻蚀将绝缘膜30C的没有被抗蚀剂部覆盖的区域刻蚀。第二膜厚例如是150nm。作为湿式刻蚀的方式,例如能够利用使用BHF(缓冲氢氟酸)的浸渍处理方式。在湿式刻蚀处理后,将包含被处理后的半导体层叠体10S的元件用纯水清洗之后进行旋转干燥。

[0174] 由此,能够形成位于开口部30Ca的周缘处的侧面30Cs具有下段侧面区域31及上段侧面区域32的绝缘膜30。

[0175] 本变形例的半导体激光元件10C也起到与实施方式的半导体激光元件10同样的效果。

[0176] 接着,使用图30对本变形例的半导体激光元件10C的安装方式的一例进行说明。图30是表示安装着本变形例的半导体激光元件10C的半导体激光装置11C的结构的示意性剖视图。在图30中表示了与图4B同样的截面。

[0177] 如图30所示,本变形例的半导体激光装置11C具备N侧电极70、基板21、半导体层叠体10S、绝缘膜30C、接触电极40、势垒金属层50、接合件90c和副装配板80。

[0178] 接合件90c是通过将焊盘电极60与接合件90合金化而形成的部件。接合件90c是

AuSn层。在本变形例中,Sn元素在接合件90c整体中大致均匀地扩散(即,Sn元素浓度是均匀的)。接合件90c的Sn元素浓度例如是20%左右。

[0179] 本变形例的半导体激光装置11C能够通过与实施方式的半导体激光装置11同样的安装方法来制造。即,在上述的有关实施方式的半导体激光装置11的安装方法中,通过代替半导体激光元件10而使用半导体激光元件10C,能够制造半导体激光装置11C。但是,在本变形例的半导体激光元件10C的安装中,与实施方式的半导体激光元件10的安装的情况相比,将加热工序的时间(维持为温度T的时间)延长到30秒左右。由此,从包含AuSn焊料的接合件90向由Au层构成的焊盘电极60的Sn元素的扩散充分地进展,从而形成焊盘电极60与接合件90大致均匀地被合金化的接合件90c。

[0180] 在本变形例中,由于在势垒金属层50中避免了破裂,所以即使在焊盘电极60与接合件90被一体化了的情况下,本变形例的半导体激光装置11C也能够通过势垒金属层50抑制Sn元素等杂质向接触电极40的扩散。

[0181] (变形例等)

[0182] 以上,基于实施方式及变形性对本公开的半导体激光元件等进行了说明,但本公开并不限于上述实施方式及变形例。

[0183] 在上述实施方式及变形例中,在半导体激光元件的端面10F及10R与接触电极40之间配置绝缘膜30,但绝缘膜30的结构并不限于此。例如,绝缘膜30的开口部30a也可以是狭缝状。即,开口部30a也可以延伸至半导体激光元件的端面10F及10R的至少一方。

[0184] 此外,在上述各实施方式中,半导体激光元件射出了蓝色光,但半导体激光元件的射出光的波段并不限于此。例如,半导体激光元件也可以射出包含蓝紫光、红色光的可见光,或者紫外光或红外光。

[0185] 此外,在上述各实施方式中,表示了使用氮化物半导体作为半导体层叠体、基板的材料的半导体激光元件,但材料并不限于此。例如,半导体激光元件也可以是使用AlGaInAs、AlGaInP的半导体激光元件。

[0186] 此外,在上述变形例2及变形例3中,作为安装方式的一例而表示了结朝下安装,但半导体激光元件的安装方式并不限于此。例如,也可以将半导体激光元件结朝上安装。

[0187] 此外,对上述各实施方式施以本领域技术人员想到的各种变形而得到的形态或通过在不脱离本公开的主旨的范围中将上述各实施方式的构成要素及功能任意地组合而实现的形态也包含在本公开中。

[0188] 工业实用性

[0189] 本公开的氮化物半导体激光元件等例如能够作为高效率的光源应用于加工设备用的光源等。

[0190] 标记说明

[0191] 10、10A、10B、10C半导体激光元件

[0192] 10D元件分离槽

[0193] 10F、10R端面

[0194] 10S半导体层叠体

[0195] 11、11B、11C半导体激光装置

[0196] 21基板

- [0197] 22N侧半导体层
- [0198] 23活性层
- [0199] 24P侧半导体层
- [0200] 24R隆起部
- [0201] 24Rd、30d凹部
- [0202] 24Rp突出部
- [0203] 24Rs、30s、30Cs、40s侧面
- [0204] 24Rt、30t、40t上表面
- [0205] 24T 槽
- [0206] 24W 翼部
- [0207] 30、30C绝缘膜
- [0208] 30a、30Ca开口部
- [0209] 31 下段侧面区域
- [0210] 32 上段侧面区域
- [0211] 40 接触电极
- [0212] 50 势垒金属层
- [0213] 60、60a焊盘电极
- [0214] 61 第一金属层
- [0215] 62 第二金属层
- [0216] 70 N侧电极
- [0217] 80 副装配板
- [0218] 90、90a、90b、90c接合件
- [0219] 95抗蚀剂部

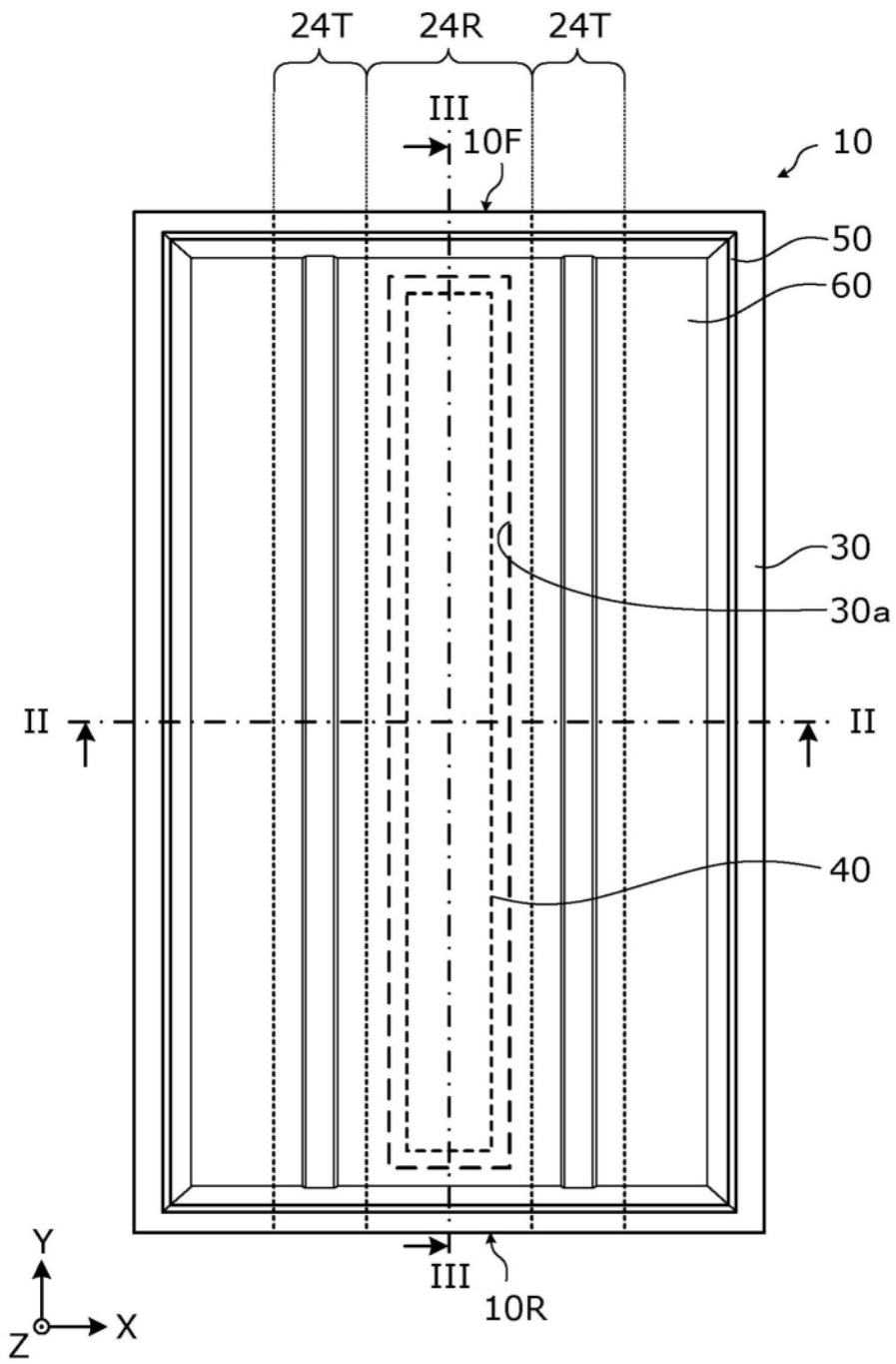


图1

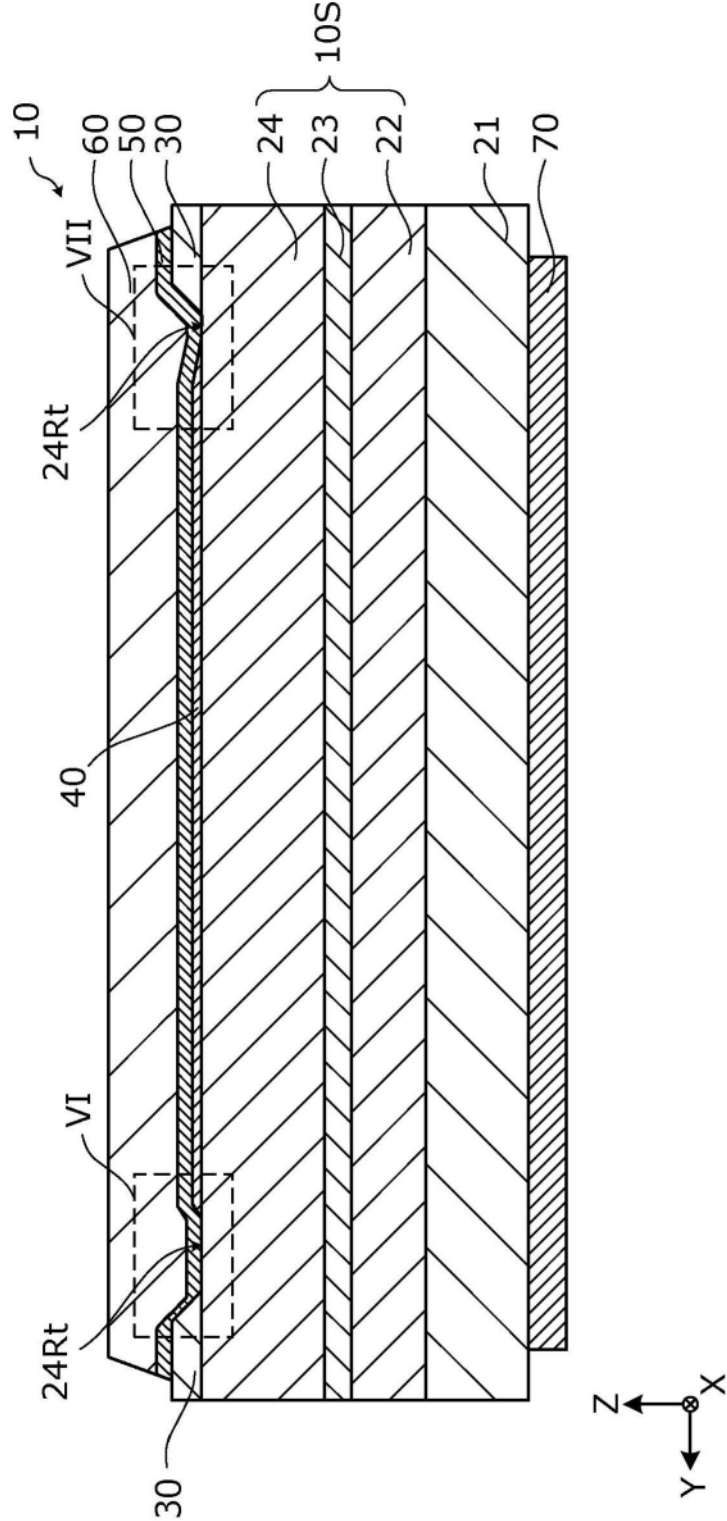


图3

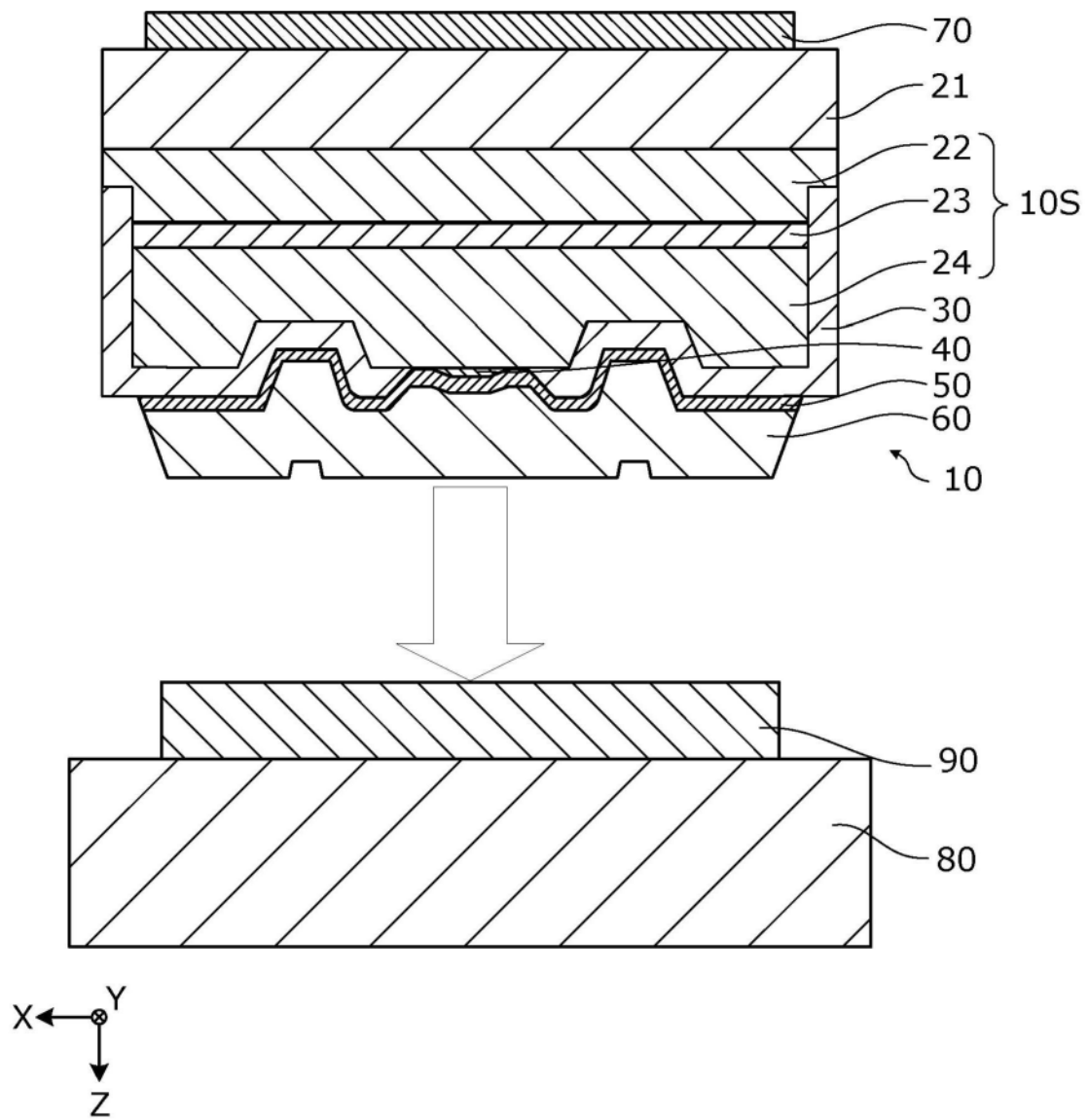


图4A

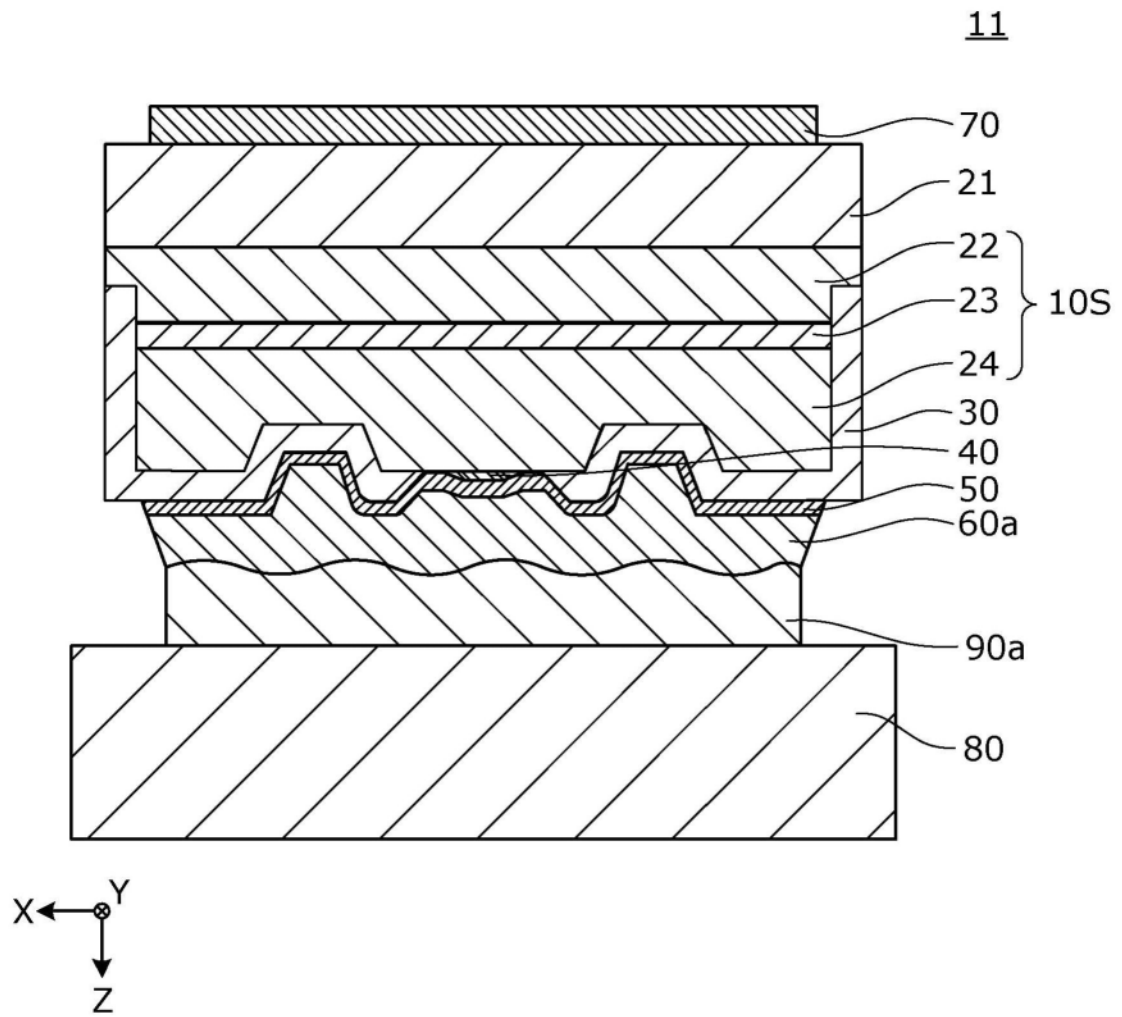


图4B

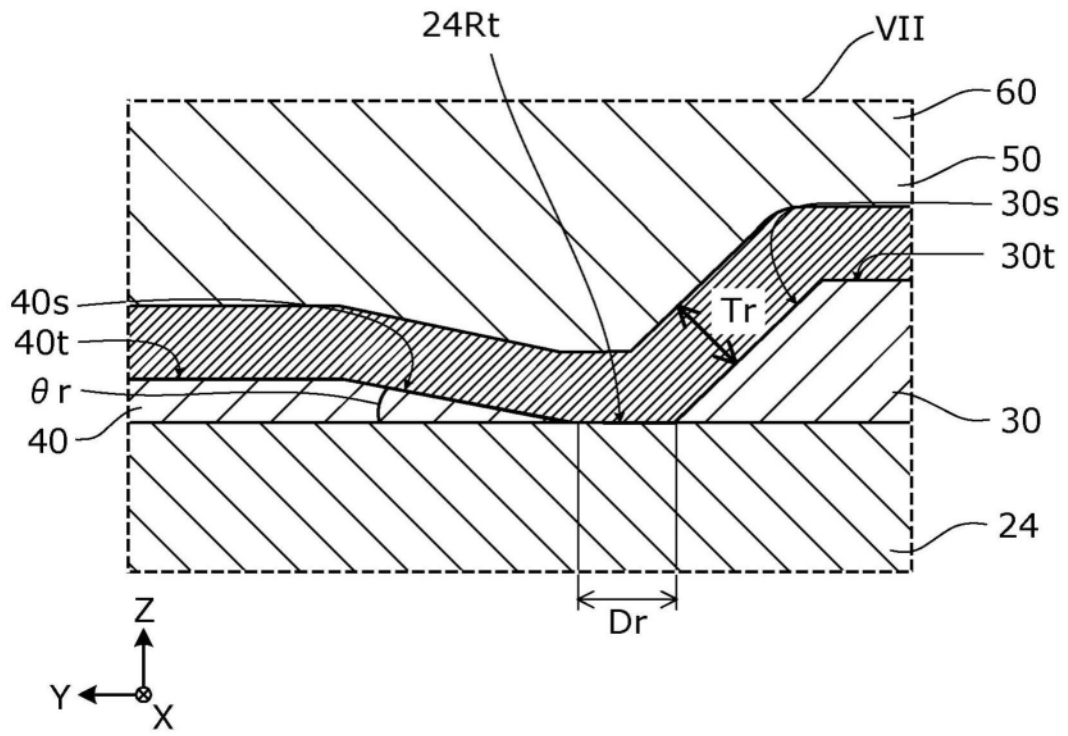


图7

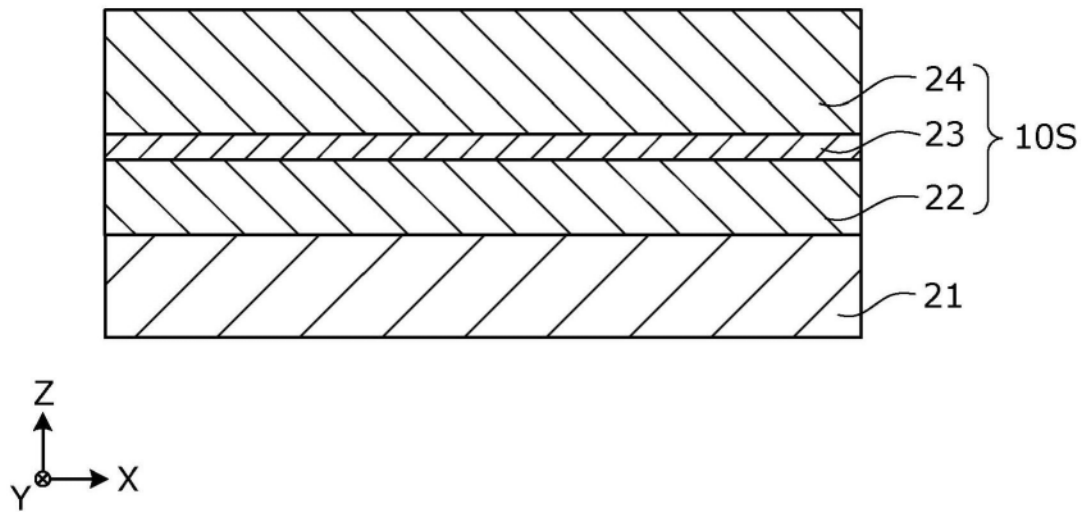


图8

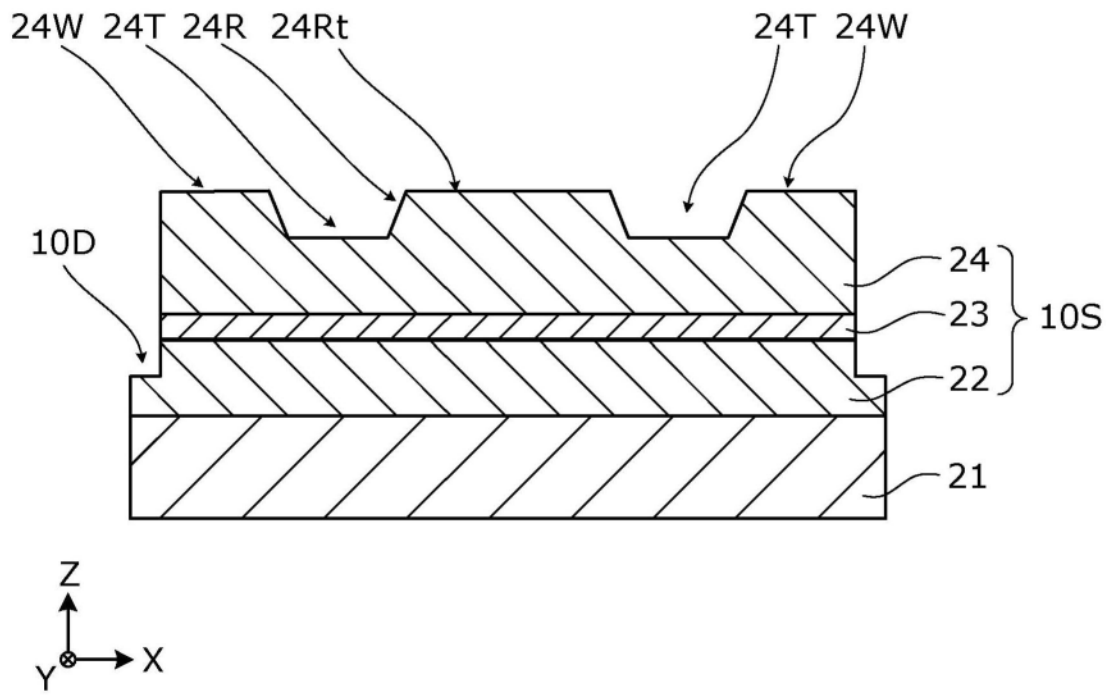


图9

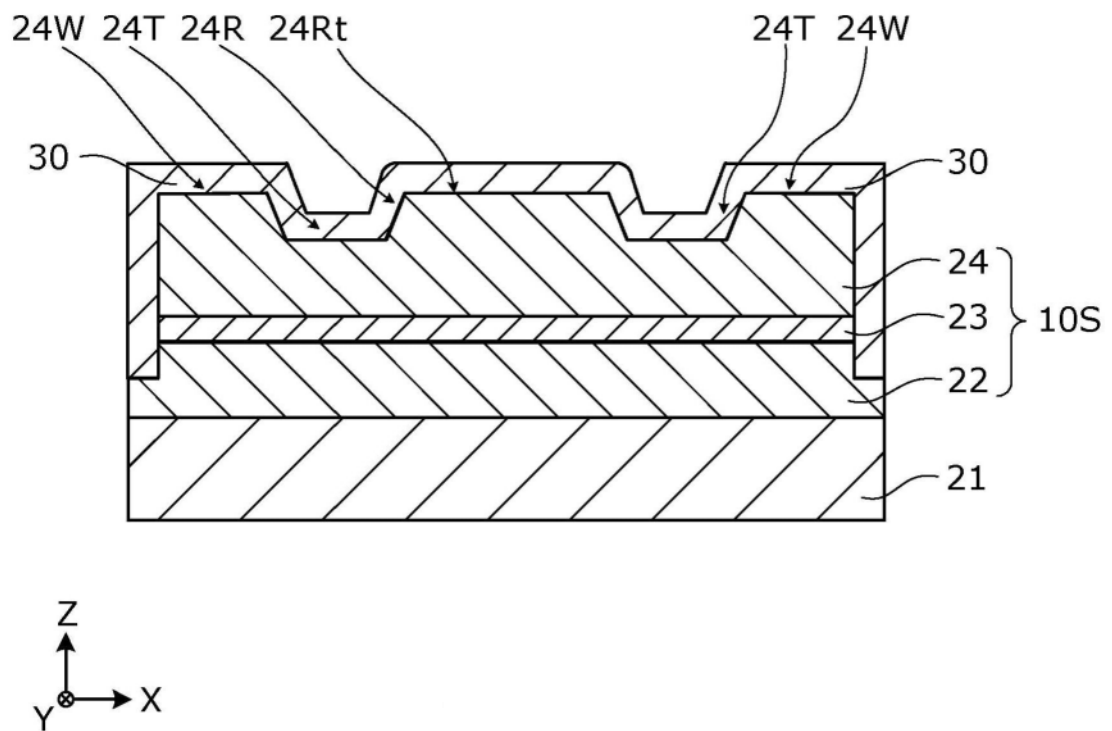


图10

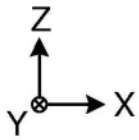
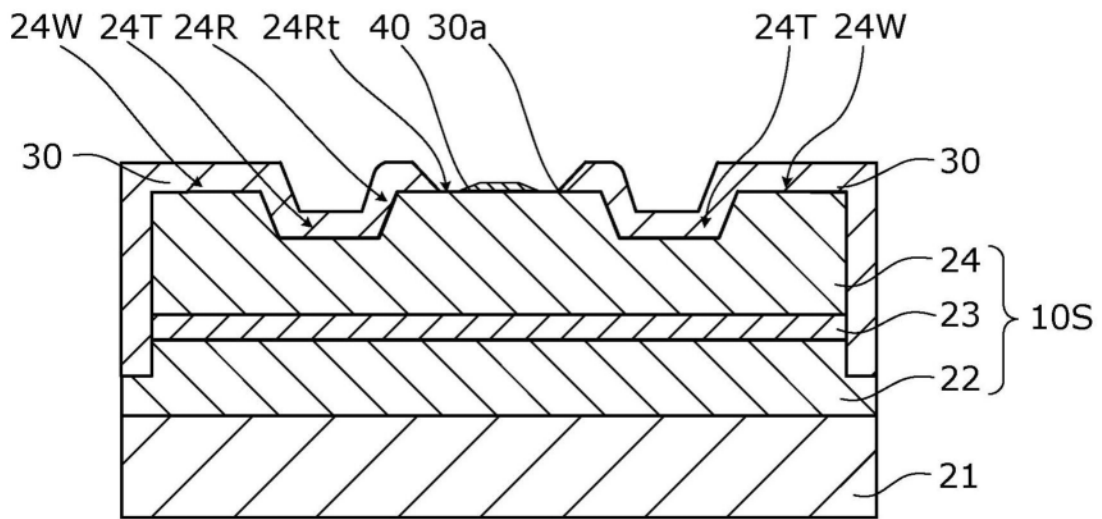


图11

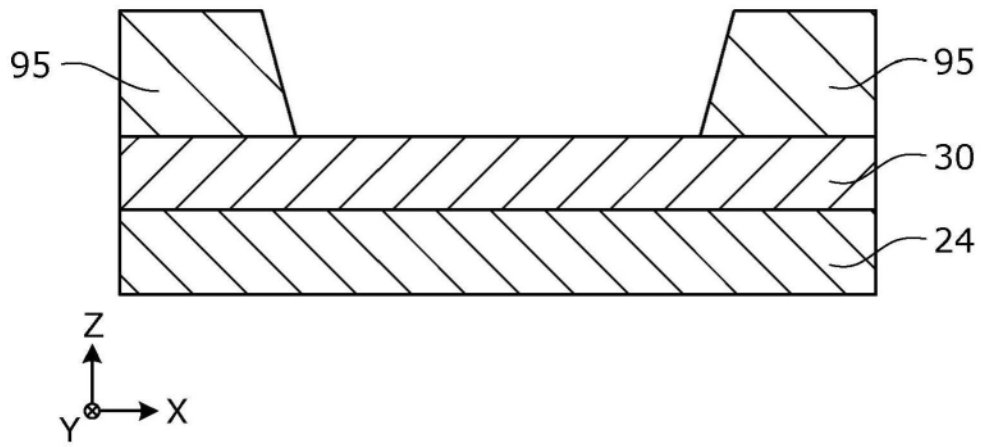


图12

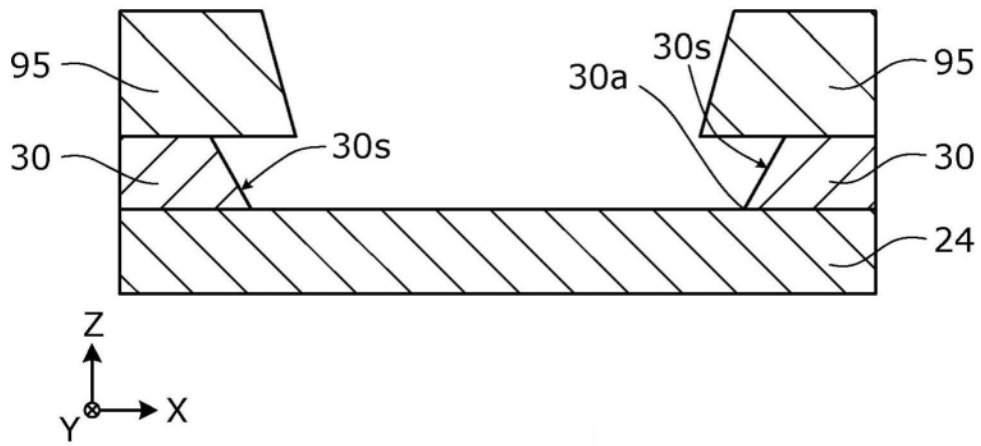


图13

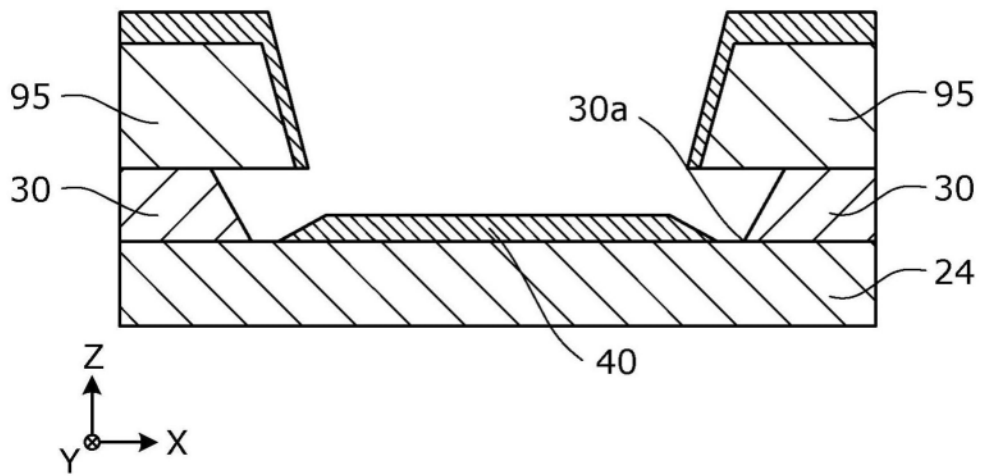


图14

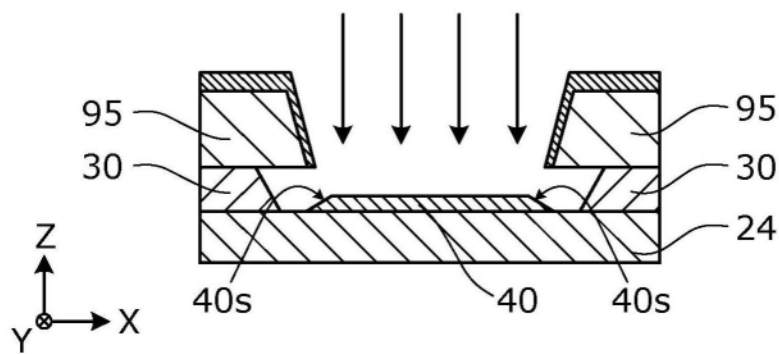


图15

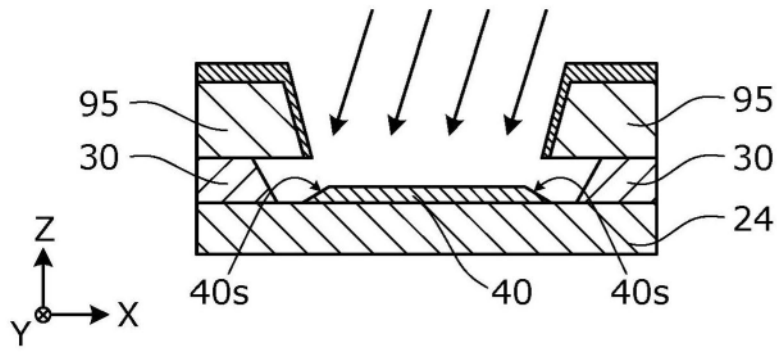


图16

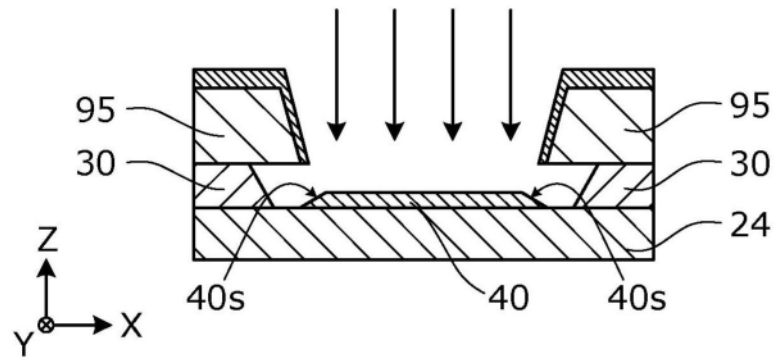


图17

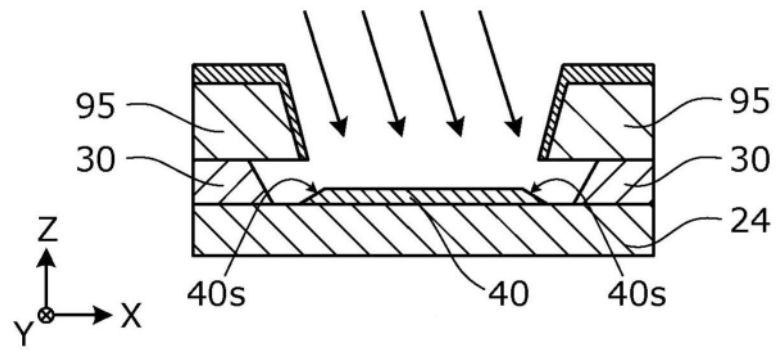


图18

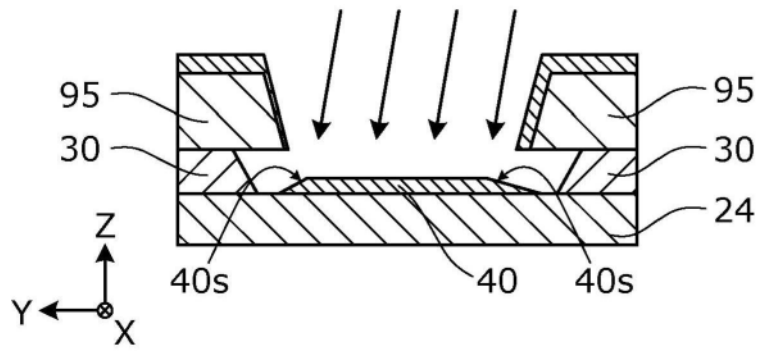


图19

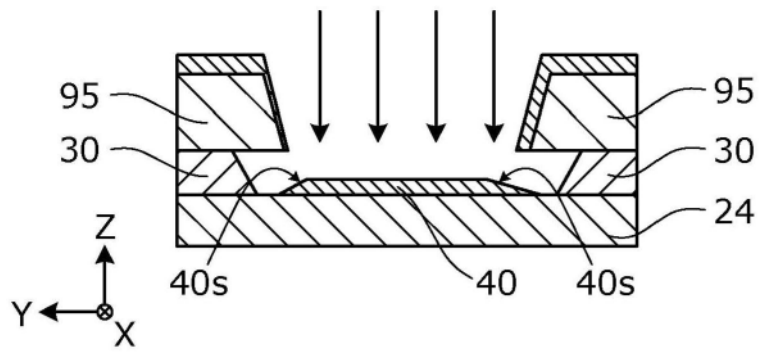


图20

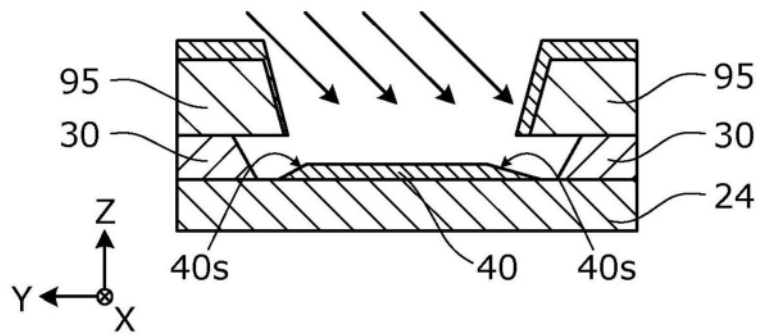


图21

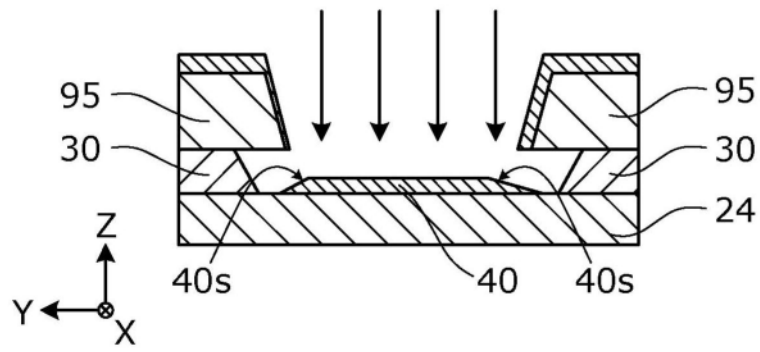


图22

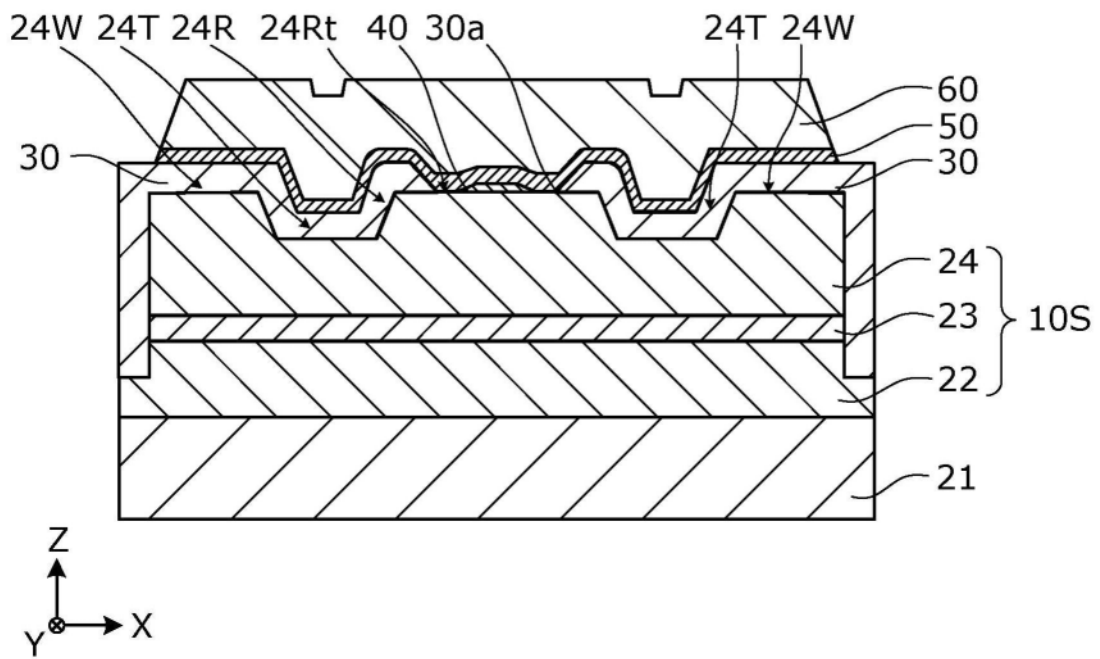


图23

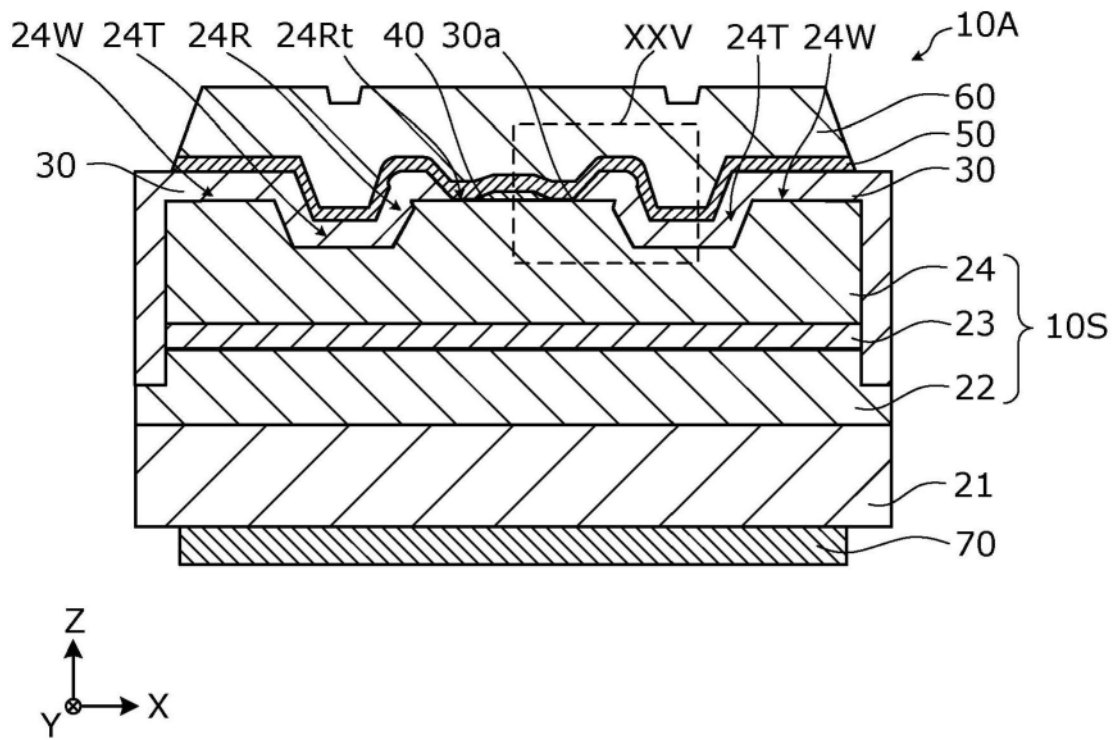


图24

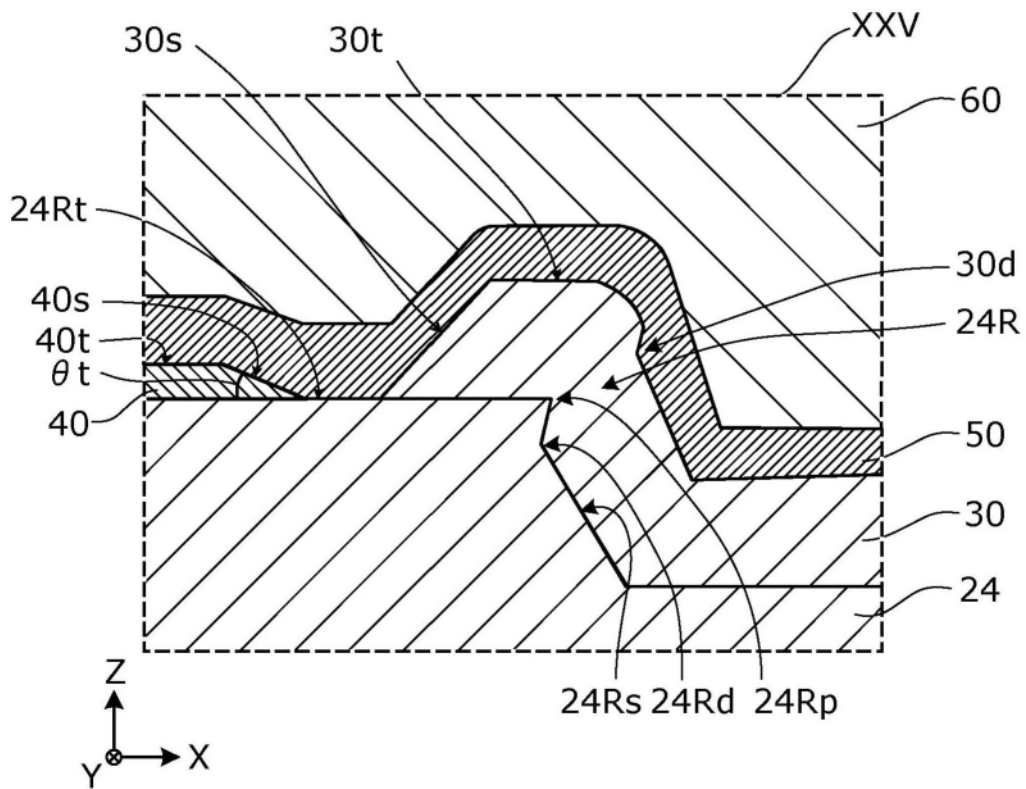


图25

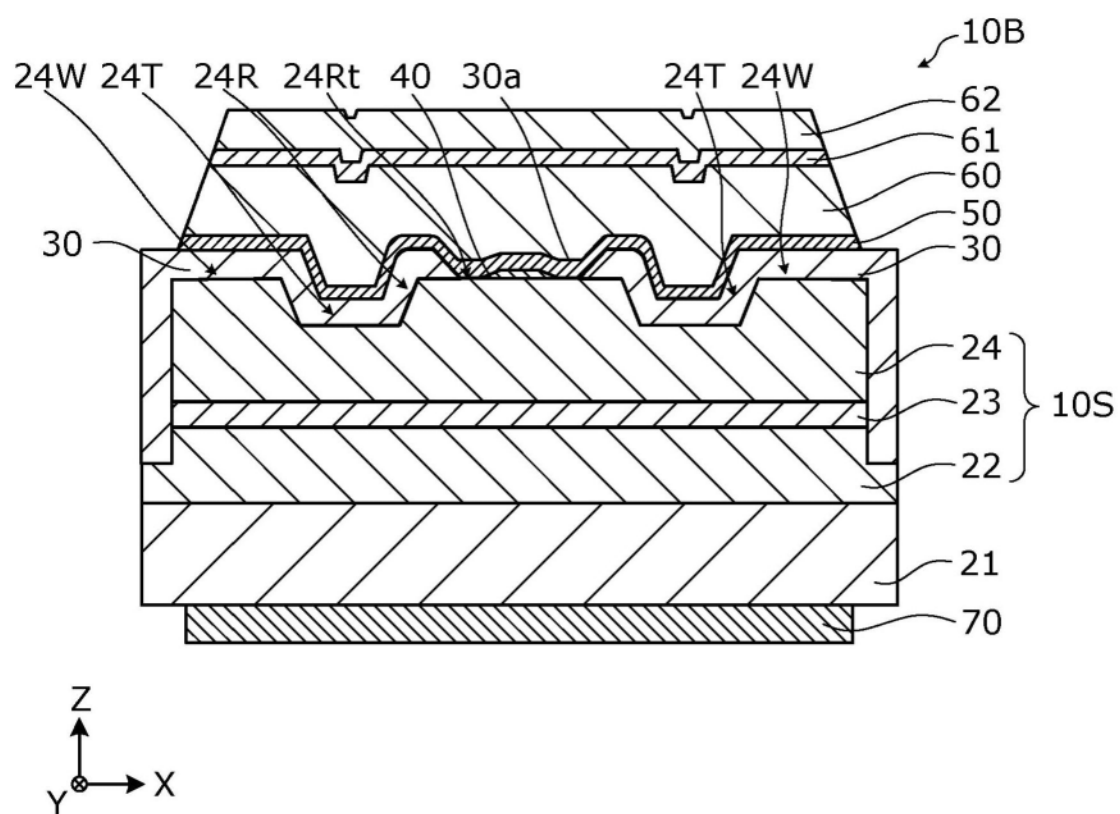


图26

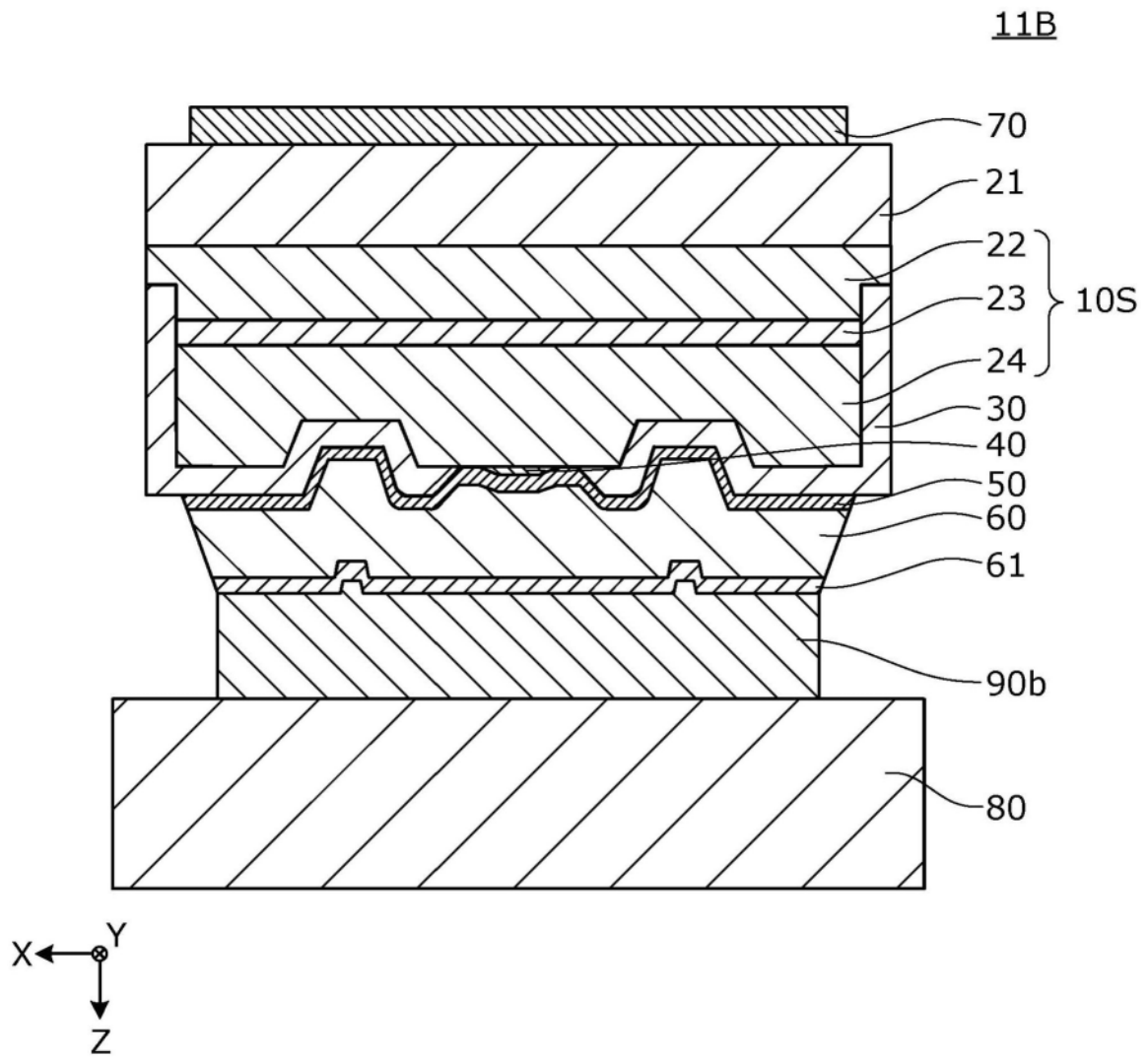


图27

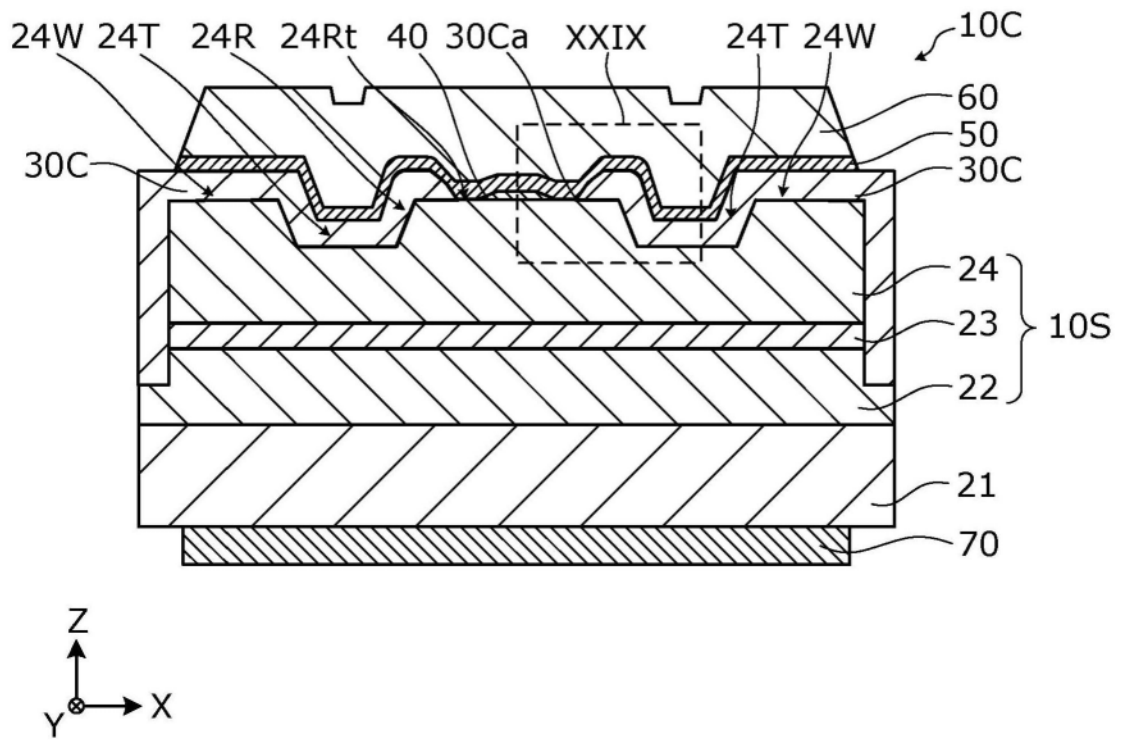


图28

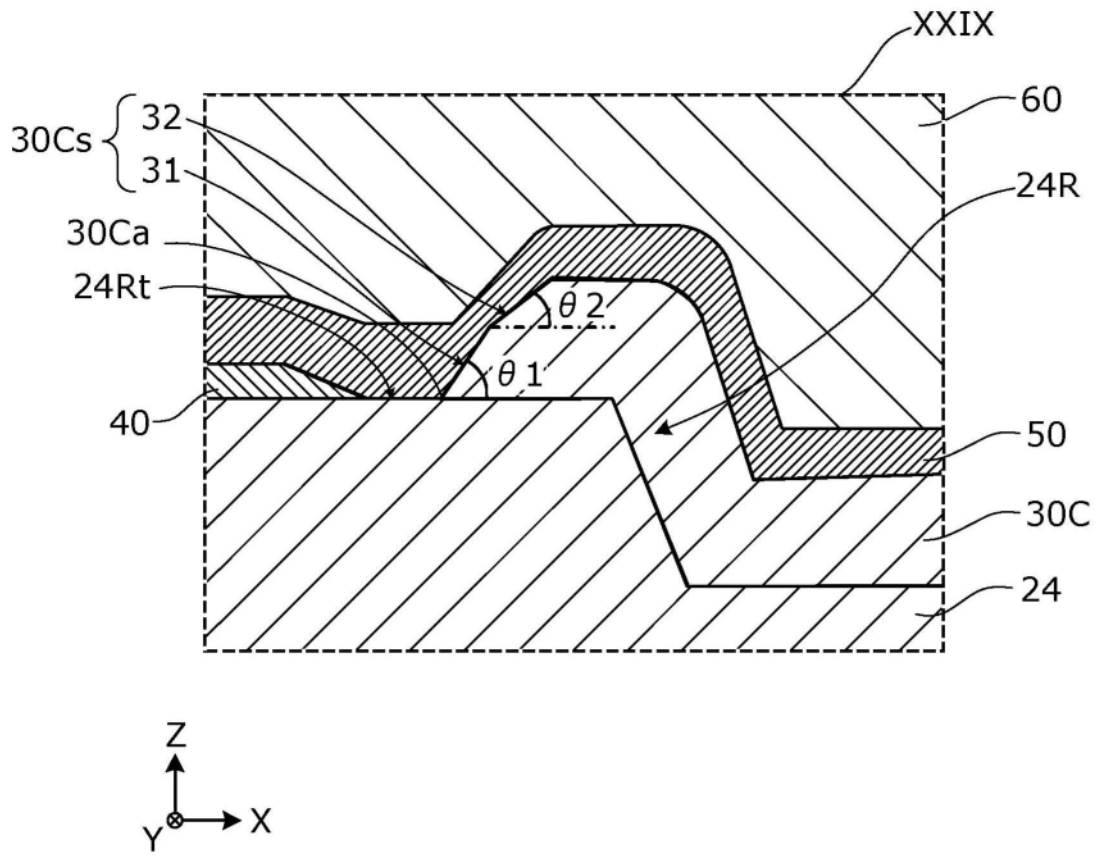


图29

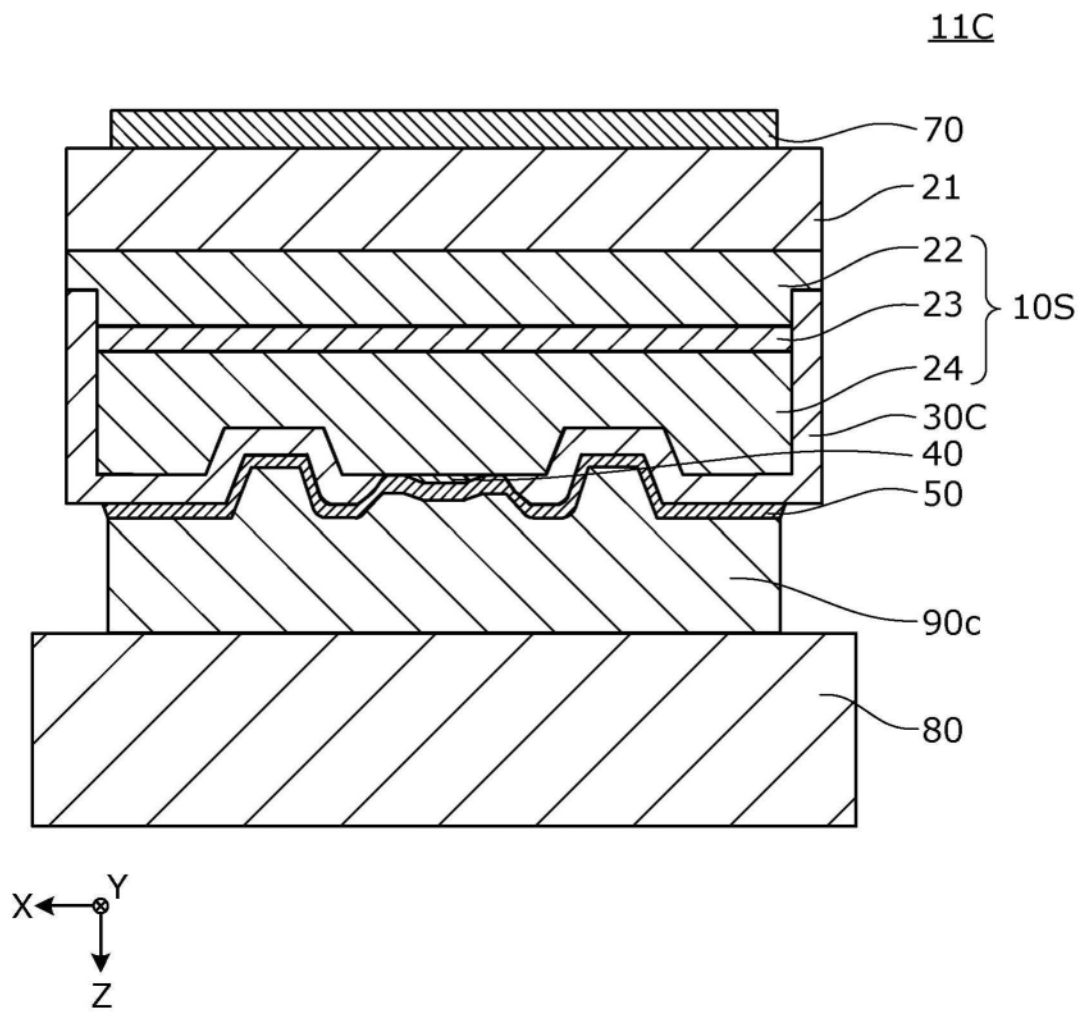


图30