



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118715679 A

(43) 申请公布日 2024. 09. 27

(21) 申请号 202380022515.9

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

(22) 申请日 2023.02.20

专利代理师 安香子

(30) 优先权数据

2022-025940 2022.02.22 JP

(51) Int.Cl.

H01S 5/22 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.08.19

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/006020 2023.02.20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/162929 JA 2023.08.31

(71) 申请人 新唐科技日本株式会社

地址 日本

(72) 发明人 竹村公志 井上升 中泽崇一

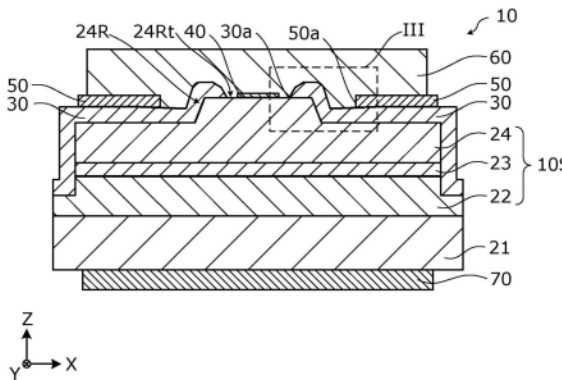
权利要求书3页 说明书17页 附图28页

(54) 发明名称

半导体激光元件及半导体激光元件的制造方法

(57) 摘要

半导体激光元件(10)具备:第一导电型的第一半导体层;活性层(23),配置在第一半导体层的上方;第二导电型的第二半导体层,配置在活性层(23)的上方;绝缘膜(30),配置在第二半导体层的上方;以及接触电极(40),配置在第二半导体层的上方,与第二半导体层相接,第二半导体层具有脊部(24R),绝缘膜(30)具有配置在与脊部(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),绝缘膜(30)的位于开口部(30a)的周缘的侧面(30s)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)相对于脊部(24R)的上表面(24Rt)的倾斜角度不同。



1. 一种半导体激光元件, 射出激光, 其中, 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; 以及  
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,  
上述第二半导体层具有在上述激光的射出方向上延伸的脊部,  
上述绝缘膜具有配置在与上述脊部的上表面对应的位置的开口部,  
上述接触电极配置在上述开口部,  
上述绝缘膜的位于上述开口部的周缘的侧面具有下段侧面区域、以及配置在上述下段侧面区域的上方的上段侧面区域,  
上述下段侧面区域和上述上段侧面区域相对于上述脊部的上表面的倾斜角度不同。
2. 如权利要求1所述的半导体激光元件, 其中,  
上述下段侧面区域相对于上述脊部的上表面的倾斜角度大于上述上段侧面区域相对于上述脊部的上表面的倾斜角度。
3. 如权利要求1或2所述的半导体激光元件, 其中,  
上述上段侧面区域相对于上述脊部的上表面的倾斜角度小于90度。
4. 如权利要求3所述的半导体激光元件, 其中,  
上述上段侧面区域相对于上述脊部的上表面的倾斜角度为40度以上且60度以下。
5. 如权利要求1~4中任一项所述的半导体激光元件, 其中,  
上述下段侧面区域相对于上述脊部的上表面的倾斜角度为90度以下。
6. 如权利要求5所述的半导体激光元件, 其中,  
上述下段侧面区域相对于上述脊部的上表面的倾斜角度为65度以上且85度以下。
7. 如权利要求1~6中任一项所述的半导体激光元件, 其中,  
配置在上述脊部的上表面的上述绝缘膜的从上述脊部的上表面的端部到上述开口部的长度为100nm以上且750nm以下。
8. 如权利要求1~6中任一项所述的半导体激光元件, 其中,  
配置在上述脊部的上表面的上述绝缘膜的厚度为150nm以上且450nm以下。
9. 如权利要求1~8中任一项所述的半导体激光元件, 其中,  
在与上述激光的射出方向垂直的截面中, 上述绝缘膜配置在上述脊部的上表面的两方的端部上。
10. 如权利要求1~9中任一项所述的半导体激光元件, 其中,  
上述脊部具有位于上述脊部的宽度方向的端部的侧面相对于上述第二半导体层的层叠方向倾斜的锥形状,  
配置在上述脊部的侧面的上述绝缘膜的上表面相对于上述层叠方向倾斜。
11. 如权利要求1~10中任一项所述的半导体激光元件, 其中,  
上述绝缘膜与上述接触电极分离。
12. 如权利要求1~10中任一项所述的半导体激光元件, 其中,  
上述绝缘膜覆盖上述接触电极的周缘。

13. 如权利要求1~12中任一项所述的半导体激光元件,其中,还具备:  
焊盘电极,配置在上述绝缘膜及上述接触电极的上方;以及  
密接辅助层,配置在上述绝缘膜与上述焊盘电极之间。
14. 如权利要求1~12中任一项所述的半导体激光元件,其中,还具备:  
焊盘电极,配置在上述绝缘膜及上述接触电极的上方;以及  
Cr层,配置在上述绝缘膜及上述接触电极与上述焊盘电极之间。
15. 如权利要求14所述的半导体激光元件,其中,  
上述接触电极的与上述绝缘膜对置的侧面相对于上述第二半导体层的层叠方向倾斜。
16. 如权利要求1~15中任一项所述的半导体激光元件,其中,  
上述接触电极由通过Ag、Ni、Pd、Cr及Pt中的至少一种形成的单层膜或多层膜、或者导电性金属氧化物构成。
17. 如权利要求1~16中任一项所述的半导体激光元件,其中,  
上述绝缘膜包括下段绝缘膜和上段绝缘膜,上述上段绝缘膜配置在上述下段绝缘膜的上方,并且具有与上述下段绝缘膜不同的组成。
18. 如权利要求17所述的半导体激光元件,其中,  
上述下段绝缘膜是氧化硅膜,  
上述上段绝缘膜是氮化硅膜。
19. 如权利要求1~18中任一项所述的半导体激光元件,其中,  
上述第二半导体层具有沿着上述脊部延伸的突出部,  
上述突出部的上表面在上述第二半导体层的层叠方向上的位置与上述脊部的上表面在上述层叠方向上的位置相等。
20. 一种半导体激光元件的制造方法,其中,包括:  
在基板的上方形成第一导电型的第一半导体层的工序;  
在上述第一半导体层的上方形成活性层的工序;  
在上述活性层的上方形成与上述第一导电型不同的第二导电型的第二半导体层的工序;  
在上述第二半导体层形成脊部的工序;  
在上述第二半导体层的上方形成绝缘膜的工序;  
在上述绝缘膜的与上述脊部的上表面对应的位置形成开口部的工序;以及  
在上述开口部形成与上述第二半导体层相接的接触电极的工序,  
形成上述开口部的工序包括:  
第一蚀刻工序,将上述绝缘膜的与上述开口部对应的区域通过第一蚀刻方法以第一膜厚蚀刻;以及  
第二蚀刻工序,在上述第一蚀刻工序之后,将上述区域通过与上述第一蚀刻方法不同的第二蚀刻方法以第二膜厚蚀刻,  
上述绝缘膜的位于上述开口部的周缘的侧面具有下段侧面区域、以及配置在上述下段侧面区域的上方的上段侧面区域,

上述下段侧面区域和上述上段侧面区域相对于上述脊部的上表面的倾斜角度不同。

21. 如权利要求20所述的半导体激光元件的制造方法,其中,

上述第一蚀刻方法是干式蚀刻。

22. 如权利要求20或21所述的半导体激光元件的制造方法,其中,

上述第二蚀刻方法是湿式蚀刻。

23. 如权利要求20~22中任一项所述的半导体激光元件的制造方法,其中,

上述第一膜厚比上述第二膜厚厚。

## 半导体激光元件及半导体激光元件的制造方法

### 技术领域

[0001] 本公开涉及半导体激光元件及半导体激光元件的制造方法。

### 背景技术

[0002] 以往,已知有具有脊部的半导体激光元件(例如,专利文献1等)。专利文献1所记载的半导体激光元件中,在与脊部的上表面对应的位置具有开口部的绝缘膜配置在半导体层叠体的上方,在绝缘膜及脊部的上表面的上方配置有阻挡金属层。由此,抑制在脊部的上表面的端部配置的阻挡金属层的厚度变薄。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2005—33021号公报

### 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,由于在脊部的上表面配置有绝缘膜,所以与绝缘膜的开口部对应的电流注入区域的面积变小。另一方面,在将绝缘膜的开口部过度扩大的情况下可能发生以下这样的问题。由于绝缘膜的开口部通常通过湿式蚀刻形成,所以绝缘膜的开口部周缘的侧面相对于脊部的层叠方向(即,与脊部的上表面垂直的方向)比较大地倾斜。即,绝缘膜的开口部的周缘部分处的厚度随着向开口部接近而变薄。因而,如果将绝缘膜的开口部过度扩大,则在脊部的上表面的端部配置的绝缘膜的厚度变薄。由此,可能会无法维持脊部的上表面与阻挡金属层之间的电绝缘。

[0008] 本公开用来解决这样的课题,目的是提供能够在确保配置在脊部的上表面的绝缘膜的厚度的同时,扩大脊部的上表面的电流注入区域的面积的半导体激光元件等。

[0009] 用来解决课题的手段

[0010] 为了解决上述课题,有关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;以及接触电极,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,上述第二半导体层具有在上述激光的射出方向上延伸的脊部,上述绝缘膜具有配置在与上述脊部的上表面对应的位置的开口部,上述接触电极配置在上述开口部,上述绝缘膜的位于上述开口部的周缘的侧面具有下段侧面区域、以及配置在上述下段侧面区域的上方的上段侧面区域,上述下段侧面区域和上述上段侧面区域相对于上述脊部的上表面的倾斜角度不同。

[0011] 为了解决上述课题,有关本公开的半导体激光元件的制造方法的一技术方案包括:在基板的上方形成第一导电型的第一半导体层的工序;在上述第一半导体层的上方形成活性层的工序;在上述活性层的上方形成与上述第一导电型不同的第二导电型的第二半

导体层的工序;在上述第二半导体层形成脊部的工序;在上述第二半导体层的上方形成绝缘膜的工序;在上述绝缘膜的与上述脊部的上表面对应的位置形成开口部的工序;以及在上述开口部形成与上述第二半导体层相接的接触电极的工序,形成上述开口部的工序包括:第一蚀刻工序,将上述绝缘膜的与上述开口部对应的区域通过第一蚀刻方法以第一膜厚蚀刻;以及第二蚀刻工序,在上述第一蚀刻工序之后,将上述区域通过与上述第一蚀刻方法不同的第二蚀刻方法以第二膜厚蚀刻,上述绝缘膜的位于上述开口部的周缘的侧面具有下段侧面区域、以及配置在上述下段侧面区域的上方的上段侧面区域,上述下段侧面区域和上述上段侧面区域相对于上述脊部的上表面的倾斜角度不同。

[0012] 发明效果

[0013] 根据本公开,能够提供能够在确保配置在脊部的上表面的绝缘膜的厚度的同时扩大脊部的上表面的电流注入区域的面积的半导体激光元件等。

### 附图说明

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

[0015] 图2是表示有关实施方式1的半导体激光元件的整体结构的示意性的剖视图。

[0016] 图3是图2所示的虚线框的内部的放大图。

[0017] 图4是表示有关实施方式1的半导体激光元件的端面附近的绝缘膜的结构示意性的剖视图。

[0018] 图5是表示比较例的半导体激光元件的结构剖视图。

[0019] 图6是表示有关实施方式1的半导体激光元件的从脊部的上表面的端部到开口部的长度与阈值电流的关系的图。

[0020] 图7是表示有关实施方式1的半导体激光元件的制造方法的第一工序的示意性的剖视图。

[0021] 图8是表示有关实施方式1的半导体激光元件的制造方法的第二工序的示意性的剖视图。

[0022] 图9是表示有关实施方式1的半导体激光元件的制造方法的第三工序的示意性的剖视图。

[0023] 图10是表示有关实施方式1的半导体激光元件的制造方法的第四工序的示意性的剖视图。

[0024] 图11是表示有关实施方式1的半导体激光元件的制造方法的第五工序的示意性的剖视图。

[0025] 图12是表示有关实施方式1的半导体激光元件的制造方法的第六工序的示意性的剖视图。

[0026] 图13是表示有关实施方式1的半导体激光元件的制造方法的第七工序的示意性的剖视图。

[0027] 图14是表示有关实施方式1的半导体激光元件的制造方法的第八工序的示意性的剖视图。

[0028] 图15是表示有关实施方式1的半导体激光元件的制造方法的第九工序的示意性的剖视图。

- [0029] 图16是表示有关实施方式1的半导体激光元件的制造方法的第十工序的示意性的剖视图。
- [0030] 图17是表示有关实施方式1的半导体激光元件的制造方法的第十一工序的示意性的剖视图。
- [0031] 图18是表示有关实施方式1的半导体激光元件的制造方法的第十二工序的示意性的剖视图。
- [0032] 图19是说明有关实施方式1的形成绝缘膜的开口部的第一工序的图。
- [0033] 图20是说明有关实施方式1的形成绝缘膜的开口部的第二工序的图。
- [0034] 图21是说明有关实施方式1的形成绝缘膜的开口部的第三工序的图。
- [0035] 图22是有关实施方式1的半导体激光元件的与激光垂直的方向的截面的SEM像的一例。
- [0036] 图23是表示有关实施方式2的半导体激光元件的整体结构的示意性的平面图。
- [0037] 图24是表示有关实施方式2的半导体激光元件的整体结构的示意性的剖视图。
- [0038] 图25是图24所示的虚线框的内部的放大图。
- [0039] 图26是表示有关实施方式2的半导体激光元件的端面附近的Cr层的结构的示意性的剖视图。
- [0040] 图27是表示有关实施方式3的半导体激光元件的整体结构的示意性的平面图。
- [0041] 图28是表示有关实施方式3的半导体激光元件的整体结构的示意性的剖视图。
- [0042] 图29是图28所示的虚线框的内部的放大图。
- [0043] 图30是表示有关实施方式3的半导体激光元件的端面附近的接触电极的结构示意性的剖视图。
- [0044] 图31是表示有关实施方式4的半导体激光元件的整体结构的示意性的平面图。
- [0045] 图32是表示有关实施方式4的半导体激光元件的整体结构的示意性的剖视图。
- [0046] 图33是图32所示的虚线框的内部的放大图。
- [0047] 图34是表示有关实施方式4的半导体激光元件的端面附近的接触电极的结构示意性的剖视图。
- [0048] 图35是表示有关实施方式5的半导体激光元件的整体结构的示意性的平面图。
- [0049] 图36是表示有关实施方式5的半导体激光元件的整体结构的示意性的剖视图。
- [0050] 图37是图36所示的虚线框的内部的放大图。
- [0051] 图38是表示有关实施方式5的半导体激光元件的端面附近的接触电极的结构示意性的剖视图。
- [0052] 图39是表示有关实施方式6的半导体激光元件的整体结构的示意性的平面图。
- [0053] 图40是表示有关实施方式6的半导体激光元件的整体结构的示意性的剖视图。
- [0054] 图41是表示有关变形例1的绝缘膜的位于开口部的周缘的侧面的截面的示意性的剖视图。
- [0055] 图42是表示有关变形例2的绝缘膜的位于开口部的周缘的侧面的截面的示意性的剖视图。
- [0056] 图43是表示使用有关实施方式1的半导体激光元件的半导体激光装置的整体结构的示意性的剖视图。

## 具体实施方式

[0057] 以下,参照附图对本公开的实施方式进行说明。另外,以下说明的实施方式都表示本公开的一具体例。因而,在以下的实施方式中表示的数值、形状、材料、构成要素及构成要素的配置位置、连接形态等是一例,不是限定本公开的意思。

[0058] 此外,各图是示意图,并不一定是严密地图示的。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的标号,将重复的说明省略或简化。

[0059] 此外,在本说明书中,相等等的表示要素间的关系性的用语和平行、垂直等的表示要素的形状等的用语、以及数值范围不是仅表示严格的意义的表现,而是指实质上同等的范围,例如也包括几个百分点左右的差异的表现。

[0060] 此外,在本说明书中,“上方”及“下方”这样的用语不是指绝对的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由相对的位置关系规定的用语来使用。此外,“上方”及“下方”这样的用语不仅适用于将两个构成要素相互隔开间隔配置并在两个构成要素之间存在其他构成要素的情况,还适用于将两个构成要素以相互相接的状态配置的情况。

[0061] (实施方式1)

[0062] 对有关实施方式1的半导体激光元件及其制造方法进行说明。

[0063] [1-1.整体结构]

[0064] 首先,使用图1及图2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及图2分别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的平面图及剖视图。在图2中表示图1的II-II线的半导体激光元件10的截面。另外,在各图中表示相互正交的X轴、Y轴及Z轴。X轴、Y轴及Z轴是右手系的正交坐标系。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)的主要的射出方向与Y轴方向平行。

[0065] 如图2所示,半导体激光元件10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,如图1所示,半导体激光元件10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是射出激光的前端面,端面10R是反射率比端面10F高的后端面。在本实施方式中,端面10F及10R的反射率分别是6%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。有关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1000 $\mu\text{m}$ 左右。此外,半导体激光元件10例如射出在405nm带中具有峰值波长的蓝紫光。

[0066] 如图2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、密接辅助层50、焊盘电极60和N侧电极70。

[0067] 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。

[0068] 半导体层叠体10S是包含氮化物半导体的层叠体。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。

[0069] N侧半导体层22是配置在基板21的上方、且活性层23的下方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包括折射率比活性层23低的N型包层。N侧半导体层22例如是N型AlGaIn层。另外，N侧半导体层22也可以包括N型包层以外的层。N侧半导体层22例如也可以包括缓冲层、光导引层等。

[0070] 活性层23是配置在N侧半导体层22的上方的发光层。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构成的多个阻挡层和由InGaIn构成的多个阱层。

[0071] P侧半导体层24是配置在活性层23的上方的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也可以包括P型包层以外的层。P侧半导体层24例如也可以包括光导引层、电子势垒层、接触层等。此外，P侧半导体层24也可以具有超晶格结构。

[0072] P侧半导体层24具有在激光的射出方向上延伸的脊部24R。脊部24R是P侧半导体层24中的在Z轴方向上突出的部分。另外，在P侧半导体层24，也可以形成有沿着脊部24R配置并在Y轴方向上延伸的两个槽。在本实施方式中，脊部宽度（即，脊部24R的X轴方向上的尺寸）是7 $\mu\text{m}$ 左右。图1中的表示脊部24R的虚线对应于脊部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。

[0073] 绝缘膜30是配置在P侧半导体层24（即，第二半导体层）的上方的层。在本实施方式中，绝缘膜30是配置在半导体层叠体10S与焊盘电极60之间，具有电绝缘性的层。绝缘膜30具有配置在与脊部24R的上表面24Rt对应的位置的开口部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、脊部24R的上表面24Rt的中央部以外的区域中。

[0074] 这里，使用图3及图4对绝缘膜30的开口部30a附近的构造进行说明。图3是图2所示的虚线框III的内部的放大图。图4是表示有关本实施方式的半导体激光元件10的端面10R附近的绝缘膜30的结构示意性的剖视图。在图4中表示图1的IV—IV线的绝缘膜30的开口部30a附近的截面的一部分。如图3及图4所示，绝缘膜30的位于开口部30a的周缘的侧面30s具有下段侧面区域31、以及配置在下段侧面区域31的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相对于脊部的上表面24Rt的倾斜角度不同。

[0075] 下段侧面区域31的层叠方向上的尺寸（膜厚）例如是100nm以上且150nm以下。上段侧面区域32的与层叠方向垂直的方向上的尺寸例如是100nm以上且150nm以下。

[0076] 在本实施方式中，配置在脊部24R的上表面24Rt上的绝缘膜30的厚度是300nm。另外，配置在脊部24R的上表面24Rt上的绝缘膜30的厚度只要是150nm以上即可。由此，能够确保焊盘电极60与P侧半导体层24之间的电绝缘。因此，能够抑制从焊盘电极60经由绝缘膜30流到脊部24R的侧面附近的电流。由此，能够抑制脊部24R的侧面附近的光密度变高。因而，能够抑制通过因光密度变高而引起的烧孔现象而光的放大增益下降。另外，如果配置在脊部24R的上表面24Rt上的绝缘膜30的厚度过厚，则有可能因与半导体层的热膨胀系数的差而发生裂纹或剥离。例如，绝缘膜30的厚度也可以是450nm以下。

[0077] 在本实施方式中，配置在脊部24R的上表面24Rt上的绝缘膜30的从脊部24R的上表面24Rt的端部到开口部30a的长度（图3所示的长度a2）是300nm。

[0078] 如图3所示，绝缘膜30与接触电极40分离。在本实施方式中，绝缘膜30与接触电极

40之间的X轴方向上的距离(图3所示的距离a1)及Y轴方向上的距离(图4所示的距离a5)都是250nm以上且300nm以下。

[0079] 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由氧化硅构成。关于绝缘膜30的详细的结构及效果,在后面叙述。

[0080] 接触电极40是配置在P侧半导体层24的上方,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也可以包含Pd或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,所以能够减小半导体激光元件10的动作电压。此外,接触电极40例如也可以由通过Ag、Ni、Pd、Cr及Pt中的至少一种形成的单层膜或多层膜,或者氧化铟锡(ITO)、氧化铟锌(IZO)、氧化锌(ZnO)或 $\text{InGaZnO}_x$ (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具有与P侧半导体层24相接的膜厚40nm的Pd层和配置在Pd层的上方的膜厚35nm的Pt层。Pt层具有抑制金属元素从焊盘电极60向Pd层移动的功能。

[0081] 密接辅助层50是配置在绝缘膜30的上方的层。密接辅助层50配置在绝缘膜30与焊盘电极60之间,具有提高焊盘电极60与绝缘膜30之间的密接性的功能。密接辅助层50在与绝缘膜30的开口部30a对应的位置具有开口部50a(或狭缝)。在本实施方式中,如图1所示,在基板21的俯视下,在密接辅助层50的开口部50a的内部配置绝缘膜30的开口部30a。密接辅助层50也可以包含Ti或Cr。这是因为,在密接辅助层50包含Ti、并且绝缘膜30是氧化物的情况下,能够进一步提高密接辅助层50与绝缘膜30的密接性。这是因为,在绝缘膜30是氧化物的情况下,如果由金属膜构成的密接辅助层50也是容易形成氧化物的材料,则能够强力地结合。在本实施方式中,密接辅助层50具有层叠结构,该层叠结构包括与绝缘膜30相接的膜厚10nm的Ti膜和配置在Ti膜之上的膜厚50nm的Pt膜。

[0082] 如图3所示,密接辅助层50与接触电极40分离。在本实施方式中,从密接辅助层50的开口部50a的周缘到脊部24R的上表面24Rt的X轴方向上的距离(图3所示的距离a3)是1000nm。

[0083] 焊盘电极60是配置在绝缘膜30及接触电极40的上方,与接触电极40相接的导电层。焊盘电极60包含Au。在本实施方式中,焊盘电极60是厚度约 $1.6\mu\text{m}$ 的Au层。

[0084] 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也可以包含Pd或ITO。由此,能够减小N侧电极70与基板21之间的接触电阻,所以能够减小半导体激光元件10的动作电压。此外,N侧电极70例如也可以是由Cr、Ti、Ni、Pd及Pt中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。

[0085] [1—2. 绝缘膜的详细结构及效果]

[0086] 接着,与比较例比较起来使用图3~图5等对有关本实施方式的绝缘膜30的详细结构及效果进行说明。图5是表示比较例的半导体激光元件的结构剖视图。在图5中,表示了比较例的半导体激光元件的脊部24R的上表面24Rt的端部附近的截面、且与激光的射出方向垂直的方向的截面。

[0087] 比较例的半导体激光元件与有关本实施方式的半导体激光元件10同样,具备P侧

半导体层24、接触电极40、绝缘膜930、密接辅助层50和焊盘电极60。比较例的半导体激光元件在绝缘膜930的结构上与半导体激光元件10不同,在其他的结构上一致。绝缘膜930与绝缘膜30同样具有开口部930a。开口部930a通过湿式蚀刻形成。绝缘膜30的位于开口部的周缘的侧面具有相对于脊部24R的上表面24Rt的倾斜角度为一样的单一的侧面区域931。

[0088] 在这样的比较例的半导体激光元件中,绝缘膜930的侧面区域931比较大地倾斜。即,绝缘膜930的开口部930a的周缘部分处的厚度随着向开口部930a接近而变薄。因而,如果将绝缘膜930的开口部930a过度扩大,则配置在脊部24R的上表面24Rt上的绝缘膜930的端部上的厚度变薄。由此,可能会无法维持脊部24R的上表面24Rt与焊盘电极60之间的电绝缘。为了使配置在脊部24R的上表面24Rt上的绝缘膜930的厚度足够厚以便能够维持电绝缘,需要增大从脊部24R的上表面24Rt的端部到绝缘膜930的开口部930a的长度(图5的长度a2)。随之,开口部930a的面积(俯视下的面积)被缩小,所以需要缩小接触电极40的面积。随之,电流注入区域的面积变小,所以半导体激光元件的动作电压增大。

[0089] 相对于此,有关本实施方式的半导体激光元件10的绝缘膜30的位于开口部30a的周缘的侧面30s具有下段侧面区域31和配置在下段侧面区域31的上方的上段侧面区域32。此外,下段侧面区域31和上段侧面区域32相对于脊部24R的上表面24Rt的倾斜角度不同。由此,与例如绝缘膜30的侧面30s如比较例的绝缘膜930的侧面那样仅由倾斜角度小的区域构成的情况相比,能够减小倾斜区域的宽度。因而,在本实施方式中,能够在确保配置在绝缘膜30的脊部24R的上表面24Rt上的绝缘膜30的端部上的厚度的同时,增大开口部30a的面积。由此,能够增大接触电极40的面积。随之,能够增大电流注入区域的面积,所以能够减小半导体激光元件10的动作电压。

[0090] 另外,在本实施方式中,下段侧面区域31相对于脊部24R的上表面24Rt的倾斜角度(图3所示的角度 $\theta_1$ )大于上段侧面区域32相对于脊部24R的上表面24Rt的倾斜角度(图3所示的角度 $\theta_2$ )。由此,能够减小膜厚小、绝缘电阻低的下段侧面区域31的宽度,所以能够进一步提高绝缘膜30的绝缘性。

[0091] 这里,上段侧面区域32相对于脊部24R的上表面24Rt的倾斜角度也可以小于90度。在此情况下,在绝缘膜30之上形成密接辅助层50时,能够减小在绝缘膜30的角部上的密接辅助层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度以上且60度以下。在此情况下,能够同时实现伴随于倾斜的接触面积增加、以及避免角部的破裂,在45度下其效果最大。这样,通过减小上段侧面区域32的倾斜角度,能够增大位于脊部24R的上表面24Rt上的绝缘膜30的上端部与焊盘电极60的接触面积。因而,能够提高绝缘膜30与焊盘电极60的密接性。

[0092] 这里,下段侧面区域31相对于脊部24R的上表面24Rt的倾斜角度也可以是90度以下。在此情况下,在绝缘膜30之上的形成密接辅助层50时,能够减小在绝缘膜30与密接辅助层50之间产生空隙(void)的危险性。此外,下段侧面区域31的倾斜角度也可以是65度以上且85度以下。在此情况下,能够同时实现伴随于倾斜的接触面积增加、以及避免产生空隙,在75度下其效果最大。这样,通过使下段侧面区域31的倾斜角度变大,能够增大绝缘膜30的开口部30a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10的动作电压。

[0093] 在本实施方式中,在半导体激光元件10的与激光的射出方向垂直的截面中,绝缘

膜30配置在脊部24R的上表面24Rt的两方的端部上(参照图1及图2)。由此,能够抑制流到脊部24R的侧面附近的电流,所以能够抑制脊部24R的侧面附近的光密度变高。因而,能够抑制因由光密度变高引起的烧孔现象而光的放大增益下降。此外,如图1所示,在绝缘膜30的俯视下,绝缘膜30也可以覆盖脊部24R的周缘部整体。由此,能够进一步减小流到脊部24R的侧面附近的电流。

[0094] 在本实施方式中,如图2及图3所示,脊部24R具有位于脊部24R的宽度方向(即,各图的X轴方向)的端部的侧面相对于P侧半导体层24的层叠方向倾斜的锥形状。配置在脊部24R的侧面的绝缘膜30的上表面相对于层叠方向倾斜。通过这样脊部24R的侧面相对于层叠方向倾斜,与脊部24R的侧面平行于层叠方向的情况相比,更容易将绝缘膜30沿着脊部24R的侧面层叠。通过将绝缘膜30层叠在脊部24R的侧面,能够确保脊部24R与脊部24R的宽度方向上的外部区域的折射率差。因而,能够将光限制在脊部24R及其下方的区域中。另外,绝缘膜30中的在脊部24R的侧面配置的区域厚度(与侧面垂直的方向的厚度)也可以小于在脊部24R的上表面24Rt配置的绝缘膜30的最大厚度。

[0095] 此外,如图2及图3所示,绝缘膜30和接触电极40也可以分离。例如,在绝缘膜30与接触电极40相接的情况下,绝缘膜30中包含的氢原子能够向接触电极40移动。在此情况下,氢原子被吸留在接触电极40所包含的Pd层中,从而Pd层的电阻会增大。在本实施方式中,通过绝缘膜30与接触电极40分离,能够抑制从绝缘膜30向接触电极40的元素的移动,所以能够抑制接触电极40的电阻的增大。在本实施方式中,绝缘膜30与接触电极40之间的距离(图3所示的距离a1)为250nm以上且300nm以下。由此,能够在使绝缘膜30与接触电极40分离的同时抑制接触电极40的面积缩小。

[0096] 接着,使用图6对配置在脊部24R的上表面24Rt上的绝缘膜30的从脊部24R的上表面24Rt的端部到开口部30a的长度(图3所示的长度a2)进行说明。图6是表示有关本实施方式的半导体激光元件10的从脊部24R的上表面24Rt的端部到开口部30a的长度(a2)与阈值电流的关系的图。

[0097] 图6所示的关系是通过实验求出的。如图6所示,在长度a2为750nm时阈值电流拥有极小值,特别在长度a2小于100nm的情况下阈值电流急剧地增大。如以下这样推测该现象的发生原因。通过长度a2变小,从焊盘电极60经由绝缘膜30流到脊部24R的侧面附近的电流增大。随之,脊部24R的侧面附近的光密度变高,因由于光密度变高引起的烧孔现象而光的放大增益下降。因此,在长度a2小于100nm的情况下,推测阈值电流增大。此外,长度a2也可以是750nm以下。由此,能够抑制开口部30a的宽度相对于横向的光限制变得过小。因而,在本实施方式中,长度a2也可以是100nm以上且750nm以下。

[0098] 在本实施方式中,绝缘膜30的开口部30a的周缘的侧面30s上的倾斜开始位置是上段侧面区域32的上方的端部。随着从该倾斜开始位置接近开口部30a,绝缘膜30的厚度变薄,所以倾斜开始位置也可以处于脊部24R的上表面24Rt的上方。由此,能够抑制配置在脊部24R的上表面24Rt上的绝缘膜30的脊部端部上的厚度变薄。在本实施方式中,从位于脊部24R的上表面24Rt的上方的倾斜开始位置到脊部24R的上表面24Rt的端部的X轴方向上的距离(图3所示的距离a4)为130nm以上且180nm以下。

[0099] [1-3. 制造方法]

[0100] 使用图7~图18对有关本实施方式的半导体激光元件10的制造方法进行说明。图7

~图18是表示有关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的剖视图。在图7~图18中表示与图2同样的截面。

[0101] 首先,如图7所示,在基板21的上方形成N侧半导体层22作为第一导电型的第一半导体层,在N侧半导体层22的上方形成活性层23,在活性层23的上方形成P侧半导体层24作为第二半导体层。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:金属有机物化学气相沉积)法的外延成长技术,将N侧半导体层22、活性层23和P侧半导体层24依次层叠。由此,能够形成半导体层叠体10S。

[0102] 接着,在P侧半导体层24的上方形成绝缘膜91,进行半导体层叠体10S的退火。更具体地讲,作为绝缘膜91,使用常压CVD(Chemical Vapor Deposition:化学气相沉积)法等形成氧化硅膜。在本实施方式中,绝缘膜91的厚度是200nm。接着,通过进行退火,能够将半导体层叠体10S中包含的氢原子的至少一部分除去。在氧化硅膜的形成中也可以使用减压CVD法。

[0103] 接着,如图8所示,在绝缘膜91的上方形成绝缘膜92。具体而言,作为绝缘膜92,使用常压CVD法等形成氧化硅膜。在本实施方式中,绝缘膜92的厚度为300nm。在氧化硅膜的形成中也可以使用减压CVD。

[0104] 接着,如图9所示,形成用来将半导体激光元件10单片化的元件分离槽10D。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的上表面到达N侧半导体层22的内部。元件分离槽10D的形成方法没有特别限定。元件分离槽10D例如可以使用光刻技术及蚀刻来形成,也可以通过激光加工来形成。

[0105] 接着,如图10所示,在P侧半导体层24形成脊部24R。在本实施方式中,脊部24R的形成方法没有特别限定。脊部24R例如使用光刻技术及蚀刻来形成。在本实施方式中,将绝缘膜91及绝缘膜92进行构图,以所构图的绝缘膜91及92为掩模将P侧半导体层24的一部分进行蚀刻,从而形成脊部24R。另外,在图10中,绝缘膜91及绝缘膜92配置在脊部24R的上方,但绝缘膜91及绝缘膜92的一部分可以在蚀刻时被除去。

[0106] 接着,如图11所示,除去绝缘膜91及绝缘膜92。具体而言,使用湿式蚀刻除去绝缘膜91及绝缘膜92。

[0107] 接着,如图12所示,在P侧半导体层24的上方形成绝缘膜30。在本实施方式中,作为绝缘膜30,使用减压CVD法等形成氧化硅膜。在氧化硅膜的形成中也可以使用常压CVD法。

[0108] 接着,如图13所示,在与脊部24R的上表面24Rt对应的位置形成开口部30a。以下,使用图19~图21对该工序详细地进行说明。图19~图21是说明有关本实施方式的形成绝缘膜30的开口部30a的各工序的图。在图19~图21中表示脊部24R及配置在其上方的绝缘膜30的各工序的示意性的剖视图。

[0109] 如图19所示,在绝缘膜30的与开口部30a对应的区域以外的区域中形成抗蚀部95。

[0110] 接着,如图20所示,将绝缘膜30的与开口部30a对应的区域通过第一蚀刻方法以第一膜厚蚀刻(第一蚀刻工序)。在本实施方式中,第一蚀刻方法是干式蚀刻。具体而言,使用干式蚀刻将绝缘膜30的没有被抗蚀部覆盖的区域蚀刻。第一膜厚例如是150nm。作为干式蚀刻的方式,例如可以使用频率13.56MHz的ICP(Inductively Coupled Plasma:电感耦合等

离子体)方式。作为在干式蚀刻中使用的处理条件,例如可以采用以下条件:最大功率为120W,偏压功率为40W,气压为1Pa,气体种类为 $\text{CHF}_3$ (流量35sccm)。

[0111] 接着,如图21所示,在第一蚀刻工序之后,将绝缘膜30的与开口部30a对应的区域通过与第一蚀刻方法不同的第二蚀刻方法以第二膜厚蚀刻(第二蚀刻工序)。在本实施方式中,第二蚀刻方法是湿式蚀刻。具体而言,使用湿式蚀刻将绝缘膜30的没有被抗蚀部覆盖的区域蚀刻。第二膜厚例如是150nm。作为湿式蚀刻的方式,例如可以采用使用BHF(缓冲氢氟酸)的浸泡处理方式。在湿式蚀刻处理后,将包括处理后的半导体层叠体10S的元件用纯水清洗后,进行旋转干燥。

[0112] 由此,能够形成位于开口部30a的周缘处的侧面30s具有下段侧面区域31及上段侧面区域32的绝缘膜30。

[0113] 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层及Pt层。接触电极40例如使用光刻技术及蒸镀法仅形成在脊部24R的上表面24Rt中的开口部30a的内侧的区域中。

[0114] 接着,如图15所示,形成具有开口部50a的密接辅助层50。具体而言,在绝缘膜30之上,使用光刻技术及蒸镀法形成由Ti膜及Pt膜构成的密接辅助层50。

[0115] 接着,如图16所示,形成焊盘电极60。具体而言,在接触电极40及绝缘膜30的上方,通过光刻技术及蒸镀法形成Au膜。在焊盘电极的形成中也可以使用镀层法。

[0116] 接着,如图17所示,通过将基板21的下表面研磨及蚀刻,削减基板21的厚度。

[0117] 接着,如图18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。

[0118] 通过以上这样的制造方法,能够制造有关本实施方式的半导体激光元件10。

[0119] 在图22中表示通过以上这样的制造方法制造的半导体激光元件10的结构例。图22是有关本实施方式的半导体激光元件10的与激光垂直的方向的截面的SEM像的一例。如图22所示,通过上述的制造方法,能够形成位于开口部30a的周缘的侧面30s具有下段侧面区域31及上段侧面区域32的绝缘膜30。

[0120] 此外,在本实施方式中,作为第一蚀刻方法而使用干式蚀刻,由此能够容易地蚀刻到希望的膜厚。此外,作为第二蚀刻方法而使用湿式蚀刻,由此能够减少第二蚀刻工序中的P侧半导体层24的蚀刻。因而,能够减少对脊部24R的上表面24Rt施加的损伤,并且,通过抑制形成在上表面24Rt上的缺陷,能够提高平坦性。

[0121] 此外,在上述实施方式中,第一膜厚与第二膜厚相等,但第一膜厚与第二膜厚也可以不同。此外,第一膜厚也可以比第二膜厚厚。例如,在第一蚀刻工序是干式蚀刻的情况下,通过改变蚀刻气体等条件,能够使第一膜厚变厚并且使上段侧面区域32的倾斜角度变大。通过使第一膜厚比第二膜厚厚,能够进一步扩大开口部30a的面积。

[0122] 此外,相互不同的第一蚀刻方法及第二蚀刻方法例如也可以都是湿式蚀刻,也可以都是干式蚀刻。在第一蚀刻方法和第二蚀刻方法中,只要蚀刻剂等的某种处理条件不同即可。

[0123] (实施方式2)

[0124] 对有关实施方式2的半导体激光元件进行说明。有关本实施方式的半导体激光元件在代替Ti膜及Pt膜而具备Cr层作为密接辅助层这一点、以及接触电极是Pd层这一点等上

与有关实施方式1的半导体激光元件10不同。以下,对于有关本实施方式的半导体激光元件,使用图23~图26以与有关实施方式1的半导体激光元件10的不同点为中心进行说明。

[0125] 图23及图24分别是表示有关本实施方式的半导体激光元件110的整体结构的示意性的平面图及剖视图。在图24中表示了图23的XXIV—XXIV线的半导体激光元件110的截面。图25是图24所示的虚线框XXV的内部的放大图。图26是表示有关本实施方式的半导体激光元件110的端面10R附近的Cr层150的结构示意性的剖视图。在图26中表示图23的XXVI—XXVI线的Cr层150等的截面的一部分。

[0126] 如图24所示,半导体激光元件110具备基板21、半导体层叠体10S、绝缘膜30、接触电极140、Cr层150、焊盘电极60和N侧电极70。

[0127] 有关本实施方式的接触电极140在是膜厚40nm的Pd层这一点上与有关实施方式1的接触电极40不同,其他的点一致。这样,有关本实施方式的接触电极140不具有抑制金属元素向Pd层的移动的层。

[0128] Cr层150配置在绝缘膜30及接触电极140与焊盘电极60之间。在本实施方式中,如图23~图26所示,Cr层150覆盖焊盘电极60的下表面整体。此外,在图24所示的例子中,焊盘电极60的侧面为与Cr层150的侧面同面,但也可以不是同面。Cr层150具有抑制焊盘电极60的剥离的功能、以及抑制金属元素从焊盘电极60向接触电极140的移动的功能。例如,在焊盘电极60与包含Sn的焊料等接合了的情况下,Sn元素可能经由焊盘电极60向接触电极140所包含的Pd层移动。这样,通过Sn元素向Pd层移动,Pd层的电阻会增大。在本实施方式中,通过在接触电极140与焊盘电极60之间配置Cr层,能够抑制Sn等金属元素从焊盘电极60向接触电极140移动。因而,能够抑制接触电极140的电阻增大。Cr层150的膜厚没有特别限定,在本实施方式中是100nm。

[0129] 另外,关于有关本实施方式的半导体激光元件110的制造方法,Cr层和焊盘电极是相对于两次蒸镀法使用1次光刻技术来形成这一点与实施方式1不同,而其他使用同样的工艺。像这样相同的制法继续的情况下,能够省略一部分光刻。

[0130] (实施方式3)

[0131] 对有关实施方式3的半导体激光元件进行说明。有关本实施方式的半导体激光元件在接触电极的结构上与有关实施方式2的半导体激光元件110不同。以下,对于有关本实施方式的半导体激光元件,使用图27~图30以与有关实施方式2的半导体激光元件110的不同点为中心进行说明。

[0132] 图27及图28分别是表示有关本实施方式的半导体激光元件210的整体结构的示意性的平面图及剖视图。在图28中表示了图27的XXVIII—XXVIII线的半导体激光元件210的截面。图29是图28所示的虚线框XXIX的内部的放大图。图30是表示有关本实施方式的半导体激光元件210的端面10R附近的接触电极240的结构示意性的剖视图。在图30中表示图27的XXX—XXX射线的接触电极240的绝缘膜30附近的截面的一部分等。

[0133] 如图28所示,半导体激光元件210具备基板21、半导体层叠体10S、绝缘膜30、接触电极240、Cr层150、焊盘电极60和N侧电极70。

[0134] 有关本实施方式的接触电极240与有关实施方式2的接触电极140同样是膜厚40nm的Pd层,但如图28~图30所示,在与绝缘膜30对置的侧面240s相对于P侧半导体层24的层叠方向倾斜这一点上与有关实施方式2的接触电极140不同。

[0135] 例如,在如有关实施方式2的接触电极140那样侧面相对于层叠方向平行的情况下,在侧面难以层叠Cr。因此,在Cr层150中可能产生以接触电极140的侧面的上端附近为起点的狭缝状的空隙。

[0136] 另一方面,在有关本实施方式的接触电极240中,由于侧面240s相对于层叠方向倾斜,所以在侧面240s容易层叠Cr。因而,能够抑制在Cr层150产生狭缝状的空隙。

[0137] 另外,接触电极240的侧面240s相对于脊部24R的上表面24Rt的倾斜角度例如也可以是15度以下。由此,能够更可靠地抑制在Cr层150形成空隙。

[0138] 有关本实施方式的接触电极240例如可以通过使用行星(Planetary)蒸镀等容易地形成。

[0139] 此外,如图28~图30所示,在本实施方式中也与实施方式2同样,能够通过接触电极240与焊盘电极60之间配置Cr层150,来抑制Sn等金属元素从焊盘电极60向接触电极240移动。因而,能够抑制接触电极240的电阻增大。进而,在本实施方式中,Cr层150层叠在接触电极240上。更详细地讲,Cr层150覆盖接触电极240。即,Cr层150覆盖接触电极240的侧面240s及上表面的整面。由此,对于接触电极240整体能够抑制Sn等金属元素从焊盘电极60移动。

[0140] 此外,有关本实施方式的Cr层150等具有如下所述的特征性的结构。如图28~图30所示,Cr层150具有被绝缘膜30和接触电极240夹着并且被P侧半导体层24和焊盘电极60夹着的区域。换言之,Cr层150在绝缘膜30与接触电极240之间的区域的下表面中与P侧半导体层24相接,在上表面中与焊盘电极60相接。此外,Cr层150在位于如下区域的上方的上表面具有凹部,上述区域是位于绝缘膜30与接触电极240之间的区域。

[0141] 此外,Cr层150沿着绝缘膜30的位于开口部30a的周缘的侧面30s配置。因而,Cr层150具有由与绝缘膜30的下段侧面区域31对置的倾斜面以及与绝缘膜30的上段侧面区域32对置的倾斜面构成的二梯级倾斜面。随之,Cr层150中的配置在绝缘膜30上的区域的上表面也具有二梯级倾斜面。由此,能够提高Cr层150的上表面与层叠于该上表面的焊盘电极60之间的密接性。

[0142] 此外,如图28~图30所示,在配置于脊部24R上的绝缘膜30上配置的Cr层150的上表面位于比配置在接触电极240上的Cr层150的上表面靠上方的位置。此外,接触电极240的上表面位于比脊部24R上的绝缘膜30的上表面靠下方的位置。

[0143] (实施方式4)

[0144] 对有关实施方式4的半导体激光元件进行说明。有关本实施方式的半导体激光元件在接触电极的结构上与有关实施方式2的半导体激光元件110不同。以下,对于有关本实施方式的半导体激光元件,使用图31~图34以与有关实施方式2的半导体激光元件110的不同点为中心进行说明。

[0145] 图31及图32分别是表示有关本实施方式的半导体激光元件310的整体结构的示意性的平面图及剖视图。在图32中表示了图31的XXXII—XXXII线的半导体激光元件310的截面。图33是图32所示的虚线框XXXIII的内部的放大图。图34是表示有关本实施方式的半导体激光元件310的端面10R附近的接触电极340的结构示意性的剖视图。在图34中表示图31的XXXIV—XXXIV线的接触电极340的绝缘膜30附近的截面的一部分等。

[0146] 如图32所示,半导体激光元件310具备基板21、半导体层叠体10S、绝缘膜30、接触

电极340、Cr层150、焊盘电极60和N侧电极70。

[0147] 有关本实施方式的接触电极340与有关实施方式2的接触电极140同样是膜厚40nm的Pd层。在本实施方式中,在绝缘膜30覆盖接触电极340的周缘(即,图31所示的接触电极340的俯视下的周缘)这一点上与有关实施方式2的接触电极140不同。在本实施方式中,接触电极340的X轴方向上的尺寸与脊部24R的上表面的X轴方向上的尺寸(即宽度)相等。这里,由尺寸相等这一记载表示的结构中,不仅包括尺寸完全一致的结构,也包括实质上一致的结构。例如,由尺寸相等这一记载表示的结构中,也包括尺寸的误差为3%以下的结构。

[0148] 因此,接触电极340的周缘被绝缘膜30覆盖的X轴方向上的宽度与配置在脊部24R的上表面24Rt上的绝缘膜30的从脊部24R的上表面24Rt的端部到开口部30a的长度(图33所示的长度a2)相等。此外,接触电极340的周缘被绝缘膜30覆盖的Y轴方向上的宽度(图34所示的长度a6)为250nm以上且300nm以下。

[0149] 如上述那样,在有关实施方式2的接触电极140的侧面难以层叠Cr,所以接触电极40的侧面附近的Cr层150的厚度可能变薄。随之,接触电极40的侧面附近的Cr层150的上述的功能可能无法充分发挥。

[0150] 相对于此,有关本实施方式的接触电极340的包括侧面的周缘被绝缘膜30覆盖,所以不需要在接触电极340的侧面层叠Cr层150。因此,能够抑制被层叠在与接触电极340相接的区域中的Cr层150的厚度变薄。由此,Cr层150的上述的功能被充分地发挥。

[0151] (实施方式5)

[0152] 对有关实施方式5的半导体激光元件进行说明。有关本实施方式的半导体激光元件在接触电极的结构上与有关实施方式1的半导体激光元件10不同。以下,对于有关本实施方式的半导体激光元件,使用图35~图38以与有关实施方式1的半导体激光元件10的不同点为中心进行说明。

[0153] 图35及图36分别是表示有关本实施方式的半导体激光元件410的整体结构的示意性的平面图及剖视图。在图36中表示了图35的XXXVI—XXXVI线的半导体激光元件410的截面。图37是图36所示的虚线框XXXVII的内部的放大图。图38是表示有关本实施方式的半导体激光元件410的端面10R附近的接触电极440的结构示意性的剖视图。在图38中表示了图35的XXXVIII—XXXVIII线的接触电极440的绝缘膜30附近的截面的一部分等。

[0154] 如图36所示,半导体激光元件410具备基板21、半导体层叠体10S、绝缘膜30、接触电极440、密接辅助层50、焊盘电极60和N侧电极70。

[0155] 有关本实施方式的接触电极440与有关实施方式1的接触电极40同样,具有膜厚40nm的Pd层和膜厚35nm的Pt层。在本实施方式中,在绝缘膜30覆盖接触电极440的周缘(即,图35所示的接触电极440的俯视下的周缘)这一点上与有关实施方式1的接触电极40不同。在本实施方式中,接触电极440的X轴方向上的尺寸与脊部24R的上表面的X轴方向上的尺寸(即宽度)相等。

[0156] 因此,接触电极440的周缘被绝缘膜30覆盖的X轴方向上的宽度与配置在脊部24R的上表面24Rt上的绝缘膜30的从脊部24R的上表面24Rt的端部到开口部30a的长度(图37所示的长度a2)相等。此外,接触电极440的周缘被绝缘膜30覆盖的Y轴方向上的宽度(图38所示的长度a6)为250nm以上且300nm以下。

[0157] 通过具有以上这样的结构的半导体激光元件410,也起到与有关实施方式1的半导

体激光元件10同样的效果。

[0158] (实施方式6)

[0159] 对有关实施方式6的半导体激光元件进行说明。有关本实施方式的半导体激光元件在P侧半导体层的形状上与有关实施方式1的半导体激光元件10不同。以下,对于有关本实施方式的半导体激光元件,使用图39及图40以与有关实施方式1的半导体激光元件10的不同点为中心进行说明。

[0160] 图39及图40分别是表示有关本实施方式的半导体激光元件10A的整体结构的示意性的平面图及剖视图。在图40中表示了图39的XXXX—XXXX射线的半导体激光元件10A的截面。

[0161] 如图40所示,半导体激光元件10A具备基板21、半导体层叠体10AS、绝缘膜30、接触电极40、密接辅助层50、焊盘电极60和N侧电极70。

[0162] 半导体层叠体10AS具有N侧半导体层22、活性层23和P侧半导体层24A。

[0163] 有关本实施方式的P侧半导体层24A是第二半导体层的一例。P侧半导体层24A在具有突出部24P及槽部24T这一点上与有关实施方式1的P侧半导体层24不同。

[0164] 突出部24P是沿着脊部24R延伸的部分。突出部24P的上表面24Pt在层叠方向上的位置与脊部24R的上表面24Rt在层叠方向上的位置相等。在本实施方式中,P侧半导体层24A具有两个突出部24P。

[0165] 槽部24T是沿着脊部24R延伸的凹部。在本实施方式中,P侧半导体层24A具有两个槽部24T。在两个槽部24T之间配置脊部24R。两个槽部24T分别具有配置在脊部24R与突出部24P之间的部分。换言之,两个突出部24P经由槽部24T与脊部24R邻接。

[0166] 在本实施方式中,两个槽部24T分别如图39所示,具有沿着端面10F及10R延伸的部分。两个槽部24T分别沿着端面10F及10R从脊部24R延伸至元件分离槽10D。换言之,在突出部24P与端面10F及10R之间配置槽部24T。

[0167] 如图40所示,密接辅助层50配置在突出部24P的上方。在本实施方式中,密接辅助层50从槽部24T的上方的一部分区域起连续配置到突出部24P的上方的区域。

[0168] 在具有以上这样的结构的有关本实施方式的半导体激光元件10A中也能起到与有关实施方式1的半导体激光元件10同样的效果。进而,在本实施方式中,通过P侧半导体层24A具有突出部24P,例如在将半导体激光元件10A以结朝下(junction down)的方式安装到安装基板等时(即,在将半导体激光元件10A以焊盘电极60对置地安装的状态安装到安装基板时),能够抑制作用于脊部24R的应力。即,能够使在安装时作用于半导体层叠体10AS的应力分散到脊部24R和突出部24P,所以能够抑制该应力集中于脊部24R。因而,能够抑制在安装时脊部24R损伤。

[0169] 另外,在本实施方式中,表示了将具有突出部24P及槽部24T的P侧半导体层24A应用于有关实施方式1的半导体激光元件10的例子,但也可以应用于有关其他的实施方式2~5的各半导体激光元件。在此情况下,也能起到上述的突出部24P的效果。

[0170] (变形例等)

[0171] 以上,基于各实施方式对有关本公开的半导体激光元件等进行了说明,但本公开并不限定于上述各实施方式。

[0172] 在上述各实施方式中,下段侧面区域相对于脊部的上表面的倾斜角度大于上段侧

面区域相对于脊部的上表面的倾斜角度,但有关本公开的发明并不限于此。下段侧面区域相对于脊部的上表面的倾斜角度也可以小于上段侧面区域相对于脊部的上表面的倾斜角度。通过这样的结构,例如也与在实施方式1中表示的比较例的半导体激光元件(参照图5)等相比能够在确保绝缘膜的厚度的同时扩大开口部的面积。

[0173] 此外,在上述各实施方式中,绝缘膜30的位于开口部30a的周缘的侧面30s的整体具有下段侧面区域31和上段侧面区域32,但也可以仅侧面的一部分具有下段侧面区域31和上段侧面区域32。

[0174] 此外,在上述各实施方式中,绝缘膜30的侧面30s具有两个侧面区域,但也可以具有三个以上的侧面区域。以下,使用图41对有关这样的变形例1的绝缘膜进行说明。图41是表示有关变形例1的绝缘膜530的位于开口部530a的周缘的侧面530s的截面的示意性的剖视图。

[0175] 如图41所示,绝缘膜530的位于开口部530a的周缘的侧面530s具有下段侧面区域531和配置在下段侧面区域531的上方的上段侧面区域532。有关变形例1的侧面530s还具有配置在下段侧面区域531与上段侧面区域532之间的中段侧面区域533。在具备具有这样的结构的绝缘膜530的半导体激光元件中也能起到与上述各实施方式同样的效果。

[0176] 这里,对有关变形例1的绝缘膜530的开口部530a的形成方法进行说明。与有关实施方式1的绝缘膜30的开口部30a的形成方法同样,首先在绝缘膜530的与开口部530a对应的区域以外的区域中形成抗蚀部95。

[0177] 接着,将绝缘膜530的与开口部530a对应的区域通过第一蚀刻方法以第一膜厚蚀刻(第一蚀刻工序)。在变形例1中,第一蚀刻方法是干式蚀刻。作为干式蚀刻的方式,例如可以使用频率13.56MHz的ICP方式。作为在干式蚀刻中使用的处理条件,例如可以采用如下条件:最大功率是120W,偏压功率是40W,气压是1Pa,气体种类是 $\text{CHF}_3$ (流量15sccm)及 $\text{CF}_4$ (流量20sccm)。

[0178] 接着,将绝缘膜530的与开口部530a对应的区域通过第二蚀刻方法以第二膜厚蚀刻(第二蚀刻工序)。在变形例1中,第二蚀刻方法是干式蚀刻。例如,作为第二蚀刻方法可以使用与有关实施方式1的第一蚀刻方法同样的方法。

[0179] 接着,将绝缘膜530的与开口部530a对应的区域通过第三蚀刻方法以第三膜厚蚀刻(第三蚀刻工序)。在变形例1中,第三蚀刻方法是湿式蚀刻。例如,作为第三蚀刻方法可以使用与有关实施方式1的第二蚀刻方法同样的方法。

[0180] 通过以上这样的方法,能够形成绝缘膜530的开口部530a。

[0181] 此外,有关上述各实施方式及变形例的绝缘膜是由氧化硅构成的单层膜,但绝缘膜的结构并不限于此。例如,绝缘膜也可以包括多种绝缘膜。以下,使用图42对这样的有关变形例2的绝缘膜进行说明。图42是表示有关变形例2的绝缘膜630的位于开口部630a的周缘的侧面630s的截面的示意性的剖视图。

[0182] 如图42所示,绝缘膜630包括下段绝缘膜631m、以及配置在下段绝缘膜631m的上方且具有与下段绝缘膜631m不同的组成的上段绝缘膜632m。

[0183] 在有关变形例2的绝缘膜630中,下段绝缘膜631m是氧化硅膜,上段绝缘膜632m是氮化硅膜。

[0184] 绝缘膜630的位于开口部630a的周缘的侧面630s具有下段侧面区域631以及配置

在下段侧面区域631的上方的上段侧面区域632。下段侧面区域631形成于下段绝缘膜631m，上段侧面区域632形成于上段绝缘膜632m。

[0185] 根据具有这样的结构的绝缘膜630，例如能够将对于干式蚀刻的蚀刻速率比上段绝缘膜632m低的下段绝缘膜631m作为第一蚀刻工序的蚀刻阻止层来利用。因而，在形成开口部630a时，能够高精度地控制在第一蚀刻工序中蚀刻的第一膜厚。

[0186] 这里，对有关变形例2的绝缘膜630的开口部630a的形成方法进行说明。与有关实施方式1的绝缘膜30的开口部30a的形成方法同样，首先在绝缘膜630的与开口部630a对应的区域以外的区域中形成抗蚀部95。

[0187] 接着，将绝缘膜630的与开口部630a对应的区域通过第一蚀刻方法以第一膜厚蚀刻。在变形例2中，第一蚀刻方法是干式蚀刻。作为第一蚀刻方法，例如可以使用与有关上述变形例1的第一蚀刻方法同样的方法。

[0188] 接着，将绝缘膜630的与开口部630a对应的区域通过第二蚀刻方法以第二膜厚蚀刻。在变形例2中，第二蚀刻方法是湿式蚀刻。例如，作为第二蚀刻方法，可以使用与有关实施方式1的第二蚀刻方法同样的方法。

[0189] 通过以上这样的方法，能够形成绝缘膜630的开口部630a。

[0190] 此外，还能够实现使用有关上述各实施方式及各变形例的半导体激光元件的半导体激光装置。使用图43对这样的半导体激光装置进行说明。图43是表示使用有关实施方式1的半导体激光元件10的半导体激光装置11的整体结构的示意性的剖视图。

[0191] 如图43所示，半导体激光装置11具备半导体激光元件10和基座(submount)80。

[0192] 基座80是安装半导体激光元件10的基体。在基座80上接合半导体激光元件10的焊盘电极60。基座80和焊盘电极60例如也可以通过AuSn焊料等来接合。

[0193] 这样的半导体激光装置11由于具备半导体激光元件10，所以起到与半导体激光元件10同样的效果。另外，在图43中使用有关实施方式1的半导体激光元件10，但也可以使用有关其他实施方式及变形例的半导体激光元件。

[0194] 此外，在上述各实施方式中，半导体激光元件射出蓝紫光，但半导体激光元件的射出光的波段并不限于于此。例如，半导体激光元件也可以射出紫外光。

[0195] 此外，对上述各实施方式实施本领域技术人员想到的各种变形而得到的形态或在不脱离本公开的主旨的范围内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。

[0196] 工业实用性

[0197] 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而应用于加工机用的光源等。

[0198] 标号说明

[0199] 10、10A、110、210、310、410半导体激光元件

[0200] 10D元件分离槽

[0201] 10F、10R端面

[0202] 10AS、10S半导体层叠体

[0203] 11 半导体激光装置

[0204] 21 基板

- [0205] 22 N侧半导体层
- [0206] 23 活性层
- [0207] 24、24A P侧半导体层
- [0208] 24P 突出部
- [0209] 24Pt、24Rt上表面
- [0210] 24R 脊部
- [0211] 24T 槽部
- [0212] 30、91、92、530、630、930绝缘膜
- [0213] 30a、50a、530a、630a、930a开口部
- [0214] 30s、240s、530s、630s侧面
- [0215] 31、531、631下段侧面区域
- [0216] 32、532、632上段侧面区域
- [0217] 40、140、240、340、440接触电极
- [0218] 50 密接辅助层
- [0219] 60 焊盘电极
- [0220] 70 N侧电极
- [0221] 80 基座
- [0222] 95 抗蚀部
- [0223] 150 Cr层
- [0224] 533 中段侧面区域
- [0225] 631m 下段绝缘膜
- [0226] 632m 上段绝缘膜
- [0227] 931 侧面区域

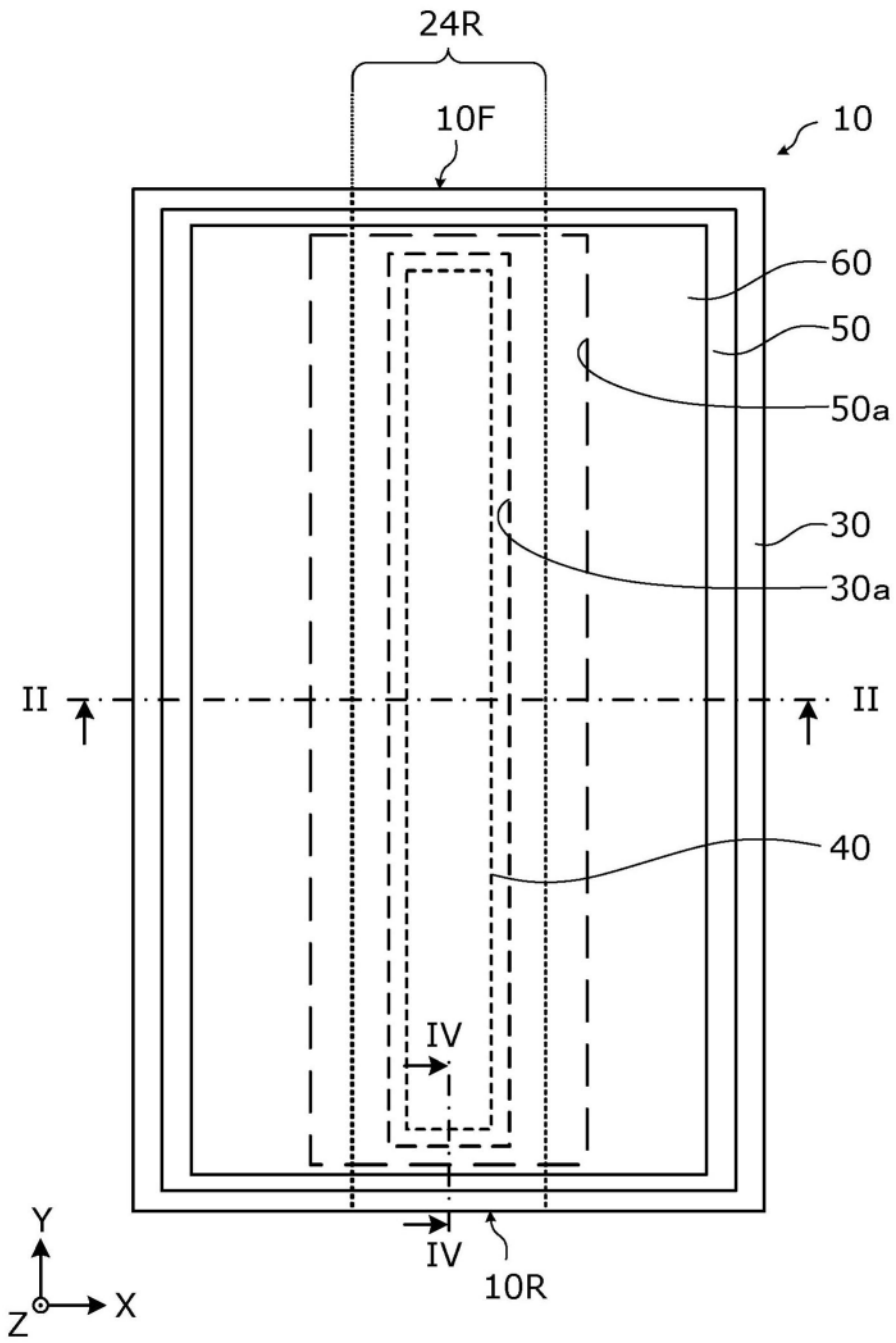


图1

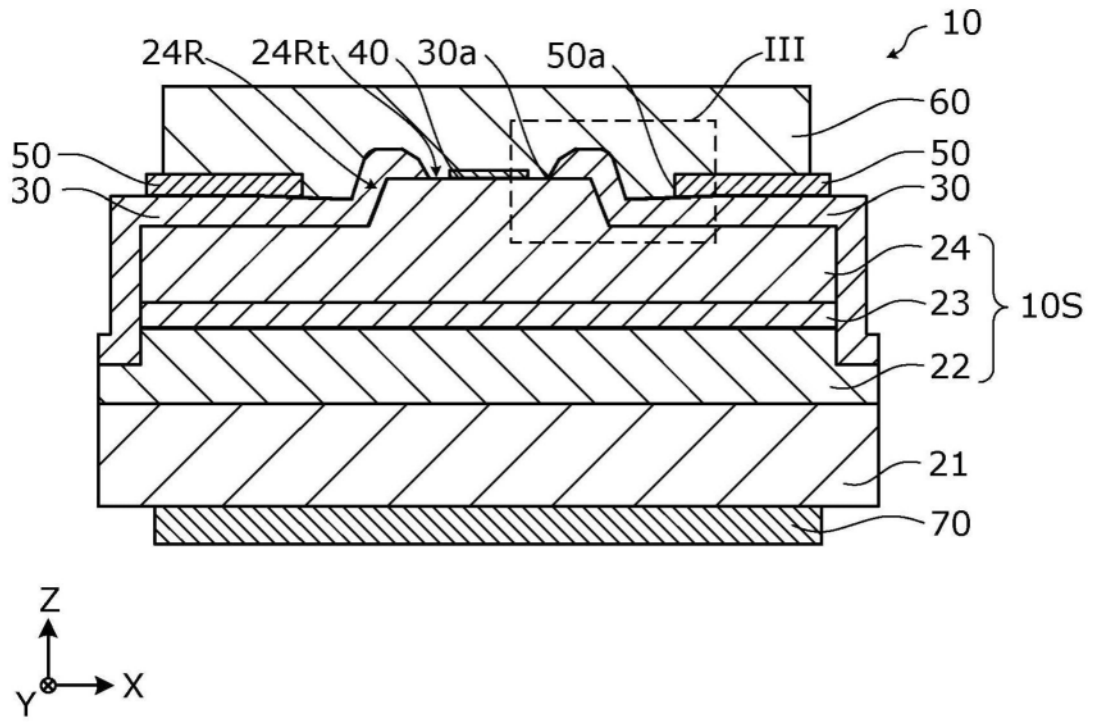


图2

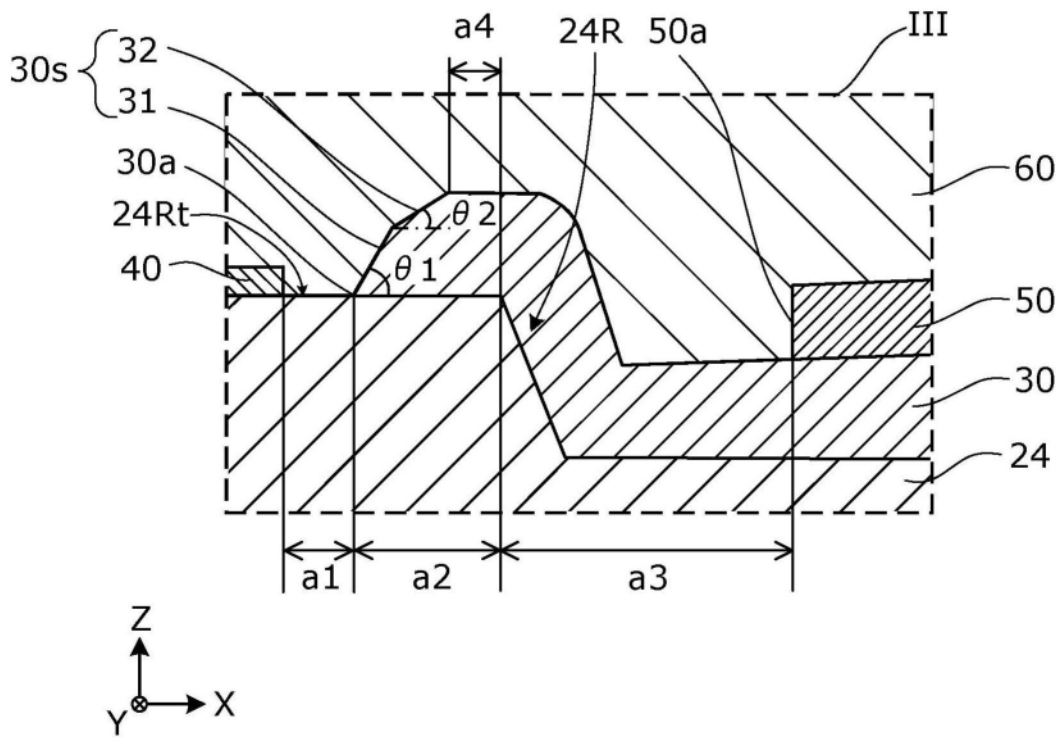


图3

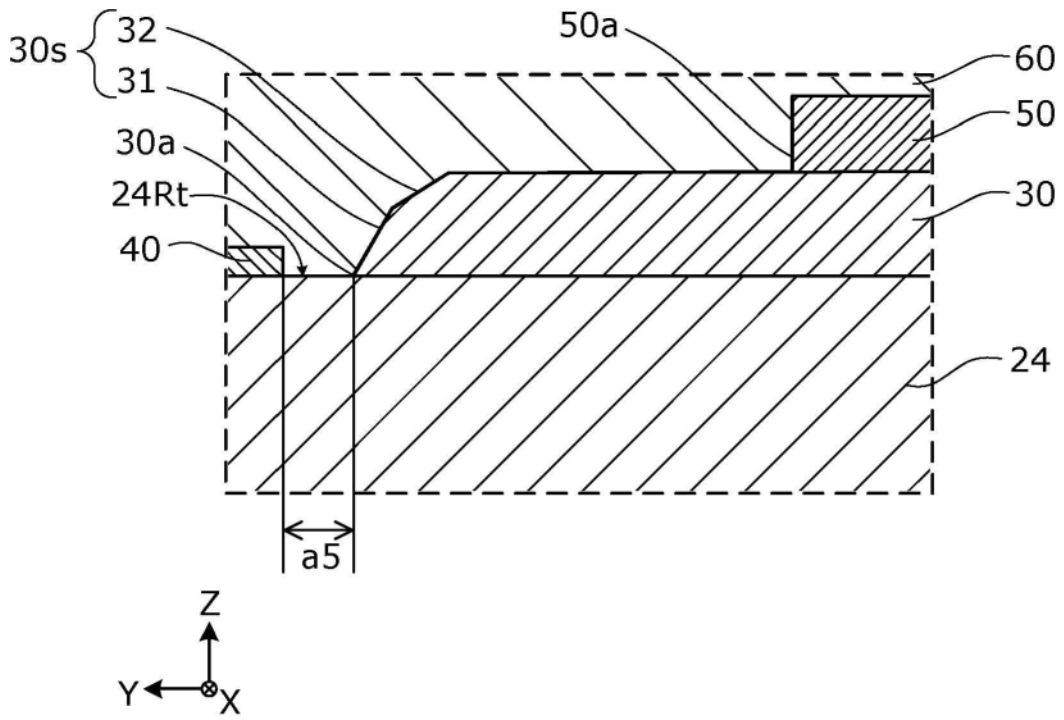


图4

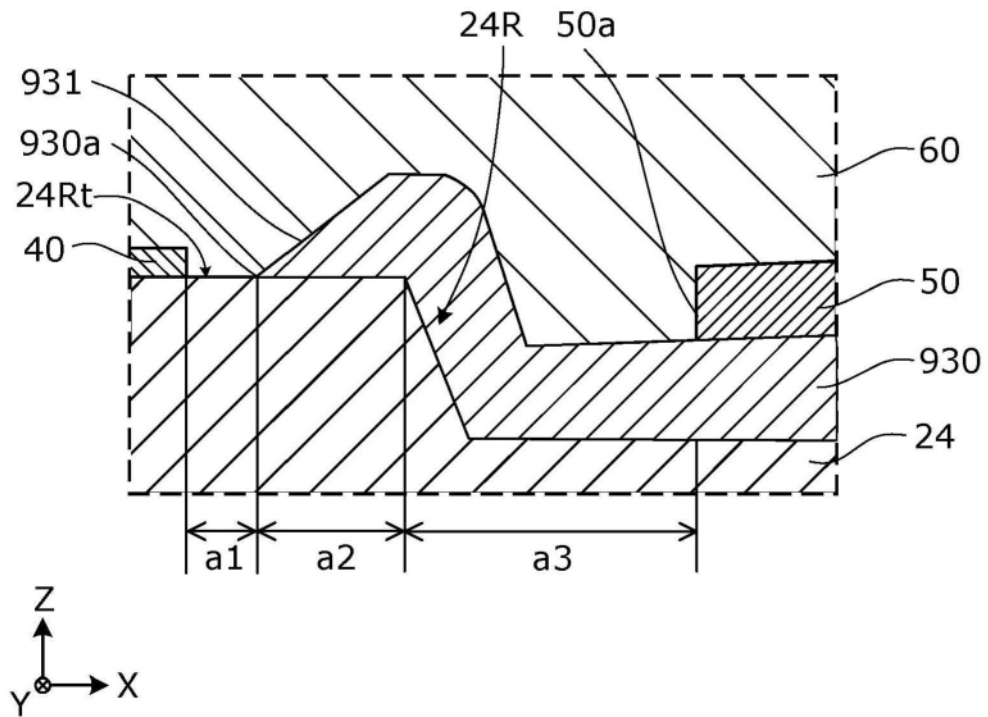


图5

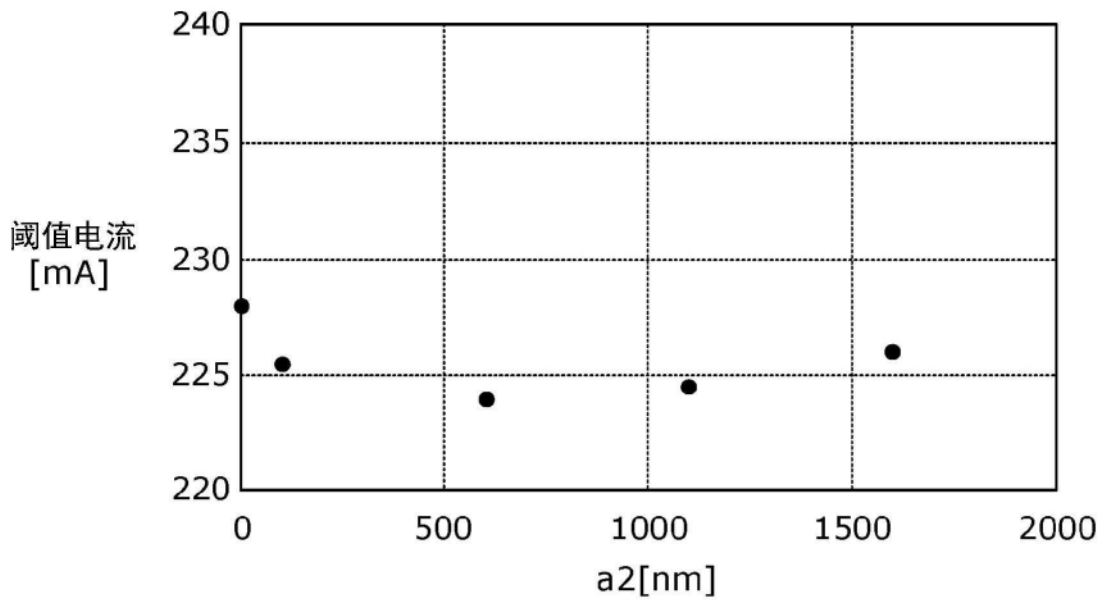


图6

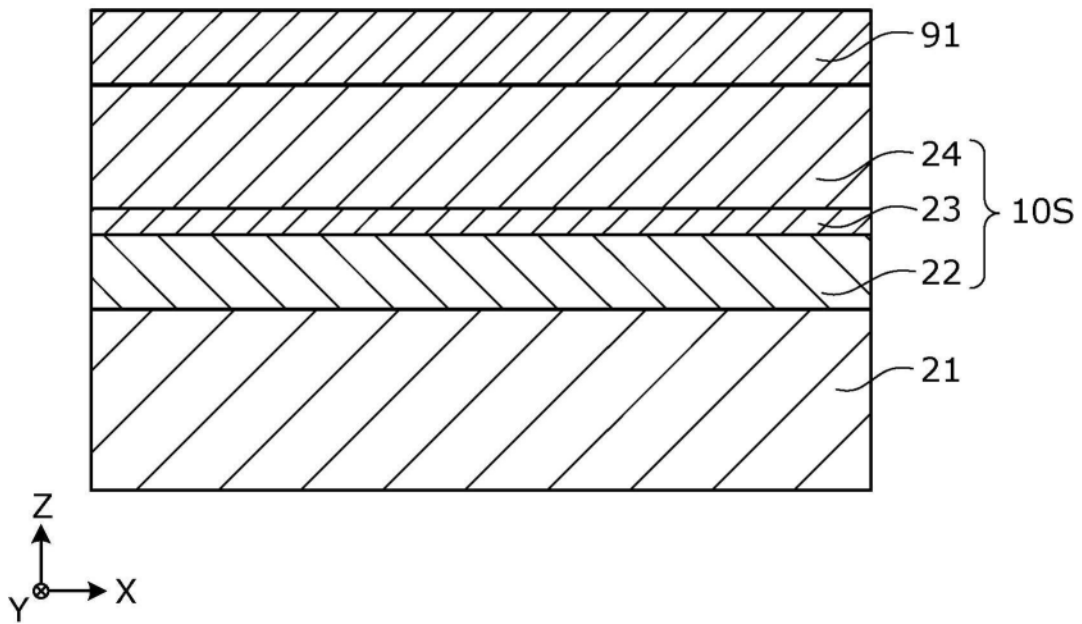


图7

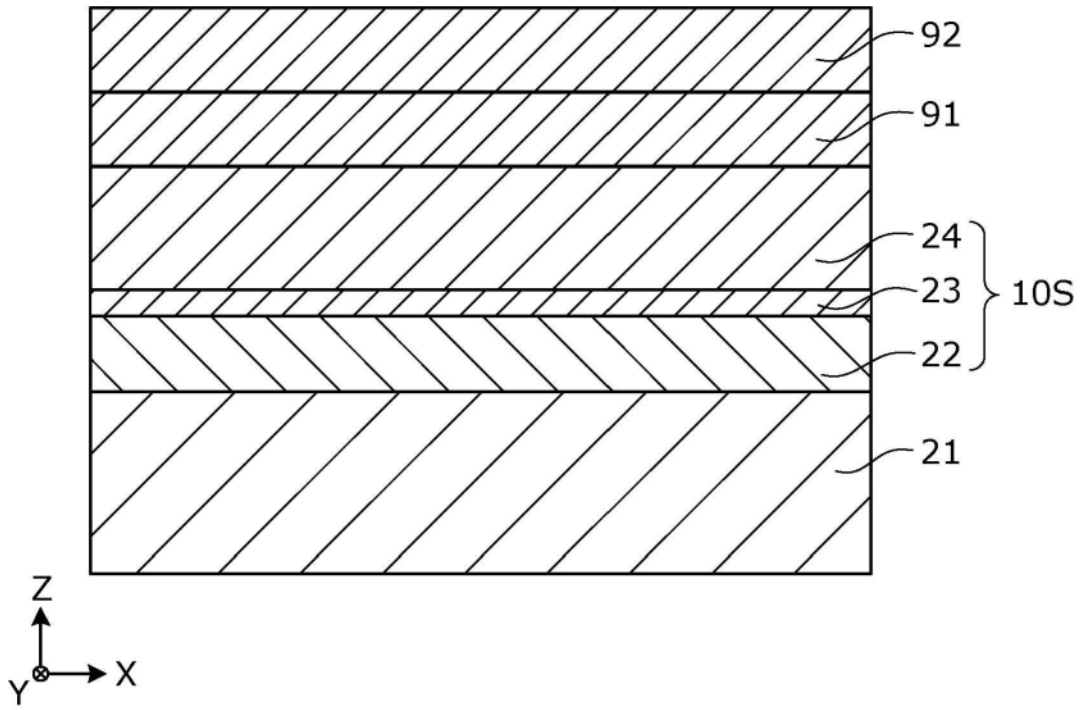


图8

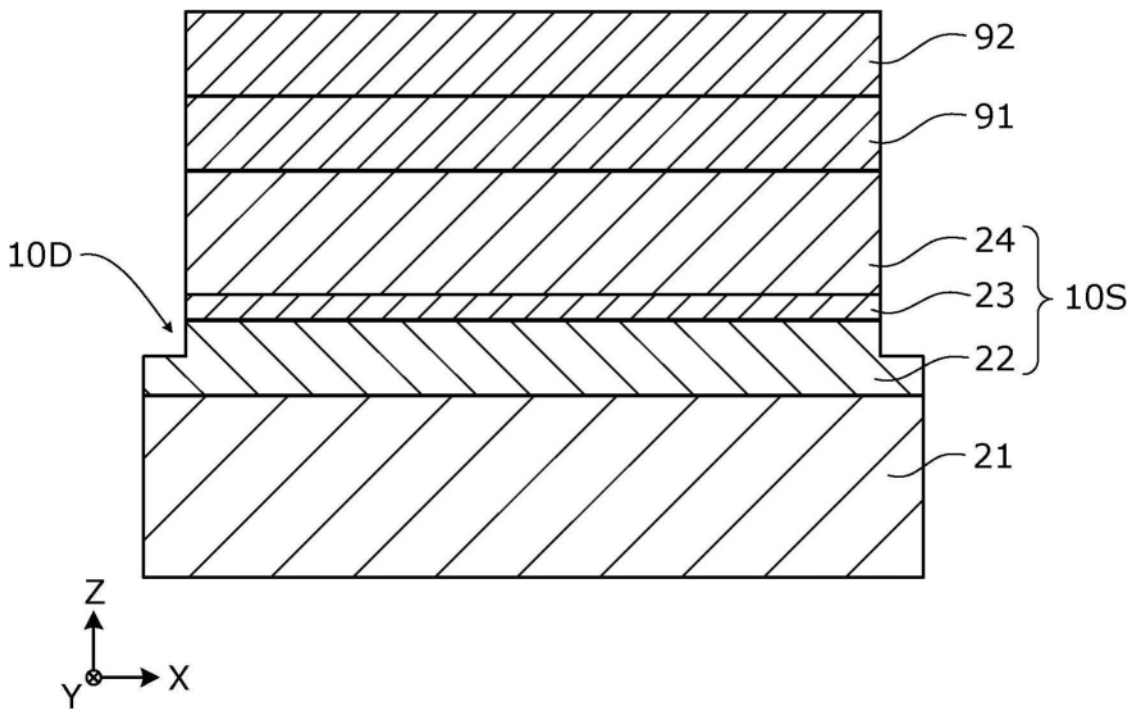


图9

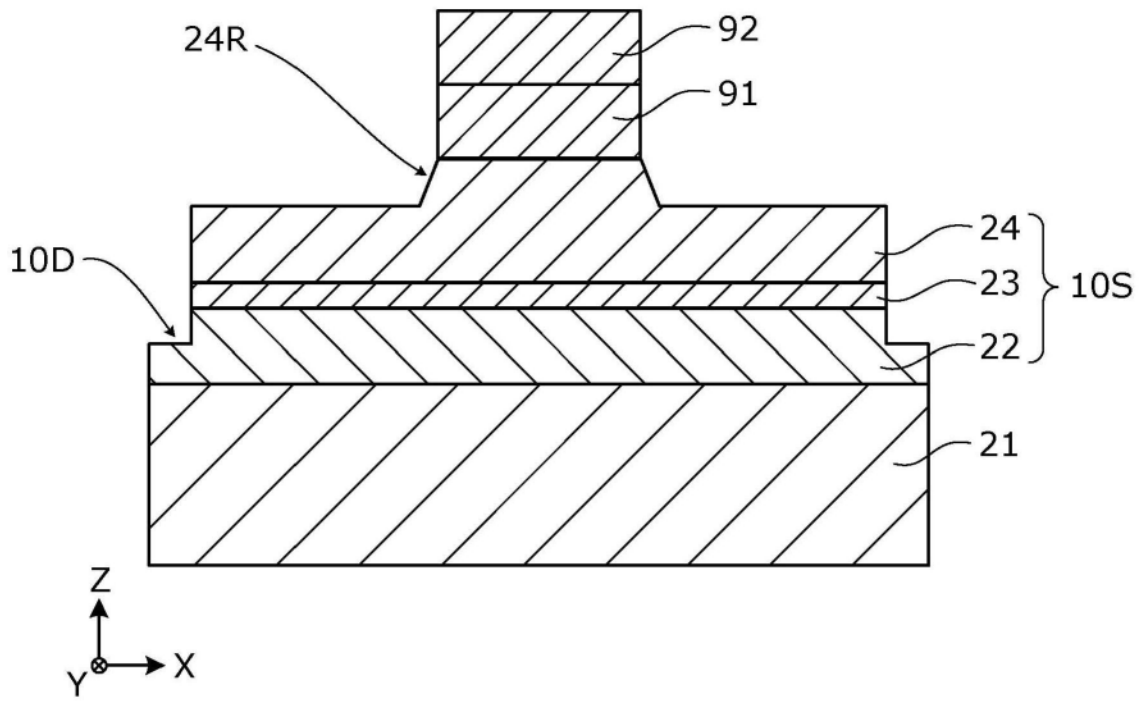


图10

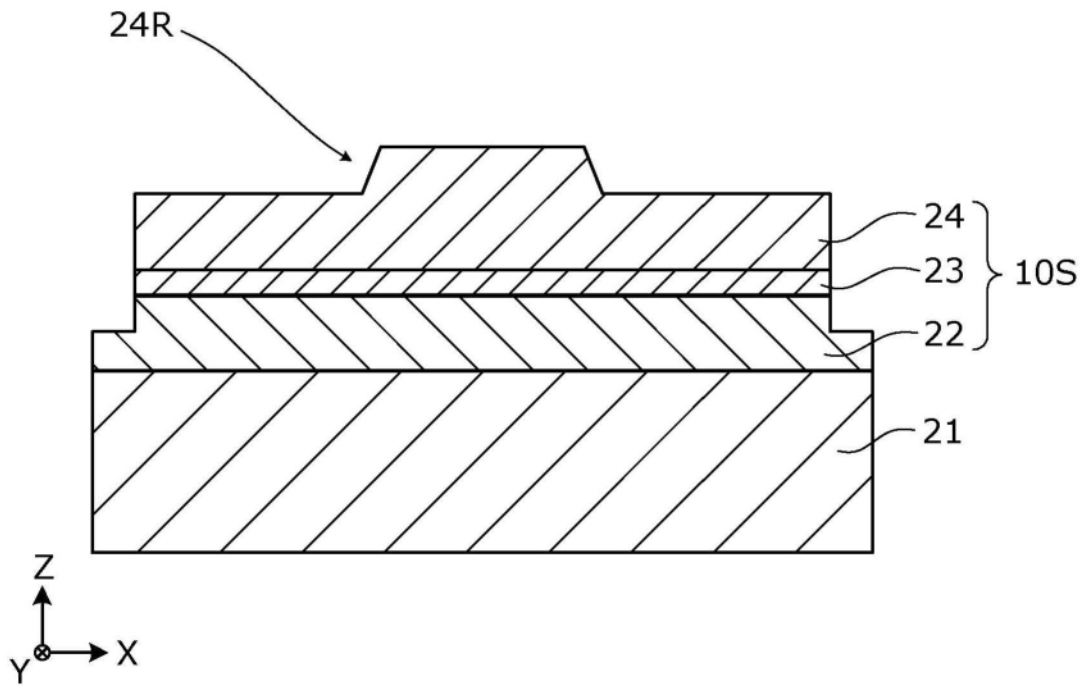


图11

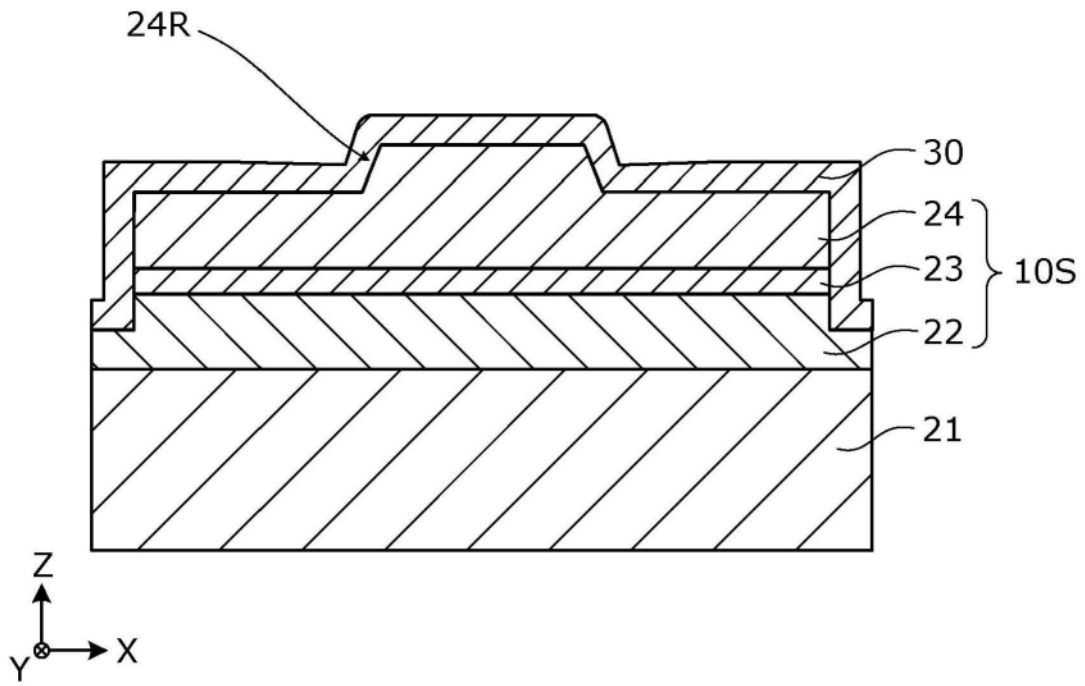


图12

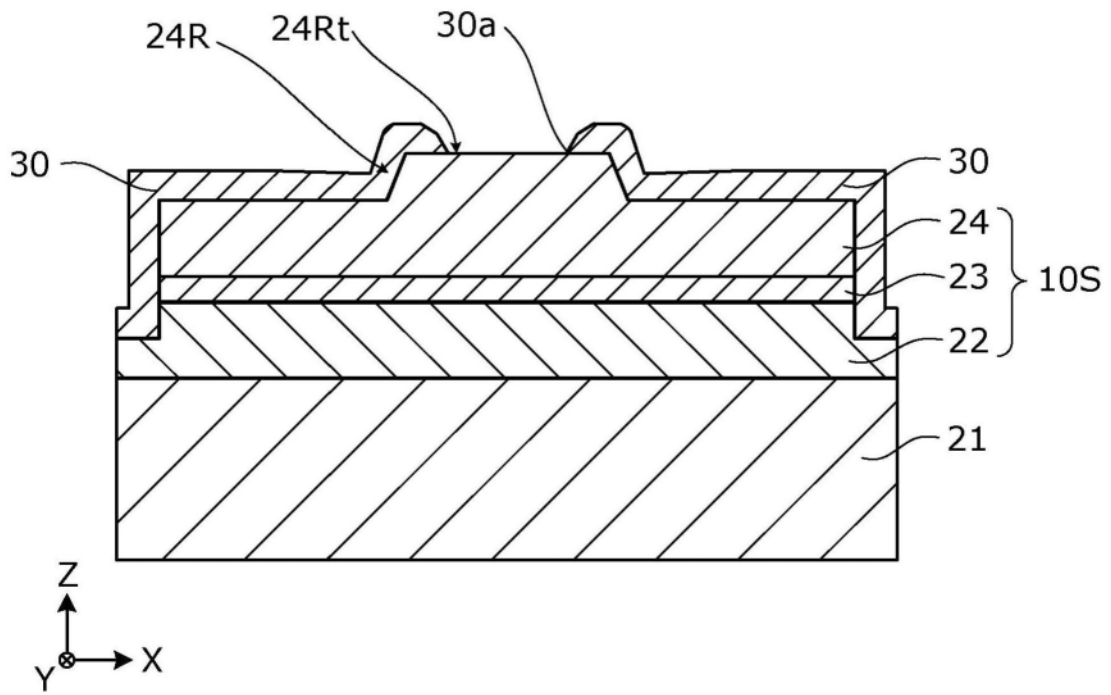


图13

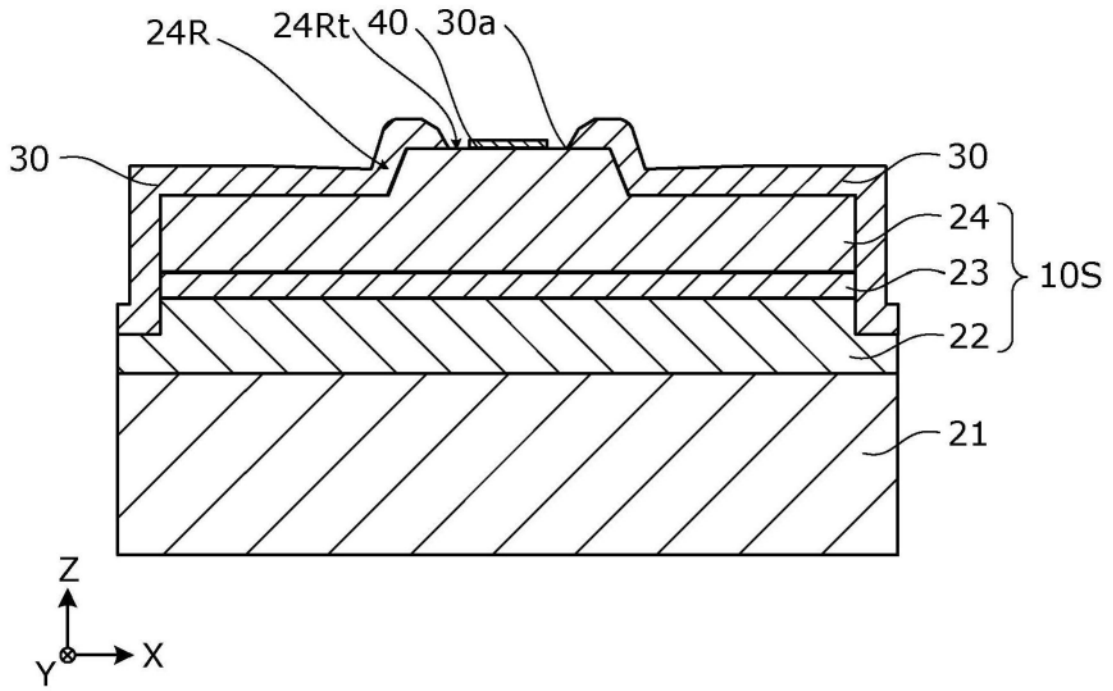


图14

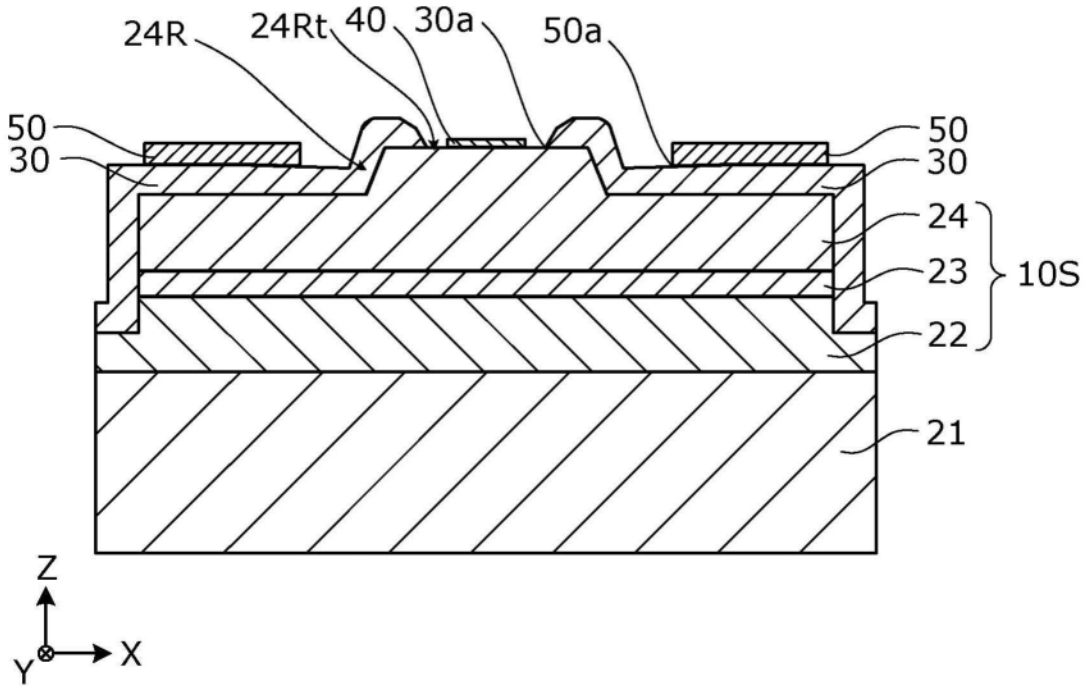


图15

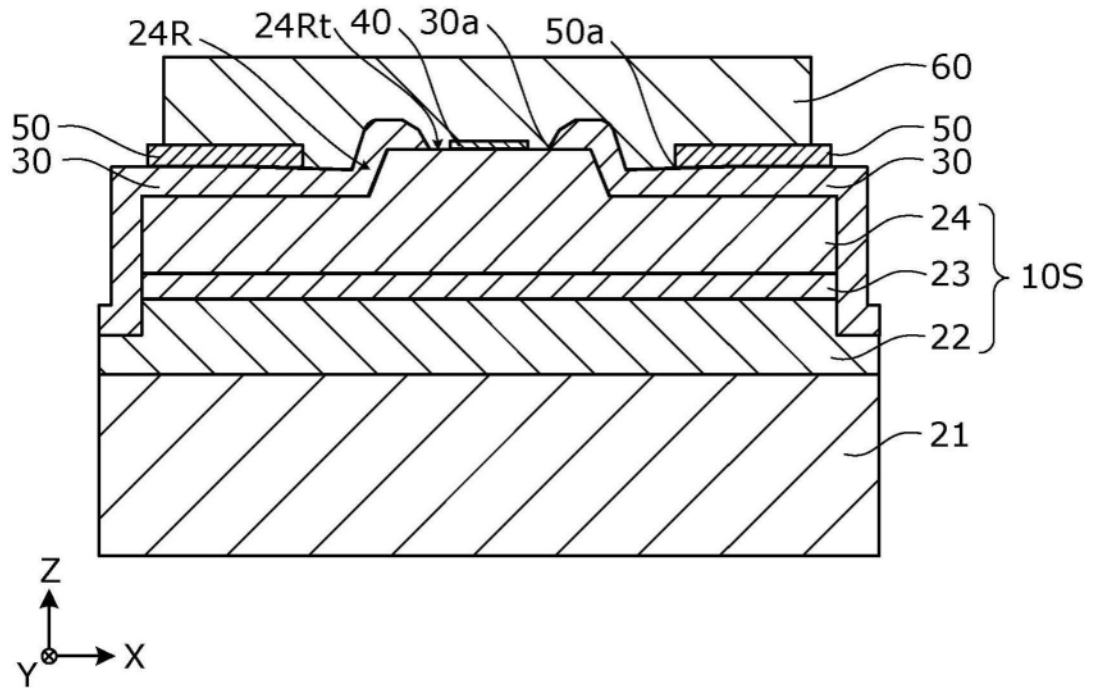


图16

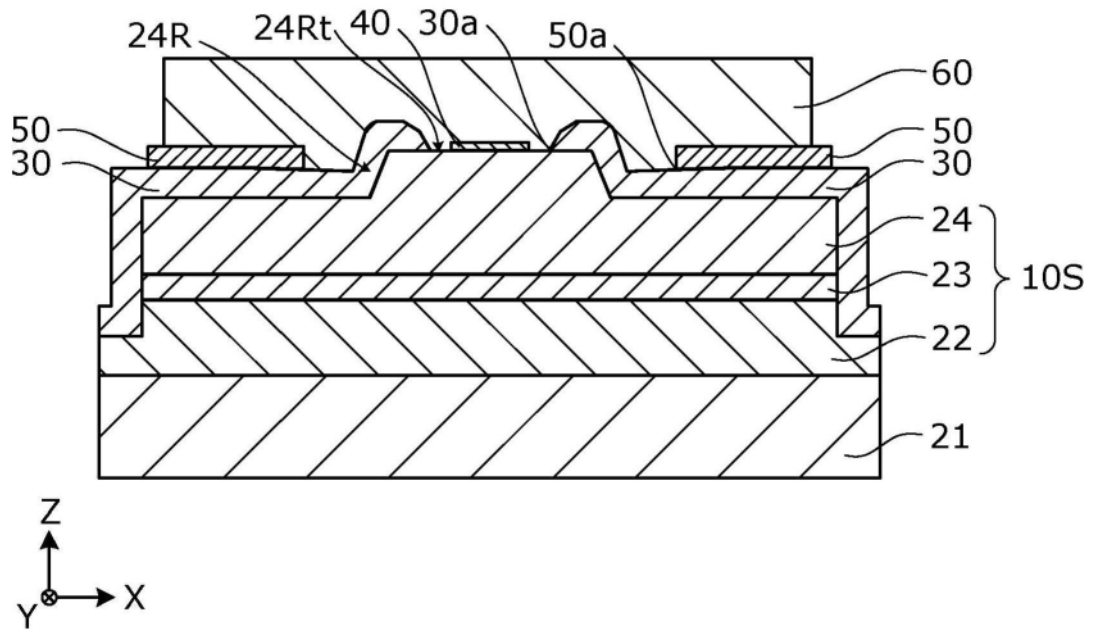


图17

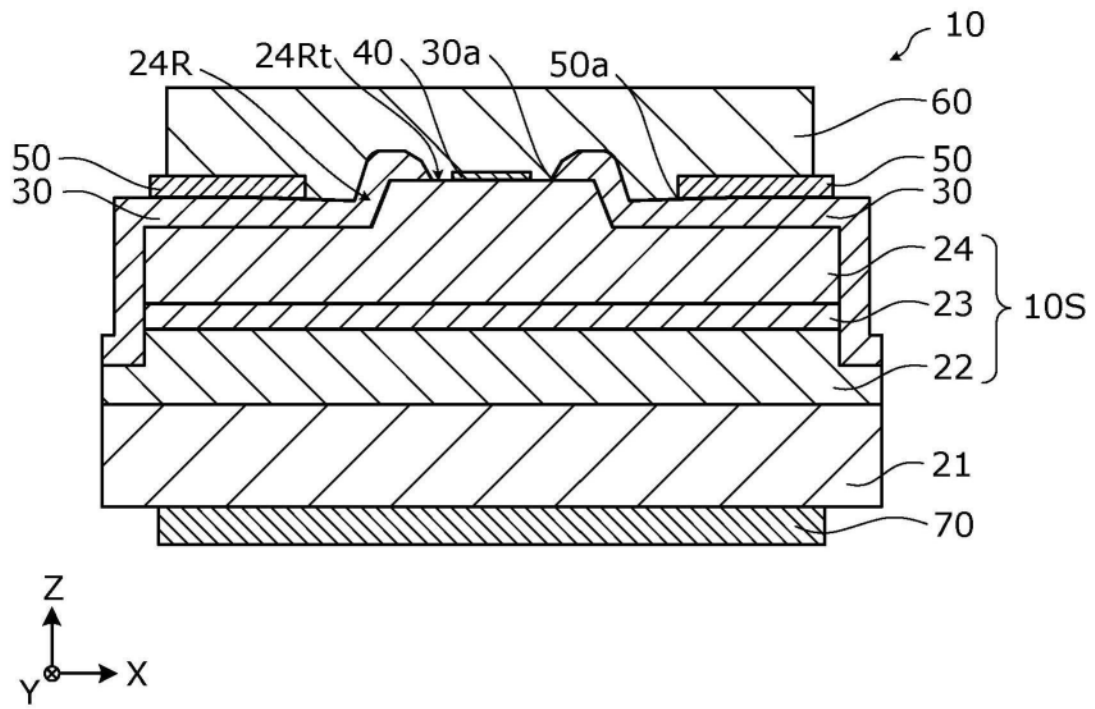


图18

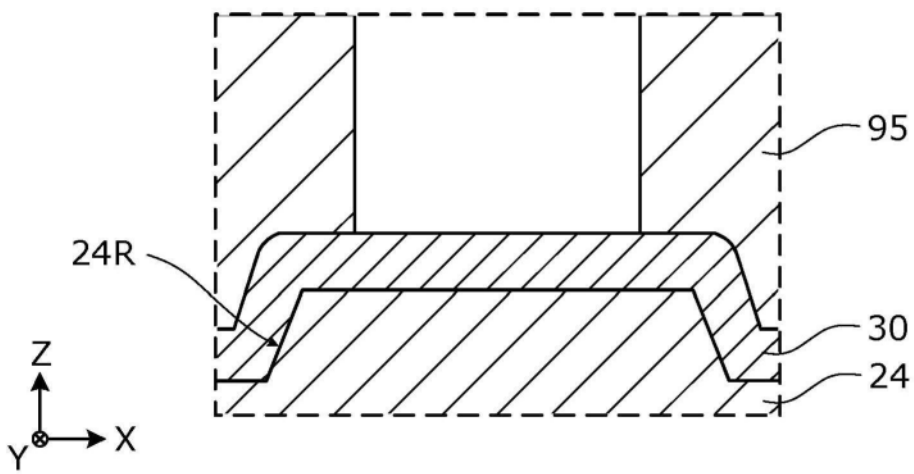


图19

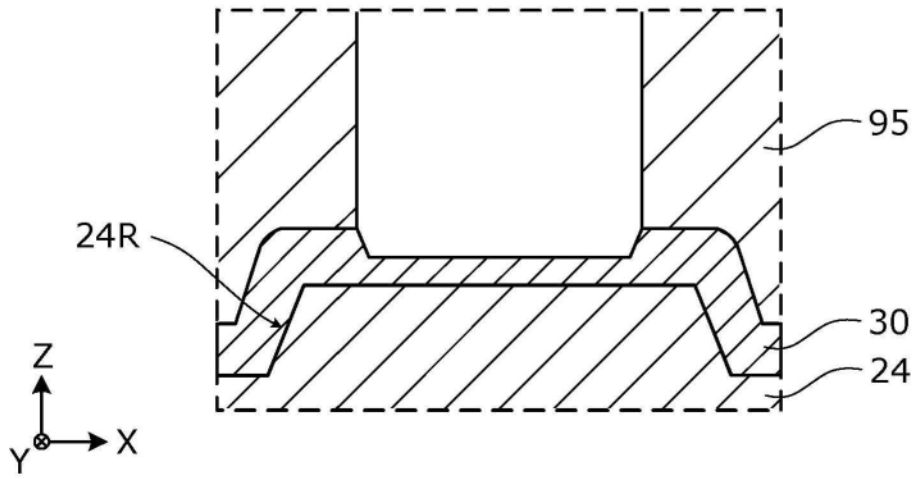


图20

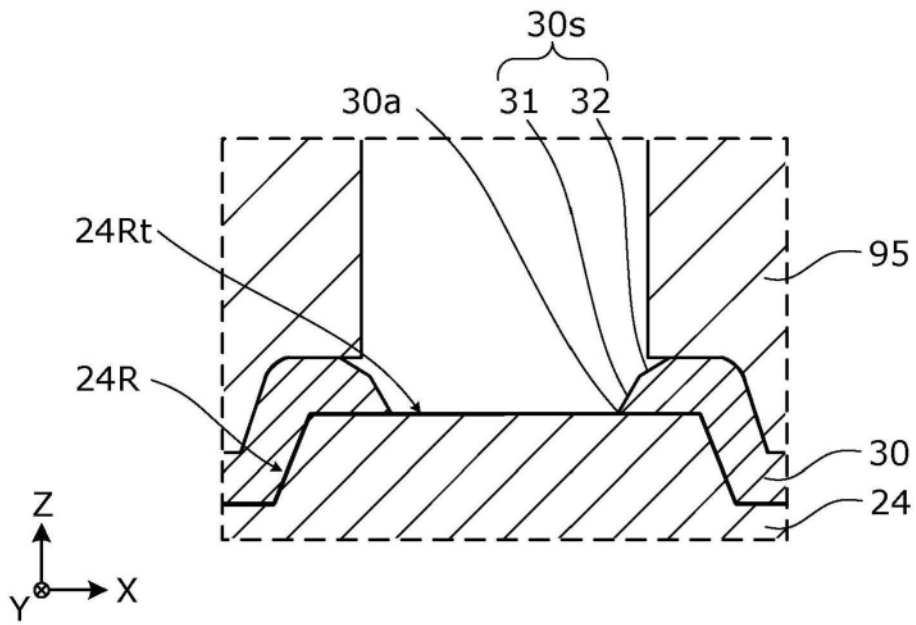


图21

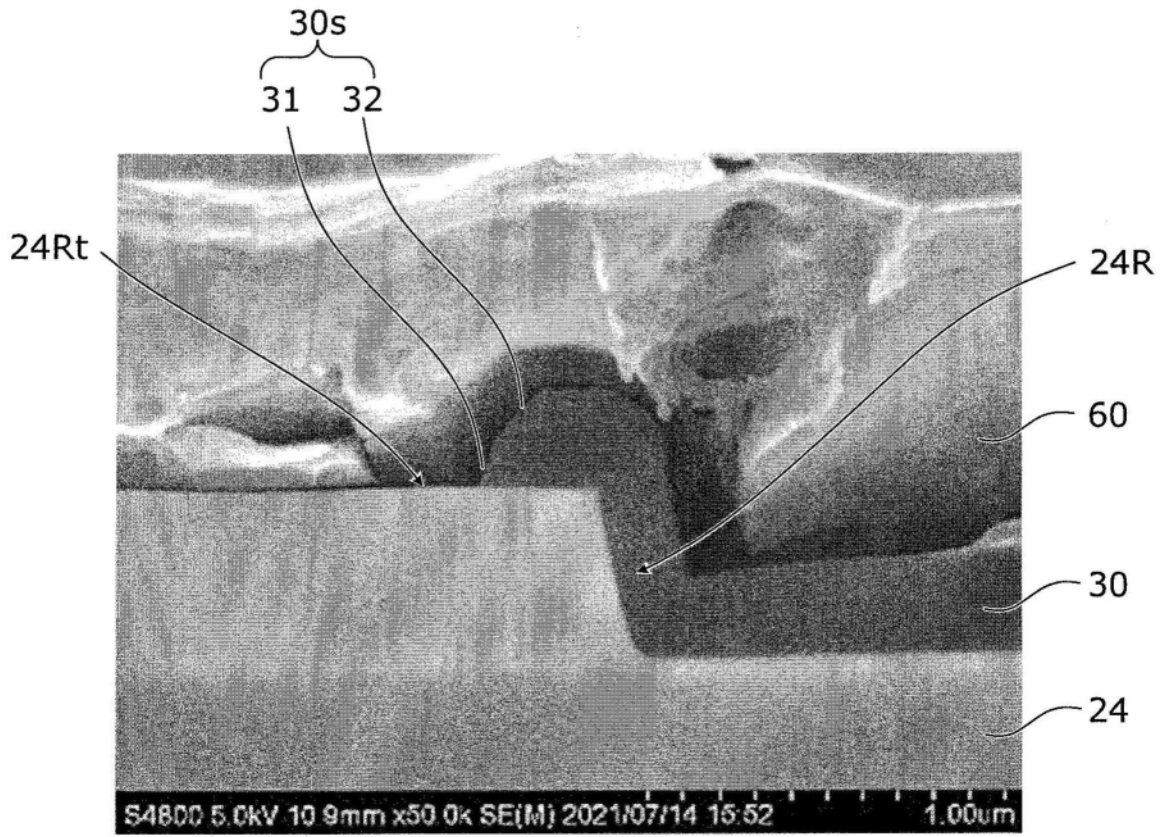


图22

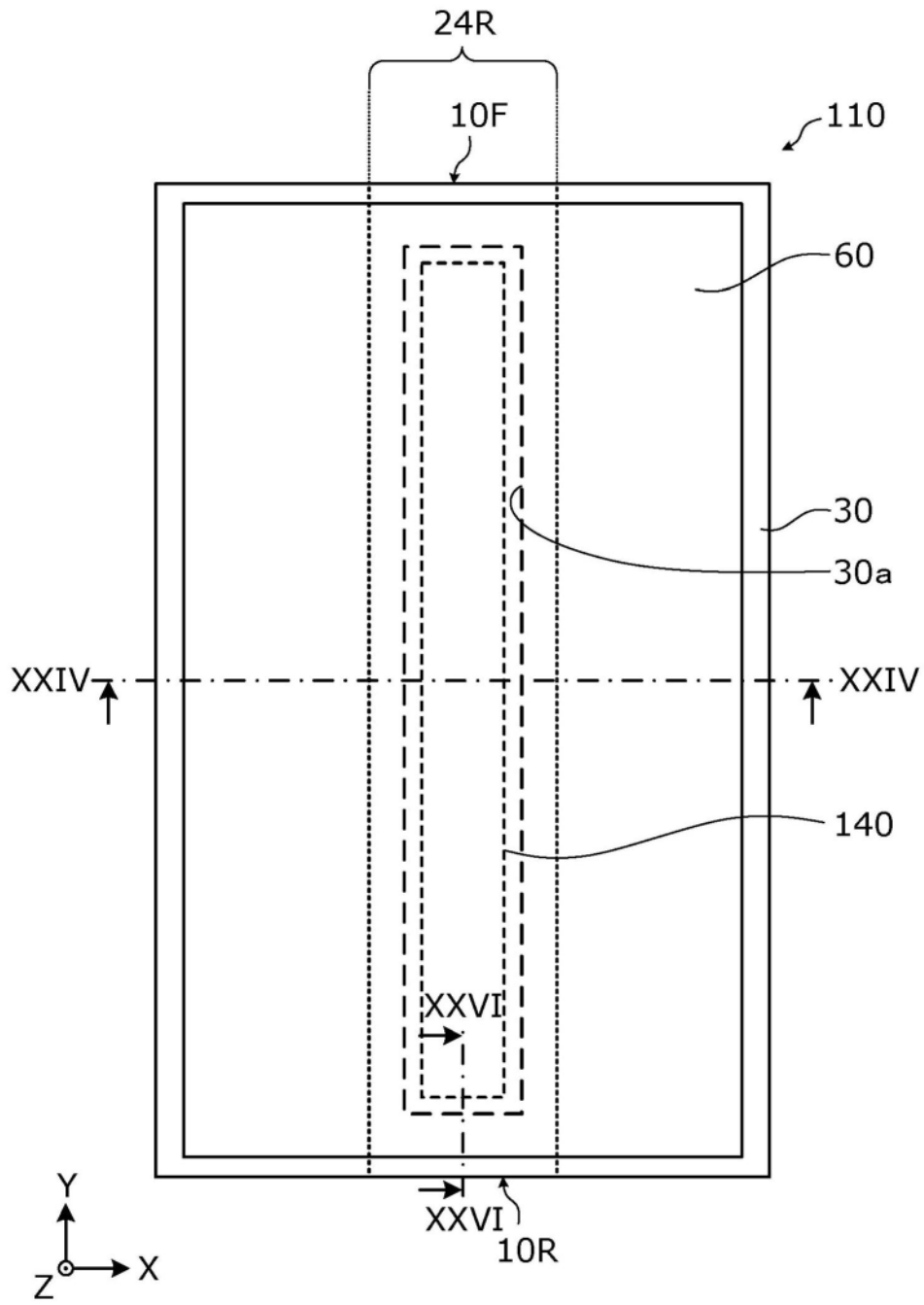


图23

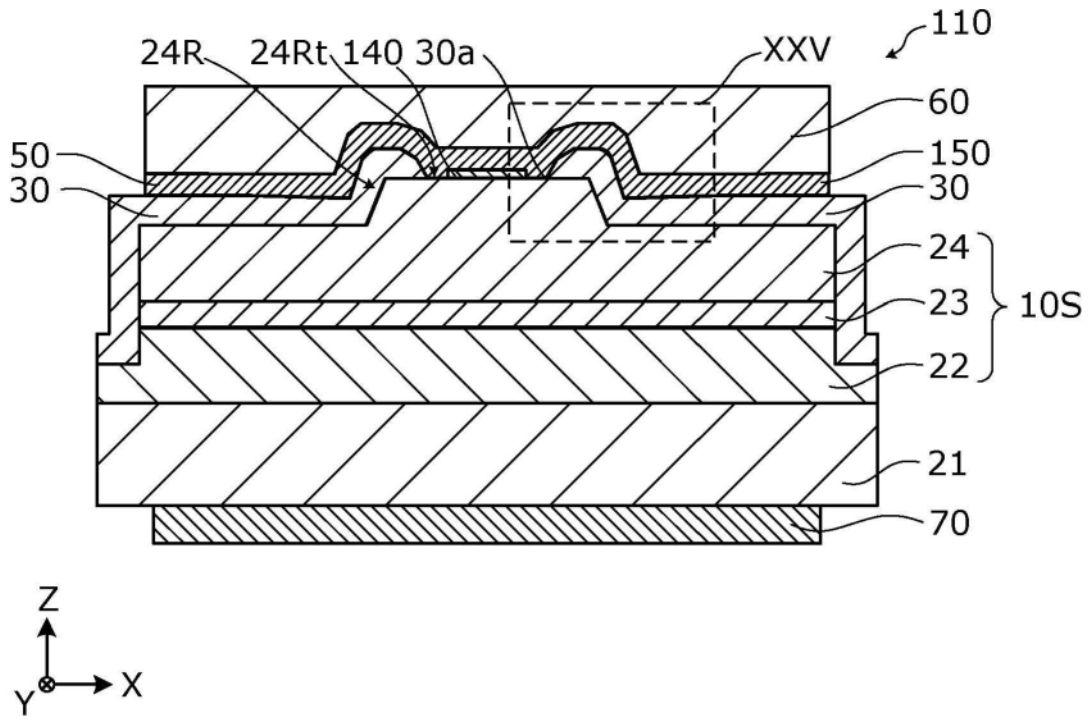


图24

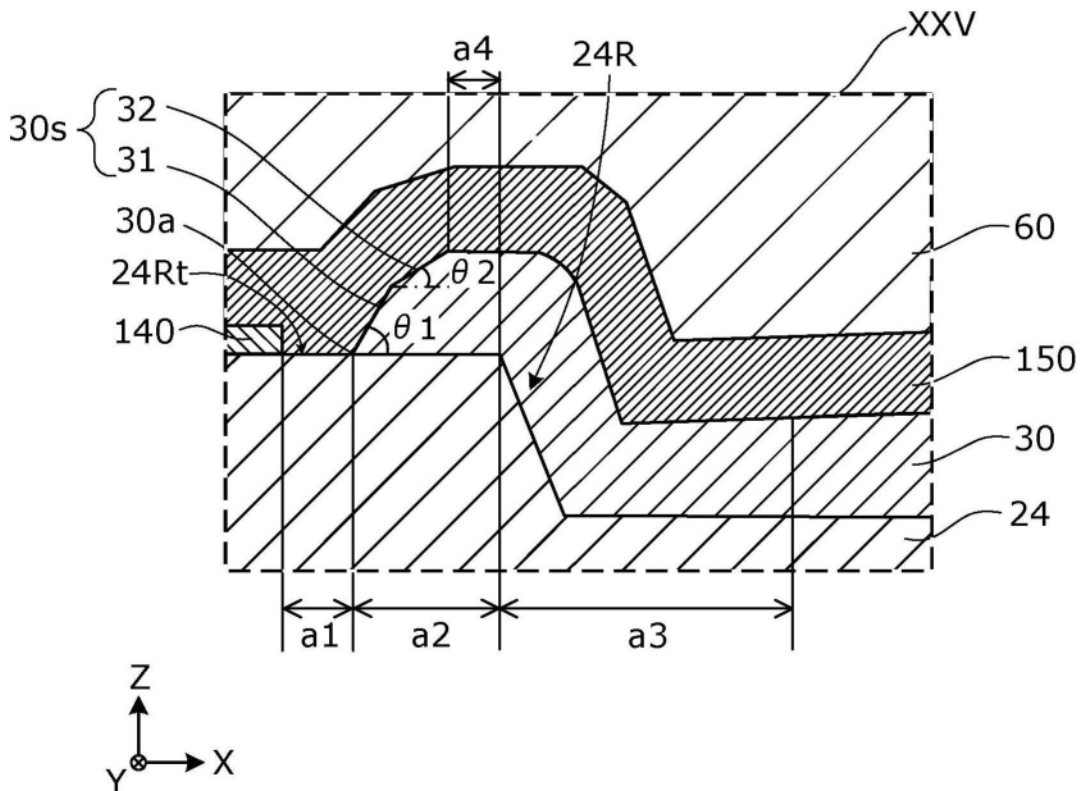


图25

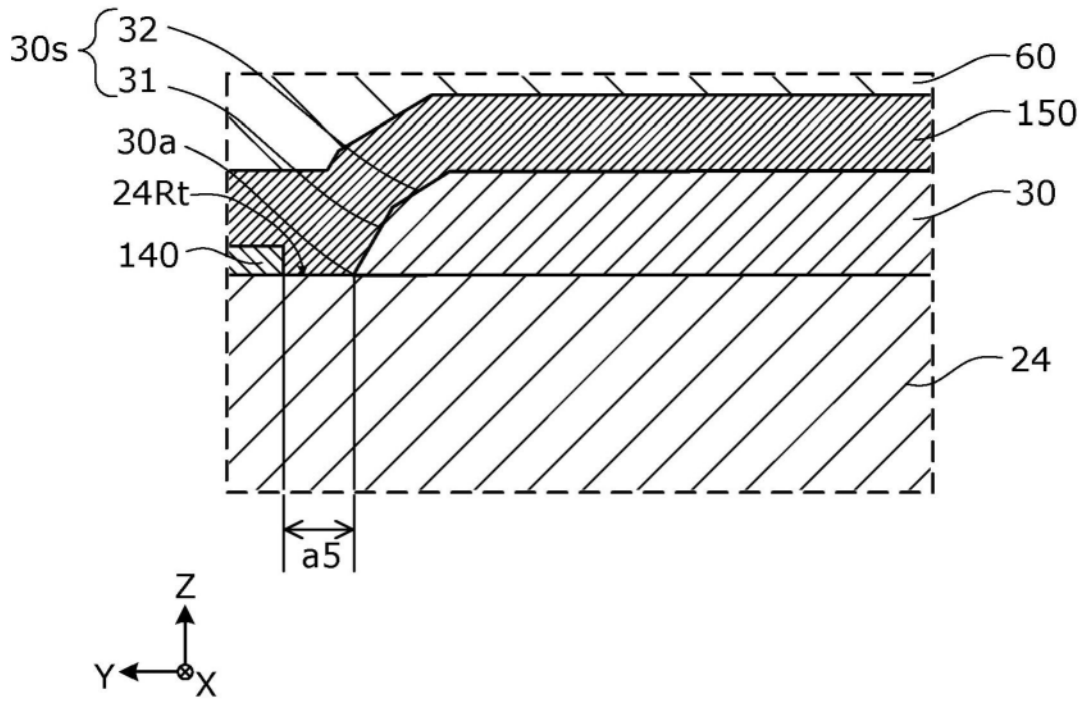


图26

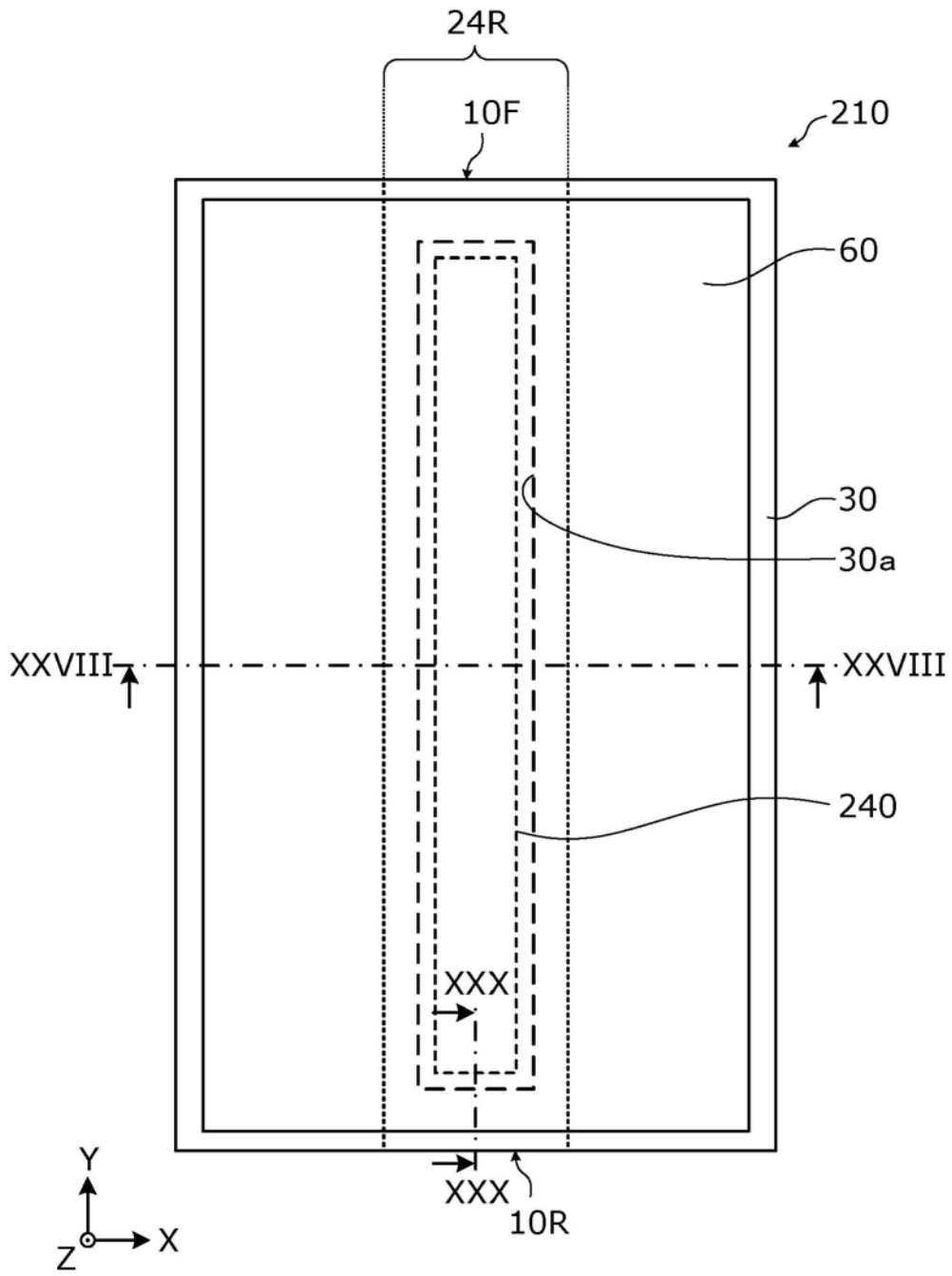


图27

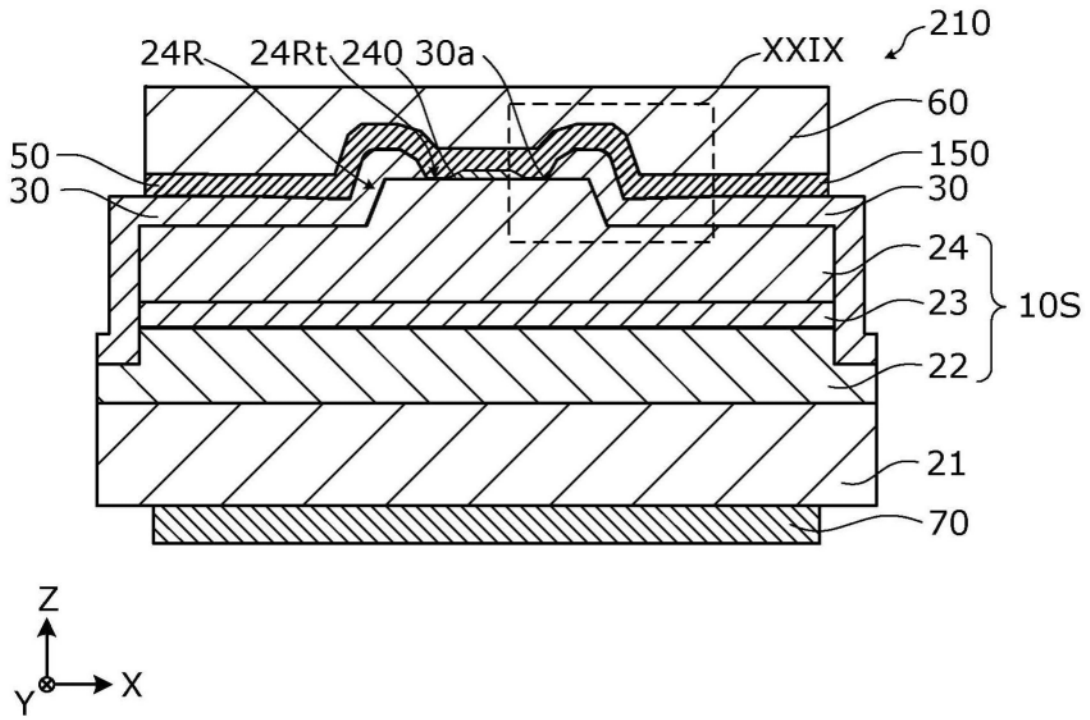


图28

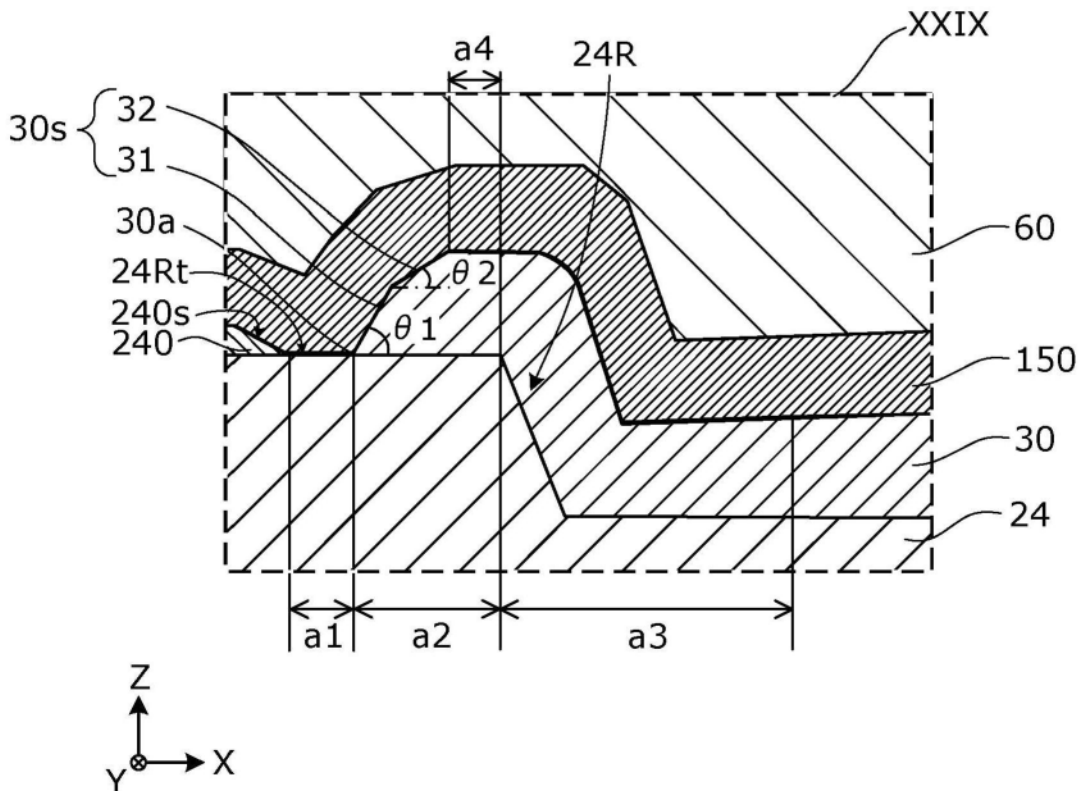


图29

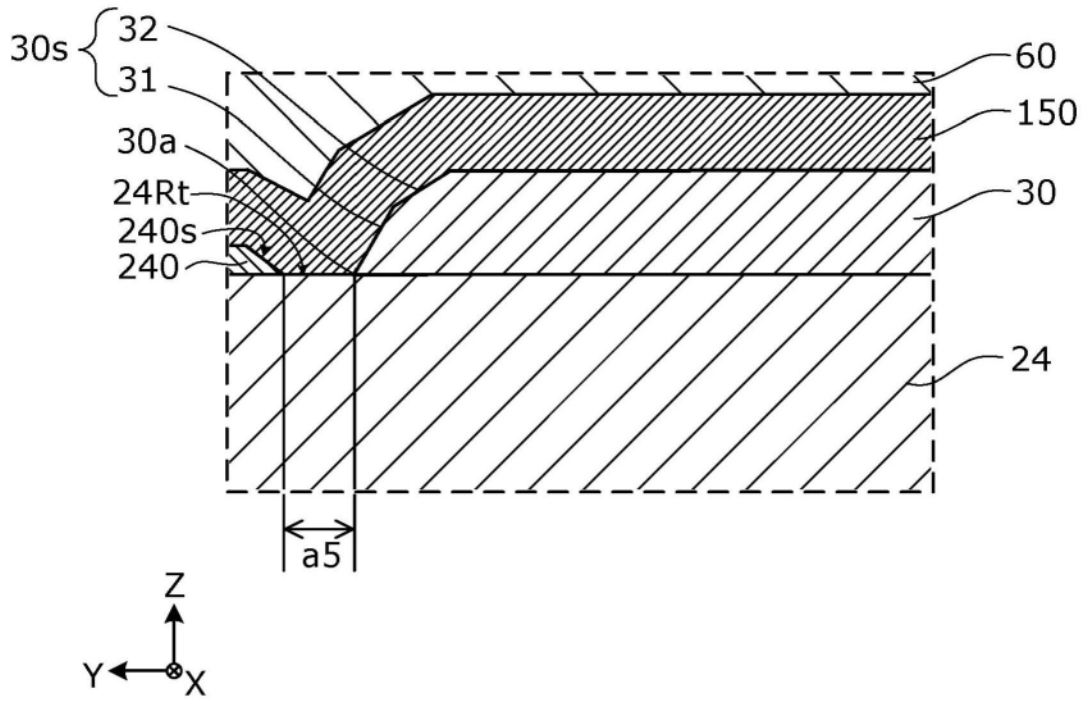


图30

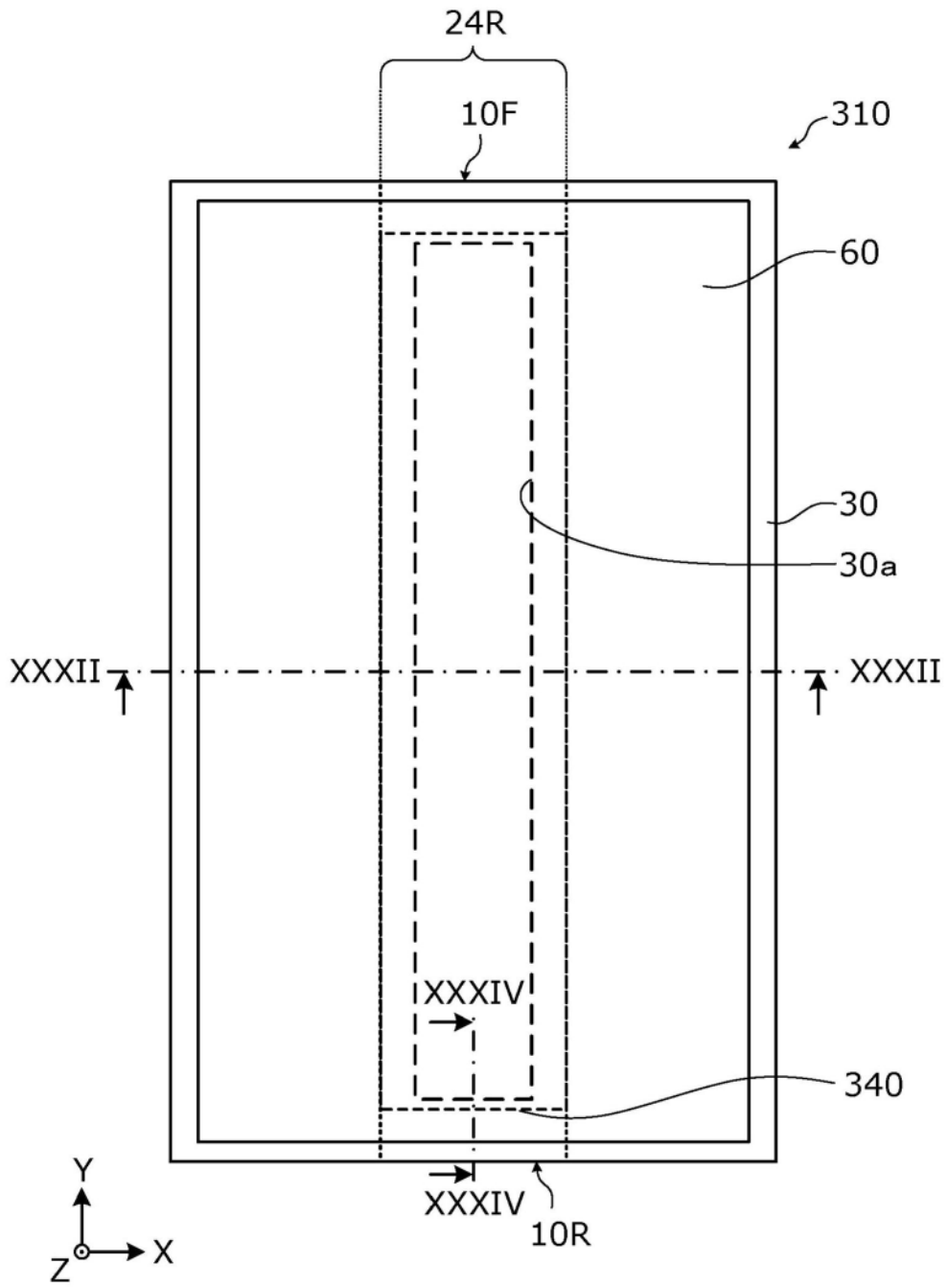


图31

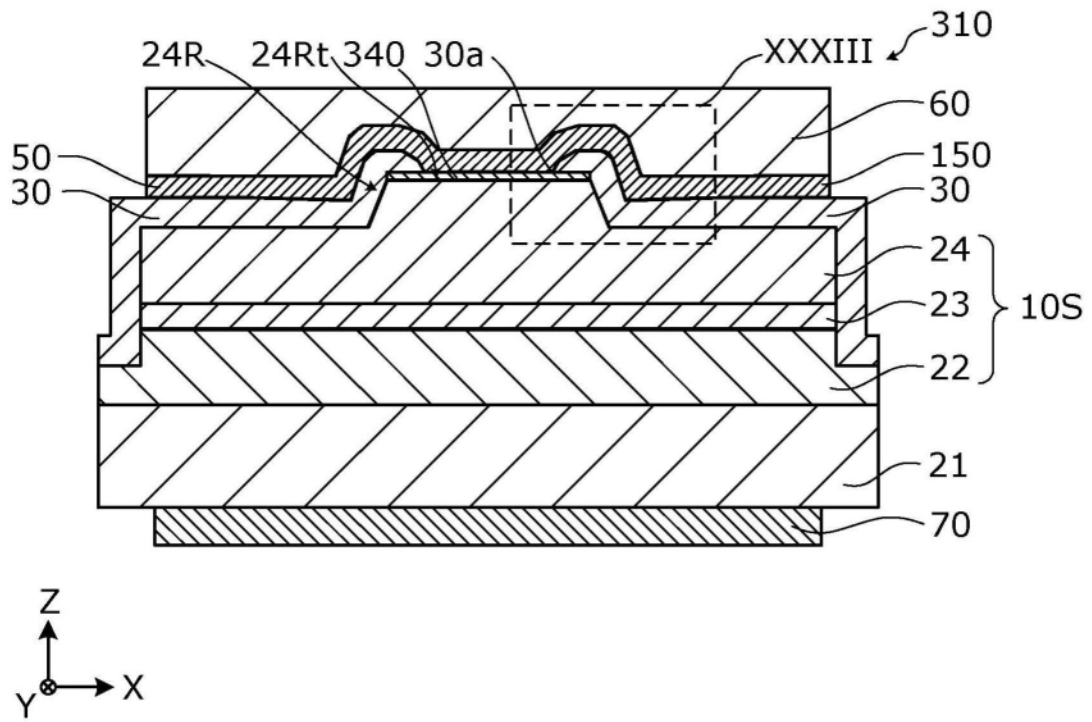


图32

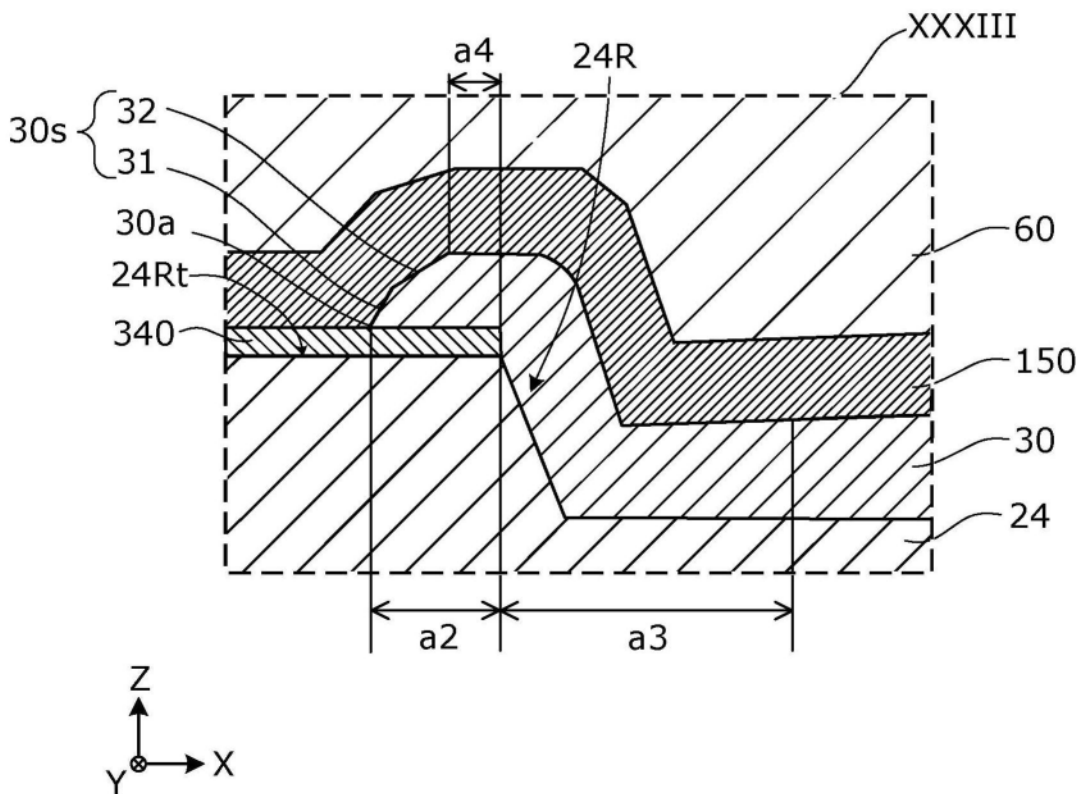


图33

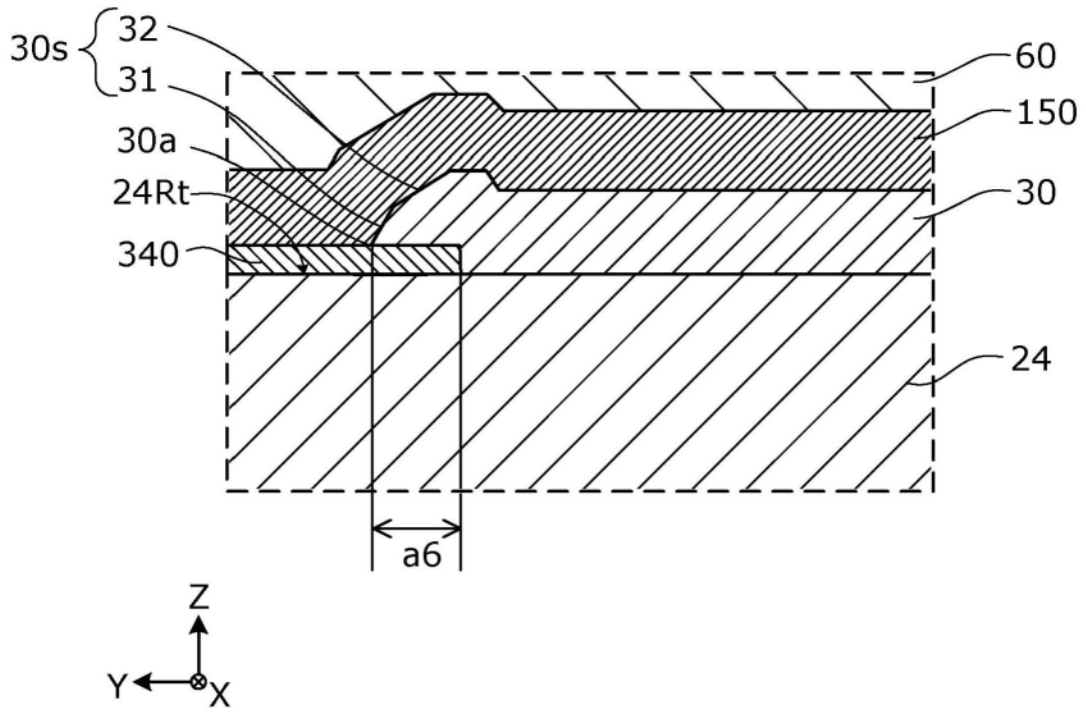


图34

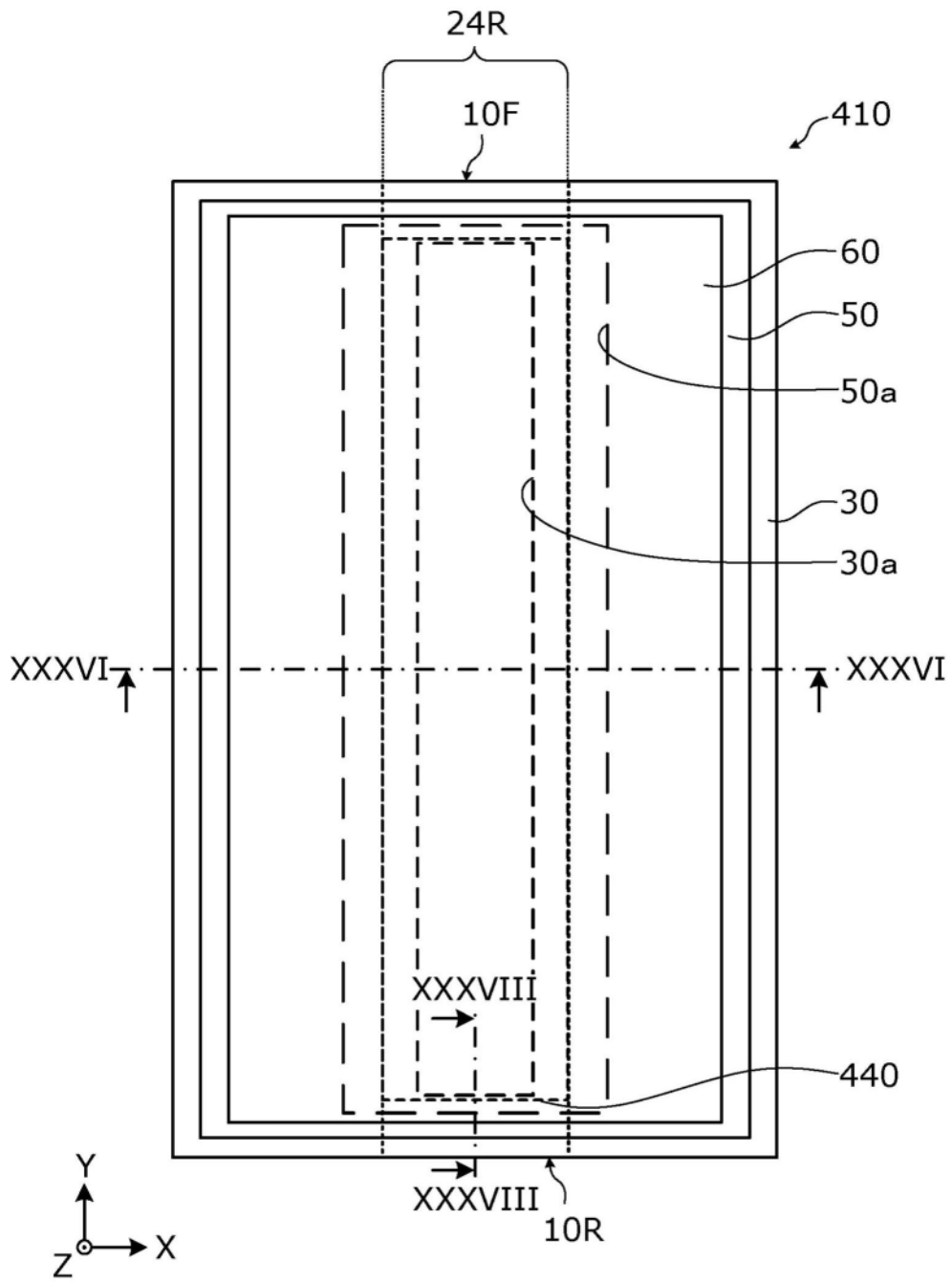


图35

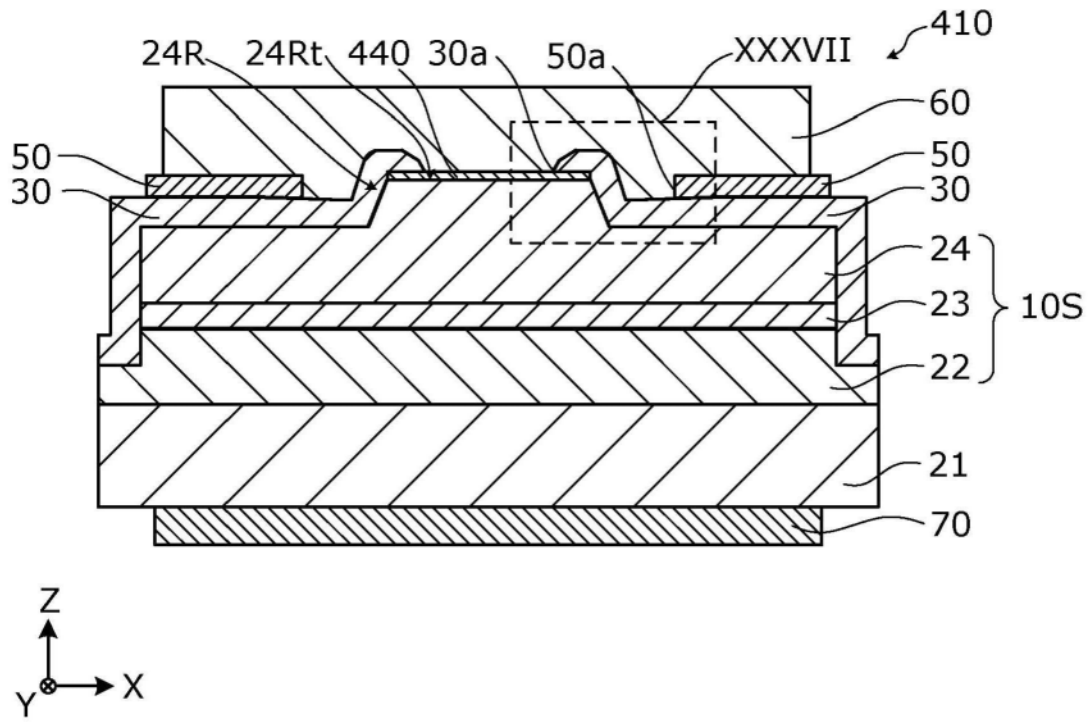


图36

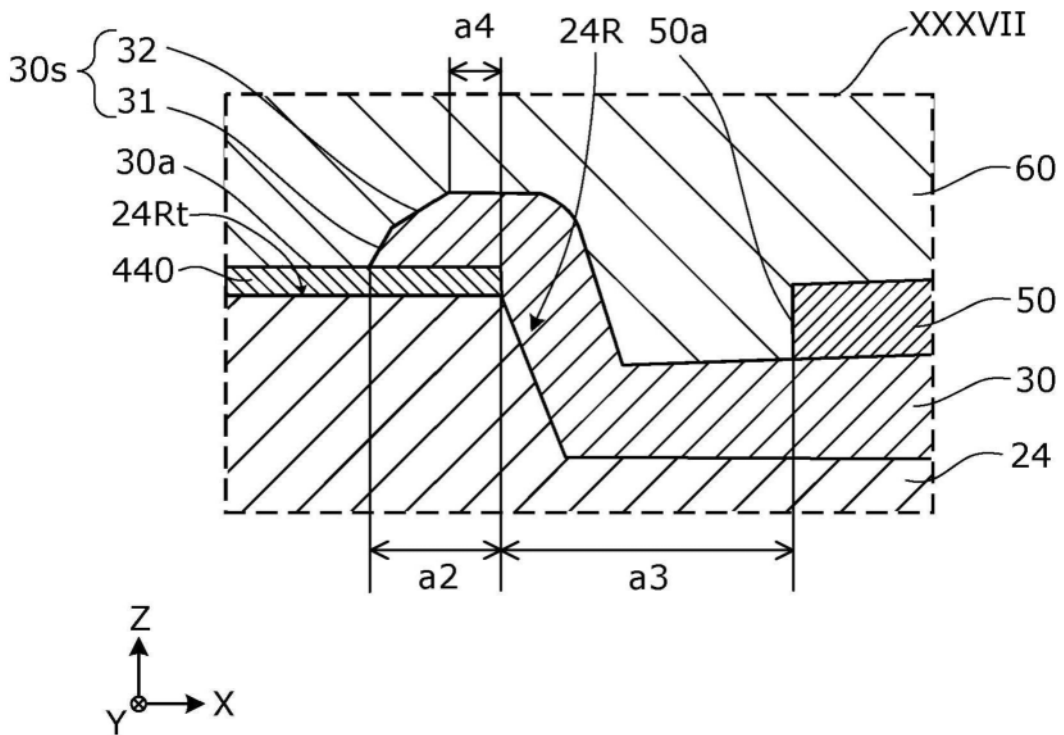


图37

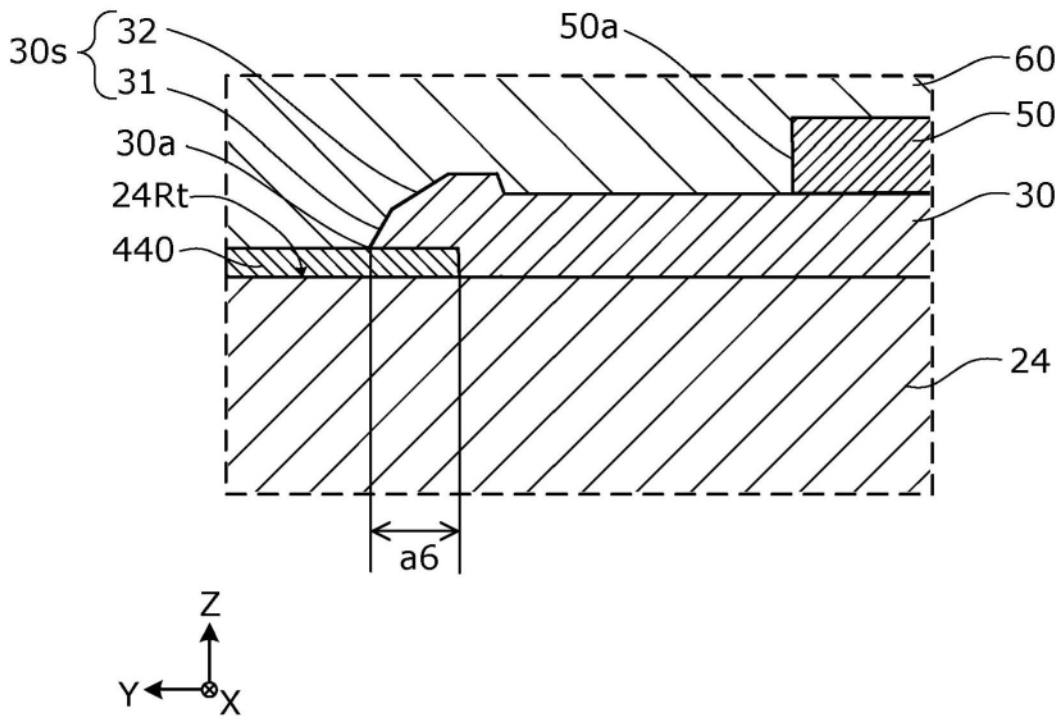


图38

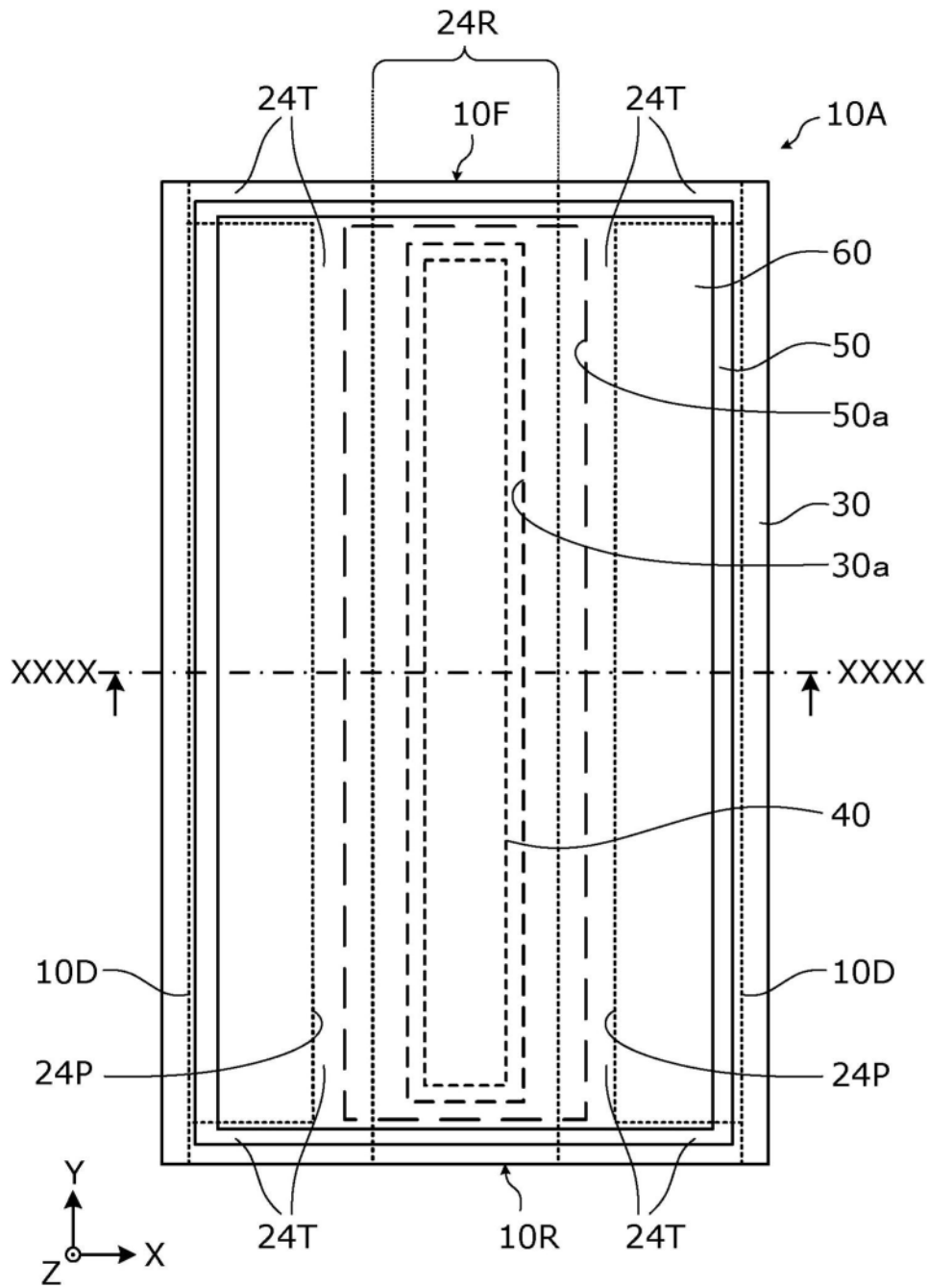


图39

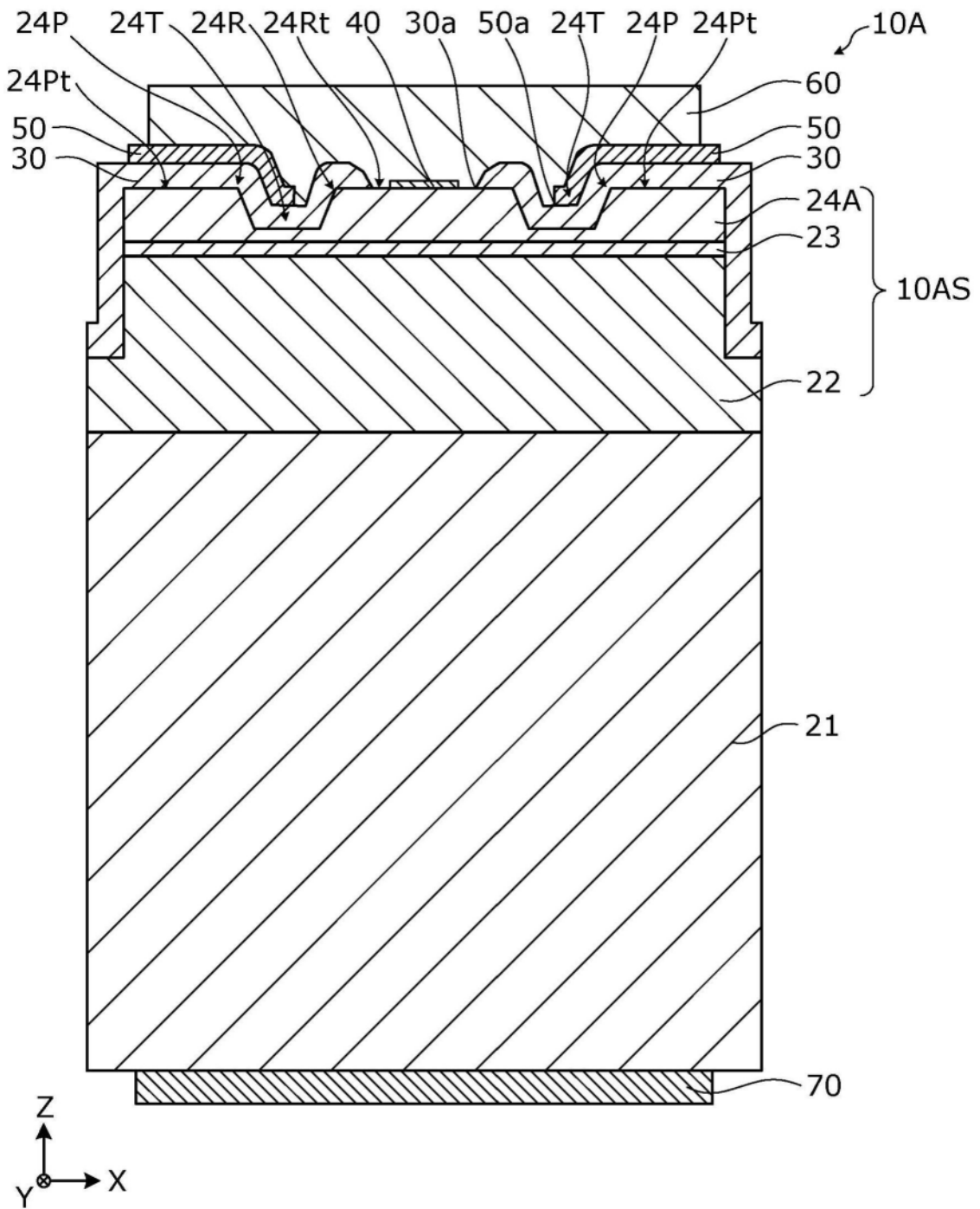


图40

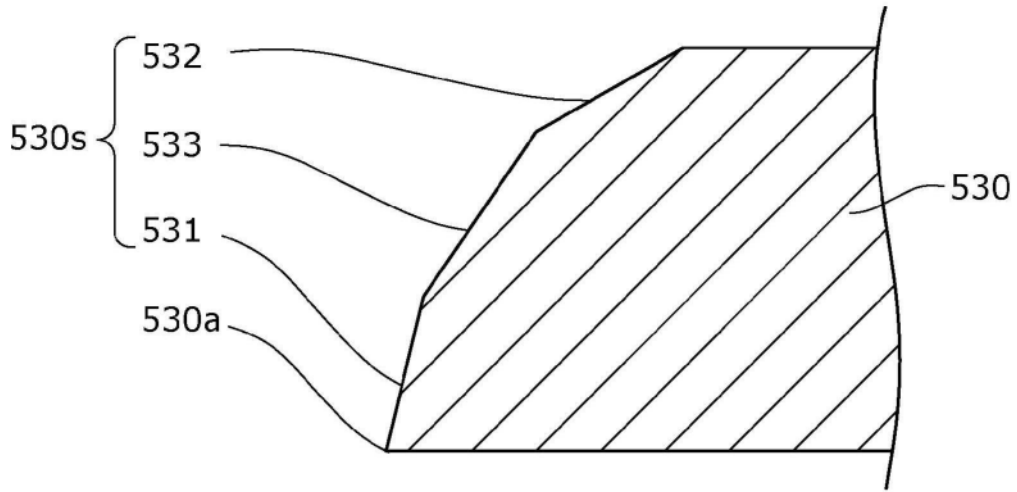


图41

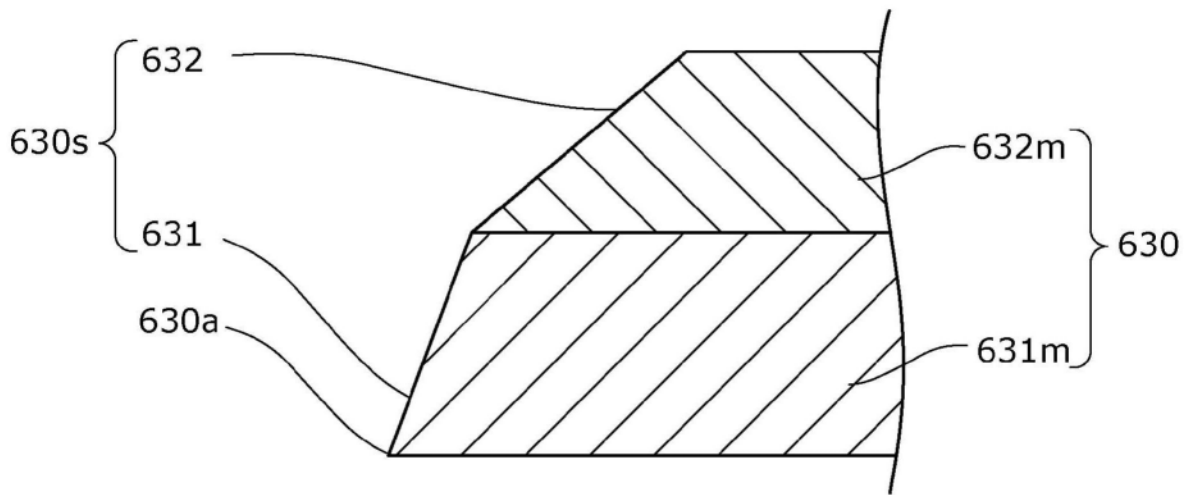


图42

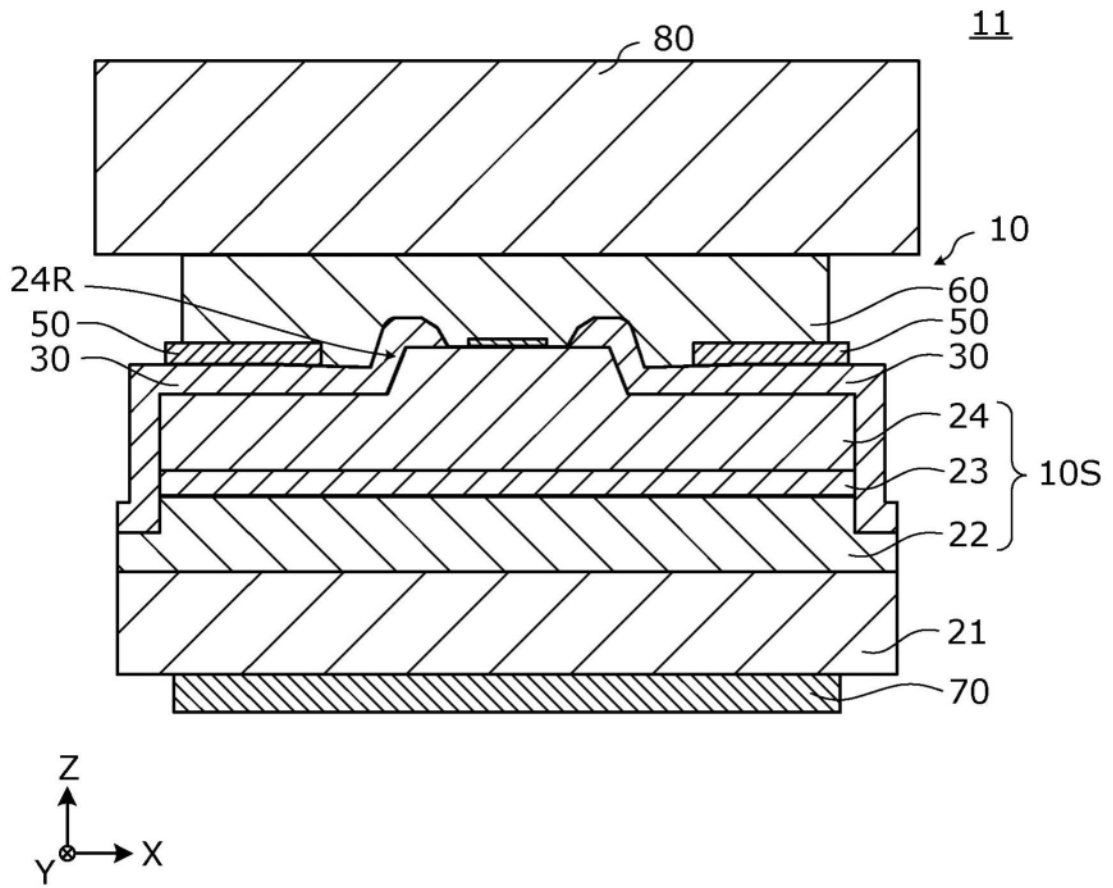


图43