



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101888059 B

(45) 授权公告日 2013. 01. 02

(21) 申请号 201010179947. 5

审查员 陈凯

(22) 申请日 2010. 05. 10

(30) 优先权数据

118900/09 2009. 05. 15 JP

(73) 专利权人 索尼公司

地址 日本东京都

(72) 发明人 川西秀和 泽岛淳二

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 彭久云

(51) Int. Cl.

H01S 5/22(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2008240190 A1, 2008. 10. 02,

CN 101316026 A, 2008. 12. 03,

JP 1151284 A, 1989. 06. 14,

US 6826216 B2, 2004. 11. 30,

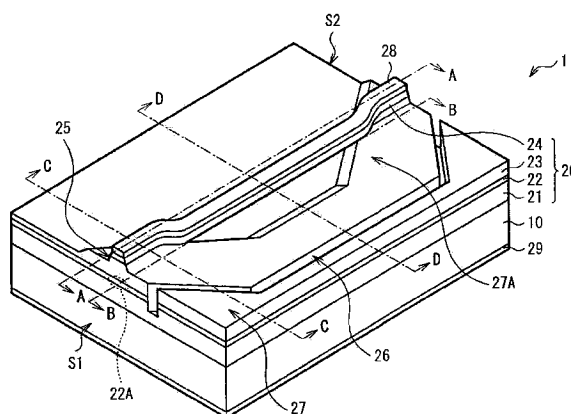
权利要求书 3 页 说明书 12 页 附图 23 页

(54) 发明名称

激光器二极管及其制造方法

(57) 摘要

本发明提供激光器二极管及其制造方法。该激光器二极管包括：有源层；条形脊，设置在有源层上方；成对的谐振器端面，从脊的延伸方向夹住有源层和脊；高台部分，设置为在成对的谐振器端面的至少一个端面中及其附近与脊的两个侧面接触。从有源层到高台部分的表面的厚度在谐振器端面侧较大，而在脊的中央侧较小，并且该厚度从谐振器端面侧的较厚部分连续地变化到脊中央侧的较薄部分。



1. 一种激光器二极管,包括:

有源层;

条形脊,设置在所述有源层上方;

成对的谐振器端面,从所述条形脊的延伸方向夹住所述有源层和所述条形脊;

高台部分,设置为在所述成对的谐振器端面的至少一个谐振器端面中及所述至少一个谐振器端面附近与所述脊的两个侧面接触,从而使包括所述脊和所述高台部分的光导形成在横向方向上限制光;

其中从所述有源层到所述高台部分的表面的厚度在所述谐振器端面侧较大,而在所述脊的中央侧较小,并且所述厚度从所述谐振器端面侧的较厚部分连续地变化到所述脊的中央侧的较薄部分,

其中凹槽设置在所述高台部分中,并且所述凹槽沿与所述脊的延伸方向平行的方向延伸,或者所述凹槽延伸为使得,随着所述凹槽接近所述谐振器端面,所述凹槽与所述脊之间的间距变小。

2. 根据权利要求1所述的激光器二极管,其中所述高台部分设置为在两个谐振器端面中及所述两个谐振器端面附近与所述脊的两个侧面接触,并设置为在其他区域远离所述脊。

3. 根据权利要求2所述的激光器二极管,其中所述凹槽从一个谐振器端面附近延伸到另一个谐振器端面附近,并且所述凹槽延伸为使得,随着所述凹槽接近所述谐振器端面,所述凹槽与所述脊之间的间距变小。

4. 一种激光器二极管的制造方法,包括:

第一步,在基板上形成第一半导体层,所述第一半导体层从所述基板侧开始依次包括下覆层和有源层;

第二步,在所述第一半导体层的上表面中,在作为要形成脊的条形脊区域的两侧的至少一个区域的位置中设置凹槽,所述至少一个区域远离所述条形脊区域并至少是器件区域的外边沿,所述位置是被格子形的切割区域围绕的所述器件区域,所述切割区域是随后所述基板被切割的区域;

第三步,在包括所述凹槽的所述第一半导体层的上表面上形成至少由上覆层构成的第二半导体层;以及

第四步,在所述第二半导体层的上表面中与所述条形脊区域对应的区域中形成绝缘层,并通过采用所述绝缘层作为掩模来选择性蚀刻所述第二半导体层。

5. 根据权利要求4所述的激光器二极管的制造方法,其中通过所述第四步中的蚀刻,所述脊形成在所述第二半导体层中,并且与所述脊的两个侧面接触的高台部分形成在所述器件区域的外边沿中,在所述高台部分中从所述有源层到所述第二半导体层的表面的厚度在接近所述切割区域的位置较大,而在接近所述器件区域的中央的位置较小,并且所述厚度从接近所述切割区域的较厚部分连续地变化到接近所述器件区域的中央的较薄部分。

6. 根据权利要求4所述的激光器二极管的制造方法,其中在所述第二步中,在所述器件区域的外边沿,所述凹槽形成为沿与所述条形脊区域的延伸方向平行的方向延伸,或者所述凹槽形成为沿一方向延伸,在这一方向上随着所述凹槽接近所述切割区域,所述凹槽与所述条形脊区域之间的间距变小。

7. 根据权利要求 5 所述的激光器二极管的制造方法,其中在所述第二步中,所述凹槽仅形成在所述器件区域的外边沿中,并且

在所述第四步中,在所述凹槽形成在所述器件区域的外边沿的区域的附近,所述高台部分形成与与所述脊的两个侧面接触。

8. 根据权利要求 5 所述的激光器二极管的制造方法,其中当在所述切割区域中,将所述器件区域夹在其间且彼此相对的成对区域是成对的边区域时,

在所述第二步中,所述凹槽形成从一个边区域附近延伸到另一个边区域附近,并且在所述边区域附近所述凹槽形成沿一方向延伸,在这一方向上随着所述凹槽接近所述切割区域,所述凹槽与所述脊区域之间的间距变小,并且

在所述第四步中,所述高台部分形成在所述边区域附近与所述脊的两个侧面接触,并形成在其他区域远离所述脊。

9. 一种激光器二极管的制造方法,包括:

第一步,在基板上形成第一半导体层,所述第一半导体层从所述基板侧开始依次包括下覆层和有源层;

第二步,在所述第一半导体层的上表面中,在作为要形成脊的条形脊区域的两侧的至少一个区域的位置中形成第一绝缘层,所述至少一个区域远离所述条形脊区域并至少是器件区域的外边沿,所述位置是被格子形的切割区域围绕的所述器件区域,并且所述切割区域是随后切割所述基板的区域;

第三步,除了形成所述第一绝缘层的区域之外,在所述第一半导体层的上表面上形成至少由上覆层构成的第二半导体层;以及

第四步,在所述第二半导体层的上表面中与所述条形脊区域对应的区域中形成第二绝缘层,并通过采用所述第二绝缘层作为掩模来选择性蚀刻所述第二半导体层。

10. 根据权利要求 9 所述的激光器二极管的制造方法,其中通过所述第四步中的蚀刻,所述脊形成在所述第二半导体层中,并且与所述脊的两个侧面接触的高台部分形成在所述器件区域的外边沿,在所述高台部分中从所述有源层到所述第二半导体层的表面的厚度在接近所述切割区域的位置较大,而在接近所述器件区域的中央的位置较小,并且所述厚度从接近所述切割区域的较厚部分连续地变化到接近所述器件区域的中央的较薄部分。

11. 根据权利要求 9 所述的激光器二极管的制造方法,其中在所述第二步中,在所述器件区域的外边沿,所述第一绝缘层形成沿与所述条形脊区域的延伸方向平行的方向延伸,或者所述第一绝缘层形成沿一方向延伸,在这一方向上随着所述第一绝缘层接近所述切割区域,所述第一绝缘层与所述条形脊区域之间的间距变小。

12. 根据权利要求 10 所述的激光器二极管的制造方法,其中在所述第二步中,所述第一绝缘层仅形成在所述器件区域的外边沿中,并且

在所述第四步中,在所述第一绝缘层形成在所述器件区域的外边沿的区域的附近,所述高台部分形成与与所述脊的两个侧面接触。

13. 根据权利要求 10 所述的激光器二极管的制造方法,其中当在所述切割区域中,将所述器件区域夹在其间的彼此相对的成对区域是成对的边区域时,

在所述第二步中,所述第一绝缘层形成从一个边区域附近延伸到另一个边区域附近,并且在所述边区域附近所述第一绝缘层形成沿一方向延伸,在这一方向上随着所述

第一绝缘层接近所述切割区域,所述第一绝缘层与所述条形脊区域之间的间距变小,并且
在所述第四步中,所述高台部分形成为在所述边区域附近与所述脊的两个侧面接触,
并形成在其他区域远离所述脊。

激光器二极管及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及尤其适合于高输出应用的激光器二极管及其制造方法。

背景技术

[0002] 一般地,在高输出激光器二极管中,已知温度升高与高输出激光器二极管端面处的复合以及光吸收增加有关,容易引起灾变性光学损伤(COD:catastrophic optical damage)。该 COD 妨碍高输出运行和高可靠性。因此,为了防止 COD 产生,人们先前已经进行了各种改进。

[0003] 例如,这些改进的示例包括降低端面附近的光密度的方法。例如,在日本特开第 2002-158402 号公报中,在脊形波导激光器二极管中,从有源层到脊侧的表面的厚度在端面及端面附近中较大,在脊形条中央部分中较小。因此,在端面附近,光斑尺寸变大,光密度减小,因此 COD 阈值能得以增加。此外,在脊形条的中央部分,到脊侧的漏电流减小,从而阈值电流保持为较低。

发明内容

[0004] 在日本特开第 2002-158402 号公报中,如上所述,从有源层到脊侧的表面的厚度在端面及端面附近中较大,在脊形条中央部分中较小。也就是,在脊形条的延伸方向上,在脊侧的表面上产生台阶。从而,台阶上台部(upperstand)中横向方向的折射率差不同于台阶下台部(lower stand)中横向方向的折射率差,从而导致光模形状上的差别。因此,存在在其中光模(optical mode)形状急剧变化的部分(也就是,在其中产生台阶的部分)中产生光散射损失的缺点。

[0005] 鉴于上述缺点,在本发明中,期望提供一种激光器二极管及其制造方法,在该激光器二极管中,能够减小由光模形状急剧变化引起的光散射损失。

[0006] 根据本发明的实施例,提供了一种激光器二极管,该激光器二极管包括:有源层;条形脊,设置在有源层上方;成对的谐振器端面,从脊的延伸方向夹住有源层和脊;高台部分,设置为在成对的谐振器端面的至少一个端面及其附近与脊的两个侧面接触。从有源层到高台部分的表面的厚度在谐振器端面侧较大,而在脊的中央侧较小,并且该厚度从谐振器端面侧的较厚部分连续地变化到脊中央侧的较薄部分。

[0007] 在本发明实施例的激光器二极管中,在包括脊和高台部分的光导中,与脊中央中的横向折射率分布相比,在谐振器端面附近的横向折射率分布更缓和。此外,光导的横向折射率分布在谐振器方向上连续地变化。因此,与在脊侧部的表面上产生台阶的情形相比,横向折射率分布在谐振器方向上的变化变得缓和。

[0008] 根据本发明的实施例,提供了激光器二极管的第一制造方法,该第一制造方法以下四个步骤:

[0009] (A1) 第一步,在基板上形成第一半导体层,该第一半导体层从基板侧开始依次包括下覆层和有源层;

[0010] (A2) 第二步,在第一半导体层的上表面中,在作为要形成脊的条形脊区域的两侧的至少一个区域的位置中设置凹槽,该至少一个区域远离脊区域并至少是器件区域的外边沿,该位置是被格子形的切割区域围绕的器件区域,并且切割区域是随后切割基板的区域;

[0011] (A3) 第三步,在第一半导体层包括凹槽的上表面上形成至少由上覆层构成的第二半导体层;以及

[0012] (A4) 第四步,在第二半导体层的上表面中与脊区域对应的区域中形成绝缘层,并通过采用绝缘层作为掩模来选择性蚀刻第二半导体层。

[0013] 在本发明实施例的激光器二极管的第一制造方法中,第二半导体层形成在第一半导体层包括凹槽的上表面上。此时,在第二半导体层中,只有凹槽周围的部分自然地形成得较厚,并且形成一斜面,该斜面的厚度随着斜面远离凹槽而平滑且缓和地减小。也就是,在形成第二半导体层时,在脊区域的两侧没有形成不连续的结构。因此,之后,通过采用绝缘层作为掩模选择性蚀刻第二半导体层而形成脊,并在与脊的两个侧面接触的表面上形成具有连续、缓和的斜面的高台部分。因此,与在脊侧部的表面上产生台阶的情形相比,横向折射率分布在谐振器方向上的变化变得缓和。

[0014] 根据本发明的实施例,提供了激光器二极管的第二制造方法,该第二制造方法以下四个步骤:

[0015] (B1) 第一步,在基板上形成第一半导体层,该第一半导体层从基板侧开始依次包括下覆层和有源层;

[0016] (B2) 第二步,在第一半导体层的上表面中,在作为要形成脊的条形脊区域的两侧的至少一个区域的位置中形成第一绝缘层,所述至少一个区域远离脊区域并至少是器件区域的外边沿,所述位置是被格子形的切割区域围绕的器件区域,并且切割区域是随后切割基板的区域;

[0017] (B3) 第三步,除了其中形成第一绝缘层的区域之外,在所述第一半导体层的上表面上形成至少由上覆层构成的第二半导体层;以及

[0018] (B4) 第四步,在第二半导体层的上表面中与脊区域对应的区域中形成第二绝缘层,并通过采用第二绝缘层作为掩模来选择性蚀刻第二半导体层。

[0019] 在本发明实施例的激光器二极管的第二制造方法中,第二半导体层形成在第一半导体层的上表面中的除第一绝缘层之外的区域中。此时,在第二半导体层中,只有第一绝缘层周围的部分自然地形成得较厚,并且形成一斜面,该斜面的厚度随着斜面远离第一绝缘层而平滑且缓和地减小。也就是,在形成第二半导体层时,在脊区域的两侧没有形成不连续的结构。因此,之后,通过采用第二绝缘层作为掩模选择性蚀刻第二半导体层,形成脊,并在与脊的两个侧面接触的表面上形成具有连续、缓和的斜面的高台部分。因此,与在脊侧部的表面上产生台阶的情形相比,横向折射率分布在谐振器方向上的变化变得缓和。

[0020] 根据本发明实施例的激光器二极管以及激光器二极管的第一和第二制造方法,与在脊侧部的表面上产生台阶的情形相比,横向折射率分布在谐振器方向上的变化变得缓和。因此,由光模形状急剧变化引起的光散射损失能够被减小。

[0021] 通过下面的描述,本发明的其他及进一步的目标、特征和优点将更加明显易懂。

附图说明

- [0022] 图 1 是根据本发明第一实施例的激光器二极管的透视图；
- [0023] 图 2A 至图 2D 是图 1 的激光器二极管的截面图；
- [0024] 图 3A 和图 3B 是用于解释图 1 的激光器二极管的制造方法的俯视图和截面图；
- [0025] 图 4A 和图 4B 是用于解释图 3A 和图 3B 的后续步骤的俯视图和截面图；
- [0026] 图 5A 至图 5C 是用于解释图 4A 和图 4B 的后续步骤的俯视图和截面图；
- [0027] 图 6A 至图 6C 是用于解释图 5A 至图 5C 的后续步骤的俯视图和截面图；
- [0028] 图 7A 至图 7C 是用于解释图 6A 至图 6C 的后续步骤的俯视图和截面图；
- [0029] 图 8 是用于解释图 6A 至图 6C 的后续步骤的截面图；
- [0030] 图 9 是图 1 的激光器二极管的改进示例的透视图；
- [0031] 图 10 是图 1 的激光器二极管的另一改进示例的透视图；
- [0032] 图 11 是图 1 的激光器二极管的再一改进示例的透视图；
- [0033] 图 12 是根据本发明第二实施例的激光器二极管的透视图；
- [0034] 图 13A 至图 13D 是图 12 的激光器二极管的截面图；
- [0035] 图 14A 和图 14B 是用于解释图 12 的激光器二极管的制造方法的俯视图和截面图；
- [0036] 图 15A 至图 15C 是用于解释图 14A 和图 14B 的后续步骤的俯视图和截面图；
- [0037] 图 16A 至图 16C 是用于解释图 15A 至图 15C 的后续步骤的俯视图和截面图；
- [0038] 图 17A 至图 17C 是用于解释图 16A 至图 16C 的后续步骤的俯视图和截面图；
- [0039] 图 18 是用于解释图 12 的激光器二极管的改进示例的透视图；
- [0040] 图 19A 和图 19B 是用于解释图 18 的激光器二极管的制造方法的俯视图和截面图；
- [0041] 图 20 是图 12 的激光器二极管的另一改进示例的透视图。

具体实施方式

- [0042] 下面将参考附图详细描述本发明的实施例。描述将以下述顺序给出：
- [0043] 1. 第一实施例（采用凹槽形成高台部分 (upland section) 的示例）
- [0044] 2. 第一实施例的改进示例（改变凹槽及高台部分的位置）
- [0045] 3. 第二实施例（采用绝缘层形成高台部分的示例）
- [0046] 4. 第二实施例的改进示例（改变凹槽及高台部分的位置）
- [0047] 第一实施例
- [0048] 激光器二极管 1 的构造
- [0049] 图 1 是示出根据本发明第一实施例的激光器二极管 1 的示意性构造的透视图。图 2A 示出了图 1 的激光器二极管 1 沿线 A-A 剖取的截面构造，图 2B 示出了图 1 的激光器二极管 1 沿线 B-B 剖取的截面构造。图 2C 示出了图 1 的激光器二极管 1 沿线 C-C 剖取的截面构造，图 2D 示出了图 1 的激光器二极管 1 沿线 D-D 剖取的截面构造。图 1 以及图 2A 至 2D 是示意性视图，因此其尺寸和形状与实际尺寸和形状并不相同。
- [0050] 在该实施例的激光器二极管 1 的构造中，半导体层 20（将在后面描述）沿谐振器方向（脊 25 的延伸方向）被夹在成对的谐振器端面（前端面 S1 和后端面 S2）之间。因此，激光器二极管 1 是所谓的边发射激光器二极管。激光器二极管 1 包括例如半导体层 20，该半导体层 20 包括在基板 10 上方从基板 10 侧开始依次形成的下覆层 21、有源层 22、上覆层

23 和接触层 24。半导体层 20 还可以设置有除上述各层之外的层（例如，缓冲层、引导层、电子阻挡层等）。

[0051] 基板 10 例如由诸如 GaN 的 III-V 族氮化物半导体构成。“III-V 族氮化物半导体”表示包含短周期型元素周期表的 3B 族元素中的至少一种元素以及至少短周期型元素周期表的 5B 族元素中的 N 的半导体。III-V 族氮化物半导体的示例包括含 Ga 和 N 的氮化镓基化合物。氮化镓基化合物的示例包括 GaN、AlGaIn 和 AlGaInN。根据需要，III-V 族氮化物半导体掺杂 IV 族元素或 VI 族元素的 n 型杂质，诸如 Si、Ge、O 和 Se，或者掺杂 II 族元素或 IV 族元素的 p 型杂质，诸如 Mg、Zn 和 C。

[0052] 半导体层 20 主要包含例如 III-V 族氮化物半导体。下覆层 21 由例如 AlGaIn 构成。有源层 22 具有例如多量子阱结构，在该多量子阱结构中，交替层叠分别由组分比彼此不同的 GaInN 形成的阱层和势垒。上覆层 23 由例如 AlGaIn 构成。接触层 24 由例如 GaN 构成。

[0053] 在半导体层 20 的上部中，具体地，在上覆层 23 和接触层 24 的上部中，形成条形脊 25。如果从半导体层 20 的层叠方向观察，脊 25 是例如线型的。脊 25 与半导体层 20 中脊 25 的两侧一起构造出光导。脊 25 通过利用横向方向（与谐振器方向正交的方向）的折射率差来在横向方向上限制光，并且脊 25 使注入到半导体层 20 中的电流变窄。有源层 22 中在上述光导正下方的部分对应于电流注入区。电流注入区是发光区 22A。

[0054] 在半导体层 20 中，形成从脊 25 的延伸方向夹住脊 25 的成对的前端面 S1 和后端面 S2。前端面 S1 和后端面 S2 通过切割形成，并是例如通过解理形成的解理面。谐振器由在平面方向中叠层的前端面 S1 和后端面 S2 构成。前端面 S1 是出射激光的面。多层反射膜（未示出）形成在前端面 S1 的表面上。此外，后端面 S2 是反射激光的面。多层反射膜（未示出）也形成在后端面 S2 的表面上。前端面 S1 侧上的多层反射膜是低反射率膜，调节该低反射率膜以使得由多层反射膜和前端面 S1 构成的出光侧端面的反射率变为例如约 10%。此外，后端面 S2 侧上的多层反射膜是高反射率膜，调节该高低反射率膜以使得由多层反射膜和后端面 S2 构成的反射侧端面的反射率变为例如约 95%。

[0055] 该实施例的脊 25 以及脊 25 的两侧（后述的高台部分 27）对应于本发明的“光导”的具体示例。此外，该实施例的成对的前端面 S1 和后端面 S2 对应于本发明的“成对的谐振器端面”的具体示例。

[0056] 上电极 28 设置在脊 25 的上表面（接触层 24 的表面）上。在上电极 28 中，例如依次层叠 Ti、Pt 和 Au。上电极 28 电连接到接触层 24。此外，下电极 29 设置在基板 10 的背表面上。在下电极 29 中，例如从基板 10 侧开始依次层叠 Au 和 Ge 的合金、Ni 和 Au。下电极 29 电连接到基板 10。

[0057] 此外，在该实施例中，例如，降低两端面（前端面 S1 和后端面 S2）附近的光密度的结构，在半导体层 20 中设置在脊 25 两侧的部分（脊 25 的裙缘）中。具体地，例如，如图 1 所示，凹槽 26 和高台部 27 设置在半导体层 20 的上表面上。

[0058] 凹槽 26 设置在脊 25 两侧中的至少一侧上。此外，凹槽 26 至少设置在一个端面（前端面 S1 或后端面 S2）或者一个端面附近。凹槽 26 可以设置成与至少一个端面接触。例如，如图 1 所示，凹槽 26 仅设置在脊 25 两侧中的一侧上。此外，例如，如图 1 所示，凹槽 26 设置（延伸）为从前端面 S1（或者前端面 S1 的附近）到后端面 S2（或者后端面 S2 的附近）。此外，例如，如图 1 所示，凹槽 26 设置为与前端面 S1 和后端面 S2 接触。

[0059] 在前端面 S1 和后端面 S2 附近, 凹槽 26 沿与脊 25 的延伸方向交叉的方向延伸。具体地, 凹槽 26 沿凹槽 26 与脊 25 之间的间距随着凹槽 26 的位置变得接近脊 25 的端部 (延伸方向上的端部) 而变小的方向延伸。换言之, 随着凹槽 26 变得远离端面, 凹槽 26 在前端面 S1 和后端面 S2 附近变得远离脊 25。此外, 在其中凹槽 26 远离前端面 S1 和后端面 S2 的部分中, 凹槽 26 设置在远离脊 25 的区域中。也就是, 在该实施例中, 在半导体层 20 的上表面的平面中, 凹槽 26 的形状为朝脊 25 的相反侧突出的弓形。如图 1、图 2C 和图 2D 所示, 凹槽 26 具有从半导体层 20 的上表面侧至到达下覆层 21 的水平深度, 并穿透有源层 22。

[0060] 高台部分 27 设置在沿着凹槽 26 的区域中, 也就是, 在凹槽 26 的两侧。高台部分 27 的两个端部设置为在接近凹槽 26 (或者与凹槽 26 接触) 的谐振器端面 (前端面 S1 和后端面 S2) 及该端面附近与脊 25 的两个端部的两个侧面接触。此外, 高台部分 27 中除两个端部之外的部分设置为远离脊 25, 并且不与脊 25 接触。也就是, 在该实施例中, 高台部分 27 在半导体层 20 上表面的平面中的形状为朝脊 25 的相反侧突出的弓形, 和凹槽 26 一样。

[0061] 在高台部分 27 中, 在前端面 S1 及其附近从有源层 22 到与脊 25 的两个侧面接触的表面的厚度 H1 在前端面 S1 侧较大, 而在脊 25 的中央侧较小。相似地, 在高台部分 27 中, 在后端面 S2 及其附近从有源层 22 到与脊 25 的两个侧面接触的表面的厚度 H1 在后端面 S2 侧较大, 而在脊 25 的中央侧较小。也就是, 在高台部分 27 中, 在接近凹槽 26 (或者与凹槽 26 接触) 的谐振器端面 (前端面 S1 和后端面 S2) 及其附近, 厚度 H1 在谐振器端面侧较大, 并且厚度 H1 在脊 25 的中央侧较小。

[0062] 此外, 在高台部分 27 中, 在前端面 S1 附近, 厚度 H1 从前端面 S1 侧的较厚部分 27-1 连续地变化到脊 25 中央侧的较薄部分 27-2。也就是, 高台部分 27 具有斜面 27A, 该斜面 27A 从前端面 S1 侧的较厚部分 27-1 缓和地倾斜到脊 25 中央侧的较薄部分 27-2, 并且不具有由选择性蚀刻等产生的台阶。相似地, 在高台部分 27 中, 在后端面 S2 附近, 厚度 H1 从后端面 S2 侧的较厚部分 27-1 连续地变化到脊 25 中央侧的较薄部分 27-2。也就是, 高台部分 27 具有斜面 27A, 该斜面 27A 从后端面 S2 侧的较厚部分 27-1 缓和地倾斜到脊 25 中央侧的较薄部分 27-2, 并且不具有由选择性蚀刻等产生的台阶。因此, 在包括脊 25 及脊 25 两侧 (高台部分 27) 的光导中, 在谐振器方向上, 与中央部分的横向折射率分布相比, 两个端面附近的横向折射率分布更缓和。包括脊 25 及脊 25 两侧的光导在后面简称为光导。

[0063] 如图 1 所示, 在前端面 S1 和后端面 S2 附近, 高台部分 27 的两个端部不仅设置在脊 25 的两个端部的两侧, 而且还设置在脊 25 的两个端部的正下方。从而, 如图 2A 所示, 如果从半导体层 20 的叠层的平面方向观察, 脊 25 在脊 25 的端部附近沿层叠方向膨胀。脊 25 中的“膨胀部分”对应于斜面 25A, 该斜面 25A 沿脊 25 的延伸方向缓和地倾斜并且不具有由选择性蚀刻等产生的台阶。脊 25 本身的厚度并不依赖于脊 25 的各个区域, 而是基本上保持恒定。

[0064] 激光器二极管 1 的制造方法

[0065] 具有上述构造的激光器二极管 1 能够例如如下所述地被制造。

[0066] 图 3A、图 4A、图 5A、图 6A 和图 7A 示出了制造过程中的晶片 100 的上表面结构。图 3B 示出了沿图 3A 的线 A-A 剖取的截面结构, 图 4B 示出了沿图 4A 的线 A-A 剖取的截面结构, 并且图 5B 示出了沿图 5A 的线 A-A 剖取的截面结构。图 6B 示出了沿图 6A 的线 A-A 剖取的截面结构, 图 7B 示出了沿图 7A 的线 A-A 剖取的截面结构。图 3A、图 4A 和图 5A 中黑色

标记的条形区域是对应于条形脊区域 110 的区域,该区域是要随后形成脊 25 的位置。图 3A 和 3B 到图 7A 至 7C 中示出的虚线是与具有格子形状布局的切割区域 120 对应的区域,该区域随后将是晶片 100 (基板 10D) 的切割位置。

[0067] 首先,清洁基板 10D 的表面,例如通过热清洁。基板 10D 末尾的后缀 D 表示基板处在芯片形激光器二极管 1 的制造过程中最终变为基板 10 之前的状态中,并且还表示基板 10D 由与基板 10 相同的材料制成。在下面的描述中,对于元件末尾具有后缀 D 的情形,D 将具有与前述含义相同的含义。

[0068] 接着,例如通过采用 MOCVD 方法,下覆层 21D、有源层 22D 和上覆层 23A 依次生长在清洁后的基板 10D 上方,以形成半导体层 31 (第一半导体层) (图 3A 和 3B)。上覆层 23A 是例如由与上覆层 23 相同的材料制成的薄半导体层。上覆层 23A 是与后述的上覆层 23B 一起成为上覆层 23D 并最终成为上覆层 23 的半导体层。在形成半导体层 31 时,例如,用于抑制电子溢出的电子阻挡层 (未示出) 可以形成在有源层 22D 和上覆层 23A 之间。此外,根据需要,可以增加其他的层,或者可以省略上覆层 23A。

[0069] 接着,凹槽 140 在半导体层 31 的上表面中形成在为脊区域 110 两侧的至少一个区域的位置中,该至少一个区域是远离脊区域 110 的区域并且该至少一个区域至少是一个器件区域 130 (由切割区域 120 围绕) 的在该一个器件区域 130 内的外边沿。例如,如图 4A 和 4B 所示,其间具有器件区域 130 的彼此相对的成对区域被看作是切割区域 120 中的成对的边区域 120A,凹槽 140 形成为从成对的边区域 120A 中的一个附近延伸到成对的边区域 120A 中的另一个附近。

[0070] 图 4A 和图 4B 示出了凹槽 140 不仅形成在一个器件区域 130 中而且还连续地形成在与边区域 120A 接触的另一个器件区域 130 中的情形。也就是,图 4A 和 4B 示出了凹槽 140 形成为跨越边区域 120A 的情形。在凹槽 140 形成在多个器件区域 130 中的情形下,凹槽 140 可以不跨越边区域 120A。也就是,凹槽 140 可以不与边区域 120A 接触,而仅形成在器件区域 130 中。

[0071] 此外,在前述步骤中,例如如图 4A 和图 4B 所示,凹槽 140 形成为沿一方向延伸,在该方向上凹槽 140 与脊区域 110 之间的间距 (距离) 在边区域 120A 附近随着凹槽 140 变得接近切割区域 120 而变小。凹槽 140 将最终成为凹槽 26。凹槽 140 具有一深度,该深度达到随后层叠半导体层 32 时凹槽 140 不被掩埋的程度。例如,其深度为约 $1\mu\text{m}$ 以上至 $3\mu\text{m}$ 以下。

[0072] 接着,至少由上覆层 23B 构成的半导体层 32 (第二半导体层) 形成在半导体层 31 的包括凹槽 140 的上表面上。例如,如图 5A 至 5C 所示,上覆层 23B 和接触层 24D 依次生长在半导体层 31 的包括凹槽 140 的上表面上,以形成半导体层 32。上覆层 23B 是例如由与上覆层 23A 相同的材料制成的半导体层。上覆层 23B 是与上述上覆层 23A 一起要最终变成上覆层 23 的半导体层。此时,在半导体层 32 中,只有凹槽 140 周围的位置自然地形成得较厚,并且形成了斜面 33,斜面 33 的厚度随着斜面 33 的位置远离凹槽 140 而平滑且缓和地减小。也就是,在形成半导体层 32 时,在脊 110 的两侧不会形成不连续的结构。由于凹槽 140 中的斜面中的晶体生长速率比其他部分慢并且 III 族元素流到凹槽 140 附近,所以只有凹槽 140 周围的部分自然地形成得较厚。

[0073] 接着,在半导体层 32 的上表面中,条形绝缘层 150 形成在与脊区域 110 对应的区

域中（图 6A 至 6C）。如图 6A 至 6C 所示，绝缘层 150 不仅可以形成在一个器件区域 130 中而且还可以连续地形成在与边区域 120A 接触的另一器件区域 130A 中。随后，通过采用绝缘层 150 作为掩模，半导体层 32 被选择性蚀刻（图 7A 至 7C）。从而，脊 25D 形成在半导体层 32 中位于绝缘层 150 正下方的部分中。此外，由于凹槽 140 的周围部分中自然且较厚地形成的部分（该部分在先前的步骤中自然地形成得较厚），蚀刻保留量较大。因此，高台部分 27D 形成，该高台部分 27D 在边区域 120A 附近与脊 25D 的两个侧面接触并在其他区域远离脊 25D。

[0074] 在沿着凹槽 140 的区域中，高台部分 27D 形成为至少在器件区域 130 的外边沿与脊 25D 的两个侧面接触。此外，高台部分 27D 不仅形成在脊 25D 的两侧，而且还形成在脊 25D 中与器件区域 130 的外边沿对应的部分的正下方。图 8 示出了高台部分 27D 不仅形成在脊 25D 中与器件区域 130 的外边沿对应的部分的正下方而且还形成在脊 25D 中在边区域 120A 正下方的部分中的情形。图 8 示出了沿图 7A 的线 C-C 剖取的截面结构，并示出了当与脊 25D 的两个侧面接触的表面沿脊 25D 的延伸方向被切割时的截面结构。

[0075] 在高台部分 27D 的与脊 25D 的两个侧面接触的部分中，从有源层 22D 到与脊 25D 的两个侧面接触的表面的厚度 H1 在接近切割区域 120（边区域 120A）的位置处较厚，而在接近器件区域 130 的中央的位置处较薄。此外，在高台部分 27D 中，高度 H1 从接近切割区域 120（边区域 120A）的较厚部分 27-1（参见图 8）连续地变化到接近器件区域 130 的中央的较薄部分 27-2（参见图 8）。也就是，在高台部分 27D 中，连续、缓和的斜面 27A 形成在与脊 25D 的两个侧面接触表面上。

[0076] 接着，尽管没有示出，在移除绝缘层 150 之后，上电极 28 形成在脊 25 的上表面上。此外，根据需要，基板 10 的厚度通过研磨等适当地调节。之后，下电极 29 形成在基板 10 的后表面上。随后，基板 10 在与边区域 120A 对应的线被解离，以使晶片 100 形成成为条状。由此，解离面中的一个面变成前端面 S1，解离面中的另一个面变成后端面 S2。之后，多层反射膜形成在前端面 S1 和后端面 S2 上。最后，冲切条状晶片 100。因此，制造得到该实施例的激光器二极管 1。

[0077] 激光器二极管 1 的作用和效果

[0078] 接着，将给出该实施例的激光器二极管 1 的作用和效果的描述。

[0079] 在该实施例的激光器二极管 1 中，在给定电流施加到上电极 28 和下电极 29 的情形下，被脊 25 窄化的电流注入到有源层 22 的电流注入区域（发光区域 22A），从而由于电子-空穴复合而引起发光。光被形成在前端面 S1 和后端面 S2 上的多层反射膜反射，产生给定波长的激光振荡，并且光作为光束从前端面 S1 侧射出。

[0080] 在该实施例中，在光导横向方向上的光限制由脊 25 的等效折射率 n_1 与脊 25 的侧部的等效折射率 n_2 之间的差 $\Delta n (= n_1 - n_2)$ 决定。脊 25 中的折射率 n_1 由外延层结构 (epi-layer structure) 决定。因此，在脊 25 中，端面附近的折射率 n_1 等同于谐振器方向上的中央部分中的折射率 n_1 。此外，对于脊 25 的侧部，由于高台部分 27 的存在，谐振器方向上的等效折射率 n_2 的每个值根据谐振器方向上的位置而有所不同。具体地，高台部分 27 与脊 25 的两个端部的两个侧面接触，其中从有源层 22 到与脊 25 的两个侧面接触的表面的厚度 H1 在谐振器端面侧（较厚部分 27-1）较大，而在脊 25 的中央侧（较厚部分 27-2）较小。

[0081] 因此,在脊 25 的两个端部中,谐振器端面侧的折射率差 Δn 比脊 25 中央侧的折射率差 Δn 小,并且谐振器端面侧的横向折射率分布比脊 25 中央侧的横向折射率分布缓和。因此,在端面附近,光斑尺寸变大,光密度减小,从而 COD 阈值被增加。此外,在脊 25 的中央部分,到脊侧的漏电流能被减小,从而阈值电流保持得较低。此外,蚀刻保留量在端面附近较大。从而,在制造工艺过程中,干法蚀刻对有源层 22 的损伤减小,可靠性得到改善。

[0082] 此外,在该实施例中,缓和的斜面 27A 形成为从接近谐振器端面的较厚部分 27-1 到接近脊 25 中央的较薄部分 27-2,并且厚度 H1 在高台部分 27 中连续地变化。因此,横向折射率分布以对应于斜面 27A 从较厚部分 27-1 到较薄部分 27-2 的缓和程度的缓和连续变化。从而,与其中台阶产生在脊侧表面上的现有情形相比,横向折射率分布在谐振器方向上的变化更缓和,并且光模形状在谐振器方向上的变化也更加缓和。因此,由光模形状在谐振器方向上的变化引起的光散射损失减小。

[0083] 此外,在该实施例中,在制造工艺过程中,在半导体层 31 包括凹槽 140 的上表面上形成半导体层 32 时,半导体层 32 能够以与半导体层 31 的上表面上没有设置凹槽 140 的情形相似的条件形成。因此,由设置在半导体层 31 的上表面上的凹槽 140 引起的晶体缺陷不会增加。因此,COD 阈值不可能降低。

[0084] 在日本特开第 2002-158402 号公报中,绝缘膜图案在晶体生长之前形成在基板上,并且有源层的带隙仅在与端面对应的部分的附近部分中增加。因此,在端面附近,光吸收减小,COD 阈值能够增加。然而,在该情形下,绝缘膜附近中的生长条件(例如,V/III 比等)显著偏离常规条件。因此,在日本特开第 2002-158402 号公报中描述的前述方法中,存在晶体缺陷增加以及 COD 阈值减小的缺点。

[0085] 第一实施例的改进示例

[0086] 前述实施例示例了这样的情形:凹槽 26 设置为从前端面 S1(或者前端面 S1 附近)到后端面 S2(或者后端面 S2 附近),并且高台部分设置为从前端面 S1 到后端面 S2。然而,例如,如图 9 所示,凹槽 26 可以仅设置在前端面 S1 侧(或者前端面 S1 附近),并且高台部分 27 可以仅设置在接近凹槽 26 的端面(前端面 S1)侧(或者接近凹槽 26 的端面(前端面 S1)及该端面附近)。此时,高台部分 27 设置为在接近凹槽 26 的端面(前端面 S1)及该端面附近与脊的两个侧面接触。此外,例如,尽管没有示出,凹槽 26 可以仅设置在后端面 S2 侧(或者后端面 S2 附近),并且高台部分 27 可以仅设置在接近凹槽 26 的端面(后端面 S2)侧(或者接近凹槽 26 的端面(后端面 S2)及该端面附近)。此时,高台部分 27 设置为在接近凹槽 26 的端面(后端面 S2)及该端面附近与脊的两个侧面接触。此外,前述实施例示例了凹槽 26 仅设置在脊 25 两侧中的单个侧上的情形。然而,例如如图 10 所示,凹槽 26 可以设置在脊 25 的两侧。在该情形下,高台部分 27 在脊 25 的两侧设置为从前端面 S1 到后端面 S2。此外,例如如图 11 所示,凹槽 26 和高台部分 27 可以设置在脊 25 的两侧,凹槽 26 仅设置在前端面 S1 侧(前端面 S1 附近),并且高台部分 27 也仅设置在前端面 S1 侧(前端面 S1 及其附近)。

[0087] 在如图 9 和图 11 所示的凹槽 26 和高台部分 27 仅设置在前端面 S1 侧的情形下,在制造工艺过程中,首先凹槽 140 仅形成在器件区域 130 的外边沿。随后,半导体层 32 形成在包括凹槽 140 的表面上。之后,绝缘层 150 形成为对应于脊区域 110。通过采用绝缘层 150 作为掩模,选择性蚀刻半导体层 32。从而,高台部分 27D 可以形成为在凹槽 140 形成在

器件区域 130 外边沿的区域的附近与脊 25D 的两个侧面接触。

[0088] 第二实施例

[0089] 激光器二极管 2 的构造

[0090] 图 12 是示出根据本发明第二实施例的激光器二极管 2 的示意性构造的透视图。图 13A 示出了图 12 的激光器二极管 2 沿线 A-A 剖取的截面构造,图 13B 示出了图 12 的激光器二极管 2 沿线 B-B 剖取的截面构造。图 13C 示出了图 12 的激光器二极管 2 沿线 C-C 剖取的截面构造,图 13D 示出了图 12 的激光器二极管 2 沿线 D-D 剖取的截面构造。图 12 以及图 13A 至 13D 是示意性视图,因此其尺寸和形状与实际的尺寸和实际的形状并不相同。

[0091] 该实施例的激光器二极管 2 的构造与前述实施例的激光器二极管 1 的构造的不同之处在于:激光器二极管 2 包括凹槽 36,该凹槽 36 具有与前述实施例的凹槽 26 不同的深度。此外,激光器二极管 2 的制造方法与前述实施例的制造方法不同。因此,将主要描述与前述实施例的差别,而对与前述实施例共同的部分的解释将适当地被省略。

[0092] 凹槽 36 至少设置在脊 25 两侧中的一侧上。此外,凹槽 36 设置在至少一个端面(前端面 S1 或者后端面 S2) 的附近。凹槽 36 可以设置为与至少一个端面接触。例如如图 12 所示,凹槽 36 设置在脊 25 的两侧。此外,例如如图 12 所示,凹槽 36 仅设置在前端面 S1 附近以及后端面 S2 附近,并且设置为与前端面 S1 和后端面 S2 接触。也就是,凹槽 36 不设置在远离前端面 S1 和后端面 S2 的区域中。

[0093] 凹槽 36 例如在前端面 S1 及后端面 S2 附近沿与脊 25 的延伸方向平行的方向延伸。凹槽 36 可以沿一方向延伸,在该方向上凹槽 36 与脊 25 之间的间距(距离)在前端面 S1 及后端面 S2 附近随着凹槽 36 接近谐振器端面而变小。如图 12 和图 13C 所示,凹槽 36 具有从半导体层 20 的上表面侧到有源层 22 的少许长度内且不穿透有源层 22 的深度。

[0094] 在该实施例中,高台部分 27 设置在沿着凹槽 36 的区域中,也就是,设置在凹槽 36 的两侧。高台部分 27 设置为在接近凹槽 36(或与凹槽 36 接触)的谐振器端面(前端面 S1 和后端面 S2) 及该端面附近与脊 25 的两个端部的两个侧面接触。在该实施例中,凹槽 36 不出现在远离谐振器端面(前端面 S1 和后端面 S2) 的区域中。从而,高台部分 27 也不出现在远离谐振器端面(前端面 S1 和后端面 S2) 的区域中。也就是,高台部分 27 仅设置在前端面 S1 附近及后端面 S2 附近,与凹槽 36 一样。

[0095] 以与前述实施例相同的方式,高台部分 27 的厚度 H1 在谐振器端面(前端面 S1 和后端面 S2) 侧较大,而在脊 25 的中央侧较小。此外,高台部分 27 具有斜面 27A,该斜面 27A 从在谐振器端面侧上的较厚部分 27-1 缓和地倾斜到在脊 25 中央侧上的较薄部分 27-2,并且不具有由选择性蚀刻等产生的台阶。因此,在包括脊 25 及脊 25 两侧的部分(高台部分 27) 的光导中,与谐振器方向上的中央部分的横向折射率分布相比,两个端面附近的横向折射率分布更缓和。

[0096] 以与前述实施例相同的方式,在前端面 S1 和后端面 S2 附近,高台部分 27 的两个端部不仅设置在脊 25 的两个端部的两侧,而且还设置在脊 25 的两个端部的正下方。从而,如图 13A 所示,如果从半导体层 20 的层叠的平面方向观察,脊 25 在脊 25 端部附近沿层叠方向膨胀。脊 25 中的“膨胀”部分对应于斜面 25A,该斜面 25A 沿脊 25 的延伸方向缓和地倾斜并且不具有由选择性蚀刻等产生的台阶。脊 25 本身的厚度并不依赖于脊 25 的各个区域,而是基本上恒定。

[0097] 激光器二极管 2 的制造方法

[0098] 具有上述构造的激光器二极管 2 能够例如如下所述地被制造。

[0099] 图 14A、图 15A、图 16A 和图 17A 示出了制造工艺过程中的晶片 100 的上表面结构。图 14B 示出了沿图 14A 的线 A-A 剖取的截面结构, 图 15B 示出了沿图 15A 的线 A-A 剖取的截面结构, 并且图 16B 示出了沿图 16A 的线 A-A 剖取的截面结构。图 17B 示出了沿图 17A 的线 A-A 剖取的截面结构。图 14A 和图 15A 中黑色标记的条形区域是对应于条形脊区域 110 的区域, 该区域是要随后形成脊 25 的位置。图 14A 和 14B 到图 17A 至 17C 中示出的虚线是与具有格子形布局的切割区域 120 对应的区域, 该区域随后将是晶片 100 (基板 10D) 的切割位置。

[0100] 首先, 以与前述实施例相同的方式, 半导体层 31 (第一半导体层) 通过例如 MOCVD 方法形成在基板 10D 上 (参见图 3A 和 3B)。接着, 绝缘层 210 (第一绝缘层) 在半导体层 31 的上表面中形成在这样的位置处: 该位置至少是脊区域 110 的两侧的一个区域, 是远离脊区域 110 的区域并且至少是一个器件区域 130 (被切割区域 120 围绕) 的在该一个器件区域 130 内的外边沿。例如, 如图 14A 和图 14B 所示, 绝缘层 210 形成在一个边区域 120A 及其附近, 并且形成在另一个边区域 120A 及其附近。也就是, 绝缘层 210 仅形成在器件区域 130 的外边沿。

[0101] 图 14A 和 14B 示例了绝缘层 210 不仅形成在一个器件区域 130 中而且还连续地形成在与边区域 120A 接触的另一个器件区域 130 中的情形。也就是, 图 14A 和 14B 示例了绝缘层 210 形成为跨越边区域 120A 的情形。在绝缘层 210 形成在多个器件区域 130 中的情形下, 绝缘层 210 可以不跨越边区域 120A。也就是, 绝缘层 210 可以不与边区域 120A 接触, 而仅形成在器件区域 130 中。

[0102] 此外, 在前述步骤中, 例如如图 14A 和图 14B 所示, 绝缘层 210 形成为沿一方向延伸, 在该方向上绝缘层 210 与脊区域 110 之间的间距 (距离) 在边区域 120A 附近 (也就是, 在与脊区域 110 的延伸方向平行的方向上) 恒定。绝缘层 210 也可以形成为沿一方向延伸, 在该方向上绝缘层 210 与脊区域 110 之间的间距 (距离) 随着绝缘层 210 变得接近切割区域 120 而变小。

[0103] 接着, 至少由上覆层 23B 构成的半导体层 32 (第二半导体层) 在半导体层 31 的上表面中形成在除绝缘层 210 之外的区域中。例如, 如图 15A 至 15C 所示, 上覆层 23B 和接触层 24D 在半导体层 31 的上表面中依次生长在除绝缘层 210 之外的区域中, 以形成半导体层 32。此时, 在半导体层 32 中, 只有绝缘层 210 周围的位置自然地形成得较厚, 并且凹槽 220 形成在绝缘层 210 的正上方。此外, 形成斜面 33, 该斜面 33 的厚度随着其位置远离绝缘层 210 (凹槽 220) 而平滑且缓和地减小。也就是, 在形成半导体层 32 时, 在脊 110 的两侧上没有形成不连续的结构。由于晶体很难在绝缘层 210 的表面上生长并且 III 族元素将流到绝缘层 210 附近, 所以只有凹槽 220 周围的部分自然地形成得较厚。

[0104] 接着, 条状绝缘层 150 在半导体层 32 的上表面中形成在与脊区域 110 对应的区域中 (图 16A 至 16C)。如图 16A 至 16C 所示, 绝缘层 150 不仅可以形成在一个器件区域 130 中, 而且还可以连续地形成在与边区域 120A 接触的另一个器件区域 130 中。随后, 通过采用绝缘层 150 作为掩模, 半导体层 32 被选择性蚀刻 (图 17A 至 17C)。由此, 在半导体层 32 中的在绝缘层 150 正下方的部分中, 形成脊 25D。此外, 先前步骤中自然地形成得较厚的绝

缘层 210 的周围部分中,由于自然地且较厚地形成的部分,蚀刻保留量较大。结果,形成高台部分 27D,该高台部分 27D 在边区域 120A 附近与脊 25D 的两个侧面接触,并在其他区域远离脊 25D。

[0105] 在沿着绝缘层 210(凹槽 220)的区域中,高台部分 27D 形成至少为至少在器件区域 130 的外边沿中与脊 25D 的两个侧面接触。此外,高台部分 27D 不仅形成在脊 25D 的两侧,而且还形成在脊 25D 中与器件区域 130 的外边沿对应的部分的正下方。在该实施例中,例如,如图 8 所示,高台部分 27D 不仅形成在脊 25D 中与器件区域 130 的外边沿对应的部分的正下方,而且还形成在脊 25D 中在边区域 120A 的正下方的部分中。

[0106] 在高台部分 27D 中与脊 25D 的两个侧面接触的部分中,从有源层 22D 到与脊 25D 的两个侧面接触的表面的厚度 H1 在接近切割区域 120(边区域 120A)的位置中较大,在接近器件区域 130 中央的位置中较小。此外,在高台部分 27D 中,高度 H1 从接近切割区域 120(边区域 120A)的较厚部分 27-1(参见图 8)连续地变化到接近器件区域 130 中央的较薄部分 27-2(参见图 8)。也就是,在高台部分 27D 中,连续、缓和的斜面 27A 形成在与脊 25D 的两个侧面接触的表面上。

[0107] 接着,在移除绝缘层 150 之后,上电极 28 形成在脊 25 的上表面上。此外,根据需要,基板 10 的厚度通过研磨等适当地调节。之后,下电极 29 形成在基板 10 的后表面上。随后,基板 10 在与边区域 120A 对应的线上被解离,以使晶片 100 形成条状。由此,解离面中的一个面变成前端面 S1,解离面中的另一个面变成后端面 S2。之后,多层反射膜形成在前端面 S1 和后端面 S2 上。最后,冲切条状晶片 100。因此,制造得到该实施例的激光器二极管 2。

[0108] 激光器二极管 2 的作用和效果

[0109] 接着,将给出该实施例的激光器二极管 2 的作用和效果的描述。

[0110] 以与前述实施例相同的方式,在给定电流施加到上电极 28 和下电极 29 的情形下,被脊 25 窄化的电流注入到有源层 22 的电流注入区域(发光区域 22A),从而由于电子-空穴复合引起发光。光被形成在前端面 S1 和后端面 S2 上的多层反射膜反射,产生具有给定波长的激光振荡,并且光作为激光光束从前端面 S1 射出。

[0111] 在该实施例中,以与前述实施例相同的方式,高台部分 27 与脊 25 的两个端部的两个侧面接触,其中从有源层 22 到与脊 25 的两个侧面接触的表面的厚度 H1 在谐振器端面侧(较厚部分 27-1)较大,而在脊 25 的中央侧(较薄部分 27-2)较小。因此,在脊 25 的两个端部中,谐振器端面侧的折射率差 Δn 比脊 25 中央侧的折射率差 Δn 小,并且谐振器端面侧的横向折射率分布比脊 25 中央侧的横向折射率分布更缓和。因此,在端面附近,光斑尺寸变大,光密度减小,从而 COD 阈值能够增加。此外,在脊 25 的中央部分,到脊侧的漏电流减小,从而阈值电流能够保持得较低。此外,因为脊保留量在端面附近较大。从而,在制造工艺过程中,干法蚀刻对有源层 22 的损伤减小,可靠性得到改善。

[0112] 此外,在该实施例中,再次地,在高台部分 27 中,缓和的斜面 27A 成为从接近谐振器端面的较厚部分 27-1 到接近脊 25 中央的较薄部分 27-2,并且厚度 H1 连续地变化。因此,对应于斜面 27A 从较厚部分 27-1 到较薄部分 27-2 的缓和变化,横向折射率分布缓和地连续变化。从而,与台阶产生在脊侧部表面上的现有情形相比,横向折射率分布在谐振器方向上的变化更缓和,并且光模形状在谐振器方向上的变化也更加缓和。因此,由光模形状在

谐振器方向上的变化引起的光散射损失能够被减小。

[0113] 此外,在该实施例中,在制造工艺过程中,在半导体层 31 的上表面上形成半导体层 32 时,半导体层 32 能够以与半导体层 31 的上表面上没有设置绝缘层 210 的情形相似的条件形成。因此,由设置在半导体层 31 的上表面上的绝缘层 210 引起的晶体缺陷不会增加。因此,COD 阈值不可能降低。

[0114] 第二实施例的改进示例

[0115] 前述第二实施例示例了凹槽 26 和高台部分 27 两者仅设置在前端面 S1 附近和后端面 S2 附近的情形。然而,例如,如图 18 所示,凹槽 26 可以仅设置在一个端面(前端面 S1)附近。这样的结构例如可以以如下的制造工艺形成。例如,如图 19A 和 19B 所示,首先绝缘层 210 仅形成在边区域 120A 的一侧上。接着,尽管没有示出,在半导体层 32 形成在半导体层 31 上之后,脊 25 和高台部分 27 通过选择性蚀刻形成。绝缘层 210 仅形成在边区域 120A 的一侧的原因如下。例如,在基板 10D 为倾斜基板(斜基板(off substrate))的情形下,在半导体层 31 上形成半导体层 32 时,绝缘层 210 周围部分的厚度在一些情形下变得不均匀。根据该不均匀性,调整绝缘层 210 的位置。因此,绝缘层 210 的中央不需要布置在边区域 120A 上。根据需要,绝缘层 210 的中央可以偏移到边区域 120A 的一侧,如图 19A 和 19B 所示。

[0116] 此外,前述实施例示例了凹槽 26 和高台部分 27 两者仅设置在前端面 S1 附近和后端面 S2 附近的情形。然而,凹槽 26 和高台部分 27 两者可以仅设置在一个端面(前端面 S1)附近。否则,例如如图 20 所示,凹槽 26 和高台部分 27 两者可以设置为从前端面 S1 到后端面 S2。然而,在此情形下,凹槽 26 和高台部分 27 优选沿一方向延伸,在该方向上与脊 25 的间距随着在前端面 S1 和后端面 S2 附近凹槽 26 和高台部分 27 的位置接近脊 25 的端部(沿延伸方向的端部)而变小。此外,在凹槽 26 和高台部分 27 远离前端面 S1 和后断面 S2 的部分中,凹槽部分 26 和高台部分 27 优选设置在远离脊 25 的区域中。也就是,在该改进示例中,凹槽部分 26 和高台部分 27 优选在半导体层 20 的上表面的平面中为朝脊 25 的相反侧突出的弓形。

[0117] 尽管上面已经参考实施例描述了本发明,然而本发明并不局限于前述实施例,并且可以进行各种修改。

[0118] 例如,在前述实施例中,已经描述了激光器二极管 1 和 2 仅包括一个脊 25 的情形。然而,激光器二极管 1 和 2 可以包括多个脊 25。

[0119] 此外,在前述实施例等中,已经作为示例描述了氮化镓激光器二极管。然而,本发明可以应用于例如红光激光器二极管(诸如 GaInAsP 基化合物激光器二极管)和 II-VI 族激光器二极管(诸如 ZnCdMgSSeTe)。此外,本发明可以应用于振荡波长不局限于可见光范围的激光器二极管,诸如 AlGaAs 基激光器二极管、InGaAs 基激光器二极管、InP 基激光器二极管和 GaInAsNP 基激光器二极管。

[0120] 本发明包含 2009 年 5 月 15 日提交至日本专利局的日本优先权专利申请 JP 2009-118900 中公开的相关主题事项,其全部内容通过引用结合于此。

[0121] 本领域的技术人员应当理解的是,在权利要求或其等同方案的范围内,根据设计需要和其他因素,可以进行各种修改、结合、部分结合和替换。

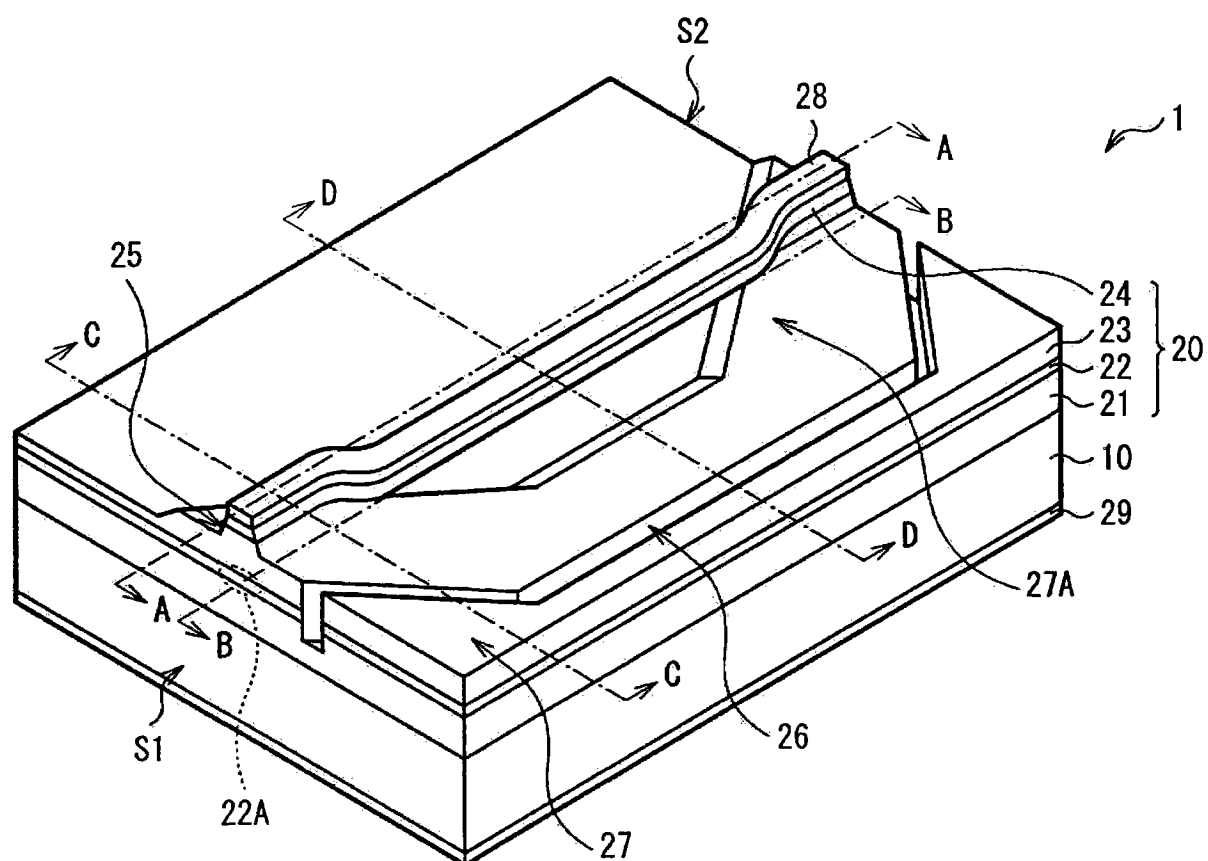


图 1

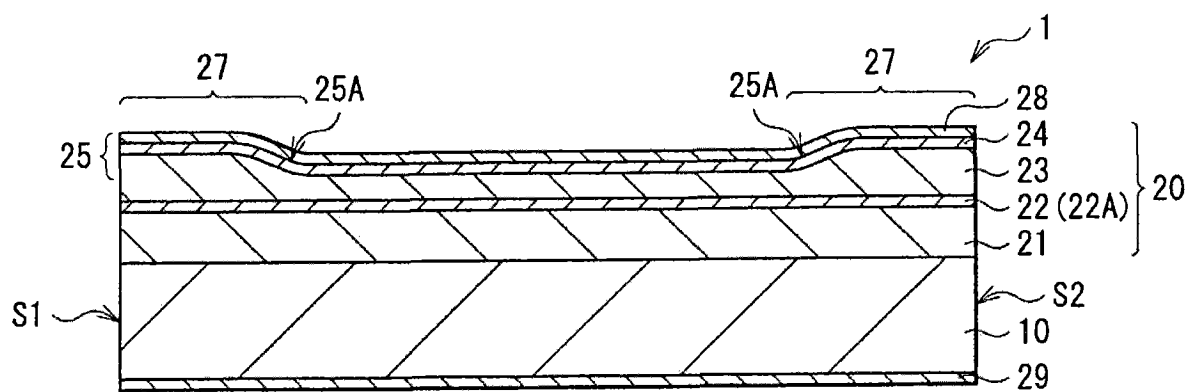


图 2A

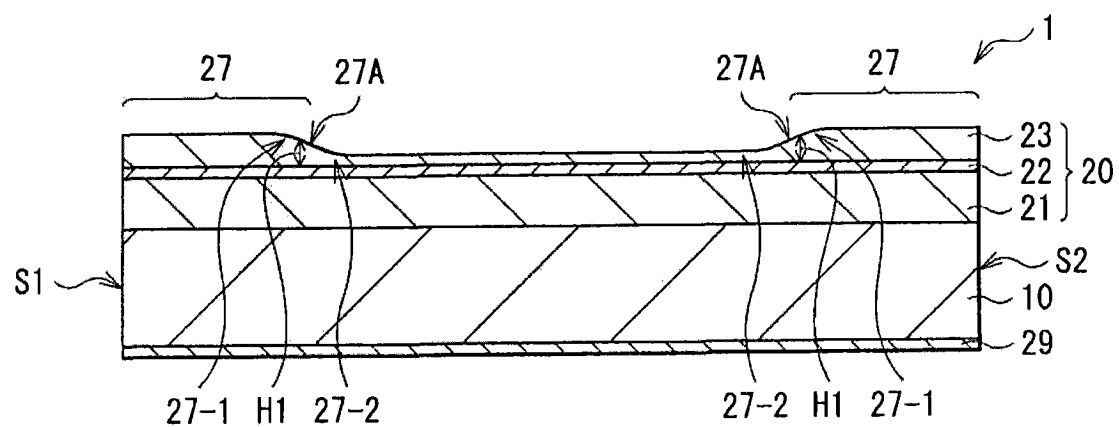


图 2B

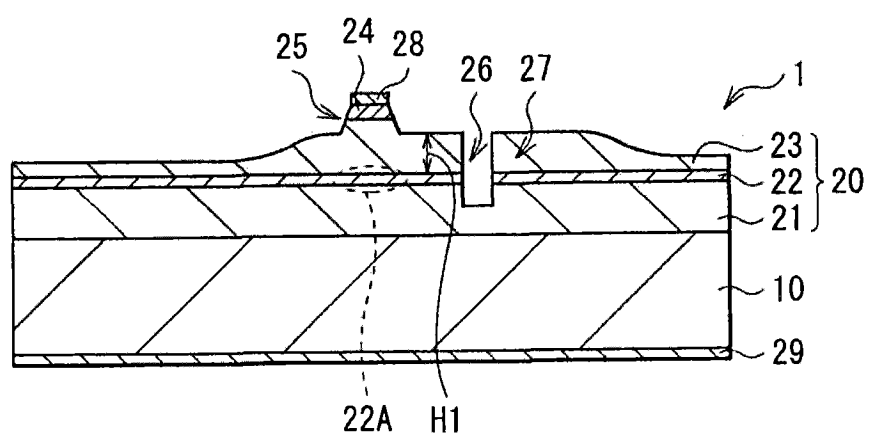


图 2C

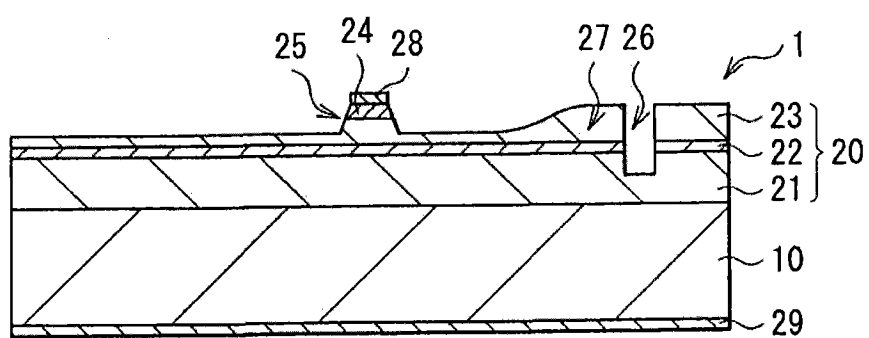


图 2D

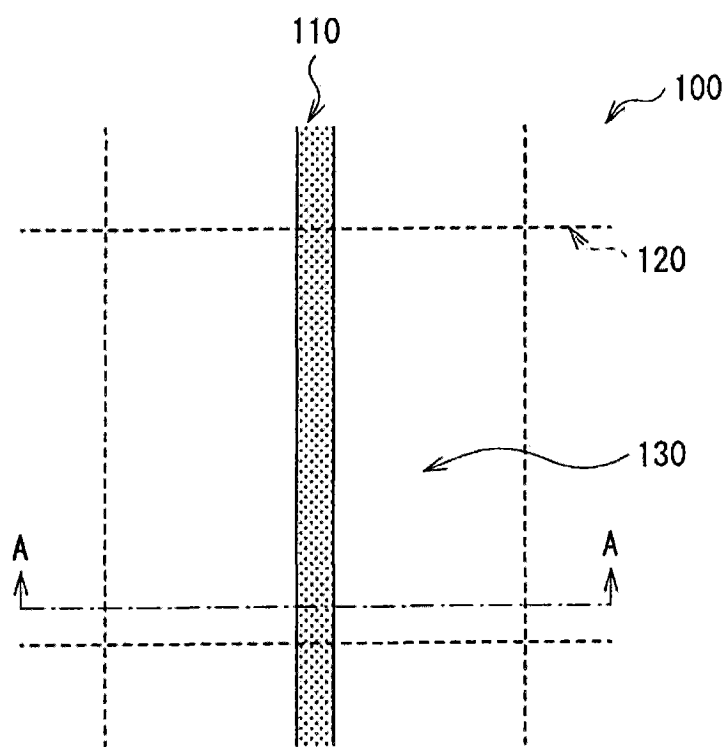


图 3A

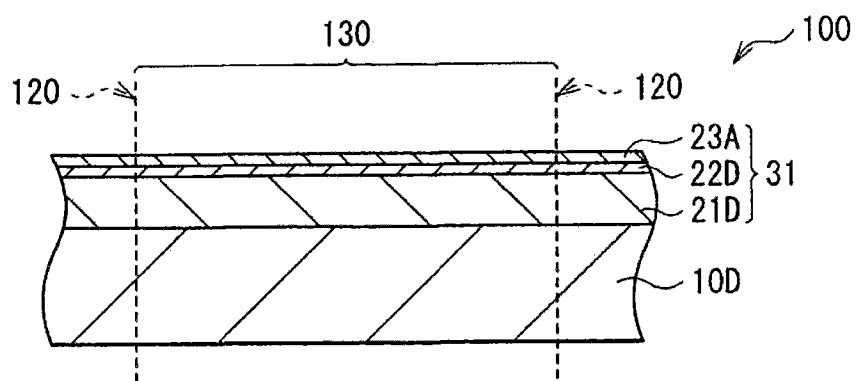


图 3B

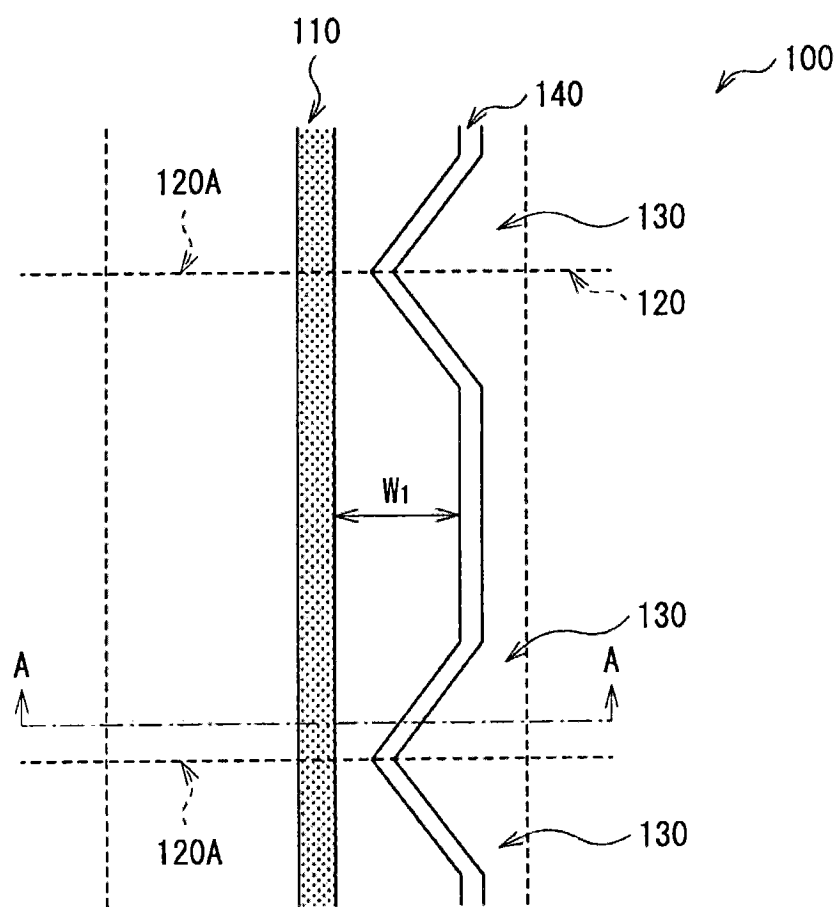


图 4A

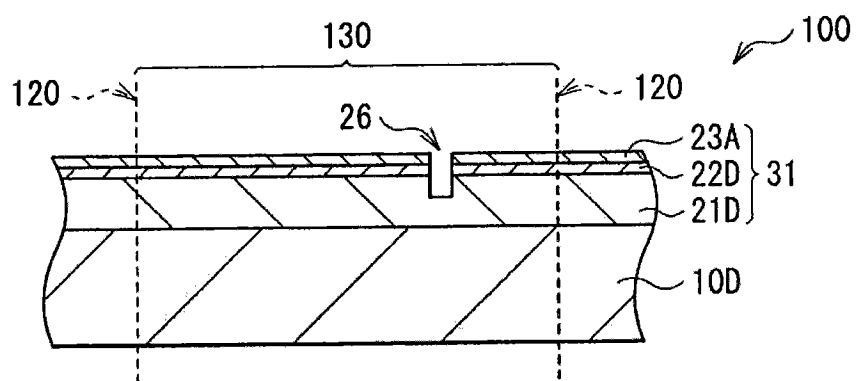


图 4B

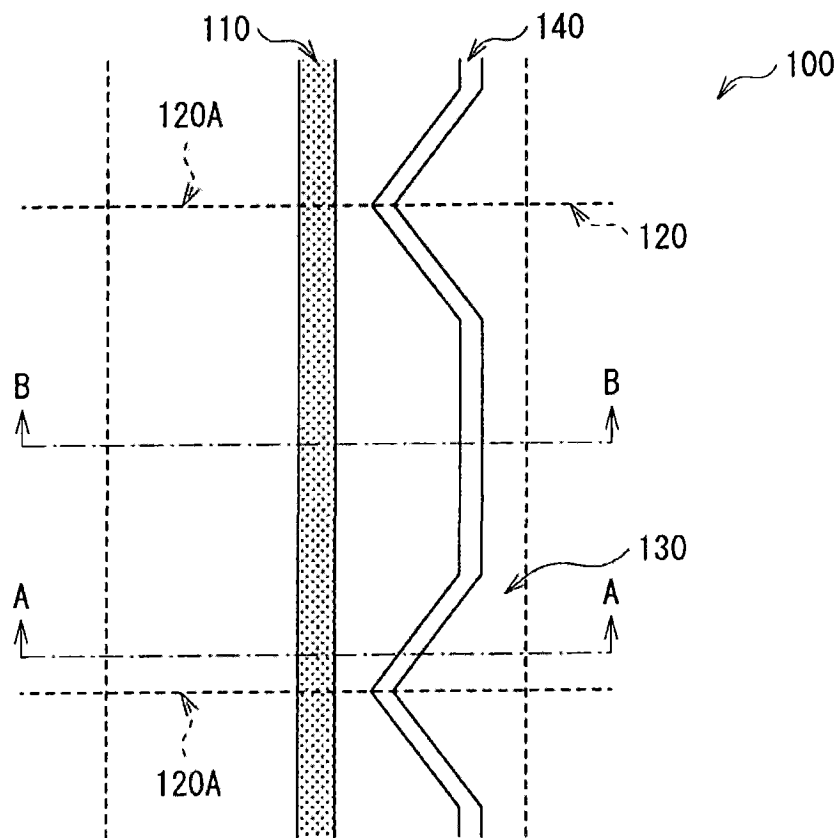


图 5A

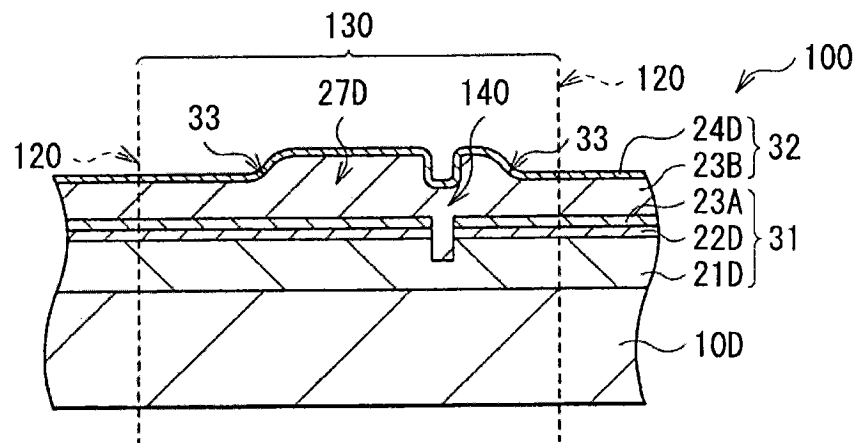


图 5B

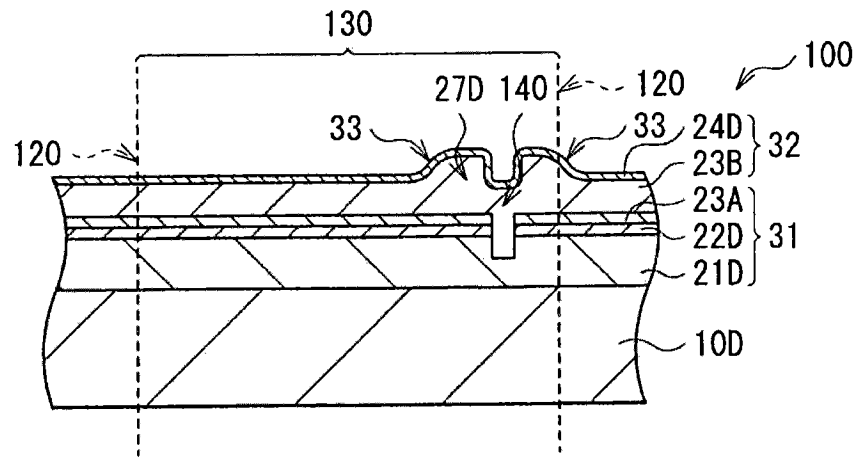


图 5C

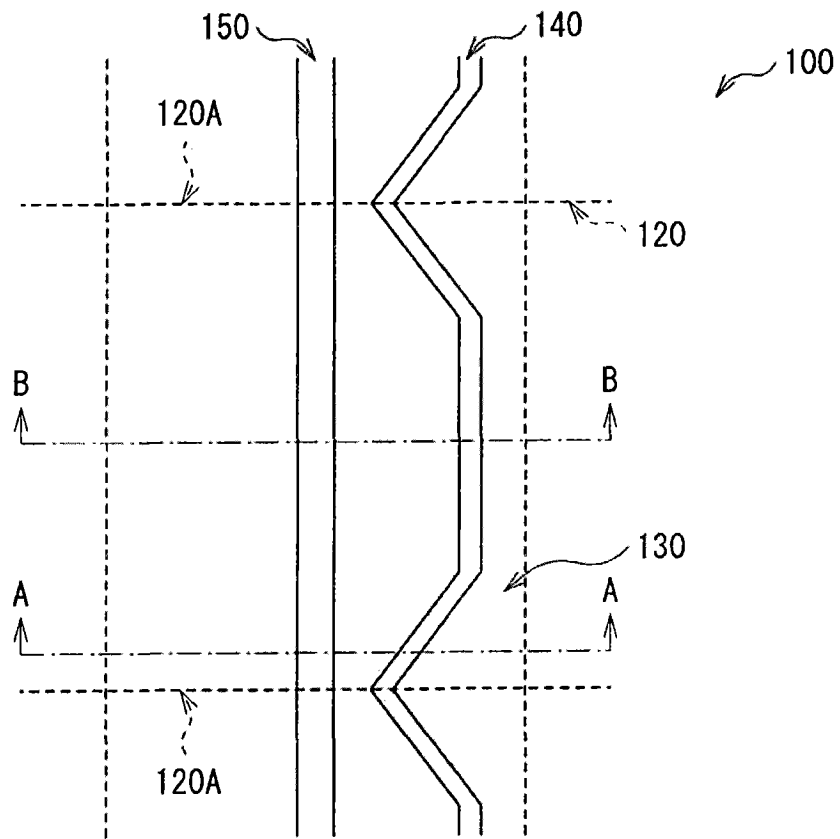


图 6A

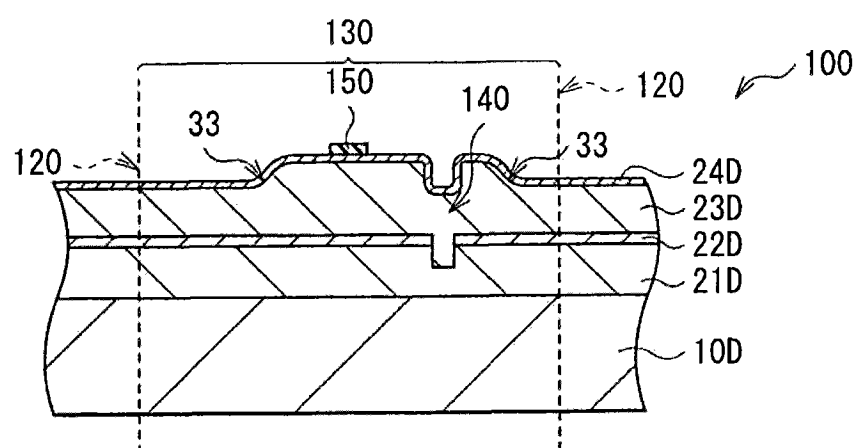


图 6B

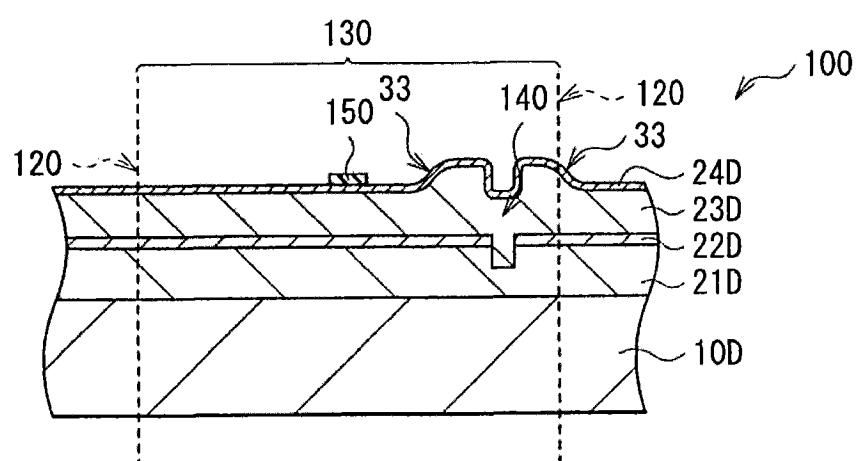


图 6C

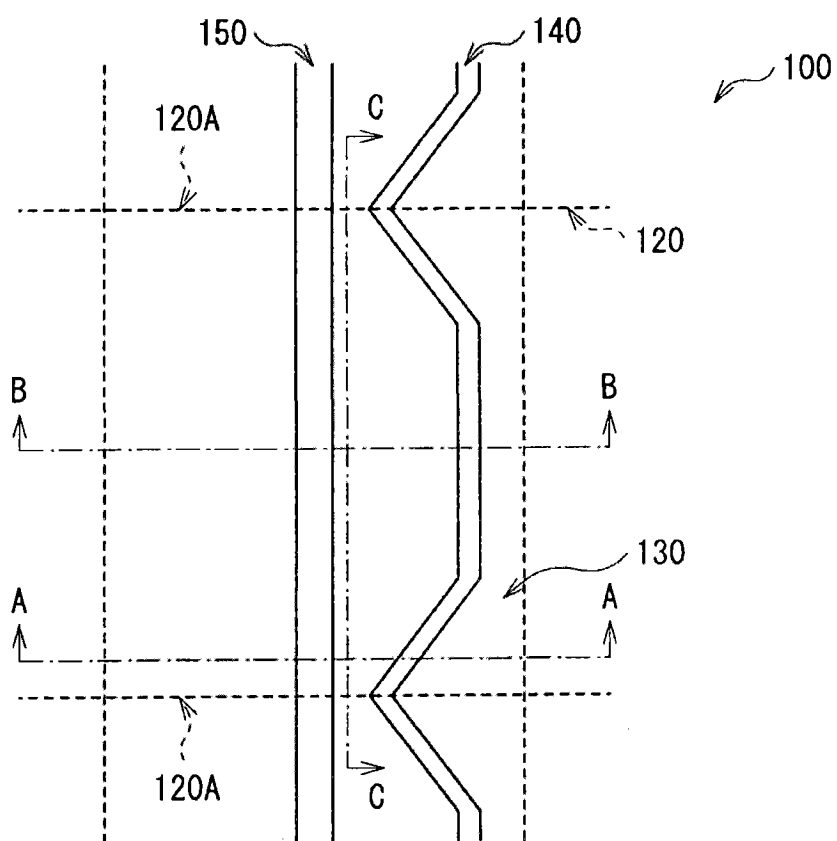


图 7A

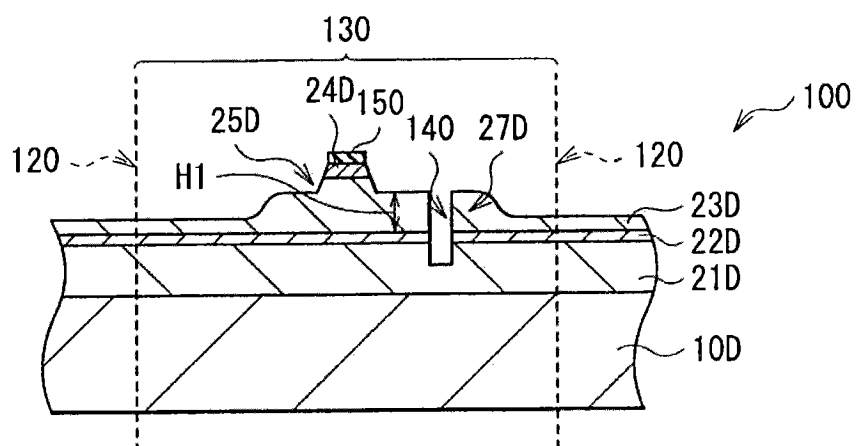


图 7B

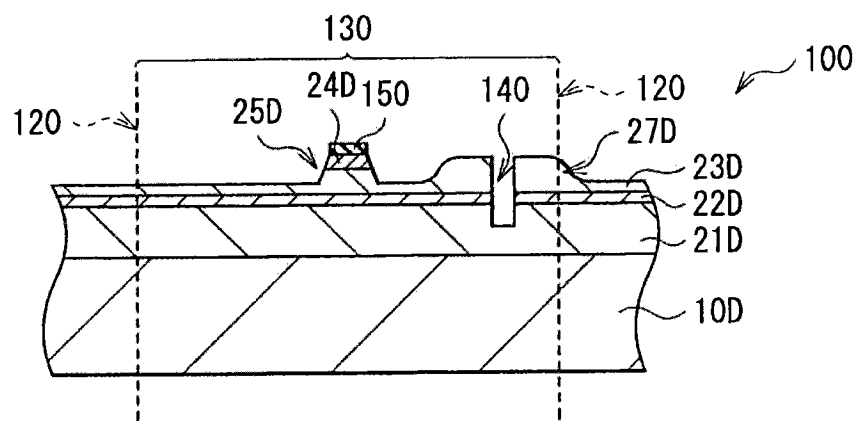


图 7C

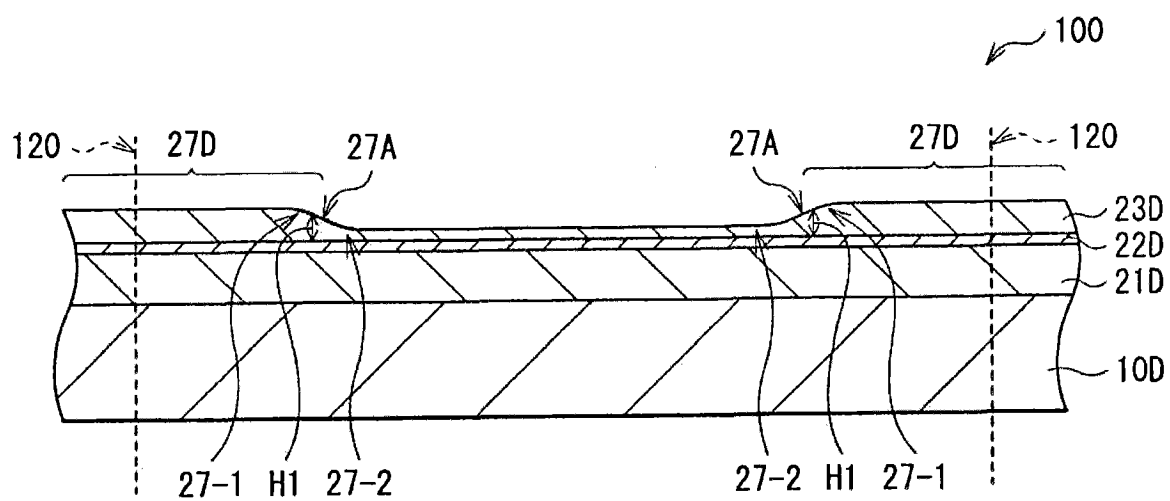


图 8

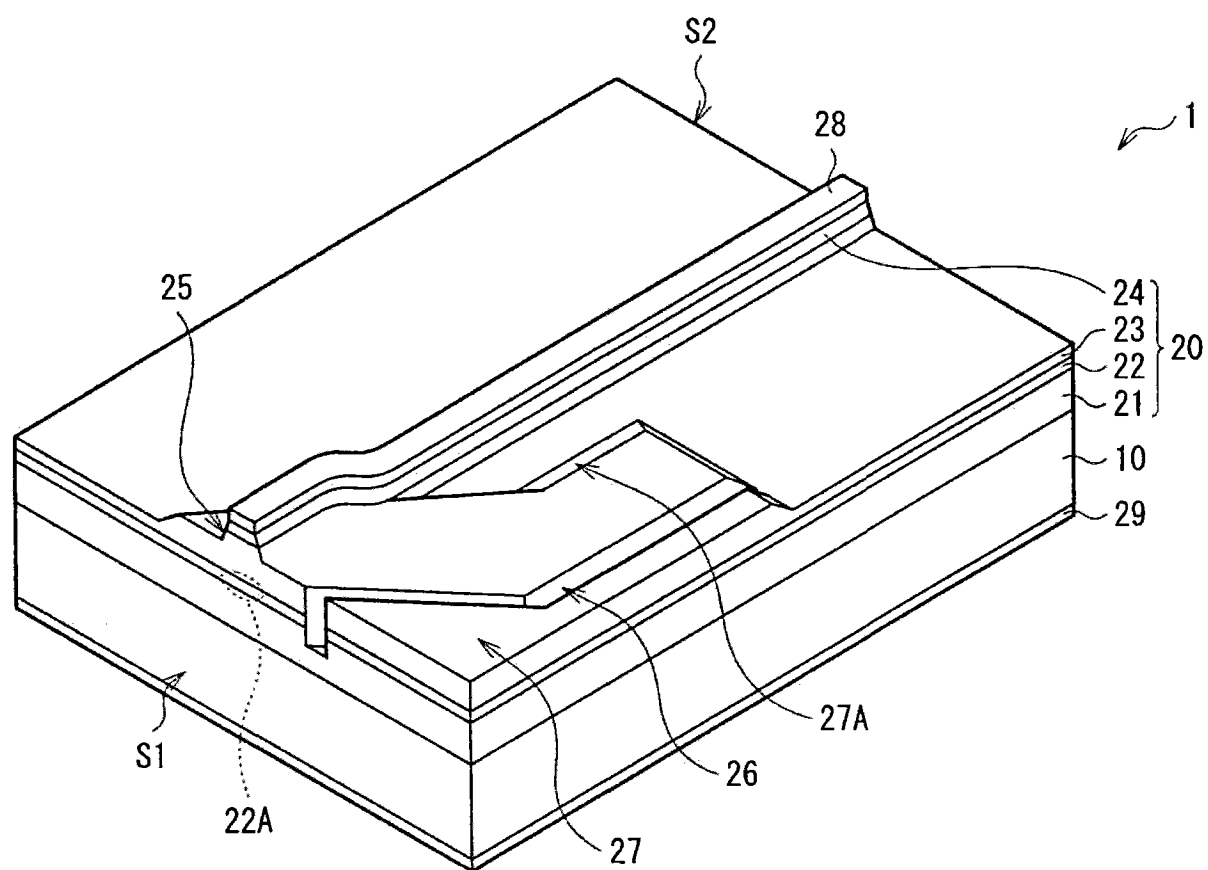


图 9

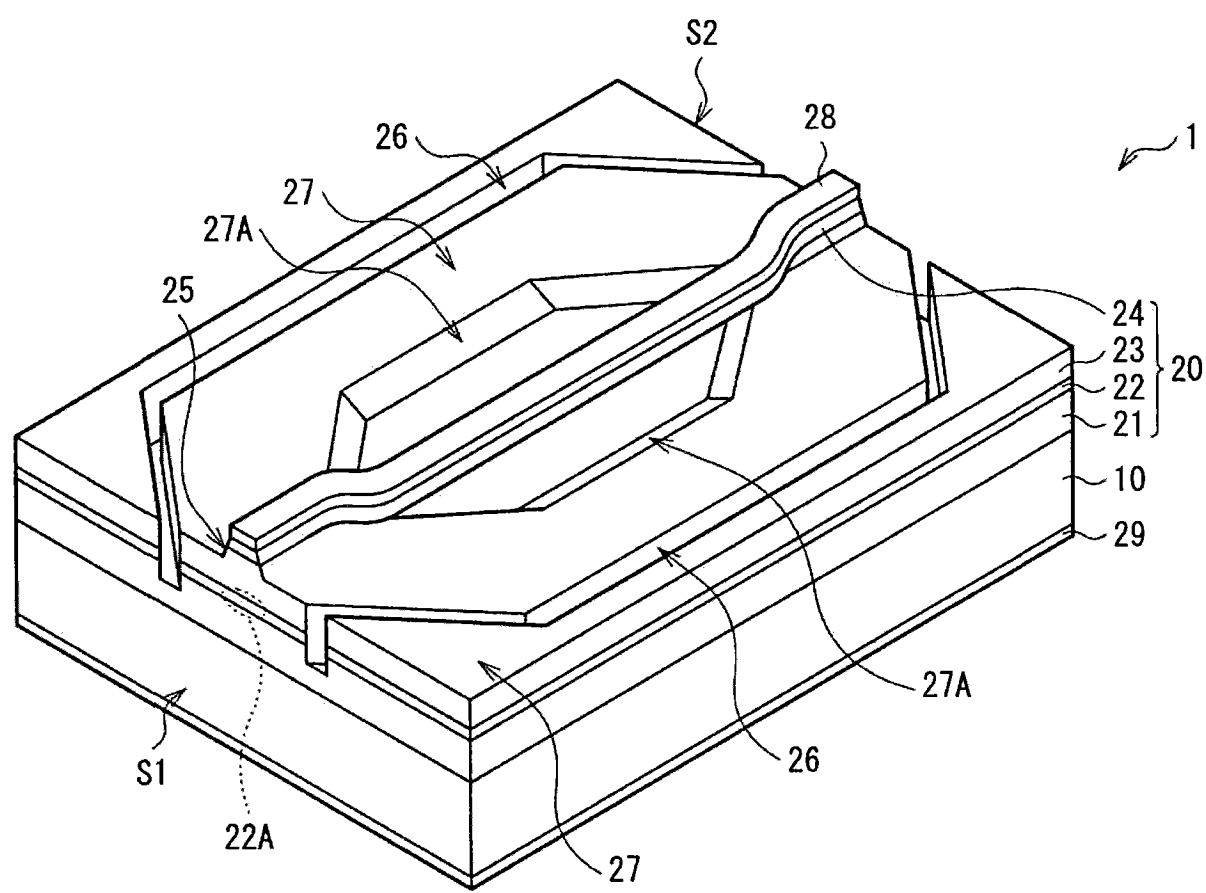


图 10

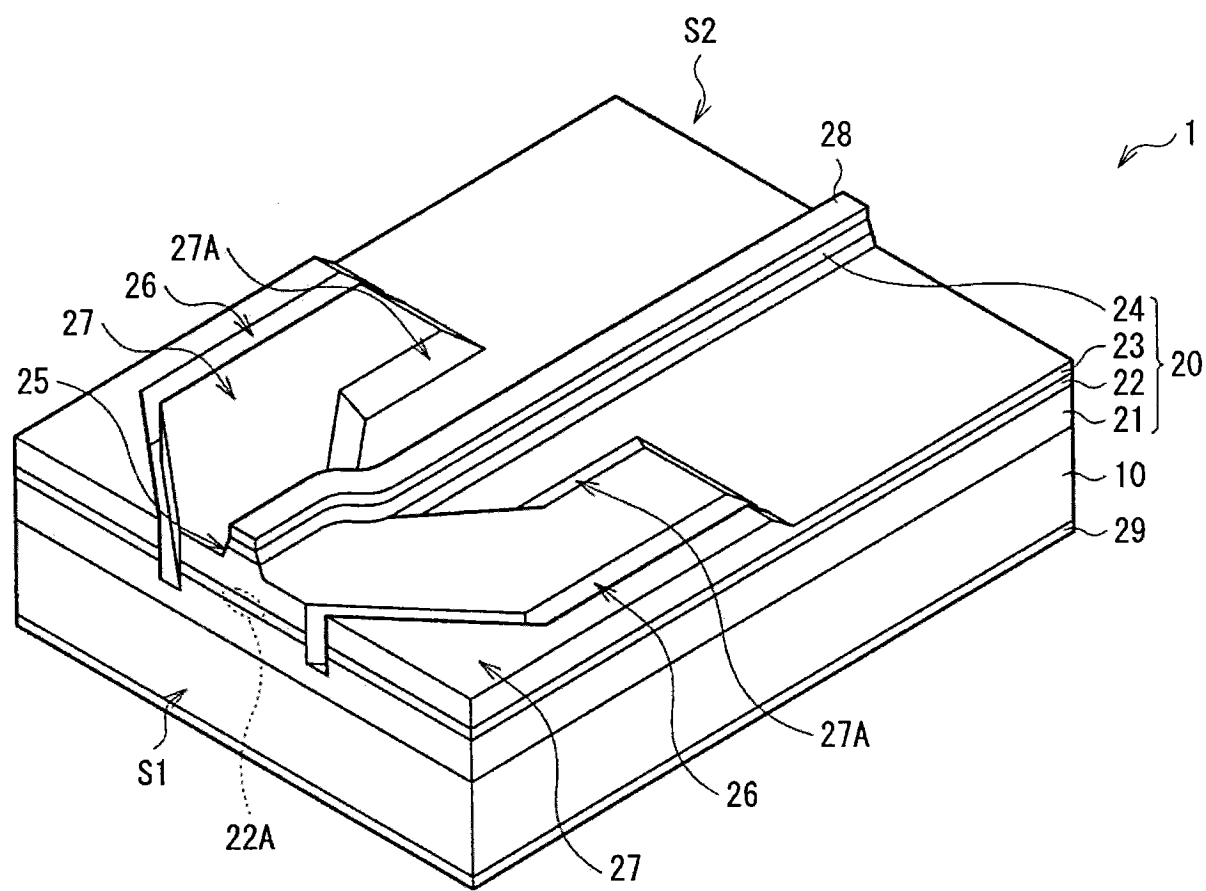


图 11

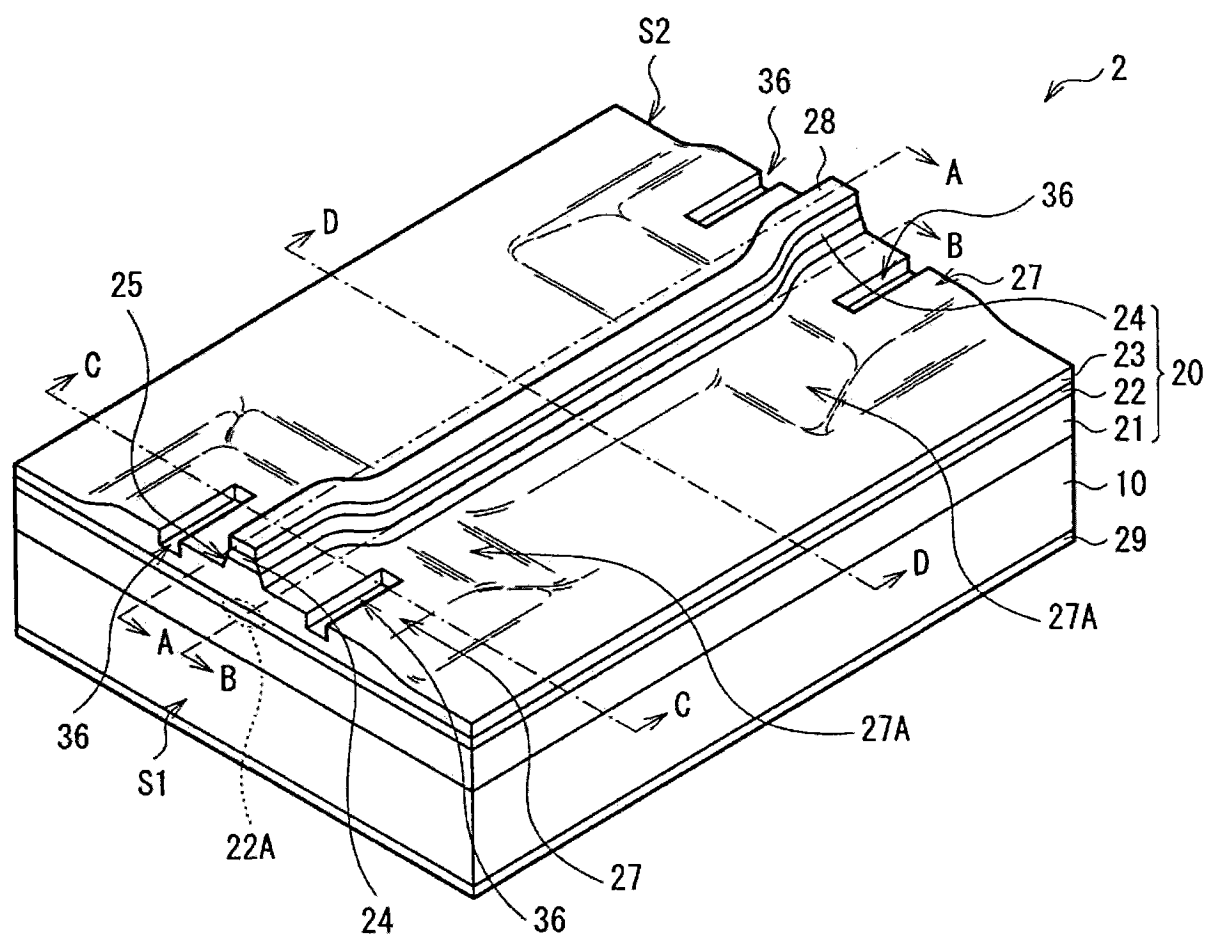


图 12

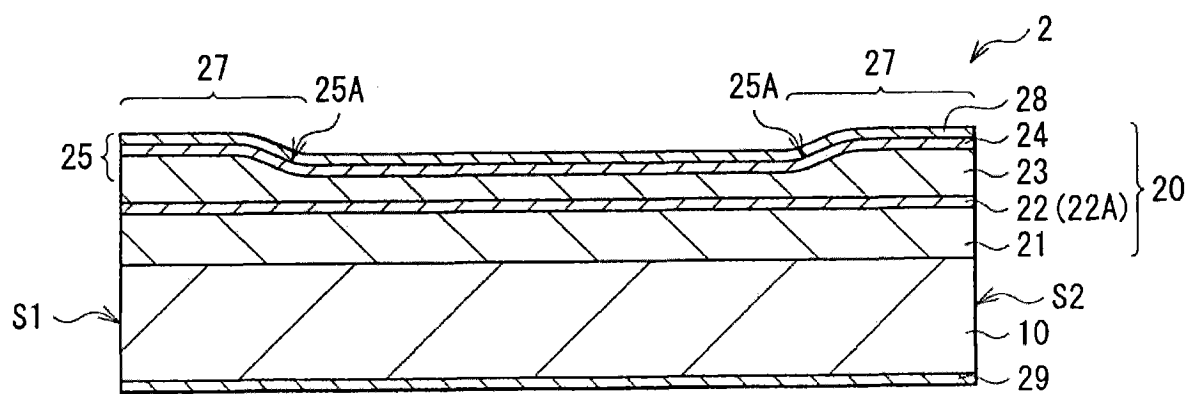


图 13A

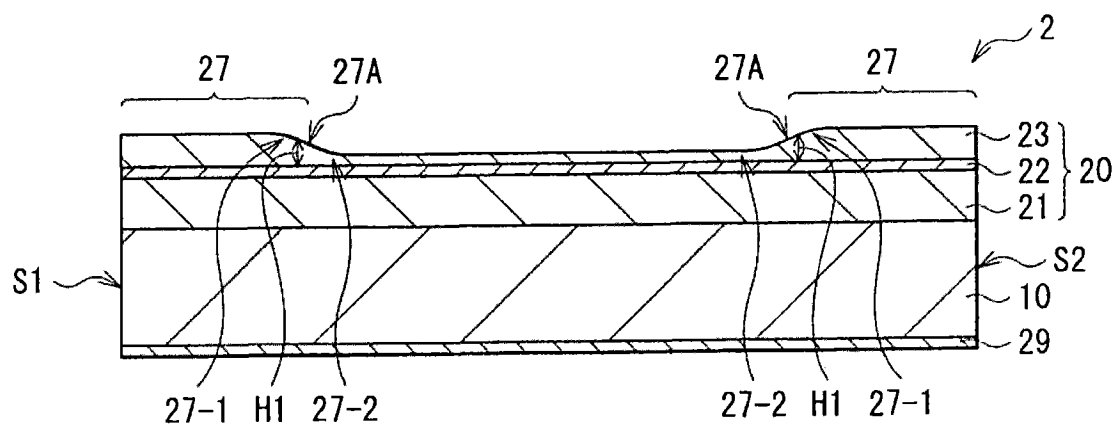


图 13B

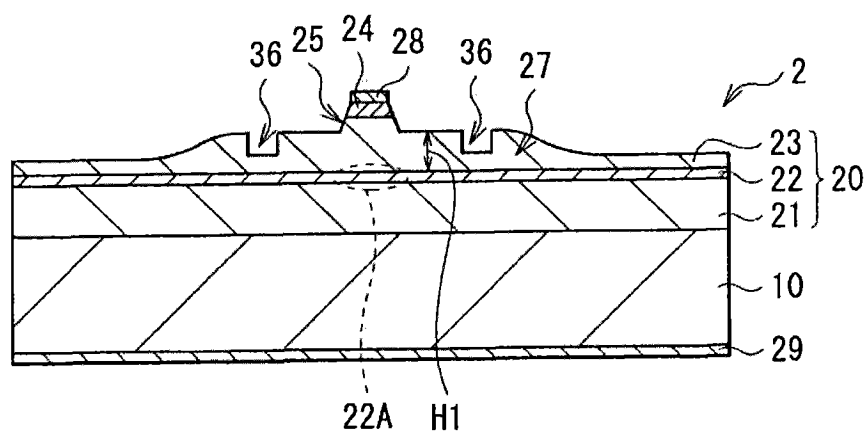


图 13C

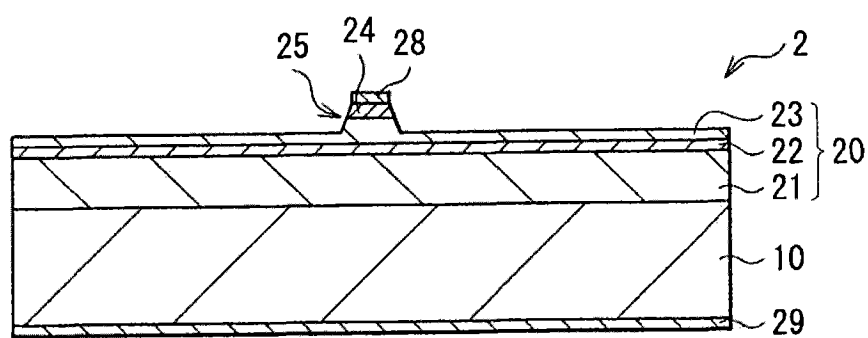


图 13D

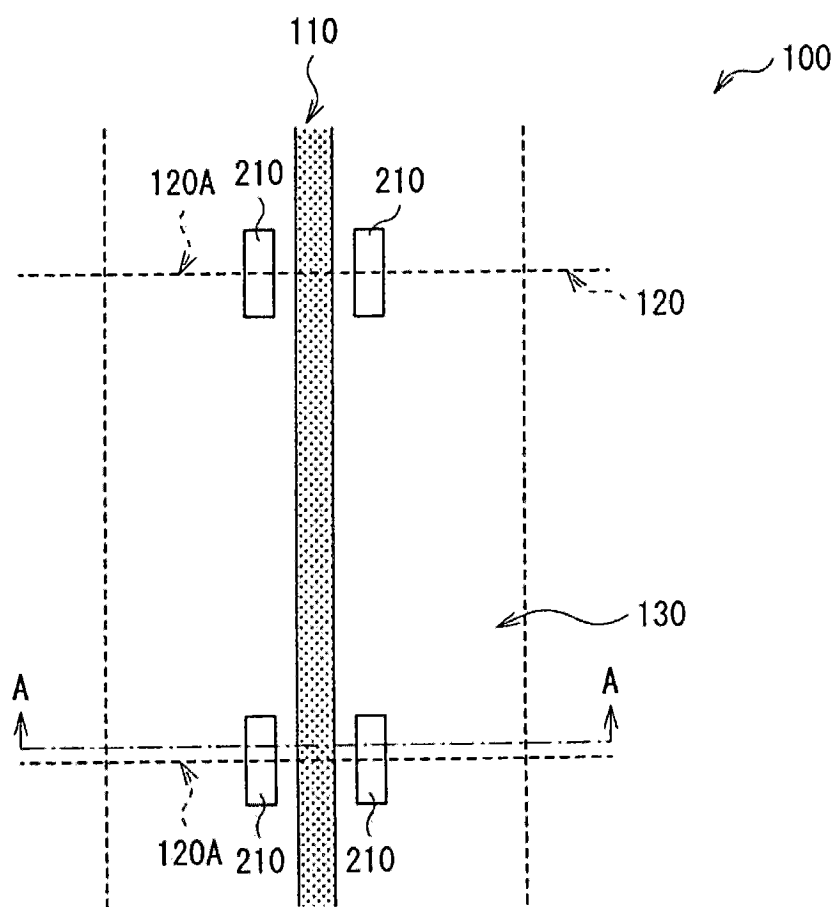


图 14A

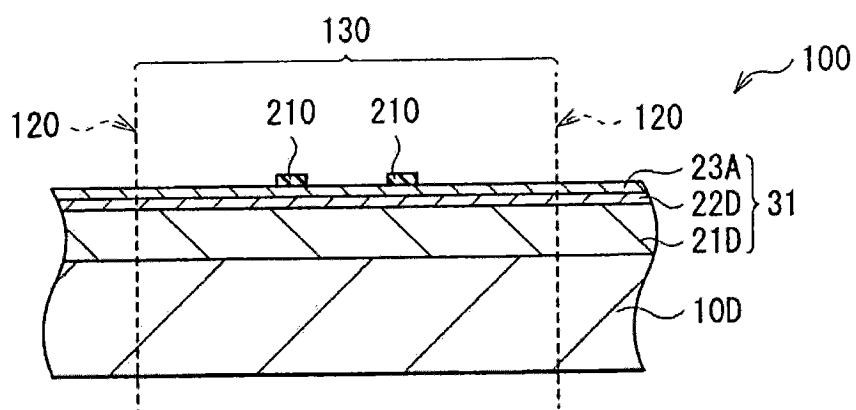


图 14B

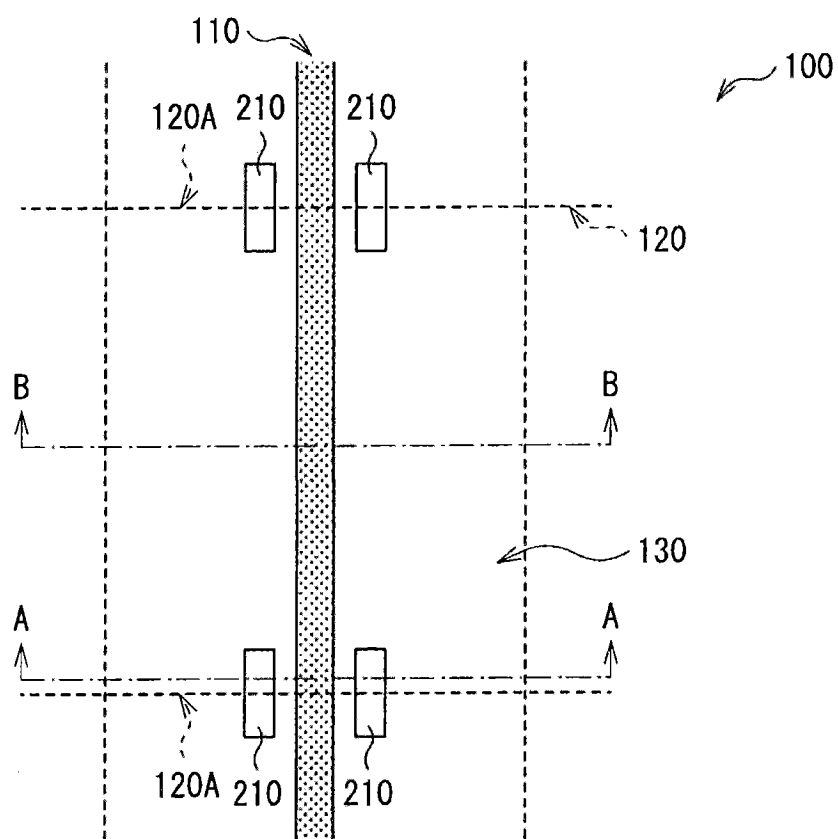


图 15A

图 15B

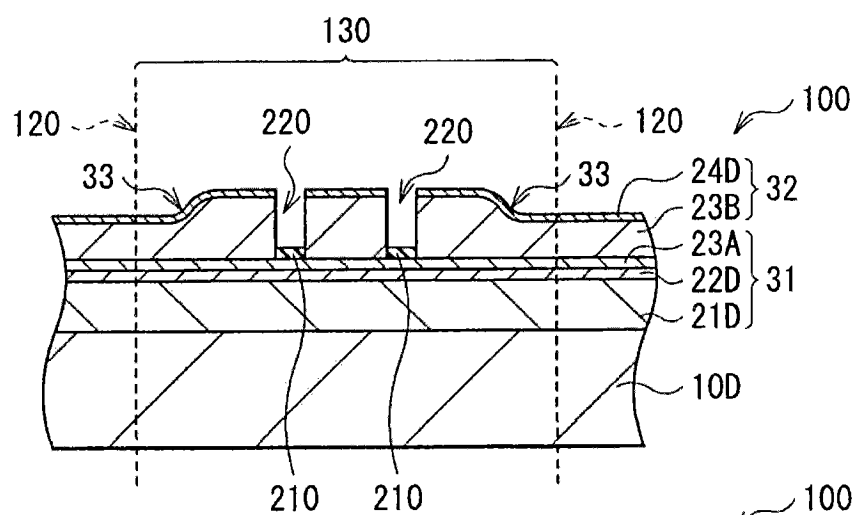
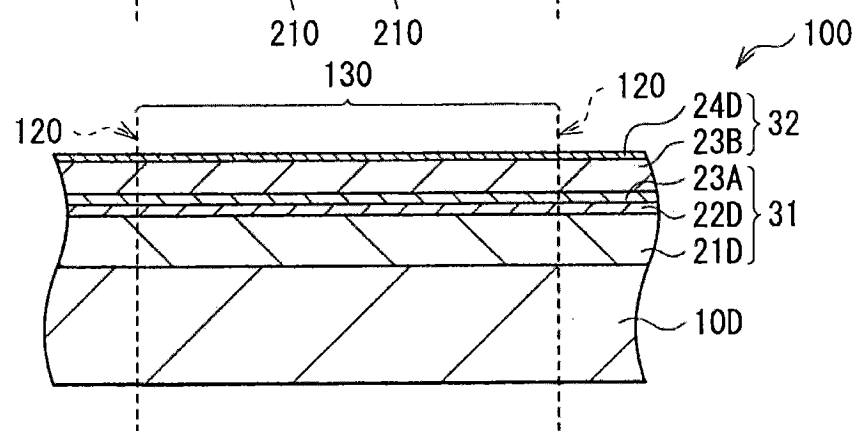


图 15C



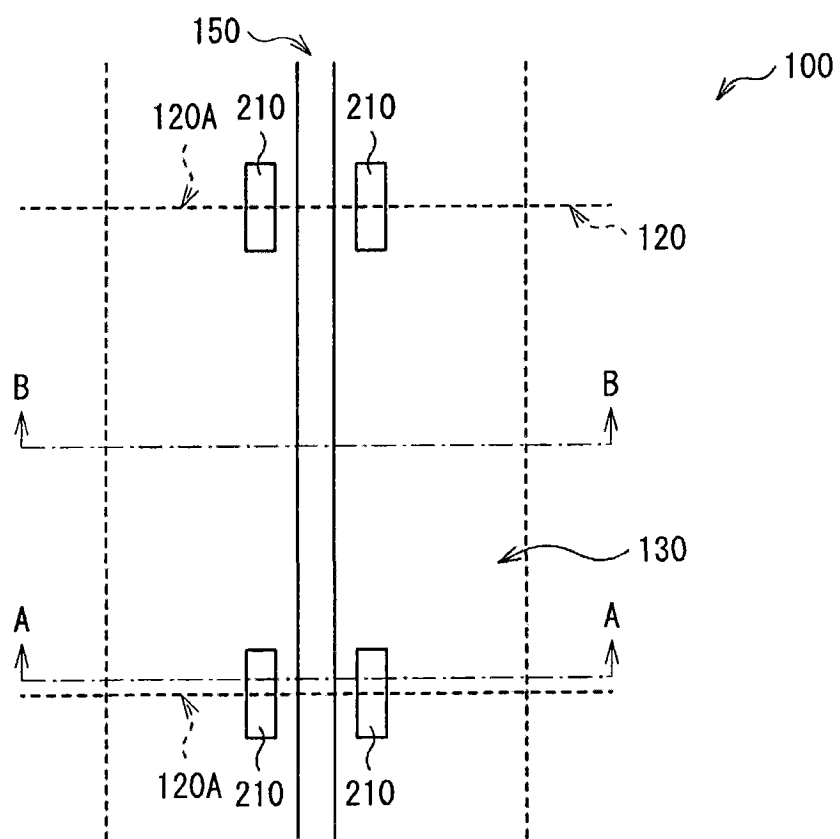
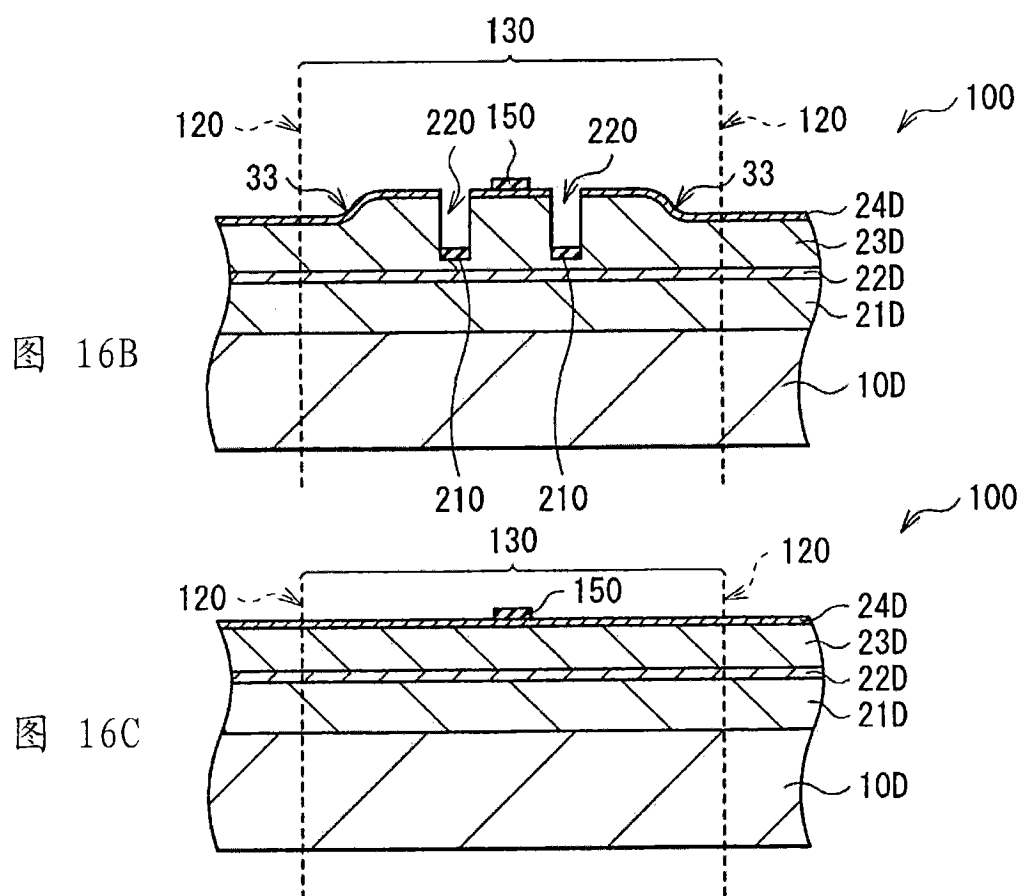


图 16A



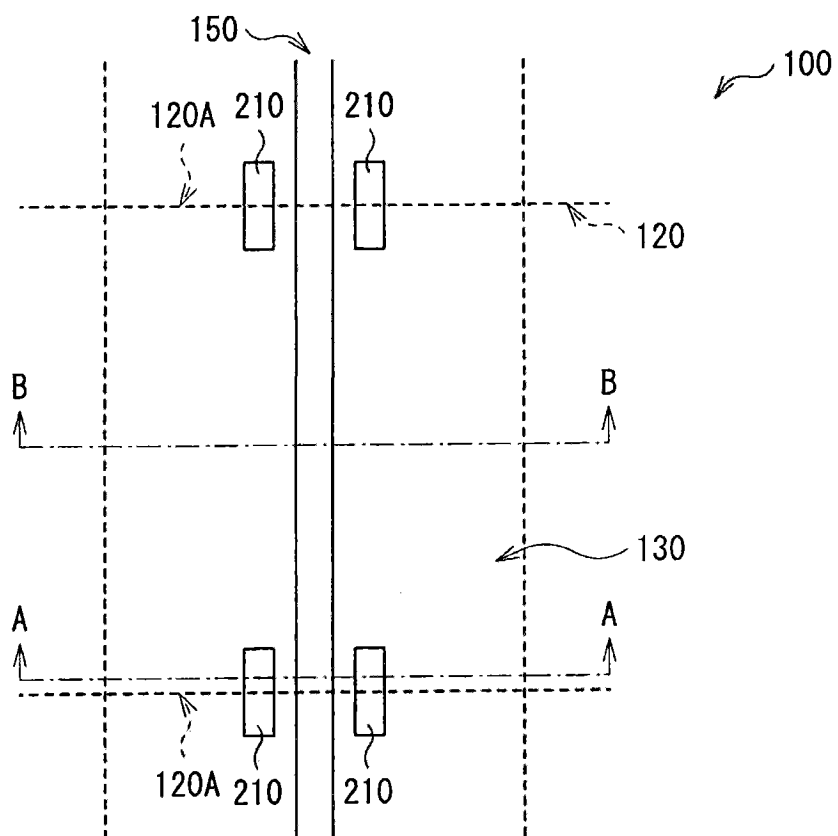


图 17A

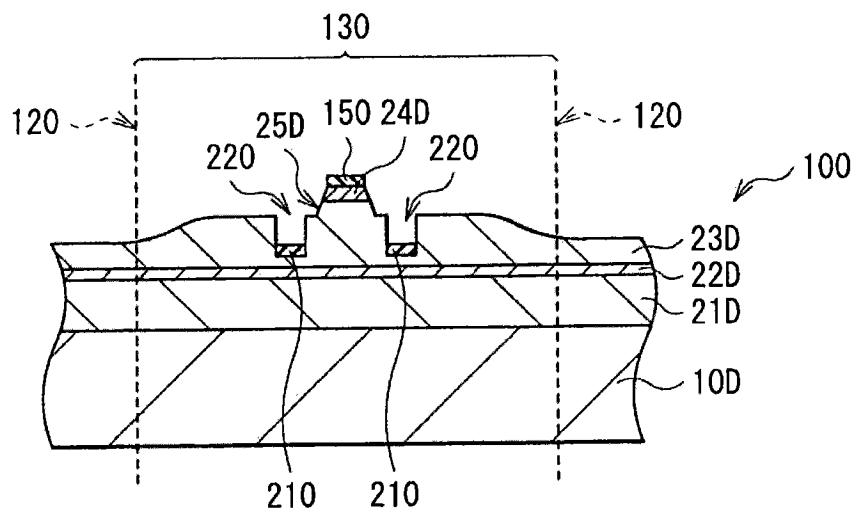


图 17B

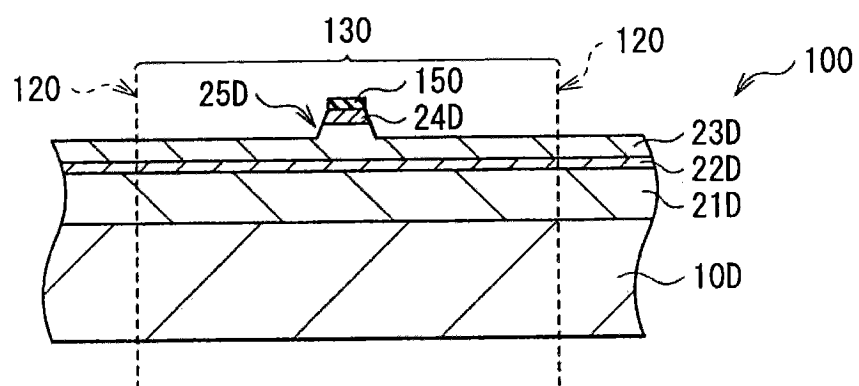


图 17C

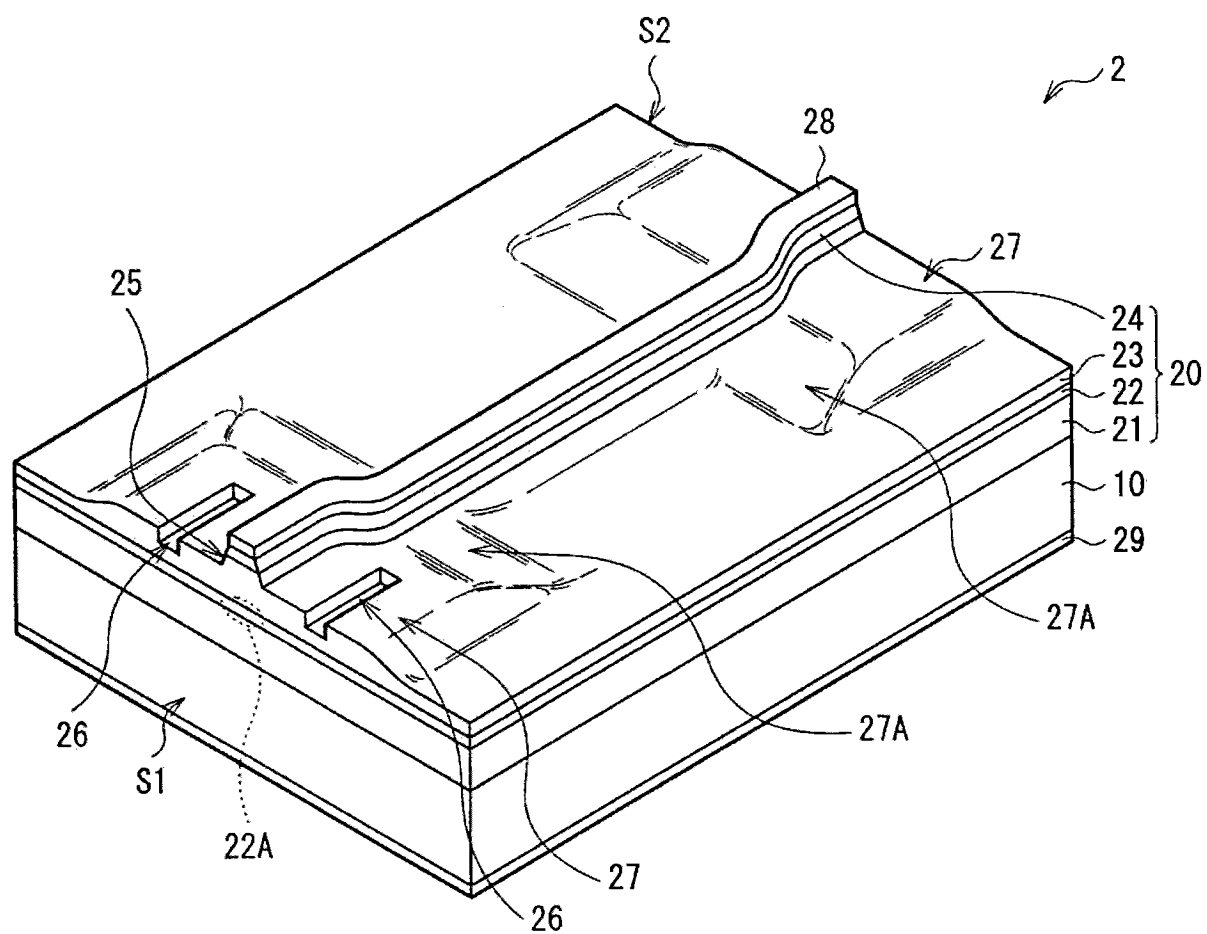


图 18

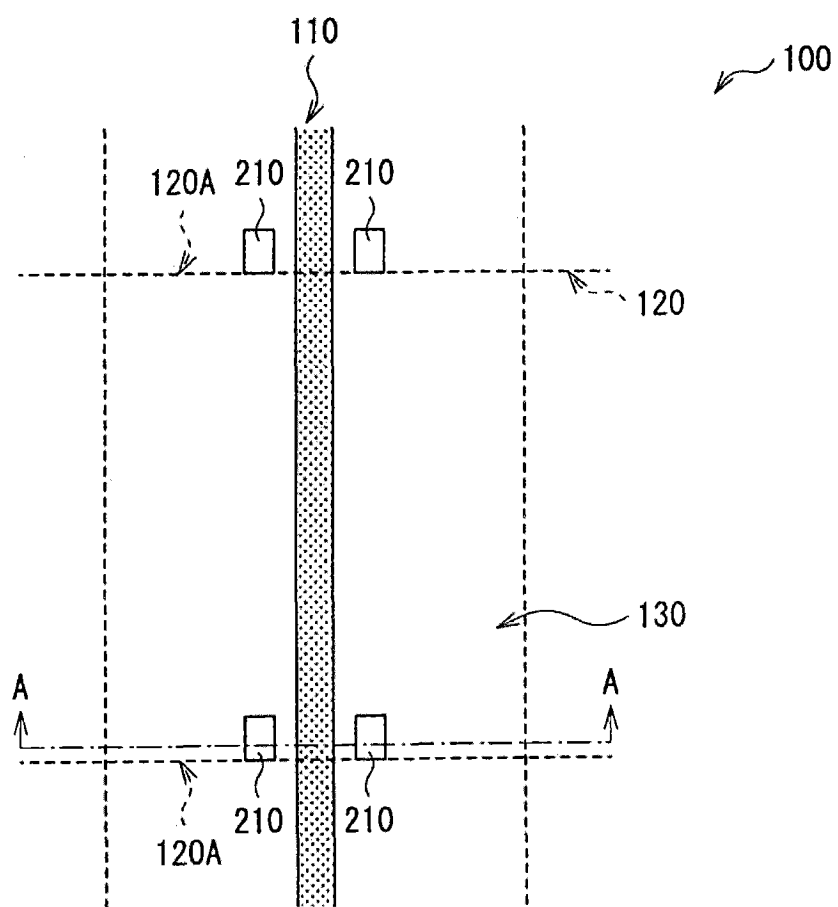


图 19A

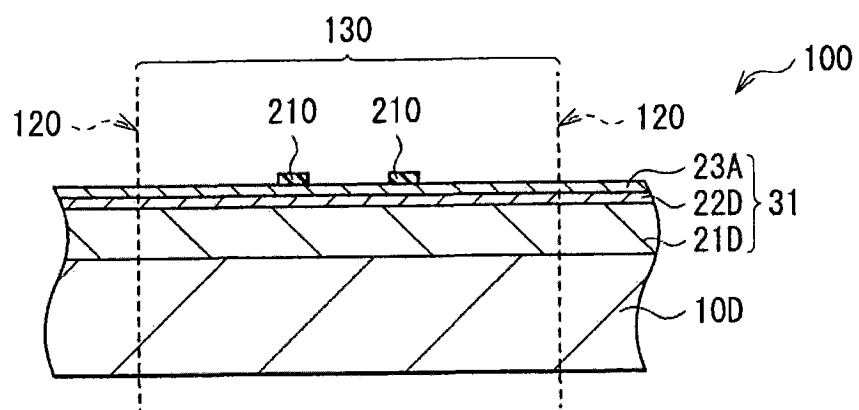


图 19B

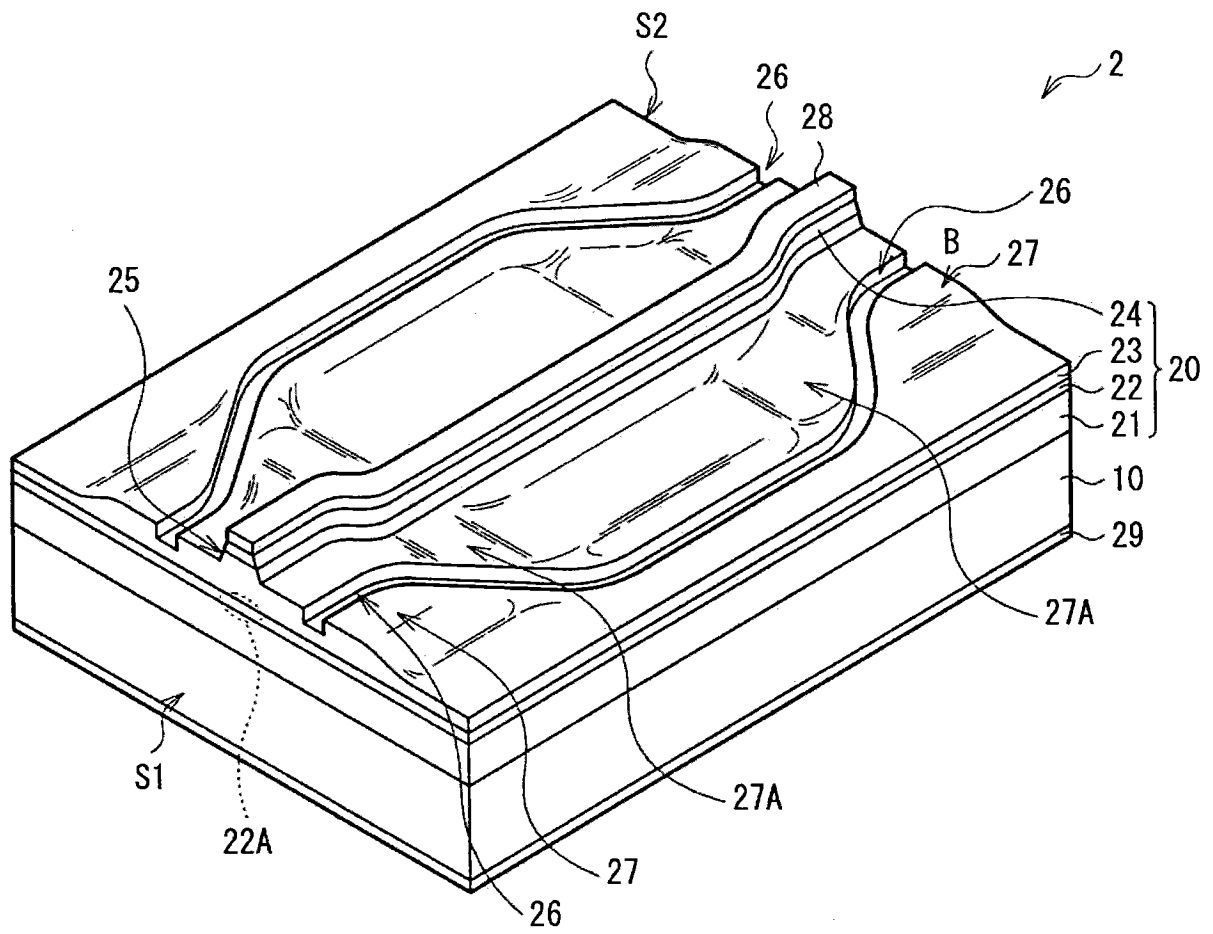


图 20