



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111386638 B

(45) 授权公告日 2024.05.14

(21) 申请号 201980005918.6

(22) 申请日 2019.01.17

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111386638 A

(43) 申请公布日 2020.07.07

(30) 优先权数据
2018-008955 2018.01.23 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.05.22

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2019/001192 2019.01.17

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/146478 JA 2019.08.01

(73) 专利权人 索尼半导体解决方案公司
地址 日本神奈川

(72) 发明人 德田耕太 渡边秀辉 河角孝行

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司 11240

专利代理师 余刚

(51) Int.Cl.
H01S 5/20 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 103650263 A, 2014.03.19
JP 2002217495 A, 2002.08.02
JP 2005150568 A, 2005.06.09
WO 2017017928 A1, 2017.02.02
A. Pourhashemi 等. High-power blue laser diodes with indium tin oxide cladding on semipolar (20⁻¹) GaN substrates. 《APPLIED PHYSICS LETTERS》. 2015, 第106卷卷正文第1-3页.

审查员 武晓卫

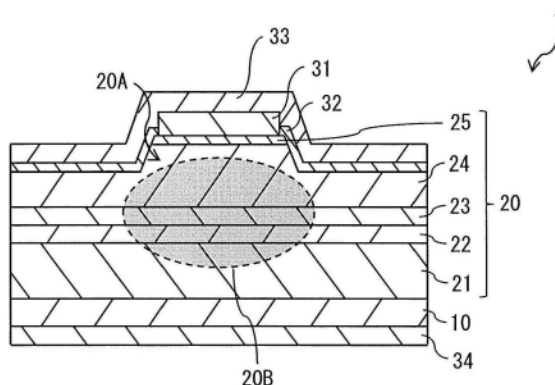
权利要求书1页 说明书13页 附图10页

(54) 发明名称

半导体激光器和电子设备

(57) 摘要

根据本公开的一个实施例的半导体激光器设置有半导体多层部。半导体多层部依次包含第一包覆层、活性层、一个或多个低浓度杂质层、接触层和由透明导电材料形成的第二包覆层。该半导体多层部在包含该接触层的部分中另外具有在该层叠面内的一个方向上延伸的脊形。每个低浓度杂质层具有 $5.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 或更小的杂质浓度；并且低浓度杂质层的总膜厚度为250nm至1,000 μm (包括端值)。第二包覆层与最靠近第二包覆层的低浓度杂质层之间的距离为150nm以下。



1. 一种半导体激光器,包括:

半导体叠层,所述半导体叠层依次包括第一包覆层、活性层、多个低浓度杂质层、接触层和包括透明导电材料的第二包覆层,所述半导体叠层在包括所述接触层的部分中具有在堆叠面内的方向上延伸的脊形,

所述多个低浓度杂质层具有 $5.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以下的杂质浓度,所述多个低浓度杂质层的总厚度为250nm以上且1000nm以下,

所述第二包覆层与最靠近所述第二包覆层的低浓度杂质层之间的距离为150nm以下,

设置在所述多个低浓度杂质层内的载流子阻挡层,其中,所述载流子阻挡层具有梯度层,在所述梯度层中,组成被梯度化以允许所述载流子阻挡层的带隙能量朝向所述接触层减小,

其中,所述脊形通过蚀刻所述接触层的一部分、所述载流子阻挡层的一部分和所述多个低浓度杂质层的一部分来形成,在所述多个低浓度杂质层中,所述脊形的正下方的部分具有比所述脊形的侧部更大的厚度。

2. 根据权利要求1所述的半导体激光器,其中所述透明导电材料为ITO(氧化铟锡)或ITiO(氧化铟钛)。

3. 根据权利要求1所述的半导体激光器,其中所述第一包覆层、所述活性层、所述多个低浓度杂质层、所述接触层、和所述载流子阻挡层均包括氮化物半导体。

4. 根据权利要求1所述的半导体激光器,其中包括在所述多个低浓度杂质层中的所述杂质是镁、碳、硅或氧中的至少一者。

5. 一种电子设备,包含:

用作光源的半导体激光器;

所述半导体激光器包括半导体叠层,所述半导体叠层依次包括第一包覆层、活性层、多个低浓度杂质层、接触层和包括透明导电材料的第二包覆层,所述半导体叠层在包括接触层的部分中具有在堆叠面内的方向上延伸的脊形,

所述多个低浓度杂质层具有 $5.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以下的杂质浓度,所述多个低浓度杂质层的总厚度为250nm以上且1000nm以下,

所述第二包覆层与最靠近所述第二包覆层的低浓度杂质层之间的距离为150nm以下,

设置在所述多个低浓度杂质层内的载流子阻挡层,其中,所述载流子阻挡层具有梯度层,在所述梯度层中,组成被梯度化以允许所述载流子阻挡层的带隙能量朝向所述接触层减小,

其中,所述脊形通过蚀刻所述接触层的一部分、所述载流子阻挡层的一部分和所述多个低浓度杂质层的一部分来形成,在所述多个低浓度杂质层中,所述脊形的正下方的部分具有比所述脊形的侧部更大的厚度。

半导体激光器和电子设备

技术领域

[0001] 本公开涉及一种半导体激光器和包括该半导体激光器的电子设备。

背景技术

[0002] 已经公开了半导体激光器的各种技术。

[0003] 引文清单

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2009-94360号公报

[0006] 专利文献2:日本特开2013-42107号公报

[0007] 专利文献3:日本特开2004-289157号公报

[0008] 专利文献4:日本特开2007-129246号公报

[0009] 专利文献5:日本特开2016-66670号公报

[0010] 专利文献6:日本特开2001-77463号公报

[0011] 专利文献7:日本特开2009-117695号公报

[0012] 专利文献8:日本特开2006-41491号公报

发明内容

[0013] 已经要求半导体激光器的高功率输出来增加亮度。这种高功率输出引起发热问题。基于功率转换效率确定发热量。因此,为了减少这种发热量,不仅光输出特性而且驱动电压的降低都是重要的。因此,期望提供一种能够降低驱动电压的半导体激光器和包括该半导体激光器的电子设备。

[0014] 根据本公开的一个实施例的第一半导体激光器包括半导体叠层。该半导体叠层依次包括第一包覆层、活性层、一个或多个低浓度杂质层、接触层和包括透明导电材料的第二包覆层。该半导体叠层在包括该接触层的部分中还具有在堆叠面内的一方向上延伸的脊形。每个低浓度杂质层的杂质浓度为 $5.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以下,低浓度杂质层的总厚度为250nm以上且1000nm以下。第二包覆层和最接近第二包覆层的低浓度杂质层之间的距离为150nm或更小。

[0015] 根据本公开的一个实施例的第二半导体激光器包括半导体叠层。该半导体叠层依次包括第一包覆层、活性层、具有 $5.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 或更小的杂质浓度的一个或多个低浓度杂质层、接触层,以及包括透明导电材料的第二包覆层。该半导体叠层在包括该接触层的部分中还具有在堆叠面内的一方向上延伸的脊形。在驱动该半导体激光器的情况下,该第二包覆层被设置在远离将在该半导体叠层内产生的光波导区域的位置处。

[0016] 根据本公开的一个实施例的第一电子设备包括作为光源的第一半导体激光器。

[0017] 根据本公开的一个实施例的第二电子设备包括作为光源的第二半导体激光器。

[0018] 在根据本公开的一个实施例的第一半导体激光器和第一电子设备中,第二包覆层包括透明导电材料。此外,设置在活性层和接触层之间的一个或多个低浓度杂质层具有 5.0

$\times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以下的杂质浓度,并且低浓度杂质层的总厚度为250nm以上且1000nm以下。此外,第二包覆盖层与最靠近第二包覆盖层的低浓度杂质层之间的距离为150nm以下。这允许减少由透明导电材料引起的光吸收,并且进一步地,即使在例如没有包括掺杂有Mg的AlGaN的厚包覆盖层的情况下,也通过包括透明导电材料的第二包覆盖层在堆叠方向上限制光。根据本公开的一个实施例的第一半导体激光器和第一电子设备还包括条形脊。因此,光也在横向方向上受到限制。

[0019] 在根据本公开的一个实施例的第二半导体激光器和第二电子设备中,第二包覆盖层包括透明导电材料。此外,设置在活性层和接触层之间的一个或多个低浓度杂质层具有 $5.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以下的杂质浓度。此外,在驱动半导体激光器的情况下,第二包覆盖层位于远离将在半导体叠层内产生的光波导区域的位置处。这允许减少由透明导电材料引起的光吸收,并且进一步地,即使在例如没有包括掺杂有Mg的AlGaN的厚包覆盖层的情况下,也通过包括透明导电材料的第二包覆盖层在堆叠方向上限制光。根据本公开的一个实施例的第一半导体激光器和第一电子设备还包括条形脊。因此,光也在横向方向上受到限制。

附图说明

[0020] [图1]是示出根据本公开的一个实施例的半导体激光器的截面结构的示例的图示。

[0021] [图2]是示出上包覆盖层的界面上的光强度与光吸收损耗之间的关系的一个示例的图示。

[0022] [图3]是示出比较例A的半导体激光器的截面结构的一个示例的图示。

[0023] [图4]是示出比较例B的半导体激光器的截面结构的一个示例的图示。

[0024] [图5]是示出比较例C的半导体激光器的截面结构的一个示例的图示。

[0025] [图6]是示出示例和比较例A和B的I-V特性的一个示例的图示。

[0026] [图7]是示出示例和比较例A和B的I-L特性的一个示例的图示。

[0027] [图8]是示出示例和比较例A和B的I-WPE特性的一个示例的图示。

[0028] [图9]是示出图1的半导体激光器的截面结构的一个变形例的图示。

[0029] [图10]是示出图1的半导体激光器的截面结构的一个变形例的图示。

[0030] [图11]是示出图1的半导体激光器的截面结构的一个变形例的图示。

[0031] [图12]是示出在载流子阻挡层具有组成梯度的情况下的折射率分布的一个示例的图示。

[0032] [图13]是示出图12的梯度层的厚度与界面上的空穴浓度之间的关系的一个示例的图示。

[0033] [图14]是示出图1的半导体激光器的截面结构的一个变形例的图示。

[0034] [图15]是示出图1的半导体激光器的截面结构的一个变形例的图示。

[0035] [图16]是示出图1的半导体激光器的截面结构的一个变形例的图示。

[0036] [图17]是示出应用半导体激光器的投影仪的示意性结构的一个示例的图示。

[0037] [图18]是示出应用半导体激光器的显示装置的示意性结构的一个示例的图示。

[0038] [图19]是示出应用半导体激光器的电子设备的透视结构的一个示例的图示。

具体实施方式

[0039] 在下文中,将参考附图详细描述本公开的实施例。以下描述是本公开的一个具体示例,并且本公开不应限于以下实施例。此外,本公开不限于附图中所示的各个元件的位置、尺寸、尺寸比和其他因素。需要说明的是,按照以下顺序进行说明。

[0040] 1. 第一实施例(半导体激光器)

[0041] 2. 变形例(半导体激光器)

[0042] 3. 第二实施例(投影仪)

[0043] 4. 第三实施例(显示装置)

[0044] 5. 第四实施例(电子设备)

[0045] <1. 第一实施例>

[0046] [结构]

[0047] 给出了根据本公开的第一实施例的半导体激光器1的结构的描述。图1示出本实施例的半导体激光器1的截面结构的一个示例。半导体激光器1具有将在后面描述的半导体叠层20夹在谐振器方向(脊部20A延伸的方向)上的一对谐振器端面之间的结构。因此,半导体激光器1是所谓的边发射型半导体激光器中的一种。

[0048] 半导体激光器1在衬底10上包括半导体叠层20。半导体叠层20从衬底10的侧面依次包括例如下包覆层21、下引导层22、活性层23、低浓度杂质层24和接触层25。下包覆层21对应于本公开的“第一包覆层”的一个示例。应注意,半导体叠层20可进一步包括除上述层以外的任何层(例如,缓冲层)。此外,在半导体叠层20中,可以省略下引导层22。

[0049] 衬底10和半导体叠层20例如包括诸如GaN的III-V族氮化物半导体。在本文中,“III-V族氮化物半导体”是指包含选自周期表的短周期型的一组3B族元素(Ga、Al、In或B中的至少一种元素)和周期表的短周期型的一组5B族元素中的至少一种元素的半导体。III-V族氮化物半导体的示例包括含有Ga和N的基于氮化镓的化合物。氮化镓基化合物的示例包括GaN、AlGaN和AlGaInN。III-V族氮化物半导体根据需要掺杂有IV或VI族元素(诸如Si、Ge、O或Se)的n型杂质或者II或IV族元素(诸如Mg、Zn或C)的p型杂质。衬底10可以包括AlN、Al₂O₃(蓝宝石)、SiC、Si或ZrO。

[0050] 衬底10可以是III-V族氮化物半导体衬底,诸如GaN衬底。在这种情况下,GaN衬底的主表面的晶面可以是极性面、半极性面和非极性面中的一者。极面用使平面索引例如{0,0,0,1}或{0,0,0,-1}来表示。该半极平面用平面索引例如{2,0,-2,1}、{1,0,-1,1}、{2,0,-2,-1}或{1,0,-1,-1}来表示。非极性平面用平面索引例如由{1,1,-2,0}或{1,-1,0,0}来表示。

[0051] 下包覆层21形成在衬底10的主表面上,并包括例如具有n型导电性的半导体层(n型半导体层)。下包覆层21包括例如GaN层、AlGaN层和AlGaInN层中的一者,或者这些层中的至少两层。在下包覆层21中,例如使用Si作为掺杂剂以获得n型导电性。下包覆层21具有例如500nm至3000nm的厚度。

[0052] 下引导层22例如形成在下包覆层21上方,并且包括例如n型半导体层。下引导层22包括例如GaN层、AlGaN层,和InGaN层中的一者,或者这些层中的至少两层。在下引导层22中,例如使用Si作为掺杂剂以获得n型导电性。下引导层22具有例如10nm以上500nm以下的厚度。应当注意,下引导层22可以包括非掺杂半导体层。

[0053] 活性层23例如形成在下引导层22上方。活性层23设置在下引导层22和低浓度杂质层24之间。活性层23例如通过交替堆叠阻挡层和阱层而构成,并且具有多阱结构。应当注意,活性层23可以具有多量子阱结构。

[0054] 每个阱层包括Ga和III-V族氮化物半导体。每个阱层包括例如n型半导体层。在每个阱层中,例如使用Si作为掺杂剂以获得n型导电性。每个阱层具有例如约1nm至100nm的厚度。应当注意,每个阱层可以包括非掺杂半导体层。每个阱层产生的光子的波长例如为430nm-550nm。

[0055] 每个阻挡层包括III-V族氮化物半导体。每个阻挡层包括例如n型半导体层。在每个阻挡层中,例如使用Si作为掺杂剂以获得n型导电性。每个阻挡层的厚度例如为1nm至100nm。应注意,所述阻挡层中的每一者可包括非掺杂半导体层。阻挡层的带隙具有等于或大于在每个阱层中变为最大的带隙的值。

[0056] 低浓度杂质层24例如形成在活性层23上,并且包括例如n型半导体层。低浓度杂质层24包括例如GaN层、AlGaN层、InGaN层和AlGaInN层中的一者,或者这些层中的至少两层。低浓度杂质层24包括杂质。在此,杂质是指除包含在III-V族氮化物半导体中的元素之外的元素(具体地,Ga、Al、In和B中的至少一种元素和N元素)。该杂质包括例如Mg、C、Si或O中的至少一者。包含在低浓度杂质层24中的杂质浓度为 $5.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 或更低,例如 $5.0 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 。低浓度杂质层24在面对脊部20A的部分处的厚度为250nm以上1000nm以下,并且优选为500nm以上1000nm以下。需要注意的是,在本实施例中,低浓度杂质层24不仅设置到脊部20A的底部,而且设置在脊部20A的侧部。因此,后述的脊部20A正下方的部分具有比脊部20A的侧部的厚度厚。

[0057] 包含在低浓度杂质层24中的杂质浓度为 $5.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以下,从而可以减少或避免由于杂质引起的光吸收而导致的光输出特性的劣化。此外,低浓度杂质层24在面对脊部20A的部分处的厚度为250nm或更大,从而可以减少或避免由于接触层25和上包覆层31的光吸收而导致的光输出特性的劣化。此外,低浓度杂质层24在面对脊部20A的部分处的厚度为1000nm或更小,从而可以减少或避免由于半导体层的电阻部件的增加而引起的电特性的劣化。

[0058] 低浓度杂质层24不必具有均匀的杂质浓度和均匀的组成材料的组成比。低浓度杂质层24可以包括具有不同杂质浓度和不同组成材料组成比的多个层。在这种情况下,其总厚度为250nm以上1000nm以下,优选为500nm以上1000nm以下。可以在低浓度杂质层24中设置一层(例如,载流子阻挡层或包覆层),该层不同于低浓度杂质层24并且具有比低浓度杂质层24小的厚度。

[0059] 接触层25例如形成在低浓度杂质层24上,并包括例如具有p型导电性的半导体层(P型半导体层)。接触层25包括例如GaN层、AlGaN层和AlGaInN层中的一者,或者这些层中的至少两层。在接触层25中,例如使用Mg作为掺杂剂以获得p型导电性。接触层25具有例如约1nm以上150nm以下的厚度。在这种情况下,低浓度杂质层24和上包覆层31之间的距离等于接触层25的厚度,并且例如为1nm以上150nm以下。

[0060] 半导体叠层20的上部,具体地,低浓度杂质层24和接触层25的一部分形成具有凸起形状的脊部20A。接触层25形成在脊部20A的上表面上。脊部20A在包括接触层25的部分处是脊形的,脊在半导体叠层20的一个堆叠的面内的一方向(谐振器方向)上延伸。脊部20A夹

在半导体叠层20中的一对谐振器端面之间。该脊部20A具有例如约50 μm 至3000 μm 的长度。脊部20A具有例如0.5 μm 至100 μm 的宽度(在垂直于谐振器的方向上的长度)。例如,通过蚀刻去除从接触层25的表面到低浓度杂质层24的中间的部分来形成脊部20A。

[0061] 半导体叠层20的顶表面的脊部20A的侧表面和基部覆盖有绝缘层32。绝缘层32包括例如 SiO_2 。绝缘层32具有例如10nm至500nm的厚度。

[0062] 半导体激光器1还包括位于半导体叠层20上方的上包覆层31、绝缘层32和上电极层33,以及位于半导体叠层20背面的下电极层34。上包覆层31对应于本公开的“第二包覆层”的一个示例。

[0063] 上包覆层31形成在半导体叠层20上方,与脊部20A的上表面接触。上包覆层31形成在接触层25的上表面上。上包覆层31包括透明导电材料。包含在上包覆层31中的透明导电材料的示例包括ITO(氧化铟锡)和ITiO(氧化铟钛)。上包覆层31具有例如10nm以上500nm以下的厚度。上包覆层31可以电耦合到接触层25,并且上包覆层31的层结构不限于上述结构。此外,上包覆层31可以与接触层25的上表面的全部或仅一部分接触。

[0064] 上电极层33形成在上包覆层31上。上电极层33具有从更靠近上包覆层31的一侧依次层叠例如Ti层、Pt层、Au层的结构。该Ti层具有例如2nm至100nm的厚度。该Pt层具有例如10nm至300nm的厚度。Au层具有例如10nm至300nm的厚度。上电极层33可电耦合到上包覆层31,并且层结构或上电极层33不限于上述结构。此外,上电极层33可以与上包覆层31的上表面的全部或仅一部分接触。

[0065] 下电极层34例如形成为与衬底10的背面接触。下电极层34具有例如Ti层和Al层从更靠近衬底10的一侧依次层叠的结构。该Ti层具有例如5nm至50nm的厚度。该Al层具有例如10nm至300nm的厚度。下电极层34可电耦合到衬底10,并且下电极层34的层结构不限于上述结构。此外,下电极层34可以与衬底10的背面的全部或仅一部分接触。

[0066] [制造方法]

[0067] 接着,说明本实施例的半导体激光器1的制造方法。

[0068] 首先,例如,制备包括GaN的衬底10。接着,使用例如MOCVD(金属有机化学气相沉积)方法在衬底10的前表面上以例如1050 $^{\circ}\text{C}$ 的生长温度外延生长下包覆层21和下引导层22。接着,使用MOCVD法在例如700 $^{\circ}\text{C}$ 的生长温度下外延生长活性层23。接着,使用MOCVD法在例如1050 $^{\circ}\text{C}$ 的生长温度下外延生长低浓度杂质层24和接触层25。

[0069] 此外,在MOCVD的执行过程中,例如使用三甲基镓($(\text{CH}_3)_3\text{Ga}$)作为镓的源气体,例如使用三甲基铝($(\text{CH}_3)_3\text{Al}$)作为铝的源气体,例如使用三甲基铟($(\text{CH}_3)_3\text{In}$)作为铟的源气体。此外,使用氨气(NH_3)作为氮的源气体。此外,例如使用甲硅烷(SiH_4)作为硅源气体,例如使用双(环戊二烯基)镁($(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mg}$)作为镁的源气体。

[0070] 接着,在半导体叠层20上形成在要形成上包覆层31的区域中具有开口的抗蚀剂涂膜,并且使用例如真空沉积法或溅射法形成上包覆层31。随后,使用例如RIE方法通过蚀刻去除至少上包覆层31的一部分、接触层25的一部分和低浓度杂质层24的一部分。由此,形成脊部20A,并且在脊部20A上形成上包覆层31。

[0071] 接着,使用例如真空沉积法或溅射法在通过蚀刻暴露的半导体叠层20的表面上形成绝缘层32。使用例如剥离方法在上包覆层31和绝缘层32的表面上形成上电极层33。随后,使用例如剥离方法在衬底10的背面上形成下电极层34。接下来,将衬底10切割成条形,并且

在暴露的端表面部分上形成用于控制反射率的涂膜。此外,将切割成条形的衬底10进一步切割成芯片形状。由此,制造半导体激光器1。

[0072] [操作]

[0073] 在具有这种结构的半导体激光器1中,在上电极层33和下电极层34之间施加预定电压允许电流通过脊部20A注入到活性层23中。由于电子与空穴的重组而导致发光。光被一对谐振器端面反射,并被下包覆层21和上包覆层31限制,从而引起预定振荡波长的激光振荡。此时,在半导体叠层20中形成光波导区域20B,振荡光通过该光波导区域20B被波导。然后将预定振荡波长的激光从谐振器端面中的一者输出到外部。光波导区域20B直接形成在以活性层23为中心的脊部20A的下方。光波导区域20B的边界(图1中由虚线示出的部分)是具有光强度的区域,该光强度与光波导区域20B中的最大光强度的比率是0.007。

[0074] 使用上述定义确定光波导区域20B的边界,因为上包覆层31的界面上的光强度与光吸收损耗的比率具有如图2所示的关系。图2示出了如果上包覆层31的界面上的光强度的比率变得大于0.007,则光吸收损耗迅速增加,从而导致激光器特性的劣化。也就是说,在上包覆层31与光波导区域20B接触的情况下,光吸收很大,从而导致激光器特性的劣化。相反,在上包覆层31位于远离光波导区域20B的情况下,光吸收损耗较小,从而降低了激光器特性的劣化。

[0075] [效果]

[0076] 接着,与比较例比较,说明半导体激光器1的效果。

[0077] 为了提高半导体激光器的功率转换效率,需要减小驱动电流值和驱动电压值。特别地,对于氮化物基半导体激光器,挑战是如何降低驱动电压值。图3示出普通的氮化物基半导体激光器100(比较例A的半导体激光器100)的截面结构的示例。半导体激光器100通常包括作为包覆层的AlGaIn层,以获得沿堆叠方向的光限制所需的折射率台阶。应当注意,半导体激光器100在衬底10上设置有半导体叠层120,并且还设置有上引导层121和上包覆层122而不是低浓度杂质层24。此外,代替上包覆层31、半导体激光器100在脊部120A上设置有包括ITO的上电极层131。

[0078] 需要AlGaIn包覆层具有较小的折射率并进行载流子传输。由此,在活性层23的一侧形成具有n型导电性的AlGaIn包覆层(下包覆层21),在活性层23的另一侧形成具有p型导电性的AlGaIn包覆层(上包覆层122)。此时,在许多情况下,上包覆层122掺杂有Mg作为受主以获得p型导电性。但AlGaIn中的Mg具有较大的电离活化能,难以产生高浓度的空穴载流子。这增加了上包覆层122的电阻以增加半导体激光器100的驱动电压,从而导致半导体激光器100的功率转换效率的劣化。

[0079] 图4示意性地示出了根据比较例B的半导体激光器200的截面结构。半导体激光器200没有上包覆层122和脊部120A,并且接触层123与上引导层121接触。此外,代替上电极层131,半导体激光器200设置有包括ITO的上包覆层132。此外,绝缘层124设置在上包覆层132周围。

[0080] ITO的折射率对于例如近450nm的波长约为2.0,其与即上引导层121的折射率2.5相比足够小。因此,上包覆层132用作获得折射率台阶以将光限制在堆叠方向上的包覆层。半导体激光器200不必使用具有p型导电性的高电阻AlGaIn包覆层,从而获得降低驱动电压的优点。

[0081] 此外,在半导体激光器100中,形成脊部120A,并且在脊部120A周围形成绝缘层32。绝缘层32包括(例如)SiO₂,并且对于(例如)450nm的波长具有与氮化物半导体的折射率相比足够小的折射率1.46。由此,能够获得在脊部120A的宽度方向上实现光限制所需的折射率台阶。

[0082] 相反,在半导体激光器200中,在接触层123上形成上包覆层132,并且在没有形成上包覆层132的区域中形成绝缘层124。绝缘层124的折射率对于例如近450nm的波长是1.46,其与上包覆层132对于相同波长的折射率2.0相比足够大。因此,即使不形成脊部,也可以实现在堆叠的面内方向上的光限制,从而实现稳定的激光操作、降低成本和更好的成品率。

[0083] 现在,上包覆层132对于具有例如430nm到550nm的波长的光具有有限的光吸收。因此,在半导体激光器200中,在谐振器中形成的光横向模式中,泄漏到上包覆层132中的光强度大(参见图4中的光波导区域220B)。结果,上包覆层132由于光吸收引起接收损耗,半导体激光器200难以充分改善其特性。此外,半导体叠层220的结构没有充分地将光限制在堆叠的面内方向,这可能导致半导体激光器200的不稳定操作。

[0084] 图5示意性地示出了根据比较例C的半导体激光器300的截面结构。半导体激光器300设置有具有较大厚度的上引导层321,而不是具有较小厚度的上引导层121。这样的结构允许降低以在谐振器中形成的光横向模式下泄漏到上包覆层132中的光的强度(参见图5的光波导区域320B)。然而,由于上包覆层132位于远离活性层23的位置,因此在堆叠的面内方向上的光限制变得不充分,这可能导致不稳定的激光操作。

[0085] 相反,在本实施例中,上包覆层31包括透明导电材料。此外,设置在活性层23和接触层25之间的低浓度杂质层24具有 $5.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以下的杂质浓度,并且具有250nm以上1000nm以下的总厚度。此外,低浓度杂质层24与上包覆层31之间的距离为150nm以下。这允许减少由透明导电材料引起的光吸收,并且进一步地,即使例如没有包括掺杂有Mg的AlGaIn的厚的包覆层,光也由包括透明导电材料的上包覆层31限制在堆叠方向上。在本实施例中,进一步形成具有条形形状的脊部20A。因此,光也在横向方向上受到限制。由此,能够降低驱动电压。

[0086] 此外,在本实施例中,上包覆层31包括透明导电材料。此外,设置在活性层23和接触层25之间的低浓度杂质层24具有 $5.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以下的杂质浓度。此外,在驱动半导体激光器1的情况下,上包覆层31位于远离将在半导体叠层20内产生的光波导区域20B的位置。即,靠近活性层23的上包覆层31的边界处的光强度与最大光强度的比率小于0.007。

[0087] 这允许减少由透明导电材料引起的光吸收,并且进一步地,即使例如没有包括掺杂有Mg的AlGaIn的厚包覆层,光也由包括透明导电材料的上包覆层31限制在堆叠方向上。在本实施例中,进一步形成具有条形形状的脊部20A。因此,光也在横向方向上受到限制。由此,能够降低驱动电压。

[0088] 图6示出了根据比较例A的半导体激光器100,根据比较例B的半导体激光器200以及根据示例的半导体激光器1的I-V特性的一个示例。图6中的结果通过半导体模拟器获得。在半导体模拟器中,在示例中,将低浓度杂质层24的杂质浓度设定为 $2.0 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$,并且将低浓度杂质层24的厚度设定为500nm。在半导体模拟器中,在比较例A和B中,将上引导层121的杂质浓度设定为 $2.0 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$,并且将上引导层121的厚度设定为200nm。图6指示示例中

的驱动电压低于比较例A和B中的驱动电压。

[0089] 图7示出了根据比较例A的半导体激光器100、根据比较例B的半导体激光器200以及根据示例的半导体激光器1的I-L特性的一个示例。图7指示示例提供比较例A和B更大的光输出。

[0090] 图8示出了根据比较例A的半导体激光器100、根据比较例B的半导体激光器200以及根据示例的半导体激光器1的L-WPE(功率转换效率)特性的一个示例。图8示出示例中的功率转换效率高于比较例A和B中的功率转换效率。

[0091] 此外,在本实施例中,半导体叠层20(下包覆层21、活性层23、低浓度杂质层24和接触层25)包括氮化物半导体,并且在半导体叠层20上形成的上包覆层31包括ITO或ITiO。这允许上包覆层31在堆叠方向上限制光,即使例如没有包括掺杂有Mg的AlGa_N的厚包覆层。这使得与设置包括掺杂有Mg的AlGa_N的厚包覆层的情况相比,可以降低驱动电压。

[0092] <2. 变形例>

[0093] 下面,对本实施例的半导体激光器1的变形例进行说明。图9至图14是示出半导体激光器1的截面结构的变形例的图示。

[0094] [变形例A]

[0095] 在本实施例中,接触层25可以具有大的厚度,如例如图9中所示。在这种情况下,例如,可以通过蚀刻接触层25的一部分来形成脊部20A。此外,在接触层25中,直接位于脊部20A下方的部分可以具有比脊部20A的侧部大的厚度。即使这样的结构,也允许减少由透明导电材料引起的光吸收,并且进一步地,即使没有,例如,包括掺杂有Mg的AlGa_N的厚包覆层,光也由包括透明导电材料的上包覆层31限制在堆叠方向上。此外,光也在横向方向上由脊部20A限制。由此,能够降低驱动电压。

[0096] [变形例B]

[0097] 在上述实施例及其变形例中,如例如在图10中示出的:在半导体激光器1中,可以将作为不同于低浓度杂质层24的层的载流子阻挡层26设置到低浓度杂质层24。在这种情况下,载流子阻挡层26设置在活性层23和接触层25之间。在这种情况下,在低浓度杂质层24中,直接位于脊部20A下方的部分可以具有比脊部20A的侧部更大的厚度。载流子阻挡层26能够基本上防止从更靠近衬底10的一侧注入的载流子穿过活性层23进入脊部20A。设置载流子阻挡层26允许提高载流子利用效率,从而使得可以提高半导体激光器1的功率转换效率。

[0098] 载流子阻挡层26包括例如p型半导体层。载流子阻挡层26包括例如Ga_N层、AlGa_N层、AlGa_N层和InGa_N层中的一者,或者这些层中的至少两层。在载流子阻挡层26中,例如使用Mg作为掺杂剂以获得p型导电性。载流子阻挡层26具有例如3nm至50nm的厚度。

[0099] 在本变形例中,将载流子阻挡层26(不同于低浓度杂质层24的层)设置到低浓度杂质层24。即使这样的结构,也允许减少由透明导电材料引起的光吸收,并且进一步地,即使没有,例如,包括掺杂有Mg的AlGa_N的厚包覆层,光也由包括透明导电材料的上包覆层31限制在堆叠方向上。此外,光也在横向方向上由脊部20A限制。由此,能够降低驱动电压。

[0100] [变形例C]

[0101] 在以上的变形例B中,例如参见图11所示,可以通过蚀刻接触层25的一部分、载流子阻挡层26的一部分和低浓度杂质层24的一部分来形成脊部20A。在这种情况下,在位于载

流子阻挡层26和活性层23之间的低浓度杂质层24中,直接位于脊部20A下方的部分可以具有比脊部20A的侧部更大的厚度。这样的结构允许脊部20A在横向上更强烈地限制光,从而获得更好的光输出特性。此外,减少了由透明导电材料引起的光吸收,并且进一步地,即使例如没有包括掺杂有Mg的AlGaIn的厚包覆层,光也被包括透明导电材料的上包覆层31限制在堆叠方向上。由此,能够降低驱动电压。

[0102] [变形例D]

[0103] 在上述变形例C中,可以对载流子阻挡层25的组成进行梯度化(grade),使得载流子阻挡层26的带隙能量朝向接触层25降低。在这种情况下,例如如图12中所示,载流子阻挡层26具有梯度层26A,其中载流子阻挡层25的组成是梯度化的,使得带隙能量朝着接触层25降低。例如,在使用具有10%的Al的AlGaIn作为载流子阻挡层26并且在其上堆叠包括GaIn的接触层25的情况下,载流子阻挡层26的组成梯度(梯度层26A)能够控制电子溢出。此外,载流子阻挡层25的组成梯度(梯度层26A)也能够降低在载流子阻挡层26和接触层25之间的界面上累积的空穴的浓度。例如,图13所示的仿真结果表明设置梯度层26A允许降低载流子阻挡层26和接触层25之间界面上的空穴浓度。此外,还指示梯度层26A的厚度的增加允许载流子阻挡层26和接触层25之间的界面上的空穴浓度的更大降低。

[0104] 在上述变形例C中,可以通过蚀刻载流子阻挡层26来形成脊部20A。此时,由于在脊部20A的表面上发生的非辐射重组,在载流子阻挡层26和接触层25之间的界面上累积的空穴消失。使在载流子阻挡层26和接触层25之间的界面处累积的空穴作为二维电子气容易地在脊部20A中移动。因此,在载流子阻挡层26和接触层25之间的界面上累积的空穴的浓度越高,在非辐射重组期间将消失的空穴的数量就越高,从而导致发光效率的退化。

[0105] 然而,在该变形例中,可以梯度化载流子阻挡层26的组成,使得载流子阻挡层26的带隙能量朝向接触层25降低。这降低了在载流子阻挡层26和接触层25之间的界面上累积的空穴的浓度。可以看出,在该变形例中,对载流子阻挡层26的组成进行梯度化使得不仅可以控制电子溢出,而且可以减少在脊部20A的表面上发生的非辐射重组。这使得可以显著改善发光效率。

[0106] [变形例E]

[0107] 在以上的变形例B中,例如参见图14所示,载流子阻挡层26可以设置在活性层23和低浓度杂质层24之间。即使这样的结构,也允许减少由透明导电材料引起的光吸收,并且进一步地,即使没有,例如,包括掺杂有Mg的AlGaIn的厚包覆层,光也由包括透明导电材料的上包覆层31限制在堆叠方向上。此外,光也在横向方向上由脊部20A限制。由此,能够降低驱动电压。

[0108] [变形例F]

[0109] 在上述变形例A中,例如参见图15所示,载流子阻挡层26可以设置在低浓度杂质层24和接触层25之间。在这种情况下,接触层25可以具有大的厚度,可以通过蚀刻接触层25的一部分来形成脊部20A,并且可以载流子阻挡层26可以形成为与接触层25接触。即使这样的结构,也允许减少由透明导电材料引起的光吸收,并且进一步地,即使没有,例如,包括掺杂有Mg的AlGaIn的厚包覆层,光也由包括透明导电材料的上包覆层31限制在堆叠方向上。此外,光也在横向方向上由脊部20A限制。由此,能够降低驱动电压。

[0110] [变形例G]

[0111] 在上述实施例和变形例A至F中,例如在图16中示出,半导体激光器1可以包括在接触层25和低浓度杂质层24之间的上包覆层27。上包覆层27例如是掺杂有Mg的AlGaIn层,并且在面对脊部20A的部分处具有比低浓度杂质层24小的厚度。接触层25和上包覆层31的总厚度例如为150nm以下。即使这样的结构也允许减少由透明导电材料引起的光吸收,并且进一步地,即使没有,例如,包括掺杂有Mg的AlGaIn的厚包覆层,光也由包括透明导电材料的上包覆层31限制在堆叠方向上。此外,光也在横向方向上由脊部20A限制。由此,能够降低驱动电压。

[0112] [变形例H]

[0113] 在上述实施例和变形例A至G中,半导体叠层20可以包括III-V族氮化物半导体,该III-V族氮化物半导体包括As、B、Sb和P中的一种,或者这些层中的至少两层。即使在这种情况下,光也被上包覆层31限制在堆叠方向上,并且被脊部20A限制在横向上。由此,能够降低驱动电压。

[0114] [变形例I]

[0115] 在上述实施例和变形例A至H中,可以设置金属层或树脂层来代替绝缘层32。可替代地,在上述实施例和变形例A至G中,绝缘层32可以被省略,并且此外,在半导体叠层20内,围绕脊部20A的部分和脊部20A的基部(即,与绝缘层32接触的部分)可以暴露于大气。即使在这种情况下,光也被上包覆层31限制在堆叠方向上,并且被脊部20A限制在横向上。由此,能够降低驱动电压。

[0116] <3. 第二实施例>

[0117] 接下来,说明根据本公开的第二实施例的投影仪2。图17示出了投影仪2的示意性结构的一个示例。投影仪2是基于外部输入的图像信号Din将图像投影到例如屏幕上的装置。投影仪2包括视频信号处理电路41、激光驱动电路42、光源单元43、扫描仪单元44和扫描仪驱动电路45。

[0118] 视频信号处理电路41基于图像信号Din生成针对每种颜色的投影图像信号。激光驱动电路42基于针对每种颜色的投影图像信号来控制要施加到将在后面描述的光源43R、43G和43B的电流脉冲的峰值。

[0119] 光源单元43包括多个光源,例如,三个光源43R、43G和43B。这三个光源43R、43G和43B被用作输出例如具有红色(R)波长、绿色(G)波长和蓝色(B)波长的相应激光光束的激光光源。光源43B或43G中的至少一者包括根据上述实施例及其变形例的半导体激光器1。例如,通过准直透镜将从三个光源43R、43G和43B输出的各个激光束制成基本上平行的光束。此后,所得到的光通过例如光束分离器43sR、43sG和43sB会聚成单束激光。例如,分束器43sR反射红光。分束器43sG例如反射绿光,并允许红光透射通过。分束器43sB例如反射蓝光,并允许红光和绿光透射通过。

[0120] 透射通过分束器43sR、43sG、43sB并被分束器43sR、43sG、43sB反射的激光进入扫描仪单元44。扫描仪单元44例如包括一个双轴扫描仪。通过双轴扫描仪在水平和垂直方向上调制入射激光的照射角度,之后将所得到的激光投影到屏幕上。此外,扫描仪单元44可以具有使用两个单轴扫描仪在水平方向和垂直方向上进行扫描的结构。

[0121] 扫描仪单元44通常包括传感器,其检测(例如)双轴扫描仪的照射角度。传感器针对水平方向和垂直方向中的每一者输出角度信号。这些角度信号被输入到扫描仪驱动电路

45. 扫描仪驱动电路45例如基于从扫描仪单元44输入的水平角度信号和垂直角度信号来驱动扫描仪单元44以获得期望的照射角度。

[0122] 在本实施例中,光源43B包括根据上述实施例及其变形例的半导体激光器1。这使得能够以更低的功耗获得高发射强度。

[0123] <4. 第三实施例>

[0124] 接下来,说明根据本公开的第三实施例的显示装置3。图18示出了显示装置3的示意性结构的一个示例。显示装置3例如包括像素阵列单元40、控制器50和驱动器60。像素阵列单元40包括布置成矩阵的多个显示像素40A。控制器50和驱动器60基于外部输入的图像信号Din和外部输入的同步信号Tin来驱动每个显示像素40A。

[0125] 控制器50和驱动器60通过有源矩阵驱动来驱动每个显示像素40A,以允许像素阵列单元40基于外部输入的图像信号Din和外部输入的同步信号Tin来显示图像。像素阵列单元40包括在行方向上延伸的多条扫描线,在列方向上延伸的多条信号线,以及分别在扫描线和信号线的交点处一个接一个地设置的多个显示像素40A。

[0126] 扫描线用于选择每个显示像素40A,并为每个显示像素40A提供选择脉冲,该选择脉冲以预定的单位(例如,像素行基础)选择每个显示像素40A。信号线用于为每个显示像素40A提供与图像信号Din相对应的信号电压,并为每个显示像素40A提供包括该信号电压的数据脉冲。

[0127] 每个显示像素40A包括多个子像素,每个子像素包括半导体激光器。在多个子像素中的每个显示像素40A中,发射蓝光的半导体激光器或发射绿光的半导体激光器中的至少一者是根据上述实施例及其变形例的半导体激光器1。

[0128] 驱动器60包括例如水平选择器61和写入扫描仪62。水平选择器61根据(同步于)来自控制器50的控制信号的输入,将例如从图像信号处理电路51输入的模拟信号电压施加到各信号线。写入扫描仪62以预定的单位扫描多个显示像素40A。具体地,写入扫描仪62在一个帧周期内依次向每条扫描线输出选择脉冲。写入扫描仪62例如根据来自控制器50的控制信号的输入(与之同步)以预定顺序选择多条扫描线,以按期望顺序执行信号电压的写入。

[0129] 控制器50包括例如图像信号处理电路51,定时产生电路52和电源电路53。图像信号处理电路51例如对外部输入的数字图像信号Din执行预定校正,并基于由此获得的图像信号生成信号电压。图像信号处理电路51将例如生成的信号电压输出到水平选择器61。定时产生电路52执行控制以使驱动器60中的每个电路彼此协同操作。定时产生电路52例如根据外部输入的同步信号Tin(与其同步)向驱动器60中的每个电路输出控制信号。电源电路53产生并提供水平选择器61、写入扫描仪62、图像信号处理电路51、定时产生电路52和电源电路53等各种电路所需的各种固定电压。

[0130] 在本实施例中,每个显示像素40A包括根据上述实施例的半导体激光器1及其变形例。这使得能够以更低的功耗获得高发射强度。

[0131] <5. 第四实施例>

[0132] 接下来,说明根据本公开的第四实施例的电子设备4。图19示出了电子设备4的透视结构的一个示例。电子设备4例如是在板状外壳的主表面上具有显示面的移动终端。电子设备4例如在显示面的位置上包括根据第三实施例的显示装置3。显示装置3的像素阵列单元40设置在电子设备4的显示面上。

[0133] 在本实施例中,每个显示像素40A包括根据实施例的半导体激光器1及其变形例。这使得能够以更低的功耗获得高发射强度。

[0134] 应当注意,根据上述第三实施例的显示装置3可应用于在将外部输入的图像信号或内部生成的图像信号显示为图像或图片的每个领域中的任何电子设备的显示装置。电子设备的示例包括电视、数码相机、笔记本电脑,诸如移动电话的移动终端装置以及摄像机。

[0135] 如可以看到的,参考多个实施例描述本公开。然而,本公开不限于各个实施例等,并且各种修改是可能的。应当注意,说明书中描述的效果仅仅是示例。本公开的效果不限于本说明书中描述的效果。本公开可以具有不同于说明书中描述的效果的另一效果。

[0136] 此外,例如,本公开可以具有以下结构。

[0137] (1) 一种半导体激光器,包括:

[0138] 半导体叠层,该半导体叠层依次包括第一包覆层、活性层、一个或多个低浓度杂质层、接触层和包括透明导电材料的第二包覆层,该半导体叠层在包括该接触层的部分中具有在堆叠面内的方向上延伸的脊形,

[0139] 该一个或多个低浓度杂质层具有 $5.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以下的杂质浓度,该低浓度杂质层的总厚度为250nm以上且1000nm以下,

[0140] 第二包包覆层与最靠近第二包包覆层的低浓度杂质层之间的距离为150nm以下。

[0141] (2) 根据(1)的半导体激光器,其中该第一包覆层、该活性层、该低浓度杂质层和该接触层各自包括氮化物基半导体材料。

[0142] (3) 根据(1)或(2)的半导体激光器,其中该透明导电材料是ITO或ITiO。

[0143] (4) 根据(1)至(3)中任一项的半导体激光器,其中包含在该低浓度杂质层中的该杂质是镁、铜、硅或氧中的至少一者。

[0144] (5) 根据(1)至(4)中任一项的半导体激光器,还包括设置在该活性层与该接触层之间的载流子阻挡层,

[0145] 其中在该低浓度杂质层中,直接位于该脊形下方的部分具有比该脊形的侧部更大的厚度。

[0146] (6) 根据(5)的半导体激光器,其中该载流子阻挡层具有梯度层,在该梯度层中,组成被梯度化以允许该载流子阻挡层的带隙能量朝向该接触层减小。

[0147] (7) 一种半导体激光器,包括:

[0148] 半导体叠层,所述半导体叠层依次包括:第一包覆层、活性层、具有 $5.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 或更小的杂质浓度的一个或多个低浓度杂质层、接触层,以及包括透明导电材料的第二包覆层,该半导体叠层在包括该接触层的部分中具有脊形,该脊形在堆叠面内的方向上延伸,

[0149] 在该半导体激光器被驱动的情况下,该第二包覆层位于远离将在该半导体叠层内产生的光波导区域处,

[0150] 更靠近该活性层的第二包覆层的边界处的光强度与最大光强度的比率小于0.007。

[0151] (8) 一种电子设备,包括

[0152] 用作光源的半导体激光器;

[0153] 该半导体激光器包括半导体叠层,该半导体叠层依次包括第一包覆层、活性层、一个或多个低浓度杂质层、接触层和包括透明导电材料的第二包覆层,该半导体叠层在包括

接触层的部分中具有在堆叠面内的方向上延伸的脊形，

[0154] 该一个或多个低浓度杂质层具有 $5.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以下的杂质浓度，该低浓度杂质层的总厚度为250nm以上且1000nm以下，

[0155] 第二包覆层与最靠近第二包覆层的低浓度杂质层之间的距离为150nm以下。

[0156] (9)一种电子设备，包括

[0157] 用作光源的半导体激光器；

[0158] 该半导体激光器包括半导体叠层，该半导体叠层依次包括：第一包覆层、活性层、具有 $5.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 或更小的杂质浓度的一个或多个低浓度杂质层、接触层，以及包括透明导电材料的第二包覆层，该半导体叠层在包括接触层的部分中具有：在堆叠面内的方向上延伸的脊形，

[0159] 在该半导体激光器被驱动的情况下，该第二包覆层位于远离将在该半导体叠层内产生的光波导区域处，

[0160] 更靠近该活性层的第二包覆层的边界处的光强度与最大光强度的比率小于0.007。

[0161] 根据上述实施例的第一半导体激光器、第二半导体激光器、第一电子设备和第二电子设备允许减少由透明导电材料引起的光吸收，并且此外，即使例如没有包括掺杂有Mg的AlGaIn的厚包覆层，光也被包括透明导电材料的第二包覆层限制在层堆叠方向上，并且进一步被条形脊限制在横向方向上。由此，能够降低驱动电压。应当注意，本公开的效果不必限于上述效果，并且可以包括本说明书中描述的任何效果。

[0162] 本申请要求于2018年1月23日向日本专利局提交的日本优先权专利申请JP2018-008955的权益，其全部内容通过引用并入本文。

[0163] 本领域的技术人员应当理解，根据设计要求和其它因素可以进行各种修改、组合、子组合和变更，只要它们在所附权利要求或其等同物的范围内。

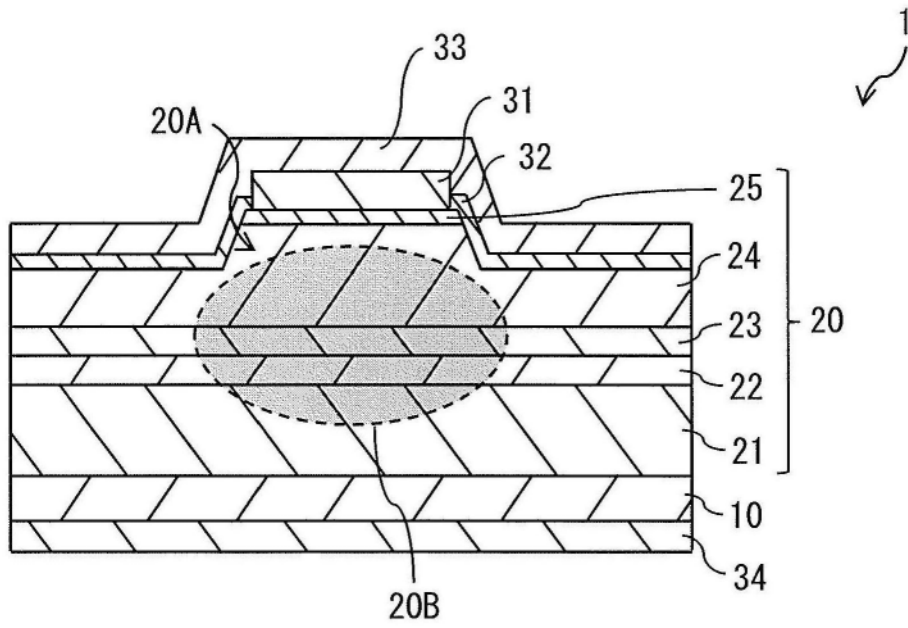


图1

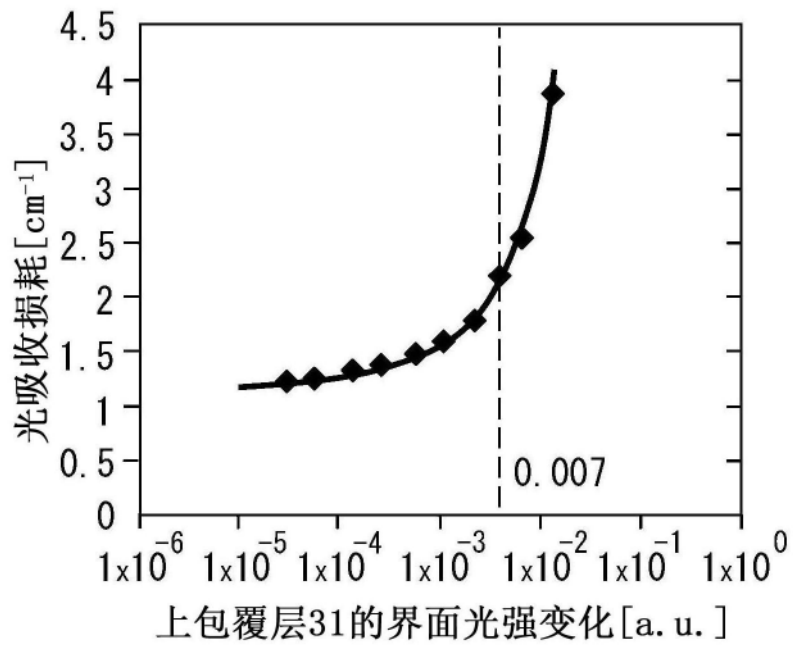


图2

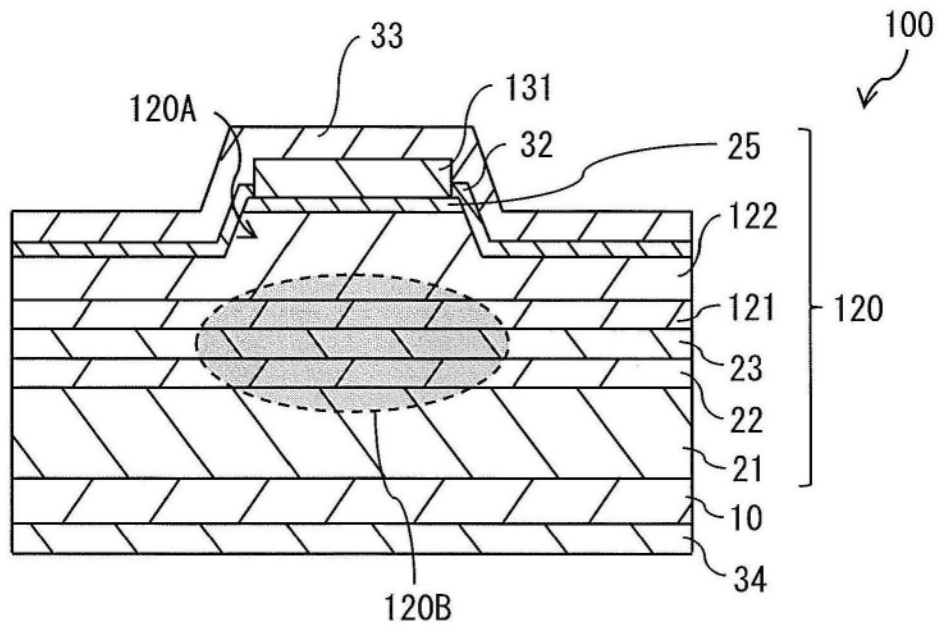


图3

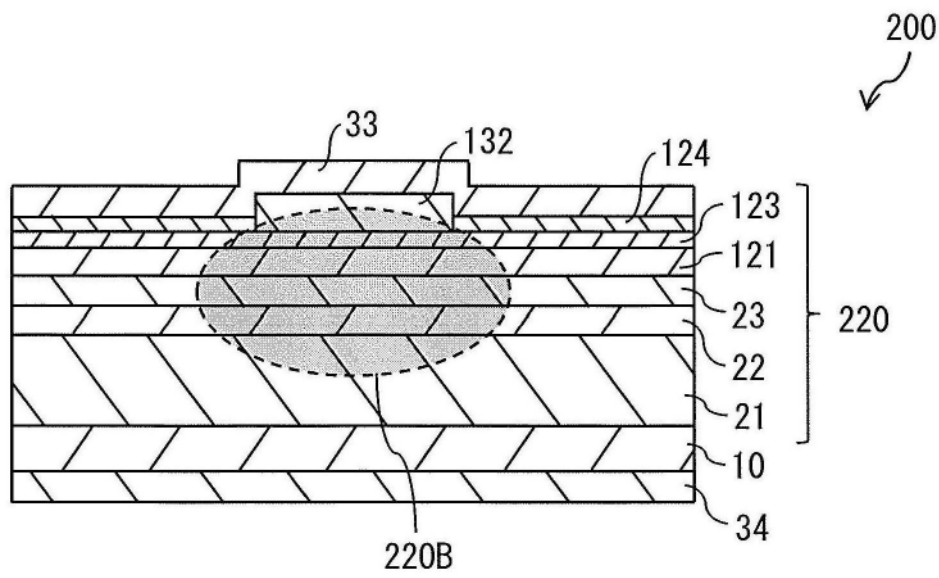


图4

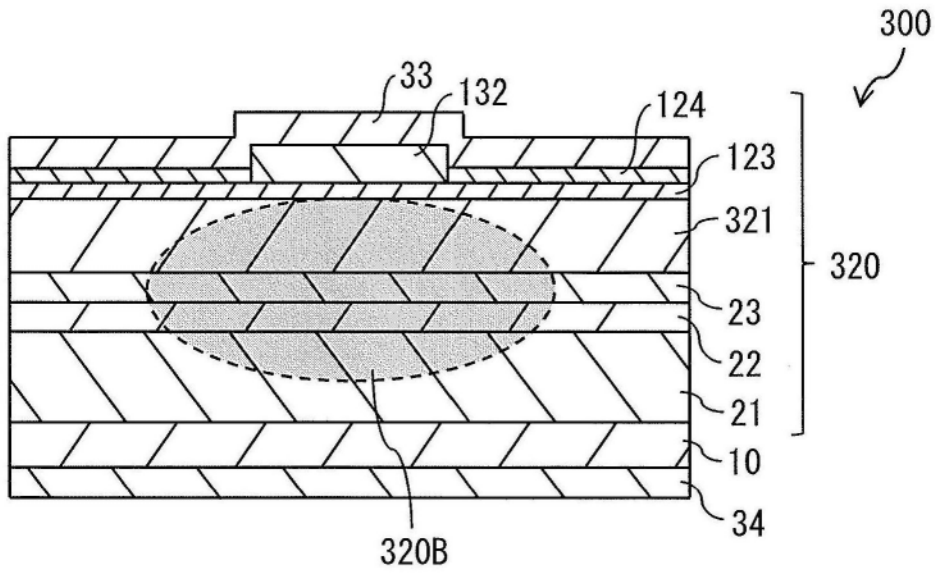


图5

I-V特性

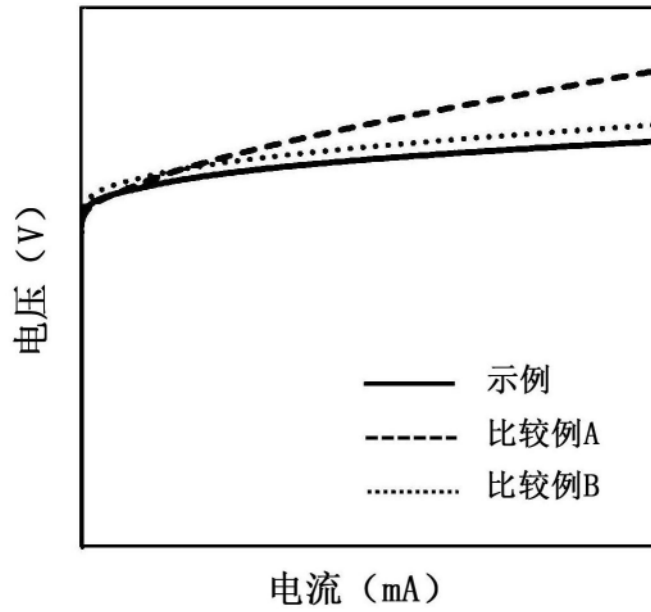


图6

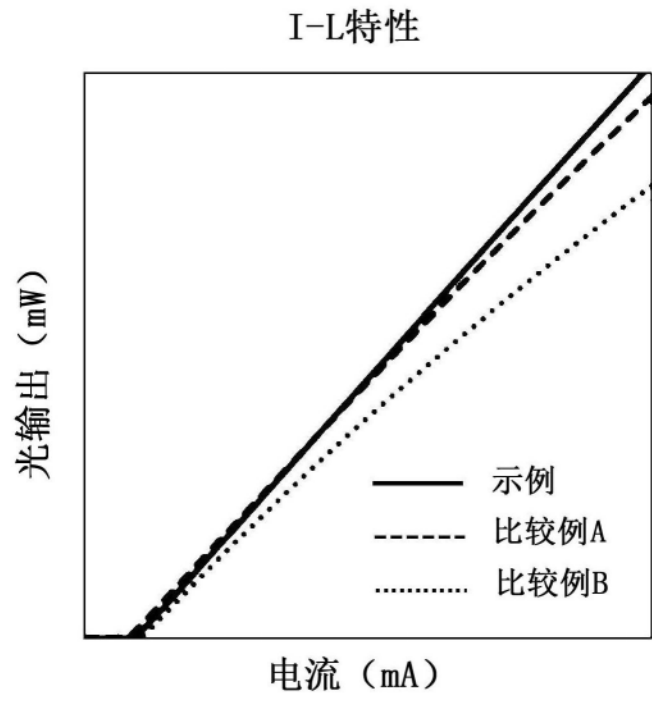


图7

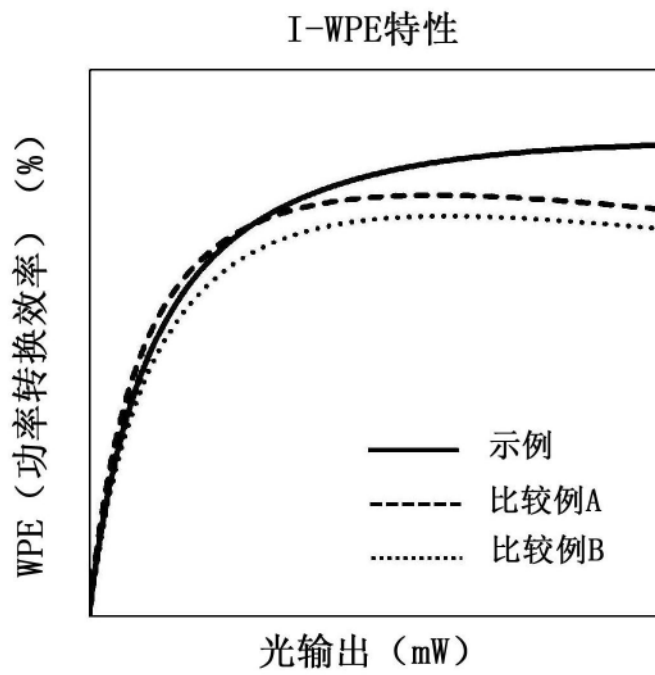


图8

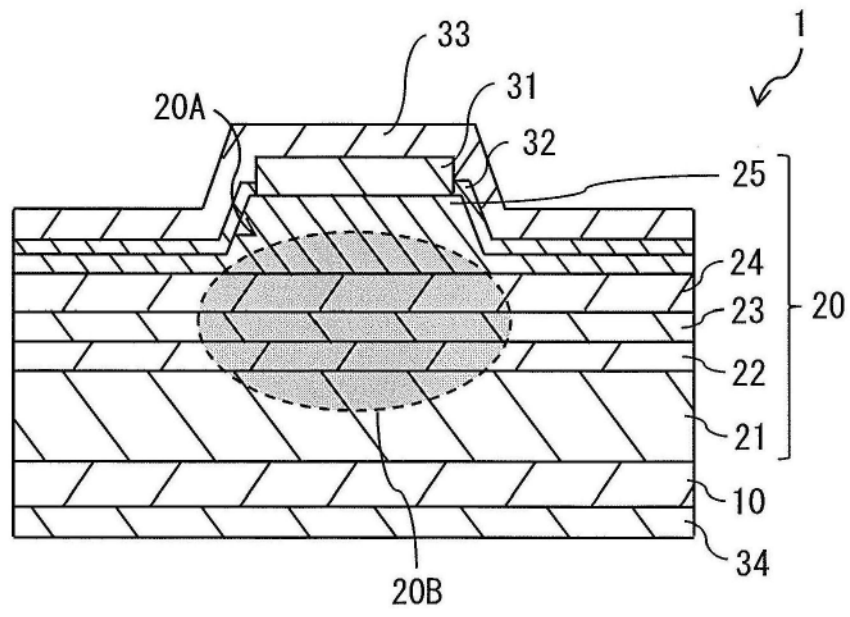


图9

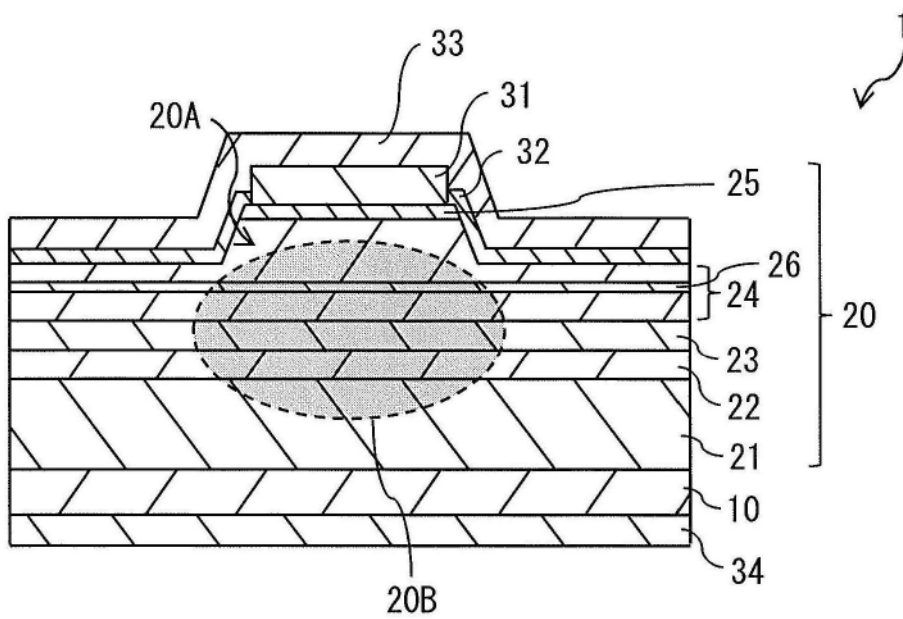


图10

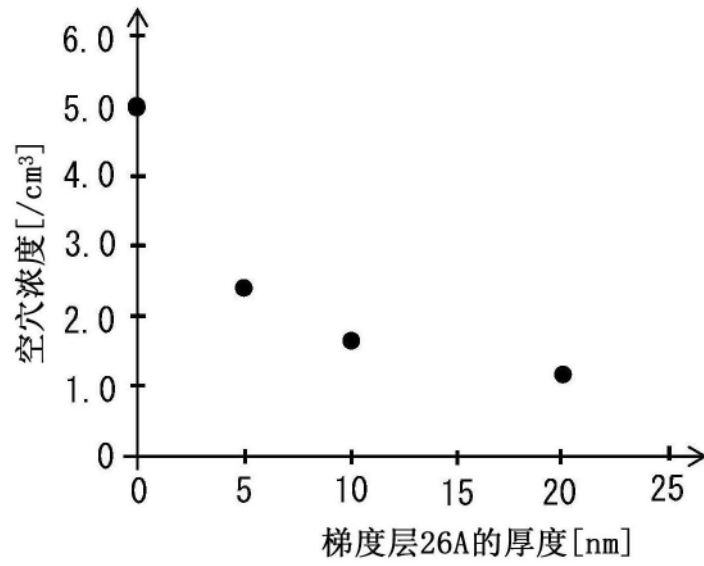


图13

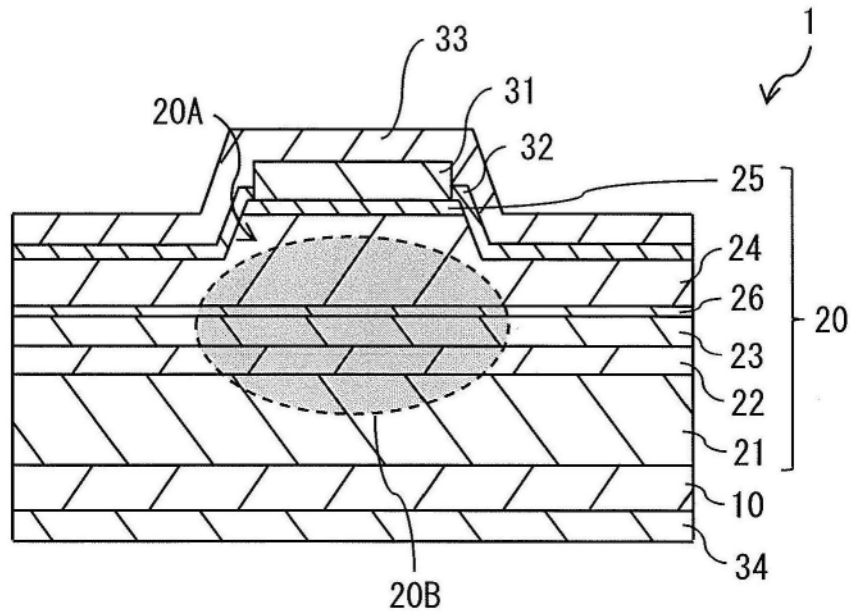


图14

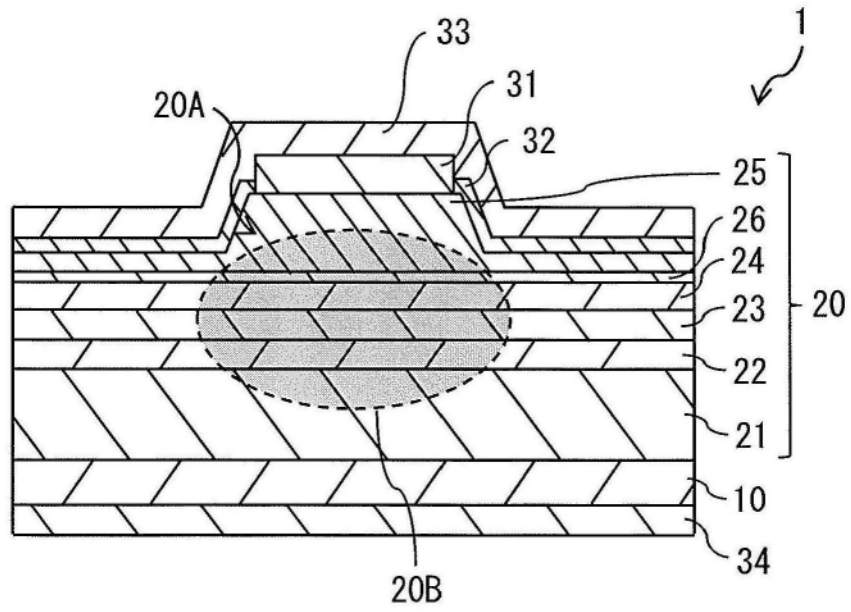


图15

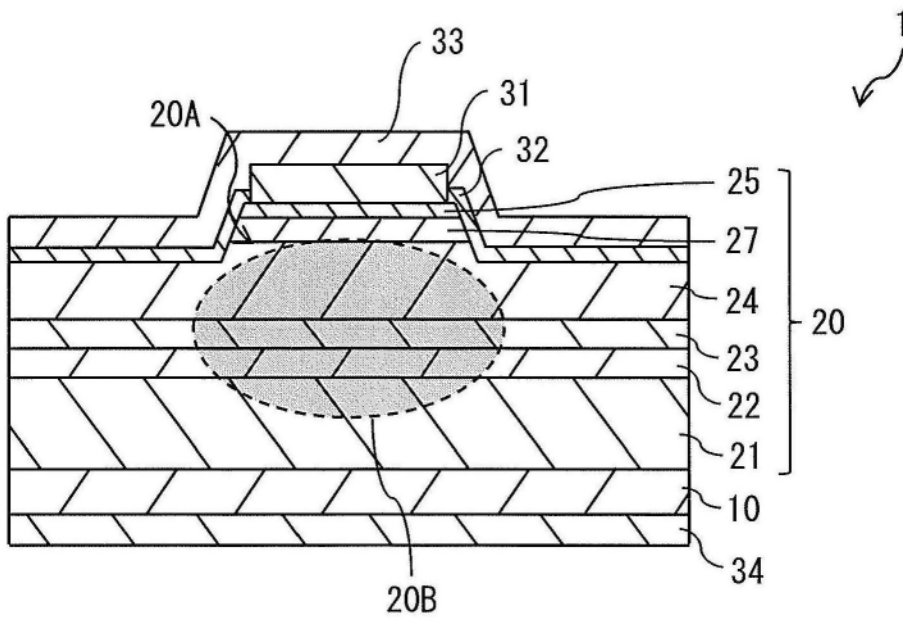


图16

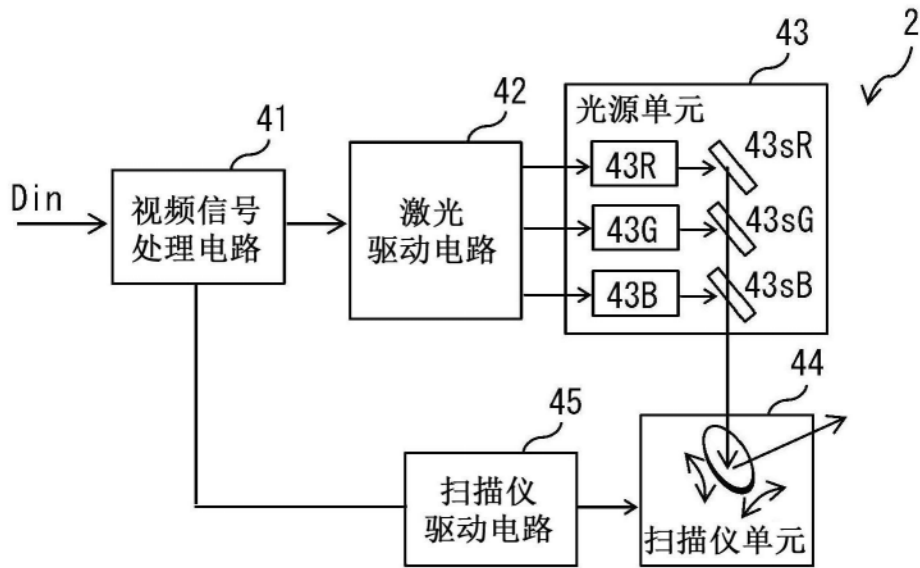


图17

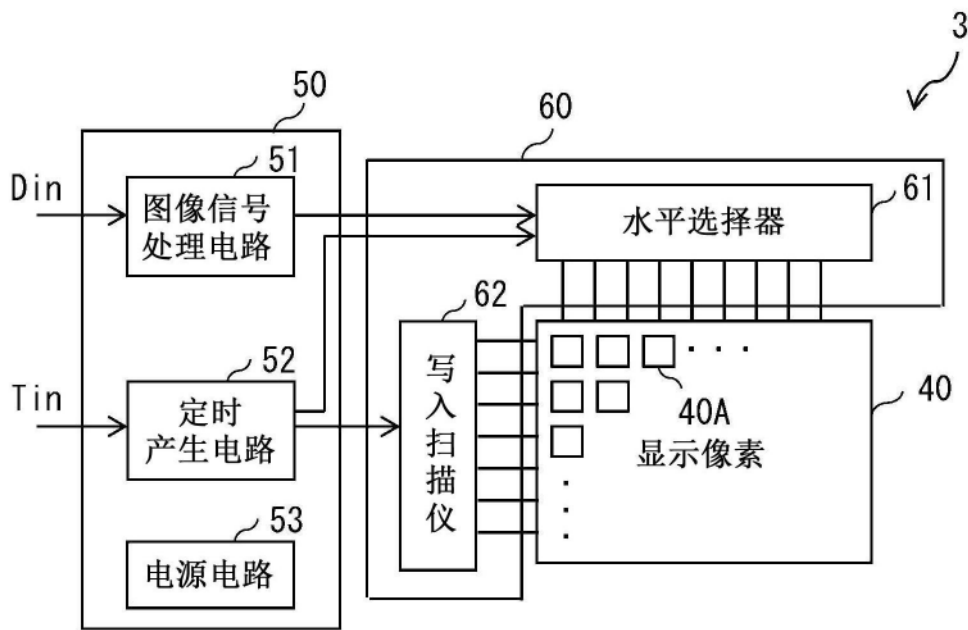


图18

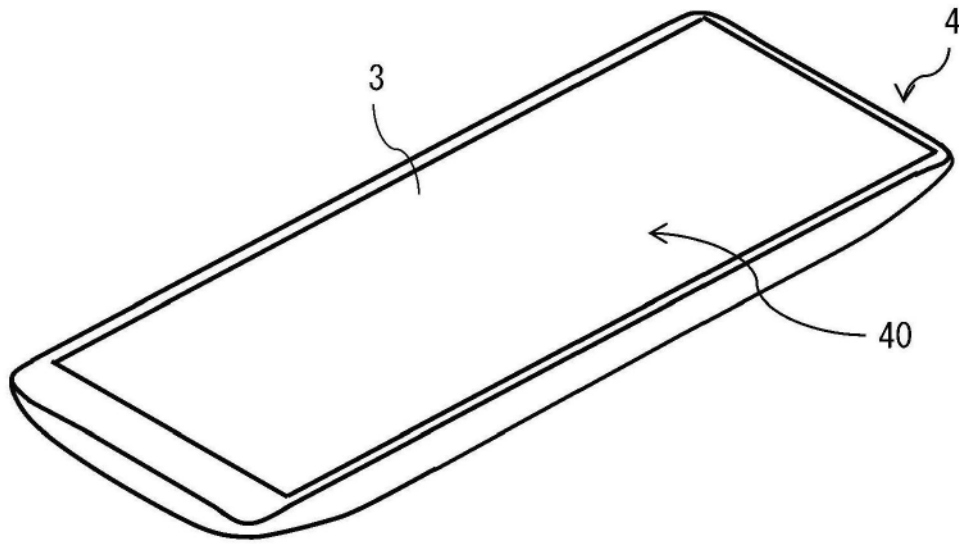


图19