



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102208513 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 22

(21) 申请号 201110073883. 5

(22) 申请日 2011. 03. 23

(30) 优先权数据

2010-078239 2010. 03. 30 JP

(73) 专利权人 索尼公司

地址 日本东京都

(72) 发明人 平尾直树

(74) 专利代理机构 北京信慧永光知识产权代理
有限责任公司 11290

代理人 陈桂香 褚海英

(51) Int. Cl.

H01L 33/46(2010. 01)

H01L 33/00(2010. 01)

(56) 对比文件

US 2003/0052328 A1, 2003. 03. 20, 说明书第
0068 段至第 0072 段, 附图 3.

CN 100565949 C, 2009. 12. 02, 说明书第 6 页
第 2 段至第 13 页第 4 段, 附图 1-2.

US 2007/0057272 A1, 2007. 03. 15, 说明书第
0047 段至 0050 段, 附图 1.

CN 100361324 C, 2008. 01. 09, 说明书第 6 页
第 7 段至第 8 段, 附图 2.

US 2007/0138487 A1, 2007. 06. 21, 说明书第
0036 段, 附图 1.

审查员 张志芳

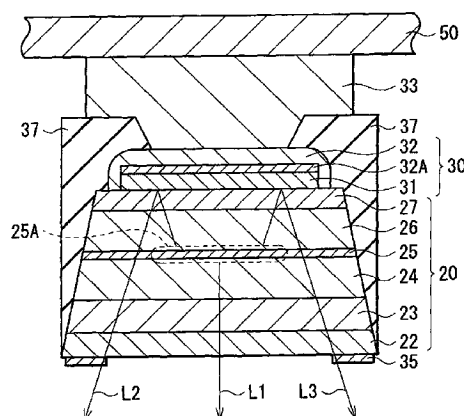
权利要求书1页 说明书6页 附图8页

(54) 发明名称

发光半导体器件及其制造方法

(57) 摘要

提供了一种具有可靠性优点的发光半导体器件及其制造方法。该发光半导体器件包括:半导体层;设置在半导体层上的光反射层;以及保护层,通过无电镀镀敷来形成保护层以覆盖光反射层。因此,即使整体结构尺寸减小,保护层也可以在没有空隙的状态下可靠地覆盖光反射层。



1. 一种发光半导体器件,包括:
半导体层;
光反射层,其设置在所述半导体层上;
保护层,通过无电镀镀敷来形成所述保护层以覆盖所述光反射层;以及
所述光反射层和所述保护层之间的镀敷种子层,其中所述保护层从所述镀敷种子层、所述光反射层和所述半导体层中的区域生长。
2. 根据权利要求1所述的发光半导体器件,其中,所述光反射层由银(Ag)或银合金制成,并且
所述保护层由从包括镍(Ni)、铜(Cu)、钯(Pd)、金(Au)和锡(Sn)的组中选择的一种元素或者包括从该组中选择的两种或以上元素的合金制成。
3. 根据权利要求1所述的发光半导体器件,还包括在所述镀敷种子层与所述保护层之间的帽层。
4. 根据权利要求1所述的发光半导体器件,其中,所述保护层由从包括镍(Ni)、铜(Cu)、钯(Pd)、金(Au)和锡(Sn)的组中选择的一种元素或者包括从该组中选择的两种或以上元素的合金制成。
5. 根据权利要求1所述的发光半导体器件,其中,所述半导体层具有包括n型半导体层、活性层和p型半导体层的分层的结构。
6. 一种制造发光半导体器件的方法,所述方法包括以下步骤:
在半导体层上形成光反射层;
在所述光反射层上形成镀敷种子层,并且之后通过使用所述镀敷种子层的无电镀镀敷来形成保护层,以覆盖所述光反射层,
其中,所述保护层从所述镀敷种子层、所述光反射层和所述半导体层中的区域生长。
7. 根据权利要求6所述的制造发光半导体器件的方法,其中,通过改变所述镀敷种子层的暴露面积大小来调整所述保护层的平面形状和截面形状。
8. 根据权利要求6所述的制造发光半导体器件的方法,其中,通过经由选择所述镀敷种子层的材料而改变所述镀敷种子层的表面电位,来调整所述保护层的平面形状和截面形状。

发光半导体器件及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及发光半导体器件及其制造方法,该发光半导体器件具有这种结构:朝向与出射窗口侧相反的那一侧发射的光被光反射层朝向出射窗口侧反射。

背景技术

[0002] 诸如发光二极管(LED)的发光半导体装置的外量子效率由两部分构成,即,内量子效率和光提取效率。这些效率的改善使得有可能实现长寿命、低功耗以及高输出的发光半导体器件。这里,例如通过精确地管理生长条件以获得具有较少晶体缺陷和位错的高质量晶体或者提供能够抑制载流子溢流的分层结构来改善前者的内量子效率。另一方面,例如通过提供这样的几何形状或分层结构来改善后者的光提取效率:该几何形状或分层结构将大比例的光(从活性层发射并且在光被衬底和活性层吸收之前以小于逃逸锥的角度进入)提供到出射窗口。此外,也可以这样进行改善:通过提供由具有高反射率的材料制成的光反射层,以使得朝向与出射窗口侧相反的那一侧发射的光被朝向出射窗口侧反射。

[0003] 附带地,在诸如发光二极管的发光半导体器件中,上述光反射层通常用作将电流注入到半导体层中的电极,并且因此期望与半导体层形成良好的电接触。因此,通常将与各种半导体层形成良好的电接触并且具有大的通用性的铝(Al)、金(Au)、铂(Pt)、镍(Ni)、钯(Pd)等用作形成光反射层的材料。然而,即使在将这些材料用作光反射层时,反射率不会变的那么高并且因此这些材料通常不适合于必须要求高反射率的用途。

[0004] 因此,在需要高反射率时,具有非常高反射率的银(Ag)被应用到光反射层。银与基于AlGaAs或AlGaInP等的长波区域的半导体层具有良好的电接触,并且容易产生欧姆接触(ohmic contact)。然而,银与基于GaN等的短波长区域半导体层具有差的电接触,并且相比于其他材料基容易产生接近肖特基接触(Schottky contact)的欧姆接触,并且因此线性变低。因此,在过去,已经提出了这样的技术:在由银制成的光反射层与半导体层之间提供具有0.1nm到0.5nm的厚度(包括端点)并且含有铂(Pt)、钯(Pd)或镍(Ni)的非常薄的保护层(所谓的盖金属)(例如,见日本未审查专利申请公报No.2004-260178以及“High thermally stable Ni/Ag(Al)alloy contacts on p-GaN”,Applied Physics Letters 90,022102 (2007),C.H.Chou,et.al)。提供这种盖金属防止由于光反射层的氧化而引起的劣化,并且也防止了电化学迁移的发生。

发明内容

[0005] 这种盖金属通常由剥离法形成。具体地,首先将作为基层的光反射层选择性地形成在半导体层上,之后,通过使用光刻技术在层叠方向上形成在与光反射层及其外围相对应的位置处具有开口的抗蚀剂层。随后,例如通过真空沉积法等将由镍等制成的金属膜形成在整个表面上。此外,将在覆盖抗蚀剂层的区域上的金属膜连同抗蚀剂层一同移除(剥离),使得在与开口相对应的区域上的抗蚀剂层保留。以此方式,获得了作为上层的覆盖光反射层的盖金属。

[0006] 然而,通过这种剥离法形成的盖金属的尺寸精度和设置精度极大地受到许多不同因素的影响,包括:抗蚀剂层中的开口的尺寸精度、光反射层与抗蚀剂层的开口之间的对准精度。由于这个原因,因此,盖金属的尺寸趋向于不同。因此,可以考虑随着将来可以预期到的发光半导体器件自身的小型化,盖金属可能不能够紧密地覆盖光反射层,使得对于光反射层氧化的防止以及对于电化学迁移的防止变得不足。

[0007] 考虑到上述内容,期望提供这样一种发光半导体器件及其制造方法,其具有光反射层由具有高尺寸精度的紧密的保护层覆盖的结构。

[0008] 根据本发明的实施例,提供了一种光反射半导体装置,包括半导体层、设置在半导体层上的光反射层以及通过保护层,通过无电镀镀敷来形成保护层以覆盖光反射层。

[0009] 在根据本发明的上述实施例的发光半导体器件中,覆盖光反射层的保护层由通过无电镀镀敷而形成的镀敷膜而制成,并且因此以高的精度将保护层设置在预定位置,并且具有极高精度的尺寸和紧密的组织。

[0010] 根据本发明的实施例,提供了一种制造发光半导体器件的方法,该方法包括以下步骤:在半导体层上形成光反射层,以及在光反射层上形成镀敷种子层,并且之后通过使用镀敷种子层的无电镀镀敷来形成保护层,以覆盖光反射层。

[0011] 在根据本发明的实施例的发光半导体器件制作方法中,镀敷种子层形成在半导体层上的光反射层上,并且之后通过使用镀敷种子层的无电镀镀敷来形成保护层以覆盖光反射层。因此,保护层具有极高精度的尺寸和对准精度以及紧密的组织。

[0012] 根据在本发明的实施例中的发光半导体器件及其制造方法,可以通过具有高机械强度并由无电镀镀敷而形成的保护层可靠地覆盖设置在半导体层上的光反射层。因此,在由具有高反射率的银等制成光反射层的同时,可以可靠地防止光反射层的氧化和电化学迁移。因此,可以在支持尺寸微小化的同时提供具有高可靠性的发光半导体器件。

[0013] 通过以下说明,本发明的其他和另外的目的、特征和优点将会变得更加全面。

附图说明

[0014] 图1是用作本发明的实施例的发光二极管的截面图;

[0015] 图2A和2B是在制造图1中示出的发光二极管的方法中的一个工序的截面图;

[0016] 图3A和图3B是示出了在图2A和图2B之后的一个工序的截面图;

[0017] 图4A和图4B是示出了在图3A和图3B之后的一个工序的截面图;

[0018] 图5是示出了在图4A和图4B之后的一个工序的截面图;

[0019] 图6是示出了在图5之后的一个工序的截面图;

[0020] 图7是示出了在图6之后的一个工序的截面图;

[0021] 图8是表示用作实验示例的发光二极管的截面的电子显微镜图。

具体实施方式

[0022] 将会在下文中参照附图详细描述本发明的实施例。

[0023] [发光二极管的结构]

[0024] 图1示出了根据本发明的实施例的发光二极管(LED)的截面结构。附带地,图1是其中尺寸和形状与现实中有区别的示意图。

[0025] 发光二极管包括半导体层20、p侧电极30以及n侧电极35,其中半导体层20含有基于氮化物的III-V族化合物半导体。半导体层20是通过按照顺序设置GaN层22、n型接触层23、n型覆盖层24、活性层25、p型覆盖层26和p型接触层27而构造的分层产品。P侧电极30设置在p型接触层27的表面上,并且n侧电极35设置在GaN层2的表面上。P侧电极30的一部分连接到导电连接层33。连接层33在粘着层39(这里未示出)在中间的状态下粘合支撑衬底50。发光二极管是这样一种类型的发光半导体器件(所谓的底出射型),其中从活性层25发出的光通过构造为包括n型接触层23和n型覆盖层24的n型半导体层出射。

[0026] 这里提到的基于氮化物的III-V族化合物半导体是含有镓(Ga)和氮(N)的基于氮化镓的化合物,例如有GaN、AlGaN(氮化铝镓)、AlGaInN(氮化铝镓铟)等。它们按照需要含有由IV族和VI族元素(诸如Si(硅)、Ge(锗)、O(氧)、Se(硒)等)形成的n型杂质或者由II族和IV族元素(诸如Mg(镁)、Zn(锌)、C(碳)等)形成的p型杂质。

[0027] GaN层22例如由具有 $0.5\mu\text{m}$ 厚度的未掺杂GaN制成,并且通过允许在蓝宝石的c面上使用横向晶体生长技术(诸如ELO(外延横向过生长)技术)进行生长而制成。N型接触层23例如由具有 $4.0\mu\text{m}$ 厚度的n型GaN制成,并且n型覆盖层24例如由具有 $1.0\mu\text{m}$ 厚度的n型AlGaN制成。

[0028] 活性层25例如具有多量子阱结构,其中成对地形成具有 3.5nm 厚度的未掺杂的 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 阱层($0 < x < 1$)以及具有 7.0nm 厚度的未掺杂的 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 屏障层($0 < y < 1$)。活性层25在沿着其面内方向的中央区域中具有发光区域25A,在该区域中通过注入的电子和空穴的复合而产生光子。P型覆盖层26例如由具有 $0.5\mu\text{m}$ 厚度的p型AlGaN制成。P型接触层27例如由具有 $0.1\mu\text{m}$ 厚度的p型GaN制成,并且具有比p型覆盖层26更高的p型杂质浓度。

[0029] 在p型接触层27的上表面的一部份上,设置了光反射层31。光反射层31完全由保护层32覆盖,其中保护层32是通过无电镀镀敷而形成的镀膜。保护层32例如由从包括镍(Ni)、铜(Cu)、钯(Pd)、金(Au)和锡(Sn)的组中选择的元素或者包括从该组中选择的两种以上元素的合金制成。

[0030] 在p型接触层27与光反射层31之间,例如可以插入由过渡金属(诸如钯(Pd)、镍(Ni)、铂(Pt)或铑(Rh))制成的金属层或者其中向任意的这些过渡金属中增加银(Ag)的材料制成的金属层。通过提供金属层,期待存在诸如改善机械附着性和改善p型导体层27与光反射层31之间的电接触的效果。

[0031] 光反射层31由具有金属特性的材料制成,例如,银(Ag)或其合金,并且例如具有 10nm 以上并且 500nm 以下的厚度。作为银合金,存在通过将包括铂(Pt)、钯(Pd)、金(Au)、铜(Cu)、铟(In)和镓(Ga)的金属中的至少一种增加到银中而形成的合金。更具体地,光反射层31是含有98%的银、1%的钯和1%的铜的所谓的APC合金。

[0032] 纯银和银合金都具有非常高的反射率。由于这个原因,光反射层31执行反射的功能,其将从活性层25的发光区域25A发射的光中朝向与作为出射窗口的GaN层22相反的那一侧前进的光朝向GaN层22反射。此外,光反射层31与金属层32A(下文中描述)和保护层32一同形成p侧电极30,并且电连接到连接层33。因此,也期望光反射层31与p型接触层27具有良好的电接触。

[0033] 在光反射层31的上表面上,设置金属层32A。金属层32A在通过无电镀镀敷形成保护层32的过程中具有镀敷基础层(镀敷种子层)的功能。形成金属层32A的材料例如是镍或

镍合金。

[0034] [制造发光二极管的方法]

[0035] 之后,将要参照图2A到图7详细描述制造具有这种结构的发光二极管的方法的示例。图2A到图7的任何一者示出了在制造过程中发光二极管的截面结构。这里,将要将其多个发光二极管一同形成的情况作为示例并进行描述。

[0036] 首先,如图2A所示,举例来说,具有暴露的c面的蓝宝石被制备成衬底10,并且之后在c面上,在缓冲层11在中间的状态下例如通过MOCVD(金属有机化学气相沉积)法将由基于氮化物的III-V族化合物半导体制成的半导体膜20A形成在该表面上。也通过允许在低温下在蓝宝石的c面上通过MOCVD法进行生长而形成缓冲层11,并且缓冲层11例如由具有30nm厚度的未掺杂GaN构成。在这种情况下,举例来说,作为基于GaN的化合物半导体的原材料,例如可以使用三甲基铝(TMA)、三甲基镓(TMG)、三甲基铟(TMIn)和氨(NH₃);作为施主杂质的原材料,例如使用硅烷(SiH₄);作为受主杂质的原材料,例如使用二(甲基环戊二烯)镁((CH₃C₅H₄)₂Mg)或者二环戊二烯镁((C₅H₅)₂Mg)。

[0037] 具体地,首先,通过热清洁法清洁衬底10的表面(c面)。随后,在经过清洁的衬底10上,允许在约500°C的低温下通过MOCVD法生长缓冲层11,并且之后允许在约1000°C的生长温度下通过横向晶体生长技术(诸如ELO)生长GaN层22。

[0038] 随后,在GaN层22上,允许例如通过MOCVD法按照顺序生长n型接触层23、n型覆盖层24、活性层25、p型覆盖层26和p型接触层27。这里,假设作为不包括铟(In)的层的n型接触层23、n型覆盖层24、p型覆盖层26和p型接触层27的生长温度例如是1000°C,并且作为包括铟(In)的层的活性层25的生长温度例如是700°C以上并且800°C以下。在经过这种晶体生长之后,半导体层20被加热到600°C以上并且700°C以下持续数十分钟,并且因此激活了p型覆盖层26和p型接触层27中的受主杂质。

[0039] 之后,在p型接触层27上,形成预定形状的抗蚀剂图案40。随后,如图2B所示,通过使用抗蚀剂图案40作为掩模,例如通过使用基于氯气的气体的RIE(反应离子蚀刻)法进行下挖来降低半导体膜20A的暴露的部分,直到所暴露的部分到达n型接触层23,因此形成凸起部分28。

[0040] 随后,如图3A所示,移除抗蚀剂图案40并且之后例如通过溅射在p型接触层27上连续地设置光反射层31和金属层32A。

[0041] 在形成金属层32A之后,如图3B所示,通过使用金属层32A作为镀敷种子层的无电镀镀敷来形成保护层32以完全覆盖光反射层31。因此,获得了p侧电极30。此时,p型接触层27的上表面(在与p型覆盖层26相反的那一侧上的表面)、光反射层31的端面和金属层32A的表面至少部分浸没到镀敷浴中。这使得镀敷生长不仅在金属层32A的表面上,也在金属层32A周围的区域上的p型接触层27的表面上。换言之,在这里,从金属层32A、光反射层31和p型接触层27的一个或多个区域发生镀敷生长。因此,形成了紧密且牢固并覆盖光反射层31和金属层32A周围的保护层32。这里,期望通过改变金属层32A的厚度和材料的成分中的至少一者,来调整金属层32A和光反射层31的表面电位以及受到这些表面电位影响的p型覆盖层26的电位。其原因是因为这使得有可能控制镀敷浴中的电化学反应,并且调整作为镀敷膜的保护层32的形成区域(范围)。特别地,按照p型覆盖层26自身的内部电阻的大小,p型覆盖层26的电位随着远离金属层32A而向镀敷浴中的自然电位收敛。通过控制该电位的梯度,

可以调整保护层32的形成区域(范围)。附带地,图3A和3B示出了其中设置金属层32A来覆盖光反射层31的整个表面的示例,但是金属层32A可以形成为仅覆盖光反射层31的上表面的一部分。以这种方式改变金属层32A的表面区域也可以控制电化学反应的反应性,并且因此可以获得具有期望平面形状和期望截面的保护层32。图8的电子显微镜图表示了在与图3B等价的工序中发光二极管的截面的示例。然而,在图8中,帽层Cap进一步形成在作为镀敷种子层的金属层32A上,并且只有金属层32A的端面接触保护层32。根据图8,可以认识到保护层32也形成为填充半导体膜20A中的相邻凸起部分28之间的空隙。这被认为是通过将半导体膜20A的、远离作为镀敷种子层的金属层32A的表面也用作基点而发生镀敷生长的证据。

[0042] 随后,如图4A所示,涂布抗蚀剂来进行整体覆盖,以形成绝缘膜37A。之后,按照需要执行热处理(烘烤),并且之后如图4B所示,通过使用光刻技术来选择性地移除绝缘膜37A,使得保护层32的上表面的一部分暴露,并且由此形成绝缘层37。

[0043] 随后,通过由例如电镀方法形成由铜(Cu)制成的镀膜并之后对其进行图案化,形成如图5所示的连接到p侧电极30的连接层33。之后,形成粘着层39来覆盖连接层33并填充其周围,并且在粘着层39在中间的状态下将由蓝宝石等制成的支撑衬底50粘合到连接层33。

[0044] 随后,从衬底10的后侧,在整个表面上例如照射受激准分子激光。这引起了激光烧蚀,导致衬底10与缓冲层11之间的界面分离。之后,如图6所示,从缓冲层11那一侧沿着层叠方向执行化学机械研磨(CMP),使得相邻的凸起部分28彼此分离,并且由此获得半导体层20。

[0045] 此外,通过气相沉积等来按照顺序逐个设置钛(Ti)层、铂(Pt)层和金(Au)层,以覆盖半导体层20中通过CMP处理而暴露的、与p侧电极30相反的那一侧,并且之后,执行图案化以形成预定形状,使得形成n侧电极35(见图7)。

[0046] 最后,通过经受预定处理(诸如分离每个半导体层20),制造了本实施例的发光二极管。

[0047] 在以此方式制造的发光二极管中,在将电流提供给p侧电极30和n侧电极35时,电流被注入到活性层25的发光区域25A中,并且由此通过电子和空穴的复合而发生光发射。在该发光区域25A中发生的光发射的光中,直接朝向作为出射窗口的GaN层22前进的光L1穿过衬底10并且发射到外侧。朝向与GaN层22相反的那一侧前进的光L2和L3由光反射层31朝向GaN层22反射,并且之后穿过半导体层20并且发射到外侧(见图1)。

[0048] 此时,光L2和L3由构造为包括银(Ag)并具有极高的反射率的光反射层31反射,并且因此反射率和光提取效率相比于光反射层31不包括银(Ag)的情况变得大得多。

[0049] [本实施例的作用和效果]

[0050] 以此方式,在本实施例中,由通过无电镀镀敷而形成的镀敷膜制成覆盖光反射层31的保护层32,并且因此保护层32具有很高精度的尺寸和紧密的组织。此外,在金属层32A的形成过程中,预先作为镀敷种子层而形成金属层32A,并且通过与镀敷浴的电化学反应也在金属层32A周围的区域中的p型接触层27的表面上引起镀敷生长,因此,改善了保护层32的对准精度。特别地,在通过改变金属层32A的成分或者改变其表面面积来调整金属层32A的表面电位并且因此调整了在镀敷浴中吸引金属离子的力(将金属离子向金属层32A吸引的化学力)时,可以获得具有更高尺寸精度和对准精度的保护层32。换言之,根据本实施例

的发光二极管及其制造方法,通过具有大机械强度并且由无电镀镀敷形成的保护层32,能够在没有空隙的状态下可靠地覆盖设置在半导体层20上的光反射层31。因此,在由具有高反射率的银(Ag)等制成光反射层31的同时,可以可靠地防止光反射层31的氧化和电化学迁移。因此,可以在支持整个结构的尺寸的小型化的同时,实现高可靠性。

[0051] 已经通过使用实施例描述了本发明,但是本发明不限于上述方面,并且可以被不同地调整。例如,在上述实施例中,在金属层32A的表面暴露的状态下执行无电镀镀敷。然而,可以进一步在金属层32A与保护层32之间设置帽层,并且可以在只有金属层32A的端面暴露的状态下执行无电镀镀敷。这使得有可能通过仅改变金属层32A的厚度来控制镀敷浴中的电化学反应,而不改变金属层32A的材料的成分或形成区域。因此,即使在这种情况下,也可以获得其中利用更高精度来限定平面形状和截面形状的保护层32,并且可以实现与上述实施例的效果类似的效果。这里,帽层可以由在镀敷浴中不引起氧化还原反应的材料制成,例如包括诸如金(Au)或铂(Pt)的金属材料和诸如SiO₂的无机材料。帽层不限于单层结构,并且可以是两个以上层的多层结构。此外,另一个金属层可以设置在金属层32A与光反射层31之间。

[0052] 此外,已经对于构造为包括基于氮化物的III-V族化合物半导体的发光二极管描述了实施例,但是本发明不局限于这样,并且可以应用到由例如基于AlGaAs、基于AlGaInP等的其他半导体材料制成的长波场区域的发光二极管。

[0053] 本申请含有2010年3月30日递交给日本专利局的日本优先权专利申请JP 2010-078239中公开的主题,并且通过应用将其全部结合在这里。

[0054] 本领域技术人员应当理解,可以根据设计需要进行各种修改、结合、子结合和替换,而不超出由权利要求或其等价物限定的范围。

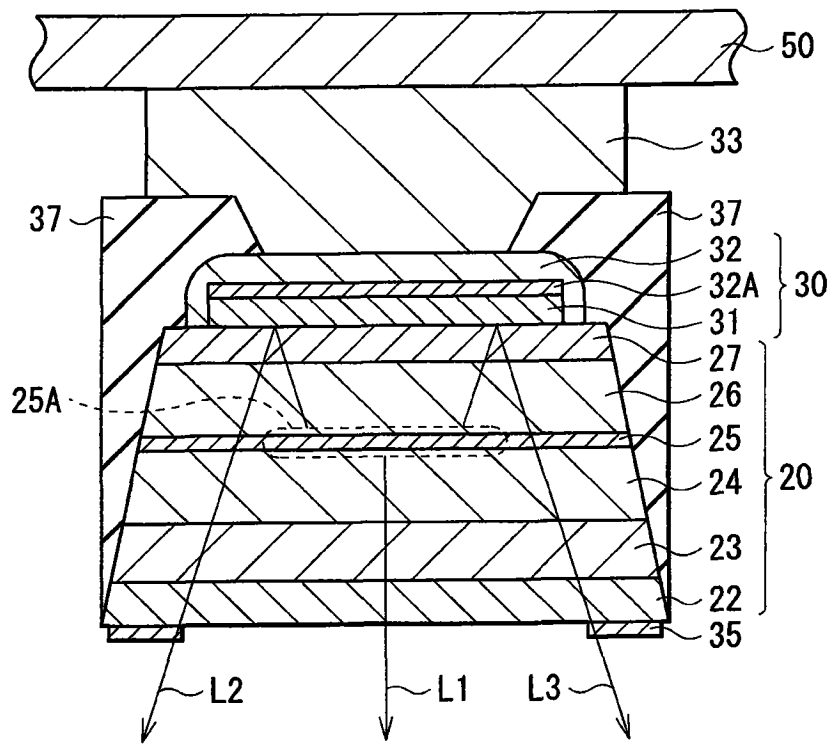


图1

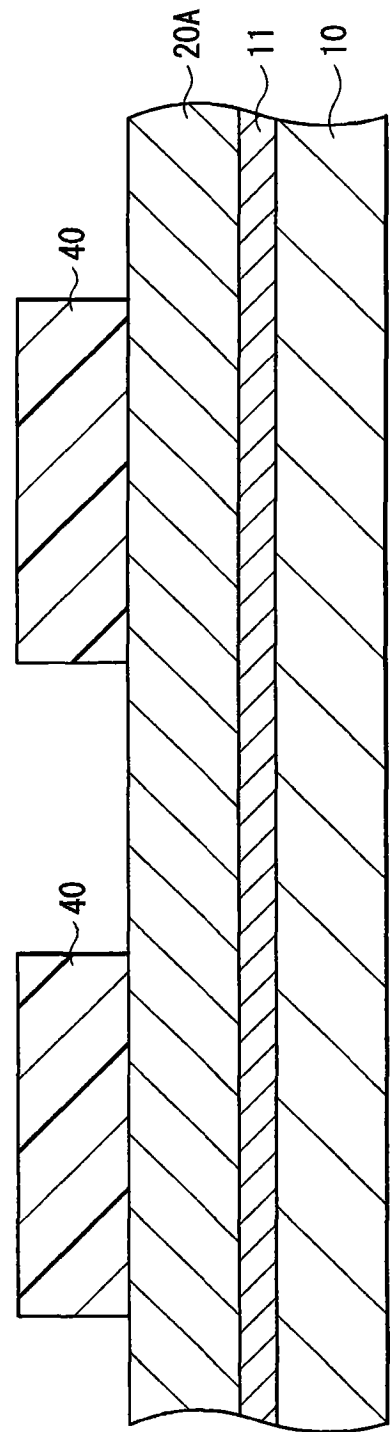


图2A

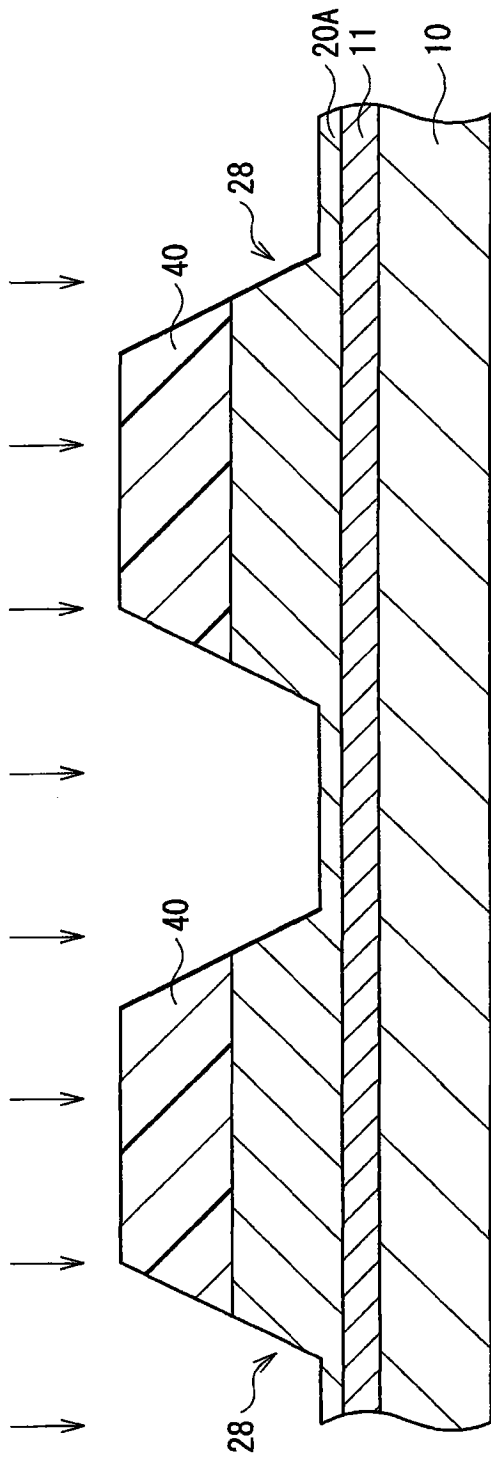


图2B

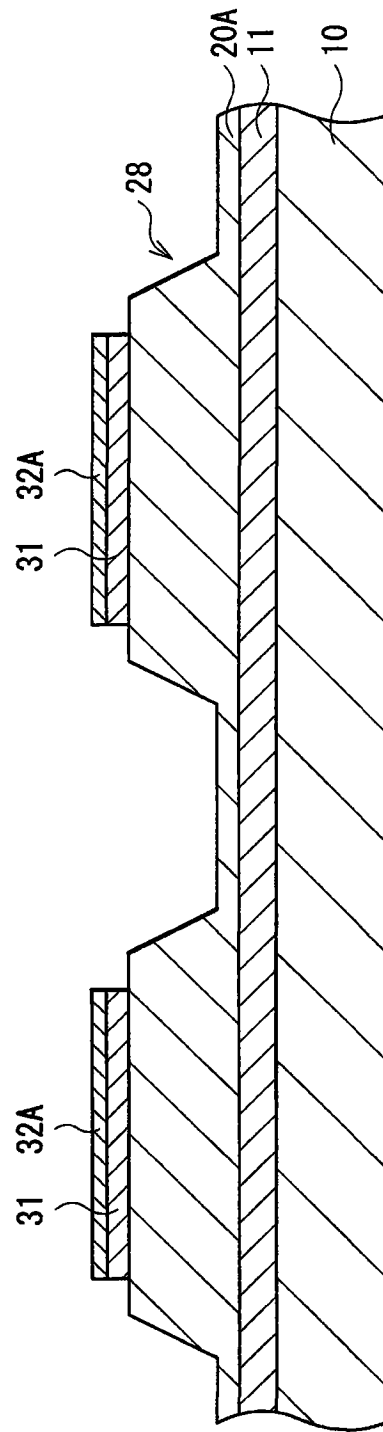


图3A

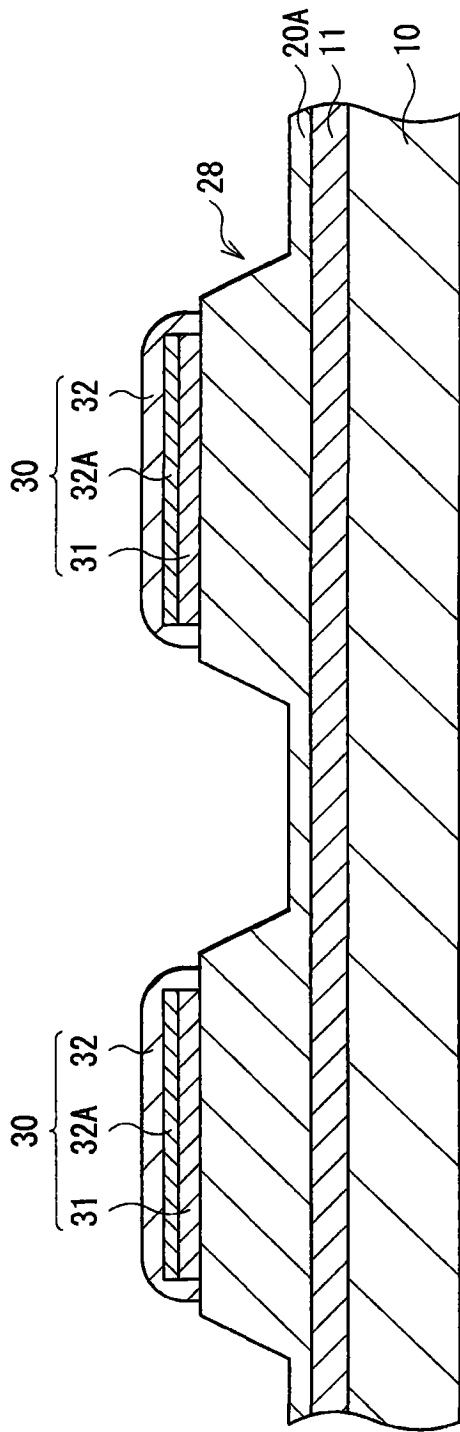


图3B

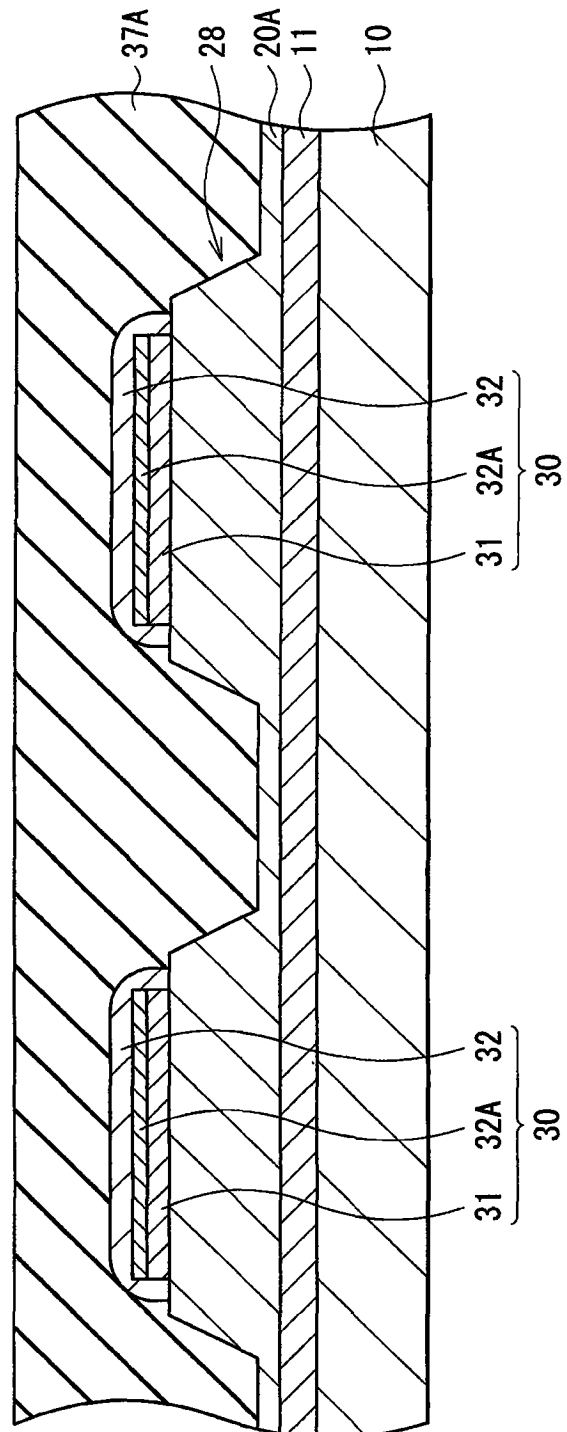


图4A

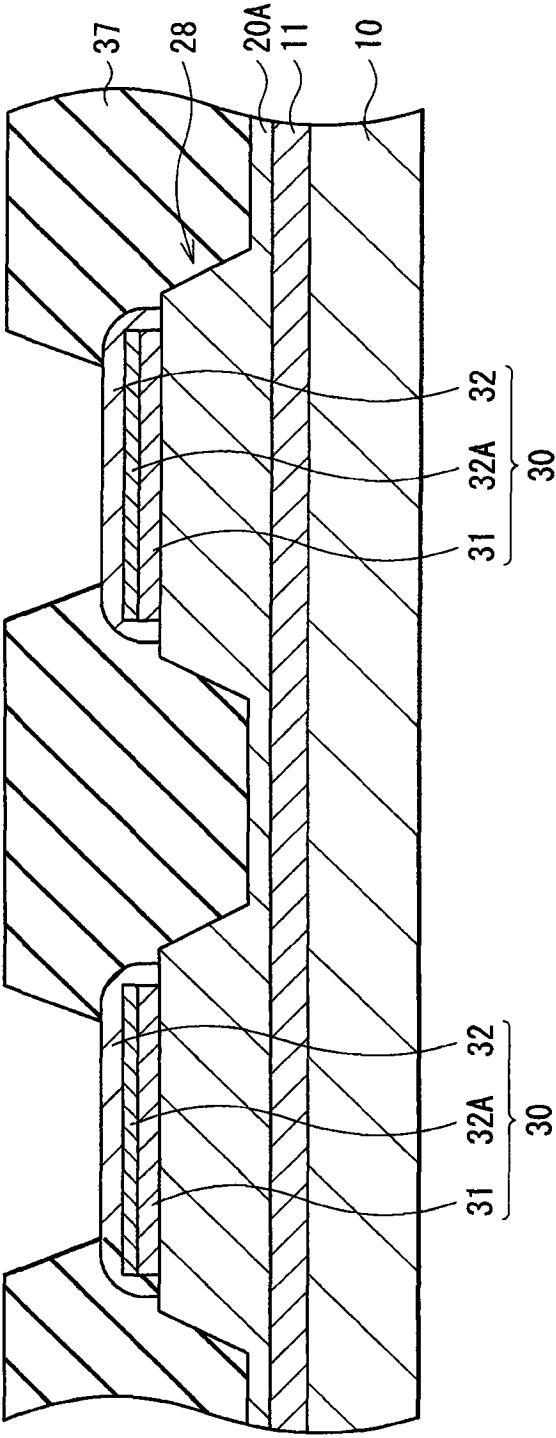


图4B

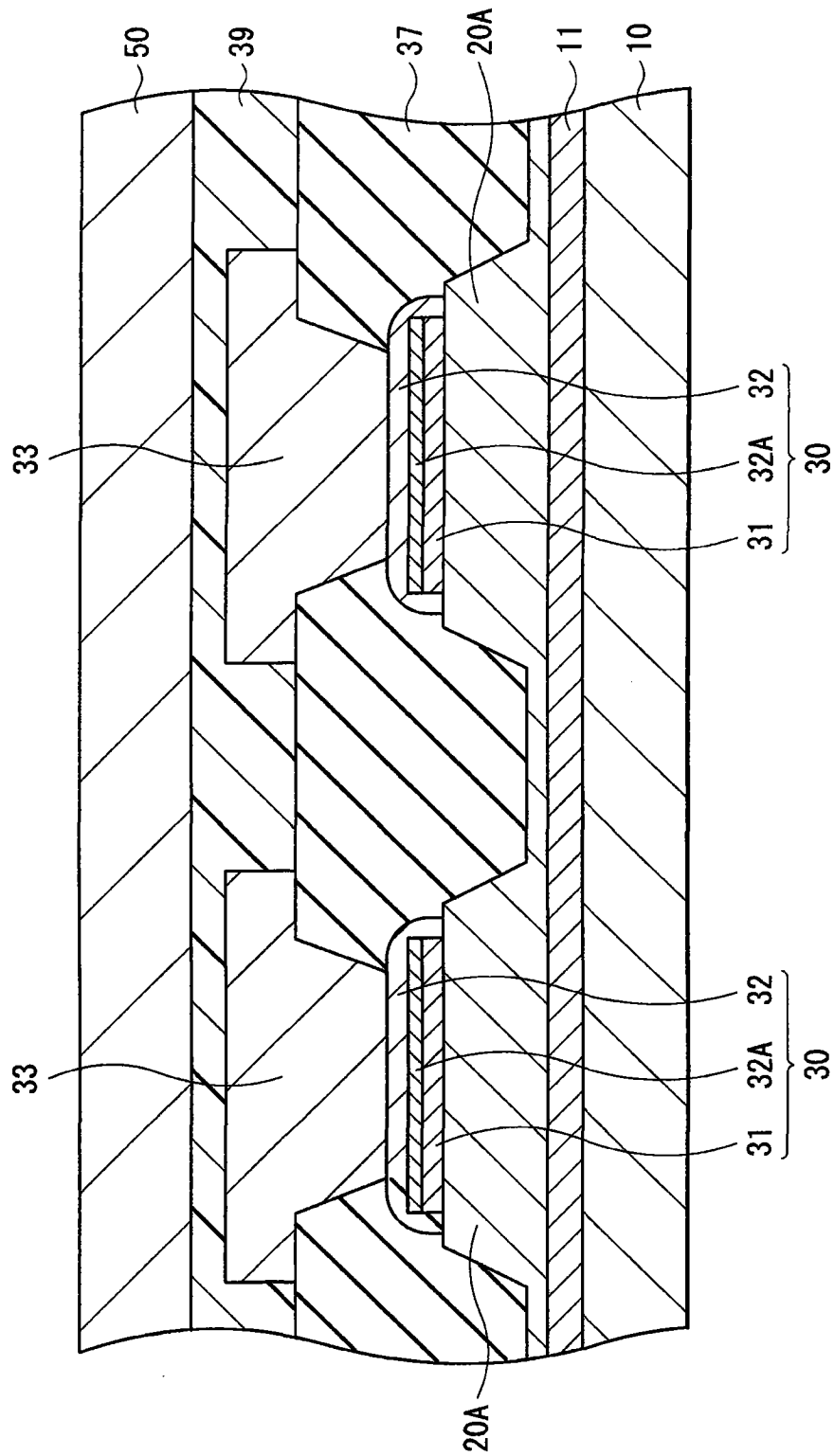


图5

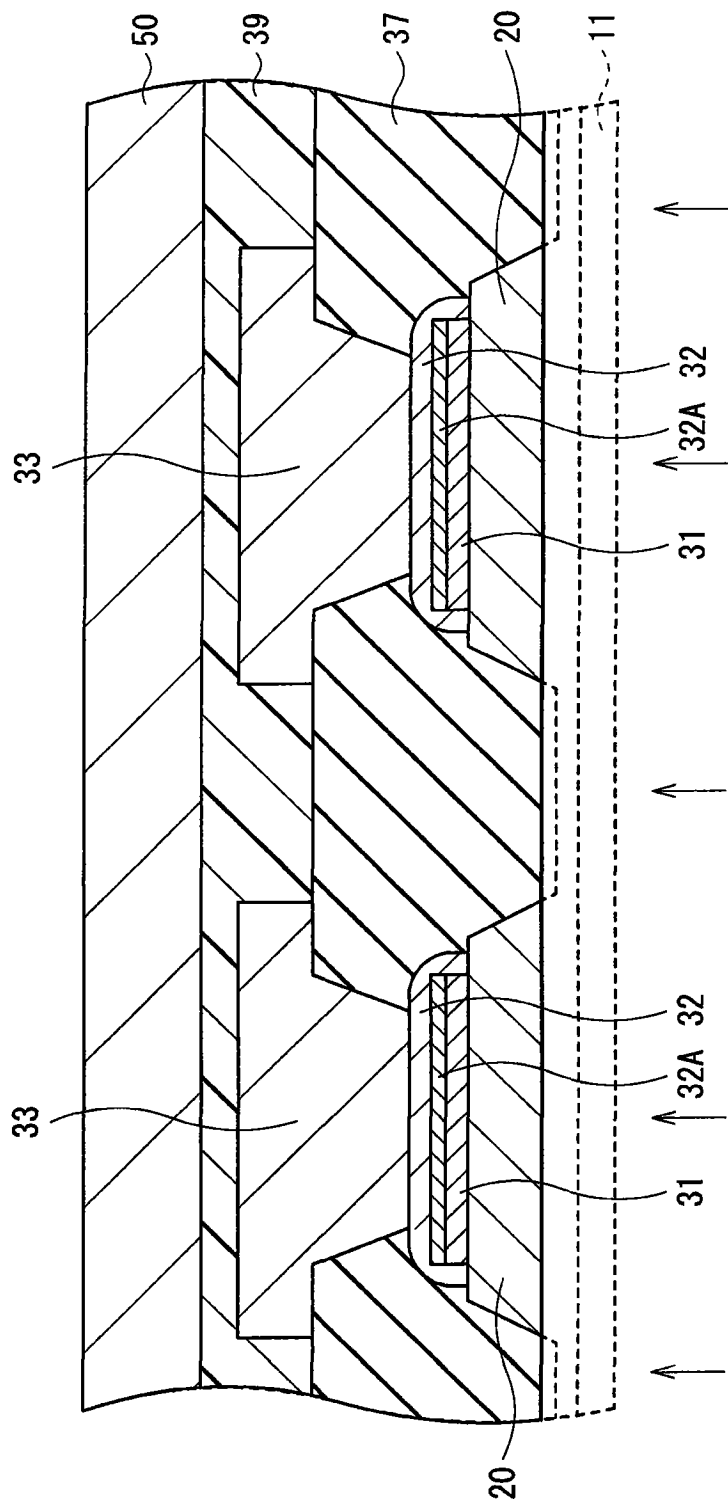


图6

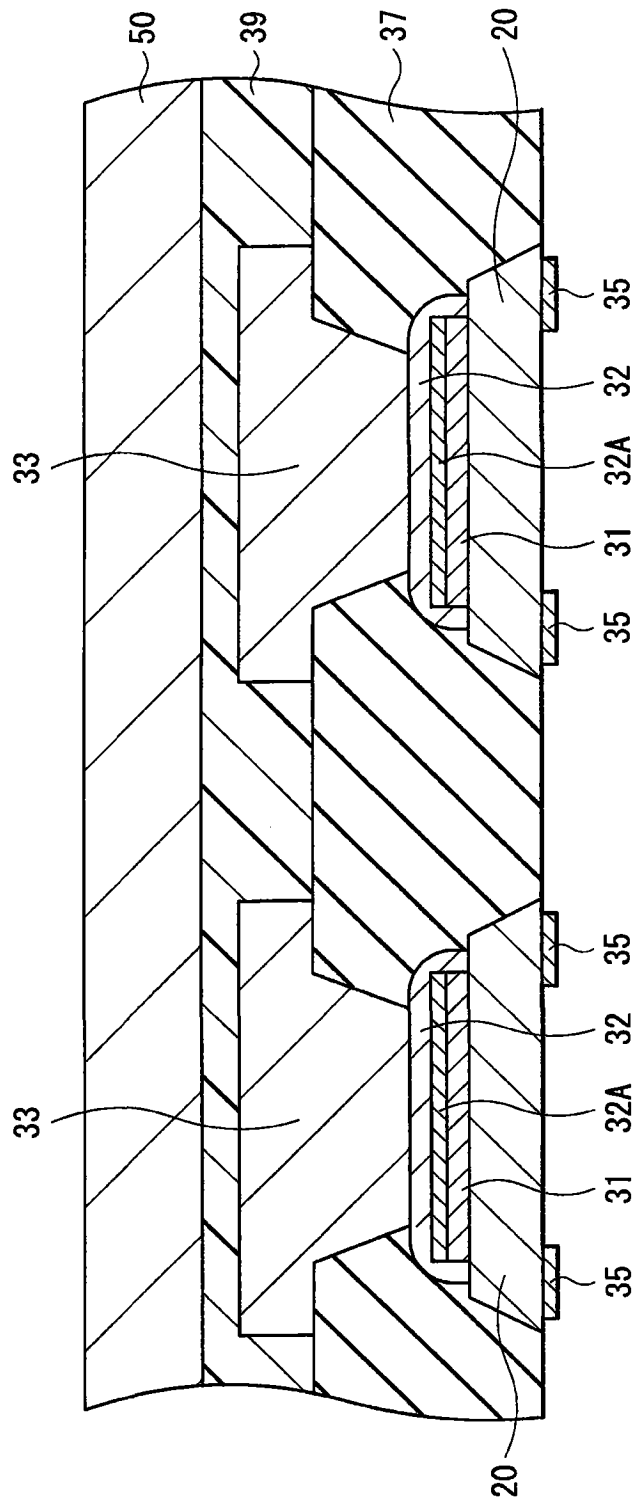


图7

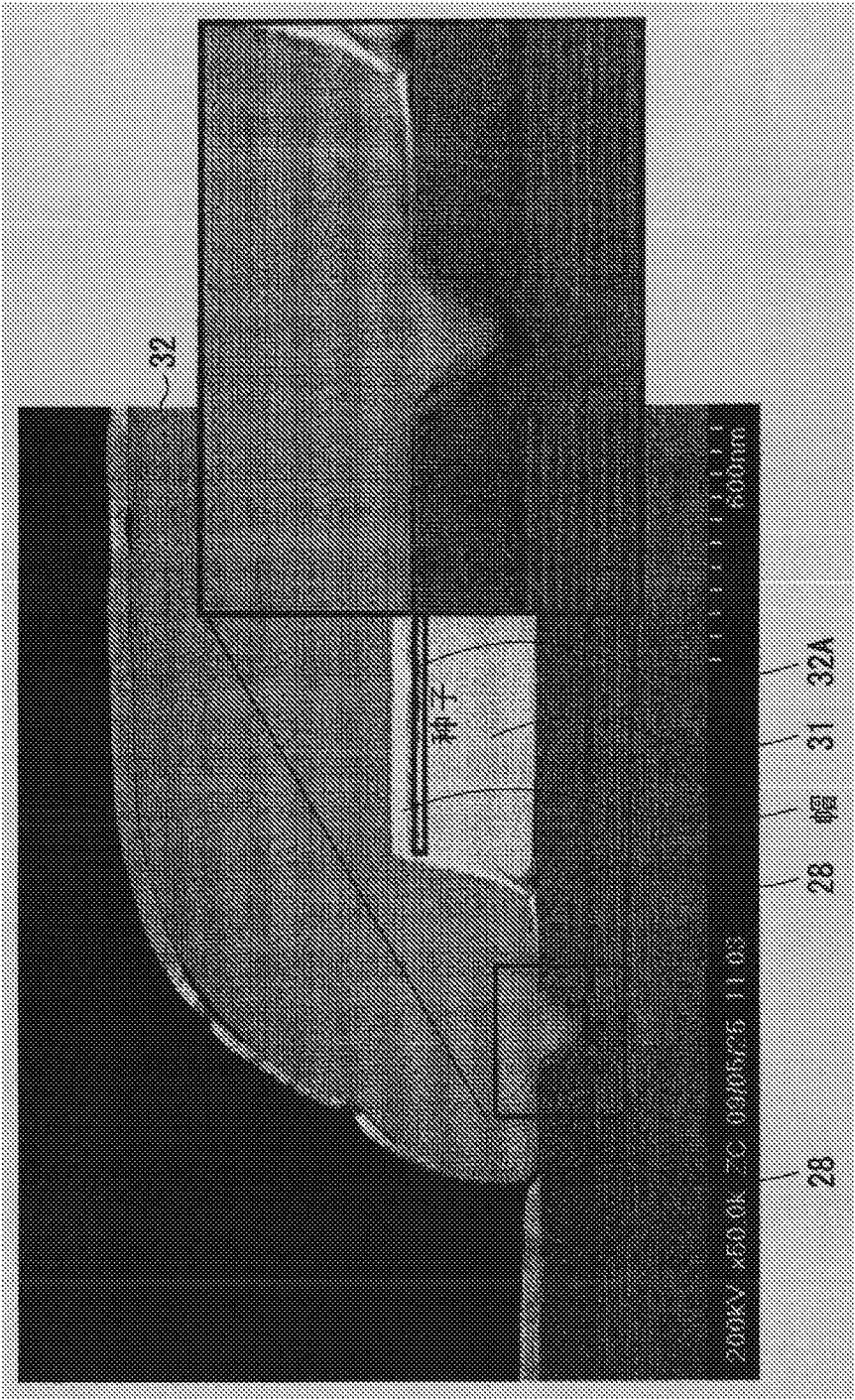


图8