



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105811239 B

(45)授权公告日 2018.12.21

(21)申请号 201610039147.0

(22)申请日 2016.01.20

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105811239 A

(43)申请公布日 2016.07.27

(30)优先权数据
2015-008745 2015.01.20 JP

(73)专利权人 三菱电机株式会社
地址 日本东京

(72)发明人 境野刚

(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112
代理人 何立波 张天舒

(51)Int.Cl.

H01S 5/026(2006.01)

(56)对比文件

US 2011/0002352 A1, 2011.01.06,
US 2005/0058169 A1, 2005.03.17,
JP 特开2011-77329 A, 2011.04.14,
JP 特开2010-109215 A, 2010.05.13,
US 2005/0163178 A1, 2005.07.28,
CN 101593930 A, 2009.12.02,

审查员 郜慧斌

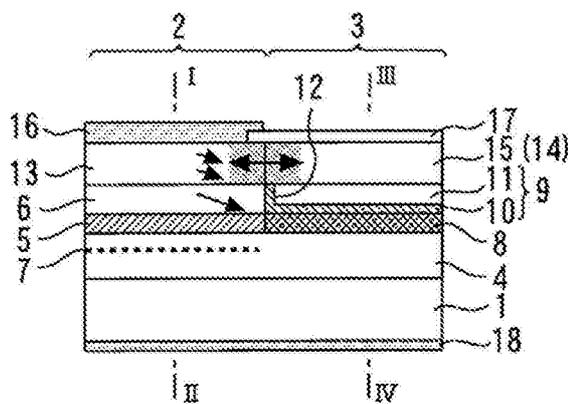
权利要求书1页 说明书5页 附图6页

(54)发明名称

光半导体装置

(57)摘要

本发明得到一种光半导体装置,其能够兼顾半导体激光器部与光波导部之间的电分离以及高的光耦合效率。光波导部(3)的上包层(9)具有与半导体激光器部(2)的p型包层(6)相比载流子浓度较低的第一低载流子浓度层(10)、在第一低载流子浓度层(10)上形成的Fe掺杂InP层(11)。漏电流抑制层(14)具有配置在p型半导体层(13)的旁边的Fe掺杂InP层(15)。第一低载流子浓度层(10)具有与p型包层(6)的侧面接触的侧壁部(12)。Fe掺杂InP层(11)隔着第一低载流子浓度层(10)的侧壁部(12)而配置在p型包层(6)的旁边,与p型包层(6)不接触。



1. 一种光半导体装置,其特征在于,
具有:

n型半导体衬底;

半导体激光器部,其形成在所述n型半导体衬底上,具有被加工成台面条带状的有源层、在所述有源层上形成的p型包层;

光波导部,其在所述n型半导体衬底上形成于所述有源层的光输出侧,具有被加工成台面条带状的光波导层、在所述光波导层上形成的上包层;

电流狭窄层,其为半导体,将所述有源层以及所述光波导层的两侧掩埋;

p型半导体层,其形成在所述半导体激光器部上;以及

漏电流抑制层,其形成在所述光波导部上,

所述上包层具有与所述p型包层相比载流子浓度较低的第一低载流子浓度层、以及在所述第一低载流子浓度层上形成的第一Fe掺杂半导体层,

所述漏电流抑制层具有配置在所述p型半导体层的旁边的第二Fe掺杂半导体层,

所述第一低载流子浓度层具有与所述p型包层的侧面接触的侧壁部,

所述第一Fe掺杂半导体层隔着所述第一低载流子浓度层的所述侧壁部配置在所述p型包层的旁边,与所述p型包层不接触。

2. 根据权利要求1所述的光半导体装置,其特征在于,

所述第二Fe掺杂半导体层与所述p型半导体层的侧面接触。

3. 根据权利要求1所述的光半导体装置,其特征在于,

所述漏电流抑制层还具有与所述p型半导体层相比载流子浓度较低的第二低载流子浓度层,

所述第二低载流子浓度层具有与所述p型半导体层的侧面接触的侧壁部,

所述第二Fe掺杂半导体层隔着所述第二低载流子浓度层的所述侧壁部配置在所述p型半导体层的旁边,与所述p型半导体层不接触。

光半导体装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种集成了半导体激光器部和光波导部的光半导体装置,其能够兼顾半导体激光器部与光波导部之间的电分离以及高的光耦合效率。

背景技术

[0002] 在光半导体装置中,通过将半导体激光器和光波导、光调制器等集成,从而不断小型化、高性能化。已知在衬底上集成了以半导体激光器为代表的光有源元件和光波导的集成型光半导体装置。通常在集成型光半导体装置中进行所集成的多个结构间的电分离。设置在半导体激光器部以及光波导部上的p型半导体层因为需要将电流供给至半导体激光器部,所以不是高电阻层。因此,提出了一种通过在半导体激光器部与光波导部之间将分离槽设置于p型半导体层,从而使半导体激光器部与光波导部电分离的装置(例如,参照专利文献1)。

[0003] 专利文献1:日本专利第5463760号公报

[0004] 需要使来自半导体激光器部的信号光与光波导部以高耦合效率耦合。但是,如果加深将半导体激光器部与光波导部电分离的分离槽,则在使来自半导体激光器部的光与光波导部耦合时会发生光的反射、散射,存在得不到高耦合效率的问题。

发明内容

[0005] 本发明就是为了解决上述课题而提出的,其目的在于,得到一种能够兼顾半导体激光器部与光波导部之间的电分离以及高的光耦合效率的光半导体装置。

[0006] 本发明涉及的光半导体装置,其特征在于,具有:n型半导体衬底;半导体激光器部,其形成在所述n型半导体衬底上,具有被加工成台面条带状的有源层、在所述有源层上形成的p型包层;光波导部,其在所述n型半导体衬底上形成于所述有源层的光输出侧,具有被加工成台面条带状的光波导层、以及在所述光波导层上形成的上包层;电流狭窄层,其为半导体,将所述有源层以及所述光波导层的两侧掩埋;p型半导体层,其形成在所述半导体激光器部上;以及漏电流抑制层,其形成在所述光波导部上,所述上包层具有与所述p型包层相比载流子浓度较低的第一低载流子浓度层、以及在所述第一低载流子浓度层上形成的第一Fe掺杂半导体层,所述漏电流抑制层具有配置在所述p型半导体层的旁边的第二Fe掺杂半导体层,所述第一低载流子浓度层具有与所述p型包层的侧面接触的侧壁部,所述第一Fe掺杂半导体层隔着所述第一低载流子浓度层的所述侧壁部配置在所述p型包层的旁边,与所述p型包层不接触。

[0007] 发明的效果

[0008] 在本发明中,通过在半导体激光器部上的p型半导体层的旁边设置第二Fe掺杂半导体层,能够抑制从半导体激光器部上的p型半导体层向光波导部的漏电流。另外,即使设置第二Fe掺杂半导体层,在使来自半导体激光器部的光与光波导部耦合时也不会发生光的反射、散射。因此,能够兼顾半导体激光器部与光波导部之间的电分离以及高的光耦合效

率。

附图说明

- [0009] 图1是表示本发明的实施方式1涉及的光半导体装置的剖视图。
- [0010] 图2是沿图1的I—II的剖视图。
- [0011] 图3是沿图1的III—IV的剖视图。
- [0012] 图4是表示本发明的实施方式1涉及的光半导体装置的制造工序的剖视图。
- [0013] 图5是表示本发明的实施方式1涉及的光半导体装置的制造工序的剖视图。
- [0014] 图6是表示本发明的实施方式1涉及的光半导体装置的制造工序的剖视图。
- [0015] 图7是表示本发明的实施方式1涉及的光半导体装置的制造工序的剖视图。
- [0016] 图8是表示本发明的实施方式1涉及的光半导体装置的制造工序的剖视图。
- [0017] 图9是表示本发明的实施方式1涉及的光半导体装置的制造工序的剖视图。
- [0018] 图10是表示本发明的实施方式1涉及的光半导体装置的制造工序的剖视图。
- [0019] 图11是表示本发明的实施方式1涉及的光半导体装置的制造工序的剖视图。
- [0020] 图12是表示本发明的实施方式1涉及的光半导体装置的制造工序的剖视图。
- [0021] 图13是表示本发明的实施方式1涉及的光半导体装置的制造工序的剖视图。
- [0022] 图14是表示对比例涉及的光半导体装置的剖视图。
- [0023] 图15是表示本发明的实施方式2涉及的光半导体装置的剖视图。
- [0024] 图16是表示本发明的实施方式3涉及的光半导体装置的剖视图。
- [0025] 标号的说明
- [0026] 1n型InP衬底,2半导体激光器部,3光波导部,5有源层,6p型InP包层,8光波导层,9上包层,10低载流子浓度InP层,11、15Fe掺杂InP层,12、28侧壁部,13p型InP层,14漏电流抑制层,19电流狭窄层,21Fe掺杂InP掩埋层,27低载流子浓度InP层

具体实施方式

[0027] 参照附图,对本发明的实施方式涉及的光半导体装置进行说明。对相同或相应的结构要素标注相同的标号,有时省略重复的说明。

[0028] 实施方式1

[0029] 图1是表示本发明的实施方式1涉及的光半导体装置的剖视图。图1是与光半导体装置的谐振器方向,即激光的前进方向平行地切断后的剖视图。该光半导体装置是在n型InP衬底1上集成了半导体激光器部2和光波导部3的集成型光半导体装置。

[0030] 半导体激光器部2具有在n型InP衬底1上依次形成的n型InP包层4、有源层5以及p型InP包层6。在n型InP包层4形成有衍射光栅7,半导体激光器部2是分布反馈型半导体激光器。n型InP包层4的载流子浓度是 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。有源层5是厚度 $0.2 \mu\text{m}$ 的AlGaInAs应变量子阱有源层。p型InP包层6的载流子浓度是 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。

[0031] 光波导部3形成在有源层5的光输出侧。光波导部3具有在n型InP衬底1上依次形成的n型InP包层4、光波导层8以及上包层9。光波导层8是厚度 $0.2 \mu\text{m}$ 的InGaAsP光波导层。有源层5的端面与光波导层8的端面接触,来自有源层5的激光通过光波导层8向纸面右侧前进。

[0032] 上包层9具有低载流子浓度InP层10、在低载流子浓度InP层10上形成的Fe掺杂InP

层11。与p型InP包层6相比，低载流子浓度InP层10的载流子浓度低、电阻高。Fe掺杂InP层11的载流子浓度是 $5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 。相对于p型InP包层6的厚度 $0.2 \mu\text{m}$ ，低载流子浓度InP层10和Fe掺杂InP层11的厚度分别为 $0.1 \mu\text{m}$ 。

[0033] 低载流子浓度InP层10将光波导层8的上表面和p型InP包层6的侧面连续地覆盖，具有与p型InP包层6的侧面接触的侧壁部12。Fe掺杂InP层11将低载流子浓度InP层10的上表面以及侧面连续地覆盖，隔着低载流子浓度InP层10的侧壁部12配置在p型InP包层6的旁边，与p型InP包层6不接触。

[0034] p型InP层13形成在半导体激光器部2上。p型InP层13的载流子浓度是 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。漏电流抑制层14形成在光波导部3上、即Fe掺杂InP层11以及低载流子浓度InP层10的侧壁部12上。漏电流抑制层14具有配置在p型InP层13的旁边的Fe掺杂InP层15。Fe掺杂InP层15与p型InP层13的侧面接触。Fe掺杂InP层15的载流子浓度是 $5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 。

[0035] p型InP层13上形成有p型电极16，该p型电极16为Ti/Pt/Au。Fe掺杂InP层15上形成有 SiO_2 绝缘膜17。在n型InP衬底1上的背面形成有n型电极18，该n型电极18为Ti/Pt/Au。

[0036] 图2是沿图1的I—II的剖视图。即，图2是将半导体激光器部2与谐振器方向垂直地切断后的剖视图。图3是沿图1的III—IV的剖视图。即，图3是将光波导部3与谐振器方向垂直地切断后的剖视图。半导体激光器部2和光波导部3的层叠构造被加工成台面条带状。电流狭窄层19将有源层5以及光波导层8的两侧掩埋，其中，电流狭窄层19为半导体。电流狭窄层19具有依次层叠的p型InP掩埋层20、Fe掺杂InP掩埋层21、n型InP掩埋层22。p型InP掩埋层20的载流子浓度是 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。Fe掺杂InP掩埋层21的载流子浓度是 $5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ 。n型InP掩埋层22的载流子浓度是 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。

[0037] 图4~图13是表示本发明的实施方式1涉及的光半导体装置的制造工序的剖视图。图7~图10表示沿图6的I—II切断后的剖面。即，图7~图10是将半导体激光器部2与谐振器方向垂直地切断后的剖视图。

[0038] 首先，如图4所示，在n型InP衬底1上通过MOCVD法使n型InP包层4进行晶体生长。使用电子束曝光形成衍射光栅7之后，使n型InP包层4进行追加再生长。在n型InP包层4上使有源层5和p型InP包层6进行晶体生长，其中，有源层5为AlGaInAs应变量子阱。

[0039] 接着，如图5所示，在p型InP包层6上形成 SiO_2 绝缘膜23，通过进行图案化、干法刻蚀而将有源层5和p型InP包层6的纸面右侧部分蚀刻除去。

[0040] 接着，如图6所示，在进行了蚀刻除去的部分利用MOCVD法使InGaAsP的光波导层8进行晶体生长。然后，相对于光波导层8的上表面以及p型InP包层6的侧面，利用MOVCD法使低载流子浓度InP层10进行晶体生长。使Fe掺杂InP层11以不接触p型InP包层6的方式进行晶体生长。然后，蚀刻除去 SiO_2 绝缘膜23。

[0041] 接着，如图7所示，对 SiO_2 绝缘膜24进行成膜、图案化。接着，如图8所示，通过干法刻蚀等形成脊。接着，如图9所示利用MOCVD法使p型InP掩埋层20、Fe掺杂InP掩埋层21、以及n型InP掩埋层22进行晶体生长。然后，蚀刻除去 SiO_2 绝缘膜24。

[0042] 接着，如图10所示，利用MOVCD法使半导体激光器部2的p型InP层13进行晶体生长。接着，如图11所示，形成 SiO_2 绝缘膜25，通过进行图案化、干法刻蚀，从而蚀刻除去p型InP层13的纸面右侧部分。

[0043] 接着，如图12所示，在进行了蚀刻除去的部分利用MOCVD法使Fe掺杂InP层15进行

晶体生长。然后,蚀刻除去SiO₂绝缘膜25。接着,如图13所示,形成SiO₂绝缘膜17、p型电极16、以及n型电极18。通过以上的工序制造本实施方式涉及的光半导体装置。

[0044] 下面,对本实施方式涉及的光半导体装置的动作进行说明。如果将电流注入至半导体激光器部2,则电流经由p型InP层13和p型InP包层6流动至有源层5,由有源层5放射激光。该激光通过光波导层8向图1的右方前进、射出。

[0045] 下面,与对比例进行比较而说明本实施方式的效果。图14是表示对比例涉及的光半导体装置的剖视图。对比例中,在光波导部3上与半导体激光器部2上同样地形成有p型InP层13,而并非Fe掺杂InP层15。通过在半导体激光器部2与光波导部3之间将分离槽26设置于p型InP层13,从而将半导体激光器部2与光波导部3电分离。其他的结构与本实施方式相同。

[0046] 在使用了图2所示的掩埋层的情况下,为了在半导体激光器部2得到高的电流注入效率,需要使p型InP包层6的厚度为50~200nm程度。为了使半导体激光器部2与光波导部3充分地进行电分离,需要使分离槽26的底部接近p型InP包层6的上端,达到与p型InP包层6的上端相距1 μ m程度。这时,因为来自半导体激光器部2侧的波导光在p型InP包层6的方向具有展宽,所以该波导光受分离槽26的侧面干扰,从而引起反射、散射,不能够充分地确保与光波导部3的光耦合效率。

[0047] 另外,在为了避免光的反射、散射而使分离槽26的底部远离p型InP包层6的上端的情况下,电分离变得不充分,一部分的电流会如图15的虚线箭头所示流向光波导部3侧。该电流对激光的发光并无帮助而会成为漏电流成分,该电流泄漏会使电流光输出特性恶化。

[0048] 与此相对,在本实施方式中,不在p型InP层13与Fe掺杂InP层15之间形成分离槽。取而代之,通过在半导体激光器部2上的p型InP层13的旁边作为高电阻层而设置Fe掺杂InP层15,从而能够抑制从半导体激光器部2上的p型InP层13向光波导部3的漏电流。另外,低载流子浓度InP层10和Fe掺杂InP层11也作为高电阻层而起作用。而且,即使设置Fe掺杂InP层15,在使来自半导体激光器部2的光与光波导部3耦合时也不会发生光的反射、散射。因此,能够兼顾半导体激光器部2与光波导部3之间的电分离和高的光耦合效率。

[0049] 另外,因为在半导体激光器部2的p型InP包层6与光波导部3的Fe掺杂InP层11之间存在低载流子浓度InP层10的侧壁部12,所以由于Fe与Zn的相互扩散而导致的高电阻化不会加深。因此,能够抑制向半导体激光器部2的有源层5的电流注入所受的阻碍,所以能够防止半导体激光器部2的电流光输出特性的恶化。

[0050] 另外,Fe掺杂InP层15与p型InP层13的侧面接触。由于在半导体层中作为掺杂剂而使用的Fe与Zn的相互扩散极大,因此在Fe掺杂InP层15与p型InP层13之间会发生Fe与Zn的相互扩散。因此,在两者的边界部分,p型InP层13的p型载流子浓度减少,高电阻化将会加深。由此,p型InP层13与Fe掺杂InP层15之间的电阻进一步地变高,所以与仅将Fe掺杂InP层15高电阻化的情况下相比,能够减少漏电流。

[0051] 实施方式2

[0052] 图15是表示本发明的实施方式2涉及的光半导体装置的剖视图。在本实施方式中,漏电流抑制层14还具有与p型InP层13相比载流子浓度较低的低载流子浓度InP层27。低载流子浓度InP层27具有与p型InP层13的侧面接触的侧壁部28。Fe掺杂InP层15隔着低载流子浓度InP层27的侧壁部28配置在p型InP层13的旁边,与p型InP层13不接触。其他的结构与实

施方式1相同。

[0053] 因为在半导体激光器部2上的p型InP层13与光波导部3上的Fe掺杂InP层15之间存在低载流子浓度InP层27的侧壁部28,所以由于Fe与Zn的相互扩散而导致的高电阻化不会加深。因此,能够防止本来需要导电性的半导体激光器部2上的p型InP层13的高电阻化。由此,能够抑制向半导体激光器部2的有源层5的电流注入所受的阻碍,且能够抑制从半导体激光器部2的p型InP层13向光波导部3的漏电流。

[0054] 实施方式3

[0055] 图16是表示本发明的实施方式3涉及的光半导体装置的剖视图。图16是将光波导部3与谐振器方向垂直地切断后的剖视图。p型InP层13形成在半导体激光器部2、光波导部3以及电流狭窄层19上。

[0056] 将半导体激光器部2的两侧掩埋的电流狭窄层19,与实施方式1的图2同样地具有p型InP掩埋层20、Fe掺杂InP掩埋层21、n型InP掩埋层22。另一方面,将光波导层8的两侧掩埋的电流狭窄层19是p型InP掩埋层20和Fe掺杂InP掩埋层21。

[0057] 作为制造方法,在与实施方式1同样地形成掩埋层之后,使用绝缘膜等通过图案化、干法刻蚀等仅从光波导部3除去n型InP掩埋层22。然后,除去绝缘膜,在光波导部3上代替Fe掺杂InP层15而形成p型InP层13。其他的工序与实施方式1相同。

[0058] 在本实施方式中,将光波导层8的两侧掩埋的电流狭窄层19的最上层是Fe掺杂InP掩埋层21,该Fe掺杂InP掩埋层21与p型InP层13接触。在两者之间发生Fe与Zn的相互扩散,p型InP层13的下部作为高电阻层而起作用。由此,能够抑制从半导体激光器部2的p型InP层13向光波导部3的漏电流。另外,该结构中,在使来自半导体激光器部2的光与光波导部3耦合时不会发生光的反射、散射。因此,能够兼顾半导体激光器部2与光波导部3之间的电分离和高的光耦合效率。

[0059] 此外,实施方式1~3涉及的光半导体装置是集成了半导体激光器部2和光波导部3的光波导集成型光半导体装置。但是,本发明并不限于此。也能够将与实施方式1~3同样的结构应用于相邻地集成有光调节器、光放大器等光有源元件和光波导的结构。另外,制造方法、使用的材料不限于实施方式1~3中所示的情况,只要能够得到同样的效果,结构、制造方法不必限于上述的内容。

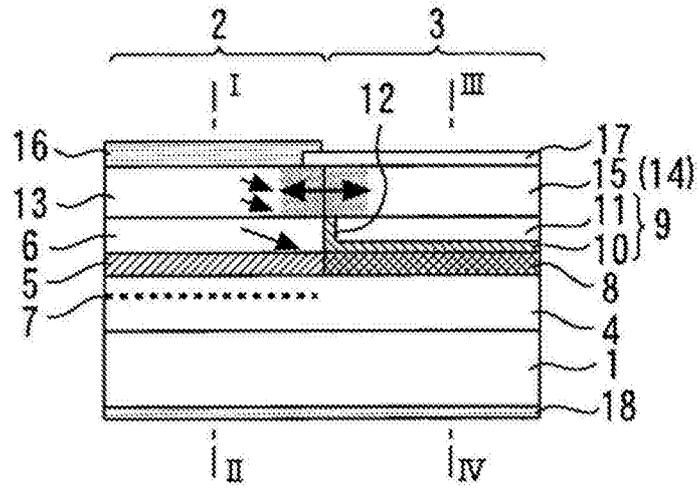


图1

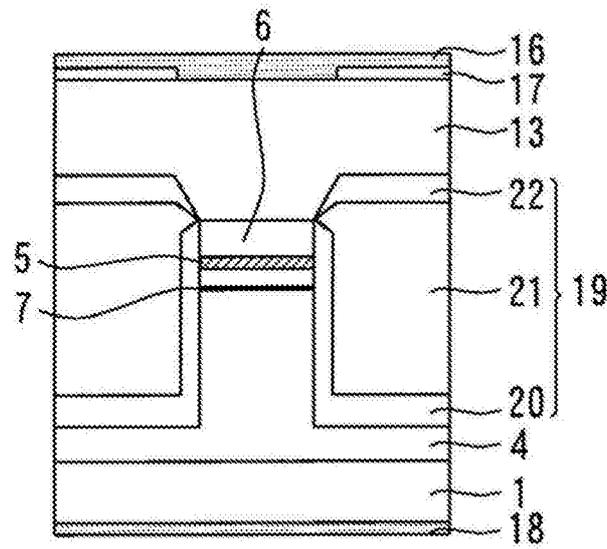


图2

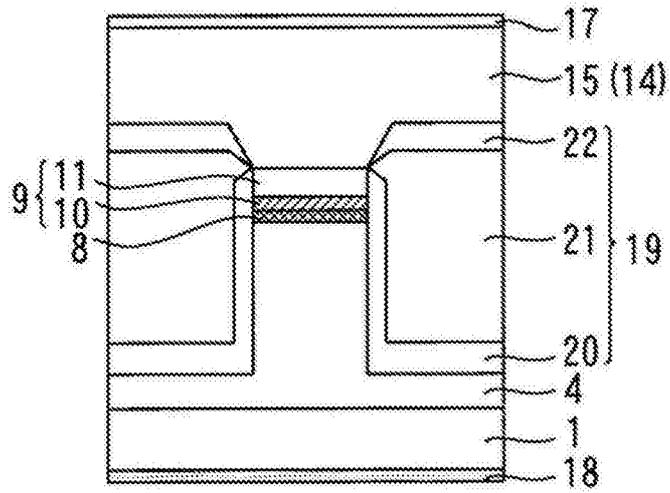


图3

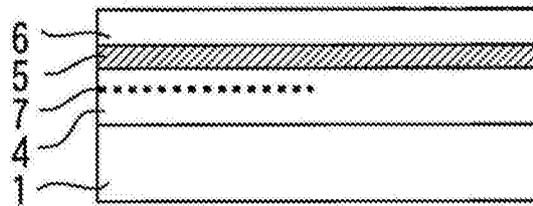


图4

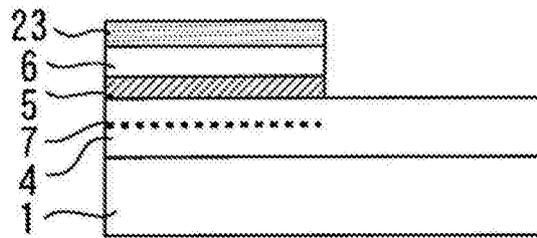


图5

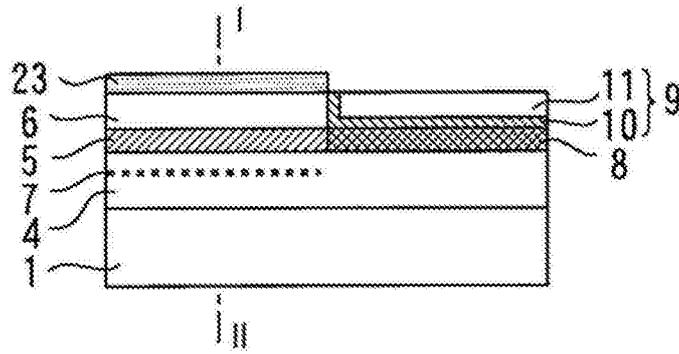


图6

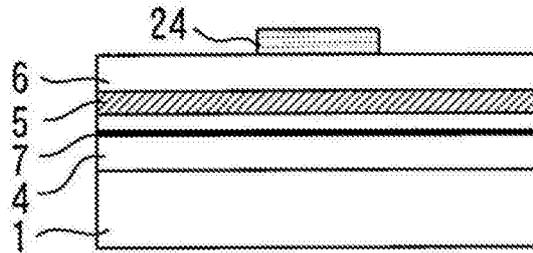


图7

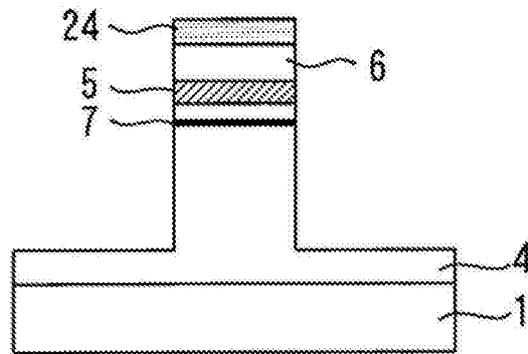


图8

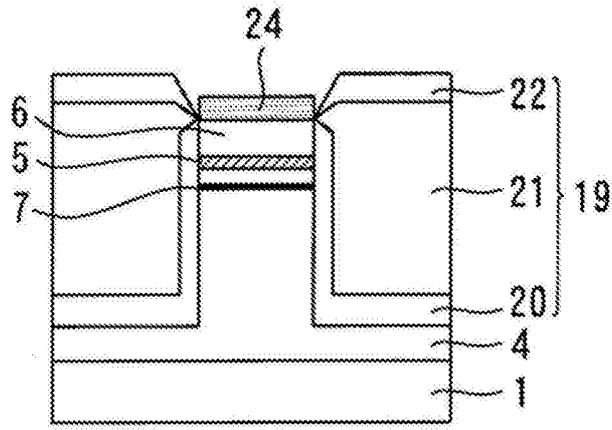


图9

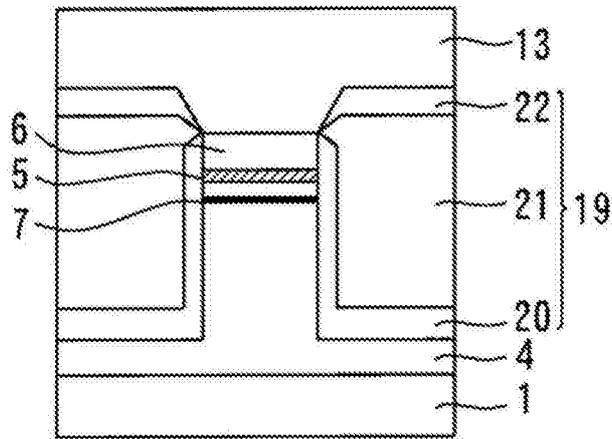


图10

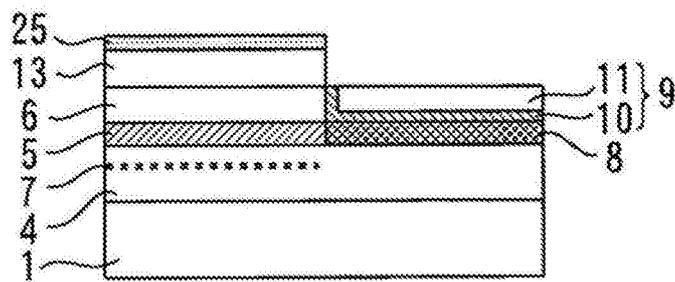


图11

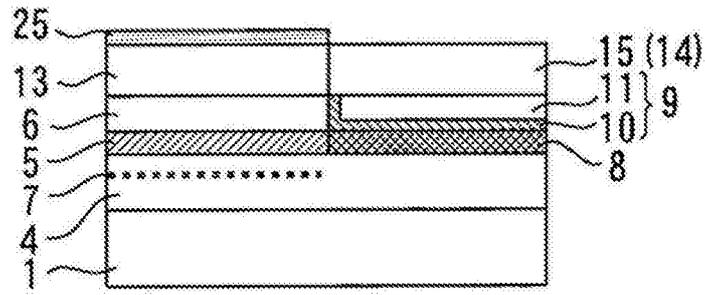


图12

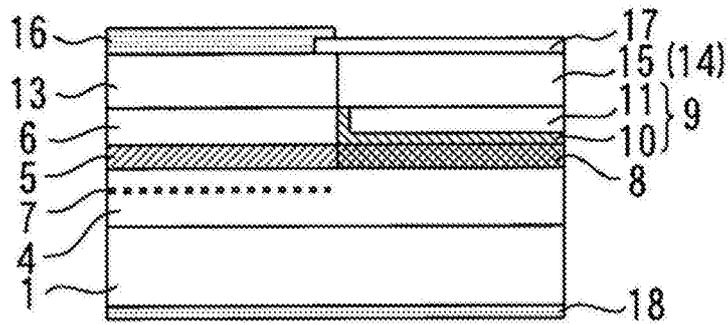


图13

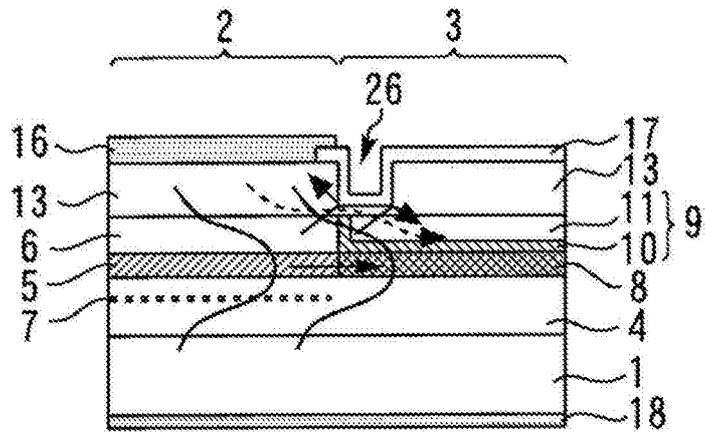


图14

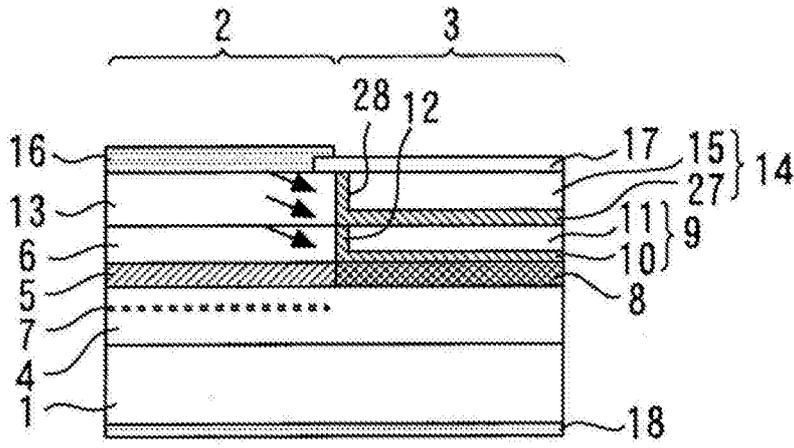


图15

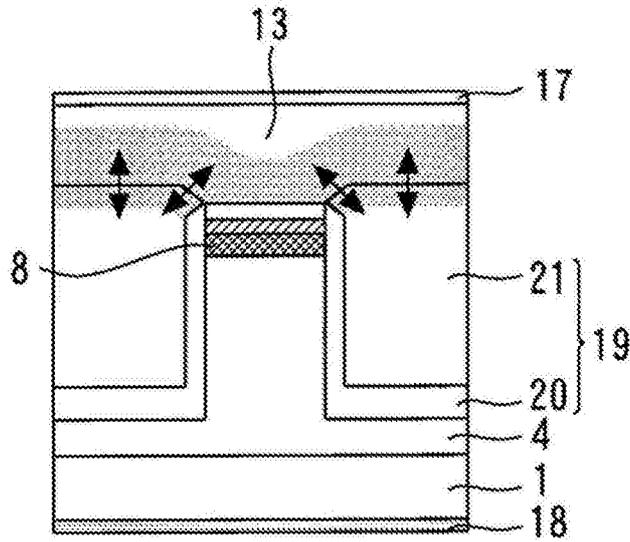


图16