



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111279565 B

(45) 授权公告日 2023.03.14

(21) 申请号 201880069581.0

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限

(22) 申请日 2018.10.19

公司 11127

(65) 同一申请的已公布的文献号

专利代理人 邓毅 黄纶伟

申请公布号 CN 111279565 A

(51) Int.CI.

(43) 申请公布日 2020.06.12

H01S 5/20 (2006.01)

(30) 优先权数据

G02F 1/13357 (2006.01)

2017-208551 2017.10.27 JP

G03B 21/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G03B 21/14 (2006.01)

2020.04.24

H01S 5/30 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

(56) 对比文件

PCT/JP2018/039049 2018.10.19

JP 2006179573 A, 2006.07.06

(87) PCT国际申请的公布数据

JP 2006179573 A, 2006.07.06

W02019/082817 JA 2019.05.02

JP 2007324411 A, 2007.12.13

(73) 专利权人 精工爱普生株式会社

JP 2007324411 A, 2007.12.13

地址 日本东京都

US 2006284187 A1, 2006.12.21

(72) 发明人 名川伦郁 石泽峻介

审查员 刘营

权利要求书2页 说明书13页 附图16页

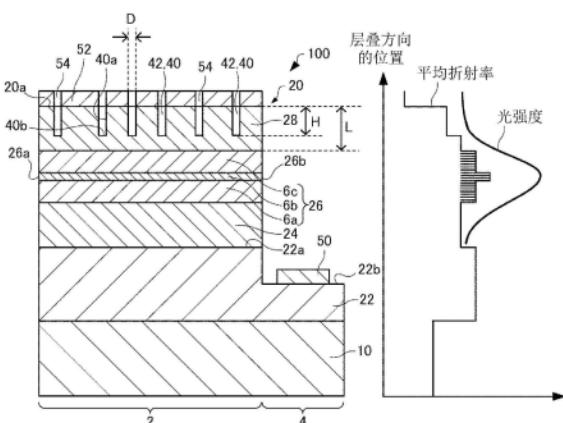
(54) 发明名称

发光装置及其制造方法以及投影仪

(57) 摘要

提供能够减少电极对光的吸收的发光装置。

发光装置具有：基体；以及层叠体，其设置于所述基体，所述层叠体具有：第1半导体层；第2半导体层，其导电型与所述第1半导体层不同；以及活性层，其设置于所述第1半导体层与所述第2半导体层之间，所述第1半导体层设置于所述基体与所述活性层之间，在所述层叠体的与所述基体侧相反的一侧设置有凹部，在所述凹部设置有折射率比所述第2半导体层的折射率低的低折射率部，所述凹部的深度为所述层叠体的与所述基体侧相反的一侧的面和所述活性层之间的距离以下，在所述层叠体的与所述基体侧相反的一侧设置有电极。



1.一种发光装置,其具有:

基体;以及

层叠体,其设置于所述基体,

所述层叠体具有:

第1半导体层;

第2半导体层,其导电型与所述第1半导体层不同;

量子阱层,其设置于所述第1半导体层与所述第2半导体层之间;

第1引导层,其设置于所述第1半导体层与所述量子阱层之间;以及

第2引导层,其设置于所述第2半导体层与所述量子阱层之间,

所述第1半导体层设置于所述基体与所述量子阱层之间,

在所述层叠体的与所述基体侧相反的一侧设置有凹部,

在所述凹部设置有折射率比所述第2半导体层的折射率低的低折射率部,

所述凹部的深度为所述层叠体的与所述基体侧相反的一侧的面和所述第2引导层之间的距离以下,

在所述层叠体的与所述基体侧相反的一侧设置有电极,

所述层叠体具有多个柱状部,

所述柱状部具有所述第1半导体层、所述第1引导层、所述量子阱层、所述第2引导层和所述第2半导体层,

所述低折射率部是空隙,

通过多个所述柱状部,能够将光封闭在俯视观察时设置有多个所述柱状部的区域,

所述凹部通过所述第2半导体层规定出,

在所述低折射率部的与所述基体侧相反的一侧、以及所述凹部的内侧面设置有所述电极,

所述电极与所述凹部的内侧面接触,并且与所述凹部的底面分离。

2.根据权利要求1所述的发光装置,其中,

所述凹部的底面是所述第2引导层的面。

3.根据权利要求2所述的发光装置,其中,

设置有多个所述凹部,

多个所述凹部在规定的方向上以第1间距排列,

多个所述柱状部在所述规定的方向上以第2间距排列,

所述第1间距比所述第2间距小。

4.一种发光装置的制造方法,其具有以下工序:

将第1半导体层、第1引导层、量子阱层、第2引导层和导电型与所述第1半导体层不同的第2半导体层按该顺序形成于基体,从而形成层叠体;

在所述层叠体的与所述基体相反的一侧形成凹部,该凹部设置有折射率比所述第2半导体层的折射率低的低折射率部;以及

在形成所述凹部的工序后,在所述层叠体的与所述基体侧相反的一侧形成电极,

在形成所述凹部的工序中,

以所述凹部的深度为所述层叠体的与所述基体侧相反的一侧的面和所述第2引导层之

间的距离以下的方式形成所述凹部，

所述凹部通过所述第2半导体层规定出，

在形成所述层叠体的工序中，

形成具有多个柱状部的所述层叠体，

所述柱状部具有所述第1半导体层、所述第1引导层、所述量子阱层、所述第2引导层和所述第2半导体层，

所述低折射率部是空隙，

通过多个所述柱状部，能够将光封闭在俯视观察时设置有多个所述柱状部的区域，

在形成所述电极的工序中，

在所述低折射率部的与所述基体侧相反的一侧、以及所述凹部的内侧面设置有所述电极，

使所述电极与所述凹部的内侧面接触，并且与所述凹部的底面分离。

5. 根据权利要求4所述的发光装置的制造方法，其中，

所述凹部的底面是所述第2引导层的面。

6. 一种投影仪，其具有权利要求1～3中的任意一项所述的发光装置。

发光装置及其制造方法以及投影仪

技术领域

[0001] 本发明涉及发光装置及其制造方法以及投影仪。

背景技术

[0002] 在半导体激光器、LED (Light Emitting Diode: 发光二极管) 等半导体发光装置中, 使用GaN系、GaAs系等材料(例如参照专利文献1)。

[0003] 例如将光封闭在半导体激光器的活性层中是大幅左右阈值电流密度等元件性能的重要要素。通过增大活性层与包层的折射率差, 能够提高光封闭系数。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2007-49062号公报

发明内容

[0007] 发明要解决的课题

[0008] 但是, 在上述这种发光装置中, 需要根据活性层的材料、基板的材料考虑晶格匹配等条件, 材料的选择项被大幅限制。因此, 很难取得活性层与包层的折射率之差, 很难提高光封闭系数。如果无法提高光封闭系数, 则例如在活性层中产生的光向电极侧泄漏, 被电极吸收而成为损耗。

[0009] 本发明的若干个方式的目的之一在于, 提供能够减少电极对光的吸收的发光装置。或者, 本发明的若干个方式的目的之一在于, 提供能够减少电极对光的吸收的发光装置的制造方法。或者, 本发明的若干个方式的目的之一在于, 提供具有上述发光装置的投影仪。

[0010] 用于解决课题的手段

[0011] 本发明的发光装置具有: 基体; 以及层叠体, 其设置于所述基体, 所述层叠体具有: 第1半导体层; 第2半导体层, 其导电型与所述第1半导体层不同; 以及活性层, 其设置于所述第1半导体层与所述第2半导体层之间, 所述第1半导体层设置于所述基体与所述活性层之间, 在所述层叠体的与所述基体侧相反的一侧设置有凹部, 在所述凹部设置有折射率比所述第2半导体层的折射率低的低折射率部, 所述凹部的深度为所述层叠体的与所述基体侧相反的一侧的面和所述活性层之间的距离以下, 在所述层叠体的与所述基体侧相反的一侧设置有电极。

[0012] 在这种发光装置中, 能够降低层叠体的设置有凹部的部分的俯视方向(与层叠体的层叠方向垂直的方向)的平均折射率。因此, 在这种发光装置中, 能够减少活性层中产生的光向第2电极侧泄漏的泄漏量。因此, 在这种发光装置中, 能够减少第2电极对光的吸收。

[0013] 在本发明的发光装置中, 也可以是, 所述层叠体具有多个柱状部, 所述柱状部具有所述第1半导体层、所述活性层和所述第2半导体层。

[0014] 在这种发光装置中, 能够减小由于基体的晶格常数和层叠体的晶格常数不同而产

生的错位存在于活性层的可能性。

[0015] 在本发明的发光装置中,也可以是,设置有多个所述凹部,多个所述凹部在规定的方向上以第1间距排列,多个所述柱状部在所述规定的方向上以第2间距排列,所述第1间距比所述第2间距小。

[0016] 在这种发光装置中,能够抑制封闭活性层中产生的光的效果受到多个凹部的影响。

[0017] 在本发明的发光装置中,也可以是,在所述低折射率部的与所述基体侧相反的一侧设置有所述电极。

[0018] 在这种发光装置中,能够减小第2电极的俯视方向上的电阻。

[0019] 在本发明的发光装置中,也可以是,所述低折射率部是空隙。

[0020] 在这种发光装置中,与低折射率部不是空隙的情况相比,能够降低层叠体的设置有凹部的部分的俯视方向的平均折射率。

[0021] 本发明的发光装置的制造方法具有以下工序:将第1半导体层、活性层和导电型与所述第1半导体层不同的第2半导体层按该顺序形成于基体,从而形成层叠体;在所述层叠体的与所述基体侧相反的一侧形成电极;对所述电极进行构图;以及将被构图的所述电极作为掩模而对所述层叠体进行构图,在所述层叠体形成凹部,该凹部设置有折射率比所述第2半导体层的折射率低的低折射率部,在形成所述凹部的工序中,以所述凹部的深度为所述层叠体的与所述基体侧相反的一侧的面和所述活性层之间的距离以下的方式形成所述凹部。

[0022] 在这种发光装置的制造方法中,能够制造能够减少第2电极对光的吸收的发光装置。

[0023] 本发明的发光装置的制造方法具有以下工序:将第1半导体层、活性层和导电型与所述第1半导体层不同的第2半导体层按该顺序形成于基体,从而形成层叠体;在所述层叠体的与所述基体相反的一侧形成凹部,该凹部设置有折射率比所述第2半导体层的折射率低的低折射率部;以及在形成所述凹部的工序后,在所述层叠体的与所述基体侧相反的一侧形成电极,在形成所述凹部的工序中,以所述凹部的深度为所述层叠体的与所述基体侧相反的一侧的面和所述活性层之间的距离以下的方式形成所述凹部。

[0024] 在这种发光装置的制造方法中,能够制造能够减少第2电极对光的吸收的发光装置。

[0025] 在本发明的发光装置的制造方法中,也可以是,在形成所述凹部的工序中,通过蚀刻形成所述凹部,在形成所述层叠体的工序中,在所述活性层与所述第2半导体层之间形成蚀刻阻挡层。

[0026] 在这种发光装置的制造方法中,能够抑制由于用于形成凹部的蚀刻而活性层被蚀刻。

[0027] 本发明的投影仪具有本发明的发光装置。

[0028] 在这种投影仪中,能够具有本发明的发光装置。

附图说明

[0029] 图1是示意地示出第1实施方式的发光装置的剖视图。

- [0030] 图2是示意地示出第1实施方式的发光装置的俯视图。
- [0031] 图3是示意地示出参考例的发光装置的剖视图。
- [0032] 图4是用于说明第1实施方式的发光装置的制造方法的流程图。
- [0033] 图5是示意地示出第1实施方式的发光装置的制造工序的剖视图。
- [0034] 图6是示意地示出第1实施方式的发光装置的制造工序的剖视图。
- [0035] 图7是示意地示出第1实施方式的第1变形例的发光装置的剖视图。
- [0036] 图8是示意地示出第1实施方式的第2变形例的发光装置的剖视图。
- [0037] 图9是示意地示出第1实施方式的第3变形例的发光装置的剖视图。
- [0038] 图10是示意地示出第1实施方式的第4变形例的发光装置的剖视图。
- [0039] 图11是示意地示出第2实施方式的发光装置的剖视图。
- [0040] 图12是示意地示出参考例的发光装置的剖视图。
- [0041] 图13是用于说明第2实施方式的发光装置的制造方法的流程图。
- [0042] 图14是示意地示出第2实施方式的发光装置的制造工序的剖视图。
- [0043] 图15是示意地示出第2实施方式的发光装置的制造工序的剖视图。
- [0044] 图16是示意地示出第2实施方式的发光装置的制造工序的剖视图。
- [0045] 图17是示意地示出第2实施方式的发光装置的制造工序的剖视图。
- [0046] 图18是示意地示出第2实施方式的发光装置的制造工序的剖视图。
- [0047] 图19是示意地示出第3实施方式的投影仪的图。
- [0048] 图20是第1模型的模拟的结果。
- [0049] 图21是第2模型的模拟的结果。

具体实施方式

[0050] 下面,使用附图对本发明的优选实施方式进行详细说明。另外,以下说明的实施方式并非不当地限定权利要求书所记载的本发明的内容。此外,以下说明的结构并非全部是本发明的必要技术特征。

[0051] 1. 第1实施方式

[0052] 1.1. 发光装置

[0053] 首先,参照附图对第1实施方式的发光装置进行说明。图1是示意地示出第1实施方式的发光装置100的剖视图。图2是示意地示出第1实施方式的发光装置100的俯视图。另外,图1是图2的I-I线剖视图。

[0054] 如图1和图2所示,发光装置100具有基体10、层叠体20、第1电极50和第2电极52。

[0055] 基体10例如具有板状的形状。基体10例如是Si基板、GaN基板、蓝宝石基板等。

[0056] 层叠体20设置于基体10(基体10上)。层叠体20具有缓冲层22、第1半导体层24、活性层26和第2半导体层28。

[0057] 另外,在本发明中,“上”是层叠体20的层叠方向(以下简称为“层叠方向”)中从活性层26观察远离基体10的方向,“下”是层叠方向中从活性层26观察接近基体10的方向。

[0058] 此外,在本发明中,“层叠体20的层叠方向”是第1半导体层24和活性层26的层叠方向(在图示的例子中为上下方向)。

[0059] 缓冲层22设置于基体10上。缓冲层22例如是第1导电型(例如n型)的GaN层(具体而

言为掺杂了Si的GaN层)等。

[0060] 缓冲层22具有第1上表面22a和第2上表面22b。第1上表面22a例如是设置有第1半导体层24的面。第2上表面22b例如是设置有第1电极50的面。在图示的例子中,第2上表面22b是位于比第1上表面22a更靠下方的面。例如在俯视观察时,发光装置100具有与第1上表面22a重叠的第1区域2和与第2上表面22b重叠的第2区域4。

[0061] 另外,在图1中示意地示出发光装置100的第1区域2中的俯视方向的平均折射率和光强度。这里“俯视方向的平均折射率”是层叠方向的规定的位置处、与层叠方向垂直的方向的平均折射率。例如,在如缓冲层22那样在俯视方向上由均匀的材料构成的层中,俯视方向的平均折射率单纯是构成层的材料的折射率(缓冲层22的折射率)。

[0062] 此外,为了便于说明,在图2中省略了发光装置100的第2区域4的图示。

[0063] 第1半导体层24设置于缓冲层22上。第1半导体层24设置于基体10与活性层26之间。第1半导体层24例如是第1导电型(例如n型)的GaN层(具体而言为掺杂了Si的GaN层)、AlGaN层等。

[0064] 活性层26设置于第1半导体层24上。活性层26设置于第1半导体层24与第2半导体层28之间。活性层26具有第1侧面26a和第2侧面26b。侧面26a、26b是相互对置的面(在图示的例子中为相互平行的面)。活性层26具有第1引导层6a、量子阱层6b和第2引导层6c。

[0065] 第1引导层6a设置于第1半导体层24上。第1引导层6a例如具有由GaN层和InGaN层构成的半导体超晶格(SL)构造。构成第1引导层6a的GaN层和InGaN层的数量没有特别限定。构成第1引导层6a的GaN层的折射率和InGaN层的折射率的平均比第1半导体层24的折射率高。

[0066] 量子阱层6b设置于第1引导层6a上。量子阱层6b是通过被注入电流而能够发光的层。量子阱层6b例如具有由GaN层和InGaN层构成的量子阱(MQW)构造。构成量子阱层6b的GaN层和InGaN层的数量没有特别限定。构成量子阱层6b的GaN层的折射率和InGaN层的折射率的平均比构成第1引导层6a的GaN层的折射率和InGaN层的折射率的平均、以及构成第2引导层6c的GaN层的折射率和InGaN层的折射率的平均高。

[0067] 第2引导层6c设置于量子阱层6b上。第2引导层6c例如具有由GaN层和InGaN层构成的半导体超晶格(SL)构造。构成第2引导层6c的GaN层和InGaN层的数量没有特别限定。构成第2引导层6c的GaN层的折射率和InGaN层的折射率的平均比第2半导体层28的折射率高。引导层6a、6c具有增大量子阱层6b与在俯视方向上传播的光的重叠(增大光封闭系数)的功能。

[0068] 第2半导体层28设置于活性层26上。第2半导体层28是导电型与第1半导体层24不同的层。第2半导体层28例如是第2导电型(例如p型)的GaN层(具体而言为掺杂了Mg的GaN层)、AlGaN层等。半导体层24、28是具有将光封闭在活性层26(抑制光从活性层26泄漏)的功能的包层。

[0069] 在层叠体20的与基体10侧相反的一侧设置有凹部40。凹部40在层叠体20的上表面20a具有开口。上表面20a是层叠体20的与基体10侧相反的一侧的面。在图示的例子中,上表面20a是第2半导体层28的面,与第2电极52接触。层叠体20具有由上表面20a以及凹部40的内侧面40a和底面40b构成的凹凸形状。在图示的例子中,内侧面40a和底面40b是规定凹部40的第2半导体层28的面。

[0070] 凹部40的深度(层叠方向的大小)H为层叠体20的上表面20a与活性层26之间的距离L以下。在图示的例子中,凹部40的深度H比距离L小。

[0071] 凹部40的俯视形状(从层叠方向观察的形状)例如为圆形。例如设置有多个凹部40。多个凹部40可以在规定的方向上以规定的间距排列,也可以如图所示随机地设置。第2半导体层28也可以通过多个凹部40具有作为多孔质的部分。

[0072] 另外,虽然没有图示,但是,凹部40既可以设置成条纹状,也可以设置成网格状。但是,当考虑第2电极52的俯视方向的电阻时,优选设置多个开口直径较小的凹部40。

[0073] 凹部40的开口直径(例如在凹部40的俯视形状为多边形的情况下是在内部包含该多边形的最小的圆(最小包含圆)的直径、如图所示在圆形的情况下是直径)D例如为5nm以上且500nm以下。相邻的凹部40的间隔例如为5nm以上且500nm以下。凹部40的深度H与凹部40的开口直径D之比(H/D)也可以是5倍以上。

[0074] 在凹部40设置有折射率比第2半导体层28的折射率低的低折射率部42。在图示的例子中,低折射率部42是空隙(空气)。在低折射率部42上未设置第2电极52。

[0075] 设置有低折射率部42的部分(第2半导体层28的设置有凹部40的部分)的俯视方向的平均折射率比第2半导体层28的未设置凹部40的部分的俯视方向的平均折射率低。这里,在层叠方向上设置有低折射率部42的部分的俯视方向的平均折射率n_{AVE}表示为下述式(1)。

[0076] 【数学式1】

$$[0077] n_{AVE} = \sqrt{\varepsilon_1 \cdot \phi + \varepsilon_2 (1 - \phi)} \cdots (1)$$

[0078] 其中,在式(1)中,ε₁是第2半导体层28的介电常数。ε₂是低折射率部42的介电常数。φ是设置有低折射率部42的部分的俯视方向上的第2半导体层28的填充率(在以与俯视方向平行的平面进行切断的情况下为第2半导体层28的截面面积S1与低折射率部42的截面面积S2之比(S1/(S1+S2)))。在低折射率部42是空隙的情况下,ε₂成为空气的介电常数。

[0079] 在发光装置100中,通过p型的第2半导体层28、未掺杂杂质的活性层26和n型的第一半导体层24构成pin二极管。第一半导体层24和第二半导体层28分别是带隙比活性层26的带隙大的层。在发光装置100中,当对第一电极50与第二电极52之间施加pin二极管的正偏置电压时(注入电流时),在活性层26中引起电子和空穴的复合。通过该复合而产生发光。活性层26中产生的光通过半导体层24、28在俯视方向上传播,在活性层26的第一侧面26a与第二侧面26b之间进行多重反射而形成驻波,在活性层26中接受增益而进行激光振荡。然后,发光装置100从第一侧面26a或第二侧面26b射出激光。

[0080] 第一电极50设置于缓冲层22上。在图示的例子中,第一电极50设置于缓冲层22的第二上表面22b。缓冲层22也可以与第一电极50进行欧姆接触。第一电极50与第一半导体层24电连接。在图示的例子中,第一电极50经由缓冲层22而与第一半导体层24电连接。第一电极50是用于对活性层26注入电流的一个电极。作为第一电极50,例如使用从缓冲层22侧起按照Ti层、Al层、Au层的顺序进行层叠而得到电极等。

[0081] 另外,虽然没有图示,但是,层叠体20也可以在第一电极50与缓冲层22之间具有第一接触层。第一接触层也可以与第一电极50进行欧姆接触。第一接触层也可以是n型的GaN层。此外,在基体10为导电性的情况下,虽然没有图示,但是,第一电极50也可以设置于基体10的下方。

[0082] 第2电极52设置于第2半导体层28的与基体10侧相反的一侧。第2电极52设置于第2半导体层28上。在图示的例子中,第2电极52未设置于凹部40的内侧面40a和底面40b。在第2电极52设置有多个贯通孔54。贯通孔54位于凹部40上,与凹部40连通。第2电极52是用于对活性层26注入电流的另一个电极。作为第2电极52,例如使用从上方或下方起按照Au层、Pt层的顺序进行层叠而得到的电极、按照Au层、Ni层的顺序进行层叠而得到的电极等。

[0083] 另外,虽然没有图示,但是,层叠体20也可以在第2电极52与第2半导体层28之间具有第2接触层。第2接触层也可以与第2电极52进行欧姆接触。第2接触层也可以是p型的GaN层。

[0084] 此外,上述说明了InGaN系的活性层26,但是,作为活性层26,能够使用通过被注入电流而能够发光的所有材料系。例如,能够使用AlGaN系、AlGaAs系、InGaAs系、InGaAsP系、InP系、GaP系、AlGaP系等半导体材料。

[0085] 发光装置100例如具有以下的特征。

[0086] 在发光装置100中,在层叠体20的与基体10侧相反的一侧设置有凹部40,在凹部40设置有折射率比第2半导体层28的折射率低的低折射率部42,凹部40的深度H为层叠体20的上表面20a与活性层26之间的距离L以下,在层叠体20的与基体10侧相反的一侧设置有第2电极52。因此,在发光装置100中,能够降低层叠体20的设置有凹部40的部分的俯视方向的平均折射率。因此,在发光装置100中,能够减少在活性层26中产生的光在俯视方向上传播时向第2电极52侧泄漏的泄漏量。因此,在发光装置100中,能够减少第2电极52对光的吸收,能够抑制第2电极52引起的光的损耗。其结果,在发光装置100中,例如即使不加厚第2半导体层28,也能够减少第2电极52对光的吸收,因此,能够实现第2半导体层28的低电阻化,能够实现高性能化。在发光装置100中,如图1所示,例如,能够使光强度的峰值位于活性层26。

[0087] 如图3所示,在层叠体1020中未设置凹部的发光装置1000(参考例的发光装置1000)中,层叠体1020不具有俯视方向的平均折射率较低的部分,因此,有时活性层1026中产生的光向第2电极1052侧泄漏。而且,有时活性层1026中产生的光被第2电极1052吸收而成为损耗。另外,发光装置1000具有基体1010、层叠体1020、第1电极1050和第2电极1052。层叠体1020具有缓冲层1022、第1半导体层1024、活性层1026和第2半导体层1028。

[0088] 进而,在发光装置100中,在层叠体20的与基体10侧相反的一侧设置有凹部40,因此,例如,与在层叠体的基体侧设置凹部的情况相比,容易形成凹部40。

[0089] 在发光装置100中,低折射率部42是空隙。因此,在发光装置100中,与低折射率部42不是空隙的情况相比,能够降低层叠体20的设置有凹部40的部分的俯视方向的平均折射率。

[0090] 1.2. 发光装置的制造方法

[0091] 接着,参照附图对第1实施方式的发光装置100的制造方法进行说明。图4是用于说明第1实施方式的发光装置100的制造方法的流程图。图5和图6是示意地示出第1实施方式的发光装置100的制造工序的剖视图。

[0092] 如图5所示,将缓冲层22、第1半导体层24、活性层26和第2半导体层28按照该顺序形成于基体10,从而形成层叠体20(步骤S11)。具体而言,在基体10上使缓冲层22、第1半导体层24、活性层26和第2半导体层28按照该顺序外延生长。作为外延生长的方法,例如举出MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition:金属有机化学气相沉积)法、MBE

(Molecular Beam Epitaxy:分子束外延)法等。

[0093] 另外,也可以通过在缓冲层22的第2区域4设置掩模层(未图示),使得不在缓冲层22的第2区域4上形成半导体层24、28和活性层26。或者,也可以在缓冲层22的第2区域4上形成半导体层24、28和活性层26后,去除第2区域4的半导体层24、28和活性层26,使缓冲层22的第2上表面22b露出。

[0094] 接着,在第2半导体层28上形成第2电极52(步骤S12)。第2电极52例如通过真空蒸镀法、溅射等形成。

[0095] 如图6所示,对第2电极52进行构图(步骤S13)。由此,能够在第2电极52形成多个贯通孔54。例如使用电子束光刻、胶体光刻(colloidal lithography)等进行构图。胶体光刻是适合于大量生产的简便方法。

[0096] 如图1所示,将被构图的第2电极52作为掩模,对层叠体20进行构图(蚀刻),在层叠体20形成设置有低折射率部42的凹部40(步骤S14)。在本工序中,以凹部40的深度H为距离L以下的方式形成凹部40。

[0097] 接着,在缓冲层22的第2上表面22b形成第1电极50(步骤S15)。第1电极50例如通过真空蒸镀法、溅射法等形成。另外,也可以在形成第2电极52的工序(步骤S12)之前进行形成第1电极50的工序(步骤S15)。然后,例如,以规定的形状切出基体10。

[0098] 通过以上的工序,能够制造发光装置100。

[0099] 在发光装置100的制造方法中,将被构图的第2电极52作为掩模,对层叠体20进行构图,在层叠体20形成凹部40。因此,在发光装置100的制造方法中,不需要为了形成凹部40而另外形成掩模,能够容易地形成凹部40。进而,在发光装置100的制造方法中,能够抑制第2电极52侵入凹部40。当第2电极52侵入凹部40时,有时由于进入凹部40的第2电极52而活性层26中产生的光被吸收。

[0100] 1.3. 发光装置的变形例

[0101] 1.3.1. 第1变形例

[0102] 接着,参照附图对第1实施方式的第1变形例的发光装置进行说明。图7是示意地示出第1实施方式的第1变形例的发光装置110的剖视图。

[0103] 下面,在第1实施方式的第1变形例的发光装置110中,对具有与上述第1实施方式的发光装置100的结构部件相同的功能的部件标注相同标号并省略其详细说明。这在后述第1实施方式的第2、第3、第4变形例的发光装置中是同样的。

[0104] 在上述发光装置100中,如图1所示,凹部40的底面40b是第2半导体层28的面。与此相对,在发光装置110中,如图7所示,凹部40的底面40b是活性层26的面。凹部40的深度H与层叠体20的上表面20a和活性层26之间的距离L相同。

[0105] 发光装置110能够具有与上述发光装置100相同的效果。

[0106] 在发光装置110中,凹部40的深度H与距离L相同。因此,在发光装置110中,与凹部40的底面40b是第2半导体层28的面的情况相比,能够降低更加接近活性层26的位置处的俯视方向的平均折射率。因此,在发光装置110中,能够进一步减少从活性层26泄漏的光的量。

[0107] 1.3.2. 第2变形例

[0108] 接着,参照附图对第1实施方式的第2变形例的发光装置进行说明。图8是示意地示出第1实施方式的第2变形例的发光装置120的剖视图。

[0109] 在上述发光装置100中,如图1所示,凹部40的底面40b是第2半导体层28的面。与此相对,在发光装置120中,如图8所示,凹部40的底面40b是蚀刻阻挡层29的面。

[0110] 在发光装置120中,层叠体20具有蚀刻阻挡层29。蚀刻阻挡层29设置于活性层26与第2半导体层28之间。蚀刻阻挡层29例如是第2导电型(例如p型)的AlGaN层(具体而言为掺杂了Mg的GaN层)等。在第2半导体层28和蚀刻阻挡层29均为AlGaN层的情况下,蚀刻阻挡层29包含比第2半导体层28多的Al。蚀刻阻挡层29包含Al,由此,蚀刻阻挡层29在形成凹部40的工序(步骤S14)中能够作为蚀刻阻挡件发挥功能。

[0111] 凹部40通过蚀刻形成。在通过干蚀刻形成凹部40的情况下,针对用于形成凹部40的蚀刻所使用的蚀刻气体的、蚀刻阻挡层29的蚀刻速度比第2半导体层28的蚀刻速度小。或者在通过湿蚀刻形成凹部40的情况下,针对用于形成凹部40的蚀刻所使用的蚀刻液的、蚀刻阻挡层29的蚀刻速度比第2半导体层28的蚀刻速度小。

[0112] 蚀刻阻挡层29例如通过MOCVD法、MBE法等形成。

[0113] 发光装置120能够具有与上述发光装置100相同的效果。

[0114] 在发光装置120中,层叠体20在活性层26与第2半导体层28之间具有蚀刻阻挡层29。因此,在发光装置120的制造方法中,能够抑制由于用于形成凹部40的蚀刻而活性层26被蚀刻,能够使活性层26的膜厚成为期望的值。

[0115] 1.3.3. 第3变形例

[0116] 接着,参照附图对第1实施方式的第3变形例的发光装置进行说明。图9是示意地示出第1实施方式的第3变形例的发光装置130的剖视图。

[0117] 在发光装置130中,如图9所示,在第2电极52上设置有导电层56这点与上述发光装置100不同。

[0118] 导电层56覆盖设置于第2电极52的贯通孔54。导电层56的厚度例如比第2电极52的厚度大。导电层56例如是Au层、Pt层、Ni层等。

[0119] 在层叠体20中形成凹部40(步骤S14)后,例如通过倾斜蒸镀形成导电层56。由此,能够抑制导电层56(用于形成导电层56的金属)进入凹部40。当导电层56进入凹部40时,有时由于进入凹部40的导电层56而活性层26中产生的光被吸收。

[0120] 发光装置130能够具有与上述发光装置100相同的效果。

[0121] 在发光装置130中,在第2电极52上以覆盖贯通孔54的方式设置有导电层56。因此,针对流过第2电极52和导电层56的电流,能够降低俯视方向的电阻。

[0122] 1.3.4. 第4变形例

[0123] 接着,参照附图对第1实施方式的第4变形例的发光装置进行说明。图10是示意地示出第1实施方式的第4变形例的发光装置140的剖视图。

[0124] 在上述发光装置100中,如图1所示,低折射率部42是空隙。与此相对,在发光装置140中,如图10所示,低折射率部42不是空隙。

[0125] 在发光装置140中,低折射率部42的材质是AlGaN、AlN、InAlN、二氧化硅、氮化硅、聚酰亚胺等。低折射率部42例如通过MOCVD法、MBE法、CVD(Chemical Vapor Deposition:化学气相沉积)法等形成。

[0126] 发光装置140能够具有与上述发光装置100相同的效果。

[0127] 2. 第2实施方式

[0128] 2.1. 发光装置

[0129] 接着,参照附图对第2实施方式的发光装置进行说明。图11是示意地示出第2实施方式的发光装置200的剖视图。

[0130] 下面,在第2实施方式的发光装置200中,对具有与上述第1实施方式的发光装置100的结构部件相同的功能的部件标注相同标号并省略其详细说明。

[0131] 在上述发光装置100中,如图1所示,在第2电极52设置有贯通孔54。与此相对,在发光装置200中,如图11所示,在第2电极52未设置贯通孔54。另外,在图11中示意地示出发光装置200的第1区域2中的俯视方向的光强度。

[0132] 在发光装置200中,第2电极52设置于第2半导体层28上和低折射率部42上(低折射率部42的与基体10侧相反的一侧)。第2电极52例如设置成对凹部40进行密封。

[0133] 在发光装置200中,层叠体20具有多个柱状部30。第2半导体层28具有构成柱状部30的柱状部形成部28a、以及设置有凹部40的凹部形成部28b。凹部形成部28b设置于柱状部形成部28a上。

[0134] 柱状部30具有第1半导体层24、活性层26和第2半导体层28的柱状部形成部28a。在图示的例子中,设置有3个柱状部30,但是,其数量没有特别限定。柱状部30的俯视图案例如是条纹状、点状、格子状,在点状的情况下,点的俯视形状为六边形等多边形、圆形等。

[0135] 点状的情况下柱状部30的直径(例如在柱状部30的俯视形状是多边形的情况下为在内部包含该多边形的最小的圆(最小包含圆)的直径、在柱状部30的俯视形状是圆形的情况下为直径)比凹部40的开口直径D大。相邻的柱状部30的间隔比相邻的凹部40的间隔大。多个凹部40在规定的方向(例如从活性层26的第一侧面26a朝向第二侧面26b的方向)上以第1间距P1排列。多个柱状部30在规定的方向(多个凹部40排列的方向)上以第2间距P2排列。第1间距P1比第2间距P2小。

[0136] 柱状部30的直径例如为10nm以上且1μm以下。柱状部30的层叠方向的大小例如为0.1μm以上且5μm以下。相邻的柱状部30的间隔例如为1nm以上且500nm以下。

[0137] 在发光装置200中,活性层26中产生的光例如在多个柱状部30中的最靠一侧的柱状部30a的一侧的侧面26a与多个柱状部30中的最靠另一侧的柱状部30b的另一侧的侧面26b之间多重反射而形成驻波。在发光装置200中,通过多个柱状部30,能够将光封闭在俯视观察时设置有多个柱状部30的区域。而且,活性层26中产生的光进行激光振荡,发光装置200从第一侧面26a或第二侧面26b射出激光。另外,在发光装置200中,具有多个柱状部30,由此,也可以将+1次衍射光和-1次衍射光作为激光向层叠方向射出。

[0138] 发光装置200设置有凹部40,因此,与上述发光装置100同样,能够减少第2电极52对光的吸收。如图12所示,在层叠体1020中未设置凹部的发光装置2000(参考例的发光装置2000)中,在层叠体1020中,活性层1026中产生的光有时向第2电极1052侧泄漏,被第2电极1052吸收而成为损耗。

[0139] 柱状部30与柱状部30之间例如是空隙,因此,通过设置柱状部30,设置有柱状部30的部分的俯视方向的平均折射率较低。但是,在发光装置200中,即使设置有柱状部30,通过设置凹部40,也能够抑制活性层26中产生的光向第2电极52侧泄漏。

[0140] 在发光装置200中,第1间距P1比第2间距P2小。因此,在发光装置200中,能够抑制封闭活性层26中产生的光的效果受到多个凹部40的影响。

[0141] 在发光装置200中,在低折射率部42上设置有第2电极52。因此,在发光装置200中,与在低折射率部42上未设置第2电极52的情况相比,能够减小第2电极52的俯视方向上的电阻。

[0142] 另外,虽然没有图示,但是,发光装置200也可以如图1所示的发光装置100那样,不具有柱状部30。

[0143] 此外,发光装置200也可以如图7所示的发光装置110那样,凹部40的底面40b是活性层26的面。

[0144] 此外,发光装置200也可以如图8所示的发光装置120那样,层叠体20在活性层26与第2半导体层28之间具有蚀刻阻挡层29。

[0145] 此外,发光装置200也可以如图10所示的发光装置140那样,低折射率部42不是空隙。

[0146] 2.2. 发光装置的制造方法

[0147] 接着,参照附图对第2实施方式的发光装置200的制造方法进行说明。图13是用于说明第2实施方式的发光装置200的制造方法的流程图。图14~图18是示意地示出第2实施方式的发光装置200的制造工序的剖视图。另外,图17和图18是凹部40附近的放大图。

[0148] 下面,在第2实施方式的发光装置200的制造方法中,对与上述第1实施方式的发光装置100的例子的不同之处进行说明,相同之处省略或简化说明。

[0149] 将缓冲层22、第1半导体层24、活性层26和第2半导体层28按照该顺序形成于基体10,从而形成层叠体20(步骤S21)。

[0150] 具体而言,首先,如图14所示,在基体10上使缓冲层22外延生长。接着,通过溅射法等在缓冲层22上形成例如Ti层(未图示)。接着,在该Ti层上涂布抗蚀剂层(未图示),通过电子线光刻等对抗蚀剂层进行构图后,例如将Cl₂气体作为蚀刻气体,使用ICP(Inductively Coupled Plasma:感应耦合等离子体)装置对Ti层进行蚀刻。

[0151] 接着,如图15所示,将被蚀刻的Ti层作为掩模,在缓冲层22上使第1半导体层24、活性层26和第2半导体层28按照该顺序外延生长,形成柱状部30。例如,通过对第2半导体层28的生长温度进行调整,在第2半导体层28的上部,能够成为柱状部30相互连续的形状。如上所述,能够形成层叠体20。

[0152] 接着,如图16所示,在层叠体20的上表面20a形成设置有低折射率部42的凹部40(步骤S22)。

[0153] 具体而言,通过溅射法等在层叠体20上形成例如SiO₂层(未图示)。接着,在该SiO₂层上涂布抗蚀剂层(未图示),通过电子线光刻等对抗蚀剂层进行构图后,例如利用CF₄等氟系气体对SiO₂层进行蚀刻。接着,利用氟系气体在第2半导体层28形成凹部40。通过以上那样,能够形成设置有低折射率部42的凹部40。

[0154] 接着,在层叠体20上和低折射率部42上形成第2电极52(步骤S23)。

[0155] 具体而言,如图17所示,通过真空蒸镀法在层叠体20的上表面20a蒸镀作为第2电极52的金属52a。真空蒸镀法中的成膜的直进性较高,因此,金属52a几乎不会绕入凹部40的内侧面40a。此外,当金属52a附着于上表面20a时,所附着的金属52a作为掩模发挥作用,金属52a的截面成为球状,金属52a的堆积进展。然后,当继续蒸镀时,金属52a彼此连接,如图18所示,成为膜状的金属52b。一旦金属52a彼此连接而成为膜状的金属52b后,此后,金属不

会进入凹部40。通过以上的工序,如图11所示,能够形成第2电极52。另外,第2电极52的构图既可以使用剥离法,也可以使用光刻和蚀刻。

[0156] 接着,在缓冲层22的第2上表面22b形成第1电极50(步骤S24)。

[0157] 通过以上的工序,能够制造发光装置200。

[0158] 3. 第3实施方式

[0159] 接着,参照附图对第3实施方式的投影仪进行说明。图19是示意地示出第3实施方式的投影仪900的图。

[0160] 本发明的投影仪包含本发明的发光装置。下面,对包含发光装置100作为本发明的发光装置的投影仪900进行说明。

[0161] 投影仪900包含壳体(未图示)、设置于壳体内的分别射出红色光、绿色光、蓝色光的红色光源100R、绿色光源100G、蓝色光源100B。各个红色光源100R、绿色光源100G和蓝色光源100B例如在与层叠方向垂直的方向上呈阵列状配置多个发光装置100,在多个发光装置100中使基体10成为共通基板。构成各个光源100R、100G、100B的发光装置100的数量没有特别限定。另外,为了简便,在图19中省略构成投影仪900的壳体,进而简化了光源100R、100G、100B。

[0162] 投影仪900还包含设置于壳体内的透镜阵列902R、902G、902B、透过型的液晶光阀(光调制装置)904R、904G、904B和投射镜头(投射装置)908。

[0163] 从光源100R、100G、100B射出的光入射到各透镜阵列902R、902G、902B。从光源100R、100G、100B射出的光能够通过透镜阵列902R、902G、902B会聚、例如重叠(一部分重叠)。由此,能够均匀性良好地照射液晶光阀904R、904G、904B。

[0164] 由各透镜阵列902R、902G、902B会聚后的光入射到各液晶光阀904R、904G、904B。各液晶光阀904R、904G、904B分别根据图像信息对所入射的光进行调制。而且,投射镜头908放大由液晶光阀904R、904G、904B形成的像(图像),将其投射到屏幕(显示面)910。

[0165] 此外,投影仪900能够包含对从液晶光阀904R、904G、904B射出的光进行合成并将其引导至投射镜头908的十字分色棱镜(色光合成单元)906。

[0166] 由各液晶光阀904R、904G、904B调制后的3个色光入射到十字分色棱镜906。该棱镜是贴合4个直角棱镜而形成的,在其内表面呈十字状配置有反射红色光的电介质多层膜和反射蓝色光的电介质多层膜。通过这些电介质多层膜对3个色光进行合成,形成表示彩色图像的光。然后,合成后的光通过投射光学系统即投射镜头908投射到屏幕910上,显示被放大的图像。

[0167] 另外,光源100R、100G、100B将构成光源100R、100G、100B的发光装置100作为影像的像素而根据图像信息进行控制(调制),由此,也可以直接形成影像,而不使用液晶光阀904R、904G、904B。而且,投射镜头908也可以放大由光源100R、100G、100B形成的影像并将其投射到屏幕910。

[0168] 此外,在上述例子中,作为光调制装置,使用透过型的液晶光阀,但是,也可以使用液晶以外的光阀,还可以使用反射型的光阀。作为这种光阀,例如可列举出反射型的液晶光阀、数字微镜器件(Digital Micromirror Device)。此外,投射光学系统的结构根据所使用的光阀的种类而适当变更。

[0169] 此外,还能够将光源100R、100G、100B应用于扫描型的图像显示装置(投影仪)的光

源装置，该扫描型的图像显示装置具有通过使来自光源100R、100G、100B的光在屏幕上进行扫描而使显示面显示期望的大小的图像的、作为图像形成装置的扫描单元的。

[0170] 本发明的发光装置的用途不限于上述实施方式，除了投影仪以外，还能够用作室内外的照明、显示器的背光灯、激光打印机、扫描仪、车载用灯、使用光的传感设备、通信设备等的光源。

[0171] 4. 实验例

[0172] 以下示出实验例，更加具体地说明本发明。另外，本发明不由以下的实验例进行任何限定。

[0173] 4.1. 模型

[0174] 4.1.1. 第1模型

[0175] 使用图1所示的发光装置的第1区域2中的模型作为第1模型来进行模拟。将第1半导体层24设为Al_{0.2}Ga_{0.8}N层(厚度无限大)。将第1引导层6a设为重叠了20对In_{0.2}Ga_{0.8}N层(厚度1.5nm)和GaN层(厚度1.5nm)的SL构造。将量子阱层6b设为重叠了5对In_{0.2}Ga_{0.8}N层(厚度3nm)和GaN层(厚度12nm)的MQW构造。将第2引导层6c设为重叠了20对In_{0.2}Ga_{0.8}N层(厚度1.5nm)和GaN层(厚度1.5nm)的SL构造。将第2半导体层28设为GaN层，将凹部40的深度设为无限大。将凹部40的底面40b与活性层26之间的距离设为100nm。在以与穿过凹部40的俯视方向平行的平面进行切断的情况下，凹部40的截面面积S_A与第2半导体层28的截面面积S_B之比(S_A/(S_A+S_B))成为25%。

[0176] 4.1.2. 第2模型

[0177] 在第2模型中，除了未设置凹部40以外，与第1模型相同。即，在第2模型中，比(S_A/(S_A+S_B))为0%。

[0178] 4.2. 计算结果

[0179] 在上述这种第1模型和第2模型中，通过一维传输矩阵法计算层叠方向的光封闭。图20是第1模型的模拟的结果。图21是第2模型的模拟的结果。在图20和图21中，横轴示出层叠方向的位置，纵轴示出层叠方向的位置处的俯视方向的平均折射率和电场强度。另外，活性层是层叠了多个折射率不同的2种层而构成的，因此，在图20和图21所示的折射率的曲线图中被涂黑。

[0180] 如图20和图21所示，关于向量子阱层的封闭系数ξ，可知在第2模型中为4.45%，与此相对，在第1模型中改善为5.57%。进而，在第2模型中，向第2半导体层侧泄漏1μm左右的光，与此相对，在第1模型中，能够将向第2半导体层侧的光的泄漏抑制为200nm～300nm左右。因此，可知通过设置凹部，能够抑制向第2半导体层侧的光的泄漏。

[0181] 另外，在图20和图21中，还示出有效折射率n_{eq}(0)和量子阱层中的每一对In_{0.2}Ga_{0.8}N层和GaN层的封闭系数ξ/QW。

[0182] 例如通过增厚第2半导体层，能够抑制第2电极中的光的损耗，但是，第2半导体层的厚膜化直接导致电阻的增大。通过将比(S_A/(S_A+S_B))设为25%，即使第2半导体层的电阻率增大到1.3倍，如果能够与未形成凹部的情况相比，将第2半导体层的厚度抑制为1/4左右，则能够抑制第2半导体层的电阻的增大。

[0183] 本发明也可以在具有本申请所记载的特征、效果的范围内省略一部分结构，或者组合各实施方式、变形例。

[0184] 本发明包含与实施方式中说明的结构实质上相同的结构(例如功能、方法和结果相同的结构或目的和效果相同的结构)。此外,本发明包含对实施方式中说明的结构的非本质的部分进行置换而得到的结构。此外,本发明包含发挥与实施方式中说明的结构相同的作用效果的结构或能够实现相同目的的结构。此外,本发明包含对实施方式中说明的结构附加了公知技术的结构。

[0185] 标号说明

[0186] 2:第1区域;4:第2区域;6a:第1引导层;6b:量子阱层;6c:第2引导层;10:基体;20:层叠体;20a:上表面;22:缓冲层;22a:第1上表面;22b:第2上表面;24:第1半导体层;26:活性层;26a:第1侧面;26b:第2侧面;28:第2半导体层;28a:柱状部形成部;28b:凹部形成部;29:蚀刻阻挡层;30、30a、30b:柱状部;40:凹部;40a:内侧面;40b:底面;42:低折射率部;50:第1电极;52:第2电极;52a、52b:金属;54:贯通孔;56:导电层;100:发光装置;100R、100G、100B:光源;110、120、130、140、200:发光装置;900:投影仪;902R、902G、902B:透镜阵列;904R、904G、904B:液晶光阀;906:十字分色棱镜;908:投射镜头;910:屏幕;1000:发光装置;1010:基体;1020:层叠体;1022:缓冲层;1024:第1半导体层;1026:活性层;1028:第2半导体层;1050:第1电极;1052:第2电极;2000:发光装置。

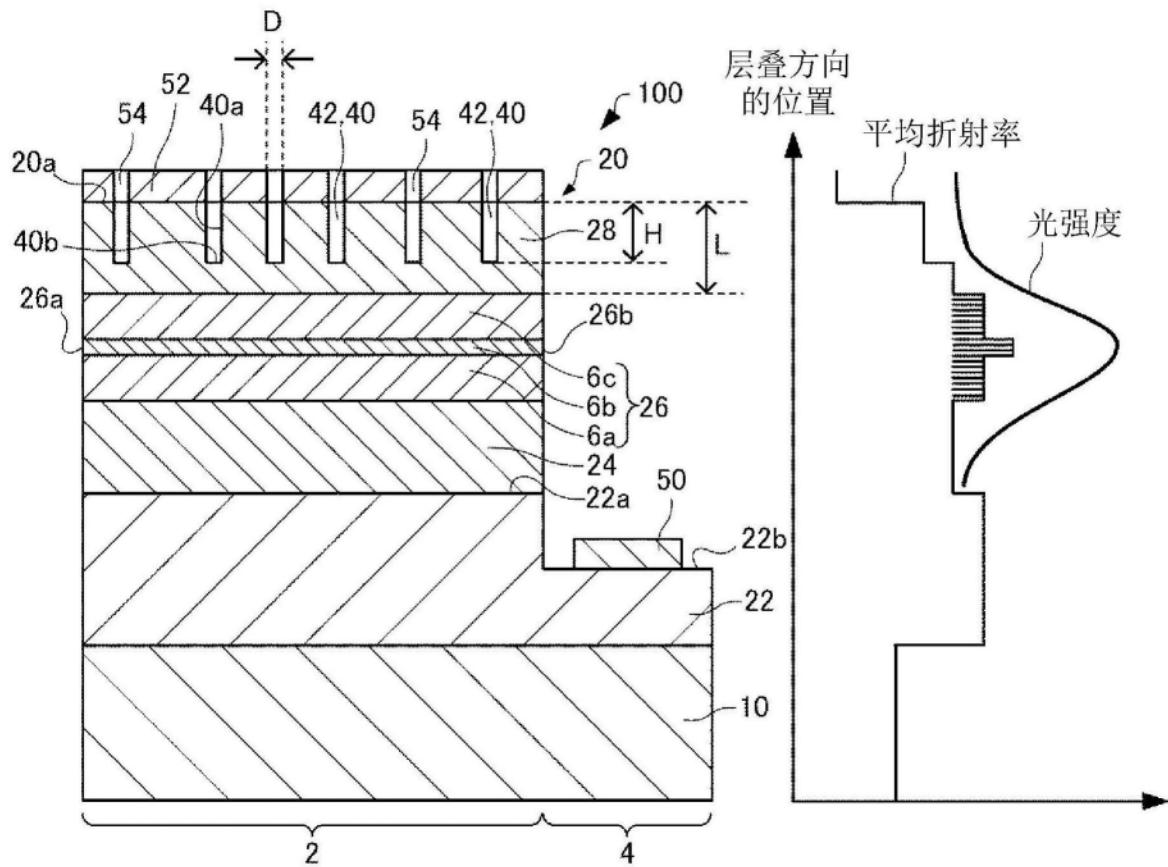


图1

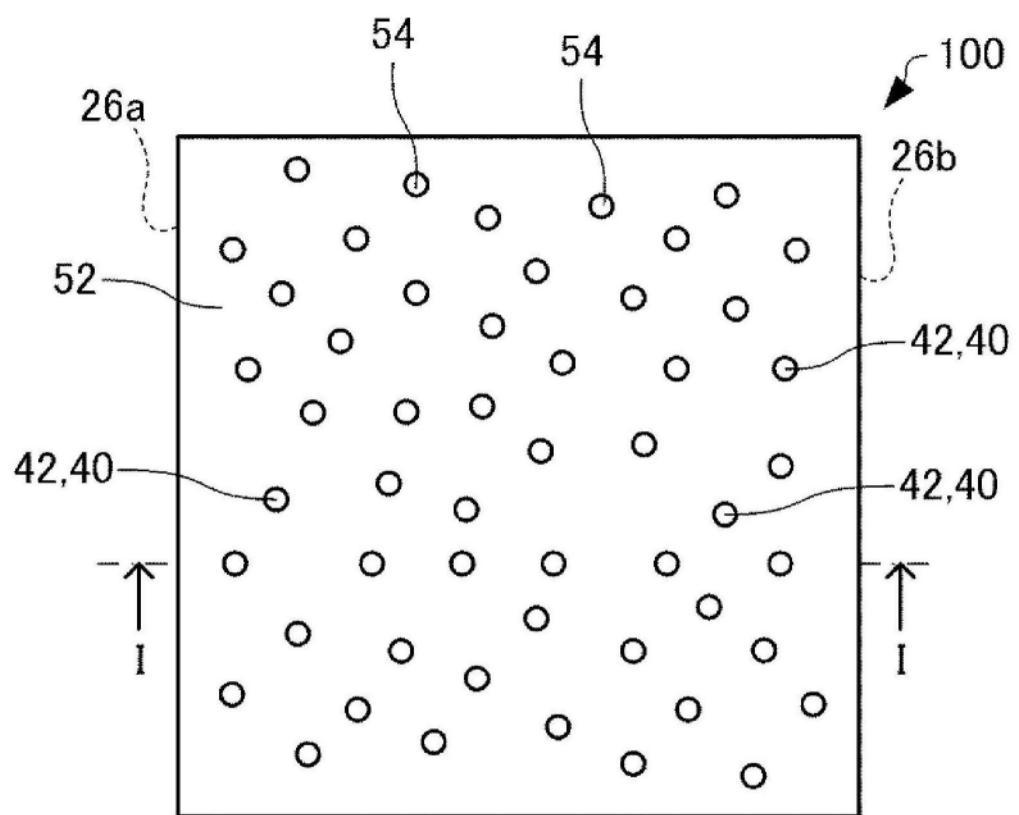


图2

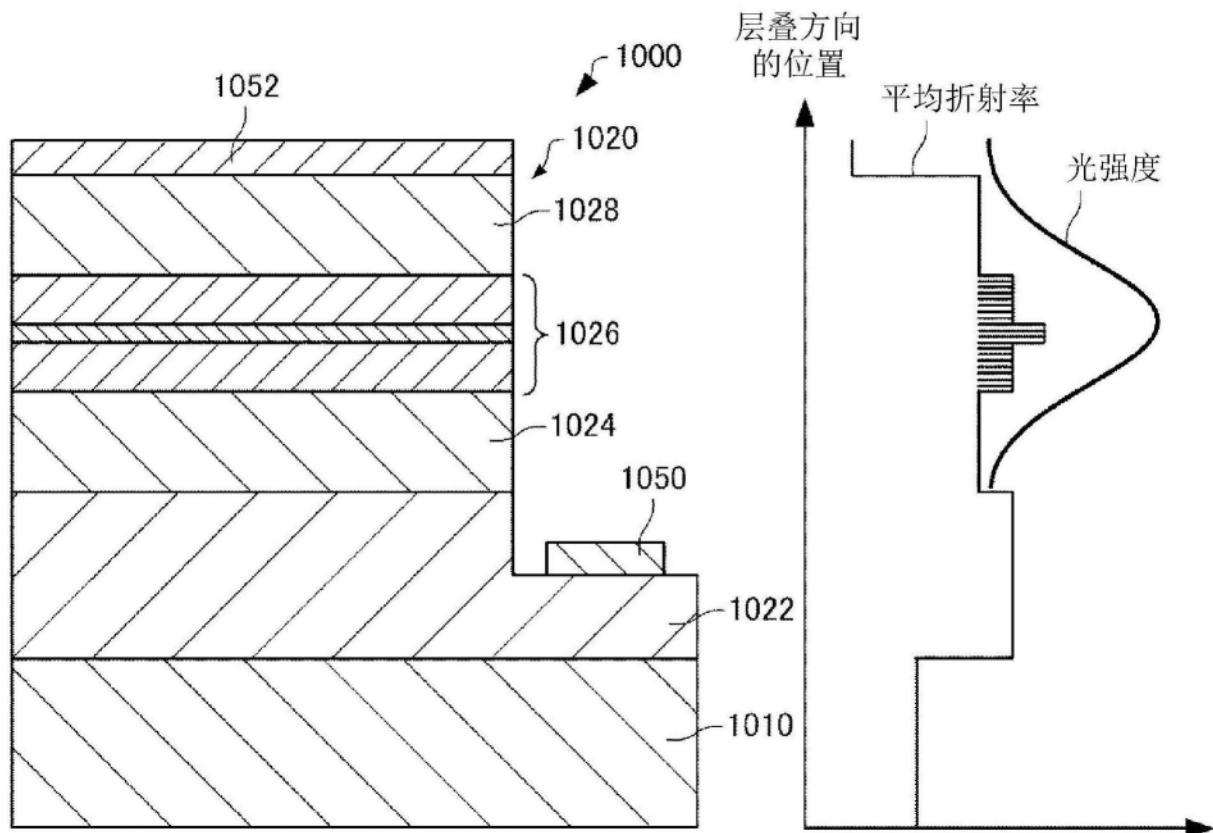


图3

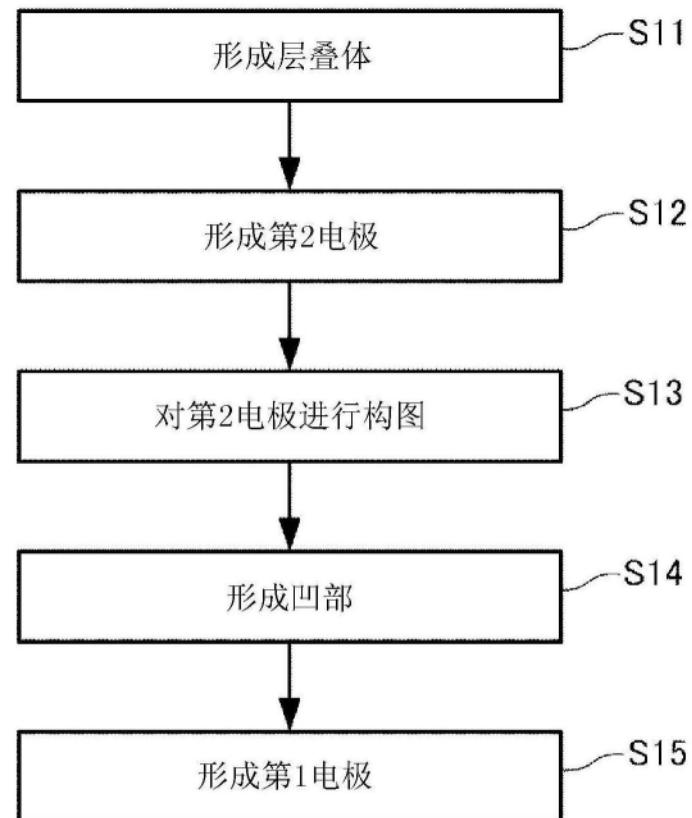


图4

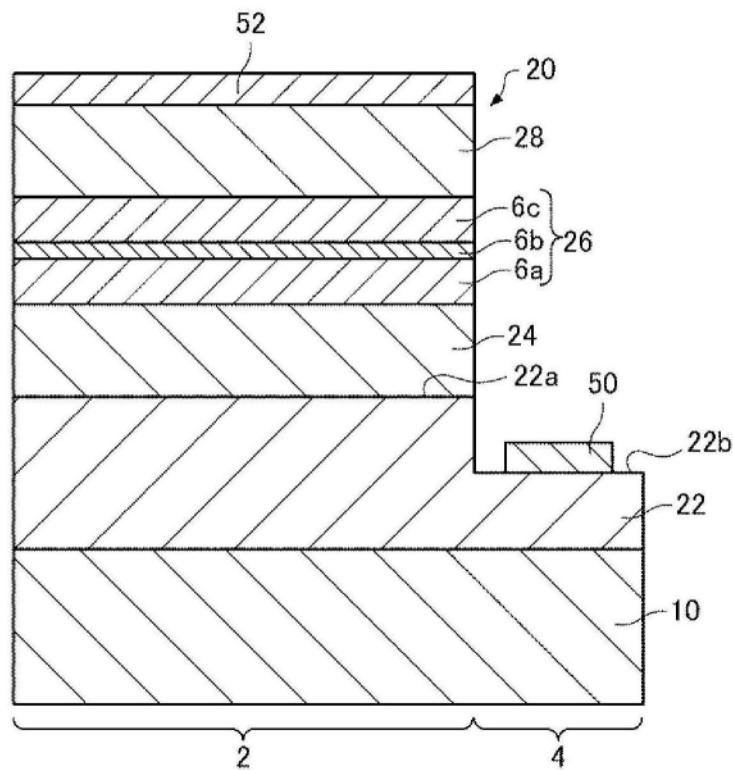


图5

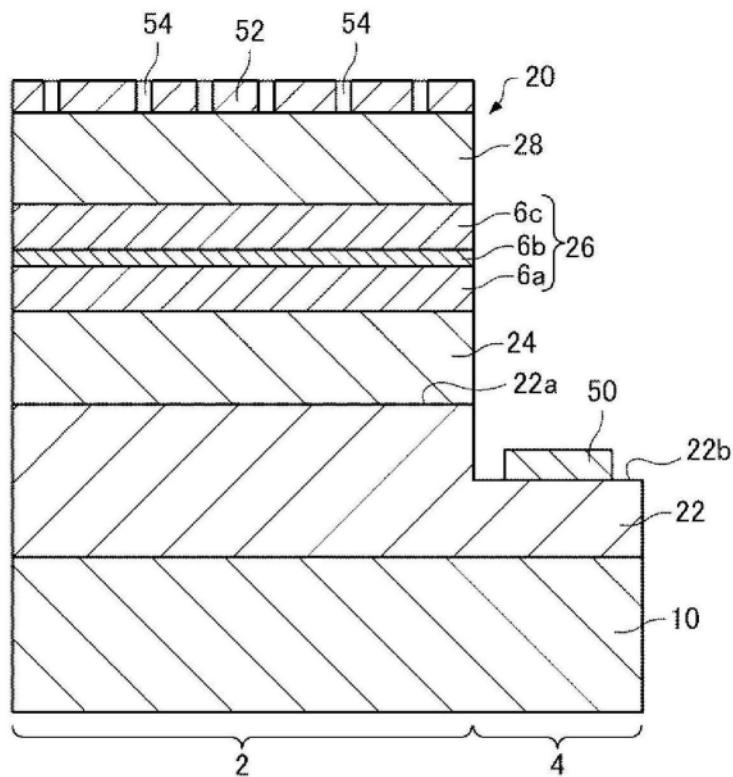


图6

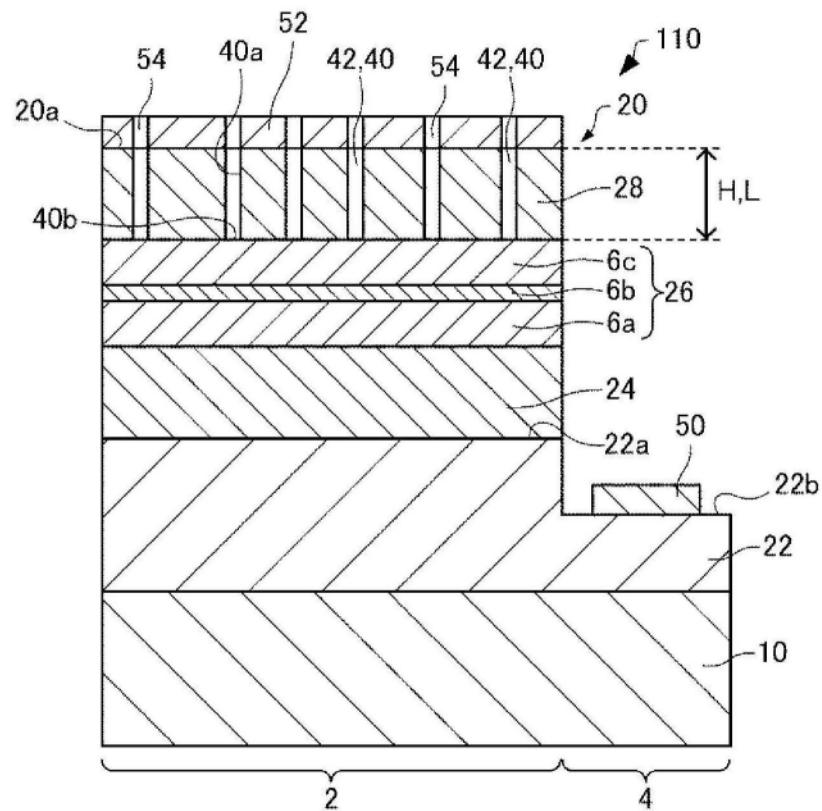


图7

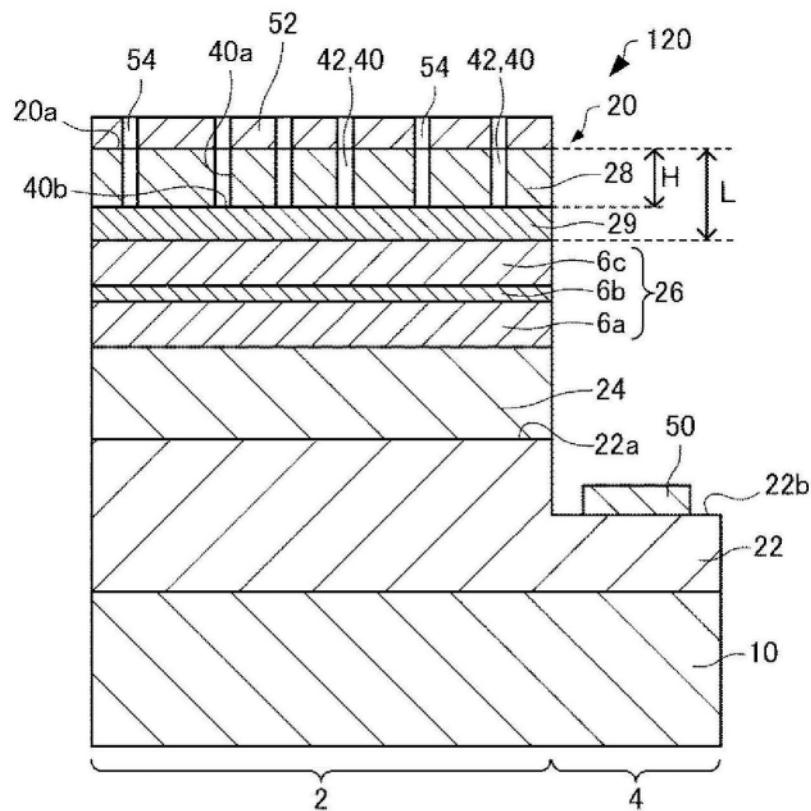


图8

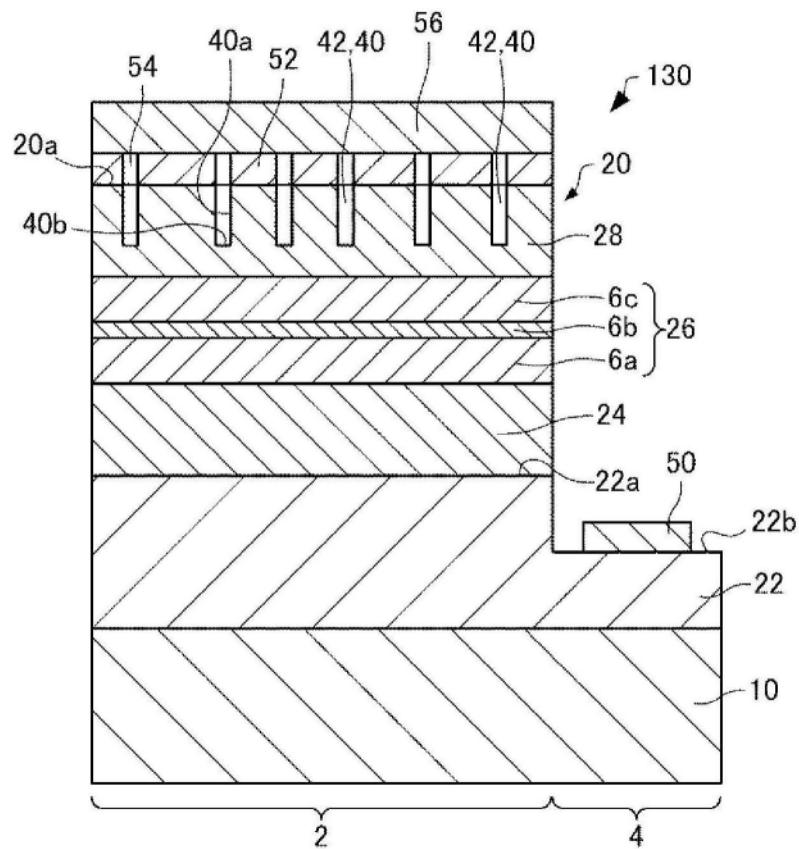


图9

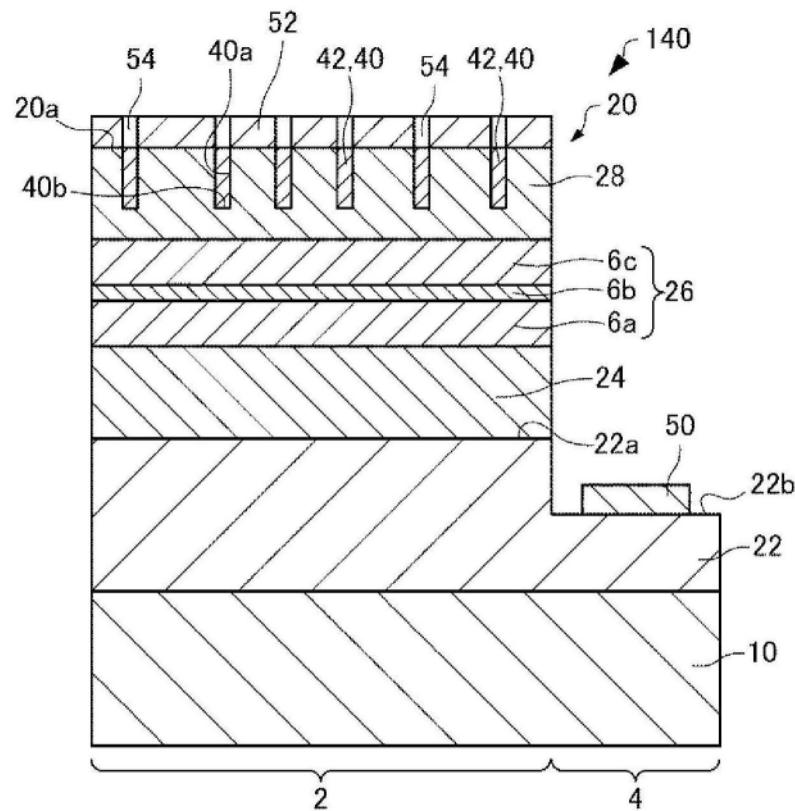


图10

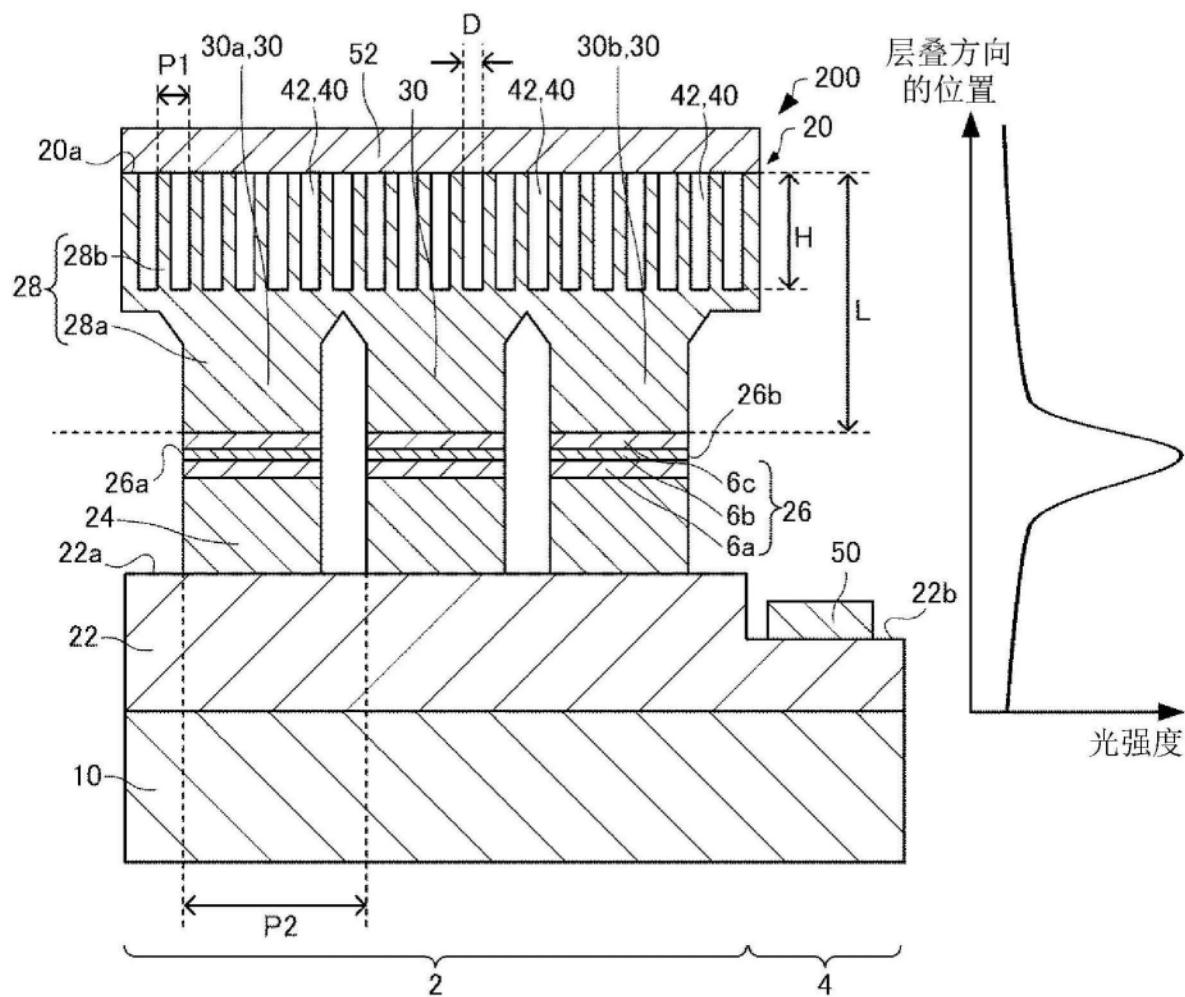


图11

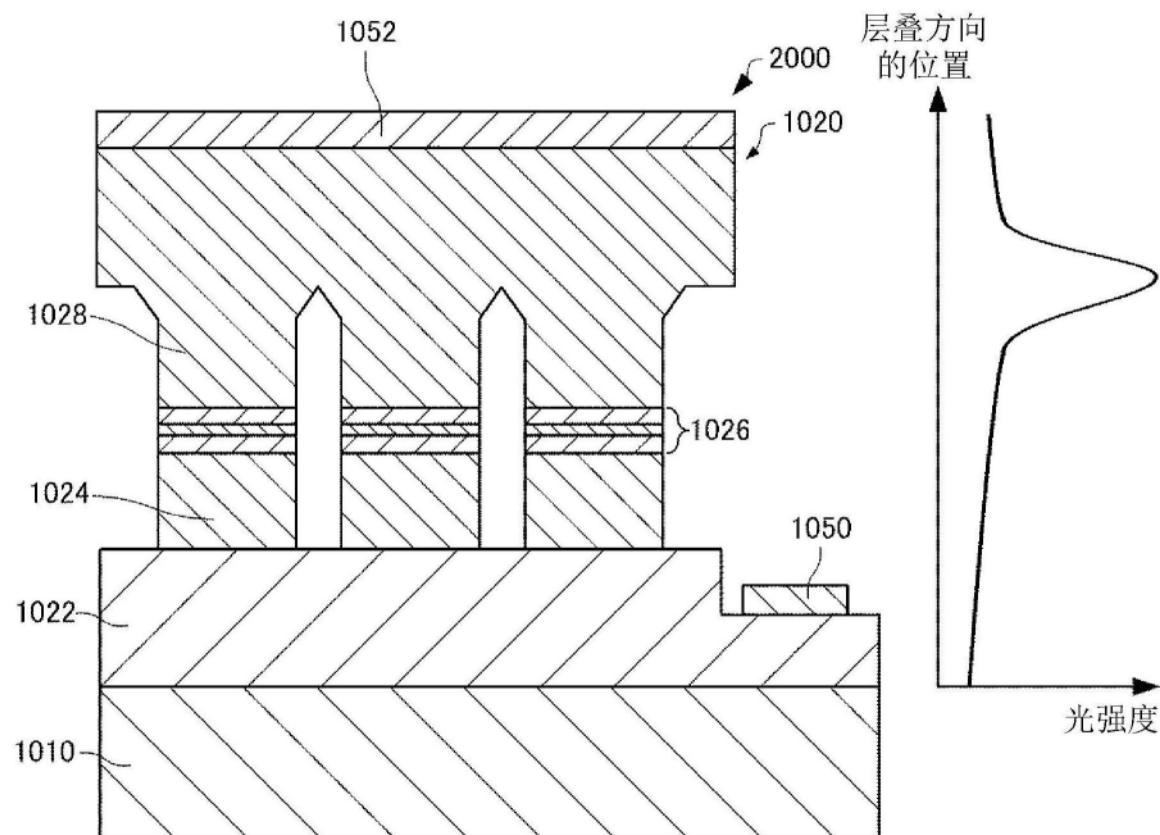


图12

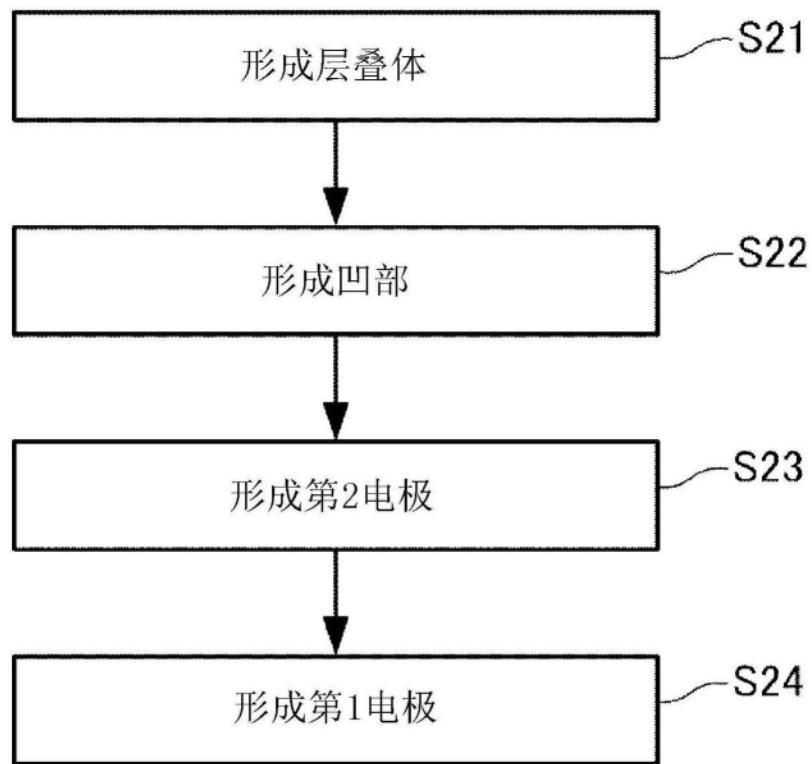


图13

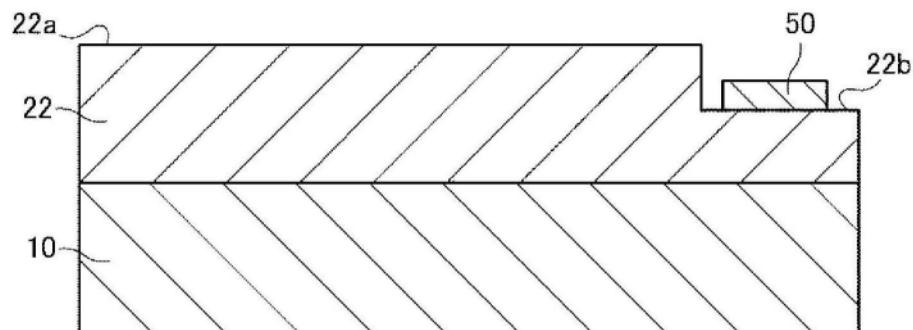


图14

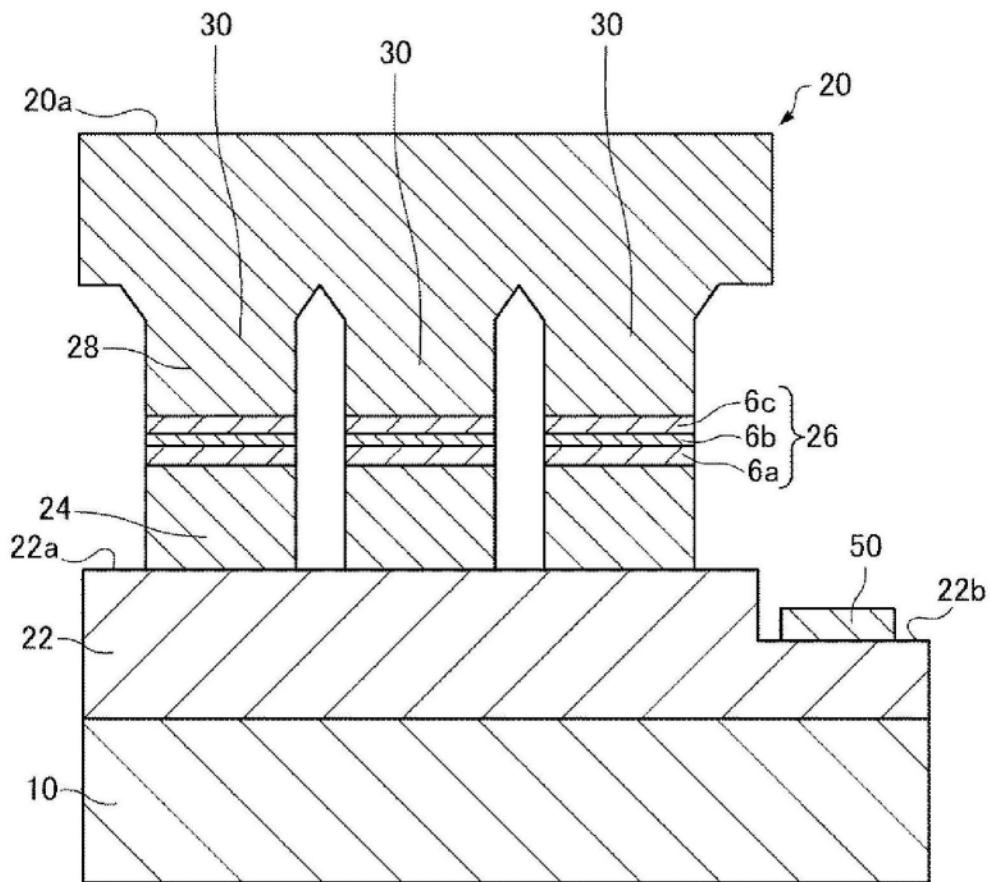


图15

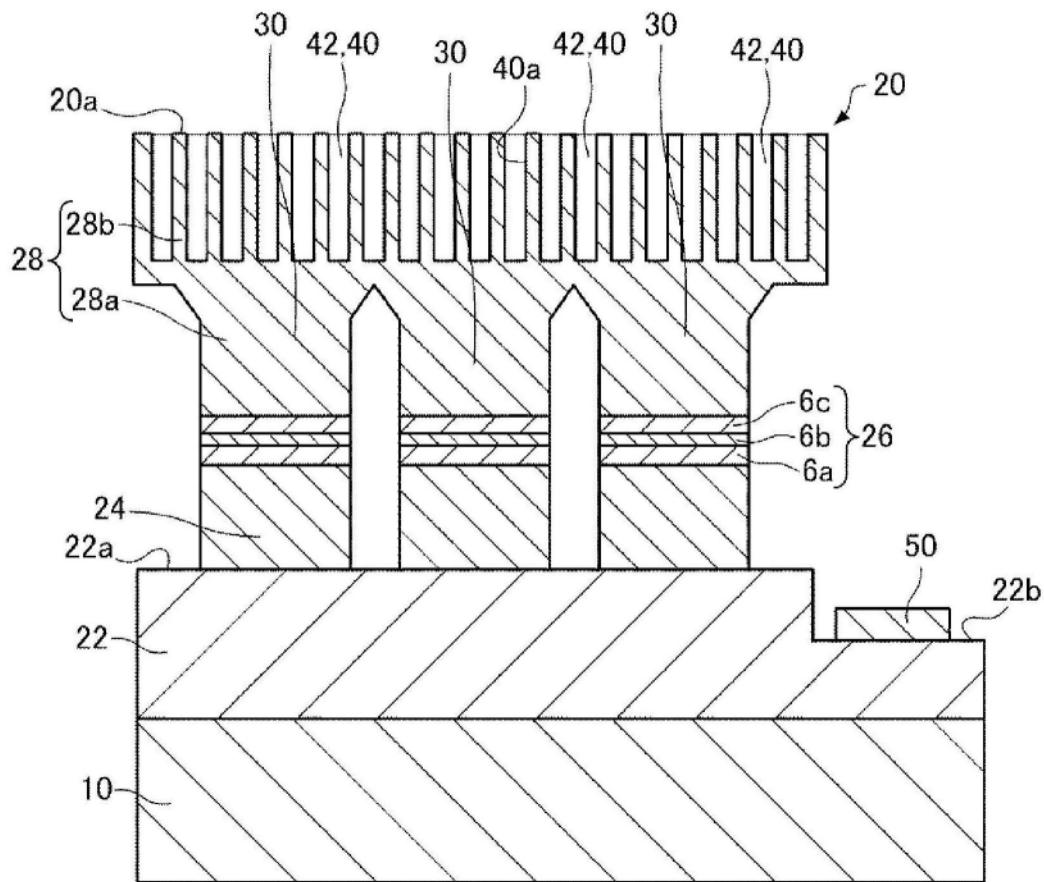


图16

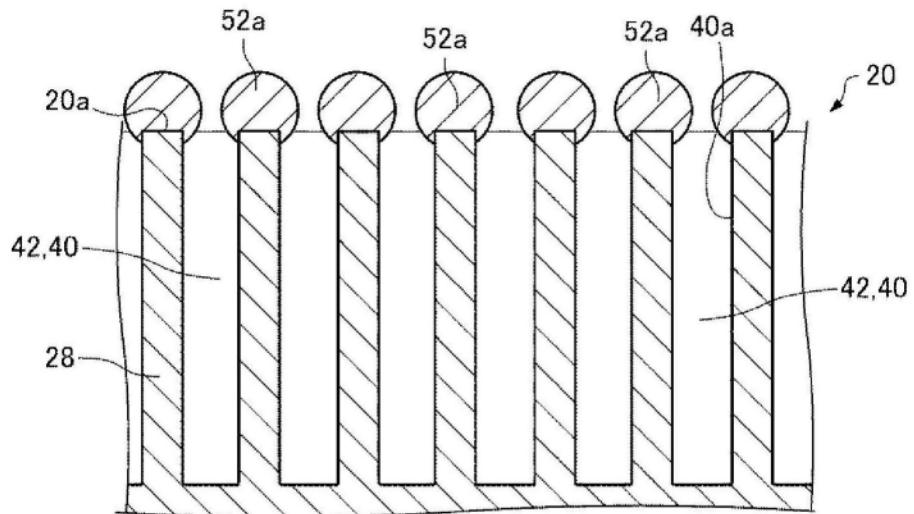


图17

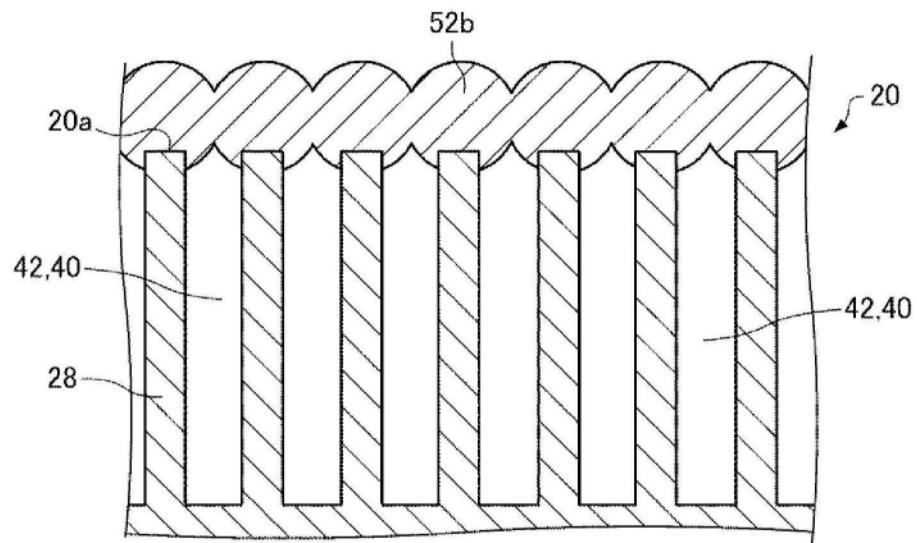


图18

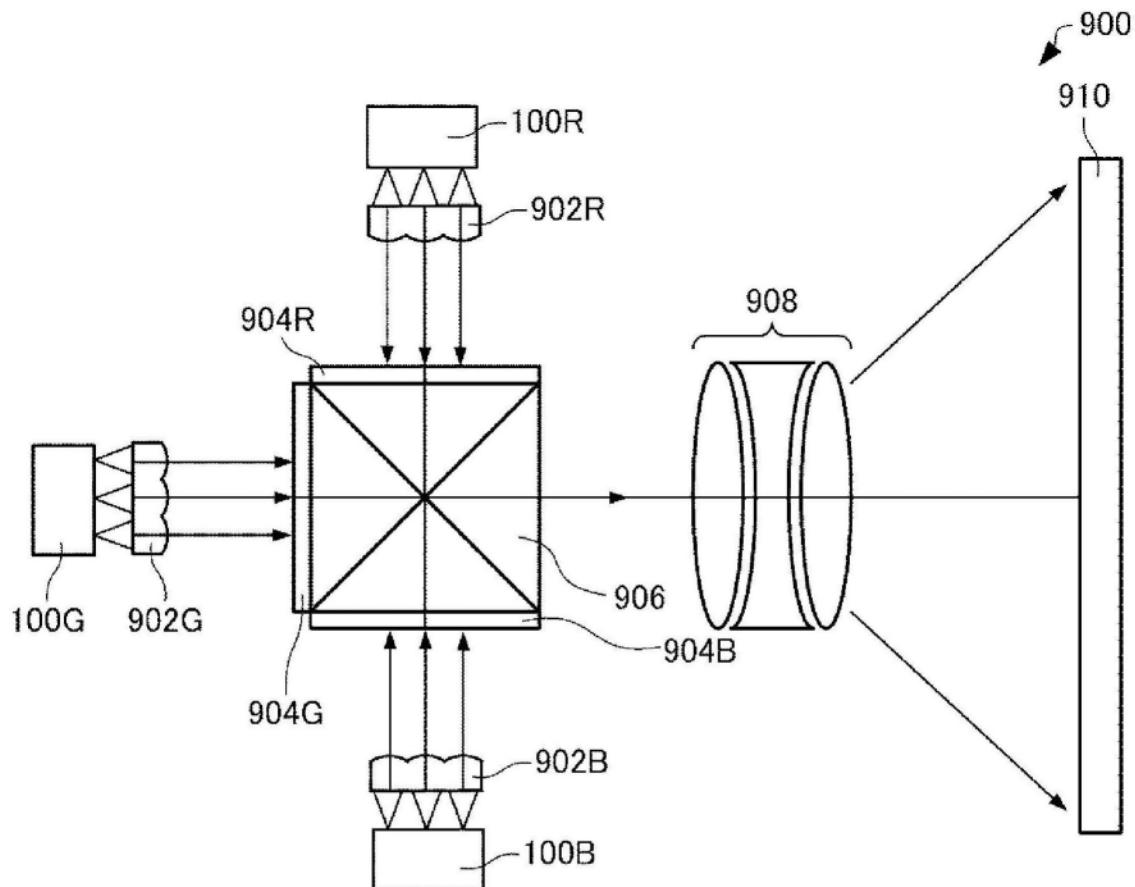


图19

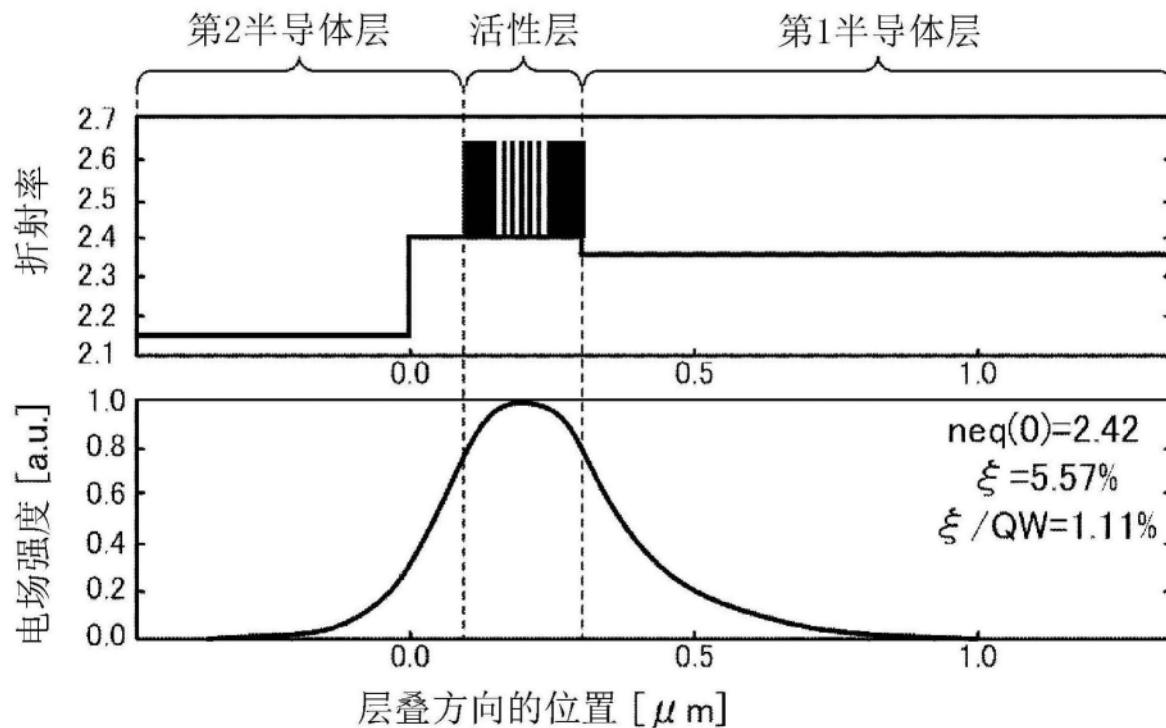


图20

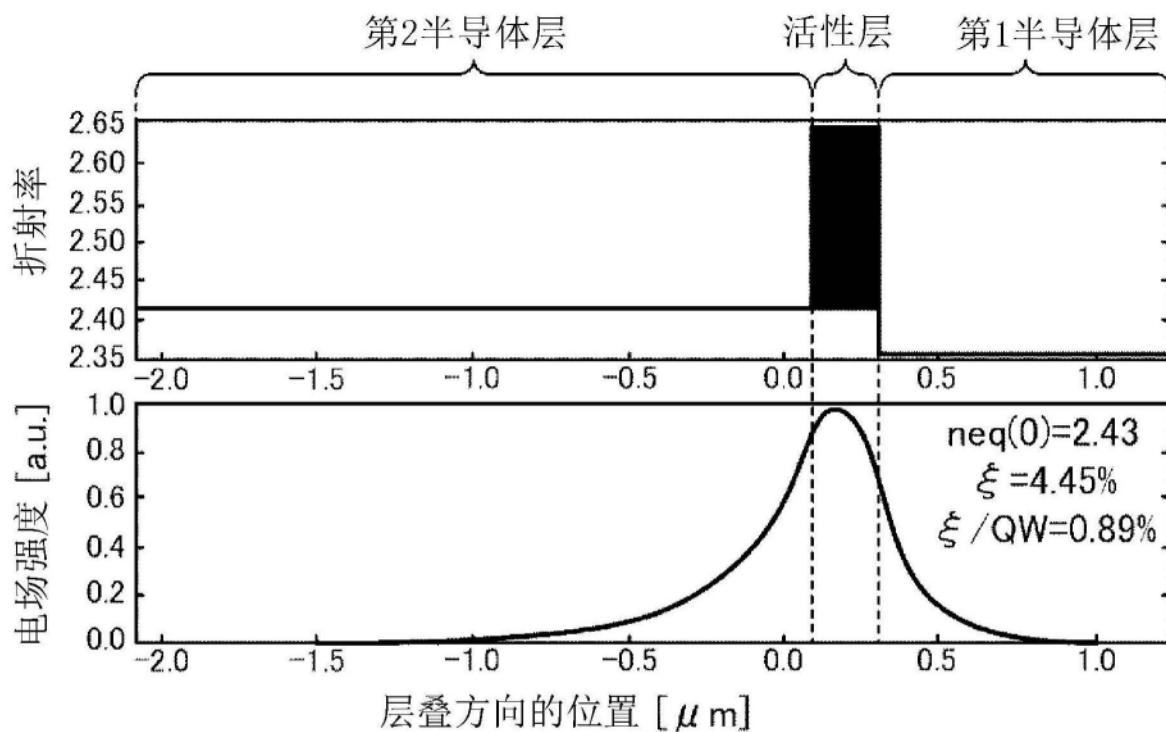


图21