(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 102171898 A
(43)申请公布日 2011.08.31

(21)申请号 200980138836.5

(22)申请日 2009.07.30

(30)优先权数据
2008-256013 2008.10.01 JP

(85)PCT申请进入国家阶段日
2011.03.30

(86)PCT申请的申请数据
PCT/JP2009/063598 2009.07.30

(87)PCT申请的公布数据
WO2010/038542 JA 2010.04.08

(71)申请人 QD激光公司
地址 日本神奈川

(72)发明人 西研一

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
代理人 李辉 黄纶伟

(51)Int.Cl.
H01S 5/343(2006.01)

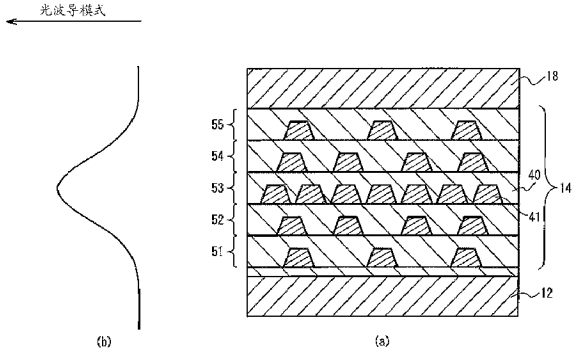
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 4 页

(54)发明名称

光半导体装置

(57)摘要

本发明是如下的光半导体装置，其具备：下部包层(12)，其具有第1导电类型；活性层(14)，其设置在下部包层(12)上，并层叠了多个具有多个量子点(41)的量子点层(51～55)；以及上部包层(18)，其设置在该活性层(14)上，并具有作为与第1导电类型相反的导电类型的第2导电类型，多个量子点层(51～55)的量子点密度不同。



CN 102171898 A

1. 一种光半导体装置，其特征在于具备：

下部包层，其具有第 1 导电类型；

活性层，其设置在上述下部包层上，并层叠有多个具有多个量子点的量子点层；以及

上部包层，其设置在该活性层上，并具有第 2 导电类型，该第 2 导电类型的导电类型与上述第 1 导电类型相反，

上述多个量子点层的量子点密度不同。

2. 根据权利要求 1 所述的光半导体装置，其特征在于，

上述多个量子点层的量子点密度以在上述活性层中传播的光波导模式大的量子点层的量子点密度高、上述光波导模式小的量子点层的量子点密度低的方式不同。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的光半导体装置，其特征在于，

多个量子点层的量子点密度从量子点密度最高的量子点层趋向上述活性层的端侧的量子点层而递减。

4. 根据权利要求 1 所述的光半导体装置，其特征在于，

上述多个量子点层中位于上述活性层的中央的量子点层的量子点密度高于上述活性层的上下侧的量子点层。

5. 根据权利要求 1 所述的光半导体装置，其特征在于，

上述多个量子点层中最上层的量子点的密度最高。

6. 根据权利要求 5 所述的光半导体装置，其特征在于，

在上述活性层上具备折射率比上述下部包层及上述上部包层大的光导层。

光半导体装置

技术领域

[0001] 本发明涉及光半导体装置，尤其涉及活性层具有多个量子点的光半导体装置。

背景技术

[0002] 近年来，开发了具备具有多个量子点的活性层的半导体激光器及半导体光放大器等光半导体装置。在专利文献 1 中公开了量子点的形成方法。

[0003] 图 1(a) 是现有半导体激光器的剖面示意图，图 1(b) 示出半导体激光器内的光波导模式。参照图 1(a)，在具有第 1 导电类型的下部包层 12 上设有活性层 14。活性层 14 通过层叠多个量子点层 51 ～ 55 而形成。量子点层 51 ～ 55 由多个量子点 41 和覆盖量子点 41 的基层 40 构成。各量子点层 51 ～ 55 内的量子点密度（量子点的面密度）是相同的。在活性层 14 上设置具有第 2 导电类型（与第 1 导电类型相反的导电类型）的上部包层 18。

[0004] 在下部包层 12 与上部包层 18 之间流过电流，由此在活性层 14 内的量子点 41 中发光，发出的光在活性层 14 内传播。下部包层 12 以及上部包层 18 的折射率低于主要构成活性层 14 的基层 40 的折射率。因此，关于在活性层 14 附近传播的光波导模式，如图 1(b) 所示，在活性层 14 的中心附近最大。

[0005] 专利文献 1 ：日本特开平 8-088345 号公报

[0006] 在图 1(a) 所图示的光半导体激光器中，为了增加元件电流并提高光输出强度，而优选提高量子点密度。另外，在半导体光放大器中，为了增大光与电流的相互作用并提高光的调制效率，而优选提高量子点密度。但是，当提高量子点密度时，结晶畸变增加，作为非发光中心的转位增加。由此，发光效率及调制效率减小。

发明内容

[0007] 本发明是鉴于上述课题而完成的，其目的在于提高具有量子点的光半导体装置的效率。

[0008] 本发明是如下的半导体装置，其特征在于，该光半导体装置具备 ：下部包层，其具有第 1 导电类型 ；活性层，其设置在上述下部包层上，并层叠有多个具有多个量子点的量子点层 ；以及上部包层，其设置在该活性层上，并具有作为与上述第 1 导电类型相反的导电类型的第 2 导电类型，上述多个量子点层的量子点密度不同。根据本发明能够提高光半导体装置的效率。

[0009] 在上述结构中，上述多个量子点层可构成为，量子点密度以在上述活性层中传播的光波导模式大的量子点层的量子点密度高、上述光波导模式小的量子点层的量子点密度低的方式不同。根据这样的结构，能够根据光波导模式的大小使量子点密度不同，由此提高光半导体装置的效率。

[0010] 在上述结构中，多个量子点层可构成为，从量子点密度最高的量子点层趋向上述活性层的端侧的量子点层，量子点密度递减。

[0011] 在上述结构中可构成为，上述多个量子点层中位于上述活性层中央的量子点层的

量子点密度高于上述活性层的上下的量子点层。

[0012] 在上述结构中可构成为，上述多个量子点层中最上层量子点的密度最高。

[0013] 在上述结构中可构成为，在上述活性层上具备折射率比上述下部包层以及上述上部包层大的光导层。

[0014] 根据本发明，能提高光半导体装置的效率。

附图说明

[0015] 图 1(a) 是现有半导体激光器的剖面示意图，图 1(b) 是示出半导体激光器内的光波导模式的图。

[0016] 图 2(a) 是实施例 1 的半导体激光器的剖面示意图，图 2(b) 是示出半导体激光器内的光波导模式的图。

[0017] 图 3(a) 是实施例 1 的半导体激光器的剖面示意图，图 3(b) 是示出半导体激光器内的光波导模式的图。

[0018] 图 4 是实施例 3 的半导体激光器的剖面立体图。

[0019] 图 5 是示出量子点活性层的 1 个点层的图。

具体实施方式

[0020] 以下，参照附图对本发明的实施例进行说明。

[0021] 实施例 1

[0022] 图 2(a) 是实施例 1 的半导体激光器的剖面示意图，图 2(b) 示出半导体激光器内的光波导模式。参照图 2(a)，光波导模式最大的中央部的量子点层 53 的量子点密度（量子点的面密度）最高。另一方面，光波导模式最小的最上侧及最下侧的量子点层 51、55 的量子点密度最低。量子点密度从量子点层 53 趋向量子点层 51、55 而递减。

[0023] 这样，多个量子点层 51 ～ 55 中，活性层 14 的中央的量子点层 53 的量子点密度比活性层 14 的上下的量子点层 51、55 高。由此，活性层 14 在光波导模式较大的活性层 14 的中央区域有效地发光。从而能够提高半导体激光器的发光效率。此外，通过与图 1(a) 的现有半导体激光器相比，活性层 14 内的量子点 41 的总数大致相同，能够使活性层 14 总体的结晶畸变与现有的程度相同。由此，可以使作为非发光中心原因的转位密度与现有的程度相同。

[0024] 如果下部包层 12 与上部包层 18 的成分大致相同，则光波导模式大致为上下对称。由此，优选使量子点密度大致为上下对称。

[0025] 实施例 2

[0026] 实施例 2 是最上侧的量子点层的量子点密度最高的例子。图 3(a) 示出实施例 2 的半导体激光器的剖面示意图，图 3(b) 示出半导体激光器内的光波导模式。参照图 3(a)，在实施例 2 中，与实施例 1 的图 2(a) 相比，在活性层 14 上设有光导层 58。光导层 58 是折射率比上部包层 18 和下部包层 12 大的层。

[0027] 光导层 58 具有传播光的功能。由此，如图 3(b) 那样，光波导模式在活性层 14 和光导层 58 的中央附近变大。关注活性层 14，在活性层 14 的上部，光波导模式变大。因此，使多个量子点层中最上侧的量子点层 55 的量子点密度最高。使最下侧的量子点层 51 的量

子点密度最低。使量子点密度从量子点层 55 趋向量子点层 51 而递减。由此，活性层 14 在光波导模式较大的活性层 14 的上部区域有效地发光。从而，能够提高半导体激光器的发光效率。

[0028] 如实施例 1 以及实施例 2 那样，以在上述活性层中传播的光波导模式大的量子点层的量子点密度高、上述光波导模式小的量子点层的量子点密度低的方式，使多个量子点层 51 ～ 55 的量子点密度不同。由此，能够提高半导体激光器的发光效率。

[0029] 例如，在活性层 14 与下部包层 12 之间设置光导层，在活性层 14 的下部附近光波导模式增大时，可以使最下侧的量子点层 51 的量子点密度最高，最上侧的量子点层 55 的量子点密度最低。

[0030] 光波导模式一般具有 1 个峰值，上下递减。由此，在多个量子点层 51 ～ 55 中，优选量子点密度从量子点密度最高的量子点层趋向活性层 14 的端侧的量子点层 51 或 55 而递减。

[0031] 在实施例 1 以及实施例 2 中，以 5 层的量子点层 51 ～ 55 为例进行了说明，但量子点层可以是 6 层以上，例如也可以是 10 层以上。关于量子点的大小，例如直径是 20nm 左右。量子点密度大的量子点层的量子点密度例如是 6×10^{10} 个 /cm^2，量子点密度小的量子点层的量子点密度例如是 1×10^{10} 个 /cm^2。为了达到实施例 1 以及实施例 2 的效果，优选量子点层 51 ～ 55 内的最大量子点密度相对于最小量子点密度是 1.2 倍以上，更优选的是 1.5 倍以上。此外，最好是 3.0 倍以上。

[0032] 实施例 1 以及实施例 2 是半导体激光器的例子，但在半导体光放大器中也可以采用实施例 1 以及实施例 2。由此，能够增大半导体光放大器内的光与电流的相互作用并提高光的调制效率。

[0033] 实施例 3

[0034] 实施例 3 是采用实施例 1 以及实施例 2 的半导体激光器的例子。图 4 是实施例 3 的剖面立体图。在 p 型 GaAs 基板 10 上依次层叠有 ：由 p 型 GaAs 构成的缓冲层 11、由 p 型 AlGaAs 构成的下部包层 12、由非掺杂 GaAs 构成的间隔层 15、层叠有多个量子点层的量子点活性层 14、由非掺杂 GaAs 构成的间隔层 16、由 n 型 AlGaAs 构成的上部包层 18 以及由 n 型 GaAs 构成的接触层 19。活性层 14 由量子点 41 和基层 40 构成。上部包层 18 由第 1 层 81、第 2 层 82 构成。此外，图 4 示出为量子点 41 的密度在量子点层之间相同，不过如实施例 1 以及实施例 2 那样，在量子点层之间量子点密度不同。表 1 示出了各层的材料、膜厚以及掺杂浓度。

[0035] [表 1]

[0036]

层名	材料	膜 厚（nm）	掺杂浓度（/cm^3）
接触层	n - GaAs	600	5×10^{18}
上部包层	n - $Al_{0.35}Ga_{0.65}As$	860	1×10^{18}
	n - $Al_{0.45}Ga_{0.55}As$	200	5×10^{17}
间隔层	GaAs	50	无掺杂
活性层	-	-	-
间隔层	GaAs	33	无掺杂
下部包层	p - $Al_{0.35}Ga_{0.65}As$	500	5×10^{17}
	p - $Al_{0.35}Ga_{0.65}As$	900	2×10^{18}
缓冲层	p - GaAs	500	7×10^{18}
基板	p - GaAs	-	-

[0037] 在上部包层 18 以及接触层 19 上形成脊部 30。在脊部 30 的两侧形成到达间隔层 16 的凹部 35。在接触层 19 上及凹部 35 的表面形成有氧化硅膜作为保护膜 28。在脊部 30 的接触层 19 上形成 n 用电极 22。形成经由布线 25 与 n 用电极 22 连接的焊盘 26。在基板 10 的下表面形成 p 用电极 24。

[0038] 图 5 是示出量子点活性层的 1 个量子点层的图。量子点 41 由 InAs 形成。在量子点 41 之间形成膜厚约为 5nm 的 InGaAs 层 42。以覆盖量子点 41 以及 InGaAs 层 42 的方式，形成膜厚约为 14nm 的非掺杂 GaAs 层 43。在非掺杂 GaAs 层 43 上形成膜厚约 10nm 的 p 型 GaAs 层 44、膜厚约 9nm 的非掺杂 GaAs 层 45。非掺杂 GaAs 层 43、p 型 GaAs 层 44、非掺杂 GaAs 层 45 构成基层 40。表 2 示出了量子点活性层 14 内的各层材料、膜厚以及掺杂浓度。

[0039] [表 2]

[0040]

层名	材料	膜厚 (nm)	掺杂浓度 ($/cm^3$)
非掺杂 GaAs 层	GaAs	9	无掺杂
P 型 GaAs 层	p-GaAs	10	5×10^{17}
非掺杂 GaAs 层	GaAs	14	无掺杂
InGaAs 层	$In_{0.15}Ga_{0.85}As$	5	无掺杂

[0041] 如实施例 3 那样，可采用 InAs 作为量子点 41，采用 GaAs 作为基层 40，采用 AlGaAs 作为下部包层 12 以及上部包层 18。如实施例 2 那样，在采用光导层的情况下，例如可采用 GaAs 作为光导层。

[0042] 以上，对发明的优选实施例进行了详细叙述，但本发明不仅限于特定的实施例，在权利要求范围中所记载的本发明的主旨范围内，可进行各种变形变更。

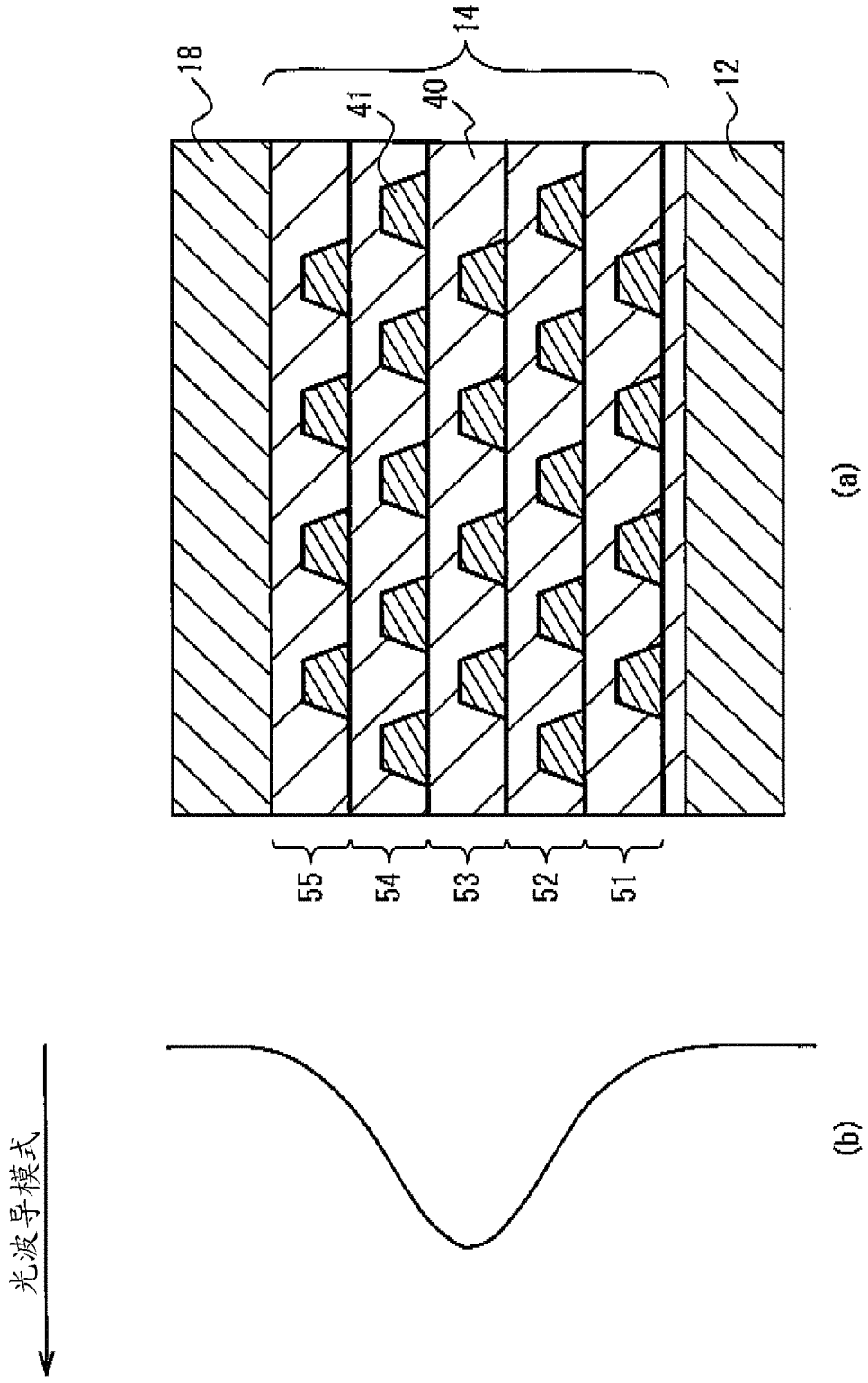


图 1

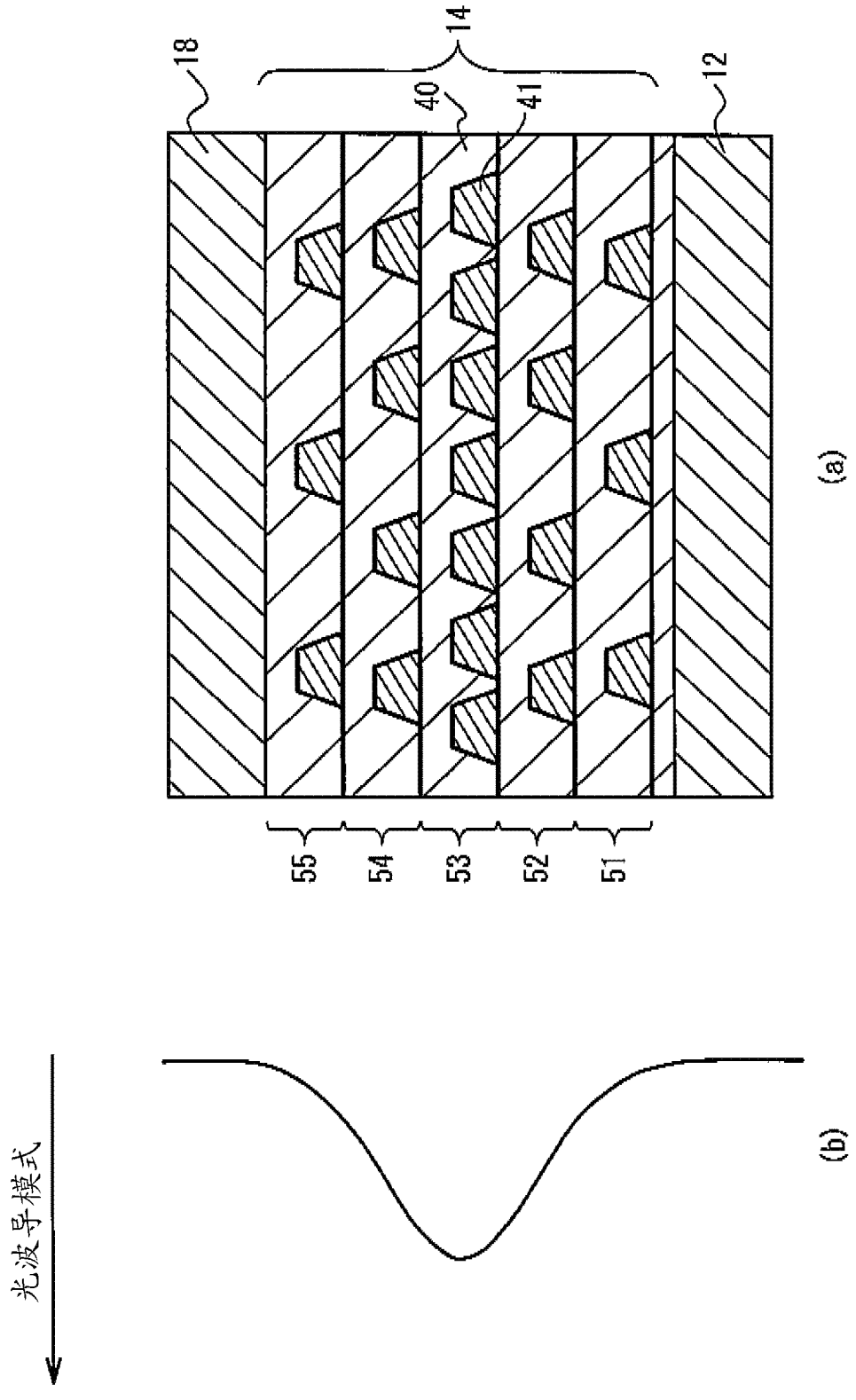


图 2

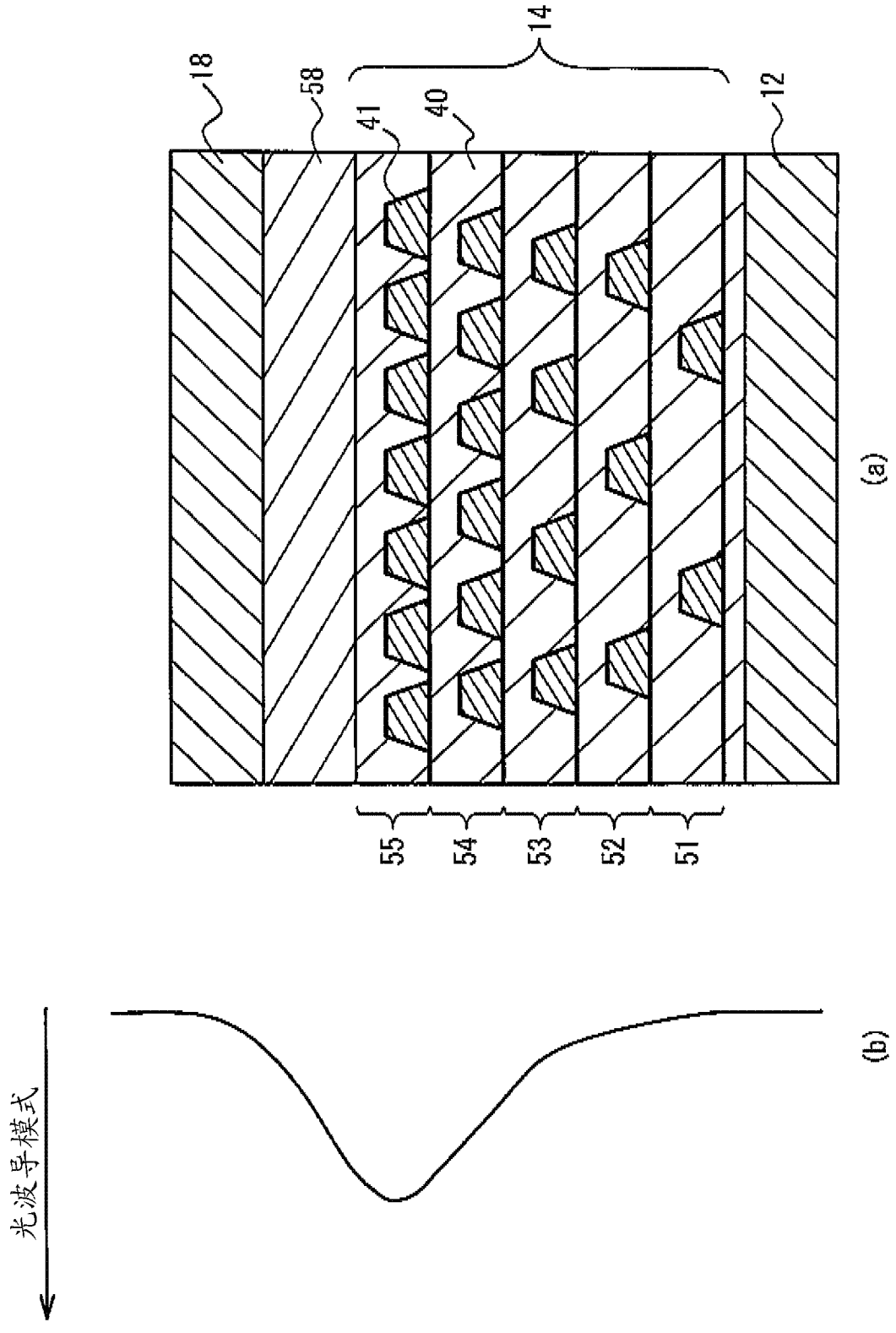


图 3

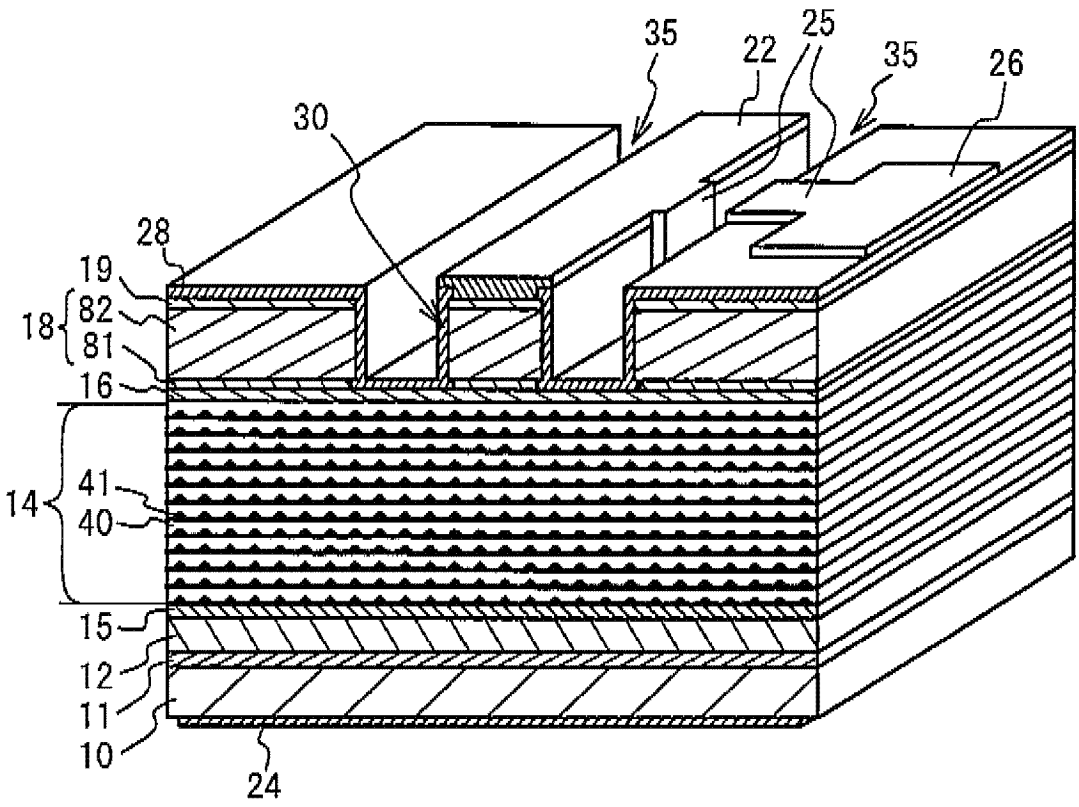

35
22
25
35
26
30
28
19
18
82
81
16
14
41
40
15
12
11
10
24

图 4

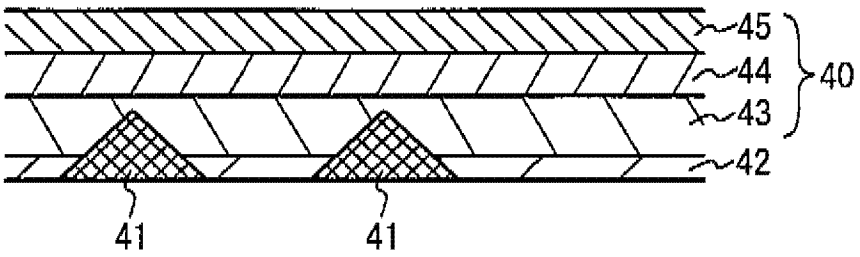

45
44
43
40
42
41
41

图 5