



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101593784 B

(45) 授权公告日 2012. 01. 11

(21) 申请号 200910008169. 0

(22) 申请日 2009. 03. 09

(30) 优先权数据

2008-136918 2008. 05. 26 JP

(73) 专利权人 三菱电机株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 石村荣太郎 中路雅晴 柳生荣治

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 闫小龙 王忠忠

(51) Int. Cl.

H01L 31/075(2012. 01)

H01L 31/0256(2006. 01)

H01L 31/0232(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2007/0297484 A1, 2007. 12. 27,

US 2003/0035452 A1, 2003. 02. 20, 全文.

审查员 马圆

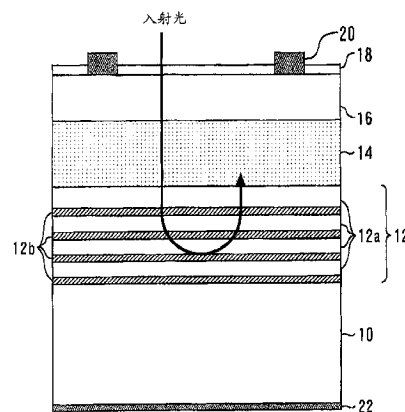
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 9 页

(54) 发明名称

光半导体装置

(57) 摘要

本发明提供光半导体装置,其响应的线性良好,量子效率高。在 n 型 InP 衬底 (10) (半导体衬底) 上,依次形成有 n 型 DBR 层 (12) (第一导电型的分布布喇格反射层)、低载流子浓度的 i-InGaAs 光吸收层 (14) (光吸收层)、和 p 型 InP 窗口层 (16) (第二导电型的半导体层)。在 n 型 DBR 层 (12) 中交替地层叠有折射率低的 n 型 InP 层 (12a) (第一半导体层) 和折射率高的 n 型 InGaAs 层 (12b) (第二半导体层)。在 n 型 InP 层 (12a) 中,带隙波长大于入射光的波长 λ ,不吸收入射光。另一方面,在 n 型 InGaAs 层 (12b) 中,带隙波长小于入射光的波长 λ ,吸收入射光。n 型 InP 层 (12a) 的光学层厚度大于 n 型 InGaAs 层 (12b) 的光学层厚度。



1. 一种光半导体装置,其特征在于,

在半导体衬底上依次形成有第一导电型的分布布喇格反射层、光吸收层和第二导电型的半导体层,

所述第一导电型的分布布喇格反射层具有:带隙波长小于入射光的波长并且具有第一折射率的第一半导体层;带隙波长大于入射光的波长并且具有比所述第一折射率高的第二折射率的第二半导体层,

所述第一半导体层的光学层厚度与所述第二半导体层的光学层厚度之和为入射光的波长的一半,

所述第一半导体层的光学层厚度大于所述第二半导体层的光学层厚度。

2. 如权利要求1所述的光半导体装置,其特征在于,

所述第一半导体层的光学层厚度除以所述第二半导体层的光学层厚度所得的值为1.2~3。

3. 如权利要求1所述的光半导体装置,其特征在于,

在所述光吸收层与所述第二导电型的半导体层之间形成有载流子倍增层,该载流子倍增层对在所述光吸收层中产生的光载流子进行雪崩倍增。

4. 如权利要求1所述的光半导体装置,其特征在于,

在所述第一导电型的分布布喇格反射层与所述光吸收层之间形成有载流子倍增层,该载流子倍增层对在所述光吸收层中产生的光载流子进行雪崩倍增。

5. 如权利要求1所述的光半导体装置,其特征在于,

从所述半导体衬底的背面侧射入光。

6. 一种光半导体装置,其特征在于,

在半导体衬底上依次形成有第一导电型的分布布喇格反射层、光吸收层和第二导电型的分布布喇格反射层,

所述第一导电型的分布布喇格反射层和所述第二导电型的分布布喇格反射层具有:带隙波长小于入射光的波长并且具有第一折射率的第一半导体层;带隙波长大于入射光的波长并且具有比所述第一折射率高的第二折射率的第二半导体层,

所述第一半导体层的光学层厚度与所述第二半导体层的光学层厚度之和为入射光的波长的一半,

所述第一半导体层的光学层厚度大于所述第二半导体层的光学层厚度。

7. 一种光半导体装置,其特征在于,

在半导体衬底上依次形成有第一导电型的分布布喇格反射层、活性层和第二导电型的分布布喇格反射层,

所述第一导电型的分布布喇格反射层和所述第二导电型的分布布喇格反射层具有:带隙波长小于出射光的波长并且具有第一折射率的第一半导体层;带隙波长大于出射光的波长并且具有比所述第一折射率高的第二折射率的第二半导体层,

所述第一半导体层的光学层厚度与所述第二半导体层的光学层厚度之和为入射光的波长的一半,

所述第一半导体层的光学层厚度大于所述第二半导体层的光学层厚度。

光半导体装置

技术领域

[0001] 本发明涉及具有分布布喇格反射层的光半导体装置,特别涉及响应的线性良好且量子效率高的光半导体装置。

背景技术

[0002] 一种在光吸收层与半导体衬底之间具有分布布喇格反射 (DBR:Distributed Bragg Reflector) 层的光电二极管被提案。在光吸收层未被吸收而透过光在 DBR 层中被反射并再次在光吸收层中被吸收。由此,在具有 DBR 层的光电二极管中得到高的量子效率。

[0003] 此外,存在以下应用,以光电二极管对由光纤传送来的光信号进行光电转换,将其转换成电信号,不经由电放大器而直接作为电波释放。在此情况下,需要光电二极管即使在射入非常强的光的情况下也不损坏且线性良好地进行响应。为了使响应的线性良好,需要使光电二极管的散热性良好,抑制光吸收层附近的温度上升。之所以如此,是因为当光吸收层的温度上升时,光吸收而产生的电子和空穴的移动速度降低,滞留在光吸收层内的电子和空穴遮蔽光吸收层内的电场(空间电荷效应),电流变得不流动。

[0004] 但是,作为 DBR 层的构成材料的 AlInAs 等三元混晶半导体、InGaAsP 等四元混晶半导体与作为半导体衬底的构成材料的 InP、GaAs 等二元混晶半导体相比,其热阻高近 10 倍。因此,在具有 DBR 层的光电二极管中,存在在光吸收层产生的热量难以向半导体衬底散热的问题。

[0005] 这样的 DBR 层的散热性的问题在作为对温度上升较敏感的发光元件的面发光激光器 (VCSEL) 中相当显著。作为其解决方法,公开有以下方法,使两层成对的 DBR 层中的作为热阻较高的层的三元混晶半导体层或四元混晶半导体层较薄,使热阻较低的层较厚(例如,参照专利文献 1~3)。

[0006] 专利文献 1:日本专利申请公开平 5-283808 号公报

[0007] 专利文献 2:日本专利申请公开 2005-354061 号公报

[0008] 专利文献 3:日本专利申请公开 2005-19599 号公报

[0009] 发明要解决的问题

[0010] 但是,当使两层成对的 DBR 层中的热阻较高的层较薄,使热阻较低的层较厚时,存在 DBR 层的反射率下降,光半导体装置的量子效率变低的问题。

发明内容

[0011] 本发明是为了解决上述那样的问题而完成的,其目的是获得响应的线性良好、且量子效率高的光半导体装置。

[0012] 第一发明为一种光半导体装置,其特征在于,在半导体衬底上依次形成有第一导电型的分布布喇格反射层、光吸收层和第二导电型的半导体层,上述第一导电型的分布布喇格反射层具有:带隙波长小于入射光的波长并且具有第一折射率的第一半导体层;带隙波长大于入射光的波长并且具有比所述第一折射率高的第二折射率的第二半导体层,所述

第一半导体层的光学层厚度与所述第二半导体层的光学层厚度之和为入射光的波长的一半,上述第一半导体层的光学层厚度(optical layer thickness)大于所述第二半导体层的光学层厚度。

[0013] 第二发明为一种光半导体装置,其特征在于,在半导体衬底上依次形成有第一导电型的分布布喇格反射层(distributed bragg reflector layer)、光吸收层和第二导电型的分布布喇格反射层,上述第一导电型的分布布喇格反射层和上述第二导电型的分布布喇格反射层具有:带隙波长小于入射光的波长并且具有第一折射率的第一半导体层;带隙波长大于入射光的波长并且具有比所述第一折射率高的第二折射率的第二半导体层,所述第一半导体层的光学层厚度与所述第二半导体层的光学层厚度之和为入射光的波长的一半,上述第一半导体层的光学层厚度大于所述第二半导体层的光学层厚度。

[0014] 第三发明为一种光半导体装置,其特征在于,在半导体衬底上依次形成有第一导电型的分布布喇格反射层、活性层和第二导电型的分布布喇格反射层,上述第一导电型的分布布喇格反射层和上述第二导电型的分布布喇格反射层具有:带隙波长小于出射光的波长并且具有第一折射率的第一半导体层;带隙波长大于出射光的波长并且具有比所述第一折射率高的第二折射率的第二半导体层,所述第一半导体层的光学层厚度与所述第二半导体层的光学层厚度之和为入射光的波长的一半,上述第一半导体层的光学层厚度大于所述第二半导体层的光学层厚度。

[0015] 发明的效果

[0016] 根据本发明,能够得到响应的线性良好、且量子效率高的光半导体装置。

附图说明

[0017] 图1是表示本发明的实施方式1的光半导体装置的截面图。

[0018] 图2是表示光半导体装置的参考例的截面图。

[0019] 图3是计算DBR层的反射率和热阻的图。

[0020] 图4是表示本发明的实施方式2的光半导体装置的截面图。

[0021] 图5是表示本发明的实施方式3的光半导体装置的截面图。

[0022] 图6是表示本发明的实施方式4的光半导体装置的截面图。

[0023] 图7是表示本发明的实施方式5的光半导体装置的截面图。

[0024] 图8是表示本发明的实施方式6的光半导体装置的截面图。

[0025] 图9是表示本发明的实施方式7的光半导体装置的截面图。

[0026] 图10是表示本发明的实施方式8的光半导体装置的截面图。

[0027] 附图标记的说明

[0028] 10 n型InP衬底(半导体衬底)

[0029] 12 n型DBR层(第一导电型的分布布喇格反射层)

[0030] 12a n型InP层(第一半导体层)

[0031] 12b n型InGaAs层(第二半导体层)

[0032] 14 i-InGaAs光吸收层(光吸收层)

[0033] 16 p型InP窗口层(第二导电型的半导体层)

[0034] 26 p型InP层(第二导电型的半导体层)

- [0035] 28 n 型 InP 倍增层 (载流子倍增层)
[0036] 32 n 型 AlInAs 倍增层 (载流子倍增层)
[0037] 38 p 型 DBR 层 (第二导电型的分布布喇格反射层)
[0038] 38a p 型 InP 层 (第一半导体层)
[0039] 38b p 型 InGaAs 层 (第二半导体层)
[0040] 42 i-InGaAs 活性层 (活性层)

具体实施方式

[0041] 图 1 是表示本发明的实施方式 1 的光半导体装置的截面图。该光半导体装置是具有分布布喇格反射层的光电二极管。

[0042] 在 n 型 InP 衬底 10 (半导体衬底) 上, 依次形成有 n 型 DBR 层 12 (第一导电型的分布布喇格反射层)、低载流子浓度的 i-InGaAs 光吸收层 14 (光吸收层) 和 p 型 InP 窗口层 16 (第二导电型的半导体层)。在 p 型 InP 窗口层 16 上形成有兼作反射防止膜和表面保护膜的 SiN 等绝缘膜 18 和阳极 (anode) (p 型) 电极 20。在 n 型 InP 衬底 10 的背面形成有阴极 (cathode) (n 型) 电极 22。

[0043] n 型 DBR 层 12 交替地层叠有折射率低的 n 型 InP 层 12a (第一半导体层) 和折射率高的 n 型 InGaAs 层 12b (第二半导体层)。在 n 型 InP 层 12a 中, 带隙波长小于入射光的波长 λ , 不吸收入射光。另一方面, 在 n 型 InGaAs 层 12b 中, 带隙波长大于入射光的波长 λ , 吸收入射光。

[0044] 此外, 一层 n 型 InP 层 12a 的光学层厚度 (= 层厚度 $\times$ 折射率) 与一层 n 型 InGaAs 层 12b 的光学层厚度之和为入射光的波长 λ 的一半 (= $\lambda/2$)。因此, n 型 DBR 层 12 相对于波长 λ 的入射光效率良好地作为反射层起作用。

[0045] 此外, 在本实施方式中, n 型 InP 层 12a 的光学层厚度大于 n 型 InGaAs 层 12b 的光学层厚度。例如, InP 层的光学层厚度除以 InGaAs 层的光学层厚度所得的值为约 2.2。在后面对此结构的效果进行详细的说明。

[0046] 对本实施方式的光半导体装置的工作进行说明。施加 0.5 ~ 3V 的反偏压, 使得阳极电极 20 的电位低于阴极 22 的电位。入射光从图的上侧通过绝缘膜 18 和 p 型 InP 窗口层 16 向 i-InGaAs 光吸收层 14 入射。于是, 入射光在 i-InGaAs 光吸收层 14 中被吸收。

[0047] 当使 i-InGaAs 光吸收层 14 的层厚度为 t , 使 i-InGaAs 光吸收层 14 的相对于入射光的吸收系数为 α 时, 被 i-InGaAs 光吸收层 14 吸收的入射光的比例 (= 量子效率) 由以下的式 (1) 表示。

$$[0048] \quad 1 - \exp(-\alpha \cdot t) \cdots (1)$$

[0049] 在 i-InGaAs 光吸收层 14 未被吸收而透过的光在 n 型 DBR 层 12 被反射, 再次在 i-InGaAs 光吸收层 14 中被吸收。当使 n 型 DBR 层 12 的光的反射率为 R 时, 在考虑了由 n 型 DBR 层 12 引起的返回光的情况下的量子效率由以下的式 (2) 表示。

$$[0050] \quad 1 - \exp(-\alpha \cdot t) + R \cdot \exp(-\alpha \cdot t) \cdot (1 - \exp(-\alpha \cdot t)) \cdots (2)$$

[0051] 式 (1) 与式 (2) 的差是 n 型 DBR 层 12 导致的量子效率增加的量。在 i-InGaAs 光吸收层 14 中, 由于反偏压而耗尽层化。电场被施加到耗尽层中, 电子和孔穴分别流向阴极电极 22 和阳极电极 20 侧, 作为电流被取出。

[0052] 与参考例相比较,对本实施方式的光半导体装置的效果进行说明。图 2 是表示光半导体装置的参考例的截面图。在 n 型 DBR 层 100 中交替地层叠有折射率不同的 n 型 InP 层 100a 和 n 型 InGaAsP 层 100b。n 型 InP 层 100a 和 n 型 InGaAsP 层 100b,双方的带隙波长均小于入射光的波长 λ ,不吸收入射光。除 DBR 层以外,与本实施方式的光半导体装置相同。

[0053] 参考例的 n 型 DBR 层 100 在 n 型 InP 层 100a 的光学层厚度和 n 型 InGaAsP 层 100b 的光学层厚度分别为 $\lambda/4$ 的情况下,反射率为最大。例如,在 λ 为 $1.55\mu\text{m}$ 的情况下,当使 InP 的折射率为 3.169 时,n 型 InP 层 100a 的层厚度为 $0.123\mu\text{m}$,当使 InGaAsP 的折射率为 3.437 时,n 型 InGaAsP 层 100b 的层厚度为 $0.113\mu\text{m}$ 。

[0054] 这里,InP 的导热率为约 70W/mk ,与 InGaAs、InGaAsP 的导热率(=约 5W/mk)相比,约高 10 倍。因此,为了提高反射层的导热率(=降低热阻),增加 InP 层的层厚度,降低 InGaAs(P) 层的层厚度即可。但是,在参考例中,当减小 n 型 InGaAsP 层 100b 的层厚度时,反射率下降。与此相对,在本实施方式中,不使反射率降低,就能够减小 n 型 InGaAsP 层 12b 的层厚度。关于其理由,在以下进行详细的说明。

[0055] 图 3 是计算 DBR 层的反射率和热阻的图。图 3 的横轴是“InP 层的光学层厚度 $\div$ InGaAs(P) 层的光学层厚度”。使入射光的波长为 $1.55\mu\text{m}$,使 InGaAsP 的带隙波长为 $1.4\mu\text{m}$,作为从 InGaAs 光吸收层向 DBR 层射入光的方式进行计算。“吸收性 DBR 层”为层叠有 13 对 InP 层和 InGaAs 层的结构,与本实施方式的 DBR 层对应。另一方面,“非吸收性 DBR 层”为层叠有 13 对 InP 层和 InGaAsP 层的结构,与参考例的 DBR 层对应。

[0056] 在非吸收性 DBR 层中,在“InP 层的光学层厚度 $\div$ InGaAsP 层的光学层厚度”为 1 的情况下反射率最大。另一方面,在吸收性 DBR 层中,在“InP 层的光学层厚度 $\div$ InGaAs 层的光学层厚度”为 1.75 附近时反射率最大。因此,在吸收性 DBR 层中,能够将反射率保持为与非吸收性 DBR 层相同的程度,同时使 InGaAs 层比非吸收性 DBR 层更薄。这是因为,通过使吸收入射光的 InGaAs 层变薄,使得吸收减少,获得高的反射率。此外,是因为与 InGaAsP 相比,InGaAs 相对于 InP 的折射率差较大。

[0057] 如图 3 所示,在参考例中,“InP 层的光学层厚度 $\div$ InGaAs 层的光学层厚度”为 1,反射率为最大。与此相对,在实施方式 1 中,“InP 层的光学层厚度 $\div$ InGaAs 层的光学层厚度”为约 2.2,能够实现与参考例相同程度的反射率(=66%)。因此,由于 InGaAs 层较薄,所以与参考例相比,甚至能够将 DBR 层的热阻降低 900k/W 。由此,本实施方式的光半导体装置的响应的线性良好,量子效率高。

[0058] 其中,不限于上述的值,在实施方式 1 的结构中,如果使“InP 层的光学层厚度 $\div$ InGaAs 层的光学层厚度”为 1.2~3 的话,能够在将 DBR 层的反射率保持为与参考例相同的程度的同时,降低 DBR 层的热阻。

[0059] 再有,也可以代替 n 型 InP 层 12a,使用 GaAs 层、S 层、AlInAs 层、带隙波长小于入射光的波长的 InGaAsP 层或 AlGaInAs 层等。也可以代替 n 型 InGaAs 层 12b,使用带隙波长大于入射光的波长的 InGaAsP 层或 AlGaInAs 层等。

[0060] 实施方式 2

[0061] 图 4 是表示本发明的实施方式 2 的光半导体装置的截面图。该光半导体装置是以选择性扩散形成有 p 型区域的平面型 pin 光电二极管。

[0062] 在 i-InGaAs 光吸收层 14 上形成有低载流子浓度的 n 型 InP 层 24, 在 n 型 InP 层 24 的一部分中通过选择性扩散等形成有 p 型 InP 层 26 (第二导电型的半导体层)。其它结构与实施方式 1 相同。由此, 能够获得与实施方式 1 相同的效果。

[0063] 实施方式 3

[0064] 图 5 是表示本发明的实施方式 3 的光半导体装置的截面图。该光半导体装置是平面型 InP 雪崩光电二极管 (avalanche photodiode)。

[0065] 在 i-InGaAs 光吸收层 14 上形成有 n 型 InP 倍增层 28 (载流子倍增层), 在 n 型 InP 倍增层 28 的一部分中通过选择性扩散等形成有 p 型 InP 层 26 (第二导电型的半导体层)。通过 Be 的离子注入等在 p 型 InP 层 26 的外周形成有保护环 30。n 型 InP 倍增层 28 对在 i-InGaAs 光吸收层 14 中产生的光载流子进行雪崩倍增。其它结构与实施方式 1 相同。

[0066] 雪崩光电二极管特别容易产生空间电荷效应, 并且因为高电压下使用而发热量大, 但是通过降低 DBR 层的热阻, 在高的光输入时也能够稳定地工作。

[0067] 实施方式 4

[0068] 图 6 是表示本发明的实施方式 4 的光半导体装置的截面图。该光半导体装置是平面型 AlInAs 雪崩光电二极管。

[0069] 在 n 型 DBR 层 12 与 i-InGaAs 光吸收层 14 之间, 形成有 n 型 AlInAs 倍增层 32 (载流子倍增层) 和电场缓和层 34。n 型 AlInAs 倍增层 32 对在 i-InGaAs 光吸收层 14 中产生的光载流子进行雪崩倍增。其它结构与实施方式 2 相同。

[0070] 因为在成为发热源的 n 型 AlInAs 倍增层 32 的附近存在热阻较低的 n 型 InP 层 12a, 所以能够效率良好地进行散热。此外, 作为 n 型 DBR 层 12 的折射率较低的层, 如果代替 n 型 InP 层 12a, 使用与 n 型 AlInAs 倍增层 32 相同的 AlInAs 层, 则因为材料相同, 所以能够稳定地进行结晶生长。

[0071] 实施方式 5

[0072] 图 7 是表示本发明的实施方式 5 的光半导体装置的截面图。该光半导体装置与实施方式 4 同样是平面型 AlInAs 雪崩光电二极管。

[0073] 在 n 型 DBR 层 12 的 n 型 InP 层 12a 与 n 型 AlInAs 倍增层 32 之间插入有载流子浓度高的 n 型 AlInAs 层 36。其它结构与实施方式 4 相同。由此, 因为 n 型 AlInAs 倍增层 32 的电场不施加在 n 型 InP 层 12a 上, 所以 n 型 InP 层 12a 中的孔穴的倍增被抑制, 能够实现低噪声的雪崩光电二极管。

[0074] 实施方式 6

[0075] 图 8 是表示本发明的实施方式 6 的光半导体装置的截面图。该光半导体装置是从衬底侧射入光的背面入射谐振型光电二极管。

[0076] 在 n 型 InP 衬底 10 的背面形成有反射防止膜 40。而且, 从 n 型 InP 衬底 10 的背面侧射入光。其它结构与实施方式 2 相同。

[0077] n 型 DBR 层 12 虽然位于光的入射侧, 但是因为折射率高的 n 型 InGaAs 层 12b 较薄, 所以有入射光的损失较少的优点。除此以外, 能够得到与实施方式 1、2 相同的效果。

[0078] 实施方式 7

[0079] 图 9 是表示本发明的实施方式 7 的光半导体装置的截面图。该光半导体装置是谐振型光电二极管。

[0080] 代替实施方式 1 的 p 型 InP 窗口层 16, 形成有 p 型 DBR 层 38 (第二导电型分布布喇格反射层)。其它结构与实施方式 1 相同。

[0081] 在 p 型 DBR 层 38 中, 交替地层叠有折射率低的 p 型 InP 层 38a (第一半导体层) 和折射率高的 p 型 InGaAs 层 38b (第二半导体层)。在 p 型 InP 层 38a 中, 带隙波长小于入射光的波长 λ , 不吸收入射光。另一方面, 在 p 型 InGaAs 层 38b 中, 带隙波长大于入射光的波长 λ , 吸收入射光。

[0082] 此外, 一层 p 型 InP 层 38a 的光学层厚度与一层 p 型 InGaAs 层 38b 的光学层厚度之和为入射光的波长 λ 的一半 ($= \lambda/2$)。因此, n 型 DBR 层 12 相对于波长 λ 的入射光效率良好地作为反射层发挥作用。

[0083] 此外, p 型 InP 层 38a 的光学层厚度大于 p 型 InGaAs 层 38b 的光学层厚度。具体而言, “InP 层的光学层厚度 $\div$ InGaAs 层的光学层厚度” 为 1.2 ~ 3。这样, 因为热阻较大的 p 型 InGaAs 层 38b 较薄, 所以 n 型 DBR 层 12 的散热性良好。

[0084] 这样, 当以 DBR 层夹着 i-InGaAs 光吸收层 14 的上下时, 虽然通过光在上下的 DBR 层之间往返而得到高的灵敏度, 但是散热场所消失, 使得热量被封闭在 i-InGaAs 光吸收层 14 中。因此, 通过如上所述那样使用散热良好的 DBR 层, 能够改善散热性。由此, 本实施方式的光半导体装置的响应的线性良好, 量子效率高。此外, 因为折射率高的 p 型 InGaAs 层 38b 较薄, 所以还有入射光的损失少的优点。

[0085] 实施方式 8

[0086] 图 10 是表示本发明的实施方式 8 的光半导体装置的截面图。该光半导体装置是面发光激光器。

[0087] 在 n 型 InP 衬底 10 (半导体衬底) 上依次形成有 n 型 DBR 层 12 (第一导电型的布喇格反射层)、低载流子浓度的 i-InGaAs 活性层 42 (活性层)、和 p 型 DBR 层 38 (第二导电型的布喇格反射层)。在 p 型 DBR 层 38 上形成有兼作反射防止膜和表面保护膜 of SiN 等的绝缘膜 18 和阳极 (p 型) 电极 20。在 n 型 InP 衬底 10 的背面形成有阴极 (n 型) 电极 22。

[0088] 在 n 型 DBR 层 12 中, 交替地层叠有折射率较低的 n 型 InP 层 12a (第一半导体层) 和折射率较高的 n 型 InGaAs 层 12b (第二半导体层)。在 p 型 DBR 层 38 中, 交替地层叠有折射率较低的 p 型 InP 层 38a (第一半导体层) 和折射率较高的 p 型 InGaAs 层 38b (第二半导体层)。在 n 型 InP 层 12a 和 p 型 InP 层 38a 中, 带隙波长小于出射光的波长 λ , 不吸收出射光。另一方面, 在 n 型 InGaAs 层 12b 和 p 型 InGaAs 层 38b 中, 带隙波长大于出射光的波长 λ , 吸收出射光。

[0089] 此外, 一层 n 型 InP 层 12a 的光学层厚度与一层 n 型 InGaAs 层 12b 的光学层厚度之和为出射光的波长 λ 的一半, 一层 p 型 InP 层 38a 的光学层厚度与一层 p 型 InGaAs 层 38b 的光学层厚度之和为出射光的波长 λ 的一半。因此, n 型 DBR 层 12 和 p 型 DBR 层 38 相对于波长 λ 的入射光效率良好地作为反射层发挥作用。

[0090] 此外, n 型 InP 层 12a 的光学层厚度大于 n 型 InGaAs 层 12b 的光学层厚度, p 型 InP 层 38a 的光学层厚度大于 p 型 InGaAs 层 38b 的光学层厚度。具体而言, “InP 层的光学层厚度 $\div$ InGaAs 层的光学层厚度” 为 1.2 ~ 3。这样, 因为热阻较大的 n 型 InGaAs 层 12b 和 p 型 InGaAs 层 38b 较薄, 所以 n 型 DBR 层 12 和 p 型 DBR 层 38 的散热性良好。

[0091] 这样, 当以 DBR 层夹着 i-InGaAs 活性层 42 的上下时, 虽然光在上下的 DBR 层之间

往返而发生激光振荡,但是散热场所消失,使得热量被封闭在 i-InGaAs 活性层 42 中。因此,通过如上所述那样使用散热良好的 DBR 层,能够改善散热性。由此,本实施方式的光半导体装置的响应的线性良好,量子效率高。此外,因为折射率高的 p 型 InGaAs 层 38b 较薄,所以还有出射光的损失少的优点。

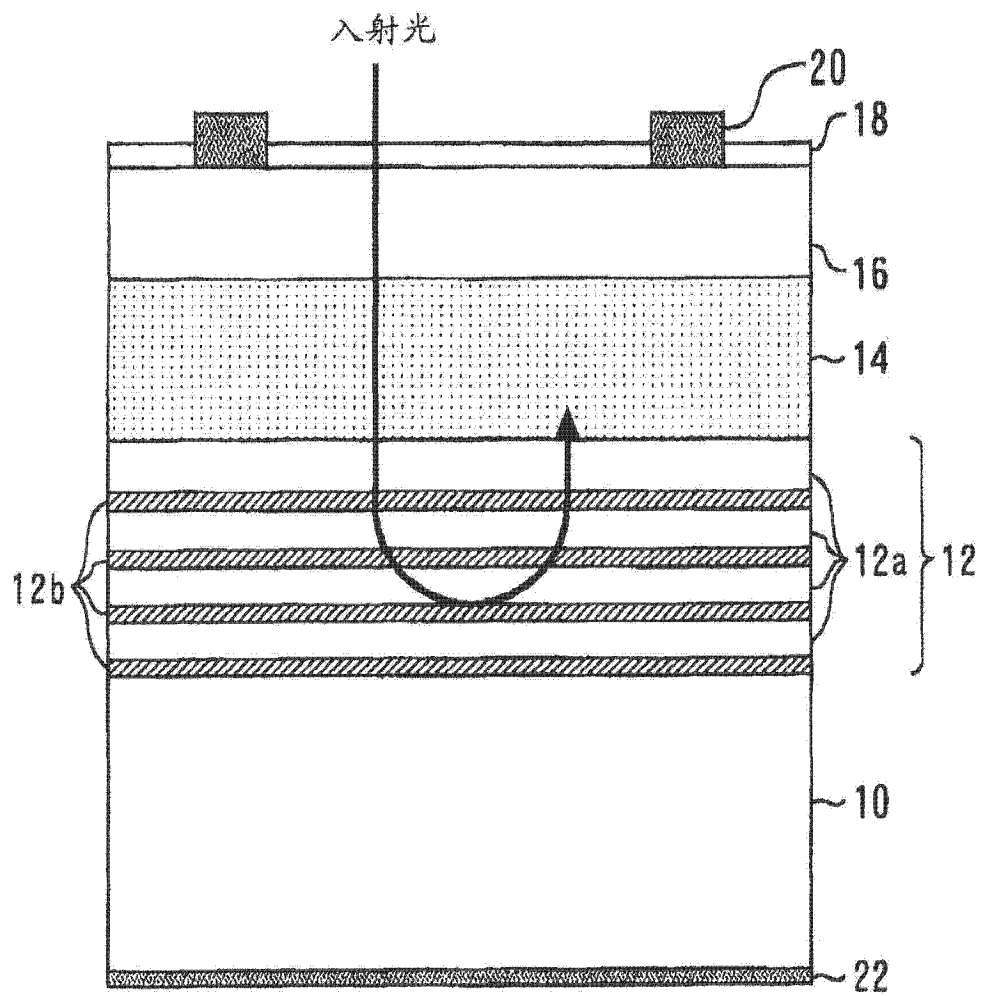


图 1

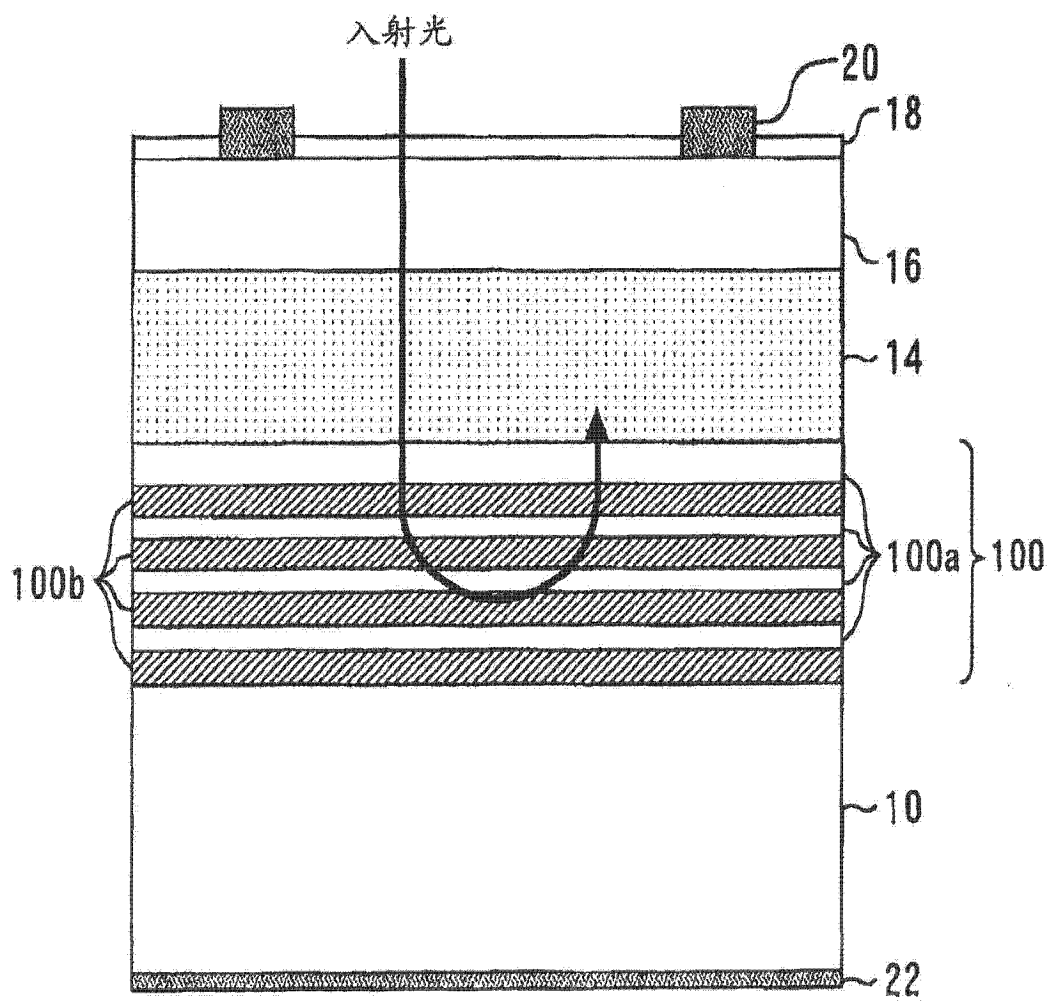


图 2

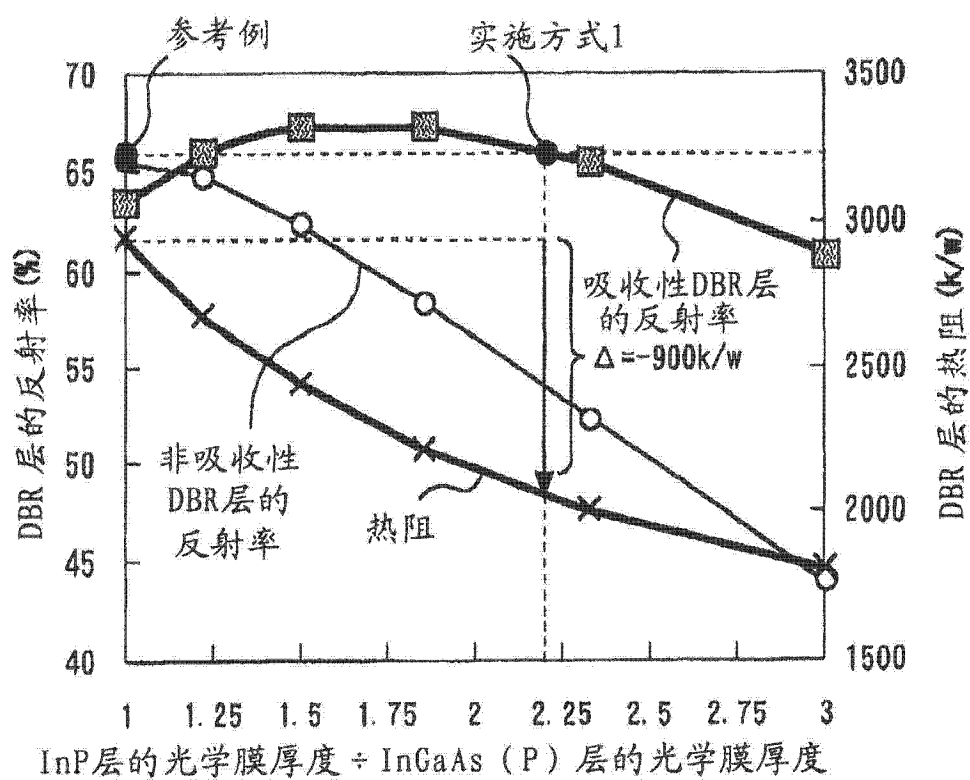


图 3

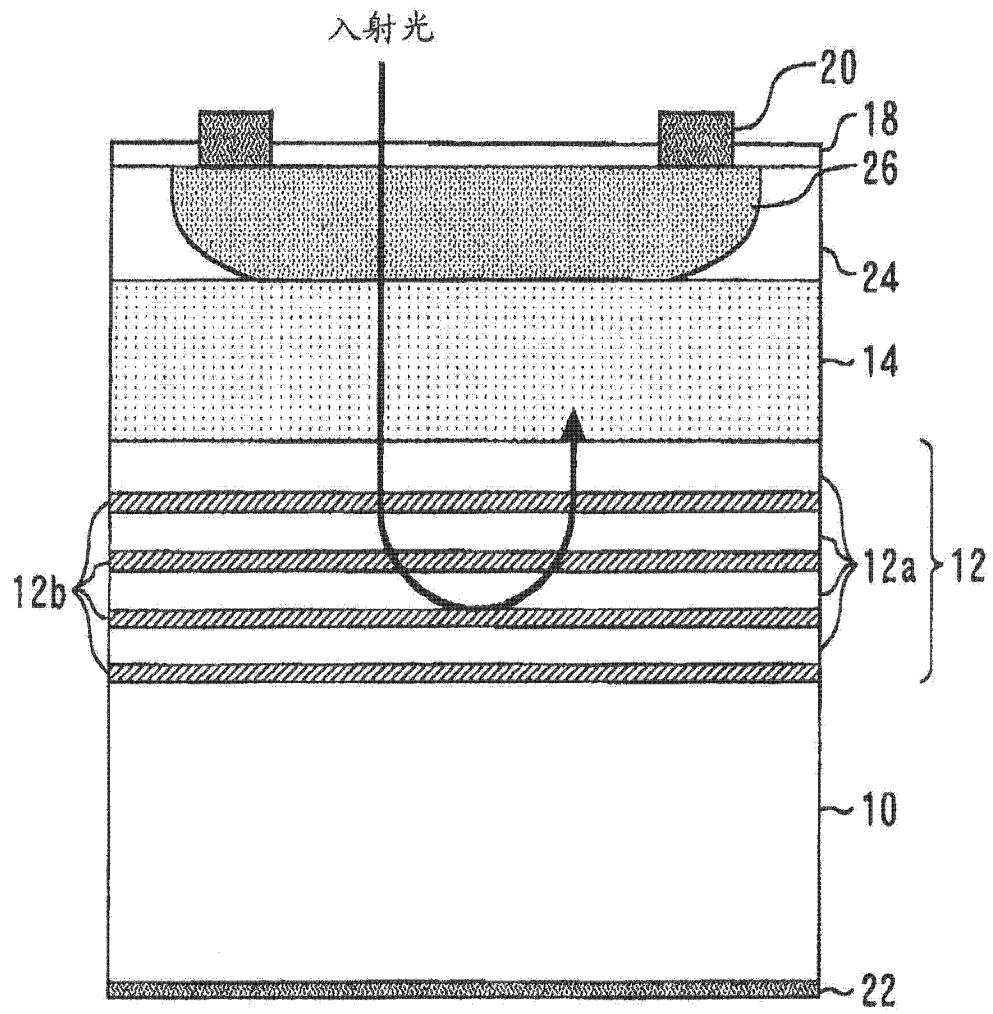


图 4

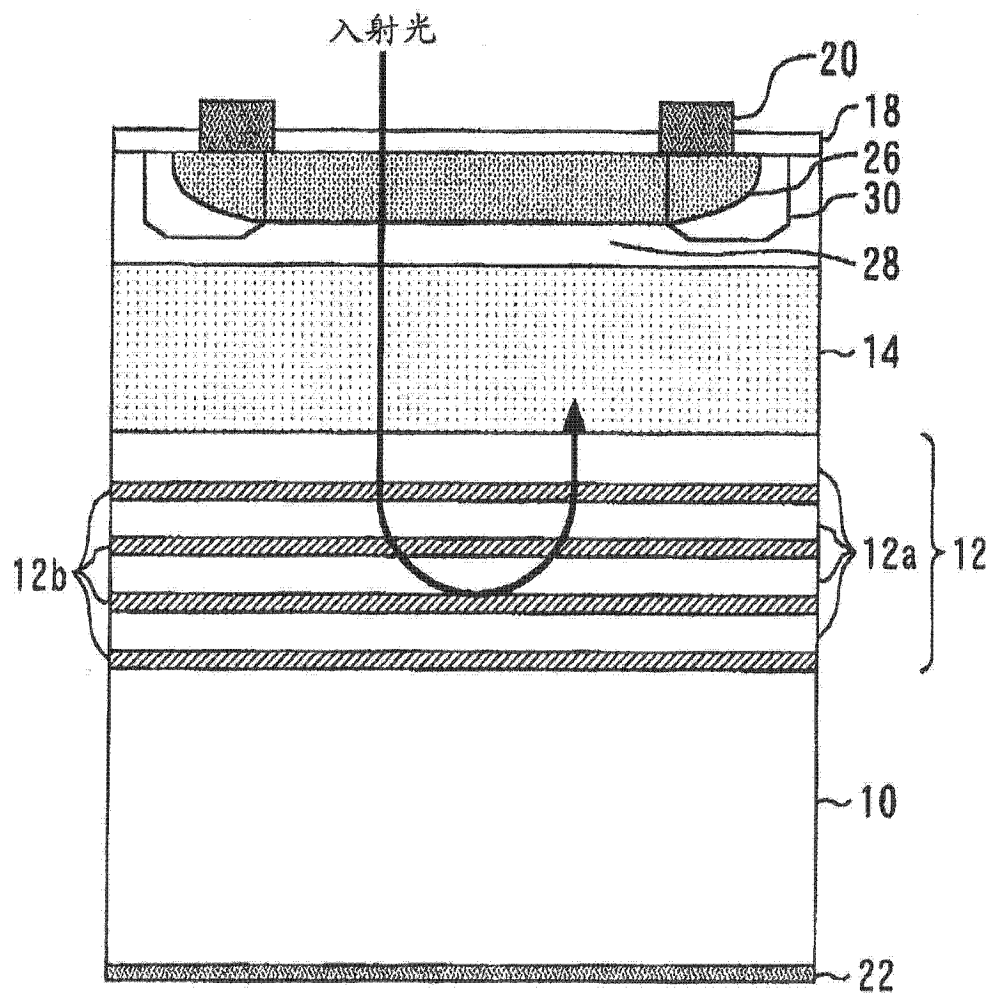


图 5

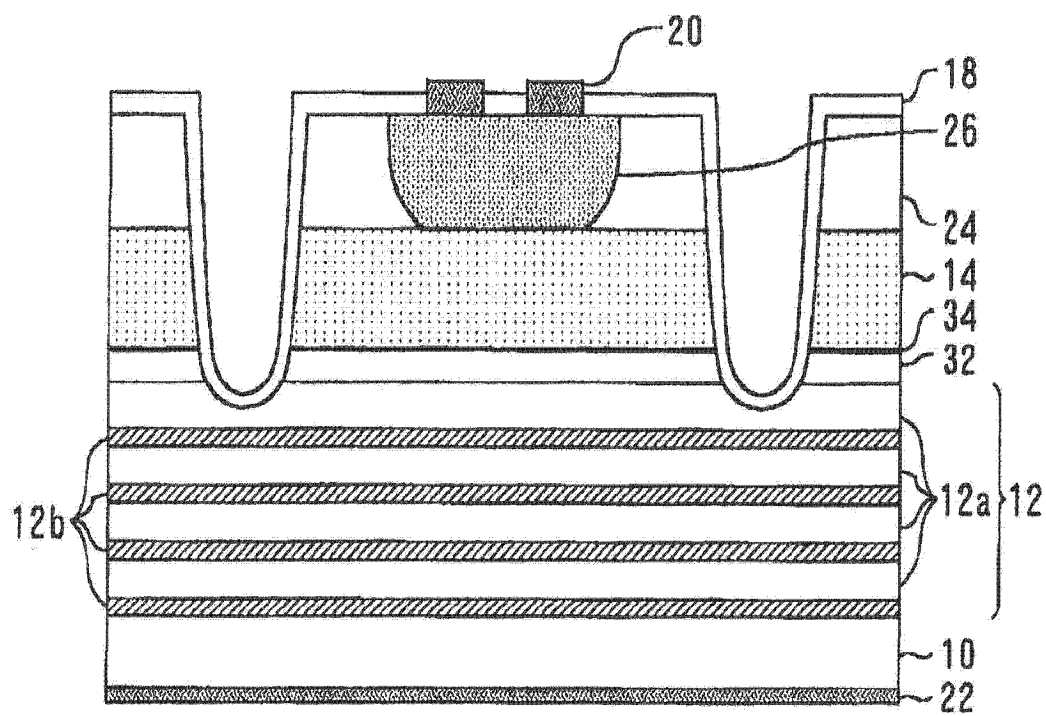


图 6

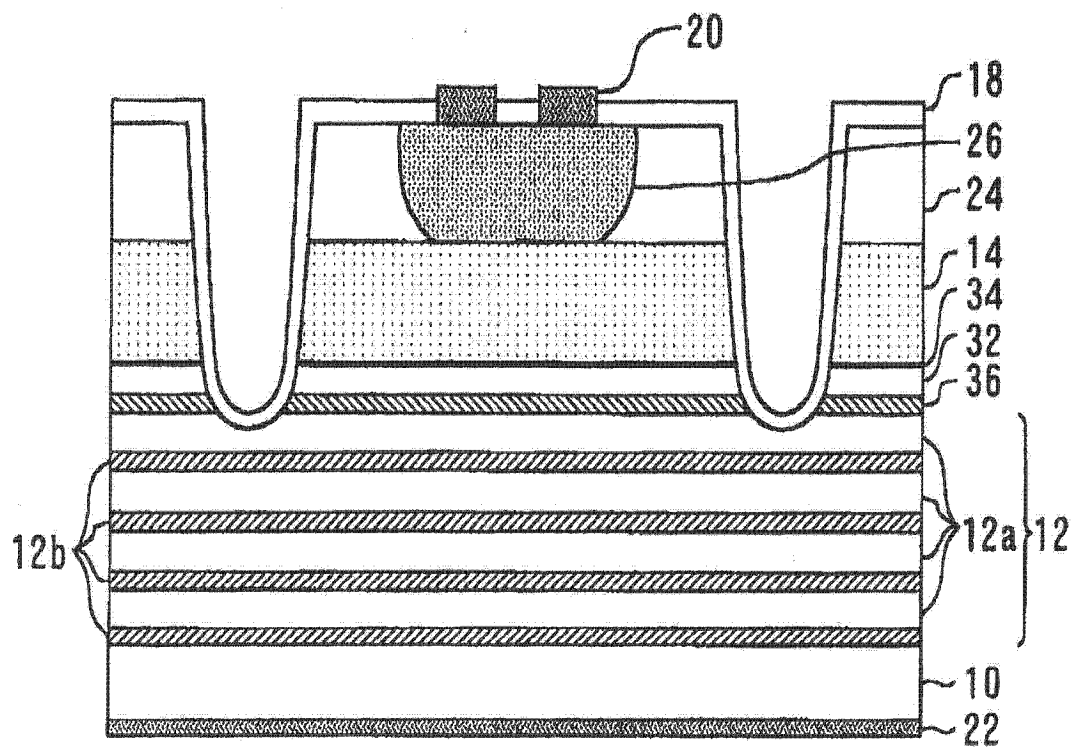


图 7

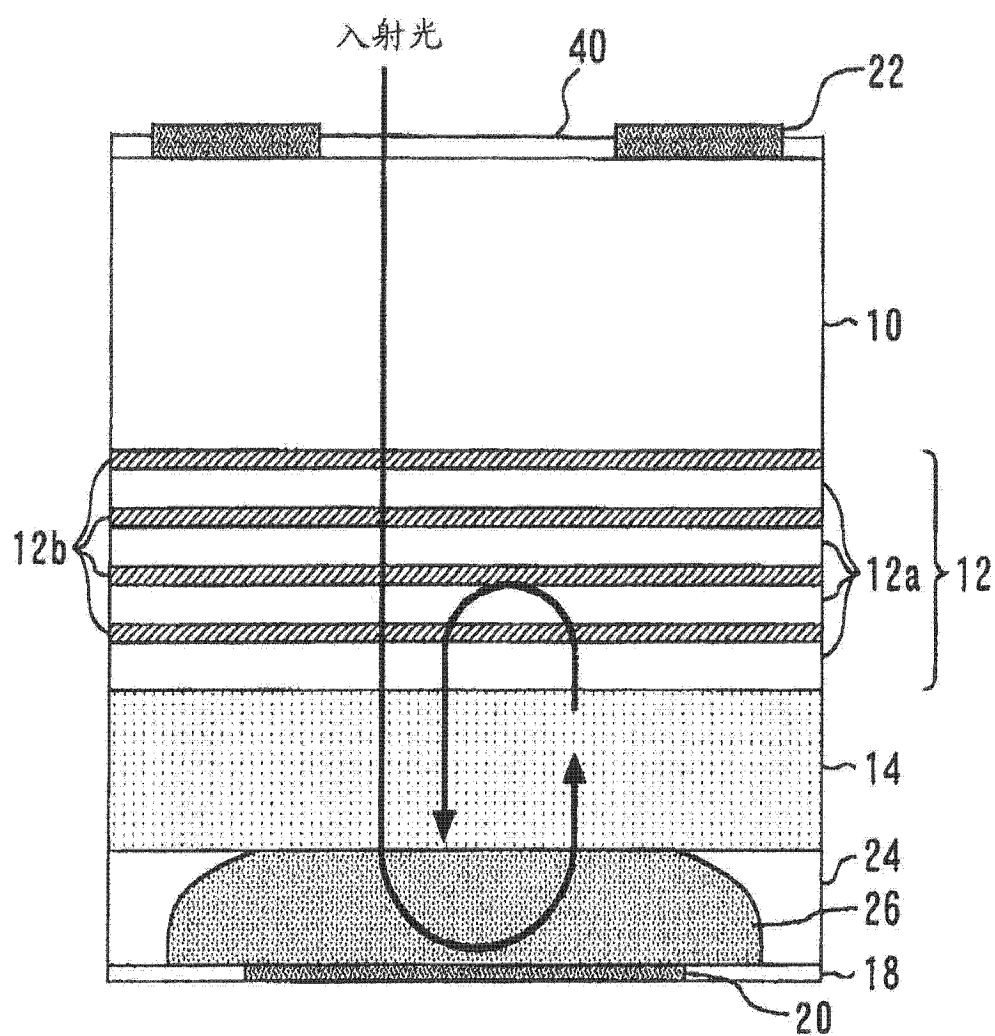


图 8

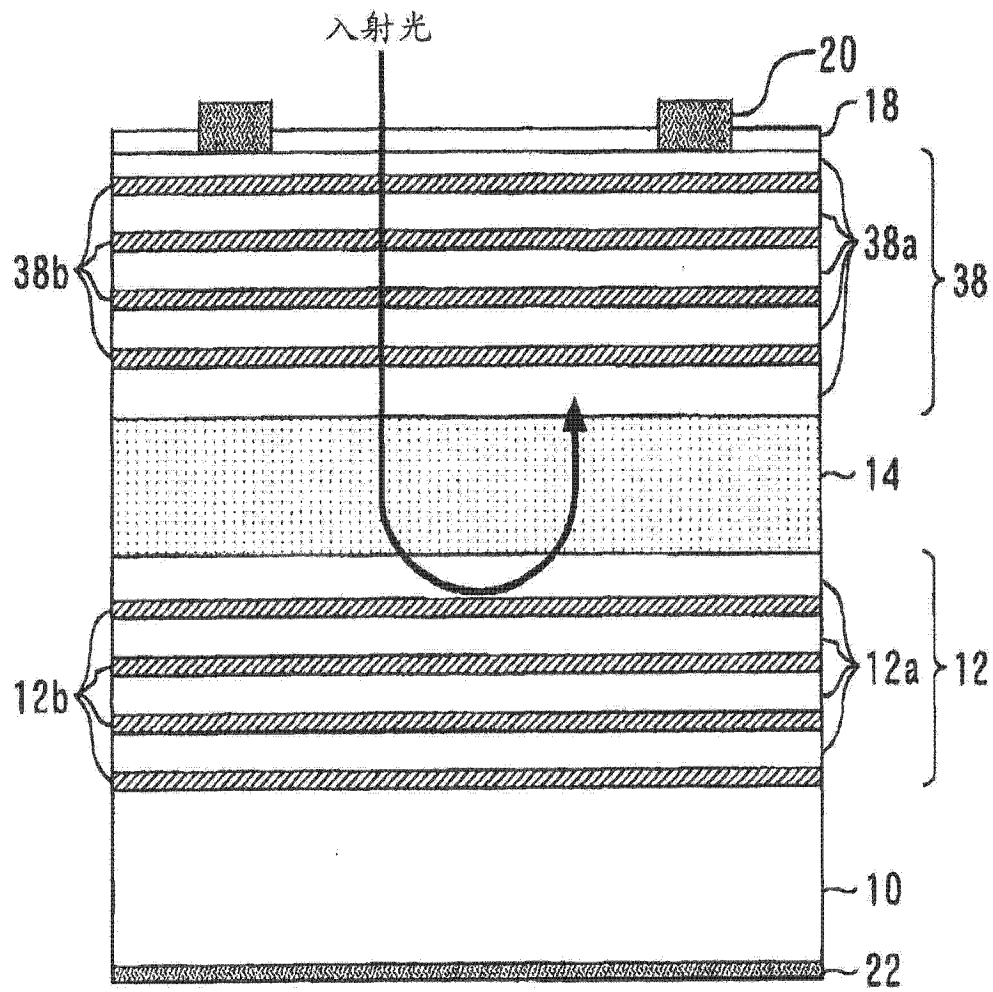


图 9

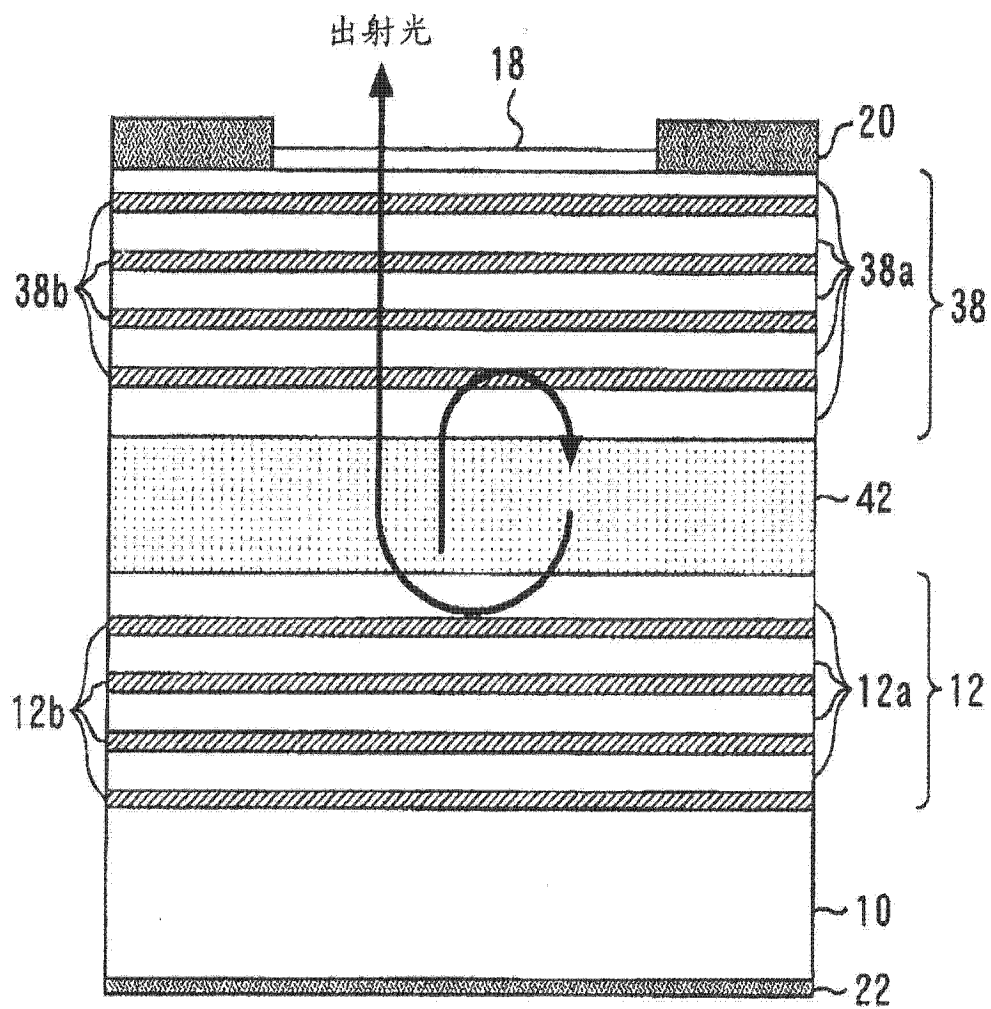


图 10