

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G02F 1/015 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03800880.7

[45] 授权公告日 2006 年 1 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 1237369C

[22] 申请日 2003.1.7 [21] 申请号 03800880.7

[30] 优先权

[32] 2002. 1. 7 [33] JP [31] 336/2002

[86] 国际申请 PCT/JP2003/000004 2003.1.7

[87] 国际公布 WO2003/058327 日 2003.7.17

[85] 进入国家阶段日期 2004.2.18

[71] 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 大塚信之 吉井重雄 鬼头雅弘

横川俊哉

审查员 焦丽宁

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

代理人 龙 淳

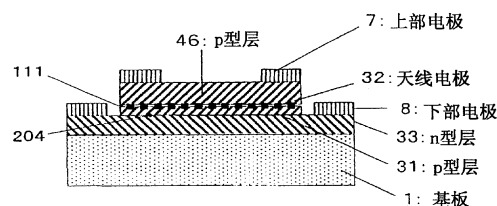
权利要求书 3 页 说明书 19 页 附图 18 页

[54] 发明名称

面型光调制器及其制造方法

[57] 摘要

本发明的调制器包括：第一导电型的第一半导体层(33)；与第一半导体层连接的第二导电型的第二半导体层(31)；第二导电型的第三半导体层(46)；在第二半导体层和第三半导体层之间形成的电介质层(111)；在电介质层中的具有多个导体片的天线电极(32)，该多个导体片整体形成网状，并在该网状的交点配置成相互分离且与第二半导体层和第三半导体层两者成接触状态；电连接所述第一半导体层的第一电极(8)；和电连接第三半导体层的第二电极(7)。



1. 一种面型调制器，其特征在于，具有：
第一导电型的第一半导体层；
与该第一半导体层连接的第二导电型的第二半导体层；
5 第二导电型的第三半导体层；
在所述第二半导体层和所述第三半导体层之间形成的电介质层；
在该电介质层中具有多个导体片的天线电极，该多个导体片整体
形成网状，在该网状的交点配置成相互分离且与所述第二半导体层和
所述第三半导体层两者成接触状态；
10 电连接到所述第一半导体层的第一电极；和
电连接到所述第三半导体层的第二电极。
2. 根据权利要求 1 所述的面型调制器，其特征在于，所述导体片
的宽度实质上是该导体片的宽度方向的间隔的 $1/3$ 。
- 15 3. 根据权利要求 2 所述的面型调制器，其特征在于，若将由所述
面型调制器调制的信号光的波长设为 λ 时，所述导体片的宽度实质上
为 $\lambda/3$ ，所述半导体片的宽度方向的间隔实质上为 λ 。
- 20 4. 根据权利要求 1 所述的面型调制器，其特征在于，所述多个导
电体片整体上形成格子状的网状。
5. 根据权利要求 1 所述的面型调制器，其特征在于，所述电介质
层为空气层。
- 25 6. 根据权利要求 1 所述的面型调制器，其特征在于，所述第二半
导体层和所述第三半导体层中的第二导电型的不纯物浓度比所述第
一半导体层中的第一导电型的不纯物浓度小。
- 30 7. 根据权利要求 1 所述的面型调制器，其特征在于，在半导体基
板上形成所述第一半导体层。

8. 根据权利要求 7 所述的面型调制器, 其特征在于, 所述半导体基板为半绝缘性, 在所述第一半导体层上形成所述第一电极, 在所述第三半导体层上形成所述第二电极。

5

9. 根据权利要求 8 所述的面型调制器, 其特征在于, 所述半导体基板为导电性, 在所述基板的下面形成所述第一电极, 在所述第三半导体层上形成所述第二电极。

10. 根据权利要求 9 所述的面型调制器, 其特征在于, 所述半导体基板是第一导电型。

11. 根据权利要求 1 所述的面型调制器, 其特征在于, 俯视时, 所述第一半导体层、所述第二半导体层、所述天线电极和所述第三半导体层实质上具有第一直径的圆形形状, 所述第一电极和所述第二电极的一个实质上具有与所述第一直径相同的外径的圆形环状, 并且所述第一电极和第二电极的另一个实质上具有直径比所述第一直径大的开口;

以同轴状配置所述第一半导体层、所述第二半导体层、所述天线电极、所述第三半导体层、所述第一电极和所述第二电极。

12. 根据权利要求 1 所述的面型调制器, 其特征在于, 所述第一导电型是 n 型, 所述第二导电型是 p 型。

13. 根据权利要求 1 所述的面型调制器, 其特征在于, 所述天线电极由金属构成。

14. 一种面型调制器的制造方法, 其特征在于, 包括:
第一结晶生长工序, 在第一半导体基板上依次外延生成第一导电型的第一半导体层和第二导电型的第二半导体层;

第一电极形成工序, 在所述第二半导体层上通过蒸镀形成导电体膜, 并通过抬升, 在该第二半导体层上形成具有多个导体片的天线电

极，该多个导体片整体形成为网状且在该网状的交点彼此分离；

基板贴合工序，贴合具有第二导电型的第三半导体层的第二半导体基板和所述第一半导体基板，使得所述第三半导体层和所述第二半导体层正相对；

5 蚀刻工序，除去所述第二半导体基板；

第二电极形成工序，在所述蚀刻工序后，形成电连接到所述第一半导体层的第一电极和电连接到所述第三半导体层的第二电极。

面型光调制器及其制造方法

技术领域

5 本发明涉及生长在基板上的垂直入射型的面型光调制器、元件驱动方法及其制造方法。

背景技术

现有的半导体激光器的结构如下(图12,笠原等:特开平5-152674号公报)。在该图中,101是半绝缘性GaAs基板,102是交互层叠n-GaAs和n-AlAs的Si掺杂镜(dope mirror),103是不掺杂的Al_{0.25}Ga_{0.75}As,104是不掺杂的InGaAs活性层,105是不掺杂的Al_{0.25}Ga_{0.75}As,106是层叠p-GaAs和p-AlAs的Be掺杂镜,107是p-GaAs(厚3λ),108是由三个InGaAs失真量子阱层和GaAs势垒层(厚46nm)形成的光吸收层,109是不掺杂的GaAs(厚λ)。110是交互层叠24.5个周期n-GaAs(厚λ/4、n=2×10¹⁸cm⁻³)和n-AlAs(厚λ/4、n=2×10¹⁸cm⁻³)而形成的Si掺杂镜。111是SiN膜,114和112是n侧电极,113是p侧电极。

元件将n侧电极114接地,向p侧电极113施加正电压、向n侧电极112施加负电压来使用。由于向光吸收层108施加反偏压,而施加了电场,所以因弗朗兹-凯尔迪什效应(Franz-Keldysh effect)能带端向长波侧移动,而可开、关从InGaAs活性层104发出的光。并且,在Be掺杂镜106和Si掺杂镜110中插入光吸收层108的效果为在施加电压时实现接近100%的吸收,尽管实际的光吸收层108的层厚仅为30nm。

25 在现有例中,由于由光吸收层108得到的吸收系数仅为1,000~10,000cm⁻¹,所以在Be掺杂镜106和Si掺杂镜110之间通过使光反射、往复而增大了消光比。但是,由于通过Si掺杂镜来反射由光吸收层108调制的光,所以存在射出光的强度显著降低的问题。

30 另外,作为面型调制器的其他现有例,有在特开平7-307464号公报(尤其是段落【0010】)和特开2000-275692号公报中所记载的

面型调制器。

发明内容

本发明的目的在于解决上述问题。

5 为实现该目的，本发明所涉及的面型调制器包括：在基板上形成的具有量子阱结构的第一反射层；配置在上述第一反射层上面的具有量子阱结构的折射率调整层；在上述折射率调整层上配置的具有量子阱结构的第二反射层；电连接在上述折射率调整层的下面的第一电极；电连接上述折射率调整层的上面的第二电极，上述折射率调整层的量子阱结构的能带隙比上述第一反射层和上述第二反射层的量子阱结构的能带隙大。

上述第一反射层和第二反射层也可具有金属圆点被规则地配置成三维的量子阱结构。

15 另外，上述金属圆点也可以是金圆点，上述折射率调整层也可具有使用了 InP 的量子阱结构。

另外，本发明所涉及的面型调制器，具有：第一导电型的第一半导体层；与该第一半导体层连接的第二导电型的第二半导体层；第二导电型的第三半导体层；在上述第二半导体层和上述第三半导体层之间形成的电介质层；在该电介质层中的具有多个导体片的电极，该多个导体片整体形成网状，并在该网状的交点配置成相互分离，并且与上述第二半导体层和上述第三半导体层两者成接触状态；电连接到上述第一半导体层的第一电极；和电连接到上述第三半导体层的第二电极。

25 优选是，上述导体片的宽度实质上是该导体片的宽度方向的间隔的 $1/3$ 。

另外，当将由上述面型调制器调制的信号光的波长设为 λ 时，优选是，上述导体片的宽度实质上为 $\lambda/3$ ，上述半导体片的宽度方向的间隔实质上为 λ 。

另外，上述多个导电体片作为整体也可形成为格子状的网状。

30 另外，上述电介质层可以为空气层。

另外，优选上述第二半导体层和上述第三半导体层中的第二半导

体型的不纯物浓度比上述第一半导体层的第一半导体型的不纯物浓度小。

可以在半导体基板上形成上述第一半导体层。

另外，上述半导体基板为半绝缘性，也可在上述第一半导体层上
5 形成上述第一电极，在上述第三半导体层上形成上述第二电极。

另外，上述半导体基板为导电性，也可在上述基板的下面形成上述第一电极，在上述第三半导体层上形成上述第二电极。

另外，上述半导体基板也可以是第一导电型。

另外，在俯视图中，上述第一半导体层、上述第二半导体层、上
10 述天线电极和上述第三半导体层也可实质上具有第一直径的圆形形状，上述第一电极和上述第二电极的一个实质上具有与上述第一直径相同的外径的圆形环状，并且上述第一电极和第二电极的另一个实质上具有直径比上述第一直径大的开口，可以按同轴状配置上述第一半导体层、上述第二半导体层、上述天线电极、上述第三半导体层、上
15 述第一电极和上述第二电极。

上述第一导电型可以是 n 型，上述第二导电型可以是 p 型。

另外，上述天线电极可以由高熔点金属构成。

另外，本发明所涉及的面型调制器的制造方法包括以下工序：第一结晶生长工序，在第一半导体基板上依次外延生成第一导电型的第一
20 半导体层和第二导电型的第二半导体层；第一电极形成工序，在上述第二半导体层上通过蒸镀形成导电体膜，并通过抬升，在该第二半导体层上形成具有多个导体片的天线电极，该多个导体片作为整体成为网状，在该网状的交点彼此分离；第二结晶生长工序，在第二半导体基板上外延生长第二导电型的第三半导体层；基板熔合工序，密合
25 上述第一电极形成工序完成的上述第一半导体基板的表面和上述第二结晶生长工序完成的上述第二半导体基板的表面，通过在 400℃ 以上的温度下保持一分钟以上，熔合该第一半导体基板和上述第二半导体基板；蚀刻工序，从由上述熔合得到的制品中除去上述第二基板；第二电极形成工序，在上述蚀刻工序后，形成电连接到上述第一半导体层
30 的第一电极和电连接到上述第三导体层的第二电极。

另外，本发明所涉及的面型调制器在半导体基板上按以下顺序反

复层叠：第一导电型的第一半导体层、具有半绝缘性的量子阱结构的MQW层、和第二导电型的第二半导体层；形成第一导电型的第一连接区域，使得上述反复层叠的第一半导体层的端部的一部分彼此连接；形成第二导电型的第二连接区域，使得上述反复层叠的第二半导体层的端部的一部分彼此连接；介于上述第一半导体层的端部的余下部分和上述第二连接区域之间，且介于上述第二半导体层的端部的余下部分和上述第一连接区域之间形成半绝缘性的第三连续区域，使得上述反复层叠的MQW层的端部彼此连接；形成第一电极，使得连接上述第一连接区域；形成第二电极，使得电连接上述第二连接区域。

另外，本发明所涉及的面型调制器在基板上顺序形成下部接触层、具有使用了六方形晶体系的半导体层的量子阱结构的带间吸收层和上部接触层；形成第一电极和第二电极，使得下部接触层和上部接触层彼此连接。

另外，本发明所涉及的面型调制器在基板上配置了具有使用了InP的量子阱结构的带间吸收层，形成金圆点层，使得在该带间吸收层的上面分散金圆点；形成第一电极和第二电极，使得分别电连接上述带间吸收层的上面和下面。

本发明的上述目的、其他目的、特征和优点可以参照附图，从下面优选实施方式的详细说明中清楚得到。

附图说明

图1是表示本发明的实施方式1的面型调制器的结构的图。

图2是表示本发明的实施方式2的面型调制器的结构的图。

图3是表示本发明的实施方式3的面型调制器的结构的图。

图4是表示本发明的实施方式2的面型调制器的结构的图。

图5是表示本发明的实施方式5的面型调制器的结构的图。

图6是表示本发明的面型调制器的安装方法的图。

图7是表示本发明的面型调制器的安装方法的图。

图8是表示本发明的面型调制器的安装方法的图。

图9是表示使用了本发明的面型调制器的系统的图。

图10是表示使用了本发明的实施方式4、6的面型调制器的调制

方式的图。

图 11 是表示本发明的实施方式 1 的面型调制器的调制原理的图。

图 12 是表示现有的面型调制器的结构的图。

图 13 是表示本发明的实施方式 1 的面型调制器的制造方法的图。

5 图 14 是表示本发明的实施方式 1、2、3 的面型调制器结构的变形例的图。

图 15 是表示本发明的实施方式 6 的面型调制器的结构的图。

图 16 是表示本发明的实施方式 5 的面型调制器的制造方法的图。

图 17 是表示本发明的实施方式 6 的面型调制器的制造方法的图。

10 图 18 是表示使用了本发明的面型调制器的信息插座的结构图。

具体实施方式

下面，参照附图说明本发明的实施方式。

(实施方式 1)

15 作为本发明的半导体发光元件的实施方式 1，图 1 表示具有折射率调整层的面型调制器结构。

下面，对该元件的制造方法、结构和动作方法进行说明。设入射光的波长为 $1.3\mu\text{m}$ 。首先，如图 13 (a) 所示，在 n 型 InP 基板 1 上通过 MOVPE 法等外延生成不掺杂下部反射层 2、掺杂了 Si 的 n 型 InP 下部接触层 3 (厚 100nm)、折射率调整层 4、掺杂了 Zn 的 p 型 InP 上部接触层 5 (厚 100nm)、不掺杂上部反射层 6。下部反射层 2 和上部反射层 6 分别是由 5 对 $\text{In}_{0.8}\text{Ga}_{0.2}\text{P}$ 层 (厚 $\lambda/4$ 、格子失真 -1%) 和 $\text{InAs}_{0.2}\text{P}_{0.8}$ 层 (厚 $\lambda/4$ 、格子失真 1%) 构成的失真量子阱结构。不有意添加不纯物、不掺杂是为了抑制电荷带吸收和自由电子吸收。折射率调整层 4 是由 8 对不掺杂 InP 层 (厚 10nm) 和不掺杂 $\text{In}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}_{0.2}\text{P}_{0.8}$ 层 (厚 10nm、格子失真偏离 -1 的 1%) 构成的失真量子阱结构。之后，如图 13 (b) 所示，堆积 SiO_2 膜 53，并蚀刻成圆形来作为蚀刻掩膜后，使用该蚀刻掩膜并通过硫酸系蚀刻剂蚀刻成圆筒状直到到达上部接触层 5。这是因为其在形成引导光的圆形区域的同时，尽可能减小了折射率调整层 4 的面积并提高了动作速度的缘故。这里，InAsP 层中蚀刻速度快，而形成上部反射层的 InGaP 层和上部与下部 InP 层的势

20

25

30

垒层的蚀刻速度是相同的。但是，因 InGaP 层膜厚薄并且因来自 InAsP 层的 As 扩散，其蚀刻速度比 InP 层快。因此，蚀刻可有选择地停止在上部接触层 5。之后，如图 13 (c) 所示，堆积 SiO₂ 膜 54，蚀刻成圆形并作为蚀刻掩膜后，使用该蚀刻掩膜，通过盐酸系蚀刻剂来蚀刻去除上部接触层 5。之后，通过硫酸系蚀刻剂来蚀刻去除折射率调整层 4。这时，由于构成折射率调整层 4 的 InP 层薄为 10nm，并从 InGaAsP 扩散了 As，所以可通过硫酸系蚀刻剂进行蚀刻。结果，如图 13 (c) 所示，在下部接触层 3 上，可选地停止了蚀刻。之后，蒸镀 Cr/Pt/Au 电极来作为上部电极 7，蒸镀 Au-Sn 电极来作为下部电极 8，通过抬升 (lift off)，如图 13 (d) 那样形成而得到图 1 所示的结构。另外，下部反射层 2、折射率调整层 4 和上部反射层 6 的结构虽然并不限于上述这样，但是需要折射率调整层 4 的量子阱结构的势垒层和阱层的能带隙比下部反射层 2 和上部反射层 6 的量子阱结构的势垒层和阱层的能带隙小。

下面，使用图 11 说明该元件的动作方法。如图 11 (a) 所示，在没有施加电压的情况下，将折射率调整层 4 的吸收端波长设为 1.28 μm 。这时的折射率 (n') 为 ($n'=3.2$) < ($n=3.6$)。对 1.3 μm 的光，反射层的距离 (d/n') 为 1.1 μm ，由于设定了折射率调整层的厚度 (d) 与光的波长 ($n\lambda$) 相同而不能使得 $d/n=\lambda=1.3 \mu\text{m}$ 成立，所以光透过。另一方面，如图 11 (b) 所示，通过施加 5V 左右的反偏压，并由弗朗兹-凯尔迪什效应而将吸收端的波长加到 1.29 μm ，从而由 InGaAsP 层构成的折射率调整层 4 的折射率增大到 5.0 左右。结果，反射层 2、6 间的多层膜的总折射率增加到 $n=3.6$ ，对 1.3 μm 的光，其距离变为 1.3 μm ，而在反射层 2、6 间形成驻波，并通过反射层整体来进行反射。即，下部反射层 2 和上部反射层 4 的间隔在光学上与信号光的波长相同。结果，由于反射了光，所以很难透过。进一步，若施加大的反偏压，则如图 11 (c) 所示，下部反射层 2 和上部反射层 6 的间隔在光学上比信号光的波长长，由于很难反射光，所以透过光的强度增加。由图 10 (d) 的虚线 (类型 B) 来表示所输出的相对电信号的光信号。由此可以明白，在电信号从 ON 变为 OFF，或者从 OFF 变为 ON 时显示出光强度减小这一特性。将电信号的开始状态从 OFF 决定为

ON, 若测量光信号减弱的脉冲, 则可明白电信号是 ON 还是 OFF。在该调制方式时, 因为即使电信号的上升和下降特性劣化了, 也可同样形成光脉冲, 所以可进行良好的传送。另外, 若进一步增大所施加的反偏压到 10V 以上, 则会通过折射率调整层 4 发生光吸收, 并进一步减小透过光的强度。

另一方面, 在 n 型反射层中将 Si、在 p 型反射层中将 Zn 仅掺杂到 InGaP 层, 而具有导电性时, 虽然多少有一些电荷带吸收和自由电子吸收, 元件结构和制造方法变得极其简单。如图 14(a)所示, 通过 MOVPE 法等, 在 p 型 InP 基板 1 上外延生成掺杂了 Zn 的 p 型下部反射层 2、折射率调整层 4、掺杂了 Si 的 n 型上部反射层 6。上部反射层 6 选择 n 型是因为 n 型中载流子充分扩展, 故可期待受光区域整个面上有均匀的特性的缘故。下部反射层 2 和上部反射层 6 分别由 5 对掺杂了 Si 或 Zn 的 InGaP 层 (厚 $\lambda/4$) 和不掺杂的 InAsP 层 (厚 $\lambda/4$) 构成。折射率调整层 4 由 8 对不掺杂 InP 层 (厚 10nm) 和不掺杂 InGaAsP 层 (厚 10nm) 构成。之后, 在受光区域上堆积 SiO_2 膜, 蚀刻成圆形并作为蚀刻掩膜, 并使用该蚀刻掩膜通过硫酸系蚀刻剂进行蚀刻直到到达下部反射层 2。这时, 由于不能可选地停止蚀刻, 所以由蚀刻时间控制蚀刻到达下部反射层 2。之后, 在形成了 In_2O_3 透明电极 5 后, 通过蒸镀 Au—Sn 上部电极 7 和在基板里面蒸镀 Cr/Pt/Au 下部电极 8 并抬升而形成。由于动作方法与图 1 的结构相同, 故在此省略。

将调制器的上部电极 7 的开口区域设为圆形, 并将来自光纤的光入射到开口区域。下面, 将作为该光的透过区域的上部电极 7 的开口区域称为受光区域。也可将下部反射层 6 的直径设为光纤的芯线大小 + 套管的余地。在为单模式光纤时, 由于芯线为几 μm , 所以上部反射层 6 的直径可以是 $10\mu\text{m}$ 左右。另外, 下部电极 8 接近于折射率调整层 4 形成, 覆盖着下部接触层 (图中没有示出)。下部电极 8 和折射率调整层 4 的间隔最好在 $10\mu\text{m}$ 以下。这是因为考虑到虽然通常将来自光纤的光入射到上部电极 7 的开口区域内, 但是当光纤的线芯形状大时, 会覆盖上部电极 7 的一部分。因此, 可将上部电极 7 的宽度设为 $10\mu\text{m}$ 以上, 使得来自光纤的光不会漏到上部电极 7 的外部。但是, 在不具有充分的光纤轴的情况下, 存在光漏到了上部电极 7 外部的情况。这

时将下部电极 8 和折射率调整层 4 的间隔设为 $10\mu\text{m}$ 以下, 尽可能使光由下部电极 8 反射并不会透过。

另一方面, 如图 14 (a) 所示, 在基板里面形成了电极的情况下, 将下部电极 8 的内径做得比上部电极 7 的外径小。这时, 即使在不具有充分的光纤轴的情况下, 相对光的入射方向下部电极 8 和上部电极 7 重合, 使得光不会漏到上部电极 7 的外侧, 即, 尽可能使光由下部电极 8 反射并不会透过。

下面对面型调制器的安装方法和使用了面型调制器的系统结构进行说明。这些部分由于在下面所有的实施方式中同样可以使用, 所以以本实施方式为代表进行说明, 其后的实施方式中采用相同结构。

图 6 表示通过本实施方式制作的面型调制器的安装方法。如图所示, 通过焊接附着下部电极 8 而与固定夹具 9 的附着 n 侧电极 40 的焊锡 10 固定。另外, 上部电极 7 通过使用电极带连接到固定夹具的 p 侧电极 41。之后, 在该状态下, 如图 7 (a) 所示, 除了将该固定夹具 9 与电子电路 22 连接之外, 还与光敏二极管 21 一起, 铸模到连接层 23 上。光敏二极管通过接收来自光纤 26 的泄漏光而进行动作。通过将支撑光纤 26 的套圈 25 插入到连接层 23 中并进行锁定, 而成为图 7 (b) 所示的形态。同轴电缆 24 为 10Gbps 的以太标准。这里, 如图 7 (b) 所示, 光纤 26 通过具有同一中心轴的形状而接触面型调制器。结果, 若通过现有的连接层来连接光纤, 也同样很容易, 插入外部调制器也是可能的。

另一方面, 现有的模块结构如图 7 (c) 所示, 由于使用了波导路径型调制器 44, 所以需要将从两条光纤输出的光光学耦合到截面为 $1\mu\text{m}$ 角度的波导路径带 (stripe) 上。所以, 需要在调制器的两侧分别插入一个透镜 43, 共插入两个而将光导入到波导路径。结果, 在光纤 26—透镜 43、透镜 43—调制器 44、调制器 44—透镜 43', 透镜 43'—光纤 26 的四个位置上需要采用光学结合。要采取光学结合, 需要在一个位置上耗费数分钟, 同时需要将光纤等的部件固定到模块上, 对于波导路径型调制器的制作而言, 需要许多工时。另一方面, 在面型调制器的情况下, 由于形成了与光纤的芯线粗细相同或者比其大的调制区域, 所以如图 7 (a) 所示, 接上光纤即可, 制造工作量少, 价格

低廉、并适合小型化。就是出现故障的情况下，只卸下光纤就可以容易地进行替换。

进一步，在使用了多模光纤或者塑料光纤时，芯线的大小变大。例如，塑料光纤的话，会大到 $100\mu\text{m}$ 左右。这时，若将上部反射层的大小设为 $100\mu\text{m}$ ，则调制器的面积变大，调制器的寄生电容也就增大了。如图 8 (a) 所示，通过使用前端为球状的光纤，可以将来自图 7 的光纤的出射光从图 8 (b) 原封不动的状态变成图 8 (c) 那样将光聚在一起，从而减小了调制器的受光面积，实现了低电容化，即，使高速动作成为可能。通过将受光区域设为 $50\mu\text{m}$ 以下，而使 10Gbps 以上的动作成为可能。在此，如果是受光区域和上部反射层的位置错开的情况，由于透过了光，所以如图 1 (b) 所示，用电极金属覆盖元件的几乎整个面，来抑制来自上部反射层的区域以外的透过光。

作为本实施方式的调制器的动作方法，在没有施加电压时，调制器为 ON 状态，通过施加 5V 以上的电压，调制器变为 OFF 状态。在该调制方法中，由于折射率调整层没有吸收光，因而也没有生成/消灭电荷，所以使得不受载流子速度影响的高速开关成为可能。即使在 10Gbps 时眼形图的打开传送也成为可能。

图 18 表示本实施方式的信息插座的结构。信息插座 62 在家用插座的上部设置了信息线 (10Gbps 以太网连接) 67 用的插入口 72。这里，使用组装入了信息线 67 的信息插头 71，使得在连接电源线 (100V) 68 用接头的同时，连接信息线。信息线 67 由防护套 72、信号用地线 65 和信号线 66 构成，现有的地线与防护线相同。将光信号变换为电信号后，直接通过单芯的电缆结构将其传送到设备。因此，不能像双绞线那样进行全双工通信。

图 9 表示使用了本实施方式的调制器的光传送系统。使用访问系光纤 (单模光纤) 40 从载流子站传送来的光信号暂时用下行 PD36 接收光，并变换为下行电信号 62。通过该下行电信号来调制面型调制器 LD69。这里，通过 DC 驱动使用端面发光型的 $1.3\mu\text{m}$ 半导体激光器。在将下行信号传送到各设备时，将除面型调制器 LD69 之外的所有面型调制器设为 ON (透明)，并通过内置在各连接中的光敏二极管 21 (图 7) 接收光，并作为电信号从 10Gbps 以太的同轴电缆 24 (图 7) 提供

给各设备。由于下行信号即使是高传送率也为 1Gbps 左右，所以对于通过 10Gbps 传送的 LAN 内的传送进一步还要有追加信号的余量。并使用该空闲时间进行各个连接间的传送。即，在没有下行信号的情况下，面型调制器 LD69 原样不动地置为 ON，例如，通过面型调制器 20A 调制 DC 光，并通过面型调制器 20D 的受光元件接收该信号。相反，在将信号从面型调制器 20D 传送到面型调制器 20A 时，则暂时由 LAN 用 PD38 接收光，并在变换为电信号 LAN64 进行存储后，使用下行信号的间隙调制面型调制器 LD69 后进行发送，而由面型调制器 A 进行接收。另外，在将光信号发送到 LAN 外部时，通过由 LAN 用 PD38 变换的上行电信号 63 调制上行用 LD。本系统的特征是形成了光纤环路。其结果，发光元件有一个即可，系统的可靠性提高的同时，还能够通过使用比激光器廉价的面型调制器使系统的价格降低。另外，作为发光元件，不仅可以是激光器，还可使用价格低廉的发光二极管。这是因为发光二极管的强度与发光面积成正比。因此，使用面积大的面型调制器可以调制强度更强的信号光。进一步，由于面型调制器为连接类型，所以可容易进行元件的交换和追加，同时，还可容易分析故障模式。另外，为了形成环路，不仅可容易实现各连接间的通信，而且还不需要光开关等，因而可降低媒体转换器的价格。另外，调制器表面或里面由电极覆盖，形成了抑制光的结构，所以光纤可以使用大口径的 POF 光纤。

(实施方式 2)

图 2 表示本发明的实施方式 2 的调制器的结构图。下面，说明该元件结构和动作方法。

如图 2 (a) (b) 所示，本实施方式的调制器包括基板 1。在基板 1 上形成 n 型半导体层 33 (下面，简记为 n 型层 33)，在该 n 型层 33 上形成 p 型半导体层 31 (下面，简记为 p 型层 31) 和下部电极 8。下部电极 8 在 n 型层 33 上形成，并在中央具有圆形开口。另一方面，p 型层 31 具有直径比下部电极 8 的开口的内径还小的圆形平面形状，并形成与该下部电极 8 的开口内的开口为同轴状。因此，在 p 型层 31 和下部电极 8 之间形成了一定间隙。在 p 型层 31 上经天线电极 32 配置 p 型半导体层 46 (下面，简记为 p 型层 46)。因此，在 p 型层 31 和 p 型

层 46 之间形成空隙 111。P 型层 46 和天线电极 32 具有与 p 型层 31 有同一直径的圆形平面形状，并配置为与 p 型层 31 同轴状。如图 2 (d) 所示，在俯视图中，天线电极 32 形成为没有交点 102 的网状。即，配置天线电极 32，使得通过假想的网的交点 102 彼此分离的节点（导体片）101 作为整体形成网。这里，该网具有正方形的网孔，因此，配置节点 101 使其作为整体形成格子形状。当将信号光的波长设为 λ 时，将节点 101 的宽度 W2 设定为 $\lambda/3$ 左右，将节点 101 的宽度方向的间隔 W1 设为 λ 左右。这里，信号光（入射光）的波长 λ 为 $1.5\mu\text{m}$ 。

如图 2 (a) (b) 所示，在 p 型层 46 上形成上部电极 7。上部电极 7 具有与 p 型层 46 有相同外形的圆形环状的平面形状，并与 p 型层 46 同轴状配置。并且，基板 1、n 型层 33、p 型层 31 和 p 型层 46 由透光性的材料构成，下部电极 8 和上部电极 7 由不透光性的材料构成。并且，信号光从基板 1 的下面射入，从 p 型层 46 的上面射出。

接下来，对如上构成的调制器的制造方法进行说明。

参照图 2 (a)，(d)，首先，通过 MOVPE 法等在半绝缘体 GaAs 基板 1 上外延生成掺杂了 Si 的 n 型 GaAs 层 33 (厚 200nm)、p 型 GaAs 层 31 (厚 10nm)。之后，形成如图 2 (d) 所示的天线电极 32。作为构成天线电极 32 的金属，虽然使用了 W，但是如果是高熔点的金属，也并不限于此。之后，使 p 型 GaAs 层 46 和 p 型 GaN 层 31 的表面密合，在含有氢气的氮气环境中在 400°C 以上的温度下保持 1 分钟，从而经天线电极 32 与在其他 GaAs 基板上生长的 p 型 GaAs 层 46 熔合。虽然熔合温度比起通常结晶的熔合要低，但由于是经过了由 W 构成的天线电极 32 的熔合，所以可认为即使是低温，也可因金属的催化反应而产生熔合反应。如图 2 (a) 所示，这里，两层 p 型层分离开，其间具有空间 111。结果，在使天线电极 32 具有作为天线的功能的区域 111 中，为了在折射率为 1 的空气中传播光，电极间隔 λ/n 由于成为 λ 而变好，所以处理变得容易。

接着，将 SiO_2 膜作为掩膜，而将 p 型层 46 和 p 型层 31 蚀刻为短圆筒状。这是为了在形成引导光的圆形受光区域的同时，尽量减小 pn 结 204 的界面面积，提高动作速度。最后，分别在 p 型层 46 上蒸镀由 Cr/Pt/Au 构成的上部电极 7，在 n 型层 33 上蒸镀由 Au/Ge 构成的下部

电极 8 并抬升, 得到图 2 (a) 所示的结构。

下面, 说明如上构成、制造的调制器的动作。

在图 2 (c) 中, 在 p 型层 31 和 n 型层 33 间的 pn 结 (下面, 仅称为 pn 结) 204 的两侧形成耗尽层 203。在没有将电压施加到上部电极 7 和下部电极 8 之间的状态下, 该耗尽层 203 形成夹着 pn 结 204 的狭窄区域 (图中没有示出)。参照图 2 (d), 在该状态下, 天线电极 32 中, 由于通过 p 型层 31, 46 各节点 101 彼此导通, 所以具有作为天线的功能。因此, 由于从基板 1 的下面入射, 并通过空隙 111 的信号光是电磁波, 所以通过天线电极 32 被反射。调制器的透光量就减小了。

另一方面, 若在上部电极 7 和下部电极 8 之间施加为 pn 结 204 反偏压的电压 (下面, 称为反偏压), 则位于 p 型层 31 和 n 型层 33 的 pn 结 204 的两侧区域上的耗尽层 203 变宽。这里, 掺杂由 GaAs 构成的 n 型层 33 使得不纯物浓度为 10^{18}cm^{-3} , 掺杂由 GaAs 构成的 p 型层 31, 46 使得不纯物浓度为 $2 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$, 由此, 耗尽层 203 在不纯物浓度低的 p 型层 31, 46 侧大大变宽。因此, 图 2 (c) 中仅表示了 p 型层 31, 46 侧的耗尽层 203。该耗尽层 203 从 p 型层 31 经天线电极 32 向 p 型层 46 变扩展。参照图 2 (d), 在该状态下, 由于天线电极 32 的各节点 101 耗尽交点 102 并没有彼此导通, 所以对电磁波的相位没有影响, 没有作为天线的功能。由此, 可增大调制器的透光量。

因此, 该设备通过开/关上部电极 7 和下部电极 8 之间的反偏压电压, 可减小/增大该信号光的透光量, 从而具有作为调制器的功能。

这里, 若施加 2V 的反偏压, 则耗尽层 203 从 pn 结 204 开始扩展至 100nm 的范围, 由此, 如图 2 (c) 所示, 完全耗尽 p 型层 31, 还部分耗尽 p 型层 46。因此, 需要将反偏压施加为 2V 以上。

如上所说明的, 本实施方式的调制器在没有施加电压时为 OFF (反射) 状态, 若施加了 2V 以上的电压时, 则为 ON (透过)。即, 在 OFF 时, 反射入射光, 并降低输出光量, 所以在 ON 时可得到大的输出强度。另外, 在 ON/OFF 时, 由于在该调制器中, 仅耗尽层 203 的快速动作决定动作速度, 所以可容易实现 10Gbps 以上的动作速度。

另外, 在该调制器中, 在信号光的波长在天线电极 32 的宽度方向的间隔 $W1 = \lambda$ 以上时, 信号光全部被反射, 所以不依赖于波长的调制

器就成为可能。

图 14 (b) 是表示本实施方式的变形例的截面图。

在本实施方式中，在可以存在由自由电子造成的损失时，作为基板 1 也可使用导电性基板，例如 n 型 GaAs 基板，来代替半绝缘性 GaAs 基板。这时，如图 14 (b) 所示，可在基板 1 的里面设置下部电极 8。

另外，在本实施方式中，虽然天线电极 32 具有正方形的网孔，但是网孔也可以是何种形状。

另外，天线电极 32 的材料并不限于金属，只要具有导电性即可，例如也可以是掺杂了不纯物而具有导电性的半导体。

另外，天线电极的周围的介质可以不是空气，由其他电介质构成也可以。即，设置电介质层来代替图 2 (a) 的空隙 111，可以将天线电极 32 位于该电介质层中。这时，为了加宽天线电极 32 的节点间隔，电介质层的折射率 n 最好接近于 1。

另外，基板 1 也可以由例如 InP 构成。这时，耐压会提高。

另外，也可以在基板 1 上形成 p 型层，并在其上形成含有天线电极的 n 型层。

另外，也可以将 p 型层 31 和 p 型层 46 当作一体，在厚度方向上将 n 型层 33 分割为二，并在其间设置空隙 111 和天线电极 32。

(实施方式 3)

图 3 (a) 表示本发明的实施方式 3 的调制器的结构图。下面，说明该元件的制造方法和结构。入射光的波长设为 $1.3\ \mu\text{m}$ 。如图 3 (b) 所示，在半绝缘性 GaAs 基板 1 上通过 MOVPE 法等反复外延生长 nipi 结构。该 nipi 结构是由以下各部分反复生长而来的：掺杂了 Si 的 n 型 AlGaAs 层 12 (103nm 厚)、添加了由 10 层构成的载流子限制器用杂质的半绝缘性 GaAs/AlGaAs-MQW 层 (5nm+5nm) 14、掺杂了 Mg 的 p 型 AlGaAs 层 13 (103nm 厚)、半绝缘性 MQW 层 14。n 型 AlGaAs 层 12 和 p 型 AlGaAs 层 13 的 Al 组成与半绝缘性 GaAs/AlGaAs-MQW 层 14 的平均 Al 组成相同。AlGaAs 层 13 和半绝缘性 MQW 层 14 的层厚的和为 $\lambda/2$ 。

之后，如图 3 (c) 所示，通过蚀刻来除去两个侧面。进一步，如图 3 (d) 所示，由扩散或者离子注入在各个侧面上形成 n 型重掺杂层

49、n 型轻掺杂层 50、p 型轻掺杂层 51、p 型重掺杂层 52。结果，重掺杂区域形成作为各个导电型区域的 n 型区域 47 和 p 型区域 48，另外，在轻掺杂区域中，在与掺杂剂相同导电型的部位上维持该导电型。在导电型相反的区域中成为共掺杂，而成为高阻抗区域（半导体的连接区域 201）。另外，由于半绝缘性结晶部位通过载流子限制器用掺杂剂抵消载流子，所以仍是半绝缘性。其结果，所有的 n 型层与 n 型区域相连，所有的 p 型层与 p 型区域相连，同时，n 型层和 p 型层通过半绝缘性 MQW 分离绝缘，图 3（a）的结构就形成了。

另外，在自由电子造成的损失被允许的状况下，导电性基板可使用例如 n 型 GaAs 基板。结果，如图 14（c）所示，也可在基板里面设置具有圆形透过区域的下部电极。

下面表示动作方法。在没有施加电压的情况下，由于 n 型 AlGaAs 层 12、p 型 AlGaAs 层 13 和半绝缘性 MQW 层 14 都具有相同的平均 Al 组成，所以折射率不改变，可作为同一物质捕捉光，所以不进行反射。但是，通过在 n 型电极 15 和 p 型电极 16 之间施加反偏压，半绝缘性 MQW 层 14 上就施加了电场，因量子封闭效应，只有半绝缘性 MQW 层 14 的折射率增大了，故出现了周期结构，起到反射层作用。结果，由于反射了入射光，减小了透过光，所以可作为外部调制器动作。这时的动作原理是半绝缘性 MQW 层 14 上产生电场，而并非光被吸收，所以不产生载流子。结果，在调制器 OFF 时，由于反射了入射光，而降低了输出光量，所以在 ON 时可得到大的输出强度。另外，实现了与耗尽层动作速度相同的设备动作速度，即 10Gbps 以上。

另外，也可由 InGaAsP 构成 n 型层 12 和 p 型层 13，由 InP/InGaAsP—MQW 构成半绝缘性 MQW14。这时，需要使 n 型层 12、p 型层 13 和半绝缘性 MQW14 的 GaAs 的组成比例一定。另外，需要使 Ga 和 As 的比为 1：2。

（实施方式 4）

图 4（a）表示本发明的实施方式 4 的调制器的结构图。下面，说明该元件的制造方法和结构。入射光的波长设为 $1.3\mu\text{m}$ 。如图 4（a）所示，在蓝宝石基板 1 上生成了 GaN 低温势垒层（图中没有示出）后，通过 MOVPE 法外延生成掺杂了 $2\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 的 Si 的 n 型 GaN 下部接

触层 3 (厚 $4\mu\text{m}$)、 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}/\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 带间吸收层 17, 掺杂了 Mg 的 p 型 GaN 上部接触层 5 (厚 500nm)。该带间吸收层 17 由 5 层构成, 由掺杂了 $5\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 的 AlGaIn 势垒层 (厚 3nm) 和掺杂了 $5\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 的 AlGaIn 阱层 (厚 2nm) 反复生长而成的。之后, 在整个面上蒸镀了 Ni (厚 5nm) /Au (厚 10nm) 的上部透明电极 7 后, 将 SiO_2 作为掩膜, 并在喷涂了上部透明电极 7 后, 通过氟系干式蚀刻来蚀刻去除直到上部接触层 5、带间吸收层 17。进一步, 蒸镀 Al/Pt/Au 下部电极 8, 得到图 4 (a) 的结构。

另外, 在自由电子造成的损失被允许的状况下, 也可使用例如 n 型 GaN 基板或者 n 型 SiC 基板来作为导电性基板 1。结果, 如图 4 (b) 所示, 可在基板里面设置下部电极 8。

表示动作方法。如图 4 (c) 所示, 在没有施加电压的状态下, 传送带的带不连续量为 1.5eV 左右。这时的一次能量状态 E_1 为阱层以上 0.3eV 左右。这里, 设阱层的压电电场为 $6.5\text{MV}/\text{cm}$, 势垒层的压电电场为 $-6.5\text{MV}/\text{cm}$ 。由于两次能量状态 E_2 为阱层以上 1.2eV , 所以所吸收的光的波长为 $1.37\mu\text{m}$ 左右, $1.3\mu\text{m}$ 的光被吸收。另一方面, 如图 4 (d) 所示, 若在电极 7、8 之间施加 5V 的电压, 则向各阱层施加 1V 的电场, 等价地阱层的厚度变为 $1/2$, 一次的能量状态 E_1 成为 0.4eV 。另外, 两次的能量状态 E_2 变为 1.4eV , 而上升到势垒层的电平附近。结果, 所吸收的光的波长减短为 $1.24\mu\text{m}$ 左右, 而使得透过 $1.3\mu\text{m}$ 波长的光。这里, 虽然没有施加电压时带间能量差为 $1.37\mu\text{m}$, 但是由于不与能带产生谐振, 所以不吸收。因此, 若施加 2.5V 电压, 使得带间能量和光的能量相同, 则如图 10 (b) 所示, 在阱层中 $1.3\mu\text{m}$ 的光就会被吸收。这时的调制光的强度被调制为如图 10 (d) 的虚线 (类型 B) 所示的那样。由于吸收光谱的半值幅度为 30meV 左右, 所以因施加了 2.5V 的电压而造成的光谱偏移就可得到充分的消光比。这里, 在带间吸收时, 由于载流子在传导带内能量消失, 所以载流子寿命就变得很短, 与电场吸收型时的情况不同, 能够进行高速动作。

(实施方式 5)

图 5 (a) 表示本发明的实施方式 5 的调制器的结构图。下面, 说明该元件的制造方法和结构。入射光的波长设为 $1.3\mu\text{m}$ 。如图 16 (a)

所示, 通过 MOVPE 法等在半绝缘性 InP 基板 1 上外延生成掺杂了 Si 的 n 型 InP 下部接触层 3 (厚 100nm)、不掺杂耗尽区调整层 74、掺杂了 Zn 的 p 型 InP 上部接触层 5 (厚 100nm)。耗尽区调整层 74 由 5 对不掺杂 InP 层 (厚 10nm) 和不掺杂 InGaAsP 层 (厚 5nm) 构成。之后, 如图 16 (b) 所示, 堆积 SiO₂ 膜, 蚀刻成圆形作为蚀刻掩膜 53, 并使用该蚀刻掩膜通过盐酸系蚀刻剂蚀刻去除比上部电极 7 还外侧的 InP 上部接触层 5 后, 用硫酸系蚀刻剂进行蚀刻直到下部接触层 3。这里也如实施方式 1 所说明的, 可选地蚀刻耗尽区调整层 74, 并且蚀刻到下部接触层 3 停止。之后, 如图 16 (c) 所示, 改为堆积 SiO₂ 膜 54, 并将受光区域设为蚀刻的蚀刻掩膜, 并使用该蚀刻掩膜, 通过盐酸系蚀刻剂来蚀刻去除受光区域的上部接触层。之后, 如图 16 (d) 所示, 以 200nm 左右的间隔将直径为 2nm 的多个金圆点 19 配置在受光区域, 其上部由 SiO₂ 保护。下面表示金圆点 19 的形成方法。首先, 将受光区域的不掺杂耗尽区调整层的表面浸泡到硅烷偶联剂材料 (APTES) 等的 5 % 溶液中。之后, 将 Au 胶体溶液滴到表面, 放置 1 小时左右。在除去 Au 胶体溶液后, 进行水洗和干燥, 在 100℃ 下进行烘烤。之后, 为了除去表面的有机物, 用氧等离子在 60℃60W 下进行清洁处理 10 分钟。之后, 在 320℃ 下使用等离子 CVD 堆积 SiO₂。由于这次要形成直径 2nm 的 Au 圆点 19, 所以为了设为 $2.5 \times 10^9 \text{cm}^2$, 而将 pH 设为 8—9。在 Au 圆点 19 为 5nm 时, 将 pH 设为 9—10 左右。表面的金圆点 19 的间隔需要选择比吸收光的耗尽区调整层 74 的内部波长短的间隔。这里, 设耗尽区调整层 74 的折射率为 3.2, 金圆点 19 的间隔为小于 400nm。之后, 蒸镀 Cr/Pt/Au 电极作为上部电极 7, 蒸镀 Au-Sn 电极作为下部电极 8, 通过抬升而如图 16 (d) 那样形成, 得到图 5 (a) 所示的结构。

下面, 说明该元件的动作方法。在没有施加电压的情况下, 由于不掺杂耗尽区调整层 74 表示为 10^{17}cm^{-3} 左右的 n 型, 所以不形成等离子体激元。另一方面, 若将电压施加到耗尽区调整层 74, 耗尽区调整层 74 耗尽, 如图 5 (c) 所示, 在耗尽区域调整层 74 的内部的对应于金圆点 19 的区域上形成了等离子体激元。在形成了该等离子体激元的位置 (即, 等离子体激元形成区域 58) 中, 由于折射率变大, 所以在折射率调制周期上光谐振而被吸收。

另一方面，在基板 1 中具有导电性的情况下，如图 5 (b) 所示，虽然多少存在电荷带吸收和自由电子吸收，但元件结构和制造方法变得极其简单。通过 MOVPE 法等外延生成不掺杂耗尽区调整层 74、掺杂了 Zn 的 p 型 InP 上部接触层 5 (厚 100nm)。之后，如图 16 (b) 所示，堆积 SiO₂ 膜，蚀刻成圆形而作为蚀刻掩膜 53，在使用该蚀刻掩膜通过盐酸系蚀刻剂蚀刻去除了比上部电极 7 还外侧的 InP 上部接触层 5 后，通过硫酸系蚀刻剂有选择地进行蚀刻直到基板 1。之后，进行与图 16 相同的工序，最后在基板里面蒸镀下部电极 8，并通过抬升，来形成下部电极 8。由于动作方法与图 5 (a) 的结构相同，所以在此省略。

(实施方式 6)

图 15 (a) 表示本实施方式 6 的调制器的结构图。下面，说明该元件的制造方法和结构。入射光的波长设为 1.3 μm。如图 17 (a) 所示，在 n 型 InP 基板 1 上以 10—30nm 的间隔堆积直径为 2nm 的多个下部金圆点 18，并通过喷涂来堆积厚度为 λ/4 的 100nm 的 InP59。再次堆积下部金圆点 18'，并进一步通过喷涂而在 λ/4 的厚度上堆积 InP59' 从而得到图 17 (b)。这里，两层的 InP 层虽然没有意进行掺杂，但是，由于目的是从下部金圆点 18 进行放电，所以两层都要以表示 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 左右的 n 型导电性作为堆积条件。另一方面，如图 17 (c) 所示，在另一 InP 基板 58 上依次生成作为上部接触层的掺杂了 Zn 的 p 型 InP 层 5 (厚 100nm) 和不掺杂折射率调整层 4。折射率调整层 4 由 8 个周期的不掺杂 InP 层 (厚 10nm) 和不掺杂 InGaAsP 层 (厚 10nm) 构成。之后，反转图 17 (c) 的基板而使其接触在图 17 (b) 的基板上，并在 400℃ 下在含有氢气的环境中进行加热熔化。结果，得到图 17 (d)。在通过使用机械化学抛光和盐酸系蚀刻剂的蚀刻而除去基板 58 后，如图 17 (e) 所示，堆积 SiO₂ 膜，并蚀刻成圆形来作为蚀刻掩膜，并且使用该蚀刻掩膜通过盐酸系蚀刻剂来蚀刻去除了比上部电极 7 还外侧的 InP 上部接触层 5 后，通过硫酸系蚀刻剂进行蚀刻直到不掺杂 InP 膜 59'。这里也如实施方式 1 所说明的，可选地蚀刻折射率调整层 4，并在不掺杂 InP 膜中停止蚀刻。之后，在受光区域上堆积上部金圆点 19，并用不掺杂 InP 膜进行覆盖。虽然上部金圆点 19 的形成方法与实施方式 5 相同，但是为了除去表面的有机物，用氧等离子在 60℃60W 下进行清

洁处理 10 分钟后, 在室温下通过喷涂堆积 InP。由于这次使用了直径为 2nm 的 Au 圆点, 所以为了设为 $2.5 \times 10^{11} \text{cm}^2$, 而设 PH 为 5—7。在 Au 圆点为 5nm 的情况下, pH 为 2—3 左右。下部金圆点 18' 和上部金圆点 19 的间隔为 360nm, 与 $1.3 \mu\text{m}$ 的光相对应。由于该不掺杂 InP 膜 60 也用于金圆点的放电, 所以将表示 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 左右的 n 型导电性作为堆积条件。如上即得到了图 15 (a) 的结构。

下面, 说明该元件的动作方法。这里, 取代在实施方式 1 中所用的反射层, 使用金圆点 18、19。金圆点 18、19 其自身具有许多载流子, 同时在不掺杂 InP 层内也形成许多等离子体激元。结果, 如实施方式 1 所示, 即使不重叠多层的反射层也可得到充分的效果。即, 通过在下段形成两层、在上段形成一层金圆点 18、19, 可得到光裂缝结晶的效果。这是因为由于多个金圆点 18、19 分别间隔 10—30nm 进行非常紧密地排列, 形成了三维的光裂缝结晶的缘故。在没有施加电压的情况下, 设折射率调整层 4 的吸收端波长为 $1.28 \mu\text{m}$ 。

这时的折射率为 3.2。对于 $1.3 \mu\text{m}$ 的光上下金圆点 18、19 之间的距离为 $1.15 \mu\text{m}$, 由于光的波长不为 $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$, 则光由于金圆点反射而不会透过。另一方面, 通过施加 5V 左右的反偏压, 而通过弗朗兹—凯尔迪什效应来将吸收端的波长增大到 $1.29 \mu\text{m}$, 由此使 InGaAsP 层的折射率增大为 5.0 左右。结果, 金圆点层 18、19 间的多层膜的总的折射率增大到 3.6, 相对于 $1.3 \mu\text{m}$ 的光, 距离变为 $1.3 \mu\text{m}$, 在金圆点 18、19 之间形成驻波, 而使得光透过。另外, 若大于该电压, 则金圆点 18、19 间的距离与波长相比过长, 光就被反射了。由于该现象就是所谓的三维的光裂缝能带隙现象, 所以波长范围是浮动的, 故可适应频谱宽的发光二极管等。结果, 就得到如图 10 (a) 所示的透过特性, 通过图 10 (c) 的信号所调制的光信号成为图 10 (d) 的实线 (类型 A) 所描画的形状。

作为本领域内技术人员, 从上面的说明中, 可得到本发明的多个改进和其他实施方式。因此, 上述说明应解释为仅作为示例, 其目的是给本领域内技术人员提供实施本发明的最佳实施方式。实质上可改变其结构和/或功能的细节, 而不脱离本发明的精神。

产业上的可利用性

本发明的面型调制器在作为用于光通信系统等的光调制器方面有用。

本发明的面型调制器的制造方法在用于光通信系统等的光调制器的制造方法方面有用。

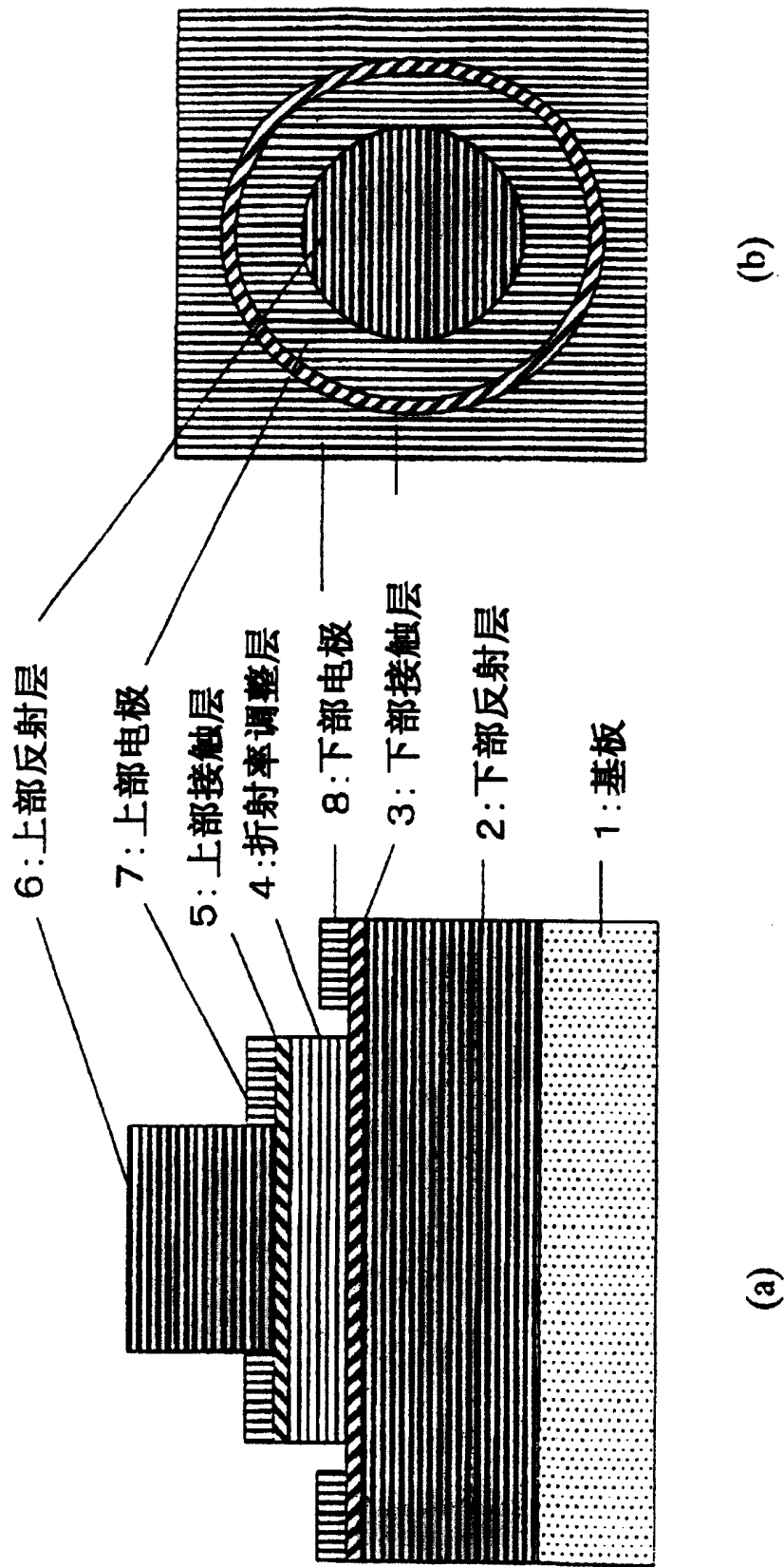


图1

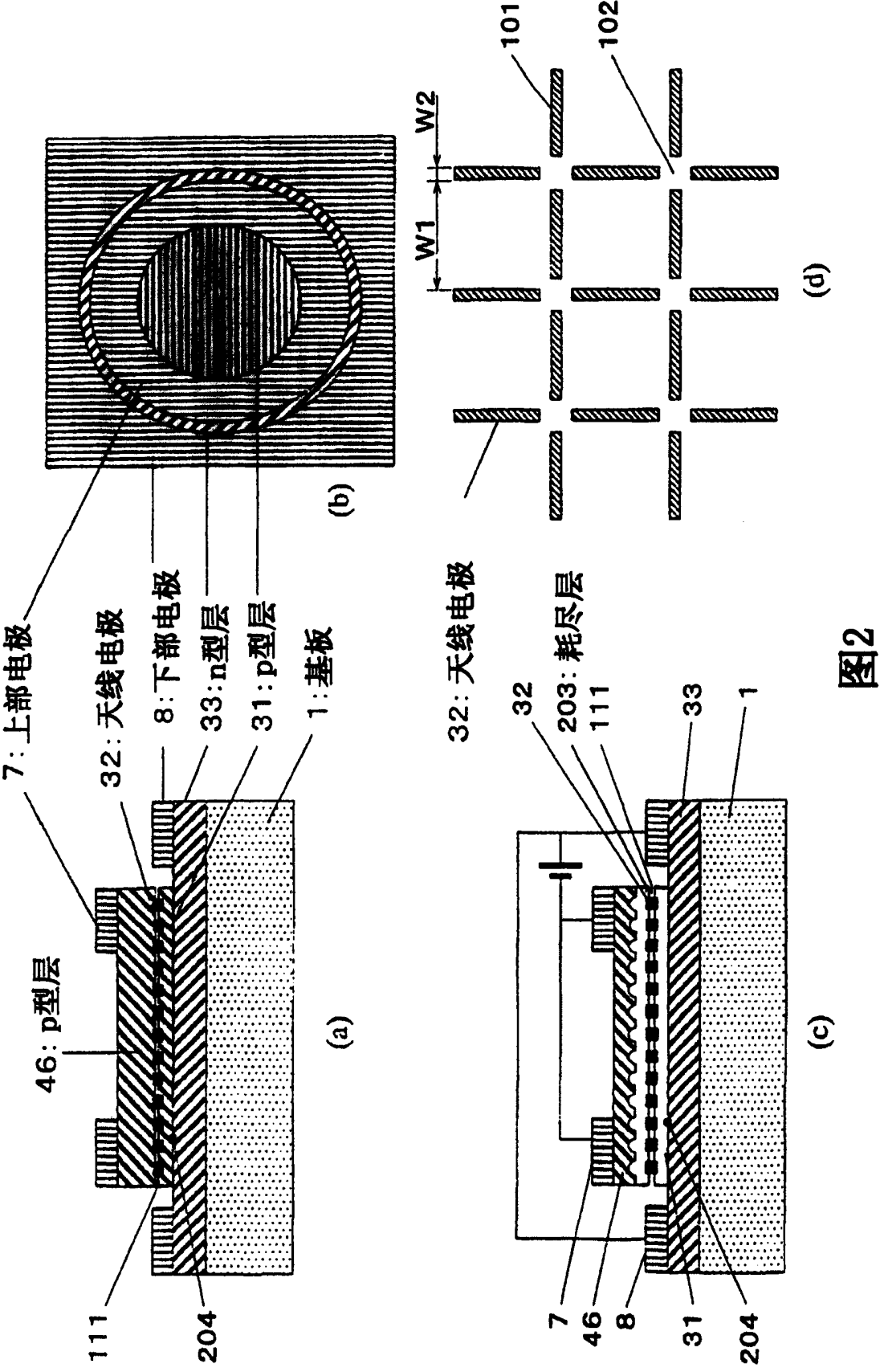


图2

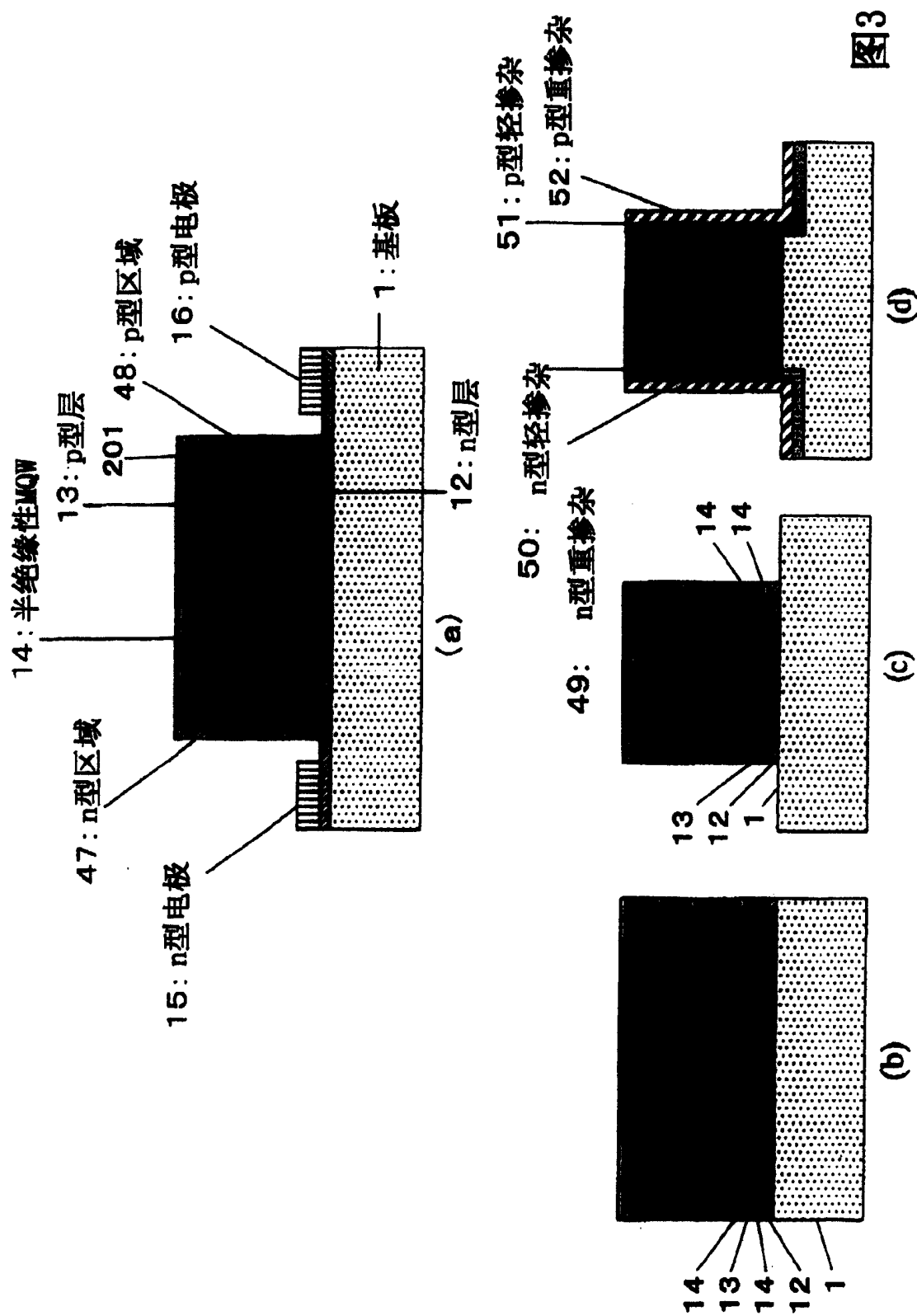


图3

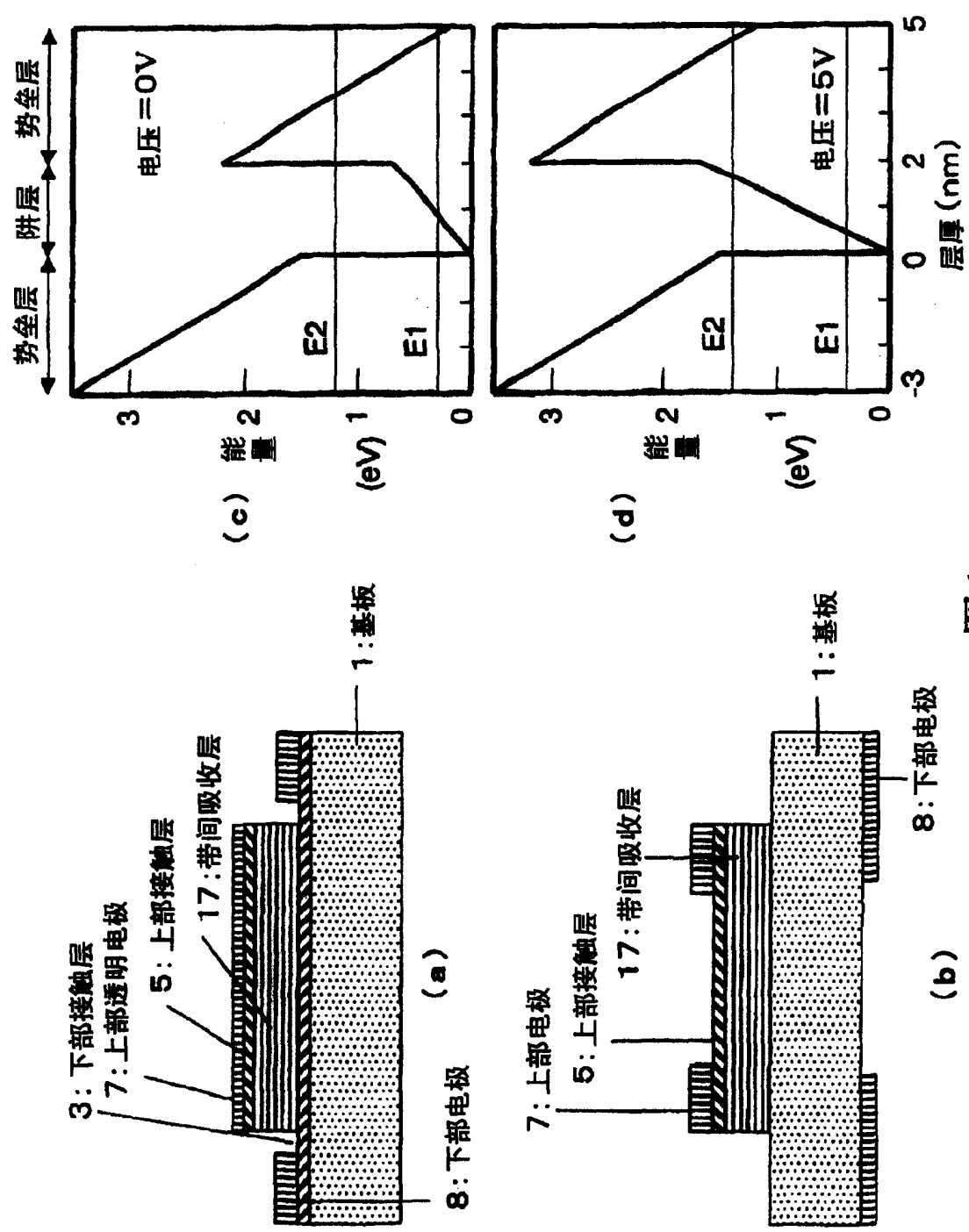


图4

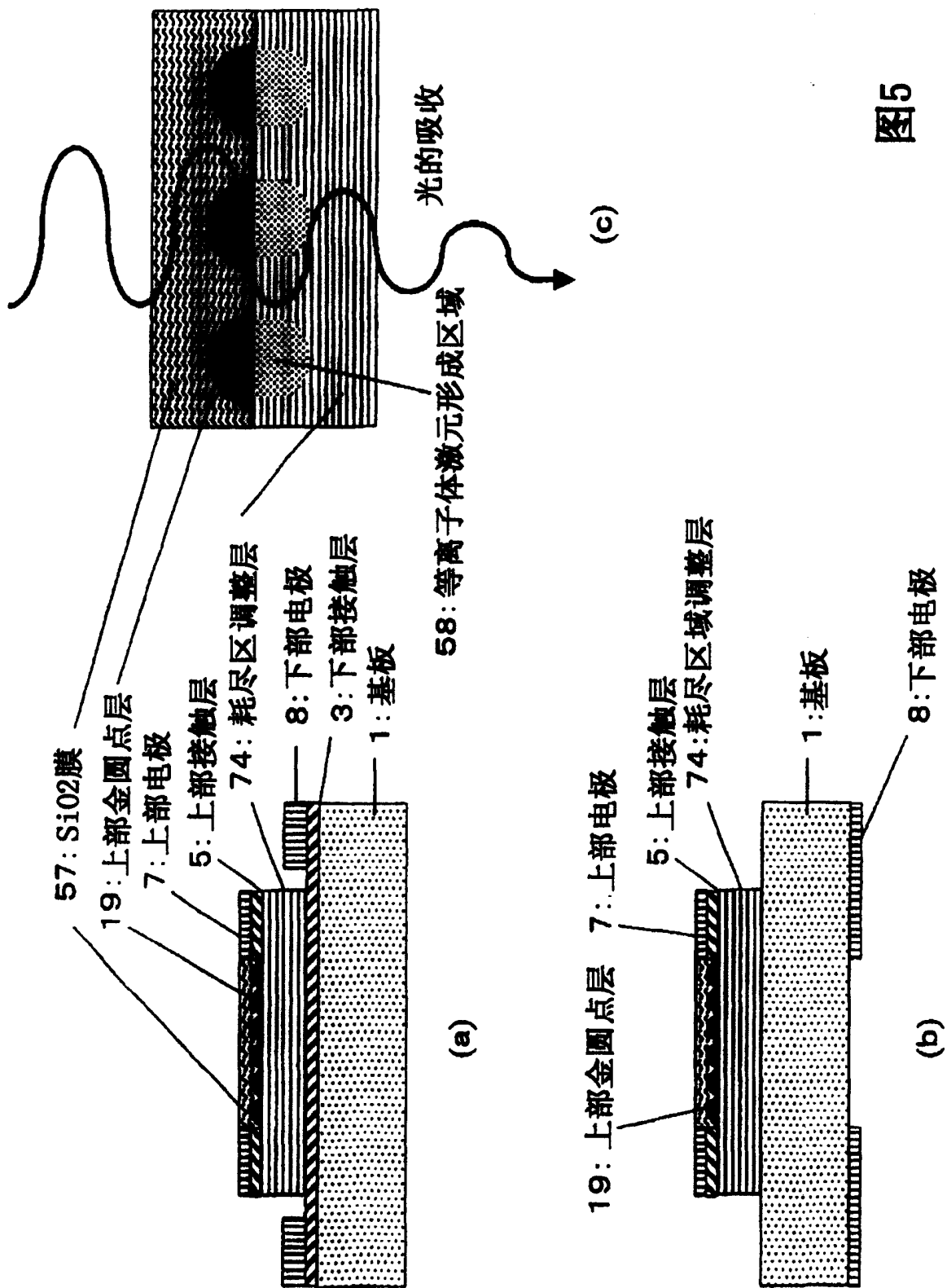


图5

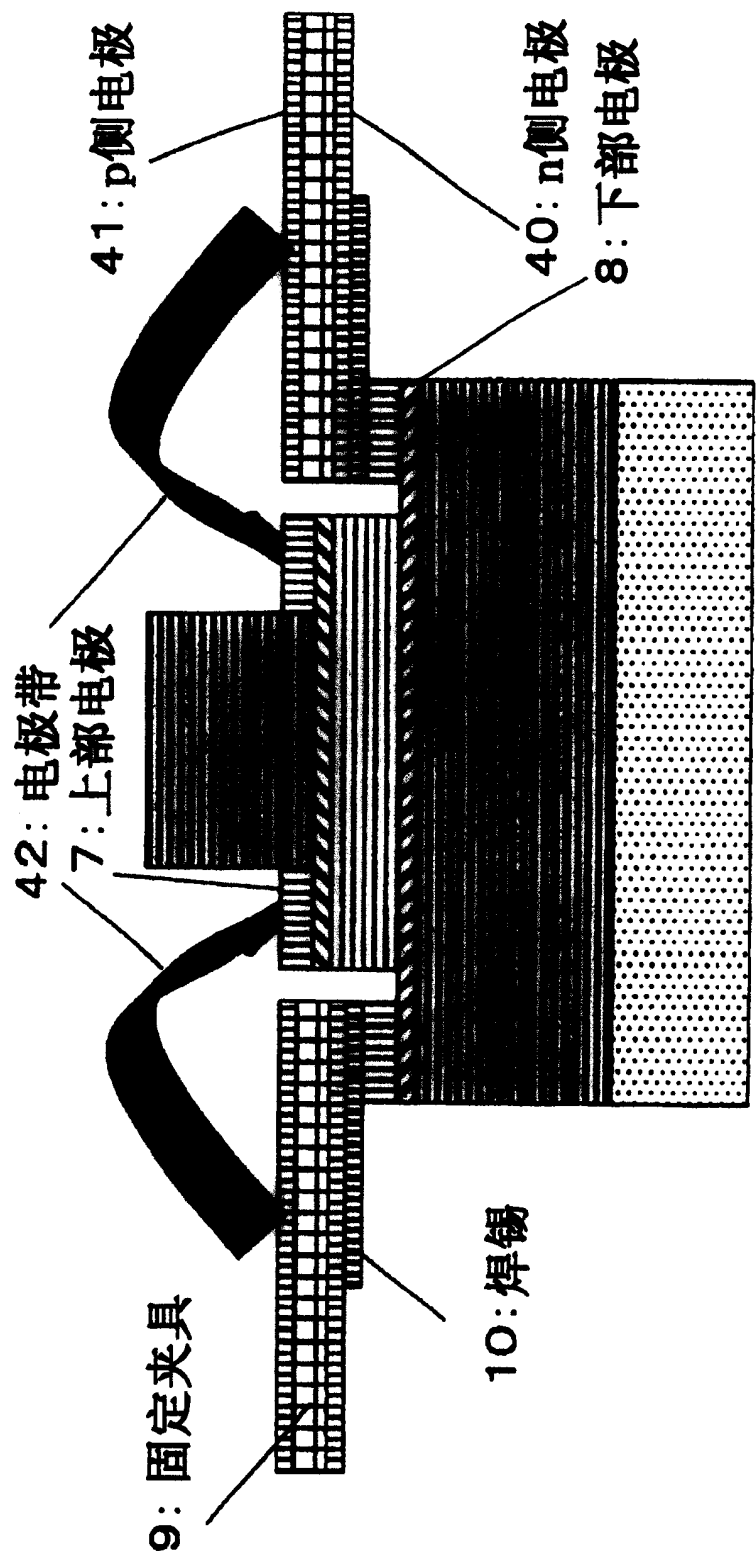


图6

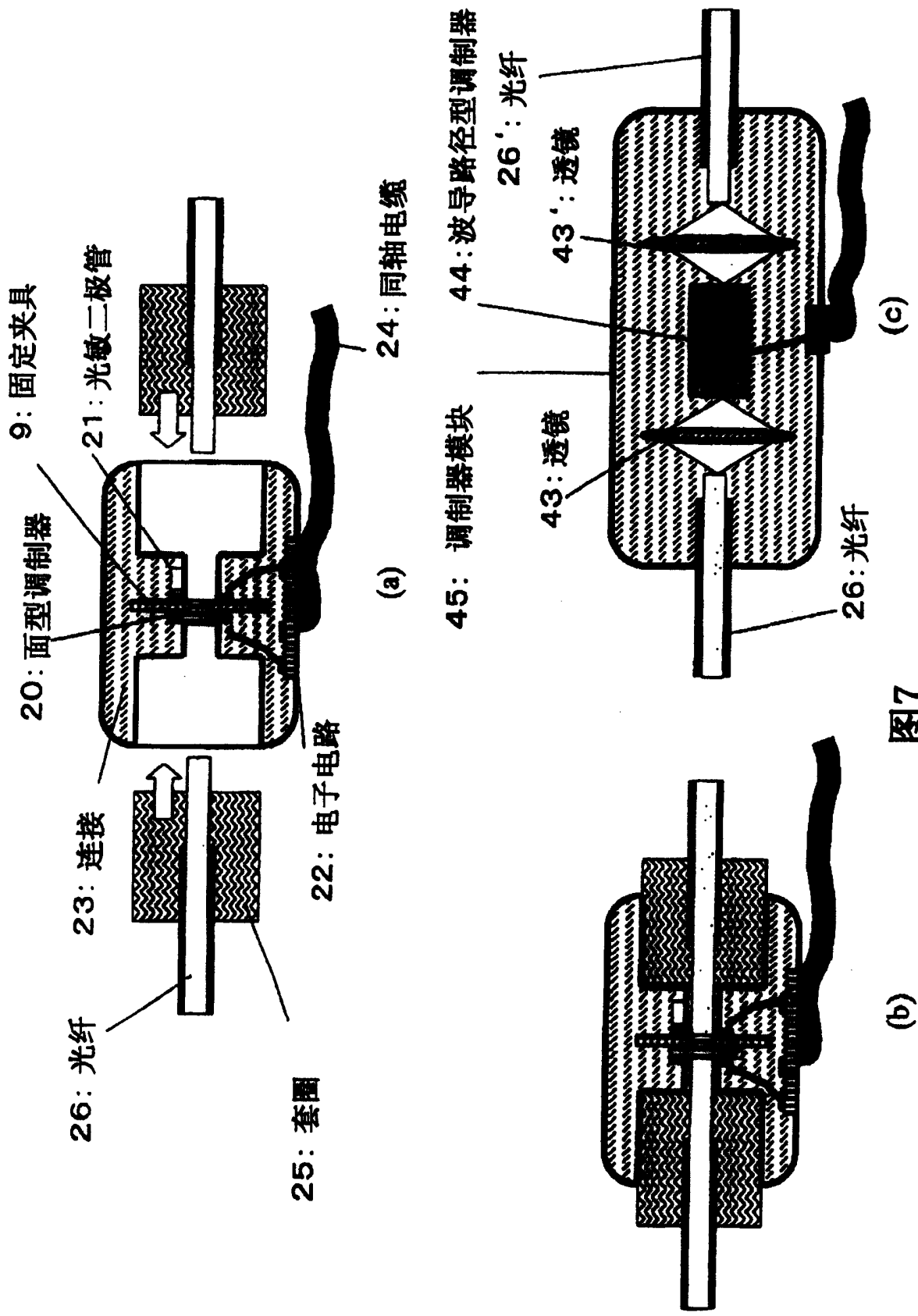


图7

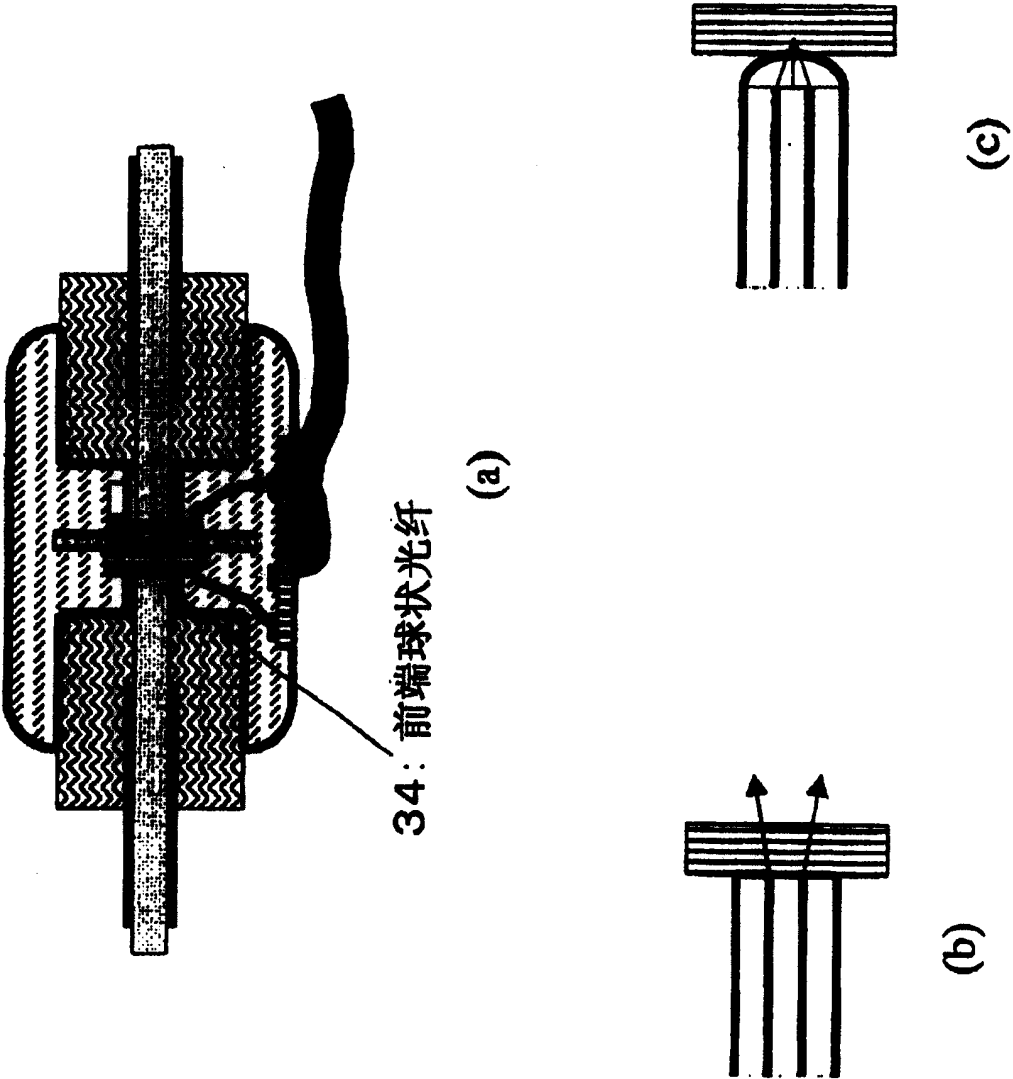
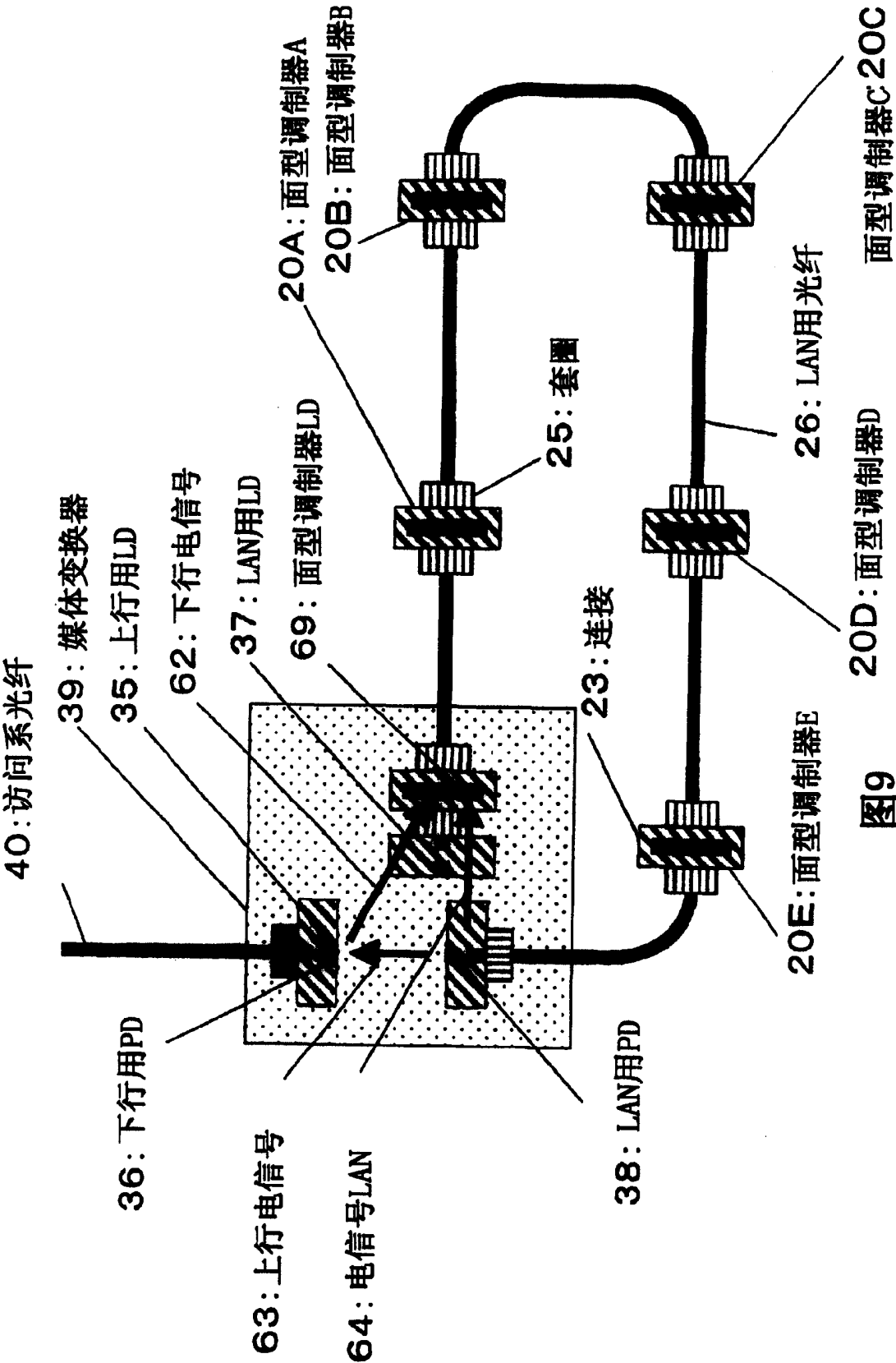


图8



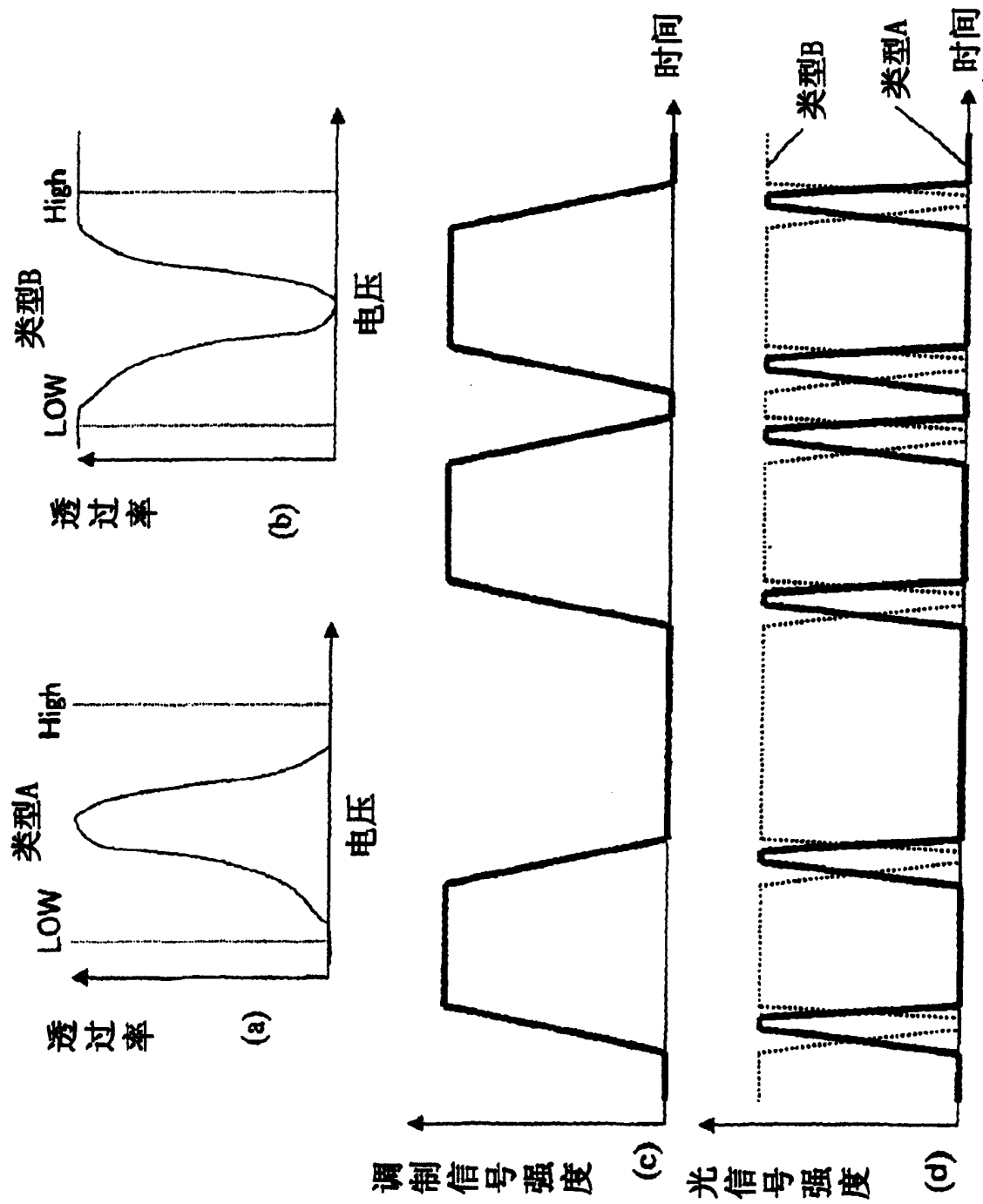


图10

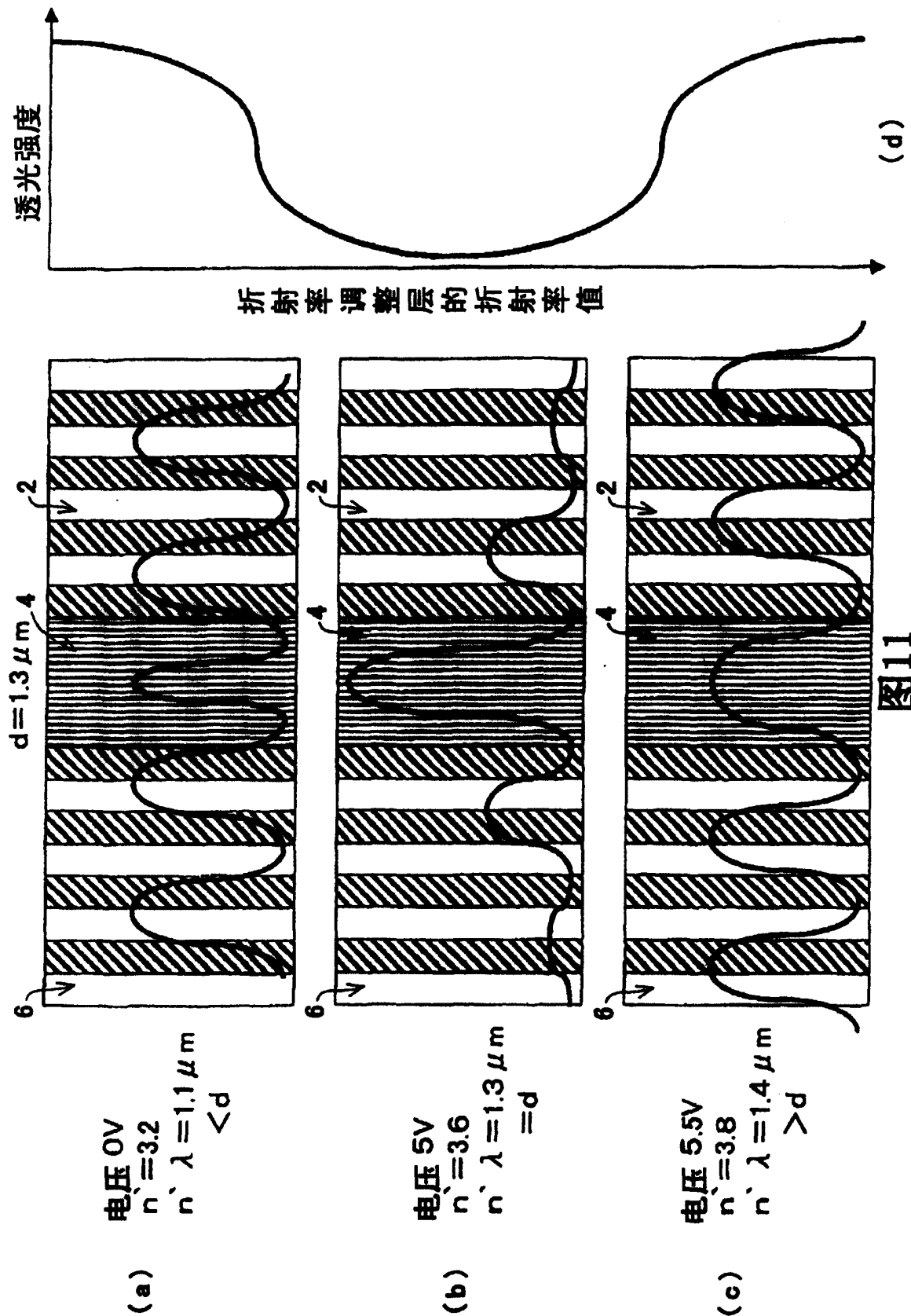


图11

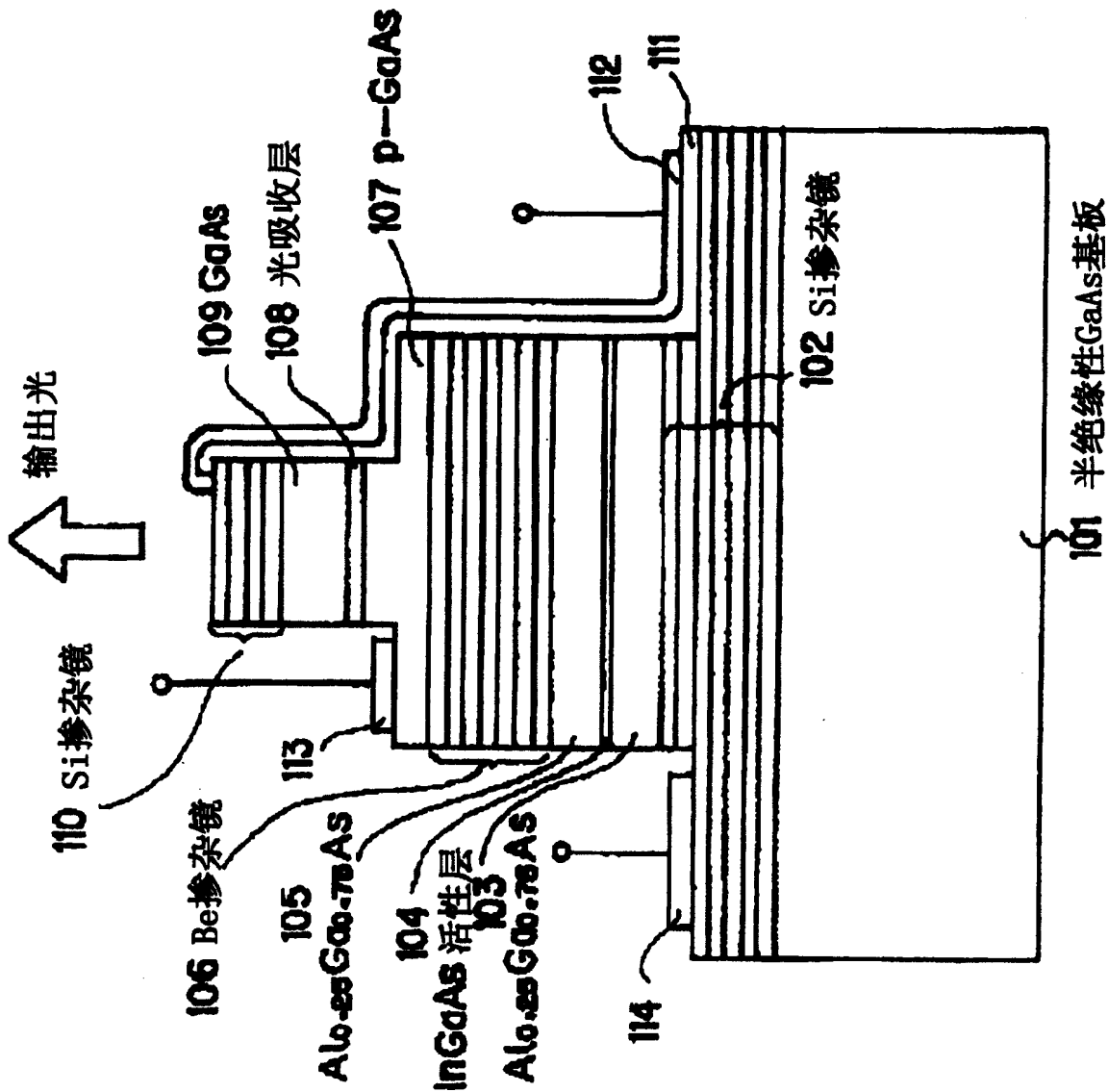


图12

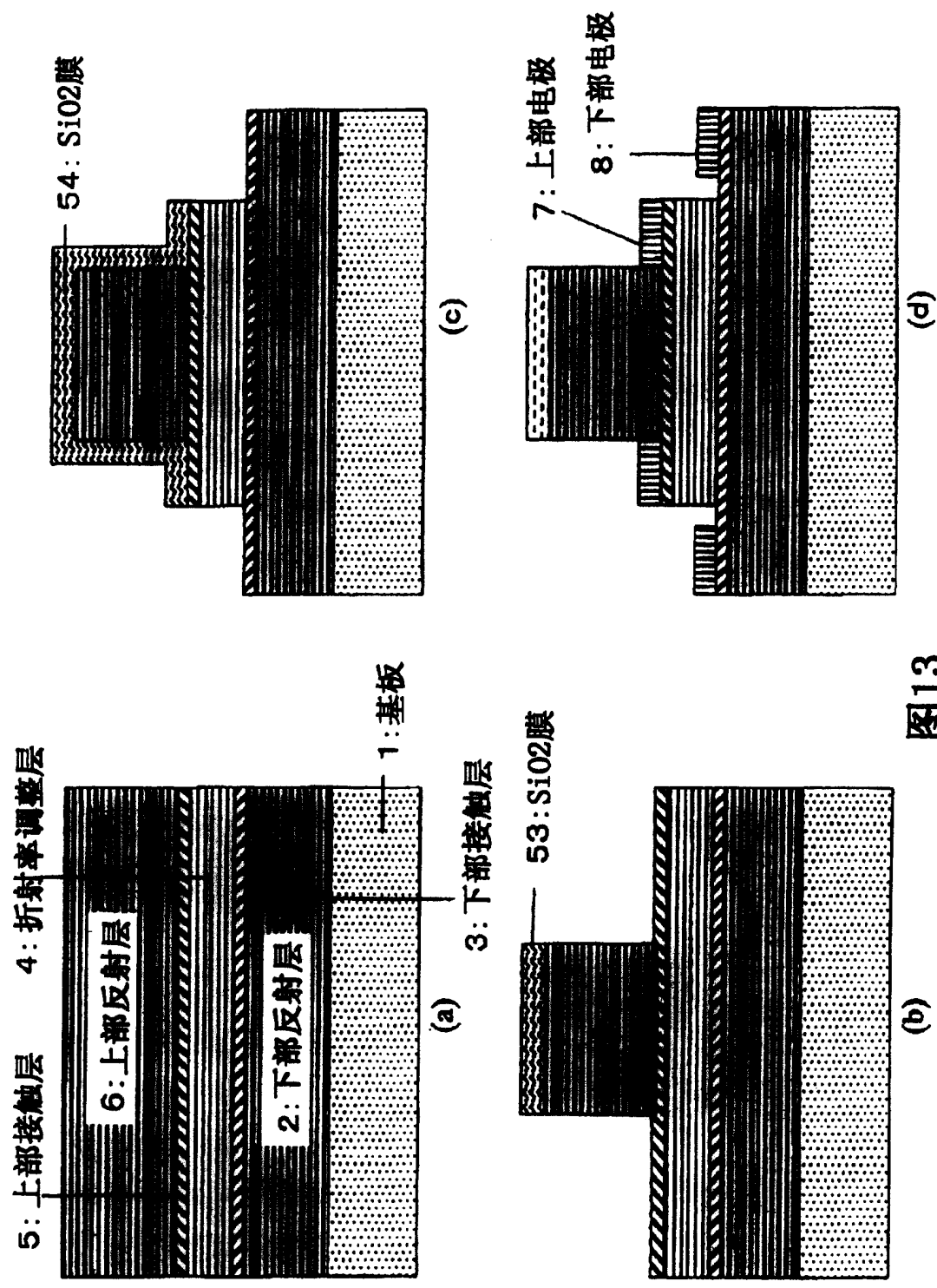


图13

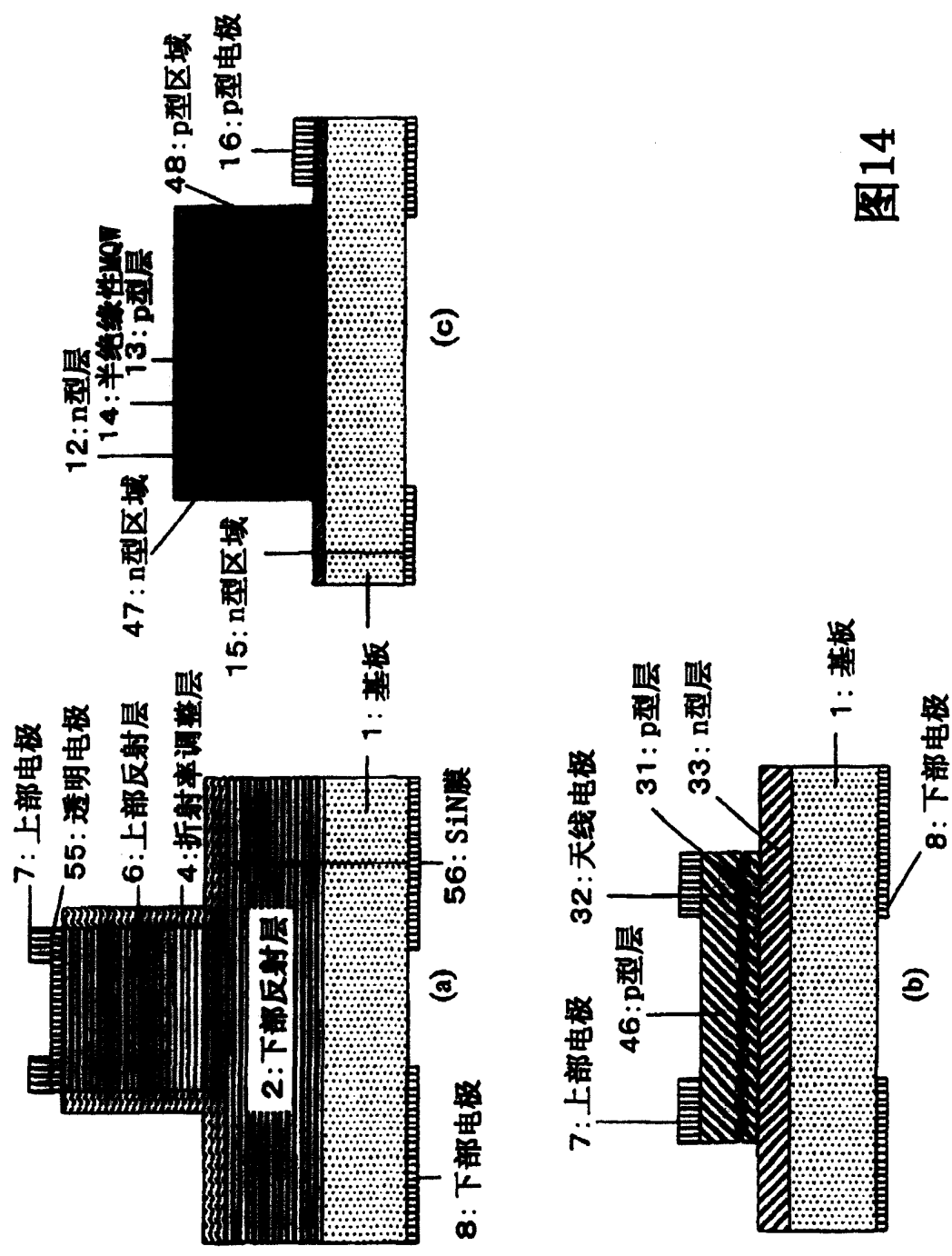


图14

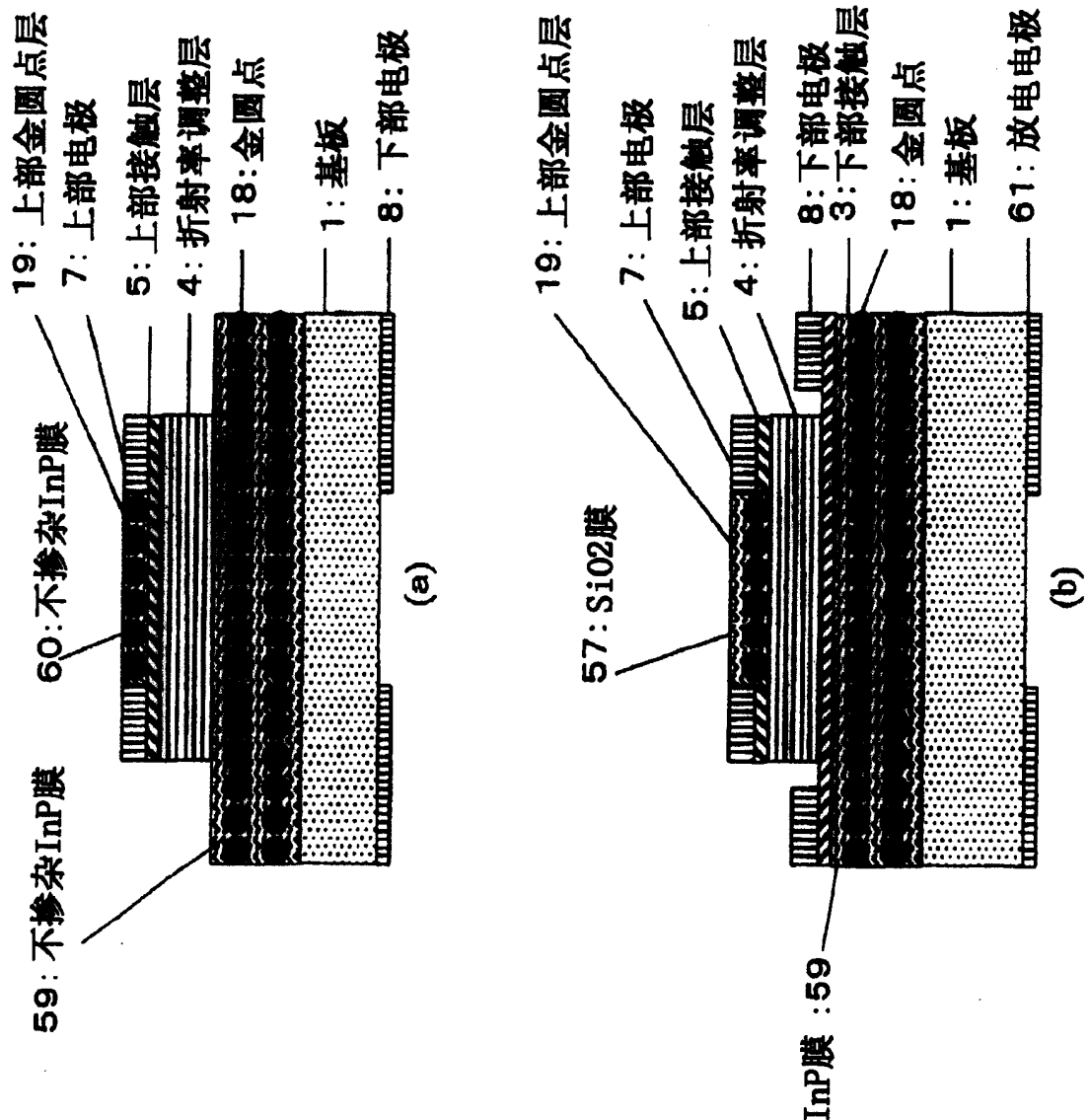


图15

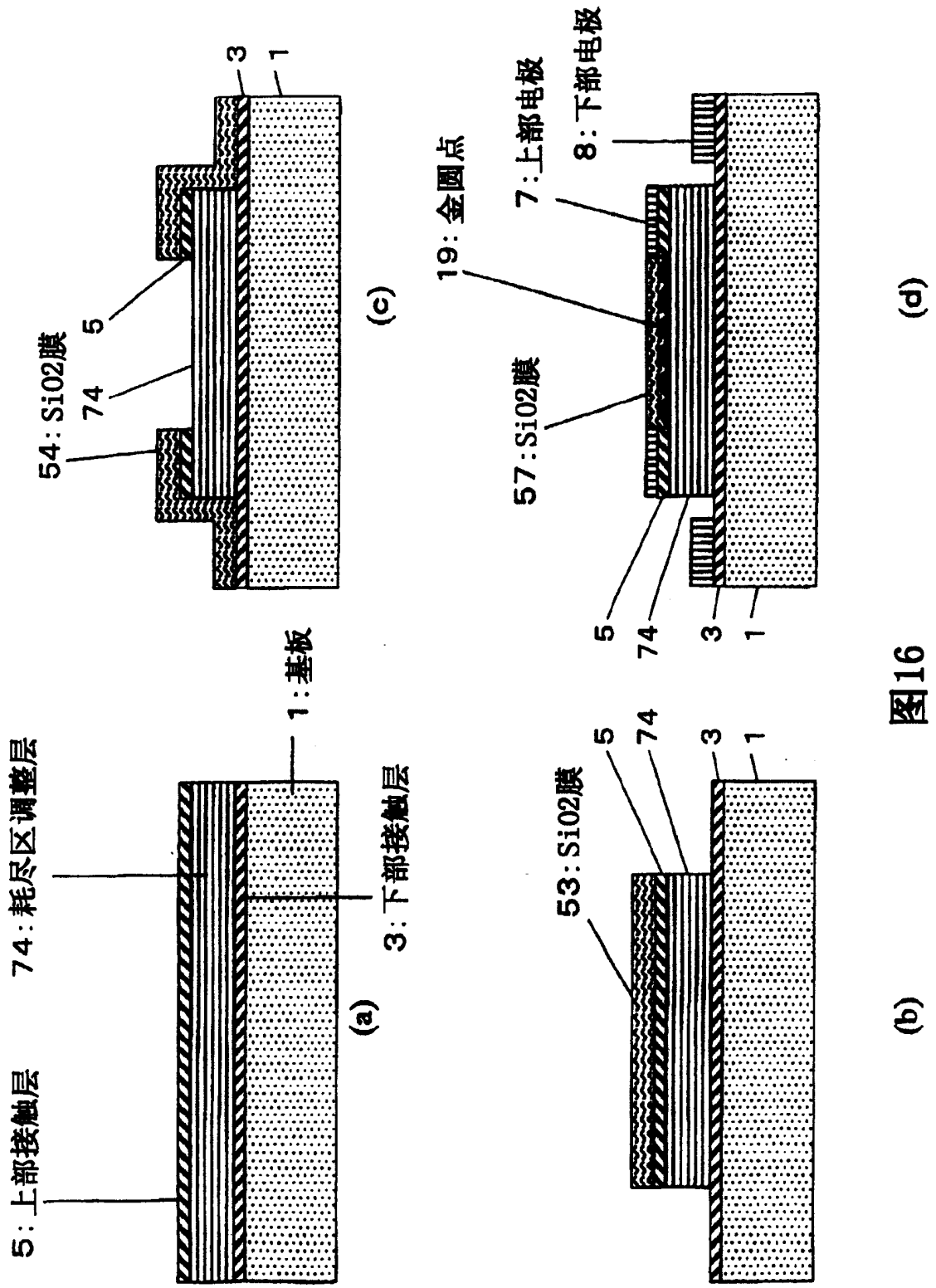


图16

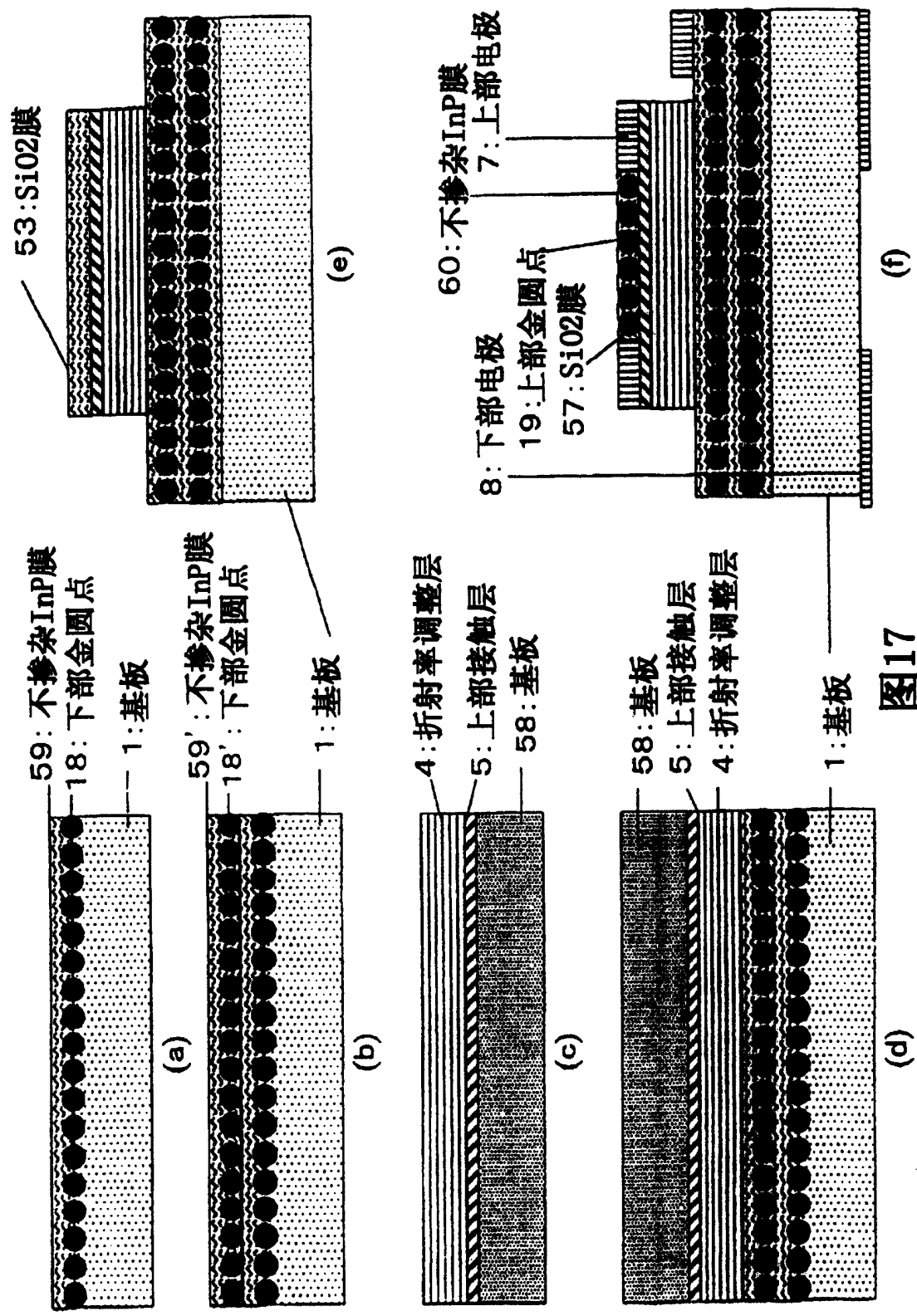


图17

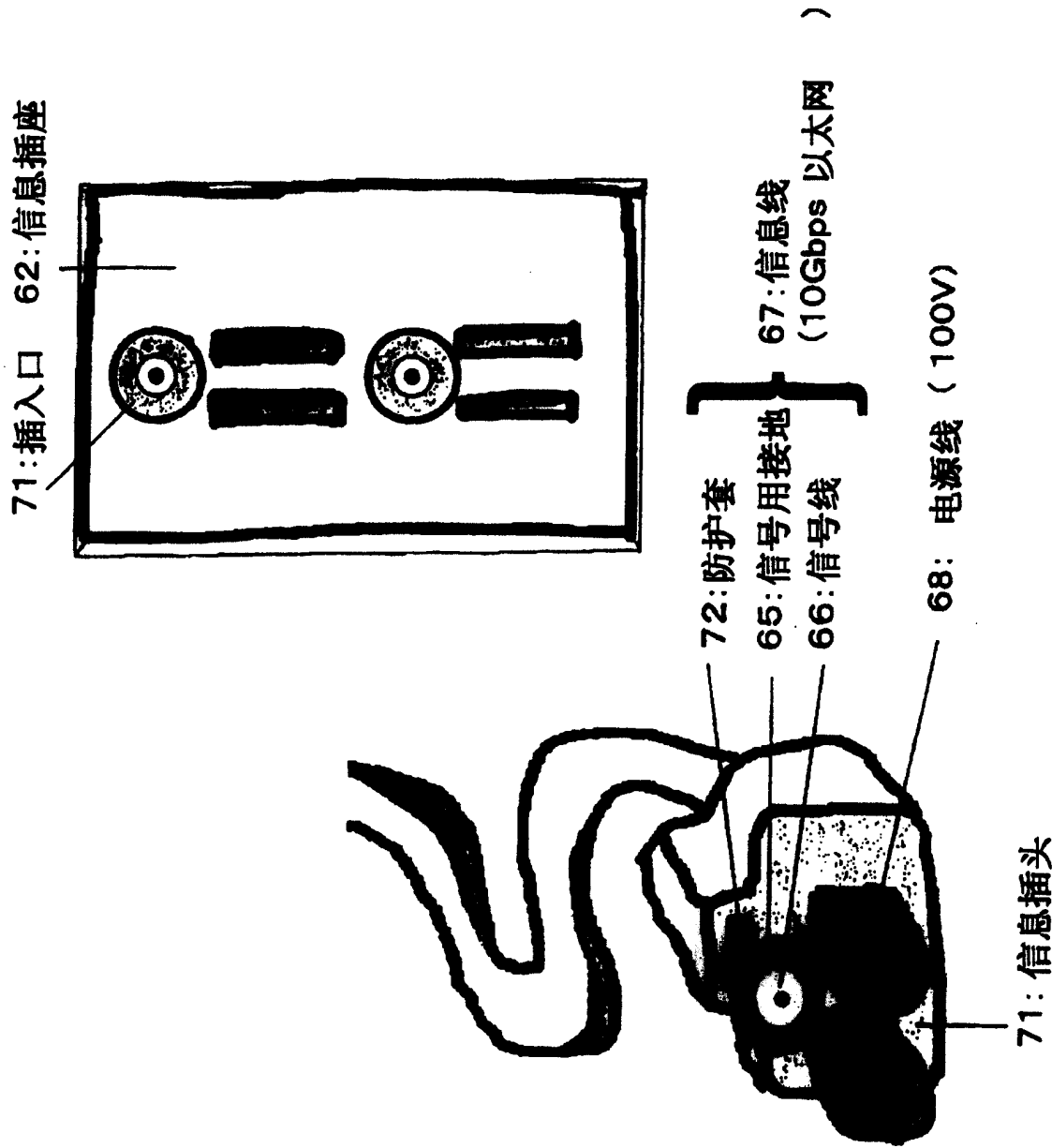


图18