

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01J 3/02 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200880000503.1

[43] 公开日 2009 年 9 月 23 日

[11] 公开号 CN 101542246A

[22] 申请日 2008.6.5

[21] 申请号 200880000503.1

[30] 优先权

[32] 2007.6.8 [33] JP [31] 152966/2007

[86] 国际申请 PCT/JP2008/060389 2008.6.5

[87] 国际公布 WO2008/149948 日 2008.12.11

[85] 进入国家阶段日期 2009.2.1

[71] 申请人 浜松光子学株式会社

地址 日本静岡県

[72] 发明人 柴山胜己 H·泰希曼 能野隆文
铃木智史 D·希勒 U·施塔克

[74] 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司
代理人 龙 淳

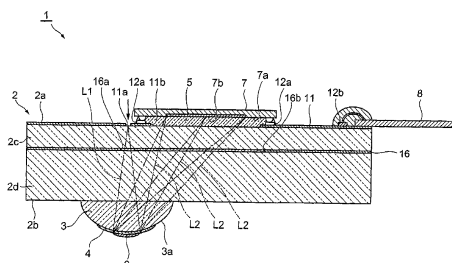
权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 15 页

[54] 发明名称

分光模块

[57] 摘要

分光模块(1)中,由于本体部(2)为板状,因而能够通过本体部(2)的薄型化来谋求小型化。并且,由于本体部(2)为板状,因而例如能够利用晶圆工艺来制造分光模块(1)。即,通过对作为多个本体部(2)的玻璃晶圆,以矩阵状设置透镜部(3)、衍射层(4)、反射层(6)以及光检测元件(7)设置成矩阵状,并切割该玻璃晶圆,能够制造多个分光模块(1)。如此,能够容易地大量生产分光模块(1)。



1. 一种分光模块，其特征在于，
具备：
板状的本体部，使从一个面入射的光透过；
分光部，设在所述本体部的另一个面侧，对透过所述本体部的光进行分光，并向所述一个面侧反射；以及
光检测元件，设在所述一个面侧，检测被所述分光部分光并反射的光。
2. 如权利要求 1 所述的分光模块，其特征在于，
在所述一个面侧设有与所述光检测元件电连接的配线。
3. 如权利要求 2 所述的分光模块，其特征在于，
在所述一个面和所述配线之间设有吸收光的吸光层。
4. 如权利要求 3 所述的分光模块，其特征在于，
所述吸光层的表面为粗糙面。
5. 如权利要求 2 所述的分光模块，其特征在于，
在所述一个面侧设有与所述配线电连接的柔性基板。
6. 如权利要求 1 所述的分光模块，其特征在于，
所述本体部具有层叠的至少两片透光性板。
7. 如权利要求 6 所述的分光模块，其特征在于，
在相邻的所述透光性板彼此之间的规定区域，设有吸收光的吸光膜。

分光模块

技术领域

本发明涉及对光进行分光并进行检测的分光模块。

背景技术

现有的分光模块，已知有一种分光模块，其具备双凸透镜，即块状的支撑体，并且在支撑体的一个凸面上设有衍射光栅等的分光部，在支撑体另一个凸面侧上，设有光电二极管等的光检测元件（例如，参照专利文献1）。在这种分光模块中，从另一凸面侧入射的光在分光部被分光，分光后的光在光检测元件被检测。

专利文献1：日本特开平第4-294223号公报

发明内容

然而，近年来，谋求分光模块的小型化，要求能够容易地大量生产。但是，在上述的分光模块中，由于使用双凸透镜，即块状的支撑体，以作为本体部，因而难以小型化及大量生产。

因此，本发明的目的在于，提供一种能够谋求小型化，并且能够容易地大量生产的分光模块。

为了达到上述目的，本发明的分光模块的特征在于，具备：板状的本体部，使从一个面入射的光透过；分光部，设在本体部的另一个面侧，对透过本体部的光进行分光，并向一个面侧反射；以及光检测元件，设在一个面侧，检测被分光部分光并反射的光。

在该分光模块中，由于本体部为板状，因而能够通过本体部的薄型化来谋求小型化。并且，由于本体部为板状，因而例如能够利用晶圆工艺来制造分光模块。即，通过对作为多个本体部的晶圆，以矩阵状设置分光部和光检测元件，并切割该晶圆，能够制造多个分光模块。如此，能够容易地大量生产分光模块。

另外，在本发明的分光模块中，优选在一个面侧设有与光检测元

件电连接的配线。依照这种构成，不直接连接外部的配线和光检测元件，而能够经由设在本体部的配线将外部的配线和光检测元件电连接。于是，在处理分光模块时和与外部装置连接时，抑制了局部的应力施加于光检测元件，因而即使在谋求分光模块的小型化的情况下，也能够防止光检测元件的剥离和分光模块的破损。另外，通过将光检测元件直接连接于设在本体部的配线，能够缩短本体部与光检测元件的距离，因而能够防止被分光部分光并反射的光的衰减和杂散光的入射。

另外，在本发明的分光模块中，优选在一个面和配线之间，设有吸收光的吸光层。依照这种构成，能够防止被分光部分光并反射的光在配线和本体部之间漫反射，入射于光检测元件。

另外，在本发明的分光模块中，优选吸光层的表面（配线侧的面）为粗糙面。依照这种构成，能够进一步防止配线和本体部之间的漫反射光入射于光检测元件。

另外，在本发明的分光模块中，优选在一个面侧设有与配线电连接的柔性基板。如果将柔性基板直接连接于光检测元件，则尤其在谋求分光模块的小型化的情况下，局部的应力容易施加于光检测元件。但是，依照这种构成，由于经由设在本体部的配线将柔性基板和光检测元件电连接，因而能够抑制应力施加于光检测元件。于是，即使在谋求分光模块的小型化的情况下，也能够防止光检测元件的剥离和分光模块的破损。

另外，在本发明的分光模块中，优选本体部具有层叠的至少两片透光性板。依照这种构成，通过将光检测元件安装于一个透光性板的工艺、将分光部安装于另一个透光性板的工艺、以及将这些透光性板贴合的工艺，能够制造分光模块。即，例如不从晶圆的两面侧进行将光检测元件和分光部安装于晶圆的工艺，而是能够分为仅从单面侧进行的工艺。于是，能够使分光模块的制造工艺成为最适于晶圆工艺的工艺，能够更加容易地大量生产。

另外，在本发明的分光模块中，优选在相邻的透光性板彼此（层叠后的透光性板彼此）之间的规定区域，设有吸收光的吸光膜。依照这种构成，能够用吸光膜来吸收在本体部内行进的杂散光，因而能够减少入射于光检测元件的杂散光，能够减小噪声。

依照本发明，能够谋求分光模块的小型化，并且能够容易地大量生产分光模块。

附图说明

图1是第1实施方式的分光模块的平面图。

图2是沿着图1所示的II-II线的截面图。

图3是显示衍射光栅的形状的图，(a)显示闪耀光栅的形状，(b)显示二元光栅的形状，(c)显示全息光栅的形状。

图4是显示制造透光性板时所使用的玻璃晶圆的图，(a)显示平面图，(b)显示侧面图。

图5是显示形成于透光性板的对准标记的位置的图，(a)显示上侧的透光性板的对准标记，(b)显示下侧的透光性板的对准标记。

图6是用于说明在透光性板上形成透镜部、衍射层以及反射层的制造工艺的图。

图7是用于说明在透光性板上形成透镜部、衍射层以及反射层的制造工艺的图。

图8是用于说明在透光性板上形成透镜部、衍射层以及反射层的制造工艺的图。

图9是显示以对准标记为基准，将上侧的透光性板和下侧的透光性板贴合的工艺图。

图10是显示第2实施方式的分光模块的对应于图2的截面图。

图11是用于说明在透光性板上形成光栅透镜部和反射层的制造工艺的图。

图12是用于说明在透光性板上形成光栅透镜部和反射层的制造工艺的图。

图13是显示第3实施方式的分光模块的对应于图2的截面图。

图14是显示第4实施方式的分光模块的对应于图2的截面图。

图15是显示第5实施方式的分光模块的对应于图2的截面图。

符号说明

1、31、41、51、61：分光模块；2、52：本体部；2a、52b、65a：

表面（一个面）；2b：背面（另一个面）；2c、2d：透光性板；3、23b：透镜部（分光部）；4、23a：衍射层、衍射层部（分光部）；6：反射层（分光部）；7：光检测元件；7b：光检测面；8：柔性基板；11：吸光层；12、63：配线；16、64：吸光膜；23：光栅透镜部（分光部）。

具体实施方式

以下，参照附图，详细地说明本发明的分光模块的优选实施方式。另外，在各图中，对于同一或相当的部分赋予相同的符号，省略重复的说明。

（第1实施方式）

如图1及图2所示，分光模块1具备：长方形板状的本体部2、设在本体部2的背面2b上的透镜部（分光部）3、沿着透镜部3的曲面形成的衍射层（分光部）4、形成于衍射层4的表面的反射层（分光部）6、设在本体部2的表面2a侧的大致中央部上的光检测元件7、以及固定于表面2a的长边方向的端部的柔性基板8。该分光模块1，通过在衍射层4使从表面2a侧入射的入射光L1衍射，并分光为多个衍射光L2，在反射层6使衍射光L2向光检测元件7反射，在光检测元件7检测衍射光L2，从而测量入射光L1的波长分布和特定波长成分的强度等。

本体部2通过分别贴合长方形薄板状的透光性板2c及透光性板2d而形成。在本体部2的表面2a，形成有吸光层11，在该吸光层11的表面，形成有配线12。另外，在吸光层11的表面，形成有用于制造时的对位的对准标记（alignment mark）13、14，在背面2b的对应于对准标记13的位置，形成有对准标记17（后述）。

透光性板2c、2d由BK7、派热克斯（注册商标）玻璃、或者石英等光透过性材料形成，具有使入射光L1和衍射光L2在其内部行进的性质。另外，由于用与晶圆工艺相同的配线形成工艺来形成吸光层11和配线12，因而优选表面2a侧的透光性板2c的厚度为2mm以下。

在透光性板2c和透光性板2d之间的规定区域，形成有吸光膜16，该吸光膜16具有吸收光的性质。吸光膜16由黑抗蚀剂、CrO、含CrO的层叠膜形成，具有用于使入射光L1通过的狭缝16a、以及用于使衍

射光 L2 通过的开口部 16b。

吸光层 11 具有吸收光的性质，由与吸光膜 16 相同的材质形成。该吸光层 11 的表面（配线 12 侧的面）形成为粗糙面。另外，吸光层 11 具有用于使来自外部的入射光 L1 通过的狭缝 11a、以及用于使从透光性板 2c、2d 向光检测元件 7 行进的衍射光 L2 通过的开口部 11b。

狭缝 11a 在本体部 2 的长边方向上的与光检测元件 7 邻接的位置沿着与长边方向大致正交的方向延伸。另外，开口部 11b 形成在本体部 2 的大致中央部，与光检测元件 7 的光检测面相对。

另外，吸光膜 16 的狭缝 16a 和开口部 16b 分别与狭缝 11a 和开口部 11b 相对。另外，从表面 2a 侧看时，狭缝 16a 为包围狭缝 11a 的程度的大小，开口部 16b 为包围开口部 11b 的程度的大小。利用狭缝 16a，能够将入射光 L1 限制于向衍射层 4 入射的范围。另外，即使入射光 L1 向不必要的地方行进并在不必要的地方产生反射光（杂散光），也能够利用开口部 16b 来限制光通过的范围，因而能够防止杂散光向光检测元件 7 入射。于是，能够提高分光模块 1 的精度。

配线 12，由与光检测元件 7 电连接的多个端子部 12a、与柔性基板 8 电连接的多个端子部 12b、以及将对应的端子部 12a 和端子部 12b 电连接的配线部 12c 构成。另外，端子部 12a、端子部 12b、以及配线部 12c 由铝或金的单层膜，或者 Ti-Pt-Au、Ti-Ni-Au、Cr-Au 等的层叠膜构成。端子部 12a 以包围开口部 11b 的缘部的方式配置，端子部 12b 以沿着表面 2a 的长边方向上的端部的方式配置。

光检测元件 7 形成为长方形薄板状，配置于本体部 2 的表面 2a 的与开口部 11b 相对的位置。光检测元件 7 通过倒装芯片接合（flip chip bonding）而安装于本体部 2 的表面 2a 侧，形成于光检测元件 7 的表面 7a 的端子部（图中未显示）和端子部 12a 电连接。在表面 7a 的大致中央部，形成有用于接受通过开口部 11b 的衍射光 L2 的光检测面 7b。另外，光检测元件 7，例如使用光电二极管阵列或 C-MOS 影像传感器、CCD 影像传感器。而且，在光检测元件 7 和本体部 2 的表面 2a 之间，填充有底填充树脂 5。

柔性基板 8 是具有柔软性的印刷基板，通过引线接合（wire bonding）而与端子部 12b 连接。

透镜部 3 设在本体部 2 的背面 2b 的与狭缝 11a 相对的位置。透镜部 3 是接近于半球的形状的透镜，其表面为具有规定的曲率的凸曲面 3a。另外，透镜部 3 以凸曲面 3a 的透镜中心和狭缝 11a 的中央部大致重叠的方式配置。此外，凸曲面 3a 也可以为非球面。

衍射层 4 沿着透镜部 3 的凸曲面 3a 形成。在该衍射层 4，例如使用图 3 (a) 所示的截面为锯齿状的闪耀光栅 (blazed grating)、图 (b) 所示的截面为矩形状的二元光栅 (binary grating)、或者图 (c) 所示的截面为正弦波状的全息光栅 (holographic grating) 等类型的光栅。光检测元件 7 的光检测面沿着因该衍射层 4 而产生的衍射光 L2 的分散方向延伸。另外，通过蒸镀铝及金等，从而在衍射层 4 的表面，形成有反射层 6。

对上述的分光模块 1 的制造方法进行说明。

首先，在透光性板 2c 的表面，以形成有狭缝 11a 和开口部 11b 的图案的方式图案化形成 (patterning) 吸光层 11，同时，在其表面图案化形成配线 12 和对准标记 13、14。通过与晶圆工艺相同的配线形成工艺来进行这些图案化。

在透光性板 2c 的表面，通过倒装芯片接合来安装光检测元件 7。这时，以对准标记 14 为基准进行定位。如此，由于以在与狭缝 11a 相同的工艺中形成的对准标记 14 为基准，因而能够高精度地将狭缝 11a 和光检测元件 7 的光检测面 7b 定位。

其次，在透光性板 2d 的背面，形成透镜部 3、衍射层 4、以及反射层 6。由于该工艺使大量生产成为可能，因而能够通过晶圆工艺进行。即，如图 4 (a) 和 (b) 所示，在玻璃晶圆上设有按照透光性板 2d 的大小进行区分的切割线 (dicing line)。而且，如图 5 (b) 所示，在各个区域，通过光蚀刻工艺，同时形成透镜安装部 15 和对准标记 17。

透镜安装部 15 通过在透光性板 2d 设置圆形的凹部而形成。另外，对准标记 17，在贴合透光性板 2c 和透光性板 2d 的情况下，设于在厚度方向上与图 5 (a) 所示的表面 2a 侧的对准标记 13 相对的位置。

而且，在玻璃晶圆的各透镜安装部 15，通过用光学树脂等进行贴附而安装小型透镜，从而形成透镜部 3。而且，在透镜部 3 形成衍射层 4 和反射层 6 后，通过沿着切割线进行切割而分割成各个透光性板 2d。

在此，参照图 6 至图 8，说明在玻璃晶圆安装透镜部 3 等的工艺。

如图 6 (a) ~ (c) 所示，通过在玻璃晶圆 18 的表面形成感光性树脂图案 19，从而设置透镜安装部 15 和对准标记 17。另外，这时，透镜安装部 15 可以通过对玻璃晶圆 18 本身进行蚀刻加工或者通过图案化形成金属膜而形成。在如此形成的透镜安装部 15，涂布有助于贴附透镜的光学树脂 21。

其次，如图 7 (a) 和 (b) 所示，通过在透镜安装部 15 安装透镜 22 而形成透镜部 3。在安装的透镜 22 的曲面，涂布用于形成衍射层部 4 的光硬化性树脂 25。

如图 8 (a) 和 (b) 所示，使由石英等形成的光透过性模具 24 接触于涂布的光硬化性树脂 25。通过在该状态下从光透过性模具 24 的上方向光硬化性树脂 25 照射紫外线，从而进行 UV 硬化处理，在透镜 22 的曲面形成衍射层 4。另外，优选通过在 UV 硬化处理之后进行加热固化，从而使衍射层 4 稳定化。形成衍射层 4 后，通过向其外面蒸镀铝或金，从而形成反射层 6。另外，衍射层 4 能够由感光性的树脂或玻璃、有机和无机的混合素材，或者遇热变形的树脂或玻璃、有机和无机的混合素材等形成。

在此，透镜 22 的曲面的曲率半径大于衍射层 4 的曲率半径，衍射层 4 的曲率半径反映了光透过性模具 24 的曲率半径。另外，衍射层 4 的形成位置反映了接触于光透过性模具 24 的位置。

所以，即使在透镜 22 的曲率半径有公差的情况下，或者在透镜 22 对玻璃晶圆 18 的安装位置发生误差的情况下，也能够使衍射层 4 的形成位置 (XYZ 方向) 为一定。

如上所述，将设有各构成构件的透光性板 2c 和透光性板 2d 贴合。通过在透光性板 2c、2d 之间夹入吸光膜 16，涂布光学树脂并使其硬化，从而进行贴合。吸光膜 16，通过光蚀刻等而形成于透光性板 2c、2d 的某一个的面上。另外，贴合时，如图 9 所示，以透光性板 2c 的对准标记 13 和透光性板 2d 的对准标记 17 为基准而进行。于是，能够精度良好地将狭缝 11a、衍射层 4 以及光检测元件 7 定位。

对上述的分光模块 1 的作用效果进行说明。

在该分光模块 1 中，由于本体部 2 为板状，因而能够通过本体部 2

的薄型化来谋求小型化。并且，由于本体部 2 为板状，因而例如能够利用晶圆工艺，制造分光模块。即，对于作为多个本体部 2 的玻璃晶圆，通过以矩阵状设置透镜部 3、衍射层 4、反射层 6 以及光检测元件 7，并切割该玻璃晶圆，从而能够制造多个分光模块 1。如此，能够容易地大量生产分光模块 1。

另外，由于在本体部 2 的表面 2a 形成有配线 12，因而不直接连接外部的配线和光检测元件 7，而能够经由设在本体部 2 的配线 12 将外部的配线和光检测元件 7 电连接。于是，在处理分光模块 1 时和与外部装置连接时，抑制了局部的应力施加于光检测元件 7，因而即使在谋求分光模块 1 的小型化的情况下，也能够防止光检测元件 7 的剥离和分光模块 1 的破损。另外，通过将光检测元件 7 直接连接于设在本体部 2 的配线 12，从而能够缩短本体部 2 和光检测元件 7 的光检测面 7b 的距离，因而能够防止衍射光 L2 的衰减和杂散光的入射。

另外，在配线 12 和本体部 2 之间，形成有吸收光的吸光层 11，因而能够防止从反射层 6 反射的衍射光 L2 在配线 12 和本体部 2 之间漫反射。

另外，吸光层 11 的表面（配线 12 侧的面）为粗糙面，因而，即使在从本体部 2 侧入射于吸光层 11 的杂散光透过吸光层 11 并被配线 12 向本体部 2 侧反射的情况下，也能够吸收杂散光，进一步防止配线 12 和本体部 2 之间的漫反射。

而且，通过使吸光层 11 的表面（配线 12 侧的面）为粗糙面，能够防止形成于吸光层 11 的表面上的配线 12 的剥离。

另外，由于不将柔性基板 8 和光检测元件 7 直接连接，而能够经由设在本体部 2 的配线 12 进行电连接，因而能够抑制应力施加于光检测元件 7。于是，即使在谋求分光模块 1 的小型化的情况下，也能够防止光检测元件 7 的剥离和分光模块 1 的破损。

另外，由于本体部 2 具有层叠的透光性板 2c 和 2d，因而通过将光检测元件 7 安装于透光性板 2c 的表面的工艺，将透镜部 3、衍射层 4 及反射层 6 等的分光部安装于透光性板 2d 的背面的工艺，以及贴合这些透光性板 2c 和 2d 的工艺，能够制造分光模块 1。即，例如不从玻璃晶圆的两面侧进行将光检测元件 7 和分光部安装于玻璃晶圆的工艺，

而是能够分为仅从各单面侧进行的工艺。于是，能够使分光模块 1 的制造工艺成为最适于晶圆工艺的工艺，能够更加容易地大量生产。

另外，通过设在透光性板 2c 和 2d 之间的吸收光的吸光膜 16，能够吸收在本体部 2 内行进的杂散光，因而能够减少入射于光检测元件 7 的杂散光，能够减小噪声。

（第 2 实施方式）

第 2 实施方式的分光模块 31 与第 1 实施方式的分光模块 1 的主要不同点在于，以一体型形成透镜部 3 和衍射层 4。

即，在第 2 实施方式的分光模块 31 中，如图 10 所示，在本体部 2 的背面 2b 的与狭缝 11a 相对的位置，设有在透镜部 23b 的凸曲面 23c 上一体地具有衍射层部 23a 的光栅透镜部 23。

其次，参照图 11 及图 12，对光栅透镜部 23 的制造方法进行说明。

如图 11 (a) ~ (c) 所示，通过在玻璃晶圆 18 的表面形成感光性树脂图案 29，从而设置光栅透镜安装部 26 和对准标记 17。另外，这时，光栅透镜安装部 26 也可以通过对玻璃晶圆 18 本身进行蚀刻加工或者通过图案化形成金属膜而形成。在该光栅透镜安装部 26，涂布用于形成光栅透镜部 23 的光硬化性树脂 33。

如图 12 (a)、(b) 所示，使由石英等形成的光透过性模具 34 接触于涂布的光硬化性树脂 33。通过在该状态下从光透过性模具 34 的上方向光硬化性树脂 33 照射紫外线，从而进行 UV 硬化处理，形成光栅透镜部 23。另外，优选通过在 UV 硬化处理后进行加热固化，从而使光栅透镜部 23 稳定化。形成光栅透镜部 23 后，通过向其外面蒸镀铝或金，从而形成反射层 6。另外，光栅透镜部 23 能够由感光性的树脂或玻璃、有机和无机的混合素材，或者遇热变形的树脂或玻璃、有机和无机的混合素材等形成。

关于这种第 2 实施方式的分光模块 31，由于能够用一体型的模具来形成透镜部和衍射层，因而能够位置精度良好地形成透镜部和衍射层，并且能够缩短制造工序。

（第 3 实施方式）

第 3 实施方式的分光模块 41 与第 1 实施方式的分光模块 1 的主要不同点在于，在透光性板 2c 和透光性板 2d 之间未形成有吸光膜 16。

即，在第3实施方式的分光模块41中，如图13所示，通过光学树脂和直接接合（direct bonding），将透光性板2c和透光性板2d直接接合。

（第4实施方式）

第4实施方式的分光模块51与第1实施方式的分光模块1的主要不同点在于，本体部52由一片透光性板形成。

即，在第4实施方式的分光模块51中，如图14所示，本体部52由透光性板52a、形成于其表面52b的吸光层11以及配线12构成。

（第5实施方式）

第5实施方式的分光模块61与第4实施方式的主要不同点在于，在配线63之上形成有吸光层64。

即，在第5实施方式的分光模块61中，如图15所示，在透光性板65的表面65a形成配线63，从其上形成吸光层64。另外，在吸光层64除了形成狭缝64a和开口部64b以外，还形成用于使配线层63的端子部63a和端子部63b从吸光层64露出的开口部64c。

关于这种第5实施方式的分光模块61，由于与透光构件的紧密结合性高的配线63直接形成于透光性板65，因而能够提高配线63的强度。

本发明并不限于上述的实施方式。例如，在本实施方式中，狭缝形成于吸光层，但是，也可以在光检测元件形成狭缝。于是，由于狭缝和光检测元件由同一工艺制作，因而能够提高狭缝和光检测面的位置精度。另外，光检测元件的狭缝能够通过使用碱液的湿法蚀刻或硅深干法蚀刻或者其复合技术而形成。

产业上的可利用性

依照本发明，能够谋求分光模块的小型化，并且能够容易地大量生产分光模块。

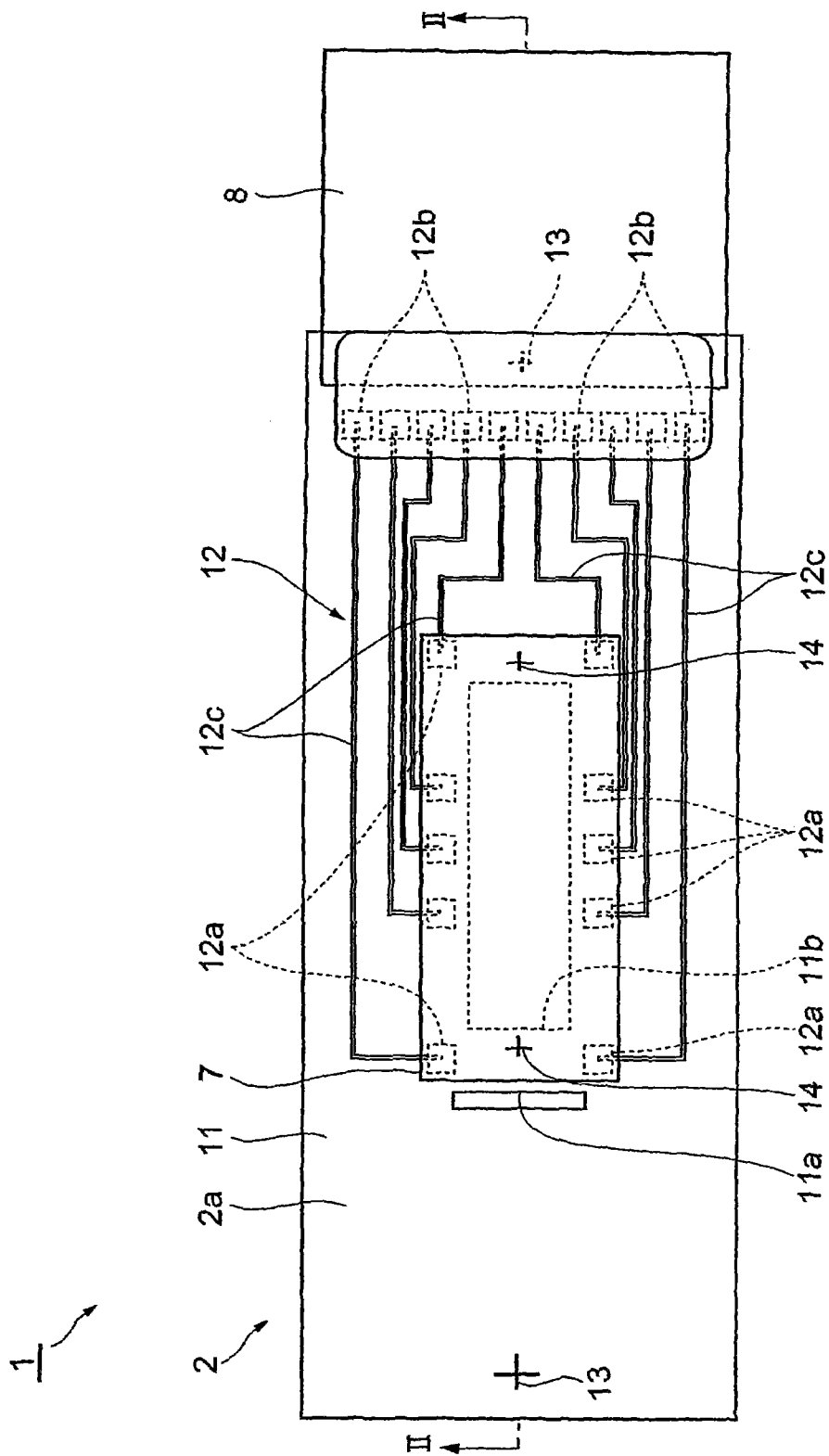
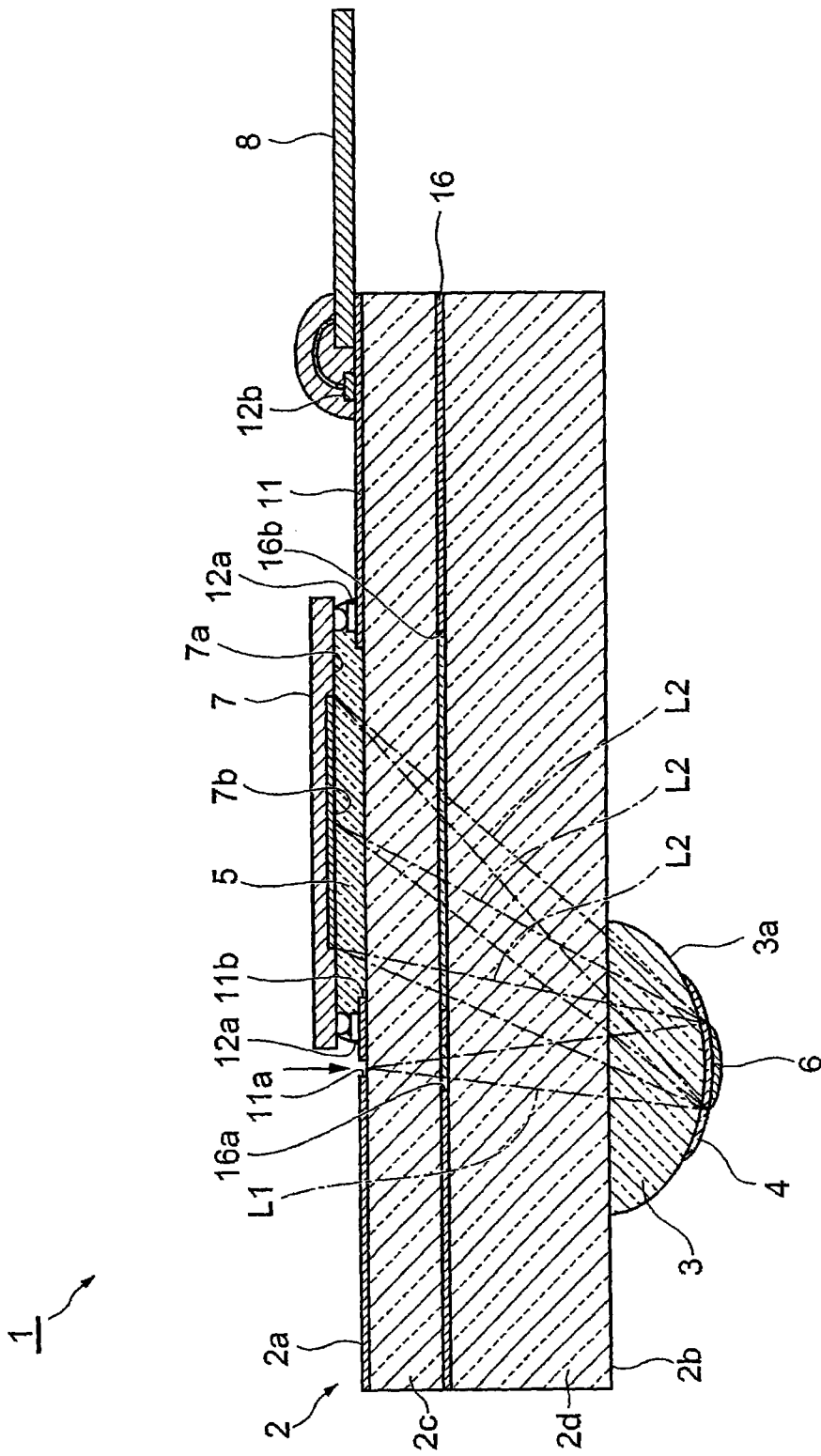


图1



2

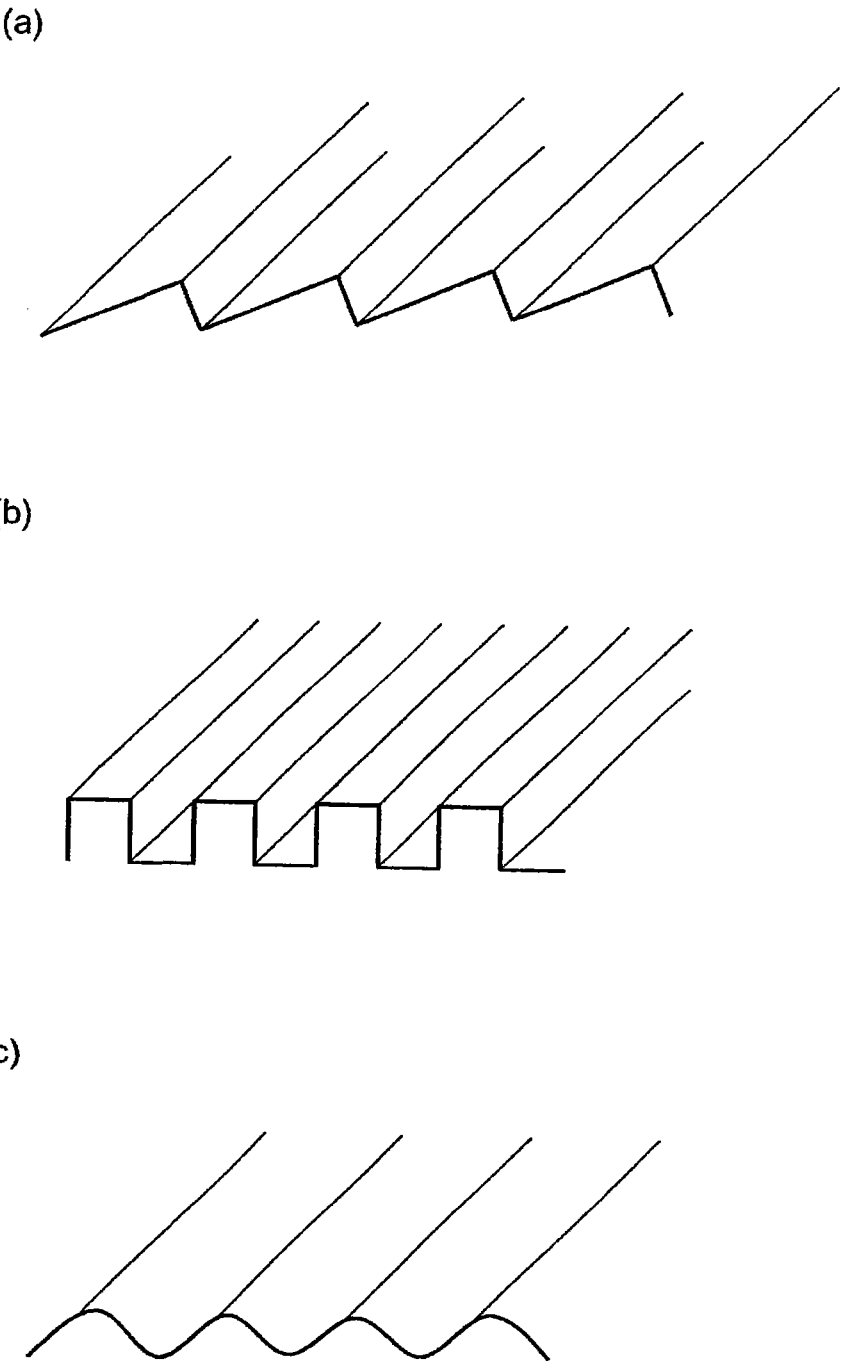
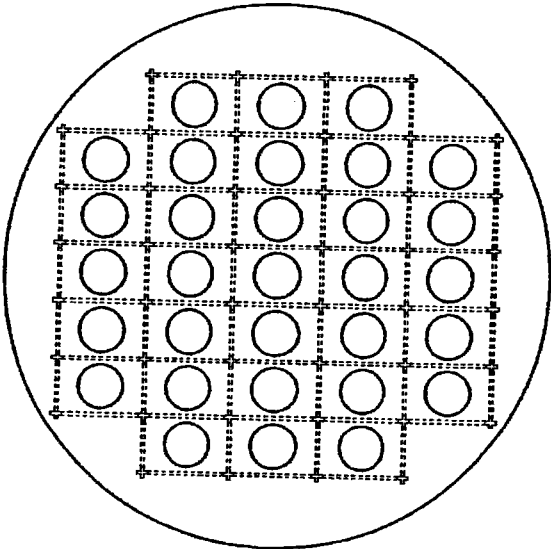


图3

(a)



(b)



图4

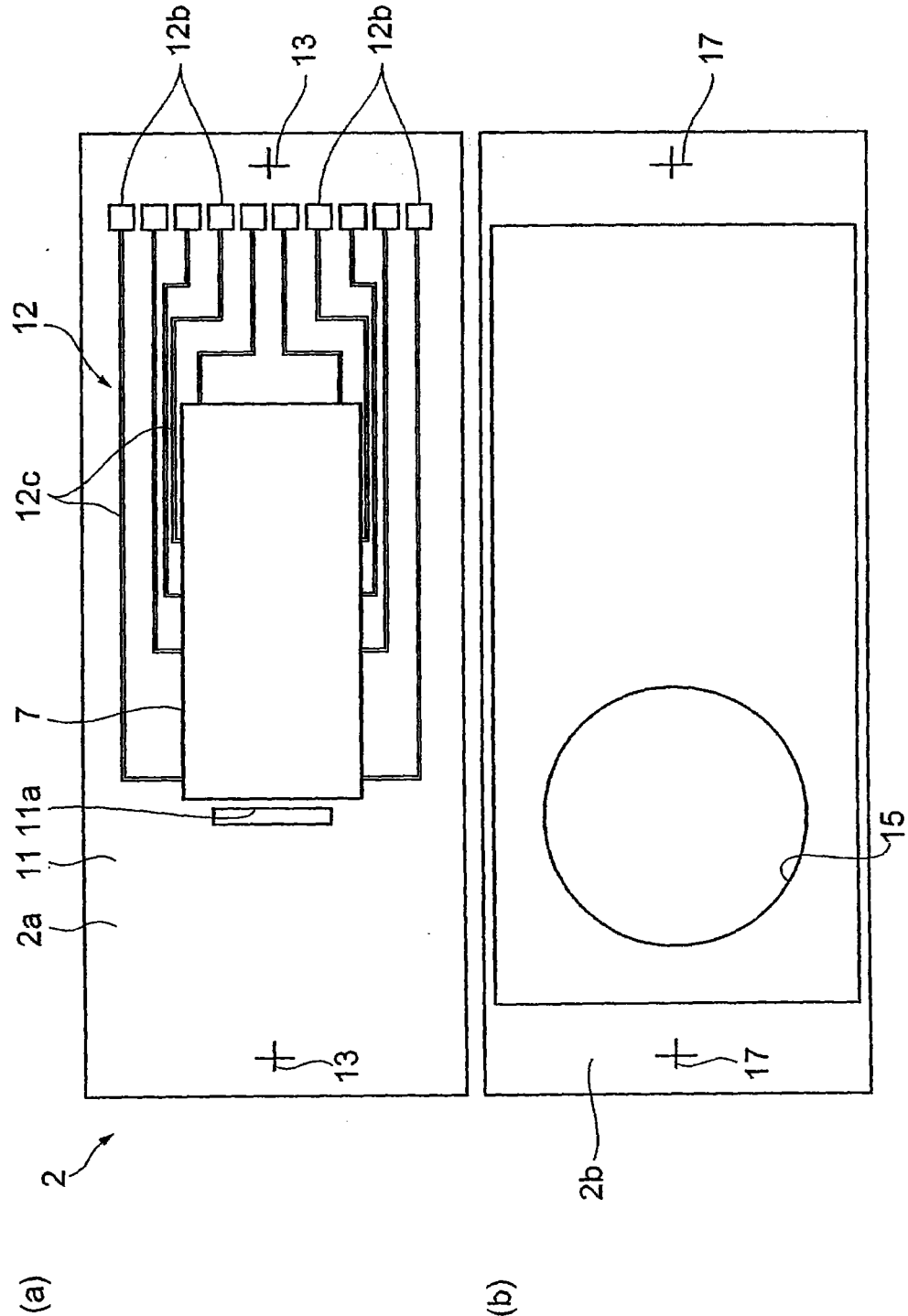


图5

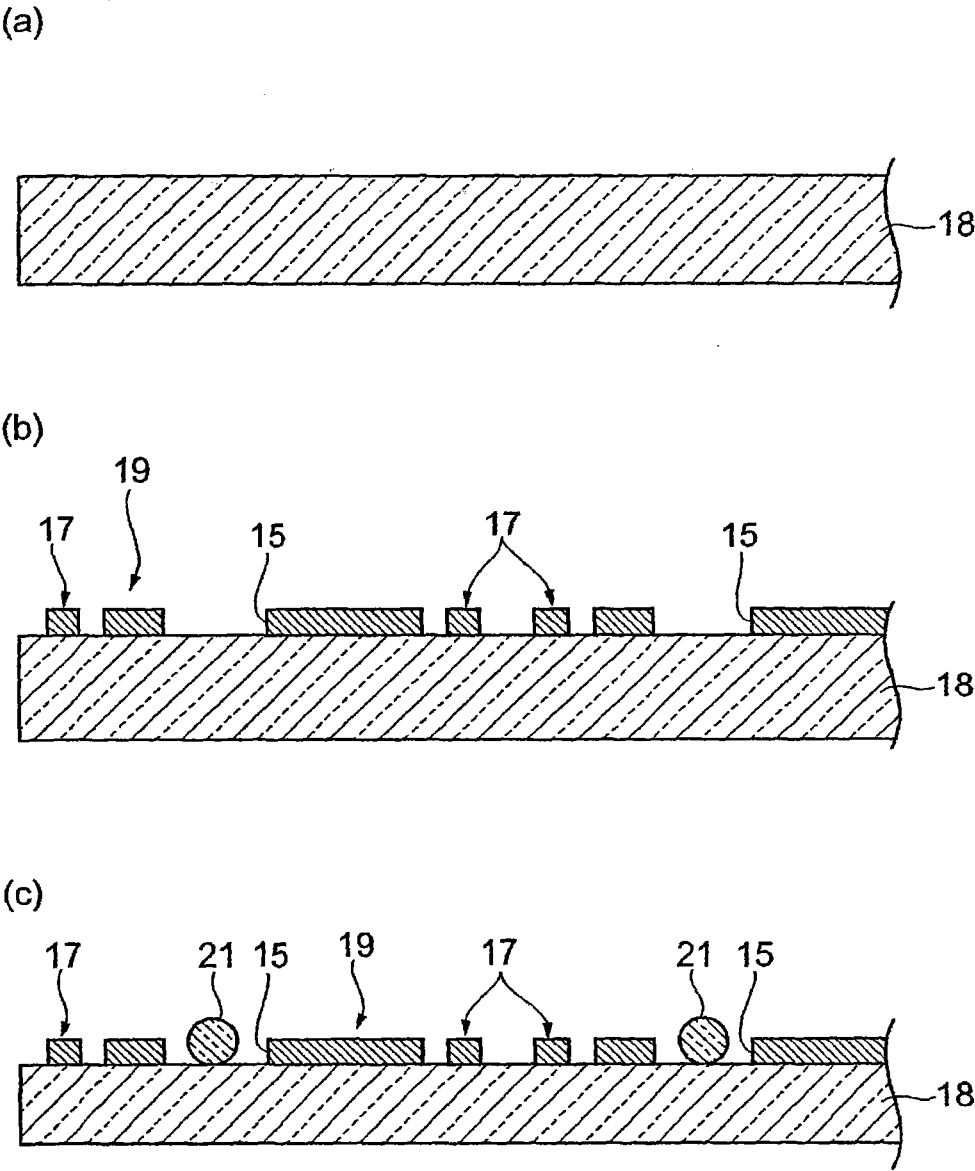


图6

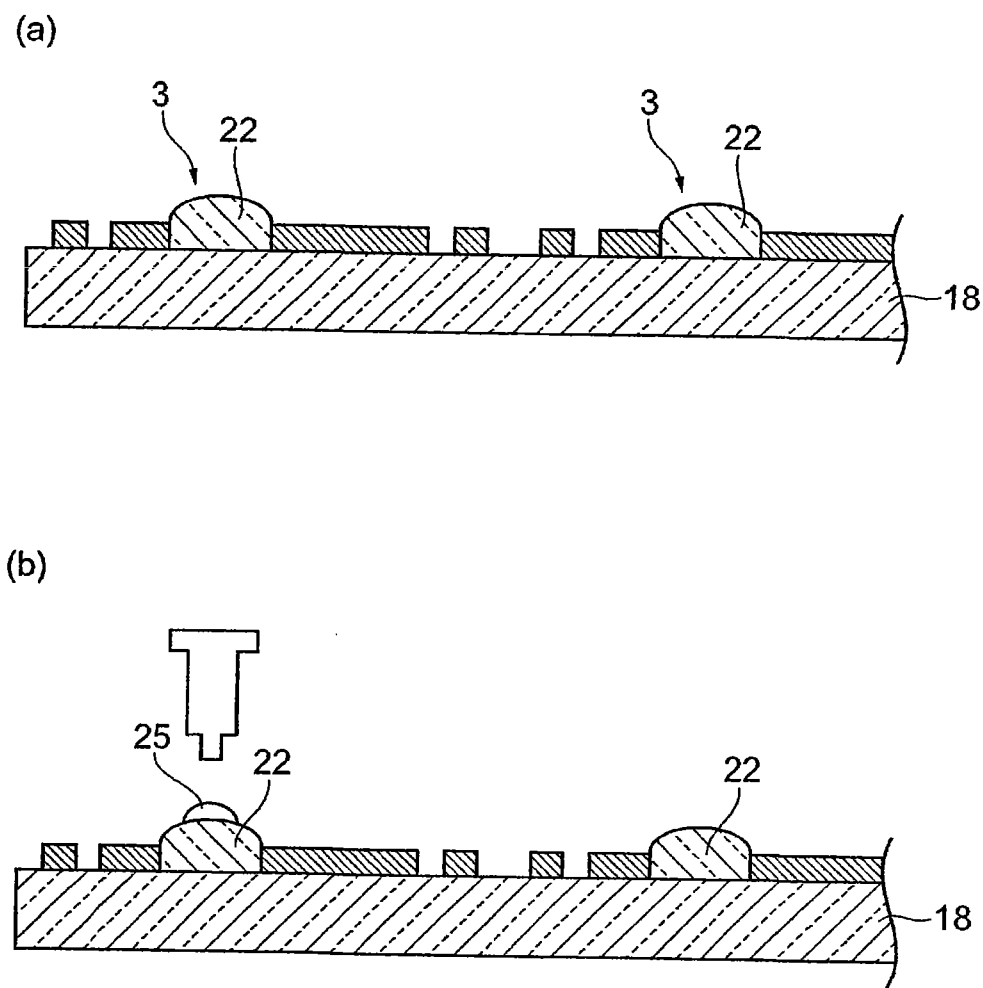


图7

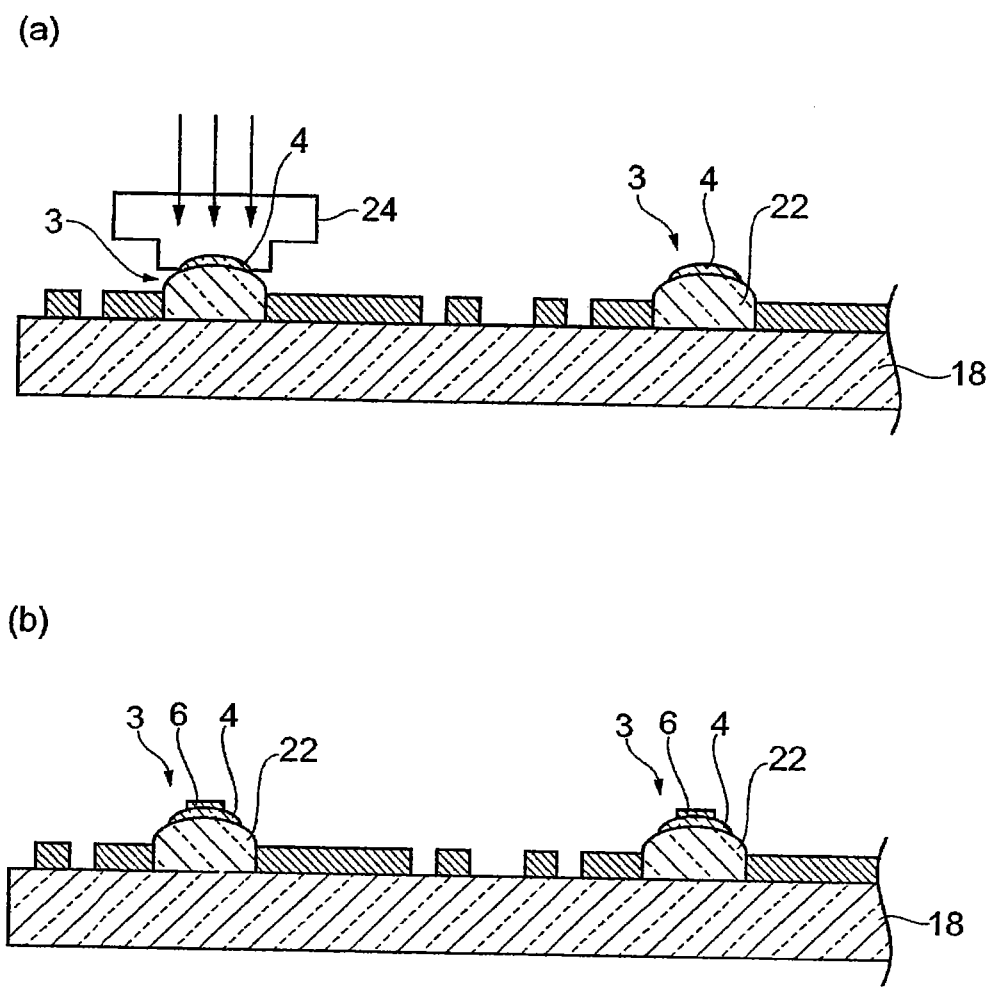


图8

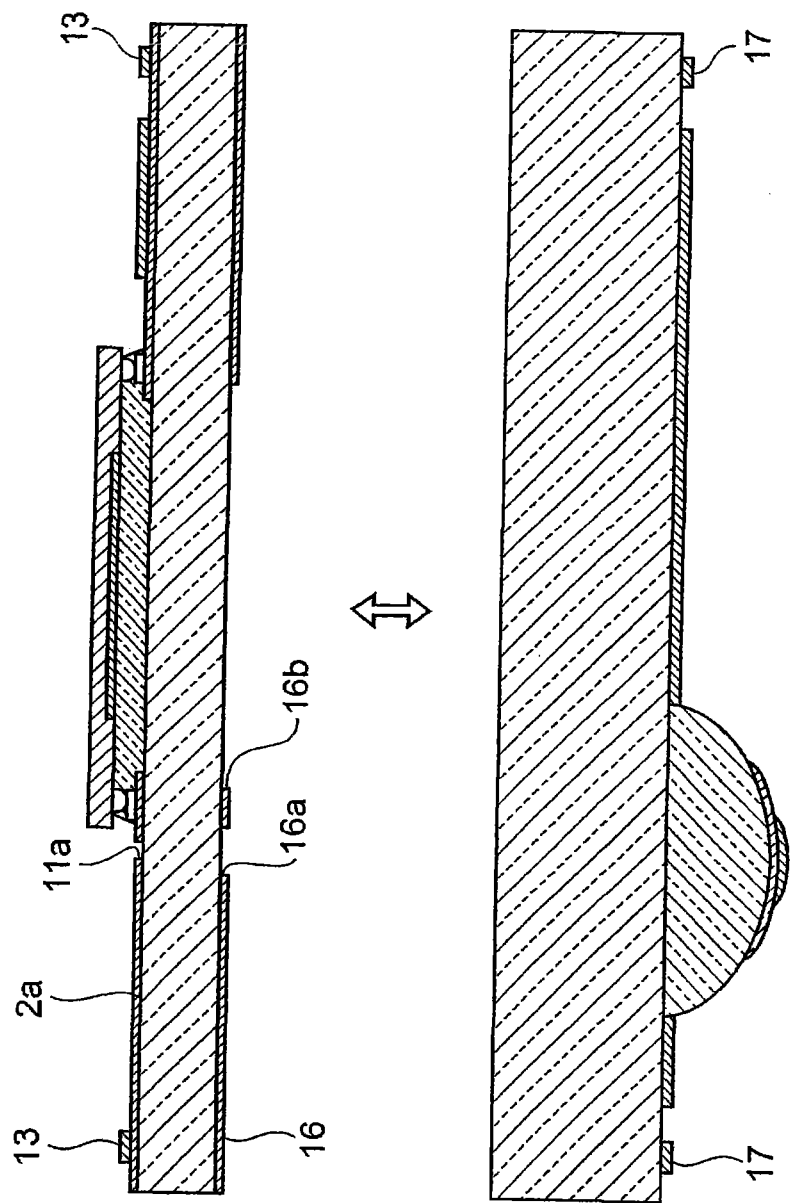


图9

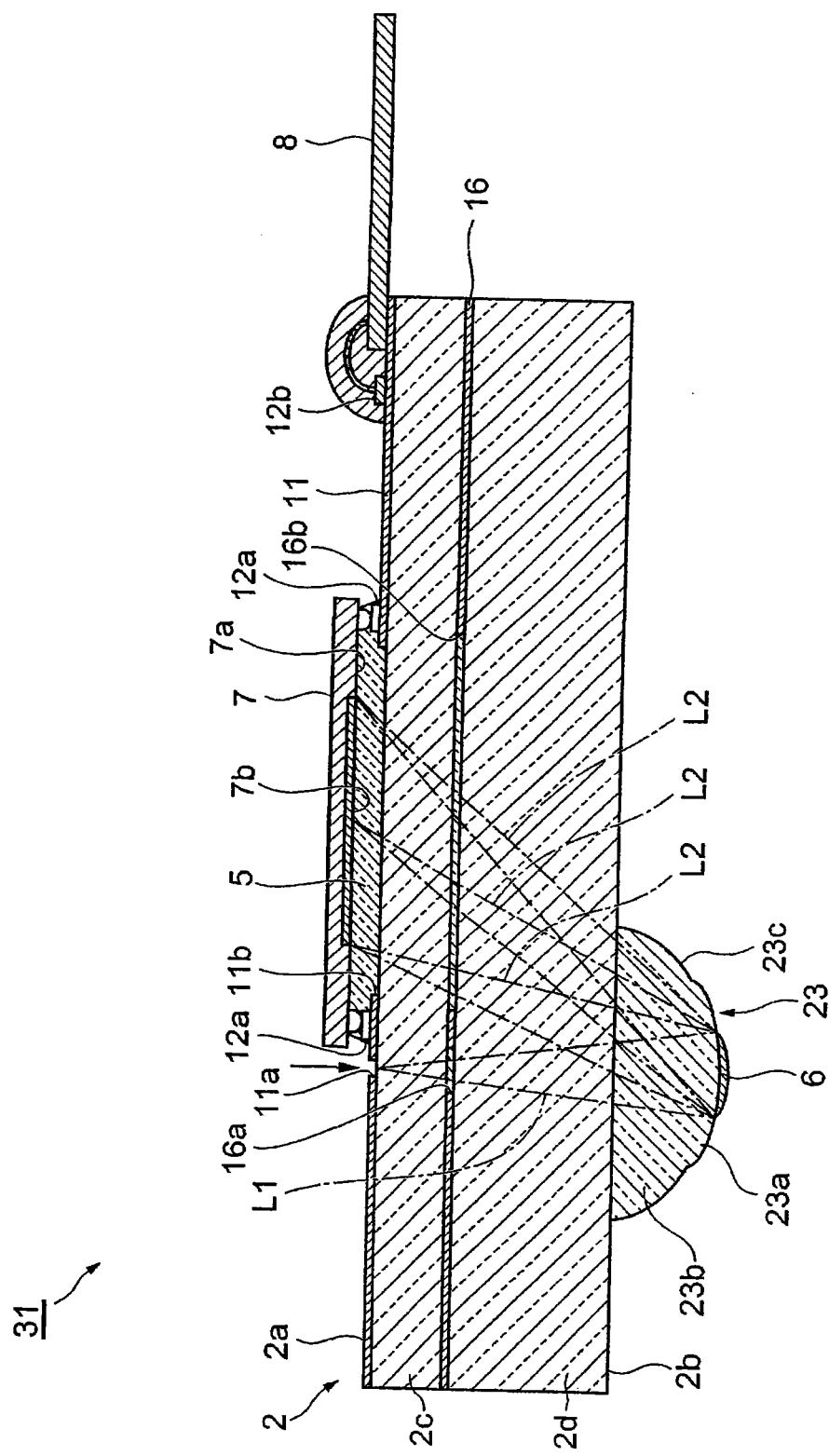


图10

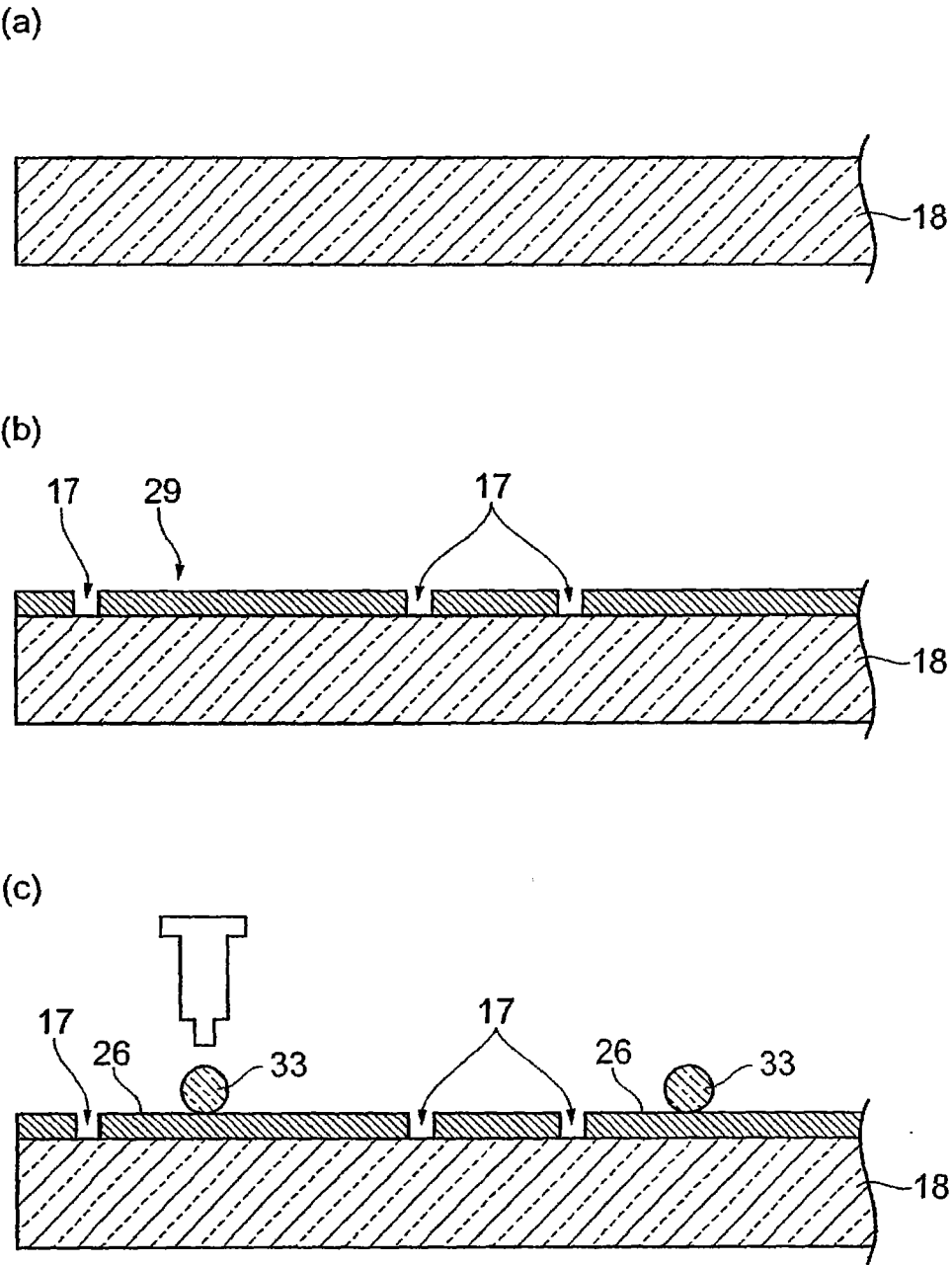


图11

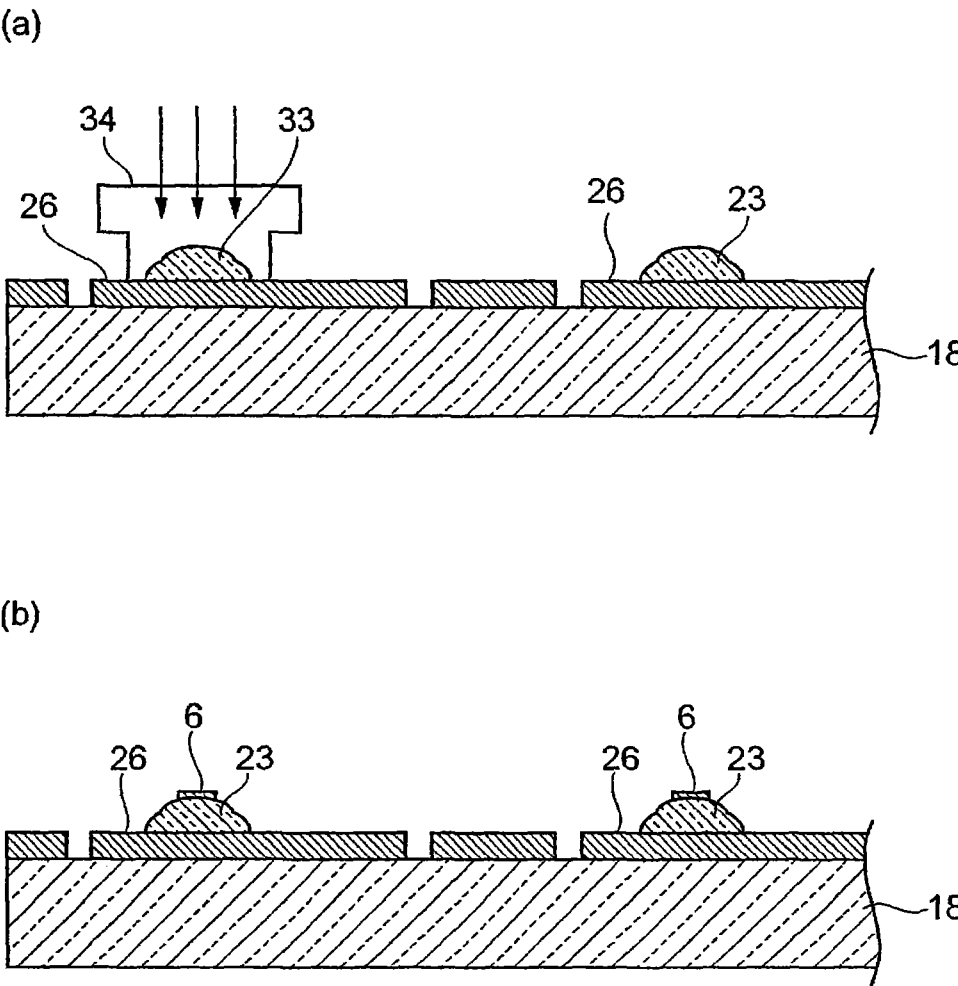
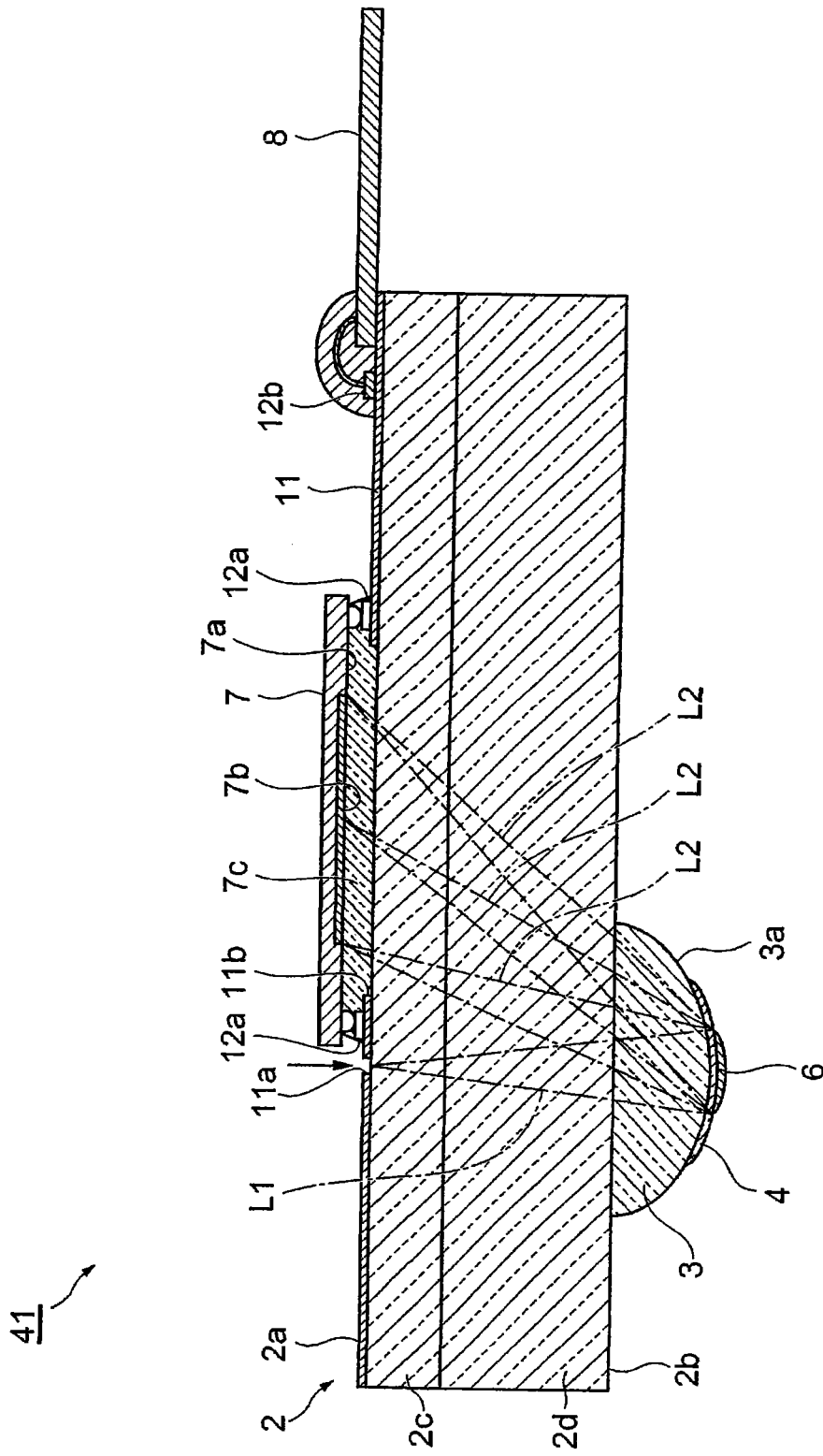


图12



13

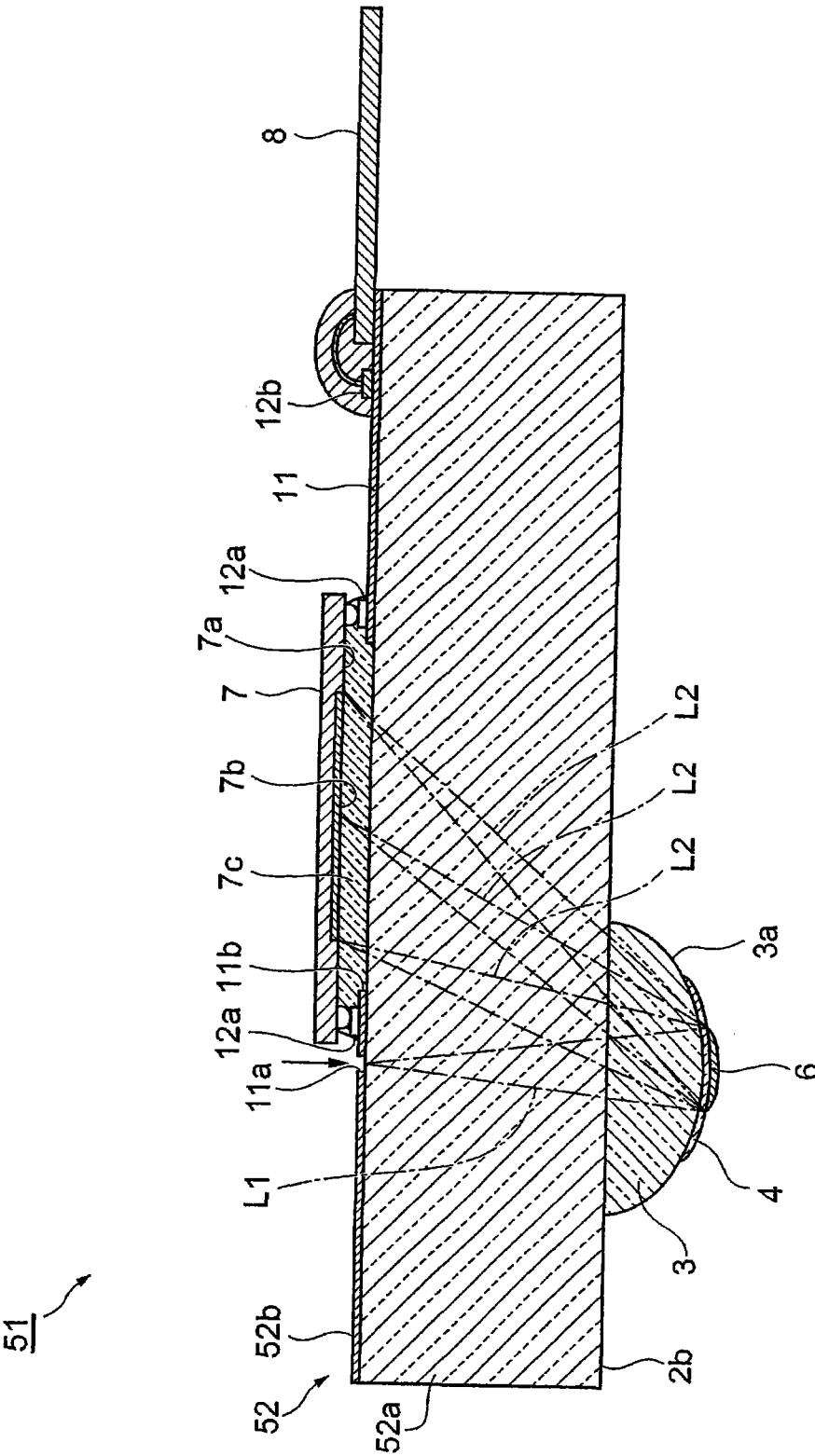


图14

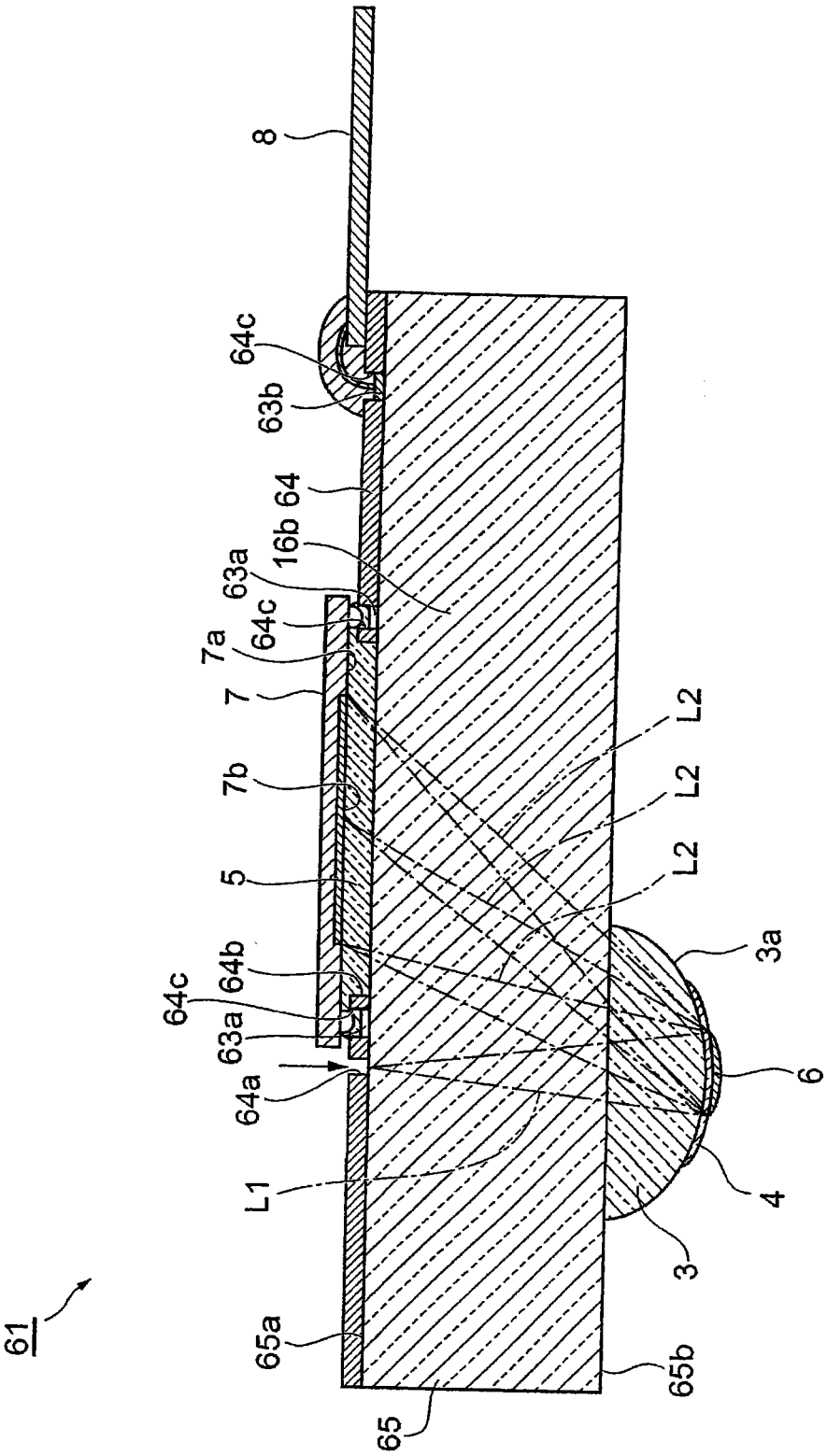


图15