

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01S 5/183 (2006.01)

H01S 5/42 (2006.01)

H01L 33/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480040079.5

[45] 授权公告日 2009年2月11日

[11] 授权公告号 CN 100461561C

[22] 申请日 2004.12.27

[21] 申请号 200480040079.5

[30] 优先权

[32] 2004.1.7 [33] JP [31] 002318/2004

[86] 国际申请 PCT/JP2004/019566 2004.12.27

[87] 国际公布 WO2005/067113 日 2005.7.21

[85] 进入国家阶段日期 2006.7.7

[73] 专利权人 浜松光子学株式会社

地址 日本静冈县

[72] 发明人 田中章雅

[56] 参考文献

JP2002-368334A 2002.12.30

JP11-168262A 1999.6.22

JP8-255933A 1996.10.1

JP6-326353A 1994.11.25

EP1160891A2 2001.12.5

审查员 任晓东

[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

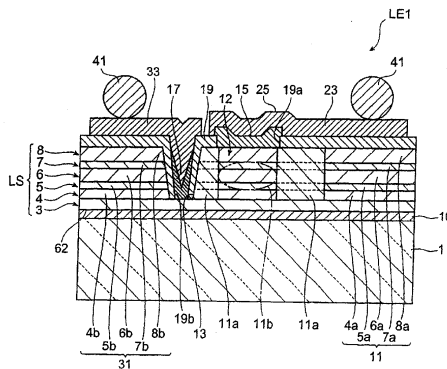
权利要求书4页 说明书17页 附图19页

[54] 发明名称

半导体发光元件及其制造方法

[57] 摘要

一种半导体发光元件，具有多层构造体和玻璃基板。多层构造体含有积层的多个化合物半导体层，并生成光。多层构造体具有使所生成的光出射的光出射面，相对该光呈光学透明的玻璃基板，通过由氧化硅构成的膜粘合到光出射面。



1.一种半导体发光元件，其特征在于，具有：包含积层的多个化合物半导体层，并生成光的多层构造体；其中，

所述多层构造体具有使生成的所述光出射的光出射面，并且，以由氧化硅构成的膜与所述多层构造体的光出射面以及相对于所述光呈光学透明的玻璃基板直接接触的方式，通过该由氧化硅构成的膜而将所述玻璃基板固定于所述光出射面。

2.如权利要求1所述半导体发光元件，其特征在于：

所述多个化合物半导体层，包括依次积层的第1导电型的第1DBR层、第1导电型的第1覆盖层、活性层、第2导电型的第2覆盖层、和第2导电型的第2DBR层；

所述多层构造体，具有，部分地含有所述第1DBR层、所述第1覆盖层、所述活性层、所述第2覆盖层，和所述第2DBR层的多层区域；以及包围所述多层区域，且被绝缘化或半绝缘化的电流狭窄区域；

所述第1DBR层配置于所述第1覆盖层和所述由氧化硅构成的膜之间。

3.如权利要求2所述半导体发光元件，其特征在于：

所述多层构造体，还包括，位于所述由氧化硅构成的膜和所述第1DBR层之间的第1导电型的接触层。

4.如权利要求3所述半导体发光元件，其特征在于：

所述多层构造体，具有，

包含所述多层区域的发光部；以及部分地含有所述第1DBR层、所述第1覆盖层、所述活性层、所述第2覆盖层、和所述第2DBR层的焊垫电极配置部；

还具有，

配置在所述发光部上，与所述多层区域电气连接的第1焊垫电极，和配置在所述焊垫电极配置部上，与所述接触层电气连接的第2焊垫

电极。

5.如权利要求4所述半导体发光元件，其特征在于：所述第2焊垫电极，经由形成在所述发光部与所述焊垫电极配置部之间的开口，与所述接触层电气连接。

6.如权利要求4所述半导体发光元件，其特征在于：还具有分别配置在所述第1焊垫电极和所述第2焊垫电极上的凸块电极。

7.如权利要求4所述半导体发光元件，其特征在于：所述多层构造体，具有并列设置的多个所述发光部。

8.如权利要求2~7中任何一项所述半导体发光元件，其特征在于：还具有，设置在所述第2DBR层上，覆盖所述多层区域的光反射膜。

9.如权利要求1~7中任何一项所述半导体发光元件，其特征在于：
所述玻璃基板具有表面和背面；
所述玻璃基板的表面与由所述由氧化硅构成的膜接触；
所述玻璃基板的背面具有接收从所述多层构造体出射的光的透镜部。

10.如权利要求9所述半导体发光元件，其特征在于：所述透镜部，较所述玻璃基板的背面中的最高部分凹陷。

11.一种半导体发光元件的制造方法，该制造方法是，具有包含积层的多个化合物半导体层并生成光的多层构造体的半导体发光元件的制造方法，其特征在于，包括如下工序：

准备具有表面和背面的半导体基板，和，具有表面和背面并且相对生成的所述光呈光学透明的玻璃基板的工序；

在所述半导体基板的表面形成所述多层构造体的工序；

在所述多层构造体上形成由氧化硅构成的膜的工序；

将所述由氧化硅构成的膜熔接于所述玻璃基板的表面，并将所述

多层构造体固定于所述玻璃板的工序；和，

在将所述多层构造体固定于所述玻璃基板的状态下，除去所述半导体基板的工序。

12.如权利要求 11 所述半导体发光元件的制造方法，其特征在于：除去所述半导体基板的所述工序，利用湿式蚀刻除去所述半导体基板。

13.如权利要求 12 所述半导体发光元件的制造方法，其特征在于：还具有，

在形成所述多层构造体的所述工序之前，形成使上述湿式蚀刻停止的蚀刻停止层，并将其配置在所述半导体基板与所述多层构造体之间的工序；

在除去所述半导体基板的所述工序之后，利用湿式蚀刻除去所述蚀刻停止层的工序。

14.如权利要求 11~13 中任何一项所述半导体发光元件的制造方法，其特征在于：

所述多个化合物半导体层包括，第 1 导电型的第 1DBR 层、第 1 导电型的第 1 覆盖层、活性层、第 2 导电型的第 2 覆盖层、以及第 2 导电型的第 2DBR 层；

形成所述多层构造体的所述工序，包含，在所述半导体基板的表面依次积层所述第 2DBR 层、所述第 2 覆盖层、所述活性层、所述第 1 覆盖层和所述第 1DBR 层。

15.如权利要求 14 所述半导体发光元件的制造方法，其特征在于：形成所述多层构造体的所述工序，还包括，在积层所述第 1DBR 层之后，形成位于所述多层构造体的最上部的第 1 导电型的接触层。

16.如权利要求 15 所述半导体发光元件的制造方法，其特征在于：还具有，在除去所述半导体基板的所述工序之后，在所述多层构造体中形成电流狭窄区域的工序，且该电流狭窄区域，包围部分地含有所

述第 1DBR 层、所述第 1 覆盖层、所述活性层、所述第 2 覆盖层和所述第 2DBR 层的多层区域，并使其绝缘或半绝缘；

形成包含所述多层区域的发光部，和部分地含有所述第 1DBR 层、所述第 1 覆盖层、所述活性层、所述第 2 覆盖层和所述第 2DBR 层的焊垫电极配置部的工序；

在所述发光部之上形成第 1 焊垫电极，使该第 1 焊垫电极与所述多层区域电气连接，并在所述焊垫电极配置部之上形成第 2 焊垫电极，使第 2 焊垫电极与所述接触层电气连接的工序。

17.如权利要求 16 所述半导体发光元件的制造方法，其特征在于：
形成所述发光部和所述焊垫电极配置部的所述工序，包含，在所述发光部和所述焊垫电极配置部之间形成开口，

电气连接所述第 2 焊垫电极与所述接触层的所述工序，包含，经由所述开口，将所述第 2 焊垫电极与所述接触层电气连接。

18.如权利要求 16 或 17 所述半导体发光元件的制造方法，其特征在于：还具有，在所述第 2DBR 层上形成覆盖所述多层区域的光反射膜的工序。

19.如权利要求 11 所述半导体发光元件的制造方法，其特征在于：
所述玻璃基板的背面，具有接收从所述多层构造体出射的光的透镜部。

20.如权利要求 19 所述半导体发光元件的制造方法，其特征在于：
所述透镜部，较所述玻璃基板的背面中的最高部分凹陷。

半导体发光元件及其制造方法

技术领域

本发明涉及半导体发光元件及其制造方法。

背景技术

近年，伴随着 CPU 驱动频率的高速化（例如 10GHz 以上），着眼于以光来传送在系统装置内及装置之间的信号的光互连（optics interconnection）技术。在该光互连技术中运用了所谓半导体受光元件及半导体发光元件的光半导体元件。

在日本专利 特开平 2-128481 号公报、特开平 10-200200 号公报、以及特开平 11-46038 号公报中，公开了一种具有基板、及在基板的一方的主面上所积层的多个化合物半导体层，且从基板的另一方的主面使光出射的、所谓的背面出射型的半导体发光元件。在这些半导体发光元件中，因为以下的目的，而使位于发光区域下方的基板中的部分部分地变薄，同时以包围该部分而形成有维持基板厚度的部分。第 1 目的是，防止因基板因吸收光而造成光信号劣化或消失。第 2 目的是，在利用引线接合（wire bonding）或焊接（bump bonding）将半导体发光元件安装于外部基板上时，防止半导体发光元件受损伤或破损。

然而，在上述半导体发光元件中，因为存在有维持基板厚度的部分，所以在半导体发光元件的小型化上有限制。特别是在并列设置多个发光部以形成发光元件阵列的情况下，因为难以使发光部间的间距更狭小，所以不得不加大发光元件阵列的尺寸。

发明内容

本发明的目的是，提供一种具有足够的机械强度，且可小型化的半导体发光元件及其制造方法。

而在另一方面，本发明涉及具有多层构造体的半导体发光元件。该多层构造体包含积层的多个化合物半导体层而生成光。多层构造体

具有出射该光的光出射面。将对于该光光学透明的玻璃基板，通过由氧化硅构成的膜固定于光出射面。

多层构造体，作为多个化合物半导体层，也可包含依次积层的第1导电型的第1分布式布拉格反射器(Distributed Bragg Reflector :DBR)层、第1导电型的第1覆盖层(clad layer)、活性层、第2导电型的第2覆盖层以及第2导电型的第2 DBR层。多层构造体可以是具有，部分含有第1 DBR层、第1覆盖层、活性层、第2覆盖层及第2DBR层的多层区域、以及包围其多层区域的绝缘或半绝缘的电流狭窄区域。第1DBR层也可以配置在第1覆盖层与由氧化硅构成的膜之间。

多层构造体还可包含，位于由氧化硅构成的膜与第1DBR层之间的第1导电型的接触层。

多层构造体还可具有，包含多层区域的发光部，以及部分包含第1DBR层、第1覆盖层、活性层、第2覆盖层以及第2DBR层的焊垫电极配置部。半导体发光元件还可具有，配置在发光部上且与多层区域电气连接的第1焊垫电极、和配置在焊垫电极配置部上且与接触层电气连接的第2焊垫电极。

第2焊垫电极也可以通过形成在发光部与焊垫电极配置部之间的开口，与接触层电气连接。另外，半导体发光元件还可具有分别配置在第1焊垫电极和第2焊垫电极上的凸块电极。

多层构造体也可具有并列设置的多个发光部。

半导体发光元件还可具有设置在第2DBR层上且覆盖多层区域的光反射膜。

玻璃基板具有表面和背面，玻璃基板的表面与由氧化硅构成的膜接触，玻璃基板的背面还可具有接收从多层构造体出射的光的透镜部。透镜部也可以较玻璃基板的最下面凹陷。

而在另一方面，本发明涉及具有多层构造体的半导体发光元件的制造方法。多层构造体含有积层的多个化合物半导体层，并生成光。本发明的方法具有：准备具有表面及背面的半导体基板，和具有表面及背面且对于生成的光呈光学透明的玻璃基板的工序；在半导体基板表面形成多层构造体的工序；在多层构造体上形成由氧化硅构成的膜的工序；将由氧化硅构成的膜焊接在玻璃基板的表面，并将多层构造

体固定于玻璃基板的工序；和以多层构造体固定于玻璃基板的状态除去半导体基板的工序。

除去半导体基板的工序也可以是利用湿式蚀刻来除去半导体基板。

在形成多层构造体的工序之前，还可具有形成使上述湿式蚀刻停止的蚀刻停止层，将其配置半导体基板和多层构造体之间的工序；而在出去半导体基板除去的工序之后，还可具有利用湿式蚀刻除去蚀刻停止层的工序。

多层构造体，作为多个化合物半导体层，也可包含：第1导电型的第1分布式布拉格反射器（DBR）层、第1导电型的第1覆盖层、活性层、第2导电型的第2覆盖层及第2导电型的第2DBR层。形成多层构造体的工序也可包括在半导体基板的表面依次积层第2DBR层、第2覆盖层、活性层、第1覆盖层以及第1DBR层。

形成多层构造体的工序还可包括，在积层第1DBR层后，形成位于多层构造体的最上部的第1导电型的接触层。

在除去半导体基板的工序之后，还可具有：在多层构造体中形成，将部分地含有第1DBR层、第1覆盖层、活性层、第2覆盖层及第2DBR层的多层区域包围，使其绝缘或半绝缘的电流狭窄区域的工序；形成包含多层区域之发光部、以及部分地含有第1DBR层、第1覆盖层、活性层、第2覆盖层、及第2DBR层的焊垫电极配置部的工序；和在发光部上形成第1焊垫电极，电气连接其第1焊垫电极与多层区域并在焊垫电极配置部上形成第2焊垫电极，并电气连接其第2焊垫电极与接触层的工序。

形成发光部和焊垫电极配置部的工序还可包含，在发光部和焊垫电极配置部间形成开口。电气连接第2焊垫电极和接触层的工序是经由该开口而对第2焊垫电极和接触层进行电气连接。

本发明的方法还可以更具有在第2DBR层上形成覆盖多层区域的光反射膜的工序。

玻璃基板的背面，还可具有接收从多层构造体出射的光的透镜部。透镜部也可以较玻璃基板的最下面凹陷。

可通过以下的说明并结合附图了解本发明的上述以及其它目的和新颖的特征。其中，附图只不过是单纯的示例而已，并未对本发明的技术上的范围进行限定。

附图说明

图 1 是表示第 1 实施方式的半导体发光元件的概略平面图。

图 2 是沿图 1 中 II—II 线的概略截面图。

图 3 是表示第 1 实施方式的半导体发光元件的制造工序的概略截面图。

图 4 是表示第 1 实施方式的半导体发光元件的制造工序的概略截面图。

图 5 是表示第 1 实施方式的半导体发光元件的制造工序的概略截面图。

图 6 是表示第 1 实施方式的半导体发光元件的制造工序的概略截面图。

图 7 是表示第 1 实施方式的半导体发光元件的制造工序的概略截面图。

图 8 是表示第 1 实施方式的半导体发光元件的制造工序的概略截面图。

图 9 是表示第 1 实施方式的半导体发光元件的制造工序的概略截面图。

图 10 是表示第 1 实施方式的半导体发光元件的制造工序的概略截面图。

图 11 是表示第 2 实施方式的半导体发光元件之概略截面图。

图 12 是表示第 2 实施方式的半导体发光元件的制造工序的概略截面图。

图 13 是表示第 2 实施方式的半导体发光元件的制造工序的概略截面图。

图 14 是表示第 2 实施方式的半导体发光元件的制造工序的概略截面图。

图 15 是表示本实施方式的半导体发光元件阵列的概略截面图。

图 16 是表示本实施方式的半导体发光元件阵列的概略截面图。

图 17 是表示本实施方式的半导体发光元件阵列的概略平面图。

图 18 是表示本实施方式的半导体发光元件阵列的概略平面图。

图 19 是表示本实施方式的光互连系统的构成的概略图。

具体实施方式

针对本发明实施方式的半导体发光元件，现参照图面进行说明。且对于相同要素或具有相同功能的要素，使用相同符号并省略重复的说明。

第 1 实施方式

图 1 是表示第 1 实施方式的半导体发光元件的概略平面图。图 2 是沿着图 1 中 II—II 线的概略截面图。

半导体发光元件 LE1 具有多层构造体 LS 和玻璃基板 1。该半导体发光元件 LE1 是从玻璃基板 1 侧发生光的背面出射型的垂直空腔表面发射激光器 (VCSEL: Vertical Cavity Surface Emitting Laser)。半导体发光元件 LE1 是例如波长带 $0.85\mu\text{m}$ 的近距离光通信用发光元件。

多层构造体 LS 是包含依次积层的 p 型 (第 1 导电型) 的接触层 3、p 型的第 1 分布式布拉格反射器 (Distributed Bragg Reflector: DBR) 层 4、p 型的第 1 覆盖层 5、活性层 6、n 型 (第 2 导电型) 的第 2 覆盖层 7、和 n 型的第 2DBR 层 8。多层构造体 LS 利用施加电压而生成光，再将该光从最下面的光出射面 62 出射。光出射面 62 通过膜 10 固定有玻璃基板 1。玻璃基板 1 的厚度为 0.3mm 左右，相对于在多层构造体 LS 生成的光呈光学透明。膜 10 形成在多层构造体 LS 的第 1DBR 层 4 (接触层 3) 侧。膜 10 由氧化硅 (SiO_2) 构成，其厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 左右。接触层 3 位于膜 10 和第 1DBR 层 4 之间。

多层构造体 LS 具有发光部 11 和焊垫电极配置部 31。发光部 11 及焊垫电极配置部 31 相互分离配置在接触层 3 上。在发光部 11 与焊垫电极配置部 31 之间形成有开口 13。开口 13 的底到达接触层 3。

发光部 11 包含，p 型的第 1DBR 层 4a、p 型的第 1 覆盖层 5a、活性层 6a、n 型的第 2 覆盖层 7a、和 n 型的第 2DBR 层 8a，利用开口 13 从焊垫电极配置部 31 隔开。在发光部 11 上形成有绝缘或半绝缘的电

流狭窄区域 11a。电流狭窄区域 11a 配置成包围多层区域 12，该多层区域 12 包含第 1 覆盖层 5a、活性层 6a、第 2 覆盖层 7a、和第 2DBR 层 8a 的各个一部分。电流狭窄区域 11a 从发光部 11 的第 2DBR 层 8a 到达第 1DBR 层 4a 和第 1 覆盖层 5a 的界限附近为止。

发光部 11 的表面形成有绝缘膜 19。绝缘膜 19 由例如 SiN_x 构成，且厚度为 $0.2\mu\text{m}$ 左右。

在发光部 11 中，利用挟住活性层 6a 的第 1DBR 层 4a 和第 2DBR 层 8a 构成垂直共振器。另外，在发光部 11 中，利用电流狭窄区域 11a 使供给至活性层 6a 的电流狭窄，限制发光区域。即，在发光部 11 中，位于电流狭窄区域 11a 内侧的上述的多层区域 12，特别是由第 1DBR 层 4a 和第 2DBR 层 8a 挟住的第 1 覆盖层 5a、活性层 6a 和第 2 覆盖层 7a 的功能是作为发光区域 11b。

在发光部 11 的表面配置有 n 侧电极（阴极）15。该 n 侧电极 15 是通过形成在绝缘膜 19 的接触孔 19a 与第 2DBR 层 8a 中的包含于多层区域 12 中的部分进行电气连接。n 侧电极 15 由 AuGe / Ni / Au 的积层体构成，其厚度为 $1.0\mu\text{m}$ 左右。

在发光部 11 的上方，在绝缘膜 19 之上配置有 n 侧焊垫电极 23（第 1 焊垫电极）。n 侧焊垫电极 23 由 Ti / Pt / Au 的积层体构成，其厚度为 $2\mu\text{m}$ 左右。在 n 侧焊垫电极 23 上，如图 2 所示，设置有凸块电极 41。

n 侧电极 15 与 n 侧焊垫电极 23 利用配线电极 25 进行电气连接。由此，在第 2DBR 层 8a 中，位于电流狭窄区域 11a 内侧的部分，通过 n 侧电极 15 和配线电极 25 而电气连接于 n 侧焊垫电极 23 和凸块电极 41。即，利用 n 侧电极 15、n 侧焊垫电极 23、配线电极 25 和凸块电极 41 来实现阴极侧的电极的取出。

在发光部 11 的上方，配线电极 25 配置在 n 侧电极 15 及绝缘膜 19 之上。配线电极 25 由 Ti / Pt / Au 的积层体构成，其厚度为 $2\mu\text{m}$ 左右。配线电极 25 形成，使其一部分位于多层区域 12 和发光区域 11b 的上方，该部分具有光反射膜功能。此外，也可设置有别于配线电极 25 的光反射膜。

焊垫电极配置部 31 包含 p 型的第 1DBR 层 4b、p 型的第 1 覆盖层 5b、活性层 6b、n 型的第 2 覆盖层 7b、和 n 型的第 2DBR 层 8b，并利用开口 13 与发光部 11 隔开。图 1 所示，从光出射方向观察，焊垫电极配置部 31 形成为包围发光部 11。在焊垫电极配置部 31 的表面，与发光部 11 相同形成有绝缘膜 19。

在开口 13 配置有 p 侧电极 17。该 p 侧电极 17 通过形成于绝缘膜 19 的接触孔 19b 与接触层 3 电气连接。p 侧电极 17 由 Cr/Au 的积层体构成，其厚度为 $1.0\mu\text{m}$ 左右。

在焊垫电极配置部 31 的上方，在绝缘膜 19 之上配置有 p 侧焊垫电极 33（第 2 焊垫电极）。p 侧焊垫电极 33 由 Ti/Pt/Au 的积层体构成，其厚度为 $2\mu\text{m}$ 左右。p 侧焊垫电极 33 形成为与 p 侧电极 17 连接。在 p 侧焊垫电极 33 上，与 n 侧焊垫电极 23 相同设置有凸块电极 41。n 侧焊垫电极 23 和 p 侧焊垫电极 33 距离玻璃基板 1 的高度大致相同。

p 侧电极 17 与 p 侧焊垫电极 33 电气连接。由此，第 1DBR 层 4a 通过接触层 3 和 p 侧电极 17 与 p 侧焊垫电极 33 和凸块电极 41 电气连接。即，利用接触层 3、p 侧电极 17、p 侧焊垫电极 33 和凸块电极 41 来实现阳极侧的电极的取出。

接触层 3 为化合物半导体层，由例如载体浓度为 $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 左右的 GaAs 构成。接触层 3 的厚度为 $0.2\mu\text{m}$ 左右。此外，接触层 3 还具有缓冲层的功能。

第 1DBR 层 4（4a, 4b）为具有将组成不同的多个化合物半导体层交替积层的构造的镜层。在第 1 实施方式中，第 1DBR 层 4（4a, 4b）通过在未掺杂的 AlAs 层上，交替积层载体浓度为 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 左右的 AlGaAs（Al 组成 0.9）层和载体浓度为 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 左右的 AlGaAs（Al 组成 0.2）层各 20 层而构成。AlAs 层的厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 左右。各 AlGaAs（Al 组成 0.9）层的厚度为 $0.04\mu\text{m}$ 左右，各 AlGaAs（Al 组成 0.2）层的厚度为 $0.02\mu\text{m}$ 左右。

第 1 覆盖层 5（5a, 5b）为化合物半导体层，由例如载体浓度为 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 左右的 AlGaAs 构成。第 1 覆盖层 5（5a, 5b）的厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 左右。

活性层 6 (6a, 6b) 为具有交替积层不同的化合物半导体层的构造的多量子阱 (MQW: Multiple Quantum Well) 活性层。在本实施方式中, 活性层 6 (6a, 6b) 通过交替积层 AlGaAs 层和 GaAs 层各 3 层而构成。各 AlGaAs 层厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 左右, 各 GaAs 层的厚度为 $0.05\mu\text{m}$ 左右。

第 2 覆盖层 7 (7a, 7b) 为化合物半导体层, 由例如载体浓度为 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 左右的 AlGaAs 构成。第 2 覆盖层 7 (7a, 7b) 的厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 左右。

第 2DBR 层 8 (8a, 8b) 与第 1DBR 层 4 (4a, 4b) 相同, 为具有将组成不同的多个化合物半导体层交互积层的构造的镜层。在本实施方式中, 第 2DBR 层 8 (8a, 8b), 通过交替积层载体浓度为 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 左右的 AlGaAs (Al 组成 0.9) 层和载体浓度为 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 左右的 AlGaAs (Al 组成 0.2) 层各 30 层, 且在其上积层有未掺杂的 GaAs 层而构成。各 AlGaAs (Al 组成 0.9) 层的厚度为 $0.04\mu\text{m}$ 左右, 各 AlGaAs (Al 组成 0.2) 层的厚度为 $0.02\mu\text{m}$ 左右。GaAs 层具有缓冲层的作用, 其厚度为 $0.1\mu\text{m}$ 左右。

通过两个凸块电极 41, 向 n 侧焊垫电极 23 和 p 侧焊垫电极 33 间施加充分的电压, 在元件 LE1 中流通电流时, 在发光区域 11b 生成光。

以下, 参照图 3~图 10 对半导体发光元件 LE1 的制造方法进行说明。图 3~图 10 用于说明第 1 实施方式的半导体发光元件的制造方法, 表示半导体发光元件的纵截面。本制造方法中将依次执行以下的工序 (1) ~ (9)。

工序 (1)

首先, 准备半导体基板 51。半导体基板 51 由例如厚度为 $300 \sim 500\mu\text{m}$ 、载体浓度为 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 左右的 n 型 GaAs 构成。在半导体基板 51 的一方的主面 (表面) 74 上, 利用有机金属化学气相沉积 (MOCVD) 法或分子线成长 (MBE) 法等, 依次生长且积层蚀刻停止层 53、n 型的第 2DBR 层 8、n 型的第 2 覆盖层 7、活性层 6、p 型的第 1 覆盖层 5、p 型的第 1DBR 层 4、以及 p 型的接触层 3 (参照图 3)。

蚀刻停止层 53 由未掺杂的 AlGaAs (Al 组成 0.5) 构成, 其厚度为 $1.0\mu\text{m}$ 左右。蚀刻停止层 53 形成为位于半导体基板 51 与第 2DBR 层 8

之间。优选蚀刻停止层 53 的 Al 的组成比设定为 0.4。其原因是，此 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 难以被在蚀刻后述 GaAs 时所使用的蚀刻液蚀刻。

工序 (2)

接着，利用等离子化学气相沉积 (Plasma Chemical Vapor Deposition: PCVD) 法，在接触层 3 之上形成膜 10 (参照图 3)。

通过上述工序 (1) 及 (2)，在半导体基板 51 的表面 74 上形成多层构造体 LS、蚀刻停止层 53 和膜 10。

工序 (3)

其次，将形成有多层构造体 LS、蚀刻停止层 53 和膜 10 的半导体基板 51 与玻璃基板 1 粘合 (参照图 4)。首先，准备玻璃基板 1，且将该玻璃基板 1 的一方的主面 (表面) 71 洗净。然后，将玻璃基板 1 和半导体基板 51 重合，并使玻璃基板 1 的洗净后的表面 71 与半导体基板 51 上的最上膜 10 接触。对重合的玻璃基板 1 和半导体基板 51 加压并加热，使两基板 1 和 51 相互熔接并贴合。

具体地说，优选，对重合的玻璃基板 1 和半导体基板 51 施加的压力约为 98kPa，加热温度为 500~700°C。由于半导体基板 51 上的最上膜 10 由氧化硅构成，因此利用在此种条件下进行加压及加热，使最上膜 10 熔接于玻璃基板 1 的表面 71，将多层构造体 LS 粘合在玻璃基板 1 上。

此外，在实施该贴合工序时，优选不只洗净玻璃基板 1 的表面 71，而且也洗净半导体基板 51 上的最上膜 10。因此，可以例如，在从形成最上膜 10 的 PCVD 装置中取出半导体基板 51 之后随即执行熔接作业等处理。

另外，所使用的玻璃基板优选具有与 GaAs 热膨胀系数接近的热膨胀系数。由此，在加热后冷却工序中，可大大降低因热膨胀系数的差而在半导体基板 51 和玻璃基板 1 间产生的应力，且可将由应力所导致的粘合强度降低及结晶缺陷抑制到最小限度。

工序 (4)

然后，除去半导体基板 51。在将玻璃基板 1 与半导体基板 51 贴合后，在玻璃基板 1 的相反侧，半导体基板 51 的另一方的主面 (背面)

73 露出。在此工序中，从半导体基板 51 的背面 73 侧进行蚀刻，除去半导体基板 51 和蚀刻停止层 53（参照图 5）。

具体地说，首先使用对蚀刻停止层 53 蚀刻速度慢的蚀刻液除去半导体基板 51。然后，使用对第 2DBR 层 8 中的 GaAs 层蚀刻速度慢的蚀刻液除去蚀刻停止层 53。由此，可获得在表面 71 上搭载有多层构造体 LS 的玻璃基板 1。

作为所使用的蚀刻液，优选氨水（ NH_4OH ）与过氧化氢水（ H_2O_2 ）的混合溶液（ NH_4OH 水： H_2O_2 水=1：5）、以及盐酸（ HCl ）为佳。首先，使贴合的玻璃基板 1 和半导体基板 51 浸于 NH_4OH 水和 H_2O_2 水的混合溶液。由此，对半导体基板 51 从背面侧进行蚀刻。当蚀刻进行，并除去半导体基板 51 后，在蚀刻液中露出蚀刻停止层 53。蚀刻停止层 53（ $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ ）由于对该蚀刻液的耐蚀性高，因此蚀刻速度变得非常慢。因此，在蚀刻停止层 53 露出时，蚀刻自动停止。如上所述，首先除去半导体基板 51。

然后，将残存有蚀刻停止层 53 和多层构造体 LS 等的玻璃基板 1 从 NH_4OH 水和 H_2O_2 水的混合溶液中取出，经水洗、干燥后，再浸于盐酸（ HCl ）液。为了加快蚀刻速度，优选预先加热 HCl 液至 50°C 左右。由于 GaAs 几乎不会被 HCl 蚀刻，所以此次仅对蚀刻停止层 53 进行蚀刻，且在第 2DBR 层 8 的 GaAs 层露出时，蚀刻自动的停止。如上所述，除去蚀刻停止层 53。此外，也可利用化学机械研磨（CMP）取代蚀刻，以除去半导体基板 51 和蚀刻停止层 53。

工序（5）

接着，在第 2DBR 层 8 上形成保护膜 55。对保护膜 55 形成图案，并在与电流狭窄区域 11a 对应的位置上具有开口 56。然后，将形成图案的保护膜 55 用作掩膜（mask），并利用离子注入装置将质子（ H^+ ）打入多层构造体 LS。将质子打入第 1DBR 层 4 与第 1 覆盖层 5 的界限附近。打入质子的区域半绝缘，其结果为形成电流狭窄区域 11a（参照图 6）。此外，也可以使用氧离子（ O^{2-} ）或铁离子（ Fe^{3+} ）代替质子。之后，再除去保护膜 55。

工序（6）

接着, 在第 2DBR 层 8 上形成保护膜 57。对保护膜 57 形成图案, 并在应形成开口 13 的位置上具有开口 58。然后, 将形成图案的保护膜 57 用作掩膜, 对多层构造体 LS 进行蚀刻 (本实施方式中为湿式蚀刻) 直到露出接触层 3 为止。由此, 形成开口 13, 使发光部 11 和焊垫电极配置部 31 相互电气分离 (参照图 7)。即, 使发光部 11 包含第 1DBR 层 4a、第 1 覆盖层 5a、活性层 6a、第 2 覆盖层 7a、和第 2DBR 层 8a, 使焊垫电极配置部 31 包含第 1DBR 层 4b、第 1 覆盖层 5b、活性层 6b、第 2 覆盖层 7b、和第 2DBR 层 8b。作为所使用的蚀刻液, 优选为过氧化氢水和盐酸 (HCl)。然后, 除去保护膜 57。

工序 (7)

接着, 利用 PCVD 法, 在第 2DBR 层 8 的表面形成由 SiN_x 构成的绝缘膜 19。然后, 在绝缘膜 19 上形成在与 p 侧电极 17 对应的位置上具有开口的保护膜 (未图示)。将该保护膜用作掩膜, 通过使用缓冲氟酸 (BHF) 去除绝缘膜 19 的一部分, 来形成接触孔 19b (参照图 8)。然后, 再去除将保护膜。

接着, 再次在绝缘膜 19 上形成在与开口 13 对应的位置上具有开口的保护膜 (未图示)。然后, 将该保护膜用作掩膜, 在因形成开口 13 而露出的接触层 3 上, 利用蒸镀和剥离法形成由 Cr / Au 构成的 p 侧电极 17 (参照图 8)。然后, 去除保护膜。

工序 (8)

接着, 形成在与 n 侧电极 15 对应的位置上具有开口的保护膜 (未图示)。接着, 将该保护膜用作掩膜, 利用 BHF 除去绝缘膜 19, 并在绝缘膜 19 上形成接触孔 19a (参照图 9)。然后, 再除去上述保护膜。

其次, 再次重新形成在应形成 n 侧电极 15 的位置上具有开口的保护膜, 将该保护膜用作掩膜, 利用蒸镀和剥离法, 在第 2DBR 层 8a 上形成由 AuGe / Ni / Au 构成的 n 侧电极 15 (参照图 9)。然后, 再去除保护膜。

工序 (9)

接着, 形成在与 n 侧焊垫电极 23、配线电极 25 及 p 侧焊垫电极 33 对应的位置上具有开口的保护膜 (未图示)。然后, 将该保护膜用作掩膜, 并利用剥离法形成由 Ti / Pt / Au 构成的 n 侧焊垫电极 23、配

线电极 25 及 p 侧焊垫电极 33（参照图 10）。此时，配线电极 25 形成覆盖发光区域 11b。n 侧焊垫电极 23 与配线电极 25 形成为一体。然后再去除保护膜。其后，在 H_2 氛围下进行烧结（sintering）。此外，虽然是将 n 侧焊垫电极 23 和配线电极 25 一体形成，但并不受限于此，也可分别单独形成。

利用上述工序（1）～（9），可完成图 1 及图 2 所示构造的半导体发光元件 LE1。

另外，凸块电极 41 利用电镀法、焊球搭载法或印刷法在 n 侧焊垫电极 23 及 p 侧焊垫电极 33 上形成焊料，利用回流焊得到。而且，凸块电极 41 并非受限于焊料，可以是金块、镍块、铜块，也可以是包含导电性填充物等金属的导电性树脂凸块。

如上所述，在本实施方式中，即使是在将接触层 3、第 1DBR 层 4、第 1 覆盖层 5、活性层 6、第 2 覆盖层 7、以及第 2DBR 层 8 薄膜化的情况下，由玻璃基板 1 保持多层构造体 LS（积层有接触层 3、第 1DBR 层 4、第 1 覆盖层 5、活性层 6、第 2 覆盖层 7、以及第 2DBR 层 8）的机械强度。而且，并不像以往的半导体发光元件需要形成有维持基板厚度的部分，因此，容易实现半导体发光元件 LE1 的小型化。

本实施方式中，由于多层构造体 LS 通过膜 10 固定在玻璃基板 1 上，因此可在不使用粘合剂的条件下，将玻璃基板 1 粘合于多层构造体 LS。构成膜 10 的氧化硅与玻璃基板 1 相同，相对由多层构造体 LS 生成的光呈光学透明。因此，从多层构造体 LS 出射的光会被粘合剂吸收，可到达玻璃基板 1。

多层构造体 LS 包含发光部 11 与焊垫电极配置部 31，与位于电流狭窄区域 11a 内侧的多层区域 12 进行电气连接的 n 侧焊垫电极 23 配置在发光部 11 上，与接触层 3 进行电气连接的 p 侧焊垫电极 33 配置在焊垫电极配置部 31 上。由此，将 n 侧焊垫电极 23 和 p 侧焊垫电极 33 配置在光出射面的相反侧，使得半导体发光元件 LE1 的安装容易。

p 侧焊垫电极 33，经过形成在发光部 11 与焊垫电极配置部 31 间的开口 13，与接触层 3 进行电气连接。由此，可简易且确实地执行在第 1 覆盖层 5 侧的电极取出。

配线电极 25 (光反射膜) 形成为覆盖发光区域 11b, 因而使由配线电极 25 所反射的光从玻璃基板 1 出射。由此, 可提高发光输出。

另外, 在本实施方式的制造方法中, 在搭载多层构造体 LS 的半导体基板 51 上粘合玻璃基板 1, 并使形成在多层构造体 LS 表面上的由氧化硅构成的膜 10 与玻璃基板 1 的主面的一方相接触, 然后, 再除去半导体基板 51。由此, 可容易地制造在多层构造体 LS 上通过膜 10 固定玻璃基板 1 的半导体发光元件 LE1。

由于在去除半导体基板 51 后会残留玻璃基板 1, 所以在其后的制造工序中, 由玻璃基板 1 保持多层构造体 LS 的机械强度。此外, 在粘合玻璃基板 1 前, 由半导体基板 51 保持多层构造体 LS 的机械强度。

本实施方式的制造方法, 具有: 在形成多层构造体 LS (积层有接触层 3、第 1DBR 层 4、第 1 覆盖层 5、活性层 6、第 2 覆盖层 7、以及第 2DBR 层 8) 之前, 形成蚀刻停止层 53, 并使其位于半导体基板 51 和多层构造体 LS 之间的工序; 以及在除去半导体基板 51 后, 利用湿式蚀刻除去蚀刻停止层 53 的工序。因此, 通过适宜地选择并使用可蚀刻半导体基板 51 但不能蚀刻该蚀刻停止层 53 的蚀刻液、和可蚀刻该蚀刻停止层 53 但不能蚀刻多层构造体 LS 的蚀刻液, 来除去半导体基板 51, 并在其后, 可仅除去蚀刻停止层 53。因此, 可残留多层构造体 LS 并确实且容易地除去半导体基板 51。

第 2 实施方式

图 11 是表示第 2 实施方式的半导体发光元件的构成的概略截面图。第 2 实施方式的半导体发光元件 LE2, 与第 1 实施方式的半导体发光元件 LE1 不同在于, 玻璃基板 1 形成有透镜部 72a。

半导体发光元件 LE2 具有多层构造体 LS 和玻璃基板 1。该半导体发光元件 LE1 为, 使光从玻璃基板 1 侧出射的背面出射型的 VCSEL。半导体发光元件 LE1 为例如波长带 $0.85\mu\text{m}$ 的近距离光通信用发光元件。

在玻璃基板 1 的背面 72 形成有接收从多层构造体 LS 出射的光的透镜部 72a。背面 72 中的其它的部分 72b 高于透镜部 72a。即, 该透镜部 72a 较背面 72 中的最高的部分 72b 凹陷。

下面，参照图 12~图 14 对半导体发光元件 LE2 的制造方法进行说明。图 12~图 14 是用于说明该制造方法的附图，表示半导体发光元件的截面。

在本制造方法中，依次执行以下的工序（1）~（9）。工序（1）和（2）与第 1 实施方式中的工序（1）和（2）相同，故省略其说明。

工序（3）

接着，在形成有多层构造体 LS、蚀刻停止层 53 和膜 10 的半导体基板 51 上粘合玻璃基板 1（参照图 12）。粘合方法与第 1 实施方式中的工序（3）同样。具体地说，准备在背面 72 形成有透镜部 72a 的玻璃基板 1，并将玻璃基板 1 的表面 71 洗净。然后，使玻璃基板 1 与半导体基板 51 重合，并使玻璃基板 1 的洗净的表面 71 与半导体基板 51 上的最上膜 10 接触。对重合的玻璃基板 1 和半导体基板 51 加压加热，使两基板 1 和 51 相互熔接并贴合。具体的粘合方法与第 1 实施方式中的工序（3）相同。

工序（4）

其次，除去半导体基板 51 和蚀刻停止层 53（参照图 13）。除去方法与第 1 实施方式中的工序（4）相同。

工序（5）

接着，在第 2DBR 层 8 上形成保护膜 55，对保护膜 55 形成图案，并在应形成电流狭窄区域 11a 的位置设置开口 56（参照图 14）。此时，对玻璃基板 1 的表面 71 添加标记，通过使用两面曝光机，以添加的标记为基准，可容易地对应形成透镜部 72a 和电流狭窄区域 11a 的位置进行定位。此外，可将透镜部 72a 的外形用作标记，来取代添加的标记。

之后，将形成图案的保护膜 55 用作掩膜，利用离子注入装置将质子（ H^+ ）打入多层构造体 LS。将质子打入第 1DBR 层 4 和第 1 覆盖层 5 的界线附近，使打入有质子的区域半绝缘。由此形成电流狭窄区域 11a（参照图 14）。然后，再除去保护膜 55。

工序（6）~（9）与第 1 实施方式中的工序（6）~（9）相同，在此省略其说明。利用上述工序（1）~（9），完成图 11 所示的构造的半导体发光元件 LE2。

如上所述,本实施方式中与第1实施方式相同,由玻璃基板1保持多层构造体LS(积层有接触层3、第1DBR层4、第1覆盖层5、活性层6、第2覆盖层7、以及第2DBR层8)的机械强度,同时可容易地使半导体发光元件LE2小型化。

而且,本实施方式中在玻璃基板1上设置有透镜部72a。由此,可改善出射光的指向性,形成平行光。

透镜部72a形成为较玻璃基板1的背面72中的最高部分72b凹陷。因此,可容易地将形成有透镜部72a的玻璃基板1粘合于多层构造体LS。另外,因为要在粘合前加工透镜部72a,所以在加工方法上所受的制限少,使透镜形状等透镜设计上的自由度提高。

此外,也可以在搭载有多层构造体LS、蚀刻停止层53和膜10的半导体基板51上粘合玻璃基板1之后,再形成透镜部72a。然而,在考虑到透镜设计的自由度时,优选将预先形成有透镜部72a的玻璃基板1粘合到半导体基板51上。

下面,参照图15~图18对本实施方式的变形例进行。该等变形例为并列设置有多个发光部11的半导体发光元件阵列LE3~LE6。该发光元件阵列LE3~LE6为所谓的背面出射型。

在发光元件阵列LE3~LE6中,如图15~图18分别所示,将多个发光部11作1维或2维的配列。在发光元件阵列LE3及LE4中,将与某发光区域11b对应的发光部11、和与邻接的另一发光区域11b对应的焊垫电极配置部31一体化,且形成一个台状构造。此外,在半导体发光元件阵列LE3~LE6中,将p侧焊垫电极33彼此相互电气连接。

在发光元件阵列LE3~LE6中,与上述第1和第2实施方式相同,由玻璃基板1保持多层构造体LS(积层有接触层3、第1DBR层4、第1覆盖层5、活性层6、第2覆盖层7、及第2DBR层8)的机械强度。另外,由于可使发光部11间的间距狭小,因此容易实现发光元件阵列LE3~LE6的小型化。

下面,参照图19来说明使用有上述半导体发光元件(或半导体发光元件阵列)的光互连系统。图19是表示光互连系统的构成的概略图。

光互连系统101是在多个模块(例如,CPU、集成电路芯片、存储器)M1和M2间传送光信号的系统,包含有半导体发光元件LE1、

驱动电路 103、光波导基板 105、半导体受光元件 107、及放大电路 109 等。半导体受光元件 107 可使用背面入射型的受光元件。模块 M1 经由凸块电极与驱动电路 103 电气连接。驱动电路 103 经由凸块电极 41 与半导体发光元件 LE1 电气连接。半导体受光元件 107 经由凸块电极与放大电路 109 电气连接。放大电路 109 经由凸块电极与模块 M2 电气连接。

从模块 M1 输出的电气信号被送至驱动电路 103，并利用半导体发光元件 LE1 变换成光信号。源自半导体发光元件 LE1 的光信号系通过光波导基板 105 上的光波导 105a 入射至半导体受光元件 107。光信号利用半导体受光元件 107 变换为电气信号送至放大电路 109，被放大。将放大后电气信号送至模块 M2。由此，使从模块 M1 输出的电气信号传送到模块 M2。

此外，也可以使用半导体发光元件 LE2 或半导体发光元件阵列 LE3~LE6 取代半导体发光元件 LE1。在使用半导体发光元件阵列 LE3~LE6 情况下，驱动电路 103、光波导基板 105、半导体受光元件 107 以及放大电路 109 也配置为阵列。

本发明不受上述实施方式的限定，可在不脱离本发明要旨的范围内作多种变形。例如，接触层 3、第 1DBR 层 4 (4a, 4b)、第 1 覆盖层 5 (5a, 5b)、活性层 6 (6a, 6b)、第 2 覆盖层 7 (7a, 7b)、以及第 2DBR 层 8 (8a, 8b) 等的厚度、材料等并不受上述的限定。且，多层构造体 LS 的构成并不受上述实施方式的限定，只要是包含积层有多个化合物半导体层即可。

另外，在本实施方式中，虽然使 p 侧焊垫电极 33 经由形成在发光部 11 和焊垫电极配置部 31 之间的开口 13，并与接触层 3 电气连接，但是取而代之，也可形成不同于开口 13 的其它开口，并经由其它的开口将 p 侧焊垫电极 33 和接触层 3 进行电气连接。

由上述的发明可知，可利用各种方法对本发明的实施方式进行变形。而这样的变形并不能视为脱离本发明的范围，本技术领域从业人员可知，上述的所有变形均包含于本发明的权利要求范围内。

产业上可利用性

本发明提供一种具有足够机械强度，且可小型化的半导体发光元件及其制造方法。

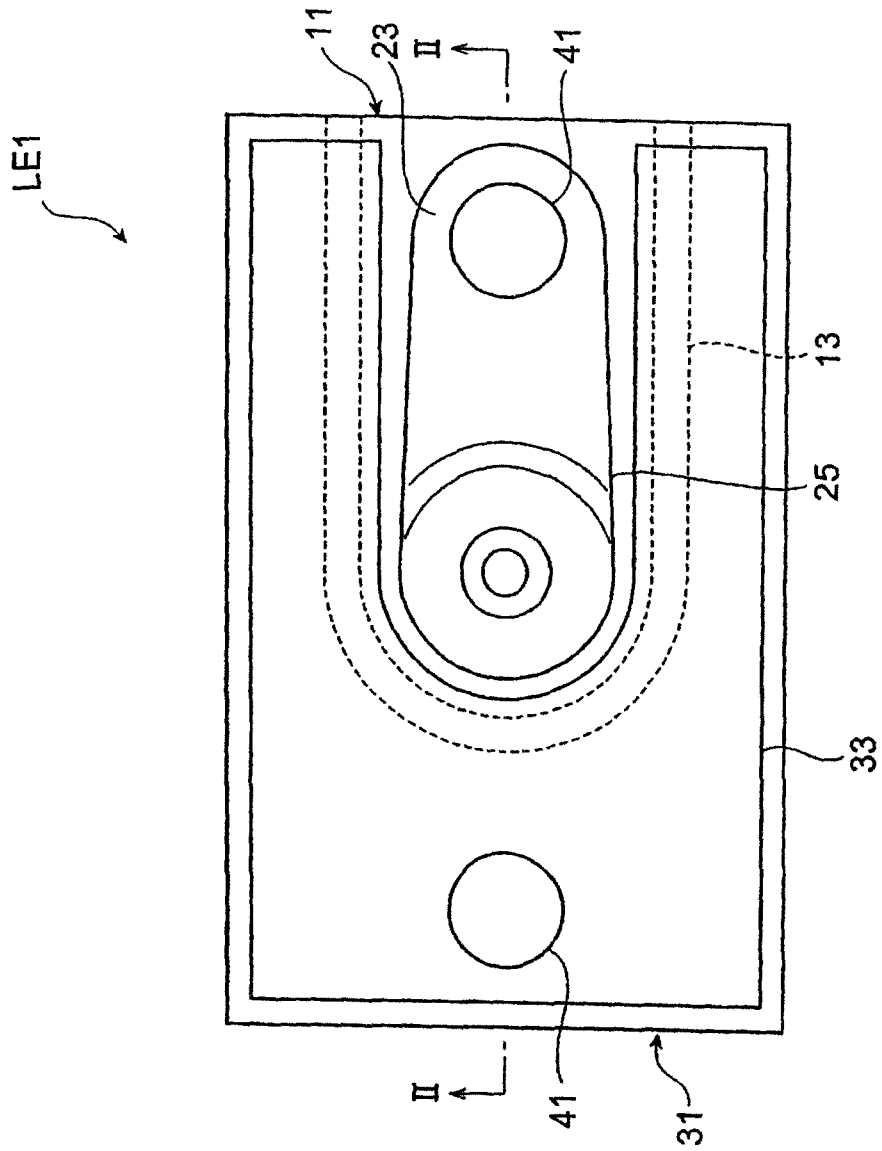


图1

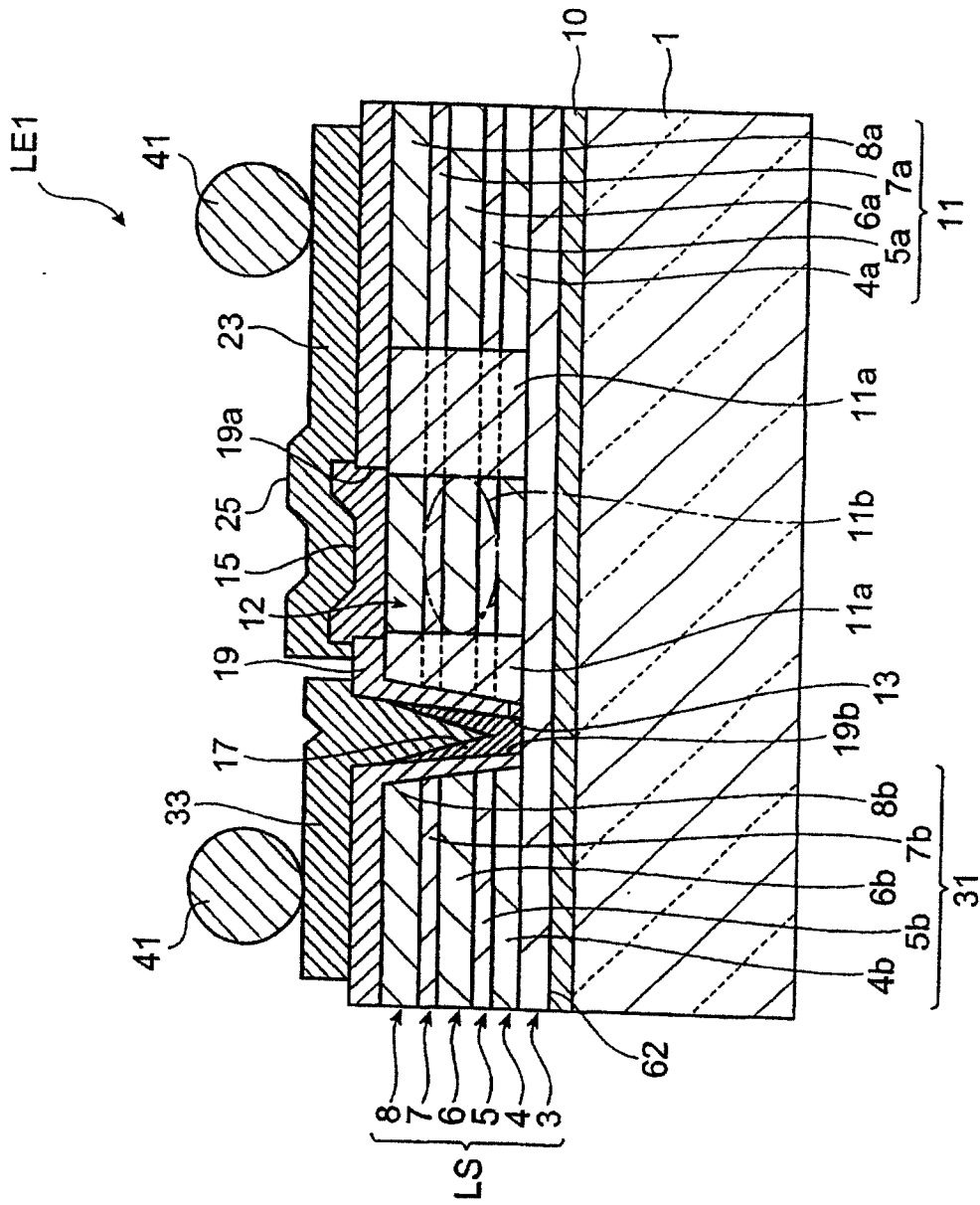


图2

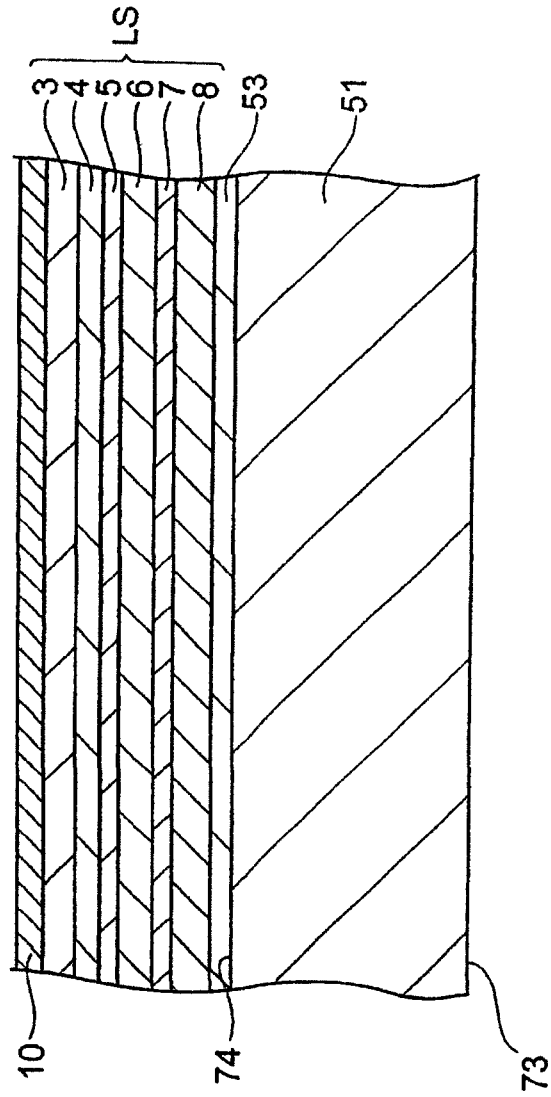


图 3

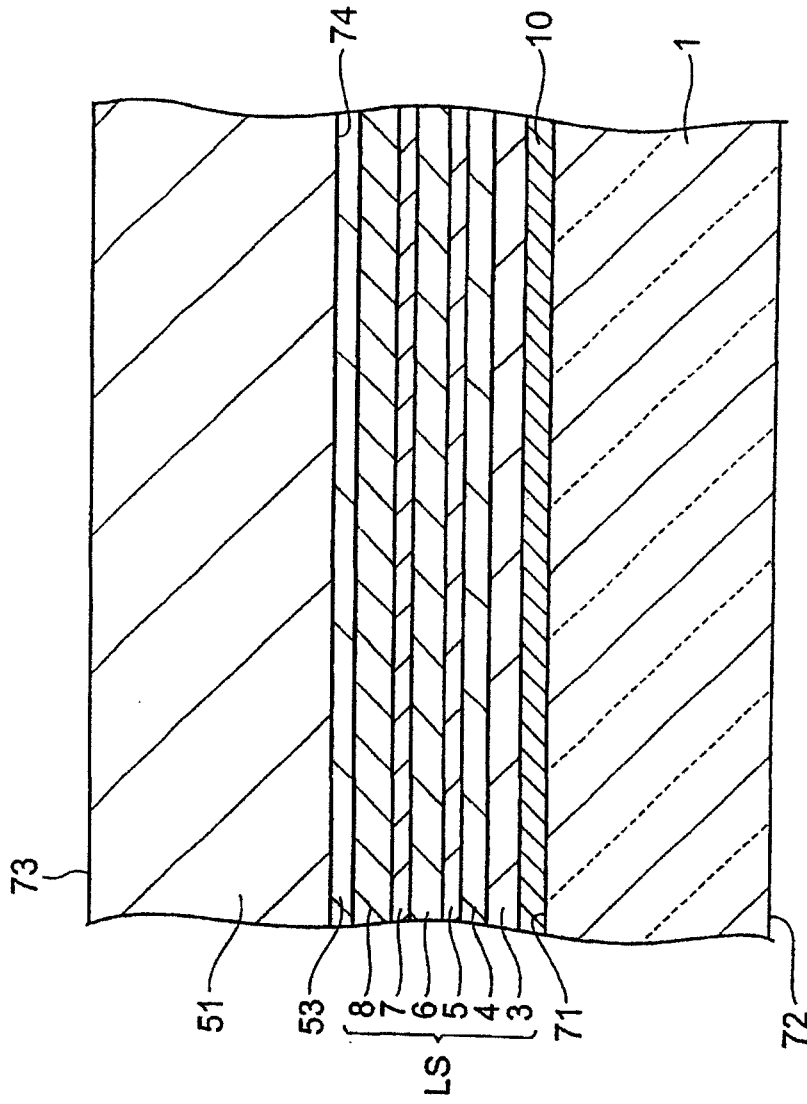


图4

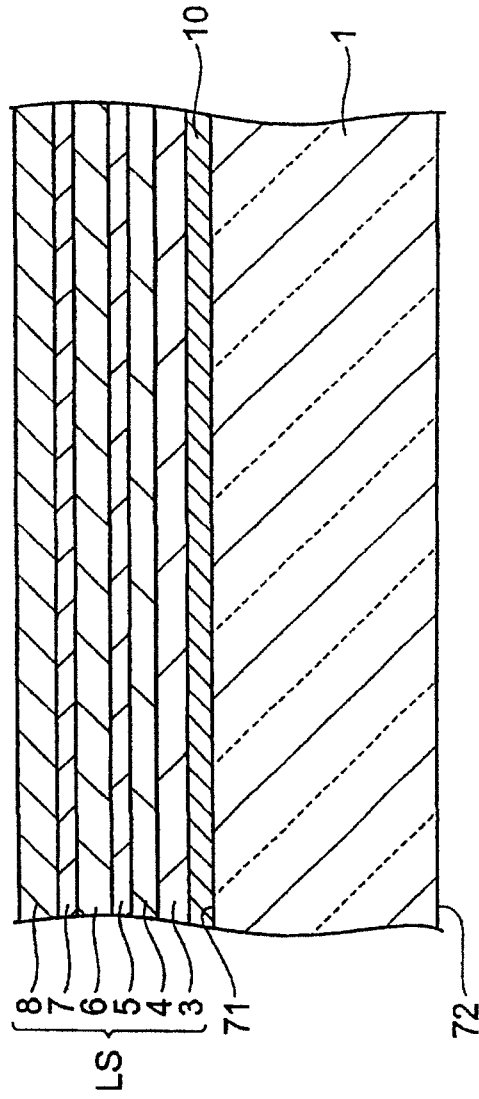


图5

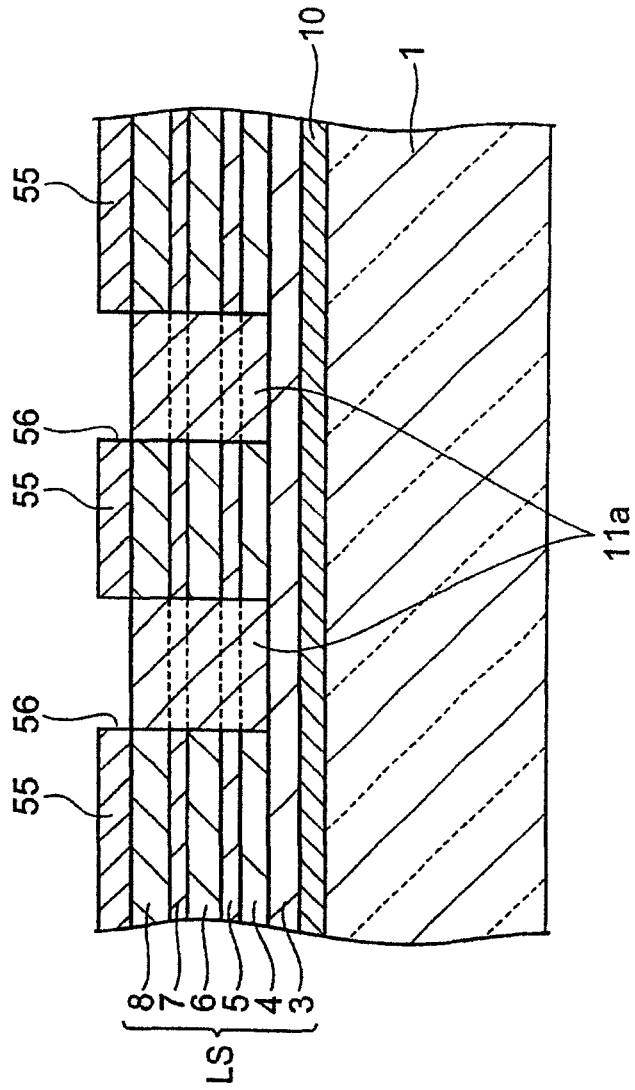


图6

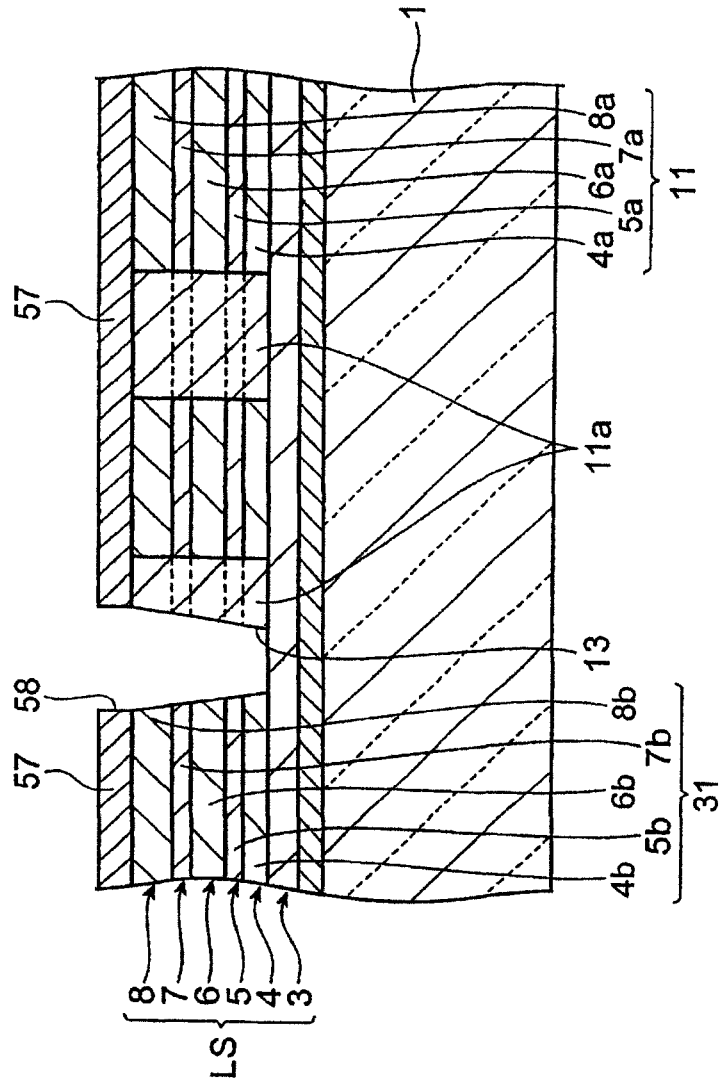


图7

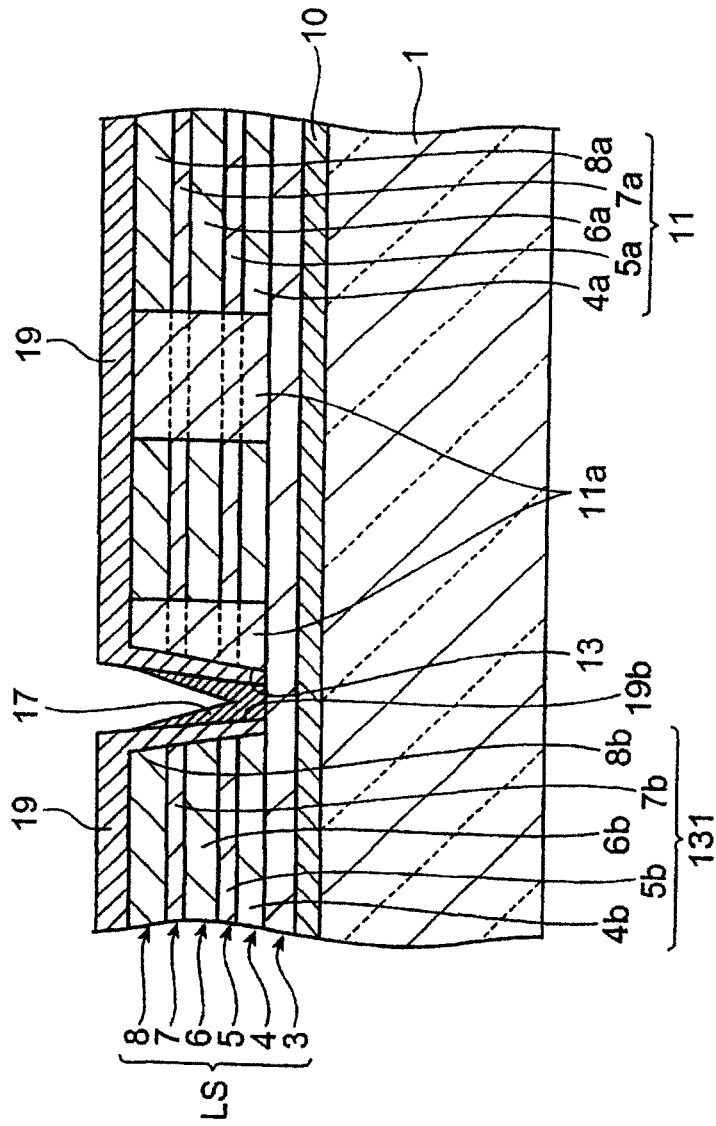


图 8

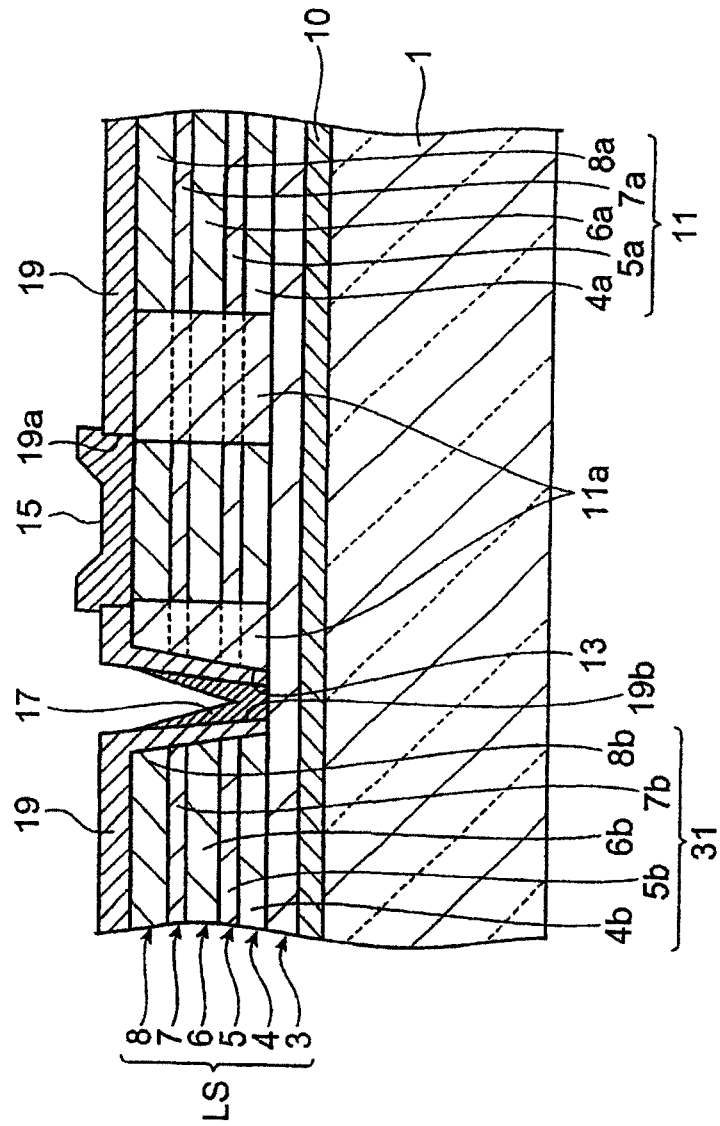


图9

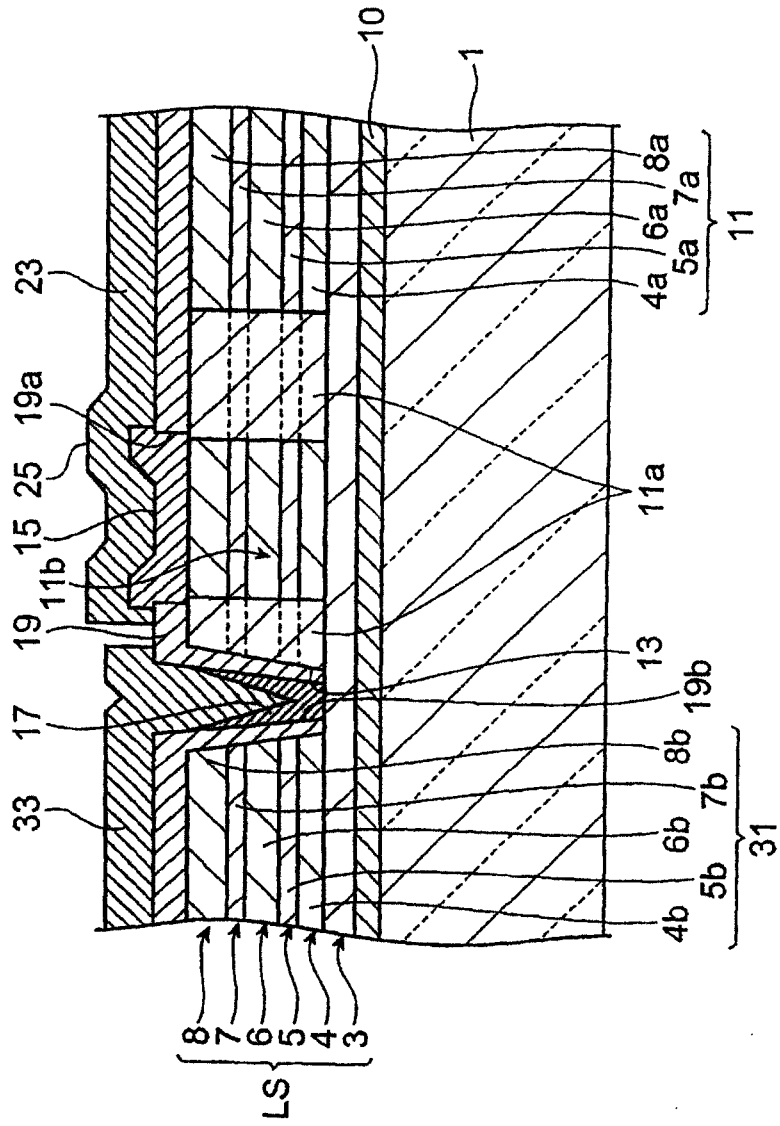


图10

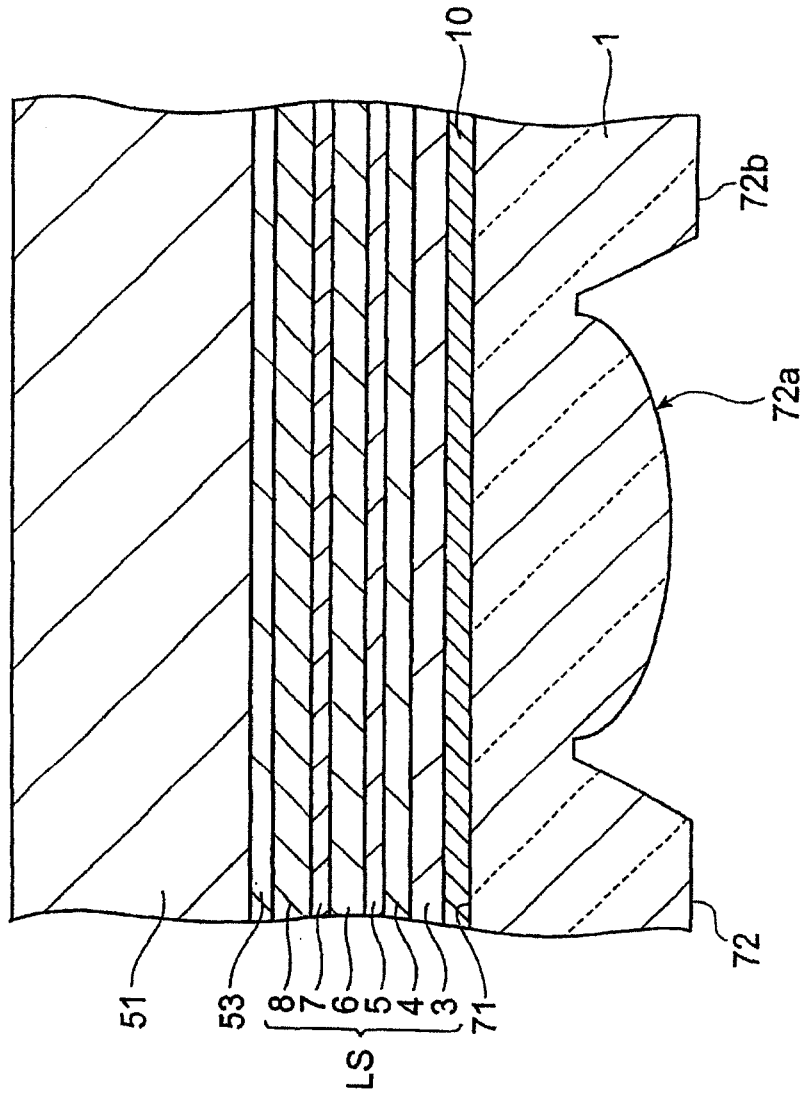


图12

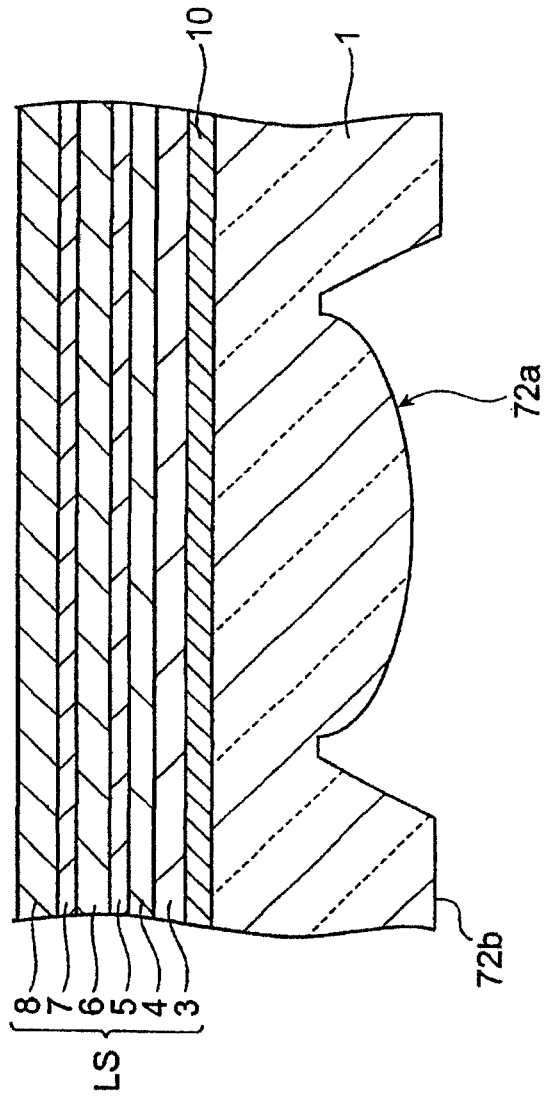


图13

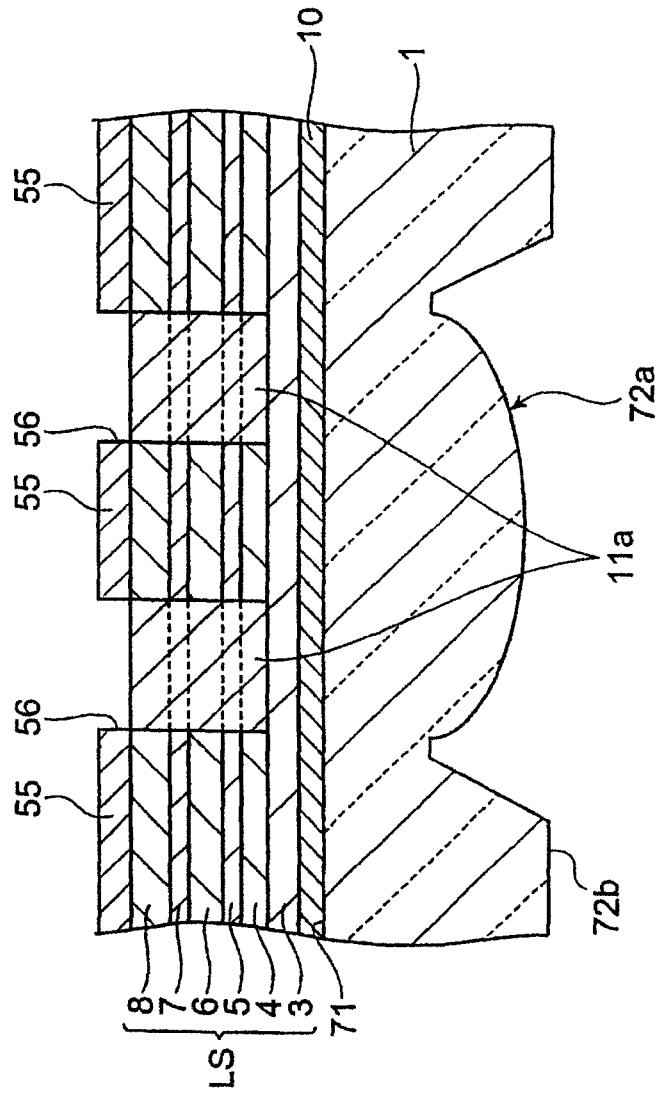


图14

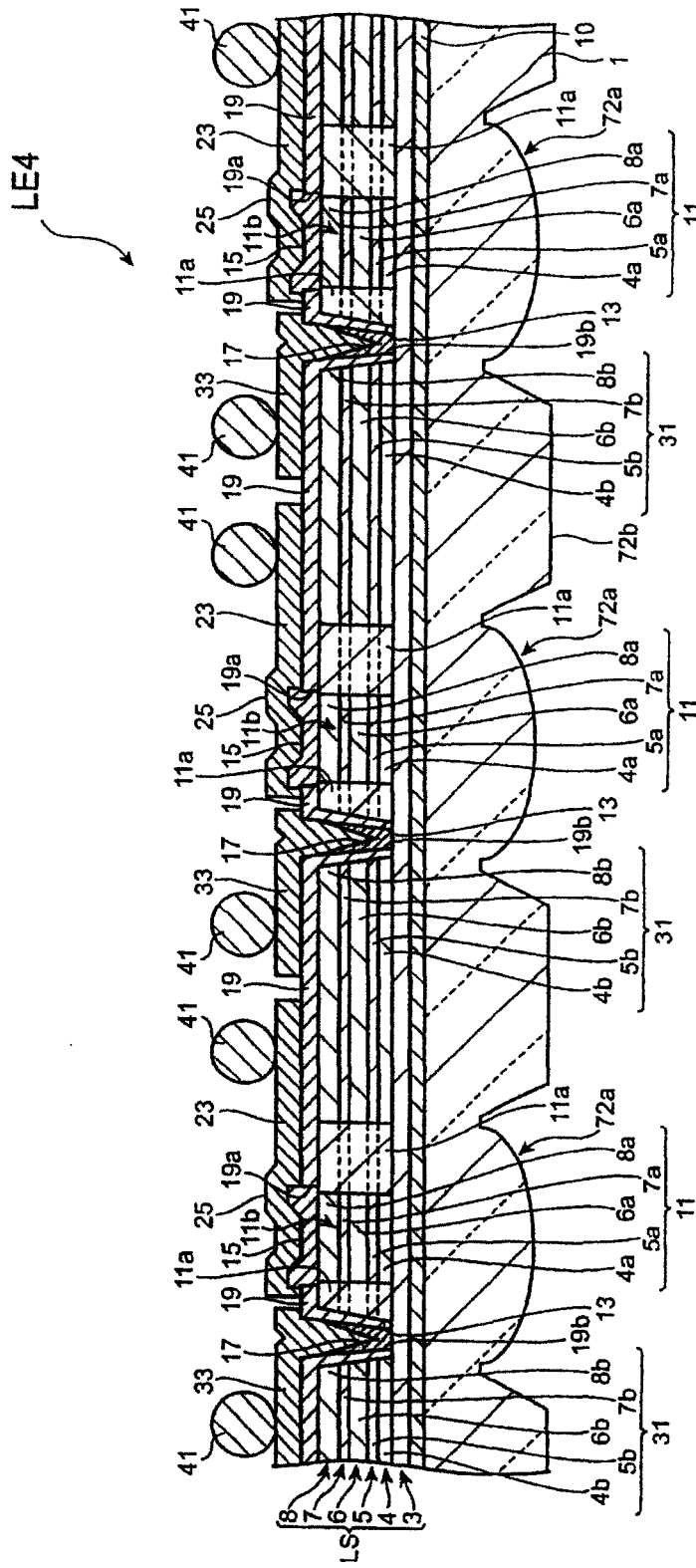


图16

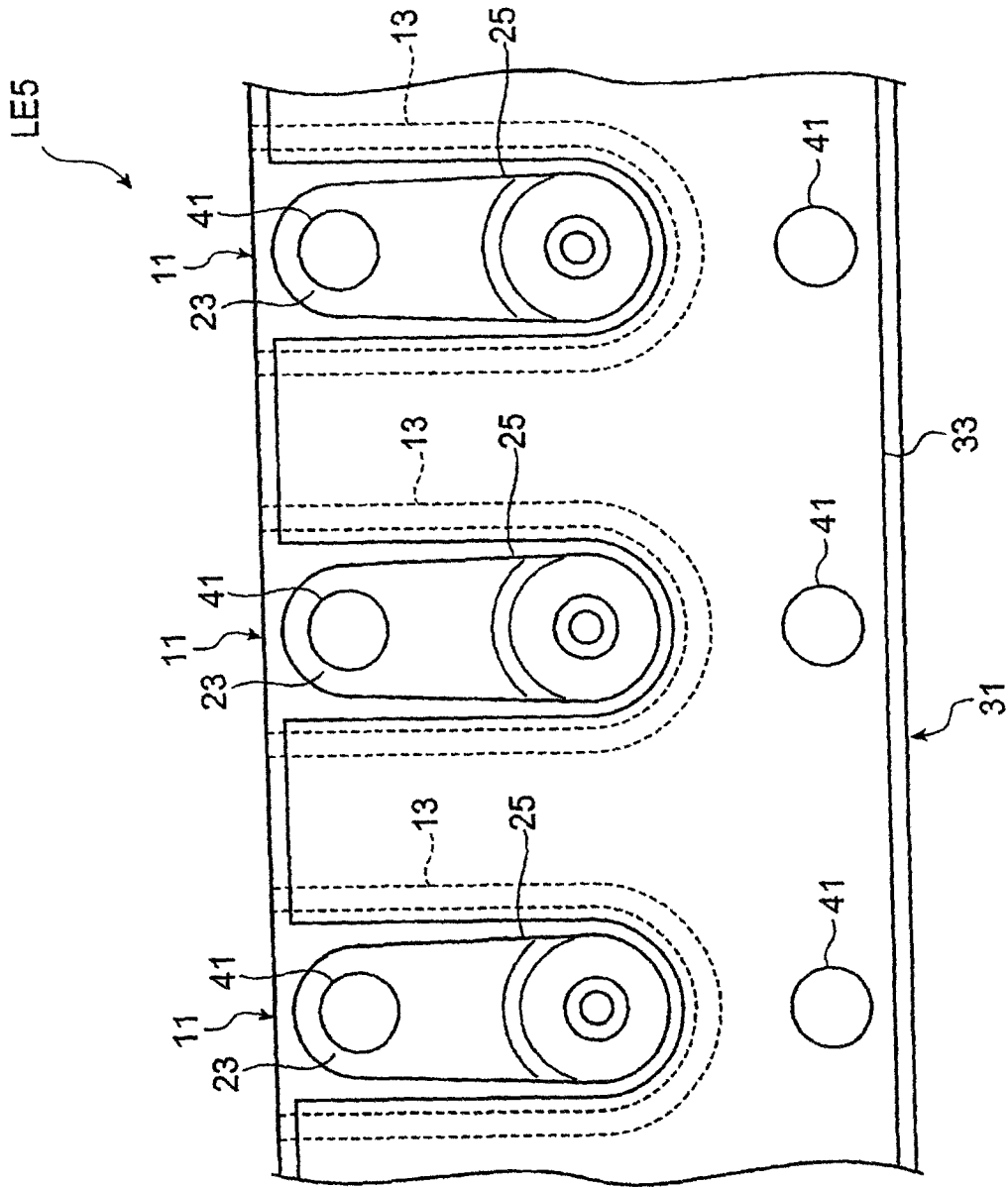


图17

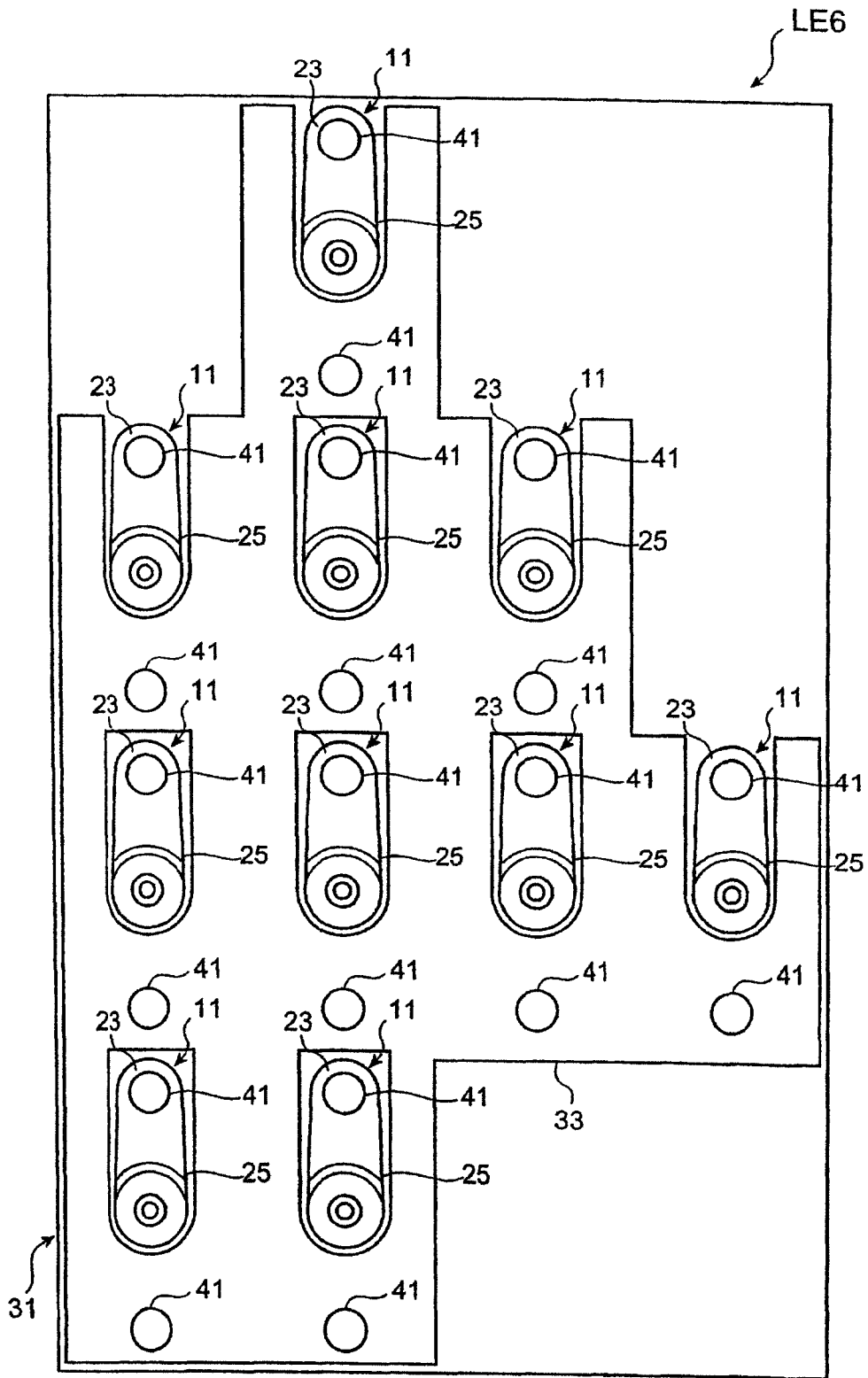


图18

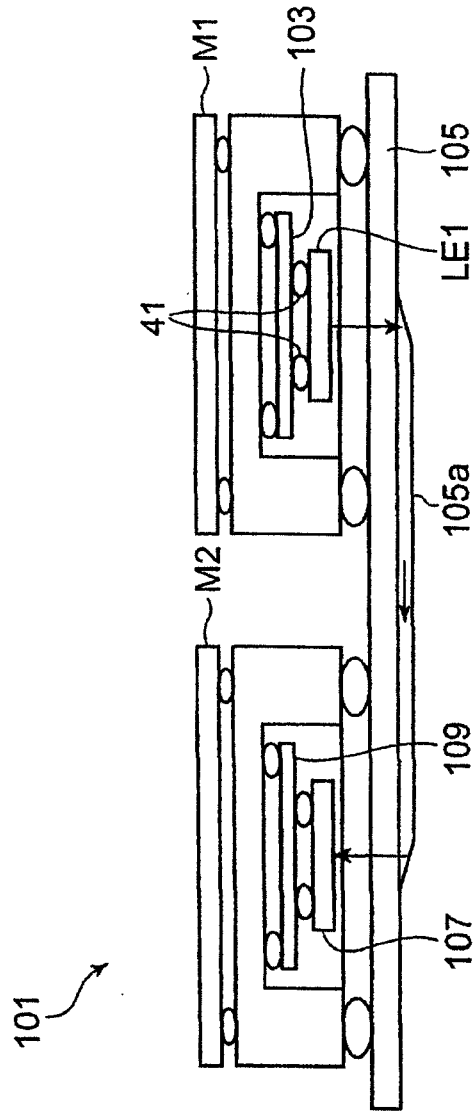


图19