



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102118165 B

(45) 授权公告日 2013. 11. 27

(21) 申请号 201010572981. 9

US 2004/0084395 A1, 2004. 05. 06, 全文 .

(22) 申请日 2010. 11. 30

CN 101223485 A, 2008. 07. 16, 全文 .

CN 201266923 Y, 2009. 07. 01, 全文 .

(30) 优先权数据

2009-273157 2009. 12. 01 JP

审查员 孙艳兵

(73) 专利权人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 牧义之 西田哲朗

(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.

H03L 7/26 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2005/0184815 A1, 2005. 08. 25, 说明书第 22-30 段, 附图 1-2.

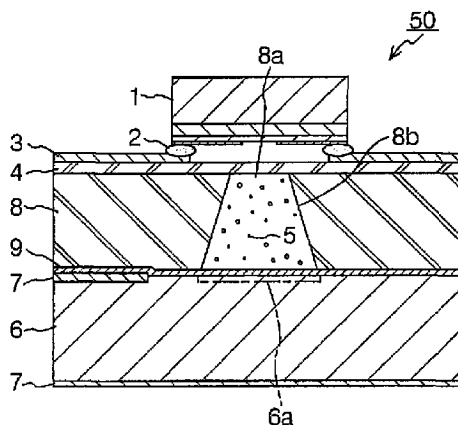
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

原子振荡器及制造方法

(57) 摘要

本发明提供原子振荡器, 其能够缩短制造工序而降低单元成本。该原子振荡器 (50) 构成为具有: 受光元件 (PD) (6), 其形成在半导体基板上, 具有受光部; 气室层 (8), 其层叠在受光元件 (6) 上, 且在该受光部的上部形成了具有开口部 (8a) 的空腔 (8b); 封入在空腔 (8b) 中的气体状的碱金属原子 (5); 将开口部 (8a) 封闭的玻璃盖 (透明部件) (4); 发光元件 (VCSEL) (1), 其隔着玻璃盖 (4) 向碱金属原子 (5) 射出共振光。在受光元件 (PD) (6) 上具有电极 (7), 在玻璃盖 (4) 上形成有发光元件 (1) 用的电极 (3)。而且, 经由发光元件 (1) 的凸块 (2) 将发光元件 (1) 与发光元件 (1) 用的电极 (3) 连接。



1. 一种原子振荡器,其特征在于,该原子振荡器具有:  
受光元件,其具有受光部;  
气室层,其层叠在所述受光元件上,且在该受光部的上部形成了具有开口部的空腔;  
气体状的碱金属原子,其被封入在所述空腔中;  
透明部件,其叠置在所述气室层上,将所述开口部封闭;以及  
发光元件,其位于所述透明部件的上方,隔着所述透明部件和所述碱金属原子向所述受光部射出共振光,

在所述开口部的上方,所述发光元件利用凸块连接到所述透明部件上。

2. 一种原子振荡器,其特征在于,该原子振荡器具有:  
发光元件,其具有射出共振光的发光部;  
气室层,其层叠在所述发光元件上,且在该发光部的上部形成了具有开口部的空腔;  
气体状的碱金属原子,其被封入在所述空腔中;  
透明部件,其叠置在所述气室层上,将所述开口部封闭;以及  
受光元件,其位于所述透明部件的上方,隔着所述碱金属原子和所述透明部件接收所述共振光,

在所述开口部的上方,所述受光元件利用凸块连接到所述透明部件上。

3. 一种原子振荡器,其特征在于,该原子振荡器具有:  
受光元件,其具有受光部;  
透明部件,其被接合在所述受光元件上,且在该受光部的上部形成了空腔;  
气体状的碱金属原子,其被封入在所述空腔中;以及  
发光元件,其位于所述透明部件的上方,隔着所述透明部件向所述碱金属原子射出共振光,

所述发光元件利用凸块连接到所述透明部件上。

4. 一种原子振荡器的制造方法,其特征在于,该原子振荡器的制造方法包括以下工序:

第1工序,在半导体基板上形成具有受光部的受光元件;

第2工序,在所述受光元件上层叠氧化膜;

第3工序,在所述氧化膜上层叠气室层;

第4工序,在所述受光部的上部的所述气室层中,以具有开口部的方式形成空腔;

第5工序,在所述空腔中封入气体状的碱金属原子;

第6工序,利用透明部件来封闭所述开口部;以及

第7工序,在所述开口部的上方,利用凸块将向所述碱金属原子射出共振光的发光元件连接到所述透明部件上。

5. 一种原子振荡器的制造方法,其特征在于,该原子振荡器的制造方法包括以下工序:

第1工序,在半导体基板上形成具有受光部的受光元件;

第2工序,在所述受光元件上层叠氧化膜;

第3工序,在所述氧化膜上层叠碱金属原子;

第4工序,形成在所述受光部的上部具有空腔的透明部件;

第 5 工序,将所述透明部件与所述受光元件接合;以及  
第 6 工序,利用凸块将向所述碱金属原子射出共振光的发光元件连接到所述透明部件上。

6. 一种原子振荡器的制造方法,其特征在于,该原子振荡器的制造方法包括以下工序:

第 1 工序,在半导体基板上形成具有发光部的发光元件;

第 2 工序,在所述发光元件上层叠氧化膜;

第 3 工序,在所述氧化膜上层叠气室层;

第 4 工序,在所述发光部的上部的所述气室层中,以具有开口部的方式形成空腔;

第 5 工序,在所述空腔中封入气体状的碱金属原子;

第 6 工序,利用透明部件来封闭所述开口部;以及

第 7 工序,在所述开口部的上方,利用凸块将受光元件连接到所述透明部件上。

## 原子振荡器及制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及原子振荡器及制造方法,更具体而言,涉及发光元件、气室以及受光元件形成为纵向层叠结构的原子振荡器及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,随着通信网和广播网等数字网络化的发展,对于用于生成传送装置的时钟信号或广播电台的基准频率的时钟源等而言,高精度、高稳定性的振荡器是必不可缺的。作为这种振荡器,大多使用振荡频率的精度、稳定性高的铷原子振荡器。此外,近年来,对原子振荡器的小型化的要求变高,迫切要实现包括气室在内的整体的小型化。与此同时,为了降低单元成本,要求实现降低制造成本的制造方法。

[0003] 在专利文献 1 中,公开了如下的原子振荡器的结构,即:从光源射出的光经棱镜折射而透射过气室,然后进一步经棱镜折射而被受光元件所接收。

[0004] 【专利文献 1】US6900702B2

[0005] 在现有的原子振荡器中,作为提高生产效率的一个手段,采用了一体地形成多个气室、之后将它们切分为单体的制造方法,但是,其构成为,发光元件、气室以及受光元件是在基板上横向排列的,并且在各部件之间间隔开间隔而进行配置,而且还需要用于使光发生折射的多个反射镜,由于采用了以上结构,因此,作为整体单元,很难说是实现了小型化。

[0006] 此外,专利文献 1 所公开的现有技术使用了棱镜等高价部件,因此存在单元成本变高的问题。

### 发明内容

[0007] 本发明正是鉴于上述课题而完成的,其目的在于提供这样一种原子振荡器:该原子振荡器在半导体基板上至少形成受光元件或发光元件、和气室,并在其上层叠其他部件,由此能够实现小型化和成本的降低。

[0008] 本发明正是为了解决上述课题中的至少一部分而完成的,可作为以下方式或应用例来实现。

[0009] [应用例 1] 一种原子振荡器,其特征在于,该原子振荡器具有:受光元件,其具有受光部;气室层,其层叠在所述受光元件上,且在该受光部的上部形成了具有开口部的空腔;气体状的碱金属原子,其被封入在所述空腔中;透明部件,其将所述开口部封闭;以及发光元件,其隔着所述透明部件和所述碱金属原子向所述受光部射出共振光。

[0010] 在本发明中,首先在半导体基板上形成受光元件。接着,进一步在受光元件上层叠气室层,通过蚀刻而在与受光元件相对的面上形成具有开口部的空腔。通过将该气室层置于碱金属原子环境内来使空腔中充满碱金属原子。在该状态下用透明部件将开口部封闭,并利用凸块来连接发光元件。由此,能够容易地构成单片原子振荡器。

[0011] [应用例 2] 一种原子振荡器,其特征在于,该原子振荡器具有:发光元件,其具有射出共振光的发光部;气室层,其层叠在所述发光元件上,且在该发光部的上部形成了具有

开口部的空腔；气体状的碱金属原子，其被封入在所述空腔中；透明部件，其将所述开口部封闭；以及受光元件，其隔着所述碱金属原子和所述透明部件接收所述共振光。

[0012] 在本发明中，采用了将应用例 1 的发光元件与受光元件的配置反过来的结构。即，在半导体基板上形成发光元件。接着，进一步在发光元件上层叠气室层，通过蚀刻而在与发光元件相对的面上形成具有开口部的空腔。该工序可用 1 次半导体加工工序来实现。通过将气室层置于碱金属原子环境内来使空腔中充满碱金属原子。在该状态下用透明部件将开口部封闭，并利用凸块来连接受光元件。由此，能够容易地构成单片原子振荡器。

[0013] [应用例 3] 一种原子振荡器，其特征在于，该原子振荡器具有：受光元件，其具有受光部；透明部件，其被接合在所述受光元件上，且在该受光部的上部形成了空腔；气体状的碱金属原子，其被封入在所述空腔中；以及发光元件，其隔着所述透明部件向所述碱金属原子射出共振光。

[0014] 在本发明中，省略了用透明部件封闭开口部的工序。即，在半导体基板上形成发光元件。接着，在碱金属原子环境内，将形成了空腔的透明部件与受光元件接合，由此使空腔中充满碱金属原子。接着，利用凸块来连接受光元件。由此，能够容易地构成单片原子振荡器。

[0015] [应用例 4] 一种制造方法，其特征在于，该原子振荡器的制造方法包括以下工序：第 1 工序，在半导体基板上形成具有受光部的受光元件；第 2 工序，在所述受光元件上层叠氧化膜；第 3 工序，在所述氧化膜上层叠气室层；第 4 工序，在所述受光部的上部的所述气室层中，以具有开口部的方式形成空腔；第 5 工序，在所述空腔中封入气体状的碱金属原子；第 6 工序，利用透明部件来封闭所述开口部；以及第 7 工序，将向所述碱金属原子射出共振光的发光元件连接到所述开口部上。

[0016] 起到与应用例 1 相同的作用效果。

[0017] [应用例 5] 一种制造方法，其特征在于，该原子振荡器的制造方法包括以下工序：第 1 工序，在半导体基板上形成具有受光部的受光元件；第 2 工序，在所述受光元件上层叠氧化膜；第 3 工序，在所述氧化膜上层叠碱金属原子；第 4 工序，形成在所述受光部的上部具有空腔的透明部件；第 5 工序，将所述透明部件与所述受光元件接合；以及第 6 工序，将向所述碱金属原子射出共振光的发光元件连接到所述透明部件上。

[0018] 起到与应用例 3 相同的作用效果。

## 附图说明

[0019] 图 1 是示出本发明第 1 实施方式的原子振荡器的结构的剖视图。

[0020] 图 2 是示出本发明第 2 实施方式的原子振荡器的结构的剖视图。

[0021] 图 3 是示出本发明第 3 实施方式的原子振荡器的结构的剖视图。

[0022] 图 4 是对图 1 的原子振荡器的制造工序进行说明的流程图。

[0023] 图 5 是对图 2 的原子振荡器的制造工序进行说明的流程图。

[0024] 图 6 是对图 3 的原子振荡器的制造工序进行说明的流程图。

[0025] 标号说明

[0026] 1：发光元件 (VCSEL)；1a：发光部；2：凸块；3：电极；4：玻璃盖 (coverglass)；5：碱金属气体 (Cs 气体)；6：受光元件 (PD)；6a：受光部；7：电极；8：气室层；9：氧化膜；10：

电极 ;50、51、52 :原子振荡器。

### 具体实施方式

[0027] 下面,使用图示的实施方式来详细说明本发明。不过,在没有特定记载的情况下,该实施方式所记载的结构要素、种类、组合、形状及其相对配置等均只是单纯的说明例,其主旨不是要将本发明的范围限定于此。

[0028] 图 1 是示出本发明第 1 实施方式的原子振荡器的结构的剖视图。该原子振荡器 50 构成为具有 :受光元件 (PD :Photodiode :光电二极管)6,其形成在半导体基板上,且具有受光部 6a ;气室层 8,其层叠在受光元件 6 上,且在受光部 6a 的上部形成了具有开口部 8a 的空腔 8b ;气体状的碱金属原子 5,其被封入在空腔 8b 中 ;玻璃盖 (透明部件)4,其将开口部 8a 封闭 ;以及发光元件 (VCSEL :Vertical Cavity Surface Emitting Laser (垂直腔面发光激光器))1,其隔着玻璃盖 4 向碱金属原子 5 射出共振光。此外,在受光元件 (PD)6 上具有电极 7,在玻璃盖 4 上形成有发光元件 1 用的电极 3。并且,发光元件 1 经由凸块 2 与电极 3 连接。

[0029] 即,在本发明中,首先在半导体基板上形成具有受光部 6a 的受光元件 6。接着,进一步在受光元件 6 上层叠气室层 8,通过蚀刻而在受光部 6a 的上部形成具有开口部 8a 的空腔 8b。通过将搭载了该气室层 8 的状态下的结构体置于碱金属原子的环境内,来使空腔 8b 中充满碱金属原子 5。在该状态下用玻璃盖 4 将开口部 8a 封闭,由玻璃盖 4 和气室层 8 构成具有凹部的盖。

[0030] 接着,利用凸块 2 将发光元件 1 连接到玻璃盖 4 的上表面的电极 3 上。

[0031] 此外,为了高效地形成多个原子振荡器,优选采用批处理工艺。

[0032] 即,准备以如下方式形成的结构体 :在形成有多个受光部 6a 的晶片 (wafer) 状态的半导体基板上叠置晶片状态的气室层 8 后,在期望的位置形成多个空腔 8b,之后,在将碱金属原子封入在空腔 8b 内的状态下,将晶片状态的玻璃盖 4 叠置并接合在晶片状态的气室层 8 上,以将开口部 8a 封闭。

[0033] 然后,在该结构体上搭载发光元件 1 之前、或搭载了发光元件 1 之后的阶段中,按照每个原子振荡器或按照搭载发光元件 1 之前的状态下的原子振荡器用的每个部分切断结构体并进行固化。由此,能够容易地构成单片原子振荡器。

[0034] 此外,也可以准备在搭载到半导体基板 6 上之前已形成了空腔 8b 的气室层 8。

[0035] 图 2 是示出本发明第 2 实施方式的原子振荡器的结构的剖视图。该原子振荡器 51 构成为具有 :受光元件 6 (PD),其形成在半导体基板上,且具有受光部 6a ;玻璃盖 (透明部件)4,其被接合在受光元件 6 上,且在该受光部 6a 的上部形成了空腔 4b ;气体状的碱金属原子 5,其被封入在空腔 4b 中 ;以及发光元件 (VCSEL)1,其隔着玻璃盖 4 向碱金属原子 5 射出共振光。此外,在受光元件 (PD)6 上具有电极 7,在玻璃盖 4 上形成有发光元件 1 用的电极 3。而且,发光元件 1 经由凸块 2 与电极 3 连接。这里,图 1 与图 2 的不同之处在于 :在图 1 中,是在半导体基板上搭载了气室层 8 之后,形成空腔 8b,并利用板状的玻璃盖 4 来将空腔 8b 内的碱金属原子 5 封闭在内,而在图 2 中,是预先分体地构成受光元件 6 和盖,进而在将碱金属原子 5 封入到空腔 4b 内的同时,将两者接合 (制造方法将在后面叙述)。

[0036] 即,在本实施方式中,可省略用玻璃盖封闭开口部的工序。即,在半导体基板上形

成具有受光部 6a 的受光元件 6。接着,准备在透明材料(例如玻璃)中形成了空腔 4b 的盖。之后,在碱金属原子的环境内,以将受光部 6a 收纳到空腔 4b 的开口内的方式,将盖与受光元件 6 重叠地接合,由此在空腔 4b 中充满碱金属原子 5。接着,利用凸块 2 来连接发光元件 1。由此,不用担心因蚀刻等化学处理对受光部 6a 造成损伤,能够容易地构成单片原子振荡器。

[0037] 此外,在图 1 所示的单片原子振荡器的情况下,也可以分体地准备受光元件 6 和盖,并在碱金属原子的环境内将两者接合。

[0038] 图 3 是示出本发明第 3 实施方式的原子振荡器的结构的剖视图。该原子振荡器 52 构成为具有:发光元件 (VCSEL) 1,其形成在半导体基板上,且具有发光部 1a;气室层 8,其层叠在发光元件 1 上,且在该发光部 1a 的上部形成了具有开口部 8a 的空腔 8b;气体状的碱金属原子 5,其被封入在空腔 8b 中;玻璃盖(透明部件)4,其将开口部 8a 封闭;以及受光元件 (PD) 6,其隔着玻璃盖 4 接收透射碱金属原子 5 后的共振光。此外,在发光元件 (VCSEL) 1 上具有电极 10,在玻璃盖 4 上形成有受光元件 6 用的电极 3。并且,受光元件 6 经由凸块 2 与电极 3 连接。这里,图 1 与图 3 的不同之处在于:在图 1 中,是在层叠在受光元件 6 上的气室层 8 中形成了空腔 8b,而在图 3 中,是在层叠在发光元件 1 上的气室层 8 中形成了空腔 8b。

[0039] 即,在本发明中,采用了将图 1 的发光元件 1 与受光元件 6 的配置反过来的结构。即,在半导体基板上形成具有发光部 1a 的发光元件 1。接着,进一步在发光元件 1 上层叠气室层 8,通过蚀刻而在发光部 1a 的上部形成具有开口部 8a 的空腔 8b。通过将气室层 8 置于碱金属原子的环境内,由此使空腔 8b 中充满碱金属原子 5。在该状态下用玻璃盖 4 将开口部 8a 封闭,并通过凸块 2 来连接受光元件 6。由此,能够容易地构成单片原子振荡器。

[0040] 图 4 是对图 1 的原子振荡器的制造工序进行说明的流程图。首先,在半导体基板上形成受光元件 6 (S1),然后形成电极引出用的金属膜(以下简称作电极 7) (S2)。接着,在受光元件 6 上层叠气室层 (S3)。然后,对气室层的一部分进行蚀刻而形成空腔 8b (S4)。此时,在空腔 8b 的一方设置开口部 8a。接着,在空腔 8b 中封入气体状的碱金属原子 5 (S5),利用玻璃盖 4 将开口部 8a 封闭并进行接合 (S6)。在该玻璃盖 4 上形成电极 3 (S7)。最后,在开口部 8a 上安装向碱金属原子 5 射出共振光的发光元件 1,将电极 3 与凸块 2 连接 (flip chip bonding:倒装键合) (S8)。

[0041] 图 5 是对图 2 的原子振荡器的制造工序进行说明的流程图。首先,在半导体基板上形成受光元件 6 (S11),然后形成电极 7 (S12)。接着,在受光元件 6 上层叠氧化膜 9 (S13)。然后,在图 2 的 A 部上层叠碱金属原子 (S14)。接着,从其上方接合在与受光元件 6 相对的位置处具有空腔 4b 的盖 (S15)。在该盖上形成电极 3 (S16)。最后,在盖上安装向碱金属原子 5 射出共振光的发光元件 1,将电极 3 与凸块 2 连接(倒装键合) (S17)。

[0042] 图 6 是对图 3 的原子振荡器的制造工序进行说明的流程图。首先,在半导体基板上形成发光元件 1 (S21),然后形成电极 10 (S22)。接着,在发光元件 1 上层叠气室层 8 (S23)。然后,对气室层 8 的一部分进行蚀刻而形成空腔 8b (S24)。接着,在空腔 8b 中封入气体状的碱金属原子 5 (S25),利用玻璃盖 4 将开口部 8a 封闭并进行接合 (S26)。在该玻璃盖 4 上形成电极 3 (S27)。最后,在开口部 8a 上安装接收共振光的受光元件 6,将电极 3 与凸块 2 连接(倒装键合) (S28)。

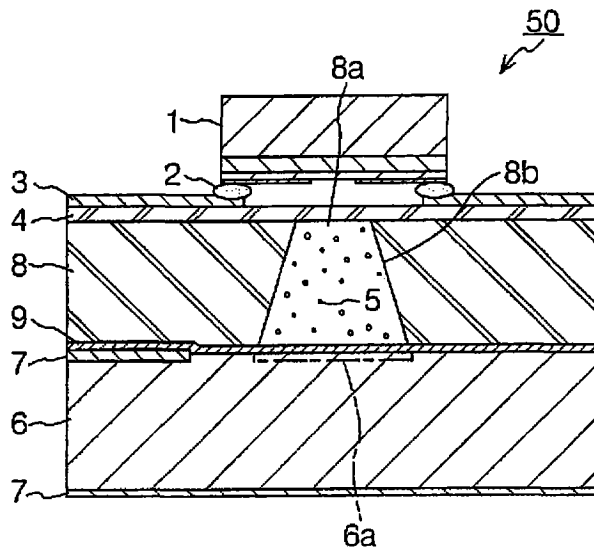


图 1

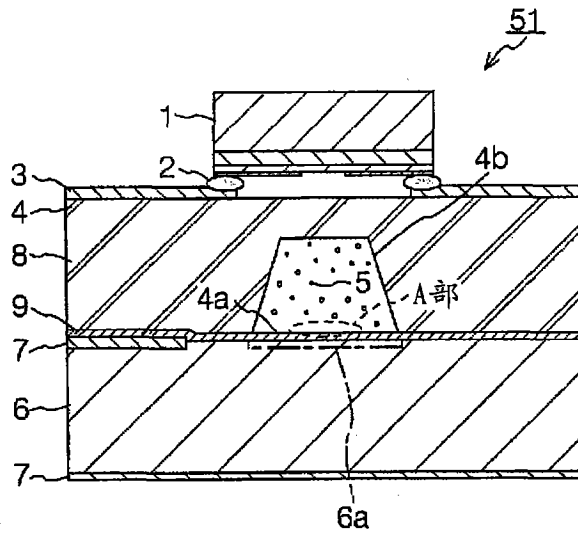


图 2

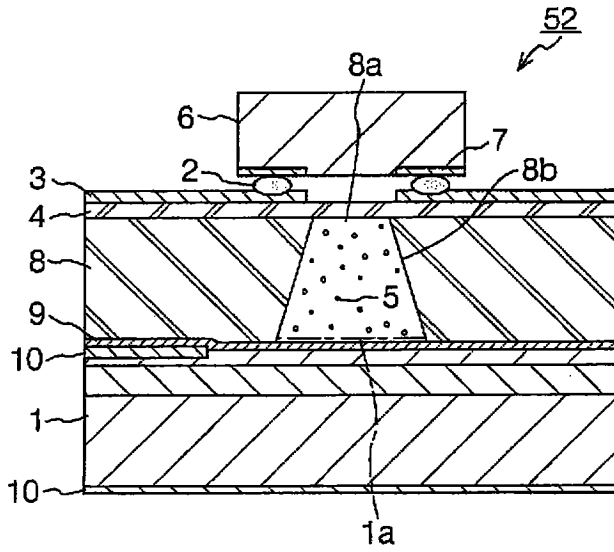


图 3

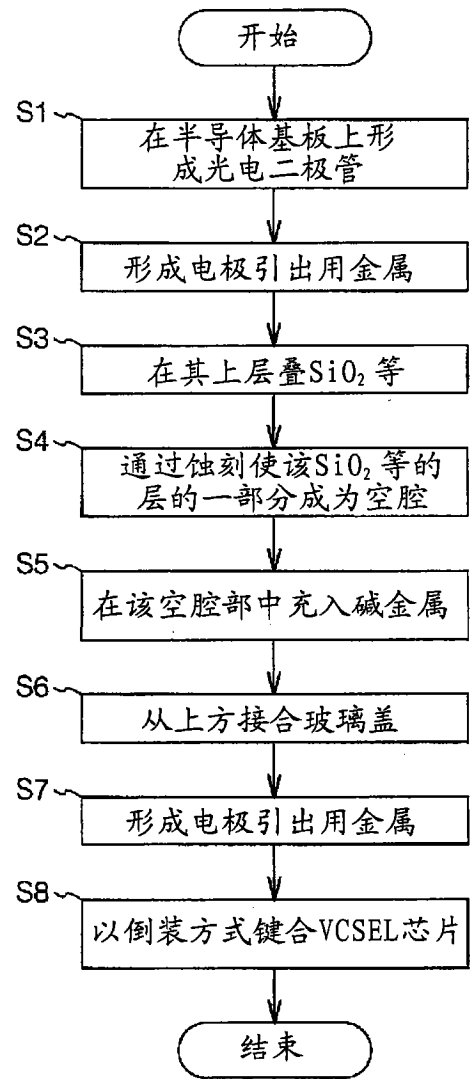


图 4

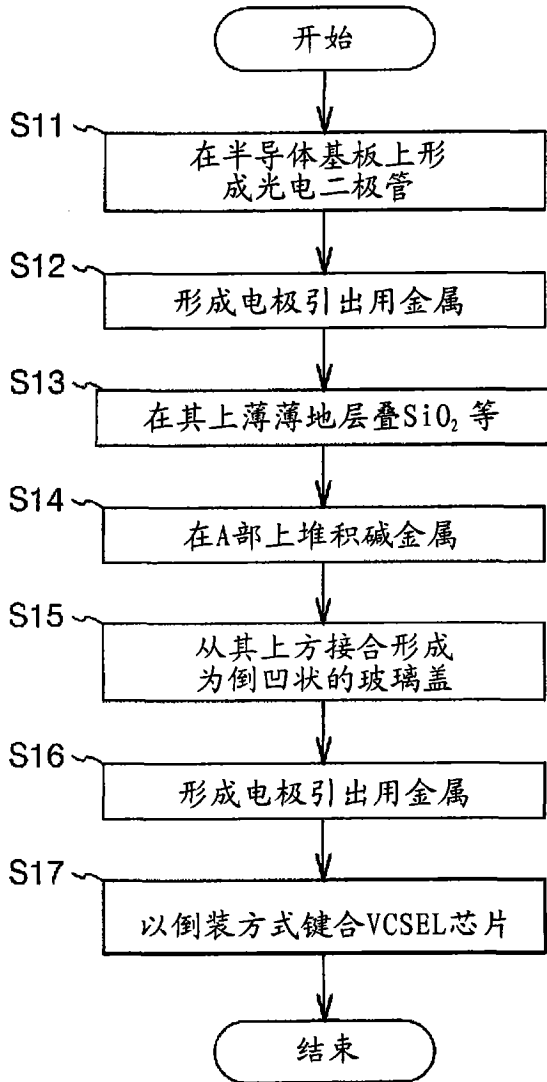


图 5

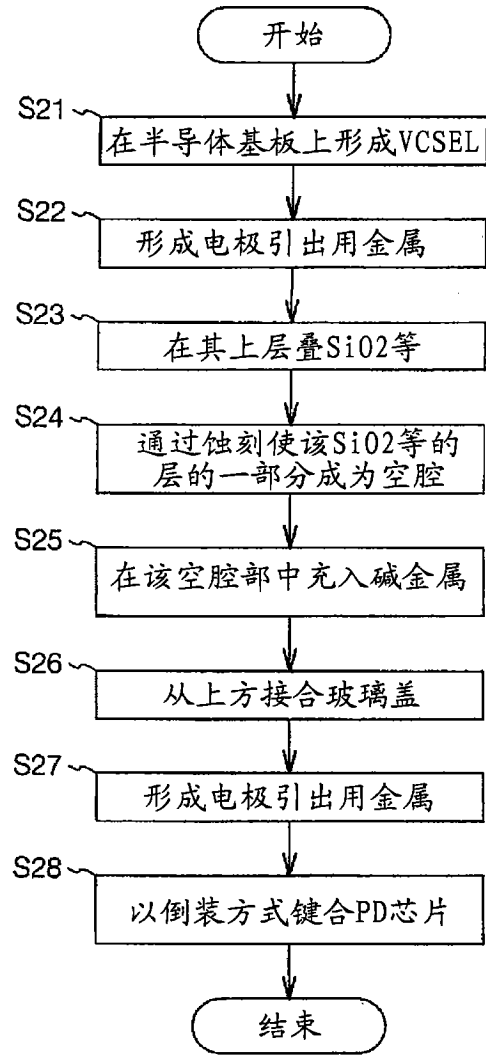


图 6