



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106154442 B

(45)授权公告日 2019.01.08

(21)申请号 201610835197.X

(22)申请日 2016.09.20

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106154442 A

(43)申请公布日 2016.11.23

(73)专利权人 青岛海信宽带多媒体技术有限公司

地址 266555 山东省青岛市经济技术开发区前湾港路218号

专利权人 华中科技大学

(72)发明人 李洵 林泽锟 张华

(74)专利代理机构 北京三高永信知识产权代理有限公司 11138

代理人 鞠永善

(51)Int.Cl.

G02B 6/42(2006.01)

(56)对比文件

WO 2016/011002A1 ,2016.01.21,说明书第9页至第32页、附图1-19.

CN 104319627A ,2015.01.28,说明书第3段至第34段、附图1-3.

审查员 王建良

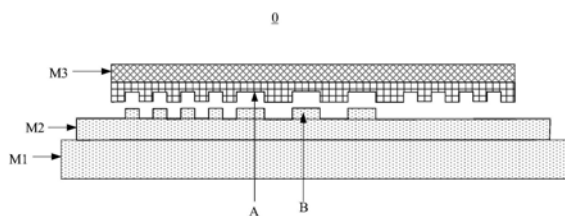
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54)发明名称

光模块及其制造方法

(57)摘要

本发明公开了一种光模块及其制造方法,属于光模块领域。光模块包括:衬底基板,以及设置在衬底基板上的光波导层、第一光栅、第二光栅和有源层,其中,有源层用于发出沿平行于有源层的长度方向传播的激光,第一光栅用于将激光的传播方向改变为垂直于第一光栅且朝向第二光栅的方向,第二光栅用于将射入第二光栅的激光的传播方向改变为平行于第二光栅的方向,且通过第二光栅的光能够射入光波导层。本发明解决了制造混合激光器的效率较低的问题,提高了光模块的制造效率,本发明用于光模块。



1. 一种光模块,其特征在于,所述光模块包括:衬底基板,以及设置在所述衬底基板上的光波导层、第一光栅、第二光栅和有源层,

其中,所述有源层用于发出沿平行于所述有源层的长度方向传播的激光,所述第一光栅用于将所述激光的传播方向改变为垂直于所述第一光栅且朝向所述第二光栅的方向,所述第二光栅用于将射入所述第二光栅的激光的传播方向改变为平行于所述第二光栅的方向,且通过所述第二光栅的光能够射入所述光波导层;

所述光模块还包括:设置在所述有源层远离所述第二光栅一侧的缓冲层,所述缓冲层远离所述有源层的表面设置有凸起,所述凸起的位置与所述第一光栅中预设二阶光栅的位置相对应。

2. 根据权利要求1所述的光模块,其特征在于,所述第一光栅和所述第二光栅均设置在所述光波导层和所述有源层之间,且所述第一光栅靠近所述有源层设置,所述第二光栅靠近所述光波导层设置。

3. 根据权利要求1或2所述的光模块,其特征在于,所述第一光栅包括:2个预设一阶光栅和1个预设二阶光栅,

所述2个预设一阶光栅分别位于所述预设二阶光栅的两侧。

4. 根据权利要求3所述的光模块,其特征在于,所述第二光栅包括辅助一阶光栅和辅助二阶光栅,

所述辅助一阶光栅的位置与所述2个预设一阶光栅中的任一预设一阶光栅的位置相对应,所述辅助二阶光栅的位置与所述预设二阶光栅的位置相对应。

5. 根据权利要求4所述的光模块,其特征在于,所述光模块还包括:设置在所述衬底基板与所述光波导层之间的氧化层,

所述氧化层包括:依次设置在所述衬底基板上的第一埋氧层、反射层和第二埋氧层。

6. 根据权利要求5所述的光模块,其特征在于,所述反射层为分布式布拉格反射镜DBR,所述DBR包括依次设置在所述第一埋氧层上的n个二氧化硅层和n个硅层,所述n为大于或等于1的整数。

7. 根据权利要求6所述的光模块,其特征在于,所述激光在所述第一光栅中的波长为预设波长,所述激光在所述DBR中的波长为辅助波长,

所述预设二阶光栅与每个所述预设一阶光栅的接缝相位为八分之三的所述预设波长,所述预设二阶光栅的中间相移为四分之一的所述预设波长;每个所述硅层以及所述二氧化硅层的厚度均为四分之一的所述辅助波长。

8. 一种光模块的制造方法,其特征在于,用于制造如权利要求1至7任一所述的光模块,所述方法包括:

在衬底基板上形成光波导层、第一光栅、第二光栅、缓冲层和有源层;

其中,所述有源层用于发出沿平行于所述有源层的长度方向传播的激光,所述第一光栅用于将所述激光的传播方向改变为垂直于所述第一光栅且朝向所述第二光栅的方向,射入所述第二光栅的激光能够在所述光波导层中传播,且所述第二光栅用于将射入所述第二光栅的激光的传播方向改变为平行于所述第二光栅的方向,且通过所述第二光栅的光能够射入所述光波导层;所述缓冲层设置在所述有源层远离所述第二光栅的一侧,且所述缓冲层远离所述有源层的表面设置有凸起,所述凸起的位置与所述第一光栅中预设二阶光栅的

位置相对应。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,

所述第一光栅和所述第二光栅设置在所述光波导层和所述有源层之间,且所述第一光栅靠近所述有源层设置,所述第二光栅靠近所述光波导层设置;

所述第一光栅包括2个预设一阶光栅和1个预设二阶光栅,所述第二光栅包括辅助一阶光栅和辅助二阶光栅,所述2个预设一阶光栅分别位于所述预设二阶光栅的两侧;所述辅助一阶光栅的位置与所述2个预设一阶光栅中的任一预设一阶光栅的位置相对应,所述辅助二阶光栅的位置与所述预设二阶光栅的位置相对应。

## 光模块及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光模块领域,特别涉及一种光模块及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 混合激光器是一种具有优良的性能的光模块(英文:optical module),广泛的应用在生产生活中,混合激光器通常包括叠加在一起的五族(简称:III-V族)芯片与绝缘体上硅(英文:silicon on insulator;简称:SOI)芯片。

[0003] 相关技术中,III-V族芯片包括依次叠加的电极结构、缓冲层和有源层,有源层能够在电极结构输入预设电流时发出激光,SOI芯片包括依次叠加的衬底基板、氧化层和硅波导。在采用III-V族芯片与SOI芯片制造混合激光器时,可以将III-V族芯片与SOI芯片是通过键合工艺叠加成为一体件,也即,通过键合工艺将III-V族芯片上的有源层与SOI芯片中的硅波导键合在一起,使得III-V族芯片中的有源层发出的激光能够通过倏逝波耦合的方式耦合至SOI芯片中的硅波导中,并沿硅波导向外传播。

### 发明内容

[0004] 为了解决制造混合激光器的效率较低的问题,本发明提供了一种光模块及其制造方法。所述技术方案如下:

[0005] 第一方面,提供了一种光模块,所述光模块包括:衬底基板,以及设置在所述衬底基板上的光波导层、第一光栅、第二光栅和有源层,

[0006] 其中,所述有源层用于发出沿平行于所述有源层的长度方向传播的激光,所述第一光栅用于将所述激光的传播方向改变为垂直于所述第一光栅且朝向所述第二光栅的方向,所述第二光栅用于将射入所述第二光栅的激光的传播方向改变为平行于所述第二光栅的方向,且通过所述第二光栅的光能够射入所述光波导层。

[0007] 第二方面,提供了一种光模块的制造方法,用于制造第一方面所述的光模块,所述方法包括:

[0008] 在衬底基板上形成光波导层、第一光栅、第二光栅和有源层;

[0009] 其中,所述有源层用于发出沿平行于所述有源层的长度方向传播的激光,所述第一光栅用于将所述激光的传播方向改变为垂直于所述第一光栅且朝向所述第二光栅的方向,射入所述第二光栅的激光能够在所述光波导层中传播,且所述第二光栅用于将射入所述第二光栅的激光的传播方向改变为平行于所述第二光栅的方向,且通过所述第二光栅的光能够射入所述光波导层。

[0010] 综上所述,本发明提供了一种光模块及其制造方法,由于衬底基板上形成有第一光栅和第二光栅,且有源层发出的激光的传播方向平行于有源层的长度方向,且通过第一光栅和第二光栅对激光传播方向的改变,最终能够将有源层发出的激光耦合至光波导层,进而使得有源层发出的激光能够从光波导层射出。也即,本发明实施例中的有源层与光波导层并不是采用倏逝波耦合的方式进行耦合,而是通过两个光栅对光的传播方向进行改

变,进而将有源层发出的激光耦合至光波导层,因此,在制造该光模块时,无需采用键合工艺,而是直接在衬底基板上形成光波导层、第一光栅、第二光栅和有源层即可,且整个制造光模块的流程较简单,减短了制造光模块的时间,因此,提高了制造光模块的效率。

### 附图说明

[0011] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0012] 图1-1为本发明实施例提供的一种光模块的侧视图;

[0013] 图1-2为本发明实施例提供的另一种光模块的侧视图;

[0014] 图2为本发明实施例提供的一种光模块的截面示意图;

[0015] 图3为本发明实施例提供的一种光模块的俯视图;

[0016] 图4为本发明实施例提供的一种第一光栅的结构示意图;

[0017] 图5为本发明实施例提供的一种50毫安输入电流下光模块的水平腔中引导场总场分布图;

[0018] 图6为本发明实施例提供的一种50毫安输入电流下光模块的垂直传播的辐射场的近场分布图;

[0019] 图7为本发明实施例提供的一种光模块的输出功率随输入电流的变化曲线示意图;

[0020] 图8-1为本发明实施例提供的一种光模块的制造方法的方法流程图;

[0021] 图8-2为本发明实施例提供的另一种光模块的制造方法的方法流程图;

[0022] 图9-1为本发明实施例提供的一种光模块的局部结构示意图;

[0023] 图9-2为本发明实施例提供的另一种光模块的局部结构示意图;

[0024] 图9-3为本发明实施例提供的又一种光模块的局部结构示意图。

### 具体实施方式

[0025] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

[0026] 图1-1为本发明实施例提供的一种光模块0的侧视图,如图1-2所示,该光模块0可以包括:衬底基板M1,以及设置在衬底基板M1上的光波导层M2、第一光栅A、第二光栅B和有源层M3,其中,有源层M3用于发出沿平行于有源层的长度方向传播的激光,第一光栅A用于将有源层发出的激光的传播方向改变为垂直于第一光栅A且朝向第二光栅B的方向,第二光栅B用于将射入第二光栅B的激光的传播方向改变为平行于第二光栅B的方向,且通过第二光栅B的光能够射入光波导层M2。

[0027] 综上所述,本发明实施例提供了一种光模块,由于衬底基板上形成有第一光栅和第二光栅,且有源层发出的激光的传播方向平行于有源层的长度方向,且通过第一光栅和第二光栅对激光传播方向的改变,最终能够将有源层发出的激光耦合至光波导层,进而使得有源层发出的激光能够从光波导层射出。也即,本发明实施例中的有源层与光波导层并

不是采用倏逝波耦合的方式进行耦合,而是通过两个光栅对光的传播方向进行改变,进而将有源层发出的激光耦合至光波导层,因此,在制造该光模块时,无需采用键合工艺,而是直接在衬底基板上形成光波导层、第一光栅、第二光栅和有源层即可,且整个制造光模块的流程较简单,减短了制造光模块的时间,因此,提高了制造光模块的效率。

[0028] 具体的,第一光栅A和第二光栅B均设置在光波导层M2和有源层M3之间,且第一光栅A靠近有源层M3设置,第二光栅B靠近光波导层M2设置。示例的,衬底基板M1上可以依次设置有光波导层M2、第二光栅B、第一光栅A和有源层M3。需要说明的是,在制造该光模块时,可以采用半导体制造工艺,在衬底基板M1上生长光波导层M2,并且在光波导层M2上形成第二光栅B,或者直接对光波导层M2远离衬底基板M1的表面进行刻蚀,得到第二光栅B。

[0029] 示例的,该光波导层03的材质可以为硅,也即该光波导层03可以为硅波导层。图1-2为本发明实施例提供的另一种光模块0的侧视图,如图1-2所示,该光模块0可以包括焊接层01,以及分别焊接在焊接层01两侧的III-V族芯片02和SOI芯片03。

[0030] 具体的,III-V族芯片02可以包括依次叠加的电极结构021、缓冲层022、有源层M3、第一光栅A和上包层023;SOI芯片03包括依次叠加的衬底基板M1、氧化层031、光波导层M2和第二光栅B;第二光栅B为SOI芯片03上靠近第一光栅A的膜层,焊接层01在第一光栅A上的正投影区域与第二光栅B在第一光栅A上的正投影区域不重叠;有源层M3用于在电极结构021上输入预设电流时发出激光。本发明实施例中,在将III-V族芯片与SOI芯片进行叠加时,无需采用键合工艺,而是直接将III-V族芯片与SOI芯片通过焊接层进行焊接即可。

[0031] 进一步的,III-V族芯片02可以采用倒装焊接的方式,通过焊接层01与SOI芯片03焊接。由于相关技术中的键合工艺较不成熟,在采用键合工艺将III-V族芯片与SOI芯片进行叠加时,常常会出现键合失效的情况,也即,键合工艺的可靠性较低,在将III-V族芯片与SOI芯片采用键合工艺进行叠加后,III-V族芯片发出的激光耦合至SOI芯片上的效率较低。而本发明实施例中,由于焊接工艺较成熟,焊接工艺的可靠性较高,且本发明实施例中采用第一光栅和第二光栅实现III-V族芯片与SOI芯片的耦合,使得III-V族芯片与SOI芯片耦合的效率较高。

[0032] 请继续参考图1-2,该第一光栅A可以包括:2个预设一阶光栅A1和1个预设二阶光栅A2,且该2个预设一阶光栅A1可以分别位于预设二阶光栅A2的两侧,因此,该第一光栅A从左到右依次为预设一阶光栅A1、预设二阶光栅A2和预设一阶光栅A1。具体的,位于两侧的预设一阶光栅A1可以具有对有源层M3发出的激光进行选模的功能,也即,在向电极结构021施加预设电流后,有源层M3能够发出至少一种波长的激光,该预设一阶光栅A1能够从该至少一种波长的激光中,选择一种激光,该预设二阶光栅A2能够对该预设一阶光栅A1选择出来的激光进行扭转,将该激光的传播方向由平行于有源层改变为垂直于有源层。

[0033] 相关技术中,光模块的有源层能够发出多种波长的激光,在用光模块的一阶光栅进行选模的激光器中,由于端面解理会有1~2微米的误差,导致端面的相位是随机的,从而会有两个模式等概率激射,降低了器件的单模成品率,也即光模块发出具有第一波长的激光的概率与发出具有第二波长的激光的概率相同。而本发明实施例中的光模块中,由于第一光栅中不仅仅包括预设一阶光栅,而且还包括预设二阶光栅,也即本发明中的第一光栅中引入了预设二阶光栅,该预设二阶光栅对两个模式的激光的损耗是不同的,使得两个模式的激光被激射的概率一个降低,一个提高,从而可以提高器件的单模成品率。

[0034] 第二光栅B可以包括辅助一阶光栅B1和辅助二阶光栅B2,辅助一阶光栅B1的位置与2个预设一阶光栅A1中的任一预设一阶光栅A1的位置相对应,辅助二阶光栅B2的位置与预设二阶光栅A2的位置相对应。具体的,在该第一光栅A将激光的传播方向扭转至垂直于第二光栅,且朝向第二光栅时,激光能够沿垂直于第二光栅B且朝向第二光栅B的方向传播,且传播至辅助二阶光栅B2的激光能够被辅助第二光栅B2扭转,也即将激光的传播方向扭转至平行于第二光栅,且从第二光栅B射出的激光能够进入光波导层中,使得激光能够在光波导层中,沿平行于第二光栅B的方向传播。

[0035] 需要说明的是,图1-2中的辅助一阶光栅B1设置在辅助二阶光栅B2的左侧,当辅助第二光栅B2将激光的传播方向扭转至平行于第二光栅后,激光可以向该辅助第二光栅B2的左侧或者右侧传输,当激光向左传输时,该辅助第一光栅B1能够对激光起到反射作用,使得激光向该辅助第二光栅B2的右侧传输,当激光向右传输时,由于该辅助第二光栅B2的右侧并未设置有辅助第一光栅B1,因此,激光能够在该光波导层中继续向辅助第二光栅B2的右侧传输,也即,图1-2所示的光模块0中有源层M3发出的激光,最终能够从该光波导层M2的右侧射出。进一步的,若需要使得该光模块中有源层发出的激光最终从光波导层M2的左侧射出,则可以将第二光栅中的辅助一阶光栅设置在辅助二阶光栅的右侧。

[0036] 示例的,氧化层031可以包括:依次形成于衬底基板M1上的第一埋氧层0311、反射层0312和第二埋氧层0313,埋氧层又可以称为掩埋氧化层(英文:buried oxide layer;简称:BOX)。也即该氧化层031中设置有反射层0312,当该光波导层M2上漏光,并且漏出的激光传输至反射层0312上时,该反射层0312能够对漏出的激光进行反射,将漏出的激光再次反射至辅助第二光栅B2中,被扭转至硅波导033中传播,实现了对该漏出的激光进行有效的利用,从而有效的防止了漏光的现象导致的能量损耗。具体的,反射层0312可以为分布式布拉格反射镜(英文:distributed bragg reflector;简称:DBR),DBR可以包括依次形成于第一埋氧层0311上的n个二氧化硅层C和n个硅层D,n为大于或等于1的整数,图1-2中以该DBR包括依次形成于第一埋氧层0311上的2个二氧化硅层C和2个硅层D为例。

[0037] 相关技术中,如垂直腔硅基混合激光器,有源层能够发出垂直于有源层传播的激光,并且通过一个SOI中的二阶光栅将该激光扭转至平行于光波导层传播的激光,使得该激光在光波导层中传播,但是由于该激光的传播方向为垂直于有源层,且有源层的厚度无法制作的很大,从而使得III-V族芯片中的谐振腔较短,III-V族芯片能够提供的增益较小,III-V族芯片输出的激光的功率较低。而本发明实施例中,由于该有源层能够发出平行于有源层传播的激光,且有源层的长度可以制造的较大,使得III-V族芯片中的谐振腔较长,因此III-V族芯片能够提供的增益较大,III-V族芯片输出的激光的功率较高。进一步的,长波长垂直腔混合激光器中顶部DBR反射层中的材质为InP(磷化铟)和InGaAsP(磷砷化镓铟),由于InP和InGaAsP折射率差低,需要制作较厚的DBR才能使反射率够高能使激光器激射,这样对制作工艺要求较高,且带来散热较差,电阻较大等问题。

[0038] 另外,本发明实施例中,反射层中的材质为硅和二氧化硅,由于硅和二氧化硅的折射率差较高,使得反射层对波长较大的激光的反射率较高,使得本发明实施例中的防漏光效果较好。

[0039] 图2为本发明实施例提供的一种光模块0的截面示意图,图3为本发明实施例提供的一种光模块0的俯视图,如图2和图3所示,缓冲层022远离第一光栅的表面形成有凸起E,

且凸起E的位置与第一光栅中预设二阶光栅的位置相对应,需要说明的是,凸起E主要用于提供光场的横向限制,也即,凸起E可以增加凸起下方区域的等效折射率,从而使光场被限制在凸起下方的区域,减少激光向两侧的泄漏,并且使光场为单横模,即光场的横向分布为单个模式,而不是许多横向模式共同激射。

[0040] 示例的,图4为本发明实施例提供的一种第一光栅A的结构示意图。请结合图1-2和图4,有源层发出的激光中被预设一阶光栅A1所选择出的激光,在第一光栅A中的波长可以为预设波长,在反射层(DBR)中的波长为辅助波长,预设二阶光栅A2与每个预设一阶光栅A1的接缝相位 $\varphi_{1-2}$ 为八分之三的预设波长,预设二阶光栅A2的中间相移 $\varphi_{2nd}$ 为四分之一的预设波长。图1-2中的每个二氧化硅层C以及每个硅层D的厚度均为四分之一的辅助波长。

[0041] 具体的,由于第一光栅A中的预设一阶光栅A1与预设二阶光栅A2的接缝相位会对该光模块的近场分布和激光输出功率有较大影响,因此,在制造第一光栅时,可以通过调节预设一阶光栅A1和预设二阶光栅A2的接缝相位 $\varphi_{1-2}$ ,使得该光模块发出的激光的功率最大。又由于预设二阶光栅A2的中间相移 $\varphi_{2nd}$ 会对该光模块的近场分布和激光输出功率有较大影响,因此,可以通过调节预设二阶光栅A1的中间相移,调节近场分布和输出功率的大小。

[0042] 进一步的,图1-2中的III-V族芯片02中,缓冲层022和有源层M3之间还可以包括:依次形成于缓冲层021上的腐蚀停止层(图1-2中未示出)、第一间隔层(图1-2中未示出)和第一分别限制层(图1-2中未示出),有源层M3和第一光栅A之间还可以包括:依次形成于有源层M3上的第二分别限制层(图1-2中未标出)和第二间隔层(图1-2中未标出),第一光栅A上可以形成有上包层023。焊接层01的两侧可以分别与上包层023以及硅波导033焊接。需要说明的是,该电极结构021也可以对有源层M3发出的激光起到反射作用,从而起到防漏光的作用。实际应用中,该缓冲层022远离有源层M3的一侧还可以形成有DBR,本发明实施例对此不作限定。

[0043] 缓冲层022的材质可以为InP,腐蚀停止层的材质可以为InGaAsP,第一间隔层和第二间隔层的材质可以为InP,第一分别限制层和第二分别限制层的材质可以为InGaAsP或InAlGaAs(砷化镓铝镓),有源层M3的材质可以为InGaAsP或InAlGaAs,第一光栅A的材质可以为InGaAsP,上包层023的材质可以为InP,第二腐蚀停止层的材质可以为InGaAsP,进一步的,如图1-2所示,上包层023与硅波导之间可以存在空气间隔层(图中未标出)。光波导层M2的材质可以为硅,且当第二光栅B为对光波导层M2进行刻蚀得到的时候,该光波导层M2自左向右依次为未刻蚀的硅波导、刻蚀了辅助一阶光栅B1的硅波导、刻蚀了辅助二阶光栅B2的硅波导和未刻蚀的硅波导,衬底基板M1的材质也可以为硅。

[0044] 具体的,本发明实施例中的光模块可以为混合激光器,该光模块输出的激光的波长可以为1550纳米。在制造光模块时,可以在P型衬底基板(预设基板)上依次形成缓冲层、腐蚀停止层、第一间隔层和第一分别限制层、有源层、第二分别限制层、第二间隔层、第一光栅和上包层,得到III-V族结构;然后,将该III-V族结构倒装焊接在制作好的SOI芯片上,并将该P型衬底基板从III-V族结构上摘除(也即将P型衬底基板与III-V族结构进行分离),之后可以对缓冲层进行刻蚀,得到缓冲层上的凸起,需要说明的是,在对缓冲层进行刻蚀后,该缓冲层的两侧可以形成有两个凹陷,且该两个凹陷均低于有源层,最后,可以在刻蚀后的缓冲层上形成电极结构,得到该III-V族芯片(该III-V族芯片可以包括依次叠加的电极结构、缓冲层、腐蚀停止层、第一间隔层和第一分别限制层、有源层、第二分别限制层、第二间



隔层、第一光栅和上包层),其中,电极结构可以包括一个P型电极和两个N型电极,该P型电极可以形成在缓冲层的凸起上,该两个N型电极可以分别形成在该缓冲层两侧的两个凹陷上。

[0045] 电极结构的材质可以为金,厚度可以为100纳米。缓冲层的材质可以为P-InP(P型的InP),厚度可以为2.5微米,掺杂浓度可以为 $0.7-2 \times 10^{18}$ 每立方厘米,且成指数变化。第一腐蚀停止层的材质可以为P-InGaAsP(P型的InGaAsP),厚度可以为10纳米,掺杂浓度可以为 $0.7 \times 10^{18}$ 每立方厘米。第一间隔层的材质可以为P-InP,厚度可以为50纳米,掺杂浓度可以为 $0.7 \times 10^{18}$ 每立方厘米。第一分别限制层的材质可以为InGaAsP,厚度为100纳米,不进行掺杂。有源层的材质可以为InGaAsP,且该有源层中的量子阱可以包含6个阱和7个垒,每个阱的厚度可以为5纳米,每个垒厚度可以为10纳米,且该有源层不进行掺杂。第二分别限制层的材质可以为InGaAsP,厚度可以为100纳米,不进行掺杂。第二间隔层的材质可以为N-InP,厚度可以为50纳米,掺杂浓度可以为 $0.5 \times 10^{18}$ 每立方厘米。

[0046] 第一光栅的材质可以为N-InGaAsP(N型的InGaAsP),厚度可以为200纳米,掺杂浓度可以为 $0.5 \times 10^{18}$ 每立方厘米,且该第一光栅中的预设一阶光栅的长度可以为100微米,预设二阶光栅的长度可以为200微米,预设一阶光栅和预设二阶光栅的占空比均为0.5,预设一阶光栅和预设二阶光栅的接缝相位为八分之三的预设波长,预设二阶光栅的中间相移为四分之一的预设波长,也即, $\phi_{-2} = \frac{3}{8}\lambda$ ,  $\phi_{2nd} = \frac{1}{4}\lambda$ ,  $\lambda = 2\Lambda_1$ 其中, $\lambda$ 为预设波长, $\Lambda_1$ 为预设一阶光栅的光栅周期。上包层的材质可以为N-InP,厚度可以为2um,掺杂浓度为 $(0.5-1) \times 10^{18}$ 每立方厘米;第二腐蚀停止层的材质可以为N-InGaAsP,厚度可以为10nm,掺杂浓度为 $1 \times 10^{18}$ 每立方厘米;III-V族芯片两侧的端面为自然解理;缓冲层上的凸起的宽度为2.5微米。III-V族芯片与SOI芯片之间存在空气间隔层,空气间隔层的厚度可以为0.7微米。

[0047] 光波导层的宽度可以为4微米,厚度可以为220纳米;在硅波导的输出端波导的宽度逐渐减小,在200微米的长度内,波导宽度可以从4微米减小至500纳米;第一掩埋氧化层和第二掩埋氧化层的材质均为二氧化硅,厚度分别为0.9微米和0.65微米;DBR中的硅层和二氧化硅层的厚度均可以为0.15微米。衬底基板的材质可以为硅,厚度可以为20厘米。应当理解,本实例所述的激光器各层材料及其相关参数可以根据设计要求改变,并不局限于本实例。

[0048] 上述输出的激光的波长可以为1550纳米的光模块的部分仿真结果可以如图图5、图6和图7所示,图5为本发明实施例提供的一种50毫安输入电流下光模块的水平腔中引导场总场分布图,图6为本发明实施例提供的一种50毫安输入电流下光模块的垂直传播的辐射场的近场分布图,图7为本发明实施例提供的一种光模块的输出功率随输入电流的变化曲线示意图。

[0049] 如图5所示,图5中的横坐标为III-V族芯片中水平腔的腔长,单位为微米,纵坐标为归一化强度。从图5可以看出,由于第一光栅中的预设一阶光栅具有较大的反馈因子,大部分能量被限制在预设二阶光栅处,从而使得该光模块具有较高的耦合效率,和较低的端面泄漏。由于预设一阶光栅的归一化反馈耦合因子比较大(归一化耦合系数为4),可以将大部分能量限制在预设二阶光栅部分,而端面的能量较低,从而可以减小端面能量的泄漏。如图6所示,图6中的横坐标为III-V族芯片水平腔的腔长,单位为微米,纵坐标为归一化强度。

从图6可以看出,在将预设一阶光栅与预设二阶光栅的接缝相位以及预设二阶光栅的中间相移调整至合适的大小时,该光模块可以具有较好的近场分布。如图7所示,图7的横坐标为输入电流,单位为毫安,纵坐标为激光的输出功率,单位为毫瓦。从图7可以看出,阈值电流为7.5毫安,斜效率为0.195瓦每安,并且计算得到III-V族芯片与SOI芯片的耦合效率为46.5%。

[0050] 综上所述,本发明实施例提供了一种光模块,由于衬底基板上形成有第一光栅和第二光栅,且有源层发出的激光的传播方向平行于有源层的长度方向,且通过第一光栅和第二光栅对激光传播方向的改变,最终能够将有源层发出的激光耦合至光波导层,进而使得有源层发出的激光能够从光波导层射出。也即,本发明实施例中的有源层与光波导层并不是采用倏逝波耦合的方式进行耦合,而是通过两个光栅对光的传播方向进行改变,进而将有源层发出的激光耦合至光波导层,因此,在制造该光模块时,无需采用键合工艺,而是直接在衬底基板上形成光波导层、第一光栅、第二光栅和有源层即可,且整个制造光模块的流程较简单,减短了制造光模块的时间,因此,提高了制造光模块的效率。

[0051] 如图8-1所示,本发明实施例提供了一种光模块的制造方法,该光模块的制造方法可以用于制造图1-1、图1-2、图2或图3所示的光模块,该光模块的制造方法可以包括:

[0052] 步骤801、在衬底基板上形成光波导层、第一光栅、第二光栅和有源层。

[0053] 其中,有源层用于发出沿平行于有源层的长度方向传播的激光,第一光栅用于将激光的传播方向改变为垂直于第一光栅且朝向第二光栅的方向,第二光栅用于将射入第二光栅的激光的传播方向改变为平行于第二光栅的方向,且通过第二光栅的光能够射入光波导层。

[0054] 综上所述,本发明实施例提供了一种光模块的制造方法,由于该方法制造的光模块中的衬底基板上形成有第一光栅和第二光栅,且有源层发出的激光的传播方向平行于有源层的长度方向,且通过第一光栅和第二光栅对激光传播方向的改变,最终能够将有源层发出的激光耦合至光波导层,进而使得有源层发出的激光能够从光波导层射出。也即,本发明实施例中的有源层与光波导层并不是采用倏逝波耦合的方式进行耦合,而是通过两个光栅对光的传播方向进行改变,进而将有源层发出的激光耦合至光波导层,因此,在制造该光模块时,无需采用键合工艺,而是直接在衬底基板上形成光波导层、第一光栅、第二光栅和有源层即可,且整个制造光模块的流程较简单,减短了制造光模块的时间,因此,提高了制造光模块的效率。

[0055] 具体的,第一光栅和第二光栅均可以设置在光波导层和有源层之间,且第一光栅靠近有源层设置,第二光栅靠近光波导层设置。示例的,衬底基板上可以依次设置有光波导层、第二光栅、第一光栅和有源层。需要说明的是,在制造该光模块时,可以采用半导体制造工艺,在衬底基板上生长光波导层,并且在光波导层上形成第二光栅,或者直接对光波导层远离衬底基板的表面进行刻蚀,得到第二光栅。

[0056] 可选的,光模块可以包括焊接层,以及分别焊接在焊接层两侧的III-V族芯片和SOI芯片。该III-V族芯片可以包括有源层和第一光栅,该SOI芯片可以包括光波导层和第二光栅。如图8-2所示,本发明实施例提供了另一种光模块的制造方法,该方法可以包括:

[0057] 步骤901、在预设基板上制造III-V族结构,III-V族结构包括依次叠加在预设基板上的电极结构、缓冲层、有源层、第一光栅和上包层;

[0058] 步骤902、制造SOI芯片，SOI芯片包括依次叠加的衬底基板、氧化层、光波导层和第二光栅。

[0059] 示例的，光波导层的材质可以为硅，也即光波导层可以为硅波导层。

[0060] 步骤903、将III-V族结构与SOI芯片通过焊接层焊接。

[0061] 步骤904、分离预设基板与III-V族结构。

[0062] 步骤905、在缓冲层远离有源层的一侧形成电极结构，得到光模块。

[0063] 其中，依次叠加的电极结构、缓冲层、有源层、第一光栅和上包层组成III-V族芯片，光波导层为SOI芯片上靠近第一光栅的膜层，焊接层在第一光栅的正投影区域与第二光栅在第一光栅上的正投影区域不重叠，有源层用于在电极结构上输入预设电流时发出激光。

[0064] 具体的，如图9-1所示，预设基板X可以为P型衬底基板，在制造III-V族结构Y时，可以在P型衬底基板上依次形成缓冲层022、腐蚀停止层（图9-1中未示出）、第一间隔层（图9-1中未示出）和第一分别限制层（图9-1中未示出）、有源层M3、第二分别限制层（图9-1中未示出）、第二间隔层（图9-1中未示出）、第一光栅A和上包层023，得到III-V族结构Y。如图9-2所示，在步骤902中制造SOI芯片03时，可以在衬底基板M1上依次形成第一掩埋氧化层0311、二氧化硅层C、硅层D、二氧化硅层C、硅层D、第二掩埋氧化层0313、光波导层M2和第二光栅B。如图9-3所示，在步骤903中可以将III-V族结构Y与SOI芯片03通过焊接层01倒装焊接。

[0065] 在步骤905之前，还可以对缓冲层进行刻蚀，得到缓冲层上的凸起，需要说明的是，在对缓冲层进行刻蚀后，该缓冲层的两侧可以形成有两个凹陷，且该两个凹陷均低于有源层。在步骤905中，可以在刻蚀后的缓冲层022上形成电极结构021，得到图2或图3中的III-V族芯片02（该III-V族芯片可以包括依次叠加的电极结构、缓冲层、腐蚀停止层、第一间隔层和第一分别限制层、有源层、第二分别限制层、第二间隔层、第一光栅和上包层），其中，电极结构021可以包括一个P型电极和两个N型电极，该P型电极可以形成在缓冲层022的凸起上，该两个N型电极可以分别形成在该缓冲层022两侧的两个凹陷上。

[0066] 在将III-V族结构和SOI芯片焊接在一起时，可以将焊接层的两侧分别焊接III-V族结构和SOI芯片，也可以首先将III-V族结构和SOI芯片叠加，并在III-V族结构和SOI芯片之间添加焊接材料，形成焊接层，使得III-V族结构和SOI芯片通过焊接层焊接在一起。

[0067] 可选的，第一光栅可以包括2个预设一阶光栅和1个预设二阶光栅，第二光栅可以包括辅助一阶光栅和辅助二阶光栅，2个预设一阶光栅分别位于预设二阶光栅的两侧；辅助一阶光栅的位置与2个预设一阶光栅中的任一预设一阶光栅的位置相对应，辅助二阶光栅的位置与预设二阶光栅的位置相对应。

[0068] 综上所述，本发明实施例提供了一种光模块的制造方法，由于该方法制造的光模块中的衬底基板上形成有第一光栅和第二光栅，且有源层发出的激光的传播方向平行于有源层的长度方向，且通过第一光栅和第二光栅对激光传播方向的改变，最终能够将有源层发出的激光耦合至光波导层，进而使得有源层发出的激光能够从光波导层射出。也即，本发明实施例中的有源层与光波导层并不是采用倏逝波耦合的方式进行耦合，而是通过两个光栅对光的传播方向进行改变，进而将有源层发出的激光耦合至光波导层，因此，在制造该光模块时，无需采用键合工艺，而是直接在衬底基板上形成光波导层、第一光栅、第二光栅和有源层即可，且整个制造光模块的流程较简单，减短了制造光模块的时间，因此，提高了制

造光模块的效率。

[0069] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述的光模块的制造方法实施例以及上述描述的光模块的实施例可以互相参考,在此不再赘述。

[0070] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

0

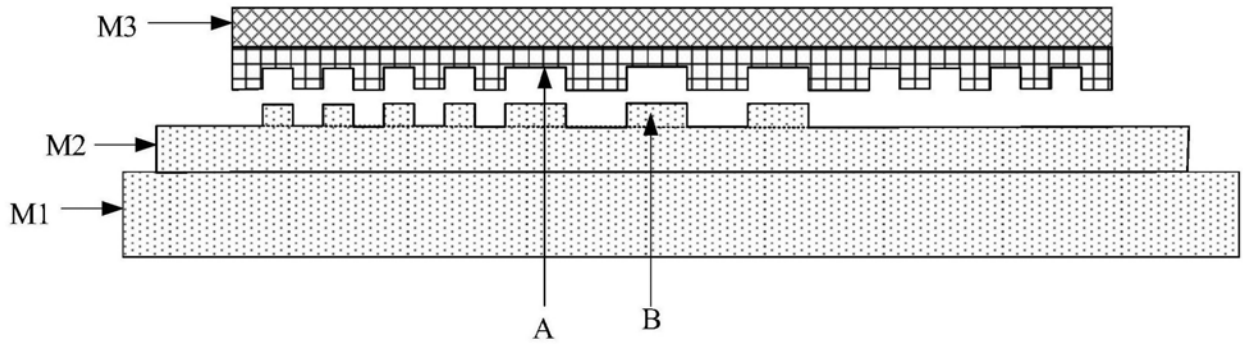


图1-1

0

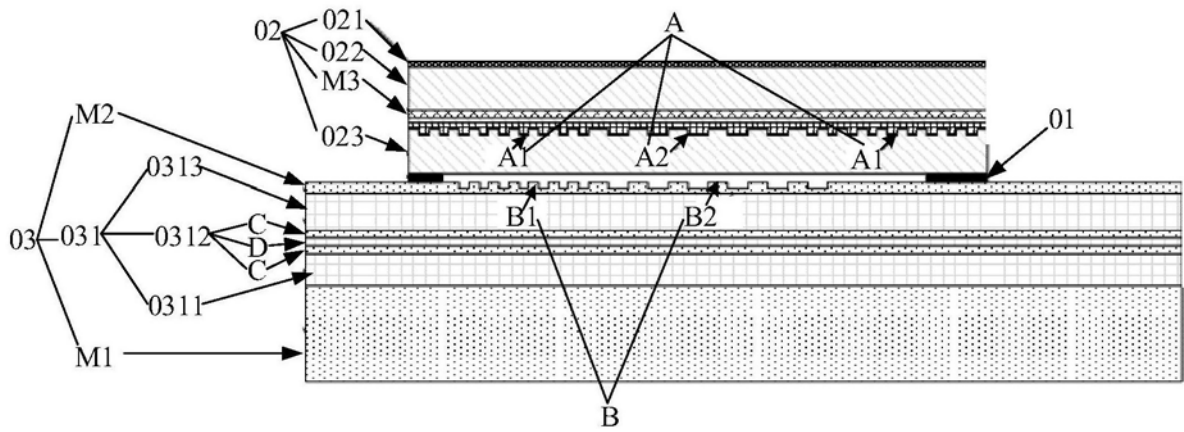


图1-2

0

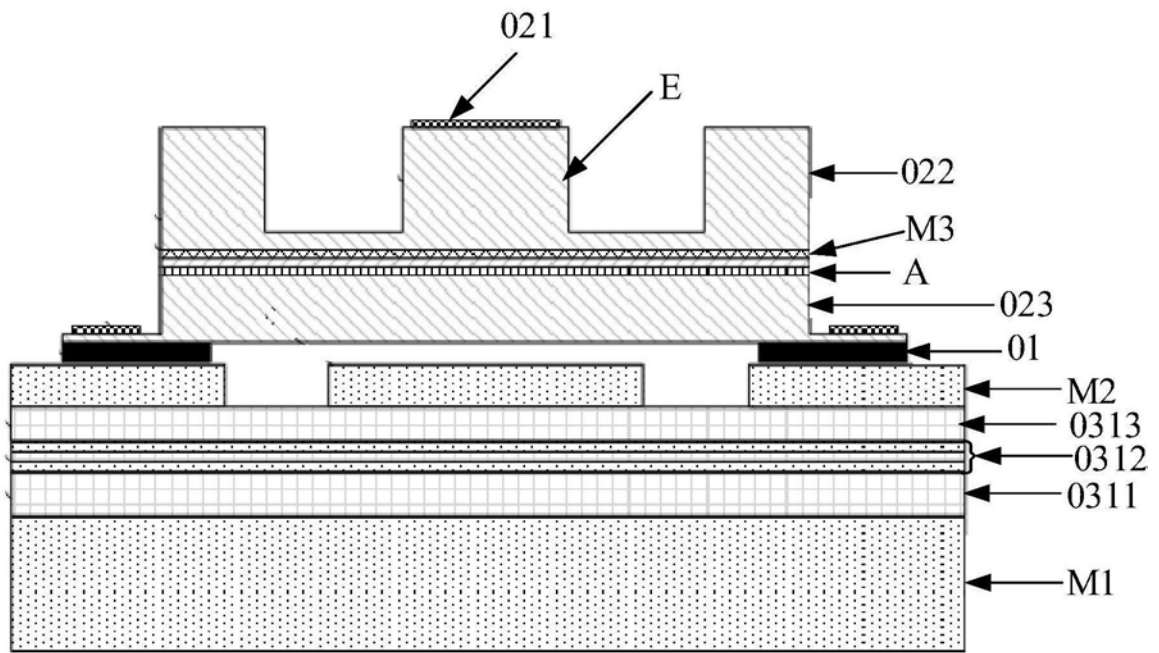


图2

0

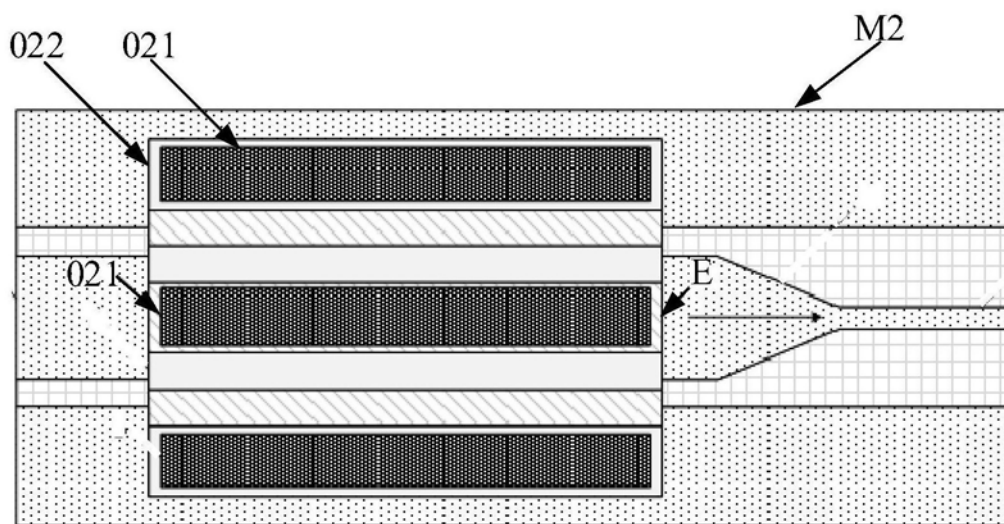


图3

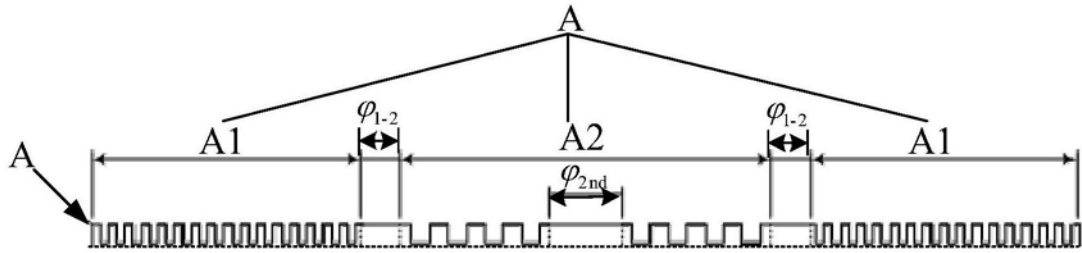


图4

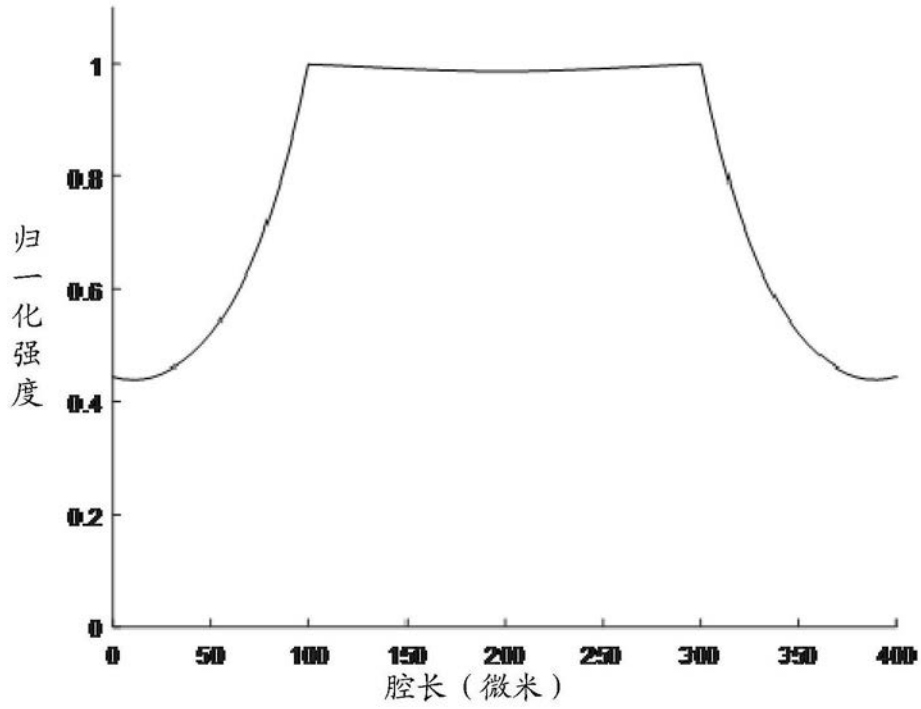


图5

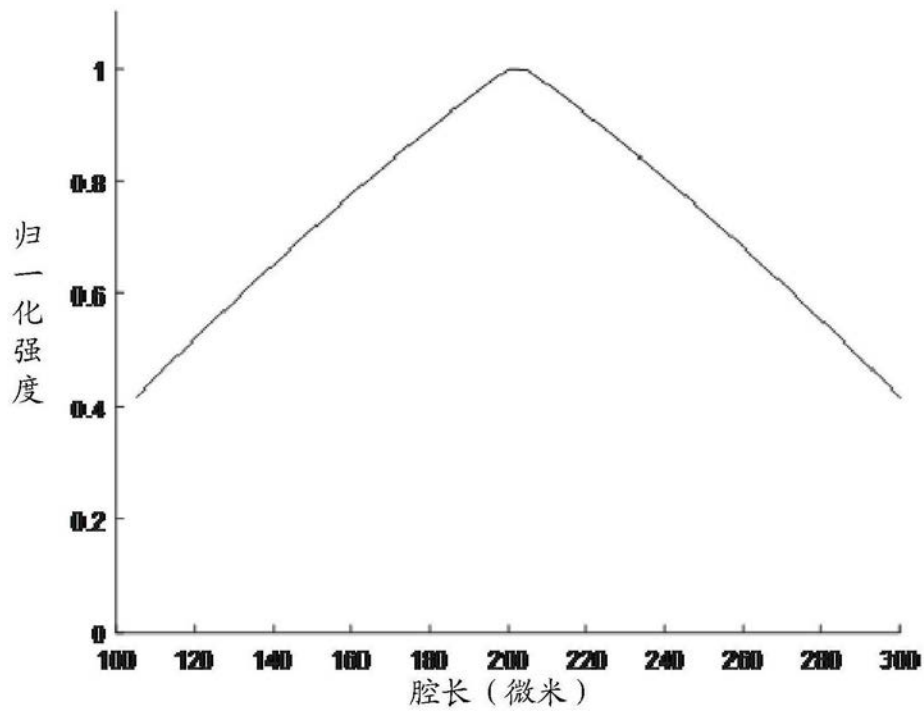


图6

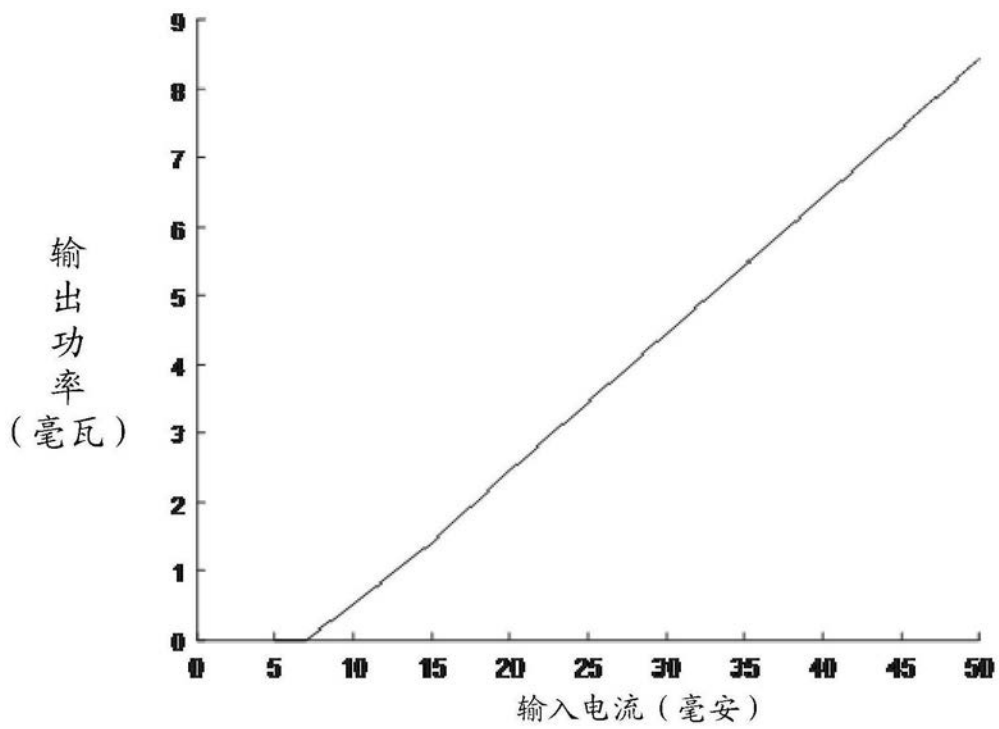


图7



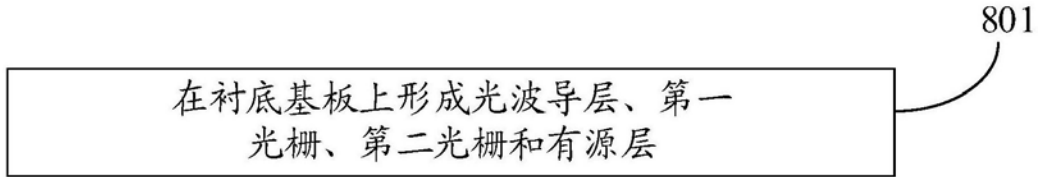


图8-1

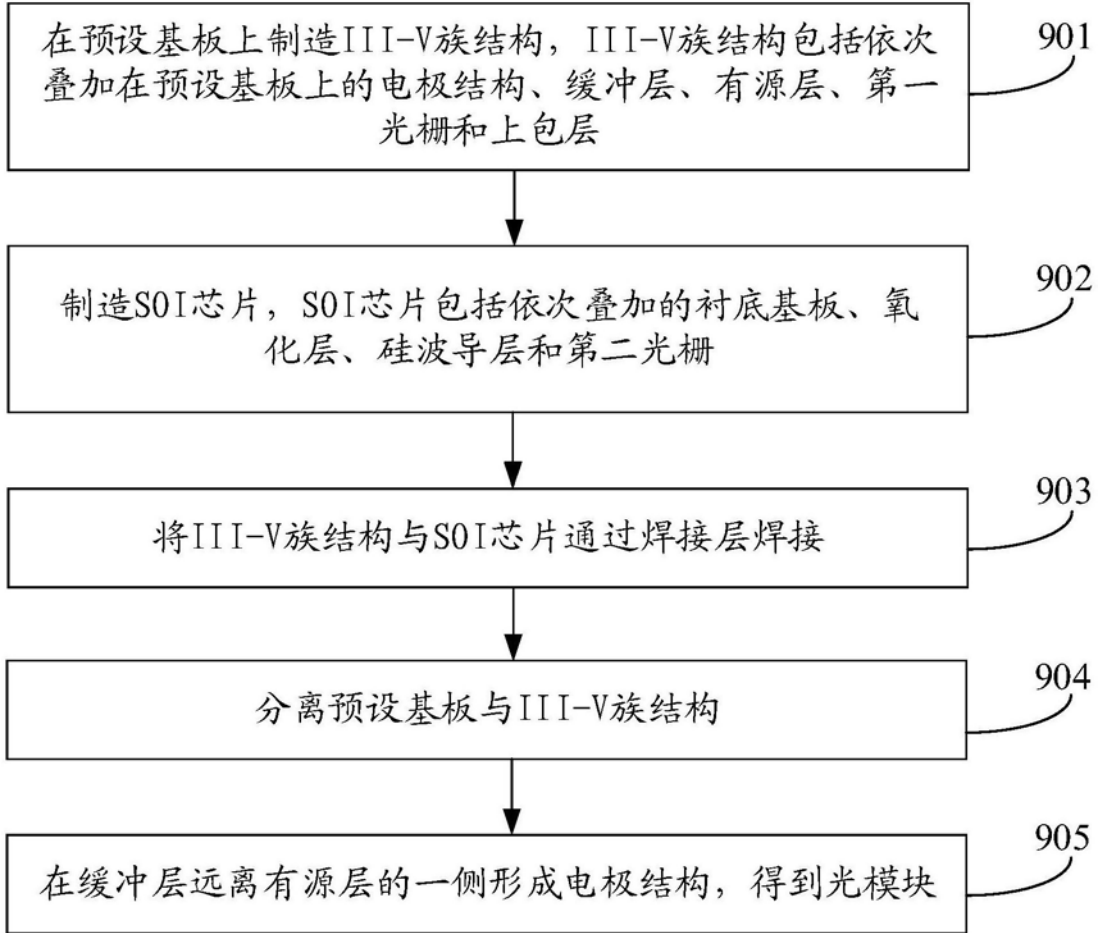


图8-2

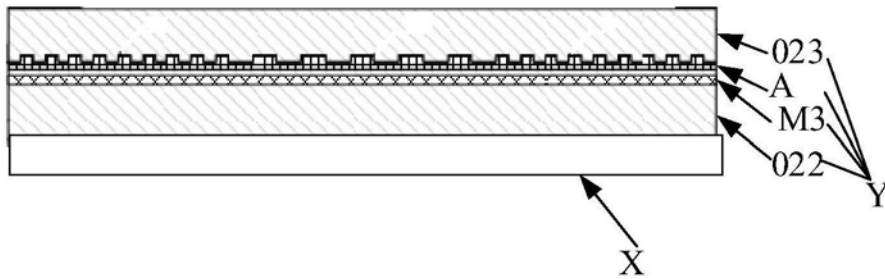


图9-1

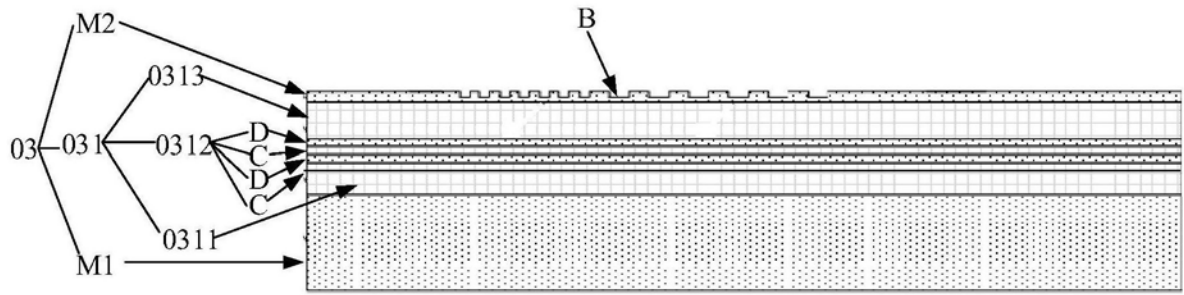


图9-2

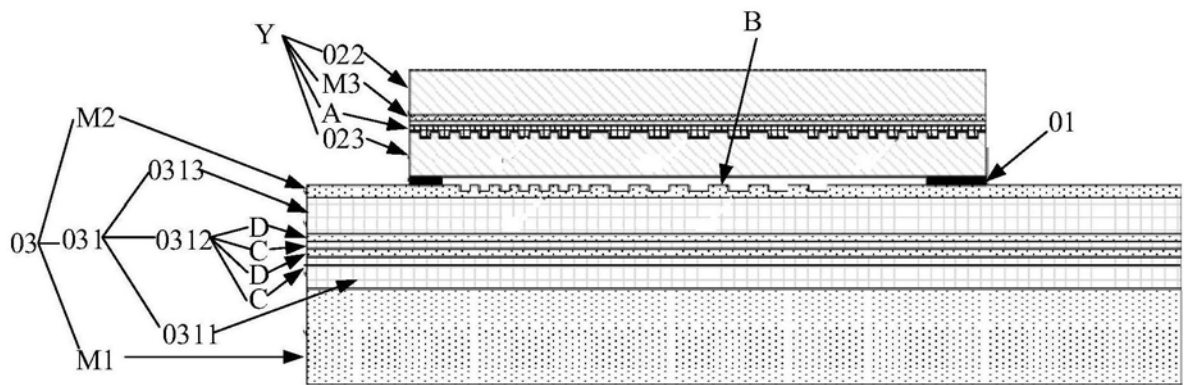


图9-3