

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2016 年 1 月 21 日 (21.01.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/008083 A1

- (51) 国际专利分类号:
H01S 5/183 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/082201
- (22) 国际申请日: 2014 年 7 月 15 日 (15.07.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (72) 发明人: 吴波 (WU, Bo); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (74) 代理人: 广州三环专利代理有限公司 (GUANGZHOU SCIHEAD PATENT AGENT CO., LTD.); 中国广东省广州市越秀区先烈中路 80 号汇华商贸大厦 1508 室, Guangdong 510070 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,

BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第 21 条(3))。

(54) Title: VERTICAL CAVITY SURFACE EMITTING LASER

(54) 发明名称: 一种垂直腔面发射激光器 VCSEL

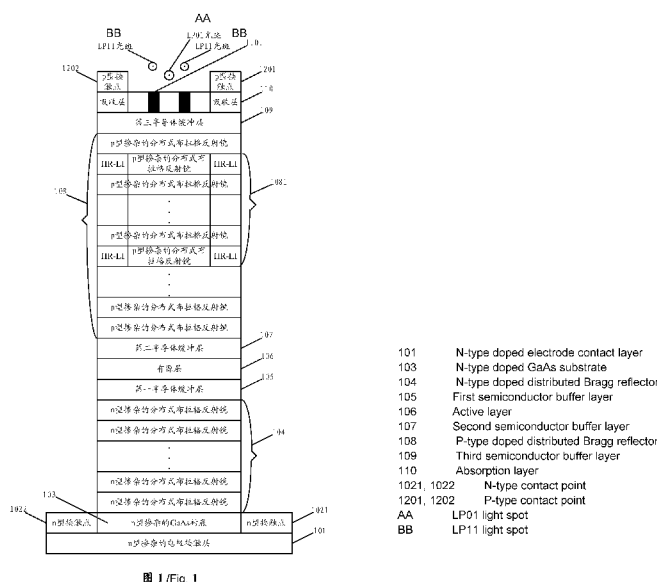


图 1 Fig. 1

(57) Abstract: A vertical cavity surface emitting laser (VCSEL), comprising a bottom-up epitaxial layer structure; a group of p-type doped distributed Bragg reflectors in the bottom-up epitaxial layer structure form a double-oxide layer resonance leakage cavity such that light energy is concentrated in the double-oxide layer resonance leakage cavity in an LP11 lasing mode when the VCSEL lases, and the gain is reduced in the LP11 lasing mode, thus ensuring that the LP01 lasing mode is the main lasing mode of the VCSEL; an absorption layer in the bottom-up epitaxial layer structure is used to form an annular fence for absorbing the light energy in the LP11 lasing mode, thus ensuring output light power in the LP01 lasing mode. Therefore, the VCSEL in an embodiment has a simple manufacturing process and high reliability, and improves output light power.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2016/008083 A1



一种垂直腔面发射激光器 VCSEL，VCSEL 包括自下而上的外延层结构，且自下而上的外延层结构中的一组 p 型掺杂的分布式布拉格反射镜形成了双氧化层谐振泄漏腔以便在 VCSEL 发生激射时使 LP11 激射模式下的光能集中在双氧化层谐振泄漏腔内且降低 LP11 激射模式下的增益，从而保证了 LP01 激射模式为 VCSEL 的主激射模式，且自下而上的外延层结构中的吸收层用于形成环形栅栏，环形栅栏用于吸收 LP11 激射模式下的光能，从而保证了 LP01 激射模式下的输出光功率。可见，实施例中的 VCSEL 制备工艺简单、可靠性高且提高了输出光功率。

一种垂直腔面发射激光器 VCSEL

技术领域

本发明涉及半导体技术领域，具体涉及一种垂直腔面发射激光器 VCSEL。

背景技术

随着人们对网络带宽需求的不断增加，接入网和城域网的带宽也在不断升级，我们不难发现，在大比特路由器等一些电信设备结构中，互连是限制系统性能的重要瓶颈。目前，板间、框间信号的主要载体是铜互连以及光互连，光互连与铜互连比较，前者具有高宽带、低损耗、无串扰以及电磁兼容等优点。且单芯光互连已经得到了广泛的应用，而大容量（大比特级）的平行多芯光互连技术在板间、框间以及短途机柜间的互连中显示出了一定的应用前景，我们将这种传输距离在300m之内的大容量光互连称为“短距离光互连”。

垂直腔面发射激光器（Vertical Cavity Surface Emitting Laser, VCSEL），简称面发射型激光器，面发射型激光器与边发射型激光器相比存在以下优势：

- 1、VCSEL谐振腔单片生长的特点决定了它在制作过程中不会出现机械损伤、氧化以及沾污等引起器件性能退化的问题；
- 2、由于谐振腔体积小，VCSEL可形成低阈值电流激励；
- 3、极短的谐振腔易实现动态单模工作；
- 4、有源区内置从而增加器件寿命；
- 5、高光束质量，较小的光束发散角，易与光纤耦合；
- 6、高能量转换效率；
- 7、可进行非解理的片上测试，易模块化和封装；

由于上述优势，在短距离光互连技术中，VCSEL通常被作为光源来实现框间/框内的光互连。

现有技术中的VCSEL主要包括以下两种结构：外部反射镜辅助的单横模VCSEL以及氧化层小孔径单模VCSEL，其中，外部反射镜辅助的单横模VCSEL的优点是实现单横模LP01（其中，LP为Linearly Polarized，线极化）

激射模式，但是其在制备的过程中需要增加额外的复杂制备工艺流程，如制备静电机械臂固定反射镜等，且其包括的微电子机械系统反射镜容易在制备、加工以及后期处理过程中受到损坏，外部反射镜辅助的单横模 VCSEL 复杂的工艺制备流程导致了额外的成本；氧化层小孔径单模 VCSEL 的优点是实现单横模 LP01 激射模式，但是其较小的孔径面积导致了串联电阻率的增大，在驱动电流相同的情况下，相当一部分能量被电阻发热损耗掉，这使氧化层小孔径单模 VCSEL 工作在较高的自热状态，导致其可靠性降低，且降低了输出光功率。

可见，现有技术中的 VCSEL 存在制备成本高、可靠性低以及输出光功率小的问题。

发明内容

本发明实施例公开了一种垂直腔面发射激光器 VCSEL，用于解决现有技术中 VCSEL 的制备成本高、可靠性低以及输出光功率小的问题。

本发明实施例第一方面公开了一种垂直腔面发射激光器 VCSEL，所述 VCSEL 包括自下而上的外延层结构，所述自下而上的外延层结构包括 n 型掺杂的电极接触层、n 型掺杂的砷化镓 GaAs 衬底、一组 n 型掺杂的分布式布拉格反射镜、第一半导体缓冲层、有源层、第二半导体缓冲层、一组 p 型掺杂的分布式布拉格反射镜以及两个 p 型接触点，所述 n 型掺杂的电极接触层两侧预留两个 n 型接触点，所述一组 n 型掺杂的分布式布拉格反射镜包括至少两层 n 型掺杂的分布式布拉格反射镜，每层所述 n 型掺杂的分布式布拉格反射镜由金属组分值不同的相同材料构成，所述自下而上的外延层结构还包括第三半导体缓冲层以及吸收层，且所述一组 p 型掺杂的分布式布拉格反射镜包括双氧化层谐振泄漏腔，其中：

所述第三半导体缓冲层处于所述一组 p 型掺杂的分布式布拉格反射镜以及所述吸收层之间，所述吸收层处于所述第三半导体缓冲层以及两个所述 p 型接触点之间，所述双氧化层谐振泄漏腔用于在所述 VCSEL 发生激射时使 LP11 激射模式下的光场集中在所述双氧化层谐振泄漏腔内且降低所述 LP11 激射模式下的增益以保证 LP01 激射模式为所述 VCSEL 的主激射模式，所述吸收层用于

形成环形栅栏，所述环形栅栏用于吸收所述LP11激光模式下的光能以保证所述LP01激光模式下的输出光功率，所述第一半导体缓冲层、所述第二半导体缓冲层以及所述第三半导体缓冲层用于实现不同金属化合物之间的过渡，所述有源层用于实现电光转换，两个所述n型接触点用于连接供电电源的负极，两个所述p型接触点用于连接所述供电电源的正极。

结合本发明实施例第一方面，在本发明实施例第一方面的第一种可能的实现方式中，所述一组p型掺杂的分布式布拉格反射镜包括P层p型掺杂的分布式布拉格反射镜，且所述p型掺杂的分布式布拉格反射镜的材料为铝镓砷AlGaAs，所述P层p型掺杂的分布式布拉格反射镜包括两层第一类p型掺杂的分布式布拉格反射镜以及(P-2)层第二类p型掺杂的分布式布拉格反射镜，所述第一类p型掺杂的分布式布拉格反射镜中铝组分值较高，所述第二类p型掺杂的分布式布拉格反射镜中铝组分值较低，所述两层第一类p型掺杂的分布式布拉格反射镜与L层第二类p型掺杂的分布式布拉格反射镜构成所述双氧化层谐振泄漏腔，所述L层第二类p型掺杂的分布式布拉格反射镜处于所述两层第一类p型掺杂的分布式布拉格反射镜之间，所述两层第一类p型掺杂的分布式布拉格反射镜用于经过氧化工艺后形成高电阻率-低折射率的结构以限制电流以及光场，所述P是大于2的偶数，所述L是大于等于1且小于等于所述(P-2)的整数。

结合本发明实施例第一方面，在本发明实施例第一方面的第二种可能的实现方式中，所述吸收层包括晶格匹配吸收层，所述晶格匹配吸收层的材料为砷化镓GaAs，所述晶格匹配吸收层通过浅刻蚀技术被刻蚀为所述环形栅栏，且所述晶格匹配吸收层的厚度为所述VCSEL激光波长的四分之一的奇数倍，所述环形栅栏到中心的距离等于LP11的近场光斑到中心的距离，所述环形栅栏的宽度大于等于LP11光斑的直径。

结合本发明实施例第一方面，在本发明实施例第一方面的第三种可能的实现方式中，所述n型掺杂的分布式布拉格反射镜的材料为铝镓砷AlGaAs，且所述一组n型掺杂的分布式布拉格反射镜是由不同铝组分值的 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 以及 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ 交替生长构成，所述x以及所述y的取值范围为大于等于0且小于等于1。

结合本发明实施例第一方面，在本发明实施例第一方面的第四种可能的实

现方式中, 所述第一半导体缓冲层的材料为 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$, 所述 z 的值处于与所述第一半导体缓冲层相邻的 n 型掺杂的分布式布拉格反射镜中铝组分值以及所述有源层中铝组分值之间。

结合本发明实施例第一方面, 在本发明实施例第一方面的第五种可能的实现方式中, 所述有源层包括多量子阱型有源层或应变多量子阱型有源层。

本发明实施例中, VCSEL 包括自下而上的外延层结构, 且自下而上的外延层结构中的一组 p 型掺杂的分布式布拉格反射镜形成了双氧化层谐振泄漏腔以便在 VCSEL 发生激射时使 LP11 激射模式下的光能集中在双氧化层谐振泄漏腔内且降低 LP11 激射模式下的增益, 从而保证了 LP01 激射模式为 VCSEL 的主激射模式, 且自下而上的外延层结构中的吸收层用于形成环形栅栏, 环形栅栏用于吸收 LP11 激射模式下的光能, 从而保证了 LP01 激射模式下的输出光功率。可见, 本发明实施例中的 VCSEL 制备工艺简单、可靠性高且提高了输出光功率。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案, 下面将对实施例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。

图1是本发明实施例公开的一种垂直腔面发射激光器 VCSEL 的竖截面的结构示意图;

图2是本发明实施例公开的一种垂直腔面发射激光器 VCSEL 中双氧化层谐振泄漏腔以及双氧化层谐振泄漏腔之上的横截面的结构俯视示意图;

图3是本发明实施例公开的一种双氧化层谐振泄漏腔的竖截面的结构示意图;

图4是本发明实施例公开的一种环形栅栏的横截面的结构俯视示意图;

图5是现有技术公开的一种垂直腔面发射激光器 VCSEL 的竖截面的结构示意图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

本发明实施例公开了一种垂直腔面发射激光器 VCSEL,制备工艺简单、可靠性高且提高了输出光功率。

请参阅图1,图1是本发明实施例公开的一种垂直腔面发射激光器VCSEL的竖截面的结构示意图。如图1所示,VCSEL包括自下而上的外延层结构,自下而上的外延层结构可以包括n型掺杂的电极接触层101、n型掺杂的砷化镓GaAs衬底103、一组n型掺杂的分布式布拉格反射镜104、第一半导体缓冲层105、有源层106、第二半导体缓冲层107、一组p型掺杂的分布式布拉格反射镜108、第三半导体缓冲层109、吸收层110以及两个p型接触点(如图1中所示的1201以及1202),n型掺杂的电极接触层101两侧预留两个n型接触点(如图1中所示的1021以及1022),一组n型掺杂的分布式布拉格反射镜104包括至少两层n型掺杂的分布式布拉格反射镜,每层n型掺杂的分布式布拉格反射镜由金属组分值不同的相同材料构成,且一组p型掺杂的分布式布拉格反射镜108包括双氧化层谐振泄漏腔1081,其中:

双氧化层谐振泄漏腔1081用于在VCSEL发生激射时使LP11激射模式下的光能集中在双氧化层谐振泄漏腔1081内且降低LP11激射模式下的增益以保证LP01激射模式为VCSEL的主激射模式,吸收层110用于形成环形栅栏1101,环形栅栏1101用于吸收LP11激射模式下的光能以保证LP01激射模式下的输出光功率,第一半导体缓冲层105、第二半导体缓冲层107以及第三半导体缓冲层109用于实现不同金属化合物之间的过渡,有源层106用于实现电光转换,两个n型接触点(如图1中所示的1021以及1022)用于连接供电电源的负极,两个p型接触点(如图1中所示的1201以及1202)用于连接供电电源的正极。

本发明实施例中,请参阅图2,图2是本发明实施例公开的一种垂直腔面发射激光器VCSEL中双氧化层谐振泄漏腔以及双氧化层谐振泄漏腔之上的横截面的结构俯视示意图,如图2所示,从外到内依次是HR-LI(High Resistivity-Low

Refractive Index, 高电阻率低折射率) 结构、双氧化层孔径以及环形栅栏, 其中, LP11激光模式下的光斑 (如图2所示的LP11光斑) 被限制在环形栅栏内, 垂直腔面发射激光器VCSEL最终发射的激光是如图2中的LP01光斑形成的。

作为一种可选的实施方式, 一组p型掺杂的分布式布拉格反射镜108包括P层p型掺杂的分布式布拉格反射镜, 且p型掺杂的分布式布拉格反射镜的材料为铝镓砷AlGaAs, 其中, P层p型掺杂的分布式布拉格反射镜包括两层第一类p型掺杂的分布式布拉格反射镜以及(P-2)层第二类p型掺杂的分布式布拉格反射镜, 第一类p型掺杂的分布式布拉格反射镜中铝组分值较高, 第二类p型掺杂的分布式布拉格反射镜中铝组分值较低, 两层第一类p型掺杂的分布式布拉格反射镜与L层第二类p型掺杂的分布式布拉格反射镜 (其中, 该L层第二类p型掺杂的分布式布拉格反射镜处于两层第一类p型掺杂的分布式布拉格反射镜之间) 构成双氧化层谐振泄漏腔1081, 如图3所示, 图3是本发明实施例公开的一种双氧化层谐振泄漏腔的竖截面的结构示意图。两层铝组分值较高的p型掺杂的分布式布拉格反射镜 (即两层第一类p型掺杂的分布式布拉格反射镜) 用于经过氧化工艺后形成高电阻率-低折射率(HR-LI)的结构以限制电流以及光场, 其中, P是大于2的偶数, L是大于等于1且小于等于(P-2)的整数, 且高电阻率-低折射率(HR-LI)的结构围成的孔径叫做双氧化层孔径, 双氧化层孔径的折射率很高, 且激光光场被限制在该双氧化层孔径内。

本发明实施例中, 一组p型掺杂的分布式布拉格反射镜108中包括两层铝组分值较高的p型掺杂的分布式布拉格反射镜 (即两层第一类p型掺杂的分布式布拉格反射镜), 且两层铝组分值较高的p型掺杂的分布式布拉格反射镜中铝组分值一般大于0.96, 如Al_{0.96}Ga_{0.02}As等, 两层铝组分值较高的p型掺杂的分布式布拉格反射镜与该两层铝组分值较高的p型掺杂的分布式布拉格反射镜之间的p型掺杂的分布式布拉格反射镜 (即L层第二类p型掺杂的分布式布拉格反射镜) 构成了双氧化层谐振泄漏腔1081, 如图3所示, 该双氧化层谐振泄漏腔中双氧化层孔径周围的垂直长度为L_{surrounding}且双氧化层孔径的垂直长度为L_{aperture}, 它们的计算公式可以分别如下所示:

$$L_{\text{surrounding}} = 2n_{\text{oxide}} d_{\text{oxide}} + \sum_{i=1}^{M-2} n_{\text{AlGaAs}} d_{\text{AlGaAs}} = (2K_1) \lambda_{11} / 4 \quad (1)$$

$$L_{\text{aperture}} = \sum_{i=1}^M n_{\text{AlGaAs}} d_{\text{AlGaAs}} = (2K_2 + 1) \lambda_{01} / 4 \quad (2)$$

其中, n_{oxide} 表示氧化层的折射率, d_{oxide} 表示单氧化层的厚度, n_{AlGaAs} 表示两层铝组分值较高的p型掺杂的分布式布拉格反射镜之间的单层p型掺杂的分布式布拉格反射镜的折射率, d_{AlGaAs} 表示两层铝组分值较高的p型掺杂的分布式布拉格反射镜中间的单层p型掺杂的分布式布拉格反射镜的厚度, M 表示双氧化层谐振泄漏腔1081中所有p型掺杂的分布式布拉格反射镜的层数, 即 M 等于 L 加2且 M 大于2小于等于 P , λ_{01} 表示VCSEL的待激励的LP01激励模式下的波长, λ_{11} 表示VCSEL的LP11激励模式下在双氧化层孔径周围区域内的谐振波长, K_1 以及 K_2 均为正整数, 根据模场泄漏的充要条件可知, $\lambda_{01} = \lambda_{11}$ 时才能使得泄漏发生, 因此, 通过设计合适的 d_{oxide} 、 M 、 K_1 以及 K_2 使得公式(1)以及公式(2)成立, 如此一来, VCSEL在发生激励时, LP11激励模式下的光能便集中到了双氧化层谐振泄漏腔1081内, LP11激励模式与有源层106的空间重合度降低, 这使得LP11激励模式获得的增益大大降低以保证LP01激励模式为VCSEL的主激励模式。

作为一种可选的实施方式, 吸收层110可以包括晶格匹配吸收层, 晶格匹配吸收层的材料为砷化镓GaAs, 晶格匹配吸收层可以通过浅刻蚀技术被刻蚀为环形栅栏1101, 且晶格匹配吸收层的厚度为VCSEL激励波长的四分之一的奇数倍, 环形栅栏1101到中心的距离等于LP11的近场光斑到中心的距离, 环形栅栏1101的宽度大于等于LP11光斑的直径以保证LP11激励模式下的光能最大限度的被环形栅栏吸收, 如图4所示, 图4是本发明实施例公开的一种环形栅栏的横截面的结构俯视示意图。

本发明实施例中, 双氧化层谐振泄漏腔1081保证了LP01激励模式为VCSEL的主激励模式, 但是随着调制电流的增大, 当调制电流逐渐增大到LP11激励模式的激励阈值后, LP11激励模式下的光场强度迅速升高, 虽然LP01激励模式下的光场强度也会升高, 但是LP01/LP11的边模抑制比会降低, 基于此, VCSEL的顶层又生长了一层晶格匹配吸收层, 当激励波长为850nm时, 晶格匹配吸收层的组成材料可以为砷化镓GaAs, 砷化镓GaAs对850nm波段附近的光有很强的吸收作用, 以砷化镓GaAs为组成材料的晶格匹配吸收层可以作为一个理想的吸收层。为了实现不同金属化合物的逐渐过渡, 在一组p型掺杂的分

布式布拉格反射镜108之上生长了一层第三半导体缓冲层109,从而实现铝组分从有到无的过渡。晶格匹配吸收层可以通过浅刻蚀的方法刻蚀出一个环形栅栏1101,浅刻蚀技术是指刻蚀的深度以刚好穿透晶格匹配吸收层为宜。LP01激励模式下的光场主要集中在环形栅栏1101围成的孔径内,而LP11激励模式下的光场主要集中在环形栅栏1101中,由于砷化镓GaAs对850nm波段附件的光有很强的吸收作用,所以当LP11激励模式下的光场到达环形栅栏1101时,很大部分的光都会被吸收损耗,只有很少一部分光会被反射到双氧化层谐振泄漏腔1081内,因此,环形栅栏1101的作用有以下两个:一是直接通过吸收作用大大降低LP11激励模式下的发射功率,保证即使工作在大电流条件下,LP11发生激励时也可以最大程度提高LP01/LP11的边模抑制比;二是大大增加了LP11激励模式的激励电流阈值,保证尽可能的从源头下抑制LP11模式不发生激励。

作为一种可选的实施方式,n型掺杂的分布式布拉格反射镜的材料为铝镓砷 AlGaAs,且一组 n 型掺杂的分布式布拉格反射镜 104 可以包括 N 层由不同铝组分值的 $Al_xGa_{1-x}As$ 以及 $Al_yGa_{1-y}As$ 交替生长构成,铝组分值高的铝镓砷 AlGaAs 折射率高,铝组分值低的铝镓砷 AlGaAs 折射率低,其中,x 以及 y 的取值范围为大于等于 0 且小于等于 1,且 N 是大于 0 的偶数。

本发明实施例中,一组 n 型掺杂的分布式布拉格反射镜 104 包括的每层 n 型掺杂的分布式布拉格反射镜的有效厚度可以为 VCSEL 激励波长(如 850nm)的四分之一,这样可以保证每层 n 型掺杂的分布式布拉格反射镜不会形成一个独立的谐振腔。

作为一种可选的实施方式,第一半导体缓冲层 105 的材料为 $Al_zGa_{1-z}As$,z 的值可以处于与第一半导体缓冲层 105 相邻的 n 型掺杂的分布式布拉格反射镜中铝组分值以及有源层 106 中铝组分值之间。本发明实施例中,举例来说,假设与第一半导体缓冲层 105 相邻的 n 型掺杂的分布式布拉格反射镜中铝组分值为 0.2 且有源层 106 中铝组分值为 0.9,则 z 的取值范围应该处于 0.2 与 0.9 之间(如 0.55 等)以实现不同金属化合物之间的过渡,进而实现连续性的晶格结构匹配。

作为一种可选的实施方式,有源层 106 可以包括多量子阱型有源层或应变多量子阱型有源层等,本发明实施例不做限定。本发明实施例中,当 VCSEL

的激励波长为 850nm 时,有源层 106 可以是组成材料为砷化镓 GaAs/铝镓砷 AlGaAs 的多量子阱型有源层,也可以是组成材料为铟镓砷 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ /铝镓砷 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ 的应变多量子阱型有源层,本发明实施例不做限定。

作为一种可选的实施方式,n 型掺杂的电极接触层 101 的材料可以为锗化金 AuGe、镍 Ni 以及金 Au 中的任意一种,本发明实施例不做限定。

本发明实施例中,分布式布拉格反射镜(Distributed Bragg Reflector, DBR)的原理是依靠两种高低折射率相间的材料层(如 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$, x、y 均是大于等于 0 且小于等于 1 的值)构成很多对(如 P/2 对以及 N/2 对)的周期结构以使分布式布拉格反射镜的反射率达到 99.5%以上,且一组 p 型掺杂的分布式布拉格反射镜 108 中 p 型掺杂的分布式布拉格反射镜的层数 P 以及一组 n 型掺杂的分布式布拉格反射镜 104 中 n 型掺杂的分布式布拉格反射镜的层数 N 是分别是由高低折射率相间的不同金属组分值的两种同类材料的折射率之差决定的,不同金属组分值的两种同类材料的折射率之差越高,分布式布拉格反射镜的反射率达到 99.5%以上所需的层数(P 层以及 N 层)就越少。

本发明实施例中的 VCSEL 的发光原理与其他激光器的发光原理一样,在两个 p 型接触点连接供电电源正极以及两个 n 型接触点连接供电电源负极后,VCSEL 只需满足以下两个条件就能够实现激光激励:一、粒子数反转过程:在有源层 106 内存在粒子数反转,在激光媒质提供的增益足够超过损耗的情况下,当有电流注入时,光强将持续增加,处于高能态导带底的电子跃迁到处于低能态价带时,随着特定波长的光在有源层 106 上下两个反射镜面来回反射,放大过程不断重复,便形成了激光;二、双氧化层谐振泄漏腔:在有源层 106 产生的激光中选择一定频率且方向一致的激光并优先放大选择的激光,对于其它频率以及方向的激光加以抑制,如激光光场(LP01 激励模式下的激光光场以及 LP11 激励模式下的激光光场)被限制在如图 2 或如图 3 所示的双氧化层孔径内。当激光光场通过如图 2 或如图 3 所示的双氧化层孔径被激励时,吸收层形成的环形栅栏 1101 通过吸收 LP11 激励模式下的激光光场大大降低了 LP11 激励模式下的发射功率,而 LP01 激励模式下的激光光场则通过环形栅栏围成的孔径被激励出以作为 VCSEL 最终输出的激光。

本发明实施例中,请参阅图 5,图 5 是现有技术公开的一种垂直腔面发射激光器 VCSEL 的竖截面的结构示意图,如图 5 所示,该现有技术公开的一种

一种垂直腔面发射激光器 VCSEL 自下而上可以包括 n 型掺杂的电极接触层 501、n 型掺杂的砷化镓 GaAs 衬底 503、一组 n 型掺杂的分布式布拉格反射镜 504、第一半导体缓冲层 505、有源层 506、第二半导体缓冲层 507、一组 p 型掺杂的分布式布拉格反射镜 508 以及两个 p 型接触点 (如图 5 中所示的 5091 以及 5092), 且 n 型掺杂的电极接触层 501 两侧预留两个 n 型接触点 (如图 1 中所示的 5021 以及 5022)。对比图 1 及图 5, 我们可以看出, 本发明实施例公开的垂直腔面发射激光器 VCSEL 包括自下而上的外延层结构, 且自下而上的外延层结构中的一组 p 型掺杂的分布式布拉格反射镜形成了双氧化层谐振泄漏腔以便在 VCSEL 发生激射时使 LP11 激射模式下的光能集中在双氧化层谐振泄漏腔内且降低 LP11 激射模式下的增益, 从而保证了 LP01 激射模式为 VCSEL 的主激射模式, 且自下而上的外延层结构中的吸收层用于形成环形栅栏, 环形栅栏用于吸收 LP11 激射模式中的光能, 从而保证了 LP01 激射模式下的输出光功率, 此外, 图 1 中的第三半导体缓冲层 109 用于实现不同金属化合物之间的过渡以匹配吸收层 110 以及与第三半导体缓冲层 109 相邻的一层 p 型掺杂的分布式布拉格反射镜。可见, 本发明实施例中的 VCSEL 制备工艺简单、可靠性高且提高了输出光功率。

以上对本发明实施例公开的一种垂直腔面发射激光器 VCSEL 进行了详细介绍, 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述, 以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明及其核心思想; 同时, 对于本领域的一般技术人员, 依据本发明的思想, 在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处, 综上所述, 本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

权 利 要 求

1、一种垂直腔面发射激光器VCSEL，所述VCSEL包括自下而上的外延层结构，所述自下而上的外延层结构包括n型掺杂的电极接触层、n型掺杂的砷化镓GaAs衬底、一组n型掺杂的分布式布拉格反射镜、第一半导体缓冲层、有源层、第二半导体缓冲层、一组p型掺杂的分布式布拉格反射镜以及两个p型接触点，所述n型掺杂的电极接触层两侧预留两个n型接触点，所述一组n型掺杂的分布式布拉格反射镜包括至少两层n型掺杂的分布式布拉格反射镜，每层所述n型掺杂的分布式布拉格反射镜由金属组分值不同的相同材料构成，其特征在于，所述自下而上的外延层结构还包括第三半导体缓冲层以及吸收层，且所述一组p型掺杂的分布式布拉格反射镜包括二氧化层谐振泄漏腔，其中：

所述第三半导体缓冲层处于所述一组p型掺杂的分布式布拉格反射镜以及所述吸收层之间，所述吸收层处于所述第三半导体缓冲层以及两个所述p型接触点之间，所述二氧化层谐振泄漏腔用于在所述VCSEL发生激射时使LP11激射模式下的光场集中在所述二氧化层谐振泄漏腔内且降低所述LP11激射模式下的增益以保证LP01激射模式为所述VCSEL的主激射模式，所述吸收层用于形成环形栅栏，所述环形栅栏用于吸收所述LP11激射模式下的光能以保证所述LP01激射模式下的输出光功率，所述第一半导体缓冲层、所述第二半导体缓冲层以及所述第三半导体缓冲层用于实现不同金属化合物之间的过渡，所述有源层用于实现电光转换，两个所述n型接触点用于连接供电电源的负极，两个所述p型接触点用于连接所述供电电源的正极。

2、根据权利要求1所述的垂直腔面发射激光器VCSEL，其特征在于，所述一组p型掺杂的分布式布拉格反射镜包括P层p型掺杂的分布式布拉格反射镜，且所述p型掺杂的分布式布拉格反射镜的材料为铝镓砷AlGaAs，所述P层p型掺杂的分布式布拉格反射镜包括两层第一类p型掺杂的分布式布拉格反射镜以及（P-2）层第二类p型掺杂的分布式布拉格反射镜，所述第一类p型掺杂的分布式布拉格反射镜中铝组分值较高，所述第二类p型掺杂的分布式布拉格反射镜中铝组分值较低，所述两层第一类p型掺杂的分布式布拉格反射镜与L层第二类p型掺杂的分布式布拉格反射镜构成所述二氧化层谐振泄漏腔，所述L层第

二类p型掺杂的分布式布拉格反射镜处于所述两层第一类p型掺杂的分布式布拉格反射镜之间，所述两层第一类p型掺杂的分布式布拉格反射镜用于经过氧化工艺后形成高电阻率-低折射率的结构以限制电流以及光场，所述P是大于2的偶数，所述L是大于等于1且小于等于所述(P-2)的整数。

3、根据权利要求1所述的垂直腔面发射激光器VCSEL，其特征在于，所述吸收层包括晶格匹配吸收层，所述晶格匹配吸收层的材料为砷化镓GaAs，所述晶格匹配吸收层通过浅刻蚀技术被刻蚀为所述环形栅栏，且所述晶格匹配吸收层的厚度为所述VCSEL激励波长的四分之一的奇数倍，所述环形栅栏到中心的距离等于LP11的近场光斑到中心的距离，所述环形栅栏的宽度大于等于LP11光斑的直径。

4、根据权利要求1所述的垂直腔面发射激光器VCSEL，其特征在于，所述n型掺杂的分布式布拉格反射镜的材料为铝镓砷AlGaAs，且所述一组n型掺杂的分布式布拉格反射镜是由不同铝组分值的 $Al_xGa_{1-x}As$ 以及 $Al_yGa_{1-y}As$ 交替生长构成，所述x以及所述y的取值范围为大于等于0且小于等于1。

5、根据权利要求1所述的垂直腔面发射激光器VCSEL，其特征在于，所述第一半导体缓冲层的材料为 $Al_zGa_{1-z}As$ ，所述z的值处于与所述第一半导体缓冲层相邻的n型掺杂的分布式布拉格反射镜中铝组分值以及所述有源层中铝组分值之间。

6、根据权利要求1所述的垂直腔面发射激光器VCSEL，其特征在于，所述有源层包括多量子阱型有源层或应变多量子阱型有源层。

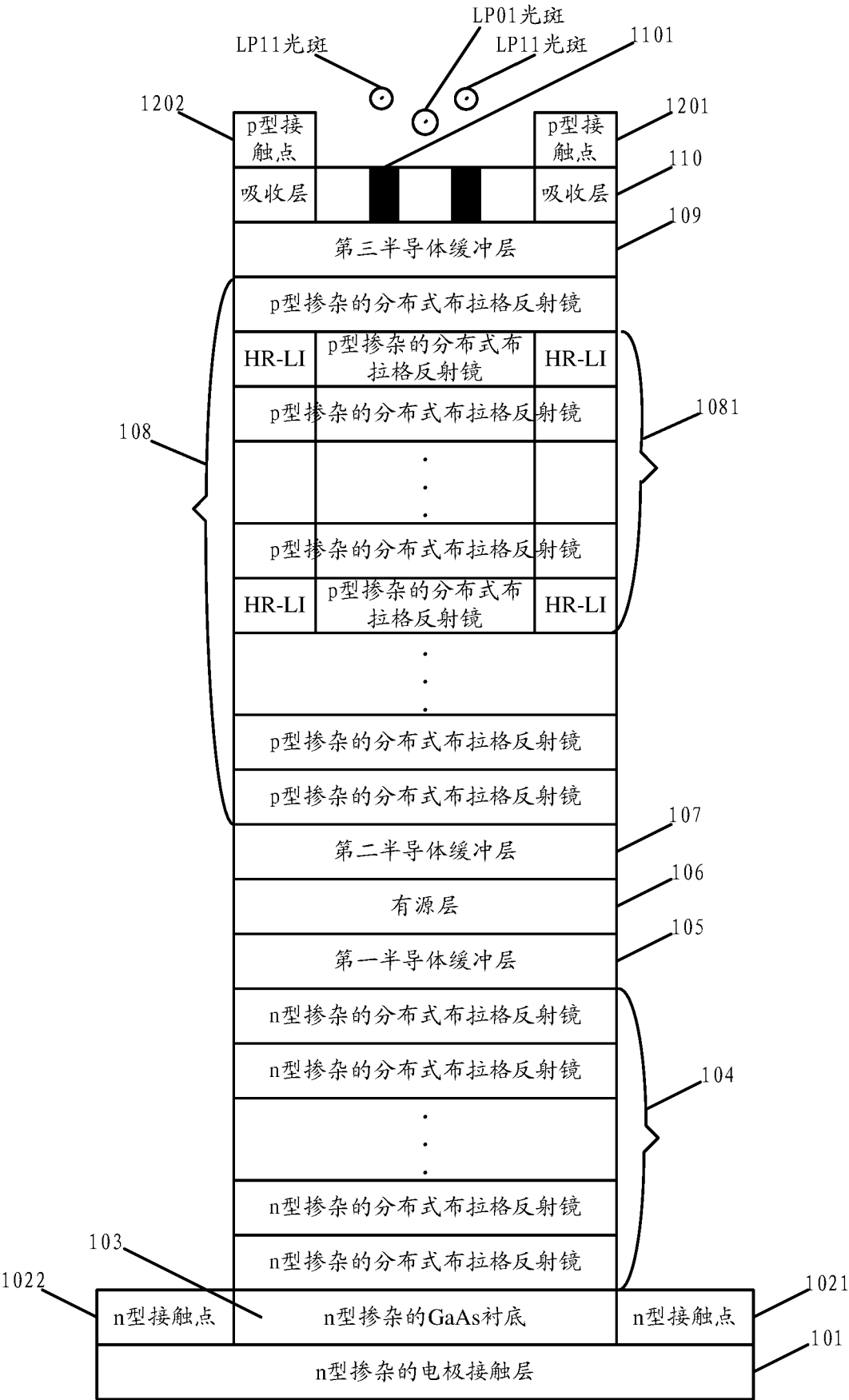


图 1

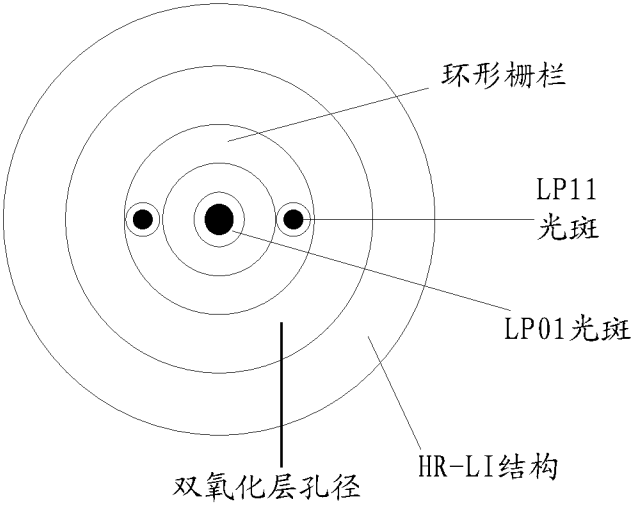


图 2

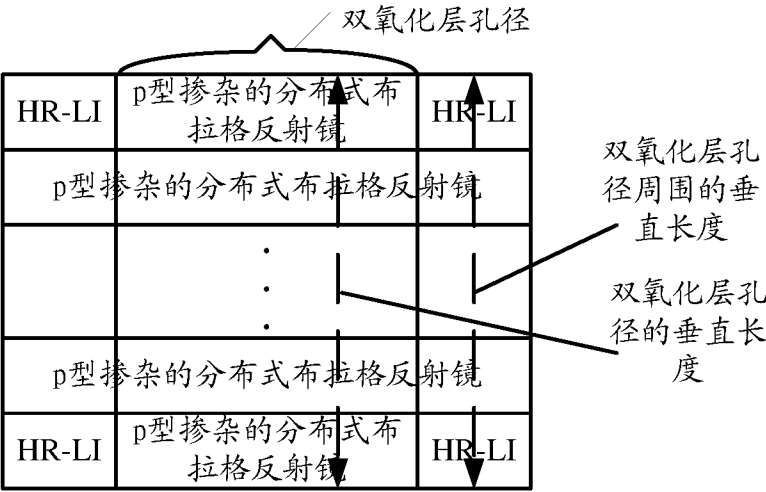


图 3

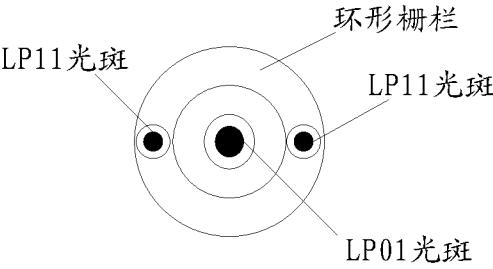


图 4

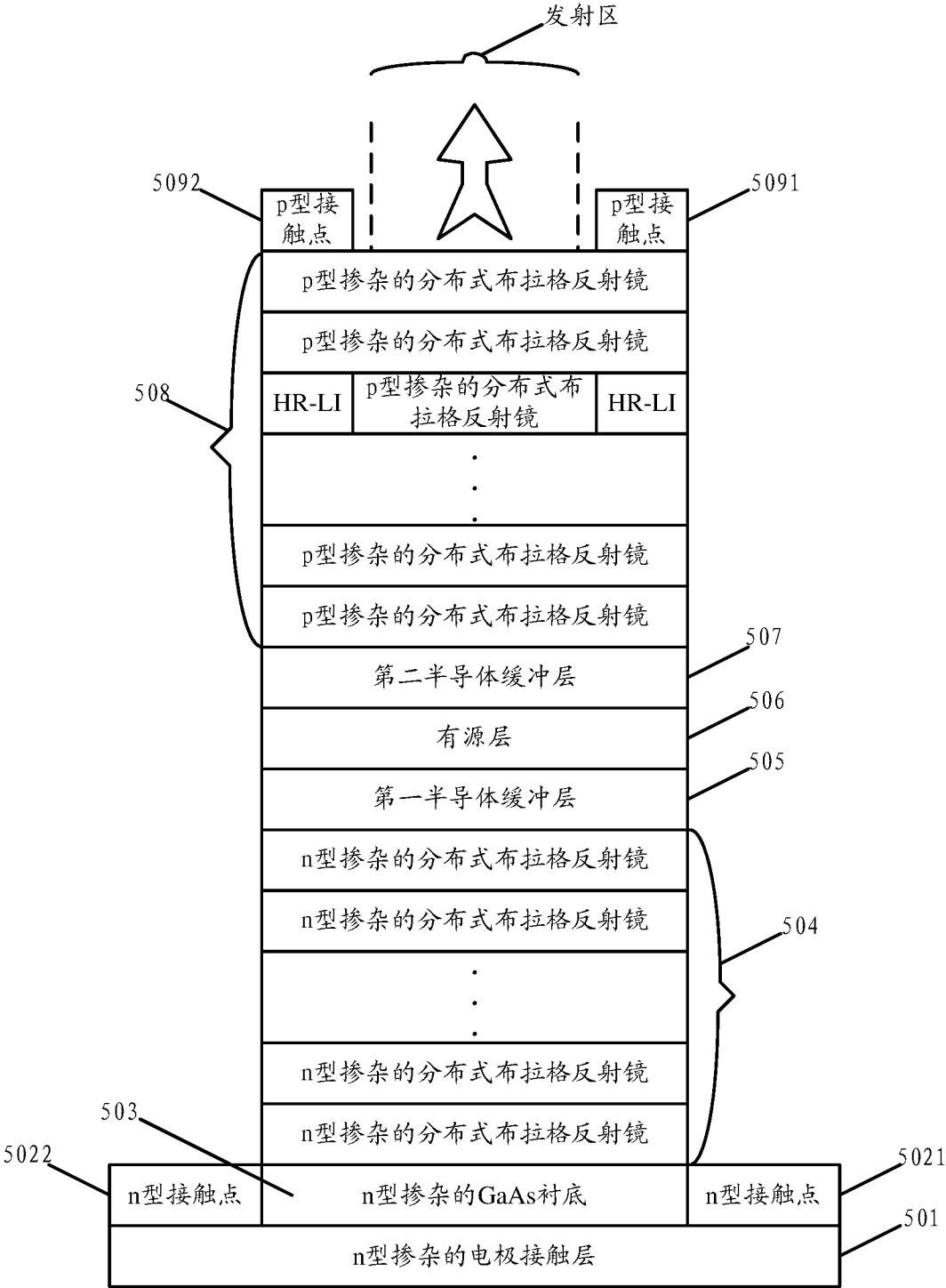


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/082201

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S 5/183 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01S 5/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: vertical, cavity, laser, absorb+, reflect+, oxidat+, bragg, resonan+, VCSEL, Huawei, wu bo, epitaxial

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 1395344 A (ZARRLINCK SEMICONDUCTOR AB) 05 February 2003 (05.02.2003) the whole document	1-6
A	CN 1092210 A (JILIN UNIVESITY) 14 September 1994 (14.09.1994) the whole document	1-6
A	CN 1198265 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP.) 04 November 1998 (04.11.1998) the whole document	1-6
A	CN 101667715 A (INSTITUTE OF SEMICONDUCTORS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 10 March 2010 (10.03.2010) the whole document	1-6
A	US 2009/0296754 A1 (VI SYSTEMS GMBH.) 03 December 2009 (03.12.2009) the whole document	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 11 February 2015	Date of mailing of the international search report 27 February 2015
---	--

Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer WANG, Jianliang Telephone No. (86-10) 62413501
---	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2014/082201

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 1395344 A	05 February 2003	SE 0202012 L	04 January 2003
		DE 10229211 A1	23 January 2003
		US 2003007531 A1	09 January 2003
		FR 2827087 A1	10 January 2003
		GB 2377318 A	08 January 2003
CN 1092210 A	14 September 1994	CN 1036822 C	24 December 1997
CN 1198265 A	04 November 1998	DE 69601948 T2	05 August 1999
		CN 1090398 C	04 September 2002
		WO 9713302 A1	10 April 1997
		CA 2231396 A1	10 April 1997
		AU 698782 B2	05 November 1998
		JP H11513534 A	16 November 1999
		EP 0852834 B1	31 March 1999
		US 6061381 A	09 May 2000
		AU 7090896 A	28 April 1997
		CA 2231396 C	27 February 2001
		EP 0852834 A1	15 July 1998
		JP 2008022024 A	31 January 2008
		CN 101667715 B	27 October 2010
CN 101667715 A	10 March 2010		
US 2009/0296754 A1	03 December 2009	US 2007291808 A1	20 December 2007
		US 7593436 B2	22 September 2009
		US 8290016 B2	16 October 2012
		WO 2008029283 A2	13 March 2008
		EP 2033282 A2	11 March 2009

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2014/082201

A. 主题的分类

H01S 5/183 (2006.01) i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H01S 5/-

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 华为, 吴波, 垂直腔面, 激光器, VCSEL, 外延, 布拉格, 反射, 谐振, 环形栅栏, 吸收, 氧化, vertical, cavity, laser, absorb+, reflect+, oxidat+, bragg, resonan+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 1395344 A (扎尔林克半导体有限公司) 2003年 2月 5日 (2003 - 02 - 05) 全文	1-6
A	CN 1092210 A (吉林大学) 1994年 9月 14日 (1994 - 09 - 14) 全文	1-6
A	CN 1198265 A (英国电讯公司) 1998年 11月 4日 (1998 - 11 - 04) 全文	1-6
A	CN 101667715 A (中国科学院半导体研究所) 2010年 3月 10日 (2010 - 03 - 10) 全文	1-6
A	US 2009/0296754 A1 (VI SYSTEMS GMBH.) 2009年 12月 3日 (2009 - 12 - 03) 全文	1-6

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2015年 2月 11日

国际检索报告邮寄日期

2015年 2月 27日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
北京市海淀区蓟门桥西土城路6号
100088 中国

传真号 (86-10)62019451

授权官员

王建良

电话号码 (86-10)62413501

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/082201

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	1395344	A	2003年 2月 5日	SE	0202012	L	2003年 1月 4日
				DE	10229211	A1	2003年 1月 23日
				US	2003007531	A1	2003年 1月 9日
				FR	2827087	A1	2003年 1月 10日
				GB	2377318	A	2003年 1月 8日
CN	1092210	A	1994年 9月 14日	CN	1036822	C	1997年 12月 24日
CN	1198265	A	1998年 11月 4日	DE	69601948	T2	1999年 8月 5日
				CN	1090398	C	2002年 9月 4日
				WO	9713302	A1	1997年 4月 10日
				CA	2231396	A1	1997年 4月 10日
				AU	698782	B2	1998年 11月 5日
				JP	H11513534	A	1999年 11月 16日
				EP	0852834	B1	1999年 3月 31日
				US	6061381	A	2000年 5月 9日
				AU	7090896	A	1997年 4月 28日
				CA	2231396	C	2001年 2月 27日
				EP	0852834	A1	1998年 7月 15日
				JP	2008022024	A	2008年 1月 31日
CN	101667715	A	2010年 3月 10日	CN	101667715	B	2010年 10月 27日
US	2009/0296754	A1	2009年 12月 3日	US	2007291808	A1	2007年 12月 20日
				US	7593436	B2	2009年 9月 22日
				US	8290016	B2	2012年 10月 16日
				WO	2008029283	A2	2008年 3月 13日
				EP	2033282	A2	2009年 3月 11日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)