



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114006264 A

(43) 申请公布日 2022. 02. 01

(21) 申请号 202111248342.1

(22) 申请日 2021.10.26

(71) 申请人 山东省科学院激光研究所
地址 272000 山东省济宁市海川路9号高新区产学研基地A3号楼B座

(72) 发明人 唐先胜 韩丽丽 王兆伟 宫卫华
王纪强 刘统玉

(74) 专利代理机构 济南龙瑞知识产权代理有限公司 37272

代理人 张俊涛

(51) Int. Cl.

H01S 5/183 (2006.01)

H01S 5/343 (2006.01)

H01S 5/024 (2006.01)

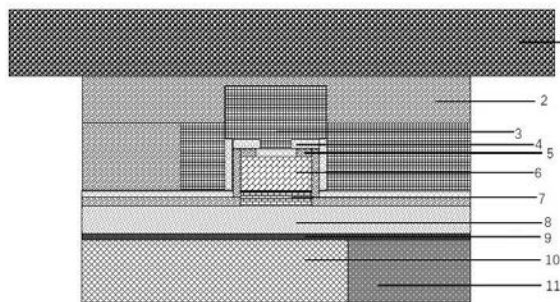
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种长波长VCSEL的结构及其制备方法

(57) 摘要

本发明涉及VCSEL制备技术领域,特别涉及一种长波长VCSEL的结构及其制备方法,VCSEL的热沉的底部贴合有第一接触金属,第一接触金属的底部贴合有底DBR,底DBR的底部贴合有第一ITO,第一ITO的底部贴合有介质钝化层,介质钝化层的底部贴合有N/P型层,N/P型层的底部贴合有有源区,有源区的底部贴合有P/N型层,P/N型层的底部贴合有第二ITO,第二ITO底部贴合顶DBR,顶DBR的底部贴合有第二接触金属。本发明解决了目前工艺复杂,制备困难的问题,适用于大功率的VCSEL器件的制备,长波长VCSEL的制备。



1. 一种长波长VCSEL的结构,包括热沉(1),其特征在于:

所述热沉(1)的底部贴合有第一接触金属(2),所述第一接触金属(2)的底部贴合有底DBR(3),所述底DBR(3)的底部贴合有第一ITO(4),所述第一ITO(4)的底部贴合有介质钝化层(5),所述介质钝化层(5)的底部贴合有N/P型层(6),所述N/P型层(6)的底部贴合有有源区(7),所述有源区(7)的底部贴合有P/N型层(8),所述P/N型层(8)的底部贴合有第二ITO(9),所述第二ITO(9)底部贴合顶DBR(10),所述顶DBR(10)的底部贴合有第二接触金属(11)。

2. 根据权利要求1所述的长波长VCSEL的结构,其特征在于:

所述热沉(1)的材质为氮化铝或铜;

所述第一接触金属(2)和第二接触金属(11)为适用于N/P-InP欧姆接触的单层或多层金属层,接触金属的组成包括金、镍、钛、铝、锗、铂;

所述底DBR(3)和顶DBR(10)为至少两种介质材料相互交叠形成,介质材料种类包括氧化钛、氧化硅、氧化铝、氧化铌、氮化铝、氮化硅;

所述顶DBR(10)的反射率在所激射波长附近大于99%,且小于99.9%,高反射率区的带宽大于50nm;

所述底DBR(3)的反射率在所激射波长附近大于99.9%,高反射率区的带宽大于50nm;

所述第一ITO(4)和第二ITO(9)可以与N/P-InP型层良好的欧姆接触;

所述介质钝化层(5)为氮化硅层;

所述P/N型层(8)为InP或InGaAs材料;

所述有源区(7)为InP/InGaAs量子阱结构。

3. 一种基于上述1或2任意一项所述的长波长VCSEL的结构的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1,将具有长波长VCSEL器件外延结构的晶圆清洗干净;

S2,利用光刻技术定义出光孔;

S3,利用干法刻蚀技术刻蚀出台面结构;

S4,利用湿法腐蚀技术侧向腐蚀台面结构;

S5,沉积介质钝化层;

S6,利用套刻技术再次定义出光孔;

S7,刻蚀去除出光孔处的介质钝化层;

S8,沉积第一ITO层;

S9,沉积制备底DBR层;

S10,结合光刻工艺,去除部分DBR层区域;

S11,沉积欧姆接触金属;

S12,利用电镀技术,制备热沉;

S13,将晶圆粘附在临时衬底上;

S14,利用CMP工艺,去除InP衬底;

S15,沉积第二ITO层;

S16,沉积顶DBR层;

S17,结合套刻工艺,去除部分DBR层区域;

S18, 利用光刻工艺, 定义欧姆接触区;

S19, 沉积欧姆接触金属;

S20, 去除临时衬底。

4. 根据权利要求3所述的长波长VCSEL的结构的制作方法, 其特征在于:

所述S1中长波长VCSEL器件外延结构只包含有源层和有源层包覆层, 不具有DBR结构, 清洗过程至少包含丙酮清洗, 酒精清洗, 去离子水清洗;

所述S2中的出光孔为圆形结构;

所述S3中的干法刻蚀技术包含ICP刻蚀、Ar离子刻蚀;

所述S4中的湿法腐蚀技术为慢速湿法腐蚀;

所述S5中的介质钝化层的沉积方法包括PECVD、电子束沉积、溅射。

5. 根据权利要求3所述的长波长VCSEL的结构的制作方法, 其特征在于:

所述S6中利用套刻技术再次定义出光孔也为圆形结构, 其直径小于S2中定义的圆形结构;

所述S7中刻蚀方法包括RIE刻蚀、ICP刻蚀、Ar离子刻蚀;

所述S8和S15中沉积ITO层的方法包括溅射、电子束沉积;

所述S9和S16中沉积制备DBR层的方法包括电子束沉积、溅射。

6. 根据权利要求3所述的长波长VCSEL的结构的制作方法, 其特征在于:

所述S11和S19中沉积欧姆接触金属的方法包括电子束沉积、溅射;

所述S13中将晶圆粘附在临时衬底上的方法包括胶水、石蜡、光刻胶、聚酰亚胺粘性物质的软粘连, 金锡合金、铟的金属键合;

所述S16中顶DBR层的折射率大于99%, 且小于99.9%。

一种长波长VCSEL的结构及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及VCSEL制备技术领域,特别涉及一种长波长VCSEL的结构及其制备方法。

背景技术

[0002] VCSEL是Vertical Cavity Surface Emitting Laser的首字母缩写,即垂直腔表面发射激光器。VCSEL是一种半导体激光二极管,以砷化镓等半导体材料为基础研制,有别于LED(发光二极管)和LD(Laser Diode,激光二极管)等其他光源。与传统的边发射(Edge emitter)激光器不同,VCSEL是从顶部表面垂直发射高功率光学激光束,具有体积小、圆形输出光斑、天然2D结构光、单纵模输出、阈值电流小、工作温度范围大、价格低廉、易集成为大面积阵列等优点,广泛应用与光通信,光互连,光存储等领域。

[0003] 随着物联网、AI、5G技术的发展,3D成像和传感技术迎来了高速成长,撬动智能手机、AR/VR、智能汽车等多个领域发展,加速万物互联时代的到来。VCSEL作为3D成像和传感系统的核心器件,正处于智能互联产业的金字塔尖。目前以镓砷衬底为基础的短波红外VCSEL,如850nm,980nm等波长的VCSEL已经得到了大力的发展,并且得到了很好地应用。国内外厂商在这些波段的VCSEL研发和应用中,都发挥了巨大的作用。

[0004] 但是在长波长VCSEL,例如1310nm,1550nm等的VCSEL的制备和研发中,仍然有很多的掣肘因素,例如DBR不容易制备,电流限制不容易得到等等。目前国际上能生产并商业化产出的长波长VCSEL的厂家,屈指可数,且采取的工艺路线均为掩埋隧道结的方法,这种工艺及其复杂,并且良率很低。

[0005] 为此,本申请设计了一种新的长波长VCSEL的结构及其制备方法,以解决上述问题。

发明内容

[0006] 本发明为了弥补现有技术中长波长VCSEL工艺复杂,制备困难的不足,提出了一种长波长VCSEL的结构及其制备方法。

[0007] 本发明是通过如下技术方案实现的:

一种长波长VCSEL的结构,包括热沉,其特征在于:

所述热沉的底部贴合有第一接触金属,所述第一接触金属的底部贴合有底DBR,所述底DBR的底部贴合有第一ITO,所述第一ITO的底部贴合有介质钝化层,所述介质钝化层的底部贴合有N/P型层,所述N/P型层的底部贴合有有源区,所述有源区的底部贴合有P/N型层,所述P/N型层的底部贴合有第二ITO,所述第二ITO底部贴合顶DBR,所述顶DBR的底部贴合有第二接触金属。

[0008] 进一步的,为了更好的实现本发明,所述热沉的材质为氮化铝或铜;

所述第一接触金属和第二接触金属为适用于N/P-InP欧姆接触的单层或多层金属层,接触金属的组成包括金、镍、钛、铝、锗、铂;

所述底DBR和顶DBR为至少两种介质材料相互交叠形成,介质材料种类包括氧化钛、氧化硅、氧化铝、氧化铌、氮化铝、氮化硅;

所述底DBR和顶DBR的反射率在所激射波长附近大于99%,高反射率区的带宽大于50nm;

所述第一ITO和第二ITO可以与N/P-InP型层良好的欧姆接触;

所述介质钝化层为氮化硅层;

所述P/N型层为InP或InGaAs材料;

所述有源区为InP/InGaAs量子阱结构。

[0009] 基于上述的长波长VCSEL的结构,其制备方法如下:

S1,将具有长波长VCSEL器件外延结构的晶圆清洗干净;

S2,利用光刻技术定义出光孔;

S3,利用干法刻蚀技术刻蚀出台面结构;

S4,利用湿法腐蚀技术侧向腐蚀台面结构;

S5,沉积介质钝化层;

S6,利用套刻技术再次定义出光孔;

S7,刻蚀去除出光孔处的介质钝化层;

S8,沉积第一ITO层;

S9,沉积制备底DBR层;

S10,结合光刻工艺,去除部分DBR层区域;

S11,沉积欧姆接触金属;

S12,利用电镀技术,制备热沉;

S13,将晶圆粘附在临时衬底上;

S14,利用CMP工艺,去除InP衬底;

S15,沉积第二ITO层;

S16,沉积顶DBR层;

S17,结合套刻工艺,去除部分DBR层区域;

S18,利用光刻工艺,定义欧姆接触区;

S19,沉积欧姆接触金属;

S20,去除临时衬底。

[0010] 进一步的,为了更好的实现本发明,所述S1中长波长VCSEL器件外延结构只包含有源层和有源层包覆层,不具有DBR结构,清洗过程至少包含丙酮清洗,酒精清洗,去离子水清洗;所述S2中的出光孔为圆形结构;所述S3中的干法刻蚀技术包含ICP刻蚀、Ar离子刻蚀;所述S4中的湿法腐蚀技术为慢速湿法腐蚀;所述S5中的介质钝化层的沉积方法包括PECVD、电子束沉积。

[0011] 进一步的,为了更好的实现本发明,所述S6中利用套刻技术再次定义出光孔也为圆形结构,其直径小于S2中定义的圆形结构;所述S7中刻蚀方法包括RIE刻蚀、ICP刻蚀、Ar离子刻蚀;所述S8和S15中沉积ITO层的方法包括溅射、电子束沉积;所述S9和S16中沉积制备DBR层的方法包括电子束沉积、溅射。

[0012] 进一步的,为了更好的实现本发明,所述S11和S19中沉积欧姆接触金属的方法包

括电子束沉积、溅射；所述S13中将晶圆粘附在临时衬底上的方法包括胶水、石蜡、光刻胶、聚酰亚胺粘性物质的软粘连，金锡合金、铟的金属键合；所述S16中顶DBR层的折射率大于99%，且小于99.9%。

[0013] 本发明的有益效果是：

1. 本发明涉及到的制备长波长VCSEL的方法，不需要利用外延的方法制备DBR结构，节约了生长时间，可以提高外延的制备良率。

[0014] 2. 本发明不需要制备掩埋隧道结的方法，可以简化生长过程。

[0015] 3. 本发明提供的方法应用范围广，不仅仅适用于制备长波长VCSEL器件，同样适用于制备任意波长的VCSEL器件。

附图说明

[0016] 图1为本发明的长波长VCSEL的结构示意图。

[0017] 1、热沉，2、第一接触金属，3、底DBR，4、第一ITO，5、介质钝化层，6、N/P型层，7、有源区，8、P/N型层，9、第二ITO，10、顶DBR，11、第二接触金属。

具体实施方式

[0018] 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的一部分实施例，而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本发明实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。

[0019] 因此，以下对在附图中提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围，而是仅仅表示本发明的选定实施例。基于本发明的实施例，本领域技术人员在没有做出创造性劳动的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。

[0020] 图1为本发明的一种具体实施例，该实施例为一种长波长VCSEL的结构，本实施例在N型InP衬底上生长得到的总光学厚度为一个波长(1.55um)的全结构，自下而上包含N-InP层、InP/InGaAs量子阱有源区以及P-InP层，其中有源区中有三个周期的量子阱结构；

接下来，利用丙酮，酒精和去离子水，将该样品清洁干净，去除在制备过程中产生的沾染；

然后，利用MJB-4光刻机，并结合相应的光刻版和光刻胶，制备得到直径为10um的圆形点阵阵列；

接下来，利用ICP刻蚀技术，自上而下刻蚀至N-InP层，刻蚀气体为BCl₃，Cl₂和Ar；

然后，利用湿法腐蚀技术，去除干法刻蚀产生的损伤，腐蚀液为稀盐酸(HCl:H₂O=1:10)，紧接着去除光刻胶；

接下来，利用PECVD技术，沉积20nm厚的SiN钝化层，覆盖晶圆结构表面；

然后，通过套刻技术，利用MJB-4光刻机，并结合相应的光刻版和光刻胶，在原有的直径为10um的圆形点阵阵列上制备得到直径为5um的圆形阵列，两个阵列的圆心重合；

接下来，通过RIE刻蚀技术，去除相应位置的SiN钝化层，刻蚀气体为CF₄和O₂，露出P-InP层；

接下来，利用溅射技术，沉积100nm的ITO；

然后，利用溅射技术，沉积12对氧化硅/氧化铌介质对，以制备DBR结构，其对应于

1.55 μm 处的反射率大于99.9%;

然后,通过套刻技术,利用MJB-4光刻机,并结合相应的光刻版和光刻胶,定义上电极接触区,并通过RIE刻蚀技术,去除相应位置的DBR结构,刻蚀气体为 CF_4 和 O_2 ,露出ITO层;

接下来,利用电子束蒸发技术,沉积制备P-InP接触层电极,电极金属为Ti、Pt、Au;

然后利用电镀技术,在电极金属上电镀至少为50 μm 厚的铜;

接下来利用石蜡,将晶圆铜侧粘附在蓝宝石临时衬底上;

然后,利用CMP技术,去除N-InP衬底至N-InP层;

接下来,利用接下来,利用溅射技术,沉积100nm的ITO;

然后,利用溅射技术,沉积8对氧化硅/氧化铌介质对,以制备DBR结构,其对应于1.55 μm 处的反射率大于99%,且小于99.9%;

然后,通过套刻技术,利用MJB-4光刻机,并结合相应的光刻版和光刻胶,定义下电极接触区,并通过RIE刻蚀技术,去除相应位置的DBR结构,刻蚀气体为 CF_4 和 O_2 ,露出ITO层;

接下来,利用电子束蒸发技术,沉积制备N-InP接触层电极,电极金属为Ni、Au/Ge、Ni、Au;

最后,去除蓝宝石临时衬底。

[0021] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,本领域普通技术人员对本发明的技术方案所做的其他修改或者等同替换,只要不脱离本发明技术方案的精神和范围,均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

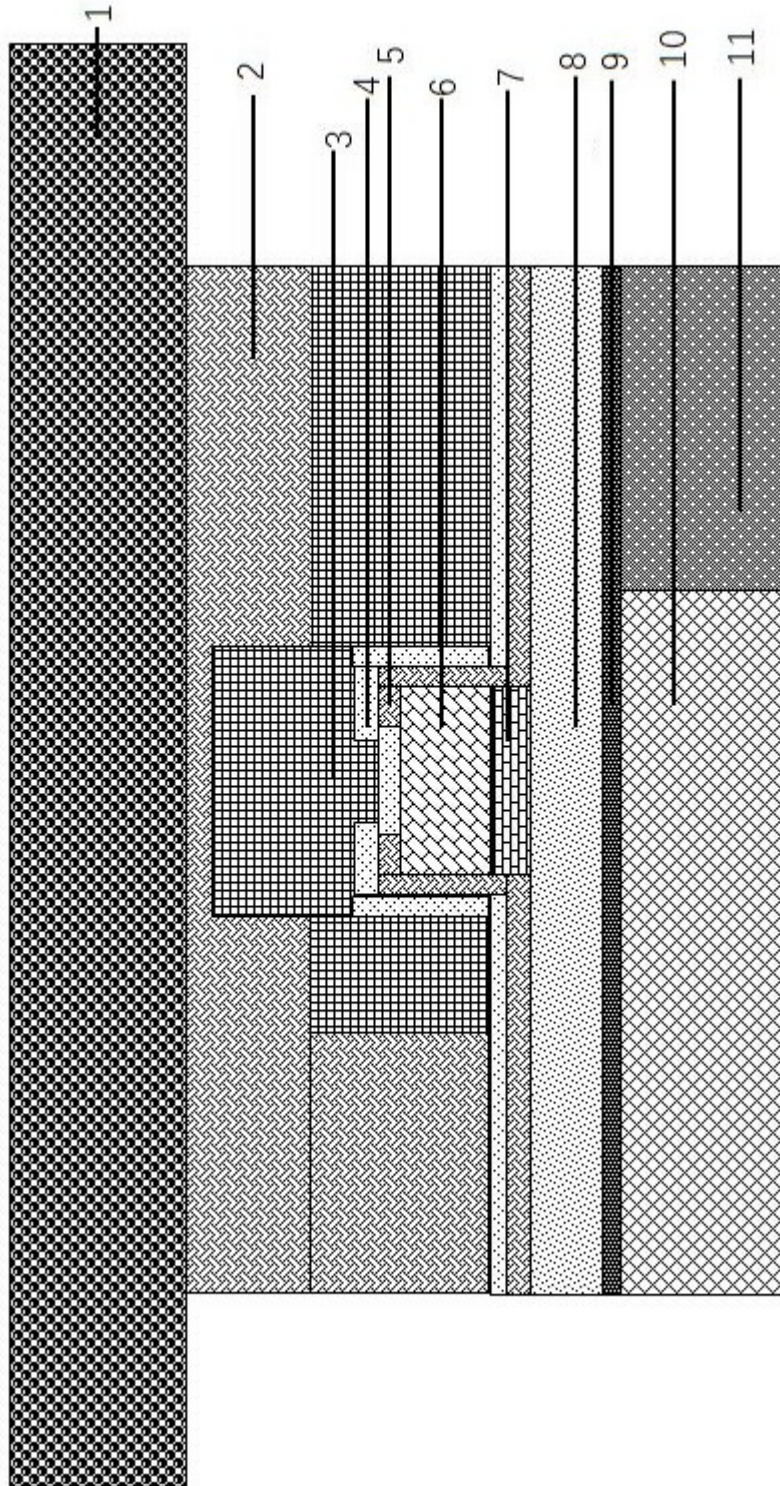


图1