



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103594930 B

(45)授权公告日 2017.03.29

(21)申请号 201310499226.6

(22)申请日 2013.10.22

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 103594930 A

(43)申请公布日 2014.02.19

(73)专利权人 溧阳市东大技术转移中心有限公司  
地址 213300 江苏省常州市溧阳市溧城镇  
东门大街67号

(72)发明人 丛国芳

(74)专利代理机构 南京天翼专利代理有限责任  
公司 32112  
代理人 黄明哲

(51)Int.Cl.  
H01S 5/347(2006.01)

(56)对比文件

CN 101888061 A,2010.11.17,附图1、说明书  
0005段至0017段,0037段至0040段.

US 5889295 A,1999.03.30,全文.

审查员 胡涛

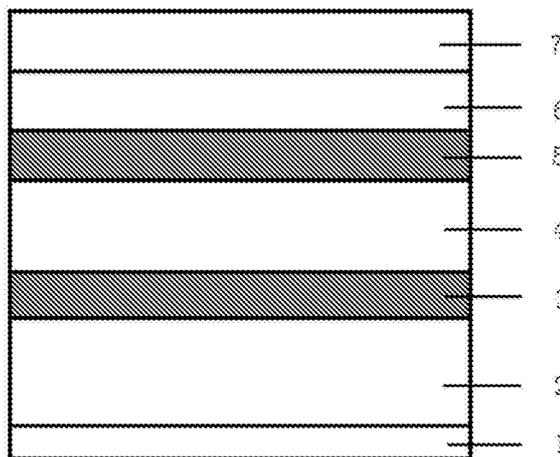
权利要求书1页 说明书2页 附图1页

(54)发明名称

一种n型衬底激光二极管的制造方法

(57)摘要

本发明公开了一种n型衬底激光二极管的制造方法,所述方法依次包括如下步骤:(1)提供衬底;(2)在衬底上依次形成n型界面层、发光层、p型界面层、p型注入层和p电极;(3)在衬底下形成n电极。



1. 一种n型衬底激光二极管的制造方法,其特征在于所述方法依次包括如下步骤:

(1) 提供n型衬底;

(2) 在n型衬底上依次形成n型界面层、发光层、p型界面层、p型注入层和p电极;

(3) 在衬底下形成n电极;

其中,p型注入层为空穴注入层;

通过射频磁控溅射工艺来形成发光层;所述射频磁控溅射工艺的具体过程为:在不大于 $10^{-3}$ Pa的本底气压下,将衬底温度加热至 $220\sim 300^{\circ}\text{C}$ ,溅射功率设定为 $80\sim 120\text{W}$ ,依次溅射ZnO层、 $\text{Zn}_{1-a}\text{Mg}_a\text{O}$ 层和 $\text{Zn}_{1-b}\text{As}_b\text{O}$ 层以便形成所述发光层;溅射时间为 $2\sim 3$ 分钟;

其中,构成所述发光层的ZnO层、 $\text{Zn}_{1-a}\text{Mg}_a\text{O}$ 层和 $\text{Zn}_{1-b}\text{As}_b\text{O}$ 层作为一个周期,共形成 $10\sim 20$ 个周期;

其中,p型注入层的具体工艺过程为:采用高纯度的金属Ni作为靶材,在本底气压为 $10^{-4}$ Pa的氛围下,将淀积温度设定为 $350^{\circ}\text{C}$ 、淀积气压设定为6Pa,相对氧分压 $\text{O}_2/(\text{O}_2+\text{Ar})$ 设定为60%;

功率设定为230W,溅射时间设定为:50分钟;

其中,n型界面层是 $\text{n-Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ,p型界面层为 $\text{p-Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{P}$ ;

其中,发光层是超晶格结构的多量子阱层,形成该多量子阱层的材料为ZnO/ $\text{Zn}_{1-a}\text{Mg}_a\text{O}$ / $\text{Zn}_{1-b}\text{As}_b\text{O}$ ;

其中,p型注入层为p型NiO注入层;

其中,n电极为In、Al、Ga、Ag或ITO;p电极为Au、Pt、Pt/Ni、Au/Ni或ITO;

其中, $0 < x \leq 1, 0 < y \leq 1$ 并且 $x+y \leq 1; 0 < a \leq 0.2, 0 < b \leq 0.3$ 。

## 一种n型衬底激光二极管的制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于半导体技术领域,特别是涉及一种n型衬底激光二极管的制造方法。

### 背景技术

[0002] 氧化锌(ZnO)是一种新型的II-VI族直接带隙宽禁带半导体材料。氧化锌(ZnO)无论在晶格结构、晶胞参数还是在禁带宽度上都与GaN相似,且具有比GaN更高的熔点和更大的激子束缚能,又具有较低的光致发光和受激辐射的阈值以及良好的机电耦合特性、热稳定性和化学稳定性。在室温下,氧化锌(ZnO)的禁带宽度为3.37eV,自由激子结合能高达60meV,远大于GaN,因此更容易在室温或更高温度下实现激子增益。但是,作为衬底的GaN中一般都会包括各种缺陷,例如位错、间隙或空位等,缺陷会引起晶体应变,应变会造成衬底上外延层的品质及性能降低,导致激光二极管的寿命缩短。减少了半导体衬底材料生长过程中形成的缺陷密度已成为本领域急需解决的问题。

### 发明内容

[0003] 为了克服现有技术中存在的缺陷,本发明提供了一种n型衬底激光二极管的制造方法,该方法可以明显的减小激光二极管衬底中的晶体缺陷密度,提高激光二极管的性能和寿命。

[0004] 本发明提出的n型衬底激光二极管的制造方法依次包括如下步骤:

[0005] (1)提供n型衬底;

[0006] (2)在n型衬底上依次形成n型界面层、发光层、p型界面层、p型注入层和p电极;

[0007] (3)在n型衬底下形成n电极。

[0008] 其中,其中,n型界面层是 $n\text{-Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ,其中 $0 < x \leq 1, 0 < y \leq 1$ 并且 $x+y \leq 1$ ;

[0009] 其中,发光层是超晶格结构的多量子阱层,形成该多量子阱层的材料为 $\text{ZnO}/\text{Zn}_{1-a}\text{Mg}_a\text{O}/\text{Zn}_{1-b}\text{As}_b\text{O}$ ,其中 $0 < a \leq 0.2, 0 < b \leq 0.3$ ;

[0010] 其中,p型界面层为 $p\text{-Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{P}$ ,其中 $0 < x \leq 1, 0 < y \leq 1$ 并且 $x+y \leq 1$ ;

[0011] 其中,p型注入层为n型NiO注入层;

[0012] 其中,n电极为In、Al、Ga、Ag或ITO;p电极为Au、Pt、Pt/Ni、Au/Ni或ITO(氧化铟锡)。

[0013] 本发明提出的激光二极管的制造方法,可以获得如下有益的效果:

[0014] 1.采用 $n\text{-Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 的n型界面层以及 $p\text{-Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{P}$ 的p型界面层,可以有效降低半导体衬底材料生长过程中形成的缺陷密度;

[0015] 2.采用多量子阱层 $\text{ZnO}/\text{Zn}_{1-a}\text{Mg}_a\text{O}/\text{Zn}_{1-b}\text{As}_b\text{O}$ 作为发光层,能够大大提高了载流子的复合几率,提高激光二极管的发光效率;

[0016] 3.采用p型NiO作为空穴注入层形成异质结注入,这种异质结具有超注入的优点,从而进一步提高发光效率。

### 附图说明

[0017] 图1是本发明提出的制造方法所制得的激光二极管的结构示意图。

### 具体实施方式

[0018] 参见图1,本发明提出的制造方法依次包括如下步骤:

[0019] (1) 提供n型衬底2;采用在蓝宝石上生长GaN,生长完成后,将蓝宝石去除,得到n型GaN衬底2;然后对该n型衬底2进行清洗,首先采用丙酮、酒精进行超声波清洗,然后采用去离子水进行冲洗,以便将残留在n型衬底2上的丙酮和酒精清洗干净,最后用氮气枪将n型衬底2表面的去离子水风干;

[0020] (2) 在n型衬底2上依次形成n型界面层3、发光层4、p型界面层5、p型注入层6和p电极7;

[0021] 其中,在n型衬底2上生长 $n\text{-Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 材料,从而形成n型界面层3;其中 $0 < x \leq 1$ ,  $0 < y \leq 1$ 并且 $x+y \leq 1$ ,作为优选地, $0 < x \leq 0.55$ ,  $0 < y \leq 0.45$ ;

[0022] 然后通过射频磁控溅射工艺在n型界面层3上依次溅射ZnO层、 $\text{Zn}_{1-a}\text{Mg}_a\text{O}$ 层和 $\text{Zn}_{1-b}\text{As}_b\text{O}$ 层,从而形成一个周期的发光层4;在本发明中,为了进一步提高发光效率,所述发光层4可以形成为多个周期,具体方法为:在形成一个周期后的发光层4的上表面上(即 $\text{Zn}_{1-b}\text{As}_b\text{O}$ 层的上表面上),再次通过射频磁控溅射工艺依次溅射ZnO层、 $\text{Zn}_{1-a}\text{Mg}_a\text{O}$ 层和 $\text{Zn}_{1-b}\text{As}_b\text{O}$ 层,从而形成第二个周期的发光层4;如此不停反复,从而形成多个周期的发光层4,在本发明中, $0 < a \leq 0.2$ 、 $0 < b \leq 0.3$ ;作为优选地, $0 < a \leq 0.1$ 、 $0 < b \leq 0.15$ ,所述发光层4共形成10-20个周期,优选地形成15-18个周期。射频磁控溅射工艺的具体参数为:在不大于 $10^{-3}\text{Pa}$ 的本底气压下,将衬底2温度加热至 $220 \sim 300^\circ\text{C}$ ,溅射功率 $80 \sim 120\text{W}$ 、ZnO层、 $\text{Zn}_{1-a}\text{Mg}_a\text{O}$ 层和 $\text{Zn}_{1-b}\text{As}_b\text{O}$ 层的溅射时间为 $2 \sim 3$ 分钟。

[0023] 接着,在发光层4的上表面上生长 $p\text{-Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{P}$ ,从而形成p型界面层5,其中 $0 < x \leq 1$ ,  $0 < y \leq 1$ 并且 $x+y \leq 1$ ,作为优选地, $0 < x \leq 0.55$ ,  $0 < y \leq 0.45$ ;

[0024] 此后,采用反应溅射的方法在p型界面层5上淀积p型NiO材料,以便形成p型注入层6。具体的工艺过程为:采用高纯度的金属Ni作为靶材,在本底气压为 $10^{-4}\text{Pa}$ 的氛围下,将淀积温度设定为 $350^\circ\text{C}$ 、淀积气压设定为 $6\text{Pa}$ ,相对氧分压 $\text{O}_2/(\text{O}_2+\text{Ar})$ 设定为 $60\%$ ;功率设定为 $230\text{W}$ ,溅射时间设定为:50分钟。

[0025] p型注入层6制造完成后,在其上溅射金属材料或金属化合物材料以形成p电极7,所述金属材料为Au、Pt、Pt/Ni合金或Au/Ni合金,所述金属化合物材料为ITO(氧化铟锡);

[0026] (3) 在衬底2下溅射金属材料或金属化合物材料以便形成n电极1,所述金属材料为In、Al、Ga或Ag,所述金属化合物材料为ITO(氧化铟锡);

[0027] 至此已对本发明做了详细的说明,但前文的描述的实施例仅仅只是本发明的优选实施例,其并非用于限定本发明。本领域技术人员可对本发明做任何的修改,而本发明的保护范围由所附的权利要求来限定。



图1