



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112510488 B

(45) 授权公告日 2021.09.07

(21) 申请号 202011459326.2

H01S 5/042 (2006.01)

(22) 申请日 2020.12.11

H01S 5/10 (2021.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 郜慧斌

申请公布号 CN 112510488 A

(43) 申请公布日 2021.03.16

(73) 专利权人 海南师范大学

地址 571158 海南省海口市龙昆南路99号

(72) 发明人 乔忠良 赵志斌 李再金 陈浩

刘国军 李林 曲轶

(74) 专利代理机构 北京慕达星云知识产权代理

事务所(特殊普通合伙)

11465

代理人 符继超

(51) Int. Cl.

H01S 5/34 (2006.01)

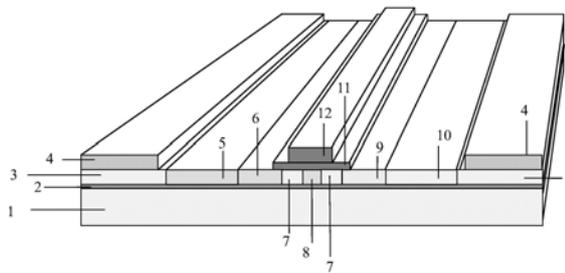
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器包括衬底,衬底为N型单晶硅衬底;衬底上表面依次生长二氧化硅或三氧化二铝低折射率氧化物层、单晶锗层;单晶锗层上通过电极工艺和离子注入分区掺杂工艺从左至右依次制备p++重掺杂层、p+限制层、p波导层、势垒层、n++量子阱层、势垒层、n+波导层、n限制层、p++重掺杂层;两侧p++重掺杂层上表面分别制备了正、负电极;p波导层、势垒层、n++量子阱层、势垒层和n+波导层之上生长一层三氧化二铝绝缘层;三氧化二铝绝缘层上生长镍膜或铂膜为应力增强层;前、后腔面经过抛光形成前后腔镜面。本发明具有较高的亮度,结构简单,制作工艺简便,易于大批量、高集成度、低成本生产。



1. 一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器,其特征在于,包括:
衬底,所述衬底为N型单晶硅衬底;
在所述衬底上表面依次生长的二氧化硅或三氧化二铝氧化物层、单晶锗层;
在所述单晶锗层上通过电极工艺和离子注入分区掺杂工艺从左至右依次生长p++重掺杂层、p+限制层、p波导层、势垒层、n++量子阱层、势垒层、n+波导层、n限制层、p++重掺杂层;
在两侧的p++重掺杂层上表面分别制备了正、负电极;
在p波导层、势垒层、n++量子阱层、势垒层和n+波导层之上生长一层三氧化二铝绝缘层;
在三氧化二铝绝缘层上生长的镍膜或铂膜为应力增强层;
在前、后腔面经过抛光形成前后腔镜面。
2. 根据权利要求1所述的一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器,其特征在于,所述N型单晶硅衬底的厚度为 $300\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$,N型掺杂浓度为 $1\text{E}18\text{cm}^{-3}\sim 6\text{E}18\text{cm}^{-3}$ 。
3. 根据权利要求1所述的一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器,其特征在于,二氧化硅或三氧化二铝氧化物层的厚度为 $0.05\mu\text{m}\sim 1\mu\text{m}$,单晶锗层厚度为 $0.1\mu\text{m}\sim 2\mu\text{m}$ 。
4. 根据权利要求1所述的一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器,其特征在于,所述p++重掺杂层宽度为 $50\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$,材料为单晶锗,p++掺杂浓度为 $2\text{E}19\text{cm}^{-3}\sim 20\text{E}19\text{cm}^{-3}$;p+限制层宽度为 $1.1\mu\text{m}\sim 1.8\mu\text{m}$,材料为单晶锗,p+掺杂浓度为 $1\text{E}18\text{cm}^{-3}\sim 6\text{E}18\text{cm}^{-3}$;所述p波导层的宽度为 $0.1\mu\text{m}\sim 0.6\mu\text{m}$,材料为单晶锗,p型掺杂浓度为 $1\text{E}17\text{cm}^{-3}\sim 8\text{E}17\text{cm}^{-3}$;势垒层的宽度为 $10\text{nm}\sim 60\text{nm}$,材料为单晶锗,p型掺杂浓度为 $1\text{E}16\text{cm}^{-3}\sim 6\text{E}16\text{cm}^{-3}$;n++量子阱层宽度为 $3\text{nm}\sim 20\text{nm}$,材料为单晶锗,n++型掺杂浓度为 $0.3\text{E}20\text{cm}^{-3}\sim 8\text{E}20\text{cm}^{-3}$;n+波导层宽度为 $1.1\mu\text{m}\sim 1.8\mu\text{m}$,材料为单晶锗,n型掺杂浓度为 $1\text{E}18\text{cm}^{-3}\sim 6\text{E}18\text{cm}^{-3}$;n限制层宽度为 $0.6\mu\text{m}\sim 1.8\mu\text{m}$,材料为单晶锗,n型掺杂浓度为 $1\text{E}18\text{cm}^{-3}\sim 6\text{E}18\text{cm}^{-3}$ 。
5. 根据权利要求1所述的一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器,其特征在于,正、负电极均采用Ti/Au电极层,底层为钛膜,顶层为金膜,钛膜厚度为 $20\text{nm}\sim 80\text{nm}$,金膜厚度为 $200\text{nm}\sim 500\text{nm}$ 。
6. 根据权利要求1所述的一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器,其特征在于,前、后腔面经过抛光形成小于 20nm 粗糙度的前、后腔镜面,从而形成谐振腔。
7. 一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:
 - (1) 通过光刻方法形成二氧化硅不同区域阻挡层;
 - (2) 通过剥离工艺去掉光刻胶及其上的二氧化硅层;
 - (3) 通过离子注入方式,控制电压、能量、剂量和掺杂源,形成不同浓度和类型的掺杂区;
 - (4) 反复执行(1)、(2)、(3)步骤过程,形成不同区域的不同掺杂浓度和掺杂类型,同时在光刻过程中完成各区域特定位置标识;
 - (5) 在量子阱和势垒区上通过光刻,形成一窗口,在窗口之上依次生长一层三氧化二铝绝缘层、镍膜或铂膜,镍膜或铂膜为应力增强层;
 - (6) 通过光刻工艺在左右两侧的p++重掺杂层上实现分区,在左右两侧的p++重掺杂层上生长Ti/Au电极层,通过剥离工艺,形成分区的正、负电极。

8. 根据权利要求7所述的一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器的制备方法,其特征在于,步骤(1)中,所述光刻方法形成二氧化硅不同区域阻挡层为:通过光刻,形成与p++重掺杂层、p+限制层、p波导层、势垒层、n++量子阱层、势垒层、n+波导层、n限制层和p++重掺杂层宽度一致的不同区域,所述p++重掺杂层、p+限制层、p波导层、势垒层、n++量子阱层、势垒层、n+波导层、n限制层和p++重掺杂层从左至右依次排列,位于所述二氧化硅之上,然后有选择的在各个区域上制备二氧化硅阻挡层。

9. 根据权利要求7所述的一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器的制备方法,其特征在于,步骤(2)中,剥离工艺去掉光刻胶及其上的二氧化硅层具体操作为:

将样品浸泡于优级纯丙酮中,温度控制在90~180℃,煮5分钟,或超声5~10分钟/次,反复操作,直至光刻胶及光刻胶上的二氧化硅掉落为止;

放入优级纯无水乙醇或乙二醇中,温度控制在60~120℃,煮5分钟,或超声5~10分钟/次;

放入去离子水中,冲洗5~10分钟。

10. 根据权利要求7所述的一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器的制备方法,其特征在于,步骤(3)中,

通过离子注入方式为:将离子注入至单晶锗中,从而形成n型或p型锗掺杂材料;

控制电压为:通过电压控制离子注入深度;

能量为:通过控制离子注入能量,实现离子注入密度和截面的分布的控制;

剂量为:掺杂剂的多少;

掺杂源为:磷源、砷源、硼源、铍源或锌源;

不同浓度为:掺杂的n型或p型掺杂离子的浓度;

掺杂区为:不同掺杂浓度对应的不同区域。

一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于半导体光电子技术领域,更具体的说是涉及一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器及其制备方法。

背景技术

[0002] 基于GOI结构的诱导应变半导体激光器适合于1300-2100nm波长光通信和硅光集成的相关的应用集成开发。光通信方面,基于GOI结构的诱导应变半导体激光器可以涵盖主要光通信波长;硅光集成方面,基于GOI结构的诱导应变半导体激光器工艺与硅光工艺兼容,便于实现大规模光电集成。未来,基于GOI结构的诱导应变半导体激光器将催生新一代光通信、硅光集成、纳米技术、材料科学、生物技术、化学分析、等离子体物理等学科的发展。

[0003] 目前,硅光集成方面相关应用受到集成激光光源芯片一体化的限制,锗作为已知间接带隙中能带(0.8eV)较窄的半导体材料,其间接带隙与直接带隙相差仅140meV,通过外延和后工艺技术手段可实现带隙类型和带宽的转变。尽管如此,目前仍然没有适当技术手段实现GOI结构激光器化。因为半导体激光器有源区结构中,材料必须为直接带隙材料才能获得高的发光效率和光电转换效率,所以锗作为量子阱,必须转化为直接带隙材料。目前为止,还没有基于GOI结构的诱导应变半导体激光器结构出现。而其他非集成的半导体的半导体激光器体集成度低、工艺不兼容、成本高、制造困难,不利于相关应用及产品的进步与发展。

[0004] 因此,如何提供一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器及其制备方法是本领域技术人员亟需解决的问题。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明提供了一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器及其制备方法,可以实现一定的输出功率,具有较高的亮度,且本发明的结构简单,制作工艺简便,易于大批量、高集成度、低成本生产。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器,包括:

[0008] 衬底,所述衬底为N型单晶硅衬底;

[0009] 在所述衬底上表面依次生长的二氧化硅或三氧化二铝氧化物层、单晶锗层;

[0010] 在所述单晶锗层上通过电极工艺和离子注入分区掺杂工艺从左至右依次生长p++重掺杂层、p+限制层、p波导层、势垒层、n++量子阱层、势垒层、n+波导层、n限制层、p++重掺杂层;

[0011] 在两侧的p++重掺杂层上表面分别制备了正、负电极;

[0012] 在p波导层、势垒层、n++量子阱层、势垒层和n+波导层之上生长一层三氧化二铝绝缘层;

[0013] 在三氧化二铝绝缘层上生长的镍膜或铂膜为应力增强层;

[0014] 在前、后腔面经过抛光形成前后腔镜面。

[0015] 优选的,所述N型单晶硅衬底的厚度为 $300\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$,N型掺杂浓度为 $1\text{E}18\text{cm}^{-3}\sim 6\text{E}18\text{cm}^{-3}$ 。

[0016] 优选的,二氧化硅或三氧化二铝氧化物层的厚度为 $0.05\mu\text{m}\sim 1\mu\text{m}$,单晶锗层厚度为 $0.1\mu\text{m}\sim 2\mu\text{m}$ 。

[0017] 优选的,所述p++重掺杂层宽度为 $50\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$,材料为单晶锗,p++掺杂浓度为 $2\text{E}19\text{cm}^{-3}\sim 20\text{E}19\text{cm}^{-3}$;p+限制层宽度为 $1.1\mu\text{m}\sim 1.8\mu\text{m}$,材料为单晶锗,p+掺杂浓度为 $1\text{E}18\text{cm}^{-3}\sim 6\text{E}18\text{cm}^{-3}$;所述p波导层的宽度为 $0.1\mu\text{m}\sim 0.6\mu\text{m}$,材料为单晶锗,p型掺杂浓度为 $1\text{E}17\text{cm}^{-3}\sim 8\text{E}17\text{cm}^{-3}$;势垒层的宽度为 $10\text{nm}\sim 60\text{nm}$,材料为单晶锗,p型掺杂浓度为 $1\text{E}16\text{cm}^{-3}\sim 6\text{E}16\text{cm}^{-3}$;n++量子阱层宽度为 $3\text{nm}\sim 20\text{nm}$,材料为单晶锗,n++型掺杂浓度为 $0.3\text{E}20\text{cm}^{-3}\sim 8\text{E}20\text{cm}^{-3}$;n+波导层宽度为 $1.1\mu\text{m}\sim 1.8\mu\text{m}$,材料为单晶锗,n型掺杂浓度为 $1\text{E}18\text{cm}^{-3}\sim 6\text{E}18\text{cm}^{-3}$ 。n限制层宽度为 $0.6\mu\text{m}\sim 1.8\mu\text{m}$,材料为单晶锗,n型掺杂浓度为 $1\text{E}17\text{cm}^{-3}\sim 8\text{E}17\text{cm}^{-3}$ 。

[0018] 优选的,正、负电极均采用Ti/Au电极层,底层为钛膜,顶层为金膜,钛膜厚度为 $20\text{nm}\sim 80\text{nm}$,金膜厚度为 $200\text{nm}\sim 500\text{nm}$ 。

[0019] 优选的,前、后腔面经过抛光形成小于 20nm 粗糙度的前、后腔镜面,从而形成谐振腔。

[0020] 一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器的制备方法,包括如下步骤:

[0021] (1)通过光刻方法形成二氧化硅不同区域阻挡层;

[0022] (2)通过剥离工艺去掉光刻胶及其上的二氧化硅层;

[0023] (3)通过离子注入方式,控制电压、能量、剂量和掺杂源,形成不同浓度和类型的掺杂区;

[0024] (4)反复执行(1)、(2)、(3)步骤过程,形成不同区域的不同掺杂浓度和掺杂类型,同时在光刻过程中完成各区域特定位置标识;

[0025] (5)在量子阱和势垒区上通过光刻,形成一窗口,在窗口之上依次生长一层三氧化二铝绝缘层、镍膜或铂膜,镍膜或铂膜为应力增强层;

[0026] (6)通过光刻工艺在左右两侧的p++重掺杂层上实现分区,在左右两侧的p++重掺杂层上生长Ti/Au电极层,通过剥离工艺,形成分区的正、负电极。

[0027] 优选的,步骤(1)中,所述光刻方法形成二氧化硅不同区域阻挡层为:通过光刻,形成与p++重掺杂层、p+限制层、p波导层、势垒层、n++量子阱层、势垒层、n+波导层、n限制层和p++重掺杂层宽度一致的不同区域,然后有选择的在各个区域上制备二氧化硅阻挡层。

[0028] 优选的,步骤(2)中,剥离工艺去掉光刻胶及其上的二氧化硅层具体操作为:

[0029] 将样品浸泡于优级纯丙酮中,温度控制在 $90\sim 180^\circ\text{C}$,煮5分钟,或超声 $5\sim 10$ 分钟/次,反复操作,直至光刻胶及光刻胶上的二氧化硅掉落为止;

[0030] 放入优级纯无水乙醇或乙二醇中,温度控制在 $60\sim 120^\circ\text{C}$,煮5分钟,或超声 $5\sim 10$ 分钟/次;

[0031] 放入去离子水中,冲洗 $5\sim 10$ 分钟。

[0032] 优选的,步骤(3)中,

[0033] 通过离子注入方式为:将离子注入至单晶锗中,从而形成n型或p型锗掺杂材料;

[0034] 控制电压为:通过电压控制离子注入深度;

- [0035] 能量为:通过控制离子注入能量,实现离子注入密度和截面的分布的控制;
- [0036] 剂量为:掺杂剂的多少;
- [0037] 掺杂源为:磷源、砷源、硼源、铍源或锌源;
- [0038] 不同浓度为:掺杂的n型或p型掺杂离子的浓度;
- [0039] 掺杂区为:不同掺杂浓度对应的不同区域。
- [0040] 本发明的有益效果在于:
- [0041] 本发明结构使得通过应变力引入和掺杂控制,实现核心发光区由间接带隙材料转变为直接带隙材料,大幅提高了器件的发光效率;光源区上的金属膜的引入,可大幅增加光源区量子阱材料的应变幅度,更加有益于直接带隙材料量子阱区的形成,大幅降低了光的内损耗,也形成了上下结构的光波导,利于实现基于GOI的硅光集成诱导应变的半导体激光器,可以实现一定的输出功率,使得该半导体激光器可工作于1300~2100nm波长范围内,具有较高的亮度,且本发明中的结构简单,半导体激光器工艺与硅光工艺兼容,易于大批量、高集成度、低成本生产。

附图说明

[0042] 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,下面将对实施例或现有技术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,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

- [0043] 图1附图为本发明提供的激光器结构示意图;
- [0044] 图2附图为本发明提供的实施例1中的光谱图;
- [0045] 图3附图为本发明提供的实施例1中的电流功率曲线;
- [0046] 图4附图为本发明提供的实施例2中的光谱图;
- [0047] 图5附图为本发明提供的实施例2中的电流功率曲线。

[0048] 其中,图中:

[0049] 1-N型单晶硅衬底;2-二氧化硅或三氧化二铝氧化物层;3-p++重掺杂层;4-Ti/Au电极层;5-p+限制层;6-p波导层;7-势垒层;8-n++量子阱层;9-n+波导层;10-n限制层;11-三氧化二铝绝缘层;12-应力增强层。

具体实施方式

[0050] 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。

- [0051] 请参阅附图1,本发明提供了一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器,包括:
- [0052] 衬底,衬底为N型单晶硅衬底1;
- [0053] 在衬底上表面依次生长的二氧化硅或三氧化二铝氧化物层2、单晶锗层;
- [0054] 在单晶锗层上通过电极工艺和离子注入分区掺杂工艺从左至右依次生长p++重掺杂层3、p+限制层5、p波导层6、势垒层7、n++量子阱层8、势垒层7、n+波导层9、n限制层10、p++

重掺杂层3;

[0055] 在两侧的p++重掺杂层3上表面分别制备了正、负电极;

[0056] 在p波导层6、势垒层7、n++量子阱层8、势垒层7和n+波导层9之上生长一层三氧化二铝绝缘层11;

[0057] 在三氧化二铝绝缘层11上生长的镍膜或铂膜为应力增强层12;

[0058] 在前、后腔面经过抛光形成前后腔镜面。

[0059] 本发明中,N型单晶硅衬底1的厚度为 $300\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$,N型掺杂浓度为 $1\text{E}18\text{cm}^{-3}\sim 6\text{E}18\text{cm}^{-3}$ 。

[0060] 本发明中,二氧化硅或三氧化二铝氧化物层2的厚度为 $0.05\mu\text{m}\sim 1\mu\text{m}$,单晶锗层厚度为 $0.1\mu\text{m}\sim 2\mu\text{m}$ 。

[0061] 本发明中,p++重掺杂层3宽度为 $50\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$,材料为单晶锗,p++掺杂浓度为 $2\text{E}19\text{cm}^{-3}\sim 20\text{E}19\text{cm}^{-3}$;p+限制层5宽度为 $1.1\mu\text{m}\sim 1.8\mu\text{m}$,材料为单晶锗,p+掺杂浓度为 $1\text{E}18\text{cm}^{-3}\sim 6\text{E}18\text{cm}^{-3}$;p波导层6的宽度为 $0.1\mu\text{m}\sim 0.6\mu\text{m}$,材料为单晶锗,p型掺杂浓度为 $1\text{E}17\text{cm}^{-3}\sim 8\text{E}17\text{cm}^{-3}$;势垒层7的宽度为 $10\text{nm}\sim 60\text{nm}$,材料为单晶锗,p型掺杂浓度为 $1\text{E}16\text{cm}^{-3}\sim 6\text{E}16\text{cm}^{-3}$;n++量子阱层8宽度为 $3\text{nm}\sim 20\text{nm}$,材料为单晶锗,n++型掺杂浓度为 $0.3\text{E}20\text{cm}^{-3}\sim 8\text{E}20\text{cm}^{-3}$;n+波导层宽度为 $1.1\mu\text{m}\sim 1.8\mu\text{m}$,材料为单晶锗,n型掺杂浓度为 $1\text{E}18\text{cm}^{-3}\sim 6\text{E}18\text{cm}^{-3}$ 。n限制层宽度为 $0.6\mu\text{m}\sim 1.8\mu\text{m}$,材料为单晶锗,n型掺杂浓度为 $1\text{E}17\text{cm}^{-3}\sim 8\text{E}17\text{cm}^{-3}$ 。本发明中,正、负电极均采用Ti/Au电极层4,底层为钛膜,顶层为金膜,钛膜厚度为 $20\text{nm}\sim 80\text{nm}$,金膜厚度为 $200\text{nm}\sim 500\text{nm}$ 。

[0062] 本发明中,三氧化二铝绝缘层11的厚度为 $50\sim 200\text{nm}$,宽度小于左、右波导和限制区宽度之和。

[0063] 本发明中,应力增强层12的厚度为 $50\sim 200\text{nm}$,宽度小于左、右波导宽度之和。

[0064] 本发明中,前、后腔面经过抛光形成小于 20nm 粗糙度的前、后腔镜面,从而形成谐振腔。

[0065] 本发明还提供了一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器的制备方法,包括如下步骤:

[0066] (1) 通过光刻方法形成二氧化硅不同区域阻挡层;

[0067] (2) 通过剥离工艺去掉光刻胶及其上的二氧化硅层;

[0068] (3) 通过离子注入方式,控制电压、能量、剂量和掺杂源,形成不同浓度和类型的掺杂区;

[0069] (4) 反复执行(1)、(2)、(3)步骤过程,形成不同区域的不同掺杂浓度和掺杂类型,同时在光刻过程中完成各区域特定位置标识;

[0070] (5) 在量子阱和势垒区上通过光刻,形成一窗口,在窗口之上依次生长一层三氧化二铝绝缘层11、镍膜或铂膜,镍膜或铂膜为应力增强层12;

[0071] (6) 通过光刻工艺在左右两侧的p++重掺杂层3上实现分区,在左右两侧的p++重掺杂层3上生长Ti/Au电极层4,通过剥离工艺,形成分区的正、负电极。

[0072] 本发明中,步骤(1)中,光刻方法形成二氧化硅不同区域阻挡层为:通过光刻,形成与p++重掺杂层3、p+限制层5、p波导层6、势垒层7、n++量子阱层8、势垒层7、n+波导层9、n限制层10和p++重掺杂层3宽度一致的不同区域,然后有选择的在各个区域上制备二氧化硅阻

挡层。

[0073] 本发明中,步骤(2)中,剥离工艺去掉光刻胶及其上的二氧化硅层具体操作为:将样品浸泡于优级纯丙酮中,温度控制在90~180℃,煮5分钟,或超声5~10分钟/次,反复操作,直至光刻胶及光刻胶上的二氧化硅掉落为止;放入优级纯无水乙醇或乙二醇中,温度控制在60~120℃,煮5分钟,或超声5~10分钟/次;放入去离子水中,冲洗5~10分钟。

[0074] 本发明中,步骤(3)中,通过离子注入方式为:将离子注入至单晶锗中,从而形成n型或p型锗掺杂材料;控制电压为:通过电压控制离子注入深度;能量为:通过控制离子注入能量,实现离子注入密度和截面的分布的控制;剂量为:掺杂剂的多少;掺杂源为:磷源、砷源、硼源、铍源或锌源;不同浓度为:掺杂的n型或p型掺杂离子的浓度;掺杂区为:不同掺杂浓度对应的不同区域。

[0075] 本发明中,步骤(4)中,反复执行(1)、(2)、(3)步骤过程,其目的是每一次反复执行步骤,便得到一个或两个掺杂区,从而形成不同离子掺杂浓度的分布,反复执行,直至完全实现p⁺⁺重掺杂层3,p⁺限制层5,p⁺波导层6,势垒层7,n⁺⁺量子阱层8,势垒层7,n⁺波导层9,n⁺限制层10,p⁺⁺重掺杂层3;各区域特定位置标识是指各层位置的标识,方便后续诱导应力层的引入。

[0076] 本发明中,步骤(5)中,在量子阱和势垒区上通过光刻,形成一窗口,在窗口之上依次生长一层30~200nm厚度的三氧化二铝绝缘层11、30~300nm厚度的镍膜或铂膜,镍膜或铂膜为应力增强层12。

[0077] 本发明中,步骤(6)中,通过光刻工艺在左、右p⁺⁺重掺杂层3上实现分区,在左右两侧的p⁺⁺重掺杂层3上先生长30~80nm厚的钛膜,再生长200~500nm厚度的金膜,通过剥离工艺,形成分区的正、负电极。

[0078] 本发明结构使得通过应力引入和掺杂控制,实现核心发光区由间接带隙材料转变为直接带隙材料,大幅提高了器件的发光效率;光源区上的金属膜的引入,可大幅增加光源区量子阱材料的应变幅度,更加有益于直接带隙材料量子阱区的形成,大幅降低了光的内损耗,也形成了上下结构的光波导,利于实现基于GOI的硅光集成诱导应变的半导体激光器,可以实现一定的输出功率,使得该半导体激光器可工作于1300~2100nm波长范围内,具有较高的亮度,且本发明中的结构简单,半导体激光器工艺与硅光工艺兼容,易于大批量、高集成度、低成本生产。

[0079] 实施例1

[0080] 本发明提供了一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器,包括:

[0081] 衬底,衬底为N型单晶硅衬底1;

[0082] 在衬底上表面依次生长的二氧化硅、单晶锗层;

[0083] 在单晶锗层上通过电极工艺和离子注入分区掺杂工艺从左至右依次生长p⁺⁺重掺杂层3,p⁺限制层5,p⁺波导层6,势垒层7,n⁺⁺量子阱层8,势垒层7,n⁺波导层9,n⁺限制层10,p⁺⁺重掺杂层3;

[0084] 在两侧的p⁺⁺重掺杂层3上表面分别制备了正、负电极;

[0085] 在p⁺波导层6、势垒层7、n⁺⁺量子阱层8、势垒层7和n⁺波导层9之上生长一层三氧化二铝绝缘层11;

[0086] 在三氧化二铝绝缘层11上生长一定厚度的镍膜;

[0087] 在前、后腔面经过抛光形成前后腔镜面。

[0088] 本实施例中,N型单晶硅衬底1的厚度为500 μm ,N型掺杂浓度为 $3\text{E}18\text{cm}^{-3}$ 。

[0089] 衬底上表面依次生长的二氧化硅层、单晶锗层,二氧化硅厚度为0.1 μm ,单晶锗层厚度为0.2 μm 。

[0090] 左侧的p++重掺杂层3宽度为100 μm ,材料为单晶锗,p++掺杂浓度为 $1\text{E}20\text{cm}^{-3}$;p+限制层5宽度为1.2 μm ,材料为单晶锗,p+掺杂浓度为 $2\text{E}18\text{cm}^{-3}$;p型波导层的宽度为0.15 μm ,材料为单晶锗,p型掺杂浓度为 $5\text{E}17\text{cm}^{-3}$;左侧的势垒层7的宽度为20nm,材料为单晶锗,p型掺杂浓度为 $2\text{E}16\text{cm}^{-3}$;n++量子阱层8宽度为7nm,材料为单晶锗,n++型掺杂浓度为 $6\text{E}20\text{cm}^{-3}$;右侧的势垒层7的宽度为20nm,材料为单晶锗,n型掺杂浓度为 $2\text{E}16\text{cm}^{-3}$;n+波导层宽度为1.8 μm ,材料为单晶锗,n型掺杂浓度为 $6\text{E}18\text{cm}^{-3}$ 。n限制层宽度为1.8 μm ,材料为单晶锗,n型掺杂浓度为 $8\text{E}17\text{cm}^{-3}$ 。n限制层10宽度为1.2 μm ,材料为单晶锗,n型掺杂浓度为 $6\text{E}18\text{cm}^{-3}$;右侧的p++重掺杂层3宽度为100 μm ,材料为单晶锗,p++型掺杂浓度为 $1\text{E}20\text{cm}^{-3}$ 。

[0091] 本实施例中,在左右两侧的p++重掺杂层3上表面制备的正、负电极,正、负电极材料相同,结构为底层的钛膜和顶层的金膜,钛膜厚度为50nm,金膜厚度为300nm。

[0092] 本实施例中,三氧化二铝绝缘层11的厚度为100nm,宽度300nm。

[0093] 本实施例中,镍膜的厚度为100nm,宽度小于300nm。

[0094] 本实施例中,前、后腔面经过抛光形成小于20nm粗糙度的前、后腔镜面,从而形成谐振腔,腔长750 μm 。

[0095] 本实施例还提供了一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器制备方法,包括以下步骤:

[0096] (1) 通过光刻方法形成二氧化硅不同区域阻挡层;

[0097] (2) 通过剥离工艺去掉光刻胶及其上的二氧化硅层;

[0098] (3) 通过离子注入方式,控制电压、能量、剂量和掺杂源等,形成不同浓度和类型的掺杂区;

[0099] (4) 反复执行(1)、(2)、(3)步骤过程,形成不同区域的不同掺杂浓度和掺杂类型,同时在光刻过程中完成各区域特定位置标识;

[0100] (5) 在量子阱和势垒区上通过光刻,形成一窗口,在窗口之上依次生长一层三氧化二铝绝缘层11、一定厚度的镍膜为应力增强层12;

[0101] (6) 通过光刻工艺在左右两侧的p++重掺杂层3上实现分区,在左右两侧的p++重掺杂层3上生长Ti/Au电极层4,通过剥离工艺,形成分区的正、负电极。

[0102] 在步骤(1)中,光刻方法形成二氧化硅不同区域阻挡层,即通过光刻,形成与p++重掺杂层3、p+限制层5、p波导层6、势垒层7、n++量子阱层8、势垒层7、n+波导层9、n限制层10和p++重掺杂层3宽度一致的不同区域,然后有选择的在各个区域上制备二氧化硅阻挡层。

[0103] 在步骤(2)中,剥离工艺去掉光刻胶及其上的二氧化硅层具体操作为:将样品浸泡于优级纯丙酮中,温度控制在150 $^{\circ}\text{C}$,煮5分钟,或超声5分钟/次,反复操作,直至光刻胶及光刻胶上的二氧化硅掉落为止;放入优级纯无水乙醇或乙二醇中,温度控制在80 $^{\circ}\text{C}$,煮5分钟,或超声10分钟/次;放入去离子水中,冲洗5分钟。

[0104] 在步骤(3)中,通过离子注入方式是指将离子注入至单晶锗中,从而形成n型或p型锗掺杂材料;控制电压,通过电压控制离子注入深度;能量,是指通过控制离子注入能量,实

现离子注入密度和截面的分布的控制;剂量,是指掺杂剂的多少;掺杂源,一般是指磷源、砷源、硼源、铍源或锌源;不同浓度,是指掺杂的n型或p型掺杂离子的浓度;掺杂区,是指不同掺杂浓度对应的不同区域。

[0105] 步骤(4)中,反复执行(1)、(2)、(3)步骤过程,其目的是每一次反复执行步骤,便得到一个或两个掺杂区,从而形成不同离子掺杂浓度的分布,反复执行,直至完全实现p++重掺杂层3,p+限制层5,p波导层6,势垒层7,n++量子阱层8,势垒层7,n+波导层9,n限制层10,p++重掺杂层3;各区域特定位置标识是指各层位置的标识,方便后续诱变应力层的引入。

[0106] 在步骤(5)中,在量子阱和势垒区上通过光刻,形成一窗口,在窗口之上依次生长一层100nm厚度的三氧化二铝绝缘层11、100nm厚度的镍膜或铂膜为应力增强层12。

[0107] 在步骤(6)中,通过光刻工艺在左右两侧的p++重掺杂层3上依次生长50nm厚的钛、300nm厚度的金,通过剥离工艺,形成分区的正、负电极。

[0108] 由附图2中可以看出在波长1555nm附近处表现出最高亮度及较窄的激射光谱。

[0109] 由附图3中可以看出在上述结构及工艺制备方法条件下实现了约280mA的低阈值电流工作状态,实现了深紫外半导体激光器器件的正常激射和工作。

[0110] 实施例2

[0111] 本实施例提供了一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器,包括:

[0112] 衬底,衬底为N型单晶硅衬底1;

[0113] 在衬底上表面依次生长的二氧化硅、单晶锗层;

[0114] 在单晶锗层上通过电极工艺和离子注入分区掺杂工艺从左至右依次生长p++重掺杂层3,p+限制层5,p波导层6,左势垒层7,n++量子阱层8,右势垒层7,n+波导层9,n限制层10,右侧p++重掺杂层3;

[0115] 在两侧的p++重掺杂层3上表面分别制备了正、负电极;

[0116] 在p波导层6、势垒层7、n++量子阱层8、势垒层7和n+波导层9之上生长一层三氧化二铝绝缘层11;

[0117] 在三氧化二铝绝缘层11上生长铂膜;

[0118] 在前、后腔面经过抛光形成前后腔镜面。

[0119] 本实施例中,N型单晶硅衬底1的厚度为500 μm ,N型掺杂浓度为 $3\text{E}18\text{cm}^{-3}$ 。

[0120] 衬底上表面依次生长的二氧化硅层、单晶锗层,二氧化硅厚度为0.05 μm ,单晶锗层厚度为0.2 μm 。

[0121] 左侧的p++重掺杂层3宽度为50 μm ,材料为单晶锗,p++掺杂浓度为 $2\text{E}20\text{cm}^{-3}$;p+限制层5宽度为1.1 μm ,材料为单晶锗,p+掺杂浓度为 $2\text{E}18\text{cm}^{-3}$;p型波导层的宽度为0.13 μm ,材料为单晶锗,p型掺杂浓度为 $3\text{E}17\text{cm}^{-3}$;左侧的势垒层7的宽度为20nm,材料为单晶锗,p型掺杂浓度为 $1\text{E}16\text{cm}^{-3}$;n++量子阱层8宽度为7nm,材料为单晶锗,n++型掺杂浓度为 $7\text{E}20\text{cm}^{-3}$;右侧的势垒层7的宽度为20nm,材料为单晶锗,n型掺杂浓度为 $1\text{E}16\text{cm}^{-3}$;n+波导层宽度为1.1 μm ,材料为单晶锗,n型掺杂浓度为 $1\text{E}18\text{cm}^{-3}$ 。n限制层宽度为0.6 μm ,材料为单晶锗,n型掺杂浓度为 $1\text{E}17\text{cm}^{-3}$ 。n限制层10宽度为1.1 μm ,材料为单晶锗,n型掺杂浓度为 $2\text{E}18\text{cm}^{-3}$;右侧的p++重掺杂层3宽度为150 μm ,材料为单晶锗,p++型掺杂浓度为 $2\text{E}20\text{cm}^{-3}$ 。

[0122] 左右两侧的p++重掺杂层3上表面制备了正、负电极,正、负电极材料相同,结构为底层的钛膜和顶层的金膜,钛膜厚度为50nm,金膜厚度为300nm。

[0123] 本实施例中,三氧化二铝绝缘层11的厚度为100nm,宽度300nm。

[0124] 本实施例中,镍膜的厚度为200nm,宽度小于300nm。

[0125] 本实施例中,前、后腔面经过抛光形成小于20nm粗糙度的前、后腔镜面,从而形成谐振腔,腔长1000 μm 。

[0126] 本实施例还提供了一种基于GOI结构的诱导应变半导体激光器制备方法,包括以下步骤:

[0127] (1) 通过光刻方法形成二氧化硅不同区域阻挡层;

[0128] (2) 通过剥离工艺去掉光刻胶及其上的二氧化硅层;

[0129] (3) 通过离子注入方式,控制电压、能量、剂量和掺杂源等,形成不同浓度和类型的掺杂区;

[0130] (4) 反复执行(1)、(2)、(3)步骤过程,形成不同区域的不同掺杂浓度和掺杂类型,同时在光刻过程中完成各区域特定位置标识;

[0131] (5) 在量子阱和势垒区上通过光刻,形成一窗口,在窗口之上依次生长一层三氧化二铝绝缘层11、一定厚度的镍膜或铂膜为应力增强层12;

[0132] (6) 通过光刻工艺在左右两侧的p⁺⁺重掺杂层3上实现分区,在左右两侧的p⁺⁺重掺杂层3上生长Ti/Au电极层4,通过剥离工艺,形成分区的正、负电极。

[0133] 在步骤(1)中,光刻方法形成二氧化硅不同区域阻挡层,即通过光刻,形成与p⁺⁺重掺杂层3、p⁺限制层5、p波导层6、势垒层7、n⁺⁺量子阱层8、势垒层7、n⁺波导层9、n限制层10和p⁺⁺重掺杂层3宽度一致的不同区域,然后有选择的在各个区域上制备二氧化硅阻挡层。

[0134] 在步骤(2)中,剥离工艺去掉光刻胶及其上的二氧化硅层具体操作为:将样品浸泡于优级纯丙酮中,温度控制在150 $^{\circ}\text{C}$,煮5分钟,或超声5分钟/次,反复操作,直至光刻胶及光刻胶上的二氧化硅掉落为止;放入优级纯无水乙醇或乙二醇中,温度控制在80 $^{\circ}\text{C}$,煮5分钟,或超声10分钟/次;放入去离子水中,冲洗5分钟。

[0135] 在步骤(3)中,通过离子注入方式是指将离子注入至单晶锗中,从而形成n型或p型锗掺杂材料;控制电压,通过电压控制离子注入深度;能量,是指通过控制离子注入能量,实现离子注入密度和截面的分布的控制;剂量,是指掺杂剂的多少;掺杂源,一般是指磷源、砷源、硼源、铍源或锌源;不同浓度,是指掺杂的n型或p型掺杂离子的浓度;掺杂区,是指不同掺杂浓度对应的不同区域。

[0136] 在步骤(4)中,反复执行(1)、(2)、(3)步骤过程,其目的是每一次反复执行步骤,便得到一个或两个掺杂区,从而形成不同离子掺杂浓度的分布,反复执行,直至完全实现左侧p⁺⁺重掺杂层3,p⁺限制层5,p波导层6,左势垒层7,n⁺⁺量子阱层8,右势垒层7,n⁺波导层9,n限制层10,右侧p⁺⁺重掺杂层3;各区域特定位置标识是指各层位置的标识,方便后续诱导应力层的引入。

[0137] 在步骤(5)中,在量子阱和势垒区上通过光刻,形成一窗口,在窗口之上依次生长一层100nm厚度的三氧化二铝绝缘层11、200nm厚度的镍膜。

[0138] 在步骤(6)中,通过光刻工艺在左右两侧的p⁺⁺重掺杂层3上依次生长50nm厚的钛、300nm厚度的金,通过剥离工艺,形成分区的正、负电极。

[0139] 由附图4中可以看出量子阱掺杂浓度越高,诱导应变应力金属层越厚,光谱展红移,在波长1601nm附近处表现出最高亮度,。

[0140] 由附图5中可以看出量子阱区掺杂浓度增加、应变金属应力层增厚,在上述结构及工艺制备方法条件下实现了约380mA的阈值电流工作状态,波长红移,可实现了在较宽光谱范围内基于GOI结构的应力诱变半导体激光器器件的正常激射和工作。

[0141] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的装置而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0142] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

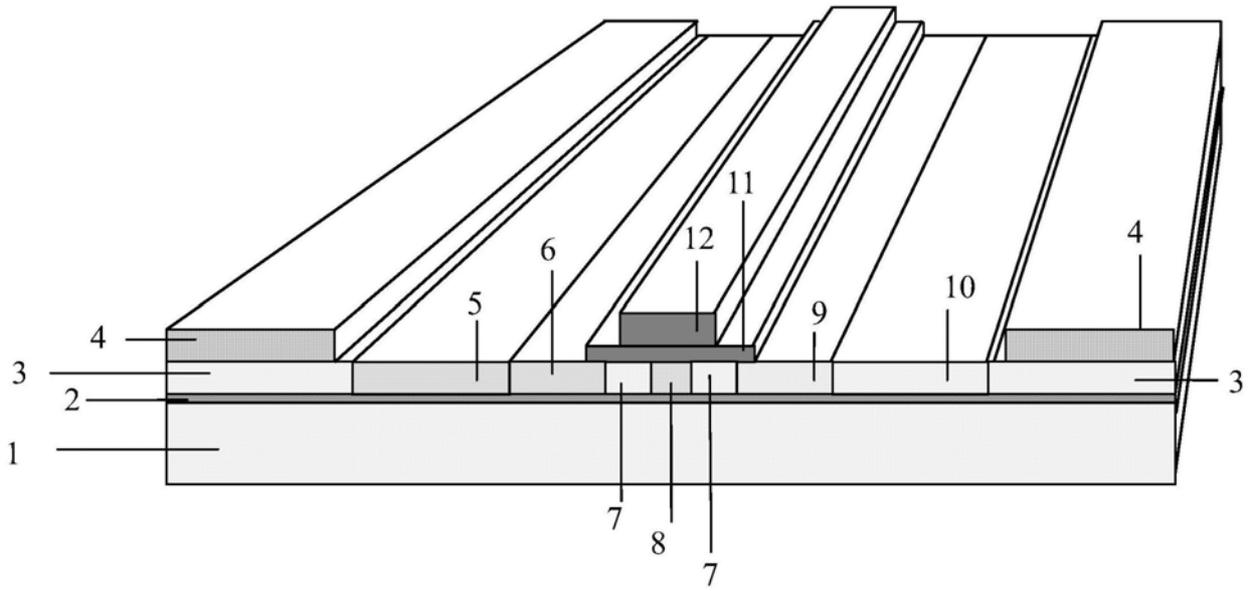


图1

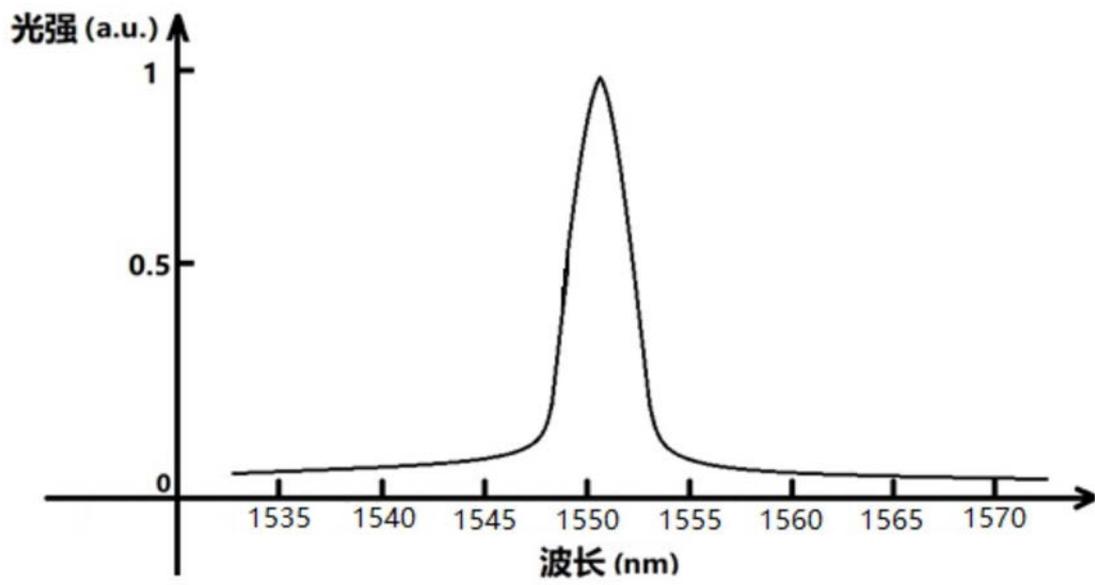


图2

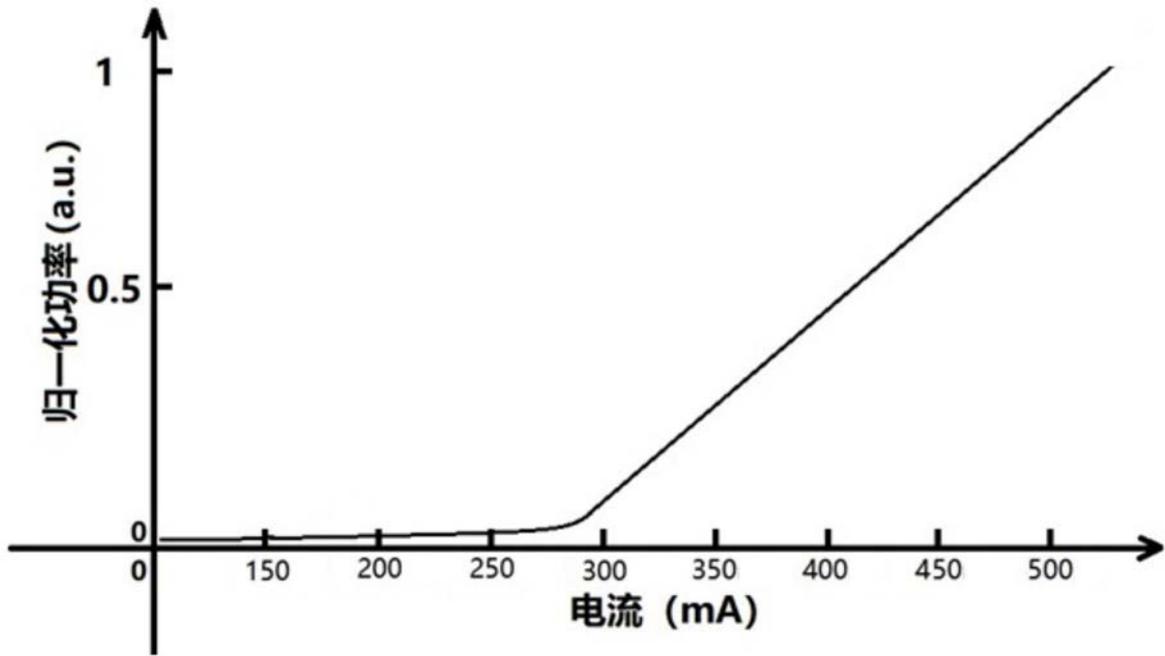


图3

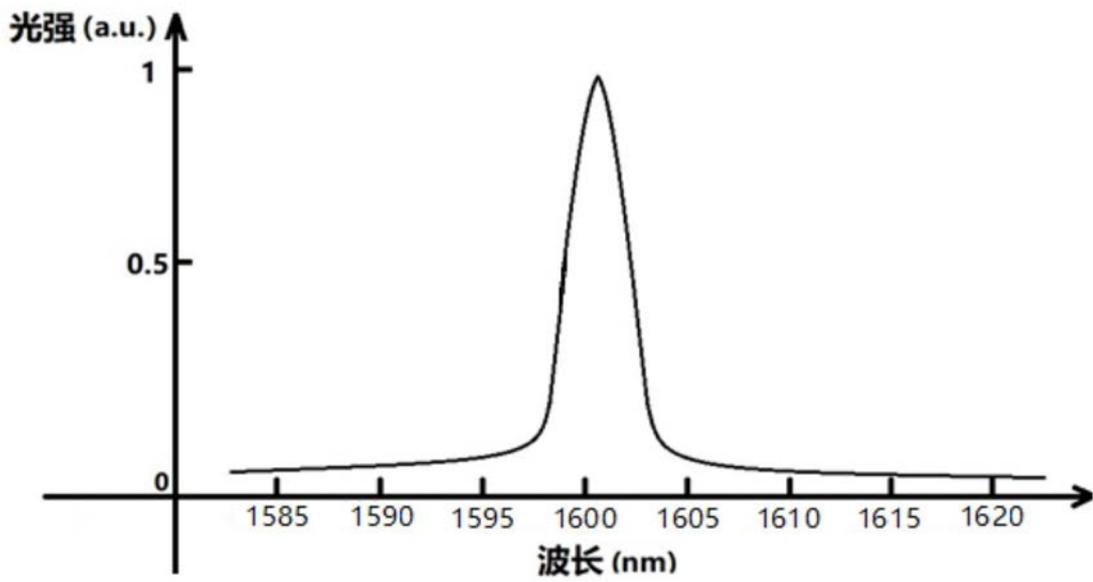


图4

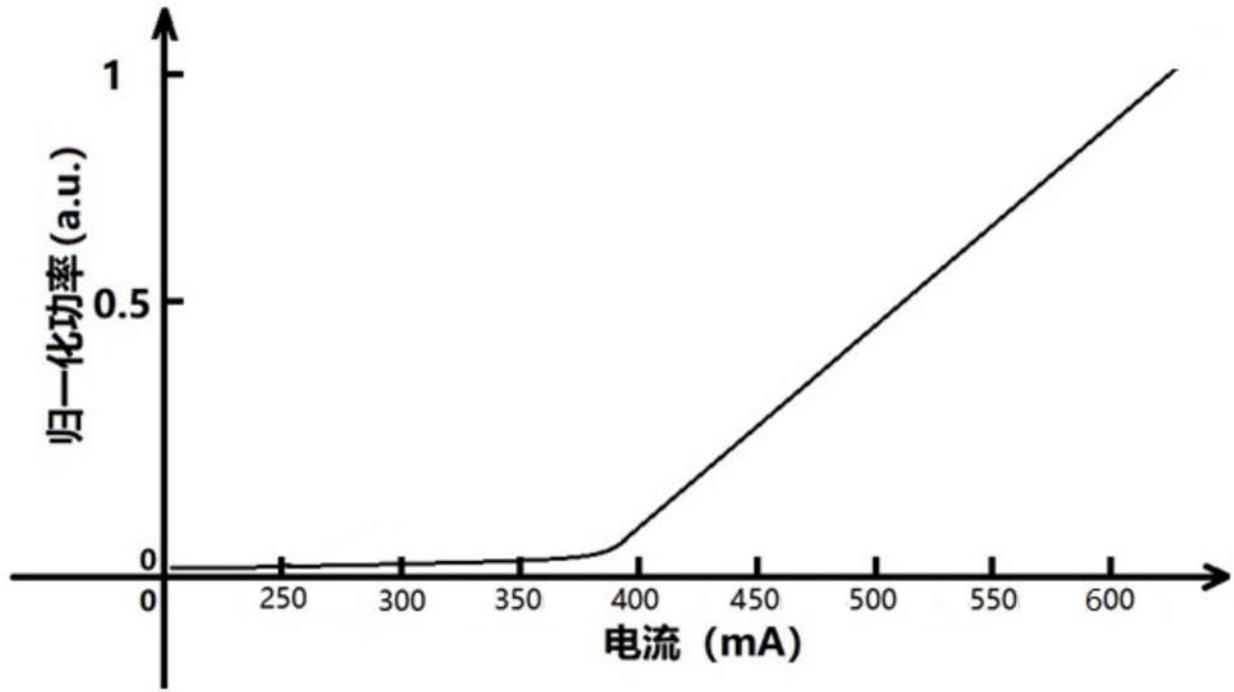


图5