



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116031752 B

(45) 授权公告日 2023. 07. 25

(21) 申请号 202310324786.1

(22) 申请日 2023.03.30

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 116031752 A

(43) 申请公布日 2023.04.28

(73) 专利权人 苏州长光华芯光电技术股份有限公司

地址 215163 江苏省苏州市高新区漓江路
56号

专利权人 苏州长光华芯半导体激光创新研
究院有限公司

(72) 发明人 郭银涛 王俊 肖焱 程洋 肖啸
夏明月

(74) 专利代理机构 北京三聚阳光知识产权代理
有限公司 11250

专利代理师 薛异荣

(51) Int.Cl.
H01S 5/183 (2006.01)
H01S 5/06 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 103078252 A, 2013.05.01
CN 113851927 A, 2021.12.28

审查员 王硕

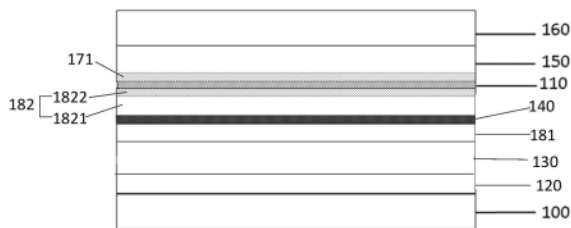
权利要求书6页 说明书13页 附图1页

(54) 发明名称

一种半导体发光结构及其制备方法

(57) 摘要

本发明提供一种半导体发光结构及其制备方法, 半导体发光结构包括: 半导体衬底层; 位于所述半导体衬底层上的有源层; 位于所述有源层背离所述半导体衬底层一侧的电流限制层, 所述电流限制层包括出光区和环绕所述出光区的氧化区, 所述出光区的材料中包括主体元素和第一掺杂元素, 所述第一掺杂元素用于在所述出光区中引入张应变。所述半导体发光结构的可靠性提高且寿命延长。



1. 一种半导体发光结构,其特征在于,包括:

半导体衬底层;

位于所述半导体衬底层上的有源层;

位于所述有源层背离所述半导体衬底层一侧的电流限制层,所述电流限制层包括出光区和环绕所述出光区的氧化区,所述出光区的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在所述出光区中引入张应变;

所述出光区为单层结构,所述出光区的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{As}_{(1-c)}\text{X}_c$; 或者,所述出光区为超晶格结构,所述出光区包括若干层第一半导体层和若干层第二半导体层,第一半导体层和第二半导体层交替层叠,所述第一半导体层的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在所述第一半导体层中引入张应变,所述第一半导体层的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{As}_{(1-c)}\text{X}_c$;

X表示第一掺杂元素,X为五族元素,且X的原子量小于As的原子量。

2. 根据权利要求1所述的半导体发光结构,其特征在于,

所述第二半导体层的材料仅包括主体元素;或者,所述第二半导体层的材料包括主体元素和第二掺杂元素,第二掺杂元素用于增加所述第二半导体层的压应变,第二半导体层的压应变变量小于第一半导体层的张应变变量。

3. 根据权利要求1所述的半导体发光结构,其特征在于,X为P或N。

4. 根据权利要求1所述的半导体发光结构,其特征在于, $0 < c \leq 0.15$ 。

5. 根据权利要求2所述的半导体发光结构,其特征在于,所述第二半导体层的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{As}$ 。

6. 根据权利要求2所述的半导体发光结构,其特征在于,所述第二半导体层的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{As}_{(1-d)}\text{Y}_d$,Y表示第二掺杂元素,Y为五族元素,且Y的原子量大于As的原子量。

7. 根据权利要求6所述的半导体发光结构,其特征在于, $0 < d \leq 0.15$ 。

8. 根据权利要求1所述的半导体发光结构,其特征在于,还包括:位于所述电流限制层背离所述有源层一侧的第一布拉格反射镜,所述第一布拉格反射镜包括交错层叠的第一子布拉格反射层和第二子布拉格反射层,第一子布拉格反射层的折射率大于第二子布拉格反射层的折射率,第一子布拉格反射层的铝组分含量小于第二子布拉格反射层的铝组分含量;位于所述电流限制层和所述第一布拉格反射镜之间的过渡半导体层,过渡半导体层和第一子布拉格反射层接触,所述过渡半导体层的铝组分含量大于第一子布拉格反射层的铝组分含量且小于所述出光区的铝组分含量,所述过渡半导体层的材料中还包括第三掺杂元素,过渡半导体层中的第三掺杂元素用于在所述过渡半导体层中引入张应变;

所述半导体发光结构还包括:位于所述电流限制层和所述有源层之间的上波导层,所述上波导层包括上波导主体层和上波导界面调整层,上波导界面调整层位于电流限制层和上波导主体层之间且和电流限制层接触,上波导界面调整层的铝组分含量大于所述上波导主体层的铝组分含量且小于所述出光区的铝组分含量;所述上波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素,上波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在所述上波导界面调整层中引入张应变。

9. 根据权利要求8所述的半导体发光结构,其特征在于,过渡半导体层的材料和上波导

界面调整层的材料为 $\text{Al}_{a_1}\text{Ga}_{(1-a_1)}\text{As}_{(1-b_1)}\text{Z}_{b_1}$, Z 表示第三掺杂元素, Z 为五族元素, 且 Z 的原子量小于As的原子量。

10. 根据权利要求9所述的半导体发光结构, 其特征在于, $0 < a_1 \leq 0.95$, $0 < b_1 \leq 0.15$ 。

11. 一种半导体发光结构, 其特征在于, 包括: 半导体衬底层; 位于半导体衬底层上自下至上依次排布的第一有源层至第 N 有源层, N 为大于或等于2的整数; 第一隧道结至第 $N-1$ 隧道结, 任意的第 $n-1$ 隧道结位于第 $n-1$ 有源层和第 n 有源层之间; n 为大于或等于2且小于或等于 N 的整数; 第一电流限制层至第 M 电流限制层, 在半导体衬底层上自下至上分布, 第 M 电流限制层位于第 N 有源层背离半导体衬底层的一侧, 第 m 电流限制层位于第 n_t 有源层和第 n_t 隧道结之间; M 为大于或等于2且小于或等于 N 的整数; m 为大于或等于1且小于或等于 $M-1$ 的整数, n_t 为大于或等于1且小于或等于 $N-1$ 的整数, n_t 的取值随着 m 的取值的增加而增加;

任意的第 j 电流限制层包括第 j 出光区和环绕第 j 出光区的第 j 氧化区, 第 j 出光区的材料中包括主体元素和第一掺杂元素, 所述第一掺杂元素用于在第 j 出光区中引入张应变, j 为大于或等于1且小于或等于 M 的整数;

第 j 出光区为单层结构, 第 j 出光区的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{As}_{1-c}\text{X}_c$; 或者, 第 j 出光区为超晶格结构, 第 j 出光区包括若干层第 j 个第一半导体层和若干层第 j 个第二半导体层, 第 j 个第一半导体层和第 j 个第二半导体层交替层叠, 第 j 个第一半导体层的材料中包括主体元素和第一掺杂元素, 所述第一掺杂元素用于在第 j 个第一半导体层中引入张应变, 任意的第 j 个第一半导体层的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{As}_{1-c}\text{X}_c$; X 表示第一掺杂元素, X 为五族元素, 且 X 的原子量小于As的原子量。

12. 根据权利要求11所述的半导体发光结构, 其特征在于,

第 j 个第二半导体层的材料仅包括主体元素; 或者, 第 j 个第二半导体层的材料包括主体元素和第二掺杂元素, 第二掺杂元素用于增加第 j 个第二半导体层中的压应变, 第 j 个第二半导体层的压应变变量小于第 j 个第一半导体层的张应变变量。

13. 根据权利要求11所述的半导体发光结构, 其特征在于,

任意的第 j 个第二半导体层的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{As}$, 或者, 任意的第 j 个第二半导体层的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{As}_{(1-d)}\text{Y}_d$, Y 为五族元素, 且 Y 的原子量大于As的原子量。

14. 根据权利要求11所述的半导体发光结构, 其特征在于, 还包括: 第 $2n_t$ 波导结构, 位于第 n_t 有源层和第 n_t 隧道结之间, 第 $2n_t$ 波导结构包括第 $2n_t$ 下波导层和第 $2n_t$ 上波导层, 第 $2n_t$ 上波导层位于第 $2n_t$ 下波导层背离半导体衬底层的一侧; 第 m 电流限制层位于第 $2n_t$ 上波导层和第 $2n_t$ 下波导层之间; 第 $2n_t$ 上波导层包括第 $2n_t$ 上波导主体层和第 $2n_t$ 上波导界面调整层, 第 $2n_t$ 上波导界面调整层位于第 $2n_t$ 上波导主体层和第 m 电流限制层之间; 第 $2n_t$ 下波导层包括第 $2n_t$ 下波导主体层和第 $2n_t$ 下波导界面调整层, 第 $2n_t$ 下波导界面调整层位于第 $2n_t$ 下波导主体层和第 m 电流限制层之间; 第 $2n_t$ 上波导界面调整层的铝组分含量大于第 $2n_t$ 上波导主体层的铝组分含量且小于第 m 出光区的铝组分含量; 第 $2n_t$ 下波导界面调整层的铝组分含量大于第 $2n_t$ 下波导主体层的铝组分含量且小于第 m 出光区的铝组分含量; 第 $2n_t$ 上波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素, 第 $2n_t$ 上波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在第 $2n_t$ 上波导界面调整层中引入张应变; 第 $2n_t$ 下波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素, 第 $2n_t$ 下波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在第 $2n_t$ 下波导界面调整层中引入张应变。

15. 根据权利要求11所述的半导体发光结构, 其特征在于, 还包括: 位于第 M 电流限制层

背离半导体衬底层一侧的第一布拉格反射镜,所述第一布拉格反射镜包括交错层叠的第一子布拉格反射层和第二子布拉格反射层,第一子布拉格反射层的折射率大于第二子布拉格反射层的折射率,第一子布拉格反射层的铝组分含量小于第二子布拉格反射层的铝组分含量;位于第M电流限制层和所述第一布拉格反射镜之间的过渡半导体层,过渡半导体层和第一子布拉格反射层接触,所述过渡半导体层的铝组分含量大于第一子布拉格反射层的铝组分含量且小于第M出光区的铝组分含量,所述过渡半导体层的材料中还包括第三掺杂元素,过渡半导体层中的第三掺杂元素用于在所述过渡半导体层中引入张应变;

所述半导体发光结构还包括:位于第M电流限制层和第N有源层之间的第2N波导结构;第2N波导结构包括第2N波导主体层和第2N波导界面调整层,第2N波导界面调整层位于第M电流限制层和第2N波导主体层之间且和第M电流限制层接触,第2N波导界面调整层的铝组分含量大于第2N波导主体层的铝组分含量且小于第M出光区的铝组分含量;第2N波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素,第2N波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在第2N波导界面调整层中引入张应变。

16. 一种半导体发光结构的制备方法,其特征在于,包括:

提供半导体衬底层;

在所述半导体衬底层上形成有源层;

在所述有源层背离所述半导体衬底层的一侧形成电流限制层,所述电流限制层包括出光区和环绕所述出光区的氧化区,所述出光区的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在所述出光区中引入张应变;

所述出光区为单层结构,所述出光区的材料为 $\text{Al}_a \text{In}_b \text{Ga}_{(1-a-b)} \text{As}_{(1-c)} \text{X}_c$; 或者,所述出光区为超晶格结构,所述出光区包括若干层第一半导体层和若干层第二半导体层,第一半导体层和第二半导体层交替层叠,所述第一半导体层的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在所述第一半导体层中引入张应变,所述第一半导体层的材料为 $\text{Al}_a \text{In}_b \text{Ga}_{(1-a-b)} \text{As}_{(1-c)} \text{X}_c$;

X表示第一掺杂元素,X为五族元素,且X的原子量小于As的原子量。

17. 根据权利要求16所述的半导体发光结构的制备方法,其特征在于,形成所述电流限制层的步骤包括:在所述有源层背离半导体衬底层的一侧形成初始电流限制层;至少刻蚀初始电流限制层和有源层,形成发光柱;从所述发光柱的侧壁对部分初始电流限制层进行氧化,使初始电流限制层形成电流限制层。

18. 根据权利要求17所述的半导体发光结构的制备方法,其特征在于,所述初始电流限制层为超晶格结构;形成初始电流限制层的步骤包括:形成层叠的若干层第一初始半导体层和若干层第二初始半导体层,第一初始半导体层和第二初始半导体层交替层叠,所述第一初始半导体层的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在所述第一初始半导体层中引入张应变;所述第二初始半导体层的材料仅包括主体元素,或者,所述第二初始半导体层的材料包括主体元素和第二掺杂元素,第二掺杂元素用于增加所述第二初始半导体层的压应变,第二初始半导体层的压应变变量小于第一初始半导体层的张应变变量;

从所述发光柱的侧壁对部分初始电流限制层进行氧化的步骤包括:对第一初始半导体

层的边缘区和第二初始半导体层的边缘区进行氧化,使第一初始半导体层的边缘区和第二初始半导体层的边缘区形成电流限制层的氧化区,且使第一初始半导体层的中心区和第二初始半导体层的中心区形成电流限制层的出光区,出光区包括若干层第一半导体层和若干层第二半导体层,第一半导体层和第二半导体层交替层叠,第一半导体层对应第一初始半导体层,第二半导体层对应第二初始半导体层。

19.根据权利要求16所述的半导体发光结构的制备方法,其特征在于,还包括:形成第一布拉格反射镜,第一布拉格反射镜位于所述电流限制层背离所述有源层的一侧,所述第一布拉格反射镜包括交错层叠的第一子布拉格反射层和第二子布拉格反射层,第一子布拉格反射层的折射率大于第二子布拉格反射层的折射率,第一子布拉格反射层的铝组分含量小于第二子布拉格反射层的铝组分含量;在第一布拉格反射镜和所述电流限制层之间形成过渡半导体层,所述过渡半导体层的铝组分含量大于第一子布拉格反射层的铝组分含量且小于所述出光区的铝组分含量,所述过渡半导体层的材料中还包括第三掺杂元素,过渡半导体层中的第三掺杂元素用于在所述过渡半导体层中引入张应变;形成第一布拉格反射镜之后,过渡半导体层和第一子布拉格反射层接触;

所述半导体发光结构的制备方法还包括:在形成电流限制层之前,在所述有源层背离半导体衬底层的一侧形成上波导层;所述上波导层包括上波导主体层和上波导界面调整层,上波导界面调整层位于电流限制层和上波导主体层之间且和电流限制层接触,上波导界面调整层的铝组分含量大于所述上波导主体层的铝组分含量且小于所述出光区的铝组分含量;所述上波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素,上波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在所述上波导界面调整层中引入张应变。

20.一种半导体发光结构的制备方法,其特征在于,包括:

提供半导体衬底层;

在半导体衬底层上自下至上依次形成第一有源层至第N有源层,N为大于或等于2的整数;

形成第一隧道结至第N-1隧道结,形成任意的第n-1隧道结的步骤为:在形成第n-1有源层之后、且在形成第n有源层之前形成第n-1隧道结;n为大于或等于2且小于或等于N的整数;

在半导体衬底层上自下至上依次形成第一电流限制层至第M电流限制层,第M电流限制层位于第N有源层背离半导体衬底层的一侧,第m电流限制层位于第 n_t 有源层和第 n_t 隧道结之间;M为大于或等于2且小于或等于N的整数;m为大于或等于1且小于或等于M-1的整数, n_t 为大于或等于1且小于或等于N-1的整数, n_t 的取值随着m的取值的增加而增加;任意的第j电流限制层包括第j出光区和环绕第j出光区的第j氧化区,第j出光区的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在第j出光区中引入张应变,j为大于或等于1且小于或等于M的整数;

第j出光区为单层结构,第j出光区的材料为 $Al_aIn_bGa_{1-a-b}As_{1-c}X_c$;或者,第j出光区为超晶格结构,第j出光区包括若干层第j个第一半导体层和若干层第j个第二半导体层,第j个第一半导体层和第j个第二半导体层交替层叠,第j个第一半导体层的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在第j个第一半导体层中引入张应变,任意的第j个第一半导体层的材料为 $Al_aIn_bGa_{1-a-b}As_{1-c}X_c$;X表示第一掺杂元素;X为五族元素,且X的原

子量小于As的原子量。

21. 根据权利要求20所述的半导体发光结构的制备方法,其特征在于,在半导体衬底层上自下至上依次形成第一电流限制层至第M电流限制层的方法包括:在半导体衬底层上自下至上依次形成第一初始电流限制层至第M初始电流限制层,第M初始电流限制层位于第N有源层背离半导体衬底层的一侧,第m初始电流限制层位于第 n_t 有源层和第 n_t 隧道结之间;刻蚀第一有源层至第N有源层、第一隧道结至第N-1隧道结、第一初始电流限制层至第M初始电流限制层,形成发光柱;从所述发光柱的侧壁对部分第一初始电流限制层至部分第M初始电流限制层进行氧化,使第一初始电流限制层至第M初始电流限制层分别对应形成第一电流限制层至第M电流限制层。

22. 根据权利要求21所述的半导体发光结构的制备方法,其特征在于,任意的第j初始电流限制层为超晶格结构;形成第j初始电流限制层的步骤包括:形成层叠的若干层第j个第一初始半导体层和若干层第j个第二初始半导体层,第j个第一初始半导体层和第j个第二初始半导体层交替层叠,第j个第一初始半导体层的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在第j个第一初始半导体层中引入张应变;第j个第二初始半导体层的材料仅包括主体元素,或者,第j个第二初始半导体层的材料包括主体元素和第二掺杂元素,第二掺杂元素用于增加第j个第二初始半导体层中的压应变,第j个第二初始半导体层的压应变变量小于第j个第一初始半导体层的张应变变量;

从所述发光柱的侧壁对部分第j初始电流限制层进行氧化的步骤包括:对第j个第一初始半导体层的边缘区和第j个第二初始半导体层的边缘区进行氧化,使第j个第一初始半导体层的边缘区和第j个第二初始半导体层的边缘区形成第j电流限制层的第j氧化区,且使第j个第一初始半导体层的中心区和第j个第二初始半导体层的中心区形成第j电流限制层的第j出光区,第j出光区包括若干层第j个第一半导体层和若干层第j个第二半导体层,第j个第一半导体层和第j个第二半导体层交替层叠,第j个第一半导体层对应第j个第一初始半导体层,第j个第二半导体层对应第j个第二初始半导体层。

23. 根据权利要求20所述的半导体发光结构的制备方法,其特征在于,还包括:形成第 $2n_t$ 波导结构,形成第 $2n_t$ 波导结构的步骤包括:形成第m电流限制层之前,在第 n_t 有源层背离半导体衬底层的一侧形成第 $2n_t$ 下波导层;在形成第 n_t 隧道结之前,在第m电流限制层背离半导体衬底层的一侧形成第 $2n_t$ 上波导层;形成第 $2n_t$ 上波导层的步骤包括:依次形成层叠的第 $2n_t$ 上波导界面调整层和第 $2n_t$ 上波导主体层,第 $2n_t$ 上波导界面调整层的铝组分含量大于第 $2n_t$ 上波导主体层的铝组分含量且小于第m出光区的铝组分含量,第 $2n_t$ 上波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素,第 $2n_t$ 上波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在第 $2n_t$ 上波导界面调整层中引入张应变;形成 $2n_t$ 下波导层的步骤包括:依次形成层叠的第 $2n_t$ 下波导主体层和第 $2n_t$ 下波导界面调整层,第 $2n_t$ 下波导界面调整层的铝组分含量大于第 $2n_t$ 下波导主体层的铝组分含量且小于第m出光区的铝组分含量,第 $2n_t$ 下波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素,第 $2n_t$ 下波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在第 $2n_t$ 下波导界面调整层中引入张应变。

24. 根据权利要求20所述的半导体发光结构的制备方法,其特征在于,还包括:在第M电流限制层背离半导体衬底层一侧形成第一布拉格反射镜,所述第一布拉格反射镜包括交错层叠的第一子布拉格反射层和第二子布拉格反射层,第一子布拉格反射层的折射率大于第

二子布拉格反射层的折射率,第一子布拉格反射层的铝组分含量小于第二子布拉格反射层的铝组分含量;在第M电流限制层和所述第一布拉格反射镜之间形成过渡半导体层,过渡半导体层和第一子布拉格反射层接触,所述过渡半导体层的铝组分含量大于第一子布拉格反射层的铝组分含量且小于第M出光区的铝组分含量,所述过渡半导体层的材料中还包括第三掺杂元素,过渡半导体层中的第三掺杂元素用于在所述过渡半导体层中引入张应变;

所述半导体发光结构的制备方法还包括:在第M电流限制层和第N有源层之间形成第2N波导结构;形成第2N波导结构的步骤包括依次形成层叠的第2N波导主体层和第2N波导界面调整层,第2N波导界面调整层的铝组分含量大于第2N波导主体层的铝组分含量且小于第M出光区的铝组分含量;第2N波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素,第2N波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在第2N波导界面调整层中引入张应变。

一种半导体发光结构及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体技术领域,具体涉及一种半导体发光结构及其制备方法。

背景技术

[0002] 垂直腔面发射激光器(Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser, VCSEL)具有调制速度快、光束质量高、成本低等优点,已广泛应用于3D感测、自动驾驶、光通信等领域。垂直腔面发射激光器主要包括衬底、N型掺杂层、N型布拉格反射镜、有源层、P型布拉格反射镜、P型掺杂层,在有源层和P型布拉格反射镜之间生长有高Al组分AlGaAs层,高Al组分的AlGaAs层中Al组分大于或等于95%且小于或等于100%。

[0003] 现有垂直腔面发射激光器的制备过程中,通常采用湿法氧化工艺获得电流限制层,电流限制层由高Al组分的AlGaAs层部分氧化而成,高Al组分的AlGaAs层易于氧化,可通过选择性氧化技术制作电流限制层中氧化区。电流限制层中氧化区可以对电流进行限制,使大部分电流通过电流限制层中出光区进而注入有源层,而电流限制层中氧化区的折射率远小于电流限制层中出光区的折射率,因此可以很好的对光子进行限制,从而得到光束质量较好的面发射激光。

[0004] 然而,现有技术中的垂直腔面发射激光器的可靠性低且寿命短。

发明内容

[0005] 因此,本发明要解决的技术问题在于解决现有技术中半导体发光结构的可靠性低且寿命短的问题,从而提供一种半导体发光结构及其制备方法。

[0006] 本发明提供一种半导体发光结构,包括:半导体衬底层;位于所述半导体衬底层上的有源层;位于所述有源层背离所述半导体衬底层一侧的电流限制层,所述电流限制层包括出光区和环绕所述出光区的氧化区,所述出光区的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在所述出光区中引入张应变。

[0007] 可选的,所述出光区为单层结构。

[0008] 可选的,所述出光区的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{As}_{(1-c)}\text{X}_c$,X为五族元素,且X的原子量小于As的原子量。

[0009] 可选的,所述出光区为超晶格结构,所述出光区包括若干层第一半导体层和若干层第二半导体层,第一半导体层和第二半导体层交替层叠,所述第一半导体层的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在所述第一半导体层中引入张应变;所述第二半导体层的材料仅包括主体元素;或者,所述第二半导体层的材料包括主体元素和第二掺杂元素,第二掺杂元素用于增加所述第二半导体层的压应变,第二半导体层的压应变变量小于第一半导体层的张应变变量。

[0010] 可选的,所述第一半导体层的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{As}_{(1-c)}\text{X}_c$,X为五族元素,且X的原子量小于As的原子量。

[0011] 可选的,X为P或N。

[0012] 可选的, $0 < c \leq 0.15$ 。

[0013] 可选的, 所述第二半导体层的材料为 $\text{Al}_a \text{In}_b \text{Ga}_{(1-a-b)} \text{As}$ 。

[0014] 可选的, 所述第二半导体层的材料为 $\text{Al}_a \text{In}_b \text{Ga}_{(1-a-b)} \text{As}_{(1-d)} \text{Y}_d$, Y为五族元素, 且Y的原子量大于As的原子量。

[0015] 可选的, $0 < d \leq 0.15$ 。

[0016] 可选的, $0.95 \leq a \leq 1.0, 0 \leq b \leq 0.10$ 。

[0017] 可选的, 还包括: 位于所述电流限制层背离所述有源层一侧的第一布拉格反射镜, 所述第一布拉格反射镜包括交错层叠的第一子布拉格反射层和第二子布拉格反射层, 第一子布拉格反射层的折射率大于第二子布拉格反射层的折射率, 第一子布拉格反射层的铝组分含量小于第二子布拉格反射层的铝组分含量; 位于所述电流限制层和所述第一布拉格反射镜之间的过渡半导体层, 过渡半导体层和第一子布拉格反射层接触, 所述过渡半导体层的铝组分含量大于第一子布拉格反射层的铝组分含量且小于所述出光区的铝组分含量, 所述过渡半导体层的材料中还包括第三掺杂元素, 过渡半导体层中的第三掺杂元素用于在所述过渡半导体层中引入张应变; 所述半导体发光结构还包括: 位于所述电流限制层和所述有源层之间的上波导层, 所述上波导层包括上波导主体层和上波导界面调整层, 上波导界面调整层位于电流限制层和上波导主体层之间且和电流限制层接触, 上波导界面调整层的铝组分含量大于所述上波导主体层的铝组分含量且小于所述出光区的铝组分含量; 所述上波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素, 上波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在所述上波导界面调整层中引入张应变。

[0018] 可选的, 过渡半导体层的材料和上波导界面调整层的材料为 $\text{Al}_{a1} \text{Ga}_{(1-a1)} \text{As}_{(1-b1)} \text{Z}_{b1}$, Z表示第三掺杂元素, Z为五族元素, 且Z的原子量小于As的原子量。

[0019] 可选的, $0 < a1 \leq 0.95, 0 < b1 \leq 0.15$ 。

[0020] 本发明还提供一种半导体发光结构, 包括: 半导体衬底层; 位于半导体衬底层上自下至上依次排布的第一有源层至第N有源层, N为大于或等于2的整数; 第一隧道结至第N-1隧道结, 任意的第n-1隧道结位于第n-1有源层和第n有源层之间; n为大于或等于2且小于或等于N的整数; 第一电流限制层至第M电流限制层, 在半导体衬底层上自下至上分布, 第M电流限制层位于第N有源层背离半导体衬底层的一侧, 第m电流限制层位于第 n_t 有源层和第 n_t 隧道结之间; M为大于或等于2且小于或等于N的整数; m为大于或等于1且小于或等于M-1的整数, n_t 为大于或等于1且小于或等于N-1的整数, n_t 的取值随着m的取值的增加而增加; 任意的第j电流限制层包括第j出光区和环绕第j出光区的第j氧化区, 第j出光区的材料中包括主体元素和第一掺杂元素, 所述第一掺杂元素用于在第j出光区中引入张应变, j为大于或等于1且小于或等于M的整数。

[0021] 可选的, 第j出光区为单层结构; 第j出光区的材料为 $\text{Al}_a \text{In}_b \text{Ga}_{1-a-b} \text{As}_{1-c} \text{X}_c$, X为五族元素, 且X的原子量小于As的原子量。

[0022] 可选的, 第j出光区为超晶格结构, 第j出光区包括若干层第j个第一半导体层和若干层第j个第二半导体层, 第j个第一半导体层和第j个第二半导体层交替层叠, 第j个第一半导体层的材料中包括主体元素和第一掺杂元素, 所述第一掺杂元素用于在第j个第一半导体层中引入张应变; 第j个第二半导体层的材料仅包括主体元素; 或者, 第j个第二半导体层的材料包括主体元素和第二掺杂元素, 第二掺杂元素用于增加第j个第二半导体层中的

压应变,第j个第二半导体层的压应变变量小于第j个第一半导体层的张应变变量。

[0023] 可选的,任意的第j个第一半导体层的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{As}_{1-c}\text{X}_c$,X为五族元素,且X的原子量小于As的原子量;任意的第j个第二半导体层的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{As}$,或者,任意的第j个第二半导体层的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{As}_{(1-d)}\text{Y}_d$,Y为五族元素,且Y的原子量大于As的原子量。

[0024] 可选的,还包括:第 $2n_t$ 波导结构,位于第 n_t 有源层和第 n_t 隧道结之间,第 $2n_t$ 波导结构包括第 $2n_t$ 下波导层和第 $2n_t$ 上波导层,第 $2n_t$ 上波导层位于第 $2n_t$ 下波导层背离半导体衬底层的一侧;第m电流限制层位于第 $2n_t$ 上波导层和第 $2n_t$ 下波导层之间;第 $2n_t$ 上波导层包括第 $2n_t$ 上波导主体层和第 $2n_t$ 上波导界面调整层,第 $2n_t$ 上波导界面调整层位于第 $2n_t$ 上波导主体层和第m电流限制层之间;第 $2n_t$ 下波导层包括第 $2n_t$ 下波导主体层和第 $2n_t$ 下波导界面调整层,第 $2n_t$ 下波导界面调整层位于第 $2n_t$ 下波导主体层和第m电流限制层之间;第 $2n_t$ 上波导界面调整层的铝组分含量大于第 $2n_t$ 上波导主体层的铝组分含量且小于第m出光区的铝组分含量;第 $2n_t$ 下波导界面调整层的铝组分含量大于第 $2n_t$ 下波导主体层的铝组分含量且小于第m出光区的铝组分含量;第 $2n_t$ 上波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素,第 $2n_t$ 上波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在第 $2n_t$ 上波导界面调整层中引入张应变;第 $2n_t$ 下波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素,第 $2n_t$ 下波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在第 $2n_t$ 下波导界面调整层中引入张应变。

[0025] 可选的,还包括:位于第M电流限制层背离半导体衬底层一侧的第一布拉格反射镜,所述第一布拉格反射镜包括交错层叠的第一子布拉格反射层和第二子布拉格反射层,第一子布拉格反射层的折射率大于第二子布拉格反射层的折射率,第一子布拉格反射层的铝组分含量小于第二子布拉格反射层的铝组分含量;位于第M电流限制层和所述第一布拉格反射镜之间的过渡半导体层,过渡半导体层和第一子布拉格反射层接触,所述过渡半导体层的铝组分含量大于第一子布拉格反射层的铝组分含量且小于第M出光区的铝组分含量,所述过渡半导体层的材料中还包括第三掺杂元素,过渡半导体层中的第三掺杂元素用于在所述过渡半导体层中引入张应变;所述半导体发光结构还包括:位于第M电流限制层和第N有源层之间的第2N波导结构;第2N波导结构包括第2N波导主体层和第2N波导界面调整层,第2N波导界面调整层位于第M电流限制层和第2N波导主体层之间且和第M电流限制层接触,第2N波导界面调整层的铝组分含量大于第2N波导主体层的铝组分含量且小于第M出光区的铝组分含量;第2N波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素,第2N波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在第2N波导界面调整层中引入张应变。

[0026] 本发明还提供一种半导体发光结构的制备方法,包括:提供半导体衬底层;在所述半导体衬底层上形成有源层;在所述有源层背离所述半导体衬底层的一侧形成电流限制层,所述电流限制层包括出光区和环绕所述出光区的氧化区,所述出光区的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在所述出光区中引入张应变。

[0027] 可选的,形成所述电流限制层的步骤包括:在所述有源层背离半导体衬底层的一侧形成初始电流限制层;至少刻蚀初始电流限制层和有源层,形成发光柱;从所述发光柱的侧壁对部分初始电流限制层进行氧化,使初始电流限制层形成电流限制层。

[0028] 可选的,所述初始电流限制层为超晶格结构;形成初始电流限制层的步骤包括:形成层叠的若干层第一初始半导体层和若干层第二初始半导体层,第一初始半导体层和第二

初始半导体层交替层叠,所述第一初始半导体层的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在所述第一初始半导体层中引入张应变;所述第二初始半导体层的材料仅包括主体元素,或者,所述第二初始半导体层的材料包括主体元素和第二掺杂元素,第二掺杂元素用于增加所述第二初始半导体层的压应变,第二初始半导体层的压应变小于第一初始半导体层的张应变;从所述发光柱的侧壁对部分初始电流限制层进行氧化的步骤包括:对第一初始半导体层的边缘区和第二初始半导体层的边缘区进行氧化,使第一初始半导体层的边缘区和第二初始半导体层的边缘区形成电流限制层的氧化区,且使第一初始半导体层的中心区和第二初始半导体层的中心区形成电流限制层的出光区,出光区包括若干层第一半导体层和若干层第二半导体层,第一半导体层和第二半导体层交替层叠,第一半导体层对应第一初始半导体层,第二半导体层对应第二初始半导体层。

[0029] 可选的,还包括:形成第一布拉格反射镜,第一布拉格反射镜位于所述电流限制层背离所述有源层的一侧,所述第一布拉格反射镜包括交错层叠的第一子布拉格反射层和第二子布拉格反射层,第一子布拉格反射层的折射率大于第二子布拉格反射层的折射率,第一子布拉格反射层的铝组分含量小于第二子布拉格反射层的铝组分含量;在第一布拉格反射镜和所述电流限制层之间形成过渡半导体层,所述过渡半导体层的铝组分含量大于第一子布拉格反射层的铝组分含量且小于所述出光区的铝组分含量,所述过渡半导体层的材料中还包括第三掺杂元素,过渡半导体层中的第三掺杂元素用于在所述过渡半导体层中引入张应变;形成第一布拉格反射镜之后,过渡半导体层和第一子布拉格反射层接触;所述半导体发光结构的制备方法还包括:在形成电流限制层之前,在所述有源层背离半导体衬底层的一侧形成上波导层;所述上波导层包括上波导主体层和上波导界面调整层,上波导界面调整层位于电流限制层和上波导主体层之间且和电流限制层接触,上波导界面调整层的铝组分含量大于所述上波导主体层的铝组分含量且小于所述出光区的铝组分含量;所述上波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素,上波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在所述上波导界面调整层中引入张应变。

[0030] 本发明还提供一种半导体发光结构的制备方法,包括:提供半导体衬底层;在半导体衬底层上自下至上依次形成第一有源层至第N有源层,N为大于或等于2的整数;形成第一隧道结至第N-1隧道结,形成任意的第n-1隧道结的步骤为:在形成第n-1有源层之后、且在形成第n有源层之前形成第n-1隧道结;n为大于或等于2且小于或等于N的整数;在半导体衬底层上自下至上依次形成第一电流限制层至第M电流限制层,第M电流限制层位于第N有源层背离半导体衬底层的一侧,第m电流限制层位于第 n_t 有源层和第 n_t 隧道结之间;M为大于或等于2且小于或等于N的整数;m为大于或等于1且小于或等于M-1的整数, n_t 为大于或等于1且小于或等于N-1的整数, n_t 的取值随着m的取值的增加而增加;任意的第j电流限制层包括第j出光区和环绕第j出光区的第j氧化区,第j出光区的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在第j出光区中引入张应变,j为大于或等于1且小于或等于M的整数。

[0031] 可选的,在半导体衬底层上自下至上依次形成第一电流限制层至第M电流限制层的方法包括:在半导体衬底层上自下至上依次形成第一初始电流限制层至第M初始电流限制层,第M初始电流限制层位于第N有源层背离半导体衬底层的一侧,第m初始电流限制层位于第 n_t 有源层和第 n_t 隧道结之间;刻蚀第一有源层至第N有源层、第一隧道结至第N-1隧道

结、第一初始电流限制层至第M初始电流限制层,形成发光柱;从所述发光柱的侧壁对部分第一初始电流限制层至部分第M初始电流限制层进行氧化,使第一初始电流限制层至第M初始电流限制层分别对应形成第一电流限制层至第M电流限制层。

[0032] 可选的,任意的第j初始电流限制层为超晶格结构;形成第j初始电流限制层的步骤包括:形成层叠的若干层第j个第一初始半导体层和若干层第j个第二初始半导体层,第j个第一初始半导体层和第j个第二初始半导体层交替层叠,第j个第一初始半导体层的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在第j个第一初始半导体层中引入张应变;第j个第二初始半导体层的材料仅包括主体元素,或者,第j个第二初始半导体层的材料包括主体元素和第二掺杂元素,第二掺杂元素用于增加第j个第二初始半导体层中的压应变,第j个第二初始半导体层的压应变小于第j个第一初始半导体层的张应变;从所述发光柱的侧壁对部分第j初始电流限制层进行氧化的步骤包括:对第j个第一初始半导体层的边缘区和第j个第二初始半导体层的边缘区进行氧化,使第j个第一初始半导体层的边缘区和第j个第二初始半导体层的边缘区形成第j电流限制层的第j氧化区,且使第j个第一初始半导体层的中心区和第j个第二初始半导体层的中心区形成第j电流限制层的第j出光区,第j出光区包括若干层第j个第一半导体层和若干层第j个第二半导体层,第j个第一半导体层和第j个第二半导体层交替层叠,第j个第一半导体层对应第j个第一初始半导体层,第j个第二半导体层对应第j个第二初始半导体层。

[0033] 可选的,还包括:形成第 $2n_t$ 波导结构,形成第 $2n_t$ 波导结构的步骤包括:形成第m电流限制层之前,在第 n_t 有源层背离半导体衬底层的一侧形成第 $2n_t$ 下波导层;在形成第 n_t 隧道结之前,在第m电流限制层背离半导体衬底层的一侧形成第 $2n_t$ 上波导层;形成第 $2n_t$ 上波导层的步骤包括:依次形成层叠的第 $2n_t$ 上波导界面调整层和第 $2n_t$ 上波导主体层,第 $2n_t$ 上波导界面调整层的铝组分含量大于第 $2n_t$ 上波导主体层的铝组分含量且小于第m出光区的铝组分含量,第 $2n_t$ 上波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素,第 $2n_t$ 上波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在第 $2n_t$ 上波导界面调整层中引入张应变;形成 $2n_t$ 下波导层的步骤包括:依次形成层叠的第 $2n_t$ 下波导主体层和第 $2n_t$ 下波导界面调整层,第 $2n_t$ 下波导界面调整层的铝组分含量大于第 $2n_t$ 下波导主体层的铝组分含量且小于第m出光区的铝组分含量,第 $2n_t$ 下波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素,第 $2n_t$ 下波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在第 $2n_t$ 下波导界面调整层中引入张应变。

[0034] 可选的,还包括:在第M电流限制层背离半导体衬底层一侧形成第一布拉格反射镜,所述第一布拉格反射镜包括交错层叠的第一子布拉格反射层和第二子布拉格反射层,第一子布拉格反射层的折射率大于第二子布拉格反射层的折射率,第一子布拉格反射层的铝组分含量小于第二子布拉格反射层的铝组分含量;在第M电流限制层和所述第一布拉格反射镜之间形成过渡半导体层,过渡半导体层和第一子布拉格反射层接触,所述过渡半导体层的铝组分含量大于第一子布拉格反射层的铝组分含量且小于第M出光区的铝组分含量,所述过渡半导体层的材料中还包括第三掺杂元素,过渡半导体层中的第三掺杂元素用于在所述过渡半导体层中引入张应变;所述半导体发光结构的制备方法还包括:在第M电流限制层和第N有源层之间形成第2N波导结构;形成第2N波导结构的步骤包括依次形成层叠的第2N波导主体层和第2N波导界面调整层,第2N波导界面调整层的铝组分含量大于第2N波导主体层的铝组分含量且小于第M出光区的铝组分含量;第2N波导界面调整层的材料中还

包括第三掺杂元素,第2N波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在第2N波导界面调整层中引入张应变。

[0035] 本发明的技术方案具有以下有益效果:

[0036] 本发明技术方案中的半导体发光结构,所述电流限制层包括出光区和环绕所述出光区的氧化区。氧化区由和出光区的材料相同的材料氧化而成,氧化区的晶格比出光区的晶格小,因此氧化区中具有张应变。由于所述出光区的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在所述出光区中引入张应变,出光区的张应力和氧化区的张应力相互存在抵消的情况,这样使得出光区和氧化区的交界之处的应力差减小,由此减少出光区和氧化区的交界之处的晶格缺陷,提升了半导体发光结构的可靠性、延长了使用寿命。

附图说明

[0037] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式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,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,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。

[0038] 图1为本发明一实施例提供的半导体发光结构的结构示意图。

具体实施方式

[0039] 经过发明人研究发现,由于电流限制层中氧化区由高Al组分的AlGaAs层氧化而成,因此导致氧化区的晶格收缩,电流限制层中氧化区和电流限制层中出光区之间的应力差变大,导致氧化区和出光区的界面处出现晶格缺陷。而且由于电流限制层的电流和光子限制作用,导致氧化区和出光区的交界处是电流和光子能量集中的区域,使用过程更加剧了晶格缺陷的出现,使得垂直腔面发射激光器在使用过程出现激光器性能下降,寿命降低的问题,尤其现阶段垂直腔面发射激光器在车载雷达上使用,垂直腔面发射激光器需要更高的输出功率,一般使用多个有源区进行叠加,增大累积的应力,导致氧化区和出光区的界面更易出现缺陷,导致更严重的性能下降和可靠性异常,寿命降低。

[0040] 在此基础上,本发明提供一种半导体发光结构及其制备方法,使得半导体发光结构的可靠性提高且寿命提高。

[0041] 下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例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。

[0042] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0043] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是

两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0044] 此外,下面所描述的本发明不同实施方式中所涉及的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互结合。

[0045] 实施例1

[0046] 本实施例提供一种半导体发光结构,参考图1,包括:

[0047] 半导体衬底层100;

[0048] 位于所述半导体衬底层100上的有源层140;

[0049] 位于所述有源层140背离所述半导体衬底层100一侧的电流限制层110,所述电流限制层110包括出光区和环绕所述出光区的氧化区,所述出光区的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在所述出光区中引入张应变。

[0050] 本实施例中,所述电流限制层110包括出光区和环绕所述出光区的氧化区。氧化区由和出光区的材料相同的材料氧化而成,氧化区的晶格比出光区的晶格小,因此氧化区中具有张应变。由于所述出光区的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在所述出光区中引入张应变,出光区的张应力和氧化区的张应力相互存在抵消的情况,这样使得出光区和氧化区的交界之处的应力差减小,由此减少出光区和氧化区的交界之处的晶格缺陷,提升了半导体发光结构的可靠性、延长了使用寿命。

[0051] 本实施例中,所述出光区的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,第一掺杂元素使得出光区的晶格较小,也就是说,相对于现有技术中仅包括主体元素的出光区的晶格,本实施例的出光区的晶格要小。由于第一掺杂元素使得出光区的晶格变小,因此使得第一掺杂元素在所述出光区中引入张应变。其次,由于第一掺杂元素使得出光区的晶格变小,氧化区由和出光区的材料相同的材料氧化而成,氧化区的晶格和出光区的晶格之间的差值变小,这样使得出光区和氧化区的交界之处的应力差减小。

[0052] 在一个实施例中,所述出光区为单层结构。进一步,在一个具体的实施例中,所述出光区的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{As}_{(1-c)}\text{X}_c$,X为五族元素,且X的原子量小于As的原子量。X为P或N。在一个具体的实施例中, $0.95 \leq a \leq 1.0$, $0 \leq b \leq 0.10$, $0 < c \leq 0.15$ 。

[0053] 在另一个实施例中,所述出光区为超晶格结构,所述出光区包括若干层第一半导体层和若干层第二半导体层,第一半导体层和第二半导体层交替层叠,所述第一半导体层的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在所述第一半导体层中引入张应变。所述第二半导体层的材料仅包括主体元素;或者,所述第二半导体层的材料包括主体元素和第二掺杂元素,第二掺杂元素用于增加所述第二半导体层的压应变,第二半导体层的压应变变量小于第一半导体层的张应变变量。

[0054] 在一个实施例中,第一半导体层的张应变变量和第二半导体层的压应变变量的差值为0.2%-2.0%。第一半导体层的张应变变量指的是第一半导体层相对于半导体衬底层的张应变变量,第二半导体层的压应变变量指的是第二半导体层相对于半导体衬底层的压应变变量。

[0055] 在一个实施例中,所述第一半导体层的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{As}_{(1-c)}\text{X}_c$,X为五族元素,且X的原子量小于As的原子量。X为P或N。在一个具体的实施例中, $0.95 \leq a \leq 1.0$, $0 \leq b \leq 0.10$, $0 < c \leq 0.15$ 。

[0056] 在一个实施例中,所述第二半导体层的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{As}$ 。在另一个实施例

中,所述第二半导体层的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{As}_{(1-d)}\text{Y}_d$,Y为五族元素,且Y的原子量大于As的原子量,Y例如为Sb。在一个具体的实施例中, $0.95 \leq a \leq 1.0, 0 \leq b \leq 0.10, 0 < d \leq 0.15$ 。

[0057] 在一个实施例中,出光区的张应变量小于氧化区的张应变量。

[0058] 所述半导体发光结构还包括:位于所述电流限制层110背离所述有源层140一侧的第一布拉格反射镜150,所述第一布拉格反射镜150包括交错层叠的第一子布拉格反射层和第二子布拉格反射层,第一子布拉格反射层的折射率大于第二子布拉格反射层的折射率,第一子布拉格反射层的铝组分含量小于第二子布拉格反射层的铝组分含量;位于所述电流限制层110和所述第一布拉格反射镜150之间的过渡半导体层171,过渡半导体层171和第一子布拉格反射层接触,所述过渡半导体层171的铝组分含量大于第一子布拉格反射层的铝组分含量且小于所述出光区的铝组分含量,所述过渡半导体层171的材料中还包括第三掺杂元素,过渡半导体层171中的第三掺杂元素用于在所述过渡半导体层171中引入张应变。

[0059] 所述半导体发光结构还包括:位于所述电流限制层110和所述有源层140之间的上波导层182,所述上波导层182包括上波导主体层1821和上波导界面调整层1822,上波导界面调整层1822位于电流限制层110和上波导主体层1821之间且和电流限制层110接触,上波导界面调整层1822的铝组分含量大于所述上波导主体层1821的铝组分含量且小于所述出光区的铝组分含量;所述上波导界面调整层1822的材料中还包括第三掺杂元素,上波导界面调整层1822中的第三掺杂元素用于在所述上波导界面调整层1822中引入张应变。

[0060] 在一个实施例中,过渡半导体层171的材料和上波导界面调整层1822的材料为 $\text{Al}_{a1}\text{Ga}_{(1-a1)}\text{As}_{(1-b1)}\text{Z}_{b1}$,Z表示第三掺杂元素,Z为五族元素,且Z的原子量小于As的原子量。Z为P或N。在一个具体的实施例中, $0 < a1 \leq 0.95, 0 < b1 \leq 0.15$ 。

[0061] 在一个实施例中,所述上波导主体层1821的材料为 $\text{Al}_{a1}\text{Ga}_{(1-a1)}\text{As}$, $0 < a1 \leq 0.95$ 。

[0062] 本实施例中,还包括:位于半导体衬底层100和有源层140之间的第二布拉格反射镜130;位于第二布拉格反射镜130和所述半导体衬底层100之间的第二掺杂层120;位于第一布拉格反射镜150背离半导体衬底层100一侧的第一掺杂层160;位于有源层140和第二布拉格反射镜130之间的下波导层181。

[0063] 第二掺杂层120为P型时,第二布拉格反射镜130为P型,第一布拉格反射镜150为N型,第一掺杂层160为N型;或者,第二掺杂层120为N型时,第二布拉格反射镜130为N型,第一布拉格反射镜150为P型,第一掺杂层160为P型。

[0064] 实施例2

[0065] 本实施例提供一种半导体发光结构的制备方法,包括:提供半导体衬底层100;在所述半导体衬底层100上形成有源层140;在所述有源层140背离所述半导体衬底层100的一侧形成电流限制层110,所述电流限制层110包括出光区和环绕所述出光区的氧化区,所述出光区的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在所述出光区中引入张应变。

[0066] 形成所述电流限制层110的步骤包括:在所述有源层140背离半导体衬底层100的一侧形成初始电流限制层;至少刻蚀初始电流限制层和有源层140,形成发光柱;从所述发光柱的侧壁对部分初始电流限制层进行氧化,使初始电流限制层形成电流限制层110。具体的,在形成第一布拉格反射镜150之前,形成初始电流限制层;在刻蚀初始电流限制层和有源层140的过程中,还刻蚀了第一布拉格反射镜150,形成发光柱。

[0067] 在一个实施例中,初始电流限制层为单层结构。初始电流限制层的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{1-a-b}\text{As}_{1-c}\text{X}_c$,X为五族元素,且X的原子量小于As的原子量。在一个具体的实施例中, $0.95 \leq a \leq 1.0, 0 \leq b \leq 0.10, 0 < c \leq 0.15$ 。

[0068] 在另一个实施例中,初始电流限制层为超晶格结构,形成初始电流限制层的步骤包括:形成层叠的若干层第一初始半导体层和若干层第二初始半导体层,第一初始半导体层和第二初始半导体层交替层叠,所述第一初始半导体层的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在所述第一初始半导体层中引入张应变;所述第二初始半导体层的材料仅包括主体元素,或者,所述第二初始半导体层的材料包括主体元素和第二掺杂元素,第二掺杂元素用于增加所述第二初始半导体层的压应变,第二初始半导体层的压应变变量小于第一初始半导体层的张应变变量。

[0069] 第一初始半导体层的材料参照实施例1中第一半导体层的描述,第二初始半导体层的材料参照实施例1中第二半导体层的描述。

[0070] 从所述发光柱的侧壁对部分初始电流限制层进行氧化的步骤包括:对第一初始半导体层的边缘区和第二初始半导体层的边缘区进行氧化,使第一初始半导体层的边缘区和第二初始半导体层的边缘区形成电流限制层110的氧化区,且使第一初始半导体层的中心区和第二初始半导体层的中心区形成电流限制层110的出光区,出光区包括若干层第一半导体层和若干层第二半导体层,第一半导体层和第二半导体层交替层叠,第一半导体层对应第一初始半导体层,第二半导体层对应第二初始半导体层。第一半导体层和第二半导体层的描述参照实施例1的描述。

[0071] 本实施例中,所述半导体发光结构的制备方法还包括:形成第一布拉格反射镜150,第一布拉格反射镜150位于所述电流限制层110背离所述有源层140的一侧,所述第一布拉格反射镜150包括交错层叠的第一子布拉格反射层和第二子布拉格反射层,第一子布拉格反射层的折射率大于第二子布拉格反射层的折射率,第一子布拉格反射层的铝组分含量小于第二子布拉格反射层的铝组分含量;在第一布拉格反射镜150和所述电流限制层110之间形成过渡半导体层171,所述过渡半导体层171的铝组分含量大于第一子布拉格反射层的铝组分含量且小于所述出光区的铝组分含量,所述过渡半导体层171的材料中还包括第三掺杂元素,过渡半导体层171中的第三掺杂元素用于在所述过渡半导体层171中引入张应变;形成第一布拉格反射镜150之后,过渡半导体层171和第一子布拉格反射层接触。

[0072] 所述半导体发光结构的制备方法还包括:在形成电流限制层110之前,在所述有源层140背离半导体衬底层100的一侧形成上波导层182;所述上波导层182包括上波导主体层1821和上波导界面调整层1822,上波导界面调整层1822位于电流限制层110和上波导主体层1821之间且和电流限制层110接触,上波导界面调整层1822的铝组分含量大于所述上波导主体层1821的铝组分含量且小于所述出光区的铝组分含量;所述上波导界面调整层1822的材料中还包括第三掺杂元素,上波导界面调整层1822中的第三掺杂元素用于在所述上波导界面调整层1822中引入张应变。

[0073] 具体的,在形成初始电流限制层之前,在有源层140背离所述半导体衬底层100的一侧形成上波导层182;形成电流限制层110之后,上波导层182位于电流限制层110和所述有源层140之间。

[0074] 在一个实施例中,过渡半导体层171的材料和上波导界面调整层1822的材料为

$\text{Al}_{a1}\text{Ga}_{1-a1}\text{As}_{1-b1}\text{Z}_{b1}$, $0 < a1 \leq 0.95$, $0 < b1 \leq 0.15$, Z表示第三掺杂元素, Z为五族元素, 且Z的原子量小于As的原子量。

[0075] 所述上波导主体层1821的材料包括 $\text{Al}_{a1}\text{Ga}_{(1-a1)}\text{As}$ 。

[0076] 本实施例中, 半导体发光结构的制备方法还包括: 在形成有源层140之前, 在所述半导体衬底层100上形成第二布拉格反射镜130; 在形成第二布拉格反射镜130之前, 在所述半导体衬底层100上形成第二掺杂层120; 在第一布拉格反射镜150背离半导体衬底层100的一侧形成第一掺杂层160; 在形成有源层140之前, 在所述第二布拉格反射镜130背离半导体衬底层100的一侧形成下波导层181。

[0077] 本实施例中, 在形成发光柱的过程中, 还刻蚀了第一掺杂层160、第一布拉格反射镜150、过渡半导体层171、上波导层182、下波导层181。

[0078] 实施例3

[0079] 本实施例提供一种半导体发光结构, 包括: 半导体衬底层; 位于半导体衬底层上自下至上依次排布的第一有源层至第N有源层, N为大于或等于2的整数; 第一隧道结至第N-1隧道结, 任意的第n-1隧道结位于第n-1有源层和第n有源层之间; n为大于或等于2且小于或等于N的整数; 第一电流限制层至第M电流限制层, 在半导体衬底层上自下至上分布, 第M电流限制层位于第N有源层背离半导体衬底层的一侧, 第m电流限制层位于第 n_t 有源层和第 n_t 隧道结之间; M为大于或等于2且小于或等于N的整数; m为大于或等于1且小于或等于M-1的整数, n_t 为大于或等于1且小于或等于N-1的整数, n_t 的取值随着m的取值的增加而增加; 任意的第j电流限制层包括第j出光区和环绕第j出光区的第j氧化区, 第j出光区的材料中包括主体元素和第一掺杂元素, 所述第一掺杂元素用于在第j出光区中引入张应变, j为大于或等于1且小于或等于M的整数。

[0080] 在一个实施例中, 第j出光区为单层结构。第j出光区的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{As}_{(1-c)}\text{X}_c$, X为五族元素, 且X的原子量小于As的原子量。X为P或N。在一个具体的实施例中, $0.95 \leq a \leq 1.0$, $0 \leq b \leq 0.10$, $0 < c \leq 0.15$ 。

[0081] 在另一个实施例中, 第j出光区为超晶格结构, 第j出光区包括若干层第j个第一半导体层和若干层第j个第二半导体层, 第j个第一半导体层和第j个第二半导体层交替层叠, 第j个第一半导体层的材料中包括主体元素和第一掺杂元素, 所述第一掺杂元素用于在第j个第一半导体层中引入张应变。第j个第二半导体层的材料仅包括主体元素, 或者, 第j个第二半导体层的材料包括主体元素和第二掺杂元素, 第二掺杂元素用于增加第j个第二半导体层中的压应变, 第j个第二半导体层的压应变变量小于第j个第一半导体层的张应变变量。

[0082] 任意的第j个第一半导体层的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{As}_{(1-c)}\text{X}_c$, X为五族元素, 且X的原子量小于As的原子量。X为P或N。在一个具体的实施例中, $0.95 \leq a \leq 1.0$, $0 \leq b \leq 0.10$, $0 < c \leq 0.15$ 。

[0083] 任意的第j个第二半导体层的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{As}$; 或者, 任意的第j个第二半导体层的材料为 $\text{Al}_a\text{In}_b\text{Ga}_{(1-a-b)}\text{As}_{(1-d)}\text{Y}_d$, Y为五族元素, 且Y的原子量大于As的原子量, Y例如为Sb。在一个具体的实施例中, $0.95 \leq a \leq 1.0$, $0 \leq b \leq 0.10$, $0 < d \leq 0.15$ 。

[0084] 在一个实施例中, 第j出光区的张应变变量小于第j氧化区的张应变变量。

[0085] 所述半导体发光结构还包括: 第 $2n_t$ 波导结构, 位于第 n_t 有源层和第 n_t 隧道结之间,

第 $2n_t$ 波导结构包括第 $2n_t$ 下波导层和第 $2n_t$ 上波导层,第 $2n_t$ 上波导层位于第 $2n_t$ 下波导层背离半导体衬底层的一侧;第 m 电流限制层位于第 $2n_t$ 上波导层和 $2n_t$ 下波导层之间;第 $2n_t$ 上波导层包括第 $2n_t$ 上波导主体层和第 $2n_t$ 上波导界面调整层,第 $2n_t$ 上波导界面调整层位于第 $2n_t$ 上波导主体层和第 m 电流限制层之间; $2n_t$ 下波导层包括第 $2n_t$ 下波导主体层和第 $2n_t$ 下波导界面调整层,第 $2n_t$ 下波导界面调整层位于第 $2n_t$ 下波导主体层和第 m 电流限制层之间;第 $2n_t$ 上波导界面调整层的铝组分含量大于第 $2n_t$ 上波导主体层的铝组分含量且小于第 m 出光区的铝组分含量;第 $2n_t$ 下波导界面调整层的铝组分含量大于第 $2n_t$ 下波导主体层的铝组分含量且小于第 m 出光区的铝组分含量;第 $2n_t$ 上波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素,第 $2n_t$ 上波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在第 $2n_t$ 上波导界面调整层中引入张应变;第 $2n_t$ 下波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素,第 $2n_t$ 下波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在第 $2n_t$ 下波导界面调整层中引入张应变。

[0086] 在一个实施例中,第 $2n_t$ 上波导界面调整层和第 $2n_t$ 下波导界面调整层的材料为 $\text{Al}_{a2}\text{Ga}_{(1-a2)}\text{As}_{(1-b2)}\text{Z}_{b2}$, Z 表示第三掺杂元素, Z 为五族元素,且 Z 的原子量小于As的原子量。 Z 为P或N。在一个具体的实施例中, $0 < a2 \leq 0.95$, $0 < b2 \leq 0.15$ 。

[0087] 所述半导体发光结构还包括:位于第 M 电流限制层背离半导体衬底层一侧的第一布拉格反射镜,所述第一布拉格反射镜包括交错层叠的第一子布拉格反射层和第二子布拉格反射层,第一子布拉格反射层的折射率大于第二子布拉格反射层的折射率,第一子布拉格反射层的铝组分含量小于第二子布拉格反射层的铝组分含量;位于第 M 电流限制层和所述第一布拉格反射镜之间的过渡半导体层,过渡半导体层和第一子布拉格反射层接触,所述过渡半导体层的铝组分含量大于第一子布拉格反射层的铝组分含量且小于第 M 出光区的铝组分含量,所述过渡半导体层的材料中还包括第三掺杂元素,过渡半导体层中的第三掺杂元素用于在所述过渡半导体层中引入张应变。

[0088] 所述半导体发光结构还包括:位于第 M 电流限制层和第 N 有源层之间的第 $2N$ 波导结构;第 $2N$ 波导结构包括第 $2N$ 波导主体层和第 $2N$ 波导界面调整层,第 $2N$ 波导界面调整层位于第 M 电流限制层和第 $2N$ 波导主体层之间且和第 M 电流限制层接触,第 $2N$ 波导界面调整层的铝组分含量大于第 $2N$ 波导主体层的铝组分含量且小于第 M 出光区的铝组分含量;第 $2N$ 波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素,第 $2N$ 波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在第 $2N$ 波导界面调整层中引入张应变。

[0089] 在一个实施例中,过渡半导体层的材料和第 $2N$ 波导界面调整层的材料为 $\text{Al}_{a1}\text{Ga}_{(1-a1)}\text{As}_{(1-b1)}\text{Z}_{b1}$, Z 表示第三掺杂元素, Z 为五族元素,且 Z 的原子量小于As的原子量。 Z 为P或N。在一个具体的实施例中, $0 < a1 \leq 0.95$, $0 < b1 \leq 0.15$ 。

[0090] 本实施例中,还包括:位于半导体衬底层和第一有源层之间的第二布拉格反射镜;位于第二布拉格反射镜和所述半导体衬底层之间的第二掺杂层;位于第一布拉格反射镜背离半导体衬底层一侧的第一掺杂层。

[0091] 本实施例中,还包括:第一波导结构至第 $2N-1$ 波导结构,第一波导结构位于第二布拉格反射镜和第一有源层之间,第 $2n-2$ 波导结构位于第 $n-1$ 有源层和第 $n-1$ 隧道结之间,第 $2n-1$ 波导结构位于第 $n-1$ 隧道结和第 n 有源层之间, n 为大于或等于2且小于或等于 N 的整数。

[0092] 对于第 n_t 有源层和第 n_t 隧道结之间的第 $2n_t$ 波导结构,第 $2n_t$ 波导结构包括第 $2n_t$ 下

波导层和第 $2n_t$ 上波导层。其他的波导结构均为单层结构。

[0093] 实施例4

[0094] 本实施例提供一种半导体发光结构的制备方法,包括:提供半导体衬底层;在半导体衬底层上自下至上依次形成第一有源层至第 N 有源层, N 为大于或等于2的整数;形成第一隧道结至第 $N-1$ 隧道结,形成任意的第 $n-1$ 隧道结的步骤为:在形成第 $n-1$ 有源层之后、且在形成第 n 有源层之前形成第 $n-1$ 隧道结; n 为大于或等于2且小于或等于 N 的整数;在半导体衬底层上自下至上依次形成第一电流限制层至第 M 电流限制层,第 M 电流限制层位于第 N 有源层背离半导体衬底层的一侧,第 m 电流限制层位于第 n_t 有源层和第 n_t 隧道结之间; M 为大于或等于2且小于或等于 N 的整数; m 为大于或等于1且小于或等于 $M-1$ 的整数, n_t 为大于或等于1且小于或等于 $N-1$ 的整数, n_t 的取值随着 m 的取值的增加而增加;任意的第 j 电流限制层包括第 j 出光区和环绕第 j 出光区的第 j 氧化区,第 j 出光区的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在第 j 出光区中引入张应变, j 为大于或等于1且小于或等于 M 的整数。

[0095] 在半导体衬底层上自下至上依次形成第一电流限制层至第 M 电流限制层的方法包括:在半导体衬底层上自下至上依次形成第一初始电流限制层至第 M 初始电流限制层,第 M 初始电流限制层位于第 N 有源层背离半导体衬底层的一侧,第 m 初始电流限制层位于第 n_t 有源层和第 n_t 隧道结之间;刻蚀第一有源层至第 N 有源层、第一隧道结至第 $N-1$ 隧道结、第一初始电流限制层至第 M 初始电流限制层,形成发光柱;从所述发光柱的侧壁对部分第一初始电流限制层至部分第 M 初始电流限制层进行氧化,使第一初始电流限制层至第 M 初始电流限制层分别对应形成第一电流限制层至第 M 电流限制层。

[0096] 任意的第 j 初始电流限制层为超晶格结构;形成第 j 初始电流限制层的步骤包括:形成层叠的若干层第 j 个第一初始半导体层和若干层第 j 个第二初始半导体层,第 j 个第一初始半导体层和第 j 个第二初始半导体层交替层叠,第 j 个第一初始半导体层的材料中包括主体元素和第一掺杂元素,所述第一掺杂元素用于在第 j 个第一初始半导体层中引入张应变;第 j 个第二初始半导体层的材料仅包括主体元素,或者,第 j 个第二初始半导体层的材料包括主体元素和第二掺杂元素,第二掺杂元素用于增加第 j 个第二初始半导体层中的压应变,第 j 个第二初始半导体层的压应变变量小于第 j 个第一初始半导体层的张应变变量。

[0097] 从所述发光柱的侧壁对部分第 j 初始电流限制层进行氧化的步骤包括:对第 j 个第一初始半导体层的边缘区和第 j 个第二初始半导体层的边缘区进行氧化,使第 j 个第一初始半导体层的边缘区和第 j 个第二初始半导体层的边缘区形成第 j 电流限制层的第 j 氧化区,且使第 j 个第一初始半导体层的中心区和第 j 个第二初始半导体层的中心区形成第 j 电流限制层的第 j 出光区,第 j 出光区包括若干层第 j 个第一半导体层和若干层第 j 个第二半导体层,第 j 个第一半导体层和第 j 个第二半导体层交替层叠,第 j 个第一半导体层对应第 j 个第一初始半导体层,第 j 个第二半导体层对应第 j 个第二初始半导体层。

[0098] 所述半导体发光结构的制备方法还包括:形成第 $2n_t$ 波导结构,形成第 $2n_t$ 波导结构的步骤包括:形成第 m 电流限制层之前,在第 n_t 有源层背离半导体衬底层的一侧形成第 $2n_t$ 下波导层;在形成第 n_t 隧道结之前,在第 m 电流限制层背离半导体衬底层的一侧形成第 $2n_t$ 上波导层;形成第 $2n_t$ 上波导层的步骤包括:依次形成层叠的第 $2n_t$ 上波导界面调整层和第 $2n_t$ 上波导主体层,第 $2n_t$ 上波导界面调整层的铝组分含量大于第 $2n_t$ 上波导主体层的铝组分含量

且小于第 m 出光区的铝组分含量,第 $2n_t$ 上波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素,第 $2n_t$ 上波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在第 $2n_t$ 上波导界面调整层中引入张应变;形成 $2n_t$ 下波导层的步骤包括:依次形成层叠的第 $2n_t$ 下波导主体层和第 $2n_t$ 下波导界面调整层,第 $2n_t$ 下波导界面调整层的铝组分含量大于第 $2n_t$ 下波导主体层的铝组分含量且小于第 m 出光区的铝组分含量,第 $2n_t$ 下波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素,第 $2n_t$ 下波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在第 $2n_t$ 下波导界面调整层中引入张应变。

[0099] 所述半导体发光结构的制备方法还包括:在第 M 电流限制层背离半导体衬底层一侧形成第一布拉格反射镜,所述第一布拉格反射镜包括交错层叠的第一子布拉格反射层和第二子布拉格反射层,第一子布拉格反射层的折射率大于第二子布拉格反射层的折射率,第一子布拉格反射层的铝组分含量小于第二子布拉格反射层的铝组分含量;在第 M 电流限制层和所述第一布拉格反射镜之间形成过渡半导体层,过渡半导体层和第一子布拉格反射层接触,所述过渡半导体层的铝组分含量大于第一子布拉格反射层的铝组分含量且小于第 M 出光区的铝组分含量,所述过渡半导体层的材料中还包括第三掺杂元素,过渡半导体层中的第三掺杂元素用于在所述过渡半导体层中引入张应变。

[0100] 所述半导体发光结构的制备方法还包括:在第 M 电流限制层和第 N 有源层之间形成第 $2N$ 波导结构;形成第 $2N$ 波导结构的步骤包括依次形成层叠的第 $2N$ 波导主体层和第 $2N$ 波导界面调整层,第 $2N$ 波导界面调整层的铝组分含量大于第 $2N$ 波导主体层的铝组分含量且小于第 M 出光区的铝组分含量;第 $2N$ 波导界面调整层的材料中还包括第三掺杂元素,第 $2N$ 波导界面调整层中的第三掺杂元素用于在第 $2N$ 波导界面调整层中引入张应变。

[0101] 实施例4的半导体发光结构的制备方法用于形成实施例3的半导体发光结构。

[0102] 显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例,而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之内。

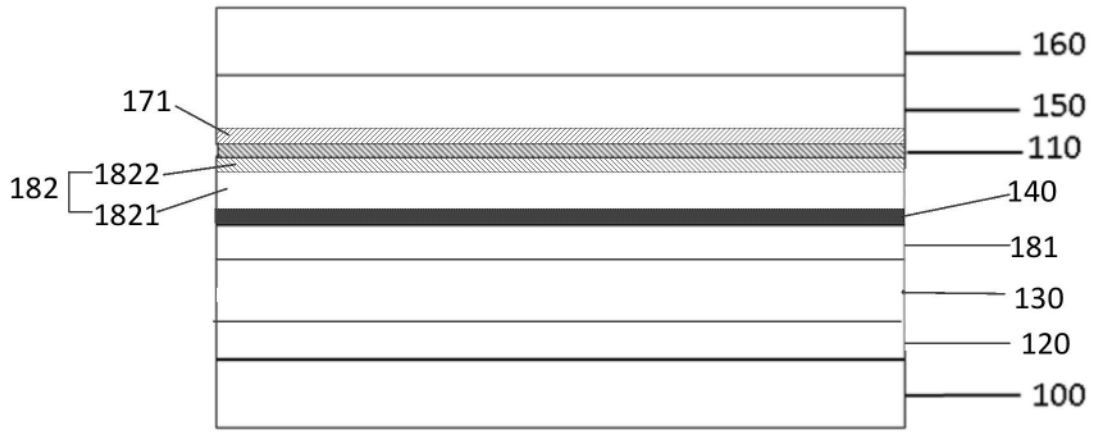


图1