



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111739989 A

(43) 申请公布日 2020.10.02

(21) 申请号 202010722267.7

H01L 33/32 (2010.01)

(22) 申请日 2020.07.24

(71) 申请人 深圳市昂德环球科技有限公司

地址 518000 广东省深圳市南山区粤海街道高新区社区高新南九道45号西北工业大学三航科技大厦16层1611

(72) 发明人 高芳亮 杨金铭

(74) 专利代理机构 深圳市精英专利事务所

44242

代理人 武志峰

(51) Int. Cl.

H01L 33/10 (2010.01)

H01L 33/00 (2010.01)

H01L 33/06 (2010.01)

H01L 33/14 (2010.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

AlGaIn基深紫外LED外延片及制备方法

(57) 摘要

本发明公开了AlGaIn基深紫外LED外延片及制备方法,其中,所述AlGaIn基深紫外LED外延片包括:碳化硅衬底、沉积在所述碳化硅衬底上的Ag层、生长在所述Ag层上的AlN缓冲层、生长在所述AlN缓冲层上的AlGaIn缓冲层、生长在所述AlGaIn缓冲层上的非掺杂AlGaIn层、生长在所述非掺杂AlGaIn层上的n型掺杂AlGaIn层、生长在所述n型掺杂AlGaIn层上的AlGaIn多量子阱层、生长在所述AlGaIn多量子阱层上的电子阻挡层和生长在所述电子阻挡层上的p型掺杂GaIn薄膜。本发明无需采用剥离工艺,外量子效率得到大幅提升;能减少位错的形成,提高了载流子的辐射复合效率,可得到高导热、高导电、高发光性能深紫外LED;深紫外LED电流分布更加均匀,提高出光效率,同时具有良好的散热能力;制备工艺简单,具有可重复性。

| | |
|-------------|-----|
| p型掺杂GaIn薄膜 | 109 |
| 电子阻挡层 | 108 |
| AlGaIn多量子阱层 | 107 |
| n型掺杂AlGaIn层 | 106 |
| 非掺杂AlGaIn层 | 105 |
| AlGaIn缓冲层 | 104 |
| AlN缓冲层 | 103 |
| Ag层 | 102 |
| 碳化硅衬底 | 101 |

1. 一种基于碳化硅衬底的AlGa_N基深紫外LED外延片,其特征在于,包括:碳化硅衬底、沉积在所述碳化硅衬底上的Ag层、生长在所述Ag层上的AlN缓冲层、生长在所述AlN缓冲层上的AlGa_N缓冲层、生长在所述AlGa_N缓冲层上的非掺杂AlGa_N层、生长在所述非掺杂AlGa_N层上的n型掺杂AlGa_N层、生长在所述n型掺杂AlGa_N层上的AlGa_N多量子阱层、生长在所述AlGa_N多量子阱层上的电子阻挡层和生长在所述电子阻挡层上的p型掺杂Ga_N薄膜。

2. 根据权利要求1所述的基于碳化硅衬底的AlGa_N基深紫外LED外延片,其特征在于,所述Ag层的厚度为500-1000nm。

3. 根据权利要求1所述的基于碳化硅衬底的AlGa_N基深紫外LED外延片,其特征在于,所述AlN缓冲层的厚度为5~50nm。

4. 根据权利要求1所述的基于碳化硅衬底的AlGa_N基深紫外LED外延片,其特征在于,所述AlGa_N缓冲层的厚度为300~500nm。

5. 根据权利要求1所述的基于碳化硅衬底的AlGa_N基深紫外LED外延片,其特征在于,所述非掺杂AlGa_N层的厚度为500~800nm。

6. 根据权利要求1所述的基于碳化硅衬底的AlGa_N基深紫外LED外延片,其特征在于,所述n型掺杂AlGa_N层的厚度为3~5μm。

7. 根据权利要求1所述的基于碳化硅衬底的AlGa_N基深紫外LED外延片,其特征在于,所述AlGa_N多量子阱层为7~10个周期的Al_{0.3}Ga_{0.7}N阱层和Al_{0.5}Ga_{0.5}N垒层,其中Al_{0.3}Ga_{0.7}N阱层的厚度为2~3nm,Al_{0.5}Ga_{0.5}N垒层的厚度为10~13nm。

8. 根据权利要求1所述的基于碳化硅衬底的AlGa_N基深紫外LED外延片,其特征在于,所述电子阻挡层为Al_{0.4}Ga_{0.6}N电子阻挡层,所述电子阻挡层的厚度为20~50nm。

9. 根据权利要求1所述的基于碳化硅衬底的AlGa_N基深紫外LED外延片,其特征在于,所述p型掺杂Ga_N薄膜的厚度为300~350nm。

10. 一种如权利要求1~9任一项所述的基于碳化硅衬底的AlGa_N基深紫外LED外延片的制备方法,其特征在于,包括:

选取碳化硅衬底;

在所述碳化硅衬底上沉积Ag层;

在所述Ag层上生长AlN缓冲层;

在所述AlN缓冲层上生长AlGa_N缓冲层;

在所述AlGa_N缓冲层上生长非掺杂AlGa_N层;

在所述非掺杂AlGa_N层上外延生长n型掺杂AlGa_N层;

在所述n型掺杂AlGa_N层上外延生长AlGa_N多量子阱层;

在所述AlGa_N多量子阱层上外延生长电子阻挡层;

在所述电子阻挡层上外延生长p型掺杂Ga_N薄膜。

AlGa_N基深紫外LED外延片及制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体器件技术领域,特别涉及AlGa_N基深紫外LED外延片及制备方法。

背景技术

[0002] 深紫外光在国防技术、信息科技、生物制药、环境监测、公共卫生、杀菌消毒等领域具有广泛的应用前景。目前所用的传统紫外光源是气体激光器和汞灯,存在着体积大、能耗高和污染等缺点。AlGa_N基化合物半导体紫外发光二极管(LED)是一种固态紫外光源,具有体积小、效率高、寿命长、环境友好、低能耗和无污染等优点。高Al组分AlGa_N材料是制备高性能深紫外LED不可替代的材料体系,无论在民用和军用方面都有重大需求,如在杀菌消毒、癌症检测、皮肤病治疗等医疗卫生领域,AlGa_N基紫外光源,具有无汞污染、波长可调、体积小、集成性好、能耗低、寿命长等诸多优势。

[0003] 但现有技术中提供的AlGa_N基深紫外LED外延片各项性能还有待提高。

发明内容

[0004] 本发明的目的是AlGa_N基深紫外LED外延片及制备方法,旨在解决现有技术中AlGa_N基深紫外LED外延片质量有待提高的问题。

[0005] 本发明实施例提供一种基于碳化硅衬底的AlGa_N基深紫外LED外延片,包括:碳化硅衬底、沉积在所述碳化硅衬底上的Ag层、生长在所述Ag层上的AlN缓冲层、生长在所述AlN缓冲层上的AlGa_N缓冲层、生长在所述AlGa_N缓冲层上的非掺杂AlGa_N层、生长在所述非掺杂AlGa_N层上的n型掺杂AlGa_N层、生长在所述n型掺杂AlGa_N层上的AlGa_N多量子阱层、生长在所述AlGa_N多量子阱层上的电子阻挡层和生长在所述电子阻挡层上的p型掺杂Ga_N薄膜。

[0006] 进一步,所述Ag层的厚度为500~1000nm。

[0007] 进一步,所述AlN缓冲层的厚度为5~50nm。

[0008] 进一步,所述AlGa_N缓冲层的厚度为300~500nm。

[0009] 进一步,所述非掺杂AlGa_N层的厚度为500~800nm。

[0010] 进一步,所述n型掺杂AlGa_N层的厚度为3~5 μ m。

[0011] 进一步,所述AlGa_N多量子阱层为7~10个周期的Al_{0.3}Ga_{0.7}N阱层和Al_{0.5}Ga_{0.5}N垒层,其中Al_{0.3}Ga_{0.7}N阱层的厚度为2~3nm,Al_{0.5}Ga_{0.5}N垒层的厚度为10~13nm。

[0012] 进一步,所述电子阻挡层为Al_{0.4}Ga_{0.6}N电子阻挡层,所述电子阻挡层的厚度为20~50nm。

[0013] 进一步,所述p型掺杂Ga_N薄膜的厚度为300~350nm。

[0014] 本发明实施例还提供一种如上所述的基于碳化硅衬底的AlGa_N基深紫外LED外延片的制备方法,其包括:

[0015] 选取碳化硅衬底;

[0016] 在所述碳化硅衬底上沉积Ag层;

- [0017] 在所述Ag层上生长AlN缓冲层；
- [0018] 在所述AlN缓冲层上生长AlGaIn缓冲层；
- [0019] 在所述AlGaIn缓冲层上生长非掺杂AlGaIn层；
- [0020] 在所述非掺杂AlGaIn层上外延生长n型掺杂AlGaIn层；
- [0021] 在所述n型掺杂AlGaIn层上外延生长AlGaIn多量子阱层；
- [0022] 在所述AlGaIn多量子阱层上外延生长电子阻挡层；
- [0023] 在所述电子阻挡层上外延生长p型掺杂GaIn薄膜。
- [0024] 本发明实施例提供了AlGaIn基深紫外LED外延片及制备方法，其中，所述AlGaIn基深紫外LED外延片包括：碳化硅衬底、沉积在所述碳化硅衬底上的Ag层、生长在所述Ag层上的AlN缓冲层、生长在所述AlN缓冲层上的AlGaIn缓冲层、生长在所述AlGaIn缓冲层上的非掺杂AlGaIn层、生长在所述非掺杂AlGaIn层上的n型掺杂AlGaIn层、生长在所述n型掺杂AlGaIn层上的AlGaIn多量子阱层、生长在所述AlGaIn多量子阱层上的电子阻挡层和生长在所述电子阻挡层上的p型掺杂GaIn薄膜。本发明在碳化硅衬底上外延生长一层Ag层作为反光层，避免了由于碳化硅衬底自身对紫外光的吸收特性，不需要如传统采用碳化硅衬底生长深紫外LED过程中使用的衬底剥离工艺，还使得器件的外量子效率得到大幅提升；本发明制得的深紫外LED外延片，能有效的减少位错的形成，制备出高质量深紫外LED外延片，提高了载流子的辐射复合效率，可得到高导热、高导电、高发光性能深紫外LED；采用Ag层作为反光层，完全保留了碳化硅衬底作为基板并提供支撑，从而使深紫外LED电流分布更加均匀，提高出光效率，同时具有良好的散热能力；本发明的制备工艺简单，具有可重复性，可实现大规模的生产应用。

附图说明

- [0025] 为了更清楚地说明本发明实施例技术方案，下面将对实施例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。
- [0026] 图1为本发明实施例提供的基于碳化硅衬底的AlGaIn基深紫外LED外延片的结构示意图；
- [0027] 图2为本发明实施例提供的基于碳化硅衬底的AlGaIn基深紫外LED外延片的制备方法的流程示意图；
- [0028] 图3为本发明实施例制备的基于碳化硅衬底的AlGaIn基深紫外LED外延片的电致发光图谱。

具体实施方式

- [0029] 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。
- [0030] 应当理解，当在本说明书和所附权利要求书中使用时，术语“包括”和“包含”指示所描述特征、整体、步骤、操作、元素和/或组件的存在，但并不排除一个或多个其它特征、整

体、步骤、操作、元素、组件和/或其集合的存在或添加。

[0031] 还应当理解,在此本发明说明书中所使用的术语仅仅是出于描述特定实施例的目的而并不意在限制本发明。如在本发明说明书和所附权利要求书中所使用的那样,除非上下文清楚地指明其它情况,否则单数形式的“一”、“一个”及“该”意在包括复数形式。

[0032] 还应当进一步理解,在本发明说明书和所附权利要求书中使用的术语“和/或”是指相关联列出的项中的一个或多个的任何组合以及所有可能组合,并且包括这些组合。

[0033] 请参阅图1,本发明实施例提供一种基于碳化硅衬底的AlGa_N基深紫外LED外延片,其包括:碳化硅衬底101、沉积在所述碳化硅衬底101上的Ag层102、生长在所述Ag层102上的AlN缓冲层103、生长在所述AlN缓冲层103上的AlGa_N缓冲层104、生长在所述AlGa_N缓冲层104上的非掺杂AlGa_N层105、生长在所述非掺杂AlGa_N层105上的n型掺杂AlGa_N层106、生长在所述n型掺杂AlGa_N层106上的AlGa_N多量子阱层107、生长在所述AlGa_N多量子阱层107上的电子阻挡层108和生长在所述电子阻挡层108上的p型掺杂Ga_N薄膜109。

[0034] 本发明实施例所制备的AlGa_N基深紫外LED外延片,其缺陷密度低、结晶质量好,电学、光学性能好。

[0035] 其中,所述碳化硅衬底101可以采用普通商用衬底。

[0036] 进一步,所述Ag层102是直接沉积在碳化硅衬底101之上。所述Ag层102的厚度优选为500-1000nm。

[0037] 进一步,所述AlN缓冲层103的厚度优选为5~50nm。所述AlN缓冲层103用于降低碳化硅衬底101与AlGa_N材料之间的晶格失配度。

[0038] 进一步,所述AlGa_N缓冲层104的厚度优选为300~500nm。所述AlGa_N缓冲层104用于为生长AlGa_N材料提供模板。

[0039] 进一步,所述非掺杂AlGa_N层105的厚度优选为500~800nm。由于AlGa_N缓冲层104的缺陷密度较高,因此在生长有源层(也就是n型、多量子阱层、p型层)之前,生长一层非掺杂AlGa_N层105。所述AlGa_N缓冲层104与所述非掺杂AlGa_N层105的材料是相同的,都是AlGa_N,因为在AlN上生长与AlN晶格失配的AlGa_N,会存在大量的缺陷,因此生长一层AlGa_N作为缓冲层,然后再生长一层非掺杂的AlGa_N,为下一层n型AlGa_N做准备,这里命名为非掺杂AlGa_N层,主要是为了区分n型AlGa_N层。

[0040] 进一步,所述n型掺杂AlGa_N层106的厚度优选为3~5μm。所述n型掺杂AlGa_N层106可掺杂Si, Si掺杂浓度为 $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。

[0041] 进一步,所述AlGa_N多量子阱层107为7~10个周期的Al_{0.3}Ga_{0.7}N阱层和Al_{0.5}Ga_{0.5}N垒层,其中Al_{0.3}Ga_{0.7}N阱层的厚度优选为2~3nm, Al_{0.5}Ga_{0.5}N垒层的厚度优选为10~13nm。所述AlGa_N多量子阱层107的总厚度在80-160nm。这里的周期是指一层Al_{0.3}Ga_{0.7}N阱层和一层Al_{0.5}Ga_{0.5}N垒层交替设置构成一个周期,且一共设置7~10个周期。

[0042] 进一步,所述电子阻挡层108为Al_{0.4}Ga_{0.6}N电子阻挡层,所述电子阻挡层108的厚度优选为20~50nm。n型掺杂AlGa_N、AlGa_N多量子阱层、p型掺杂Ga_N构成了发光层;为了避免注入的电子无法高效在有源区进行辐射复合,因此在p型Ga_N和量子垒之间插入所述电子阻挡层。

[0043] 进一步,所述p型掺杂Ga_N薄膜109的厚度优选为300~350nm。

[0044] 请参阅图2,本发明实施例还提供一种如上所述的基于碳化硅衬底的AlGa_N基深紫

外LED外延片的制备方法,如图2所示,该制备方法包括S201~S209:

[0045] S201、选取碳化硅衬底;

[0046] S202、在所述碳化硅衬底上沉积Ag层;

[0047] S203、在所述Ag层上生长AlN缓冲层;

[0048] S204、在所述AlN缓冲层上生长AlGa_N缓冲层;

[0049] S205、在所述AlGa_N缓冲层上生长非掺杂AlGa_N层;

[0050] S206、在所述非掺杂AlGa_N层上外延生长n型掺杂AlGa_N层;

[0051] S207、在所述n型掺杂AlGa_N层上外延生长AlGa_N多量子阱层;

[0052] S208、在所述AlGa_N多量子阱层上外延生长电子阻挡层;

[0053] S209、在所述电子阻挡层上外延生长p型掺杂Ga_N薄膜。

[0054] 本发明实施例提供的制备方法,通过在碳化硅衬底上沉积Ag层,作为镜面作用,有效解决碳化硅吸收紫外光的问题,同时Ag层可以作为导电层,避免了在芯片制作过程中再次进行电极的蒸镀,有效简化了LED芯片制作工艺。

[0055] 具体地,在所述步骤S202中,采用热蒸镀方法沉积Ag层,沉积温度为200~300℃,所述Ag层的厚度为500~1000nm;

[0056] 优选地,在步骤S203中,采用磁控溅射法生长AlN缓冲层,生长温度为400~500℃,所述AlN缓冲层的厚度为5~50nm。

[0057] 优选地,在步骤S204中,采用金属有机化学气相沉积法在所述AlN缓冲层上生长AlGa_N缓冲层,工艺条件为:反应室压力为50~300torr, Si衬底温度为1000~1260℃,束流比V/III为3000~5000,生长速率为2~4μm/h。

[0058] 优选地,在步骤S205中,采用金属有机化学气相沉积法在所述AlGa_N缓冲层上生长非掺杂AlGa_N层,工艺条件为:反应室压力为50~300torr, Si衬底温度为1000~1260℃,束流比V/III为3000~5000,生长速率为2~4μm/h。

[0059] 优选地,在步骤S206中,采用金属有机化学气相沉积法在所述非掺杂AlGa_N层上生长n型掺杂AlGa_N层,工艺条件为:反应室压力为50~300torr, Si衬底温度为1000~1260℃,束流比V/III为3000~5000,生长速率为2~4μm/h;所述n型掺杂AlGa_N层掺杂有Si, Si掺杂浓度为 $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。

[0060] 优选地,在步骤S207中,采用金属有机化学气相沉积法在所述n型掺杂AlGa_N层上生长7~10个周期的Al_{0.3}Ga_{0.7}N阱层/Al_{0.5}Ga_{0.5}N垒层,工艺条件为:反应室压力为50~300torr, Si衬底温度为1000~1260℃,束流比V/III为3000~5000,生长速率为2~4μm/h。

[0061] 优选地,在步骤S208中,采用金属有机化学气相沉积法在所述AlGa_N多量子阱层上生长Al_{0.4}Ga_{0.6}N电子阻挡层,工艺条件为:反应室压力为50~300torr, Si衬底温度为1000~1260℃,束流比V/III为3000~5000,生长速率为2~4μm/h。

[0062] 优选地,在步骤S209中,采用金属有机化学气相沉积法在所述电子阻挡层上生长p型掺杂Ga_N薄膜,工艺条件为:反应室压力为50~300torr, Si衬底温度为1000~1060℃,束流比V/III为3000~5000,生长速率为2~4μm/h。

[0063] 采用本发明实施例制备的AlGa_N基深紫外LED外延片的电致发光(EL)图谱如图3所示。

[0064] 现有技术中采用了沉积如Ag的反射电极在p型Ga_N接触面,然后进行转移衬底邦

定、去除原先生长的硅衬底，和沉积如Ag的n电极在n型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 层表面，最后制成的LED芯片，p层电极在底部，n型电极在顶部的垂直结构LED，且一般会涉及先沉积反射电极和衬底转移绑定，工艺过程复杂、繁琐。本发明实施例采用Ag层解决了碳化硅衬底吸收深紫外线的缺点，避免在芯片制作过程采用多次蒸镀反射电极层、去除碳化硅衬底等工艺，在获得外延片之后，直接在p型GaN表面沉积p型电极，即可获得n型电极在底部、p型电极在顶部的垂直结构LED芯片。

[0065] 此外，由于制造深紫外LED需要高Al组分的AlGa_N外延层以达到所需要的禁带宽度，而传统的几种外延衬底如蓝宝石、硅等在深紫外LED外延的工艺中的表现都不尽如人意，如蓝宝石、硅与AlN缓冲层的晶格失配较大，所引起的应力会使外延层产生裂纹；而碳化硅衬底虽然较蓝宝石衬底在晶格失配方面有明显优势，适合高Al组份Ga_N材料生长，但由于碳化硅衬底自身对紫外光的吸收特性，一般情况下，需要对碳化硅衬底进行剥离，把AlGa_N有源层转移到如硅衬底上，从而完成深紫外LED芯片的制作，其制作工艺复杂，很大程度上限制了其在相关领域中的应用。本发明实施例采用碳化硅作为深紫外LED的衬底，并在碳化硅衬底上预先外延生长一层Ag层作为反光层，避免了由于碳化硅衬底自身对紫外光的吸收特性，不需要如传统采用碳化硅衬底生长深紫外LED过程中使用的衬底剥离工艺，还使得器件的外量子效率得到大幅提升；本发明是私立的深紫外LED外延片，能有效的减少位错的形成，制备出高质量深紫外LED外延片，提高了载流子的辐射复合效率，可制备出高导热、高导电、高发光性能深紫外LED；采用Ag层作为反光层，完全保留了碳化硅衬底作为基板并提供支撑，从而使深紫外LED电流分布更加均匀，提高出光效率，同时具有良好的散热能力；本发明实施例的制备方法简单，具有可重复性，可实现大规模的生产应用。

[0066] 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。应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以对本发明进行若干改进和修饰，这些改进和修饰也落入本发明权利要求的保护范围内。

[0067] 还需要说明的是，在本说明书中，诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的状况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。



图1

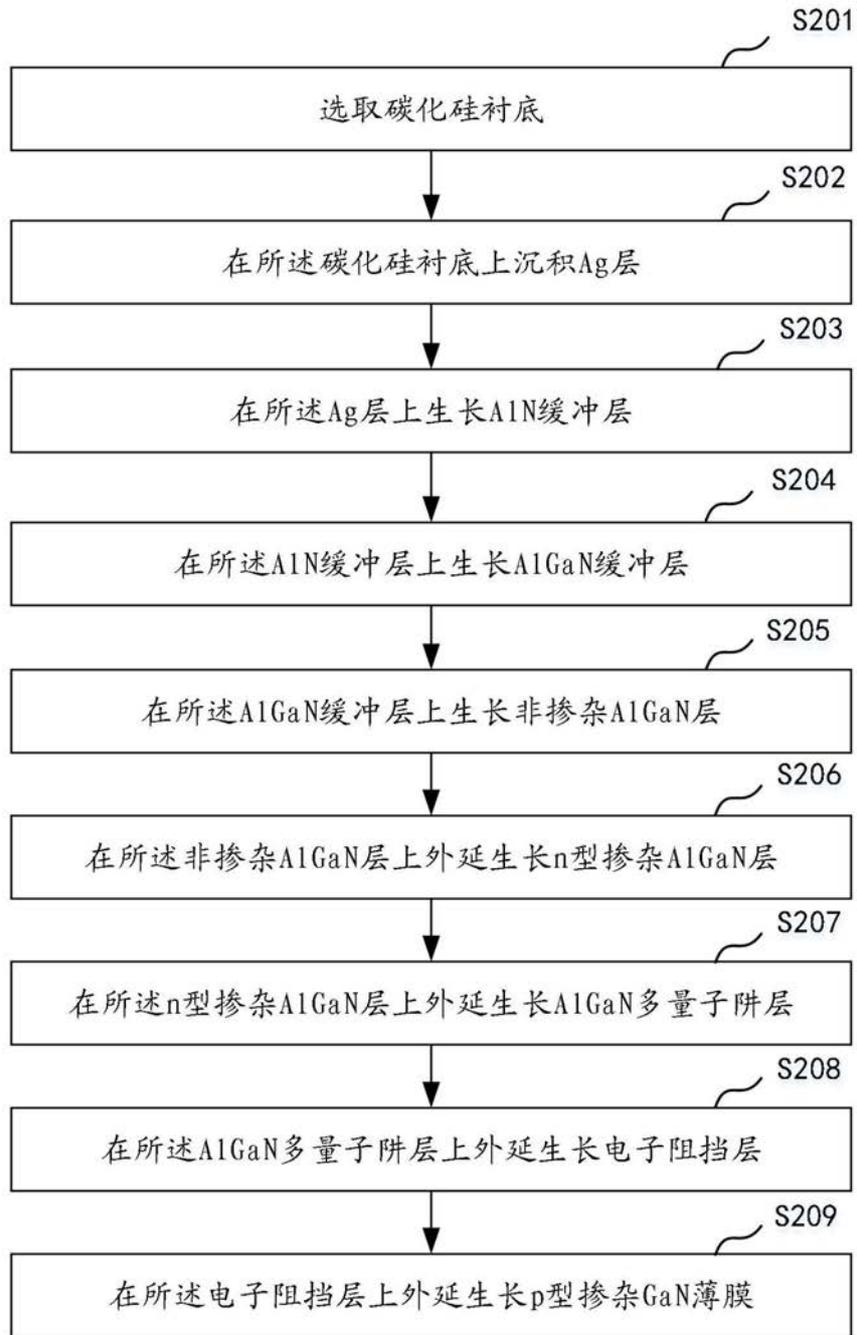


图2

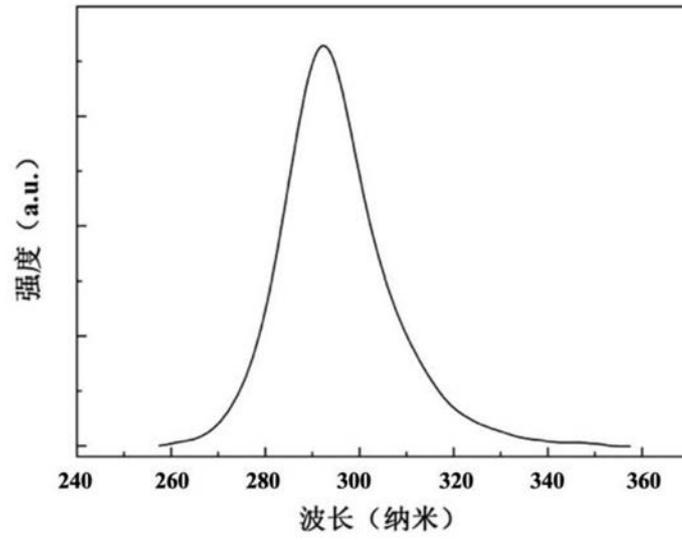


图3