



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107195736 B

(45)授权公告日 2019.12.31

(21)申请号 201710393738.2

H01L 33/32(2010.01)

(22)申请日 2017.05.27

审查员 罗晓雅

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107195736 A

(43)申请公布日 2017.09.22

(73)专利权人 华灿光电(浙江)有限公司

地址 322000 浙江省金华市义乌市苏溪镇

徐丰村(浙江四达工具有限公司内)

(72)发明人 刘华容 万林 胡加辉

(74)专利代理机构 北京三高永信知识产权代理

有限责任公司 11138

代理人 徐立

(51)Int.Cl.

H01L 33/00(2010.01)

H01L 33/12(2010.01)

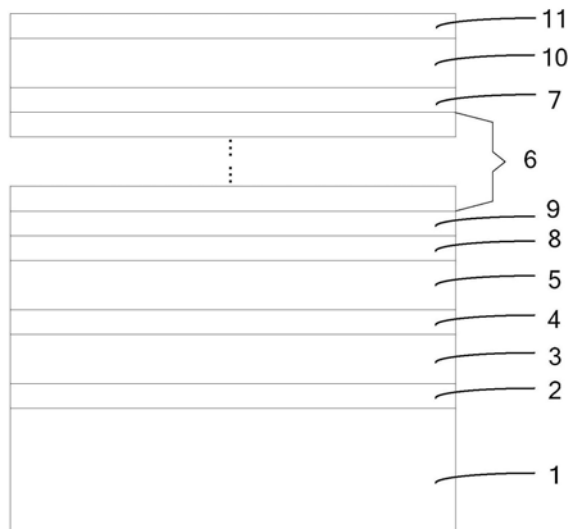
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种氮化镓基发光二极管外延片及其生长方法

(57)摘要

本发明公开了一种氮化镓基发光二极管外延片及其生长方法,属于发光二极管领域。所述发光二极管外延片包括衬底、以及依次层叠在所述衬底上的低温缓冲层、高温缓冲层、无掺杂GaN层、N型层、发光层MQW和P型层,其特征在于,所述高温缓冲层为未掺杂的InGaN层和掺镁的InGaN层交替生长的层叠结构,所述未掺杂的InGaN层的数量为n,所述掺镁的InGaN层的数量为n-1, n>2且n为整数。通过的高温缓冲层掺杂镁,高温缓冲层主要是三维生长模式,镁有利于三维生长的优势,减少缺陷,提高材料的晶体质量。通过的高温缓冲层加入一点铟杂质,可以有效减少位错数量,减少缺陷,提高材料的晶体质量,从而提高发光二极管的内量子效率和抗静电能力。



1. 一种氮化镓基发光二极管外延片,所述发光二极管外延片包括衬底、以及依次层叠在所述衬底上的低温缓冲层、高温缓冲层、无掺杂GaN层、N型层、MQW发光层和P型层,其特征在于,

所述高温缓冲层为未掺杂的InGaN层和掺镁的InGaN层交替生长的层叠结构,所述未掺杂的InGaN层的数量为n,所述掺镁的InGaN层的数量为n-1,  $n > 2$  且n为整数;

所述高温缓冲层中未掺杂的InGaN层和掺镁的InGaN层均为 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层,  $0 < x < 0.1$ ;

所述高温缓冲层采用delta掺杂方式掺杂镁,所述delta掺杂方式包括:

第一步,通入镓源和镉源,生长50~100nm的高温缓冲层;

第二步,停止通入镓源和镉源,通入5-80s的镁源,然后停止通入镁源;

交替执行第一步和第二步,直至所述高温缓冲层的厚度达到设定值。

2. 根据权利要求1所述的氮化镓基发光二极管外延片,其特征在于,所述高温缓冲层的厚度为100-500nm。

3. 一种氮化镓基发光二极管外延片的生长方法,其特征在于,所述方法包括:

提供一衬底;

在所述衬底上依次生长低温缓冲层、高温缓冲层、无掺杂GaN层、N型层、MQW发光层和P型层,

其中,所述高温缓冲层为未掺杂的InGaN层和掺镁的InGaN层交替生长的层叠结构,所述未掺杂的InGaN层的数量为n,所述掺镁的InGaN层的数量为n-1,  $n > 2$  且n为整数;

所述高温缓冲层中未掺杂的InGaN层和掺镁的InGaN层均为 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层,  $0 < x < 0.1$ ;

所述高温缓冲层采用delta掺杂方式掺杂镁,所述delta掺杂方式包括:

第一步,通入镓源和镉源,生长50~100nm的高温缓冲层;

第二步,停止通入镓源和镉源,通入5-80s的镁源,然后停止通入镁源;

交替执行第一步和第二步,直至所述高温缓冲层的厚度达到设定值。

4. 根据权利要求3所述的生长方法,其特征在于,所述高温缓冲层采用delta掺杂方式掺杂镁时,每次通入镁源的时间为20s。

5. 根据权利要求3所述的生长方法,其特征在于,所述高温缓冲层采用delta掺杂方式掺杂镁时,每次通入镁源的流量为10-1000sccm。

6. 根据权利要求3所述的生长方法,其特征在于,所述高温缓冲层采用delta掺杂方式掺杂镁时,通入镁源的次数为2-10次。

7. 根据权利要求6所述的生长方法,其特征在于,所述高温缓冲层的生长温度为900-1100°C。

## 一种氮化镓基发光二极管外延片及其生长方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及发光二极管领域,特别涉及一种氮化镓基发光二极管外延片及其生长方法。

### 背景技术

[0002] 以氮化镓为代表的半导体发光二极管,因具有禁带宽度大、高电子饱和电子漂移速度、耐高温、大功率容量等优良特性。

[0003] 现有的氮化镓基发光二极管外延层的制备方法主要是在基底上进行外延材料生长。现有的氮化镓基外延主要是异质外延,其衬底材料与外延材料不同,通常具有晶格失配度大的问题,难以生长出高质量的外延层。目前主要采用的方法是首先在基底上用低温低压的方法形成三维岛状结构的晶粒,即缓冲层,然后在缓冲层晶粒上面生长包括无掺杂GaN层、N型层、发光层MQW(Multiple Quantum Well)和P型层。

[0004] 在实现本发明的过程中,发明人发现现有技术至少存在以下问题:

[0005] 由于现有的缓冲层采用三维生长模式,而现有的生长条件多为低温低压的生长,低温低压的生长条件容易导致刃位错、螺旋位错等晶格缺陷,且位错一旦产生就很难消除,位错穿过无掺杂GaN层、N型层至发光层MQW。当正向电流通过,N型层中的电子和P型层中的空穴在被限制在量子阱层中复合发光时,位错缺陷会导致内量子效率降低。

### 发明内容

[0006] 为了解决现有技术的问题,本发明实施例提供了一种氮化镓基发光二极管外延片及其生长方法,所述技术方案如下:

[0007] 一方面,本发明提供了一种氮化镓基发光二极管外延片,包括衬底、以及依次层叠在所述衬底上的低温缓冲层、高温缓冲层、无掺杂GaN层、N型层、MQW发光层和P型层,

[0008] 所述高温缓冲层为未掺杂的InGaN层和掺镁的InGaN层交替生长的层叠结构,所述未掺杂的InGaN层的数量为n,所述掺镁的InGaN层的数量为n-1,  $n > 2$  且n为整数;

[0009] 所述高温缓冲层中未掺杂的InGaN层和掺镁的InGaN层均为 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层,  $0 < x < 0.1$ ;

[0010] 所述高温缓冲层采用delta掺杂方式掺杂镁,所述delta掺杂方式包括:

[0011] 第一步,通入镓源和镉源,生长50~100nm的高温缓冲层;

[0012] 第二步,停止通入镓源和镉源,通入5-80s的镁源,然后停止通入镁源;

[0013] 交替执行第一步和第二步,直至所述高温缓冲层的厚度达到设定值。

[0014] 可选地,所述高温缓冲层的厚度为100-500nm。

[0015] 另一方面,本发明提供了一种氮化镓基发光二极管外延片的生长方法,所述方法包括:

[0016] 提供一衬底;

[0017] 在所述衬底上依次生长低温缓冲层、高温缓冲层、无掺杂GaN层、N型层、MQW发光层和P型层,

- [0018] 其中,所述高温缓冲层为未掺杂的InGaN层和掺镁的InGaN层交替生长的层叠结构,所述未掺杂的InGaN层的数量为n,所述掺镁的InGaN层的数量为n-1,n>2且n为整数;
- [0019] 所述高温缓冲层中未掺杂的InGaN层和掺镁的InGaN层均为 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层, $0 < x < 0.1$ ;
- [0020] 所述高温缓冲层采用delta掺杂方式掺杂镁,所述delta掺杂方式包括:
- [0021] 第一步,通入镓源和铟源,生长50~100nm的高温缓冲层;
- [0022] 第二步,停止通入镓源和铟源,通入5-80s的镁源,然后停止通入镁源;
- [0023] 交替执行第一步和第二步,直至所述高温缓冲层的厚度达到设定值。
- [0024] 可选地,所述高温缓冲层采用delta掺杂方式掺杂镁时,每次通入镁源的时间为20s。
- [0025] 可选地,所述高温缓冲层采用delta掺杂方式掺杂镁时,每次通入镁源的流量为10-1000sccm。
- [0026] 可选地,所述高温缓冲层采用delta掺杂方式掺杂镁时,通入镁源的次数为2-10次。
- [0027] 可选地,所述高温缓冲层的生长温度为900-1100℃。
- [0028] 本发明实施例提供的技术方案带来的有益效果是:
- [0029] 通过在高温缓冲层中掺杂镁,由于高温缓冲层是三维生长模式,一般在低温条件下生长,而低温生长会导致缺陷增多,掺入镁后,可以在提高生长温度的情况下维持高温缓冲层的三维生长,从而减少缺陷,提高材料的晶体质量。通过在高温缓冲层中加入一点铟杂质,可以有效减少位错数量,从而减少缺陷,提高材料的晶体质量,进而提高发光二极管的内量子效率和抗静电能力。

## 附图说明

[0030] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,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,下面描述中的附图仅仅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。

[0031] 图1是本发明提供的一种氮化镓基发光二极管的外延片的结构示意图;

[0032] 图2是本发明提供的一种氮化镓基发光二极管的外延片的生长方法的流程图。

## 具体实施方式

[0033] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

[0034] 实施例一

[0035] 本发明实施例提供了一种氮化镓基发光二极管外延片,图1是本发明提供的一种氮化镓基发光二极管的外延片的结构示意图,如图1所示,该氮化镓基发光二极管外延片包括衬底1以及覆盖在衬底1上的低温缓冲层2、高温缓冲层3、无掺杂GaN层4、N型层5、MQW发光层6和P型层7。其中,高温缓冲层3为未掺杂的InGaN层和掺镁的InGaN层交替生长的层叠结构,未掺杂的InGaN层的数量为n,掺镁的InGaN层的数量为n-1,n>2且n为整数。

[0036] 通过在高温缓冲层中掺杂镁,高温缓冲层主要是三维生长模式,镁有利于三维生

长的优势,减少缺陷,提高材料的晶体质量。从而提高发光二极管的内量子效率和抗静电能力。通过在高温缓冲层中加入一点镉杂质,可以有效减少位错数量,减少缺陷,提高材料的晶体质量,从而提高发光二极管的内量子效率和抗静电能力。

[0037] 实现时,衬底1可以为蓝宝石衬底,在其它实施例中,也可选用其它材料的衬底,本发明对此不作限制。

[0038] 可选地,高温缓冲层3中未掺杂的InGa<sub>x</sub>N层和掺镁的InGa<sub>x</sub>N层均是In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N层,未掺杂的InGa<sub>x</sub>N层为In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N层时,0<x<0.1,掺镁的InGa<sub>x</sub>N层为In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N层时,0<x<0.1。

[0039] 若x的取值大于0.1,高温缓冲层中的In含量过高,则会导致高温缓冲层与无掺杂Ga<sub>x</sub>N层的晶格参数差异大,从而造成高温缓冲层与无掺杂Ga<sub>x</sub>N层之间的应力过大,应力过大也会增加缺陷的产生。

[0040] 优选地,高温缓冲层3的厚度为100-500nm。

[0041] 可选地,低温缓冲层2为AlN缓冲层,厚度为10-35nm。

[0042] 可选地,无掺杂Ga<sub>x</sub>N层4的厚度为1-2μm。

[0043] 可选地,N型层5为N-GaN层,厚度为2-4μm。

[0044] 可选地,MQW发光层6为多周期量子阱层,由InGa<sub>x</sub>N阱层和Ga<sub>x</sub>N垒层依次交替生长而成,InGa<sub>x</sub>N阱层和Ga<sub>x</sub>N垒层的对数可以为5-15对。单层InGa<sub>x</sub>N阱层的厚度为1-3nm,单层Ga<sub>x</sub>N垒层的厚度5-20nm。

[0045] 可选地,P型层7的厚度为100-800nm。

[0046] 可选地,该氮化镓基发光二极管外延片还包括缺陷阻挡层8,缺陷阻挡层8设置于N型层5和MQW发光层6之间,缺陷阻挡层8为掺Si的AlGa<sub>x</sub>N层,其厚度为100-400nm。

[0047] 可选地,该氮化镓基发光二极管外延片还包括应力释放层9,应力释放层9设置于缺陷阻挡层8和MQW发光层6之间,应力释放层9为由高温Ga<sub>x</sub>N垒层和高温InGa<sub>x</sub>N阱层交替生长构成的超晶格,高温Ga<sub>x</sub>N垒层和高温InGa<sub>x</sub>N阱层的对数可以为2-6对,单层高温Ga<sub>x</sub>N垒层的厚度为50-200nm,单层高温InGa<sub>x</sub>N阱层的厚度为1-5nm。

[0048] 可选地,该氮化镓基发光二极管外延片还包括电子阻挡层10,该电子阻挡层10生长于MQW发光层6上,电子阻挡层10为掺镁的AlGa<sub>x</sub>N层,其厚度为50-200nm。

[0049] 可选地,该氮化镓基发光二极管外延片还包括P型接触层11,该P型接触层11生长于P型层7上,P型接触层11为掺Mg的Ga<sub>x</sub>N层,其厚度为5-30nm。

[0050] 实施例二

[0051] 本发明实施例提供了一种氮化镓基发光二极管外延片的生长方法,图2是本发明提供的一种氮化镓基发光二极管的外延片的生长方法的流程图,如图2所示,该生长方法适用于生长本发明实施例一提供的氮化镓基发光二极管外延片,该方法包括:

[0052] 步骤201、提供一衬底。

[0053] 具体地,衬底可以是蓝宝石衬底,也可以是Si衬底或SiC衬底。

[0054] 步骤202、在衬底上生长AlN缓冲层。

[0055] 具体地,AlN缓冲层在PVD (Physical Vapor Deposition,物理气相沉积) 设备中制备,不限定制备条件,生长厚度为10-35nm的AlN缓冲层。

[0056] 步骤203、在AlN缓冲层上生长高温缓冲层。

[0057] 可选地,高温缓冲层为三维生长模式,采用delta掺杂方式在高温缓冲层中掺杂

镁,可以采用MOCVD (Metal-organic Chemical Vapor Deposition,金属有机化合物化学气相沉淀)方法在沉积有AlN缓冲层的衬底上生长厚度为100-500nm的高温缓冲层。

[0058] 其中,高温缓冲层采用delta掺杂方式掺杂镁时,通入镁源的次数不限,每次通入镁源的时间、温度、流量等条件可以相同或者不相同。

[0059] 优选地,每次通入镁源的时间、温度、流量等条件均相同,生长出来的高温缓冲层的晶体质量更好。

[0060] 优选地,停止通入镓源和铟源,改通入镁源时,温度降低50℃,有利于镁源进入InGaN层,在实际生长过程中,温度变化不宜太大,若温度变化过大,则升降温的时间较长,导致InGaN的生长中断时间较长,不利于InGaN层生长晶体质量较好的晶粒。

[0061] 每次通入镁源的时间与流量成反比,当通入较大流量的镁源时,则搭配较短的时间,例如当通入镁的流量为1000sccm时,通入镁的时间为10s,当通入镁的流量为100sccm时,通入镁的时间为50s。

[0062] 可选地,高温缓冲层采用delta掺杂方式掺杂镁时,每次通入镁源的时间为5-80s。

[0063] 可选地,高温缓冲层采用delta掺杂方式掺杂镁时,每次通入镁源的流量为10-1000sccm。

[0064] 优选地,每次通入镁源的时间为20s,且每次通入镁源的流量为800sccm。

[0065] 可选地,高温缓冲层采用delta掺杂方式掺杂镁时,通入镁源的次数为2-10次。

[0066] 可选地,高温缓冲层的生长温度为900-1100℃。

[0067] 具体地,该步骤203包括:

[0068] 一、在H<sub>2</sub>气氛下,将温度升至500℃后,保持V族源的供给一直不变,待温度升至900-1100℃后,先通入流量为100-200sccm的镓源和流量为50-400sccm的铟源且不通入镁源。

[0069] 二、待高温缓冲层的生长厚度达到约100nm时,停止通入镓源和铟源,改通入流量为10-200sccm的镁源约50s,然后停止通入镁源,改通入流量为100-200sccm的镓源和流量为50-400sccm的铟源。

[0070] 三、待高温缓冲层的生长厚度增长100nm后,停止通入镓源和铟源,改通入流量为10-200sccm的镁源约50s,然后停止通入镁源,改通入流量为100-200sccm的镓源和流量为50-400sccm的铟源。

[0071] 四、重复上述步骤三,直至高温缓冲层的生长厚度达到约为500nm时,停止生长。

[0072] 需要说明的是,在本实施例中,高温缓冲层的生长厚度为500nm,每次生长厚度增长100nm后,则停止通入镓源和铟源,改通入镁源。在其它实施例中高温缓冲层的生长厚度还可为100-500nm范围内的其它取值,高温缓冲层每次生长的厚度增长值也可为其它取值,例如待高温缓冲层的生长厚度增长50nm后,则停止通入镓源和铟源,改通入镁源。在高温缓冲层的生长过程中,其生长厚度的大小可由本领域技术人员根据实际生长条件进行判断。

[0073] 步骤204、在高温缓冲层上生长无掺杂GAN层。

[0074] 具体地,通入NH<sub>3</sub>和镓源,在高温缓冲层上生长厚度约为1-2μm厚的无掺杂GAN层,生长温度为950-1150℃。

[0075] 步骤205、在无掺杂GaN层上生长N型层。

[0076] 具体地,N型层为N-GaN层,通入NH<sub>3</sub>、镓源和SiH<sub>4</sub>,在无掺杂GaN层上生长厚度约2-4

$\mu\text{m}$ 的N-GaN层,生长温度为1050-1200 $^{\circ}\text{C}$ 。

[0077] 步骤206、在N型层上生长缺陷阻挡层。

[0078] 具体地,通入 $\text{NH}_3$ 、镓源、 $\text{SiH}_4$ 和铝源,在N-GaN层上生长掺Si且厚度约为100-400nm的AlGaN的缺陷阻挡层,生长温度为1050-1200 $^{\circ}\text{C}$ 。

[0079] 步骤207、在缺陷阻挡层上生长应力释放层。

[0080] 具体地,使用TMI<sub>n</sub>、TEGa为MO源, $\text{SiH}_4$ 提供N型掺杂剂,生长厚度为200-1000nm的应力释放层,生长温度为850-1000 $^{\circ}\text{C}$ 。

[0081] 步骤208、在应力释放层上生长MQW发光层。

[0082] 具体地,使用TMI<sub>n</sub>、TEGa为MO源, $\text{SiH}_4$ 提供N型掺杂剂,生长厚度为25-345nmMQW发光层。生长温度为800-950 $^{\circ}\text{C}$ 。

[0083] 步骤209、在MQW发光层上生长电子阻挡层。

[0084] 具体地,使用镓源、镁源和Al源为MO源,在MQW发光层上生长厚度为50-200nm的掺镁的AlGaN电子阻挡层,生长温度为700-900 $^{\circ}\text{C}$ 。

[0085] 步骤210、在电子阻挡层上生长P型层。

[0086] 具体地,使用镓源、镁源为MO源,在电子阻挡层上生长厚度为100-800nm的P型层,生长温度为850-1050 $^{\circ}\text{C}$ 。

[0087] 步骤211、在P型层上生长P型接触层。

[0088] 具体地,P型接触层为掺Mg的GaN层,使用镓源、镁源、镉源为MO源,在P型层上生长厚度为5-30nm的P型接触层,生长温度为800-1100 $^{\circ}\text{C}$ 。

[0089] 需要说明的是,上述生长方法仅为举例,在其它实施例中,步骤206、步骤207、步骤209和步骤211为可选步骤,生长氮化镓基发光二极管外延片时可包括步骤206、步骤207、步骤209或步骤211中的一步或多步,生长出的氮化镓基发光二极管外延片可包括缺陷阻挡层、应力释放层、电子阻挡层或P型接触层中的一层或多层,本发明对此不作限制。

[0090] 通过在高温缓冲层中掺杂镁,由于高温缓冲层是三维生长模式,一般在低温条件下生长,而低温生长会导致缺陷增多,掺入镁后,可以在提高生长温度的情况下维持高温缓冲层的三维生长,从而减少缺陷,提高材料的晶体质量。通过在高温缓冲层中加入一点镉杂质,可以有效减少位错数量,从而减少缺陷,提高材料的晶体质量,进而提高发光二极管的内量子效率和抗静电能力。

[0091] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

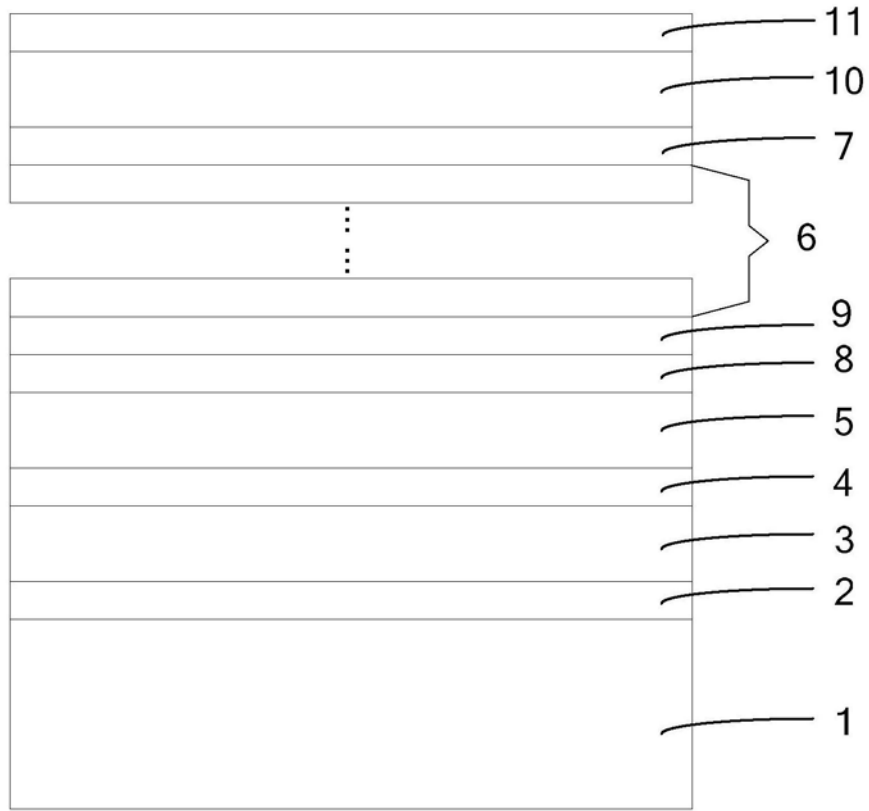


图1



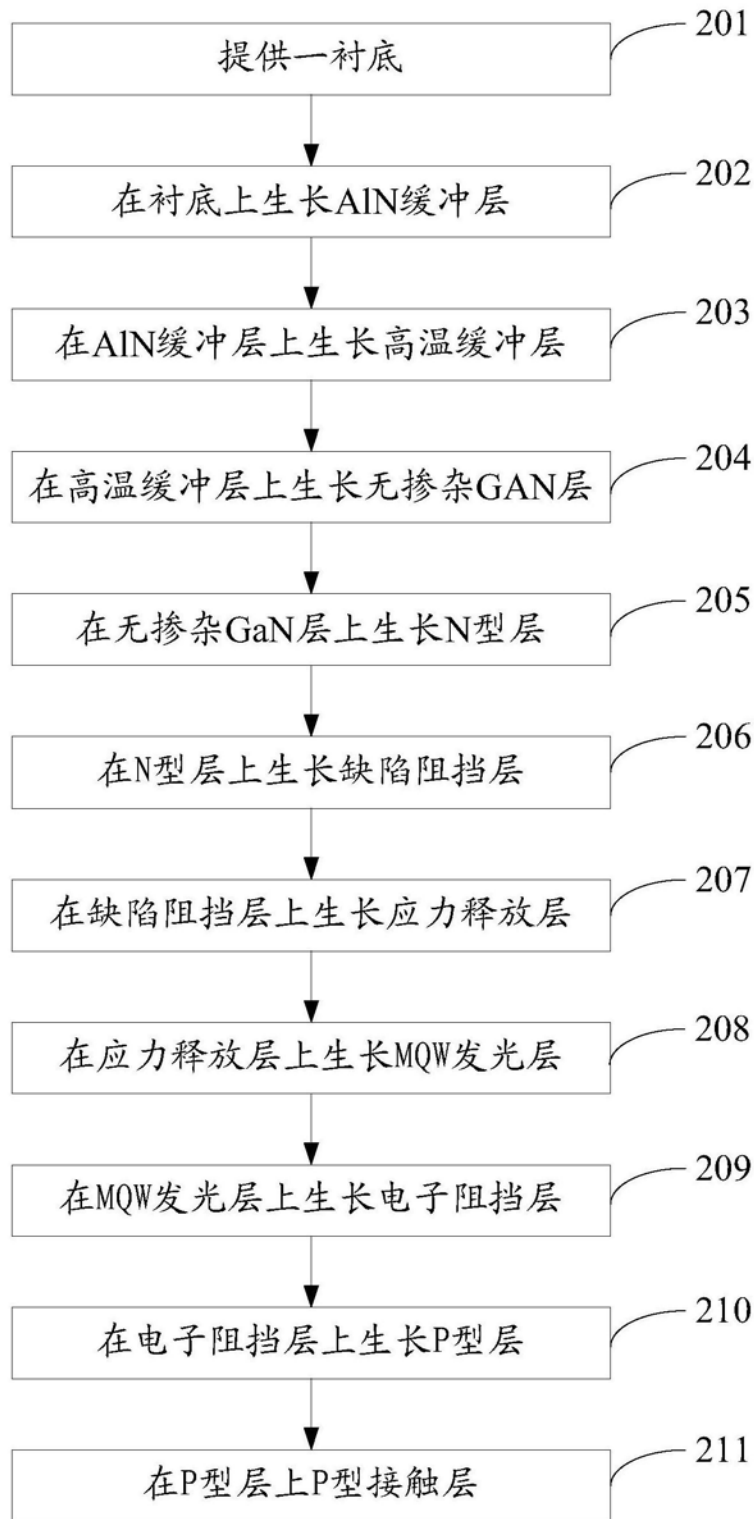


图2