



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107482093 B

(45)授权公告日 2019.10.08

(21)申请号 201710706987.2

H01L 33/32(2010.01)

(22)申请日 2017.08.17

H01L 33/12(2010.01)

H01L 33/00(2010.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107482093 A

(56)对比文件

CN 104393129 A, 2015.03.04, 说明书0034-0068段, 附图1-2.

(43)申请公布日 2017.12.15

(73)专利权人 华灿光电(浙江)有限公司

CN 204167348 U, 2015.02.18, 全文.

地址 322000 浙江省金华市义乌市苏溪镇

CN 103500779 A, 2014.01.08, 全文.

徐丰村(浙江四达工具有限公司内)

CN 105932125 A, 2016.09.07, 全文.

(72)发明人 王群 郭炳磊 董彬忠 李鹏

审查员 刘凌云

王江波

(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 33/06(2010.01)

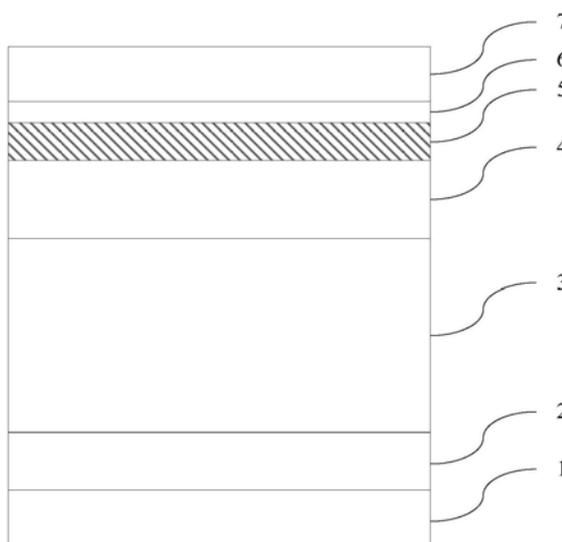
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种发光二极管的外延片及其制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种发光二极管的外延片及其制备方法,属于半导体技术领域。所述外延片包括衬底以及依次层叠在所述衬底上的缓冲层、未掺杂氮化镓层、N型氮化镓层、多量子阱层、电子阻挡层和P型氮化镓层,所述多量子阱层包括多个量子阱和多个量子垒,所述多个量子阱和所述多个量子垒交替层叠设置,所述量子阱包括依次层叠的第一铟镓氮层、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N层和第二铟镓氮层,0≤x≤1。本发明通过在量子阱中的铟镓氮层中插入Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N层,Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N层可以阻挡铟镓氮层由于低温生长产生的缺陷和位错延伸,避免极化应力的产生,改善量子阱的生长质量,有利于量子阱中电子和空穴的复合,提高发光二极管的发光效率。



1. 一种发光二极管的外延片,所述外延片包括衬底以及依次层叠在所述衬底上的缓冲层、未掺杂氮化镓层、N型氮化镓层、多量子阱层、电子阻挡层和P型氮化镓层,所述多量子阱层包括多个量子阱和多个量子垒,所述多个量子阱和所述多个量子垒交替层叠设置,其特征在于,所述量子阱包括依次层叠的第一铟镓氮层、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层和第二铟镓氮层, $0 \leq x \leq 1$ ;

当所述量子阱与所述N型氮化镓层的间距小于与所述电子阻挡层的间距时,所述量子阱中所述第一铟镓氮层的厚度大于所述第二铟镓氮层的厚度;当所述量子阱与所述N型氮化镓层的间距等于与所述电子阻挡层的间距时,所述量子阱中所述第一铟镓氮层的厚度等于所述第二铟镓氮层的厚度;当所述量子阱与所述N型氮化镓层的间距大于与所述电子阻挡层的间距时,所述量子阱中所述第一铟镓氮层的厚度小于所述第二铟镓氮层的厚度;

各个所述量子阱中所述第一铟镓氮层的厚度与所述第二铟镓氮层的厚度之差沿所述外延片的层叠方向逐层减小。

2. 根据权利要求1所述的外延片,其特征在于,所述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层的厚度小于所述量子阱的厚度的25%。

3. 根据权利要求2所述的外延片,其特征在于,所述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层的厚度为0.5nm~2nm。

4. 根据权利要求1~3任一项所述的外延片,其特征在于,当 $0 < x < 1$ 时, $x < 0.3$ 。

5. 一种发光二极管的外延片的制备方法,其特征在于,所述制备方法包括:

提供一衬底;

在所述衬底上依次生长缓冲层、未掺杂氮化镓层、N型氮化镓层、多量子阱层、电子阻挡层和P型氮化镓层;

其中,所述多量子阱层包括多个量子阱和多个量子垒,所述多个量子阱和所述多个量子垒交替层叠设置,所述量子阱包括依次层叠的第一铟镓氮层、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层和第二铟镓氮层, $0 \leq x \leq 1$ ;

当所述量子阱与所述N型氮化镓层的间距小于与所述电子阻挡层的间距时,所述量子阱中所述第一铟镓氮层的厚度大于所述第二铟镓氮层的厚度;当所述量子阱与所述N型氮化镓层的间距等于与所述电子阻挡层的间距时,所述量子阱中所述第一铟镓氮层的厚度等于所述第二铟镓氮层的厚度;当所述量子阱与所述N型氮化镓层的间距大于与所述电子阻挡层的间距时,所述量子阱中所述第一铟镓氮层的厚度小于所述第二铟镓氮层的厚度;

各个所述量子阱中所述第一铟镓氮层的厚度与所述第二铟镓氮层的厚度之差沿所述外延片的层叠方向逐层减小。

6. 根据权利要求5所述的制备方法,其特征在于,所述第一铟镓氮层、所述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层和所述第二铟镓氮层的生长条件相同,所述生长条件包括生长温度和生长压力。

7. 根据权利要求6所述的制备方法,其特征在于,所述量子阱的生长温度为720°C~829°C。

8. 根据权利要求6所述的制备方法,其特征在于,所述量子阱的生长压力为100torr~500torr。

## 一种发光二极管的外延片及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体技术领域,特别涉及一种发光二极管的外延片及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 发光二极管(英文:Light Emitting Diode,简称:LED)是利用半导体的PN结电致发光原理制成的一种半导体发光器件。外延片是发光二极管制备过程中的初级成品。

[0003] 现有的外延片包括蓝宝石衬底以及依次层叠在蓝宝石衬底上的缓冲层、未掺杂氮化镓层、N型氮化镓层、多量子阱层、电子阻挡层和P型氮化镓层。其中,多量子阱层包括多个量子阱和多个量子垒,多个量子阱和多个量子垒交替层叠设置,量子阱为铟镓氮层,量子垒为氮化镓层。当注入电流时,N型氮化镓层提供的电子和P型氮化镓层提供的空穴注入多量子阱层复合发光。

[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] 若量子阱采用较优的温度(750~850℃)生长,则量子阱的生长质量较好,但同时会造成铟的析出,量子阱中铟组分的含量降低。为了保障量子阱的发光,量子阱中铟组分的含量需要在设定范围内,因此通常采用比较优的温度低50℃的温度生长量子阱,但这样会造成量子阱的生长质量较差,导致缺陷产生,缺陷又造成量子阱的界面发生变化,界面极化较大,影响量子阱中电子和空穴的复合,导致发光二极管的发光效率较低。

### 发明内容

[0006] 为了解决现有技术发光二极管的发光效率较低的问题,本发明实施例提供了一种发光二极管的外延片及其制备方法。所述技术方案如下:

[0007] 一方面,本发明实施例提供了一种发光二极管的外延片,所述外延片包括衬底以及依次层叠在所述衬底上的缓冲层、未掺杂氮化镓层、N型氮化镓层、多量子阱层、电子阻挡层和P型氮化镓层,所述多量子阱层包括多个量子阱和多个量子垒,所述多个量子阱和所述多个量子垒交替层叠设置,所述量子阱包括依次层叠的第一铟镓氮层、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层和第二铟镓氮层, $0 \leq x \leq 1$ 。

[0008] 可选的,当所述量子阱与所述N型氮化镓层的间距小于与所述电子阻挡层的间距时,所述量子阱中所述第一铟镓氮层的厚度大于所述第二铟镓氮层的厚度;当所述量子阱与所述N型氮化镓层的间距等于与所述电子阻挡层的间距时,所述量子阱中所述第一铟镓氮层的厚度等于所述第二铟镓氮层的厚度;当所述量子阱与所述N型氮化镓层的间距大于与所述电子阻挡层的间距时,所述量子阱中所述第一铟镓氮层的厚度小于所述第二铟镓氮层的厚度。

[0009] 优选地,各个所述量子阱中所述第一铟镓氮层的厚度与所述第二铟镓氮层的厚度之差沿所述外延片的层叠方向逐层减小。

[0010] 可选的,所述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层的厚度小于所述量子阱的厚度的25%。

[0011] 优选地,所述 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层的厚度为0.5nm~2nm。

[0012] 可选的,当 $0 < x < 1$ 时, $x < 0.3$ 。

[0013] 另一方面,本发明实施例提供了一种发光二极管的外延片的制备方法,所述制备方法包括:

[0014] 提供一衬底;

[0015] 在所述衬底上依次生长缓冲层、未掺杂氮化镓层、N型氮化镓层、多量子阱层、电子阻挡层和P型氮化镓层;

[0016] 其中,所述多量子阱层包括多个量子阱和多个量子垒,所述多个量子阱和所述多个量子垒交替层叠设置,所述量子阱包括依次层叠的第一铟镓氮层、 $Al_xGa_{1-x}N$ 层和第二铟镓氮层, $0 \leq x \leq 1$ 。

[0017] 可选地,所述第一铟镓氮层、所述 $Al_xGa_{1-x}N$ 层和所述第二铟镓氮层的生长条件相同,所述生长条件包括生长温度和生长压力。

[0018] 优选地,所述量子阱的生长温度为 $720^\circ\text{C} \sim 829^\circ\text{C}$ 。

[0019] 优选地,所述量子阱的生长压力为 $100\text{torr} \sim 500\text{torr}$ 。

[0020] 本发明实施例提供的技术方案带来的有益效果是:

[0021] 通过在量子阱中的铟镓氮层中插入 $Al_xGa_{1-x}N$ 层, $Al_xGa_{1-x}N$ 层可以阻挡铟镓氮层由于低温生长产生的缺陷和位错延伸,避免极化应力的产生,改善量子阱的生长质量,有利于量子阱中电子和空穴的复合,提高发光二极管的发光效率。

## 附图说明

[0022] 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。

[0023] 图1是本发明实施例一提供的一种发光二极管的外延片的结构示意图;

[0024] 图2是本发明实施例一提供的多量子阱层的结构示意图;

[0025] 图3是本发明实施例二提供的一种发光二极管的外延片的制备方法的流程图;

[0026] 图4是本发明实施例三提供的另一种发光二极管的外延片的制备方法的流程图。

## 具体实施方式

[0027] 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。

[0028] 实施例一

[0029] 本发明实施例提供了一种发光二极管的外延片,参见图1,该外延片包括衬底1以及依次层叠在衬底1上的缓冲层2、未掺杂氮化镓层3、N型氮化镓层4、多量子阱层5、电子阻挡层6和P型氮化镓层7。

[0030] 在本实施例中,参见图2,多量子阱层5包括多个量子阱51和多个量子垒52,多个量子阱51和多个量子垒52交替层叠设置,量子阱51包括依次层叠的第一铟镓氮层51a、 $Al_xGa_{1-x}N$ 层51b和第二铟镓氮层51c, $0 \leq x \leq 1$ 。具体地,当 $x = 0$ 时, $Al_xGa_{1-x}N$ 层为氮化镓层;当 $0 < x < 1$ 时, $Al_xGa_{1-x}N$ 层为铝镓氮层;当 $x = 1$ 时, $Al_xGa_{1-x}N$ 层为氮化铝层。

[0031] 本发明实施例通过在量子阱中的铟镓氮层中插入 $Al_xGa_{1-x}N$ 层, $Al_xGa_{1-x}N$ 层可以阻挡铟镓氮层由于低温生长产生的缺陷和位错延伸,避免极化应力的产生,改善量子阱的生长质量,有利于量子阱中电子和空穴的复合,提高发光二极管的发光效率。

[0032] 可选地,当 $0 < x < 1$ 时, $x < 0.3$ 。当 $0 < x < 1$ 时, $Al_xGa_{1-x}N$ 层为铝镓氮层,若 $x \geq 0.3$ ,则 $Al_xGa_{1-x}N$ 层的势垒较高,不利于电子和空穴的迁移,可能会影响电子和空穴复合发光。

[0033] 可选地,当量子阱与N型氮化镓层的间距小于与电子阻挡层的间距时,量子阱中第一铟镓氮层的厚度可以大于第二铟镓氮层的厚度;当量子阱与N型氮化镓层的间距等于与电子阻挡层的间距时,量子阱中第一铟镓氮层的厚度可以等于第二铟镓氮层的厚度;当量子阱与N型氮化镓层的间距大于与电子阻挡层的间距时,量子阱中第一铟镓氮层的厚度可以小于第二铟镓氮层的厚度。将 $Al_xGa_{1-x}N$ 层设置在量子阱中靠近多量子阱中间的位置,有利于最大程度避免极化的产生。

[0034] 优选地,各个量子阱中第一铟镓氮层的厚度与第二铟镓氮层的厚度之差可以沿外延片的层叠方向逐层减小。实验证实,发光效率的提高效果可达到最佳。

[0035] 可选地, $Al_xGa_{1-x}N$ 层的厚度可以小于量子阱的厚度的25%,以避免 $Al_xGa_{1-x}N$ 层对量子阱的复合发光结构造成影响。

[0036] 优选地, $Al_xGa_{1-x}N$ 层的厚度可以为 $0.5\text{nm} \sim 2\text{nm}$ ,既能起到改善量子阱生长质量的作用,也不会影响量子阱的复合发光。

[0037] 具体地,铟镓氮层的厚度可以为 $2\text{nm} \sim 3\text{nm}$ 。

[0038] 具体地,量子垒的厚度可以为 $9\text{nm} \sim 20\text{nm}$ 。

[0039] 可选地,量子垒的层数与量子阱相同,量子阱的层数可以为 $3 \sim 15$ 层。

[0040] 具体地,衬底为蓝宝石衬底。缓冲层可以为氮化镓层,也可以为氮化铝层。量子垒可以为氮化镓层,也可以为铝镓氮层。电子阻挡层可以为P型掺杂的 $Al_yGa_{1-y}N$ 层, $0.1 < y < 0.5$ 。

[0041] 可选地,缓冲层的厚度可以为 $15\text{nm} \sim 35\text{nm}$ 。

[0042] 可选地,未掺杂氮化镓层的厚度可以为 $1\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 。

[0043] 可选地,N型氮化镓层的厚度可以为 $1\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 。

[0044] 可选地,N型氮化镓层中N型掺杂剂的掺杂浓度可以为 $10^{18}\text{cm}^{-3} \sim 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 。

[0045] 可选地,电子阻挡层的厚度可以为 $50\text{nm} \sim 150\text{nm}$ 。

[0046] 可选地,P型氮化镓层的厚度可以为 $105\text{nm} \sim 500\text{nm}$ 。

[0047] 实施例二

[0048] 本发明实施例提供了一种发光二极管的外延片的制备方法,适用于制备实施例一提供的外延片,参见图3,该制备方法包括:

[0049] 步骤101:提供一衬底。

[0050] 步骤102:在衬底上依次生长缓冲层、未掺杂氮化镓层、N型氮化镓层、多量子阱层、电子阻挡层和P型氮化镓层。

[0051] 在本实施例中,多量子阱层包括多个量子阱和多个量子垒,多个量子阱和多个量子垒交替层叠设置,量子阱包括依次层叠的第一铟镓氮层、 $Al_xGa_{1-x}N$ 层和第二铟镓氮层, $0 \leq x \leq 1$ 。

[0052] 本发明实施例通过在量子阱中的铟镓氮层中插入 $Al_xGa_{1-x}N$ 层, $Al_xGa_{1-x}N$ 层可以阻

挡镓氮层由于低温生长产生的缺陷和位错延伸,避免极化应力的产生,改善量子阱的生长质量,有利于量子阱中电子和空穴的复合,提高发光二极管的发光效率。

[0053] 可选地,第一镓氮层、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层和第二镓氮层的生长条件可以相同,生长条件包括生长温度和生长压力。采用相同的生长条件,制作工艺实现简单方便。

[0054] 优选地,量子阱的生长温度可以为 $720^\circ\text{C}\sim 829^\circ\text{C}$ 。与现有技术相同,实现简单方便。

[0055] 优选地,量子阱的生长压力可以为 $100\text{torr}\sim 500\text{torr}$ 。与现有技术相同,实现简单方便。

[0056] 具体地,量子垒的生长温度可以为 $850^\circ\text{C}\sim 959^\circ\text{C}$ ,生长压力可以为 $100\text{torr}\sim 500\text{torr}$ 。

[0057] 可选地,缓冲层的生长温度可以为 $400^\circ\text{C}\sim 600^\circ\text{C}$ ,生长压力可以为 $400\text{Torr}\sim 600\text{Torr}$ 。

[0058] 可选地,未掺杂氮化镓层的生长温度可以为 $1000^\circ\text{C}\sim 1100^\circ\text{C}$ ,生长压力可以为 $100\text{torr}\sim 500\text{torr}$ 。

[0059] 可选地,N型氮化镓层的生长温度可以为 $1000^\circ\text{C}\sim 1200^\circ\text{C}$ ,生长压力可以为 $100\text{torr}\sim 500\text{torr}$ 。

[0060] 可选地,电子阻挡层的生长温度可以为 $850^\circ\text{C}\sim 1080^\circ\text{C}$ ,生长压力可以为 $200\text{torr}\sim 500\text{torr}$ 。

[0061] 可选地,P型氮化镓层中空穴提供层的生长温度可以为 $750^\circ\text{C}\sim 1080^\circ\text{C}$ ,生长压力可以为 $200\text{torr}\sim 500\text{torr}$ 。

[0062] 可选地,P型氮化镓层中欧姆接触层的生长温度可以为 $850^\circ\text{C}\sim 1050^\circ\text{C}$ ,生长压力可以为 $100\text{torr}\sim 300\text{torr}$ 。

[0063] 可选地,在生长缓冲层之前,该制备方法还可以包括:控制温度为 $1000^\circ\text{C}\sim 1200^\circ\text{C}$ ,将衬底在氢气气氛中退火8分钟,并进行氮化处理,以清洁衬底的表面。进一步地,衬底采用[0001]晶向蓝宝石。

[0064] 可选地,在生长缓冲层之后,该制备方法还可以包括:控制温度为 $1000^\circ\text{C}\sim 1200^\circ\text{C}$ ,压力为 $400\text{Torr}\sim 600\text{Torr}$ ,持续时间为5分钟~10分钟,对缓冲层进行原位退火处理。

[0065] 可选地,在生长P型氮化镓层之后,该制备方法还可以包括:控制温度为 $650^\circ\text{C}\sim 850^\circ\text{C}$ ,持续时间为5分钟~15分钟,在氮气气氛中进行退火处理。

[0066] 需要说明的是,控制温度、压力均是指控制生长外延片的反应腔中的温度、压力。实现时以三甲基镓或三甲基乙作为镓源,高纯氮气作为氮源,三甲基镓作为镓源,三甲基铝作为铝源,N型掺杂剂选用硅烷,P型掺杂剂选用二茂镁。

[0067] 实施例三

[0068] 本发明实施例提供了一种发光二极管的外延片的制造方法,本实施例提供的外延片是实施例二提供的制造方法的一种具体实现。参见图4,该制备方法包括:

[0069] 步骤200:控制温度为 $1100^\circ\text{C}$ ,将蓝宝石衬底在氢气气氛中退火8分钟,并进行氮化处理。

[0070] 步骤201:控制温度为 $500^\circ\text{C}$ ,压力为 $500\text{Torr}$ ,在蓝宝石衬底上生长厚度为25nm的氮化镓层,形成缓冲层。

[0071] 步骤202:控制温度为1100℃,压力为500Torr,持续时间为7.5分钟,对缓冲层进行原位退火处理。

[0072] 步骤203:控制温度为1050℃,压力为300Torr,在缓冲层上生长厚度为3μm的未掺杂氮化镓层。

[0073] 步骤204:控制温度为1100℃,压力为300Torr,在未掺杂氮化镓层上生长厚度为3μm、掺杂浓度为 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 的N型氮化镓层。

[0074] 步骤205:控制压力为300Torr,在N型氮化镓层上生长多量子阱层。

[0075] 在本实施例中,多量子阱层包括10个量子阱和10个量子垒,10个量子阱和10个量子垒交替层叠设置,量子阱包括依次层叠的第一铟镓氮层、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层和第二铟镓氮层, $0 \leq x \leq 1$ ,量子垒层为氮化镓层。具体地,第一铟镓氮层的厚度从2nm逐渐减小为1nm,第二铟镓氮层的厚度从1nm逐渐增大为2nm, $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层的厚度为1nm,量子垒的厚度可以为15nm。量子阱的生长温度为775℃,量子垒层的生长温度为905℃。

[0076] 步骤206:控制温度为965℃,压力为350Torr,在多量子阱层上生长厚度为100nm的P型铝镓氮层,形成电子阻挡层。

[0077] 步骤207:控制温度为915℃,压力为350Torr,在电子阻挡层上生长厚度为150nm的P型氮化镓层。

[0078] 步骤208:控制温度为950℃,压力为200Torr,继续生长厚度为150nm的P型氮化镓层。

[0079] 步骤209:控制温度为750℃,持续时间为7.5分钟,在氮气气氛中进行退火处理。

[0080] 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。

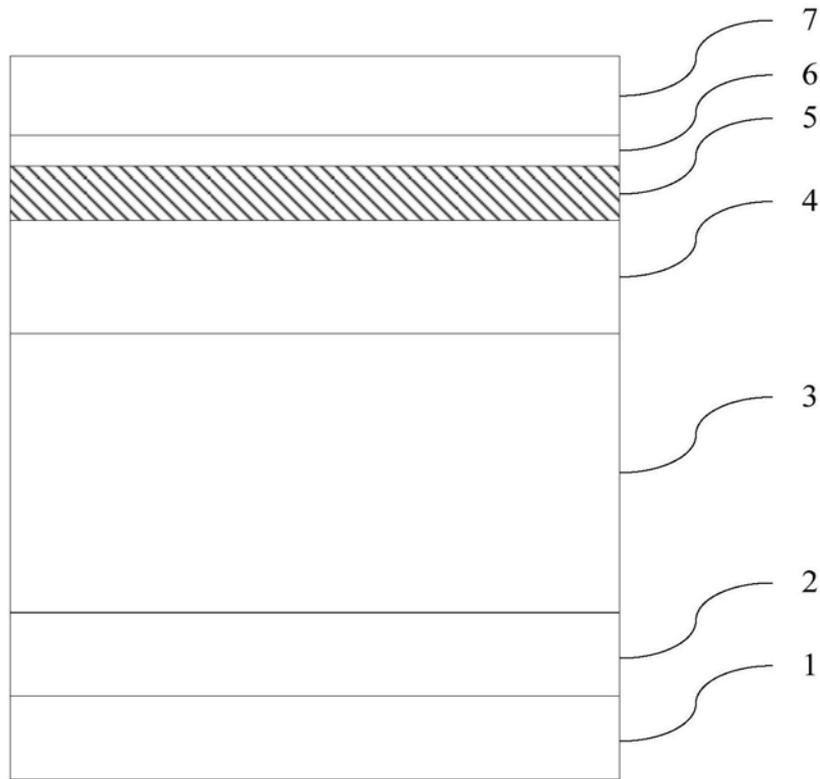


图1

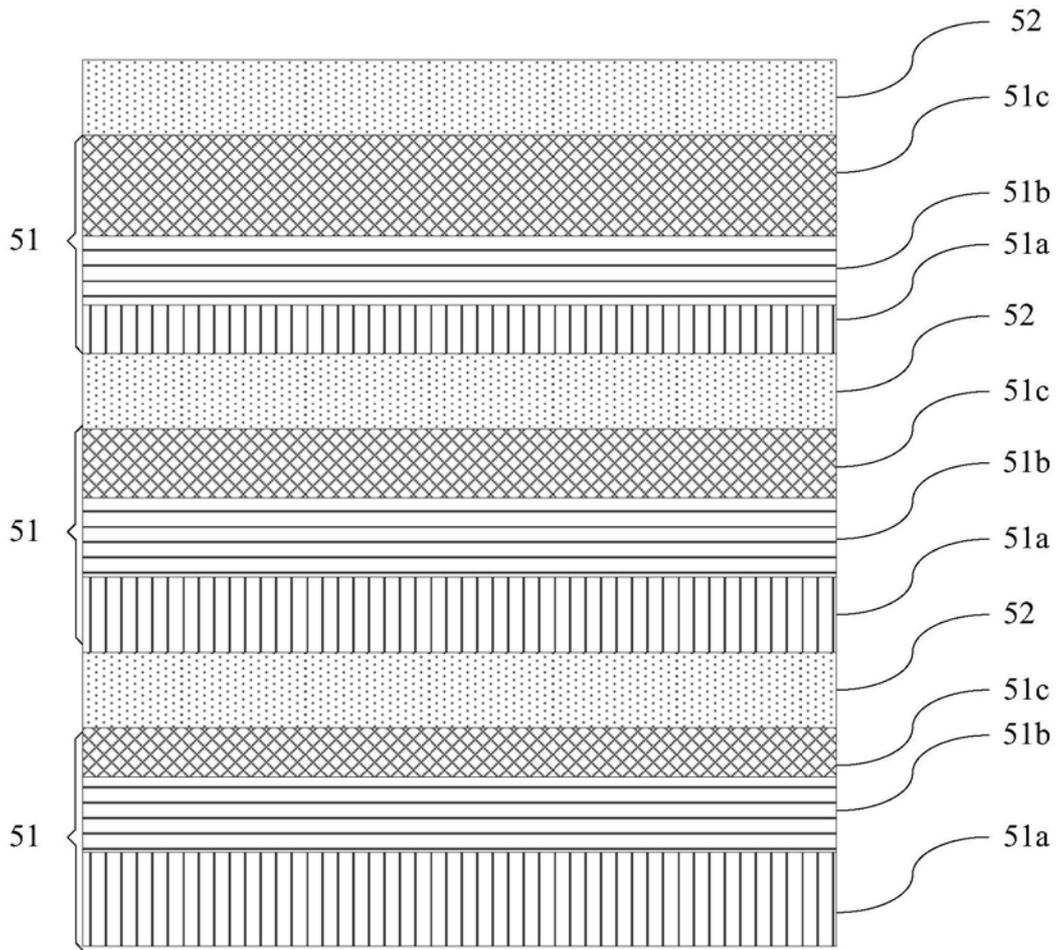


图2

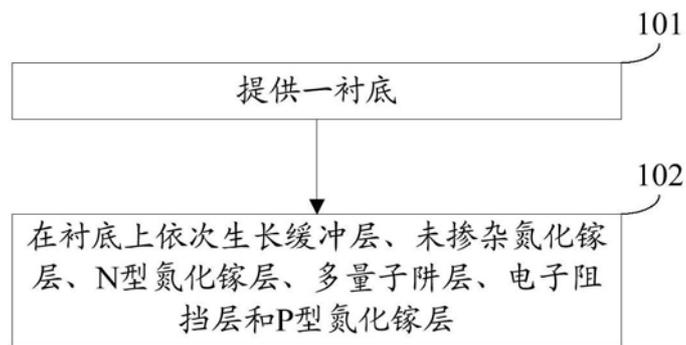


图3

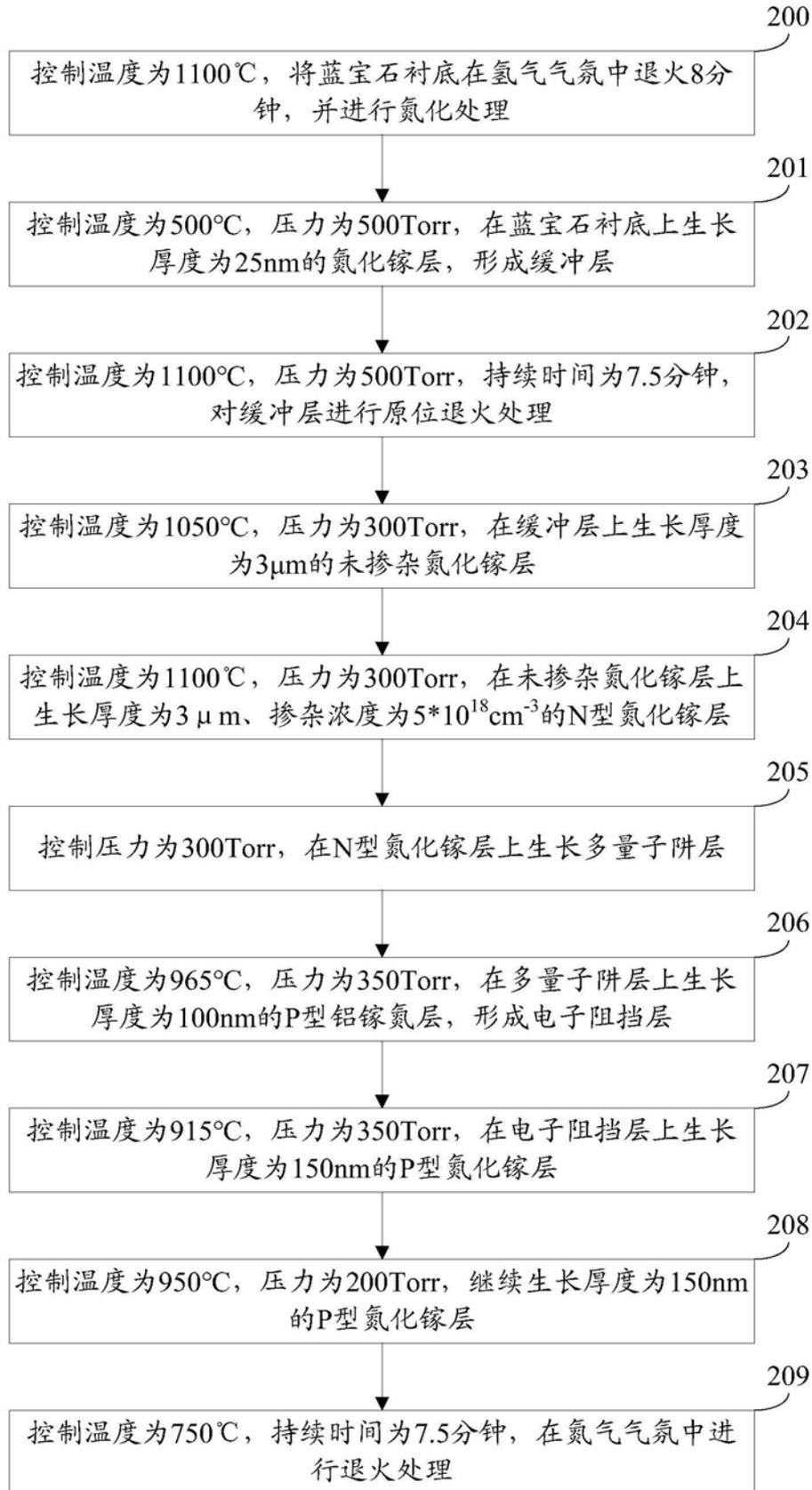


图4