



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109216519 A

(43)申请公布日 2019.01.15

(21)申请号 201810847767.6

(22)申请日 2018.07.27

(71)申请人 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
苏福路233号

(72)发明人 刘春杨 吕蒙普 胡加辉 李鹏

(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)

H01L 33/14(2010.01)

H01L 33/26(2010.01)

H01L 33/00(2010.01)

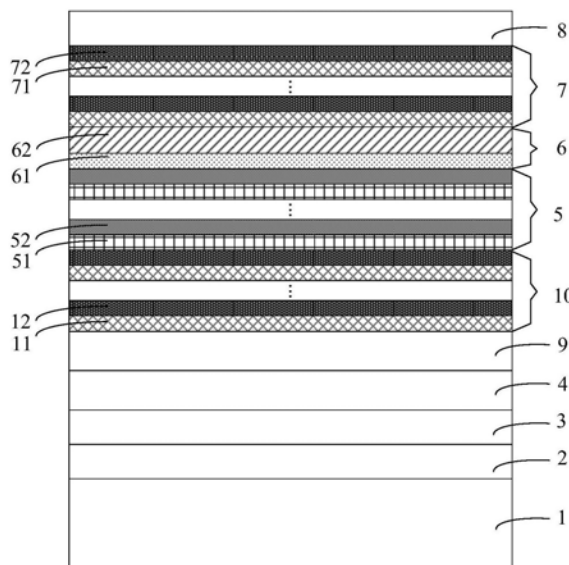
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种发光二极管外延片及其制造方法

(57)摘要

本发明公开了一种发光二极管外延片及其制造方法,属于半导体技术领域。发光二极管外延片包括衬底、以及依次层叠在衬底上的缓冲层、未掺杂的GaN层、N型层、多量子阱层、第一P型层、电子阻挡层和第二P型层,第一P型层包括依次层叠在多量子阱层上的第一子层和第二子层,第一子层和第二子层均为掺Mg的GaN层,第一子层中Mg的掺杂浓度小于第二子层中Mg的掺杂浓度。因此第一子层中空穴的数量相对较少,有利于第二子层和第二P型层中空穴在第一子层中扩散,并均匀分布在第一子层中,且由于第一子层中Mg的掺杂浓度较小,因此空穴在第一子层中的迁移率较高,更多的空穴可以以更快的迁移率移动至多量子阱层与电子辐射复合发光,提高了LED的发光效率。



1. 一种发光二极管外延片,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缓冲层、未掺杂的GaN层、N型层、多量子阱层、第一P型层、电子阻挡层和第二P型层,其特征在于,

所述第一P型层包括依次层叠在所述多量子阱层上的第一子层和第二子层,所述第一子层和所述第二子层均为掺Mg的GaN层,所述第一子层中Mg的掺杂浓度小于所述第二子层中Mg的掺杂浓度。

2. 根据权利要求1所述的发光二极管外延片,其特征在于,所述第一子层中Mg的掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} \sim 9 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。

3. 根据权利要求1所述的发光二极管外延片,其特征在于,从靠近所述多量子阱层到远离所述多量子阱层的方向上,所述第一子层中的Mg的掺杂浓度逐渐升高。

4. 根据权利要求1所述的发光二极管外延片,其特征在于,所述第二子层中Mg的掺杂浓度为 $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。

5. 根据权利要求1所述的发光二极管外延片,其特征在于,所述第一子层的厚度为2~10nm。

6. 根据权利要求1所述的发光二极管外延片,其特征在于,所述第二子层的厚度为20~30nm。

7. 一种发光二极管外延片的制造方法,其特征在于,所述制造方法包括:

提供一衬底;

在所述衬底上依次生长缓冲层、未掺杂的GaN层、N型层、多量子阱层;

在所述多量子阱层上生长第一P型层,所述第一P型层包括依次层叠在所述多量子阱层上的第一子层和第二子层,所述第一子层和所述第二子层均为掺Mg的GaN层,所述第一子层中Mg的掺杂浓度小于所述第二子层中Mg的掺杂浓度;

在所述第一P型层上生长电子阻挡层和第二P型层。

8. 根据权利要求7所述的制造方法,其特征在于,所述在所述多量子阱层上生长第一P型层,包括:

在生长温度为700~800℃,生长压力为300~600torr的条件下,在所述多量子阱层上依次生长所述第一子层和所述第二子层。

9. 根据权利要求7所述的制造方法,其特征在于,所述第一子层中Mg的掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} \sim 9 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。

10. 根据权利要求7所述的制造方法,其特征在于,所述第二子层中Mg的掺杂浓度为 $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。

一种发光二极管外延片及其制造方法

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外延片及其制造方法。

背景技术

[0002] LED(Light Emitting Diode,发光二极管)是一种能发光的半导体电子元件。作为一种高效、环保、绿色新型固态照明光源,正在被迅速广泛地得到应用,如交通信号灯、汽车内外灯、城市景观照明、手机背光源等。

[0003] 外延片是LED中的主要构成部分,现有的GaN基LED外延片包括衬底和依次层叠在衬底上的缓冲层、未掺杂的GaN层、N型层、多量子阱层、电子阻挡层和P型层。其中,N型层中掺有Si,提供电子;P型层中掺有Mg,提供空穴;当有电流通过时,N型层提供的电子和P型层提供的空穴进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] 由于电子的移动能力远远高于空穴,因此电子可以快速进入多量子阱层,并越过多量子阱层与空穴在P型层发生非辐射复合,从而导致LED芯片发热量增加,LED的光效下降。

发明内容

[0006] 本发明实施例提供了一种发光二极管外延片及其制造方法,可以使得更多的电子与空穴在多量子阱层辐射复合发光,提高LED的光效。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缓冲层、未掺杂的GaN层、N型层、多量子阱层、第一P型层、电子阻挡层和第二P型层,

[0008] 所述第一P型层包括依次层叠在所述多量子阱层上的第一子层和第二子层,所述第一子层和所述第二子层均为掺Mg的GaN层,所述第一子层中Mg的掺杂浓度小于所述第二子层中Mg的掺杂浓度。

[0009] 进一步地,所述第一子层中Mg的掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} \sim 9 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。

[0010] 进一步地,从靠近所述多量子阱层到远离所述多量子阱层的方向上,所述第一子层中的Mg的掺杂浓度逐渐升高。

[0011] 进一步地,所述第二子层中Mg的掺杂浓度为 $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。

[0012] 进一步地,所述第一子层的厚度为2~10nm。

[0013] 进一步地,所述第二子层的厚度为20~30nm。

[0014] 另一方面,本发明实施例提供了一种发光二极管外延片的制造方法,所述制造方法包括:

[0015] 提供一衬底;

[0016] 在所述衬底上依次生长缓冲层、未掺杂的GaN层、N型层、多量子阱层;

[0017] 在所述多量子阱层上生长第一P型层,所述第一P型层包括依次层叠在所述多量子

阱层上的第一子层和第二子层,所述第一子层和所述第二子层均为掺 Mg的GaN层,所述第一子层中Mg的掺杂浓度小于所述第二子层中Mg的掺杂浓度;

[0018] 在所述第一P型层上生长电子阻挡层和第二P型层。

[0019] 进一步地,所述在所述多量子阱层上生长第一P型层,包括:

[0020] 在生长温度为700~800℃,生长压力为300~600torr的条件下,在所述多量子阱层上依次生长所述第一子层和所述第二子层。

[0021] 进一步地,所述第一子层中Mg的掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} \sim 9 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。

[0022] 进一步地,所述第二子层中Mg的掺杂浓度为 $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。

[0023] 本发明实施例提供的技术方案带来的有益效果是:

[0024] 通过在多量子阱层和电子阻挡层之间设置第一P型层,第一P型层包括依次层叠在多量子阱层上的第一子层和第二子层,第一子层和第二子层均为掺Mg的GaN层,且第一子层中Mg的掺杂浓度小于第二子层中Mg的掺杂浓度。因此第一子层中空穴的数量相对较少,有利于第二子层和第二P型层中空穴在第一子层中扩散,并均匀分布在第一子层中,且由于第一子层中Mg的掺杂浓度较小,空穴的浓度较低,则空穴在第一子层中的迁移率较高,因此更多的空穴可以以更快的迁移率移动至多量子阱层与电子辐射复合发光,减少了电子和空穴的非辐射复合,提高了LED的发光效率。

附图说明

[0025] 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。

[0026] 图1是本发明实施例提供的一种发光二极管外延片的结构示意图;

[0027] 图2是本发明实施例提供的一种发光二极管外延片的制造方法的方法流程图。

具体实施方式

[0028] 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。

[0029] 实施例一

[0030] 本发明实施例提供了一种发光二极管外延片,图1是本发明实施例提供的一种发光二极管外延片的结构示意图,如图1所示,发光二极管外延片包括衬底1、以及依次层叠在衬底1上的缓冲层2、未掺杂的GaN层3、N型层4、多量子阱层5、第一P型层6、电子阻挡层7和第二P型层8。

[0031] 第一P型层6包括依次层叠在多量子阱层5上的第一子层61和第二子层62,第一子层61和第二子层62均为掺Mg的GaN层,第一子层61中Mg的掺杂浓度小于第二子层62中Mg的掺杂浓度。

[0032] 本发明实施例通过在多量子阱层和电子阻挡层之间设置第一P型层,第一P型层包括依次层叠在多量子阱层上的第一子层和第二子层,第一子层和第二子层均为掺Mg的GaN层,且第一子层中Mg的掺杂浓度小于第二子层中Mg的掺杂浓度。因此第一子层中空穴的

数量相对较少,有利于第二子层和第二P型层中空穴在第一子层中扩散,并均匀分布在第一子层中,且由于第一子层中Mg的掺杂浓度较小,空穴的浓度较低,则空穴在第一子层中的迁移率较高,因此更多的空穴可以以更快的迁移率移动至多量子阱层与电子辐射复合发光,减少了电子和空穴的非辐射复合,提高了LED的发光效率。

[0033] 进一步地,第一子层61中Mg的掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} \sim 9 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。若第一子层61中Mg的掺杂浓度低于 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$,则第一子层61中的空穴浓度过低,不利于第二子层62和第二P型层8的空穴的扩散。若第一子层61中Mg的掺杂浓度高于 $9 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$,又起不到提高空穴迁移率的作用。

[0034] 优选地,从靠近多量子阱层5到远离多量子阱层5的方向上,第一子层61中的Mg的掺杂浓度逐渐升高。则空穴在向多量子阱层移动时,空穴的移动速率会逐渐加快,更有利于空穴和电子在多量子阱层中辐射复合发光,提高了LED的发光效率。

[0035] 进一步地,第二子层62中Mg的掺杂浓度为 $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。第二子层62中Mg的掺杂浓度较高,且Mg的掺杂浓度保持不变,以提供足够的空穴与电子进行辐射复合发光。

[0036] 进一步地,第一子层61的厚度为2~10nm。若第一子层61的厚度小于2nm,则第一子层61无法形成有效界面,使空穴扩散,从而不能减少电子和空穴发生非辐射复合,若第一子层61的厚度大于10nm,会造成材料的浪费。

[0037] 优选地,第一子层61的厚度为5nm,此时既可以减少电子和空穴的发生非辐射复合,提高LED的发光效率,又不会造成材料的浪费。

[0038] 进一步地,第二子层62的厚度为20~30nm。若第二子层62的厚度小于20nm,则无法起到提高LED的发光效率的作用,若第二子层62的厚度大于30nm,会造成材料的浪费。

[0039] 优选地,第二子层62的厚度为25nm,此时既可以提高LED的发光效率,又不会造成材料的浪费。

[0040] 可选地,衬底1可以为蓝宝石衬底。

[0041] 可选地,缓冲层2可以为GaN层,厚度为15~35nm。

[0042] 可选地,未掺杂的GaN层3的厚度为800~1200nm。

[0043] 可选地,N型层4可以为掺Si的GaN层,厚度为1~3 μm 。

[0044] 可选地,多量子阱层5可以为InGaN量子阱层51和GaN量子垒层52交替生长的周期性结构,InGaN量子阱层51的厚度可以是2~4nm,GaN量子垒层52的厚度可以是8~10nm。

[0045] 可选地,电子阻挡层7可以为AlGaN层71和GaN层72交替生长的周期性结构,其中AlGaN层71的厚度为3~5nm,GaN层72的厚度为1~3nm。AlGaN层和GaN层的总层数为10~14层。

[0046] 可选地,第二P型层8可以为掺Mg的GaN层,Mg的掺杂浓度为 $5 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$,第二P型层8厚度为80~200nm。

[0047] 可选地,该发光二极管外延片还可以包括设置在N型层4和多量子阱层5之间的N型AlGaN层9和应力释放层10,其中N型AlGaN层9设置在N型层4上,N型AlGaN层9中掺有Si,厚度为50~100nm。

[0048] 应力释放层10设置在N型AlGaN层9上,应力释放层10可以是InGaN层11和GaN层12交替生长的周期性结构,InGaN层的厚度可以是2~4nm,GaN层的厚度可以是8~10nm。

[0049] 实施例二

[0050] 本发明实施例提供了一种发光二极管外延片的制造方法,用于制造实施例一提供的发光二极管外延片,图2是本发明实施例提供的一种发光二极管外延片的制造方法的方法流程图,如图2所示,该制造方法包括:

[0051] 步骤201、提供一衬底。

[0052] 可选地,衬底为蓝宝石。

[0053] 具体地,该步骤201包括:

[0054] 在氢气气氛下,高温处理衬底5~6min。其中,反应室温度为1000~1100℃,反应室压力控制在200~500torr。

[0055] 步骤202、在衬底上生长缓冲层。

[0056] 在本实施例中,可以采用Veeco K465i or C4MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition,金属有机化合物化学气相沉淀)设备实现LED的生长方法。采用高纯H₂(氢气)或高纯N₂(氮气)或高纯H₂和高纯N₂的混合气体作为载气,高纯NH₃作为N源,三甲基镓(TMGa)及三乙基镓(TEGa)作为镓源,三甲基铟(TMIIn)作为铟源,硅烷(SiH₄)作为N型掺杂剂,三甲基铝(TMAI)作为铝源,二茂镁(CP₂Mg)作为P型掺杂剂。反应室压力为100~600torr。

[0057] 具体地,缓冲层生长在蓝宝石衬底的[0001]面上。

[0058] 在本实施例中,缓冲层为GaN层,厚度为15~30nm,生长温度为500~600℃,反应室压力控制在300~800torr。

[0059] 步骤203、在缓冲层上生长未掺杂的GaN层。

[0060] 在本实施例中,未掺杂的GaN层的厚度为800~1200nm,生长高温缓冲层时,反应室温度为1050~1150℃,反应室压力控制在100~400torr。

[0061] 步骤204、在未掺杂的GaN层上生长N型层。

[0062] 在本实施例中,N型层为掺Si的GaN层,厚度为1~3μm。生长N型层时,反应室温度为1050~1150℃,反应室压力控制在100~400torr。

[0063] 步骤205、在N型层上生长N型AlGaN层。

[0064] 在本实施例中,N型AlGaN层中掺有Si,厚度为50~100nm。生长N型AlGaN层时,反应室温度为1050~1150℃,反应室压力控制在100~400torr。

[0065] 步骤206、在N型AlGaN层上生长应力释放层。

[0066] 在本实施例中,应力释放层包括多个周期交替生长的InGaN层和GaN层。其中,InGaN层的厚度为2~4nm,GaN层的厚度为8~10nm。InGaN层和GaN层的层数为6~12层。生长应力释放层时,反应室温度为800~900℃,反应室压力控制在100~400torr。

[0067] 步骤207、在应力释放层上生长多量子阱层。

[0068] 在本实施例中,多量子阱层包括多个周期交替生长的InGaN量子阱层和GaN量子垒层,其中,InGaN层的厚度为2~4nm,GaN层的厚度为8~10nm。InGaN层和GaN层的层数为11~13,InGaN层和GaN层的总厚度为130~160nm。

[0069] 具体地,生长InGaN阱层时,反应室温度为750~850℃,反应室压力控制在100~400torr。生长GaN垒层时,反应室温度为800~900℃,反应室压力控制在100~400torr。

[0070] 步骤208、在多量子阱层上生长第一P型层。

[0071] 在本实施例中,第一P型层包括依次层叠在多量子阱层上的第一子层和第二子层,

第一子层和第二子层均为掺Mg的GaN层,第一子层中Mg的掺杂浓度小于第二子层中Mg的掺杂浓度。

[0072] 具体地,步骤208包括:

[0073] 在生长温度为700~800℃,生长压力为300~600torr的条件下,在多量子阱层上依次生长第一子层和第二子层。

[0074] 进一步地,第一子层中Mg的掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} \sim 9 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。若第一子层中Mg的掺杂浓度低于 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$,则第一子层中的空穴浓度过低,不利于第二子层和第二P型层的空穴的扩散。若第一子层中Mg的掺杂浓度高于 $9 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$,又起不到提高空穴迁移率的作用。

[0075] 优选地,从靠近多量子阱层到远离多量子阱层的方向上,第一子层中的Mg的掺杂浓度逐渐升高。则空穴在向多量子阱层移动时,空穴的移动速率会逐渐加快,更有利于空穴和电子在多量子阱层中辐射复合发光,提高了LED的发光效率。

[0076] 进一步地,第二子层中Mg的掺杂浓度为 $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。第二子层中Mg的掺杂浓度较高,且Mg的掺杂浓度保持不变,以提供足够的空穴与电子进行辐射复合发光。

[0077] 进一步地,第一子层的厚度为2~10nm。若第一子层的厚度小于2nm,则第一子层无法形成有效界面,使空穴扩散,从而不能减少电子和空穴发生非辐射复合,若第一子层的厚度大于10nm,会造成材料的浪费。

[0078] 优选地,第一子层的厚度为5nm,此时既可以减少电子和空穴的发生非辐射复合,提高LED的发光效率,又不会造成材料的浪费。

[0079] 进一步地,第二子层的厚度为20~30nm。若第二子层的厚度小于20nm,则无法起到提高LED的发光效率的作用,若第二子层的厚度大于30nm,会造成材料的浪费。

[0080] 优选地,第二子层的厚度为25nm,此时既可以提高LED的发光效率,又不会造成材料的浪费。

[0081] 步骤209、在第一P型层上生长电子阻挡层。

[0082] 在本实施例中,电子阻挡层包括多个周期交替生长的AlGaIn层和GaIn层,电子阻挡层的厚度为20~60nm。其中AlGaIn层的厚度为3~5nm,GaIn层的厚度为1~3nm。AlGaIn层和GaIn层的总层数为10~14层。

[0083] 具体的,生长AlGaIn层时,反应室温度为900~1000℃,反应室压力控制在400~600torr。生长GaIn层时,反应室温度为900~1000℃,反应室压力控制在400~600torr。

[0084] 步骤210、在电子阻挡层上生长第二P型层。

[0085] 在本实施例中,第二P型层为掺Mg的GaIn层,Mg的掺杂浓度为 $5 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$,厚度为80~200nm。生长第二P型层时,反应室温度为900~1000℃,反应室压力控制在400~600torr。

[0086] 在上述步骤完成之后,将反应室的温度降至600~850℃,在氮气气氛进行退火处理5~15min,而后逐渐降至室温,结束发光二极管的外延生长。

[0087] 以上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。

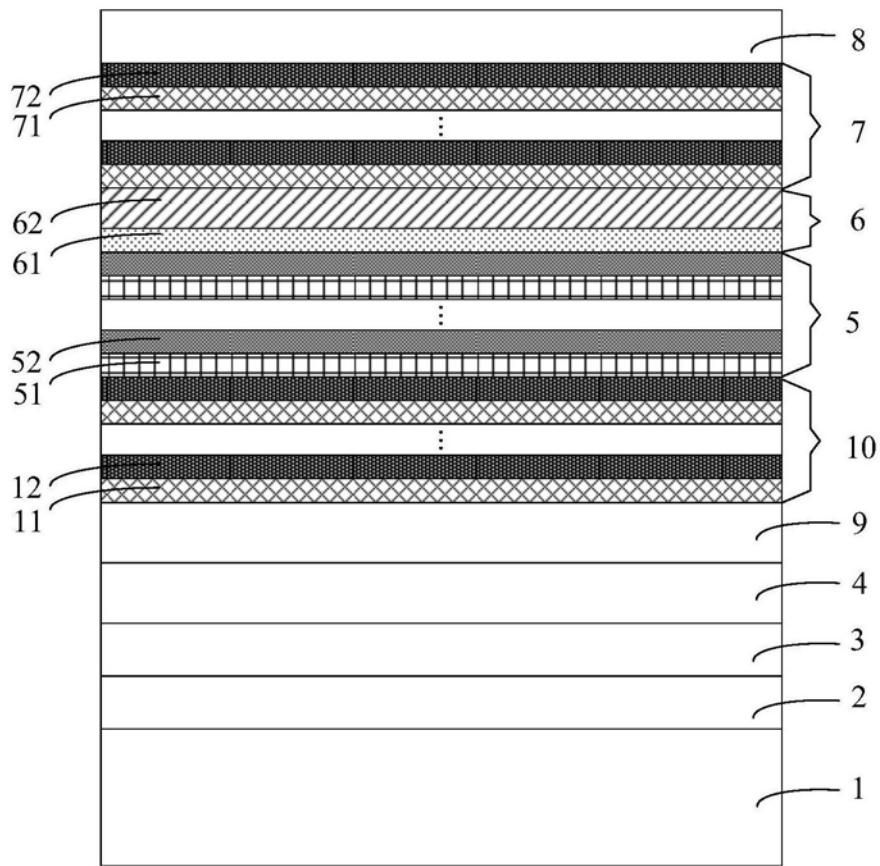


图1

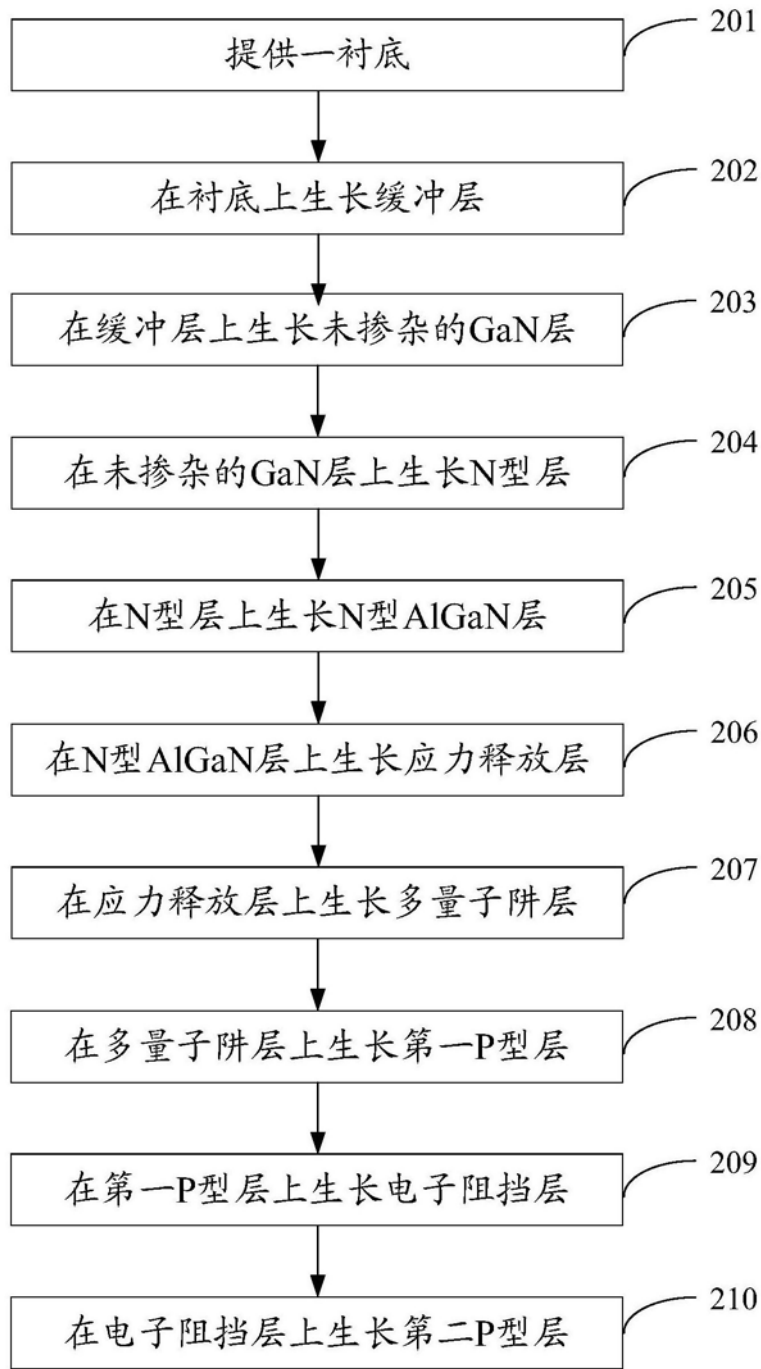


图2