



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106784210 B

(45)授权公告日 2019.03.01

(21)申请号 201611057810.6

H01L 33/32(2010.01)

(22)申请日 2016.11.24

H01L 33/00(2010.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 黄丽娜

申请公布号 CN 106784210 A

(43)申请公布日 2017.05.31

(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 马欢

(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)

权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种发光二极管的外延片及其制作方法

(57)摘要

本发明公开了一种发光二极管的外延片及其制作方法,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、非掺杂GaN层、N型层、多量子阱层、第一空穴注入层、电子阻挡层、第二空穴注入层,所述第一空穴注入层包括交替层叠的P型AlInGaN层和P型InGaN层,所述电子阻挡层为AlGaN层,所述第二空穴注入层为间隔插入InN层的P型GaN层。本发明通过形成第一空穴注入层和第二空穴注入层时通入的In源分解后的富In气氛,降低P型掺杂剂中Mg掺杂的激活能,提高第一空穴注入层和第二空穴注入层中的空穴浓度,提高多量子阱层中空穴和电子的辐射复合效率,提升发光二极管的发光效率。



1. 一种发光二极管的外延片,其特征在于,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、非掺杂GaN层、N型层、多量子阱层、第一空穴注入层、电子阻挡层、第二空穴注入层,所述第一空穴注入层包括交替层叠的P型AlInGaN层和P型InGaN层,所述电子阻挡层为AlGaIn层,所述第二空穴注入层为间隔插入InN层的P型GaIn层。

2. 根据权利要求1所述的外延片,其特征在于,所述第一空穴注入层的厚度为30~200nm。

3. 根据权利要求1或2所述的外延片,其特征在于,所述第二空穴注入层的厚度为20~200nm。

4. 一种发光二极管的外延片的制作方法,其特征在于,所述制作方法包括:

在衬底上生长缓冲层;

在所述缓冲层上生长非掺杂GaIn层;

在所述非掺杂GaIn层上生长N型层;

在所述N型层上生长多量子阱层;

在所述多量子阱层上生长第一空穴注入层,所述第一空穴注入层包括交替层叠的P型AlInGaIn层和P型InGaIn层;

在所述第一空穴注入层上生长电子阻挡层,所述电子阻挡层为AlGaIn层;

在所述电子阻挡层上生长第二空穴注入层,所述第二空穴注入层为间隔插入InN层的P型GaIn层。

5. 根据权利要求4所述的制作方法,其特征在于,所述在所述多量子阱层上生长第一空穴注入层,包括:

循环执行以下步骤m次, $2 \leq m \leq 15$:

在第一时间段内通入Ga源、In源、Al源、N源、以及P型掺杂剂,生长P型AlInGaIn层;

在第二时间段内停止通入Al源,生长P型InGaIn层。

6. 根据权利要求5所述的制作方法,其特征在于,所述第一时间段为20~100s,所述第二时间段为20~100s。

7. 根据权利要求4~6任一项所述的制作方法,其特征在于,所述第一空穴注入层的生长温度为750~850°C,所述第一空穴注入层的生长压力为100~300torr。

8. 根据权利要求4所述的制作方法,其特征在于,所述在所述电子阻挡层上生长第二空穴注入层,包括:

循环执行以下步骤n次, $5 \leq n \leq 20$:

在第三时间段内通入Ga源、N源、以及P型掺杂剂,生长P型GaIn层;

在第四时间段内停止通入Ga源,同时通入In源,生长InN层。

9. 根据权利要求8所述的制作方法,其特征在于,所述第三时间段为20~50s,所述第四时间段为5~15s。

10. 根据权利要求4、8、9任一项所述的制作方法,其特征在于,所述第二空穴注入层的生长温度为950~1050°C,所述第二空穴注入层的生长压力为100~700torr。

一种发光二极管的外延片及其制作方法

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作方法。

背景技术

[0002] 随着第三代半导体技术的兴起和不断成熟,半导体照明以能耗小、无污染、高亮度、长寿命等优势,成为人们关注的焦点,也带动了整个行业上中下游产业的蓬勃发展。其中GaN基蓝光LED芯片在生活中的应用随处可见,已广泛应用于照明、显示屏、背光源、信号灯等领域。

[0003] 芯片包括外延片和设于外延片上的电极。外延片通常包括衬底、以及依次层叠在衬底上的缓冲层、非掺杂GaN层、N型层、多量子阱层、P型层。其中,P型层采用Mg元素作为P型掺杂剂,但Mg元素在掺杂过程中会与H元素形成 H-Mg络合物,需要通过退火打断H-Mg键实现Mg原子受主激活,才能提供空穴注入多量子阱层。然而Mg的激活能高,电离率低,难以产生高的空穴浓度,限制了芯片的内量子效率。

发明内容

[0004] 为了解决现有技术的问题,本发明实施例提供了一种发光二极管的外延片及其制作方法。所述技术方案如下:

[0005] 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、非掺杂GaN层、N型层、多量子阱层、第一空穴注入层、电子阻挡层、第二空穴注入层,所述第一空穴注入层包括交替层叠的P型AlInGaN层和P型InGaN层,所述电子阻挡层为P型AlGa_xN_{1-x}层,所述第二空穴注入层为间隔插入InN层的P型Ga_xN_{1-x}层。

[0006] 可选地,所述第一空穴注入层的厚度为30~200nm。

[0007] 可选地,所述第二空穴注入层的厚度为20~200nm。

[0008] 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作方法,所述制作方法包括:

[0009] 在衬底上生长缓冲层;

[0010] 在所述缓冲层上生长非掺杂GaN层;

[0011] 在所述非掺杂GaN层上生长N型层;

[0012] 在所述N型层上生长多量子阱层;

[0013] 在所述多量子阱层上生长第一空穴注入层,所述第一空穴注入层包括交替层叠的P型AlInGaN层和P型InGaN层;

[0014] 在所述第一空穴注入层上生长电子阻挡层,所述电子阻挡层为AlGa_xN_{1-x}层;

[0015] 在所述电子阻挡层上生长第二空穴注入层,所述第二空穴注入层为间隔插入InN层的P型Ga_xN_{1-x}层。

[0016] 可选地,所述在所述多量子阱层上生长第一空穴注入层,包括:

- [0017] 循环执行以下步骤 m 次, $2 \leq m \leq 15$:
- [0018] 在第一时间段内通入Ga源、In源、Al源、N源、以及P型掺杂剂, 生长P型AlInGaN层;
- [0019] 在第二时间段内停止通入Al源, 生长P型InGaN层。
- [0020] 优选地, 所述第一时间段为20~100s, 所述第二时间段为20~100s。
- [0021] 可选地, 所述第一空穴注入层的生长温度为750~850℃, 所述第一空穴注入层的生长压力为100~300torr。
- [0022] 可选地, 所述在所述电子阻挡层上生长第二空穴注入层, 包括:
- [0023] 循环执行以下步骤 n 次, $5 \leq n \leq 20$:
- [0024] 在第三时间段内通入Ga源、N源、以及P型掺杂剂, 生长P型GaN层;
- [0025] 在第四时间段内停止通入Ga源, 同时通入In源, 生长InN层。
- [0026] 优选地, 所述第三时间段为20~50s, 所述第四时间段为5~15s。
- [0027] 可选地, 所述第二空穴注入层的生长温度为950~1050℃, 所述第二空穴注入层的生长压力为100~700torr。
- [0028] 本发明实施例提供的技术方案带来的有益效果是:
- [0029] 通过在多量子阱层上依次设置第一空穴注入层、电子阻挡层、第二空穴注入层, 第一空穴注入层包括交替层叠的P型AlInGaN层和P型InGaN层, 第二空穴注入层为间隔插入InN层的P型GaN层, 形成第一空穴注入层和第二空穴注入层时通入的In源分解后的富In气氛, 可以降低P型掺杂剂中Mg掺杂的激活能, 提高第一空穴注入层和第二空穴注入层中的空穴浓度, 提高多量子阱层中空穴和电子的辐射复合效率, 提升发光二极管的发光效率。而且间隔插入InN层的P型GaN层中In作为表面活性剂, 可以改善晶体质量, 进一步起到提高空穴浓度的作用。另外, 交替层叠的P型AlInGaN层和P型InGaN层, 可以有效调节异质结能带, 形成二维电子气, 提高空穴的注入效率。

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是本发明实施例一提供的一种发光二极管的外延片的结构示意图;

[0032] 图2是本发明实施例二提供的一种发光二极管的外延片的制作方法的流程图。

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、非掺杂GaN层3、N型层4、多量子阱层5、第一空穴注入层6、电子阻挡层7、第二空穴注入层8。

[0036] 在本实施例中,第一空穴注入层包括交替层叠的P型AlInGaN层和P型 InGaN层,电子阻挡层为AlGaIn层,第二空穴注入层为间隔插入InN层的P型 GaN层。

[0037] 可选地,第一空穴注入层的厚度可以为30~200nm。

[0038] 可选地,P型InGaIn层的层数与P型AlInGaIn层的层数相同,P型AlInGaIn 层的层数可以为2~15层。

[0039] 可选地,第二空穴注入层的厚度可以为20~200nm。

[0040] 可选地,P型GaN层可以被InN层分为5~20层。

[0041] 可选地,电子阻挡层的厚度可以为30~100nm。

[0042] 具体地,衬底可以为蓝宝石衬底。

[0043] 缓冲层可以为AlN缓冲层,厚度为15~40nm。

[0044] 非掺杂GaN层可以包括生长条件不同的第一非掺杂GaN层和第二非掺杂 GaN层,第一非掺杂GaN层的厚度为0.5~1.5 μm ,第二非掺杂GaN层的厚度为1~2 μm 。

[0045] N型层可以包括生长条件不同的第一N型GaN层、第二N型GaN层、第三N型GaN层,第一N型GaN层的厚度为2~3 μm ,第一N型GaN层中Si 的掺杂浓度为 $1\text{E}+19\sim 2\text{E}+19\text{atom}/\text{cm}^3$;第二N型GaN层的厚度为0.1~0.3 μm ,第二N型GaN层中Si的掺杂浓度为 $1\text{E}+17\sim 2\text{E}+18\text{atom}/\text{cm}^3$;第三N型GaN层的厚度为30~100nm,第三N型GaN层中Si的掺杂浓度为 $5\text{E}+17\sim 5\text{E}+18\text{atom}/\text{cm}^3$ 。

[0046] 多量子阱层包括交替层叠的InGaIn量子阱层和GaN量子垒层;GaN量子垒层的层数与InGaIn量子阱层的层数相同,InGaIn量子阱层的层数为6~15层; InGaIn量子阱层的厚度为2~4nm,GaN量子垒层的厚度为10~13nm。

[0047] 可选地,该外延片还可以包括设置在N型层和多量子阱层之间的应力释放层。应力释放层可以包括交替层叠的 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层和GaN层, $0.15\leq x\leq 0.2$;GaN 层的层数与 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层的层数相同, $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层的层数为2~6层; $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层的厚度为0.5~10nm,GaN层的厚度为20~50nm。

[0048] 可选地,该外延片还可以包括设置在多量子阱层和第一空穴注入层之间的保护层。保护层可以包括交替层叠的AlGaIn层和AlInGaIn层;AlInGaIn层的层数与AlGaIn层的层数相同,AlGaIn层的层数为4~10层;AlInGaIn层的厚度与 AlGaIn层的厚度相同,AlGaIn层的厚度为1~5nm。

[0049] 可选地,该外延片还可以包括设置在第二空穴注入层上的P型接触层,厚度为5~10nm。

[0050] 本发明实施例通过在多量子阱层上依次设置第一空穴注入层、电子阻挡层、第二空穴注入层,第一空穴注入层包括交替层叠的P型AlInGaIn层和P型InGaIn 层,第二空穴注入层为间隔插入InN层的P型GaN层,形成第一空穴注入层和第二空穴注入层时通入的In源分解后的富In气氛,可以降低P型掺杂剂中Mg 掺杂的激活能,提高第一空穴注入层和第二空穴注入层中的空穴浓度,提高多量子阱层中空穴和电子的辐射复合效率,提升发光二极管的发光效率。而且间隔插入InN层的P型GaN层中In作为表面活性剂,可以改善晶体质量,进一步起到提高空穴浓度的作用。另外,交替层叠的P型AlInGaIn层和P型InGaIn层,可以有效调节异质结能带,形成二维电子气,提高空穴的注入效率。

[0051] 实施例二

[0052] 本发明实施例提供了一种发光二极管的外延片的制作方法,参见图2,该制作方法包括:

[0053] 步骤201:在衬底上生长缓冲层。

[0054] 在本实施例中,衬底可以为蓝宝石衬底;缓冲层可以为AlN缓冲层,厚度为15~40nm。

[0055] 具体地,该步骤201可以包括:

[0056] 采用物理气相沉积(英文:Physical Vapor Deposition,简称:PVD)技术在衬底上镀上厚度为15~40nm的AlN层;

[0057] 将衬底放置在金属有机化合物化学气相沉积(英文:Metal-organic Chemical Vapor Depositi,简称:MOCVD)反应室内;

[0058] 控制温度为1000~1050℃进行60~300s的高温退火,形成AlN晶核,完成缓冲层的生长。

[0059] 步骤202:在缓冲层上生长非掺杂GaN层。

[0060] 在本实施例中,非掺杂GaN层可以包括生长条件不同的第一非掺杂GaN层和第二非掺杂GaN层,第一非掺杂GaN层的厚度为0.5~1.5μm,第二非掺杂GaN层的厚度为1~2μm。

[0061] 具体地,该步骤202可以包括:

[0062] 控制温度为950~1050℃,压力为100~600torr,通入TMGa、H₂、N₂和NH₃,在缓冲层上生长厚度为0.5~1.5μm的第一非掺杂GaN层;

[0063] 控制温度为1000~1200℃,压力为100~300torr,在第一非掺杂GaN层上生长厚度为1~2μm的第二非掺杂GaN层。

[0064] 步骤203:在非掺杂GaN层上生长N型层。

[0065] 在本实施例中,N型层可以包括生长条件不同的第一N型GaN层、第二N型GaN层、第三N型GaN层,第一N型GaN层的厚度为2~3μm,第一N型GaN层中Si的掺杂浓度为1E+19~2E+19atom/cm³;第二N型GaN层的厚度为0.1~0.3μm,第二N型GaN层中Si的掺杂浓度为1E+17~2E+18atom/cm³;第三N型GaN层的厚度为30~100nm,第三N型GaN层中Si的掺杂浓度为5E+17~5E+18atom/cm³。

[0066] 具体地,该步骤203可以包括:

[0067] 控制温度为1050~1200℃,压力为100~300torr,通入TMGa、SiH₄、H₂、N₂和NH₃,在第二非掺杂GaN层上生长厚度为2~3μm的第一N型GaN层,掺杂浓度控制为1E+19~2E+19atom/cm³;

[0068] 控制温度为1050~1200℃,压力为100~300torr,通入TMGa、SiH₄、H₂、N₂和NH₃,在第一N型GaN层上生长厚度为0.1~0.3μm的第二N型GaN层,掺杂浓度控制为1E+17~2E+18atom/cm³;

[0069] 控制温度为800~950℃,压力为100~400torr,通入TMGa、SiH₄、N₂和NH₃,在第二N型GaN层上生长厚度为30~100nm的第三N型GaN层,掺杂浓度控制为5E+17~5E+18atom/cm³。

[0070] 步骤204:在N型层上生长应力释放层。

[0071] 具体地,该步骤204可以包括:

[0072] 控制温度为800~950℃,压力为100~400torr,交替生长2~6层In_xGa_{1-x}N层和2~

6层GaN层, $0.15 \leq x \leq 0.2$, $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 层的厚度控制在0.5~10nm, GaN层的厚度控制在20~50nm。

[0073] 步骤205:在应力释放层上生长多量子阱层。

[0074] 在本实施例中,多量子阱层包括交替层叠的InGaN量子阱层和GaN量子垒层;GaN量子垒层的层数与InGaN量子阱层的层数相同,InGaN量子阱层的层数为6~15层;InGaN量子阱层的厚度为2~4nm,GaN量子垒层的厚度为10~13nm。

[0075] 具体地,该步骤205可以包括:

[0076] 循环执行以下步骤6~15次:

[0077] 控制温度为800℃,压力为100~300torr,生长厚度为2~4nm的InGaN量子阱层;

[0078] 控制温度为850~900℃,压力为100~300torr,生长厚度为10~13nm的GaN量子垒层。

[0079] 步骤206:在多量子阱层上生长保护层。

[0080] 具体地,该步骤206可以包括:

[0081] 控制压力为100~300torr,交替生长4~10层厚度为1~5nm的InGaN量子阱层和4~10层厚度为1~5nm的GaN量子垒层。

[0082] 步骤207:在保护层上生长第一空穴注入层。

[0083] 在本实施例中,第一空穴注入层包括交替层叠的P型AlInGaN层和P型InGaN层。

[0084] 可选地,第一空穴注入层的厚度可以为30~200nm。

[0085] 具体地,该步骤207可以包括:

[0086] 控制温度为750~850℃,压力为100~300torr,循环执行以下步骤m次, $2 \leq m \leq 15$:

[0087] 在第一时间段内通入Ga源(例如TMGa或者TEGa)、In源(例如TMIn)、Al源(例如TMA1)、N源(例如 NH_3)、以及P型掺杂剂(例如 Cp_2Mg),生长P型AlInGaN层;

[0088] 在第二时间段内停止通入Al源,生长P型InGaN层。

[0089] 可选地,第一时间段可以为20~100s,第二时间段可以为20~100s。

[0090] 步骤208:在第一空穴注入层上生长电子阻挡层。

[0091] 在本实施例中,电子阻挡层为AlGaIn层。

[0092] 具体地,该步骤208可以包括:

[0093] 控制温度为950~1000℃,压力为100~300torr,通入TMGa、 N_2 和 NH_3 ,生长P型AlGaIn层,厚度控制在30~100nm。

[0094] 步骤209:在电子阻挡层上生长第二空穴注入层。

[0095] 在本实施例中,第二空穴注入层为间隔插入InN层的P型GaIn层。

[0096] 可选地,第二空穴注入层的厚度可以为20~200nm。

[0097] 具体地,该步骤209可以包括:

[0098] 控制温度为950~1050℃,压力为100~700torr,循环执行以下步骤n次, $5 \leq n \leq 20$:

[0099] 在第三时间段内通入Ga源、N源、以及P型掺杂剂,生长P型GaIn层;

[0100] 在第四时间段内停止通入Ga源,同时通入In源,生长InN层。

[0101] 可选地,第三时间段可以为20~50s,第四时间段可以为5~15s。

[0102] 步骤210:在第二空穴注入层上生长P型接触层。

[0103] 具体地,该步骤210可以包括:

[0104] 控制温度为650~750℃,压力为100~400torr,通入TMGa、NH₃、Cp₂Mg 和TMIIn,生长5~10nm的P型接触层。

[0105] 步骤211:控制温度为700~750℃,氮气气氛下进行5~10分钟的Mg活化。

[0106] 本发明实施例通过在多量子阱层上依次设置第一空穴注入层、电子阻挡层、第二空穴注入层,第一空穴注入层包括交替层叠的P型AlInGa_N层和P型InGa_N层,第二空穴注入层为间隔插入InN层的P型Ga_N层,形成第一空穴注入层和第二空穴注入层时通入的In源分解后的富In气氛,可以降低P型掺杂剂中Mg掺杂的激活能,提高第一空穴注入层和第二空穴注入层中的空穴浓度,提高多量子阱层中空穴和电子的辐射复合效率,提升发光二极管的发光效率。而且间隔插入InN层的P型Ga_N层中In作为表面活性剂,可以改善晶体质量,进一步起到提高空穴浓度的作用。另外,交替层叠的P型AlInGa_N层和P型InGa_N层,可以有效调节异质结能带,形成二维电子气,提高空穴的注入效率。

[0107] 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。

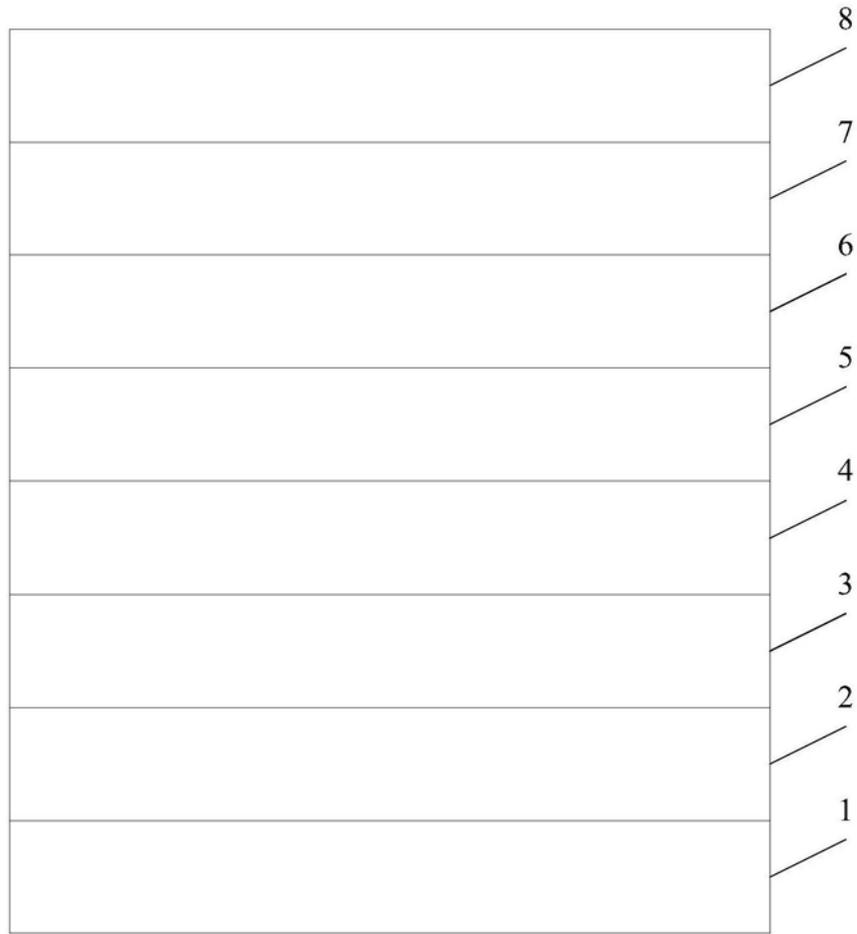


图1

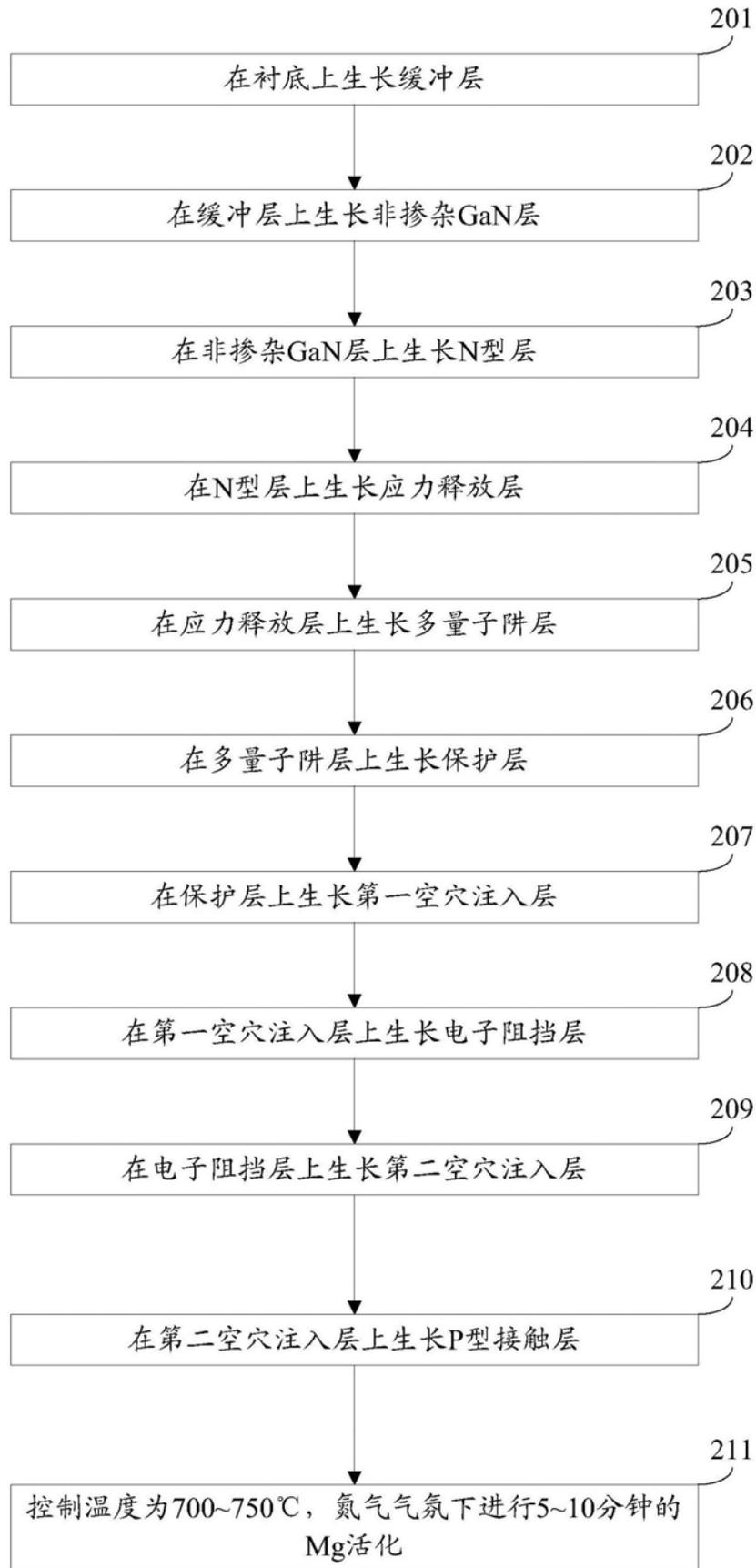


图2