



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106972083 A

(43)申请公布日 2017. 07. 21

(21)申请号 201710087360.3

(22)申请日 2017.02.17

(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
徐丰村(浙江四达工具有限公司内)

(72)发明人 吉亚莉 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 33/06(2010.01)

H01L 33/32(2010.01)

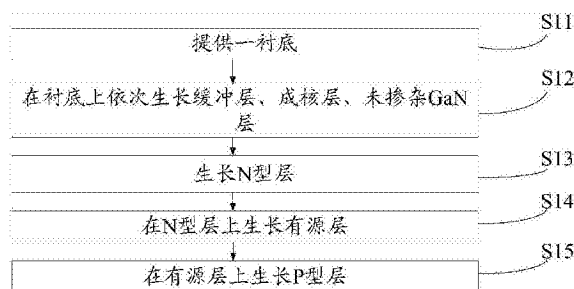
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种发光二极管的外延片的制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种发光二极管的外延片的制备方法,属于光电子技术领域。该制备方法包括提供一衬底,在衬底上依次生长缓冲层、成核层、未掺杂GaN层、N型层和有源层,其中,有源层采用下述方式生长:步骤1:停止向反应腔内通入三甲基镓,并向反应腔内通入三甲基镨,生长InGa_N量子阱层;步骤2:停止向反应腔内通入三甲基镨,并向反应腔内通入三甲基镓,生长Ga_N量子垒层;通过利用反应腔内生长N型层或量子垒层时剩余的三甲基镓生长量子阱层,由于在生长量子阱层时只补充了三甲基镨,因此可以提高量子阱层中的In的组分,从而提高电子和空穴在有源层中复合的比例,提高发光二极管的发光效率。



1. 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、成核层、未掺杂GaN层;
向反应腔内通入三甲基镓,生长N型层;
在所述N型层上生长有源层,其中,所述有源层采用下述方式生长:
步骤1:停止向所述反应腔内通入三甲基镓,并向所述反应腔内通入三甲基铟,生长InGaN量子阱层;
步骤2:停止向所述反应腔内通入三甲基铟,并向所述反应腔内通入三甲基镓,生长GaN量子垒层;
重复上述步骤1和步骤2,以在所述N型层上形成所述有源层;
在所述有源层上生长P型层。
2. 根据权利要求1所述的制备方法,其特征在于,所述停止向所述反应腔内通入三甲基铟,并向所述反应腔内通入三甲基镓,生长GaN量子垒层,包括:
停止向所述反应腔内通入三甲基铟,向所述反应腔内通入三甲基镓、N₂,在所述InGaN量子阱层上生长一层GaN盖层;
继续向所述反应腔内通入三甲基镓、N₂,同时通入H₂,在所述GaN盖层上生长一层GaN量子垒子层。
3. 根据权利要求2所述的制备方法,其特征在于,所述GaN盖层的生长温度低于生长在其上的所述GaN量子垒子层的生长温度。
4. 根据权利要求2所述的制备方法,其特征在于,在所述GaN盖层上生长所述GaN量子垒子层时,通入反应腔的H₂和N₂的物质的量之比为1:20~20:1。
5. 根据权利要求1~4任一项所述的制备方法,其特征在于,重复所述步骤1和所述步骤2的次数为8~20次。
6. 根据权利要求1~4任一项所述的制备方法,其特征在于,所述InGaN量子阱层的生长温度为620~750℃。
7. 根据权利要求1~4任一项所述的制备方法,其特征在于,所述GaN量子垒层的生长温度为700~900℃。
8. 根据权利要求1~4任一项所述的制备方法,其特征在于,在前n次生长所述GaN量子垒层时,所述制备方法还包括:
向所述反应腔内通入硅烷,其中n小于所述GaN量子垒层的总层数。
9. 根据权利要求1~4任一项所述的制备方法,其特征在于,所述InGaN量子阱层的生长厚度为0.5~5nm。
10. 根据权利要求1~4任一项所述的制备方法,其特征在于,所述GaN量子垒层的生长厚度为8~15nm。

一种发光二极管的外延片的制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光电子技术领域,特别涉及一种发光二极管的外延片的制备方法。

背景技术

[0002] 发光二极管(英文:Light Emitting Diode,简称:LED)作为光电子产业中极具影响力的新产品,具有体积小、使用寿命长、颜色丰富多彩、能耗低等特点,广泛应用于照明、显示屏、信号灯、背光源、玩具等领域。

[0003] 外延片的发光区域主要是有源层,当电子和空穴在有源层中复合时就会辐射出光线,而在有源层之外复合则不会辐射光线,因此,可以通过提高电子和空穴在有源层中复合的比例,来提高发光二极管的发光效率。

[0004] 目前所熟知的提高电子和空穴在有源层中复合的比例的方法主要是通过设置电子阻挡层,但是仅仅通过设置电子阻挡层仍不足以使发光二极管的发光效率满足各种场合的需要。

发明内容

[0005] 为了解决现有发光二极管的发光效率低的问题,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。所述技术方案如下:

[0006] 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:

[0007] 提供一衬底;

[0008] 在所述衬底上依次生长缓冲层、成核层、未掺杂GaN层;

[0009] 向反应腔内通入三甲基镓,生长N型层;

[0010] 在所述N型层上生长有源层,其中,所述有源层采用下述方式生长:

[0011] 步骤1:停止向所述反应腔内通入三甲基镓,并向所述反应腔内通入三甲基铟,生长InGaN量子阱层;

[0012] 步骤2:停止向所述反应腔内通入三甲基铟,并向所述反应腔内通入三甲基镓,生长GaN量子垒层;

[0013] 重复上述步骤1和步骤2,以在所述N型层上形成所述有源层;

[0014] 在所述有源层上生长P型层。

[0015] 优选地,所述停止向所述反应腔内通入三甲基铟,并向所述反应腔内通入三甲基镓,生长GaN量子垒层,包括:

[0016] 停止向所述反应腔内通入三甲基铟,向所述反应腔内通入三甲基镓、N₂,在所述InGaN量子阱层上生长一层GaN盖层;

[0017] 继续向所述反应腔内通入三甲基镓、N₂,同时通入H₂,在所述GaN盖层上生长一层GaN量子垒子层。

[0018] 优选地,GaN盖层的生长温度低于生长在其上的所述GaN量子垒子层的生长温度。

[0019] 进一步地,在所述GaN盖层上生长所述GaN量子垒子层时,通入反应腔的H₂和N₂的

物质的量之比为1:20~20:1。

[0020] 优选地,重复所述步骤1和所述步骤2的次数为8~20次。

[0021] 优选地,所述InGaN量子阱层的生长温度为620~750℃。

[0022] 优选地,所述GaN量子垒层的生长温度为700~900℃。

[0023] 进一步地,在前n次生长所述GaN量子垒层时,所述制备方法还包括:

[0024] 向所述反应腔内通入硅烷,其中n小于所述GaN量子垒层的总层数。

[0025] 优选地,所述InGaN量子阱层的生长厚度为0.5~5nm。

[0026] 可选地,所述GaN量子垒层的生长厚度为8~15nm。

[0027] 本发明实施例提供的技术方案带来的有益效果是:通过在衬底上依次生长缓冲层、成核层、未掺杂GaN层、N型层和有源层,其中,在生长有源层时,通过停止向反应腔内通入三甲基镓,并向反应腔内通入三甲基铟,利用反应腔内生长N型层或量子垒层时剩余的三甲基镓生长量子阱层,由于在生长量子阱层时只补充了三甲基铟,因此可以提高生长出的量子阱层中的In的组分,而量子阱层中In的组分越高,量子阱层对载流子的限制作用越强,从而可以提高电子和空穴在有源层中复合的比例,提高发光二极管的发光效率,同时由于利用了反应腔内剩余的三甲基镓,可以减少三甲基镓的消耗量,有利于降低生产成本。

附图说明

[0028] 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。

[0029] 图1是本发明实施例提供的一种发光二极管的外延片的制备方法的流程图;

[0030] 图2是本发明实施例提供的另一种发光二极管的外延片的制备方法的流程图;

[0031] 图3是现有的一种有源层的生长过程示意图;

[0032] 图4是本发明实施例提供的一种有源层的生长过程示意图。

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] 图1是本发明实施例提供的一种发光二极管的外延片的制备方法的流程图,如图1所示,该制备方法包括:

[0035] S11:提供一衬底。

[0036] S12:在衬底上依次生长缓冲层、成核层、未掺杂GaN层。

[0037] S13:向反应腔内通入三甲基镓,生长N型层。

[0038] S14:在N型层上生长有源层。

[0039] 具体地,步骤S14包括:

[0040] 步骤1:停止向反应腔内通入三甲基镓,并向反应腔内通入三甲基铟,生长InGaN量子阱层。

[0041] 步骤2:停止向反应腔内通入三甲基铟,并向反应腔内通入三甲基镓,生长GaN量子

垒层。

[0042] 重复上述步骤1和步骤2,以在N型层上形成有源层。

[0043] S15:在有源层上生长P型层。

[0044] 通过在衬底上依次生长缓冲层、成核层、未掺杂GaN层、N型层和有源层,其中,在生长有源层时,通过停止向反应腔内通入三甲基镓,并向反应腔内通入三甲基铟,利用反应腔内生长N型层或量子垒层时剩余的三甲基镓生长量子阱层,由于在生长量子阱层时只补充了三甲基铟,因此可以提高生长出的量子阱层中的In的组分,而量子阱层中In的组分越高,量子阱层对载流子的限制作用越强,从而可以提高电子和空穴在有源层中复合的比例,提高发光二极管的发光效率,同时由于利用了反应腔内剩余的三甲基镓,可以减少三甲基镓的消耗量,有利于降低生产成本。

[0045] 图2是本发明实施例提供的另一种发光二极管的外延片的制备方法的流程图,如图2所示,该制备方法包括:

[0046] S21:提供一衬底。

[0047] 实现时,该衬底可以是蓝宝石衬底,蓝宝石衬底是一种十分常见的衬底,制备工艺成熟,有利于降低生产成本。

[0048] 在步骤S21中,可以对蓝宝石衬底进行预处理。具体地,可以先将蓝宝石衬底加热至1060℃,再在氢气气氛里对蓝宝石衬底进行退火处理以及氮化处理10分钟。

[0049] S22:在衬底上生长AlN缓冲层。

[0050] 可选地,控制缓冲层的生长温度为600℃。

[0051] 实现时,可以将蓝宝石衬底置于PVD (Physical Vapor Deposition,物理气相沉积) 反应腔中,将反应腔的温度设置在600℃。

[0052] 可选地,在蓝宝石衬底上生长厚度为25nm的缓冲层,由于缓冲层没有掺杂,生长的缓冲层厚度过厚会增大外延片的正向电阻,使得正向电压升高,缩短外延片的寿命。

[0053] 优选地,步骤S22还可以包括:

[0054] 对缓冲层进行退火处理。

[0055] 具体地,将PVD反应腔的温度提高至1060℃进行退火,退火时间可以为5分钟。

[0056] S23:在AlN缓冲层上生长成核层。

[0057] 可选地,成核层的生长温度可以为1020℃。

[0058] 具体地,将生长有缓冲层的蓝宝石衬底置于MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition,金属有机化合物化学气相沉淀) 反应腔中,加热至1020℃,在纯氢气气氛中进行成核层的生长。

[0059] 可选地,成核层的生长压力可以为390~410torr。

[0060] 可选地,成核层的生长厚度可以为780~820nm。

[0061] S24:在成核层上生长未掺杂GaN层。

[0062] 可选地,未掺杂GaN层的生长温度可以为1100℃。

[0063] 可选地,未掺杂GaN层的生长压力可以为590~610torr。

[0064] 可选地,未掺杂GaN层的生长厚度可以为1μm。

[0065] S25:在未掺杂GaN层上生长N型层。

[0066] 可选地,N型层的生长速率可以为3.4μm/h,其生长厚度可以为2.5μm。

[0067] 实现时,调节反应腔的压力至100torr,向反应腔内持续通入TMGa(Trimethylgallium,三甲基镓),在氮氢混合气氛下生长N型层。

[0068] 可选地,氢气和氮气的物质的量之比为31:10~40:1。

[0069] S26:在N型层上生长有源层。

[0070] 具体地,有源层的生长包括多层InGaN量子阱层的生长和多层GaN量子垒层的生长。

[0071] 图3是现有的一种有源层的生长过程示意图,图4是本发明实施例提供的一种有源层的生长过程示意图,图中A区间表示N型层的生长,B区间表示InGaN量子阱层的生长,C区间表示GaN量子垒层的生长, Δt 表示升温或降温的过程,ON表示向反应腔通入对应的物质(TMGa或TMIn),OFF表示停止向反应腔通入对应的物质(TMGa或TMIn)。此处结合图4具体说明有源层的生长过程,需要说明的是,图4仅示出了3层InGaN量子阱层和GaN量子垒层的生长,并不表示该有源层一定只包括3层InGaN量子阱层和GaN量子垒层。

[0072] 实现时,InGaN量子阱层的生长可以包括:

[0073] 步骤1:停止向反应腔内通入TMGa,并向反应腔内持续通入TMIn(Trimethylindium,三甲基铟),生长InGaN量子阱层。

[0074] 可选地,InGaN量子阱层的生长温度可以为620~750℃。

[0075] 可选地,InGaN量子阱层的生长压力可以为300torr。

[0076] 优选地,InGaN量子阱层的生长厚度可以为0.5~5nm,若量子阱层的厚度太薄,则会降低对载流子的限制作用,若量子阱层太厚,则会由于极化效应导致发光效率降低。

[0077] 如图4所示,在完成N型层(或一层GaN量子垒层)的生长后,停止向反应腔内通入TMGa,同时降低反应腔温度至710℃,待反应腔的温度稳定至710℃后,开始持续通入TMIn,在氮气气氛下进行InGaN量子阱层的生长。

[0078] GaN量子垒层的生长可以包括:

[0079] 步骤2:停止向反应腔内通入TMIn,并向反应腔内通入TMGa,生长GaN量子垒层。

[0080] 可选地,GaN量子垒层的生长温度可以为700~900℃。

[0081] 可选地,GaN量子垒层的生长压力也可以为300torr,也可以大于或小于300torr。

[0082] 优选地,GaN量子垒层的生长厚度可以为8~15nm,量子垒层的厚度太薄或是太厚,都会出现载流子的泄漏,导致发光效率降低。

[0083] 如图4所示,在完成一层InGaN量子阱层的生长后,停止向反应腔内通入TMIn,开始持续通入TMGa,提高反应腔温度至850℃,待反应腔的温度稳定至850℃后,在氮氢混合气氛下进行GaN量子垒层的生长。

[0084] 进一步地,GaN量子垒层的生长可以包括GaN盖层的生长和GaN量子垒子层的生长。

[0085] 实现时,可以停止向反应腔内通入三甲基铟,向反应腔内通入三甲基镓、N₂,在InGaN量子阱层上生长一层GaN盖层;继续向反应腔内通入三甲基镓、N₂,同时通入H₂,再在GaN盖层上生长一层GaN量子垒子层。

[0086] 可选地,在GaN盖层上生长GaN量子垒子层时,通入反应腔的H₂和N₂的物质的量之比为1:20~20:1。

[0087] 实现时,GaN盖层的生长温度低于生长在其上的GaN量子垒子层的生长温度。

[0088] 具体地,可以在完成一层InGaN量子阱层的生长后,停止向反应腔内通入TMIn,开

始持续通入TMGa,在氢气气氛下生长GaN盖层,在完成GaN盖层的生长后,提高反应腔温度至850℃,待反应腔的温度稳定至850℃后,在氮氢混合气氛下进行GaN量子垒子层的生长。

[0089] 需要说明的是,图4中并没有示出GaN盖层的生长过程,。

[0090] 通过重复量子阱层和量子垒层的生长过程,以在N型层上形成有源层。

[0091] 可选地,重复步骤1和步骤2的次数为8~20次,从而可以形成8~20层的量子阱层和量子垒层。

[0092] 可选地,在前n次生长GaN量子垒层时,制备方法还包括:

[0093] 向反应腔内通入硅烷,其中n小于GaN量子垒层的总层数。例如一共有10层GaN量子垒层,前4层GaN量子垒层可以掺杂,后6层不掺杂,GaN量子垒层中适当的掺杂Si可有效降低LED的工作电压。

[0094] S27:在有源层上生长电子阻挡层。

[0095] 通过生长电子阻挡层可以减少电子和空穴在有源层外的复合,从而进一步提高发光二极管的发光效率。

[0096] 可选地,电子阻挡层的生长温度可以为900℃。

[0097] 可选地,电子阻挡层的生长厚度可以为70nm,生长速率可以为0.3μm/h。

[0098] 实现时,将反应腔加热至900℃,在氮气气氛下生长电子阻挡层。

[0099] S28:在电子阻挡层上生长P型层。

[0100] 可选地,P型层的生长温度可以为950℃。

[0101] 可选地,P型层的生长厚度可以为50nm。

[0102] 实现时,将反应腔加热至950℃,调节生长压力至200torr,向反应腔内通入TMGa,在氮氢混合气氛下生长P型层。

[0103] 对采用本发明实施例的制备方法制作的一种有源层包括10层InGaN量子阱层和10层GaN量子垒层的外延片进行清洗、镀膜、光刻等半导体工艺后,分割为4×5mm的LED芯片进行测试,其正向电压可以达到2.95V,电流为5mA,单颗LED芯片的输出功率为5.5mW,而现有技术生长的外延片,经过相同的芯片制程得到的单颗LED芯片的输出功率仅为4.5mW,输出功率提高了22.2%。

[0104] 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。

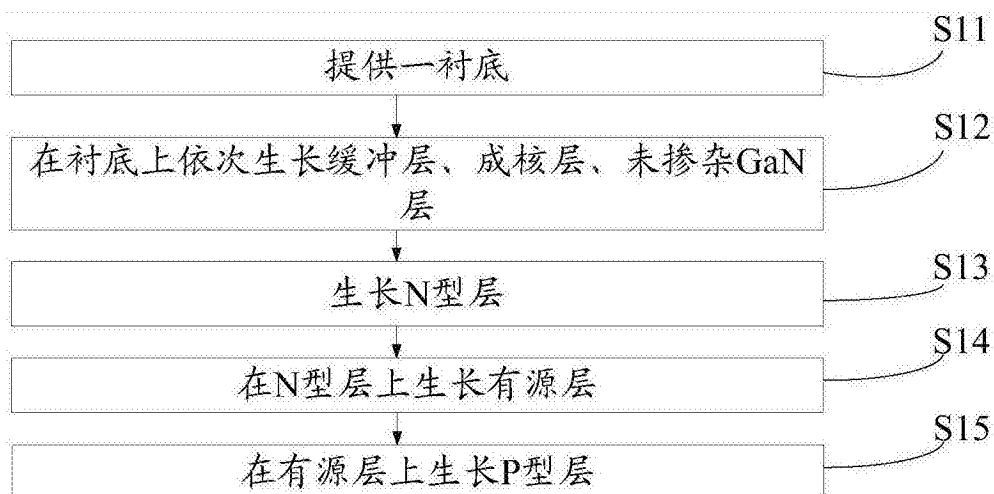


图1



图2

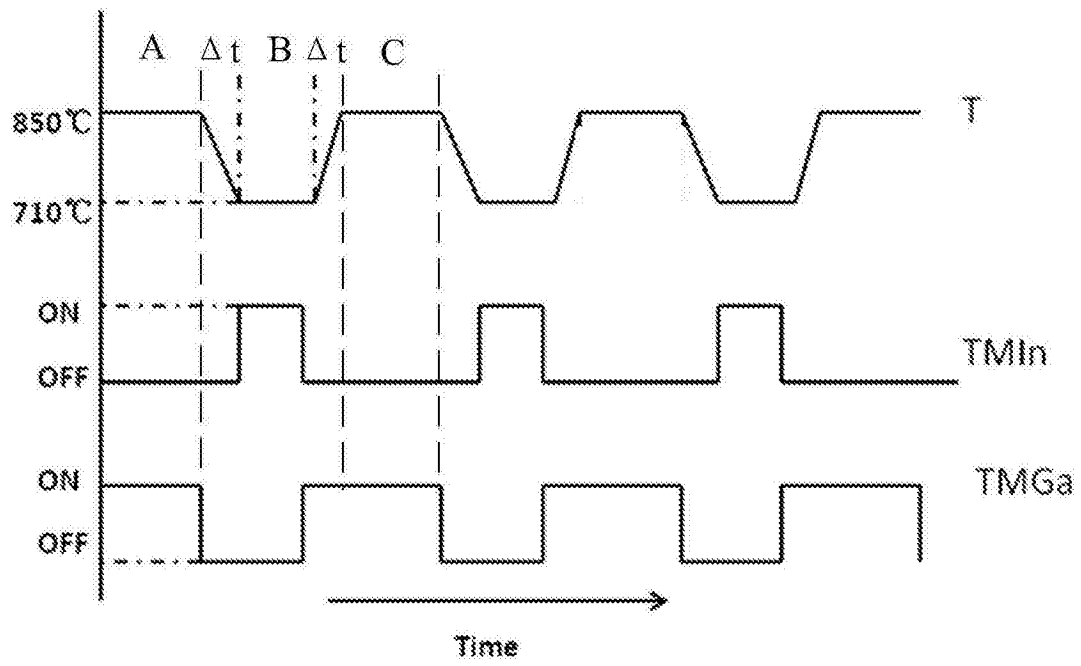


图3

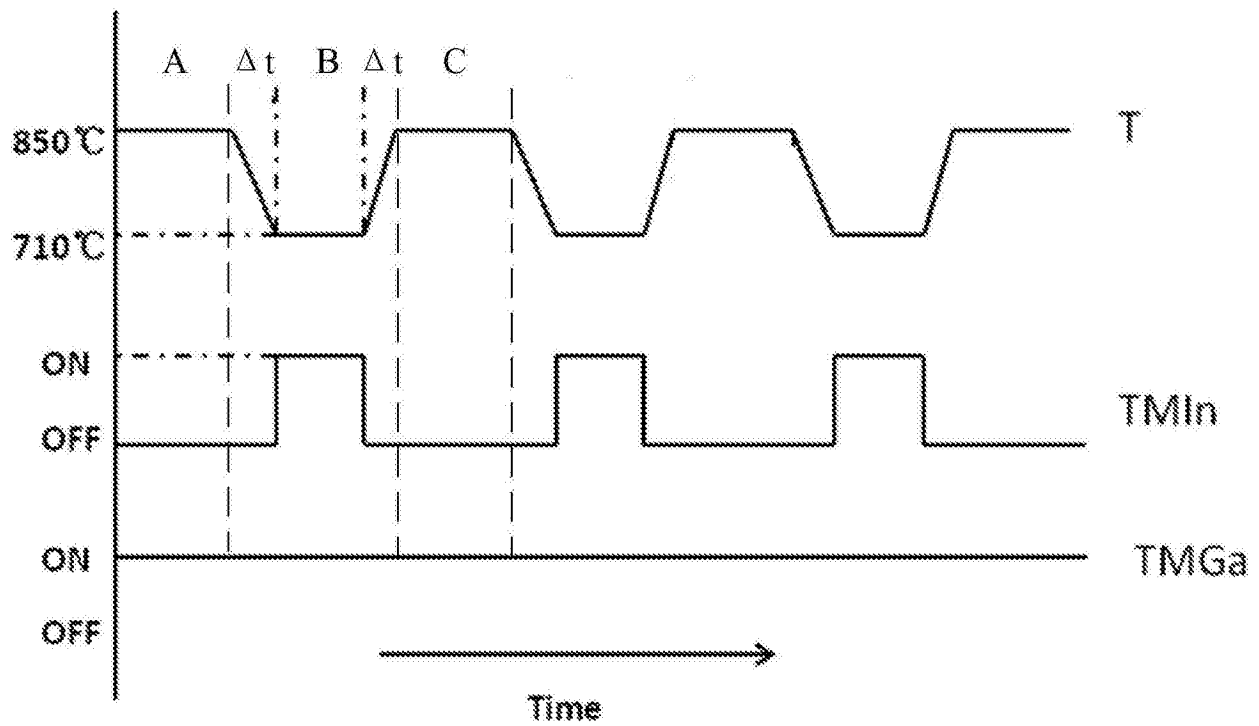


图4