



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113737145 A

(43) 申请公布日 2021.12.03

(21) 申请号 202111035728.4

(22) 申请日 2021.09.03

(71) 申请人 中国科学院半导体研究所

地址 100083 北京市海淀区清华东路甲35号

(72) 发明人 周代兵 赵玲娟 梁松 王圩

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 任岩

(51) Int. Cl.

G23C 14/35 (2006.01)

G23C 14/06 (2006.01)

G23C 14/10 (2006.01)

G23C 14/54 (2006.01)

H01S 5/028 (2006.01)

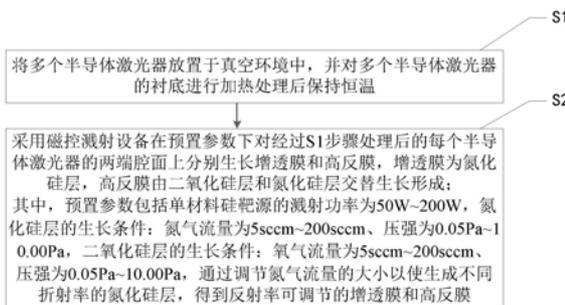
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法

(57) 摘要

本公开提供了一种反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法,包括:S1,将多个半导体激光器放置于真空环境中,并对多个半导体激光器的衬底进行加热处理后保持恒温;S2,采用磁控溅射设备在预置参数下对经过S1步骤处理后的每个半导体激光器的两端腔面上分别生长增透膜和高反膜,增透膜为氮化硅层,高反膜由二氧化硅层和氮化硅层交替生长形成;其中,预置参数包括单材料硅靶源的溅射功率为50W~200W,氮化硅层的生长条件:氮气流量为5sccm~200sccm、压强为0.05Pa~10.00Pa,二氧化硅层的生长条件:氧气流量为5sccm~200sccm、压强为0.05Pa~10.00Pa;通过调节氮气流量的大小以使生成不同折射率的氮化硅层,得到反射率可调节的增透膜和高反膜。



1. 一种反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法,其特征在于,包括:

S1,将多个半导体激光器放置于真空环境中,并对所述多个半导体激光器的衬底进行加热处理后保持恒温;

S2,采用磁控溅射设备在预置参数下对经过所述S1步骤处理后的每个半导体激光器的两端腔面上分别生长增透膜和高反膜,所述增透膜为氮化硅层,所述高反膜由二氧化硅层和氮化硅层交替生长形成;

其中,所述预置参数包括单材料硅靶源的溅射功率为50W~200W,所述氮化硅层的生长条件:氮气流量为5sccm~200sccm、压强为0.05Pa~10.00Pa,所述二氧化硅层的生长条件:氧气流量为5sccm~200sccm、压强为0.05Pa~10.00Pa;通过调节所述氮气流量的大小以使生成不同折射率的所述氮化硅层,得到反射率可调节的所述增透膜和所述高反膜。

2. 根据权利要求1所述的反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法,其特征在于,交替生长的所述二氧化硅层和所述氮化硅层的对数与其形成的所述高反膜的反射率呈正相关。

3. 根据权利要求1所述的反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法,其特征在于,所述二氧化硅层和所述氮化硅层的层厚d满足以下关系:

$$d = \frac{\lambda}{4n}$$

其中, $\lambda$ 表示每个半导体激光器的激射波长; $n$ 表示每个半导体激光器的等效折射率。

4. 根据权利要求1所述的反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法,其特征在于,所述磁控溅射设备还包括离子源,所述离子源用于增强反应离子的能量和方向性。

5. 根据权利要求1所述的反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法,其特征在于,所述将多个半导体激光器放置于真空环境中,包括:

将所述多个半导体激光器排列整齐地装入镀膜夹具中,并水平置于所述磁控溅射设备中;

将所述磁控溅射设备进行抽真空处理,以使所述多个半导体激光器放置于真空环境中。

6. 根据权利要求5所述的反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法,其特征在于,所述真空环境的真空度小于 $1 \times 10^{-1}$ 帕斯卡。

7. 根据权利要求1所述的反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法,其特征在于,所述恒温为 $25^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 。

8. 根据权利要求1所述的反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法,其特征在于,在膜层沉积过程中,所述氮气还可以为氮气和氩气的混合气体。

9. 根据权利要求1所述的反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法,其特征在于,所述将多个半导体激光器放置于真空环境中之前,该方法还包括:

将周期性的半导体激光器进行解理处理,得到所述多个半导体激光器。

10. 根据权利要求1所述的反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法,其特征在于,所述每个半导体激光器的两端腔面为激光器的出光面和位于所述出光面对面的反射面,在所述出光面上生长所述增透膜,在所述反射面上生长所述高反膜。

## 一种反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法

### 技术领域

[0001] 本公开涉及半导体光电子器件领域,具体涉及一种反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法。

### 背景技术

[0002] 半导体激光器的两个端面需要分别镀制增透膜和高反膜,同时由于半导体激光器的种类繁多,不同种类的半导体激光器激光波长和折射率不同,而自然界可选的镀膜材料又非常有限,所以给端面镀膜带来很大的困难和挑战。常规的做法是根据半导体激光器的激光波长和折射率,选用两种或者两种以上的镀膜材料,通过多层膜系设计,进行镀膜。常用的镀膜方法有:电子束蒸发、等离子体增强化学的气相沉积法和磁控溅射等。

[0003] 电子束蒸发的缺点为蒸发过程中,由于干锅内材料间隙的不均性,容易在半导体激光器端面产生颗粒状缺陷,这些缺陷使得半导体激光器端面的抗激光损伤能力大大降低,影响激光器的可靠性。等离子体增强化学的气相沉积的优点是能够灵活控制反应生成薄膜的成分和折射率,精确地得到所需的反射率膜层;缺点是等离子场的能量和方向性不足够强,反应生成的膜层致密性差,抗激光损伤能力差。磁控溅射的方法溅射两种后者两种以上的材料进行半导体激光器腔面膜层的制备,由于溅射的材料折射率固定,所以不能满足某些波长或者折射率的激光器材料所需的反射率。

### 发明内容

[0004] 为解决现有技术中存在的问题,本公开实施例提供一种反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法,利用单材料硅靶源,通过改变氮气的流量,加以离子源增强反应离子的能量和方向性,能够制备出满足半导体激光器腔面膜层所需的可变的折射率氮化硅材料,灵活镀制出满足不同激光波长和折射率半导体激光器所需的膜层。

[0005] 本公开提供了一种反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法,包括:S1,将多个半导体激光器放置于真空环境中,并对多个半导体激光器的衬底进行加热处理后保持恒温;S2,采用磁控溅射设备在预置参数下对经过所述S1步骤处理后的每个半导体激光器的两端腔面上分别生长增透膜和高反膜,增透膜为氮化硅层,高反膜由二氧化硅层和氮化硅层交替生长形成;其中,预置参数包括单材料硅靶源的溅射功率为50W~200W,氮化硅层的生长条件:氮气流量为5sccm~200sccm、压强为0.05Pa~10.00Pa,二氧化硅层的生长条件:氧气流量为5sccm~200sccm、压强为0.05Pa~10.00Pa;通过调节氮气流量的大小以使生成不同折射率的氮化硅层,得到反射率可调节的增透膜和高反膜。

[0006] 进一步地,交替生长的二氧化硅层和氮化硅层的对数与其形成的高反膜的反射率呈正相关。

[0007] 进一步地,二氧化硅层和所述氮化硅层的层厚d满足以下关系:

$$[0008] \quad d = \frac{\lambda}{4n}$$

[0009] 其中, $\lambda$ 表示每个半导体激光器的激射波长; $n$ 表示每个半导体激光器的等效折射率。

[0010] 进一步地,磁控溅射设备还包括离子源,离子源用于增强反应离子的能量和方向性。

[0011] 进一步地,将多个半导体激光器放置于真空环境中,包括:将多个半导体激光器排列整齐地装入镀膜夹具中,并水平置于磁控溅射设备中;将磁控溅射设备进行抽真空处理,以使多个半导体激光器放置于真空环境中。

[0012] 进一步地,真空环境的真空度小于 $1 \times 10^{-1}$ 帕斯卡。

[0013] 进一步地,恒温为 $25^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 。

[0014] 进一步地,在膜层沉积过程中,所述氮气还可以为氮气和氩气的混合气体。

[0015] 进一步地,将多个半导体激光器放置于真空环境中之前,该方法还包括:将周期性的半导体激光器进行解理处理,得到所述多个半导体激光器。

[0016] 进一步地,每个半导体激光器的两端腔面为激光器的出光面和位于所述出光面对面的反射面,在所述出光面上生长所述增透膜,在所述反射面上生长所述高反膜。

[0017] 本公开提供了一种反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法,利用单材料硅靶源,通过改变氮气和氧气的流量,加以离子源增强反应离子的能量和方向性,能够制备出满足半导体激光器腔面膜层所需的可变的折射率材料,灵活镀制出满足不同激射波长和折射率半导体激光器所需的膜层。该方法制备具有材料简单、折射率可控、膜层抗激光损伤效果好等优势。

## 附图说明

[0018] 为了更完整地理解本公开及其优势,现在将参考结合附图的以下描述,其中:

[0019] 图1示意性示出了根据本公开一实施例的反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法的流程图;

[0020] 图2示意性示出了根据本公开另一实施例的反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法的流程图。

## 具体实施方式

[0021] 以下,将参照附图来描述本公开的实施例。但是应该理解,这些描述只是示例性的,而并非要限制本公开的范围。在下面的详细描述中,为便于解释,阐述了许多具体的细节以提供对本公开实施例的全面理解。然而,明显地,一个或多个实施例在没有这些具体细节的情况下也可以被实施。此外,在以下说明中,省略了对公知结构和技术的描述,以避免不必要地混淆本公开的概念。

[0022] 在此使用的术语仅仅是为了描述具体实施例,而并非意在限制本公开。在此使用的术语“包括”、“包含”等表明了所述特征、步骤、操作和/或部件的存在,但是并不排除存在或添加一个或多个其他特征、步骤、操作或部件。

[0023] 在此使用的所有术语(包括技术和科学术语)具有本领域技术人员通常所理解的含义,除非另外定义。应注意,这里使用的术语应解释为具有与本说明书的上下文相一致的含义,而不应以理想化或过于刻板的方式来解释。

[0024] 图1示意性示出了根据本公开实施例的反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法的流程图。如图1所示,该方法包括:

[0025] S1,将多个半导体激光器放置于真空环境中,并对多个半导体激光器的衬底进行加热处理后保持恒温。

[0026] S2,采用磁控溅射设备在预置参数下对经过所述S1步骤处理后的每个半导体激光器的两端腔面上分别生长增透膜和高反膜,所述增透膜为氮化硅层,所述高反膜由二氧化硅层和氮化硅层交替生长形成。

[0027] 其中,该预置参数包括单材料硅靶源的溅射功率为50W~200W,所述氮化硅层的生长条件:氮气流量为5sccm~200sccm、压强为0.05Pa~10.00Pa,所述二氧化硅层的生长条件:氧气流量为5sccm~200sccm、压强为0.05Pa~10.00Pa;通过调节氮气流量的大小以使生成不同折射率的氮化硅层,得到反射率可调节的所述增透膜和所述高反膜。

[0028] 根据本公开的实施例,交替生长的二氧化硅层和氮化硅层的对数与其形成的高反膜的反射率呈正相关,即交替生长的二氧化硅层和氮化硅层的对数越多,对应的高反膜的反射率越大。以及,二氧化硅层和氮化硅层的层厚d满足以下关系:

$$[0029] \quad d = \frac{\lambda}{4n}$$

[0030] 其中, $\lambda$ 表示每个半导体激光器的激光波长; $n$ 表示每个半导体激光器的等效折射率。本公开提供的方法根据半导体激光器要求的反射率、激光波长和等效折射率,可计算得到氮化硅层的折射率以及氮化硅层和二氧化硅的层厚和对数,然后通过调控氮气流量即可得到相应的氮化硅的折射率,进而制备出所需要的反射率的膜层,所需不同折射率的氮化硅可通过调节氮化硅中氮元素的含量而得到。该方法可满足不同激光波长和折射率的半导体激光器腔面所需的膜层镀制。

[0031] 优选地,为增强反应离子的能量和方向性,本实施例中还可为磁控溅射设备装配离子源,以使在膜层沉积过程中加入离子源,增强反应离子的能量和方向性,提高膜层沉积的性能及降低膜层的损耗。需说明的是,该离子源可以为射频离子源、阴极离子源等,本公开对此不做限定。

[0032] 根据本公开的实施例,将多个半导体激光器放置于真空环境中,具体包括:将多个半导体激光器排列整齐地装入镀膜夹具中,并水平置于磁控溅射设备中;将磁控溅射设备进行抽真空处理,以使多个半导体激光器放置于真空环境中。优选地,真空环境的真空度小于 $1 \times 10^{-1}$ 帕斯卡。在真空处理后,并对多个半导体激光器的衬底进行加热处理后保持恒温,该恒温范围优选控制在 $25^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 。

[0033] 根据本公开的实施例,在膜层沉积过程中,在沉积氮化硅层时使用的氮气还可以为氮气和氩气的混合气体,对氮气和氩气的混合比例可根据实际应用需求进行调整,本公开的实施例对此不做限定。

[0034] 根据本公开的实施例,将多个半导体激光器放置于真空环境中之前,该方法还包括:将周期性的半导体激光器进行解理处理,得到多个半导体激光器,该步骤用于使每个半导体激光器的两端腔面暴露出来,以使用于后续在端面上镀膜步骤。

[0035] 本公开的实施例中,每个半导体激光器的两端腔面分别为激光器的出光面和位于出光面对面的反射面,其中,在出光面上生长增透膜,以使加强激光器输出光的透射;在反

射面上生长高反膜,以使增强反射至反射面上的光的反射效率,提高激光器的性能。

[0036] 根据本公开的实施例,上述磁控溅射设备的工作参数,如单材料硅靶源的溅射功率、氮化硅层的生长条件、二氧化硅层的生长条件等工作参数,可通过设备控制程序实现对磁控溅射设备的控制,例如可通过上位机实现对设备的工作参数的智能控制,以使设备在预置参数下实现膜层高效率且精准地镀制。

[0037] 需说明的是,本公开的实施例提供的设备参数,未提到的其他参数采用现有技术中常用参数即可,本公开的实施例不再详细一一赘述。另外,上述参数为最优选的实验参数,并不代表在实际应用过程中,其不可以为其他范围参数的替换。

[0038] 下面结合具体实施例对本公开提供的反射率可调节的半导体膜的制备方法进行详细说明,下列实施例仅为可以本公开实施例的方法流程的示例,以帮助本领域技术人员理解本公开的技术内容,但并不意味着本公开实施例不可以采用其他设备或参数的替换。

[0039] 实施例1

[0040] 如图2所示,该反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法,具体包括:

[0041] S201,将周期性的半导体激光器进行解理处理,得到多个半导体激光器。

[0042] S201,将多个半导体激光器排列整齐地装入镀膜夹具中,并水平置于磁控溅射设备中。

[0043] S203,将磁控溅射设备进行抽真空处理,以使多个半导体激光器放置于真空环境中,真空环境的真空度保持小于 $1 \times 10^{-1}$ 帕斯卡。

[0044] S204,对每个半导体激光器的衬底进行加热处理,加热后的温度保持在 $300^{\circ}\text{C}$ 。

[0045] S205,通过磁控溅射设备的软件控制系统,设定单材料硅靶源的溅射概率为200W,氮化硅层的生长条件:氮气流量为50sccm、压强为0.5Pa,二氧化硅层的生长条件:氧气流量为50sccm、压强为0.5Pa;其他参数与常规技术保持一致即可。

[0046] S206,根据S205设置的阈值参数下在每个半导体激光器的两端腔面上分别生长由氮化硅层形成的增透膜和由二氧化硅层和氮化硅层交替生长形成的高反膜。

[0047] 其中,该两端腔面为对立面,分别为激光器的出光面和反射面,出光面上生长增透膜,在反射面上生长高反膜。本实施例中,以1310nm的半导体激光器为例,其等效折射率为3.25,氮化硅膜的折射率为1.80,其中,增透膜由单层的氮化硅层构成,通过改变氮气流量,生成折射率为1.80的氮化硅薄膜,厚度为181.94nm,可实现其透射率小于0.1%;高反膜由5对二氧化硅层和氮化硅层交替生长形成,每层氮化硅和二氧化硅膜的层厚分别为181.94nm和226.36nm,其实现的半导体激光器腔面镀膜的反射率大于85%。

[0048] 实施例2

[0049] 本实施例与实施例1的方法流程保持一致,区别在于:氮化硅层的生长条件为:氮气流量为50sccm、压强为0.4Pa,二氧化硅层的生长条件为:氧气流量为50sccm、压强为0.4Pa,设备其他阈值参数与实施例1保持一致。本实施例中,以1550nm的半导体激光器为例,其等效折射率为3.2,其中,增透膜由单层的氮化硅层构成,通过改变氮气流量,生成折射率为1.79的氮化硅薄膜,厚度为216.48nm,可实现透射率小于0.1%,高反膜由5对二氧化硅层和氮化硅层交替生长形成,每层氮化硅和二氧化硅膜的层厚分别为216.48nm和268.35nm,其实现的半导体激光器腔面镀膜的反射率大于85%。

[0050] 通过上述实施例表明,在优选的预置参数内,按照本公开提供的方法镀制的膜层,

均可实现半导体激光器的反射面具有较高的反射率,实现的半导体激光器的反射率高于80%;且根据上述实施例可看出,基于本方法可实现满足不同激射波长和折射率半导体激光器所需的膜层。本公开实施例提供的反射率可调节的半导体激光器腔面膜的制备方法,该方法制备具有材料简单、反射率可控、膜层抗激光损伤效果好等优势。

[0051] 本领域技术人员可以理解,本公开的各个实施例和/或权利要求中记载的特征可以进行多种组合和/或结合,即使这样的组合或结合没有明确记载于本公开中。特别地,在不脱离本公开精神和教导的情况下,本公开的各个实施例和/或权利要求中记载的特征可以进行多种组合和/或结合。所有这些组合和/或结合均落入本公开的范围。

[0052] 尽管已经参照本公开的特定示例性实施例示出并描述了本公开,但是本领域技术人员应该理解,在不背离所附权利要求及其等同物限定的本公开的精神和范围的情况下,可以对本公开进行形式和细节上的多种改变。因此,本公开的范围不应该限于上述实施例,而是应该不仅由所附权利要求来进行确定,还由所附权利要求的等同物来进行限定。

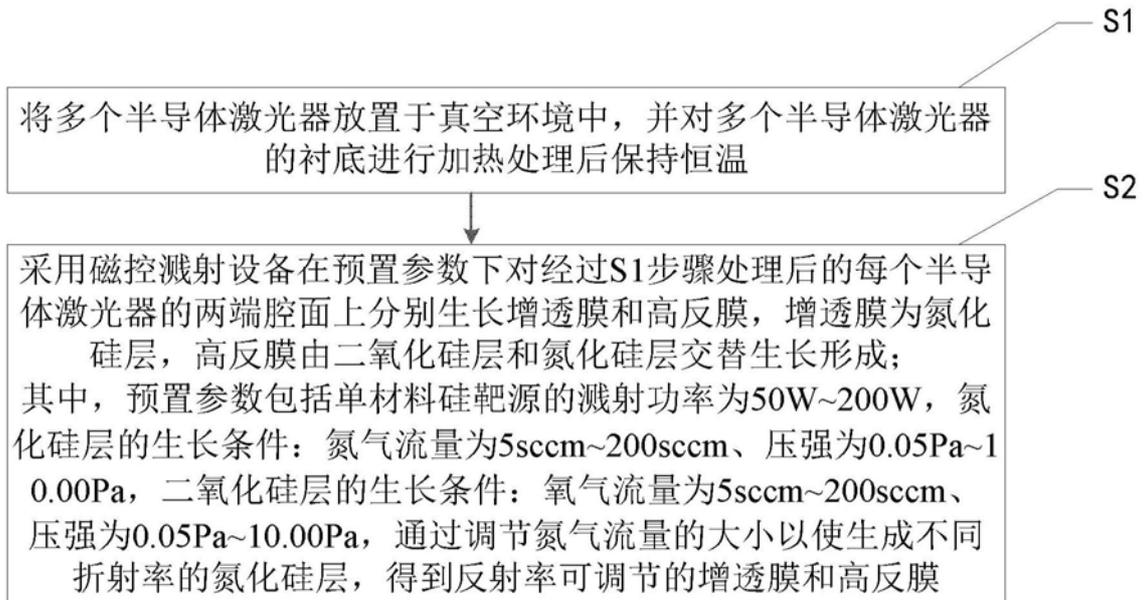


图1

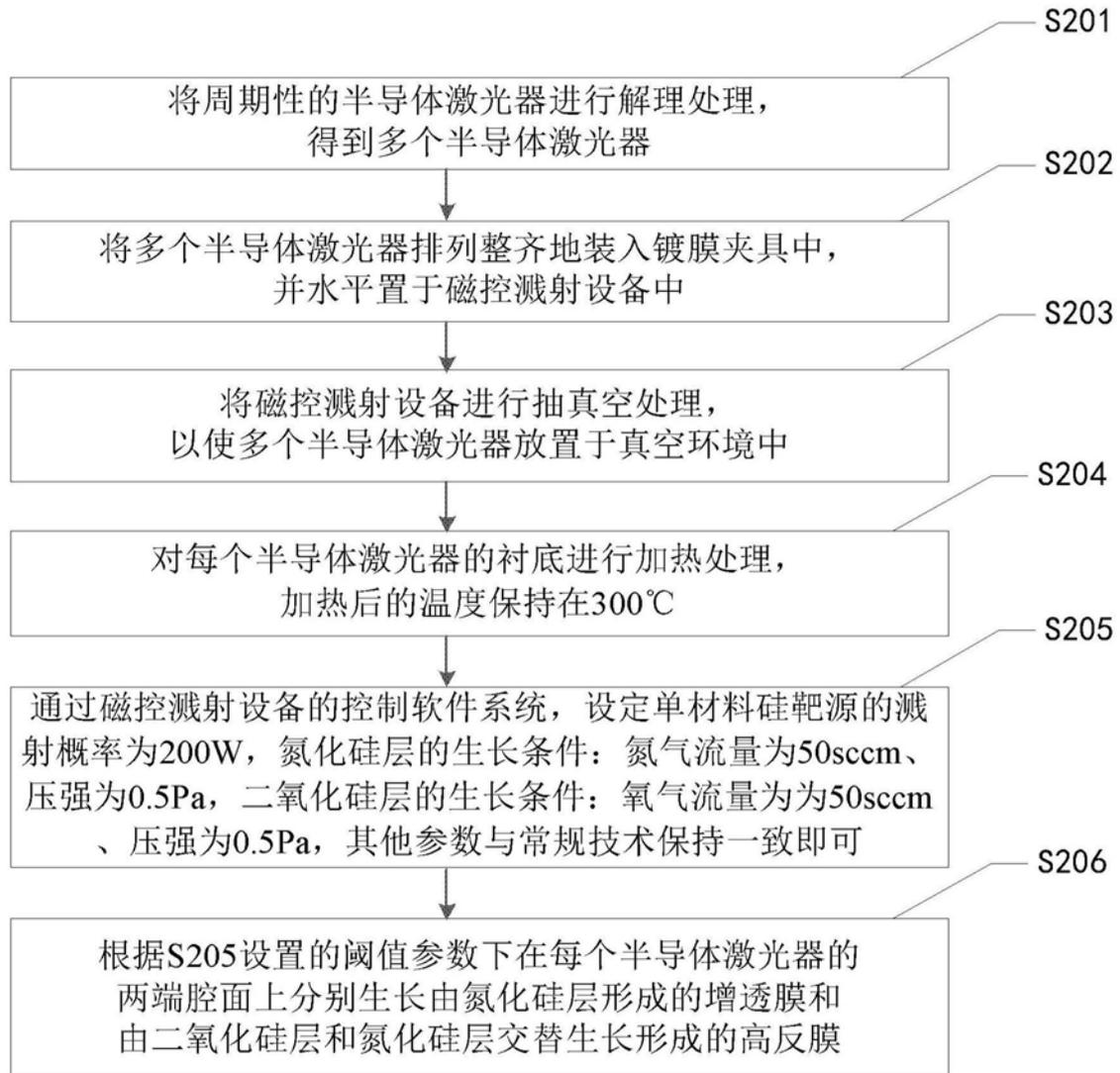


图2