



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111069188 B

(45) 授权公告日 2021.09.14

(21) 申请号 201910976570.7

(22) 申请日 2019.10.15

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111069188 A

(43) 申请公布日 2020.04.28

(30) 优先权数据  
62/747,290 2018.10.18 US

(73) 专利权人 汉辰科技股份有限公司  
地址 中国台湾新竹市新竹科学工业园区研  
新一路18号5楼

(72) 发明人 苏义翔 史蒂芬·R·瓦尔特  
黄启铭 吴志强

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公  
司 31100

代理人 徐伟

(51) Int.Cl.

B08B 7/04 (2006.01)

B08B 7/00 (2006.01)

H01J 37/317 (2006.01)

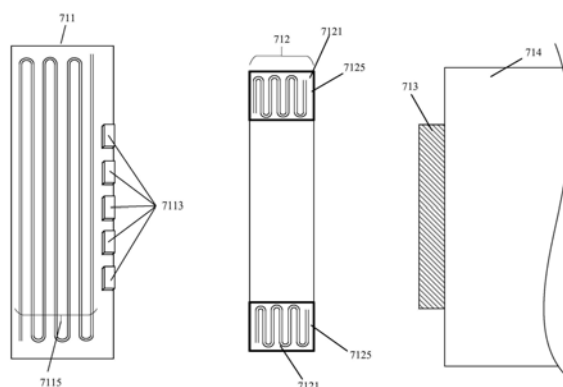
审查员 魏亚静

### (54) 发明名称

离子布植机内部的氟化表面的清理

### (57) 摘要

本发明提出三种方式来处理氟化表面,其为离子布植机内部不可忽略的问题,并且在低能量含氟离子束被布植到碳表面及/或硅表面时会变得更严重。第一,引导氢气及/或含氢离子(原子的及/或分子的)到含氟表面,藉以使得氟键结被氢键结所取代,并进而让含氟颗粒被移除。第二,布植硼离子束(特别是具有清洁配方的硼离子束)到氟化表面,藉以使得含氟颗粒被移除。第三,调整(通常是加热)氟化表面的温度到一个温度范围,藉以使得氟键结被弱化而使得这些含氟颗粒容易被挥发而被移除。可选择地,这些含氟颗粒可以连续地、交替地或弹性地被抽真空移除。



1. 一种清理离子布植机内部氟化表面的装置,其特征在于,包含:

一加热光源总成,位于真空反应室背面的外部,其面向真空反应室的一侧存在一或多个光源,并且在其内部存在冷却水管道;

一窗户总成,嵌入在真空反应室背面的腔壁,包含:

一玻璃;

一金属框架,环绕与固定住玻璃;以及

一冷却水管道,位于金属框架内部,

在此,玻璃的一侧面对加热光源总成的一或多个光源,而相对的一侧面对位于真空反应室内的一或多个内部元件相对于所述氟化表面的背面。

2. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,更包含至少下列之一:

加热光源总成直接接触到金属框架;以及

加热光源总成包括一金属平板,而光源与冷却水管道分别位于金属平板相对的两侧。

3. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,加热光源总成的光源选自下列之一:红外线灯、紫外线灯、可见光灯、热电丝、激光、能够发出电磁辐射的光源及其任意组合。

4. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,窗户总成的玻璃选自下列之一:二氧化硅玻璃、石英玻璃及其任意组合。

5. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,更包含下列之一:

加热光源总成的冷却水管道与窗户总成的冷却水管道连接到相同的冷却水供应系统;以及

冷却灯总成的冷却水管道与窗户总成的冷却水管道连接到不同的冷却水供应系统。

6. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,更包含至少下列之一:

加热光源总成的冷却水管道均匀地分布在加热光源总成的光源所在表面的另一侧;以及

窗户总成的冷却水管道均匀地环绕整个玻璃。

7. 如权利要求1所述的装置,其特征在于,内部元件为法拉第杯用以接收离子束的石墨平板。

## 离子布植机内部的氟化表面的清理

### 技术领域

[0001] 本发明有关于离子布植机内部的氟化表面的清理,特别是有关于自离子布植机的内部元件的氟化表面将氟移除的装置与方法。

### 背景技术

[0002] 氟是常用的离子布植元素,但也会强烈地蚀刻离子布植机的内部元件并进而导致颗粒控制问题。内部元件包括但不限于下列项目:法拉第杯(Faraday cup)、吸盘(chuck)、孔隙(aperture)、电极、磁铁和质量分析器(mass analyzer)。特别地,在以碳及/或硅为材料的内部元件,特别是以碳及/或硅为其表面的材料的内部元件,氟化表面会更为严重,这是由于碳(特别是石墨)与硅被广泛地使用在离子布植机的内部来达成极度少量的金属污染,这也是因为氟跟碳及/或硅之间会高度反应并产生挥发物。特别地,在内部元件由碳或硅所形成并且低能量含氟离子束被使用时,含氟挥发物的形成会更严重。举例来说,能量不高于1Kev的含氟离子束可以导致颗粒控制的快速失控,相对于其他离子束的颗粒控制失控快上不少。一个理由是极低能量离子束会将其作用集中在被布植表面,而不像是单纯的布植。另一个理由是100eV到1000eV正是反应式离子蚀刻(reactive ion etch)的工作范围。一般来说,蚀刻效应较会发生在蚀刻底材时常有的高温,并也相关连到高离子束能量程度。相对地,在较低温度与低离子束能量,氟化表面(像是氟化物薄膜)的形成倾向发生在氟离子与碳原子相互结合并且被碳-氟键所固定住的表面。需要注意的是在被配置来创造磁场及/或电场的一些内部元件的表面上,氟化材料的形成明显地小于其他内部元件的表面的氟化材料的形成,这是因为磁场及/或电场的存在会改变带电颗粒的轨迹并且进而减少能和如此内部元件相互化学作用的含氟颗粒的数目,特别是当磁场及/或电场的强度足够强时。也就是说,如果大多数的内部元件是由石墨所制造,形成在质量分析器、配置来调整轮廓与弯曲离子束的电极与磁铁上碳-氟薄膜会相当的少,但是形成在孔隙、法拉第杯与吸盘上的会很明显。

[0003] 目前,有三种商业化方法被用来清理离子布植机内部的氟化表面。第一种方法,破真空并且处理氟化表面。换句话说,离子布植机的平常运作被暂停,藉以使得具有氟化表面的内部元件被取代或是被清理,然后在真空还境恢复后便可以再执行离子布植机的平常运作。第二种方法,植基于清洁配方的离子束。举例来说,植基于惰性气体或布植配方(像是植基于砷化氢或磷化氢的气体)的离子束被应用来执行离子布植,藉以使得氟化表面被布植与被改善。第三种方法,离子布植机的多重运作。在这个方法,植基于不同离子的不同离子束被接续地应用来执行离子布植,藉以使得氟化表面的负面作用可以被极小化。

[0004] 尽管如此,所有目前的商业化方法都有显着的缺点。第一种方法会导致破真空所需要的较多停机时间(downtime)以及取代/清理内部元件所需要的较高成本。第二种方法的效果不佳(有效时间较短)并且在布植基于清洁配方的离子束时仍然需要不少的停机时间。第三种方法的效果有限并且不容易实现,这是因为其冲击了离子布植机怎样被应用(在许多情况下并不可行)。

[0005] 综上所述,有需要提供新的解决方式来清理离子布植机内部的氟化表面,特别是从由碳及/或硅所形成的内部元件移除氟化物。

## 发明内容

[0006] 本发明提出三种方式来清理离子布植机的内部元件的氟化表面。简单来说,第一个方式使用氢来与氟化表面相互反应,藉以使得氟化物可以被挥发。举例来说,当内部元件是由石墨所形成,由于碳-氢键的强度强于碳-氟键,碳-氟键会被氢-氟键所取代。第二个方式使用硼离子束来布植氟化表面,藉以使得含氟颗粒可以被排除。而第三个方式使用温度控制,藉以使得氟化表面的温度范围让含氟颗粒容易被挥发。不论是哪一种方式,自内部元件被移除的含氟颗粒都可以通过抽真空或其他方式自离子布植机被移除。

[0007] 第一种方式使用氢基础化学(hydrogen bases chemistry)来清除(scavenge)内部元件表面上的氟,藉以减少或甚至消除由于氟的高化学活性所引发的蚀刻及/或损害。通常,在离子布植机内部,大多数的内部元件是由石墨所制作的。在此,氢键的高强度被用来绑住氟原子或含氟颗粒,而且氢-氟键的强度是明显强于碳-氟键的强度。这个方式的实现可以通过引导氢原子(或说含氢颗粒)到氟化表面来清除氟。需要注意的是这个方式并不限制氢原子(或说含氢颗粒)的来源,也并不限制那些内部元件可以被清理。除此之外,被引导的氢原子(或说含氢颗粒)的能量最好是低到足以阻止被引导的氢原子(或说含氢颗粒)深入到形成于内部元件上的氟化材料的内部。举例来说,具有大量的含氢离子(原子的或分子的)的离子束可以被用来清理先前被含氟离子束布植过的内部元件。举例来说,运作包含氢基材料的混合物的等离子枪(plasma flood gun)可以发射氢原子(或说含氢颗粒)到附近的内部元件,甚至等离子枪可以被弹性地放置在任何需要被清理的内部元件的附近。如此方式的优点是等离子枪创造了在表面上更具有反应性的原子状的氢离子,而且这些离子可以抵达到不邻近离子束途径而无法被使用离子束的方法所清理的表面。简言之,这个清理离子布植机内部氟化表面的方式,是先在离子布植机内部提供含氢颗粒来源,然后将大量含氢颗粒自含氢颗粒来源传送到具有氟化表面的至少一内部元件,藉以使得这些含氢离子束可以被引导到氟化表面。

[0008] 第二种方式使用含硼颗粒的离子束与氟化表面二者间的相互作用,藉以改善存在于内部元件表面部分的氟键所引发的缺陷。通常,任何可及的气态材料都可以被用来维持提供含硼离子束的电浆。举例来说,藉由参照实验结果,使用清洁配方的硼离子束可以有效地移除形成在内部元件上的碳-氟薄膜,在此清洁配方为能量1Kev到40Kev之间并且电流为5微安培,在此内部元件的温度可以在一到数分钟内被加热到大约摄氏250度到摄氏300度。因此,氟与碳的组合物可以被硼给有效地取代,而使得氟被自内部元件给清除。换言之,这个清理离子布植机内部氟化表面的方式,是先在离子布植机内部提供含硼离子束的离子束来源,然后将含硼离子束自离子束来源传送到具有氟化表面的内部元件,藉以使得含硼离子束可以被引导到氟化表面。

[0009] 第三种方式使用内部元件的温度调节,藉以弱化在离子布植机执行使用含氟离子束的离子布植时产生在内部元件的氟化表面上的氟键,并进而使得含氟颗粒可以被挥发。特别地,当这个方式与一或二个前述方式被同时地执行时则会更为有利,因为氟化表面的温度被调整到加速氟化材料与氢原子(或含氢颗粒)及/或硼原子(或含硼颗粒)彼此间的反

应速率。相似地,这个方式并不限制内部元件是如何地被加热,或甚至被冷却。举例来说,这个方式可以使用接触式加热或接触式冷却,像是与内部元件直接接触的电热器、直接流经内部元件的电流或者是直接流经内部元件内部的加热/冷却流体,而也可以使用非接触式加热或非接触式冷却,像是远红外线灯或者是邻近于内部元件的冷拟板(chilling plate)。简言之,这个清理离子布植机内部氟化表面的方式,是先提供温度调节装置,在此温度调节装置对应到离子布植机的至少一内部元件,然后再使用温度调节装置来调节内部元件的温度,藉以让内部元件的含氟表面的氟化材料被挥发。

[0010] 附带地,使用一或多个装置来监测这些方式的效能是有利的,像是使用现有的真空计(vacuum gauge)或是附带的传感器。举例来说,剩余气体分析(residual gas analysis,RGA)是适合的,因为其可以监测因为使用这些方式而产生的气态产品的数量。

[0011] 另外,所提出的三个方式都可以通过现有可及的离子布植机来简单地实现,顶多一些局部修改是需要的。举例来说,当含氟离子束或含硼离子束被用来布植氟化表面,现有的离子布植机可以直接被应用。顶多,用来提供气体材料藉以维持电浆以提供离子束的气体供应系统需要被调整,藉以有效率地提供这些需要的气态材料。举例来说,在引导氢气气体到氟化表面的状况,可以直接应用现有的等离子枪,顶多其气体供应系统被调整到同时提供典型状况下的纯氟气以及此时附加的氢气,并且现有商业化产品的可以提供大量氢原子流量的远程电浆源(remote plasma source,RPS)也可以被应用。此外,为了分别地清理不同的内部元件,离子布植机可以被轻微地修改藉以使得氢原子(或说含氢颗粒)的来源(像是等离子枪或是远程电浆源)可以被弹性地放置在离子布植机内部的不同位置。因此,为了清理分布在一个较大范围内的一些内部元件,需要的氢原子(或说含氢颗粒)输出数量可以不用像等离子枪/远程电浆源的位置被固定时所需要的那样多。进一步地,在第三个方式,目前的离子布植机必须被修改来整合加热器(甚至冷却器),藉以调整具有需要清理的氟化表面的内部元件的温度。无论如何,因为需要的温度并不是极端的高,通常摄氏200度到摄氏300度便足够,在此仅仅需要一或多个简单装置以及简单的热绝缘。

[0012] 至少因为下列几个理由,所提出的三个方式的优点是明显的。第一个理由,不需要抽真空来替换及/或清理具有氟化表面的内部元件,进而使得停机时间与成本可以有效地减少。第二个理由,除了使用离子束来源来提供含氢离子束与使用离子束来源来提供含硼离子束这二者不能同时进行外,所提出三个方式的其他部份都可以同时地进行。亦即,相较于分别使用这三个方式的某一个,本发明的效益可以被进一步地加强。第三个理由,加热器(甚至冷却器)的使用可以在氟化物被形成时便让氟化物被挥发,亦即氟化物的形成与消除可以同时发生而使得所需要的处理时间有效地减少。第四个理由,不同的内部元件可以使用提出的三个方式的不同部份来分别地适当清理。举例来说,因为等离子枪通常是被放置在离子束轨迹的下游,等离子枪较适合被应用来清理吸盘、法拉第杯与晶圆所在反应室的腔壁。相对地,用以提供含硼离子束或含氢离子束的离子束来源较适合被应用来清理质量分析器的内部以及用以调整轮廓、弯曲以及加减速离子束的电极及/或磁铁,这是因为含氢离子束或含硼离子束的分布可以被弹性地修改来有效地布植一或多个内部元件的氟化表面。第五个理由,氟化表面与氢原子(或含氢颗粒)或硼原子(或含硼颗粒)与氟化表面之间的相互作用可以强于现有离子束在具有清洁配方时与氟化表面之间的相互作用,因此前二个方式的效益可以较现有商业化方法来得有效益。第六个理由,所有提出的方式都无关于

在氟化表面形成后是要执行怎样的离子布植,因此,本发明很容易被应用,因为其对于离子布植机是怎样被使用的冲击是可以忽视的,甚至是没有影响的。

#### 附图说明

[0013] 图1A到图1C相关于使用含氢离子束来清理先前进行的使用含氟离子束的离子布植所产生的氟化表面。

[0014] 图2A到图2C使用等离子枪、远程电浆源或其他含氢颗粒来源来清理先前进行的使用含氟离子束的离子布植所产生的氟化表面。

[0015] 图3相关于使用含硼离子束来清理先前进行的使用含氟离子束的离子布植所产生的氟化表面。

[0016] 图4A到图4B相关于本发明一范例的实验结果。

[0017] 图5A到图5C相关于不同状况下反应室内部真空环境中颗粒数目随着时间演变的定性摘要描述。

[0018] 图6A到图6C相关于使用温度调节机制来清理先前进行的使用含氟离子束的离子布植所产生的氟化表面。

[0019] 图7A到图7E相关于使用加热器来加热法拉第杯后板。

[0020] 附图标记

[0021] 101 步骤方块

[0022] 102 步骤方块

[0023] 110 氟化材料

[0024] 111 离子束来源

[0025] 112 质量分析器

[0026] 113 孔隙

[0027] 114 电极/磁铁

[0028] 115 吸盘

[0029] 116 法拉第杯

[0030] 117 含氢离子束

[0031] 201 步骤方块

[0032] 202 步骤方块

[0033] 210 氟化材料

[0034] 211 离子束来源

[0035] 212 质量分析器

[0036] 213 孔隙

[0037] 214 电极/磁铁

[0038] 215 吸盘

[0039] 216 法拉第杯

[0040] 217 含氢颗粒来源

[0041] 301 步骤方块

[0042] 302 步骤方块

|        |      |        |
|--------|------|--------|
| [0043] | 601  | 步骤方块   |
| [0044] | 602  | 步骤方块   |
| [0045] | 603  | 步骤方块   |
| [0046] | 604  | 步骤方块   |
| [0047] | 605  | 步骤方块   |
| [0048] | 711  | 加热光源总成 |
| [0049] | 7113 | 光源     |
| [0050] | 7115 | 冷却水管道  |
| [0051] | 712  | 窗户总成   |
| [0052] | 7121 | 金属框架   |
| [0053] | 7123 | 玻璃     |
| [0054] | 7125 | 水冷却管道  |
| [0055] | 713  | 底板     |
| [0056] | 714  | 法拉第杯   |

### 具体实施方式

[0057] 在此描述一些实施例,其皆可以清理位于离子布植机的内部元件上的氟化表面。一些实施例关连到使用含氢离子束或含硼离子束,一些实施例关连到使用等离子枪或其他含氢颗粒来源,一些实施例关连到使用加热器(甚至冷却器),而另一些实施例关连到先前实施例的任意组合。藉此,形成在内部元件上的氟化材料可以被移除而使得氟化表面可以被清理。

[0058] 一些实施例使用具有大量含氢离子(或说是含氢颗粒)的含氢离子束来清理先前使用含氟离子束的离子布植所形成的氟化表面。合理地,这些实施例的实现并不需要修改离子布植机的配置,这是因为相同的离子束来源可以维持相对应到不同离子束的不同电浆。顶多,不同的气体供应系统(不同的气瓶或不同的气体供应管线)被使用来提供不同的气态材料到这个相同的离子束来源。藉此,如图1A所示,使用含氢离子束来清理离子布植机内部的氟化表面的方法的流程图可以摘要描述如下:首先,如步骤方块101所示,在离子布植机内部提供含氢离子束的离子束来源。然后,如步骤方块102所示,将含氢离子束自离子束来源传送到具有氟化表面的内部元件,藉以使得含氢离子束可以被引导到氟化表面。

[0059] 显然地,如此的含氢离子束可以在含氢离子束撞击内部元件时提供大量氢原子(或说是大量的氢离子)到氟化表面,进而使得内部元件上的氟原子被清除。这是因为含氢离子会在撞击时解离而释放出氢原子(或是氢离子)来和氟化材料相互作用,这也是因为氢-氟键的组合是比碳-氟键的来的强烈,在此氟化材料可以是形成在石墨制内部元件表面的碳-氟薄膜。合理地,这些实施例仅仅需要含氢离子束而不需要限制含氢离子束的细节。换句话说,含氢离子束可以是纯粹的氢离子束而具有大量的 $H^+$ 、 $H^{2+}$ 及/或 $H^{3+}$ 这样的离子,而也可以是含有大量含氢离子(或说是氢化合物离子)的离子束而具有大量的像是 $PHx^+$ 、 $AsHx^+$ 、 $HeH^+$ 、 $H_2O^+$ 、 $OH^+$ 等等。当然,取决于含氢离子束的细节,离子束来源的运作,甚至用来提供气态材料到离子束来源藉以维持可产生含氢离子束的电浆的气体供应系统的运作,是可以弹性地调整。含氢离子束的能量正比例于需要清除的氟化材料的深度,藉以有效率地排除氟

并且避免含氢离子束与内部元件间不需要的作用。通常偏好将含氢离子束运作在低能量，藉以限制其与氟化材料间相互作用的分布。

[0060] 除此之外，取决于需要被清理的氟化表面的分布，这些实施例可以弹性地调整离子布植机的运作，藉以适当地将含氢离子束引导到氟化表面。举例来说，为了增加将形成在一或多个特定内部元件上的氟化材料彻底地移除的机率，当这个含氢离子束原本就会被传输到这些特定内部元件的附近时，刻意地增加含氢离子束的尺寸大小以达到与氟化表面的较佳相互作用是有利的，而且刻意地摆动含氢离子束来较佳地将氢原子们散布在这些氟化表面也是有利的。刻意地增大及/或摆动的方式，或说是改变含氢离子束的轮廓及/或轨迹的方式，包括但不限于下列项目：磁性方式（像是质量分析器）、静电方式（像是弯曲减速模式）、或是减速到接近零离子束能量。举例来说，图1B所描述的状况中，一些氟化材料110已被形成在位于离子布植机内部的一些内部元件上，像是孔隙113、会沿着与离子束轨迹相切的某方向来回移动的吸盘115以及法拉第杯116，也就是说形成在质量分析器112以及配置来调整离子束的电极/磁铁114上的氟化材料110是可以忽略的。举例来说，图1C所描述的状况中，由离子束来源111所提供的含氢离子束117被刻意地相对应地增大其截面积面积，藉以使得这些氟化材料100都被含氢离子束117所覆盖并且被清理。明显地，不需要修改离子布植机的配置，这些实施例可以通过仅仅调整含氢离子束在离子布植机内部是怎样被传输便可以清理氟化表面。

[0061] 一些实施例使用含氢离子束的离子束来源以外的其他含氢颗粒来源，像是等离子枪或远程电浆源，来清理在先前进行的使用含氟离子束的离子布植所形成的氟化表面。有理由地，这些实施例的实现可以修改也可以不修改离子布植机的配置，含氢离子束的离子束来源以外的其他含氢颗粒来源的详细配置并没有被限制，并且也不需要限制含氢颗粒来源是怎样被整合到离子布植机，虽然普遍存在于离子布植机内部的等离子枪是一个简单的解答。因此，如图2A所示，使用含氢颗粒来源来清理离子布植机内部氟化表面的方法的流程图可以摘要描述如下：首先，如步骤方块201所示，在离子布植机内部提供含氢颗粒来源。然后，如步骤方块202所示，将这些含氢颗粒自含氢颗粒来源传送到具有氟化表面的内部元件，藉以使得这些含氢颗粒可以被引导到氟化表面。

[0062] 明显地，如此的含氢颗粒来源提供了含氢颗粒（像是氢本身或是氢化物的原子、分子及/或离子），并且可以使用氢基础的化学来清理氟化表面。类同于先前描述的那些实施例，介于氢原子（或说是含氢颗粒）与这些氟化材料（像是形成于石墨元件上的碳-氟薄膜）间的作用可以把氟原子自这些元件给移除掉，这是因为氢-氟键的强度大于碳-氟键的强度。合理地，这些实施例仅仅需要可以提供大量含氢颗粒的含氢颗粒来源，但是并不限制含氢颗粒来源的细节，像是至少用来提供需要的气态材料到含氢颗粒来源的气体供应系统以及含氢颗粒来源的位置都是弹性的设计选择。举例来说，含氢颗粒来源可以通过添加一些氢气气体到现有等离子枪标准作法所使用的纯氟气便可以达成，在此等离子枪可以将氢气气体分解与至少部分游离，进而提供随后被引导到位于离子布植机内部的氟化表面的氢原子与含氢颗粒。举例来说，含氢颗粒来源可以通过添加商业化产品的远程电浆源来实现，在此其可以提供大量的氢原子流量到离子布植机内部。通常，偏好提供具有低能量的含氢离子颗粒们，藉以限制其与氟化材料的相互作用的分布。

[0063] 再者，取决于需要清理的氟化表面的分布，这些实施例可以调整含氢颗粒来源的

位置及/或运作,藉以适当地将这些含氢颗粒引导到氟化表面。举例来说,举例来说,为了增加将形成在一或多个特定内部元件上的氟化材料彻底地移除的机率,刻意地将含氢颗粒来源放置在邻近这些特定内部元件的位置藉以得到与氟化表面间较佳相互作用是有利的。举例来说,如图2B所示的状况,含氢颗粒来源217是被刻意地被放置在离子布植机内部中离子束途径的下游,藉以有效地清除形成在吸盘215与法拉第杯216的氟化材料,在此吸盘215可以沿着与离子束途经相交的某方向来回地移动。举例来说,如图2C所示的状况,含氢颗粒来源217是刻意地被放置在离子布植机内部中离子束途径的中游,藉以有效地清除形成在孔隙213与被配置来加减速/调整轮廓/弯曲离子束的电极/磁铁214的氟化材料。亦即,形成在离子束来源211与质量分析器212的氟化材料在这二种状况都是被省略不计的。明显地,取决于怎样的含氢颗粒来源被使用以及含氢颗粒来源是被放置在离子布植机的哪里,这些实施例在清理氟化表面时可以也可以不修改整体配置。

[0064] 一些实施例使用含硼离子束来清理在先前进行的使用含氟离子束的离子布植所形成的氟化表面。合理地,这些实施例类似于先前讨论过的使用含氢离子束的实施例,除了所使用的离子束的种类不同。因此,使用含硼离子束的这些实施例的实现可以不用修改离子布植机的配置,顶多可以使用不同的气体供应系统(不同的气体瓶或不同的气体供应管线)来提供所需要的含硼离子束。类推地,如图3所示,使用含硼离子束来清理位于离子布植机内部氟化表面的方法的流程图可以摘要如下述:首先,如步骤方块301所示,在离子布植机内部提供含硼离子束的离子束来源。然后,如步骤方块302所示,将含硼离子束自离子束来源传送到具有氟化表面的内部元件,藉以使得含硼离子束可以被引导到氟化表面。此外,取决于需要清理的氟化表面的分布,这些实施例可以调整离子布植机的运作藉以适当地将含硼离子束引导到氟化表面。举例来说,当含硼离子束原本的轨迹邻近于这些氟化表面时,可以刻意地增大含硼离子束的尺寸及/或刻意地摆动含硼离子束。也就是说,这些实施例可以仅仅通过调整含硼离子束在离子布植机内部是怎样地被传输便可以清理含氟表面,而不需要变更离子布植机的配置。为了简化图示,含硼离子束的离子束轨迹的变更并没有被画出来,因为这些变更类同于使用含氢离子束时的状况。

[0065] 显然地,如此的含硼离子束可以通过与氟化表面的碰撞将含硼颗粒(像是硼或硼化合物的原子、分子及/或离子)提供到氟化表面。含氟颗粒(特别是氟原子)会在这些含硼颗粒与氟化表面的相互碰撞中被踢出。另外,含硼离子束的能量通常都是高到足以在其与氟化表面的碰撞过程中加热氟化表面。通过这样的方式,氟化材料可以被挥发,至少氟原子可以被挥发。举例来说,如图4A与图4B所示,在此内部元件是由石墨所制造的法拉第杯的后板,而且贴附在法拉第杯位置的不同纸张用来分别地监测离子束燃烧结果(ion beam burn results)(在图标中显示为深色区域)。前者使用离子束能量为不高于1Kev的二维氟离子束,而后者使用离子束能量介于1Kev到40Kev间的二维硼离子束。显着地,燃烧标签(burn mark)在后面那种状况时的尺寸大约是宽4公分高13公分,其明显地小于在前面那种状况时的尺寸(大约是宽16到20公分而高10到30公分)。在此,由KLA-Tencor公司所提供的型号SP5的商业化颗粒计数器被应用来测量在晶圆上的颗粒表现,而且测量结果显示了含硼离子束可以有效率地消除在先前进行的使用含氟离子束的离子布植所产生的氟化材料。于是,因为使用含硼离子束的清洁配方有较大的能量也因为含硼离子束的燃烧标签明显地尺寸较小,有理由地,使用清洁配方的含硼离子束可以加热内部元件的表面并且挥发掉形成于此

的氟化材料,特别是挥发掉没有与含硼离子束直接碰撞的氟化材料。

[0066] 基本定性描述上,如图5A所示,随着含氟离子束的布植时间的增加,形成的氟化材料所产生的掉落到反应室内部真空环境的颗粒的数目也会随之增加。但若如图5B所示,每隔一段时间便暂停使用含氟离子束(F-containing ion beam)所进行的离子布植,而改进行一段时间的使用硼离子束( $B^+$  ion beam)的离子布植,则会看到反应室内部真空环境中的颗粒数目会周期性的降低。进一步地,如图5C所示,在某些实施例中,若每隔几次使用硼离子束来进行离子布植的暂停间隔,便进行一次使用二氟化硼离子束( $BF_2^+$  ion beam)的离子布植,不只是颗粒数目可以明显的减少,甚至在随后进行的使用含氟离子束的离子布植中都会有一段时间中颗粒增加速率会较为来得慢。在此,使用含氟离子束的离子布植的细节不需要限制,一个样例是使用能量不大于1Kev的氟离子束。在此,使用硼离子束进行清理的细节不需要限制,一个样例是使用能量介于1Kev到40Kev间的硼离子束。在此,使用二氟化硼离子束进行清理的细节不需要限制,一个样例是让其能量介于1KeV到40Kev之间,并且让使用二氟化硼离子束的单次清理时间长于使用硼离子束时的单次清理时间,像是一个的单次清理时间不到半小时而另一个的单次清理时间介于半小时到一小时之间。需要说明的是,图5A到图5C都只是定性地摘要描述,并没有详细描绘也并不可以用来限制在这三种状况下颗粒数量随时间演变的定量关系。

[0067] 一些实施例使用温度调节机制来清理在先前进行的使用含氟离子束的离子布植所形成的氟化表面。如图6A的步骤方块601与步骤方块602所示,这些实施例可以在使用含氟离子束的离子布植产生氟化材料在内部元件上以后才通过调节内部元件的温度来挥发氟化材料。另外,如图6B的步骤方块603所示,这些实施例也可以在使用含氟离子束的离子布植产生了氟化材料在内部元件上的同时便调节内部元件的温度,藉以减弱内部元件的表面与氟原子的作用。进一步地,如图6C的步骤方块604与步骤方块605所示,这些实施例也可以在使用含氢离子束、含硼离子束及/或含氢颗粒所进行的清理运作的同时也调节内部元件的温度,藉以在先前进行的使用含氟离子束的离子布植形成了氟化材料在内部元件之后加速其与氟化材料的反应速率。需要注意的是减少或增加内部元件的温度通常会非线性地减少或增加其反应速率,而且往往是随着温度而呈现指数性变化。

[0068] 这些实施例并没有限制内部元件的温度是怎样地被调整。在某些样例,接触性加热被使用。举例来说,被放置到与内部元件直接接触的电热器,导引电流通过内部元件本身又或者是直接流经内部元件内部的加热流体。在某些样例,非接触式加热被使用。举例来说,红外线灯、紫外线灯、可见光灯、热电丝、激光、或其他可以发生出电磁辐射的光源。在某些样例,直接用流经内部元件内部的冷却流体、或者是与已被流体冷却的元件相互接触。在某些样例,冷却机制的实现是通过增强内部元件的辐射冷却能力,像是让内部元件直接辐射冷却。在某些样例,冷却机制的实现是让内部元件与已冷却硬件相互接触或是让内部元件邻近于冷拟板。

[0069] 一个样例使用石墨加热器来加热法拉第杯的背板。如图7A所示,石墨加热器701被嵌入到如同法拉第杯700的某个石墨板,并且是邻近于但也相分离于由石墨背板702与铝背板703(或视为反应室腔壁)所组成的背板组合,一些支架(standoff) 704被用来阻绝来自石墨加热器701的热而且通孔(feed through) 被用来提供真空环境与大气环境之间导热管与电缆线的桥接。附带地,虽然并没有特别划出,石墨背板702通常是现有背板的修正,藉以加

上石墨来遮蔽安装孔 (mounting hole) 与通道孔 (through hole)。附带地, 石墨加热器701可以被加热到大约摄氏250度。图7B显示了一种石墨加热器701的设计, 在此由可以电流流经时产生热量的金属片706被嵌入到二片石墨板707之间。图7C显示了被加热的石墨板708被安装在法拉第杯700内部, 而且用来测量的热电偶7091以及用以提供能量进行加热的能量管线7092都是被自反应室内部真空环境通过通道孔连接到大气区域。图7D显示了用来测试加热到怎样温度范围的热电偶7091位于反应室外部, 但是通过温度胶带7093 (temperature tape) 被黏着在反应室腔壁7094。此外, 虽然没有被特别描绘, 在某些相关的实施例, 加热器也可以被放置在法拉第杯所位于的反应室的外部。在如此的状况, 通过反应室腔壁的热传导是需要的, 甚至热绝缘也是需要的藉以避免把原本就嵌入在反应室腔壁的水管中的水给沸腾掉。举例来说, 固体热传导 (像是铜) 或是用以传输被加热的液体及/或气体的管线可以被应用来将热自大气环境传送到内部元件。明显地, 相较于加热器被放置在反应室内部的状况, 如此状况是较为复杂的但是仍然可行的。

[0070] 图7E显示另一种加热器的设计。如图所示, 加热光源总成711并不会直接接触到法拉第杯714, 在其面对法拉第杯714的一面存在有多个光源7113, 像是红外线灯、紫外线灯、可见光灯、热电丝、激光、或其他可以发生出电磁辐射的光源, 而且加热光源总成还具有冷却水管道7115。通常, 加热光源总成711包括一个金属平板, 而且这些光源7113与冷却水管道7115分别位于金属平板相对的两侧。在此。这些光源7113必须可以发出电磁辐射而不可以完全位于金属平板的内部, 但是冷却水管道7115则可以完全位于金属平板的内部也可以部份曝露在金属平板的表面。藉此, 光源7113可以将能量传送往法拉第杯714的位置, 而且流经冷却水管道7115的流水可以带走光源7113运作时所产生的热量, 进而稳定住整个加热光源总成711的温度。为了简化图标, 与本发明主要技术特征无关的用以供应能量到光源7113的电线以及连接到加热光源总成711的电源与冷却管路等等都省略未画出。位于加热光源总成711与法拉第杯714之间的反应室腔壁则被窗户总成712所取代, 或可以视为窗户总成712被嵌入在反应室腔壁直接面对加热光源总成711的部分。基本上, 窗户总成712包含玻璃7123以及环绕与固定住玻璃7123的金属框架7121, 并且水冷却管道7125也位于这个金属框架7121。由于玻璃7123的位置与轮廓相对应到光源7113, 电磁辐射可以自光源7113通过玻璃7123而抵达法拉第杯714, 并且电磁辐射在窗户总成712所产生的热可以被流经水冷却管道7125的流水所带走。玻璃7123的材料不限, 像是二氧化硅或石英都可以, 但是以光源7113所发出电磁辐射的穿透率极大化者为佳。像是, 当光源7113所发射的电磁辐射为红外线时, 玻璃7123的材料可以是石英。法拉第杯714的底板713的材料是石墨, 并且其二面分别直接面对到玻璃7123以及入射到法拉第杯714的离子束。藉此, 因为与含氟离子束相互作用所产生在底板713面对含氟离子束一面的氟化材料, 可以被抵达底板713面对玻璃7123一面的辐射所带来的能量给挥发掉。通常, 加热光源总成711直接接触到 (甚至固定在) 窗户总成712, 特别是往往仅接触到其金属框架7121而不会碰触到玻璃7123, 但是法拉第杯714与底板713二者则与窗户总成712之间有一段空间, 虽然本发明并不限制这些细节。另外, 冷却水管道7115与水冷却管道7125二者可以是连接到相同的冷却水供应系统 (像是相同的水箱与相同的水循环管道), 但也可以是分别连接到不同的冷却水供应系统 (像是不同的水箱与不同的水循环管道)。亦即, 加热光源总成711与石英窗户总成712二者的温度调节是可以一并执行的, 也是可以分别执行的。另外, 为了有效率地带走热量, 加热光源总成711的冷却水管

道7115可以均匀地分布在加热光源总成711的光源7113所在表面的另一侧,而且窗户总成712的冷却水管道7125也可以均匀地环绕整个玻璃。必须强调的是图7E所显示的加热器不只可以加热法拉第杯中用以接收离子束的石墨平板,也不一定得要直接面对其所要加热的内部元件。由于图7E所示的加热器通过电磁辐射来进行加热,因此只要能被穿过窗户总成712而来的电磁辐射所照射到,不论是怎样的内部元件都可以被加热,也不论被加热的内部元件其与窗户总成712二者的相对几何关系。虽然,若要提升效率确保通过窗户总成712的电磁辐射能够充分地加热内部元件,如图7E所示的加热器更适合用来加热靠近反应室腔壁的内部元件。也就是说,虽然图7E是以法拉第杯714与底板713为被加热去除氟化材料的内部元件,但其实上加热光源总成711与窗户总成712二者的组合是可以用来加热处理种种不同的内部元件。

[0071] 相较于图7B所示的实施例,图7E所示的实施例还有其他的好处,像是可以避免因为相互接触的金属片706与石墨板707二者之间因为热膨胀系数不同而在加热过程中出现结构破损或甚至有颗粒掉落到反应室内部真空环境,像是可以避免金属片706在电流流经加热时发射出电子所可能造成的污染与干扰等。显然地,当用途是加热法拉第杯714中会被离子束所布植的石墨板来消除因为含氟离子束的使用所产生在石墨板表面的氟化材料时,图7E所示的硬件设计更可以减少法拉第杯714出现颗粒污染的危险,也更可以确保法拉第杯714的正常运作。在图7E所示的状况,由于加热光源总成711位于反应室外的大气环境中,即便在其运作中出现任何的结构破损或颗粒掉落,也不会导致颗粒掉落到反应室内部。并且,在图7E所示的状况,不只当光源7113运作正常时并不会因为电流流经加热光源总成711而发出电子,就算是光源7113运作异常而发射出电子也会被窗户总成712与反应室腔壁给有效阻绝,因此可以确保法拉第杯714的测量结果并不会因为接收到电子而发生偏差。

[0072] 另外,前面描述的加热器的配置也可以被用来加热其他的内部元件,像是孔隙和电极,因为温度调节机制与内部元件的功能并没有关系。附带地,在某些离子布植器,加热磁铁可能会显着地改变磁场,使得一般倾向是不要使用加热器来加热磁铁。无论如何,如果加热器被适当地设计,如果磁场被适当地调整及/或氟化材料所引发的缺陷是严重的,本发明仍可以选择去加热磁铁藉以挥发掉形成于此的氟化材料。进一步地,对于一些可以产生磁场及/或电场的内部元件,会打击到其表面的离子数量会相当地少(明显地少于会打到法拉第杯后板的离子数量),而使得氟化表面的形成也相对地减缓。换句话说,除了法拉第杯后板,加热器通常是被用来加热孔隙以挥发氟化材料。

[0073] 进一步地,监测上面讨论的实施例的效能是有利的。可以通过现有装置(像是真空测量装置)来实现,也可以通过使用附近传感器而得以较佳地被实现。举例来说,已知的剩余气体分析很适合于如此目的,因为其可以监测这些实施例所产生的气态产品。举例来说,氢气气体的供应可以被暂时性地停止,藉以比较有供应氢气时与没有供应氢气时侦测器二者的输出结果的差别,进而决定是否要再度供应氢气气体或甚至还有多少氟化材料残留并需要清理。其他形式的同位置感测(in-situ sensing)也是有价值的,像是薄膜传感器或是可以被加热或被冷却的氟敏感表面,藉以监测与氟相关的表面性质的变化。

[0074] 上述描述是此发明的较佳实施例并且必须注意的是对于习知技术者而言有大量的改善与修改可以在不离背此发明原理下被提出。这些改善与修改也被认为是此发明的被保护范围。

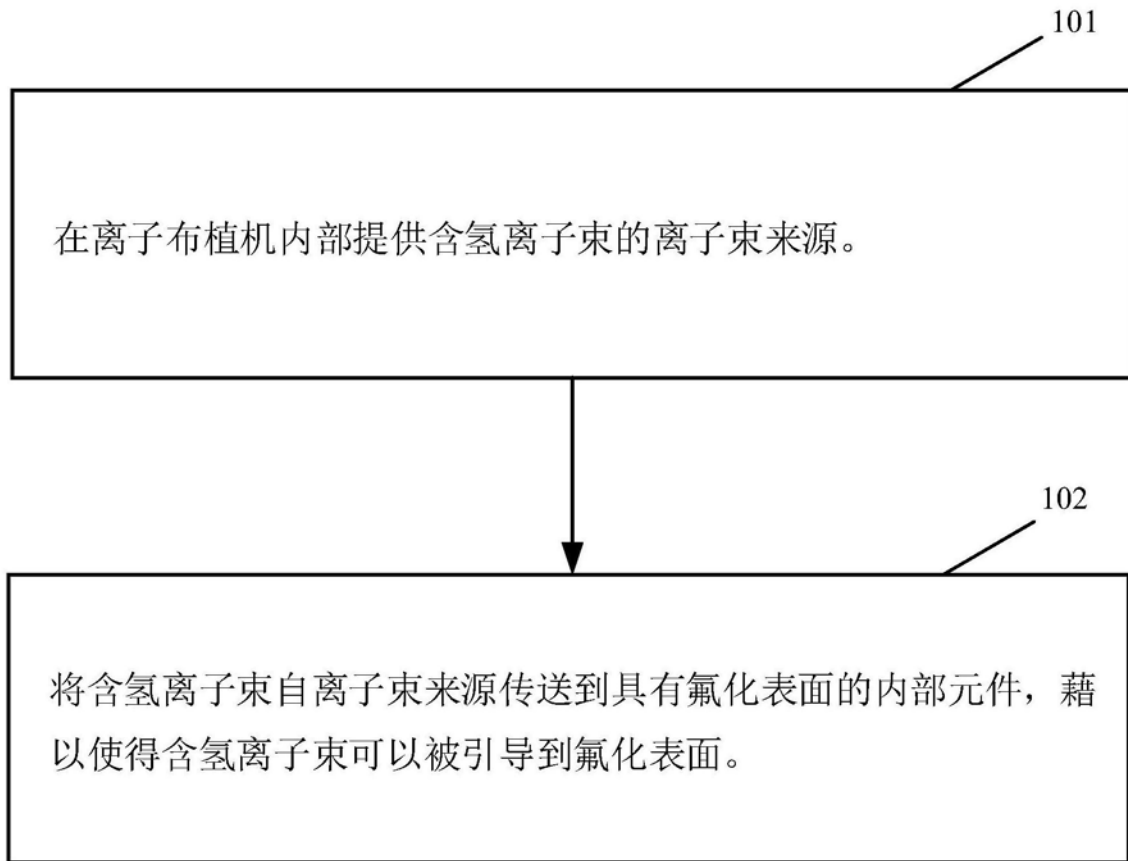


图1A

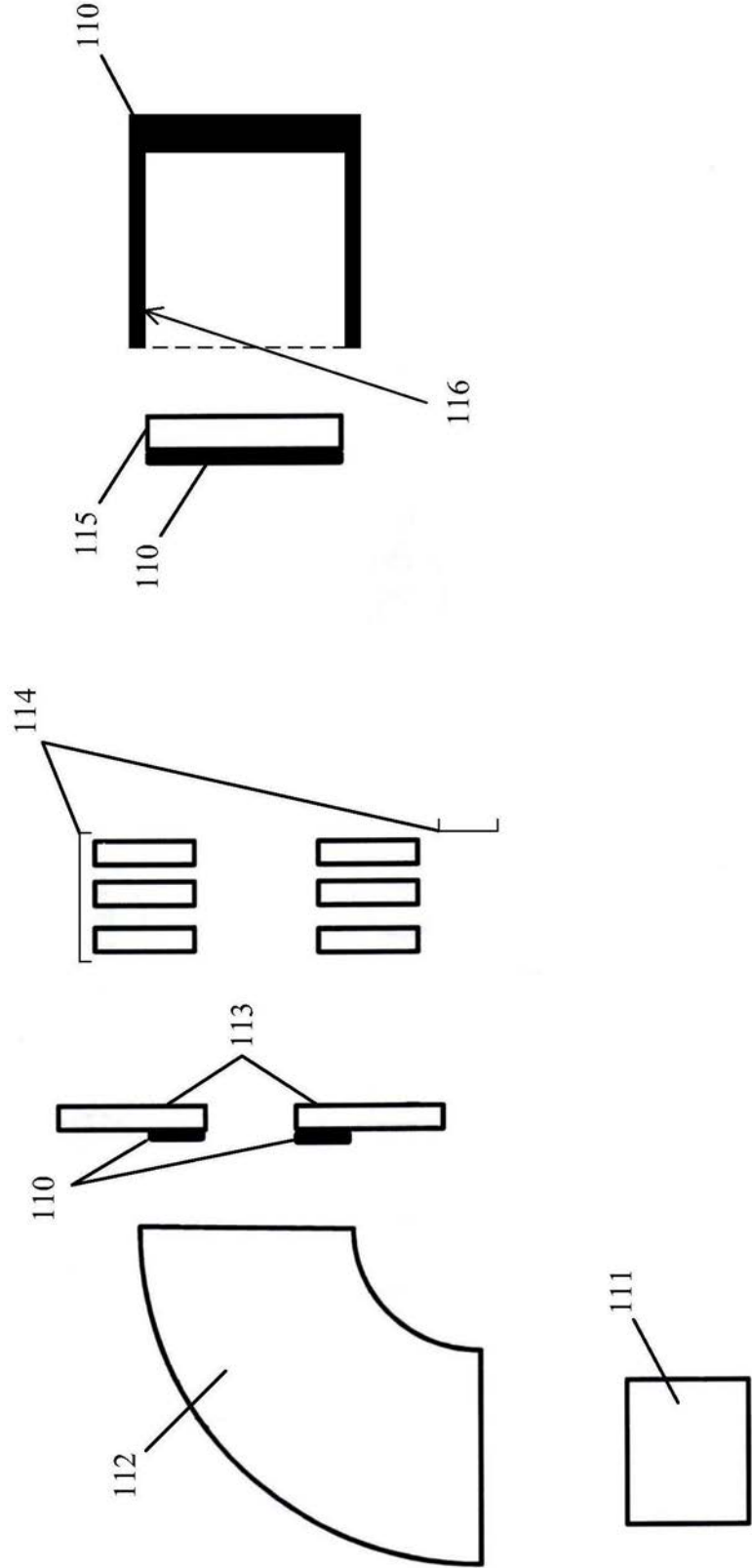


图1B

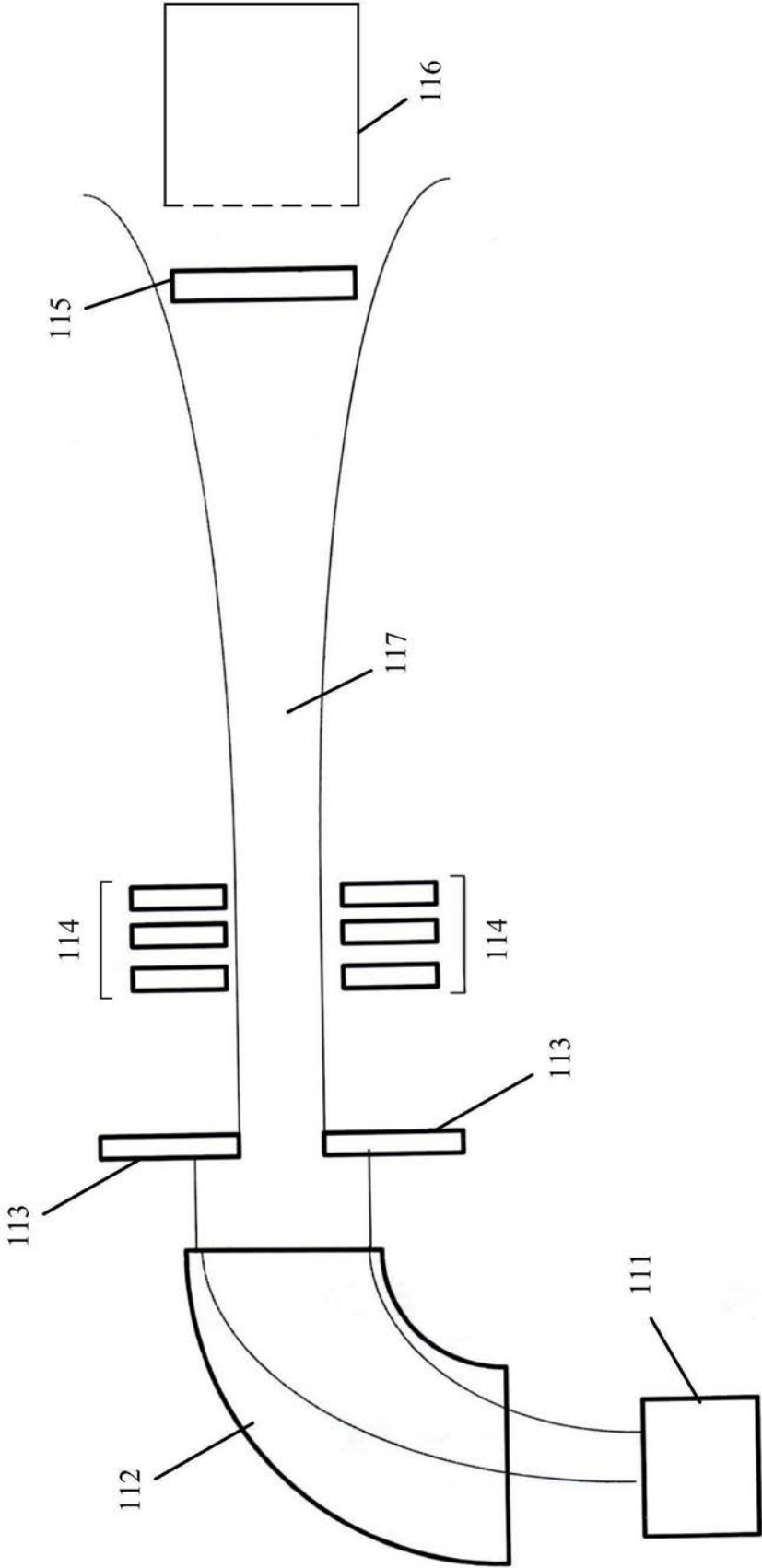


图1C

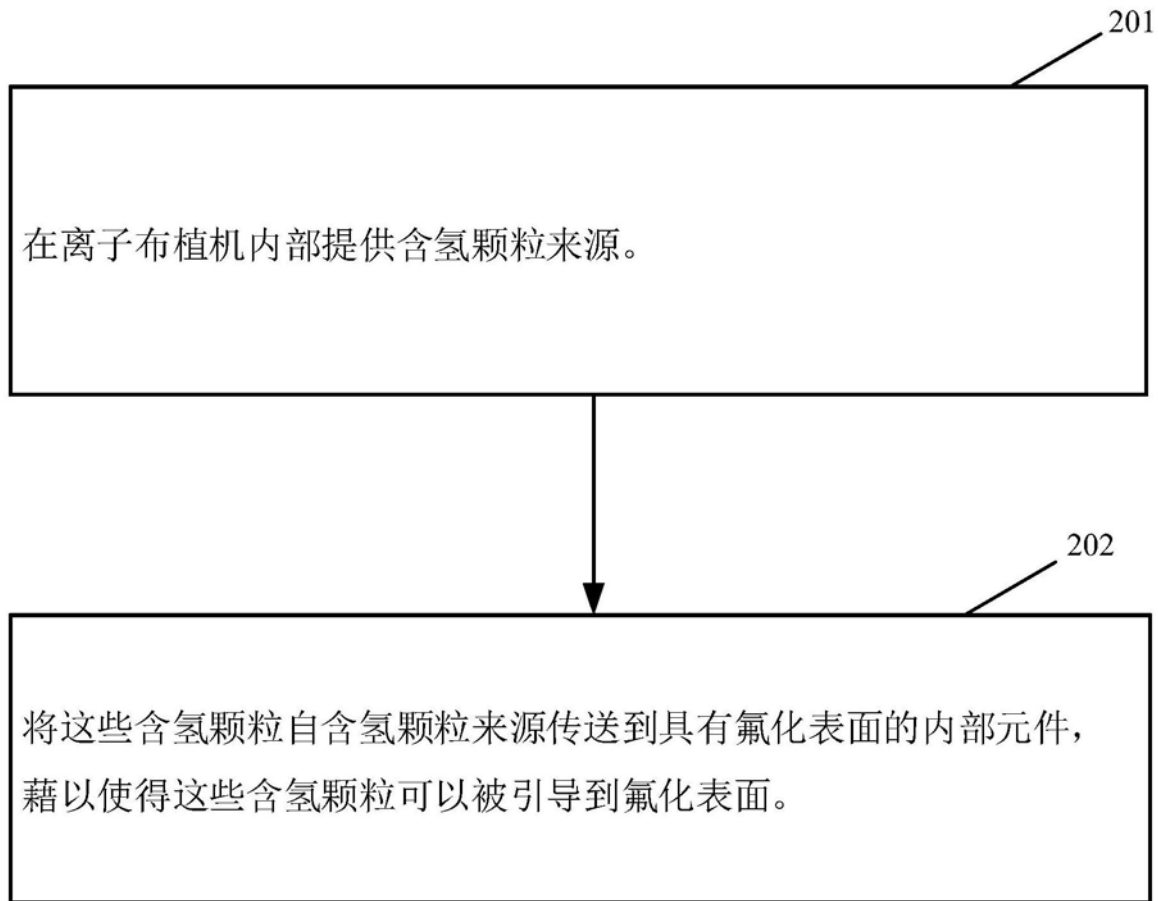


图2A

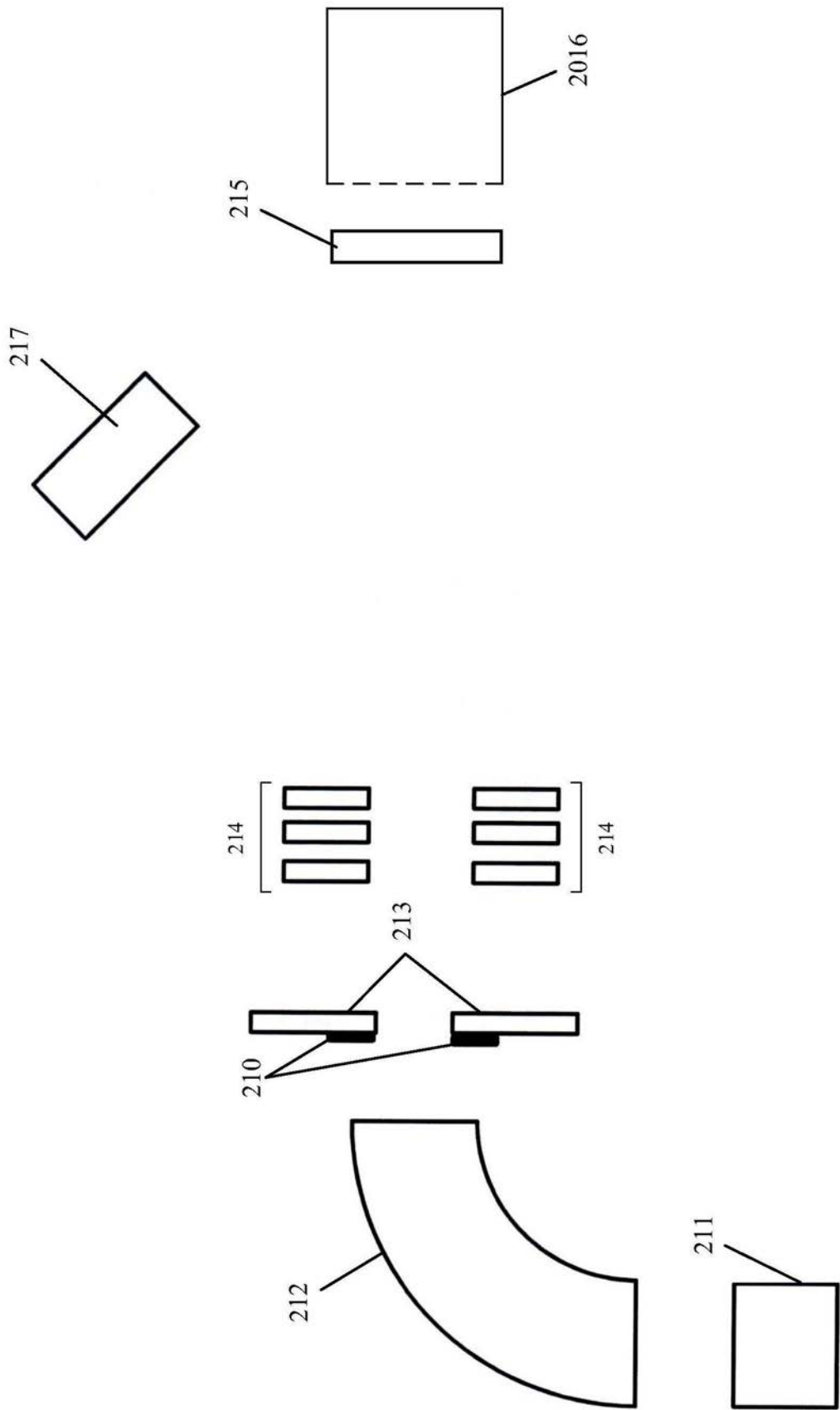


图2B

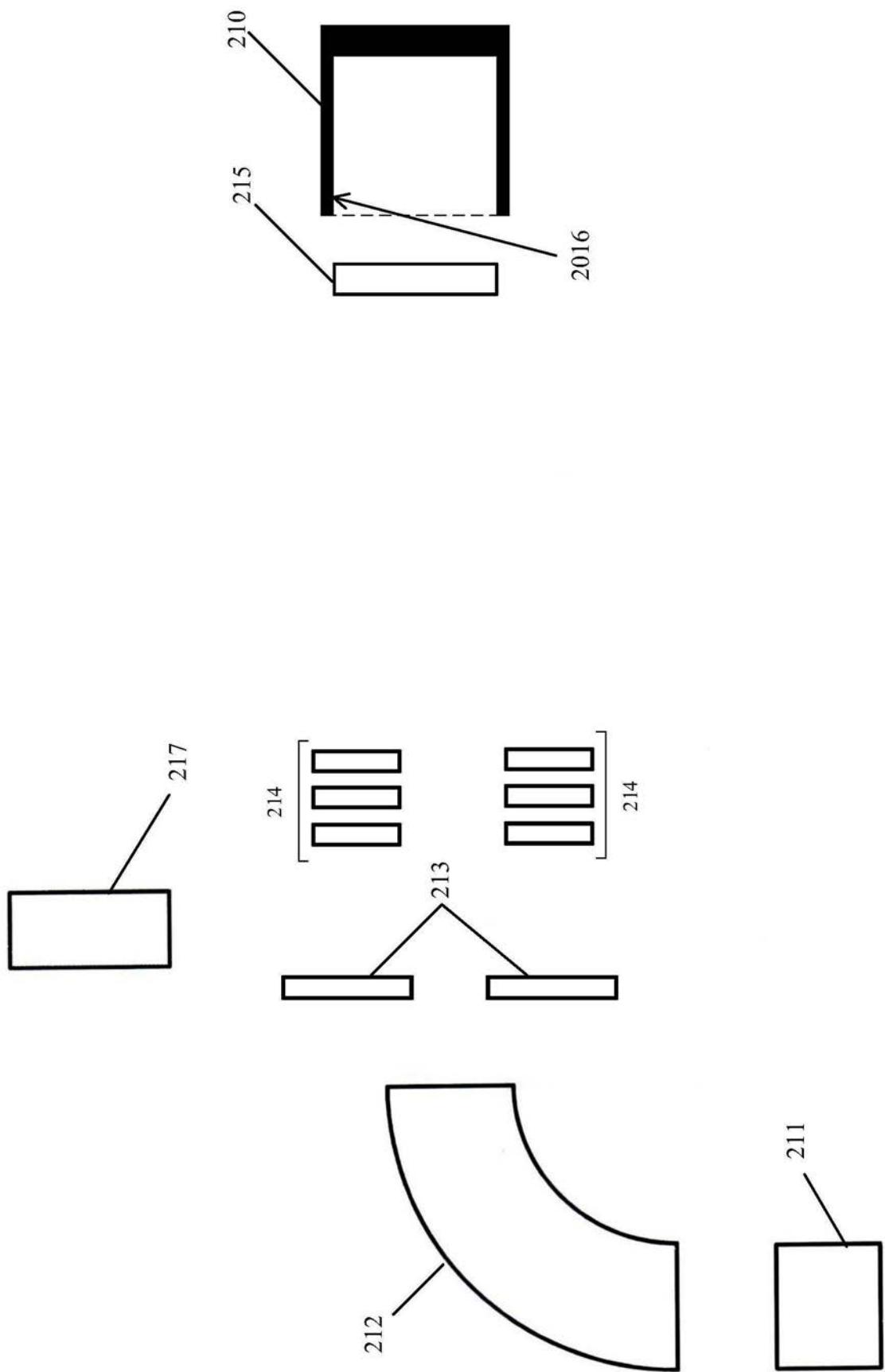


图2C

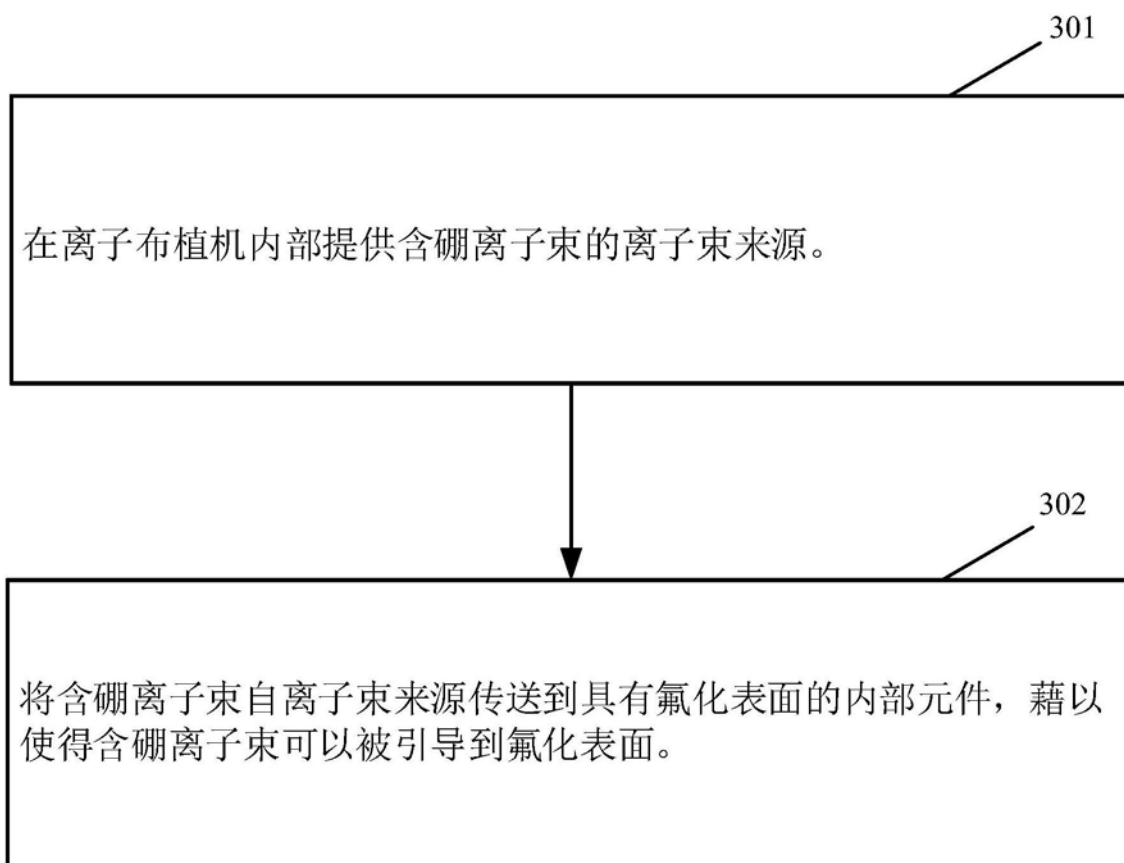


图3

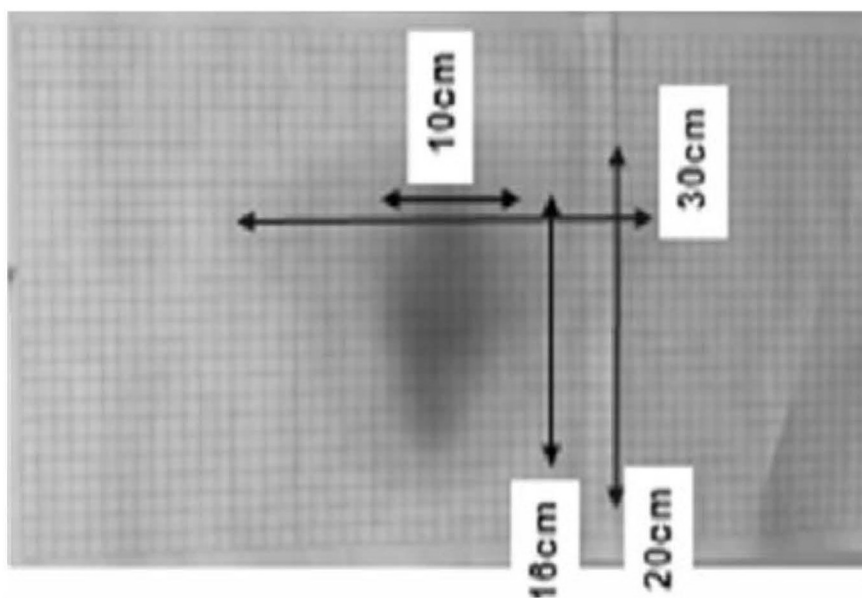


图4A

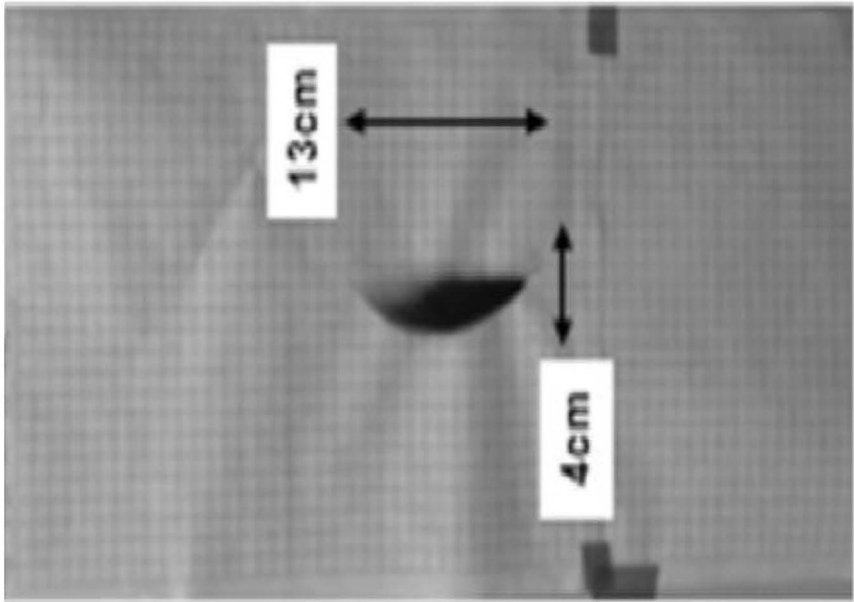


图4B

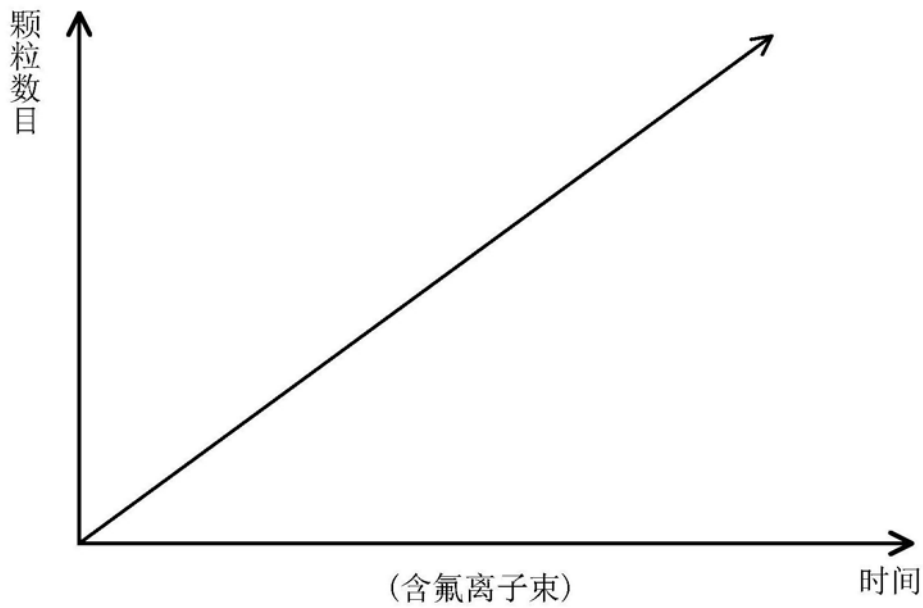


图5A

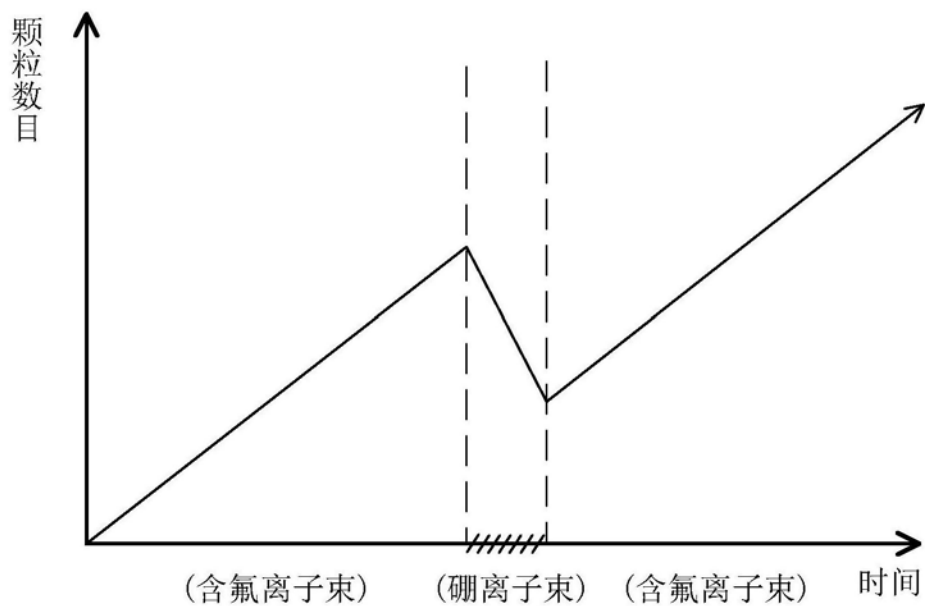


图5B

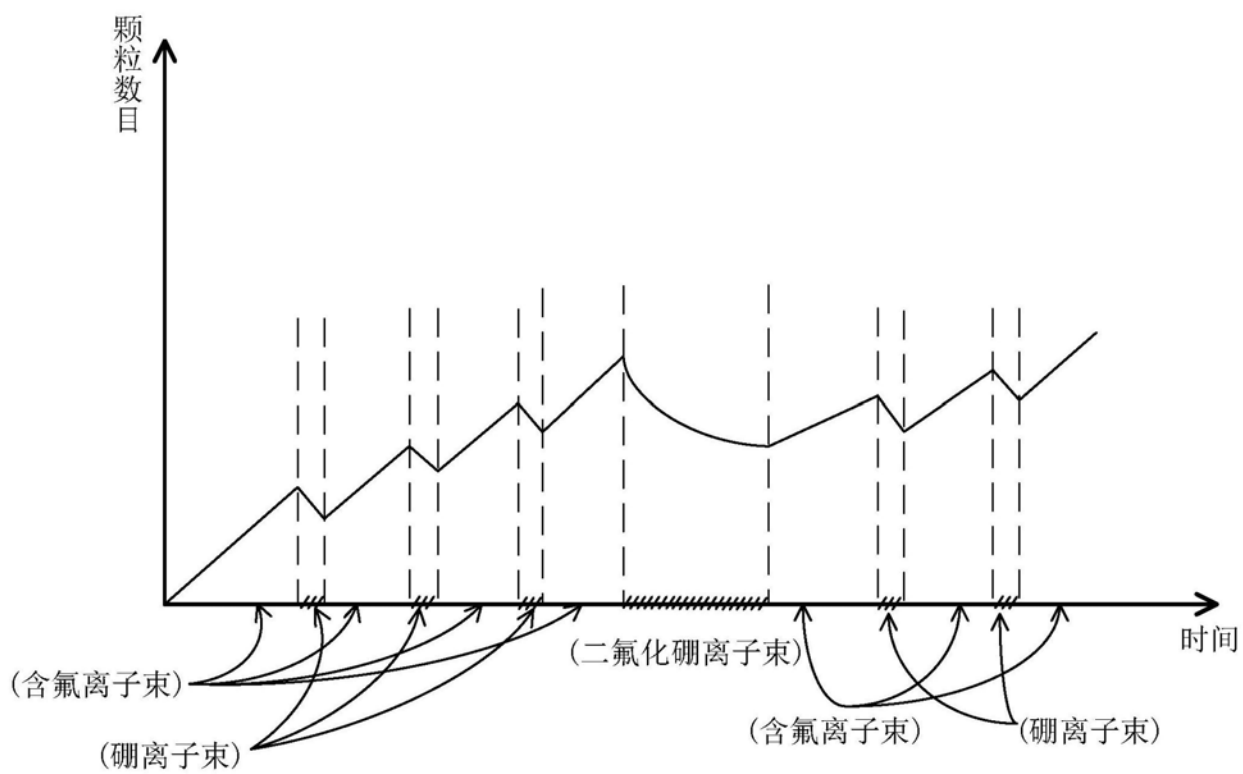


图5C

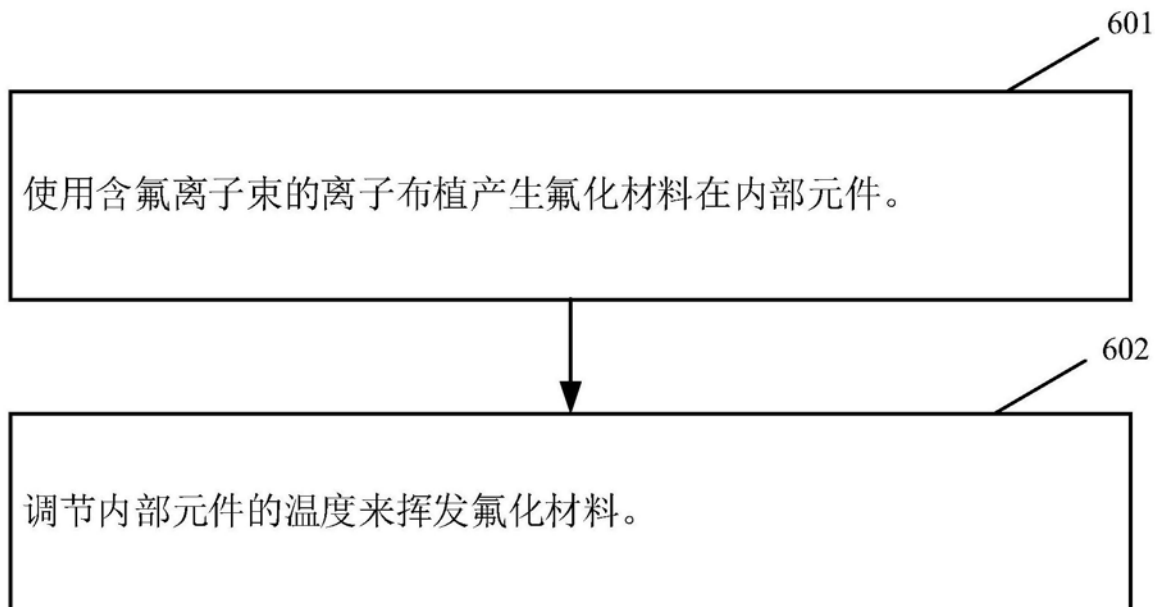


图6A

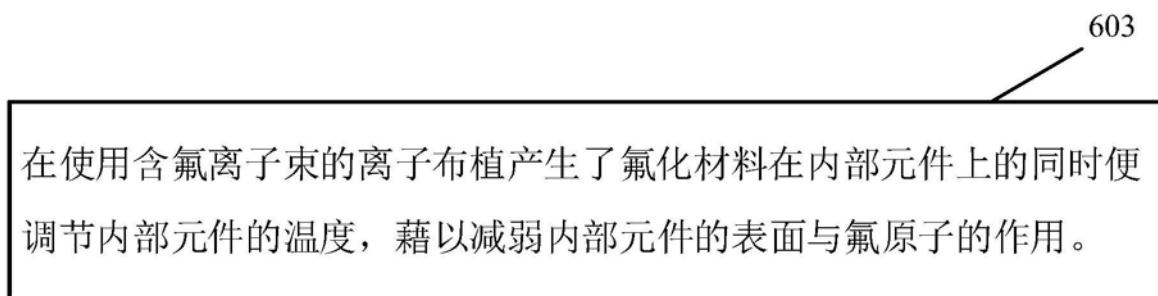


图6B

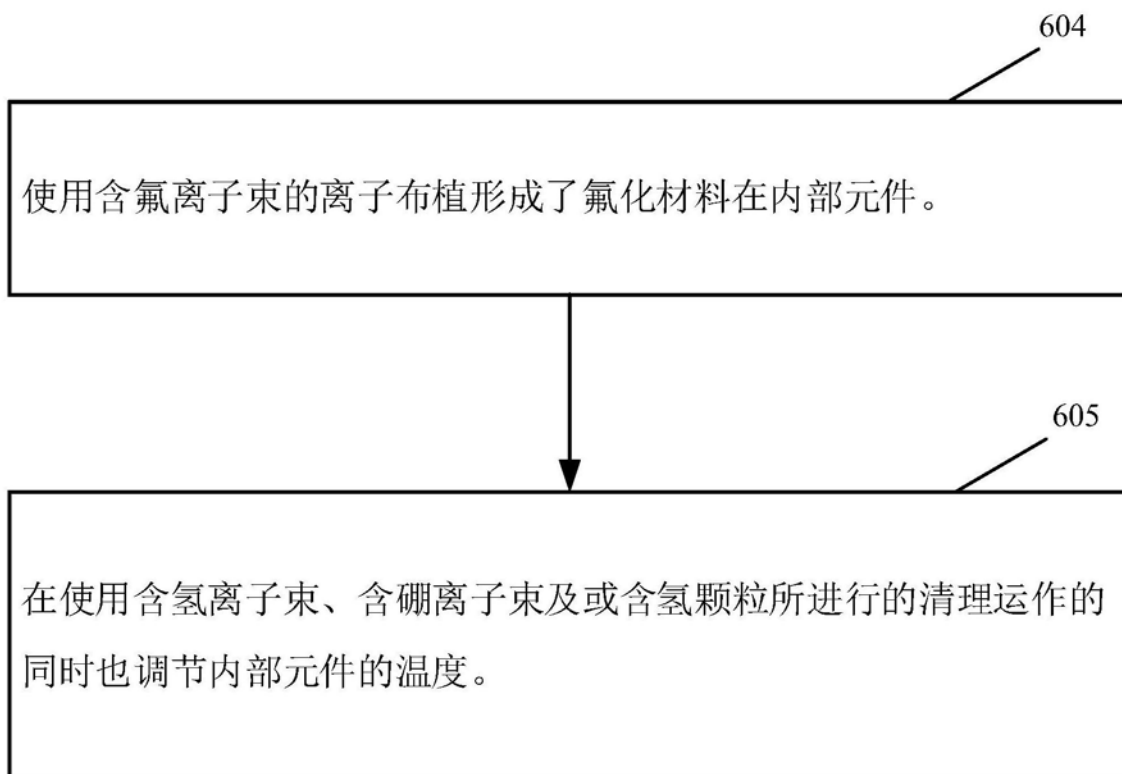


图6C

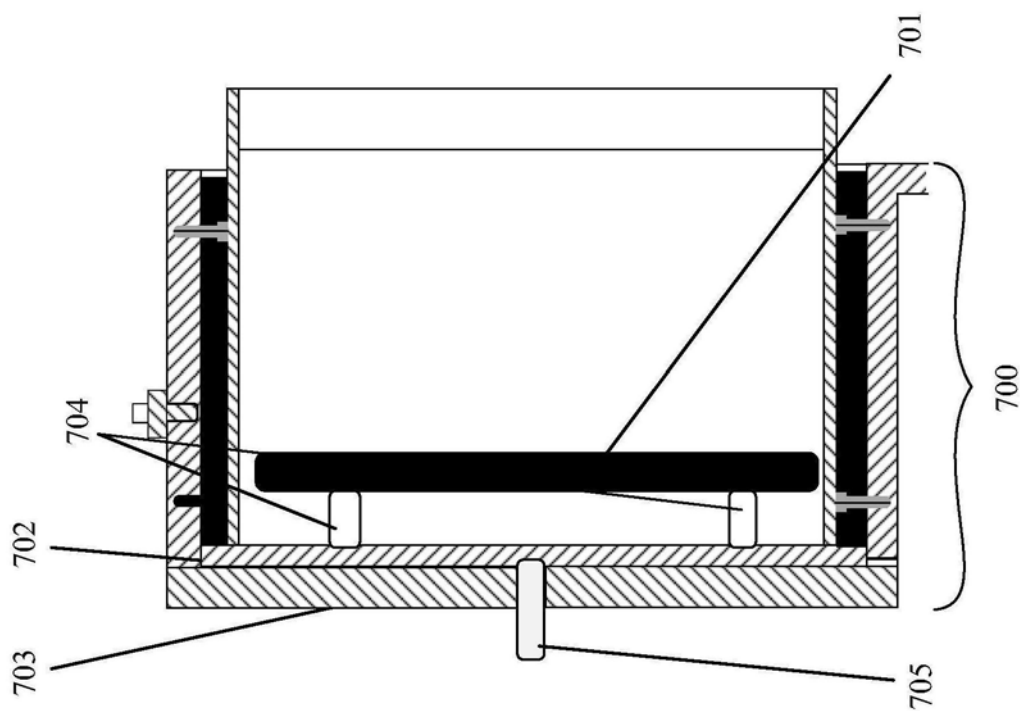


图7A

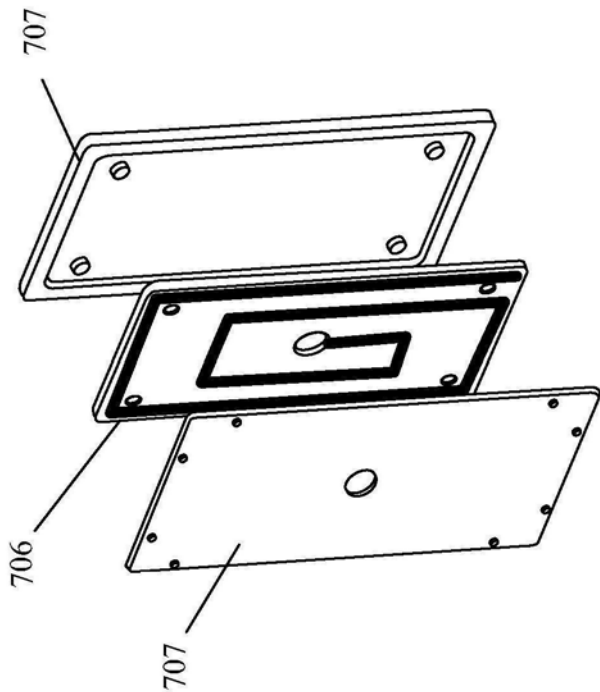


图7B

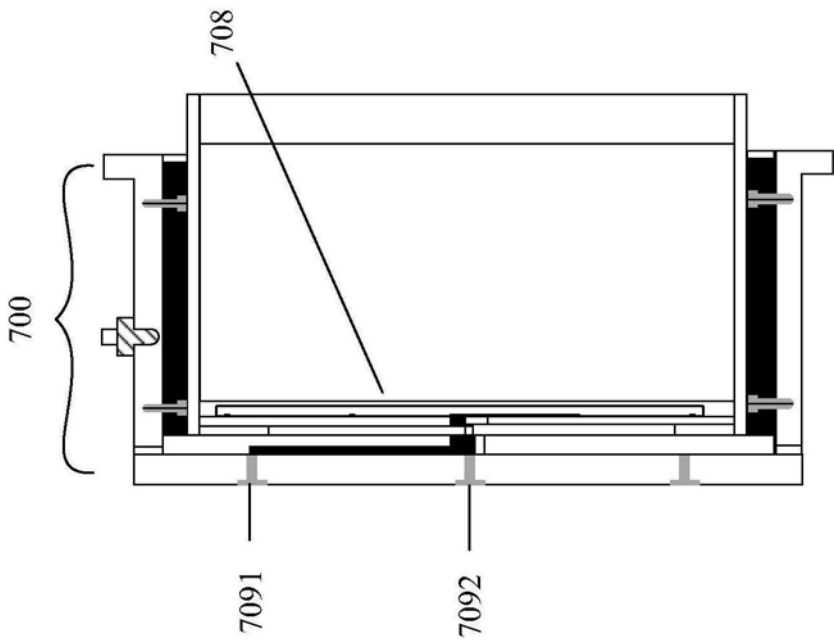


图7C

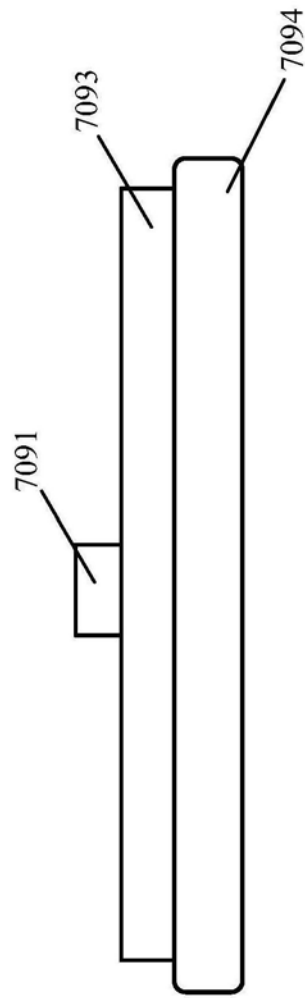


图7D

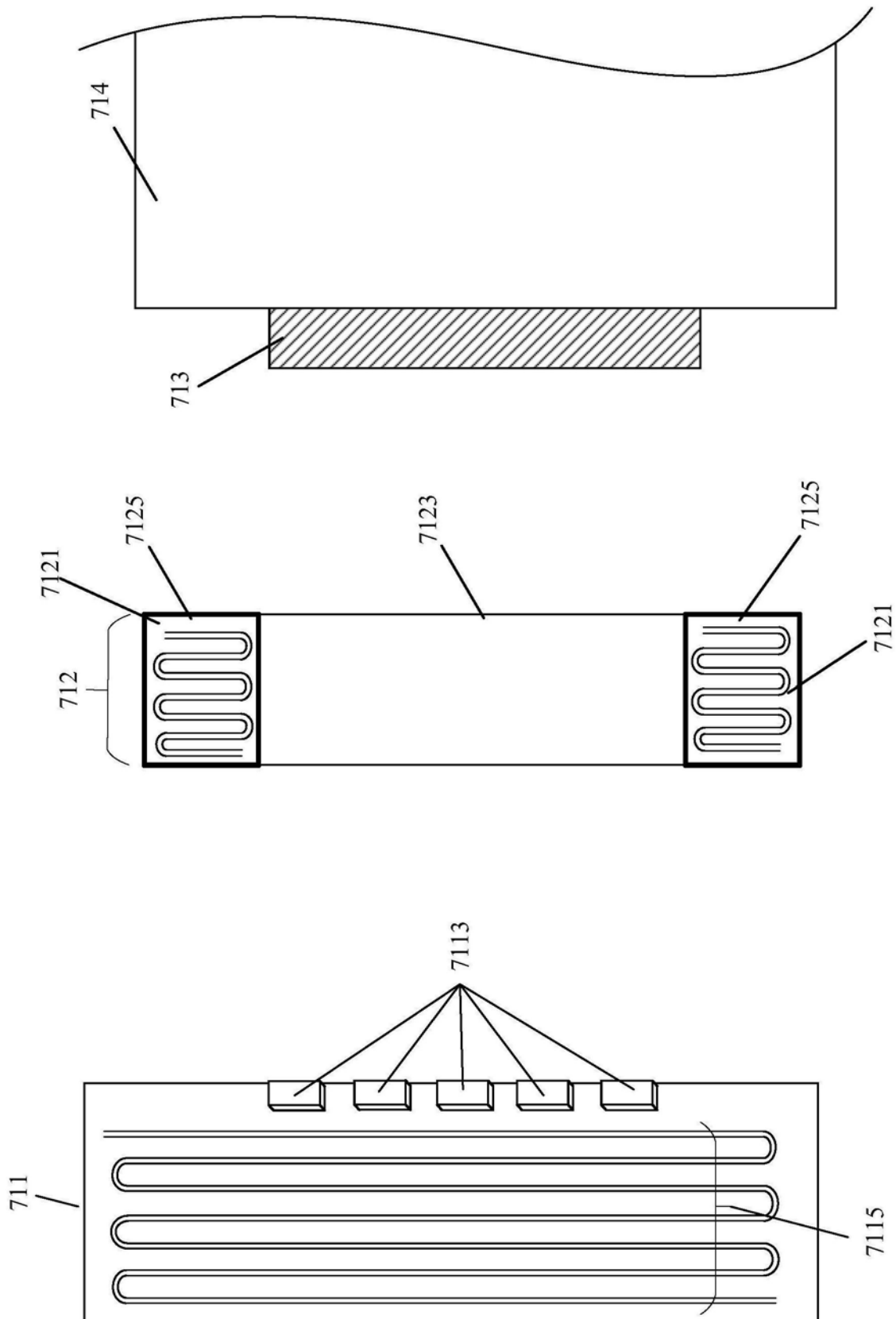


图7E