



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115274395 B

(45) 授权公告日 2022. 12. 09

(21) 申请号 202211177822.8

C23C 14/22 (2006.01)

(22) 申请日 2022.09.27

G30B 29/04 (2006.01)

G30B 25/02 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115274395 A

(56) 对比文件

CN 103695867 A, 2014.04.02

CN 114686860 A, 2022.07.01

CN 113481595 A, 2021.10.08

CN 103339707 A, 2013.10.02

WO 2015074544 A1, 2015.05.28

US 2010034984 A1, 2010.02.11

WO 2014143775 A1, 2014.09.18

(43) 申请公布日 2022.11.01

(73) 专利权人 北京芯美达科技有限公司

地址 100015 北京市朝阳区驼房营南路2号  
院梵谷水郡小区1号楼407室

(72) 发明人 梁奇

审查员 甘焱

(74) 专利代理机构 工业和信息化部电子专利中  
心 11010

专利代理师 张然

(51) Int. Cl.

H01J 37/32 (2006.01)

C23C 16/50 (2006.01)

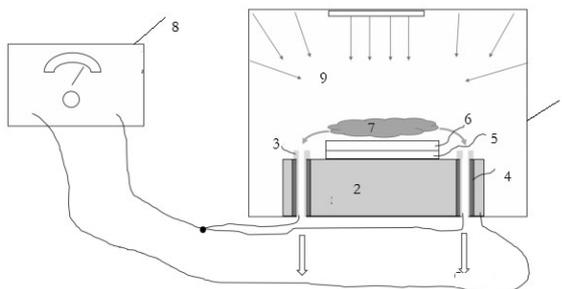
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种扩大等离子体有效反应面积的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种扩大等离子体有效反应面积的方法,本发明通过根据腔体中工件台上基体所预获得的等离子体的沉积面积和沉积形状来选择承载所述基体的工件台的预设组件,然后通过分布在预设组件的预设圆环形区域上的通道将从腔体外注入的反应气体电离化后排出,配合调整施加到所述通道的外部电压,最终在基体上获得到所要的等离子体的沉积面积和沉积形状,同时获得高均匀性的等离子沉积性能,从而有效解决了现有不能实现扩大等离子覆盖面积且获得高均匀性的等离子体的问题。



1. 一种扩大等离子体有效反应面积的方法,其特征在于,包括:

根据腔体中工件台上基体所预获得的等离子体的沉积面积和沉积形状来选择承载所述基体的工件台的预设组件,所述预设组件上设有通道,通过所述通道将从腔体外注入的反应气体电离化后排出,其中,所述预设组件的外径大于其所承载的工件台的外径;

通过调整施加到所述通道的外部电压,以使得扩大后的有效沉积面积为所预获得的等离子体的沉积面积和沉积形状;

其中,所述通道分布在预设圆环形区域上,所述预设圆环形区域的圆心是所述工件台的中心,且所述预设圆环形区域是围绕在所述工件台外围的区域;

通过调整施加到所述通道的外部电压,以使得扩大后的有效沉积面积为所预获得的等离子体的沉积面积和沉积形状,包括:

通过调整所述通道上施加的偏压来控制沿所述工件台中心的不同径向上的等离子强度,以调整从腔体外注入的反应气体的有效沉积面积和沉积形状;

通过调整所述通道上通过的气流量来进一步调整沿所述工件台中心的不同径向上的等离子强度,以调整从腔体外注入的反应气体在所述有效沉积面积上的沉积量。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,

所述通道与所述预设组件的主体之间电路绝缘,且所述通道与腔体之间电路绝缘,所施加的偏压将部分反应气体在临近所述通道部位进行电离化,以增加有效等离子沉积面积。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,

所述预设圆环形区域的宽度为0.4-100毫米,且所述预设圆环形区域的外边缘距离所述工件台中心的距离为150-800毫米。

4. 根据权利要求1-3中任意一项所述的方法,其特征在于,

所述通道是设置在所述预设圆环形区域上的圆环形通道。

5. 根据权利要求1-3中任意一项所述的方法,其特征在于,

所述通道为多个,且多个通道沿所述工件台的中心对称均布在所述预设圆环形区域上。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,

所述多个通道是分两排且均匀分布在所述预设圆环形区域上。

7. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,

所述通道为一个圆柱形通孔;

或者,

所述通道是由多列多排圆柱形通孔所构成的。

8. 根据权利要求1-3中任意一项所述的方法,其特征在于,

所述通道包括一个或多个弧形通道。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,

当存在多个所述弧形通道时,所述弧形通道的中心角不同。

## 一种扩大等离子体有效反应面积的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体技术领域,特别是涉及一种扩大等离子体有效反应面积的方法。

### 背景技术

[0002] 单晶金刚石材料的运用,尤其在半导体、量子计算机、光学等高科技领域上的应用,对金刚石的品质提出了极高的要求。大面积的单晶金刚石,可充分体现金刚石的优越材料特性,实用于各种科技领域。

[0003] 微波辅助等离子化学气相沉积法,能够快速、高效的合成高质量的单晶金刚石,并对外延层的生长效率、杂质含量进行有效控制,广泛应用于金刚石单晶或多晶生长炉中。但是这种等离子化学气相沉积法不能使微波等离子覆盖面积有效扩大,并同时获得高均匀性的等离子体。

### 发明内容

[0004] 本发明提供了一种扩大等离子体有效反应面积的方法,以解决现有技术中不能实现扩大等离子覆盖面积且获得高均匀性的等离子体的问题。

[0005] 本发明提供了一种扩大等离子体有效反应面积的方法,其特征在于,包括:

[0006] 根据腔体中工件台上基体所预获得的等离子体的沉积面积和沉积形状来选择承载所述基体的工件台的预设组件,所述预设组件上设有通道,通过所述通道将从腔体外注入的反应气体电离化后排出,其中,所述预设组件的外径大于其所承载的工件台的外径;

[0007] 通过调整施加到所述通道的外部电压,以使得扩大后的有效沉积面积为所预获得的等离子的沉积面积和沉积形状;

[0008] 其中,所述通道分布在预设圆环形区域上,所述预设圆环形区域的圆心是所述工件台的中心,且所述预设圆环形区域是围绕在所述工件台外围的区域。

[0009] 可选地,通过调整施加到所述通道的外部电压,以使得扩大后的有效沉积面积为所预获得的等离子的沉积面积和沉积形状,包括:

[0010] 通过调整所述通道上施加的偏压来控制沿所述工件台中心的不同径向上的等离子强度,以调整从腔体外注入的反应气体的有效沉积面积和沉积形状;

[0011] 通过调整所述通道上通过的气流量来进一步调整沿所述工件台中心的不同径向上的等离子强度,以调整从腔体外注入的反应气体在所述有效沉积面积上的沉积量。

[0012] 可选地,所述通道与所述预设组件的主体之间电路绝缘,且所述通道与腔体之间电路绝缘,所施加的偏压将部分反应气体在临近所述通道部位进行电离化,以增加有效等离子沉积面积。

[0013] 可选地,所述预设圆环形区域的宽度为0.4-100毫米,且所述预设圆环形区域的外边缘距离所述工件台中心的距离为150-800毫米。

[0014] 可选地,所述通道是设置在所述预设圆环形区域上的圆环形通道。

[0015] 可选地,所述通道为多个,且所述多个通道沿所述工件台的中心对称均布在所述预设圆环形区域上。

[0016] 可选地,所述多个通道是分两排且均匀分布在所述预设圆环形区域上。

[0017] 可选地,所述通道为一个圆柱形通孔;

[0018] 或者,

[0019] 所述通道是由多列多排圆柱形通孔所构成。

[0020] 可选地,所述通道包括一个或多个弧形通道。

[0021] 可选地,当存在多个所述弧形通道时,所述弧形通道的中心角不同。

[0022] 本发明有益效果如下:

[0023] 本发明通过根据腔体中工件台上基体所预获得的等离子体的沉积面积和沉积形状来选择承载所述基体的工件台的预设组件,然后通过分布在预设组件的预设圆环形区域上的通道将从腔体外注入的反应气体电离化后排出,配合调整施加到所述通道的外部电压,最终在基体上获得所要的等离子体的沉积面积和沉积形状,同时获得高均匀性的等离子体沉积性能,从而有效解决了现有不能实现扩大等离子体覆盖面积且获得高均匀性的等离子体的问题。

[0024] 上述说明仅是本发明技术方案的概述,为了能够更清楚了解本发明的技术手段,而可依照说明书的内容予以实施,并且为了让本发明的上述和其它目的、特征和优点能够更明显易懂,以下特举本发明的具体实施方式。

## 附图说明

[0025] 通过阅读下文优选实施方式的详细描述,各种其他的优点和益处对于本领域普通技术人员将变得清楚明了。附图仅用于示出优选实施方式的目的,而并不认为是对本发明的限制。而且在整个附图中,用相同的参考符号表示相同的部件。在附图中:

[0026] 图1是本发明实施例提供的一种扩大等离子体有效反应面积的方法的流程示意图;

[0027] 图2是本发明实施例提供的获得扩大等离子体有效反应面积的系统结构示意图;

[0028] 图3是本发明实施例提供的一种预设组件的结构示意图;

[0029] 图4是本发明实施例提供的另一种预设组件结构示意图;

[0030] 图5是本发明实施例提供的再一种预设组件结构示意图;

[0031] 图6是本发明实施例提供的一种通道的结构示意图;

[0032] 图7是本发明实施例提供的又再一种预设组件结构示意图;

[0033] 图8是本发明实施例提供的另一种扩大等离子体有效反应面积的方法的流程示意图;

[0034] 附图说明:1等离子反应腔体、2预设组件、3通道、4绝缘层、5工件台、6基体、7等离子体、8外接偏压电源、9反应气体、10预设圆环形区域、11细微通孔、12弧形通道。

## 具体实施方式

[0035] 以下结合附图以及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不限定本发明。

[0036] 本发明实施例提供了一种扩大等离子体有效反应面积的方法,参见图1和图2,该方法包括:

[0037] S101、根据腔体中工件台5上基体6所预获得的等离子体7的沉积面积和沉积形状来选择承载所述基体6的工件台5的预设组件2;

[0038] 其中,本发明实施例中的预设组件2(也可简称为组件)上设有通道3,本发明实施例通过所述通道3将从腔体外注入的反应气体9电离化后排出,具体实施时,本发明实施例所述预设组件2的外径大于其所承载的工件台5的外径,且所述预设组件2上的通道3分布在所述工件台5外围侧。

[0039] 进一步地,本发明实施例中的通道3是分布在预设圆环形区域上,而该预设圆环形区域的圆心是所述工件台5的中心,且所述预设圆环形区域是围绕在所述工件台5外围的区域。

[0040] 也就是说,本发明实施例是围绕工件台5设置了一圈预设圆环形区域,并在该预设圆环形区域上设置通孔,通过该通孔将从腔体外注入的反应气体9电离化后排出。

[0041] 需要说明是,本发明实施例所述的方法可应用于微波等离子体、交流电弧等离子体、变频电弧等离子体、直流电弧等离子体、热丝交流等离子体、热丝滞留等离子体等各种系统的腔体上。并且本发明实施例所述方法可应用于化学气相沉积和物理气相沉积,应用于金刚石、碳纳米管、石墨烯、DLC、氯化钾、氧化铝、蓝宝石、氧化物等材料的合成上,本发明对此不作具体限定。

[0042] 具体本发明是以等离子反应腔体1为例来对本发明所述的方法进行说明,其他腔体与本发明所述的方法相类似,本发明在此不做一一说明。

[0043] S102、通过调整施加到所述通道3的外部电压,以使得扩大后的有效沉积面积为所预获得的等离子体的沉积面积和沉积形状;

[0044] 具体实施时,本发明实施例是通过与所述通道3相连接的外接偏压电源8来调整施加到所述通道3的外部电压,最终得到所预获得的等离子体的沉积面积和沉积形状。

[0045] 其中,本发明实施例所述通道3上所施加的偏压,可为直流或交流,具体该偏压强度为100-800伏特。

[0046] 可以理解为,本发明实施例是先设置具有多种类通孔的预设组件2,然后根据最终所需的等离子体7的沉积面积和沉积形状来选择具体的预设组件2,以通过所选的预设组件2上的通道3来控制沿所述工件台5中心的不同径向上的等离子强度,最终获得所需的有效沉积面积和沉积形状的等离子体7。

[0047] 具体实施时,本发明实施例中所述通道3是设置在所述预设圆环形区域上的圆环形通道3,参见图3,该圆环形通道3实质上是将所述预设组件2分割为中间一个圆柱,外面一个圆筒。也即,本发明实施例中的圆环形通道3采用的是呈环形的气体排放方式,该气体排放环与基体6/工件台5为同心圆。在圆环形通道3上施加外接偏压后,会在原有等离子体与排气通道3之间,形成了二级等离子体,从而有效地扩大了沉积面积。

[0048] 另外,本发明实施例中的通道3也可以是多个,且均布在预设圆环形区域10上,具体参见图4和图5,其中,图4是在所述预设圆环形区域10上均布一排通道3,图5是在所述预设圆环形区域10上均布有两排通道3,通过图4和图5可以很容易知晓,本发明实施例中的通道3都是沿所述工件台5的中心对称分布,且所述通道3是均布在所述预设圆环形区域10上。

[0049] 其中,在具体实施时,本发明实施例中的通道3可以是一个整体的圆柱形通孔,也可以是由多列多排细微通孔11共同构成的一个整体的通孔,即,本发明实施例中所示的通孔可以是图6中多排多列的多个小通孔而构成的。这种多排多列的通孔更能够根据需要进行微调外部电压,从而达到更精确的控制等离子体的沉积面积和沉积形状的作用。

[0050] 作为本发明另一个优选实施例,本发明实施例可以将通道3也可以设置为一个或多个弧形通道12,具体参见图7所示,当存在多个所述弧形通道12时,所述弧形通道12的中心角可以根据需要进行设置,即弧形通道12的中心角可以相同,也可以不同。

[0051] 也就是说,本发明实施例是根据实验测得沉积通常所需的通道区域主要是分布在围绕所述工件台5外围的一圈环形区域,该环形区域的宽度可以是0.4-100毫米,而该环形区域距离所述工件台5中心的距离可以从150-800毫米范围,实验表明,在该环形区域距离所设置的通道3能够通过简单控制,即可获得所要的等离子体的沉积面积和沉积形状,同时获得高均匀性的等离子体沉积性能。

[0052] 当然上述仅仅是多数通道3所在的一个区域,本领域技术人员也可以根据需要在其他的位置来设置通孔,本发明对此不作具体限定。

[0053] 需要说明的是,本发明实施例中的所述通道3是与所述预设组件2的主体之间相电路绝缘,且所述通道3与腔体之间也是电路绝缘的,所施加的偏压将部分反应气体9在临近所述通道3部位进行电离化,以增加有效等离子体沉积面积。

[0054] 下面将结合图2-图8通过一个具体的例子来对本发明所述的方法进行详细的解释和说明:

[0055] 本发明提供了一种能够适应于各种合成炉的扩大等离子体7有效反应面积的方法,通过本发明所述方法能够动态调整沉积面积,并在调整之后具备长时间稳定运行的功能。

[0056] 图2显示为本发明实施例提供的具备扩展能力的等离子体单晶金刚石生长炉的基本结构,其中,等离子体反应腔体1,可使用材料包含:不锈钢材料、铝(合金)材料、石英腔体、蓝宝石腔体等材料,在某些功率较大的条件下,腔体可采用全面或局部冷却水流通以便达到降温的效果。

[0057] 在晶体生长的环境中,气体压力可为30Torr-500Torr,以便得到较高功率密度的等离子体7( $10\text{W}/\text{cm}^3$ - $1000\text{W}/\text{cm}^3$ )。

[0058] 从腔体外部注入的反应气体9,一般气体包含氢气、氩气、甲烷、氧气、氮气、丙酮、乙醇、一氧化碳、二氧化碳、硅烷、乙硼烷、氟气等中的一种或多种的混合气体。总流量可为100-20000sccm,其中,若为单晶金刚石生长炉,其碳/氢比例可为1%~15%,以实现单晶金刚石的高速生长。腔体末端存在排气端口,一般由一个或多个流量阀门连接到真空泵。通过腔体压力的读取,使用PID方式控制流量阀门的开合度,以实现气体压力的动态平衡。图2中获得等离子体的能量源可为微波、直流、变频、热丝等方式,可从腔体的上部、下部、或侧向进入腔体。并在基体6上取得等离子体7。图2承载基体6的金属的工件台5,具体的材料一般采用在高温条件下能快速传导热量的金属材料,如钨、钨、钛或相关合金等金属材料,具备高度材料致密性,高温形变较小等特征。

[0059] 本发明实施例中的托载金属托盘及生长基体6的组件,该组件可用于定义腔体底部的边界条件。组件可采取金属材料,包括不锈钢、铝(合金)、铜(合金)、等。普遍情况下,该

组件于腔体本身导通并接地,从而将等离子体7导引至基体6表面进行合成反应。

[0060] 参见图8,在工作过程中,将气体注入到腔体内部,通过电控预设启动气压,总体来说该启动气压值较低,例如为0.5Torr-20Torr之间,在电控控制PID达到内部气压平衡后,加入外界能量,从而在基片上方形成强电场。该强电场将气体分子中的外围电子剥离,并进一步加速并轰击其他气体分子,从而形成了等离子体7。随后,根据工艺要求提升工作气压,例如50Torr-300Torr 之间。

[0061] 本发明中的等离子扩展通过在等离子体7上在激发等离子的能量源之外,进一步通过外接偏压电源8、通道3和绝缘层4,导入二级偏压电势而实现。其中,本发明实施例中的外接偏压电源8产生外接电势V连接至金属制反应气体9输出通道3,该通道3制备材料包括钼、钨、不锈钢等。该通道3通过绝缘层4与其他组件隔离并保持较高电势。外接偏压电源8可采用恒流或恒功率模式,以控制并稳定等离子体7与托盘之间通过偏压而形成的二级等离子。

[0062] 图3为本发明所示偏压调节通道的一种示例,在一个能获得均匀等离子体7的系统当中,采用呈环形的气体排放方式,该气体排放环与基体6/工件台5为同心圆。在上施加外接偏压后,在原有等离子与排气通道3之间,形成了二级等离子,从而有效地扩大了沉积面积。

[0063] 图4为本发明所示的另一种偏压调节通道的另一种示例,在一个能获得均匀等离子体7的系统当中,采用以等离子中心对称分布的多个排气通道3。在通道上施加外接偏压后,在原有等离子与每路排气通道3之间形成径向二级等离子,从而扩大沉积的有效面积。

[0064] 图5为本发明所示的再一种偏压调节通道的示例,具体该示例是在一个由于腔体加工缺陷造成谐振匹配失衡的等离子系统中,未施加偏压之前。该等离子体的中心向图示中的左上方向倾斜,从而造成右下方向等离子强度较低。为弥补该系统中的等离子缺陷,一个具备非对称特性的排气管道被采用。为增加右下方的等离子强度,一个具备较大气体排放量的弧形通道12被采用,从而令右下方的排气量增大。在通过排气管道施加偏压后,形成的二级等离子将等离子体7有效扩张。由于通过弧形通道12排放的气体量较其他气路高,在该方向产生的二级等离子也具备更高的等离子强度。从宏观上在扩大了沉积面积的同时,对对下方向的较弱等离子进行了有效的增强。

[0065] 为进一步控制反应气体9的流速并增强径向等离子密度。本发明实施例中的气体通道可进行微观调节。

[0066] 图5所示为本发明实施例提供的一种环形排气管道,该管道中,在环形排气结构中加入了网格结构,以控制气体流速并稳定二级等离子。每一个排气孔 的直径可为0.5毫米~5毫米,具体与系统中采用的气流量相关,此处不做细节描述;

[0067] 图6所示为本发明实施例的细微通孔11的排气网格结构,该结构中,使用了孔径可为 0.5毫米~5毫米的排气微孔,从而可以进一步控制气体流速并稳定二级等离子。

[0068] 需要说明的是,本发明实施例具体采用的孔径大小与系统中采用的气流量相关,具体本领域技术人员可以根据需要进行设置,在此本发明不做详细描述

[0069] 表1所示为本发明在多种等离子合成炉里的使用范例,如表1所示,其中,A 为采用2450MHz微波源的谐振腔体,输入功率为5千瓦,腔体内部气体压力为100~250Torr时,沉积面积为50毫米直径的类圆形。在一个运行在TM谐振模式的圆柱型等离子生长炉中,本发明

通过图3所示的排气方式,使用直径为120毫米的环形排气口,通过在排气口处施加100V-600V的偏压(偏压强度与气体压力成正比),将沉积面积提高了50%-300%;

[0070] B为采用了915MHz微波源的谐振腔体,输入功率为60千瓦,腔体内部气体压力为100~250Torr时,普遍沉积面积为150毫米直径的类圆形。在一个运行在TM谐振模式的蝶形等离子生长炉中,本发明通过图4所示的排气方式,在直径为500毫米的圆上,均匀分布了20个排气孔,通过在排气口施加100~600V的偏压(偏压强度与气体压力成正比),将沉积面积提高了50-300%;

[0071] C为采用了交流电弧等离子体的金刚石生长炉,通过本发明提供的图3通道的方式,对排气口施加100~800V的直流偏压,将沉积面积提高了50~300%;

[0072] D为采用了直流电弧等离子体的金刚石生长炉,通过本发明提供图3通道的方式,对排气口施加100~800V的直流偏压,将沉积面积提高了50~300%。

[0073] E为采用了直流电弧等离子体的金刚石生长炉,通过本发明提供图3通道的方式,对排气口施加100~800V的直流偏压,将沉积面积提高了50~300%。

[0074] 表1,本发明实施例不同实施范例的实验数据

[0075]

		频率	输入功率	沉积面积直径
A	微波等离子体	2450MHz	0~12kW	75mm
B	微波等离子体	915MHz	0~75kW	200mm
C	交流电弧等离子体	Varied	0~75kW	200mm
D	变频电弧等离子体	13.5MHz	0~30kW	120mm
E	直流电弧等离子体	NA	0~30kW	120mm

[0076] 综上,本发明通过在金刚石等离子合成炉种对排放气体施加偏压,在远离等离子中心处,于径向形成了二级等离子,并引发了等离子/电子/未极化气体的快速碰撞与交换,从而达到了径向扩张等离子体的目的。并且本发明在扩展等离子体的同时,未对基片表面直接施加偏压,干扰/修改基片表面的外延生长,保持了基片表面的化学/合成特性,同时本发明所述方法可以用于多种常规等离子体生长炉中,包括,工作在不同功率/波长的微波谐振腔、交流电弧等离子生长炉、直流电弧等离子生长炉、变频等离子生长炉等,并可通过调节排气孔的位置、形状、大小等参数,将非对称的等离子进行均匀化调节,并达到扩大沉积面积的目的,本发明可通过微观调节排气的方式,提升/降低气体排放气量/动能,配以提升/降低反应气体的气量/动能,从而进一步调整等离子体的均匀性和径向扩大。

[0077] 尽管为示例目的,已经公开了本发明的优选实施例,本领域的技术人员将意识到各种改进、增加和取代也是可能的,因此,本发明的范围应当不限于上述实施例。



图1

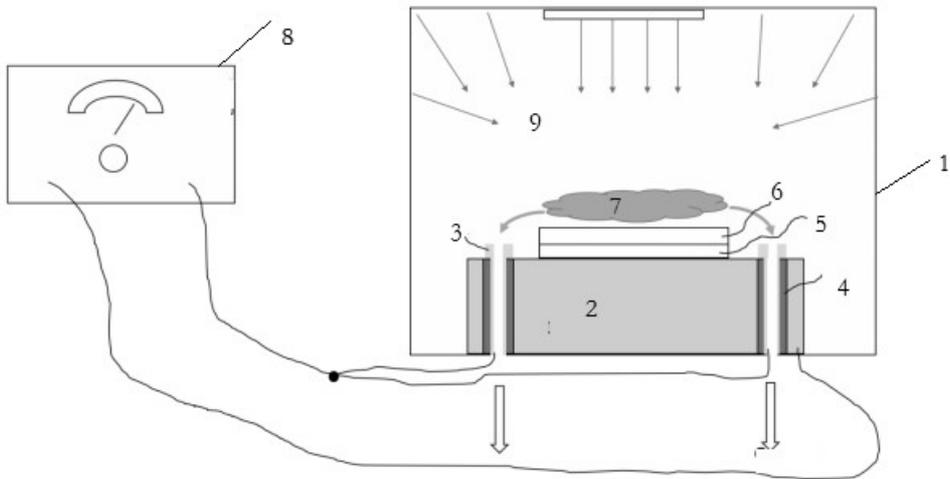


图2

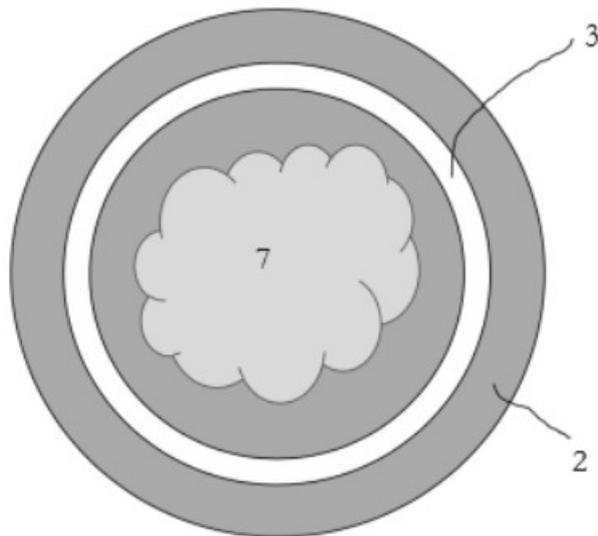


图3

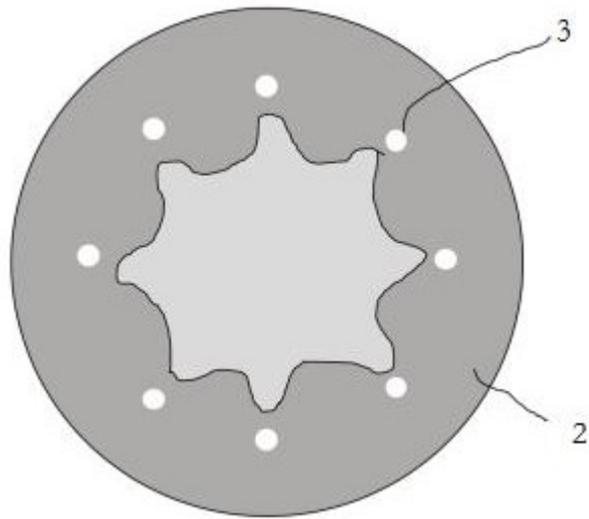


图4

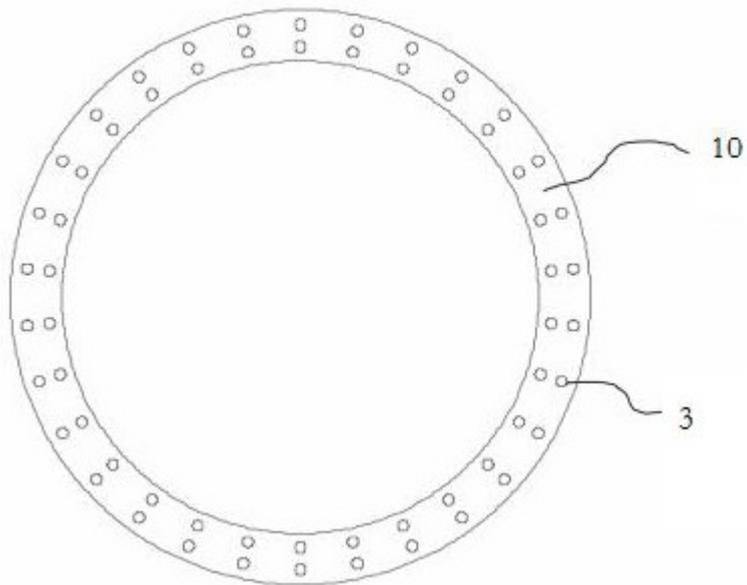


图5

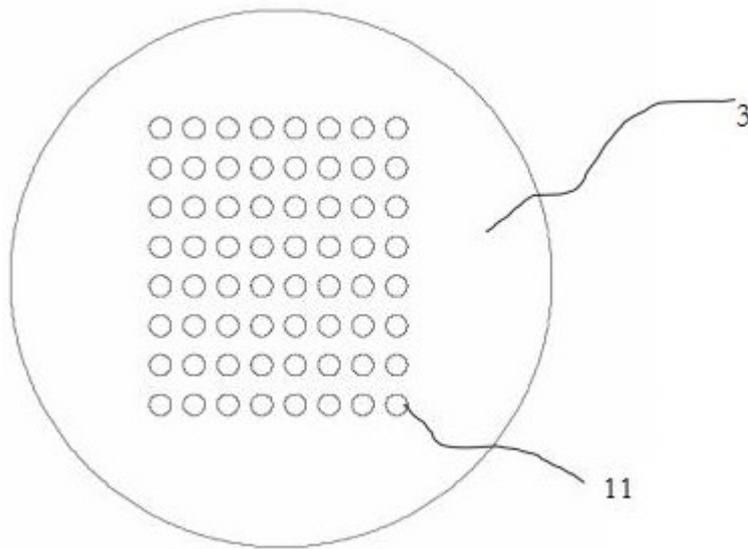


图6

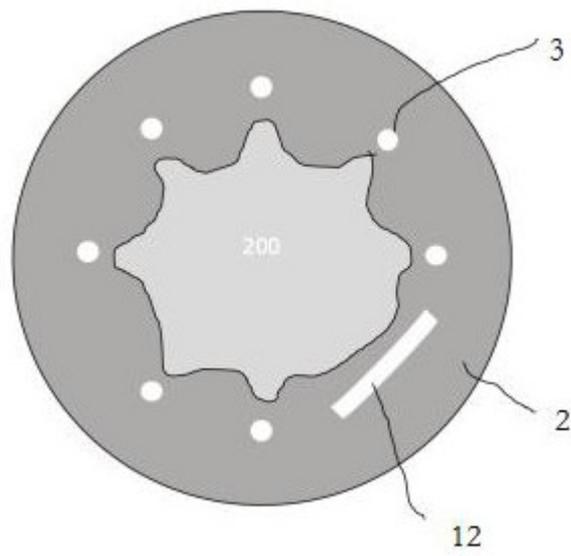


图7

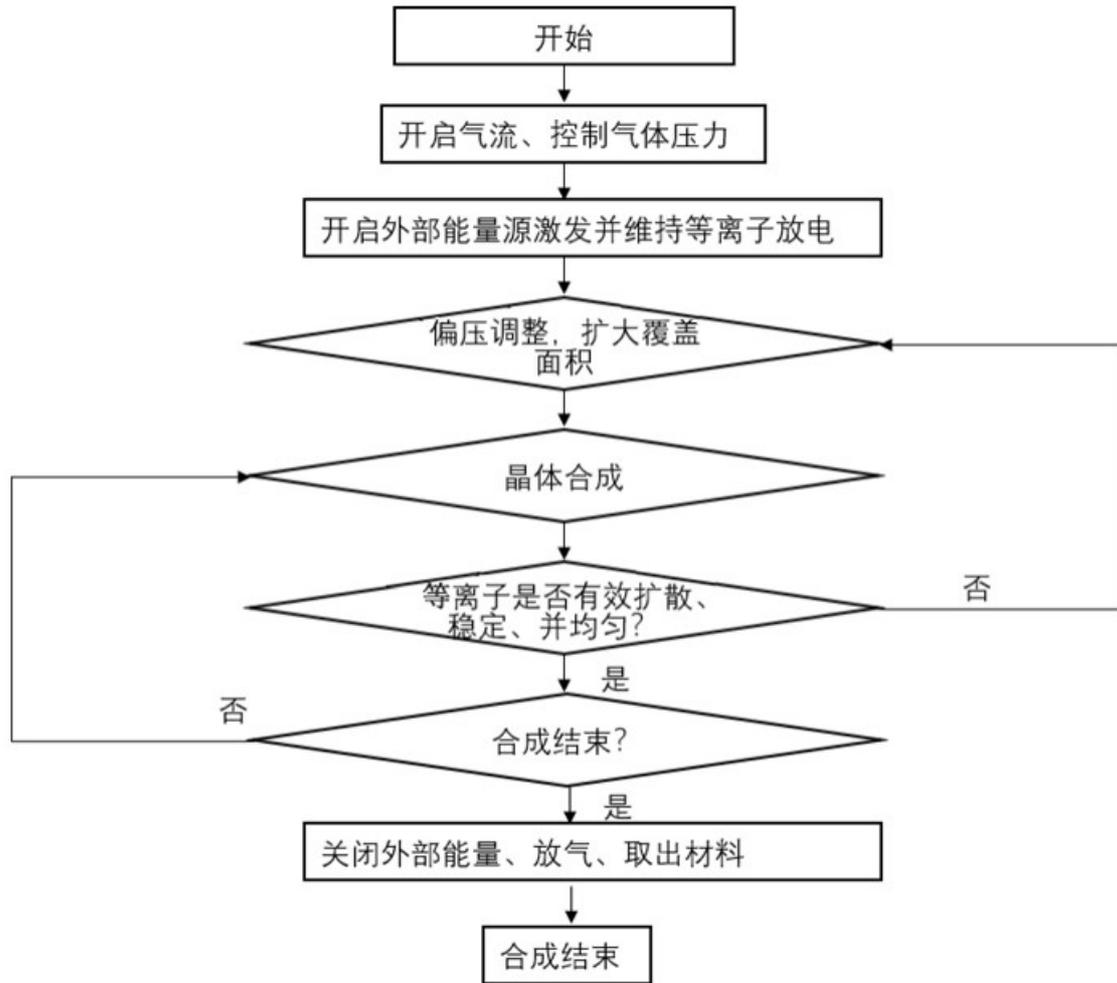


图8