



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114686974 A

(43) 申请公布日 2022. 07. 01

(21) 申请号 202210358569.X

C30B 29/06 (2006.01)

(22) 申请日 2022.03.30

C30B 29/40 (2006.01)

(71) 申请人 上海埃延半导体有限公司

地址 200131 上海市浦东新区自由贸易试
验区临港新片区新杨公路1588号4幢

(72) 发明人 丁欣

(74) 专利代理机构 上海智晟知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 31313

专利代理师 张东梅

(51) Int.Cl.

C30B 25/08 (2006.01)

C30B 25/10 (2006.01)

C30B 25/14 (2006.01)

C30B 28/14 (2006.01)

C23C 16/44 (2006.01)

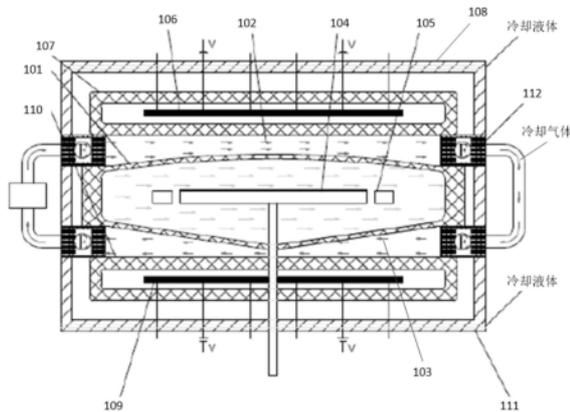
权利要求书2页 说明书6页 附图7页

(54) 发明名称

一种用于衬底外延的反应器

(57) 摘要

本发明总的来说涉及半导体制造技术领域，提出一种用于衬底外延的反应器，包括：反应腔室；加热器，其被配置为对所述反应腔室进行加热；风冷流道，其位于所述加热器以及所述反应腔室之间；以及换热器，其布置于所述风冷流道上，其中所述换热器被配置为生成冷却气体并且驱动所述冷却气体沿所述风冷流道流动以便冷却所述反应腔室以及所述加热器。



1. 一种用于衬底外延的反应器,其特征在于,包括:
反应腔室;
加热器,其被配置为对所述反应腔室进行加热;
风冷流道,其位于所述加热器以及所述反应腔室之间;以及
换热器,其布置于所述风冷流道上,其中所述换热器被配置为生成冷却气体并且驱动所述冷却气体沿所述风冷流道流动以便冷却所述反应腔室以及所述加热器。
2. 根据权利要求1所述的用于衬底外延的反应器,其特征在于,所述加热器包括第一和第二加热器,其中所述第一和第二加热器分别布置在所述反应腔室的上方和下方;以及
所述风冷流道包括第一和第二流道,所述第一和第二流道分别位于所述第一和第二加热器与所述反应腔室之间。
3. 根据权利要求1所述的用于衬底外延的反应器,其特征在于,所述反应腔室包括:
基座,其被配置为承载衬底;
预热环,其布置于所述基座的周边处。
4. 根据权利要求3所述的用于衬底外延的反应器,其特征在于,所述基座和所述预热环的材料为石墨或者涂层石墨。
5. 根据权利要求1所述的用于衬底外延的反应器,其特征在于,所述加热器包括:
红外发热体;
红外透射体,其布置于所述红外发热体靠近所述反应腔室的一侧;以及
金属背板,其布置于所述红外发热体背离所述反应腔室的一侧。
6. 根据权利要求5所述的用于衬底外延的反应器,其特征在于,所述加热器的发热面积大于20%。
7. 根据权利要求5所述的用于衬底外延的反应器,其特征在于,所述红外发热体的加热元件位于小于30度的球面内。
8. 根据权利要求5所述的用于衬底外延的反应器,其特征在于,所述金属背板包括水冷管路。
9. 根据权利要求5所述的用于衬底外延的反应器,其特征在于,所述金属背板与所述红外透射体形成密闭腔体,其中将所述密闭腔体抽真空或者通过惰性气体对所述密闭腔体进行吹扫。
10. 根据权利要求5所述的用于衬底外延的反应器,其特征在于,所述加热器还包括:
隔热层,其包括OP石英层或者耐火材料层;和\或
红外反射层,其包括镀金层。
11. 根据权利要求2所述的用于衬底外延的反应器,其特征在于,包括多个换热器,其布置在所述第一和第二流道上。
12. 根据权利要求11所述的用于衬底外延的反应器,其特征在于,所述多个换热器布置在所述第一和第二流道的进口和出口处。
13. 根据权利要求12所述的用于衬底外延的反应器其特征在于,包括回风管道以及进风管道,其中所述多个换热器布置在所述回风管道以及进风管道中。
14. 根据权利要求13所述的用于衬底外延的反应器,其特征在于,
所述多个换热器布置在所述第一和第二流道上;和\或

所述多个换热器布置在所述第一和第二流道的进口和出口处;和\或
所所述多个换热器布置在所述回风管道以及进风管道中。

一种用于衬底外延的反应器

技术领域

[0001] 本发明总的来说涉及半导体制造技术领域。具体而言,本发明涉及一种用于衬底外延的反应器。

背景技术

[0002] 在衬底外延工艺中,反应时对反应腔室和加热器进行降温是很重要的一环。在传统的使用面加热器的反应器中,通常需要在面加热器的发热面上设置开孔以作为风冷流道,所述风冷流道通常与所述发热面垂直。所述开孔通常占所述面加热器面积的20%以上,其可以是加热器的多个红外加热元件在垂直方向上的空隙和通道。然而,现有技术中加热器的加热元件以及许多其它的反应器元件都需要暴露在风冷流道的冷却气体中,这会大大降低反应器运行的稳定性。

发明内容

[0003] 为至少部分解决现有技术中的上述问题,本发明提出一种用于衬底外延的反应器,包括:

[0004] 反应腔室;

[0005] 加热器,其被配置为对所述反应腔室进行加热;

[0006] 风冷流道,其位于所述加热器以及所述反应腔室之间;以及

[0007] 换热器,其布置于所述风冷流道上,其中所述换热器被配置为生成冷却气体并且驱动所述冷却气体沿所述风冷流道流动以便冷却所述反应腔室以及所述加热器。

[0008] 在本发明一个实施例中规定,所述加热器包括第一和第二加热器,其中所述第一和第二加热器分别布置在所述反应腔室的上方和下方;以及

[0009] 所述风冷流道包括第一和第二流道,所述第一和第二流道分别位于所述第一和第二加热器与所述反应腔室之间。

[0010] 在本发明一个实施例中规定,所述反应腔室包括:

[0011] 基座,其被配置为承载衬底;

[0012] 预热环,其布置于所述基座的周边处。

[0013] 在本发明一个实施例中规定,所述基座和所述预热环的材料为石墨或者涂层石墨。

[0014] 在本发明一个实施例中规定,所述加热器包括:

[0015] 红外发热体;

[0016] 红外透射体,其布置于所述红外发热体靠近所述反应腔室的一侧;以及

[0017] 金属背板,其布置于所述红外发热体背离所述反应腔室的一侧。

[0018] 在本发明一个实施例中规定,所述加热器的发热面积大于20%。

[0019] 在本发明一个实施例中规定,所述红外发热体的加热元件位于小于30度的球面内。

- [0020] 在本发明一个实施例中规定,所述金属背板包括水冷管路。
- [0021] 在本发明一个实施例中规定,所述金属背板与所述红外透射体形成密闭腔体,其中将所述密闭腔体抽真空或者通过惰性气体对所述密闭腔体进行吹扫。
- [0022] 在本发明一个实施例中规定,所述加热器还包括:
- [0023] 隔热层,其包括OP石英层或者耐火材料层;和\或
- [0024] 红外反射层,其包括镀金层。
- [0025] 在本发明一个实施例中规定,所述用于衬底外延的反应器包括多个换热器,其布置在所述第一和第二流道上。
- [0026] 在本发明一个实施例中规定,所述多个换热器布置在所述第一和第二流道的进口和出口处。
- [0027] 在本发明一个实施例中规定,所述用于衬底外延的反应器包括回风管道以及进风管道,其中所述多个换热器布置在所述回风管道以及进风管道中。
- [0028] 在本发明一个实施例中规定,所述多个换热器布置在所述第一和第二流道上;和\或
- [0029] 所述多个换热器布置在所述第一和第二流道的进口和出口处;和\或
- [0030] 所述多个换热器布置在所述回风管道以及进风管道中。
- [0031] 本发明至少具有如下有益效果:本发明中通过设置风冷流道来对反应腔室和加热器进行冷却,所述风冷流道位于所述加热器以及所述反应腔室之间,在冷却过程中只有加热器的红外透射体壁和反应腔室的腔壁暴露在风冷回路中,减少了暴露在风冷回路中的元件数量,提高了反应器运行的可靠性。并且本发明中将多个换热器布置在风冷流道的进口和出口处,乃至回(进)风管路当中,采用多个小型的换热器可以使得反应器的空间布局更加紧凑,在狭小的空间内布置下更多的反应腔体。另外换热器前置在风冷流道的进口和出口处可以减少风冷流道的风阻,提高换热效率。

附图说明

[0032] 为进一步阐明本发明的各实施例中具有的优点和特征,将参考附图来呈现本发明的各实施例的更具体的描述。可以理解,这些附图只描绘本发明的典型实施例,因此将不被认为是对其范围的限制。在附图中,为了清楚明了,相同或相应的部件将用相同或类似的标记表示。

- [0033] 图1示出了本发明一个实施例中一个用于衬底外延的反应器的示意图。
- [0034] 图2A-C示出了本发明一个实施例中一个加热体的构造过程示意图。
- [0035] 图3A-B,图4至图6示出了本发明各实施例中加热体的示意图。
- [0036] 图7A-B示出了本发明一个实施例中加热器的神经网络控制的逻辑示意图。

具体实施方式

[0037] 应当指出,各附图中的各组件可能为了图解说明而被夸大地示出,而不一定是比例正确的。在各附图中,给相同或功能相同的组件配备了相同的附图标记。

[0038] 在本发明中,除非特别指出,“布置在…上”、“布置在…上方”以及“布置在…之上”并未排除二者之间存在中间物的情况。此外,“布置在…上或上方”仅仅表示两个部件之间

的相对位置关系,而在一定情况下、如在颠倒产品方向后,也可以转换为“布置在…下或下方”,反之亦然。

[0039] 在本发明中,各实施例仅仅旨在说明本发明的方案,而不应被理解为限制性的。

[0040] 在本发明中,除非特别指出,量词“一个”、“一”并未排除多个元素的场景。

[0041] 在此还应当指出,在本发明的实施例中,为清楚、简单起见,可能示出了仅仅一部分部件或组件,但是本领域的普通技术人员能够理解,在本发明的教导下,可根据具体场景需要添加所需的部件或组件。另外,除非另行说明,本发明的不同实施例中的特征可以相互组合。例如,可以用第二实施例中的某特征替换第一实施例中相对应或功能相同或相似的特征,所得到的实施例同样落入本申请的公开范围或记载范围。

[0042] 在此还应当指出,在本发明的范围内,“相同”、“相等”、“等于”等措辞并不意味着二者数值绝对相等,而是允许一定的合理误差,也就是说,所述措辞也涵盖了“基本上相同”、“基本上相等”、“基本上等于”。以此类推,在本发明中,表方向的术语“垂直于”、“平行于”等等同样涵盖了“基本上垂直于”、“基本上平行于”的含义。

[0043] 另外,本发明的各方法的步骤的编号并未限定所述方法步骤的执行顺序。除非特别指出,各方法步骤可以以不同顺序执行。

[0044] 下面结合具体实施方式参考附图进一步阐述本发明。

[0045] 图1示出了本发明一个实施例中一个用于衬底外延的反应器的示意图。如图1所示,所述反应器可以包括第一加热器、第二加热器以及反应腔室101。所述第一加热器和所述第二加热器分别布置在所述反应腔室的上方和下方,所述第一加热器与所述反应腔室101之间具有第一流道102、所述第二加热器与所述反应腔室101之间具有第二流道103。

[0046] 所述反应器可以用于硅外延和氮化镓氢化物气相外延(HVPE)外延。在硅外延工艺中衬底为硅衬底,用于生长多晶硅和单晶硅。在氮化镓HVPE外延中,衬底为硅,蓝宝石或者碳化硅,反应的前驱物为 $\text{GaCl}_3(\text{g}) + \text{NH}_3(\text{g})$ 和/或 InCl_3 ,反应过程为

$$\text{GaCl}_3(\text{g}) + \text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{GaN}(\text{s}) + 3\text{HCl}(\text{g})。$$

[0047] 所述反应腔室101中可以布置基座104,所述基座104可以是圆形基座,所述基座104可以承载衬底。在所述基座104的周围可以布置所述预热环105,所述预热环105可以是圆形或者长方形。所述基座104以及所述预热环105的材料可以是石墨或者涂层石墨。

[0048] 在所述反应器工作过程中,反应气体在所述反应腔室101中沿着所述基座104的表面从所述基座104的第一侧流向第二侧。所述第一加热器和所述第二加热器可以是电阻式加热器,其通过红外辐射加热所述基座104、所述预热环105以及衬底。

[0049] 所述反应腔室101可以具有水平或者近似水平的上表面,并且可以具有水平或者近似水平的下表面,所述反应腔室101的上表面和\或下表面可以略微拱起、下凹、或者可以设置加强筋。

[0050] 所述第一加热器可以包括第一加热体106、第一红外透射体107以及第一金属背板108。所述第二加热器可以包括第二加热体109、第二红外透射体110以及第二金属背板111。

[0051] 所述第一加热器和所述第二加热器为面加热器,即所述第一加热体106和所述第二加热体109的发热面积大于20%,也就是说所述第一加热体106和所述第二加热体109的发热元件在发热面上的正投影占比大于20%。

[0052] 所述第一加热体106和所述第二加热体109的加热元件在一个平面内,也就是说所

述第一加热体106和所述第二加热体109的各个加热元件(的中心线,如有)位于小于30度的球面内。所述第一加热体106和所述第二加热体109的发热面可以为所述基座104和所述预热环105上的面积的70%左右。

[0053] 对于传统的面加热器,通常需要在垂直于面加热器的方向上设置风道,例如利用加热元件之间在垂直方向的空隙和通道作为风道来对面加热器的表面进行风冷降温,所述风道的面积通常占面加热器面积的20%以上。

[0054] 而在本发明的实施例中,所述第一加热体106或所述第二加热体109面向衬底的一侧布置所述第一红外透射体107或第二红外透射体110,所述第一红外透射体107或第二红外透射体110可以是可透射红外的石英玻璃壁。所述第一加热体106或所述第二加热体109背对衬底的一侧布置所述第一金属背板108或第二金属背板111,所述第一金属背板108或第二金属背板111处可以设置水冷管道。所述第一红外透射体107与所述反应腔室101之间具有第一流道102,所述第二红外透射体110与所述反应腔室101之间具有第二流道103。也就是说,所述第一加热体106或所述第二加热体109可以通过第一面上的风冷以及第二面上的水冷进行冷却。

[0055] 所述第一金属背板108或第二金属背板111与所述第一红外透射体107或第二红外透射体110之间可以形成密闭腔体。可以将所述密闭腔体抽真空,或者可以通过氮气或者其他惰性气体对所述密闭腔体进行吹扫保护。

[0056] 所述第一金属背板108或第二金属背板111与所述第一加热体106或所述第二加热体109之间可以布置隔热层和\或红外反射层,所述隔热层可以是OP石英(半导体用白色不透明石英)层或者耐火材料层,所述红外反射层可以是镀金层。

[0057] 在本发明的实施例中,所述第一加热体106或所述第二加热体109与所述反应腔室101之间的距离小于等于30cm,并且所述第一加热体106或所述第二加热体109与衬底的表面之间的距离小于等于80cm。

[0058] 在本发明的实施例中,所述第一加热体106或所述第二加热体109相比传统反应器更靠近所述基座104、所述预热环105以及衬底,并且发热面积更大,可以形成更好的均质加热环境。

[0059] 在所述第一流道102和所述第二流道103上可以布置换热器112,冷却气体经由所述第一流道102和所述第二流道103沿所述反应腔室101以及所述第一加热器和所述第二加热器的表面流动以降低所述反应腔室101以及所述第一加热器和所述第二加热器的表面的温度。

[0060] 在本发明的实施例中,可以将传统的单个大型换热器拆分成四个或者更多数量的小型换热器。以布置四个小型换热器为例,如图1所示,可以将四个所述小型换热器布置在所述第一流道102的进口和出口以及所述第二流道103的进口和出口来分别对所述反应腔室的上下表面进行风冷。所述多个小型换热器也可以布置在回风管道以及进风管道中。进一步地,所述第一流道102和\或所述第二流道103上可以布置相互并联或者串联的多个小型换热器。

[0061] 上述技术方案可以使得单个换热器的体积减小,进而使得反应器的空间布局更加紧凑;并且可以使得尽量少的元件暴露在风冷回路中,提高了设备运行的可靠性;另外封闭前置的流道可以减少流道的风阻,有助于换热效率提高。

[0062] 在本发明的一个实施例中,所述第一加热器与所述第二加热器可以构成正交控制面加热器,也就是说所述第一加热体106和所述第二加热体107与所述基座104的平面平行,并且所述第一加热体106与所述第二加热体107呈90度正交。

[0063] 图2A-C示出了本发明一个实施例中一个第一加热体的构造过程示意图,其中包括下列步骤:

[0064] 如图2A所示,在圆盘上设置 n 个同心圆,其中以 $n=2$ 为例进行说明;

[0065] 如图2B所示,用 $2n+1$ 个平行长条去截这 n 个环,得到 $2n+1$ 个由圆或者圆环以及圆或者圆环两端的直线端围成的图形,也就是图2B中示出的实线包围的区域;以及

[0066] 如图2C所示,将上述 $2n+1$ 个图形蜿蜒化。

[0067] 采用上述构造思路,在本发明一个实施例中,所述第一加热体可以是如图2B或图2C所示的圆形面加热器,其中在圆面上具有 $2n+1$ 个加热区域,其中包括:

[0068] 外侧区域201,其位于所述圆面的最外侧处,其形状为圆弧段,所述圆弧段可以为约 $1/4$ 圆弧;

[0069] 中心区域202,其位于所述圆面的中心处,其形状可以为完整的中心圆加上左右两侧通过外侧所有圆弧的2个直线段。特别的,当需要中心开孔时,例如需要在中心区域设置转轴、传感器或者观察窗时,所述中心区域为360度的圆弧段;

[0070] 中间区域203,其位于所述圆面上的所述外侧区域201和所述内部区域203之间,其形状可以是圆弧段加上两侧通过外侧所有圆弧的直线段,所述圆弧段可以为约 $1/4$ 圆弧。

[0071] 在该实施例中,所述第二加热体的形状是所述第一加热体旋转90度之后获得的形状。

[0072] 所述第一加热体和所述第二加热体可以是卤素灯管或者其它电阻式加热体。

[0073] 在本发明的实施例中,由于加热器采用电阻式红外加热器,如图2B中所示的发热体的图案中会出现电阻元件过宽和过短的问题,导致加热器的阻值过低,需要提供低电压高电流的电源。因此可以入图2C所示,将发热体的图案蜿蜒化,来使得电阻元件的长度增加,宽度缩小,进而可以提高发热体的电阻,补偿热膨胀造成的影响。

[0074] 在本发明的实施例中,发热体表面蜿蜒化的拓扑纹路并不限于图2C中所示,其也可以是如图3A和图3B所示的拓扑纹路。进一步地,如图4所示,以发热体的401处为例,所述发热体可以进行二次蜿蜒化,通过在加热体上构造出空缺的切角,来实现进一步地的蜿蜒化以便提高电阻。进一步地,如图5所示,发热体上的加热区域的划分可以是非对称的,例如可以在圆盘前半设置 $N+M$ 个区域,后半设置 N 个区域,可以对应前半部分进气温度低、功率需求大,需要更多分区调控的功能需求。另外,如图6所示,在划分圆盘上的加热区域的过程中也可采用 $2N+2$ 个长条截取 N 的圆环,其中将中间圆心处一切为二,并且与中间的两个长条合并。

[0075] 在本发明的实施例中,在所述第一加热体和所述第二加热体的圆心处的轴向方向上可以设置不在所述第一加热体和所述第二加热体的圆面上的补充发热体,这个加热器可以进行功率补充。

[0076] 在本发明的实施例中,可以对加热器进行分区功率控制,加热器任意区域的加热功率为该区域正面的第一加热体的功率 X_i 与背面的第二加热体的功率 Y_j 之和,其中可以 M ($2n$ 或者 $2n+1$)*2个分区控制 n^2 个发热区域的组合($X_1, X_n * Y_1 - Y_n$),也就是说可以采用较少

的加热器电源驱动来获得更为复杂的加热图形。

[0077] 在本发明的实施例中,加热体的每个加热区域内的加热元件的电阻都较为接近,所述加热元件的长度约为 $\pi R/2 \sim 2R$,其中 R 表示圆面的半径,便于电路的设计。如果采用传统的环形加热器,则需要设计多个扇形分区,扇形分区中的电阻元件的长度通常过短,无法获得足够大的电阻和功率密度,需要布置大量的电极用于将电流导入,使得系统成本上升,挤占其它元件例如传感器、观察窗口、冷却回路等的物理位置,不便于布局设计

[0078] 在本发明的实施例中,所述加热器的温度控制系统为非标准PID系统多输入多输出系统,可以通过神经网络来对加热器进行分区加热控制,如图7A和图7B所示,其中 $X_{11}, X_{21}, \dots, X_{n1}$ 表示控制量的控制目标即各个测温点的温度设定值; $X_{12}, X_{22}, \dots, X_{n2}$ 表示控制量的温度当前值; Y_1, Y_2, \dots, Y_n 表示多控制量神经元网络计算得到的控制律;以及 W_{ij} 和 W_{jk} 表示网络权值。

[0079] Y_n 所表示的控制律控制加热器进行输出,其中 r_1, r_2, \dots, r_n 表示控制量的控制目标, u_1, u_2, \dots, u_n 表示控制律, y_1, y_2, \dots, y_n 表示控制量当前值。

[0080] 尽管上文描述了本发明的各实施例,但是,应该理解,它们只是作为示例来呈现的,而不作为限制。对于相关领域的技术人员显而易见的是,可以对其做出各种组合、变型和改变而不背离本发明的精神和范围。因此,此处所公开的本发明的宽度和范围不应被上述所公开的示例性实施例所限制,而应当仅根据所附权利要求书及其等同替换来定义。

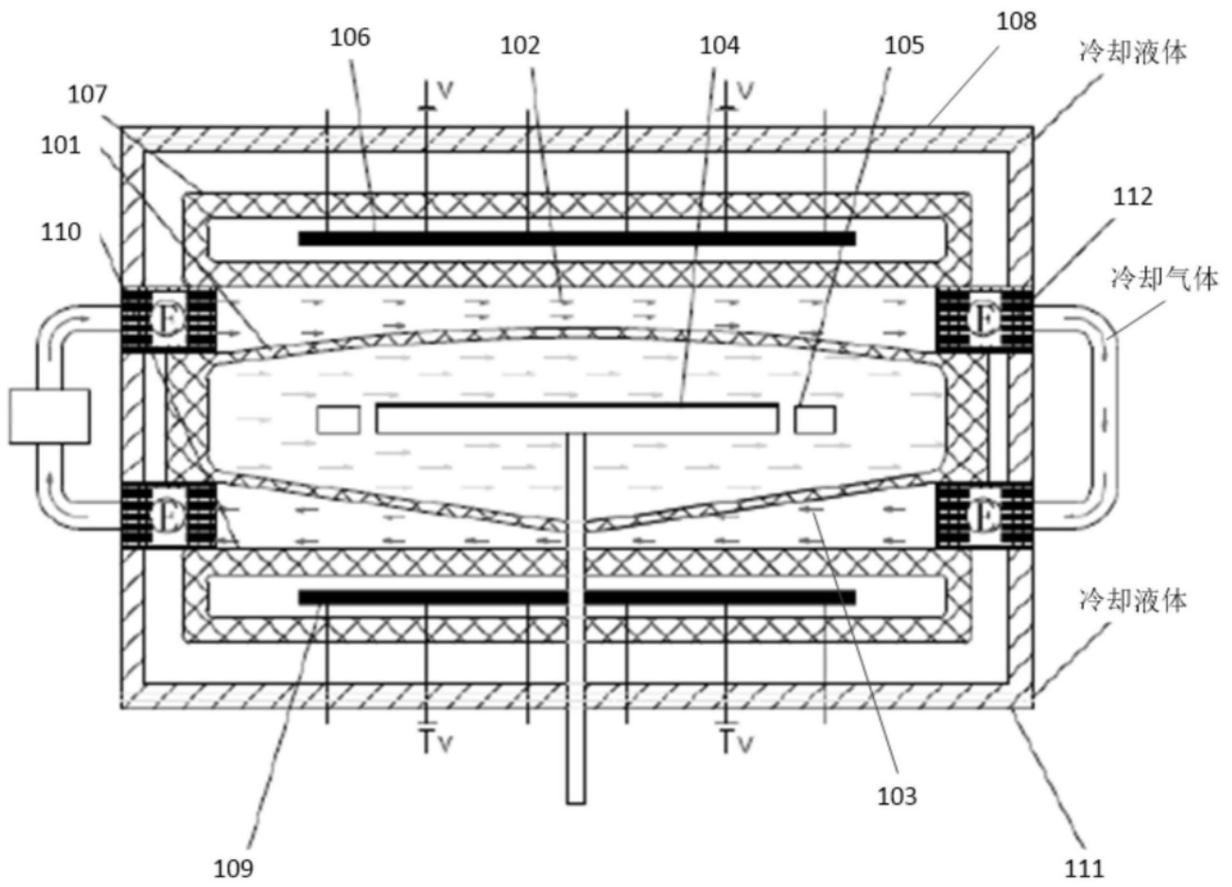


图1

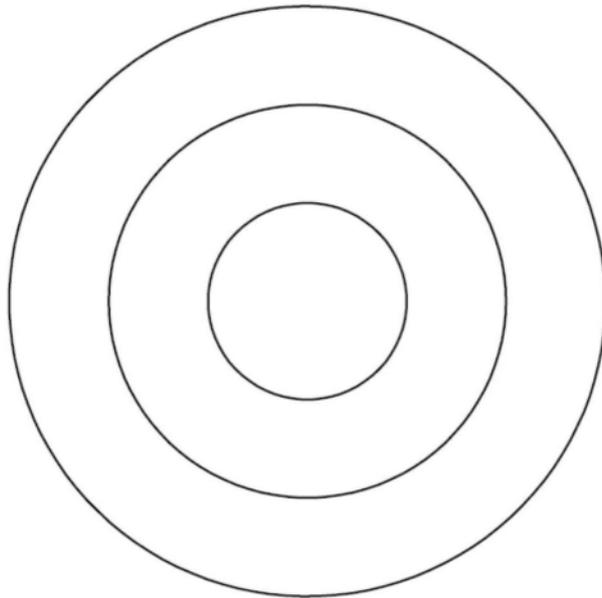


图2A

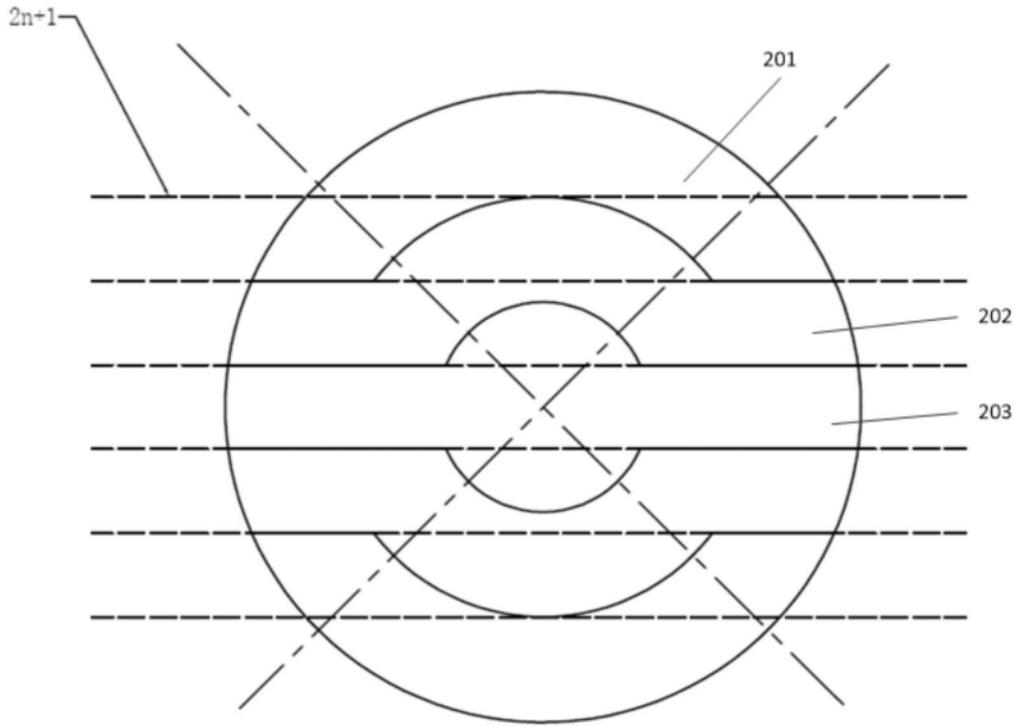


图2B

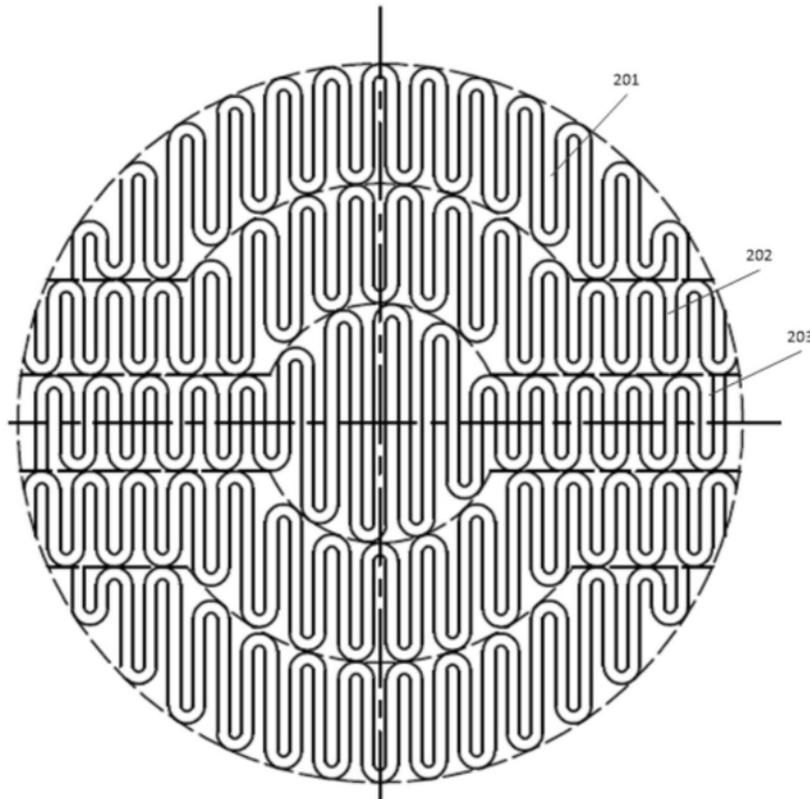


图2C

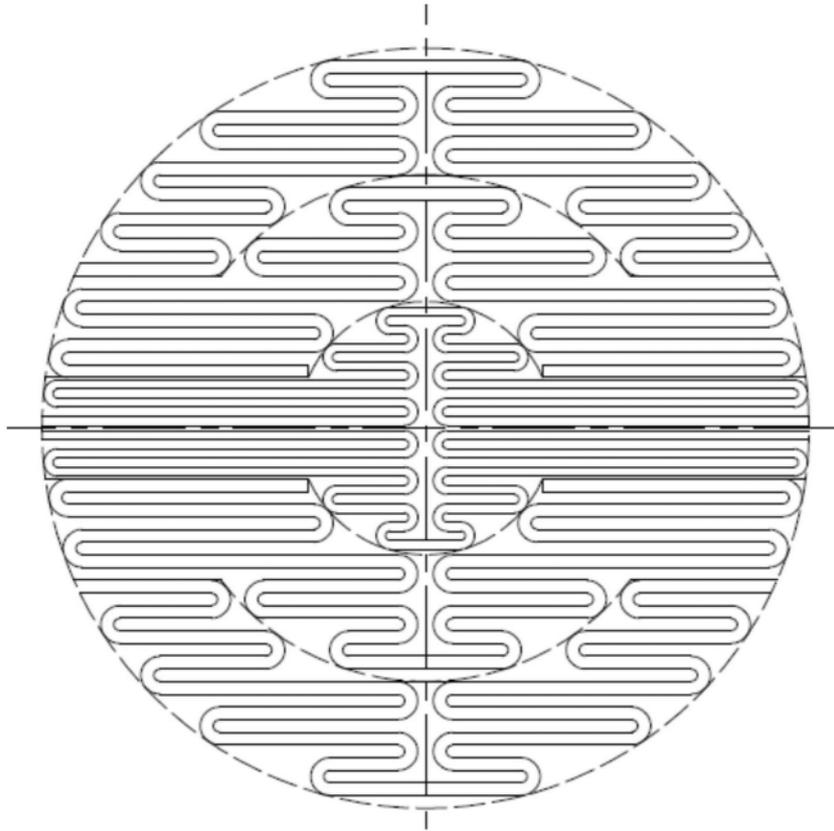


图3A

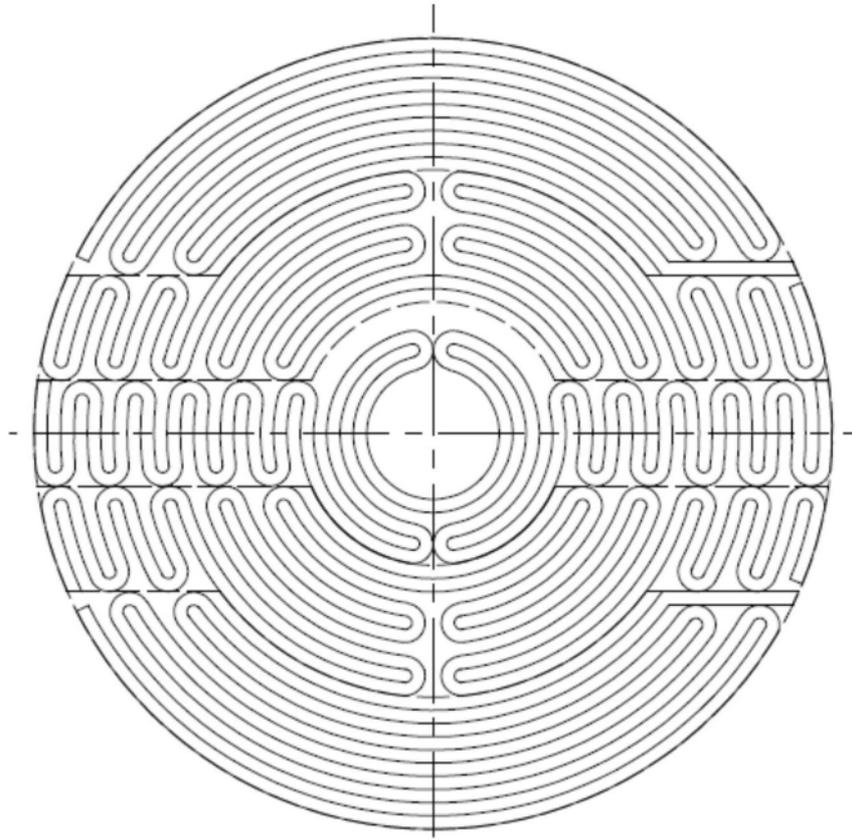


图3B

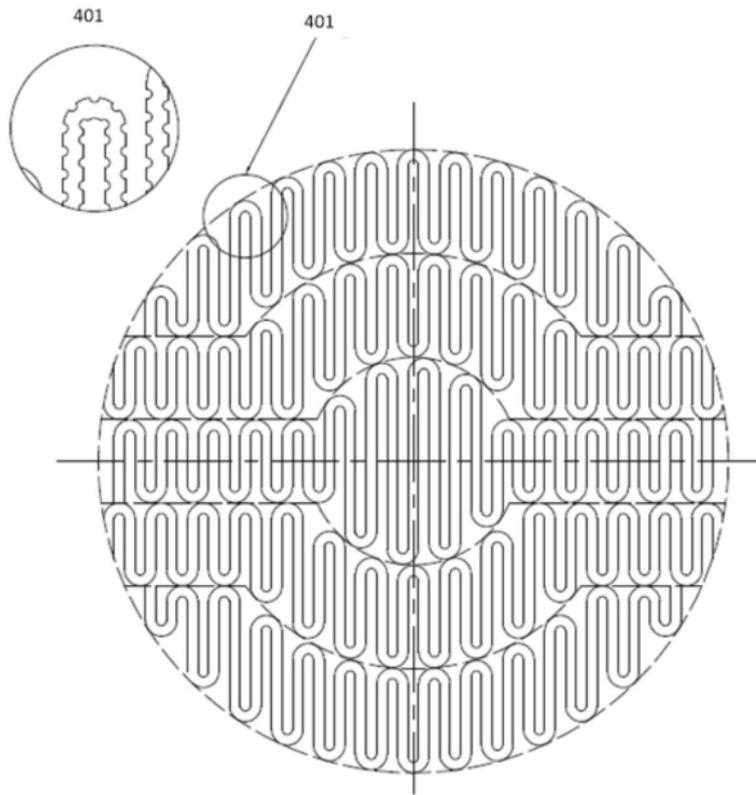


图4

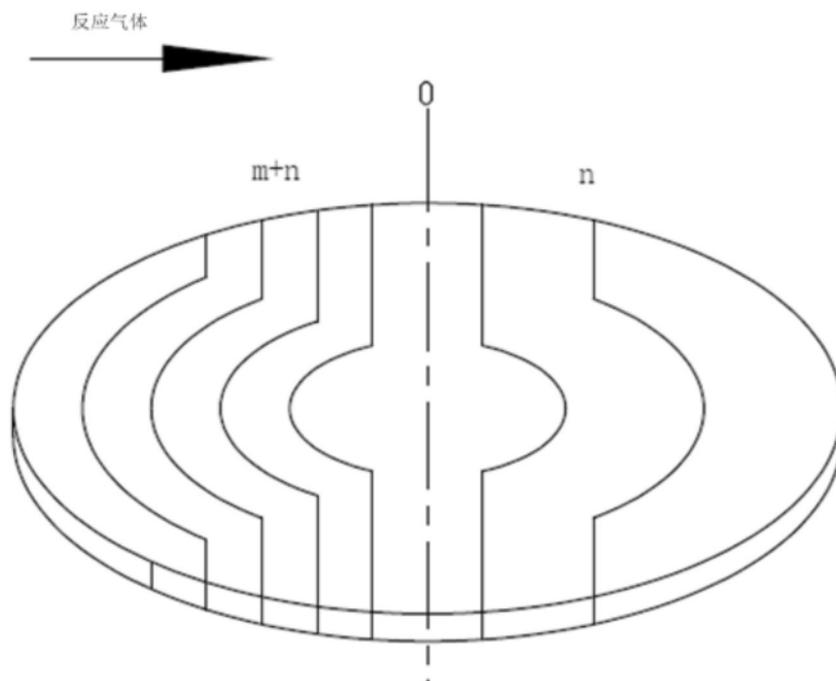


图5

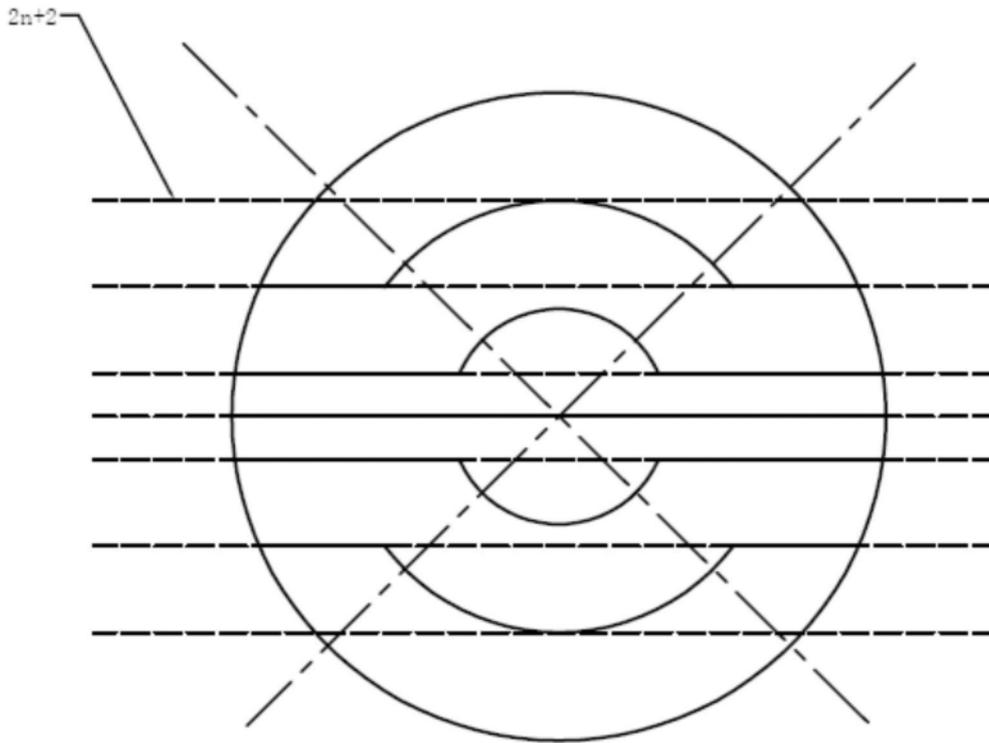


图6

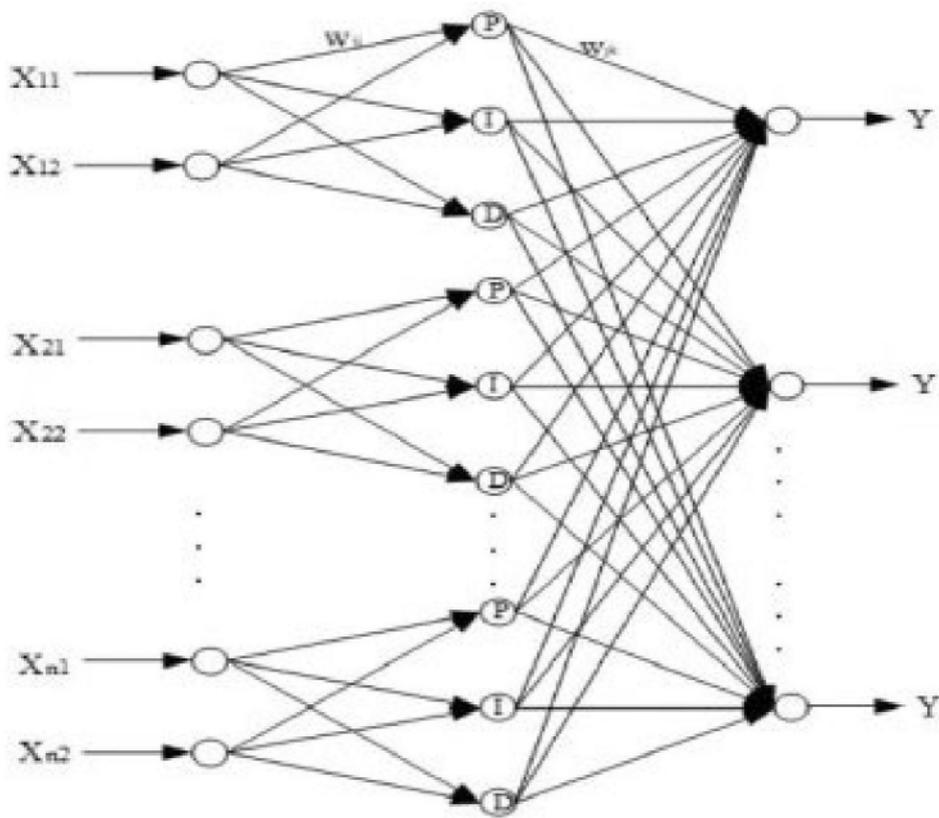


图7A

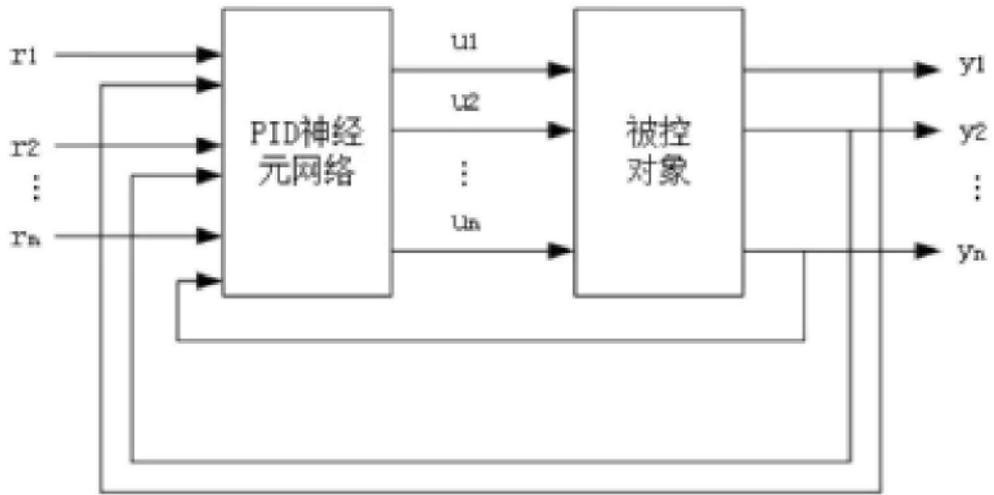


图7B