



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106811736 B

(45)授权公告日 2019.03.05

(21)申请号 201611222834.2

(22)申请日 2016.12.27

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106811736 A

(43)申请公布日 2017.06.09

(73)专利权人 南昌大学  
地址 330047 江西省南昌市南京东路235号  
专利权人 南昌黄绿照明有限公司

(72)发明人 徐龙权 丁杰 张建立 曹盛  
赵鹏 罗磊 江风益

(74)专利代理机构 江西省专利事务所 36100  
代理人 张文

(51)Int.Cl.  
G23C 16/455(2006.01)

(56)对比文件

CN 102534557 A,2012.07.04,  
CN 201284372 Y,2009.08.05,  
CN 103305906 A,2013.09.18,  
CN 105200395 A,2015.12.30,  
EP 2406411 B1,2015.04.08,

审查员 王中正

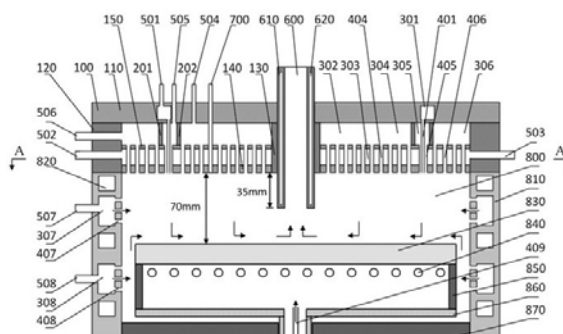
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种化学气相沉积装置

(57)摘要

本发明公开了一种化学气相沉积装置,包括位于反应腔顶部的喷淋头和带侧壁吹扫的反应腔。喷淋头中单圈排列的金属有机气体进气导管设在氢化物进气导管中,使氢化物气体环绕金属有机气体向下运输,氢化物气体或载气从喷淋头内部和外部的进气导管进入反应腔。反应腔的侧壁上设有进气导管,将氢化物或载气运输进入反应腔,起到吹扫作用。在喷淋头中心设置了尾气导管,反应气体沿径向从外侧向中心流动,最终经尾气导管从下向上抽出。使用本发明装置,可在反应腔内形成由外侧向中心的水平层流,相比长距离运输喷淋头,可大幅提升金属有机气体利用率,相比短距离运输喷淋头,将大幅减少反应腔侧壁的反应物沉积,可以满足生产型MOCVD的要求。



1. 一种化学气相沉积装置,包括:反应腔和位于反应腔顶部的喷淋头,喷淋头包括一个由顶板、外侧壁、内侧壁和底板组成的空心圆柱体,在顶板的内部设有一个上进气腔,空心圆柱体的内部被中层板分成两个独立且互相密封的部分,从上到下依次为下进气腔和冷却腔,在顶板与底板之间设有与上进气腔和反应腔连通的上进气导管,在中层板与底板之间设有与下进气腔和反应腔连通的下进气导管,在顶板的中心设有尾气导管,尾气导管的上端开口于顶板外,尾气导管的下端向下依次穿过顶板、中层板、底板后与反应腔相连通,其特征在于:下进气腔被两个竖直的隔离壁分成三个部分,沿径向从中心向外侧依次为内下进气腔、中下进气腔和外下进气腔,上进气腔的进气导管的直径小于中下进气腔的进气导管的直径,且上进气腔的进气导管设置在中下进气腔的进气导管中,上进气腔、内下进气腔、中下进气腔、外下进气腔的反应气体经各自的进气导管从上向下喷入反应腔中,在反应腔的侧壁内部设有进气腔,穿过侧壁设有与侧壁进气腔和反应腔连通的侧壁进气导管,反应气体经侧壁进气导管从外侧向中心喷入反应腔中,反应腔的侧壁进气腔包括上侧壁进气腔和下侧壁进气腔,其中:上侧壁进气腔位于基座外侧上方,上侧壁进气导管分布在喷淋头和基座之间的侧壁上,而下侧壁进气腔位于基座外侧下方,下侧壁进气导管分布在基座下方的侧壁上。

2. 根据权利要求1所述的化学气相沉积装置,其特征在于:上进气腔和中下进气腔的进气导管均为规则单圈排列,上进气腔用于运输第一反应气体,中下进气腔用于运输第二反应气体,内下进气腔和外下进气腔用于运输第二反应气体或者第三反应气体,上侧壁进气腔和下侧壁进气腔用于运输第二反应气体或者第三反应气体。

3. 根据权利要求2所述的化学气相沉积装置,其特征在于:所述第一反应气体为金属有机气体,或者金属有机气体和载气的混合气体;所述第二反应气体为氢化物气体,或者氢化物气体和载气的混合气体;所述第三反应气体为载气,包括氮气、氢气和惰性气体中的一种或多种。

## 一种化学气相沉积装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体制造技术领域,尤其是涉及一种化学气相沉积装置。

### 背景技术

[0002] 金属有机化合物气相沉积(MOCVD)技术能在纳米尺度上精确控制外延层的厚度、组分、掺杂及异质结界面,已经成为生长高质量化合物半导体薄膜材料和器件的重要技术手段,广泛应用于半导体激光器、高亮度发光二极管、太阳能电池等领域,并实现产业化,尤其在氮化镓基发光二极管和激光器等领域获得巨大的产业化成功。

[0003] 目前,主流的MOCVD设备根据气流通道设计可分为垂直式和水平式反应腔。垂直式反应腔以Emcore(被Veeco收购)的高速旋转盘式反应腔(RDR)以及Thomas Swan(被Aixtron收购)的紧耦合喷淋(CCS)反应腔为代表。高速旋转盘式反应腔(RDR)将反应气体从反应腔顶部的气体注射盘注入,利用基座高速旋转产生的泵效应,抑制了由于喷口和基座距离大而容易引起的热对流,形成稳定的活塞流,保证了反应气体均匀地输运到基座表面,最终尾气从反应腔下部排出。高速旋转盘式反应腔(RDR)的特点是反应腔内壁沉积少,设备利用率高,但是气体用量大。而紧耦合喷淋式(CCS)反应腔则是将反应气体通过喷淋头的喷孔注入反应腔,由于喷淋头与衬底之间的距离很小,有利于抑制热对流获得稳定的层流,反应气体能迅速到达基座表面。紧耦合喷淋式(CCS)反应腔的特点是气体用量小,原材料利用率高,但是反应腔内壁沉积严重,清洁次数多。水平式反应腔设计主要以Aixtron公司的行星式反应腔为代表。反应气体从中央喷口进入反应腔,沿着衬底呈辐射状向外缘水平流动。利用衬底的自转和公转技术克服了反应物沿程损耗、侧壁效应以及热对流,从而在衬底表面上可获得均匀的生长速度。行星式反应腔的特点是低速旋转,气体用量小,原材料利用率高,但是反应腔的天棚有沉积的风险,同时设备复杂,生长过程较难控制,因此设备维护和生长成本高。

[0004] 对于上述主流的MOCVD设备设计,除了要求反应腔内气体无涡流的层流流动以及良好的外延生长均匀性这些基本要求之外,降低外延生产成本也是设计反应室重要的考虑因素。通过分析成本分析模型,总结出生产型MOCVD设备的几点要求:1. 提高反应腔容量和设备利用率(减少清洗维护时间等)来提高生产量;2. 提高外延生长均匀性和可重复性来提高成品率;3. 降低气体用量,提高原材料的利用率来降低运行成本。可见,上述主流的MOCVD设备各有优缺点,并不能同时满足以上的要求,在提高金属有机气体利用率和减少反应腔侧壁沉积等方面都有较大的改进空间。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种化学气相沉积装置,该化学气相沉积装置可大幅提升金属有机气体的利用率,基本消除反应腔侧壁的反应物沉积,同时获得良好的外延生长均匀性。

[0006] 本发明的目的是这样实现的:

[0007] 一种化学气相沉积装置,包括:反应腔和位于反应腔顶部的喷淋头,喷淋头包括一个由顶板、外侧壁、内侧壁和底板组成的空心圆柱体,在顶板的内部设有一个上进气腔,空心圆柱体的内部被中层板分成两个独立且互相密封的部分,从上到下依次为下进气腔和冷却腔,在顶板与底板之间设有与上进气腔和反应腔连通的上进气导管,在中层板与底板之间设有与下进气腔和反应腔连通的下进气导管,在顶板的中心设有尾气导管,尾气导管的上端开口于顶板外,尾气导管的下端向下依次穿过顶板、中层板、底板后与反应腔相连通,特征是:在反应腔的侧壁内部设有进气腔,穿过侧壁设有与侧壁进气腔和反应腔连通的侧壁进气导管,反应气体经侧壁进气导管从外侧向中心喷入反应腔中,下进气腔被两个竖直的隔离壁分成三个部分,沿径向从中心向外侧依次为内下进气腔、中下进气腔和外下进气腔,上进气腔的进气导管的直径小于中下进气腔的进气导管的直径,且上进气腔的进气导管设置在中下进气腔的进气导管中,上进气腔、内下进气腔、中下进气腔、外下进气腔的反应气体经各自的进气导管从上向下喷入反应腔中,反应腔中的尾气经尾气导管从下向上抽出,反应腔内的气体沿径向从外侧向中心流动。

[0008] 反应腔的侧壁进气腔包括上侧壁进气腔和下侧壁进气腔,其中:上侧壁进气腔位于基座外侧上方,上侧壁进气导管分布在喷淋头和基座之间的侧壁上,而下侧壁进气腔位于基座外侧下方,下侧壁进气导管分布在基座下方的侧壁上,上侧壁进气腔和下侧壁进气腔用于运输第二反应气体或者第三反应气体。

[0009] 上进气腔和中下进气腔的进气导管均为规则单圈排列,上进气腔用于运输第一反应气体,中下进气腔用于运输第二反应气体,内下进气腔和外下进气腔用于运输第二反应气体或者第三反应气体。

[0010] 所述第一反应气体为金属有机气体,或者金属有机气体和载气的混合气体;所述第二反应气体为氢化物气体,或者氢化物气体和载气的混合气体;所述第三反应气体为载气,包括氮气、氢气和惰性气体中的一种或多种。

[0011] 与现有技术相比,本发明具有如下特点:

[0012] 1、本发明中反应腔的侧壁设有上侧壁进气导管和下侧壁进气导管,通过上侧壁进气导管运输氢化物或者载气气体,起到吹扫作用,可基本消除反应腔上侧壁的反应物沉积;通过下侧壁进气导管运输氢化物或者载气气体,气体经基座外侧从下向上吹,以阻止上方下来含有金属有机气体和氢化物气体的混合气体向基座下方的腔体流动,防止反应腔下侧壁的反应物沉积以及保护反应腔下方的配件不受反应物的污染,增加配件的使用寿命,减少设备维护成本;

[0013] 2、本发明中喷淋头的上进气腔的进气导管设置在中下进气腔的进气导管中,且上进气腔和中下进气腔的进气导管均为规则单圈排列,金属有机气体经上进气腔的进气导管喷出而氢化物气体经中下进气腔的进气导管喷出,氢化物气体环绕金属有机气体向下运输,减少金属有机气体在运输过程中水平方向的扩散,指向性好,可大幅提高金属有机气体的利用率;而且单圈排列结构可获得足够快的流速,保证金属有机气体达到基座表面的运输能力;

[0014] 3、本发明中尾气导管设置在喷淋头顶板的中心位置,反应气体经喷淋头的进气导管从上向下喷入反应腔中,经反应腔侧壁的进气导管从外侧向中心喷入反应腔中,最终经喷淋头中心的尾气导管从下向上抽出,反应腔内的气体沿径向从外侧向中心流动。该独特

的气体流动方式可大幅减少反应物沿程损耗的不利影响,有利于获得良好的外延生长均匀性;而且尾气导管尾气管采用密封圈密封的可拆卸结构,尾气导管可延伸至反应腔的内部,通过调节尾气导管下端面与底板之间的距离,可以起到调节反应腔内气体流动的重要作用;

[0015] 4、本发明中喷淋头的四个进气腔和两个侧壁进气腔分别设置有相应的进气口,可以独立控制反应气体流量和气体种类,而且可以根据运输反应气体的种类,来设计进气导管的管径大小、形状和管间距,因此可获得较大的外延生长均匀性的工艺窗口。

### 附图说明

[0016] 图1 是本发明所述化学气相沉积装置在实施例1中的剖面结构示意图;

[0017] 图2 是本发明所述化学气相沉积装置的喷淋头在实施例1中的A-A向俯视图。

### 具体实施方式

[0018] 下面结合实施例并对照附图1对本发明作进一步的详细说明。

[0019] 实施例1:

[0020] 如图1所示,本发明提供了一种化学气相沉积装置,包括:反应腔800和位于反应腔800顶部的喷淋头100。

[0021] 喷淋头100包括一个由顶板110、外侧壁120、内侧壁130和底板140组成的空心圆柱体,在顶板110内部设有一个上进气腔301,空心圆柱体的内部被中层板150分成两个独立且互相密封的部分,从上到下依次为下进气腔302和冷却腔303,其中下进气腔302被两个竖直的圆形隔离壁201和202分成三个部分,沿径向从中心向外侧依次为内下进气腔304、中下进气腔305和外下进气腔306。在顶板110上分别设置了上进气腔301的进气口501、内下进气腔304的进气口504、中下进气腔305的进气口505,在外侧壁120上分别设置了外下进气腔306的进气口506、冷却腔303的进口502和出口503。

[0022] 在顶板110与底板140之间设有与上进气腔301和反应腔800连通的进气导管401,在中层板150与底板140之间设有与内下进气腔304和反应腔800连通的进气导管404,与中下进气腔305和反应腔800连通的进气导管405,与外下进气腔306和反应腔800连通的进气导管406。上进气腔301的进气导管401的直径小于中下进气腔305的进气导管405的直径,且上进气腔301的进气导管401设置在中下进气腔305的进气导管405中。进气导管401、404、405、406分别将上进气腔301、内下进气腔304、中下进气腔305、外下进气腔306的反应气体从上向下喷入反应腔800中。

[0023] 在反应腔800的侧壁810内部设有上侧壁进气腔307和下侧壁进气腔308,其中上侧壁进气腔307位于基座830外侧上方,而下侧壁进气腔308位于基座830外侧下方,上侧壁进气腔307和下侧壁进气腔308分别设置了相应的进气口507和508,上侧壁进气导管407分布在喷淋头100和基座830之间的侧壁810上,下侧壁进气导管408分布在基座830下方的侧壁810上,上侧壁进气导管407和下侧壁进气导管408分别将上侧壁进气腔307和下侧壁进气腔308的反应气体从外侧向中心喷入反应腔800。侧壁810的内部设有侧壁冷却腔820,用于控制上侧壁进气腔307和下侧壁进气腔308在适宜的温度,将多余的热量传导出去。

[0024] 尾气导管600采用密封圈密封的可拆卸结构设置在喷淋头100的顶板110的中心,

尾气导管600与喷淋头100的内侧壁130相邻,尾气导管600由双层不锈钢钢管焊接而成,中间有尾气导管冷却腔620,尾气导管600的上端开口于喷淋头100外,尾气导管600的下端向下依次穿过顶板110、中层板150、底板140后与反应腔800相连通,将反应腔800中的尾气从下向上抽出。

[0025] 在喷淋头100的顶板110上设有光学观察窗口700用于监测外延生长。

[0026] 反应腔800包括侧壁810和反应腔底板870,内部设有石墨基座830,石墨基座830设置在旋转支撑石英850上,旋转支撑石英850和旋转底座860相连,石墨基座830在旋转支撑石英850和旋转底座860的带动下绕中心轴旋转。在石墨基座830的上面设有用于放置晶片的晶片区,在石墨基座830的下方设有电炉钨丝840,通过钨丝840的加热可以使石墨基座830上的晶片温度达到合适的生长晶体的温度。在钨丝840的下方设有吹扫气体进气导管409用于输运载气进行吹扫以保护电炉钨丝840。

[0027] 如图2所示,进气导管401、404、405和406分别在上进气腔301、内下进气腔304、中下进气腔305、外下进气腔306内均匀分布,呈规则单圈或多圈同心圆排列,保证所有通过进气导管401进入反应腔800的气体流速相同,保证所有通过进气导管404进入反应腔800的气体流速相同,保证所有通过进气导管405进入反应腔800的气体流速相同,保证所有通过进气导管406进入反应腔800的气体流速相同。

[0028] 本实施例中,上进气腔301输运第一反应气体,内下进气腔304输运第三反应气体、中下进气腔305输运第二反应气体、外下进气腔306输运第二反应气体、上侧壁进气腔307输运第三反应气体、下侧壁进气腔308输运第三反应气体。所述第一气体为金属有机气体,或者金属有机气体和载气的混合气体;所述第二气体为氢化物气体,或者氢化物气体和载气的混合气体;所述第三气体为载气,包括氮气、氢气和惰性气体中的一种或多种。

[0029] 输运金属有机气体的上进气腔301的进气导管401设置在输运氢化物气体的中下进气腔305的进气导管405中,该结构使得氢化物气体环绕金属有机气体向下输运,减少金属有机气体在输运过程中水平方向的扩散,可大幅提高金属有机气体的利用率。而且单圈排列结构可获得足够快的流速,保证金属有机气体达到基座830表面的输运能力,以能覆盖基座830的外缘为佳。

[0030] 氢化物气体经过外下进气腔306接收并从进气导管406喷出,一方面带动其内侧的金属有机气体以水平流形式向中心流动,同时也阻止了内侧的金属有机气体向反应腔800的侧壁810扩散,防止侧壁810的反应物沉积。

[0031] 载气经内下进气腔304接收并从进气导管404喷出,将混合而成的金属有机气体和氢化物气体向下压制,即可阻止金属有机气体向上方的喷淋头100以及尾气导管600的管壁610扩散,减少上述区域反应物的沉积,更重要的作用是可以增加金属有机气体向基座830上的沉积效率,提高金属有机气体利用率,还可通过流量控制来调节该区域外延时的生长速度。

[0032] 反应气体在经喷淋头100从上到下输运到基座830的同时,在反应腔800的侧壁810上设有上侧壁进气导管407和下侧壁进气导管408,通过上侧壁进气导管407输运载气,起到吹扫作用,可基本消除反应腔800的侧壁810的反应物沉积;通过下侧壁进气导管408输运载气,气流经石墨830外侧从下向上吹,以阻止上方下来含有金属有机气体和氢化物气体的混合气体向基座830下方的腔体流动,防止反应腔800的侧壁810下腔体部分的反应物沉积以

及保护反应腔800下方的加热器840等配件不受反应物的污染,增加配件的使用寿命,减少设备维护成本。

[0033] 本实例中,喷淋头100是在顶板110的中心位置设置了尾气导管600,反应气体经喷淋头100中心的尾气导管600从下向上抽出,反应腔800内的气体沿径向从外侧向中心流动。该独特的气体流动方式可大幅减少反应物沿程损耗的不利影响,有利于获得良好的外延生长均匀性。

[0034] 本实施例中的尾气导管600延伸至反应腔800的内部。底板140与反应腔800内的基座830之间的距离为70mm,而尾气导管600的下端面与底板140之间的距离为35mm。通过调节(由于尾气导管是密封圈密封的可拆卸结构,在开炉的时候可以拆卸更换,同时可以调节该距离)尾气导管600的下端面与底板140之间的距离,可以起到调节反应腔800内气体流动的重要作用。

[0035] 本实施例气体运输的特点为:(1)运输金属有机气体的上进气腔301的进气导管401设置在运输氢化物气体的中下进气腔305的进气导管405中,氢化物气体环绕金属有机气体向下运输,减少金属有机气体在运输过程中水平方向的扩散,可大幅提高金属有机气体的利用率。(2)氢化物气体经过外下进气腔306接收并从进气导管406喷出,一方面带动其内侧的金属有机气体以水平流形式向中心流动,同时也阻止了内侧的金属有机气体向反应腔800的侧壁810扩散,防止侧壁810的反应物沉积。(3)载气经内下进气腔304接收并从进气导管404喷出,将混合而成的金属有机气体和氢化物气体向下压制,防止在喷淋头100中心区域形成湍流,提高反应腔800的气体流动的稳定性的同时,同时阻止金属有机气体向上方的喷淋头100以及尾气导管600的管壁610扩散,减少反应物的沉积,而且可以增加金属有机气体向基座830上的沉积效率,通过流量控制来调节该区域外延时的生长速度。(4)反应气体在经喷淋头100从上到下运输到基座830的同时,在反应腔800的侧壁810上设有上侧壁进气导管407和下侧壁进气导管408,通过上侧壁进气导管407输运载气,起到吹扫作用,可基本消除反应腔800的侧壁810的反应物沉积;通过下侧壁进气导管408输运载气,气流经基座830外侧从下向上吹,以阻止上方下来含有金属有机气体和氢化物气体的混合气体向基座830下方的腔体流动,防止反应腔800的侧壁810下腔体部分的反应物沉积以及保护反应腔800下方的电炉钨丝840等配件不受反应物的污染。(5)反应气体最终从位于喷淋头100中心的尾气管600从下向上被抽出,因此反应腔800内气体径向方向是从外侧向中心流动,减少了反应物沿程损耗的不利影响,有利于获得良好的外延生长均匀性。

[0036] 可见,喷淋头100的四个进气腔301、304、305、306和反应腔侧壁810的两个进气腔307、308的反应气体各司其职,形成反应腔800内独特的气流流动方式,保证稳定的层流流动,不仅大幅提升了金属有机气体利用率而且大幅减少反应腔800的侧壁810的反应物沉积。由于进气腔301、304、305、306、307、308内的反应气体可通过进气口501、504、505、506、507、508单独控制气体流量,因此可获得较大的外延生长均匀性的工艺窗口。

[0037] 虽然本发明披露如上,但本发明并非限定于此。任何本领域技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,均可作各种更动与修改,因此本发明的保护范围应当以权利要求所限定的范围为准。

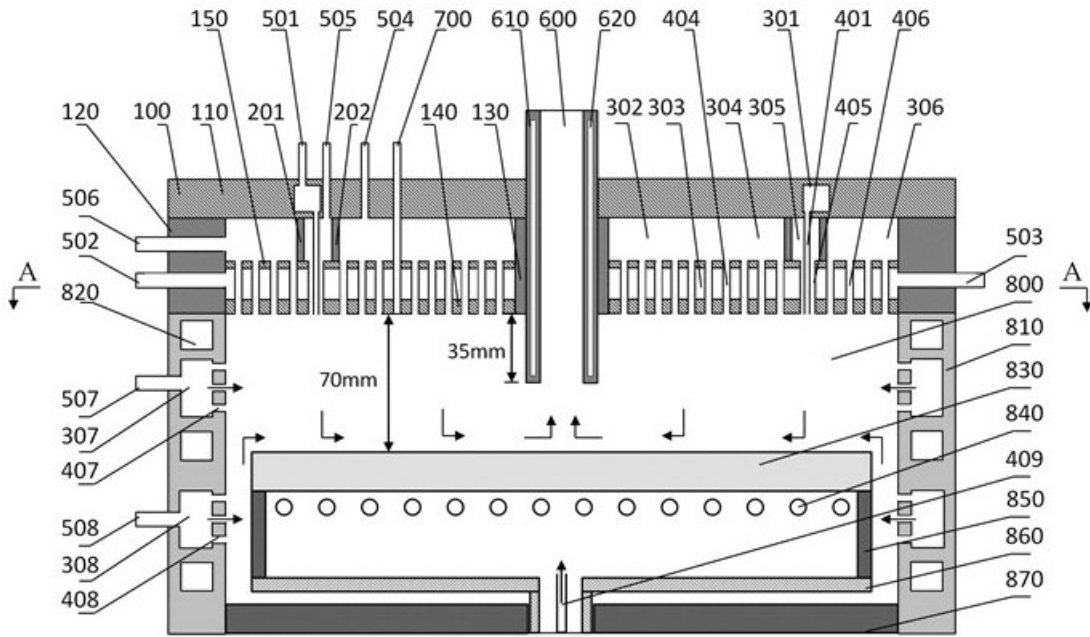


图1

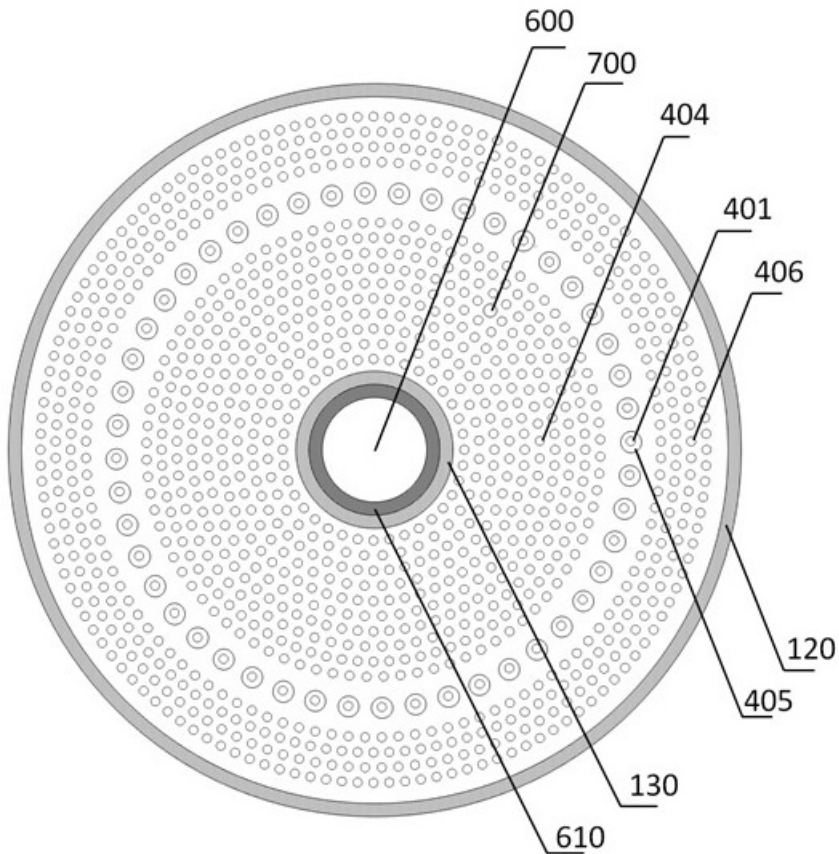


图2