



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108286044 A

(43)申请公布日 2018.07.17

(21)申请号 201810018936.5

(22)申请日 2018.01.09

(30)优先权数据

15/402,993 2017.01.10 US

(71)申请人 ASM IP控股有限公司

地址 荷兰阿尔梅勒

(72)发明人 H·金 T·科圣黑特 E·希尔

M·霍金斯 L·雅各布斯

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 沙永生 乐洪咏

(51)Int.Cl.

C23C 16/52(2006.01)

C23C 16/24(2006.01)

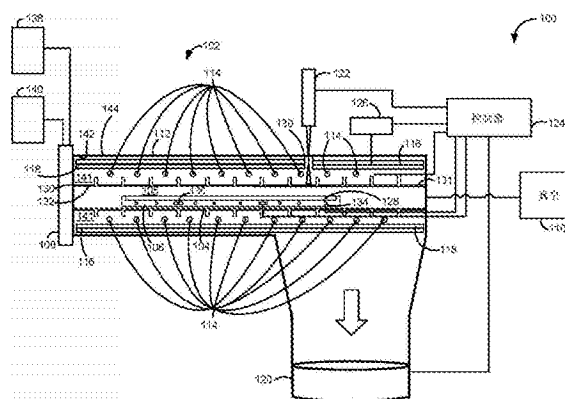
权利要求书2页 说明书7页 附图11页

(54)发明名称

用于减少膜沉积过程期间的残余物堆积的  
反应器系统和方法

(57)摘要

公开一种用于在反应腔室内沉积膜的系统  
和方法。示范性系统包括用于测量所述反应腔室  
的外壁表面的温度测量装置,例如高温计。可控  
制所述外壁表面的温度以减少对所述反应腔室  
的内壁表面的清洁或蚀刻。



1. 一种将材料沉积到基板上的方法,所述方法包括以下步骤:  
提供包括反应腔室的沉积反应器,所述反应腔室包括具有邻近反应空间的内壁表面和外壁表面的壁;  
使用高温计测量所述外壁表面的温度;以及  
基于在所述测量步骤期间所测量的温度而调整所述外壁表面的温度。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述调整温度的步骤包括使用对流热传递。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述调整温度的步骤包括调整邻近所述外壁表面的对流介质的流动速率。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述调整温度的步骤包括调整风机速度。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述壁包括石英。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中所述壁的厚度在约2毫米到约12毫米的范围内。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述壁的厚度在约3毫米到约9毫米的范围内。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中所述材料包括硅。
9. 根据权利要求1所述的方法,其中用于沉积所述材料的前体包括一个或多个氯硅烷。
10. 一种沉积反应器系统,包括:  
反应腔室,其包括具有邻近反应空间的内壁表面和外壁表面的壁;  
壳体,其包括围绕所述外壁表面的内部壳体表面;  
区域,其在所述外壁表面和所述内部壳体表面之间;  
对流介质,其在所述区域内;  
装置,其被配置成使所述对流介质在所述区域内且相对于所述外壁表面移动;以及  
控制器,其被配置成响应于所述外壁表面的所测量温度而控制所述装置的速度。
11. 根据权利要求10所述的沉积反应器系统,其中所述反应腔室包括石英。
12. 根据权利要求10所述的沉积反应器系统,其中所述壁的厚度在约2毫米到约12毫米的范围内。
13. 根据权利要求10所述的沉积反应器系统,其进一步包括用于测量所述外壁表面的温度的高温计。
14. 根据权利要求10所述的沉积反应器系统,其中所述壳体包括铝。
15. 根据权利要求10所述的沉积反应器系统,其中所述控制器被另外配置成控制所述反应腔室内的基座的温度。
16. 一种在沉积反应腔室内的基板上沉积材料的方法,所述方法包括以下步骤:  
提供沉积反应器,所述沉积反应器包括:包括具有邻近反应空间的内壁表面和外壁表面的壁的反应腔室、壳体及在所述外壁表面和所述壳体之间的区域;  
测量所述外壁表面的温度;以及  
基于所述测量步骤而调整所述区域内的对流介质的流动速率以控制所述外壁表面的温度。
17. 根据权利要求16所述的方法,其进一步包括控制所述反应腔室内的基座的温度的步骤。
18. 根据权利要求16所述的方法,其中所述材料包括硅。
19. 根据权利要求16所述的方法,其中用于沉积所述材料的前体包括氯硅烷。

20. 根据权利要求16所述的方法,其进一步包括将所述壁的温度控制在处于约560°C和600°C之间的温度的步骤。

## 用于减少膜沉积过程期间的残余物堆积的反应器系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明大体上涉及气相沉积方法和系统。更具体地说,本发明的示范性实施例涉及减少沉积过程期间在气相沉积腔室内形成的残余物的方法和系统。

### 背景技术

[0002] 在各个气相沉积过程期间,由例如反应产物、反应副产物和/或用于膜沉积过程的反应物形成的残余物可沉积或凝结到反应腔室的壁的内表面上。例如,在使用一个或多个例如二氯硅烷的氯硅烷作为前体的硅外延过程中,大量残余物通常会凝结或以其它方式沉积在反应腔室的内表面上。

[0003] 为了促进沉积过程,通常通过在反应空间外部(例如,反应腔室的壁外部)提供灯,以通过对从灯发出的辐射来说为透明的反应腔室壁的至少一部分向反应空间提供热辐射,来向反应空间供应热。额外的热可被供应到基板,通过直接加热其上放置所述基板的基座来将材料沉积在所述基板上。

[0004] 可通过测量基座的温度和调整从灯发出的辐射量和/或供应到基座的热的量来控制反应空间的温度。当残余物在反应腔室壁的内表面上堆积时,通过壁的辐射透射减少。因此,基座和基板的温度降低。为了补偿在基座处测量的温度降低,增加由灯提供的辐射量。由于辐射增加,所以沉积在基板上的材料的厚度通常增加。这通常体现在每一轮次或基板处理后膜厚度测量值的增加。

[0005] 在每一轮次之后的蚀刻过程通常用于移除在反应器壁上形成的残余物,从而使各轮次间的膜厚度变化不大。然而,在每一沉积轮次之后向沉积过程添加蚀刻步骤增加了与沉积过程相关的总处理时间、降低了处理量,并且增加了与沉积过程相关的资金和操作成本。另外,用于从反应器壁移除残余物的蚀刻过程通常在相对较高的温度——例如,高于沉积过程温度的温度下运行。因此,通常需要其它额外的时间来将反应腔室增加到蚀刻过程所要的温度,并接着将反应腔室温度降低到所要沉积过程温度。尽管此过程在各轮次间相对较好地稳定基板上的膜厚度,但是蚀刻过程使沉积过程的时间和复杂度都显著增加。因此,需要用于减少反应腔室中的残余物堆积的经改进方法和系统。

### 发明内容

[0006] 本发明的各种实施例提供一种用于减少残余物在沉积反应器的反应器壁上的形成的经改进方法和系统。如下文更详细地阐述,本发明的示范性实施例涉及控制反应腔室的外壁表面的温度,从而减少在膜沉积过程期间残余物在内壁表面上的形成。通过减少非所需残余物在反应腔室的内壁表面上的形成,可在沉积反应器中处理更多过程轮次和/或更多基板,而不需要蚀刻过程来从反应腔室壁移除残余物,同时仍能维持对所沉积膜的膜厚度的所要控制。因此,沉积反应器的基板处理量增加且反应器的操作成本降低。

[0007] 根据本发明的示范性实施例,将材料沉积到基板上的方法包括以下步骤:提供包括反应腔室的沉积反应器,所述反应腔室包括具有邻近反应空间的内壁表面和外壁表面的

壁;测量外壁表面的温度——例如,使用高温计;以及基于在测量步骤期间所测量的温度而调整外壁表面的温度。根据这些实施例的各个方面,使用例如空气的对流介质控制外壁表面的温度,所述对流介质可包括环境空气和/或暴露于冷却器(例如,制冷机)的空气,所述冷却器例如包括例如水的冷却介质的管或其它套管。通过举例,可通过控制对流介质流动的速率(例如,通过调整风机速度)、控制冷却介质的温度和/或流动速率或其组合来控制外壁表面的温度。根据这些实施例的各个方面,壁的厚度相对较薄(例如,约2毫米到约12毫米),以使得所测量的外壁表面的温度与内壁表面的温度大致相同。所述方法可用于使用例如氯硅烷、二氯硅烷和/或其它氯硅烷而将包括硅的层沉积到基板表面上。

[0008] 根据本发明的额外示范性实施例,在沉积反应腔室内的基板表面上沉积材料的方法包括以下步骤:提供沉积反应器,所述沉积反应器包括:包括具有邻近反应空间的内壁表面和外壁表面的壁的反应腔室、壳体及在外壁表面和壳体之间的区域;测量外壁表面的温度;以及基于测量步骤而调整所述区域内的对流介质的流动速率或以其它方式控制外壁表面的温度。根据这些实施例的各个方面,将外壁表面温度控制在温度范围内,例如比用于沉积膜的一个或多个前体的分解温度(例如,膜以小于 $10\text{\AA}/\text{分钟}$ 生长所处的温度)低约 $50^{\circ}\text{C}$ 到约 $90^{\circ}\text{C}$ (例如,当例如前体包括二氯硅烷时,为约 $560^{\circ}\text{C}$ 到约 $600^{\circ}\text{C}$ 、约 $565^{\circ}\text{C}$ 到约 $610^{\circ}\text{C}$ 、约 $570^{\circ}\text{C}$ 到约 $600^{\circ}\text{C}$ ,或约 $575^{\circ}\text{C}$ 到约 $595^{\circ}\text{C}$ ,或约 $580^{\circ}\text{C}$ 到约 $600^{\circ}\text{C}$ ),从而减少残余物形成和/或堆积。根据这些和其它实施例的示范性方面,所述方法可额外包括控制基座的温度、控制冷却介质的温度,和/或控制冷却介质的流动速率。

[0009] 根据本发明的又其它示范性实施例,沉积反应器系统包括:反应腔室,所述反应腔室包括具有邻近反应空间的内壁表面和外壁表面的壁;壳体,所述壳体包括围绕(例如,包围)外壁表面的内部壳体表面;在外壁表面和内部壳体表面之间的区域;在所述区域内的对流介质;装置,例如风机,所述装置被配置成使对流介质在所述区域内且相对于外壁表面移动;以及控制器,所述控制器被配置成响应于所测量的外壁表面温度而控制例如风机的装置的速度。根据这些实施例的示范性方面,反应腔室是外延沉积反应腔室。根据其它方面,反应腔室包括石英(例如,具有在约2毫米和约12毫米之间的厚度)。根据其它方面,沉积反应器系统包括用于测量外壁表面温度的远程(例如,非接触式)温度传感器,例如高温计(例如,检测处于某一波长的来自石英的黑体辐射的高温计,在所述波长中石英是不透光的且因此不含来自任何所透射杂散光的噪声,所述波长例如5.2微米)。

[0010] 前述概述和以下详细描述都仅是示范性和解释性的,并且并不限定本发明或要求保护的本发明。

## 附图说明

[0011] 当结合以下说明性图式考虑时,可通过参考详细描述和权利要求得到对本发明的实施例的更完整理解。

[0012] 图1说明根据本发明的各种示范性实施例的沉积反应器系统。

[0013] 图2说明根据本发明的示范性实施例的方法。

[0014] 图3说明在不具有中间蚀刻过程的情况下在外壁表面温度下沉积在第25个基板和第1个基板上的膜之间的平均膜厚度差( $\Delta$ )。

[0015] 图4说明在不具有中间蚀刻过程的情况下使用单独的沉积轮次处理的多个基板的

膜厚度测量值。

[0016] 图5到6和8到10说明在不同的外壁表面控制温度下的所沉积膜厚度测量值。

[0017] 图7说明在未控制外壁表面温度的情况下的膜厚度变化。

[0018] 图11说明根据本发明的示范性实施例的控制器。

[0019] 应了解,图中的元件仅为简单和清晰起见而进行说明,且不一定按比例绘制。例如,图中的一些元件的尺寸可能相对于其它元件放大,以有助于改进对本发明的所说明实施例的理解。

## 具体实施方式

[0020] 在下文提供的方法和系统的示范性实施例的描述仅为示范性的,且意图仅用于说明的目的;以下描述并不意图限制本发明或权利要求的范围。此外,具有所陈述特征的多个实施例的叙述并不意图排除具有额外特征的其它实施例或并入所陈述特征的不同组合的其它实施例。

[0021] 本文中所描述的方法和系统可用于减少在膜沉积过程期间残余物在反应腔室壁的内表面上的形成。与不采用本文中所描述的技术的系统和方法相比,使用本文中所描述的方法和系统会使得处理量更高且沉积反应器的操作成本更低。

[0022] 现在转向图1,说明如本文中所描述的用于减少膜沉积过程期间的残余物堆积的系统100。系统100包括反应器102,所述反应器102包括:反应腔室104,其包括反应空间105;基座106;气体分配系统108;真空源110;壳体112;一个或多个热灯114;一个或多个冷却介质套管116;反射表面118;用于使对流介质120移动的装置(例如,风机);温度测量装置122;控制器124;一个或多个前体和/或反应气体源138;以及一个或多个载运和/或冲洗气体源140。如下文更详细地阐述,系统100可用于将膜沉积到一个或多个基板128上,同时与不应用本文中所描述的技术和/或使用本文中所描述的各个装置的传统反应器系统相比,还能减少在反应腔室104的内表面上的任何残余物堆积。

[0023] 如本发明中所使用,“基板”是指具有其上可沉积材料的表面的任何材料。基板可包括块体材料,例如硅(例如,单晶硅、单晶锗或其它半导体晶片),或者可包括上覆于块体材料的一个或多个层。另外,基板可包括各种拓扑结构,例如在基板的层的至少一部分内或在基板的层的至少一部分上形成的沟槽、通孔、线条等等。示范性基板包括硅晶片,包括硅的外延层生长到所述硅晶片上。

[0024] 反应器102可为独立反应器或组合工具(cluster tool)的部分。另外,反应器102可专用于如本文中所描述的沉积过程,或反应器102可用于其它过程——例如,用于其它层沉积和/或蚀刻处理。例如,反应器102可包括通常用于例如外延层沉积的化学气相沉积(CVD)的反应器。反应器102可包括远程或直接热激发、直接等离子体(direct plasma)和/或远程等离子体(remote plasma)设备(未图示)。适合于系统100的示范性反应器102是可从ASM国际公司(ASM International)购得的Intrepid XP外延系统。

[0025] 根据本发明的示范性实施例,反应腔室104由将能量(例如,辐射)从灯114透射到反应空间105和/或基板128的材料形成。通过举例,反应腔室104由石英或对从热灯114发出的辐射来说为透明或半透明的其它材料制成。反应腔室壁130的厚度可相对较薄,以使得外壁表面131的温度测量值能够指示内壁表面132的温度(例如,在约±5°C内)。壁130的厚度

可在例如约2毫米到约12毫米、约3毫米到约9毫米的范围内,或可为约6毫米。

[0026] 基座106被设计成在处理期间将基板或工件128固持在适当位置。根据各种示范性实施例,基座106形成直接等离子体电路的部分。另外或替代地,在处理期间,基座106可进行加热、冷却或处于环境过程温度。在所说明实例中,基座106包括加热元件134和温度测量装置(例如,热电偶)136。加热元件134和温度测量装置136以及控制器124可用于对基座106和/或基板128进行额外的闭环控制。

[0027] 热灯114可包括适合于将反应空间105加热到所要温度的任何灯。通过举例,热灯114包括具有钨丝的卤素灯。如在下文结合图3的论述更详细地阐述,热灯114可配置成将区域141加热到约550°C到约590°C,从而减少内壁表面132上的膜形成。

[0028] 冷却介质套管116和其中的冷却介质可用于冷却壳体112和/或对流介质(例如,空气),所述对流介质随后又用于冷却外壁表面131。冷却介质套管116可包括允许冷却介质从其流动通过的任何合适的套管配置。通过举例,冷却介质套管116包括金属(例如,不锈钢、黄铜或铜)管道。示范性冷却介质是使用制冷机126制冷的冷水(例如,具有约15°C到约24°C的温度的水)。制冷机126可连接到控制器124以提供对外壁表面131的温度的额外控制。制冷机126可包括用于冷却冷却介质的任何合适的装置/制冷机。

[0029] 在说明性实例中,反应器102包括反射表面118。反射表面118可用于通过将热灯114发出的辐射反射到反应空间105中来增加热灯114的加热效率。通过举例,反射表面可由用金涂覆的黄铜材料或其它适当的反射材料形成。

[0030] 壳体112包覆反应器102。壳体112可由任何合适的材料形成,例如金属,例如铝。与反应器102的温度(例如,外壁表面131的沉积过程温度)相比,在冷却介质套管内流动的冷却介质可用于保持壳体112相对较冷。

[0031] 如所说明,区域141在外壁表面131和内部壳体表面142之间形成。根据本发明的各种实施例,例如空气的对流介质在区域141内、在冷却介质套管116和外壁表面131之间流动以冷却外壁表面131。

[0032] 装置120可用于控制区域141中的对流介质的流动速率。如所说明,装置120连接到控制器124,所述控制器124随后又连接到温度测量装置122;这允许基于所测量的外壁表面131的温度而对外壁表面131进行闭环温度控制。本发明人发现,通过控制所测量的外壁表面131的温度,能显著减少残余物在内壁表面132上的形成,从而使得可执行大量过程轮次而不需要蚀刻过程来清洁内壁表面132。通过实例,可在不具有中间蚀刻过程的情况下执行超过10个、15个、20个或25个单个晶片轮次,然而在典型沉积过程的情况下,在每一轮次/基板之后要执行蚀刻过程。这可导致例如从每小时约6.1基板增加到约8.4基板或约10.4基板,或处理量增加约40%到约80%。

[0033] 根据本发明的各种实施例,温度测量装置122是可用于测量外壁表面131的温度的远程温度计,例如高温计。通过特定实例,温度测量装置122是测量来自外壁表面131的辐射的高温计。根据本发明的示范性方面,温度测量装置122测量具有4.9到约5.2微米的波长的辐射。在此波长范围下,石英是 $\geq 90\%$ 不透光的,并且因此不含来自任何所透射或反射杂散光的噪声。因此,所测量的温度表示外壁的温度。

[0034] 在所说明实例中,系统100包括遮罩139,所述遮罩139用于促进使用温度测量装置122来准确读取外壁表面131的温度。遮罩139可由用相对不反射的材料涂覆的金属形成,例

如铝(例如,铝管),所述相对不反射的材料例如阳极化涂层。遮罩139可从壳体144的顶表面延伸到反射表面118。在一个实例中,遮罩139位于反射表面118上。

[0035] 以方框形式说明气体分配系统108;然而,气体分配系统108可能相对复杂,且设计成混合来自一个或多个前体/反应物源138和/或一个或多个载运/冲洗气体源140的蒸汽或气体,然后将气体混合物分配到反应空间105。另外,系统100可配置成向反应空间105提供气体的水平(如所说明)或竖直接流动。

[0036] 反应物/前体气体源138包括一种或多种气体或变成气态的材料。示范性反应物和/或前体气体包括各种硅烷和氯硅烷,例如硅烷、二硅烷、丙硅烷、二氯硅烷、三氯硅烷和甲基硅烷,以及蚀刻剂气体,例如氯化氢和氯。来自反应物/前体源138的气体可暴露于热和/或远程等离子体和/或直接等离子体源,以形成活性物种或受激发物种,例如离子和/或自由基。术语“活性物种”包括前体/反应物和可在前体暴露于任何热和/或等离子体过程期间形成的任何离子和/或自由基。另外,术语“化学作用”在与化合物结合使用时包括化合物和任何活性物种,而不管化合物(例如,反应物和/或前体)是否已经暴露于热或等离子体活化。

[0037] 载运或惰性源140包括一种或多种气体或变成气态的材料,所述气体或材料在反应器102中相对不发生反应。示范性载运和惰性气体包括氮气、氢气、氦气、氩气和其任何组合。

[0038] 控制器124连接到温度测量装置122和装置120。根据本发明的各种实例,控制器124被配置成从温度测量装置122接收信号,并向装置120或可变频率驱动器发送信号以更改装置的速度(例如,风扇的速度),从而控制流过外壁表面131的对流介质的速率,以控制外壁表面131的温度。可变频率驱动器可形成控制器124的部分、装置120的部分,或可为独立装置。

[0039] 图11示意性地说明根据本发明的至少一个实施例的适用作控制器124的控制器1300。控制器1300可配置成执行本文中所述的方法中的一个或多个或所有方法步骤。控制器1300包括总线1302,所述总线1302将处理器1304、存储器1306、任选的通信接口1308、输入装置1310和输出装置1312互连。总线1302使得控制器1300的各部件之间能够通信。处理器1304可包括解译并执行经译码指令的一个或多个处理单元或微处理器。在其它实施方案中,处理器1304可通过一个或多个专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)等等实施,或可包括一个或多个专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)等等。

[0040] 存储器1306可包括随机存取存储器(RAM)或存储信息和指令以供处理器1304执行的另一类型的动态存储装置。存储器1306还可包括只读存储器(ROM)或存储用于处理器1304的静态信息和指令的另一类型的静态存储装置。存储器1306可另外或替代地包括其它类型的磁性或光学记录媒体和其相应驱动器,以用于存储信息和/或指令。如本文中所使用,术语“存储器”广泛地用于包括寄存器、缓冲器和配置成保存数据的其它数据构造。

[0041] 通信接口1308可包括用于处理通过现在已知或待开发的数据协议传输的数据的协议堆栈。通信接口1308可包括收发器类装置和天线,它们使得控制器1300能够与其它装置和/或系统进行射频通信。通信接口1308可另外或替代地包括到其它装置的接口、端口或接头。

[0042] 输入1310可包括准许操作者将信息输入到控制器1300的一个或多个装置,例如键



盘、小键盘、鼠标、笔、触敏板或屏幕、麦克风、一个或多个生物测定机制等等。输出1312可包括将信息输出到操作者的一个或多个装置,例如显示器、打印机端口、扬声器等等。

[0043] 如本文中所述,响应于处理器1304执行包括在例如存储器1306的计算机可读媒体中的软件指令,控制器1300可执行某些操作。计算机可读媒体可定义为物理或逻辑存储器装置。逻辑存储器装置可包括在单个物理存储器装置内的存储空间或遍及多个物理存储器装置的存储空间。可通过通信接口1308将软件指令从另一计算机可读媒体或从另一装置读取到存储器1306中。包括在存储器1306中的软件指令可使处理器1304执行本文中所述的过程/方法。替代地,可代替软件指令使用硬连线电路或与软件指令组合使用硬连线电路来实施本文所述的过程。因此,本文中所述的实施方案不限于硬件电路和软件的任何特定组合。

[0044] 图2说明系统100的操作和控制器124可如何用于调节外壁表面131的温度的实例。在步骤202中,例如使用温度测量装置122(例如,高温计)测量外壁表面131的温度。在步骤204处,可将指示外壁表面131的温度的信号从模拟值转换成数字值(例如,使用温度测量装置122、控制器124或另一装置)。接着,可变频率装置可用于调整(例如,使用比例-积分-微分(PID)控制)装置120的速度(例如,风扇或风机速度)(步骤206),并且相应地调整装置速度(步骤208),从而可引起外壁表面的温度改变(步骤210)。此过程200可按需要重复。例如,可以周期速率进行温度测量和装置速度调整,例如以约每0.1秒到约100秒或约0.1秒到约0.5秒。

[0045] 根据本发明的各种实施例,将材料沉积到基板上的方法包括以下步骤:提供包括反应腔室(例如,反应腔室104)的沉积反应器(例如,反应器102),所述反应腔室包括具有邻近反应空间的内壁表面和外壁表面的壁;例如使用高温计测量外壁表面的温度;以及基于在测量步骤期间所测量的温度而调整外壁表面的温度。如以下所提到,所述方法可用于减少或去除用于清洁反应腔室的内壁表面的蚀刻过程,且由此增加反应器的处理量。根据本发明的额外示范性实施例,在沉积反应腔室内的基板表面上沉积材料的方法包括以下步骤:提供沉积反应器,所述沉积反应器包括:包括具有邻近反应空间的内壁表面和外壁表面的壁的反应腔室、壳体及在外壁表面和壳体之间的区域;测量外壁表面的温度;以及基于测量步骤而调整所述区域内的对流介质的流动速率或以其它方式控制外壁表面的温度。

[0046] 图3到10说明在各种条件下基板上的膜厚度测量值。如以下所说明,通过控制外壁表面(例如,外壁表面131)的温度可显著减小各轮次间的膜厚度变化。以下所说明的实例用于使用二氯硅烷来外延地沉积或生长包括硅的层。然而,除非另外指出,否则本发明不限于此类膜或前体。以下所论述的实例的操作压力为约10托到约15托。

[0047] 图3说明平均厚度 $\Delta$ :第25个基板的平均膜厚度减去第一个基板的平均膜厚度。短划线表示数据的95%可信度值。如所说明,在本实例中,平均厚度 $\Delta$ 最小值处于约565°C到约610°C的温度范围内。因此,根据本发明的一些方面,使用二氯硅烷将材料沉积到基板上的方法包括将温度控制在约565°C到约610°C、约570°C到约600°C,或约575°C到约595°C,或约560°C到约600°C。

[0048] 图4说明基板(1、2、3、4、5、10、15、20和25)的以埃为单位的膜厚度测量值(纵轴),其中外壁表面温度被控制在590°C $\pm$ 约5°C下。如所说明,观察到各基板之间的膜厚度测量值改变极小。此外,观察到在各基板之间所测量的膜厚度未发生变形。

[0049] 图5和6说明在540℃和570℃下的25个基板的膜厚度测量值,并且图8说明在540℃下的平均膜厚度测量值(1004)和570℃下的平均膜厚度测量值(1002),从而指示与在540℃下处理的基板相比,在570℃下处理的基板向上偏移得更少。

[0050] 图7说明当装置(例如,风机)速度被设置成预定值(图7中的85%速度)]但外壁表面温度不受控制时,并且当不执行中间蚀刻时,基板在每一基板上的各个位置处的膜厚度测量值(在图中每一基板的膜厚度测量值由一种线表示)。图9和10说明根据本发明的示范性实施例处理的基板的类似膜厚度测量值。具体来说,图9说明当外壁表面温度被控制在约540℃时的所沉积膜的膜厚度测量值,并且图10说明当外壁表面温度被控制在约570℃时的所沉积膜的膜厚度测量值。所述图说明当外壁表面温度不受控制且所有其它因素相同—此类因素可控的程度——时,膜厚度变化较大。并且,与在540℃下处理的基板相比,在590℃和570℃下处理的基板的膜厚度变化更小。

[0051] 尽管本文中阐述了本发明的示范性实施例,但是应了解,本发明并不限于此。例如,尽管结合各种特定化学作用描述系统和方法,但是本发明不一定限于这些化学作用。在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可进行本文中阐述的系统和方法的各种修改、变化和增强。

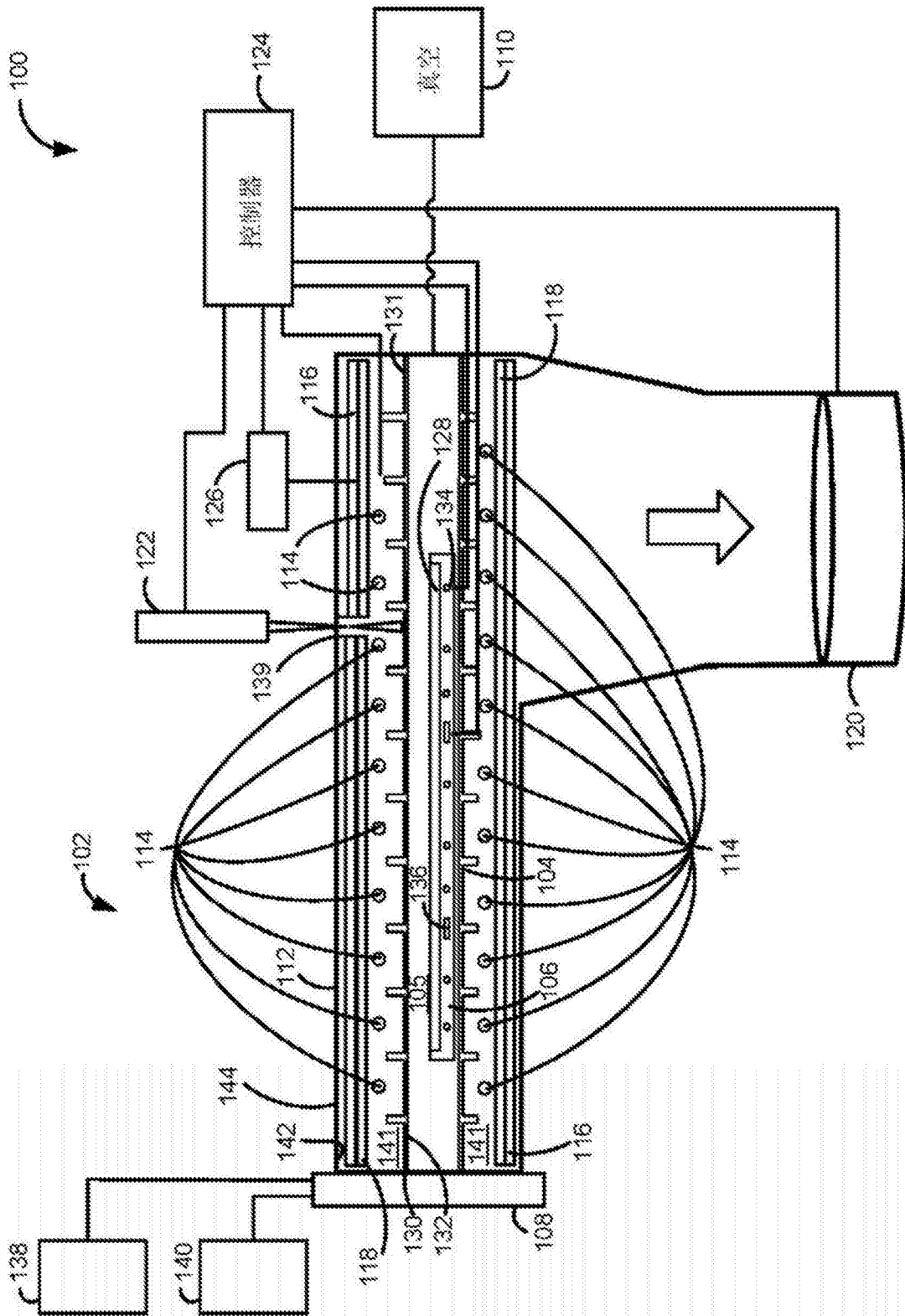


图1

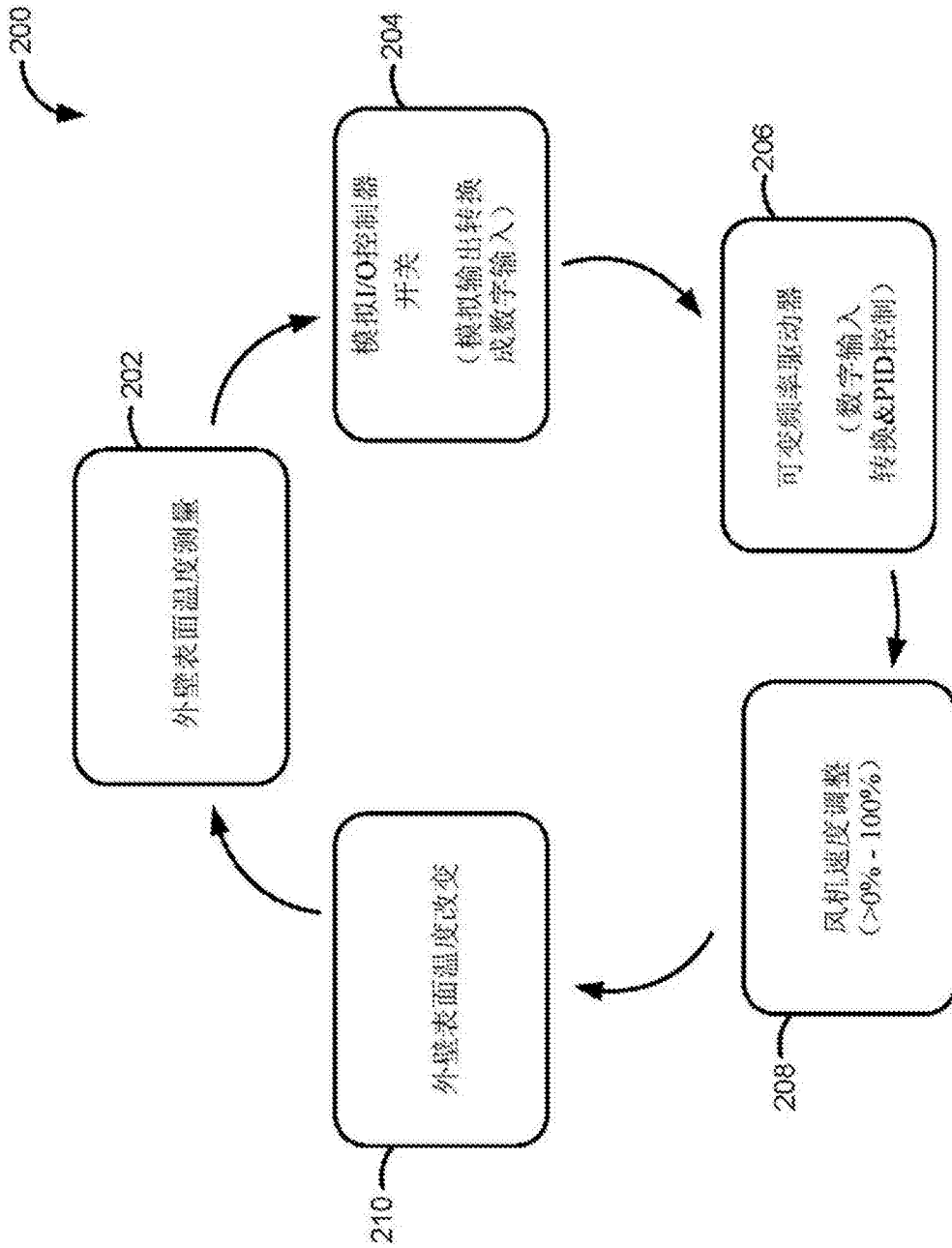


图2

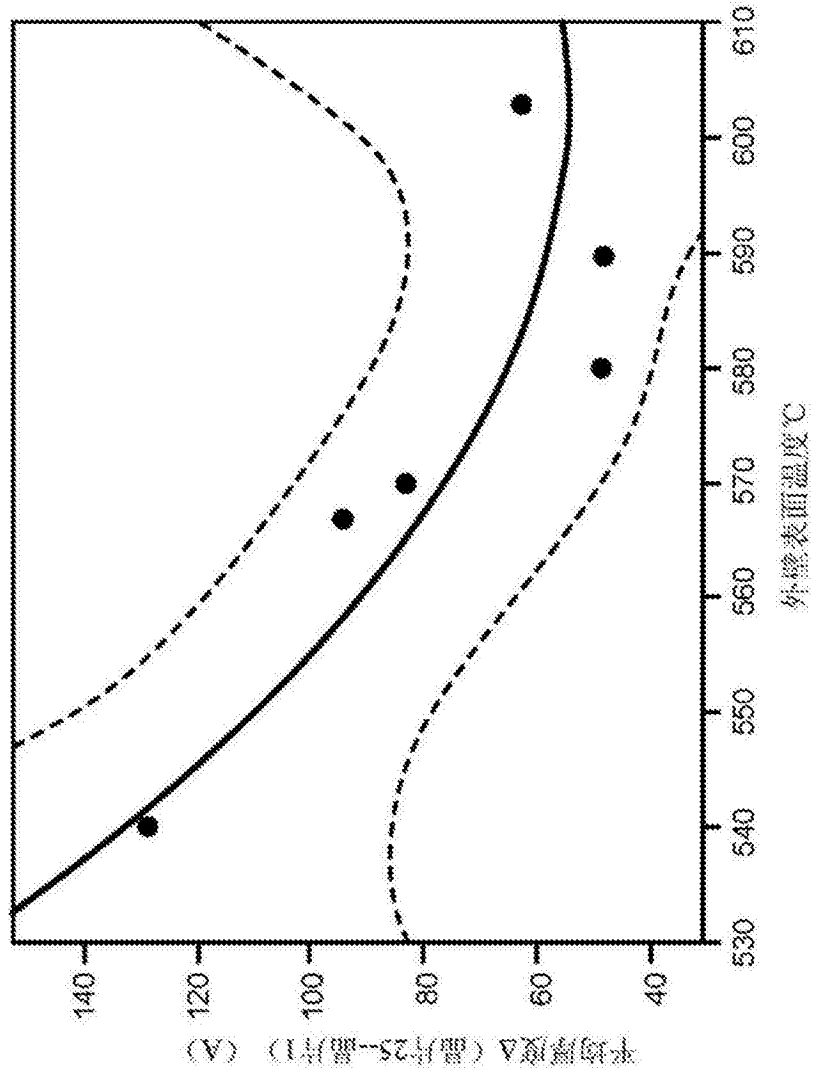


图3

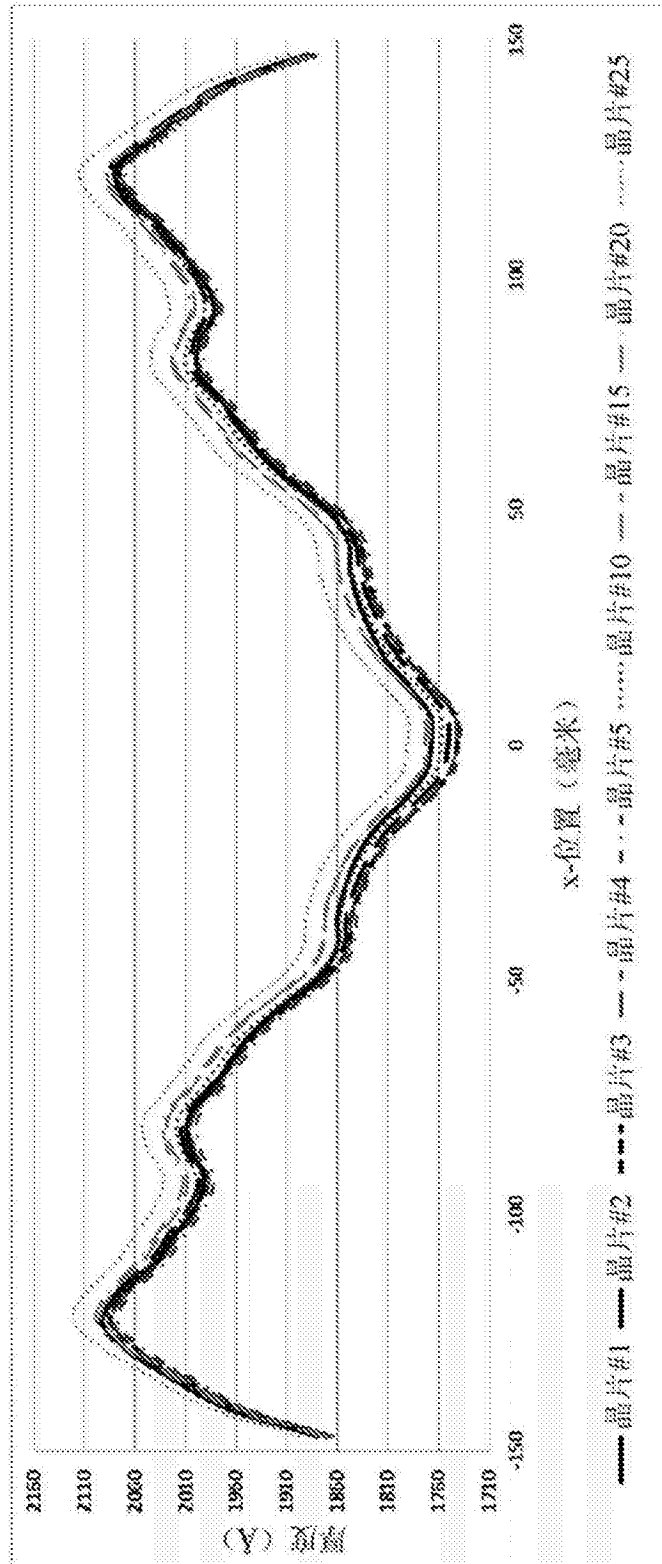


图4

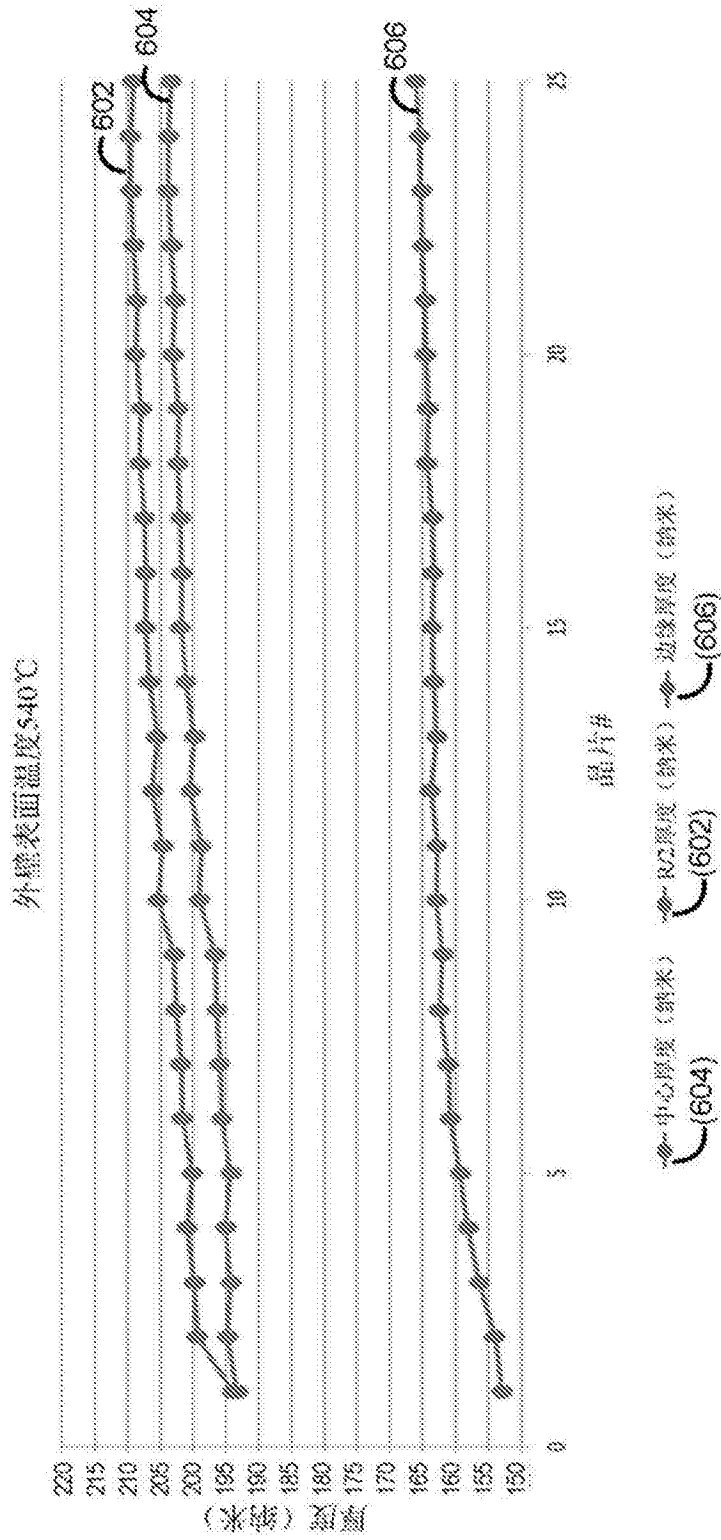


图5

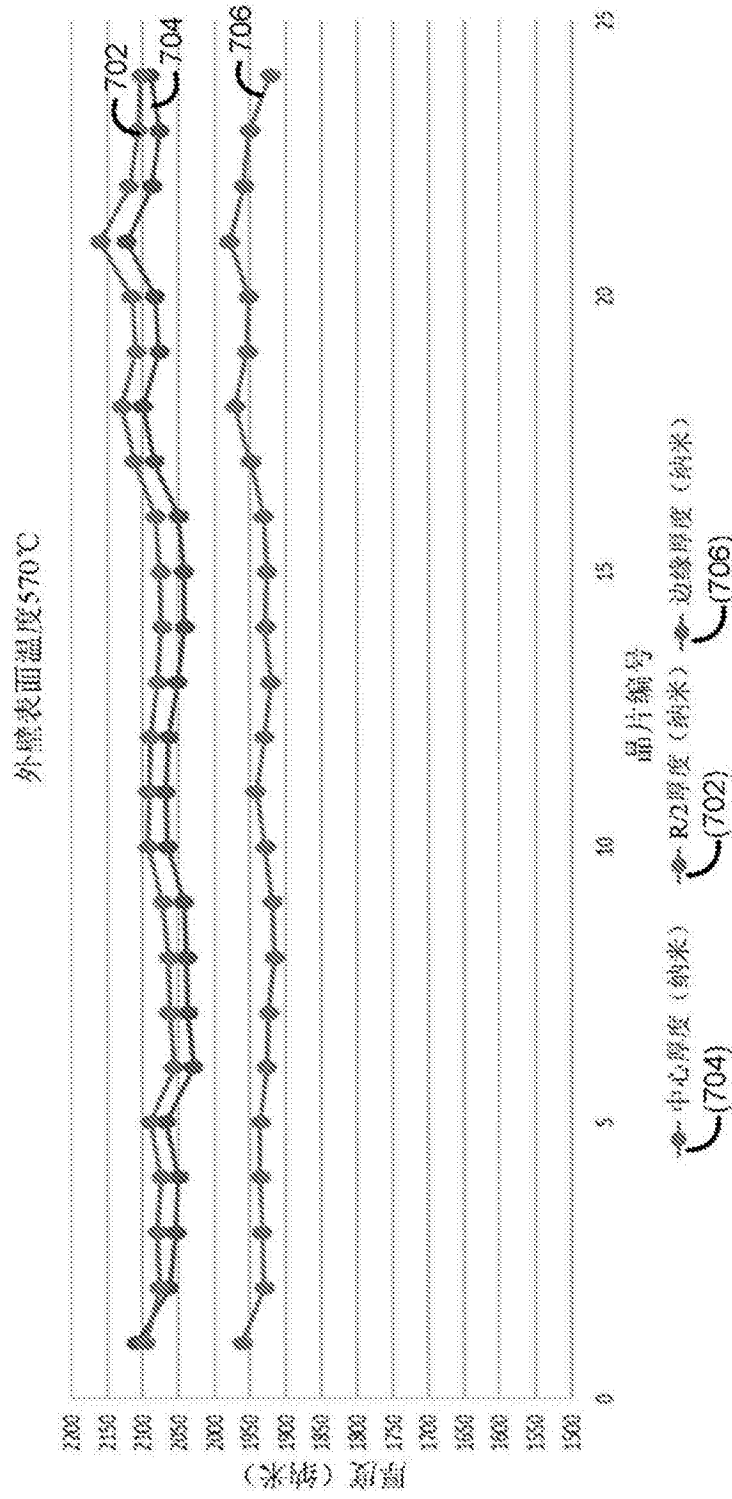


图6



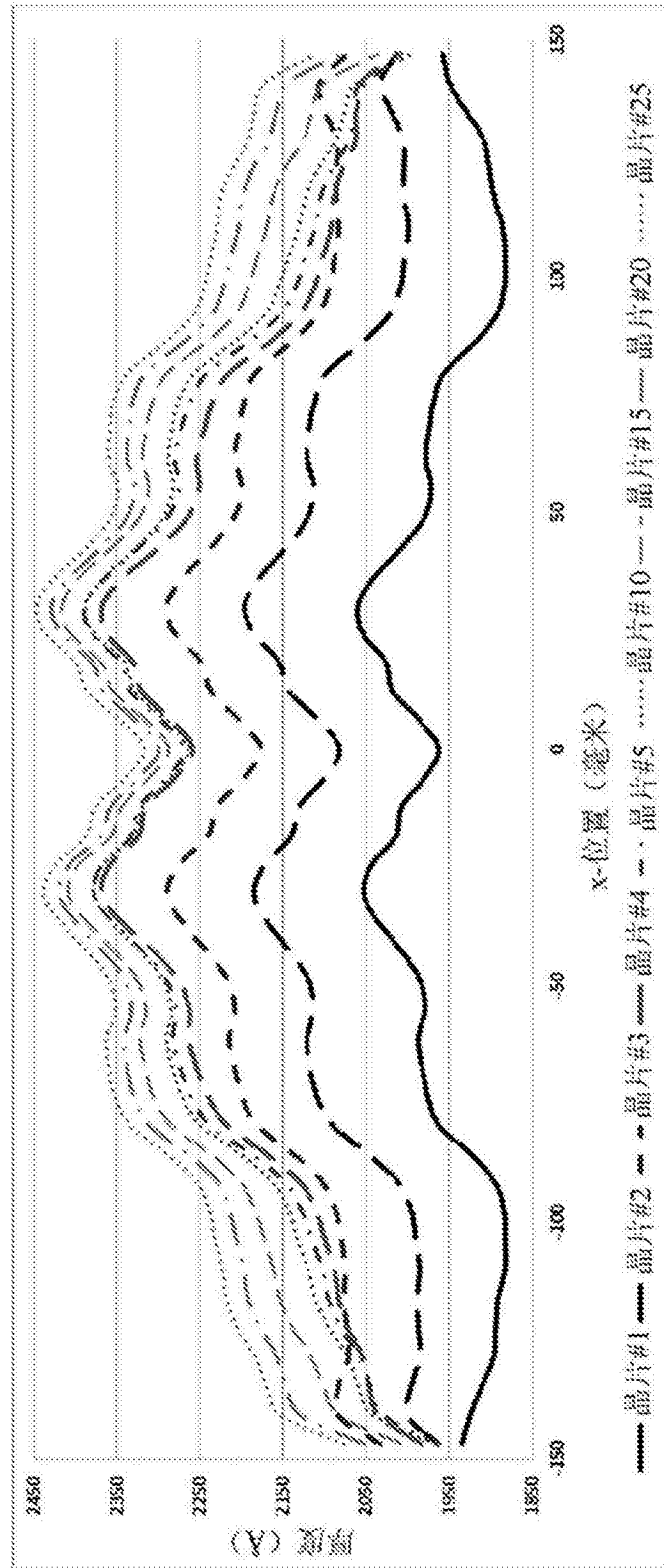


图7

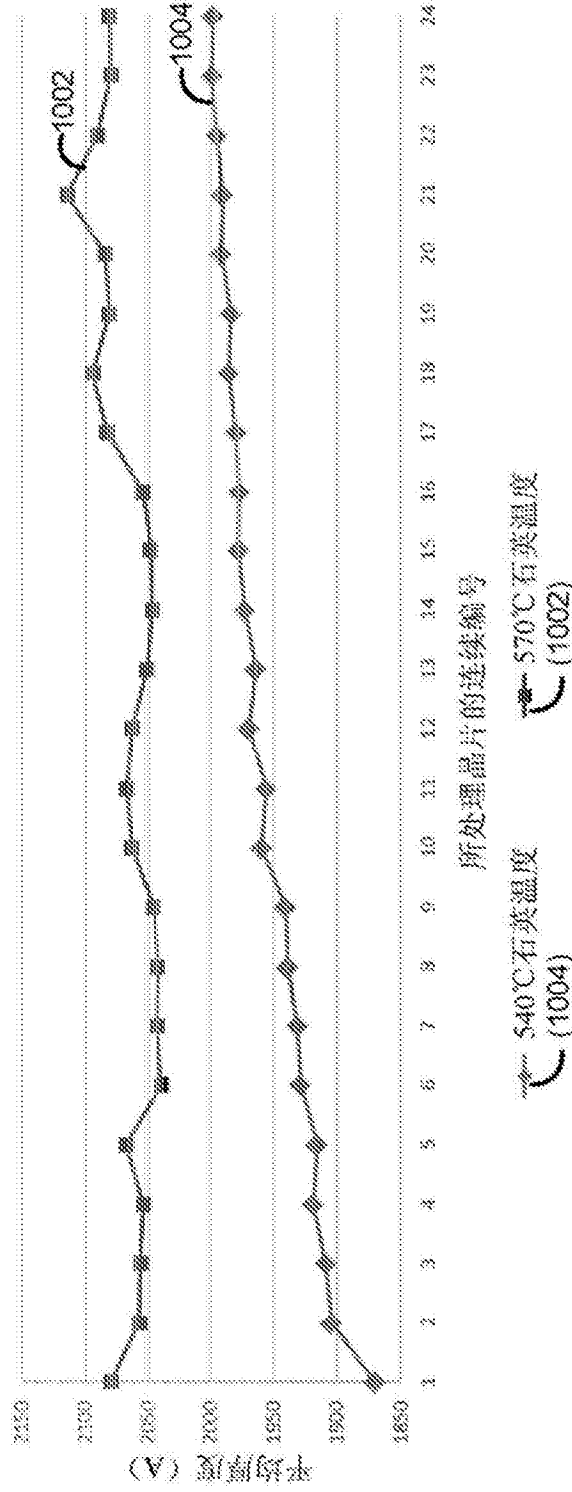


图8

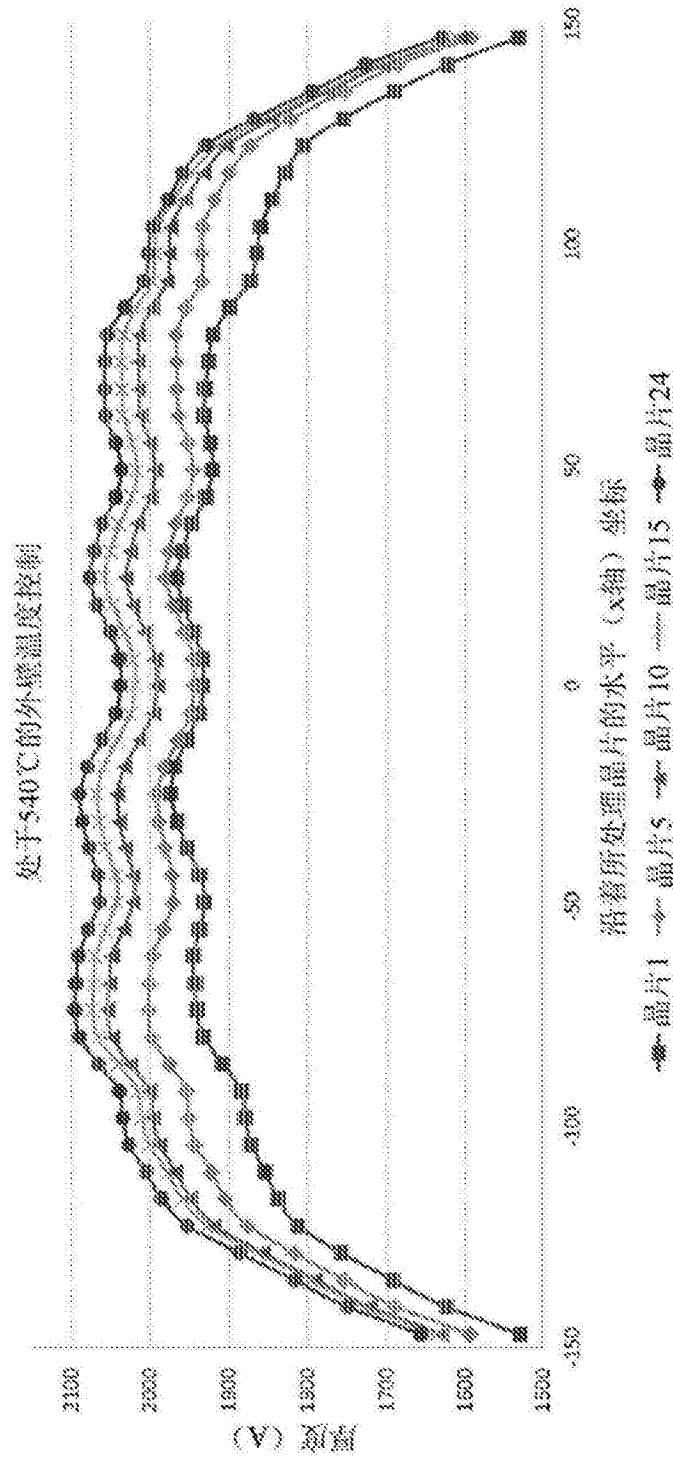


图9

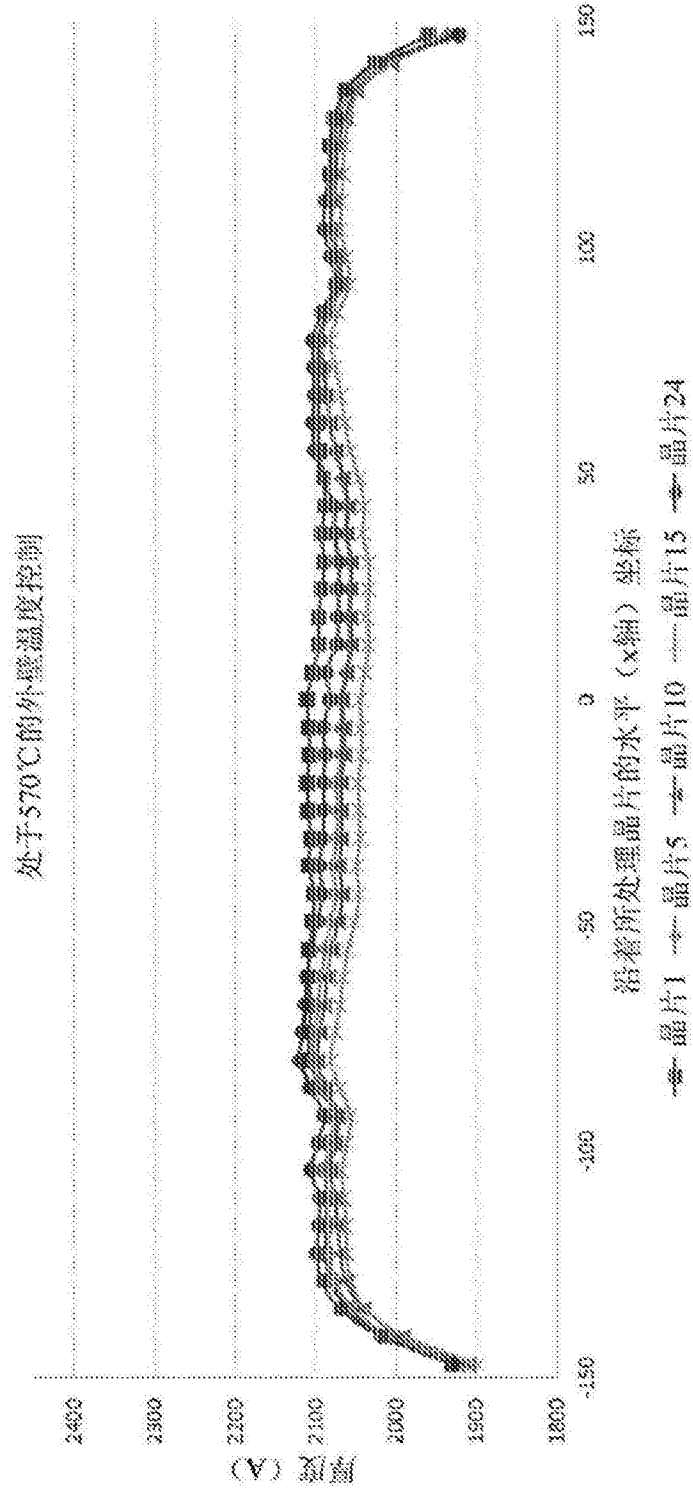


图10

1300

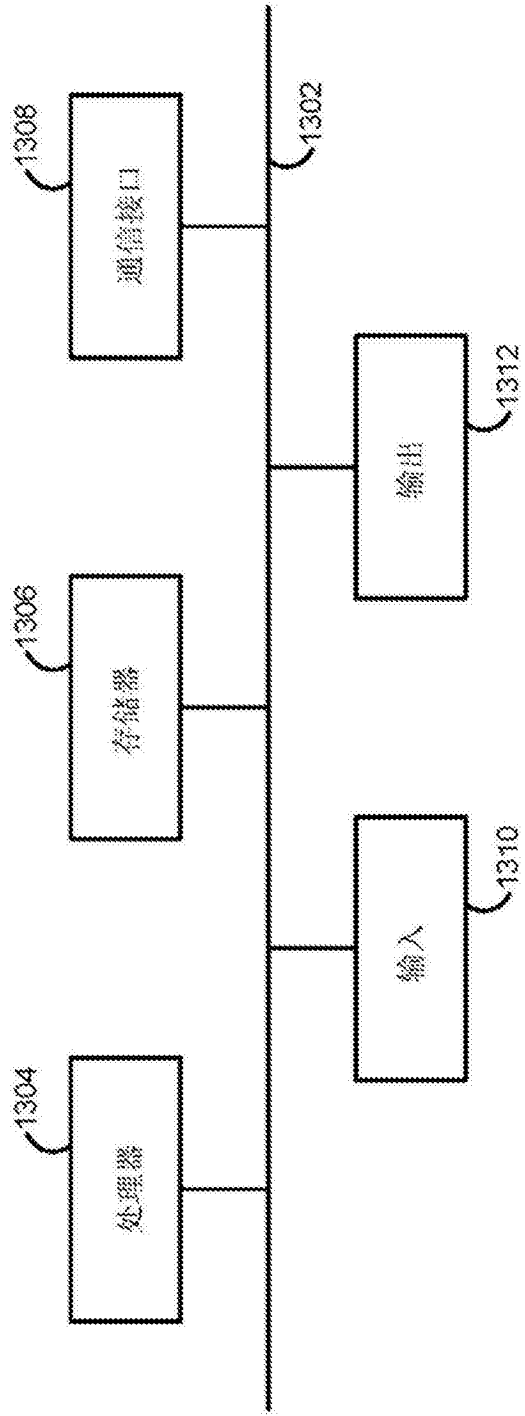


图11