



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107250428 A

(43)申请公布日 2017. 10. 13

(21)申请号 201580075951.8

(22)申请日 2015.12.23

(30)优先权数据

62/096,387 2014.12.23 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.08.11

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2015/000241 2015.12.23

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/105507 EN 2016.06.30

(71)申请人 斯泰克有限责任公司

地址 德国布格豪森

申请人 马克·W·达塞尔

(72)发明人 马克·W·达塞尔 乌韦·克冉特

大卫·A·布莱斯勒

(74)专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理有限公司 11204

代理人 王达佐 王艳春

(51)Int.Cl.

G23C 16/24(2006.01)

G23C 16/44(2006.01)

G23C 16/442(2006.01)

C01B 33/029(2006.01)

C01B 33/03(2006.01)

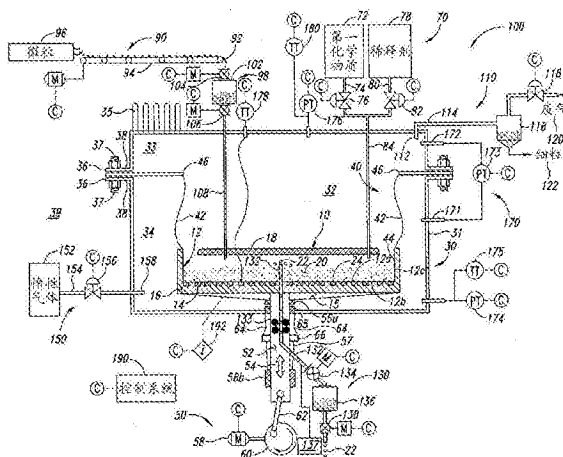
权利要求书21页 说明书58页 附图15页

(54)发明名称

机械式流化沉积系统和方法

(57)摘要

允许高效、有成本效益地生产硅的机械式流化系统和构成。可将微粒提供到被加热的盘或锅,该盘或锅振荡或振动以得到反应表面。微粒在盘或锅中向下迁移,并且随着反应产物达到所期望状态,反应产物在盘或锅中向上迁移。排放的气体可重新循环。



1. 一种机械式流化反应器系统,包括:

外壳,所述外壳中具有腔室;

锅,所述锅接纳于所述外壳的所述腔室中,所述锅具有主水平表面,所述主水平表面具有周边和向上延伸的周边壁,所述周边和所述周边壁至少部分形成保持容积,以至少部分地暂时保持多个微粒,所述周边壁包围所述主水平表面的所述周边,至少所述主水平表面包括硅;

传动件,所述传动件在操作中使所述锅沿着至少第一轴振动,以使所述保持容积中的所述微粒机械式流化,从而在所述保持容积中制作机械式流化微粒床,所述第一轴与所述锅的所述主水平表面垂直;以及

加热器,所述加热器在操作中将由所述锅的所述主水平表面承载的所述机械式流化微粒床的温度升高至高于第一气态化学物质的热分解温度,以使所述机械式流化微粒床内的所述第一气态化学物质热分解成非挥发性第二化学物质,所述非挥发性第二化学物质中的至少部分沉积在所述机械式流化微粒床内的所述多个微粒的至少部分上,以提供多个包覆颗粒。

2. 根据权利要求1所述的机械式流化反应器系统,其中,所述主水平表面是能够选择性地插入所述锅的底部中的整体、统一、单件式插入件。

3. 根据权利要求1所述的机械式流化反应器系统,其中,所述主水平表面是所述锅的底部的整体式、一体式、单件式部分,并且不能选择性从所述锅去除。

4. 根据权利要求1所述的机械式流化反应器系统,其中,所述主水平表面是在所述外壳的所述腔室中首次使用所述锅之前所述锅的底部的部分。

5. 根据权利要求1所述的机械式流化反应器系统,其中,所述主水平表面包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。

6. 根据权利要求1所述的机械式流化反应器系统,其中,所述主水平表面包括基本纯净的硅。

7. 根据权利要求1所述的机械式流化反应器系统,其中,所述周边壁至少在直接暴露于所述保持容积中的所述多个微粒的所述周边壁的内部部分上包括硅。

8. 根据权利要求1所述的机械式流化反应器系统,其中,所述锅的所述周边壁的至少部分包括硅。

9. 根据权利要求1所述的机械式流化反应器系统,其中,所述加热器靠近所述锅的所述主水平表面的至少部分设置,以对所述保持容积中的所述机械式流化微粒床进行加热。

10. 一种机械式流化反应器系统,包括:

外壳,所述外壳中具有腔室;

锅,所述锅接纳于所述外壳的所述腔室中,所述锅具有主水平表面,所述主水平表面具有周边和向上延伸的周边壁,所述周边和所述周边壁至少部分限定保持容积,所述保持容积至少部分地暂时保持多个微粒,所述周边壁包围所述主水平表面的所述周边,所述周边终止于周边缘;

覆盖件,所述覆盖件具有上表面、下表面和周边缘,所述覆盖件设置在所述锅的所述主水平表面上方,其中,所述覆盖件的所述周边缘与所述锅的所述周边壁向内间隔开,其中在所述覆盖件的所述周边缘和所述锅的所述周边壁之间具有周边间隙,所述周边间隙在所述

锅的所述保持容积和所述外壳的腔室之间提供流体连通道；

传动件,所述传动件在操作中使所述锅振荡,以使所述保持容积中的所述多个微粒机械式流化,从而在所述保持容积中制作机械式流化微粒床;

气体分配总管,所述气体分配总管包括至少一个导管,所述至少一个导管具有贯穿所述导管的流体通道,所述流体通道与至少一个喷射器的近端流体联接,在所述喷射器的远端设置有至少一个出口,所述通道使第一气态化学物质的外部源与所述至少一个出口流体连通地联接,所述至少一个出口设置在所述锅的所述保持容积中,所述至少一个喷射器穿透所述覆盖件,并且与所述覆盖件密封地联接,以在所述至少一个喷射器与所述覆盖件之间提供气密性密封,所述至少一个出口在操作中在所述机械式流化微粒床中的一个或多个位置处排放所述第一气态化学物质;以及

加热器,所述加热器与所述锅热联接,在操作中使所述机械式流化微粒床的温度升高至高于所述第一气态化学物质的热分解温度,以使所述机械式流化微粒床内的所述第一气态化学物质的至少部分热分解成至少非挥发性第二化学物质和第三气态化学物质,所述非挥发性第二化学物质沉积在所述机械式流化微粒床内的所述微粒的至少部分上,以提供多个包覆颗粒,所述周边间隙为所述第三气态化学物质从所述机械式流化微粒床进入所述外壳的所述腔室中提供出口。

11. 根据权利要求10所述的机械式流化反应器系统,其中,所述覆盖件与所述锅的所述主水平表面平行设置。

12. 根据权利要求10所述的机械式流化反应器系统,其中,所述覆盖件的所述周边边缘翻转,并且在所述覆盖件的上表面上方延伸大约0.1英寸至大约10英寸的距离。

13. 根据权利要求10所述的机械式流化反应器系统,还包括:

柔性构件,所述柔性构件将所述外壳中的所述腔室分成上部腔室和下部腔室,所述柔性构件具有第一连续边缘和第二连续边缘,所述第二连续边缘从所述第一连续边缘跨越所述柔性构件横向设置,所述柔性构件的所述第一连续边缘与所述外壳物理联接,以在所述柔性构件的所述第一连续边缘与所述外壳之间形成气密性密封,以及所述柔性构件的所述第二连续边缘与所述锅物理联接,以在所述柔性构件的所述第二连续边缘与所述锅之间形成气密性密封,以使得在操作中:

所述上部腔室包括所述腔室的、包括所述保持容积的至少部分,;

所述下部腔室包括所述腔室的、不包括所述保持容积的至少部分;以及

所述柔性构件在所述上部腔室与所述下部腔室之间形成气密性密封。

14. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,其中,所述至少一个喷射器的所述至少一个出口定位成向所述机械式流化微粒床内的至少一个中心位置排放所述第一气态化学物质。

15. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,其中,所述至少一个喷射器的所述至少一个出口包括多个出口,所述多个出口定位成在所述机械式流化微粒床内的多个位置中的每个中排放所述第一气态化学物质,并且所述气体分配总管包括热绝缘供给管,所述热绝缘供给管包括热绝缘流体通道,所述流体通道与所述至少一个喷射器联接,并且所述至少一个喷射器至少部分地热绝缘。

16. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,其中,所述周边间隙具有宽度,在

操作中,所述宽度保持从所述保持容积通过所述周边间隙至所述上部腔室的气流低于限定的气体流速,在等于或低于所述限定的气体流速时,在所述机械式流化微粒床中原位形成的数量上占优势的种颗粒保持在所述机械式流化微粒床中。

17. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,其中,所述周边间隙具有宽度,在操作中,所述宽度保持通过所述周边间隙的气流低于限定的气体流速,在所述限定的气体流速下,数量上占优势的大于80微米的颗粒保持在所述机械式流化微粒床中。

18. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,其中,所述周边间隙具有宽度,在操作中,所述宽度保持通过所述周边间隙的气流低于限定的气体流速,在所述限定的气体流速下,数量上占优势的大于10微米的颗粒保持在所述机械式流化微粒床中。

19. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,其中,所述周边间隙具有至少0.0625英寸的宽度。

20. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,还包括:

一个或多个热能传递装置,所述一个或多个热能传递装置与所述传动件热联接。

21. 根据权利要求20所述的机械式流化反应器系统,其中,与所述传动件热联接的所述一个或多个热能传递装置包括无源热能传递系统或有源热能传递系统中的至少一个。

22. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,其中,所述覆盖件包括绝缘层。

23. 根据权利要求22所述的机械式流化反应器系统,其中,所述绝缘层包括气体可渗透构件,所述气体可渗透构件包围所述覆盖件的所述绝缘层的至少部分。

24. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,其中,所述锅的所述主水平表面是所述锅的底部的整体式、一体式、单件式硅部分,并且不能选择性从所述锅的所述底部去除,或所述锅的所述主水平表面是能选择性插入所述锅的所述底部中的硅插入件。

25. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,还包括:

一个或多个热能传递系统,所述一个或多个热能传递系统与所述外壳的所述上部腔室的至少部分热联接。

26. 根据权利要求25所述的机械式流化反应器系统,其中,与所述外壳的所述上部腔室的至少部分热联接的所述一个或多个热能传递系统包括无源热能传递系统或有源热能传递系统中的至少一个。

27. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,还包括:

一个或多个热能传递系统,所述一个或多个热能传递系统与所述外壳的所述下部腔室的至少部分热联接。

28. 根据权利要求27所述的机械式流化反应器系统,其中,与所述外壳的所述下部腔室的至少部分热联接的所述一个或多个热能传递系统包括无源热能传递系统或有源热能传递系统中的至少一个。

29. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,还包括绝缘层,所述绝缘层备设置成与所述锅的所述周边壁或所述柔性构件中的至少一个的至少部分接触,以使得所述热构件的所述周边壁中的至少一个与所述下部腔室热隔离。

30. 根据权利要求29所述的机械式流化反应器系统,其中,所述绝缘层还包括气体可渗透层,所述气体可渗透层使所述绝缘层的至少部分与所述上部腔室或所述下部腔室中的至少一个物理隔离。

31. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,还包括绝缘层,所述绝缘层围绕所述加热器设置,以使得所述加热器与所述下部腔室热隔离。

32. 根据权利要求31所述的机械式流化反应器系统,其中,所述绝缘层还包括气体可渗透层,所述气体可渗透层使围绕所述加热器设置的所述绝缘层的至少部分与所述上部腔室或所述下部腔室中的至少一个物理隔离。

33. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,其中,所述上部腔室限定第一容积;

其中,由所述锅的振荡造成的容积位移限定第二容积;以及

其中,所限定的所述第一容积与所限定的所述第二容积的比率大于大约5:1。

34. 根据权利要求33所述的机械式流化反应器系统,其中,所限定的所述第一容积与所限定的所述第二容积的比率大于大约100:1。

35. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,还包括控制器,所述控制器在操作中执行机器可执行指令集,所述机器可执行指令集致使所述控制器:

保持所述上部腔室中的第一气体压力水平和所述下部腔室中的第二气体压力水平,其中,所述第一气体压力水平不同于所述第二气体压力水平。

36. 根据权利要求35所述的机械式流化反应器系统,还包括气体检测器,所述气体检测器与保持在所述第一气体压力或所述第二气体压力中的较低压力处的腔室流体联接,所述气体检测器指示从较高压力腔室到较低压力腔室的气体泄漏。

37. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,其中,所述控制器在操作中执行机器可执行指令集,所述机器可执行指令集还致使所述控制器:

调节至少一个过程条件,以提供满足至少一个限定标准的多个包覆颗粒,所述限定标准包括至少一个化学组分标准或至少一个物理属性标准中的至少一个,所述至少一个过程条件包括以下中的至少一个:所述锅的振荡频率、所述锅的振荡位移、所述机械式流化微粒床的温度、所述上部腔室中的气体压力、所述第一气态化学物质供给至所述机械式流化微粒床的供给速率、所述上部腔室中的所述第一气态化学物质的摩尔分数、从所述上部腔室去除所述第三气态化学物质的去除速率、所述机械式流化微粒床的容积或所述机械式流化微粒床的深度。

38. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,其中,所述控制器在操作中执行机器可执行指令集,所述机器可执行指令集还致使所述控制器:

调节至少一个过程条件,以提供所述第一气态化学物质到所述第二化学物质的限定转换,所述至少一个过程条件包括以下中的至少一个:所述锅的振荡频率、所述锅的振荡位移、所述机械式流化微粒床的温度、所述上部腔室中的气体压力、所述第一气态化学物质供给至所述机械式流化微粒床的供给速率、所述上部腔室中的所述第一气态化学物质的摩尔分数、从所述上部腔室去除所述第三气态化学物质的去除速率、所述机械式流化微粒床的容积或所述机械式流化微粒床的深度。

39. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,其中,所述控制器在操作中执行机器可执行指令集,所述机器可执行指令集还致使所述控制器:

调节至少一个过程条件,以使所述上部腔室中的气体组分保持在限定范围内,所述至少一个过程条件包括以下中的至少一个:所述锅的振荡频率、所述锅的振荡位移、所述机械

式流化微粒床的温度、所述上部腔室中的气体压力、所述第一气态化学物质供给至所述机械式流化微粒床的供给速率、从所述上部腔室去除所述第三气态化学物质的去除速率、所述机械式流化微粒床的容积或所述机械式流化微粒床的深度。

40. 根据权利要求37所述的机械式流化反应器系统, 其中, 致使所述控制器调节至少一个过程条件以提供具有最小第一尺寸的多个包覆颗粒的所述机器可执行指令集还致使所述控制器:

调节所述至少一个过程条件, 以提供多个包覆颗粒, 所述多个包覆颗粒包括直径为600微米或更大的包覆颗粒。

41. 根据权利要求37所述的机械式流化反应器系统, 其中, 致使所述控制器调节至少一个过程条件以提供具有最小第一尺寸的多个包覆颗粒的所述机器可执行指令集还致使所述控制器:

调节所述至少一个过程条件, 以提供多个包覆颗粒, 所述多个包覆颗粒包括直径为300微米或更大的包覆颗粒。

42. 根据权利要求37所述的机械式流化反应器系统, 其中, 致使所述控制器调节至少一个过程条件以提供具有最小第一尺寸的多个包覆颗粒的所述机器可执行指令集还致使所述控制器:

调节所述至少一个过程条件, 以提供多个包覆颗粒, 所述多个包覆颗粒包括直径为10微米或更大的包覆颗粒。

43. 根据权利要求37所述的机械式流化反应器系统, 其中, 致使所述控制器调节至少一个过程条件以提供具有最小第一尺寸的多个包覆颗粒的所述机器可执行指令集还致使所述控制器:

调节所述至少一个过程条件, 以提供多个包覆颗粒, 所述多个包覆颗粒中的微粒直径形成高斯分布。

44. 根据权利要求37所述的机械式流化反应器系统, 其中, 致使所述控制器调节至少一个过程条件以提供具有最小第一尺寸的多个包覆颗粒的所述机器可执行指令集还致使所述控制器:

调节所述至少一个过程条件, 以提供多个包覆颗粒, 所述多个包覆颗粒中的微粒直径形成非高斯分布。

45. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统, 其中, 所述外壳的所述上部腔室限定第一容积, 所述机械式流化微粒床限定第三容积, 并且所述第一容积与所述第三容积的比率大于大约0.5:1。

46. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统, 其中, 所述覆盖件与所述外壳物理附连, 以使得在操作中, 所述覆盖件不随着所述锅振荡。

47. 根据权利要求46所述的机械式流化反应器系统, 其中, 所述流化床的容积位移由所述锅的振荡造成, 以及其中, 周边间隙容积大于所述流化床的所述容积位移。

48. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统, 其中, 所述覆盖件与所述锅物理附连, 以使得在操作中所述覆盖件随着所述锅振荡。

49. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统, 其中, 所述传动件在操作中使所述锅以振荡位移或振荡频率中的至少一个沿着至少与所述锅的底部垂直的轴振荡, 以使得所

述机械式流化微粒床接触所述覆盖件的下表面。

50. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,其中,所述传动件在操作中使所述锅在由第一分量和第二分量限定的方向上振荡,使得所述机械式流化微粒床接触所述覆盖件的下表面,所述第一分量具有沿着与所述锅的底部正交的第一轴的第一幅度的位移,所述第二分量具有沿着与所述第一轴正交的第二轴的第二幅度的位移。

51. 根据权利要求13所述的机械式流化反应器系统,还包括:

产物去除管,所述产物去除管穿透所述主水平表面并密封联接至所述主水平表面;其中,与所述第一气态化学物质分配总管流体联接的多个喷射器中的每个均在围绕所述产物去除管径向设置的相应位置穿透所述覆盖件。

52. 根据权利要求51所述的机械式流化反应器系统,其中,所述覆盖件分成凸起部分和非凸起部分,所述凸起部分包括所述覆盖件的直接在所述产物去除管上方并从所述产物去除管径向向外延伸固定半径的部分,以使得所述覆盖件的所述凸起部分的下表面与所述主水平表面之间的距离大于所述覆盖件的所述非凸起部分的下表面与所述主水平表面之间的距离。

53. 根据权利要求52所述的机械式流化反应器系统,其中,所述覆盖件的所述非凸起部分的至少部分包括绝缘层。

54. 一种机械式流化反应器系统,包括:

外壳,所述外壳中具有腔室;

锅,所述锅接纳于所述外壳的所述腔室中,所述锅具有主水平表面,所述主水平表面具有周边和向上延伸的周边壁,所述周边和所述周边壁至少部分地形成保持容积,所述保持容积至少部分地暂时保持多个微粒,所述周边壁包围所述主水平表面的所述周边,所述周边壁终止于周边缘;

传动件,所述传动件在操作中使所述锅振荡,以使所述保持容积中的所述多个微粒机械式流化,从而在所述保持容积中制作机械式流化微粒床;

加热器,所述加热器与所述锅热联接,在操作中致使所述机械式流化微粒床的温度升高至高于所述第一气态化学物质的热分解温度,从而使所述机械式流化微粒床内存在的所述第一气态化学物质的至少部分热分解成至少非挥发性第二化学物质,所述非挥发性第二化学物质沉积在所述机械式流化微粒床内的所述多个微粒的至少部分上,从而形成多个包覆颗粒;以及

热绝缘供给管,所述热绝缘供给管包括热绝缘流体通道,所述流体通道与多个喷射器联接,所述多个喷射器中的每个均具有至少一个出口,所述至少一个出口定位在所述锅的所述周边壁的所述周边缘下的所述保持容积中,所述热绝缘流体通道在所述第一气态化学物质的源与设置在所述机械式流化微粒床中的相应位置处的多个喷射器中的每个之间提供流体连通路程。

55. 根据权利要求54所述的机械式流化反应器系统,其中,所述多个喷射器中的每个均至少部分地热绝缘,以及其中,在所述锅的所述周边壁的所述周边缘下,所述热绝缘的流体通道与所述第一气态化学物质的源和定位在所述保持容积中的出口流体连通联接。

56. 根据权利要求54所述的机械式流化反应器系统,其中,所述热绝缘供给管包括形成外管通道的外管构件以及形成所述绝缘流体通道的敞口式内管构件,所述敞口式内管构件

接纳于所述外管构件的所述外管通道中；以及其中，所述外管构件和所述敞口式内管构件在靠近所述多个喷射器中的每个的所述出口的位置处彼此接触，以沿着所述热绝缘供给管和所述多个喷射器的长度的至少部分形成闭口式空隙，所述闭口式空隙包括绝缘真空。

57. 根据权利要求54所述的机械式流化反应器系统，其中，所述热绝缘供给管包括形成外管通道的外管构件以及形成绝缘流体通道的敞口式内管构件，所述敞口式内管构件接纳于所述外管构件的所述外管通道中；以及其中，所述外管构件和所述敞口式内管构件在靠近所述多个喷射器中的每个的出口的位置处彼此接触，以形成沿着所述热绝缘供给管和所述多个喷射器的长度的至少部分延伸的闭口式空隙，所述闭口式空隙包括一种或多种热绝缘材料或物质。

58. 根据权利要求54所述的机械式流化反应器系统，还包括冷却介质供应系统；

其中，所述热绝缘供给管包括形成外管通道的外管构件以及形成绝缘流体通道的敞口式内管构件，所述敞口式内管构件接纳于所述外管构件的所述外管通道中；

其中，所述外管构件和所述敞口式内管构件不沿着所述热绝缘供给管和所述多个喷射器彼此接触，以形成沿着所述热绝缘供给管和所述多个喷射器的长度的至少部分延伸的敞口式空隙；以及

其中，所述冷却介质供应系统与所述敞口式空隙流体联接，以提供供一种或多种绝缘非反应性气体通过的流动路径，所述气体保持所述内管构件内的所述第一气态化学物质的温度低于所述第一气态化学物质的热分解温度。

59. 根据权利要求54所述的机械式流化反应器系统，还包括再循环的闭环冷却介质供应系统；

其中，所述热绝缘供给管包括形成外管通道的外管构件和形成绝缘流体通道的敞口式内管构件，所述敞口式内管构件接纳于所述外管构件的所述外管通道中；

其中，所述外管构件和所述敞口式内管构件在靠近所述多个喷射器中的一个或多个的所述出口的位置处彼此接触，以形成沿着所述热绝缘供给管和所述多个喷射器的长度的至少部分延伸的闭口式空隙；以及

其中，所述闭口式空隙与所述冷却介质供应系统流体联接，以提供围绕所述内管构件的闭环冷却系统，所述闭环冷却系统保持所述内管构件内的所述第一气态化学物质的温度低于所述第一气态化学物质的热分解温度。

60. 根据权利要求59所述的机械式流化反应器系统，其中，所述冷却介质供应系统还包括形成在所述外管构件和第二外管构件之间的第二外管通道，所述外管构件和所述第二外管构件之间的居间间隔形成所述第二外管通道；所述外管通道和所述第二外管通道彼此接触，以形成包括绝缘真空或热绝缘材料中的至少一种的闭口式空隙。

61. 根据权利要求58所述的机械式流化反应器系统，其中，所述热绝缘供给管还包括靠近所述出口定位的一个或多个特征，所述一个或多个特征致使从所述敞口式空隙离开的所述冷却流体的至少部分穿过所述内管的所述出口。

62. 根据权利要求61所述的机械式流化反应器系统，其中，所述一个或多个特征包括以下中的至少一个：所述多个喷射器中的每个上的外管构件的延伸部，使得所述外管构件延伸超过所述内管构件的敞口端一定距离；或设置在从所述敞口式空隙排出的所述冷却流体的流动路径中的物理构件。

63. 一种机械式流化反应器系统,包括:

外壳,所述外壳中具有腔室;

锅,所述锅接纳于所述外壳的所述腔室中,所述锅具有主水平表面,所述主水平表面具有周边和向上延伸的周边壁,所述周边壁包围所述主水平表面的所述周边,以至少部分地形成至少部分地暂时保持多个微粒的保持容积,所述周边壁终止于周边缘;

覆盖件,所述具覆盖件有上表面、下表面和周边缘,所述覆盖件设置在所述锅的所述主水平表面上方;

传动件,所述传动件在操作中使所述锅振荡,以使所述保持容积中的所述多个微粒机械式流化,从而在所述保持容积中制作机械式流化微粒床;

加热器,所述加热器与所述锅热联接,在操作中致使将所述机械式流化微粒床的温度升高至高于所述第一气态化学物质的热分解温度,从而致使所述机械式流化微粒床内存在的所述第一气态化学物质的至少部分热分解成至少非挥发性第二化学物质,所述非挥发性第二化学物质沉积在所述机械式流化微粒床内的所述多个微粒的至少部分上,以提供多个包覆颗粒;以及

包覆颗粒溢出导管,用于从所述机械式流化床中去除所述多个包覆颗粒的至少部分,所述包覆颗粒溢出导管具有入口和贯穿所述包覆颗粒溢出导管从所述入口到所述包覆颗粒溢出导管远端的通道,在所述入口定位在所述锅的所述保持容积中的情况下,所述包覆颗粒溢出导管在所述锅的所述主水平表面上方突出一定高度,从而从所述保持容积中去除所述多个包覆颗粒的至少部分。

64. 根据权利要求63所述的机械式流化反应器系统,其中,所述包覆颗粒溢出导管在所述锅的所述主水平表面上方突出的高度是约0.125英寸至大约10英寸。

65. 根据权利要求63所述的机械式流化反应器系统,其中,所述包覆颗粒溢出导管包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。

66. 根据权利要求63所述的机械式流化反应器系统,其中,所述包覆颗粒溢出导管包括金属管状构件,所述金属管状构件包括石墨、石英、硅、碳化硅或氮化硅中的至少一种的连续层,所述连续层设置在暴露于所述机械式流化微粒床的、所述包覆颗粒溢出导管的外部部分的至少部分上。

67. 根据权利要求63所述的机械式流化反应器系统,其中,所述包覆颗粒溢出导管的入口定位成在所述锅的所述主水平表面上方相隔一定距离,以及其中所述距离可变。

68. 根据权利要求63所述的机械式流化反应器系统,其中,所述包覆颗粒溢出导管包括金属管状构件,所述金属管状构件包括石墨、石英、硅、碳化硅或氮化硅中的至少一种的连续层,所述连续层设置在暴露于从所述机械式流化微粒床中去除的所述包覆颗粒的、所述包覆颗粒溢出导管的内部部分的至少部分上。

69. 根据权利要求63所述的机械式流化反应器系统,其中,所述覆盖件的所述下表面的至少部分包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。

70. 根据权利要求63所述的机械式流化反应器系统,其中,所述覆盖件的所述下表面的至少一部分包括石墨、石英、硅、碳化硅或氮化硅中的至少一种的连续层,所述连续层设置在暴露于所述机械式流化微粒床的、所述覆盖件的所述下表面的至少部分上。

71. 根据权利要求63所述的机械式流化反应器系统,还包括所述包覆颗粒溢出导管和

所述锅之间的气密性密封。

72. 根据权利要求63所述的机械式流化反应器系统,其中,所述敞口式包覆颗粒溢出管在所述主水平表面上方的高度选择成使得在操作中,形成所述机械式流化微粒床的所述多个微粒接触所述覆盖件的所述下表面。

73. 根据权利要求63所述的机械式流化反应器系统,还包括:

颗粒接收器,所述颗粒接收器在操作中接收从所述机械式流化微粒床中去除的所述多个包覆颗粒的至少部分;以及

产物收回管,所述产物收回管具有入口和贯穿所述产物收回管从所述入口到所述产物收回管远端的通道,所述产物收回管与所述包覆颗粒溢出导管的远端流体连通地联接,所述产物收回管使所述包覆颗粒溢出导管的所述通道与所述颗粒接收器流体联接。

74. 根据权利要求73所述的机械式流化反应器系统,其中,所述包覆颗粒溢出导管和所述产物收回管包括单个管,所述单个管与所述锅成气密性密封。

75. 根据权利要求63所述的机械式流化反应器系统,其中,在所述覆盖件的所述周边缘的至少部分与所述锅的所述周边壁之间存在周边间隙,所述周边间隙提供使所述锅的所述保持容积与所述外壳的所述腔室流体联接的通道。

76. 根据权利要求75所述的机械式流化反应器系统,其中,所述覆盖件分成凸起部分和非凸起部分,所述凸起部分包括所述覆盖件的直接在所述产物去除管上方且从所述产物去除管径向向外延伸固定半径的部分,使得所述覆盖件的所述凸起部分的下表面和所述主水平表面之间的距离大于所述覆盖件的所述非凸起部分的下表面和所述主水平表面之间的距离。

77. 根据权利要求76所述的机械式流化反应器系统,其中,所述覆盖件的至少部分包括绝缘层。

78. 根据权利要求76所述的机械式流化反应器系统,还包括热能传递系统,所述热能传递系统与所述覆盖件的至少所述凸起部分热联接,所述热能传递系统在操作中保持所述覆盖件的所述凸起部分的温度低于所述第一气态化学物质的热分解温度。

79. 根据权利要求73所述的机械式流化反应器系统,还包括:

扫气供应系统,所述扫气供应系统与所述颗粒接收器流体联接,以使一定量的非反应性扫气通过所述颗粒接收器,并且通过所述包覆颗粒溢出导管至所述机械式流化微粒床。

80. 根据权利要求63所述的机械式流化反应器系统,其中,所述覆盖件的周边缘靠近所述锅设置,并且进一步地,所述覆盖件包括至少一个中心孔;所述中心孔设置成围绕所述包覆颗粒溢出导管一定距离;所述中心孔提供使所述锅的所述保持容积和所述外壳的所述腔室流体联接的通道。

81. 根据权利要求63所述的机械式流化反应器系统,其中,所述包覆颗粒溢出导管设置在所述锅中居中的位置处。

82. 根据权利要求63所述的机械式流化反应器系统,还包括:

多个挡板,所述多个挡板围绕所述包覆颗粒溢出导管同心布置,并且与所述包覆颗粒溢出导管向外间隔开;其中,所述多个挡板中的每个均:物理联接至所述覆盖件的下表面,向下延伸且不接触所述锅的所述主水平表面;或,物理联接至所述锅的所述主水平表面,向上延伸,并且不接触所述覆盖件的下表面。

83. 根据权利要求82所述的机械式流化反应器系统,其中,所述多个挡板包括相对于彼此和所述包覆颗粒溢出导管同心布置的多个挡板,所述挡板中的连续挡板从所述锅的所述主水平表面交替向上延伸,并且从所述覆盖件的下表面向下延伸,从而在所述包覆颗粒去除管与所述锅的所述周边壁之间形成弯曲流动路径。

84. 根据权利要求83所述的机械式流化反应器系统,其中,所述多个挡板包括:

第一组挡板,所述第一组挡板与所述覆盖件的下表面物理联接,并且从所述覆盖件的下表面向下突出,以使得在操作中,所述第一组挡板中包括的相应挡板至少部分地延伸到所述机械式流化微粒床中,并且不接触所述锅的所述主水平表面;以及

第二组挡板,所述第二组挡板中的每个均介于所述第一组挡板中包括的两个挡板之间,所述第二组挡板中的每个挡板均从所述锅的所述主水平表面上突出,以使得在操作中,所述第二组挡板中包括的相应挡板至少部分地延伸通过所述机械式流化微粒床,并且不接触所述覆盖件的下表面。

85. 根据权利要求84所述的机械式流化反应器系统,其中,所述多个挡板中的每个均包括硅构件。

86. 根据权利要求83所述的机械式流化反应器系统,其中,所述多个挡板中的每个均包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。

87. 根据权利要求83所述的机械式流化反应器系统,其中,所述多个挡板中的每个均包括金属构件,所述金属构件包括石墨、硅、碳化硅、石英或氮化硅中的至少一种的连续层,所述连续层设置在暴露于所述机械式流化微粒床的、至少一个挡板的至少一部分上。

88. 根据权利要求63所述的机械式流化反应器系统,所述机械式流化反应器系统还包括:

柔性构件,所述柔性构件将所述外壳中的腔室分成上部腔室和下部腔室,所述柔性构件具有第一连续边缘和第二连续边缘,所述第二连续边缘跨所述柔性构件从所述第一连续边缘横向设置,所述柔性构件的所述第一连续边缘物理联接至所述外壳,以在所述柔性构件的所述第一连续边缘与所述外壳之间形成气密性密封,并且所述柔性构件的所述第二连续边缘物理联接至所述锅,以在所述柔性构件的所述第二连续边缘与所述锅之间形成气密性密封,以使得在操作中:

所述上部腔室包括所述腔室的、包括所述保持容积的至少部分;

所述下部腔室包括所述腔室的、不包括所述保持容积的至少部分;以及

所述柔性构件在所述上部腔室与所述下部腔室之间形成气密性密封。

89. 一种机械式流化反应器系统,包括:

外壳,所述外壳内具有腔室;

多个锅,所述多个锅接纳于所述外壳的所述腔室中,所述多个锅中的每个均具有主水平表面,所述主水平表面具有周边和终止于周边缘的向上延伸的周边壁,所述周边缘包围所述主水平表面的所述周边,以至少部分地形成至少部分地暂时保持多个微粒的保持容积;

分隔板,所述分隔板将所述外壳分成上部腔室和下部腔室,所述分隔板具有多个孔,所述多个孔中的每个均对应于所述多个锅中的相应一个锅;

传动件,所述传动件在操作中使所述多个锅振荡,以使所述多个锅中的每个中的所述

保持容积中的所述多个微粒机械式流化,从而在所述多个锅中的每个中的所述保持容积中制作机械式流化微粒床;

至少一个加热器,所述至少一个加热器与所述多个锅中的每个热联接,在操作中,使所述多个锅中的每个中的所述机械式流化微粒床的温度升高至高于所述第一气态化学物质的热分解温度,从而使所述多个锅中的每个中的所述机械式流化微粒床内存在的所述第一气态化学物质的至少部分热分解成至少非挥发性第二化学物质和第三气态化学物质,所述第二化学物质沉积在所述多个锅中的每个中的所述机械式流化微粒床中的微粒的至少部分上,以提供多个包覆颗粒,并且所述周边间隙提供供所述第三气态化学物质从所述多个锅中的每个中的所述机械式流化床进入所述外壳的腔室中的出口;以及

多个柔性构件,所述多个柔性构件中的每个均具有第一连续边缘和第二连续边缘,所述第二连续边缘从所述第一连续边缘跨相应柔性构件横向设置,所述多个柔性构件中的每个的所述第一连续边缘与所述多个锅中的一个的所述周边壁物理联接,并且所述多个柔性构件中的每个的第二连续边缘与对应于相应锅的所述分隔板中的孔联接,从而在所述锅和所述分隔板之间形成气密性密封,以使得在操作中:

所述上部腔室包括所述腔室的、包括所述多个锅中的每个中的所述保持容积的至少部分;

所述下部腔室包括所述腔室的、不包括所述多个锅中的每个中的所述保持容积的至少部分;以及

所述多个柔性构件在所述上部腔室和所述下部腔室之间形成气密性密封。

90. 根据权利要求89所述的机械式流化反应器系统,其中,所述多个锅包括4个锅。

91. 根据权利要求89所述的机械式流化反应器系统,其中,所述传动件包括由所述多个锅中包括的所有锅共用的单个传动件。

92. 根据权利要求91所述的机械式流化反应器系统,其中,所述传动件使所述多个锅中的每个在第一操作模式下振荡,在所述第一操作模式下,所述多个锅中的所有锅的位移幅度和位移方向基本上相同。

93. 根据权利要求92所述的机械式流化反应器系统,其中,所述传动件使所述多个锅中的每个在第二操作模式下振荡,在所述第二操作模式下,所述多个锅中的至少一些锅的位移幅度和位移方向不同于所述多个锅中的其他锅中的至少一些的位移幅度和位移方向,以使得在操作中,所述外壳的所述上部腔室中的第一压力的波动和所述外壳的所述下部腔室中的第二压力的波动最小。

94. 根据权利要求89所述的机械式流化反应器系统,其中,所述多个锅中的每个的至少主水平表面包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。

95. 根据权利要求89所述的机械式流化反应器系统,其中,所述多个锅中的每个的所述主水平表面的至少部分包括钼。

96. 根据权利要求95所述的机械式流化反应器系统,其中,所述多个锅中的每个的所述主水平表面中的至少部分包括石墨、硅、碳化硅、石英或氮化硅中的至少一种。

97. 一种机械式流化反应器系统,包括:

外壳,所述外壳内具有腔室;

主水平表面,所述主水平表面具有周边,所述主水平表面跨所述腔室横向设置,并且围

绕所述周边与所述外壳刚性物理联接,所述主水平表面将所述腔室分成上部腔室和下部腔室,所述上部腔室与所述下部腔室气密性密封;

覆盖件,所述覆盖件具有上表面、下表面和周边缘,所述覆盖件设置在所述外壳的所述上部腔室中,与所述主水平表面上方相隔固定距离,以在所述主水平表面和所述覆盖件的所述下表面之间限定保持容积;

传动件,所述传动件在操作中使所述外壳振荡,以使所述保持容积中的多个微粒机械式流化,从而在所述保持容积中制作机械式流化微粒床;以及

加热器,所述加热器与所述主水平表面热联接,在操作中,使所述机械式流化微粒床的温度升高至高于第一气态化学物质的热分解温度,从而使所述机械式流化微粒床内存在的所述第一气态化学物质的至少部分热分解成至少非挥发性第二化学物质和第三气态化学物质,所述非挥发性第二化学物质沉积在所述机械式流化微粒床中的所述微粒的至少部分上,以提供多个包覆颗粒,其中,所述周边间隙提供供所述第三气态化学物质从所述机械式流化床进入所述外壳的所述上部腔室中的出口。

98. 根据权利要求97所述的机械式流化反应器系统,还包括:

第一气态物质供给系统,其与所述外壳柔性联接;以及

第一气态化学物质分配总管,其与所述第一气态物质供给系统和多个喷射器流体联接,所述多个喷射器均包括定位在所述机械式流化微粒床中的至少一个出口,所述第一气态化学物质分配总管刚性物理联接在所述外壳的所述上部腔室中。

99. 根据权利要求98所述的机械式流化反应器系统,其中,与所述第一气态化学物质分配总管流体联接的所述多个喷射器中的每个均在相应位置穿透所述覆盖件,并且与所述覆盖件密封联接,在其间提供气密性密封。

100. 根据权利要求99所述的机械式流化反应器系统,其中,所述覆盖件包括中心孔,所述中心孔提供所述保持容积和所述外壳的所述上部腔室之间的流体连通道;

其中,所述覆盖件的所述周边缘物理附连至内壁,从而形成所述外壳的所述上部腔室的至少一部分;以及

其中,与所述第一气态化学物质分配总管流体联接的所述多个喷射器中的每个均在靠近所述覆盖件的周边缘的相应位置处穿透所述覆盖件,以使得经由所述一个或多个出口离开所述喷射器的所述第一气态化学物质向内径向流向所述机械式流化微粒床的中心。

101. 根据权利要求99所述的机械式流化反应器系统,其中,所述覆盖件附连至所述外壳或所述主水平表面中的至少一个;

其中,所述覆盖件的所述周边缘与所述外壳的内部间隔开,以在所述覆盖件的所述周边缘和所述外壳之间提供周边间隙,所述周边间隙提供所述保持容积和所述外壳的所述上部腔室之间的流体连通道;以及

其中,与所述第一气态化学物质分配总管流体联接的所述多个喷射器中的每个均在与所述覆盖件的中心位置靠近的相应位置穿透所述覆盖件,以使得所述第一气态化学物质经由所述一个或多个出口离开所述喷射器,并且径向向外流过所述机械式流化微粒床,并且经由所述周边间隙从所述保持容积离开。

102. 根据权利要求101所述的机械式流化反应器系统,其中,所述覆盖件分成凸起部分和非凸起部分,所述凸起部分包括所述覆盖件的直接在所述产物去除管上方并从所述产物

去除管径向向外延伸固定半径的一部分,以使得所述覆盖件的所述凸起部分的下表面和所述主水平表面之间的距离大于所述覆盖件的所述非凸起部分的下表面和所述主水平表面之间的距离。

103. 根据权利要求102所述的机械式流化反应器系统,其中,所述覆盖件的所述非凸起部分的至少部分包括绝缘层。

104. 根据权利要求97所述的机械式流化反应器系统,其中,所述覆盖件构件还包括多个挡板构件,所述挡板构件至少部分地突出至所述机械式流化微粒床中,所述多个挡板构件中的每个均与所述覆盖件的下表面或所述锅的所述主水平表面中的至少一个物理联接。

105. 根据权利要求104所述的机械式流化反应器系统,其中,所述多个挡板构件中的每个均包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。

106. 根据权利要求105所述的机械式流化反应器系统,其中,所述挡板中的每个均包括石墨、硅、碳化硅、石英或氮化硅中的至少一种。

107. 根据权利要求99所述的机械式流化反应器系统,还包括:

产物去除管,其穿透所述主水平表面并且密封联接至所述主水平表面;其中,与所述第一气态化学物质分配总管流体联接的喷射器在径向围绕所述产物去除管设置的相应位置穿透所述覆盖件。

108. 根据权利要求107所述的机械式流化反应器系统,还包括:

扫气供应系统,其与所述产物去除管流体联接,以使一定量的非反应性扫气通过所述包覆颗粒溢出导管至所述机械式流化微粒床。

109. 一种机械式流化反应器系统,包括:

锅,所述锅具有主水平表面,所述主水平表面具有周边和终止于周边缘的向上延伸的周边壁,所述周边壁包围所述主水平表面的所述周边,以至少部分地形成至少部分地暂时保持多个微粒的保持容积;

覆盖件,所述覆盖件具有上表面和下表面,所述覆盖件相对于所述锅定位,以使得在操作中,所述覆盖件连续地接触所述锅的所述周边壁,从而在所述覆盖件和所述锅的所述周边壁之间形成气密性密封;

传动件,所述传动件在操作中使所述锅振荡,以使所述保持容积中的所述多个微粒机械式流化,从而在所述保持容积中制作机械式流化微粒床;以及

加热器,所述加热器与所述锅热联接,在操作中使所述机械式流化微粒床的温度升高至高于所述第一气态化学物质的热分解温度,从而使所述机械式流化微粒床内存在的所述第一气态化学物质的至少部分热分解成至少非挥发性第二化学物质,所述非挥发性第二化学物质沉积在所述机械式流化微粒床内的所述多个微粒的至少部分上,以提供多个包覆颗粒。

110. 根据权利要求109所述的机械式流化反应器系统,还包括:

第一气态化学物质供给系统,其与所述外壳柔性联接;以及

第一气态化学物质分配总管,其与所述第一气态化学物质供给系统流体联接,并且与所述覆盖件刚性联接,所述第一气态化学物质分配总管与多个喷射器流体联接,所述多个喷射器中的每个相应喷射器包括定位在所述机械式流化微粒床中的至少一个出口。

111. 根据权利要求110所述的机械式流化反应器系统,其中,与所述第一气态化学物质

分配总管流体联接的所述喷射器穿透所述覆盖件,并且与所述覆盖件密封联接,以在所述喷射器与所述覆盖件之间提供气密性密封。

112. 根据权利要求111所述的机械式流化反应器系统,其中,所述覆盖件分成凸起部分和非凸起部分,所述凸起部分包括所述覆盖件的直接在所述产物去除管上方并且从产物去除管径向向外延伸固定半径的部分,以使得所述覆盖件的所述凸起部分的下表面和所述主水平表面之间的距离大于所述覆盖件的所述非凸起部分的下表面和所述主水平表面之间的距离。

113. 根据权利要求112所述的机械式流化反应器系统,其中,所述覆盖件的所述至少部分包括绝缘层。

114. 根据权利要求112所述的机械式流化反应器系统,还包括与所述覆盖件的至少所述凸起部分热联接的热能传递系统,所述热能传递系统在操作中保持所述覆盖件的所述凸起部分的温度低于所述第一气态化学物质的热分解温度。

115. 根据权利要求110所述的机械式流化反应器系统,其中,所述多个喷射器中的每个均至少部分地热绝缘;以及

其中,所述第一气态化学物质分配总管包括热绝缘供给管,所述热绝缘供给管包括热绝缘流体通道,所述热绝缘流体通道在所述第一气态化学物质供给系统和定位在所述机械式流化微粒床中的所述多个喷射器中的每个相应喷射器上的至少一个出口之间的气密性密封、流体连通的路径。

116. 根据权利要求115所述的机械式流化反应器系统,其中,所述热绝缘供给管包括形成外管通道的外管构件和形成所述绝缘流体通道的敞口式内管构件,所述敞口式内管构件接纳于所述外管构件的所述外管通道中;以及其中,所述外管构件和所述敞口式内管构件在靠近所述多个喷射器中的每个的所述出口的位置处彼此接触,以形成闭口式空隙,所述闭口式空隙沿着所述热绝缘供给管和所述多个喷射器的长度的至少部分延伸,所述闭口式空隙包括绝缘真空。

117. 根据权利要求115所述的机械式流化反应器系统,其中,所述热绝缘供给管包括形成外管通道的外管构件和形成绝缘流体通道的敞口式内管构件,所述敞口式内管构件接纳于所述外管构件的所述外管通道中;以及其中,所述外管构件和所述敞口式内管构件在靠近所述多个喷射器中的每个的所述出口的位置处彼此接触,以形成闭口式空隙,所述闭口式空隙沿着所述热绝缘供给管和所述多个喷射器的长度的至少部分延伸,所述闭口式空隙包括一种或多种热绝缘材料或物质。

118. 根据权利要求115所述的机械式流化反应器系统,还包括冷却介质供应系统;

其中,所述热绝缘供给管包括形成外管通道的外管构件和形成绝缘流体通道的敞口式内管构件,所述敞口式内管构件接纳于所述外管构件的所述外管通道中;

其中,所述外管构件和所述敞口式内管构件沿着所述热绝缘供给管和所述多个喷射器的至少部分彼此不接触,以形成敞口式流动路径,所述敞口式流动路径沿着所述热绝缘供给管和所述多个喷射器的长度的至少部分延伸;以及

其中,所述冷却介质供应系统与所述敞口式空隙流体联接,以提供供冷却流体通过的流动路径,所述冷却流体保持所述绝缘流体通道内的所述第一气态化学物质的温度低于所述第一气态化学物质的热分解温度。

119. 根据权利要求118所述的机械式流化反应器系统,还包括形成于所述外管构件和第二外管构件之间的第二外管通道,所述外管构件和所述第二外管构件之间的居间间隔形成所述第二外管通道;所述外管通道和所述第二外管通道彼此接触,以形成包括绝缘真空或热绝缘材料中的至少一种的闭口式空隙。

120. 根据权利要求118所述的机械式流化反应器系统,其中,所述热绝缘供给管还包括靠近所述出口设置的一个或多个特征,所述一个或多个特征致使离开所述敞口式空隙的所述冷却流体的至少部分穿过所述内管的所述出口。

121. 根据权利要求120所述的机械式流化反应器系统,其中,所述一个或多个特征包括以下中的至少一个:所述多个喷射器中的每个上的外管构件的延伸部,使得所述外管构件延伸超过所述内管构件的敞口端一定距离;或设置在离开所述敞口式空隙的所述冷却流体的流动路径中的物理构件。

122. 根据权利要求109所述的机械式流化反应器系统,还包括:

空心产物去除管,所述空心产物去除管具有入口和远端,所述空心产物去除管穿透所述主水平表面,并且密封联接至所述主水平表面;其中,与所述第一气态化学物质分配总管流体联接的喷射器在径向围绕所述产物去除管设置的多个位置穿透所述覆盖件。

123. 根据权利要求122所述的机械式流化反应器系统,还包括:

扫气供应系统,其与所述产物去除管流体联接,以将一定量的非反应性扫气通过所述包覆颗粒溢出导管传递到所述机械式流化微粒床。

124. 根据权利要求122所述的机械式流化反应器系统,其中,所述产物去除管的所述入口定位在所述锅的所述主水平表面上方的一定距离处;以及

其中所述产物去除管的入口定位在所述锅的所述主水平表面的上表面上方的距离可变,用于调节所述保持容积中的所述机械式流化微粒床的深度。

125. 一种操作机械式流化反应器的方法,所述方法包括:

将多个微粒引入由外壳的腔室中设置的锅和覆盖件限定的保持容积,所述锅具有主水平表面,所述主水平表面具有周边和向上延伸的周边壁,所述周边壁包围所述主水平表面的所述周边,所述周边和所述周边壁至少部分地形成所述保持容积,具有上表面、下表面和周边缘的所述覆盖件设置在所述锅的所述主水平面上方;

使所述锅至少沿着垂直于所述锅的所述主水平表面的轴振荡,以使得在操作中,由所述锅底部的所述主水平表面承载的所述多个微粒流化,从而在所述保持容积中形成机械式流化微粒床;

将所述机械式流化微粒床加热至超过第一气态化学物质的热分解温度的温度;以及致使所述第一气态化学物质流过所述机械式流化微粒床的至少部分;

其中,所述第一气态化学物质包括热分解成至少非挥发性第二化学物质的气体;

其中,所述非挥发性第二化学物质的第一部分沉积在所述机械式流化微粒床中的所述多个微粒的至少一部分上,以提供多个包覆颗粒;

从所述保持容积中的所述机械式流化微粒床中选择性地去除所述多个包覆颗粒的至少部分。

126. 根据权利要求125所述的方法,其中,所述覆盖件的所述周边缘与所述锅的所述周边壁向内间隔一定距离,以在所述覆盖件的所述周边缘与所述锅的所述周边壁之间形成周

边间隙;以及

其中,致使所述第一气态化学物质流过所述机械式流化微粒床的至少部分包括:

经由包括多个喷射器的分配总管,在所述机械式流化微粒床中的一个或多个中心位置处,将所述第一气态化学物质引入所述机械式流化微粒床,所述喷射器中的每个均包括定位在所述机械式流化微粒床中的至少一个出口;以及

致使所述第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床。

127. 根据权利要求126所述的方法,其中,致使所述第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床包括:

致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案在所述径向向外的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床,所述弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成,所述多个挡板构件中的每个均与所述覆盖件的所述下表面和所述锅的所述主水平表面中的至少一个物理联接。

128. 根据权利要求127所述的方法,其中,致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案而在径向向外的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床以使得所述弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成包括:

致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床,所述弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成,所述多个挡板构件中的每个均包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。

129. 根据权利要求127所述的方法,其中,致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案而在径向向外的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床以使得所述弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成包括:

致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床,所述弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成,所述多个挡板构件中的每个均包括石墨、硅、碳化硅、石英或氮化硅中的至少一种。

130. 根据权利要求125所述的方法,其中,所述覆盖件的所述周边缘接触所述锅的所述周边壁,并且与所述周边壁形成气密性密封,以及其中,所述覆盖件还包括至少一个孔,所述至少一个孔使所述保持容积与所述外壳的所述腔室流体联接;以及

其中,致使所述第一气态化学物质流过所述机械式流化微粒床的至少部分包括:

设置在靠近所述覆盖件的周边缘的图案中的一个或多个周边位置处,经由包括多个喷射器的分配总管,将所述第一气态化学物质引入所述机械式流化微粒床,所述喷射器中的每个均包括定位在所述机械式流化微粒床中的至少一个出口;以及

致使所述第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床。

131. 根据权利要求130所述的方法,其中,致使所述第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床包括:

致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过所述

机械式流化微粒床,所述弯曲路径至少部分地通过至少部分突出地通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成,所述多个挡板构件中的每个均与所述覆盖件的所述下表面或所述锅的所述主水平表面中的至少一个物理联接。

132. 根据权利要求131所述的方法,其中,致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床以使得所述弯曲路径至少部分地通过至少部分突出地通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成包括:

致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床,所述弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成,所述多个挡板构件中的每个均包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。

133. 根据权利要求131所述的方法,其中,致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床以使得所述弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成包括:

致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床,所述弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成,所述多个挡板构件中的每个均包括石墨、硅、碳化硅、石英或氮化硅中的至少一种。

134. 根据权利要求127所述的方法,还包括:

在所述保持容积中保持第一气体压力水平,并且在所述保持容积外部的、所述腔室的至少部分中保持第二气体压力水平,所述第一气体压力水平不同于所述第二气体压力水平。

135. 根据权利要求134所述的方法,其中,在所述保持容积中保持第一气体压力水平包括:

通过将所述外壳的腔室中的上部腔室保持在所述第一气体压力水平来保持所述保持容积中的所述第一气体压力水平,所述上部腔室通过使用柔性构件将所述外壳中的所述腔室分成所述上部腔室和下部腔室而形成,所述柔性构件包括所述柔性构件的第一连续边缘和所述柔性构件的第二连续边缘,所述柔性构件的所述第一连续边缘与所述外壳物理联接,以在所述柔性构件的所述第一连续边缘与所述外壳之间形成气密性密封,并且所述柔性构件的第二连续边缘与所述锅物理联接,以在所述柔性构件的第二连续边缘与所述锅之间形成气密性密封,以使得在操作中:

所述上部腔室包括所述腔室的、包括所述保持容积的至少部分;

所述下部腔室包括所述腔室的、不包括所述保持容积的至少部分;以及

所述多个柔性构件在所述上部腔室与所述下部腔室之间形成气密性密封。

136. 根据权利要求135所述的方法,其中,在所述保持容积外部的、所述腔室的至少部分中保持第二气体压力水平,所述第一气体压力水平不同于所述第二气体压力水平包括:

在所述下部腔室中保持所述第二气体压力水平。

137. 根据权利要求125所述的方法,其中,从所述保持容积中的所述机械式流化微粒床中选择性地去除所述多个包覆颗粒的至少部分包括:

在包覆颗粒溢出导管中从所述机械式流化床收集所述多个包覆颗粒的至少部分,所述

包覆颗粒溢出导管具有入口和贯穿所述包覆颗粒溢出导管从所述入口到所述包覆颗粒溢出导管远端的通道,在所述入口定位在所述保持容积中的情况下,所述包覆颗粒溢出导管从所述锅的所述主水平表面突出。

138. 根据权利要求125所述的方法,其中,从所述保持容积中的所述机械式流化微粒床中选择性地去除所述多个包覆颗粒的至少部分包括:

从在所述锅的所述周边壁的边缘上流过的所述机械式流化微粒床收集所述包覆颗粒的至少部分。

139. 根据权利要求125所述的方法,还包括:

保持所述机械式流化床外部的、所述腔室中的温度低于所述第一气态化学物质的热分解温度。

140. 根据权利要求125所述的方法,其中,将多个微粒引入由设置在外壳的腔室中的锅和覆盖件限定的保持容积包括:

在所述机械式流化微粒床内原位形成所述多个微粒的至少部分,所述多个微粒的所述至少部分经由经过所述机械式流化微粒床的所述第一气态化学物质的至少一部分的自然分解和自成核被引入所述保持容积。

141. 根据权利要求140所述的方法,还包括:

控制离开所述机械式流化微粒床去往所述腔室的气体的流速,以使得所述自成核微粒中的大部分保持在所述机械式流化微粒床中。

142. 一种操作机械式流化反应器的方法,包括:

将多个微粒引入由主水平表面和覆盖件限定的保持容积,所述主水平表面具有上表面和下表面,所述覆盖件设置在外壳中的腔室内,并且将所述腔室分成上部腔室和下部腔室,所述覆盖件具有上表面、下表面和周边缘,所述覆盖件设置在所述锅的所述主水平面上方;

使所述外壳至少沿着垂直于所述主水平表面的轴振荡,以使得在操作中,由所述主水平表面承载的所述多个微粒被流化,以形成机械式流化微粒床;

将所述机械式流化微粒床加热至超过第一气态化学物质的热分解温度的温度;以及致使所述第一气态化学物质流过所述机械式流化微粒床的至少部分;

其中,所述第一气态化学物质包括热分解成至少非挥发性第二化学物质的气体;

其中,所述非挥发性第二化学物质的第一部分沉积在加热的所述机械式流化微粒床中的所述多个微粒的至少部分上,以提供多个包覆颗粒;

从所述保持容积中的所述机械式流化微粒床中选择性地去除所述多个包覆颗粒的至少部分。

143. 根据权利要求142所述的方法,其中,使所述第一气态化学物质穿过所述机械式流化微粒床的至少部分包括:

在使所述第一气态化学物质穿过所述机械式流化微粒床的至少部分之前,保持所述第一气态化学物质的温度低于所述第一气态化学物质的热分解温度。

144. 根据权利要求142所述的方法,其中,从所述保持容积中的所述机械式流化微粒床中选择性地去除所述多个包覆颗粒的至少部分包括:

在包覆颗粒溢出导管中从所述机械式流化床收集所述多个包覆颗粒的至少部分,所述包覆颗粒溢出导管具有入口和贯穿所述包覆颗粒溢出导管的从所述入口到所述包覆颗粒

溢出导管远端的通道,在所述入口设置在所述保持容积中的情况下,所述包覆颗粒溢出导管从所述锅的所述主水平表面突出。

145. 根据权利要求144所述的方法,还包括:

致使至少一种惰性气体流过所述包覆颗粒溢出导管并进入所述机械式流化微粒床中,以防止所述第一气态物质流过所述包覆颗粒溢出导管。

146. 根据权利要求142所述的方法,其中,使所述外壳至少沿着与所述主水平表面垂直的轴振荡,以使得在操作中由所述主水平表面承载的所述多个微粒被流化,以形成机械式流化微粒床包括:

使所述外壳至少沿着与所述主水平表面垂直的轴振荡,以使得在操作中,由所述主水平表面承载的所述多个微粒被流化,以形成机械式流化微粒床,其中,所述机械式流化微粒床轻微地触碰所述覆盖件的底表面。

147. 根据权利要求142所述的方法,其中,将多个微粒引入由设置在外壳的腔室中的主水平表面和覆盖件限定的保持容积包括:

在所述机械式流化微粒床内原位形成所述多个微粒的至少部分,所述多个微粒的所述至少部分经由经过所述机械式流化微粒床的所述第一气态化学物质的至少部分的自然分解和自成核被引入所述保持容积。

148. 根据权利要求147所述的方法,还包括:

控制离开所述机械式流化微粒床去往所述腔室的气体的流速,使得自成核的微粒中的大部分保持在所述机械式流化微粒床中。

149. 根据权利要求142所述的方法,其中,所述覆盖件的所述周边缘与形成所述外壳的所述腔室的至少部分的内壁的内部间隔一定距离,以在所述周边缘与所述内壁的内部之间形成周边间隙;以及

其中,致使所述第一气态化学物质流过所述机械式流化微粒床的至少部分包括:

在所述机械式流化微粒床中的一个或多个中心位置处,经由包括多个喷射器的分配总管将所述第一气态化学物质引入所述机械式流化微粒床,所述喷射器中的每个均包括定位在所述机械式流化微粒床中的至少一个出口;以及

致使所述第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床。

150. 根据权利要求149所述的方法,其中,致使所述第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床包括:

致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案在所述径向向外弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床,所述弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件而形成,所述多个挡板构件中的每个均与所述覆盖件的所述下表面或所述锅的所述主水平表面中的至少一个物理联接。

151. 根据权利要求150所述的方法,其中,致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床以使得所述弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成包括:

致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床,所述弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过所述机械式流化微

粒床的深度的多个挡板构件形成,所述多个挡板构件中的每个均包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。

152. 根据权利要求150所述的方法,其中,致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床以使得所述弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成包括:

致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床,所述弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成,所述多个挡板构件中的每个均包括石墨、硅、碳化硅、石英或氮化硅中的至少一种。

153. 根据权利要求142所述的方法,其中,所述覆盖件的所述周边缘接触形成所述外壳的所述腔室的内壁表面,并且与所述内壁表面形成气密性密封,以及其中,所述覆盖件还包括使所述保持容积与所述外壳的所述腔室流体联接的至少一个孔;以及

其中,致使所述第一气态化学物质流过所述机械式流化微粒床的至少部分包括:

设置在靠近所述覆盖件的周边缘的图案中的一个或多个周边位置处,经由包括多个喷射器的分配总管,将所述第一气态化学物质引入所述机械式流化微粒床,所述喷射器中的每个均包括定位在所述机械式流化微粒床中的至少一个出口;以及

致使所述第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床。

154. 根据权利要求153所述的方法,其中,致使所述第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床包括:

致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床,所述弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成,所述多个挡板构件中的每个均与所述覆盖件的所述下表面或所述锅的所述主水平表面中的至少一个物理联接。

155. 根据权利要求154所述的方法,其中,致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床,所述弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成包括:

致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床,所述弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成,所述多个挡板构件中的每个均包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。

156. 根据权利要求154所述的方法,其中,致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床以使得所述弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成包括:

致使所述第一气态化学物质经由所述塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过所述机械式流化微粒床,所述弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过所述机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成,所述多个挡板构件中的每个均包括石墨、硅、碳化硅、石英或氮化硅中的至少一种。

157. 一种操作机械式流化反应器的方法,包括:

将多个微粒引入保持容积,所述保持容积由锅的主水平表面和与所述锅的翻转周边壁气密性密封的覆盖件限定,所述覆盖件具有上表面、下表面和周边缘,所述覆盖件设置在所述锅的所述主水平面上方;

使所述锅和所述覆盖件至少沿着与所述主水平表面垂直的轴振荡,以使得在操作中,由所述主水平表面承载的所述多个微粒被流化,以形成机械式流化微粒床;

将所述机械式流化微粒床加热至超过第一气态化学物质的热分解温度的温度;以及

使所述第一气态化学物质流过所述机械式流化微粒床的至少部分;

其中,所述第一气态化学物质包括热分解成至少非挥发性第二化学物质的气体;

其中,所述非挥发性第二化学物质的第一部分沉积在所述机械式流化微粒床中的所述多个微粒的至少部分上,以提供多个包覆颗粒;

从所述保持容积中的所述机械式流化微粒床中选择性地去除所述多个包覆颗粒的至少部分。

158. 根据权利要求157所述的方法,其中,将多个微粒引入由所述锅的所述主水平表面和与所述锅的所述翻转周边壁气密性密封的覆盖件限定的保持容积包括:

在所述机械式流化微粒床内原位形成所述多个微粒的至少部分,所述多个微粒的所述至少部分经由经过所述机械式流化微粒床的所述第一气态化学物质的至少一部分的自然分解和自成核被引入所述保持容积。

159. 根据权利要求158所述的方法,还包括:

控制离开所述机械式流化微粒床去往所述腔室的气体的流速,以使得所述自成核微粒中的大部分保持在所述机械式流化微粒床中。

## 机械式流化沉积系统和方法

### 技术领域

[0001] 本公开大体上涉及适用于化学气相沉积的机械式流化床反应器。

### 背景技术

[0002] 硅,具体地,多晶硅,是用于制造各种半导体产品的基础材料。硅奠定了许多集成电路技术以及光伏式传感器的基础。在工业上备受关注的是高纯度硅。

[0003] 可在不同类型的反应装置中执行用于制造多晶硅的过程,这些反应装置包括化学气相沉积反应器和流化床反应器。例如,在多篇美国专利或公开的申请(参见例如美国专利 No.3,011,877;No.3,099,534;No.3,147,141;No.4,150,168;No.4,179,530;No.4,311,545 和No.5,118,485)中,已描述了化学气相沉积(CVD,chemical vapor deposition)过程的各方面,特别地,Siemens或“热丝”过程的各方面。

[0004] 硅烷和三氯硅烷二者均用作制造多晶硅的原料。作为高纯度原料更容易获得的是硅烷,因为硅烷比三氯硅烷更容易净化。三氯硅烷的生产引入了硼和磷杂质,因为这些杂质的沸点往往接近三氯硅烷本身的沸点,所以难以将其去除。虽然在Siemens型化学气相沉积反应器中将硅烷和三氯硅烷二者用作原料,但在这种反应器中更常用的是三氯硅烷。另一方面,在流化床反应器中,用于生产多晶硅的更常用原料是硅烷。

[0005] 硅烷在被用作化学气相沉积反应器或流化床反应器的原料时存在缺陷。在Siemens型化学气相沉积反应器中用硅烷生产多晶硅相较于在这类反应器中用三氯硅烷生产多晶硅而言,所需的电能会高达两倍。另外,因为Siemens型化学气相沉积反应器用硅烷生产的多晶硅只是用三氯硅烷生产的大约一半那么多,所以资本成本高。因而,在Siemens型化学气相沉积反应器中用硅烷生产多晶硅时,因硅烷的较高纯度而带来的任何优势都被较高的资金成本和操作成本抵消。这导致通常使用三氯硅烷作为在这类反应器中生产多晶硅的原料。

[0006] 作为在流化床反应器中生产多晶硅的原料的硅烷相较于在Siemens型化学气相沉积反应器中的生产而言,在电能使用方面有优势。然而,存在抵消操作成本优势的一些缺陷。在使用流化床反应器时,即使原料的纯度高,过程本身也会导致多晶硅产物的质量较低。例如,在流化床反应器中生产的多晶硅还可包括金属杂质,该金属杂质由于流化床内发现的典型磨蚀条件而导致在用于提供流化床的设备中出现。另外,可形成多晶硅粉尘,多晶硅粉尘可通过在反应器内形成超细微粒物质而干扰操作,并且还可降低整体产率。另外,在流化床反应器中生产的多晶硅可包括残余氢气,残余氢气必须通过后续处理去除。因而,虽然可获得高纯度硅烷,但在任一种类型的反应器中使用高纯度硅烷作为生产多晶硅的原料都会受到所指出缺陷的限制。

[0007] 可使用化学气相沉积反应器来将以气相或气态形式存在的第一化学物质转换成固体物质。该沉积可涉及并且一般涉及将第一化学物质转换或分解成一种或多种第二化学物质,第二化学物质中的一种是大体非挥发性物质。

[0008] 通过以下步骤来引发基底上的第二化学物质的分解和沉积:将基底加热至使第一

化学物质与基底接触时分解的温度,以提供以上提到的第二化学物质中的一种或多种,第二化学物质中的一种是大体非挥发性物质。这样形成和沉积的固体可采用沉积在诸如不移动杆的块形式上或沉积在诸如珠、颗粒或在化学上和结构上适用作基底的其他类似微粒物质的移动基底上的连续环形层的形式。

[0009] 珠目前是在流化床反应器中制备或生长的,在流化床反应器中,在穿过流化床反应器的气流中,悬浮着粉尘的累积和预成形珠,其中粉尘的累积包括充当附加生长的种子的所期望分解反应产物,预成形珠也包括所期望分解反应产物。由于需要用高气体量使流化床反应器内的床流化,导致使用诸如惰性或微量反应气体的补充流化气体来提供将床流化所必需的气体量,其中,包括第一化学物质的气体的量不足以使反应器内的床流化。作为惰性或仅微量反应气体,可利用包括第一化学物质的气体与补充流化气体的比率来控制或以其他方式限制流化床反应器内的反应速率或流化床反应器所提供的产物基质。

[0010] 然而,使用补充流化气体会增大处理设备的大小,并且还增加了将从流化床反应器排出的气体中存在的任何未反应或分解的第一化学物质与流化床反应器内使用的补充气体分开的分离和处理成本。

[0011] 在常规流化床反应器中,使用硅烷和诸如氢气的一种或多种稀释剂来使床流化。由于流化床温度保持在足以使硅烷热分解的水平,因而由于用于使床流化的气体与床紧密接触,而不必将使床流化的气体加热至相同的床温度。例如,供给至在超过500°C的温度下操作的流化床反应器的硅烷气体本身被加热至其自动分解温度。该加热致使硅烷气体中的一些经历自发分解,自发分解生成常常被称为“非晶态粉尘”或“聚合粉末(poly-powder)”的极细(例如,具有0.1微米或更小的粒径)硅粉末。在基底上沉积硅烷形成的聚合粉末而非优选的多晶硅表现出产率损失,并且对生产经济学有不利影响。极细的聚合粉末是静电的,并且与产物颗粒分开以从系统中去除是相当困难的。另外,如果聚合粉末没有被分开,则形成不合格的小多晶硅颗粒(即,粒径小于大约1.5mm的所期望直径的多晶硅小颗粒),从而进一步削弱了产率,并且进一步不利地影响生产经济学。

[0012] 在某些情形下,聚合粉末的硅烷产率损失大致是大约10%-15%,但是其范围可在大约0.5%至大约20%。平均聚合粉末粒径通常是大约0.1微米,但是其范围可在大约0.05微米至大约10微米。因此,1%的产率损失可生成每千克多晶硅产物颗粒大约 $1 \times 10^{12}$ 至 $1 \times 10^{17}$ 的聚合粉末颗粒。除非从流化床中去除这些细小的聚合粉末颗粒,否则聚合粉末会提供小于工业所期望直径1.5mm的1/5,000,000的颗粒。因而,从流化床中或从流体床反应器废气中有效去除超细颗粒的能力很重要。然而,静电力常常妨碍从成品产物或流化床反应器废气中过滤掉超细的聚合粉末。因而,使形成超细聚合粉末降至最小或理想地避免其形成的过程十分有利。

## 发明内容

[0013] 一种机械式流化反应器系统,可概括为包括:外壳,外壳中具有腔室;锅,锅接纳于外壳的腔室中,锅具有主水平表面,主水平表面具有周边和向上延伸的周边壁,周边和周边壁至少部分形成保持容积,以至少部分地暂时保持多个微粒,周边壁包围主水平表面的周边,至少主水平表面包括硅;传动件,传动件在操作中使锅沿着至少第一轴振动,以使保持容积中的微粒机械式流化,从而在保持容积中制作机械式流化微粒床,第一轴与锅的主水

平表面垂直;以及加热器,加热器在操作中将由锅的主水平表面承载的机械式流化微粒床的温度升高至高于第一气态化学物质的热分解温度,以使机械式流化微粒床内的第一气态化学物质热分解成非挥发性第二化学物质,非挥发性第二化学物质中的至少部分沉积在机械式流化微粒床内的多个微粒的至少部分上,以提供多个包覆颗粒。主水平表面可为能够选择性地插入锅的底部中的整体、统一、单件式插入件。主水平表面可为锅的底部的整体式、一体式、单件式部分,并且不能选择性从锅去除。主水平表面可为在外壳的腔室中首次使用锅之前锅的底部的部分。主水平表面可包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。主水平表面可包括基本纯净的硅。周边壁至少在直接暴露于保持容积中的多个微粒的周边壁的内部部分上可包括硅。锅的周边壁的至少部分可包括硅。加热器可靠近锅的主水平表面的至少部分设置,以对保持容积中的机械式流化微粒床进行加热。

[0014] 一种机械式流化反应器系统可概括为包括:外壳,外壳中具有腔室;锅,锅接纳于外壳的腔室中,锅具有主水平表面,主水平表面具有周边和向上延伸的周边壁,周边和周边壁至少部分限定保持容积,保持容积至少部分地暂时保持多个微粒,周边壁包围主水平表面的周边,周边终止于周边缘;覆盖件,覆盖件具有上表面、下表面和周边缘,覆盖件设置在锅的主水平表面上方,其中,覆盖件的周边缘与锅的周边壁向内间隔开,其中在覆盖件的周边缘和锅的周边壁之间有周边间隙,周边间隙提供锅的保持容积和外壳的腔室之间的流体连通通道;传动件,传动件在操作中使锅振荡,以使保持容积中的多个微粒机械式流化,从而在保持容积中制作机械式流化微粒床;气体分配总管,气体分配总管包括至少一个导管,至少一个导管具有贯穿其中的流体通道,流体通道与至少一个喷射器的近端流体联接,在喷射器的远端设置有至少一个出口,通道使第一气态化学物质的外部源与至少一个出口流体连通地联接,至少一个出口设置在锅的保持容积中,至少一个喷射器穿透覆盖件,并且与覆盖件密封地联接,以在至少一个喷射器与覆盖件之间提供气密性密封,至少一个出口在操作中在机械式流化微粒床中的一个或多个位置处排放第一气态化学物质;以及加热器,加热器与锅热联接,在操作中使机械式流化微粒床的温度升高至高于第一气态化学物质的热分解温度,以使机械式流化微粒床内的第一气态化学物质的至少部分热分解成至少非挥发性第二化学物质和第三气态化学物质,非挥发性第二化学物质沉积在机械式流化微粒床内的微粒的至少部分上,以提供多个包覆颗粒,周边间隙为第三气态化学物质从机械式流化微粒床进入外壳的腔室中提供出口。覆盖件可与锅的主水平表面平行设置。

[0015] 机械式流化反应器系统可还包括:柔性构件,柔性构件将外壳中的腔室分成上部腔室和下部腔室,柔性构件具有第一连续边缘和第二连续边缘,第二连续边缘从第一连续边缘跨越柔性构件横向设置,柔性构件的第一连续边缘与外壳物理联接,以在其间形成气密性密封,以及柔性构件的第二连续边缘与锅物理联接,以在其间形成气密性密封,以使得在操作中:上部腔室包括腔室的、包括保持容积的至少部分;下部腔室包括腔室的、不包括保持容积的至少部分;以及柔性构件在上部腔室与下部腔室之间形成气密性密封。至少一个喷射器的至少一个出口可定位成对机械式流化微粒床内的至少一个中心位置排放第一气态化学物质。至少一个喷射器的至少一个出口可包括多个出口,多个出口定位成在机械式流化微粒床内的多个位置中的每个中排放第一气态化学物质。周边间隙可具有宽度,在操作中,宽度保持从保持容积通过周边间隙至上部腔室的气流低于限定的气体流速,在等于或低于限定的气体流速时,在机械式流化微粒床中原位形成的种颗粒保持在机械式流化

微粒床中。周边间隙可具有宽度,在操作中,宽度保持通过周边间隙的气流低于限定的气体流速,在限定的气体流速下,大于80微米的颗粒保持在机械式流化微粒床中。周边间隙看具有宽度,在操作中,宽度保持通过周边间隙的气流低于限定的气体流速,在限定的气体流速下,大于10微米的颗粒保持在机械式流化微粒床中。周边间隙可具有至少0.0625英寸的宽度。

[0016] 机械式流化反应器系统还可包括一个或多个热能传递装置,该一个或多个热能传递装置与传动件热联接。与传动件热联接的一个或多个热能传递装置可包括无源热能传递系统或有源热能传递系统中的至少一个。覆盖件可包括绝缘层。绝缘层可包括气体可渗透构件,气体可渗透构件包围覆盖件的绝缘层的至少部分。覆盖件可包括钼。

[0017] 机械式流化反应器系统还可包括一个或多个热能传递系统,一个或多个热能传递系统与外壳的上部腔室的至少部分热联接。与外壳的上部腔室的至少部分热联接的一个或多个热能传递系统可包括无源热能传递系统或有源热能传递系统中的至少一个。

[0018] 机械式流化反应器系统还可包括一个或多个热能传递系统,一个或多个热能传递系统与外壳的下部腔室的至少部分热联接。与外壳的下部腔室的至少部分热联接的一个或多个热能传递系统可包括无源热能传递系统或有源热能传递系统中的至少一个。

[0019] 机械式流化反应器系统还可包括绝缘层,绝缘层备设置成与锅的周边壁或柔性构件中的至少一个的至少部分接触,以使得热构件的周边壁中的至少一个与下部腔室热隔离。

[0020] 绝缘层还可包括气体可渗透层,气体可渗透层使绝缘层的至少部分与上部腔室或下部腔室中的至少一个物理隔离。

[0021] 机械式流化反应器系统还可包括绝缘层,绝缘层围绕加热器设置,以使得加热器与下部腔室热隔离。

[0022] 绝缘层还可包括气体可渗透层,气体可渗透层使围绕加热器设置的绝缘层的至少部分与上部腔室或下部腔室中的至少一个物理隔离。上部腔室可限定第一容积;其中,由锅的振荡造成的容积位移限定第二容积;以及其中,所限定的第一容积与所限定的第二容积的比率大于大约5:1。所限定的第一容积与所限定的第二容积的比率可大于大约100:1。

[0023] 机械式流化反应器系统还可包括控制器,控制器在操作中执行机器可执行指令集,机器可执行指令集致使控制器:保持上部腔室中的第一气体压力水平和下部腔室中的第二气体压力水平,其中,第一气体压力水平不同于第二气体压力水平。

[0024] 机械式流化反应器系统还可包括气体检测器,气体检测器与保持在第一气体压力或第二气体压力中的较低压力的腔室流体联接,气体检测器指示从较高压力腔室到较低压力腔室的气体泄漏。

[0025] 控制器在操作中可执行机器可执行指令集,机器可执行指令集还致使控制器:调节至少一个过程条件,以提供满足至少一个限定标准的多个包覆颗粒,限定标准包括至少一个化学组分标准或至少一个物理属性标准中的至少一个,至少一个过程条件包括以下中的至少一个:锅的振荡频率、锅的振荡位移、机械式流化微粒床的温度、上部腔室中的气体压力、第一气态化学物质供给至机械式流化微粒床的供给速率、上部腔室中的第一气态化学物质的摩尔分数、从上部腔室去除第三气态化学物质的去除速率、机械式流化微粒床的容积或机械式流化微粒床的深度。

[0026] 控制器在操作中可执行机器可执行指令集,机器可执行指令集还致使控制器:调节至少一个过程条件,以提供第一气态化学物质到第二化学物质的限定转换,至少一个过程条件包括以下中的至少一个:锅的振荡频率、锅的振荡位移、机械式流化微粒床的温度、上部腔室中的气体压力、第一气态化学物质供给至机械式流化微粒床的供给速率、上部腔室中的第一气态化学物质的摩尔分数、从上部腔室去除第三气态化学物质的去除速率、机械式流化微粒床的容积或机械式流化微粒床的深度。

[0027] 控制器在操作中可执行机器可执行指令集,机器可执行指令集还致使控制器:调节至少一个过程条件,以使上部腔室中的气体组分保持在限定范围内,至少一个过程条件包括以下中的至少一个:锅的振荡频率、锅的振荡位移、机械式流化微粒床的温度、上部腔室中的气体压力、第一气态化学物质供给至机械式流化微粒床的供给速率、从上部腔室去除第三气态化学物质的去除速率、机械式流化微粒床的容积或机械式流化微粒床的深度。

[0028] 可致使控制器调节至少一个过程条件以提供具有最小第一尺寸的多个包覆颗粒的机器可执行指令集还可致使控制器:调节至少一个过程条件,以提供多个包覆颗粒,多个包覆颗粒包括直径为600微米或更大的包覆颗粒。

[0029] 可致使控制器调节至少一个过程条件以提供具有最小第一尺寸的多个包覆颗粒的机器可执行指令集还可致使控制器:调节至少一个过程条件,以提供多个包覆颗粒,多个包覆颗粒包括直径为300微米或更大的包覆颗粒。

[0030] 可致使控制器调节至少一个过程条件以提供具有最小第一尺寸的多个包覆颗粒的机器可执行指令集还可致使控制器:调节至少一个过程条件,以提供多个包覆颗粒,多个包覆颗粒包括直径为10微米或更大的包覆颗粒。

[0031] 可致使控制器调节至少一个过程条件以提供具有最小第一尺寸的多个包覆颗粒的机器可执行指令集还可致使控制器:调节至少一个过程条件,以提供多个包覆颗粒,多个包覆颗粒中的微粒直径形成高斯分布。

[0032] 可致使控制器调节至少一个过程条件以提供具有最小第一尺寸的多个包覆颗粒的机器可执行指令集还可致使控制器:调节至少一个过程条件,以提供多个包覆颗粒,多个包覆颗粒中的微粒直径形成非高斯分布。外壳的上部腔室可限定第一容积,机械式流化微粒床可限定第三容积,并且第一容积与第三容积的比率可大于大约0.5:1。覆盖件可与外壳物理附连,以使得在操作中,覆盖件不随着锅振荡。流化床的容积位移可由锅的振荡造成,以及其中,周边间隙容积可大于流化床的容积位移。覆盖件可与锅物理附连,以使得在操作中覆盖件随着锅振荡。传动件在操作中可使锅以振荡位移或振荡频率中的至少一个沿着至少与锅的底部垂直的轴振荡,以使得机械式流化微粒床接触(例如,轻微地、牢固地)覆盖件的下表面。传动件在操作中可使锅在由第一分量和第二分量限定的方向上振荡,使得机械式流化微粒床(例如,轻微地、牢固地)接触覆盖件的下表面,第一分量具有沿着与锅的底部正交的第一轴的第一幅度的位移,第二分量具有沿着与第一轴正交的第二轴的第二幅度的位移。

[0033] 机械式流化反应器系统还可包括:产物去除管,产物去除管穿透主水平表面并密封联接至主水平表面;其中,与第一气态化学物质分配总管流体联接的多个喷射器中的每个均在围绕产物去除管径向设置的相应位置穿透覆盖件。覆盖件可分成凸起部分和非凸起部分,凸起部分包括直接在产物去除管上方并从产物去除管径向向外延伸固定半径的、覆

盖件的部分,以使得覆盖件的凸起部分的下表面与主水平表面之间的距离大于覆盖件的非凸起部分的下表面与主水平表面之间的距离。覆盖件的非凸起部分的至少部分可包括绝缘层。

[0034] 一种机械式流化反应器系统可概括为包括:外壳,外壳中具有腔室;锅,锅接纳于外壳的腔室中,锅具有主水平表面,主水平表面具有周边和向上延伸的周边壁,周边和周边壁至少部分地形成保持容积,保持容积至少部分地暂时保持多个微粒,周边壁包围主水平表面的周边,周边壁终止于周边缘;传动件,传动件在操作中使锅振荡,以使保持容积中的多个微粒机械式流化,从而在其中制作机械式流化微粒床;加热器,加热器与锅热联接,在操作中致使机械式流化微粒床的温度升高至高于第一气态化学物质的热分解温度,从而使机械式流化微粒床内存在的第一气态化学物质的至少部分热分解成至少非挥发性第二化学物质,非挥发性第二化学物质沉积在机械式流化微粒床内的多个微粒的至少部分上,从而形成多个包覆颗粒;以及热绝缘供给管,热绝缘供给管包括热绝缘流体通道,流体通道与多个喷射器联接,多个喷射器中的每个均具有至少一个出口,至少一个出口定位在锅的周边壁的周边缘下的保持容积中,热绝缘流体通道提供第一气态化学物质的源与设置在机械式流化微粒床中的相应位置处的多个喷射器中的每个之间的流体连通路程。多个喷射器中的每个均可至少部分地热绝缘,以及,在锅的周边壁的周边缘下,热绝缘的流体通道可与第一气态化学物质的源和定位在保持容积中的出口流体连通联接。热绝缘供给管可包括形成外管通道的外管构件以及形成绝缘流体通道的敞口式内管构件,敞口式内管构件接纳于外管构件的外管通道中;以及其中,外管构件和敞口式内管构件在靠近多个喷射器中的每个的出口的位置处彼此接触,以沿着热绝缘供给管和多个喷射器的长度的至少部分形成闭口式空隙,闭口式空隙包括绝缘真空。热绝缘供给管可包括形成外管通道的外管构件以及形成绝缘流体通道的敞口式内管构件,敞口式内管构件接纳于外管构件的外管通道中;以及其中,外管构件和敞口式内管构件在靠近多个喷射器中的每个的出口的位置处彼此接触,以形成沿着热绝缘供给管和多个喷射器的长度的至少部分延伸的闭口式空隙,闭口式空隙包括一种或多种热绝缘材料或物质。

[0035] 机械式流化反应器系统还可包括冷却介质供应系统;其中,热绝缘供给管包括形成外管通道的外管构件以及形成绝缘流体通道的敞口式内管构件,敞口式内管构件接纳于外管构件的外管通道中;其中,外管构件和敞口式内管构件不沿着热绝缘供给管和多个喷射器彼此接触,以形成沿着热绝缘供给管和多个喷射器的长度的至少部分延伸的敞口式空隙;以及其中,冷却介质供应系统与敞口式空隙流体联接,以提供供一种或多种绝缘非反应性气体通过的流动路径,气体保持内管构件内的第一气态化学物质的温度低于第一气态化学物质的热分解温度。

[0036] 机械式流化反应器系统还可包括再循环的闭环冷却介质供应系统;其中,热绝缘供给管包括形成外管通道的外管构件和形成绝缘流体通道的敞口式内管构件,敞口式内管构件接纳于外管构件的外管通道中;其中,外管构件和敞口式内管构件在靠近多个喷射器中的一个或多个的出口的位置处彼此接触,以形成沿着热绝缘供给管和多个喷射器的长度的至少部分延伸的闭口式空隙;以及其中,闭口式空隙与冷却介质供应系统流体联接,以提供围绕内管构件的闭环冷却系统,闭环冷却系统保持内管构件内的第一气态化学物质的温度低于第一气态化学物质的热分解温度。

[0037] 冷却介质供应系统还可包括形成在外管构件和第二外管构件之间的第二外管通道,外管构件和第二外管构件之间的居间间隔形成第二外管通道;外管通道和第二外管通道彼此接触,以形成包括绝缘真空或热绝缘材料中的至少一种的闭口式空隙。

[0038] 热绝缘供给管还可包括靠近出口定位的一个或多个特征,一个或多个特征致使从敞口式空隙离开的冷却流体的至少部分穿过内管的出口。一个或多个特征可包括以下中的至少一个:多个喷射器中的每个上的外管构件的延伸部,使得外管构件延伸超过内管构件的敞口端一定距离;或设置在从敞口式空隙排出的冷却流体的流动路径中的物理构件。

[0039] 一种机械式流化反应器系统可概括为包括:外壳,外壳中具有腔室;锅,锅接纳于外壳的腔室中,锅具有主水平表面,主水平表面具有周边和向上延伸的周边壁,周边壁包围主水平表面的周边,以至少部分地形成至少部分地暂时保持多个微粒的保持容积,周边壁终止于周边缘;覆盖件,具覆盖件有上表面、下表面和周边缘,覆盖件设置在锅的主水平表面上方;传动件,传动件在操作中使锅振荡,以使保持容积中的多个微粒机械式流化,从而在保持容积中制作机械式流化微粒床;加热器,加热器与锅热联接,在操作中致使将机械式流化微粒床的温度升高至高于第一气态化学物质的热分解温度,从而致使机械式流化微粒床内存在的第一气态化学物质的至少部分热分解成至少非挥发性第二化学物质,非挥发性第二化学物质沉积在机械式流化微粒床内的多个微粒的至少部分上,以提供多个包覆颗粒;以及包覆颗粒溢出导管,用于从机械式流化床中去除多个包覆颗粒的至少部分,包覆颗粒溢出导管具有入口和贯穿其中从入口到包覆颗粒溢出导管远端的通道,在入口定位在锅的保持容积中的情况下,包覆颗粒溢出导管在锅的主水平表面上方突出一定高度,从而从保持容积中去除多个包覆颗粒的至少部分。包覆颗粒溢出导管可包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。包覆颗粒溢出导管可包括金属管状构件,金属管状构件包括石墨、石英、硅、碳化硅或氮化硅中的至少一种的连续层,连续层设置在暴露于机械式流化微粒床的、包覆颗粒溢出导管的外部部分的至少部分上。包覆颗粒溢出导管的入口可定位成在锅的主水平表面上方相隔一定距离,以及其中距离可变。包覆颗粒溢出导管可包括金属管状构件,金属管状构件包括石墨、石英、硅、碳化硅或氮化硅中的至少一种的连续层,连续层设置在暴露于从机械式流化微粒床中去除的包覆颗粒的、包覆颗粒溢出导管的内部部分的至少部分上。覆盖件的下表面的至少部分可包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。覆盖件的下表面的至少部分可包括金属硅化物、石墨、石英、硅、碳化硅或氮化硅中的至少一种的连续层,连续层设置在暴露于机械式流化微粒床的、覆盖件的下表面的至少部分上。

[0040] 机械式流化反应器系统还可包括包覆颗粒溢出导管和锅之间的气密性密封。敞口式包覆颗粒溢出管在主水平表面上方的高度可选择成使得在操作中,形成机械式流化微粒床的多个微粒(例如,轻微地、牢固地)接触覆盖件的下表面。

[0041] 机械式流化反应器系统还可包括:颗粒接收器,颗粒接收器在操作中接收从机械式流化微粒床中去除的多个包覆颗粒的至少部分;以及产物收回管,产物收回管具有入口和贯穿其中从入口到产物收回管远端的通道,产物收回管与包覆颗粒溢出导管的远端能流体连通地联接,产物收回管使包覆颗粒溢出导管的通道与颗粒接收器流体联接。包覆颗粒溢出导管和产物收回管可包括单个管,单个管与锅成气密性密封。在覆盖件的周边缘的至少部分与锅的周边壁之间可存在周边间隙,周边间隙提供使锅的保持容积和外壳的腔室流

体联接的通道。覆盖件可分成凸起部分和非凸起部分,凸起部分包括直接在产物去除管上方且从产物去除管径向向外延伸固定半径的、覆盖件的部分,使得覆盖件的凸起部分的下表面和主水平表面之间的距离大于覆盖件的非凸起部分的下表面和主水平表面之间的距离。覆盖件的至少部分可包括绝缘层。

[0042] 机械式流化反应器系统还可包括热能传递系统,热能传递系统与覆盖件的至少凸起部分热联接,热能传递系统在操作中保持覆盖件的凸起部分的温度低于第一气态化学物质的热分解温度。

[0043] 机械式流化反应器系统还可包括扫气供应系统,扫气供应系统与颗粒接收器流体联接,以使一定量的非反应性扫气通过颗粒接收器,并且通过包覆颗粒溢出导管至机械式流化微粒床。覆盖件的周边缘可靠近锅设置,并且进一步地,覆盖件可包括至少一个中心孔;中心孔设置成围绕包覆颗粒溢出导管一定距离;中心孔提供使锅的保持容积和外壳的腔室流体联接的通道。包覆颗粒溢出导管可设置在锅中居中的位置处。

[0044] 机械式流化反应器系统还可包括多个挡板,多个挡板围绕包覆颗粒溢出导管同心布置,并且与包覆颗粒溢出导管向外间隔开;其中,多个挡板中的每个均:物理联接至覆盖件的下表面,向下延伸且不接触锅的主水平表面;或,物理联接至锅的主水平表面,向上延伸,并且不接触覆盖件的下表面。多个挡板可包括相对于彼此和包覆颗粒溢出导管同心布置的多个挡板,挡板中的连续挡板从锅的主水平表面交替向上延伸,并且从覆盖件的下表面向下延伸,从而在包覆颗粒去除管与锅的周边壁之间形成弯曲流动路径。多个挡板可包括:第一组挡板,第一组挡板与覆盖件的下表面物理联接,并且从覆盖件的下表面向下突出,以使得在操作中,第一组挡板中包括的相应挡板至少部分地延伸到机械式流化微粒床中,并且不接触锅的主水平表面;以及第二组挡板,第二组挡板中的每个均介于第一组挡板中包括的两个挡板之间,第二组挡板中的每个挡板均从锅的主水平表面上突出,以使得在操作中,第二组挡板中包括的相应挡板至少部分地延伸通过机械式流化微粒床,并且不接触覆盖件的下表面。多个挡板中的每个均可包括硅构件。多个挡板中的每个均可包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。多个挡板中的每个均可包括金属构件,金属构件包括石墨、硅、碳化硅、石英或氮化硅中的至少一种的连续层,连续层设置在暴露于机械式流化微粒床的、至少一个挡板的至少一部分上。

[0045] 机械式流化反应器系统还可包括柔性构件,柔性构件将外壳中的腔室分成上部腔室和下部腔室,柔性构件具有第一连续边缘和第二连续边缘,第二连续边缘跨柔性构件从第一连续边缘横向设置,柔性构件的第一连续边缘物理联接至外壳,以在其间形成气密性密封,并且柔性构件的第二连续边缘物理联接至锅,以在其间形成气密性密封,以使得在操作中:上部腔室包括腔室的、包括保持容积的至少部分;下部腔室包括腔室的、不包括保持容积的至少部分;以及柔性构件在上部腔室与下部腔室之间形成气密性密封。

[0046] 一种机械式流化反应器系统可概括为包括:外壳,外壳内具有腔室;多个锅,多个锅接纳于外壳的腔室中,多个锅中的每个均具有主水平表面,主水平表面具有周边和终止于周边缘的向上延伸的周边壁,周边缘包围主水平表面的周边,以至少部分地形成至少部分地暂时保持多个微粒的保持容积;分隔板,分隔板将外壳分成上部腔室和下部腔室,分隔板具有多个孔,多个孔中的每个均对应于多个锅中的相应一个锅;传动件,传动件在操作中使多个锅振荡,以使多个锅中的每个中的保持容积中的多个微粒机械式流化,从而在多个

锅中的每个中的保持容积中制作机械式流化微粒床；至少一个加热器，至少一个加热器与多个锅中的每个热联接，在操作中，使多个锅中的每个中的机械式流化微粒床的温度升高至高于第一气态化学物质的热分解温度，从而使多个锅中的每个中的机械式流化微粒床内存在的第一气态化学物质的至少部分热分解成至少非挥发性第二化学物质和第三气态化学物质，第二化学物质沉积在多个锅中的每个中的机械式流化微粒床中的微粒的至少部分上，以提供多个包覆颗粒，并且周边间隙提供供第三气态化学物质从多个锅中的每个中的机械式流化床进入外壳的腔室中的出口；以及多个柔性构件，多个柔性构件中的每个均具有第一连续边缘和第二连续边缘，第二连续边缘从第一连续边缘跨相应柔性构件横向设置，多个柔性构件中的每个的第一连续边缘与多个锅中的一个的周边壁物理联接，并且多个柔性构件中的每个的第二连续边缘与对应于相应锅的分隔板中的孔联接，从而在锅和分隔板之间形成气密性密封，以使得在操作中：上部腔室包括腔室的、包括多个锅中的每个中的保持容积的至少部分；下部腔室包括腔室的、不包括多个锅中的每个中的保持容积的至少部分；以及多个柔性构件在上部腔室和下部腔室之间形成气密性密封。多个锅可包括4个锅。传动件可包括由多个锅中包括的所有锅共用的单个传动件。传动件可使多个锅中的每个在第一操作模式下振荡，在第一操作模式下，多个锅中的所有锅的位移幅度和位移方向基本上相同。传动件可使多个锅中的每个在第二操作模式下振荡，在第二操作模式下，多个锅中的至少一些锅的位移幅度和位移方向不同于多个锅中的其他锅中的至少一些的位移幅度和位移方向，以使得在操作中，外壳的上部腔室中的第一压力的波动和外壳的下部腔室中的第二压力的波动最小。多个锅中的每个的至少主水平表面可包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。多个锅中的每个的主水平表面的至少部分可包括钼。多个锅中的每个的主水平表面中的至少部分可包括石墨、硅、碳化硅、石英或氮化硅中的至少一种。

[0047] 一种机械式流化反应器系统可概括为包括外壳，外壳内具有腔室；主水平表面，主水平表面具有周边，主水平表面跨腔室横向设置，并且围绕周边与外壳刚性物理联接，主水平表面将腔室分成上部腔室和下部腔室，上部腔室与下部腔室气密性密封；覆盖件，覆盖件具有上表面、下表面和周边缘，覆盖件设置在外壳的上部腔室中，与主水平表面上方相隔固定距离，以限定主水平表面和覆盖件的下表面之间的保持容积；传动件，传动件在操作中使外壳振荡，以使保持容积中的多个微粒机械式流化，从而在保持容积中制作机械式流化微粒床；以及加热器，加热器与主水平表面热联接，在操作中，使机械式流化微粒床的温度升高至高于第一气态化学物质的热分解温度，从而使机械式流化微粒床内存在的第一气态化学物质的至少部分热分解成至少非挥发性第二化学物质和第三气态化学物质，第二化学物质沉积在机械式流化微粒床中的微粒的至少部分上，以提供多个包覆颗粒，其中，周边间隙提供供第三气态化学物质从机械式流化床进入外壳的上部腔室中的出口。

[0048] 机械式流化反应器系统还可包括第一气态物质供给系统，其与外壳柔性联接；以及第一气态化学物质分配总管，其与第一气态物质供给系统和多个喷射器流体联接，多个喷射器流体均包括定位在机械式流化微粒床中的至少一个出口，第一气态化学物质分配总管刚性物理联接在外壳的上部腔室中。与第一气态化学物质分配总管流体联接的多个喷射器中的每个均可在相应位置穿透覆盖件，并且与覆盖件密封联接，以在其间提供气密性密封。覆盖件可包括中心孔，中心孔提供保持容积和外壳的上部腔室之间的流体连通通道；覆盖件的周边缘可物理附连至内壁，从而形成外壳的上部腔室的至少一部分；以及与第一气

态化学物质分配总管流体联接的多个喷射器中的每个均可在靠近覆盖件的周边缘的相应位置处穿透覆盖件,以使得经由一个或多个出口离开喷射器的第一气态化学物质向内径向流向机械式流化微粒床的中心。覆盖件可附连至外壳或主水平表面中的至少一个;其中,覆盖件的周边缘与外壳的内部间隔开,以在覆盖件的周边缘和外壳之间提供周边间隙,周边间隙提供保持容积和外壳的上部腔室之间的流体连通通道;以及其中,与第一气态化学物质分配总管流体联接的多个喷射器中的每个均在与覆盖件的中心位置靠近的相应位置处穿透覆盖件,以使得第一气态化学物质经由一个或多个出口离开喷射器,并且径向向外流过机械式流化微粒床,并且经由周边间隙从保持容积离开。覆盖件可分成凸起部分和非凸起部分,凸起部分包括直接在产物去除管上方并从产物去除管径向向外延伸固定半径的、覆盖件的一部分,以使得覆盖件的凸起部分的下表面和主水平表面之间的距离大于覆盖件的非凸起部分的下表面和主水平表面之间的距离。覆盖件的非凸起部分的至少部分可包括绝缘层。

[0049] 覆盖件构件还可包括多个挡板构件,挡板构件至少部分地突出至机械式流化微粒床中,多个挡板构件中的每个均与覆盖件的下表面或锅的主水平表面中的至少一个物理联接。多个挡板构件中的每个均可包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。挡板中的每个均可包括石墨、硅、碳化硅、石英或氮化硅中的至少一种。

[0050] 机械式流化反应器系统还可包括产物去除管,其穿透主水平表面并且密封联接至主水平表面;其中,与第一气态化学物质分配总管流体联接的喷射器在径向围绕产物去除管设置的相应位置处穿透覆盖件。

[0051] 机械式流化反应器系统还可包括扫气供应系统,其与产物去除管流体联接,以使一定量的非反应性扫气通过包覆颗粒溢出导管至机械式流化微粒床。

[0052] 一种机械式流化反应器系统可概括为包括锅,锅具有主水平表面,主水平表面具有周边和终止于周边缘的向上延伸的周边壁,周边壁包围主水平表面的周边,以至少部分地形成至少部分地暂时保持多个微粒的保持容积;覆盖件,覆盖件具有上表面和下表面,覆盖件相对于锅定位,以使得在操作中,覆盖件连续地接触锅的周边壁,从而在覆盖件和锅的周边壁之间形成气密性密封;传动件,传动件在操作中使锅振荡,以使保持容积中的多个微粒机械式流化,从而在保持容积中制作机械式流化微粒床;以及加热器,加热器与锅热联接,在操作中使机械式流化微粒床的温度升高至高于第一气态化学物质的热分解温度,从而使机械式流化微粒床内存在的第一气态化学物质的至少部分热分解成至少非挥发性第二化学物质,非挥发性第二化学物质沉积在机械式流化微粒床内的多个微粒的至少部分上,以提供多个包覆颗粒。

[0053] 机械式流化反应器系统还可包括第一气态化学物质供给系统,其与外壳柔性联接;以及第一气态化学物质分配总管,其与第一气态化学物质供给系统流体联接,并且与覆盖件刚性联接,分配总管与多个喷射器流体联接,多个喷射器中的每个相应喷射器包括定位在机械式流化微粒床中的至少一个出口。与第一气态化学物质分配总管流体联接的喷射器可穿透覆盖件,并且可与覆盖件密封联接,以在其间提供气密性密封。覆盖件可分成凸起部分和非凸起部分,凸起部分包括直接在产物去除管上方并且从产物去除管径向向外延伸固定半径的、覆盖件的部分,以使得覆盖件的凸起部分的下表面和主水平表面之间的距离大于覆盖件的非凸起部分的下表面和主水平表面之间的距离。覆盖件的至少部分可包括绝

缘层。

[0054] 机械式流化反应器系统还可包括与覆盖件的至少凸起部分热联接的热能传递系统,热能传递系统在操作中保持覆盖件的凸起部分的温度低于第一气态化学物质的热分解温度。多个喷射器中的每个均可至少部分地进行热绝缘;以及第一气态化学物质分配总管可包括热绝缘供给管,热绝缘供给管包括热绝缘流体通道,热绝缘流体通道在第一气态化学物质供给系统和定位在机械式流化微粒床中的多个喷射器中的每个相应喷射器上的至少一个出口之间的气密性密封、流体连通的路径。热绝缘供给管可包括形成外管通道的外管构件和形成绝缘流体通道的敞口式内管构件,敞口式内管构件接纳于外管构件的外管通道中;以及,外管构件和敞口式内管构件在靠近多个喷射器中的每个的出口的位置处可彼此接触,以形成闭口式空隙,闭口式空隙沿着热绝缘供给管和多个喷射器的长度的至少部分延伸,闭口式空隙包括绝缘真空。热绝缘供给管可包括形成外管通道的外管构件和形成绝缘流体通道的敞口式内管构件,敞口式内管构件接纳于外管构件的外管通道中;以及其中,外管构件和敞口式内管构件在靠近多个喷射器中的每个的出口的位置处彼此接触,以形成闭口式空隙,闭口式空隙沿着热绝缘供给管和多个喷射器的长度的至少部分延伸,闭口式空隙包括一种或多种热绝缘材料或物质。

[0055] 机械式流化反应器系统还可包括冷却介质供应系统;其中,热绝缘供给管包括形成外管通道的外管构件和形成绝缘流体通道的敞口式内管构件,敞口式内管构件接纳于外管构件的外管通道中;其中,外管构件和敞口式内管构件沿着热绝缘供给管和多个喷射器的至少部分彼此不接触,以形成敞口式流动路径,敞口式流动路径沿着热绝缘供给管和多个喷射器的长度的至少部分延伸;以及其中,冷却介质供应系统与敞口式空隙流体联接,以提供供冷却流体通过的流动路径,冷却流体保持绝缘流体通道内的第一气态化学物质的温度低于第一气态化学物质的热分解温度。

[0056] 机械式流化反应器系统还可包括形成于外管构件和第二外管构件之间的第二外管通道,外管构件和第二外管构件之间的居间间隔形成第二外管通道;外管通道和第二外管通道彼此接触,以形成包括绝缘真空或热绝缘材料中的至少一种的闭口式空隙。热绝缘供给管还可包括靠近出口设置的一个或多个特征,一个或多个特征致使离开敞口式空隙的冷却流体的至少部分穿过内管的出口。一个或多个特征可包括以下中的至少一个:多个喷射器中的每个上的外管构件的延伸部,使得外管构件延伸超过内管构件的敞口端一定距离;或设置在离开敞口式空隙的冷却流体的流动路径中设置的物理构件。

[0057] 机械式流化反应器系统还可包括空心产物去除管,空心产物去除管具有入口和远端,空心产物去除管穿透主水平表面,并且密封联接至主水平表面;其中,与第一气态化学物质分配总管流体联接的喷射器在径向围绕产物去除管设置的多个位置穿透覆盖件。

[0058] 机械式流化反应器系统还可包括扫气供应系统,其与产物去除管流体联接,以将一定量的非反应性扫气通过包覆颗粒溢出导管传递到机械式流化微粒床。产物去除管的入口可定位成与锅的主水平表面上方相隔一定距离;以及产物去除管的入口定位在锅的主水平表面的上表面上方的距离可变,用于调节保持容积中的机械式流化微粒床的深度。

[0059] 一种操作机械式流化反应器的方法可概括为包括将多个微粒引入由外壳的腔室中设置的锅和覆盖件限定的保持容积,锅具有主水平表面,主水平表面具有周边和向上延伸的周边壁,周边壁包围主水平表面的周边,周边和周边壁至少部分地形成保持容积,具有

上表面、下表面和周边缘的覆盖件设置在锅的主水平面上方；使锅至少沿着垂直于锅的主水平表面的轴振荡，以使得在操作中，由锅底部的主水平表面承载的多个微粒流化，从而在保持容积中形成机械式流化微粒床；将机械式流化微粒床加热至超过第一气态化学物质的热分解温度的温度；以及致使第一气态化学物质流过机械式流化微粒床的至少部分；其中，第一气态化学物质包括热分解成至少非挥发性第二化学物质的气体；其中，非挥发性第二化学物质的第一部分沉积在机械式流化微粒床中的多个微粒的至少一部分上，以提供多个包覆颗粒；从保持容积中的机械式流化微粒床中选择性地去除多个包覆颗粒的至少部分。覆盖件的周边缘可与锅的周边壁向内间隔一定距离，以在其间形成周边间隙；其中，致使第一气态化学物质流过机械式流化微粒床的至少部分可包括：经由包括多个喷射器的分配总管，在机械式流化微粒床中的一个或多个中心位置处，将第一气态化学物质引入机械式流化微粒床，喷射器中的每个均包括定位在机械式流化微粒床中的至少一个出口；以及致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过机械式流化微粒床。致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过机械式流化微粒床可包括：致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过机械式流化微粒床，弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成，多个挡板构件中的每个均与覆盖件的下表面和锅的主水平表面中的至少一个物理联接。

[0060] 致使第一气态化学物质经由塞流动方案而在径向向外的弯曲路径中流过机械式流化微粒床以使得弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成可包括：致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过机械式流化微粒床，弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成，多个挡板构件中的每个均包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。

[0061] 致使第一气态化学物质经由塞流动方案而在径向向外的弯曲路径中流过机械式流化微粒床以使得弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成可包括：致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过机械式流化微粒床，弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成，多个挡板构件中的每个均包括石墨、硅、碳化硅、石英或氮化硅中的至少一种。

[0062] 覆盖件的周边缘可接触锅的周边壁，并且可与周边壁形成气密性密封，以及，覆盖件还可包括至少一个孔，至少一个孔使保持容积与外壳的腔室流体联接；以及，致使第一气态化学物质流过机械式流化微粒床的至少部分可包括：在靠近覆盖件的周边缘设置成图案的一个或多个周边位置处，经由包括多个喷射器的分配总管，将第一气态化学物质引入机械式流化微粒床，喷射器中的每个均包括定位在机械式流化微粒床中的至少一个出口；以及致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过机械式流化微粒床。致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过机械式流化微粒床可包括：致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过机械式流化微粒床，弯曲路径至少部分地通过至少部分突出地通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成，多个挡板构件中的每个均与覆盖件的下表面或锅的主水平表面中的至少一

个物理联接。致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过机械式流化微粒床以使得弯曲路径至少部分地通过至少部分突出地通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成可包括：致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过机械式流化微粒床，弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成，多个挡板构件中的每个均包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过机械式流化微粒床以使得弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成可包括：致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过机械式流化微粒床，弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成，多个挡板构件中的每个均包括石墨、硅、碳化硅、石英或氮化硅中的至少一种。

[0063] 该方法还可包括保持保持容积中的第一气体压力水平，并且保持保持容积外部的、腔室的至少部分中的第二气体压力水平，第一气体压力水平不同于第二气体压力水平。保持保持容积中的第一气体压力水平可包括：通过将外壳的腔室中的上部腔室保持在第一气体压力水平来保持保持容积中的第一气体压力水平，上部腔室通过使用柔性构件将外壳中的腔室分成上部腔室和下部腔室而形成，柔性构件包括柔性构件的第一连续边缘和柔性构件的第二连续边缘，柔性构件的第一连续边缘与外壳物理联接，以在其间形成气密性密封，并且柔性构件的第二连续边缘与锅物理联接，以在其间形成气密性密封，以使得在操作中：上部腔室包括腔室的、包括保持容积的至少部分；下部腔室包括腔室的、不包括保持容积的至少部分；以及多个柔性构件在上部腔室与下部腔室之间形成气密性密封。保持保持容积外部的、腔室的至少部分中的第二气体压力水平，第一气体压力水平不同于第二气体压力水平可包括：保持下部腔室中的第二气体压力水平。从保持容积中的机械式流化微粒床中选择性地去除多个包覆颗粒的至少部分可包括：在包覆颗粒溢出导管中从机械式流化床收集多个包覆颗粒的至少部分，包覆颗粒溢出导管具有入口和贯穿其中的从入口到包覆颗粒溢出导管远端的通道，在入口定位在保持容积中的情况下，包覆颗粒溢出导管从锅的主水平表面突出。

[0064] 从保持容积中的机械式流化微粒床中选择性地去除多个包覆颗粒的至少部分可包括：从在锅的周边壁的边缘上流过的机械式流化微粒床收集包覆颗粒的至少部分。

[0065] 该方法还可包括：保持机械式流化床外部的、腔室中的温度低于第一气态化学物质的热分解温度。将多个微粒引入由设置在外壳的腔室中的锅和覆盖件限定的保持容积可包括：在机械式流化微粒床内原位形成多个微粒的至少部分，多个微粒的至少部分经由经过机械式流化微粒床的第一气态化学物质的至少一部分的自然分解和自成核被引入保持容积。

[0066] 该方法还可包括控制从机械式流化微粒床离开至腔室的气体的流速，以使得自成核微粒中的大部分保持在机械式流化微粒床中。

[0067] 一种操作机械式流化反应器的方法可概括为包括将多个微粒引入由主水平表面和覆盖件限定的保持容积，主水平表面具有上表面和下表面，覆盖件设置在外壳中的腔室内，并且将腔室分成上部腔室和下部腔室，覆盖件具有上表面、下表面和周边缘，覆盖件设置在锅的主水平面上方；使外壳至少沿着垂直于主水平表面的轴振荡，以使得在操作中，由

主水平表面承载的多个微粒被流化,以形成机械式流化微粒床;将机械式流化微粒床加热至超过第一气态化学物质的热分解温度的温度;以及致使第一气态化学物质流过机械式流化微粒床的至少部分;其中,第一气态化学物质包括热分解成至少非挥发性第二化学物质的气体;其中,非挥发性第二化学物质的第一部分沉积在加热的机械式流化微粒床中的多个微粒的至少部分上,以提供多个包覆颗粒;从保持容积中的机械式流化微粒床中选择性地去除多个包覆颗粒的至少部分。使第一气态化学物质穿过机械式流化微粒床的至少部分可包括:在使第一气态化学物质穿过机械式流化微粒床的至少部分之前,保持第一气态化学物质的温度低于第一气态化学物质的热分解温度。从保持容积中的机械式流化微粒床中选择性地去除多个包覆颗粒的至少部分可包括:在包覆颗粒溢出导管中从机械式流化床收集多个包覆颗粒的至少部分,包覆颗粒溢出导管具有入口和贯穿其中的从入口到包覆颗粒溢出导管远端的通道,在入口设置在保持容积中的情况下,包覆颗粒溢出导管从锅的主水平表面突出。

[0068] 该方法还可包括致使至少一种惰性气体流过包覆颗粒溢出导管并进入机械式流化微粒床中,以防止第一气态物质流过包覆颗粒溢出导管。使外壳至少沿着与主水平表面垂直的轴振荡,以使得在操作中由主水平表面承载的多个微粒被流化,以形成机械式流化微粒床可包括:使外壳至少沿着与主水平表面垂直的轴振荡,以使得在操作中,由主水平表面承载的多个微粒被流化,以形成机械式流化微粒床,其中,机械式流化微粒床(例如,轻微地、牢固地)触碰覆盖件的底表面。将多个微粒引入由设置在外壳的腔室中的主水平表面和覆盖件限定的保持容积可包括:在机械式流化微粒床内原位形成多个微粒的至少部分,多个微粒的至少部分经由经过机械式流化微粒床的第一气态化学物质的至少部分的自然分解和自成核被引入保持容积。

[0069] 该方法还可包括控制从机械式流化微粒床离开至腔室的气体的流速,使得自成核微粒中的大部分保持在机械式流化微粒床中。覆盖件的周边缘可与形成外壳的腔室的至少部分的内壁的内部间隔一定距离,以在其间形成周边间隙;以及致使第一气态化学物质流过机械式流化微粒床的至少部分可包括:在机械式流化微粒床中的一个或多个中心位置处,经由包括多个喷射器的分配总管将第一气态化学物质引入机械式流化微粒床,喷射器中的每个均包括定位在机械式流化微粒床中的至少一个出口;以及致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过机械式流化微粒床。致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过机械式流化微粒床可包括:致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向外弯曲路径中流过机械式流化微粒床,弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件而形成,多个挡板构件中的每个均与覆盖件的下表面或锅的主水平表面中的至少一个物理联接。致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过机械式流化微粒床以使得弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成可包括:致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过机械式流化微粒床,弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成,多个挡板构件中的每个均包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过机械式流化微粒床以使得弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板

构件形成可包括:致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向外的弯曲路径中流过机械式流化微粒床,弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成,多个挡板构件中的每个均包括石墨、硅、碳化硅、石英或氮化硅中的至少一种。

[0070] 覆盖件的周边缘可接触形成外壳的腔室的内壁表面,并且与内壁表面形成气密性密封,以及,覆盖件还可包括使保持容积与外壳的腔室流体联接的至少一个孔;以及,致使第一气态化学物质流过机械式流化微粒床的至少部分可包括:在靠近覆盖件的周边缘设置成图案的一个或多个周边位置处,经由包括多个喷射器的分配总管,将第一气态化学物质引入机械式流化微粒床,喷射器中的每个均包括定位在机械式流化微粒床中的至少一个出口;以及致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过机械式流化微粒床。致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过机械式流化微粒床可包括:致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过机械式流化微粒床,弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成,多个挡板构件中的每个均与覆盖件的下表面或锅的主水平表面中的至少一个物理联接。致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过机械式流化微粒床以使得弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成可包括:致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过机械式流化微粒床,弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成,多个挡板构件中的每个均包括具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个的硅。致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过机械式流化微粒床以使得弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成可包括:致使第一气态化学物质经由塞流动方案在径向向内的弯曲路径中流过机械式流化微粒床,弯曲路径至少部分地通过至少部分地突出通过机械式流化微粒床的深度的多个挡板构件形成,多个挡板构件中的每个均包括石墨、硅、碳化硅、石英或氮化硅中的至少一种。

[0071] 一种操作机械式流化反应器的方法可概括为包括将多个微粒引入保持容积,保持容积由锅的主水平表面和与锅的翻转周边壁气密性密封的覆盖件限定,覆盖件具有上表面、下表面和周边缘,覆盖件设置在锅的主水平面上方;使锅和覆盖件至少沿着与主水平表面垂直的轴振荡,以使得在操作中,由主水平表面承载的多个微粒被流化,以形成机械式流化微粒床;将机械式流化微粒床加热至超过第一气态化学物质的热分解温度的温度;以及使第一气态化学物质流过机械式流化微粒床的至少部分;其中,第一气态化学物质包括热分解成至少非挥发性第二化学物质的气体;其中,非挥发性第二化学物质的第一部分沉积在机械式流化微粒床中的多个微粒的至少部分上,以提供多个包覆颗粒;从保持容积中的机械式流化微粒床中选择性地去除多个包覆颗粒的至少部分。将多个微粒引入由锅的主水平表面和与锅的翻转周边壁气密性密封的覆盖件限定的保持容积可包括:在机械式流化微粒床内原位形成多个微粒的至少部分,多个微粒的至少部分经由经过机械式流化微粒床的第一气态化学物质的至少一部分的自然分解和自成核被引入保持容积。

[0072] 该方法还可包括控制从机械式流化微粒床离开到腔室的气体的流速,以使得自成核微粒中的大部分保持在机械式流化微粒床中。

## 附图说明

[0073] 在附图中,相同的参考标号指示相似的元件或动作。附图中元件的大小和相对位置不一定按比例绘制。例如,各种元件和角度的形状未按比例绘制,并且这些元件中的一些被任意放大和定位,以提高附图清晰度。另外,如图所示,元件的具体形状并不旨在传达关于具体元件实际形状的任何信息,而仅仅是为了方便在附图中识别而进行选择。

[0074] 图1是根据所示实施方式的在化学气相沉积反应中有用的示例机械式流化反应器的局部剖视图,其中气态第一化学物质在机械式流化微粒床内分解,以在微粒上沉积非挥发性第二化学物质,从而形成包覆颗粒。

[0075] 图2是根据所示实施方式的在化学气相沉积反应中有用的另一示例机械式流化反应器的局部剖视图,其中气态第一化学物质在机械式流化微粒床内分解,以在微粒上沉积非挥发性第二化学物质,从而形成包覆颗粒。

[0076] 图3A是根据所示实施方式的使用盖锅 (coverd pan) 来容纳机械式流化微粒床的另一示例机械式流化反应器的局部剖视图;这种反应器在化学气相沉积反应中 useful,其中将气态第一化学物质在机械式流化微粒床内分解,以在微粒上沉积非挥发性第二化学物质,从而形成包覆颗粒。

[0077] 图3B是根据所示实施方式的包括流体联接至分配总管的多个喷射器的气体分配系统的局部剖视图,喷射器中的每个均被容纳绝缘真空或绝缘材料中的一种的闭口式空隙间隔包围,以防止第一气态化学物质在喷射器中过早分解。

[0078] 图3C是根据所示实施方式的包括多个喷射器的另一气体分配系统的局部剖视图,多个喷射器与分配总管流体联接,喷射器中的每个均由敞口式空隙间隔包围,冷却惰性流体穿过该空隙间隔,以防止第一气态化学物质在喷射器中过早分解。

[0079] 图3D是根据所示实施方式的包括多个喷射器的气体分配系统的局部剖视图,多个喷射器与分配总管流体联接,喷射器中的每个均由敞口式空隙间隔和封闭式第二空隙间隔包围,冷却惰性流体穿过敞口式空隙间隔,并且封闭式第二空隙间隔容纳绝缘真空或绝缘材料中的一种,以防止第一气态化学物质在喷射器中过早分解。

[0080] 图3E是根据所示实施方式的包括多个喷射器的气体分配系统的局部剖视图,多个喷射器与分配总管流体联接,喷射器中的每个均由闭口式空隙间隔包围,冷却剂流体穿过该空隙间隔,以防止第一气态化学物质在喷射器中过早分解。

[0081] 图4A是根据所示实施方式的特征在于周边通气孔和靠近包覆颗粒溢出物的“顶帽”型腔室的替代有盖锅的局部剖视图,其中,第一气态化学物质被居中引入并且径向向外流过机械式流化微粒床。

[0082] 图4B是根据所示实施方式的特征在于挡板的替代有盖锅的局部剖视图,挡板围绕包覆颗粒溢出物同心设置并且以交替模式与覆盖件和锅联接以形成从第一气态化学物质分配总管到锅周边的弯曲气体流动路径。

[0083] 图4C是根据所示实施方式的特征在于中央通气孔和周边第一气态化学物质分配总管的替代有盖锅的局部剖视图,其中,第一气态化学物质沿周边引入并且径向向内流动通过机械式流化微粒床。

[0084] 图5A是根据所示实施方式的与锚固于锅并且随着锅振荡由此保持固定容积的机

械式流化床的有盖锅一起使用的覆盖件的平面图。

[0085] 图5B是根据所示实施方式的图5A中描绘的覆盖件的剖视图。

[0086] 图5C是根据所示实施方式的与锚固于机械式流化床反应器容器并且没有随着锅振荡由此形成可变容积机械式流化床的有盖锅一起使用的覆盖件的平面图。

[0087] 图5D是根据所示实施方式的图5C中描绘的覆盖件的剖视图。

[0088] 图6是根据所示实施方式的使用其中均包括机械式流化微粒床的多个有盖锅的另一示例机械式流化反应器的局部剖视图;这种反应器可用于其中气态第一化学物质在机械式流化微粒床内分解以在微粒上沉积非挥发性第二化学物质从而形成包覆颗粒的化学气相沉积反应。

[0089] 图7A是根据所示实施方式的使用有盖锅来容纳机械式流化微粒床以及其中整个反应容器振荡以将有盖锅中承载的微粒床机械式流化的另一示例机械式流化反应器的局部剖视图;这种反应器可用于其中气态第一化学物质在机械式流化微粒床内分解以在微粒上沉积非挥发性第二化学物质从而形成包覆颗粒的化学气相沉积反应。

[0090] 图7B是根据所示实施方式的特征在于周边通气孔和靠近包覆颗粒溢出物的“顶帽”型腔室的替代有盖锅的局部剖视图,其中,第一气态化学物质居中引入并且径向向外流过机械式流化微粒床;有盖锅设置在其中整个反应容器振荡以将有盖锅中承载的微粒床机械式流化的机械式流化床反应器中。

[0091] 图7C是根据所示实施方式的特征在于挡板的替代有盖锅的局部剖视图,挡板围绕包覆颗粒溢出物同心设置,并且以交替模式与覆盖件和锅联接,以形成从第一气态化学物质分配总管到锅周边的弯曲气体流动路径;有盖锅设置在其中整个反应容器振荡以将有盖锅中承载的微粒床机械式流化的机械式流化床反应器中。

[0092] 图7D是根据所示实施方式的特征在于中央通气孔和周边第一气态化学物质分配总管的替代有盖锅的局部剖视图,其中,第一气态化学物质沿周边引入,并且径向向内流动通过机械式流化微粒床;有盖锅设置在其中整个反应容器振荡以将有盖锅中承载的微粒床机械式流化的机械式流化床反应器中。

[0093] 图8A是根据所示实施方式的示例机械式流化反应器的局部剖视图,其中反应器本身用作有盖锅,以容纳机械式流化微粒床,以及其中整个反应容器振荡以使微粒床机械式流化;这种反应器可用于其中使气态第一化学物质在机械式流化微粒床内分解以在微粒上沉积非挥发性第二化学物质从而形成包覆颗粒的化学气相沉积反应。

[0094] 图8B是根据所示实施方式的另一示例机械式流化反应器的局部剖视图,其中反应器本身用作有盖锅来容纳机械式流化微粒床,以及其中整个反应容器振荡以使微粒床机械式流化;这种反应器可用于其中使气态第一化学物质在机械式流化微粒床内分解以在微粒上沉积非挥发性第二化学物质从而形成包覆颗粒的化学气相沉积反应。

[0095] 图9是根据实施方式的示例半间歇式制造过程的示意图,其中半间歇式制造过程包括适于使用图1至图7B中描绘的机械式流化床反应器中的一个或多个来生产第二化学物质包覆颗粒的三个串联联接的机械式流化床反应器。

## 具体实施方式

[0096] 在以下描述中,包括某些具体细节来提供对各种公开实施方式的彻底理解。然而,

相关领域技术人员应认识到的是,可在没有这些具体细节中的一个或多个的情况下或用其他方法、组件、材料等来实践实施方式。在其他情形下,未详细示出或描述与用于制成硅的系统关联的熟知结构,包括但不限于容器设计和构造细节、冶金学属性、管道、控制系统设计、混合器设计、分离器、汽化器、阀、控制器或最终控制元件,以避免不必要地混淆对实施方式的描述。

[0097] 除非上下文中另有要求,否则在随后的整个说明书和权利要求书中,词语“包括(comprise)”及其诸如“包括(comprise)”和“包括(comprising)”的变型会以开放的、包括性的含义来理解,也就是说,理解为“包括但不限于”。

[0098] 在整个本说明书中,引用“一个实施方式”或“实施方式”或“另一实施方式”或“一些实施方式”或“某些实施方式”意指结合实施方式描述的具体参考特征、结构或特性包括于至少一个实施方式中。因而,在整个说明书中的各处出现的短语“在一个实施方式中”或“在实施方式中”或“在另一实施方式中”或“在一些实施方式中”或“在某些实施方式中”不一定均指同一实施方式。另外,具体特征、结构或特性可在一个或多个实施方式中按任何合适方式组合。

[0099] 应注意的,如本说明书和所附权利要求书中所使用,单数形式“一(a)”、“一(an)”和“该(the)”包括复数指代物,除非内容另外明确指示。因而,例如,对氯硅烷的引用包括单个品种的氯硅烷,而且也可包括多个品种的氯硅烷。还应注意的是,一般将术语“或”用作包括“和/或”,除非内容中另有明确指示。

[0100] 如本文中所使用,术语“硅烷(silane)”是指 $\text{SiH}_4$ 。如本文中所使用,一般使用术语“硅烷”来表示硅烷和/或其任何衍生物。如本文中所使用,术语“氯硅烷(chlorosilane)”是指其中一个或多个氢已由氯取代的硅烷衍生物。术语“氯硅烷(chlorosilanes)”是指一种或更多品种的氯硅烷。氯硅烷以单氯硅烷( $\text{SiH}_3\text{Cl}$ 或MCS);二氯硅烷( $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ 或DCS);三氯硅烷( $\text{SiHCl}_3$ 或TCS);或四氯硅烷为例,四氯硅烷也被称为四氯化硅( $\text{SiCl}_4$ 或STC)。硅烷的熔点和沸点随着分子中氯数目的增加而提高。因而,例如,硅烷在标准温度和压力( $0^\circ\text{C}/273\text{K}$ 和 $101\text{kPa}$ )下为气体,而四氯化硅则为液体。如本文中所使用,术语“硅”是指原子硅,即,具有分子式 $\text{Si}$ 的硅。除非另外指明,否则当指本文中公开的方法和系统的硅产物时,术语“硅”和“多晶硅”在本文中可互换使用。除非另外指明,否则本文中表达为百分比的浓度应理解为意指浓度为摩尔百分比。

[0101] 如本文中所使用,术语“分解(decomposition)”、“化学分解”、“化学分解的”、“热分解”和“热分解的”均指过程,通过该过程,将第一气态化学物质(例如,硅烷)加热至超过使第一气态化学物质分解成至少非挥发性第二化学物质(例如,硅)的热分解温度。在一些实现方式中,第一气态化学物质的分解还可产生一种或多种反应副产物,诸如一种或多种第三气态化学物质(例如,氢)。这种反应可认为是热引发的化学分解,或更简单地,“热分解”。应注意的,第一气态化学物质的热分解温度不是固定值,而是随着保持第一气态化学物质的压力而变化。

[0102] 如本文中所使用,术语“机械式流化”是指例如通过以促进颗粒流动和循环(即,“机械式流化”)的方式使微粒床机械振荡或振动,以形成微粒床的颗粒的机械式悬浮或流化。因此,通过支承微粒床或围绕微粒床的保持容积的一个或多个表面(例如,锅或主水平表面)的循环或重复的物理位移(例如,振动或振荡)而产生的这种机械式流化不同于通过

液体或气体穿过微粒床而产生的液压式流化床。应具体注意的是,不依赖于机械式流化微粒床,并且偶尔独立于流体(即,液体或气体)穿过多个微粒来实现流体状行为。如此,经过机械式流化床的流体体积可比液压式流化床中使用的流体体积小得多。另外,静态(即,非流化)的多个颗粒代表占据“污泥体积”的“澄清床”。当被流化时,所述相同的多个颗粒占据的“流化体积”大于由多个颗粒所占据的污泥体积。术语“振动(vibration)”和“振荡(oscillation)”及其变型(例如,“振动(vibrating)”和“振荡(oscillating)”)在本文中可互换使用。

[0103] 如本文中所使用,术语“微粒床”和“加热的微粒床”是指任何类型的微粒床,包括沉淀(即,填充)微粒床、液压式流化微粒床和机械式流化微粒床。术语“加热的流化微粒床”可以指加热的液压式流化微粒床和/或加热的机械式流化微粒床中的一个或二者。术语“液压式流化微粒床”具体指由流体(即,液体或气体)通过微粒床而形成的流化床。术语“机械式流化微粒床”具体指通过以足以使微粒床流化的振荡频率和/或振荡位移来使支承微粒床的表面振荡或振动而形成的流化床。

[0104] 本文中提供的标题只是为了方便起见,并不阐释实施方式的范围或含义。

[0105] 图1示出了根据一个所示实施方式的机械式流化床反应器系统100。在机械式流化床反应器系统100中,至少一种气体被引入锅12承载的机械式流化微粒床20,该至少一种气体包括受控制量的第一气态化学物质,并且可选地包括受控制量的一种或多种稀释剂。机械式流化床反应器容器30的内部包括腔室32,腔室32有时分成上部腔室33和下部腔室34。在一些情形下,柔性膜42将上部腔室33中的机械式流化床20的全部或部分与下部腔室34分开并且气密性密封。

[0106] 机械式流化床反应器系统100包括可用于将流化颗粒、种子、粉尘、细粒、小颗粒、珠等(为了清晰起见,下文中被统称为“微粒”)机械式流化的机械式流化床设备10。机械式流化床反应器系统100还包括一个或多个热能发射装置14,诸如一个或多个加热器,热能发射装置14与锅12和/或机械式流化微粒床20热联接,并且用于随着锅12振荡或振动,使机械式流化微粒床20的温度提高至超过第一气态化学物质分解温度的温度。

[0107] 微粒床20中被加热的、机械式流化颗粒提供基底,通过第一气态化学物质(例如,硅烷)热沉分解而形成的非挥发性第二化学物质(例如,多晶硅)沉积在该基底上。有时,在机械式流化微粒床20内发生第一气态化学物质的热分解,而在腔室32内的其他位置不发生或最少发生第一气态化学物质的热分解,即便腔室32中的环境可保持升高的温度和压力(即,相对于大气温度和压力升高)。

[0108] 一个或多个容器壁31将腔室32与容器外部39分开。反应容器30可以以整体或多件式设计为特征。例如,如图1中所示,反应容器30是使用一个或多个紧固件系统组装成的多件式容器,其中紧固件系统为诸如一个或多个凸缘36、螺纹紧固件37和密封构件38。

[0109] 机械式流化床设备10可定位在反应容器30中的腔室32中。系统100还包括传输系统50、气体供应系统70、颗粒供应系统90、气体回收系统110、包覆颗粒收集系统130、惰性气体供给系统150和压力系统170。系统100还可包括能够与形成该系统的各种组件和系统通信联接的自动或半自动控制系统的190。为了清晰起见,使用虚线和“©”符号来描绘各种组件与控制系统190的通信联接。以下在随后细节中讨论这些结构、系统或体系中的每个。

[0110] 在操作期间,反应容器30内的腔室32保持在一个或多个受控制的温度和/或压力

下,这些温度和/或压力常常大于在围绕容器30的周遭环境39中发现的温度和压力。因而,容器壁31具有合适的材料、设计和构造,该材料、设计和构造具有足以耐受腔室32内预期工作压力和温度的安全余量,该预期工作压力和温度可包括反应容器30的反复压力和热循环。另外,反应容器30的整体形状可选择或设计成耐受这些预期工作压力或适应优选微粒床20的构造或几何形状。在至少一些情形下,可与涵盖压力容器构造的美国机械工程师协会(ASME)第VIII部分法规(最新版本)相符地制造反应容器30。在一些情形下,反应容器30的设计和构造可适应部分或完全拆卸容器,以便进行操作、检查、维护或维修。可通过使用反应容器30本身上的螺纹或凸缘连接件或针对反应容器30制成的流体连接件来促进这种拆卸。

[0111] 反应容器30可以可选地包括一个或多个冷却特征35,冷却特征35与容器壁31外表面的全部或部分物理联接和/或热联接。这种冷却特征35可设置在反应容器30外表面上的任何位置处,包括反应容器顶部、底部和/或侧部。在一些情形下,冷却特征35可包括与反应容器30外表面的全部或部分导热联接的无源冷却特征,诸如,延长的表面区域翅片。在一些情形下,冷却特征35可包括有源冷却特征,诸如套和/或冷却旋管,热传递介质(例如,热油、锅炉给水)通过有源冷却特征进行循环。在一些情形下,诸如冷却套和/或冷却旋管的冷却特征35可至少部分设置在腔室32内。在一些情形下,冷却特征35可与容器壁31一体形成或可与容器壁31导热联接。

[0112] 虽然在图1中描绘为一系列冷却翅片(仅示出一些),从而提供便于与周遭环境39进行对流散热的扩张表面面积,但这种冷却特征35还可包括辅助进行来自上部腔室33、下部腔室34或上部腔室和下部腔室二者的热能的添加或去除的其他无源或有源热系统、装置或此类系统和装置的组合。这种冷却系统和装置可包括诸如供一个或多个热传递流体在其中循环的冷却套的有源热传递系统或装置或表面特征和冷却套的各种组合。

[0113] 一个或多个冷却特征35可有益于将至少上部腔室33中的温度保持低于第一气态化学物质的热分解温度。在一些情形下,冷却特征35可选择性地设置在腔室32或反应容器30的、倾向于热能局部集中的部分上,以协助这种热能的耗散或分布。通过将上部腔室33中的温度保持低于第一气态化学物质的热分解温度,有益地使在机械式流化床20外部的的位置中的第一气态化学物质的自然分解降至最低或乃至消除。

[0114] 一个或多个冷却特征35可保持在机械式流化微粒床20外部的上部腔室33中的一些或全部点处的温度低于第一气态化学物质的热分解温度。通过保持机械式流化微粒床20外部的上部腔室中的温度低于第一气态化学物质的热分解温度,有益地将机械式流化微粒床20外部的表面上的第一气态化学物质分解和第二化学物质后续沉积和/或上部腔室33中的第二化学物质“粉尘”形成减少或乃至消除。

[0115] 一个或多个冷却特征35可保持下部腔室34中的温度低于第一气态化学物质的热分解温度。另外或替代地,一个或多个无源或有源冷却特征57可与传输系统50热联接和/或物理联接,以保持振荡传输构件的温度等于或低于第一气态化学物质的热分解温度。

[0116] 据信,可存在与硅或碳化硅或氮化硅或熔融石英的热膨胀系数近似或理想地匹配的一种或多种合金(例如,钼和超因瓦合金)。这种合金可提供用于适合于在反应器30、锅12和/或包覆颗粒溢出导管132的内表面的至少一部分上使用的衬片材料的合适基底。在一个情形下,据信,反应器30的至少上部腔室33的至少部分可由这种合金形成,并且可将石英衬

片喷射熔融到这种表面的至少部分。当反应器在室温与工作温度之间循环时,这种构造会有利地使石英衬片从反应器30的上部腔室33中的表面剥落的可能性降至最低。

[0117] 机械式流化床设备10包括至少一个锅12,锅12具有底部(即,主水平表面),该底部支承机械式流化微粒床20,并且限定保持机械式流化微粒床20的保持容积的至少一个边界。锅12的底部或主水平表面至少包括上表面12a、下表面12b。锅12的底部可包括连续的、不带穿洞和/或孔的整体的、统一的单件式表面。在一些情形下,锅12的底部可与锅12的其余部分一体形成。在其他情形下,能够可选择性地从锅12中去除锅12的底部中的全部或部分,从而有助于修复、复壮或更换磨损的锅底部和/或提供定位在锅12的附近和下面的一个或多个热能发射装置14的通路。

[0118] 锅12还包括周边壁12c,周边壁12c以向上角度从锅12的底部的周边缘或周边延伸。周边壁12c限定保持机械式流化微粒床20的保持容积的至少一个边界的至少部分。有时,周边壁12c仅围绕锅12的底部周边的部分延伸。有时,周边壁12c围绕锅12的底部的整个周边延伸。在一些实现方式中,锅12的底部和周边壁12c形成保持或以其他方式限制机械式流化微粒床20的顶部开放的保持容积的至少部分。

[0119] 锅12的周边壁12c可在周边壁12c的整个长度在锅12的底部上方延伸固定高度。在其他时候,锅12的周边壁12c可在周边壁12c的长度的第一部分内在锅12的底部上方延伸第一固定高度,并且在周边壁12c的长度的第二部分内在锅12的底部上方延伸第二固定高度。在一些情形下,周边壁12c的全部或部分可包括允许借助溢出从机械式流化微粒床20中去除包覆颗粒22的凹口、坝或类似孔。

[0120] 在操作中,锅12内的保持容积保持机械式流化微粒床20。在包覆颗粒22溢出锅12的周边壁12c的情况下,周边壁12c的最低部分的高度确定机械式流化微粒床20的深度。有时,周边壁12c以大约30°至大约90°的向上角度从锅的上表面12a延伸。

[0121] 在一些实现方式中,周边壁12c的高度与机械式流化微粒床20的深度相同或略微低于机械式流化微粒床20的深度,以使得在操作中,机械式流化微粒床20的表面上承载的多个包覆颗粒22中的至少一些溢出周边壁12c,从而由包覆颗粒去除系统130捕获。在这些实现方式中,包覆颗粒去除系统130包括一个或多个收集装置,例如,靠近锅12且在锅12下面设置的一个或多个漏斗形包覆颗粒转向器,用于捕捉溢出锅12的周边壁12c的包覆颗粒22。

[0122] 在其他实现方式中,周边壁12c的高度大于机械式流化微粒床20的深度,以使得在操作中,机械式流化微粒床20整个保持在保持容积内部,并且靠近锅12的上表面12a。在这种实现方式中,包覆颗粒去除系统130包括设置在保持容积中的一个或多个敞口式、空心的包覆颗粒溢出导管132。包覆颗粒22从机械式流化微粒床20的表面溢出至一个或多个包覆颗粒溢出导管132的敞口端内。在一些实现方式中,可经由诸如一个或多个O形环或一个或多个机械密封件的一个或多个密封装置133来密封包覆颗粒溢出导管132。在这种实现方式中,周边壁12c可在机械式流化微粒床20(和包覆颗粒溢出导管132的敞口端)的上表面上方延伸从大约0.125英寸(3mm)至大约12英寸(30cm);从大约0.125英寸(3mm)至大约10英寸(25cm);从大约0.125英寸(3mm)至大约8英寸(20cm);从大约0.125英寸(3mm)至大约6英寸(15cm);或从大约0.125英寸(3mm)至大约3英寸(7.5cm)的距离。

[0123] 锅12可具有任何形状或几何配置,包括但不限于:圆形、椭圆形、梯形、多边形、三

角形、矩形、正方形或其组合。例如,锅12可具有大体圆形形状,直径为从大约1英寸(2.5cm)至大约120英寸(300cm);从大约1英寸(2.5cm)至大约96英寸(245cm);从大约1英寸(2.5cm)至大约72英寸(180cm);从大约1英寸(2.5cm)至大约48英寸(120cm);从大约1英寸(2.5cm)至大约24英寸(60cm);或从大约1英寸(2.5cm)至大约12英寸(30cm)。

[0124] 锅12的接触机械式流化微粒床20的部分由也耐受因微粒床20中的第一化学物质、稀释剂和包覆颗粒造成的化学劣化的耐磨损或磨蚀材料形成。使用具有适宜的物理和化学抗性的锅12降低了从锅12排放的污染物污染流化微粒床20的可能性。在一些情形下,锅12可包括合金,诸如,石墨合金、镍合金、不锈钢合金或其组合。在一些情形下,锅12可包括钼或钼合金。

[0125] 在一些应用中,锅12可包括耐磨损或耐磨蚀的一种或多种弹性材料的一个或多个层或涂层,减少不期望的产物增加、和/或降低机械式流化微粒床20被污染的可能性。在一些情形下,锅12的底部和/或锅的周边壁12c的全部或部分可包括基本纯净的硅(例如,超过99%的硅、99.5%的硅或99.9%的硅的高纯度硅)。在至少一些实现方式中,基本上纯净的硅层可具有均匀厚度或均匀密度中的至少一个。虽然第一气态化学物质的分解结果是可沉积第二化学物质,但应理解的是,在首次使用锅12之前,存在包括锅底部的硅,换言之,包括锅12的硅不同于通过机械式流化微粒床20中的第一气态化学物质热分解而形成的非挥发性第二化学物质。

[0126] 在一些情形下,锅12的全部或部分中的层或涂层可包括但不限于:石墨层、石英层、硅化物层、氮化硅层或碳化硅层。在一些情形下,可通过硅烷与锅12中的铁、镍、钼和其他金属反应,原位形成金属硅化物。碳化硅层例如耐用,并且降低包括诸如镍、铬和铁的、锅的金属中的金属离子迁移到锅12中的多个包覆颗粒22并且有可能污染包覆颗粒22的趋势。在一个示例中,锅12包括316不锈钢锅,其中在锅12的底部的上表面12a的至少部分和接触机械式流化微粒床20的周边壁12c的至少一些部分上沉积有碳化物层。

[0127] 在操作中,一个或多个热能发射装置14在反应器的操作压力下将机械式流化微粒床20的温度升高至超过的第一气态化学物质的热分解温度的水平。将机械式流化微粒床20加热至超过第一气态化学物质的热分解温度的温度有益地使机械式流化微粒床20而非反应器内其他位置的第一气态化学物质优先被热分解。保持机械式流化微粒床20外部的温度低于第一气态化学物质的热分解温度还降低了机械式流化微粒床20外部的反应器中的各位置处的第一气态物质被热分解的可能性。第一气态化学物质(例如,硅烷、二氯硅烷、三氯硅烷)热分解使非挥发性第二化学物质(例如,硅、多晶硅)沉积在机械式流化微粒床20中的多个微粒的至少部分上,从而提供多个包覆颗粒22。包覆颗粒22在机械式流化微粒床20中自由循环,并且有点奇怪的是,往往会在机械式流化微粒床20的表面内升高并“悬浮”在机械式流化微粒床20的表面上。这种行为允许选择性地从机械式流化微粒床20分离并且去除包覆颗粒22。

[0128] 有时,腔室32内的气体保持在低氧气水平(例如,小于20体积百分比的氧气)或极低氧气水平(例如,小于0.001摩尔百分比的氧气至小于1摩尔百分比的氧气)。腔室32中的包覆颗粒22保持在具有低氧气水平(例如,小于20体积百分比的氧气)或极低氧气水平(例如,小于1摩尔百分比的氧气至小于0.001摩尔百分比的氧气)的环境中,以减少在包覆颗粒的暴露表面上形成有害氧化物。在一些情形下,腔室32内的气体保持在没有将包覆颗粒22

暴露于环境氧气水平的低氧气水平。在一些情形下,腔室32内的气体保持在小于20体积百分比(vol%)的低氧气水平。在一些情形下,腔室32内的气体保持在小于大约1摩尔百分比(mol%)的氧气;小于大约0.5mol%的氧气;小于大约0.3mol%的氧气;小于大约0.1mol%的氧气;小于大约0.01mol%的氧气或小于大约0.001mol%的氧气的极低氧气水平。

[0129] 通过控制腔室32中的氧气水平,包覆颗粒22的暴露表面上的氧气形成被有益地最小化、减少或乃至消除。例如,硅包覆颗粒22的暴露表面上的硅氧化物(例如,氧化硅、二氧化硅)的形成被有利地最小化、减少或乃至消除。在这种示例中,硅包覆颗粒22的氧化硅含量可以小于大约按重量计每百万大约500份(ppmw);小于大约100ppmw;小于大约50ppmw;小于大约10ppmw或小于大约1ppmw。

[0130] 有时,一个或多个热能发射装置14可靠近锅12底部的下表面设置。例如,一个或多个热能发射装置可设置在锅12的底部内部。在其他情形下,一个或多个热能发射装置可靠近锅12的底部下表面设置在密封容器或由绝缘毯或类似绝缘材料覆盖。热绝缘材料16或绝缘毯可围绕一个或多个热能发射装置14的所有侧部沉积,除了一个或多个热能发射装置14形成锅12的部分的那部分外。热绝缘材料16可以例如是与其中电加热元件设置在玻璃-陶瓷烹饪表面下面的“玻璃顶”炉具中使用的玻璃陶瓷材料类似的玻璃-陶瓷材料(例如, $\text{Li}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times n\text{SiO}_2$ -系统或LAS系统)。在一些情形下,热绝缘材料16可包括一种或多种刚性或半刚性难熔型材料,诸如,硅酸钙。

[0131] 多个包覆颗粒22中的每个均包括具有基本上纯净的第二化学物质的沉积物或层。有时,包覆颗粒22展示出与较小的第二化学物质子颗粒的结块类似的形态。如先前所提到的,根据观察,注意到的是,多个包覆颗粒22往往会穿过机械式流化微粒床20的表面升高,并且在机械式流化微粒床20的表面上“悬浮”,具体地,随着包覆颗粒的直径增大。

[0132] 可经由溢出从多个包覆颗粒22中去除或提取多个包覆颗粒22的一些或全部。在一些情形下,这种包覆颗粒22会溢出锅12的周边壁12c的全部或部分。在其他情形下,这种包覆颗粒22可溢出到一个或多个敞口式、空心的包覆颗粒溢出导管132内,包覆颗粒溢出导管132设置在锅12中的一个或多个限定位置处,并且在锅12的底部的上表面12a上方突出限定距离。不管去除机构如何,包覆颗粒收集系统130都收集从机械式流化微粒床20分离的多个包覆颗粒22。在包覆颗粒收集系统130中收集包覆颗粒22连续、间歇性和/或周期性地。进行。

[0133] 一个或多个热能发射装置14向机械式流化微粒床20提供足以使机械式流化微粒床20中的温度升高至比第一气态化学物质的热分解温度高的温度的热能。在一些情形下,热能发射装置14经由导热传递、对流热传递、辐射热传递或其组合,将热能传递到机械式流化微粒床20。在一个情形下,一个或多个热能发射装置14可靠近锅12的至少一部分来设置,例如,靠近锅12的底部的全部或部分。有时,用于将机械式流化微粒床20中的温度升高至比第一气态化学物质的热分解温度高的温度的一个或多个热能发射装置14可包括一个或多个电阻加热器、一个或多个辐射加热器、一个或多个对流加热器或其组合。有时,一个或多个热能发射装置14可包括一个或多个循环热传递系统,例如,一个或多个基于熔融盐或热油的热传递系统。

[0134] 传输系统50经由一个或多个振荡传输构件52与锅12物理地且能操作地联接。虽然在图1中示出振荡传输构件52附接至锅12的底表面,但振荡传输构件52可能操作地联接至锅12的任何表面。一个或多个加强构件15可围绕下表面12b或围绕锅12的其他表面设置,

以增大刚性并减小锅12的操作挠曲。在一些情形下,可在锅的上表面12a上设置一个或多个加强构件15,以提高锅12的刚性,或提高机械式流化微粒床20的流化或流动特性。

[0135] 在至少一些实现方式中,一个或多个热能传递装置57可物理地和/或热地联接至传输构件52,以传递来自传输构件52的热能。在一些情形下,一个或多个热能传递装置57可包括一个或多个无源热能传递装置,例如,一个或多个扩张表面积的散热器。在一些情形下,一个或多个热能传递装置57可包括一个或多个有源热能传递装置,例如,热传递介质通过其进行循环的一个或多个旋管和/或套。

[0136] 传输系统50用于使锅12沿着一个或多个运动轴54a-54n(统称为“一个或多个运动轴54”)振荡或振动。图1描绘了与锅12底部的上表面12a垂直的单个运动轴54a。传输系统50包括能够通提供锅12沿着一个或多个运动轴54进行振荡或振动位移的任何系统、装置或系统和装置的任何组合。在至少一些情形下,一个或多个运动轴54包括与锅12底部的上表面正交(即,垂直)的单个轴。传输系统50可包括能够使锅12沿着一个或多个运动轴54振荡或振动的至少一个电子系统、机械系统、机电系统或其组合。一个或多个套管56a、56b(统称为“套管56”)使锅12沿着一个或多个运动轴54的振动或振荡运动基本上对准。

[0137] 有时,套管56还限定、约束或以其他方式限制锅12横向地或在没有与一个或多个运动轴54对准的其他方向上的不受控制或无意的位移。保持锅12的振动或振荡运动与一个或多个运动轴54基本对准,有利地降低了机械式流化微粒床20内形成“细粒”的可能性。另外,保持锅12的振动或振荡运动与一个或多个运动轴54基本对准,有利地提高了锅12中的包覆颗粒分布的均匀度,由此改善了机械式流化微粒床20内的整体对流、产量或粒径分布。限制在机械式流化微粒床20内形成超小颗粒,通过增加沉积在机械式流化微粒床20中的微粒上的第一化学物质的可用量来增加第二化学物质的整体产量。如该背景下所使用,“超细颗粒”表示一些颗粒,这些颗粒具有物理属性,以使得通过夹带在从机械式流化微粒床排出的废气中而从机械式流化微粒床20中去除。这种“超细颗粒”可具有例如小于大约1微米或小于大约5微米的直径。

[0138] 第一套管56a围绕振荡传输构件52设置,并且包括孔,振荡传输构件52穿过该孔。在一些情形下,第一套管56a可靠近容器壁31而围绕振荡传输构件52设置。在其他情形下,第一套管56a可远离容器壁31而围绕振荡传输构件52设置。

[0139] 在一些情形下,第二套管56b沿着一个或多个运动轴54设置在远离第一套管56a的位置处。第二套管56b还包括孔,振荡传输构件52穿过该孔。具有沿着一个或多个运动轴54对准的通道的一种套管56间隔布置有助于保持振荡传输构件52沿着一个或多个运动轴54对准。另外,套管56的间隔布置还有利地限制或约束振荡传输构件52在除了一个或多个运动轴54外的方向上的运动或位移。

[0140] 任何数量的电子、机械、电磁或机电驱动器58可与振荡传输构件52能操作地联接。在至少一些情形下,驱动器可包括机电系统,机电系统包括诸如电机的58原动力,原动力与凸轮60或能够经由连杆62为振荡传输构件52提供规则的、可重复的振荡或振动运动的类似装置联接。传输构件52经由使振荡传输构件52与锅12连结的一个或多个联接件将振荡或振动运动传送到锅12。

[0141] 在一个所示实施方式中,一个或多个永磁体可与锅12联接或以其他方式物理附连。一个或多个电磁力产生驱动器可设置在反应器30外部。设置在反应器30外部的电磁力

产生驱动器中的改变可使与锅12联接的磁体循环位移,由此使锅振荡,并使锅上的微粒床20流化。

[0142] 锅12沿着一个或多个运动轴54的振荡或振动可以以一个或任何数量的频率进行,并具有任何位移。有时,锅12在第一间隔内以第一频率振荡或振动,以及在第二间隔内以第二频率振荡或振动。在一些情形下,第二频率可为0Hz(即,没有振荡运动),由此形成其中锅12在第一间隔内以第一频率振荡并且在第二间隔内保持静止的周期。第一间隔可具有任何持续时间,并且可比第二间隔更短或更长。在至少一些情形下,锅12可具有从大约1周期/秒(Hz)至大约4,000Hz;大约500Hz至大约3,500Hz;或大约1,000Hz至大约3,000Hz的振荡或振动频率。

[0143] 有时,锅12的振荡或振动的幅度和方向可沿单个运动轴54a,例如,与锅12底部的上表面12a大体正交(即,垂直)的轴。在其他时候,锅12的振荡或振动幅度和方向可包括沿两个正交运动轴54a、54b的分量。例如,锅12的振荡或振动幅度和方向可包括第一分量和第二分量,其中,第一分量沿着第一运动轴54a的方向,并且具有与锅12底部的上表面正交的幅度(即,垂直分量),第二分量沿着第二运动轴54b(图1中未示出)的方向,并且具有与锅12底部的上表面平行的幅度(即,水平分量)。有时,已发现,幅度比垂直分量小的水平分量有利地协助从机械式流化微粒床20选择性地去除包覆颗粒。

[0144] 另外,锅12沿着一个或多个运动轴54的振荡或振动位移幅度可为固定的,或至少部分地基于涂覆机械式流化微粒床20中的颗粒的第二化学物质的期望性质而变化。在至少一些情形下,锅12可具有从大约0.01英寸(0.3mm)至大约2.0英寸(50mm);大约0.01英寸(0.3mm)至大约0.5英寸(12mm);或从大约0.015英寸(0.4mm)至大约0.25英寸(6mm);或从大约0.03英寸(0.8mm)至大约0.125英寸(3mm)的振荡或振动位移。在至少一个实现方式中,锅12的位移可为大约0.1英寸。在至少一些情形下,可例如使用控制系统190在一个或多个范围或值内调节锅12的振荡或振动频率或锅12的振荡或振动位移中的任一者或二者。通过改变或调节锅12的振荡或振动的频率或位移,可提供有助于在机械式流化微粒床20中的颗粒表面上沉积具有优选深度、结构、组成或其他物理或化学属性的第二化学物质的条件。

[0145] 在一些情形下,围绕振荡传输构件52设置波纹管或护罩64。在一些情形下,可围绕振荡传输构件52设置内部气体密封件65。护罩64可例如在容器壁31、振荡传输构件52或容器30和振荡传输构件52二者处与容器30流体联接。护罩64隔离腔室的下部部分34,使其免于暴露于容器30周围的外部环境39。在一些情形下,可使用轴密封件65替代或增强护罩64,以防止气体从腔室的下部部分34排放到外部环境39。护罩64提供防止包括第一化学物质的气体逸出到外部环境39的辅助密封构件(除了柔性膜42和轴密封件65之外)。在一些情形下,第一化学物质可包括硅烷,硅烷在诸如在外部环境39中常见的氧气水平的大气氧气水平下自燃。在这种情形下,护罩64所提供的第二密封可将泄漏到外部环境的可能性将至最小,即便是在柔性膜42和轴密封件65失效的情况下。

[0146] 在一些情形下,护罩64可包括波纹管状密封件或类似的柔性褶皱膜状结构。在其他情形下,护罩64可包括弹性柔性型联接件或类似的弹性膜状结构。护罩64的第一端可暂时或永久地附连、联接或以其他方式结合至容器壁31的外表面,以及护罩64的第二端可类似地暂时或永久地附连、联接或以其他方式结合至环66或振荡传输构件52上的类似结构。有时,响应于第一气态化学物质的一个或多个气体检测装置(图1中未示出)可设置在下部

腔室34内部的位置处或护罩64外部的的位置处,用于检测来自反应容器30的上部腔室33的第一气态化学物质的泄漏。

[0147] 为了提高第一气态化学物质至微粒床20中的渗透,将微粒床20机械式流化,以增加床的容积,并且增大形成机械式流化微粒床20的颗粒之间的距离(即,微粒之间的填隙空位的数量或大小)。另外,微粒床20的机械式流化使床内的微粒在整个床内流动和循环,由此抽取整个床内的第一气态化学物质,并且加速第一化学物质与形成机械式流化微粒床20的多个微粒的渗透和混合。因实现第一气态化学物质与形成机械式流化微粒床20的被加热微粒之间的紧密接触,导致机械式流化微粒床20内的第一气态化学物质的至少部分热分解。第一气态化学物质与微粒床20毗邻,致使非挥发性第二化学物质的至少部分沉积在形成机械式流化微粒床20的颗粒的外表面上。另外,流化微粒床20的流体性质允许气态副产物(例如,诸如氢气的第三气态化学物质)从微粒床20逸出。

[0148] 初始地,在锅12中添加小直径“种微粒”的初始装载,以形成第二化学物质沉积在其上的多个微粒。在操作中,通过微粒床20中的颗粒的磨损和破裂和/或用第一气态化学物质使第二化学物质(例如,多晶硅种)自发自成核,在微粒床20内形成附加的细小微粒或“细粒”。有时,这种自动或自发形成的微粒状“细粒”足以取代包覆颗粒22形式的、机械式流化微粒床20中的微粒量损失。

[0149] 有时,具体有利的是,保持机械式流化微粒床20内的自发自成核和物理磨损而产生的微粒细粒,从而提供附加的第二化学物质沉积位置和/或减少外壳30内的粉尘形成。机械式流化微粒床20中保留这种小直径微粒细粒可完全或部分地归因于通过机械式流化微粒床20的、相对低的第一气态化学物质流速或流动速率。在机械式流化微粒床20中保留较小直径的细小微粒可有益于将从诸如微粒供给系统90的外部源供给种微粒的需要将至最小、减小或乃至消除。

[0150] 由于传统的液压式流化微粒床依赖于相对高的表观气的流速或流动速率,以使微粒悬浮并形成流化床,因而机械式流化微粒床20中可能的低气体流速根本不可能。因而,机械式流化微粒床20可通过保持小直径的微粒细粒来提供优于液压式流化床的显著优点。例如,机械式流化微粒床20可保持微粒直径小达1微米( $\mu\text{m}$ );  $5\mu\text{m}$ ;  $10\mu\text{m}$ ;  $20\mu\text{m}$ ;  $30\mu\text{m}$ ;  $50\mu\text{m}$ ;  $70\mu\text{m}$ ;  $80\mu\text{m}$ ;  $90\mu\text{m}$ 或 $100\mu\text{m}$ 的微粒细粒;而液压式流化微粒床仅可保持微粒直径超过 $100\mu\text{m}$ ;  $150\mu\text{m}$ ;  $200\mu\text{m}$ ;  $250\mu\text{m}$ ;  $300\mu\text{m}$ ;  $350\mu\text{m}$ ;  $400\mu\text{m}$ ;  $450\mu\text{m}$ ;  $500\mu\text{m}$ ;或 $600\mu\text{m}$ 的微粒。

[0151] 在其他时候,机械式流化微粒床20中微粒的自发自成核会不足以补偿多个包覆颗粒22中损失的微粒。在这种情形下,颗粒供应系统90可周期性地、间歇性地或连续性地向机械式流化微粒床20提供附加的新微粒。

[0152] 有时,有利的是,从机械式流化床反应器10去除极细小微粒的至少部分,例如,直径小于10微米( $\mu\text{m}$ )的极细小微粒。去除这种微粒细粒可至少部分地例如通过间歇性地、周期性地或连续性地去除和过滤腔室32的上部部分33中存在的气体的至少部分来实现。这种去除还可至少部分地例如通过去除过滤从腔室32的上部部分33中的废气的至少部分来实现。例如基于微粒、颗粒或细粒直径从系统100中选择性地去除细粒可通过过滤气体混合物或废气来实现。可通过在从机械式流化微粒床20排出的废气中选择性地夹带细粒来使从反应器30的上部腔室33中去除的废气中选择性地存在的细粒。例如,通过控制从机械式流化微粒床20排出的废气的速率,可从机械式流化微粒床20中选择性地去除具有具体直径范围

的细粒,并且将细粒承载、夹带在从机械式流化微粒床20排出到腔室32的上部部分33中的废气中。例如,提高来自机械式流化微粒床20的废气的速率往往会夹带并去除来自机械式流化微粒床20的、较大直径的细小颗粒。相反,减小来自机械式流化微粒床20的废气速率往往会夹带并去除来自机械式流化微粒床20的、较小直径的细小颗粒。

[0153] 周期性地、间歇性地或连续性地从机械式流化微粒床20中去除多个包覆颗粒22形式的产物。有时,基于一种或多种物理属性,从机械式流化微粒床20中选择性地去除这种包覆颗粒22,诸如,直径超过限定值(例如,大于大约100微米( $\mu\text{m}$ );大于大约500微米( $\mu\text{m}$ );大于大约1000微米( $\mu\text{m}$ );大于大约1500微米( $\mu\text{m}$ ))的包覆颗粒22。在其他情形下,可使用诸如包覆颗粒密度的物理属性来从机械式流化微粒床20中选择性地去除包覆颗粒22。

[0154] 如上文所提到的,有点出乎意料的是,具有较大直径的包覆颗粒22(即,具有第二化学物质的较大沉积的包覆颗粒22)往往会在床20内“升高”,并且在机械式流化微粒床20的表面上“悬浮”,而具有较小直径的微粒(即,具有第二化学物质的较小沉积的包覆颗粒22)往往会在床20内“下沉”,并因此保持在床20内。在一些情形下,可通过将静电荷置于锅12的全部或部分上以使较小微粒朝向锅12进而床20的底部吸引来增强该效果。朝向锅的底部吸引较小颗粒有益地将较小颗粒或细粒保持在床20内,并减少细小微粒从机械式流化微粒床20传递至上部腔室33。

[0155] 分隔系统40将腔室32分隔成上部部分33和下部部分34。分隔系统40包括柔性构件42,柔性构件42通过物理方式附连、附接或联接44至锅12,并且通过物理方式附连、附接或联接46至反应容器30。在至少一些实现方式中,柔性构件42气密性地密封上部腔室33,隔离下部腔室34。柔性构件42划分腔室32,使得锅12的上表面暴露于腔室的上部部分33,而不暴露于腔室的下部部分34。类似地,锅的下表面12b暴露于腔室的下部部分34,而不暴露于腔室的上部部分33。

[0156] 为了适应锅12和反应容器30之间的相对运动,柔性构件42可包括能够耐受锅12沿着一个或多个运动轴54的潜在延长的和重复的振荡或振动的材料或具有能够耐受锅12沿着一个或多个运动轴54的潜在延长的和重复的振荡或振动的几何形状和/或构造。在一些情形下,柔性构件42可具有适应锅12沿着一个或多个运动轴54位移的波纹管型构造。在其他情形下,柔性构件42可包括“护罩”或并入或包括弹性材料的类似柔性联接件或膜,其中该弹性材料对腔室32的上部部分33和下部部分34二者中的物理和化学环境同时有化学抗性和热抗性。在一些实现方式中,柔性构件42可被隔离,以保持上部腔室33内的热和/或限制从上部腔室33到下部腔室34的热传递。该隔离在柔性构件42的34侧。在至少一些实现方式中,隔离在柔性构件42暴露于下部腔室34的侧部。这种定位通过隔离有利地阻止了机械式流化微粒床20被污染。

[0157] 在至少一些情形下,柔性构件42可全部或部分地为柔性金属构件,例如,柔性316SS构件。在至少一些实现方式中,柔性构件44与反应容器30的物理联接件46可包括凸缘或适于插入两个或更多反应容器30配合表面之间的类似结构,其中插入两个或更多反应容器30配合表面之间例如为插入如图1中所示的凸缘36之间。柔性膜42和锅12之间的物理联接件44可沿着锅的上表面12a、锅的下表面12b或锅12的周边壁12c中的一个或多个制成。在一些情形下,柔性构件42的全部或部分可与锅12的至少部分或反应容器30的至少部分一体形成。在一些情形下,在柔性构件42的一些或全部包括金属构件的情况下,柔性构件42可焊

接或类似地热结合至锅12、容器30或锅12和容器30二者。

[0158] 包括第一气态化学物质和可选地包括一种或多种稀释剂的气体可以单独地或作为大批气体混合物添加至上部腔室33。在一些情形下,只将第一气态化学物质添加至上部腔室33。在一些情形下,经由流体导管84来添加第一气态化学物质的一些或全部以及任何可选稀释剂的一些或全部,流体导管84使上部腔室33与第一气态化学物质供给系统72和一个或多个稀释剂供给系统78流体联接。有时,第一气态化学物质和可选稀释剂混合,并经由流体导管84通过气体供应系统70作为大批气体混合物供应至腔室的上部部分33。

[0159] 虽然被描绘为通过上部腔室33从机械式流化微粒床20上方供给,但流体导管84还可通过下部腔室34从机械式流化微粒床20下方供给。通过下部腔室34从下方供给第一气态化学物质和一种或多种稀释剂可有利地允许第一气态化学物质经由流体导管84穿过相对低温的下部腔室34。因第一气态化学物质穿过相对低温的下部腔室,有益地降低了机械式流化微粒床20外部的第一气态化学物质热分解的可能性。

[0160] 供应至腔室的上部部分33的大批气体混合物产生可例如使用压力传送器176测量的压力。如果只允许在腔室的上部部分内33形成压力,则由于由上部腔室33中的气体施加在锅的上表面12a上的压力,所以传送系统50使锅12沿着一个或多个运动轴54振荡或振动所需的力的量会随着腔室的上部部分33中的大批气体混合物的压力增大而增大。为了减小使锅12振荡或振动所需的力,可使用惰性气体供应系统150将惰性气体或惰性气体混合物引入腔室的下部部分34中。因将惰性气体引入腔室的下部部分34中,可减小腔室的上部部分33和腔室的下部部分34之间的压力差。因腔室的上部部分33和腔室的下部部分34之间的压力差减小,传输系统50使锅12振荡或振动所需的输出力减小。

[0161] 锅12振荡或振动,并且使通过锅12的底部的上表面12a承载的多个微粒机械式流化。振荡传输构件52通过套管56a的重复运动可在正常操作期间生成污染物。除其他外,这种污染物可包括可排出到腔室32中的、来自多个套管56a的削片或片、来自振荡传输构件52的金属削片等。在没有柔性构件44的情况下,排出到腔室32中的这种污染物会进入机械式流化微粒床20,从而有可能污染其中容纳的多个包覆颗粒22的全部或部分。因而,柔性构件44的存在降低了机械式流化微粒床20内部被金属或塑料削片、润滑剂或类似碎屑或传送系统50进行例行操作带来的材料污染的可能性。

[0162] 与下部腔室34流体联接的惰性气体供应系统150可包括惰性气体存储器152、任何数量的流体导管154和一个或多个惰性气体最终控制元件156,诸如,一个或多个流量或压力控制阀。调节、控制或以其他方式调制惰性气体最终控制元件156,以保持下部腔室34内的期望惰性气体压力。一个或多个惰性气体最终控制元件156可调制、调节或以其他方式控制腔室的下部部分34中的惰性气体的进气速率或压力。从惰性气体存储器152提供的惰性气体可包括在存在第一化学物质的情况下展示出非反应属性的一种或多种气体。在一些情形下,惰性气体可包括但不限于氩气、氮气或氦气中的至少一种。引入腔室的下部部分34的惰性气体可处于从大约5psig至大约900psig、从大约5psig至大约600psig、从大约5psig至大约300psig、从大约5psig至大约200psig、从大约5psig至大约150psig或从大约5psig至大约100psig的压力下。

[0163] 在一些实现方式中,下部腔室34中的惰性气体的压力大于上部腔室33中的气体的压力。在各种实现方式中,控制系统190可将下部腔室34中的气体压力的水平保持为比上部

腔室33中的气体压力大大约10英寸水或更小(0.02atm.)、大约20英寸水(0.04atm.)或更小、大约1.5psig(0.1atm.)差异或更小、大约5psig(0.3atm.)差异或更小、大约10psig(0.7atm.)差异或更大、大约25psig(1.7atm.)差异或更大、大约50psig(3.4atm.)差异或更大、大约75psig(5atm.)差异或更大、或大约100psig(7atm.)差异或更大。在一个具体实施方式中,下部腔室34中的压力可为大约600psig(40atm.),并且上部腔室33中的压力可为大约550psig(37.5atm.)。通过将下部腔室34中的压力水平保持大于上部腔室33中的压力,透过柔性构件42的任何缺口或泄漏均会导致惰性气体从下部腔室34通向上部腔室33。

[0164] 在一些情形下,可将响应于下部腔室34中的至少惰性气体的分析器或检测器布置在上部腔室33中或与上部腔室33流体联接。检测到惰性气体泄漏到上部腔室33中可指示柔性构件42失效。有益地,上部腔室33中气体的较小压力防止可能易燃的第一气态化学物质逸出到下部腔室34。在一些情形下,响应于下部腔室34中的惰性气体的分析器或检测器可以布置在围绕容器10的外部环境39中,用于检测来自下部腔室34的非反应性气体的外部泄漏。

[0165] 在其他实现方式中,下部腔室34中的惰性气体的压力小于上部腔室33中的气体的压力。在各种实现方式中,控制系统190可将上部腔室33中的气体压力水平保持为比下部腔室34中的气体压力小大约10英寸水或更小(0.02atm.)、大约20英寸水(0.04atm.)或更小、大约1.5psig(0.1atm.)差异或更小、大约5psig(0.3atm.)差异或更小、大约10psig(0.7atm.)差异或更小、大约25psig(1.7atm.)差异或更小、大约50psig(3.4atm.)差异或更小、大约75psig(5atm.)差异或更小或大约100psig(7atm.)差异或更小。在一个具体实施方式中,下部腔室34中的压力可为大约600psig(40atm.),以及上部腔室33中的压力可为大约550psig(37.5atm.)。在所示实施方式中,下部腔室34中的压力可为大约600psig(40atm.),以及上部腔室33中的压力可为大约550psig(37.5atm.)。通过将上部腔室33中的压力水平保持为低于下部腔室34中的压力,透过柔性膜42的任何缺口或泄漏均会导致气体从下部腔室34通向上部腔室33。通过将上部腔室33保持在比下部腔室34低的压力,来自上部腔室33的反应气体无法进入带有其移动部件和压力密封系统的下部腔室。

[0166] 在一些情形下,可将响应于至少下部腔室34中的气体的分析器或检测器布置在上部腔室33中或与上部腔室33流体联接。检测到有气体泄漏到上部腔室33可指示柔性构件42失效。在一些情形下,可将响应于至少上部腔室33中的气体的分析器或检测器布置在下部腔室34中或与下部腔室34流体联接。检测到有气体泄漏到下部腔室33可指示柔性构件42失效。在一些情形下,可将响应于上部腔室33中的气体的分析器或检测器布置在围绕容器10的外部环境39中,用于检测来自上部腔室33的气体的外部泄漏。

[0167] 一个或多个温度传送器175测量下部腔室34中惰性气体的温度。有时,下部腔室34中的惰性气体的温度可保持低于第一气态化学物质的热分解温度。保持惰性气体的温度低于第一气态化学物质的热分解温度可有利地降低柔性构件44上沉积第二化学物质的可能性,因为相对冷的惰性气体往往会在系统100进行例行操作期间限制柔性构件44内热的增加。另外,它防止驱动机构上的密封件过热而导致密封失效。下部部分34中的惰性气体的温度可利用置于下部部分34内的冷却旋管来控制,通过冷却介质冷却。还可通过在从大约25℃至大约375℃、从大约25℃至大约300℃、从大约25℃至大约225℃、从大约25℃至大约150℃或从大约25℃至大约75℃的温度下将惰性气体引入下部腔室34来控制该温度。有时,引

入下部腔室34的惰性气体可处于比第一气态化学物质的热分解温度低的温度。在这种时候,引入下部腔室34的惰性气体可为至少大约100℃、至少大约200℃、至少大约300℃、至少大约400℃、至少大约500℃或至少大约550℃,低于第一气态化学物质的热分解温度。

[0168] 一个或多个温度传送器180测量上部腔室33中的气体温度。有时,上部腔室33中气体的温度可保持为低于第一气态化学物质的热分解温度。因保持气体温度低于第一气态化学物质的热分解温度,可有利地降低机械式流化床20外部的表面上沉积第二化学物质的可能性,因为相对冷的气体往往会在系统100进行例行操作期间限制上部腔室33内的表面温度。上部部分33中的惰性气体的温度可利用置于上部部分33内的冷却旋管来控制,通过冷却介质冷却。还可利用置于容器30外壁上的冷却翅片来冷却该温度。

[0169] 上部腔室33中的气体可处于从大约25℃至大约500℃、从大约25℃至大约300℃、从大约25℃至大约225℃、从大约25℃至大约150℃或从大约25℃至大约75℃的温度。有时,上部腔室33中的气体可处于比第一气态化学物质的热分解温度低的温度。在这种时候,上部腔室33中的气体可为至少大约100℃、至少大约200℃、至少大约300℃、至少大约400℃、至少大约500℃或至少大约550℃,低于第一气态化学物质的热分解温度。

[0170] 一个或多个压力差测量系统170监测并且在必要情况下控制上部腔室33和下部腔室34之间的压力差。有时,压力差测量系统170将上部腔室33和下部腔室34之间的最大压力差保持为低于柔性构件44的最大工作压力差。如以上所讨论,上部腔室33和下部腔室34之间的过大压力差会增大力,并且因此增大振荡或振动锅12所需的动力。包括与压力差传送器173联接的下部腔室压力传感器171和上部腔室压力传感器172的压力差系统170可用于提供表征上部腔室33和下部腔室34之间的压力差的过程变量信号。上部腔室33和下部腔室34之间的压力差可保持为小于大约25psig、小于大约10psig、小于大约5psig、小于大约1psig、小于大约20英寸的水或小于大约10英寸的水。

[0171] 可通过控制系统190来监测、调节和/或控制腔室32的上部腔室33和下部腔室34之间的压力差。例如,控制系统190可通过分别调制或控制最终控制元件76或82、或调制或控制排气阀118来调节通向上部腔室33的第一气态化学物质和/或可选稀释剂的流量或压力,从而调节上部腔室33中的压力。控制系统190可通过调制或控制最终控制元件156来调节从惰性气体存储器152引入下部腔室34的惰性气体的流量或压力,从而调节下部腔室34中的压力。

[0172] 一个或多个热能发射装置14可采取各种形式,例如,响应于源192提供的电流的经过而以热的形式发射或以其他方式产生热能的一个或多个辐射元件或电阻元件。一个或多个热能发射装置14经由通过一个或多个热能发射装置14提供的热能的传导、对流和/或辐射传递来提高通过锅12承载的机械式流化微粒床20的温度。一个或多个热能发射装置14可例如类似于在电炉顶炉或浸入式加热器中常见的镍/铬/铁(“镍铬铁合金(nichrome)”或 Calrod<sup>®</sup>)电线圈。

[0173] 一个或多个温度传感器178测量机械式流化微粒床20的温度。在一些情形下,控制系统190可响应于所测得的机械式流化微粒床20的温度而可变地调节源192的电流输出,从而保持具体的床温度。控制系统190可将机械式流化微粒床20保持等于或高于具体温度,该具体温度大于上部腔室33中所测得的过程条件(例如,压力、气体组分等)下第一化学物质的热分解温度。

[0174] 例如,在第一化学物质包括硅烷且在上部腔室33内测得的气体压力是大约175psig(12atm.)的情况下,大约550℃的温度会导致硅烷热分解以及多晶硅(即,第二化学物质)沉积在微粒床20内的颗粒上。在氯硅烷形成第一化学物质的至少部分的情况下,使用与具体氯硅烷或氯硅烷混合物的热分解温度相当的温度。

[0175] 至少部分地根据第一化学物质的组分,可控制机械式流化微粒床20,使其在从大约100℃、大约200℃、大约300℃、大约400℃或大约500℃的最低温度至大约500℃、大约600℃、大约700℃、大约800℃或大约900℃的最高温度的范围内。在至少一些情形下,可例如使用控制系统190,能够在一个或多个范围或值上手动地、半自动地或自动地调节机械式流化微粒床20的温度。这种可调节温度范围在微粒床20内提供了有助于具有优选厚度、结构或组分的第二化学物质沉积在机械式流化微粒床20中的颗粒表面上的热环境。在至少一个实现方式中,控制系统190保持机械式流化微粒床20中的第一温度(如,650℃),第一温度高于第一气态化学物质的热分解温度,以及保持上部腔室33和/或下部腔室34中别处的温度(例如,300℃)低于第一气态化学物质的热分解温度。

[0176] 在一些情形下,热绝缘材料16中可包括热反射材料,从而朝向锅12反射由一个或多个热能发射装置14发射的热能的至少部分。

[0177] 在至少一些情形下,至少一个热反射构件18可位于上部腔室33内,并且设置成将通过机械式流化微粒床20辐射的热能的至少部分返回床。这种热反射构件18可有利地协助减少一个或多个热能发射装置14保持机械式流化微粒床20的温度而消耗的能量。另外,至少一个热反射构件18还可有利地协助通过限制从机械式流化微粒床20辐射到上部腔室33的热能的量来保持上部腔室33中的温度低于第一气态化学物质的热分解温度。在至少一些情形下,热反射构件18可为抛光的热反射不锈钢构件或镍合金构件。在其他情形下,热反射构件18可为具有抛光的热发射涂层的构件,该热反射涂层包括诸如银或金的一种或多种贵金属。

[0178] 然而,应注意的是,虽然被称为热反射构件,但构件18不一定包括热反射表面。它可用于利用布置在构件18的上表面上的绝缘层来减少从床20到上部部分33的热通量。该层可密封在金属内,或替代地,密封在非导热容器内,以防止机械式流化微粒床20中的微粒和包覆颗粒被污染。另外,该层可与构件18下侧上的热反射表面一致地发挥作用。

[0179] 在操作中,从第一化学物质存储器72传递第一化学物质(例如,硅烷或一种或多种氯硅烷),并且可选地将第一化学物质与从稀释剂存储器78传递的一种或多种稀释剂(例如,氢气)混合。将气体或大批气体混合物引入上部腔室33。因上部腔室33中的表面处于超过第一气态化学物质的热分解温度的温度,促进了第一气态化学物质的热分解以及第二化学物质(例如,多晶硅)沉积在这种表面上。因而,通过将机械式流化微粒床20中的多个微粒保持在高于第一气态化学物质的热分解温度的温度,第一气态化学物质在机械式流化微粒床20内热分解。第二化学物质沉积在流化床20中的多个微粒的外表面上,以形成多个包覆颗粒22。

[0180] 如果上部腔室33的温度和上部腔室33内的各种组件保持低于第一气态化学物质的热分解温度,则第二化学物质沉积在这些表面上的可能性降低。有利地,如果机械式流化微粒床20的温度只是上部腔室33内的位置保持高于第一气态化学物质的分解温度,则第二化学物质沉积在机械式流化微粒床20内的可能性增大,而第二化学物质沉积在微粒床20外

的可能性降低。

[0181] 在至少一些情形下,控制系统190可变化或调节机械式流化微粒床20的操作,以有利地改变或影响沉积在多个包覆颗粒22上的第二化学物质的产量、组分或结构。有时,控制系统190可按使上部腔室33中的气体压力的波动最小的位移和/或频率来振荡锅12。通过使锅12的底部面积乘以位移距离来得出锅12的位移容积。例如,具有十分之一英寸的位移的12英寸直径圆形锅具有大约11.3立方英寸的位移容积。使上部腔室中的气体压力波动最小化的一种方法是,确保上部腔室容积与位移容积的比率超过限定值。例如,为了使由锅12振荡而引起的上部腔室33中的压力波动最小化,上部腔室容积与位移容积的比率可超过大约5:1、大约10:1、大约20:1、大约50:1、大约80:1或大约100:1。

[0182] 在其他情形下,控制系统190可在第一间隔内使机械式流化微粒床20按第一频率振荡或振动,之后在第二间隔内停止或停下床的振荡或振动。通过使床循环的间隔与34床没有循环情况下的规则或不规则间隔交替,可有利地促进第一气态化学物质渗入形成机械式流化微粒床20的多个微粒内的空隙间隔中。当微粒床20的振荡或振动停下时,第一气态化学物质的全部或部分可被捕获在澄清床内。第一时间(即,床被流化的时间)与第二时间(即,床变澄清的时间)的比率可小于大约10,000:1、小于大约5,000:1、小于大约2,500:1、小于大约1,000:1、小于大约500:1、小于大约250:1、小于大约100:1、小于大约50:1、小于大约25:1、小于大约10:1或小于大约1:1。

[0183] 在其他情形下,控制系统190改变、调节或控制沿着至少一个运动轴的振荡频率和/或振荡位移中的至少一个。在一个示例中,控制系统190可例如通过向上或向下调节频率来改变、调节或控制锅12的振荡频率,以实现所期望的包覆颗粒22与机械式流化微粒床20的分离。在另一示例中,控制系统190可沿着单个运动轴(例如,与锅12的底部正交的轴)或沿着多个正交运动轴(例如,与锅12的底部正交的轴和与锅12的底部平行的至少一个轴)来改变、调节或控制锅12的振荡位移。

[0184] 在其他实现方式中,在将第一气态化学物质引入上部腔室33和/或机械式流化微粒床20的同时,使锅12的振荡或振动或多或少保持恒定。可间歇地或连续地改变锅12的振荡位移和/或振荡频率,以有利于将第二化学物质沉积在形成机械式流化微粒床20的多个微粒上。第二化学物质沉积在形成机械式流化微粒床20的多个微粒的外表面上。可批量地、半连续地或连续地从机械式流化微粒床20中去除所得多个包覆颗粒22的全部或部分。

[0185] 微粒供应系统90包括微粒传送器94,例如,传送装置,用于将新微粒92从微粒存储器96直接传递到机械式流化微粒床20或诸如微粒进入系统98的一个或多个中间系统。在一些实施方式中,微粒进入系统98中的颗粒供给容器102可用作新微粒92的存储器。

[0186] 新微粒92可具有各种形式中的任一种。例如,新微粒92可作为规则或不规则形状的微粒来提供,这种微粒作用于第二化学物质沉积在机械式流化微粒床20中的成核点。有时,新微粒92可包括由第二化学物质形成的微粒。供应至机械式流化微粒床20的新微粒92的直径可为从大约0.01mm至大约2mm、0.01mm至大约2mm、从大约0.15mm至大约1.5mm、从大约0.25mm至大约1.5mm、从大约0.25mm至大约1mm或从大约0.25mm至大约0.5mm。

[0187] 机械式流化微粒床20中微粒中的每个的表面积之和提供了合计床表面积。在至少一些情形下,可例如使用控制系统190来控制添加到机械式流化微粒床20中的颗粒量,从而保持合计床表面积与锅底部上表面12a的表面积的目标比率。合计床表面积与锅底部的上

表面12a表面积的比率可为从大约10:1至大约10,000:1、大约10:1至大约5,000:1、大约10:1至大约2,500:1、大约10:1至大约1,000:1、大约10:1至大约5,00:1或大约10:1至大约100:1。

[0188] 在其他情形下,添加到机械式流化微粒床20中的新微粒92的数量可基于锅底部的上表面12a的整体面积。意料发现的是,在给定生产速率下操作的机械式流化微粒床20中生产的包覆颗粒22的大小是锅底部的上表面12a的单位面积内单位时间产生或添加的新(即,种子)微粒92的数量的强函数。事实上,锅底部的上表面12a的单位面积内单位时间添加的新微粒92的数量是创建多个包覆颗粒22的一种或多种物理属性(例如,大小或直径)的至少一个识别控制因素。微粒供应系统90可以以从大约1个颗粒/分钟-上表面12a面积的每平方英寸( $p/m-in^2$ )至大约5,000 $p/m-in^2$ 、大约1个颗粒/分钟-上表面12a面积的每平方英寸( $p/m-in^2$ )至大约2,000 $p/m-in^2$ 、大约1个颗粒/分钟-上表面12a面积的每平方英寸( $p/m-in^2$ )至大约1,000 $p/m-in^2$ 、大约2 $p/m-in^2$ 至大约200 $p/m-in^2$ 、大约5 $p/m-in^2$ 至大约150 $p/m-in^2$ 、大约10 $p/m-in^2$ 至大约100 $p/m-in^2$ 或大约10 $p/m-in^2$ 至大约80 $p/m-in^2$ 的速率,在微粒床20中添加颗粒。

[0189] 微粒传送器94可包括气动给料器(例如,鼓风机)、重力给料器(例如,称量皮带给料器)、定体积给料器(例如,螺旋给料器)或其组合中的至少一种。在至少一些情形下,可在一个或多个范围内连续地调节或变化微粒传送器94的定体积或重力传递速率,例如,控制系统190可连续地与平均包覆颗粒22的质量、每单位时间添加的微粒数量相关地控制由微粒供应系统90传递的新微粒92的重量或体积。

[0190] 微粒进入系统98从微粒传送器94接收新微粒92,并且包括:微粒入口阀104、微粒供给容器102和微粒出口阀106。颗粒从微粒传送器94通过微粒入口阀104排放到颗粒供给容器102中。累积的新微粒92可经由微粒出口阀106连续性地、间歇性地或周期性地从颗粒供给容器102排放。微粒入口阀104和微粒出口阀106可包括任何类型的流量控制装置,例如,一个或多个电机驱动的可变速的旋转阀。

[0191] 在至少一些情形下,使用诸如滴管、管道等的导管或空心构件108将流入腔室的上部部分33中的新微粒92沉积在机械式流化微粒床20中。控制系统190可使通过微粒供应系统90供应的新微粒92的体积或重量与通过包覆颗粒收集系统130去除的包覆颗粒22的体积或重量相协调或同步。通过使用控制系统190使新微粒92供给至机械式流化微粒床20的速率与从机械式流化微粒床20中去除包覆颗粒22的速率相协调或同步,提供了能够控制排放的包覆颗粒22的平均粒径的系统。通过添加较大的新微粒-度量是颗粒数量、颗粒的容积率、或度量是颗粒数量、颗粒的容积率的颗粒质量或颗粒质量,减小排放的颗粒22的平均大小。

[0192] 气体供应系统70包括容纳第一气态化学物质的第一气态化学物质存储器72。在一些情形下,第一气态化学物质存储器72可与容纳一种或多种可选稀释剂可选地流体联接。在第一气态化学物质与可选稀释气体混合地提供到机械式流化微粒床20的情况下,来自存储器72、78中的每个的流混合,并且经由流体导管84作为大批气体混合物进入上部腔室33。

[0193] 气体供应系统70还包括各种导管74、80、第一气态化学物质最终控制元件76、稀释剂最终控制元件82和其他组件(例如,鼓风机、压缩机、喷射器、隔断阀、排泄系统、环境控制系统等),为了清晰起见,这些未在图1中示出。这种设备和辅助系统允许将容纳第一化学物

质的大批气体混合物以受控制的、安全且有环境意识的方式传递到腔室的上部部分33。

[0194] 容纳第一气态化学物质的气体可以可选地包括与第一气态化学物质预先混合的一种或多种稀释剂(例如,氢气)。第一气态化学物质可包括但不限于硅烷、单氯硅烷、二氯硅烷、三氯硅烷或四氯硅烷,用于提供包括硅的非挥发性第二化学物质。然而,也可使用其他替代的气态化学物质,包括在分解后提供诸如碳化硅、氮化硅或氧化铝(蓝宝石玻璃)的各种非挥发性第二化学物质的气体或气体混合物。

[0195] 存储在稀释剂存储器78中的一种或多种可选稀释剂可以与作为第一气态化学物质的热分解副产物而产生的第三气态化学物质相同或不同。虽然氢气提供了示例可选稀释剂,但在上部腔室33中还可使用其他稀释剂。在至少一些实现方式中,一种或多种可选稀释剂可包括一种或多种掺杂剂,诸如砷和含砷化合物、硼和含硼化合物、磷和含磷化合物、镓和含镓化合物、锗或含锗化合物或其组合。

[0196] 虽然在图1中被示出为在上部腔室33的顶部处进入,但可在上部腔室33内的任何数量的点和/或位置处,全部或部分地引入第一气态化学物质和/或大批气体混合物。例如,可将第一气态化学物质和/或大批气体混合物的至少部分引入上部腔室33的侧部。在另一示例中,可例如使用通向位于锅上表面12a上的气体分配器的一个或多个柔性连接件,将第一气态化学物质和/或大批气体混合物的至少部分直接排放到机械式流化微粒床20中。可在上部腔室33和/或机械式流化微粒床20中间歇性地或连续性地添加第一气态化学物质和/或大批气体混合物。在至少一些情形下,第一气态化学物质和/或大批气体混合物经由热反射构件18中的一个或多个孔10由机械式流化微粒床20接收。

[0197] 控制系统190变化、改变、调节或控制通向上部腔室33的第一气态化学物质和/或大批气体混合物的流量和/或压力。一个或多个压力传送器176监测上部腔室33内的气体压力。在一个示例中,将包括硅烷气体的第一气态化学物质引入上部腔室33和/或被加热的机械式流化微粒床20。随着硅烷在机械式流化微粒床20内热分解,多晶硅沉积在机械式流化微粒床20中微粒的表面上,以提供多个包覆颗粒22。随着包覆颗粒22的直径增大,机械式流化微粒床20的深度增大,并且包覆颗粒22中的至少一些落入包覆颗粒溢出导管132中。

[0198] 在这种示例中,控制系统190可按受控制速率引入第一气态化学物质和可选掺杂物,以保持上部腔室33中和/或机械式流化微粒床20中限定的第一气态化学物质局部压力。在一些情形下,上部腔室33中或机械式流化微粒床20中的第一气态化学物质可具有从大约0个大气压(atm.)至大约40atm.的局部压力。在一些情形下,上部腔室33中或机械式流化微粒床20中的可选稀释剂(例如,氢气)可具有从大约0atm.至大约40atm.的局部压力。在一些情形下,上部腔室33中或机械式流化微粒床20中的可选稀释剂可具有从大约0mol%至大约99mol%的摩尔分数。

[0199] 在一些情形下,上部腔室33可保持在从大约5psia(0.33atm.)至大约600psia(40atm.)、从大约15psia(1atm.)至大约220psia(15atm.)、从大约30psia(2atm.)至大约185psia(12.5atm.)、从大约75psia(5atm.)至大约175psia(2atm.)的压力。在上部腔室33内,第一气态化学物质的局部压力可为从大约0psi(1atm.)至大约600psi(40atm.)、从大约5psi(0.33atm.)至大约150psi(10atm.)、从大约15psi(1atm.)至大约75psi(5atm.)、从大约0.1psi(0.01atm.)至大约45psi(3atm.)。在上部腔室33内,一种或多种可选稀释剂的局部压力可为从大约1psi(0.067atm.)至大约600psi(40atm.)、从大约15psi(1atm.)至大约

220psi (15atm.)、从大约15psi (1atm.) 至大约150psi (10atm.)、从大约0.1psi (0.01atm.) 至大约220psi (15atm.) 或从大约45psi (3atm.) 至大约150psi (10atm.)。

[0200] 在一个所示连续操作示例中,上部腔室33内的操作压力保持在大约165psia (11.2atm.),其中来自上部部分33的废气中的硅烷(即,第一气态化学物质)的局部压力保持在大约0.5psi (0.35atm.),以及氢气(即,可被作为第三气态化学物质的稀释剂)的局部压力保持在大约164.5psi (11.1atm.)。稀释剂可作为供给气体添加到上部腔室33,或在硅烷分解的情况下,可根据公式 $\text{SiH}_4 \rightarrow \text{Si} + 2\text{H}_2$ 生产为硅烷热分解的第三气态化学物质副产物。

[0201] 上部腔室33、溢出导管132和产物接收器130中的环境保持在低氧气水平(例如,小于20体积百分比的氧气)或极低氧气水平(例如,小于0.001摩尔百分比的氧气至小于1.0摩尔百分比的氧气)。在一些情形下,上部腔室33内的环境保持在没有将包覆颗粒22暴露于大气氧气的低氧气含量。在一些情形下,上部腔室33、溢出导管132和产物接收器130内的环境保持在小于20体积百分比(vol%)的低氧气含量。在一些情形下,上部腔室33内的环境保持在小于大约1摩尔百分比(mol%)的氧气、小于大约0.5mol%的氧气、小于大约0.3mol%的氧气、小于大约0.1mol%的氧气、小于大约0.01mol%的氧气、或小于大约0.001mol%的氧气的极低氧气水平。

[0202] 由于上部腔室33中的氧浓度受到限制,因而包覆颗粒22的表面的氧化物形成有益地被最小化或乃至消除。在一个示例中,如果包覆颗粒22包括硅包覆颗粒,则包括氧化硅(例如,氧化硅、二氧化硅)的层的形成有利地最小化或乃至消除。在这种示例中,在机械式流化微粒床20中生产的硅包覆颗粒22的氧化硅含量可为小于按重量计每百万大约500份(ppmw);小于大约100ppmw;小于大约50ppmw;小于大约10ppmw或小于大约1ppmw。

[0203] 控制系统190变化、改变、调节、调制和/或控制上部腔室33中的气体组分。控制系统190间歇性地、周期性地或连续性地进行这种调节,以保持上部腔室33中的任何期望的气体组分(即,第一气态化学物质/可选稀释剂/第三气态化学物质)。在一些情形下,一个或多个气体分析器(例如,在线气相色谱仪)间歇性地、周期性地或连续性地对上部腔室33中的气体组分进行取样。使用这种分析器可有利地提供关于第二化学物质沉积在机械式流化微粒床20上的转换和速率和所生产的第三气态化学物质的量的指示。

[0204] 控制系统190可间歇性地、周期性地或连续性地调节、改变、变化和/或控制添加到上部腔室33和/或机械式流化微粒床20中的第一气态化学物质和可选稀释剂中的任一者或二者的流量或压力。控制系统190可将上部腔室33和/或机械式流化微粒床20中的第一气态化学物质的浓度保持在从大约0.1摩尔百分比(mol%)至大约100mol%、大约0.5mol%至大约50mol%、从大约5mol%至大约40mol%、从大约10mol%至大约40mol%、从大约10mol%至大约30mol%或从大约20mol%至大约30mol%。控制系统190可保持上部腔室33和/或机械式流化微粒床20中的可选稀释剂的浓度从大约0mol%至大约95mol%、从大约50mol%至大约95mol%、从大约60mol%至大约95mol%、从大约60mol%至大约90mol%、从大约70mol%至大约90mol%或从大约70mol%至大约80mol%。

[0205] 当根据本文中包括的教导来设计机械式流化微粒床20时,第一气态化学物质(例如,硅烷)中的大部分(如果不一定全部)在机械式流化微粒床20中热分解,从而提供包括第二化学物质(例如,多晶硅)的多个包覆颗粒22。可使用包括床的颗粒的表面积、床温度、床中的保持时间、腔室33中的系统压力、气体/小颗粒收缩效率、床动作和腔室的上部部分33

中容纳的气体中的第一气态化学物质的局部压力来计算所需的锅12的大小。

[0206] 在至少一些情形下,在机械式流化微粒床20外部的、上部腔室33中的所有点处,第一气态化学物质保持在低于其分解温度的温度。控制系统190保持第一气态化学物质的温度低于其热分解温度,以降低机械式流化微粒床20外部的第一气态化学物质自动分解的可能性。另外,控制系统190保持高得足以减小施加于热能发射装置14的热能要求的温度,以将机械式流化微粒床20保持在比第一化学物质的热分解温度高的温度。

[0207] 在一些情形下,可在大约10°C、大约20°C、大约50°C、大约70°C、大约100°C、大约150°C或大约200°C的最低温度至大约250°C、大约300°C、大约350°C、大约400°C或大约450°C的最高温度之间的温度下,在上部腔室33中添加第一气态化学物质和任何可选稀释剂。在一些情形下,添加到上部腔室中的第一气态化学物质和任何可选稀释剂可保持最小值是大约10°C、大约20°C、大约50°C、大约70°C、大约100°C、大约150°C、大约200°C、大约250°C或大约300°C的、低于第一气态化学物质的热分解温度的温度。

[0208] 用于提高第一气态化学物质和可选地任何稀释剂的温度的热能可源自任何热能发射装置。这种热能发射装置可包括但不限于使用热气体来提高第一气态化学物质和可选地任何稀释剂的温度的一个或多个外部电加热器、一个或多个外部流体加热器或一个或多个换热器/交换器。

[0209] 在一些情形下,第一气态化学物质和可选地任何稀释剂可穿过上部腔室33,这供应热能,从而在将第一气态化学物质引入机械式流化微粒床20之前预热第一气态化学物质。在这种情形下,第一气态化学物质和可选地任何稀释剂可被分成两个部分。第一部分穿过设置在反应器30的上部腔室33中的热互换器/热交换器(例如,旋管)。第二部分绕过热互换器/热交换器,并且与离开热互换器/热交换器的升温气体组合。组合后的第一气态化学物质和任何可选稀释剂喷射到机械式流化微粒床20内。第一部分和第二部分中的气体比例会确定喷射到机械式流化微粒床20内的组合流的温度。如果组合气体流的温度接近第一气态化学物质的分解温度,则可调节分配到第一部分(即,绕过热互换器/热交换器的部分)的气体。这种方法有利地将引入机械式流化微粒床20的第一气态化学物质的温度控制和/或保持在最佳温度,并且将上部腔室33中的温度控制和/或保持为低于第一气态化学物质的热分解温度,以使机械式流化微粒床20外部的的位置处的第一气态化学物质的热分解降至最小或被消除。在一些情形下,可在分成第一部分和第二部分之前,调节第一气态化学物质和任何可选稀释剂的温度。

[0210] 在一些情形下,穿过热互换器/热交换器的第一部分保持低于第一气态化学物质的热分解温度,因为上部区域中的辅助冷却(例如,流体冷却器和冷却旋管)将上部腔室33中的气体温度控制和/或保持为低于第一气态化学物质的热分解温度。

[0211] 在至少一些情形下,通过在上部腔室33中添加第一气态化学物质,可有利地允许使用纯或接近纯的第一气态化学物质(例如,硅烷)来实现大于大约70%、大于大约75%、大于大约80%、大于大约85%、大于大约90%、大于大约95%、大于大约99%或大于大约99.7%的整体多晶硅转换。

[0212] 气体回收系统110去除副产物,诸如在第一气态化学物质热分解期间产生的副产物第三气态化学物质。气体回收系统110包括排气端口112和导管114,排气端口112和导管114与上部腔室33流体联接,以从上部腔室33中去除气态副产物和夹带的细粒。气体回收系

统110还包括各种排放细粒分离器116、排放控制装置118和在去除或排出作为废气120的、从腔室的上部部分33中去除的气体的至少部分时可用的其他组件(例如,鼓风机、压缩机-图1中未示出)。

[0213] 气体回收系统110可对去除上部腔室33中存在的任何未反应的第一气态化学物质、可选的一种或多种稀释剂和/或副产物,以用于回收或添加处理。在一个示例中,从第一反应容器30a中的上部腔室33中去除的气体的至少部分可引入至第二反应容器30b中的上部腔室33。在一些情形下,从上部腔室33中去除的气体中存在的稀释剂的全部或部分可再循环至上部腔室33。在一些情形下,在排放、处置、销售或回收之前,可对由气体回收系统110从上部腔室33中去除的气体进行处理、分离或以其他方式的净化。在一些情形下,可回收由气体回收系统分离的气体的部分(例如,第一气态化学物质、一种或多种稀释剂、一种或多种掺杂剂等),以在反应器30中重新使用。在这种情形下,可使用一个或多个气体压缩机340或类似装置来提高任何回收气体的压力。

[0214] 有时,从上部腔室33中去除的气体包括诸如非晶二氧化硅(也称为“聚合粉末”)的悬浮细粒122、其他分解副产物和物理磨蚀副产物。排放细粒分离器116分离从上部腔室33中去除的气体中存在的细粒122中的至少一些。排放细粒分离器116可包括至少一个分离阶段,并且可包括多个分离阶段,每个分离阶段均采用相同或不同的固体/气体分离技术。在一个示例中,排放细粒分离器116包括跟随有一个或多个微粒过滤器的回旋分离器。

[0215] 包覆颗粒收集系统130收集从机械式流化微粒床20溢出的多个包覆颗粒22的至少部分。随着机械式流化微粒床20中存在的包覆颗粒22的直径增大,包覆颗粒“悬浮”至机械式流化微粒床20的表面。

[0216] 在一些情形下,包覆颗粒收集系统130收集溢出锅12的周边壁12c且落入至少部分地围绕锅12的周边壁12c设置的一个或多个包覆颗粒溢出收集装置中的包覆颗粒22。在这种情形下,锅12的周边壁12c的高度确定机械式流化微粒床20的深度。

[0217] 在其他情形下,包覆颗粒收集系统130收集溢出到设置在锅12的限定位置(例如,中心)的一个或多个空心包覆颗粒溢出导管132中的包覆颗粒22。在这种情形下,空心的包覆颗粒溢出导管132的入口在锅12底部的上表面12a上方延伸的距离确定机械式流化微粒床20的深度。空心的包覆颗粒溢出导管132的入口在锅12底部的上表面12a上方延伸的距离可为大约0.25英寸(6mm)或更大、大约0.5英寸(12mm)或更大、大约0.75英寸(18mm)或更大、大约1英寸(25mm)或更大、大约1.5英寸(37mm)或更大、大约2英寸(50mm)或更大、大约2.5英寸(65mm)或更大、大约3英寸(75mm)或更大、大约4英寸(100mm)或更大、大约5英寸(130mm)或更大、大约6英寸(150mm)或更大、大约7英寸(180mm)或更大或大约15英寸(180mm)或更大。

[0218] 机械式流化微粒床20的澄清(即,在非机械式流化状态下)床深度为从大约0.10英寸(3mm)至大约10英寸(255mm);从大约0.25英寸(6mm)至大约6英寸(150mm);从大约0.50英寸(12mm)至大约4英寸(100mm);从大约0.50英寸(12mm)至大约3英寸(75mm);或从大约0.75英寸(18mm)至大约2英寸(50mm)。

[0219] 在需要时,通过微粒供给系统90添加的新微粒92的数量足够小,使得对机械式流化微粒床20容积的影响降至最小。机械式流化微粒床20所经历的基本所有容积增加均归因于在机械式流化微粒床20中的微粒上沉积第二化学物质(例如,硅)以及所得的多个包覆颗

粒22的直径(和容积)增大。

[0220] 在机械式流化微粒床20内产生的和/或添加到机械式流化微粒床20的新微粒92的数量确定所生产的多个包覆颗粒22的大小和数量。在机械式流化微粒床20内产生的和/或添加到机械式流化微粒床20的新微粒92的大小对机械式流化微粒床20中生产的最终包覆颗粒22的大小影响最小。机械式流化微粒床20内产生的和/或添加到机械式流化微粒床20的新微粒的数量对包覆颗粒22的大小的影响反而大得多。

[0221] 有时,空心的包覆颗粒溢出导管132的敞口式入口设置在锅12底部的上表面12a上方或在上表面12a上方突出固定距离。例如,空心的包覆颗粒溢出导管132的敞口式入口可从锅12的上表面12a突出的距离为大约0.25英寸(6mm)、大约0.5英寸(12mm)、大约0.75英寸(18mm)、大约1英寸(25mm)、大约1.5英寸(37mm)、大约2英寸(50mm)、大约2.5英寸(60mm)、大约3英寸(75mm)、大约4英寸(100mm)、大约5英寸(125mm)、大约6英寸(150mm)、大约7英寸(175mm)、大约8英寸(200mm)或大约15英寸(380mm)。空心的包覆颗粒溢出导管132的内径可为大约3mm至大约55mm、大约6mm至大约25mm或大约13mm。在一些情形下,控制系统190通过变化包覆颗粒溢出导管132在锅12底部的上表面12a上方的突出来间歇性地、周期性地或连续性地调节机械式流化微粒床20的深度。可使用诸如电机和传动组件的机电系统或诸如将空心构件与电线圈磁性联接的电磁系统来实现这种调节包覆颗粒溢出导管132在锅12底部的上表面12a上方的突出。

[0222] 机械式流化微粒床20的深度会影响从机械式流化微粒床20中选择性地去除或分离的包覆颗粒22的一个或多个物理参数,诸如,粒径、颗粒组分、颗粒形貌和/或颗粒密度。因而,可调节机械式流化微粒床20的床深度,从而生产具有一个或多个期望物理或组分特性的包覆颗粒22。例如,通过调节机械式流化微粒床20中的保持时间,可减小或降低作为表面上键合的氢或从机械式流化微粒床20中选择性地去除或分离的多个包覆颗粒22的至少部分中的包覆氢的残余氢含量。包覆颗粒溢出导管132在锅上表面12a上方的突出可小于锅12的周边壁12c的高度,以降低包覆颗粒22从锅12溢出的可能性或将机械式流化微粒床20和多个包覆颗粒22保持在床中。在一些情形下,从机械式流化微粒床20中去除的包覆颗粒22的直径可为从大约0.01mm至大约5mm、从大约0.5mm至大约4mm、从大约0.5mm至大约3mm、从大约0.5mm至大约2.5mm、从大约0.5mm至大约2mm、从大约1mm至大约2.5mm或从大约1mm至大约2mm。

[0223] 经由包覆颗粒溢出导管132去除的包覆颗粒22穿过一个或多个包覆微粒入口阀134,并且累积在包覆颗粒排放容器136中。累积在包覆颗粒排放容器136中的包覆颗粒22作为产物包覆颗粒22周期性或连续性经由一个或多个包覆微粒出口阀138去除。包覆微粒入口阀134和包覆微粒出口阀138可包括任何类型的流量控制装置,例如,由一个或多个原动机驱动的、可变速度旋转阀。在至少一些情形下,控制系统190可限制、控制或以其他方式变化从包覆颗粒收集系统130排放所完成的包覆颗粒22。在至少一些情形下,控制系统190可调节从机械式流化微粒床20去除包覆颗粒22的速率,以匹配机械式流化微粒床20中的种子或新微粒92的添加或生成速率。在一些情形下,包覆颗粒22可经过以连续性或“按需要”为基础的一个或多个后处理过程,例如,稀释气体扫气过程或加热过程,例如,在500℃至700℃下加热,以使包覆颗粒22中的氢气脱气。虽然图1中未示出,但这种后处理过程的全部或部分可集成在颗粒收集系统130中。

[0224] 在一些实现方式中,包覆颗粒收集系统可包括一个或多个扫气系统137,扫气系统137经由通过颗粒去除导管132的逆流流动将化学惰性扫气供应至机械式流化微粒床20。这种逆流扫气流协助减少第一气态化学物质进入包覆颗粒溢出导管132中。在一些情形下,化学惰性扫气可包括与用于稀释上部腔室33中的第一气态化学物质的稀释剂(例如,氢)相同的气体。

[0225] 这种逆流扫气还可用于实施从机械式流化微粒床20中选择性地去除或分离多个包覆颗粒22的至少一部分。例如,逆流扫气可协助从机械式流化微粒床20中选择性地去除或分离具有一个或多个期望组分和/或物理属性(例如,包覆颗粒直径)的包覆颗粒。在一些情形下,增大扫气流量往往会增大包覆颗粒溢出管132内的逆流气体流速,这样往往会使直径较小的包覆颗粒返回机械式流化微粒床20。相反,减小扫气流量往往会减小包覆颗粒溢出管132内的逆流气体流速,这样往往会在允许较大直径包覆颗粒22流过机械式流化微粒床20的同时,使较小直径包覆颗粒与机械式流化微粒床20分离。

[0226] 控制系统190可与系统100的一个或多个其他元件能通信地联接,以进行控制。控制系统190可包括一个或多个温度、压力、流量或分析传感器和传送器,用于提供表征系统100的一个或多个组件的操作参数的过程变量信号。例如,控制系统190可包括多个温度传感器(例如,热偶、电阻型热装置),用于提供表征锅12底部的下表面12b或锅底部的上表面12a或机械式流化微粒床20中的微粒的温度的一个或多个过程变量信号。控制系统190还可从与各种阀、鼓风机、压缩机和其他设备关联的传感器接收过程变量信号。这种过程变量信号可表征具体多个设备的操作位置或状态或表征具体多个设备内的操作特性,诸如,流速、温度、压力、振动频率、振动幅度、密度、重量或大小。

[0227] 可通过调节机械式流化微粒床20的深度、第一气态化学物质的添加速率、机械式流化微粒床20中的可选稀释剂的浓度、每单位时间添加到机械式流化微粒床20或在机械式流化微粒床20中产生的新微粒92的数量、机械式流化微粒床20的温度、机械式流化微粒床20中的第一气态化学物质的温度、上部腔室33中的气体压力或其组合中的一个或多个来增大第二化学物质的沉积速率,从而可增大第二化学物质直径、包覆颗粒22的体密度和/或体积。

[0228] 在至少一些情形下,通过增加机械式流化微粒床20的温度,可增大第一气态化学物质的热分解速率,从而有利地增加第二化学物质的沉积速率。然而,床温度的这种增加会增大用于由加热机械式流化微粒床20的一个或多个热能发射装置14所消耗的热能,从而会不利地导致每个单位的多晶硅产物使用的电力较高(即,导致每千克所制造的多晶硅的较高千瓦时)。如此,可通过调节机械式流化微粒床20的温度,针对任何给定系统和操作目的和成本因素的组合来选择最佳的机械式流化微粒床20温度,从而使生产速率与电成本平衡。

[0229] 控制系统190可使用各种过程变量信号来产生一个或多个控制变量输出,该控制变量输出用于根据机器可执行指令或逻辑的限定集合来控制系统100的元件中的一个或多个。机器可执行指令或逻辑可存储在与控制系统190能通信地联接的一个或多个非暂态存储位置。例如,控制系统190可生成用于控制诸如一个或多个阀、热能发射装置、电机、致动器或换能器、鼓风机、压缩机等的各种元件的一个或多个控制信号输出。因而,例如,控制系统190可与一个或多个阀、传送器或其他传输机构通信联接,并且配置成控制一个或多个

阀、传送器或其他传输机构,以将新微粒92选择性地提供到机械式流化微粒床20。另外,例如,控制系统190可进行通信联接,并配置成控制锅12的振动或振荡的频率或锅12沿着一个或多个运动轴54的振荡或振动位移,以在机械式流化微粒床20内产生所期望的流化水平。

[0230] 控制系统190可进行通信联接,并配置成控制锅12的全部或部分的温度或保持在锅12中的机械式流化微粒床20的温度。可通过控制通过一个或多个热能发射装置14的电流流量来实现这种控制。另外,例如,控制系统190可进行通信联接,并且配置成控制来自第一气态化学物质存储器72的第一化学物质或来自稀释剂存储器78的一种或多种可选稀释剂流入上部腔室33中。可使用诸如控制阀、螺线管、继电器、致动器、阀定位器等的一个或多个可变可调节最终控制元件或通过控制一个或多个鼓风机或压缩机的传递速率或压力,例如通过控制关联电动机的速度,来实现这种控制。

[0231] 另外,例如,控制系统190可进行通信联接,并且配置成控制经由气体回收系统110从上部腔室33抽取气体。这种控制可通过提供合适控制信号来实现,这种控制信号包括从监测上部腔室33器中的第一气态化学物质的浓度的在线分析仪(例如,气相色谱仪)或压力传感得到的信息,用于经由一个或多个螺旋线管、继电器、电动机或其他致动器来控制一个或多个阀、减震器、背压控制阀、鼓风机、排气扇。

[0232] 在一些情形下,控制系统190可进行通信联接,并且配置成控制背压控制阀,以改变、调节和/或控制上部腔室33中的系统压力。有时,控制系统190可至少部分基于上部腔室33中测得的压力以及上部腔室33中存在的气体中的第一气态化学物质的浓度来控制将第一气态化学物质(例如,硅烷)供给至机械式流化微粒床20中的速率。

[0233] 控制系统190可采取各种形式。例如,控制系统190可包括具有一个或多个微处理器和存储器(例如, RAM、ROM、闪存、旋转介质)的编程通用计算机。替代地,或另外地,控制系统190可包括可编程门阵列、专用集成电路和/或可编程逻辑控制器。

[0234] 图2示出根据一个所示实施方式的另一机械式流化床反应器系统200。根据实施方式,在连续操作的机械式流化床反应器系统200中,基于需要,将新微粒92供给至机械式流化微粒床20,并且将大量第一气态化学物质和一种或多种可选稀释剂引入上部腔室33。随着第一气态化学物质渗入被加热的机械式流化微粒床20,因第一气态化学物质在微粒床20内热分解,第二化学物质沉积在微粒上,从而形成多个包覆颗粒22。经由包覆颗粒收集系统130,从机械式流化微粒床20去除多个包覆颗粒22中的一些或全部。

[0235] 在机械式流化床反应器内,第一气态化学物质的全部或部分以及一种或多种可选稀释剂的全部或部分经由单独的流体导管284、286(分别地)引入上部腔室33和/或机械式流化微粒床20。以这种方式,可个体地控制、改变或调节第一气态化学物质和一种或多种稀释剂的流量和压力,以在上部腔室33内提供大范围的操作环境。

[0236] 在至少一些操作模式下,在上部腔室33或机械式流化微粒床20中没有添加稀释剂。此时,可在没有单独稀释剂供给的情况下,在上部腔室33和/或机械式流化微粒床20中添加第一气态化学物质。在其他时候,可在上部腔室33和/或机械式流化微粒床20中添加与稀释剂预先混合或单独的但与稀释剂同生的第一气态化学物质。

[0237] 在经由流体导管284流入上部腔室33中之前,第一气态化学物质和与其预先混合的任何稀释剂经由一个或多个导管274和诸如一个或多个流量或压力控制阀的一个或多个最终控制元件276从存储器272传递。以类似方式,在使用时,以及在经由流体导管286流入

上部腔室33中之前,一种或多种可选稀释剂从存储器278经由一个或多个导管280和诸如一个或多个流量或压力控制阀的一个或多个最终控制元件282传递。第一气态化学物质和任何一种或多种稀释剂以受控制、安全和有环境意识的方式流入上部腔室33中。

[0238] 控制系统190间歇性地、周期性地或连续性地调节、改变、调制或控制第一气态化学物质或一种或多种稀释剂中的任一者或二者的流量或压力,从而在上部腔室和/或机械式流化微粒床20中实现期望的气体组分。控制系统190间歇性地、周期性地或连续性地调节、改变、调制或控制上部腔室33和/或机械式流化微粒床20中的第一气态化学物质的浓度,使其为从大约0.1摩尔百分比(mol%)至大约100mol%、从大约0.1mol%至大约40mol%、从大约0.1mol%至大约30mol%、从大约0.01mol%至大约20mol%或从大约20mol%至大约30mol%。控制系统190间歇性地、周期性地或连续性地调节、改变、调制或控制上部腔室33中的一种或多种稀释剂浓度,使其从大约1mol%至大约99.9mol%;从大约50mol%至大约99.9mol%;从大约60mol%至大约90mol%;从大约70mol%至大约99mol%;或从大约70mol%至大约80mol%。

[0239] 经由流体导管284在处于比第一气态化学物质的热分解温度低的温度下将第一气态化学物质添加至腔室的上部部分33中。流体导管284可将第一气态化学物质引入上部腔室33中的一个或多个点处,这一个或多个点包括上部腔室33的蒸汽空间中的一个或多个点和/或浸没在机械式流化微粒床20中的一个或多个点。热分解温度以及因而将第一气态化学物质添加到腔室的上部部分33中的温度取决于腔室的上部部分33的操作压力和第一气态化学物质的组分二者。在一些情形下,可将第一气态化学物质添加到处于比第一气态化学物质的热分解温度低的大约10°C至大约500°C、大约10°C至大约400°C、大约10°C至大约300°C、大约10°C至大约200°C或大约10°C至大约100°C的温度的上部腔室33和/或机械式流化微粒床20。在其他情形下,可将第一气态化学物质引入处于大约10°C至大约450°C、大约20°C至大约375°C、大约50°C至大约275°C、大约50°C至大约200°C或大约50°C至大约125°C的温度下的上部腔室33和/或机械式流化微粒床20。

[0240] 在一些情形下,可选择第一气态化学物质和一种或多种稀释剂的温度,以保持上部腔室33中期望的温度。在一些情形下,可将第一气态化学物质和一种或多种稀释剂(如果存在的话)的温度引入处于比第一气态化学物质的热分解温度略低的温度下的机械式流化微粒床20。这样有利地使加热器14上的热负荷最小。在一些情形下,控制系统190使用一个或多个冷却特征35来保持上部腔室33中的温度。有时,控制系统190保持上部腔室33中的气体温度低于第一气态化学物质的热分解温度,以降低机械式流化微粒床20外部的上部腔室33内沉积第二物质或形成聚合粉末的可能性。在一些情形下,控制系统190通过控制通过冷却特征35和/或其他热传递系统或装置进行的热去除速率来保持上部腔室33中的温度低于第一化学物质的热分解温度。控制系统190可保持上部腔室中气体的温度低于大约500°C、低于大约400°C或低于大约300°C。在一些情形下,为了减少热能发射装置14所需的功率,控制系统190可保持上部腔室33中的气体温度处于基本上没有第二物质沉积或形成多晶硅粉末的最高温度。

[0241] 控制系统190控制经由入口286在上部腔室33和/或机械式流化微粒床20中添加一种或多种稀释剂。有时,控制系统190可使一种或多种稀释剂向着上部腔室33和/或机械式流化微粒床20的流动停止。控制系统190可保持添加到上部腔室33和/或机械式流化微粒床

20的一种或多种稀释剂的温度与添加到上部腔室和/或机械式流化微粒床20的第一气态化学物质的温度相同或不同。

[0242] 在至少一些情形下,控制系统190保持添加到上部腔室33和/或机械式流化微粒床20的一种或多种稀释剂的温度低于第一气态化学物质的热分解温度。控制系统190保持添加到上部腔室33的一种或多种稀释剂的温度比第一化学物质的热分解温度低的大约10°C至大约500°C、大约10°C至大约400°C、大约10°C至大约300°C、大约10°C至大约200°C或大约10°C至大约100°C。在其他情形下,控制系统190保持添加到上部腔室33和/或机械式流化微粒床20的一种或多种稀释剂的温度从大约10°C至大约450°C、大约20°C至大约375°C、大约50°C至大约325°C、大约50°C至大约200°C或大约50°C至大约125°C。

[0243] 有时,可以连续性或几乎连续性地第一气态化学物质和一种或多种稀释剂添加到上部腔室33和/或机械式流化微粒床20。当被引入机械式流化微粒床20并随后加热至超过第一气态化学物质的热分解温度的温度时,第一化学物质热分解,从而将第二化学物质沉积在机械式流化微粒床20中微粒的表面上。

[0244] 通过测量上部腔室33中容纳的气体中的第一气态化学物质的局部压力并结合上部腔室33中的总压力和第一气态化学物质供给至上部腔室33的速率,提供热分解的第一化学物质的量的指示。随着上部腔室33中的第一气态化学物质的局部压力变化,控制系统190可间歇性地、周期性地或连续性地更少或额外的第一气态化学物质引入上部腔室,以保持所期望的气体组分。控制系统190可间歇性地、周期性地或连续性地来自存储器272的附加的第一化学物质或来自存储器278的一种或多种稀释剂传递到腔室的上部部分33,以保持上部腔室33中所期望的第一化学物质局部压力或气体组分。

[0245] 随着第二化学物质沉积在微粒床20中微粒的表面上,多个包覆颗粒22中的至少一些(即,上面设置有更大量的第二化学物质因而具有更大直径的那些包覆颗粒)往往会“悬浮”在微粒床20内,或升高至微粒床20的表面。控制系统190去除包覆颗粒22,可经由包覆颗粒溢出导管132间歇性地、周期性地或连续性地从机械式流化微粒床20去除这种颗粒。

[0246] 有时,机械式流化微粒床20内的第二化学物质的自发自成核和第二化学物质的物理磨蚀产生足以使机械式流化微粒床20连续操作的种微粒。在这种情形下,控制系统190可暂停将来自颗粒供给系统90的新微粒92添加到机械式流化微粒床20。在其他时候,机械式流化微粒床20内的第二化学物质的自发自成核和第二化学物质的物理磨蚀会不足以使机械式流化微粒床20连续操作。在这种情形下,控制系统190间歇性地、周期性地或连续性地来自颗粒供给系统90的新微粒92添加到机械式流化微粒床20。

[0247] 向上部腔室33和/或机械式流化微粒床20大体连续添加第一气态化学物质有利地允许大体连续制造包覆颗粒22。因将第一气态化学物质大体连续添加到上部腔室33和/或机械式流化微粒床20,有利地实现了大于大约50%、大于大约55%、大于大约60%、大于大约65%、大于大约70%、大于大约60%、大于大约65%、大于大约70%、大于大约75%、大于大约80%、大于大约85%、大于大约90%、大于大约95%或大于大约99%的第一气态化学物质单步整体转换成第二化学物质。

[0248] 图3A示出根据实施方式的另一所示机械式流化床反应器300,机械式流化床反应器300包括不同配置,在该不同配置中,锅12包括主水平表面302和第二水平表面304,主水平表面302和第二水平表面304之间形成有填隙空位306,一个或多个热能发射装置14位于

填隙空位306中。另外,锅12还包括覆盖件310,覆盖件310包括凸起唇部314和至少一个绝缘层316。覆盖件310在几何结构上近似于锅12的周边壁12c但较小,从而在锅12的覆盖件310和周边壁12c之间形成具有间隙高度319a和间隙宽度319b的环状间隙318。覆盖件310和锅12限定围绕保持机械式流化微粒床20的保持容积317的边界中的至少一些。

[0249] 锅12包括支承机械式流化微粒床20的主水平表面302。在至少一些实现方式中,主水平表面302是将任何微粒或第一气态化学物质引入反应器300之前设置的硅或包覆硅的表面。有时,主水平表面302可为基本上纯净的硅。在一些情形下,主水平表面302可选择性地能从锅12去除,例如,以更换磨损表面或使得能够维护、维修或更换设置在主水平表面302下面的空位306中的一个或多个热能发射装置14。在其他时候,主水平表面302可与锅12一体地形成,并且不能从锅12去除。有时,锅的周边壁12c延伸超过主水平表面302,并且终止于第二水平表面304,从而在主水平表面302和第二水平表面304之间形成填隙空位306。锅12可具有任何形状或几何构造。例如,锅12可具有大体圆形形状,其直径从大约1英寸至大约120英寸、大约1英寸至大约96英寸、大约1英寸至大约72英寸、大约1英寸至大约48英寸、大约1英寸至大约24英寸或大约1英寸至大约12英寸。锅的周边壁12c可从锅12的第二水平表面304的上表面12a向上延伸至比保持主水平表面302上的机械式流化微粒床20的深度大的高度。

[0250] 在一些情形下,周边壁12c的高度可设置成与锅12的主水平表面302的上表面12a相隔一定距离,以使得形成微粒床20的微粒的部分在周边壁的顶部上方流动,从而由包覆颗粒收集系统130捕获。周边壁12c可在主水平表面302的上表面12a上方延伸大约0.25英寸至大约20英寸、大约0.50英寸至大约10英寸、大约0.75英寸至大约8英寸、大约1英寸至大约60英寸或大约1英寸至大约3英寸的距离。

[0251] 锅12与机械式流化微粒床20接触的、包括周边壁12c和主水平表面302的至少部分的部分可包括也耐受化学劣化的一种或多种耐磨损或磨蚀材料。在至少一些情形下,主水平表面302可为能从锅12选择性地去除或与锅12一体形成的整体(即,没有开口穿孔、孔或类似开口穿孔)、一体和单件式构件。替代地,锅12可具有一个或多个密封孔,例如,在密封孔中,空心的包覆颗粒溢出导管132穿过锅12的底部。在这种情形下,可使用适宜的密封件和/或经由热熔融、焊接或类似方法来密封锅12的底部和穿透构件(例如,空心的包覆颗粒溢出导管132)之间的接合处。使用具有适宜物理和化学耐受性的锅12降低了机械式流化微粒床20被从锅12排放的诸如金属离子的污染物污染的可能性。在一些情形下,锅12可包括诸如石墨合金、镍合金、不锈钢合金或其组合的合金。在至少一些情形下,锅12可包括钼或钼合金。

[0252] 有时,耐受磨损或磨蚀、减少不期望产物累积、或降低机械式流化微粒床20被污染的可能性的弹性材料的衬片或类似层或涂层可沉积在与机械式流化微粒床20接触的主水平表面302和/或锅的壁12c的全部或部分上。在一些情形下,至少锅的主水平表面302的上表面12a和/或周边壁12c的全部或部分可包括硅或高纯度硅(例如,>99.0%的Si、>99.9%的Si或>99.9999%的Si)。应理解的是,在首次使用锅12之前,存在包括锅底部的硅,换言之,包括锅的硅不同于通过第一气态化学物质在机械式流化微粒床20中的热分解而形成的非挥发性第二化学物质。

[0253] 在一些情形下,锅12的全部或部分中的衬片、层或涂层可包括:石墨层、石英层、硅

化物层、氮化硅层或碳化硅层。在一些情形下,可通过硅烷与锅12中的铁、镍和其他金属的反应来原位形成金属硅化物。例如,碳化硅层耐用,并且减少包括锅的金属中的、诸如镍、铬和铁的金属离子迁移到锅12中的多个包覆颗粒22中并且有可能污染包覆颗粒22的趋势。在一个示例中,锅12包括316不锈钢锅,其中碳化硅层沉积在与机械式流化微粒床20接触的主水平表面302的上表面12a和周边壁12c的至少部分上。在另一示例中,锅12包括上覆基本上纯净的硅(即,>99.9%的Si)的、能选择性地去除的硅衬片的316不锈钢主水平表面302。

[0254] 有时,衬片或层可利用一个或多个机械紧固件与主水平表面302和/或锅12物理联接,一个或多个机械紧固件例如为一个或多个带螺纹紧固件、螺栓、螺母等。在其他时候,衬片或层可利用一个或多个弹簧夹、夹具或类似装置与主水平表面302和/或锅12物理联接。在其他时候,衬片或层可利用金属熔融、一种或多种粘合剂或类似结合剂与主水平表面302和/或锅12物理联接。

[0255] 一个或多个热能发射装置14设置在由锅12的主水平表面302、第二水平表面304和周边壁12c所形成的腔室306中。有时,一个或多个热能发射装置14的热输出可通过控制系统190来限制、调制或控制,以防止对锅12的热损害。这当使用非金属主水平表面302或带非金属衬片的主水平表面302时特别重要。在至少一些实现方式中,可气密性密封填隙空位306,隔绝上部腔室33、下部腔室34或上部腔室和下部腔室二者,以防止多晶硅或其他气体或气体携带微粒侵入填隙空位306中或来自填隙空位的绝缘材料流出到上部腔室33或下部腔室34中。在操作中,控制系统190控制热能发射装置14,以将机械式流化微粒床20的温度增加至超过第一气态化学物质的热分解温度。

[0256] 可围绕包括第二水平表面304的周边壁12c和下表面12b的、锅12和柔性膜42的外表面的全部或部分,设置绝缘层16。绝缘层16可限制或以其他方式限定热能从热能发射装置14向着上部腔室33和下部腔室34流动或传递。另外,设置在覆盖件310上的至少一个绝缘层316可限制或以其他方式限定热能从机械式流化微粒床20向着上部腔室33流动或传递。有时,气体不可渗透的刚性覆盖件,例如金属覆盖件或结构,可至少部分包围绝缘层16。在其他时候,绝缘层16可包括气态不可渗透的柔性绝缘层16,例如,带有或没有包壳的绝缘毯。这种气体不可渗透的覆盖件或包壳使绝缘层16中的多晶硅或其他气体携带污染物沉积的可能性最小。有时,暴露于下部腔室34的绝缘层16的外表面的温度低于第一气态化学物质的热分解温度。覆盖件310设置在上部腔室34中,并且设置成与锅12的主水平表面302的上表面12a上方相隔一定距离。在操作中,覆盖件310有利地协助既保持机械式流化微粒床20中的热能,又促进第一气态化学物质和机械式流化微粒床20之间的扩张接触和塞流动接触。

[0257] 覆盖件包括上表面312a、下表面312b和周边缘314,上表面312a、下表面312b和周边缘314中的一些或全部可被翻转,以提供周边壁。覆盖件310的周边缘314与锅12的周边壁12c的内部间隔开,从而在覆盖件310的周边缘314和锅12的周边壁12之间形成周边间隙318。在至少一些实现方式中,周边间隙318可具有与通过覆盖件310的翻转周边缘314形成的壁的高度相等的间隙高度319a。覆盖件310的下表面312b的至少部分可包括设置在暴露于机械式流化微粒床的覆盖件的下表面的至少部分上的金属硅化物、石墨、石英、硅、碳化硅或氮化硅中的至少一个的连续层。

[0258] 可使用操作中的机械式流化微粒床20的体积位移来确定周边间隙318的一个或多

个尺寸。这样防止了在每个振荡或振动周期的上冲程时,热气从机械式流化微粒床20排出到上部腔室33,并且允许机械式流化微粒床20在每个振荡或振动周期的下冲程时,将保持在由周边间隙318形成的容积中的任何这样排出的热气抽回微粒床20中。

[0259] 举例来说,假定机械式流化微粒床20的直径是12英寸,并且操作位移是0.1英寸,则通过下式给出机械式流化微粒床20的总位移容积:

$$[0260] \quad (1) \text{ 容积} = \pi r_{(筒)}^2 \times \text{位移} = 11.3 \text{ in}^3$$

[0261] 假定周边间隙宽度319b是0.5英寸(即,覆盖件直径是11英寸),使用下式来确定周边间隙高度319a:

$$[0262] \quad (2) \text{ 高度} = \text{容积} / (\pi r_{(筒)}^2 - \pi r_{(覆盖件)}^2) = 0.626 \text{ in}$$

[0263] 有时,基于未反应的第一气态化学物质和来自机械式流化微粒床20的任何副产物气体的气体流量来确定周边间隙318的尺寸(例如,宽度319a)。例如,可基于保持通过周边间隙318的气体流速使具有一种或多种物理属性的颗粒保持在机械式流化微粒床20中的限定阈值来确定宽度319a。在至少一个实施方式中,宽度319b可至少部分地基于保持比从机械式流化微粒床20夹带和携带微粒的阈值低的气体速率。例如,可基于未夹带具有大于一个或多个限定参数的至少一个物理属性(例如,大于限定直径的微粒直径、大于限定密度的微粒密度)的微粒来确定间隙宽度319a。有时,周边间隙318中的气体速率可低得足以保持机械式流化微粒床20中包覆颗粒的直径大于大约1微米、大约5微米、大约10微米、大约20微米、大约50微米、大约80微米、或大约100微米至大约50微米、大约80微米、大约100微米、大约120微米、大约150微米或大约200微米。在各种实施方式中,周边间隙宽度319b可为大约1/16英寸或更大、大约1/8英寸或更大、大约1/4英寸或更大、大约1/2英寸或更大或大约1英寸或更大。

[0264] 可通过过滤气体混合物或废气而基于粒径从系统300选择性地去除细粒,因为可通过调节使机械式流化微粒床20与腔室32的上部部分33流体连接的周边间隙318的大小来控制从机械式流化床排出的废气的速率。通过减小周边间隙319的大小来增加废气速率,往往会夹带并且去除从机械式流化微粒床20到腔室32的上部部分33中的较大直径的细粒和/或微粒。相反,通过增大周边间隙319的大小来减小废气速率,往往会夹带并去除从机械式流化微粒床20到腔室32的上部部分33中的较小直径的颗粒和/或微粒。

[0265] 有时,覆盖件310包括热反射材料,用于使机械式流化微粒床20辐射的热能的至少部分返回机械式流化微粒床20。为了进一步减少热能从机械式流化微粒床20到上部腔室34的流动,可在与机械式流化微粒床20对向的表面上靠近覆盖件310设置热绝缘材料316。在其他时候,与机械式流化微粒床20接触的覆盖件310的下表面312b的至少部分可包括硅或高纯度硅(例如,99+%、99.5+%或99.9999+%的硅)。这种硅构造在首次使用覆盖件310之前就存在,并不归因于覆盖件310的下表面312b上的第二化学物质沉积。

[0266] 热绝缘材料316可以例如是与“玻璃顶”炉中使用的类似的玻璃陶瓷材料(例如, $\text{Li}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times n\text{SiO}_2$ -系统或LAS系统),在“玻璃顶”炉中,电加热元件设置在玻璃陶瓷烹饪表面下方。在一些情形下,热绝缘材料316可包括一种或多种刚性或半刚性的难熔型材料,诸如,硅化钙。在一些情形下,热绝缘材料316可包括一种或多种柔性绝缘材料,例如,陶瓷绝缘毯或其他类似的非导热刚性、半刚性或柔性覆盖件。

[0267] 在操作中,虽然澄清微粒床通常不接触覆盖件310的下表面312b,但有利地,当床

被流化时,机械式流化微粒床20(例如,轻微地、牢固地)触碰覆盖件310的下表面312b。在这种情形下,因机械式流化微粒床20与覆盖件310的下表面312b的接触,有益地防止围绕机械式流化微粒床20(通过其相对)的第一气态化学物质短路。另外,通过(例如,轻微地、牢固地)接触覆盖件310的下表面312b,第二化学物质在覆盖件310的下表面312b上的沉积有益地减少。另外,通过仅轻微地触碰或仅接触覆盖件310的下表面312b,不以任何方式限制或有损于机械式流化微粒床20的流体性质。

[0268] 图3B描绘了根据实施方式的所示性气体分配系统350。在一些实现方式中,气体分配系统350包括限定流体通道353的至少一个内管构件352。流体通道353与一个或多个分配总管354流体联接。一个或多个喷射器356a-356n(统称“喷射器356”)均在其远端处具有至少一个相应出口357a-357n,在其近端处与一个或多个分配总管354流体联接。喷射器356突出通过覆盖构件310,并且延伸到机械式流化微粒床20内一定距离。来自一个或多个出口357的气流358a-358n在主水平构件302的上表面12a和覆盖件310的下表面312b之间的位置处进入机械式流化微粒床20。喷射器356可设置成机械式流化微粒床20中的任何随机或几何图案或构造。有时,喷射器356中的相应每个上的出口可设置在机械式流化微粒床20内的相同或不同高度处。

[0269] 使用一种或多种材料来形成喷射器356,该一种或多种材料在机械式流化微粒床20的操作压力和温度下提供令人满意的化学/腐蚀耐受力 and 结构完整性。例如,可使用高温不锈钢或镍合金来制造喷射器。例如,围绕喷射器使用由Concept Group Incorporated (West Berlin,NJ)提供的、密封真空室的INSULON<sup>®</sup>成型真空热屏障。在一些实现方式中,喷射器356的内表面和/或外表面可用诸如硅、碳化硅、石墨、氮化硅或石英进行涂覆、衬有或层合涂层。

[0270] 外管构件386包围至少喷射器356,并且可以可选地包围一个或多个分配总管354的全部或部分和/或内管构件352的全部或部分。除了机械式流化微粒床20中的外管构件386的端部外,内管构件352和外管构件386彼此不接触,由此在内管构件352和外管构件386之间形成闭口式空隙间隔387。有时,闭口式空隙间隔387包括绝缘真空。在其他时候,闭口式空隙间隔387包括一种或多种绝缘材料。闭口式空隙间隔387有利地使内管构件与高温机械式流化微粒床20和可选地升温的上部腔室33绝缘,由此在引入机械式流化微粒床20之前,使第一气态化学物质的热分解最小化或防止第一气态化学物质被热分解。在一些实现方式中,闭口式空隙间隔387延伸超过喷射器356中的每个的一个或多个出口357。

[0271] 在一些情形下,喷射器356与覆盖件310密封附接或物理联接,以防止气体逸出机械式流化微粒床20。气体分配系统350可包括一个或多个柔性连接件330(图3A中示出,为了清晰起见,在图3B中省去),用于在操作期间使气体供给系统70与锅12的振动或振荡移动隔离。

[0272] 图3C描绘了根据所示实施方式的另一气体分配系统350。在图3C中,内管构件352和外管构件386彼此不接触,由此在内管构件352和外管构件386之间形成敞口式空隙间隔387。惰性流体(即,液体或气体)从惰性流体存储器388流过敞口式空隙间隔387。当第一气态化学物质穿过内管构件352、分配总管354和喷射器356时,穿过敞口式空隙间隔387的惰性流体使流体通道353中的第一气态化学物质与热隔开。惰性流体离开从敞口式空隙间隔387,并流入机械式流化微粒床20内。

[0273] 图3D描绘了根据所示实施方式的另一气体分配系统350。在图3D中,内管构件352和外管构件386彼此不接触,由此在内管构件352和外管构件386之间形成敞口式空隙间隔387。第二外管构件392围绕外管构件386的全部或部分设置。第二外管构件392和外管构件386在靠近喷射器356中的每个上的一个或多个出口357的位置处彼此接触,以形成包围敞口式空隙间隔387的闭口式空隙间隔394,敞口式空隙间隔387包围内管构件352、分配总管354和喷射器356。

[0274] 在一些情形下,闭口式空隙间隔394容纳绝缘真空。在一些情形下,闭口式空隙间隔394容纳绝缘材料。惰性流体(即,液体或气体)从惰性流体存储器388流过敞口式空隙间隔387。在一些实现方式中,闭口式空隙间隔394延伸超过喷射器356中的每个的一个或多个出口357。闭口式空隙间隔394中的绝缘真空或绝缘材料与穿过敞口式空隙间隔387的惰性流体相结合,当第一气态化学物质穿过内管构件352、分配总管354和喷射器356时,使流体通道358中的第一气态化学物质与热隔开。惰性流体离开敞口式空隙间隔387,并流入机械式流化微粒床20中。

[0275] 图3E描绘了根据实施方式的另一所示气体分配系统350。在一些实现方式中,气体分配系统350包括限定流体通道353的至少一个内管构件352。流体通道353与一个或多个分配总管354流体联接。来自喷射器356中的每个上的一个或多个出口357的气流358a-358n在主水平构件302的上表面12a和覆盖件310的下表面312b之间的位置处进入机械式流化微粒床20。喷射器356可设置成机械式流化微粒床20中的任何随机或几何图案或构造。有时,喷射器356中的相应每个上的出口可设置在机械式流化微粒床20内的相同或不同高度处。

[0276] 外管构件386包围至少喷射器356,并且可以可选地包围一个或多个份分配总管354的全部或部分和/或内管构件352的全部或部分。除了机械式流化微粒床20中的外管构件386的端部外,内管构件352和外管构件386彼此不接触,由此在内管构件352和外管构件386之间形成闭口式空隙间隔387。流体(即,液体和/或气体)冷却剂经由一个或多个入口396引入封闭式回路。冷却剂穿过闭口式空隙,并且冷却喷射器356,以及可选地冷却内管构件352和/或分配总管354。经由一个或多个流体出口398从闭口式空隙间隔去除流体冷却剂。

[0277] 流过闭口式空隙间隔387的冷却剂有利地将内管构件与高温机械式流化微粒床20和可选地升温的上部腔室33绝缘,由此在引入机械式流化微粒床20之前,使第一气态化学物质的热分解最小化或防止第一气态化学物质热分解。返回图3A,气体分配系统350可包括任何数量的分配总管354和任何数量的喷射器356,喷射器356与分配总管354流体联接,并且至少部分地延伸到机械式流化微粒床20中。喷射器356中的每个均可包括一个或多个出口357,第一气态化学物质通过出口357引入机械式流化微粒床20中。在一些情形下,喷射器356被绝缘,以防止第一气态化学物质在排放到机械式流化微粒床20之前提前热分解。在一些情形下,使一种或多种流体冷却剂穿过至少喷射器356,以防止第一气态化学物质在排放到机械式流化微粒床20之前提前热分解。如果第一气态化学物质在喷射器356中提前分解,则第二化学物质会沉积在多个喷射器356中的一些或全部的内部通道内,并最终阻塞该内部通道。

[0278] 有时,喷射器356设置成在机械式流化微粒床20内的一个或多个中心位置处排放第一气态化学物质和任何一种或多种释剂,使得第一气态化学物质径向向外流过机械式流

化微粒床20。有时,喷射器356围绕覆盖件310的周边定位,以在机械式流化微粒床20内的周边位置处排放第一气态化学物质和任何稀释剂,使得第一气态化学物质径向向内流过机械式流化微粒床20。有时,第一气态化学物质可用塞流方法径向向内或径向向外流过机械式流化微粒床20。

[0279] 可选的惰性气体系统370可将惰性气体流作为扫气提供到包覆颗粒溢出导管132中。虽然在图3A中未示出,但可选惰性气体系统可包括惰性气体存储器、流体导管、气流、压力和/或温度监测和控制装置。惰性气体可包括但不限于以下中的一个或多个,包括氢气、氮气、氦气或氩气中的至少一种。惰性扫气逆流流向从机械式流化微粒床20去除或与其分离的包覆颗粒22,并且经由颗粒溢出管排放到机械式流化微粒床20中。通过使用惰性扫气,有益地限制从机械式流化微粒床20去除小直径包覆颗粒,并且还减少经由包覆颗粒溢出导管132从机械式流化微粒床20去除的第一气态化学物质和任何稀释剂的量。

[0280] 有时,可例如使用控制系统190来改变、调节或控制通过包覆颗粒溢出导管132的惰性气体的流速和/或速率,以控制从机械式流化微粒床20去除的包覆颗粒22的大小,或替代地,控制经由夹带在逆流流入包覆颗粒溢出导管132中的惰性气体中,返回机械式流化微粒床20的包覆颗粒22的大小。例如,可例如通过控制系统190来改变、调节或控制通过包覆颗粒溢出导管132的惰性气体的流速或速率,使得直径小于大约600微米( $\mu\text{m}$ )、小于大约500 $\mu\text{m}$ 、小于大约300 $\mu\text{m}$ 、小于大约100 $\mu\text{m}$ 、小于大约50 $\mu\text{m}$ 、小于大约20 $\mu\text{m}$ 、小于大约10 $\mu\text{m}$ 或小于大约5 $\mu\text{m}$ 的包覆颗粒22夹带在惰性气体中,并且经由包覆颗粒溢出导管132返回机械式流化微粒床20。

[0281] 图4A示出了根据一个实施方式的替代覆盖件410,覆盖件410具有可用于机械式流化床反应器的配置。为了清晰起见,气体分配系统350描绘为没有外管构件386,然而,应理解的是,图4A中描绘的气体分配系统350可包括图3B至图3E中描绘的绝缘或冷却系统中的任何系统。覆盖件410包括第一部分402,在第一部分402中,下表面312b定位成与主水平表面302的上表面12a上方相隔第一距离。覆盖件410还包括第二“顶帽”部分404,在“顶帽”部分404中,下表面312b定位成与主水平表面302的上表面12a上方相隔比第一距离大的第二距离。第二部分404围绕包覆颗粒溢出导管132设置。覆盖件310的第二部分404允许机械式流化微粒床20(例如,轻微地、牢固地)接触覆盖件310的第一部分402的下表面312b,同时仍允许包覆颗粒22溢出到包覆颗粒溢出导管132中。

[0282] 喷射器356a-356n在机械式流化微粒床20中的一个或多个中心位置处排放第一气态化学物质。第一气态化学物质和任何一种或多种稀释剂跟随通过机械式流化微粒床20的径向向外的流动路径414。废气,主要地为气体供给和惰性分解副产物中存在的任何稀释剂,经由覆盖件410和周边壁12c之间的周边间隙318从机械式流化微粒床20逸出。在至少一些实现方式中,第一气态化学物质和任何一种或多种稀释剂通过机械式流化微粒床20的速率创建了通过机械式流化微粒床20的大体塞或过度径向向外流动方案。

[0283] 图4B示出了根据一个实施方式的另一替代覆盖件430,覆盖件430具有可用于机械式流化床反应器的配置。为了清晰起见,气体分配系统350描绘为没有外管构件386,然而,应理解的是,图4B中描绘的气体分配系统350可包括图3B至图3E中描绘的绝缘或冷却系统中的任何系统。覆盖件430靠近锅12的周边壁12c设置或固定于锅12的周边壁12c,并且覆盖件310的翻转周边缘314在机械式流化微粒床20的一部分上方,例如,在围绕包覆颗粒溢出

导管132的机械式流化微粒床20的中心部分上方,形成孔442。在操作中,机械式流化微粒床20接触覆盖件430的下表面312b。

[0284] 喷射器356a-356n在机械式流化微粒床20中的一个或多个周边位置处排放第一气态化学物质。第一气态化学物质和任何一种或多种稀释剂跟随通过机械式流化微粒床20的径向向内的流动路径414。废气,主要地为气体供给和惰性分解副产物中存在的任何稀释剂,经由孔442从机械式流化微粒床20逸出。在这种实现方式中,孔442的面积乘以覆盖件310的翻转周边缘314的高度319b而形成的体积可等于机械式流化微粒床20的位移容积。在至少一些实现方式中,第一气态化学物质和任何一种或多种稀释剂通过机械式流化微粒床20的速率创建了通过机械式流化微粒床20的大体塞或过渡径向向内流动方案。

[0285] 举例来说,假定覆盖件靠近但没有固定至周边壁,机械式流化微粒床20的直径是12英寸,并且操作位移是0.1英寸,通过下式给出机械式流化微粒床20的总位移容积:

$$[0286] \quad (3) \text{ 容积} = \pi r_{(锅)}^2 \times \text{位移} = 11.3 \text{ in}^3$$

[0287] 假定中心孔452的直径是4英寸,使用下式来确定高度319b:

$$[0288] \quad (4) \text{ 高度} = \text{容积} / \pi r_{(孔)}^2 = 0.9 \text{ in.}$$

[0289] 图4C示出了根据一个实施方式的替代覆盖件450,覆盖件450具有可用于机械式流化床反应器的配置。为了清晰起见,气体分配系统350描绘为没有外管构件386,然而,应理解的是,图4C中描绘的气体分配系统350可包括图3B至图3E中描绘的绝缘或冷却系统中的任何系统。覆盖件450包括与锅12的上表面12a物理联接的多个同轴隔板462以及与锅310的下表面312b物理联接的多个同轴隔板464。有时,下同轴隔板462和上同轴隔板464可与包覆颗粒溢出导管132同心配置。有时,同轴隔板462中的至少一些和同轴隔板464中的至少一些可全部或部分地由硅或高纯度硅(例如,>99.0%的Si、>99.9%的Si或>99.9999%的Si)构成。有时,同轴隔板462中的至少一些和同轴隔板464中的至少一些可包括具有均匀厚度或均匀密度的硅。同轴隔板462和同轴隔板464上的硅在首次使用覆盖件310之前就存在,并不归因于同轴隔板462和同轴隔板464上的第二化学物质沉积。这种挡板可与覆盖件310、410和430结合使用,如图3A、图4A和图4B中分别描绘的。在至少一些实现方式中,同轴隔板462和同轴隔板464以交替模式布置,以限定通过机械式流化微粒床20的曲折流动路径。

[0290] 喷射器356a-356n机械式流化微粒床20中的一个或多个中心位置处排放第一气态化学物质。第一气态化学物质和任何一种或多种稀释剂跟随径向向外的弯曲流动路径466,围绕同轴隔板462和同轴隔板464,并且通过机械式流化微粒床20。废气,主要为气体供给和惰性分解副产物中存在的任何稀释剂,经由覆盖件450和周边壁12c之间的周边间隙小318从机械式流化微粒床20逸出。在至少一些实现方式中,第一气态化学物质和任何一种或多种稀释剂通过机械式流化微粒床20的速率创建了通过机械式流化微粒床20的大体塞或过渡径向向外流动方案。

[0291] 图5A和图5B示出了根据实施方式的所示覆盖件布置510,在覆盖件布置510中,覆盖件310经由多个附接构件512a-512n(统称为“附接构件512”)物理附连至锅12。周边间隙318使覆盖件310的凸起唇部314(带阴影)与锅12的周边壁12c(带阴影)分离。一个或多个附接构件512使覆盖件310与周边壁12c物理联接。有时,附接构件512可经由诸如焊接的一种或多种不可移除方法不可拆卸地附连至覆盖件310的凸起唇部314或周边壁12c或覆盖件310的凸起唇部314和周边壁12c二者。有时,附接构件512可经由一个或多个不可移除紧固

件,例如,一个或多个带螺纹紧固件和/或闩锁,不可拆卸地附接至覆盖件310的凸起唇部314或锅12的周边壁12c或覆盖件310的凸起唇部314和锅12的周边壁12c二者。

[0292] 附接构件512可包括能够支承覆盖件310和关联的新微粒供给空心构件108和气体分配系统350的任何刚性构件。在一些情形下,附接构件512的一些或全部可包括硅或高纯度硅(例如,>99.0%的Si、>99.9%的Si或>99.9999%的Si)或涂覆有碳化硅的石墨。由于覆盖件310随着锅12振荡,因而柔性构件330和柔性构件332分别设置在气体分配总管354和空心构件108中。

[0293] 图5C和图5D示出了根据实施方式的替代所示覆盖件布置530,在所示覆盖件布置530中,覆盖件310经由多个附接构件532a-532n(统称“附接构件532”)与反应器容器31物理附连。在这种实现方式中,保持机械式流化微粒床20的锅12在覆盖件310保持静止的同时振荡。有时,可经由诸如焊接的一种或多种永久方法将附接构件532永久附连到覆盖件310或反应器容器31、或覆盖件310和反应器容器31二者。有时,可经由一个或多个可移除紧固件,例如,一个或多个带螺纹紧固件和/或闩锁,将附接构件532可拆卸地附连到覆盖件310或反应器容器31或覆盖件310和反应器容器31二者。应注意的是,因将覆盖件310附连至反应器容器31,所以可不需要柔性连接件330和柔性连接件332。

[0294] 图6示出了根据实施方式的包括多个锅12a-12n(统称“锅12”)的另一所示机械式流化床反应器600。为了清晰起见,图6中的气体分配系统350a-350n描绘为没有外管构件386,然而,应理解的是,图6中描绘的气体分配系统350a-350n中的任何或全部可包括图3B至图3E中描绘的绝缘或冷却系统中的任何系统。类似于图3A中描绘的机械式流化床反应器,机械式流化床反应器600通过分隔板610和多个柔性构件42a-42n分成上部腔室33和下部腔室34。多个锅12中的每个在设计和功能上类似于相对于图3A详细描述锅12,并且包括具有上表面12a和下表面12b和周边壁12c的主水平表面302。锅12中的每个均包括与相应锅12a-12n和分隔板610物理联接的相应柔性构件42a-42n。柔性构件42将上部腔室33气密性密封,隔绝下部腔室,并且使锅12中的每个的上表面12a暴露于上部腔室33,并且使锅12中的每个的下表面12b暴露于下部腔室34。

[0295] 锅12中的每个均包括相应覆盖件310a-310n。覆盖件310a-310n中的每个均可与其他覆盖件相同或不同,并且可包括分别针对图3A、图4A、图4B和图4C详细描述覆盖件310、410、430和450中的任一个。多个锅12a-12n中的每个均包括相应气体分配系统350a-350n。每个锅中的气体分配系统350可以相同(即,居中定位的喷射器356或周边定位的喷射器356)或不同(即,居中定位和周边定位的喷射器356的混合物)。虽然描绘为铺设通过上部腔室33,但有时,流体导管84a-84n、柔性连接件330a-330n和气体分配系统350a-350n中的一些或全部可从锅12a-12n下方铺设(即,穿过下部腔室34)。

[0296] 在一些情形下,多个锅12a-12n中的每个可由相应凸轮602a-602n(统称为“凸轮602”)和传动构件604a-604n(统称为“传动构件604”)驱动。凸轮602中的每个均可由单独的驱动器或一个或多个公共驱动器驱动。有时,控制系统190可按第一同步模式使多个锅12a-12n中的每个振荡或振动,使得多个锅12在任何瞬时时间都具有类似或相同的位移。在其他时候,控制系统190可按第二异步模式使多个锅中的每个振荡或振动,使得多个锅12的一些或全部具有不同位移。例如,控制系统190可使多个锅中的头一半振荡,使得头一半锅的位移是竖直的0.1英寸,而后一半锅12的位移是零(“0”)。这种异步操作模式有利地使归因于

多个锅12的振动或振荡的、上部腔室和下部腔室中的压力波动最小化(即,在多个锅12的整个振荡或振动循环中,上部腔室的体积和下部腔室34的体积保持大体恒定)。

[0297] 图7A示出了根据实施方式的所示机械式流化反应器系统700,在机械式流化反应器系统700中,承载多个颗粒的主水平表面712延伸横跨反应器容器31的整个横截面,并且整个容器31振荡或振动,以提供机械式流化微粒床20。为了清晰起见,图7中的气体分配系统350a-350n描绘为没有外管构件386,然而,应理解的是,图7中描绘的气体分配系统350可包括图3B至图3E中描绘的绝缘或冷却系统中的任何系统。主水平表面712延伸横跨反应器容器31内部的横截面,从而形成上部腔室33和下部腔室34。主水平表面712包括上表面712a和下表面712b。覆盖件310设置成与主水平表面712的上表面712a相隔一定距离,从而在其间形成保持容积714。保持容积714保持机械式流化微粒床20。

[0298] 在一些实现方式中,一种或多种绝缘材料720可围绕反应器容器31的内部和/或外部设置在靠近保持在升高温度的、反应器的这种区域的位置中。例如,一种或多种绝缘材料720(例如,硅酸钙盐(cal-sil)、玻璃纤维、矿棉或类似物)可靠近与其中预计会出现热能局部集中的机械式流化微粒床20靠近的反应器壁31的内部或外部部分设置。在这种绝缘材料720靠近反应器壁31的内表面设置的情况下,绝缘材料720的全部或部分可部分或完全地被覆盖和/或包封在不可渗透、不导热的层中,诸如,毯、刚性覆盖件、半刚性覆盖件或柔性覆盖件。在其他实现方式中,一种或多种绝缘材料720可设置在反应器容器31内部的内部、靠近保持升高温度的反应器的那些区域的位置中,诸如,靠近机械式流化微粒床20的那些位置。可使用热传递流体所经过的、诸如扩大的表面冷却翅片、冷却旋管和/或冷却包壳320的一个或多个冷却特征来保持上部腔室33中的温度低于第一气态化学物质的热分解温度。

[0299] 主水平表面712的、与机械式流化微粒床20接触的部分由耐磨损或磨蚀材料形成,该材料还耐受因微粒床20中的第一化学物质、一种或多种稀释剂和包覆颗粒造成的化学劣化,并且形成锅组件12中的金属离子传输到微粒床的屏障。通过使用具有适宜物理和化学耐受性的主水平表面712,降低了流化微粒床20被从主水平表面712释放的污染物污染的可能性。在一些情形下,主水平表面712可包括合金,诸如,石墨合金、镍合金、不锈钢合金或其组合。在一些情形下,主水平表面712可包括钼或钼合金,或涂覆有诸如石墨、硅、石英、碳化硅、硅化物、二硅化钼和氮化硅的屏障材料的、这种材料的金属合金。

[0300] 有时,耐受磨损或磨蚀、减少不期望产物累积或降低机械式流化微粒床20被污染的可能性的弹性材料的层或涂层可沉积在主水平表面712的全部或部分上。在一些情形下,主水平表面712的全部或部分可包括硅或高纯度硅(例如,>99.0%的Si、>99.9%的Si或>99.9999%的Si)。应理解的是,在首次使用主水平表面712之前,存在包括主水平表面712的硅,换言之,包括主水平表面712的硅不同于通过第一气态化学物质在机械式流化微粒床20中的热分解而形成的非挥发性第二化学物质。

[0301] 在一些情形下,主水平表面712的全部或部分中的层或涂层可包括但不限于:金属硅化物层、石墨层、硅层、石英或熔融石英层、硅化物层、氮化硅层或碳化硅层。在一些情形下,可通过硅烷与主水平表面712中的铁、钼、镍和其他金属的反应来原位形成金属硅化物。例如,碳化硅层耐用,并且减少了来自包括锅的、诸如镍、铬和铁的金属中的金属离子迁移到主水平表面712中的多个包覆颗粒22中并有可能污染它的趋势。在一个示例中,主水平表面712包括316不锈钢构件,其中,碳化硅层沉积在与机械式流化微粒床20接触的上表面

712a的至少部分上。在另一示例中,主水平表面712包括铬镍铁合金构件,其中,硅层沉积在与机械式流化微粒床20接触的上表面712a的至少部分上。在又一示例中,主水平表面712包括钼或钼合金构件,其中,熔融石英层沉积在与机械式流化微粒床20接触的上表面712a的至少部分上。

[0302] 有时,衬片或层可利用例如一个或多个带螺纹紧固件、螺栓、螺母等的一个或多个机械紧固件与主水平表面712物理联接。在其他时候,衬片或层可利用一个或多个弹簧夹、夹具或类似装置与主水平表面712物理联接。在其他时候,衬片或层可利用一种或多种粘合剂或类似粘结剂与主水平表面712物理联接。

[0303] 一个或多个热能发射装置14靠近主水平表面712的下表面712b设置。绝缘层722靠近一个或多个热能发射装置14设置,以减少辐射到下部腔室34的热量。绝缘层714可以例如是与其中电加热元件设置在玻璃-陶瓷烹饪表面下面的“玻璃顶”炉具中使用的玻璃陶瓷材料类似的玻璃-陶瓷材料(例如, $\text{Li}_2\text{O} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{nSiO}_2$ -系统或LAS系统)。在一些情形下,绝缘层714可包括一种或多种刚性或半刚性难熔型材料,诸如硅化钙。在一些实现方式中,绝缘层714可包括一个或多个可移除绝缘毯或类似装置。

[0304] 在一些情形下,覆盖件310的直径小于反应器容器31,由此在覆盖件310的翻转周边缘314和反应器容器31的内壁表面之间形成周边间隙318。周边间隙318可具有高度319a和宽度319b,高度319a和宽度319b连同周边间隙长度,限定围绕覆盖件310的周边体积。在至少一些实现方式中,围绕覆盖件310的周边体积可等于或大于机械式流化微粒床20的位移容积。

[0305] 经由喷射器356将第一气态化学物质和任何一种或多种稀释剂引入机械式流化微粒床20中的任何数量的位置处。在操作中,第一气态化学物质和一种或多种稀释剂714流过机械式流化微粒床20。一种或多种稀释剂、气态分解副产物和任何未分解的第一气态化学物质经由周边间隙318作为废气离开机械式流化微粒床20。排出气体流入上部腔室33中。

[0306] 使用能够使反应器容器31以所期望振荡或振动频率和位移进行位移的机械、电、磁或电磁系统使反应器容器31振荡或振动。在一些实现方式中,凸轮760致使传动构件752使反应器容器31沿着一个或多个运动轴振荡或振动。例如,在一些实现方式中,传动构件752可使反应器容器31沿着与主水平表面712大体垂直的单个运动轴754a振荡。在另一示例中,传动构件752可使反应器容器31沿着具有沿着第一运动轴和第二运动轴754b设置的分量的轴振荡或振动,第一运动轴大体垂直于主水平表面712,并且第二运动轴754b与第一运动轴754a正交。

[0307] 图7B示出了根据实施方式的、可用于图7A中描绘的机械式流化床反应器700的替代覆盖件730。为了清晰起见,气体分配系统350描绘为没有外管构件386,然而,应理解的是,图7B中描绘的气体分配系统350可包括图3B至图3E中描绘的绝缘或冷却系统中的任何系统。覆盖件730包括第一部分402,在第一部分402中,下表面312b定位在主水平表面302的上表面12a上方的第一距离处。覆盖件730还包括第二“顶帽”部分404,在“顶帽”部分404中,下表面312b定位成与主水平表面302的上表面12a上方相隔比第一距离大的第二距离。第二部分404围绕包覆颗粒溢出导管132设置和/或设置在其上方。覆盖件310的第二部分404允许机械式流化微粒床20(例如,轻微地、牢固地)接触覆盖件310的第一部分402的下表面312b,同时仍允许包覆颗粒22溢出到包覆颗粒溢出导管132中。

[0308] 虽然在图7B中未示出,但在一些实现方式中,通过扫气系统370供应的扫气穿过包覆颗粒溢出导管132。通过包覆颗粒溢出导管132的扫气的逆流流量减少了通过包覆颗粒溢出导管132的第一气态化学物质的流量,由此提高了机械式流化床反应器700中的产量。

[0309] 喷射器356a-356n在机械式流化微粒床20中的一个或多个中心位置处排放第一气态化学物质。第一气态化学物质和任何一种或多种稀释剂跟随通过机械式流化微粒床20的、径向向外的流动路径414。废气,包括气体供给、惰性分解副产物中存在的任何稀释剂和未分解的第一气态化学物质,作为废气经由覆盖件410和周边壁12c之间的周边间隙318从机械式流化微粒床20逸出。在至少一些实现方式中,第一气态化学物质和任何一种或多种稀释剂通过机械式流化微粒床20的速率创建了通过机械式流化微粒床20的大体塞或过度径向向外流动方案。

[0310] 图7C示出了根据实施方式的、可用于图7A中描绘的机械式流化床反应器700的另一替代覆盖系统750。为了清晰起见,气体分配系统350描绘为没有外管构件386,然而,应理解的是,图7C中描绘的气体分配系统350可包括图3B至图3E中描绘的绝缘或冷却系统中的任何系统。覆盖件750靠近反应器容器31的周边壁12c设置,并且覆盖件310的翻转周边缘314在机械式流化微粒床20的部分上方形成孔442。例如,机械式流化微粒床20的中心部分上方的孔442,围绕包覆颗粒溢出导管132。在操作中,机械式流化微粒床20(例如,轻微地、牢固地)接触覆盖件750的下表面312b。

[0311] 喷射器356a-356n在机械式流化微粒床20中的一个或多个周边位置处排放第一气态化学物质。第一气态化学物质和任何一种或多种稀释剂跟随通过机械式流化微粒床20的径向向内的流动路径444。废气,包括气体供给、惰性分解副产物和未分解的第一气态化学物质中存在的任何稀释剂,作为废气经由孔442从机械式流化微粒床20逸出。

[0312] 图7D示出了根据实施方式的、可用于图7A中描绘的机械式流化床反应器700的另一替代覆盖系统770。为了清晰起见,气体分配系统350描绘为没有外管构件386,然而,应理解的是,图7D中描绘的气体分配系统350可包括图3B至图3E中描绘的绝缘或冷却系统中的任何系统。覆盖件770包括与锅12的上表面12a物理连接的多个同轴隔板462以及与覆盖件310的下表面312b物理连接的多个同轴隔板464。有时,下同轴隔板462和上同轴隔板464可与包覆颗粒溢出导管132同心配置。有时,同轴隔板462中的至少一些和同轴隔板464中的至少一些可完全或部分由硅或高纯度硅(例如,>99.0%的Si、>99.9%的Si或>99.9999%的Si)构成。有时,同轴隔板462中的至少一些和同轴隔板464中的至少一些可包括具有均匀厚度或均匀密度的硅。在至少一些实现方式中,同轴隔板462和同轴隔板464以交替模式布置,以限定通过机械式流化微粒床20的曲折流动路径。

[0313] 喷射器356a-356n在机械式流化微粒床20中的一个或多个中心位置处排放第一气态化学物质。第一气态化学物质和任何一种或多种稀释剂跟随径向向外的弯曲流动路径466,围绕同轴隔板462和同轴隔板464,并且通过机械式流化微粒床20。废气包括气体供给、惰性分解副产物和未分解的第一气态化学物质中存在的稀释剂,作为废气经由覆盖件450和周边壁12c之间的周边间隙小318从机械式流化微粒床20逸出。在至少一些实现方式中,第一气态化学物质和任何一种或多种稀释剂通过机械式流化微粒床20的速率创建了通过机械式流化微粒床20的大体塞或过渡径向向外流动方案。

[0314] 图8A示出了根据实施方式的另一所示机械式流化反应器系统800,机械式流化反

反应器系统800具有通过机械式流化微粒床20的弯曲流动图案,以及其中承载多个颗粒的主水平表面712延伸跨过反应器容器31的横截面,并且整个容器31振荡或振动,以提供机械式流化微粒床20。为了清晰起见,气体分配系统350描绘为没有外管构件386,然而,应理解的是,图8A中描绘的气体分配系统350可包括图3B至图3E中描绘的绝缘或冷却系统中的任何系统。在反应器系统800中,反应器容器30中的单个腔室保持机械式流化微粒床20,而不存在上部腔室或下部腔室。有利地,在反应器系统800中,组件中的一些,诸如,热能发射装置14是外部可触及的,从而简化了维护、维修和更换活动。

[0315] 主水平表面712延伸跨过反应器容器30内部的横截面。一个或多个热能发射装置14靠近主水平表面712的下表面712b设置在主水平表面712和反应器壁31之间。主水平表面712包括上表面712a和下表面712b。反应器壁31和主水平表面712的内部形成密闭保持容积814。保持容积814保持机械式流化微粒床20。

[0316] 喷射器356在机械式流化微粒床20中的任何数量的位置处引入第一气态化学物质和任何可选的一种或多种稀释剂。在操作中,第一气态化学物质和任何一种或多种稀释剂流过机械式流化微粒床20,进入升高的第二部分404中。第二部分404中捕获的废气经由一个或多个流动管道804流向气体回收系统110。在一些情形下,一个或多个组件(例如,第一气态化学物质)的至少部分可与废气分离并且回收到反应器容器30。一个或多个扩展接头或分离器806a至806b使气体回收系统110与振荡反应器容器30隔离。在一些实现方式中,由扫气系统370供应的扫气流过包覆颗粒溢出导管132,并流入第二部分404中。

[0317] 使用能够使反应器容器30以所期望振荡或振动频率和位移进行位移的机械、电、磁或电磁系统使反应器容器30振荡或振动。在一些实现方式中,凸轮760致使传动构件752使反应器容器30沿着一个或多个运动轴振荡或振动。例如,在一些实现方式中,传动构件752可使反应器容器30沿着与主水平表面712大体垂直的单个运动轴754a振荡。在另一示例中,传动构件752可使反应器容器30沿着具有沿着第一运动轴和第二运动轴754b设置的分量的轴振荡或振动,第一运动轴大体垂直于主水平表面712,并且第二运动轴754b与第一运动轴754a正交。

[0318] 在一些情形下,可在与保持升高温度的反应器的那些区域靠近的位置,诸如与机械式流化微粒床20或热能发射装置14靠近的反应器容器30的外表面,围绕反应器容器30的外部设置绝缘材料810。在其他情形下,可在与保持升高温度的反应器的那些区域靠近的位置,诸如与机械式流化微粒床20或热能发射装置14靠近的反应器容器30的外表面,围绕反应器容器30的内部设置绝缘材料。

[0319] 图8B示出了根据实施方式的又一所示机械式流化反应器系统850,在机械式流化反应器系统850中,承载多个颗粒的主水平表面712延伸跨过反应器容器30的横截面,并且整个容器30振荡或振动,以提供机械式流化微粒床20。为了清晰起见,气体分配系统350描绘为没有外管构件386,然而,应理解的是,图8B中描绘的气体分配系统350可包括图3B至图3E中描绘的绝缘或冷却系统中的任何系统。在反应器系统800中,反应器容器30中的单个腔室保持机械式流化微粒床20,而不存在上部腔室或下部腔室。有利地,在反应器系统850中,组件中的一些,诸如,热能发射装置14是外部可触及的,从而简化了维修活动。

[0320] 主水平表面712延伸跨过反应器容器30内部的横截面。一个或多个热能发射装置14靠近主水平表面712的下表面712b,设置在主水平表面712和反应器壁31之间。主水平表

面712包括上表面712a和下表面712b。反应器壁31和主水平表面712的内部形成密闭保持容积814。保持容积814保持机械式流化微粒床20。

[0321] 喷射器356在一个或多个中心位置处将第一气态化学物质和任何一种或多种稀释剂引入机械式流化微粒床20中。覆盖件852设置成与包覆颗粒溢出导管132相距一定距离,以防止第一气态化学物质和任何一种或多种稀释剂从喷射器356直接流向包覆颗粒溢出导管132。覆盖件852还有助于提高通过包覆颗粒溢出导管132的向上流动的逆流扫气的实用性和效率。在一些情形下,喷射器356延伸到机械式流化微粒床20中,位于包覆颗粒溢出导管132的敞口端下。在一些情形下,喷射器356在覆盖件852的向下“侧”的高度下延伸。

[0322] 在一些实现方式中,扫气系统370将惰性扫气供应至颗粒去除导管132。扫气逆流流向包覆颗粒22,并且经由颗粒去除导管132进入机械式流化微粒床20。这种逆流扫气流协助减少第一气态化学物质进入包覆颗粒溢出导管132中。

[0323] 这种逆流扫气还可用于选择性地使具有一种或多种所期望性质的包覆颗粒22(例如,包覆颗粒直径)与机械式流化微粒床20分开。例如,增加扫气流量往往会增加包覆颗粒溢出管132内的逆流气体流速,这样往往会使直径较小的包覆颗粒返回机械式流化微粒床20。相反地,减小扫气流量往往会减小包覆颗粒溢出管132内的逆流气体流速,这样往往会使较小直径的包覆颗粒与机械式流化微粒床20分离。

[0324] 在操作中,第一气态化学物质和任何一种或多种稀释剂通过机械式流化微粒床20流向一个或多个周边流体导管804,周边流体导管804将气体从机械式流化微粒床20传送到气体回收系统110。一个或多个扩张接头或隔离器806a-806b使气体回收系统110与振荡反应器容器30隔离。

[0325] 使用能够使反应器容器30以所期望振荡或振动频率和位移进行位移的机械、电、磁或电磁系统来使反应器容器30振荡或振动。在一些实现方式中,凸轮760致使传动构件752使反应器容器30沿着一个或多个运动轴振荡或振动。例如,在一些实现方式中,传动构件752可使反应器容器30沿着与主水平表面712大体垂直的单个运动轴754a振荡。在另一示例中,传动构件752可使反应器容器30沿着具有沿着第一运动轴和第二运动轴754b设置的分量的轴振荡或振动,第一运动轴大体垂直于主水平表面712,并且第二运动轴754b与第一运动轴754a正交。

[0326] 在一些情形下,可在与保持升高温度的反应器的那些区域靠近的位置,诸如与机械式流化微粒床20或热能发射装置14靠近的反应器容器30的外表面,围绕反应器容器30的外部设置绝缘材料810。在其他情形下,可在与保持升高温度的反应器的那些区域靠近的位置,诸如与机械式流化微粒床20或热能发射装置14靠近的反应器容器30的外表面,围绕反应器容器30的内部设置绝缘材料。

[0327] 图9示出了过程900,过程900可用于诸如在针对图1、图2、图3A至图3E、图4A至图4C、图5A至图5D、图6、图7A至图7D和图8A至图8B详细讨论的所示机械式流化床反应系统的反应容器中产生第二化学物质包覆颗粒(例如,多晶硅包覆颗粒)。在这种布置中,来自第一机械式流化床反应容器的废气120a可包括剩余未分解的第一气态化学物质、一种或多种第三气态化学物质副产物和一种或多种稀释剂。将废气120引入第二机械式流化床反应容器中,在第二机械式流化床反应容器处,废气120a中存在的剩余第一化学物质的附加部分热分解。来自第二反应容器的废气120b包括剩余的未分解第一气态化学物质、一种或多种第

三气态化学物质副产物和一种或多种稀释剂。将废气120b引入第三反应容器中,在第三反应容器处,废气120b中存在的剩余第一化学物质的附加部分进一步热分解。有利地,使用这种连续处理可将超过99%的第一气态化学物质整体转换成第二化学物质。

[0328] 经由气体供应系统70a将第一气态化学物质和任何一种或多种稀释剂添加到第一反应容器。第一气态化学物质的部分在第一反应容器中的机械式流化微粒床20a内热分解。气体回收系统110a从第一反应容器收集包括未分解的第一气态化学物质、一种或多种第三气态化学物质副产物和任何一种或多种稀释剂的废气。

[0329] 包覆颗粒收集系统130a去除微粒床20a中存在的、满足一种或多种限定物理标准(例如,粒径、密度)的、多个包覆颗粒22a的至少部分。从包覆颗粒收集系统130a去除产物包覆颗粒22a。在一些实现方式中,从微粒床20a连续去除包覆颗粒22a。如有需要,可通过颗粒供应系统90a在微粒床20a中添加新微粒92a。

[0330] 在第一反应容器中,第一气态化学物质至第二化学物质的转换可大于大约70%、大于大约75%、大于大约80%、大于大约85%或大于大约90%。经由气体收集系统110a,从第一反应容器去除未分解的第一气态化学物质、一种或多种第三气态化学物质副产物和一种或多种稀释剂的部分,并且将其导向第二反应容器。

[0331] 在第二反应容器中,可使用可选的第二气体供应系统70b(图9中用虚线示出)来提供附加的第一气态化学物质和/或一种或多种稀释剂或第一气态化学物质和一种或多种稀释剂二者的混合物。来自第一反应容器的废气120a中存在的剩余第一气态化学物质的部分在机械式流化微粒床20b内热分解。气体回收系统110b从第二反应容器收集包括未分解的第一气态化学物质、一种或多种第三气态化学物质副产物和任何一种或多种稀释剂的废气。

[0332] 包覆颗粒收集系统130b去除微粒床20b中存在的、满足一种或多种限定物理标准(例如,粒径、密度)的、多个包覆颗粒22b中的至少部分。从包覆颗粒收集系统130b去除产物包覆颗粒22b。在一些实现方式中,从微粒床20b连续去除包覆颗粒22b。如有需要,可通过颗粒供应系统90b在微粒床20b中添加新微粒92b。

[0333] 在第二反应容器中,第一气态化学物质至第二化学物质的转换可大于大约70%、大于大约75%、大于大约80%、大于大约85%或大于大约90%。通过第一反应容器和第二反应容器进行的整体转换可大于大约90%、大于大约92%、大于大约94%、大于大约96%、大于大约98%、大于大约99%。经由气体收集系统110b从第二反应容器去除未分解的第一气态化学物质、一种或多种第三气态化学物质副产物和一种或多种稀释剂的部分,并且将其导向第三反应容器。

[0334] 在第三反应容器中,可使用可选的第二气体供应系统70c(图9中用虚线示出)来提供附加的第一气态化学物质和/或一种或多种稀释剂或第一气态化学物质和一种或多种稀释剂二者的混合物。来自第二反应容器的废气120b中存在的剩余第一气态化学物质的部分在机械式流化微粒床20c内热分解。气体回收系统110c从第三反应容器收集包括未分解的第一气态化学物质、一种或多种第三气态化学物质副产物和任何一种或多种稀释剂的废气。

[0335] 包覆颗粒收集系统130c去除微粒床20b中存在的、满足一种或多种限定物理标准(例如,粒径、密度)的、多个包覆颗粒22c的至少部分。从包覆颗粒收集系统130c去除产物包

覆颗粒22c。在一些实现方式中,从微粒床20c连续去除包覆颗粒22c。如有需要,可通过颗粒供应系统90c在微粒床20c中添加新微粒92c。

[0336] 在第三反应容器中,第一化学物质至第二化学物质的转换可大于大约70%、大于大约75%、大于大约80%、大于大约85%或大于大约90%。通过第一反应容器、第二反应容器和第三反应容器进行的整体转换可大于大约94%、大于大约96%、大于大约98%、大于大约99%、大于大约99.5%、大于大约99.9%。气体收集系统110c从第三反应容器收集包括未分解的第一气态化学物质、一种或多种第三气态化学物质副产物和任何一种或多种稀释剂,并且进行处理、回收或排放。

[0337] 本文中公开和讨论的用于产生硅的系统 and 过程具有显著优于当前所采用的系统和过程的优点。这种系统和处理适于产生半导体级或太阳能级硅。在制作过程中使用高纯度硅烷作为第一化学物质允许更容易地制作高纯度硅。该系统有利地将硅烷保持在低于热分解温度的温度,例如,低于400℃,直到硅烷进入机械式流化微粒床。通过将机械式流化微粒床外部的温度保持低于硅烷的热分解温度,可增加硅转换成机械式流化微粒床内沉积在颗粒上的有用多晶硅的整体转换率,并且归因于反应器内的其他表面上的硅烷分解和多晶硅沉积的寄生转换损失被最小化。

[0338] 本文中描述的机械式流化床系统和方法大大减少或消除了机械式流化微粒床20外部形成超细聚合粉末(poly-powder)(例如,大小为0.1毫米至几毫米),因为包括第一化学物质的气体的温度保持低于第一化学物质的自动分解温度。另外,腔室32内的温度也保持低于第一化学物质的热分解温度,从而进一步降低自动分解的可能性。另外,大体具有比0.1微米大得多但小于250微米的、通过例如磨蚀、物理损伤或摩擦而在机械式流化床中形成的任何小颗粒均随着废气被带到腔室32外部。如上所述,可通过变化使机械式流化床20与上部腔室33流体联接的开口318的宽度319b来控制这种经由废气去除的小颗粒的直径。结果,更容易实现形成具有期望大小分布的产物颗粒。

[0339] 硅烷还提供了优于用于制备高纯度多晶硅的二氯硅烷、三氯硅烷和四氯硅烷的优点。硅烷更容易净化,并且污染物比二氯硅烷、三氯硅烷或四氯硅烷少。因为硅烷的沸点相对较低,所以它可以容易地净化,从而降低在制备和净化二氯硅烷、三氯硅烷或四氯硅烷中出现的净化处理期间夹带污染物的趋势。另外,用于制作三氯硅烷的具体过程利用碳或石墨,碳或石墨可一起带入产物中或与氯硅烷反应,形成含碳化合物。另外,基于硅烷的分解过程,诸如本文中描述的过程,仅仅产生氢气副产物。氢气副产物可直接回收至硅烷制作过程中,从而减少或消除对废气处理系统的需要。因不再进行废气处理以及机械式流化床处理的效率,大幅减少了制作多晶硅的资金和操作成本。可能将资金和操作成本各节省40%。

[0340] 以上对所示实施方式的描述,包括摘要中描述的内容,不旨在是排他性的,或将实施方式限于所公开的精确形式。虽然具体实施方式和示例出于所示目的进行描述,但如相关领域的技术人员将认识到的是,可在不脱离本公开的精神和范围的情况下进行各种等同修改。各种实施方式的以上提供的教导可应用于制作硅的其他系统、方法和/或过程,而不仅仅是上述总体描述的示例性系统、方法和装置。

[0341] 例如,以上具体描述已经由使用框图、示意图、流程图和示例阐述了系统、处理、方法和/或装置的各种实施方式。在这种框图、示意图、流程图和示例包括一个或多个功能和/或操作的范围内,本领域的技术人员应理解的是,这种框图、示意图、流程图或示例内的每

个功能和/或操作均可通过各式各样的系统组件、硬件、软件、固件或实际上其任何组合来个体地和/或一齐地实现。

[0342] 在某些实施方式中,所使用的系统或所制作的装置可包括比上述具体实施方式中少的结构或组件。在其他实施方式中,所使用的系统或所制作的装置可包括除了本文中描述的结构或组件之外的结构或组件。在其他实施方式中,所使用的系统或所制作的装置可包括与本文中描述的结构和组件不同布置的结构或组件。例如,在一些实施方式中,在系统中可存在用于对温度、压力或流速提供有效控制的附加加热器和/或混合器和/或分离器。另外,在本文中描述的过程或方法的实现方式中,可存在更少的操作、附加的操作,或可按与本文中描述的次序不同的次序来执行操作。去除、添加、重排系统或装置的组件或过程或方法的操作方面会依照本公开而在相关领域的普通技术人员的技术范围内。

[0343] 本文中描述的用于制备多晶硅的方法的操作和系统可处于自动化控制子系统的控制下。这种自动化控制子系统可包括适宜传感器(例如,流量传感器、压力传感器、温度传感器)、致动器(例如,电机、阀、螺线管、减震器)、基于化学分析器和处理器的系统中的一个或多个,基于化学分析器和处理器的系统执行存储在处理器可读存储介质中的指令,以至少部分基于来自传感器、分析器和/或用户输入的数据或信息来自动控制各种组件和/或材料的流量、压力和/或温度。

[0344] 关于系统和过程的控制和操作或用于制备多晶硅的系统 and 装置的设计,在某些实施方式中,本发明的主体可经由专用集成电路(ASIC)来实现。然而,本领域的技术人员应认识到的是,本文中公开的实施方式,全部地或部分地,可等同地在标准集成电路中实现为在一个或多个计算机上运行的一个或多个计算机程序(例如,在一个或多个计算机系统上运行的一个或多个程序)、一个或多个控制器(例如,微控制器)上运行的一个或多个程序、一个或多个处理器(例如,微处理器)上运行的一个或多个程序、固件或实际上其任何组合。因此,设计电路和/或编写软件和固件的代码会依照本公开而落在本领域普通技术人员的技术范围内。

[0345] 于2014年12月23日提交的第62/096,387号美国临时专利申请的全部内容以引用方式并入本文中。上述的各种实施方式可进行组合,以提供其他实施方式。如有必要,可修改实施方式的各方面,以采用各种专利、申请和出版物的构思来提供其他实施方式。

[0346] 可依照以上的具体描述来对实施方式进行这种和其他改变。总体上,在随附权利要求书中,所使用的术语不应被理解为将权利要求书限于说明书和权利要求书中公开的具体实施方式,而是应被理解为包括所有可能的实施方式连同得到这种权利要求授权的等同物的全部范围。因而,权利要求书不受本公开限制。

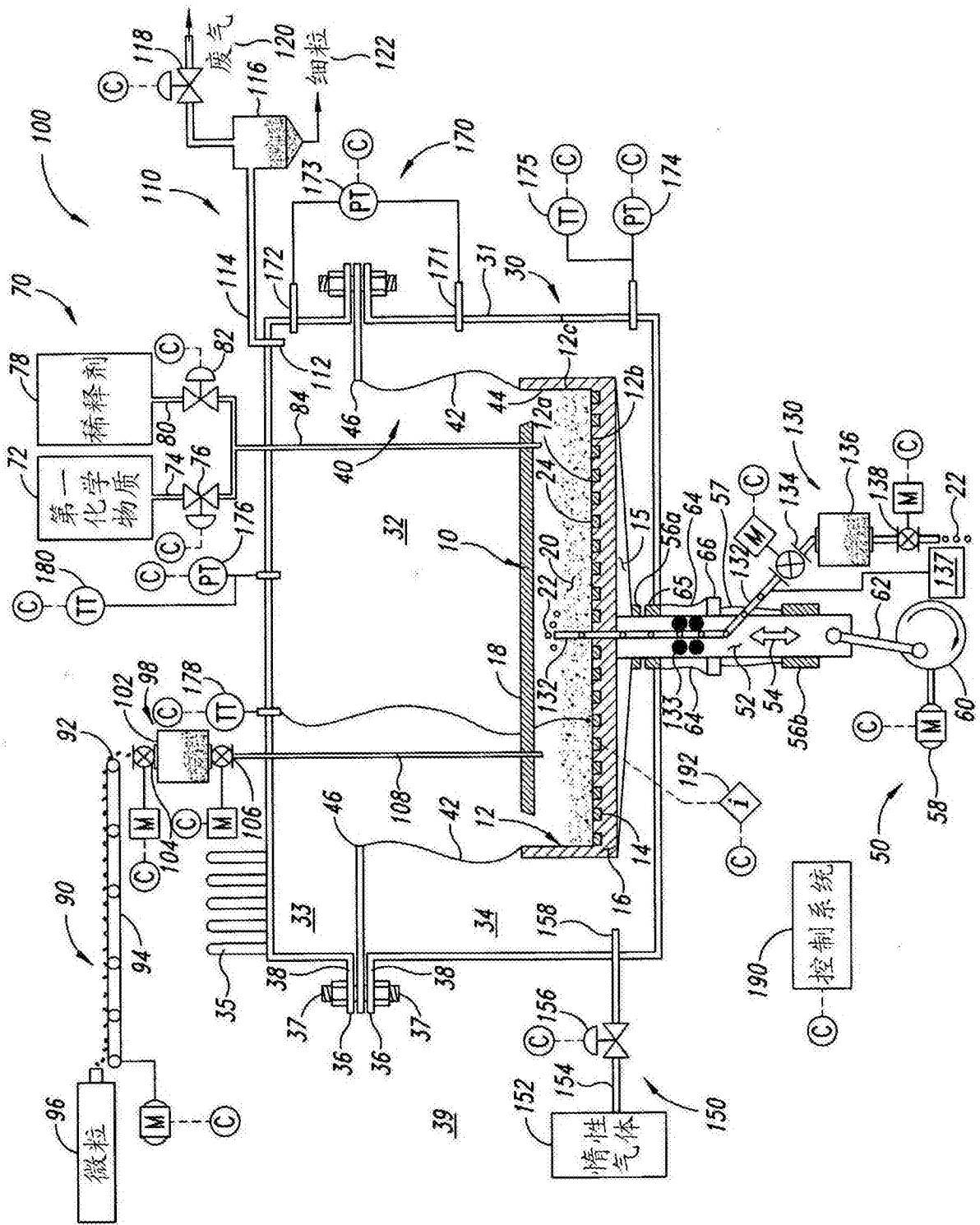


图1

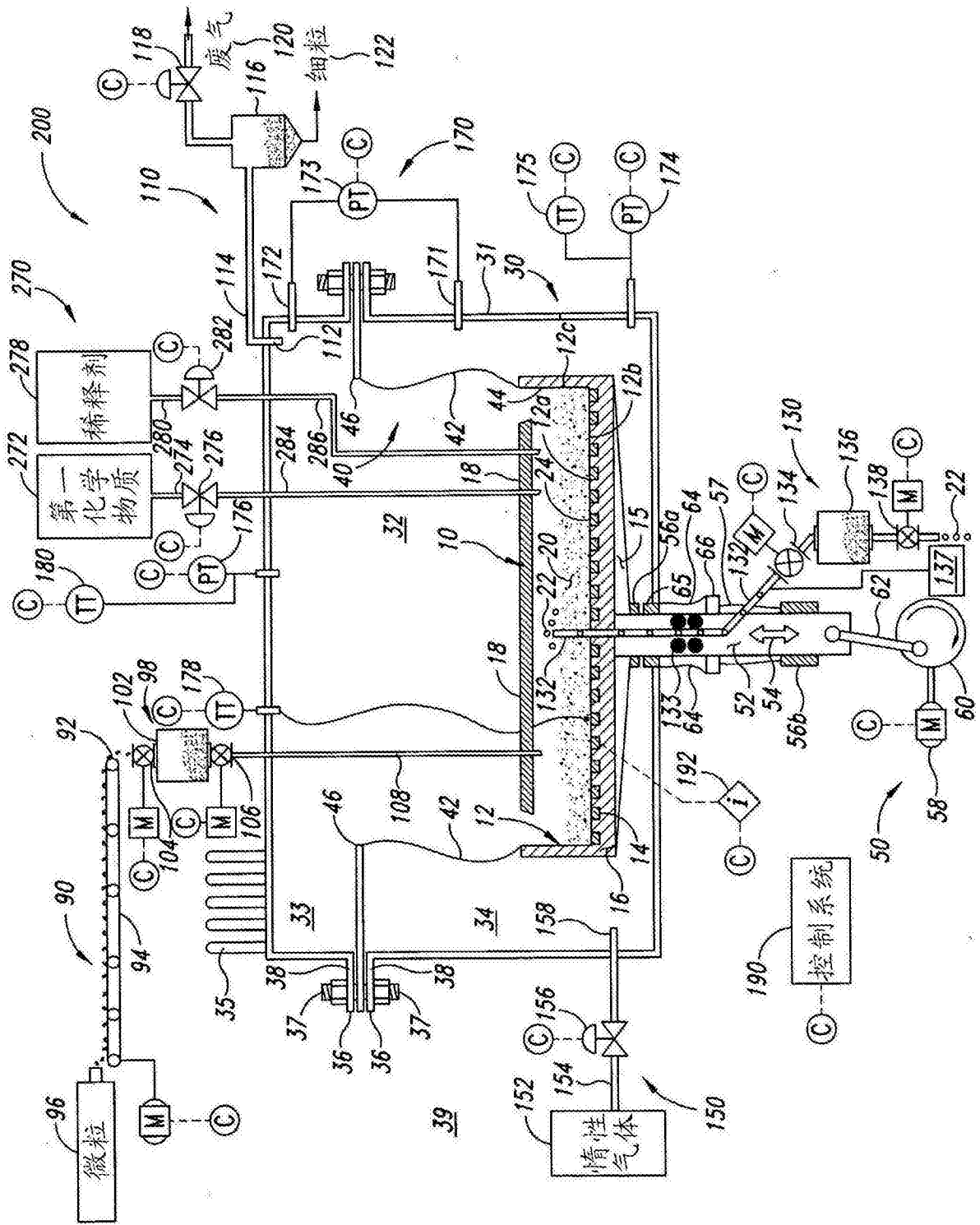


图2

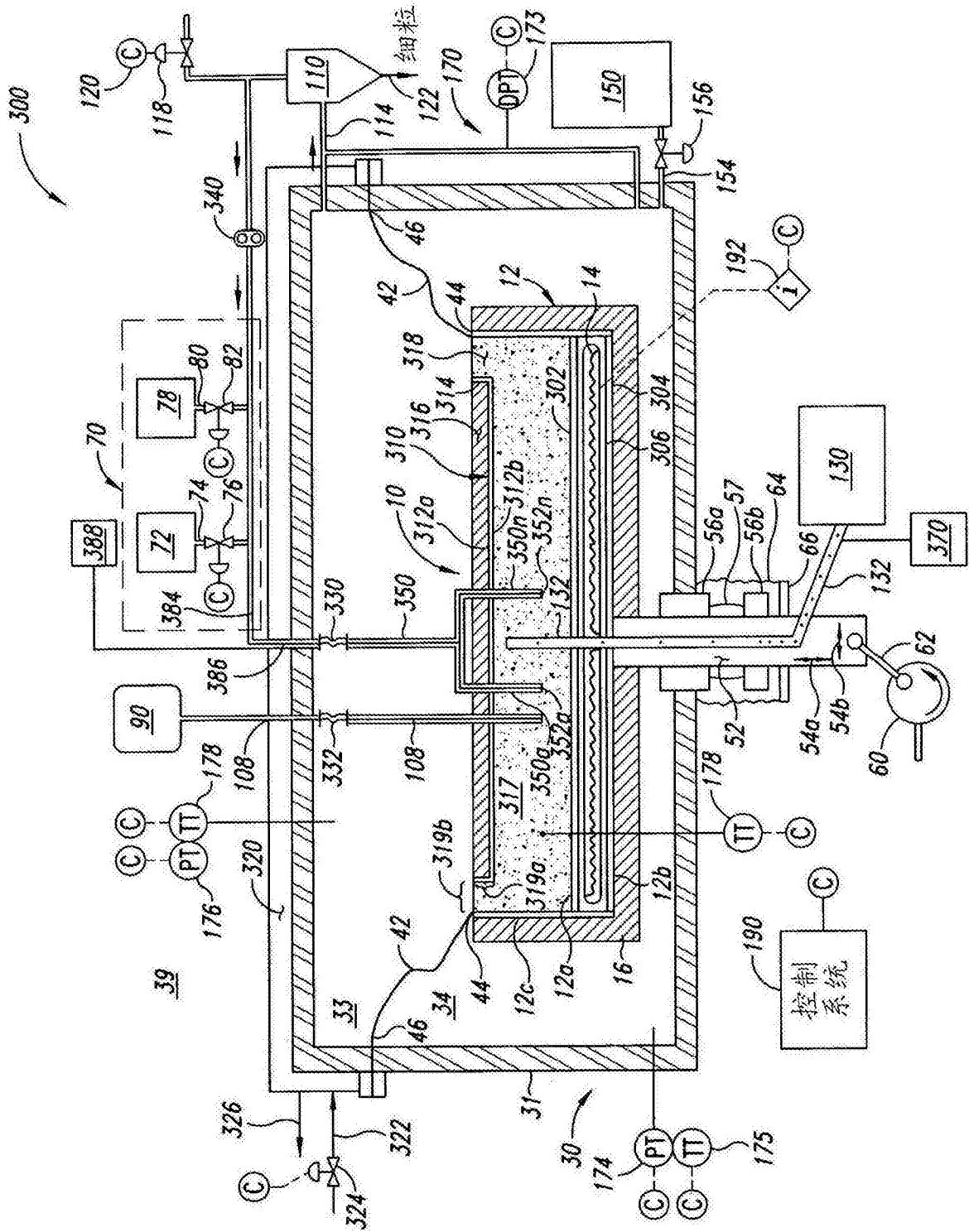


图3A

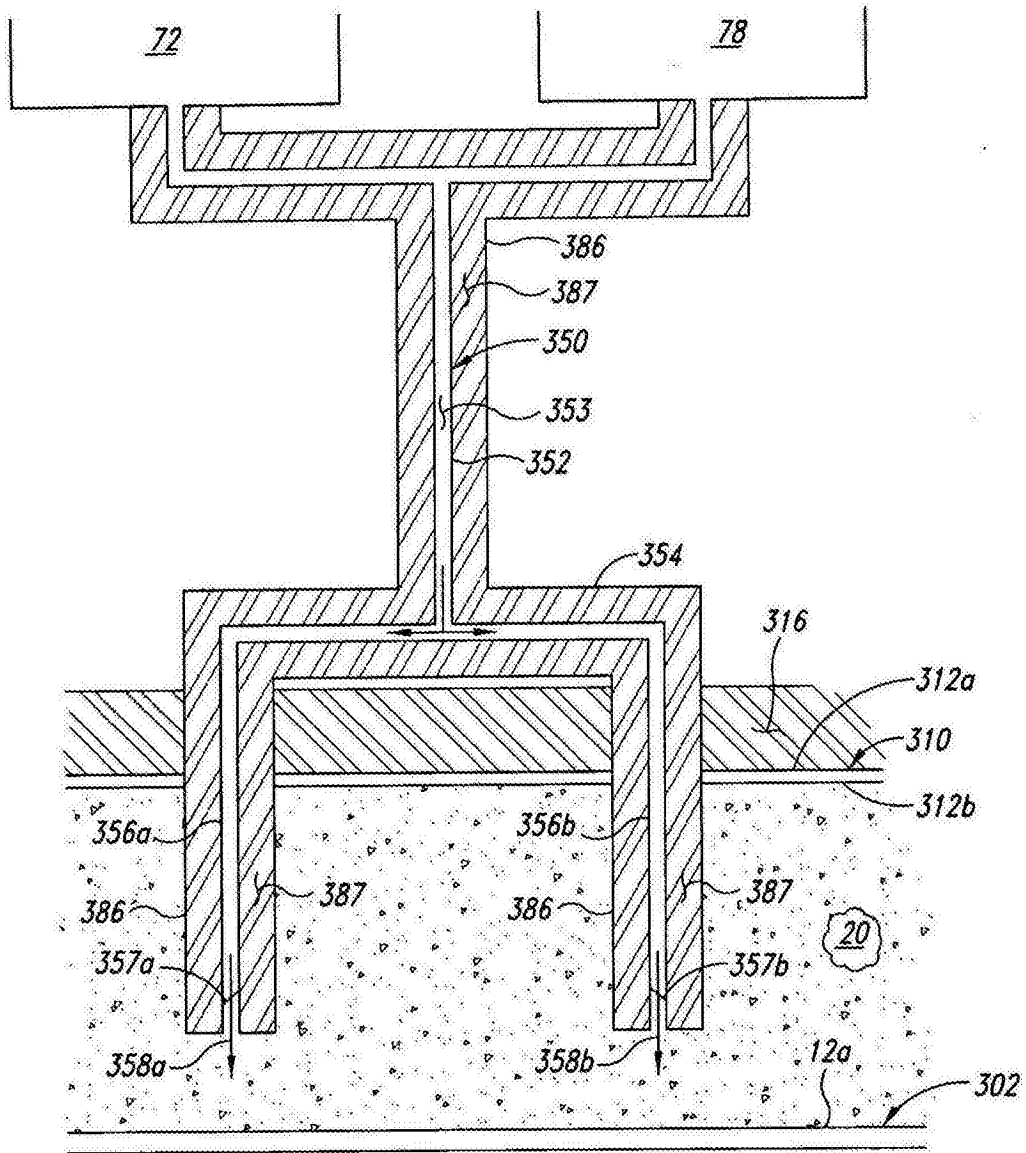


图3B

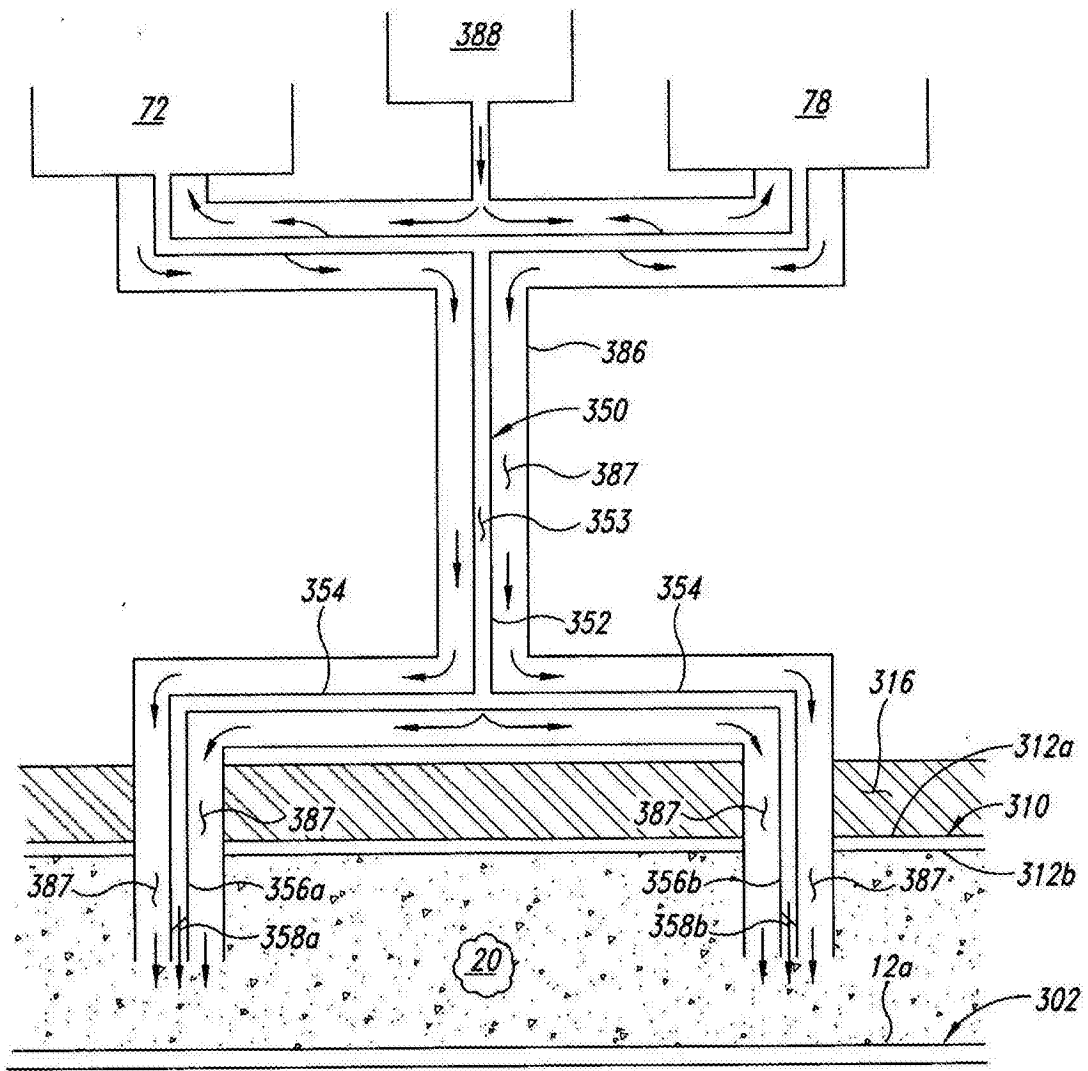


图3C

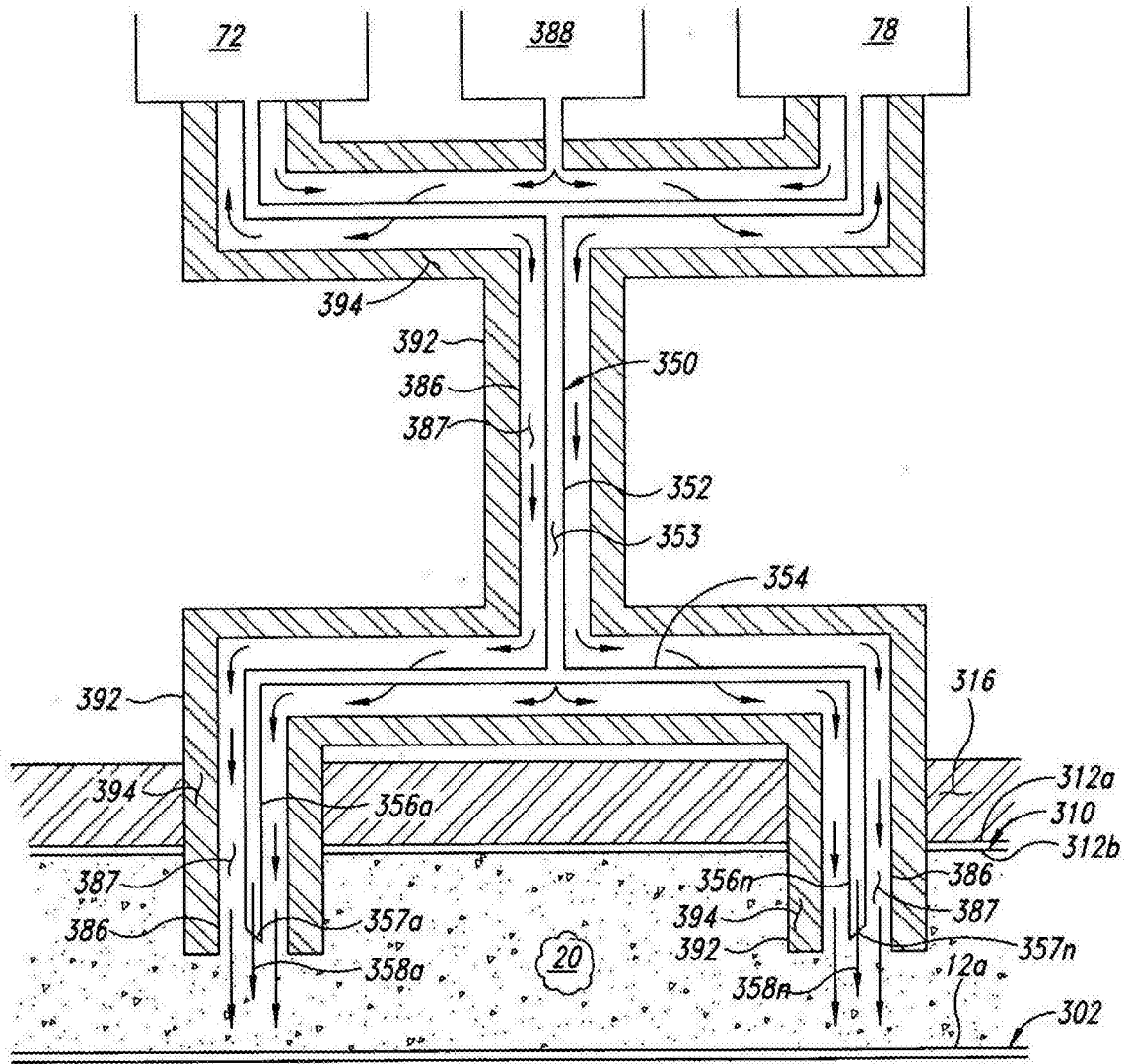


图3D

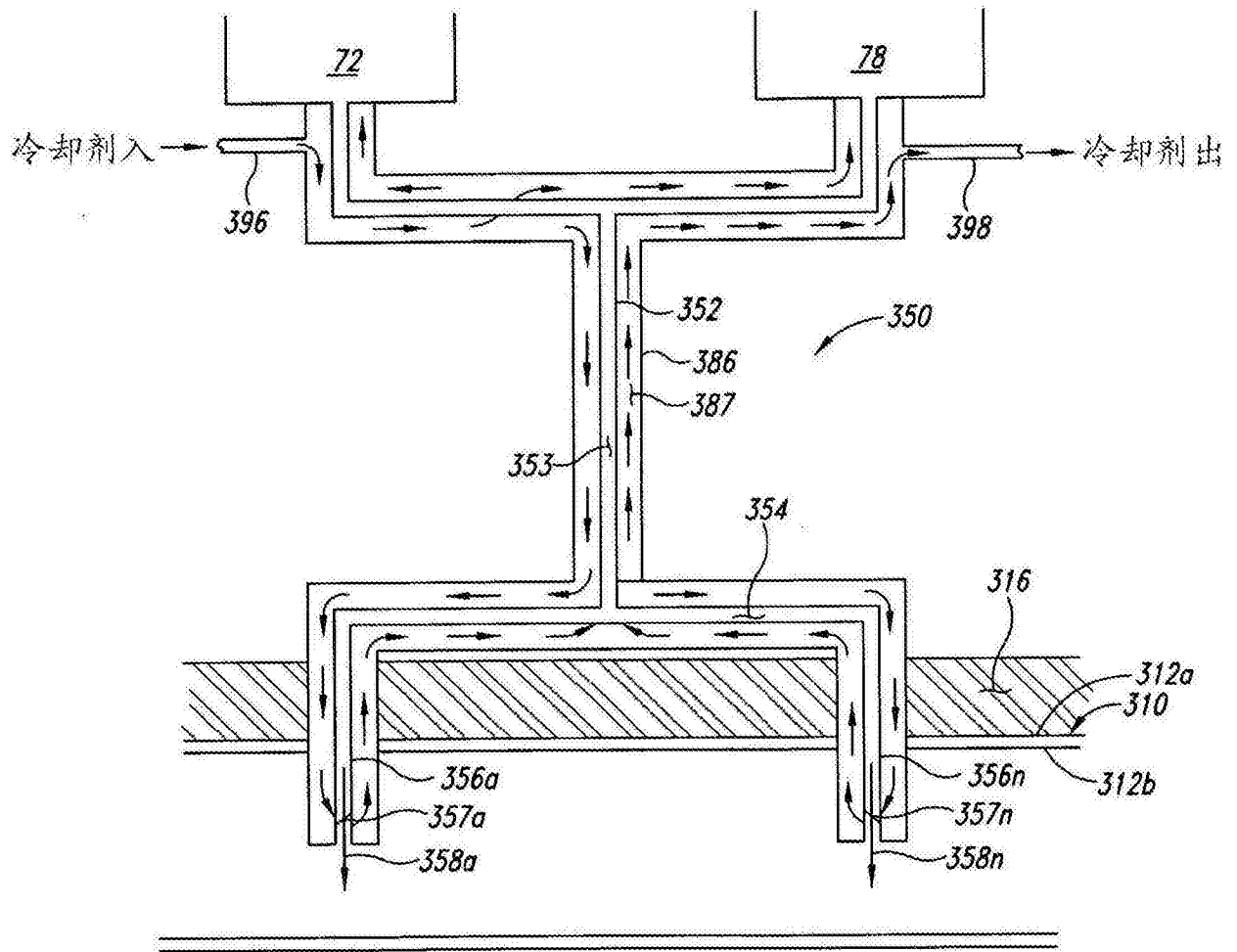


图3E

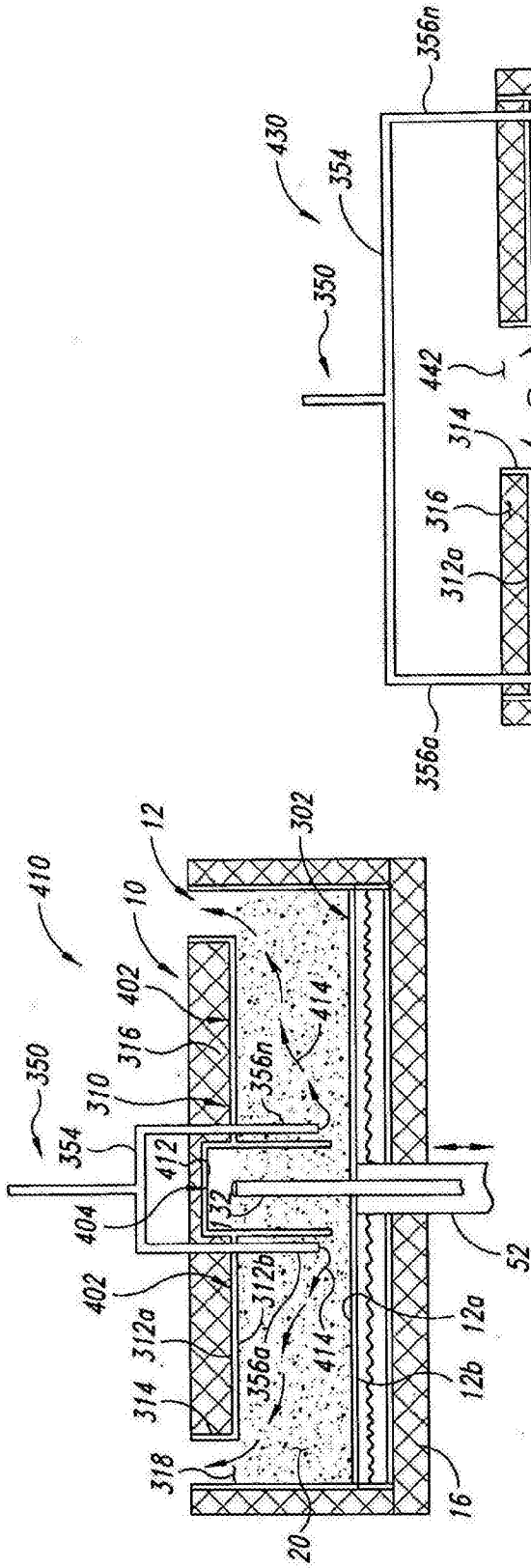


图 4A

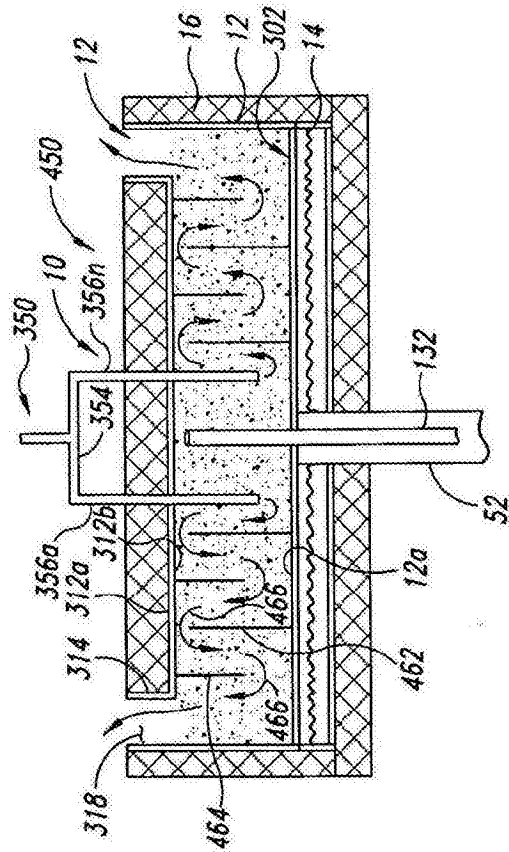


图 4C

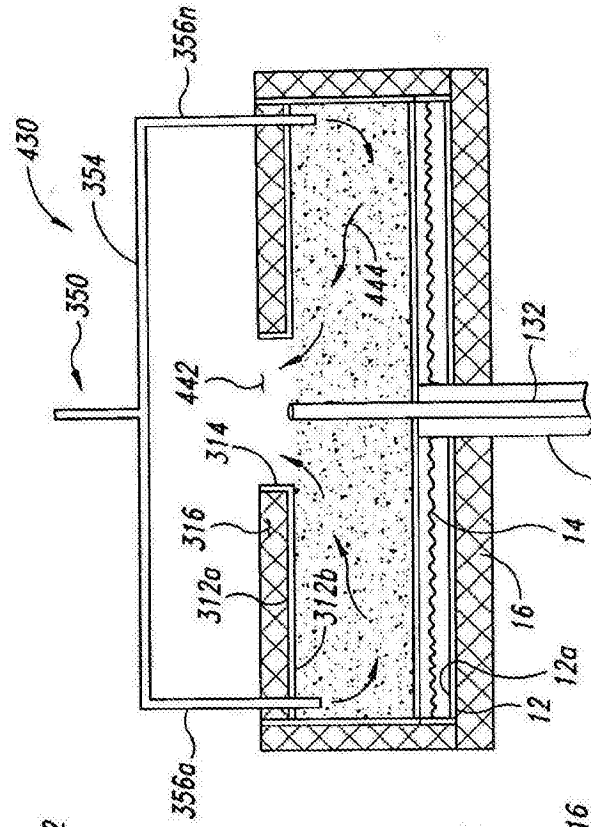


图 4B

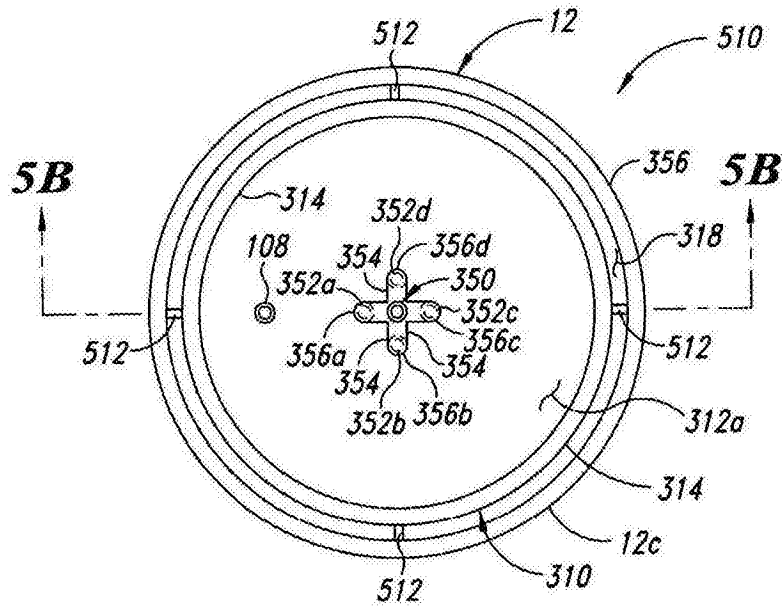


图5A

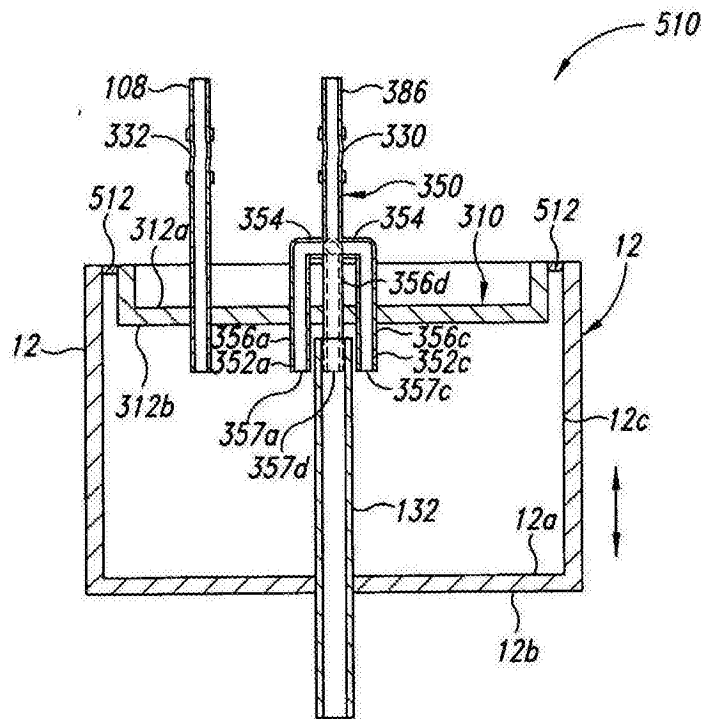


图5B

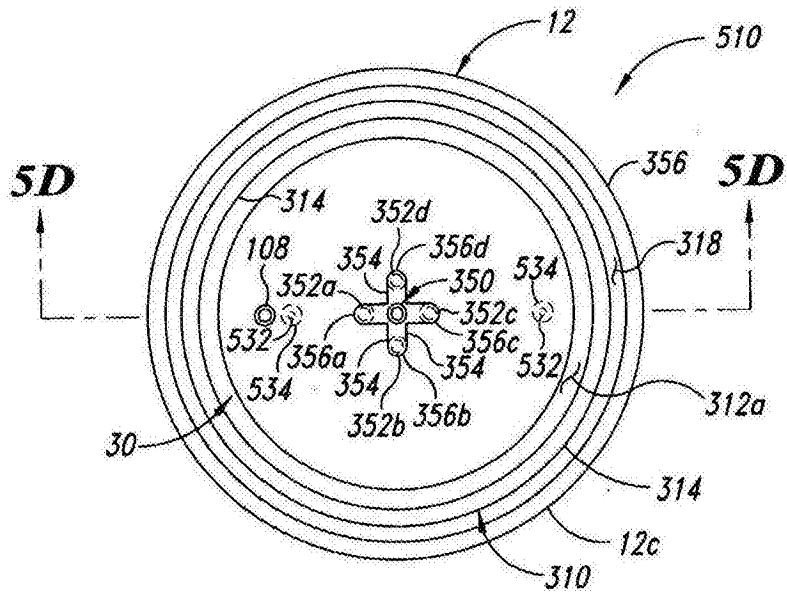


图5C

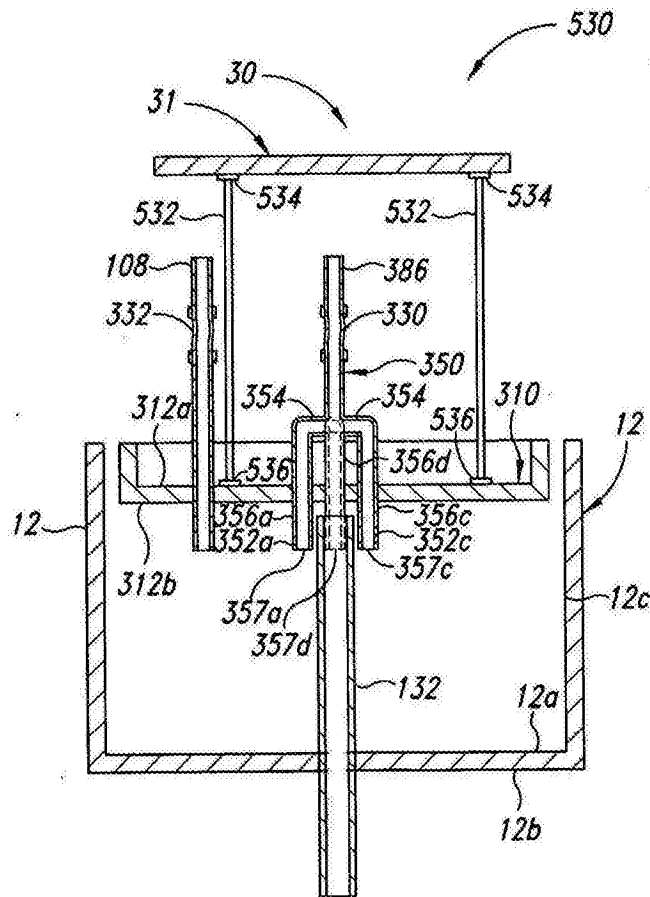


图5D

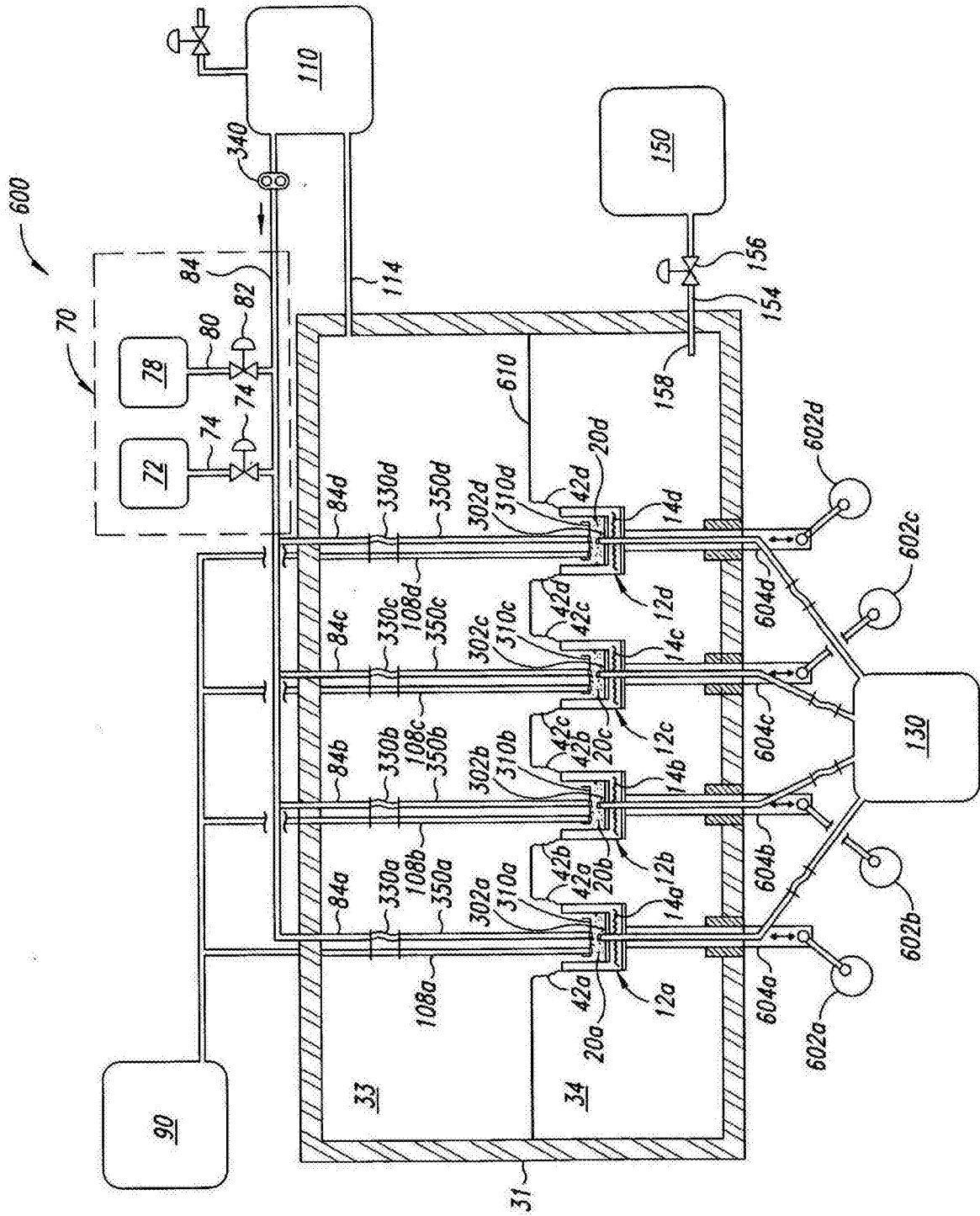


图6

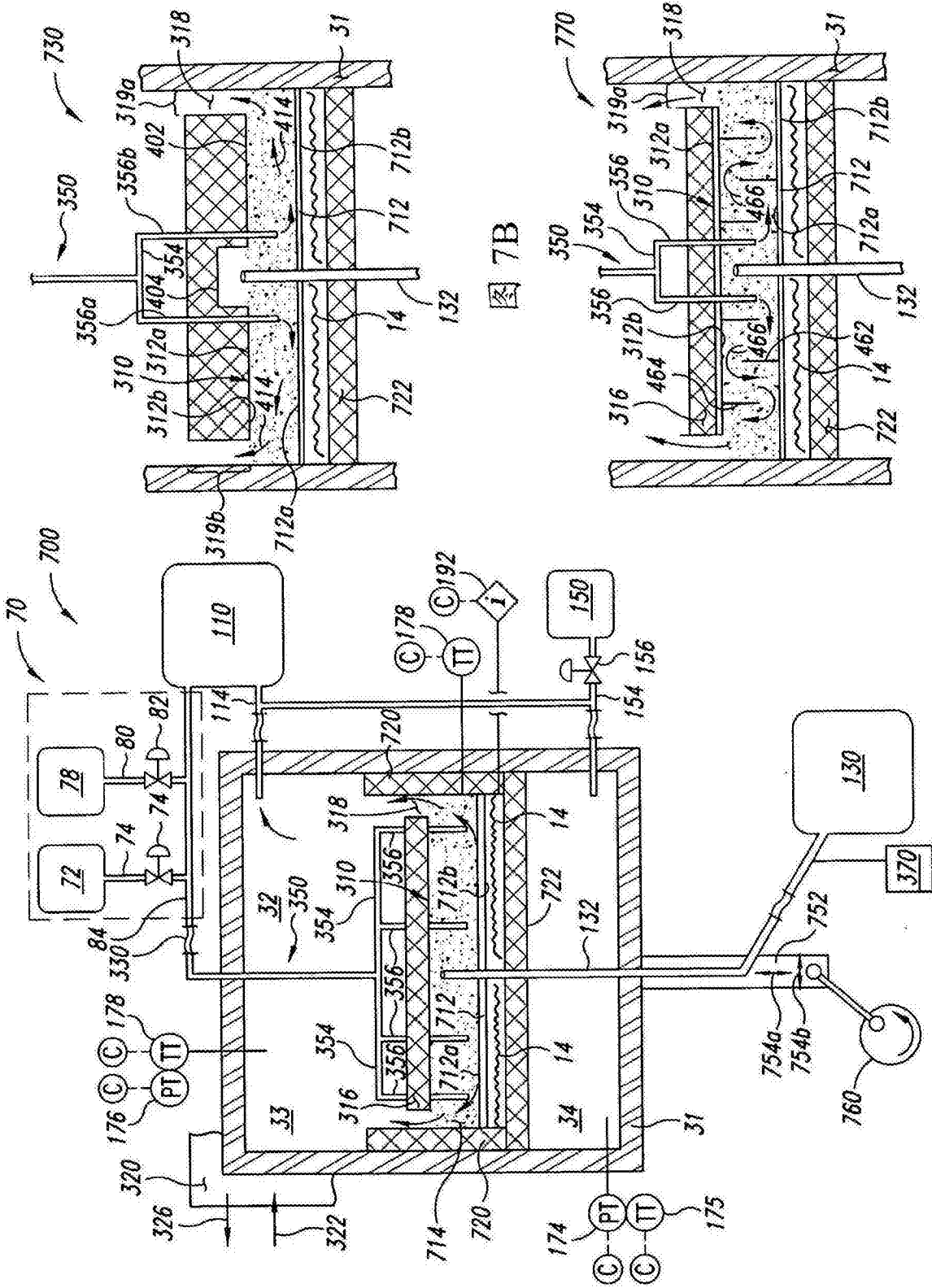


图 7A

图 7B

图 7D



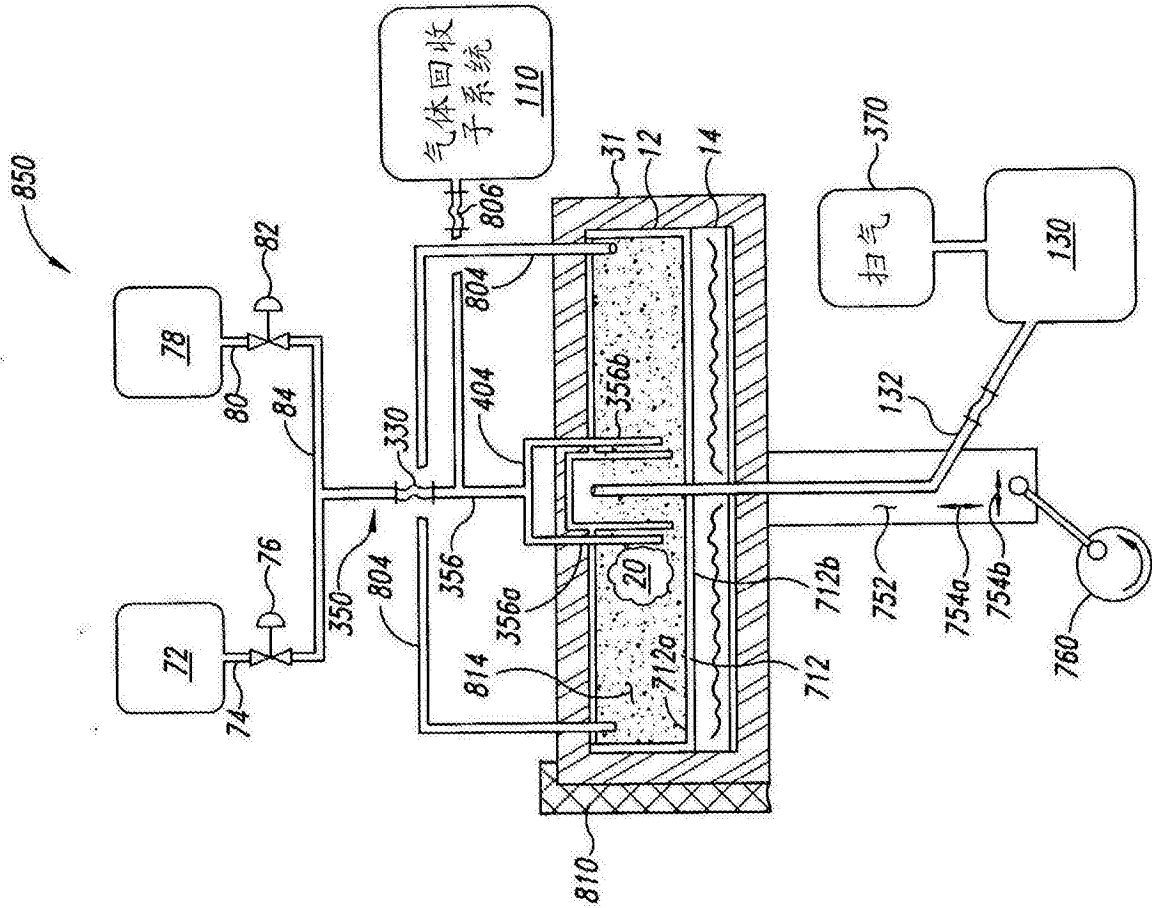


图8B

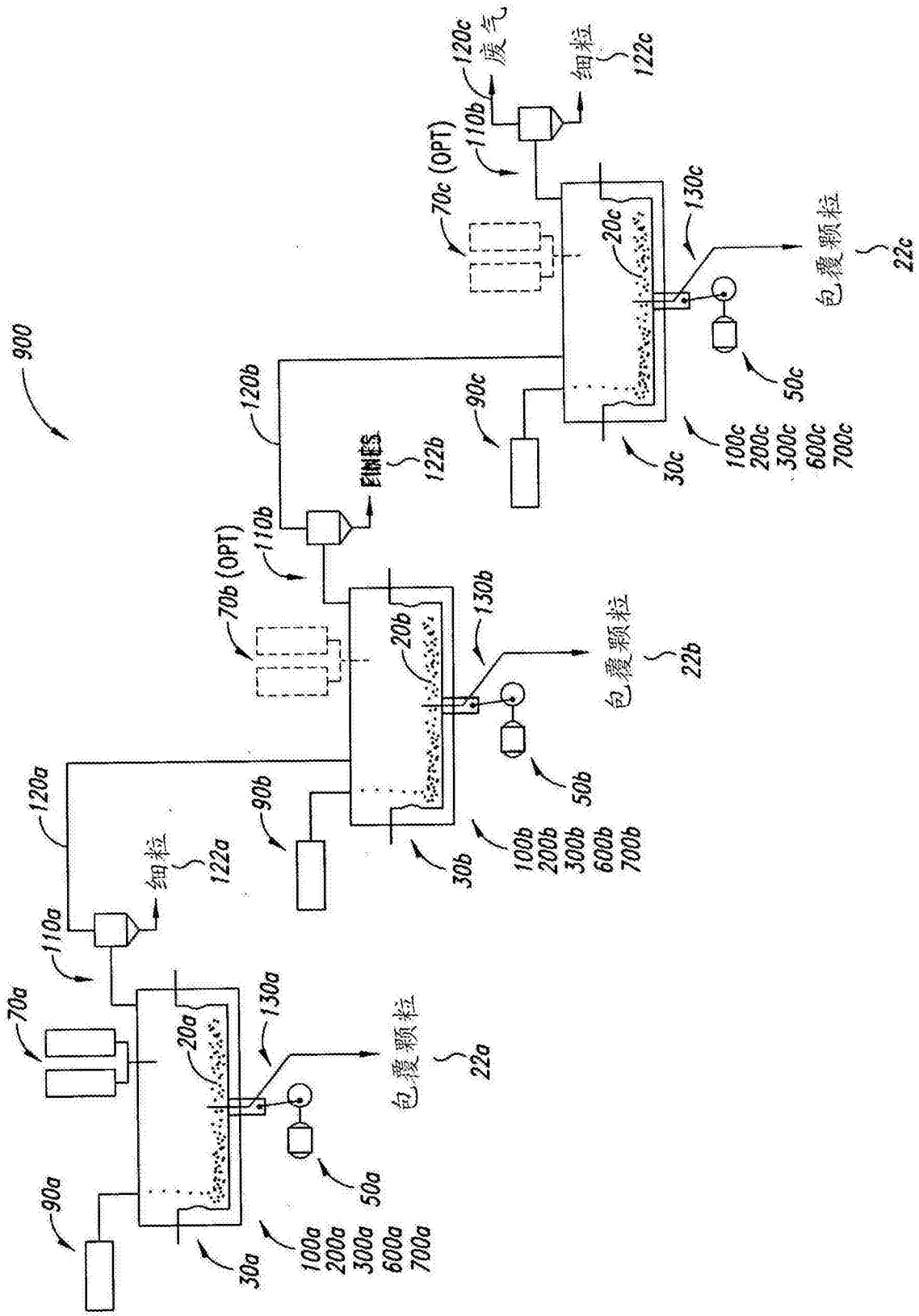


图9