



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104040710 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 10

(21) 申请号 201280066240. 0

代理人 李献忠

(22) 申请日 2012. 12. 28

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

61/584, 130 2012. 01. 06 US

H01L 21/683 (2006. 01)

H01L 21/205 (2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 07. 07

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/071976 2012. 12. 28

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/103594 EN 2013. 07. 11

(71) 申请人 诺发系统公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 科尔斯·格瓦达鲁

克里希纳·施里尼瓦森

(74) 专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

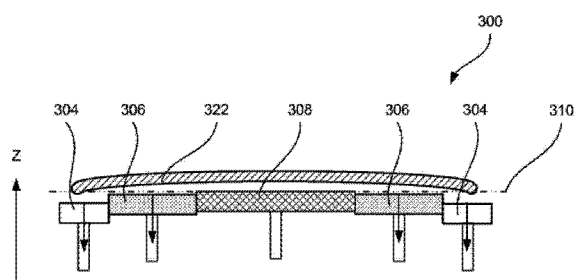
权利要求书3页 说明书17页 附图15页

(54) 发明名称

用于均匀传热的自适应传热方法和系统

(57) 摘要

本发明提供了一种自适应传热方法和系统，用于使往来于多种工件（例如，在制造半导体器件、显示器、发光二极管和光伏板期间采用的工件）的传热变得均匀。这种自适应方法允许减少由工件的变形导致的传热变化。根据工件的类型、处理条件和其他变量的不同，工件的变形会发生变化。这种变形难以预测并且会是随机的。提供的系统可以改变它们的构造以顾及每个处理的新工件的构造。另外，在传热期间可以连续或离散地进行调节。可以利用这种灵活性来提高传热均匀性，获得均匀的温度分布，减少变形，并且用于多种其他目的。



1. 一种自适应传热系统,其包括:

自适应基座的第一部分,其用于接收工件,所述第一部分具有第一面向工件表面;以及所述自适应基座的第二部分,所述第二部分具有第二面向工件表面,

其中所述第一部分和所述第二部分在基本上垂直于平面的方向上能独立运动,并且其中所述第一部分和所述第二部分位于所述工件的一侧。

2. 根据权利要求1所述的自适应传热系统,其进一步包括系统控制器,所述系统控制器用于接收来自在所述第一面向工件表面进行测量的第一传感器的输入以及来自在所述第二面向工件表面进行测量的第二传感器的输入,所述系统控制器被配置为基于来自所述第一传感器和所述第二传感器的输入控制所述第一部分和所述第二部分的运动。

3. 根据权利要求2所述的自适应传热系统,其中所述第一部分和所述第二部分的受控运动被确定用于提高在整个所述工件上的传热均匀性。

4. 根据权利要求2所述的自适应传热系统,其中所述第一传感器和所述第二传感器是所述自适应基座的一部分。

5. 根据权利要求2所述的自适应传热系统,其中来自所述第一传感器和所述第二传感器的输入关联于所述工件和所述第一面向工件表面以及所述第二面向工件表面之间的间隙。

6. 根据权利要求2所述的自适应传热系统,其中来自所述第一传感器和所述第二传感器的输入与在所述工件的不同位置测得的温度有关。

7. 根据权利要求1所述的自适应传热系统,其进一步包括从所述第一面向工件表面和所述第二面向工件表面中的至少一个延伸的成组的支架,所述成组的支架用于支撑所述工件。

8. 根据权利要求1所述的自适应传热系统,其中所述工件被支撑在所述第一面向工件表面上方的预定距离处。

9. 根据权利要求1所述的自适应传热系统,其中所述第一面向工件表面和所述第二面向工件表面是同心的环形部分。

10. 根据权利要求9所述的自适应传热系统,其中所述第一部分和所述第二部分是端面为所述第一面向工件表面和所述第二面向工件表面的同心圆筒体。

11. 根据权利要求1所述的自适应传热系统,其中所述第一面向工件表面和所述第二面向工件表面是扇形部分。

12. 根据权利要求1所述的自适应传热系统,其中所述第一面向工件表面和所述第二面向工件表面中的每一个是扇形部分和环形部分。

13. 根据权利要求1所述的自适应传热系统,其中所述第一部分和所述第二部分中的每一个包括至少一个支腿并且所述第一面向工件表面和所述第二面向工件是所述支腿的端面。

14. 根据权利要求1所述的自适应传热系统,其进一步包括:所述自适应基座的第三部分,其具有第三面向工件表面,其中所述第三部分在与所述平面基本上垂直的方向上能独立于所述第一部分和所述第二部分运动,并且其中所述第三部分位于所述工件的所述一侧。

15. 一种自适应传热系统,其包括:

用于接收工件的自适应基座的第一可枢转部分,所述第一可枢转部分具有第一面向工件表面;以及

所述自适应基座的第二可枢转部分,所述第二可枢转部分具有第二面向工件表面,

其中所述第一面向工件表面和所述第二面向工件表面中的每一个能绕着枢转点枢转,并且其中所述第一面向工件表面和所述第二面向工件表面位于所述工件的一侧。

16. 根据权利要求 15 所述的自适应传热系统,其进一步包括系统控制器,所述系统控制器用于接收来自在所述第一面向工件表面进行测量的第一传感器的输入以及来自在所述第二面向工件表面进行测量的第二传感器的输入,所述系统控制器被配置为基于来自所述第一传感器和所述第二传感器的输入控制所述第一可枢转部分和所述第二可枢转部分的枢转。

17. 根据权利要求 16 所述的自适应传热系统,其中所述第一可枢转部分和所述第二可枢转部分的受控枢转被确定用于提高在整个所述工件上的传热均匀性。

18. 根据权利要求 16 所述的自适应传热系统,其中所述第一传感器和所述第二传感器是所述自适应基座的一部分。

19. 根据权利要求 16 所述的自适应传热系统,其中来自所述第一传感器和所述第二传感器的输入关联于所述工件和所述第一面向工件表面以及所述第二面向工件表面之间的间隙。

20. 根据权利要求 16 所述的自适应传热系统,其中来自所述第一传感器和所述第二传感器的输入关联于邻近所述第一面向工件表面和所述第二面向工件表面的所述工件的温度。

21. 根据权利要求 15 所述的自适应传热系统,其进一步包括从所述第一面向工件表面和所述第二面向工件表面中的至少一个延伸的成组的支架,所述成组的支架用于支撑所述工件。

22. 根据权利要求 15 所述的自适应传热系统,其中所述工件被支撑在所述第一面向工件表面上方的预定距离处。

23. 一种自适应传热系统,其包括:

用于接收工件的自适应基座的第一部分,所述第一部分具有面对所述工件的第一侧的第一面向工件表面;以及

所述自适应基座的第二部分,所述第二部分具有面对所述工件的第二相反侧的第二面向工件表面。

24. 根据权利要求 23 所述的自适应传热系统,其中所述第一面向工件表面和所述第二面向工件表面基本上是平行的。

25. 根据权利要求 23 所述的自适应传热系统,其中所述第二部分能在垂直于所述第一面向工件表面的方向上运动。

26. 根据权利要求 25 所述的自适应传热系统,其进一步包括系统控制器,所述系统控制器用于接收来自一个或多个传感器的输入,所述系统控制器还用于根据来自所述一个或多个传感器的输入控制所述第二部分的运动。

27. 根据权利要求 26 所述的自适应传热系统,其中所述第二部分的受控运动被确定用于提高在整个所述工件上的传热均匀性。

28. 根据权利要求 26 所述的自适应传热系统,其中所述一个或多个传感器是所述自适应基座的一部分。

29. 根据权利要求 26 所述的自适应传热系统,其中所述输入关联于所述工件和所述第一面向工件表面以及所述第二面向工件表面之间的间隙。

30. 根据权利要求 26 所述的自适应传热系统,其中所述输入与在所述工件的不同位置测得的温度有关。

31. 根据权利要求 26 所述的自适应传热系统,其进一步包括从所述第一面向工件表面延伸的成组的支架,所述成组的支架用于支撑所述工件。

32. 一种自适应传热系统,其包括:

可弯曲传热板,其具有第一面向工件表面;和

系统控制器,其用于接收来自在所述可弯曲传热板处的一个或多个传感器的输入,并且用于根据来自所述一个或多个传感器的输入控制施加在所述可弯曲传热板上的弯曲力。

33. 根据权利要求 32 所述的自适应传热系统,其中施加在所述可弯曲的传热板上的受控的弯曲力被确定用于提高在整个所述工件上的传热均匀性。

34. 根据权利要求 32 所述的自适应传热系统,其中来自所述一个或多个传感器的输入关联于所述工件和所述第一面向工件表面之间的间隙。

35. 根据权利要求 32 所述的自适应传热系统,其中来自所述一个或多个传感器的输入与所述工件的温度有关。

36. 一种自适应传热方法,其包括:

启动自适应基座的第一部分的温度的变化;

提供工件至所述第一部分的第一面向工件表面上;

使用一个或多个传感器监测一个或多个工艺参数;并且

基于所述一个或多个工艺参数调节所述第一部分。

37. 根据权利要求 36 所述的自适应传热方法,其进一步包括:

提供所述自适应基座的第二部分,所述第二部分具有第二面向工件表面;

启动所述第二部分的温度的变化;

并且基于所述一个或多个工艺参数调节所述第二部分。

38. 根据权利要求 37 所述的自适应传热方法,其进一步包括基于提高在整个所述工件上的传热均匀性来确定调节所述第一部分和所述第二部分。

39. 根据权利要求 37 所述的自适应传热方法,其中所述一个或多个工艺参数关联于所述工件和所述第一面向工件表面以及所述第二面向工件表面之间的间隙。

40. 根据权利要求 36 所述的自适应传热方法,其中所述一个或多个工艺参数与整个所述工件上的温度有关。

41. 根据权利要求 36 所述的自适应传热方法,进一步包括去除所述工件。

用于均匀传热的自适应传热方法和系统

相关专利申请的交叉引用

[0001] 本申请根据 35U. S. C. § 119(e) 主张于 2012 年 1 月 6 日提交的美国临时申请序列号 61/584, 130 的优先权权益, 该申请通过引用的方式全部且为了所有目的并入本文中。

背景技术

[0002] 半导体和其他薄膜技术通常采用加热的或冷却的基座以在处理工件之前 \ 期间或之后控制工件的温度。例如, 可以在处理室中使用加热的基座以在工件上沉积材料层期间、在从工件表面去除材料期间或者在进行其他处理操作期间加热工件并将其维持在预定温度。加热的或冷却的基座也可以设置在装载锁中, 以便在工件要转移进出处理环境时加热或冷却工件。这些基座可以是由铝或陶瓷材料制成的并且形成为一个单体件。工件被支撑在该基座的表面上以实现传热 (即, 根据工件和基座的相对温度加热或冷却)。基座表面与工件之间的间隙为这种传热提供了一些控制, 使得较高的传热速率对应于较小的间隙, 而较低的传热速率对应于较大的间隙 (即, 成反比关系)。

[0003] 通常, 工件 (特别是大而薄的晶片 (例如, 450mm 的晶片)) 在引入到处理系统中时经过变形并且需要均匀地加热或冷却。这些变形的一些普通实例包括: 碗形, 此时工件具有凹形形状, 并且其中心部分相对于由其边缘所限定的平面向下延伸; 和圆顶形, 此时工件具有凸形形状, 并且其中心部分相对于由其边缘所限定的平面向上延伸。变形可以同样具有多种非对称形状。由于形成工件的多种材料、沉积在工件表面上的压缩膜或拉伸膜之间的热膨胀系数的差异以及其他因素, 所以会发生变形。通常, 同一批次的工件具有不同类型和水平的变形。这些变形难以预料并且通常本质上是随机的。此外, 当工件已经在系统中时, 在传热期间会发生一些变形。这种“在处理中”的变形可能是由于工件温度的变化、额外材料的沉积以及其他原因。如此, 难以并且一般无法具有总是与变形的工件共形 (conform) 的预设传热表面。一般来讲, 因为变形的这种相对无法预测的属性, 所以使用具有平坦表面的基座。尽管提出了具有预定的弯曲表面的基座, 但是它们的应用只是局限于非常具体的变形类型。

[0004] 当变形的工件定位在基座的平坦表面上时, 该表面与工件之间的间隙会在整个表面上发生变化。这种变化会造成在整个表面上不均匀的传热, 从而会导致工件不均匀的温度分布。这种温度变化会干扰处理, 并且导致例如在整个表面上不均匀的沉积或材料移除率。另外, 这种温度变化会造成进一步变形, 并且在某些情况下会对工件造成永久损伤。例如, 当部分硅晶格彼此相对发生位移时, 过度变形会在硅结构中造成滑移位错。这种缺陷会降低器件的电气性能。在一些情况下, 工件甚至会在设备内部断裂, 这导致停工时间延长以及导致昂贵的清理费用。

发明内容

[0005] 本发明提供了一种自适应传热方法和系统, 用于使往来于多种工件 (例如, 在制造半导体器件、显示器、发光二极管和光伏板期间采用的工件) 均匀传热。这种自适应方法

允许减少由工件的变形导致的传热变化。

[0006] 根据工件的类型、处理条件和其他变量的不同,工件的变形会发生变化。这种变形难以预测并且会是随机的。

[0007] 提供的系统可以改变它们的构造以顾及每个处理的新工件的变形。另外,在传热期间可以连续或离散地进行调节。可以利用这种灵活性来提高传热均匀性,获得均匀的温度分布,减少变形,并且用于多种其他目的。在公开的实施方式中,系统可以包括用于测量工件的温度分布和 / 或工件与系统的传热表面之间的间隙变化的传感器。然后可以根据这些传感器的响应来调节这些表面的位置和 / 或形状。

[0008] 在某些实施方式中,提供了一种传热系统,该传热系统用于提供往来于 (to and from) 显示出变形的工件的基本上均匀的传热。传热系统可以包括第一和第二传热部分。第一传热部分可以具有第一面向工件表面和第成组的最小接触面积支架,这些支架从所述第一面向工件表面延伸以支撑显示出变形的工件。所述第一工件被支撑在所述第一面向工件表面上方的预定距离处。第二传热部分具有第二面向工件表面。第二面向工件表面可相对于第一面向工件表面运动以提供均匀的传热。在显示出变形的工件与第一面向工件表面之间以及在显示出变形的工件与第二面向工件表面之间提供均匀的传热。均匀的传热有助于在显示出变形的工件的整个面积上维持基本上均匀的温度分布。

[0009] 在某些实施方式中,第二面向工件表面可相对于第一面向工件表面移动以便与显示出变形的工件的非平面形状共形。第二面向工件表面可以在加热或冷却期间相对于第一面向工件表面运动,直到第二面向工件表面与显示出变形的工件之间的平均间隙和在第一面向工件表面与显示出变形的工件之间的平均间隙基本上相同。

[0010] 在某些实施方式中,传热系统还包括系统控制器,该系统控制器用于在加热或冷却显示出变形的工件的同时控制第二面向工件表面相对于第一面向工件表面的运动。传热系统还可以包括设置在第二面向工件表面和 / 或第一面向工件表面中的一个或多个传感器以提供输入到控制系统。这些传感器可以被配置为感测一个或多个参数,例如,显示出变形的工件的温度分布、第二面向工件表面与显示出变形的工件之间的间隙以及第一面向工件表面与显示出变形的工件之间的间隙。传热系统还可以包括由系统控制器控制的升降机构,以相对于第一面向工件表面移动第二面向工件表面。

[0011] 在某些实施方式中,第一面向工件表面具有第一半径的圆形 (例如,圆环) 形状。在这些实施方式中,传感器可以包括:第一传感器,其位于第一面向工件表面的中心以及第一半径的一端;第二传感器,其位于第一半径的另一端;和第三传感器,其沿着第一半径定位在第一传感器与第二传感器之间。第一面向工件表面的圆形形状还可以具有相对于第一半径成角度地定位的第二半径。可以沿着该第二半径定位另一个第三传感器。在某些实施方式中,第二半径与第一半径基本上垂直。

[0012] 第二面向工件表面可定位在第一面向工件表面上方并与其相对。在这些实施方式中,显示出变形的工件定位在第一面向工件表面与第二面向工件表面之间。第一传热部分可以是第一基座的一部分,而第二传热部分可以是第二基座的一部分。第一和第二基座设置在处理室或装载锁中。在其他实施方式中,第一传热部分可以是第一基座的一部分,而第二传热部分可以是喷头的一部分。喷头可以具有多个开口,这些开口用于在对显示出变形的工件进行处理的期间供应前体。

[0013] 在某些实施方式中,第一和第二传热部分形成相同的基座。在这些实施方式中,第二传热部分还可以包括成组的最小接触面积支架,这些支架从第二面向工件表面延伸,以将工件支撑在第二面向工件表面上方预定距离的位置处。第一面向工件表面的表面积可以与第二面向工件表面的表面积基本上相同。在具体实施方式中,第一面向工件表面具有第一直径的圆形形状。第二工件具有碟片形状,其内径与第一面向工件表面的圆形形状的第一直径基本上相同。传热系统还可以包括具有第三面向工件表面的第三传热部分。第三面向工件表面可以具有碟片形状,其内径与第二面向工件表面的外径基本上相同。第三面向工件表面可独立于第二面向工件表面相对于第一面向工件表面运动以提供均匀的传热。在这些实施方式中,两个或更多个传热部分设置成嵌套的圆筒体(cylinders)。

[0014] 在其他实施方式中,第一和第二面向工件表面具有圆扇形形状。这些表面与一个或多个额外的传热部分的一个或多个额外的面向工件表面一起形成圆。一个或多个额外的面向工件表面可以相对于第一面向工件表面运动以提供均匀的传热。在同一个或其他的实施方式中,第一面向工件表面、第二面向工件表面和一个或多个额外的面向工件表面可相对于圆的中心枢转。

[0015] 还提供了一种用于提供均匀传热到显示出变形的工件的传热基座。传热基座可以包括:底部支架以及含连续的面向工件表面的可弯曲传热板。连续的面向工件表面被配置为改变其形状以便与显示出变形的工件的形状共形,从而在可弯曲的传热板上施加力时在显示出变形的工件与连续的面向工件表面之间提供均匀的传热。通过供应气体或液体至底座支架与可弯曲的传热板之间的空间或通过去除底座支架与可弯曲的传热板之间的空间的气体或液体,从而改变底座支架与可弯曲的传热板之间的空间的压力,进而可以施加力。在同一个或其他实施方式中,可以由附接在可弯曲的传热板上并且被配置为相对于底座支架移动的一个或多个机械结构施加力。

[0016] 还提供了一种用于往来于显示出变形的工件提供均匀传热的方法。所述方法可以涉及将显示出变形的具有非平面形状的工件定位在从第一传热部分的第一面向工件表面延伸的第一组最小基础面积支架上。第一面向工件表面可以相对于第二面向工件表面移动。显示出变形的工件的温度可以不同于第一面向工件表面的温度以及第二面向工件表面的温度。所述方法继续确定一个或多个参数,例如,显示出变形的工件的温度分布、第二面向工件表面与显示出变形的工件之间的间隙以及第一面向工件表面与显示出变形的工件之间的间隙。所述方法可以基于一个或多个确定的参数相对于第二面向工件表面调节第一面向工件表面的位置。然后显示出变形的工件可以在工件达到预定温度时被移除。

[0017] 在某些实施方式中,所述方法可以涉及在移除工件之前重复确定并调节上述操作一次或多次。工件的实例包括半导体衬底、光伏衬底和显示器衬底。在某些实施方式中,显示出变形的工件的温度分布在移除工件之前的偏差小于约 5°C。工件在移除时可以比在定位时显示出更小的变形。

[0018] 在某些实施方式中,一种方法还涉及在工件上涂覆光致抗蚀剂、使光致抗蚀剂曝光、图案化抗蚀剂并将图案转移到工件上,并且从工件选择性地去除光致抗蚀剂。在这些实施方式中,半导体处理系统可以包括分档器。

[0019] 以下参照附图进一步描述这些和其他实施方式。

附图说明

[0020] 图 1A 是描绘了根据实施方式的使用最小接触面积 (MCA) 支架支撑在基座的面向工件表面上方的平坦工件的横截面的视图。

[0021] 图 1B 是描绘了支撑在图 1A 的基座的同一个面向工件表面上方的变形工件的横截面的视图。

[0022] 图 1C 是描绘了根据实施方式的用于处理半导体工件的设备的横截面的示意图。

[0023] 图 2A 是描绘了根据实施方式的具有三个同心的圆筒状部分的自适应传热基座的俯视图的示意图,这些同心的圆筒状部分在垂直方向上相对彼此可独立运动。

[0024] 图 2B 是描绘了根据实施方式的具有四个扇形部分的自适应传热基座的俯视图的示意图。

[0025] 图 2C 是描绘了根据实施方式的具有十二个部分的自适应传热基座的俯视图的示意图。

[0026] 图 2D 是描绘了根据实施方式的具有多个支腿的自适应传热基座的俯视图的示意图,这些支腿在垂直方向上可相对于基面运动。

[0027] 图 3A 是描绘了根据实施方式的具有相对于平面对齐的三个部分的分段的自适应传热基座和平坦工件的横截面的示意图。

[0028] 图 3B 是描绘了图 3A 的根据实施方式的具有相对于所述平面上升的外部的分段的自适应传热基座和凹形工件的横截面的示意图。

[0029] 图 3C 是描绘了图 3A 的具有相对于所述平面下降的外部的分段的自适应传热基座和凸形工件的横截面的示意图。

[0030] 图 4A 是描绘了根据实施方式的具有能够绕着枢转中心枢转的四个扇形部分的自适应传热基座的俯视图的示意图。

[0031] 图 4B 是描绘了图 4A 和自适应传热基座和平坦工件的横截面的示意图。

[0032] 图 4C 是描绘了图 4A 的具有多个部分的自适应传热基座的横截面的示意图,这些部分枢转可以调节面向工件表面,从而提供与凹形工件更共形的取向。

[0033] 图 4D 是描绘了图 4A 的具有多个部分的自适应传热基座的横截面的示意图,这些部分枢转可以调节面向工件表面,从而提供与凸形工件更共形的取向。

[0034] 图 5 是描绘了根据实施方式的具有两个传热部分并且位于工件的相反侧的自适应传热系统的横截面的示意图。

[0035] 图 6A 是描绘了根据某些实施方式的具有支撑平坦工件的底座支架和可弯曲传热板的基座的侧视图的示意图。

[0036] 图 6B 是描绘了图 6A 的根据实施方式的具有朝着中心向下弯曲的可弯曲传热板的基座和碗形形状的工件的侧视图的示意图。

[0037] 图 6C 是描绘了图 6A 的根据实施方式的具有朝着中心向上弯曲的可弯曲传热板的基座和圆顶形形状的工件的侧视图的示意图。

[0038] 图 6D 是描绘了根据某些实施方式的具有底座支架、支撑平坦工件的可弯曲传热板和用于使可弯曲传热板弯曲的机械结构的基座的侧视图的示意图。

[0039] 图 7A 是描绘了根据某些实施方式的包括分段基座和系统控制器的自适应传热系统的侧视图的示意图。

- [0040] 图 7B 是根据某些实施方式的具有传感器的面向工件结构的俯视图的示意图。
- [0041] 图 8 是图示了根据某些实施方式的用于提供均匀加热 / 冷却变形工件的方法的流程图。
- [0042] 图 9 是根据某些实施方式的可以配备有自适应传热系统的多工位处理设备的俯视图的示意图。
- [0043] 图 10 是根据某些实施方式的可以配备有自适应传热系统的多室设备的俯视图的示意图。
- [0044] 图 11A 是图示了常规平坦基座与实施方式的自适应基座相比的温度分布的曲线图。
- [0045] 图 11B 是图示了常规的平坦基座和实施方式的自适应基座的中心部分与边缘部分之间的温度分布的曲线图。
- [0046] 图 11C 是图示了常规的平坦基座和实施方式的自适应基座的挠曲分布的曲线图。

具体实施方式

[0047] 在以下描述中,阐述了许多具体细节以便提供对提出的构思的透彻理解。提出的这些构思可以在没有这些具体细节的一些或所有的情况下实施。在其他实例中,未详细描述公知的方法操作以便不会不必要地模糊所述的构思。尽管将会结合具体实施方式描述一些构思,但是应当理解,这些实施方式并不旨在成为限制。

[0048] 介绍

[0049] 在图 1A 和图 1B 中,变形的工件与平板工件进行比较。具体地讲,这些附图图示了位于平面基座表面上的这些工件的中心与边缘部分之间的间隙变化。图 1A 图示了使用例如最小接触面积 (MCA) 支架 52 支撑在基座 60 的面向工件表面 62 上的平坦工件 50。因为工件 50 和面向工件表面 62 都是平坦的,所以两者之间的间隙在整个工件上都是恒定的。具体地讲,工件 50 的中心部分的间隙 (标记为 D1) 与工件 50 的边缘部分的间隙 (同样标记为 D1) 基本上相同。一般由 MCA 支架 52 的高度来确定恒定的间隙。

[0050] 图 1B 图示了支撑在图 1A 的基座 60 的同一面向工件表面 62 上的变形工件 54。工件 54 是碗形的。因此,工件的中心部分与面向工件表面 62 之间的间隙 (标记为 D2) 小于工件的边缘部分与面向工件表面 62 之间的间隙 (标记为 D3),即, $D3 > D2$ 。在此实例中,因为这些间隙差异,所以工件 54 与面向工件表面 62 之间的热流在中心部分会比在边缘附近大。在工件 54 加热期间,工件的中心部分很可能具有比工件的边缘的温度高的温度。以类似的方式,在工件 54 冷却期间,工件的中心部分很可能具有比工件的边缘的温度低的温度。在热模拟结果中进一步反映了这种不均匀的温度分布。

[0051] 自适应传热系统和方法提供对变形工件的均匀加热和 / 或冷却。系统可以调节自身的一个或多个传热表面以提供均匀的传热。例如,系统可以相对于其他的面向工件表面移动多个面向工件表面之一,或者改变可弯曲的传热板的连续面向工件表面的形状。在某些实施方式中,这些调节结果得到比原始表面更共形的面向工件表面,因此得到更均匀的传热。

[0052] 在某些实施方式中,基座可以包括在基本上垂直于工件的方向上彼此可相对独立运动的多个同心圆筒体。在其他实施方式中,基座可以包括相对于例如基座的中心可独立

枢转的多个节段。在又一个实施方式中,工件位于可能基本上平坦的且彼此平行的两个面向工件表面之间。即使这两个面向工件表面中的任一个无法与工件共形,组合传热仍然可以是均匀的。工件的较靠近这些表面之一的一部分会较远离另一个表面,反之亦然。如此,即使每个表面会提供不均匀的传热,但是它们单独传导的不均匀热流的组合会是均匀的。

[0053] 可以根据一个或多个处理参数(例如工件的温度分布和/或工件与一个或多个面向工件表面之间的间隙分布)来控制多种硬件组件的调节。系统控制器可以用于接收来自传感器的输入,并且控制用于重新定位并且/或者调节一个或多个面向工件表面的形状的一个或多个机构。

[0054] 下述多种基座的均匀传热特征可以用于冷却和加热工件。为了保持本文重点突出且简明,本文总体针对加热工件。然而,本领域的普通技术人员会理解如何将这些方法和系统同样用于冷却工件。

[0055] 为了更好地理解自适应传热系统和方法的多种特征,本文提供了处理设备的一个实例的简要描述。图 1C 是根据某些实施方式的用于处理半导体工件的设备 100 的示意图。设备 100 总体上代表多种类型的设备,这些设备例如被配置为从半导体工件去除光致抗蚀剂材料和/或其他残余材料,以及进行其他半导体处理操作。一些具体实例包括 GAMMA2100, 2130I2CP(隔行扫描电感耦合等离子体)、G400、GxT 和 SIERRA,它们全部可购自 Novellus Systems(San Jose, CA)。其他系统包括可购自 Axcelis Technologies(Rockville, MD) 的 FUSION line、可购自 PSK Tech(Korea) 的 TERA21、以及可购自 Mattson Technology(Fremont, CA) 的 ASPEN。包括自适应传热系统的一些处理室可以与组合设备工具相关联。例如,带式室(strip chamber)可以增设到可购自 Applied Materials(Santa Clara, CA) 的 CENTURA 组合设备工具。其他实例包括可购自 Novellus Systems(San Jose, CA) 的 ALTUS 和 VECTOR。

[0056] 设备 100 包括用于产生并提供激活或活化的反应物质到室 103 中的等离子体源 101。室 103 可以通过喷头组件 105 与等离子体源 101 分离。喷头 109 形成喷头组件 105 的底部。等离子体源 101 连接到处理气体入口 111 上,该处理气体入口 111 通过喷头组件 105 供应一种或多种处理气体到处理室 103 中。通过真空泵和导管 119 在处理室 103 中获得低压环境。

[0057] 处理室 103 包括基座 117。基座 117 用于支撑半导体工件 116,并且加热并且/或者冷却半导体工件 116。如此,基座 117 可以装有加热元件和/或冷却元件。在一些实施方式中,基座 117 还被配置为供应电位偏置到半导体工件 116。基座 117 被图示为包括在垂直方向上相对彼此能独立移动的多个传热部分。以下描述了自适应传热基座的其他实例。

[0058] 在处理期间,经由气体入口 111 穿过等离子体源 101 引入一种或多种处理气体。这些气体可以包含一种或多种化学活性物质。等离子体源 101 可以用于使气体离子化,以便产生活化的物质并且形成等离子体。在图示的实例中,等离子体源 101 配备有射频(RF)感应线圈 115。喷头 109 则通过喷头孔 121 将这些活化的反应物质引入处理室 103。任意数量和布置的喷头孔 121 可以用于尝试使活化的反应物质朝着半导体工件 116 的表面分布的均匀性最大化。

[0059] 基座 117 可以是温控基座并且用于加热半导体工件 116。在处理期间,基座 117 与

半导体工件 116 之间可以存在一些间隙。间隙可以通过 MCA 支架来提供,以下参照图 1A 进一步描述这种支架。在某些实施方式中,在基座 117 的面向工件表面与工件 116 之间可以允许一些接触。通过降低基座 117 可以增大间隙,通过升高基座 117 可以减小间隙。当基座 117 降低时,半导体工件 116 可以通过连接在处理室 103 上的支腿 123 来支撑。在其他实施方式中,当基座 117 处于降低位置时,内置机器手的手指可以支撑半导体工件。

[0060] 可以通过热传导来提供一些热流。可以通过辐射来提供一些附加热流。这两种传热方法的相对贡献取决于基座 117 与工件 116 之间的间隙大小、基座 117 的面向工件表面的发射率、处理室 103 内部的压力和其他因素。在某些实施方式中,热传导是对全部热流的最大贡献因素。

[0061] 上文描述的设备 / 方法可以结合例如用于制备或制造半导体器件、显示器、发光二极管 (LED)、光伏面板等的光刻图案化工具或方法使用。通常,尽管未必,但是这些工具 / 方法可以在共同的制造设施中使用 / 操作。光刻图案化薄膜通常包括以下步骤中的一些或全部,每个步骤启用多种可用的工具:(1) 将光致抗蚀剂涂覆在工件上(即,使用旋涂或喷涂工具);(2) 使用热板或炉或紫外线 (UV) 固化工具固化光致抗蚀剂;(3) 使用例如晶片步进式光刻机 (stepper) 之类的工具将光致抗蚀剂暴露于可见光、紫外线或 X 射线;(4) 使用例如湿式工作台之类的工具使光致抗蚀剂显影以便选择性地去除抗蚀剂从而使其图案化;(5) 通过使用干式或等离子体辅助刻蚀工具将蚀刻剂图案转移到下方的薄膜或工件;并且(6) 使用例如射频或微波等离子体抗蚀剂剥离器之类的工具去除抗蚀剂。

[0062] 可独立控制的面向工件表面

[0063] 在某些实施方式中,自适应传热系统包括多个传热部分,每个传热部分具有单独的面向工件表面。这些面向工件表面的部分可以彼此相对地进行调节。一个面向工件表面的位置例如通过提供从该表面延伸的成组的 MCA 支架可以相对于工件固定。这个表面可以作为调节其他表面的位置的参考表面。

[0064] 调节面向工件表面的位置以在工件与所有表面的组合之间提供均匀的传热。例如,工件可能具有不同的变形,并且可能需要面向工件表面的不同的相对位置,从而与这些不同的变形共形,进而在提供基本上均匀的传热,而不管变形如何。均匀的传热可以确保在整个工件面积上基本上均匀的温度分布。例如,在工件的整个面积上的温度偏差可以小于约 10°C,或者更具体地讲,小于约 5°C。这些温度偏差可以定义基本上均匀的传热。

[0065] 多个面向工件表面可以位于工件的同一侧,并且形成组合的可调式面向工件表面。多个面向工件表面可以在与平坦工件(即,没有任何变形的工件)所限定的平面基本上垂直的方向上进行调节。这种类型的调节可以成为垂直调节。在这些实施方式中,多个面向工件表面可以在垂直调节期间保持彼此平行。在其他实施方式中,这些表面可以彼此成角度地定位,并且在垂直调节面向工件表面期间可以维持这些预设的角度。可替代地,多个面向工件表面可以彼此相对枢转并且 / 或者相对于组合表面的中心(例如,基座的中心)枢转。这些可枢转表面除枢转之外可以或者不可以进行独立的垂直调节。

[0066] 在某些实施方式中,在工件的不同侧设置两个面向工件表面。通过工件与两个表面之间的组合传热来确保均匀的传热。两个表面可以是平面并且基本上彼此平行。在某些实施方式中,两个表面可以具有一些曲率。此外,两个表面的每一个可以包括可彼此相对地独立调节的多个表面,如上文进一步解释的。设置在工件的相反侧上的两个表面之间的间

隙取决于工件的厚度、工件的变形、每个表面的温度、工件与这些表面（例如，由 MCA 支架提供）之一之间的预定间隙和其他因素。来自两个表面的组合传热确保均匀的温度分布。

[0067] 现在将参照对应的附图更详细地解释这些实施方式中的每一个。

[0068] 可垂直调节的面向工件表面

[0069] 图 2A 是根据某些实施方式的具有三个同心的圆筒状部分 202、204 和 206 的传热基座 200 的俯视示意图，这些同心的圆筒状部分在垂直方向上可彼此相对地独立运动。垂直方向限定为与此图所示的 X-Y 平面基本上垂直的方向。另外，当工件定位在基座 200 上时，该垂直方向基本上垂直于平坦工件。有时候基座 200 或类似的基座称为分段基座。然而，这些分段基座的部分的面向工件表面可以对应于圆的任何形状 / 部分，并且不限于圆形节段。例如，图 2A 示出了具有圆形形状的部分 202，而部分 204 和 206 具有碟片状。图 2B 示出了具有扇形形状的部分 212、214、216 和 218。有时候，这些分段基座的部分称为节段。然而，除非特别指出，否则节段可以具有任何形状的面向工件表面。

[0070] 分段基座可以具有任意数量的部分，例如，2 个、3 个、4 个或更多个部分。更多个部分允许形成与工件的变形（例如，碗形或圆顶形）更共形的组合的面向工件轮廓，以下将参看图 3A、图 3B 和图 3C 进一步解释。然而，每个可活动节段可以使用单独的升降机构，从而会使整个系统变得复杂。

[0071] 图 2A 同样图示了设置在同心的圆筒状部分 202、204 和 206 的面向工件表面上的 MCA 支架 208。MCA 支架 208 可以从它们各自的表面延伸相同的距离，并且可以用于防止工件与这些表面接触。在这些实施方式中，传热的均匀性会与接触工件的 MCA 支架的数量有关。也就是说，MCA 支架的数量越多，均匀性越好。另外，表面上 MCA 支架的均匀分布可以提供更高的传热均匀性。在某些实施方式中，MCA 支架的分布是使任何成对的相邻的 MCA 支架之间的距离基本上相同。

[0072] 图 2B 是根据某些实施方式的具有四个扇形部分 212 至 218 的传热基座 210 的俯视示意图。扇形被限定为由圆的两个半径和它们所截取的圆弧所封闭的圆的一部分。扇形有时候指的是圆的馅饼形状部分。这四个部分形成限定基座 210 的边界的完整的圆。正如此前的实施方式，分段基座可以具有任意数量的这种扇形，一般三个或更多个。四个扇形部分 212 至 218 在垂直方向上可彼此相对地独立运动。这种传热基座可以用于不对称变形的工件。

[0073] 图 2C 是根据某些实施方式的具有 12 个部分 222a 至 226d 的传热基座 220 的俯视示意图。这十二个部分可以组织成四个扇形组（例如，第一组包括三个部分 222a、224a 和 226a；第二组包括三个部分 222b、224b 和 226b；第三组包括三个部分 222c、224c 和 226c；并且第四组包括三个部分 222d、224d 和 226d）。这些组可以看成是图 2B 中呈现的基座的扇形部分。这十二个部分还可以组成三个圆形组（例如，第一组包括四个部分 222a、222b、222c 和 222d；第二组包括四个部分 224a、224b、224c 和 224d；并且第三组包括四个部分 226a、226b、226c 和 226d）。这些组可以看成是图 2B 中呈现的基座的圆形部分。所有十二个部分可以在垂直方向上能彼此相对地独立运动。具体地讲，传热基座 220 可以与图 2B 呈现的基座类似地用于非对称变形的工件。然而，传热基座 220 在控制传热方面提供了额外的灵活性。在某些实施方式中，这些部分还可以以上述多个组和 / 或多个子组的方式运动。

[0074] 图 2D 是根据某些实施方式的具有基面 232 和多个支腿 234 的传热基座 230 的俯视

示意图,这些支腿在垂直方向上可相对于基面 232 移动。支腿 234 的垂直位置可以单独变化以调节传热分布。支腿 234 可以更靠近工件以增加在该位置的传热。按照类似的方式,支腿 234 可以降低并且因此移动远离工件以减少在这个位置的传热。支腿 234 的位置可以受到安装在支腿 234 的面向工件表面上的传感器的控制。支腿 234 可以具有与基面 232 相同的温度。在其他实施方式中,支腿 234 可以具有与基面 232 不同的温度。例如,当基座 230 用于加热时,支腿 234 可以具有比基面 232 更高的温度。在具体实施方式中,支腿 234 可以用于加热基面 232(即,基面 232 可以没有单独的加热器)。

[0075] 图 3A 至图 3C 是带三种不同的调节方式的具有三个部分 304、306 和 308 的分段基座 300 的示意性侧视图,现在将参照图 3A 至图 3C 解释基座的多个面向工件表面的垂直调节。基座 300 可以类似于图 2A 中图示的并且如上所述的基座。图 3A 图示了支撑平坦工件 302 的基座 300。所有三个部分 304、306 和 308 的面向工件表面相对于基本上平行于平坦工件 302 的平面 310 对齐。这些面向工件表面与工件 302 之间的间隙在工件 302 的整个表面上是恒定的。

[0076] 图 3B 图示了支撑凹形工件 312 的基座 300。该工件的中心比边缘更靠近平面 310。如此,如果三个部分 304、306 和 308 的面向工件表面相对于平面 310 对齐,那么传热会是不均匀的。在部分 308 与凹形工件 312 的中心之间转移的热量比例如在部分 304 与凹形工件 312 的边缘之间转移的热量更多。如果基座 300 用于加热工件 312,那么这种不均匀性会导致工件 312 的中心温度高于工件 312 的边缘温度。为了避免这种不均匀性,部分 304 和 306 相对于平面 310 上升。另外,部分 304 可以比部分 306 上升更高以更好地与凹形工件 312 的形状共形。

[0077] 图 3C 图示了支撑凸形工件 322 的基座 300。该工件的中心比边缘较远离平面 310。如此,如果三个部分 304、306 和 308 的面向工件表面相对于平面 310 对齐,那么传热也会是不均匀的。然而,不同于参见图 3B 的上述实例,在部分 308 与凸形工件 322 的中心之间转移的热量比例如在部分 304 与凸形工件 322 的边缘之间转移的热量少。如果基座 300 用于加热工件 322,那么这种不均匀性会导致工件 322 的中心温度低于工件 322 的边缘温度。为了避免这种不均匀性,部分 304 和 306 相对于平面 310 降低。另外,部分 304 可以比部分 306 降低更多以更好地与凹形工件 322 的形状共形。

[0078] 可枢转的面向工件表面

[0079] 与在垂直方向上移动同一基座的多个部分相反或除此之外,这些部分也可以彼此相对地枢转。在某些实施方式中,用于限定枢转的参考点是基座的中心。图 4A 是根据某些实施方式的具有四个扇形部分 402、404、406 和 408 的基座 400 的俯视示意图,并且可以类似于图 2B 中图示的基座。部分 402 至 408 可以相对于基座 400 的枢转中心 410 枢转,相对于基座 400 的边缘 414 枢转,并且 / 或者相对于相邻部分的界面 412 枢转。在这些位置中的一个或多个可以设置铰链或其他可枢转机构。基座 400 的整个外径或部分 402 至 408 的相邻边缘之间的间距可以根据枢转位置的变化而变化。一般而言,基座可以具有三个或更多个扇形的可枢转部分。

[0080] 图 4B 至图 4D 是具有带三个不同的调节方式的两个部分 406 和 408 的分段基座 400 的示意性侧视图,现在将参照图 4B 至图 4D 解释基座的多个面向工件表面的可枢转调节。图 4B 图示了支撑平坦工件 420 的底座 400。部分 406 和 408 的面向工件表面与同一平

面对齐,并且这些表面之间相对于基座 400 的中心 410 的角度是约 180° 。这些面向工件表面与工件 420 之间的间隙在工件 420 的整个表面上是恒定的。

[0081] 图 4C 图示了支撑凹形工件 422 的基座 400。工件 422 在 Z 方向上其中心低于其边缘。如此,如果部分 406 和 408 的面向工件表面相对于同一平面对齐(如图 4B 所示),那么传热会是不均匀的。在工件的中心部分与基座之间比在工件的边缘部分与基座之间存在较多的传热。如果基座 400 用于加热工件 422,那么这种不均匀性可以导致工件 422 的中心温度高于工件 422 的边缘温度。为了避免这种不均匀性,部分 406 和 408 相对于基座 400 的中心 410 枢转,使得这些部分的这些面向工件表面之间相对于中心 410 的角度小于 180° 。这种调节提供面向工件表面更共形的取向以及更均匀的传热。

[0082] 图 4D 图示了支撑凸形工件 424 的基座 400。工件 424 在 Z 方向上其中心高于其边缘。如此,如果部分 406 和 408 的面向工件表面相对于同一平面对齐(如图 4B 所示),那么传热会是不均匀的。在工件的中心部分与基座之间比在工件的边缘部分与基座之间存在较少的传热。如果基座 400 用于加热工件 424,那么这种不均匀性会导致工件 424 的中心温度低于工件 424 的边缘温度。为了避免这种不均匀性,部分 406 和 408 相对于基座 400 的中心 410 枢转,使得这些部分的这些面向工件表面之间相对于中心 410 的角度小于 180° 。这种调节提供面向工件表面更共形的取向以及更均匀的传热。

[0083] 工件相反侧的两个面向工件表面

[0084] 在某些实施方式中,多个传热部分不会形成相同的基座或相同的其他共同体。相反,多个传热部分可以定位成彼此间隔开。在具体的实施方式中,两个传热部分可以定位在工件的相反侧。这些部分之间的间隙可以进行调节以提供均匀的传热,以下将作进一步解释。工件可以具有相对于一个部分的设定位置以及相对于另一个部分的可变位置。例如,一个部分可以具有用于支撑工件的成组的 MCA 支架。在某些具体实施方式中,两个部分可相对于工件进行调节。

[0085] 图 5 图示了具有位于工件 502 的不同侧的两个传热部分 504 和 506 的自适应传热系统 500。具有凹形形状的工件 502 用于说明传热通量在整个工件 502 的不同位置的差异,不同位置如,中心位置 510、中点位置 512 和边缘位置 514。工件 502 具有面对传热部分 506 的表面 506a 的顶面 502a 以及面对传热部分 504 的表面 504a 的底面 502b。

[0086] 底部传热部分 504 可以是基座/台板,而顶部传热部分 506 可以是另一个台板、喷头或具有传热表面 506a 的一些其他的部件。当自适应传热系统 500 是装载锁的一部分时,两个台板可以用作两个传热部分 504 和 506。当自适应传热系统 500 是处理室的一部分时,台板可以用作底部传热部分 504,而喷头可以用作顶部传热部分 506。在工件与用作顶部传热部分 506 的喷头之间传热期间,喷头可以供应或不供应气体到处理室中。

[0087] 在中心位置 510 处,在工件 502 的顶面 502a 与传热部分 506 的表面 506a 之间的间隙(图示为 D1)大于在工件 502 的底面 502b 与传热部分 504 的表面 504a 之间的间隙(图示为 D2)。如此,通过 D2 间隙的热通量会大于通过 D1 间隙的热通量。在工件 502 的中心位置 510 的温度可以取决于通过 D2 和 D1 间隙的组合热通量。穿过 D2 间隙的热通量的富余部分可以补偿穿过 D1 间隙的热通量的任何不足,并且反之亦然。

[0088] 在中点位置 512 处,在工件 502 的顶面 502a 与传热部分 506 的表面 506a 之间的间隙(图示为 D5)可以与在工件 502 的底面 502b 与传热部分 504 的表面 504a 之间的间隙

(图示为 D6) 基本相同。如此,通过间隙 D5 的热通量可以与通过 D6 间隙的热通量基本相同。由于传热部分 504 和 506 是平行的(即,在它们的面向工件表面 504a 与 506a 之间具有恒定的间隙)并且由于工件 502 的厚度基本上相同,因此 D5 和 D6 间隙的总高度可以与 D1 和 D2 间隙的总高度充分相同。如此,在中心位置 510 的热通量可以与在中点位置 512 的热通量基本相同。

[0089] 在边缘位置 514 处,在工件 502 的顶面 502a 与传热部分 506 的表面 506a 之间的间隙(图示为 D3)小于在工件 502 的底面 502b 与传热部分 504 的表面 504a 之间的间隙(图示为 D4)。如此,通过间隙 D3 的热通量可以大于通过 D4 间隙的热通量。在中心位置 510 的工件 502 的温度可以取决于穿过 D3 和 D4 两者的组合热通量。穿过间隙 D3 的热通量的富余部分可以补偿穿过间隙 D4 的热通量的任何不足,并且反之亦然。另外,D3 和 D4 间隙的组合可以与 D1 和 D2 间隙的组合基本上相同,后者可以与 D5 和 D6 间隙的组合基本相同。如此,在边缘位置 514 可以与在中点位置 512 和中心位置 510 的组合热通量和/或温度基本相同。

[0090] 具有连续的面向工件表面的可弯曲传热板

[0091] 与使用具有固定表面的多个传热部分来对工件的多个变形保持共形不同,传热基座可以具有带连续表面的可弯曲传热板,该连续表面被配置为改变其形状以便与工件的形状共形。例如,可以沿着薄圆板的边缘相对于底座支架支撑薄圆板。可以在圆板的中心施加垂直力以便将其形状从平面状改变成圆顶形或碗形。整个基座结构可以具有充分的柔性以允许圆板的中心相对于边缘在垂直方向上移动。可以通过使用一些机构结构来改变圆板下方的压力或者推/拉圆板的背侧来施加压力。

[0092] 图 6A 是根据某些实施方式的基座 600 的示意性侧视图,该基座具有底座支架 606 和支撑平坦工件 602 的可弯曲传热板 604。可弯曲传热板 604 具有连续的面向工件表面 605,该面向工件表面被配置为改变其形状以便与工件 602 的形状共形。在此实例中,平坦工件 602 设置在表面 605 上方。如此,板 604 不会弯曲并且表面 605 同样保持平坦以在工件 602 与表面 605 之间提供均匀的传热。

[0093] 图 6B 是根据某些实施方式的相同基座 600 的示意性侧视图,该基座 600 具有底座支架 606 和支撑碗形工件 612 的可弯曲传热板 604。为了确保均匀传热,传热板 604 弯曲(相对于该传热板图 6A 中所示的状态)使得其面向工件表面 605 同样具有碗形形状。传热板 604 通过以下方式弯曲:至少在传热板 604 的中部或中部附近在传热板上施加垂直向下的力。这种力可以通过减小传热板 604 下方的压力,例如,通过减小由传热板 604 形成在腔体 608 内的压力来施加。通过从腔体 608 抽排液体或气体可以减小该压力。

[0094] 图 6C 是根据某些实施方式的相同基座 600 的示意性侧视图,该基座 600 具有底座支架 606 和支撑圆顶形工件 622 的可弯曲传热板 604。在此实例中,传热板 604 弯曲使得其面向工件表面 605 具有圆顶形形状以便与工件 622 的形状共形。传热板 604 可以通过以下方式弯曲:例如通过增大传热板 604 下方的压力,进而至少在传热板 604 的中部或中部附近施加垂直向上的力。通过泵送液体或气体到腔体 608 中可以增大该压力。

[0095] 在图 6D 所示的另一个实施方式中,由附接在传热板 634 上的机械结构 639 来施加力。具体地讲,根据某些实施方式,基座 630 包括底座支架 636 和支撑工件 632 的可弯曲传热板 634。由机械结构 639 施加的力使传热板 634 弯曲,该机械结构 639 被配置为相对于

底座支架 636 移动。当机械结构 639 在垂直方向上（即，在 Z 方向上）向上移动时，传热板 634 弯曲成圆顶形。当机械结构 639 在垂直方向上（即，在 Z 方向上）向下移动时，传热板 634 弯曲成碗形。

[0096] 传感器和系统控制器

[0097] 自适应传热系统可以包括用于调节多个传热部分的位置并且 / 或者用于改变如上所述的连续的面向工件表面的形状的闭环控制。闭环控制可以包括设置在一个或多个传热部分内，或者更具体地讲，在一个或多个面向工件表面内的一个或多个传感器。闭环控制还可以包括系统控制器，该系统控制器接收来自这些传感器的输入并且控制用于进行上述调节和 / 或改变的多种机构。现在将更加详细地描述这些闭环控制部件的各种实例。

[0098] 图 7A 是根据某些实施方式的包括分段基座 702 和系统控制器 720 的自适应传热系统 700 的示意性图示。分段基座 702 包括三个部分 704、706 和 708，并且可以类似于如上所述的图 2A 示出的基座。部分 704、706 和 708 通过驱动器 724、726 和 728 在垂直方向上（在 Z 方向上）可独立移动。在某些实施方式中，一个部分具有固定的位置，而其他两个部分是活动的。部分 704、706 和 708 具有安装在部分 704、706 和 708 的面向工件表面中的传感器 714、716 和 718。传感器 714、716 和 718 可以用于检测工件与面向工件表面之间的间隙和 / 或工件的温度分布。以下参照图 7B 描述有关传感器的类型以及面向工件表面上的传感器的位置的额外信息。

[0099] 传感器 714、716 和 718 的输出提供到系统控制器 720 中，该系统控制器 720 确定部分 704、706 和 708 的垂直位置是否需要调节。例如，如果系统 700 用于加热工件并且传感器 714 和 718 认定工件边缘的温度低于工件中心的温度，那么系统控制器 720 会指示相应的驱动器升高部分 704 和 / 或降低部分 708。

[0100] 驱动器 724、726 和 728 有时候指的是致动器。在某些实施方式中，驱动器 724、726 和 728 是伺服驱动电机，该伺服驱动电机可以包括位置反馈。部分 704、706 和 708 的位置可以取决于来自多个伺服机构或者通过安装在驱动器 724、726 和 728 的轴上的编码器和 / 或电位计获得的反馈。通过使用例如导螺杆和 / 或滚动螺母装置之类的多种机构，可以将驱动器 724、726 和 728 的旋转运动转换成用于启动基座节段的轴向运动。

[0101] 系统控制器 720 可以接收来自所有传感器的输入以及来自用户接口的输入（例如，设置温度）。系统控制器 720 通常包括一个或多个存储设备以及一个或多个处理器。处理器可以包括中央处理器（CPU）或计算机、模拟和 / 或数字输入 / 输出连接器、步进电机控制器板等。在某些实施方式中，系统控制器 720 具有与其关联的用户界面。用户界面可以包括显示屏、设备和 / 或处理条件的图像软件显示器以及其他输入设备，例如，指向设备、键盘、触屏、麦克风等。

[0102] 系统控制器 720 或其他系统控制器（例如，系统控制器 921 或 1011）可以控制自适应传热系统 700 的一个或多个活动。例如，系统控制器（例如，系统控制器 720）可以执行包括成组指令的系统控制软件，这组指令用于控制多个处理操作的计时、不同基座部分（例如，部分 704、706 和 708）的垂直位置、工件和基座部分的温度、间隙和其他工艺参数。其他计算机程序可以存储在与系统控制器 720 相关的存储设备上。这些程序可以用于各种处理和维护任务。用于控制处理操作的计算机程序代码可以编写成任何常规的计算机可读的编程语言，例如，汇编语言、C、C++、Pascal、Fortran 等。由处理器执行编译后的目标代

码或脚本以执行程序中指定的任务。控制器的参数涉及处理条件,例如,处理操作的计时、工件的温度(例如,通过基座部分相对于工件的位置和/或输送到基座的能量/功率来控制)和特定工艺的其他参数。这些参数通过配方的形式提供给使用者,并且可以利用用户界面来输入。

[0103] 系统软件可以被设计或配置成许多不同的方式。例如,可以编写多种室部件的子程序或控制对象以控制进行本文所述的一些操作所需的自适应传热系统的操作。

[0104] 一般在每个新的工件置于系统中之后,可以立刻对该新的工件进行自适应传热系统内的调节。在其他实施方式中,当工件在系统中时,例如在预定间隔之后,或者连续地进行多次调节。例如,因为加热或冷却,工件会由于工件内部的应力减小而改变自身的形状。另外,由于热膨胀系数的差异和/或在传热期间温度梯度的增大或减小,工件会改变自身的形状。在这些情况中,在这些形状变化之后,基座的初始调节可能不足以维持均匀的传热。自适应传热系统可以动态调节不同的传热部分的垂直位置和/或可弯曲传热板的连续的面向工件表面的形状。例如,如果工件最初具有圆顶形形状,那么中心的基座部分可以最初升高。随着工件松弛并且具有更平坦的形状,中心的基座部分可以逐渐降低。

[0105] 图 7B 是根据某些实施方式的面向工件表面 750 的示意性图示,图示了传感器在整个表面 750 上的多个位置。通过单个传热部分,例如,可弯曲传热板或位于工件的相反侧上的两个板之一,可以形成表面 750。在其他实施方式中,通过多个传热部分,例如,如上所述的同心圆筒体、扇形或基面/支腿结构,可以形成表面 750。尽管参照某些实施方式在本文中描述了控制部件,但是可以参照其他实施方式的基座使用类似的控制部件。

[0106] 表面 750 可以具有圆形形状(如图 7B 所示)或任何其他形状,例如多边形形状。为了简单起见,以下描述指的是圆形表面。表面 750 可以由其中心 754 和边缘 752 限定。对于圆形表面,该圆形表面的中心 754 与边缘 752 之间的距离指的是半径。

[0107] 当工件具有基本上对称的圆顶形或碗形形状时,表面 750 可以具有沿着该表面的半径之一定位的两个传感器。例如,一个传感器可以定位在中心 754,而另一个传感器可以定位在边缘 752。如果这些传感器用于测量间隙,那么它们会反映工件如何变形。在某些实施方式中,自适应传热系统可以包括沿着同一半径设置的三个或更多个传感器。例如,一个传感器可以定位在中心 754,另一个传感器可以定位在边缘 752,而又一个传感器可以定位在其他两个传感器之间的中部。图 7B 图示了具有三个点 754、762 和 760 的这种实施方式。

[0108] 为了描绘工件的其他部分的轮廓,特别是在使用非对称形状的工件时,传感器可以沿着彼此成一定角度的多个半径分布。例如,一个或多个传感器可以沿着在 X 方向上延伸的半径定位,并且一个或多个传感器可以沿着在 Y 方向上延伸的半径定位。

[0109] 传感器可以包括采用非接触式高温测定法的温度测量仪器和/或采用光学方法或电容式方法的工件与传热表面的间隙的测量仪器。

[0110] 处理操作

[0111] 本文还提供了用于提供变形工件的均匀加热和/或冷却的方法。图 8 图示了这些方法的一个实例。在此实例中,方法 800 始于在操作 801 期间加热或冷却用于传热的一个或多个表面。然后在操作 802 中,工件定位在一个或多个表面上。在操作 802 中,可以在工件上方设置一个或多个额外的传热表面。

[0112] 方法 800 继续在操作 804 期间监测一个或多个工艺参数。例如,在此操作期间可

以测量温度分布和 / 或在工件与一个或多个面向工件表面之间的间隙变化。然后在操作 806 中使用这些测量结果以根据这些测量结果来调节一个或多个传热表面。例如,可以根据温度分布来调节不同传热部分的垂直位置以确保该工件具有均匀的温度。如判定块 808 所示,这些测量和调节可以进行多次。重复测量和调节可以涉及动态工艺控制。

[0113] 在操作 810 期间,一旦工件被加热或冷却到预定温度,并且在某些实施方式中,一旦对工件进行多种其他操作(沉积、蚀刻等),就从一个或多个传热表面去除工件。

[0114] 如判定块 812 所反映的,可以对其他工件重复各种操作。多个工件可以具有不同程度和不同类型的变形,并且必须对一个或多个表面进行调节。

[0115] 多工位设备的实例

[0116] 可以在单工位设备或多工位设备中使用如上所述的各种传热系统的实例。图 9 是根据某些实施方式的多工位设备 900 的示意性图示。设备 900 包括处理室 901 以及用于保存将要处理的晶片以及已经完成所需处理(沉积、蚀刻等)的晶片的一个或多个晶片盒 903(例如,前开式晶片盒)。处理室 901 可以具有多个工位,例如,两个工位、三个工位、四个工位、五个工位、六个工位、七个工位、八个工位、十个工位或任何其他数量的工位。工位的数量通常由处理操作的复杂性以及能够在共享环境中进行的这些操作的数量来决定。图 9 图示了包括六个工位 911 至 916 的处理室 901。单个处理室内的多工位设备 900 中的所有工位 911 至 916 暴露于相同的压力环境。然而,每个工位 911 至 916 可以具有由专用等离子体发生器、加热器和台板配置获得的单独的局部等离子体条件以及单独的局部加热条件。可以在一个或多个工位 911 至 916 和 / 或装载锁 905a 和 905b 设置如上所述的一个或多个自适应传热系统。

[0117] 将要在设备 900 中处理的工件从晶片盒 903 之一通过一个或两个装载锁 905a 和 905b 被装载到工位 911。可以使用外部机械手 907 在晶片盒 903 与装载锁 905a 和 905b 之间转移工件。在图示的实施方式中,存在两个分离的装载锁 905a 和 905b。装载锁 905a 和 905b 用于在一个压力环境(例如,处理室 901 外部的太空气压力)与另一个压力环境(例如处理室 901 内部的低很多的压力)之间转移工件。一旦压力与处理室 901 的内部环境对应的水平衡,那么另一个转移装置(未示出)可以用于从装载锁 905a 移动工件到工位 911 上。可以使用同一个或另一个转移装置将工件从工位 916 移回到装载锁 905b,以便移出处理室 901。可以使用内部机械手 909 在处理工位 911 至 916 之间转移工件。内部机械手 909 可以包括主轴组件,该主轴组件具有朝着处理工位延伸的多个臂。每个臂可以具有四个手指(例如,在朝着工位延伸的臂的每一侧有两个手指)。这些手指用于在处理工位内升高、降低和定位工件。

[0118] 在工件定位在工位 911 上之前,内部机械手 909 的对应臂定位成使得四个手指(即,定位在工位 911 的相反侧的两个相邻臂的每一侧有两个手指)停留在台板的凹槽内。如上所述,这些凹槽适于接收这些手指。然后这些手指可以从工位 911 的凹槽上升以将工件支撑在工位 911 的上方并且将工件移动到另一个工位。因此,其他工位的凹槽同样被配置用于接收这些手指。总的来说,任何工位的凹槽被配置为接收内部机械手 909 的任意组手指。内部机械手 909 和工位 911 至 916 的基座被配置为彼此相对地垂直移动以便使工件上升到基座表面上方或者将工件定位在基座表面上。本领域的普通技术人员将会理解,将工件定位在基座表面上可以涉及或不涉及这些部件的相当大一部分之间直接接触。例如,

基座可以配备有 MCA 支架以防止与工件的背侧过度接触。为了描述整个半导体处理设备的实施方式和处理实施方式的目的,即使由 MCA 支架支撑工件,工件也被描述为定位在基座上。此外,内部机械手 909 和工位 911 至 916 的基座被配置为彼此相对地旋转运动以便将工件从一个工位移动到另一个工位。由于所有工位处于相同环境下,所以在工位之间不需要装载锁或其他类型的转移端口。可以在每个工位或者在选定工位的子集处理(包括加热)一个工件。

[0119] 可以预留一个工位(例如,工位 911)用于初步加热新接收的工件晶片。这个工位可以配备有定位在该工位上方的加热灯。工件的初始温度可以在室温(例如,约 25℃)附近。在该预热操作之后的温度可以超过 300℃并且一般由后续操作(例如,沉积或蚀刻)来确定。上述的各种传热系统可以用于这个工位。例如,因为在这个工位不进行处理,所以可以在这个工位使用传热部分位于工件的相反侧的系统。

[0120] 其他类型的处理可以使用其他工位(例如,工位 912、913、914、915 和 916)。在设备的多个工位可以顺序执行或并行执行设备中的多个工位的处理。在某些实施方式中,设备 900 的所有或一些选定的处理工位可以具有自适应传热系统。如上所述,一些或所有的处理工位可以具有它们自己的射频电源,例如下游的电感耦合等离子体射频源。这些工位还可以被配置为供应偏置到基座表面上的工件。此外,一些或所有的台板可以配备有加热元件。上述的多种传热系统同样可以用于这些工位。

[0121] 不同的工位可以具有相对于内部机械手 909 在不同的垂直位置的基座,例如,工位 912 和 913 的基座可以停留在降低位置会获得来自这些基座更低的传热通量。这些工位例如可以用于例如蚀刻由光致抗蚀剂形成的植入的硬壳层。因此,在此操作期间,工件与基座之间可以存在间隙以保持工件的温度低于在其他工位进行其他操作期间的温度。该间隙可以在约 0.1 英寸与 3 英寸之间,或者更具体地讲,在 1.5 英寸与 2.5 英寸之间。在处理期间可以根据工件一个或多个因素来选择和/或调节该间隙,所述因素如,台板的面向晶片表面的发射率、台板的温度、晶片在转移到工位时的初始温度、在操作期间晶片的温度要求、晶片的热预算、晶片的反射率、工件上的层的类型以及其他工艺参数。基座的降低位置被限定为基座(即,面向工件表面或 MCA 支架)与工件不接触的任何位置。基座在垂直取向上(即,在上升位置与降低位置之间)的这些差异允许在维持基本上类似的基座加热配置(就基座结构和加热元件输出两者而言)的同时获得不同的工件温度。可替代地,不同的工位可以具有不同类型的自适应传热系统或者同种类型但配置不同的自适应传热系统。在同一个或其他实施方式中,这些基座可以是由导热能力较低的材料制成的。此外,可以控制加热器输出以获得不同的工件温度。

[0122] 现在将简要描述使用多工位设备 900 进行所谓的高剂量注入剥离(HDIS)的蚀刻工艺的一个实例。在此工艺中,工件涂有光致抗蚀剂层,该光致抗蚀剂层在注入掺杂物的过程期间已经用于掩盖所述工件的指定区域。在掺杂物注入之后,要求从工件蚀刻或去除剩余的光致抗蚀剂,以便为后续的处理步骤做准备。由于注入过程,掩盖工件的指定区域的光致抗蚀剂层在外部形成硬化的硬壳层,同时在内部保持较软的大部分光致抗蚀剂。工件首先定位在工位 911 上,该工位的基座处于升高位置,并且被加热到约 120℃与 140℃之间的温度。当工件移动到工位 912,然后移动到工位 913 时,这些工位的基座处于降低位置使得工件不接触基座并且使传热最小化。可替代地,工位 912 和 913 的一个或两个基座可以在

整个处理的一部分期间升高。在某些实施方式中,这些基座被配置为在蚀刻光致抗蚀剂硬壳层的同时维持工件的温度在同一水平(例如,在工位 911 达到的在约 120℃与 140℃之间的温度)。然后工件移动到工位 914 以开始大量剥离。工件的温度会要求增加到至少约 250℃或者,更具体地讲,约 280℃。该工位的基座可以处于上升位置。

[0123] 在某些实施方式中,设备用于处理不同的工件类型。例如,同一个设备可以用于剥离一般要求高温条件的“非硬壳层”的光致抗蚀剂和要求低温条件的硬壳层光致抗蚀剂。在这些不同温度的操作规程之间切换可以使用不同配置的自适应传热系统。设备的结构变化可以与加热器输出和/或基座的垂直位置的变化耦合。

[0124] 在某些实施方式中,系统控制器 921 用于控制下述剥离工艺的多种操作的工艺条件。例如,系统控制器 921 可以控制每个工位 911 至 916 的基座的位置以及它们的加热器输出和上述自适应传热系统的多个参数。

[0125] 多室设备的实例

[0126] 图 10 是根据某些实施方式的多室设备 1000 的示意图,该多室设备可以配备有自适应传热系统。设备 1000 可以具有三个单独的室 1001、1003 和 1005(如图所示)或任何其他数量的室。每个室 1001 至 1005 具有与其他室不共享的自身的压力环境。例如,室 1001 可以在与室 1003 和 1005 不同的压力水平下工作,或者在其环境下具有不同的化学成分。这提供了额外的处理灵活性,而且要求在不同的工作环境之间通过转移端口转移工件,以便防止这些环境之间的交叉污染。具体地讲,图 10 图示了均具有两个装载锁的室(即,室 1001 具有成组的装载锁 1021,室 1003 具有成组的装载锁 1023,并且室 1005 具有成组的装载锁 1025)。应当理解,每个单独的室可以使用任意数量的装载锁。装载锁 1021 至 1025 可以暴露于中间环境 1031,该中间环境 1031 可以不同于存储晶片盒 1009 的周围环境,并且可以通过成组的装载锁(未示出)与存储晶片盒 1009 分离。此外,一个或多个室 1001 至 1005 可以与中间环境 1031 共享它的环境,并且因此,一个或多个对应的装载锁组 1021 至 1025 可以被忽略或者在两侧保持开放。

[0127] 图 10 示出了均配备有两个工位的室。然而,可以使用任意数量的工位。在一个实施方式中,多室设备的一个或多个室可以类似于如上所述的参照图 9 的六工位实例。每个室并不一定要具有相同数量的工位。多室设备 1000 的一个或多个工位具有如上所述的自适应传热系统。在某些实施方式中,在一个室或所有室中的所有工位具有自适应传热系统。自适应传热系统可以位于处理室或装载锁中的任意一个上。

[0128] 多室设备 1000 还可以具有用于在装载锁 1021 至 1025 之间用于转移晶片的共享的工件搬运机械手 1007 以及一个或多个晶片盒 1009 或一些其他的组件。每个室,甚至每个单独的工位,可以受到系统控制器 1011 的控制,该系统控制器 1011 可以被配置为类似于参照图 9 的上述系统控制器。

[0129] 实验/模拟

[0130] 进行模拟测试以比较自适应基座和常规的静态基座。使用直径为 450mm 并且初始圆顶形变形为 1mm 的硅晶片进行模拟。初始温度为 350°。温度在整个衬底上最初是均匀的。

[0131] 一个模型涉及维持在 25℃的温度的常规的平坦衬底。衬底定位在距离衬底约 254 微米的距离。因为圆顶形变形,衬底的边缘离基座表面比衬底的中心离基座表面近 1mm。另

一个模型涉及具有三个同心的圆筒状部分的自适应基座。中心部分的直径为 150mm, 中间部分的外径为 300mm, 最后边缘部分的外径为 450mm。中间部分的内径与中心部分的直径基本相同, 而边缘部分的内径与中间部分的外径基本相同。所有三个部分保持在 25℃。

[0132] 基座的三个部分经过调节以符合衬底的轮廓。也就是说, 中心部分相对于边缘部分升高 1mm, 并且中间部分相对于边缘部分升高 0.5mm。

[0133] 这些模型用于模拟衬底冷却 10 分钟。在此时间段内监控衬底边缘和中心的温度。此外, 在此时间段内评估两个衬底的挠曲。

[0134] 图 11A 图示了在模拟的开始 10 分钟内的四个温度分布。线条 1102 是使用常规的平坦基座冷却的衬底的中心部分的温度曲线。线条 1104 是使用自适应基座冷却的衬底的边缘部分的温度曲线。线条 1106 是使用自适应基座冷却的衬底的中心部分的温度曲线。线条 1108 是使用常规基座冷却的衬底的中心部分的温度曲线。显然, 线条 1104 和 1106 比线条 1102 和 1108 彼此更靠近, 这表明使用自适应基座冷却的衬底的温度分布比使用常规的平坦基座冷却的衬底的温度分布更均匀。

[0135] 从图 11B 甚至更明显看到性能的差异, 该图图示了两个衬底的中心部分与边缘部分之间的温度差的两条曲线。线条 1112 对应于使用常规的平坦基座冷却的衬底, 而线条 1114 对应于使用上述自适应基座冷却的衬底。在模拟期间的某一点, 使用常规的平坦基座冷却的衬底的中心比边缘热 48℃。使用自适应基座冷却的衬底的温度偏差一般小于 10℃。

[0136] 图 11C 图示了对两个衬底模拟的挠曲分布。线条 1122 代表使用常规的平坦基座冷却的衬底的挠曲, 而线条 1124 代表使用上述自适应基座冷却的衬底的挠曲。最初, 两个衬底具有约 1mm 的挠曲。使用自适应基座冷却的衬底的挠曲在冷却期间实际上减小到约 0.6mm。与此同时, 使用常规的平坦基座冷却的衬底的挠曲在冷却期间增大并且达到约 2.2mm 的峰值。

[0137] 尽管为了理解清楚的目的描述了上述构思的一些细节, 但是应当认识到, 在所附权利要求书的范围内可以进行某些变化和修改。应该指出的是, 存在这些实施方法、系统和设备的许多替代方式。因此, 应当认为本实施方式是说明性的而不是限制性的。

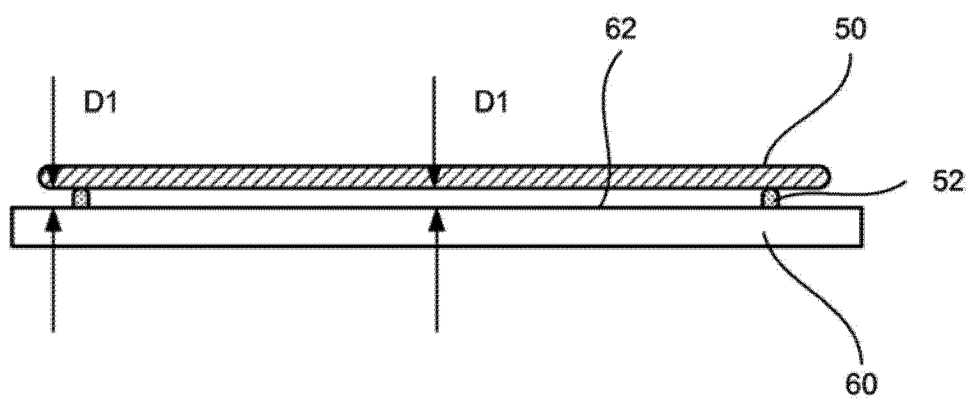


图 1A

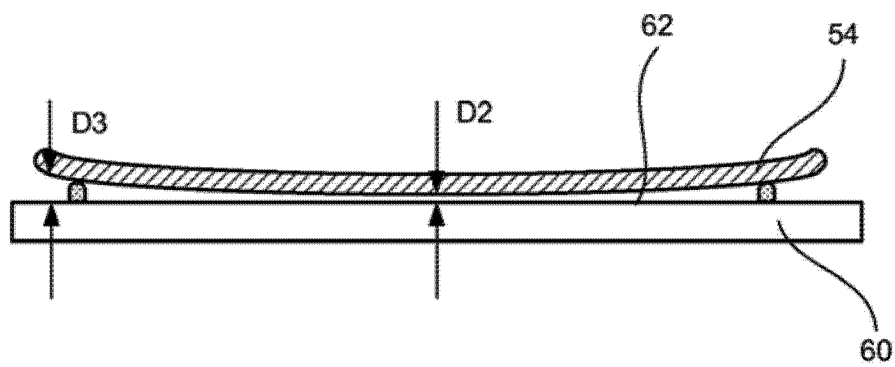


图 1B

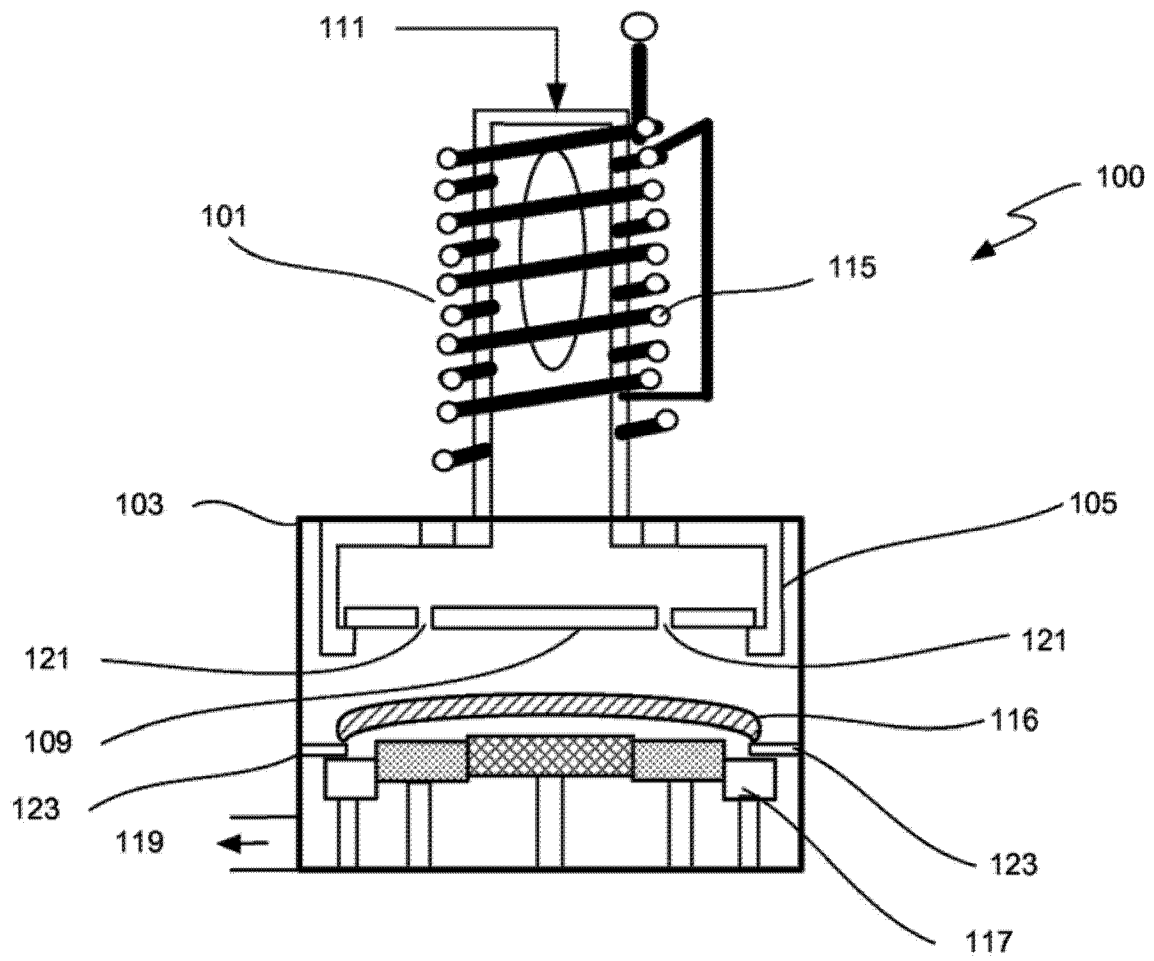


图 1C

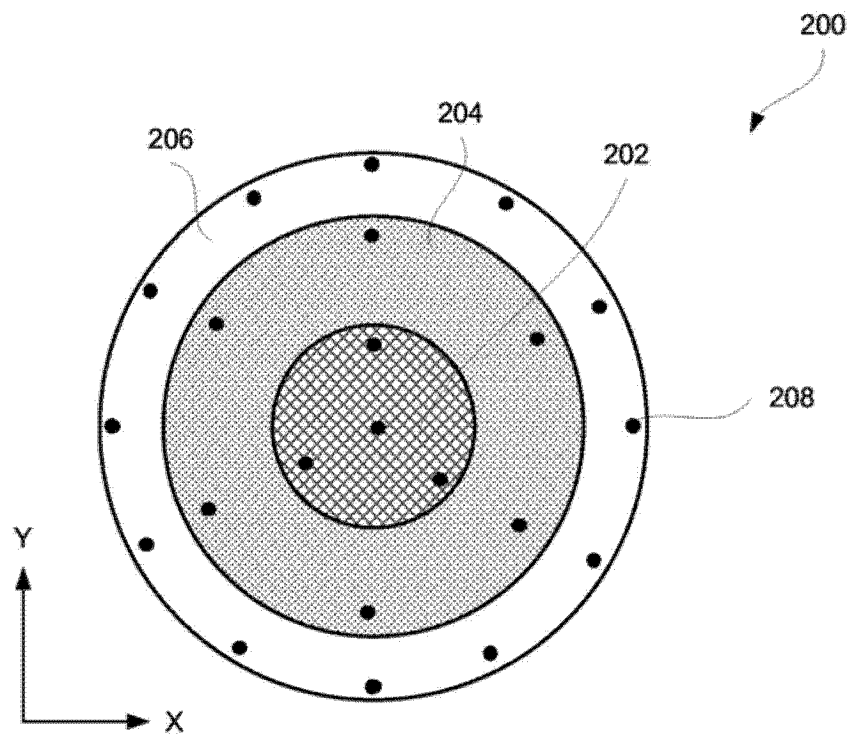


图 2A

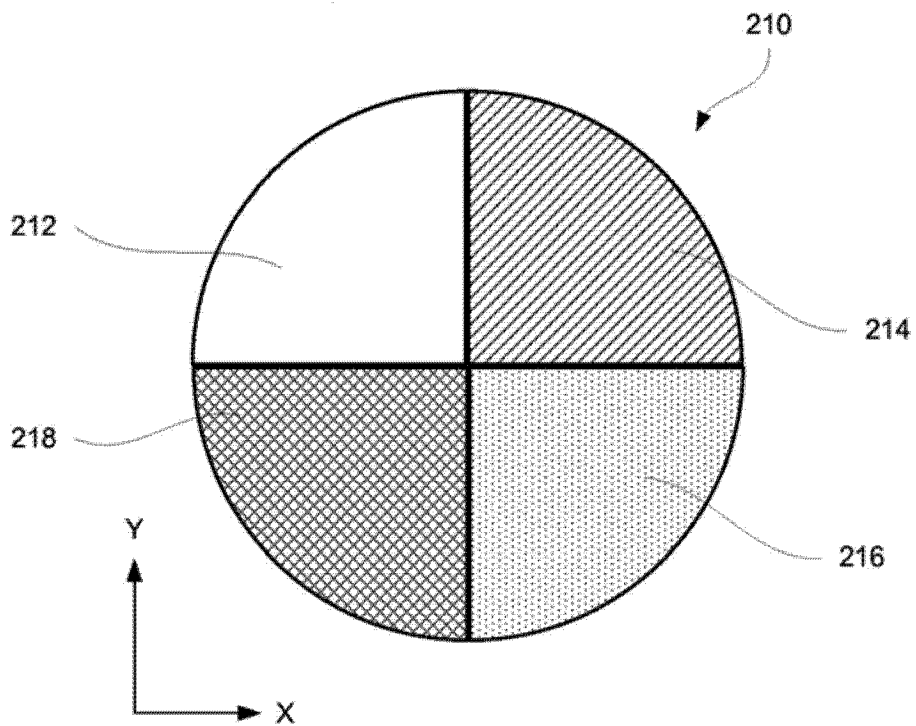
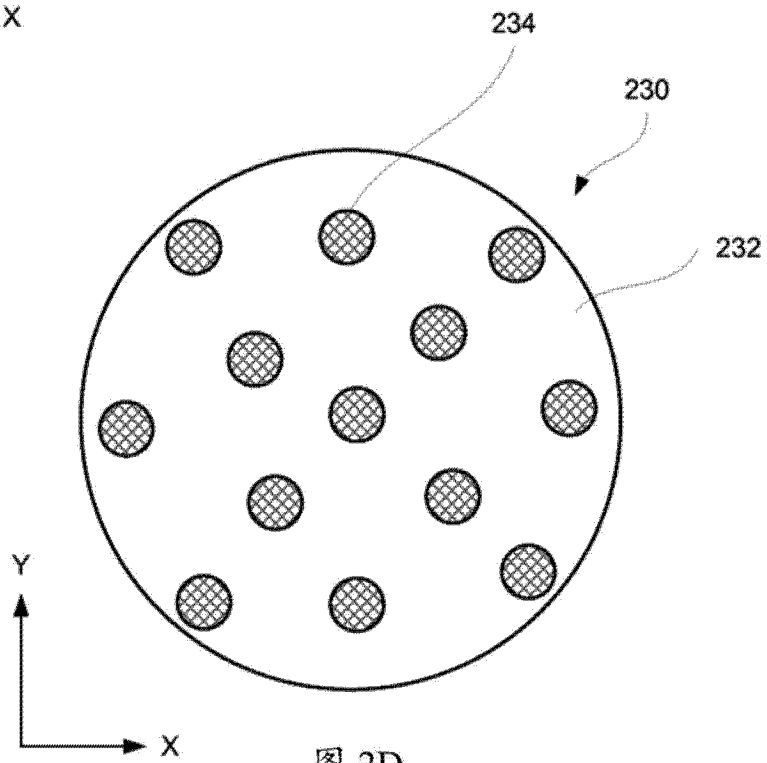
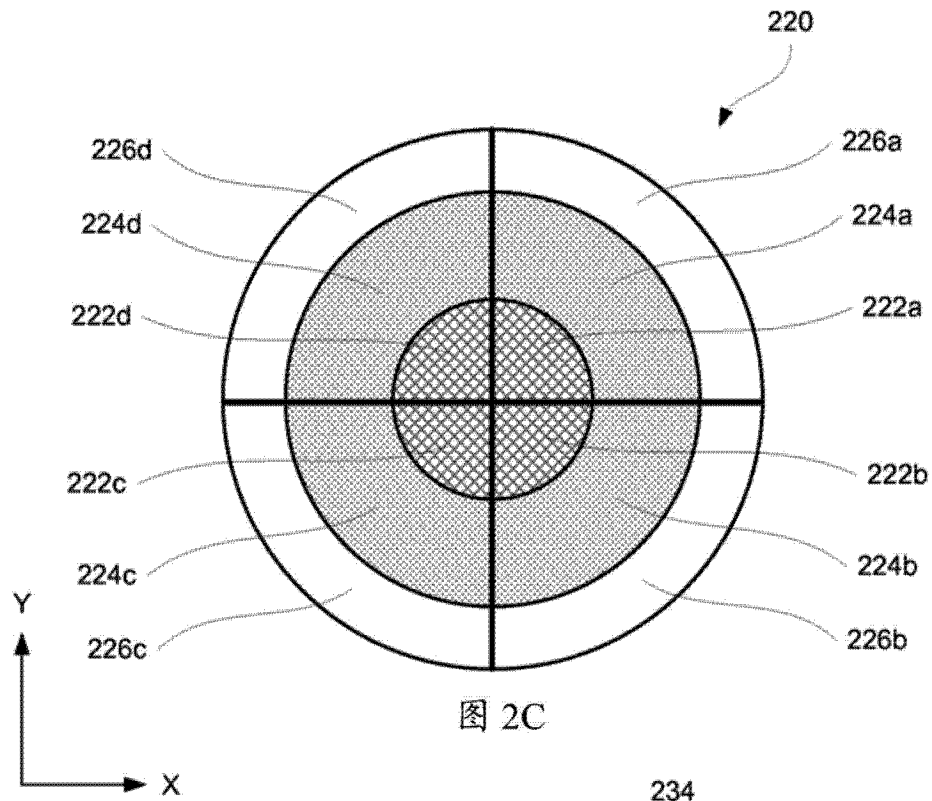


图 2B



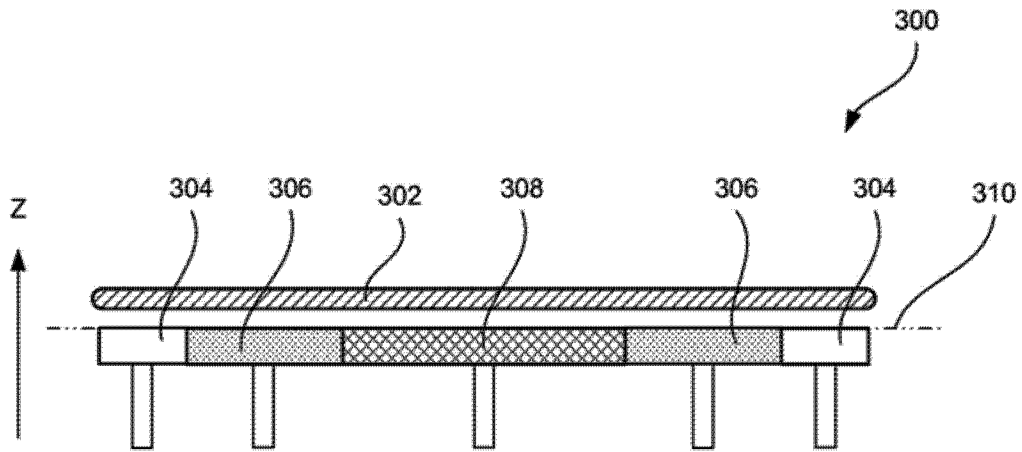


图 3A

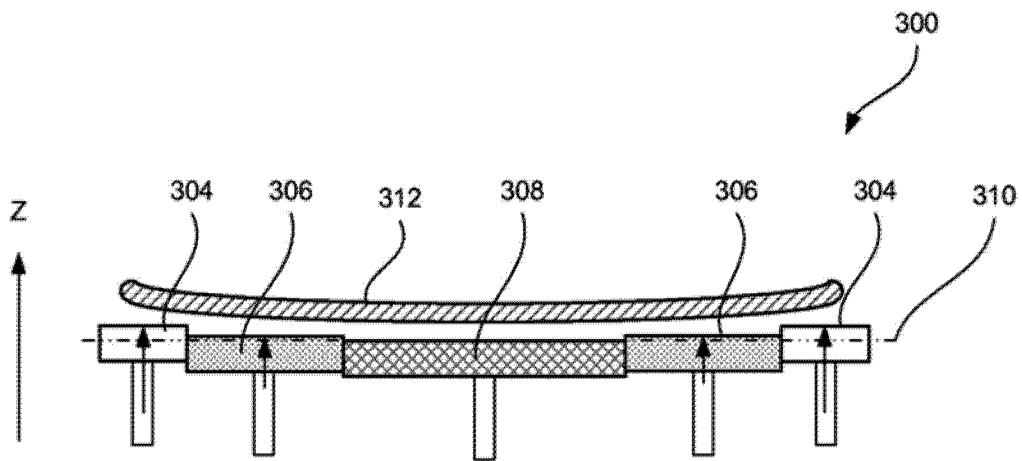


图 3B

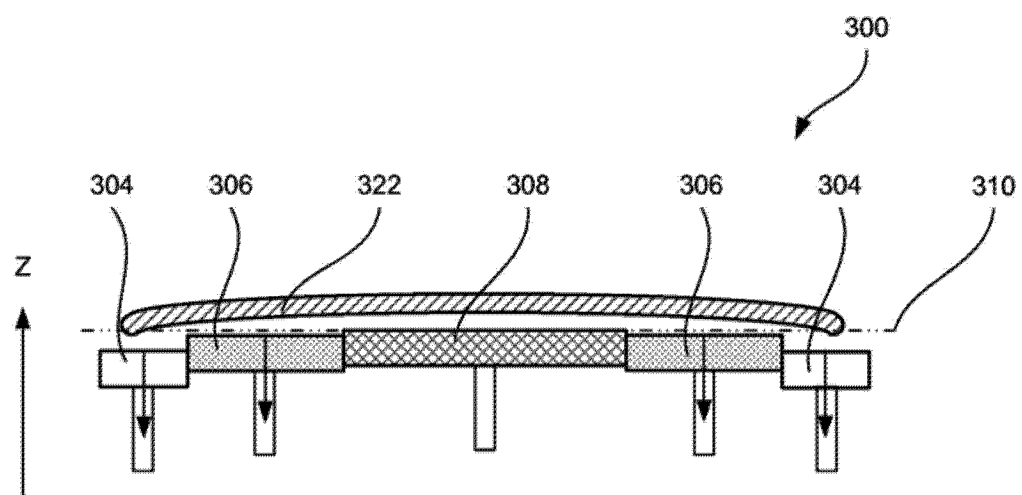


图 3C

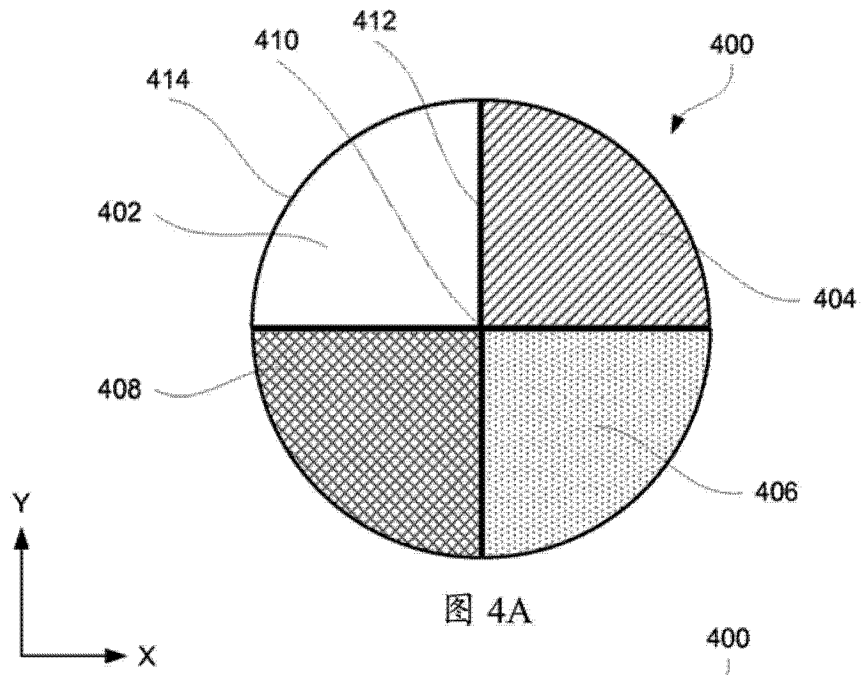


图 4A

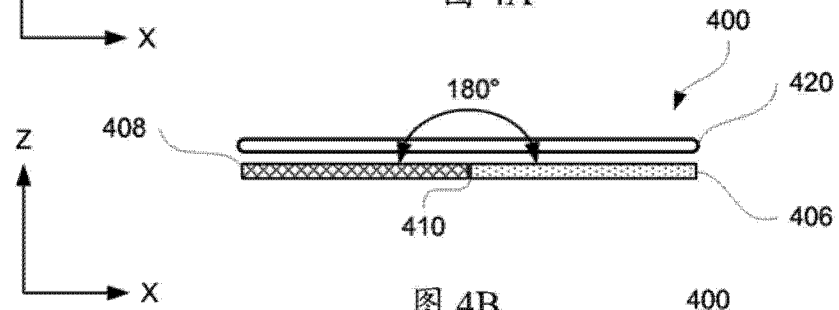


图 4B

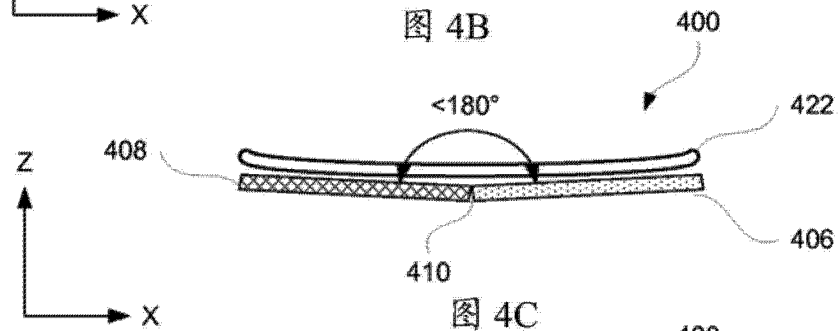


图 4C

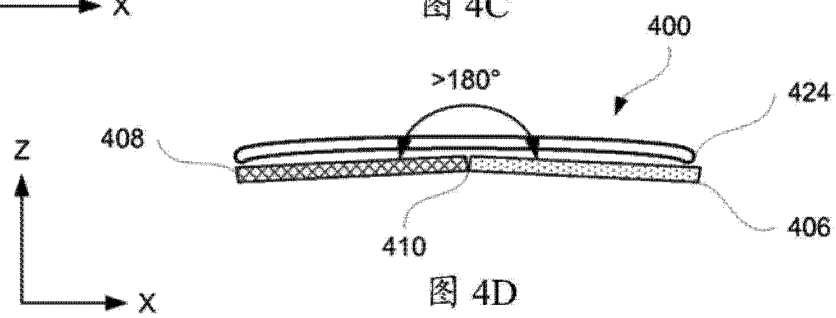


图 4D

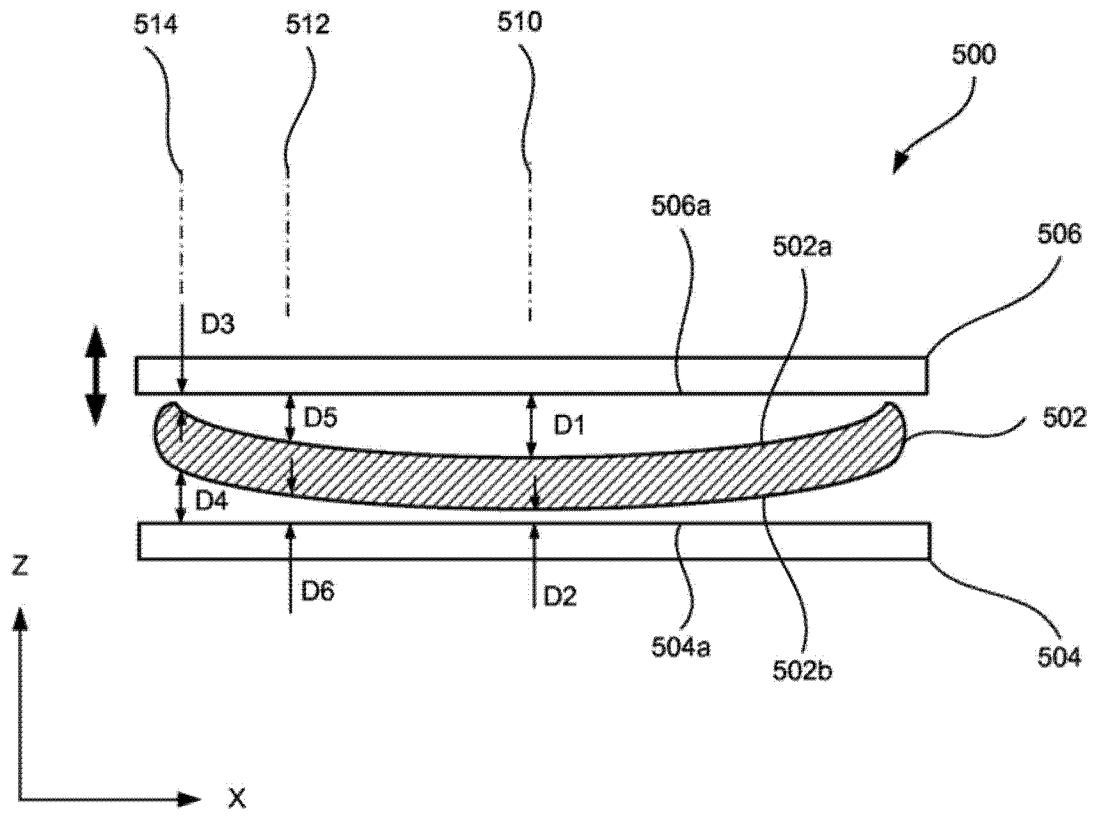


图 5

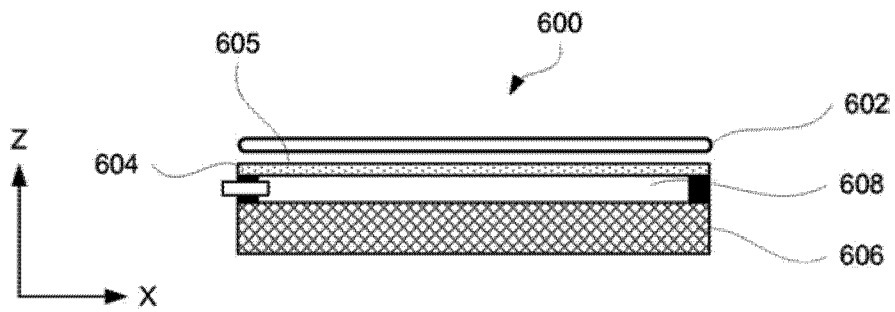


图 6A

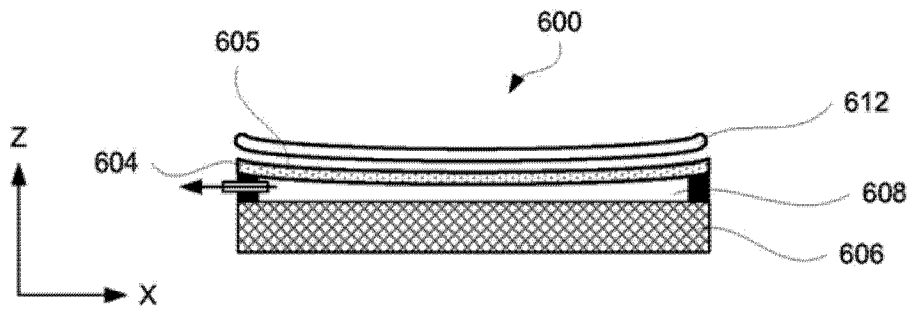


图 6B

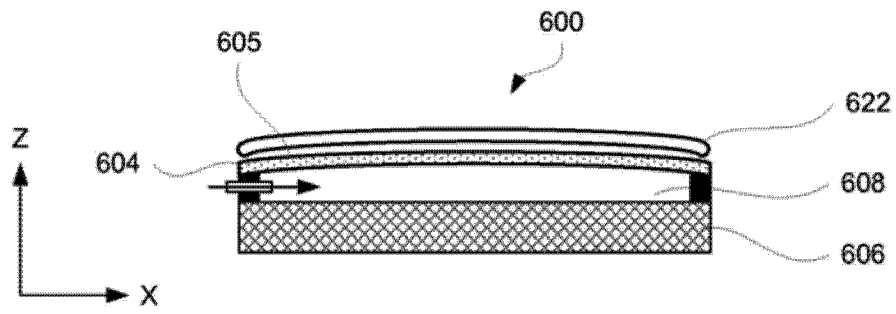


图 6C

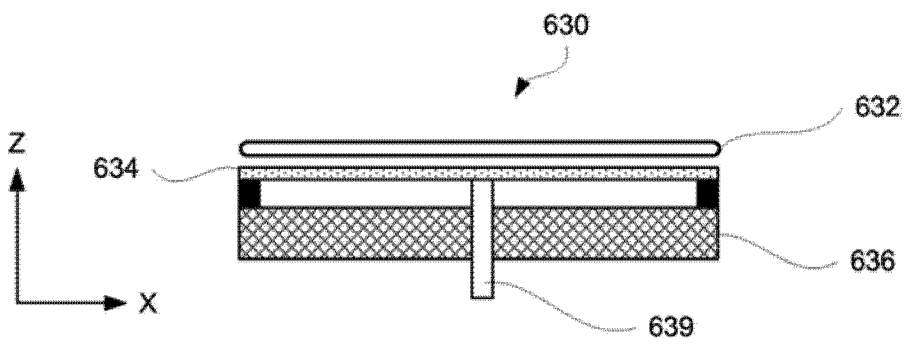


图 6D

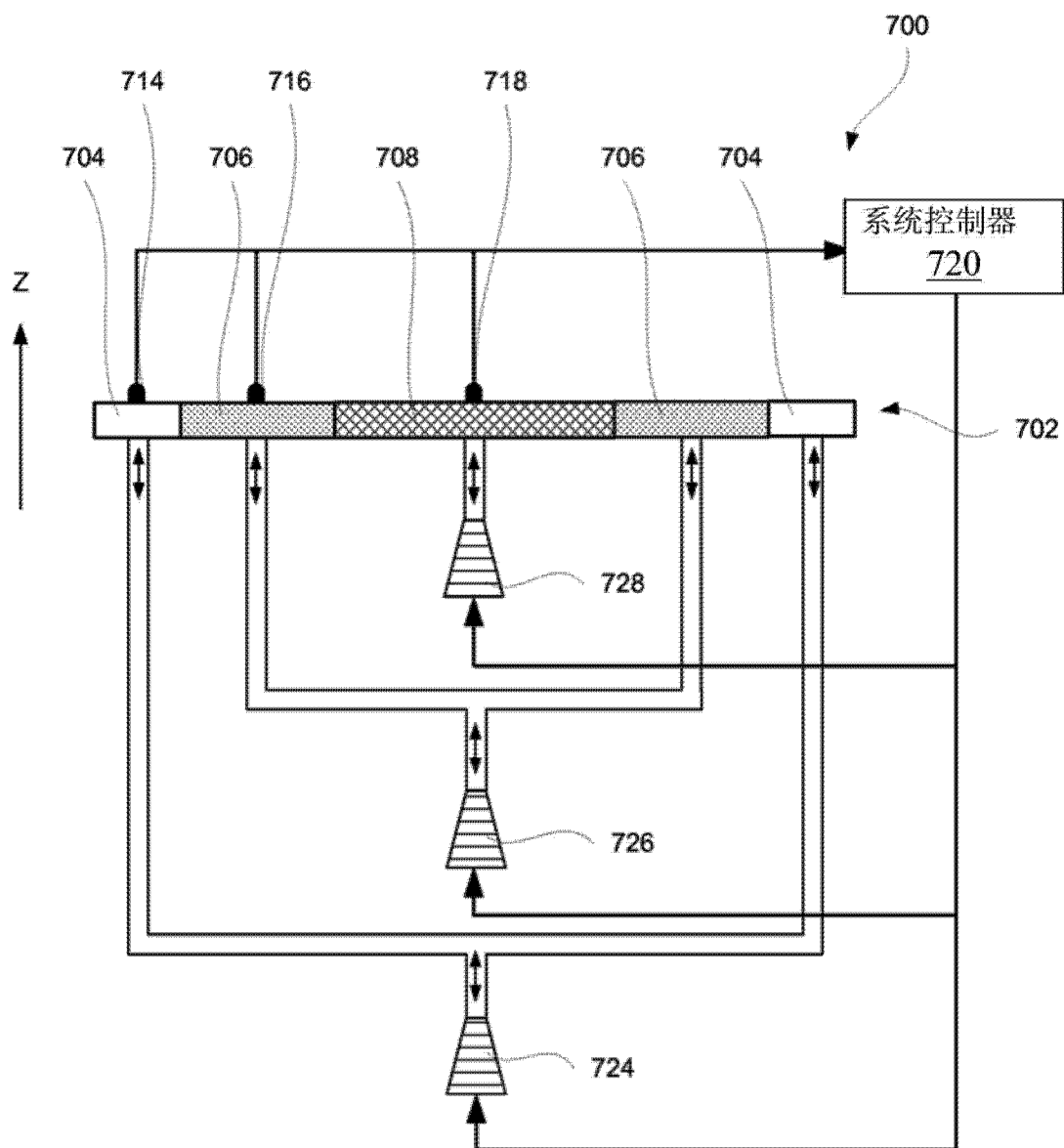


图 7A

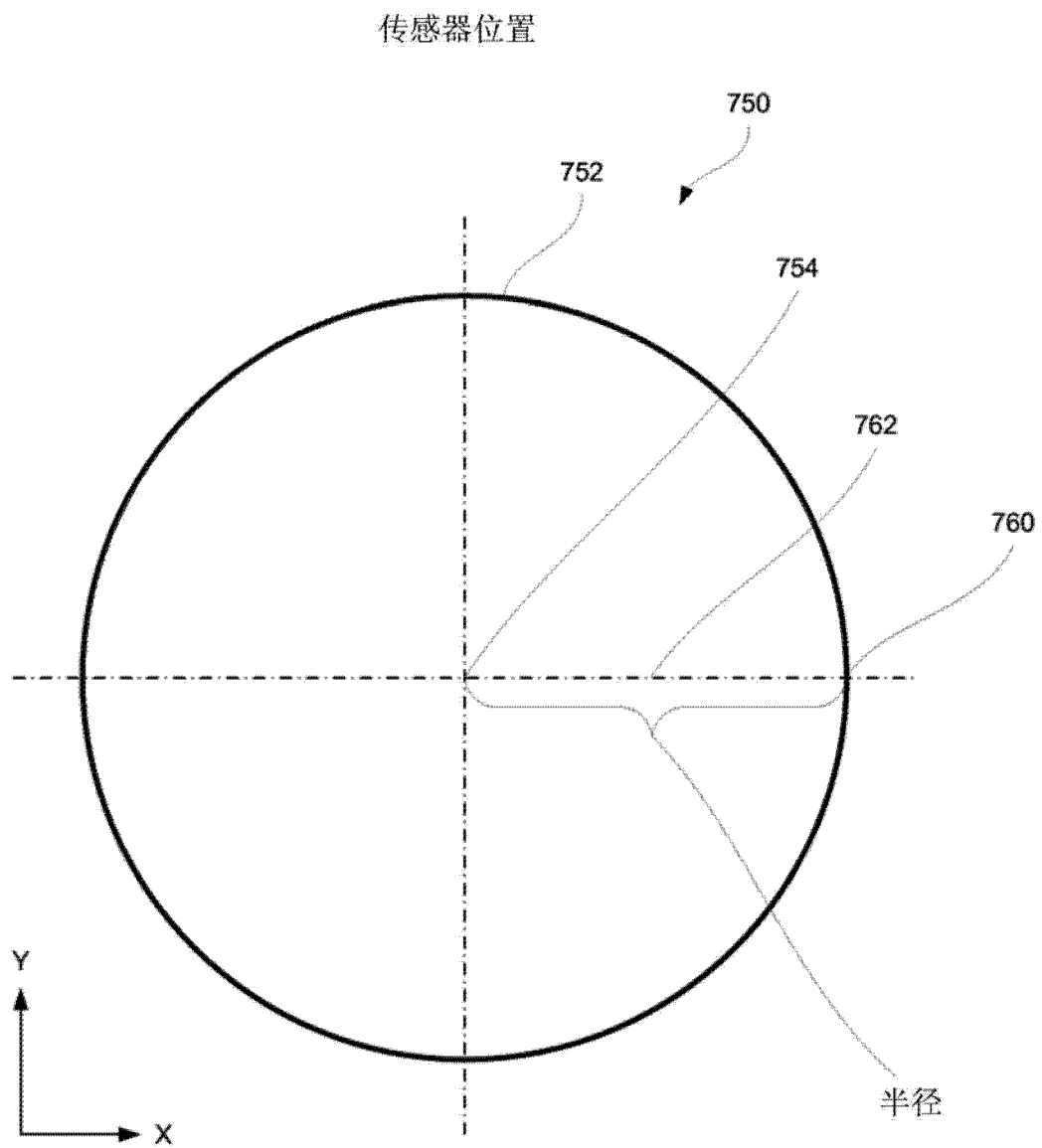


图 7B

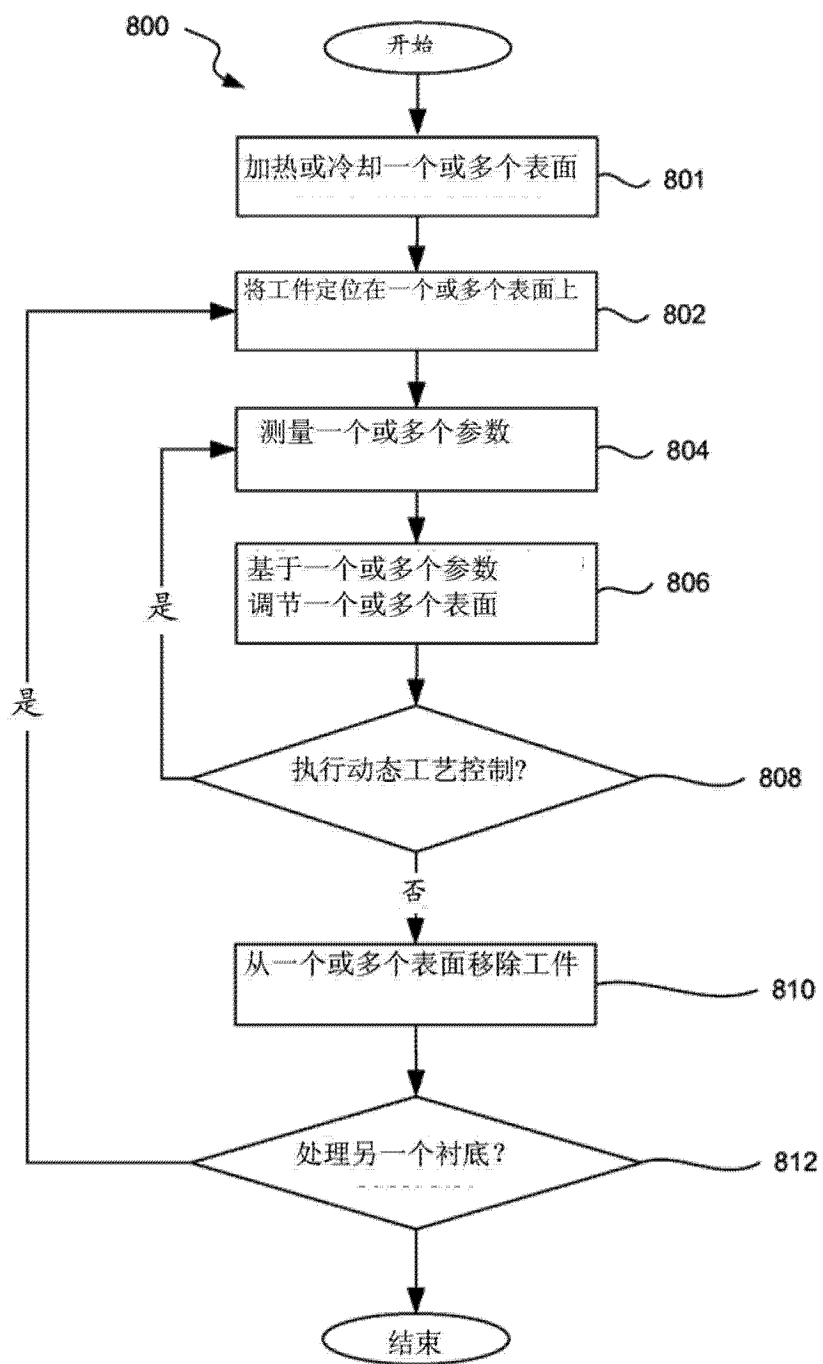


图 8

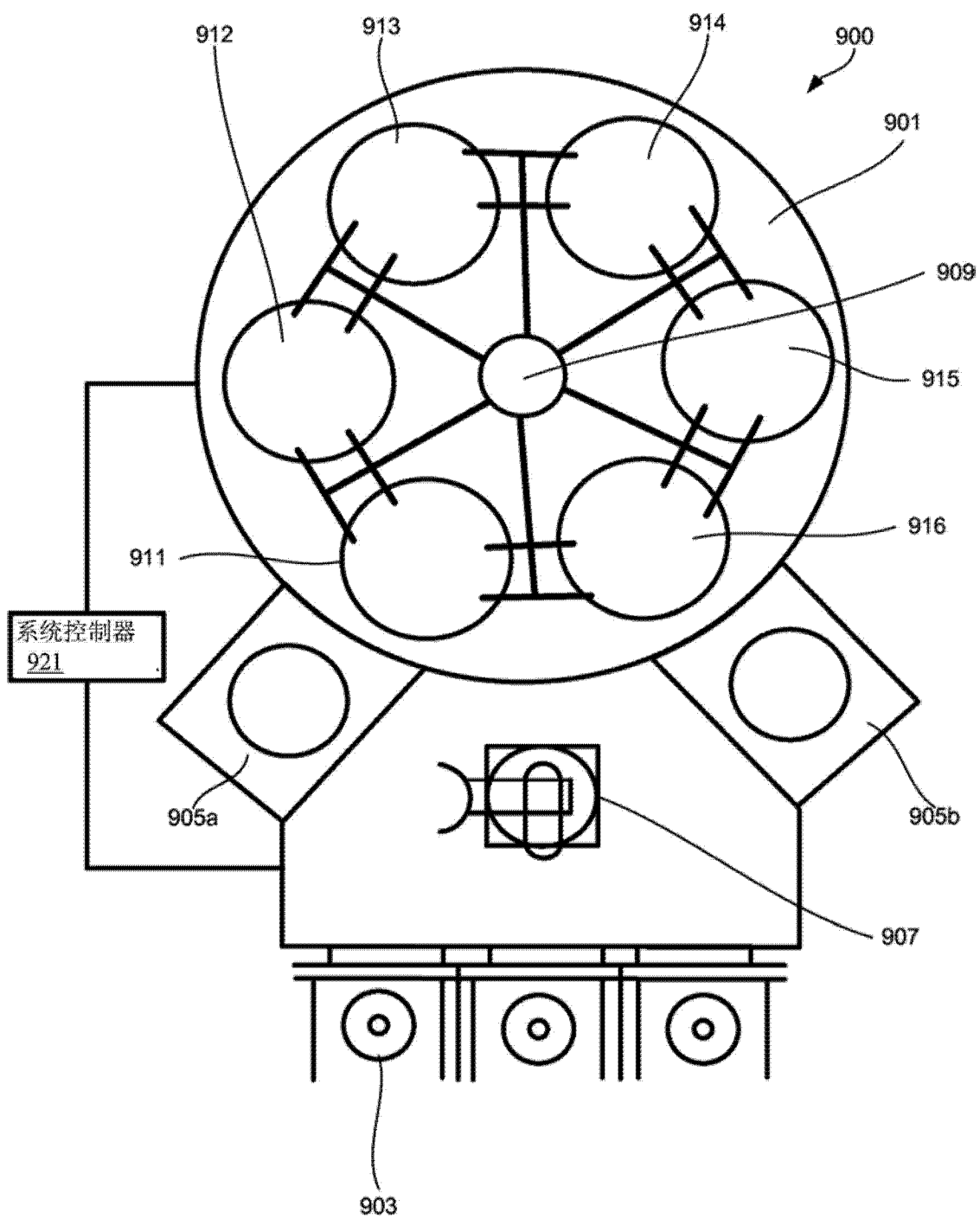


图 9

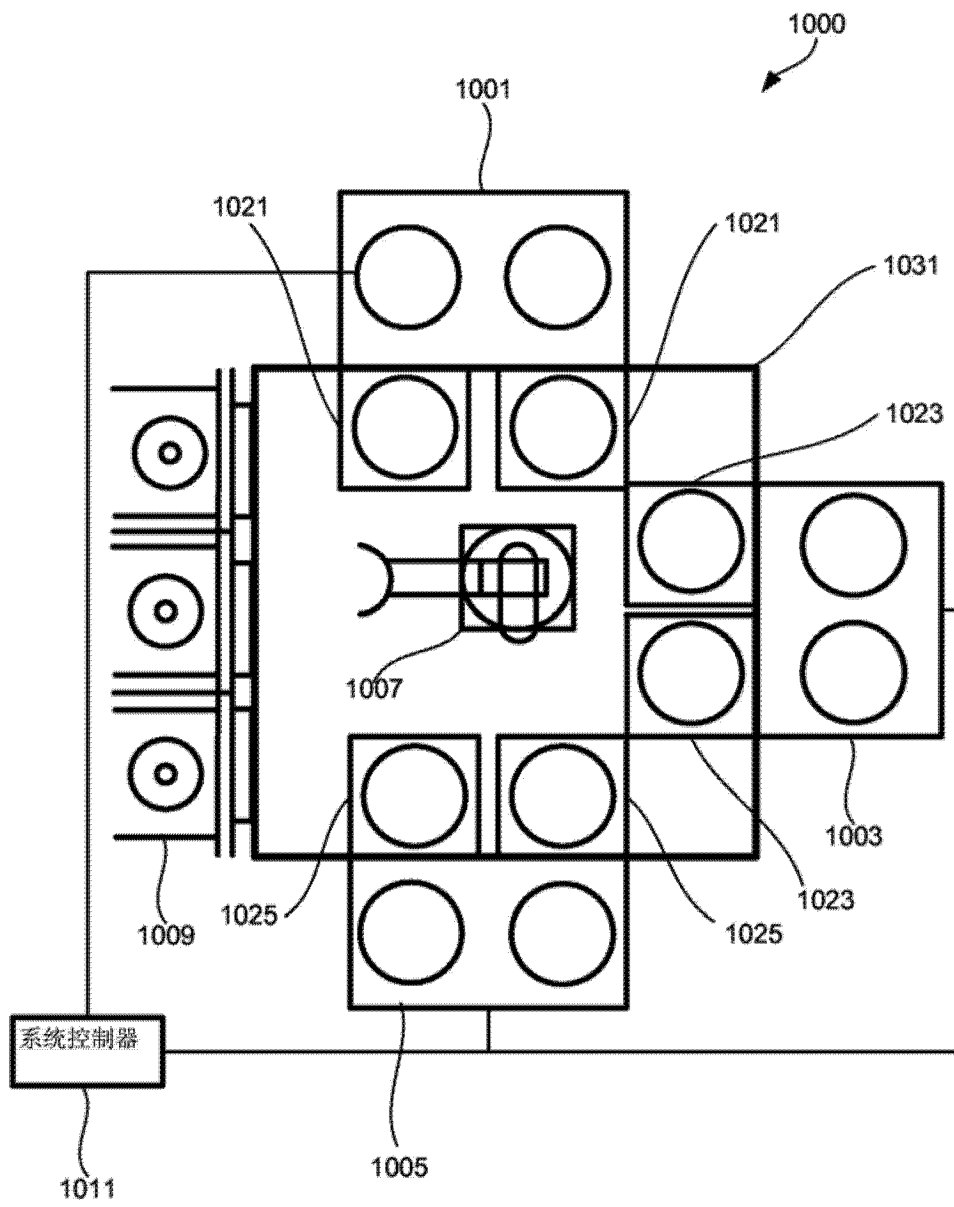


图 10

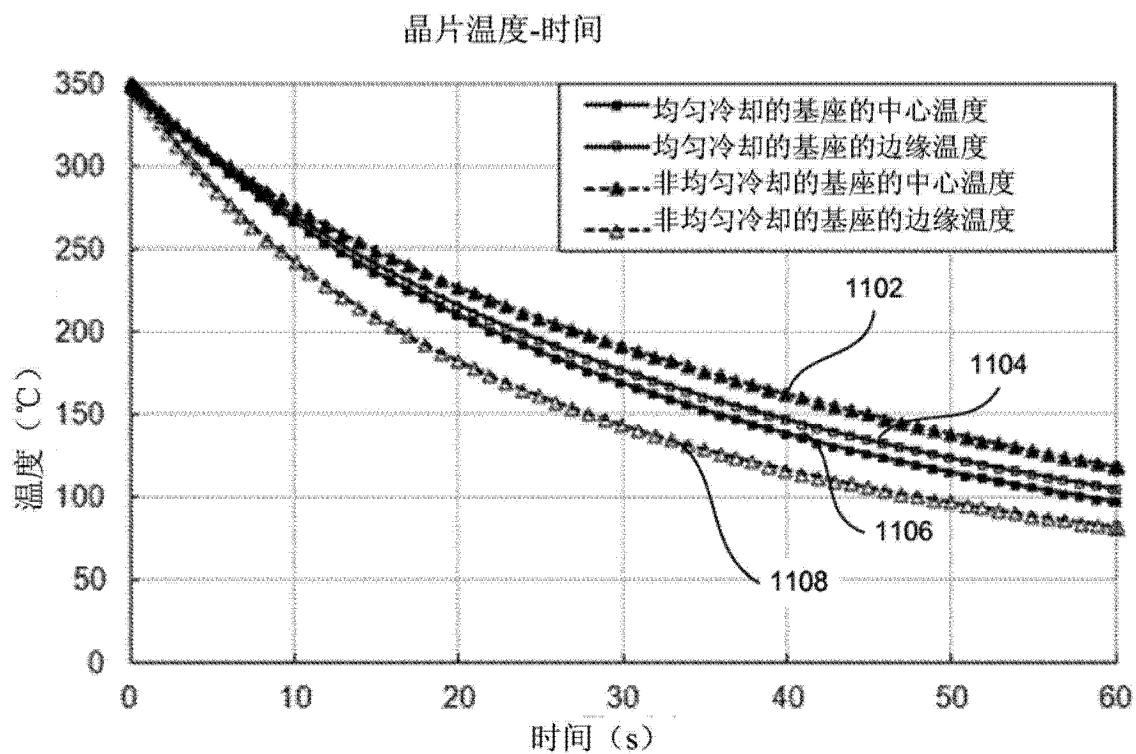


图 11A

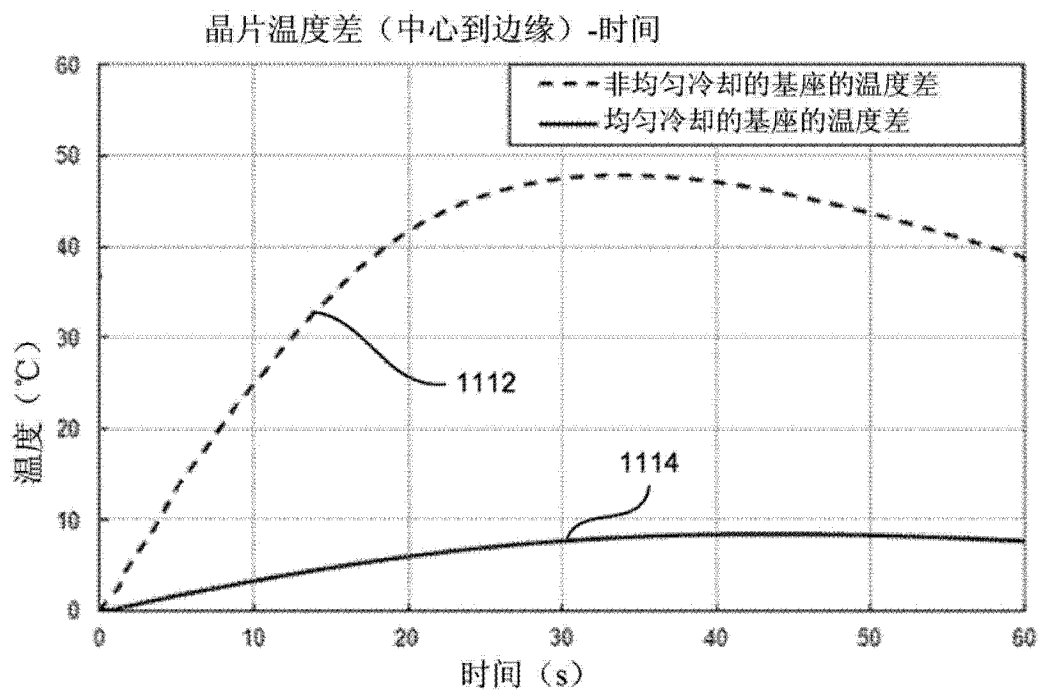


图 11B

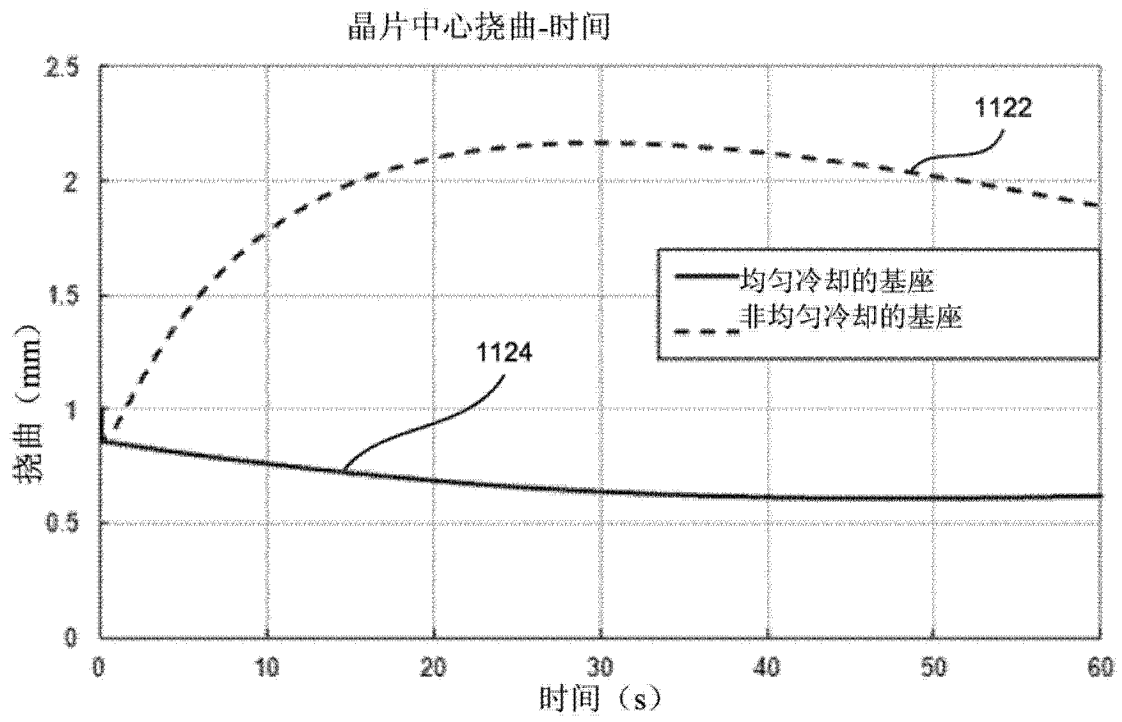


图 11C