



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104882387 B

(45)授权公告日 2018.12.11

(21)申请号 201510126097.5

(22)申请日 2015.02.27

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104882387 A

(43)申请公布日 2015.09.02

(30)优先权数据

61/945,916 2014.02.28 US

(73)专利权人 库利克和索夫工业公司

地址 美国宾夕法尼亚

(72)发明人 M·B·瓦塞尔曼

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 李光颖 王英

(51)Int.Cl.

H01L 21/603(2006.01)

(56)对比文件

CN 1513202 A, 2004.07.14,

CN 1650415 A, 2005.08.03,

CN 102959695 A, 2013.03.06,

JP 2757738 B2, 1994.09.02,

JP 4631796 B2, 2011.02.16,

审查员 肖瑶

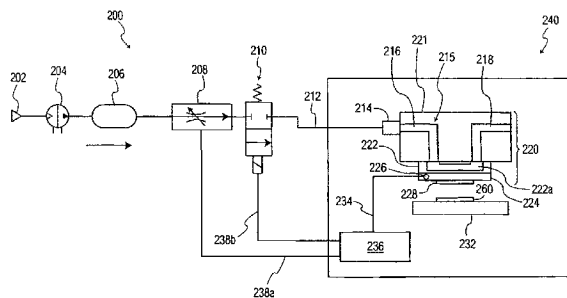
权利要求书3页 说明书10页 附图14页

(54)发明名称

热压接合系统及其操作方法

(57)摘要

提供了一种用于接合半导体元件的热压接合系统。所述热压接合系统包括(1)接合头组件,其包括用于加热要接合的半导体元件的加热器,所述接合头组件包括被配置为接收冷却流体的流体路径;(2)加压冷却流体源;(3)增压泵,其用于接收来自所述加压冷却流体源的加压冷却流体,并且用于增加所接收的加压冷却流体的压力;(4)加压流体储存器,其用于接收来自所述增压泵的加压冷却流体;以及(5)控制阀,其用于对加压冷却流体从所述加压流体储存器向所述流体路径的供应进行控制。



1. 一种用于接合半导体元件的热压接合系统,所述热压接合系统包括:
接合头组件,其包括用于加热要接合的半导体元件的加热器,所述接合头组件包括被配置为接收冷却流体的流体路径;
加压冷却流体源;
增压泵,其用于接收来自所述加压冷却流体源的加压冷却流体,并且用于增加所接收的加压冷却流体的压力;
加压流体储存器,其用于接收来自所述增压泵的加压冷却流体;以及
控制阀,其用于对加压冷却流体从所述加压流体储存器向所述流体路径的供应进行控制。
2. 根据权利要求1所述的热压接合系统,还包括用于对被提供到所述流体路径的所述加压冷却流体的供应进行调节的流量控制阀。
3. 根据权利要求2所述的热压接合系统,其中,所述流量控制阀与所述控制阀成一直线。
4. 根据权利要求3所述的热压接合系统,其中,所述流量控制阀位于所述控制阀相对于被提供到所述流体路径的所述加压冷却流体的流动的下流。
5. 根据权利要求3所述的热压接合系统,其中,所述流量控制阀位于所述控制阀相对于被提供到所述流体路径的所述加压冷却流体的流动的上流。
6. 根据权利要求2所述的热压接合系统,其中,所述流量控制阀位于与包括所述控制阀的流体路径平行的流体路径中。
7. 根据权利要求2所述的热压接合系统,其中,所述增压泵将加压冷却流体提供到所述流量控制阀。
8. 根据权利要求2所述的热压接合系统,其中,所述流量控制阀位于与包括所述增压泵、所述加压流体储存器以及所述控制阀的流体路径平行的流体路径中。
9. 根据权利要求2所述的热压接合系统,还包括用于控制所述控制阀和所述流量控制阀中的至少一个的计算机。
10. 根据权利要求9所述的热压接合系统,还包括用于感测所述加热器的温度的温度传感器,所述计算机接收与由所述温度传感器感测到的所述加热器的所述温度相关的信息。
11. 根据权利要求2所述的热压接合系统,其中,所述流量控制阀是模拟控制阀。
12. 根据权利要求1所述的热压接合系统,其中,所述控制阀是数字开/关控制阀。
13. 根据权利要求1所述的热压接合系统,其中,所述增压泵使其从所述加压冷却流体源接收的所述加压冷却流体的压力增加至少50%。
14. 根据权利要求1所述的热压接合系统,其中,所述接合头组件还包括用于将所述半导体元件接合至基板的接合工具,所述加热器通过加热所述接合工具来加热所述半导体元件,所述加热器通过被提供到所述流体路径的所述加压冷却流体而被冷却。
15. 根据权利要求1所述的热压接合系统,其中,所述加热器用作用于将所述半导体元件接合至基板的接合工具,所述加热器通过被提供到所述流体路径的所述加压冷却流体而被冷却。
16. 一种操作热压接合系统的方法,所述方法包括以下步骤:
提供加压冷却流体源;

使用增压泵来增加来自所述加压冷却流体源的加压冷却流体的压力；

在加压流体储存器处接收来自所述增压泵的加压冷却流体；以及

利用控制阀来对所述加压冷却流体从所述加压流体储存器向所述加压接合系统的接合头组件中包括的流体路径的流动进行控制。

17. 根据权利要求16所述的方法，还包括使用流量控制阀来对被提供到所述流体路径的加压冷却流体的供应进行调节。

18. 根据权利要求17所述的方法，其中，所述流量控制阀被放置成与所述控制阀成一直线。

19. 根据权利要求18所述的方法，其中，所述流量控制阀被放置在所述控制阀相对于被提供到所述流体路径的所述加压冷却流体的所述流动的下游。

20. 根据权利要求18所述的方法，其中，所述流量控制阀被放置在所述控制阀相对于被提供到所述流体路径的所述加压冷却流体的所述流动的上游。

21. 根据权利要求17所述的方法，其中，所述流量控制阀被放置成与包括所述控制阀的流体路径平行。

22. 根据权利要求17所述的方法，还包括使用所述增压泵来将加压冷却流体提供到所述流量控制阀的步骤。

23. 根据权利要求17所述的方法，其中，所述流量控制阀被放置成与包括所述增压泵、所述加压流体储存器以及所述控制阀的流体路径平行。

24. 根据权利要求17所述的方法，还包括使用计算机来控制所述控制阀和所述流量控制阀中的至少一个的步骤。

25. 根据权利要求24所述的方法，还包括以下步骤：使用温度传感器来感测所述接合头组件的加热器的温度、以及使用所述计算机来接收与由所述温度传感器感测到的所述加热器的所述温度相关的信息。

26. 根据权利要求17所述的方法，其中，所述流量控制阀是模拟控制阀。

27. 根据权利要求16所述的方法，其中，所述控制阀是数字开/关控制阀。

28. 根据权利要求16所述的方法，其中，使用所述增压泵来将来自所述加压冷却流体源的所述加压冷却流体的压力增加至少50%。

29. 根据权利要求16所述的方法，其中，所述接合头组件包括用于将半导体元件接合至基板的接合工具，其中，所述接合头组件的加热器通过加热所述接合工具来加热所述半导体元件，并且其中，所述加热器通过被提供到所述流体路径的所述加压冷却流体而被冷却。

30. 根据权利要求16所述的方法，其中，所述接合头组件包括加热器，所述加热器被配置为用于将半导体元件接合至基板的接合工具，所述加热器通过被提供到所述流体路径的所述加压冷却流体而被冷却。

31. 一种用于接合半导体元件的热压接合系统，所述热压接合系统包括：

接合头组件，其包括用于加热要接合的半导体元件的加热器，所述接合头组件包括被配置为接收冷却流体的流体路径；

加压冷却流体源；

流量控制阀，其用于对将加压冷却流体从所述加压流体源向所述流体路径的供应进行控制；以及

计算机,其用于控制所述流量控制阀,所述计算机被配置为将被提供到所述流体路径的加压冷却流体的所述供应控制成在热压接合工艺中的冷却工艺的不同阶段期间是不同的。

32.一种操作热压接合系统的方法,所述方法包括以下步骤:

提供加压冷却流体源;以及

利用流量控制阀来对加压冷却流体从所述加压冷却流体源向所述热压接合系统的接合头组件中包括的流体路径的供应进行控制,通过所述流量控制阀来将被提供到所述流体路径的、所供应的加压冷却流体控制成在热压接合工艺中的冷却工艺的不同阶段期间具有不同的压力。

热压接合系统及其操作方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2014年2月28日提交的美国临时专利申请No.61/945,916的优先权，将其内容通过引用并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及半导体封装中电气互连的形成，并且更特别地，涉及改进的热压接合系统及其操作方法。

背景技术

[0004] 在半导体封装工业的某些方面中，半导体元件被接合至接合位置。例如，在传统管芯附接（又称管芯接合）应用中，半导体管芯被接合至基板（例如，引线框、堆叠管芯应用中的另一管芯、垫片等）的接合位置。在先进的封装应用中，半导体元件（例如，裸半导体管芯、封装的半导体管芯等）被接合至基板（例如，引线框、PCB、载体、半导体晶片、BGA基板等）的接合位置。导电结构（例如，导电凸块、接触垫、焊接凸块、导电柱、铜柱等）提供半导体元件与接合位置之间的电气互连。在某些应用中，这些导电结构可以提供与使用线焊机形成的线环类似的电气互连。

[0005] 在许多应用（例如，半导体元件的热压接合）中，焊接材料被包括在导电结构中。在许多这样的工艺中，热（例如，通过承载接合工具的接合头组件中的加热器）被施加至要接合的半导体元件。重要的是快速完成对热的施加，使得机器的生产率（例如，UPH或单位每小时）处于可接受的水平。这能够是具有挑战性的，因为期望加热器在不同的时间/位置处于不同的温度下（例如，与在热压接合时的较热温度相反，在从诸如晶片的源移除部件期间处于较冷温度）。

[0006] 因此，期望提供用于操作用于接合半导体元件的接合机器的改进的方法。

发明内容

[0007] 根据本发明的示范性实施例，提供了一种用于接合半导体元件的热压接合系统。所述热压接合系统包括(1)接合头组件，其包括用于加热要接合的半导体元件的加热器的，所述接合头组件包括被配置为接收冷却流体的流体路径；(2)加压冷却流体源；(3)增压泵，其用于接收来自所述加压冷却流体源的加压冷却流体并用于增加所接收的加压冷却流体的压力；(4)加压流体储存器，其用于接收来自所述增压泵的加压冷却流体；以及(5)控制阀，其用于对加压冷却流体从所述加压流体储存器向所述流体路径的供应进行控制。

[0008] 根据本发明的另一个示范性实施例，提供了另一种用于接合半导体元件的热压接合系统。所述热压接合系统包括：接合头组件，其包括用于加热要接合的半导体元件的加热器，所述接合头组件包括被配置为接收冷却流体的流体路径；加压冷却流体源；流量控制阀，其用于对将加压冷却流体从所述加压流体源向所述流体路径的供应进行控制；以及计算机，其用于控制所述流量控制阀，所述计算机被配置为将被提供到所述流体路径的加压

冷却流体的所述供应控制成在热压接合工艺中的冷却工艺的不同阶段期间是不同的。这样的热压接合系统还可以包括本文中描述的各种其他元件,包括例如增压泵、加压流体储存器、控制阀(例如,数字开/关阀)、温度传感器等。

[0009] 根据本发明的又一示范性实施例,提供了一种操作热压接合机器的方法。所述方法包括以下步骤:(a) 提供加压冷却流体源;(b) 使用增压泵来增加来自所述加压冷却流体源的加压冷却流体的压力;(c) 在加压流体储存器处接收来自所述增压泵的加压冷却流体;以及(d) 利用控制阀来对所述加压冷却流体从所述加压流体储存器向所述加压接合系统的接合头组件中包括的流体路径的流动进行控制。

[0010] 根据本发明的又一示范性实施例,提供了一种操作热压接合系统的方法。所述方法包括以下步骤:(a) 提供加压冷却流体源;以及(b) 利用流量控制阀来对加压冷却流体从所述加压冷却流体源向所述热压接合系统的接合头组件中包括的流体路径的供应进行控制,通过所述流量控制阀来将被提供到所述流体路径的加压冷却流体的所述供应控制成在热压接合工艺中的冷却工艺的不同阶段期间是不同的。当然,这样的方法可以包括如在本文中描述的其他步骤。

附图说明

[0011] 在结合附图阅读时,本发明通过以下详细描述得到最佳理解。要强调的是,根据惯例,附图的各种特征不是按比例绘制的。相反,为了清晰起见,各种特征的尺寸任意地被扩大或被缩小。在附图中包括的是以下附图:

[0012] 图1A-1B是图示根据本发明的示范性实施例的将半导体元件接合到基板的结构和方法的热压接合机器的部分的框图视图;

[0013] 图2-7是图示根据本发明的各种示范性实施例的热压接合系统的框图视图;

[0014] 图8、图9A-9B、图10和图11是根据本发明的各种示范性实施例的热压接合系统的元件的温度曲线的图形图示;以及

[0015] 图12-17是图示根据本发明的各种示范性实施例的操作热压接合系统的方法的流程图。

具体实施方式

[0016] 如本文所使用的,术语“半导体元件”旨在指代包括(或者在后面的步骤中被配置为包括)半导体芯片或管芯的任何结构。除了其他之外,示范性半导体元件包括裸半导体管芯、基板(例如,引线框、PCB、载体、半导体芯片、半导体晶片、BGA基板、半导体元件等)上的半导体管芯、封装的半导体器件、倒装芯片半导体器件、嵌入在基板中的管芯、一堆叠的半导体管芯。另外,半导体元件可以包括被配置为要接合在半导体封装中或以其他方式要包括在半导体封装中的元件(例如,要接合在堆叠管芯配置中的垫片、基板等)。

[0017] 如本文所使用的,术语“基板”和“工件”旨在指代半导体元件可以被接合(例如,热压接合、超声接合、恒温接合、管芯接合等)至的任何结构。示范性的基板包括例如引线框、PCB、载体、半导体芯片、半导体晶片、BGA基板、半导体元件等。

[0018] 根据本发明的某些方面,公开了利用接合头组件中的热例如以用于熔化和/或软化作为要接合的半导体元件的互连的一部分而被包括的焊接材料的热压接合系统。由接合

头组件承载的接合工具通过熔化并再固化要放置/要接合的半导体元件上的焊接凸块来将半导体元件放置并接合至基板。为了熔化焊接凸块,能够快速加热接合工具是非常重要的。还期望能够快速冷却接合工具,同时保持接合的半导体元件的位置(例如,至单位微米或更小的级)。因此,期望在接合工艺(例如,在加热阶段/工艺、在冷却阶段/工艺等)的全部阶段期间,热压接合系统(以及相关的工艺)能够精确控制接合工具的温度。

[0019] 根据本发明的各个方面,在热压接合工艺的冷却阶段/工艺期间,可以控制接合头(例如,诸如加热器/接合工具的接合头的部分)的温度。例如,根据本发明的某些示范性实施例,加压冷却流体的流速可以使用模拟流量控制阀来控制(例如,控制为如由计算机程序例如使用以测得的温度作为反馈信号的命令配置文件控制的可变冷却速率)。这可以是特别有利的,因为在热压接合工艺期间经常存在期望将除了最大系统能力的冷却速率用于控制接合工艺的时刻。例如,在焊接的初始固化(即,在熔化之后的再固化期间,期望高度控制的(并且可重复的)冷却以提供基本一致的的质量的接合的互连。

[0020] 在冷却工艺的控制的快速冷却阶段(例如,1秒内100–150℃)期间,温度传感器(例如,被放置为感测例如加热器/接合工具的下表面的温度的反馈传感器)可以被提供在热压接合头组件内。这样的反馈控制的冷却可以与如本文所描述的多阶段冷却工艺结合使用(例如,比最大冷却小的第一控制冷却阶段,以及在最大冷却的第二冷却阶段)。

[0021] 另外,这样的反馈控制的冷却还可以被用在热压接合工艺期间的各个时刻。例如,特定量的热(热能量)保持在接合头组件未由温度反馈传感器直接测量的部分内。该热能量从较暖的本体逐渐移动至刚刚冷却的本体(例如,加热器/接合工具)。这表现为在温度反馈设备上的温度的漂移。在这样的情况下,不期望在这种情况下使用数字(例如,开/关)冷却系统,因为不容易控制冷却量,从而导致接合头组件的一部分被冷却至不期望的量。

[0022] 根据本发明的各个方面,可以提供增压泵(例如,机械增压器)以将进入的加压冷却流体增加至通常可获得的加压冷却流体(例如,工厂压缩空气)之上。进入压力的这样的增加可以被用于克服加热器中小通道中的压力下降。主要由通道壁的摩擦导致的通过这样的通道的压力下降引起流体速度快速下降,从而导致冷却效率的损耗。该损耗可以通过使用较高的压力流体来减缓。通常,在设施(例如,压缩空气)中可获得的压力不足够高以提供最大冷却。通过提供增压器,输入冷却流体压力可以被升高至期望的水平(例如,至少50%的压力增加、至少100%的压力增加等,其中,具体范例为诸如从0.6MPa至1.2MPa的100%的增加)。

[0023] 现参考附图,图1A图示接合机器100(例如,热压倒装芯片接合机器)的一部分,接合机器100包括接合台120(例如,梭、加热的梭、加热块、铁砧等)和由接合台120支撑的支撑结构104(其中,支撑结构104和接合台120可以被集成到单个元件中)。如本领域技术人员将认识到的,支撑结构104可以被称为应用具体部分(有时在工业上被称为p部分)。基板102由支撑结构104支撑,并且被配置为接收通过热压接合工艺的至少一个半导体元件。下导电结构108a、108b(例如,导电迹线、导电垫等)被提供在基板102上。机器100还包括承载加热的接合工具112的接合头组件122,加热接合工具112承载半导体元件110。上导电结构114a、114b(例如,诸如铜柱的导电柱,示出为包括焊接接触部分116a、116b)被提供在半导体元件110上。接合工具112被降低,使得上导电结构114a、114b接触下导电结构108a、108b(例如,参见图1B)。如图1B所图示的,通过热压接合工艺,焊接接触部分116a、116b被软化,并且然

后被再固化为焊接界面118a、118b,从而在上导电结构114a、114b中的一个与各自的下导电结构108a、108b之间提供永久导电耦合。尽管图1A-1B仅图示两对导电结构(对114a、108a和对114b、108b),当然,这是为了方便解释的简单范例。在实践中,可以提供任何数量的导电结构对(例如,数十个导电结构对、数百个导电结构对等)。

[0024] 图2图示包括热压接合机器240的示范性热压接合系统200。机器240包括接合头组件220,接合头组件220包括上结构221(包括各种部件,未示出)、冷却结构222以及加热器224。加热器224与半导体元件228(例如,要接合的半导体管芯)相接触。如本领域技术人员将认识到的,加热器224可以是被配置为将半导体元件228承载并接合至工件260的加热的接合工具。如本领域技术人员将认识到的,加热器224可以被认为加热的接合工具(类似于图1A-1B中图示的工具112)。即,术语加热器和接合工具可以互换使用,并且可以被集成到单个部件中(如图1A-1B和图2-7中图示的示范性实施例所示)或可以是多个单独的部件。机器240还包括计算机236和用于支撑工件260的接合台232。温度传感器226测量加热器224的温度,并将与该温度相关的信息作为温度信号234提供回到计算机236。

[0025] 热压接合系统200还包括作为热压接合工艺的一部分的、将加压冷却流体(例如,压缩空气)提供到接合头220以冷却加热器/接合工具224的元件。更具体地,系统200包括用于将加压冷却流体提供到增压泵204的加压冷却流体源202(例如,例如由管道从压缩空气罐或压缩器等输送的工厂压缩空气源)。增压泵204接收来自源202的加压冷却流体,并且增加所接收的加压冷却流体的压力。在本发明的某些示范性实施例中,增压泵204将来自源202的加压冷却流体的压力增加至少50%,至少100%等。在一个非常具体的范例中,来自源202的加压冷却流体被提供为处于大约0.6Mpa的压力,并且增压泵204将加压冷却流体的压力增加至大约1.2Mpa(例如,大约100%的压力增加)。然后,(处于现在增加的压力的)加压冷却流体由加压流体储存器206(例如,压缩空气罐)接收。来自储存器206的加压流体由流量控制阀208(例如,模拟控制阀)接收,其中,流量控制阀208被配置为对被提供到接合头组件220的加压冷却流体的压力进行调节。流量控制阀208的下游是用于对加压冷却流体向接合头组件220的供应进行控制的控制阀210(例如,开/关数字阀)。流量控制阀208和控制阀210每个都由计算机236控制(如由各自的控制信号238a、238b所示)。在阀210的下游,加压冷却流体在流体路径212内行进直到其到达接合头组件220的入口214。流体路径215被包括在接合头组件220内,并且包括入口流体路径216(由上结构221限定)、冷却路径222a(由冷却结构222限定)以及出口流体路径218(由上结构221限定)。

[0026] 根据结合图2-7图示并描述的本发明的示范性实施例,各个元件被描述为热压接合系统(例如,系统200、300、400、500、600和700)的一部分,但是区别在于对应的热压接合机器(例如,机器240、340、440、540、640和740)。图2中的这样的元件的范例是元件204、206、208和210。根据本发明,这样的元件中的任何或全部可以被包括在对应的热压接合机器中。

[0027] 图3-7中的每个图示类似于图2中所示系统200的系统,其中,相似的元件被标记为除了不同的初始数字之外包括相同的附图标记。例如,接合头组件被标记为元件220(在图2中)、元件320(在图3中)、元件420(在图4中)、元件520(在图5中)、元件620(在图6中)、元件720(在图7中)。下面指出的没有区别,元件(及其功能)与图2中描述的元件基本类似。

[0028] 具体参考图3,与图2相比,主要区别在于流量控制阀308被放置在控制阀310的下游(与在图2中流量控制阀208被放置在控制阀210上游相反)。图3图示示范性热压接合系统

300,热压接合系统300包括热压接合机器340。机器340包括接合头组件320,接合头组件320包括上结构321、冷却结构322和加热器324。加热器324与半导体元件328相接触。如本领域技术人员将认识到的,加热器324可以是被配置为将半导体元件328承载并接合至工件360的加热接合工具。机器340还包括计算机336和用于支撑工件360的接合台332。温度传感器326测量加热器324的温度,并将与该温度相关的信息作为温度信号334提供回到计算机336。

[0029] 热压接合系统300还包括用于将加压冷却流体提供到增压泵304的加压冷却流体源302。增压泵304接收来自源302的加压冷却流体,并使所接收的加压冷却流体的压力增加(例如,至少50%、至少100%等)。然后,(处于现在增加的压力的)加压冷却流体由加压流体储存器306接收。来自储存器306的加压流体由用于对加压冷却流体向接合头组件320的供应进行控制的控制阀310(例如,开/关数字阀)接收。控制阀310的下游是流量控制阀308(例如,模拟控制阀),其中,流量控制阀308被配置为对被提供到接合头组件320的加压冷却流体的压力进行调节。控制阀310和流量控制阀308每个都由计算机336控制(如由各自的控制信号338a、338b所示)。在流量控制阀308的下游,加压冷却流体在流体路径312内行进直到其到达接合头组件320的入口314。流体路径315被包括在接合头组件320内,并且包括入口流体路径316(由上结构321限定)、冷却路径322a(由冷却结构322限定)和出口流体路径318(由上结构321限定)。

[0030] 具体参考图4,与图2-3相比,主要区别在于流量控制阀408位于与包括控制阀410的流体路径平行的流体路径中(与在图2-3中流量控制阀208/308分别与控制阀210/310成一直线相反)。图4图示范性热压接合系统400,热压接合系统400包括热压接合机器440。机器440包括接合头组件420,接合头组件421包括上结构422、冷却结构424和加热器324。加热器424与半导体元件428相接触。如本领域技术人员将认识到的,加热器424可以是被配置为将半导体元件428承载并接合至工件460的加热接合工具。机器440还包括计算机436和用于支撑工件460的接合台432。温度传感器426测量加热器424的温度,并将与该温度相关的信息作为温度信号434提供回至计算机436。

[0031] 热压接合系统400还包括用于将加压冷却流体提供到增压泵404的加压冷却流体源402。增压泵404接收来自源402的加压冷却流体,并使所接收的加压冷却流体的压力增加(例如,至少50%、至少100%等)。然后,(处于现在增加的压力的)加压冷却流体由加压流体储存器406接收。来自储存器406的加压流体可以在两个方向的任意(或者在期望的情况下可能在两个方向两者上)上流动:通过控制阀410(例如,开/关数字阀)到流体路径412的第一方向;以及通过流量控制阀408(例如,模拟控制阀)到流体路径412的第二方向。例如,取决于具体应用(和/或取决于接合工艺的时机/阶段),可以期望具有加压冷却流体的连续最大流量,在这种情况下,控制阀410可以是打开的(并且流量控制阀408是闭合的)。在另一应用中,(和/或取决于接合工艺的时机/阶段),可以期望具有处于具体压力值的加压冷却流体的控制的(例如,模拟控制的)流量,在这种情况下,控制阀410可以是闭合的(并且在选定的位置处打开流量控制阀408以提供期望的压力值)。流量控制阀408和控制阀410每个都由计算机436(如由各自的控制信号438a、438b所示)控制。无论加压冷却流体从哪个方向流动(即,通过阀410或通过阀408),加压冷却流体在流体路径412内行进直到其到达接合头组件420的入口414。流体路径415被包括在接合头组件420内,并且包括入口流体路径416(由上

结构421限定)、冷却路径422a(由冷却结构422限定)和出口流体路径418(由上结构421限定)。

[0032] 在图4中,值得指出的是,在流体的压力已经由增压泵404增加之后,流量控制阀408接收加压冷却流体。因此,取决于设计考虑,流量控制阀408能够提供处于高达增压泵406的最大输出压力(例如,或者与使用模拟控制的期望的给定的设计限制一样低)的压力水平的加压冷却流体。具体参考图5,与图4相比,主要区别在于流量控制阀508在流体的压力已经由增压泵504增加之前接收来自源502的其输入冷却流体。因此,加压冷却流体被提供为处于较低的压力(与图4相反,其中,来自源402的输入冷却流体被提供为处于较高水平、在增压泵404的下游)。

[0033] 图5图示范热压接合系统500,热压接合系统500包括热压接合机器540。机器540包括接合头组件520,接合头组件520包括上结构521、冷却结构522和加热器524。加热器524与半导体元件528相接触。如本领域技术人员将认识到的,加热器524可以是配置为将半导体元件528承载并接合至工件560的加热接合工具。机器540还包括计算机536和用于支撑工件560的接合台532。温度传感器526测量加热器524的温度,并将与该温度相关的信息作为温度信号534提供回至计算机536。

[0034] 热压接合系统500还包括用于将加压冷却流体提供到增压泵504和/或流量控制阀508的加压冷却流体源502。增压泵504接收来自源502的加压冷却流体,并使所接收的加压冷却流体的压力增加(例如,至少50%、至少100%等)。然后,(处于现在增加的压力的)加压冷却流体由加压流体储存器506接收。来自储存器506的加压流体通过控制阀510(例如,开/关数字阀)流动到流体路径512。例如,取决于具体应用(和/或取决于接合工艺的时机/阶段),可以期望具有加压冷却流体的连续最大流量,在这种情况下,控制阀510可以是打开的(并且流量控制阀508是闭合的)。在另一应用中,(和/或根据接合工艺的时机/阶段),可以期望具有处于特定压力值的加压冷却流体的控制的(例如,模拟控制的)流量,在这种情况下,控制阀510可以是闭合的(并且在选定的位置处打开流量控制阀508以提供期望的流量值)。流量控制阀508和控制阀510每个都由计算机536(如由各自的控制信号538a、538b所示)控制。无论哪个阀(即,阀510或阀508)控制加压冷却流体的流动,加压冷却流体在流体路径512内行进直到其到达接合头组件520的入口514。流体路径515被包括在接合头组件520内,并且包括入口流体路径516(由上结构521限定)、冷却路径522a(由冷却结构522限定)和出口流体路径518(由上结构521限定)。

[0035] 图2-5所示的示范性配置中的每个图示包括不同的控制阀(例如,数字“开/关”阀)和流量控制阀(例如,用于根据其他配置文件的计算机程序来控制加压冷却流体的供应的模拟控制阀)的热压接合系统。如本领域技术人员将认识到的,本发明的某些方面可以仅利用在系统中包括的这两个阀中的一个来实现。图6-7图示这样的布置的两个范例。

[0036] 具体参考图6,与图4相比,主要区别在于对加压冷却流体的控制由流量控制阀608而不是对应的数字开/关控制阀控制(与图4相反,图4包括模拟流量控制阀408以及开/关控制阀410两者)。例如,可以考虑一种布置,其中,提供足够强大的流量控制阀以在热压接合工艺的冷却阶段/工艺的所有阶段期间控制加压冷却流体的流动/供应。图6图示范热压接合系统600,热压接合系统600包括热压接合机器640。机器640包括接合头组件620,接合头组件621包括上结构622、冷却结构624和加热器324。加热器624与半导体元件628相接

触。如本领域技术人员将认识到的,加热器624可以是被配置为将半导体元件628承载并接合至工件660的加热接合工具。机器640还包括计算机636和用于支撑工件660的接合台632。温度传感器626测量加热器624的温度,并将与该温度相关的信息作为温度信号634提供回至计算机636。

[0037] 热压接合系统600还包括用于将加压冷却流体提供到增压泵604的加压冷却流体源602。增压泵604接收来自源602的加压冷却流体,并使所接收的加压冷却流体的压力增加(例如,至少50%、至少100%等)。将加压冷却流体从储存器606直接引导到流量控制阀608。流量控制阀608(例如,根据其中流动/供应可以取决于接合工艺的时机/阶段而变化的计算机程序的模拟控制)控制对加压冷却流体的供应。穿过流量控制阀608的加压冷却流体在流体路径612内行进直到其到达接合头组件620的入口614。流体路径615被包括在接合头组件620内,并且包括入口流体路径616(由上结构621限定)、冷却路径622a(由冷却结构622限定)和出口流体路径618(由上结构621限定)。

[0038] 具体参考图7,与图6相比,主要区别在于对加压冷却流体的控制由控制阀710控制而不是对应的模拟流量控制阀控制(与图6相反,图6包括流量控制阀608)。例如,可以考虑一种应用,其中,不需要或不期望对加压冷却流体的供应的模拟控制,并且其中,对增加流体压力的增压泵的添加经由简单数字开/关控制阀提供期望的冷却。图7图示范热压接合系统700,热压接合系统700包括热压接合机器740。机器740包括接合头组件720,接合头组件720包括上结构721、冷却结构722和加热器724。加热器724与半导体元件728相接触。如本领域技术人员将认识到的,加热器724可以是被配置为将半导体元件728承载并接合至工件760的加热接合工具。机器740还包括计算机736和用于支撑工件760的接合台732。温度传感器726测量加热器724的温度,并将与该温度相关的信息作为温度信号734提供回至计算机736。

[0039] 热压接合系统700还包括用于将加压冷却流体提供到增压泵704的加压冷却流体源702。增压泵704接收来自源702的加压冷却流体,并使所接收的加压冷却流体的压力增加(例如,至少50%、至少100%等)。然后,(处于现在增加的压力的)加压冷却流体由加压流体储存器706接收。将加压冷却流体从储存器706直接引导至控制阀710。控制阀710(例如,根据计算机程序的“开/关”数字控制)控制加压冷却流体的流动。流过控制阀710的加压冷却流体在流体路径712内行进直到其到达接合头组件720的入口714。流体路径715被包括在接合头组件720内,并且包括入口流体路径716(由上结构721限定)、冷却路径722a(由冷却结构722限定)和出口流体路径718(由上结构721限定)。

[0040] 如本领域技术人员将认识到的,根据本发明的某些示范性实施例,图2-7图示的系统可以包括额外的元件或更少的元件。额外的元件的范例可以是阻止加压冷却流体的反向流动的止回阀。取决于具体应用可以从系统中的一个移除的(一个或多个)元件的范例可以是增压泵、加压流体储存器等。

[0041] 图2-7中的每个图示包括在各自的接合头组件内的示范性流体路径215、315、415、515、615和715。这些流体路径每个都以简单的方式被图示为包括入口流体路径、由冷却结构限定的冷却路径和出口流体路径;然而,如本领域技术人员将认识到的,所述流体路径可以比图示的流体路径复杂的多得多。即,在热压接合系统中,接合头组件的部分的快速加热和冷却可以是关键的。可以利用包括许多流体通道的复杂的冷却系统。

[0042] 本发明的各个示范性实施例的某些益处以图形方式被示出在图8、图9A-9B、图10和图11中。具体参考图8,提供了时间对温度曲线,时间对温度曲线示出对在针对两种不同类型的热压接合系统的热压接合工艺中形成的互连中包括的焊接材料(例如,类似于在图1A中示出的焊接材料116a、116b)的加热和冷却。在本图示中,“单元1”系统包括增压泵(类似于分别在图2-7中示出的增压泵204、304、404、504、604和704)。“单元2”系统不包括这种增压泵,而是依靠工厂压缩空气的压力。在本范例中,对于两种系统,加热工艺是相同的,但是冷却工艺是不同的,因为单元1系统中的加压冷却流体被提供为处于较高压力。如图8所示,单元1系统比单元2系统冷却的更快,并且具体地:更快到达关键的熔化温度/再固化温度;并且快大约1秒到达工艺完成温度(大约70度)(例如,对于单元1,大约为2.2秒,而对于单元2,为3.2秒)。如本领域技术人员将认识到的,在到达该“工艺完成温度”之后,可以开始进一步的处理(例如,开始拾取下一要接合的半导体元件的工艺)。将认识到,进一步处理(例如,拾取下一要接合的半导体元件的工艺)实际上可以在到达“工艺完成温度”之前开始,例如,只要已经到达再固化温度。因此,根据本发明的单元1系统的更快的处理时间导致改进的UPH速率。

[0043] 在热压接合系统中冷却加热器/接合工具的另一重要因素涉及工艺一致性。例如,在工艺期间,非常期望运行相同工艺的每个系统在大约相同的时间到达熔化、再固化温度。然而,即使设计相同,每个热压接合系统在实践中也执行的有点不同。图9A图示针对相同设计的两种热压接合系统(即,“单元1”和“单元2”)的时间对温度曲线。如图9A所示,并在图9B中详细说明了,在单元1到达再固化温度所需的时间与单元2到达再固化温度所需的时间之间存在相当大的时间差(即, T_D)。尽管(为了便于说明问题)在图9A-9B示出的范例大于正常变化,但是结果 T_D 是热压接合中的现实世界可移植性问题。

[0044] 图10图示根据本发明的热压接合系统上的2个阶段冷却工艺的时间对温度曲线。如图10所示,在大约1.25秒时完成“加热”工艺之后,冷却工艺的“控制的冷却”阶段开始。在冷却工艺的该控制的冷却阶段期间,冷却速率由计算机程序限定(并且可以被反馈控制,其中,温度信号为反馈信号),并且(包括加热器/接合工具的)接合头组件根据预定的冷却曲线被冷却,直到发生预定事件(例如,直到检测到预定温度)。在图10中示出的范例中,该预定事件是到达再固化温度的冷却工艺。在到达再固化温度之后,冷却工艺的“最大冷却”阶段开始,并且冷却的最大(或预定最大)量被提供以便尽快到达工艺完成温度(例如,在图10中大约为70度)。使用这样的两个阶段的冷却工艺,可以克服从一个热压接合系统到另一热压接合系统的某些可移植性问题。例如,图11图示针对2个不同的热压接合系统(即,“单元1”和“单元2”)上的2个阶段冷却工艺的时间对温度曲线。如图11所示,使用2个阶段的冷却工艺,每个系统都能够在大约相同时间到达再固化温度。

[0045] 图12-17图示操作热压接合系统示范性的方法。如本领域技术人员将认识到的,在本发明的范围内,某些步骤可以被添加,某些步骤可以被删除,和/或某些步骤的顺序可以被重新布置。

[0046] 具体参考图12,在步骤1200,在热压接合工艺的加热阶段/工艺期间,利用加热器来加热由热压接合机器的接合头组件承载的半导体元件。在步骤1202,提供加压冷却流体源(例如,工厂压缩空气)。在步骤1204,使用增压泵来增加来自加压冷却流体源的加压冷却流体的压力。在步骤1206,在加压流体储存器处接收来自增压泵的加压冷却流体。在步骤

1208,在热压接合工艺的冷却阶段/工艺期间,使用控制阀(例如,开/关数字控制阀)来对加压冷却流体从加压流体储存器向热压接合机器的接合头组件中包括的流体路径的流动进行控制。例如,图7中图示的系统700的布置可以被用于执行图12的方法。

[0047] 具体参考图13,在步骤1300,在热压接合工艺的加热阶段/工艺期间,利用加热器来加热由热压接合机器的接合头组件承载的半导体元件。在步骤1302,提供加压冷却流体源(例如,工厂压缩空气)。在步骤1304,使用增压泵来增加来自加压冷却流体源的加压冷却流体的压力。在步骤1306,在加压流体储存器处接收来自增压泵的加压冷却流体。在步骤1308,在热压接合工艺的冷却阶段/工艺期间,使用控制阀(例如,开/关数字控制阀)来对加压冷却流体从加压流体储存器向热压接合机器的接合头组件中包括的流体路径的流动进行控制。在步骤1310,在热压接合工艺的冷却阶段/工艺期间,使用被放置成与控制阀成一直线的流量控制阀来对被提供到流体路径的加压冷却流体的供应进行控制。例如,分别在图2-3中图示的系统200和300的布置可以被用于执行图13的方法。

[0048] 具体参考图14,在步骤1400,在热压接合工艺的加热阶段/工艺期间,利用加热器来加热由热压接合机器的接合头组件承载的半导体元件。在步骤1402,提供加压冷却流体源(例如,工厂压缩空气)。在步骤1404中,在热压接合工艺的冷却阶段/工艺期间,使用流量控制阀来对加压冷却流体从加压冷却流体源向热压接合机器的接合头组件中包括的流体路径的供应进行控制。例如,图6中图示的系统600的布置可以被用于执行图14的方法。

[0049] 具体参考图15,在步骤1500,在热压接合工艺的加热阶段/工艺期间,利用加热器来加热由热压接合机器的接合头组件承载的半导体元件。在步骤1502,提供加压冷却流体源(例如,工厂压缩空气)。在步骤1504,使用增压泵来增加来自加压冷却流体源的加压冷却流体的压力。在步骤1506,在加压流体储存器处接收来自增压泵的加压冷却流体。在步骤1508,在热压接合工艺的冷却阶段/工艺期间,使用流量控制阀来对加压冷却流体从加压流体储存器向热压接合机器的接合头组件中包括的流体路径的供应。例如,图6中图示的系统600的布置可以被用于执行图15的方法。

[0050] 具体参考图16,在步骤1600,在热压接合工艺的加热阶段/工艺期间,利用加热器来加热由热压接合机器的接合头组件承载的半导体元件。在步骤1602,提供加压冷却流体源(例如,工厂压缩空气)。在步骤1604,使用增压泵来增加来自加压冷却流体源的加压冷却流体的压力。在步骤1606,在加压流体储存器处接收来自增压泵的加压冷却流体。在步骤1608,在热压接合工艺的冷却阶段/工艺期间,使用流量控制阀来对被提供到流体路径的加压冷却流体的供应进行调节。在步骤1610,在热压接合工艺的冷却阶段/工艺的第二阶段期间,使用控制阀来对加压冷却流体从加压流体储存器向热压接合机器的接合头组件中包括的流体路径的流动进行控制。例如,在热压接合工艺的冷却阶段/工艺期间的这种多阶段冷却方法可以得到类似于图10-11所示的结果的结果。例如,图4-5中图示的系统400和500的布置可以被用于执行图16的方法。

[0051] 具体参考图17,在步骤1700,在热压接合工艺的加热阶段/工艺期间,利用加热器来加热由热压接合机器的接合头组件承载的半导体元件。在步骤1702,提供加压冷却流体源(例如,工厂压缩空气)。在步骤1704,使用增压泵来增加来自加压冷却流体源的加压冷却流体的压力。在步骤1706,在加压流体储存器处接收来自增压泵的加压冷却流体。在步骤1708,在热压接合工艺的冷却阶段/工艺期间,对加压冷却流体向热压接合机器的接合头组

件中包括的流体路径的流动进行控制,其中,冷却阶段/工艺包括第一阶段和第二阶段,并且其中,在第一阶段期间对加压冷却流体的供应与第二阶段不同。例如,图2-6中图示的系统200、300、400、500和600的布置可以被用于执行图17的方法。

[0052] 尽管本文结合具体实施例说明并描述了本发明,但是本发明并不旨在限于所示的细节。相反,在权利要求的等价要件的范围和界限内并且在不脱离本发明的情况下,可以在细节上进行各种修改。

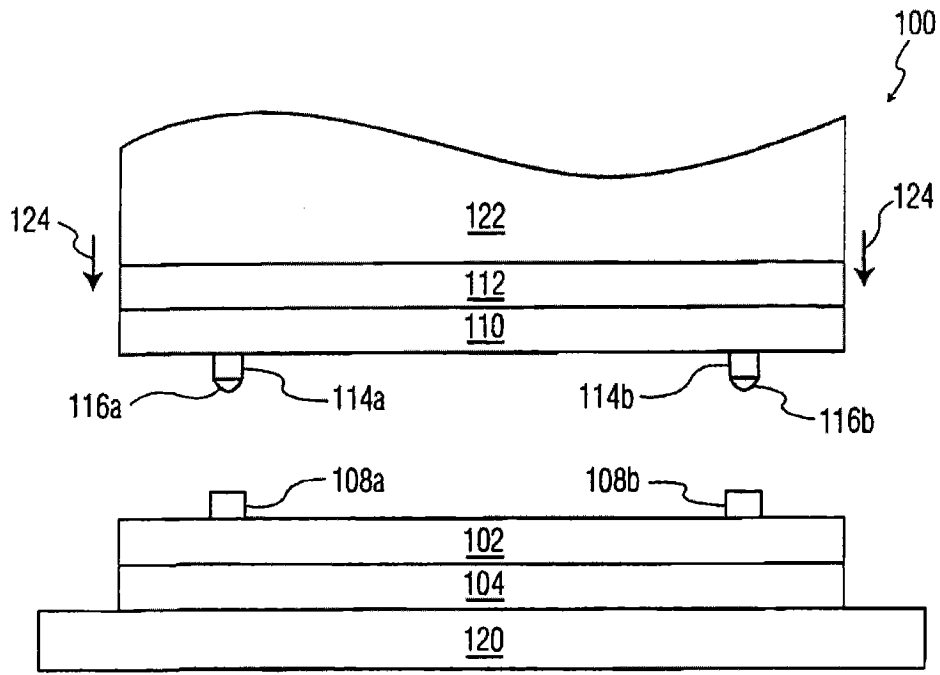


图1A

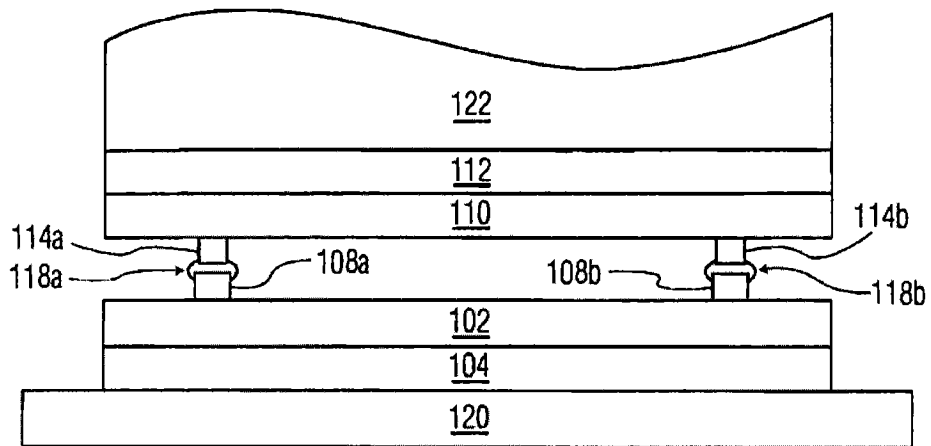


图1B

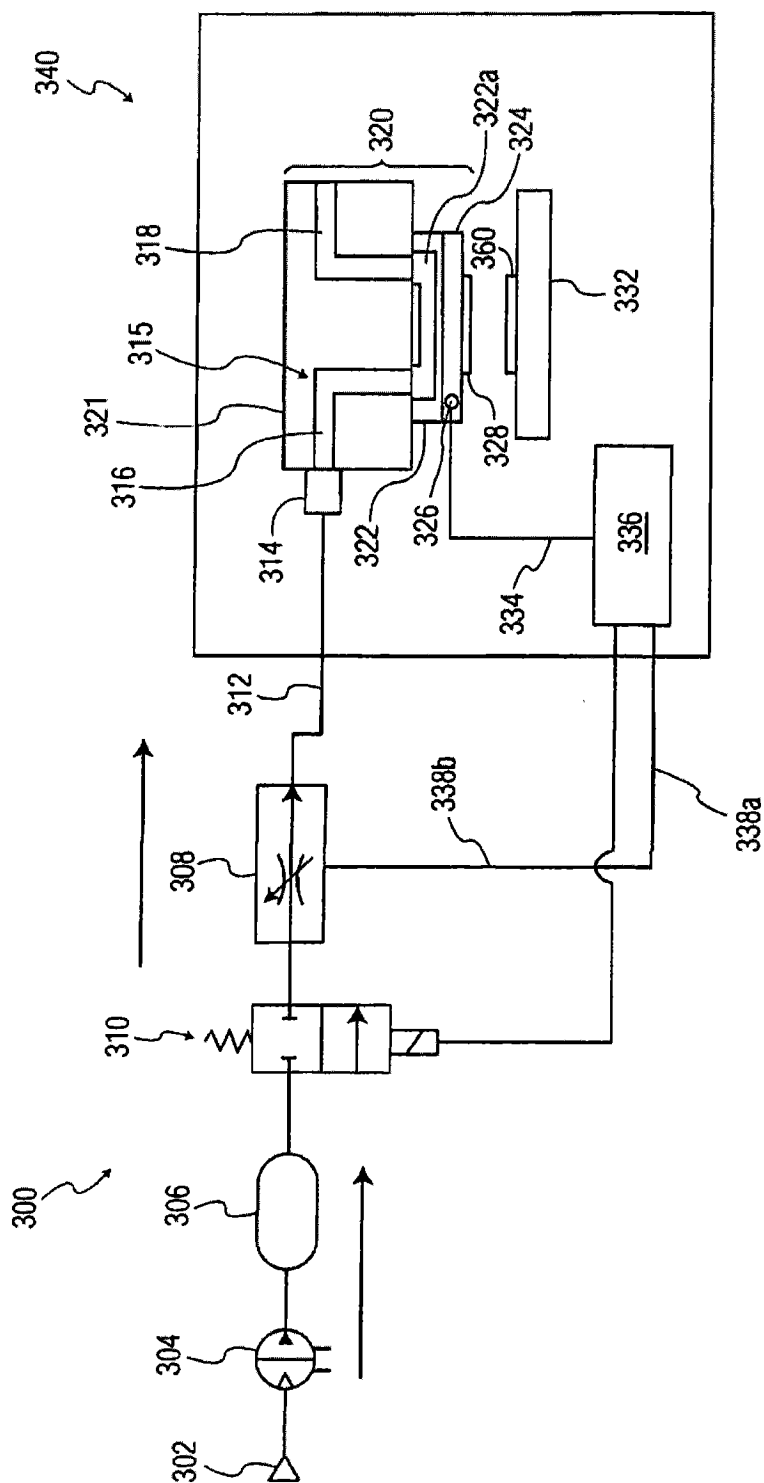


图3

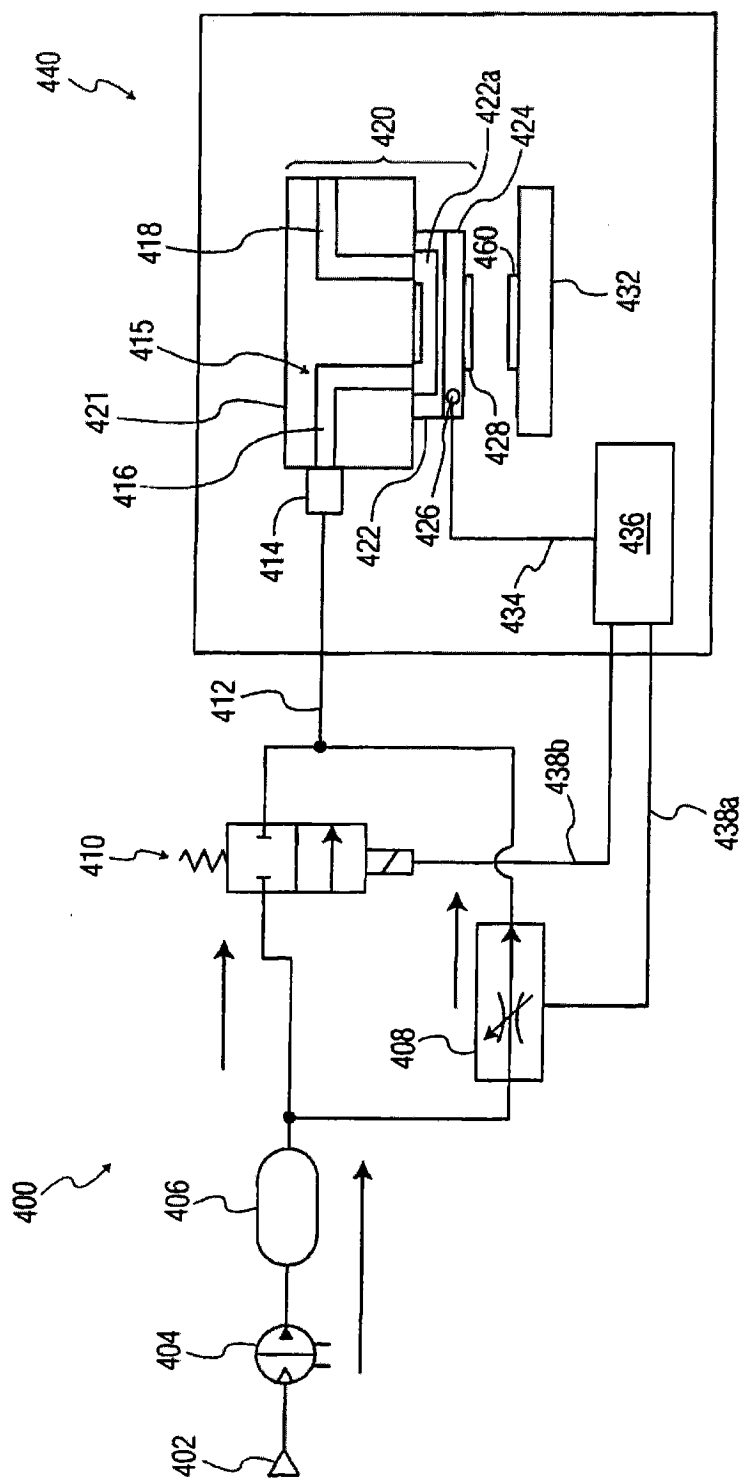


图4

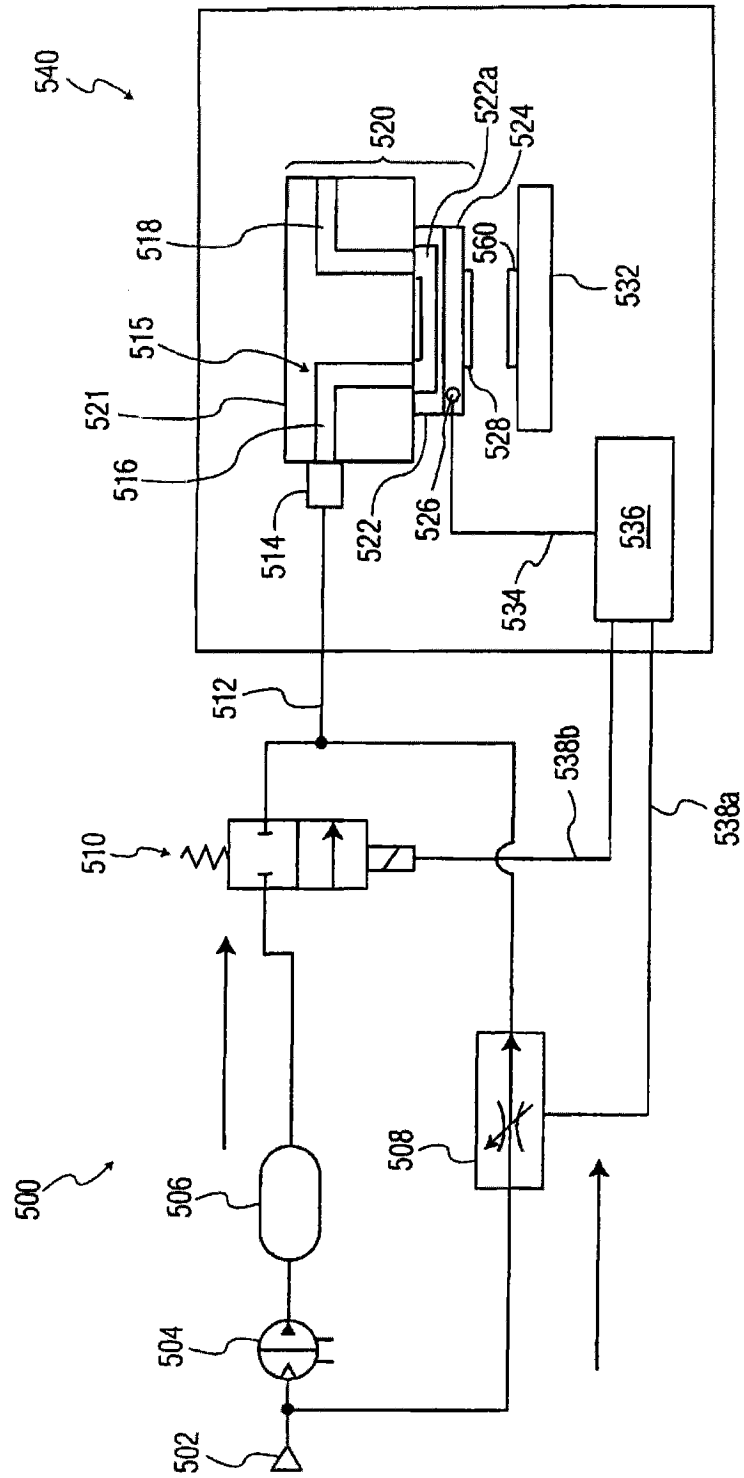


图5

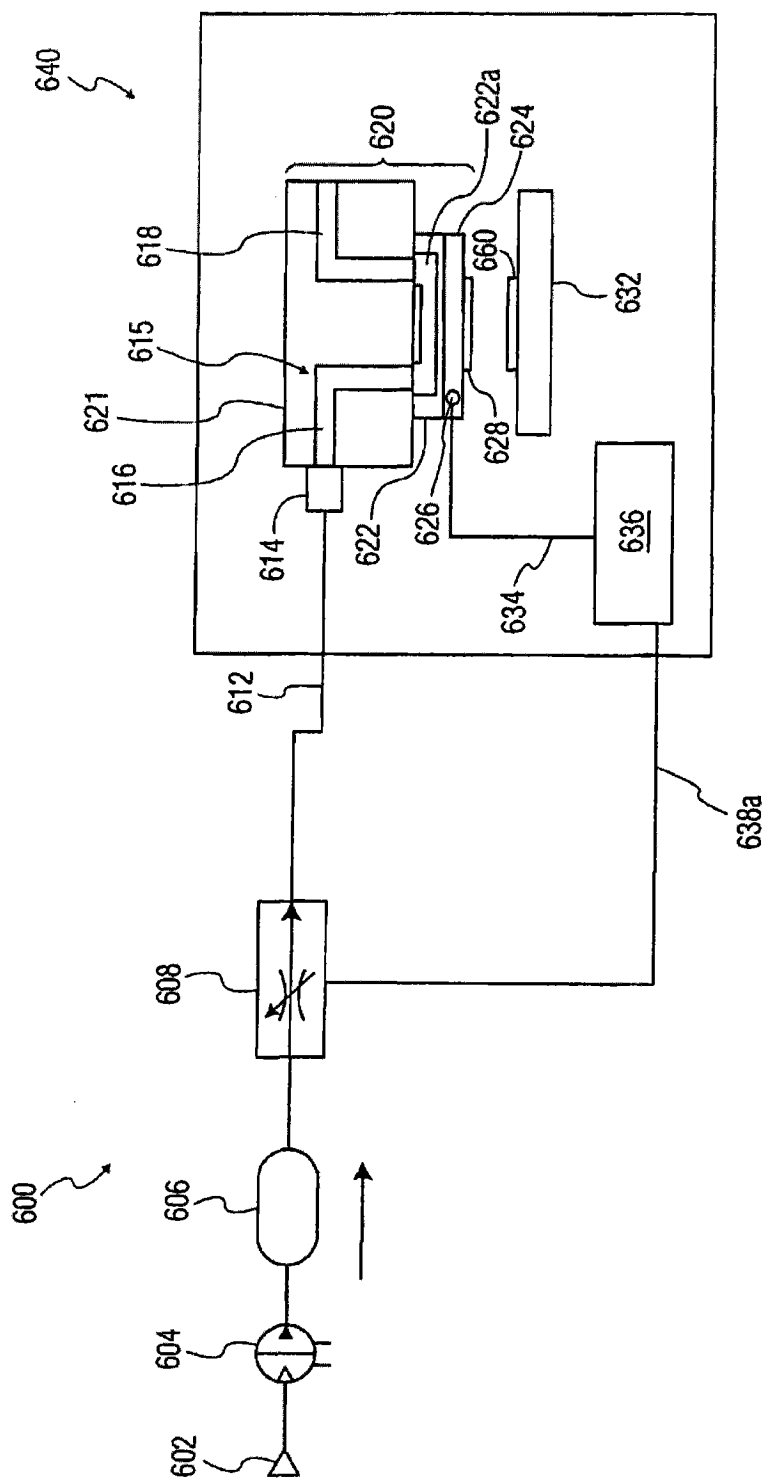


图6

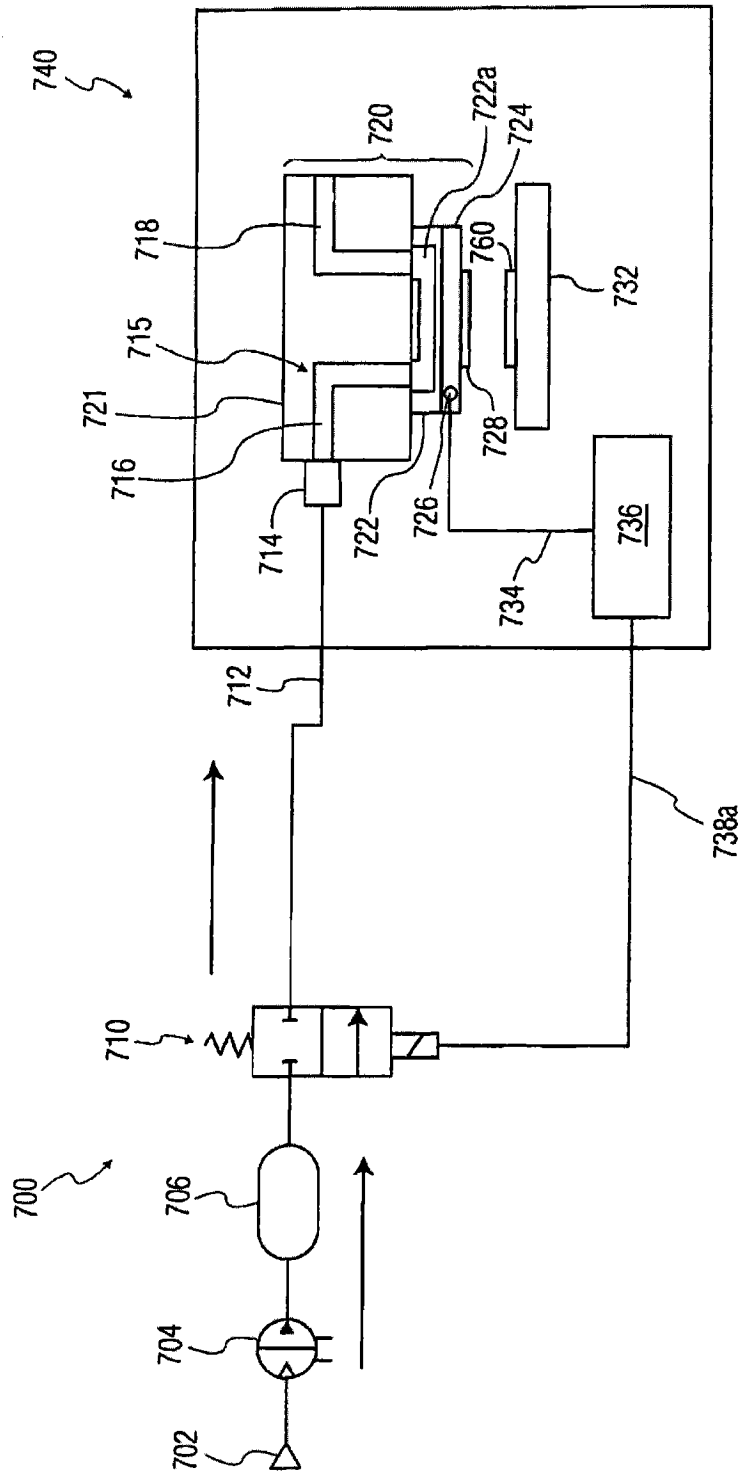


图7

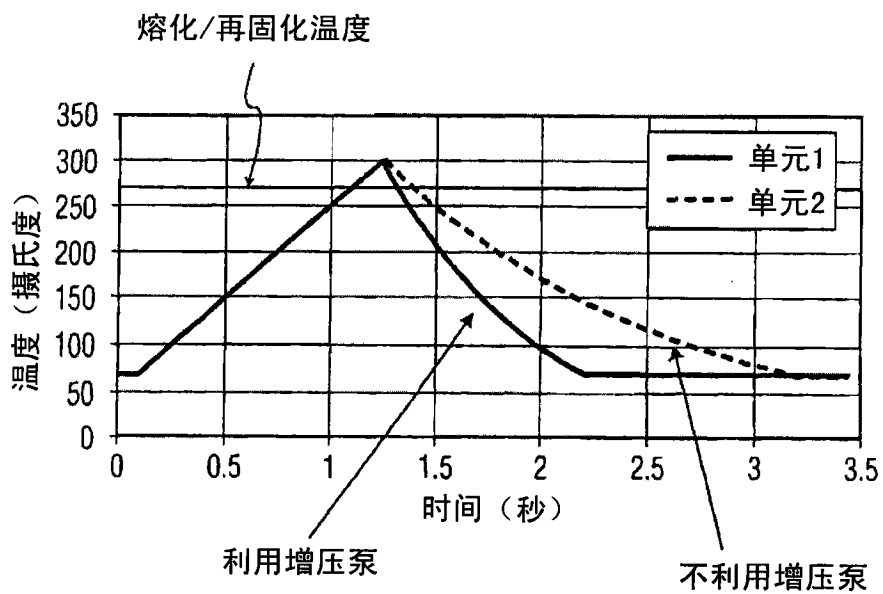


图8

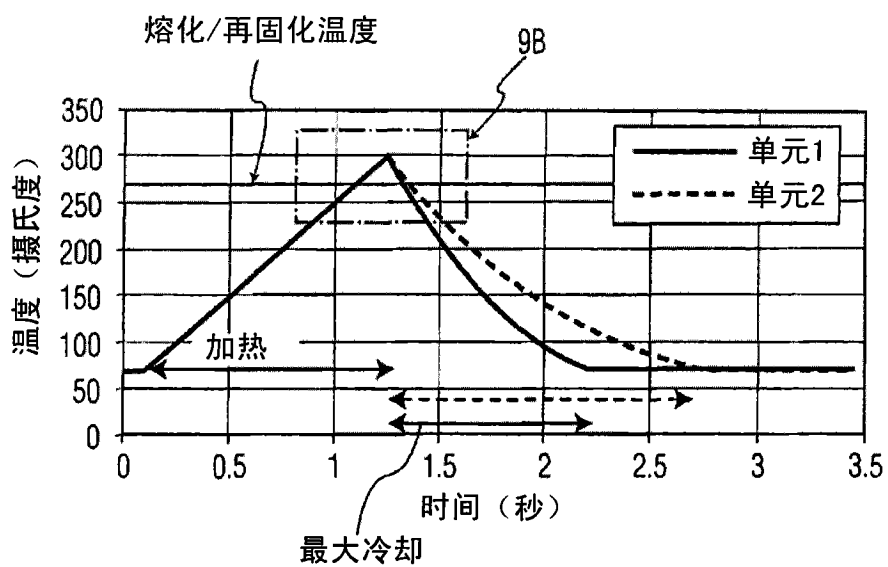


图9A

T_D : 到再固化温度的时间差

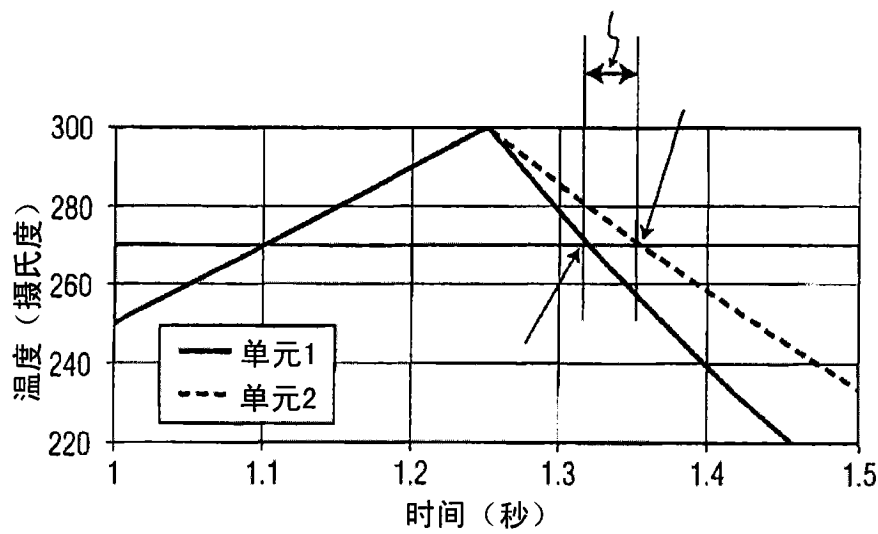


图9B

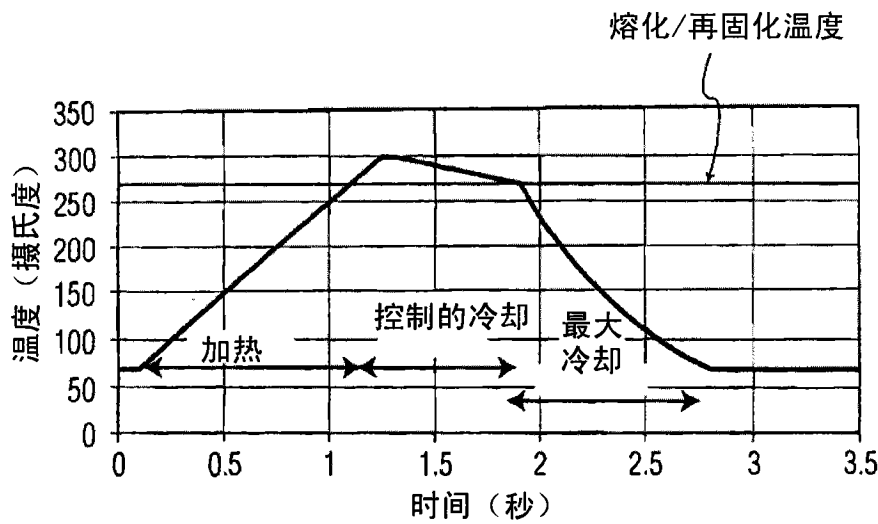


图10

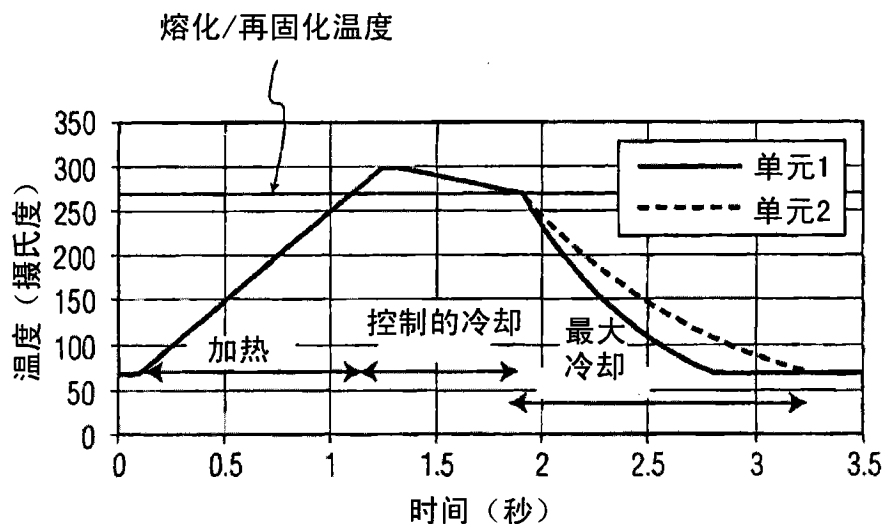


图11

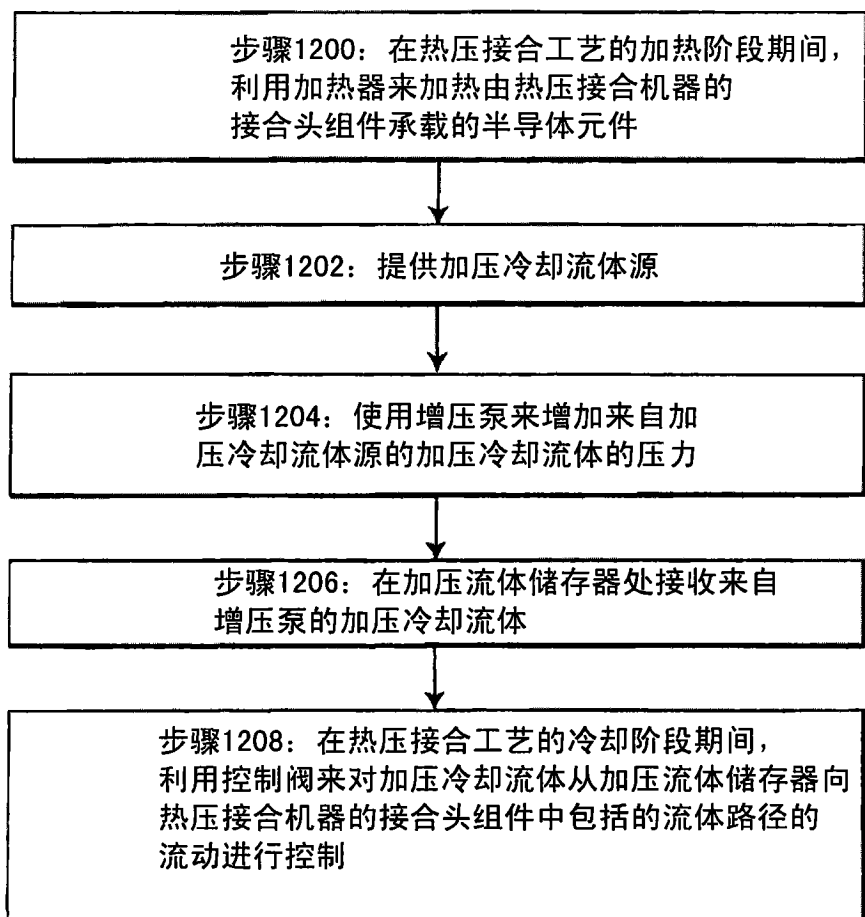


图12

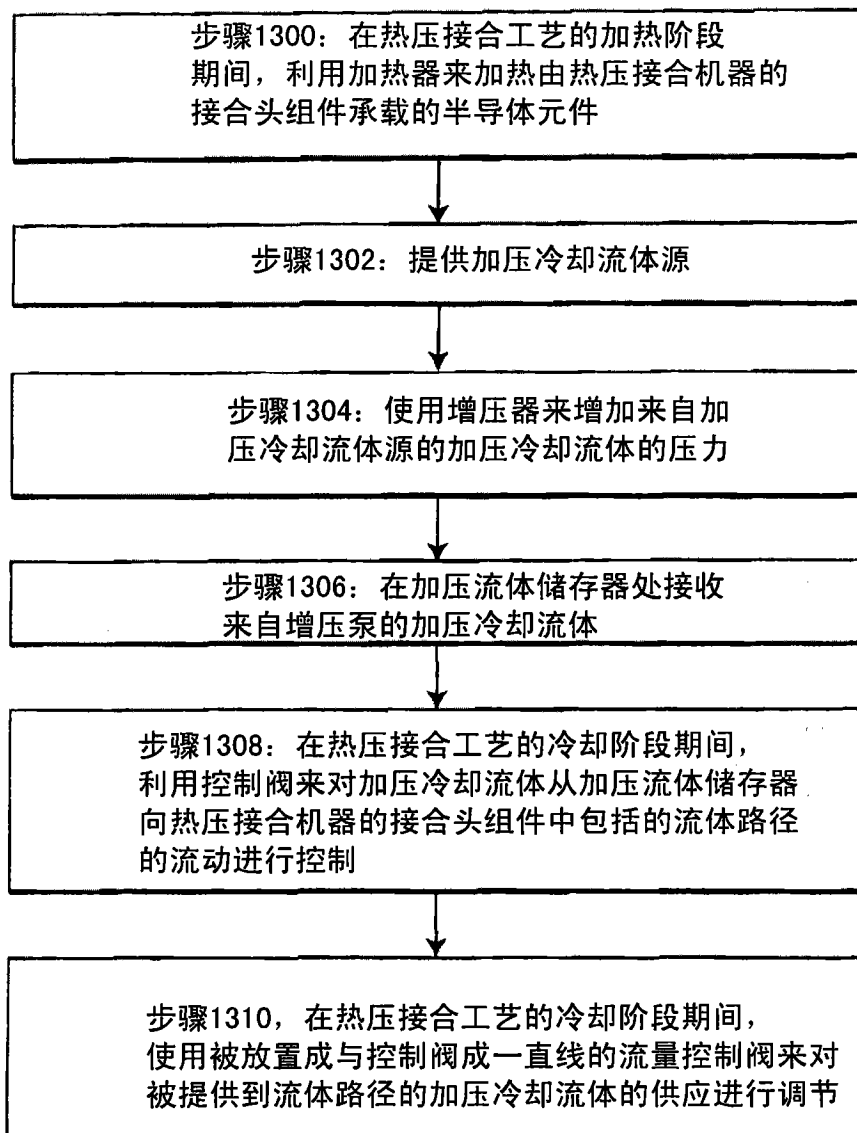


图13

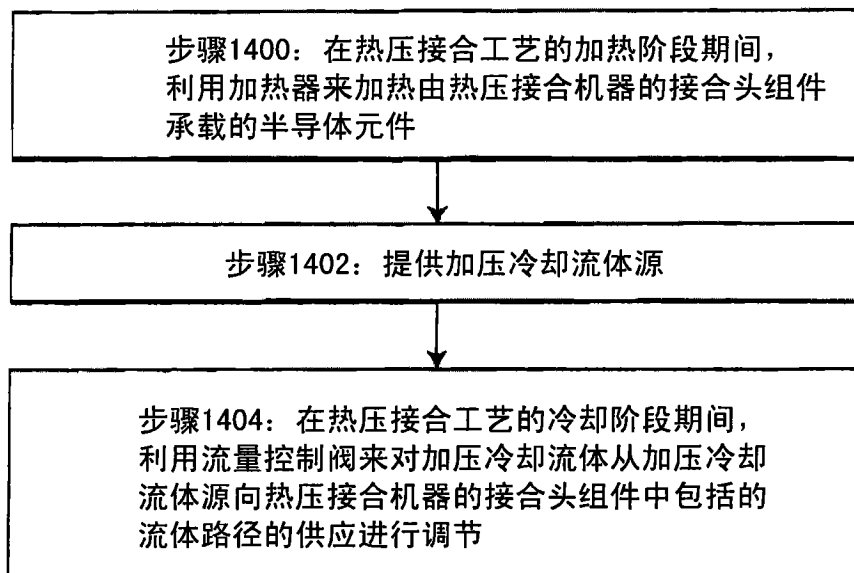


图14

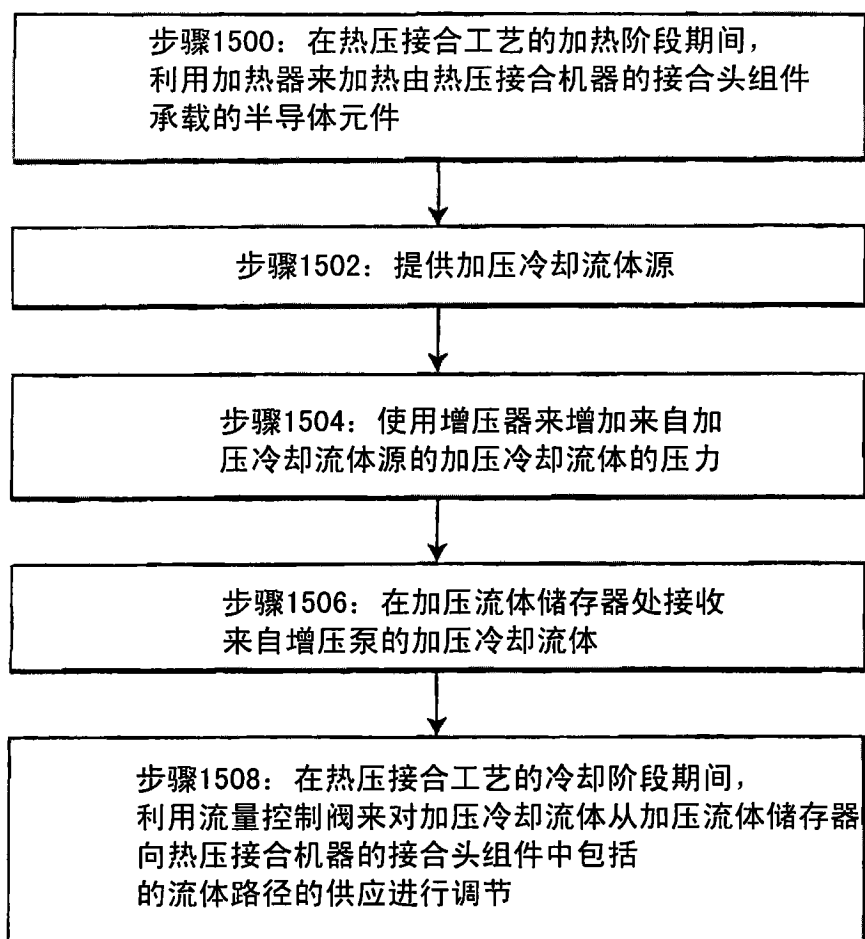


图15

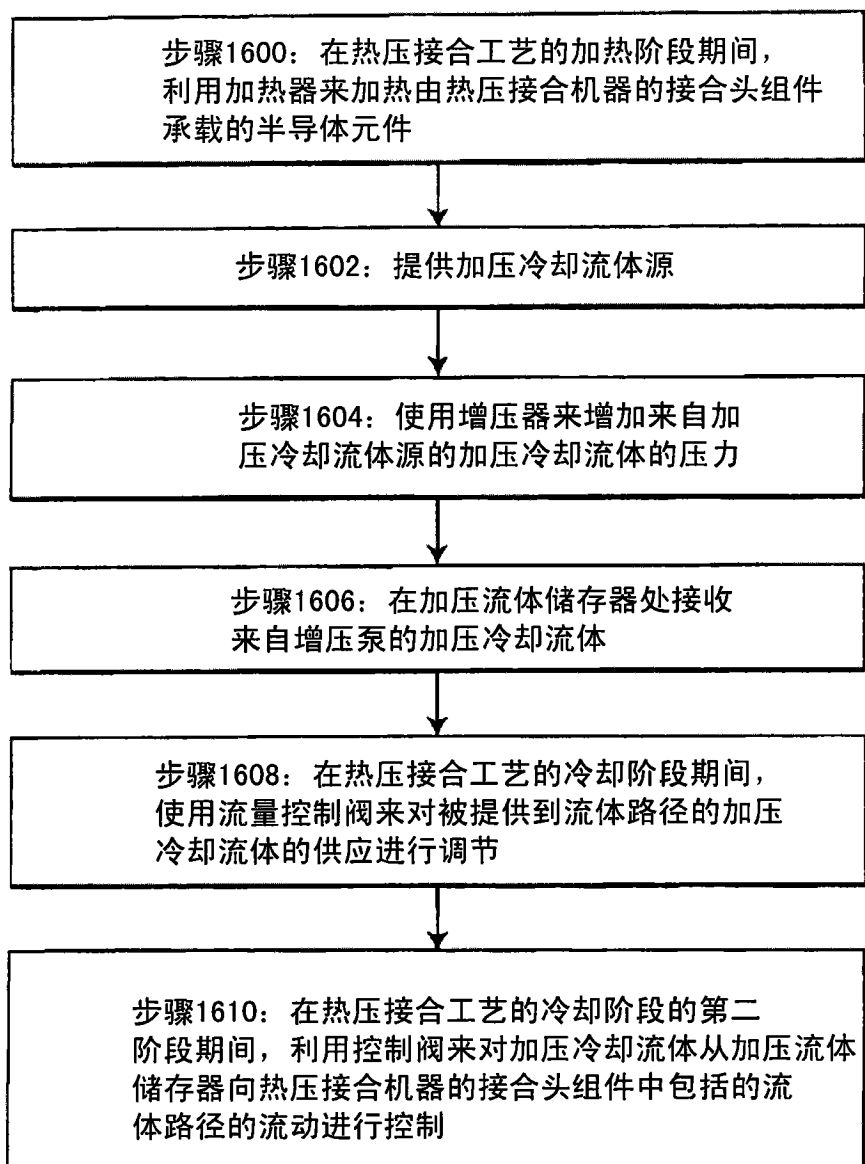


图16

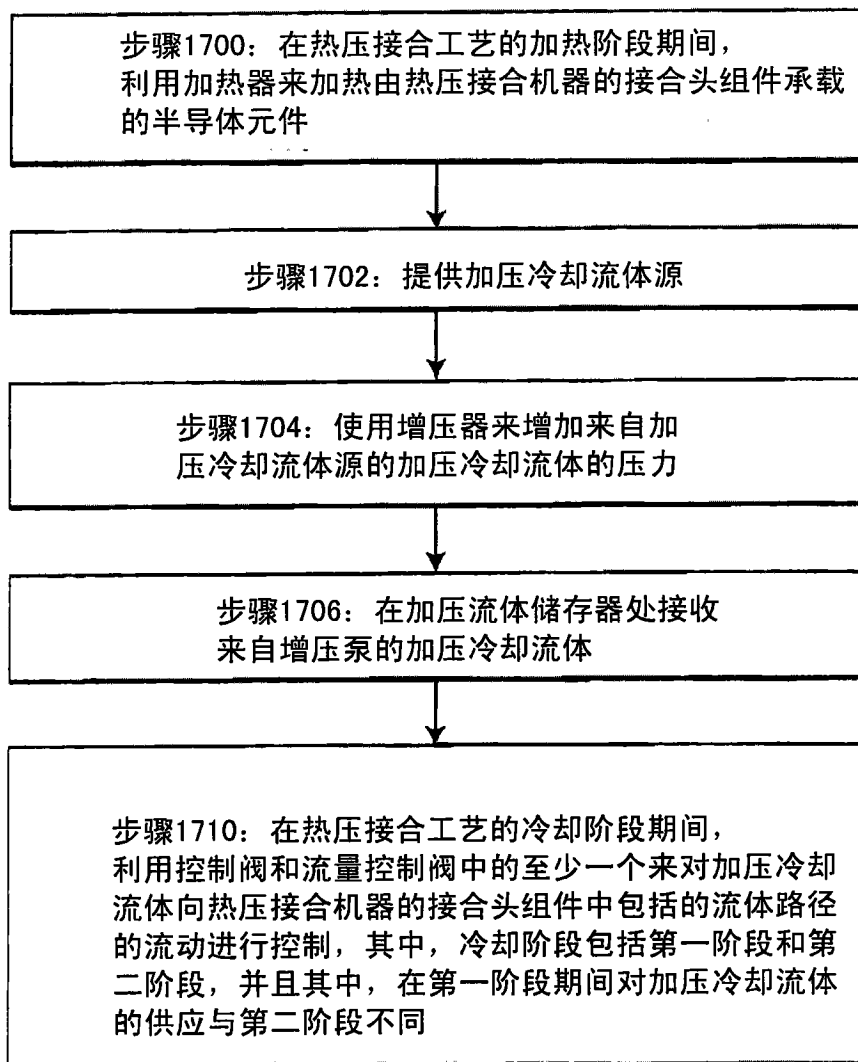


图17