



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114402425 A

(43) 申请公布日 2022. 04. 26

(21) 申请号 202180003802.6

斯克·哈姆 迪特尔·赫兹勒

(22) 申请日 2021.08.17

(74) 专利代理机构 北京易光知识产权代理有限公司

(30) 优先权数据

公司 11596

63/066,856 2020.08.18 US

代理人 武晨燕

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(51) Int. Cl.

2021.12.07

H01L 21/67 (2006.01)

H01L 21/324 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2021/046275 2021.08.17

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/040164 EN 2022.02.24

(71) 申请人 玛特森技术公司

地址 美国加利福尼亚州

申请人 北京屹唐半导体科技股份有限公司

(72) 发明人 曼努埃尔·森

罗尔夫·布雷门斯多夫

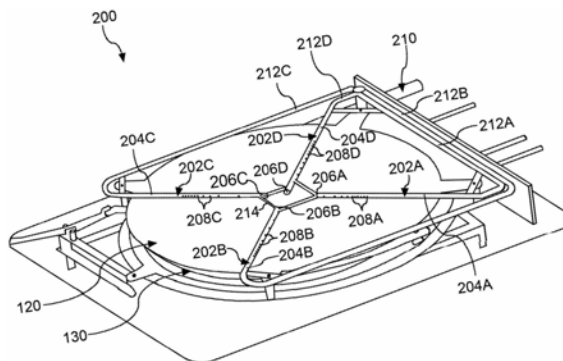
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

具有冷却系统的快速热处理系统

(57) 摘要

本公开提供了用于处理工件的装置、系统和方法。在一个示例中,这种用于进行尖峰退火快速热处理的方法可以包括控制热源开始加热支撑在处理腔室中的工件支撑件上的工件。该方法还可以包括接收指示工件温度的数据。此外,该方法可以包括监测工件相对于温度设定点的温度。此外,该方法可以包括至少部分地基于工件达到温度设定点而控制热源停止加热工件。此外,该方法可以包括至少部分地基于工件达到温度设定点而控制冷却系统开始使冷却气体以约300s1m或更大的速率流过工件以减小工件的t50峰宽。



1. 一种热处理系统,用于进行半导体工件的快速热处理,包括:
处理腔室;
工件支撑件,配置为在所述处理腔室内支撑工件;
热源,配置为加热所述工件;
温度测量系统,配置为产生指示所述工件的温度的数据;和
冷却系统,配置为使冷却气体流过支撑在所述工件支撑件上的所述工件,所述冷却系统包括布置在冷却平面中的多个冷却管,所述多个冷却管中的每个冷却管具有入口开口和多个出口开口。
2. 如权利要求1所述的系统,其中,所述冷却系统还包括气体供应部,所述气体供应部联接到所述多个冷却管的所述入口开口,以提供来自气体源的冷却气体通过所述多个冷却管并从所述多个冷却管的所述多个出口开口出来,以及
其中,所述热处理系统还包括控制器,所述控制器配置为至少部分地基于指示所述工件的温度的数据来控制所述热源和所述冷却系统,以约300slm或更大的速率提供冷却气体流进入所述处理腔室,以减小热处理期间工件的t50峰宽。
3. 如权利要求1所述的系统,其中,所述多个冷却管包括四个冷却管,其中,所述四个冷却管中直接相邻的冷却管彼此垂直定位。
4. 如权利要求1所述的系统,其中,所述多个冷却管的所述多个出口开口中的每个出口开口的轴线相对于所述冷却平面朝向由所述工件限定的工件平面成角度。
5. 如权利要求1所述的系统,其中,所述多个冷却管的所述多个出口开口与所述工件的中心轴线径向间隔开。
6. 如权利要求1所述的系统,其中,所述多个冷却管的所述多个出口开口中的每个出口开口与所述工件的中心轴线相距不同的径向距离。
7. 如权利要求6所述的系统,其中,所述多个冷却管中的每个冷却管的所述多个出口开口中的相邻出口开口之间的径向距离随着距所述工件的中心轴线的径向距离的增加而减小。
8. 如权利要求1所述的系统,其中,所述多个冷却管由石英材料构成。
9. 如权利要求1所述的系统,其中,所述多个冷却管与所述工件的中心轴线间隔开。
10. 如权利要求1所述的系统,其中,所述冷却平面平行于所述工件的工件平面。
11. 一种用于进行尖峰退火快速热处理的方法,包括:
由一个或多个控制装置控制热源开始加热支撑在处理腔室中的工件支撑件上的工件;
由所述一个或多个控制装置接收来自温度测量系统的指示所述工件的温度的数据;
由所述一个或多个控制装置监测所述工件相对于温度设定点的温度;
由所述一个或多个控制装置至少部分地基于所述工件达到所述温度设定点而控制所述热源停止加热所述工件;和
由所述一个或多个控制装置至少部分地基于所述工件达到所述温度设定点而控制冷却系统开始使冷却气体以约300slm或更大的速率流过所述工件以减小所述工件的t50峰宽,所述冷却系统包括布置在冷却平面中的多个冷却管,所述多个冷却管中的每个冷却管具有入口开口和多个出口开口。
12. 如权利要求11所述的方法,其中,所述冷却系统还包括气体供应部,所述气体供应

部联接到所述多个冷却管的所述入口开口,以提供来自气体源的冷却气体通过所述多个冷却管并从所述多个冷却管的所述多个出口开口出来,所述冷却系统的所述气体供应部是可控的,以改变所述冷却气体的供应速率。

13. 如权利要求11所述的方法,其中,所述方法还包括由所述一个或多个控制装置控制所述工件支撑件以旋转所述工件。

14. 一种用于快速热处理系统的冷却系统,包括:

四个冷却管,布置在冷却平面内,每个冷却管朝向中心轴线径向延伸,每个冷却管具有入口开口和多个出口开口;和

气体供应部,联接到所述四个冷却管的所述入口开口,以提供来自气体源的冷却气体通过所述四个冷却管并从所述四个冷却管的所述多个出口开口出来,

其中,所述四个冷却管的所述多个出口开口中的每个出口开口与所述中心轴线相距不同的径向距离。

15. 如权利要求14所述的系统,其中,所述四个冷却管的所述多个出口开口与所述中心轴线径向间隔开。

16. 如权利要求14所述的系统,其中,所述四个冷却管中的每个冷却管的所述多个出口开口中的相邻出口开口之间的径向距离随着距所述中心轴线的径向距离的增加而减小。

17. 如权利要求14所述的系统,其中,所述四个冷却管的所述多个出口开口中的每个出口开口具有相同的横截面积。

18. 如权利要求14所述的系统,其中,所述四个冷却管由石英材料构成。

19. 如权利要求14所述的系统,其中,所述四个冷却管中的直接相邻的冷却管彼此垂直定位。

20. 如权利要求14所述的系统,其中,所述四个冷却管的所述多个出口开口中的每个出口开口的轴线相对于所述冷却平面成角度。

具有冷却系统的快速热处理系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2020年8月18日提交的题为“具有冷却系统的快速热处理系统”的美国临时申请序列号63/066,856的优先权,其通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本公开总体上涉及热处理系统,更具体地涉及具有冷却系统的快速热处理系统。

背景技术

[0004] 如本文所用,热处理腔室是指加热工件如半导体工件(例如,半导体晶片)的系统。这样的系统可以包括用于支撑一个或多个工件的支撑板和用于加热工件的能源,例如加热灯、激光器或其他热源。在热处理期间,工件可根据处理方案在受控条件下加热。

[0005] 许多热处理工艺需要在一定温度范围内加热工件,以便在将工件制造成装置时可以发生各种化学和物理转变。例如,在快速热处理过程中,工件可以在通常少于数分钟的持续时间内被灯阵列通过支撑板加热到约300°C至约1,200°C的温度。

发明内容

[0006] 本公开实施例的方面和优点将在以下描述中部分阐述,或者可以从描述中获悉,或者可以通过实践实施例而获知。

[0007] 本公开的一个示例方面涉及一种用于进行半导体工件的快速热处理的热处理系统。该系统包括处理腔室和被配置为在处理腔室内支撑工件的工件支撑件。该系统还包括被配置为加热工件的热源和被配置为产生指示工件温度的数据的温度测量系统。此外,该系统包括冷却系统,该冷却系统被配置为使冷却气体流过支撑在工件支撑件上的工件,冷却系统包括布置在冷却平面中的多个冷却管,多个冷却管中的每个冷却管具有入口开口和多个出口开口。

[0008] 本公开的其他示例方面涉及用于进行半导体工件的快速热处理的系统、方法、装置和工艺。

[0009] 参考以下描述和所附权利要求,将更好地理解各种实施例的这些和其他特征、方面和优点。包含在本说明书中并构成其一部分的附图示出了本公开的实施例,并且与说明书一起用于解释相关原理。

附图说明

[0010] 在参考附图的说明书中阐述了针对本领域普通技术人员的实施例的详细讨论,其中:

[0011] 图1描绘了根据本公开的示例实施例的快速热处理系统;

[0012] 图2描绘了根据本公开的示例实施例的热处理系统的示例冷却系统的透视图;

[0013] 图3描绘了根据本公开的示例实施例的热处理系统的示例冷却系统的冷却管的自

底向上视图。

[0014] 图4描绘了根据本公开的示例实施例的热处理系统的示例冷却系统的冷却管的横截面图。

[0015] 图5描绘了根据本公开的示例实施例的热处理系统的示例温度时间曲线；

[0016] 图6描绘了根据本公开的示例实施例的热处理系统的示例温度时间曲线；

[0017] 图7描绘了根据本公开的示例实施例的示例方法的流程图；和

[0018] 图8描绘了根据本公开的示例实施例的另一示例方法的流程图。

具体实施例

[0019] 现在将详细参考实施例,其一个或多个示例在附图中示出。各示例以解释实施例的方式提供,而不是限制本公开。事实上,对于本领域技术人员来说显而易见的是,在不脱离本公开的范围或精神的情况下,可以对实施例进行各种修改和变化。例如,作为一个实施例的一部分示出或描述的特征可以与另一实施例一起使用以产生又一实施例。因此,本公开的方面旨在涵盖这样的修改和变化。

[0020] 本公开的示例方面涉及用于工件,例如半导体工件(例如硅工件)的热处理系统,例如快速热处理(RTP)系统。具体地,本公开的示例方面涉及在热处理工艺如尖峰退火工艺期间更严格地控制温度曲线。尖峰退火工艺可以是在几秒或更短的时间级内将工件加热到高温的热处理。例如,可以使用尖峰退火工艺来激活工件如硅晶片中的掺杂剂。

[0021] 在高温下,掺杂剂原子可以高速扩散到工件中,其中大部分扩散发生在激活掺杂剂所需的峰值退火温度下。随着半导体器件制造中性能需求增加和器件尺寸减小,可能需要尽可能精确地严格控制尖峰退火加热曲线,使工件经受用于激活掺杂剂的温度条件,同时限制掺杂剂扩散。

[0022] 根据本公开的示例方面,冷却系统可以靠近工件(例如半导体材料或晶片)设置,该工件被配置为通过一个或多个热源(例如灯热源、激光或任何其他合适的光源)发射的光加热。冷却系统可以被配置为供应冷却气体流经过工件以增加工件的冷却速率。在一些实施例中,冷却系统可以以约300slm或更大的速率提供冷却气体流进入处理腔室,以减小热处理工艺期间工件的 t_{50} 峰宽。

[0023] 更具体地,在一些示例方面,冷却系统具有布置在冷却平面中的多个冷却管,每个冷却管具有入口开口和多个出口开口。在一些示例方面,多个冷却管正好包括四个冷却管。一方面,四个冷却管中的直接相邻的冷却管彼此垂直定位。在一些示例方面,冷却平面可以平行于工件的工件平面。此外,在一些示例方面,多个冷却管可以与工件的中心轴线间隔开。此外,在一些示例方面,多个冷却管可以朝向工件的此中心轴线径向延伸。

[0024] 在一些示例方面,气体供应部联接到多个冷却管的入口开口,以提供来自气体源的冷却气体通过多个冷却管并从多个冷却管的多个出口开口出来。在一些示例方面,多个冷却管的多个出口开口中的每个出口开口的轴线相对于冷却平面朝向工件的工件平面成角度。此外,在一些示例方面,多个冷却管的多个出口开口与工件的中心轴线径向间隔开。例如,一方面,多个冷却管的多个出口开口中的每个出口开口与工件的中心轴线相距不同的径向距离。具体地,一方面,多个冷却管中的每个冷却管的多个出口开口中的相邻出口开口之间的径向距离随着距工件中心轴线的径向距离的增加而减小。此外,一方面,四个冷却

管的多个出口开口中的每个出口开口具有相同的横截面积。

[0025] 在一些示例方面,多个冷却管由石英材料构成。因此,冷却管可以进行火抛光以减少在热处理过程中产生的碎屑量,否则这些碎屑可能会污染工件。

[0026] 在一些实施例中,可控冷却系统可用于热处理系统中以减小与热处理工艺(例如尖峰退火工艺)相关的峰宽。峰宽可以描述工件可以处于或高于参考温度的时间间隔,参考温度可通过从温度时间曲线(例如尖峰退火加热曲线)的峰值温度($T_{\text{峰}}$)中减去温度值(例如50K等)而获得。例如,50°温度峰宽(t_{50} 峰宽)定义为工件表面温度高于($T_{\text{峰}}-50^{\circ}$)的时间间隔。使用根据本公开的示例方面的热处理获得的峰宽减小可以允许热处理在相对高的温度下实现有效的退火循环,同时仍然减少不期望的过程,例如过度的掺杂剂扩散。在一些方面,温度测量系统可以被配置为产生指示工件温度的数据。

[0027] 在一些实施例中,热处理系统可以包括控制器(例如一个或多个控制装置)以在热处理期间控制冷却系统的操作(例如流速),以减小与热处理工艺相关的峰宽。例如,控制器可以控制冷却系统的操作,以使冷却气体以约300每分钟标准升(slm)或更大的供应速率流过工件以减小工件的 t_{50} 峰宽,使得热处理工艺的 t_{50} 峰宽为约1.8秒或更短。此外,控制器可以被配置为至少在冷却系统使冷却气体流过工件时控制工件支撑件旋转工件。

[0028] 在一些实施例中,控制器(例如计算机、微控制器、其他控制装置等)可以包括一个或多个处理器和一个或多个存储装置。一个或多个存储装置可以存储计算机可读指令,当由一个或多个处理器执行时,这些指令使一个或多个处理器执行操作,例如在热处理期间控制冷却系统的操作,或如下文所述的其他合适的操作。

[0029] 本公开的一个示例方面涉及一种用于控制热处理系统的操作的方法。该方法可包括激活热源发射光以加热用于尖峰退火工艺的工件。该方法可以包括在尖峰退火加热过程中获得指示工件温度的数据。该方法还可包括监测工件相对于温度设定点的温度。此外,该方法可以包括至少部分地基于工件达到温度设定点而控制热源以停止加热工件。另外,该方法可以包括至少部分地基于工件达到温度设定点而控制冷却系统开始使冷却气体以约300slm或更大的速率流过工件以减小工件的 t_{50} 峰宽,所述冷却系统具有布置在冷却平面中的多个冷却管,每个冷却管具有入口开口和多个出口开口。

[0030] 本公开的另一个示例方面涉及一种用于控制热处理系统的操作的方法。该方法可包括激活热源发射光以加热用于尖峰退火工艺的工件。该方法可以包括确定在尖峰退火工艺期间激活热源之后的时间间隔的期满。该方法可以包括在时间间隔期满时,控制热源停止加热工件并控制冷却系统开始使冷却气体以约300slm或更大的速率流过工件以减小工件的 t_{50} 峰宽,所述冷却系统具有布置在冷却平面中的多个冷却管,每个冷却管具有入口开口和多个出口开口。

[0031] 出于说明和讨论的目的,参考“工件”、“晶片”或半导体晶片来讨论本公开的方面。本领域普通技术人员使用本文提供的公开内容将理解,本公开内容的示例方面可以与任何半导体基材或其他合适的基材关联使用。此外,将术语“约”与数值结合使用旨在指代所述数值的百分之十(10%)以内。

[0032] 现在参考附图,图1描绘了根据本公开的示例实施例的热处理系统100。如图所示,热处理系统100可以包括处理腔室105。在一些实施方式中,处理腔室105可以至少部分地由热处理系统100的石英窗107限定。例如,石英窗107中的一个石英窗可以至少部分地限定处

理腔室105的顶部,并且石英窗107中的另一个石英窗可以至少部分地限定处理腔室105的底板或底面。在一些实施方式中,石英窗107可以掺杂有氢氧化物OH。应当理解,限定处理腔室105的一个或多个表面可由任何合适的材料形成。例如,在一些实施方式中,限定处理腔室105的一个或多个表面可由石英形成。

[0033] 如图所示,热处理系统100可以包括在打开位置(图1)和关闭位置(未示出)之间可移动以允许选择性地进入处理腔室105的门110。例如,门110可以移动到打开位置以允许工件120定位在处理腔室105内。在一些实施方式中,工件120可以至少部分地由被配置为支撑工件120的工件支撑件130支撑。以这种方式,与将光发射到下石英窗170相关的热量可以通过工件支撑件130至少部分地传递到工件120。在一些实施例中,工件支撑件130可以被配置为在热处理工艺期间旋转工件120。例如,在一些情况下,工件支撑件130是可旋转的。此外,一旦工件120被布置在工件支撑件130上,则门110可以移动到关闭位置。在一些实施方式中,当门110处于关闭位置时,处理腔室105可被从外部环境密封。

[0034] 在一些实施方式中,限定处理腔室105的一个或多个表面可限定气体入口140。以此方式,从气体源提供的工艺气体可通过气体入口140流入处理腔室105。在一些实施方式中,工艺气体可以包括不与工件120反应的惰性气体。或者,工艺气体可以包括与工件120反应以在工件120的表面上沉积材料层的反应气体。例如,在一些实施方式中,工艺气体可以包括铵 NH_3 气体。然而,应当理解,工艺气体可以包括任何合适的反应气体。例如,在替代实施方式中,反应气体可以包括 H_2 气体。

[0035] 热处理系统100可以包括一个或多个热源150,其被配置为加热工件120。热源150可以设置在处理腔室105的外部。例如,热源150可以定位在处理腔室105上方、处理腔室105下方或处理腔室105的上方和下方。一个或多个热源150可以被配置为在热处理工艺(例如快速热处理或尖峰退火工艺)期间向工件120发射光。更具体地,在热处理工艺期间,定位在处理腔室105上方的热源150可以被配置为向工件120的上表面或侧面发射光,并且定位在处理腔室105下方的热源150可以被配置为向工件120的下表面或侧面发射光。从一个或多个热源150发射的光可以升高工件120的温度。在一些实施方式中,一个或多个热源150可以在预定时间量(例如小于2秒)内将工件120的温度升高大于约 500°C 。

[0036] 应当理解,一个或多个热源150可以包括被配置为发射光的任何合适类型的热源。例如,在一些实施方式中,一个或多个热源150可包括一个或多个加热灯(例如,线性灯)。在替代实施方式中,一个或多个热源150可以包括一个或多个激光器,该激光器被配置为将激光束发射到工件120上。还应当理解,定位在处理腔室105上方的热源150可以与定位在处理腔室105下方的热源150分开控制或可以一起控制以执行热处理工艺。

[0037] 在一些实施方式中,热处理系统100可以包括一个或多个反射器152,其定位成使得从一个或多个热源150发射的光被引导至或朝向处理腔室105。更具体地,反射器152可以将从一个或多个热源150发射的光引导至或朝向相应的石英窗107,使得光可以穿过相应的石英窗107并进入处理腔室105。应当理解,至少一部分通过石英窗107进入处理腔室105的光可以发射到工件120上。以此方式,如上所述,从一个或多个热源150发射的光可在热处理工艺例如快速热处理工艺(例如尖峰退火工艺)期间升高工件120的温度。

[0038] 在一种实施方式中,热处理系统100可以包括温度测量系统178,其被配置为产生和传送指示工件120的温度的数据。温度测量系统178可以包括一个或多个温度传感器180。

温度传感器180可以包括高温计、热电偶、热敏电阻或任何其他合适的温度传感器或温度传感器的组合。根据传感器的类型,温度传感器180可以定位在处理腔室105内或可以定位在处理腔室105的外部。例如,如果温度传感器180是高温计,则高温计不需要接触工件120,因此可以位于腔室105的外部。然而,如果温度传感器180是热电偶,则热电偶必须与工件120接触,因此可以定位在腔室105的内部。此外,温度传感器180可以通过有线连接、无线连接或两者通信地联接到控制器190,使得由传感器180产生的指示工件120的温度的数据可以提供给控制器190。

[0039] 根据本公开的示例方面,热处理系统100包括如下文将更详细地描述的冷却系统200,其被配置为在热处理期间使来自气体源的冷却气体流过工件120。控制器190可以在热处理期间控制热源150和冷却系统200的操作(例如,改变流过工件120的冷却气体的供应速率)以减小与热处理工艺相关的峰宽。例如,控制器190可以控制冷却系统200的操作,使得热处理工艺具有约1.8秒或更短,例如约1.5秒或更短的 t_{50} 峰宽。此外,控制器190可控制工件支撑件130的操作以旋转工件120。例如,控制器190可在热处理工艺期间,例如至少在冷却系统200操作期间控制工件支撑件130的操作以旋转工件120。

[0040] 在一些实施例中,控制器190(例如计算机、微控制器、其他控制装置等)可包括一个或多个处理器和一个或多个存储装置。一个或多个存储装置可以存储计算机可读指令,当由一个或多个处理器执行时,该指令使一个或多个处理器执行操作,例如在热处理期间打开或关闭热源150、控制冷却系统200的操作或其他合适的操作,如下文将描述的。

[0041] 现在转向图2-4,描绘了热处理系统100的冷却系统200的示例方面。更具体地,图2描绘了热处理系统的示例冷却系统的透视图。此外,图3描绘了热处理系统的示例冷却系统的冷却管的自底向上视图。此外,图4描绘了热处理系统的示例冷却系统的冷却管的横截面图。

[0042] 如图2所示,冷却系统200包括多个冷却管202(例如第一冷却管202A、第二冷却管202B、第三冷却管202C、第四冷却管202D)和气体供应部210。冷却管202布置在相同的冷却平面P1中(图4)。在一些实施例中,冷却平面P1平行于由工件120或工件支撑件130(图1)的表面限定的工件平面P2(图4)。每个冷却管202至少在入口端204(例如入口端204A、204B、204C、204D)和封闭端206(例如封闭端206A、206B、206C、206D)之间延伸。每个冷却管202具有在入口端204和封闭端206之间的多个出口开口或出口208(例如出口208A、208B、208C、208D)。冷却管202的入口端204连接到气体供应部210,使得冷却气体从气体供应部210供应到冷却管202的入口端204中并且从冷却管202通过出口开口208朝向工件支撑件130,从而朝向支撑在其上的工件(例如工件120)排出。如下文将更详细地描述的,在优选实施例中,冷却系统200正好具有四个冷却管202A、202B、202C、202D。

[0043] 在一些情况下,冷却管202的入口端204可以通过联接在气体供应部210和冷却管202的相应入口端204之间的相应供应导管212(例如,供应导管212A、212B、212C、212D)连接到气体供应部210。然而,在一些情况下,供应导管212替代地与冷却管202一体地形成并且限定冷却管202的入口端204。应当理解,在一些实施例中,气体供应部210联接到冷却管202,使得冷却管202中的每个冷却管被提供基本上相等部分的从气体供应部210流出的冷却气体。

[0044] 在一个实施例中,冷却管202可以被配置为至少部分地相互支撑。例如,冷却管202

可以通过靠近冷却管202的封闭端206的支撑构件214联接在一起。如下文将更详细地描述的,冷却管202和支撑构件214可以被配置为使得冷却装置200不与工件120的中心径向重叠。

[0045] 现在转向图3,冷却管202被配置为使流经其中的冷却气体均匀地分散穿过工件。例如,冷却管202可以均匀地间隔开。例如,在具有四个冷却管的实施例中,例如在所示的示例性实施例中,四个冷却管202中的直接相邻的冷却管彼此垂直定位。在一些实施例中,每个冷却管202具有相同数量的出口开口208。此外,在一些方面,出口开口208具有相同的横截面积。

[0046] 冷却管202的每个出口开口208与工件(例如,工件120)的中心轴线C1径向间隔开。具体地,在一些实施例中,冷却管202的每个出口开口208与工件120的中心轴线C1间隔开不同的径向距离。例如,第一冷却管202A的出口开口208A的径向最内的第一出口208(1)与工件120的中心轴线C1间隔开第一距离D1,第二冷却管202B的出口开口208B的径向最内的第二出口208(2)与工件120的中心轴线C1间隔开第二距离D2,第三冷却管202C的出口开口208C的径向最内的第三出口208(3)与工件120的中心轴线C1间隔开第三距离D3,并且第四冷却管202D的出口开口208D的径向最内的第四出口208(4)与工件120的中心轴线C1间隔开第四距离D4。第二距离D2大于第一距离D1,第三距离D3大于第二距离D2,并且第四距离D4大于第三距离D3。

[0047] 在一个实施例中,多个冷却管202的出口开口208与第一出口208(1)向外间隔越来越小的径向距离。因此,冷却管202的两个径向最内的出口208之间的距离大于冷却管202的两个径向最外的出口208之间的距离。在一些实施例中,对于所有冷却管202,每个冷却管202A、202B、202C、202D的出口开口208之间的间隔都是相同的。在一些方面,多个冷却管202的出口开口208之间的间隔被配置为使得出口开口208形成螺旋图案。此外,在一些方面,径向最外的出口开口208处于或刚好超出工件120的最外半径。

[0048] 此外,如图3所示,冷却管202可与工件120的中心轴线C1间隔开。例如,冷却管202的封闭端206可与工件120的中心轴线C1径向间隔开。由于冷却管202的开口208和封闭端206中的一者或两者与工件120的中心轴线C1间隔开,防止了工件120的中心部分与工件120的其余部分以不同的速率冷却,例如,由于穿过工件120的中心部分的冷却空气流的浓度高于工件120的外部部分。

[0049] 如图4所示,出口开口208可以形成在冷却管202中,使得出口开口208将冷却气体引向工件。例如,出口开口208的轴线H1可以相对于冷却系统200的冷却平面P1以角度A1定位。角度A1通常被配置为使得来自冷却管202的内部202INT的冷却气流被至少部分地向下沿着竖直方向V1引向工件平面P2。例如,角度A1可以介于20度和90度之间、介于30度和70度之间、介于40度和50度之间、45度或任何其他合适的角度。

[0050] 另外,应当理解,在一些实施例中,冷却管202由石英材料构成。因此,冷却管202可以进行火抛光,使得在退火工艺期间由冷却系统200产生的可能污染工件的颗粒的数量减少。

[0051] 图5描绘了根据本公开的示例实施例的热处理系统100的示例温度时间曲线300。从图5可以看到,在第一时间段310之后,在第二时间段320期间发生尖峰退火工艺。加热曲线330(实线曲线)可以通过常规尖峰退火产生。在常规尖峰退火中,控制一个或多个热源

(例如热源150)发射光来加热工件,同时监测工件相对于温度设定点334的温度。一方面,温度设定点334在热处理系统100的加热曲线340的峰值温度的约20%内。热源可以被配置为一旦工件的温度达到或超过温度设定点334则停止发射光。常规尖峰退火可以具有加热曲线330的50°温度(例如50K)峰宽(t50峰宽)332。加热曲线340(虚线曲线)可以通过至少基于工件的温度达到或超过温度设定点334而控制冷却系统200开始使冷却气体以300slm或更大的速率流过工件而由热处理系统100产生。例如,当工件120的温度达到温度设定点334时,可以控制冷却系统200开始使冷却气体流过工件。或者,当第二温度设定点(未示出)期满时,可以控制冷却系统200开始使冷却气体流过工件,其中第二温度设定点可以在第一温度设定点334和峰值期望温度之间,或者可以小于第一温度设定点334。使用冷却系统200的热处理系统100的加热曲线340的t50峰宽342小于常规尖峰退火工艺的加热曲线330的t50峰宽332。

[0052] 图6描绘了根据本公开的示例实施例的热处理系统100的示例温度时间曲线400。从图6可以看到,在第一时间段410之后,在第二时间段420期间发生尖峰退火工艺。加热曲线430(实线曲线)可以通过常规尖峰退火产生。在常规尖峰退火中,控制一个或多个热源(例如热源150)发射光来加热工件,持续对应于工件能够达到峰值温度的第二时间段420A的预定时间间隔420A。一方面,预定时间间隔420A在约5毫秒至约100毫秒的范围内。常规尖峰退火可具有加热曲线430的50°温度(例如,50K)峰宽(t50峰宽)432。加热曲线440(虚线曲线)可通过至少基于操作热源的预定时间间隔420A期满而控制冷却系统200开始使冷却气体以300slm或更大的速率流过工件而由热处理系统100产生。例如,当时间间隔420A期满时,可以控制冷却系统200开始使冷却气体流过工件。或者,当第二时间间隔(未示出)期满时,可以控制冷却系统200开始使冷却气体流过工件,其中第二时间间隔可在第一时间间隔420A期满时开始并且在约5毫秒至约100毫秒的范围内。使用冷却系统200的热处理系统100的加热曲线340的t50峰宽442小于常规尖峰退火工艺的加热曲线430的t50峰宽432。

[0053] 图7描绘了根据本公开的示例实施例的示例方法(500)的流程图。将通过示例的方式参考图1的热处理系统100来讨论方法(500)。方法(500)可以在任何合适的等离子体处理装置中实施。图7描绘了出于说明和讨论的目的以特定顺序执行的步骤。本领域普通技术人员使用本文提供的公开内容将理解,本文描述的任何方法的各个步骤可以以各种方式省略、扩展、同时执行、重新布置和/或修改而不偏离本公开的范围。此外,可以在不脱离本公开的范围的情况下执行多个步骤(未示出)。

[0054] 在(502)处,方法500可以包括控制热源开始加热支撑在处理腔室中的工件支撑件上的工件。例如,热处理系统100的控制器190可以控制热源150开始对支撑在处理腔室105中的工件支撑件130上的工件120加热(即,朝向其发射光)。

[0055] 在(504)处,方法500还可以包括在尖峰退火工艺期间接收来自温度测量系统的指示工件温度的数据。例如,热处理系统100可以包括一个或多个温度传感器180,其可以产生和传送指示工件120的温度的数据。

[0056] 此外,在(506)处,方法500可以包括监测工件相对于温度设定点的温度。例如,热处理系统100的控制器190可以访问指示温度设定点(例如图9中描述的温度设定点334)的数据。温度设定点可以在与尖峰退火加热曲线相关的加热曲线的峰值温度的约20%以内。

[0057] 此外,在(508)处,方法500可以包括至少部分地基于工件温度达到温度设定点来

控制热源以停止加热工件。例如,当工件120的温度达到或超过温度设定点时,控制器190可以控制热源150停止对工件120加热(即,向其发射光)。

[0058] 另外,在(510)处,该方法可以包括至少部分地基于工件温度达到温度设定点而控制冷却系统开始使冷却气体以约300slm或更大的速率流过工件。例如,当工件120的温度达到或超过温度设定点时,控制器190可以控制热处理系统的冷却系统200开始使冷却气体以约300slm或更大的速率流过工件120,以减小工件的 t_{50} 峰宽。

[0059] 图8描绘了根据本公开的示例实施例的示例方法(600)的流程图。将通过示例的方式参考图1的热处理系统100来讨论方法(600)。方法(600)可以在任何合适的等离子体处理装置中实施。图8描绘了出于说明和讨论的目的以特定顺序执行的步骤。本领域普通技术人员使用本文提供的公开内容将理解,本文描述的任何方法的各个步骤可以以各种方式省略、扩展、同时执行、重新布置和/或修改而不偏离本公开的范围。此外,可以在不脱离本公开的范围的情况下执行多个步骤(未示出)。

[0060] 在(602)处,方法600可以包括控制热源开始加热支撑在处理腔室中的工件支撑件上的工件。例如,热处理系统100的控制器190可以控制热源150开始对支撑在处理腔室105中的工件支撑件130上的工件120加热(即,朝向其发射光)。

[0061] 此外,在(604)处,方法600可以包括确定在控制热源开始加热工件之后的时间间隔的期满。例如,热处理系统100的控制器190可以确定时间间隔(例如参考图6描述的时间间隔420A),例如在约5毫秒至约100毫秒范围内的时间间隔的期满。

[0062] 此外,在(606)处,方法600可包括在时间间隔期满时,控制热源以停止加热工件。例如,当时间间隔期满时,热处理系统100的控制器190可以控制热源150以停止加热(即,朝向其发射光)。

[0063] 此外,在(608)处,方法600可以包括至少部分地基于时间间隔期满而控制冷却系统开始使冷却气体以约300slm或更大的速率流过工件。例如,当时间间隔期满时,控制器190可以控制热处理系统的冷却系统200开始使冷却气体以约300slm或更大的速率流过工件120,以减小工件的 t_{50} 峰宽。

[0064] 虽然已经参照其特定示例实施例详细描述了本主题,但是应当理解,本领域技术人员在获得对前述内容的理解后可以容易地产生对这些实施例的改变、变化和等同物。因此,本公开的范围是作为示例而不是作为限制,并且本主题公开不排除包括对本主题的此类修改、变化和/或添加,这对于本领域的普通技术人员来说是显而易见的。

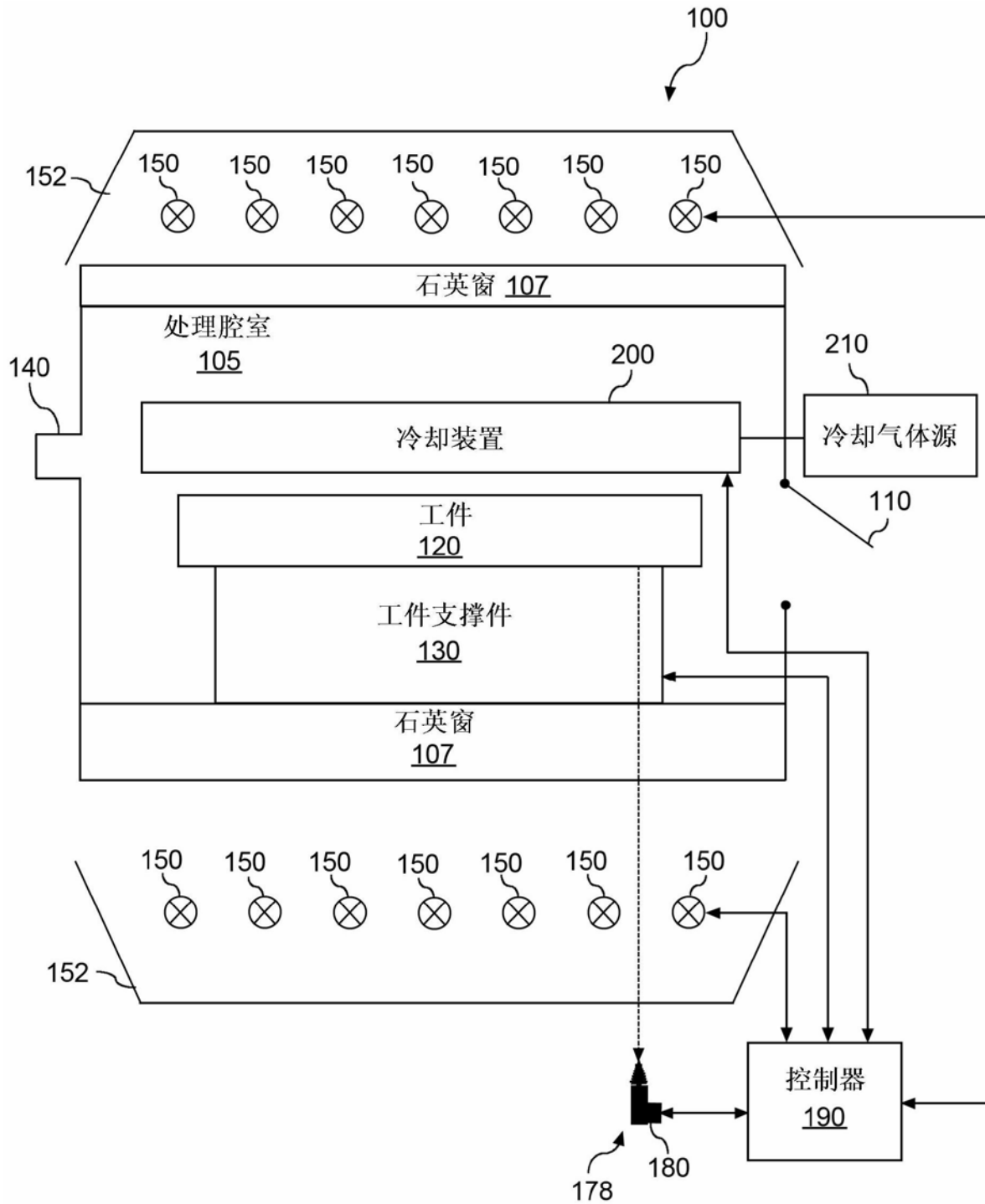


图1

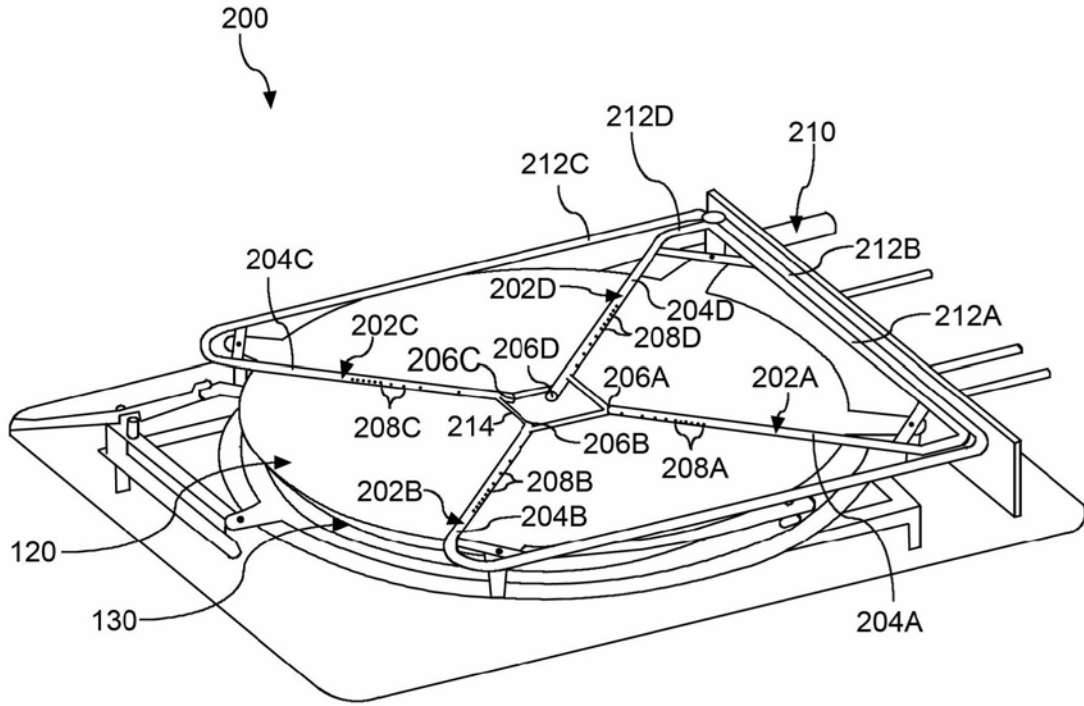


图2

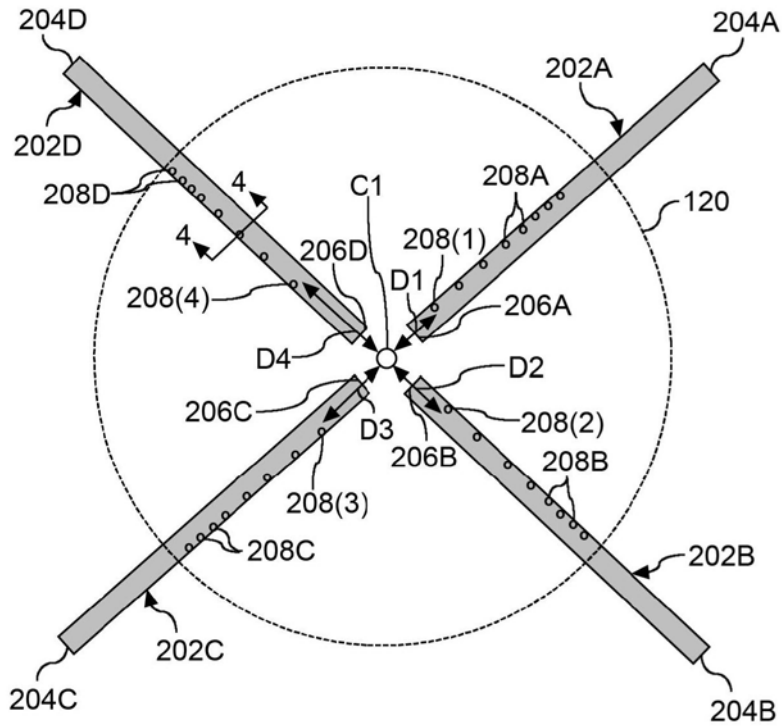


图3

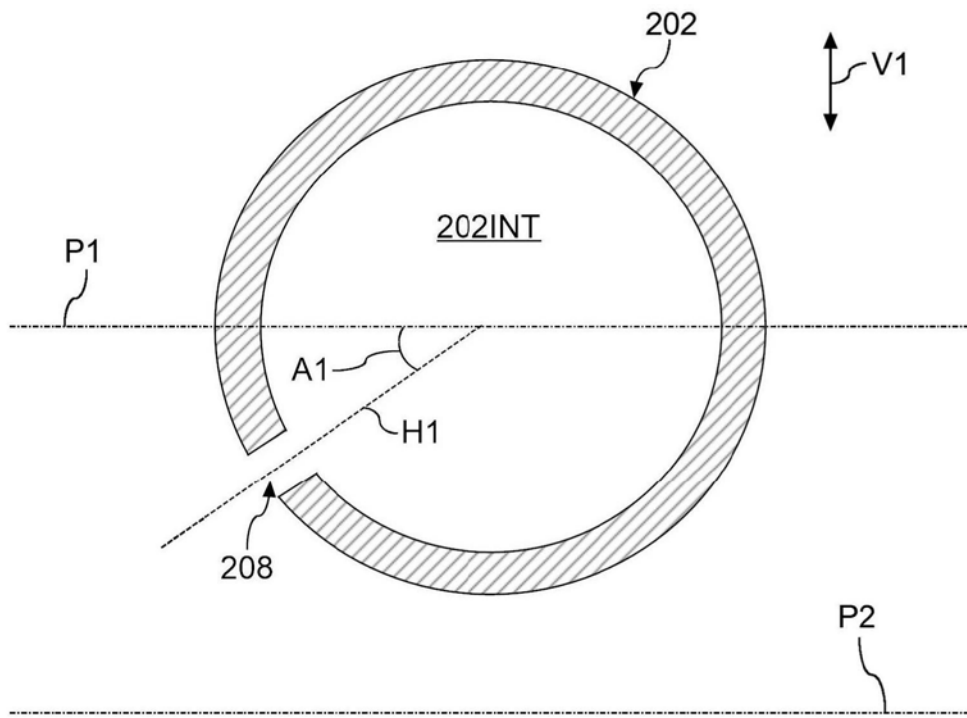


图4

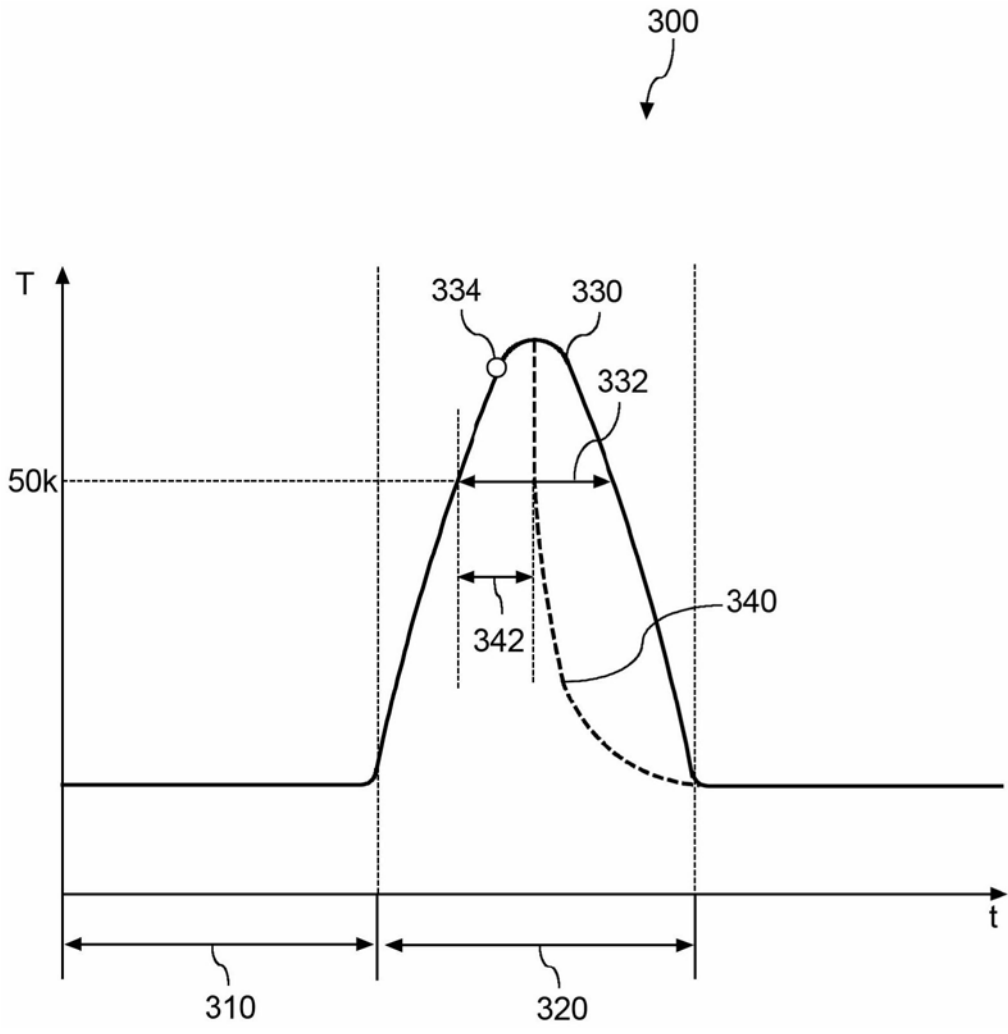


图5

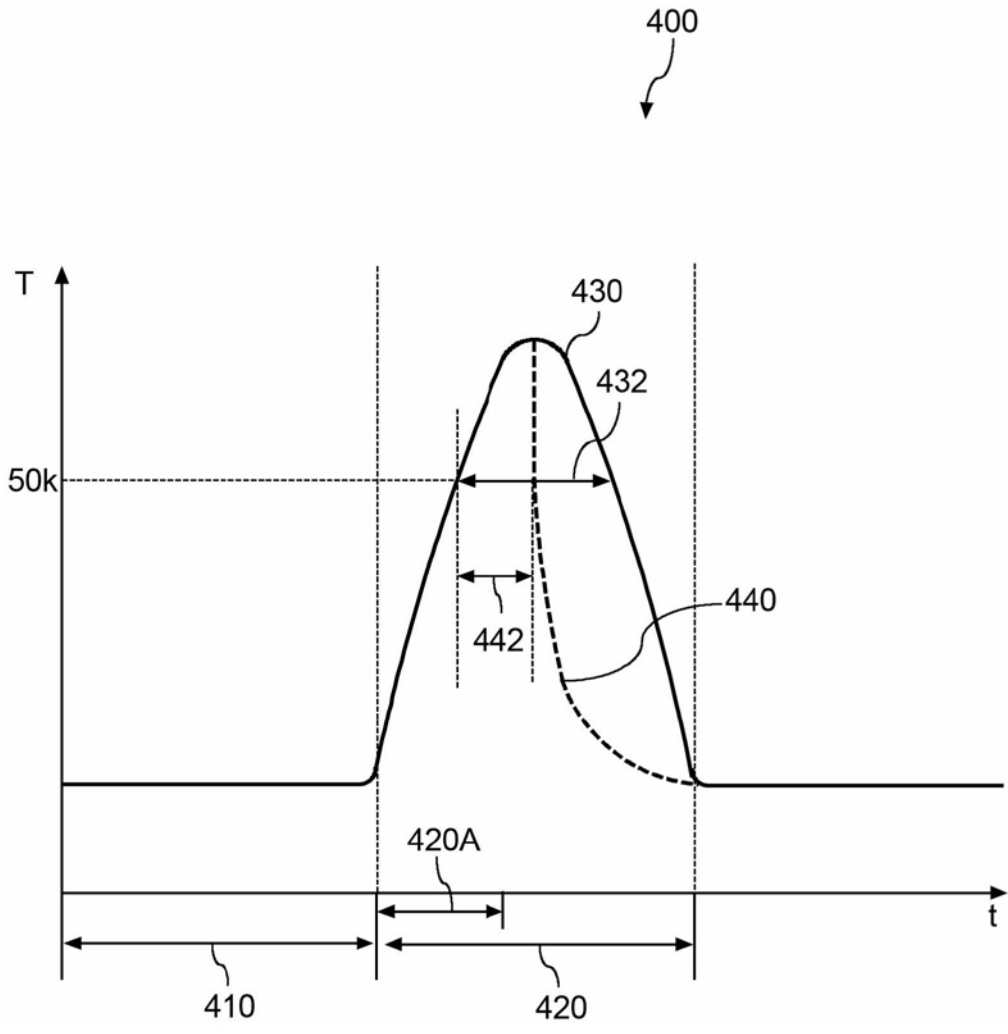


图6

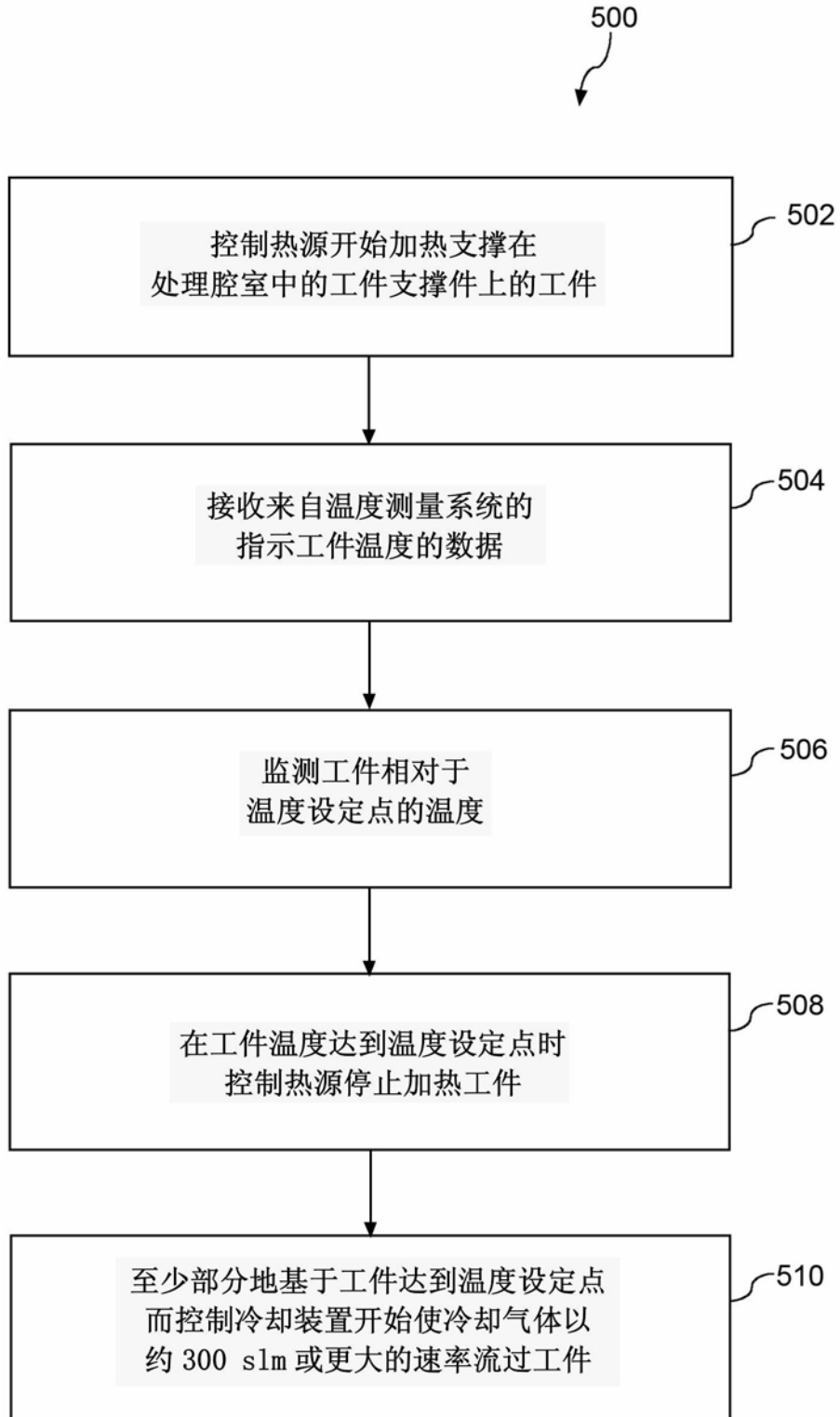


图7

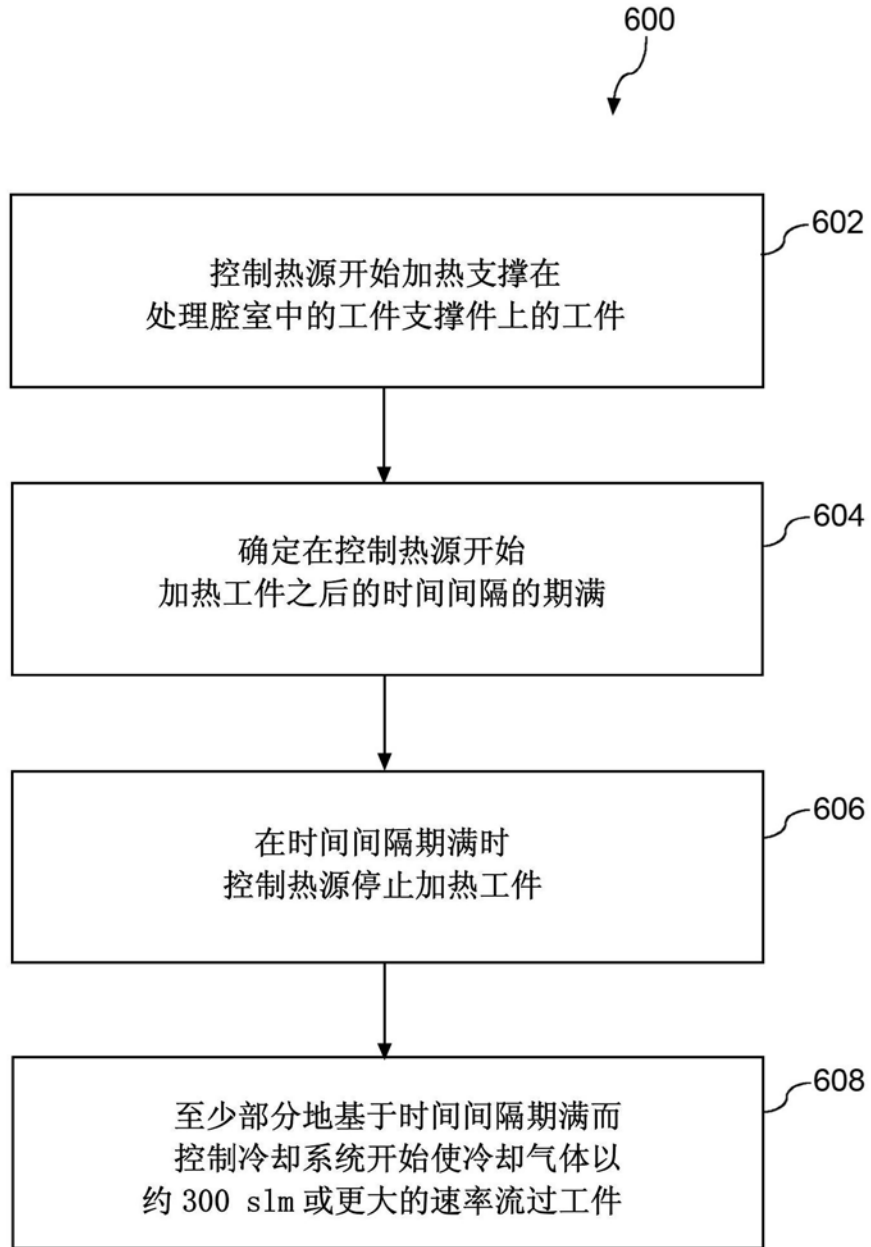


图8