

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102980663 A

(43) 申请公布日 2013. 03. 20

(21) 申请号 201210259976. 1

(22) 申请日 2012. 07. 20

(30) 优先权数据

61/531, 327 2011. 09. 06 US

(71) 申请人 应用材料公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 贾瑞德·艾哈迈德·李 吉萍·李

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理
有限责任公司 11258

代理人 柳春雷

(51) Int. Cl.

G01J 5/00(2006. 01)

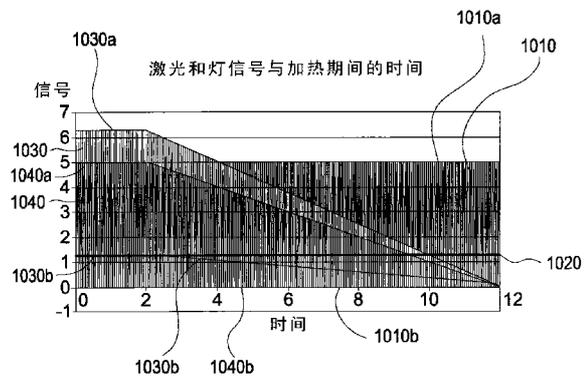
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 11 页

(54) 发明名称

用于使用独立光源的晶片温度测量的方法和设备

(57) 摘要

本发明提供了用于使用独立光源的晶片温度测量的方法和设备。在蚀刻处理期间测量衬底温度的设备包括：形成在衬底支撑表面中的一个或多个窗口；被构造为脉冲产生第一信号的第一信号发生器；以及定位为接收从第一信号发生器透射穿过一个或多个窗口的能量的第一传感器。在蚀刻处理期间测量衬底温度的方法包括：使用辐射能量加热衬底；脉冲产生第一光；在第一光被脉冲打开时确定表征穿过衬底的总透射率的度量值；在第一光被脉冲关闭时确定表征穿过衬底的背景透射率的度量值；以及确定衬底的处理温度。



1. 一种在蚀刻处理期间测量衬底温度的设备,其包括:
室主体,其具有封闭所述室主体的室盖;
衬底支撑组件,其被布置在所述室主体中并且具有衬底支撑表面;
一个或多个窗口,其形成在所述衬底支撑表面中;
第一信号发生器,其被构造为脉冲产生第一信号,其中,所述第一信号发生器经由所述衬底支撑组件光学地耦合到所述一个或多个窗口,使得脉冲产生的信号能够透射穿过所述一个或多个窗口;以及
第一传感器,其定位为接收从所述第一信号发生器透射穿过所述一个或多个窗口的能量,其中,所述第一传感器被构造为检测表征透射率的度量值。
2. 根据权利要求 1 所述的设备,其中,所述第一信号发生器是被构造为脉冲产生某一波长的光的激光器,并且其中所述第一传感器被构造为检测所述某一波长的光。
3. 根据权利要求 2 所述的设备,还包括:一个或多个加热灯,当所述加热灯被供电时可以发射至少与所述第一信号发生器相同波长的光,
其中,光是波长在约 1000nm 到约 1500nm 之间的红外光,并且
其中,所述第一传感器被定位为 (a) 在所述第一信号发生器被脉冲打开时检测来自所述第一信号发生器和所述一个或多个加热灯的红外光的波长,以及 (b) 在所述第一信号发生器被脉冲关闭时检测来自所述一个或多个加热灯的红外光的波长。
4. 根据权利要求 3 所述的设备,还包括:计算装置,其被编程、连线或者以其他方式构造为从穿过定位在所述衬底支撑表面上的衬底的第一信号来确定透射的改变,
其中,所述计算装置从 (b) 表示在所述第一信号被脉冲打开时透过所述衬底的来自所述一个或多个加热灯和所述第一信号的红外光的透射率的值减去 (a) 表示在所述第一信号被脉冲关闭时透过所述衬底的来自所述一个或多个加热灯的红外光的透射率的值,并且
其中,所述计算装置确定所述衬底的温度。
5. 根据权利要求 4 所述的设备,其中,表示透射率的值是归一化的透射比率。
6. 根据权利要求 4 所述的设备,其中,表示透射率的值是以电压进行测量的光信号。
7. 根据权利要求 4 所述的设备,还包括连接到所述一个或多个加热灯和所述计算装置的闭合回路控制系统。
8. 根据权利要求 3 所述的设备,其中,由所述第一信号发生器提供的红外光的波长是 1200nm。
9. 根据权利要求 8 所述的设备,还包括:
第二信号发生器,其被构造为脉冲产生第二信号,其中,所述第二信号发生器经由所述衬底支撑组件中的窗口被光学地耦合;以及
第二传感器,其定位为接收从所述第二信号发生器透射穿过与所述第二信号发生器耦合的所述窗口的能量,其中,所述第二传感器被构造为检测表征透射率的度量值。
10. 根据权利要求 9 所述的设备,其中,所述第二信号是具有比所述第一信号更短波长的红外光。
11. 根据权利要求 10 所述的设备,还包括对数检测器。
12. 根据权利要求 9 所述的设备,所述第二信号是具有比所述第一信号更长波长的红外光。

13. 一种在蚀刻处理期间测量衬底温度的方法,其包括如下步骤:
在小于对于第一红外波长的透射率转变点的开始温度下,在处理室中提供衬底;
使用辐射能量加热所述衬底;
脉冲产生第一光,所述第一光具有近似等于所述第一红外波长的波长;
在所述第一光被脉冲打开时确定表征穿过所述衬底的总透射率的度量值;
在所述第一光被脉冲关闭时确定表征穿过所述衬底的背景透射率的度量值;以及
基于来自所述第一光的第一红外波长穿过所述衬底的透射率来确定所述衬底的处理温度。
14. 根据权利要求 13 所述的方法,其中,所述第一光是激光。
15. 根据权利要求 14 所述的方法,还包括如下步骤:分离不具有背景透射率的、表征来自所述激光的穿过所述衬底的透射率的度量值。
16. 根据权利要求 14 所述的方法,还包括如下步骤:从 (b) 表征在所述第一光被脉冲打开时穿过所述衬底的总透射率的值减去 (a) 表征在所述第一光被脉冲关闭时穿过所述衬底的背景透射率的值。
17. 根据权利要求 14 所述的方法,其中,红外激光的波长约为 1200nm,并且其中,所述加热步骤还包括对一个或多个加热灯供电。
18. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,透射率的度量值是归一化的透射比率或以电压进行测量的光信号。
19. 根据权利要求 18 所述的方法,还包括如下步骤:在确定所述处理温度的同时冷却所述衬底。
20. 根据权利要求 13 所述的方法,还包括如下步骤:脉冲产生具有第二红外波长的第二光,所述第二红外波长与所述第一红外波长不同。

用于使用独立光源的晶片温度测量的方法和设备

技术领域

[0001] 本发明的各个方面一般涉及用于测量半导体衬底温度的方法和设备。此外，本发明的各个方面涉及在红外加热环境中进行非接触式晶片温度测量。更具体地，本发明的各个方面涉及通过衬底红外发射来测量蚀刻工艺中的半导体衬底温度的方法。

背景技术

[0002] 超大规模集成 (ULSI) 电路可以包括大于 10 亿个电子器件 (例如, 晶体管), 这些电子器件形成在半导体衬底 (诸如硅 (Si) 衬底) 上并且合作来执行器件内的各种功能。在处理期间, 在衬底表面上有时执行大量的热处理步骤。热处理通常需要用于工艺控制的精确衬底温度测量。不正确的衬底温度控制可能导致会不利地影响器件性能并且 / 或者导致衬底膜材料损坏的差的处理结果。

[0003] 不同类型的温度测量工具可以被用来测量处理期间的衬底温度。例如, 热电偶通常被用来通过在衬底表面上的预定位置处与衬底物理接触而测量衬底温度。然而, 对于更大直径的衬底, 由于测量位置之间的大的距离, 沿着衬底表面的整体温度变化难以确定。此外, 热电偶与衬底表面的热物理接触的可靠性难以被控制并且具有污染的担忧。

[0004] 或者, 有时用光学高温计来测量衬底温度。通过光学高温计传感器来测量在处理期间从衬底表面发射的辐射以确定衬底温度。然而, 来自衬底表面的光学辐射的测量难以与背景噪声 (诸如来自加热元件的强光或来自等离子源的热量、来自室壁的光学辐射和 / 或来自窗口的杂散光) 分离。因为来自衬底表面的光学辐射不能被精确地测量并且背景噪声可能进一步向温度测量引入误差, 所以实际衬底表面温度难以被精确地测量, 这导致错误的衬底温度确定和因此导致差的处理结果。

[0005] 因此需要用于衬底温度测量的改善的设备和方法。

发明内容

[0006] 提供了用于在处理期间测量温度的设备和方法。在一个实施例中, 提供了一种在蚀刻处理期间测量衬底温度的设备, 包括: 室主体, 其具有封闭室主体的室盖; 衬底支撑组件, 其被布置在室主体中并且具有衬底支撑表面; 一个或多个窗口, 其形成在衬底支撑表面中; 第一信号发生器, 其被构造为脉冲产生第一信号, 其中, 第一信号发生器经由衬底支撑组件光学地耦合到一个或多个窗口, 使得脉冲产生的信号可以透射穿过一个或多个窗口; 以及第一传感器, 其定位为接收从第一信号发生器透射穿过一个或多个窗口的能量, 其中, 第一传感器被构造为检测表征透射率的度量值。

[0007] 在另一个实施例中, 第一信号发生器是被构造为脉冲产生某一波长的光的激光器, 并且其中第一传感器被构造为检测某一波长的光。在另外的实施例中, 提供了一个或多个加热灯, 当加热灯被供电时可以发射至少与第一信号发生器相同波长的光, 其中, 光是波长在约 1000nm 到约 1500nm 之间的红外光, 并且其中, 第一传感器被定位为 (a) 在第一信号发生器被脉冲打开时检测来自第一信号发生器和一个或多个加热灯的红外光的波长, 以及

(b) 在第一信号发生器被脉冲关闭时检测来自一个或多个加热灯的红外光的波长。

[0008] 另一个实施例进一步包括计算装置,其被编程、连线或者以其他方式构造为从穿过定位在衬底支撑表面上的衬底的第一信号来确定透射的改变,其中,计算装置从 (b) 表示在第一信号被脉冲打开时透过衬底的来自一个或多个加热灯和第一信号的红外光的透射率的值减去 (a) 表示在第一信号被脉冲关闭时透过衬底的来自一个或多个加热灯的红外光的透射率的值,并且其中,计算装置确定衬底的温度。表示透射率的值可以是归一化的透射比率。可选地或者另外地,表示透射率的值可以是以电压进行测量的光信号。此外,可以提供连接到一个或多个加热灯和计算装置的闭合回路控制系统。由第一信号发生器提供的红外光的波长可以是 1200nm。

[0009] 在另一个实施例中,第二信号发生器被构造为脉冲产生第二信号,其中,第二信号发生器经由衬底支撑组件中的窗口被光学地耦合;以及第二传感器被定位为接收从第二信号发生器透射穿过与第二信号发生器耦合的窗口的能量,其中,第二传感器被构造为检测表征透射率的度量值。第二信号可以是具有比第一信号更短波长的红外光。该设备还可以包括对数检测器。或者,第二信号可以是具有比第一信号更长波长的红外光。

[0010] 其他的实施例提供了一种在蚀刻处理期间测量衬底温度的方法,包括:在小于对于第一红外波长的透射率转变点的开始温度下,在处理室中提供衬底;使用辐射能量加热衬底;脉冲产生第一光,第一光具有近似等于第一红外波长的波长;在第一光被脉冲打开时确定表征穿过衬底的总透射率的度量值;在第一光被脉冲关闭时确定表征穿过衬底的背景透射率的度量值;以及基于来自第一光的第一红外波长穿过衬底的透射率来确定衬底的处理温度。第一光可以是激光。

[0011] 该方法还可以包括分离不具有背景透射率的、表征来自所述激光的穿过所述衬底的透射率的度量值。或者,该方法还可以包括:从 (b) 表征在第一光被脉冲打开时穿过衬底的总透射率的值减去 (a) 表征在第一光被脉冲关闭时穿过衬底的背景透射率的值。红外激光的波长可以是 1200nm,并且加热步骤还可以包括对一个或多个加热灯供电。透射率的度量值可以是归一化的透射比率或以电压进行测量的光信号。

[0012] 在另一个实施例中,该方法还包括在确定处理温度的同时冷却衬底。在另外的实施例中,方法还可以包括使用控制系统来基于衬底的处理温度改变提供给一个或多个加热灯的功率的量。在另外的实施例中,该方法可以包括脉冲产生具有第二红外波长的第二光,第二红外波长与第一红外波长不同。另外的实施例可以包括脉冲产生具有第三红外波长的第三光,第三红外波长与第一和第二红外波长不同。

附图说明

[0013] 可以参照实施例对上文简要总结的本发明进行更具体地描述,以便于详细地理解本发明的上述特征,实施例中的一些在附图中示出。然而应当注意,附图仅示出了本发明的典型实施例并且因此不被认为是对本发明范围的限制,本发明可以允许有其他等效实施例。

[0014] 图 1A 至图 1C 描绘了适合于实施特定实施例的示例性处理设备的简化示意图。

[0015] 图 2 描绘了示出在特定 IR 光波长下硅衬底透射率与衬底温度之间的关系的图。

[0016] 图 3 描绘了示出在特定 IR 光波长下硅衬底透射率与衬底温度之间的关系的图。

[0017] 图 4 描绘了对于线性测量和对数测量结果示出在特定 IR 光波长下光强度和衬底透射率、与衬底温度之间的关系的图。

[0018] 图 5A 描绘了被构造为实施本发明的示例性处理设备的示意图。

[0019] 图 5B 到图 5C 描绘了布置在图 5A 的处理设备中的衬底支撑组件的不同实施例的俯视图。

[0020] 图 6 描绘了结合有图 5A 的至少一个设备以实施本发明的示例性处理系统的示意图。

[0021] 图 7 描绘了结合有图 5A 的至少一个设备的示例性处理系统的示意图。

[0022] 图 8 描绘了示出用于现有技术方法的处理步骤的图。

[0023] 图 9 描绘了示出光强度或透射率、与晶片温度的关系的图。

[0024] 图 10 描绘了示出在加热期间激光与灯信号的图。

[0025] 图 11 提供了对于 20Hz 采样通过大量样本示出了温度分辨率以及加热速率的表格。

[0026] 可以想到一个实施例的要素和特征可以被有利地结合到其他实施例中,而不用另外说明。然而应当注意附图仅描绘了本发明的示例性实施例,并且因此不被认为是其范围的限制,本发明可以允许其他等效实施例。

具体实施方式

[0027] 这里讨论的实施例提供了用于在加热或冷却处理期间测量衬底温度的方法和设备,诸如可以被用在蚀刻中。其中,其他的示例处理可以包括等离子体处理,例如蚀刻、沉积、退火、等离子体表面处理和离子注入。在一个实施例中,可以通过监视穿过衬底的能量的透射率来确定衬底温度。在另外的实施例中,能量源(诸如发射红外(IR)光的激光器)可以在处理期间被打开和关闭,以允许从透射测量结果减去其他能量源。关于通过红外透射进行的衬底温度测量的各种细节可以在美国专利 7,946,759 以及美国专利申请 12/144,157 中找到,它们通过引用被结合在这里。

[0028] 图 1A 到图 1C 描绘了用于实施本发明的处理设备的简化示意图。设备 100 在真空中工作。设备 100 包括适合于向布置在设备 100 中的衬底 102 提供热能的热源 108。在一个实施例中,热源 108 由产生在衬底 102 附近的等离子体提供。在另一个实施例中,热源 108 可以可选地由加热的衬底保持件、加热的支撑底座、电阻加热器或适合于升高衬底温度的其他热源提供。

[0029] 在图 1A 中描绘的实施例中,信号发生器 104 和传感器 106 布置在衬底 102 上侧的上方。信号发生器 104 被布置在衬底 102 上方并且产生透射通过衬底 102 的信号 110。信号发生器 104 可以是能量源,该能量源提供具有可以透射通过衬底 102 的至少一个波长的能量,并且信号发生器 104 可以包括激光器或宽带光源。随着信号 110 入射到衬底 102,信号 110 的第一部分 112 被从衬底的上表面直接反射。信号 110 的第二部分透射通过衬底 102 并且可以由衬底 102 部分地吸收。信号 110 的透射通过衬底 102 的第二部分可以从衬底 102 的底部反射,以向提供信号 110 的传感器部分 114,信号 110 的传感器部分 114 可以由传感器 106 检测。传感器 106 被用来接收从衬底 102 的底部反射的信号 110 的传感器部分 114。滤波器(未示出)可以被用来屏蔽反射到传感器 106 的信号 110 的第一部分 112(第

一部分 112 没有穿过衬底 102)。

[0030] 控制器 120 被连接到传感器 106 以分析所接收的信号。控制器 120 一般包括中央处理单元 (CPU) 138、存储器 140 和支持电路 142。CPU 138 可以具有能够被用在工业设置中的通用目的计算机处理器的任何形式之一。支持电路 142 通常被连接到 CPU 138 并且可以包括缓存、时钟电路、输入 / 输出子系统、电源等。在由 CPU 138 执行时,软件将 CPU 138 转变为特殊用途计算机 (控制器)。软件程序也可以被远离设备 100 的第二控制器 (未示出) 存储和 / 或执行。

[0031] 与图 1A 的构造类似,图 1B 描绘了另一个实施例,其中信号发生器 104 和传感器 106 被布置在衬底 102 的底部侧下方。

[0032] 图 1C 描绘了另一个实施例,其中信号发生器 104 和传感器 106 被布置在衬底 102 的相反侧上。信号发生器 104 被布置在衬底 102 上方并且产生信号 110。传感器 106 被布置在与信号发生器 104 相对的位置处,以接收信号 110 的传感器部分 114,该传感器部分 114 穿过衬底 102 并且没有被反射或吸收。次级反射信号 122 可以被传感器 106 反射并且可以透射穿过衬底 102,使得次级反射信号 122 的部分 124 穿过衬底 102 到达衬底 102 的上侧。因此,一组或多组信号发生器 104 和传感器 106 可以被用来布置在衬底 102 的不同侧,以产生和接收在处理期间沿着不同方向产生的信号部分。

[0033] 不同衬底材料可以导致在不同温度和不同波长下的不同光透射。因为热源 108 向衬底表面提供热能,所以衬底温度改变。信号 110 的传感器部分 114 透射通过衬底 102,同时另外的部分被吸收。透射通过衬底 102 的信号的量取决于衬底 102 的温度。因此,因为衬底 102 被加热,所以在信号 110 的透射通过衬底 102 到达传感器 106 的传感器部分 114 中发生改变。传感器 106 检测信号 110 的传感器部分 114 中的改变,该传感器部分 114 的改变表征衬底 102 的温度。衬底温度可以根据信号 110 的传感器部分 114 的检测的改变来确定。

[0034] 在一个实施例中,信号发生器 104 可以是具有不同波长的光产生器。例如,信号发生器 104 可以提供具有窄波段的激光束,该窄波段以期望的范围或期望的值为中心。该范围可以在约 1000nm 与约 1500nm 之间选择。在另外的实施例中,可以使用具有约 1080nm、1200nm 或 1310nm 的波长的激光。

[0035] 图 2 描绘了随着衬底温度上升的衬底光透射率,这在约 1200nm 的波长下测量。轨迹 202 描绘了硅半导体材料的透射率随着在约 60 摄氏度到约 300 摄氏度之间的温度而变化。在衬底处于 60 摄氏度以下的温度时,衬底光透射率保持恒定,如第一温度区域 204 所示,并且该衬底光透射率被归一化作为相对于随后的数据点的测量的光透射率的基线。在衬底温度在上升超过特定值 (诸如大于 120 摄氏度) 时,发生衬底透射率的改变。因此,轨迹 202 的斜率 206 改变。随着衬底温度增加,衬底透明度下降。因此,基于所测量的能量强度,可以确定衬底温度。

[0036] 在各种处理中,需要硅晶片的快速加热,并且可能难以获得温度读数。例如,在一些蚀刻处理中,硅晶片可能需要在约 5-30 秒的时间段内被加热到约 300°C。该快速加热可以被用来促进入射的臭氧的快速分解。灯通常被用来提供热量,并且提供给灯的功率可以确定所提供的加热的量。功率水平可以在处理期间改变以改变加热速率。因此,对于快速加热,诸如通过向灯提供高功率水平,斜阶跃 (ramp step) 可以被用来快速升高晶片温度。当

到达特定温度时,功率水平可以被降低或者甚至被关闭。在该加热处理期间,来自灯的透射穿过晶片的光可以被测量以确定硅晶片的温度,如上文所述。然而,该方法仅能够确定在斜阶跃期间的温度,该温度范围有限,并且该方法限制于特定晶片的不透明性。此外,在将宽波段光过滤到用于检测的期望波长过程中使用的期望波长(诸如1200nm)处获得的光可能有限。当灯功率在具体配方中改变时,失去参照初始带边缘透射的能力,并且温度不确定。(因为传输穿过硅晶片的IR辐射的量随着温度改变,所以在特定温度下吸收或透射特定波长。所透射的最低波长随着温度改变。)

[0037] 图8中示出示例现有技术处理。轨迹810和轨迹820分别示出了用于对灯进行加热的第一和第二功率驱动器。在左刻度上以瓦特来测量功率。轨迹830示出了实际信号读数的形状(单位为伏特,未示出)。轨迹840示出了基于由轨迹830示出的信号读数计算的温度(在右刻度上单位为 $^{\circ}\text{C}$)。轨迹被示出为随着在底部刻度上的时间(以毫秒为单位)而改变。如图所示,灯开始被快速供电持续数秒,并且之后降低功率。在十秒标记处,由轨迹810示出的第一功率驱动器被关闭,并且由轨迹820示出的第二功率驱动器被降低直到其也在三十秒标记处被关闭为止。如图所示,关于在前几秒的初始斜阶跃期间的温度计算存在不确定性。在 120°C 之上的值处使用轨迹840确定温度轮廓,但是仅到十秒标记为止,在此时由轨迹830示出的信号读数变平为零,温度轮廓在接近或超出约 360°C 的温度估计附近。

[0038] 换言之,确定温度所需的透射率仅可以被用来确定由轨迹830示出的信号读数向下倾斜的时间部分。此外,在随后的冷却步骤期间不能测量温度。

[0039] 使用独立源(诸如激光二极管)允许灯功率在处理期间改变,同时激光输出被用于温度计算。当使用信号发生器104时,灯可以发射与信号发生器104处于相同波长范围内的辐射。该辐射产生了在处理全程中确定晶片温度时必须考虑的背景“噪声”。这种背景辐射可能对于温度测量产生限制。

[0040] 可以通过对激光器施加脉冲来提供确定温度的改善方法。激光器和灯输出的组合可以由光探测器收集,并且与在激光器被关闭时收集的值相比较。可以从在激光器被打开时的值减去在激光器被关闭时的值,使得激光器信号可以被从背景噪声(灯)中分离出来。下降的激光器信号可以被与波长特定的查找表相比较,使得能够与灯功率独立地确定晶片温度,该查找表将信号比率与温度相关联。(温度关联性也可以通过数学公式或者通过利用数据库编程的计算机来应用)。这使得能够在程序的全部步骤处知道温度。否则,可能需要使用热电偶晶片来确定保持步骤中的功率,并且用户必须相信该温度在每个晶片批次期间被保持。然而,对激光器施加脉冲允许改善处理调谐,并且可以更加容易地检测在配方(recipe)期间的温度问题。此外,可以知道冷却期间的温度并且该温度可以被用来优化冷却时间和产量。此外,更高的总信号允许延长可以测量的温度范围。

[0041] 对于轻掺杂和重掺杂的硅调查了三个波长:1080nm、1200nm和1310nm。测试了六个数量级的掺杂范围以验证各个实施例的可靠性。图3示出了透射改变与温度之间的关系。透射改变由左刻度上的归一化透射比率示出。温度在底部刻度上示出。轨迹310示出了1080nm的波长,轨迹320示出了1200nm的波长,并且轨迹330示出了1310nm的波长。应当理解也可以使用其他波长。

[0042] 图3示出了1200nm波长并且示出了在约 120°C 到 350°C 的范围上的最佳温度灵敏

度。然而,1200nm 波长也示出了来自灯的最多背景噪声。因此,1200nm 波长更难以使用,除非采用了激光器脉冲方法。1080nm 信号具有更低的背景噪声,但是 1080nm 信号的带边缘处于更低温度,使得难以确定引入的晶片的温度(该温度可能改变)。如轨迹 310 所示,1080nm 信号在 200°C 附近降低到接近零值,并且因此对于该范围以上的温度可能不适合在线性刻度上。图 3 示出了 1310nm 源在 120°C 到 350°C 的范围内相对不敏感,但是示出在 300°C 以上降低的透射比率。

[0043] 图 9 在图中示出了光强度与晶片温度之间的关系,该图示出了以伏特为单位的信号测量或归一化的透射率随着摄氏温度改变。图 9 示出了 1200nm 波长在大部分期望温度范围内表现出直线斜率。发明人也发现对于 1200nm 激光器(约 200mW),获得的以伏特为单位的检测器测量信号强度在相对于温度绘制时结果非常接近直线,由此对于该波长极大地简化了温度确定。这些结果在图 9 中由穿过 1200nm 数据点轨迹 920 的线 910 示出。1090nm 激光器的结果由用于透射比率的第一 1080nm 数据点轨迹 940 示出并且由用于以伏特为单位检测的信号的第二 1080nm 数据点轨迹 950 示出。线 930 示出了 1080nm 数据点不像 1200nm 数据点那么线性。然而,通过数学公式或数据表格或其他方法,温度也可以与用于 1080nm 波长的透射比率或信号检测相关联。

[0044] 使用对数光探测器来进一步检验 1080nm 激光器。结果在图 4 中示出,其描绘了在左刻度上的光强度(以伏特为单位检测),而单位为摄氏度的温度在底部刻度上。归一化的透射比率被描绘在用于特定数据组的右刻度处。由于在 1080nm 处透射与温度之间的陡峭的关系,使用了对数探测器。在测试台上收集了用于 1080nm 的晶片透射与晶片温度之间的关系的数据。响应强烈地受到对于探测器上的设置的调整的影响,该设置控制信号水平、总范围和带宽。对于探测器进行调整,但是该调整比 1200nm 激光器(约 200mW)所需要的调整更加复杂。在图 4 中,轨迹 410 示出了在线性刻度上的信号强度(伏特)。轨迹 420 示出了在线性刻度上的归一化的透射比率。轨迹 430 示出了在对数刻度上的归一化的透射比率,并且轨迹 440 示出了在对数刻度上的信号强度(伏特)。如图所示,对数刻度对于期望的温度范围提供更宽的值范围,这对于确定温度是有利的。

[0045] 此外,1080 波长可能在一些情况下或者由于特定原因是优选的。例如,灯在 1080nm 范围中不像在 1200nm 范围中那样产生那么多的背景信号。此外,如图 3 中由轨迹 310 所示,相比于 1200nm 波长,1080nm 波长在更低温度处具有转变点,并且因此可以在检验低于 120°C 的温度的过程中非常有用,120°C 是 120nm 波长的近似转变点。同样,图 3 示出了轨迹 310 对于小于 150°C 的温度具有相对直线的斜率,这可以使得在该范围内的温度关联更加简单。

[0046] 利用 1200nm 激光器,可以预料在灯处于合适功率的状态下,硅晶片从室温到约 120°C 具有恒定透射。在该温度以上,可以使用已有的透射相关性。可以计算在 120°C 处的峰值与电流值的比率,这与当前温度相关。在处理过程中,晶片可以来自于在约 40-60°C 的温度下的蚀刻步骤。当晶片被在给定灯功率下加热到 120°C 时,透射是恒定的。从 120°C 到 377°C,透射降低,并且 1200nm 激光器可以被施加脉冲以进行如上所述的温度测量。1200nm 波长足够覆盖该温度范围中的波长。晶片或处理步骤也可以被监视以确保晶片在低于被使用的波长的转变点的状态下进入。

[0047] 此外,1080 激光器也可以被用来进行 120°C 以下的温度测量。因此,不同波长的激

光器（或光源）可以被结合。此外，具有更高波长（诸如 1310nm）的激光器（或光源）可以被用来将温度检测的范围扩展到 377°C 以上。滤波装置或技术也可以被用于仅将期望的波长发送到检测器。

[0048] 在加热步骤期间，惰性气体（诸如氩）可以流动到室内。可以在 200Torr 的压力下使用在 11% 浓度下的 14,500sccm 的固定流速。这里讨论的方法和设备也可以被用来在加热步骤完成之后的冷却期间监视温度。晶片可以被移动到冷却台。衬底支撑件（即，底座）也可以被水冷。并且，气氛可以被通风或者以其他方式被控制以有助于冷却。在冷却的同时获知晶片的温度允许冷却被优化，使得可以通过知道晶片何时被冷却到期望水平来将处理加速。以此方式，可以立即确定冷却步骤完成。也可以对于冷却建立控制回路。并且，主动冷却步骤（诸如在底座中循环水或者对大气进行循环或通风）可以被停止。

[0049] 图 10 示出了在加热处理期间打开和关闭脉冲激光器的效果。这被示出为打开或关闭的方波 1010 的块。在图 10 中，由脉冲激光器引起的方波 1010 围绕的区域在上侧由线 1010a 划界并且在下侧由 1010b 划界。在该示例中进入到检测器中的灯光信号 1020 相对恒定。（这由对于图 10 中的灯光信号 1020 画出的直线表示。）在批次中的总光学输出由总光学输入区域 1030 表示，该区域是脉冲激光器的方波 1010 与灯光信号 1020 的总和。在图 10 中，总光学输入区域 1030 在上侧由基准线 1030a 划界并且在下侧由基准线 1030b 划界，它们被绘制出来仅为了有助于理解。分离的激光器光学输出 1040 由在上侧由基准线 1040a 划界并且在下侧上由基准线 1040b 划界的区域表示。分离的激光器光学输出 1040 在加热处理期间因为透射下降而降低。信号的增加（从约 1V 到约 5V）可以将上温度测量极限从约 320°C 改善到 370°C，并且将端点监测能力延伸到更不透明的晶片。这改善了晶片和室之间的处理重复性。温度分辨率可以通过变化率（ramp rate）和采样速率确定。

[0050] 计算表示出可获得的采样速率将会限制分辨率和噪声滤波。处理测试将会确定功率水平、脉冲速率和采样速率要求。图 11 示出了如何对于各种加热速率确定分辨率和采样速率。在图 11 中，激光器在 20Hz 下工作。激光器被以方波加脉冲，使得该激光器被打开 25 微秒并且被关闭 25 微秒（对于 50ms 的周期来说）。20Hz 的设置由可获得的硬件的限制确定。然而，图 11 也示出了如何可以确定对于期望的温度分辨率以多快的速度对激光器施加脉冲。因此，应当理解其他设置可以被用来产生其他脉冲长度。以秒为单位的时间被给出在每列中的项“分辨率”后的说明中。因此，第一“分辨率 (5)”列表示加热速率被提供五秒来将温度从 20°C 升高到 320°C。样本列表表示得到每个测量的点的个数。分辨率表示由样本的数目提供的温度分辨率。在五秒加热速率下的一个样本提供了 2.95°C 的温度分辨率，这可以表示在温度读数中的误差范围。（如果获得一百个样本来收集单个温度读数，分辨率将会是 295°C，这表示温度改变得太快而不能利用 100 个样本来确定。）加热速率可以通过被使用的处理来确定。只要均匀性良好，处理可以被优选地尽可能快地进行。因此，图 11 示出了利用可得到的硬件和处理获得的分辨率。如图所示，相比于更短的加热速率，对于更长的加热速率提供更大的分辨率。

[0051] 上述实施例也可以以各种结合的方式使用。例如，激光器和 / 或检测器可以被用于不同波长，以扩展测量范围或提供其他优点。在一些实施例中，更高的波长可以被用于更高的温度范围，并且 / 或者更低的波长可以被用于更低的温度范围。此外，使用对数刻度的方法或装置、或者对数刻度检测器可以与直线方法或装置结合。附加的激光器和 / 或探测

器也可以测量晶片上的多个位置处的温度。以此方式,可以检验或检查均匀性。此外,这里提供的改善的温度测量方法可以被用来更精确地控制灯功率和/或时序(timing)。控制回路可以被建立以提供灯功率控制,并且控制回路可以使闭合回路系统。此外,可以使用多个灯,其中不同的控制协议可以被应用到不同的灯或者不同组的灯。因此,一些灯可以被控制到比其他灯更高的功率,并且/或者一些灯可以被关闭或者使得它们的功率比其他的灯降低得更早。计算机程序和/或硬件也可以被用来从测量结果除去背景噪声,并且进行温度确定。

[0052] 图 5A 描绘了可以被用来在衬底(诸如图 1A-图 1C 的衬底 102)上执行蚀刻或其他等离子体处理的处理室 500 的一个实施例。处理室 500 包括可以示意性地被用来实施本发明的衬底支撑组件 502(衬底支撑组件 502 可以是用于支撑衬底的底座组件)和室盖 532 的一个实施例。这里示出的处理室 500 的具体实施例被用于示意性目的,并且不应当被用来限制本发明的范围。在一个实施例中,处理室可以是能够从 Applied Materials, Inc. 买到的 HART™ 室。或者,其他处理室(包括来自其他制造商的那些处理室)可以适合于受益于本发明。

[0053] 处理室 500 一般包括处理室主体 550、气体面板 574 和控制器 580。处理室主体 550 包括封闭处理容积 536 的导电主体(壁)530 和室盖 532。处理气体被从气体面板 574 提供到处理室 500 的处理容积 536。

[0054] 控制器 580 包括中央处理单元(CPU)584、存储器 582 和支持电路 586。控制器 580 被连接到处理室 500 的组件并且控制这些组件以及在处理室 500 中执行的处理,并且可以有助于与集成电路工厂的数据库的可选的数据交换。

[0055] 在一个实施例中,至少一个信号发生器 508 被相对于处理室信号定位,因为衬底温度测量将会影响支撑在衬底支撑组件 502 上的衬底的至少一部分。至少一个传感器 510 被定位为接收从信号发生器 508 产生的透射穿过衬底的信号的一部分。在特定实施例中,一对或多对第二信号源 512 和第二传感器 514 可以被用来检测在衬底的不同区域处的温度。信号发生器和传感器的构造和布置可以与上文中参照图 1A 到图 1C 讨论的信号发生器 104 和传感器 106 的构造类似。

[0056] 在一个实施例中,信号发生器 508 是激光器或其他光源,其可以提供具有在约 1000nm 与约 1400nm 之间的波长(诸如在约 1050nm 与约 1300nm 之间,并且例如在 1100nm 与约 1200nm 之间)的红外辐射。信号发生器 508 的波长被选择为在要求测量的温度范围(例如在蚀刻处理期间的衬底温度)内穿过受到处理的材料和/或膜而具有透射率的高度改变。

[0057] 在一个实施例中,传感器 510 是 InGaAs 二极管光传感器。传感器 510 检测穿过衬底 102 的收集的能量。滤波器(未示出)可以被布置在传感器 510 附近以过滤所收集的信号并且仅允许期望波长内的 IR 光到达传感器 510。传感器 510 提供了表征到达传感器 510 的光能的度量值,该度量值之后被控制器 580 进一步分析来计算衬底 102 的温度。

[0058] 在图示实施例中,室盖 532 是基本平坦的电介质构件。处理室 500 的其他实施例可以具有其它类型的顶盖,例如穹顶形顶盖。包括一个或多个电感线圈元件(示意性地示出了两个同轴线圈元件 572A 和 572B)的天线 572 被布置在室盖 532 上方。天线 572 经由第一匹配网络 570 连接到射频(RF)等离子功率源 568。

[0059] 在一个实施例中,室盖 532 中可以形成有多个窗口插塞 520。窗口插塞 520 可以被移除以有助于简单地替换窗口插塞 520。在一个实施例中,窗口插塞 520 是光学出入口,其允许来自信号发生器 508 的光穿过窗口到达传感器 510。注意,信号发生器 508 和传感器 510 的构造、布置和功能与上文中参照图 1A 到图 1C 描述的信号发生器 104 和传感器 106 类似。

[0060] 在一个实施例中,衬底支撑组件 502 包括布置在基板 506 上的静电卡盘 504。在这里为了简短而省略了组成衬底支撑组件 502 的其他衬底支撑组件组成部分和部件的相关描述。这里使用的衬底支撑组件 502 的一个实施例可以参照 Holland 的公开的美国专利申请 No. 2006/0076108,通过引用将其结合在这里。

[0061] 在一个实施例中,衬底支撑组件 502 还包括至少一个可选的嵌入加热器 522 或者多个可选的管道(未示出),该管道有助于将加热或冷却流体供应到衬底支撑组件 502。加热器 522 和管道被用来控制衬底支撑组件 502 的温度,由此在蚀刻处理器件控制布置在衬底支撑组件 502 上的衬底 102 的温度。

[0062] 在一个实施例中,多个窗口插塞 524 形成在静电卡盘 504 的主体内,以有助于从信号发生器 508 发射信号。基板 506 也可以具有形成在其中的多个孔和/或窗口插塞 526,这些孔和/或窗口插塞 526 与形成在静电卡盘 504 中的窗口插塞 524 对准。分别在基板 506 和静电卡盘 504 中的对准的窗口插塞 526 和窗口插塞 524 的组允许来自信号发生器 508 的信号 528 在最小折射的状态下穿过。在传感器和信号源如图 5A 和图 1C 所示在衬底 102 的相反侧的实施例中,形成在衬底支撑组件 502 中的对准的窗口插塞 526 和窗口插塞 524 的组进一步与形成在室盖 532 中的窗口插塞 520 对准,以有助于光透射穿过而到达布置在室盖 532 上方的传感器 510。此外,对准的窗口插塞 526 和窗口插塞 524 的组也有助于来自布置于室盖 532 上方的第二信号源 512 的信号穿过而到达布置于衬底支撑组件 502 下方的第二传感器 514。

[0063] 在实施例中,形成在衬底支撑组件 502 和室盖 532 中的窗口插塞 524、526、520 的数目和分布被以使得在整个衬底表面各处(例如,至少在边缘和中央位置中)的温度检测均匀的方式构造。窗口插塞 524、526、520 的不同构造和分布有助于信号传送到衬底的不同区域和地区,以检测位于衬底表面各处的不同区域和地区的每个精确温度。一旦确定了每个精确的衬底温度,可以获得衬底 102 的温度均匀性和温度分布。因此,被提供来控制衬底支撑组件 502 的温度的加热或冷却流体可以根据所测量的温度分布来调整,以控制和保持整体衬底温度均匀性。

[0064] 在一个实施例中,窗口插塞 524、526、520 可以由石英、蓝宝石和其他陶瓷材料制造,这些材料对于传感信号可透射并且与被选择为制造衬底支撑组件 502 和室盖 532 的材料相兼容。窗口插塞 524、526、520 可以具有容易被从衬底支撑组件 502 和室盖 532 移除和替换的插塞形式。窗口插塞 524、526、520 可以通过其他合适的方式烧结、夹紧或者安装到衬底支撑组件 502 和室盖 532。

[0065] 注意,窗口插塞 524、526、520 可以仅形成在衬底支撑组件 502 中(与图 1B 中描述的构造类似)或者窗口插塞 520 可以仅形成在室盖 532 中(与图 1A 中描述的构造类似)。或者,窗口插塞 524、526、520 可以形成在室盖 532 和衬底支撑组件 502 中,与图 1C 和图 5A 中描述的构造类似。

[0066] 图 5B 描绘了中间烧结并安装有的窗口插塞 524 的静电卡盘 504 的俯视图。窗口插塞 524 可以被均匀分布在静电卡盘 504 的表面各处,从而允许信号从中穿过以检测衬底温度。形成在其中的每个窗口插塞 524 可以具有彼此基本相等的距离并且适合于测量不同区域和地区的衬底温度。类似地,形成在室盖 532 中的窗口插塞 520 的分布和构造可以被类似地构造,以允许信号从中穿过以通过透射率的改变来检测衬底的不同区域中的温度。

[0067] 图 5C 描绘了中间烧结并安装有不同数目和构造的窗口插塞 524 的静电卡盘 504 的俯视图。静电卡盘 504 可以具有第一半径 R1 的中央区域 598 以及第二半径 R2 的外围区域 596。第一半径 R1 可以具有在约 0mm 与约 75mm 之间的长度,并且第二半径 R2 可以具有在约 75mm 与约 150mm 之间的长度。或者,第二半径 R2 可以被控制为第一半径 R1 的长度的两倍或三倍的长度。窗口插塞 524 可以基本形成在静电卡盘 504 中构造的中央区域 598 内并且 / 或者外围区域 596 中。或者,窗口插塞 524 可以形成为按照需要的任何构造或分布。

[0068] 在工作期间,衬底 102 被传输到处理室 500 以执行蚀刻处理。可以预料到处理室 500 可以被构造为执行其他处理,诸如沉积处理、退火处理或将会受益于衬底温度测量的其它任何处理。在一个实施例中,衬底 102 可以是其上将会执行蚀刻处理或其他处理的任何衬底或材料。在一个实施例中,衬底可以是具有形成在其上的一个或多个层(这些层被用来形成诸如栅极结构的结构)的硅半导体衬底。衬底可以可选地利用布置在衬底上的作为蚀刻掩模的掩模层和 / 或蚀刻停止层,以促进将特征或结构转移到衬底上。在另外的实施例中,衬底可以是具有多个层(例如,膜堆叠部)的硅半导体衬底,该多个层被用来形成不同的图案和 / 或特征,诸如双大马士革(damascene)结构等。衬底可以是各种材料,诸如多晶硅(例如, Si<100> 或 Si<111>)、氧化硅、应变硅、硅锗、掺杂或未掺杂多晶硅、掺杂或未掺杂硅晶片和有图案或无图案晶片绝缘体上硅(SOI)、掺碳氧化硅、氮化硅、掺杂硅、锗、砷化镓、玻璃、蓝宝石、布置在硅上的金属层等。衬底可以具有各种尺寸,诸如 200mm 或 300mm 直径晶片,以及矩形或方形面板。在一个实施例中,衬底是硅半导体衬底。

[0069] 在一个实施例中,通过提供至少具有含卤素气体的气体混合物来对传递到处理室 500 的衬底进行蚀刻。含有卤素的气体的合适的示例包括但不限于溴化氢(HBr)、氯气(Cl₂)、四氟化碳(CF₄)等。在蚀刻期间,诸如信号发生器 508 的光源被打开,以将 IR 辐射提供到衬底表面。在一个实施例中,一个或多个信号发生器 508 产生在约 1000nm 到约 1400nm 之间的波长的红外光,该红外光在 1200nm 的测量波长处具有非常高的强度。在一个实施例中,强度在约 50 毫瓦与约 1000 毫瓦之间。在信号发生器 508 已经到达建立基线透射读数的稳定状态输出之后,来自传感器 510 的信息被用来检测来自信号发生器 508 的透射通过衬底 102 的 IR 光。在来自信号发生器 508 的输出已经稳定之后打开传感器 510。在一个实施例中,输出在约 2 秒到约 5 秒之后稳定。

[0070] 如上文讨论的,在不同衬底温度下的衬底透射率显著地影响穿过衬底 102 并且进一步到达传感器 510 的光能量的量。随着衬底温度上升,穿过衬底 102 的光能量的量改变,由此使得透射到传感器 510 的光能量的量改变。因此,传感器 510 提供表征透射率改变的度量值,该度量值可以被用来确定衬底温度。基于表示透射率改变的度量值,衬底温度可以被相应地确定。关于度量值如何表示透射率改变的细节可以在由 Davis 递交的美国专利申请 No. 11/676,092 中获得,通过引用将其结合在这里。

[0071] 图 6 是示例性处理系统 600 的示意性俯视平面图,其至少包括分别被构造为包括

如图 5 所示的处理室 500 来在蚀刻处理期间执行衬底温度测量的一个区域。在一个实施例中,处理系统 600 可以合适地采用CENTURA[®]集成处理系统,可以从位于 California 的 Santa Clara 的 Applied Materials, Inc. 买到。可以适合于蚀刻处理的另一个处理系统是 AP Solstice 处理,也可以从 Applied Materials, Inc. 获得。可以预料到其他处理系统(包括来自于其他制造商的那些处理系统)可以适合于受益于本发明。

[0072] 处理系统 600 包括处理平台 604(处理平台 604 可以是真空封闭的)、工厂接口 602 和系统控制器 644。处理平台 604 包括多个处理室 500、612、632、628、620 以及可以被连接到真空衬底传输室 636 的至少一个装载锁止室 622。在图 6 中示出了两个装载锁止室 622。工厂接口 602 通过装载锁止室 622 连接到传输室 636。

[0073] 在一个实施例中,工厂接口 602 包括至少一个停泊站(docking station)608 以及有助于衬底传输的至少一个工厂接口机器人 614。停泊站 608 被构造为接收一个或多个前开式标准舱(FOUP)。两个 FOUP 606A-B 被示出在图 6 的实施例中。具有被布置在工厂接口机器人 614 的一端上的叶片 616 的工厂接口机器人 614 被构造为将衬底从工厂接口 602 传输到处理平台 604 的装载锁止室 622。可选地,一个或多个度量站 618 在位于工厂接口 602 内的同时,可以被连接到工厂接口 602 的终端 626 以有助于衬底的测量。

[0074] 每个装载锁止室 622 具有连接到工厂接口 602 的第一端口和连接到传输室 636 的第二端口。装载锁止室 622 被连接到压力控制系统(未示出),其抽气并排空装载锁止室 622,以有助于在真空衬底传输室 636 的真空环境与工厂接口 602 的基本室内(例如,大气)环境之间传递衬底。

[0075] 传输室 636 具有布置在其中的真空机器人 630。真空机器人 630 具有能够在装载锁止室 622 与处理室 500、612、632、628、620 之间传输衬底 624 的叶片 634。

[0076] 在一个实施例中,处理室 500、612、632、628、620 中的至少一者是蚀刻室。例如,蚀刻室可以是能够从 Applied Materials, Inc. 获得的 HART[™]室。对于蚀刻,处理室 500 可以使用含有卤素的气体来蚀刻布置在其中的衬底 102。含有卤素的气体的示例包括溴化氢(HBr)、氯气(Cl₂)、四氟化碳(CF₄)等。在处理室 500、612、632、628、620 的任何一者或多者中的蚀刻处理期间,诸如图 5 的传感器 510、514 的传感器被用来监视在蚀刻处理期间穿过衬底的信号强度(信号强度与衬底温度相关)。

[0077] 系统控制器 644 被连接到处理系统 600。通过使用处理系统 600 的处理室 500、612、632、628、620 的直接控制或者可选地通过控制与处理室 500、612、632、628、620 和处理系统 600 相关联的计算机(或控制器),系统控制器 644 控制处理系统 600 的操作。在工作期间,系统控制器 644 使得能够进行从各个室的数据收集和反馈并且系统控制器 644 能够优化处理系统 600 的性能。

[0078] 系统控制器 644 通常包括中央处理单元(CPU)638、存储器 640 和支持电路 642。CPU 638 可以具有能够被用在工业设置中的通用目的计算机处理器的任何形式之一。支持电路 642 通常被连接到 CPU 638 并且可以包括缓存、时钟电路、输入/输出子系统、电源等。在由 CPU 638 执行时,软件将 CPU 638 转变为特殊用途计算机(控制器)644。软件程序可以被远离处理系统 600 的第二控制器(未示出)存储和/或执行。

[0079] 用于使用图 5A-图 5C 的设备检测衬底温度的处理可以包括在处理设备(诸如图 5A 的处理室 500)中提供衬底。在衬底上执行蚀刻处理以在衬底上形成特征。在蚀刻的同

时,来自光发生器(例如,第二信号源 512)的脉冲光被发射到衬底以检测衬底的透射率的改变。所检测的透射率之后被分析。因为在不同衬底温度下的衬底透射率显著地影响穿过衬底的光能量的量,所以根据穿过衬底的光透射率的改变,衬底温度可以基于表征透射率改变的度量值来确定。

[0080] 因此,本发明提供了用于在蚀刻处理期间测量衬底温度的方法和设备。该方法和设备在蚀刻处理期间通过由传感器测量透射穿过衬底的 IR 透射率来有利地监视实际温度。在不同温度下的衬底不透明性提供了穿过衬底的不同量的 IR 透射率,由此帮助传感器确定实际衬底温度。

[0081] 有利地,本发明的实施例提供了多个窗口,它们有助于在处理期间使用非接触、非侵入、实时的方法确定衬底的温度分布和梯度。

[0082] 图 7 示出了衬底处理系统 700 的实施例的示意图,其可以被结合如上所述的温度确定方法和设备来使用。(附加的细节可以在美国专利申请 12/106,881 中找到,如这里所述地通过引用将其全部结合在这里。)可以适合于蚀刻处理的另外的处理系统是 Centris Solstice 处理,其可以从 Applied Materials, Inc. 获得。衬底处理系统 700 包括工厂接口 710、容纳衬底操作机器人 772 的衬底传输室 770 和连接到衬底传输室 770 的多个双处理室 780,在工厂接口 710 处,衬底被装载到装载锁止室 740 并且从装载锁止室 740 卸载出来。衬底处理系统 700 适合于提供各种处理和支撑室硬件,诸如 CVD 和蚀刻处理。这里描述的实施例将会涉及能够实施 PECVD 来沉积先进的图案化膜(包括非晶碳)并且也对沉积在衬底上的膜的边缘部分进行蚀刻的系统。然而,可以理解能够由这里描述的实施例想到其他处理。

[0083] 如图 7 所示,工厂接口 710 可以包括衬底盒 713 和衬底操作机器人 715。每个衬底盒 713 包括准备好进行处理的衬底。衬底操作机器人 715 可以包括衬底映射系统,以对每个衬底盒 713 中的衬底进行索引,来为将衬底装载到装载锁止室 740 中做准备。

[0084] 衬底传输室 770 包括衬底操作机器人 772,衬底操作机器人 772 可操作以在装载锁止室 740 与双处理室 780 之间传输衬底。更具体地,衬底操作机器人 772 可以具有适合于同时从一个室向另一个室传输两个衬底的双衬底操作叶片 774。衬底可以经由狭缝阀 776 在衬底传输室 770 与双处理室 780 之间传送。衬底操作机器人 772 的移动可以由电动机驱动系统(未示出)控制,该电动机驱动系统可以包括伺服或步进电机。

[0085] 虽然上文涉及本发明的实施例,可以在不超出本发明的基本范围的状态下设计本发明的其他和另外的实施例,本发明的范围由权利要求确定。

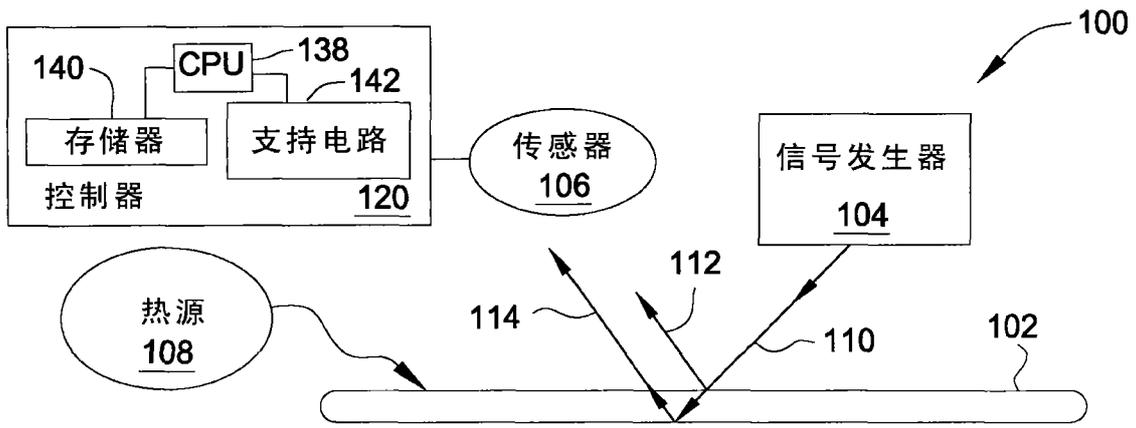


图 1A

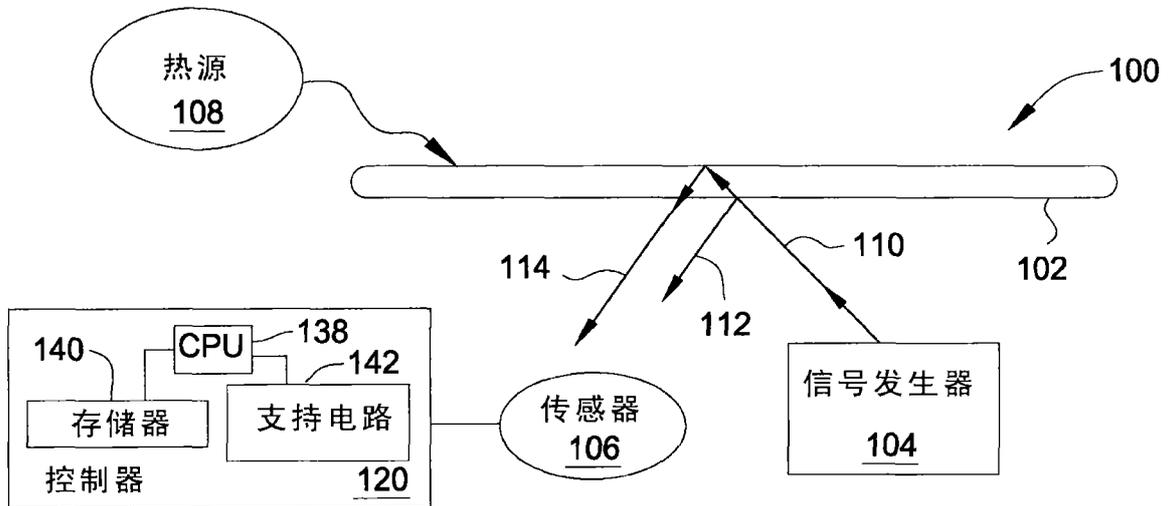


图 1B

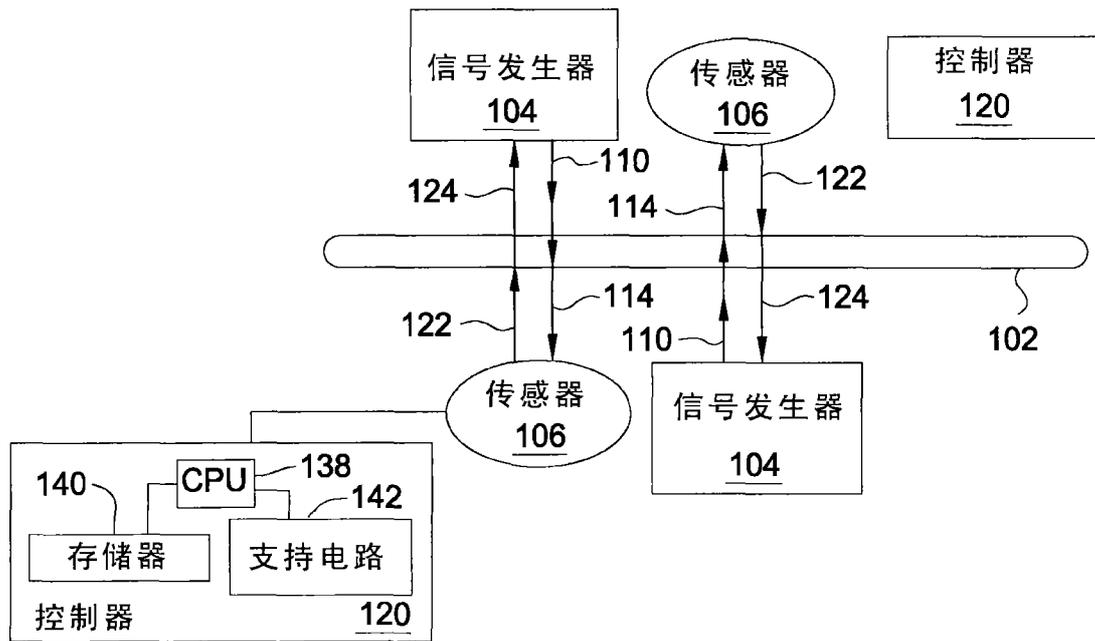


图 1C

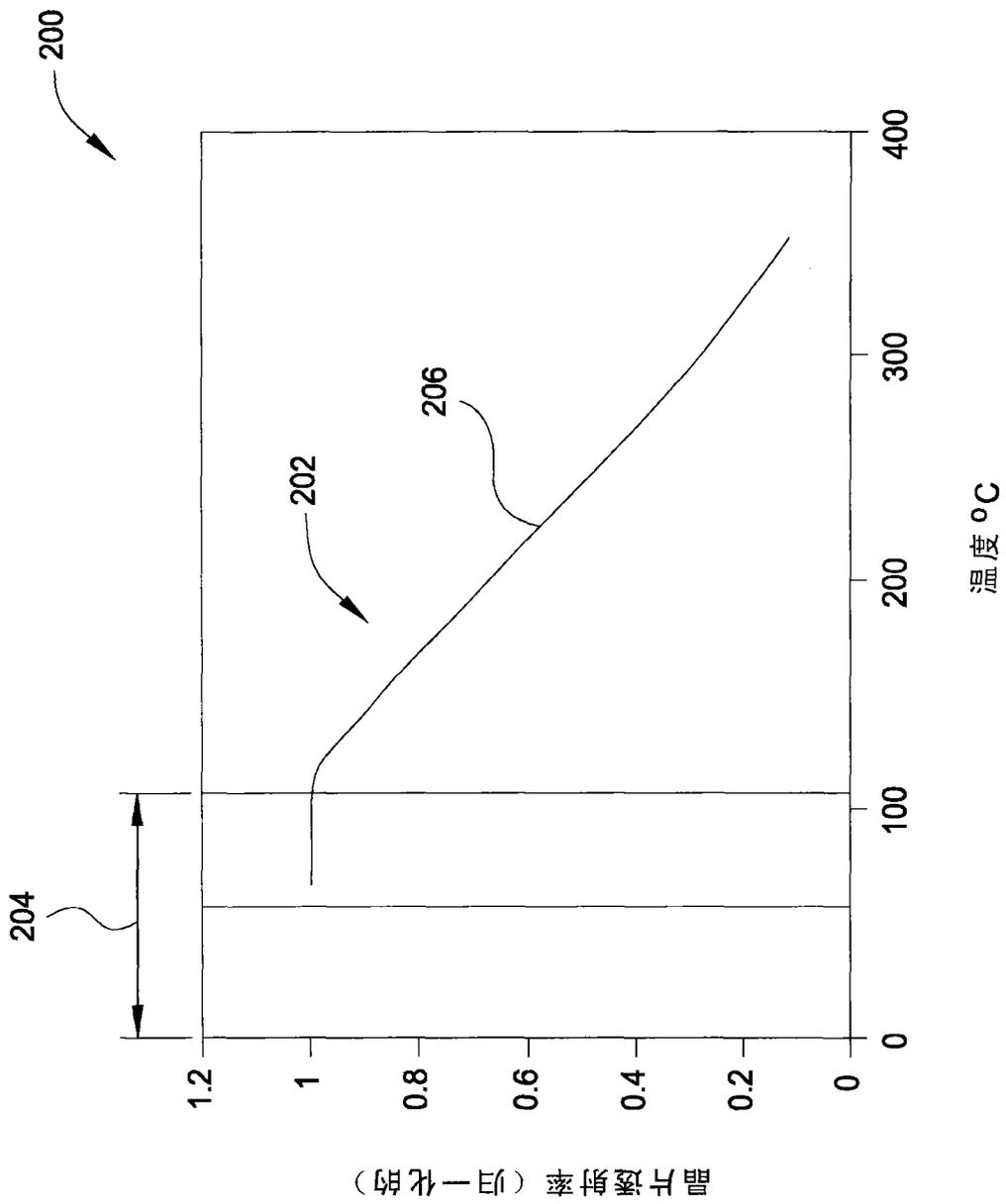


图 2

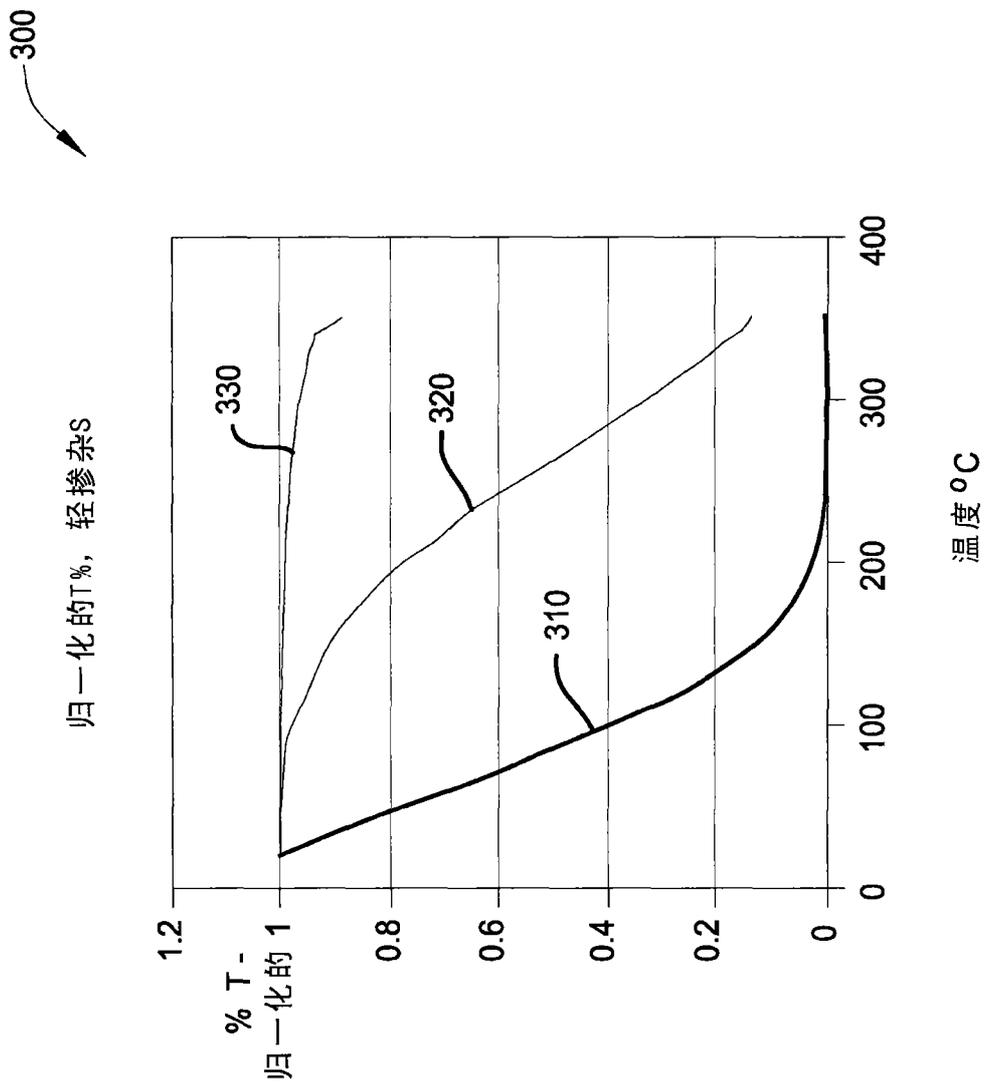


图 3

400

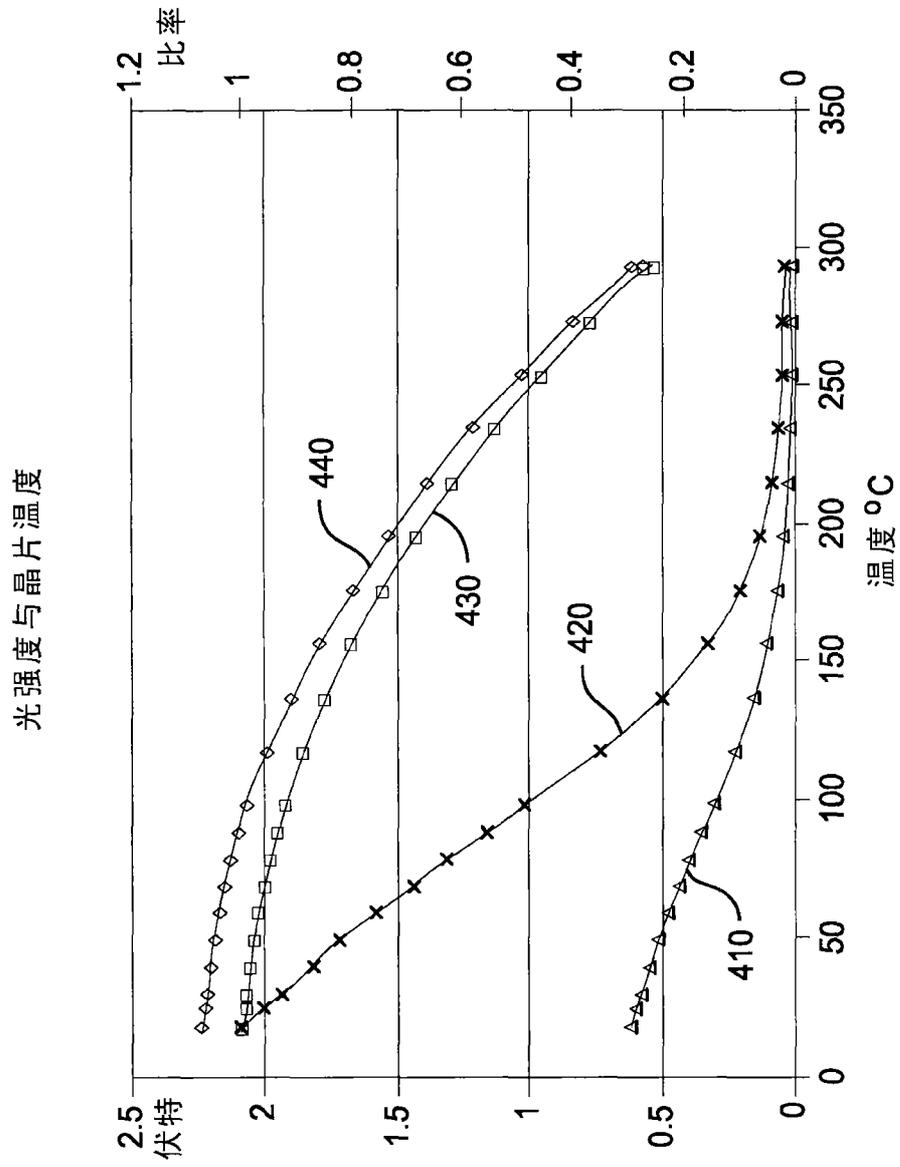
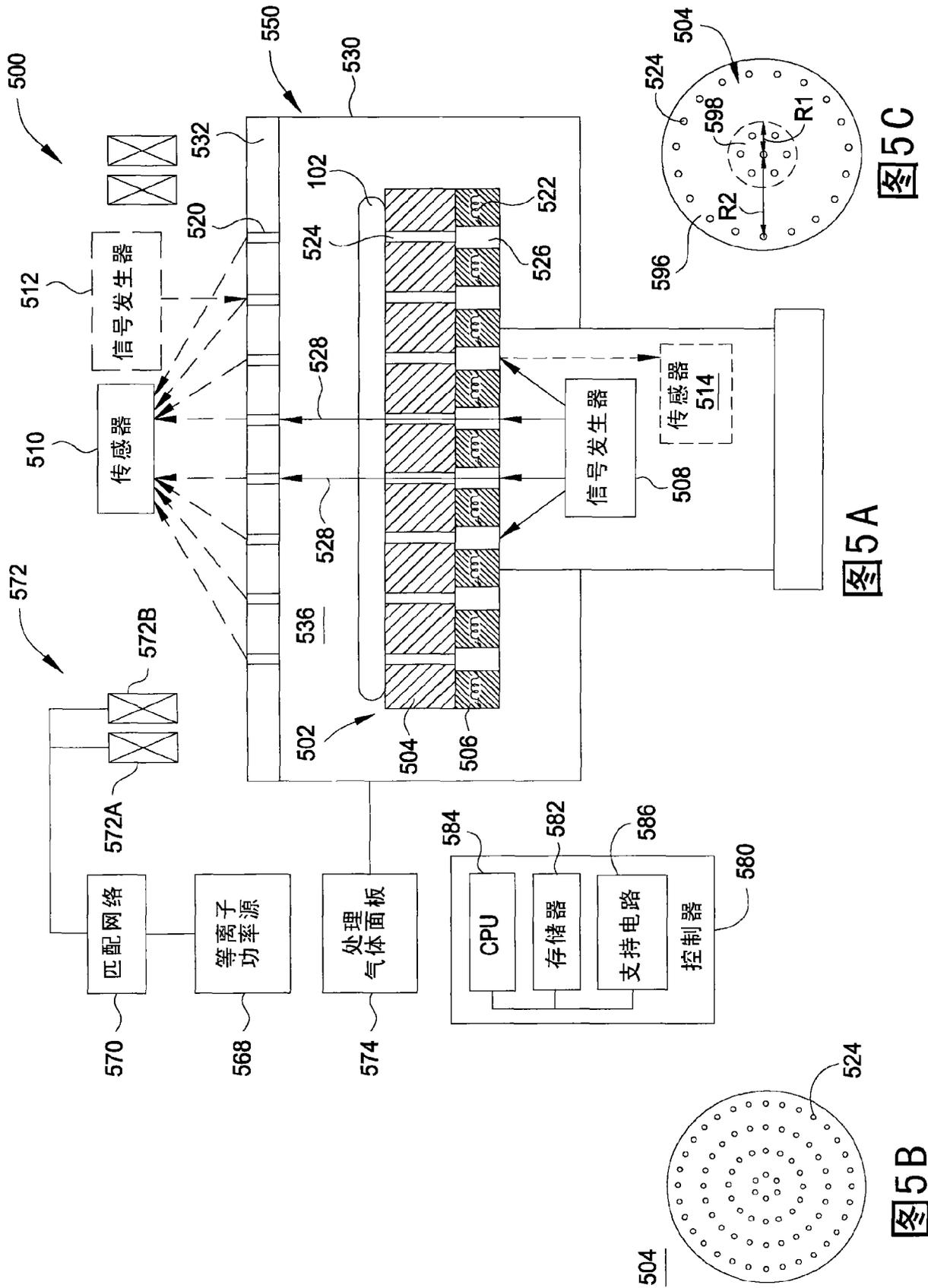


图 4



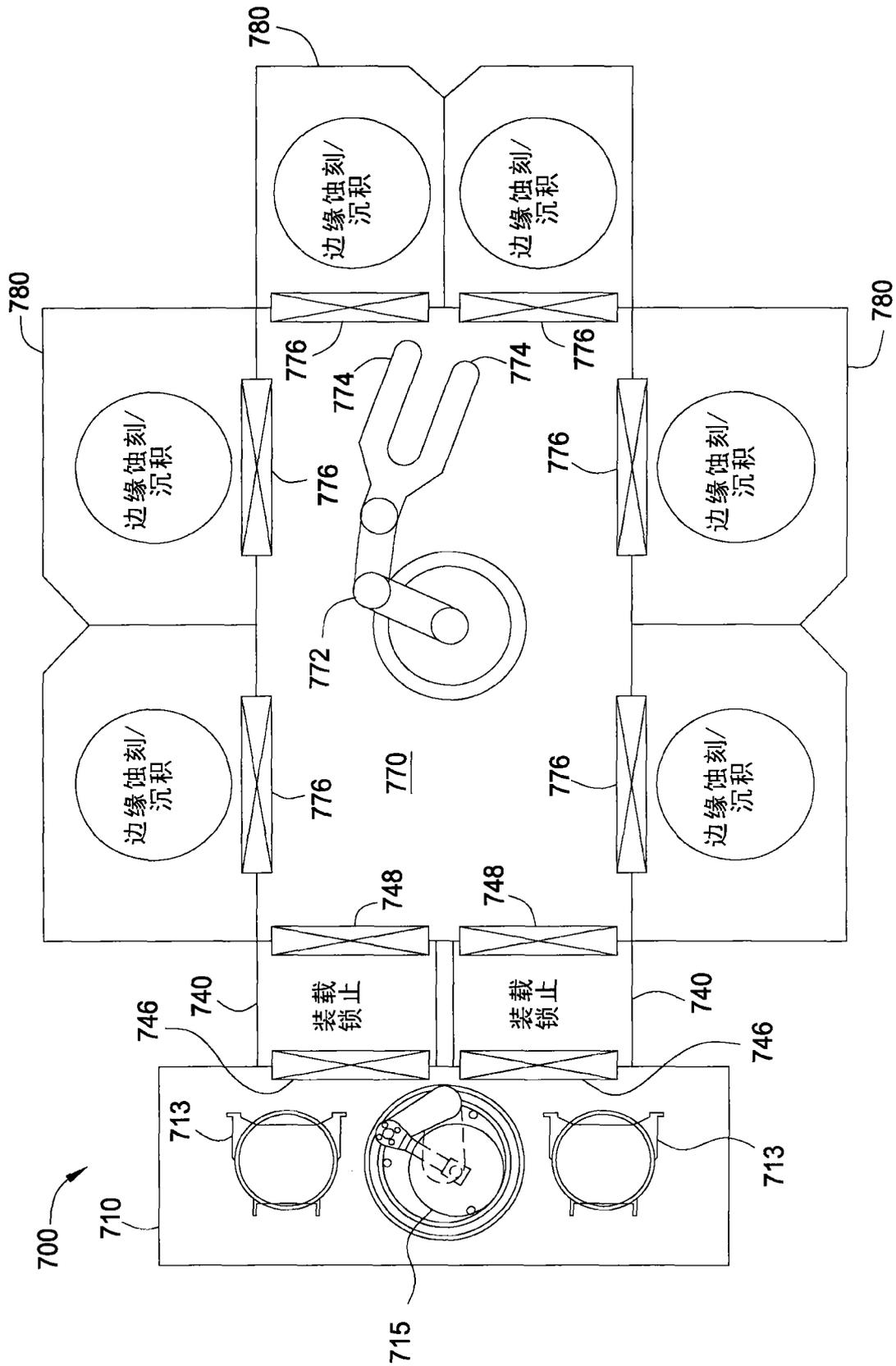


图 7

900

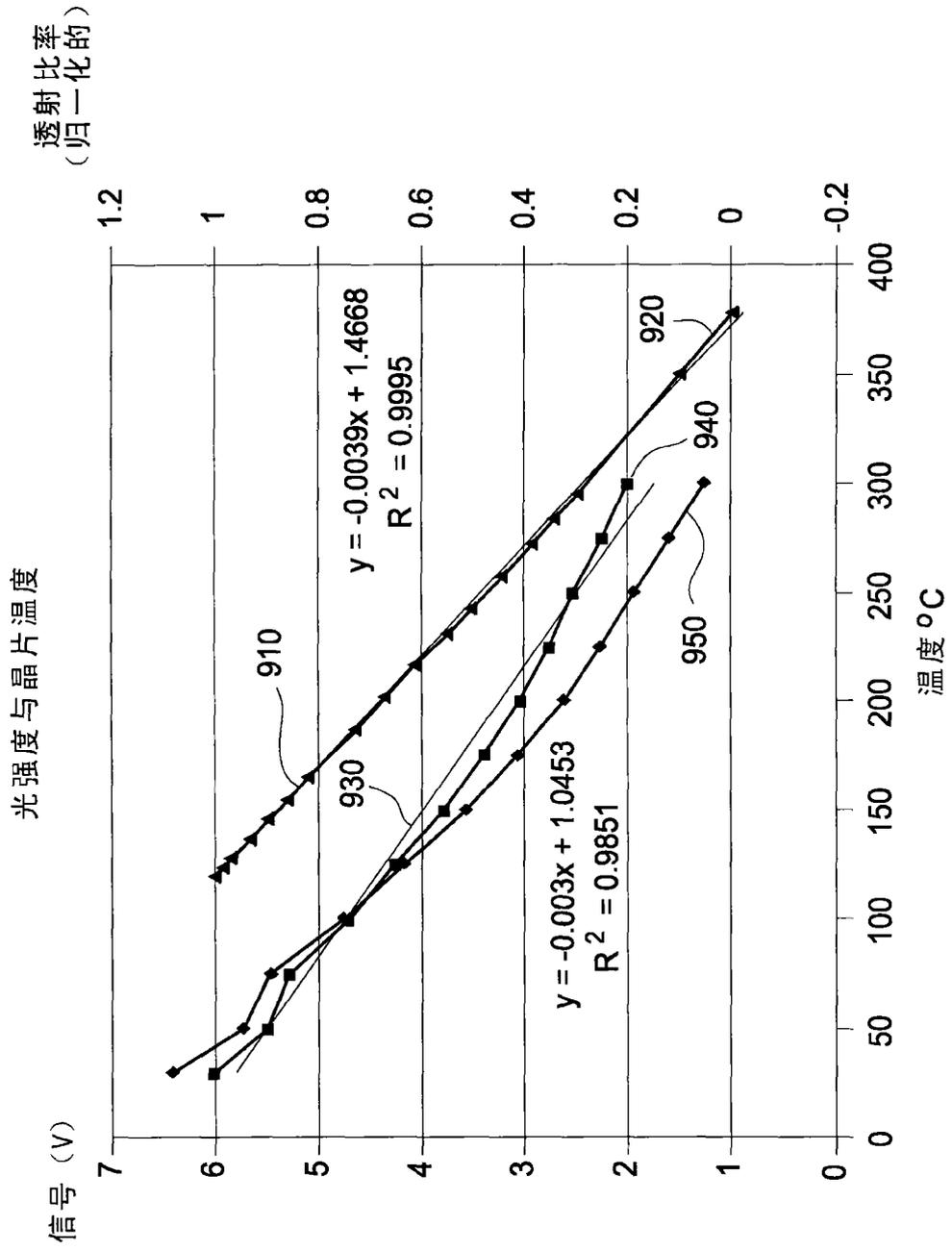


图 9

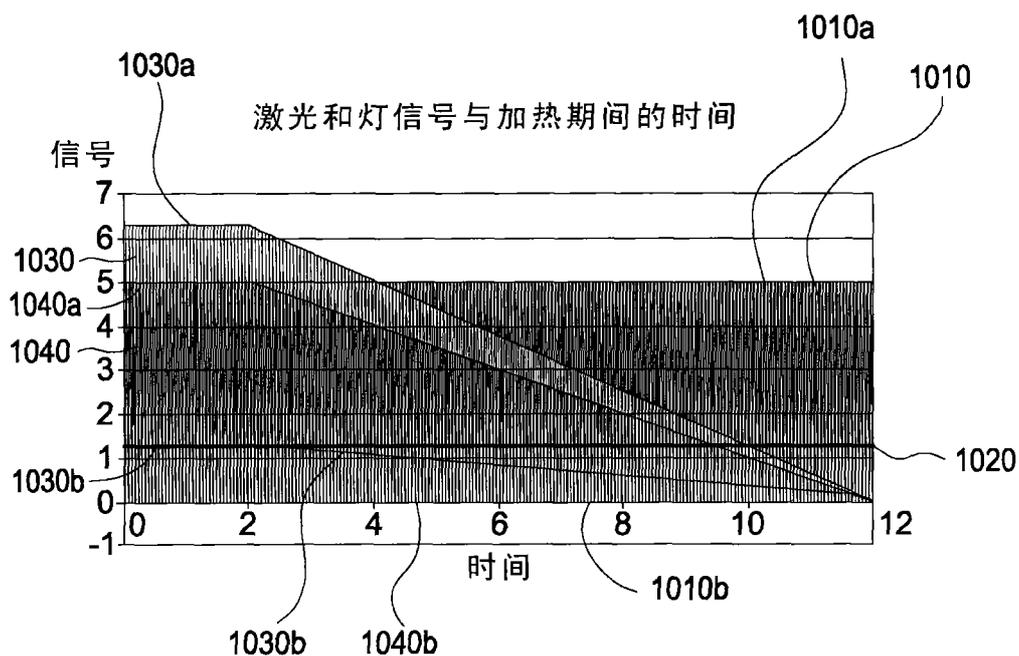


图 10

采样率						
20	Hz					
样本	分辨率 (5)	分辨率 (10)	分辨率 (15)	分辨率 (20)	分辨率 (25)	分辨率 (30)
1	2.95	1.475	0.983333333	0.7375	0.59	0.491666667
2	5.9	2.95	1.966666667	1.475	1.18	0.983333333
4	11.8	5.9	3.933333333	2.95	2.36	1.966666667
6	17.7	8.85	5.9	4.425	3.54	2.95
8	23.6	11.8	7.866666667	5.9	4.72	3.933333333
10	29.5	14.75	9.833333333	7.375	5.9	4.916666667
50	147.5	73.75	49.16666667	36.875	29.5	24.58333333
100	295	147.5	98.33333333	73.75	59	49.16666667

图 11