

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910118232.6

[51] Int. Cl.

H01L 21/66 (2006.01)

G01K 7/02 (2006.01)

H01L 21/00 (2006.01)

H01L 21/02 (2006.01)

H01L 21/324 (2006.01)

[43] 公开日 2009年9月9日

[11] 公开号 CN 101527274A

[22] 申请日 2009.3.3

[21] 申请号 200910118232.6

[30] 优先权

[32] 2008.3.3 [33] JP [31] 2008-051931

[71] 申请人 佳能安内华股份有限公司

地址 日本神奈川

[72] 发明人 山本武

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利  
商标事务所  
代理人 魏小薇

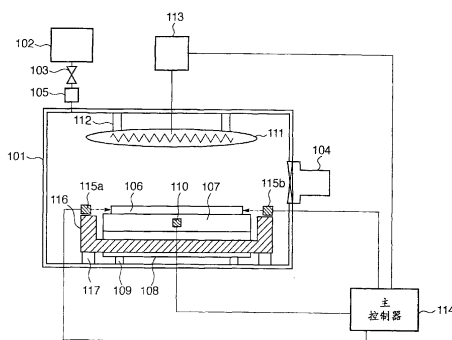
权利要求书4页 说明书15页 附图9页

## [54] 发明名称

基板表面温度测量方法、基板处理设备、半导体器件制造方法

## [57] 摘要

本发明涉及一种基板表面温度测量方法，使用该方法的基板处理设备，和半导体器件制造方法。使用观测基板(106)的边缘表面的观测器(115a, 115b)测量基板(106)的膨胀量。使用基板(106)的膨胀量计算基板(106)的中间平面的温度。使用热通量传感器(110)测量基板(106)中的热通量。从测量的基板(106)的热通量和基板(106)的热阻，计算基板(106)的中间平面与上表面之间的温度差。使用所述温度差和基板(106)的中间平面的温度，获得基板(106)的表面的温度。



1. 一种基板表面温度测量方法，包括：

测量步骤，测量基板的膨胀量；以及

表面温度计算步骤，使用所述基板的膨胀量计算所述基板的中间平面的温度，从所述基板的热通量和热阻计算所述基板的所述中间平面与一个表面之间的温度差，并且使用所述温度差和所述基板的所述中间平面的温度获得所述基板的所述表面的温度。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，在所述表面温度计算步骤中，基于所述膨胀量、被预先测量的所述基板的初始长度、测量所述初始长度时的温度、以及所述基板的线膨胀系数，计算所述基板的所述中间平面的温度。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，在所述测量步骤中，从所述基板的自其上的多个基准点的位移量测量所述基板的膨胀量。

4. 根据权利要求 3 所述的方法，其中，所述位移量由多个传感器测量。

5. 根据权利要求 4 所述的方法，其中，所述传感器包括非接触式传感器。

6. 根据权利要求 4 所述的方法，其中，所述多个传感器固定在一个支撑体上。

7. 根据权利要求 6 所述的方法，其中，在所述测量步骤中，通过测量所述支撑体的温度来计算所述支撑体的膨胀量，并且使用所述支撑体的所述膨胀量校正由所述传感器检测的位移量。

8. 根据权利要求 6 所述的方法，其中，制冷剂在所述支撑体内循环。

9. 根据权利要求 3 所述的方法，其中，所述基板的自其上的多个基准点的位移量是通过观测所述基板的边缘表面获得的。

10. 根据权利要求 3 所述的方法，其中，在所述测量步骤中，所述基板的自其上的多个基准点的位移量是通过观测所述基板上的标记

获得的。

11. 根据权利要求1所述的方法，其中，在所述表面温度计算步骤中，所述基板中的热通量是通过测量支撑所述基板的基板支撑体的热通量获得的。

12. 根据权利要求1所述的方法，其中，当支撑所述基板的支撑体具有加热所述基板的加热器时，在所述表面温度计算步骤中，具有所述加热器的所述基板支撑体被绝热材料覆盖，并且从提供给所述加热器的能量计算所述基板中的热通量。

13. 一种基板处理设备，包括：

加热部件，用于加热基板；

控制部件，用于控制所述加热部件；

膨胀量测量部件，用于测量基板的膨胀量；以及

热通量测量部件，用于测量基板中的热通量，

其中所述控制部件使用所述膨胀量测量部件测量的膨胀量计算基板的中间平面的温度，从所述热通量测量部件测量的热通量和热阻计算基板的中间平面与上表面之间的温度差，使用所述温度差和基板的中间平面的温度获得基板的上表面的温度，并且基于上表面的温度控制所述加热部件。

14. 一种基板处理设备，包括：

基板支撑体，用于支撑基板；

基板加热部件，该基板加热部件被提供给所述基板支撑体；

绝热部件，用于覆盖所述基板支撑体；

控制部件，用于控制所述基板加热部件；以及

膨胀量测量部件，用于测量基板的膨胀量，

其中所述控制部件

使用所述膨胀量测量部件测量的膨胀量计算基板的中间平面的温度，

从被提供给所述加热部件的能量计算基板中的热通量，

从所述计算出的热通量和热阻计算基板的中间平面与上表面之

间的温度差，使用所述温度差和基板的中间平面的温度获得基板的上表面的温度，并且基于所述上表面的温度控制所述加热部件。

15. 根据权利要求 13 所述的设备，其中，所述控制部件基于所述膨胀量、被预先测量的所述基板的初始长度、测量所述初始长度时的温度、以及所述基板的线膨胀系数，计算所述基板的所述中间平面的温度。

16. 根据权利要求 14 所述的设备，其中，所述控制部件基于所述膨胀量、被预先测量的所述基板的初始长度、测量所述初始长度时的温度、以及所述基板的线膨胀系数，计算所述基板的所述中间平面的温度。

17. 根据权利要求 13 所述的设备，其中，所述膨胀量测量部件从所述基板的自其上的多个基准点的位移量测量所述基板的膨胀量。

18. 根据权利要求 14 所述的设备，其中，所述膨胀量测量部件从所述基板的自其上的多个基准点的位移量测量所述基板的膨胀量。

19. 根据权利要求 17 所述的设备，其中，所述膨胀量测量部件包括测量所述位移量的多个传感器。

20. 根据权利要求 18 所述的设备，其中，所述膨胀量测量部件包括测量所述位移量的多个传感器。

21. 根据权利要求 19 所述的设备，其中，所述传感器包括非接触式传感器。

22. 根据权利要求 20 所述的设备，其中，所述传感器包括非接触式传感器。

23. 根据权利要求 19 所述的设备，其中，所述多个传感器固定在一个支撑体上。

24. 根据权利要求 20 所述的设备，其中，所述多个传感器固定在一个支撑体上。

25. 根据权利要求 23 所述的设备，进一步包括用于测量所述支撑体的温度的支撑体温度检测部件，

其中，所述控制部件使用检测到的所述支撑体的温度计算所述支

撑体的膨胀量，以及使用所述支撑体的膨胀量校正所述传感器检测到的位移量。

26. 根据权利要求 24 所述的设备，进一步包括用于测量所述支撑体的温度的支撑体温度检测部件，

其中，所述控制部件使用检测到的所述支撑体的温度计算所述支撑体的膨胀量，以及使用所述支撑体的膨胀量校正所述传感器检测到的位移量。

27. 根据权利要求 23 所述的设备，进一步包括用于使制冷剂在所述支撑体内循环的部件。

28. 根据权利要求 24 所述的设备，进一步包括用于使制冷剂在所述支撑体内循环的部件。

29. 根据权利要求 19 所述的设备，其中，所述膨胀量测量部件通过观测所述基板的边缘表面获得所述基板的自其上的多个基准点的位移量。

30. 根据权利要求 20 所述的设备，其中，所述膨胀量测量部件通过观测所述基板的边缘表面获得所述基板的自其上的多个基准点的位移量。

31. 根据权利要求 19 所述的设备，其中，所述膨胀量测量部件通过观测所述基板上的标记获得所述基板的自其上的多个基准点的位移量。

32. 根据权利要求 20 所述的设备，其中，所述膨胀量测量部件通过观测所述基板上的标记获得所述基板的自其上的多个基准点的位移量。

33. 根据权利要求 13 所述的设备，进一步包括热通量检测部件，所述热通量检测部件用于通过测量支撑所述基板的基板支撑体的热通量，测量所述基板中的热通量。

34. 一种半导体器件制造方法，包括使用根据权利要求 1 所述的基板表面温度测量方法测量基板的表面温度的步骤。

## 基板表面温度测量方法、基板处理设备、 半导体器件制造方法

### 技术领域

本发明涉及在制造电子器件诸如半导体集成电路和显示器件电子源的过程中加热和冷却基板的设备中的一种原地测量基板表面温度的基板表面温度测量方法、一种使用此方法的基板处理设备、和一种半导体器件制造方法。

### 背景技术

半导体集成电路制造过程包括各种类型的退火过程，诸如光刻中的烘烤、膜形成和灰化。在这样一种退火过程中，常规上使用被布置成与目标基板相对的卤素灯或者被包含到支撑目标基板的支撑体中的加热器，加热该目标基板。

在此情况下，辐射温度计被布置在横跨目标基板与卤素灯相对的一侧上，并且在与目标基板不接触的状态下测量目标基板的温度。基于测量结果调整卤素灯的光量，从而控制目标基板的加热温度。

关于基板表面温度的测量，热通量计和温度传感器被布置在目标基板的下表面附近，并且使用从它们的位置到基板上表面的热阻来测量表面温度（见日本专利特开第 2002-170775 号）。

作为替换方案，在用作用于目标基板的真空处理室的室的壁的一部分中形成窗。使用辐射温度计在该室的壁的外部测量目标基板的表面温度（见日本专利特开第 60-253939 号）。

作为替换方案，使接触式传感器诸如热电偶与基板的表面直接接触，并且测量表面温度。

作为替换方案，在基板的侧面上设置接触式距离传感器。通过测量基板的膨胀量获得基板的平均温度，并且使用获得的平均温度作为

表面温度（见日本专利特开第 7-27634 号）。

用于温度测量的辐射温度计是有利的，因为其可通过使用传感器诸如热电堆测量从对象表面辐射出的具有波长分布的光，在与对象不接触的状态下测量对象的表面温度。

但是，当使用辐射温度计测量基板表面时，辐射率依赖于基板的组分和表面状态而改变。为了精确测量基板的表面温度，必须针对基板的每种组分和每种表面状态校准获得的温度。当用于观测基板的观测窗被膜形成气体污染时，在测量中可能出现误差。另外，由于辐射温度计本身昂贵，因而其增加了基板处理设备本身的成本。

特别地，当在膜形成设备中使用辐射温度计时，必须根据不断变化的膜形成状态的变化而改变校准参数。但是，精确地获得形成期间的膜厚度以及膜组分是非常困难的。因此，难以正确地设定校准参数。

现在将参照图 9 描述采用辐射温度计的现有技术。

参照图 9，标号 101 指示真空容器；102 指示提供作为膜形成材料的气体的源气体供给装置；103 指示阀；104 指示真空泵；105 指示调整源气体的浓度的流量控制器；106 指示作为处理目标的基板。标号 107 指示将基板 106 固定于预定位置的静电卡盘；108 指示抑制静电卡盘 107 的变形的基板台架；109 指示将基板台架 108 连接到真空容器 101 的附连构件。标号 111 指示使用辐射热加热基板 106 的表面的卤素加热器；112 指示将加热器 111 连接到真空容器 101 的附连构件；113 指示卤素加热器控制器。另外，标号 301 指示被设置在真空容器 101 外部的辐射温度计；302 指示透射来自基板 106 的辐射的引出窗。辐射温度计 301 可测量通过引出窗 302 透射的辐射。

当这样使用辐射温度计时，一般来说，即使基板 106 的表面温度保持相同，辐射温度计 301 测量到的辐射量也根据在基板 106 的表面上形成的膜的组分的变化而改变。

引出窗 302 的内侧不断地被源气体污染，并且需要清洁。因此，必须根据引出窗 302 的透光率校正测量到的辐射量。

通过引出窗 302 透射的射束包括来自基板 106 的辐射以及被真空

容器 101 的壁反射的光。另外，来自卤素加热器 111 的光可被基板 106 直接反射，以杂散光的形式到达引出窗 302，并且透射通过引出窗 302。应对此问题的对策也是必需的。

以这种方式，尽管使用辐射温度计的测量由于允许不接触的观测而是有利的，但是精度可能由于各种测量误差而降低，并且辐射温度计本身昂贵。

作为另一种技术，通过从基板的膨胀量进行转换来获得基板温度的方法也是可用的。通过此方法，可计算基板的平均温度。但是，如果基板中存在温度分布，则平均温度与基板的表面温度之间的温度差增大，从而增大误差。

现在将参照图 10 描述通过从基板的膨胀量进行转换来获得基板温度的常规技术。

参照图 10，标号 401 指示灯；402 指示基板；403 指示可移动石英销；404 指示光学测微器；405 指示支撑销。标号 406 指示处理室；407 指示灯功率控制单元；408 指示位移/温度转换器；409 指示工艺处方（process recipe）。图 10 为基板表面的平面视图。

在图 10 的设备中，灯 401 发出的光加热被置于处理室 406 中的基板 402。当基板 402 被加热时，基板 402 膨胀。由于支撑销 405 限制基板 402 的一侧，所以基板 402 的膨胀量表现为被提供给基板 402 的可移动石英销 403 的移动量本身。通过使用光学测微器 404 读取可移动石英销 403 的移动量来计算基板 402 的膨胀量。在接收到计算出的膨胀量时，位移/温度转换器 408 计算基板 402 的温度，并且将该温度发送给灯功率控制单元 407。灯功率控制单元 407 通过参考接收到的基板温度和工艺处方 409 来控制灯 401。

但是，由于可移动石英销 403 与基板 402 接触，所以基板 402 的热漂移至可移动石英销 403 并且加热该可移动石英销 403，因此，可移动石英销 403 本身膨胀。结果，面对光学测微器 404 的可移动石英销 403 的表面的移动量不同于没有与可移动石英销 403 接触的基板 402 的端面的移动量。这导致温度测量中出现误差。



当基板 402 中存在温度分布时，可从基板的膨胀量计算出的是整个基板的平均温度，而不能总是测量出基板的表面温度。例如，如图 10 所示，当使用灯从上表面侧加热基板 402 时，热漂移至基板 402 的下表面。

作为替换方案，当使用灯从下表面侧加热基板 402 时，热漂移至基板 402 的上表面侧。因此，基板 402 的上表面和下表面之间发生温度差。因而，仅从基板的膨胀量难以精确地测量基板的表面温度。

作为另一种技术，通过使接触式传感器诸如热电偶与基板直接接触来进行测量的方法可被使用。当以种方式使该传感器与基板表面接触时，或者当基板由于基板中的温度变化而膨胀时，难以保持传感器与基板的接触状态。另外，当热电偶本身被加热器加热时，可能出现误差。由于在基板的与传感器接触的部分上没有形成膜，因此基板被部分地浪费了。

### 发明内容

本发明的一个目的是提供一种可解决上述问题之一的表面温度测量方法，和一种利用此方法的基板处理设备。本发明的另一个目的是改善基板表面温度的测量精度。

根据本发明的一个方面，提供了一种基板表面温度测量方法，包括：

测量步骤，测量基板的膨胀量；以及

表面温度计算步骤，使用基板的膨胀量计算基板的中间平面的温度，从基板的热通量和热阻计算基板的中间平面与上表面之间的温度差，并且使用该温度差和该基板的中间平面的温度获得基板上表面的温度。

根据本发明的另一个方面，提供了一种基板处理设备，包括：

加热部件，用于加热基板；

控制部件，用于控制该加热部件；

膨胀量测量部件，用于测量基板的膨胀量；以及

热通量测量部件，用于测量基板中的热通量，

其中该控制部件使用该膨胀量测量部件测量的膨胀量计算基板的中间平面的温度，从该热通量测量部件测量的热通量和热阻计算基板的中间平面与上表面之间的温度差，使用该温度差和该基板的中间平面的温度获得基板的上表面的温度，并且基于该上表面的温度控制该加热部件。

根据本发明的再一个方面，提供了一种基板处理设备，包括：

基板支撑体，支撑基板；

基板加热部件，该基板加热部件被提供给该基板支撑体；

绝热部件，用于覆盖该基板支撑体；

控制部件，用于控制该基板加热部件；以及

膨胀量测量部件，用于测量基板的膨胀量，

其中该控制部件

使用该膨胀量测量部件测量的膨胀量计算基板的中间平面的温度，

从被提供给该加热部件的能量计算基板中的热通量，

从该计算出的热通量和热阻计算基板的中间平面与上表面之间的温度差，使用该温度差和该基板的中间平面的温度获得基板的上表面的温度，并且基于该上表面的温度控制该加热部件。

根据本发明的又一个方面，提供了一种半导体器件制造方法，包括使用根据本发明的一个方面的基板表面温度测量方法测量基板的表面温度的步骤。

根据本发明，可改善基板表面温度的测量精度。

本发明的其它特征将从下文参照附图对示例性实施例的描述中变得清晰。

#### 附图说明

图 1 是示意性示出根据本发明的第一实施例的设备的布置的视图；

图 2 是用于说明根据第一实施例如何获得基板的表面温度的视图；

图 3 是用于说明基板中的温度梯度的曲线图；

图 4 是示出本发明的设备中使用的热通量传感器的布置的示意图；

图 5 是示意性示出根据本发明的第二实施例的设备的布置的视图；

图 6 是示意性示出根据本发明的第三实施例的设备的布置的视图；

图 7 是用于示意性地说明在第三实施例中通过对准用观测器观测在基板上形成的对准标记时的所述对准标记的视图；

图 8 是示意性示出根据本发明的第四实施例的设备的布置的视图；

图 9 是示意性示出背景技术的第一设备的布置的视图；并且

图 10 是示意性示出背景技术的第二设备的布置的视图。

### 具体实施方式

在本发明中，使用基板的膨胀量、流过该基板的热通量以及基板的热阻来测量基板的表面温度。在此说明书中，基板的上表面指的是经受诸如膜形成之类的处理的表面，基板的下表面指的是在与该上表面相反的一侧的表面，并且基板的边缘表面指的是基板的除该上表面和下表面外的任何其它表面。

可通过使用非接触式传感器例如使用光的距离测量传感器检测基板的边缘表面，或者通过使用具有标记图像识别功能的对准观测器（scope）检测在基板上形成的标记，来测量基板的膨胀量。

此时，当要在其上放置对准标记的观测器台架的膨胀影响测量精度时，可预先获得观测器台架的线膨胀系数，并且每当必要时可测量温度，从而消除观测器台架的膨胀的影响。

在此情况下，在目标基板的处理期间目标基板的线膨胀系数几乎

不改变是重要的。一般来说，基板具有约 1mm 的厚度，而在基板上形成的层的厚度则小至约几  $\mu\text{m}$ 。即使当整个基板的线膨胀系数用层以外的基板的线膨胀系数代替时，误差也非常小。

因此，可从基板的膨胀量和线膨胀系数计算基板的平均温度。另外，基板的线膨胀系数由基板的物理特性确定，这在获得绝对温度方面是非常方便的。但是，当基板中存在热通量以形成温度分布时，仅仅这一点并不能够实现基板的表面温度的计算。为此，通过测量形成基板中的温度分布的热通量来计算基板中的温度梯度。当从基板的边缘部分耗散的热量小得可忽略不计时，基板中的温度梯度可被认为是恒定的。因此，基板的平均温度与基板的中间平面的温度一致。本发明旨在通过利用这一事实，通过从基板的膨胀量获得的基板的平均温度（即，基板的中间平面的温度）与从热通量计算的温度梯度（即，基板的中间平面和上表面之间的相对温度差）的相加和相减，确定基板表面的绝对温度。

此时，可使用卤素加热器等从基板的上表面侧加热基板，或者使用加热器从基板的下表面加热基板。由于基板总体上形成薄板，因此从基板的边缘表面的散热可忽略不计。因此，在任何情况下，流过基板的热通量可被近似地看作等于流过支撑基板的台架的或者流过静电卡盘的热通量。

以这种方式，可从被测量的热通量的幅值和基板的热阻计算基板中的温度分布（温度梯度）。可通过该温度梯度与从膨胀量计算出的基板的平均温度的相加或相减，获得基板的表面温度。

应指出，基板的“中间平面”指的是与基板的上表面和下表面相距相等距离的虚拟平面。

现在将参照附图描述本发明的多个实施例。

#### [第一实施例]

图 1 示意性示出根据本发明的第一实施例的热 CVD 设备的布置。被用作此实施例的热 CVD 设备的基板处理设备包括真空容器 101，并且在该真空容器 101 中的基板 106 上形成膜。源气体供给装置

102 和真空泵 104 被提供给真空容器 101。源气体供给装置 102 将作为膜的源的气体供给真空容器 101。源气体的供给路径具有阀 103 和流控制器 105，该流控制器 105 调整源气体的浓度。

真空容器 101 在其内部底部具有静电卡盘 107 和基板台架 108。静电卡盘 107 将基板 106 固定在预定位置。基板台架 108 抑制静电卡盘 107 的变形。基板台架 108 通过附连构件 109 连接到真空容器 101。基板台架 108 由足够刚性的构件形成。因此，即使真空容器 101 由于热或真空度的改变而变形，该变形将不会影响静电卡盘 107。利用弹簧弹性的结构被插置于基板台架 108 和附连构件 109 之间。

加热基板 106 的卤素加热器 111 位于与基板 106 的表面相对的、真空容器 101 的内部顶部的部分处。卤素加热器 111 通过附连构件 112 连接到真空容器 101。加热器控制器 113 控制卤素加热器 111 的温度和将提供的热量。加热器控制器 113 连接到主控制器 114。

静电卡盘 107 具有热通量传感器 110，该热通量传感器 110 用作检测在垂直于基板表面的方向上在静电卡盘 107 中漂移的热通量的热通量检测部件。用作距离测量传感器的观测器 115a 和 115b 被设置于分别面对基板 106 的相对边缘表面的部分。观测器 115a 和 115b 观测基板 106 的边缘位置，并且测量到边缘表面的距离。热通量传感器 110 以及观测器 115a 和 115b 都连接到主控制器 114，并且将它们的测量信息告知主控制器 114。

各个观测器 115a 和 115b 固定在观测器台架（支撑体）116 上。观测器台架 116 通过附连构件 117 连接到真空容器 101。观测器台架 116 由足够刚性的构件形成，从而真空容器 101 的形状的变形将不会影响该观测器台架 116。利用弹簧弹性的结构被插置于观测器台架 116 和附连构件 117 之间。

现在将参照图 2 更详细地描述测量基板 106 的表面温度的方法。图 2 包括图 1 的设备的主要部分以及下文描述中所必需的变量。

Oa、Ob、Lscp、Xa、Xb 和 Lwaf 被如下地定义。即，Oa 和 Ob 代表观测器位置基准；Lscp 代表观测器 115a 和 115b 的位置基准之间

的距离； $X_a$  和  $X_b$  代表分别由对应的观测器 115a 和 115b 测量的基板 106 的边缘表面的位移量（相对于作为原点（基准点）的观测器位置基准  $O_a$  和  $O_b$  从基板向外的方向被确定为正方向）；并且  $L_{waf}$  代表基板长度。

此时，通过使用观测器位置基准之间的距离  $L_{scp}$  和两个观测器测量值  $X_a$  和  $X_b$ ，基板长度  $L_{waf}$  可被如下地表示：

$$L_{waf} = L_{scp} + X_a + X_b \quad \dots (1)$$

并且，变量  $T_{0w}$ 、 $L_{waf0}$ 、 $T_{waf}$  和  $\rho_{waf}$  被如下定义。即，

$T_{0w}$ : 测量基板基准长度时的温度

$L_{waf0}$ : 在温度  $T_{0w}$  下的基板长度  $L_{waf}$

$T_{waf}$ : 平均基板温度

$\rho_{waf}$ : 基板 106 的线膨胀系数

此时，基板长度  $L_{waf}$  也可类似地表示为：

$$L_{waf} = L_{waf0} * (1 + \rho_{waf} * (T_{waf} - T_{0w})) \quad \dots (2)$$

因此，由上述等式 (1) 和 (2)，基板平均温度  $T_{waf}$  可被表示为：

$$T_{waf} = ((L_{scp} + X_a + X_b) / L_{waf0} - 1) / \rho_{waf} + T_{0w} \quad \dots (3)$$

参照图 2 和 3，应注意，

$J_{st}$ : 流过静电卡盘 107 的热通量 [ $W/cm^2$ ]

$J_{waf}$ : 流过基板 106 的热通量 [ $W/cm^2$ ]（对于  $J_{st}$  和  $J_{waf}$  两者，从基板的上表面到基板的下表面的方向被定义为正方向）

$T_b$ : 基板的下表面（在基板台架 108 侧的表面）的温度

$T_c$ : 基板的中间平面的温度

$T_t$ : 基板的上表面的温度

在图 2 中，加热器 111 提供的热的一部分从基板 106 通过静电卡盘 107 耗散。此时，流过静电卡盘 107 的热通量  $J_{st}$  可由热通量传感器 110 测量。由于基板 106 被静电卡盘 107 卡夹住，所以流过基板 106 的热通量  $J_{waf}$  可由测量的热通量  $J_{st}$  代替。

关于上述的热流动，根据流过基板 106 的热通量  $J_{waf}$  在基板 106

中形成温度梯度。但是，基板 106 中的热通量可被认为在基板的厚度方向上的所有位置处几乎是恒定的。因此，从基板的上表面到基板的下表面形成线性温度梯度。如图 3 所示，该温度梯度可被认为是恒定的。然后，基板平均温度  $T_{waf}$  等于基板的中间平面的温度  $T_c$ 。

因而，

$$T_c = T_{waf} \quad \dots (4)$$

另外，基板的中间平面与上表面之间的温度差由以下给出：

$$T_t - T_c = J_{waf} * R \quad \dots (5)$$

其中， $R$  为从基板的中间平面到基板的上表面的热阻 [ $K \cdot cm^2 / W$ ]。

因此，使用上式 (1)、(2)、(3) 和 (4)，基板上表面温度  $T_t$  可被如下地计算：

$$\begin{aligned} T_t &= T_c + J_{waf} * R \\ &= T_{waf} + J_{waf} * R \\ &= ( (L_{scp} + X_a + X_b) / L_{waf0} - 1 ) / \rho_{waf} + T_{0w} + J_{st} * R \\ &\quad \dots (6) \end{aligned}$$

下文将参照图 1 的设备对此进行描述。在处理基板的同时，通过观测器 115a 和 115b 获得指示基板 106 的膨胀量的测量值  $X_a$  和  $X_b$ 。主控制器 114 被告知所述测量值  $X_a$  和  $X_b$ 。基于该膨胀量、被预先测量的基板 106 的初始长度（基板基准长度  $L_{waf0}$ ）、测量  $L_{waf0}$  时的温度  $T_{0w}$ ，和基板 106 的线膨胀系数  $\rho_{waf}$ ，主控制器 114 计算基板 106 的中间平面的温度  $T_c$ （基板平均温度  $T_{waf}$ ）（见等式 (3) 和 (4)）。由于基板基准长度  $L_{waf0}$ 、温度  $T_{0w}$  和线膨胀系数  $\rho_{waf}$  为固定参数，因此它们需要在处理基板之前被预先存储在主控制器 114 中。

与  $T_c$  计算步骤同时地，热通量传感器 110 测量基板 106 中的热通量  $J_{waf}$ （由静电卡盘 107 中的热通量  $J_{st}$  代替）。主控制器 114 被告知热通量  $J_{st}$ 。基于测量的热通量  $J_{st}$  和被预先输入的基板 106 的热阻  $R$ ，主控制器 114 计算基板 106 的中间平面与上表面之间的温度差  $(T_t - T_c)$ （见等式 (5)）。关于基板 106 的热阻  $R$ ，如果基板是晶片产品等，则其热阻值是已知的。此值被预先存储在主控制器 114

中。

最后,使用计算出的基板 106 的中间平面的温度  $T_c$  以及基板 106 的中间平面与上表面之间的温度差 ( $T_t - T_c$ ), 主控制器 114 获得基板的表面温度  $T_t$ 。根据此测量结果调整卤素加热器 111 的热量。

这样,借助于此实施例的设备,可使用观测器 115a 和 115b 的测量值  $X_a$  和  $X_b$  以及热通量传感器 110 的测量值  $J_{st}$  计算出基板表面温度  $T_t$ 。

图 4 为示出热通量传感器 110 的实际示例的示意图。

热通量传感器如下地起作用。热电偶被分别置于具有热阻的热通量传感器的板状体的上表面和下表面上。测量当热通量流过该热电偶时发生的温度差 ( $T_1 - T_2$ ), 从而测量热通量的幅值。由热通量传感器表面上的热电偶测量的温度差 ( $T_1 - T_2$ ) 等于热通量 ( $W/cm^2$ ) 与热阻 ( $K \cdot cm^2/W$ ) 的乘积。如果热阻被预先获得, 则从该测量的温度差获得热通量。作为一种改善灵敏度的方案, 如图 4 所示, 热电偶在热通量传感器中串联连接。

#### [第二实施例]

图 5 示意性示出根据本发明的第二实施例的热 CVD 设备的布置。

此实施例的设备是通过在图 1 的布置中添加观测器台架温度传感器 118 得到的。观测器台架温度传感器 118 用作用于检测观测器台架 116 的温度的支撑体温度检测部件。另外, 添加了观测器台架温度控制管 119 和观测器台架温度控制器 120。观测器台架温度控制管 119 被铺设在观测器台架 116 中以调整观测器台架 116 的温度。观测器台架温度控制器 120 控制在管 119 中流动的制冷剂的循环。

当制冷剂在观测器台架温度控制管 119 中循环流动时, 观测器台架 116 中的温度不均匀性的减少可多于不具有观测器台架温度控制管 119 的观测器台架中的温度不均匀性的减少。因此, 可抑制观测器台架温度传感器 118 的测量误差。

观测器台架温度传感器 118 连接到主控制器 114, 并且将观测器台架 116 的温度告知主控制器 114。



在上述布置中，假设观测器台架 116 的温度由于与环境大气的热交换而改变，并且观测器台架 116 本身的长度改变。在此情况下，也可精确地计算基板 106 的长度  $L_{waf}$  和基板表面温度  $T_t$ 。下文将对此进行详细描述。

应注意

$T_{0s}$ : 测量观测器基准长度时的温度

$T_{scp}$ : 观测器台架温度传感器 118 测量的观测器台架温度

$L_{scp0}$ : 在温度  $T_{0s}$  下，观测器 115a 和 115b 各自的位置基准之间的距离  $L_{scp}$

$\rho_{scp}$ : 观测器台架 116 的线膨胀系数

然后，观测器位置基准之间的距离  $L_{scp}$  可被表示为：

$$L_{scp} = L_{scp0} * (1 + \rho_{scp} * (T_{scp} - T_{0s})) \quad \dots (7)$$

当等式 (7) 与上述等式 (6) 相结合时，基板表面温度  $T_t$  被如下地计算：

$$T_t = ( ( ( L_{scp0} * (1 + \rho_{scp} * (T_{scp} - T_{0s})) ) + X_a + X_b ) / L_{waf0} - 1 ) / \rho_{waf} + T_{0w} + J_{waf} * R \quad \dots (8)$$

以这种方式，借助于图 5 的设备，可使用观测器 115a 和 115b 各自的测量值  $X_a$  和  $X_b$ 、热通量传感器 110 的测量值  $J_{st}$  和观测器台架温度 ( $T_{scp}$ )，计算基板表面温度  $T_t$ 。

[第三实施例]

图 6 示意性示出根据本发明的第三实施例的热 CVD 设备的布置。在此实施例的描述中，与图 1 和 5 中所示的设备相同的构成组件被用相同标号指示，并且将省略重复描述。

在第三实施例中，在基板表面上方没有提供卤素加热器（见图 1 和 2 中的标号 111）。如图 6 所示，布置于基板台架 108 中的加热器 121 加热基板 106。加热器 121 连接到加热器控制器 122。加热器控制器 122 连接到主控制器 114。

基板 106 的上表面在多个部分具有对准标记 126。对准标记 126 的位置可由位于它们上方的对准观测器 123a 和 123b 检测。对准观测

器 123a 和 123b 附连到观测器台架 124 上。观测器台架 124 通过附连构件 125 连接到真空容器 101 的顶部。观测器台架温度控制管 119 铺设在观测器台架 124 中。观测器台架温度控制器 120 控制在控制管 119 中流动的制冷剂的循环。

图 7 示意性示出在基板 106 上形成的对准标记 126 如何被对准观测器 123a 和 123b 观测。对准观测器 123a 和 123b 可测量对准标记 126 的位移量。

应注意

Oa, Ob: 对准观测器位置基准

Xa, Xb: 分别由对准观测器 123a 和 123b 测量的对准标记 126 的位移量（相对于作为原点的对准观测器位置基准 Oa 和 Ob 从基板向外的方向被确定为正方向）

Lwaf: 对准标记 126 之间的距离

然后，当获得基板表面温度时，上述等式（1）至（6）可被以相同方式使用。

因此，使用等式（6），基板表面温度  $T_t$  被如下地计算：

$$T_t = \left( (L_{scp} + X_a + X_b) / L_{waf0} - 1 \right) / \rho_{waf} + T_{0w} + J_{st} * R \quad \dots (6)$$

在此实施例中，在基板 106 中，热在与第一和第二实施例中的方向相反的方向上漂移。因此，尽管图 2 中所示的热通量  $J_{st}$  和  $J_{waf}$  变为负的，等式（1）至（6）仍可被以相同方式使用。

[第四实施例]

图 8 示意性示出根据本发明的第四实施例的热 CVD 设备的布置。

在第四实施例中，在图 6 的布置中添加覆盖静电卡盘 107 和基板台架 108 的绝热材料 127。基板台架 108 用作基板支撑体，并且具有加热器 121。来自加热器 121 的热几乎全部流过基板 106。

借助于此布置，流过基板 106 的热通量  $J_{waf}$  变得足以等于提供给加热器 121 的能量。

因此，热通量  $J_{waf}$  可被表示为：

$$J_{waf} = P_w/S \quad \dots (9)$$

其中

$P_w$ : 提供给加热器 121 的能量[J/s]

$S$ : 基板 106 的面积[m<sup>2</sup>]

因此, 使用等式 (1) 至 (6) 以及 (9), 基板表面温度  $T_t$  被如下地计算:

$$T_t = ( (L_{scp} + X_a + X_b) / L_{waf0} - 1 ) / p_{waf} + T_{0w} + (P_w/S) * R \quad \dots (10)$$

从上式 (10) 中很明显, 因为其不需要热通量传感器 110, 所以此实施例是有利的, 热通量传感器 110 是图 6 中的设备所必需的。

此外, 参照上述多个实施例, 例如, 当使用玻璃作为基板的基材时, 线膨胀系数至少为约  $3E-6$ 。假设基板的长度为 1m, 如果可以约  $1\mu\text{m}$  的误差测量基板长度, 则在此测量下获得的温度的误差可小至约  $0.3^\circ\text{C}$ 。

当基板由玻璃制成时, 导热系数为约  $1\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。当基板的厚度为 2mm 时, 其热阻为约  $20\text{K}\cdot\text{cm}^2/\text{W}$ 。如果此时流过  $1\text{W}/\text{cm}^2$  的热通量, 则在基板的上表面与下表面之间发生 20K 的温度差, 并且在基板的中间平面与上表面之间发生 10K 的温度差。即使在此情况下, 仍可通过测量热通量来计算基板中的温度分布。

使用石英玻璃作为高温多晶硅 TFT 基板的材料。当基板由石英玻璃制成时, 导热系数为约  $1.4\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。当基板的厚度为 1mm 时, 其热阻为  $7\text{K}\cdot\text{cm}^2/\text{W}$ ; 当基板的厚度为 2mm 时, 其热阻为  $14\text{K}\cdot\text{cm}^2/\text{W}$ 。如果此时流过  $1\text{W}/\text{cm}^2$  的热通量, 则当基板厚度为 1mm 时, 在基板的上表面与下表面之间发生 7K 的温度差, 并且在基板的中间平面与上表面之间发生 3.5K 的温度差。类似地, 当基板厚度为 2mm 时, 在基板的上表面与下表面之间发生 14K 的温度差, 并且在基板的中间平面与上表面之间发生 7K 的温度差。

当基板由预期作为可弯曲 TFT 的材料的聚醚砜 (PES) 制成时, 导热系数为约  $0.18\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。当基板的厚度为 1mm 时, 其热阻为

56K·cm<sup>2</sup>/W; 当基板的厚度为 0.3mm 时, 其热阻为 17K·cm<sup>2</sup>/W。如果此时流过 1W/cm<sup>2</sup> 的热通量, 则当基板厚度为 1mm 时, 在基板的上表面与下表面之间发生 56K 的温度差, 并且在基板的中间平面与上表面之间出现 28K 的温度差。类似地, 当基板厚度为 0.3mm 时, 在基板的上表面与下表面之间发生 17K 的温度差, 并且在基板的中间平面与上表面之间出现 8.5K 的温度差。

热阻的值可由被表示为  $t/C$  的等式计算, 其中  $C$  为材料的导热系数 (W/cm·K),  $t$  为材料的厚度 (cm)。

如上所述, 当基于基板的膨胀量计算基板的平均温度, 以及基于基板中的热通量计算基板的中间平面与上表面之间的相对温度差时, 可精确地获得基板的表面温度。

如上所述, 根据本发明, 可非常精确地测量基板的表面温度, 而不会对工艺诸如本应与基板不接触地执行的膜形成造成不利影响。结果, 可改善该工艺的再现性和稳定性。这样有效地改善了形成的膜的品质和产量, 从而降低成本。

作为在本发明中被准备的以便以不接触的方式获得表面温度的非接触式传感器, 可使用利用普通激光器的距离测量传感器, 或具有便宜的图像处理器的对准观测器。因此, 与使用辐射温度计的情况相比, 该测量系统可以低得多的成本形成。

尽管已经参照示例性实施例描述了本发明, 但是应理解, 本发明并不局限于公开的示例性实施例。下文权利要求的范围应被最宽泛地解释以便包含所有这些变型以及等同结构和功能。

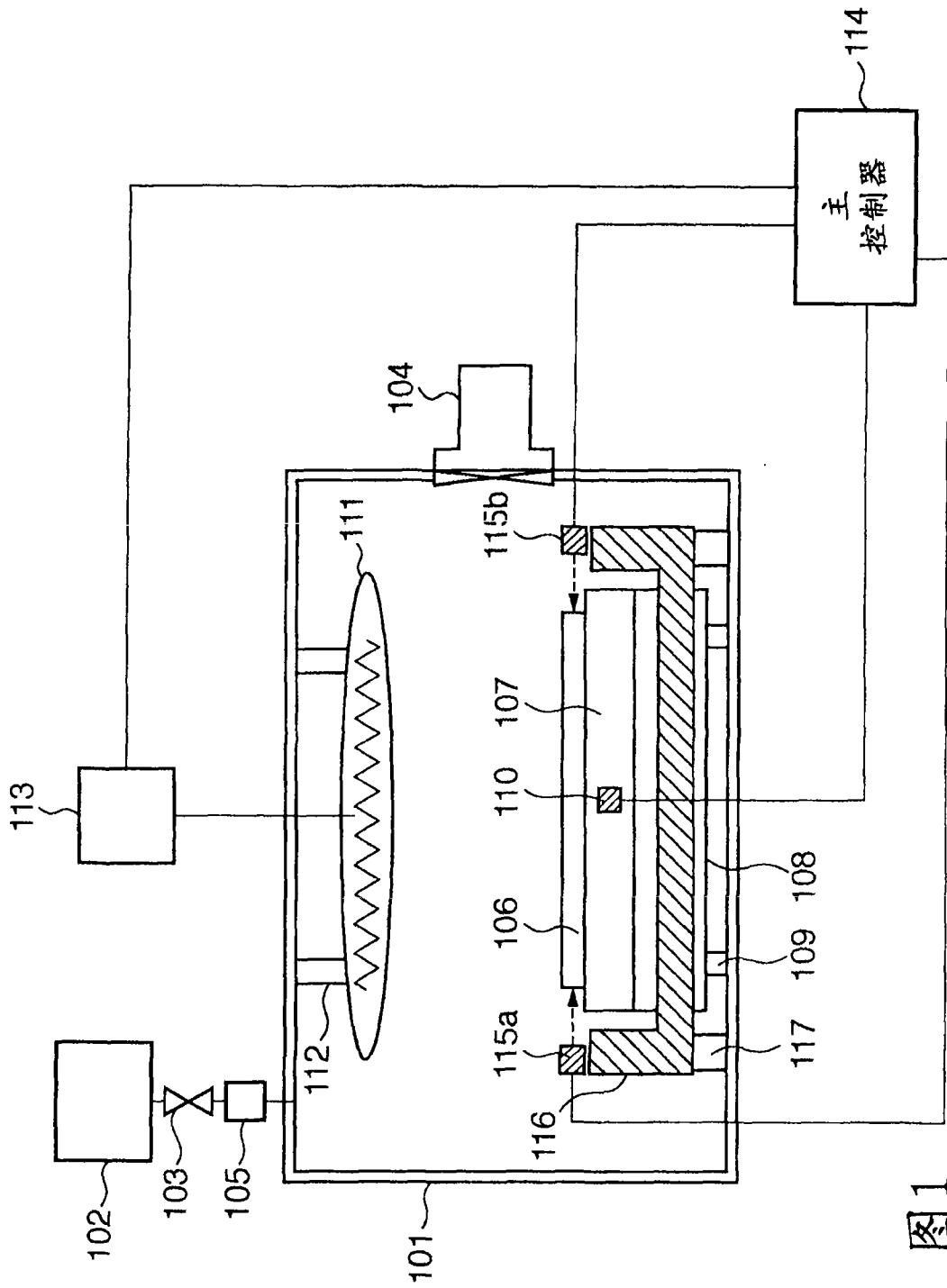


图1

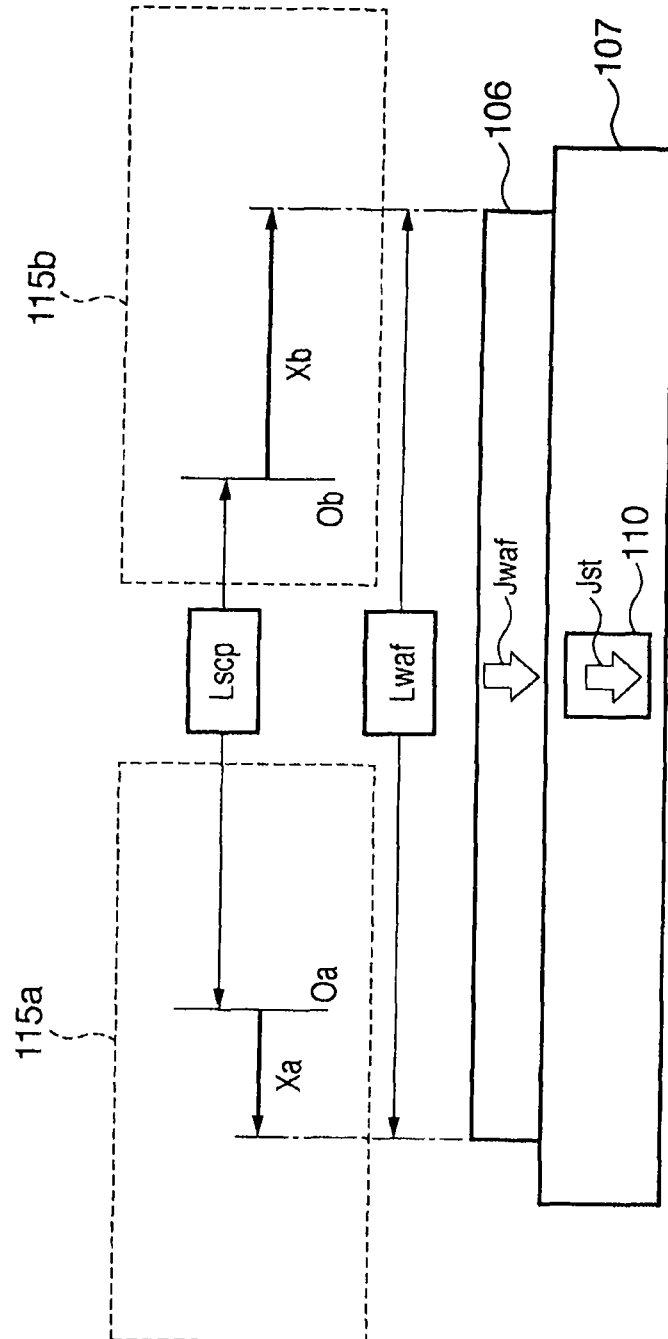


图2

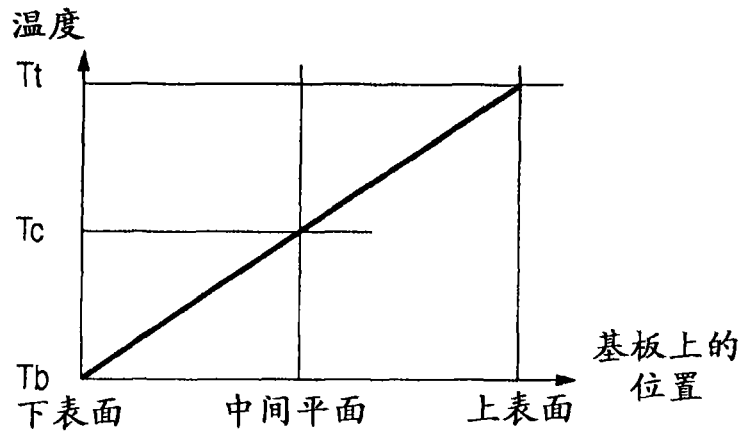


图3

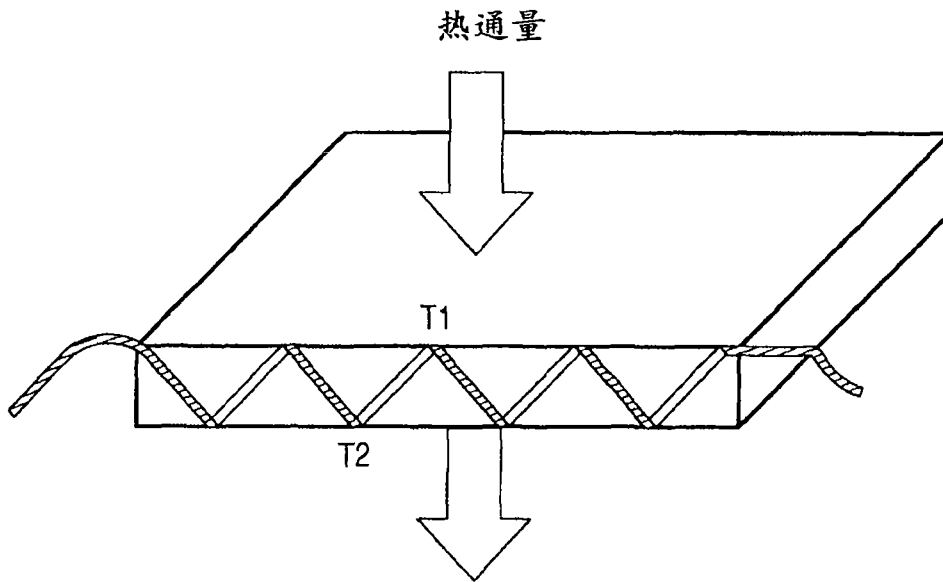


图4

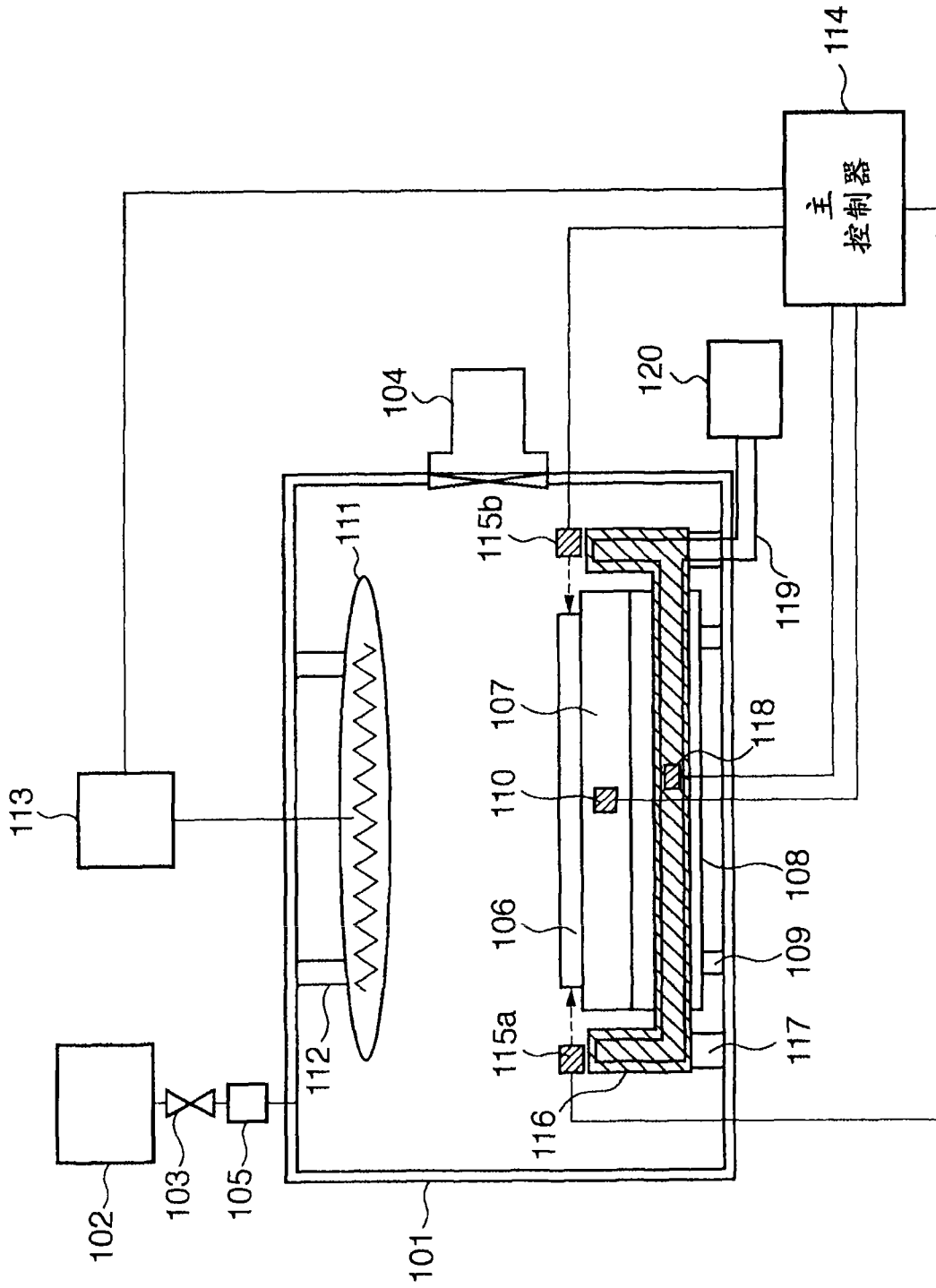


图5



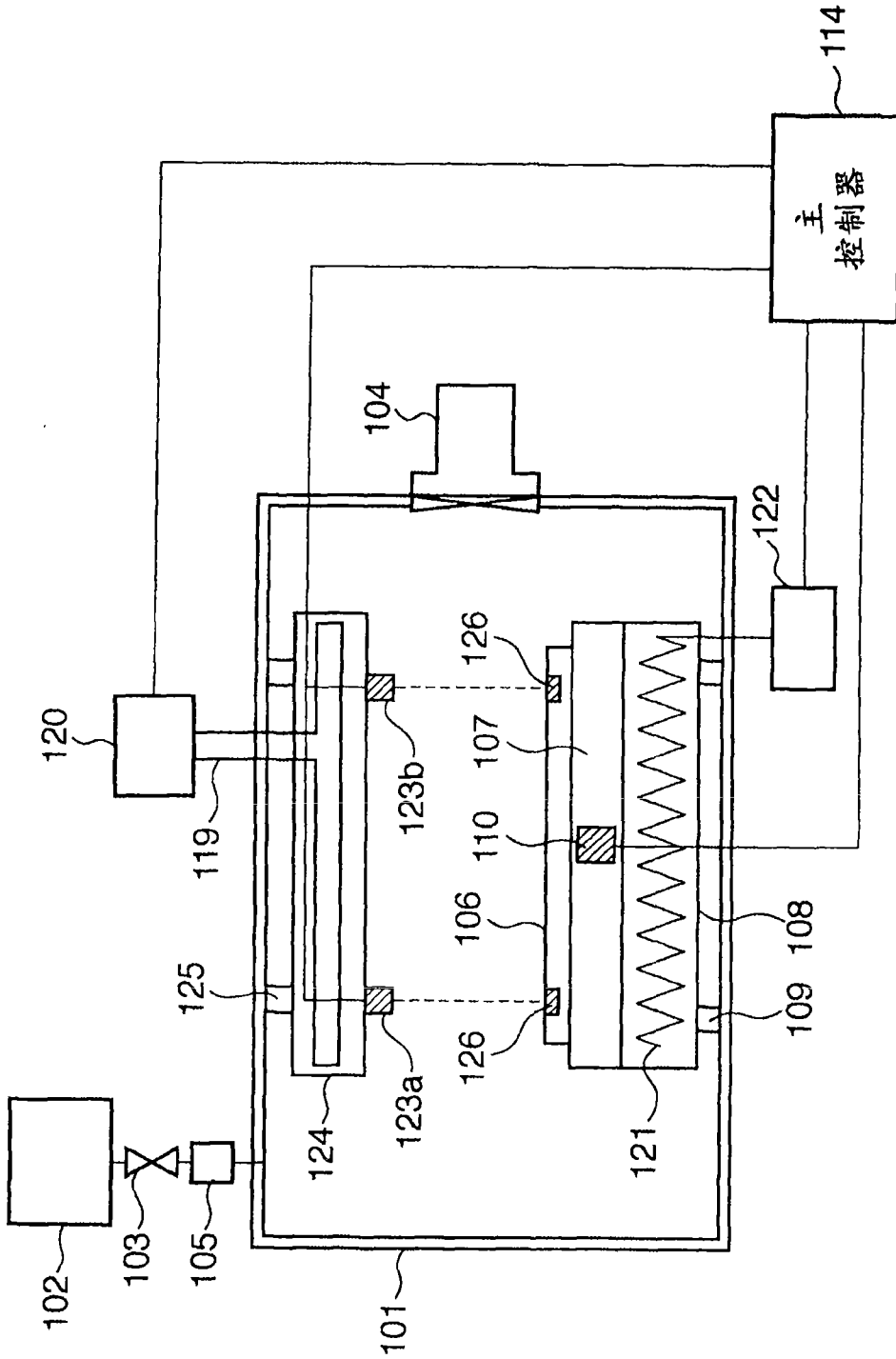


图6

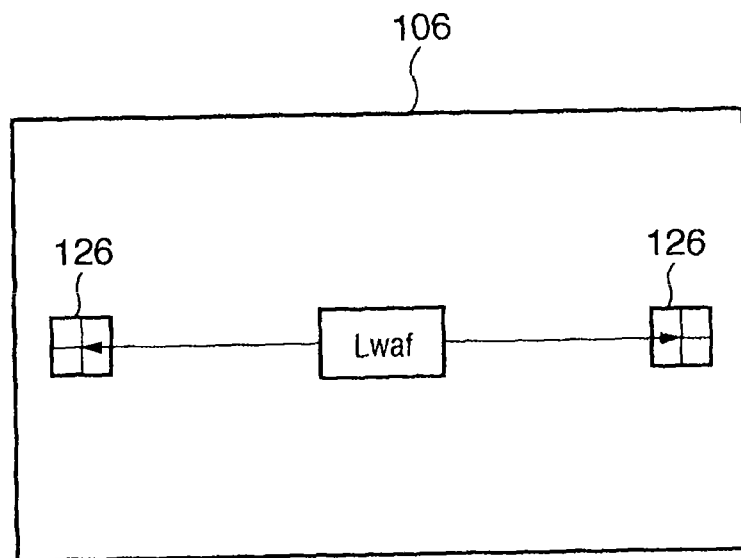


图7

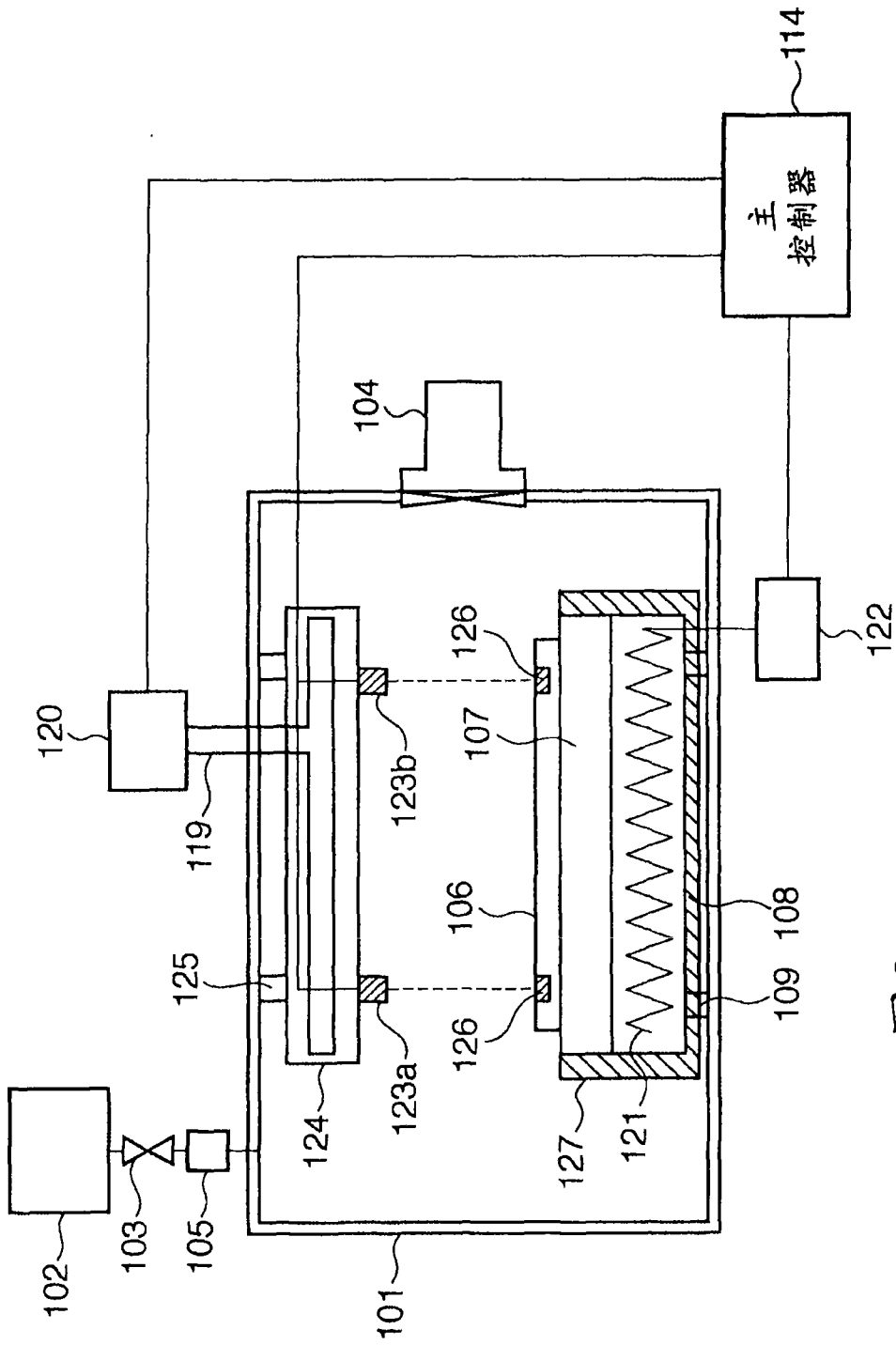


图8

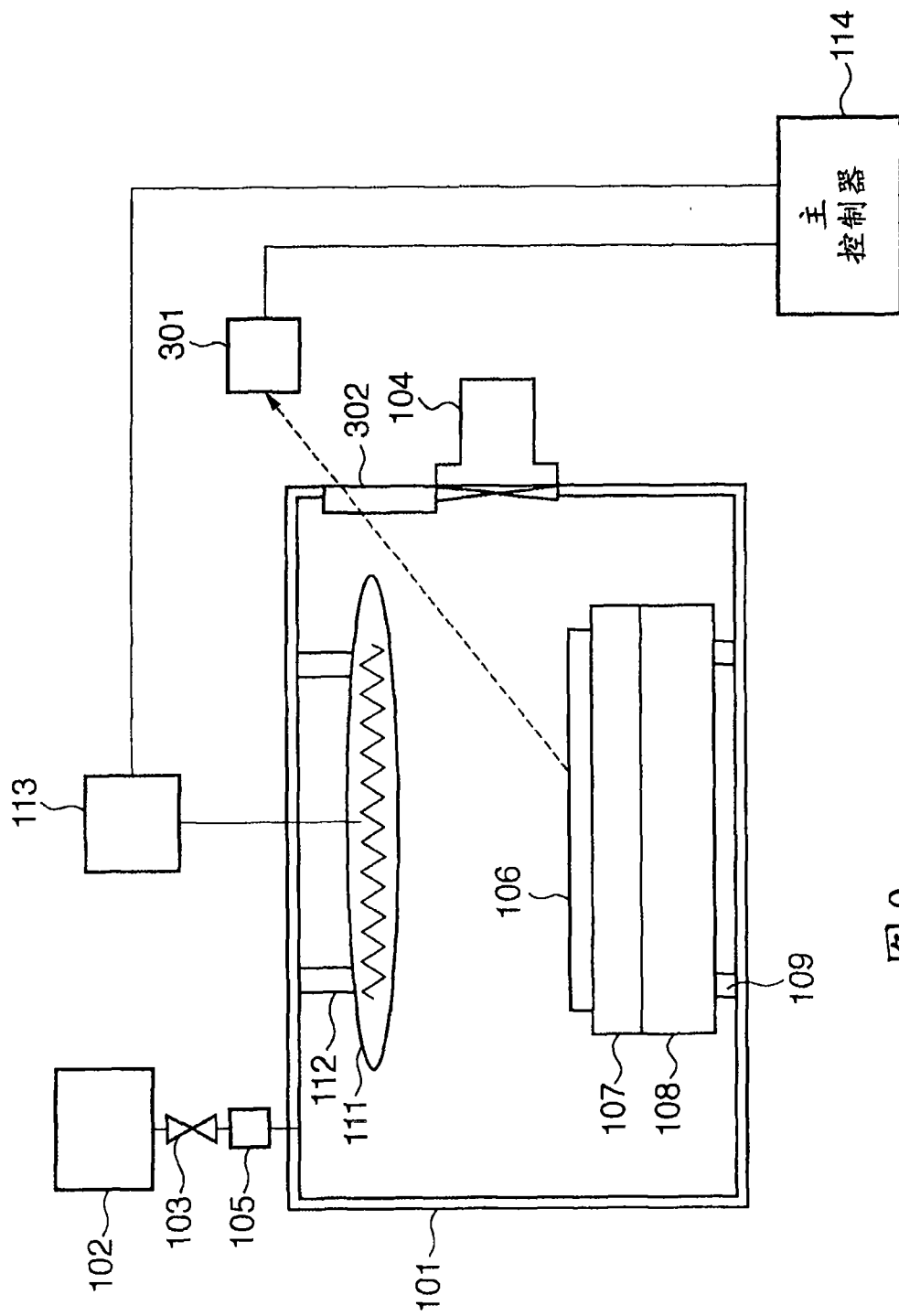


图9

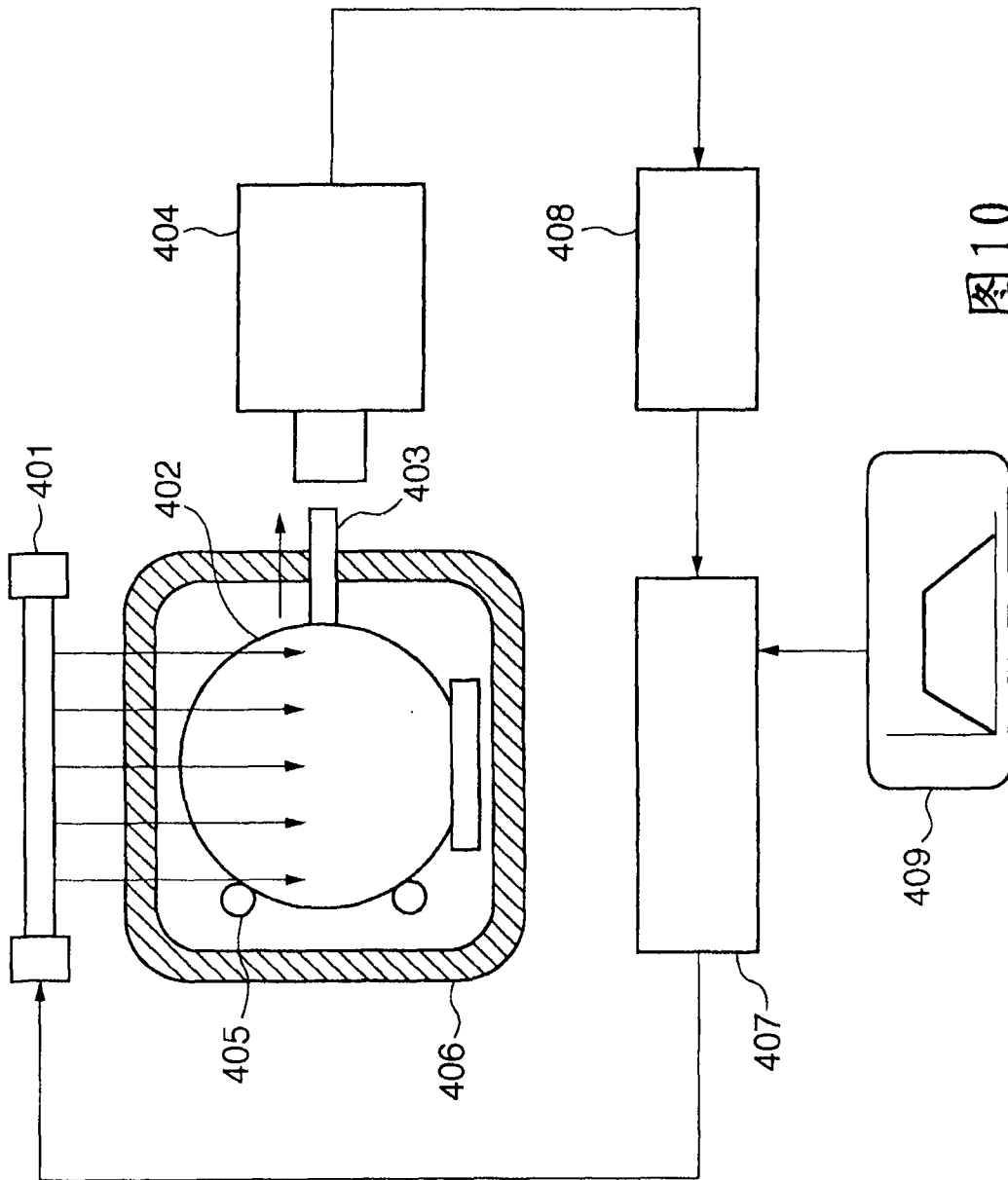


图10