

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 21/00 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810002374.1

[43] 公开日 2008 年 7 月 30 日

[11] 公开号 CN 101231941A

[22] 申请日 2008.1.15

[21] 申请号 200810002374.1

[30] 优先权

[32] 2007.1.15 [33] US [31] 11/623,238

[71] 申请人 应用材料股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 亚伦·缪尔·亨特

布鲁斯·E·亚当斯

梅兰·贝德亚特

拉杰士·S·罗摩努亚姆

约瑟夫·M·拉内什

[74] 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理有限公司

代理人 徐金国

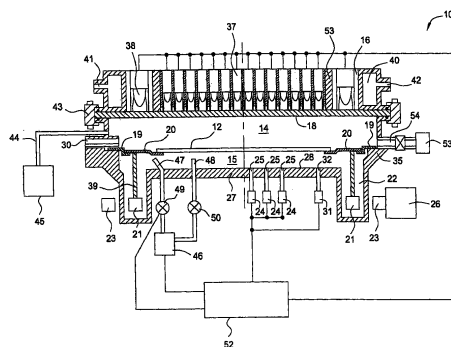
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 4 页

## [54] 发明名称

热处理腔中的晶圆支架的温度测量和控制

## [57] 摘要

本发明提供了一种用于在快速热处理工艺中实现均匀加热衬底的装置和方法。更具体地,本发明提供一种用于在快速热处理工艺中控制支撑衬底的边缘环的温度的装置和方法,以改善整个衬底上的温度均匀性。



- 1、一种用于处理衬底的腔，包括：  
一腔外壳，用于限定处理空间；  
设置在所述处理空间中的衬底支架；  
设置在所述衬底支架上的边缘环，所述边缘环配置用于在所述衬底的外围上支撑所述衬底；  
第一热源，用于加热所述衬底；和  
第二热源，用于加热所述边缘环，其中所述第二热源是独立于所述第一热源可控的。
- 2、根据权利要求1所述的腔，其特征在于，所述第二热源是辐射加热器、传导热源、电阻加热器、电感加热器和微波加热器中的一个。
- 3、根据权利要求1所述的腔，其特征在于，还包含环形热探针，以用于测量所述边缘环的热特性。
- 4、根据权利要求3所述的腔，其特征在于，所述环形热探针是高温计。
- 5、根据权利要求1所述的腔，其特征在于，所述第一和第二热源是用于加热所述腔空间的辐射热源的可独立控制环带。
- 6、根据权利要求1所述的腔，其特征在于，还包括用于向所述边缘环导引冷却气体的气体喷嘴。
- 7、根据权利要求1所述的腔，其特征在于，所述第一和第二热源设置在所述边缘环的相对侧上。
- 8、根据权利要求1所述的腔，其特征在于，所述第一和第二热源设置在所述边缘环的相同侧上。
- 9、一种快速热处理腔，包括：  
限定腔空间的腔体；  
设置在所述腔空间中的温度受控边缘环，其中所述温度受控边缘环配置用于与在衬底外围附近处理的衬底热耦接；  
第一热源，用于主要加热所述衬底的表面；和  
第二热源，用于主要加热所述温度受控边缘环。
- 10、根据权利要求9所述的快速热处理腔，其特征在于，还包括环形热探

针，其用于测量所述温度受控边缘环的热特性。

11、根据权利要求 10 所述的快速热处理腔，其特征在于，还包括用于冷却所述温度受控边缘环的冷却器件。

12、根据权利要求 9 所述的快速热处理腔，其特征在于，所述第一和第二热源是灯部件的独立可控环带，所述灯部件用于辐射性加热所述腔空间。

13、根据权利要求 9 所述的快速热处理腔，其特征在于，所述第一热源和第二热源设置在所述温度可控边缘环的相对侧上。

14、根据权利要求 9 所述的快速热处理腔，其特征在于，所述第二热源是辐射加热器、传导热源、电阻加热器、电感加热器和微波加热器中的一个。

15、一种用于均匀加热衬底到目标温度的方法，包括：

在与第一热源相连接的处理腔中设置所述衬底；

热连接所述衬底的外围到边缘环；

用所述第一热源加热所述衬底的表面；以及

保持所述边缘环在与所述目标温度不同的环温度。

16、根据权利要求 14 所述的方法，其特征在于，还将所述边缘环保持在包含用第二热源加热所述边缘环的环温度下，其中所述第一和第二热源是独立可控的。

17、根据权利要求 16 所述的方法，其特征在于，所述第一和第二热源是灯部件的独立可控环带。

18、根据权利要求 16 所述的方法，其特征在于，还包含使用净化气体冷却所述边缘环。

19、根据权利要求 16 所述的方法，其特征在于，还包含：

使用热探针测量所述边缘环的温度；和

根据由所述热探针测得的边缘环的温度来调节所述第二热源。

20、根据权利要求 14 所述的方法，其特征在于，所述环温度和所述目标温度相差大约 10°C 到 15°C。

21、根据权利要求 14 所述的方法，其特征在于，所述环温度高于所述目标温度。

22、根据权利要求 14 所述的方法，其特征在于，所述环温度低于所述目标温度。

## 热处理腔中的晶圆支架的温度测量和控制

### 技术领域

本发明一般地涉及半导体处理领域。更具体地，本发明涉及热处理半导体衬底的方法和装置。

### 背景技术

快速热处理（RTP）是一种在半导体处理过程中用于退火衬底的工艺。在 RTP 过程中，热辐射一般用来在受控的环境中快速加热衬底达到大约 1350°C 的最大温度。该最大温度保持一定的时间，其范围根据工艺从小于一秒到几分钟变化。然后衬底冷却到室温以进一步处理。高亮度的卤钨灯一般用做热辐射源。通过传导地耦接到衬底的热的基座给衬底提供额外的热量。

半导体的制造工艺有很多 RTP 的应用。这样的应用包括热氧化、高温浸泡（soap）退火、低温浸泡退火、和尖峰瞬时加热，其使得硅衬底氧化形成二氧化硅。在高温浸泡退火中，衬底暴露于比如氮气、氨气或者氧气的不同气体混合物中。低温浸泡退火一般用于退火沉积金属的衬底。当衬底需要暴露在高温下很短的时间时，使用瞬时退火。在瞬时退火期间，衬底被迅速加热到足够激活掺杂剂的最高温度并且迅速冷却以在掺杂剂大量扩散之前结束活化工序。

RTP 通常要求在整个衬底上基本均匀的温度曲线。在本领域工艺发展水平中，可以通过控制诸热源来改善温度均匀性，比如配置为当后侧的反射表面把热反射回衬底时，在前侧加热衬底的激光、灯阵列。发射率测量和补偿方法已经用于改善在整个衬底上的温度梯度。

随着半导体工业的发展，在 RTP 期间的温度均匀性的要求也增加。在一些工艺中，在距离衬底的边缘内侧大约 2mm 具有充分小的温度梯度是很重要的。特别地，可能需要在大约 200°C 到大约 1350°C 之间的温度下且其中温度偏差大约 1°C 到 1.5°C 来加热衬底。RTP 系统的现有技术很难达到这类均匀性，尤其是在衬底边缘附近。在 RTP 系统中，边缘环通常用于在外围附近支撑衬底。边缘环和衬底在衬底的边缘附近重叠，从而产生复杂的加热情况。在一个

方案中，衬底可以在边缘附近具有不同的热特性。对于构图的衬底，或对于硅上绝缘体（SOI）衬底，这更明显。在另一方案中，衬底和边缘环在边缘附近重叠，从而只通过测量和调节衬底的温度难以在边缘附近获得均匀的温度曲线。根据边缘环的热特性相对于衬底的热特性和光学特性，衬底的温度曲线一般为或者边缘高或边缘低类型。

图 1 示意性地示出了在 RTP 腔中处理的衬底的两类公共温度曲线。垂直轴表示在衬底上测得的温度。水平轴表示到衬底边缘的距离。曲线 1 是衬底的边缘具有最高温度测量的边缘高曲线。曲线 2 是衬底的边缘具有最低温度测量的边缘低曲线。在 RTP 系统的现有技术中，难以消除在衬底边缘附近的温度偏差。

因此，需要一种在 RTP 中使用以改善温度均匀性的装置和方法。

## 发明内容

本发明一般提供用于在快速热处理工艺中获得均匀加热衬底的装置和方法。

本发明的一个实施方式提供一种用于处理衬底的腔，包括一腔外壳，用于限定处理空间；设置在处理空间中的衬底支架；设置在所述衬底支架上的边缘环，所述边缘环被配置用于在所述衬底的外围上支撑所述衬底；第一热源，用于加热所述衬底；和第二热源，用于加热所述边缘环，其中所述第二热源是独立于所述第一热源可控的。

本发明的另一个实施方式提供一种快速热处理腔，包括限定腔空间的腔体；设置在腔空间中的温度受控边缘环，其中温度受控边缘环配置用于与在衬底外围附近处理的衬底热连接；第一热源，主要用于加热衬底的表面，和第二热源，主要用于加热温度受控边缘环。

本发明的再一实施方式提供一种用于均匀加热衬底到目标温度的方法，包括在和第一热源相连接的处理腔中设置衬底；热连接所述衬底的外围到边缘环；用所述第一热源加热衬底的表面；以及将边缘环保持在与目标温度不同的环温度。

## 附图说明

为了能详细理解本发明的上述特征,将参照实施方式对以上的简要概述进行本发明的更具体说明,其中部分实施方式在附图中示出。然而,应该注意到,附图只示出了本发明的典型实施方式,因此不能认为限制本发明的范围,因为本发明可以承认其他等效的实施方式。

图1示意性示出了在RTP腔中处理的衬底的两类公共温度曲线;

图2示意性示出了根据本发明一个实施方式的快速热处理系统的截面图;

图3示意性示出了根据本发明另一实施方式的快速热处理系统的截面图;

图4示意性示出了根据本发明一个实施方式的边缘环的截面图。

## 具体实施方式

本发明提供用于在快速热处理工艺中获得均匀加热衬底的装置和方法。更具体地,本发明提供用于在快速热处理工艺中控制支撑衬底的边缘环的温度的装置和方法,以改善整个衬底上的温度均匀性。

图2示意性示出了根据本发明一个实施方式的快速热处理系统10的截面图。快速热处理系统10包括腔体35,其限定配置用于退火其中的圆盘状衬底12的处理空间14。腔体35可以由不锈钢制成并且可以用石英接线。处理空间14配置为由设置在快速热处理系统10的石英窗18上的加热部件16辐射加热。在一个实施方式中,石英窗18可以是水冷的。

狭口阀30可以在腔体35的一侧上形成,其中腔室35为衬底12提供到处理空间14的通路(passage)。进气口44可以连接到气源45以向处理空间14提供处理气体、净化气体和/或清洗气体。真空泵55可以通过出口54流体连接到处理空间14,用于抽空处理空间14。

圆形通道(channel)22在腔体35的底部附近形成。磁转子21设置在圆形通道22中。竖提升杆(tubular riser)39放置在磁转子21上或否则耦接到磁转子21。衬底12由外围边缘通过设置在竖提升杆39上的边缘环20支撑。磁定子23位于磁转子21的外部并且通过腔体35磁性耦接以感应磁转子21的旋转并且因此感应边缘环20和其上支撑的衬底12的旋转。磁定子23还可以配置用于调节磁转子21上升,从而升高正在处理的衬底12。附加的磁旋转和悬浮信息可以在美国专利No. 6,800,833中得到,在此结合其作为参考。

腔体 35 可以包括衬底 12 的后侧附近的反射板 27。反射板 27 具有面对衬底 12 后侧的光学反射面 28，以增强衬底 12 的发射率。在一个实施方式中，反射板 27 可以是水冷的。反射面 28 和衬底 12 的后侧限定了反射腔 (reflective cavity) 15。在一个实施方式中，反射板 27 的直径略大于正在处理的衬底 12 的直径。例如，如果快速热处理系统 10 配置为处理 12 英寸的衬底，反射板 27 的直径可以是大约 13 英寸。

可以通过连接到净化气体源 46 的净化气体进口 48 向反射板 27 提供净化气体。喷射到反射板 27 的净化气体有助于反射板 27 冷却，特别是在热量没有被反射回衬底 12 的多个孔 25 附近。

在一个实施方式中，外环 19 可以在腔体 35 和边缘环 20 之间耦接，以将反射腔 15 从处理空间 14 分离。反射腔 15 和处理空间 14 可以具有不同的环境。

加热部件 16 可以包括加热元件阵列 37。这组加热元件阵列 37 可以是紫外灯、卤素灯、激光二极管、电阻加热器、微波激励的加热器、发光二极管 (LED)、或任何其它合适的单个或组合的加热元件。加热元件阵列 37 可以设置在形成于反射体 53 中的垂直孔中。在一个实施方式中，加热元件 37 可以排列为六边形图案。冷却通道 40 可以在反射体 53 中形成。诸如水的冷却液可以从进口 41 进入反射体 53，冷却加热元件阵列 37 的垂直孔附近移动，并且从出口 42 退出反射体。

加热元件阵列 37 连接到能够调节加热元件阵列 37 的加热效应的控制器 52。在一个实施方式中，加热元件阵列 37 可以分为多个加热组来通过多个同心环带加热衬底 12。每个加热组可以被独立控制来提供在衬底 12 的整个半径上的期望温度曲线。在美国专利 No. 6,350,964 和 No. 6,927,169 中可以找到加热部件 16 的详细说明，在此结合其作为参考。

在一个实施方式中，主要配置为加热边缘环 20 的边缘环加热部件 38 可以设置在加热元件阵列 37 的外部。边缘环加热部件 38 连接到可以调节边缘环加热部件 38 的加热功率的控制器 52。边缘环加热部件 38 可以独立于加热元件阵列 37 控制，因此独立于衬底 12 的温度而独立控制边缘环 20 的温度。在一个实施方式中，边缘环加热部件 38 可以是加热元件阵列 37 的加热组之一。

快速热处理系统 10 还包括多个配置用于在不同半径位置测量衬底 12 的热特性的热探针 24。在一个实施方式中，多个热探针 24 可以是多个光耦合到并

且设置在形成于反射板 27 中的多个孔 25 中的高温计，以探测衬底 12 的不同半径部分的温度或其他热特性。在美国专利 No. 5,755,511 中可以找到类似温度探针的详细说明，在此结合其作为参考。多个温度探针 24 与控制器 52 连接，该控制器可以进行闭环控制来调节提供给加热元件阵列 37 的功率，从而以提供在整个衬底 12 上的合适的半径热曲线。

快速热处理系统 10 还包含边缘环热探针 31，边缘环热探针耦接到并设置在边缘环 20 附近的反射板 27 上的孔 32 中。边缘环热探针 31 可以是配置为测量边缘环 20 的温度或者其他热特性的高温计。边缘环热探针 31 和连接到边缘环加热部件 38 的控制器 52 相连接。控制器 52 可以使用来自边缘环热探针 31 的测量进行对边缘环加热部件 38 的闭环控制。在一个实施方式中，边缘环 20 在热处理过程中可以独立于衬底 12 被加热到期望的温度。

气体喷嘴 47 可以被设置在边缘环 20 附近用来冷却边缘环 20。在一个实施方式中，气体喷嘴 47 可以和净化气体入口 48 分享同一个净化气体源 46。气体喷嘴 47 可以被导引到边缘环 20 并且喷射诸如氦气的冷却气体，以冷却边缘环 20。气体喷嘴 47 可通过被控制器 52 控制的阀门 49 而连接到气体源 46。因此，控制器 52 可以包括在边缘环 20 的闭环温度控制中的气体喷嘴 47 的冷却效果。

根据正在被处理的衬底 12 的热特性，边缘环 20 可以设计为具有诸如热质量、发射率和吸收率的热特性，以提高衬底温度曲线。边缘环 20 的热特性可以通过选择不同的材料、不同的密度、不同的涂层来改变。在美国专利 No.7,127,367（存档案号 No.008504）中可以找到边缘环设计的详细描述，在此结合其作为参考。在一个实施方式中，边缘环 20 可以用有镍涂层的硅制造。

在快速热处理过程中，衬底 12 可以通过狭口阀 30 被传送到处理空间 14，并且由边缘环 20 支撑。磁转子 21 可以旋转衬底 12 并且在理想高度中定位衬底 12。在多数工艺中，目标是快速地加热衬底 12 均匀地达到目标温度。在本发明的一个实施方式中，传递到衬底 12 的热主要来自加热元件阵列 37 的辐射和来自加热到期望温度的边缘环 20 的传导/或辐射。在整个衬底 12 上的均匀的温度曲线可以通过控制加热元件阵列 37 并通过保持边缘环 20 在期望的温度来实现，此期望的温度通常与衬底 12 的目标温度不同。

控制加热元件阵列 37 可以通过使用多个热探针 24 在整个半径上测量衬底



12 的温度来进行。在一个实施方式中,多个热探针 24 在对应于衬底 12 的半径的整个反射板 27 上均匀分布。从多个热探针 24 测得的温度被控制器 52 抽样。控制器 52 可以使用测得的温度来调节加热元件阵列 37 以使在整个衬底 12 半径上的温度变得均匀。在一个实施方式中,控制器 52 可以通过很多同心环带来调节加热元件阵列 37。在美国专利 No. 5,755,511 和美国专利申请序列号 No. 11/195,395, 以美国专利申请公开号 No. 2006/0066193 (存档案号 No. 009150) 中可以找到通过多个环带来控制加热元件的详细描述,在此结合其作为参考。

在一个实施方式中,在边缘环 20 和衬底 12 的外围之间的热交换被用来调节衬底 12 边缘附近的温度曲线。热交换可以通过衬底 12 和边缘环 20 之间的传导和/或辐射来完成。在一个实施方式中,可以通过加热边缘环 20 到与衬底 12 的目标温度不同的温度来进行热交换。

在一个实施方式中,根据工艺要求以及边缘环 20 和衬底 12 二者的热特性,可以为边缘环 20 预先确定期望的温度。在一个实施方式中,边缘环 20 的预定期望温度可以是大约 10°C 到 15°C,该温度与衬底 12 的目标温度不同。在一个实施方式中,边缘环 20 的预定期望温度可以高于衬底 12 的目标温度。在另一个实施方式中,边缘环 20 的预定期望温度可以低于衬底 12 的目标温度。期望的边缘环温度可以由传热模型(传导、辐射,对流)或者由试验结果决定。在任一情况下,衬底和/或者边缘环的光学特性是多样的并且晶圆的温度均匀性是可测量的。这些试验的结果导致边缘环的期望温度曲线的预测在衬底上达到最好的均匀性。

在另外一个实施方式中,根据衬底 12 和边缘环 20 的原位热测量,边缘环 20 的期望温度可以是动态的和可调节的。

主要通过使用边缘环加热部件 38 完成加热边缘环 20。可以通过控制器 52 通过从边缘环热探针 31 的测量来调节边缘环 20 的温度来完成闭环控制。边缘环 20 的温度调节可以通过调节边缘环加热部件 38 的电源供应和/或来自气体喷嘴 47 的冷却气体的流速来完成。在一个实施方式中,边缘环 20 可以被过渡加热,然后通过来自气体喷嘴 47 的冷却气体冷却到期望的温度。

在本发明的一个实施方式中,气体喷嘴 47 的冷却气体可用来在处理完一个衬底之后且开始下一个衬底之前将边缘环冷却到 20 到 100°C 和 200°C 之间

的温度。

本发明的方法可以为提供小于  $2^{\circ}\text{C}$ ,  $3\sigma$  温度均匀性的瞬时退火。本发明的方法可以为提供小于  $1^{\circ}\text{C}$ ,  $3\sigma$  温度均匀性的高达  $1350^{\circ}\text{C}$  的高温浸泡退火。在一个实施方式中, 本发明的方法可以在大约  $200^{\circ}\text{C}$  到大约  $1350^{\circ}\text{C}$  之间的温度下加热衬底, 温度偏差在大约  $1^{\circ}\text{C}$  到大约  $1.5^{\circ}\text{C}$  之间。

快速热处理系统 10 的边缘环加热元件 38 图示为多个加热灯。其他合适的加热设备, 比如固态加热器 (也就是 LED)、激光加热器、电感加热器、和微波加热器、电加热器 (比如, 电阻加热器) 可用在本发明的快速热处理系统中。

另外, 边缘环加热元件可以被设置在其他合适的位置, 比如边缘环的下面, 在边缘环的一侧。图 3 示意性描述了一个具有位于边缘环 20 下面的加热元件 51 的快速热处理系统 100 的截面图。

在另外一个实施方式中, 在热处理过程中衬底可以从后侧加热。一个示例性的后侧加热腔可以包括边缘环, 该边缘环通过拥有前侧 (产品侧) 朝向的外围支撑衬底。加热元件阵列, 和加热元件 37 相类似, 可以设置在边缘环的下面, 从而衬底可以从后侧加热。多个探针可设置在整個边缘环半径上, 以在热处理过程中测量衬底的温度曲线。专用于独立加热边缘环的边缘环加热器设置在边缘环附近、边缘环下方、边缘环上方、或者在边缘环的一侧。边缘环探针可以临近边缘环设置, 配置用于测量边缘环的温度。控制器可以连接到边缘环加热器、边缘环探针、加热元件阵列和多个探针, 以控制衬底的温度曲线和边缘环原位的温度。

图 4 示意性描述了根据本发明的一个实施方式的边缘环 110 的截面图。边缘环 110 具有配置用于支撑衬底 12 的倾斜唇缘 (slant lip) 111。边缘环 110 设计为减少与衬底 12 的接触面积。通过减少衬底 12 和边缘环 110 之间的接触面积, 在衬底 12 的边缘附近的加热条件可以得到简化并且边缘高/低效果可以减少。另外, 减少接触面积也可以减少在处理腔中的微粒污染物。

虽然上述讨论集中在获得在整个衬底上的均匀的温度曲线, 但是通过使用本发明的装置和方法也可以获得非均匀的温度曲线。

虽然前面所述针对在本发明的实施方式, 但是在不脱离本发明的基本范围的情况下可以设计出本发明其他的和进一步的实施方式, 并且其范围通过接下来的权利要求来决定。

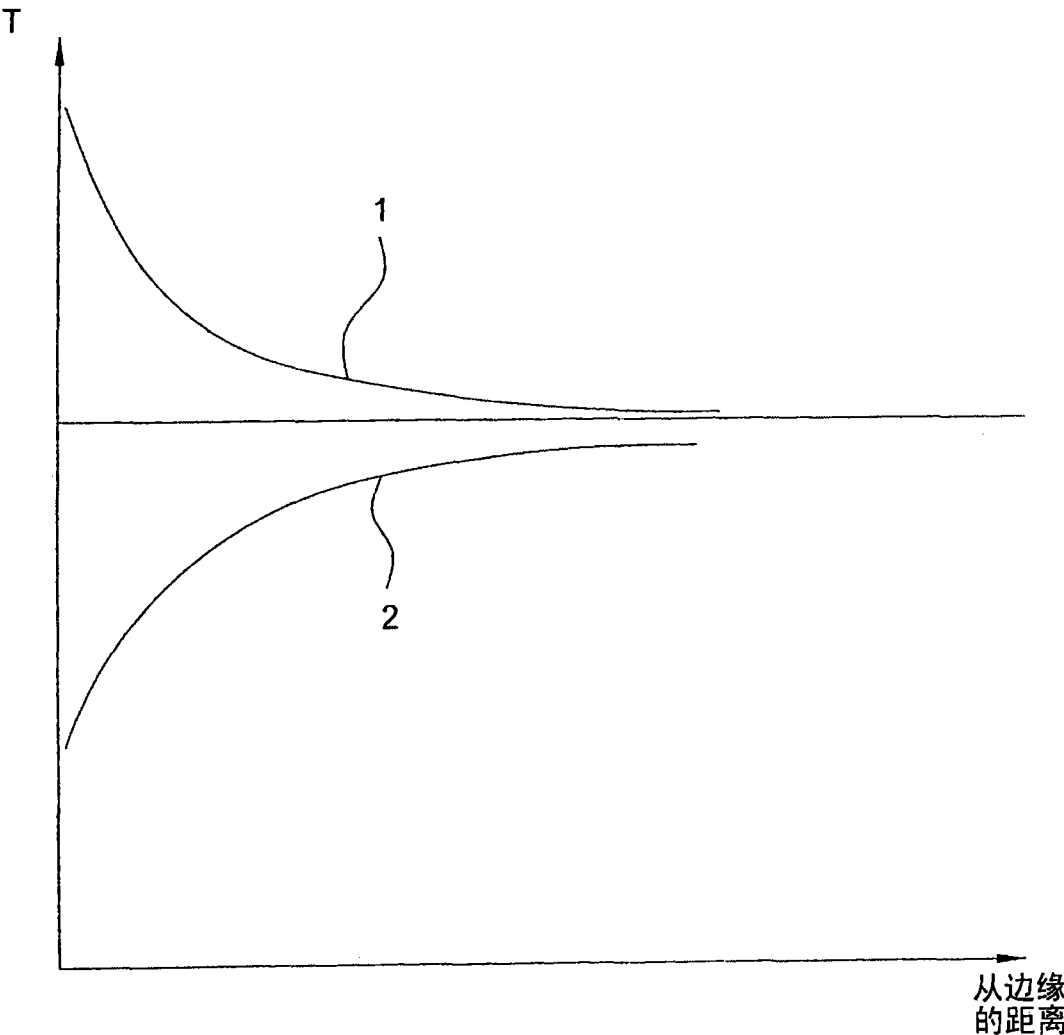


图 1

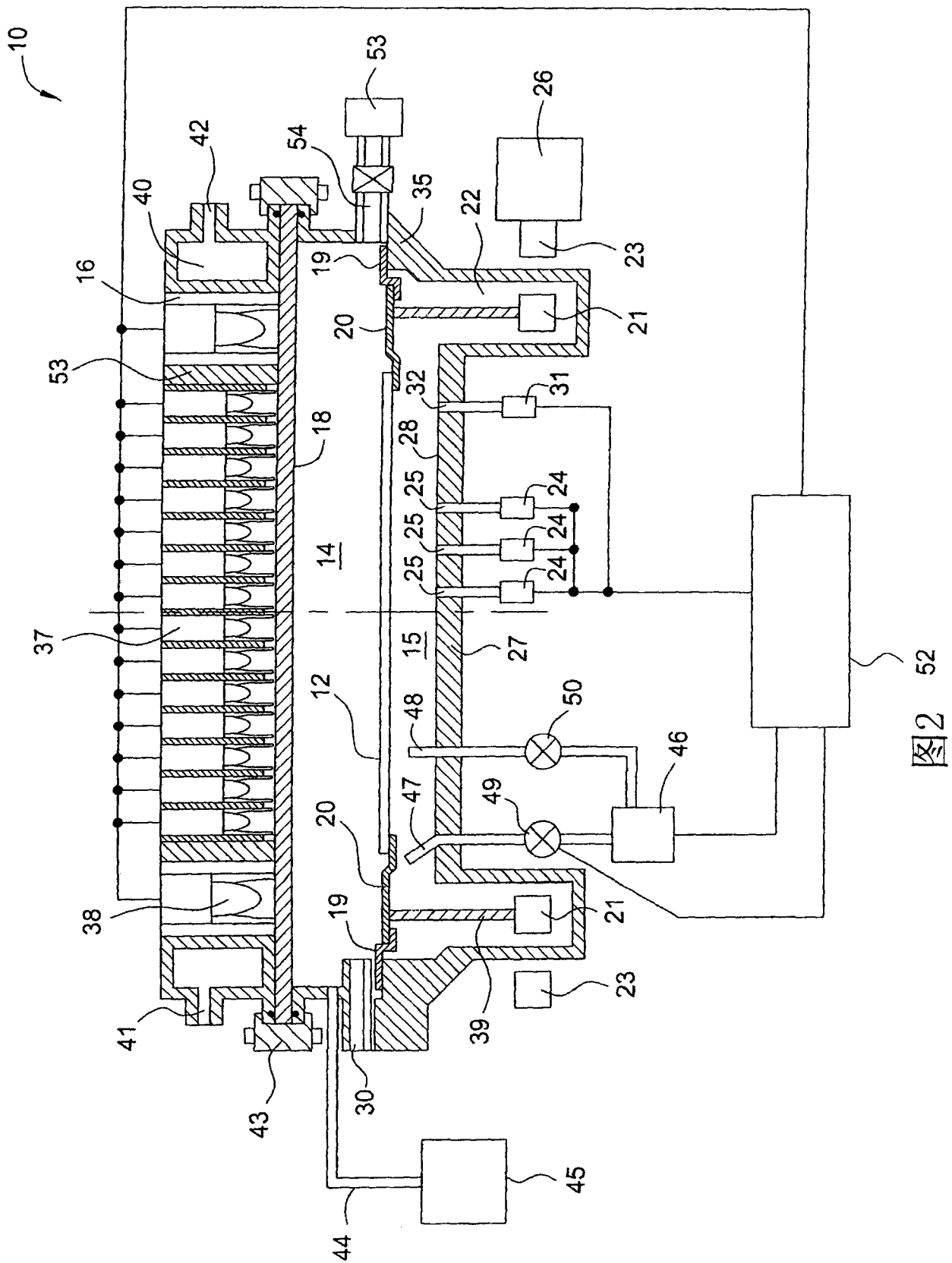


图2 52

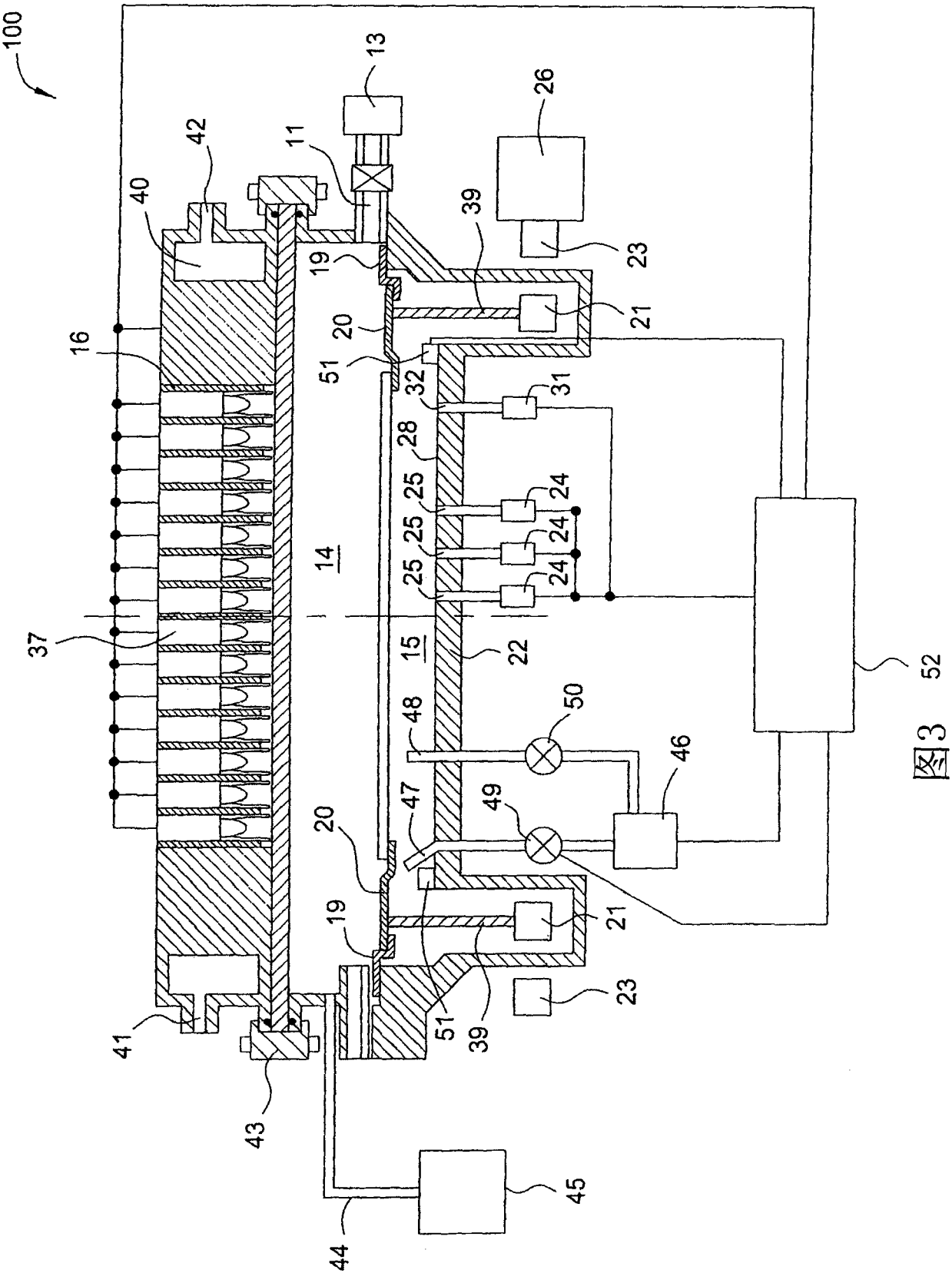


图3 52

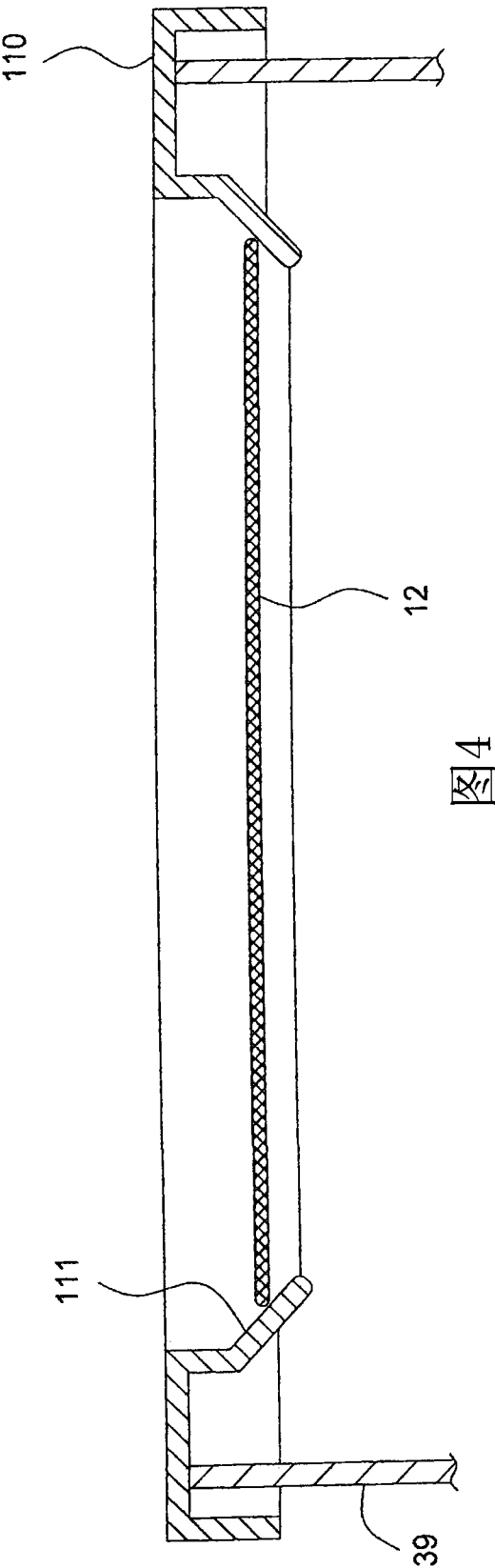


图4