



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119631171 A

(43) 申请公布日 2025.03.14

(21) 申请号 202380056929.3

(22) 申请日 2023.07.21

(30) 优先权数据

2022-127153 2022.08.09 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2025.01.26

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/026740 2023.07.21

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/034355 JA 2024.02.15

(71) 申请人 东京毅力科创株式会社

地址 日本

(72) 发明人 諏访亘

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

专利代理师 刘新宇 李靖

(51) Int.Cl.

H01L 21/683 (2006.01)

G23C 16/46 (2006.01)

G23C 16/52 (2006.01)

H01L 21/3065 (2006.01)

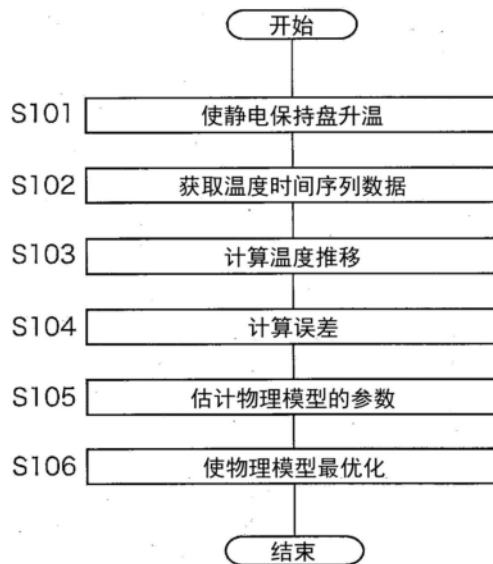
权利要求书2页 说明书9页 附图7页

(54) 发明名称

参数估计系统、参数估计方法、计算机程序以及基板处理装置

(57) 摘要

提供一种参数估计系统、参数估计方法、计算机程序以及基板处理装置。一种参数估计系统,是具备基板载置台以及经由冷却层对基板载置台进行调温的冷却基台的基板处理装置中的参数估计系统,参数估计系统具备:获取部,其获取在将基板载置台升温时通过按时间序列测定基板载置台的温度而获得的温度时间序列数据;模型计算部,其使用物理模型来计算基板载置台的温度推移;误差计算部,其计算获取部获取到的温度时间序列数据与从模型计算部获得的温度推移数据之间的误差;以及估计部,其基于误差计算部所计算出的误差,来估计物理模型中的、包括向基板载置台的热输入的值和冷却层的热阻的值的参数。



1. 一种参数估计系统,是具备基板载置台以及经由冷却层对所述基板载置台进行调温的冷却基台的基板处理装置中的参数估计系统,所述参数估计系统具备:

获取部,其获取在将所述基板载置台升温时通过按时间序列测定所述基板载置台的温度而获得的温度时间序列数据;

模型计算部,其使用物理模型来计算所述基板载置台的温度推移;

误差计算部,其计算所述获取部所获取到的温度时间序列数据与从所述模型计算部获得的温度推移数据之间的误差;以及

估计部,其基于所述误差计算部所计算出的误差,来估计所述物理模型中的、包括向所述基板载置台的热输入的值和所述冷却层的热阻的值的参数。

2. 根据权利要求1所述的参数估计系统,其中,
所述基板载置台是通过被施加直流电压来吸附基板的静电保持盘。

3. 根据权利要求1所述的参数估计系统,其中,
所述基板载置台由陶瓷形成。

4. 根据权利要求1所述的参数估计系统,其中,
所述基板载置台内置温度传感器。

5. 根据权利要求1所述的参数估计系统,其中,
所述基板载置台具备调温用的加热器。

6. 根据权利要求5所述的参数估计系统,其中,
所述基板处理装置基于由所述估计部估计的所述热输入的值和所述热阻的值来计算直到使所述基板载置台达到设定温度为止的加热器输出值,并基于所计算出的加热器输出值来对所述加热器进行驱动控制。

7. 根据权利要求1所述的参数估计系统,其中,
在实施基板处理的正式处理工序之前的准备工序中,由所述估计部估计向所述基板载置台的热输入的面内分布,

所述基板处理装置根据由所述估计部估计的所述热输入的面内分布来调整基板面内的气体量,实施所述基板处理的正式处理工序。

8. 根据权利要求1所述的参数估计系统,其中,
还具备探测部,所述探测部将由所述估计部估计的所述热阻的值与所述热阻的设定值进行比较,并基于比较结果来探测所述冷却层的消耗。

9. 根据权利要求8所述的参数估计系统,其中,
还具备输出部,当在基板处理的正式处理工序或者不使等离子体点火的温度调整工序中所述探测部探测到所述冷却层的消耗的情况下,所述输出部输出促使部件更换的警告。

10. 根据权利要求1所述的参数估计系统,其中,
每当处理设定张数的基板时,执行由所述估计部进行的估计,
使由所述估计部估计的所述热输入的值及所述热阻的值与基板的处理张数建立关联地存储于存储装置。

11. 根据权利要求1所述的参数估计系统,其中,
在所述基板载置台设置有助于载置基板的凸部,
所述估计部估计向载置于所述凸部的基板的热输入的值和所述凸部的热阻。

12. 根据权利要求11所述的参数估计系统,其中,
所述基板载置台的温度由载置于所述凸部的晶圆型温度传感器来测定。
13. 根据权利要求11所述的参数估计系统,其中,
还具备探测部,所述探测部将由所述估计部估计的所述热阻的值与所述热阻的设定值进行比较,并基于比较结果来探测所述凸部的消耗。
14. 根据权利要求13所述的参数估计系统,其中,
还具备输出部,当在基板处理的正式处理工序或者不使等离子体点火的温度调整工序中所述探测部探测到所述凸部的消耗的情况下,所述输出部输出促使部件更换的警告。
15. 根据权利要求1所述的参数估计系统,其中,
所述估计部以使所述误差最小化的方式来估计所述物理模型中的所述参数。
16. 一种参数估计方法,由计算机执行以下处理:
关于具备基板载置台和经由冷却层来对所述基板载置台进行调温的冷却基台的基板处理装置,获取在将所述基板载置台升温时通过按时间序列测定所述基板载置台的温度而获得的温度时间序列数据,
使用物理模型来计算所述基板载置台的温度推移,
计算所获取到的温度时间序列数据与从所述物理模型获得的温度推移数据之间的误差,
基于所计算出的误差,来估计所述物理模型中的、包括向所述基板载置台的热输入的值和所述冷却层的热阻的值的参数。
17. 一种计算机程序,用于使计算机执行以下处理:
关于具备基板载置台和经由冷却层来对所述基板载置台进行调温的冷却基台的基板处理装置,获取在将所述基板载置台升温时通过按时间序列测定所述基板载置台的温度而获得的温度时间序列数据,
使用物理模型来计算所述基板载置台的温度推移,
计算所获取到的温度时间序列数据与从所述物理模型获得的温度推移数据之间的误差,
基于所计算出的误差,来估计所述物理模型中的、包括向所述基板载置台的热输入的值和所述冷却层的热阻的值的参数。
18. 一种基板处理装置,具备根据所述权利要求1~15中的任一项所述的参数估计系统。

参数估计系统、参数估计方法、计算机程序以及基板处理装置

技术领域

[0001] 本公开涉及一种参数估计系统、参数估计方法、计算机程序以及基板处理装置。

背景技术

[0002] 在专利文件1中公开了一种等离子体处理装置,该等离子体处理装置通过传感器测定基板支承体的温度,并具备根据测定值来调节基板支承体的温度的功能。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2008-85329号公报

发明内容

[0006] 发明要解决的问题

[0007] 本公开提供一种能够估计用于计算基板载置台的温度推移的物理模型中的参数的参数估计系统、参数估计方法、计算机程序以及基板处理装置。

[0008] 用于解决问题的方案

[0009] 本公开的一个方式所涉及的参数估计系统是具备基板载置台以及经由冷却层对所述基板载置台进行调温的冷却基台的基板处理装置中的参数估计系统,所述参数估计系统具备:获取部,其获取在将所述基板载置台升温时通过按时间序列测定所述基板载置台的温度而获得的温度时间序列数据;模型计算部,其使用物理模型来计算所述基板载置台的温度推移;误差计算部,其计算所述获取部所获取到的温度时间序列数据与从所述模型计算部获得的温度推移数据之间的误差;以及估计部,其基于所述误差计算部所计算出的误差,来估计所述物理模型中的、包括向所述基板载置台的热输入的值和所述冷却层的热阻的值的参数。

[0010] 发明的效果

[0011] 根据本公开,能够估计用于计算基板载置台的温度推移的物理模型中的参数。

附图说明

[0012] 图1是示出等离子体处理系统的结构例的概要图。

[0013] 图2是说明基板温度的调整机构的说明图。

[0014] 图3是示出静电保持盘的温度的时间变化的图表。

[0015] 图4A是示出使参数变化的情况下的升温曲线的变化的图表。

[0016] 图4B是示出使参数变化的情况下的升温曲线的变化的图表。

[0017] 图5是示出使参数变化的情况下的误差的分布的图表。

[0018] 图6是示出对角线方向上的误差的分布的图表。

[0019] 图7是示出等离子体处理系统的控制部执行的处理的过程的流程图。

[0020] 图8是示出在实施方式2中处理部执行的处理的过程的流程图。

- [0021] 图9是示出在实施方式3中处理部执行的处理的过程的流程图。
- [0022] 图10是示出在实施方式4中处理部执行的处理的过程的流程图。
- [0023] 图11是示出实施方式5中的静电保持盘的结构示意图。

具体实施方式

[0024] 下面,基于表示本发明的实施方式的附图来具体地说明本发明。

[0025] (实施方式1)

[0026] 图1是示出等离子体处理系统1的结构例的概要图。在一个实施方式中,等离子体处理系统1包括等离子体处理装置1a和控制部1b。等离子体处理装置1a包括等离子体处理腔室10、气体供给部20、RF (Radio Frequency:射频) 电力供给部30以及排气系统40。另外,等离子体处理装置1a包括支承部11和上部电极喷淋头12。支承部11配置于等离子体处理腔室10内的等离子体处理空间10s的下部区域。上部电极喷淋头12配置于支承部11的上方,能够作为等离子体处理腔室10的顶部(ceiling)的一部分发挥功能。

[0027] 支承部11构成为在等离子体处理空间10s支承基板W。在一个实施方式中,支承部11包括下部电极111、静电保持盘112以及边缘环113。静电保持盘112配置于下部电极111上,构成为在静电保持盘112的上表面支承基板W。静电保持盘112由陶瓷形成。边缘环113配置为在下部电极111的周缘部上表面包围基板W。另外,虽然省略图示,但在一个实施方式中,支承部11也可以包括调温模块,该调温模块构成为将静电保持盘112和基板W中的至少一者调节为目标温度。调温模块可以包括加热器、流路或者它们的组合。在流路中流动制冷剂、传热气体这样的调温流体。

[0028] 上部电极喷淋头12构成为向等离子体处理空间10s供给来自气体供给部20的一种或一种以上的处理气体。在一个实施方式中,上部电极喷淋头12具有气体入口12a、气体扩散室12b以及多个气体出口12c。气体入口12a与气体供给部20及气体扩散室12b流体连通。多个气体出口12c与气体扩散室12b及等离子体处理空间10s流体连通。在一个实施方式中,上部电极喷淋头12构成为将一种或一种以上的处理气体从气体入口12a经由气体扩散室12b和多个气体出口12c供给到等离子体处理空间10s。

[0029] 气体供给部20可以包括一个或一个以上的气体源21以及一个或一个以上的流量控制器22。在一个实施方式中,气体供给部20构成为将一种或一种以上的处理气体从各自对应的气体源21经由各自对应的流量控制器22供给到气体入口12a。各流量控制器22例如可以包括质量流量控制器或压力控制式的流量控制器。并且,气体供给部20也可以包括将一种或一种以上的处理气体的流量进行调制或脉冲化的一个或一个以上的流量调制设备。

[0030] RF电力供给部30构成为向下部电极111、上部电极喷淋头12、或者下部电极111和上部电极喷淋头12双方这样的—个或一个以上的电极供给RF电力、例如一种或一种以上的RF信号。由此,从供给到等离子体处理空间10s的一种或一种以上的处理气体生成等离子体。因而,RF电力供给部30能够作为等离子体生成部的至少一部分发挥功能,该等离子体生成部构成为在等离子体处理腔室中从一种或一种以上的处理气体生成等离子体。在一个实施方式中,RF电力供给部30包括两个RF生成部31a、31b以及两个匹配电路32a、32b。在一个实施方式中,RF电力供给部30构成为从第一RF生成部31a经由第一匹配电路32a向下部电极111供给第一RF信号。例如,第一RF信号可以具有27MHz ~ 100MHz的范围内的频率。

[0031] 另外,在一个实施方式中,RF电力供给部30构成为从第二RF生成部31b经由第二匹配电路32b向下部电极111供给第二RF信号。例如,第二RF信号可以具有400kHz~13.56MHz的范围内的频率。作为替代,也可以使用DC(Direct Current:直流)脉冲生成部来替代第二RF生成部31b。

[0032] 并且,虽然省略图示,但在本公开中能够考虑其它实施方式。例如,在替代实施方式中,RF电力供给部30也可以构成为从RF生成部向下部电极111供给第一RF信号,从其它RF生成部向下部电极111供给第二RF信号,从又一其它RF生成部向下部电极111供给第三RF信号。除此以外,在其它替代实施方式中,也可以对上部电极喷淋头12施加DC电压。

[0033] 另外,并且,在各种实施方式中,也可以将一种或一种以上的RF信号(即第一RF信号、第二RF信号等)的振幅进行脉冲化或调制。振幅调制可以包括在接通状态与断开状态之间、或者两种或两种以上的不同的接通状态之间将RF信号振幅进行脉冲化。

[0034] 排气系统40能够与例如设置于等离子体处理腔室10的底部的排气口10e连接。排气系统40可以包括压力阀和真空泵。真空泵可以包括涡轮分子泵、粗抽泵或者它们的组合。

[0035] 在一个实施方式中,控制部1b对使等离子体处理装置1a执行在本公开中叙述的各种工序的计算机可执行的命令进行处理。控制部1b能够构成为控制等离子体处理装置1a的各要素以执行在此叙述的各种工序。在一个实施方式中,控制部1b的一部分或全部也可以包括于等离子体处理装置1a。控制部1b例如可以包括计算机51。计算机51例如可以包括处理部(CPU:Central Processing Unit;中央处理器)511、存储部512以及通信接口513。处理部511能够构成为基于保存于存储部512的程序来进行各种控制动作。存储部512可以包括RAM(Random Access Memory:随机存取存储器)、ROM(Read Only Memory:只读存储器)、HDD(Hard Disk Drive:硬盘驱动器)、SSD(Solid State Drive:固态驱动器)或者它们的组合。通信接口513可以经由LAN(Local Area Network:局域网)等通信线路来在与等离子体处理装置1a之间进行通信。

[0036] 在存储部512也可以存储有由处理部511执行的各种计算机程序。存储于存储部512的计算机程序例如包括计算机程序PG,该计算机程序PG关于用于计算静电保持盘112(基板载置台)的温度推移的物理模型,用于使处理部511执行在该物理模型中使用的参数的估计处理。计算机程序PG通过记录介质RM、通信来提供。计算机程序PG可以是单个的计算机程序,也可以是由多个计算机程序构成的程序组。另外,计算机程序PG也可以是部分使用现有的程序库的程序。

[0037] 图2是说明基板温度的调整机构的说明图。等离子体处理装置1a的支承部11具备下部电极111和静电保持盘112。在本实施方式中,下部电极111构成为作为对静电保持盘112进行冷却的冷却基台发挥功能。另外,静电保持盘112设置为载置作为处理对象的基板W的基板载置台。下部电极111和静电保持盘112通过粘接层110接合。

[0038] 在下部电极111的内部形成有制冷剂流路62。从设置于等离子体处理腔室10的外部的冷却单元60经由入口配管61向制冷剂流路62供给制冷剂。制冷剂使用盐水等适当的介质。供给到制冷剂流路62的制冷剂通过出口配管63回流到冷却单元60。

[0039] 在静电保持盘112的内部设置有加热器71和温度传感器72。加热器71与设置于等离子体处理腔室10的外部的加热器电源70连接,构成为根据从加热器电源70供给的电力来发热,对载置于静电保持盘112上的基板W进行加热。加热器71例如使用能够对静电保持盘

112的多个区域分别独立地进行加热的多个电阻加热式加热器。温度传感器72例如是热电偶,设置于静电保持盘112内的一个或多个部位。温度传感器72通过按时间序列测定设置位置的温度来向控制部1b输出温度时间序列数据。

[0040] 作为粘接层110的材料,能够使用热传导高的粘接剂。在着眼于下部电极111的作为冷却基台的功能的情况下,粘接层110作为设置在下部电极111(冷却基台)与静电保持盘112(基板载置台)之间的冷却层发挥功能。另外,作为粘接层110的材料,也可以使用电阻高的粘接剂,使其具有将下部电极111与静电保持盘112电绝缘的功能。作为热传导和电阻高的粘接剂,例如,能够使用包括有机硅系材料、丙烯酸基础或丙烯酸酯基础的丙烯酸系材料、或者聚酰亚胺二氧化硅系材料的有机系粘接剂等。

[0041] 等离子体处理装置1a的控制部1b基于由温度传感器72测量的静电保持盘112的温度来控制冷却单元60和加热器电源70。即,控制部1b通过控制冷却单元60供给的制冷剂的温度和流速,并且控制加热器电源70向加热器71供给的电力的的大小,来以使静电保持盘112的温度成为目标温度的方式进行温度调整。

[0042] 在等离子体处理中,期望静电保持盘112的表面温度在表面整个区域都是均匀的。然而,在静电保持盘112除了设置有上述的加热器71、温度传感器72以外,还设置有用于将处理后的基板W抬起到规定的高度的多个升降销等各种机构。起因于这样的静电保持盘112的机械构造,在静电保持盘112的表面出现局部为高温或低温的点(下面,也称为奇异点)。另外,由于奇异点的出现,静电保持盘112的表面温度分布产生偏差。静电保持盘112中的表面温度分布的偏差为在加工基板W时均匀性下降的一个原因。

[0043] 在通过使用了物理模型的模拟来估计静电保持盘112的表面温度分布以进行均匀性下降的原因分析的情况下,需要向静电保持盘112的热输入、以及静电保持盘112与下部电极111间的热传导率之类的参数。然而,如上所述,静电保持盘112的构造复杂,因此难以准确地估算这些参数。

[0044] 在本实施方式中,提出以下一种方法:利用在静电保持盘112的升温中作为测定值而获得的温度时间序列数据以及使用物理模型而计算的温度推移数据,来估计包括热输入和热阻的物理模型的参数。

[0045] 用于估计静电保持盘112的温度推移的物理模型例如通过数1来表示。

[0046] [数1]

$$[0047] \quad \rho c A \Delta z_{cer} \frac{\partial u}{\partial t} = Q_{IN} - Q_{out}$$

[0048] 在此, ρ 表示静电保持盘112的密度(g/m^3), c 表示静电保持盘112的比热($\text{J}/\text{g} \cdot \text{K}$), A 表示热流速通过截面积(m^2), Δz_{cer} 表示静电保持盘112的厚度, u 表示静电保持盘112的温度(K), t 表示时间(s)。 Q_{IN} 表示向静电保持盘112的热输入(W), Q_{OUT} 表示从静电保持盘112向下部电极111的热输出(日语:拔熱)(W)。热输出 Q_{OUT} 能够使用下部电极111与静电保持盘112之间的温度差、以及粘接层110的热阻 R_{th} (mK/W)来记述。

[0049] 图3是示出静电保持盘112的温度的时间变化的图表。图表的横轴表示时间(s),纵轴表示静电保持盘112的温度($^{\circ}\text{C}$)。实线的升温曲线表示实测值,虚线的升温曲线表示物理模型的计算值。实测的升温曲线例如在由加热器71加热静电保持盘112来使该静电保持盘112从室温附近上升到目标温度(在图3的例子中为 350°C)的期间通过由温度传感器72按时

间序列测定静电保持盘112的温度来获得。也可以使等离子体处理腔室10内产生等离子体,利用产生了等离子体的状态使静电保持盘112升温,来替代由加热器71进行的加热。在使静电保持盘112升温的期间,不仅产生从加热器71(或等离子体)向静电保持盘112的热输入,还产生从静电保持盘112向下部电极111的热输出。

[0050] 物理模型的升温曲线通过将物理模型中的参数设定为适当的值并按照物理模型计算各时刻的温度(u)来获得。作为物理模型中的参数,能够使用向静电保持盘112的热输入(= Q_{IN})、以及参与热输出 Q_{OUT} 的热阻 R_{th} (或者作为其倒数的热传导率k)。

[0051] 图3的例子示出实测的升温曲线与物理模型的升温曲线之间存在偏离,物理模型的参数存在改善的余地。

[0052] 图4A和图4B是示出使参数变化了的情况下的升温曲线的变化的图表。图表的横轴表示时间(s),纵轴表示静电保持盘112的温度($^{\circ}C$)。图4A示出使热阻 R_{th} 的值变化了的情况下的升温曲线的变动范围。在数1的物理模型中使热阻 R_{th} 的值进行了各种变化的情况下,通过该物理模型获得的升温曲线在图4A中由阴影所示的范围内变动。从图4A的图表可知,即使在使热阻 R_{th} 的值变化了的情况下,低温区域(例如小于 $200^{\circ}C$)的升温速率也几乎不变化,是大致一定的。另一方面,可知,高温区域(例如 $250^{\circ}C$ 以上)的升温速率根据热阻 R_{th} 的值而变化,热阻 R_{th} 有助于直到温度u达到饱和温度为止的时间。

[0053] 图4B示出使热输入 Q_{IN} 的值变化了的情况下的升温曲线的变动范围。在数1的物理模型中使热输入 Q_{IN} 的值进行了各种变化的情况下,通过该物理模型获得的升温曲线在图4B中由阴影所示的范围内变动。从图4B的图表可知,即使在使热输入 Q_{IN} 的值变化了的情况下,直到静电保持盘112的温度u达到饱和温度为止的时间也是大致一定的。另一方面,可知,低温区域(例如小于 $200^{\circ}C$)的升温速率根据热输入 Q_{IN} 的值而变化。

[0054] 如以上那样,通过使物理模型中的热阻 R_{th} 的值变化,能够使高温区域的升温速率变化,通过使热输入 Q_{IN} 的值变化,能够使低温区域的升温速率变化。即,获得以下见解:即使使热阻 R_{th} 和热输入 Q_{IN} 中的任一方的参数变化,也难以再现实测值的升温曲线,但如果使双方的参数同时变化,则能够使通过物理模型获得的升温曲线接近实测值的升温曲线。

[0055] 因此,在本实施方式中,计算作为实测值而获得的温度时间序列数据与使用物理模型而计算的温度推移数据之间的误差,以使所计算出的误差最小化的方式决定物理模型中的参数(热阻 R_{th} 和热输入 Q_{IN})。

[0056] 图5是示出使参数变化的情况下的误差的分布的图表。图表的横轴表示粘接层110的热传导率k(W/mmK),纵轴表示向静电保持盘112的热输入 Q_{IN} (W)。热传导率k为热阻 R_{th} 的倒数。另外,图表的浓淡示出作为实测值而获得的温度时间序列数据与使用物理模型而计算的温度推移数据之间的时间序列误差的大小。时间序列误差例如使用均方误差(MSE: Mean Square Error)。在将时刻i的温度时间序列数据的值设为 Y_i 并将时刻i的温度推移数据的值设为 y_i 时,均方误差通过 $\Sigma (Y_i - y_i)^2/n$ 来计算。在此,n表示数据的总数。

[0057] 从图5的图表可知,误差的大小在图表的左上区域和右下区域相对地大,随着从左上区域和右下区域去向中央附近的区域而变小,在沿着由空心箭头符号X表示的对角线的区域变为极小。沿着该对角线调查误差的大小的结果,得到图6所示的分布。

[0058] 图6是示出对角线方向上的误差的分布的图表。图表的横轴表示在图5中由空心箭头符号X表示的对角线上的点,纵轴表示误差的大小。此外,横轴表示以对角线的一端为0且

另一端为100的方式重新标度而得到的坐标。

[0059] 如图6所示,可知,对角线上的误差的大小不是一定的,在某个点(在图6的例子中,为热传导率 k 为 2.3×10^{-4} (W/mmK)且热输入 Q_{IN} 为5600(W)的点)处最小。

[0060] 即,在基于作为实测值而获得的温度时间序列数据和使用物理模型而计算的温度推移数据计算了两者的误差时,能够唯一地决定使所计算出的误差最小化的热阻和热输入的值。另外,通过将使误差最小化的热阻和热输入的值用作参数,能够使物理模型最优化。

[0061] 图7是示出等离子体处理系统1的控制部1b执行的处理的过程的流程图。等离子体处理系统1的控制部1b通过控制等离子体处理装置1a的动作,来使静电保持盘112升温(步骤S101)。控制部1b能够通过使加热器电源70工作而由加热器71对静电保持盘112进行加热,来使静电保持盘112升温。另外,控制部1b也可以通过使RF电力供给部30等工作而在等离子体处理腔室10内产生等离子体,来使静电保持盘112升温。升温中的静电保持盘112的温度由温度传感器72按时间序列测定。

[0062] 处理部511例如通过通信接口513来获取通过按时间序列测定升温中的静电保持盘112的温度而获得的温度时间序列数据(步骤S102)。所获取到的温度时间序列数据存储于存储部512。

[0063] 处理部511使用数1所示的物理模型来计算静电保持盘112的温度推移(步骤S103)。物理模型、在物理模型中使用的参数(初始设定值)存储在存储部512中。处理部511能够通过从存储部512读出物理模型、参数并按照所读出的物理模型、参数进行运算,来计算静电保持盘112的温度推移。计算后的温度推移数据存储于存储部512。

[0064] 在本实施方式中,设为了在获取到实测的温度时间序列数据之后进行基于物理模型的计算的过程,但这些过程的执行顺序可以先后执行,也可以同时并行地执行。

[0065] 处理部511计算在步骤S102中获取到的温度时间序列数据与在步骤S103中计算出的温度推移数据之间的误差(步骤S104)。处理部511例如只要通过计算作为实测值而获得的温度时间序列数据与使用物理模型而计算的温度推移数据之间的均方误差,来计算两者的时间序列误差即可。

[0066] 处理部511基于所计算出的误差,来估计物理模型中的、包括向静电保持盘112的热输入 Q_{IN} 和参与热输出 Q_{OUT} 的热阻 R_{th} (或热传导率 k)的物理模型的参数(步骤S105)。具体而言,处理部511只要使用时域有限差分法(FDTD)来以使在步骤S104中计算出的误差最小化的方式决定热输入 Q_{IN} 的值和热阻 R_{th} (或热传导率 k)的值即可。

[0067] 处理部511通过更新参数来使物理模型最优化(步骤S106)。处理部511能够通过将在步骤S105中所决定的热输入 Q_{IN} 的值和热阻 R_{th} (或热传导率 k)的值作为新的参数存储于存储部512,来使物理模型最优化。

[0068] 在图7的流程图中,设为了根据所计算出的误差来使物理模型最优化的过程,但也可以设为以下过程:在所计算出的误差比阈值大的情况下,进行物理模型的最优化,在所计算出的误差比阈值小的情况下,不进行物理模型的最优化。

[0069] 如以上那样,在本实施方式中,能够在使从物理模型获得的温度推移数据与作为实测而获得的温度时间序列数据拟合的过程中,估计热输入 Q_{IN} 、热阻 R_{th} 之类的难以直接观测的参数。另外,只要准备实测的温度时间序列数据就能够实现本公开的估计方法,因此,能够在工艺的执行中进行自动估计(即,不需要安排分析的工艺),具有不给用户的生产率

带来影响这个优点。

[0070] 在本实施方式中,设为了使用内置于静电保持盘112的温度传感器72来测定温度的结构,但如果能够按时间序列测定静电保持盘112的温度,则对设置的传感器的数量、传感器的种类没有限制。例如,也可以在静电保持盘112内置多个温度传感器72,测定各时刻的面内的温度分布,并且由各温度传感器72按时间序列测定静电保持盘112的温度。在该情况下,最好针对每个温度传感器72准备物理模型,并基于从各温度传感器72获得的温度时间序列数据来使物理模型最优化。

[0071] 作为温度传感器72,也可以使用对伴随从静电保持盘112的表面发出的辐射热的像进行拍摄的红外线摄像机。红外线摄像机设置为与静电保持盘112的表面相向,按时间序列输出表示静电保持盘112的表面温度分布的图像。在该情况下,物理模型所包含的温度 u 表示为时间和位置的函数。处理部511只要从红外线摄像机获取表面温度分布的时间序列数据(图像数据),并且使用物理模型来计算各时刻的表面温度分布,以使两者的误差最小化的方式估计物理模型所包含的参数即可。

[0072] 在本实施方式中,设为了使用静电保持盘112升温时的温度时间序列数据的结构,但也可以使用静电保持盘112降温时的温度时间序列数据,这是不言而喻的。

[0073] (实施方式2)

[0074] 在实施方式2中,说明等离子体处理系统1的运用方式。

[0075] 图8是示出在实施方式2中处理部511执行的处理的过程的流程图。处理部511每当处理设定张数的基板 W 时,执行参数的估计处理(步骤S201)。事先对设定张数进行设定。在一例中,设定张数为500张。也可以采用等离子体处理装置1a的运转时间来替代设定张数。处理部511按照图7的流程图所示的步骤S101到S105的过程来执行参数的估计处理。

[0076] 处理部511将通过估计处理而得到的估计参数(即,热输入 Q_{IN} 和热阻 R_{th} 的值)与总的处理张数建立关联地存储于存储部512(步骤S202)。

[0077] 处理部511判断所估计出的最新的热输入 Q_{IN} 的值是否小于第一阈值 $TH1$ (步骤S203)。在作为温度时间序列数据使用了静电保持盘112的表面温度分布的情况下,能够监视热输入 Q_{IN} 的面内分布,从而能够基于热输入 Q_{IN} 的面内分布来评价等离子体密度的均匀性。

[0078] 在所估计出的最新的热输入 Q_{IN} 的值小于第一阈值 $TH1$ 的情况下(S203:“是”),能够判断为等离子体密度有可能不均匀,因此,处理部511进行促使工艺条件的变更的通知(步骤S204)。例如,处理部511通过通信接口513向用户持有的便携终端发送促使工艺条件的变更的通知。作为替代,处理部511也可以在图中未示出的显示部显示促使工艺条件的变更的信息。

[0079] 在所估计出的最新的热输入 Q_{IN} 的值为第一阈值 $TH1$ 以上的情况下(S203:“否”)、或者在步骤S204中进行了促使工艺条件的变更的通知的情况下,处理部511判断所估计出的最新的热阻 R_{th} 的值是否超过第二阈值 $TH2$ (步骤S205)。处理部511通过监视热阻 R_{th} 的值,能够评价粘接层110的消耗程度。

[0080] 在所估计出的最新的热阻 R_{th} 的值超过第二阈值 $TH2$ 的情况下(S205:“是”),能够判断为随着粘接层110由于自由基、热的影响而被消耗,静电保持盘112劣化,因此,处理部511输出促使部件的更换的警告(步骤S206)。例如,处理部511通过通信接口513向用户持有的

便携终端发送促使部件的更换的警告。作为替代,处理部511也可以在图中未示出的显示部显示促使部件的更换的警告。

[0081] 如以上那样,在实施方式2中,每设定张数执行参数的估计处理。处理部511能够通过估计热输入 Q_{IN} 的值,来监视等离子体密度的均匀性,从而能够在成品率变差前促使工艺条件的变更。另外,能够通过估计热阻 R_{th} ,来监视粘接层110的消耗程度,从而能够在静电保持盘112达到寿命前输出警告。

[0082] (实施方式3)

[0083] 在实施方式3中,说明以下结构:基于在上述的估计处理中估计的热输入 Q_{IN} 和热阻 R_{th} 的值计算加热器输出值,来对加热器71进行驱动控制。

[0084] 图9是示出在实施方式3中处理部511执行的处理的过程的流程图。处理部511在实施基板处理的正式处理工序之前的准备工序中,通过与实施方式1同样的过程来估计热输入 Q_{IN} 和热阻 R_{th} 的值(步骤S301)。在准备工序中,在静电保持盘112载置仿真晶圆,在生成了等离子体的状态下使静电保持盘112的温度从室温上升到目标温度。目标温度被设定为正式处理工序中的工艺温度。与实施方式1同样,处理部511通过使通过物理模型而得到的温度推移数据与实测的温度时间序列数据拟合,来估计热输入 Q_{IN} 和热阻 R_{th} 的值。

[0085] 处理部511基于所估计出的热输入 Q_{IN} 和热阻 R_{th} 的值,来计算使静电保持盘112从室温达到目标温度为止的加热器输出值(步骤S302)。本步骤最好在处理基板W的正式处理工序之前实施。处理部511使用以在提供了热输入 Q_{IN} 和热阻 R_{th} 的值以及目标温度的情况下输出从室温达到目标温度为止的加热器输出值的方式事先学习而得到的转换式或表,来计算加热器输出值。加热器输出值无需是一定的,也可以是从室温达到目标温度为止时刻变化的值。

[0086] 处理部511基于所计算出的加热器输出值来对加热器71进行驱动控制(步骤S303)。在基板处理的正式处理工序中,处理部511通过经由控制部1b控制为使加热器电源70的输出成为在步骤S302中所计算出的加热器输出值,来进行加热器71的驱动控制。

[0087] 如以上那样,在实施方式3中,能够在掌握了热输入 Q_{IN} 和热阻 R_{th} 的的基础上进行加热器71的驱动控制,因此,例如能够将在工艺的开始时温度过冲防止于未然。

[0088] (实施方式4)

[0089] 在实施方式4中,说明估计热输入 Q_{IN} 的面内分布并根据估计结果来调整基板面内的气体量的结构。

[0090] 图10是示出在实施方式4中处理部511执行的处理的过程的流程图。处理部511在实施基板处理的正式处理工序之前的准备工序中,通过与实施方式1同样的过程来估计热输入 Q_{IN} 和热阻 R_{th} 的值。在准备工序中,在静电保持盘112载置仿真晶圆,在生成了等离子体的状态下使静电保持盘112的温度从室温上升到目标温度。目标温度被设定为正式处理工序中的工艺温度。与实施方式1同样,处理部511通过使通过物理模型而得到的温度推移数据与实测的温度时间序列数据拟合,来估计热输入 Q_{IN} 和热阻 R_{th} 的值。

[0091] 在实施方式4中,通过使用多个温度传感器72或者作为温度传感器72使用红外线摄像机,来对基板面内的多个区域的各个区域估计热输入 Q_{IN} 和热阻 R_{th} 的值。处理部511基于各区域的热输入 Q_{IN} 的值来估计热输入 Q_{IN} 的面内分布(步骤S401)。

[0092] 处理部511基于所估计出的热输入 Q_{IN} 的面内分布来调整各区域的气体量(步骤

S402)。在基板处理的正式处理工序中,处理部511通过控制部1b控制气体供给部20的动作,来调整基板面内的各区域的气体量,例如以使得成为能够获得理想的蚀刻形状的等离子体密度。

[0093] 如以上那样,在实施方式4中,根据热输入 Q_{IN} 的面内分布来调整基板面内的各区域的气体量,因此,能够控制各区域的等离子体密度,从而能够使蚀刻形状最优化。

[0094] (实施方式5)

[0095] 在实施方式5中,说明静电保持盘112具备凸部的结构。

[0096] 图11是示出实施方式5中的静电保持盘112的结构的示意图。在图11的示意图中,除了静电保持盘112以外还示出有粘接层110、下部电极111以及基板W。粘接层110和下部电极111的结构及功能与实施方式1同样。

[0097] 实施方式5中的静电保持盘112具备用于载置基板W的多个凸部112a。作为处理对象的基板W载置于凸部112a的上表面。凸部112a与静电保持盘112的主体由陶瓷一体地形成。向在将基板W载置于凸部112a的上表面时产生的空隙112b供给He气体等传热气体。

[0098] 实施方式5中的处理部511通过与实施方式1同样的过程来估计向载置于凸部112a的基板W的热输入 Q_{IN} 的值和凸部112a的热阻的值。即,处理部511能够在使从物理模型获得的温度推移数据与作为实测而获得的温度时间序列数据拟合的过程中估计热输入 Q_{IN} 和热阻 R_{th} 的值。在实施方式5中,只要作为温度传感器72使用晶圆型的温度传感器来测定各凸部112a的温度即可。

[0099] 另外,处理部511也可以应用与实施方式2同样的过程,将对各凸部112a估计出的热阻 R_{th} 的值与预先设定的设定值进行比较,基于比较结果来探测各凸部112a的消耗。并且,处理部511在基板处理的正式处理工序或者不使等离子体点火的温度调整工序中探测到凸部112a的消耗的情况下,也可以输出促使部件更换的警告。

[0100] 如以上那样,在实施方式5中,能够高精度地估计难以个别求出的各凸部112a的热阻 R_{th} 的值。

[0101] 应该认为,本次公开的实施方式的所有点均为例示性而非限制性的。本发明的范围不通过上述的含义示出,而通过权利要求书来示出,意图包括与权利要求书等同的意义和范围内的所有变更。

[0102] 各实施方式中所记载的事项能够相互组合。另外,关于权利要求书中所记载的独立权利要求和从属权利要求,不论引用形式,都能够在全部的一切组合中相互组合。并且,在权利要求书中使用对引用其它两个以上的权利要求的权利要求进行记载的形式(多项权利要求形式),但不限于此。也可以使用对至少引用一个多项权利要求的多项权利要求(多项引多项权利要求)进行记载的形式进行记载。

[0103] 附图标记说明

[0104] 1:等离子体处理系统;1a:等离子体处理装置;1b:控制部;71:加热器;72:温度传感器;110:粘接层;111:下部电极;112:静电保持盘;511:处理部;512:存储部;513:通信接口。

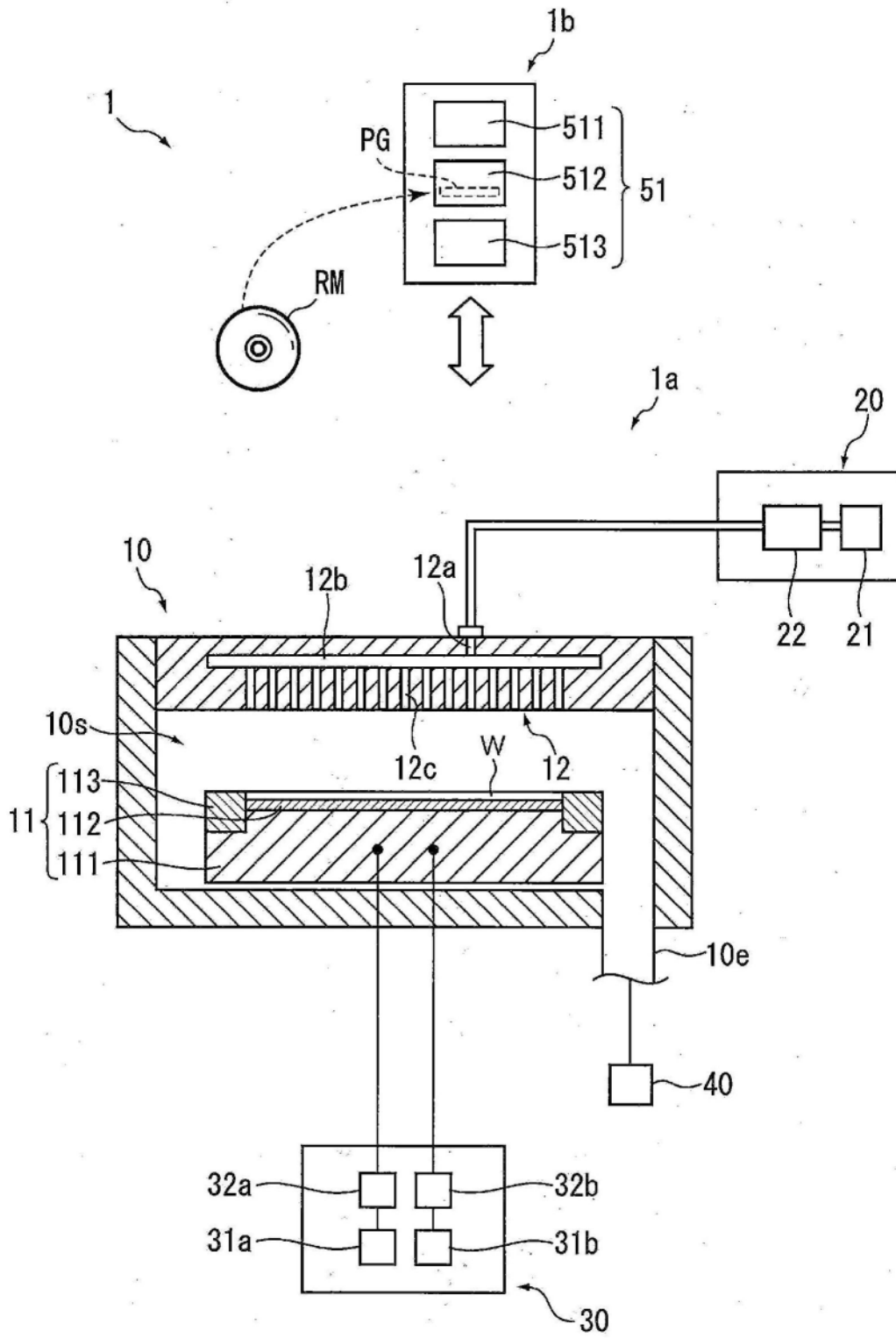


图1

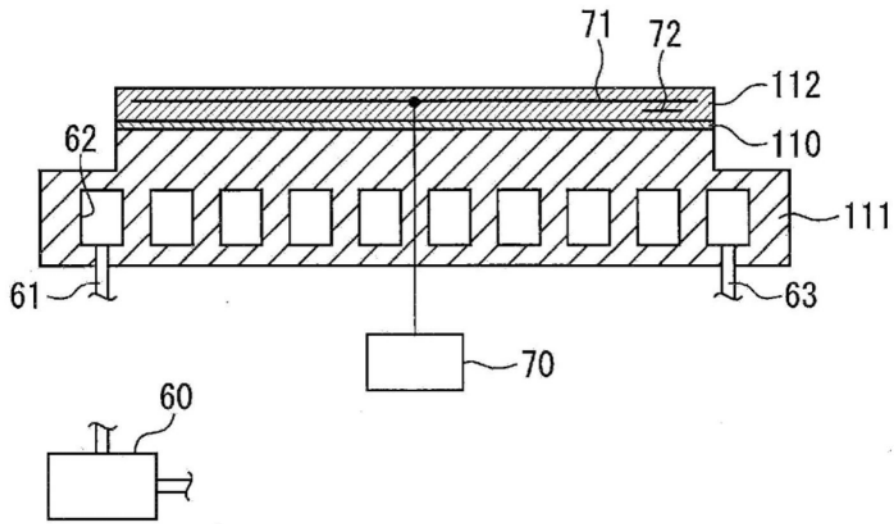


图2

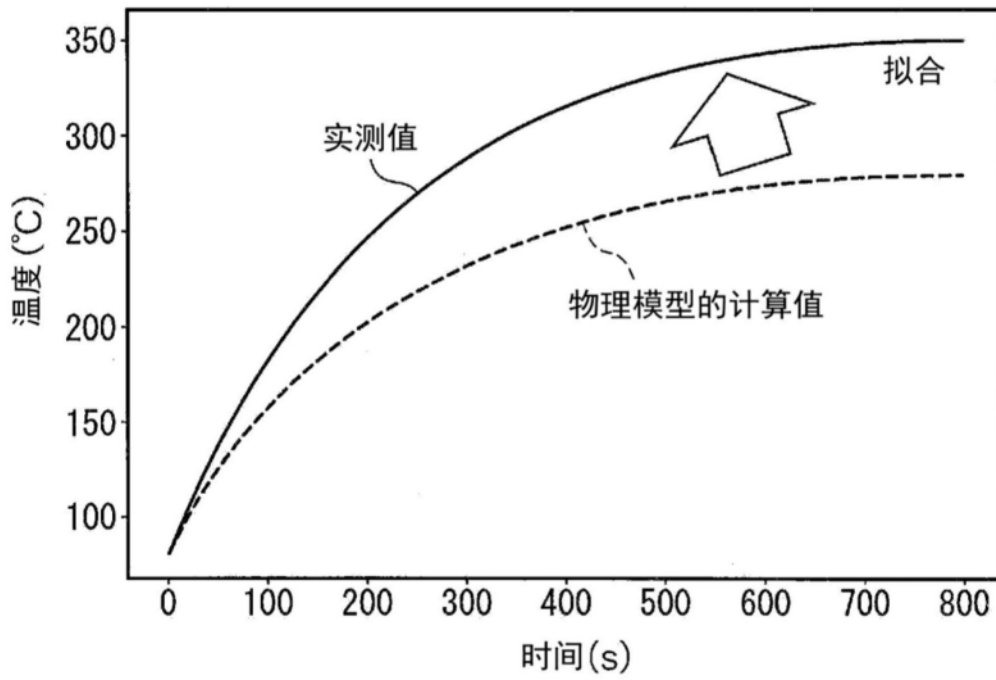


图3

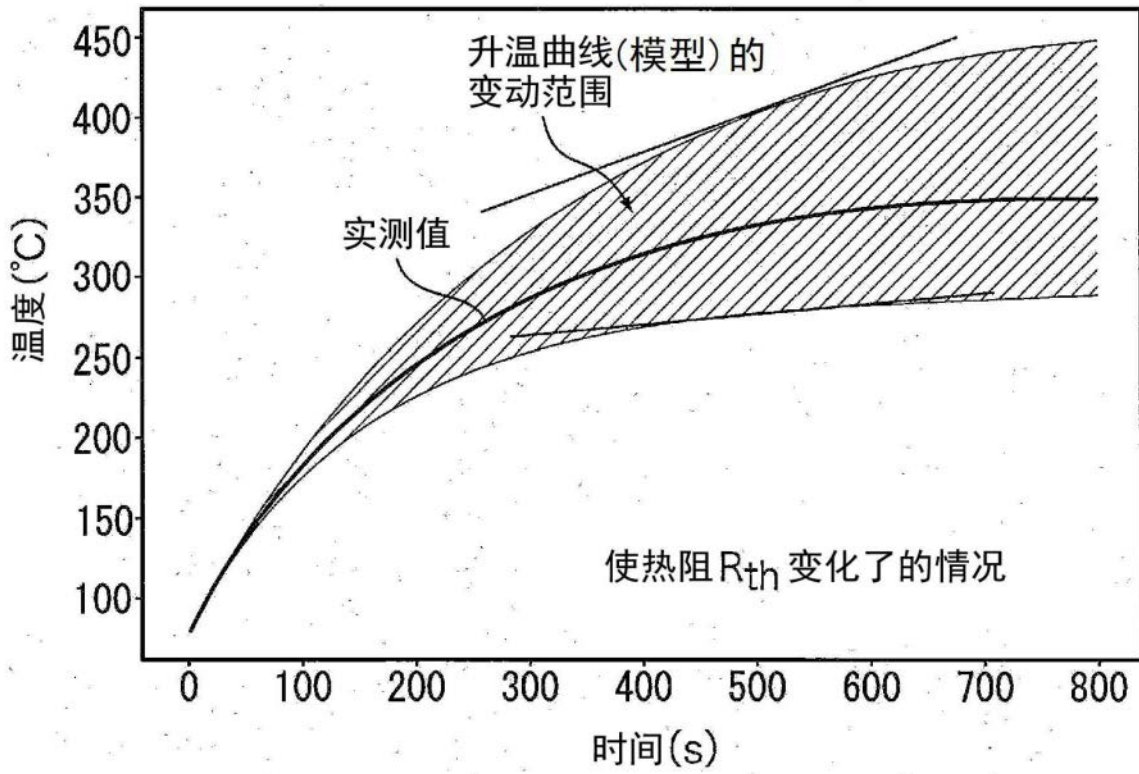


图4A

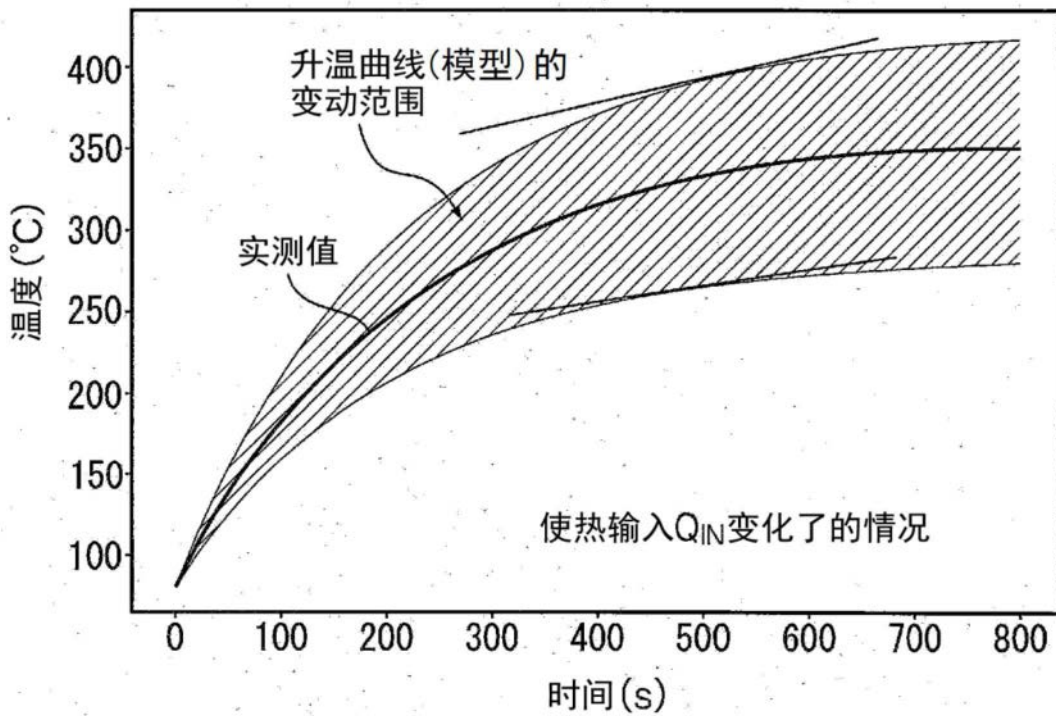


图4B

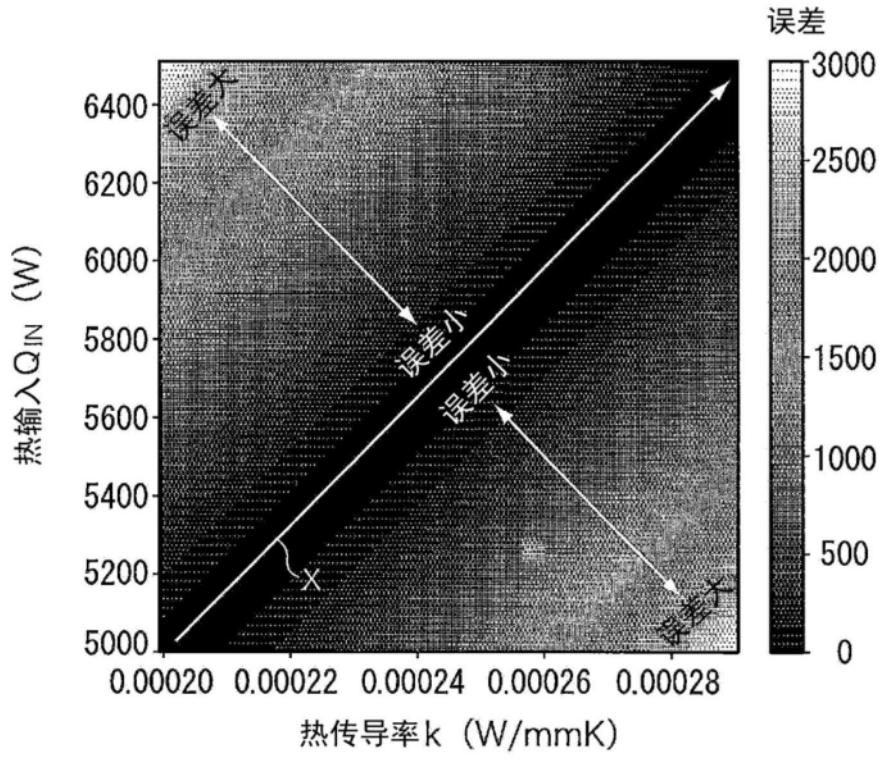


图5

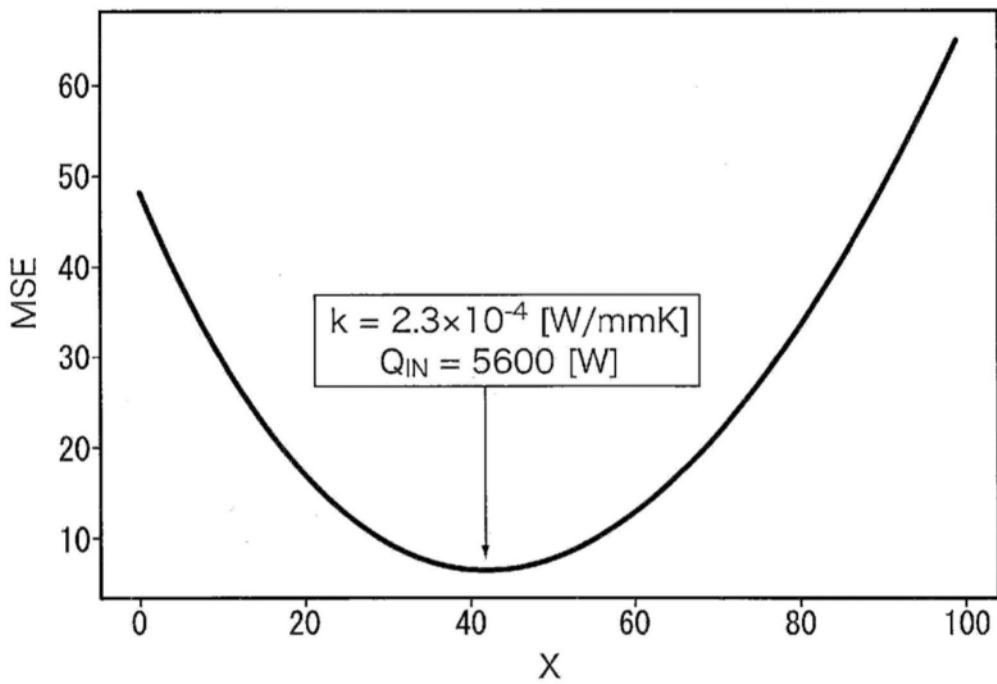


图6

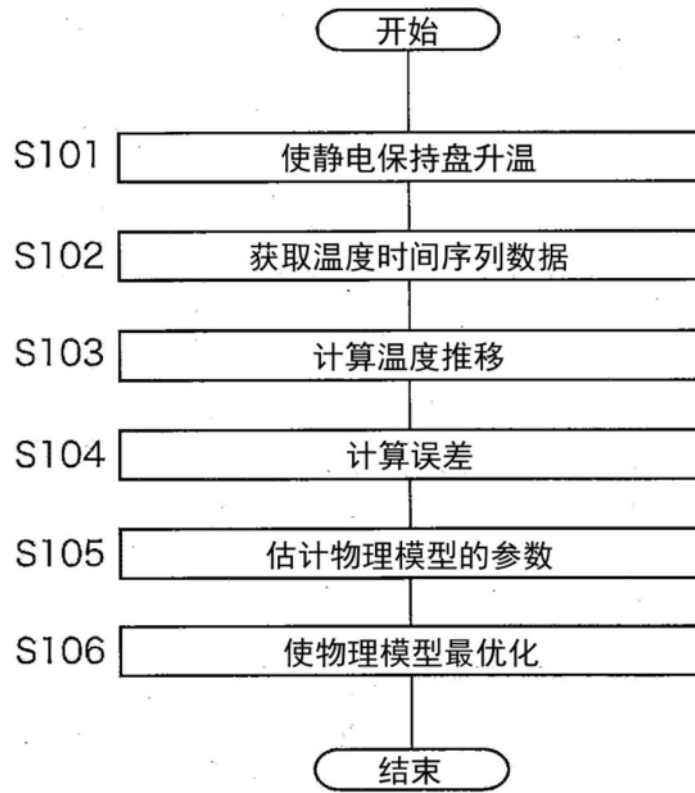


图7

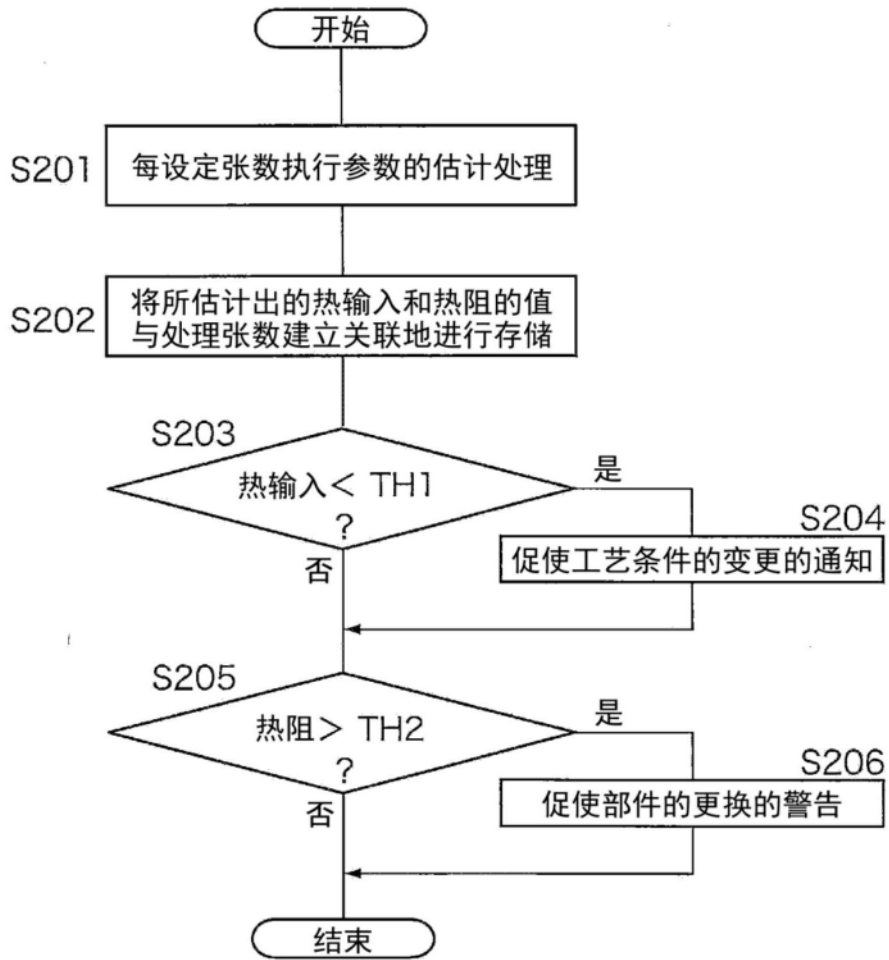


图8

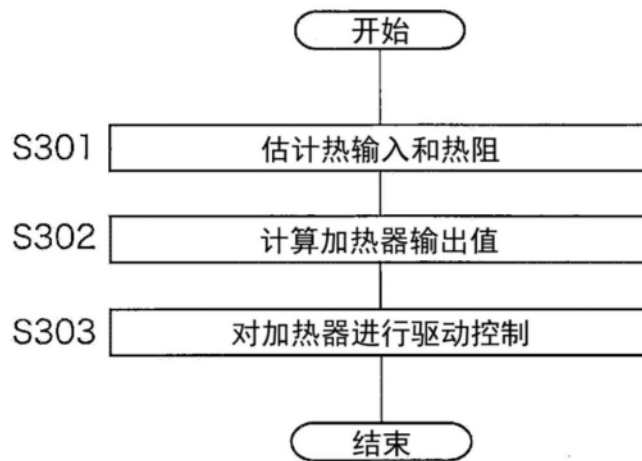


图9

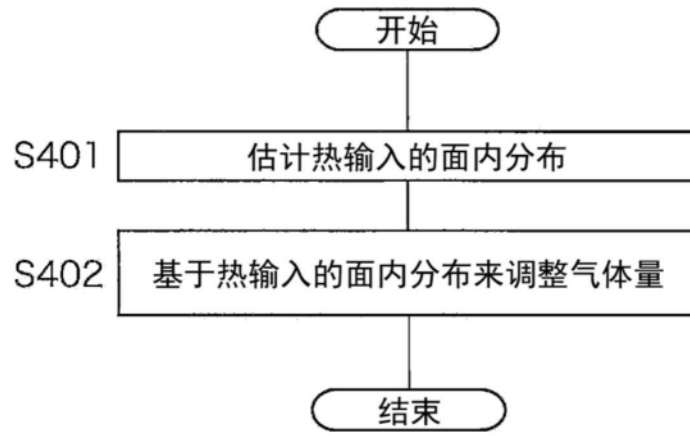


图10

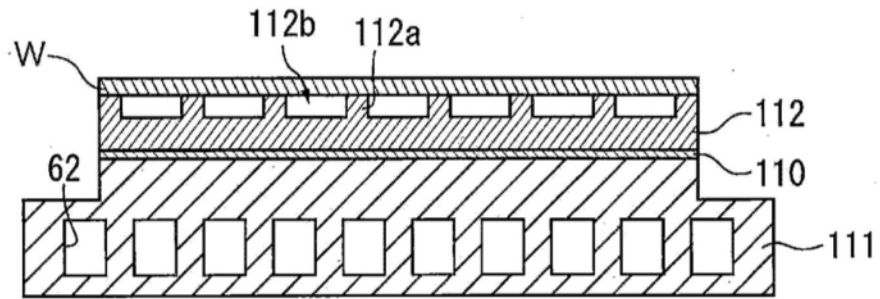


图11