

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103869769 A

(43) 申请公布日 2014. 06. 18

---

(21) 申请号 201310689280. 7

(22) 申请日 2013. 12. 16

(30) 优先权数据

61/737, 623 2012. 12. 14 US

14/086, 883 2013. 11. 21 US

(71) 申请人 朗姆研究公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 安德鲁·S·方 约翰·C·小瓦尔考

(74) 专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

代理人 李献忠

(51) Int. Cl.

G05B 19/418 (2006. 01)

---

权利要求书3页 说明书22页 附图13页

(54) 发明名称

用于统计数据抽取的统计计算

(57) 摘要

本发明涉及用于统计数据抽取的统计计算，具体描述了用于统计数据抽取的系统和方法。所述方法包括：接收来自射频(RF)系统的变量；将所述变量传播通过所述RF系统的模型；以及针对所述变量对所述模型的输出进行计数以生成计数。该方法还包括：判定所述计数是否满足计数阈值；在判定出所述计数满足所述计数阈值时，在所述模型的输出处生成所述变量的统计值；以及将所述统计值发送到所述RF系统以调节所述变量。

1. 一种方法,其包括:

接收来自射频(RF)系统的变量;

将所述变量传播通过所述RF系统的模型;

针对所述变量对所述模型的输出进行计数以生成计数;

判定所述计数是否满足计数阈值;

在判定出所述计数满足所述计数阈值时,在所述模型的所述输出处生成所述变量的统计值;以及

将所述统计值发送到所述RF系统以调节所述变量。

2. 如权利要求1所述的方法,其中所述变量包括功率、或频率、或电压量值、或电流量值、或复电压与复电流之间的相位、或复电流、或复电压、或其组合。

3. 如权利要求1所述的方法,其中所述RF系统包括RF发生器。

4. 如权利要求1所述的方法,其中所述模型是计算机生成的模型,其中传播所述变量通过所述模型包括生成所述变量的值和与所述模型的部分相关联的变量值的方向和。

5. 如权利要求1所述的方法,其中所述输出包括所述变量的多个值。

6. 如权利要求5所述的方法,其中所述统计值包括所述值的移动四分位数间距、或所述值的四分位数间距、或所述值的最大值、或所述值的最小值、或所述值的均值、或所述值的中值、或所述值的方差、或所述值的标准差、或所述值的移动均值、或所述值的移动中值、或所述值的移动方差、或所述值的移动标准差、或所述值的模、或所述值的移动模、或其组合。

7. 一种方法,其包括:

接收来自射频(RF)发生器的与变量相关联的数据,所述RF发生器被配置为产生经由阻抗匹配电路供给到等离子体腔室的RF信号,所述变量与RF系统相关联,所述RF系统包括所述RF发生器、阻抗匹配电路以及所述等离子体腔室;

基于所接收到的数据生成从计算机生成模型输出的值;

对从所述计算机生成模型输出的所述值的量进行计数;

判定所述量是否超过计数阈值;

响应于判定出所述量超过所述计数阈值,根据从所述计算机生成模型输出的所述值来生成统计值;

将所述统计值发送到所述RF发生器以调节由所述RF发生器产生的所述RF信号。

8. 如权利要求7所述的方法,其中经调节的所述RF信号经由RF电缆、所述阻抗匹配电路和RF传输线被提供给所述等离子体腔室,其中所述RF电缆将所述RF发生器与所述阻抗匹配电路耦合,其中所述RF传输线将所述阻抗匹配电路与所述等离子体腔室耦合。

9. 如权利要求7所述的方法,其中所述变量包括功率、或频率、或电压量值、或电流量值、或复电压与复电流之间的相位、或复电流、或复电压或其组合。

10. 如权利要求7所述的方法,其中所述阻抗匹配电路将负载的阻抗与源的阻抗匹配,其中所述源包括所述RF发生器以及将所述RF发生器与所述阻抗匹配电路耦合的RF电缆,其中所述负载包括所述等离子体腔室以及RF传输线,所述RF传输线将所述等离子体腔室与所述阻抗匹配电路耦合。

11. 如权利要求7所述的方法,其中所述等离子体腔室包括卡盘和朝向所述卡盘的上

电极。

12. 如权利要求 7 所述的方法,其中所述变量包括在等离子体系统内的点处的复电压和电流。

13. 如权利要求 7 所述的方法,其中所述量包括值的数量,其中所述统计值包括所述值的移动四分位数间距、或所述值的四分位数间距、或所述值的最大值、或所述值的最小值、或所述值的均值、或所述值的中值、或所述值的方差、或所述值的标准差、或所述值的移动均值、或所述值的移动中值、或所述值的移动方差、或所述值的移动标准差、或所述值的模、或所述值的移动模、或其组合。

14. 如权利要求 7 所述的方法,还包括抽取在生成所述统计值之后所接收到的所述数据。

15. 如权利要求 7 所述的方法,其中生成在所述计算机生成模型的所述输出处的所述值包括将所接收到的数据传播通过所述计算机生成模型的部分。

16. 一种方法,其包括 :

接收来自射频(RF)发生器的与变量相关联的数据,所述 RF 发生器产生待经由阻抗匹配电路供给到等离子体腔室的 RF 信号,所述变量与 RF 系统相关联,所述 RF 系统包括所述 RF 发生器、阻抗匹配电路以及所述等离子体腔室 ;

基于所接收到的数据生成在计算机生成模型的输出处的值 ;

对从所述计算机生成模型输出的所述值的量进行计数 ;

判定所述量是否超过阈值 ;

响应于判定出所述量超过所述阈值,由从所述计算机生成模型输出的所述值生成统计值 ;

判定所述统计值是否在预定范围之外 ;

响应于判定出所述统计值在所述预定范围之外而将所述统计值调节到在所述预定范围之内 ;以及

将经调节的所述统计值发送到所述 RF 发生器以控制所述 RF 发生器从而调节由所述 RF 发生器产生的所述 RF 信号。

17. 如权利要求 16 所述的方法,其中经调节的所述 RF 信号经由 RF 电缆、所述阻抗匹配电路和 RF 传输线被提供给所述等离子体腔室,其中所述 RF 电缆将所述 RF 发生器与所述阻抗匹配电路耦合,其中所述 RF 传输线将所述阻抗匹配电路与所述等离子体腔室耦合。

18. 如权利要求 16 所述的方法,其中所述变量包括功率、或频率、或电压量值、或电流量值、或复电压与复电流之间的相位、或复电流、或复电压、或其组合。

19. 如权利要求 16 所述的方法,其中所述阻抗匹配电路将负载的阻抗与源的阻抗匹配,其中所述源包括所述 RF 发生器以及将所述 RF 发生器与所述阻抗匹配电路耦合的 RF 电缆,其中所述负载包括所述等离子体腔室以及 RF 传输线,所述 RF 传输线将所述等离子体腔室与所述阻抗匹配电路耦合。

20. 如权利要求 16 所述的方法,其中所述等离子体腔室包括卡盘和朝向所述卡盘的上电极。

21. 如权利要求 16 所述的方法,其中所述变量包括在等离子体系统内的点处的复电压和电流。

22. 一种方法,其包括:

接收来自射频(RF)发生器的与变量相关联的数据,所述RF发生器产生待经由阻抗匹配电路供给到等离子体腔室的RF信号,所述变量与RF系统相关联,所述RF系统包括所述RF发生器、阻抗匹配电路以及所述等离子体腔室;

基于所接收到的数据生成在计算机生成模型的输出处的值;

对从所述计算机生成模型输出的所述值的量进行计数;

判定所述量是否超过计数阈值;

响应于判定出所述量超过所述计数阈值,由从所述计算机生成模型输出的所述值生成统计值;

判定所述统计值是否在预定区域之外;

响应于判定出所述统计值在所述预定区域之外而产生故障指示;以及

将所述故障指示发送到所述RF发生器。

23. 如权利要求22所述的方法,还包括:

判定所述统计值是否在预定范围之内;

响应于判定出所述统计值在所述预定范围之外而将所述统计值调节至在所述预定范围之内;以及

将经调节的所述统计值发送到所述RF发生器以控制所述RF发生器产生经调节的RF信号以经由所述阻抗匹配电路提供给所述等离子体腔室。

24. 如权利要求22所述的方法,其中经调节的所述RF信号经由RF电缆、所述阻抗匹配电路和RF传输线被提供给所述等离子体腔室,其中所述RF电缆将所述RF发生器与所述阻抗匹配电路耦合,其中所述RF传输线将所述阻抗匹配电路与所述等离子体腔室耦合。

25. 如权利要求22所述的方法,其中所述变量包括功率、或频率、或负载阻抗的实部、和或所述负载阻抗的虚部、或电压量值、或电流量值、或复电压与复电流之间的相位、或晶片偏置、或离子能量、或等离子体电势、或复电流、或复电压、或负载阻抗、或其组合。

26. 如权利要求22所述的方法,其中所述变量包括在所述等离子体系统内的点处的复电压和电流。

## 用于统计数据抽取的统计计算

### 技术领域

[0001] 本发明实施例涉及进行统计数据判定以及统计值在等离子体系统中的使用。

### 背景技术

[0002] 在等离子体系统中,通过发生器来生成射频(RF)信号。信号被传递到等离子体反应器以在等离子体反应器内生成等离子体。在等离子体反应器中形成的等离子体用于各种应用,例如,清洁晶片,将材料沉积到晶片上,刻蚀晶片,等等。

[0003] 期望控制等离子体的特性以控制应用。例如,期望控制等离子体均匀度以达到刻蚀速率。作为另一示例,期望控制等离子体功率以达到沉积速率。

[0004] 为控制特性,利用等离子体系统中的传感器来测量特性。

[0005] 在该背景下出现了本公开中所描述的实施例。

### 发明内容

[0006] 本公开的实施例提供了用于生成统计值以减少与等离子体系统内的模型相关联的数据量的装置、方法和计算机程序。应当理解的是,本实施例能够以多种方式实施,例如,以过程、装置、系统、设备或计算机可读介质上的方法实施。下面描述了多个实施例。

[0007] 在一些实施例中,统计值用于控制等离子体腔室或产生 RF 信号。例如,不是分析在计算机生成模型的输出处的变量的全部值来控制等离子体腔室,而是由所述值生成统计值,并且判定所述统计值是否在预定范围之内。在判定出所述统计值在预定范围之内时,不对等离子体腔室进行控制,例如,不调整供给到等离子体腔室的 RF 信号,等等。另一方面,在判定出统计值不在预定范围之外时,利用统计值来控制等离子体腔室,例如,基于统计值来生成供给到等离子体腔室的 RF 信号,等等。

[0008] 在各个实施例中,一种方法包括:接收来自射频(RF)系统的变量;将变量传播通过 RF 系统的模型;以及针对所述变量对模型的输出进行计数以生成计数。所述方法还包括:判定所述计数是否满足计数阈值;在判定出所述计数满足计数阈值时在所述模型的输出处生成变量的统计值;以及将统计值发送到 RF 系统以调节变量。

[0009] 在各个实施例中,一种方法包括:接收来自射频(RF)发生器的与变量相关联的数据。RF 发生器被配置为产生待经由阻抗匹配电路被供给到等离子体腔室的 RF 信号。变量与 RF 系统相关联,RF 系统包括 RF 发生器、阻抗匹配电路和等离子体腔室。所述方法还包括:基于所接收到的数据而生成在计算机生成模型的输出处的值;对从计算机生成模型输出的值的量进行计数;判定所述量是否超过计数阈值;响应于判定出所述量超过计数阈值而由从所述计算机生成模型输出生成的数据生成统计值;以及将所述统计值发送到 RF 发生器以调节由所述 RF 发生器产生的 RF 信号。

[0010] 在一些实施例中,一种方法包括:接收来自射频(RF)发生器的与变量相关联的数据。RF 发生器用于产生待经由阻抗匹配电路被供给到等离子体腔室的 RF 信号。变量与 RF 系统相关联,RF 系统包括 RF 发生器、阻抗匹配电路以及等离子体腔室。所述方法包括:基

于所接收到的数据来生成在计算机生成模型的输出处的值；对从计算机生成模型输出的值的量进行计数；判定所述量是否超过计数阈值；响应于判定出所述量超过计数阈值而由从计算机生成模型输出的值来生成统计值；判定所述统计值是否在预定范围之外；响应于判定出所述统计值在预定范围之外而调节所述统计值至所述预定范围之内；以及将经调节的统计值发送到 RF 发生器以控制 RF 发生器从而调节由 RF 发生器产生的 RF 信号。

[0011] 在多个实施例中，一种方法包括：接收来自射频(RF)发生器的与变量相关联的数据。RF 用于产生待经由阻抗匹配电路被供给到等离子体腔室的 RF 信号。变量与 RF 系统相关联，RF 系统包括 RF 发生器、阻抗匹配电路和等离子体腔室。所述方法还包括：基于所接收到的数据来生成在计算机生成模型的输出处的值；对从计算机生成模型输出的值的量进行计数；判定所述量是否超过计数阈值；以及响应于判定出所述量超过计数阈值而由从计算机生成模型输出的值来生成统计值。所述方法包括：判定统计值是否在预定区域之外；响应于判定出统计值在预定区域之外而产生故障指示；以及将所述故障指示发送到 RF 发生器。

[0012] 本公开中描述的一个或多个实施例的一些优点包括：使用统计值而不是在计算机生成模型的输出处的变量的全部值来控制等离子体腔室。例如，不是判定所述值是否在预定范围之内，而是判定统计值是否在预定范围之内。在判定出统计值在预定范围之内时，不做进一步控制等离子体腔室的任何改变。另一方面，在判定出统计值在预定范围之外时，对统计值做出改变以控制等离子体腔室来获得改变后的统计值。

[0013] 使用统计值而不是在计算机生成模型的输出处的全部值节约了与处理值相关联的处理成本。例如，不是使用多个服务器，例如服务器群等，来处理值以基于所述值来生成统计值且控制等离子体腔室，而是多个处理器，例如，一个、两个、等等，足以生成统计值且基于统计值来控制等离子体腔室。

[0014] 在本公开中描述的一个或多个实施例的其它优点包括：抽取在生成变量的统计值之后所接收到的数据。数据的抽取在主机控制器的存储设备内创造了空位置。空位置用于接收关于与等离子体系统相关联的变量的更多数据。

[0015] 结合附图，通过下面的详细说明其它方案将变得显而易见。

## 附图说明

[0016] 通过参考下面结合附图进行的说明，可以最佳地理解实施例。

[0017] 图 1 是依照本公开所描述的实施例的用于生成变量的统计值的等离子体系统的框图。

[0018] 图 2 是依照本公开所描述的实施例的用于生成变量的统计值的另一等离子体系统的图。

[0019] 图 3 是依照本公开所描述的实施例的图 1 或图 2 的等离子体系统的主机系统的图。

[0020] 图 4 是依照本公开所描述的实施例的图 1 或图 2 的等离子体系统的另一主机系统的图。

[0021] 图 5 是依照本公开所描述的实施例的用于图示出使用指针来访问存储器位置的存储设备的图。

- [0022] 图 6 是依照本公开所描述的实施例的插入分类操作的图。
- [0023] 图 7 是依照本公开所描述的实施例的图示出合并分类操作的存储器阵列的图。
- [0024] 图 8 是依照本公开所描述的实施例的图示出合并分类操作内的比较操作的存储设备的图。
- [0025] 图 9 是依照本公开所描述的实施例的图 1 或图 2 的等离子体系统的统计抽取 (SD) 模块的图。
- [0026] 图 10 是依照本公开所描述的实施例的图 1 或图 2 的等离子体系统的 SD 模块的图。
- [0027] 图 11 是依照本公开所描述的实施例的补偿偏置和 / 或检测等离子体系统中的故障的时间片采样方法的实施例的图。
- [0028] 图 12 是依照本公开所描述的实施例的用于生成移动方差的 SD 模块的框图。
- [0029] 图 13 是依照本公开所描述的实施例的用于生成统计值的方法的流程图。

## 具体实施方式

[0030] 下面的实施例描述了用于执行统计数据抽取的系统和方法。显然，可以在不具有这些具体细节中的一些或全部的情况下实施本发明的实施例。在其它实例中，为了避免不必要的使本发明的实施例模糊，未对公知的处理操作进行详细说明。

[0031] 图 1 是用于生成变量的统计值的等离子体系统 100 的实施例的框图。等离子体系统 100 包括主机系统 140、x 兆赫 (MHz) 射频 (RF) 发生器、y MHz RF 发生器，以及 z MHz RF 发生器。每个 RF 发生器都包括控制器。例如，x MHz RF 发生器包括 x 控制器，y MHz RF 发生器包括 y 控制器，并且 z MHz RF 发生器包括 z 控制器。x MHz、y MHz 或 z MHz 的示例包括 2MHz、27MHz 和 60MHz。在一些实施例中，x MHz 为 2MHz，y MHz 为 27MHz，并且 z MHz 为 60MHz。而且，主机系统 140 包括主机控制器 150。

[0032] 在一些实施例中，控制器包括处理器和存储设备。在多个实施例中，处理器是中央处理单元 (CPU)、或微处理器、或专用集成电路 (ASIC)、或可编程逻辑器件 (PLD) 等。存储设备的示例包括只读存储器 (ROM)、随机存取存储器 (RAM) 或其组合。在各个实施例中，存储设备是闪存、或存储磁盘冗余阵列 (RAID)、或硬盘等。

[0033] x 控制器经由电缆 144 与主机系统 140 耦合，电缆 144 包括串行连接、或并行连接、或并行串行并行接口 (PSPI)。类似地，y MHz RF 发生器经由电缆与主机系统耦合，并且 z MHz RF 发生器经由电缆与主机系统 140 耦合。每个将 RF 发生器与主机系统 140 耦合的电缆都包括串行连接、或并行连接、或并行串行并行接口 (PSPI)。

[0034] 等离子体系统 100 还包括阻抗匹配电路 106 和等离子体腔室 111。阻抗匹配电路 106 经由 RF 传输线 132 与等离子体腔室 111 连接。在一些实施例中，RF 传输线 132 的一部分包括由 RF 隧道所包围的绝缘体包围的 RF 电缆，并且 RF 传输线 132 的引向卡盘 152 的另一部分由 RF 柱体包围。

[0035] 阻抗匹配电路将连接至阻抗匹配电路的负载的阻抗与连接至阻抗匹配电路的源的阻抗匹配。源提供 RF 能量给负载，负载消耗 RF 能量。源的示例包括 x、y 和 z RF 发生器中的一个或多个，以及将 RF 发生器与阻抗匹配电路 106 耦合的 RF 电缆中的一个或多个。在一些实施例中，源包括等离子体系统 100 的在阻抗匹配电路 106 与 x、y 和 z MHz RF 发生器中的一个或多个之间耦合的其它设备 (未显示)，例如，用于对经由 RF 电缆供给的 RF 信号

进行滤波的滤波器，等等。负载的示例包括等离子体腔室 111 和 RF 传输线 132。负载的其它示例包括等离子体系统 100 的在阻抗匹配电路 106 与等离子体腔室 111 之间耦合的其它设备(未显示)，例如，对经由 RF 传输线 132 供给的 RF 信号进行滤波的滤波器，等等。

[0036] 等离子体腔室 111 包括与 RF 传输线 132 连接的卡盘 152，例如，静电卡盘(ESC)、磁卡盘，等等。等离子体腔室 111 还包括朝向卡盘 152 的上电极 154。例如，上电极 154 的下表面 156 被定位成在卡盘 152 的上表面 158 对面且朝向卡盘 152 的上表面 158。在各个实施例中，上电极 154 接地。卡盘 152 包括下电极，下电极由例如阳极化铝、铝合金等金属制成。而且，上电极 154 由例如铝、铝合金等金属制成。

[0037] 工件 160 被放置在上表面 158 上以对工件 160 进行处理，工件 160 例如为半导体晶片、其上面开发有集成电路的半导体晶片，等等。工件 160 的处理示例包括清洁工件 160、或刻蚀工件 160、或将例如氧化物膜等膜沉积在工件 160 上，或其组合，等等。在工件 160 上开发的集成电路用于各种计算设备，诸如例如蜂窝电话、平板式计算机、智能电话、计算机、膝上型计算机、联网设备等。

[0038] 在一些实施例中，等离子体腔室 111 包括其它部件(未显示)，例如，包围上电极 156 的上介电环、包围上介电环的上电极延伸件、包围卡盘 152 的下介电环、包围卡盘 152 的下电极延伸件、上等离子体排除区(PEZ)环、下 PEZ 环等。

[0039] 在各个实施例中，上电极 154 包括与例如气体供给线路(未显示)等中央气体馈送装置耦合的一个或多个孔。中央气体馈送装置接收来自气体源(未显示)的一种或多种处理气体。处理气体的示例包括含氧气体，诸如  $O_2$ 。处理气体的其它示例包括含氟气体，例如，四氟甲烷( $CF_4$ )、六氟化硫( $SF_6$ )、六氟乙烷( $C_2F_6$ )，等等。上电极 154 接地。下电极 152 经由阻抗匹配电路 106 与 x MHz RF 发生器耦合，经由阻抗匹配电路 106 与 yMHz RF 发生器耦合，并且经由阻抗匹配电路 106 与 z MHz RF 发生器耦合。

[0040] 当在上电极 154 与卡盘 152 之间供给处理气体时且当 x、y 和 zMHz RF 发生器中的一个或多个经由阻抗匹配电路 106 将一个或多个 RF 信号功率供给到卡盘 152 时，处理气体被点燃以在等离子体腔室 111 内生成等离子体。例如，x MHz 发生器经由 RF 电缆 130 将 RF 信号 104 供给到阻抗匹配电路 106。阻抗匹配电路 106 对从 x、y 和 z RF 发生器中的对应一个或多个接收到的一个或多个 RF 信号进行调整以生成经调整的 RF 信号并且经由 RF 传输线 132 来提供经调整的 RF 信号以点燃处理气体，从而在卡盘 152 和上电极 154 之间的间隙内生成等离子体。作为另一示例，y MHz RF 发生器经由 RF 电缆供给 RF 信号，RF 电缆将 y MHz RF 发生器与调整 RF 信号的阻抗匹配电路 106 耦合。在该示例中，经调整的 RF 信号经由阻抗匹配电路 106 和 RF 传输线 132 被进一步发送到卡盘 152 以生成等离子体。

[0041] 在等离子体系统 100 生成等离子体的操作期间，每个 RF 控制器接收来自传感器(未显示)的变量的数据量，传感器与等离子体系统 100 内的点耦合。例如，x 控制器接收来自与 RF 电缆 130 连接的电压和电流探针的变量的值。作为另一示例，y 控制器接收来自与将 y MHz RF 发生器与阻抗匹配电路 106 连接的 RF 电缆连接的电压和电流探针的变量的值。作为另一示例，y 控制器接收来自与 RF 传输线 132 连接的电压探针的变量的值。作为又一示例，z 控制器接收经由等离子体腔室内的窗口与等离子体光耦合的光传感器的值。

[0042] 变量的示例包括在等离子体系统 100 的点处的 RF 信号的功率、或等离子体的功率、或 RF 信号的频率、或负载阻抗的实部、或负载阻抗的虚部、或在该点处的电压量值、

或在该点处的电流量值、在该点处复电压与复电流之间的相位、或在该点处的晶片偏置(bias)、或在该点处的离子能量、或在该点处的等离子体电势、或在该点处的复电流、或在该点处的复电压、或在该点处的负载阻抗、或其组合。

[0043] 负载阻抗的示例包括等离子体系统 100 的一个或多个部件的阻抗。例如，负载阻抗是在等离子体系统 100 内的点处的阻抗。作为另一示例，负载阻抗是 RF 电缆 130 中的一个或多个的阻抗(RF 电缆将 y MHz RF 发生器与阻抗匹配电路 106 耦合，RF 电缆将 z MHz RF 发生器与阻抗匹配电路 106)、阻抗匹配电路 106、RF 传输线 132 和等离子体腔室 111 耦合。

[0044] 在一些实施例中，等离子体系统 100 内的点包括在 x MHz RF 发生器的输出处的点、或 y MHz RF 发生器的输出处的点、或 z MHz RF 发生器的输出处的点、或 RF 电缆 130 上的点、或将 y MHz RF 发生器与阻抗匹配电路 106 耦合的 RF 电缆上的点、或将 z MHz RF 发生器与阻抗匹配电路 106 耦合的 RF 电缆上的点、或阻抗匹配电路 106 的输入处的点、或在阻抗匹配电路 106 的输出处的点、或 RF 传输线 132 上的点、或卡盘 152 处的点。

[0045] 在各个实施例中，x MHz RF 发生器的输出经由 RF 电缆 130 与阻抗匹配电路 106 的输入耦合，y MHz RF 发生器的输出经由 RF 电缆与阻抗匹配电路 106 的输入耦合，并且 z MHz RF 发生器的输出经由 RF 电缆与阻抗匹配电路 106 的输入耦合。在多个实施例中，阻抗匹配电路 106 的输出经由 RF 传输线 132 与卡盘 152 耦合。

[0046] 主机控制器 150 包括一个或多个部件，例如，变量请求器 170、变量接收器 110、模型 113、模型值生成器 115、数据量计算器 112、限值交叉抽取模块 114、统计数据抽取(SDD)模块 172、开关模块 180、RF 控制块 197 以及发送器 174。SDD 模块 172 包括统计抽取(SD)模块 116 和数据删除模块 120。

[0047] 在一些实施例中，如本文所描述的主机控制器的一个或多个部件被实施为诸如例如存储设备等非暂态性计算机可读介质上的计算机程序。在各个实施例中，主机控制器的一个或多个部件被实施为硬件，例如，专用集成电路等。例如，切换模块 180 是晶体管或一组晶体管。在多个实施例中，如本文所描述的主机控制器的一个或多个部件被实施为硬件和计算机程序的组合。

[0048] 变量请求器 170 经由电缆 144 的通信信道来请求来自 x 控制器的变量的数据。在一些实施例中，变量请求器 170 将变量接收器 110 的地址(例如，端口地址等)发送到 x 控制器，从而允许 x 控制器将变量的数据发送到变量接收器 110。

[0049] 在多个实施例中，主机控制器 150 排除了变量请求器 170，并且 x 控制器将变量的数据周期性地发送到变量接收器 110。在接收到请求时，x 控制器经由电缆 144 的通信信道 102 将变量的数据发送到变量接收器 110。

[0050] 在一些实施例中，变量请求器 170 和变量接收器 110 被实施为一个部件。

[0051] 类似地，在多个实施例中，变量接收器 110 接收来自 x 控制器、y 控制器和 z 控制器的组合的变量的数据。

[0052] 变量接收器 110 接收来自 x、y 和 z MHz RF 发生器中的一个或多个的变量的数据并且将该数据发送到模型 113。模型 13 的示例包括 RF 电缆模型、或阻抗匹配模型、或 RF 传输模块、或卡盘模型、或 RF 电缆模型与阻抗匹配模型的组合、或 RF 电缆模型与阻抗匹配模型以及 RF 传输模型的组合、或 RF 电缆模型与阻抗匹配模型与 RF 传输模型以及卡盘模型的组合，等等。

[0053] 等离子体系统的部件的模型是部件的计算机生成模型。例如，RF 传输模型是 RF 传输线 132 的计算机生成模型(图 1)。作为另一示例，RF 传输模型包括 RF 传输线 132 的电气电路，电气电路包括电气部件，例如，电容器、或电感器等。为了图示，当 RF 传输线 132 包括具有 L 亨的电感的电感器以及具有 C 法拉的电容的电容器时，RF 传输模型包括具有 L 亨的电感的电感器以及具有 C 法拉的电容的电容器。而且，在 RF 传输模型中，电气电路内的部件以与 RF 传输线 132 的电气电路的电气部件所连接的方式相同的方式(例如，串联、并联等)连接。例如，当电感器与 RF 传输线 132 内的电容器并联连接时，RF 传输模型包括与电感器并联的电感器连接器。

[0054] 类似地，以由 RF 传输线 132 生成 RF 传输模型的方式相似的方式，基于阻抗匹配电路 106 来生成阻抗匹配模型。而且，以由 RF 传输线 132 生成 RF 传输模型的方式相似的方式，基于 RF 电缆(例如，RF 电缆 130 (图 2) 等) 来生成 RF 电缆模型。而且，以由 RF 传输线 132 生成 RF 传输模型的方式相似的方式，基于卡盘 152 来生成卡盘模型。

[0055] 在一些实施例中，通过主机控制器的处理器来生成模型 113。

[0056] 在递交于 2013 年 1 月 31 日的且名称为“Using Modeling to Determine Wafer Bias Associated with a Plasma System”的申请号为 13/756, 390 的申请中提供了生成模型的示例，该申请的全部内容通过引用合并于本文中。

[0057] 模型值生成器 115 基于由变量接收器 110 接收到的值和模型 113 的例如电容、或电感、或阻抗、或复电流、或复电压等特性而在模型 113 的输出处生成变量的值。例如，模型值生成器 115 将从 x 控制器接收到的阻抗值传播通过 RF 电缆模型和阻抗匹配模型的部分以在阻抗匹配电路的输出处生成阻抗值。在一些实施例中，从 x 控制器接收到的阻抗值是在 x MHz RF 发生器的输出处的阻抗值。作为另一示例，模型值生成器 115 将从 y 控制器接收到的复电流和电压值经由 RF 电缆模型、阻抗匹配模型和 RF 传输模型的部分传播以在 RF 传输模型的输出处生成复电压和电流值。作为又一示例，模型值生成器 115 将从 y 控制器接收到的功率值经由 RF 电缆模型、阻抗匹配模型、RF 传输模型和卡盘模型的部分(component)传播以在卡盘模型的输出处生成复电压和电流。

[0058] 在一些实施例中，当方向和是由模型的部分的值和例如阻抗值、功耗值、电压值、电流值等特性计算出时，传播变量的值。在申请号为 13/756, 390 的申请中提供了方向和的示例。

[0059] 在各个实施例中，模型值生成器 115 由一个或多个变量的值来生成一个变量的值。例如，模型值生成器 115 由输出处的复电压和电流的电压量值、输出处的复电压和电流的电流量值以及输出处复电压和电流的功率量值来生成模型 113 的输出处的晶片偏置的值。在申请号为 13/756, 390 的申请中提供了生成晶片偏置的其它示例。作为另一示例，模型值生成器 115 由输出处的晶片偏置和输出处的零-峰值电压生成模型 113 的输出处的离子能量的值。在递交于 2013 年 3 月 15 日的且名称为“Using Modeling to Determine Ion Energy Associated with a Plasma System”的申请号为 61/799, 969 的申请中提供了生成离子能量的其它示例，该申请的全部内容通过引用合并于本文中。

[0060] 在一些实施例中，针对通过变量接收器 110 从 x、y 和 z MHz RF 发生器中的一个或多个接收到的每个值，计算模型 113 的输出处的值。

[0061] 在模型 113 的输出处的变量的数据从模型值生成器 115 发送到数据量计数器 112。

数据量计数器 112 对从模型值生成器 115 接收到的变量的值的数量进行计数，并且将计数发送到限值交叉抽取模型 114。

[0062] 在一些实施例中，数据量计算器 112 计算不超过变量接收器 110 的最大存储容量的变量值的数量。

[0063] 限值交叉抽取模型 114 判定从数据量计算器 112 接收到的值的数量是否大于阈值，阈值预先存储在交叉抽取模块 114 中。阈值的示例包括 1000 个值、或 10,000 个值、或 100,000 个值等。阈值的其它示例包括 500-1000 个值、或 1000-10,000 个值、或 10,000-100,000 个值、或 100,000-1000,000 个值、或 10,00,000-10,000,000 个值。

[0064] 在判定出值的数量大于阈值时，将信号从限值交叉抽取模块 114 发送到 SD 模块 116 以开始由所述值生成统计值。另一方面，在判定出值的数量不超过阈值时，不将信号从限值交叉抽取模块 114 发送到 SD 模块 116，并且 SD 模块 116 不开始由所述值生成统计值。

[0065] 在一些实施例中，基于主机控制器 150 的存储设备的存储容量来生成阈值。例如，当 SD 模块 116 包括两个缓冲区且每个缓冲区存储变量的 n 个值时，阈值是 n 个值。当两个缓冲区中的第一个为满时，SD 模块 116 将来自第一缓冲区的数据复制到两个缓冲区中的第二个，并且开始由数据来计算统计值。SD 模块 16 基于第一缓冲区内的值来计算统计值。在各个实施例中，在复制之后，用模型值生成器 115 生成的数据来覆写第一缓冲区内的数据。

[0066] 在多个实施例中，不是数据量计算器 112，而是比率计算器位于主机控制器 150 内。比率计算器被实施为计算程序、或硬件、或其组合。比率计算器计算时间窗内的从模型值生成器 115 接收到的值的数量与时间窗内的通过主机控制器 150 的处理器处理的值的数量之比。在这些实施例中，限值交叉抽取模块 114 判定计算的比率是否大于限值，所述限值预先存储在限值交叉抽取模块 114 的存储设备内。在判定出计算出的比率小于限值时，不由模型值生成器 115 生成的值来生成统计值。另一方面，在判定出计算的比率大于或等于限值时，由模型值生成器 115 生成的值来生成统计值。

[0067] 在一些实施例中，基于多种因素来判定主机控制器 150 的处理器的处理速度，处理速度等于时间窗内所处理的值的数量，所述多种因素例如为由从模型值生成器 115 接收到的值存取和计算统计值所花费的时间、或在通过处理器发送生成压力的信号之后实现等离子体腔室 111 中的压力所花费的时间、或感测和接收等离子体腔室 111 内的压力的值所花费的时间、或在通过处理器发送生成温度的信号之后实现等离子体腔室 111 中的温度所花费的时间、或感测和接收等离子体腔室 111 内的温度的值所花费的时间、或在通过处理器发送生成间隙的信号之后生成等离子体腔室 111 中的上电极 154 和卡盘 152 之间的间隙所花费的时间、或感测和接收等离子体腔室 111 内的间隙的值所花费的时间、或其组合。例如，主机控制器 150 的处理器等待处理压力值，直到压力值由压力传感器(未显示)感测且由处理器接收。该等待降低了处理器的处理速度。作为另一示例，主机控制器 150 的处理器等待发送改变上电极 154 和卡盘 152 之间的间隙的信号，直到在通过处理器发送实现压力和温度的信号之后在等离子体腔室 111 内实现压力和温度。该等待降低了处理器的处理速度。

[0068] SD 模块 116 响应于接收到来自限值交叉判定模块 112 的通过数据量计算器 112 从模型值生成器 115 接收到的变量的数据量超过阈值的信号而根据变量的数据来确定统计值。例如，SD 模块 116 应用统计操作以由变量的值来生成统计值，应用统计操作诸如例如

为插入分类操作、或合并分类操作、或移动四分位数间距(IQR)计算操作、或四分位数间距计算操作、或最大值计算操作、或最小值计算操作、或均值计算操作、或中值计算方法、或方差值计算方法、或标准差值计算方法、或移动均值计算方法、或移动中值计算方法、或移动方差值计算方法、或移动标准差值计算方法、或模、或移动模、或其组合等。

[0069] 在统计值生成之后,SD 模块 116 关闭开关模块 180 以将变量接收器 110 与数据删除模块 120 耦合。当开关模块 180 关闭时,数据删除模块 120 对存储在数据接收器 110 的存储设备内的数据进行存取且删除(例如,擦除、重置等)存储在存储设备内的数据,以允许变量接收器 110 从 x、y 和 z 控制器中的一个或多个来接收和存储变量的附加数据。以此方式,降低了与实施用于存储大量数据的大量变量接收器相关联的成本。通过删除存储在变量接收器 110 内的变量的数据,使用变量接收器 110 多次以存储变量的数据。

[0070] 在一些实施例中,通过 SD 模块 116 将统计值提供给 RF 控制块 197。RF 控制块 197 根据一变量或从 SD 模块 116 接收到的另一变量的统计值来确定变量的统计值。例如,RF 控制块 197 根据从 SD 模块 116 接收到的变量的统计值来确定频率的统计值乘方和 / 或统计值。作为另一示例,RF 控制块 197 确定频率的统计值与从 SD 模块 116 接收到的相同。作为另一示例,RF 控制块 197 接收模型 113 的输出处的晶片偏置的统计值,并且确定在输出处的复电压和电流的电压量值、在输出处的复电压和电流的电流量值,以及在输出处的复电压和电流的功率量值。在该示例中,在输出处的复电压和电流的电压量值、在输出处的复电压和电流的电流量值以及在输出处的复电压和电流的功率量值满足在输出处的晶片偏置的值。作为另一示例,RF 控制块 197 接收模型 113 的输出处的离子能量的统计值以及确定输出处的晶片偏置值和输出处的零 - 峰值电压值。在该示例中,晶片偏置值和零 - 峰值电压满足离子能量的值。RF 控制块 197 将由 RF 控制块 197 确定的变量的统计值发送到发送器 174。

[0071] 在各个实施例中,SD 模块 116 将变量的统计值发送到发送器 174,同时还将统计值发送到 RF 控制块 197 或不将统计值发送到 RF 控制块 197。

[0072] 发送器 174 将从 RF 控制块 197 和 / 或从 SD 模块 116 接收到的变量的统计值经由相应的通信信道发送到 x、y 和 z 控制器中的一个或多个。例如,发送器 174 将变量的统计值经由通信信道 184 发送到 x 控制器,将变量的统计值经由通信信道发送到 y 控制器,并且将变量的统计值经由通信信道发送到 z 控制器。作为另一示例,发送器 174 将根据从 x 控制器接收到的变量的数据生成的变量的统计值经由通信信道 184 发送到 x 控制器。作为另一示例,发送器 174 将根据从 y 控制器接收到的变量的数据生成的变量的统计值经由与 y 控制器耦合的通信信道发送到 y 控制器。

[0073] RF 发生器的控制器接收来自发送器 174 的变量的统计值并且将统计值提供给 RF 发生器的 RF 供应装置,例如,RF 供应装置 186 等。RF 供应装置包括驱动器,例如,晶体管、一组晶体管等,其产生 RF 信号,例如具有从发送器 174 接收到的变量的统计值的 RF 信号 124 等。RF 信号通过与驱动器连接的 RF 放大器放大且经由与 RF 放大器耦合的 RF 电缆发送到阻抗匹配电路 106。

[0074] 阻抗匹配电路 106 将负载的阻抗与源的阻抗进行匹配以对经由例如 RF 电缆 130 等 RF 电缆从 RF 发生器接收到的 RF 信号进行调整从而产生 RF 信号并且将经调整的 RF 信号经由 RF 传输线 182 发送到卡盘 152。当在等离子体腔室 111 内供给处理气体且通过卡盘

152 接收到经调整的 RF 信号时,在等离子体腔室 111 内产生等离子体。在一些实施例中,当等离子体在接收到经调整的 RF 信号之前产生时,在从阻抗匹配电路 106 接收到经调整的 RF 信号时对等离子体的例如阻抗、功率、频率等特性进行调整。

[0075] 在一些实施例中,SD 模块 116 根据从 x 控制器、y 控制器和 z 控制器中的一个或多个接收到的变量的数据来确定统计值。

[0076] 在多个实施例中,使用不同于图 1 所示的多个 RF 发生器。例如,等离子体系统 100 包括两个 RF 发生器或四个 RF 发生器。

[0077] 应当进一步指出,在一些实施例中,除了从 x、y 和 / 或 z 控制器接收一个或多个变量的值之外,主机控制器 150 接收来自一个或多个传感器的值。x、y 和 / 或 z 控制器不充当主机控制器 150 和一个或多个传感器之间的中间装置。

[0078] 在各个实施例中,变量请求器 170、变量接收器 110、模型 113、模型值生成器 115、数据量计算器 112、限值交叉确定模型 114、统计确定模块 116、开关模块 180、数据删除模块 120、RF 控制块 197 和发送器 174 中的每个被实施为单独的处理器。例如,变量请求器 170 被实施为一个处理器,并且数据量计算器 112 被实施为另一处理器。

[0079] 在多个实施例中,变量请求器 170、变量接收器 110、模型 113、模型值生成器 115、数据量计算器 112、限值交叉确定模型 114、统计确定模块 116、开关模块 180、数据删除模块 120、RF 控制块 197 和发送器 174 中的一个或多个被实施为一个处理器,变量请求器 170、变量接收器 110、模型 113、模型值生成器 115、数据量计算器 112、限值交叉确定模型 114、统计确定模块 116、开关模块 180、数据删除模块 120、RF 控制块 197 和发送器 174 中的任何其余部分被实施为另一处理器。

[0080] 在一些实施例中,不将上电极 154 接地,而是为上电极 154 提供 RF 功率。在各个实施例中,不将上电极 154 接地,而是卡盘 152 的下电极接地,并且 RF 传输线将 RF 功率提供给上电极 154。

[0081] 在各个实施例中,统计值被存储在 SD 模块 116 的存储设备中。SD 模块 116 的存储设备的尺寸小于变量接收器 110 的存储设备的尺寸。例如,SD 模块 116 的存储设备包括单个存储器位置,并且变量接收器 110 的存储设备包括多个存储器位置。作为另一示例,SD 模块 116 的存储设备包括比变量接收器 110 的存储设备的存储器位置的数量少的存储器位置。

[0082] 应当指出,在一些实施例中,主机控制器 154 包括多个处理器,例如,一个、两个、三个等,以生成统计值并且控制等离子体腔室 111,并且多个处理器具有高的成本效益。例如,不使用单独的处理器或单独的服务器来控制等离子体腔室 111,例如,使用一个处理器来控制等离子体腔室 111 内的温度,使用另一处理器来控制等离子体腔室 111 内的间隙,使用另一处理器来控制等离子体腔室 111 内的压力,使用又一个处理器来控制由等离子体腔室 111 接收到的信号的频率,使用再一个处理器来控制信号的功率,或其组合,等等,而是使用一个处理器来生成统计值并且控制等离子体腔室 111。处理器基于统计值来控制等离子体腔室 111。

[0083] 控制等离子体腔室 111 的示例包括:改变由 RF 发生器产生的 RF 信号的频率,或改变 RF 信号的功率,或改变等离子体腔室 111 内的温度,或改变等离子体腔室 111 内的间隙,或改变等离子体腔室 111 内的压力,或其组合。

[0084] 在一些实施例中,主机控制器 150 的处理器控制气体供给阀(未显示),气体供给阀便于将来自气体储器(未显示)的气体供给到上电极 154 的气体入口。例如,主机控制器 150 的处理器控制驱动器,例如,晶体管、一组晶体管等,其供给电流以按控制例如处理气体等气体供给到等离子体腔室 111 的量来打开或关闭气体供给阀。供给的控制还允许处理器来控制其中供给了气体的等离子体腔室 111 内的压力。

[0085] 在各个实施例中,利用电动机驱动的螺旋机构(未示出)将上电极 154 升起或下放。主机控制器 150 的处理器经由例如晶体管、一组晶体管等驱动器来控制电动机驱动的螺旋机构,以使上电极 154 向上或向下运动,从而控制(例如,改变、增大、减小等)上电极 154 和卡盘 152 之间的间隙。

[0086] 在多个实施例中,在卡盘 152 内包括加热器,并且通过主机控制器 150 的处理器经由例如晶体管、一组晶体管等驱动器来控制加热器,从而控制(例如,改变、升高、降低等)等离子体腔室 111 内的温度。

[0087] 在多个实施例中,例如导管热传递机构设在等离子体腔室 111 内,并且通过主机控制器 150 的处理器经由阀以及例如晶体管、一组晶体管等驱动器来控制冷却液体的流动,从而控制等离子体腔室 111 内的温度。

[0088] 图 2 是用于生成变量的统计值的等离子体系统 151 的实施例的图。等离子体系统 151 包括等离子体腔室 111、阻抗匹配电路 106、x、y 和 zMHz RF 发生器以及主机系统 190。主机系统 190 包括主机控制器 192。

[0089] 在一些实施例中,除了等离子体系统 151 包括主机系统 190 而不是主机系统 140 (图)之外,等离子体系统 151 与等离子体系统 100 (图 1) 相同。例如,除了等离子体系统 151 包括主机控制器 192 而不是主机控制器 150 (图 1) 之外,等离子体系统 151 在结构上与等离子体系统 100 (图 1) 相同。

[0090] 除了主机控制器 190 包括偏置补偿模块 196、事件检测模块 198 和通信块 191 之外,主机控制器 190 与主机控制器 150(图 1)相同。RF 控制块 197 连接至偏置补偿模块 196 和事件检测模块 198。SD 模块 116 连接至偏置补偿模块 196 和事件检测模块 198。

[0091] 偏置补偿模块 196 判定从 RF 控制块 197 或从 SD 块 116 接收到的变量的统计值是否在预定范围之内,所述预定范围预先存储在偏置补偿模块 196 的存储设备中。

[0092] 在一些实施例中,偏置补偿模块 196 具有用于变量的多个统计值的多个预定范围。例如,偏置补偿模块 196 的存储设备存储用于由从 x 控制器接收到的变量的数据生成的变量的统计值的第一预定范围。作为另一示例,偏置补偿模块 196 的存储设备存储用于由从 y 控制器接收到的变量的数据生成的变量的统计值的第二预定范围。在各个实施例中,第一预定范围与第二预定范围相同。在一些实施例中,第一预定范围不同于第二预定范围。

[0093] 在判定出变量的统计值在预定范围之内时,偏置补偿模块 196 将统计值发送到发送器 122,发送器 122 将统计值经由一个或多个通信链路发送到 x、y 和 z 控制器中的相应一个控制器。另一方面,在判定出变量的统计值不在预定范围之内时,偏置补偿模块 196 将统计值调节(例如,调整、改变、增大、减小、调谐等)至预定范围之内并且将经调节的统计值提供给发送器 122。

[0094] 发送器 122 将经调节的变量的统计值经由一个或多个通信信道发送到 x、y 和 z 控制器中的相应一个控制器。

[0095] RF发生器的控制器经由将控制器与发送器122耦合的通信信道来接收来自发送器122的经调节的变量的统计值，并且将经调节的统计值提供给RF发生器的RF供给装置。例如，x控制器接收经调节的变量的统计值并且将经调节的统计值提供给RF供给装置186。RF发生器的RF供给装置产生RF信号，例如RF信号155等，其包括经调节的统计值。例如，RF信号155具有经调节的统计值的功率。作为另一示例，RF信号155具有经调节的统计值的频率。

[0096] 以类似于上文所述的方式，阻抗匹配电路106从与x、y和z MHzRF发生器中的相应一个或多个耦合的相应一个或多个RF电缆接收一个或多个RF信号。阻抗匹配电路106基于所接收到的一个或多个RF信号来产生经调整的RF信号并且将经调整的RF信号经由RF电缆132发送到卡盘152。基于所接收到的经调整的RF信号，在等离子体腔室111内产生等离子体，或者当在接收到经调整的RF信号时已经生成了等离子体时，基于经调整的RF信号来调整等离子体的特性。

[0097] 事件检测模块198从RF控制块197或者从SD模块116来接收变量的统计值，并且判定统计值是否在预定区域之内，所述预定区域预先存储在事件检测模块198的存储设备中。在一些实施例中，预定区域与预定范围相同。在各个实施例中，预定区域是不同于预定范围的范围。

[0098] 在一些实施例中，事件检测模块198具有用于变量的多个统计值的多个预定区域。例如，事件检测模块198的存储设备存储用于由从x控制器接收到的变量的数据生成的变量的统计值的第一预定区域。作为另一示例，事件检测模块198的存储设备存储用于由从y控制器接收到的变量的数据生成的变量的统计值的第二预定区域。在各个实施例中，第一预定区域与第二预定区域相同。在一些实施例中，第一预定区域不同于第二预定区域。

[0099] 在判定出变量的统计值在预定区域之内时，事件检测模块198不生成故障信号。另一方面，在判定出变量的统计值在预定区域之外时，故障信号由事件检测模块198生成且提供给发送器122。

[0100] 发送器122将故障信号经由一个或多个通信信道发送到相应的x、y和z控制器。例如，发送器122将故障信号经由通信信道202发送到x控制器并且将故障信号经由通信信道发送到y控制器。

[0101] RF发生器的控制器接收故障信号并且对故障信号进行应答。例如，RF发生器的控制器将信号发送到RF发生器的RF供给装置以暂停用于发送至阻抗匹配电路106的RF信号的生成。作为另一示例，RF发生器的控制器将信号发送到RF发生器的RF供给装置以暂停用于发送至阻抗匹配电路106的RF信号的生成，直到经由发送器122从偏置补偿模块196接收到用于补偿偏置的经调节的统计值。

[0102] 在一些实施例中，事件检测模块198将故障检测信号经由通信块191发送到远程计算机系统，用于将变量的统计值的故障通知给远程计算机系统。通信块191的示例包括网络接口控制器，诸如例如网络接口适配器或网络接口卡。

[0103] 远程计算机系统的示例包括通过用户来操作的计算机、服务器、处理器、手机、智能电话、平板式计算机等。用户查看远程计算机系统的显示设备(例如，阴极射线管显示器、液晶显示设备、发光二极管显示设备、等离子体显示设备等)上的通知，并且决定采取措施来解决故障。

[0104] 在各个实施例中,SD 模块 116 连接至通信块 191,用于将变量的统计值发送到远程计算机系统。

[0105] 在各个实施例中,变量请求器 170、变量接收器 110、数据量计算器 112、模型 113、限值交叉确定模块 114、模型值生成器 115、统计确定模块 116、开关模块 180、数据删除模块 120、偏置补偿模块 196、事件检测模块 198、RF 控制块 197、发送器 174 和通信块 191 中的每一个都被实施为单独的处理器。例如,变量请求器 170 被实施为一个处理器,并且数据量计算器 112 被实施为另一处理器。

[0106] 在多个实施例中,变量请求器 170、变量接收器 110、数据量计算器 112、模型 113、限值交叉确定模块 114、模型值生成器 115、统计确定模块 116、开关模块 180、数据删除模块 120、偏置补偿模块 196、事件检测模块 198、RF 控制块 197、发送器 174 和通信块 191 中的一个或多个被实施为一个处理器,并且变量请求器 170、变量接收器 110、数据量计算器 112、模型 113、限值交叉确定模块 114、模型值生成器 115、统计确定模块 116、开关模块 180、数据删除模块 120、偏置补偿模块 196、事件检测模块 198、RF 控制块 197、发送器 174 和通信块 191 中的任何其余部分被实施为另一处理器。

[0107] 在一些实施例中,主机控制器 192 排除了数据删除模块 120 和开关 180。在这些实施例中,不在主机系统 190 中进行抽取。在这些实施例中,变量的全部值都被存储在主机系统 190 的一个或多个存储设备内,或者经由通信块 191 发送到远程计算机系统以便存储,或者经由通信块 191 发送到虚拟机以便存储,等等。

[0108] 图 3 是作为主机系统 190 (图 2) 的示例主机系统 400 的实施例的图。主机系统 400 包括场可编程门阵列(FPGA) 402 和微处理器 404。应当指出,除了 FPGA402 之外,可以使用任何其它集成电路,例如,ASIC 等。而且,除了微处理器 404 之外,可以使用任何其它集成电路,例如,FPGA、ASIC 等。

[0109] FPGA402 包括多个串行并行接口(SPI) (MSPI) 406,其包括一个或多个 PSPI。MSPI406 包括 27 个引脚,27 个引脚包括分别用于 PSPI 的 9 个引脚。例如,MSPI406 包括与 x 控制器连接的 PSPI、与 y 控制器连接的 PSPI,以及与 z 控制器连接的 PSPI(图 2)。MSPI406 接收来自 x、y 和 z 控制器的 PSPI 的数据,例如,从 x、y 和 z 控制器的串行数据输出(SDO) 端口读回的功率,从 x、y 和 z 控制器的 SDO 端口读回的频率,从 x、y 和 z 控制器的 SDO 端口读回的等离子体阻抗的实部,从 x、y 和 z 控制器的 SDO 端口读回的等离子体阻抗的虚部,以及其他变量等,并且将数据发送到软核心数字信号处理器(DSP) 408 和 / 或高速端口 410。

[0110] 软核心 DSP408 包括模型 113 和模型值生成器 115。例如,FPGA402 实施包括 RF 传输线 132 的例如电容器或电感器等电气部件的电气电路。而且,FPGA402 以与 RF 传输线 132 的电气电路的电气部件连接的方式相同的方式(例如,串行、并行等)连接电气电路内的部件。

[0111] 通过 MSPI406 接收到的变量的数据从 MSPI406 发送到软核心 DSP408。软核心 DSP108 的模型值生成器 115 基于从 MSPI406 接收到的值而生成模型 113 的输出处的变量的值,并且将生成的值经由高速端口 410 和高速总线 412 发送到微处理器 404 的高速总线端口 412。高速总线的示例包括以 500MHz、或以 400MHz、或以 300MHz、或以 600MHz、或以 5MHz 与 500MHz 之间等传送数据的总线。变量的数据经由高速端口 415 被传送到作为 SDD172(图 2) 的示例的 SDD 逻辑块 416。

[0112] 在一些实施例中，逻辑块是由一个或多个处理器执行的计算机程序，例如，通过微处理器 404 来执行 SDD 逻辑块 416。在多个实施例中，逻辑块被实施为集成电路内的硬件。在各个实施例中，逻辑块被实施为计算机程序和硬件的组合。

[0113] SDD 逻辑块 416 将统计变换应用于经由高速端口 415 从软核心 DSP408 接收到的变量的数据以生成统计值。例如，SDD 逻辑块 416 根据经由高速端口 415 从软核心 DSP408 接收到的变量的数据来生成均值、或中值、或模、或标准差、或最大值、或最小值、或四分位数间距(IQR)等，从而生成统计值。作为另一示例，SDD 逻辑块 416 生成从软核心 DSP408 接收到的功率的多个值的移动均值。作为又一示例，SDD 逻辑块 416 生成从软核心 DSP408 接收到的等离子体阻抗的实部的多个值的移动中值。作为另一示例，SDD 逻辑块 416 根据来自软核心 DSP408 的变量的数据值来生成移动 IQR、或 IQR、或最大值、或最小值、或均值、或中值、或方差、或标准差、或移动均值、或移动中值、或移动方差、或移动标准差、或模、或移动模、或其组合等，从而生成统计值。

[0114] 在多个实施例中，SDD 逻辑块 416 删除除了变量的统计值之外的在时间窗内接收到的变量的一个或多个值。例如，SDD 逻辑块 416 从主机系统 400 的存储设备中擦除除了值的中值之外的等离子体阻抗的虚部的值。作为另一示例，SDD 逻辑块 416 从主机系统 400 内的存储设备中擦除除了值的模之外的频率的值。

[0115] 在一些实施例中，不在主机系统 400 内进行抽取。在这些实施例中，变量的全部值均存储在主机系统 400 的一个或多个存储设备内，或经由 VME 通信块 422 发送到远程计算机系统以便存储，或者经由 VME 通信块 422 发送到虚拟机以便存储，等等。VME 通信块 422 的示例包括以太网通信块、EtherCAT 通信块、通用串行总线(USB)端口、网络接口控制器、串行端口以及并行端口。VME 通信块是通信块 191 (图 2) 的示例。

[0116] 作为偏置补偿模块 196 (图 2) 的示例的偏置补偿模块 418 基于从 SDD 逻辑块 416 接收到的统计值来确定偏置量以补偿偏置。例如，在判定出统计值在预定范围之外时，偏置补偿模块 418 调节统计值至所述预定范围之内。

[0117] 在一些实施例中，偏置补偿模块 418 将经调节的统计值经由高速端口 415、高速总线 412、高速端口 410、MSPI406 和通信信道提供给 RF 发生器的控制器。在各个实施例中，偏置补偿模块 418 将经调节的统计值经由 VME 通信块提供给 RF 发生器的例如以太网端口、EtherCAT 端口、USB 端口、并行端口、串行端口等端口，或者将其提供给远程计算机系统的端口。

[0118] 微处理器 404 包括事件 / 故障检测模块 420，其检测等离子体系统 151 内 (图 2) 的点处的例如故障等事件，例如，等离子体腔室 111 内的点处、或阻抗匹配电路 106 内的点处、或 RF 传输线 132 (图 2) 上的点处、或 x MHz RF 发生器内的点处、或 y MHz RF 发生器内的点处、或 z MHz RF 发生器内的点处、或将 RF 发生器与阻抗匹配电路 106 耦合的 RF 电缆上的点处，等等。例如，在判定出从 SD 逻辑块 416 接收到的统计值在预定范围之外时，事件 / 故障检测模块 420 判定出在等离子体系统 151 (图 2) 内已发生事件。事件的发生指示从事件 / 故障检测模块 420 经由 VME 通信块 422 发送到一个或多个设备，例如，x MHz RF 发生器、y MHz RF 发生器、z MHz RF 发生器、远程计算机系统等。事件 / 故障检测模块 420 是事件 / 故障检测模块 198 (图 2) 的示例。

[0119] 图 4 是作为主机系统 190 (图 2) 的另一示例的主机系统 450 的实施例的框图。除

了主机系统 450 包括微处理器 452 和 FPGA403 之外, 主机系统 450 与主机系统 400 (图 4) 类似。除了微处理器 452 包括变量模块 454 之外, 微处理器 452 与微处理器 404 (图 3) 类似。而且, 除了 FPGA403 不包括软核心 DSP408 (图 3) 之外, FPGA403 类似于 FPGA402。

[0120] 变量模块 454 的模型值生成器 115 经由高速端口 410、高速总线 412 和高速端口 415 来接收来自 MSPI406 的一个或多个变量的数据。变量模块 454 的模型值生成器 115 基于从 MSPI406 接收到的变量的数据以及模型 113 的例如电容、阻抗等特性来确定在模型 113 的输出处的变量的数据。例如, 当经由 MSPI406 接收到的等离子体阻抗是 Z1 且 RF 传输模型的元件的阻抗是 Z2 时, 模型值生成器 115 确定 RF 传输模型的输出处的阻抗为 Z1 和 Z2 的方向和。作为另一示例, 当经由三个通信信道接收到的复电压和电流是复数 V&I1 且 RF 传输模型的复电压和电流是复数 V&I2 时, 模型值生成器 115 确定在 RF 传输模型的输出处的复数 V&I 是 V&I1 和 V&I2 的方向和。

[0121] SDD 逻辑块 416 接收由变量模块 454 生成的变量的数据并且以与上述类似的方式根据数据来确定统计值。而且, 偏置补偿模块 418 从 SDD 逻辑块 416 来接收统计值并且基于统计值来确定施加到等离子体腔室 111 (图 1) 的偏置。例如, 在判定出统计值在预定范围之外时, 偏置补偿模块 418 调节统计值至预定范围之内。

[0122] 偏置补偿模块 418 以与上述类似的方式将经调节的统计值发送到 x、y 和 z 控制器 (图 2) 中的一个或多个的一个或多个 PSPI。例如, 偏置补偿模块 418 确定经调节的功率的统计值和经调节的频率的统计值并且将经调节的统计值经由高速端口 415、高速总线 412、高速端口 410、MSPI406 和通信信道提供给 x 控制器。在一些实施例中, 偏置补偿模块 418 将经调节的统计值经由 VME 通信块 422 发送到 RF 发生器的例如以太网端口、EtherCAT 端口、USB 端口、并行端口、串行端口等端口, 或者发送到远程计算机系统的端口。

[0123] 事件 / 故障检测模块 420 基于从 SDD 逻辑块 416 接收到的统计值来检测等离子体系统 151 (图 2) 内的事件。例如, 在判定出统计值在预定区域之外时, 事件 / 故障检测模块 420 判定出在等离子体系统 151 内已发生事件。统计值是由变量模块 454 生成的变量的数据生成的。

[0124] 事件的发生指示从事件 / 故障检测模块 420 经由 VME 通信块 422 发送到一个或多个设备, 例如, 远程计算机系统、x MHz RF 发生器、y MHz RF 发生器、z MHz RF 发生器等。用户查看远程计算机系统的显示设备上的指示并且可决定采取措施来解决故障。

[0125] 图 5 是用于图示访问存储器位置的指针的使用的存储设备 500 的实施例的图。存储设备 500 位于变量接收器 110 (图 1 和图 2) 内。在一些实施例中, 存储设备 500 在数据量计算器 112、或限值交叉确定模块 114 或 SD 模块 116 之内。

[0126] 存储设备 500 包括存储器阵列 1 和存储器阵列 2。存储器阵列 1 存储变量的数据, 并且存储器阵列 2 存储存储器阵列 1 内的位置的存储器地址。变量的数据的示例显示为索引 0、索引 1、索引 2、索引 3 和索引 4。

[0127] 如图所示, 变量的数据被接收在存储器阵列 1 内并且存储在存储器地址 0x0, 0x1, 0x2, 0x3 和 0x4 中。当变量的数据被接收在存储器阵列 1 内时, 通过例如数据量计算器 112 的处理器、或限值交叉确定模块 114 的处理器、或 SD 模块 116 的处理器等处理器在存储器阵列 2 内生成数据的指针。0x0 指针存储在存储器地址 0x5 中并且指向值索引 0。0x1 指针存储在存储器地址 0x6 中并且指向值索引 1。而且, 0x2 指针存储在存储器地址

0x7 中并且指向值索引 2, 0x3 指针被存储在存储器地址 0x8 中并且指向值索引 3, 并且 0x4 指针存储在存储器地址 0x9 中并且指向值索引 4。

[0128] 虽然在图 5 中示出了五个值, 在一些实施例中, 多于或少于五个的值被存储在存储器阵列 1 中。

[0129] 应当指出, 在一些实施例中, 指针用于指向存储器地址以访问、修改或删除该存储器地址处的变量的数据。在各个实施例中, 指针用于改变存储设备内的值的位置。例如存储器阵列、一组存储器阵列等存储设备中的每个位置都由存储器地址标识。

[0130] 图 6 是插入分类操作的实施例的图。变量的数据被存储在存储器阵列 502 内, 存储器阵列 502 是存储器阵列 1(图 5)的示例。例如, 1、2、5、3、和 4 是存储在存储器阵列 502 内的变量的值。在插入分类操作中, 在存储器阵列 502 的每个值与存储器阵列 502 的其余值之间进行比较以将存储器阵列 502 的值从全部值中的最低值到全部值中的最高值进行分类。例如, 5 与 2 进行比较。判定出 5 大于 2, 并且因此指向存储器阵列 502 中从左边起第三个位置的指针仍指向第三个位置。作为另一示例, 5 与 1 进行比较。判定出 5 大于 1, 并且因此, 指向存储器阵列 502 中的从左边起第三个位置的指针仍指向第三个位置。作为又一示例, 3 与 5 进行比较, 并且判定出 3 小于 5。而且, 指向存储器阵列 502 中的从左边起第三个位置的指针变成指向存储器阵列 502 中从左边起第四个位置, 并且指向第四个位置的指针现在改变成指向第三个位置。在该示例中, 在存储器阵列 502 中使 3 与 5 交换位置。

[0131] 进行分类以将存储器阵列 502 中的值从值中的最低值到值中的最高值进行分类以确定值中的最小值和最大值。

[0132] 尽管在图 6 中示出了五个值, 在一些实施例中, 多于或少于五个的值存储在存储器阵列 502 中。

[0133] 图 7 是图示出合并分类操作的三个存储器阵列 504、506 和 508 的实施例的图。存储器阵列 504、506 和 508 是存储设备 510 的部分。存储设备 510 在变量接收器 110 内(图 1 和图 2)。在一些实施例中, 存储设备 510 在数据量计算器 112、或限值交叉确定模块 114、或 SD 模块 116 内。在各个实施例中, 存储器阵列 504 和 506 在变量接收器 110 的存储设备内, 并且合并存储器阵列 508 在 SD 模块 116 的存储设备内。

[0134] 在进行插入分类操作之后, 生成存储器阵列 504 和 506 内的变量的值。例如, 将存储器阵列 504 内的变量的值从该存储器阵列 504 内的全部值的最低值到存储器阵列 504 中的全部值的最高值进行分类。作为另一示例, 将存储器阵列 506 内的变量的值从存储器阵列 506 内的全部值的最低值到存储器阵列 506 中的全部值的最高值进行分类。

[0135] 在存储器阵列 504 和 506 内接收变量的数据。在合并分类操作中, 判定存储器阵列 504 的全部值的最大值, 并且判定存储器阵列 506 的全部值的最小值。进一步判定存储器阵列 506 中的最小值是否大于存储器阵列 504 中的最大值。

[0136] 在判定出存储器阵列 506 中的最小值不大于存储器阵列 504 中的最大值时, 将存储器阵列 504 的每个值与存储器阵列 506 中的每个值进行比较。另一方面, 在判定出存储器阵列 506 中的最小值大于存储器阵列 504 中的最大值时, 不在存储器阵列 504 和 506 的值之间进行比较。在不进行比较的情况下, 生成包括了存储器阵列 504 和 506 的全部值的合并存储器阵列 508。例如, 存储器阵列 504 和 506 的值按照存储器阵列 504 和 506 内的值的次序被写入合并存储器阵列 508 中。

[0137] 在各个实施例中,存储有值“7”的存储器阵列 506 的存储器地址紧接在(例如,正紧邻在、接续在等)存储有值“6”的存储器阵列 504 的存储器地址之后。在一些实施例中,存储有值“7”的存储器阵列 506 的存储器阵列在存储有值“6”的存储器阵列 504 的存储器地址之后(例如,不正紧邻,在两个存储器地址内、在多个存储器地址内等),但是不紧接在其后。

[0138] 在各个实施例中,通过多个(例如,一个、两个等)空的存储器地址将存储器阵列 504 和 506 分隔开。

[0139] 应当指出,虽然每个存储器阵列 504 和 506 都包括六个值。在一些实施例中,每个存储器阵列 504 和 506 都包括不同数量的变量的值。

[0140] 在各个实施例中,合并存储器阵列 508 具有与存储器阵列 504 和 506 中的存储器地址的总数量相同的尺寸,例如,存储器地址的数量等等。

[0141] 图 8 是图示出合并分类操作内的比较操作的存储设备 550 的实施例的图。存储设备 550 包括存储器阵列 552 和 554,以及合并存储器阵列 556。存储器阵列 553、554 和 556 是存储设备 550 的部分,存储设备 550 位于变量接收器 110 内(图 1 和图 2)。在一些实施例中,存储设备 550 位于数据量计算器 112、或限值交叉确定模块 114、或 SD 模块 116 内。在各个实施例中,存储器阵列 552 和 554 位于变量接收器 110 的存储设备内,并且合并存储器阵列 556 位于 SD 模块 116 的存储设备内。

[0142] 在存储器阵列 552 和 554 的值之间进行一对一比较的同时,判定存储器阵列 552 的存储器地址内的值是否小于存储器阵列 554 的存储器地址内的值。例如,判定存储器阵列 552 的值“4”是否小于存储器阵列 554 的值“3”。作为另一示例,将存储器阵列 552 内的变量的每个值按照存储器阵列 552 和 554 内的存储器地址的次序与存储器阵列 554 内的变量的每个值进行比较。为进一步说明比较的次序,存储器阵列 552 的存储器地址 MA1 内的值“1”与存储器阵列 554 的存储器地址 MA5、MA6、MA7 和 MA8 中的值“3”、“5”、“6”和“8”进行比较。然后,将存储器阵列 552 的存储器地址 MA2 中的值“2”与存储器阵列 554 的存储器地址 MA5、MA6、MA7 和 MA8 中的值“3”、“5”、“6”和“8”进行比较。存储器地址 MA1 低于存储器地址 MA2。

[0143] 在判定出存储器阵列 552 和 554 中的一个的存储器地址内的值小于存储器阵列 552 和 554 中的其余的存储器地址内的值时,判定将较小的值插入(例如,写入等)到合并存储器阵列 556 内的空存储器地址中。例如,在判定出存储器阵列 554 内的值“3”小于存储器阵列 552 内的值“4”时,值“3”被写入合并存储器阵列 556 的存储器地址 558 中。作为另一示例,在判定出存储器阵列 552 内的值“4”小于存储器阵列 554 内的值“5”时,值“4”被写入合并存储器阵列 556 的存储器地址 560 中。合并存储器阵列 556 内的空存储器地址与合并存储器阵列 556 的占用存储器地址接连。

[0144] 在合并分类操作过程中,在存储器阵列 552 和 554 的值之间进行比较之后,将不写入合并阵列 556 中的存储器阵列 554 的任意值与存储器阵列 554 的其余未写入值进行比较。例如,将存储器阵列 554 的值“5”与存储器阵列 504 的值“6”进行比较。按包括尚未写入合并存储器阵列 556 中的值的存储器阵列 554 的存储器地址的次序来进行比较。例如,在值“5”、“6”和“8”未写入合并存储器阵列 556 的情况下,将存储器阵列 554 中存储有值“5”、“6”和“8”的存储器地址中的最低存储器地址内的值“5”与值“6”和“8”进行比较。

值“6”的存储器地址大于存储器阵列 554 中的值“8”的存储器地址。

[0145] 在合并分类操作过程中,在比较未写入值的同时,将未写入值中的较小者写入合并存储器阵列 556 中。例如,当在存储器阵列 554 中的值“5”和“6”之间进行比较时,将值“5”写入合并存储器阵列 556。作为另一示例,当在存储器阵列 554 中的值“6”和“8”之间进行比较时,将值“6”写入存储器阵列 556。在未写入值的比较之后的任何其余值被写入与写有值的存储器地址相连的合并存储器阵列 556 的空地址中。例如,存储器阵列 554 的值“8”被写入存储器阵列 556 的存储器地址 562 中。

[0146] 在合并分类操作结束时,将合并存储器阵列 556 从存储器阵列 552 和 554 内的全部值的最低值到存储器阵列 552 和 554 的全部值的最高值进行分类。

[0147] 应当指出,虽然每个存储器阵列 552 和 554 包括四个值。在一些实施例中,每个存储器阵列 552 和 554 包括不同数量的变量值。

[0148] 在各个实施例中,通过多个(例如,一个、两个等)空存储器地址将存储器阵列 552 和 554 分隔开。在一些实施例中,存储器地址 MA5 与存储器阵列 552 的存储器地址 MA4 相连。

[0149] 在各个实施例中,合并存储器阵列 556 具有与存储器阵列 552 和 554 中的存储器地址的总数量相同的尺寸。

[0150] 图 9 是作为 SD 模块 116(图 1 和图 2)的示例的 SD 模块 580 的实施例的图。SD 模块 580 包括移动 IQR 模块、IQR 模块、插入分类模块、合并分类模块、模模块、移动模模块、均值模块、中值模块、方差模块、标准差模块、移动均值模块、移动中值模块、移动方差模块和移动标准差模块。

[0151] 移动 IQR 模块确定例如存储器阵列 502(图 6)、或存储器阵列 504(图 7)、或存储器阵列 506(图 7)、或合并存储器阵列 508(图 7)、或存储器阵列 552(图 8)、或存储器阵列 554(图 8)、或合并存储器阵列 556(图 8)等存储器阵列内的变量的值的移动 IQR。类似地, IQR 模块计算存储器阵列内的变量的值的 IQR。而且, 插入分类模块将插入分类操作应用于存储器阵列内的变量的值。合并分类模块将合并分类操作应用于存储器阵列内的变量的值。模模块确定存储器阵列内的变量的值的模。类似地, 移动模模块确定存储器阵列内的变量的值的移动模。均值模块计算存储器阵列内的变量的值的平均值。中值模块生成存储器阵列内的变量的值的中值。

[0152] 方差模块计算存储器阵列内的值的方差,并且标准差模块确定存储器阵列内的值的标准差。移动均值模块计算存储器阵列内的变量的值的移动平均值,并且移动中值模块确定存储器阵列内的变量的值的移动中值。移动方差模块计算存储器阵列内的值的移动方差,并且移动方差模块确定存储器阵列内的值的移动方差。移动标准差生成存储器阵列内的值的移动标准差。

[0153] 移动统计值,例如,移动 IQR 值、或移动模值、或移动均值、或移动中值、或移动方差值、或移动标准差值等,是动态地考虑变量的值的值,因为该值是通过例如 SD 模块 116(图 1 和图 2)的缓冲区之类的存储器阵列从模型值生成器 115(图 1 和图 2)等接收到的。例如,在未接收到存储器阵列 502 的值“3”和“4”时存储器阵列 502(图 6)中的值“1”、“2”和“5”的移动平均值不同于值“1”、“2”、“5”、“3”和“4”的移动平均值。作为另一示例,在合并存储器阵列 556 内未生成合并存储器阵列 556 的其余值“3”和“4”时合并存储器阵列

556 (图 8) 中的值“1”、“2”和“3”的移动标准差不同于合并存储器阵列 556 的值“1”、“2”、“3”、“3”和“4”的移动平均值。

[0154] 在各个实施例中,来自模值生成器 115 的 SD 模块 116 的缓冲区内的值的接收速率与通过变量接收器 110 (图 1 和图 2) 的值的接收速率相同。

[0155] 在一些实施例中,SD 模块 580 包括移动 IQR 模块、或 IQR 模块、或插入分类模块、或合并分类模块、或模模块、或移动模模块、或均值模块、或中值模块、或方差模块、或标准差模块、或移动均值模块、或移动中值模块、或移动方差模块、或移动标准差模块、或其组合。例如,SD 模块 580 包括移动 IQR 模块和插入分类模块。作为另一示例,SD 模块 580 包括合并分类模块和移动均值模块以及移动标准差模块。

[0156] 在各个实施例中,移动 IQR 模块、和 IQR 模块、和插入分类模块、和合并分类模块、和模模块、和移动模模块、和均值模块、和中值模块、和方差模块、和标准差模块、和移动均值模块、和移动中值模块、和移动方差模块、和移动标准差模块中的每一个被实施为单独的处理器。例如,移动 IQR 模块被实施为一个处理器,并且模模块被实施为另一处理器。

[0157] 在多个实施例中,移动 IQR 模块、IQR 模块、插入分类模块、合并分类模块、模模块、移动模模块、均值模块、中值模块、方差模块、标准差模块、移动均值模块、移动中值模块、移动方差模块、和移动标准差模块中的一个或多个被实施为一个处理器,并且移动 IQR 模块、IQR 模块、插入分类模块、合并分类模块、模模块、移动模模块、均值模块、中值模块、方差模块、标准差模块、移动均值模块、移动中值模块、移动方差模块、和移动标准差模块中的任何其余部分被实施为另一处理器。

[0158] 在多个实施例中,移动 IQR 模块、IQR 模块、插入分类模块、合并分类模块、模模块、移动模模块、均值模块、中值模块、方差模块、标准差模块、移动均值模块、移动中值模块、移动方差模块、和移动标准差模块中的每一个被实施为存储在非暂态性计算机可读介质中的计算机程序、或实施为硬件、或实施为硬件和计算机程序的组合。

[0159] 在一些实施例中,与进行插入分类操作并行地计算均值。例如,与将值从值中的最小值到值中的最大值进行分类并行地对变量的值求和。

[0160] 在多个实施例中,在执行插入分类操作之后确定 IQR 或中值。在执行了插入分类操作之后,将变量的值从值中的最低值到值中的最高值进行分类。当值的数量为奇数时,位于分类值的中间的值为中值。当值的数量为偶数时,位于分类值的中间的两个值的平均值为中值。所计算出的中值用于确定 IQR。

[0161] 在各个实施例中,与执行合并分类操作并行地计算均值。根据在合并分类操作之后分类的全部值来计算均值。

[0162] 在多个实施例中,在执行合并分类操作之后确定 IQR 或中值。在执行合并分类操作之后,将变量的值从值中的最低值到值中的最高值进行分类。当值的数量为奇数时,位于分类值的中间的值为中值。当值的数量为偶数时,位于分类值的中间的两个值的平均值为中值。计算出的中值用于确定 IQR。

[0163] 图 10 是作为 SD 模块 116 (图 1 和图 2) 的示例的 SD 模块 590 的实施例的图。SD 模块 590 包括移动 IQR 模块、IQR 模块、插入分类模块、合并分类模块、模模块、移动模模块、均值模块、中值模块、方差模块、标准差模块、移动均值模块、移动中值模块、移动方差模块和移动标准差模块。

[0164] 而且,在 SD 模块 590 中,合并分类模块连接至移动 IQR 模块、IQR 模块、插入分类模块、模模块、移动模模块、均值模块、中值模块、方差模块、标准差模块、移动均值模块、移动中值模块、移动方差模块和移动标准差模块。

[0165] 移动 IQR 模块计算例如合并存储器阵列 508 (图 7)或合并存储器阵列 556 (图 8)等合并存储器阵列内的值的移动 IQR。类似地,IQR 模块计算合并存储器阵列内的值的 IQR。而且,均值模块计算合并存储器阵列内的值的均值。中值模块生成合并存储器阵列内的值的中值。模模块生成合并存储器阵列内的值的模,并且移动模模块计算合并存储器阵列内的值的移动模。而且,方差模块计算合并存储器阵列内的值的方差。标准差模块确定合并存储器阵列内的值的标准差,并且移动均值模块计算合并存储器阵列内的值的移动均值。移动中值模块确定合并存储器阵列内的值的移动中值,并且移动方差模块计算合并存储器阵列内的值的移动方差。移动标准差模块生成合并存储器阵列内的值的移动标准差。

[0166] 在一些实施例中,SD 模块 590 包括移动 IQR 模块、或 IQR 模块、或插入分类模块、或合并分类模块、或模模块、或移动模模块、或均值模块、或中值模块、或方差模块、或标准差模块、或移动均值模块、或移动中值模块、或移动方差模块、或移动标准差模块、或其组合。

[0167] 图 11 是用于应用时间片采样方法的系统 601 的实施例的图。系统 601 包括偏置补偿模块 196 和事件检测模块 198。偏置补偿模块 196 和 / 或事件检测模块 198 接收来自 SD 模块 116 (图 1 和图 2)的变量的值的生成时间。例如,时点 t1 是通过 SD 模块 116 生成变量值 V21 的时点。作为另一示例,时点 t2 是通过 SD 模块 116 生成变量值 V22 的时点,时点 t2 是通过 SD 模块 116 生成变量值 V23 的时点,并且时点 t4 是通过 SD 模块 116 生成变量值 V24 的时点。作为又一示例,时点 t5 是通过 SD 模块 116 生成变量值 V25 以及通过 SD 模块 116 生成变量值 V11 的时点。时点 t1 至 t5 是通过 SD 模块 116 计算出的。在一些实施例中,时点 t1 是生成变量值 V15 和变量 V21 的时点。

[0168] 在一些实施例中,变量值 V11、V12、V13、V14 和 V15 是作为变量 1 的第一变量的值。变量值 V21、V22、V23、V24 和 V25 是作为变量 2 的第二变量的值。变量 1 不同于变量 2。例如,变量 1 是功率,并且变量 2 是电压。作为另一示例,变量 1 是电流,并且变量 2 是电压。

[0169] 在各个实施例中,变量 1 和变量 2 是相同的变量并且基于来自不同 RF 发生器的值而生成。例如,变量 1 由 x MHz RF 发生器的电压值生成,并且变量 2 由 y MHz RF 发生器的电压值生成。作为另一示例,变量 1 由 y MHz RF 发生器的频率值生成,并且变量 2 由 z MHz RF 发生器的频率值生成。

[0170] 变量 V11 至 V15 存储在 SD 模块 116 (图 1 和图 2)的例如插入分类阵列、合并阵列等存储器阵列中。例如,将变量值 V11 至 V15 从值中的最低值到值中的最高值进行分类。在该示例中,V11 是最低值,并且 V15 是最高值。而且,变量 V21 至 V25 被存储在 SD 模块 116 (图 1 和图 2)的例如插入分类阵列、合并阵列等存储器阵列中。例如,将变量值 V21 至 V25 从值中的最低值到值中的最高值进行分类。在该示例中,V21 是最低值,并且 V25 是最高值。而且,时点 t1 至 t5 被存储在偏置补偿模块 196 和 / 或事件检测模块 198 的存储器阵列 607 中。时点 t1 至 t5 通过偏置补偿模块 196 和 / 或事件检测模块 198 从 SD 模块 116 接收以便存储在存储器阵列 607 中。

[0171] 偏置补偿模块 196 判定变量值 V21 的生成的时点 t1 是否与变量值 V15 的生成的时点相同。在判定出变量值 V21 的生成的时点 t1 与变量值 V15 的生成的时点相同时,变量

值 V21 和 V15 用于判定在等离子体系统中是否存在偏置。例如,在判定出变量值 V21 位于预定范围之外且变量值 V15 位于预定范围之外时,判定存在偏置。在该示例中,值 V15 和 V21 两者均由偏置补偿模块 196 调节偏置以生成经调节的统计值。作为另一示例,在判定出变量值 V21 位于预定范围之内且变量值 V15 位于预定范围之内时,判定出在等离子体系统内不存在偏置。作为又一示例,在判定出变量值 V21 位于预定范围之内且变量值 V15 位于预定范围之外时,判定出在等离子体系统内不存在偏置或者存在偏置。

[0172] 类似地,偏置补偿模块 196 判定变量值 V25 的生成的时点  $t_5$  是否与变量值 V11 的生成的时点相同。在判定出变量值 V25 的生成的时点  $t_5$  与变量值 V11 的生成的时点相同时,变量值 V25 和 V11 用于判定在等离子体系统中是否存在偏置。

[0173] 而且,在一些实施例中,事件检测模块 198 判定变量值 V21 的生成的时点  $t_1$  是否与变量值 V15 的生成的时点相同。在判定出变量值 V21 的生成的时点  $t_1$  与变量值 V15 的生成的时点相同时,变量值 V21 和 V15 用于判定在等离子体系统中是否存在故障。例如,在判定出变量值 V21 位于预定区域之外且变量值 V15 位于预定区域之外时,判定出存在故障。作为另一示例,在判定出变量值 V21 位于预定区域之内且变量值 V15 位于预定区域内时,判定出在等离子体系统内不存在故障。作为又一示例,在判定出变量值 V21 位于预定区域之内且变量值 V15 位于预定区域之外时,判定出在等离子体系统内不存在故障或存在故障。

[0174] 类似地,事件检测模块 198 判定变量值 V25 的生成的时点  $t_5$  是否与变量值 V11 的生成的时点相同。在判定出变量值 V25 的生成的时点  $t_5$  与变量值 V11 的生成的时点相同时,变量值 V25 和 V11 用于判定在等离子体系统中是否存在故障。

[0175] 图 12 是用于生成移动方差 602 的 SD 模块 600 的实施例的框图。SD 模块 600 包括多个加法器 A1、A2、A3、A4 和 A5、乘法器 MU1、除法器 D1 和 D2,以及平方根计算器 SQRT1。SD 模块 600 是 SD 模块 116 (图 1 和图 2) 的示例。

[0176] SD 模块 600 包括当前均值计算器,其计算例如存储器阵列 502 (图 6)、或存储器阵列 504 (图 7)、或存储器阵列 506 (图 7)、或合并存储器阵列 508 (图 7)、或存储器阵列 552 (图 8)、或存储器阵列 554 (图 8)、或合并存储器阵列 556 (图 8) 等存储器阵列内的变量的值的当前均值。而且,对于存储器阵列中由其计算当前均值的当前数据点  $x$ ,例如,存储器阵列中的值、合并存储器阵列中的值等等,通过加法器 A1 从当前数据点减去当前均值以生成方差的  $\delta$  (delta) 值。加法器 A2 将  $\delta$  值与当前均值相加以生成结果,并且结果除以由其生成当前均值的存储器阵列内的数据点的总数量  $n$ 。数据点计算器计算数据点的总数量。结果除以数据点的总数是通过除法器 D1 进行的以生成变量的下一均值。在一些实施例中,下一均值是统计值。

[0177] 通过加法器 A4 从当前数据点  $x$  减去下一均值以生成结果,并且通过乘法器 MU1 将结果与  $\delta$  值相乘以生成结果。通过加法器 A5 将结果与当前瞬时均值 M2 相加以生成下一瞬时均值 M2。在一些实施例中,下一瞬时均值 M2 是统计值。

[0178] 通过除法器 D2 将下一瞬时值 M2 除以作为小于存储器阵列中的数据点的总数量的数量以生成移动方差 602。在各个实施例中,移动方差 602 是统计值。

[0179] 通过平方根计算器 SQRT1 计算移动方差 602 的平方根以生成移动标准差 604。在多个实施例中,移动标准差 604 是统计值。

[0180] 应当指出,对于存储器阵列中的每个不同的值,下一均值、下一瞬时均值和移动方

差 602 是不同的。移动方差 602 随着存储器阵列内的值的变化而变化。

[0181] 下面提供了用于生成移动方差 602 的伪码：

```
def online_variance( 数据 ) :
    n=0
    当前均值 =0
    M2=0
    for 数量中的 x:
        n=n+1
        δ =x- 当前均值
        下一均值 =( 当前均值 + δ )/n
        下一瞬时均值 M2= 当前瞬时均值 M2+ δ *(x - 下一均值 )
        移动方差 =下一瞬时均值 M2/(n-1)
    返回移动方差 .
```

在伪码中,数量点的总数量 n、当前均值和当前瞬时均值被初始化为零。

[0182] 图 13 是用于生成统计值的方法 700 的实施例的流程图。在方法 700 中,变量从例如 x 控制器、或 y 控制器、或 z 控制器、或其组合等 RF 系统输入到例如主机控制器 150 (图 1)、或主机控制器 192 (图 2) 等主机控制器。在操作 702 中,变量被传播通过模型 113 (图 1-4)。例如,计算方向和。在该示例中,方向和是变量的值与让变量的值传播通过的模型 113 的部分的值。在一些实施例中,操作 702 是通过模型值生成器 115 (图 1-4) 执行的。

[0183] 方法 700 还包括针对变量对模型 113 的输出进行计数的操作 704。例如,对在将变量传播通过模型 113 之后生成的值的数量进行计数。在模型 113 的输出处生成值,并且通过数据量计算器 112 (图 1 和图 2) 来计算值。在一些实施例中,所计数的模型 113 的输出包括方向和。

[0184] 在方法 700 的操作 706 中,通过限值交叉确定模块 114 判定计数是否满足计数阈值,计数阈值是存储在限值交叉确定模块 114 的存储设备中的值的预存储数量。操作 704 的计数继续直到计数不满足(例如,小于等)计数阈值。另一方面,当计数满足(例如,超过、大于或等于等)计数阈值时,在操作 708 中,由通过模型值生成器 115 计算出的模型 113 的输出来生成统计值。例如,由值的方向和生成统计值。

[0185] 通过 SD 模块 116 (图 1 和图 2) 来生成统计值。在操作 710 中,通过发送器 174 (图 1 和图 2) 将统计值发送到 RF 系统以调节变量。例如,将统计值发送到 x,y 和 / 或 z 控制器以基于统计值来生成 RF 信号。

[0186] 应指出的是,虽然结合平行板等离子体腔室描述了上述实施例,在一个实施例中,上述实施例适用于其它类型的等离子体腔室,例如,包括电感耦合等离子体(ICP)反应器的等离子体腔室,包括电子回旋加速器谐振(ECR)反应器的等离子体腔室等等。例如,x MHz、y MHz 和 z MHz RF 发生器与 ICP 等离子体腔室内的电感器耦合。

[0187] 在一些实施例中,使用千赫(kHz)RF发生器,而不使用MHz RF发生器。例如,使用400kHz RF发生器,而不使用x MHz RF发生器。

[0188] 在各个实施例中,MHz RF发生器具有MHz的工作频率,并且kHz RF发生器具有kHz的工作频率。

[0189] 本文所描述的一些实施例借助于包括手持式设备、微处理器系统、基于微处理器的或可编程顾客电子设备、微型计算机、主帧计算器等各种计算机系统配置来实现的。在本文中所描述的一些实施例是在通过网络链接的远程处理设备来执行任务的分布式计算环境中来实现的。

[0190] 在考虑到上述实施例时,应当理解,本文所描述的一些实施例采用了涉及到计算机系统中存储的数据的各种计算机实现的操作。这些操作是要求物理量的物理操纵的操作。本文所描述的构成实施例的部分的任何操作是有用的机器操作。本文所描述的一些实施例还涉及用于执行这些操作的设备或装置。在一些实施例中,装置被特别地构造以用于专用型计算机。当限定专用型计算机时,计算机进行其它处理、程序执行或不是专门用途的部分的例程,同时仍能够操作以用于专门用途。在各个实施例中,通过存储在计算机存储器、高速缓冲存储器中或经由网络获得的一个或多个计算机程序来选择性地启动或配置的通用型计算机来处理操作。当通过网络获得数据时,通过例如云计算资源之类的网络上的其它计算机来处理数据。

[0191] 一些实施例被制作为非暂态性计算机可读介质上的计算机可读代码。非暂态性计算机可读介质是能够存储数据的任意数据存储设备,数据随后可通过计算机系统来读取。非暂态性计算机可读介质的示例包括硬盘驱动器、网络连接的存储装置(NAS)、ROM、RAM、高密盘 ROM(CD-ROM)、CD 可记录装置(CD-R)、CD 可重写装置(CD-RW)、磁带或其它光学或非光学数据存储设备。在一些实施例中,非暂态性计算机可读介质包括在网络联接的计算机系统上分布的计算机可读有形介质,以使计算机可读代码以分布方式被存储和执行。

[0192] 虽然按特定次序描述了方法的操作,应当理解的是,在一些实施例中,可以在操作之间进行其它内务处理操作,或者调节操作以使它们在略不同的时刻发生,或者操作分布在允许处理操作按与处理相关联的各间隔发生的系统中,只要覆盖操作的处理以期望方式进行即可。

[0193] 在一些实施例中,来自任何实施例的一个或多个特征与来自任何其它实施例的一个或多个特征组合,而不偏离在本公开中所描述的各个实施例中所描述的范围。

[0194] 虽然为理解清楚的目的在一些细节上对前述实施例进行了说明,显然能够在随附权利要求书的范围内实施一些改变和改进。因此,当前的实施例应视为示例性的和非限制性的,并且实施例不限于本文给出的细节,而是可以在随附权利要求书的范围和等同范围内进行修改。

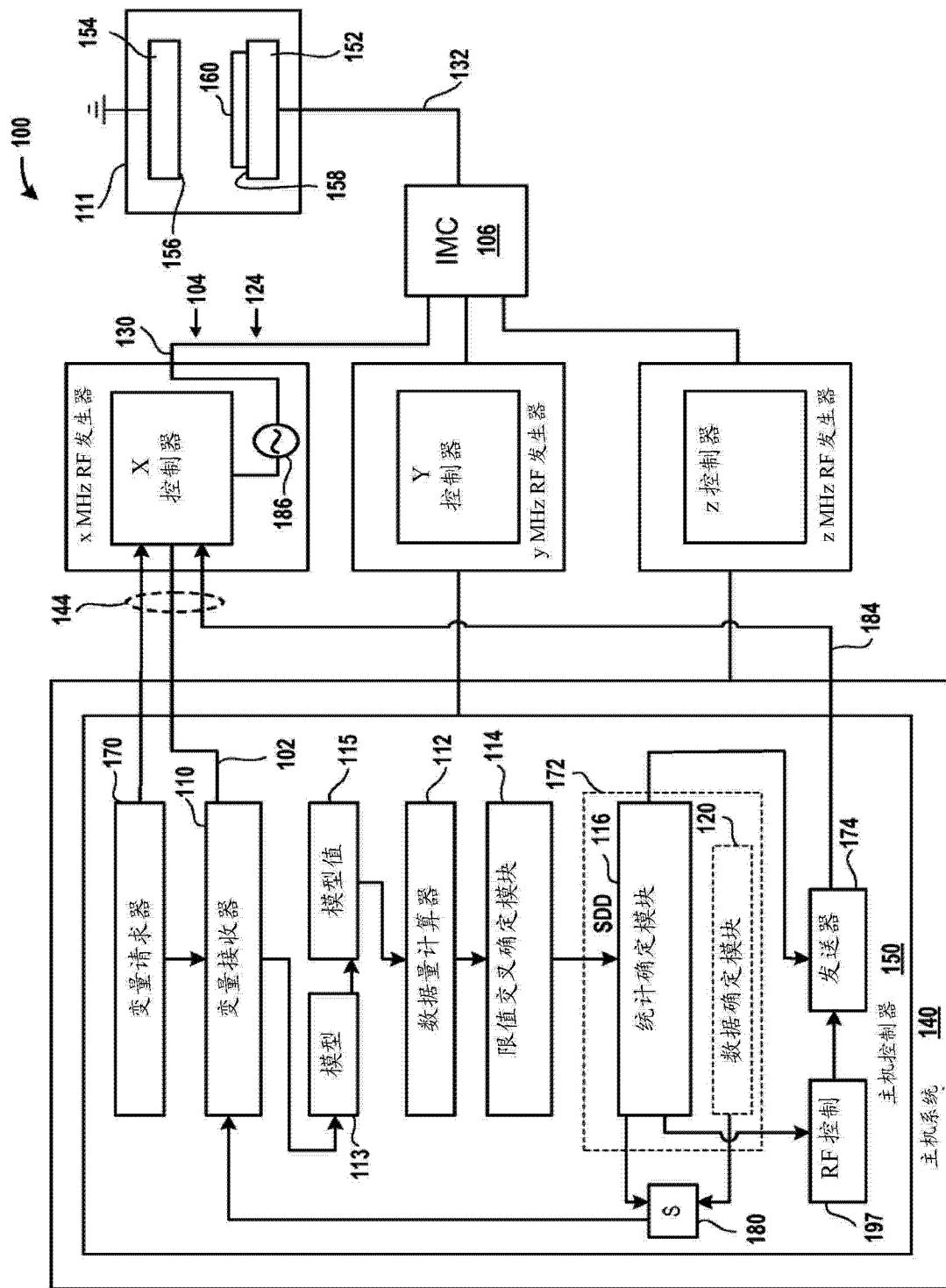


图 1

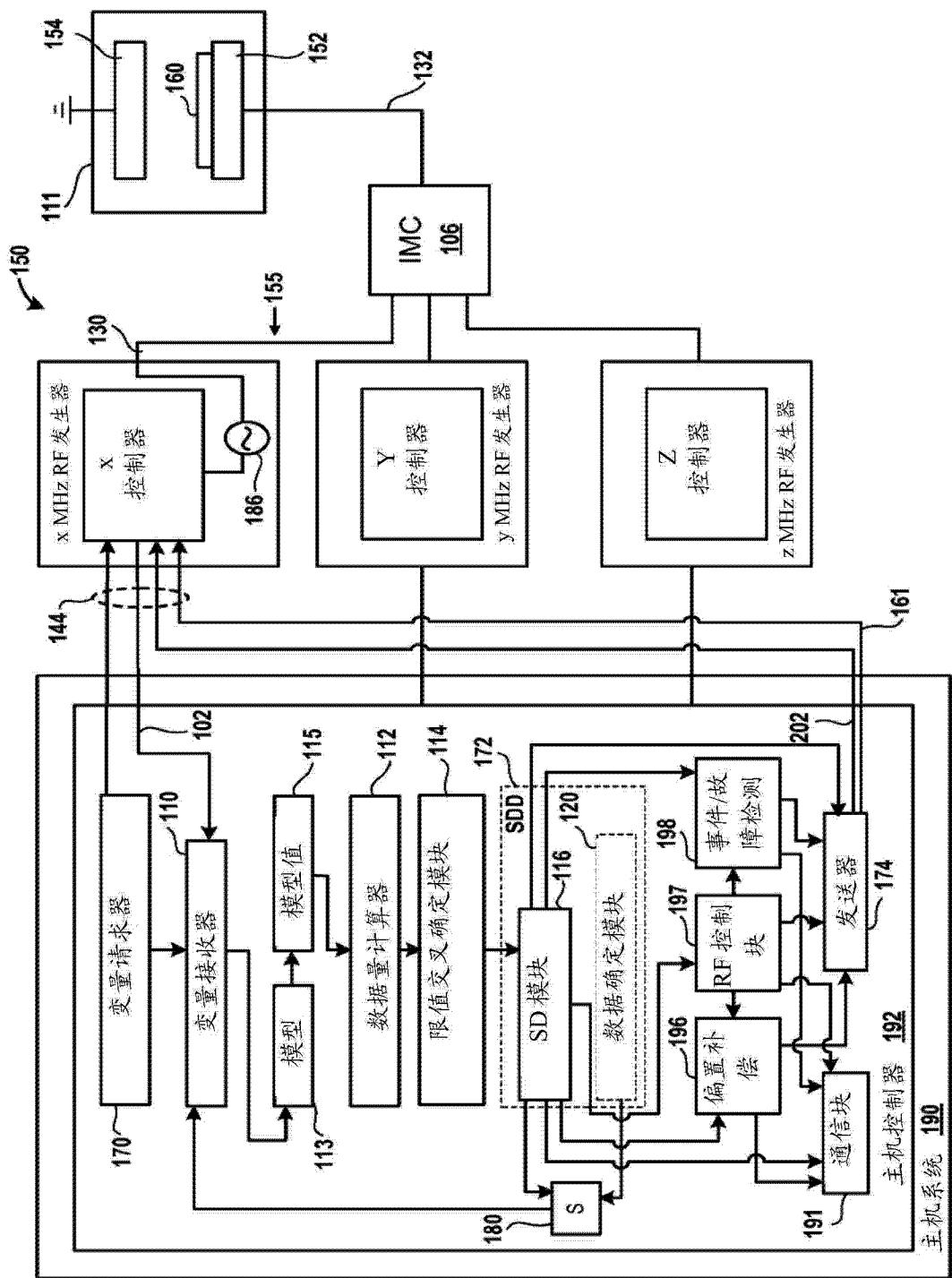


图 2

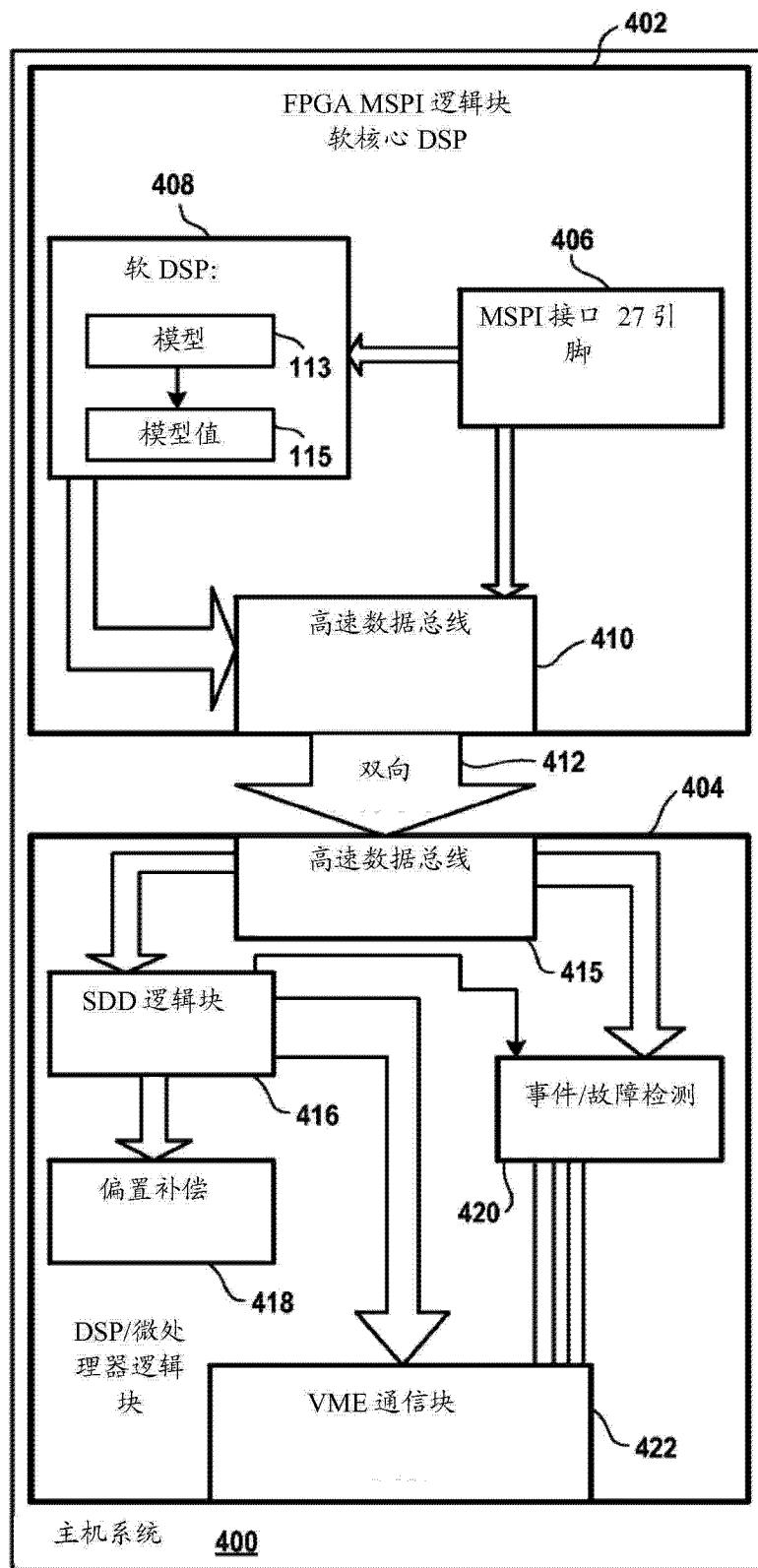


图 3

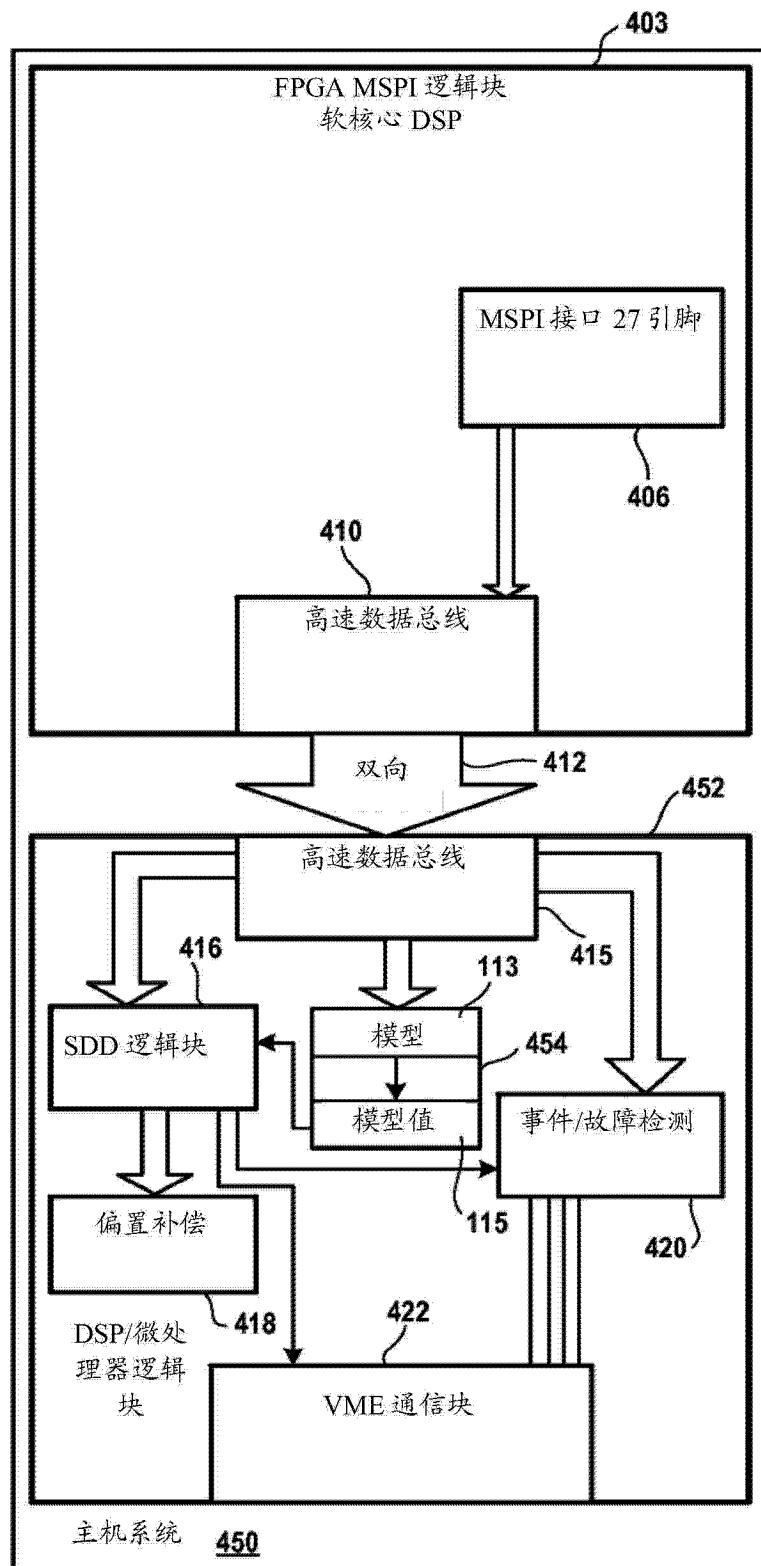


图 4

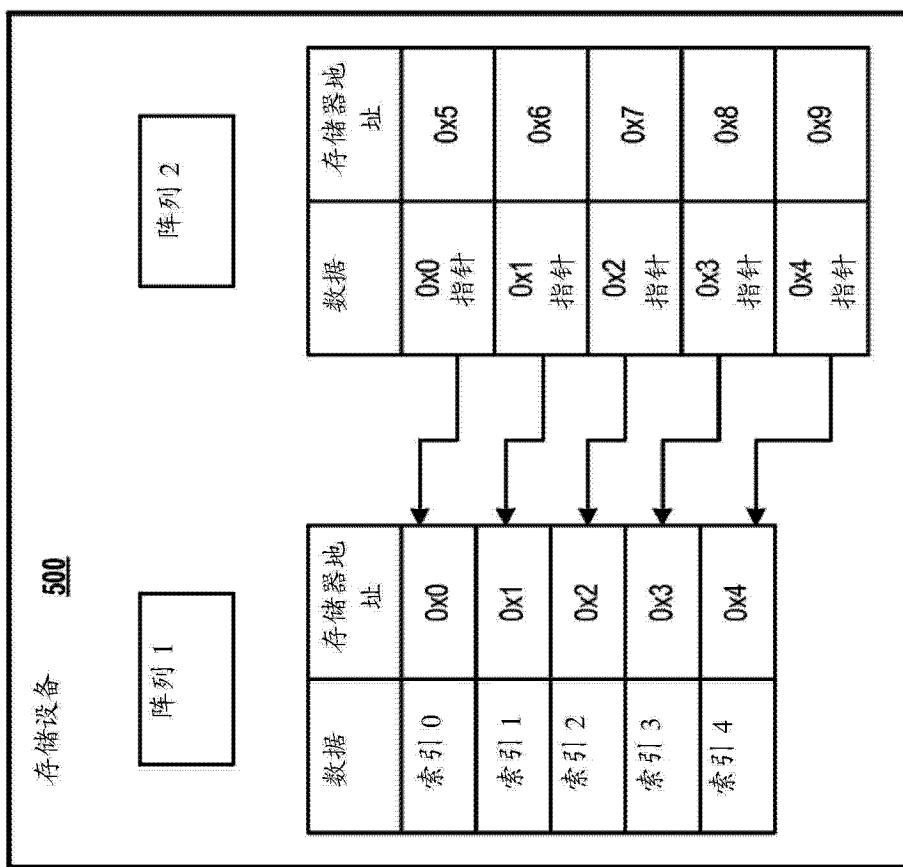


图 5

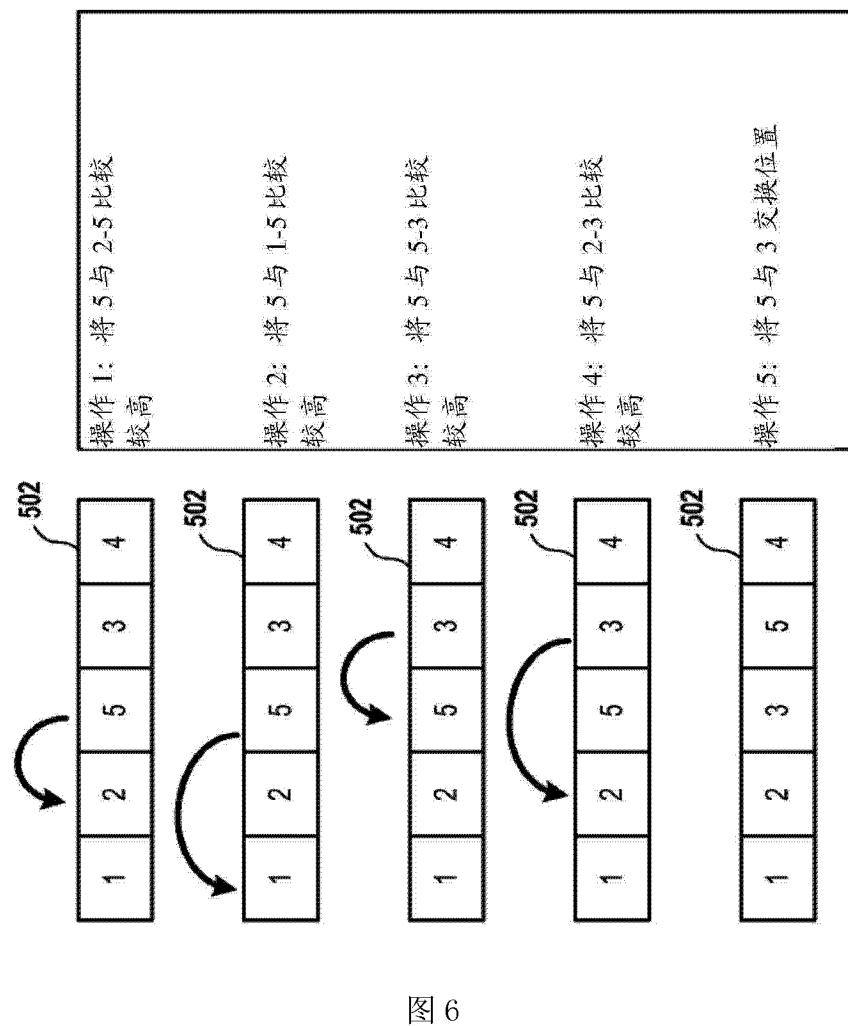


图 6

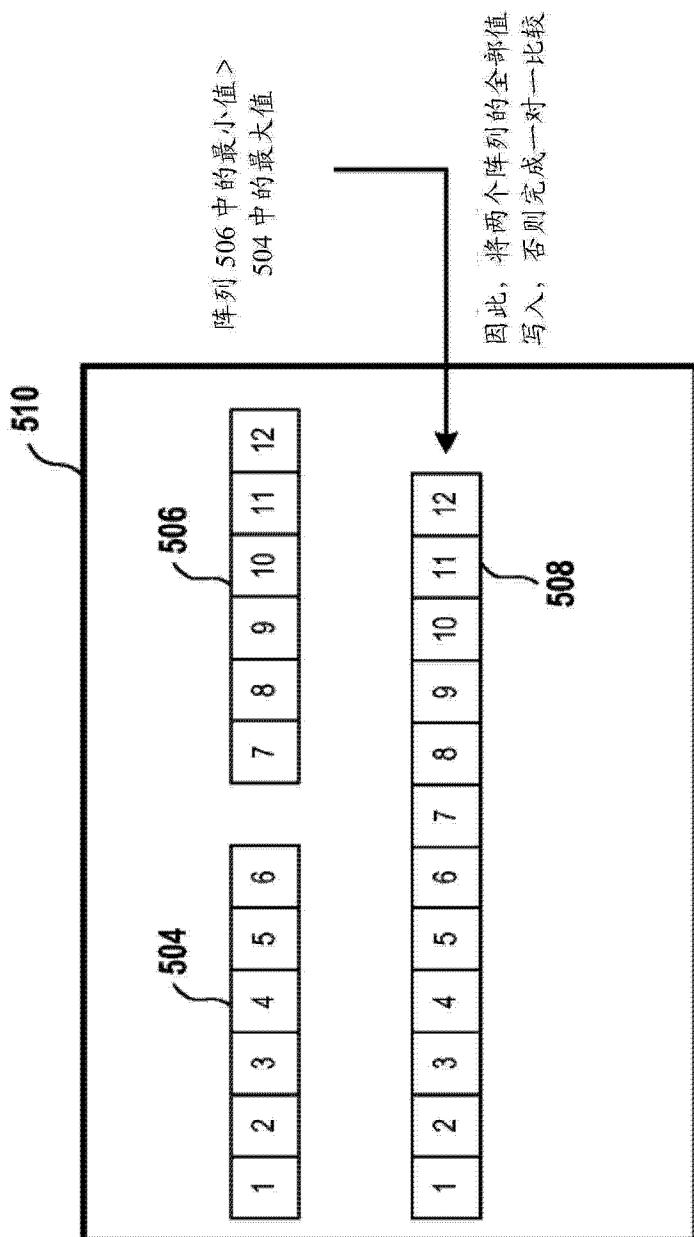


图 7

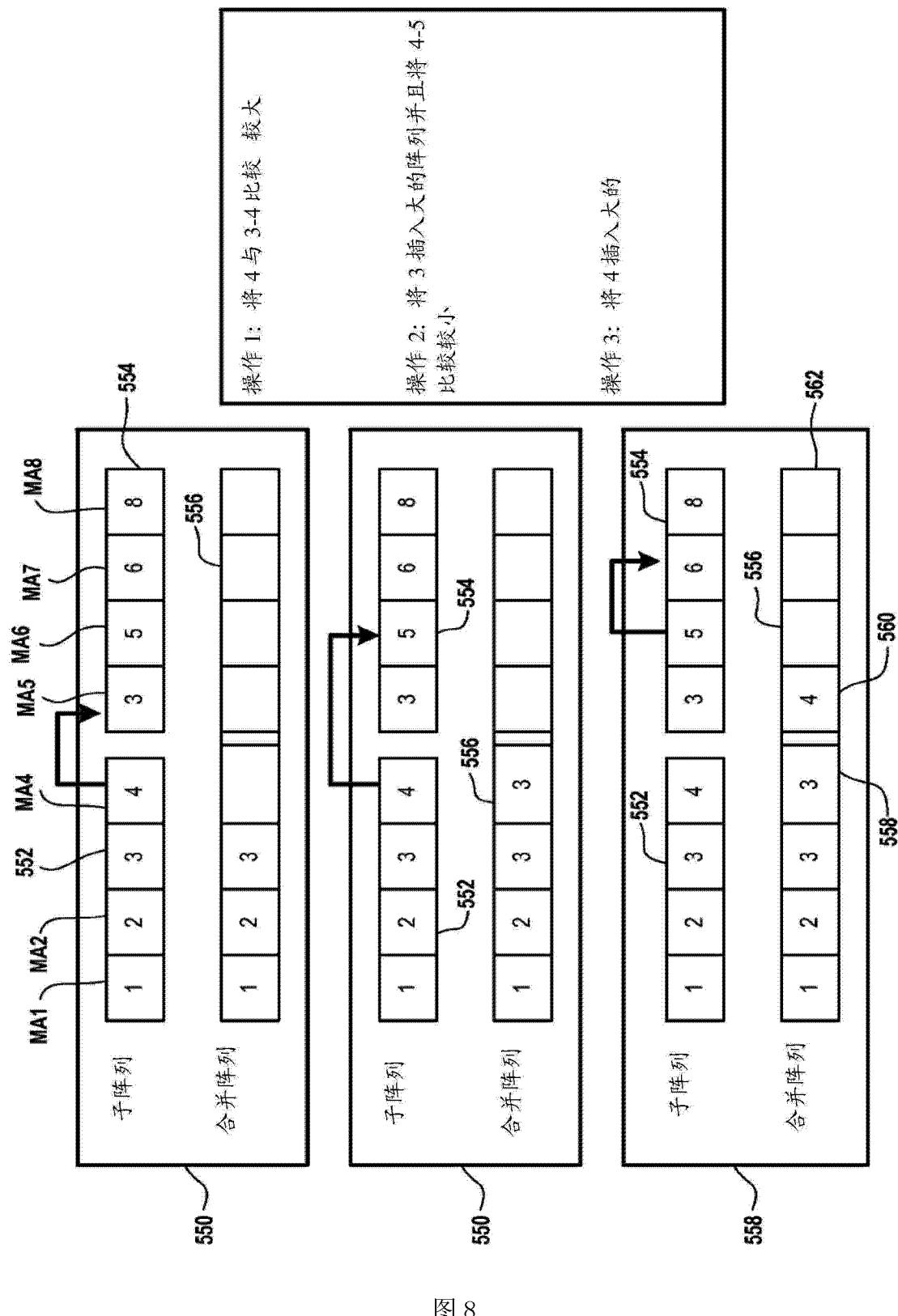


图 8

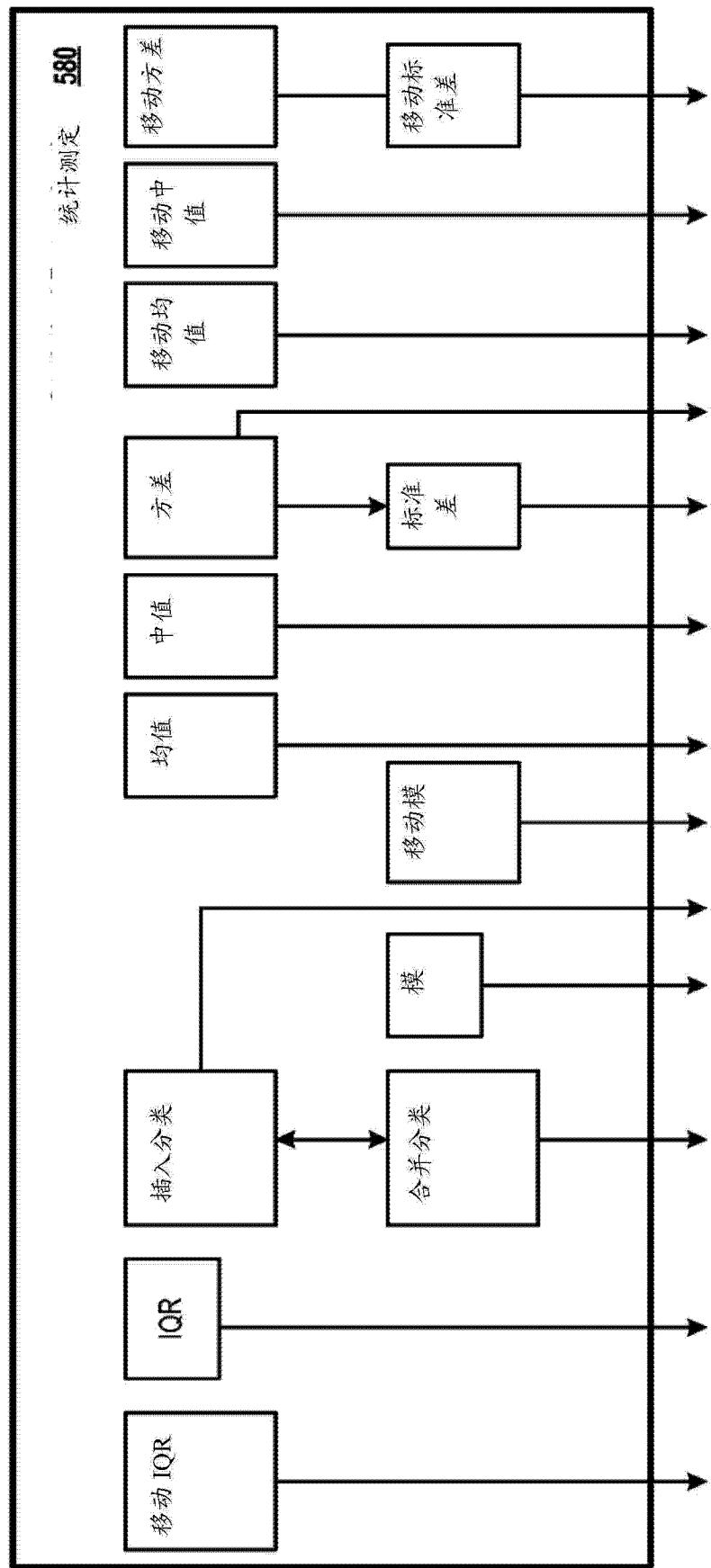


图 9

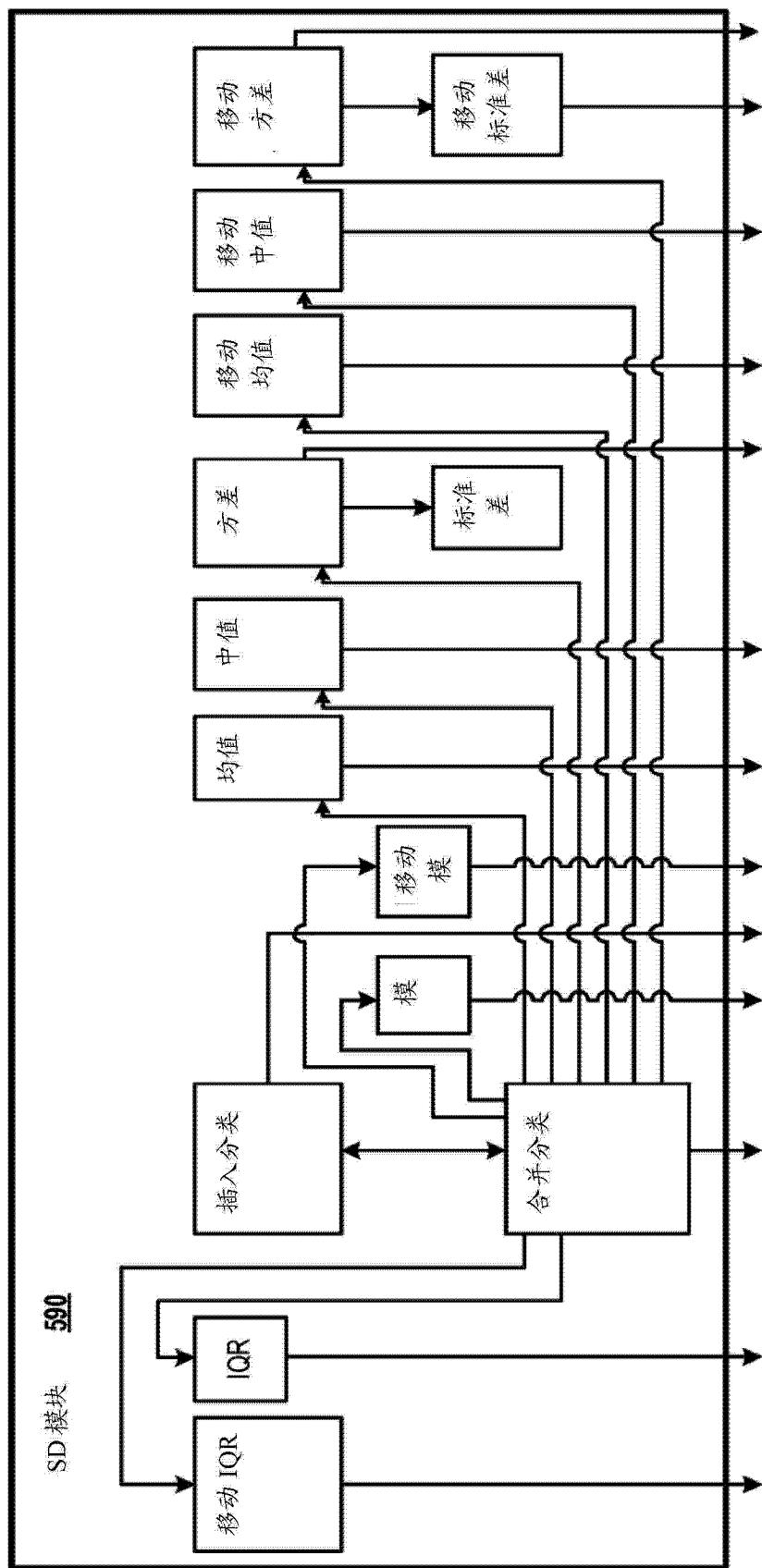


图 10

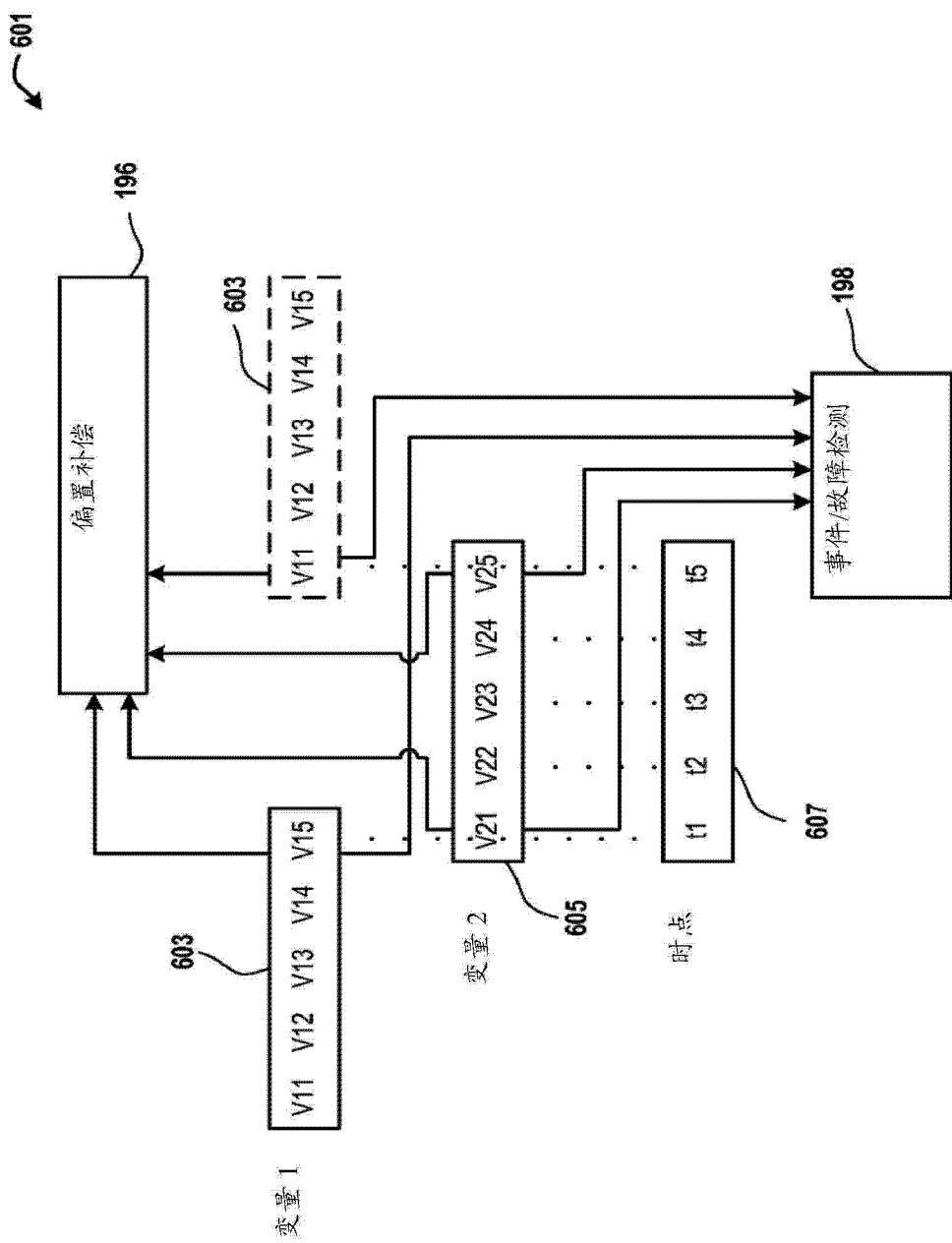


图 11

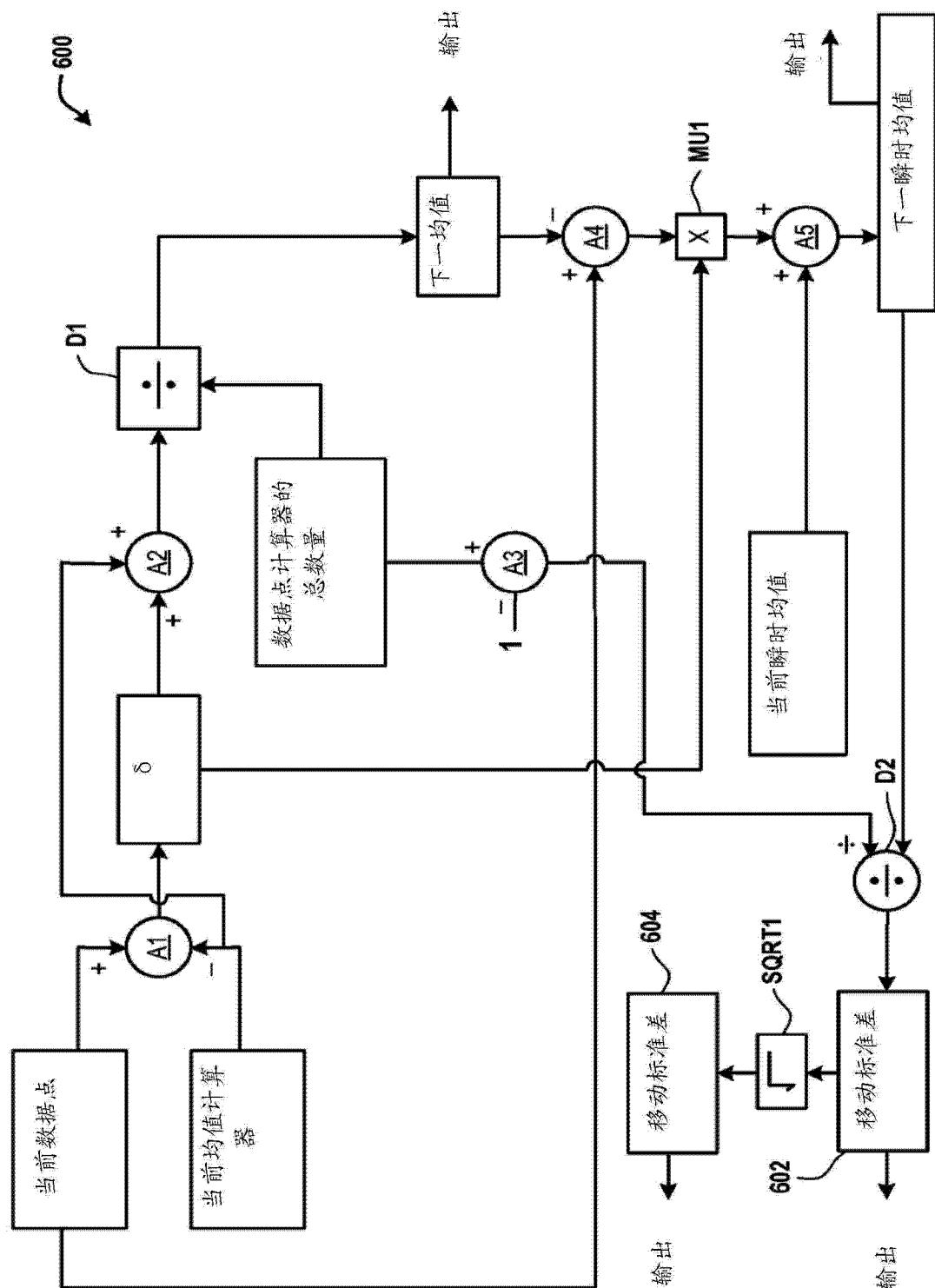


图 12

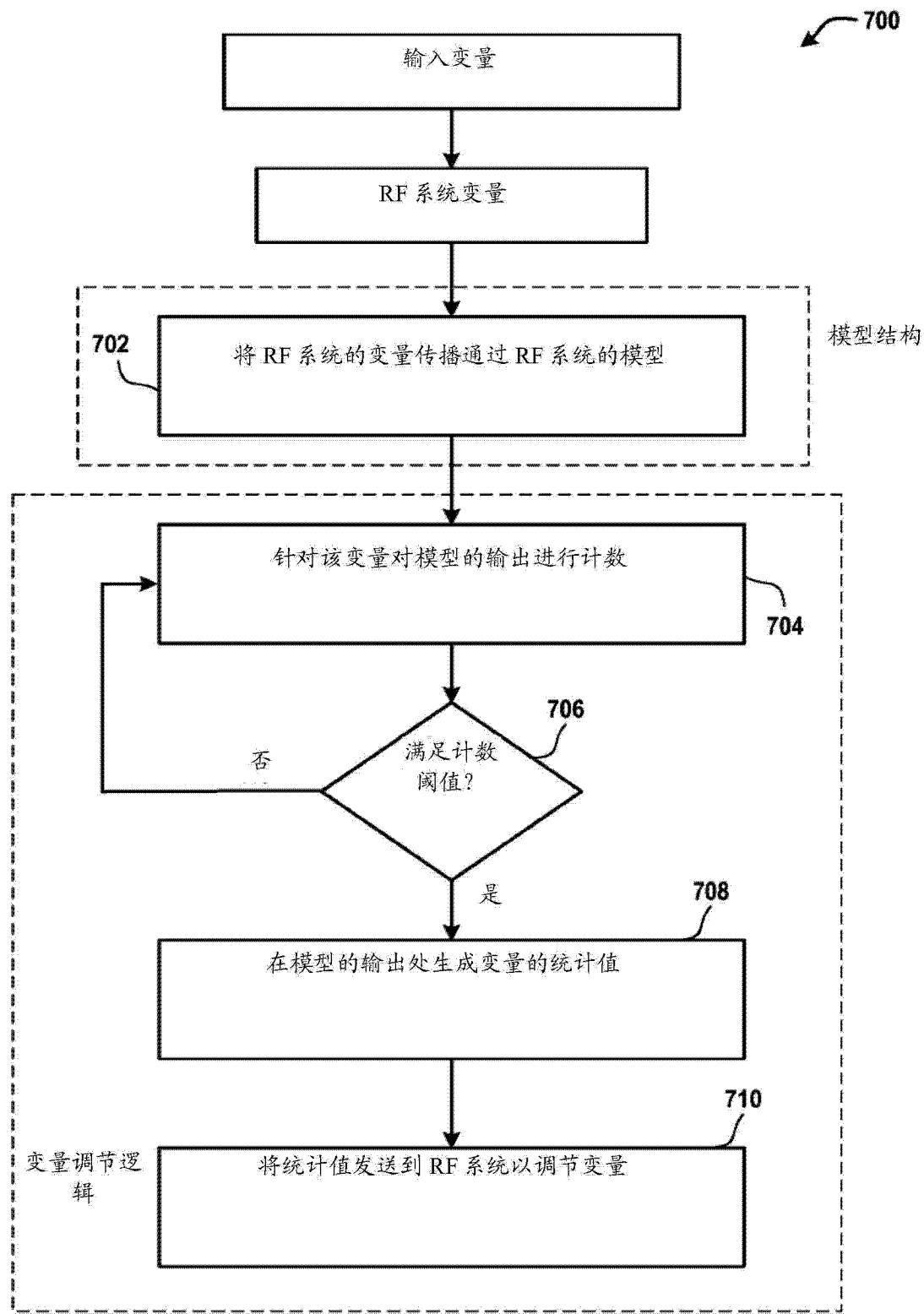


图 13