

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01R 23/00 (2006.01)

H05B 7/16 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780024625.X

[43] 公开日 2009年7月8日

[11] 公开号 CN 101479611A

[22] 申请日 2007.6.26

[21] 申请号 200780024625.X

[30] 优先权

[32] 2006.6.28 [33] US [31] 11/427,326

[86] 国际申请 PCT/US2007/072158 2007.6.26

[87] 国际公布 WO2008/002938 英 2008.1.3

[85] 进入国家阶段日期 2008.12.29

[71] 申请人 朗姆研究公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 安德烈亚斯·菲舍尔 戴维·皮克尔

[74] 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限责
任公司

代理人 余刚 尚志峰

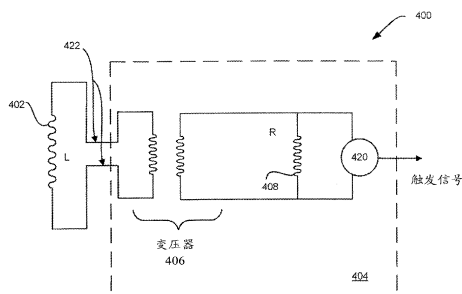
权利要求书4页 说明书12页 附图7页

[54] 发明名称

感应等离子处理室中失限态的方法和设备

[57] 摘要

检测等离子处理室中等离子失限状态的通用等离子失限检测系统以及方法。该检测系统和方法设计为以不依赖工艺并且不依赖制法的方式可靠并且准确地检测该等离子失限状态的存在。



1. 一种用于检测等离子处理室中等离子失限状态的方法,所述等离子失限状态表征为所述等离子处理室内在设计等离子限制容积之外存在的等离子超出预先定义的规范,该方法包括:

在该室内选取的位置提供传感器,所述选取的位置紧邻等离子处理室部件,该部件构造为当在设计等离子限制容积内该等离子限制在预先定义的规范内时在等离子处理期间传导第一返回 RF 电流水平,以及当等离子处理期间在该设计等离子限制容积之外该等离子超过预先定义的规范时传导第二返回 RF 电流水平,其中所述传感器和所述选取的位置配置为提供在第一状态和第二状态之间具有可辨别变化的电气参数,所述第一状态表征为所述第一返回 RF 电流水平,所述第二状态表征为所述第二返回 RF 电流水平; 以及

提供与所述传感器耦合的传感器数据处理装置,所述传感器数据处理装置配置为响应所述电气参数提供数据信号,所述信号表示所述等离子处理室是否经历所述等离子失限状态。

2. 根据权利要求 1 的方法,其中所述选取的位置相对所述等离子处理室部件非接触。
3. 根据权利要求 2 的方法,其中所述选取的位置邻近所述等离子处理室部件。
4. 根据权利要求 1 的方法,其中所述传感器是电流感应线圈。
6. 根据权利要求 1 的方法,其中所述传感器数据装置进一步包括:

电路，配置为由所述电气参数产生可辨别的电势差；以及

软件控制的信号发生器，用于从所述电势差产生所述数据信号。

7. 根据权利要求6的方法，其中所述电路包括变压器和电阻的至少一个。
8. 根据权利要求7的方法，其中所述传感器和所述选取的位置选择为使所述第一返回 RF 电流水平低于所述第二返回 RF 电流水平。
9. 根据权利要求7的方法，其中所述选取的位置代表相对所述设计等离子限制容积非直接视线可见位置。
10. 根据权利要求1的方法，其中所述等离子处理室代表电容耦合等离子处理室。
11. 根据权利要求1的方法，其中所述等离子处理室代表电感耦合等离子处理室。
12. 根据权利要求1的方法，其中所述等离子处理室代表使用微波能量以在其中产生等离子的室。
13. 一种等离子处理系统，包括等离子处理室和用于检测所述等离子处理室中等离子失限状态的设备，所述等离子失限状态表征为所述等离子处理室内在设计等离子限制容积之外存在的等离子超出预先定义的规范，该系统包括：

设在所述室内选取的位置的传感器，所述选取的位置紧邻等离子处理室部件，该部件构造为当在设计等离子限制容积

内该等离子限制在预先定义的规范内时在等离子处理期间传导第一返回 RF 电流水平，以及当等离子处理期间在该设计等离子限制容积之外该等离子超过预先定义的规范时传导第二返回 RF 电流水平，其中所述传感器和所述选取的位置配置为提供在第一状态和第二状态之间具有可辨别变化的电气参数，所述第一状态表征为所述第一返回 RF 电流水平，所述第二状态表征为所述第二返回 RF 电流水平；以及

与所述传感器耦合的传感器数据处理装置，所述传感器数据处理装置配置为响应所述电气参数提供数据信号，所述信号表示所述等离子处理室是否经历所述等离子失限状态。

14. 根据权利要求 13 所述的等离子处理系统，其中所述选取的位置相对所述等离子处理室部件非接触。
15. 根据权利要求 14 所述的等离子处理系统，其中所述选取的位置邻近所述等离子处理室部件。
16. 根据权利要求 13 所述的等离子处理系统，其中所述传感器是电流感应线圈。
17. 根据权利要求 13 所述的等离子处理系统，其中所述传感器数据装置进一步包括：

电路，配置为从所述电气参数产生可辨别电势差；以及
软件控制信号发生器，用于从所述电势差产生所述数据信号。

18. 根据权利要求 17 所述的等离子处理系统，其中所述电路包括变压器和电阻的至少一个。

-
19. 根据权利要求 18 所述的等离子处理系统，其中所述传感器和所述选取的位置选择为使所述第一返回 RF 电流水平低于所述第二返回 RF 电流水平。
 20. 根据权利要求 18 所述的等离子处理系统，其中所述选取的位置表示相对于所述设计等离子限制容积非直接视线可见的位置。
 21. 根据权利要求 13 所述的等离子处理系统，其中所述等离子处理室代表电容耦合等离子处理室。
 22. 根据权利要求 13 所述的等离子处理系统，其中所述等离子处理室代表电感耦合等离子处理室。
 23. 根据权利要求 13 所述的等离子处理系统，其中所述等离子处理室代表利用微波能量在其中产生等离子的室。

感应等离子处理室中受限态的方法和设备

背景技术

[0001]本发明大体上涉及基片制造技术，特别涉及使用非磁性限制等离子体的处理技术。更具体地，本发明涉及用于感应等离子处理室中维持受限等离子体失效（称为受限（un-confinement））的方法和设备。

[0002]在基片例如半导体基片或如用在平面显示器制造中的玻璃基板的处理中，往往采用等离子体。作为等离子室中基片处理的一部分，例如，基片分为多个模片，或矩形区域，其每个将成为一个集成电路。该基片然后在一系列步骤中处理，在这些步骤中有选择的去除（蚀刻）和沉积（沉积）材料以便在其上形成电子元件。

[0003]通常，等离子室可通过使用非磁方法（例如，石英等离子限制环等）限制等离子体，以使室壁接触最小。这有益于降低污染程度以及记忆效应。例如，该等离子室内的许多表面构造有抗等离子体材料（例如，硅、碳化硅、氮化硅、石英等），这些材料帮助最小化表面磨损而不会大大增加影响基片的污染物。然而，连续暴露于等离子体倾向于侵蚀和去除这些保护材料，往往导致表面微粒污染并因此降低基片成品率。

[0004]现在参见图1A，示出电容耦合等离子（CCP）处理系统的简图。简化了图1A和其对应部分图1B，因为省略了许多与本发明不相关的元件以避免使得更相关的特征过分散乱。典型的CCP构造通常由两个分开一小段距离的电极组成，它们以大体上类似与电路

中电容的方式运行。通电电极102通常构造为卡盘，以及进而可以通过设置在传输线路孔119中的传输线路118耦合至一组RF发生器9（未示）。

[0005]通电电极102可进一步包括偏置补偿电路（未示），包括一组正电极和一组负电极来提供静电夹紧力以便将基片104夹在卡盘102上。例如，分别提供到这些电极的一组+300V和-300V正负电压可提供足够的静电夹紧力，以便将基片104夹在卡盘102。偏置补偿电路帮助在等离子处理期间通过提供偏置补偿电压（ V_b ）来保持在整个基片上一致的夹紧力。

[0006]第二接地电极106通常设置在等离子112上方。该RF回路通常顺着在该等离子室上部中从接地电极106、穿过室线路114、接地扩展部116并沿着该传输线路孔119内表面的路径。某些蚀刻应用可能要求该上电极相对于较低频率RF信号（例如，2MHz）接地。另一蚀刻应用可能要求该上电极相对较高频率RF信号（例如，27MHz和/或60MHz）接地。又一蚀刻应用可能要求该上电极相对所有RF信号频率（例如，2MHz、27MHz以及60MHz）接地。接地电极106可进一步包括多孔硅保护层，其允许等离子气体通过而从气体分配系统进入等离子室。此外，基片104通常利用边缘环103设置在卡盘RF-通电电极102上。

[0007]通常， V_b （偏置补偿电压）的强度与接地面积（通常是该接地电极）与该基片表面积的比成比例：

$$V_B = \left(\frac{\text{接地面积}}{\text{基片面积}} \right)^N$$

其中N通常在1到4之间。

[0008]另外，限制环组117可设置在该CCP源和该等离子室壁之间，以及可以根据需要进一步升高或降低以将等离子与基片表面隔离。通常，该限制环组117构造为一系列石英环，其围绕基片的水平边缘设置并且进一步以沿垂直轴变化的距离设置在该基片之上。通常，每个限制环的厚度以及任意两个环之间的间隙的大小构造为优化特定的等离子工艺并且控制等离子内的压力。在一些构造中，这些限制环具有不同的直径和厚度。例如，沿纵轴设置距基片较近的限制环直径会比距基片较远的小。通常，由该限制环组、该基片和该通电电极限定的容积可称为该等离子处理系统内的等离子空间。

[0009]当前半导体工业中进一步降低基片特征尺寸以及实现新基片材料的趋势已经对目前的制造技术提出了挑战。例如，在更大的基片（例如，>300mm）上保持均一性或工艺结果越来越难。为了实现基本上垂直的蚀刻形貌和高纵横比，可能需要更高的工艺功率和更低的压力。结果，所产生的等离子会难以限制。万一该等离子变得不受限制，由于电压大大的、不受控制的增加，所处理的基片以及该等离子室本身会发生相当大的损害。

[0010]为了使不受限等离子损害最小化，建立偏置电压门限，其与受限制情况下晶片上的稳定态偏置电压成比例。如果测得的晶片上的电压超出那个门限，关闭RF并且立即终止等离子。这个关闭方法利用这样的事实，即当等离子处于失限状态时， V_b 由于电极面积比增加而显著增加。在失限发生时，根据方程1，接地面积从图1A中的电极106面积增加到等离子反应器的整个内部表面。

[0011]然而，在现有技术中，难以确定正确的门限电压，因为需要预先知道稳定态或安全 V_b 值。在许多情况中，特别当开发新的制法时，对这个门限的预先估计会非常困难，往往导致要么感应“假

阳性”（如果偏置电压门限设置过低），要么没有检测感应，并因此导致等离子室损伤（如果该偏置电压门限设置过高）。

[0012]如前所述，需要用于感应等离子蚀刻室中失限的方法和设备。

发明内容

[0013]在一个实施例中，本发明涉及用于检测等离子处理室中等离子失限状态的方法。该等离子失限状态是通过该等离子处理室内设计等离子限制容积之外存在的等离子超过预先定义的规范来认定的。该方法包括在该室内选定的位置提供传感器。该选取的位置设置为紧邻等离子处理室部件，该部件构造为：如果在设计等离子限制容积内该等离子限制在预先定义的规范内，则在等离子处理期间传导第一返回RF电流水平；以及如果在等离子处理期间在该设计等离子限制容积之外，该等离子超过预先定义的规范，则传导第二返回RF电流水平，其中该传感器和该选取的位置构造为提供在第一状态和第二状态之间具有可辨别变化的电气参数，该第一状态表征为该第一返回RF电流水平，该第二状态表征为第二返回RF电流水平。该方法进一步包括提供与该传感器耦合的传感器数据处理装置。该传感器数据处理装置配置为响应该电气参数提供数据信号，该信号表示该等离子处理室是否经历该等离子失限状态。

[0014]本发明的这些和其他特征将在下面的具体描述中结合附图更详细地说明。

附图说明

[0015]在附图中，本发明作为示例而不是作为限制来说明，其中类似的参考标号指的是相似的元件，以及其中：

[0016]图1A是电容耦合等离子处理室的代表性简化图，包括对处于限制态的返回RF电流的描述。

[0017]图1B是图1A的等离子处理室的代表性简化图，包括对处于失限态的返回RF电流的描述。

[0018]图2示出，按照本发明的实施例，电容耦合等离子处理室简图，包括用于通用等离子失限检测系统的传感器。

[0019]图3示出，按照本发明的实施例的示例通用等离子失限检测系统，包括传感器和传感器数据处理装置。

[0020]图4示出，按照本发明的实施例的示例通用等离子失限检测系统，包括传感器和传感器数据处理装置，该装置包括高频变压器、电阻和触发器信号发生器。

[0021]图5示出，按照本发明的实施例处于限制态和失限态时示例设备传感器线圈中的电压与输入RF功率的函数的图表。

[0022]图6示出，按照本发明的实施例，感应等离子处理室中等离子失限状态的步骤。

具体实施方式

[0023]现在将根据其如在附图中说明的几个实施方式来具体描述本发明。在下面的描述中，阐述许多具体细节以提供对本发明的彻底理解。然而，对于本领域技术人员，显然，本发明可不利用这些具体细节的一些或者全部而实施。在有的情况下，公知的工艺步骤和/或结构没有描述。

[0024]在本发明的实施例中，具有通用等离子失限检测系统（UPUDS），其构造为检测该等离子处理室中的等离子失限状态。一般而言，在基本上所有等离子处理室中，具有设计等离子限制容积（DPCV），假设等离子在其中生成并且维持该等离子用于基片处理。例如，一些等离子处理系统设计为所产生的等离子限制在通常由顶部电极、围绕的聚焦环以及底部电极（其可以包含也可以不包含边缘环）限制的容积内。当等离子限制在设计等离子限制容积（DPCV）时，称为该等离子处于限制态或处于限制状态。在这个限制态中，在该等离子处理室内但是在这个设计等离子限制容积外的该等离子密度非常低或是基本上为零。

[0025]当等离子变得不受限制时，在前面提到的设计等离子限制容积之外多个不同位置的等离子密度超过预先设定的规范（其如提到的当该等离子处理限制态是趋向于非常低或基本上为零）。由于上面已经讨论的原因，所以失限态是不希望的。本发明的实施例构造为感应这个失限态。

[0026]在这里，发明人相信在该限制态，该返回RF电流横穿某些相对于该室建立的路径。用于该限制态的该返回RF电流路径的描述在图1A中利用参考数字150示出。另一方面，在该失限态，该设计等离子限制容积（DPCV）外部存在的等离子增加产生额外的和/或替代的返回RF电流路径。该失限态的该返回RF电流路径在图1B中通过参考数字160和170表明。这些失限态返回RF电流路径横穿室部件，这些部件之前经历非常低或基本上为零的返回RF电流。通过检测通过这些室部件的表征该失限等离子状态的返回RF电流的存在，可以实现检测等离子失限态发生的可靠技术。

[0027]一般而言，可通过使用设置在该室中预先选取的位置的传感器来检测表征失限等离子状态的返回RF电流的存在。该传感器的位置选择为在该等离子限制态和等离子失限态之间提供传感器

信号的可辨别的变化。如果该信号处理电路可以从该传感器信号辨别出该等离子处于该限制态或该失限态，那么就说该传感器信号的变化是“可辨别的”。

[0028]信号处理领域的技术人员容易理解从给定的传感器信号检测状态取决于该传感器灵敏度和该信号处理电路的能力的一个或两者。传感器灵敏度通常取决于该传感器的适当选择和/或该传感器在该等离子处理室的设置。例如，高度敏感的传感器可能不需要设置最佳的位置以产生该传感器信号中可辨别的变化。作为另一个示例，如果该传感器位置很好地选择以允许发挥其最高传感能力，那么敏感度较低的传感器仍能够产生该传感器信号中可辨别的变化。作为又一个示例，该传感器能力和/或该传感器位置的缺陷只能通过信号处理算法来补救，该算法能够从不是最佳的传感器信号准确地确定等离子处于该限制态还是该失限态。所以，在这里发明人的意图是尽管一些传感器和传感器位置比其他的更佳，但是在这些示例中描述的具体传感器和/或传感器位置并不是对本发明范围的限制。

[0029]在一个实施例中，将传感器线圈设置为与在该限制态通常经受非常小或基本为零返回RF电流的室部件处于非接触、紧邻的关系。优选的是（但不是绝对需要的）该传感器位置位于最靠近该DPCV限定的容积的外面和/或该DPCV视线的外面以便最小化由于该传感器存在所引起的污染风险和/或最大化检测灵敏度。在一个实施例中，选取用于返回RF电流测量的室部件优选沿着在该等离子为失限时形成的该替代和/或额外返回RF电流路径之一设置。在该等离子失限状态中，通过这个室部件的替换和/或额外电流路径的存在将在该传感器线圈中引起一个电压，然后处理这个引起的电压（如果需要在适当的变压、放大和/或滤波之后）以检测该等离子失限态。

[0030]参照下面的附图和讨论，本发明的特征和优点可以更好地理解。图2是电容耦合等离子处理室的代表性简化图以便于讨论本发明的实施例。应当理解本发明的实施例既不是对所说明的等离子处理室具体构造的限制也不是对所采用的用以生成/维持等离子体的具体等离子耦合技术的限制（如电容耦合、电感耦合、微波等）。

[0031]参见图2，示出具有设计等离子限制容积（DPCV）**204**的等离子处理室**202**。在图2的示例中，DPCV通常是限制在由上电极**206**、一组限制环**208**以及下电极**210**/边缘环**212**装置限定的容积内。该上电极、限制环、下电极以及边缘环分别代表了该产业中目前可以得到的商业上适合的部件。

[0032]在这个示例中，该上电极**206**接地而该下电极**210**耦合到RF生成系统**214**中的一个或多个RF发生器**214**。RF生成系统**214**构造为将具有一个或多个RF频率的RF信号提供到下电极**210**以产生等离子云**220**来处理（例如，蚀刻、剥除、沉积等）晶片**222**，该晶片示为设置在下电极**210**上。

[0033]在限制态中，所生成的等离子大部分或基本上全部限制在前面提到的DPCV内。当该等离子处于稳定态时，在该室内但在该DPCV外的位置（例如由参考数字**230**，**232**，**234**，**236**或**238**标记的）经受非常低或者基本上为零的等离子密度。在该限制态中，该返回RF电流流过所建立的限制态返回RF电流路径，其中一个存在于图2的示例中的传输线路孔的表面上并且由参考数字**240**示出。注意准确的电流路径并不是本发明的中心特征，这是因为不同的室设计会采用不同的部件和/或不同的部件布置，产生不同的限制态返回RF电流路径，要点是在该限制态中具有所建立的返回RF电流路径。

[0034]当该等离子不受限制时，等离子存在于该DPCV之外。该不受限制的等离子导致产生额外的或替换的返回RF电流路径，该返

回RF电流的一部分现在流过该路径。在一些情况中，该失限态返回RF电流路径穿过那些在正常的限制态中经历非常低或基本上没有的返回RF电流的部件。

[0035]然后可采用传感器来检测通过受到影响的室部件的该返回RF电流水平的变化。在一个实施例中，传感器线圈用作该传感器并紧邻失限态返回RF电流现在流过的室部件设置。在该失限态中较高的返回RF电流引发通过该线圈较高的电压。通过测量在该线圈中感应电压（inducted voltage）的大小，就可以利用该传感器输出基于由该感应线圈提供的感应电压来辨别该限制态和该失限态。在一个实施例中，可以使用可编程计算设备或通过适当的专用电路来执行该辨别任务。

[0036]传感器位置**234**选择为紧邻室部件**244**。为了防止室污染和/或最小化与等离子有关的对该传感器的损害，可防护该传感器免受限制和/或失限等离子（例如，在为传感器防护准备的室结构或另一结构后面，该结构不会过度干扰该传感器感应该限制态和该失限态之间该返回RF电流水平变化的能力）。

[0037]此外，传感器位置**234**优选地选择为在该限制态期间在该传感器线圈中产生非常低或基本上没有感应电压的位置。另一方面，位置**234**还选择为在失限态在该传感器线圈中产生可辨别地较高的感应电压的位置。该限制态和该失限态之间该感应电压水平明显的变化可帮助提高该等离子失限态检测的准确性和/或可靠性。

[0038]如所提到的，传感器位置**234**设置为紧邻（如邻近但为非接触关系）在该失限态经受高程度返回RF电流的室部件。例如，紧邻在该等离子不受限制时作为该返回RF电流焦点的室部件设置的传感器在该失限态将经受通过其线圈的更高的感应电压，使得辨别限制态和该失限态的任务相当简单和/或更加准确。本领域的技术人

员将理解在给定的等离子处理室中存在许多候选传感器位置，可以利用其中一些或者全部。准确的位置选择取决于具体的等离子处理室设计、该传感器能力、该信号处理电路的能力和/或算法等。

[0039]图3示出，按照本发明的实施例，示例通用等离子失限检测系统**300**，包括传感器**302**和传感器数据处理装置**304**。传感器**302**可以表示感应线圈、电容传感器或离子传感器。传感器数据处理装置**304**包括固定的（hardwired）和/或可编程电路来从由传感器**302**提供的该传感器信号检测该失限态。

[0040]图4示出，按照本发明的实施例，示例通用等离子失限检测系统**400**，包括传感器/线圈**402**和传感器数据处理装置**404**，该装置包括高频率变压器**406**、电阻**408**以及触发器信号发生器**420**。该线圈**402**中的电压经由合适的导体路径传输到该变压器**406**的初级线圈，如图4一对扭曲的导体**422**。参见图1B的示例，该电流传感器线圈由参考数字**174**示出，以及这个扭曲对由参考数字**172**示出。并且在图1中，该磁场由参考数字**176**标明。

[0041]现在参考图4，在电阻**408**两端感应跨变压器**406**的次级线圈的电压。在一个实现中，该等离子处理室的下电极使用三个独立的RF频率（2MHz、27MHz和60MHz）通电。在这个示例实现中，该传感器线圈**402**的电感选取为大约0.3微亨，以及电阻**408**是大约40欧姆。触发器信号发生器**420**构造为从电阻**408**两端的电势差检测该失限态，这个电势差反映来自传感器**402**的传感器信号的值。

[0042]图5示出，按照本发明的实施例，处于限制态（**506**）和失限态（**508**）时示例设备的传感器线圈的电压与输入RF功率的函数的图表。如图5中可以看出的，该失限态（**508a**）的该传感器线圈中电压与该限制态（**506a**）的该传感器线圈中的电压之间的差是在100瓦特底部RF功率下近似为80毫伏。这两个电压（**508a**和**506a**）

之间相对大量级的差允许该传感器信号处理装置可靠地检测该失限态。应当注意这个差随着工艺制法变化是相对不变的。所以，发明人认为本发明的实施例对于检测该失限态是通用的并且不要求预先知道工艺制法。

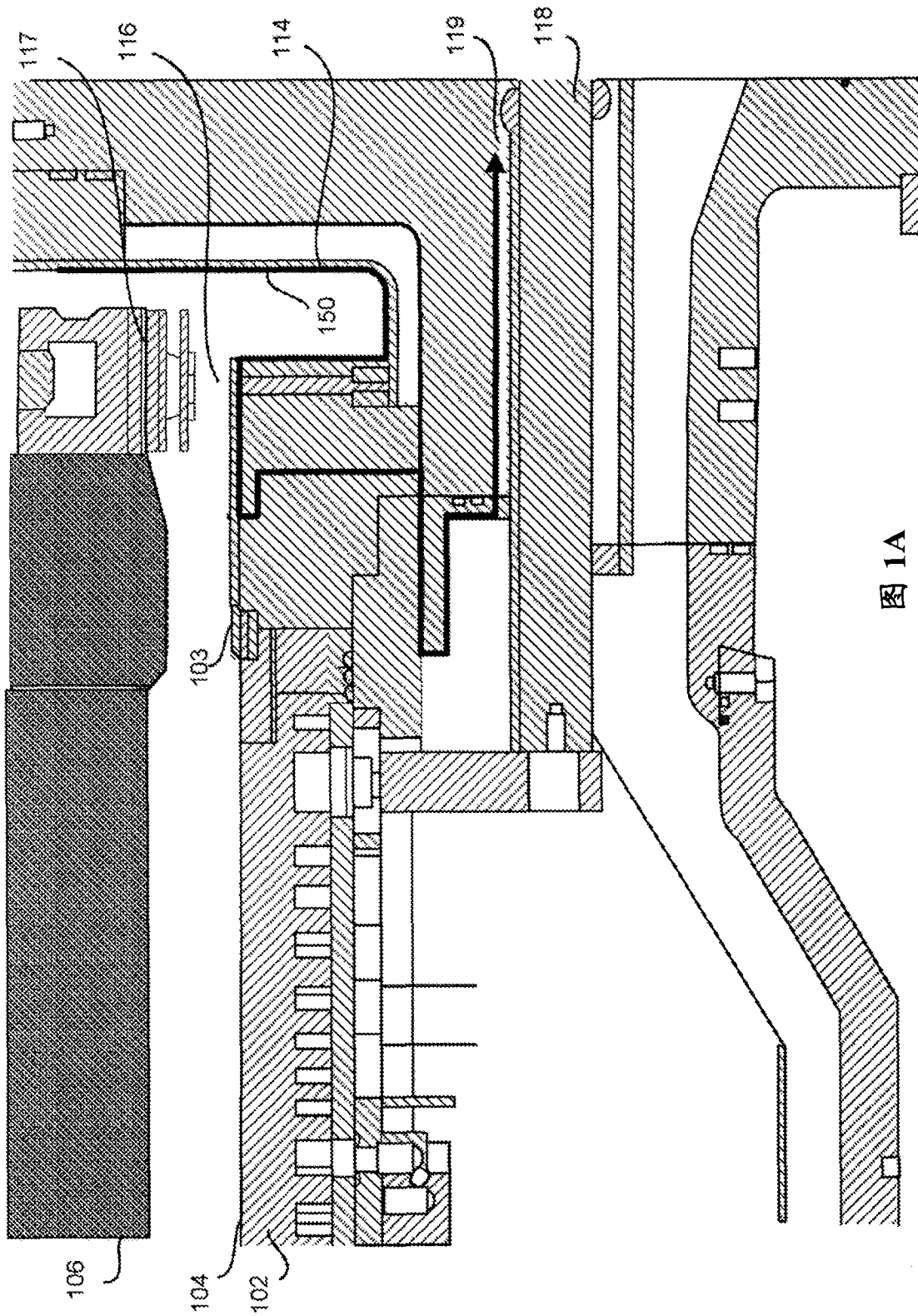
[0043]参见图5，该传感器线圈中的差随着该底部RF功率水平增加而有利地增加。因此，在300瓦特底部RF功率，该失限态(508b)的该传感器线圈中的电压和该限制态(506b)的该传感器线圈中的电压之间的差是大约280毫伏。在500瓦特功率，该失限态(508c)的该传感器线圈中的电压和该限制态(506c)的该传感器线圈中的电压之间的差是大约510毫伏。所以，本发明的实施例非常适于检测这样的室中的失限态，所述室采用高处理功率制法以便获得各向异性的蚀刻形貌和高纵横比蚀刻。

[0044]图6示出，按照本发明的实施例，感应等离子处理室中等离子失限状态的步骤。在步骤602，在该室中提供传感器，该传感器的位置使得该传感器能够提供该等离子限制态和该等离子失限态之间有可辨别变化的传感器信号。在步骤604。提供传感器数据处理装置以接收该传感器信号，以及当该室中存在等离子失限状态时产生一个数据信号以表示等离子是失限的。

[0045]正如从上文中可以了解的，本发明的实施例使得其能够快速和可靠的检测等离子处理室中的等离子失限态而不必事先知道该室中具体的工艺条件。然后该检测结果可用作触发器信号以及解决该等离子失限问题，包括例如自动触发关闭该等离子处理室以防止对该室部件的进一步损伤。

[0046]尽管本发明根据多个实施例来描述，但是还有改变、置换以及等同方式，其落入本发明的范围内。例如，尽管在这里的说明中是参考电容耦合等离子处理室，但是本发明的实施例还可在其

他类型的等离子处理室中实施，包括例如电感耦合等离子处理室和微波耦合等离子处理室。进而，尽管所说明的示例利用传感器线圈来检测该室某些部件中的返回RF电流的增加以便确定是否存在等离子失限态，但是也可以利用其他类型的传感器，例如，完全可以采用电容传感器。在一个实施例中，电容器可以安装在转接臂（via arm）上，一个或两个板紧密连接以接地（例如使用该转接臂）。另一个电容器板暴露在该设计等离子限制容积（DPCV）之外但已知是保持该失限态等离子体的空间。可提供高阻抗电阻以避免在限制态中充电。一旦发生失限，该等离子体在该暴露的板上提供电荷，由此改变该电容器两端的电压。然后通过连接到该电容器板的外部检测电路检测该电容器板两端的电压的变化。作为另一选择，还可利用等离子密度检测器来检测该等离子体失限态期间该室某些部件中的存在的等离子体增加。还应当注意有许多实现本发明的方法和设备的替代方式。所以，其意图是下面所附的权利要求解释为包括所有这样的改变、置换以及等同方式，其落入本发明的主旨和范围内。



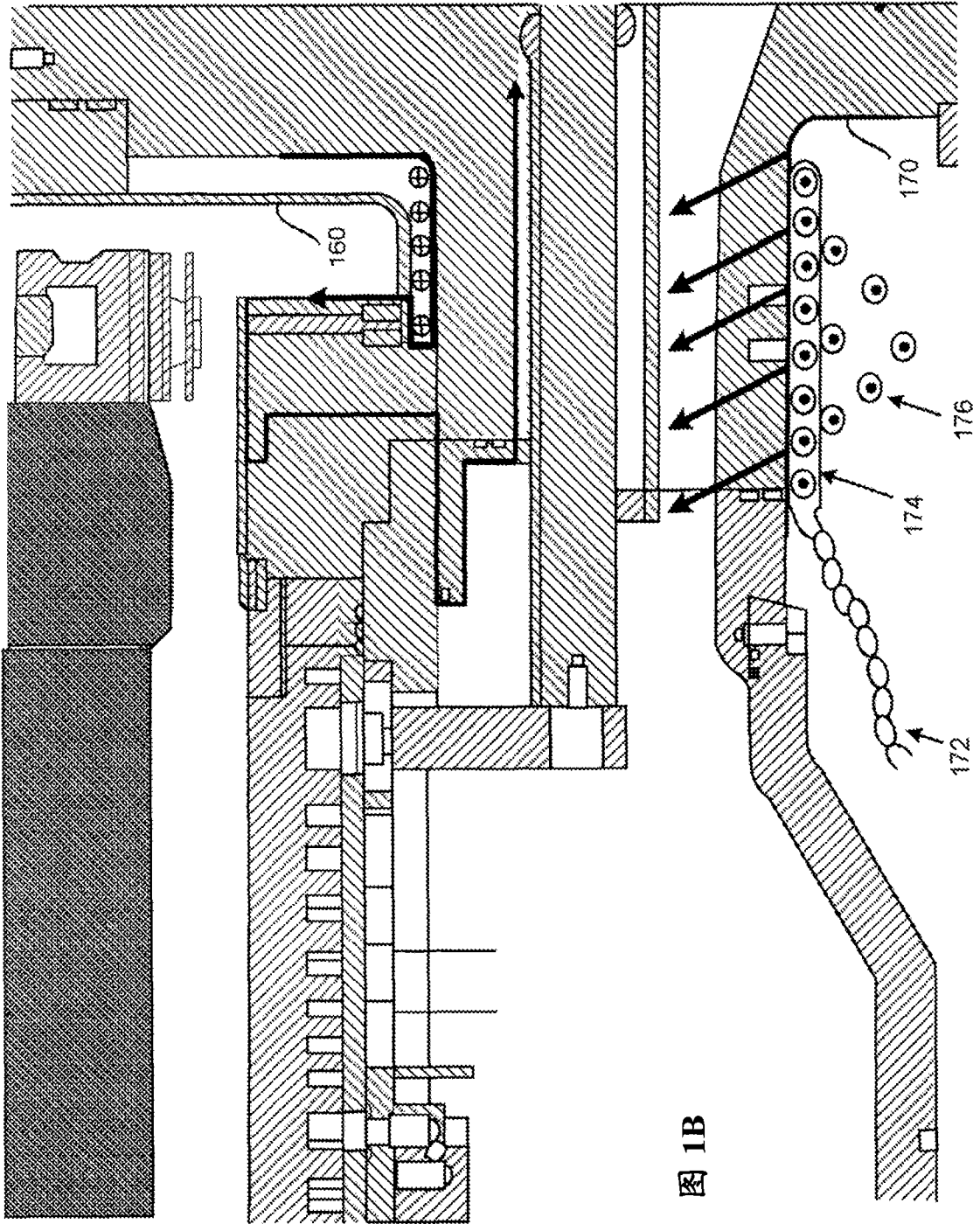


图 1B

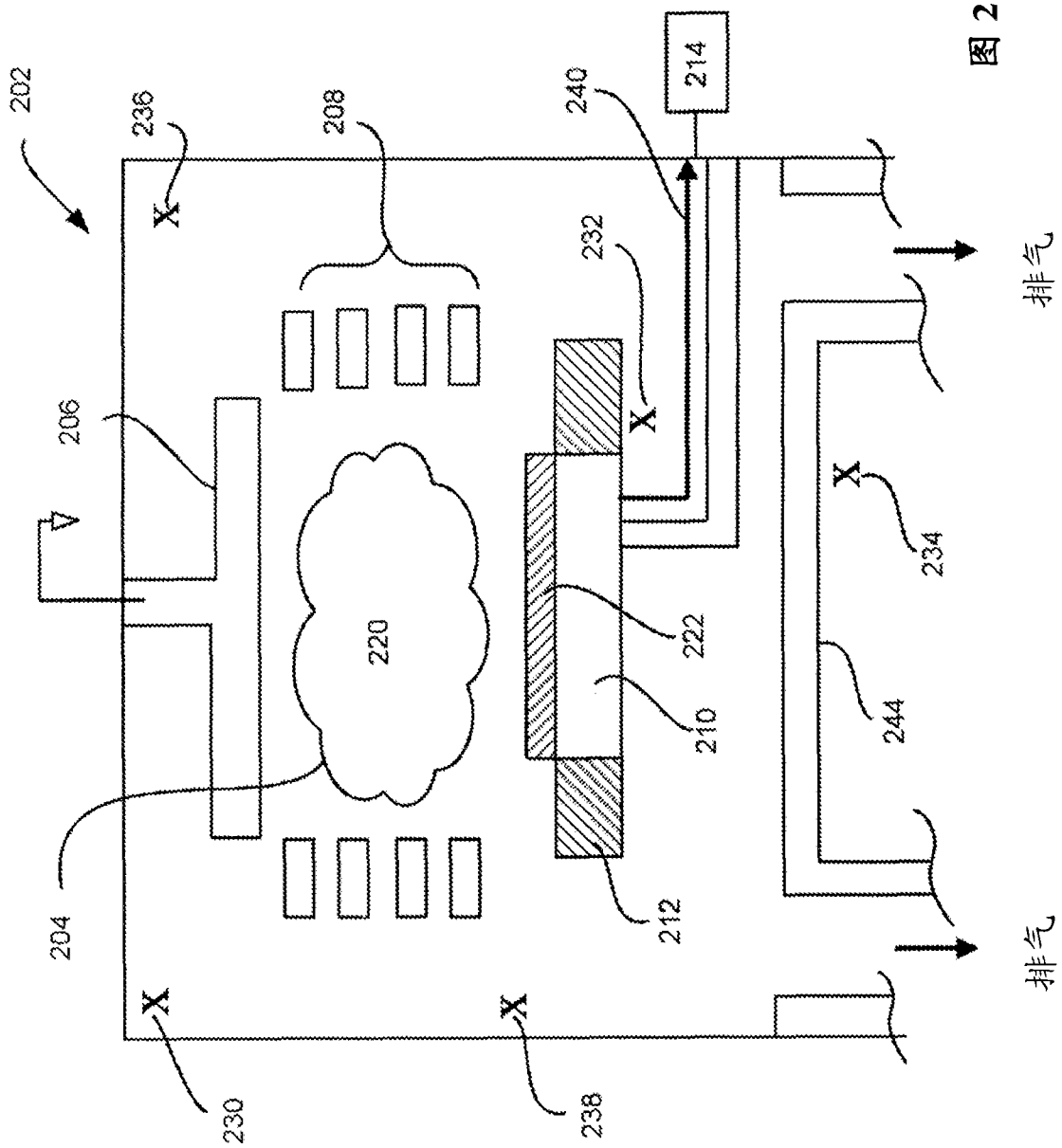


图 2

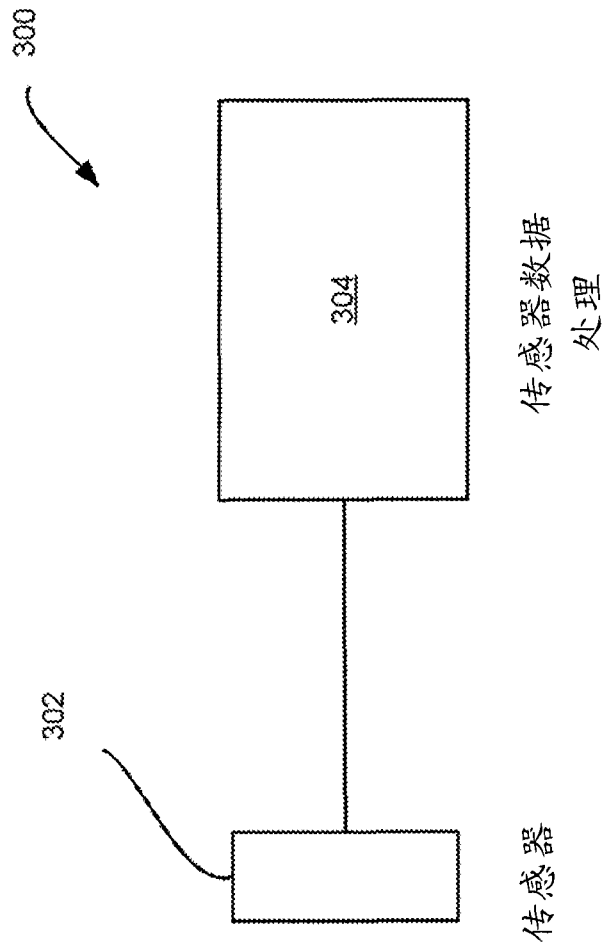


图 3

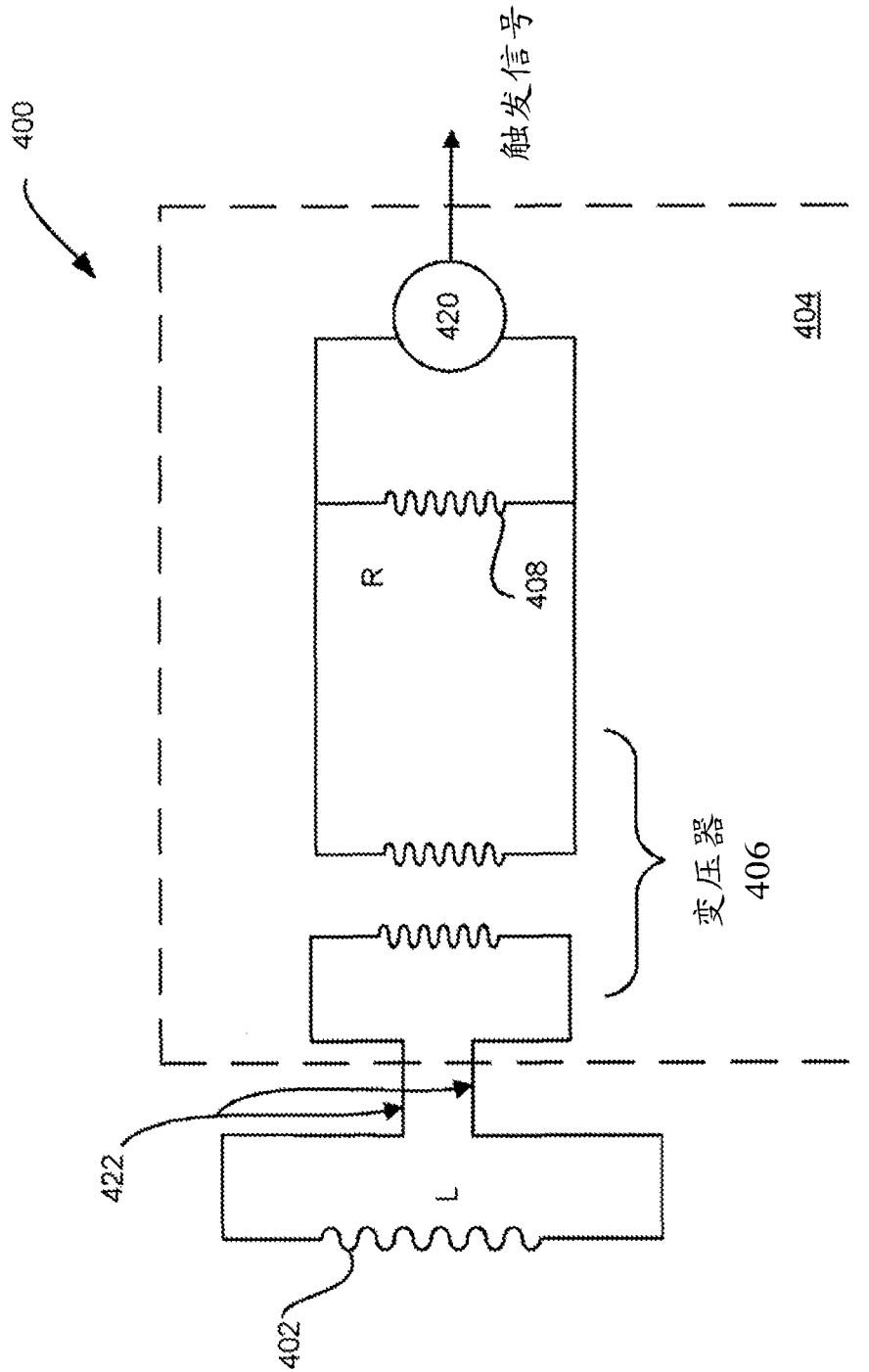


图 4

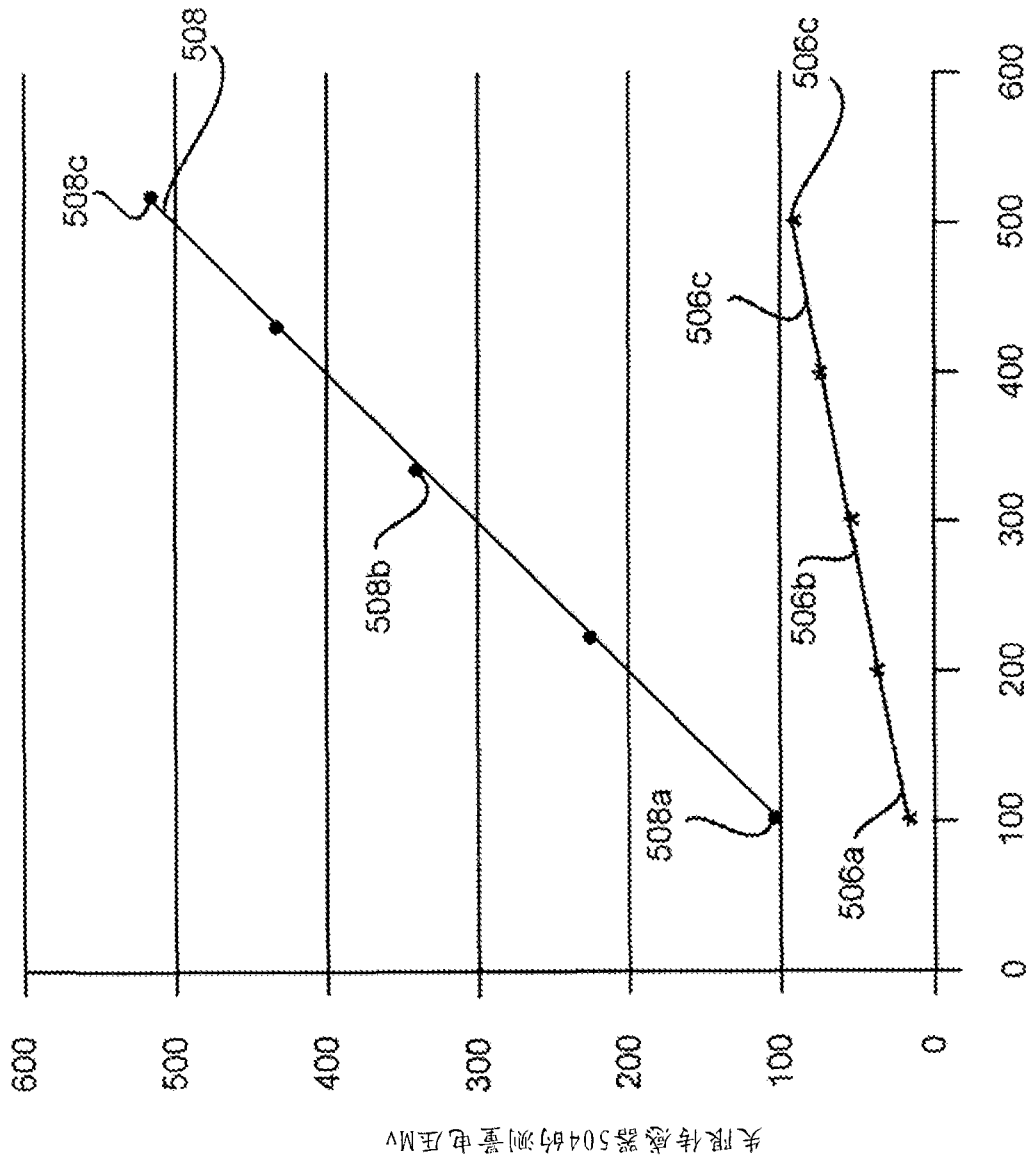


图 5

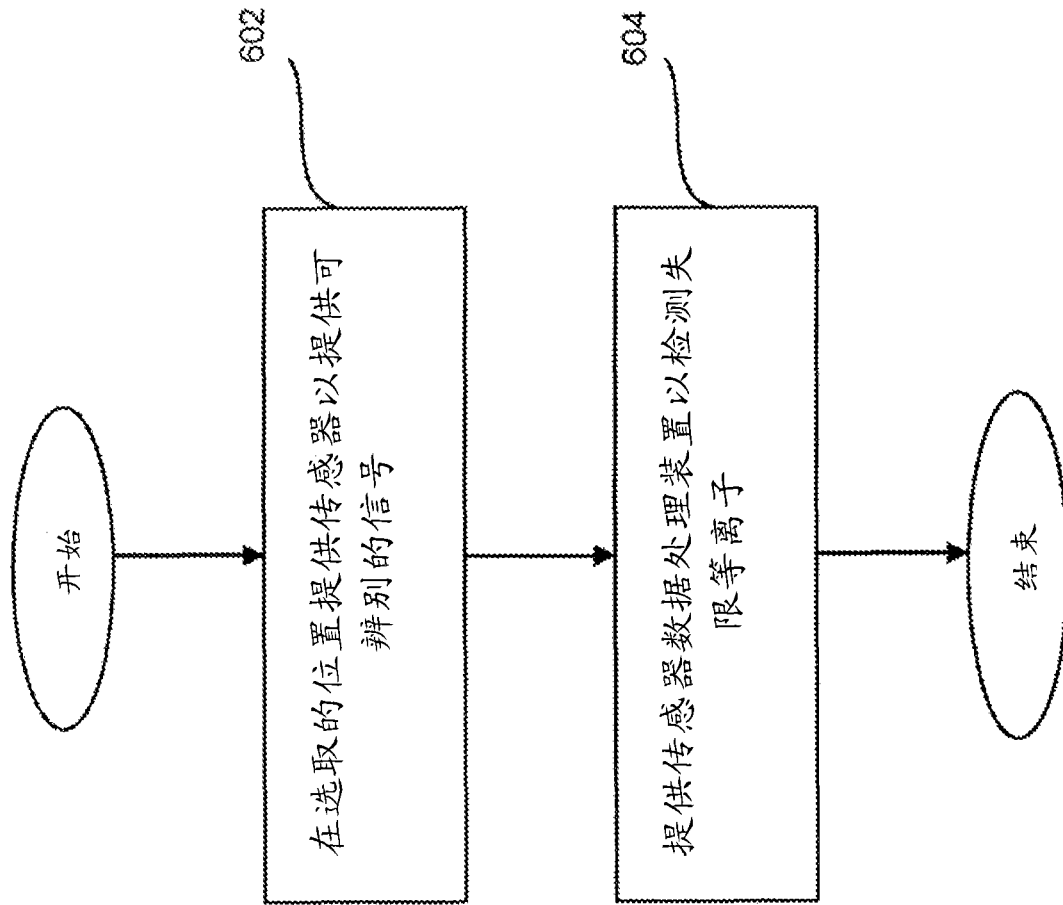


图 6