(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101971711 B
(45)授权公告日 2013.03.20

(21)申请号 200980104995.3
(22)申请日 2009.02.06
(30)优先权数据
61/027,328 2008.02.08 US
(85)PCT申请进入国家阶段日
2010.08.09
(86)PCT申请的申请数据
PCT/US2009/033410 2009.02.06
(87)PCT申请的公布数据
WO2009/100345 EN 2009.08.13
(73)专利权人 朗姆研究公司
地址 美国加利福尼亚州
(72)发明人 拉金德尔·德辛德萨
詹姆斯·H·罗杰斯
(74)专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263
代理人 周文强 李献忠
(51)Int.Cl.
H05H 1/34(2006.01)
H05H 1/36(2006.01)
审查员 刘时雄

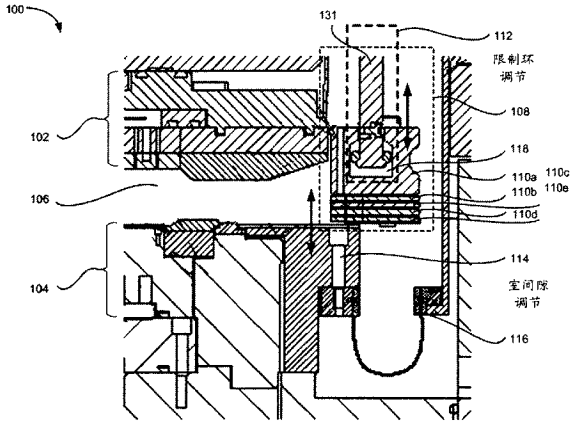
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 4 页

(54)发明名称

用于可调节间隙等离子室中晶片区域压强控制的方法和设备

(57)摘要

提供在等离子处理室中稳定压强的方法和装置。该方法包括提供开环方式的粗压强调节以及之后提供闭环方式的细压强调节。通过采用该传导和该限制环位置之间假定的线性关系快速重定位限制环执行该粗压强调节以使该等离子生成区域中的压强快速到达粗略的所需设定值。至少采用机械真空泵、涡轮泵、限制环定位和/或其组合执行该细压强调节以获得推导压强设定值。



CN 101971711 B

1. 一种稳定等离子处理室内压强的方法，所述方法包括：

提供用于处理衬底的上部电极和下部电极，所述上部电极和所述下部电极形成室间隙；

提供第一机构，其构造为以机械方式耦接于所述上部电极和所述下部电极之一；

提供一组限制环；

提供第二机构，其构造为以机械方式耦接于该组限制环；

为所述室间隙的不同的高度值确定多个传导曲线；

基于所述多个传导曲线将该组限制环的限制环位置偏移值与所述室间隙的所述不同的高度值相关联；

为所述室间隙指定第一高度值；

通过移动所述第一机构调节所述室间隙至所述第一高度值；

使用所述关联由当前限制环位置确定新的限制环位置偏移值；以及

通过移动所述第二机构、使用所述新的限制环位置偏移值以开环方式调节该组限制环至新的限制环位置。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中为所述关联的目的假设在有效传导范围上所述多个传导曲线与所述限制环位置为线性关系。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其中为预定的衬底区域压强执行所述关联。

4. 根据权利要求 1 所述的方法，进一步包括为所述室间隙选择基准值。

5. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述上部电极是可移动的。

6. 根据权利要求 1 所述的方法，其中所述下部电极是可移动的。

7. 根据权利要求 1 所述的方法，进一步包括为所述等离子处理室以闭环方式提供细压强调节。

8. 根据权利要求 7 所述的方法，其中通过控制涡轮泵的排气速率执行所述细压强调节。

9. 根据权利要求 7 所述的方法，其中通过调节所述限制环之间的间隙执行所述细压强调节。

用于可调节间隙等离子室中晶片区域压强控制的方法和设备

背景技术

[0001] 等离子处理的进步促进半导体产业的发展。该半导体产业是高度竞争的市场。制造商能够以不同的处理条件处理衬底的能力可赋予制造商竞争中的优势。因此，制造商花费时间和资源以找出提高衬底处理的方法和／或装置。

[0002] 可用于执行衬底处理的常见处理系统是电容耦合等离子 (CCP) 处理系统。该等离子处理系统可建立为能在一定处理参数范围内处理。然而，近年来，可以处理的器件的类型更加精密并且要求更精确的处理控制。例如，处理的器件越来越小，特征越来越精细，并且需要更精确的等离子参数控制（如等离子密度和在整个衬底上的一致性）以获得更好的成品率。该蚀刻室中镜片区域的压强控制是影响等离子密度和一致性的处理参数的例子。

[0003] 半导体器件的制造需要在等离子处理室内、采用等离子进行的多步骤工艺。在半导体器件的等离子处理期间，该等离子处理室通常对于该工艺的每个步骤都保持在预定的压强。该预定的压强可通过采用机械真空泵、涡轮泵、限制环定位和／或其组合来获得，这些是本领域技术人员所公知的。

[0004] 传统上，阀门组件可用来节流该排气涡轮泵以获得用以该等离子处理室中保持预定压强条件的压强控制。替代地或者额外地，该等离子处理室的等离子生成区域（例如，该两个电极封起来以及被该限制环围绕的区域）中的压强可通过调节限制环组件的限制环之间的间隙来控制。调节该间隙控制来自该等离子生成区域的排气的流率，并因此影响压强。离开该等离子生成区域的总的气流传导取决于多个因素，包括但不限于，限制环的数量以及该限制环之间间隙的大小。

[0005] 考虑到需要在多步骤中处理衬底，每个步骤包含不同的压强，所以及其需要提高能力以在等离子处理系统中有效控制压强。

发明内容

[0006] 在一个实施方式中，本发明涉及稳定等离子处理室内压强的方法。该方法包括提供用于处理衬底的上部电极和下部电极，其中该上部电极和该下部电极形成室间隙，以及提供第一机构，其构造为以机械方式耦接于该上部电极和该下部电极之一。该方法进一步包括提供一组限制环，以及提供第二机构，其构造为以机械方式耦接于该组限制环。该方法又进一步包括为该室间隙的不同的高度值确定多个传导曲线、将该组限制环的限制环位置 (CRP) 偏移值与该室间隙的该不同的高度值相关联、为该室间隙指定第一高度值、通过移动该第一机构调节该室间隙至该第一高度值、使用该关联由当前 CRP 确定第一 CRP 偏移值以及通过移动该第二机构、使用该第一 CRP 偏移值以开环方式调节该组限制环至新的 CRP。

[0007] 上述概要只涉及这里所公开的本发明许多实施例的一个并且不是为了限制本发明的范围，这里在权利要求中阐述该范围。本发明的这些和其他特征在下面对本发明的详细说明中结合附图更详细的描述。

附图说明

[0008] 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出相似的元件，其中：

[0009] 图 1 示出，按照本发明的实施方式，等离子处理系统的简化示意图，该系统构造为在上部电极组件和下部电极组件之间提供可调节的间隙。

[0010] 图 2 示出，按照本发明的实施方式，对于预定的压强，限制环位置 (CRP) 与室间隙的函数曲线。

[0011] 图 3 示出，按照本发明的实施方式，对于不同的室间隙，多个凭借经验推导的传导曲线（其说明传导比限制环位置）。

[0012] 图 4 示出，按照本发明的实施方式，利用可调节的室间隙实时进行晶片区域压强控制的方法 400 的简化流程图。

具体实施方式

[0013] 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 / 或结构没有说明，以避免不必要的混淆本发明。

[0014] 按照本发明的实施方式，提供方法和设备，用以将等离子处理系统构造为实现对等离子处理参数的快速控制。在一些等离子处理系统，该室间隙（即，该上部和下部电极之间的间隙）是制法参数，并可在步骤之间变化。在这些等离子处理系统中，可提供构造为移动该下部电极组件以调节该室间隙的机构。其他等离子处理系统中，该上部电极组件可移动。在这里的公开中，假设该室具有移动下部电极。然而，应当理解这里的本发明的实施方式可同样适用于该上部电极可移动的（替代地或额外的）的室。

[0015] 当该室间隙响应制法要求移动时，该等离子生成区域的容积改变。这个容积的改变影响该等离子生成区域内的压强，需要补偿以调节该压强改变。现有技术中，如所提到的，通过控制该排气涡轮泵上游的节流阀位置，和 / 或通过控制该限制环的位置以改变该限制环之间的间隙由此改变从该等离子生成区域排除的气体的传导而实现压强控制。

[0016] 总的来说，该限制环间隙可通过适当地控制柱塞（见图 1 的 131）的位置来调节。在该柱塞的上行行程中，环 110a、110b、110c、110d 和 110e 之间的间隙扩张。在该柱塞的下行行程中，环 110a、110b、110c、110d 和 110e 以从下面的环开始的顺次方式压缩到一起，因为环 110e 的向下移动受到该下部电极阻止，而环 110d 的向下移动受到 110e 的阻止，等等。限制环组件是本领域公知的，并且这里不进一步详述。

[0017] 现有技术中当需要压强控制时，通常采用闭环控制系统。一个例子中，测量或者推导该等离子生成区域内的压强，然后与该处理制法所需的压强对比。如果有差别，则柱塞 131 向上或向下适当移动以改变该限制环间隙以控制通过该传导环间隙的传导，由此影响该等离子生成区域内的压强。这些测量 - 调节 - 测量 - 调节循环步进方式执行直到获得所需的压强设定值。

[0018] 尽管现有方法对于电极静止的室是令人满意的，但是对于具有移动下部电极的室，这个方法证明不大令人满意。这些室中，由于下部电极重新定位导致的该等离子生成区

域的体积突然改变会导致闭环压强控制的暂时失效，因为该闭环控制算法努力重新获得控制。即使该闭环控制算法可以快速重新获得控制以开始该调节过程，但是该下部电极的突然重新定位导致的较大而且突然的压强变压会导致该闭环控制算法花费相当长的时间来将该压强稳定到所需的设定值。在这个长压强重新稳定周期过程中，衬底处理事实上是停止的。如果该压强重新稳定周期过长，则生产就会停止。

[0019] 在本发明一个实施方式中，提供新颖的压强控制算法，用以快速补偿由下部电极（或上部电极）重新定位导致的该等离子生成区域中较大且突然的压强变化。发明人这里认识到对于给定的压强，该室间隙（即，该上部和下部电极之间的距离）与该限制环位置（如由该柱塞的位置确定的）为粗略的（不是精确的）线性关系。发明人这里还认识到对于每个室间隙，通过该限制环的传导（单位升／秒）与该限制环位置（如由该柱塞的位置确定的）为粗略的（不是精确的）线性关系。

[0020] 进而，该发明人认识到随着该间隙改变，大体上可以保持该传导和该限制环位置之间的该粗略的线性关系。通过绘制各个不同的室间隙的该传导比限制环位置曲线，每个传导曲线示为大体为直线，此外，该传导曲线大体上平行。

[0021] 由这些关系，该发明人认识到可以采用粗略的开环控制策略，使用这些关系提供的限制环重新定位参数，以快速重新定位该限制环，以便使该等离子生成区域中的压强快速、粗略地到达所需的设定值。一旦该粗略的重新定位以开环方式进行，该细闭环控制策略可用来使该压强快速到该所需的压强设定值。然而，因为该开环重新定位仅是粗略的重新定位，并且不依赖于精确的压强控制，所以可以可靠地忽视对于各种不同室间隙，传导比限制环位置的非直线性。这个关键的认知极大地简化了计算并且使得该粗略的开环重新定位处理快速进行。

[0022] 在一个实施方式中，该发明人推论对室间隙改变的粗略的压强补偿可通过计算一个传导曲线与另一个的偏移以及通过将该限制环位置移动所计算的偏移量而快速进行。一旦执行该粗略的压强补偿，闭环控制接管以将压强稳定到该所需的压强设定值。这样，压强补偿以两个阶段实现：1) 开环第一阶段，其中使用该计算的与之前推导的传导数据的偏移值快速该限制环，以及 2) 随后的闭环阶段，以获得该推导压强设定值。

[0023] 参照下面的附图和讨论（带有现有机构与本发明的实施方式的对比）可更好地理解本发明的特征和优点。

[0024] 图 1 示出，按照本发明的实施方式，等离子处理系统的简化示意图，该系统构造为在上部电极组件和下部电极组件之间提供可调节的间隙。等离子处理系统 100 可以是单、双或三频电容放电系统，或可以是电感耦合等离子系统，或是采用不同的等离子生成和／或维持技术的等离子系统。在图 1 的例子中，射频可包括，但不限于，2、27 和 60MHz。

[0025] 在图 1 的例子中，在一个实施方式中，等离子处理系统 100 可构造有上部电极组件 102 和下部电极组件 104。该上部电极组件 102 和下部电极组件 104 可由室间隙 106 彼此分开。该上部电极组件 102 可包括可以接地或由 RF 功率供应源（未示）供电的上部电极。

[0026] 等离子处理过程中，处理气体（未示）可提供到室间隙 106。提供到室间隙 106 的该处理气体可通过提供到下部电极组件 104 的 RF 功率激发成等离子态。该室间隙 106 中的等离子受到限制环组件 108 的限制，该组件可构造有至少一组限制环 (110a、110b、110c、110d 和 110e)。该限制环组件还可构造有间隙控制机构 112（包括柱塞 131）用以控制限制

环 (110a-e) 之间的间隙。室间隙 106(即，该等离子生成区域) 的排气可通过该组限制环 (110a-e) 之间的限制环间隙。这些排气可从该室通过真空泵 (为了描述简介未示) 经由节流阀排出。

[0027] 在一个实施方式中，下部电极组件 104 构造有活塞 114 和执行机构 116，以允许下部电极组件 104 上下移动。结果，该等离子生成区域内的容积改变，其导致压强改变并因此需要通过限制环重新定位而补偿。

[0028] 参考图 1，一旦移动下部电极组件 104 以满足给定步骤的制法要求，则限制环组件 108 响应下部电极组件 104 的运动而移动，由此改变限制环组件 108 之间的间隙。因而，该等离子生成区域中的压强不仅被该等离子生成区域中的容积突然变化而改变，还被该限制环间隙的变化而改变。

[0029] 为了保持该预定的压强 (例如，下部电极移动之前存在的压强)，限制环组件 108 的位置需要调节以改变该排气的传导 (单位升 / 秒) 以补偿等离子生成区域容积的改变和 / 或下部电极移动导致的限制环间隙的改变。

[0030] 图 2 示出，按照本发明的实施方式，对于预定的压强，限制环位置 (CRP) 与室间隙的函数关系。图 2 是与图 1 相联系讨论以便于理解。

[0031] 如图 2 所述，该纵轴示为该限制环位置，以任意的计量单位。在一个实现中，该任意的计量单位可以是用于控制柱塞 131 上 / 下移动的该伺服电机的该伺服电机刻度。该横轴示出该室间隙，单位毫米 (mm)。曲线 210 示出对于给定的压强，限制环位置和室间隙之间的线性关系。

[0032] 图 3 示出，按照本发明的实施方式，对于不同的室间隙，多个凭借经验推导的传导曲线 (其说明传导比限制环位置)。

[0033] 如图 3 所示，该纵轴示为传导，单位升 / 秒 (L/)。该横轴示为该限制环位置 (CRP)，也是任意计量单位。曲线 310 是室间隙值 1.88 厘米 (cm) 的传导曲线。曲线 320 是室间隙值 2.34cm 的传导曲线。曲线 330 是室间隙值 2.8cm 的传导曲线。曲线 340 是室间隙值 3.1cm 的传导曲线。

[0034] 可从图 3 得出一些观察结论。首先，该曲线室操作的区域 (即，大于升 / 秒) 基本上是直线。第二，这些曲线大体平行，说明该传导和该限制环位置之间的该线性关系在该间隙改变时仍然保持。第三，对于任何给定的所需的传导 (如图 2 中的 11 升 / 秒)，可归因于该室间隙改变的该传导的改变可只是通过将该限制环移动一个曲线与另一个的 X 轴偏移量而补偿。参照图 2，随着该室间隙从 2.34cm(曲线 320) 移到 1.88cm(曲线 310)，传导的改变可通过将该限制环位置移动与该偏移 (点 344 和点 342 之间) 相等的量来补偿。将该限制环位置移动该偏移量 (点 342 和点 344 之间的差) 的效果是粗略地移动传导曲线 310 以叠加在传导曲线 320 上。这样做时，由于间隙改变而导致的传导改变得到补偿，并以开环方式实现粗略的传导补偿。

[0035] 在一个实施方式中，当前室间隙位置可由“X”表示。室间隙的改变可以是 +/-“Y”。当前 CRP 可以由“A”表示。新的室间隙和新的 CRP 可以如下计算 :

[0036] 新的室间隙位置 = X+/-Y(方程 1)。

[0037] 新的 CRP = +/-(M*Y)(方程 2)，其中 M 由图 3 的传导曲线确定的斜率。

[0038] 如从前面所述可以认识到的，在一个实施方式中，对于每个室间隙，多个传导曲线

可以凭借经验确定。在一个实施方式中，在该有效传导范围之外，该多个传导曲线可以相对线性，产生大约 M 的斜率。可以为预定的晶片区域压强确定该偏移 CRP 值以补偿该室间隙调节。或者，可采用简单的查找表以将室间隙与偏移关联。为了便于该开环粗略调节，对于特定室间隙的对应偏移可以从该查找表提供的值获得和 / 或估算。

[0039] 图 4 示出，按照本发明的实施方式，利用可调节的室间隙实时进行晶片区域压强控制的方法 400 的简化流程图。

[0040] 步骤 402 中，在一个实施方式中，用于不同的室间隙的多个传导曲线可以凭借经验确定。步骤 404，作为处理制法的一部分指定新的室间隙。步骤 406，可以确定与该当前限制环位置的偏移。这个偏移之前与图 3 一起讨论过。在一个实施方式中，为了简化计算和 / 或查找，任意选择的基准室间隙可以用以提供所有其他室间隙可以参照的基准。

[0041] 一旦获得该偏移，该限制环位置可以使用该偏移值以开环方式调节以快速（但是粗略地）重新定位该限制环（步骤 408）。这个快速重新定位粗略地补偿该下部电极移动导致的该等离子生成区域容积改变和该限制环间隙改变。一旦完成该粗略的重新定位，精细的（但是较慢）闭环控制（以现有技术中的方式）可以用以更精确地将该等离子生成区域中的压强建立在所需的设定值压强。一旦该压强重新稳定，其他该压强改变（如在不同的步骤中调节压强改变）可以使用公知的现有技术完成。

[0042] 如从前面所述可以认识到的，本发明的实施方式允许压强补偿在两步骤过程中、通过快速重新定位该限制环以快速的方式进行。在第一步骤中，该限制环以开环方式快速重新定位，使用从之前得到的传导数据（对于各种不同的室间隙，其将传导与限制环位置相关联）获得的偏移值。在第二步骤中，传统的闭环控制可以用来更精确地将该压强稳定在该所需的值。通过快速补偿由该移动电极导致的压强改变，可以缩短该压强稳定步骤，使得产量提高。此外，本发明的实施方式可以提高在该处理在步骤与步骤之间进行时保持等离子点燃的能力，和 / 或使之成为可能，每个步骤需要不同的室间隙和不同的压强设定。

[0043] 尽管本发明依照多个实施方式描述，但是存在落入本发明范围内的改变、置换和各种替代等同物。还应当注意，有许多实现本发明方法和设备的可选方式。此外，本发明的实施例可用在其他应用中。摘要部分在这里为了方便而提供，并且由于字数限制，因而是为了阅读方便进行书写，而不应当用来限制权利要求的范围。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落入本发明主旨和范围内的改变、增加、置换和等同物。

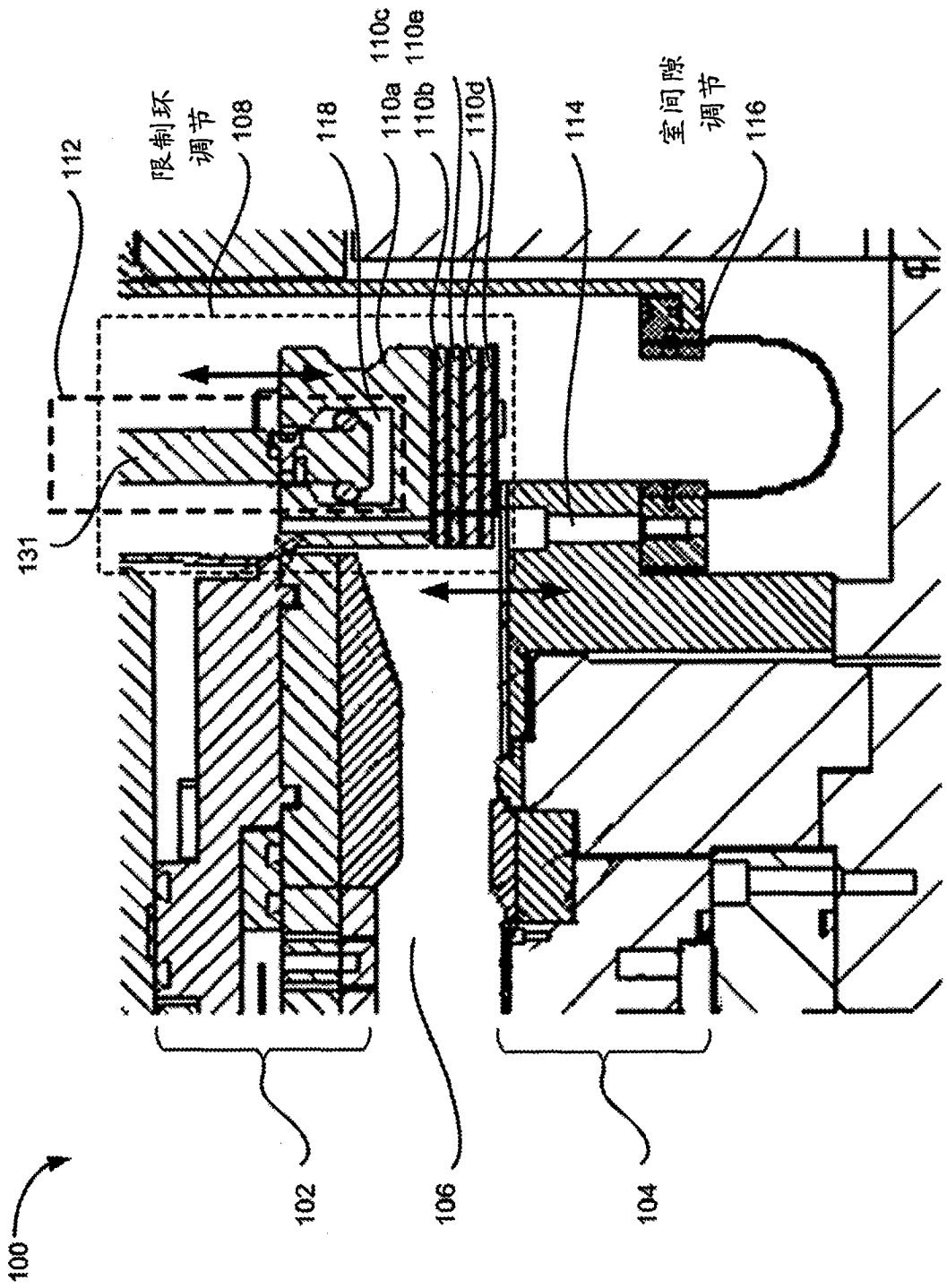

112
限制环
调节
108
118
110c
110e
110a
110b
110d
114
室间隙
调节
116
131
100
102
106
104

图 1

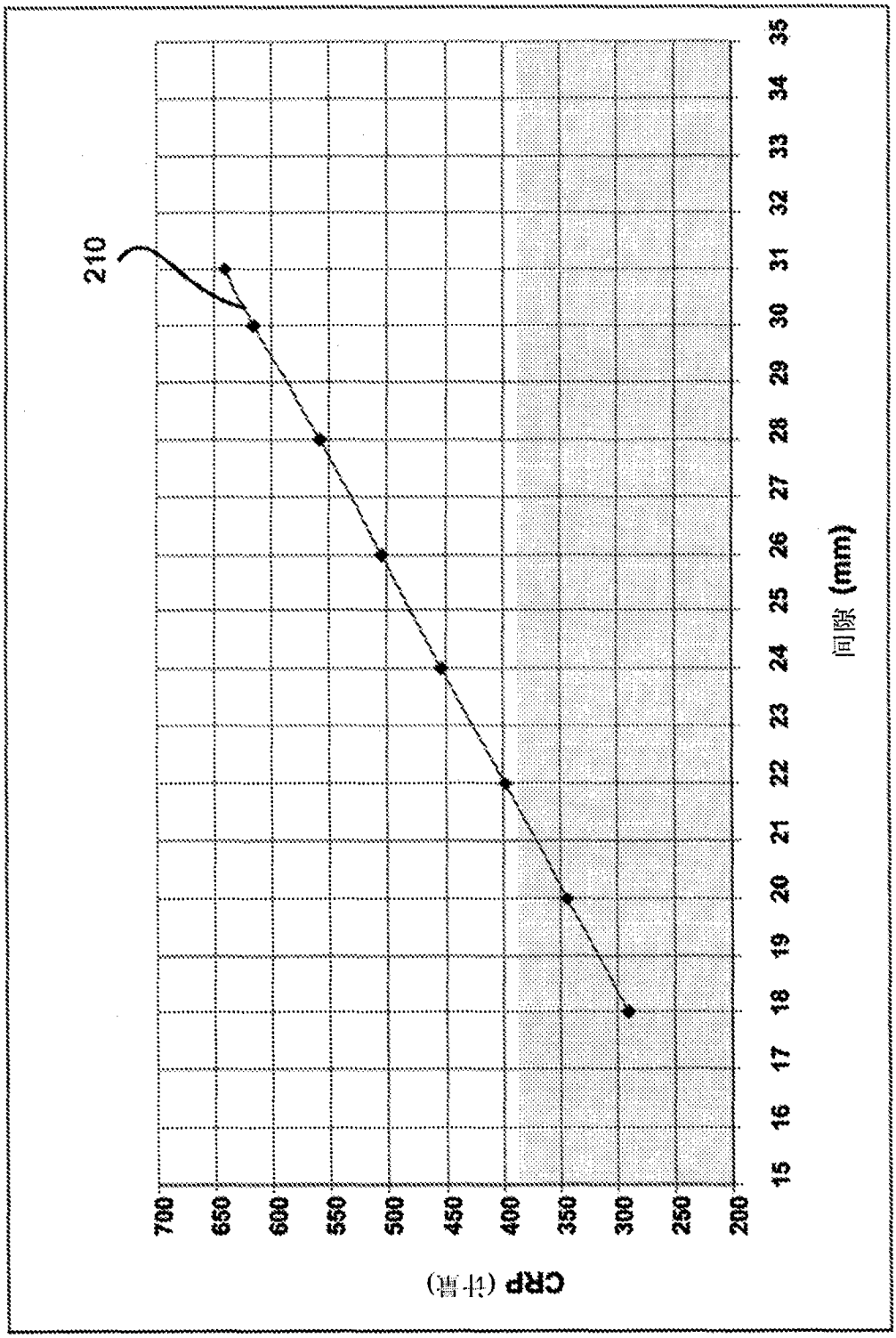

210
700
650
600
550
500
450
400
350
300
250
200
CRP (计量)
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
间隙 (mm)

图 2

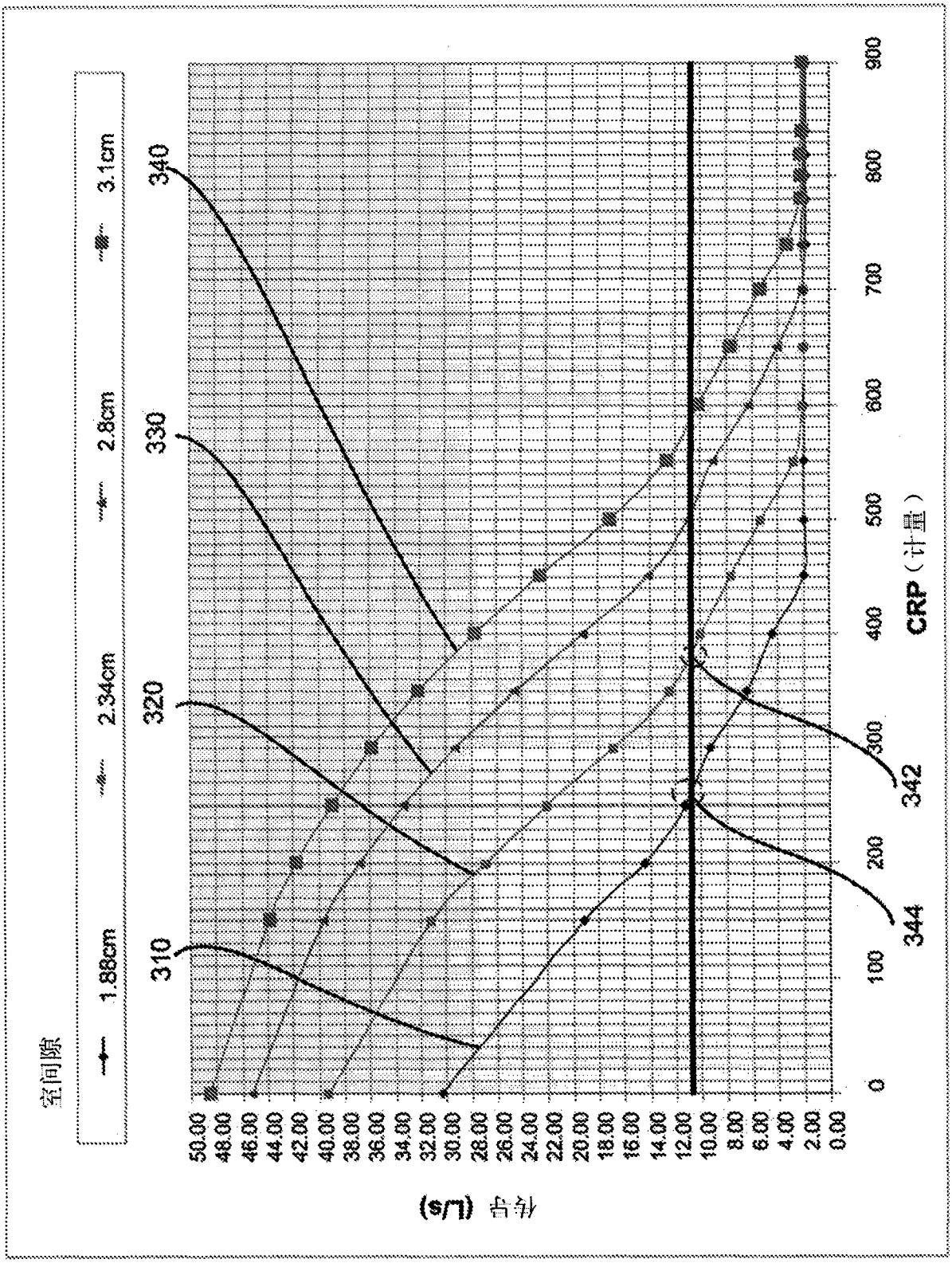

室间隙
1.88cm
2.34cm
2.8cm
3.1cm
310
320
330
340
342
344
传导 (L/s)
CRP（计量）
50.00
48.00
46.00
44.00
42.00
40.00
38.00
36.00
34.00
32.00
30.00
28.00
26.00
24.00
22.00
20.00
18.00
16.00
14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900

图 3

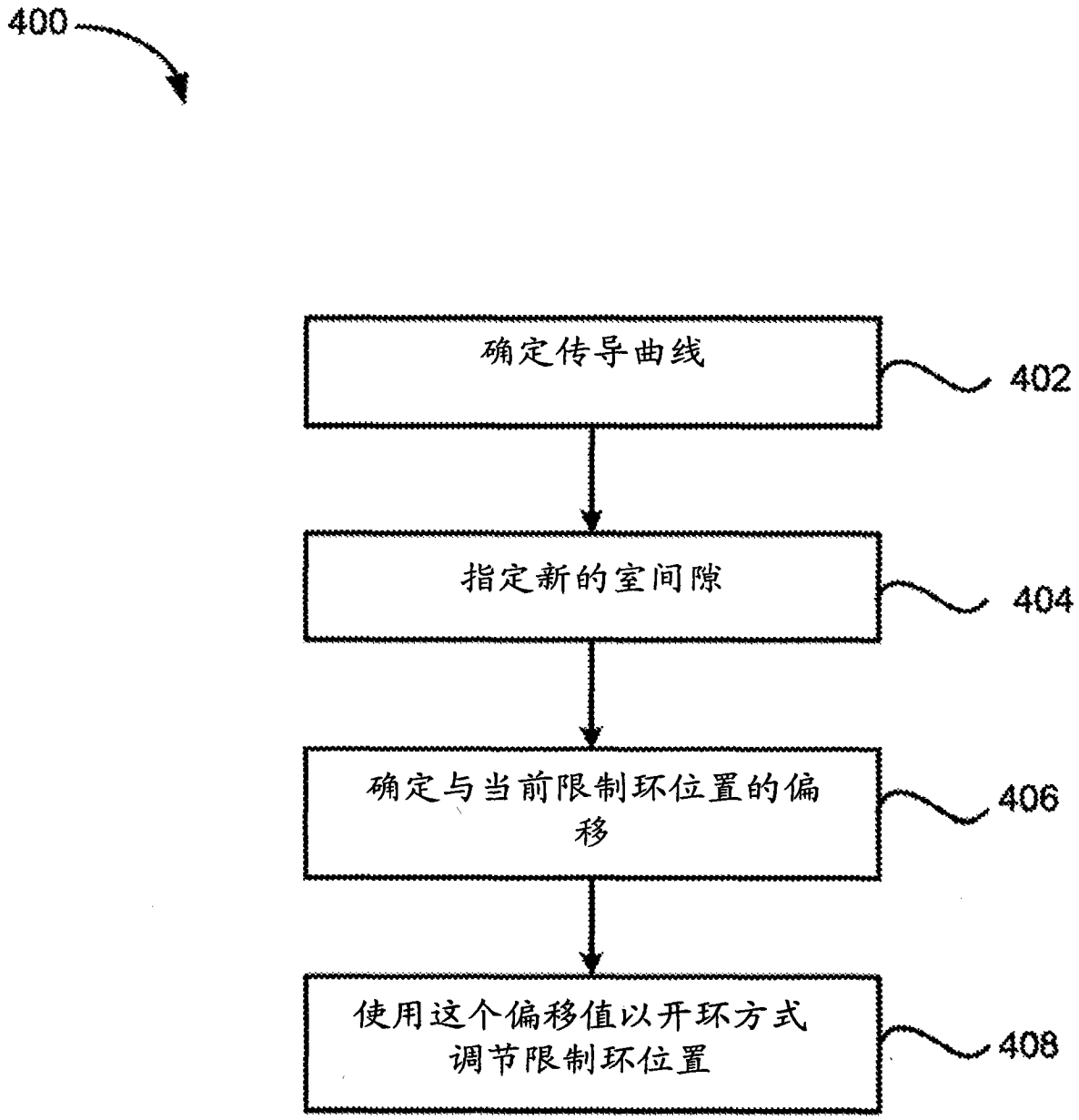

400
确定传导曲线
402
指定新的室间隙
404
确定与当前限制环位置的偏移
406
使用这个偏移值以开环方式调节限制环位置
408

图 4