



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104299880 B

(45)授权公告日 2017. 11. 10

(21)申请号 201410341799.0

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2014.07.17

H01J 37/32(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104299880 A

(56)对比文件

JP 2010251813 A, 2010.11.04,

JP 2000012527 A, 2000.01.14,

(43)申请公布日 2015.01.21

审查员 孙金岭

(30)优先权数据

2013-149020 2013.07.18 JP

(73)专利权人 株式会社日立高新技术

地址 日本东京都

(72)发明人 户上真人 白井建人 广田侯然

井上智己 中元茂

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 朴英淑

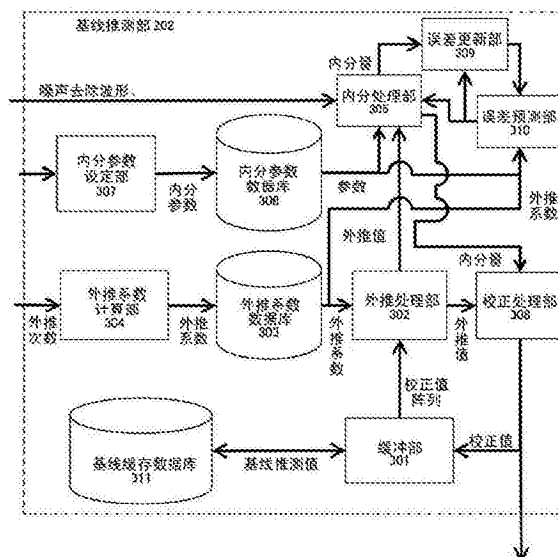
权利要求书1页 说明书10页 附图11页

(54)发明名称

等离子体处理装置及等离子体处理装置的运行方法

(57)摘要

本发明提供提高了处理的成品率的等离子体处理装置或等离子体处理装置的运行方法。该等离子体处理装置包括检测来自在处理室内形成的等离子体的发光强度的变化的检测器,使用来自该检测器的输出来调节形成上述等离子体或处理配置于该处理室内的晶片的条件,上述检测器检测上述处理中的任意时刻以前的多个时刻下的上述发光强度的信号,从该检测出的信号中去除上述发光强度的长周期的时间变化的分量,从而检测上述发光强度的短时间变化的分量,并且上述检测器基于检测出的上述发光强度的短时间变化来调节形成上述等离子体或处理配置于该处理室内的晶片的条件。



1. 一种等离子体处理装置,包括真空容器内部的处理室、和检测来自在该处理室内形成的等离子体的发光强度的变化的检测器,使用来自该检测器的输出来调节形成上述等离子体或处理配置于该处理室内的晶片的条件,其中,

上述检测器在利用使用了大的外推次数的卡尔曼滤波器来从处理中的任意时刻以前的多个时刻下的上述发光强度的信号中减小噪声之后,利用使用了小的外推次数的卡尔曼滤波器来从减小该噪声后的信号中检测并去除上述发光强度的长周期的时间变化的分量,从而检测上述发光强度的短时间变化的分量,基于检测出的上述发光强度的短时间变化来调节形成上述等离子体或处理配置于该处理室内的晶片的条件。

2. 根据权利要求1所述的等离子体处理装置,其中,

上述检测器利用外推次数为3以上的上述卡尔曼滤波器,从上述处理中的任意时刻以前的上述多个时刻下的上述发光强度的信号中减小噪声。

3. 根据权利要求1或2所述的等离子体处理装置,其中,

上述检测器利用外推次数小于3的上述卡尔曼滤波器,从减小了上述噪声的信号中检测并减小上述发光强度的长周期的时间变化的分量。

4. 一种等离子体处理装置的运行方法,该等离子体处理装置包括配置于真空容器内部的处理室、和检测来自在该处理室内形成的等离子体的发光强度的变化的检测器,使用来自该检测器的输出来调节形成上述等离子体或处理配置于该处理室内的晶片的条件,其中,

在上述检测器中,在利用使用了大的外推次数的卡尔曼滤波器来从处理中的任意时刻以前的多个时刻下的上述发光强度的信号中减小噪声之后,利用使用了小的外推次数的卡尔曼滤波器来从减小该噪声后的信号中检测并去除上述发光强度的长周期的时间变化的分量,从而检测上述发光强度的短时间变化的分量,基于检测出的上述发光强度的短时间变化来调节形成上述等离子体或处理配置于该处理室内的晶片的条件。

5. 根据权利要求4所述的等离子体处理装置的运行方法,其中,

在上述检测器中,利用外推次数为3以上的上述卡尔曼滤波器,从上述处理中的任意时刻以前的上述多个时刻下的上述发光强度的信号中减小噪声。

6. 根据权利要求4或5所述的等离子体处理装置的运行方法,其中,

在上述检测器中,利用外推次数小于3的上述卡尔曼滤波器,从减小了上述噪声的信号中检测并减小上述发光强度的长周期的时间变化的分量。

等离子体处理装置及等离子体处理装置的运行方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种为了制造半导体集成电路等半导体设备,利用形成于真空容器内部的处理室内的等离子体对半导体晶片等基板状的试样上的膜进行处理的等离子体处理装置及等离子体处理方法,特别是涉及检测利用等离子体对处理对象的膜所进行的处理的终点的等离子体处理装置及等离子体处理装置的运行方法。

背景技术

[0002] 伴随半导体设备的微细化,要求能够在蚀刻处理中高精度地监控被蚀刻材料的微弱的膜厚、反应生成物的产生量,在适当的时机进行终点检测的技术 (EPD:End Point Detection)。例如,作为半导体晶片的蚀刻终点检测方法之一,现有技术中公知有在于蚀刻处理中检测与等离子体中作为对象的反应生成物相对应的具有特定波长的发光强度变化,基于检测结果,检测特定膜的蚀刻终点的方法。

[0003] 在这种技术中,在半导体晶片的干蚀刻处理中,等离子体光中的特定波长的发光强度随着特定膜的蚀刻进程而发生变化,因此,通过高精度地检测该变化的量,来检测处理的终点、加工的量或者处理对象的膜的残余厚度。在进行这种检测时,因发光强度的数据所包含的噪声引起的检测波形的不稳、波形偏差会导致误检测、检测精度的下降,要求抑制这种误检测、检测精度的下降。

[0004] 作为用于高精度地检测这种发光强度的变化的现有技术,例如公知有日本特开昭61-53728号公报(专利文献1)、日本特开昭63-200533号公报(专利文献2)所公开的技术。在该专利文献1中,通过移动平均法对所得的表示发光强度随时间变化的变化的数据进行减噪处理,并且在专利文献2中进行一次最小二乘近似处理来减小该数据所包含的噪声,从而实现减噪。

[0005] 此外,公知有向蚀刻时产生的反应生成物从等离子体处理装置的真空容器内的处理室一侧辐射光(参照光),并由检测器接收通过了处理室的该光,从而检测反应生成物的量的大小、分布及其变化的技术。在该技术中,采用根据所得的参照波形的时间变化率来推测反应生成物的结构。

[0006] 另一方面,这种技术在开口率大时,由于参照波形的变化量大,因而能够容易检测反应生成物,但随着开口率减小,参照波形的变化量变小,变化被噪声所掩盖,从而难以对反应生成物进行检测。因此,在专利文献1中,公开了使用数字滤波器降低波形中的噪声来使变化突显之后检测变化的技术。在该现有技术中,在计算与发光相关的数据的时间变化率时,将变化小的分量作为基线(base line)而去除,因此能够只提取变化量大且被认为与想要检测的变化的变化相对应的分量。

[0007] 另一方面,如上述现有技术所示,利用发光分光法在通过形成于真空容器内的处理室中的等离子体的放电而实施的蚀刻处理中判定处理是否到达了终点的蚀刻终点判定装置中,公知存在以下问题:检测信号因每次处理晶片时的堆积物附着等而减弱,从而导致终点的检测或判定精度下降。对于这样的课题,以往公知有例如如日本特开昭63-254732号

公报(专利文献3)所记载的那样,为了进行稳定的蚀刻终点检测,通过变更检测信号的增益值、偏移值(offset Value)来校正检测信号的技术。此外,还公知如日本特公平4-57092号公报(专利文献4)所记载的那样,为了进行稳定的蚀刻终点检测,不附加增益、偏移调整功能,而是通过将光电变换单元所获取的检测信号调整为设定值来进行校正的技术。

[0008] 专利文献1:日本特开2000-228397公报

[0009] 专利文献2:日本特开昭63-200533号公报

[0010] 专利文献3:日本特开昭63-254732号公报

[0011] 专利文献4:日本特公平4-57092号公报

[0012] 在上述现有技术中,由于没有充分考虑以下几点,因此产生了问题。即,在现有技术中,在处理对象的膜的蚀刻处理中临时中断该处理来检测蚀刻速度和残余膜厚,基于其结果求出进一步的蚀刻处理所需的时间,并根据该时间进行之后的蚀刻处理或终点的判定。

[0013] 在这种现有技术中,当每个试样的处理对象的膜厚存在偏差时,该偏差会导致达到目标残余膜厚的值为止的处理所需的时间有所变动,但是很难根据该变动来增减余下的处理时间从而精密地结束处理,因此会引起加工后的残余膜厚有偏差从而导致成品率下降的问题。

[0014] 此外,如上所述,在专利文献1的技术中,在计算与发光相关的数据的时间变化率时,将变化小的分量作为基线来去除,因此能够只提取变化量大且被认为与想要检测的处理的变化相对应的分量,能够高精度地检测处理的终点等的特征性变化。但是,通常,形成于处理室内的等离子体其电势、发光强度等等离子体特性,会随着处理室内的处理时间的增加而发生变化,或者会随着伴随处理所产生的反应生成物在处理室内附着或堆积的量的增大而发生变化。

[0015] 在这种伴随时间的经过而产生的等离子体的特性变化比较缓慢时,在现有技术中,难以将其作为基线分量来充分去除。或者,如果想要去除这种缓慢的变化,则需要将想要去除的噪声的大小设为包括该缓慢变化的量在内的充分的大小,无法将本来想要检测的伴随时间变化的与发光相关的数据变化设置成能够获得足够的精度那样的大小来进行检测,会有损检测精度,有损处理的成品率,在上述现有技术并未考虑这种问题。

发明内容

[0016] 本发明的目的在于,提供一种提高了处理的成品率的等离子体处理装置或等离子体处理装置的运行方法。

[0017] 上述目的通过以下方法实现:通过IIR(无限脉冲响应)滤波器,根据发光强度信号使时间变化的基线分量跟踪其斜率的时间变化来检测该时间变化的基线分量,从发光强度信号中除去检测出的基线分量,从而提取变化的分量。

[0018] (发明效果)

[0019] 在本发明中,通过上述方法,即使基线分量的斜率变化缓慢的情况下,也能高精度地进行跟踪,从而仅提取变化分量。并且,通过从推测出的波形中去除基线,能够仅提取变化分量,能够高精度地检测到达处理的终点时所特有的变化。

附图说明

- [0020] 图1是示意性表示本发明的实施例的等离子体处理装置的示意结构的图。
- [0021] 图2是表示图1所示的实施例中的变化增强部的示意结构的框图。
- [0022] 图3是表示图1所示的实施例中的基线推测部的示意结构的框图。
- [0023] 图4是表示图1所示的实施例的检测器的外推处理的流程的流程图。
- [0024] 图5是表示图1所示的实施例的检测器的终点检测的流程的流程图。
- [0025] 图6是表示图1所示的实施例的检测器的检测结果的例子曲线图。
- [0026] 图7是表示图1所示的实施例的变形例所涉及的检测器的变化增强部的示意结构的框图。
- [0027] 图8是表示图1所示的实施例的另一变形例所涉及的检测器的变化增强部的示意结构的框图。
- [0028] 图9是表示图1所示的实施例的又一变形例所涉及的检测器的基线推测部的示意结构的框图。
- [0029] 图10是表示以图1所示的实施例的检测器的输出的外推次数N为参数的变化的曲线图。
- [0030] 图11是表示以图1所示的实施例的检测器的输出的O/P为参数的变化的曲线图。
- [0031] 图12是表示图1所示的实施例的再一变形例所涉及的检测器的变化增强部的示意结构的框图。
- [0032] 图13是表示图12所示的变形例的检测器中的使用包含变化的波形来使参数最优化的流程的流程图。
- [0033] 图14是表示图12所示的变形例的检测器中的使用不包含变化的波形来使参数最优化的流程的流程图。

具体实施方式

- [0034] 以下,用附图说明本发明的实施方式。
- [0035] **【实施例1】**
- [0036] 以下,使用图1~图6来说明本发明的实施例。本发明在使用等离子体对半导体晶片等被处理件进行蚀刻时,高精度地推测表示波形的长期变化(具有长周期的变化、长波段的变化)的倾向的数据、信息(基线),从上述波形中去除得到的基线的值,从而检测表示剧烈或较大变化的分量的数据、信息,其中,上述波形表示从等离子体的发光检测出的光强度的变化。
- [0037] 使用图1说明本发明的等离子体处理装置的整体结构,该等离子体处理装置是具备蚀刻量(掩模材料的残存膜厚或硅的蚀刻深度)测量装置的形成半导体元件的半导体晶片的蚀刻装置。
- [0038] 本实施例的蚀刻装置(等离子体处理装置)101具有真空容器102,该真空容器102与内部空间的形状一致地具有圆筒形状,通过微波电力等电场、或由配置于真空容器的处理室外周的螺旋管等用于形成磁场的部件所供给的磁场,激发从省略图示的气体导入单元导入到作为真空容器102的内部空间的具有圆筒形状的处理室内的蚀刻处理用气体,从而

在处理室内形成等离子体103。在处理室的下部配置有具有圆筒形状的试样台105,实质上呈圆形的半导体晶片等基板状的被处理件的试样(以下称为晶片)104被搭载于试样台105的具有圆形的上表面,利用该等离子体103,对预先形成于试样台105上的晶片104上表面上的由多个薄膜层上下层叠而构成的膜结构的处理对象的膜层进行蚀刻处理。

[0039] 本实施例的等离子体处理装置101连接配置了检测器112,该检测器112在处理中检测基于等离子体的处理的状态、特别是蚀刻量(膜结构中构成上方的膜的掩模材料的残存膜厚、作为处理对象的膜层的硅(多晶硅、poly-Si)的蚀刻深度)。该检测器112具有:分光仪108,经由光纤107与真空容器102或内部的处理室相连接,接收来自处理室内的光;变化增强部109,利用从分光仪108输出的规定波长的上述光的强度来检测并输出该光的强度的变化;终点判定部110,利用来自变化增强部109的输出,判定基于等离子体进行的对象膜的处理是否到达了终点。

[0040] 在本实施例中,在晶片104的处理中,来自分光仪108所具有的测量用光源(例如卤素光源)的多波长的辐射光106经由光纤107被导入到真空容器102的处理室内,以垂直的入射角照射蚀刻时所生成的处理室内或等离子体中的反应生成物。光纤107的处理室侧的顶端部与配置于真空容器的处理室的顶面或圆筒形状的侧壁的内表面的开口、或者面向上述顶面或侧壁的内侧的处理室的由具有透光性的部件构成的窗部相联结,通过窗部或开口使光在处理室的内部和外部的光纤107的顶端之间传递。

[0041] 反应生成物反射的光再次经由光纤107被导入到检测器112的分光仪108中,在检测器中,基于根据从分光仪108获得的规定波长的光强度的变化而检测出的蚀刻处理的状态,判定是否到达了终点。检测器112的变化增强部109是从因伴随蚀刻处理的反应生成物的影响而产生发光的强度变化的波长的时间波形中提取来自等离子体或处理室内的光(发光)的强度变化的部分。

[0042] 在终点判定部110中,只要发光的强度表现出特定变化,就能判定为处理到达了终点。可知这种利用检测出发光变化中的特定变化的结果的处理终点判定可以使用公知的技术。在本实施例中,通过计算表示极值的位置、即时间的微分(时间微分)为0(零交叉)的位置,来进行发光强度的时间变化(强度相对于时间变化的发光变化)。检测器112输出通过这种处理求出的晶片的蚀刻量的信息,并由等离子体处理装置101所具备的液晶、CRT监视器等显示器111显示该晶片的蚀刻量的信息。

[0043] 图2表示本结构中的变化增强部109的详细块结构。图2是表示图1所示的实施例中的变化增强部的示意结构的框图。图2中,在噪声去除部201中,每隔要检测的预先设定的采样的时间间隔,进行如下处理:从输入的代表发光强度的变化的信号波形中的、因伴随蚀刻形成的反应生成物的影响导致发光强度发生了变化的波长的时间波形(强度随时间变化的变化)中,去除或减小与之无关的白噪声。

[0044] 白噪声的去除可以使用由数字滤波器构成的低通滤波器。但是,时间波形的变化分量与基线相比是高频分量,因此,当为了有效去除该白噪声而将低通滤波器的截止频率设定在基线频率附近时,会去除时间波形中的变化分量,从而导致在以后的处理中难以提取作为目标的表示蚀刻量的变化的发光强度的特定分量。

[0045] 因此,在本实施例中,噪声去除部201具备如下的结构:使用作为无限脉冲响应滤波器的卡尔曼滤波器(R.E.Kalman, "A new approach to linear filtering and

prediction problems,"Trans.ASME,J.Basic Eng.,vol.82D,no.1,pp.34—45,1960.),减小与时间变化无关的白噪声分量。在本实施例中,通过状态方程式 $X_t = H(X_{t-1}) + u_t$,对因伴随蚀刻的反应生成物的影响而产生发光强度的变化的波长的时间波形进行模型化。在此, X_t 是作为对象的时间波形中的不含白噪声的分量。 H 是从过去的状态转移的状态转移矩阵。 u_t 是时间波形的时间变化分量。

[0046] 此外,将实际得到的发光强度随时间的变化(时间变化)设为 Y_t ,将 Y_t 与不含白噪声的分量之间的对应关系用 $Y_t = CX_t + v_t$ 来进行模型化。 v_t 被称为观测噪声项,是将应去除的白噪声模型化的项。 C 是确定状态变量(或其线性组合)中的被观测的分量的输出矩阵。

[0047] 将 u_t 视为0平均的高斯分布,将表示各时间中的每一时间的偏差大小的协方差矩阵设为 R_u 。同样,将 v_t 视为0平均的高斯分布,将 v_t 的协方差矩阵设为 R_v 。将 R_u 和 R_v 设为预先确定的参数。 R_u 被定义为如下的矩阵:仅在第1行第1列具有以 σ_s^2 定义的值,其余要素为0。

[0048] σ_s^2/R_v 越大,白噪声去除量越小,反之, σ_s^2/R_v 越小,白噪声去除量越大。如下那样求出不含白噪声的时间波形的推测值。

[0049] 预测处理: $X_t | (t-1) = H(X_{t-1} | t-1)$ 、

[0050] 滤波处理: $X_t | t = X_t | (t-1) + K(Y_t - CX_t | t-1)$

[0051] 在此, K 是卡尔曼增益,是控制以何种程度将观测信号的信息反馈到不含噪声的时间波形的推测值中的变量。 K 可以用 $K = R_{xt} | (t-1) C^T (R_v + CR_{xt} | (t-1) C^T)^{-1}$ 求得。

[0052] 在此, $R_{xt} | (t-1)$ 表示各时刻中的每一时刻的预测误差, $R_{xt} | (t-1) = H R_x(t-1) | (t-1) H^T + R_u$ 。此外,可用 $R_{xt} | t = (I - KC) R_{xt} | (t-1)$ 求得。上述的流程相当于将所有的变量视为遵循高斯分布的概率变量时的最小均方误差估计(MMSE)解。

[0053] 在本实施例中,采用将 H 的第1行设为 $[2, -1]$ 、第2行设为 $[1, 0]$ 的2行2列的矩阵。这相当于以通过自过去2点的直线近似能够预测噪声去除后的波形为前提。 C 采用 $[1, 0]$ 的1行2列的矩阵,由此能够将噪声去除后的波形推测为恰好通过观测到的时间波形的中央的信号。

[0054] 通过卡尔曼平滑滤波(Kalman smoother)对卡尔曼滤波后的信号实施校正。卡尔曼平滑滤波是指利用时间上比噪声抑制对象的时间早的信号来提高噪声抑制性能的结构。在卡尔曼平滑滤波中,通过以下流程校正当前的信号。

[0055] $R_{xt} | L_t = R_{xt} | t - A_t(R_{xt+1} | t - R_{xt+1} | L_t) A_t^T$

[0056] $X_t | L_t = X_t | t + A_t(X_{t+1} | L_t - X_{t+1} | t)$

[0057] $A_t = R_{xt} | t C^T R_{xt+1} | t^{-1}$

[0058] 在此, $L_t = t + L$,是在减小时间 t 的噪声的对象信号的校正中所使用的多个采样时间的最大时间的编号(索引)。也就是说,输出白噪声去除处理后的时间波形的时间在时间推移方向上延迟了与 L 相应的量。噪声去除部201输出通过卡尔曼平滑滤波器校正后的信号。

[0059] 基线推测部202接收来自噪声去除部201的输出,使用去除了白噪声后的发光强度的时间波形来检测不含伴随反应生成物的产生而出现的变化的分量(基线)。本实施例的基线推测部202是基于卡尔曼滤波的结构,将通过外推法推测自过去的状态的变动时所使用的过去的采样时刻的时间点的数量、即外推次数 N 设定为比噪声去除部201的卡尔曼滤波器大的值(3以上)。

[0060] 由此,进一步对斜率在每一时间都只有缓慢变化的基线分量进行增强来更明确地提取基线分量。在 $N=2$ 的情况下,通过将 R_u 与观测噪声的离散参数 R_v 的比率设定为比作为噪声去除部201的一个结构而示出的卡尔曼滤波器小的值,从而也能对斜率在每一时间都只有缓慢变化的基线分量进行增强来提取基线分量。

[0061] 通过使用有限的外推次数 N 进行基线的推测,使随着时间的经过而缓慢变化的基线的值跟踪其变化的比例或变化率随时间的变动,能够高精度地检测或推测该基线的值。此外,通过使在检测发光强度信号的基线时所使用的外推次数 N 的大小大于在提取反应生成物引起的发光变化分量时所使用的外推次数 N ,能够将更长周期的基线的变化和更短周期的反应生成物引起的发光变化明确分开来进行检测,通过提高该检测的精度,能够高精度地对后述的终点判定等等离子体的形成或处理的条件的变化、调节这样的离子体处理装置101的动作进行控制。

[0062] 图10示出了作为参数而改变外推次数 N 时的从检测器112获得的变化的推测值的值的变化。图10是以图1所示的实施例的检测器的输出的外推次数 N 为参数的表示变化的曲线图。在图10中,可判断出100秒后的紧接着的变化分量伴随 N 的增大而变得更大,能够明确地检测出变化。

[0063] 将基线推测部202的更详细的结构示于图3。图3是表示图1所示的实施例中的基线推测部的示意结构的框图。

[0064] 如本图所示,基线推测部202接收去除了噪声后的噪声去除波形并进行内分处理,利用外推系数对内分处理的结果进行校正,作为基线推测值来输出,并且将该基线推测值存储或保存于基线的数据库中。首先,内分参数设定部307从设定滤波器读取或者使用标准用户接口机构来设定状态转移时的噪声的离散参数 R_u 和观测噪声的离散参数 R_v ,该标准用户接口机构是使用显示于显示器111上的画面中的PC键盘或鼠标等输入输出部件的机构等。

[0065] 然后,将读取的 R_u 、 R_v 被存储到内分参数数据库306中,在进行基线推测部202的处理的计算机等控制用装置上的某一存储器或硬盘等存储区域内设定了该内分参数数据库306。图11示出了取 R_v/R_u 的比率的 $\log_{10}$ 而得到的值(O/P)。可判断触, O/P 越大,越能准确地检测出100秒后紧接着的变化。

[0066] 在外推系数计算部304中,在卡尔曼滤波中利用外推处理推测基线时,从设定滤波器中读取或使用标准用户接口机构设定要使用的过去基线的点数(外推次数)。在此,将设定的次数设为 N 。在外推系数计算部304中,根据外推次数 N 来计算外推系数 G ,或者从预先获得的多个数据中选择外推系数 G 。

[0067] 将推测外推系数 G 的流程示于图4。图4是表示图1所示的实施例的检测器的外推处理流程的流程图。

[0068] 使用上述的用户接口,设定外推次数 N (步骤401,下同)。接着,根据设定的外推次数 N ,将用于外推系数 G 的计算中的1行2列的矢量 k 设定为 $(N+1, 1)$ (402)。

[0069] 接着,设定 N 行2列的矩阵 H ,使其第2列全部为1、第1列的第 n 行为 n (403)。接着,以 $H^+ = H^T (HH^T)^{-1}$ 的方式计算出 H 的伪逆矩阵 H^+ (404)。

[0070] 将 N 行 N 列的矩阵 G 的第1行设为 kH^+ 。将除此以外的行设为0(405)。输出计算出的矩阵 G (406)。这样求得的外推系数 G 成为用于根据从平方误差最小化的观点来看最合适的过

去N点的基线推测值来求出下一点的基线推测值的外推曲线的系数。

[0071] 在外推系数计算部304中,将求得的外推曲线的系数G存储到设定于上述的存储区域内的外推系数数据库303中。在缓存部301中,当每次在不同时刻接收从校正处理部308输出的时刻t下的基线的推测值 $x_t|t$ 时,以FIFO(Fast In Fast Out)方式将接收到的推测值 $x_t|t$ 发送并存储到基线缓存数据库311中。本实施例的基线缓存数据库311具有能够保持至少N点基线推测值的存储容量。

[0072] 此外,缓存部301使用存储于基线缓存数据库311中的过去N点的基线推测值($x_t|t, x_{t-1}|t-1, \dots, x_{t-N+1}|t-N+1$),生成将这些基线推测值排列在各行而得到的矢量 $X_{t-1}|t-1$ 。

[0073] 在外推处理部302中,计算在 $X_{t-1}|t-1$ 上从左边开始相乘外推系数G而得到的 $X_t|t-1 = GX_{t-1}|t-1$ (外推值)。 $X_t|t-1$ 的第1行的值成为第t点处的基线的预测值。

[0074] 在内分处理部305中,首先根据误差预测部310所推测的误差预测值 $V_t|t-1$,以 $K = V_t|t-1 C^T (V_t|t-1 + Ru)^{-1}$ 的方式计算并输出内分用的矩阵K(内分量)。在此,C为1行N列的矢量,采用第1列为1、其余列为0的矩阵。

[0075] 在校正处理部308中,根据内分处理部305所输出的内分量K和噪声去除波形 y_t ,通过 $X_t|t = X_t|t-1 + K(y_t - CX_t|t-1)$ 求出基线推测值 $X_t|t$ 。然后,输出 $X_t|t$ 的第1行。

[0076] 在误差更新部309中,根据误差预测部310所输出的 $V_t|t-1$ 、和内分处理部305所输出的K,以 $V_t|t = (I - KC)V_t|t-1$ 的方式计算并输出误差推测值 $V_t|t$ 。在误差预测部310中,将误差更新部309所输出的 $V_t|t$ 替换为 $V_{t-1}|t-1$,根据外推处理部302所输出的外推系数G、和保存在内分参数数据库306中的内分参数Ru,以 $V_t|t-1 = GV_{t-1}|t-1 + Ru$ 的方式求出并输出 $V_t|t-1$ 。

[0077] 基线推测部202将校正处理部308所输出的基线推测值 $x_t|t$ 输出到图2的减法部203后结束处理。在减法部203中,输出从表示去除噪声后的发光强度的时间变化的信号 y_t 中减去 $x_t|t$ 而得到的信号 z_t 。由于 $x_t|t$ 是基线推测值,因此,信号 z_t 表示噪声减小后的信号中的伴随反应生成物的产生而出现的波形变化的分量,其以更大的比例包括周期比基线短(波长长)的变化分量。

[0078] 在噪声去除部204中,输出通过与噪声去除部201同样的处理去除了 z_t 中的白噪声后的信号(变化分量的噪声去除波形) a_t 。在差分处理部205中,用 $b_t = a_t - a_{t-1}$ 计算 a_t 的一阶差分 b_t 。计算出的值表示作为发光强度信号的去除了基线分量后的变化分量的差分。

[0079] 然后,在噪声去除部206中,输出与在噪声去除部201中进行的处理同样地从 b_t 中去除了白噪声的信号。该输出信号是去除了基线分量的发光强度的信号的差分,表示对伴随处理进程的周期(波长)更短的变化,即,作为处理对象的膜或等离子体中的粒子或处理室内部的状态变化被增强的信号。

[0080] 将该信号作为变化增强部209的运算结果的输出而输出。通过在变化增强部109中的去除所有噪声的部分中使用卡尔曼滤波器,即使在基线具有缓慢的变动的情况下,也不会强烈地受到该影响,能够更准确地提取变化的分量。

[0081] 图5记载了本实施例中的进行终点判定的处理的流程。图5是表示图1所示的实施例的检测器的终点检测流程的流程图。

[0082] 在本图中,首先,在处理开始前设定在变化增强部109的内部所使用的参数(步骤

501,下同)。该设定与上述同样地从设定滤波器中读取或者使用标准用户接口机构来进行,该标准用户接口机构使用了显示于显示器111上的画面中的PC键盘或鼠标等输入输出部件等。

[0083] 接着,开始进行采样,采样是每隔预先设定的时间的采样间隔来检测表示发光强度的信号的(502)。在每次检测出新的信号时,对该信号执行变化增强处理(503)。

[0084] 然后,实施终点判定处理(504),在判定为终点的情况下,结束采样(505)。在未判定为终点的情况下,返回进行下一采样的步骤,反复进行所得到的信号的变化增强处理。

[0085] 图6表示通过本实施例从包括了噪声、向右下降的基线的时间波形中提取了变化分量的结果。图6是表示了图1所示的实施例的检测器的检测结果的例子的曲线图。

[0086] 如该图所示,从来自变化增强部109的输出中,作为在110秒前后变化的分量且作为较大值的增减,获得在受光后从分光仪108输出的信号波形中推测为存在90秒前后的变化的时间带内的变化。由该图可知,通过本实施例能够准确地检测在原波形中不明显的变化分量。

[0087] 【变形例1】

[0088] 图7表示本发明的实施例的变形例所涉及的变化增强部109的块结构。图7是表示图1所示的实施例的变形例所涉及的检测器的变化增强部的结构的示意框图。

[0089] 本变形例不仅使用包括伴随反应生成物的产生而出现的时间波形的变化在内的波形(输入波形),还使用不包括伴随反应生成物的产生而出现的时间波形的变化的波长的波形(参照波形),从而更高精度地进行变化检测。在图7所示的变化增强部109中,将输入波形、参照波形分别输入到噪声去除部201中,去除噪声分量。

[0090] 将去除噪声后的输入波形设为 ct ,将参照波形设为 dt ,在除法部701中计算 $et = ct/dt$ 。来自除法部701的输出 et 被输入到噪声去除部201。

[0091] 输出 et 虽然被去除了基线,但是是未消除变化分量而残留有变化分量的波形。其他的结构与图3所示的变化增强部109的结构相同。

[0092] 【变形例2】

[0093] 使用图8说明上述实施例的另一变形例。图8是表示图1所示的实施例的另一变形例所涉及的检测器的变化增强部的示意结构的框图。

[0094] 与图7记载的结构相比,图8中的变化增强部的结构的不同点在于,在噪声去除部204之后具有如下结构:对所输出的去除了变化分量的噪声的信号再一次进行基线推测,然后去除该基线。即,来自噪声去除部204的输出被再次输入到基线推测部202中,通过从来自噪声去除部204的输出中减去由此获得的输出、即推测值,从而以差分值的方式计算出变化的分量。

[0095] 来自减法部203的输出被输入到噪声去除部206中,从差分值中去除噪声后从变化增强部109输出。通过这样的结构,不是取单纯的差分,而是通过反复进行上述基线推测,能够更高精度地提取变化的分量。

[0096] 【变形例3】

[0097] 使用图9说明上述实施例的又一变形例。图9是表示图1所示的实施例的又一变形例的检测器的基线推测部的示意结构的框图。

[0098] 图9所示的本变形例的基线推测部109的结构简化了图2所示的基线推测部202的

结构,对减小噪声后的信号直接进行外推,作为下一时刻的基线推测值。即,接收了去除噪声后的来自噪声去除部201的信号的缓存部301所输出的校正阵列被输入到外推处理部302中,使用从外推系数数据库303中获得的外推系数G,计算出外推值。

[0099] 从基线推测部202输出从外推处理部302输出的外推值,作为基线的推测值。通过这样的结构,与第一实施例相比,能够以较低的处理量推测基线。

[0100] 【变形例4】

[0101] 使用图12至图14说明上述实施例的再一变形例。图12是表示图1所示的实施例的再一变形例所涉及的检测器的变化增强部的示意结构的框图。

[0102] 图12所示的结构的不同点在于,在第一实施例的变化增强部109中,通过参数最优化部1201,生成存储或保存在内分参数数据库306和外推系数数据库303中的数据。参数最优化部1201根据包含了变化的波形或不包含变化的波形来推测基线推测部的参数。

[0103] 此外,在本变形例中,在使用卡尔曼滤波器作为噪声去除部201的附属去除单元时,是该卡尔曼滤波器的参数也要进行最优化的结构,也可以采用将最优化后的卡尔曼滤波器的参数用作噪声去除部201的参数的结构。

[0104] 图13示出了根据包含了变化的波形对参数进行最优化时的处理流程图。图13是表示图12所示的变形例的检测器中的使用包含变化的波形来对参数进行最优化的流程的流程图。

[0105] 图13所示的处理流程其前提是使用卡尔曼滤波器作为噪声去除部201的去除单元。首先,在步骤1301(1301,下同)中,预先设定噪声去除部201的卡尔曼滤波器的参数,作为各种参数。在本变形例中,设定了 σ_s 和 R_v 。

[0106] 接着,对包含了变化的学习数据进行采样(1302)。作为样品,该采样根据在蚀刻处理中得到的发光而检测被处理的晶片。接着,对所得到的学习数据中的包含了反应生成物的变化的区间进行手动标记(1303)。

[0107] 在标记之后,利用卡尔曼滤波器对学习数据中的出现反应生成物的变化之前的时间带(不包含变化的区间)实施噪声去除,获得减小了噪声的信号(1304),计算在步骤1304中获得的减小了噪声的信号与减小前的学习数据的差分。

[0108] 使 σ_s 发生变化,以使计算出的差分的时间相关(与1点前的时刻的相关)取最小值(1305)。该步骤可以使用准牛顿法等以往公知的技术。

[0109] 接着,使用求得的 σ_s ,利用卡尔曼滤波器对学习数据的整个区间进行噪声减小(1306)。接着,计算标记出的包含变化的区间的区间长度(点数)(1307)。将计算出的点数的二分之一的值作为基线推测部202的N。然后,根据该N计算出外推系数。

[0110] 在包含变化的区间中,计算与前面的点之间的时间差分,将计算出的时间差分的最大值设为 a_1 (1308)。同样地,在不包含变化的区间中,计算与前面的点之间的时间差分,将计算出的时间差分的最大值设为 a_2 (1309)。

[0111] 设定计算出的基线推测部202的卡尔曼滤波器的内分系数,使得 $R_v/R_u = a_1^2/a_2^2$ (1310)。输出所设定的内分系数、外推系数,结束处理(1311)。

[0112] 图14示出了根据不包含变化的波形对参数进行最优化时的处理流程图。图14是表示图12所示的变形例的检测器中的使用不包含变化的波形来对参数进行最优化的流程的流程图。

[0113] 图14所示的参数最优化的结构与图13所示的结构的区别在于,不仅预先决定噪声去除部201的卡尔曼滤波用的参数 σ_s 和 R_v ,还根据通过仿真生成的包含变化的波形来预先决定基线的 N 、 a_1 (1401)。其他结构与图13所示的结构相同,因此省略记载。

[0114] 符号说明

[0115] 101…蚀刻装置;102…真空容器;103…等离子体;104…晶片;105…试样台;106…辐射光;107…光纤;108…分光仪;109…变化增强部;110…终点判定部;111…显示器。

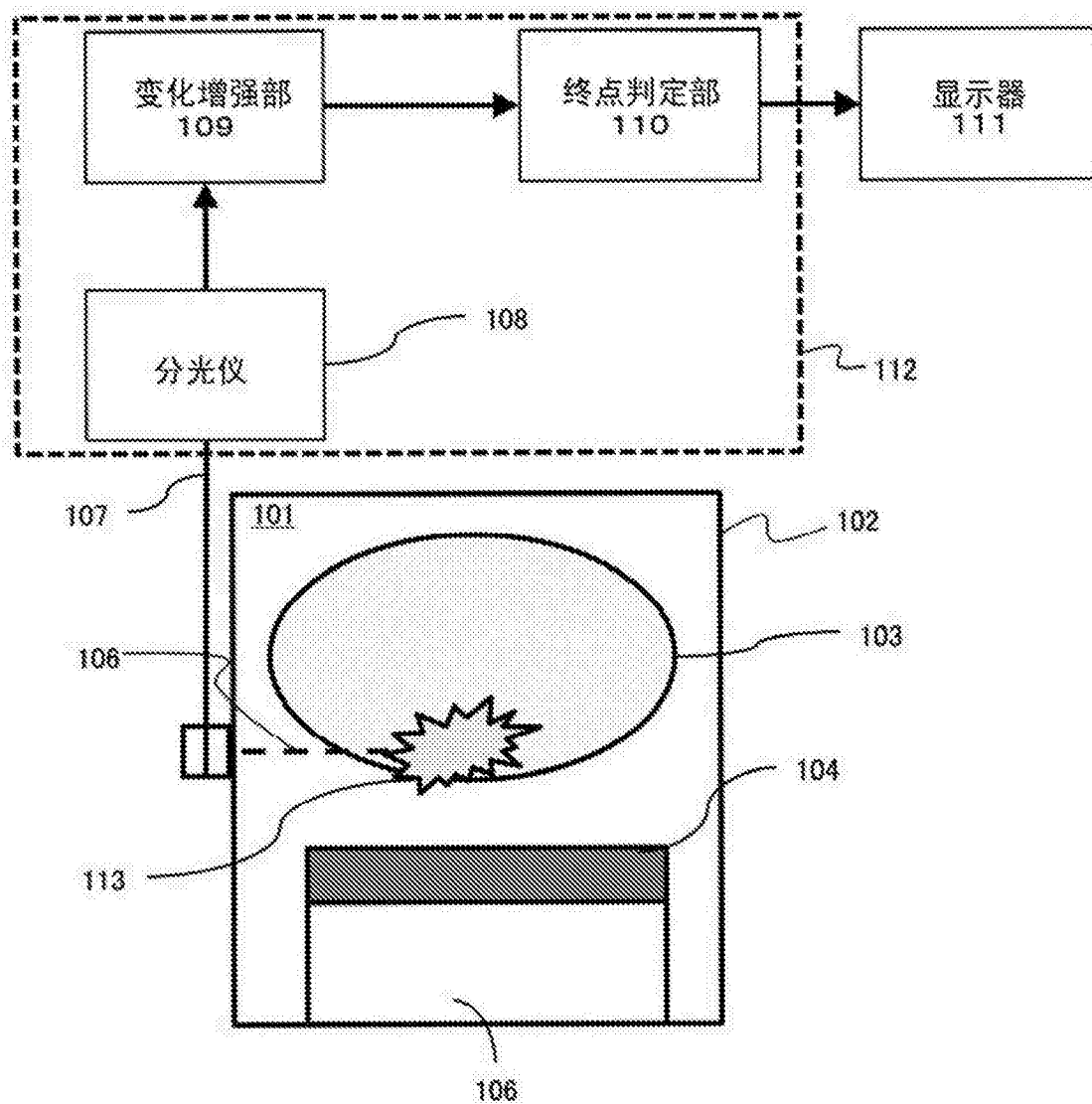


图1

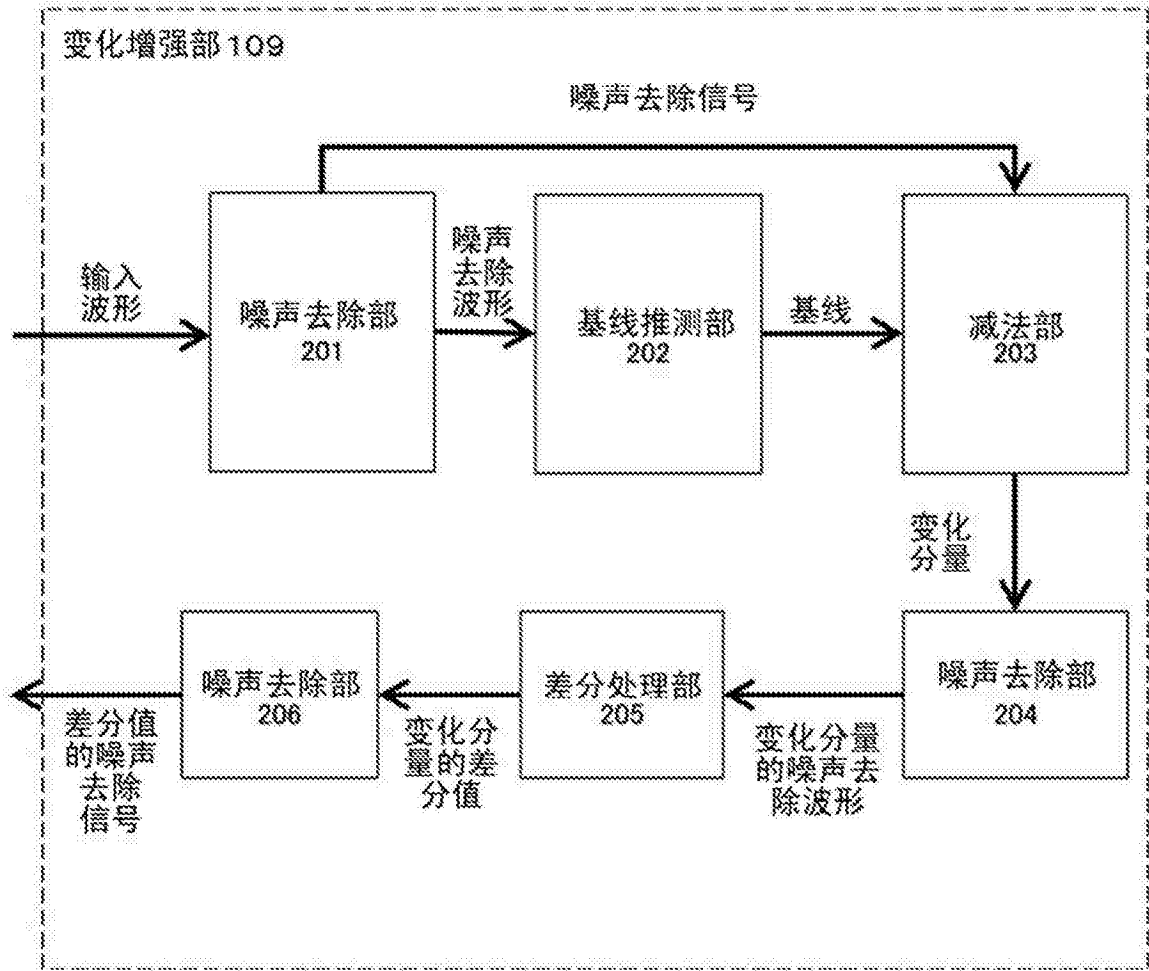


图2

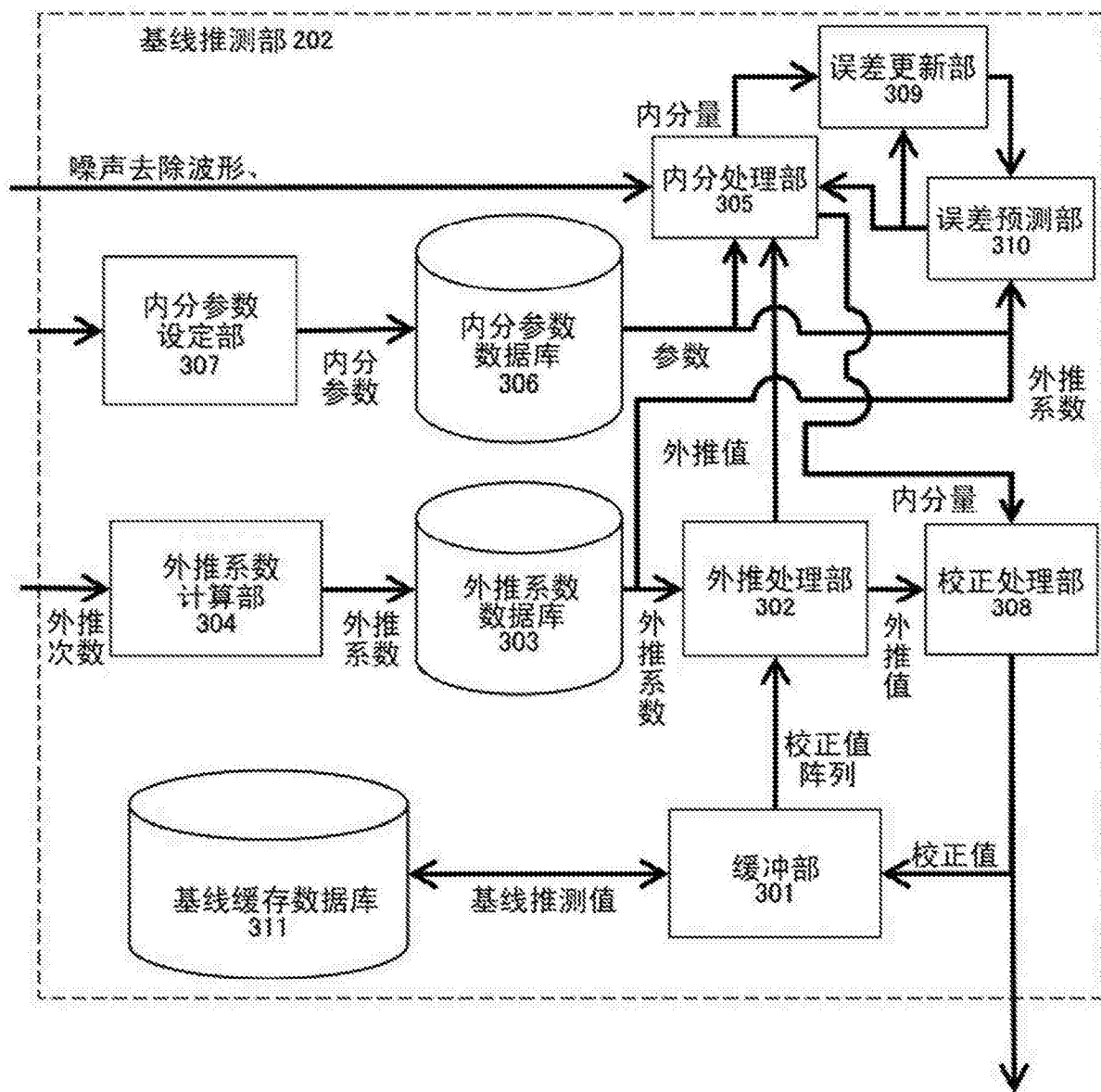


图3

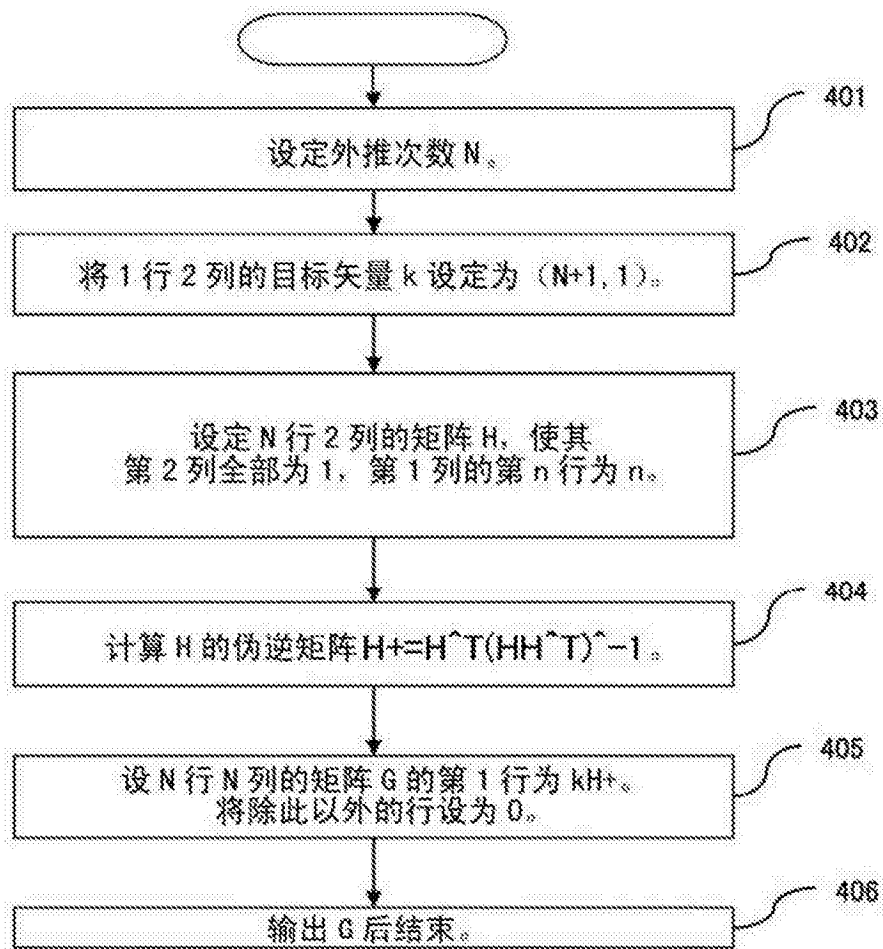


图4

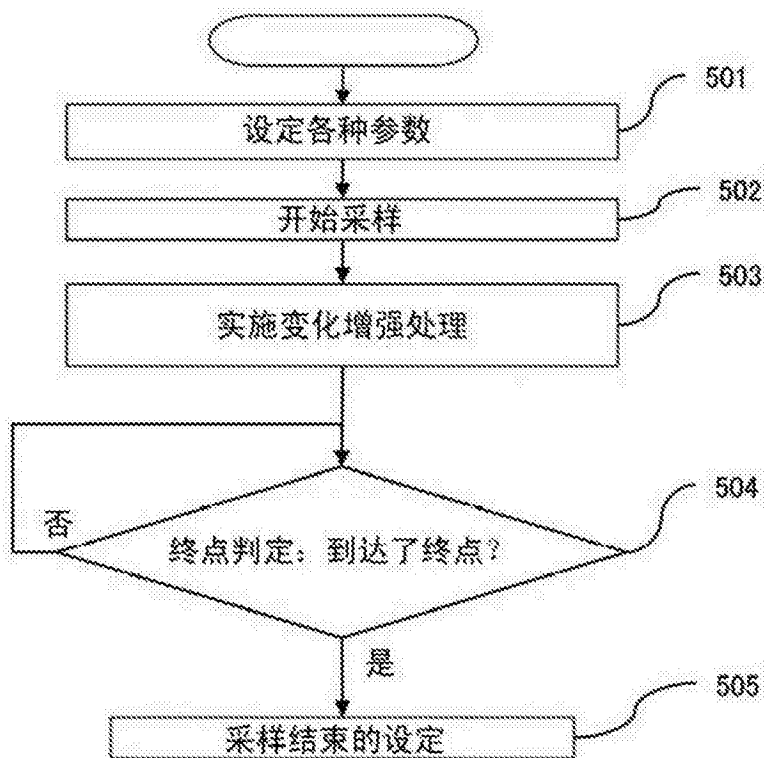


图5

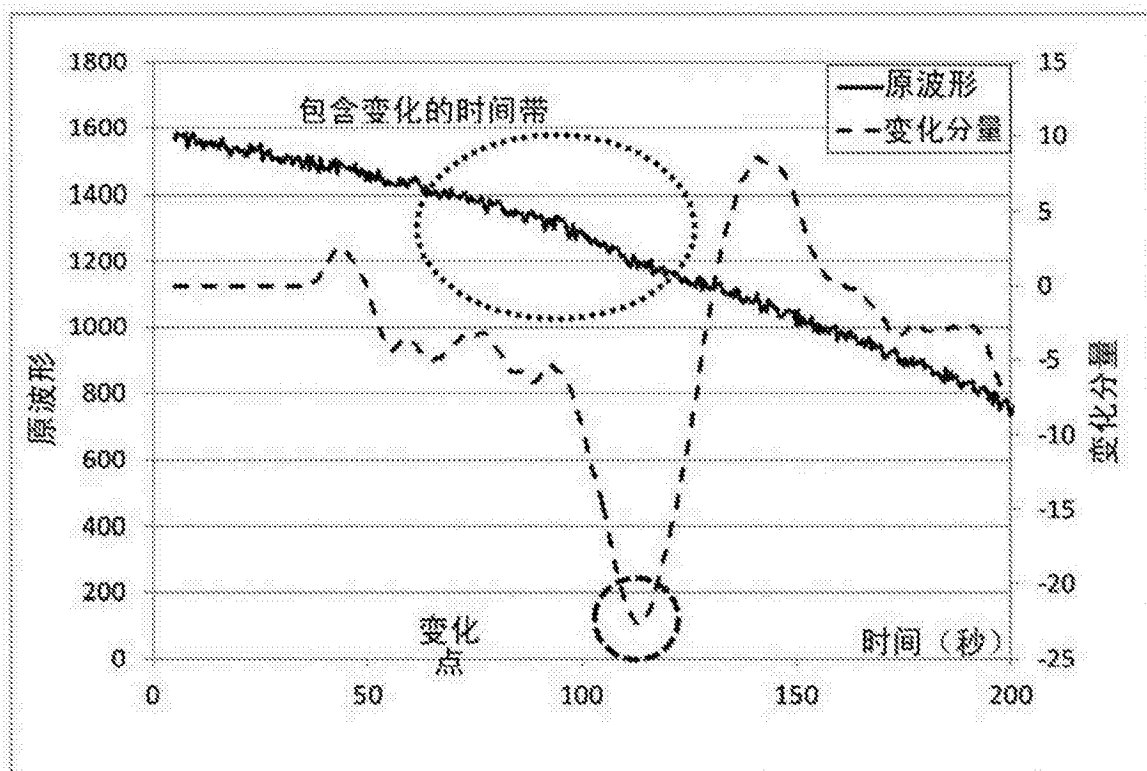


图6

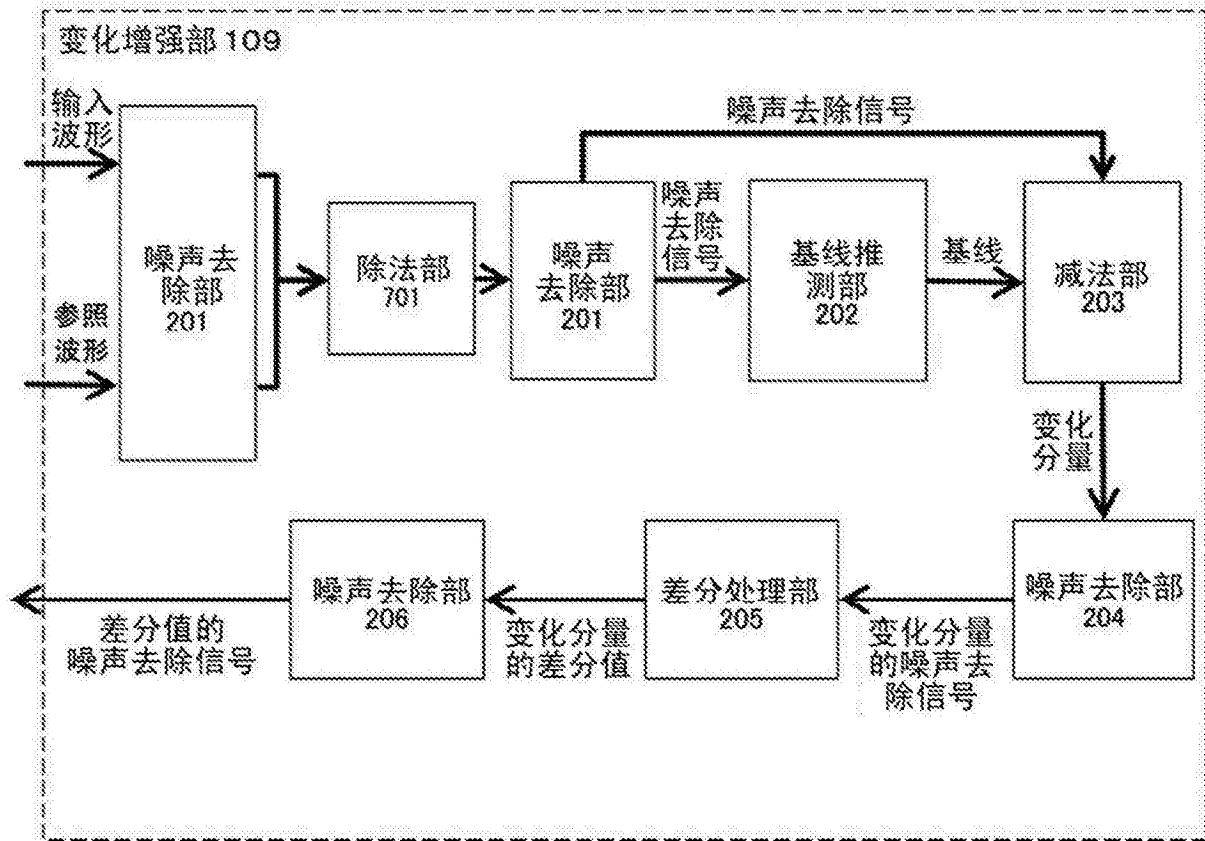


图7

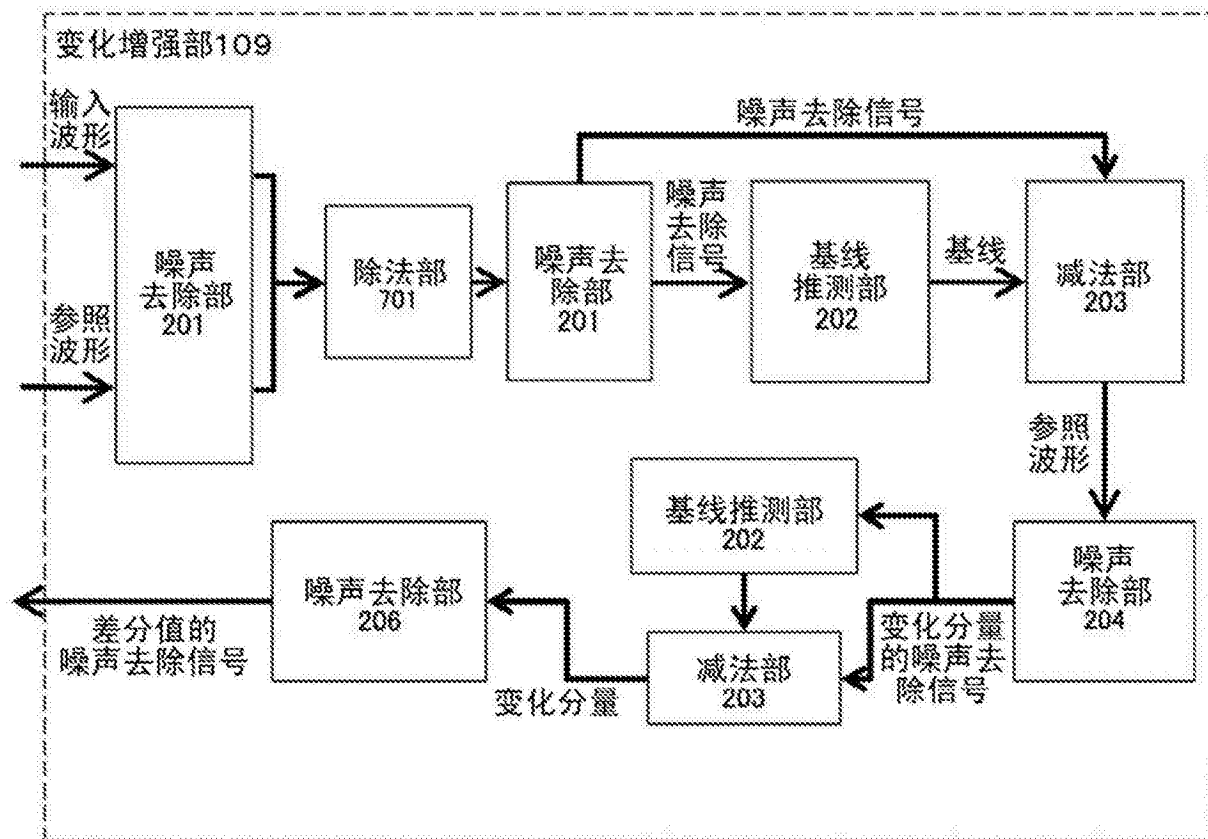


图8

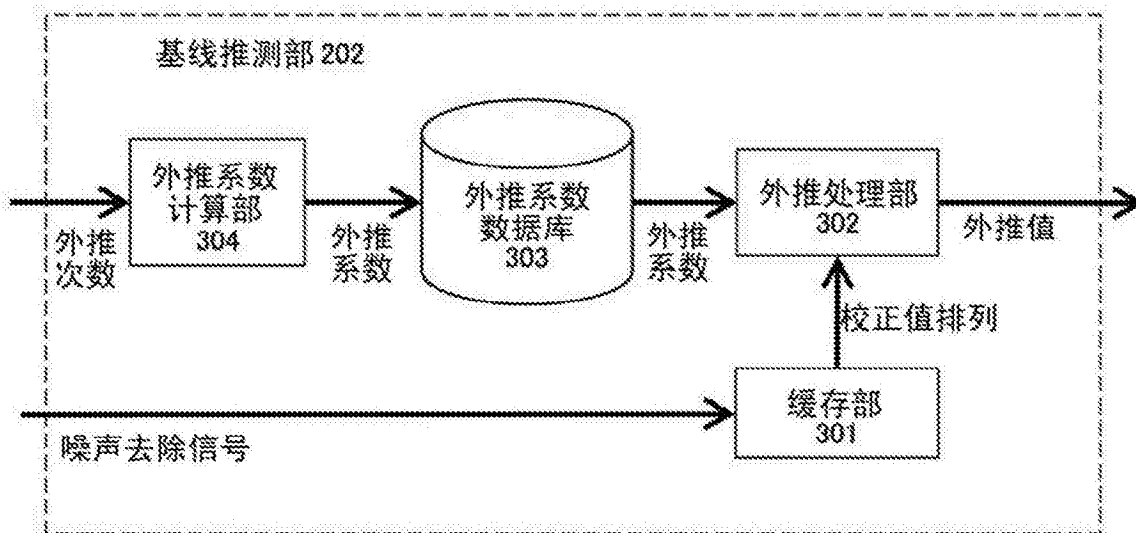


图9

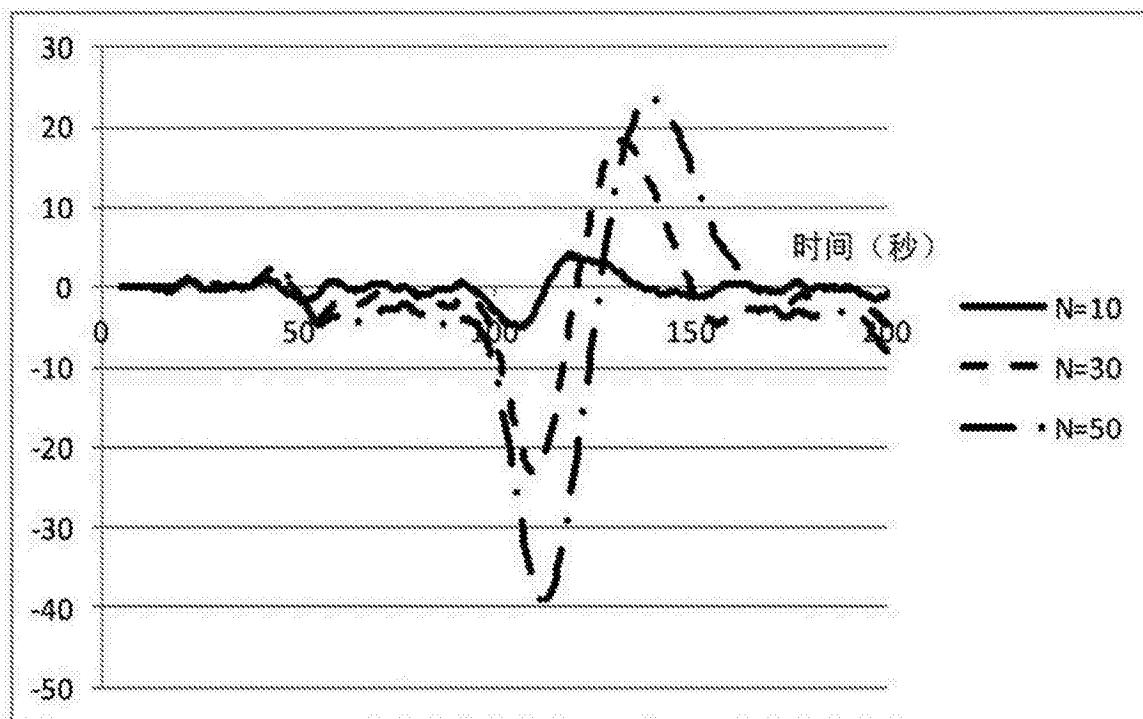


图10

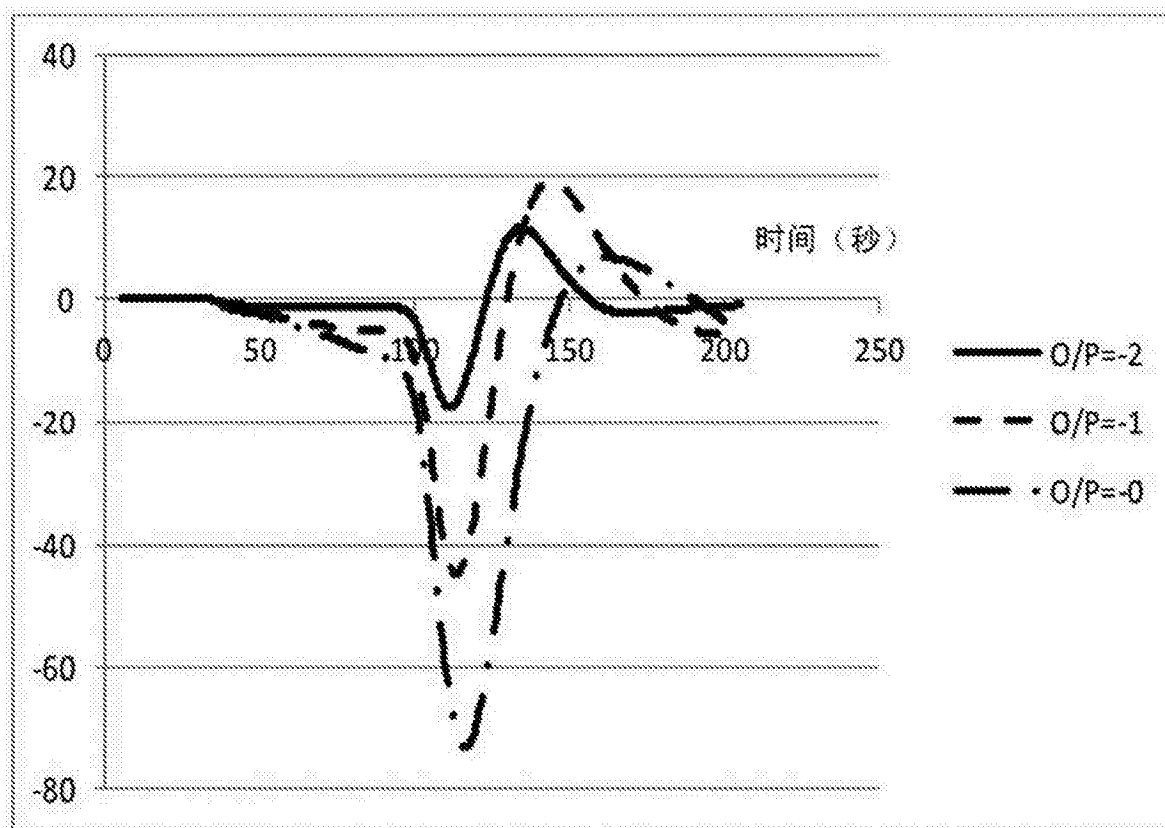


图11

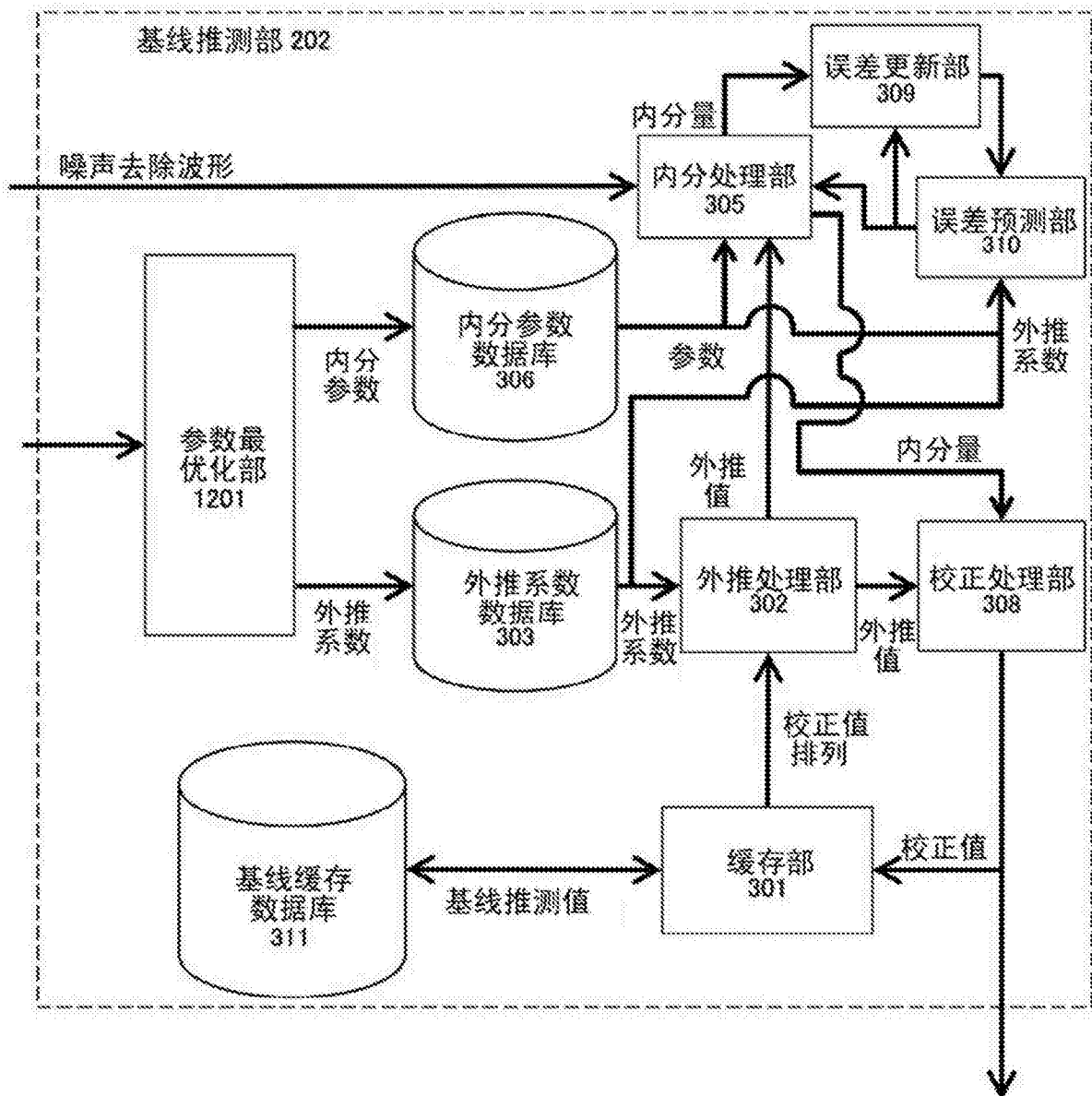


图12

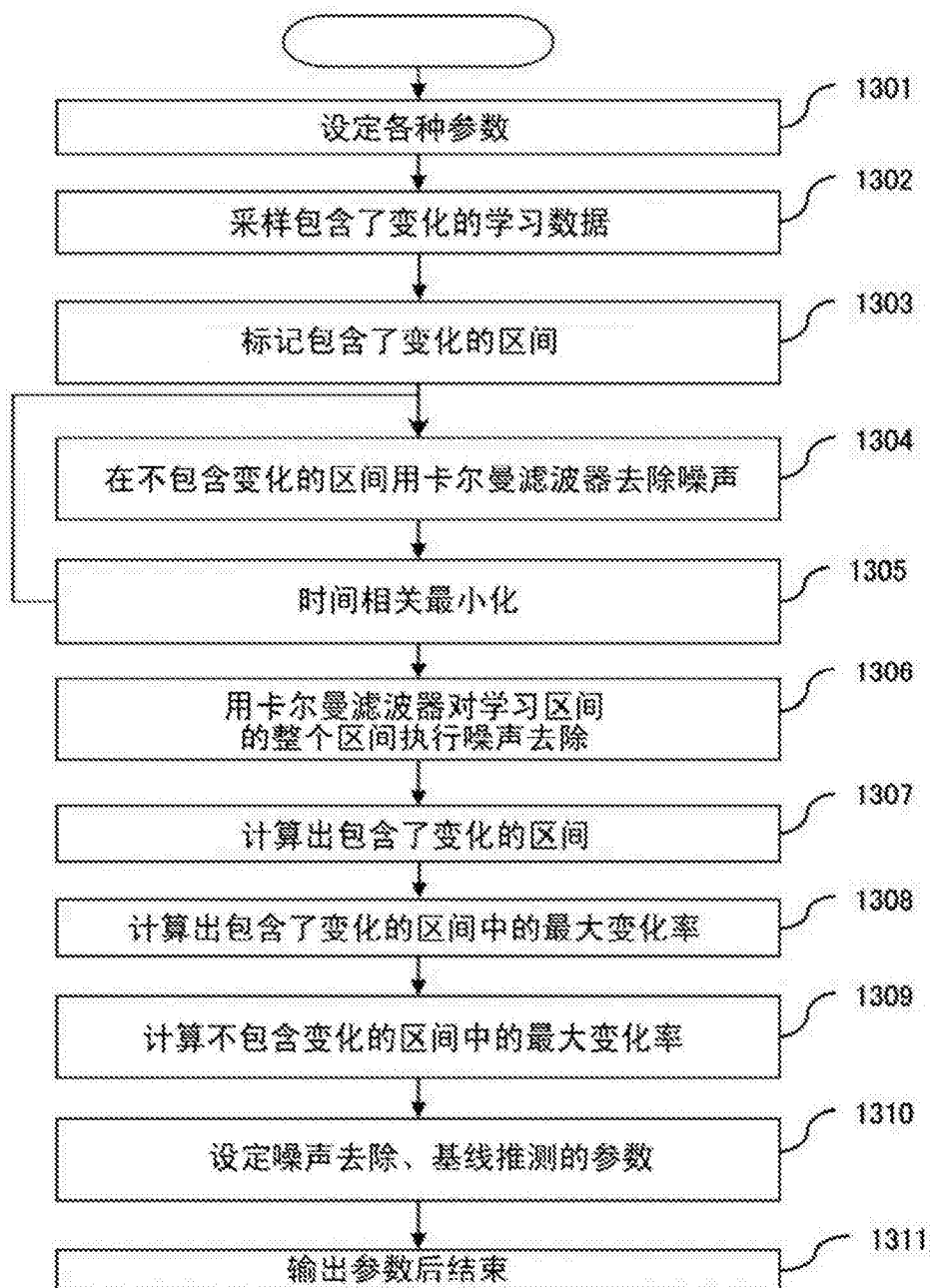


图13

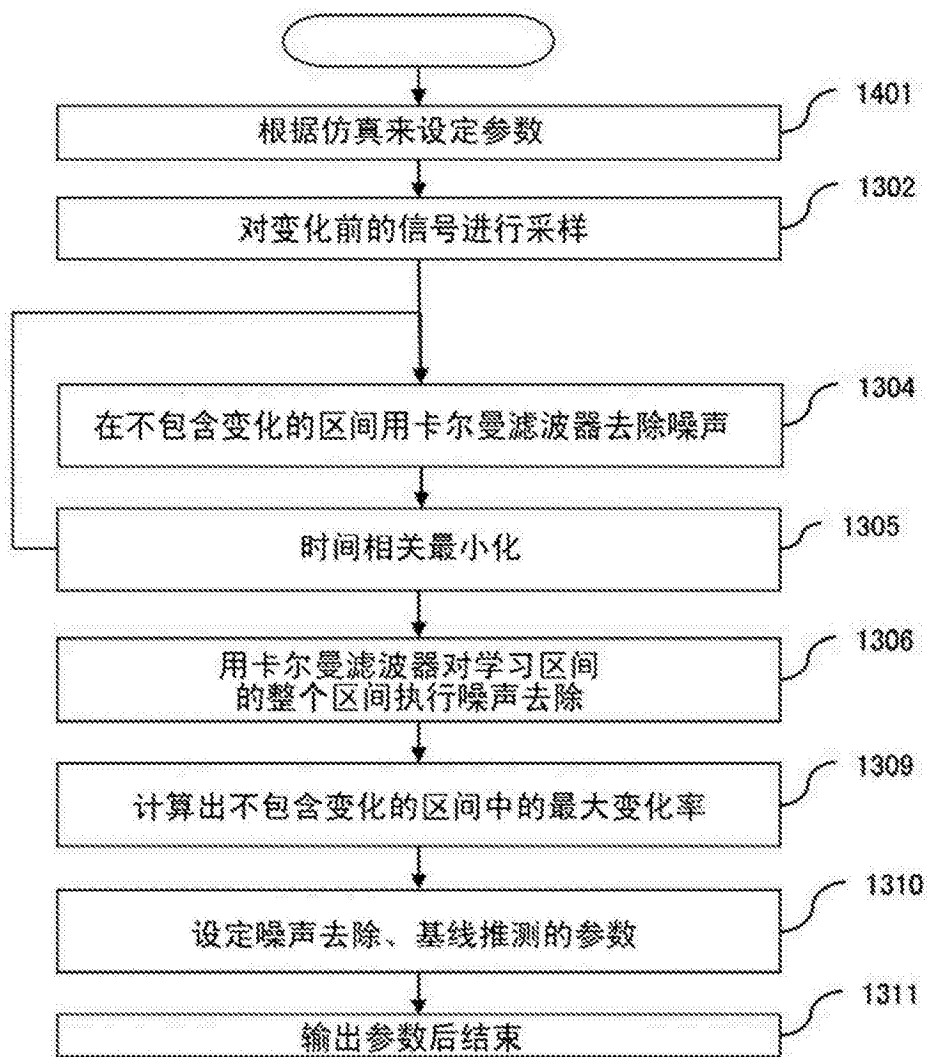


图14