



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 202411632 A

(43)公開日：中華民國 113 (2024) 年 03 月 16 日

(21)申請案號：112127089

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 07 月 20 日

(51)Int. Cl.：

G01N21/3504(2014.01)

H01L21/66 (2006.01)

H01L21/3065(2006.01)

(30)優先權：2022/07/20

日本

2022-115468

(71)申請人：日商堀場 S T E C 股份有限公司 (日本) HORIBA STEC, CO., LTD. (JP)

日本

(72)發明人：波田美耶子 HADA, MIYAKO (JP)；高橋基延 TAKAHASHI, MOTONOBU (JP)；
南雅和 MINAMI, MASAKAZU (JP)；坂口有平 SAKAGUCHI, YUHEI (JP)；志水
徹 SHIMIZU, TORU (JP)；藤井哲雄 FUJII, TETSUO (JP)

(74)代理人：張耀暉；呂昆餘；莊志強

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：11 共 36 頁

(54)名稱

分析裝置、關聯資料的製作方法、分析方法及分析用程式

(57)摘要

本發明提供一種高精度地監測針對被處理物的處理量的分析裝置，分析裝置具有：測定部，其測定對被處理物進行處理時產生的反應生成物的濃度或分壓；以及運算部，其使用測定部的輸出值來計算相對於被處理物的處理量，測定部具有：雷射光源；光檢測器；以及訊號處理部，運算部具有：時間積分部；關聯資料儲存部，其儲存關聯資料，關聯資料示出對測定部的輸出值進行時間積分而得的時間積分值與針對被處理物的處理量之間的關係；以及處理量計算部，其根據由時間積分部獲得的時間積分值和關聯資料來計算對被處理物的處理量。

The present invention is aimed to perform precise monitoring of the processed amount by which a workpiece is processed, and includes a measurement unit that measures a concentration or a partial pressure of a reaction product generated while the workpiece is being processed, and an operation unit that calculates the processed amount of the workpiece using an output value of the measurement unit. The measurement unit includes: a laser light source; a photodetector; and a signal processing unit. The operation unit includes a time integration unit; a relationship data storage unit that stores therein relationship data indicating a relationship between the time integral of integrating an output value of the measurement unit with respect to time, and a processed amount by which a workpiece is processed; and a processed amount calculation unit that calculates a processed amount by which the workpiece is processed, from the time integral obtained by the time integration unit and the relationship data.

指定代表圖：

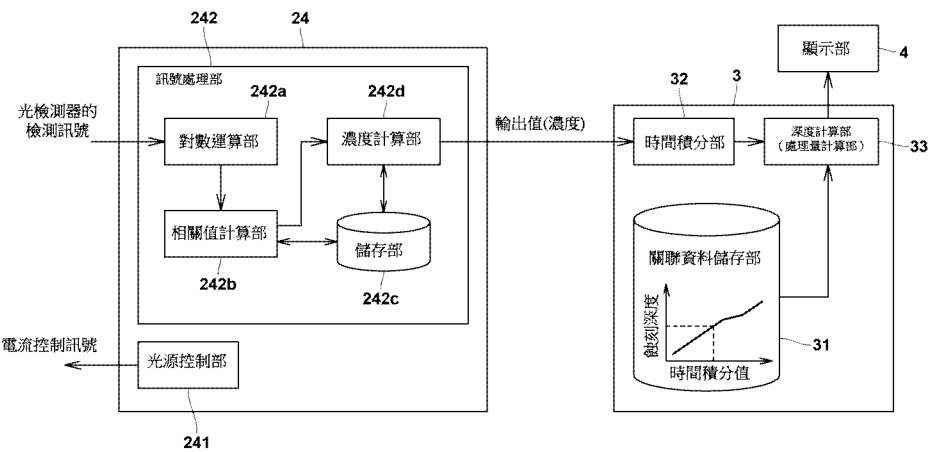


圖2

符號簡單說明：

- 3:運算部
- 4:顯示部
- 24:訊號處理裝置
- 31:關聯資料儲存部
- 32:時間積分部
- 33:深度計算部(處理量計算部)
- 241:光源控制部
- 242:訊號處理部
- 242a:對數運算部
- 242b:相關值計算部
- 242c:儲存部
- 242d:濃度計算部

【發明摘要】

【中文發明名稱】分析裝置、關聯資料的製作方法、分析方法及分析用程式

【英文發明名稱】ANALYSIS DEVICE, RELATIONSHIP DATA PRODUCTION METHOD, ANALYSIS METHOD, AND ANALYSIS PROGRAM

【中文】

本發明提供一種高精度地監測針對被處理物的處理量的分析裝置，分析裝置具有：測定部，其測定對被處理物進行處理時產生的反應生成物的濃度或分壓；以及運算部，其使用測定部的輸出值來計算相對於被處理物的處理量，測定部具有：雷射光源；光檢測器；以及訊號處理部，運算部具有：時間積分部；關聯資料儲存部，其儲存關聯資料，關聯資料示出對測定部的輸出值進行時間積分而得的時間積分值與針對被處理物的處理量之間的關係；以及處理量計算部，其根據由時間積分部獲得的時間積分值和關聯資料來計算對被處理物的處理量。

【英文】

The present invention is aimed to perform precise monitoring of the processed amount by which a workpiece is processed, and includes a measurement unit that measures a concentration or a partial pressure of a reaction product generated while the workpiece is being processed, and an operation unit that calculates the processed amount of the workpiece using an output value of the measurement unit. The measurement unit includes: a laser light source; a photodetector; and a signal processing unit. The operation unit includes a time integration unit; a relationship data storage unit that stores therein relationship data indicating a relationship between the time integral of integrating an output value of the measurement unit with respect to time, and a processed amount by which a workpiece is processed; and a processed amount calculation unit that

calculates a processed amount by which the workpiece is processed, from the time integral obtained by the time integration unit and the relationship data.

【指定代表圖】圖2。

【代表圖之符號簡單說明】

3：運算部

4：顯示部

24：訊號處理裝置

31：關聯資料儲存部

32：時間積分部

33：深度計算部（處理量計算部）

241：光源控制部

242：訊號處理部

242a：對數運算部

242b：相關值計算部

242c：儲存部

242d：濃度計算部

【特徵化學式】

無。

【發明說明書】

【中文發明名稱】 分析裝置、關聯資料的製作方法、分析方法及分析用程式

【英文發明名稱】 ANALYSIS DEVICE, RELATIONSHIP DATA PRODUCTION METHOD, ANALYSIS METHOD, AND ANALYSIS PROGRAM

【技術領域】

【0001】 本發明關於例如在半導體製程等製程中使用的分析裝置、分析方法及分析用程式。

【先前技術】

【0002】 以往，在半導體製程中，例如為了監測蝕刻製程的端點（蝕刻深度），使用例如專利文獻1所示的對製程中的電漿發光進行檢測的電漿發光監視器（OES：Optical Emission Spectrometer）。

【0003】 然而，在OES中，由於檢測出藉由電漿作用而產生的電漿發光，因此在不使用電漿的蝕刻製程中無法使用。另外，根據處理室和/或OES等的個體差異、安裝位置的誤差、由製程氣體和/或反應生成物等引起的窗的污垢和/或發光種類的狀態等，OES的輸出值按每個製程、每天、每個個體而不同。因此，在OES中無法獲取再現性良好的資料，相對地使用OES的輸出值來根據輸出值變化的趨勢來確定端點。

【0004】 此外，為了監測端點，使用利用了非分散紅外線吸收法（NDIR：Non Dispersive Infrared）的分析儀（NDIR分析儀）。然而，在NDIR分析儀中，解析度（靈敏度）不足以高精度地測定端點。特別是近年來，半導體的微細化不斷發展，隨著半導體節點（最小線寬）變小，由解析度（靈敏度）的不足引起的測定誤差變大。

【0005】

[先前技術文獻]

[專利文獻]

專利文獻1：日本特開2002-170812號公報。

【發明內容】

[技術問題]

【0006】 因此，本發明是為了解決上述問題而完成的，其主要課題在於高精度地監測對被處理物進行處理的製程中的針對被處理物的處理量。

[技術方案]

【0007】 即，本發明的分析裝置具備：測定部，其測定在處理被處理物的製程中對被處理物進行處理時產生的反應生成物的濃度、分壓或者與濃度、分壓相關聯的值；以及運算部，其使用所述測定部的輸出值來計算針對所述被處理物的處理量，所述測定部具有：雷射光源，其對包含所述反應生成物的測定對象氣體照射雷射；光檢測器，其檢測透過所述測定對象氣體的雷射；以及訊號處理部，其基於所述光檢測器的檢測訊號來計算所述反應生成物的濃度、分壓或者與濃度、分壓相關聯的值，所述運算部具有：時間積分部，其計算對所述測定部的輸出值進行時間積分而得的時間積分值；關聯資料儲存部，其儲存關聯資料，所述關聯資料示出對所述測定部的輸出值進行時間積分而得的時間積分值與針對所述被處理物的處理量之間的關係；以及處理量計算部，其根據由所述時間積分部獲得的時間積分值和所述關聯資料來計算針對所述被處理物的處理量。

【0008】 根據這樣的分析裝置，藉由雷射分光法來測定在處理被處理物的製程中對被處理物進行處理時產生的反應生成物，因此能夠高精度地測定反應生成物的濃度、分壓或者與濃度、分壓相關聯的值。並且，使用對測定部的輸出值進行時間積分而得的時間積分值與針對被處理物的處理量之間的關係來計算出針對被處理物的處理量，因此能夠高精度地監測針對被處理物的處理量。

【0009】 優選所述運算部還具備處理判定部，所述處理判定部基於所述

測定部的輸出值的時間變化來判定針對所述被處理物的處理速度發生了變化這一情況。

【0010】根據該構成，例如在對同一膜或物質進行處理時，在測定部的輸出值發生了變化的情況下，可知該膜或物質的處理速度有變化。

【0011】如上所述，例如在蝕刻製程等半導體製程中，認為被處理物的處理速度（蝕刻速率（**etch rate**））在面記憶體在偏差。為了計算該面內的偏差，首選所述運算部還具備偏差計算部，所述偏差計算部基於所述測定部的輸出值的時間變化來計算所述被處理物的面內的處理量的偏差。

【0012】為了藉由多重反射方式的雷射分光法更高精度地測定反應生成物的濃度、分壓或者與它們相關聯的值，首選所述測定部還具有多重反射鏡，所述雷射光源使雷射入射到所述多重反射鏡之間，所述光檢測器檢測從所述多重反射鏡之間射出的光。

【0013】例如在蝕刻製程等半導體製程中，認為被處理物的處理速度（蝕刻速率）在面記憶體在偏差。而且，該處理速度的面內分佈能夠根據反應生成物的產生情況來判斷，反應生成物的產生情況能夠根據測定部的輸出值來判斷。因此，首選所述運算部還具備均勻性判定部，該均勻性判定部基於所述測定部的輸出值的時間變化來判定針對所述被處理物的處理量的均勻性。

【0014】作為具體實施方式，考慮所述均勻性判定部基於所述測定部的輸出值的時間變化的斜率來判定針對被處理物的處理量的均勻性。

【0015】例如，考慮被處理物具有第一層和位於該第一層之下的第二層，由第一層的蝕刻產生的反應生成物的單位時間的產生量與由第二層的蝕刻產生的反應生成物的單位時間的產生量不同的情況。在該情況下，如果蝕刻速率的面內分佈的均勻性高，則在蝕刻的層從第一層變化為第二層時，測定部的輸出值的時間變化的斜率的大小變大。另一方面，如果蝕刻速率的面內分佈的均勻性低，則在蝕刻的層從第一層變化為第二層時，測定部的輸出

值的時間變化的斜率的大小變小。

【0016】為了降低由附著於處理室內的成分和/或光學窗的污垢等引起的誤差因素，高精度地測定反應生成物，優選所述測定部具有在未對所述被處理物進行處理的狀態下進行零點(zero)校正的零點校正功能。更具體而言，優選所述測定部具有零點校正功能，該零點校正功能在處理室內不存在反應生成物的狀態、例如在下述(1)或(2)的狀態下進行零點校正：(1)對被處理物不進行處理且處理室被抽成真空；(2)對被處理物不進行處理且在處理室內流通有氮氣和/或氬氣等惰性氣體。

【0017】考慮在所述雷射光源中使用半導體雷射器，該半導體雷射器優選為量子級聯雷射器。

【0018】量子級聯雷射器是唯一能夠在室溫下使中紅外區域的波長振盪的實用半導體雷射器，由於大量氣體分子在中紅外區域具有較大的吸收，因此能夠實現分析儀的提高。

【0019】另外，作為上述分析裝置的關聯資料的製作方法，例如考慮如下方法：使用橢偏儀等，對處理過的被處理物測定多個點處的處理量，獲取這些多個點處的處理量的平均值與測定部的輸出值的時間積分值之間的相關性。

【0020】然而，存在需要對多個點的處理量進行測定，不僅作業變得繁雜，還有可能因進行平均而產生誤差的問題。

【0021】因此，本發明的分析裝置的關聯資料的製作方法的特徵在於，在處理被處理物的製程中對被處理物進行處理，對所述測定部的輸出值進行時間積分而計算時間積分值，根據處理過的所述被處理物的重量來計算處理量，根據計算出的時間積分值和計算出的處理量來生成所述關聯資料。

【0022】根據這樣的分析裝置的關聯資料的製作方法，根據處理過的被處理物的重量計算處理量，因此關聯資料的製作變得簡單，另外，能夠製作

準確的關聯資料。

【0023】並且，本發明的分析方法使用了測定部，該測定部測定在處理被處理物的製程中對被處理物進行處理時產生的反應生成物的濃度、分壓或者與濃度、分壓相關聯的值，所述測定部具有：雷射光源，其對包含所述反應生成物的測定對象氣體照射雷射；光檢測器，其對透過所述測定對象氣體的雷射進行檢測；以及訊號處理部，其基於所述光檢測器的檢測訊號來計算所述反應生成物的濃度、分壓或者與濃度、分壓相關聯的值，所述分析方法計算對所述測定部的輸出值進行時間積分而得的時間積分值，使用關聯資料來計算針對所述被處理物的處理量，所述關聯資料示出對所述測定部的輸出值進行時間積分而得的時間積分值與針對所述被處理物的處理量之間的關係。

【0024】此外，本發明的分析程式用於分析裝置，所述分析裝置具備測定部，所述測定部測定在處理被處理物的製程中對所述被處理物進行處理時產生的反應生成物的濃度、分壓或者與濃度、分壓相關聯的值，所述分析程式用於使用所述測定部的輸出值來計算針對所述被處理物的處理量，所述測定部具有：雷射光源，其對包含所述反應生成物的測定對象氣體照射雷射；光檢測器，其對透過所述測定對象氣體的雷射進行檢測；以及訊號處理部，其基於所述光檢測器的檢測訊號來計算所述反應生成物的濃度、分壓或者與濃度、分壓相關聯的值，所述分析程式的特徵在於，使電腦作為時間積分部、關聯資料儲存部以及處理量計算部發揮功能，所述時間積分部計算對所述測定部的輸出值進行時間積分而得的時間積分值，所述關聯資料儲存部儲存關聯資料，所述關聯資料示出對所述測定部的輸出值進行時間積分而得的時間積分值與針對所述被處理物的處理量之間的關係，所述處理量計算部根據由所述時間積分部得到的時間積分值和所述關聯資料來計算針對所述被處理物的處理量。

[發明效果]

【0025】 根據這樣構成的本發明，能夠高精度地監測處理被處理物的製程中的針對被處理物的處理量。

【圖式簡單說明】

【0026】 圖1是示出本發明的一個實施方式的分析裝置的示意圖。

【0027】 圖2是該實施方式中的測定部的訊號處理裝置和運算部的功能結構圖。

【0028】 圖3是示出該實施方式的雷射振盪波長的調製方法的示意圖。

【0029】 圖4是示出該實施方式的振盪波長、光強度 $I(t)$ 、對數強度 $L(t)$ 、特徵訊號 $F_i(t)$ 、相關值 S_i 的一例的時間序列曲線圖表。

【0030】 圖5是示出使用該實施方式的單獨相關值和樣品相關值計算濃度或分壓的概念圖。

【0031】 圖6示出該實施方式的測定部的輸出值與蝕刻速率之間的相關性、以及以往的電漿發光監視器(OES)的輸出值與蝕刻速率之間的相關性的實驗結果。

【0032】 圖7是變形實施方式的測定部的訊號處理裝置和運算部的功能結構圖。

【0033】 圖8是示出變形實施方式的蝕刻的各階段和這些各階段中的測定部的輸出值的圖。

【0034】 圖9的(a)是變形實施方式的運算部的功能結構圖，圖9的(b)是對處理判定進行說明的圖。

【0035】 圖10的(a)是變形實施方式的運算部的功能結構圖，圖10的(b)是對偏差計算進行說明的圖。

【0036】 圖11是示出變形實施方式的蝕刻的終點(端點)的計算方法的圖。

【實施方式】

【0037】 以下，參照圖式對本發明的分析裝置的一個實施方式進行說明。

【0038】 應予說明，關於以下所示的任一圖，為了容易理解，均適當省略或誇張地進行示意性的描繪。對相同的構成要素標注相同的符號並適當省略說明。

【0039】 本實施方式的分析裝置100用於監測被蝕刻的被處理物W的蝕刻深度。該分析裝置100測定對被處理物W進行蝕刻時產生的反應生成物的濃度、分壓或者與濃度、分壓相關聯的值，使用表示該濃度、分壓或者與濃度、分壓相關聯的值的輸出值來求出蝕刻深度。

【0040】 在此，如圖1所示，分析裝置100構成為嵌入到進行蝕刻的處理室PC的排氣管H而設置，對在該排氣管H中流動的氣體（以下稱為測定對象氣體）所包含的反應生成物進行分析。應予說明，在本實施方式中，在排氣管H設置有渦輪分子泵TMP和乾泵DP，分析裝置100設置於渦輪分子泵TMP與乾泵DP之間，但不限於此。

【0041】 具體而言，如圖1和圖2所示，分析裝置100具備測定部2和運算部3，所述測定部2測定對被處理物W進行蝕刻時產生的反應生成物的濃度、分壓或者與濃度、分壓相關聯的值，所述運算部3使用測定部2的輸出值來計算被處理物W的蝕刻深度。

【0042】 <測定部2的構成>

【0043】 測定部2對測定對象氣體中所包含的反應生成物（在此為 SiF_4 ）的濃度進行連續測定，例如使用紅外雷射吸收調製法（參照日本專利6886507號；IRLAM（Infrared Laser Absorption Modulation））。

【0044】 具體而言，如圖1和圖2所示，測定部2具有：測定池21，其具有隔著測定對象氣體而設置的一對多重反射鏡M1、M2；半導體雷射器22，其向測定池21照射雷射而使雷射入射到一對多重反射鏡M1、M2之間；光檢測器

23，其對從一對多重反射鏡M1、M2之間射出並藉由測定池21的雷射進行檢測；以及訊號處理裝置24，其基於光檢測器23的檢測訊號計算反應生成物的濃度或分壓。

【0045】測定池21藉由在內部設置一對多重反射鏡M1、M2而對雷射進行多重反射，被稱為所謂的赫裡奧特池（Herriott cell）。應予說明，測定池21除了赫裡奧特池以外，也可以是具有隔著測定對象氣體而設置的多個多重反射鏡的白色池，還可以是具有包圍測定對象氣體的圓環狀的多重反射鏡的環形池。

【0046】半導體雷射器22是量子級聯雷射器（Quantum Cascade Laser）。量子級聯雷射器是使用了基於多級量子阱結構的子帶間躍遷的半導體雷射器，在約 $4\mu\text{m}$ ~約 $20\mu\text{m}$ 的波長範圍使特定的波長的雷射振盪。該半導體雷射器22能夠根據所施加的電流（或電壓）來調製（改變）振盪波長。

【0047】在此，光檢測器23使用比較廉價的熱電堆等熱型的光檢測器，但也可以使用其他類型的光檢測器，例如回應性良好的HgCdTe、InGaAs、InAsSb、PbSe等量子型光電元件。

【0048】訊號處理裝置24具備由緩衝器、放大器等構成的類比電氣電路、由CPU、記憶體等構成的數位電氣電路、以及在這些類比/數位電氣電路間進行中繼的AD轉換器、DA轉換器等。

【0049】而且，訊號處理裝置24藉由使CPU和/或其周邊設備按照儲存於所述記憶體的預定區域的預定的程式進行協作，如圖2所示，作為光源控制部241和/或訊號處理部242發揮功能，所述光源控制部241控制半導體雷射器22的輸出，所述訊號處理部242接收光檢測器23的檢測訊號並對其值進行運算處理從而計算測定對象成分的濃度、分壓或者與濃度、分壓相關聯的值。應予說明，與濃度或分壓相關聯的值包括例如吸收強度等與濃度或分壓具有相關性的值。

【0050】 以下對各部分進行詳細敘述。以下，以訊號處理部242計算測定對象成分的濃度為例進行說明。

【0051】 光源控制部241藉由輸出電流（或電壓）控制訊號來控制半導體雷射器22的電流源（或電壓源）。具體而言，光源控制部241使半導體雷射器22的驅動電流（或驅動電壓）以預定頻率進行變化，使從半導體雷射器22輸出的雷射的振盪波長相對於中心波長以預定頻率進行調製（參照圖3）。由此，半導體雷射器22射出以預定的調製頻率進行調製後的調製光。

【0052】 在該實施方式中，光源控制部241使驅動電流變化為三角波狀，將振盪頻率調製為三角波狀（參照圖4的“振盪波長”）。實際上，以振盪頻率成為三角波狀的方式，利用其他函數進行驅動電流的調製。另外，如圖3所示，雷射的振盪波長以測定對象成分的光吸收光譜的峰為中心波長進行調製。此外，光源控制部241可以使驅動電流變化為正弦波狀或鋸齒波狀，或者任意的函數狀，將振盪頻率調製為正弦波狀或鋸齒波狀或者任意的函數狀。

【0053】 訊號處理部242由對數運算部242a、相關值計算部242b、儲存部242c、濃度計算部242d等構成。

【0054】 對數運算部242a對作為光檢測器23的檢測訊號的光強度訊號實施對數運算。示出由光檢測器23獲得的光強度訊號的隨時間變化的函數 $I(t)$ 成為圖4的“光強度 $I(t)$ ”那樣，藉由實施對數運算，成為圖4的“對數強度 $L(t)$ ”那樣。

【0055】 相關值計算部242b分別計算與在測定對象氣體的測定時獲得的樣品光的強度相關聯的強度關聯訊號與多個預定的特徵訊號之間的相關值。特徵訊號是用於藉由與強度關聯訊號取得相關性從而提取強度關聯訊號的波形特徵的訊號。作為特徵訊號，例如能夠使用正弦波訊號和/或除此以外的與從強度關聯訊號提取的波形特徵相匹配的各種訊號。在此，相關值計算部62將進行了對數運算的光強度訊號（對數強度 $L(t)$ ）用作強度關聯訊號。

【0056】 另外，相關值計算部242b使用特徵訊號 $F_i(t)$ ($i=1, 2, \dots, n$)，藉由下式（數學式1），分別計算出作為樣品光的強度關聯訊號與多個特徵訊號之間的相關值的多個樣品相關值 S_i ，所述特徵訊號的數量比測定對象成分（在本實施方式中為反應生成物）的種類數和干擾成分的種類數相加而得的數量大。應予說明，數學式1中的T是調製的週期。

【0057】 [數學式1]

$$S_i = \int_0^T L(t) \cdot F_i(t) dt \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$
$$R_i = \int_0^T L_0(t) \cdot F_i(t) dt \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$
$$S_i' = S_i - R_i$$

【0058】 相關值計算部242b在計算樣品相關值時，如數學式1所示，優選計算出從樣品光的強度關聯訊號 $L(t)$ 與多個特徵訊號 $F_i(t)$ 之間的相關值 S_i 減去參考光的強度關聯訊號 $L_0(t)$ 與多個特徵訊號 $F_i(t)$ 之間的相關值即參考相關值 R_i 而得的校正後的樣品相關值 S_i' 。由此，去除樣品相關值中包含的偏移，成為與測定對象成分和干擾成分的濃度成比例的相關值，能夠降低測定誤差。應予說明，也可以是不減去參考相關值的構成。

【0059】 在此，參考光的獲取時刻與樣品光同時，均為測定的前後或任意的時刻。參考光的強度關聯訊號或參考相關值也可以預先獲取並儲存於儲存部52c。另外，關於同時獲取參考光的方法，例如考慮設置兩個光檢測器23，利用分束器等使來自半導體雷射器22的調製光分支，將一支調製光用作樣品光測定，將另一支調製光用作參考光測定。

【0060】 在本實施方式中，相關值計算部242b使用比正弦函數更容易捕捉對數強度 $L(t)$ 的波形特徵的函數作為多個特徵訊號 $F_i(t)$ 。在是包含測定對象成分和一個干擾成分的樣品氣體的情況下，考慮使用兩個以上的特徵訊號 $F_1(t)$ 、 $F_2(t)$ ，作為兩個特徵訊號 $F_1(t)$ 、 $F_2(t)$ ，例如考慮使用基於接近吸收光譜的形狀的洛倫茲（Lorentz）函數的函數和基於該洛倫茲函數

的函數的微分函數。另外，作為特徵訊號，也能夠使用基於福格特（Voigt）函數的函數或基於高斯函數的函數等來代替基於洛倫茲函數的函數。藉由將這樣的函數用於特徵訊號，與使用正弦函數時相比，能夠得到更大的相關值，能夠提高測定精度。

【0061】這裡，關於特徵訊號，首選以在去除直流成分、即以調製週期進行積分時為零的方式調整偏移。由此，能夠去除由光強度的變動引起的強度關聯訊號附加偏移時的影響。應予說明，也可以去除強度關聯訊號的直流成分以代替去除特徵訊號的直流成分，還可以關於特徵訊號和強度關聯訊號雙方都去除直流成分。另外，作為特徵訊號，也可以分別使用測定對象成分和/或干擾成分的吸收訊號的樣品值、或者對它們進行模擬而得的值。

【0062】應予說明，藉由將兩個特徵訊號 $F_1(t)$ 、 $F_2(t)$ 設為相互正交的正交函數列或者接近正交函數列的函數列，能夠更高效地提取對數強度 $L(t)$ 的特徵，能夠使藉由後述的聯立方程式獲得的濃度精度高。

【0063】儲存部242c儲存單獨相關值，該單獨相關值是根據測定對象成分和各干擾成分單獨存在的情況下的各自的強度關聯訊號和多個特徵訊號 $F_i(t)$ 求出的測定對象成分和各干擾成分各自的單位濃度的相關值。用於求出該單獨相關值的多個特徵訊號 $F_i(t)$ 與在相關值計算部242b中使用的多個特徵訊號 $F_i(t)$ 相同。

【0064】這裡，儲存部242c在儲存單獨相關值時，首選儲存從測定對象成分和各干擾成分單獨存在的情況下的相關值中減去參考相關值後，按照單位濃度進行換算而得的校正後的單獨相關值。由此，去除單獨相關值中所包含的偏移，成為與測定對象成分和干擾成分的濃度成比例的相關值，能夠降低測定誤差。應予說明，也可以是不減去參考相關值的構成。

【0065】濃度計算部242d使用由相關值計算部242b獲得的多個樣品相關值來計算測定對象成分的濃度。

【0066】 具體而言，濃度計算部242d基於由相關值計算部242b獲得的多個樣品相關值和儲存於儲存部242c的多個單獨相關值來計算測定對象成分的濃度。更詳細而言，濃度計算部242d藉由求解由藉由相關值計算部242b獲得的多個樣品相關值、儲存於儲存部242c的多個單獨相關值、測定對象成分和各干擾成分各自的濃度構成的聯立方程式來計算出測定對象成分的濃度。應予說明，在圖5中示出濃度計算部242d的使用了單獨相關值和樣品相關值的濃度或分壓計算的概念圖。

【0067】 在測定對象氣體中包含一個測定對象成分（在此為 SiF_4 ）和一個干擾成分的情況下，濃度計算部242d求解由相關值計算部242b計算出的樣品相關值 S_1' 、 S_2' 、儲存部242c的單獨相關值 s_{1t} 、 s_{2t} 、 s_{1i} 、 s_{2i} 、測定對象成分的濃度 C_{tar} 以及各干擾成分的濃度 C_{int} 構成的以下的二元聯立方程式。應予說明， s_{1t} 是第一個特徵訊號中的測定對象成分的單獨相關值， s_{2t} 是第二個特徵訊號中的測定對象成分的單獨相關值， s_{1i} 是第一個特徵訊號的干擾成分的單獨相關值， s_{2i} 是第二個特徵訊號中的干擾成分的單獨相關值。

【0068】 [數學式2]

$$\begin{aligned} s_{1t}C_{tar} + s_{1i}C_{int} &= S_1' \\ s_{2t}C_{tar} + s_{2i}C_{int} &= S_2' \end{aligned}$$

【0069】 由此，藉由求解上式（數學式2）的聯立方程式這樣簡單且可靠的運算，能夠確定消除了干擾影響而得的測定對象成分（反應生成物）的濃度 C_{tar} 。

【0070】 應予說明，即使在能夠設想存在兩個以上的干擾成分的情況下，藉由僅追加與干擾成分的數量相應的單獨相關值，求解與成分種類的數量相同的元數的聯立方程式，從而也能夠同樣地確定去除了干擾影響的測定對象成分的濃度。

【0071】 <運算部3的構成>

【0072】接著，對使用測定部2的輸出值計算出被處理物W的蝕刻深度的運算部3進行說明。在此，測定部2的輸出值是由訊號處理部242獲得的反應生成物的濃度或與該濃度相關聯的值。

【0073】運算部3具備由緩衝器、放大器等構成的類比電氣電路、由CPU、記憶體等構成的數位電氣電路、以及在這些類比/數位電氣電路間進行中繼的AD轉換器、DA轉換器等。

【0074】而且，運算部3藉由使CPU和/或其周邊的設備按照儲存於所述記憶體的預定區域的分析用程式進行協作，如圖2所示，運算部3具有：關聯資料儲存部31，其儲存用於求出蝕刻深度（處理量）的關聯資料；時間積分部32，其計算對測定部2的輸出值進行時間積分而得的時間積分值；以及深度計算部（處理量計算部）33，其根據由時間積分部32獲得的時間積分值和關聯資料來計算蝕刻深度（處理量）。

【0075】關聯資料儲存部31儲存有關聯資料，所述關聯資料示出對測定部2的輸出值進行時間積分而得的時間積分值與蝕刻深度之間的關係。該關聯資料被預先製作並儲存於關聯資料儲存部31。

【0076】在此，對關聯資料的製作方法進行說明。

【0077】首先，對被處理物W進行蝕刻，對測定部2的輸出值進行時間積分（0~t₁），從而計算出時間積分值G_{t1}。

【0078】另外，測定被蝕刻的被處理物W的重量W_{t1}，計算與初始重量W₀之間的差值（W₀-W_{t1}）。然後，使用被處理物（被蝕刻的膜）的密度ρ和被蝕刻的區域的面積A，藉由下式求出蝕刻深度d。

$$d_{t1} = (W_0 - W_{t1}) / (\rho \times A)$$

【0079】接下來，根據計算出的時間積分值G_{t1}和計算出的蝕刻深度d_{t1}生成關聯資料。如上所述，該關聯資料既能夠使用到時間t₁為止的一組資料（G_{t1}，d_{t1}）來製作，也能夠使用多個時刻（t₁，t₂，...t_n）的多組資料（G_{t1}，

d_{t1}) ~ (G_{tn} , d_{tn}) 來製作。另外，關聯資料可以考慮分別與被處理物W的層結構和/或材質等的種類匹配而製作。

【0080】時間積分部32接收測定部2的輸出值，對該輸出值進行時間積分而計算時間積分值 G_T 。在此，時間積分部32以從蝕刻開始起的經過時間 T_E 對測定部2的輸出值進行時間積分。本實施方式中的測定部2的輸出值是由濃度計算部242d計算出的濃度。

【0081】深度計算部（處理量計算部）33接收由時間積分部32獲得的時間積分值 G_T ，根據儲存於關聯資料儲存部31的關聯資料計算蝕刻深度 d_T 。應予說明，由深度計算部33獲得的蝕刻深度 d_T 可以顯示於顯示器等顯示部4，也可以例如如向其他裝置發送資料等那樣以其他方式輸出。此外，在顯示部4中，既可以顯示表示測定部2的輸出值或其經時變化的圖表，也可以顯示蝕刻速率。另外，運算部3也可以具有通知部，該通知部在滿足由深度計算部33獲得的蝕刻深度 d_T 超過預定的閾值等預定的條件的情況下發出警報等。

【0082】<本實施方式的效果>

【0083】根據這樣構成的本實施方式的分析裝置100，藉由多重反射方式的半導體雷射分光法測定在對被處理物W進行蝕刻時產生的反應生成物，因此能夠高精度地測定反應生成物的濃度或分壓。而且，由於使用對測定部2的輸出值進行時間積分而得的時間積分值與蝕刻深度之間的關係來計算蝕刻深度，因此能夠高精度地監測蝕刻深度。

【0084】特別是在本實施方式中，由於在測定部2使用IRLAM，因此能夠降低由與作為測定對象成分的反應生成物不同的干擾成分引起的干擾影響。其結果是，能夠高精度地測定反應生成物的濃度，使關聯資料成為精度良好的資料，另外，能夠高精度地計算蝕刻深度。

【0085】在此，在圖6中示出表示該實施方式的測定部（IRLAM）的輸出值與蝕刻速率之間的相關性、以往的電漿發光監視器（OES）的輸出值與蝕

刻速率之間的相關性的實驗結果。在“第一個”和“第二個”中以相同的蝕刻條件對相同結構的被處理物進行蝕刻，分別求出本實施方式的測定部2與蝕刻速率的之間的相關性（IRLAM vs ER）、以往的電漿發光監視器（OES）與蝕刻速率的之間相關性（OES vs ER）。

【0086】 在本實施方式的測定部2中，可知蝕刻速率與輸出值之間的相關性具有再現性，另外，可知在蝕刻速率與輸出值之間的相關性中始終線性良好。如此，由於蝕刻速率與輸出值之間的相關性具有再現性，因此可知蝕刻速率的時間積分值（蝕刻深度）與輸出值的时间積分值之間的相關性也具有再現性。另一方面，在以往的電漿發光監視器（OES）中，蝕刻速率與輸出值之間的相關性沒有再現性，根據情況，斜率的符號（±）會發生變化。

【0087】 <其他實施方式>

【0088】 例如，如圖7所示，運算部3可以還具備均勻性判定部34，所述均勻性判定部34基於測定部2的輸出值的时间變化來判定蝕刻的均勻性。該均勻性判定部34基於測定部2的輸出值的时间變化的斜率來判定蝕刻的均勻性。

【0089】 在此，在對被處理物進行蝕刻的情況下，根據蝕刻速率的面內分佈，測定部2的輸出值（在此為SiF₄的分壓）變成如圖8所示，所述被處理物在Si基板上形成有SiO₂膜的半導體基板上形成有抗蝕劑膜。

【0090】 在圖8中，（1）、（2）是在半導體基板中僅SiO₂膜被蝕刻的狀態，（3）是在半導體基板中SiO₂膜和Si基板均被蝕刻的狀態。另外，（4）（5）是在半導體基板中SiO₂膜的蝕刻結束後僅繼續Si基板的蝕刻的狀態。根據（3）的輸出值的时间變化的斜率，能夠對蝕刻的均勻性進行判定。在（3）的輸出值的时间變化的斜率大的情況下，表示蝕刻的面內分佈的均勻性高，在所述斜率小的情況下，表示蝕刻的面內分佈的均勻性低。

【0091】 例如，考慮均勻性判定部34將因蝕刻的層變化而引起的輸出值的时间變化的斜率與預定的閾值進行比較，判定蝕刻的面內分佈的均勻性。

【0092】另外，運算部3也可以還具備處理判定部35，該處理判定部35基於測定部2的輸出值的時間變化來判定針對被處理物的處理速度發生了變化這一情況。

【0093】例如在蝕刻中的膜厚已知的情況下，該處理判定部35基於正在對同一種膜進行蝕刻的過程中的測定部2的輸出值的時間變化來判定蝕刻速率發生了變化這一情況。具體而言，認為只要不改變蝕刻的條件，正在對同一種膜進行蝕刻的過程中的測定部2的輸出值恆定或大致恆定。此時，如圖9所示，在該輸出值增加或減小了預定值以上的情況下，處理判定部35判定為蝕刻速率不穩定。應予說明，能夠藉由根據輸出值的時間積分值和關聯資料求出蝕刻深度，並將蝕刻深度與已知的膜厚進行比較來進行判定，判定不是蝕刻的膜變化的過渡期間的輸出值，而是同一種膜正在被蝕刻過程中的輸出值。即，如果根據輸出值的時間積分值和關聯資料求出的蝕刻深度比已知的膜厚小，則能夠判定為同一種膜正在被蝕刻的過程中。

【0094】進而，運算部3還可以具備偏差計算部36，該偏差計算部36基於測定部2的輸出值的時間變化來計算被處理物的面內的處理量的偏差。

【0095】如圖10所示，該偏差計算部36能夠根據測定部2的輸出值的第一穩定區間（僅第一層的蝕刻）、繼該穩定區間之後的過渡區間（第一層及其下方的第二層的蝕刻）、繼該過渡區間之後的第二穩定區間（僅第二層的蝕刻），計算最大蝕刻深度和最小蝕刻深度。

【0096】在此，如果將最大蝕刻速率設為 x_1 ，將最小蝕刻速率設為 x_{ave} ，將平均蝕刻速率設為 x_{ave} ，將第一穩定區間的結束時刻設為 t_1 ，將過渡區間的結束時刻設為 t_2 ，則根據測定部2的輸出值的時間積分值 G 求出第一層的膜厚 h ，並成為以下的關係。

$$t_1 = h/x_1, \quad t_2 = h/x_2$$

根據這些數學式，成為 $t_2/t_1 = x_1/x_2$ （ $t_2 : t_1 = x_1 : x_2$ ）。

【0097】由此， $t_2 : t_1 : t_{ave} = x_1 : x_2 : x_{ave}$ ，

由於 t_1 、 t_2 、 x_{ave} 是已知的，根據 $t_{ave} = (t_1 + t_2) / 2$ ，能夠計算 x_1 、 x_2 。應予說明， x_{ave} 可以藉由將根據時間積分值和關聯資料求出的平均蝕刻深度除以時間而求出，也可以根據蝕刻速率與輸出值之間的相關性而求出。

【0098】其結果是，能夠算出最大蝕刻深度（ $x_1 \times t_2$ ）和最小蝕刻深度（ $x_2 \times t_1$ ），能夠判定蝕刻深度的偏差。

【0099】另外，如圖11所示，運算部3也可以藉由對測定部2的輸出值進行一次微分或二次微分來計算蝕刻的終點（端點）。在此，示出了在具有第一層（ SiO_2 ）和第二層（ Si ）的被處理物中，將從第一層（ SiO_2 ）向第二層（ Si ）的過渡期間結束的時刻檢測為端點的例子。

【0100】所述實施方式的測定部2具有在未進行蝕刻的狀態下進行零點校正的零點校正功能。更具體而言，測定部2具有零點校正功能，該零點校正功能在處理室PC內不存在反應生成物的狀態下，例如在下述（1）或（2）的狀態下進行零點校正：（1）對被處理物W不進行處理且處理室PC正在被抽真空；（2）對被處理物W不進行處理且在處理室PC內流通有氮氣和/或氬氣等惰性氣體。由此，能夠降低由附著於處理室PC內的成分和/或光學窗的污垢等引起的誤差因素，能夠高精度地測定反應生成物。

【0101】另外，所述實施方式的測定部2測定反應生成物的濃度或與濃度相關聯的值，但也可以對測定對象氣體的反應生成物的分壓或者與分壓相關聯的值進行測定。在該情況下，測定部2的輸出值是由訊號處理部242獲得的反應生成物的分壓或者與該分壓相關聯的值。

【0102】進而，在所述實施方式中，是將測定部2嵌入設置於處理室PC的排氣管H的結構，但也可以是設置於從排氣管H分支的旁通管的結構，還可以是設置於與排氣管H分開地連接於處理室PC的測定用配管的結構。另外，也可以是在處理室PC的內部設置一對多重反射鏡M1、M2的結構，還可以與

處理室PC的側壁和/或上壁等圍繞壁連接。

【0103】而且，也可以在一個電腦（資訊處理裝置）中具備所述實施方式的測定部2的訊號處理裝置24和運算部3的功能。

【0104】在上述實施方式中，作為半導體製程，以蝕刻處理為例，對計算其蝕刻深度等的構成進行了說明，但也可以是藉由測定在其他半導體製程處理、例如成膜處理中產生的反應生成物來計算成膜量等的構成，還可以是計算處理室或晶片等被處理物的清潔製程的處理量的構成。另外，本發明也能夠應用於有機EL和/或太陽能電池等的製造製程。

【0105】此外，只要不違背本發明的主旨，也可以進行各種實施方式的變形和/或組合。

【符號說明】

【0106】

3：運算部

4：顯示部

21：測定池

22：半導體雷射器

23：光檢測器

24：訊號處理裝置

31：關聯資料儲存部

32：時間積分部

33：深度計算部（處理量計算部）

34：均勻性判定部

35：處理判定部

36：偏差計算部

100：分析裝置

241：光源控制部

242：訊號處理部

242a：對數運算部

242b：相關值計算部

242c：儲存部

242d：濃度計算部

DP：乾泵

H：排氣管

M1、M2：多重反射鏡

PC：處理室

TMP：渦輪分子泵

W：處理物

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種分析裝置，其特徵在於，具備：

測定部，其測定在處理被處理物的製程中對所述被處理物進行處理時產生的反應生成物的濃度、分壓或者與濃度、分壓相關聯的值；以及

運算部，其使用所述測定部的輸出值來計算針對所述被處理物的處理量，所述測定部具有：

雷射光源，其對包含所述反應生成物的測定對象氣體照射雷射；

光檢測器，其檢測透過所述測定對象氣體的雷射；以及

訊號處理部，其基於所述光檢測器的檢測訊號來計算所述反應生成物的濃度、分壓或者與濃度、分壓相關聯的值，所述運算部具有：

時間積分部，其計算對所述測定部的輸出值進行時間積分而得的時間積分值；

關聯資料儲存部，其儲存關聯資料，所述關聯資料示出對所述測定部的輸出值進行時間積分而得的時間積分值與針對所述被處理物的處理量之間的關係；以及

處理量計算部，其根據由所述時間積分部獲得的時間積分值和所述關聯資料來計算針對所述被處理物的處理量。

【請求項2】 如請求項1所述之分析裝置，其中，所述運算部還具備處理判定部，所述處理判定部基於所述測定部的輸出值的時間變化，判定針對所述被處理物的處理速度發生了變化這一情況。

【請求項3】 如請求項1或2所述之分析裝置，其中，所述運算部還具備偏差計算部，所述偏差計算部基於所述測定部的輸出值的時間變化來計算所述被處理物的面內的處理量的偏差。

【請求項4】 如請求項1至3中任一項所述之分析裝置，其中，所述測定部還具有多重反射鏡，所述雷射光源使雷射入射到所述多重反射鏡之間，所述光

檢測器檢測從所述多重反射鏡之間射出的光。

【請求項5】 如請求項1至4中任一項所述之分析裝置，其中，所述運算部還具備均勻性判定部，所述均勻性判定部基於所述測定部的輸出值的時間變化來判定針對所述被處理物的處理量的均勻性。

【請求項6】 如請求項5所述之分析裝置，其中，所述均勻性判定部基於所述測定部的輸出值的時間變化的斜率來判定針對所述被處理物的處理量的均勻性。

【請求項7】 如請求項1至6中任一項所述之分析裝置，其中，所述測定部具有在未對所述被處理物進行處理的狀態下進行零點校正的零點校正功能。

【請求項8】 如請求項1至7中任一項所述之分析裝置，其中，所述製程為蝕刻，針對所述被處理物的處理量為蝕刻深度。

【請求項9】 一種關聯資料的製作方法，其特徵在於，是如請求項1至8中任一項所述之分析裝置的關聯資料的製作方法，所述製作方法包括以下步驟：

在處理被處理物的製程中對所述被處理物進行處理；

對所述測定部的輸出值進行時間積分而計算時間積分值；

根據處理過的所述被處理物的重量計算處理量；以及

根據計算出的時間積分值和計算出的處理量生成所述關聯資料。

【請求項10】 一種分析方法，其特徵在於，使用測定部，所述測定部測定在處理被處理物的製程中對所述被處理物進行處理時產生的反應生成物的濃度、分壓或者與濃度、分壓相關聯的值，所述測定部具有：雷射光源，其對包含所述反應生成物的測定對象氣體照射雷射；光檢測器，其檢測透過所述測定對象氣體的雷射；以及訊號處理部，其基於所述光檢測器的檢測訊號計算所述反應生成物的濃度、分壓或者與濃度、分壓相關聯的值，所述分析方法包括以下步驟：

計算對所述測定部的輸出值進行時間積分而得的時間積分值，使用關聯

資料計算針對所述被處理物的處理量，所述關聯資料示出對所述測定部的輸出值進行時間積分而得的時間積分值與針對所述被處理物的處理量之間的關係。

【請求項11】一種分析用程式，其特徵在於，用於分析裝置，所述分析裝置具備測定部，所述測定部測定在處理被處理物的製程中對所述被處理物進行處理時產生的反應生成物的濃度、分壓或者與濃度、分壓相關聯的值，所述分析用程式使用所述測定部的輸出值來計算針對所述被處理物的處理量，所述測定部具有：

雷射光源，其對包含所述反應生成物的測定對象氣體照射雷射；

光檢測器，其檢測透過所述測定對象氣體的雷射；以及

訊號處理部，其基於所述光檢測器的檢測訊號計算所述反應生成物的濃度、分壓或者與濃度、分壓相關聯的值，所述分析用程式使電腦作為時間積分部、關聯資料儲存部和處理量計算部發揮功能，所述時間積分部計算對所述測定部的輸出值進行時間積分而得的時間積分值，所述關聯資料儲存部儲存關聯資料，所述關聯資料示出對所述測定部的輸出值進行時間積分而得的時間積分值與針對所述被處理物的處理量之間的關係，所述處理量計算部根據由所述時間積分部得到的時間積分值和所述關聯資料來計算針對所述被處理物的處理量。

【發明圖式】

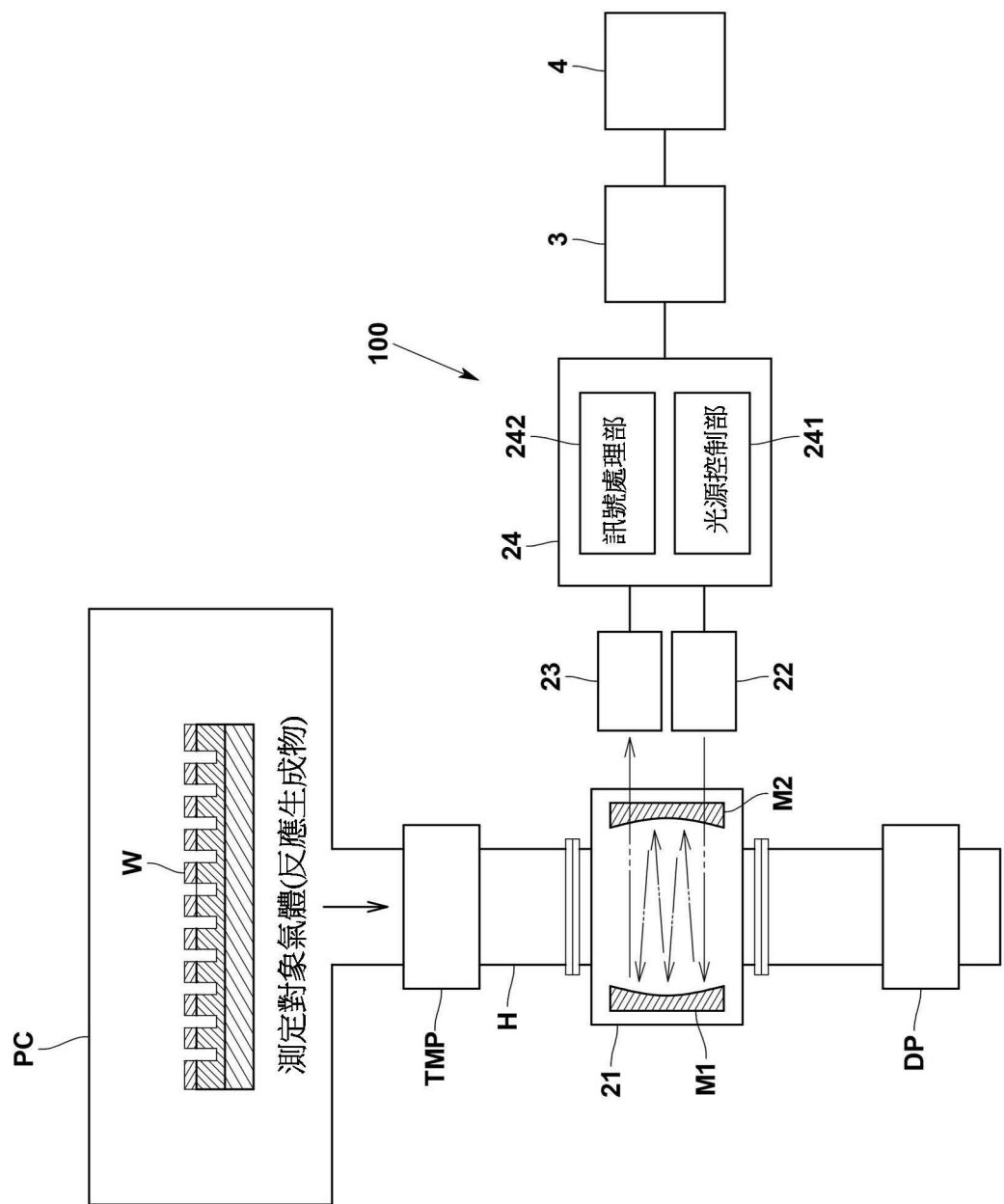


圖1

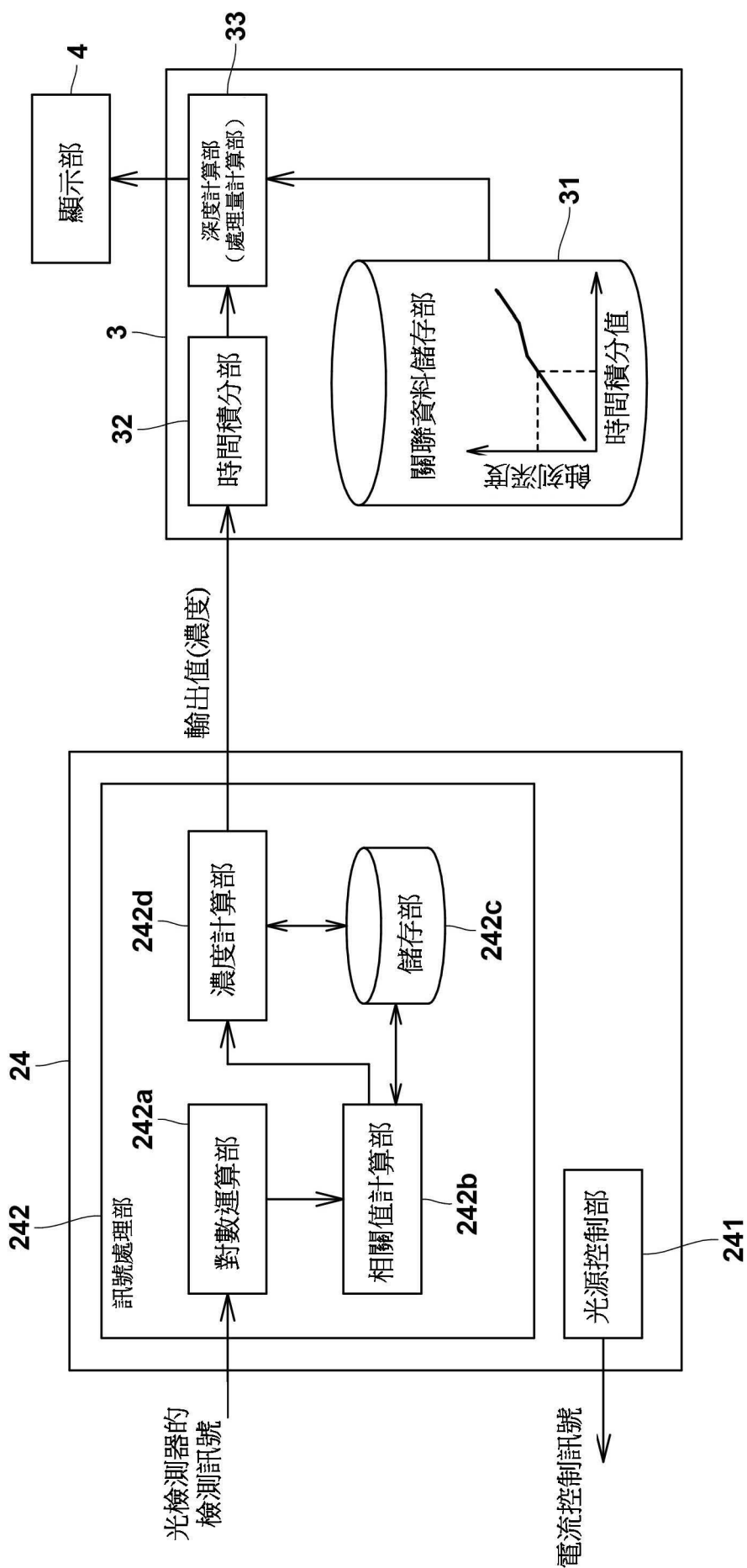


圖2

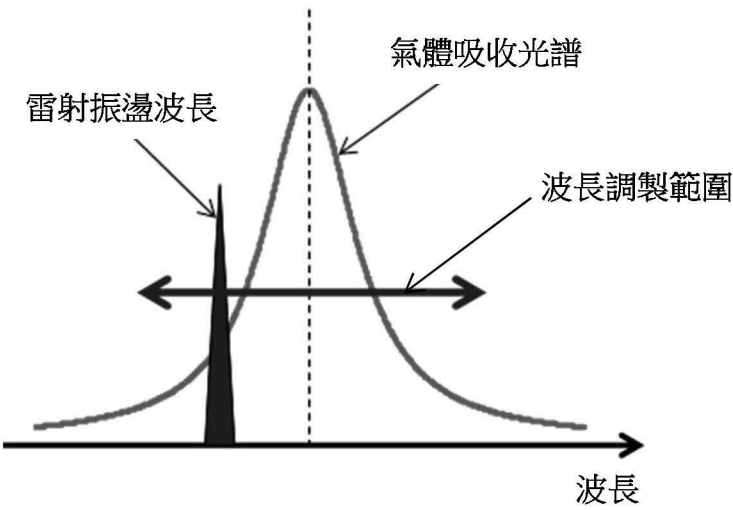


圖3

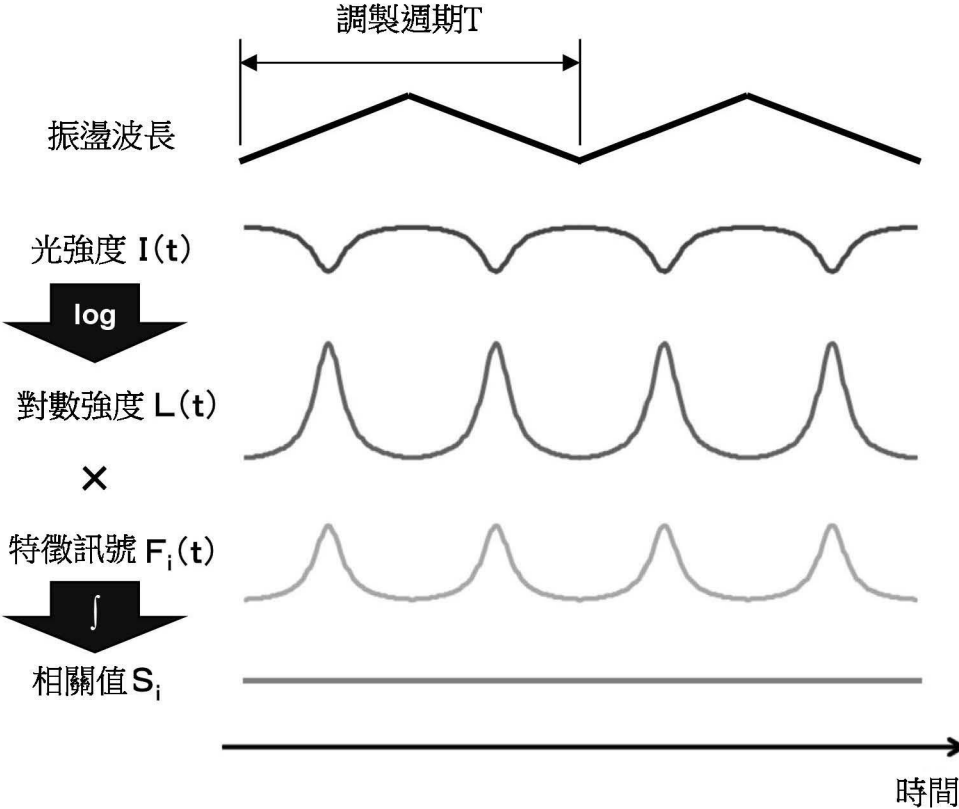


圖4

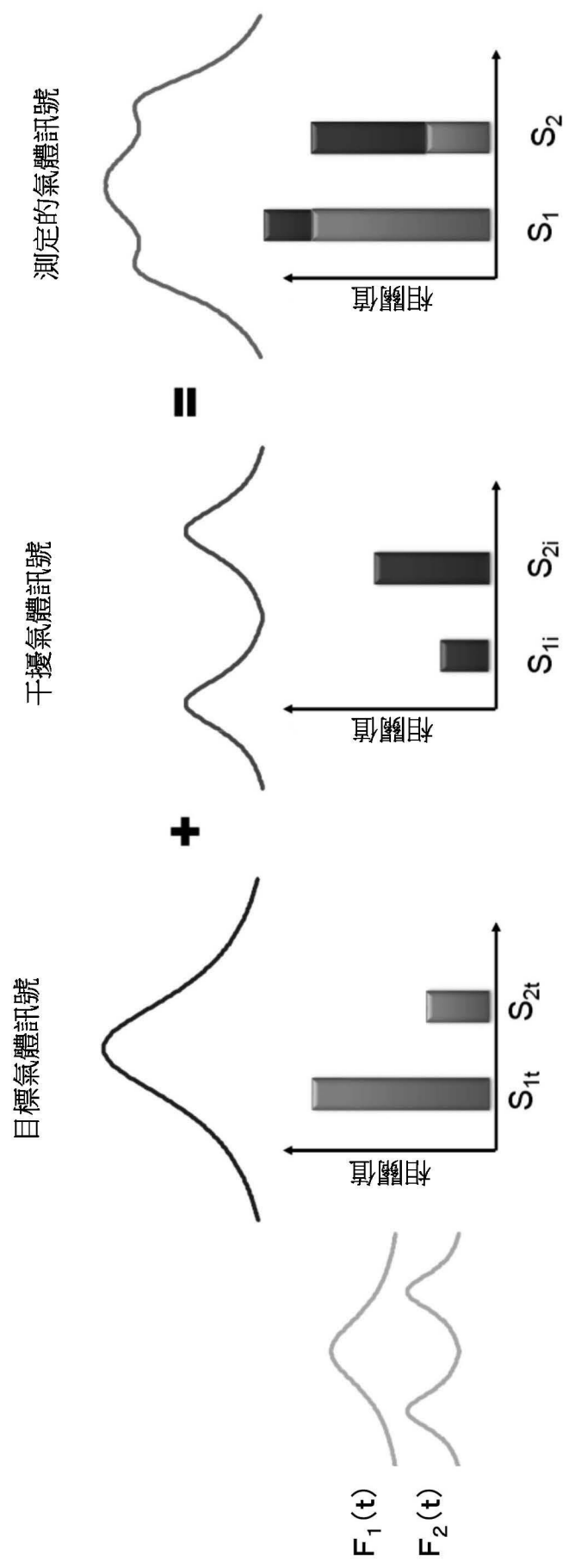


圖5

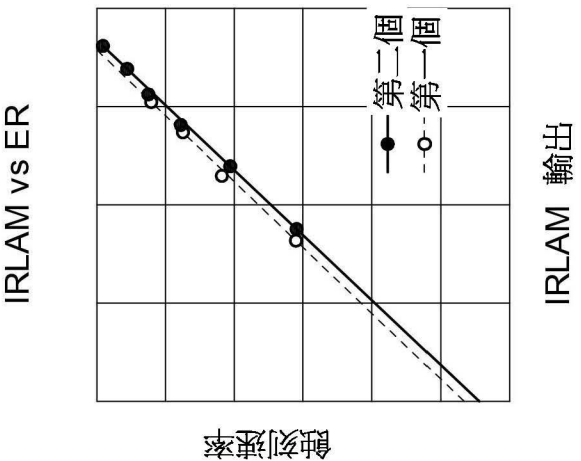
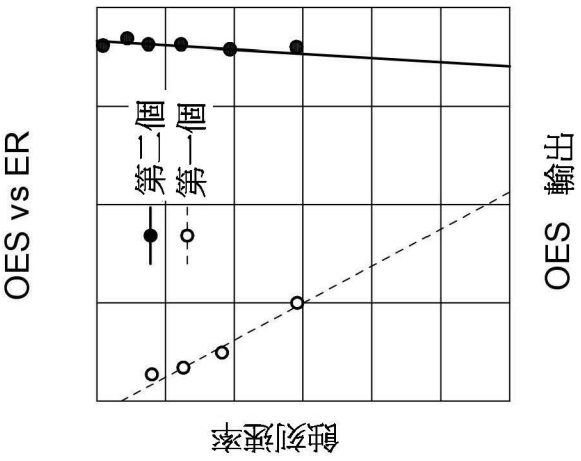


圖6

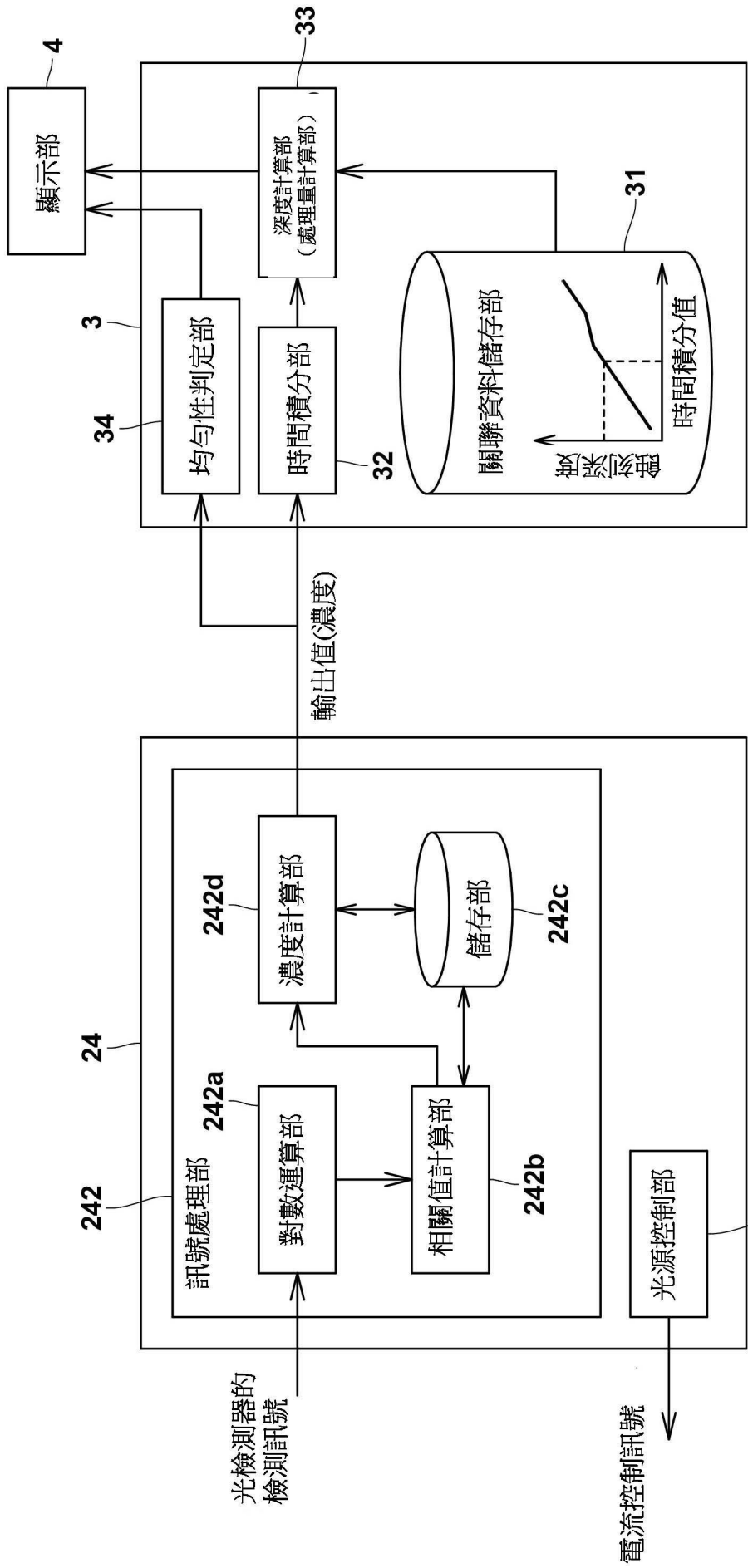


圖7

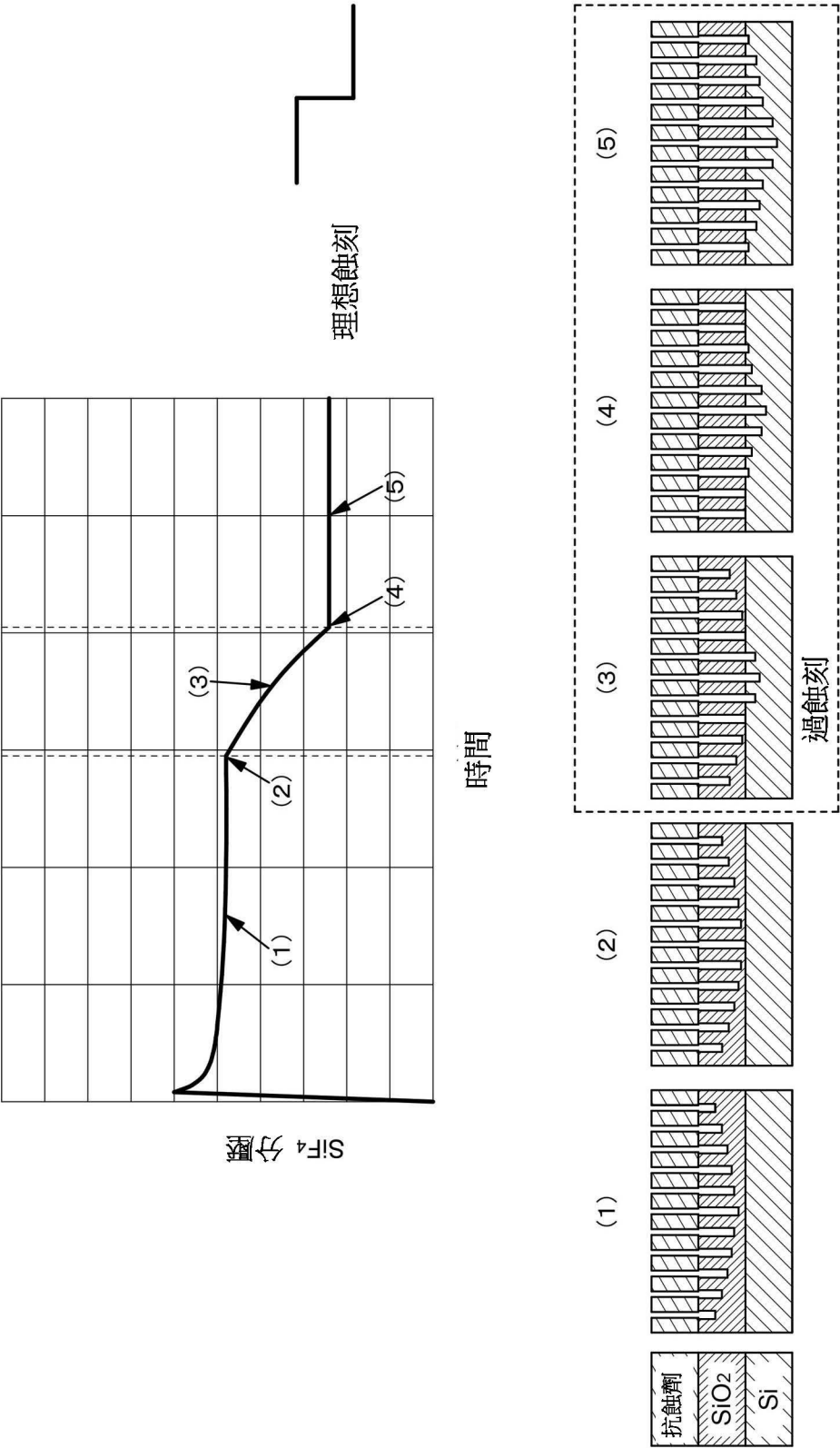
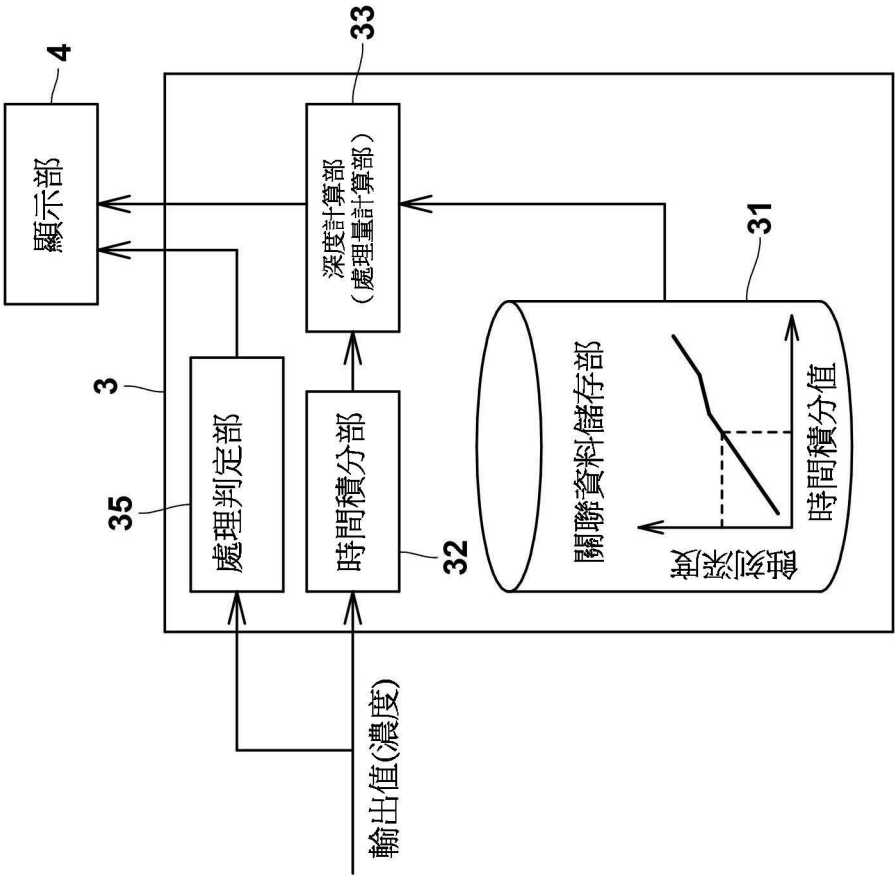


圖8

(a) 運算部的功能構成圖



(b) 對處理判定進行說明的圖

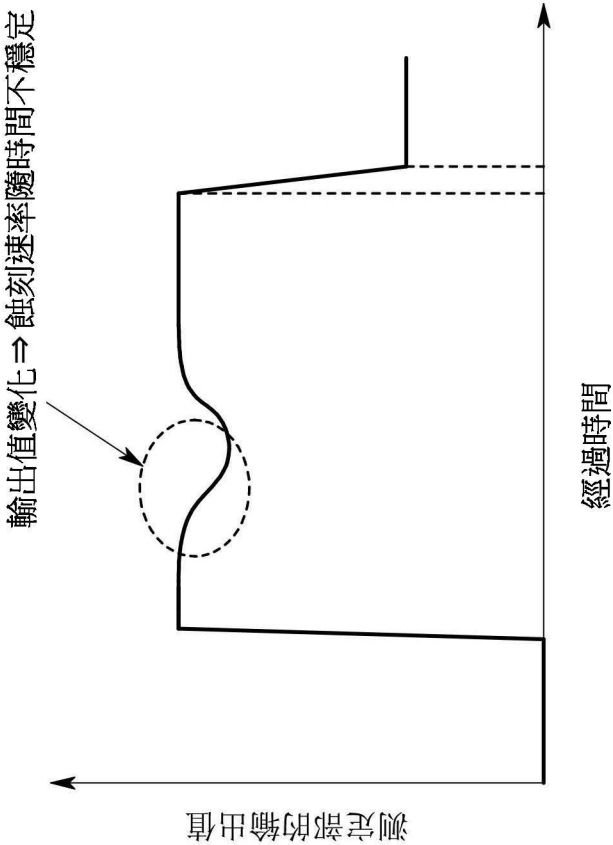
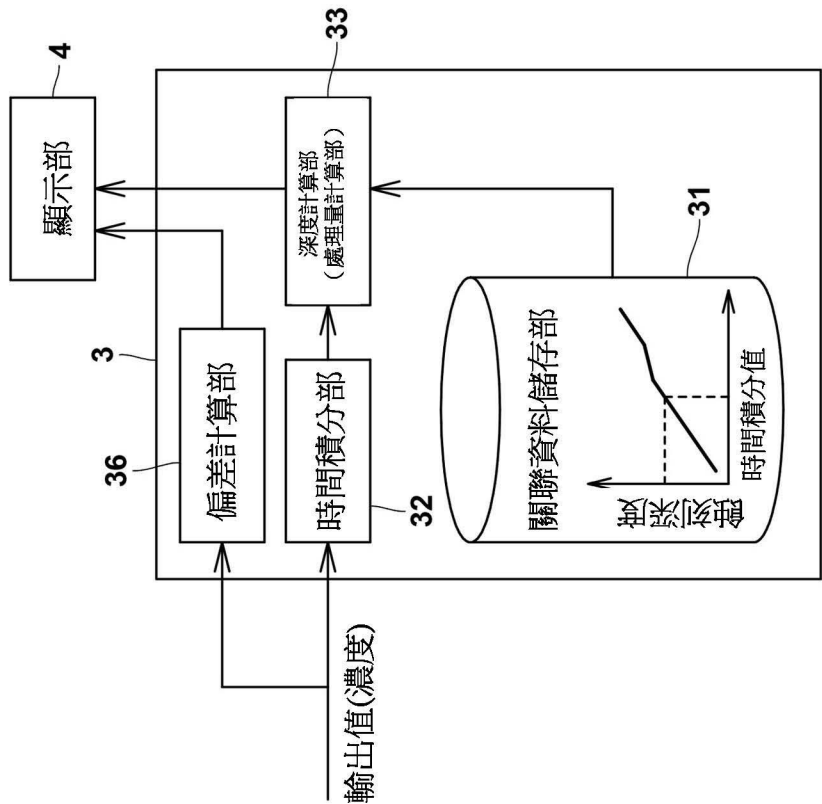


圖9

(a) 運算部的功能構成圖



(b) 對偏差計算進行說明的圖

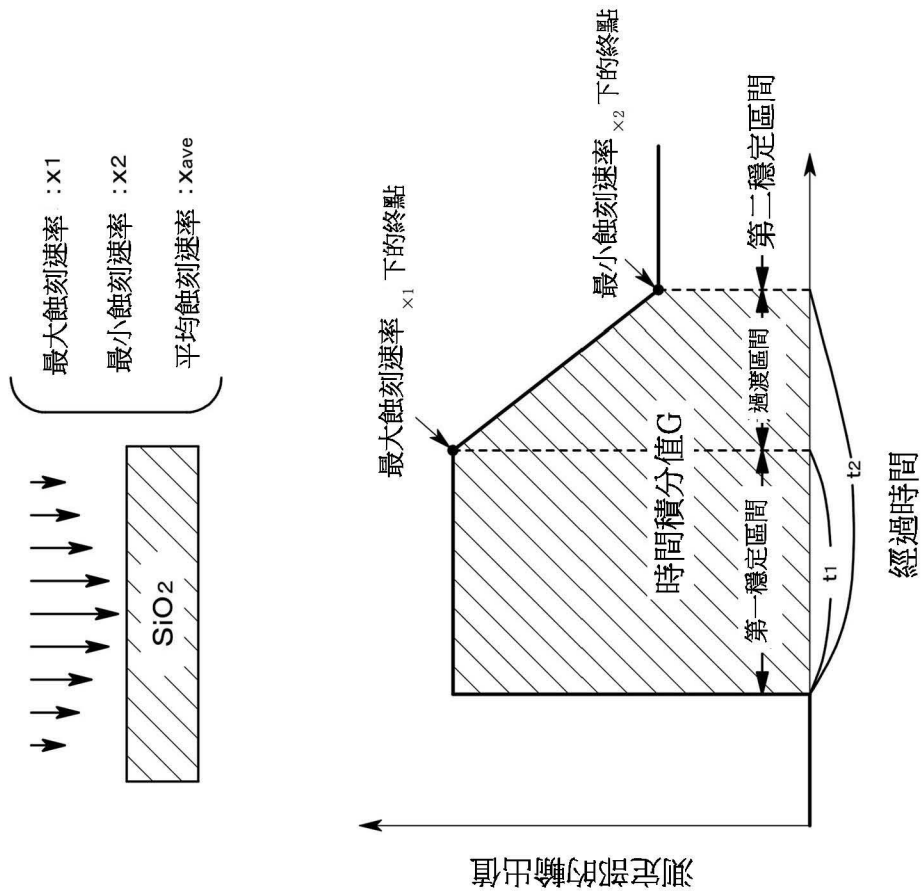
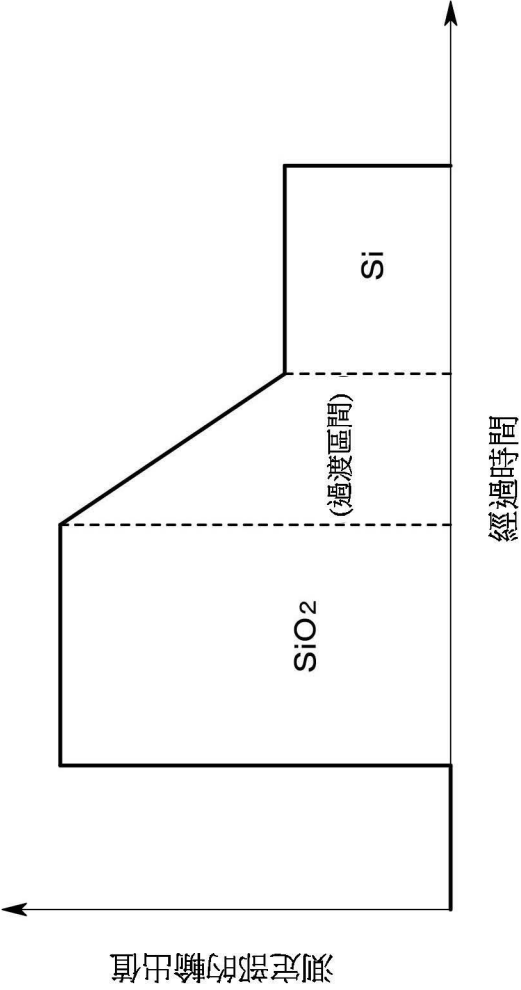
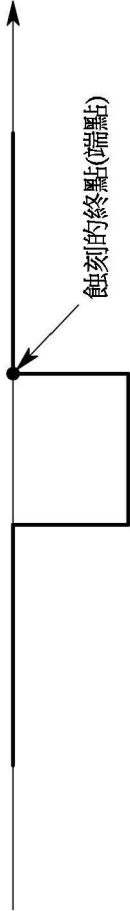


圖10

(a) 測定部的輸出值



(b) 輸出值的一次微分



(c) 輸出值的二次微分

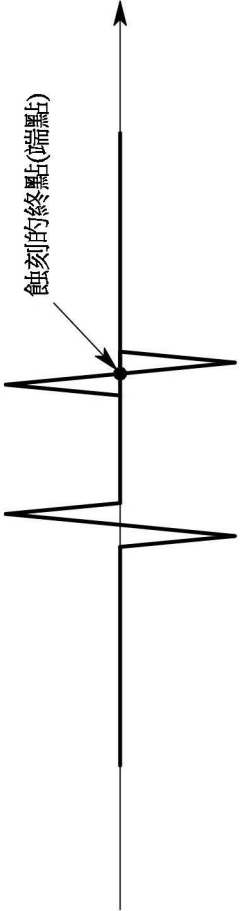


圖11