



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I856467 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 09 月 21 日

(21)申請案號：111150350

(22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 12 月 28 日

(51)Int. Cl.：

H01J37/20 (2006.01)**H01J37/22 (2006.01)****H01J37/24 (2006.01)****G01N23/225 (2018.01)****H01L21/66 (2006.01)**

(30)優先權：2022/01/28

世界智慧財產權組織

PCT/JP2022/003391

(71)申請人：日商日立全球先端科技股份有限公司(日本)HITACHI HIGH-TECH CORPORATION
(JP)

日本

(72)發明人：白崎保宏 SHIRASAKI, YASUHIRO (JP)；內保美南 UCHIHO, MINAMI (JP)；谷
內一史 YACHI, KAZUFUMI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 202123289A

JP 2000-357483A

JP 2008-27737A

JP 2009-43960A

JP 2010-97768A

審查人員：王志成

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：14 共 45 頁

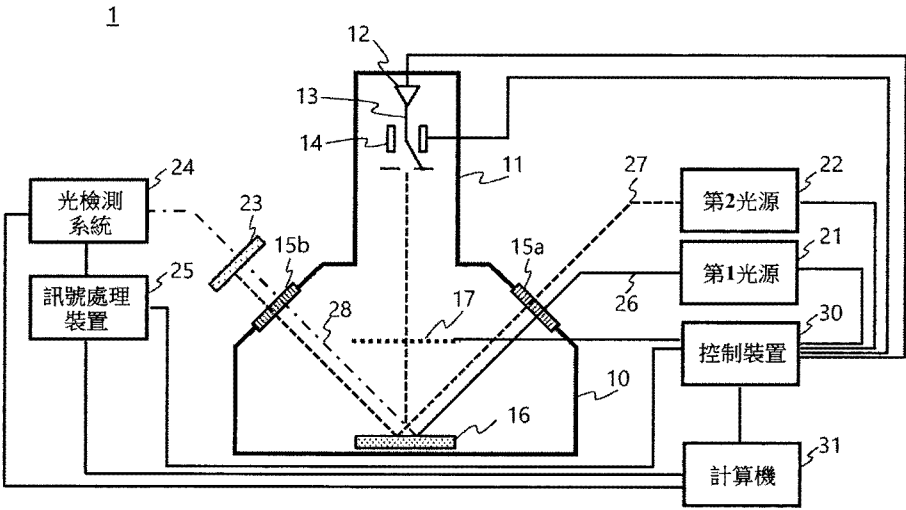
(54)名稱

檢查裝置及膜質檢查方法

(57)摘要

藉由非接觸方式檢查已成膜的半導體膜或絕緣膜等的膜質。檢查形成於試料(16)上的膜的膜質之檢查裝置(1)，係具有：帶電粒子源(12)，對試料照射帶電粒子線(13)；第 1 光源(21)，對試料照射第 1 光(26)；光檢測系統，檢測藉由第 1 光照射至試料而產生的訊號光(28)；第 2 光源(22)，對控制試料上的電場的帶電控制電極(17)或試料照射第 2 光(27)；控制裝置(30)，運用帶電粒子源、與帶電控制電極或第 2 光源，使試料的電子狀態調變；及計算機(31)，基於從光檢測系統輸出的根據試料的電子狀態的調變而被調變的訊號光的檢測訊號，推定形成於試料上的膜的膜質。

指定代表圖：



【圖 1】

符號簡單說明：

- 1:檢查裝置
- 10:試料室
- 11:鏡筒
- 12:帶電粒子源
- 13:帶電粒子線
- 14:遮沒器
- 15a,15b:視埠
- 16:試料
- 17:帶電控制電極
- 21:第 1 光源
- 22:第 2 光源
- 23:光學濾波器
- 24:光檢測系統
- 25:訊號處理裝置
- 26:探針光
- 27:泵光
- 28:訊號光
- 30:控制裝置
- 31:計算機



I856467

【發明摘要】

【中文發明名稱】

檢查裝置及膜質檢查方法

【中文】

藉由非接觸方式檢查已成膜的半導體膜或絕緣膜等的膜質。檢查形成於試料(16)上的膜的膜質之檢查裝置(1)，係具有：帶電粒子源(12)，對試料照射帶電粒子線(13)；第1光源(21)，對試料照射第1光(26)；光檢測系統，檢測藉由第1光照射至試料而產生的訊號光(28)；第2光源(22)，對控制試料上的電場的帶電控制電極(17)或試料照射第2光(27)；控制裝置(30)，運用帶電粒子源、與帶電控制電極或第2光源，使試料的電子狀態調變；及計算機(31)，基於從光檢測系統輸出的根據試料的電子狀態的調變而被調變的訊號光的檢測訊號，推定形成於試料上的膜的膜質。

【指定代表圖】圖 1

【代表圖之符號簡單說明】

1:檢查裝置

10:試料室

11:鏡筒

12:帶電粒子源

13:帶電粒子線

14:遮沒器

15a,15b:視埠

16:試料

17:帶電控制電極

21:第1光源

22:第2光源

23:光學濾波器

24:光檢測系統

25:訊號處理裝置

26:探針光

27:泵光

28:訊號光

30:控制裝置

31:計算機

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

檢查裝置及膜質檢查方法

【技術領域】

【0001】本揭示有關檢查裝置及運用其之膜質檢查方法。

【先前技術】

【0002】專利文獻1中記載一種SEM，搭載有除電用的紫外光。已知絕緣膜的帶電能夠藉由紫外光的照射而除去。專利文獻2中，記載一種SEM，搭載有控制試料上的電場的帶電控制電極。已知藉由控制帶電控制電極的電壓，能夠控制因電子線照射而帶電的試料的帶電量。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0003】專利文獻1：日本特開2000-357483號公報

專利文獻2：日本特開2006-338881號公報

非專利文獻

【0004】非專利文獻1：D. E. Aspnes，"Third-Derivative Modulation Spectroscopy with Low-Field Electroreflectance" Surface Science 37(1973) 418-442

【發明內容】

發明所欲解決之問題

【0005】半導體元件中，其半導體膜或絕緣膜的膜質係為重要。例如，電晶體的性能，會因閘極絕緣膜的性質或閘極絕緣膜與其相接的層之界面的性質等而大幅受到左右。若絕緣膜或界面存在缺陷，則電荷會因元件驅動時的電場施加而蓄積於缺陷，對元件動作造成不良影響。像此缺陷般於元件動作時會造成問題的膜質的檢查中，有效的方式是如同元件動作時般對檢查對象膜施加電場而測定其特性變化。

【0006】於完成元件之後，能夠藉由使元件實際動作之電氣特性檢查來檢查膜質。然而，若是完成後的檢查，無法將量產工程中的問題的收尾工作防患於未然。此外，半導體製造程序的開發中，可藉由製作包夾檢查對象膜的電極而對電極間施加電壓來達成電場施加下的膜質測定，但為此製作電極會耗費時間以及成本。

【0007】是故，半導體元件的量產工程中，或者半導體製造程序開發中，盼望以非接觸方式檢查已成膜的半導體膜或絕緣膜等的膜質。這裡，所謂膜質是指由於被成膜的材料所包含的電荷、應變、缺陷、或者基底的狀態、界面的狀態等而該膜展現出的材料特性。此外，本發明中作為訂為檢查對象的膜，是廣泛包含半導體元件的製造工程中形成的膜，不過問膜的製法或材料。例如，成膜後進行退火等加工的膜、將半導體基板熱氧化而得到的膜(熱氧化膜)、藉由對半導體基板離子植入而形成的膜等都是對

第 111150350 號

民國 113 年 1 月 24 日修正

象。此外，材料包含無機材料及有機材料。

解決問題之技術手段

【0008】本發明的一個態樣之檢查裝置，係檢查形成於試料上的膜的膜質之檢查裝置，具有：帶電粒子源，對試料照射帶電粒子線；第1光源，對試料照射第1光；光檢測系統，檢測藉由第1光照射至試料而產生的訊號光；帶電控制電極或第2光源，該帶電控制電極控制前述試料上的電場，該第2光源對前述試料照射第2光；控制裝置，運用帶電粒子源、與帶電控制電極或第2光源，使試料的電子狀態調變；及計算機，基於從光檢測系統輸出的根據試料的電子狀態的調變而被調變的訊號光的檢測訊號，推定形成於試料上的膜的膜質。

【0009】本發明的一個態樣之膜質檢查方法，係檢查形成於試料上的膜的膜質之膜質檢查方法，其對試料照射帶電粒子線，使試料帶電，在使試料的電子狀態調變的狀態下對試料照射探針光，檢測藉由探針光照射至試料而產生的訊號光，基於根據試料的電子狀態的調變而被調變的訊號光的檢測訊號，推定形成於試料上的膜的膜質。

發明之功效

【0010】可藉由非接觸方式檢查已成膜的半導體或絕緣膜等的膜質。其他待解問題與新穎特徵，將由本說明書之記述及隨附圖面而明瞭。

【圖式簡單說明】**【0011】**

[圖1]實施例1之檢查裝置的概略構成圖。

[圖2A]控制試料的電子狀態的控制順序的例子。

[圖2B]控制試料的電子狀態的控制順序的例子。

[圖2C]控制試料的電子狀態的控制順序的例子。

[圖3A]檢測訊號光譜的例子。

[圖3B]檢測訊號光譜的例子。

[圖4]用來推定膜質的資料庫的資料結構例。

[圖5]可從檢測訊號的電場相依性推定之膜質檢查用的控制流程。

[圖6]當掃掠帶電控制電極的施加電壓時的檢測訊號的強度變化示意圖。

[圖7]用來推定從檢測訊號的電場相依性求出的膜質之資料庫的資料結構例。

[圖8]膜質檢查的結果的顯示例。

[圖9A]設定/計測畫面(設定頁籤)的例子。

[圖9B]設定/計測畫面(計測頁籤)的例子。

[圖9C]結果輸出畫面的例子。

[圖10A]變形例1之檢查裝置的概略構成圖。

[圖10B]訊號電子檢測量與能量濾波電壓之關係示意圖。

[圖11]變形例2之檢查裝置的概略構成圖。

[圖12]實施例2之檢查裝置的概略構成圖。

[圖 13]實施例3之檢查裝置的概略構成圖。

[圖 14]實施例4之檢查裝置的概略構成圖。

【實施方式】

【0012】以下說明本發明之實施例。另，本實施例中所示圖面雖揭示本發明的具體的例子，但它們係用來理解本發明，絕非用來限縮解釋本發明。

【0013】本實施例之檢查裝置中，是藉由光學檢查評估膜質。亦即，具體例後述之，惟將膜所具有的材料特性檢測作為膜的光學特性，而從檢測出的光學特性得到有關膜質的資訊。本實施例中，於光學檢查時，藉由檢查對象膜的帶電控制及/或光照射所造成的內部電場控制，來將檢查對象試料的電子狀態做調變控制。

【0014】以下的實施例中，控制檢查對象膜上的電場強度的目的概分為兩種。第一是將光學檢查的條件最佳化。例如，在可得到最大的訊號光強度的電場強度下進行光學檢查，藉此便能夠進行高SNR下的檢查，能夠使檢查的產出提升。第二是檢測電場相依的膜質。和電場強度相依的材料特性，能夠藉由改變施加的電場強度而檢測檢測訊號的變化，來得到有關膜質的資訊。詳細後述之。

【0015】以下揭示的實施例，是將檢查對象訂為成膜於半導體晶圓上的絕緣膜與其界面，惟本技術的適用目標不限於此。電場下的膜質測定，例如在半導體膜或有機膜、它們的界面亦為有效。

實施例 1

【0016】圖 1 示意實施例 1 之檢查裝置 1 的概略構成。檢查裝置 1，作為主要的構成，具有：帶電粒子線裝置，控制試料中的檢查對象試料的電子狀態；光照射系統對試料照射探針光；光檢測系統，檢測由使探針光照射至試料所引起而發生的訊號光；及控制它們的控制系統。

【0017】

(帶電粒子線裝置)

帶電粒子線裝置，具備試料室 10 與鏡筒 11，它們的內部藉由未圖示的排氣機構而被保持在真空環境。試料室 10 中，收容如半導體晶圓這樣的試料 16。鏡筒 11 中收容有：帶電粒子源 12，使照射至試料 16 的帶電粒子線 13 產生；及遮沒器 14，截斷帶電粒子源 12。這裡，作為帶電粒子源 12，只要是能夠產生用來使試料 16 帶電的帶電粒子線 13 即可，能夠使用電子槍、泛射式電子槍(flood gun)、離子源等。此外，亦可具備透鏡或偏向器等的帶電粒子光學零件，以構成用來將帶電粒子線 13 導引至試料 16 的帶電粒子光學系統。

【0018】在試料 16 的鄰近設有帶電控制電極 17，其藉由控制試料 16 上的電場而控制試料 16 的帶電量。藉由對帶電控制電極 17 施加電壓而控制試料 16 正上方的電場。施加於帶電控制電極 17 的電場，會使當將帶電粒子線 13 照射至試料 16 時產生的二次帶電粒子遠離試料 16 或將其擋回，藉

此控制試料16的帶電狀態。帶電控制電極17，配置於距離試料16例如數mm~30mm程度的位置。因此，理想是藉由金屬網目或開孔的電極板而構成，以免妨礙將帶電粒子線13、或者後述的探針光26或泵光27照射至試料16。

【0019】又，若運用如專利文獻1揭示般的紫外光則能夠快速地除去試料16的帶電。另一方面，當比紫外光還長波長的光的情形下，已知能夠控制試料內部的電場(界面電場)而不會使帶電狀態變化。因此，圖1的構成例中，設有對試料16照射光(稱為泵光(第2光)27)的第2光源22。藉由照射泵光27，能夠控制檢查對象試料的電子狀態，更能夠藉由選擇泵光27的波長而改變所控制的電子狀態的內容。具體而言，藉由使用紫外光能夠進行試料帶電的除電及界面電場的控制，藉由使用比紫外光還長波長的光能夠進行界面電場的控制。第2光源22，能夠如同後述的第1光源21般構成。

【0020】

(光照射系統)

檢查裝置1，是進行形成於試料16上的檢查對象膜的光學檢查，因此具備對試料16照射探針光(第1光)26的第1光源21。作為第1光源21，能夠使用氙氣燈等的白色光源、雷射、LED等。白色光源，亦能夠通過單色器(monochromator)而將其單色化來使用。另，雖未圖示，惟光照射系統具備如下等的光學零件：透鏡或鏡，構成用來將探針光26導引至試料16的光學系統；偏光器，用來控制

探針光 26 的偏光。

【0021】圖 1 例子中，第 1 光源 21 配置於試料室 10 的外側，探針光 26 透過設於試料室 10 的視埠 (viewport) 15a 而被導入至試料室 10 內。本例中泵光 27 亦透過視埠 15a 被導入至試料室 10 內，惟亦可將探針光 26 與泵光 27 從相異的視埠導入至試料室 10。

【0022】

(光檢測系統)

探針光 26 照射至試料 16，藉此產生訊號光 28。作為訊號光 28，包含反射光、散射光 (包含拉曼散射光)、發光、繞射光。光檢測系統係檢測訊號光 28，具備光學濾波器 23、光檢測系統 24、訊號處理裝置 25。光學濾波器 23 為除去訊號光 28 以外的光的濾波器，光檢測系統 24 中，透過光學濾波器 23 接收穿透視埠 15b 的光，藉此檢測訊號光 28。作為光檢測系統 24，能夠配合所檢測的訊號光 28 而使用功率計、光電二極體、分光計等。訊號處理裝置 25，進行在複數個試料內部的電場條件下得到的光檢測系統的檢測訊號的處理。訊號處理裝置 25 例如為鎖相放大器 (lock-in amplifier)，抽出來自光檢測系統 24 的檢測訊號的調變強度或相位等。

【0023】光檢測系統 24 所檢測的訊號光 28，是根據對檢查對象膜進行檢查的膜質而決定。例如，藉由檢測反射光能夠得到界面電場、缺陷、應變等的資訊，藉由檢測散射光 (包含拉曼散射光) 能夠得到振動位準、應力、應變等

資訊，藉由檢測發光能夠得到缺陷、發光效率等的資訊，藉由檢測繞射光能夠得到構造周期性、折射率等的資訊。

【0024】

(控制系統)

控制裝置30，進行檢查裝置1的構成要素的控制。控制裝置30例如基於從計算機31輸入的檢查條件，進行帶電粒子線裝置、光照射系統、光檢測系統的動作控制。控制裝置30，例如藉由以CPU等的處理器執行的程式而實現。此外，例如亦可由FPGA(Field-Programmable Gate Array；現場可程式閘陣列)或ASIC(Application Specific Integrated Circuit；特殊應用積體電路)等所構成。

【0025】檢查裝置1所做的檢查、計測的條件設定或基於來自光檢測系統的檢測訊號之膜質推定，是藉由計算機31而執行。計算機31，記憶著條件設定或膜質的推定所必要的種種資料庫或換算式。

【0026】檢查、計測的條件設定中，包含如以下般的參數的設定。該些參數係使用者透過計算機31的GUI而設定。使試料帶電的帶電粒子線13的條件，有加速電壓、電流量、照射面積、照射位置、遮沒器所造成的照射周期等。控制試料的帶電量的帶電控制電極17的條件，有電壓的值或其施加周期等。試料的除電或者控制內部電場的泵光27的條件，有波長、強度、偏光、照射周期等。探針光26的條件，有波長、強度、偏光等。光檢測系統24的檢測器的條件，有增益等。

【0027】另，亦可構成為由計算機31執行控制裝置30的機能。

【0028】圖2A~C示意調變試料的電子狀態的控制順序的例子。任一例子皆是藉由帶電粒子線13、帶電控制電極17、泵光27這三個作用源來控制試料16的電子狀態之控制順序。圖2A是固定帶電粒子線13與帶電控制電極17的條件，而調變泵光27的條件。調變的參數亦可為波長或偏光，惟這裡訂為強度。當泵光27的強度為ON時，和泵光27的波長相依而試料16的帶電被除去，或者試料內部的電場受到控制。圖2B是固定帶電粒子線13與泵光27的條件，而調變帶電控制電極17的條件。圖2C是固定帶電控制電極17與泵光27的條件，而調變帶電粒子線13的條件。只要針對三個作用源的至少一個以上使某些參數調變，來調變試料16的電子狀態即可。當使複數個作用源調變的情形下，複數個作用源的調變型態可相同亦可相異。此外，當將泵光27的波長訂為短波長而以檢查對象膜的除電為目的來使用，而只要控制試料的帶電的有無即可的情形下，亦可拿掉帶電控制電極17。此外，當如圖2B，C的控制順序般，藉由帶電粒子線13與帶電控制電極17而調變試料的帶電量的情形下，亦可拿掉第2光源22。惟，即使是這樣的情況，當欲控制試料內部的電場(界面電場)的情形下，設置可照射比紫外光還長波長的光的第2光源22，以及當欲於每次調變將試料的帶電量重置(reset)的情形下，設置可照射紫外光的第2光源22仍是有效的方式。

【0029】光檢測系統檢測訊號光28而輸出的檢測訊號之取樣，是依據取樣觸發器而進行。取樣觸發器和試料的電子狀態的調變同步。藉此，能夠得到被調變的作用源為第1狀態(圖2A例子中係泵光27的強度為OFF)時的訊號光28的強度 S_A 與被調變的作用源為第2狀態(圖2A例子係泵光27的強度為ON)時的訊號光28的強度 S_B ，藉由比較強度 S_A 與強度 S_B ，便可得到有關檢查對象膜的膜質的資訊。圖2A~C的控制順序皆是造出第1狀態與第2狀態這2種類的電子狀態，惟亦可藉由使複數個作用源以相異的調變型態調變，來造出3種類以上的電子狀態。

【0030】這裡，取樣觸發器根據光檢測系統的構成而有各式各樣的態樣，不限定於特定的態樣。例如，假設第2光源22和來自控制裝置30的同步訊號同步而使泵光27調變，光檢測系統從訊號處理裝置25連續性地輸出檢測訊號。在此情形下，計算機31從控制裝置30接收同步訊號，藉由和同步訊號同步的取樣觸發器而能夠取樣來自訊號處理裝置25的檢測訊號。或，亦可構成為光檢測系統中光檢測系統24連續性地輸出檢測訊號，訊號處理裝置25從控制裝置30接收同步訊號，藉由和同步訊號同步的取樣觸發器而取樣來自光檢測系統24的檢測訊號來進行訊號處理。又，亦可構成為光檢測系統中光檢測系統24從控制裝置30接收同步訊號，藉由和同步訊號同步的取樣觸發器而檢測訊號光28。當光檢測系統24的檢測器為分光計的情形下可採用此構成。

【0031】說明光檢測系統中的訊號處理裝置25的訊號處理。例如，假設光檢測系統24中的檢測器為功率計，訊號光28為探針光26的反射光。套用圖2A的控制順序，假設第1狀態下的訊號光28的訊號強度 S_A 、第2狀態下的訊號光28的訊號強度 S_B 。訊號處理裝置25，將2種電子狀態下取得的訊號強度的差分予以標準化而輸出作為檢測訊號。在此情形下，檢測訊號以(數1)表示，意指反射率的變化率。

【0032】

[數1]

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{S_B - S_A}{S_A} \quad (1)$$

【0033】當使用鎖相放大器(lock-in amplifier)作為訊號處理裝置25的情形下，振幅 ΔR_0 、相位 θ 被輸出，在此情形下，檢測訊號以(數2)表示。

【0034】

[數2]

$$\frac{\Delta R}{R} = \Delta R_0 e^{i\theta} \quad (2)$$

【0035】若一面改變探針光26的波長一面檢測檢測訊號 $\Delta R/R$ 則會得到如圖3A或圖3B般的光譜。橫軸為反射光的波長或能量。這裡，圖3A為將帶電控制電極17的電壓設定成0V的情形，圖3B為將帶電控制電極17的電壓設定成+3V的情形。藉由調整帶電控制電極17的電壓亦即試料16

的帶電量，可得到更高 SNR 的檢測訊號。另，於探針光 26 使用白色光源及使用分光計作為光檢測系統 24 的檢測器，亦可得到同樣的光譜。

【0036】計算機 31，從如圖 3A 或圖 3B 所示般的檢測訊號光譜的強度或形狀來推定膜質，例如在絕緣膜與半導體之界面的半導體的應變或摻雜物濃度。得到的檢測訊號光譜，例如具有以(數 3)表示的關係(非專利文獻 1)。

【0037】

[數3]

$$\frac{\Delta R}{R}(E) = \text{Re}[Ae^{i\theta}(E - E_{CP} + i\Gamma)^{-n}] \quad (3)$$

【0038】(數 3)中，A 為 intensity(強度)， θ 為 phase(相位)，E 為 energy(能量)， E_{CP} 為 critical point energy(臨界點能量)， Γ 為 broadening factor(展寬因子)，n 為和檢查對象膜的材料相依的係數。將(數 3)擬合至得到的檢測訊號光譜。藉由擬合，求出(數 3)中包含的擬合參數(A， θ ， E_{CP} ， Γ)。另一方面，計算機 31 保有對於擬合參數的各式各樣的組合之膜質資訊作為資料庫。圖 4 示意資料庫的例子。

【0039】圖 4 為用來推定膜質的資料庫 41 的資料結構例。資料庫 41 中，登錄著對於擬合參數(A， θ ， E_{CP} ， Γ)的組合的膜的應變量(Strain)。計算機 31，藉由比對由(數 3)求出的擬合參數和資料庫 41，推定檢查對象膜的應變量。另，資料庫 41 亦可將膜質資訊登錄作為以擬合參數為引數的函數，其登錄形態沒有限定。另，本例為當將訊號光 28

訂為探針光 26 的反射光而進行應變量測定的情形下運用 (數 3) 般的模型式及資料庫 41 的例子，例如當訊號光 28 為散射光或發光的情形下，或當測定對象為應變量以外的情形下，只要運用和其相應的模型式或資料庫即可。

【0040】計算機 31 像這樣記憶從檢測訊號求出的參數與膜質之關係作為資料庫，從由訊號光 28 檢測出的參數推定膜質資訊。計算機 31 具備檢查裝置 1 所實施的膜質檢查中運用的來自光檢測系統的檢測訊號、和分析式相應的資料庫，利用和所實施的檢查相應的資料庫來推定膜質。

【0041】接著，說明從檢測訊號的電場相依性求出膜質的情形下的控制流程。缺陷或可動電荷量這樣的膜質，能夠由當使施加於試料的電場變化時檢測訊號如何變化 (檢測訊號的電場相依性) 來推定。這樣的可從檢測訊號的電場相依性推定的膜質檢查用的控制流程如圖 5 所示。套用圖 2A 的控制順序，以推定檢查對象膜的可動電荷量的情形為例來說明。

【0042】首先，選擇可變參數，設定其範圍 (S01)。這裡將可變參數訂為帶電控制電極 17 的施加電壓。接下來，設定膜質測定用的控制順序。如上述般，設定圖 2A 的控制順序 (S02)。一面變更可變參數一面進行控制順序的實施及訊號光 28 的測定 (S03~S06)，針對設定好的可變參數的範圍得到檢測訊號後，算出示意檢測訊號的可變參數相依性的特徵量 (S07)。計算機 31 保有對於示意檢測訊號的可變參數相依性的特徵量之膜質資訊作為資料庫。參照

此資料庫，推定檢查對象膜的膜質(S08)。

【0043】作為控制流程的一例，圖6示意當將帶電控制電極17的施加電壓朝順方向(負到正)及朝逆方向(正到負)掃掠時的檢測訊號($\Delta R/R$)的強度變化。橫軸為試料16的表面電位 V_s 。表面電位 V_s ，和帶電控制電極17的施加電壓 V_{CC} 具有如(數4)所示關係，故藉由從施加電壓 V_{CC} 換算便能夠求出。(數4)是預先藉由模擬等求出。

【0044】

[數4]

$$V_s = f(V_{CC}) \quad (4)$$

【0045】圖7為用來推定從檢測訊號的電場相依性求出的膜質之資料庫51的資料結構例。資料庫51中，登錄著對於示意檢測訊號的電場強度相依性的特徵量($V1$ ， $V2$ ， ΔV)的組合之膜的可動電荷量。計算機31，藉由比對由如圖6般的測定結果求出的表示電場強度相依性的特徵量(這裡為造成特定的反射率之電壓 $V1$ ， $V2$ 或遲滯(hysteresis))和資料庫51，來推定檢查對象膜的可動電荷量。另，藉由運用和訂為對象的膜質相對應的資料庫，能夠推定固定電荷量、平帶電壓(flat band voltage)或如前述般材料包含的電荷、應變、缺陷、界面的狀態等膜質。此外，資料庫51將膜質資訊登錄作為以特徵量為引數的函數，其登錄形態沒有限定。

【0046】圖8示意檢查裝置1所做的光學檢查的結果的

顯示例。光學檢查，例如對半導體晶圓上的使用者指定的晶片區劃進行。亦可對全部晶片區劃進行光學檢查。實施了光學檢查的每一晶片區劃的膜質顯示作為晶圓熱圖(heat map)60。晶圓熱圖60中，會在晶圓61中顯示晶片區劃62，例如若檢查出的膜質有缺陷，則缺陷密度愈高的晶片區劃愈顯示為深色。藉此，使用者可目視辨認每一晶片區劃的膜質。

【0047】用來藉由檢查裝置1進行膜質測定而使結果顯示的GUI(Graphical User Interface；圖像使用者介面)亦即設定/計測畫面70的例子如圖9A所示。設定/計測畫面70中設有設定檔案選擇部71，能夠叫出過去的計測中保存於計算機31的設定檔案。例如，當對同一晶圓實施不同的膜質的檢查的情形等，藉由活用過去的設定內容能夠減低使用者的作業負擔。

【0048】選擇設定頁籤72中包含的控制順序頁籤，藉此能夠選擇圖2A~C的控制順序或者其以外的控制順序。這裡選擇了雷射調變頁籤73，在此情形下如順序圖74所示，選擇已示意為圖2A的使泵光調變的控制順序。另，此裝置中使用電子線作為帶電粒子線，使用雷射光作為泵光。

【0049】使用者打開雷射調變頁籤73，在電子線條件設定部75、帶電控制電極條件設定部76、雷射條件設定部77中設定使晶圓的電子狀態調變的條件。又在此例中，是從檢測訊號的電場相依性推定膜質，因此帶電控制電極條

件設定部76中設定成使施加電壓掃掠。在此情形下，會顯示掃掠範圍設定部78，使用者設定使施加電壓掃掠的範圍。一旦以上的設定結束，按下保存按鈕79，保存設定好的內容。

【0050】一旦條件設定結束，如圖9B所示，使用者打開計測頁籤81。使用者在檢查晶片區劃設定部82指定進行光學檢查的晶片區劃，按下檢查執行按鈕83。藉此，對指定的晶片區劃，以設定頁籤72中設定好的條件進行光學檢查。一旦對於指定的全部晶片區劃的光學檢查結束，會將檢查結果簡易地對使用者示意，因此在晶圓熱圖顯示部84顯示晶圓熱圖。使用者確認檢查結果，按下保存按鈕85，保存光學檢查的結果。

【0051】使用者能夠從圖9C所示結果輸出畫面90確認檢查結果的細節。從設於結果輸出畫面90的結果檔案選擇部91，叫出顯示細節的結果資料檔案。此例中，設有顯示和設定/計測畫面70同樣的晶圓熱圖的晶圓熱圖顯示部92及直方圖顯示部93。直方圖顯示部93中顯示的直方圖，示意晶圓熱圖顯示部92中顯示的晶圓熱圖當中的示意缺陷密度的濃淡的出現頻率(晶片區劃數)。此外，藉由指定晶圓熱圖顯示部92中顯示的晶片區劃的任一者，能夠使其顯示個別的晶片區劃中的測定結果的細節。此例中，檢查晶片區劃測定結果顯示部94中，顯示特定的晶片區劃中的檢測訊號的測定結果或推定出的膜質資訊。

【0052】

(變形例 1)

圖 10A 示意圖 1 所示檢查裝置 1 的變形例。實施例 1 中，說明了當使帶電控制電極 17 的施加電壓掃掠時，運用(數 4)從帶電控制電極 17 的施加電壓 V_{cc} 換算試料表面電位 V_s ，(數 4)藉由模擬等而求出。然而，依測定條件而定，從(數 4)求出的值與真的試料表面電位 V_s 之間恐會發生誤差。

【0053】圖 10A 的檢查裝置 1b，作為實測試料 16 的試料表面電位 V_s 的機構，具備能量濾波器 101、訊號電子檢測器 102。這裡，訊號電子檢測器 102，為檢測藉由帶電粒子線 13 照射至試料 16 而產生的訊號電子 100 之檢測器，所檢測的訊號電子 100 可為二次電子亦可為反射電子(背向散射電子)。在能量濾波器 101 藉由控制裝置 30 施加有負電壓，僅有跨越藉由該負電壓而產生的電場障壁的訊號電子才會被訊號電子檢測器 102 檢測到。亦即，訊號電子檢測器 102 所檢測的訊號電子量和能量濾波器 101 的電壓相依。運用此特徵，檢查裝置 1b 中，計算機 31 從訊號電子 100 的能量算出試料表面電位 V_s 。

【0054】圖 10B 示意訊號電子檢測量與能量濾波電壓之關係。藉由一面改變施加於能量濾波器 101 的負電壓一面檢測訊號電子檢測量，能夠取得訊號電子光譜。偏移(shift)量和試料表面電位 V_s 相依。這是因為將訊號電子 100 拉回試料側的力會因試料表面電位 V_s 而變化。假設訊號電子光譜 103 為當試料 16 非帶電的情形下的訊號電子光

譜，則訊號電子光譜 104、105 分別為試料 16 正帶電、負帶電的情形下的訊號電子光譜。鑑此，例如若將訊號電子光譜的微分值為最大的電壓定義成試料表面電位 V_s ，則非帶電、正帶電、負帶電時的電位分別成為電位 V_0 ， V_1 ， V_2 。藉此，不需使用(數 4)的換算式便能夠實測試料表面電位 V_s 。另，訊號電子光譜 103 能夠藉由在藉由紫外光等的短波長泵光 27 除去試料 16 的帶電的狀態下測定而得到。

【0055】本變形例中是運用能量濾波器 101 辨別訊號電子 100 的能量，惟藉由以分光計等來檢測電子能量亦可測定試料表面電位 V_s ，該分光計係將訊號電子根據其能量而分光並檢測。

【0056】

(變形例 2)

圖 11 示意圖 1 所示檢查裝置 1 的變形例。變形例 2 亦如同變形例 1 般，可實測試料表面電位 V_s 。檢查裝置 1c，作為實測試料 16 的試料表面電位 V_s 的機構，具備表面電位計 110。使試料 16 移動至設於試料室 10 內的表面電位計 110 的位置，而測定試料表面電位 V_s 。

【0057】以下，作為實施例 2~4，說明檢查裝置 1 的另一構成例。針對和實施例 1 相同構成標註相同符號，省略重複的說明。

實施例 2

【0058】實施例 1 中，是將試料 16 配置於真空環境，

真空排氣會耗費時間，因此會使檢查計測的產出降低。實施例2，為將試料16配置於大氣中的構成例。

【0059】圖12所示檢查裝置2的構成中，帶電粒子源12配置於被設為真空環境的鏡筒11內，在鏡筒11設有用來將內部保持真空環境的隔壁120。從帶電粒子源12放出的帶電粒子線13會貫通隔壁120而放出至大氣，照射至試料16。又，作為帶電粒子源12，當訂為在大氣中藉由電暈放電使離子產生的電極的情形下，亦能夠免除用來將帶電粒子源保持真空環境的鏡筒11及隔壁120。

實施例3

【0060】實施例3中，作為帶電粒子，使用藉由對金屬電極照射激發光而產生的光電子。實施例3的檢查裝置3，作為帶電粒子線源係運用簡易構成的電子線源，藉由將短波長的光照射至試料16及/或帶電控制電極17而產生的光電子的交換，能夠使試料16的帶電量調變。

【0061】第3光源131與第4光源132，為產生波長未滿400nm的光的光源，其輸出受到控制裝置30所控制。第3光源131與第4光源132，分別能夠如同第1光源21般構成。第3光源131及第4的光源132配置於試料室10的外側，來自該些光源的光透過設於試料室10的視埠15c而被導入至試料室10內。

【0062】來自第3光源131的第1激發光(第3光)133，照射至帶電控制電極17。從受到第1激發光133照射的場所

產生第1光電子135。若帶電控制電極17的電位比試料16還負，則第1光電子135會朝試料方向受力，照射至試料16。故，試料16會帶負電。

【0063】另一方面，來自第4光源132的第2激發光(第4光)134，照射至試料16。從受到第2激發光134照射的場所產生第2光電子136。若帶電控制電極17的電位比試料16還正，則第2光電子136會朝帶電控制電極方向受力，而遠離試料16。故，試料16會帶正電。

【0064】像這樣，藉由第1激發光133與第2激發光134引發的第1光電子135與第2光電子136，能夠將試料16的電位做調變控制。亦能夠將第3光源131與第4光源132做成一個光源，在該情形下，藉由控制裝置30控制激發光的光路，使得激發光照射至帶電控制電極17或試料16。或，亦可構成爲激發光同時照射至帶電控制電極17與試料16雙方。此外，為了避免短波長光在大氣下的吸收，亦可將第3光源與第4光源配置於真空內。

實施例4

【0065】圖1所示檢查裝置1的構成中，帶電控制電極17及帶電粒子源12的配置會妨礙探針光(第1光)26或泵光(第2光)27，無法將光照射系統、光檢測系統配置於試料16的鄰近。因此，難以將光聚光於試料上，測定的空間解析度有其限度。實施例4的檢查裝置4中，為了得到高的空間解析度，將探針光、訊號光用的對物透鏡等光學系統配

置於試料正上方。

【0066】檢查裝置4中，用來將探針光26及泵光27照射至試料16的光學透鏡141在試料正上方，其光軸以沿著相對於形成於試料上的檢查對象膜垂直的方向配置。藉由光學透鏡141，探針光26及泵光27會被聚光於試料16上，因此可在高的空間解析度下做計測。帶電粒子源12，相對於光學透鏡141的光軸斜向地配置，帶電粒子線13通過光學透鏡141與試料16之間而斜向照射至試料16。又，為了縮短光學透鏡141與試料16之距離，光學透鏡141兼具帶電控制電極的機能。亦即，在光學透鏡141成膜有透明的導電膜17b，能夠使探針光26、泵光27、訊號光28穿透，同時藉由控制裝置30施加電壓。作為透明的導電膜17b的材料可使用ITO、ITZO等，亦能夠使用鋁或金等的金屬薄膜。另，亦可設計成不在光學透鏡141成膜，而是將帶電控制電極做成透明電極，有別於光學透鏡141而配置於光學透鏡141的下方。探針光26與泵光27，是運用依光的波長而穿透/反射特性相異的雙色鏡(dichroic mirror)142而被整合至同一光路上。訊號光28，在探針光26的光路反向傳播，藉由光束分離器143被反射，通過了光學濾波器23後藉由光檢測系統24被檢測到。像這樣，檢查裝置4中藉由光學透鏡141使探針光26匯聚至試料16上，藉此能夠以高的空間解析度實施膜質計測。此外，將光學透鏡141配置於試料16的鄰近，因此還兼有提升對於來自試料16的散射光或發光的檢測率這一優點。另，圖14中僅示例構成光學

系統的代表性的光學零件，而省略示意透鏡或鏡等的一般的元件。

【0067】以上已舉出實施例、變形例說明了本發明。上述的實施例、變形例在不變更發明的要旨之範圍可做種種變形，此外亦可將它們組合使用。

【符號說明】

【0068】

1,2,3,4:檢查裝置

10:試料室

11:鏡筒

12:帶電粒子源

13:帶電粒子線

14:遮沒器

15:視埠

16:試料

17:帶電控制電極

17b:透明導電膜

21:第1光源

22:第2光源

23:光學濾波器

24:光檢測系統

25:訊號處理裝置

26:探針光

27:泵光
28:訊號光
30:控制裝置
31:計算機
41,51:資料庫
60:晶圓熱圖
61:晶圓
62:晶片區劃
70:設定/計測畫面
71:設定檔案選擇部
72:設定頁籤
73:雷射調變頁籤
74:順序圖
75:電子線條件設定部
76:帶電控制電極條件設定部
77:雷射條件設定部
78:掃掠範圍設定部
79:保存按鈕
81:計測頁籤
82:檢查晶片區劃設定部
83:檢查執行按鈕
84:晶圓熱圖顯示部
85:保存按鈕
90:結果輸出畫面

- 91:結果檔案選擇部
- 92:晶圓熱圖顯示部
- 93:直方圖顯示部
- 94:檢查晶片區劃測定結果顯示部
- 100:訊號電子
- 101:能量濾波器
- 102:訊號電子檢測器
- 103,104,105:訊號電子光譜
- 110:表面電位計
- 120:隔壁
- 131:第3光源
- 132:第4光源
- 133:第1激發光
- 134:第2激發光
- 135:第1光電子
- 136:第2光電子
- 141:光學透鏡
- 142:雙色鏡
- 143:光束分離器

第 111150350 號

民國 113 年 1 月 24 日修正

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種檢查裝置，係檢查形成於試料上的膜的膜質之檢查裝置，具有：

帶電粒子源，對前述試料照射帶電粒子線；

第1光源，對前述試料照射第1光；

光檢測系統，檢測藉由前述第1光照射至前述試料而產生的訊號光；

帶電控制電極或第2光源，該帶電控制電極控制前述試料上的電場，該第2光源對前述試料照射第2光；

控制裝置，運用前述帶電粒子源、前述帶電控制電極及前述第2光源當中的至少一個以上，使前述試料的電子狀態調變；及

計算機，基於從前述光檢測系統輸出的根據前述試料的電子狀態的調變而被調變的訊號光的檢測訊號，推定形成於前述試料上的膜的膜質；

具有前述帶電控制電極與前述第2光源雙方，

前述光檢測系統，輸出示意前述試料的電子狀態的調變所造成的前述訊號光的變化之檢測訊號，

前述檢測訊號以包含複數個擬合參數的模型式表示，

前述計算機，具備登錄對於前述複數個擬合參數的組合之膜質資訊的資料庫，將前述檢測訊號擬合至前述模型式而算出前述檢測訊號的前述複數個擬合參數，而比對算出的前述複數個擬合參數與前述資料庫。

【請求項2】如請求項1所述之檢查裝置，其中，

第 111150350 號

民國 113 年 1 月 24 日修正

前述控制裝置，一面使前述帶電控制電極施加於前述試料的電場強度變化，一面調變前述第2光源。

【請求項3】一種檢查裝置，係檢查形成於試料上的膜的膜質之檢查裝置，具有：

帶電粒子源，對前述試料照射帶電粒子線；

第1光源，對前述試料照射第1光；

光檢測系統，檢測藉由前述第1光照射至前述試料而產生的訊號光；

帶電控制電極或第2光源，該帶電控制電極控制前述試料上的電場，該第2光源對前述試料照射第2光；

控制裝置，運用前述帶電粒子源、前述帶電控制電極及前述第2光源當中的至少一個以上，使前述試料的電子狀態調變；及

計算機，基於從前述光檢測系統輸出的根據前述試料的電子狀態的調變而被調變的訊號光的檢測訊號，推定形成於前述試料上的膜的膜質；

具有前述帶電控制電極與前述第2光源雙方，

前述光檢測系統，輸出示意前述試料的電子狀態的調變所造成的前述訊號光的變化之檢測訊號，

前述控制裝置，一面使前述帶電控制電極施加於前述試料的電場強度變化，一面調變前述第2光源，

前述檢測訊號，對於施加於前述試料的電場強度具有相依性，

前述計算機，具備登錄示意前述相依性的特徵量之膜

第 111150350 號

民國 113 年 1 月 24 日修正

質資訊的資料庫，從前述檢測訊號算出示意前述相依性的特徵量，而比對算出的示意前述相依性的特徵量與前述資料庫。

【請求項4】如請求項3所述之檢查裝置，其中，
具有：訊號電子檢測器，檢測藉由前述帶電粒子線照射至前述試料而產生的訊號電子，
前述計算機，基於前述訊號電子檢測器檢測的訊號電子的能量，算出前述試料的表面電位。

【請求項5】如請求項3所述之檢查裝置，其中，
具有：表面電位計，測定前述試料的表面電位。

【請求項6】一種檢查裝置，係檢查形成於試料上的膜的膜質之檢查裝置，具有：

帶電粒子源，對前述試料照射帶電粒子線；

第1光源，對前述試料照射第1光；

光檢測系統，檢測藉由前述第1光照射至前述試料而產生的訊號光；

帶電控制電極或第2光源，該帶電控制電極控制前述試料上的電場，該第2光源對前述試料照射第2光；

控制裝置，運用前述帶電粒子源、與前述帶電控制電極或前述第2光源，使前述試料的電子狀態調變；及

計算機，基於從前述光檢測系統輸出的根據前述試料的電子狀態的調變而被調變的訊號光的檢測訊號，推定形成於前述試料上的膜的膜質；

前述試料配置於大氣中，

第 111150350 號

民國 113 年 1 月 24 日修正

前述帶電粒子源，配置於鏡筒內，該鏡筒具備用來將前述帶電粒子源保持在真空環境的隔壁，

前述帶電粒子線，貫通前述隔壁而照射至前述試料。

【請求項 7】

一種檢查裝置，係檢查形成於試料上的膜的膜質之檢查裝置，具有：

帶電粒子源，對前述試料照射帶電粒子線；

第1光源，對前述試料照射第1光；

光檢測系統，檢測藉由前述第1光照射至前述試料而產生的訊號光；

帶電控制電極或第2光源，該帶電控制電極控制前述試料上的電場，該第2光源對前述試料照射第2光；

控制裝置，運用前述帶電粒子源、與前述帶電控制電極或前述第2光源，使前述試料的電子狀態調變；及

計算機，基於從前述光檢測系統輸出的根據前述試料的電子狀態的調變而被調變的訊號光的檢測訊號，推定形成於前述試料上的膜的膜質；

前述試料及前述帶電粒子源配置於大氣中，

前述帶電粒子源為藉由電暈放電而使離子產生的電極。

【請求項 8】 如請求項 1 所述之檢查裝置，其中，

前述第1光，相對於形成於前述試料上的膜從垂直的方向照射至前述試料，

前述帶電粒子線，相對於形成於前述試料上的膜從斜

第 111150350 號

民國 113 年 1 月 24 日修正

向照射至前述試料。

【請求項9】如請求項8所述之檢查裝置，其中，
具有將前述第1光聚光的光學透鏡，
在前述光學透鏡的前述試料側的面成膜有作為前述帶
電控制電極的導電膜。

【請求項10】如請求項8所述之檢查裝置，其中，
具有將前述第1光聚光的光學透鏡，
前述帶電控制電極，為配置於前述光學透鏡與前述試
料之間的透明電極。

【請求項11】一種檢查裝置，係檢查形成於試料上的
膜的膜質之檢查裝置，具有：

第1光源，對前述試料照射第1光；
光檢測系統，檢測藉由前述第1光照射至前述試料而
產生的訊號光；

帶電控制電極，控制前述試料上的電場；

第3光源，對前述帶電控制電極照射第3光而使光電子
產生；

第4光源，對前述試料照射第4光而使光電子產生；

控制裝置，控制對前述帶電控制電極施加的電壓、前
述第3光源及前述第4光源，使前述試料的電子狀態調變；
及

計算機，基於從前述光檢測系統輸出的根據前述試料
的電子狀態的調變而被調變的訊號光的檢測訊號，推定形
成於前述試料上的膜的膜質。

第 111150350 號

民國 113 年 1 月 24 日修正

【請求項12】一種膜質檢查方法，係檢查形成於試料上的膜的膜質之膜質檢查方法，其

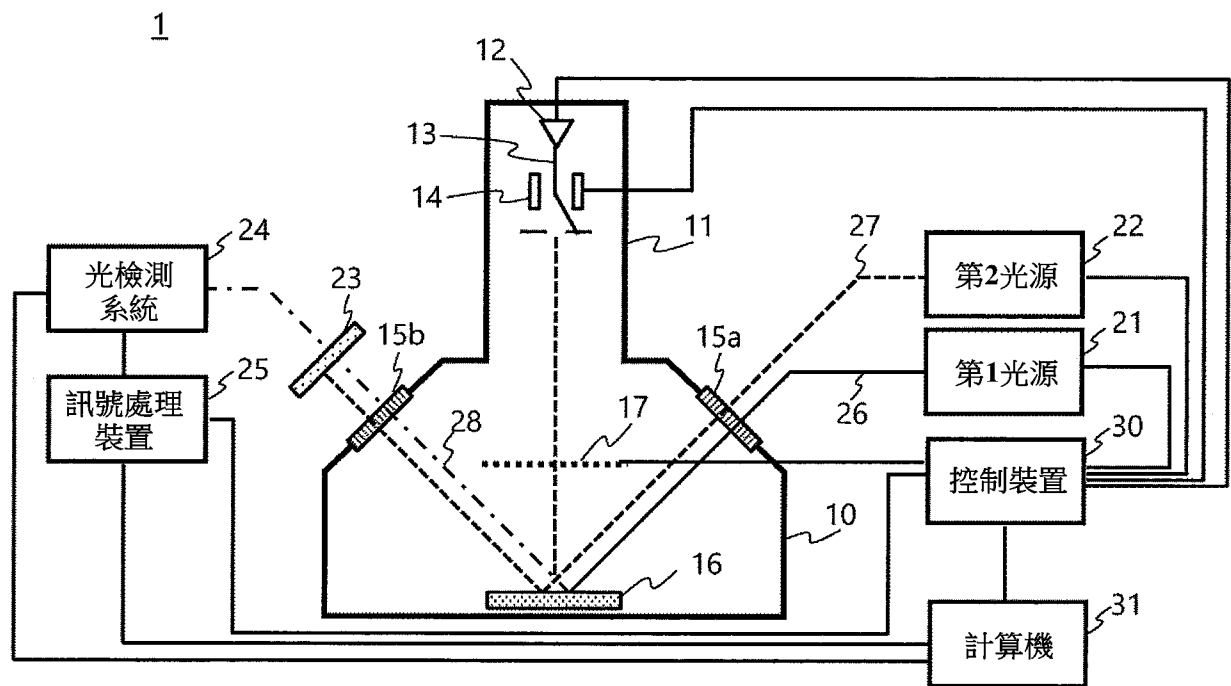
對前述試料照射帶電粒子線，使前述試料帶電，

在一面使施加於前述試料的電場強度變化一面使前述試料的電子狀態調變的狀態下對前述試料照射探針光，

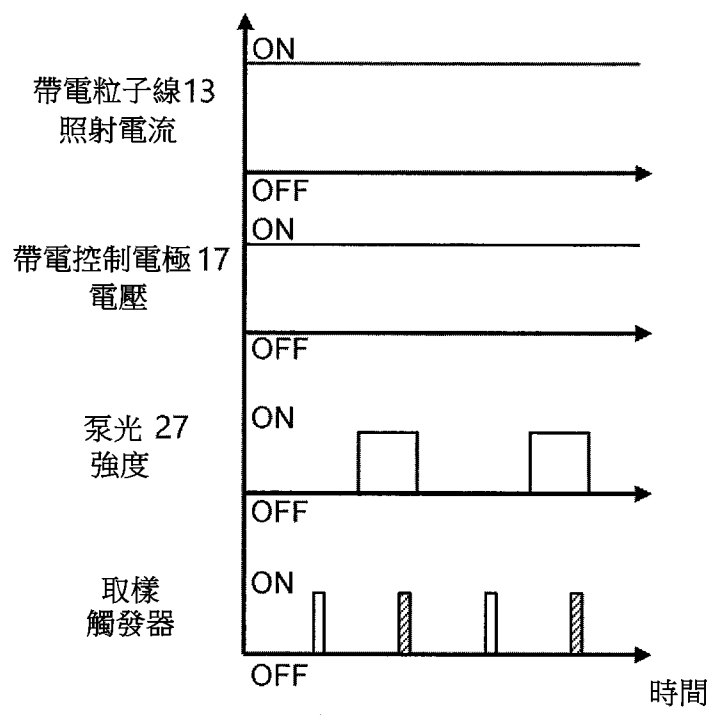
檢測藉由前述探針光照射至前述試料而產生的訊號光，

基於根據前述試料的電子狀態的調變而被調變的訊號光的檢測訊號的電場強度相依性，推定形成於前述試料上的膜的膜質。

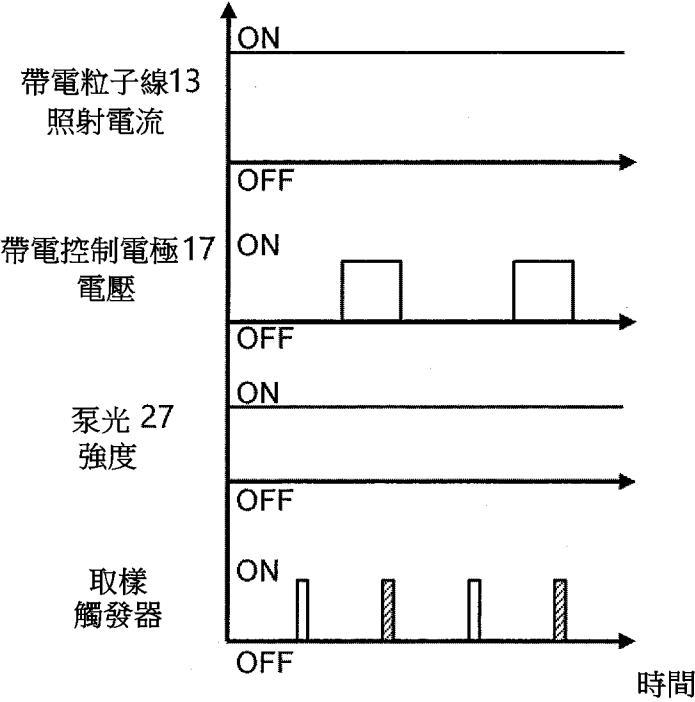
【發明圖式】



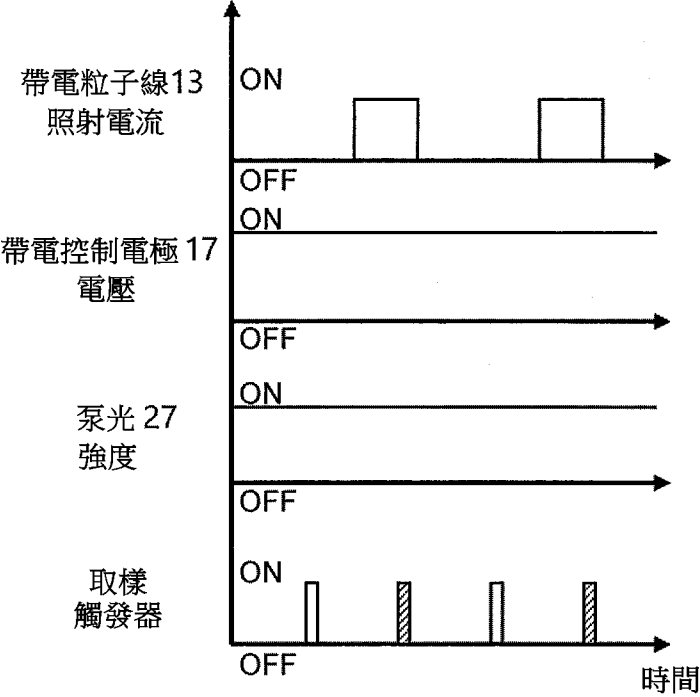
【圖 1】



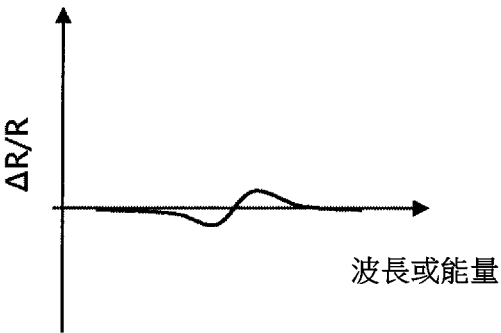
【圖 2A】



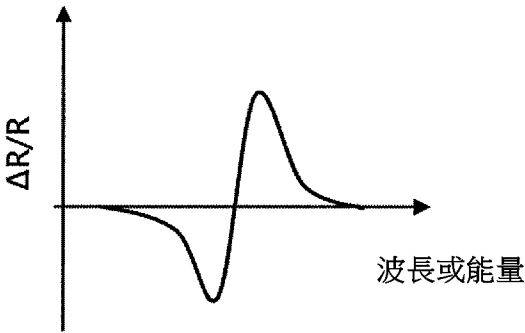
【圖 2B】



【圖 2C】



【圖 3A】

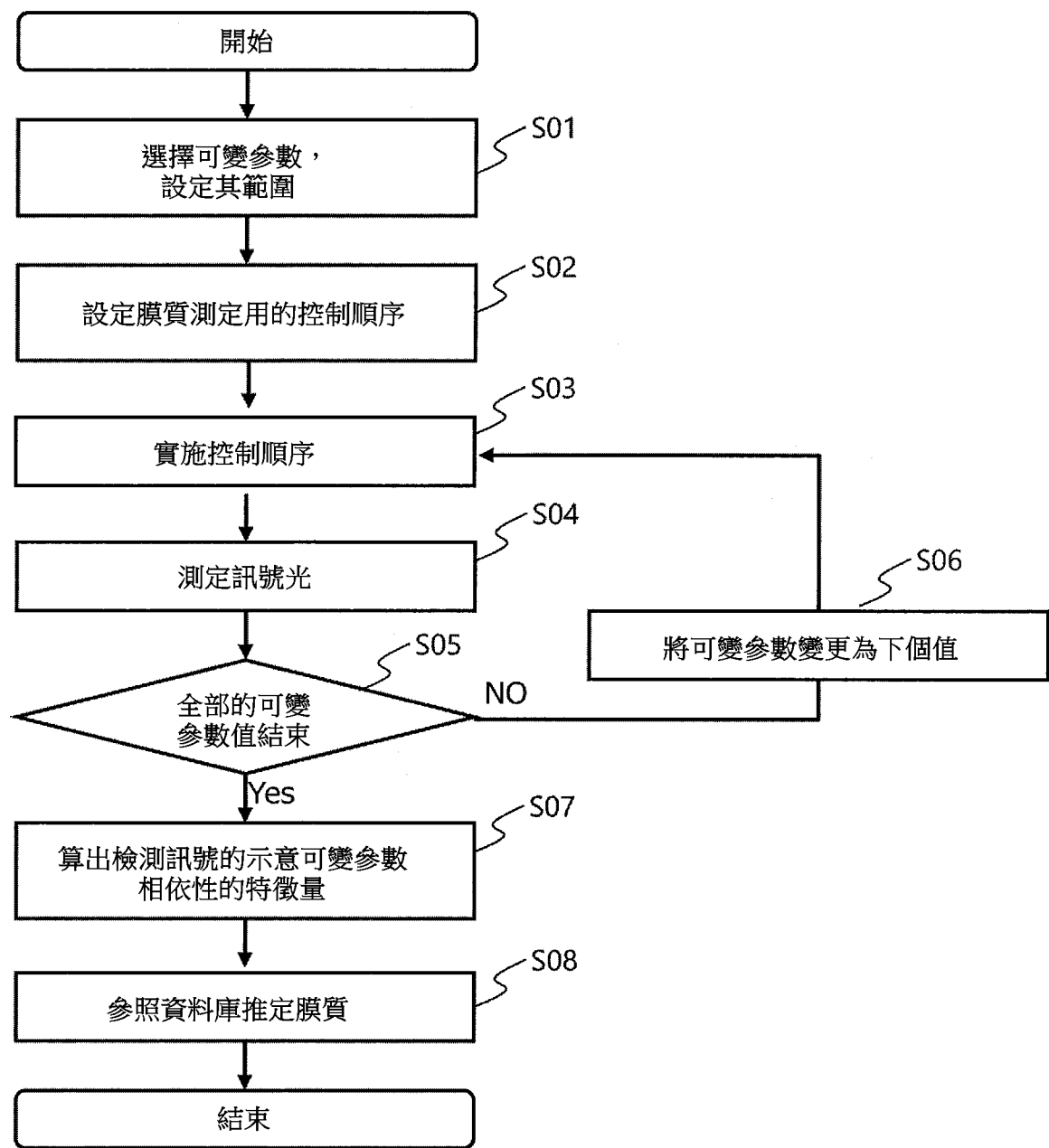


【圖 3B】

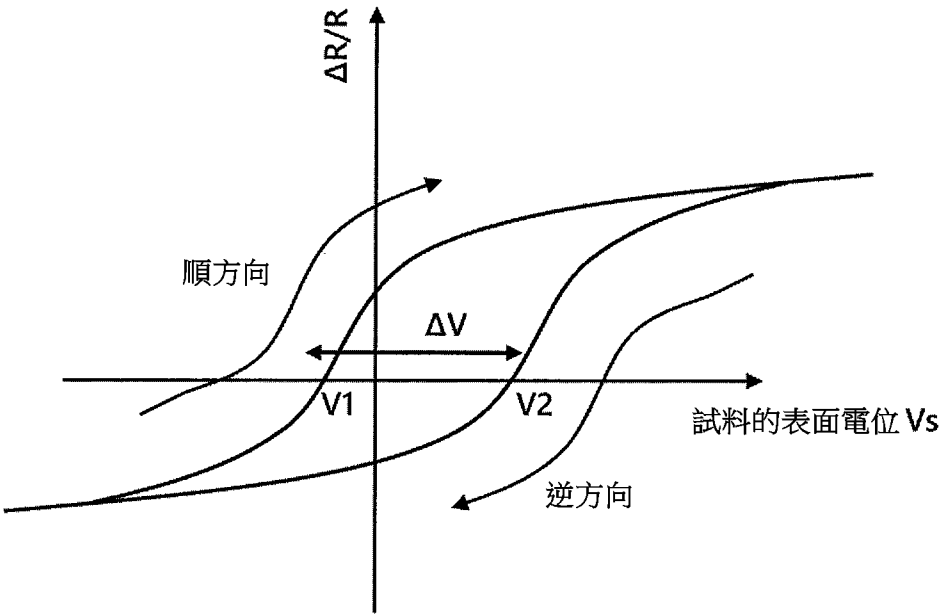
41

Input				Output
A	θ	E_{CP}	Γ	Strain
.	.	3.405	.	1×10^{-3}
.	.	3.410	.	2×10^{-3}
.	.	.	.	.

【圖 4】



【圖 5】



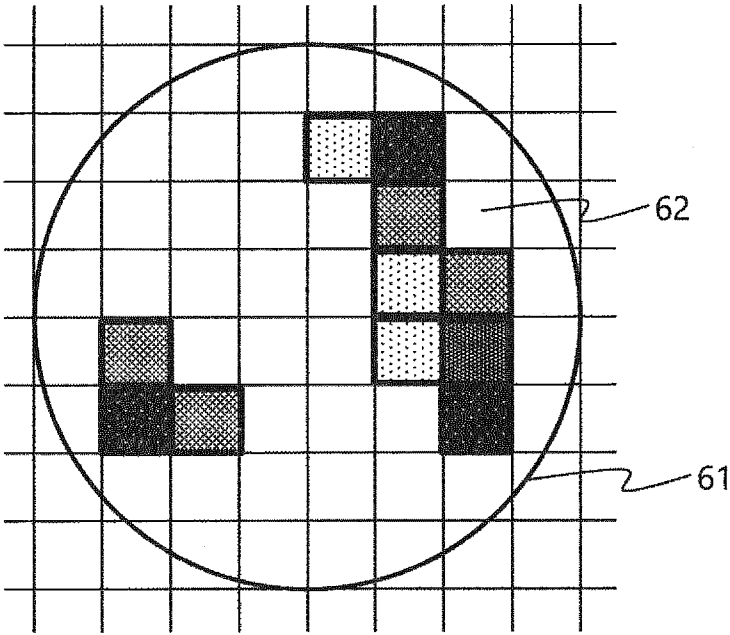
【圖 6】

51

Input			Output
V_1	V_2	ΔV	可動電荷量
-1	1	2	3×10^{11}
-2	2	4	1×10^{12}
.	.	.	.

【圖 7】

60



【圖 8】

設定 / 計測畫面

設定檔案選擇

瀏覽

開啟

計測

設定

雷射調變

電極調變

電子線調變

任意

電子線條件

電子線加速電壓[V]	300
電子線電流[nA]	10
電子線徑[um]	10

帶電控制電極條件

電壓[V]	Sweep
-------	-------

雷射條件

波長[nm]	300
強度[mW]	100
周期[ms]	1

掃描範圍

電壓[V]	[-5:5],[5:-5]
-------	---------------

順序

電子線照射電流

帶電控制電極電壓

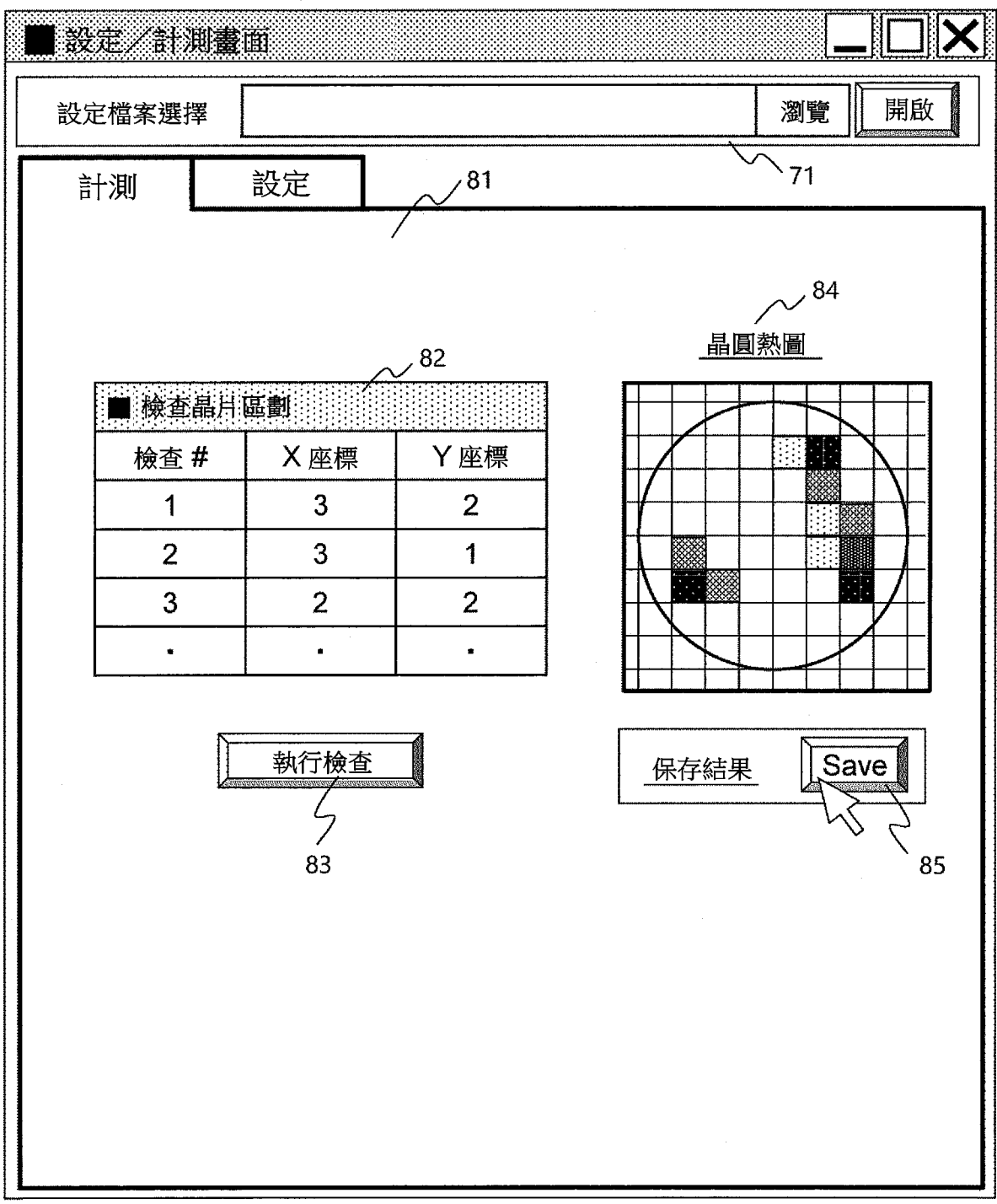
雷射光強度

取樣觸發器

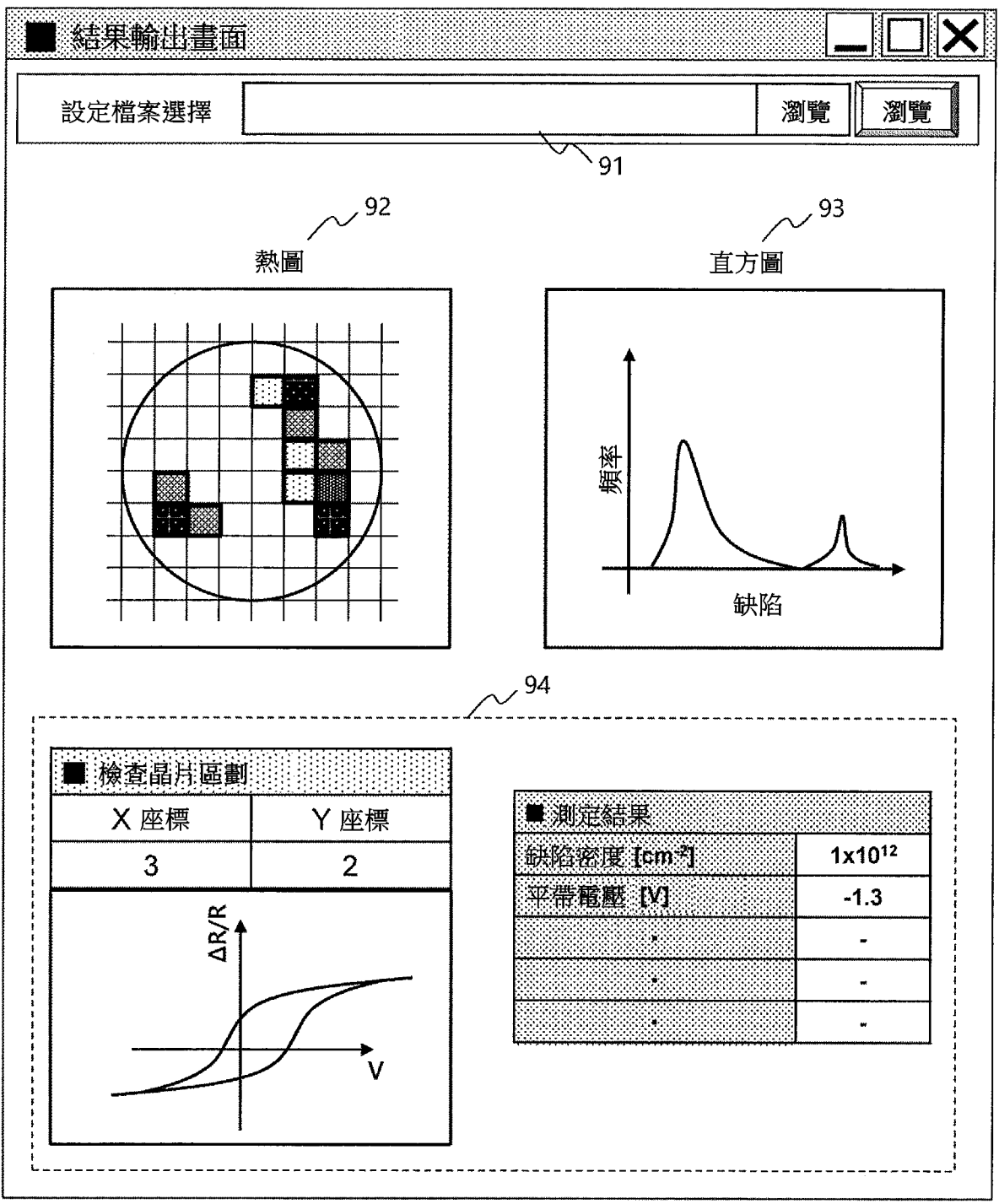
保存條件

Save

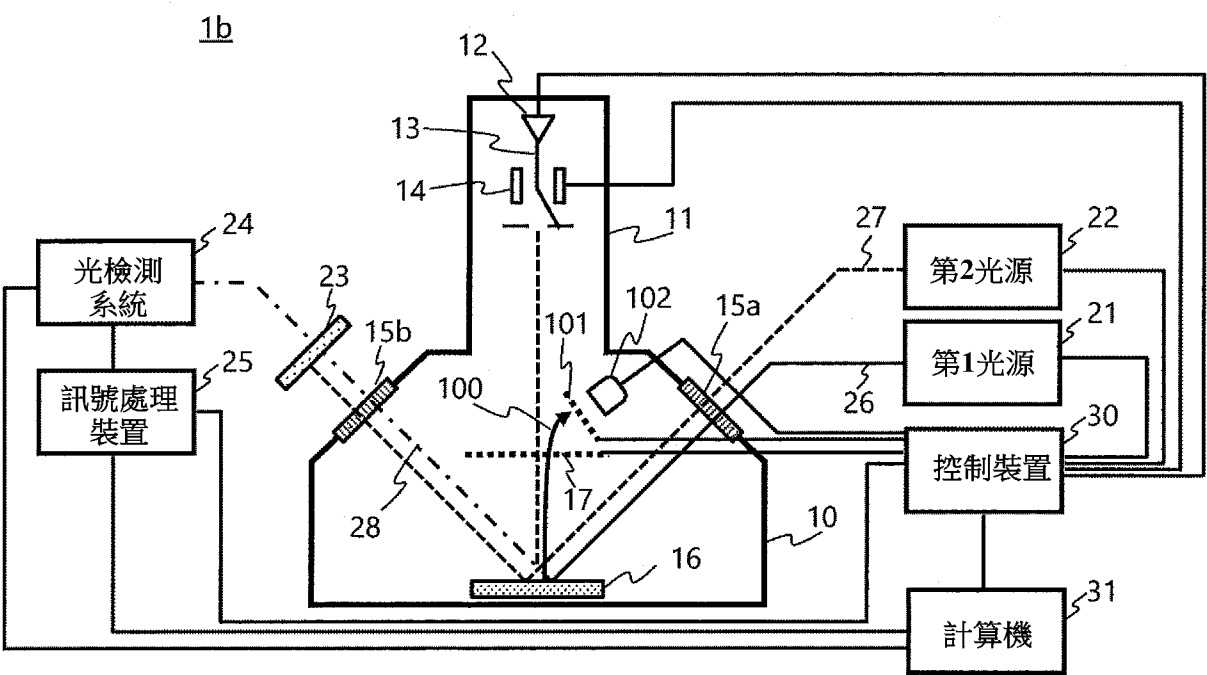
【圖 9A】



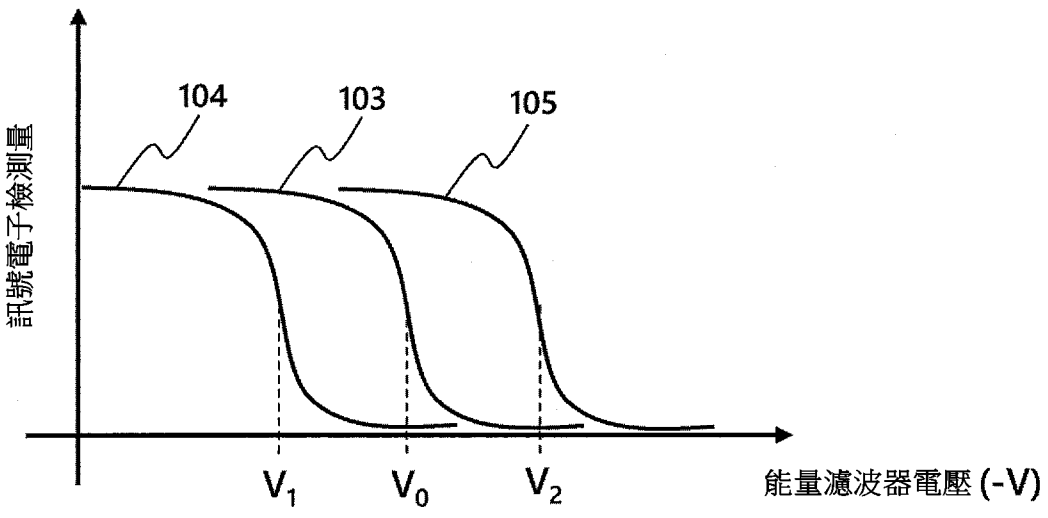
【圖 9B】



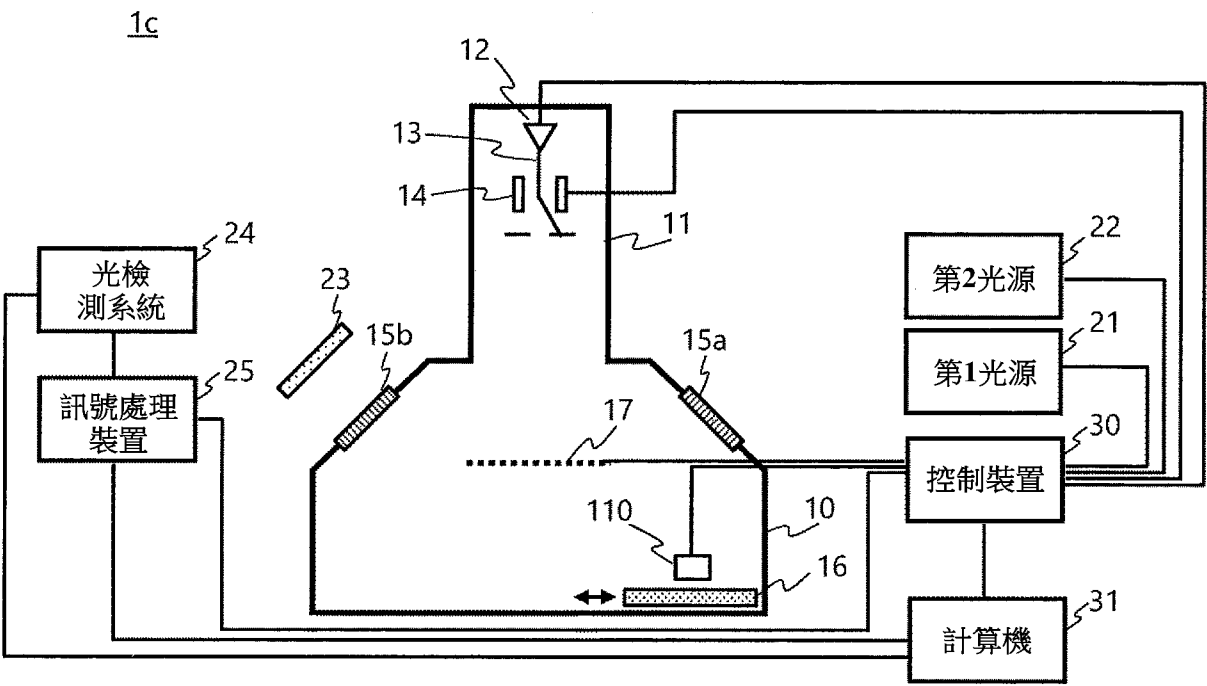
【圖 9C】



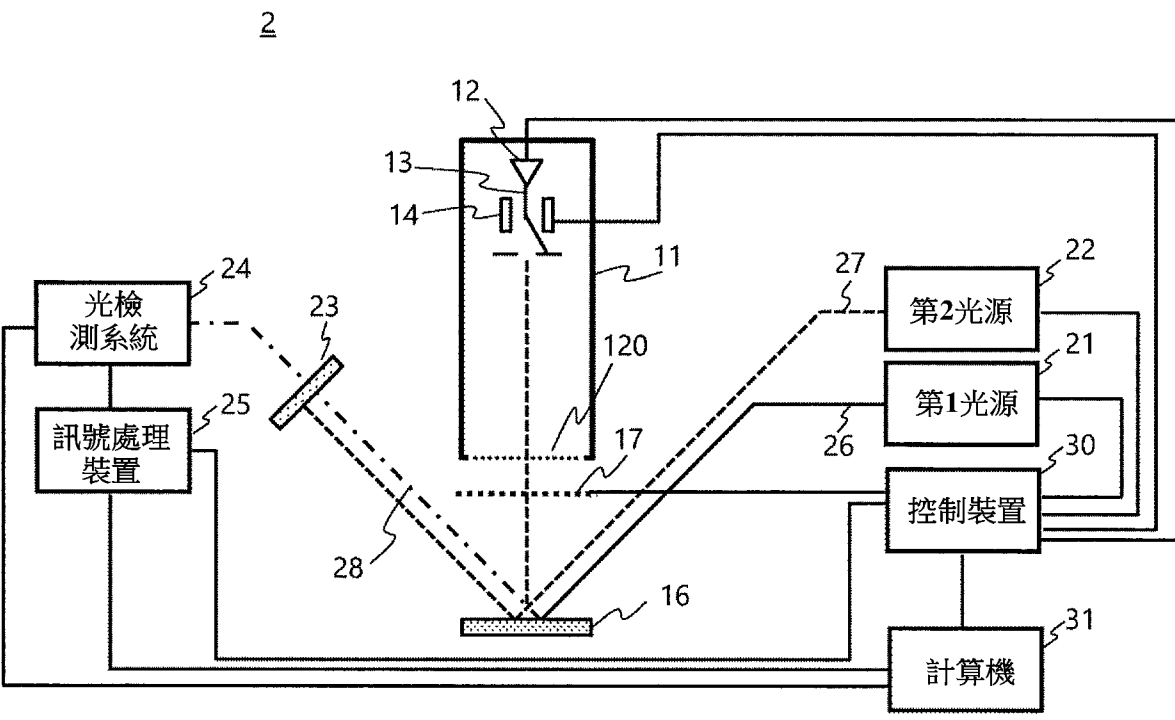
【圖 10A】



【圖 10B】

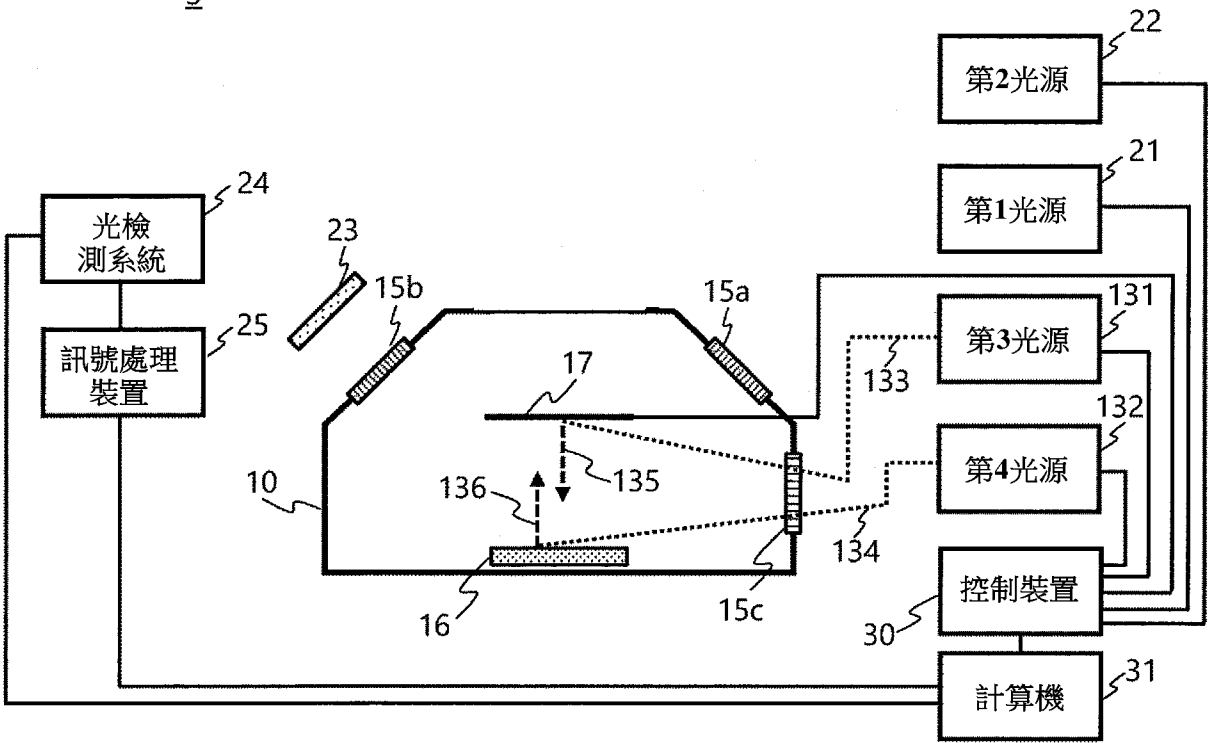


【圖 11】



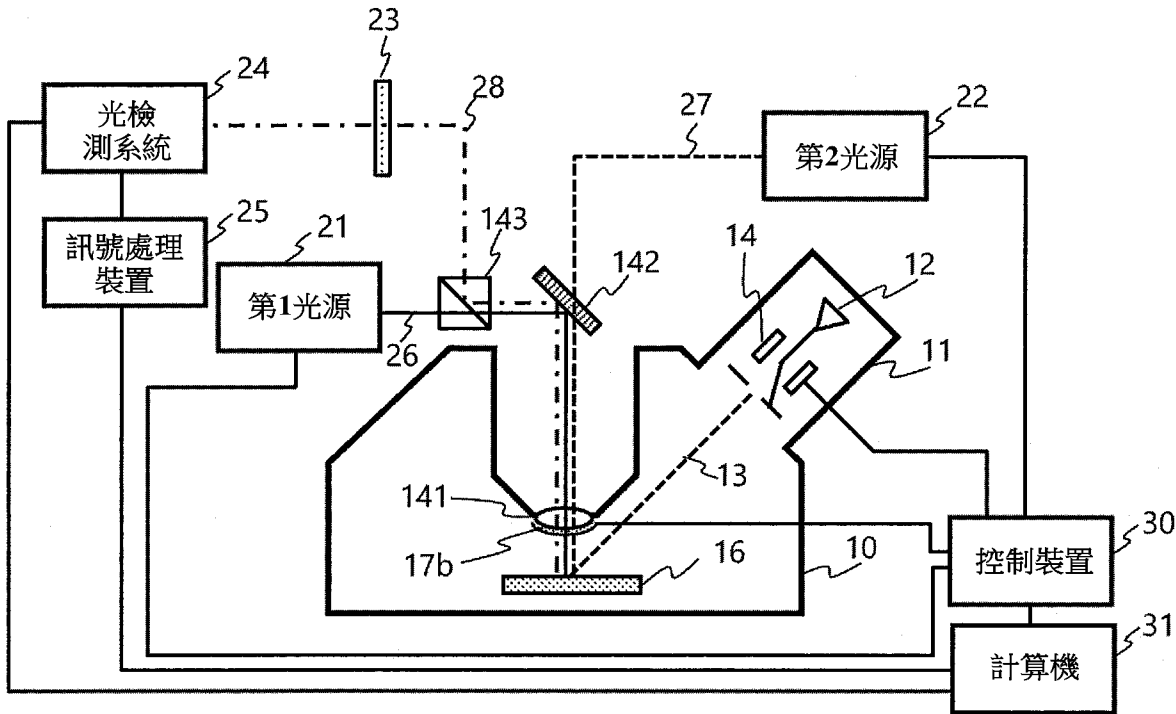
【圖 12】

3



【圖 13】

4



【圖 14】