



(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 I888844 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：112121830

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 06 月 12 日

(51)Int. Cl. : G01N27/28 (2006.01)

G01N27/416 (2006.01)

(30)優先權：2022/08/05 世界智慧財產權組織 PCT/JP2022/030067

(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)；備
前大輔 BIZEN, DAISUKE (JP)；榊原慎 SAKAKIBARA, MAKOTO (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 202229850A

US 2004/0089805A1

US 2021/0066029A1

審查人員：盧贊文

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：20 共 57 頁

(54)名稱

試料測定裝置

(57)摘要

試料測定裝置係包含：

光源，其係將光照射至包含絕緣膜的試料；

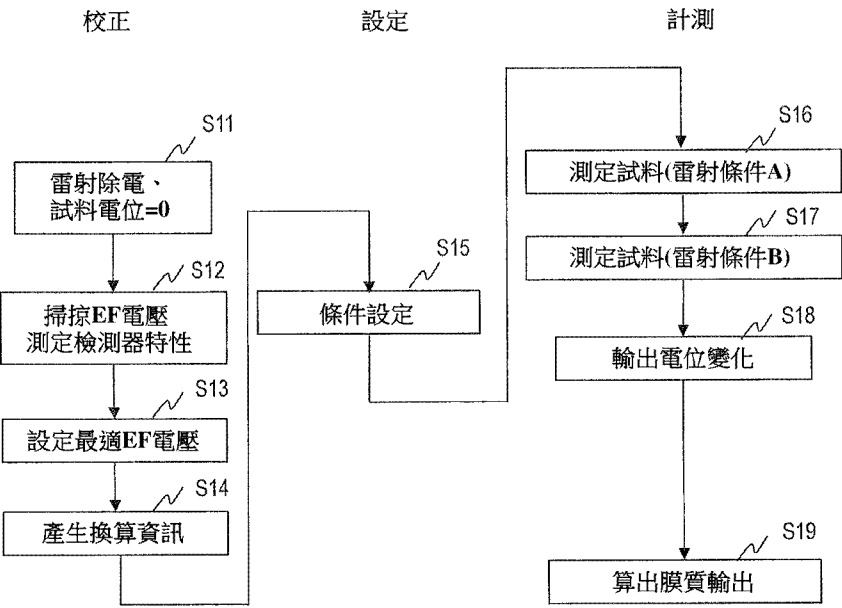
激發源，其係將一次射束照射至試料，使荷電粒子放出；

檢測器，其係對荷電粒子施加電場或磁場的至少一個，而按照荷電粒子的能量來分離軌道，藉此輸出取決於荷電粒子的能量之測出訊號；及

控制裝置，其係處理從檢測器取得的荷電粒子的測出訊號。

控制裝置係改變光的照射條件，以不同的照射條件藉由前述檢測器來取得測出訊號，使用表示測出訊號與絕緣膜的材料特性值的關係之資訊，從在不同的照射條件的測出訊號來決定材料特性值而輸出。

指定代表圖：



【圖 3】



I888844

【發明摘要】

【中文發明名稱】

試料測定裝置

【中文】

試料測定裝置係包含：

光源，其係將光照射至包含絕緣膜的試料；

激發源，其係將一次射束照射至試料，使荷電粒子放出；

檢測器，其係對荷電粒子施加電場或磁場的至少一個，而按照荷電粒子的能量來分離軌道，藉此輸出取決於荷電粒子的能量之測出訊號；及

控制裝置，其係處理從檢測器取得的荷電粒子的測出訊號。

控制裝置係改變光的照射條件，以不同的照射條件藉由前述檢測器來取得測出訊號，使用表示測出訊號與絕緣膜的材料特性值的關係之資訊，從在不同的照射條件的測出訊號來決定材料特性值而輸出。

【指定代表圖】圖3

【代表圖之符號簡單說明】無

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

試料測定裝置

【技術領域】

【0001】本發明是關於試料測定裝置。

【先前技術】

【0002】在半導體裝置中，絕緣膜的膜質為重要。在此，將包含絕緣膜或絕緣膜與半導體界面的缺陷(陷阱(trap))密度、缺陷準位、帶能(band energy)、載流子移動度、載流子壽命(carrier lifetime)或可施加於絕緣膜的最大電壓(耐電壓)之材料特性等的物性總稱為膜質。在膜質的重要的絕緣膜之一有電晶體的閘極氧化膜。在閘極氧化膜存在多數缺陷，膜質差時，隨著時間，電荷積存於絕緣膜，使電晶體的性能變化。亦即，降低裝置的可靠度。並且，在記憶體裝置中也因為絕緣膜是保持電荷，所以是作為記憶體機能使用的重要的膜。此情況，絕緣膜的膜質也是左右記憶體的揮發性等，作為記憶體的機能。如此，在裝置重要的絕緣膜的膜質是可藉由在半導體製程中適時檢查及計測來提升半導體裝置的良品率或可靠度。

【0003】在專利文獻1是記載以電子線來測定因為照射光至半導體試料而產生的試料表面的電位的變化之裝置。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0004】

[專利文獻1]日本特開2001-144155號公報

【發明內容】

(發明所欲解決的課題)

【0005】 作為推測膜質的手法，有推測以電極夾著對象的絕緣膜時的電容與電壓的關係之CV測定為人所知。但，CV測定是需要要在絕緣膜上製作電極，伴隨時間與成本。並且，難以縮小製作電極，膜質測定的空間分解能有限。被追求甚至從未完成微細的半導體裝置的絕緣剛成膜之後的狀態也可以高的空間分解能來檢查計測絕緣膜質的手法。

【0006】 在專利文獻1記載的裝置是依據電子線來評價不帶電的半導體的特性。由於絕緣體是藉由電子線而帶電，評價的物性也不同，因此就專利文獻1的裝置而言是不夠充分。

(用以解決課題的手段)

【0007】 本發明之一形態的試料測定裝置，其係包含：

光源，其係將光照射至包含絕緣膜的試料；

激發源，其係將一次射束照射至前述試料，使荷電粒

子放出；

檢測器，其係對前述荷電粒子施加電場或磁場的至少一個，而按照前述荷電粒子的能量來分離軌道，藉此輸出取決於前述荷電粒子的能量之測出訊號；

控制裝置，其係處理從前述檢測器取得的前述荷電粒子的測出訊號；及

輸入裝置，其係由使用者輸入關於前述試料的資訊，

前述控制裝置係根據以前述光的不同的照射條件藉由前述檢測器所檢測出的測出訊號及表示前述測出訊號與前述試料的電位的關係的資訊，決定在前述不同的照射條件的前述試料的電位變化，

使用關於前述試料的資訊中所含的膜厚及介電常數，來將前述電位變化換算成前述絕緣膜的材料特性值而輸出。

【0008】本發明之一形態的試料測定裝置，其係包含：

光源，其係將複數的波長的光照射至包含絕緣膜的試料；

激發源，其係將一次射束照射至前述試料，使荷電粒子放出；

檢測器，其係對前述荷電粒子施加電場或磁場的至少一個，而按照前述荷電粒子的能量來分離軌道，藉此輸出取決於前述荷電粒子的能量之測出訊號；及

控制裝置，其係處理從前述檢測器取得的前述荷電粒

子的測出訊號，

前述控制裝置係在前述光的不同的波長的各者，產生表示以前述光的不同的照射條件藉由前述檢測器所檢測出的測出訊號的比較結果之比較訊號，

輸出根據前述比較訊號的前述絕緣膜的膜質的資訊。

【0009】本發明之一形態的試料測定裝置，其係包含：

光源，其係將光照射至包含絕緣膜的試料；

激發源，其係將一次射束照射至前述試料，使荷電粒子放出；

檢測器，其係對前述荷電粒子施加電場或磁場的至少一個，而按照前述荷電粒子的能量來分離軌道，藉此輸出取決於前述荷電粒子的能量之測出訊號；

控制裝置，其係處理從前述檢測器取得的前述荷電粒子的測出訊號；及

輸入裝置，其係由使用者輸入關於前述試料的資訊，

前述控制裝置係改變前述光的照射條件，以不同的照射條件藉由前述檢測器取得測出訊號，

使用表示前述測出訊號與前述絕緣膜的材料特性值的關係之資訊，從在前述不同的照射條件的測出訊號來決定前述材料特性值而輸出。

[發明的效果]

【0010】若根據本發明的一形態，則可測定試料的所

望的膜質。

【圖式簡單說明】

【0011】

[圖 1]是模式性地表示 SEM 的概略構成例。

[圖 2]是表示控制裝置的硬體構成例。

[圖 3]是表示利用控制裝置的 SEM 的控制處理例的流程圖。

[圖 4]是表示在設定及計測畫面的校正畫面的例子。

[圖 5]是表示照射來自光源的紫外雷射光的期間、EF 電壓的時間變化及進行攝像(訊號電子測出)的期間。

[圖 6]是表示檢測器特性。

[圖 7]是模式性地表示在試料的不同的帶電狀態的 EF 電壓與測出訊號的關係。

[圖 8]是表示如上述般計算的訊號電子的測出訊號量與試料電位的關係。

[圖 9]是表示用以測定對象試料的膜質的設定畫面的例子。

[圖 10]是表示在參照圖 9 說明的設定條件的雷射光照射與攝像的順序的例子。

[圖 11]是表示給計測階段用的 GUI 畫面的例子。

[圖 12]是表示給計測階段用的 GUI 畫面的其他的例子。

[圖 13]是表示實施例 2 的搭載了鎖定檢測機構的 SEM 的

裝置構成例。

[圖 14]是表示實施例 3 的利用控制裝置的 SEM 的控制處理例的流程圖。

[圖 15]是表示實施例 3 的在計測階段的 GUI 畫面的例子。

[圖 16]是表示實施例 4 的利用控制裝置的 SEM 的控制處理例的流程圖。

[圖 17]是表示實施例 4 的在計測階段的 GUI 畫面的例子。

[圖 18]是表示實施例 5 的往試料的雷射光照射與攝像的順序的例子。

[圖 19]是表示實施例 5 的往試料的雷射光照射與攝像的順序的例子。

[圖 20]是表示實施例 5 的在計測階段的 GUI 畫面的例子。

【實施方式】

【0012】以下，利用圖面來說明實施例。另外，在以說明實施例的全圖中，對於相同的要素附上相同的符號，其重複的說明是被省略。在以下具體說明的裝置的例子是使用電子束作為一次射束，檢測出訊號電子作為訊號荷電粒子，藉此測定試料。本案的特徵是在其他的裝置，例如使用離子束或雷射光作為一次射束及/或檢測出離子作為訊號荷電粒子的裝置也可適用。

[實施例 1]

【0013】圖 1 是模式性地表示掃描電子顯微鏡裝置 (SEM) 1 的概略構成例。掃描電子顯微鏡裝置 1 是測定試料的膜質的材料特性值，例如絕緣膜的電位或耐電壓之本說明書的一實施例的試料測定裝置。SEM 1 是使用電子束來進行試料的觀察及測定。

【0014】圖 1 所示的 SEM 1 是包含：電子光學系；及控制電子光學系，測定試料的控制裝置 112。為了容易說明，圖 1 是僅顯示電子光學系的一部分的構成要素。SEM 是亦可附加未圖示的其他的構成要素，例如其他的透鏡、對準器 (aligner)、散光像差補償器 (stigmator)、偏向器或分離器 (separator) 等。SEM 的光學元件 (透鏡、偏向器、分離器等) 是產生電場、磁場或磁場及電場的複合，對於電子束產生作用。

【0015】在電子光學系中，對物透鏡 107 會被配置於從激發源 101 朝向試料 200 引出的一次射束 251 的軌道上。在本例中，激發源 101 是電子源，但亦可使用其他的荷電粒子源或雷射等，只要是放出訊號荷電粒子的激發源。

【0016】一次射束 251 是在通過對物透鏡 107 之後，被集束於試料 200 上。例如，未圖示的掃描用偏向器會被配置於激發源 101 與對物透鏡 107 之間，控制一次射束 251 的方向，使得一次射束 251 會二維地掃描試料 200 上的區域。

【0017】被照射於試料 200 的一次射束 251 是與表面附

近的物質互相作用，按照試料的形狀或材料而產生二次電子或除此以外的訊號電子。在本實施例是將從試料200放出以檢測器110所檢測出的二次電子稱為訊號電子。

【0018】試料200是被載置於平台108上。被照射於試料200的一次射束251是與試料200的表面附近的物質互相作用，產生訊號電子261。在平台108施加負電壓，在試料200上產生電場。藉由此電場，訊號電子261使一次射束251的軌道逆轉。未圖示的射束分離器是使訊號電子261偏向，而使該等的軌道從一次射束251的軌道分離。

【0019】檢測器110是檢測出訊號電子261，變換成測出訊號。測出訊號的強度是按照在一次射束251所照射的位置的試料200的形狀或材質而變化。

【0020】能量過濾器(EF)116是被配置於檢測器110之前。能量過濾器116及檢測器110是構成能量檢測器106。來自試料200的訊號電子261是通過能量過濾器116而射入至檢測器110。檢測器110是檢測出通過能量過濾器116的訊號電子261。能量過濾器116是被連接至EF電源111。EF電源111是將藉由控制裝置112所設定的電壓給予能量過濾器116。

【0021】能量過濾器116是例如包含金屬網，被施加來自EF電源111的電壓。能量過濾器116是按照被施加的EF電壓，使訊號電子261反彈或通過。如此，能量過濾器116是按照訊號電子261的能量而分離軌道。

【0022】能量過濾器116是藉由電場，將訊號電子261

的軌道按照其能量而分離。其他例的能量過濾器是亦可藉由磁場，將訊號電子 261 的軌道按照其能量而分離。又，能量過濾器是亦可為不使訊號電子反射，按照能量以不同的角度偏向，將訊號電子予以軌道分離的光譜儀。能量檢測器是對訊號電子施加電場或磁場的至少一個而按照訊號電子的能量來將其軌道分離，藉此可輸出訊號電子的取決於能量的測出訊號。

【0023】控制裝置 112 是將 EF 電壓掃掠(sweep)，而決定訊號電子 261 不可藉由檢測器 110 檢測出或可檢測出的 EF 電壓。表示訊號電子 261 的檢測出的有無的 EF 電壓是對應於訊號電子 261 的能量，訊號電子 261 的能量是與試料 200 的電位建立對應。

【0024】由於試料 200 是包含絕緣體，因此藉由一次射束 251 的照射來帶電。例如，試料 200 設為帶正電者。試料 200 的電位為高的情況，被檢測出的訊號電子 261 的能量變低。例如，在試料 200 為無帶電的狀態中，訊號電子 261 的能量為 1kV，在帶正電的狀態中，訊號電子 261 是具有 990V 的運動能量。

【0025】檢測器 110 是測定訊號電子能量。如後述般，根據利用檢測器 110 的訊號電子能量的測定結果，測定試料 200 的電位及根據彼此的試料的膜質。被測定的膜質是例如絕緣膜內或界面的缺陷密度[個/cm²]、載流子移動度[cm²/(Vs)]、缺陷準位[eV]或帶能[eV]等。絕緣膜的缺陷不是形狀缺陷，而是陷阱(trap)等的材料缺陷。

【0026】為了更正確的測定，得知試料200在無帶電的狀態的訊號電子能量為重要。本說明書的一實施例的SEM1是藉由將來自光源103的光105照射至試料200，將試料200除電。控制裝置112是控制光源103及/或光路104，經由光路104來將光105照射至試料200。光105是例如紫外光，其波長是可例如為波長400nm以下。光源103是例如紫外光雷射。光源103是亦可為以單色器(monochromator)來將白色光源單色化者。又，光源103是亦可為由複數的光源所構成，按照波長設定來選擇光源的構成。

【0027】例如，控制裝置112是在將來自光源103的紫外光105照射至試料200的狀態下，測定EF電壓與訊號電子能量的關係。藉此，可知試料200的帶電量為0V的訊號電子261的能量。然後，控制裝置112是在光源103或光路104將光105維持於OFF，測定EF電壓與訊號電子能量的關係。從二個的測定結果可知將一次射束251照射至試料200時的試料200的帶電量[V]。

【0028】測定用的電子光學系的上述全部的構成要素是藉由控制裝置112來控制。在圖1的構成例中，控制裝置112是包含控制運算部114及輸出入部115。控制運算部114是控制各構成要素，且運算藉由檢測器110所檢測出的訊號電子強度，產生所望的資訊。輸出入部115是受理使用者的設定操作，且對於使用者提示被要求的資訊。

【0029】圖2是表示控制裝置112的硬體構成例。控制裝置112是可具有計算機構成。控制裝置112是包含處理器

121、記憶體(主記憶裝置)122、輔助記憶裝置123、輸出裝置124、輸入裝置125及通訊介面(I/F)127。上述構成要素是藉由匯流排來互相連接。記憶體122、輔助記憶裝置123或該等的組合是記憶裝置，儲存處理器121所使用的程式及資料。

【0030】記憶體122是例如由半導體記憶體所構成，主要為了保持實行中的程式或資料而利用。處理器121是按照被儲存於記憶體122的程式來實行各種的處理。藉由處理器121按照程式動作，各種的機能部會被實現。輔助記憶裝置123是例如由硬碟或固態硬碟(Solid-state drive)等的大電容的記憶裝置所構成，為了長期間保持程式或資料而利用。

【0031】處理器121是可以單一的處理單元或複數的處理單元所構成，可包含單一或複數的運算單元或複數的處理核心。處理器121是可作為1個或複數的中央處理裝置、微處理器、微計算機、微控制器、數位訊號處理器、狀態機(state machine)、邏輯電路、圖形(graphic)處理裝置、系統晶片及/或根據控制指示操作訊號的任意的裝置安裝。控制裝置112的機能部，例如控制運算部114及輸出入部115是可藉由處理器121按照程式來與其他的裝置一起動作而實現。例如，輸出入部115是可藉由處理器121與輸出裝置124及輸入裝置125一起動作而安裝。

【0032】被儲存於輔助記憶裝置123的程式及資料會在起動時或必要時被載入記憶體122，藉由處理器121實行

程式，控制裝置 112 的各種處理會被實行。因此，在以下藉由控制裝置 112 實行的處理是利用處理器 121 或程式的處理。

【0033】輸入裝置 125 是用以使用者輸入指示或資訊等至控制裝置 112 的硬體裝置。輸出裝置 124 是提示輸出入用的各種畫像的硬體裝置，例如顯示裝置或印刷裝置。通訊 I/F 127 是用以和網路連接的介面。

【0034】控制裝置 112 的機能是可安裝在由包含 1 個以上的處理器及包括非短暫性的記憶媒體的 1 個以上的記憶裝置之 1 個以上的計算機所組成的計算機系統。複數的計算機是經由網路來通訊。例如，亦可控制裝置 112 的複數的機能的一部分被安裝於一個的計算機，其他的一部分被安裝於其他的計算機。

【0035】圖 3 是表示利用控制裝置 112 的 SEM1 的控制處理例的流程圖。圖 3 是表示用以測定膜質例如絕緣膜的帶電量或耐電壓等的材料特性值的流程。控制流程是包含校正階段、設定階段及計測階段的 3 階段。校正階段是以步驟 S11~S14 所構成，設定階段是以步驟 S15 所構成，計測階段是以步驟 S16~S19 所構成。

【0036】校正階段是實行檢測器 110 及 EF 電壓的校正。控制裝置 112 是定期性地實行校正階段，可為對象試料的試料電位的更正確的測定。首先，在步驟 S11 中，控制裝置 112 是從光源 103 經由光路 104 來將光 105 照射至試料 200。在此，光源 103 是在試料 200 帶電的情況，設為可將

其帶電除電的波長的雷射，例如紫外雷射。藉由紫外雷射光 105，試料 200 會被除電，其帶電量成為 0V。

【0037】其次，在步驟 S12 中，控制裝置 112 是藉由測定來自試料的訊號電子 261 的能量特性，測定表示檢測器的設定條件與訊號電子測出訊號強度的關係的檢測器特性。控制裝置 112 是在將紫外雷射光 105 照射至試料 200 的狀態下，掃掠(增加或減少)給予能量過濾器 116 的 EF 電壓。控制裝置 112 是以不同的 EF 電壓各者，照射一次電子束至試料 200，測定利用檢測器 110 的訊號電子 261 的測出訊號量。另外，在步驟 S11 的紫外雷射光 105 照射的任務是在使步驟 S12 的檢測器特性測定在試料未帶電的狀態，亦即帶電量為 0V 時進行。只要可取得同等的效果，步驟 S11 的紫外雷射光 105 的照射是亦可在 EF 電壓掃掠之前、EF 電壓的掃掠中時常、EF 電壓的掃掠中定期地照射至試料 200。

【0038】在訊號電子 261 的能量特性測定中，一次射束 251 是亦可被二維地掃描(移動)或亦可不被掃描，只要被照射至相同的材料及厚度的試料 200 區域內。訊號電子 261 的測出強度是取決於 EF 電壓與試料 200 的構成，但為不取決於一次射束照射位置的 SEM1 光學系。

【0039】其次，在步驟 S13 中，控制裝置 112 是根據步驟 S12 的測定結果，設定試料測定用的最適 EF 電壓。控制裝置 112 是如上述般使 EF 電壓變化，訊號電子 261 的測出訊號的對於 EF 電壓的感度可決定為最適 EF 電壓。或，亦可

參照測定結果來設定被使用者指定的 EF 電壓作為最適 EF 電壓。

【0040】其次，在步驟 S14 中，控制裝置 112 是從來自測定對象試料的訊號電子的測出訊號量，產生用以換算測定對象試料的試料電位的換算資訊，儲存於輔助記憶裝置 123。試料電位是取決於平台電壓及試料 200 的帶電量。試料的測定是在將在步驟 S13 被決定的最適電壓給予能量過濾器 116 的狀態下，測定來自試料的訊號電子。對象試料的測定是參照換算資訊，從檢測器 110 的測出訊號量算出試料電位。換算資訊是可以數學式或尋找表 (Lookup Table) 等，任意的格式 (format) 表示。

【0041】在此，說明步驟 S11~S14 的詳細。圖 4 是表示在設定及計測畫面的校正畫面的例子。使用者是可在校正畫面內輸入電子線條件 301、雷射條件 302、試料條件 303 及校正條件 304。

【0042】使用者是可設定電子線加速電壓、電子線電流、平台電壓及影格數，作為校正用的電子線條件 301。電子線是一次射束 251。平台電壓是給予試料平台 108 的電壓。

【0043】影格數是表示為了產生試料的畫像而被使用的影格數的值，但 SEM1 的輸出不是畫像的情況，亦可為一次射束 251 的照射時間等。在此，控制裝置 112 是以一次射束 251 來二維地掃描試料 200 的對象區域，而產生畫像。例如，4 個的影格 (frame) 的平均為試料的畫像。測出訊號

量是例如亦可為畫像的像素的訊號量的總和或平均。

【0044】雷射條件302是表示光源103及光路104的條件。在本例中，可設定雷射光的波長及強度，作為雷射條件302。試料條件303是表示配置有為了校正而測定的試料之座標。

【0045】校正條件304是表示施加於能量過濾器116的EF電壓的範圍及在試料電位的測定中被使用的設定電壓 V_{EF} 。設定電壓 V_{EF} 是作為校正結果取得的最終的EF電壓。使用者是可設定EF電壓的掃掠範圍，設定電壓 V_{EF} 是藉由控制裝置112來計算及設定。設定電壓 V_{EF} 是亦可按照校正的測定結果而藉由使用者來輸入。

【0046】使用者是在校正畫面中設定電子線條件301、雷射條件302、試料條件303及校正條件304的EF電壓範圍。若藉由使用者來選擇校正程序按鍵，則控制裝置112實行圖3的流程圖的步驟S11~S14。

【0047】控制裝置112是在校正畫面顯示藉由測定而取得的檢測器特性305。在檢測器特性305的圖表中，橫軸是表示EF電壓，縱軸是表示訊號電子的測出訊號量。在特定的EF電壓的範圍中，測出訊號量是EF電壓的增加(減少)的同時大幅度減少(增加)。

【0048】控制裝置112是可根據檢測器特性305的圖表來決定設定電壓 V_{EF} 。被決定的設定電壓 V_{EF} 的決定方法的詳細後述。設定電壓 V_{EF} 是亦可藉由使用者來指定。使用者是參照檢測器特性305，將認為合適的EF電壓值設定於

校正條件304的設定電壓 V_{EF} 的元件(cell)。

【0049】若使用者選擇設定保存按鍵，則設定電壓 V_{EF} 及其他的條件301~304以及檢測器特性的測定結果305會被保存於輔助記憶裝置123。設定電壓 V_{EF} 以外的至少一部分的資訊是亦可從被保存的資訊除外。

【0050】其次，說明步驟S12的檢測器及為了EF電壓的校正的校正用試料的測定方法的例子。圖5是表示照射來自光源103的紫外雷射光的期間、EF電壓的時間變化及進行攝像(訊號電子測出)的期間。在圖5的三個的圖表中，橫軸是表示時間。另外，在本說明書中，取得掃描一次射束的情況的像及維持於一點的情況的訊號電子的哪個情況都稱為攝像。

【0051】控制裝置112是測定的期間，經常持續照射紫外雷射光至試料200。亦即，測定的期間，光源103是被維持於ON。控制裝置112是在將雷射光照射至試料200的狀態下，將EF電壓從低的值掃描至高的值。如圖5所示般，EF電壓是階梯狀地增加。

【0052】在EF電壓為一定的各期間，控制裝置112取得試料200的畫像。亦即，控制裝置112是以一次射束251來掃描試料200上的特定的範圍，而取得試料200的畫像。如上述般，控制裝置112是在各EF電壓值，攝像預定數的影格，藉由該等的平均值來產生畫像。控制裝置112是可將產生的畫像的像素的訊號量(亮度)的總計或平均值決定為其EF電壓的訊號電子的測出訊號量。另外，紫外雷射光

的照射是如本實施例般亦可不是常時 ON。光電子的產生等，因為照射紫外雷射光而使訊號電子的檢測精度劣化時，與攝像的 ON 時機同步將紫外雷射光設為 OFF 為有效。

【0053】其次，說明在步驟 S13 的根據測位結果的設定電壓 V_{EF} 的決定方法的例子。圖 6 是表示檢測器特性。檢測器特性是以 EF 電壓與訊號電子的測出訊號量的關係來表示。橫軸是表示 EF 電壓，縱軸是表示訊號電子的測出訊號量。

【0054】測出訊號量是在特定的 EF 電壓的範圍內大幅度變化。具體而言，測出訊號量是 EF 電壓會從最低的開始電壓增加而至特定的 EF 電壓為止大致一定，但在該特定的電壓開始大幅度減少。測出訊號量是從該特定的 EF 電壓按照 EF 電壓的增加而持續減少至特定的 EF 電壓為止，然後，即使 EF 電壓增加也為大致一定。

【0055】設定電壓 V_{EF} 是例如亦可被設定成測出訊號量的變化率(微分)的絕對值為最大的 EF 電壓值。

【0056】其次，說明在步驟 S14 的換算資訊的產生方法的例子。圖 7 是模式性地表示在試料的不同的帶電狀態的 EF 電壓與測出訊號的關係。在圖 7 的圖表中，橫軸是表示 EF 電壓，縱軸是表示訊號電子的測出訊號量。線 331 是表示無帶電試料的測出訊號量，線 332 是表示帶電試料的測出訊號量。

【0057】無帶電試料是相當於為了校正而在被照射雷射光的狀態下測定的試料。帶電試料是相當於測定對象的

試料。帶電試料為帶正電的情況，其測出訊號量是在比無帶電試料的測出訊號量更低的EF電壓，開始減少。

【0058】在無帶電試料的測出訊號量331中，點333A是表示最大的微分的絕對值。點333B是在帶電試料的測出訊號量332中，具有與點333A相同的EF電壓的點。點333B的測出訊號量是比點333A的測出訊號量更小。點333C是在無帶電試料的測出訊號量331中，具有與點333B相同的測出訊號量的點。點333C的EF電壓是比點333B的EF電壓更大。

【0059】在此，點333A的EF電壓會作為試料測定時的設定電壓 V_{EF} 。點333C與點333B之間的EF電壓差 ΔV 是表示帶電試料與無帶電試料的電位差。設定電壓 V_{EF} 與在測定對象試料的測出訊號量的無帶電試料的EF電壓之間的差為測定對象試料與無帶電試料的電位差。來自無帶電試料的試料電位的電位差是表示測定試料的帶電量。

【0060】圖8是表示如上述般計算的訊號電子的測出訊號量與試料電位的關係。如圖8所示般，測定對象試料的試料電位是以測出訊號量的函數來表示。

試料電位[V]=f(訊號電子測出訊號量)

【0061】控制裝置112是從在校正階段測定的平台電壓及與無帶電試料的EF電壓訊號電子測出訊號量的關係331來構築規定圖8所示的函數的換算資訊。換算資訊是用以將試料的訊號電子的測定結果(測出訊號量)換算成試料電位的資訊，可用尋找表或數學式等來表示。

【0062】其次，說明圖3的流程圖的設定階段。設定階段是以步驟S15所構成。在步驟S15，控制裝置112設定對象試料的測定條件。

【0063】圖9是表示用以測定對象試料的膜質的設定畫面的例子。使用者是可設定電子線條件351、測定條件352及對應於測定條件352的1個以上的雷射條件353。電子線條件351是與校正階段的電子線條件301同樣，指定一次電子束、平台電壓及影格數。

【0064】測定條件352是指定試料的測定條件數及對於該等的測定結果的運算方法。使用者是可對一個的試料指定不同的條件的複數的測定。在圖9所示的例子中，指定二個的測定條件A、B，被指定的運算方法是算出二個的測定結果的差。

【0065】在圖9的例子中，使用者是可指定照射至試料的雷射光的條件。雷射光是如上述般使試料的電位變化。被使用在試料測定的光源是可與被使用在校正階段的雷射相同或相異。照射的光是亦可不是雷射光。照射的光是亦可使用單色儀來將例如氙弧燈般的白色光源單色化者。

【0066】圖9是以測定條件B的雷射條件(雷射條件B)為例表示。雷射條件是指定波長、強度及偏光。在本例中是顯示測定被成膜於半導體上的絕緣膜的帶電量的條件。雷射條件A是指定強度0的雷射光，亦即不照射雷射光。雷射條件B是指定波長350nm、強度100mW、P偏光的雷射光

的照射。藉由使用者選擇設定保存按鍵，被指定的條件會被保存於輔助記憶裝置123。

【0067】二個的不同測定條件A、B的其他的例子是照射測定條件A、B不同的波長的雷射光。例如，雷射條件A是照射700nm的雷射光，雷射條件B是照射350nm的雷射光。控制裝置112是算出在二個的測定條件的測出訊號的差。

【0068】如上述般，雷射條件B的紫外雷射光是利用除電效果來作用於絕緣膜，但同時對於下層的半導體也有光起電壓等的作用。測定的訊號電子的能量是複合雷射對於絕緣膜與半導體的效果。雷射條件A的近紅外雷射光是透過絕緣膜，因此只對於下層的矽有作用。亦即，對於半導體的作用不能忽視的情況，是藉由算出雷射條件A與B的測定結果的差來扣除對於半導體的作用。因此，可檢測出只對於絕緣膜的作用適當地測定絕緣膜的帶電量等的膜質。

【0069】另外，在測定條件352被指定的測定的雷射條件的數目是不被限定。又，在測定條件352指定的運算方法是不被限定於減算，可按照算出的膜質來指定適當的任意的運算方法。

【0070】圖10是表示在參照圖9說明的設定條件的雷射光照射與攝像的順序的例子。在圖10所示的例子中，控制裝置112是在將雷射設為OFF的狀態(雷射條件A)中，進行試料的攝像，取得訊號1A。其次，控制裝置112是在照

射雷射光的狀態(雷射條件B)中，進行試料的攝像，取得訊號1B。

【0071】其次，控制裝置112是在將雷射設為OFF的狀態(雷射條件A)中，進行試料的攝像，取得訊號2A。其次，控制裝置112是在照射雷射光的狀態(雷射條件B)中，進行試料的攝像，取得訊號2B。

【0072】例如，控制裝置112是可將訊號1A與訊號2A的平均值決定為在雷射條件A取得的像。又，控制裝置112是可將訊號1B與訊號2B的平均值決定為在雷射條件B取得的像。

【0073】回到圖3，在以下說明計測階段。計測階段是以步驟S16~S19所構成。在步驟S16中，控制裝置112是以雷射條件A，進行對象試料的測定。如上述般，雷射條件A是不將雷射光照射至試料。

【0074】控制裝置112是在不照射雷射光的狀態下，將設定電壓 V_{EF} 給予能量過濾器116。控制裝置112是以在電子線條件351被指定的條件，將一次射束252掃描於試料的指定區域。藉此，可取得在雷射條件A的二次元的試料像。

【0075】其次，在步驟S17中，控制裝置112是以雷射條件B，進行上述對象試料的測定。如上述般，雷射條件B是指定波長350nm、強度100mV、P偏光的雷射光的照射。

【0076】控制裝置112是將設定電壓 V_{EF} 給予能量過濾

器 116。控制裝置 112 是邊以被指定的條件來將雷射光照射至試料，邊以在電子線條件 351 被指定的條件。將一次射束 252 掃描於試料的指定區域。藉此，可取得在雷射條件 B 的二次元的試料像。

【0077】如參照圖 10 說明般，控制裝置 112 是亦可在雷射條件 A 及 B 的各者，實行複數次的測定(攝像)，或雷射條件 A 及 B 的各者的測定次數是亦可僅為 1 次。

【0078】其次，在步驟 S18，控制裝置 112 是根據雷射條件 A 的測出訊號量，參照換算資訊，決定雷射條件 A 的試料電位。進一步，控制裝置 112 是根據雷射條件 B 的測出訊號量，參照換算資訊，決定雷射條件 B 的試料電位。

【0079】控制裝置 112 是算出雷射條件 A 與雷射條件 B 的試料電位變化。利用圖 8 所示的關係，算出從雷射條件 A 的試料電位減去雷射條件 B 的試料電位的值。另外，控制裝置 112 是亦可算出在雷射條件 A 的測出訊號量與雷射條件 B 的測出訊號量的差，根據該差與換算資訊，決定在二個的雷射條件間的電位變化。條件 A 與條件 B 之間的測出訊號量的差及電位變化是分別為表示在該等條件的測出訊號量的比較結果的比較訊號。

【0080】其次，在步驟 S19 中，控制裝置 112 是按照圖 9 所示的測定條件 352 指定的運算方法來算出膜質，輸出該結果。在本例中，控制裝置 112 是按照在設定畫面被指定的測定條件，從雷射條件 A 的試料電位減去雷射條件 B 的試料電位，以該等的差作為表示絕緣膜的膜質的資訊，輸

出至輸出裝置 124。

【0081】圖 11 是表示計測階段用的 GUI 畫面的例子。在該畫面中，使用者可指定測對象的座標 381。指定座標是例如亦可為預定的掃描區域的基準位置或照射一次射束的一點的位置。

【0082】又，使用者是可指定顯示的膜質量 382。在圖 11 所示的例子中，試料的電壓會被指定。例如，如上述般算出的絕緣膜的帶電量會被顯示。帶電量是表示試料電位變化的數值的例子。控制裝置 112 是可保持用以計算從計算後的試料電位指定的其他的單位的膜質量之參照資訊。藉此，能以從複數的選擇項選擇的單位來顯示膜質量。

【0083】計測 GUI 畫面是進一步顯示試料的計測結果。圖 11 的例子是除試料的膜質像 384 之外，還顯示作為比較對象的 SEM 像 383。藉此，使用者可與構造作對比確認對象試料的膜質。試料的測定區域是例如以矽線 (silicon line) 391 及被成膜於其間的溝 (trench) 部的矽上的絕緣膜 392 所構成。

【0084】在圖 11 的例子中，膜質像 384 是表示測定區域的在雷射條件 A 的試料電位與在雷射條件 B 的試料電位的差的分佈。膜質像 384 是表示絕緣膜 392 的帶電量按照離矽的距離而異。帶電量是表示絕緣膜 392 的膜質。

【0085】圖 12 是表示計測階段用的 GUI 畫面的其他的例子。與圖 11 所示的 GUI 畫面例作比較，被顯示的測定結

果不同。圖 12 的 GUI 畫面是顯示晶圓熱圖 (heatmap) 387 作為測定結果。當測定如 SEM 像般不是複數處而是 1 處 (例如 1 像素) 時，各測定結果是表示一個的值。控制裝置 112 是藉由推測其值的試料上的分佈，可作成及顯示晶圓上的膜質的熱圖亦即晶圓熱圖 387。在本實施例中，在 S15 的條件設定的電子線電流多時是絕緣膜的帶電飽和，測定的帶電量是意思絕緣膜的耐電壓。亦即，耐電壓亦可同樣地測定。

[實施例 2]

【0086】在以下說明本說明書的實施例 2 的 SEM。在以下是主要說明與實施例 1 的不同點。圖 13 是表示搭載了鎖定檢測機構的 SEM2 的裝置構成例。藉由使用鎖定檢測機構，可使測定感度提升。

【0087】SEM2 是除圖 1 所示的 SEM1 的構成要素之外，還包含鎖定放大器 113。控制裝置 112 是以一定週期調變光源 103 的強度，將同一週期的參照訊號給予鎖定放大器 113。鎖定放大器 113 是可使與此週期同步而被調變的檢測器 110 所致的高精度的檢測成為可能。

【0088】例如，圖 9 所示的例子般，在測定條件 352 被指定的運算為算出在二個的雷射條件下取得的測出訊號的差時，鎖定檢測是特別有效。鎖定檢測是藉由控制裝置 112 進行減算，可為高精度且高速的測定。

[實施例 3]

【0089】在以下說明本說明書的實施例 3 的 SEM 的處理。在以下是主要說明與實施例 1 的不同點。本實施例的 SEM 的構成是可與實施例 1 同樣。實施例 1 是將絕緣膜的帶電量或耐電壓作為表示膜質的物理量(材料特性值)提示給使用者。在本實施中，控制裝置 112 是利用使用者輸入，測定及提示表示膜質的其他的物理量之一例的缺陷密度。本實施例是可測定正確的缺陷密度。

【0090】圖 14 是表示本實施例的利用控制裝置 112 的 SEM1 的控制處理例的流程圖。步驟 S11~S18 是與實施例 1 的圖 3 的流程圖的步驟 S11~S18 同樣。

【0091】在步驟 S31 中，控制裝置 112 是藉由使用者來取得預先被輸入的關於測定對象膜的資訊(膜資訊)。膜資訊是例如被儲存於輔助記憶裝置 123。當測定對象為絕緣膜的膜質時，膜資訊是例如可包含膜厚、介電常數等。

【0092】其次，在步驟 S32 中，控制裝置 112 是根據在不同的雷射條件的試料電位(測出訊號量)的比較結果及膜資訊，算出測定對象的膜質，在此是缺陷密度，而輸出至輸出裝置 124。控制裝置 112 是可使用預先被設定的膜質換算式來算出缺陷密度。缺陷密度的換算式是可如其次般表示。

$$\text{缺陷密度} [1/\text{cm}^2] = C(\epsilon_r, d, V) \times V \quad (\text{換算式 1})$$

【0093】C 是表示電容的函數，相對介電常數 ϵ_r 、膜厚 d 及電壓 V 的函數。V 是在雷射條件 A 及雷射條件 B 的試料

電位差，可藉由測定取得。在假設成電荷均一地積存於絕緣膜中的模型中，包含函數 C 的換算式是被表示為下列般。

$$\text{缺陷密度 } [1/\text{cm}^2] = 2 \times (\epsilon_r \times \epsilon_0 \times V) / d \quad (\text{換算式 2})$$

【0094】控制裝置 112 是將測定後的試料電位的比較結果藉由使用者輸入的膜資訊及換算式來變換成缺陷密度的膜質值而輸出。在上述例子中，膜資訊是包含測定對象絕緣膜的相對介電常數 (relative permittivity) ϵ_r 及膜厚 d 。

【0095】圖 15 是表示計測階段的 GUI 畫面的例子。使用者是在 GUI 畫面中，可輸入為了測定所望的膜質所必要的資訊。具體而言，可輸入測定對象膜的資訊及用以計算表示膜質的所望的物理量的換算式。又，GUI 畫面是提示試料的膜質的測定結果給使用者。

【0096】在圖 15 的計測 GUI 畫面例中，使用者是除測定座標 381 之外，還指定測定及顯示的膜質量的資訊 401。膜質量的資訊 401 是指定測定及顯示的物理量、膜的資訊及用以算出上述物理量的換算式。在圖 15 的例子中，選擇缺陷密度 (材料缺陷的密度)，作為表示膜質的物理量。又，膜的資訊是顯示膜厚及相對介電常數。使用者是可將換算式輸入至換算式的元件。或，若可為上述換算式 2 般的單純的假設，則控制裝置 112 會作為預設值 (default) 資訊保持，使用者只要予以選擇即可。

【0097】計測 GUI 畫面是對於使用者顯示晶圓熱圖 402，作為測定結果。晶圓熱圖 402 是表示晶圓上的位置與

被測定的缺陷密度的關係的地圖。晶圓熱圖 402 是可與圖 12 所示的晶圓熱圖 387 同樣地作成。如圖 11 所示的膜質像 384 般，表示缺陷密度的膜質像亦可產生及被顯示。

[實施例 4]

【0098】在以下說明本說明書的實施例 4 的 SEM 的處理。在以下是主要說明與實施例 1 的不同點。本實施例的 SEM 的構成是可與實施例 1 同樣。在本實施中，控制裝置 112 是測定及提示表示絕緣膜的膜質的物理量之一例的缺陷準位或帶(band)的能量準位。在此是敘述帶的能量準位的測定，但同樣的事對於缺陷準位的測定也為可能。本實施例是可測定正確的能量準位。

【0099】控制裝置 112 是從絕緣膜電壓的光波長相依性，測定能量準位(膜質)。為了測定能量準位，需要在複數波長中，測定絕緣膜的電壓。作為在半導體裝置中重要的帶(band)的能量準位測定的一例，有半導體的價電子帶與絕緣膜的傳導帶的能量準位差測定。為了此能量準位差的測定，可藉由測定將半導體內的電子注入至絕緣膜所必要的能量來求取。半導體內的電子是藉由吸收光來激發取得光子能量部分的能量。

【0100】若光子能量比能量準位差更高，則半導體內的電子可注入至絕緣膜。若光子能量比能量準位差更低，則不被注入至絕緣膜。絕緣膜為帶電的情況，從半導體注入的電子是有助於絕緣膜的除電。亦即，藉由測定持有絕

緣膜的除電為可能的光子能量之光的波長，可算出準位能量差。換言之，能量準位是從絕緣膜電壓與照射後的光的波長(光子能量)的關係來算出。控制裝置 112 是亦可控制雷射光源 103，使得在波長間每單位時間的光子數成為相同。每 1 秒的光子數是每 1 秒的雷射能量除以光子能量的值。

【0101】圖 16 是表示本實施例的利用控制裝置 112 的 SEM1 的控制處理例的流程圖。步驟 S11~S18 是與實施例 1 的圖 3 的流程圖的步驟 S11~S18 同樣。

【0102】控制裝置 112 是變更在雷射條件 A 與雷射條件 B 設定的照射至試料的雷射光的波長的任一方或雙方(S41)，在不同的雷射光波長重複步驟 S16~S18 的環路(loop)。例如，變更圖 10 的雷射條件 B 的波長。然後，在步驟 S42 中，控制裝置 112 是從試料電位與光子能量的關係的測定結果來決定能量準位。試料電位大幅度變化的光子能量決定能量準位差。

【0103】圖 17 是表示計測階段的 GUI 畫面的例子。使用者是在計測 GUI 畫面中，可輸入為了測定所望的膜質所必要的資訊。在本例中，選擇能量準位，作為膜質的表示物理量。計測 GUI 畫面是進一步將試料的膜質的測定結果提示給使用者。

【0104】在圖 17 的計測 GUI 畫面例中，使用者是除測定座標 381 之外，還指定顯示的膜質量資訊 411。膜質量的資訊 411 是指定能量準位，作為表示膜質的物理量。

【0105】計測 GUI 畫面是顯示表示光子能量和條件 A 與條件 B 之間的試料電位變化的關係作為測定結果的圖表 412。在圖表 412 中，橫軸是表示光子能量，縱軸是表示試料電壓。在低的光子能量的區域是絕緣膜不被除電，在雷射條件 A 與雷射條件 B 成為相同的試料電位，因此試料電位變化低大致為一定。藉由在特定的光子能量產生除電，在雷射條件 A 與雷射條件 B 測定的試料電位為不同的試料電位變化開始增加。試料電位變化是在高的光子能量的區域除電的效果飽和大致為一定。

【0106】控制裝置 112 是可將相對於光子能量的變化，試料電壓為最大的變化的點，亦即微分的絕對值為最大的點的接線與在低的光子能量區域的近似直線的交點決定為試料的能量準位。

【0107】在計測 GUI 畫面是進一步對於使用者顯示晶圓熱圖 413。晶圓熱圖 413 是表示晶圓上的位置與被測定的能量準位的關係的地圖。晶圓熱圖 413 是可與圖 12 所示的晶圓熱圖 387 同樣地作成。如圖 11 所示的膜質像 384 般，表示能量準位的膜質像亦可產生及被顯示。

【0108】在本實施例是測定半導體與絕緣膜的能量準位差。當一方例如半導體的能量準位作為絕對值得知時，可利用測定的能量準位差來求取絕緣膜的能量準位。並且，在絕緣膜或其界面有陷阱時，可用光來激發被保持於其陷阱的電子，可與半導體和絕緣膜的帶能準位差同樣地從試料電位變化量與光子能量的關係求取陷阱準位。

[實施例 5]

【0109】 在以下說明本說明書的實施例 5 的 SEM 的處理。在以下是主要說明與實施例 1 的不同點。本實施例的 SEM 的構成是可與實施例 1 同樣。在本實施中，控制裝置 112 是測定及提示表示膜質的物理量之一例的載流子壽命或移動度。本實施例是可測定正確的載流子壽命或移動度。

【0110】 控制裝置 112 是從脈衝光照射與脈衝電子線(一次射束)照射的時間差，測定載流子壽命或移動度。載流子壽命或移動度是出現在測定的過渡反應。例如，圖 18 是表示對試料的雷射光照射與攝像(一次射束照射)的順序的例子。

【0111】 在圖 18 所示的例子中，控制裝置 112 是在將雷射設為 OFF 的狀態(雷射條件 A)，進行試料的攝像，取得訊號 1A。其次，控制裝置 112 是照射雷射光(雷射條件 B)之後，預定的等待時間(DELAY)後，進行試料的攝像，取得訊號 1B。1 次的測定是取得訊號 1A 與訊號 1B。然後，藉由在不同的等待時間的測定，取得訊號 2A、2B。以下，重複在不同的等待時間的測定。

【0112】 在圖 18 所示的例子中，控制裝置 112 不是藉由雷射光與電子線(一次射束)的同時照射來取得訊號 1B，而是在雷射光照射與電子線照射之間設置時間差(DELAY)。控制裝置 112 是控制等待時間的長度，藉由測

定所測定的電位變化的等待時間相依性，可測定絕緣膜及其界面的對於光的反應。

【0113】控制裝置112是為了將反應特性變換成載流子壽命或移動度，而使用換算式。此換算式是以等待時間作為因數。例如，可從顯示試料電位變化大的變化的等待時間，使用換算式來算出載流子壽命或移動度。

【0114】試料電位依複數種類的光照射而改變的現象的情況，如圖19所示般，控制裝置112是將複數種類的光照射的等待時間設為可變參數。圖19是表示對試料的雷射光照射與攝像(一次射束照射)的順序的例子。

【0115】在圖19所示的例子中，控制裝置112是不將雷射光照射至試料(雷射1條件A且雷射2條件A)，進行試料的攝像，取得訊號1A。其次，控制裝置112是照射雷射光1(雷射1條件B)之後，在預定的第2等待時間(DELAY)後，在照射雷射光2的狀態(雷射2條件B)下進行試料的攝像，取得訊號1B。1次的測定是取得訊號1A與訊號1B。然後，藉由在不同的等待時間的測定，取得訊號2A、2B。以下，重複在不同的等待時間的測定。

【0116】雷射光1與雷射光2是例如波長不同。控制裝置112是可由試料電位變化與等待時間的關係來算出及輸出其現象的反應特性。等待時間(時間差)是作為使用者的設定值，可在計測GUI畫面中輸入。控制裝置112是可顯示橫軸為表示等待時間，縱軸為表示試料電位變化的圖表，作為測定結果。又，亦可產生表示載流子壽命或移動

度的熱圖或膜質像而顯示。

【0117】圖 20 是表示計測階段的 GUI 畫面的例子。使用者是可在計測 GUI 畫面中，輸入為了測定所望的膜質所必要的資訊。在本例中，選擇載流子壽命，作為膜質的表示物理量。計測 GUI 畫面是進一步將試料的膜質的測定結果提示給使用者。

【0118】在圖 20 的計測 GUI 畫面例中，使用者是除測定座標 381 之外，還指定顯示的膜質量資訊 411。膜質量的資訊 411 是指定載流子壽命，作為表示膜質的物理量。

【0119】計測 GUI 畫面是顯示表示等待時間和條件 A 與條件 B 之間的試料電位變化的關係的圖表 432，作為測定結果。在圖表 432 中，橫軸是表示等待時間，縱軸是表示試料電壓。控制裝置 112 是可將相對於等待時間的變化，試料電壓為最大的變化的點，亦即微分的絕對值為最大的點的接線與在大的等待時間的區域的近似直線的交點決定為試料的載流子壽命。

【0120】計測 GUI 畫面是進一步對於使用者顯示晶圓熱圖 433。晶圓熱圖 433 是表示晶圓上的位置與被測定的載流子壽命的關係的地圖。晶圓熱圖 413 是可與圖 12 所示的晶圓熱圖 387 同樣地作成。如圖 11 所示的膜質像 384 般，表示載流子壽命的膜質像亦可產成及被顯示。

【0121】另外，本發明不是被限定於上述的實施例者，包含各種的變形例。例如，上述的實施例是為了容易了解本發明而詳細說明者，不是被限定於一定要具備說明

的全部的構成者。又，可將某實施例的構成的一部分置換成其他的實施例的構成，又，亦可在某實施例的構成追加其他的實施例的構成。又，可針對各實施例的構成的一部分進行其他的構成的追加・刪除・置換。

【0122】又，上述的各構成・機能・處理部等是亦可例如藉由使用積體電路設計等來以硬體實現該等的一部分或全部。又，上述的各構成・機能等是亦可藉由處理器實行用以實現各個的機能的程式來以軟體實現。實現各機能的程式、表、檔案等的資訊是可放置於記憶體、硬碟、SSD (Solid State Drive)等的記錄裝置或IC卡、SD卡等的記錄媒體。

【0123】又，控制線或資訊線是可想像成說明上必要者，未必一定要顯示製品上全部的控制線或資訊線。實際亦可想像幾乎全部的構成會互相連接。

【符號說明】

【0124】

1:掃描電子顯微鏡裝置(SEM)

101:激發源

103:光源

104:光路

105:光

106:能量檢測器

107:對物透鏡

108:平台

110:檢 測 器

111:EF電 源

112:控 制 裝 置

113:鎖 定 放 大 器

114:控 制 運 算 部

115:輸 出 入 部

116:能 量 過 濾 器 (EF)

121:處 理 器

122:記 憶 體 (主 記 憶 裝 置)

123:輔 助 記 憶 裝 置

124:輸 出 裝 置

125:輸 入 裝 置

127:通 訊 介 面 (I/F)

200:試 料

251:一 次 射 束

261:訊 號 電 子

301:電 子 線 條 件

302:雷 射 條 件

303:試 料 條 件

304:校 正 條 件

305:檢 測 器 特 性

351:電 子 線 條 件

352:測 定 條 件

353:雷 射 條 件

381:座 標

382:膜 質 量

383:SEM像

384:膜 質 像

387:晶 圓 熱 圖

391:矽 線

392:絕 緣 膜

401:資 訊

402:晶 圓 熱 圖

411:膜 質 量 資 訊

412:圖 表

413:晶 圓 熱 圖

432:圖 表

433:晶 圓 熱 圖

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種試料測定裝置，其特徵係包含：

光源，其係將光照射至包含絕緣膜的試料；

激發源，其係將一次射束照射至前述試料，使荷電粒子放出；

檢測器，其係對前述荷電粒子施加電場或磁場的至少一個，而按照前述荷電粒子的能量來分離軌道，藉此輸出取決於前述荷電粒子的能量之測出訊號；

控制裝置，其係處理從前述檢測器取得的前述荷電粒子的測出訊號；及

輸入裝置，其係由使用者輸入關於前述試料的資訊，

前述控制裝置係根據以前述光的不同的照射條件藉由前述檢測器所檢測出的測出訊號及表示前述測出訊號與前述試料的電位的關係的資訊，決定在前述不同的照射條件的前述試料的電位變化，

使用關於前述試料的資訊中所含的膜厚及介電常數，來將前述電位變化換算成前述絕緣膜的材料特性值而輸出，

前述控制裝置係將波長400nm以下的紫外光照射至前述試料，進行前述檢測器的校正。

【請求項2】如請求項1記載的試料測定裝置，其中，前述材料特性值係包含有關前述絕緣膜的耐電壓、缺陷密度、載流子移動度、載流子壽命、缺陷準位、帶能之中的

至少一個。

【請求項3】如請求項2記載的試料測定裝置，其中，前述控制裝置係藉由在前述試料上二維地掃描放出前述荷電粒子的位置，測定前述材料特性值的試料上的分佈，且輸出。

【請求項4】如請求項1記載的試料測定裝置，其中，前述控制裝置係使用鎖定檢測，以前述光的不同的照射條件來進行利用前述檢測器的檢測。

【請求項5】一種試料測定裝置，其特徵係包含：
光源，其係將複數的波長的光照射至包含絕緣膜的試料；

激發源，其係將一次射束照射至前述試料，使荷電粒子放出；

檢測器，其係對前述荷電粒子施加電場或磁場的至少一個，而按照前述荷電粒子的能量來分離軌道，藉此輸出取決於前述荷電粒子的能量之測出訊號；及

控制裝置，其係處理從前述檢測器取得的前述荷電粒子的測出訊號，

前述控制裝置係在前述光的不同的波長的各者，產生表示以前述光的不同的照射條件藉由前述檢測器所檢測出的測出訊號的比較結果之比較訊號，

輸出根據前述比較訊號的前述絕緣膜的膜質的資訊，

前述控制裝置係將波長400nm以下的紫外光照射至前述試料，進行前述檢測器的校正。

【請求項6】如請求項5記載的試料測定裝置，其中，前述控制裝置係使用表示前述比較訊號的波長相依性與前述絕緣膜的材料特性值的關係之資訊，來決定對應於前述比較訊號的材料特性值，輸出決定後的前述材料特性值。

【請求項7】如請求項6記載的試料測定裝置，其中，前述材料特性值係包含有關前述絕緣膜的耐電壓、缺陷密度、載流子移動度、載流子壽命、缺陷準位、帶能之中的至少一個。

【請求項8】如請求項5記載的試料測定裝置，其中，前述控制裝置係使用鎖定檢測，以前述光的不同的照射條件來進行利用前述檢測器的檢測。

【請求項9】如請求項5記載的試料測定裝置，其中，前述控制裝置係以第1時間差來將被脈衝化的前述光與被脈衝化的前述一次射束照射至前述試料，

根據前述比較訊號的對於前述第1時間差的相依性，決定前述絕緣膜的材料特性值。

【請求項10】如請求項5記載的試料測定裝置，其中，前述控制裝置係

對前述試料照射第1光脈衝及第2光脈衝，該第2光脈衝係與前述第1光脈衝為第2時間差照射，

根據前述比較訊號的對於前述第2時間差的相依性，決定前述絕緣膜的材料特性值。

【請求項11】一種試料測定裝置，其特徵係包含：

光源，其係將光照射至包含絕緣膜的試料；

激發源，其係將一次射束照射至前述試料，使荷電粒子放出；

檢測器，其係對前述荷電粒子施加電場或磁場的至少一個，而按照前述荷電粒子的能量來分離軌道，藉此輸出取決於前述荷電粒子的能量之測出訊號；及

控制裝置，其係處理從前述檢測器取得的前述荷電粒子的測出訊號，

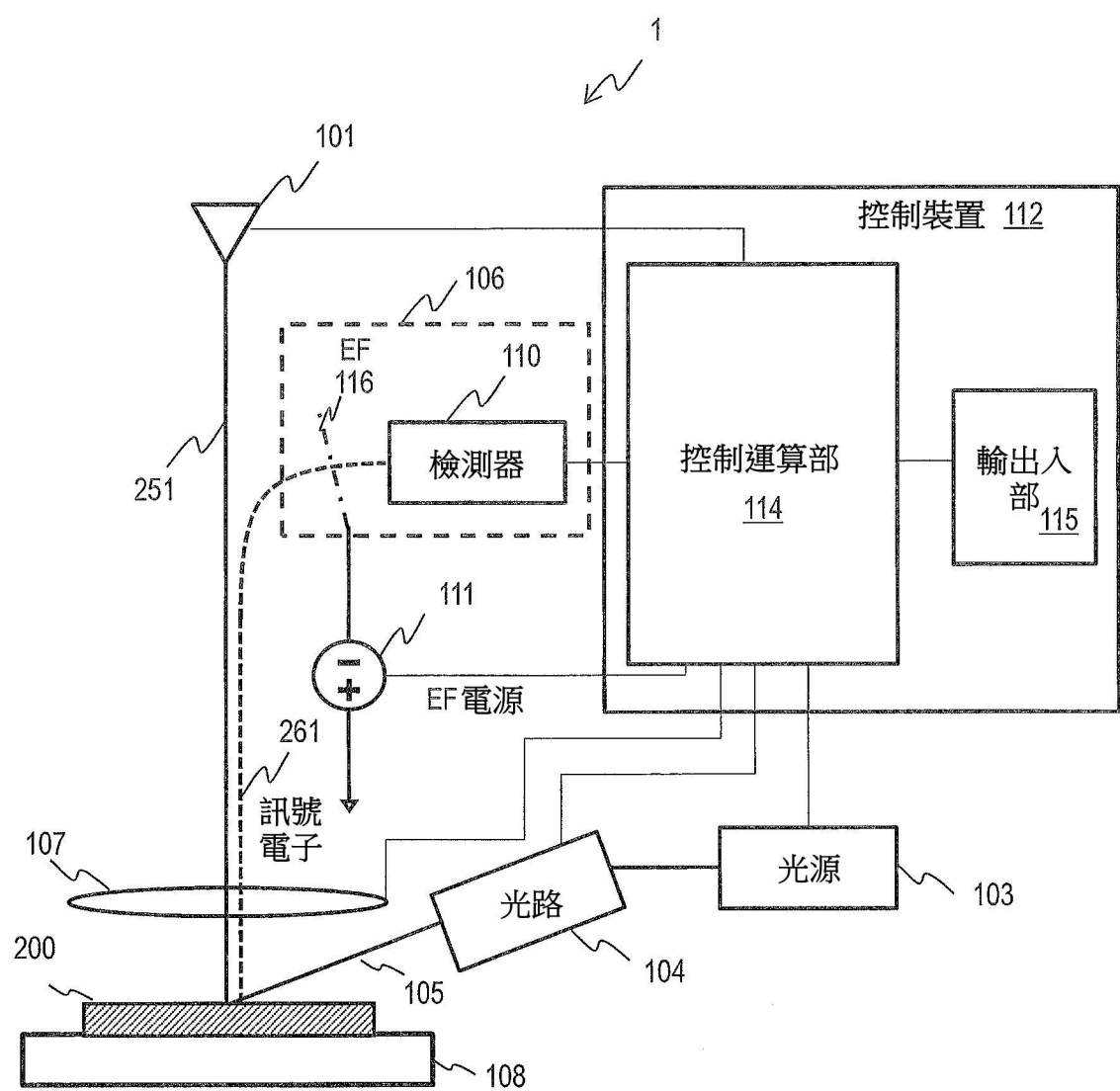
前述控制裝置係改變前述光的照射條件，以不同的照射條件取得前述檢測器的測出訊號，

使用表示前述測出訊號與前述絕緣膜的材料特性值的關係之資訊，從在前述不同的照射條件的測出訊號來決定前述材料特性值而輸出，

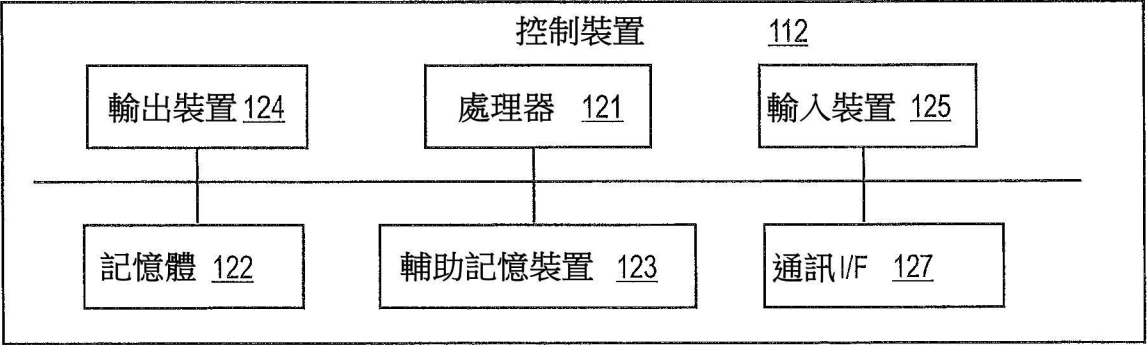
前述控制裝置係將波長400nm以下的紫外光照射至前述試料，進行前述檢測器的校正。

【請求項12】如請求項11記載的試料測定裝置，其中，前述不同的照射條件係照射至前述試料的前述光的波長不同。

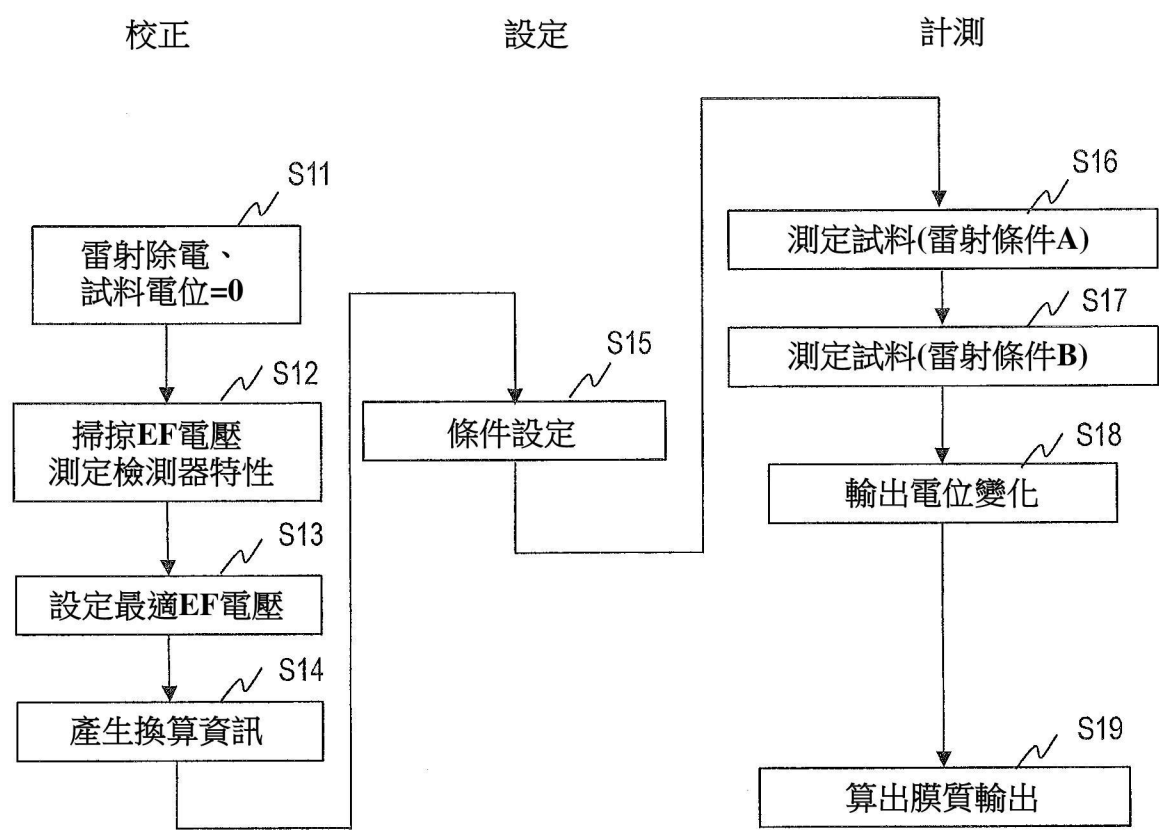
【發明圖式】



【圖 1】



【圖 2】



【圖 3】

設定計測畫面

設定檔案選擇

參照

開啟

校正

設定

計測

301

■電子線條件

電子線加速電壓 [V]	300
電子線電流 [pA]	10
平台電壓 [V]	-1000
影格數	4

302

■雷射條件

波長[nm]	350
強度[mW]	100

303

■試料條件

XY座標[mm]	[30,100]
----------	----------

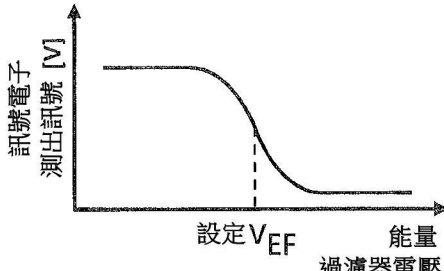
304

■校正條件

EF 電壓範圍 [V]	[-20,20]
設定電壓 V_{EF} [V]	5

305

檢測器特性



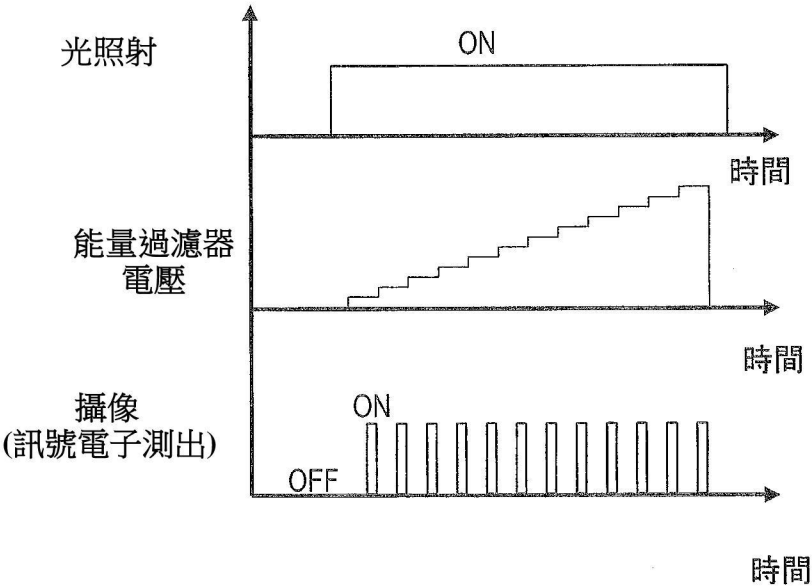
校正程序

START

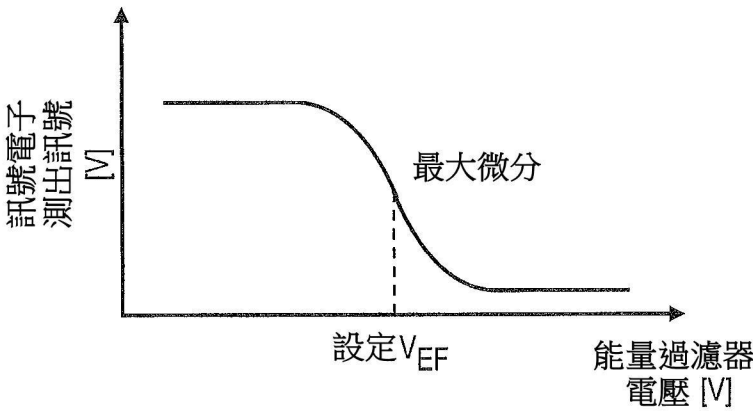
保存設定

SAVE

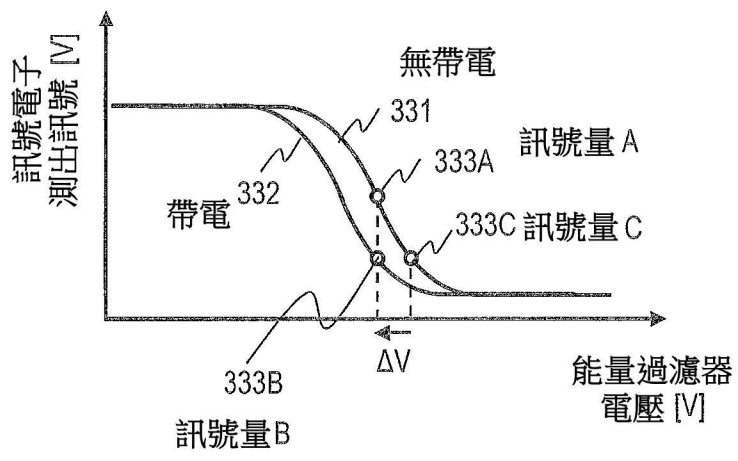
【圖 4】



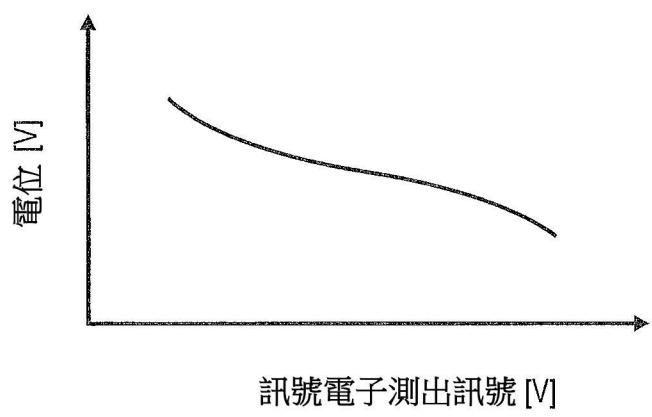
【圖 5】



【圖 6】



【圖 7】



【圖 8】

設定 計測畫面

設定檔案選擇

參照

開啟

校正

設定

計測

電子線條件

電子線加速電壓 [V]	300
電子線電流 [pA]	10
平台電壓 [V]	-1000
影格數	4

測定條件

條件數	2
演算	A-B

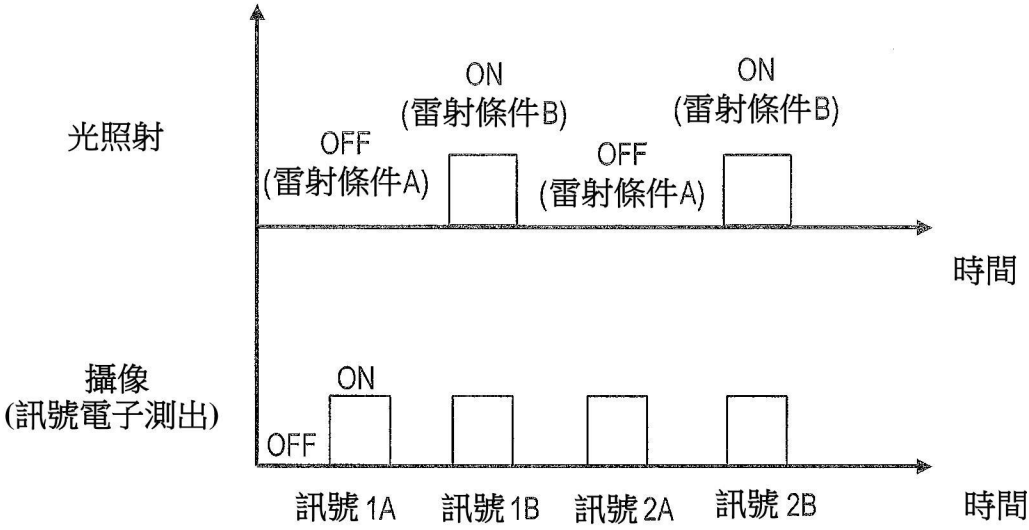
雷射條件 B

波長 [nm]	350
強度 [mW]	100
偏光	P

保存設定

Save

【圖 9】



【圖 10】

■ 設定・計測畫面

設定檔案選擇

參照

開啟

校正

設定

計測

■ 測定座標

測定 #	X座標	Y座標
1	3	2
2	3	1
3	2	2
.	.	.

測定開始

START

保存結果

SAVE

顯示膜質量

電壓

測定 1

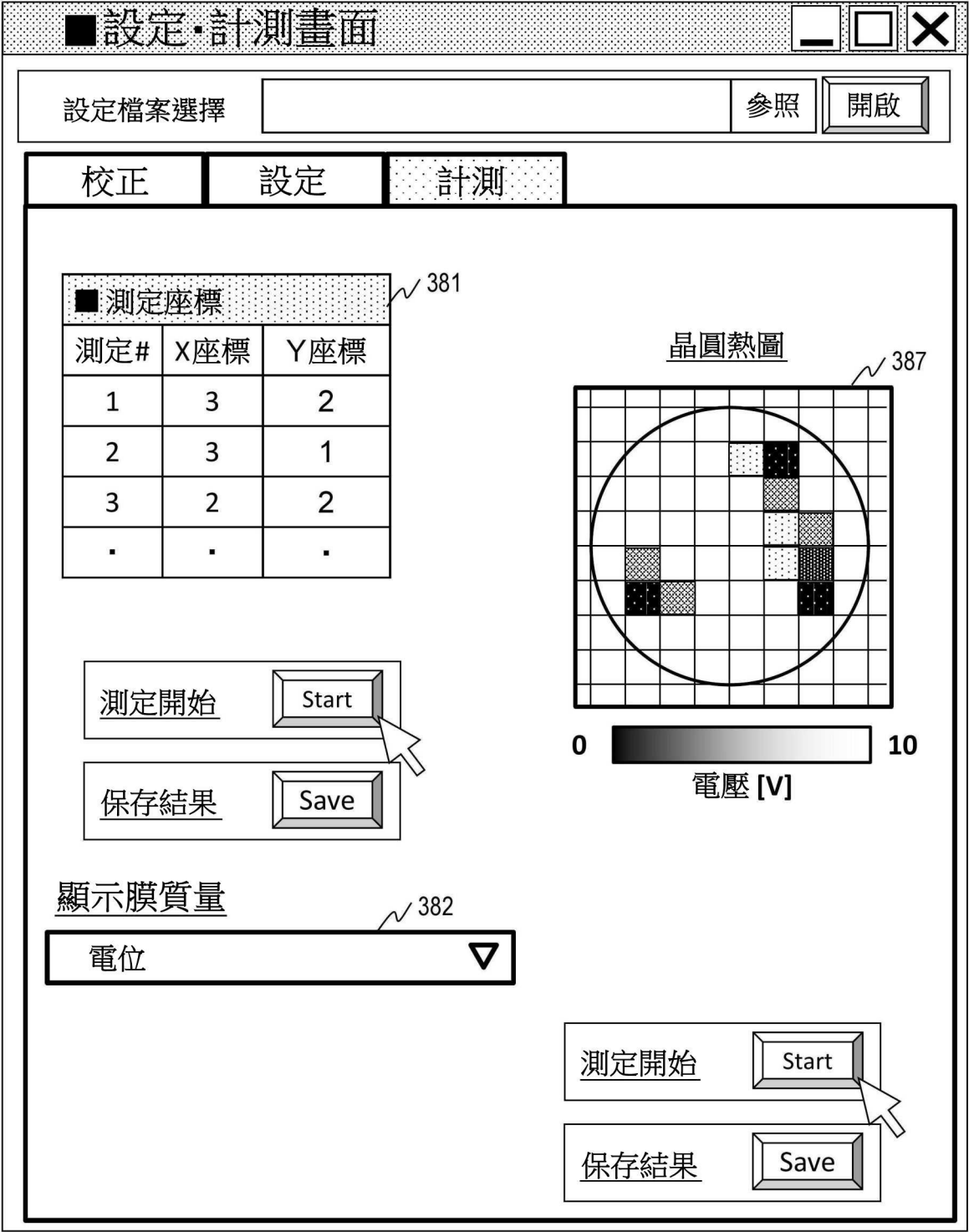
SEM像

膜質像

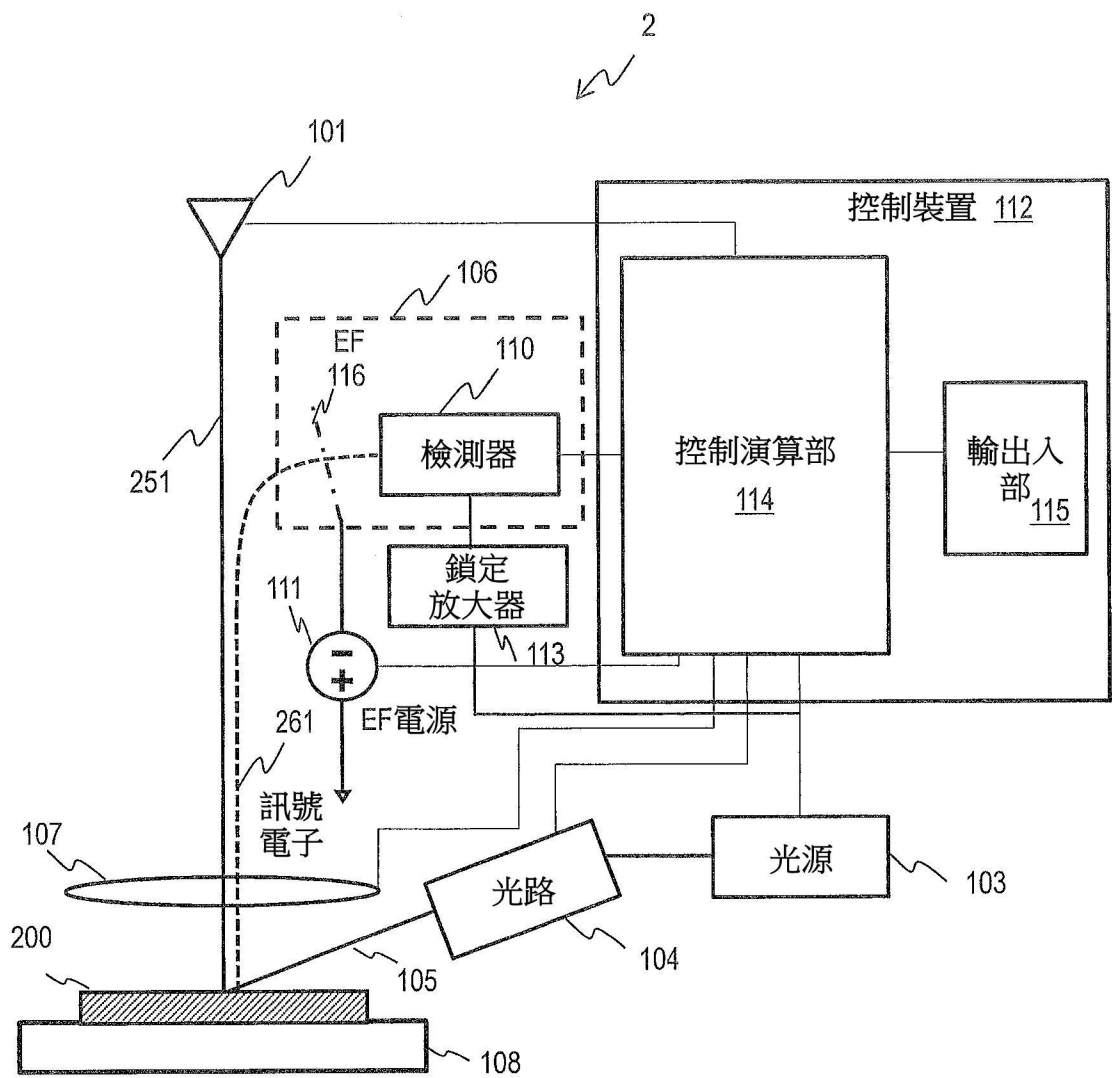
10 V

0 V

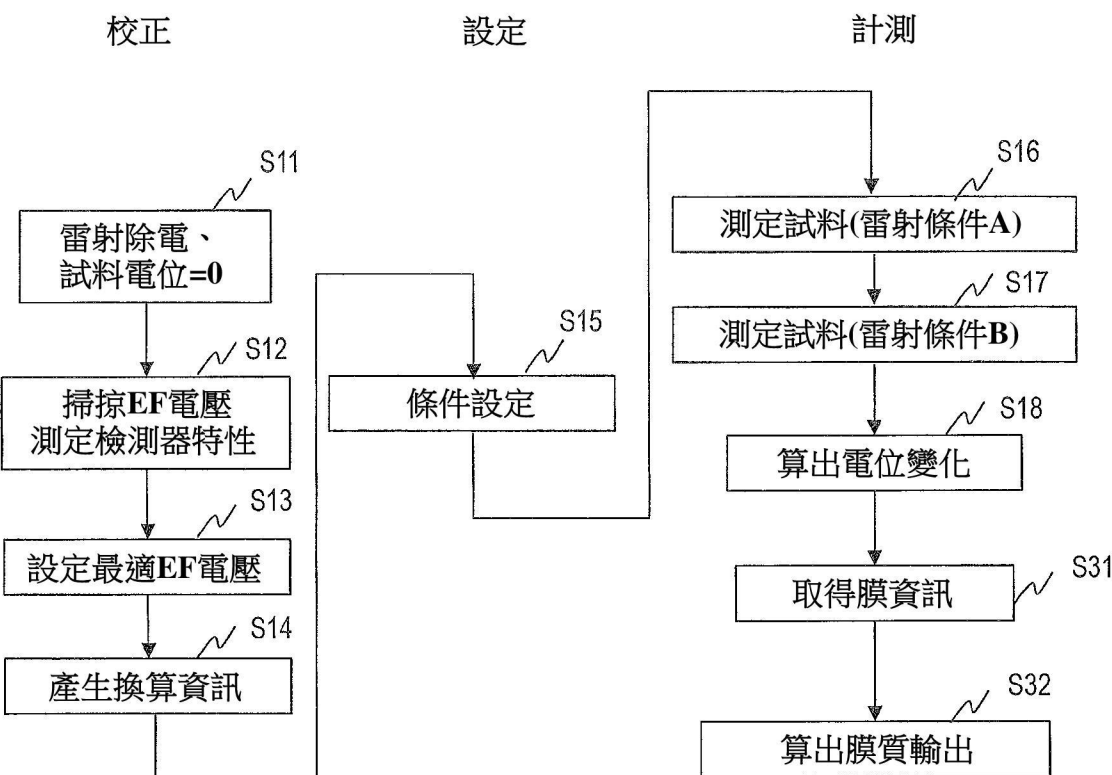
【圖 11】



【圖 12】



【圖 13】



【圖 14】

■設定・計測畫面

設定檔案選擇

參照

開啟

校正

設定

計測

■測定座標

測定 #	X座標	Y座標
1	3	2
2	3	1
3	2	2
.	.	.

晶圓熱圖

010
缺陷密度 [$10^{11}/\text{cm}^2$]

測定開始

Start

保存結果

Save

顯示膜質量

缺陷密度	
膜厚, d [nm]	5
相對介電常數, ϵ_r	20
換算式	輸入

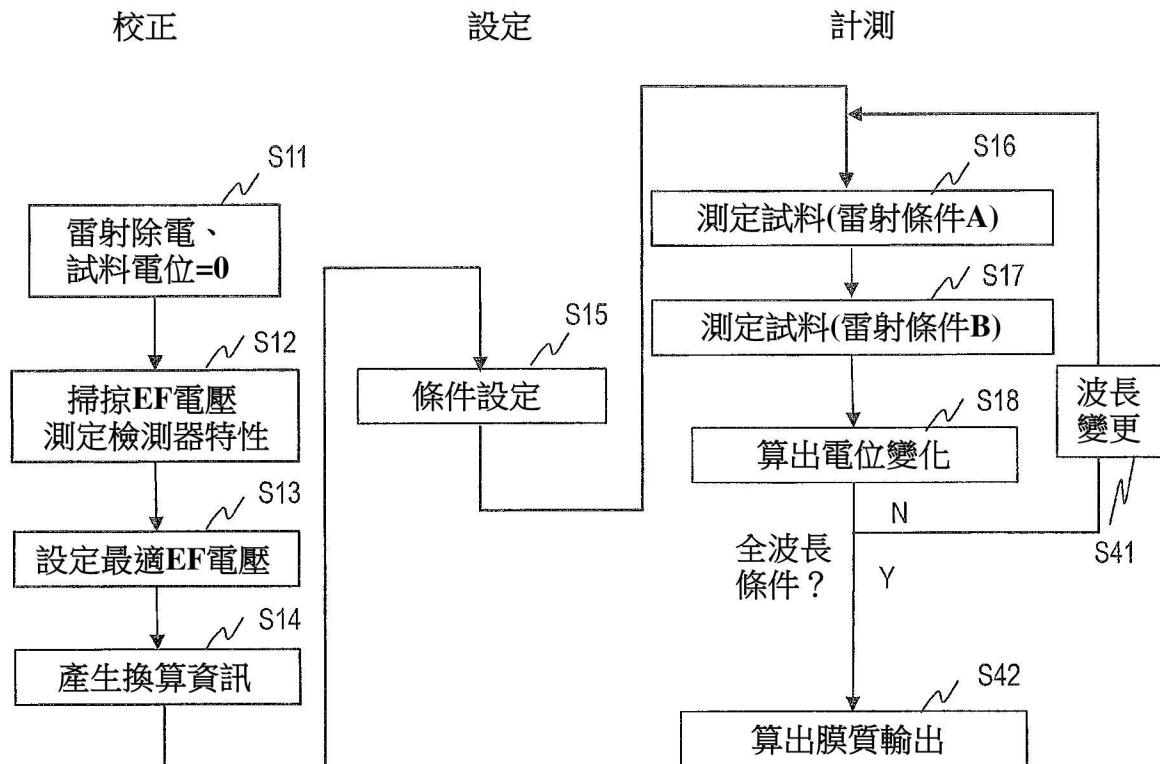
測定開始

Start

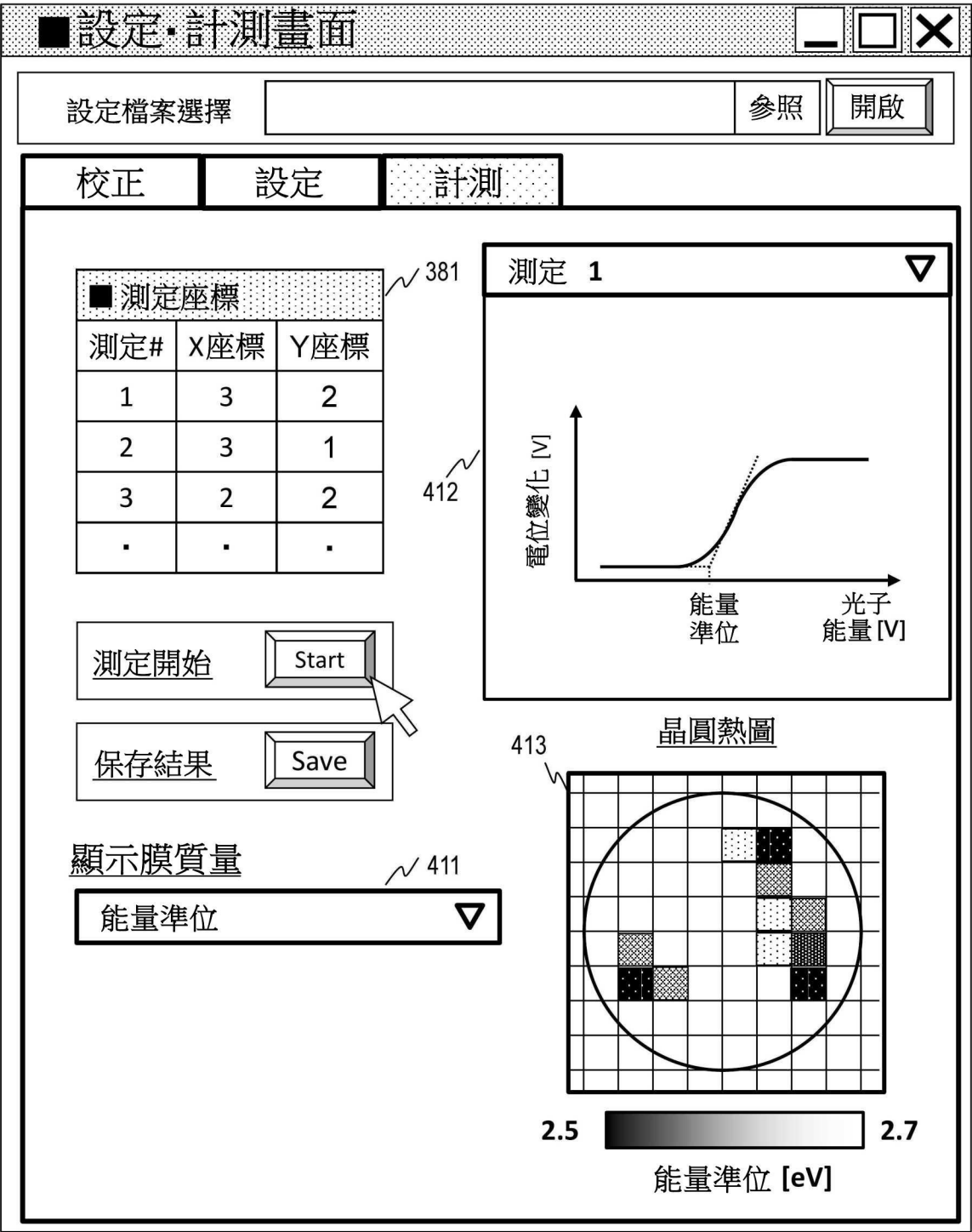
保存結果

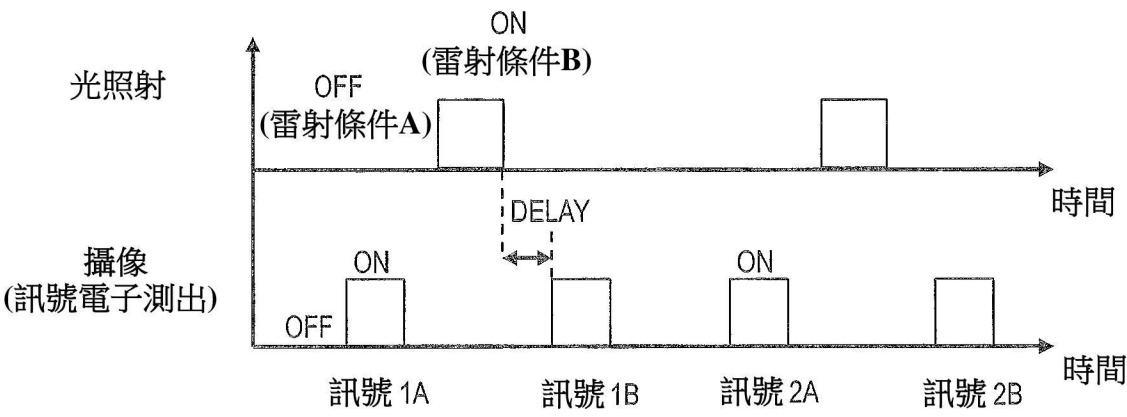
Save

【圖 15】

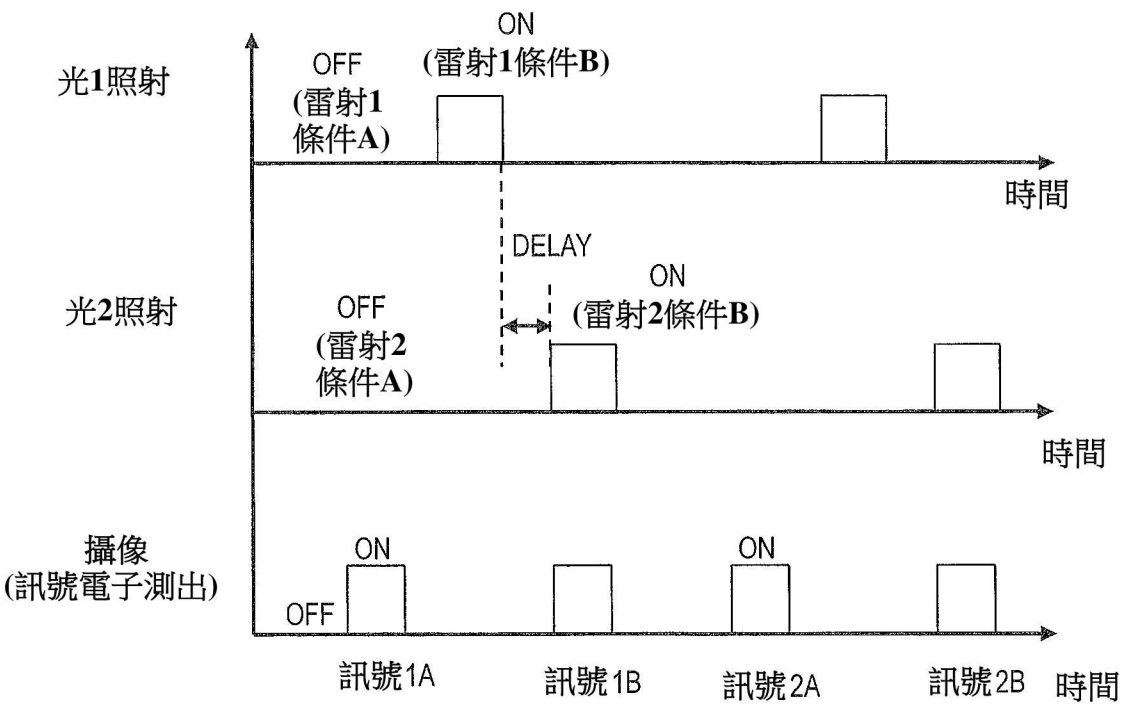


【圖 16】





【圖 18】



【圖 19】

