



(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 I861767 B

(45) 公告日：中華民國 113 (2024) 年 11 月 11 日

(21) 申請案號：112110066

(22) 申請日：中華民國 112 (2023) 年 03 月 17 日

(51) Int. Cl. : G01R31/26 (2020.01)

H01J37/317 (2006.01)

(30) 優先權：2022/05/25 世界智慧財產權組織 PCT/JP2022/021468

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

(74) 代理人：林志剛

(56) 參考文獻：

TW 202217999A

審查人員：黃是衡

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：8 共 37 頁

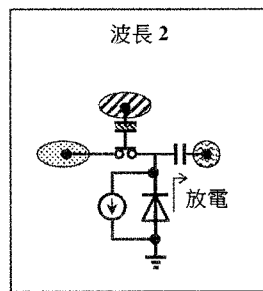
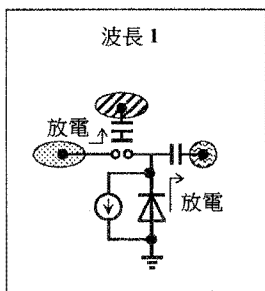
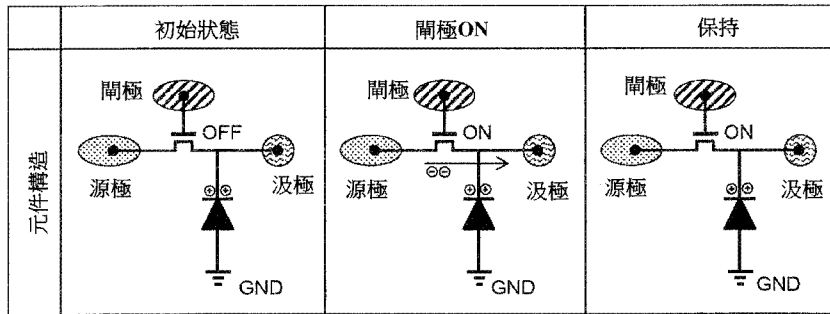
(54) 名稱

帶電粒子線裝置，計測方法

(57) 摘要

本發明，目的在於根據形成於半導體材料上的電晶體的構造而控制帶電處，藉此藉由帶電粒子線與光的照射而計測電晶體的 ON/OFF 特性。本發明之帶電粒子線裝置，對形成於半導體材料上的電晶體的閘極照射帶電粒子線，藉此將前述電晶體 ON，對前述電晶體照射前述光而將前述電晶體所具有的電荷初始化，藉此控制前述電晶體的導通狀態。

指定代表圖：



【圖 4】



I861767

## 【發明摘要】

### 【中文發明名稱】

帶電粒子線裝置，計測方法

### 【中文】

本發明，目的在於根據形成於半導體材料上的電晶體的構造而控制帶電處，藉此藉由帶電粒子線與光的照射而計測電晶體的 ON/OFF 特性。本發明之帶電粒子線裝置，對形成於半導體材料上的電晶體的閘極照射帶電粒子線，藉此將前述電晶體 ON，對前述電晶體照射前述光而將前述電晶體所具有的電荷初始化，藉此控制前述電晶體的導通狀態。

【指定代表圖】圖 4

【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】

帶電粒子線裝置，計測方法

## 【技術領域】

【0001】本發明有關藉由對試料照射帶電粒子線而計測之技術。

## 【先前技術】

【0002】電子顯微鏡或離子顯微鏡等的帶電粒子線裝置，在具有微細的構造之各式各樣的試料的觀察中被運用。例如，以半導體元件的製造工程中的製程管理為目的，帶電粒子線裝置的一種亦即掃描電子顯微鏡，被應用於形成於試料亦即半導體晶圓上的半導體元件圖樣的尺寸計測或缺陷檢查等測定。

【0003】下記專利文獻1，記載藉由對試料照射帶電粒子線而計測之技術的一例。同文獻中，記載藉由對試料照射帶電粒子線以及光束，而控制試料的帶電狀態。

先前技術文獻

專利文獻

## 【0004】

專利文獻1：US7205539

## 【發明內容】

發明所欲解決之問題

【0005】當在半導體材料上形成有半導體元件(例：電晶體)的情形下，有時會發生必須控制元件的在特定位置的帶電狀態。例如有使特定的電晶體的閘極 ON/OFF，藉此計測該電晶體的 ON/OFF 特性(藉由施加多少程度的電氣訊號才會 ON/OFF)之情形。這樣的計測，典型上是藉由將計測探針對元件電性連接而實施。

【0006】料想藉由控制半導體元件的帶電狀態(亦即藉由控制半導體元件保持著的電荷量)，應該能夠實施和此同樣的計測。但，如專利文獻1這樣的習知技術中，無法根據半導體元件的構造而任意地選擇欲帶電控制之處(或未加考量)。是故，習知技術中難以藉由帶電粒子線與光的照射而實施半導體元件的 ON/OFF 特性。

【0007】本發明有鑑於上述這樣的待解問題而創作，目的在於根據形成於半導體材料上的電晶體的構造而控制帶電處，藉此藉由帶電粒子線與光的照射而計測電晶體的 ON/OFF 特性。

解決問題之技術手段

【0008】本發明之帶電粒子線裝置，對形成於半導體材料上的電晶體的閘極照射帶電粒子線，藉此將前述電晶體 ON，對前述電晶體照射前述光而將前述電晶體所具有的電荷初始化，藉此控制前述電晶體的導通狀態。

## 發明之功效

【0009】按照本發明之帶電粒子線裝置，能夠根據形成於半導體材料上的電晶體的構造而控制帶電處，藉此藉由帶電粒子線與光的照射而計測電晶體的ON/OFF特性。

## 【圖式簡單說明】

### 【0010】

[圖1]示意實施形態1之帶電粒子線裝置1的構成的方塊圖。

[圖2]示意光源131與光調整部132的四個構成例。

[圖3]說明帶電粒子線裝置1觀察試料122的手續的流程圖。

[圖4]說明藉由光照射而控制形成於試料122上的電晶體的帶電狀態的手法的圖。

[圖5]S108中演算部148所作成的面內分布的例子。

[圖6]說明帶電粒子線裝置1計測電晶體的閘極間的寄生電容的情形的動作例的圖。

[圖7]說明帶電粒子線裝置1觀察試料122的手續的流程圖。

[圖8]演算部148透過顯示部155呈現的使用者介面的例子。

## 【實施方式】

### <實施形態1>

【0011】圖1為示意本發明的實施形態1之帶電粒子線裝置1的構成的方塊圖。帶電粒子線裝置1，具備電子光學系統11、平台機構系統12、光照射系統13、控制系統14、操作系統15。

【0012】電子光學系統11，由電子槍111、偏向器112、電子透鏡113、電子檢測器114所構成。平台機構系統12，由在XYZ平台121上載置試料122而構成。電子光學系統11的框體內部被控制成高真空，設置有平台機構系統12。光照射系統13，具備光源131、光調整部132，透過光導入部133而對試料122照射光。控制系統14，由電子槍控制部1411、偏向訊號控制部142、電子透鏡控制部143、檢測器控制部144、平台位置控制部145、光控制部146、控制傳令部147、演算部148所構成。控制傳令部147，基於從順序控制部151輸入的輸入資訊，往各控制部將控制值做寫入控制。

【0013】藉由電子槍111而被加速的電子線，藉由電子透鏡113而被聚焦，對試料122照射。試料122上的照射位置，藉由偏向器112而受到控制。電子線，根據藉由測定項目設定部152而設定的加速電壓、照射電流、偏向條件、電子透鏡條件而受到控制。

【0014】控制傳令部147，為控制帶電粒子線裝置1的構成要素的機能區塊。控制傳令部147，例如基於從順序控制部151輸入的觀察條件，對檢測器控制部144或電子槍控制部141等送出動作指令。各控制指令系，例如基於從

順序控制部 151 輸入的光或電子條件而控制平台機構系統 12，使試料 122 往規定的位置移動。控制傳令部 147，透過檢測器控制部 144 控制對電子檢測器 114 的電力供給或控制訊號的供給等，藉此控制電子檢測器 114 所做的放出電子的檢測處理。控制傳令部 147，基於測定項目設定部 152 中輸入的條件，對光控制部 146 發送波長、光量、照射時間點等的光照射條件的資訊，而控制光源 131、光調整部 132 等的動作。若要詳述，例如光控制部 146 控制從光源 131 照射的光的光量或波長等。光控制部 146，對於光調整部 132 指示其調整從光源 131 照射的光的行進方向或偏光。光控制部 146，例如可藉由手動操作而建置，亦可例如藉由以搭載有 CPU 等的處理器的個人電腦而被執行的程式而建置。此外，控制傳令部 147，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。

**【0015】** 由光源 131 照射的光，透過光導入部 133 對試料 122 的表面上位置照射。作為光源 131，本實施形態中搭載了可照射複數個波長的雷射或者依每種必要的波長搭載了可照射單一波長的雷射。光導入部 133 為狹縫構造，能夠任意地控制光形狀。藉此，能夠依照照射的場所或圖樣而控制照射的場所。

**【0016】** 操作系統 15 除上述外，還具備輸出部 154 與顯示部 155。輸出部 154，將演算部 148 所做的處理結果例

如藉由適當的資料形式輸出。顯示部 155，將演算部 148 所做的處理結果例如在後述的使用者介面上顯示畫面。

【0017】操作系統 15 所具備的元件資訊輸入部 153，為具備輸入觀察的試料的構造或電路資訊的機能之區塊。藉由輸入元件的圖樣設計時運用的 CAD 資訊等，來將各圖樣的尺寸或電氣的電路資訊建立對應，藉此控制電子線、光的照射位置。此時，輸入圖樣的電路資訊或尺寸這類資訊的形態，只要是可知為圖樣的座標或電路資訊、各圖樣的連接關係這類資訊者則無特別指定，例如可為 CAD 資料，亦可僅為可知座標與電路構造的文字列的資料。即使不使用 CAD 資料的情形下，仍可達成各圖樣的電路指定。示意此時的指定手續的例子。(1)取得檢查處的 SEM 像，(2)由從電子檢測器 114 得到的訊號藉由處理部、演算部置換為階度資訊而透過輸出部 154 顯示於顯示部 155。(3)在後述的 GUI 上，使用者指派各圖樣的種類，對元件資訊輸入部 153 送出資訊。藉由本流程，亦可指定觀察位置的各圖樣的種類。

【0018】測定項目設定部 152，參照藉由元件資訊輸入部 153 輸入的元件資訊，而生成為了實現在 GUI 上指定的檢查項目所必要的光及電子線的條件。以藉由測定項目設定部 152 設定好的光與電子線的條件為基礎，順序控制部 151 作成測定順序。順序控制部 151 生成照射順序，對控制系統發送指示訊號。一旦藉由測定項目設定部 152 選擇欲檢查的試驗項目，則生成光及電子線的照射順序。此

時，亦可在後述的 GUI 上由使用者自訂光或電子線的條件。藉由選擇 GUI 上的順序可視化按鈕，亦可目視確認光與電子線的照射順序的流程。此外，亦可由使用者自身任意設定光與電子線的照射時間點。

【0019】控制傳令部 147，遵照藉由順序控制部指定好的順序，控制檢測器控制部 144、電子槍控制部 141、偏向訊號控制部 142、電子透鏡控制部 143、平台位置控制部 145、光控制部 146 等。

【0020】光控制部 146，控制光的波長、照射量、峰值功率這類光參數。光控制部 146 具備光源 131、光調整部 132。光源 131 可為白色光源，亦可為半導體二極體雷射，亦可為固體雷射，亦可照射其他的光。光調整部 132 調整的光參數例如為光量、波長、偏光面、往試料的照射角度、脈波雷射 / CW (連續波) 雷射、反覆頻率 (脈波雷射的情形) 等。光調整部 132，亦具有根據藉由測定項目設定部 152 與順序控制部 151 生成的順序資訊而控制 / 照射光的照射時間點之機能。具有光的照射時間點機能之機構，可為機械式閘門，亦可藉由電光元件或聲光元件而阻隔，亦可為其他的能夠實現光切換控制之機構。

【0021】電子光學系統 11，藉由在測定項目設定部 152 設定好的加速電壓、照射電流、偏向條件、電子透鏡條件而照射電子線。電子線的照射時間點，是基於藉由測定項目設定部 152 與順序控制部 151 生成的順序來控制照射與非照射的時間點，藉此受到控制。藉由電子槍 111 而被

加速的電子線，藉由電子透鏡113而被聚焦，對試料122照射。對試料122照射電子線的位置、觀察倍率是藉由偏向器112控制。

【0022】圖2示意光源131與光調整部132的四個構成例。第一個構成例中，光源131具備2個光源7a與7b。自光源7b放出的雷射，藉由反射鏡300與光束分離器61而被反射，和從光源7a放出的雷射的光路匯流。光源7a與光源7b可射出同一波長的光，亦可藉由依每種波長調整照射輸出而構成。將藉由以可調整減光量的ND濾波器等所構成的減光器63設置於各波長的光路，以便能夠依每種波長調整照射量。作為同樣地控制平均輸出的的光學系統尚有光衰減器(attenuator)。作為光調整部132，亦可運用利用了電光效應元件或磁光效應元件的脈波選擇器(pulse picker)等來控制脈波的頻率或脈波的照射數。作為光調整部132，亦可運用由稜鏡對所構成的脈波分散控制光學系統等來控制脈波寬度。作為光調整部132，亦可運用光的聚光透鏡來控制光脈波的照射區域。各波長的照射量，藉由設定在光路途中的照射光檢測器62而檢測。作為照射光檢測器62的一例，亦可藉由光偵測型(photodetector type)或熱型(thermal type)來計測照射量。

【0023】圖2的第二個構成例，是運用由非線性光學晶體等所構成的波長轉換器64而從1個光源7a生成複數個波長。在各光路中具備減光器63，以便能夠調整Seed光與SHG(Secondary Harmonic Generation；二次諧波產生)光各

者的照射量。

【0024】圖2的第三個構成例，示意使用了可從1個雷射照射複數個波長的雷射的情形之光路構成。圖2的第四個構成例，示意運用了白色光源等具有複數個波長成分的光源的情形之光路構成。為了自白色光源選擇複數個波長，藉由光束分離器61將光路分割為二。配合欲照射的波長而設置濾波器69，藉此生成複數個波長。濾波器69，為帶通濾波器或陷波濾波器等的光學濾波器。

【0025】圖3為說明帶電粒子線裝置1觀察試料122的手續的流程圖。以下說明圖3的各步驟。本說明中，所謂電晶體的ON狀態，定義為對閘極部供給電荷直到在源極與汲極間流通指定的電流時的閘極電壓為止的狀態，所謂電晶體的OFF狀態，定義為閘極部的帶電所造成的電壓為閘極閾值電壓以下的狀態。

#### 【0026】

(圖3：步驟S100)

控制傳令部147，決定檢查的元件的種類、圖樣、檢查項目。元件的種類與元件圖樣資料，亦可從CAD資料或藉由實際觀察觀察位置的SEM像而得到的資訊來指定。

#### 【0027】

(圖3：步驟S101)

控制傳令部147，從元件圖樣與晶片佈局，指定觀察的元件圖樣的場所、視野尺寸、檢查晶片數等(觀察範圍)。

**【 0028】**

(圖 3：步驟 S102)

控制傳令部 147，設定注入的電荷量的範圍或光的照射條件。針對照射的電子線，決定對指定的圖樣注入的電子線的照射能量、電荷的最小值與最大值、步距量。此時，用來對圖樣注入的電子線條件，和觀察的電子線的條件可以不同一。該些電子線可從同一電子源及電子光學系統輸出，亦可從不同電子源及光學系統輸出。或者，亦可將從 1 個電子源輸出的電子線分割成複數個電子線，而分別控制照射。

**【 0029】**

(圖 3：步驟 S102：補充)

藉由本步驟，遵照 S100 中輸入、選擇的檢查項目，設定推薦條件的光照射條件。基於 S100 中輸入的資訊，根據在測定項目設定部 152 設定好的檢查項目/元件檢查範圍，藉由順序控制部 151 算出的光的波長、照射量、照射時間點被輸出到光控制部 146。若條件充分，則使用者例如在 GUI 上核取「光條件確定」按鈕。若修正有必要則在顯示於 GUI 上的光條件輸入部修正光照射條件，當光條件決定好的情形下按下「光條件確定」按鈕。遵照藉由「光條件確定」中決定好的光條件，光控制部 146 控制光照射條件。

**【 0030】**

(圖 3：步驟 S103)

控制傳令部 147，遵照藉由 S100～S102 設定好的檢查計測項目等，開始測定。

### 【0031】

(圖 3：步驟 S104)

光控制部 146，藉由對試料 122 照射光，將試料 122 的初期的帶電狀態穩定化或者均一化而控制電位。例如，當在試料 122 (半導體材料) 上以格子狀形成有電晶體的情形下，首先將觀察位置沿 X 方向掃描，計測在各觀察位置的電晶體的 ON/OFF 狀態 (基於觀察圖像計測 ON/OFF 狀態的具體例後述之)。接著使觀察位置往 Y 方向移動 1 線條份。光控制部 146，每當使觀察位置朝 Y 方向移動 1 線條份，便只將汲極 (及源極) 的帶電狀態重置而照射光。

### 【0032】

(圖 3：步驟 S104：補充)

光控制部 146，除上述外，於最初實施本步驟時，亦可照射將閘極的帶電狀態重置的光。針對僅重置汲極的光與重置閘極的光的具體例，另行後述之。

### 【0033】

(圖 3：步驟 S105)

電子光學系統 11，對試料 122 照射電子線，藉此對試料 122 注入電荷。電荷注入條件為 S102 中設定者。電荷注入量，每當實施本步驟，便使其每次變化步距幅度。此步距幅度為 S102 中設定者。電晶體的閘極根據電荷注入量而帶電，藉此成為如同對閘極施加電壓的狀態。藉由一面使

電荷注入量變化一面計測電晶體在哪個階段會 ON，便能夠計測電晶體的 ON/OFF 特性(閘極閾值電壓( $V_{th}$ )特性)。

#### 【0034】

(圖3：步驟 S105：補充)

作為變形例可設想以下。作為在閘極部貯存電荷的手段，亦可運用光照射所致之光電子放出。當閘極部的材質為多晶矽的情形下，藉由照射具有矽的游離能以上的光能量之波長的光，或者照射具有會讓多光子激發產生這樣的峰值強度的光，便會從閘極部放出光電子，藉此發生正帶電。亦可運用此正帶電將閘極設為 ON。故，圖3的步驟 S105 亦可為照射光的手段。貯存的電荷量，可藉由光的照射量、照射時間、峰值強度、波長等的光參數來控制。

#### 【0035】

(圖3：步驟 S106)

電子光學系統 11，使視野往觀察位置移動，藉由 S103 中設定好的電子光學條件照射電子線。自試料放出的電子藉由檢測器 114 而受到檢測。演算部 148，運用檢測器 114 輸出的檢測訊號，生成觀察位置的觀察圖像。觀察圖像，透過輸出部 154 與顯示部 155 被輸出至資料或 GUI 上。當觀察位置和 S105 中的電荷注入位置為相同的情形下，S105～S106 中亦可不移動照射位置。當不相同的情形下，可藉由平台移動、電子線的偏向移位等來使觀察位置移動。

#### 【0036】

(圖3：迴圈部分)

控制傳令部 147，反覆 S104～S106直到 S102中設定好的步距數完畢。

**【0037】**

(圖3：步驟 S107～S108)

演算部 148，依對於試料 122的每一注入電荷量，取得觀察圖像的亮度位準(S107)。演算部 148，於試料 122上的每一觀察位置實施此處理。藉此，便能夠得到注入電荷量與亮度位準的面內分布(S108)。面內分布的具體例後述之。

**【0038】**圖4為說明藉由光照射而控制形成於試料 122上的電晶體的帶電狀態的手法的圖。電晶體，具備源極、閘極、汲極。本實施形態中，運用 n型 MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor(金屬氧化膜半導體場效電晶體))的構造說明之。n型 MOSFET，是將矽的氧化膜成膜於 p型的矽基板上的閘極區域，在該氧化膜之上形成閘極金屬，藉此形成。n型 MOSFET，當對在源極/汲極之間構成的閘極部施加正電壓的情形下，會在汲極－源極間形成反轉層(n型)。

**【0039】**當運用電子線使 n型 MOSFET動作而檢查的情形下，藉由對閘極部照射 2次電子的釋出係數(yield)為 1 以上的區域的電子線，便會從試料放出入射的電子數以上的電子，故會正帶電。藉由正帶電，在閘極部會施加正電位，故閘極 ON，源極－汲極間產生電子的流動。另一方面，P型 MOSFET的情形下，能夠藉由對閘極施加負電壓

而使汲極電流產生，故是藉由將電子線的照射能量設定成2次電子的釋出係數(yield)低於1這樣的電子線條件而將閘極設為負帶電，對閘極部施加負電壓。作為控制對閘極部施加的電壓的正負之手法，可控制對閘極部注入的電子線的加速電壓，亦可在試料正上方配置電極而從外部間接地施加電場。此外，亦可藉由探針等的端子直接接觸而施加電壓。當運用電子線對閘極部注入電子線的情形下，電子線可對圖樣全體照射，亦可照射指定的圖樣座標當中形成有電晶體的部位的1點。此外，亦可運用複數個電子線，於同一觀察中配合電晶體的種類而同時或交互照射負電壓施加條件與正電壓施加條件來實施模擬複數個動作狀態的照射方法。

**【0040】** 當將蓄積於閘極部的電荷重置的情形下，閘極部一般而言是形成於閘極絕緣膜上，故是藉由從基板材料供給電子來除電。鑑此，光控制部146，作為波長1係照射會讓基板材料吸收的光，藉此除去蓄積於絕緣膜中的電荷。此時，形成於接合構造上的部分其基板材料亦同一，故會同時被重置。例如，在Si基板上藉由絕緣膜或接合構造而構成的一般的DRAM(Dynamic Random Access Memory；動態隨機存取記憶體)，可藉由照射波長500nm以下的光而達成DRAM構造的全體的蓄積電荷的控制或重置。此外，藉由控制照射量或波長，亦可控制蓄積於閘極部的電荷量。此外，當控制閘極部的電荷的情形下，亦可照射會讓閘極絕緣膜直接吸收這樣的波長。藉由重置閘極

部的電荷，電晶體會被OFF。

【0041】波長2，是以僅將形成於接合上的部分的電荷予以除電之方式來選擇。藉此，會維持在閘極部蓄積電荷(維持將閘極部ON)，而僅將蓄積於源極部及汲極部的電荷重置。

【0042】光控制部146，於最初實施S104時照射波長1的光，藉此便能夠將閘極部的帶電狀態重置。S104～S106的迴圈中，例如每當朝觀察位置的Y方向移動1線條份，便照射波長2的光，藉此便能夠將源極部及汲極部的帶電狀態重置。例如當欲觀察接合的耐壓不良或恢復時間等的特性的情形下，可照射波長2後取得來自檢測器114的檢測訊號。當欲觀察閘極部的ON/OFF特性(藉由怎樣程度的施加電壓即注入電荷量會ON)的情形下或欲將電晶體全體重置的情形下，可運用波長1。

【0043】依照電晶體是否為ON狀態，檢測器114檢測的2次訊號位準(亦即在該觀察位置的觀察圖像的亮度位準)會相異。是故，能夠基於檢測訊號位準或觀察圖像的像素值來取得電晶體的ON/OFF狀態。演算部148遵照此便能夠計測電晶體的ON/OFF特性。

【0044】圖5為S108中演算部148所作成的面內分布的例子。若一面使對於試料122的注入電荷量變化，一面依每一觀察位置取得來自檢測器114的檢測訊號，則能夠依試料122上的每一觀察位置得到注入電荷量與檢測訊號之間如圖5下圖般的關係。藉此可得到如圖5上圖般的面內分

布。例如塗黑的部位，若注入電荷量增加則檢測訊號會迅速減少。相對於此，斜線部位係相對於注入電荷量的增加而言檢測訊號的減少平緩。這樣的差異，是肇因於當使注入電荷量(亦即對於閘極部的施加電壓)逐漸增加時，電晶體在ON/OFF狀態之間過渡的特性會依形成於試料122上的每一半導體晶片而異的緣故。面內分布便是表現這樣的特性的差異的分布。

**【0045】** 圖5般的面內分布，未必要取得試料122的觀察圖像才可取得。亦即，依每一注入電荷量取得來自檢測器114的檢測訊號位準，便能夠得到圖5下圖的特性，故運用此來作成面內分布即足夠。例如當僅針對電晶體的汲極部得到圖5般的面內分布的情形下，只要取得對汲極部照射觀察電子線時的檢測訊號位準即足夠。藉由不生成觀察圖像而得到面內分布，能夠確保計測產出。例如於製造工程的途中階段，能夠不停止工程而迅速得到圖5般的面內分布。

#### **【0046】**

<實施形態1:總結>

本實施形態1之帶電粒子線裝置1，是藉由將形成於試料122上的電晶體的閘極部的帶電狀態予以初始化之波長1，及僅將汲極部及源極部的帶電狀態予以初始化之波長2，而計測對於往電晶體的注入電荷量之ON/OFF特性(閘極閾值電壓(Vth)特性)。藉此，不需對電晶體連接電氣探針等的計測機器，便能夠運用光照射與帶電粒子線照射來

計測電晶體的ON/OFF特性。

**【0047】**

<實施形態2>

圖6為說明帶電粒子線裝置1計測電晶體的閘極間的寄生電容的情形的動作例的圖。圖6中，2個電晶體是以共通源極或汲極之方式連接(圖6中是源極端子共通)。帶電粒子線裝置1，藉由以下的手續，能夠計測在圖6的閘極端子間的寄生電容(圖6的虛線所示部分)。帶電粒子線裝置1的構成如同實施形態1。

**【0048】** 控制傳令部147，對試料122照射電子線，使得僅將其中一方的電晶體的閘極設為ON。藉此，例如對圖6的右側的閘極部，注入達到足以設為ON的電荷量。此時若閘極端子間的寄生電容充分小，則僅注入電荷的電晶體會導通。另一方面，若寄生電容為某一基準值以上，則會透過該寄生電容而另一方的閘極也被注入電荷，藉此該另一方的電晶體會導通。

**【0049】** 電晶體導通，能夠藉由對該電晶體照射觀察電子線時的檢測訊號位準來檢測。亦即，來自成為導通狀態的電晶體的檢測訊號，和來自成為非導通狀態的電晶體的檢測訊號，其訊號位準相異。演算部148，於上述手續中基於各電晶體中的檢測訊號位準，能夠計測如圖6虛線般的寄生電容是否為基準值以上。

**【0050】** 圖7示意為了算出寄生電容而照射電子線與光的順序例。寄生電容是藉由觀察注入的電荷的減緩過程

的時間常數而計測。例如，改變照射的電子線的照射間隔，藉由檢測器 114 取得此時放出的電子。當閘極的寄生電容小的情形下時間常數變小，故貯存的電荷量放電為止的時間變短。當寄生電容大的情形下時間常數變長，故藉由在電子線的每一照射間隔取得閘極的觀察圖像的明度，便可算出閘極間的寄生電容。針對和圖 3 同樣的步驟標註同一步驟編號，以下主要說明和圖 3 相異的點。

**【0051】** 本流程圖中，一面使觀察電子照射(S106)中照射的電子線的照射間隔(後述 GUI 的間隔步距)或電流量(照射電流量或者脈波電子寬度)可變一面取得檢測訊號，藉此算出寄生電容。

**【0052】** 步驟 S104-1 中使電晶體全體的電位狀態均一化，步驟 S105 中對單方的閘極部注入電荷。使觀察位置移動至藉由接合等的開關而形成的汲極部，步驟 S104-2 中僅將藉由接合構造而形成的汲極部分重置。遵照 S102 中設定好的條件，一面使藉由觀察電子照射(S106)照射的電子線的照射間隔(後述 GUI 的間隔步距)或電流量(照射電流量或者脈波電子寬度)可變一面取得檢測訊號，藉此算出寄生電容。此時，每當照射間隔等的條件變化，步驟 S104-2 中設定好的光便照射至試料 122。

### **【0053】**

<實施形態 2:總結>

本實施形態 2 之帶電粒子線裝置 1，是藉由將形成於試料 122 上的電晶體的閘極部的帶電狀態予以初始化之波長

1，及僅將汲極部及源極部的帶電狀態予以初始化之波長  
2，而計測往電晶體的配線間的寄生電容。藉此，不需對電晶體連接電氣探針等的計測機器，便能夠運用光照射與帶電粒子線照射而計測配線間的寄生電容，而間接地評估配線間的距離或絕緣膜的膜質等。

### 【0054】

<實施形態3>

圖8為演算部148透過顯示部155呈現的使用者介面的例子。使用者介面(GUI)例如能夠呈現以下：(a)輸入電子線(觀察用與電荷注入用皆有)的照射條件之帶電粒子線照射條件輸入部；(b)輸入光的照射條件之光照射條件輸入部；(c)試料122的觀察圖像；(d)檢查試料122(電晶體)之結果；(e)圖5的面內分布(圖5上段的分布圖像與下段的圖表當中的至少任一者)。

【0055】使用者除在GUI上觀看計測結果外，能夠指定輸入各照射條件。控制傳令部147，遵照該指定輸入而控制各部，藉此實施圖3～圖4(或圖6)中說明的計測順序。

### 【0056】

<有關本發明的變形例>

以上的實施形態中，說明了圖5所示面內分布能夠運用檢測訊號位準來生成，而未必要生成試料122的觀察圖像。作為用來計測試料122所運用之資訊，亦可設計成能夠切換僅運用檢測訊號位準，或者生成觀察圖像。例如亦

可設計成使用者能夠在GUI上指定是否生成觀察圖像。

【0057】以上的實施形態中，圖4中說明的波長1與波長2各自的光照射條件，只要基於試料122當中指定的部位是否吸收來切換即可，未必要按照波長切換。例如若照射部位是否吸收該光會因光輸出而異，則亦可以輸出切換來取代波長切換。甚而亦可將它們組合。

【0058】以上的實施形態中，說明了控制傳令部147與演算部148為個別的機能部，但亦可將它們構成作為一體的控制部。控制系統14、操作系統15(及它們具備的各機能部)，能夠藉由建置了它們的機能的電路元件等的硬體來構成，亦能夠藉由CPU(Central Processing Unit；中央處理單元)等的演算裝置執行建置了它們的機能的軟體來構成。

【0059】以上的實施形態中，說明了藉由照射電子線而對試料注入電荷或得到試料的觀察圖像，但當藉由照射其他的帶電粒子線來實現同樣的機能的情形下，亦可適用本發明。

### 【符號說明】

#### 【0060】

1:帶電粒子線裝置

11:電子光學系統

114:檢測器

13:光照射系統

147:控制傳令部

148:演算部

## 【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種帶電粒子線裝置，為對試料照射帶電粒子線之帶電粒子線裝置，其特徵係具備：

帶電粒子線照射部，對前述試料照射前述帶電粒子線；

光照射部，對前述試料照射光；

檢測器，檢測藉由對前述試料照射前述帶電粒子線而從前述試料產生的2次粒子並輸出表示其強度的檢測訊號；及

演算部，處理前述檢測訊號；

前述試料為形成於半導體材料上的電晶體，

前述帶電粒子線照射部，對前述電晶體的閘極照射前述帶電粒子線而注入電荷，藉此將前述電晶體設為ON，

前述光照射部，對前述電晶體照射前述光而將前述電晶體具有的電荷予以初始化，藉此控制前述電晶體的導通狀態，

前述演算部，運用在控制前述電晶體的導通狀態的過程中得到的前述檢測訊號，計測對於往前述電晶體的注入電荷量之前述電晶體的ON/OFF特性，

前述光照射部，對前述電晶體照射形成於前述半導體材料上的閘極絕緣層不會吸收但前述半導體材料會吸收的具有第2波長之前述光，藉此將前述閘極維持ON而將前述電晶體的源極及汲極具有的電荷予以初始化。

【請求項2】如請求項1記載之帶電粒子線裝置，其

中，

前述光照射部，對前述電晶體照射前述半導體材料或形成於前述半導體材料上的閘極絕緣層會吸收的具有第 1 波長之前述光，藉此將前述閘極具有的電荷予以初始化，

前述光照射部，將前述閘極具有的電荷予以初始化，藉此將前述電晶體設為 OFF。

【請求項 3】如請求項 2 記載之帶電粒子線裝置，其中，

前述光照射部，反覆進行於前述閘極具有的電荷被初始化後使前述帶電粒子線的照射量變化使得往前述電晶體的注入電荷量變化，

前述演算部，於每次前述反覆取得前述檢測訊號，藉此計測往前述電晶體的每一注入電荷量之前述電晶體的 ON/OFF 特性。

【請求項 4】如請求項 3 記載之帶電粒子線裝置，其中，

前述演算部，於前述半導體材料的表面上的每一位置實施前述計測，藉此計測前述電晶體的 ON/OFF 特性在前述表面上的面內分布。

【請求項 5】如請求項 3 記載之帶電粒子線裝置，其中，

前述電晶體，於前述半導體材料上跨複數個線條而構成，

前述光照射部，對前述電晶體照射形成於前述半導體

材料上的閘極絕緣層不會吸收但前述半導體材料會吸收的具有第2波長之前述光，藉此將前述閘極維持ON而將前述電晶體的源極及汲極具有的電荷予以初始化，

前述演算部，沿著配置有前述電晶體的第1線條的延伸方向掃描取得前述檢測訊號的位置，

前述光照射部，針對前述第1線條取得前述檢測訊號完成後，於前述演算部沿著和前述第1線條鄰接的第2線條的延伸方向開始取得前述檢測訊號之前，實施前述初始化，藉此將沿著前述第2線條配置的前述電晶體的源極及汲極具有的電荷予以初始化。

【請求項6】如請求項1記載之帶電粒子線裝置，其中，

前述電晶體，具有共通源極或汲極的第1電晶體與第2電晶體，

前述帶電粒子線照射部，對前述第1電晶體的閘極照射前述帶電粒子線但不對前述第2電晶體的閘極照射，藉此實施將前述第1電晶體的閘極設為ON並且不將前述第2電晶體的閘極設為ON之寄生電容評估順序，

前述演算部，當實施前述寄生電容評估順序時，評估前述第2電晶體是否導通，藉此計測前述第1電晶體的閘極與前述第2電晶體的閘極之間的寄生電容。

【請求項7】如請求項1記載之帶電粒子線裝置，其中，

前述演算部，運用在控制前述電晶體的導通狀態的過

程中得到的前述檢測訊號，生成前述電晶體的觀察圖像，

前述演算部，基於在前述觀察圖像上的前述電晶體的圖像的亮度值，計測前述電晶體的ON/OFF特性。

【請求項 8】如請求項 1 記載之帶電粒子線裝置，其中，

前述光照射部，藉由

射出具有第 1 波長的前述光之第 1 光源及射出具有第 2 波長的前述光之第 2 光源；

射出前述光的光源及變換前述光的波長之波長轉換器；

可射出具有第 1 波長的前述光以及具有第 2 波長的前述光之光源；

射出具有複數個波長成分的前述光之光源及選擇前述波長成分當中的任一者之波長濾波器；

當中的至少任一者所構成。

【請求項 9】如請求項 1 記載之帶電粒子線裝置，其中，

前述演算部，提供使用者介面，

前述使用者介面，呈現

帶電粒子線照射條件輸入部，輸入前述帶電粒子線的照射條件；

光照射條件輸入部，輸入前述光的照射條件；

前述試料的觀察圖像；

檢查前述電晶體的結果；

當中的至少任一者。

【請求項 10】如請求項 4 記載之帶電粒子線裝置，其中，

前述演算部，提供呈現前述面內分布的使用者介面。

【請求項 11】一種計測方法，為藉由對試料照射帶電粒子線而計測前述試料之方法，其特徵係具有：

對前述試料照射前述帶電粒子線之步驟；

對前述試料照射光之步驟；

檢測藉由對前述試料照射前述帶電粒子線而從前述試料產生的 2 次粒子並輸出表示其強度的檢測訊號之步驟；

及

處理前述檢測訊號之步驟；

前述試料為形成於半導體材料上的電晶體，

照射前述帶電粒子線之步驟中，對前述電晶體的閘極照射前述帶電粒子線而注入電荷，藉此將前述電晶體設為 ON，

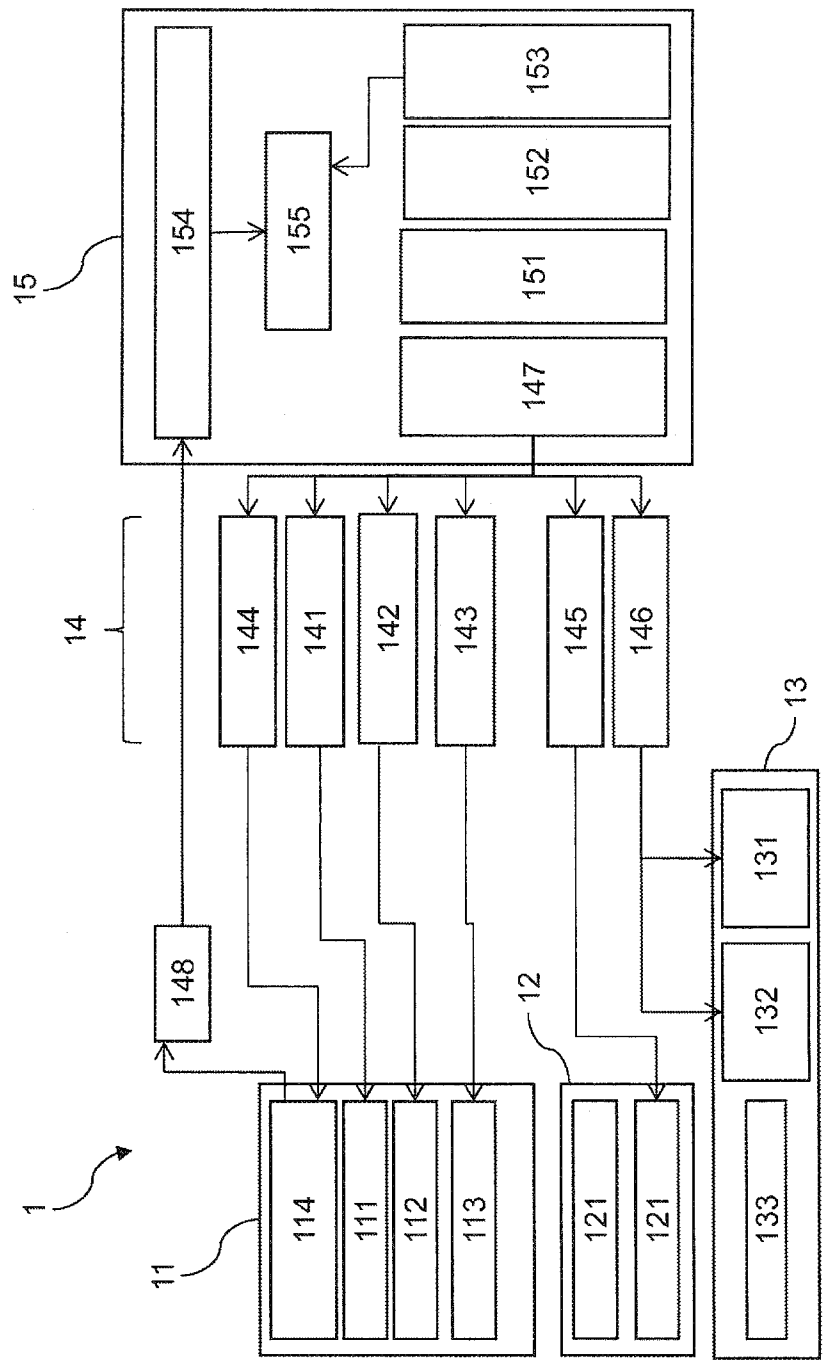
照射前述光之步驟中，對前述電晶體照射前述光而將前述電晶體具有的電荷予以初始化，藉此控制前述電晶體的導通狀態，

處理前述檢測訊號之步驟中，運用在控制前述電晶體的導通狀態的過程中得到的前述檢測訊號，計測對於往前述電晶體的注入電荷量之前述電晶體的 ON/OFF 特性，

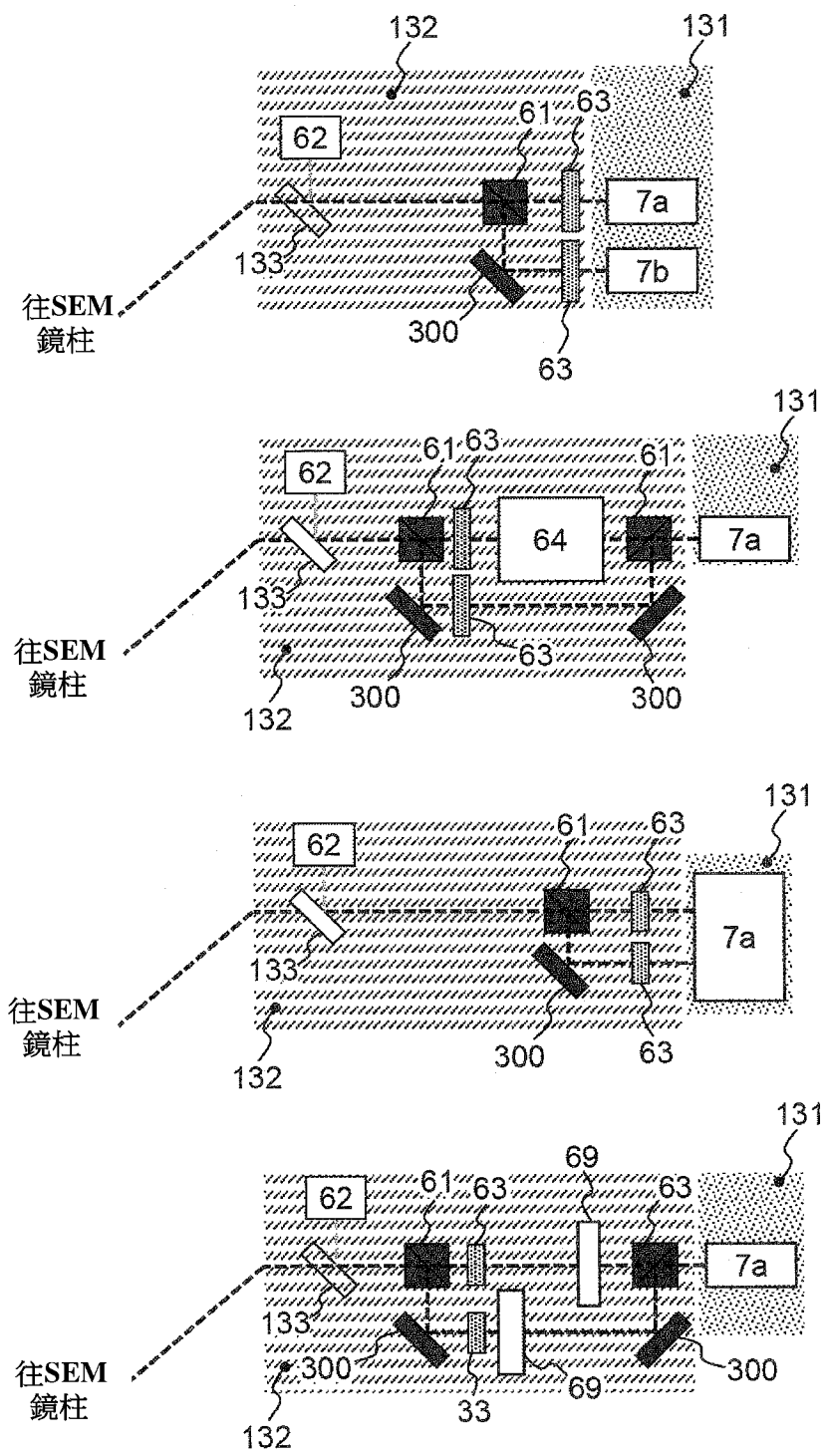
照射前述光之步驟中，對前述電晶體照射形成於前述半導體材料上的閘極絕緣層不會吸收但前述半導體材料會

吸收的具有第 2 波長之前述光，藉此將前述閘極維持 ON 而將前述電晶體的源極及汲極具有的電荷予以初始化。

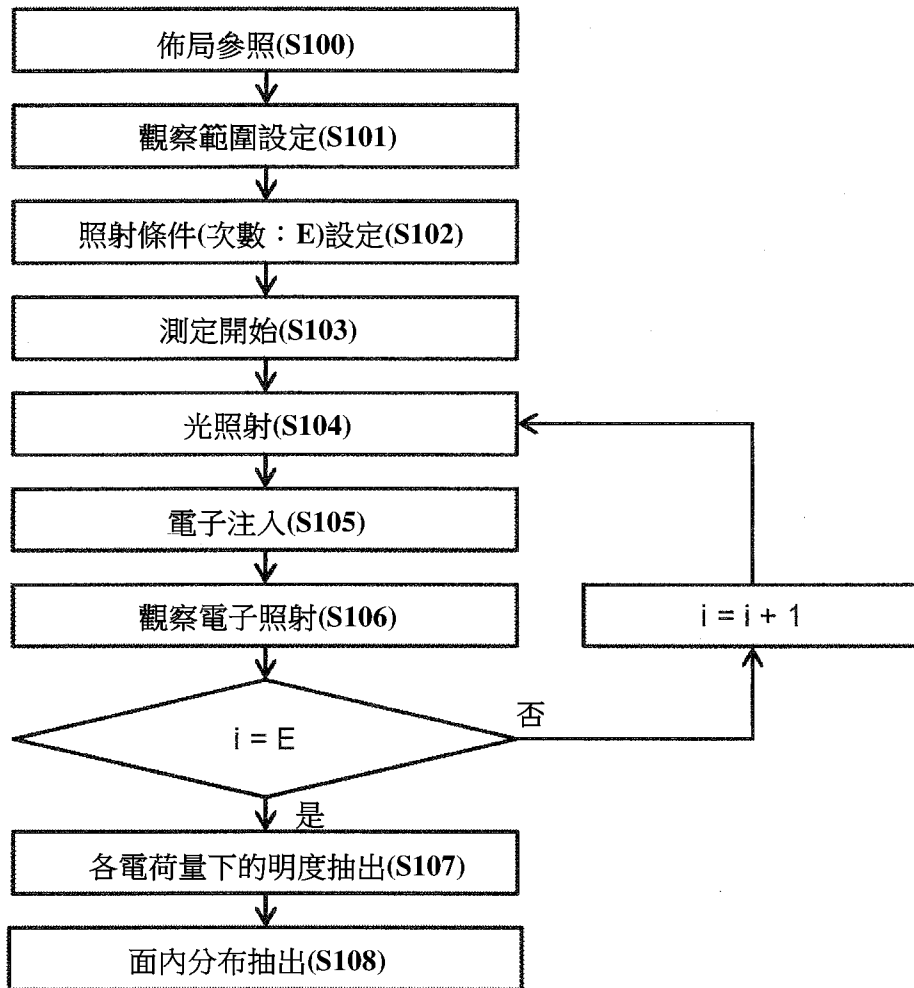
【發明圖式】



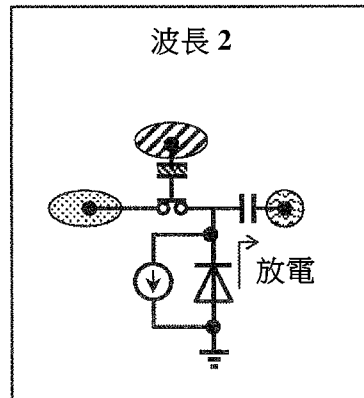
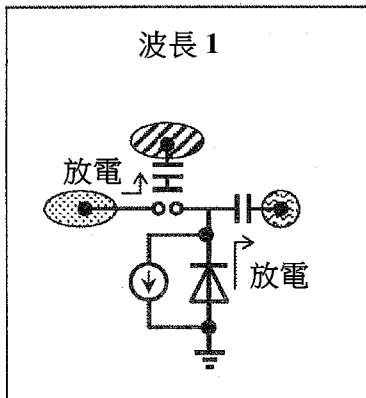
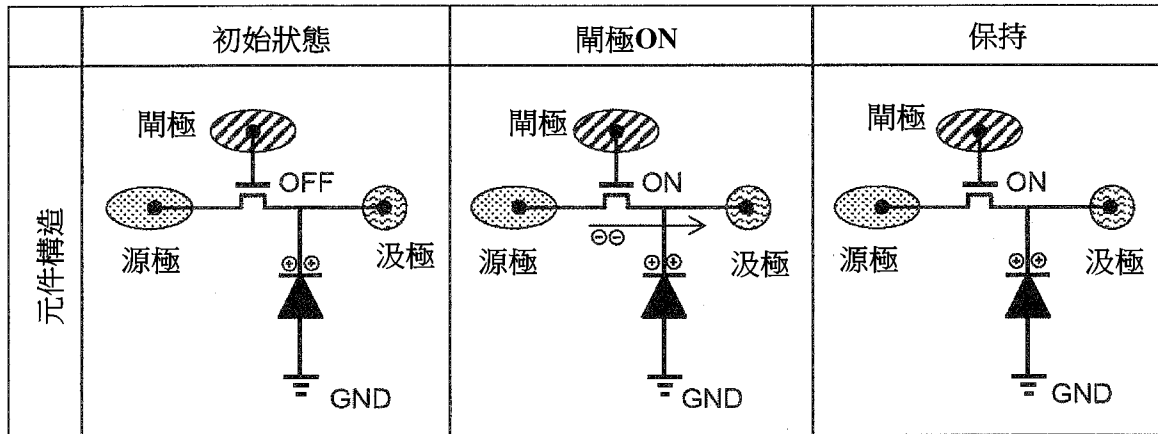
【圖 1】



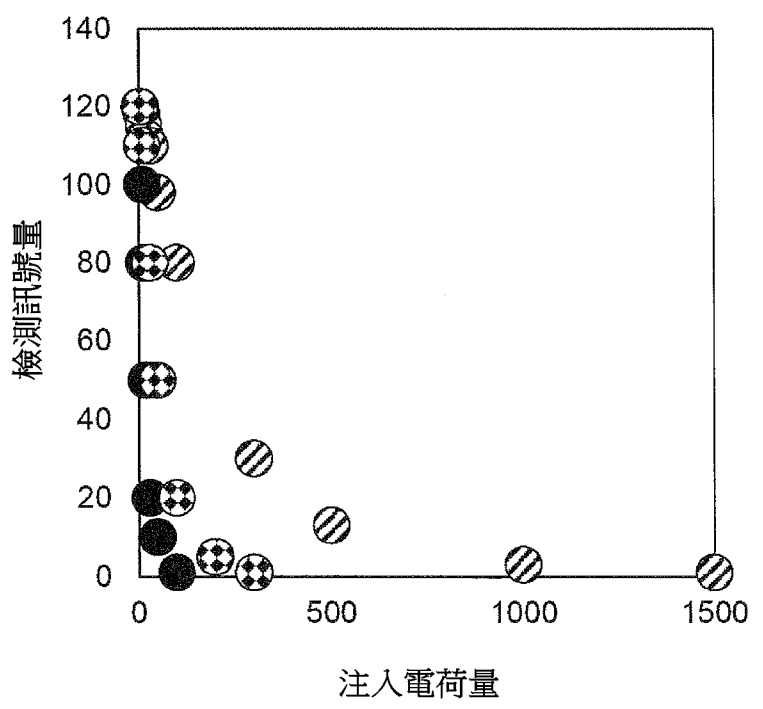
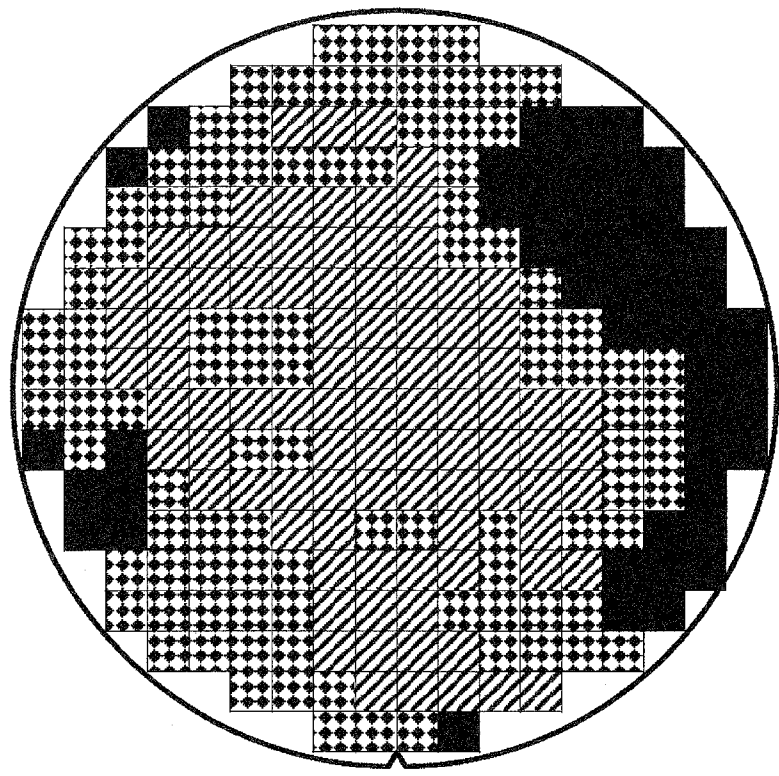
【圖 2】



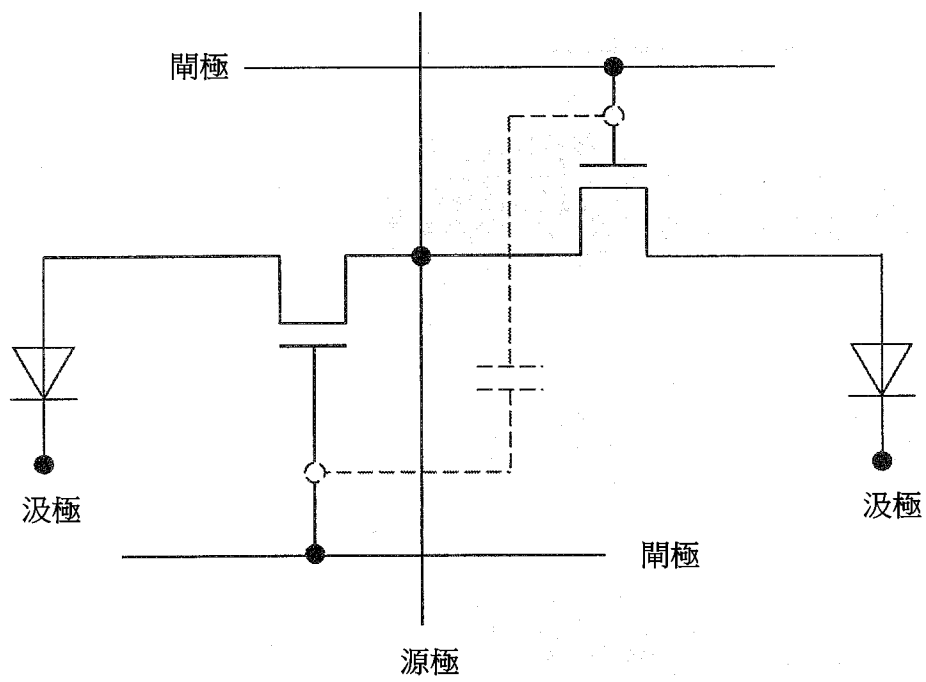
【圖 3】



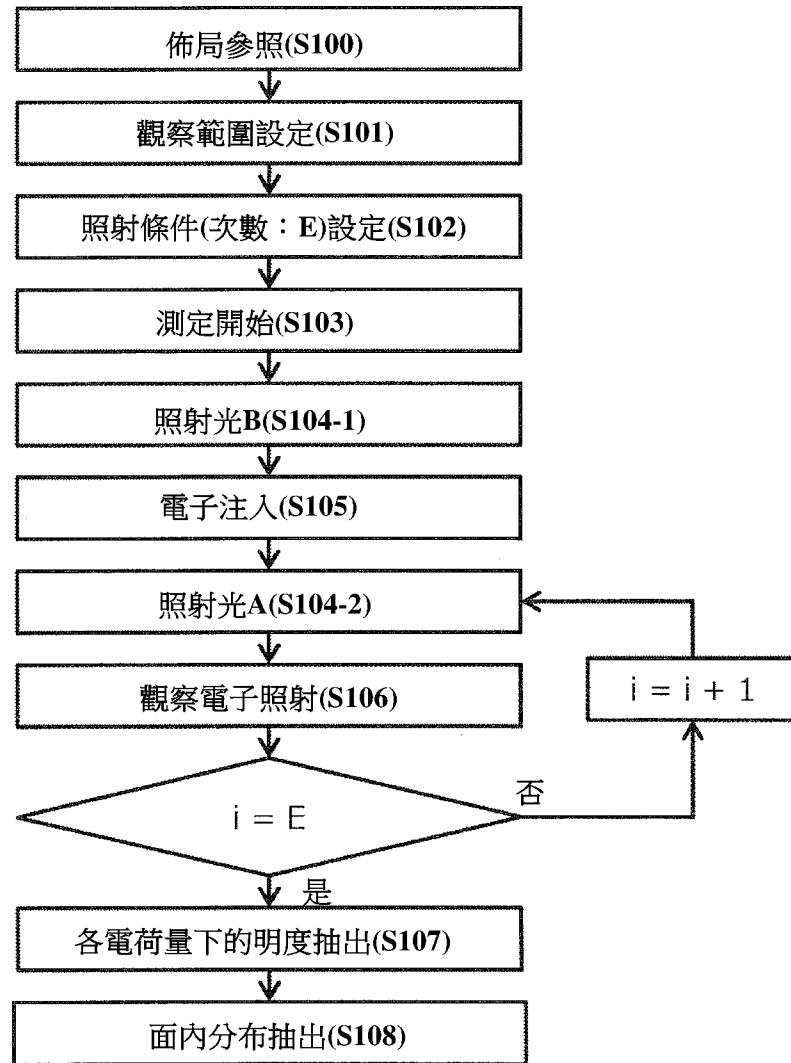
【圖 4】



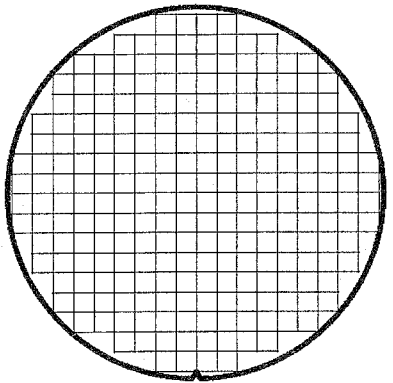
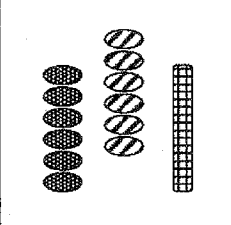
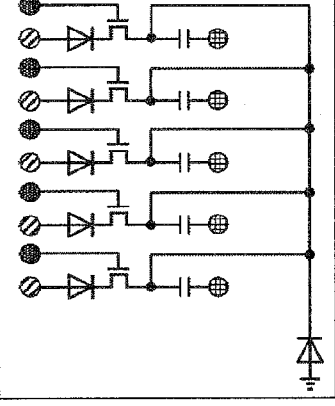
【圖 5】



【圖 6】



【圖 7】

元件資料讀入 <span style="float: right;">Device_a.xxx ▼</span>																																																																																
<b>晶圓佈局</b> 	<b>晶片佈局</b> 	<b>晶片內電路資訊</b> 																																																																														
<b>光條件A</b> / <b>光條件B</b> / <b>光條件C</b>		<b>光-電子順序模式</b>																																																																														
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="text-align: center;">OFF ON</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td>光照射間隔</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>line</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>光的照射量</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>100</td> <td>mW</td> <td></td> </tr> <tr> <td>光的波長</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>nm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>光照射角度</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>deg.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>光的脈波寬度</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>ps</td> <td></td> </tr> <tr> <td>方位角</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>deg.</td> <td></td> </tr> </table>			OFF ON					光照射間隔	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	line	<input type="checkbox"/>		光的照射量	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	100	mW		光的波長	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		nm		光照射角度	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		deg.		光的脈波寬度	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		ps		方位角	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		deg.		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="text-align: center;">OFF ON</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td>光A</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Mode3</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>光B</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Mode2</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>光C</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Mode1</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>注入</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>拍攝</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		OFF ON					光A	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mode3	<input type="checkbox"/>		光B	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mode2	<input type="checkbox"/>		光C	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mode1	<input type="checkbox"/>		注入	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				拍攝	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
	OFF ON																																																																															
光照射間隔	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	line	<input type="checkbox"/>																																																																												
光的照射量	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	100	mW																																																																												
光的波長	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		nm																																																																												
光照射角度	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		deg.																																																																												
光的脈波寬度	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		ps																																																																												
方位角	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		deg.																																																																												
	OFF ON																																																																															
光A	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mode3	<input type="checkbox"/>																																																																												
光B	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mode2	<input type="checkbox"/>																																																																												
光C	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Mode1	<input type="checkbox"/>																																																																												
注入	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																														
拍攝	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																														
<b>注入電子線狀態</b>																																																																																
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">加速電壓</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>5</td> <td>keV</td> </tr> <tr> <td>電荷範圍</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>10</td> <td>fC ⇒ 10 pC</td> </tr> <tr> <td>步距</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>10</td> <td>fC</td> </tr> </table>		加速電壓	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5	keV	電荷範圍	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	10	fC ⇒ 10 pC	步距	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	10	fC																																																																
加速電壓	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5	keV																																																																												
電荷範圍	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	10	fC ⇒ 10 pC																																																																												
步距	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	10	fC																																																																												
<b>觀察電子線狀態</b>																																																																																
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">加速電壓</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>kV</td> </tr> <tr> <td>照射電流</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>pA</td> </tr> <tr> <td>掃描速度</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>sec</td> </tr> <tr> <td>倍率</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>脈波電子寬度</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>ns</td> </tr> <tr> <td>間隔步距</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td>ns 次</td> </tr> </table>		加速電壓	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		kV	照射電流	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		pA	掃描速度	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		sec	倍率	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			脈波電子寬度	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		ns	間隔步距	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		ns 次																																																	
加速電壓	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		kV																																																																												
照射電流	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		pA																																																																												
掃描速度	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		sec																																																																												
倍率	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																														
脈波電子寬度	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		ns																																																																												
間隔步距	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		ns 次																																																																												

【圖 8】