



(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 I869724 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 01 月 11 日

(21)申請案號：111142714

(22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 11 月 09 日

(51)Int. Cl. : H01J37/26 (2006.01)

H01J37/22 (2006.01)

(30)優先權：2021/11/12 歐洲專利局

21207870.3

(71)申請人：荷蘭商 A S M L 荷蘭公司 (荷蘭) ASML NETHERLANDS B.V. (NL)
荷蘭(72)發明人：凡 倫斯 賈斯柏 法蘭斯 馬蒂斯 VAN RENS, JASPER FRANS MATHIJS
(NL)；休斯曼 湯瑪士 賈力克 HUISMAN, THOMAS JARIK (NL)；凡 米羅
威廉 路易斯 VAN MIERLO, WILLEM LOUIS (NL)；狄倫 赫曼紐斯 艾德里亞
諾斯 DILLEN, HERMANUS ADRIANUS (NL)

(74)代理人：林嘉興

(56)參考文獻：

TW 202115762A

TW 202139236A

US 2012/0287258A1

US 2020/0312613A1

US 2021/0272767A1

期刊 S. Fakhfakh a, O. Jbara, S. Rondot, A. Hadjadj, Z. Fakhfakh.
Experimental characterisation of charge distribution and transport
in electronirradiated PMMA. Journal of Non-Crystalline Solids.
vol. 358 2012 1157-1164

審查人員：黃彥豪

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：4 共 50 頁

(54)名稱

對準失真影像

(57)摘要

本發明揭示一種其中儲存有一電腦程式之非暫時性電腦可讀媒體，其中該電腦程式包含程式碼，該程式碼在由一電腦系統執行時指示該電腦系統執行判定一 SEM 影像之充電誘發失真的一方法，該方法包含：在一樣本之至少部分之一 SEM 影像中之複數個位置中之各者處判定由在該位置處對該樣本之一充電引起的一照明帶電粒子束之一偏轉；及取決於在該 SEM 影像中之該複數個位置中之各者處所判定之偏轉而判定該 SEM 影像之該充電誘發失真。

Disclosed herein is a non-transitory computer readable medium that has stored therein a computer program, wherein the computer program comprises code that, when executed by a computer system, instructs the computer system to perform a method of determining the charging induced distortion of a SEM image, the method comprising: determining, at each of a plurality of locations in a SEM image of at least part of a sample, a deflection of an illuminating charged particle beam caused by a charging of the sample at the location; and determining the charging induced distortion of the SEM image in dependence on the determined deflections at each of the plurality of locations in the SEM image.

指定代表圖：

符號簡單說明：

2001a: 柵格

2001b: 柵格

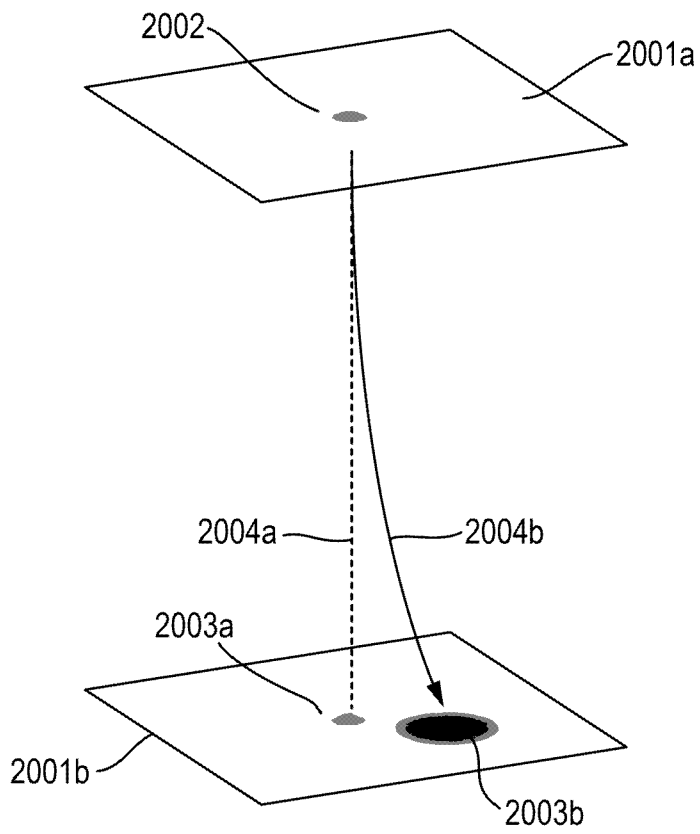
2002: 照明光束

2003a: 預期位置

2003b: 實際位置/光束
點

2004a: 未偏轉光束路徑

2004b: 偏轉光束路徑



【圖2B】



I869724

【發明摘要】

【中文發明名稱】

對準失真影像

【英文發明名稱】

ALIGNING A DISTORTED IMAGE

【中文】

本發明揭示一種其中儲存有一電腦程式之非暫時性電腦可讀媒體，其中該電腦程式包含程式碼，該程式碼在由一電腦系統執行時指示該電腦系統執行判定一SEM影像之充電誘發失真的一方法，該方法包含：在一樣本之至少部分的一SEM影像中之複數個位置中之各者處判定由在該位置處對該樣本之一充電引起的一照明帶電粒子束之一偏轉；及取決於在該SEM影像中之該複數個位置中之各者處所判定之偏轉而判定該SEM影像之該充電誘發失真。

【英文】

Disclosed herein is a non-transitory computer readable medium that has stored therein a computer program, wherein the computer program comprises code that, when executed by a computer system, instructs the computer system to perform a method of determining the charging induced distortion of a SEM image, the method comprising: determining, at each of a plurality of locations in a SEM image of at least part of a sample, a deflection of an illuminating charged particle beam caused by a charging of the sample at the location; and determining the charging induced distortion of the SEM image in dependence on the determined deflections

at each of the plurality of locations in the SEM image.

【指定代表圖】

圖2B

【代表圖之符號簡單說明】

2001a: 柵格

2001b: 柵格

2002: 照明光束

2003a: 預期位置

2003b: 實際位置/光束點

2004a: 未偏轉光束路徑

2004b: 偏轉光束路徑

【發明說明書】

【中文發明名稱】

對準失真影像

【英文發明名稱】

ALIGNING A DISTORTED IMAGE

【技術領域】

【0001】 本發明係關於用於判定掃描電子顯微鏡影像之充電誘發失真及用於減小掃描電子顯微鏡影像之充電誘發失真的系統及方法。

【先前技術】

【0002】 微影設備為將所要圖案施加至基板上(通常施加至基板之目標部分上)之機器。微影設備可用於例如積體電路(IC)製造中。在彼情況下，圖案化裝置(其替代地被稱作遮罩或倍縮光罩)可用於產生待形成於IC之個別層上的電路圖案。此圖案可轉印至基板(例如，矽晶圓)上之目標部分(例如，包括晶粒之部分、一個晶粒或若干晶粒)上。通常經由成像至設置於基板上之輻射敏感材料(抗蝕劑)層上來進行圖案之轉印。一般而言，單一基板將含有連續經圖案化之相鄰目標部分之網路。

【0003】 大多數半導體裝置需要待形成且轉印至基板上之複數個圖案層。為了使裝置正常運行，通常對邊緣定位之可容許誤差存在限制，該誤差以邊緣置放誤差或EPE形式量化。EPE可由於連續層之相對定位(稱作疊對)誤差或由於特徵之尺寸(特定言之係臨界尺寸或CD)的誤差而產生。隨著微影領域中持續不斷地需要減小可形成(縮小)之特徵之大小，對EPE之限制變得愈來愈嚴格。

【0004】 疊對可由微影程序中之多種原因，例如基板在所投影影像

中之曝光及像差期間之定位的誤差引起。亦可在用以將圖案轉印至基板上之程序步驟，諸如蝕刻期間引起疊對。一些此類程序步驟在基板內產生導致基板之局部或整體變形之應力。諸如最近開發之記憶體類型及MEMS所需在基板上形成三維結構亦可導致基板之顯著變形。CD變化亦可源自包括劑量或聚焦誤差之多種原因。

【發明內容】

【0005】 本發明旨在實現例如用於微影裝置製造程序中之更準確度量衡。

【0006】 根據本發明之第一態樣，提供一種其中儲存有電腦程式之非暫時性電腦可讀媒體，其中該電腦程式包含程式碼，該程式碼在由電腦系統執行時指示該電腦系統執行判定SEM影像之充電誘發失真的方法，該方法包含：在樣本之至少部分的SEM影像中之複數個位置中之各者處判定由該位置處對樣本之充電引起的照明帶電粒子束之偏轉；及取決於SEM影像中之複數個位置中之各者處所判定之偏轉而判定SEM影像之充電誘發失真。

【0007】 根據本發明之第二態樣，提供一種其中儲存有電腦程式之非暫時性電腦可讀媒體，其中該電腦程式包含程式碼，該程式碼在由電腦系統執行時指示該電腦系統執行減少SEM影像之充電誘發失真的方法，該方法包含：取決於第一態樣之方法判定SEM影像之充電誘發失真；及使用所判定之充電誘發失真以減小SEM影像中之充電誘發成像誤差。

【0008】 根據本發明之第三態樣，提供一種用於判定SEM影像之充電誘發失真的系統，該系統包含根據第一及/或第二態樣之電腦可讀媒體。

【0009】 根據本發明之第四態樣，提供一種判定SEM影像之充電誘發失真的電腦實施方法，該方法包含：在樣本之至少部分的SEM影像中之複數個位置中之各者處判定由該位置處對樣本之充電引起的照明帶電粒子束之偏轉；及取決於在SEM影像中之複數個位置中之各者處所判定之偏轉而判定SEM影像之充電誘發失真。

【0010】 根據本發明之第五態樣，提供一種減少SEM影像之充電誘發失真的電腦實施方法，該方法包含：取決於第四態樣之方法判定SEM影像之充電誘發失真；及使用所判定之充電誘發失真來減小SEM影像中之充電誘發成像誤差。

【0011】 根據本發明之第六態樣，提供一種包含程式碼之電腦程式，該程式碼在由電腦系統執行時指示該電腦系統執行根據第四及/或第五態樣之方法。

【0012】 根據本發明之第七態樣，提供一種檢測工具，包含：成像系統，其經組態以使半導體基板之部分成像；及影像分析系統，其包含第三態樣之系統且經組態以執行用於判定SEM影像之充電誘發失真的方法。

【0013】 根據本發明之第八態樣，提供一種製造半導體基板之方法，該方法包含以下步驟：製造半導體基板之至少部分；執行根據第五態樣之電腦實施方法；分析所對準影像以獲得影像之度量；以及比較該度量與目標度量且在該度量不符合目標度量時採取矯正措施。

【0014】 根據本發明之第九態樣，提供一種半導體基板製造系統，其包含經組態以執行第八態樣之方法的設備。

【0015】 根據本發明之第十態樣，提供一種其中儲存有電腦程式之非暫時性電腦可讀媒體，其中該電腦程式包含程式碼，該程式碼在由電腦

系統執行時指示該電腦系統執行減少SEM影像之充電誘發失真的方法，該方法包含：判定SEM影像之充電誘發失真；及取決於所判定之充電誘發失真而減少SEM影像中之充電誘發失真。

【0016】 根據本發明之第十一態樣，提供一種用於判定SEM影像之充電誘發失真的系統，該系統包含根據第十態樣之電腦可讀媒體。

【0017】 根據本發明之第十二態樣，提供一種減少SEM影像之充電誘發失真的電腦實施方法，該方法包含：判定SEM影像之充電誘發失真；及取決於所判定之充電誘發失真而減少SEM影像中之充電誘發失真。

【0018】 根據本發明之第十三態樣，提供一種其中儲存有電腦程式之非暫時性電腦可讀媒體，其中該電腦程式包含程式碼，該程式碼在由電腦系統執行時指示該電腦系統執行減少SEM影像之充電誘發失真的方法，該方法包含：模型化SEM影像之充電誘發失真，其中模型包含估計由所照明樣本上之電荷引起的照明帶電粒子束之偏轉；及使用SEM影像中之模型化充電誘發失真以減少SEM影像中之充電誘發失真。

【0019】 根據本發明之第十四態樣，提供一種用於判定SEM影像之充電誘發失真的系統，該系統包含根據第十三態樣之電腦可讀媒體。

【0020】 根據本發明之第十五態樣，提供一種減少SEM影像之充電誘發失真的電腦實施方法，該方法包含：模型化SEM影像之充電誘發失真，其中模型包含估計由所照明樣本上之電荷引起的照明帶電粒子束之偏轉；及使用SEM影像中之模型化充電誘發失真以減少SEM影像中之充電誘發失真。

【0021】 根據本發明之第十六態樣，提供一種其中儲存有電腦程式之非暫時性電腦可讀媒體，其中該電腦程式包含程式碼，該程式碼在由電

腦系統執行時指示該電腦系統執行校正SEM影像之充電誘發失真的方法，該方法包含：針對視場的複數個柵格中之各柵格，判定由藉由電子束對樣本充電引起之電子束的偏轉；及基於所判定偏轉而校正樣本之SEM影像的失真。

【0022】 根據本發明之第十七態樣，提供一種用於判定SEM影像之充電誘發失真的系統，該系統包含根據第十六態樣之電腦可讀媒體。

【0023】 根據本發明之第十八態樣，提供一種校正SEM影像之充電誘發失真的電腦實施方法，該方法包含：針對視場的複數個柵格中之各柵格，判定由藉由電子束對樣本充電引起之電子束的偏轉；及基於所判定偏轉而校正樣本之SEM影像的失真。

【0024】 根據本發明之第十九態樣，提供一種其中儲存有電腦程式之非暫時性電腦可讀媒體，其中該電腦程式包含程式碼，該程式碼在由電腦系統執行時指示該電腦系統執行第十八態樣之方法。

【0025】 根據本發明之第二十態樣，提供一種用於判定SEM影像之充電誘發失真的系統，該系統包含根據第十九態樣之電腦可讀媒體。

【0026】 現將參考隨附圖式藉助於實例來描述實施例。

【圖式簡單說明】

【0027】 圖1A描繪微影設備連同形成用於半導體裝置之生產設施的其他設備。

【0028】 圖1B描繪根據一實施例之電子束檢測系統。

【0029】 圖1C描繪根據一實施例之例示性成像系統。

【0030】 圖2A描繪SEM成像程序中帶電粒子的多光束之端視圖。

【0031】 圖2B及圖2C描繪由在基板之表面上累積的電荷而引起的

帶電粒子束之偏轉。

【0032】 圖3展示可經執行以反覆地判定用於判定SEM影像中之充電誘發失真的模型之可變參數的處理步驟。

【0033】 圖4為根據一實施例之方法的流程圖。

【實施方式】

【0034】 電子裝置由通常形成於稱為基板之矽塊上的電路建構，該基板可被稱作半導體基板。當然，任何其他合適材料可用於基板。許多電路可一起形成於同一矽塊上且被稱為積體電路或IC。此等電路之大小已顯著減小，使得更多該等電路可安裝於基板上。舉例而言，智慧型手機中之IC晶片可如拇指甲一樣小且仍可包括超過20億個電晶體，各電晶體之大小小於人類毛髮之大小的1/1000。

【0035】 製造此等極小IC為常常涉及數百個個別步驟之複雜、耗時且昂貴之程序。甚至一個步驟中之誤差亦有可能產生成品IC之缺陷，從而致使成品IC無用。因此，製造程序之一個目標為避免此類缺陷以最大化程序中所製得之功能性IC的數目，亦即改良程序之總良率。

【0036】 改良良率之一個組成部分為監測晶片製造程序，以確保其正產生足夠數目個功能性積體電路。監測程序之一種方式為在晶片電路結構形成之各個階段處檢測該等晶片電路結構。可使用掃描電子顯微鏡(SEM)、光學檢測系統等來進行檢測。此類系統可用以使此等結構成像，實際上，用能夠使此等結構中之最小者成像的SEM來拍攝晶圓之結構的「圖像」。影像可用於判定結構是否適當地形成於適當位置中。若結構為有缺陷的，則可調整程序，使得缺陷不大可能再現。

【0037】 為了控制微影製造程序中之誤差，諸如不同層中之特徵的

相對位置(稱作疊對)及特徵之大小(稱作CD變化)的誤差，有必要在可施加校正之前，諸如藉由使用掃描電子顯微鏡(SEM)、光學檢測系統等來量測誤差。當使用SEM或其他檢測系統時，通常獲得基板之影像，且根據該等影像量測基板上之特徵之大小。此允許例如對CD變化或EPE之判定。然而，由檢測系統(例如SEM)獲得之影像常常係失真的。例如，此類失真可包含視場(FOV)失真，其由於電子光學設計中之限制而產生(類似於例如光學系統中之枕形及桶形失真)，以及由於充電之效應(電子束-樣本相互作用，從而導致例如光束彎曲)。由於失真，對基板上之特徵之量測可能並非完全準確，且因此失真會引入量測誤差。鑒於對此類基板上之特徵的量測之小容許度，此類型之誤差並不合乎需要，且會引起對製造程序實施不必要或過於極端之改變。

【0038】 本文中所揭示之一些方法係針對減少由成像基板或任何其他類型之成像樣本之充電引起的SEM影像中之失真。

【0039】 在SEM成像程序中，由帶電粒子束來照明基板。帶電粒子束通常為電子束。照明程序可使得電荷累積於基板之經照明表面之部分上。電荷累積在基板之表面上的問題為：累積電荷可影響照明帶電粒子束之路徑。舉例而言，由於相似電荷彼此排斥之物理屬性，基板之表面上的負電荷累積將使電子束之路徑偏轉遠離該表面。電荷累積無論為正電荷累積抑或負電荷累積，皆可因此使得照明光束自預期位置著陸在基板之表面上的不同位置處。

【0040】 本文中所揭示之方法中的一些提供用於判定電荷累積在基板上之效應且藉此判定SEM影像之充電誘發失真的技術。舉例而言，模型可經建構以用於判定由基板之充電引起的各照明光束之偏轉。模型可基於

由基板上之表面電荷偏轉照明光束的物理程序而判定偏轉量。

【0041】 本文中所揭示之方法中的一些亦提供用於減少或實質上校正SEM影像之充電誘發失真的技術。可取決於SEM影像之所判定充電誘發失真而處理SEM影像以實質上減少及/或校正SEM影像中之充電誘發失真。

【0042】 在詳細地描述實施例之前，呈現可實施本文所揭示之技術的實例環境係具指導性的。

【0043】 圖1A繪示半導體生產設施之典型佈局。微影設備100將所要圖案施加至基板上。微影設備係用於例如積體電路(IC)之製造中。在彼情況下，替代地被稱作遮罩或倍縮光罩之圖案化裝置MA包含待形成於IC之個別層上之特徵(常常被稱作「產品特徵」)的電路圖案。經由使圖案化裝置曝光104至設置於基板上之輻射敏感材料(抗蝕劑)層上而將此圖案轉印至基板「W」(例如，矽晶圓)上之目標部分(例如，包含晶粒之部分、一個晶粒或若干晶粒)上。一般而言，單一基板將含有連續經圖案化之相鄰目標部分之網路。

【0044】 已知微影設備藉由照明圖案化裝置，同時同步地將基板之目標部分定位於圖案化裝置之影像位置處而輻照各目標部分。基板之經輻照目標部分被稱作「曝光場」或簡稱「場」。基板上之場的佈局通常為根據笛卡爾(Cartesian)二維座標系統對準(例如，沿X軸及Y軸對準，兩軸彼此正交)之相鄰矩形或其他形狀的網路。

【0045】 對微影設備之要求為將所要圖案準確地再現至基板上。所施加之產品特徵之位置及尺寸需要在一定容許度內。位置誤差可引起疊對誤差(常常被稱作「疊對」)。疊對為在相對於第二層內之第二產品特徵將

第一產品特徵置放於第一層內時的誤差。微影設備藉由在圖案化之前將各晶圓與參考件準確地對準來減小疊對誤差。此操作係藉由量測施加至基板之對準標記的位置來進行。基於對準量測，在圖案化程序期間控制基板位置，以防出現超出容許度之疊對誤差。對準標記通常形成為產品影像之部分，從而形成量測疊對之參考件。替代地，可使用先前所形成層之對準標記。

【0046】 產品特徵之臨界尺寸(CD)之誤差可在與曝光104相關聯之所施加劑量不在規格內時出現。出於此原因，微影設備100必須能夠準確地控制施加至基板之輻射的劑量。曝光104受整合至微影設備100中之量測工具102控制。CD誤差亦可在基板未相對於與圖案影像相關聯之焦平面正確地定位時出現。焦點位置誤差通常與基板表面之非平面性相關聯。微影設備藉由在圖案化之前使用位準感測器量測基板表面構形(topography)來減小此等焦點位置誤差。在後續圖案化期間施加基板高度校正以確保圖案化裝置至基板上之正確成像(聚焦)。

【0047】 為驗證與微影程序相關聯之疊對及CD誤差，由度量衡設備140檢測圖案化基板。度量衡設備之常見實例為散射計及掃描電子顯微鏡。

【0048】 散射計習知地量測專用度量衡目標之特性。除此等度量衡目標之尺寸通常較大以便允許準確量測之外，此等度量衡目標表示產品特徵。散射計藉由偵測與疊對度量衡目標相關聯之繞射圖案的不對稱性來量測疊對。藉由對與CD度量衡目標相關聯之繞射圖案之分析來量測臨界尺寸。CD度量衡目標用於量測最近曝光之層的結果。疊對目標用於量測先前層與最近層之位置之間的差。

【0049】 基於電子束(e-beam)之檢測工具，諸如掃描電子顯微鏡(SEM)可較適合於小疊對及CD值之量測。在SEM中，在相對較高能量下之電子的初級電子束以樣本為目標，有時運用最終減速步驟，以便以相對較低的著陸能量著陸於樣本上。電子束聚焦為樣本上之探測光點。探測光點處之材料結構與來自電子束之著陸電子之間的相互作用使得自表面發射電子，諸如次級電子、反向散射電子或歐傑(Auger)電子。可自樣本之材料結構發射所產生之次級、反向散射或歐傑電子。藉由掃描初級電子束作為樣本表面上之探測光點，可跨樣本之表面發射此等電子。藉由收集自樣本表面發射之此等類型之電子中之一些或全部，圖案檢測工具可獲得表示樣本表面之材料結構之特性的影像。

【0050】 在半導體生產設施內，微影設備100及度量衡設備140形成「微影單元」或「微影叢集」之部分。微影叢集亦包含用於將感光抗蝕劑施加至基板W之塗佈設備108、烘烤設備110、用於將曝光圖案顯影為實體抗蝕劑圖案之顯影設備112、蝕刻站122、執行蝕刻後退火步驟之設備124以及可能的其他處理設備126等。度量衡設備140經組態以在顯影設備112處之顯影之後或在其他處理(例如，蝕刻站122處之蝕刻)之後檢測基板。微影單元內之各種設備由監督控制系統SCS控制，該監督控制系統SCS發出控制信號166以經由微影設備控制單元LACU 106來控制微影設備來執行配方R。該SCS允許操作不同設備，從而得到最大產出量及產品良率。重要控制機制為度量衡設備140 (經由SCS)對各種設備、尤其對微影設備100之回饋146。基於度量衡回饋之特性，判定校正措施以改良後續基板之處理品質。SCS可為可通信或可不通信之一個電腦或多個電腦。配方R可實施為一個配方或實施為多個獨立配方。舉例而言，用於諸如蝕刻之程

序步驟的配方可完全獨立於用以檢測該程序步驟(例如，蝕刻)之結果的配方。舉例而言，用於個別步驟之兩個或更多個配方可為相互關聯的，使得調整一個配方以考慮相同或不同基板上之另一配方的執行結果。

【0051】 習知地藉由諸如描述於例如US2012008127A1中之進階程序控制(advanced process control, APC)之方法而控制並校正微影設備之執行。進階程序控制技術使用施加至基板之度量衡目標之量測結果。製造執行系統(MES)排程APC量測，且將量測結果傳送至資料處理單元。資料處理單元將量測資料之特性轉換為包含用於微影設備之指令的配方。此方法對於抑制與微影設備相關聯之漂移現象極有效。

【0052】 由處理設備執行之度量衡資料至校正措施之處理對於半導體製造至關重要。除了度量衡資料之外，亦可需要個別圖案化裝置、基板、處理設備之特性及其他內容脈絡資料以進一步使製造程序最佳化。其中可用度量衡及內容脈絡資料整體上用以使微影程序最佳化之框架通常稱作整體微影之部分。舉例而言，與倍縮光罩上之CD誤差相關之內容脈絡資料可用以控制各種設備(微影設備、蝕刻站)，使得該等CD誤差將不會影響製造程序之良率。後續度量衡資料可接著用以驗證控制策略之有效性且可判定其他校正措施。

【0053】 為限定程序窗，用現有工具中之一或多者執行分開之CD及疊對量測且將其合併成邊緣置放誤差(EPE)預算。通常，一個度量衡步驟可在顯影之後(ADI)執行，而另一度量衡步驟可在蝕刻步驟之後(AEI)執行，且校準兩個此類不同量測以獲得等效結果時存在固有困難。

【0054】 EPE對確保半導體裝置正常工作極其重要，例如其可影響後段程序模組中是否存在足夠的電接觸。此使EPE量測對於確保程序窗容

納足夠EPE預算及控制程序保持於窗口內極有價值。

【0055】 可包含上述SEM之度量衡設備140可獲得半導體基板之影像，以便檢測且獲得基板之量測。然而，如先前所提及，由度量衡設備獲得之影像可係失真的。視場(FOV)失真及充電假影會影響場之不同部分中的結構之直接量測及比較，或在視場發生改變時影響不同影像之間的結構之直接量測及比較。

【0056】 根據實施例之SEM可為電子束檢測(EBI)系統140，如圖1B中所展示。EBI系統140可用於成像。如圖1B中所示，EBI系統140可包括主腔室101、裝載/鎖定腔室102、電子束工具104及設備前端模組(EFEM)106。電子束工具104位於主腔室101內。雖然描述及圖式係有關於電子束，但應瞭解，實施例並非用以將本發明限於特定帶電粒子。

【0057】 EFEM 106可包括第一裝載埠106a及第二裝載埠106b。EFEM 106可包括額外裝載埠。第一裝載埠106a及第二裝載埠106b接收含有待檢測之晶圓(例如，半導體晶圓或由其他材料製成之晶圓)或待檢測之樣本的晶圓前開式單元匣(FOUP) (晶圓與樣本可互換使用)。

【0058】 EFEM 106中之一或多個機械臂(未展示)可將晶圓輸送至裝載/鎖定腔室102。裝載/鎖定腔室102連接至裝載/鎖定真空泵系統(未展示)，其移除裝載/鎖定腔室102中之氣體分子以達到低於大氣壓之第一壓力。在達到第一壓力後，一或多個機器臂(未展示)可將晶圓自裝載/鎖定腔室102輸送至主腔室101。主腔室101連接至主腔室真空泵系統(未展示)，該系統移除主腔室101中之氣體分子以達到低於第一壓力之第二壓力。在達到第二壓力之後，由電子束工具104對晶圓進行檢測。電子束工具104可為單光束系統或多光束系統。

【0059】 控制器109以電子方式連接至電子束工具104，且亦可以電子方式連接至其他組件。控制器109可為經組態以對EBI系統140執行各種控制之電腦。控制器109亦可包括經組態以執行各種信號及影像處理功能之處理電路系統。雖然控制器109在圖1B中被展示為在包括主控室101、裝載/鎖定腔室102及EFEM 106之結構的外部，但應瞭解，控制器109可係該結構之部分。

【0060】 在一些實施例中，控制器109可包括一或多個處理器(未展示)。處理器可為能夠操縱或處理資訊之通用或特定電子裝置。舉例而言，處理器可包括任何數目個中央處理單元(或「CPU」)、圖形處理單元(或「GPU」)、光學處理器、可程式化邏輯控制器、微控制器、微處理器、數位信號處理器、智慧財產權(IP)核心、可程式化邏輯陣列(PLA)、可程式化陣列邏輯(PAL)、通用陣列邏輯(GAL)、複合可程式化邏輯裝置(CPLD)、場可程式化閘陣列(FPGA)、系統單晶片(SoC)、特殊應用積體電路(ASIC)及能夠進行資料處理之任何類型電路之任何組合。處理器亦可為虛擬處理器，該虛擬處理器包括在經由網路耦接的多個機器或裝置上分佈之一或多個處理器。

【0061】 在一些實施例中，控制器109可進一步包括一或多個記憶體(未展示)。記憶體可為能夠儲存可由處理器(例如，經由匯流排)存取之程式碼及資料的通用或特定電子裝置。舉例而言，記憶體可包括任何數目個隨機存取記憶體(RAM)、唯讀記憶體(ROM)、光碟、磁碟、硬碟機、固態硬碟、快閃隨身碟、安全數位(SD)卡、記憶棒、緊湊型快閃(CF)卡或任何類型之儲存裝置的任何組合。程式碼可包括作業系統(OS)及用於特定任務之一或多個應用程式(或「app」)。記憶體亦可為虛擬記憶體，其包

括在經由網路耦接的多個機器或裝置上分佈之一或多個記憶體。

【0062】 現參考圖1C，其繪示根據本發明之實施例之例示性成像系統200。圖1C之電子束工具104可經組態以用於EBI系統140中。電子束工具104可為單光束設備或多光束設備。如圖1C中所展示，電子束工具104可包括機動樣本載物台201及晶圓固持器202，該晶圓固持器由機動樣本載物台201支撐以固持晶圓203作為待檢測樣本之實例。電子束工具104可進一步包括物鏡總成204、電子偵測器206（其包括電子感測器表面206a及206b）、物鏡孔徑208、聚光透鏡210、光束限制孔徑212、槍孔徑214、陽極216及陰極218。物鏡總成204在一些實施例中可包括經修改擺動物鏡延遲浸沒透鏡(SORIL)，其包括磁極片204a、控制電極204b、偏轉器204c及激磁線圈204d。

【0063】 藉由在陽極216與陰極218之間施加加速電壓而自陰極218發射初級電子束220。初級電子束220穿過槍孔徑214及光束限制孔徑212，這兩者可判定進入駐存於光束限制孔徑212下方之聚光透鏡210的電子束之大小。聚光透鏡210在光束進入物鏡孔徑208之前聚焦初級電子束220，以在進入物鏡總成204之前設定電子束的大小。偏轉器204c偏轉初級電子束220以促進光束在晶圓上之掃描。舉例而言，在掃描程序中，可控制偏轉器204c以在不同時間點使初級電子束220依序偏轉至晶圓203之頂表面之不同位置上，以提供用於晶圓203之不同部分之影像重建構的資料。此外，亦可控制偏轉器204c以在不同時間點使初級電子束220偏轉至特定位置處晶圓203之不同側上，以提供用於彼位置處的晶圓結構之立體影像重建構之資料。此外，在一些實施例中，陽極216及陰極218可產生多個初級電子束220，且電子束工具104可包括複數個偏轉器204c以同時

將多個初級電子束220投影至晶圓之不同部分/側，以提供用於晶圓203之不同部分的影像重建構之資料。

【0064】 在多數情況下，使SEM之電子束以二維光柵圖案掃描跨越樣本。光柵圖案包含在第一方向上之緩慢移動及在第二方向上之快速移動。第二方向垂直或幾乎垂直於第一方向。第一方向可稱作主掃描方向或緩慢掃描方向，且第二方向可稱作子掃描方向或快速掃描方向。除非另外指定，否則本文中所提及之掃描方向為快速掃描方向。掃描亦可機械地、經由載物台移動或藉由機械掃描與藉由偏轉器之掃描之組合來執行。舉例而言，可藉由載物台移動來執行緩慢掃描且可藉由偏轉器來執行快速掃描。

【0065】 激磁線圈204d及磁極片204a產生在磁極片204a之一端處開始且在磁極片204a之另一端處終止的磁場。正由初級電子束220掃描之晶圓203之一部分可浸沒於磁場中且可帶電，這又會產生電場。該電場在初級電子束220與晶圓203碰撞之前減小初級電子束220在晶圓203之表面附近衝擊的能量。與磁極片204a電隔離之控制電極204b控制晶圓203上之電場，以防止晶圓203之微拱起且確保適當光束聚焦。

【0066】 在接收到初級電子束220後，可自晶圓203之部分發射次級電子束222。次級電子束222可包含次級電子、反向散射電子及由晶圓203發射之其他電子，如下文所論述。次級電子束222可在電子偵測器206之感測器表面206a及206b上形成光束點。電子偵測器206可產生表示光束點之強度的信號(例如，電壓、電流或其類似者)且將信號提供至影像處理系統250。次級電子束222及所得光束點之強度可根據晶圓203之外部或內部結構而變化。此外，如上文所論述，初級電子束220可投影至晶圓之頂表

面之不同位置或特定位置處晶圓之不同側上，以產生不同強度的次級電子束222 (及所得光束點)。因此，藉由將光束點之強度與晶圓203之位置映射，處理系統可重建構反映晶圓203之內部或表面結構的影像。

【0067】 成像系統200可用於檢測樣本載物台201上之晶圓203且包括電子束工具104，如上文所論述。成像系統200亦可包括影像處理系統250，該影像處理系統包括影像獲取器260、儲存器270及控制器109。影像獲取器260可包括一或多個處理器。舉例而言，影像獲取器260可包括電腦、伺服器、大型電腦主機、終端機、個人電腦、任何種類之行動計算裝置及其類似者，或其組合。影像獲取器260可經由媒體(諸如電導體、光纖纜線、攜帶型儲存媒體、IR、藍牙、網際網路、無線網路、無線電或其組合)與電子束工具104之偵測器206連接。影像獲取器260可自偵測器206接收信號，且可建構影像。影像獲取器260可因此獲取晶圓203之影像。影像獲取器260亦可執行各種後處理功能，諸如產生輪廓、將指示符疊加於所獲取影像上，及其類似者。影像獲取器260可執行對所獲取影像之亮度及對比度或其類似者之調整。儲存器270可為儲存媒體，諸如硬碟、雲端儲存器、隨機存取記憶體(RAM)、其他類型之電腦可讀記憶體及其類似者。儲存器270可與影像獲取器260耦接，且可用於保存經掃描原始影像資料作為原始影像以及後處理影像。影像獲取器260及儲存器270可連接至控制器109。在一些實施例中，影像獲取器260、儲存器270及控制器109可一起整合為一個控制單元。

【0068】 在一些實施例中，影像獲取器260可基於自偵測器206接收之成像信號來獲取樣本之一或多個影像。成像信號可對應於用於進行帶電粒子成像之掃描操作。所獲取影像可為包括複數個成像區域之單一影像。

單一影像可儲存於儲存器270中。單一影像可為可劃分成複數個區之原始影像。該等區中之各者可包括含有晶圓203之特徵的一個成像區域。

【0069】 充電假影係由基板之表面上的電荷累積引起。在SEM成像程序中，由通常為電子束之帶電粒子束來照明基板。照明程序可使得電荷累積於基板之經照明表面之部分上。表面上之電荷累積可影響照明帶電粒子束之路徑。舉例而言，由於相似電荷彼此排斥之物理屬性，基板之表面上的負電荷累積將使電子束之路徑偏轉遠離該表面。電荷(正或負)累積可因此使得照明光束自預期位置著陸於基板之表面上的不同位置處。

【0070】 圖2A展示在SEM成像程序中之光束2002的端視圖，亦即沿行進方向之視圖。整體視圖2000已劃分成複數個柵格2001。在各柵格2001內，展示基板之照明光束2002的端視圖。複數個光束2002可為帶電粒子之多光束。在產生多光束之管柱之末級中，光束路徑可全部實質上彼此平行。當各照明光束2002並未由在基板之表面上累積電荷而偏轉時，各光束點在基板之表面上的位置可與各各別光束2002在產生多光束之管柱之末級中的位置實質上相同。

【0071】 圖2B及圖2C展示在基板之表面上累積電荷可對照明光束2002產生的效應。

【0072】 在圖2B中，柵格2001a及柵格2001b係在SEM度量衡設備內沿著光學路徑之不同位置處。柵格2001a可在產生多光束的管柱之末級中。柵格2001b在平面圖中可對應於柵格2001a，但替代地位於基板之表面處。

【0073】 在柵格2001a中，光束2002可實質上不受電荷累積影響且因此正確地定位於柵格2001a內。若在基板之表面上不存在電荷累積，則

光束2002可具有未偏轉光束路徑2004a且柵格2001b中之對應光束點可在2003a處。然而，當在基板之表面上存在電荷累積時，光束可具有偏轉光束路徑2004b且柵格2001b中之對應光束點可在2003b處。

【0074】 圖2C為柵格2001b之平面圖。電荷累積之效應為存在偏轉光束路徑2004b。因此，光束點在x及y方向上自預期位置2003a移動至實際位置2003b。

【0075】 光束點2003b遠離其預期部位之置放引起由SEM成像程序產生的SEM影像中之失真。舉例而言，在 $8\ \mu\text{m} \times 8\ \mu\text{m}$ 大小之SEM影像中，失真可引起成像特徵中之3 nm至4 nm的位移。

【0076】 已知試圖藉由處理SEM影像來實質上校正SEM影像失真。先前技術包括藉由施加2D線性(6參數)或三階(20參數)多項式擬合進行處理。

【0077】 20參數多項式擬合在實質上校正低頻失真圖中之失真方面有效。然而，其有效施加限於具有平凡圖案密度之失真圖。此外，由多項式擬合進行之校正程序假定了經校正失真背後的隨機數學基礎。在由多項式擬合進行之校正背後不存在物理依據。因此，多項式擬合易於出現校正不足或過度校正的情況。此外，多項式擬合將整體校正施加至影像中之所有失真。不考慮對失真之單獨貢獻。

【0078】 本文所揭示之實施例改良用於判定SEM影像中之失真的已知技術。本文中所揭示之實施例亦改良用於減少或實質上校正SEM影像中之失真的已知技術。

【0079】 在用於判定SEM影像之失真之實施例中，模型化且使用在基板上累積電荷之效應以判定SEM影像中之充電誘發失真。模型可基於由

基板上之表面電荷累積偏轉照明光束的物理程序而判定偏轉量。SEM影像中之所判定失真可僅屬於充電誘發失真，從而有效地將充電誘發失真與SEM影像中之失真的其他原因隔離。藉由施加實質上僅校正充電誘發失真之程序，實質上避免了已知技術中施加校正不足或過度校正的問題。

【0080】 下文更詳細地描述實施例。

【0081】 在一實施例中，判定SEM影像之充電誘發失真。亦即，僅作出對基板或其他類型之樣本上的電荷累積引起之失真的判定。不判定對失真之任何其他貢獻。基板之充電可能已由帶電粒子之單一光束或多光束對基板之照明引起。SEM影像可對應於SEM設備之全部或部分視場。

【0082】 在基板之至少部分之SEM影像中的複數個位置中之各者處，作出由在該位置處對樣本充電引起的照明帶電粒子束之偏轉的判定。鑒於光束之物理屬性及/或基板之物理屬性，所判定偏轉可基於經計算的靜電偏轉。基板之物理屬性可包括存在於基板之表面上及/或下方的所估計電荷。其他因素亦可用於計算中以判定偏轉。偏轉之判定可包含判定偏轉方向以及偏轉之量值兩者。偏轉之量值可定義在未發生充電誘發偏轉的情況下基板上之照明光束點距其預期位置的距離。偏轉方向可定義在未發生充電誘發偏轉的情況下光束點相對於其預期位置已位移之方向。偏轉方向及/或偏轉之量值可隨時間變化。亦可判定偏轉方向及/或偏轉之量值的時間變化。

【0083】 SEM影像之處理可包含將SEM影像劃分成複數個柵格。各柵格可為正方形、六邊形或任何其他形狀。該等柵格可以規則及非重疊配置而配置，諸如圖2A中所展示之正方形柵格2001。各柵格可對應於SEM影像中之單一像素，或各柵格可包含SEM影像中之複數個像素。判定照明

帶電粒子束之偏轉所在的各位置可為複數個柵格中之一者。

【0084】 實施例包括產生充電誘發失真圖，該圖包含在SEM影像中之複數個位置中之各者處所判定的偏轉之組合。充電誘發失真圖可指示SEM影像之所判定充電誘發失真。

【0085】 基板上之電荷累積可取決於多個因素。此等因素可包括以下各者中之一或多者：照明程序之劑量、SEM影像中每像素之劑量、照明程序之掃描速度、照明程序之掃描圖案/策略、圖案密度、圖案參數、視場大小、像素大小、過掃描量、帶電粒子之著陸能量，及在照明程序期間樣本與帶電粒子源之間間距。

【0086】 詳言之，掃描圖案/策略可包含在 $\pm y$ 方向上在基板之表面上執行掃掠，其中掃掠開始於基板之 $-x$ 端處且結束於基板之 $+x$ 端處。在掃描程序開始時，失真可相對較低，此係因為基板表面上之俘獲電荷之量低。然而，隨著電荷累積增加，失真可在整個掃描程序中增加。因此，充電誘發失真在基板之 $+x$ 端處可比在基板之 $-x$ 端處更高。此外，基板上之電荷的量值可取決於圖案密度及/或圖案參數。圖案參數可包括例如邊緣長度。

【0087】 實施例可判定基板上之位置處的實際電荷量。替代地，實施例可在不判定實際電荷的情況下判定實際電荷之偏轉效應。此可藉由例如估計實際電荷、藉由在不判定實際或估計電荷的情況下估計偏轉或藉由其他技術中之任一者來執行。

【0088】 實施例包括建構模型以判定各位置處之偏轉。該模型可包含固定參數及可變參數。

【0089】 固定參數可由已獲取SEM影像的情形來定義。舉例而言，

固定參數可包含關於以下各者中之一或多者的資料：照明程序之劑量、SEM影像中每像素之劑量、照明程序之掃描速度、照明程序之掃描圖案/策略、視場大小、圖案密度、圖案參數、像素大小、過掃描量、帶電粒子之著陸能量，及照明程序期間樣本與帶電粒子源之間間距。

【0090】 模型之可變參數可對應於可對帶電粒子之缺陷有影響的所估計或所計算之參數。可變參數可包括以下各者中之一或多者：樣本上之位置處所估計之充電、樣本上之位置處所估計之電荷量值、平移偏移、電荷衰減時間、不同電荷區之間的相互作用及電荷與物質之間的相互作用。

【0091】 僅自固定參數判定可變參數可為困難的或不可能的。可變參數可經由反覆程序來判定，該反覆程序調諧可變參數直至經模型化偏轉實質上對應於SEM影像中之可量測失真。

【0092】 圖3展示可經執行以反覆地判定模型之可變參數的處理步驟。

【0093】 在區塊3001中，可執行用於量測影像中之失真的程序。所量測失真可被稱作成像誤差。成像誤差可為例如在SEM影像中特徵之所量測矩心與鑒於關於特徵之設計資料的預期矩心之間的差之計算。成像誤差可為例如局部置放誤差(LPE)，其為已知的誤差度量。SEM影像中之成像誤差可被稱作LPE指紋(fingerprint)。

【0094】 在區塊3002中，可視情況對SEM影像之成像誤差執行另一處理步驟。舉例而言，可執行均值減法。此可產生減去均值之LPE指紋。替代地或另外，另一處理步驟可包含將6參數多項式擬合校正施加至成像誤差。

【0095】 可視情況對SEM影像中之成像誤差執行之另一處理步驟可

包括基於複數個SEM影像之平均化程序。舉例而言，對於複數個SEM影像中之各者，可執行均值減法且藉由平均化結果而獲得平均成像誤差。類似地，對於複數個SEM影像中之各者，可施加6參數多項式擬合校正且藉由平均化結果而獲得平均成像誤差。

【0096】 如稍後更詳細地描述，在區塊3003中，可使用由區塊3001中之程序判定的成像誤差或視情況由區塊3002中之程序判定的成像誤差與模型化充電誘發失真進行比較。

【0097】 在區塊3007中，可判定充電誘發失真之模型的參數。如先前所描述，模型可取決於固定參數及可變參數來建構，該等固定參數由已獲取SEM影像的已知情形及條件來定義。可變參數之初始值可為預定預設值或估計值。

【0098】 在區塊3005中，可接著執行用於取決於固定參數及可變參數來建構模型的程序。

【0099】 在區塊3006中，可視情況對模型執行另一處理步驟。舉例而言，可對該模型執行6參數多項式擬合校正。

【0100】 在區塊3003中，可在模型與成像誤差之間進行比較。該比較可在如區塊3005中所建構的模型與由區塊3001中之程序判定的成像誤差或視情況由區塊3002中之程序判定的成像誤差之間。替代地，該比較可在如區塊3006中所判定的模型與由區塊3001中之程序判定的成像誤差或視情況由區塊3002中之程序判定的成像誤差之間。

【0101】 舉例而言，比較程序可在用於實質上減少成像誤差之程序中將模型施加至成像誤差。在比較程序之後的剩餘誤差可諸如由3西格瑪LPE程序來量測。

【0102】 若所量測之剩餘誤差處於收斂之最小位準及/或低於預定臨限值位準，則可停止程序且作出如下判定：模型之可變參數適合於達成SEM影像中之充電誘發誤差的所要減小或實質性校正。若所量測之剩餘誤差不處於收斂之最小位準及/或不低於預定臨限值位準，則程序可在區塊3008處繼續。

【0103】 在區塊3008中，可進行判定以改變或調整模型之可變參數中之一些或全部的值。可變參數之各改變可基於對可變參數之一或多個先前改變是否已造成所量測之剩餘誤差收斂及/或減小。

【0104】 處理可接著返回至區塊3005，其中模型係由區塊3008中對可變參數的所判定改變而更新。

【0105】 可接著重複在區塊3005中之彼等程序之後的上述其他程序，直至判定模型之可變參數適合於達成SEM影像中之充電誘發誤差的所要減小或實質性校正。因此，區塊3008中對用以改變模型的可變參數中之一些或全部之值的判定可視需要重複多次。因此，模型之可變參數可經由反覆程序來判定。

【0106】 上述程序判定一或多個SEM影像中之充電誘發失真的模型。實施例亦包括使用模型以減少或實質上校正一或多個SEM影像中之失真。詳言之，可將模型施加至SEM影像以產生並不包括模型化充電誘發失真之新影像。

【0107】 有利地，實施例允許SEM影像中之充電誘發失真的減少及/或實質性校正。充電誘發失真可能已基於電荷偏轉之已知物理程序而判定。此不同於施加基本上隨機校正之已知技術，該等隨機校正並不由物理程序證明。因此，相比於已知技術，根據實施例判定之影像校正不大可能

造成SEM影像之校正不足或校正過度。

【0108】 有利地，實施例亦提供關於成像誤差之不同源的資訊。充電誘發成像誤差與成像誤差之其他源分別地判定。此提供相比電荷累積效應對由影像失真之其他源引起之成像誤差的改良判定。

【0109】 有利地，實施例亦能夠判定具有複雜(亦即，非平凡)圖案密度的基板之部分的SEM影像之充電誘發失真。

【0110】 圖4展示根據一實施例的判定SEM影像之充電誘發失真之方法的流程圖。

【0111】 在步驟401中，方法開始。

【0112】 在步驟403中，在樣本之至少部分的SEM影像中的複數個位置中之各者處，判定由在該位置處對樣本充電引起的照明帶電粒子束之偏轉。

【0113】 在步驟405中，SEM影像之充電誘發失真係取決於SEM影像中之複數個位置中之各者處所判定之偏轉而判定。

在步驟407中，方法結束。

【0114】 實施例包括對上述技術之多種修改及變化。

【0115】 舉例而言，基板上之電荷之量值可取決於基板上的特徵之圖案，且詳言之取決於圖案密度及/或圖案參數。圖案參數可包括例如邊緣長度。實施例包括用圖案校準充電誘發失真之所判定模型，且使用此以判定充電誘發失真與圖案密度及/或圖案參數之相依性。充電誘發失真與圖案密度及/或圖案參數之所判定相依性可用於在將經校準充電模型施加至具有不同圖案密度及/或參數之另一圖案時改良經校準充電模型之準確度。

【0116】 舉例而言，SEM影像可已由任何合適類型之SEM設備獲取。SEM設備可為單光束設備或多光束設備。

【0117】 儘管已主要參考基板之至少部分之SEM影像來描述實施例，但實施例包括施加至其他類型之樣本之SEM影像的技術。

【0118】 本文中所揭示之技術可降低SEM程序之複雜度。

【0119】 本文中所揭示之技術可用於控制環路及晶圓配置之在線量測。

【0120】 雖然上文已描述特定技術，但應瞭解，可以與所描述不同的其他方式來實踐本發明。

【0121】 一實施例可包括一種電腦程式，其含有機器可讀指令之一或多個序列，該等機器可讀指令經組態以指示如圖1A中所描繪之各種設備執行量測及最佳化步驟，且控制如上文所描述的後續曝光程序。例如，可在圖1A之控制單元LACU或監督控制系統SCS或兩者之組合內執行此電腦程式。亦可提供一種資料儲存媒體(例如，半導體記憶體、磁碟或光碟)，其中儲存有此電腦程式。

【0122】 儘管上文可能已對光學微影進行特定參考，但應瞭解，本文中所揭示之技術可用於其他應用，例如壓印微影中。在壓印微影中，圖案化裝置中之構形界定產生於基板上之圖案。可將圖案化裝置之構形壓入被供應至基板的抗蝕劑層中，在基板上，抗蝕劑係藉由施加電磁輻射、熱、壓力或其組合而固化。在抗蝕劑固化之後將圖案化裝置移出抗蝕劑，從而在其中留下圖案。

【0123】 本文中所使用之術語「輻射」及「光束」涵蓋所有類型之電磁輻射，包括紫外線(UV)輻射(例如，具有為或約為365、355、248、

193、157或126 nm)及極紫外線(EUV)輻射(例如，具有在1至100 nm範圍內之波長)，以及粒子束，諸如離子束或電子束。可使用合適源在UV及EUV波長內進行散射計及其他檢測設備之實施，且本發明決不限於使用IR及可見光輻射的系統。

【0124】 術語「透鏡」在內容脈絡允許之情況下可指各種類型之光學組件(包括折射、反射、磁性、電磁及靜電光學組件)中之任一者或組合。反射組件有可能用於在UV及/或EUV範圍內操作之設備中。

【0125】 如本文所用，除非另外具體陳述，否則術語「或」涵蓋所有可能組合，除非不可行。舉例而言，若陳述組件可包括A或B，則除非另外具體陳述或不可行，否則組件可包括A，或B，或A及B。作為第二實例，若陳述組件可包括A、B或C，則除非另外具體陳述或不可行，否則組件可包括A，或B，或C，或A及B，或A及C，或B及C，或A及B及C。

【0126】 在以下編號條項中闡明本發明之態樣：

1. 一種其中儲存有電腦程式之非暫時性電腦可讀媒體，其中該電腦程式包含程式碼，該程式碼在由電腦系統執行時指示該電腦系統執行判定SEM影像之充電誘發失真的方法，該方法包含：在樣本之至少部分的SEM影像中之複數個位置中之各者處判定由該位置處對樣本之充電引起的照明帶電粒子束之偏轉；及取決於在SEM影像中之複數個位置中之各者處所判定之偏轉而判定SEM影像之充電誘發失真。

2. 如條項1之非暫時性電腦可讀媒體，其中對樣本之充電係由一或多個帶電粒子束對樣本之照明引起。

3. 如條項1或2之非暫時性電腦可讀媒體，其中SEM影像對應於帶電粒子設備之視場。

4. 如前述條項中任一項之非暫時性電腦可讀媒體，其中SEM影像包含複數個柵格；且該SEM影像中之複數個位置中之各者為該等柵格中之一者。

5. 如前述條項中任一項之非暫時性電腦可讀媒體，其中各所判定偏轉係藉由計算靜電偏轉來判定。

6. 如前述條項中任一項之非暫時性電腦可讀媒體，其中判定各偏轉包含判定偏轉方向及偏轉量值兩者。

7. 如前述條項中任一項之非暫時性電腦可讀媒體，其進一步包含取決於SEM影像之所判定充電誘發失真而產生充電誘發失真圖。

8. 如前述條項中任一項之非暫時性電腦可讀媒體，其中判定各偏轉包含由充電誘發偏轉模型來模型化各偏轉。

9. 如條項8之非暫時性電腦可讀媒體，其中充電誘發偏轉模型之輸入參數包含以下各者中之一或多者：照明程序之劑量、SEM影像中每像素之劑量、照明程序之掃描速度、掃描圖案、圖案密度、圖案參數、視場大小、像素大小、過掃描量、帶電粒子之著陸能量，或在照明程序期間樣本與帶電粒子源之間間距。

10. 如條項8或9之非暫時性電腦可讀媒體，其中充電誘發偏轉模型之可變參數包含以下各者中之一或多者：樣本上之位置處所估計之充電、樣本上之位置處所估計之電荷量值、平移偏移、電荷衰減時間、不同電荷區之間的相互作用或電荷與物質之間的相互作用。

11. 如條項8至10中任一項之非暫時性電腦可讀媒體，該方法進一步包含：取決於SEM影像中之特徵判定成像誤差；及將充電誘發偏轉模型施加至所判定成像誤差；其中充電誘發偏轉模型之一或多個可變參數係藉

由複數次反覆地比較充電模型與成像誤差來判定，其中在各反覆中調整一或多個可變參數。

12. 如條項11之非暫時性電腦可讀媒體，其中成像誤差為SEM影像中之特徵之局部置放誤差。

13. 如條項11或12之非暫時性電腦可讀媒體，其中成像誤差係取決於SEM影像中之所量測矩心與SEM影像中之預期矩心之間的差來判定。

14. 如條項11至13中任一項之非暫時性電腦可讀媒體，該方法進一步包含處理成像誤差；其中：將充電模型施加至所處理成像誤差以產生減小之成像誤差；且處理成像誤差包含以下各者中之一或多者：將6參數多項式擬合校正施加至成像誤差；將均值減法施加至成像誤差；取決於施加至複數個SEM影像中之各者的6參數多項式擬合校正而產生平均成像誤差；或取決於施加至複數個SEM影像中之各者的均值減法而產生平均成像誤差。

15. 如條項11或附屬於其之任何條項之非暫時性電腦可讀媒體，該方法進一步包含在將充電模型施加至成像誤差或所處理成像誤差之前將6參數多項式擬合校正施加至充電模型。

16. 一種其中儲存有電腦程式之非暫時性電腦可讀媒體，其中該電腦程式包含程式碼，該程式碼在由電腦系統執行時指示該電腦系統執行減少SEM影像之充電誘發失真的方法，該方法包含：取決於任何前述條項中之方法來判定SEM影像之充電誘發失真；及使用所判定之充電誘發失真來減小SEM影像中之充電誘發成像誤差。

17. 一種用於判定SEM影像之充電誘發失真的系統，該系統包含如任何前述條項之電腦可讀媒體。

18. 一種判定SEM影像之充電誘發失真的電腦實施方法，該方法包含：在樣本之至少部分之SEM影像中的複數個位置中之各者處判定由該位置處對樣本之充電引起的照明帶電粒子束之偏轉；及取決於在SEM影像中之複數個位置中之各者處所判定之偏轉而判定SEM影像之充電誘發失真。

19. 如條項18之方法，其中對樣本之充電係由一或多個帶電粒子束對樣本之照明引起。

20. 如條項18或19之方法，其中SEM影像對應於帶電粒子設備之視場。

21. 如條項18至20中任一項之方法，其中SEM影像包含複數個柵格；且SEM影像中之複數個位置中之各者為該等柵格中之一者。

22. 如條項18至21中任一項之方法，其中各所判定偏轉係藉由計算靜電偏轉來判定。

23. 如條項18至22中任一項之方法，其中判定各偏轉包含判定偏轉方向及偏轉量值兩者。

24. 如條項18至23中任一項之方法，其進一步包含取決於SEM影像之所判定充電誘發失真而產生充電誘發失真圖。

25. 如條項18至24中任一項之方法，其中判定各偏轉包含藉由充電誘發偏轉模型來模型化各偏轉。

26. 如條項25之方法，其中充電誘發偏轉模型之輸入參數包含以下各者中之一或多者：照明程序之劑量、SEM影像中每像素之劑量、照明程序之掃描速度、掃描圖案、圖案密度、圖案參數、視場大小、像素大小、過掃描量、帶電粒子之著陸能量，或在照明程序期間樣本與帶電粒子源之間間距。

27. 如條項25或26之方法，其中充電誘發偏轉模型之可變參數包含以下各者中之一或多者：樣本上之位置處所估計之充電、樣本上之位置處所估計之電荷量值、平移偏移、電荷衰減時間、不同電荷區之間的相互作用或電荷與物質之間的相互作用。

28. 如條項25至27中任一項之方法，其進一步包含：取決於SEM影像中之特徵而判定成像誤差；及將充電誘發偏轉模型施加至所判定成像誤差；其中充電誘發偏轉模型之一或多個可變參數係藉由複數次反覆地比較充電模型與成像誤差來判定，其中在各反覆中調整一或多個可變參數。

29. 如條項28之方法，其中成像誤差為SEM影像中之特徵的局部置放誤差。

30. 如條項28或29之方法，其中成像誤差係取決於SEM影像中之所量測矩心與SEM影像中之預期矩心之間的差來判定。

31. 如條項28至30中任一項之方法，其進一步包含處理成像誤差；其中：將充電模型施加至所處理成像誤差以產生減小之成像誤差；且處理成像誤差包含以下各者中之一或多者：將6參數多項式擬合校正施加至成像誤差；將均值減法施加至成像誤差；取決於施加至複數個SEM影像中之各者的6參數多項式擬合校正而產生平均成像誤差；或取決於施加至複數個SEM影像中之各者的均值減法而產生平均成像誤差。

32. 如條項28或附屬於其之任何條項之方法，其進一步包含在將充電模型施加至成像誤差或所處理成像誤差之前將6參數多項式擬合校正施加至充電模型。

33. 一種減少SEM影像之充電誘發失真的電腦實施方法，該方法包含：取決於如條項18至32中任一項之方法而判定SEM影像之充電誘發失

真；及使用所判定之充電誘發失真來減小SEM影像中之充電誘發成像誤差。

34. 一種包含程式碼之電腦程式，該程式碼在由電腦系統執行時指示該電腦系統執行如條項18至33中任一項之方法。

35. 一種檢測工具，其包含：成像系統，其經組態以使半導體基板之部分成像；及影像分析系統，其包含如條項17之系統且經組態以執行用於判定SEM影像之充電誘發失真的方法。

36. 一種製造半導體基板之方法，該方法包含以下步驟：製造半導體基板之至少部分；執行如條項33之電腦實施方法；分析所對準影像以獲得影像之度量；以及比較該度量與目標度量且在該度量不符合目標度量時採取矯正措施。

37. 一種半導體基板製造系統，其包含經組態以執行如條項36之方法之設備。

38. 一種其中儲存有電腦程式之非暫時性電腦可讀媒體，其中該電腦程式包含程式碼，該程式碼在由電腦系統執行時指示該電腦系統執行減少SEM影像之充電誘發失真的方法，該方法包含：判定SEM影像之充電誘發失真；及取決於所判定之充電誘發失真而減少SEM影像中之充電誘發失真。

39. 如條項38之非暫時性電腦可讀媒體，該方法進一步包含在SEM影像中之複數個位置中之各者處判定充電誘發偏轉；其中充電誘發失真係取決於所判定充電誘發偏轉來判定。

40. 如條項39之非暫時性電腦可讀媒體，其進一步包含使用充電誘發偏轉模型以判定充電誘發偏轉。

41. 如條項40之非暫時性電腦可讀媒體，其中充電誘發偏轉模型基於電荷相互作用之物理屬性來判定充電誘發偏轉。

42. 如條項41之非暫時性電腦可讀媒體，其進一步包含將充電誘發偏轉模型施加至SEM影像以減小SEM影像中之成像誤差。

43. 如條項41或42中任一項之非暫時性電腦可讀媒體，其中充電模型之一或多個可變參數係由反覆程序來判定。

44. 一種用於判定SEM影像之充電誘發失真的系統，該系統包含如條項38至43中任一項之電腦可讀媒體。

45. 一種減少SEM影像之充電誘發失真的電腦實施方法，該方法包含：判定SEM影像之充電誘發失真；及取決於所判定之充電誘發失真而減少SEM影像中之充電誘發失真。

46. 如條項45之方法，其進一步包含在SEM影像中之複數個位置中之各者處判定充電誘發偏轉；其中充電誘發失真係取決於所判定之充電誘發偏轉而判定。

47. 如條項46之方法，其進一步包含使用充電誘發偏轉模型以判定充電誘發偏轉。

48. 如條項47之方法，其中充電誘發偏轉模型基於電荷相互作用之物理屬性來判定充電誘發偏轉。

49. 如條項48之方法，其進一步包含將充電誘發偏轉模型施加至SEM影像以減小SEM影像中之成像誤差。

50. 如條項48或49中任一項之方法，其中充電模型之一或多個可變參數係由反覆程序來判定。

51. 一種其中儲存有電腦程式之非暫時性電腦可讀媒體，其中該電

腦程式包含程式碼，該程式碼在由電腦系統執行時指示該電腦系統執行減少SEM影像之充電誘發失真的方法，該方法包含：模型化SEM影像之充電誘發失真，其中模型包含估計由所照明樣本上之電荷引起的照明帶電粒子束之偏轉；及使用SEM影像中之模型化充電誘發失真以減少SEM影像中之充電誘發失真。

52. 一種用於判定SEM影像之充電誘發失真的系統，該系統包含如條項51之電腦可讀媒體。

53. 一種減少SEM影像之充電誘發失真的電腦實施方法，該方法包含：模型化SEM影像之充電誘發失真，其中模型包含估計由經照明樣本上之電荷所引起的照明帶電粒子束之偏轉；及使用SEM影像中之模型化充電誘發失真以減少SEM影像中之充電誘發失真。

54. 一種其中儲存有電腦程式之非暫時性電腦可讀媒體，其中該電腦程式包含程式碼，該程式碼在由電腦系統執行時指示該電腦系統執行校正SEM影像之充電誘發失真的方法，該方法包含：針對視場之複數個柵格中之各柵格，判定由藉由電子束對樣本充電引起的電子束之偏轉；及基於所判定偏轉而校正樣本之SEM影像的失真。

55. 一種用於判定SEM影像之充電誘發失真的系統，該系統包含如條項54之電腦可讀媒體。

56. 一種校正SEM影像之充電誘發失真的電腦實施方法，該方法包含：針對視場之複數個柵格中之各柵格，判定由藉由電子束對樣本充電引起的電子束之偏轉；及基於所判定偏轉而校正樣本之SEM影像的失真。

57. 一種其中儲存有電腦程式之非暫時性電腦可讀媒體，其中該電腦程式包含程式碼，該程式碼在由電腦系統執行時指示該電腦系統執行如

條項56之方法。

58. 一種用於判定SEM影像之充電誘發失真的系統，該系統包含如條項57之電腦可讀媒體。

【0127】 在已描述本發明之實施例的情況下，應瞭解，在本發明及隨附申請專利範圍以及其等效物之精神及範疇內，對本發明之變化係可能的。

【符號說明】

【0128】

100:微影設備

101:主腔室

102:量測工具/裝載/鎖定腔室

104:曝光/電子束工具

106:微影設備控制單元LACU/設備前端模組(EFEM)

106a:第一裝載埠

106b:第二裝載埠

108:塗佈設備

109:控制器

110:烘烤設備

112:顯影設備

122:蝕刻站

124:設備

126:處理設備

140:度量衡設備/電子束檢測(EBI)系統

- 146:回饋
- 166:控制信號
- 200:例示性成像系統
- 201:機動樣本載物台
- 202:晶圓固持器
- 203:晶圓
- 204:物鏡總成
- 204a:磁極片
- 204b:控制電極
- 204c:偏轉器
- 204d:激磁線圈
- 206:電子偵測器
- 206a:電子感測器表面
- 206b:電子感測器表面
- 208:物鏡孔徑
- 210:聚光透鏡
- 212:光束限制孔徑
- 214:槍孔徑
- 216:陽極
- 218:陰極
- 220:初級電子束
- 222:次級電子束
- 250:影像處理系統

260:影像獲取器
270:儲存器
401:步驟
403:步驟
405:步驟
407:步驟
2000:整體視圖
2001:正方形柵格
2001a:柵格
2001b:柵格
2002:照明光束
2003a:預期位置
2003b:實際位置/光束點
2004a:未偏轉光束路徑
2004b:偏轉光束路徑
3001:區塊
3002:區塊
3003:區塊
3005:區塊
3006:區塊
3007:區塊
3008:區塊
MA:圖案化裝置

R: 配方

SCS: 監督控制系統

W: 基板

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種其中儲存有一電腦程式之非暫時性電腦可讀媒體，其中該電腦程式包含程式碼，該程式碼在由一電腦系統執行時指示該電腦系統執行判定一SEM影像之充電誘發失真(charging induced distortion)的一方法，該方法包含：

在一樣本之至少部分之一SEM影像中的複數個位置中之各者處判定由該位置處對該樣本之一充電引起的一照明帶電粒子束之一偏轉(deflection)；及

取決於該SEM影像中之該複數個位置中之各者處所判定之偏轉而判定該SEM影像之該充電誘發失真，

其中判定各偏轉包含藉由一充電誘發偏轉模型來模型化各偏轉。

【請求項2】

如請求項1之非暫時性電腦可讀媒體，其中對該樣本之該充電係由一或多個帶電粒子束對該樣本之照明引起。

【請求項3】

如請求項1之非暫時性電腦可讀媒體，其中該SEM影像對應於一帶電粒子設備之一視場。

【請求項4】

如請求項1之非暫時性電腦可讀媒體，其中各所判定偏轉係藉由計算一靜電偏轉來判定。

【請求項5】

如請求項1之非暫時性電腦可讀媒體，其中判定各偏轉包含判定一偏

轉方向及一偏轉量值兩者。

【請求項6】

如請求項1之非暫時性電腦可讀媒體，其中該充電誘發偏轉模型之輸入參數包含以下各者中之一或多者：照明程序之劑量、該SEM影像中每像素之劑量、該照明程序之掃描速度、掃描圖案、圖案密度、圖案參數、視場大小、像素大小、過掃描量、帶電粒子之著陸能量，或在該照明程序期間該樣本與一帶電粒子源之間間距。

【請求項7】

如請求項1之非暫時性電腦可讀媒體，其中該充電誘發偏轉模型之可變參數包含以下各者中之一或多者：該樣本上之位置處所估計之充電、該樣本上之位置處所估計之電荷量值、平移偏移、電荷衰減時間、不同電荷區之間的相互作用或電荷與物質之間的相互作用。

【請求項8】

如請求項1之非暫時性電腦可讀媒體，該方法進一步包含：

取決於該SEM影像中之特徵來判定一成像誤差；及

將該充電誘發偏轉模型施加至所判定成像誤差；

其中該充電誘發偏轉模型之一或多個可變參數係藉由複數次反覆地比較充電模型與該成像誤差來判定，其中在各反覆中調整該一或多個可變參數。

【請求項9】

如請求項8之非暫時性電腦可讀媒體，其中該成像誤差為該SEM影像中之特徵之一局部置放誤差。

【請求項10】

如請求項8之非暫時性電腦可讀媒體，其中該成像誤差係取決於一SEM影像中之一所量測矩心與該SEM影像中之一預期矩心之間的差來判定。

【請求項11】

如請求項8之非暫時性電腦可讀媒體，該方法進一步包含處理該成像誤差；其中：

將該充電模型施加至所處理成像誤差以產生減小之成像誤差；且

處理該成像誤差包含以下各者中之一或多者：

將一6參數多項式擬合校正施加至該成像誤差；

將一均值減法施加至該成像誤差；

取決於施加至複數個SEM影像中之各者的一6參數多項式擬合校正而產生一平均成像誤差；或

取決於施加至複數個SEM影像中之各者的一均值減法而產生一平均成像誤差。

【請求項12】

如請求項8至11中任一項之非暫時性電腦可讀媒體，該方法進一步包含在將該充電模型施加至該成像誤差或所處理成像誤差之前將一6參數多項式擬合校正施加至該充電模型。

【請求項13】

一種其中儲存有一電腦程式之非暫時性電腦可讀媒體，其中該電腦程式包含程式碼，該程式碼在由一電腦系統執行時指示該電腦系統執行減少一SEM影像之充電誘發失真的一方法，該方法包含：

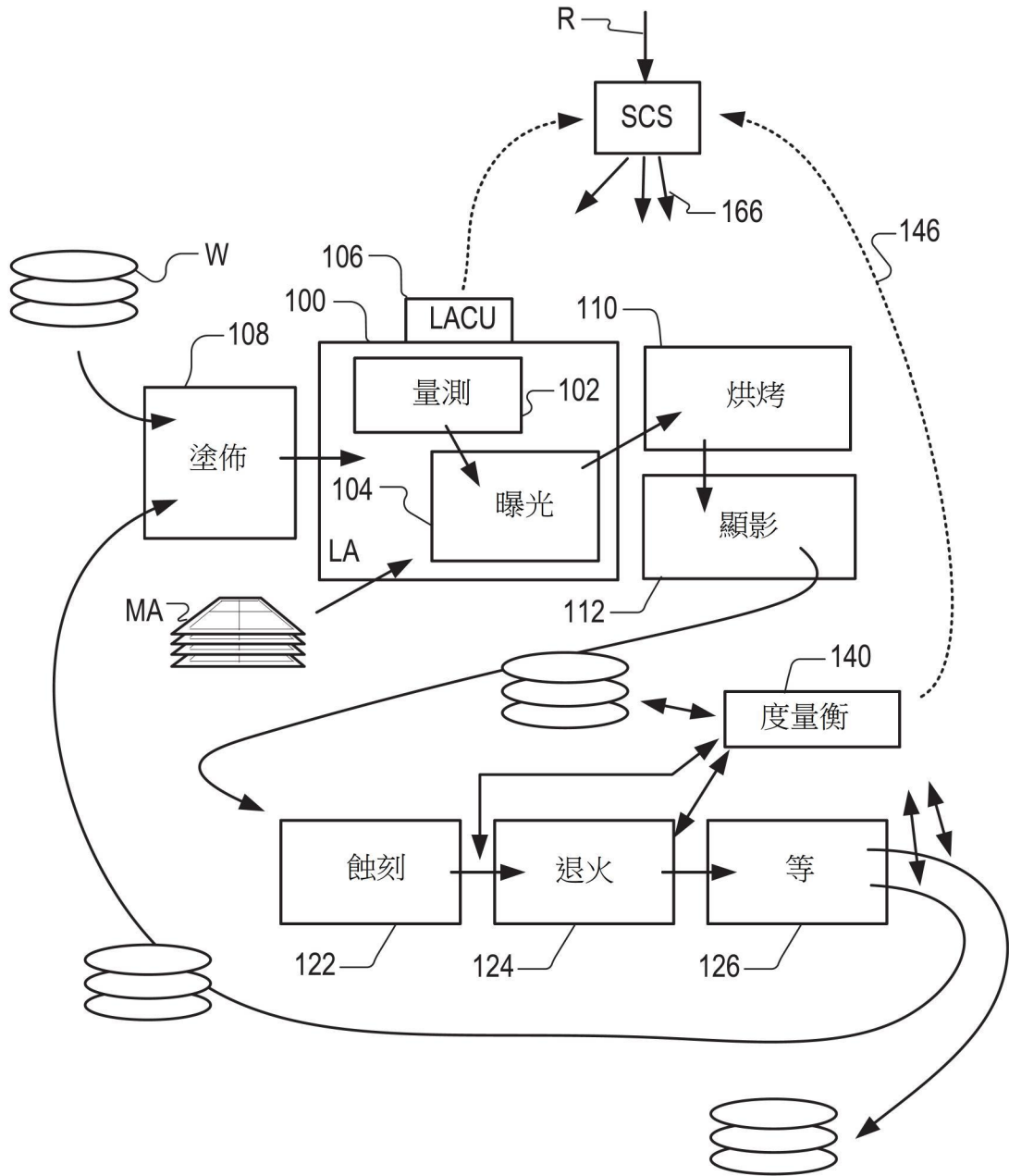
取決於請求項1中之方法而判定該SEM影像之該充電誘發失真；及

使用所判定之充電誘發失真以減少該SEM影像中之充電誘發成像誤差。

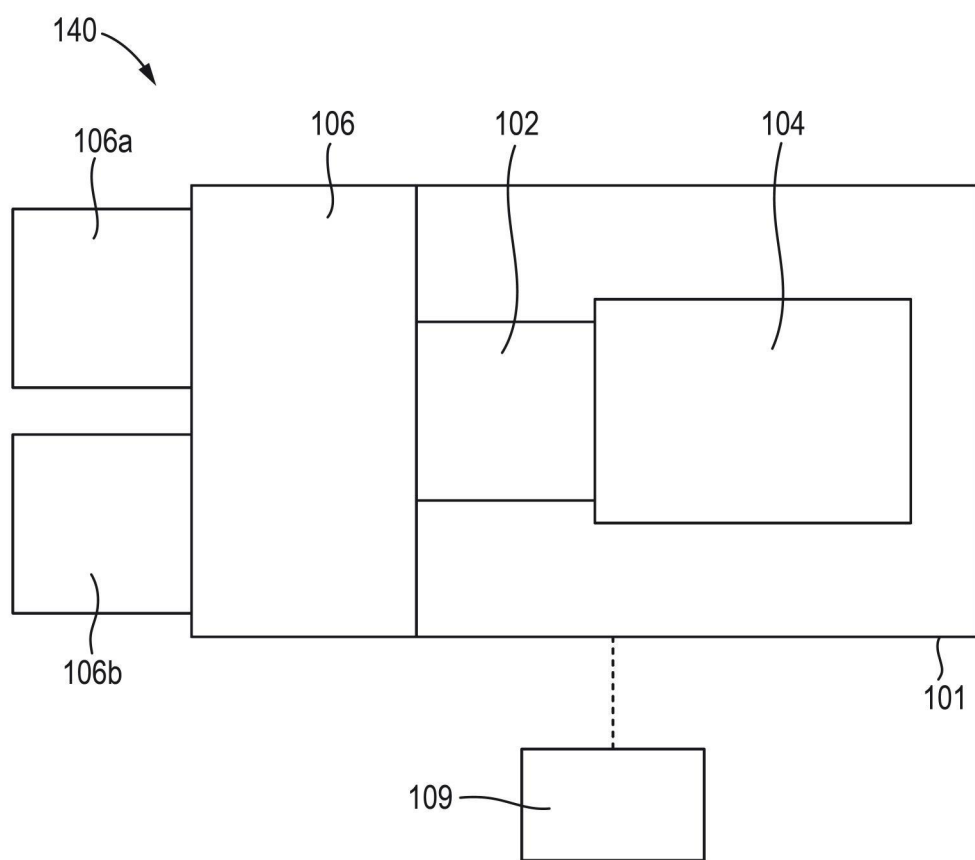
【請求項14】

一種用於判定一SEM影像之充電誘發失真的系統，該系統包含如請求項1之電腦可讀媒體。

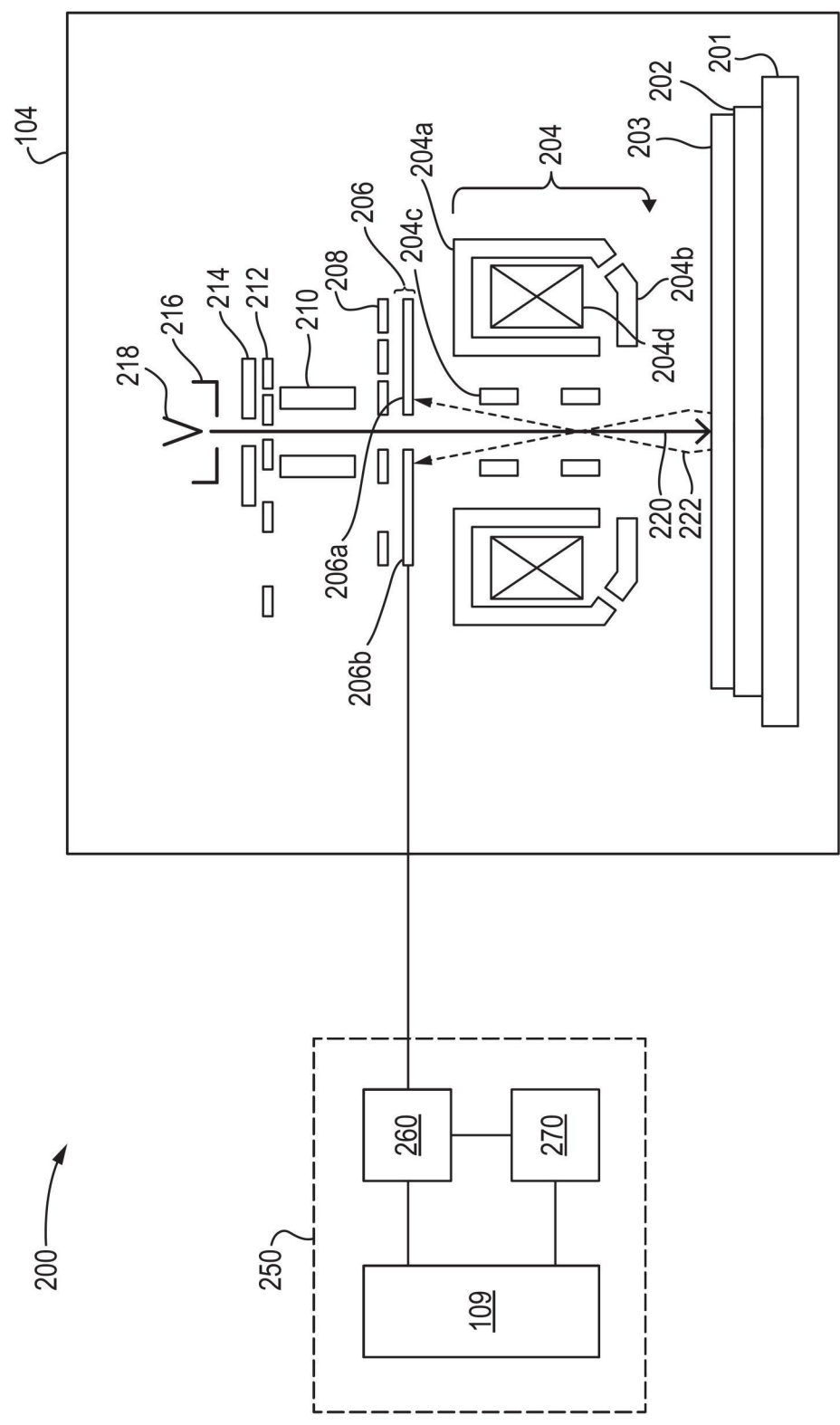
【發明圖式】



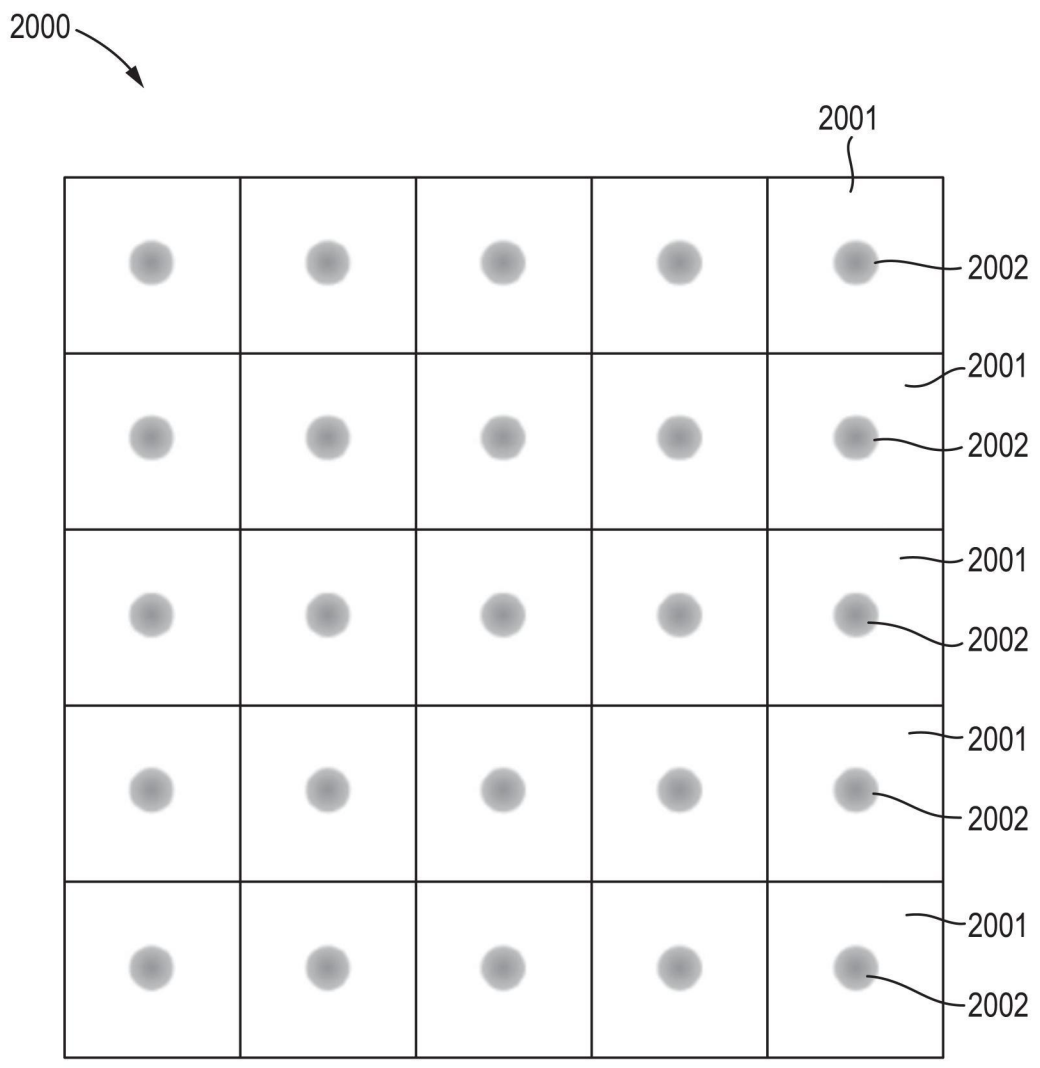
【圖1A】



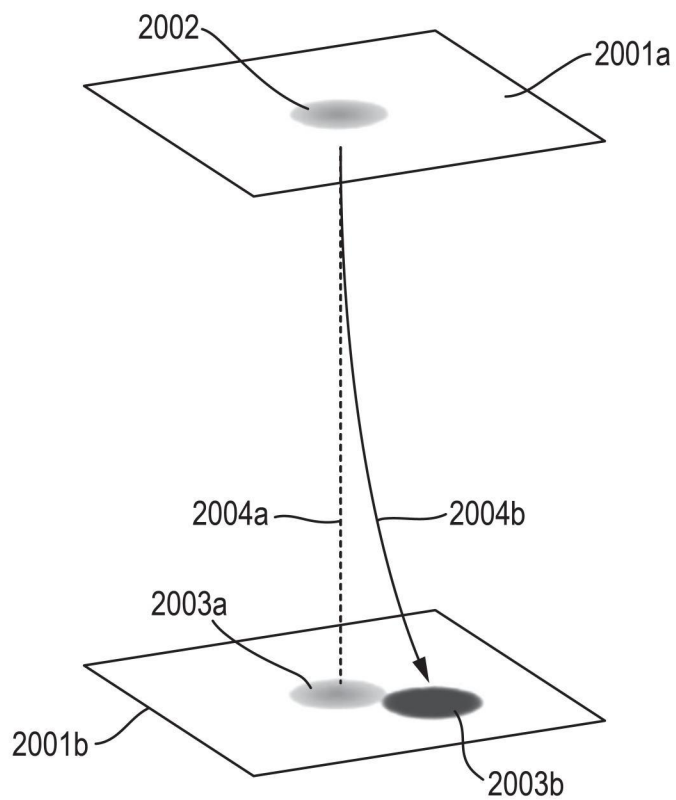
【圖1B】



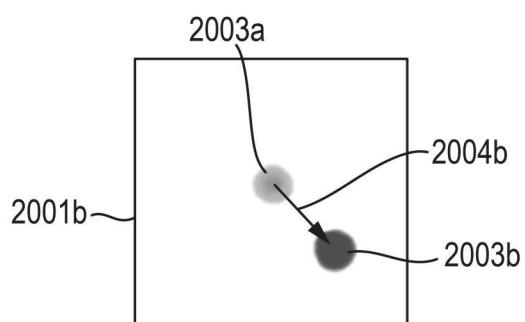
【圖1C】



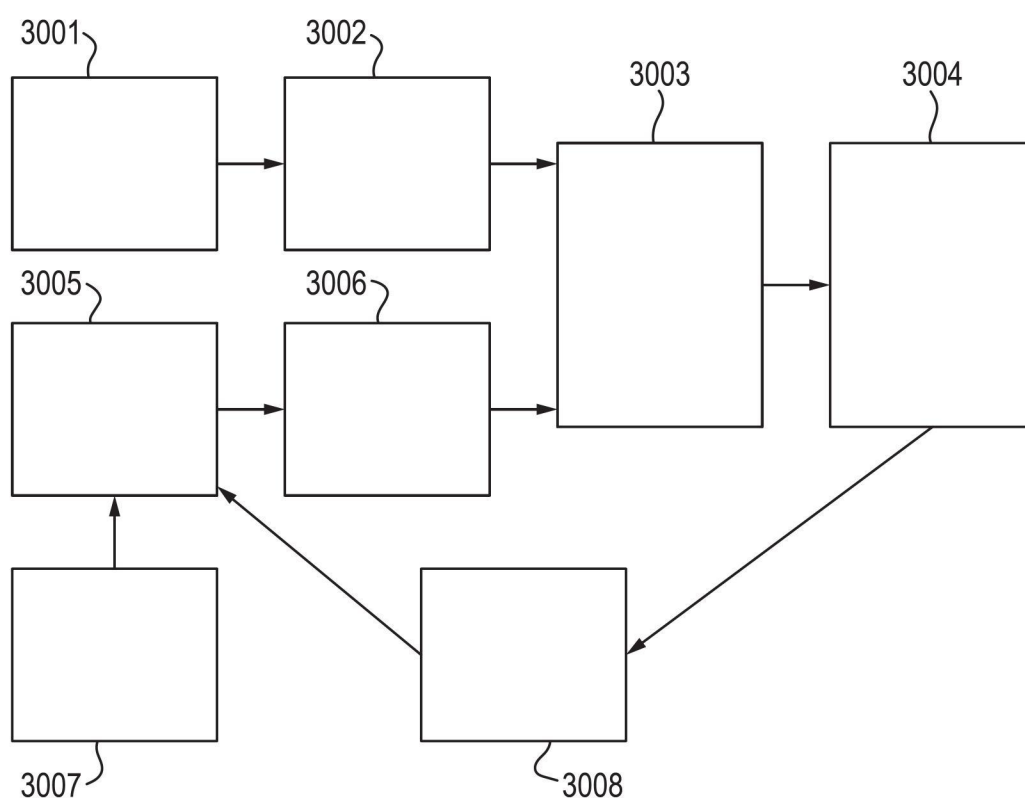
【圖2A】



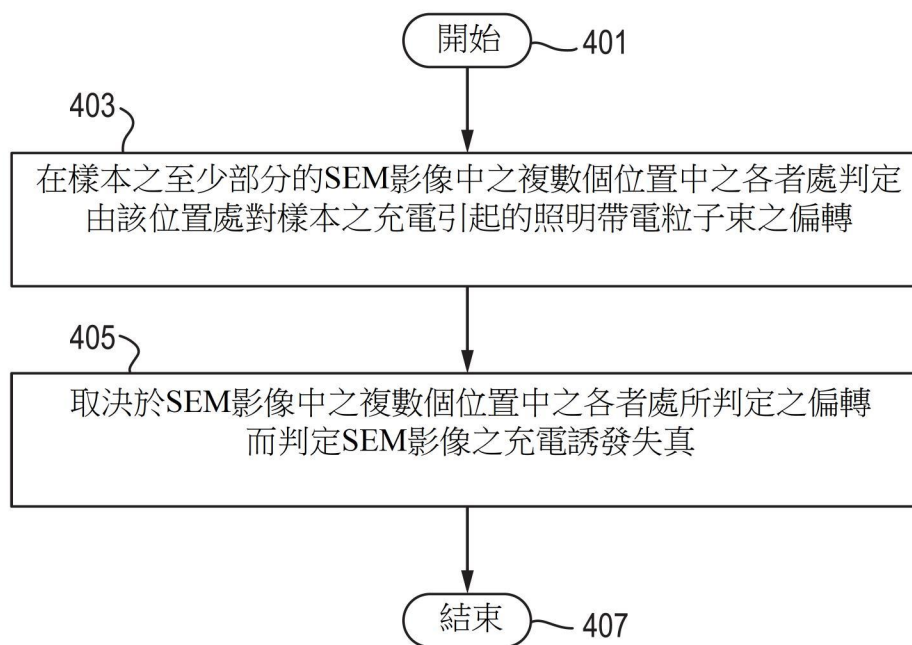
【圖2B】



【圖2C】



【圖3】



【圖4】