



(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 I818169 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 10 月 11 日

(21)申請案號：109111967

(22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 04 月 09 日

(51)Int. Cl. : G03F1/70 (2012.01)

G03F1/84 (2012.01)

G01N21/88 (2006.01)

G01N23/22 (2018.01)

(30)優先權：2019/04/09 美國

62/831,524

2020/03/19 美國

16/824,327

(71)申請人：美商科磊股份有限公司 (美國) KLA CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：普瑞歐 摩西 E PREIL, MOSHE E. (US)；拜佛爾 約翰 J BIAFORE, JOHN

J. (US)；巴格里歐 普瑞特 阿雷桑卓 VAGLIO PRET, ALESSANDRO (IT)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 201802463A

WO 2006/063268A2

審查人員：古文豪

申請專利範圍項數：28 項 圖式數：7 共 54 頁

(54)名稱

用於識別隨機缺陷之系統及方法

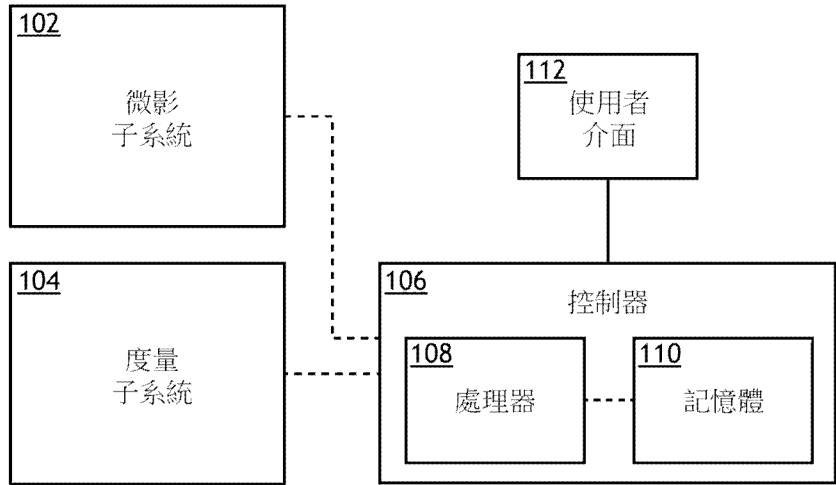
(57)摘要

本發明揭示一種用於隨機光罩缺陷處置之系統。該系統包含一控制器，其包含一或多個處理器及記憶體。該一或多個處理器經組態以獲取一產品光罩之產品度量資料。該一或多個處理器經組態以基於該產品度量資料執行一或多次隨機模擬以產生包含元件之圖案之一或多個模擬產品樣本。該一或多個處理器經組態以產生模型化藉由該產品光罩之元件之圖案之印刷程序之該產品光罩之一產品模型。該一或多個處理器經組態以基於該產品模型識別易受在產品樣本上印刷隨機缺陷影響之該產品光罩之一關心區域或易受印刷隨機缺陷影響之該一或多個模擬產品樣本上之一關心區域之至少一者。

A system for stochastic reticle defect dispositioning is disclosed. The system includes a controller including one or more processors and memory. The one or more processors configured to acquire product metrology data of a product reticle. The one or more processors configured to perform one or more stochastic simulations based on the product metrology data to generate one or more simulated product samples including the pattern of elements. The one or more processors configured to generate a product model of the product reticle modeling the printing process of the pattern of elements by the product reticle. The one or more processors configured to identify at least one of a care area of the product reticle which is susceptible to printing stochastic defects on product samples, or a care area on the one or more simulated product samples which is susceptible to printed stochastic defects based on the product model.

指定代表圖：

- 符號簡單說明：
- 102:微影子系統
 - 104:度量子系統
 - 106:控制器
 - 108:處理器
 - 110:記憶體
 - 112:使用者介面



【圖1】



I818169

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於識別隨機缺陷之系統及方法

【英文發明名稱】

SYSTEMS AND METHODS FOR IDENTIFYING STOCHASTIC
DEFECTS

【中文】

本發明揭示一種用於隨機光罩缺陷處置之系統。該系統包含一控制器，其包含一或多個處理器及記憶體。該一或多個處理器經組態以獲取一產品光罩之產品度量資料。該一或多個處理器經組態以基於該產品度量資料執行一或多次隨機模擬以產生包含元件之圖案之一或多個模擬產品樣本。該一或多個處理器經組態以產生模型化藉由該產品光罩之元件之圖案之印刷程序之該產品光罩之一產品模型。該一或多個處理器經組態以基於該產品模型識別易受在產品樣本上印刷隨機缺陷影響之該產品光罩之一關心區域或易受印刷隨機缺陷影響之該一或多個模擬產品樣本上之一關心區域之至少一者。

【英文】

A system for stochastic reticle defect dispositioning is disclosed. The system includes a controller including one or more processors and memory. The one or more processors configured to acquire product metrology data of a product reticle. The one or more processors configured to perform one or more stochastic simulations based on the product metrology data to generate one or more simulated product samples including the pattern of elements. The one or more processors

configured to generate a product model of the product reticle modeling the printing process of the pattern of elements by the product reticle. The one or more processors configured to identify at least one of a care area of the product reticle which is susceptible to printing stochastic defects on product samples, or a care area on the one or more simulated product samples which is susceptible to printed stochastic defects based on the product model.

【指定代表圖】

圖1

【代表圖之符號簡單說明】

102:微影子系統

104:度量量子系統

106:控制器

108:處理器

110:記憶體

112:使用者介面

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於識別隨機缺陷之系統及方法

【英文發明名稱】

SYSTEMS AND METHODS FOR IDENTIFYING STOCHASTIC DEFECTS

【技術領域】

【0001】 本發明大體上係關於樣品特徵化系統且更特定言之，本發明係關於一種用於識別一樣品中之隨機變動之系統。

【先前技術】

【0002】 習知光罩缺陷處置程序通常相當簡單。若一光罩上所偵測之一缺陷高於一已知臨限大小或臨界尺寸(CD)誤差，則缺陷將被知道印刷於每個晶圓之每個場上。此一缺陷將導致光罩不合格。相反地，若缺陷低於一臨限大小或CD誤差，則缺陷不會印刷於每個晶圓上且因此可根據習知光罩處置程序被安全免除。可去除接近臨限大小或CD誤差之有限數目個缺陷以允許一特定安全邊限，但習知光罩缺陷處置程序通常歸結為一明確通過/失敗決定。

【0003】 然而，具有減小波長之照明源(例如極紫外線(EUV)照明源)之增長使用已使光罩處置中之此簡單通過/失敗決定變複雜。減小微影系統中之照明源之波長可增大隨機缺陷率，其可描述為在製造期間隨機或以一特定概率發生之缺陷之發生率。使用短波長照明源之隨機缺陷之此增加可能性可與包含增加光子能、減少入射於一樣品上之光子之數目、此等光子之吸收之隨機變動及光阻劑內之光化學反應之離散性質之各種因數相關聯。由於減小波長導致增大隨機缺陷率，完全滿足所有光罩製造規範之

一光罩上之一給定圖案仍可在一小但非零百分比之時間將一缺陷印刷於一樣本上。此等樣本缺陷不會特徵化為光罩缺陷，而是僅特徵化為在樣本上製造圖案中之隨機離群值。

【0004】 增大隨機缺陷率使習知光罩缺陷處置程序(例如「通過/失敗」光罩處置程序)不足以準確處置光罩及解釋隨機缺陷。因此，本技術中需要一種彌補上文所識別之先前方法之一或多處不足之系統及方法。

【發明內容】

【0005】 本發明揭示一種用於隨機光罩缺陷處置之系統。在實施例中，該系統包含一控制器，其包含經組態以執行儲存於記憶體中之一組程式指令之一或多個處理器，該組程式指令經組態以引起該一或多個處理器：獲取一產品光罩之產品度量資料，該產品光罩經組態以用於將元件之一圖案印刷於一或多個產品樣本上；基於該產品光罩之該產品度量資料執行一或多次隨機模擬以產生包含元件之該圖案之一或多個模擬產品樣本；產生模型化藉由該產品光罩之元件之該圖案之該印刷程序之該產品光罩之一產品模型；及基於該產品模型識別易受在產品樣本上印刷隨機缺陷影響之該產品光罩之一關心區域或易受印刷隨機缺陷影響之該一或多個模擬產品樣本上之一關心區域之至少一者。

【0006】 本發明揭示一種用於隨機光罩缺陷處置之系統。在實施例中，該系統包含一控制器，其包含經組態以執行儲存於記憶體中之一組程式指令之一或多個處理器，該組程式指令經組態以引起該一或多個處理器：獲取印刷於一或多個參考樣本上之元件之一圖案之參考度量資料；基於該參考度量資料產生元件之該圖案之一參考模型；獲取一產品光罩之產品度量資料，該產品光罩經組態以用於將元件之該圖案印刷於一或多個產

品樣本上；基於該產品光罩之該產品度量資料執行一印刷程序之一或多次隨機模擬以產生包含元件之該圖案之一或多個模擬產品樣本；產生模型化藉由該產品光罩之元件之該圖案之該印刷程序之該產品光罩之一產品模型；識別該產品模型與該參考模型之間的一或多個差異；及基於該一或多個識別差異識別易受在該一或多個產品樣本上印刷隨機缺陷影響之該產品光罩之一關心區域或易受印刷隨機缺陷影響之該一或多個產品樣本上之一關心區域之至少一者。

【0007】 本發明揭示一種用於識別隨機缺陷之方法。在實施例中，該方法包含：獲取一產品光罩之產品度量資料，該產品光罩經組態以用於將元件之一圖案印刷於一或多個產品樣本上；基於該產品光罩之該產品度量資料執行一印刷程序之一或多次隨機模擬以產生包含元件之該圖案之一或多個模擬產品樣本；產生模型化藉由該產品光罩之元件之該圖案之該印刷程序之該產品光罩之一產品模型；及識別易受在產品樣本上印刷隨機缺陷影響之該產品光罩之一關心區域或易受印刷隨機缺陷影響之該一或多個模擬產品樣本上之一關心區域之至少一者。

【0008】 應瞭解，以上一般描述及以下詳細描述兩者僅供例示及說明且未必限制本發明。併入本說明書中且構成本說明書之一部分之附圖繪示本發明之實施例且與一般描述一起用於闡釋本發明之原理。

【圖式簡單說明】

【0009】 熟習技術者可藉由參考附圖來較佳理解本發明之諸多優點，其中：

【0010】 圖1係根據本發明之一或多個實施例之用於特徵化一樣品之一系統之一簡化方塊圖。

【0011】 圖2係根據本發明之一或多個實施例之一微影子系統之一簡化方塊圖。

【0012】 圖3A係根據本發明之一或多個實施例之用於特徵化一樣品之一系統之一度量子系統之一簡化方塊圖。

【0013】 圖3B係根據本發明之一或多個實施例之用於特徵化一樣品之一系統之一度量子系統之一簡化方塊圖。

【0014】 圖4A繪示根據本發明之一或多個實施例之用於識別一樣品上之隨機缺陷之一方法之一流程圖。

【0015】 圖4B繪示根據本發明之一或多個實施例之用於識別一樣品上之隨機缺陷之一方法之一流程圖。

【0016】 圖5係繪示根據本發明之一或多個實施例之一樣本之接觸孔之間的隨機變動的一影像。

【0017】 圖6係繪示根據本發明之一或多個實施例之無法打通之製造於一樣本上之一接觸孔之一常態概率分佈的一作圖。

【0018】 圖7係繪示根據本發明之一或多個實施例之無法打通之製造於一樣本上之一接觸孔之一概率作為一高斯(Gaussian)分佈的一作圖。

【實施方式】

【0019】

相關申請案之交叉參考

本申請案根據35 U.S.C. § 119(e)之規定主張名叫Moshe Preil、John J. Biafore及Alex Vaglio-Pret之發明者於2019年4月9日申請之名稱為「STOCHASTIC RETICLE DEFECT DISPOSITIONING」之美國臨時申請案第62/831,524號之權利，該案之全部內容以引用的方式併入本文中。

【0020】 現將詳細參考繪示於附圖中之揭示標的。本發明已相對於其特定實施例及具體特徵特別展示及描述。本文所闡述之實施例應被視為繪示而非限制。一般技術者應易於明白，可在不背離本發明之精神及範疇之情況下對形式及細節作出各種改變及修改。

【0021】 吾人發現，使用具有減小波長之照明源(例如微影系統照明源)增大隨機缺陷率，其可描述為在製造期間隨機或以一特定概率發生之缺陷之發生率。使用短波長照明源之隨機缺陷之此增加可能性可與包含增加光子能、減少入射於一樣品上之光子之數目、此等光子之吸收之隨機變動及光阻劑內之光化學反應之離散性質之各種因數相關聯。由於減小波長導致增大隨機缺陷率，完全滿足所有光罩製造規範之一光罩上之一給定圖案仍可在一小但非零百分比之時間將一缺陷印刷於一樣本上。此等樣本缺陷不會特徵化為光罩缺陷，而是僅特徵化為在樣本上製造圖案中之隨機離群值。

【0022】 例如，考量用於將複數個接觸孔印刷於一樣本上之一光罩。例如，圖5係繪示根據本發明之一或多個實施例之一樣本124之接觸孔502a至502n之間的隨機變動的一影像500。在此實例中，光罩可展現不夠大以致無法印刷於每個樣本124上使得其被視為一「重複缺陷」但可顯著影響隨機失敗率之一缺陷。因此，缺陷可不夠大以致不會棄用光罩，但仍會在一非零百分比之時間將隨機缺陷印刷於一樣本124上。例如，如圖5中所展示，用於印刷程序中之一光罩可經組態以在一樣本124上製造元件(例如接觸孔502a至502n)之一圖案。理想地，印刷於樣本124上之接觸孔502a至502n可相同。然而，用於印刷接觸孔502a至502n之光罩中之小「缺陷」可導致接觸孔502a至502n中之隨機變動/隨機缺陷，如接觸孔

502a至502n之變化大小(例如臨界尺寸(CD))及形狀中可見。習知光罩處置技術將無法準確特徵化、識別或處置此隨機變動對深入由光罩印刷之接觸孔之一CD分佈之尾部中之缺陷圖案之效應。因此，吾人發現，習知光罩缺陷處置程序(例如「通過/失敗」光罩處置程序)不足以準確處置光罩及解釋隨機缺陷。

【0023】 因此，本發明之實施例係針對一種彌補上文所識別之先前方法之一或多處不足之系統及方法。本發明之實施例係針對一種用於識別一光罩及/或由一光罩印刷之樣本內之隨機變動/缺陷之系統。更特定言之，本發明之實施例係針對一種用於基於一光罩之度量資料模型化光罩之隨機缺陷率之系統及方法。本發明之額外實施例係針對一種經組態以模擬一光罩之一印刷程序之多次複製以量化隨機變動對總樣本良率之影響之系統。本文預期，本發明之實施例可實現能夠更高效及可靠地量化隨機變動之更微妙光罩處置。

【0024】 圖1係根據本發明之一或多個實施例之用於特徵化一樣品之一系統100之一簡化方塊圖。特定言之，圖1繪示用於識別光罩及/或由光罩製造之樣本上之隨機變動/缺陷之一系統100。系統100可包含(但不限於)一或多個微影子系統102及一或多個度量子系統104。系統100可進一步包含一控制器106，其包含一或多個處理器108、一記憶體110及一使用者介面112。

【0025】 在一實施例中，系統100包含用於將一或多個圖案(例如裝置圖案、度量圖案或其類似者)微影印刷於一樣本上之一微影子系統102。微影子系統102可包含本技術中已知之任何微影印刷工具，其包含(但不限於)一掃描器或步進器。在實施例中，微影子系統102可利用一或多個光罩

來將元件之結構及其他圖案印刷於一樣本上。

【0026】 在另一實施例中，系統100包含經組態以特徵化一樣品之一度量子系統104。為了本發明，術語「樣品」可用於係指可由度量子系統104特徵化/量測之任何光罩、樣本、晶圓或其他物件。例如，度量子系統104可經組態以獲取由微影子系統102使用之一光罩(例如包含由微影子系統102曝露於一樣本上之裝置元件之一圖案之一圖案遮罩)之影像以量測及特徵化光罩之特徵/結構。據此而言，度量子系統104可量測易受印刷隨機缺陷影響之光罩之一或多個部分。舉另一實例而言，度量子系統104可經組態以獲取由光罩/微影子系統102製造之樣本之影像以量測及特徵化印刷於樣本上之元件之圖案。據此而言，度量子系統104可量測易受隨機缺陷影響之印刷於一樣本上之元件之圖案。

【0027】 一般而言，度量子系統104可量測任何度量量度，其包含(但不限於)重疊誤差、圖案放置誤差、臨界尺寸(CD)、樣本特徵之尺寸、側壁角、線邊緣粗糙度、圖案放置誤差(PPE)、邊緣放置誤差(EPE)、橋接、線圖案中之微斷、末端間線端合併及其類似者。度量子系統104可經組態以使用本技術中已知之任何方法量測度量量度。在一實施例中，度量子系統104包含一基於影像之度量工具以基於產生一樣品(例如一光罩、一樣本或其類似者)之一或多個影像來量測度量資料。在另一實施例中，度量子系統104包含一基於散射測量之度量系統以基於自樣品散射(反射、繞射、擴散散射或其類似者)光來量測度量資料。

【0028】 在另一實施例中，系統100包含通信地耦合至微影子系統102及/或度量子系統104之一控制器106。控制器106可包含通信地耦合至控制器106之一使用者介面112，使用者介面112經組態以向一使用者顯示

系統100之資料及/或自一使用者接收輸入命令。在另一實施例中，控制器106包含經組態以執行保存於一記憶體110上之程式指令之一或多個處理器108，其中程式指令經組態以引起一或多個處理器108實施本發明之各種步驟/功能。據此而言，控制器106之一或多個處理器108可執行本發明中所描述之各種程序步驟之任何者。

【0029】圖2係根據本發明之一或多個實施例之一微影子系統之一簡化方塊圖。在一實施例中，微影子系統102包含經組態以產生一或多個照明光束114之一微影照明源113。一或多個照明光束114可包含一或多個選定波長之光，其包含(但不限於)紫外線(UV)輻射、極紫外線(EUV)輻射、可見輻射、紅外線(IR)輻射及其類似者。

【0030】微影照明源113可包含適合於產生一照明光束114之本技術中已知之任何類型之照明源。例如，微影照明源113可包含一或多個雷射系統(例如氣體雷射、二極體雷射、自由電子雷射、光纖雷射、碟式雷射或其類似者)。舉另一實例而言，微影照明源113可包含一或多個燈系統(例如弧光燈或其類似者)。舉另一實例而言，微影照明源113包含一電漿照明源(例如一雷射脈衝電漿(LPP)源、一放電泵浦電漿(DPP)源、一雷射持續電漿(LSP)源或其類似者)。

【0031】另外，微影照明源113可包含適合於操縱照明光束114之一或多個態樣之任何數目個光學元件，諸如(但不限於)濾波器、偏光器、波板或擴散器。

【0032】來自微影照明源113之照明可具有任何空間分佈(例如照明圖案)。例如，微影照明源113可包含(但不限於)一單極照明源、一雙極照明源、一陶瓷方形封裝照明源、一類星體照明源或一自由形式照明源。據

此而言，微影照明源113可產生其中照明沿(或平行於)一光軸116傳播之一軸上照明光束114及/或其中照明依相對於光軸116之一角度傳播之任何數目個離軸照明光束114。

【0033】 在另一實施例中，微影子系統102包含一遮罩支撐裝置118。遮罩支撐裝置118經組態以固定包含在樣本之製造期間曝露之元件之一圖案之一圖案遮罩120 (例如光罩120)。在另一實施例中，微影子系統102包含一組投影光學器件122，其經組態以將由一或多個照明光束114照射之光罩120之一影像投射至安置於一樣本台126上之一微影樣本124上以產生對應於光罩120之影像之印刷圖案元件。在另一實施例中，遮罩支撐裝置118可經組態以致動或定位光罩120。例如，遮罩支撐裝置118可將光罩120致動至相對於系統100之投影光學器件122之一選定位置。

【0034】 如本發明中所使用，術語「微影樣本」或「樣本」一般係指由一半導體或非半導體材料形成之一基板(例如一晶圓或其類似者)。例如，一半導體或非半導體材料可包含(但不限於)單晶矽、砷化鎵及磷化銦。為了本發明，術語「微影樣本」、「樣本」及「晶圓」應被解譯為可互換。

【0035】 樣本124可包含適合於接收光罩120之影像之任何數目個感光材料及/或材料層。例如，樣本124可包含一光阻層128。據此而言，投影光學器件組122可將光罩120之一影像投射至光阻層128上以曝露光阻層128，且一後續蝕刻步驟可移除曝露材料(例如正蝕刻)或未曝露材料(例如負蝕刻)以在樣本124上提供印刷特徵。此外，光罩120可用於本技術中已知之任何成像組態中。例如，光罩120可為其中使圖案元件正成像為印刷圖案元件之一正遮罩(例如一明場遮罩)。舉另一實例而言，光罩120可為

其中光罩120之圖案元件形成負印刷圖案元件(例如間隙、空間或其類似者)之一負遮罩(例如一暗場遮罩)。

【0036】 控制器106可通信地耦合至微影子系統102中之任何數目個元件。例如，控制器106可通信地耦合至遮罩支撐裝置118、微影照明源113及/或樣本台126以將一光罩120上之圖案元件之曝光導引至一樣本124(例如樣本上之一光阻層128或其類似者)。據此而言，可調整曝光條件，諸如曝光劑量、微影子系統102內之光罩120、樣本124及其類似者之焦點位置。

【0037】 圖3A係根據本發明之一或多個實施例之一度量量子系統104之一簡化方塊圖。特定言之，圖3A繪示包含一光學度量量子系統104a之一系統100。

【0038】 在一實施例中，度量量子系統104包含一度量照明源130以產生一度量照明光束132。在另一實施例中，度量照明源130相同於微影照明源113。在另一實施例中，度量照明源130係經組態以產生一單獨度量照明光束132之一單獨照明源。度量照明光束132可包含一或多個選定波長之光，其包含(但不限於)紫外線(UV)輻射、極紫外線(EUV)輻射、可見輻射、紅外線(IR)輻射及其類似者。

【0039】 在另一實施例中，度量照明源130經由一照明路徑134將度量照明光束132導引至一度量樣品125。如本發明中所使用，術語「度量樣品125」一般係指由度量量子系統104檢測之一物件。例如，度量樣品125可包含(但不限於)光罩120、樣本124及其類似者。據此而言，度量量子系統104可操作為一光罩檢測子系統及/或一晶圓檢測子系統。

【0040】 照明路徑134可包含適合於修改及/或調節度量照明光束

132之一或多個透鏡或額外光學組件138。例如，一或多個光學組件138可包含(但不限於)偏光器、濾波器、分束器、擴散器、均質器、變跡器、光束整形器及其類似者。在另一實施例中，度量子系統104包含一物鏡140以使度量照明光束132聚焦至度量樣品125上。

【0041】 在另一實施例中，度量子系統104包含經組態以透過一收集路徑144捕獲自度量樣品125發出之輻射之一偵測器142。例如，偵測器142可經組態以接收由收集路徑144中之元件(例如物鏡140、透鏡146或其類似者)提供之樣本124及/或光罩120之一或多個影像。偵測器142可接收自度量樣品125反射或散射(例如經由鏡面反射、擴散反射及其類似者)之輻射、由度量樣品125產生之輻射(例如與度量照明光束132之吸收相關聯之發光)及其類似者。舉另一實例而言，偵測器142可自度量樣品125接收輻射之一或多個繞射級(例如0級繞射、 ± 1 級繞射、 ± 2 級繞射及其類似者)。

【0042】 偵測器142可包含適合於量測自度量樣品125接收之照明之本技術中已知之任何類型之光學偵測器。例如，一偵測器142可包含(但不限於)一電荷耦合裝置(CCD)偵測器、一時間延遲積分(TDI)偵測器、一光倍增管(PMT)、一雪崩光二極體(APD)或其類似者。在另一實施例中，一偵測器142可包含適合於識別自度量樣品125發出之輻射之波長之一光譜偵測器。在另一實施例中，度量子系統104可包含多個偵測器142 (例如與由一或多個分束器產生之多個光束路徑相關聯)以促進藉由度量子系統104之多個度量量測(例如多個度量工具)。

【0043】 收集路徑144可進一步包含任何數目個光學元件以導引及/或修改由物鏡140收集之照明，其包含(但不限於)一或多個透鏡146、一或

多個濾波器、一或多個偏光器或一或多個光束區塊。

【0044】 在一實施例中，如圖3A中所繪示，度量子系統104可包含一分束器148，其經定向使得物鏡140可同時將度量照明光束132導引至度量樣品125及收集自度量樣品125發出之輻射。據此而言，度量子系統104可在一落射式照明模式中組態。在另一實施例中，度量樣品125上之度量照明光束132之入射角可調整。例如，穿過分束器148及物鏡140之度量照明光束132之路徑可經調整以控制度量樣品125上之度量照明光束132之入射角。據此而言，度量照明光束132可具有穿過分束器148及物鏡140之一標稱路徑，使得度量照明光束132具有度量樣品125上之一法向入射角。此外，可藉由修改分束器148上之度量照明光束132之位置及/或角度(例如藉由可旋轉鏡、一空間光調變器、一自由形式照明源或其類似者)來控制度量樣品125上之度量照明光束132之入射角。在另一實施例中，度量照明源130依一角度(例如一掠射角、一45度角或其類似者)將一或多個度量照明光束132導引至度量樣品125。

【0045】 圖3B係根據本發明之一或多個實施例之一度量子系統之一簡化方塊圖。特定言之，圖3B繪示包含一SEM度量子系統104b之一系統100。

【0046】 在一實施例中，SEM度量子系統104b經組態以對度量樣品125執行一或多個量測。據此而言，SEM度量子系統104b可經組態以獲取度量樣品125之一或多個影像。SEM度量子系統104b可包含(但不限於)電子束源150、一或多個電子光學元件152、一或多個電子光學元件154及包含一或多個電子感測器158之一電子偵測器總成156。

【0047】 在一實施例中，電子束源150經組態以將一或多個電子束

151導引至度量樣品125 (例如光罩120、樣本124)。電子束源150可形成一電子光學柱。在另一實施例中，電子束源150包含經組態以將一或多個電子束151聚焦及/或導引至度量樣品125之表面之一或多個額外及/或替代電子光學元件152。在另一實施例中，SEM度量子系統104b包含經組態以回應於一或多個電子束151而收集自度量樣品125之表面發出之二次及/或反向散射電子153之一或多個電子光學元件154。在此應注意，一或多個電子光學元件152及一或多個電子光學元件154可包含經組態以導引、聚焦及/或收集電子之任何電子光學元件，其包含(但不限於)一或多個偏轉器、一或多個電子光學透鏡、一或多個聚光透鏡(例如磁性聚光透鏡)、一或多個物鏡(例如磁性聚光透鏡)及其類似者。

【0048】 應注意，SEM度量子系統104b之電子光學總成不受限於圖3B中所描繪之電子光學元件(其僅供說明)。應進一步注意，系統100可包含將一或多個電子束151導引/聚焦至度量樣品125上且回應性收集所發出之二次及/或反向散射電子153且使所發出之二次及/或反向散射電子153成像至電子偵測器總成134上所需之任何數目及類型之電子光學元件。

【0049】 例如，系統100可包含一或多個電子束掃描元件(圖中未展示)。例如，一或多個電子束掃描元件可包含(但不限於)適合於控制一或多個電子束151相對於度量樣品125之表面之一位置之一或多個電磁掃描線圈或靜電偏轉器。此外，一或多個電子束掃描元件可用於依一選定圖案跨度量樣品125掃描一或多個電子束151。

【0050】 在另一實施例中，將二次及/或反向散射電子153導引至電子偵測器總成156之一或多個感測器158。SEM度量子系統104之電子偵測器總成156可包含適合於偵測自度量樣品125之表面發出之反向散射及/或

二次電子153之本技術中已知之任何電子偵測器總成。在一實施例中，電子偵測器總成156包含一電子偵測器陣列。據此而言，電子偵測器總成156可包含一電子偵測部分陣列。此外，電子偵測器總成156之偵測器陣列之各電子偵測部分可經定位以自度量樣品125偵測與一或多個人射電子束151之一者相關聯之一電子信號。電子偵測器總成156可包含本技術中已知之任何類型之電子偵測器。例如，電子偵測器總成156可包含一微通道板(MCP)、一PIN或p-n接面偵測器陣列，諸如(但不限於)二極體陣列或雪崩光二極體(APD)。舉另一實例而言，電子偵測器總成156可包含一高速閃爍器或一光倍增管(PMT)偵測器。

【0051】 儘管圖3B將SEM度量系統104b繪示為包含僅包括二次電子偵測器總成之一電子偵測器總成156，但此不應被視為本發明之一限制。據此而言，應注意，電子偵測器總成156可包含(但不限於)二次電子偵測器、反向散射電子偵測器及/或一次電子偵測器(例如一柱內電子偵測器)。在另一實施例中，SEM度量系統104可包含複數個電子偵測器總成134。例如，系統100可包含一二次電子偵測器總成134a、一反向散射電子偵測器總成134b及一柱內電子偵測器總成134c。

【0052】 在一實施例中，控制器106之一或多個處理器108經組態以分析偵測器142/電子偵測器總成156之輸出。在一實施例中，程式指令組經組態以引起一或多個處理器108基於自偵測器總成142/電子偵測器總成156接收之影像分析度量樣品125之一或多個特性。在另一實施例中，程式指令組經組態以引起一或多個處理器108修改系統100之一或多個特性以維持聚焦於度量樣品125及/或偵測器總成142/電子偵測器總成156上。例如，一或多個處理器108可經組態以調整照明源113/電子束源150及/或

系統100之其他元件之一或多個特性以使照明132及/或一或多個電子束151聚焦至度量樣品125之表面上。舉另一實例而言，一或多個處理器108可經組態以調整系統100之一或多個元件以自度量樣品125之表面收集照明及/或二次電子153且使所收集之照明聚焦於偵測器總成142/電子偵測器總成156上。舉另一實例而言，一或多個處理器108可經組態以調整施加於電子束源150之一或多個靜電偏轉器之一或多個聚焦電壓以獨立調整一或多個電子束151之位置或對準且跨度量樣品125掃描電子束151。

【0053】 在另一實施例中，如圖1至圖3B中所展示，系統100包含通信地耦合至控制器106之一使用者介面112。在另一實施例中，使用者介面112包含一使用者輸入裝置及一顯示器。使用者介面112之使用者輸入裝置可經組態以自一使用者接收一或多個輸入命令，一或多個輸入命令經組態以將資料輸入至系統100中及/或調整系統100之一或多個特性。在另一實施例中，使用者介面112之顯示器可經組態以向一使用者顯示系統100之資料。

【0054】 如本文先前所提及，一或多個處理器108經組態以執行儲存於記憶體110上之一組程式指令，程式指令組經組態以引起一或多個處理器108實施本發明之各種功能及步驟。據此而言，控制器106/處理器108可經組態以：獲取一產品光罩之產品度量資料，產品光罩經組態以用於將元件之一圖案印刷於一或多個產品樣本上；基於產品光罩之產品度量資料執行一印刷程序之一或多次隨機模擬以產生包含元件之圖案之一或多個模擬產品樣本；產生模型化藉由產品光罩之元件之圖案之印刷程序之產品光罩之一產品模型；基於產品模型識別易受在產品樣本上印刷隨機缺陷影響之產品光罩之一關心區域或易受印刷隨機缺陷影響之一或多個模擬產品樣

本上之一關心區域之至少一者。本文將分別參考圖4A至圖4B進一步詳細描述控制器106之此等步驟/功能之各者。

【0055】 圖4A繪示根據本發明之一或多個實施例之用於識別一樣品125 (例如光罩120、樣本124)上之隨機缺陷之一方法400之一流程圖。在此應注意，方法400之步驟可全部或部分由系統100實施。然而，應進一步認識到，方法400不受限於系統100，因為額外或替代系統級實施例可實施方法400之全部或部分步驟。

【0056】 在一步驟402中，獲取一產品光罩120之產品度量資料。在實施例中，產品光罩120可經組態以用於一或多個印刷程序中以將元件之一圖案印刷於一或多個產品樣本124上。據此而言，產品光罩120可由微影子系統102用於執行印刷程序以製造產品樣本124。如本文所使用，術語「產品光罩」可用於係指接受隨機可變性檢測且可在判定其通過檢測時用於製造產品樣本124之一光罩120。據此而言，一產品光罩120可被理解為包含易受印刷隨機缺陷影響之特徵/缺陷。

【0057】 相比而言，術語「參考光罩」可用於係指已知其展現良好隨機可變性之一光罩120。據此而言，可知一參考光罩120利用一或多個印刷程序來製造具有低隨機可變性之參考樣本124。因此，在此預期，可藉由比較經由產品光罩120所製造之產品樣本124上之隨機缺陷與由使用一參考光罩120執行之印刷程序製造之參考樣本124上之隨機缺陷來評估一產品光罩120之隨機可變性。本文將進一步詳細討論產品光罩120與參考光罩120之間(及產品樣本124與參考樣本124之間)的區別。

【0058】 在此應注意，經由產品光罩120所應用之印刷程序印刷於產品樣本124上之元件之圖案可包含本技術中已知之任何結構、圖案或元

件。例如，元件之圖案可包含對應於製造為一操作半導體裝置之部分之特徵之一或多個裝置元件或一或多個度量目標。例如，由產品光罩印刷之元件之圖案可包含(但不限於)接觸孔(例如圖5中之接觸孔502a至502n)、光柵、重疊目標、曝露敏感目標、對樣本124之焦點位置敏感之目標或其類似者。據此而言，可特徵化元件之圖案之任何部分對隨機缺陷/變動之易感性。

【0059】 一產品光罩120之產品度量資料可自本技術中已知之任何源獲取。例如，控制器106可經組態以產生一或多個控制信號，一或多個控制信號經組態以引起度量系統104獲取一產品光罩120 (例如度量樣品125)之一或多個影像。所獲取之影像可包含來自光學度量系統104a之光學影像及/或來自SEM度量系統104b之SEM影像。接著，控制器106可經組態以接收所獲取之影像且基於所獲取之影像產生產品光罩120之產品度量資料。

【0060】 在額外及/或替代實施例中，產品光罩120之產品度量資料可基於產品光罩120本身之設計資料。產品光罩120之設計資料可包含用於製造產品光罩120之一製造方案。例如，與產品光罩120相關聯之設計資料(例如一製造方案)可儲存於記憶體110及/或一遠端記憶體或伺服器中。在此實例中，控制器106可經組態以基於產品光罩120之設計資料獲取產品光罩120之產品度量資料。在實施例中，控制器106可經組態以將產品光罩120之產品度量資料儲存於記憶體110中。

【0061】 在步驟404中，基於產品光罩120之產品度量資料執行一印刷程序之一或多次隨機模擬以產生包含元件之圖案之一或多個模擬產品樣本。如本文所使用，術語「模擬產品樣本」可用於係指經由一或多次隨

機模擬所產生之理論產品樣本。據此而言，模擬產品樣本可包含可在使用微影子系統102執行利用光罩之模擬印刷程序時產生之樣本124之實例。

【0062】 例如，控制器106可經組態以擷取儲存於記憶體中之產品光罩120之產品度量資料且執行一印刷程序之一或多次隨機模擬以產生一或多個模擬產品樣本。與模擬產品樣本相關聯之資料可儲存於記憶體110中。在實施例中，控制器106可執行一或多個印刷程序之隨機模擬以模擬在模擬產品樣本上製造元件之圖案。例如，控制器106可經組態以執行一印刷程序之兩千次隨機模擬以產生兩千個模擬產品樣本以藉此模擬元件之圖案之製造兩千次以上。

【0063】 控制器106可經組態以基於儲存於記憶體110中或自一外部記憶體、網路或其類似者擷取之一生產方案執行隨機模擬。生產方案可包含與印刷程序相關聯之任何資料，其包含(但不限於)產品光罩120及/或模擬產品樣本之位置、待印刷之元件之圖案、微影子系統102之特性、曝光參數(例如微影照明源113波長、照明劑量、模擬產品樣本之焦點位置、曝光時間、微影照明源113之空間輪廓、模擬產品樣本上之照明之空間分佈及其類似者)。

【0064】 在此應注意，控制器106可經組態以使用產品光罩120執行一印刷程序之隨機模擬以判定產品光罩120上之缺陷之可印刷性及隨機變動對印刷於模擬產品樣本及/或未來樣本124上之元件之圖案之影響。控制器106可經組態以使用本技術中已知之任何模擬或模型化技術執行一或多次隨機模擬。例如，控制器106可經組態以執行印刷程序之一或多個蒙地卡羅(Monte Carlo)模擬。

【0065】 在一步驟406中，產生模型化藉由產品光罩之元件之圖案

之印刷程序之產品光罩120之一產品模型。在實施例中，產品模型可基於所產生之模擬產品樣本產生。例如，控制器106可經組態以獲取一或多個模擬產品樣本之模擬度量資料且基於模擬度量資料產生產品模型。例如，在用於印刷接觸孔(例如圖5中之接觸孔502a至502n)之一產品光罩120之背景中，控制器106可經組態以獲取印刷於模擬產品樣本上之模擬接觸孔之臨界尺寸(例如模擬度量資料)。隨後，基於所獲取之臨界尺寸(例如模擬度量資料)，控制器106可產生模型化模擬產品樣本上之接觸孔之印刷程序之一產品模型。

【0066】 在實施例中，產品模型可包含模型化由產品光罩120執行之印刷程序之本技術中已知之任何模型。此可參考圖6至圖7進一步理解。

【0067】 圖6係繪示根據本發明之一或多個實施例之無法打通之製造於一樣本(例如模擬產品樣本)上之一接觸孔(例如圖5中之接觸孔502a至502n)之一常態概率分佈之一作圖600。更特定言之，作圖600繪示用於利用一高級有機化學放大光阻劑(CAR)或任何其他感光材料(諸如金屬氧化物(MOX)光阻劑)及其類似者(例如光罩120)印刷接觸孔之一印刷程序之十萬次隨機模擬之一模擬分佈。圖7係繪示根據本發明之一或多個實施例之無法打通之製造於一樣本(例如模擬產品樣本)上之一接觸孔(例如圖5中之接觸孔502a至502n)之一概率作為一高斯分佈之一作圖700及曲線702。

【0068】 在此實例中，控制器106可使用一產品光罩120執行一印刷程序之數千次隨機模擬，因此模擬在數千個模擬產品樣本上製造接觸孔。隨後，控制器106可獲取模擬接觸孔之臨界尺寸(CD)量測(例如模擬度量資料)。接著，控制器106可繪製x軸上之模擬接觸孔之所識別之CD量測對y軸上之無法打通($CD=0$)之接觸孔之概率，如作圖600之曲線602中所展

示。據此而言，曲線602繪示具有一特定CD之模擬接觸孔之概率。

【0069】 曲線602繪示：根據使用產品光罩120應用之印刷程序，存在一接觸孔無法打通之一小於0.001概率。然而，曲線602之非正態分佈尾部604繪示低CD之低於0.05之一概率。此非正態分佈尾部604可歸因於由光罩120中之缺陷及/或印刷程序本身所致之隨機變動。

【0070】 儘管作圖600及曲線602繪示元件之印刷圖案內之CD量測之潛在隨機變動，但在此預期，可另外及/或替代地產生作圖600 (或類似作圖)來繪示模擬產品樣本之各種其他特性，其包含(但不限於)重疊誤差、圖案放置誤差、臨界尺寸(CD)、樣本特徵之尺寸、側壁角、線邊緣粗糙度、圖案放置誤差(PPE)、邊緣放置誤差(EPE)及其類似者。舉另一實例而言，可另外及/或替代地產生作圖600 (或類似作圖)來繪示除封閉接觸孔(CD=0)之百分比之外的接觸孔之其他特性以誘發(但不限於)微橋或微斷。

【0071】 如本文先前所提及，產品模型可由控制器106基於模擬產品樣本產生，可包含本技術中已知之任何數學模型或模型化技術，其包含(但不限於)主成分分析(PCA)、機器學習演算法或分類器及其類似者。例如，在一些實施例中，產品模型可包含描述/模型化圖6中所繪示之曲線602之一產品模型。例如，在繪製曲線602之後，控制器106可藉由將一或多個分佈函數擬合至曲線602及將各種模型擬合至一或多個分佈函數來產生產品模型。在此實例中，產品模型可經產生使得其模型化完全超過傳統 3σ 極限之整個曲線602，其包含非正態分佈尾部604。據此而言，可產生產品模型來擬合模擬產品樣本之模擬度量資料。

【0072】 一般而言，產品模型可包含描述/模型化利用一產品光罩

120之一印刷程序對經由印刷程序所印刷之元件之圖案之各種特性之效應之本技術中已知之任何模型。

【0073】 在此應注意，本發明之實施例可減少用於模擬及/或模型化一印刷程序之效應之運算要求。特定言之，吾人發現，本發明之實施例藉由以比習知光罩處置技術減少之項特徵化分佈函數(例如作圖600中所繪示之CD之分佈函數)來將運算時間自數萬次模擬顯著減少至可控次數之隨機模擬(例如蒙地卡羅模擬)。

【0074】 例如，在此應注意，一些習知光罩處置技術可利用光罩缺陷可印刷性之影響之一單一模擬。此習知單一模擬僅可估計一CD分佈之中心之一移位(曲線602之峰值)，且無法理解曲線602之非正態分佈尾部604內之隨機缺陷率之影響。因此，一些習知光罩處置技術無法識別或捕獲可歸因於隨機缺陷率之接觸孔之封閉接點(CD=0)之數目，其可導致降低裝置良率及/或總體電路失效。最終結果係無法解釋分佈之完全形狀(特定言之，缺陷圖案/元件之百分比)之習知光罩處置技術可導致通過一缺陷光罩之一決定，其可導致巨大經濟損失。因此，藉由允許基於跨整個元件分佈之失敗圖案/元件之頻率(例如不OK百分比)而非一單一值(例如單一CD值)作出一產品光罩之通過/失敗決定，本發明之實施例可實現更準確及高效之光罩處置能力。

【0075】 現將再次參考圖4。在一步驟408中，基於產品模型判定易受在產品樣本上印刷隨機缺陷影響之產品光罩120之一關心區域或易受印刷隨機缺陷影響之一或多個模擬產品樣本上之一關心區域之至少一者。在此應注意，術語「關心區域」可用於係指易受隨機缺陷影響之產品光罩120及/或模擬產品樣本(或經由產品光罩120所製造之未來樣本124)上之位

置/區域。據此而言，關心區域可包含預示在根據本文先前所描述之生產方案製造時隨機發生之製造缺陷。因此，關心區域可對應於其中一或多個缺陷可隨機發生之位置。例如，關心區域可包含與確定性複製機相關聯之失效點(例如預示在相同位置中各製造運行發生之缺陷)及可易受隨機複製機影響之識別弱點兩者。識別弱點可包含可在規範內但遠離標稱值之元件之圖案內之特徵(例如元件之特定大小或形狀、特定元件之間的距離或其類似者)。

【0076】 例如，產品光罩120上之一關心區域可包含已識別為可在經由使用產品光罩120之模擬印刷程序製造產品樣本時誘發產品樣本內之隨機缺陷之產品光罩120之一位置、面積或區域。舉另一實例而言，模擬產品樣本上之一關心區域可包含可更易受隨機缺陷或變動影響之模擬產品樣本(或經由產品光罩120所製造之未來樣本124)之一位置、面積或區域。在實施例中，控制器106可經組態以將產品光罩120之一或多個經識別關心區域及/或模擬產品樣本之一或多個經識別關心區域儲存於記憶體110中。

【0077】 易受隨機複製機影響之關心區域可與包含在任何生產步驟(例如任何層之ADI或AEI)之後曝露於一產品樣本125或產品樣本125之一層上之元件之圖案之一光罩或圖案遮罩(例如產品光罩120)相關聯。例如，識別易受隨機缺陷影響之一產品光罩120上之關心區域可用於一印刷檢查程序中以能夠在晶圓製造之前進行校正動作(例如，修改生產方案以減輕隨機缺陷之製造或產生度量方案以監測隨機缺陷)。舉另一實例而言，識別易受隨機複製機影響之模擬產品樣本上之關心區域可用於包含(但不限於)熱點識別、PWG分析或WET分析之任何程序監測應用中。關

心區域及隨機缺陷之識別由Biafore等人在2017年6月2日申請之名稱為「STOCHASTICALLY-AWARE METROLOGY FABRICATION」之美國專利第10,474,042號中進一步展示及描述，該專利之全部內容以引用的方式併入本文中。

【0078】 在一些實施例中，控制器106可經組態以藉由比較所產生之產品模型與一參考模型來識別易受隨機缺陷/隨機變動影響之關心區域。此可參考圖4B進一步理解。

【0079】 圖4B繪示根據本發明之一或多個實施例之用於識別一樣品125 (例如光罩120、樣本124)上之隨機缺陷之方法400之一部分之一流程圖。更特定言之，圖4B繪示用於藉由比較一產品模型與一參考模型來識別關心區域之子步驟。

【0080】 在一步驟410中，獲取印刷於一或多個參考樣本上之元件之一圖案之參考度量資料。如本文先前所提及，術語「參考樣本」、「參考光罩」可用於係指已知其展現良好隨機可變性之一光罩120。特定言之，一參考光罩120可包含已知其展現良好隨機可變性且可用於印刷程序中以在亦已知其展現良好隨機可變性之參考樣本124上製造元件之圖案之一光罩。據此而言，可知一參考光罩120利用一或多個印刷程序來製造具有低隨機可變性之參考樣本124。因此，在此預期，比較產品光罩120/產品樣本之隨機缺陷率/隨機可變性與參考光罩120/參考樣本之隨機缺陷率/隨機可變性可實現產品光罩120之改良處置及分析。

【0081】 參考樣本124之參考度量資料可自本技術中已知之任何源獲取。例如，控制器106可引起微影子系統102使用一參考光罩120將元件之一圖案印刷於一或多個參考樣本124上。隨後，控制器106可經組態以

產生一或多個控制信號，一或多個控制信號經組態以引起度量系統104獲取參考樣本124 (例如度量樣品125)之一或多個影像。所獲取之影像可包含來自光學度量系統104a之光學影像及/或來自SEM度量系統104b之SEM影像。接著，控制器106可經組態以接收所獲取之影像且基於所獲取之影像產生參考樣本124之參考度量資料。

【0082】 在額外及/或替代實施例中，參考樣本124之參考度量資料可基於參考樣本124本身之設計資料。參考光罩120之設計資料可包含用於製造參考樣本124之一製造方案。例如，與參考樣本124相關聯之設計資料(例如一製造方案)可儲存於記憶體110及/或一遠端記憶體或伺服器中。在此實例中，控制器106可經組態以基於參考樣本124之設計資料獲取參考樣本124之參考度量資料。在實施例中，控制器106可經組態以將參考樣本124之參考度量資料儲存於記憶體110中。

【0083】 在額外及/或替代實施例中，可藉由對一參考光罩120執行隨機模擬(例如蒙地卡羅模擬)來獲取參考樣本124之參考度量資料，如本文先前所描述。例如，控制器106可經組態以獲取一參考光罩120之一或多個量測且基於參考光罩之一或多個量測執行一印刷程序之一或多次隨機模擬以產生一或多個模擬參考樣本。隨後，如本文先前所描述，可獲取一或多個模擬參考樣本之模擬度量資料。

【0084】 在步驟412中，產生模型化藉由參考光罩之元件之圖案之印刷程序之參考光罩120之一參考模型。在此應注意，與在步驟406中產生產品模型相關聯之任何描述可被視為在一定程度上適用於在步驟412中產生參考模型，除非本文另有說明。

【0085】 在實施例中，可基於步驟410中所獲取之參考度量資料產

生參考光罩120之參考模型。例如，可基於直接自一或多個參考樣本124經由度量系統104獲取之參考度量資料產生參考模型。舉另一實例而言，可基於自一或多個模擬參考樣本獲取之模擬度量資料產生參考模型。例如，在用於印刷接觸孔(例如圖5中之接觸孔502a至502n)之一參考光罩120之背景中，控制器106可經組態以獲取印刷於模擬參考樣本上之模擬接觸孔之臨界尺寸(例如模擬度量資料)。隨後，基於所獲取之臨界尺寸(例如模擬度量資料)，控制器106可產生模型化模擬參考樣本上之接觸孔之印刷程序之一參考模型。

【0086】 一般而言，參考模型可包含描述/模型化利用一參考光罩120之一印刷程序對經由印刷程序印刷於參考樣本124上之元件之圖案之各種特性之效應之本技術中已知之任何模型。參考模型可由控制器106使用本技術中已知之任何數學模型或模型化技術(其包含(但不限於)主成分分析(PCA)、機器學習演算法或分類器及其類似者)產生。例如，在一些實施例中，參考模型可包含描述/模型化類似於圖6中所繪示之曲線602之一曲線之一參考模型。

【0087】 在一步驟414中，識別產品模型與參考模型之間的一或多個差異。例如，控制器106可經組態以將產品模型及參考模型兩者儲存於記憶體110中。控制器106可經進一步組態以比較產品模型與參考模型且識別產品模型與參考模型之間的一或多個差異。

【0088】 例如，參考模型可包含描述/模型化印刷於參考樣本(或模擬參考樣本)上之接觸孔502a至502n之CD之一理想分佈之一模型。因此，參考模型可包含描述/模型化一曲線602之一模型，曲線602繪示具有良好(例如低)隨機缺陷率之參考樣本之CD。類似地，產品模型可包含描述/模

型化印刷於產品樣本(或模擬產品樣本)上之接觸孔502a至502n之CD之一分佈之一模型。因此，產品模型可包含描述/模型化繪示參考樣本之CD之一曲線602之一模型。在此實例中，藉由比較產品模型(其隨機缺陷率將受檢測)與參考模型(其具有一已知、良好隨機缺陷率)，控制器106可經組態以識別產品樣本124及/或產品光罩120內之隨機缺陷率之差異。

【0089】 在一步驟416中，基於一或多個識別差異判定產品光罩120之一關心區域或易受印刷隨機缺陷影響之一或多個模擬產品樣本上之一關心區域之至少一者。如本文先前所提及，術語「關心區域」可用於係指易受隨機缺陷影響之產品光罩120及/或模擬產品樣本(或經由產品光罩120所製造之未來樣本125)上之位置/區域。在實施例中，在識別參考模型與產品模型之間的差異之後，控制器106可經組態以基於經識別差異識別產品光罩120及/或產品樣本124上之一或多個關心區域。

【0090】 在一些實施例中，在識別產品光罩120及/或產品樣本124上之一或多個關心區域之後，控制器106可經組態以基於所識別之關心區域及/或基於產品模型與參考模型之間的識別差異判定隨機缺陷之一頻率。在額外及/或替代實施例中，控制器106可經組態以基於隨機缺陷之頻率報告與產品光罩相關聯之一光罩處置評估。在一些實施例中，控制器106可產生經組態以引起使用者介面112向一使用者顯示光罩處置評估之一或多個控制信號。光罩處置評估可包含本技術中已知之任何評估、評等或特徵化。例如，光罩處置評估可包含一「通過」評估或一「未通過」評估。例如，在其中控制器106識別產品光罩120及/或產品樣本124上之隨機缺陷之一高頻率之實例中，控制器106可經組態以給定/報告與產品光罩相關聯之一「未通過」光罩處置評估。舉另一實例而言，在其中控制器106

識別產品光罩120及/或產品樣本124上之隨機缺陷之一低頻率之實例中，控制器106可經組態以給定/報告與產品光罩相關聯之一「通過」光罩處置評估。

【0091】 在額外及/或替代實施例中，控制器106可經組態以產生一或多個控制信號，一或多個控制信號經組態以基於產品光罩120之關心區域或一或多個模擬產品樣本124之關心區域之至少一者選擇性調整一或多個程序工具(例如微影子系統102、度量子系統104)之一或多個特性。據此而言，控制器106可經組態以在一回饋及/或前饋控制迴路中傳輸控制信號以選擇性調整對產品光罩120及/或產品樣本124所執行之一或多個製造或檢測程序。

【0092】 例如，控制器106可經組態以選擇性修改由微影子系統102及/或其他程序工具(例如沈積工具、蝕刻工具及其類似者)用於製造產品樣本124之一製造方案以減少或消除產品樣本124內之隨機缺陷之存在。舉另一實例而言，控制器106可經組態以產生可由度量子系統104用於檢測產品樣本124上之經識別關心區域之一檢測方案。據此而言，識別產品光罩120及/或產品樣本124上之關心區域可由控制器106及系統100用於製造及指導後續檢測程序(例如印刷檢查)。舉另一實例而言，控制器106可選擇性修改產品光罩120之一製造方案以製造後續產品光罩120，其減少及/或消除產品光罩上之經識別關心區域。

【0093】 在此應注意，系統100之一或多個組件可依本技術中已知之任何方式通信地耦合至系統100之各種其他組件。例如，控制器106、微影子系統102、度量子系統104及使用者介面112可經由一有線連接(例如銅線、光纖電纜及其類似者)或無線連接(例如RF耦合、IR耦合、資料網

路通信、WiFi、WiMax、Bluetooth、3G、4G、4G LTE、5G及其類似者)彼此通信耦合及通信地耦合至其他組件。

【0094】 在一實施例中，一或多個處理器108可包含本技術中已知之任何一或多個處理元件。就此而言，一或多個處理器108可包含經組態以執行軟體演算法及/或指令之任何微處理器型裝置。在一實施例中，一或多個處理器108可由桌上型電腦、大型電腦系統、工作站、影像電腦、並行處理器或經組態以執行一程式(其經組態以操作系統100)之其他電腦系統(例如網路電腦)組成，如本發明中所描述。應認識到，本發明中所描述之步驟可由一單一電腦系統或替代地，多個電腦系統實施。另外，應認識到，本發明中所描述之步驟可在一或多個處理器108之任何一或多者上實施。一般而言，術語「處理器」可經廣義界定為涵蓋具有執行來自記憶體110之程式指令之一或多個處理元件之任何裝置。再者，系統100之不同子系統(例如微影子系統102、度量系統104、控制器106)可包含適合於實施本發明中所描述之步驟之至少一部分之處理器或邏輯元件。因此，以上描述不應被解譯為本發明之一限制，而是僅為一說明。

【0095】 記憶體110可包含適合於儲存可由相關聯之一或多個處理器108執行之程式指令之本技術中已知之任何儲存媒體。例如，記憶體110可包含一非暫時性記憶體媒體。例如，記憶體110可包含(但不限於)一唯讀記憶體(ROM)、一隨機存取記憶體(RAM)、一磁性或光學記憶體裝置(例如光碟)、一磁帶、一固態硬碟及其類似者。應進一步注意，記憶體110可與一或多個處理器108收容於一共同控制器外殼中。在一替代實施例中，記憶體110可相對於處理器108、控制器106及其類似者之實體位置遠端定位。在另一實施例中，記憶體110保存用於引起一或多個處理器

108實施本發明中所描述之各種步驟之程式指令。

【0096】 在一實施例中，一使用者介面112通信地耦合至控制器106。在一實施例中，使用者介面112可包含(但不限於)一或多個桌上型電腦、平板電腦、智慧型電話、智慧型手錶或其類似者。在另一實施例中，使用者介面112包含用於向一使用者顯示系統100之資料之一顯示器。使用者介面112之顯示器可包含本技術中已知之任何顯示器。例如，顯示器可包含(但不限於)一液晶顯示器(LCD)、一基於有機發光二極體(OLED)之顯示器或一CRT顯示器。熟習技術者應認識到，能夠與一使用者介面112整合之任何顯示裝置適合實施於本發明中。在另一實施例中，一使用者可回應於經由使用者介面112向使用者顯示之資料而輸入選擇及/或指令。

【0097】 熟習技術者應認識到，本文所描述之組件(例如操作)、裝置、物件及其伴隨討論係為了概念清楚而用作為實例且可考量各種組態修改。因此，如本文所使用，所闡述之特定範例及伴隨討論意欲表示其更一般類別。一般而言，使用任何特定範例意欲表示其類別，且未包含特定組件(例如操作)、裝置及物件不應被視為限制。

【0098】 熟習技術者應瞭解，存在本文所描述之程序及/或系統及/或其他技術可藉由其實現之各種載具(例如硬體、軟體及/或韌體)且較佳載具將隨其中部署程序及/或系統及/或其他技術之背景變動。例如，若一實施者判定速度及準確度最重要，則實施者可選擇一以硬體及/或韌體為主之載具；替代地，若靈活性最重要，則實施者可選擇一以軟體為主之實施方案；或替代地，實施者可選擇硬體、軟體及/或韌體之某一組合。因此，存在本文所描述之程序及/或裝置及/或其他技術可藉由其實現之若干可能載具，其等之任何者不固有地優於其他者，因為利用任何載具係取決

於其中將部署載具之背景及實施者之特定關注(例如速度、靈活性或可預測性)(其等之任何者可變動)之一選擇。

【0099】 呈現以上描述來使一般技術者能夠製造及使用本發明，如一特定應用及其要求之背景中所提供。如本文所使用，方向術語(諸如「頂部」、「底部」、「上方」、「下面」、「上」、「向上」、「下」、「下方」及「向下」)意欲為了描述而提供相對位置，且不意欲指定一絕對參考系。熟習技術者將明白所描述之實施例之各種修改，且可將本文所界定之一般原理應用於其他實施例。因此，本發明不意欲受限於所展示及描述之特定實施例，而是應被給予與本文所揭示之原理及新穎特徵一致之最廣範疇。

【0100】 關於本文實質上任何複數及/或單數術語之使用，熟習技術者可根據背景及/或應用自複數轉化為單數及/或自單數轉化為複數。為清楚起見，本文未明確闡述各種單數/複數排列。

【0101】 本文所描述之所有方法可包含將方法實施例之一或多個步驟之結果儲存於記憶體中。結果可包含本文所描述之結果之任何者且可依本技術中已知之任何方式儲存。記憶體可包含本文所描述之任何記憶體或本技術中已知之任何其他適合儲存媒體。在儲存結果之後，結果可存取於記憶體中且由本文所描述之方法或系統實施例之任何者使用、經格式化以向一使用者顯示、由另一軟體模組、方法或系統使用等等。另外，結果可「永久」、「半永久」、「暫時」或在一段時間內儲存。例如，記憶體可為隨機存取器記憶體(RAM)，且結果可不必要無限期地保存於記憶體中。

【0102】 可進一步預期，上述方法之實施例之各者可包含本文所描述之(若干)任何其他方法之(若干)任何其他步驟。另外，上述方法之實施例之各者可由本文所描述之系統之任何者執行。

【0103】 本文所描述之標的有時繪示含於其他組件內或與其他組件連接之不同組件。應瞭解，此等所描繪之架構僅供例示，且事實上可實施達成相同功能性之諸多其他架構。就概念而言，達成相同功能性之組件之任何配置經有效「相關聯」以達成所要功能性。因此，本文經組合以達成一特定功能性之任何兩個組件可被視為彼此「相關聯」以達成所要功能性，不管架構或中間組件如何。同樣地，如此相關聯之任何兩個組件亦可被視為彼此「連接」或「耦合」以達成所要功能性，且能夠如此相關聯之任何兩個組件亦可被視為彼此「可耦合」以達成所要功能性。「可耦合」之特定實例包含(但不限於)可實體配合及/或實體互動組件及/或可無線互動及/或無線互動組件及/或邏輯互動及/或可邏輯互動組件。

【0104】 另外，應瞭解，本發明由隨附申請專利範圍界定。熟習技術者應瞭解，一般而言，本文且尤其是隨附申請專利範圍(例如隨附申請專利範圍之主體)中所使用之術語一般意欲為「開放式」術語(例如，術語「包含」應被解譯為「包含(但不限於)」，術語「具有」應被解譯為「至少具有」，等等)。熟習技術者應進一步瞭解，若想要一引入請求項敘述之一特定數目，則此一意圖將明確敘述於請求項中，且若無此敘述，則不存在此意圖。例如，為助於理解，以下隨附申請專利範圍可含有使用引入性片語「至少一」及「一或多個」來引入請求項敘述。然而，使用此等片語不應被解釋為隱含由不定冠詞「一」引入一請求項敘述使含有此引入請求項敘述之任何特定請求項限於為含有僅一個此敘述之發明，即使相同請求項包含引入性片語「一或多個」或「至少一」及諸如「一」之不定冠詞(例如，「一」通常應被解譯為意謂「至少一」或「一或多個」)；此同樣適用於用於引入請求項敘述之定冠詞之使用。另外，即使明確敘述一引入

請求項敘述之一特定數目，但熟習技術者應認識到，此敘述通常應被解譯為意謂至少敘述數目(例如，「兩個敘述」之裸敘述(無其他修飾詞)通常意謂至少兩個敘述或兩個或更多個敘述)。另外，在其中使用類似於「A、B及C之至少一者及其類似者」之一習慣表達之例項中，此一構造一般意欲為熟習技術者通常所理解之含義(例如，「具有A、B及C之至少一者之一系統」將包含(但不限於)僅具有A、僅具有B、僅具有C、同時具有A及B、同時具有A及C、同時具有B及C及/或同時具有A、B及C之系統，等等)。在其中使用類似於「A、B或C之至少一者及其類似者」之一習慣表達之例項中，此一構造一般意欲為熟習技術者通常所理解之含義(例如，「具有A、B或C之至少一者之一系統」將包含(但不限於)僅具有A、僅具有B、僅具有C、同時具有A及B、同時具有A及C、同時具有B及C及/或同時具有A、B及C之系統，等等)。熟習技術者應進一步瞭解，[實施方式]、申請專利範圍或圖式中呈現兩個或更多個替代項之幾乎任何轉折連詞及/或片語應被理解為考量包含項之一者、項之任一者或兩個項之可能性。例如，片語「A或B」將被理解為包含「A」或「B」或「A及B」之可能性。

【0105】 據信，本發明及其諸多伴隨優點將藉由以上描述來理解，且應明白，可在不背離所揭示之標的或不犧牲所有其材料優點之情況下對組件之形式、構造及配置作出各種改變。所描述之形式僅供說明，且以下申請專利範圍意欲涵蓋及包含此等改變。另外，應瞭解，本發明由隨附申請專利範圍界定。

【符號說明】

【0106】

- 100:系統
- 102:微影子系統
- 104:度量系統
- 104b:掃描電子顯微鏡(SEM)度量系統
- 106:控制器
- 108:處理器
- 110:記憶體
- 112:使用者介面
- 113:微影照明源
- 114:照明光束
- 116:光軸
- 118:遮罩支撐裝置
- 120:圖案遮罩/光罩
- 122:投影光學器件
- 124:微影樣本
- 125:度量樣品
- 126:樣本台
- 128:光阻層
- 130:度量照明源
- 132:度量照明光束
- 134:照明路徑/電子偵測器總成
- 134a:二次電子偵測器總成
- 134b:反向散射電子偵測器總成

134c:柱內電子偵測器總成

138:光學組件

140:物鏡

142:偵測器/偵測器總成

144:收集路徑

146:透鏡

148:分束器

150:電子束源

151:電子束

152:電子光學元件

153:二次/反向散射電子

154:電子光學元件

156:電子偵測器總成

158:電子感測器

400:方法

402:步驟

404:步驟

406:步驟

408:步驟

410:步驟

412:步驟

414:步驟

416:步驟

500:影像

502a至502n:接觸孔

600:作圖

602:曲線

604:非正態分佈尾部

700:作圖

702:曲線

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種用於識別多個隨機缺陷之系統，其包括：

一控制器，其包含經組態以執行儲存於記憶體中之一組程式指令之一或多個處理器，該組程式指令經組態以引起該一或多個處理器：

獲取一產品光罩之產品度量資料，該產品光罩經組態以用於將元件之一圖案印刷於一或多個產品樣本上；

基於該產品光罩之該產品度量資料執行一印刷程序之一或多次隨機模擬以產生包含元件之該圖案之一或多個模擬產品樣本；

產生模型化(modeling)藉由該產品光罩之元件之該圖案之該印刷程序(printing process)之該產品光罩之一產品模型；

識別該產品模型與一參考模型之間之一或多個差異；基於經識別之該一或多個差異識別易受在該一或多個產品樣本上印刷多個隨機缺陷影響之該產品光罩之一關心區域或易受經印刷之該等隨機缺陷影響之該一或多個模擬產品樣本上之一關心區域之至少一者；及

基於該產品光罩之該關心區域或該一或多個模擬產品樣本之該關心區域之至少一者調整一或多個程序工具之一或多個特性。

【請求項2】

如請求項1之系統，其中該控制器經組態以基於經識別之該一或多個差異藉由以下操作來識別易受在一或多個產品樣本上印刷該等隨機缺陷影響之該產品光罩之該關心區域或易受經印刷之該等隨機缺陷影響之該一或多個模擬產品樣本上之該關心區域之至少一者：

獲取待印刷於一或多個參考樣本上之元件之該圖案之參考度量資

料；及

基於該參考度量資料產生元件之該圖案之該參考模型。

【請求項3】

如請求項2之系統，其中獲期待印刷於該一或多個參考樣本上之元件之該圖案之該參考度量資料包括：

獲取一參考光罩之一或多個量測；

基於該參考光罩之該一或多個量測執行該印刷程序之該一或多次隨機模擬以產生該一或多個模擬參考樣本；及

獲取該一或多個模擬參考樣本之模擬度量資料。

【請求項4】

如請求項3之系統，其中基於該模擬度量資料產生該參考模型。

【請求項5】

如請求項2之系統，其中獲期待印刷於該一或多個參考樣本上之元件之該圖案之該參考度量資料包括：

引起一微影子系統使用一參考光罩將元件之該圖案印刷於該一或多個參考樣本上；及

獲取該一或多個參考樣本上之元件之該圖案之一或多個量測。

【請求項6】

如請求項1之系統，其中該印刷程序之該一或多次隨機模擬經組態以模擬在該一或多個模擬產品樣本上製造元件之該圖案。

【請求項7】

如請求項1之系統，其中該一或多次隨機模擬包括該印刷程序之多個蒙地卡羅(Monte Carlo)模擬。

【請求項8】

如請求項1之系統，其中產生模型化藉由該產品光罩之元件之該圖案之該印刷程序之該產品光罩之該產品模型包括：

獲取該一或多個模擬產品樣本之模擬度量資料；及
基於該模擬度量資料產生該產品模型。

【請求項9】

如請求項1之系統，其中該控制器經組態以藉由以下操作來獲取該產品光罩之該產品度量資料：

指導(directing)一度量子系統以獲取該產品光罩之一或多個光學影像或該產品光罩之一或多個掃描電子顯微鏡(SEM)影像；

自該度量子系統接收經獲取之該一或多個影像；及
基於經獲取之該一或多個影像產生該產品度量資料。

【請求項10】

如請求項1之系統，其中該控制器經組態以藉由以下操作來獲取該產品光罩之該產品度量資料：

擷取該產品光罩之設計資料；及
基於該產品光罩之該設計資料獲取該產品光罩之該產品度量資料。

【請求項11】

如請求項1之系統，其中該控制器經進一步組態以：

基於該產品光罩之該關心區域或該一或多個模擬產品樣本之該關心區域判定該等隨機缺陷之一頻率。

【請求項12】

如請求項11之系統，其中該控制器經進一步組態以：

基於該等隨機缺陷之該頻率報告與該產品光罩相關聯之一光罩處置評估。

【請求項13】

如請求項12之系統，其中該光罩處置評估包括一通過評估或一未通過評估。

【請求項14】

如請求項1之系統，其中該控制器經進一步組態以：

產生經組態以基於該產品光罩之該關心區域或該一或多個模擬產品樣本之該關心區域之至少一者選擇性調整該一或多個程序工具之該一或多個特性之一或多個控制信號。

【請求項15】

一種用於識別多個隨機缺陷之系統，其包括：

一控制器，其包含經組態以執行儲存於記憶體中之一組程式指令之一或多個處理器，該組程式指令經組態以引起該一或多個處理器：

獲取待印刷於一或多個參考樣本上之元件之一圖案之參考度量資料；

基於該參考度量資料產生元件之該圖案之一參考模型；

獲取一產品光罩之產品度量資料，該產品光罩經組態以用於將元件之該圖案印刷於一或多個產品樣本上；

基於該產品光罩之該產品度量資料執行一印刷程序之一或多次隨機模擬以產生包含元件之該圖案之一或多個模擬產品樣本；

產生模型化藉由該產品光罩之元件之該圖案之該印刷程序之該產品光罩之一產品模型；

識別該產品模型與該參考模型之間的一或多個差異；

基於經識別之該一或多個差異識別易受在該一或多個產品樣本上印刷多個隨機缺陷影響之該產品光罩之一關心區域或易受經印刷之該等隨機缺陷影響之該一或多個模擬產品樣本上之一關心區域之至少一者；及

基於該產品光罩之該關心區域或該一或多個模擬產品樣本之該關心區域之至少一者調整一或多個程序工具之一或多個特性。

【請求項16】

如請求項15之系統，其中獲期待印刷於該一或多個參考樣本上之元件之該圖案之該參考度量資料包括：

獲取一參考光罩之一或多個量測；

基於該參考光罩之該一或多個量測執行該印刷程序之該一或多次隨機模擬以產生一或多個模擬參考樣本；及

獲取該一或多個模擬參考樣本之模擬度量資料。

【請求項17】

如請求項16之系統，其中基於該模擬度量資料產生該參考模型。

【請求項18】

如請求項15之系統，其中獲期待印刷於該一或多個參考樣本上之元件之該圖案之該參考度量資料包括：

引起該一或多個程序工具使用一參考光罩將元件之該圖案印刷於該一或多個參考樣本上；及

獲取該一或多個參考樣本上之元件之該圖案之一或多個量測。

【請求項19】

如請求項15之系統，其中產生模型化藉由該產品光罩之元件之該圖案之該印刷程序之該產品光罩之該產品模型包括：

獲取該一或多個模擬產品樣本之模擬度量資料；及
基於該模擬度量資料產生該產品模型。

【請求項20】

如請求項15之系統，其中該一或多次隨機模擬包括該印刷程序之多個蒙地卡羅模擬。

【請求項21】

如請求項15之系統，其中該控制器經組態以藉由以下操作來獲取該產品光罩之該產品度量資料：

指導一度量子系統以獲取該產品光罩之一或多個光學影像或該產品光罩之一或多個掃描電子顯微鏡(SEM)影像；

自該度量子系統接收經獲取之該一或多個影像；及
基於經獲取之該一或多個影像產生該產品度量資料。

【請求項22】

如請求項15之系統，其中該控制器經組態以藉由以下操作來獲取該產品光罩之該產品度量資料：

擷取該產品光罩之設計資料；及
基於該產品光罩之該設計資料獲取該產品光罩之該產品度量資料。

【請求項23】

如請求項15之系統，其中該控制器經進一步組態以：

基於該產品光罩之該關心區域或該一或多個模擬產品樣本之該關心區域判定該等隨機缺陷之一頻率。

【請求項24】

如請求項23之系統，其中該控制器經進一步組態以：

基於該等隨機缺陷之該頻率報告與該產品光罩相關聯之一光罩處置評估。

【請求項25】

如請求項24之系統，其中該光罩處置評估包括一通過評估或一未通過評估。

【請求項26】

如請求項15之系統，其中該控制器經進一步組態以：

產生經組態以基於該產品光罩之該關心區域或該一或多個模擬產品樣本之該關心區域之至少一者選擇性調整該一或多個程序工具之該一或多個特性之一或多個控制信號。

【請求項27】

一種用於識別多個隨機缺陷之方法，其包括：

獲取一產品光罩之產品度量資料，該產品光罩經組態以用於將元件之一圖案印刷於一或多個產品樣本上；

基於該產品光罩之該產品度量資料執行一印刷程序之一或多次隨機模擬以產生包含元件之該圖案之一或多個模擬產品樣本；

產生模型化藉由該產品光罩之元件之該圖案之該印刷程序之該產品光罩之一產品模型；

識別該產品模型與一參考模型之間之一或多個差異；

基於經識別之該一或多個差異識別易受在該一或多個產品樣本上印刷該等隨機缺陷影響之該產品光罩之一關心區域或易受經印刷之該等隨機

缺陷影響之該一或多個模擬產品樣本上之一關心區域之至少一者；及

基於該產品光罩之該關心區域或該一或多個模擬產品樣本之該關心區域之至少一者調整一或多個程序工具之一或多個特性。

【請求項28】

一種用於識別多個隨機缺陷之方法，其包括：

獲取待印刷於一或多個參考樣本上之元件之一圖案之參考度量資料；

基於該參考度量資料產生元件之該圖案之一參考模型；

獲取一產品光罩之產品度量資料，該產品光罩經組態以用於將元件之該圖案印刷於一或多個產品樣本上；

基於該產品光罩之該產品度量資料執行一印刷程序之一或多次隨機模擬以產生包含元件之該圖案之一或多個模擬產品樣本；

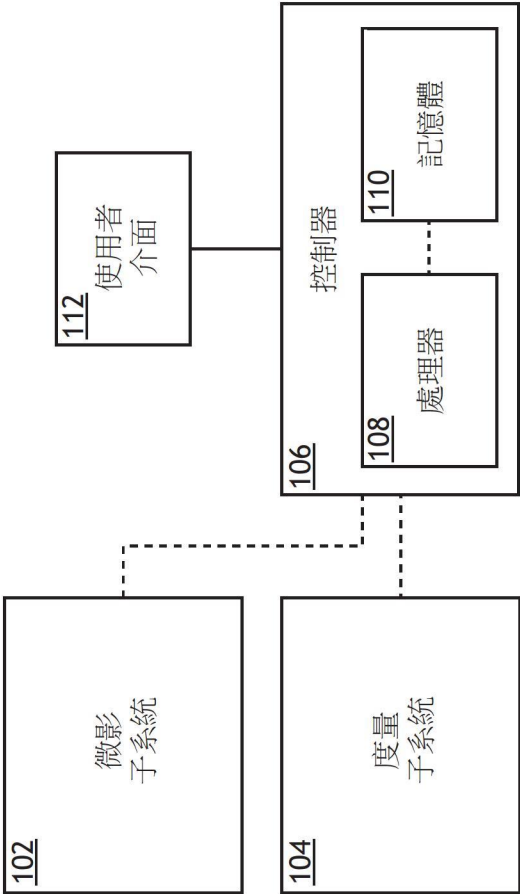
產生模型化藉由該產品光罩之元件之該圖案之該印刷程序之該產品光罩之一產品模型；

識別該產品模型與該參考模型之間的一或多個差異；

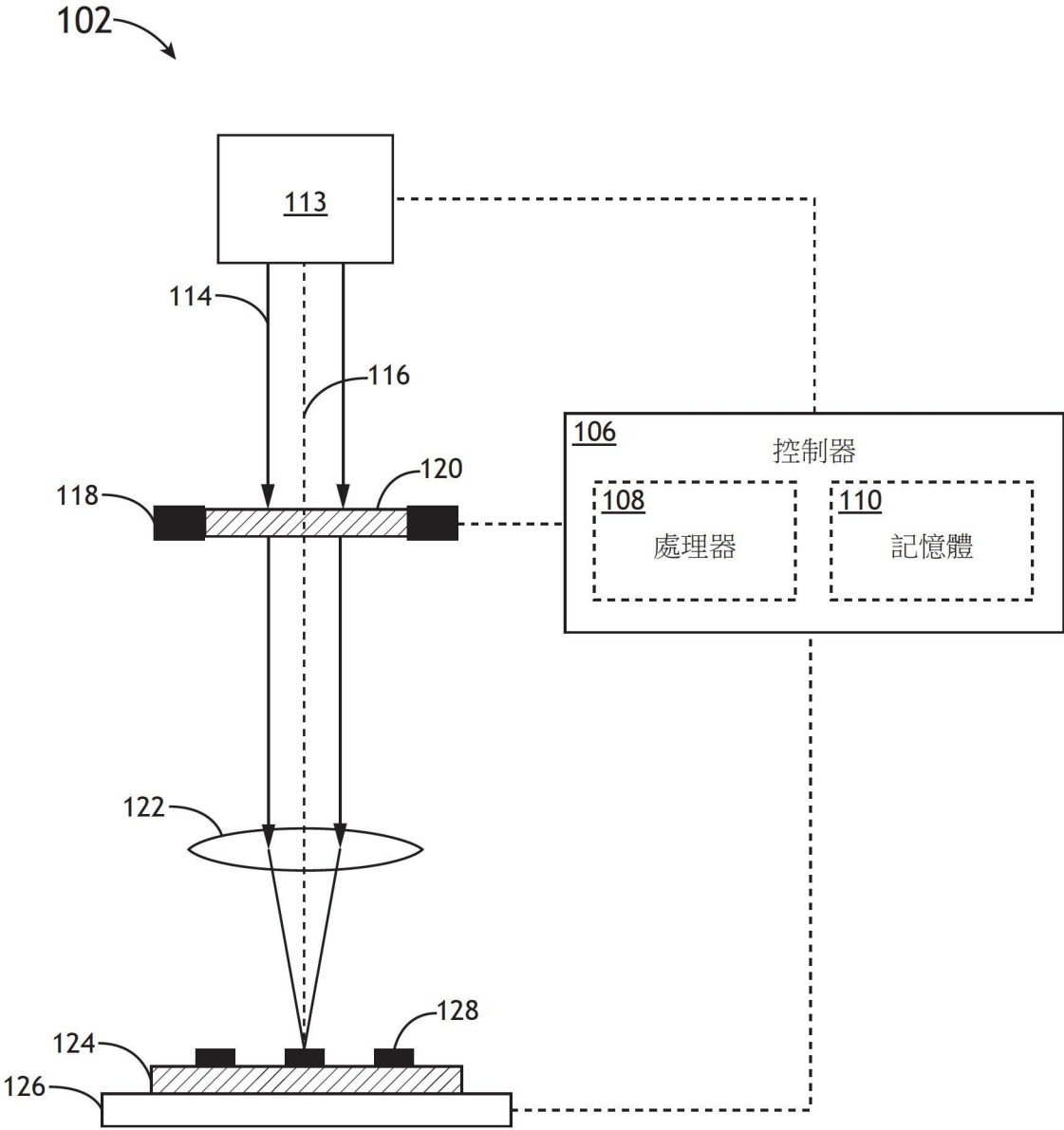
基於經識別之該一或多個差異識別易受在該一或多個模擬產品樣本上印刷該等隨機缺陷影響之該產品光罩之一關心區域或易受經印刷之該等隨機缺陷影響之該一或多個產品樣本上之一關心區域之至少一者；及

基於該產品光罩之該關心區域或該一或多個模擬產品樣本之該關心區域之至少一者調整一或多個程序工具之一或多個特性。

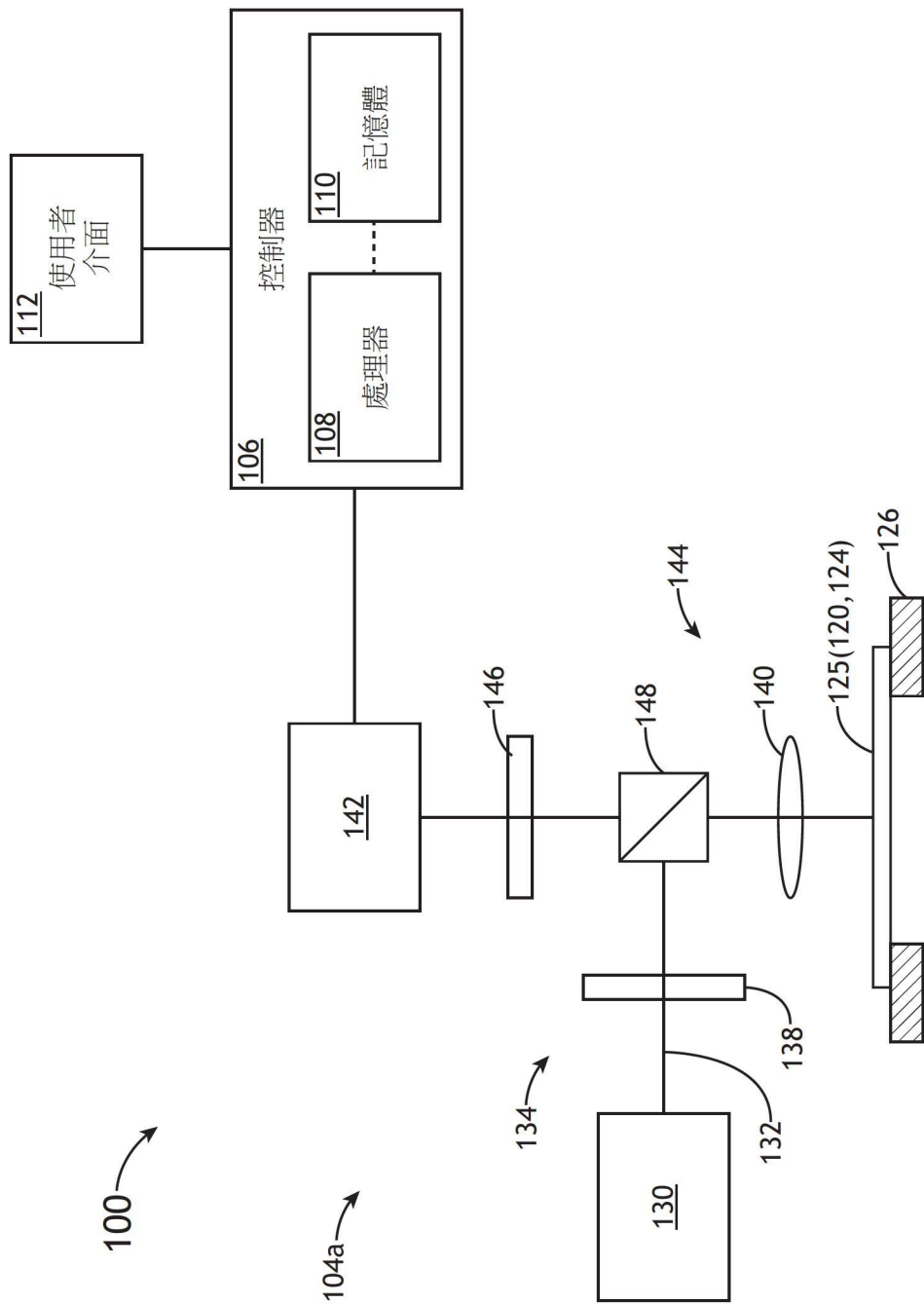
【發明圖式】



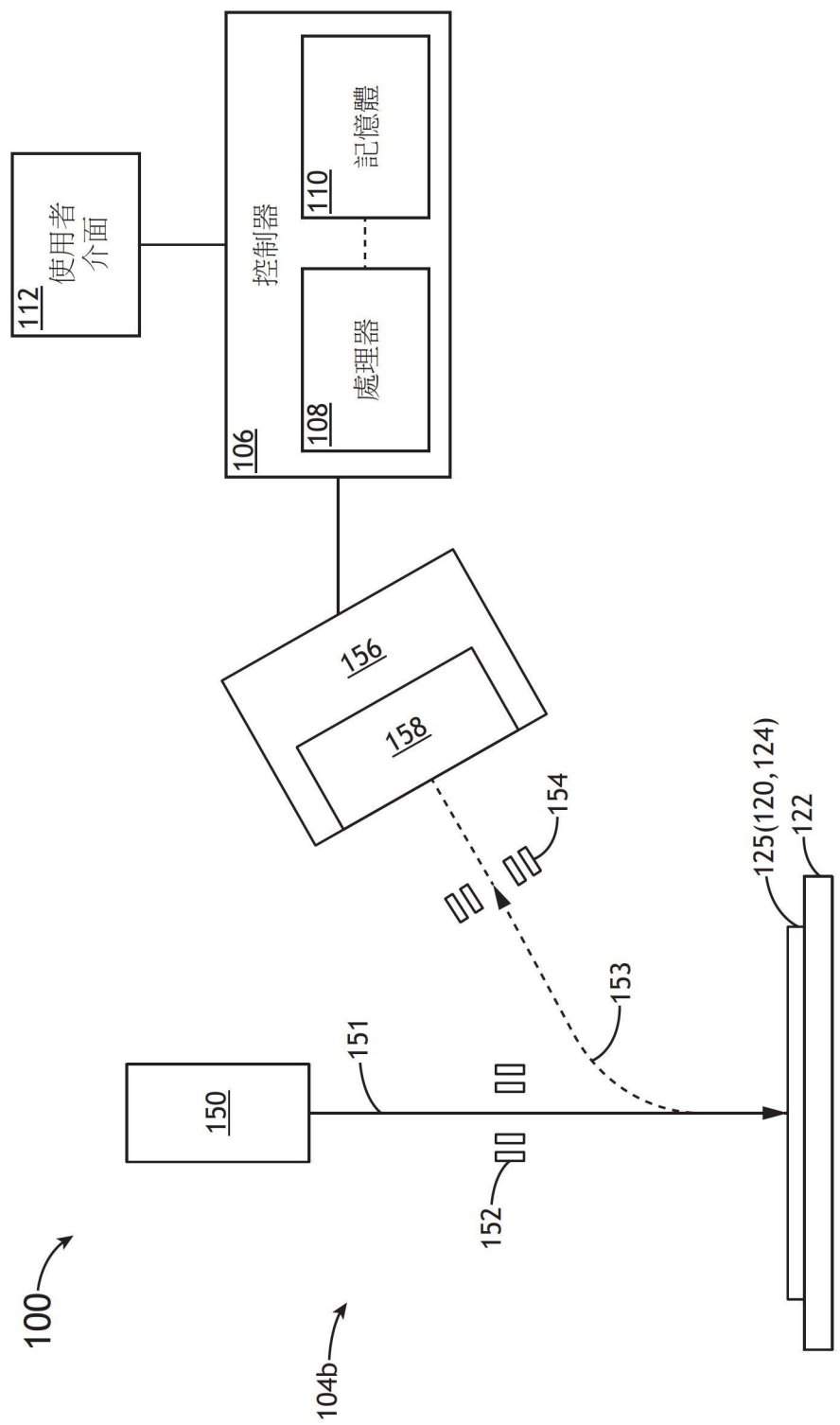
【圖1】



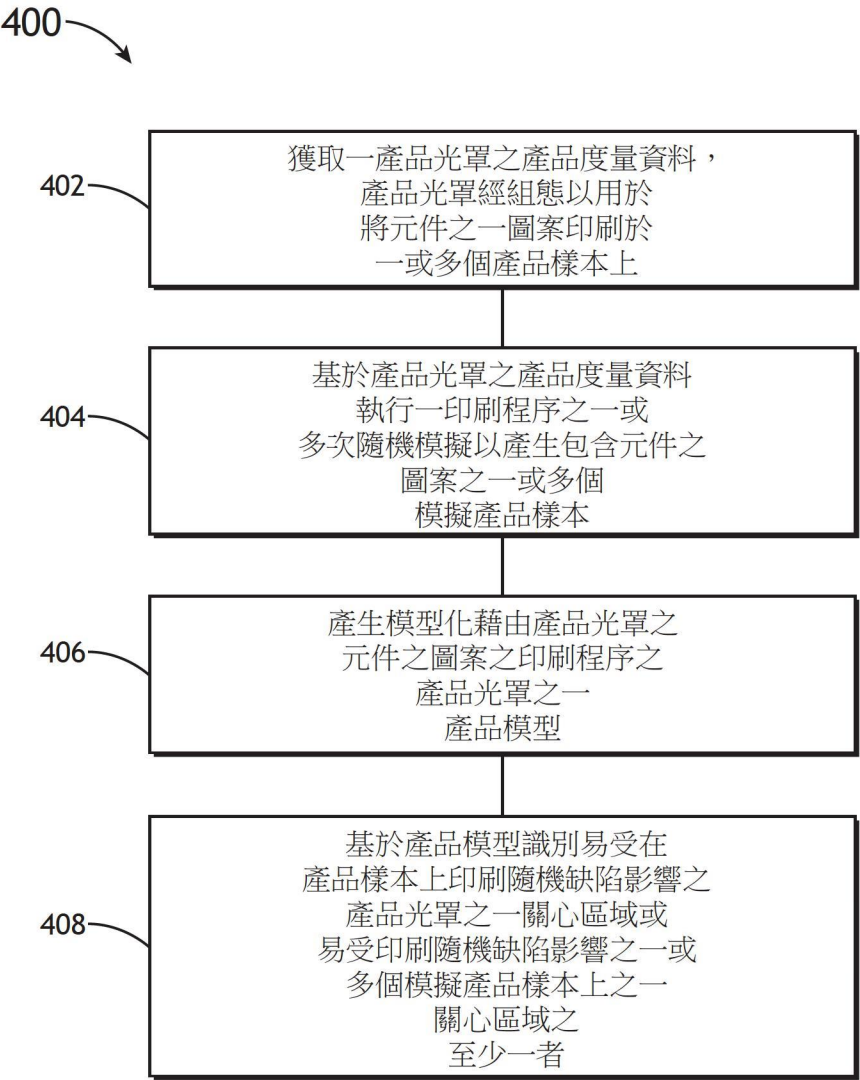
【圖2】



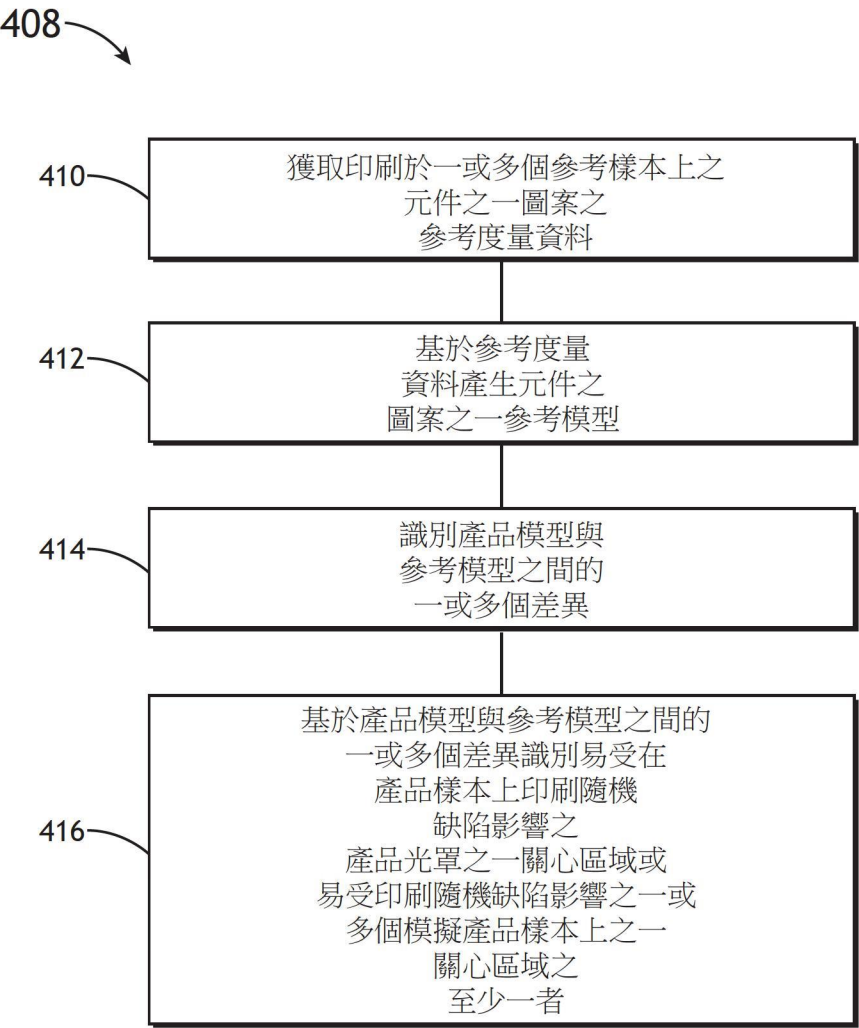
【圖3A】



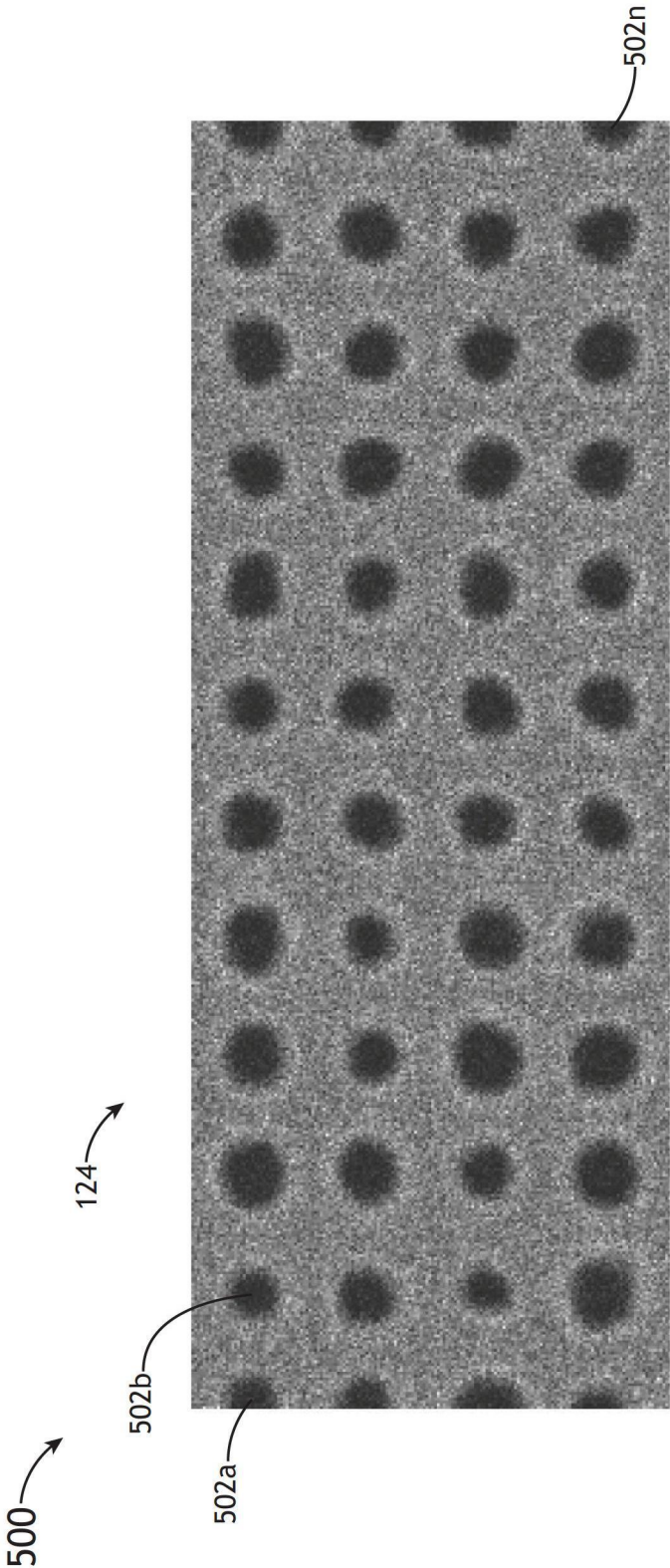
【圖3B】



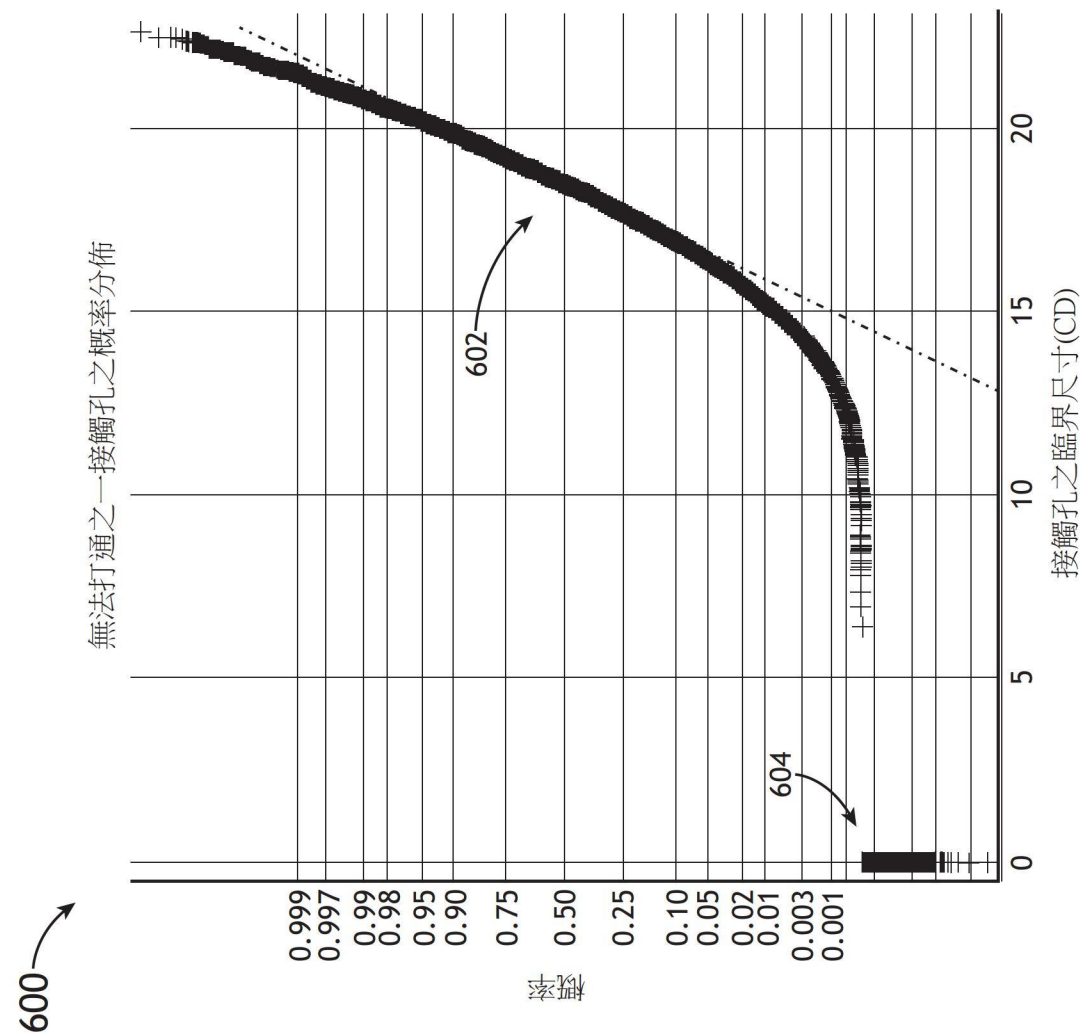
【圖4A】



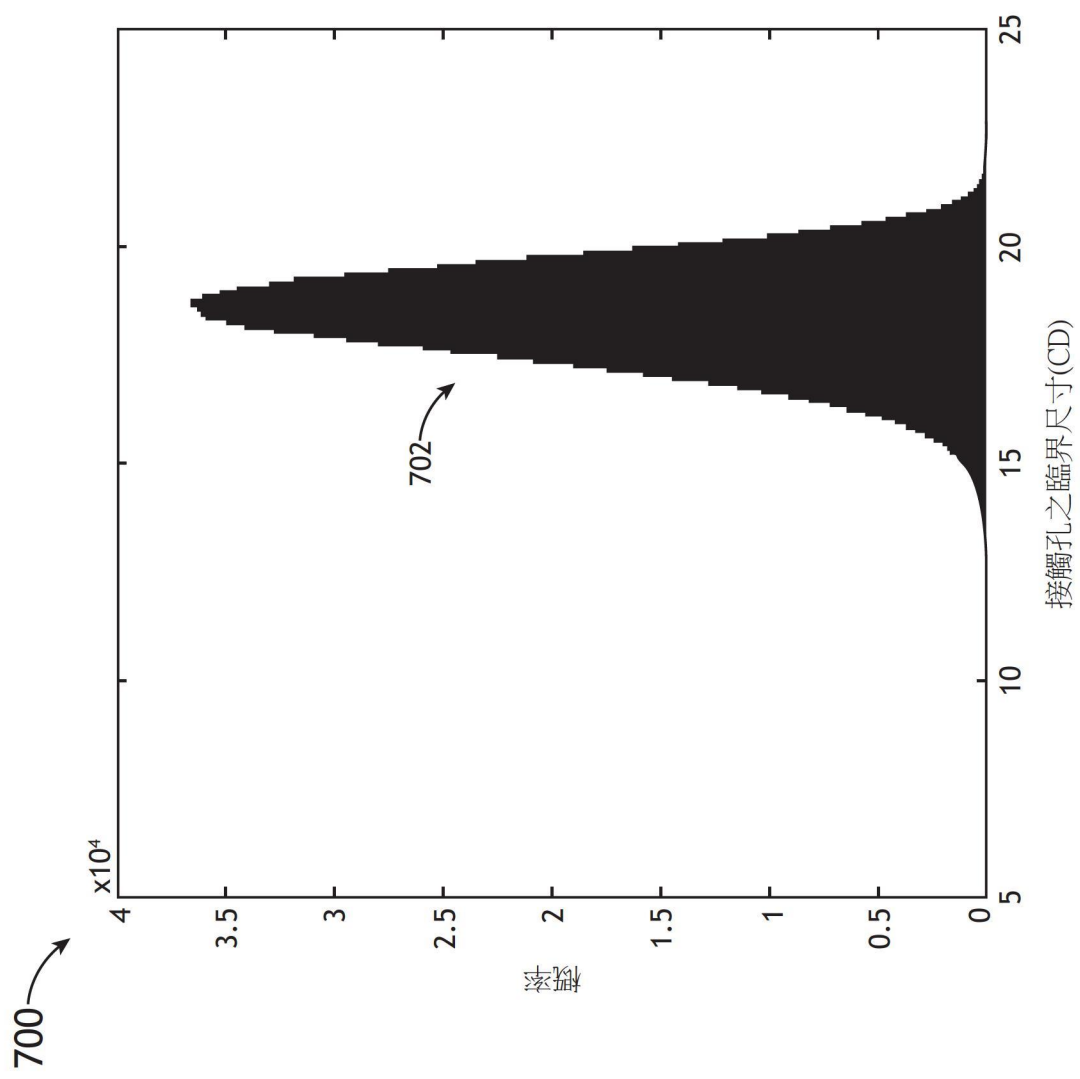
【圖4B】



【圖5】



【圖6】



【圖7】