



(21)申請案號：107130800

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 07 月 28 日

(51)Int. Cl. : **G01B11/27 (2006.01)****G01N21/47 (2006.01)****G03F7/20 (2006.01)**

(30)優先權：2015/07/30

歐洲專利局

15179154.8

(71)申請人：荷蘭商 ASML 荷蘭公司 (荷蘭) ASML NETHERLANDS B.V. (NL)

荷蘭

(72)發明人：丹 伯夫艾瑞 傑佛瑞 DEN BOEF,ARIE JEFFREY (NL)

(74)代理人：林嘉興

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：23 項 圖式數：8 共 44 頁

(54)名稱

檢測裝置、檢測方法及製造方法

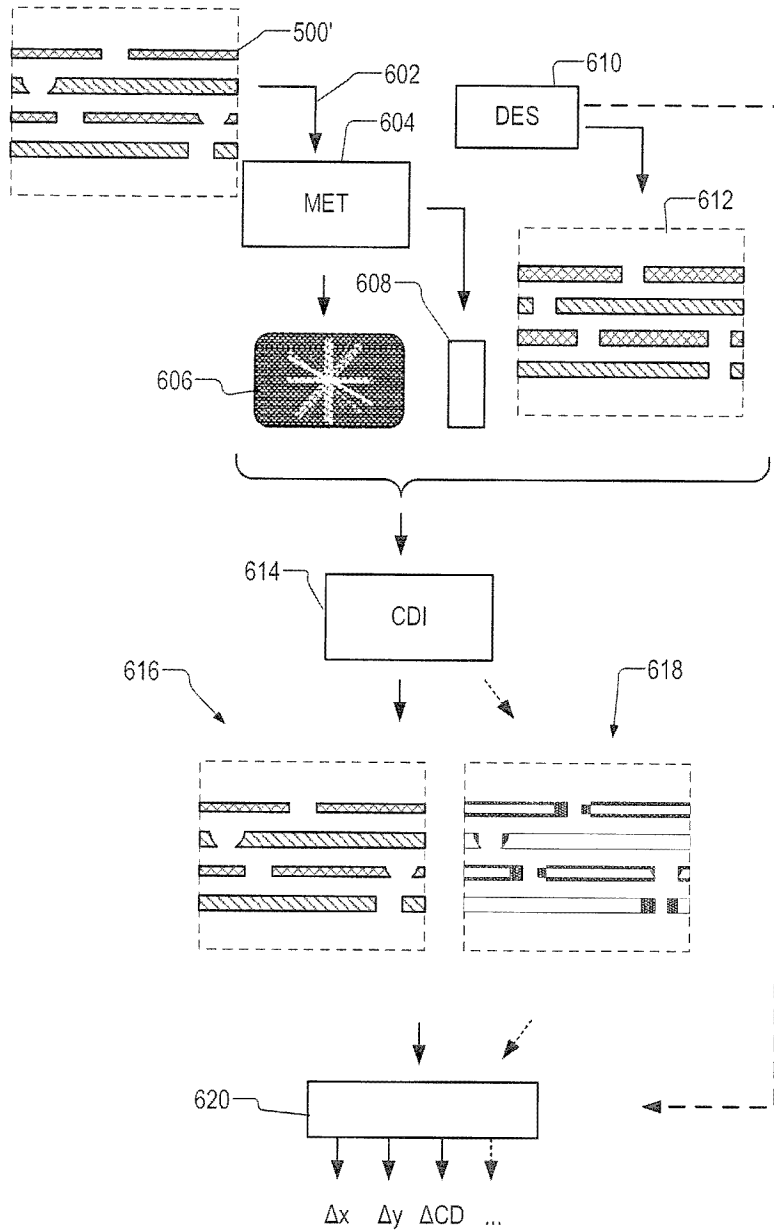
INSPECTION APPARATUS, INSPECTION METHOD AND MANUFACTURING METHOD

(57)摘要

本發明提供一種用於量測一非週期性產品結構(500')之屬性之檢測裝置。一輻射源(402)及一影像偵測器(408)在該產品結構上提供一輻射光點(S)。該輻射空間上相干且具有小於 50 奈米之一波長，例如在 12 奈米至 16 奈米或 1 奈米至 2 奈米之範圍內。該影像偵測器經配置以捕捉由該輻射在由該產品結構散射之後形成之至少一個繞射圖案(606)。一處理器接收該經捕捉圖案且亦接收描述該產品結構之經假定結構特徵之參考資料(612)。程序使用相干繞射成像(614)以使用該(等)經捕捉繞射圖案及該參考資料來計算該結構之一 3-D 影像。該相干繞射成像可為(例如)單次曝光成像或疊層成像。該經計算影像偏離該標稱結構，且揭露諸如 CD、疊對之屬性。

An inspection apparatus is provided for measuring properties of a non-periodic product structure (500'). A radiation source (402) and an image detector (408) provide a spot (S) of radiation on the product structure. The radiation is spatially coherent and has a wavelength less than 50 nm, for example in the range 12-16 nm or 1-2 nm. The image detector is arranged to capture at least one diffraction pattern (606) formed by said radiation after scattering by the product structure. A processor receives the captured pattern and also reference data (612) describing assumed structural features of the product structure. The process uses coherent diffraction imaging (614) to calculate a 3-D image of the structure using the captured diffraction pattern(s) and the reference data. The coherent diffraction imaging may be for example ankylography or ptychography. The calculated image deviates from the nominal structure, and reveals properties such as CD, overlay.

指定代表圖：



符號簡單說明：

500' . . . 非週期性  
產品結構/真實產品結  
構/真實器件結構

602 . . . 步驟

604 . . . 步驟

606 . . . 繞射圖案/  
影像資料

608 . . . 輔助資料/  
後設資料/度量衡配方

610 . . . 資料庫

612 . . . 參考資料

614 . . . 繞射成像/  
步驟

616 . . . 3 維影像

618 . . . 3 維差異或  
「差量」影像

620 . . . 步驟

$\Delta CD$  . . . 參數/ $CD$   
誤差

$\Delta x$  . . . 參數/疊對誤  
差

$\Delta y$  . . . 參數/疊對誤  
差

【圖7】

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

檢測裝置、檢測方法及製造方法

### 【英文發明名稱】

INSPECTION APPARATUS, INSPECTION METHOD AND  
MANUFACTURING METHOD

### 【技術領域】

本發明係關於可用以(例如)在藉由微影技術進行器件製造時執行度量衡之檢測裝置及方法。本發明進一步係關於一種用於此檢測裝置中之照明系統，且係關於使用微影技術來製造器件之方法。本發明又進一步係關於用於實施此等方法之電腦程式產品。

### 【先前技術】

微影裝置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。微影裝置可用於(例如)積體電路(IC)製造中。在彼情況下，圖案化器件(其被替代地稱作光罩或比例光罩)可用以產生待形成於IC之個別層上之電路圖案。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。通常經由成像至提供於基板上之輻射敏感材料(抗蝕劑)層上而進行圖案之轉印。一般而言，單一基板將含有經順次地圖案化之鄰近目標部分之網路。

在微影程序中，需要頻繁地對所產生之結構進行量測，例如，用於程序控制及校核。用於進行此等量測之各種工具為吾人所知，包括常常用以量測臨界尺寸(CD)之掃描電子顯微鏡，及用以量測疊對(器

件中兩個層之對準準確度)之特殊化工具。最近，已開發供微影領域中使用的各種形式之散射計。

已知散射計之實例常常依賴於專用度量衡目標之佈建。舉例而言，一方法可需要呈簡單光柵之形式之目標，該光柵足夠大以使得量測光束產生小於該光柵之光點(亦即，該光柵填充不足)。在所謂的重新建構方法中，可藉由模擬散射輻射與目標結構之數學模型的互動來計算光柵之屬性。調整該模型之參數直至經模擬互動產生相似於自真實目標所觀測之繞射圖案的繞射圖案為止。

除了藉由重新建構進行特徵形狀之量測以外，亦可使用此裝置來量測基於繞射之疊對，如公開專利申請案US2006066855A1中所描述。使用繞射階之暗場成像的基於繞射之疊對度量衡實現對較小目標之疊對量測。此等目標可小於照明光點且可由晶圓上之產品結構環繞。可在諸如US2011102753A1及US20120044470A之眾多公開專利申請案中找到暗場成像度量衡之實例。可使用複合光柵目標在一個影像中量測多個光柵。已知散射計傾向於使用在可見或近IR波範圍內之光，此要求光柵比屬性實際上受到關注之實際產品結構粗略得多。可使用具有短得多之波長之深紫外線(DUV)或極紫外線(EUV)輻射來界定此等產品特徵。不幸地，此等波長通常不可用於或不能用於度量衡。由(例如)非晶碳製成之產品結構可對具有較短波長之輻射不透明。

另一方面，現代產品結構之尺寸如此小以使得其不能藉由光學度量衡技術而成像。舉例而言，小特徵包括藉由多重圖案化程序及間距倍增而形成之特徵。因此，用於大批量度量衡之目標常常使用比疊對

誤差或臨界尺寸為所關注屬性之產品大得多的特徵。量測結果僅與真實產品結構之尺寸間接地相關，且可不準確，此係因為度量衡目標不遭受微影裝置中之光學投影下之相同失真，及/或製造程序之其他步驟中之不同處理。雖然掃描電子顯微法(SEM)能夠直接地解析此等現代產品結構，但SEM之耗時比光學量測之耗時多得多。諸如使用接觸墊來量測電屬性之其他技術亦為吾人所知，但其僅提供真實產品結構之間接跡象。

本發明人已考慮是否可應用與波長與所關注產品結構相當之輻射組合的相干繞射成像(CDI)之技術以量測器件結構之屬性。CDI亦被稱為無透鏡成像，此係因為無需實體透鏡或鏡面來聚焦物件之影像。自經捕捉光場合成地計算所要影像。CDI之特定實例被稱為單次曝光成像(ankylography)，其提供根據單次捕捉來判定3-D結構之屬性的可能性。為此，獲得輻射場之影像，其已由物件(例如，藉由微影而製成之微結構)繞射。文獻中考慮不同類型之先前資訊，其允許擷取相位資訊，使得可重新建構物件，即使僅在強度方面捕捉輻射場(揭露輻射場之量值而非其相位)亦如此。描述在EUV波長下之單次曝光成像的文獻包括：E. Osherovich等人在<http://arxiv.org/abs/1203.4757>之文章「Designing and using prior data in Ankylography: Recovering a 3D object from a single diffraction intensity pattern」；及E.Osherovich之PhD論文「Numerical methods for phase retrieval」，Technion, Israel - Computer Science Department - Ph.D. Thesis PHD-2012-04 - 2012)。K S Raines等人在信件「Ankylography: Three-Dimensional Structure Determination from a Single View」中描述其他途徑，該信件公開於

Nature 463中，214-217(2010年1月14日)，doi:10.1038/nature08705，且Jianwei (John) Miao在相關簡報中描述其他途徑，KITP Conference on X-ray Science in the 21st Century, UCSB，2010年8月2日至6日(可在<http://online.kitp.ucsb.edu/online/atomixrays-c10/miao/>處得到)。描述在EUV波長下之無透鏡成像的另一PhD論文為M.W. Zürich之「High-Resolution Extreme Ultraviolet Microscopy」，Springer Theses, DOI 10.1007/978-3-319-12388-2\_1。CDI之另一實例為疊層成像(ptychography)，其描述於(例如)Phase Focus Limited公司及University of Sheffield之公開專利申請案US 2010241396及美國專利7,792,246、8,908,910、8,917,393、8,942,449、9,029,745中。在疊層成像中，運用在順次捕捉之間稍微移動之照明場自複數個經捕捉影像擷取相位資訊。照明場之間的重疊允許相位資訊及3-D影像之重新建構。亦可考慮其他類型之CDI。

不幸地，文獻中所採用之約束類型(先驗知識)不能容易地應用於所關注產品結構。

#### 【發明內容】

本發明旨在提供一種用於執行上文所描述之類型之量測的替代性檢測裝置及方法。

根據本發明之一第一態樣，提供一種用於量測一產品結構之屬性之檢測裝置，該裝置包含一輻射源及與一照明光學系統組合之一影像偵測器，其中該輻射源及該照明光學系統經配置以在該產品結構上提供一輻射光點，該輻射具有小於50奈米之一波長，且其中該影像偵測器經配置以捕捉由該輻射在由該產品結構散射之後形成之至少一個繞

射圖案，且其中該檢測裝置進一步包含一處理器，該處理器經配置以進行以下操作：(i)接收表示該經捕捉繞射圖案之影像資料；(ii)接收描述該產品結構之經假定結構特徵之參考資料；及(iii)自該影像資料及該參考資料計算該產品結構之一或多個屬性。

此裝置可用以執行所謂的「無透鏡」成像。此避免與提供用於較短波長之成像光學件相關聯的困難。所獲得且用以量測該結構之屬性之影像可被稱為「合成影像」，此係因為其從未存在於實體世界中：其僅作為資料而存在且係藉由自表示散射輻射場之資料之計算予以獲得。

本發明人已判定可以不同方式使用不同類型之先驗知識而將相干繞射成像技術應用於複雜的大量器件結構之檢測。在本發明之實施例中，使用標稱結構之先驗知識，其表示(例如)如所設計之產品結構。在使用此先驗知識連同由真實結構繞射之輻射之經捕捉影像的情況下，可執行諸如單次曝光成像或疊層成像之CDI技術以重新建構與標稱結構之偏差。在標稱結構為(例如)「如所設計」之器件結構的情況下，經重新建構偏差可直接地表示所關注參數，諸如CD誤差及疊對。

本發明進一步提供一種量測一產品結構之屬性之方法，該方法包含以下步驟：

(a)在該產品結構上提供一輻射光點，該輻射具有小於50奈米之一波長；

(b)捕捉由該輻射在由該產品結構散射之後形成之至少一個繞射圖案；

(c)接收描述該產品結構之經假定結構特徵之參考資料；及

(d)自該影像資料及該參考資料計算該產品結構之一或多個屬性。

本發明又進一步提供一種製造器件之方法，其中藉由一微影程序而在一系列基板上形成產品結構，其中藉由如上文所陳述的根據本發明之一方法來量測一或多個經處理基板上之該等產品結構之屬性，且其中使用該等經量測屬性以調整該微影程序之參數以用於另外基板之處理。

本發明又進一步提供一種電腦程式產品，其含有用於實施如上文所陳述的根據本發明之一方法中之計算步驟的機器可讀指令之一或多個序列。

將根據對例示性實施例之以下描述及圖式之考慮而瞭解本文中所揭示之裝置及方法之此等及其他態樣及優點。

#### 【圖式簡單說明】

現在將參考隨附示意性圖式而僅作為實例來描述本發明之實施例，在該等圖式中，對應參考符號指示對應部分，且在該等圖式中：

圖1描繪微影裝置；

圖2描繪可供使用根據本發明之檢測裝置的微影製造單元(cell)或叢集(cluster)；

圖3示意性地說明在週期性區域及非週期性區域中具有標稱形式之產品結構；

圖4示意性地說明用於量測圖3之產品結構之偏差的檢測裝置；

圖5(未按比例)說明繞射角至用於圖4之裝置中之平面偵測器上之

像素的映射；

圖6(包含圖6之(a)、圖6之(b)、圖6之(c)及圖6之(d))說明實例非週期性產品結構之製造中之步驟(a)至(c)，及(d)可出現於真實產品結構中之偏差；

圖7示意性地說明使用(例如)圖4之裝置來量測根據本發明之一實施例之目標結構之屬性的方法；且

圖8說明使用圖7之方法來控制微影製造程序。

### 【實施方式】

在詳細地描述本發明之實施例之前，有指導性的是呈現可供實施本發明之實施例的實施環境。

圖1示意性地描繪微影裝置LA。該裝置包括：照明系統(照明器)IL，其經組態以調節輻射光束B(例如，UV輻射或DUV輻射)；圖案化器件支撐件或支撐結構(例如，光罩台)MT，其經建構以支撐圖案化器件(例如，光罩)MA，且連接至經組態以根據某些參數來準確地定位該圖案化器件之第一定位器PM；兩個基板台(例如，晶圓台)WTa及WTb，其各自經建構以固持基板(例如，抗蝕劑塗佈晶圓)W，且各自連接至經組態以根據某些參數來準確地定位該基板之第二定位器PW；及投影系統(例如，折射投影透鏡系統)PS，其經組態以將由圖案化器件MA賦予至輻射光束B之圖案投影至基板W之目標部分C(例如，包括一或多個晶粒)上。參考框架RF連接各種組件，且充當用於設定及量測圖案化器件及基板之位置以及圖案化器件及基板上之特徵之位置的參考。

照明系統可包括用於導向、塑形或控制輻射的各種類型之光學組

件，諸如折射、反射、磁性、電磁、靜電或其他類型之光學組件，或其任何組合。舉例而言，在使用極紫外線(EUV)輻射之裝置中，通常將使用反射光學組件。

圖案化器件支撐件以取決於圖案化器件之定向、微影裝置之設計及其他條件(諸如圖案化器件是否被固持於真空環境中)的方式來固持圖案化器件。圖案化器件支撐件可使用機械、真空、靜電或其他夾持技術以固持圖案化器件。圖案化器件支撐件MT可為(例如)框架或台，其可根據需要而固定或可移動。圖案化器件支撐件可確保圖案化器件(例如)相對於投影系統處於所要位置。

本文中所使用之術語「圖案化器件」應被廣泛地解譯為係指可用以在輻射光束之橫截面中向輻射光束賦予圖案以便在基板之目標部分中產生圖案的任何器件。應注意，舉例而言，若被賦予至輻射光束之圖案包括相移特徵或所謂的輔助特徵，則該圖案可不確切地對應於基板之目標部分中之所要圖案。通常，被賦予至輻射光束之圖案將對應於目標部分中所產生之器件(諸如積體電路)中之特定功能層。

如此處所描繪，該裝置屬於透射類型(例如，使用透射圖案化器件)。替代地，該裝置可屬於反射類型(例如，使用如上文所提及之類型之可程式化鏡面陣列，或使用反射光罩)。圖案化器件之實例包括光罩、可程式化鏡面陣列，及可程式化LCD面板。可認為本文中對術語「比例光罩」或「光罩」之任何使用皆與更一般之術語「圖案化器件」同義。術語「圖案化器件」亦可被解譯為係指以數位形式儲存用於控制此可程式化圖案化器件之圖案資訊的器件。

本文中所使用之術語「投影系統」應被廣泛地解譯為涵蓋適於所

使用之曝光輻射或適於諸如浸潤液體之使用或真空之使用之其他因素的任何類型之投影系統，包括折射、反射、反射折射、磁性、電磁及靜電光學系統，或其任何組合。可認為本文中對術語「投影透鏡」之任何使用皆與更一般之術語「投影系統」同義。

微影裝置亦可屬於如下類型：其中基板之至少一部分可由具有相對高折射率之液體(例如，水)覆蓋，以便填充投影系統與基板之間的空間。亦可將浸潤液體施加至微影裝置中之其他空間，例如，光罩與投影系統之間的空間。浸潤技術在此項技術中被熟知用於增加投影系統之數值孔徑。

在操作中，照明器IL自輻射源SO接收輻射光束。舉例而言，當源為準分子雷射時，源及微影裝置可為分離的實體。在此等狀況下，不認為源形成微影裝置之部分，且輻射光束係憑藉包括(例如)合適導向鏡面及/或光束擴展器之光束遞送系統BD而自源SO傳遞至照明器IL。在其他狀況下，舉例而言，當源為水銀燈時，源可為微影裝置之整體部分。源SO及照明器IL連同光束遞送系統BD(在需要時)可被稱作輻射系統。

照明器IL可(例如)包括用於調整輻射光束之角強度分佈之調整器AD、積光器IN，及聚光器CO。照明器可用以調節輻射光束，以在其橫截面中具有所要均一性及強度分佈。

輻射光束B入射於被固持於圖案化器件支撐件MT上之圖案化器件MA上，且係由該圖案化器件圖案化。在已橫穿圖案化器件(例如，光罩)MA的情況下，輻射光束B傳遞通過投影系統PS，投影系統PS將該光束聚焦至基板W之目標部分C上。憑藉第二定位器PW及位置感測器

IF(例如，干涉量測器件、線性編碼器、2-D編碼器或電容式感測器)，可準確地移動基板台WTa或WTb，例如，以便使不同目標部分C定位於輻射光束B之路徑中。相似地，第一定位器PM及另一位置感測器(其未在圖1中被明確地描繪)可用以(例如)在自光罩庫之機械擷取之後或在掃描期間相對於輻射光束B之路徑來準確地定位圖案化器件(例如，光罩)MA。

可使用光罩對準標記M1、M2及基板對準標記P1、P2來對準圖案化器件(例如，光罩)MA及基板W。儘管如所說明之基板對準標記佔據專用目標部分，但該等標記可位於目標部分之間的空間中(此等標記被稱為切割道對準標記)。相似地，在多於一個晶粒被提供於圖案化器件(例如，光罩)MA上的情形中，光罩對準標記可位於該等晶粒之間。小對準標記亦可包括於器件特徵當中之晶粒內，在此狀況下，需要使標記物儘可能地小且無需與鄰近特徵不同的任何成像或程序條件。下文進一步描述偵測對準標記物之對準系統。

可在多種模式中使用所描繪裝置。在掃描模式中，在將被賦予至輻射光束之圖案投影至目標部分C上時，同步地掃描圖案化器件支撐件(例如，光罩台)MT及基板台WT(亦即，單次動態曝光)。可藉由投影系統PS之放大率(縮小率)及影像反轉特性來判定基板台WT相對於圖案化器件支撐件(例如，光罩台)MT之速度及方向。在掃描模式中，曝光場之最大的大小限制單次動態曝光中之目標部分之寬度(在非掃描方向上)，而掃描運動之長度判定目標部分之高度(在掃描方向上)。如在此項技術中所熟知，其他類型之微影裝置及操作模式係可能的。舉例而言，步進模式為吾人所知。在所謂的「無光罩」微影

中，使可程式化圖案化器件保持靜止，但具有改變之圖案，且移動或掃描基板台WT。

亦可使用對上文所描述之使用模式之組合及/或變化或完全不同之使用模式。

微影裝置LA屬於所謂的雙載物台類型，其具有兩個基板台WTa、WTb以及兩個站—曝光站EXP及量測站MEA—在該兩個站之間可交換該等基板台。在曝光站處曝光一個基板台上之一個基板的同時，可在量測站處將另一基板裝載至另一基板台上且進行各種預備步驟。此使裝置之產出率能夠實質上增加。預備步驟可包括使用位階感測器LS來映射基板之表面高度輪廓，及使用對準感測器AS來量測基板上之對準標記物之位置。若位置感測器IF在基板台處於量測站以及處於曝光站時不能夠量測基板台之位置，則可提供第二位置感測器以使用能夠在兩個站處追蹤基板台相對於參考框架RF之位置。代替所展示之雙載物台配置，其他配置為吾人所知且可用。舉例而言，提供基板台及量測台之其他微影裝置為吾人所知。此等基板台及量測台在執行預備量測時銜接在一起，且接著在基板台經歷曝光時不銜接。

如圖2所展示，微影裝置LA形成微影製造單元LC(有時亦被稱作微影製造單元(lithocell)或叢集)之部分，微影製造單元LC亦包括用以對基板執行曝光前程序及曝光後程序之裝置。習知地，此等裝置包括用以沈積抗蝕劑層之旋塗器SC、用以顯影經曝光抗蝕劑之顯影器DE、冷卻板CH，及烘烤板BK。基板處置器或機器人RO自輸入/輸出埠I/O1、I/O2拾取基板，在不同程序裝置之間移動基板，且接著將基板遞送至微影裝置之裝載匣LB。常常被集體地稱作塗佈顯影系統

(track)之此等器件係在塗佈顯影系統控制單元TCU之控制下，塗佈顯影系統控制單元TCU自身受到監督控制系統SCS控制，監督控制系統SCS亦經由微影控制單元LACU而控制微影裝置。因此，可操作不同裝置以最大化產出率及處理效率。

為了正確地且一致地曝光由微影裝置曝光之基板，需要檢測經曝光基板以量測諸如後續層之間的疊對誤差、線厚度、臨界尺寸(CD)等等之屬性。因此，經定位有微影製造單元LC之製造設施亦包括度量衡系統MET，度量衡系統MET收納已在微影製造單元中處理之基板W中之一些或全部。將度量衡結果直接地或間接地提供至監督控制系統SCS。若偵測到誤差，則可對後續基板之曝光進行調整。

在度量衡系統MET內，使用檢測裝置以判定基板之屬性，且尤其判定不同基板或同一基板之不同層之屬性如何在不同層間變化。檢測裝置可整合至微影裝置LA或微影製造單元LC中，或可為單機器件。為了實現最快速量測，可需要使檢測裝置緊接地在曝光之後量測經曝光抗蝕劑層中之屬性。然而，並非所有檢測裝置皆具有足夠敏感度以對潛影進行有用量測。因此，可在曝光後烘烤步驟(PEB)之後採取量測，曝光後烘烤步驟(PEB)通常為對經曝光基板所進行之第一步驟且增加抗蝕劑之經曝光部分與未經曝光部分之間的對比度。在此階段，抗蝕劑中之影像可被稱作半潛像(semi-latent)。亦有可能對經顯影抗蝕劑影像進行量測—此時已移除抗蝕劑之經曝光或未經曝光部分。又，已經曝光之基板可被剝離及重工以改良良率，或被捨棄，藉此避免對已知為有缺陷之基板執行進一步處理。在基板之僅一些目標部分有缺陷的狀況下，可僅對良好的彼等目標部分執行進一步曝光。

運用度量衡系統MET之度量衡步驟亦可在抗蝕劑圖案已被蝕刻至產品層中之後完成。後一可能性限制重工有缺陷之基板的可能性，但可提供關於製造程序之整體效能之額外資訊。

圖3說明可經受由度量衡系統MET進行之量測之產品結構的特性。將假定已使用上文關於圖1及圖2所描述之類型之系統而藉由光學微影來形成產品結構。本發明適用於藉由任何技術(然而，不僅僅為光學微影)而形成之微結構之量測。基板W具有形成於目標部分C中之產品結構，目標部分C可對應於(例如)微影裝置之場。在每一場內，可界定數個器件區域D，每一器件區域D對應於(例如)一單獨積體電路晶粒。

在每一器件區域D內，藉由微影處理而形成之產品結構經配置以形成功能電子組件。所說明之產品可(例如)包含DRAM記憶體晶片。其可在每一方向上具有若干毫米之尺寸。該產品包含數個記憶體陣列區域302，及數個邏輯區域304。在記憶體陣列區域302內，子區域306包含記憶體胞元結構之個別陣列。在此等子區域內，產品結構可為週期性的。在使用已知重新建構技術的情況下，可出於量測目的而採用此週期性。另一方面，在邏輯區域304中，該結構可包含以非週期性方式而配置之短柱結構(stub-structure)。習知重新建構技術不適合於此等結構，且本發明特別地應用無透鏡成像以在此等非週期性區域中實現度量衡。

在圖3之右側，展示週期性產品結構306之小部分(僅平面圖)及非週期性結構304之小部分(平面圖及橫截面)。再次，該週期性結構可為DRAM記憶體胞元陣列之週期性結構，但僅出於實例起見而被使

用。在實例結構中，形成字線308及位元線310之導體貫穿週期性結構而在X及Y方向上延伸。字線之間距被標記為 $P_w$ ，且位元線之間距被標記為 $P_b$ 。此等間距中之每一者可為(例如)數十奈米。作用區域312之陣列以傾斜定向而形成於字線及位元線下方。作用區域係由線特徵之陣列形成，但在部位312a處被切割以被縱向地劃分。可(例如)使用切割光罩而藉由微影步驟來進行切割，在314處以點線外形所展示。形成作用區域312之程序因此為多重圖案化程序之實例。位元線接點316形成於諸部位處以連接每一位元線310與其下方之作用區域312。熟習此項技術者將瞭解，實例產品結構中所展示的不同類型之特徵在Z方向上分離，該等特徵在微影製造程序期間形成於順次層中。

圖3中之右側亦展示非週期性產品結構304之部分，該部分可為DRAM產品之邏輯區域之部分，僅僅作為實例。此結構可包含(例如)作用區域320及導體322、324。僅在平面圖中示意性地展示導體。在橫截面中可看出，作用區域320形成於底部層326中，導體322形成於中間層328中，且導體324形成於頂部層330中。術語「頂部層」係指圖解中所展示之製造狀態，其可或可不為成品中之頂部層。形成接點332以在所要點處互連導體322及324。

經製造器件之最終效能關鍵地取決於產品結構之各種特徵經由微影及其他處理步驟之定位及定尺寸的準確度。雖然圖3展示理想或標稱產品結構304及306，但藉由真實的不完美的微影程序而製成之產品結構將產生稍微不同的結構。下文將參考圖6來說明不完美的產品結構。

疊對誤差可造成不完美地發生或在錯誤地點發生切割、接觸或其

他修改。尺寸(CD)誤差可造成切口太大或太小(在極端狀況下，錯誤地切割相鄰線，或未能完全地切割預期柵格線)。器件之效能可受到微影效能之其他參數影響，諸如CD均一性(CDU)、線邊緣粗糙度(LER)及其類似者。出於上文所提及之原因，需要直接地對此等結構執行度量衡以針對CD、疊對及其類似者來判定微影程序之效能。

為了對邏輯區域304中之產品結構之區段執行度量衡，指示輻射光點S。在使用上文所提及之實例DRAM結構的情況下，光點直徑可為(例如)10微米或更小。

圖4以示意性形式說明用於圖2之度量衡系統MET中之檢測裝置400。此裝置用於以在極UV(EUV)及軟x射線(SXR)範圍內之波長實施所謂的無透鏡成像。舉例而言，所使用之輻射可處於小於50奈米(視情況小於20奈米，或甚至小於5奈米或小於2奈米)之經選擇波長。

檢測裝置400包含EUV輻射源402、照明光學系統404、基板支撐件406、偵測器408及處理器410。源402包含(例如)基於高階諧波產生(HHG)技術之EUV輻射產生器。此等源可購自(例如)美國Boulder Colorado之KMLabs(<http://www.kmlabs.com/>)。輻射源之主組件為泵雷射420及HHG氣胞422。氣體供應件424將合適氣體供應至氣胞，其中該合適氣體視情況由電源426離子化。泵雷射可為(例如)具有光學放大器的基於光纖之雷射，其產生每脈衝持續小於1 ns(1奈秒)之紅外線輻射之脈衝，其中脈衝重複率根據需要而高達若干百萬赫茲。波長可為(例如)大約1  $\mu\text{m}$ (1微米)。雷射脈衝作為第一輻射光束428而遞送至HHG氣胞422，其中將輻射之部分轉換為較高頻率，第一輻射被轉換成包括具有所要EUV波長之相干輻射之光束430。出於相干繞射成像

之目的之輻射應空間上相干，但其可含有多個波長。若該輻射亦為單色的，則可簡化無透鏡成像計算，但在運用**HHG**的情況下較易於產生具有若干波長之輻射。此等情形為設計選擇之事情，且甚至可為同一裝置內之可選擇選項。可提供一或多個濾光器件**432**。舉例而言，諸如鋁(**Al**)薄膜之濾光器可用以截斷基本**IR**輻射以免進一步傳遞至檢測裝置中。可提供光柵以自氣胞中產生之波長當中選擇一或多個特定諧波波長。可在真空環境內含有光束路徑中之一些或全部，應記住，所要**EUV**輻射在空氣中行進時會被吸收。輻射源**402**及照明光學件**404**之各種組件可為可調整的以在同一裝置內實施不同度量衡「配方」。舉例而言，可使不同波長及/或偏振為可選擇的。

對於大批量製造應用，合適源之選擇將由成本及硬體大小指導，不僅僅由理論能力指導，且此處選擇**HHG**源作為實例。原則上可應用的其他類型之源亦係可用的或在開發中。實例為同步加速器源及自由電子雷射(**FEL**)源。取決於在檢測中之結構之材料，不同波長可提供所要位準的至較低層中之穿透，以用於內埋式結構之成像。舉例而言，可使用高於**4**奈米或**5**奈米之波長。可使用高於**12**奈米之波長，此係因為此等波長展示尤其通過矽材料之較強穿透，且可自明亮精巧的**HHG**源得到。舉例而言，可使用在**12**奈米至**16**奈米範圍內之波長。替代地或另外，可使用亦展現良好穿透之較短波長。舉例而言，到實務源變得可用時，可使用短於**2**奈米之波長。因此可考慮在高於**0.1**奈米且低於**50**奈米之範圍內之波長，包括(例如)**1**奈米至**2**奈米之範圍。該裝置可為單機器件，或併入於微影裝置**LA**或微影製造單元**LC**中。其亦可整合於微影製造設施之其他裝置(諸如蝕刻工具)中。當然，該裝

置可結合諸如散射計及SEM裝置之其他裝置而使用，作為較大度量衡系統之部分。

自輻射源402，經濾光光束430進入檢測腔室440，其中包括產品結構之基板W係由基板支撐件406固持以供檢測。產品結構被標註為304，此指示該裝置經特定地調適以用於對非週期性結構(諸如圖3所展示之產品之邏輯區域304)進行度量衡。檢測腔室440內之氛圍係由真空泵442維持為接近真空，使得EUV輻射可在無不當衰減的情況下傳遞通過該氛圍。照明光學件404具有將輻射聚焦成經聚焦光束444之功能，且可包含(例如)二維彎曲鏡面或一系列一維彎曲鏡面。當投影至產品結構上時，執行聚焦以達成直徑為大約10微米之圓形光點。基板支撐件406包含(例如)X-Y平移載物台446及旋轉載物台448，藉由X-Y平移載物台446及旋轉載物台448，可使基板W之任何部分在所要定向上到達光束444之焦點。因此，輻射光點S形成於所關注結構上。亦可提供基板在一或多個維度上之傾斜。為了輔助光點S與所要產品結構之對準及聚焦，輔助光學件450在處理器之控制下使用輔助輻射452。

偵測器408捕捉由產品結構306'遍及在兩個維度上之角度 $\theta$ 之範圍而散射的輻射460。鏡面射線462表示輻射之「直通式(straight through)」部分。此鏡面射線可視情況由光闌(圖中未繪示)阻擋，或傳遞通過偵測器408中之孔徑。在一實務實施中，可拍攝及組合具有及不具有中心光闌之影像以獲得繞射圖案之高動態範圍(HDR)影像。繞射角之範圍可經標繪於假想球464上，假想球464在此項技術中被稱為伊瓦球(Ewald sphere)，而偵測器408之表面將較適宜地平坦。偵測

器408可為(例如)包含像素陣列之CCD影像偵測器。

圖5(未按比例)說明繞射角(及因此，伊瓦球464上之點)至平面偵測器408上之像素的映射。像素陣列之維度係以偽透視表示而被標註為U、V。繞射輻射460係在界定伊瓦球464之中心之點處由樣本產品結構偏轉。繞射輻射之兩個射線460a及460b係由產品結構以相對於鏡面射線462之各別角度 $\theta$ 而散射。每一射線460a、460b傳遞通過(假想)伊瓦球上之一點，射線460a、460b照射於偵測器408之(實際)U-V平面中之特定點上，其中射線460a、460b係由對應像素偵測器偵測。在知道檢測腔室內之裝置之幾何形狀的情況下，處理器410能夠將由偵測器408捕捉之影像之像素位置映射至伊瓦球462上之角位置。出於方便起見，使反射輻射之鏡面部分462與圖解中之水平方向及垂直於偵測器408之平面之方向對準，但可選擇任何座標系統。因此，可將偵測器408上之徑向距離r映射至角度 $\theta$ 。第二角座標 $\phi$ 表示在圖解之平面外之偏轉，且亦可自偵測器上之位置被映射。此繪示中僅展示 $\phi=0$ 之射線，其對應於偵測器上之線466上之像素。

返回至圖4，將像素資料466自偵測器408傳送至處理器410。在使用無透鏡成像的情況下，可自影像偵測器上捕捉之繞射圖案重新建構目標之3-D影像(模型)。自經重新建構影像，由處理器410計算諸如疊對及CD之偏差之量測，且將該等量測遞送至微影製造設施之操作者及控制系統。應注意，處理器410原則上可遠離於光學硬體及檢測腔室。可在本端處理單元與遠端處理單元之間劃分處理器之功能，而不脫離本文中所揭示之原理。舉例而言，本端處理器可控制該裝置以自一或多個基板上之一或多個產品結構捕捉影像，而遠端處理器處理像

素資料以獲得該結構之量測。同一處理器或又一處理器可形成監督控制系統SCS或微影裝置控制器LACU之部分且使用該等量測以改良未來基板上之效能。

無透鏡成像之特定實例被稱為單次曝光成像，其提供根據單次捕捉來判定3-D結構之屬性的可能性。為此，獲得輻射場之影像，其已由物件(例如，藉由微影而製成之微結構)繞射。文獻中考慮不同類型之先前資訊，其允許擷取相位資訊，使得可重新建構物件，即使僅在強度方面捕捉輻射場(揭露輻射場之量值而非其相位)亦如此。

在 E. Osherovich 等人在 <http://arxiv.org/abs/1203.4757> 之文章「Designing and using prior data in Ankylography: Recovering a 3D object from a single diffraction intensity pattern」中，自 $128 \times 128 \times 128$ 立體像素(voxel)之空間之影像重新建構分子。(立體像素為3維影像(模型)之最小元素，亦即，2維影像中之像素之體積等效者)。藉由在樣本附近之已知位置處鑽出微小孔來修改該樣本而引入先驗知識。

在他的PhD論文「Numerical methods for phase retrieval」中，作者Osherovich揭示可經應用以輔助相位擷取的其他類型之先驗知識(Technion, Israel - Computer Science Department - Ph.D. Thesis PHD-2012-04 - 2012)。此等其他類型之先驗知識包括(例如)物件位於其他稀疏影像場內之一組限定部位處的資訊，及自由顯微鏡捕捉的同一物件之模糊影像導出的資訊。

K S Raines 等人在信件「Ankylography: Three-Dimensional Structure Determination from a Single View」中描述其他途徑，該信件公開於 Nature 463 中，214-217(2010年1月14日)，

doi:10.1038/nature08705。Jianwei (John) Miao在投影片放映中描述同一作品，KITP Conference on X-ray Science in the 21st Century, UCSB，2010年8月2日至6日，可在<http://online.kitp.ucsb.edu/online/atomixrays-c10/miao/>處得到。

所描述技術使用波長與藉由現代半導體微影技術而製成之最小特徵相當之輻射，本發明人已考慮是否可應用包括(例如)單次曝光成像及疊層成像之無透鏡成像技術以量測器件結構之屬性，該等器件結構對於藉由可見光散射量測進行量測具挑戰性。不幸地，文獻中所採用之約束類型(先驗知識)不能容易地應用於所關注器件結構。半導體記憶體器件在其他稀疏環境中並非經隔離結構。不實務的是在此產品中鑽出小孔，此係不僅因為如此做將會損毀功能器件，而且因為想要可在大批量製造期間的幾分之一秒內執行之量測技術。

本發明人已判定可以不同方式使用不同類型之先驗知識而將相干繞射成像應用於複雜的大量器件結構之檢測。在本發明之實施例中，使用標稱結構之先驗知識，其表示(例如)如所設計之器件結構。在使用此先驗知識連同所觀測之繞射輻射的情況下，接著執行CDI以重新建構與標稱結構之偏差。在標稱結構為(例如)「如所設計」之器件結構的情況下，經重新建構偏差可直接地表示所關注參數，諸如CD誤差及疊對。

圖6說明使用多重圖案化程序在產品結構500中生產層時之步驟。該結構包含導體之長度，諸如可形成於圖3所展示之邏輯區域304內之一個層中。在步驟(a)中，藉由在微影步驟512中且接著在自對準間距倍增程序514中使用柵格光罩510而形成導體502、504、506、508之週

期性柵格。在(b)處，在第二微影步驟522中且接著在蝕刻步驟524中使用第一切割光罩520。如所展示，在導體502、506、508中之特定部位處產生切口526、528、530，從而將導體502、506、508分離成單獨導體502a、502b等等。在(c)處，在第三微影步驟542中且接著在蝕刻步驟544中使用第二切割光罩540。如所展示，在導體504、506中之特定部位處產生切口546、548，從而將導體504、506分離成單獨導體504a、504b等等。

在步驟(c)中之500處，展示導體之成品圖案，此係因為：若在完美對準及完美成像的情況下執行微影步驟512、522、542且亦完美地執行蝕刻及其他步驟514、524、544，則將產生該成品圖案。當然，如已經提及，藉由此等步驟而產生之真實產品結構可偏離500處所展示之形式。圖6之(d)展示此真實產品結構500'。真實結構中之導體502a'及502b'略薄於標稱結構中之導體，此係由CD誤差 $\Delta CD$ 指示。真實產品結構中之切口526'、528'及530'相對於其在標稱產品結構中之位置向右位移，此係由疊對誤差 $\Delta x$ 指示。真實產品結構中之切口546'及548'略向上位移，此係由疊對誤差 $\Delta y$ 指示。

當然，此等誤差並非可存在於真實產品結構中之僅有誤差。此外，此等誤差之量值可橫越基板而變化，且可在每一場內變化。因此，需要橫越基板之若干場處及場內之若干點處之真實產品結構上之此等誤差之量測以獲得用於品質控制及程序改良之資料。

將看出，儘管產品結構500在此實例中係基於週期性柵格，但其在該程序結束時不為週期性的。由度量衡裝置看到之產品結構可包含數百個柵格線及數千個切口。用於此等結構之度量衡中之現有重新建

構方法經設計以在該結構中採用週期性，如在DRAM胞元區域306中所看到。現有重新建構方法未經調適以量測非週期性結構(比如306及500處所展示之非週期性結構)中之CD及疊對誤差。

圖7說明使用圖4之裝置以量測圖3所展示之產品結構500'之屬性的完整量測程序。該程序係藉由圖式中所說明之硬體之操作結合在合適軟體(程式指令)之控制下操作之處理器410予以實施。如上文所提及，可在同一處理器中執行或可在不同專用處理器之間劃分如下功能：(i)控制硬體之操作，及(ii)處理影像資料466。甚至無需在同一裝置中或甚至無需在同一地區中執行影像資料之處理。

在602處，使用基板支撐件406之致動器將產品結構500'呈現至檢測腔室440中之輻射光點S。此為(例如)圖6所說明之產品結構500'，其可為圖3所說明之產品之邏輯區域304內之小區域。在604處將輻射源402及偵測器408操作一或多次以捕捉至少一個強度分佈影像606s6。在正使用單次曝光成像的情況下，單一影像可為足夠的。在使用疊層成像的情況下，可捕捉兩個或多於兩個影像，其中有移位，但與光點S重疊。在輻射源產生每秒數千個脈衝之EUV輻射的情況下，單一經捕捉影像可(例如)自許多脈衝累積光子。亦接收輔助資料(後設資料)608，其界定與每一影像相關聯之裝置之操作參數，例如，照明波長、偏振及其類似者。可與每一影像一起接收此後設資料，或針對一組影像提前界定及儲存該後設資料。

亦接收或先前儲存來自資料庫610之參考資料。在本實例中，參考資料612表示標稱結構500之至少一些特徵，真實器件結構500'被推測為符合標稱結構500。參考資料可(例如)包含標稱結構之參數化描

述。其可(例如)包含一層中之每一特徵之路徑、線寬、線高。其可包含多於一個層之參數化描述。

自經接收影像資料606、後設資料608及參考資料612，處理器PU在614處執行相干繞射成像計算。此等計算包括(例如)輻射與結構之間的互動之反覆模擬，此係在使用標稱產品結構之知識以約束該等模擬的情況下進行。在使用此先驗知識的情況下，可達成相位擷取，即使經捕捉影像僅為繞射圖案之強度亦如此。舉例而言，可執行步驟614處之計算以計算真實產品結構之合成3維影像616，此係因為：若由真實成像光學系統將真實產品結構聚焦至影像感測器上，則將看到真實產品結構。替代地或另外，可執行該計算以遞送表示在612處所表示之標稱產品結構與真實產品結構306'之間的差異之3維差異或「差量(delta)」影像618。

步驟614之詳細實施可基於以上參照案中所揭示之無透鏡成像技術，其經調適以將參考資料612用作先驗知識。儘管此等影像616及618之表示在本圖式中為二維，但將理解，該方法可產生三維影像，使得可解析產品結構之不同層中之特徵。儘管該等表示展示同一影像中之產品結構之所有特徵，但用於其他計算之選項將係遞送單獨影像中之每一組特徵，例如，使用先驗知識以提取僅位元線接點之影像。

在620處，進行計算以遞送所關注的任何參數：在X及Y方向上的不同特徵相對於其他特徵之疊對、某些特徵之CD、CD均一性、線邊緣粗糙度等等。純粹地作為實例，參數 $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 及 $\Delta CD$ 在圖7中被展示為輸出。效能參數之計算亦可使用來自設計資料庫610及度量衡配方608之資訊。

針對所有所關注結構重複所說明之程序。應注意，該程序之計算部分可在時間及空間上與影像捕捉分離。該等計算無需即時完成，但即時完成當然將合乎需要。僅在604處的影像之捕捉需要基板之存在，且因此僅彼步驟影響微影製造程序之總體生產力產出率。

可藉由如下操作來改良使用微影程序來製造器件之方法：提供如本文中所揭示之檢測裝置；使用檢測裝置以量測經處理基板以量測微影程序之效能參數；及調整程序之參數以改良或維持微影程序之效能以用於後續基板之處理。

圖8說明使用上文所描述之無透鏡成像方法來控制微影製造設施(諸如圖1及圖2所展示之微影製造設施)之一般方法。在702處，在設施中處理基板以在諸如半導體晶圓之基板上產生一或多個產品結構306'。該等結構可分佈於橫越晶圓之不同部位處。該等結構可為功能器件之部分，或其可為專用度量衡目標。在704處，使用圖5之方法以量測橫越晶圓之部位處之結構之屬性。在706處，基於步驟704中所報告之量測來更新用於控制微影裝置及/或其他處理裝置之配方。舉例而言，該等更新可經設計以校正藉由無透鏡成像而識別的與理想效能之偏差。效能參數可為任何所關注參數。典型的所關注參數可為(例如)線寬(CD)、疊對、CD均一性及其類似者。在708處，視情況，可基於步驟704中或來自別處之發現來修訂用於對未來基板執行量測之配方。

藉由本文中所揭示之技術，可對真實產品結構而非出於量測目的而特定地設計及形成之度量衡目標執行成像。使用標稱結構之先驗知識會縮減對實體成像硬體之解析度要求及3-D解析度能力的約束。其

亦規避先驗知識之缺少，諸如稀疏度或經鑽出孔。此外，使用先驗知識亦被預期為縮減準確成像所需要之光子之數目。此有助於縮減獲取時間，且因此輔助大批量製造內容背景中之大批量量測。

與光學系統硬體相關聯地，一實施例可包括一種電腦程式，其含有界定計算合成影像及/或控制檢測裝置400以實施彼等度量衡配方之照明模式及其他態樣之方法的機器可讀指令之一或多個序列。可(例如)在用於影像計算/控制程序之單獨電腦系統中執行此電腦程式。替代地，可全部地或部分地在圖4之裝置中之單元PU及/或圖1及圖2之控制單元LACU內執行計算步驟。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。

儘管上文已特定地參考在光學微影之內容背景中的本發明之實施例之使用，但將瞭解，本發明可用於其他應用中，例如，壓印微影。在壓印微影中，圖案化器件中之構形(topography)界定產生於基板之上圖案。可將圖案化器件之構形壓入被供應至基板之抗蝕劑層中，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，將圖案化器件移出抗蝕劑，從而在其中留下圖案。

特定實施例之前述描述將充分地揭露本發明之一般性質，使得在不脫離本發明之一般概念的情況下，其他人可藉由應用熟習此項技術者所瞭解之知識針對各種應用而易於修改及/或調適此等特定實施例，而無需進行不當實驗。因此，基於本文中所呈現之教示及指導，此等調適及修改意欲在所揭示實施例之等效者的涵義及範圍內。應理解，本文中之措辭或術語係出於(例如)描述而非限制之目的，使得本說明書之術語或措辭待由熟習此項技術者按照該等教示及該指導進行

解譯。

本發明之廣度及範疇不應由上文所描述之例示性實施例中之任一者限制，而應僅根據以下申請專利範圍及其等效者進行界定。

**【符號說明】**

302	記憶體陣列區域
304	邏輯區域/非週期性結構/非週期性產品結構/標稱產品結構
306	子區域/週期性產品結構/標稱產品結構/DRAM胞元區域
306'	產品結構/真實產品結構
308	字線
310	位元線
312	作用區域
312a	部位
314	點線輪廓
320	作用區域
322	導體
324	導體
326	底部層
328	中間層
330	頂部層
332	接點
400	檢測裝置

402	輻射源
404	照明光學系統/照明光學件
406	基板支撐件
408	影像偵測器/偵測器
410	處理器
420	泵雷射
422	HHG氣胞
424	氣體供應件
426	電源
428	第一輻射光束
430	光束
432	濾光器件
440	檢測腔室
442	真空泵
444	光束
446	X-Y平移載物台
448	旋轉載物台
450	輔助光學件
452	輔助輻射
460	輻射
460a	射線
460b	射線
462	鏡面射線/鏡面部分/伊瓦球

464	假想球/伊瓦球
466	線/像素資料/影像資料
500	產品結構/標稱結構
500'	非週期性產品結構/真實產品結構/真實器件結構
502	導體
502a	導體
502a'	導體
502b	導體
502b'	導體
504	導體
504a	導體
504b	導體
506	導體
508	導體
510	柵格光罩
512	微影步驟
514	自對準間距倍增程序/步驟
520	第一切割光罩
522	第二微影步驟
524	蝕刻步驟
526	切口
526'	切口
528	切口

528'	切口
530	切口
530'	切口
540	第二切割光罩
542	第三微影步驟
544	蝕刻步驟
546	切口
546'	切口
548'	切口
602	步驟
604	步驟
606	繞射圖案/影像資料
608	輔助資料/後設資料/度量衡配方
610	資料庫
612	參考資料
614	繞射成像/步驟
616	3維影像
618	3維差異或「差量」影像
620	步驟
702	步驟
704	步驟
706	步驟
708	步驟

$\Delta CD$	參數/CD誤差
$\Delta x$	參數/疊對誤差
$\Delta y$	參數/疊對誤差
$\theta$	角度
$\varphi$	第二角座標
AD	調整器
AS	對準感測器
B	輻射光束
BD	光束遞送系統
BK	烘烤板
C	目標部分
CH	冷卻板
CO	聚光器
D	器件區域
DE	顯影器
EXP	曝光站
I/O1	輸入/輸出埠
I/O2	輸入/輸出埠
IF	位置感測器
IL	照明系統/照明器
IN	積光器
LA	微影裝置
LACU	微影控制單元/微影裝置控制器

LB	裝載匣
LC	微影製造單元
LS	位階感測器
M <sub>1</sub>	光罩對準標記
M <sub>2</sub>	光罩對準標記
MA	圖案化器件
MEA	量測站
MET	度量衡系統
MT	圖案化器件支撐件/支撐結構
P <sub>1</sub>	基板對準標記
P <sub>2</sub>	基板對準標記
P <sub>b</sub>	位元線之間距
PM	第一定位器
PS	投影系統
PW	第二定位器
P <sub>w</sub>	字線之間距
r	徑向距離
RF	參考框架
RO	基板處置器/機器人
S	輻射光點
SC	旋塗器
SCS	監督控制系統
SO	輻射源

TCU	塗佈顯影系統控制單元
W	基板
WTa	基板台
WTb	基板台

## 【發明摘要】

### 【中文發明名稱】

檢測裝置、檢測方法及製造方法

### 【英文發明名稱】

INSPECTION APPARATUS, INSPECTION METHOD AND  
MANUFACTURING METHOD

### 【中文】

本發明提供一種用於量測一非週期性產品結構(500')之屬性之檢測裝置。一輻射源(402)及一影像偵測器(408)在該產品結構上提供一輻射光點(S)。該輻射空間上相干且具有小於50奈米之一波長，例如在12奈米至16奈米或1奈米至2奈米之範圍內。該影像偵測器經配置以捕捉由該輻射在由該產品結構散射之後形成之至少一個繞射圖案(606)。一處理器接收該經捕捉圖案且亦接收描述該產品結構之經假定結構特徵之參考資料(612)。程序使用相干繞射成像(614)以使用該(等)經捕捉繞射圖案及該參考資料來計算該結構之一3-D影像。該相干繞射成像可為(例如)單次曝光成像或疊層成像。該經計算影像偏離該標稱結構，且揭露諸如CD、疊對之屬性。

### 【英文】

An inspection apparatus is provided for measuring properties of a non-periodic product structure (500'). A radiation source (402) and an image detector (408) provide a spot (S) of radiation on the product structure. The radiation is spatially coherent and has a wavelength less than 50 nm, for example in the range 12-16 nm or 1-2 nm. The image detector is arranged to capture at least one diffraction pattern

(606) formed by said radiation after scattering by the product structure. A processor receives the captured pattern and also reference data (612) describing assumed structural features of the product structure. The process uses coherent diffraction imaging (614) to calculate a 3-D image of the structure using the captured diffraction pattern(s) and the reference data. The coherent diffraction imaging may be for example ankylography or ptychography. The calculated image deviates from the nominal structure, and reveals properties such as CD, overlay.

【指定代表圖】

圖7

【代表圖之符號簡單說明】

500'	非週期性產品結構/真實產品結構/真實器件結構
602	步驟
604	步驟
606	繞射圖案/影像資料
608	輔助資料/後設資料/度量衡配方
610	資料庫
612	參考資料
614	繞射成像/步驟
616	3維影像
618	3維差異或「差量」影像
620	步驟
$\Delta CD$	參數/CD誤差
$\Delta x$	參數/疊對誤差
$\Delta y$	參數/疊對誤差

## 【發明申請專利範圍】

### 【第1項】

一種用於量測一產品結構之屬性之檢測裝置，該裝置包含一輻射源及與一照明光學系統組合之一影像偵測器，其中該輻射源及該照明光學系統經配置以在該產品結構上提供一輻射光點，該輻射具有小於50奈米之一波長，且其中該影像偵測器經配置以捕捉由該輻射在由該產品結構散射之後形成之至少一個繞射圖案，且其中該檢測裝置進一步包含一處理器，該處理器經配置以進行以下操作：(i)接收表示該經捕捉繞射圖案之影像資料；(ii)接收描述該產品結構之經假定結構特徵之參考資料；及(iii)自該影像資料及該參考資料計算該產品結構之一或多個屬性。

### 【第2項】

如請求項1之檢測裝置，其中該參考資料指定存在於該產品結構之複數個層中之複數組特徵。

### 【第3項】

如請求項1或2之檢測裝置，其中該參考資料指定該產品結構中之一或多個特徵之標稱尺寸。

### 【第4項】

如請求項1或2之檢測裝置，其中該等經計算屬性包括形成該產品結構之一或多個特徵陣列中之特徵之一線寬。

### 【第5項】

如請求項1或2之檢測裝置，其中該等經計算屬性包括該產品結構之一特徵與該標稱結構中之一對應特徵之間的一位置偏差。

**【第6項】**

如請求項1或2之檢測裝置，其中該等經計算屬性包括該產品結構中之一第一圖案中之特徵與該產品結構中之一第二圖案中之特徵之間的一疊對誤差。

**【第7項】**

如請求項1或2之檢測裝置，其中該輻射源包含一高階諧波產生器及一泵雷射。

**【第8項】**

如請求項1或2之檢測裝置，其包括用於選擇該輻射之一波長之一波長選擇器。

**【第9項】**

如請求項1或2之檢測裝置，其中該輻射源及該照明光學系統經配置以提供具有在1奈米至20奈米之範圍內之一波長之該輻射。

**【第10項】**

如請求項1或2之檢測裝置，其中該照明光學系統可操作以遞送具有小於15微米之一直徑之該輻射光點。

**【第11項】**

一種量測一產品結構之屬性之方法，該方法包含以下步驟：

(a) 在該產品結構上提供一輻射光點，該輻射具有小於50奈米之一波長；

(b) 捕捉由該輻射在由該產品結構散射之後形成之至少一個繞射圖案；

(c) 接收描述該產品結構之經假定結構特徵之參考資料；及

(d)自該影像資料及該參考資料計算該產品結構之一或多個屬性。

**【第12項】**

如請求項11之方法，其中該參考資料指定存在於該產品結構之複數個層中之複數組特徵。

**【第13項】**

如請求項11或12之方法，其中該參考資料指定該產品結構中之一或多個特徵之標稱尺寸。

**【第14項】**

如請求項11或12之方法，其中該等經計算屬性包括形成該產品結構之一或多個特徵陣列中之特徵之一線寬。

**【第15項】**

如請求項11或12之方法，其中該等經計算屬性包括該產品結構之一特徵與該標稱結構中之一對應特徵之間的一位置偏差。

**【第16項】**

如請求項11或12之方法，其中該等經計算屬性包括該產品結構中之一第一圖案中之特徵與該產品結構中之一第二圖案中之特徵之間的一疊對誤差。

**【第17項】**

如請求項11或12之方法，其中該輻射係由包含一高階諧波產生器及一泵雷射之一源產生。

**【第18項】**

如請求項11或12之方法，其包括自由該源產生之波長之一範圍選

擇該經提供輻射之一波長。

**【第19項】**

如請求項11或12之方法，其中該經提供輻射具有小於20奈米之一波長。

**【第20項】**

如請求項11或12之方法，其中該輻射光點具有小於15微米之一直徑。

**【第21項】**

一種製造器件之方法，其中藉由一微影程序而在一系列基板上形成器件特徵及度量衡目標，其中藉由一如請求項11至20中任一項之方法來量測一或多個經處理基板上之該等度量衡目標之屬性，且其中使用該等經量測屬性以調整該微影程序之參數以用於另外基板之處理。

**【第22項】**

一種電腦程式產品，其含有用於實施一如請求項11至20中任一項之方法之該計算步驟的機器可讀指令之一或多個序列。

**【第23項】**

一種電腦程式產品，其含有用於致使一處理器件實施如請求項1至10中任一項之檢測裝置之該處理器的機器可讀指令之一或多個序列。













## 【發明申請專利範圍】

### 【第1項】

一種用於量測一產品結構之屬性之檢測裝置，該裝置包含一輻射源及與一照明光學系統組合之一影像偵測器，其中該輻射源及該照明光學系統經配置以在該產品結構上提供一輻射光點，該輻射具有小於50奈米之一波長，且其中該影像偵測器經配置以捕捉由該輻射在由該產品結構散射之後形成之至少一個繞射圖案，且其中該檢測裝置進一步包含一處理器，該處理器經配置以進行以下操作：(i)接收表示該經捕捉繞射圖案之影像資料；(ii)接收描述該產品結構之經假定結構特徵之參考資料；及(iii)自該影像資料及該參考資料計算該產品結構之一或多個屬性。

### 【第2項】

如請求項1之檢測裝置，其中該參考資料指定存在於該產品結構之複數個層中之複數組特徵。

### 【第3項】

如請求項1或2之檢測裝置，其中該參考資料指定該產品結構中之一或多個特徵之標稱尺寸。

### 【第4項】

如請求項1或2之檢測裝置，其中該等經計算屬性包括形成該產品結構之一或多個特徵陣列中之特徵之一線寬。

### 【第5項】

如請求項1或2之檢測裝置，其中該等經計算屬性包括該產品結構之一特徵與該標稱結構中之一對應特徵之間的一位置偏差。

**【第6項】**

如請求項1或2之檢測裝置，其中該等經計算屬性包括該產品結構中之一第一圖案中之特徵與該產品結構中之一第二圖案中之特徵之間的一疊對誤差。

**【第7項】**

如請求項1或2之檢測裝置，其中該輻射源包含一高階諧波產生器及一泵雷射。

**【第8項】**

如請求項1或2之檢測裝置，其包括用於選擇該輻射之一波長之一波長選擇器。

**【第9項】**

如請求項1或2之檢測裝置，其中該輻射源及該照明光學系統經配置以提供具有在1奈米至20奈米之範圍內之一波長之該輻射。

**【第10項】**

如請求項1或2之檢測裝置，其中該照明光學系統可操作以遞送具有小於15微米之一直徑之該輻射光點。