



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201831885 A

(43)公開日：中華民國 107 (2018) 年 09 月 01 日

(21)申請案號：107120615

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 08 月 15 日

(51)Int. Cl.：

*G01N21/84 (2006.01)**H01L21/67 (2006.01)**B24B37/005 (2012.01)*

(30)優先權：2012/08/15

美國

61/683,215

(71)申請人：以色列商諾發測量儀器股份有限公司 (以色列) NOVA MEASURING INSTRUMENTS LTD. (IL)

以色列

(72)發明人：托羅維絲伊格 TUROVETS, IGOR (IL)；波滋賓格可爾奈爾 BOZDOG, CORNEL (US)；艾爾雅西達瑞爾 ELYASI, DARIO (IL)

(74)代理人：周良謀；周良吉

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：26 項 圖式數：2 共 28 頁

(54)名稱

原位控制製程的方法及設備

METHOD AND APPARATUS FOR IN-SITU CONTROLLING A PROCESS

(57)摘要

本發明提供用以控制製程的方法及系統，該製程係應用在具有不同層堆疊之區域的圖案化之結構。該方法包含：依序接收所測量之資料，該資料表示結構於一預定處理時間期間進行處理中的光學反應，並產生對應於隨時間所測量之資料片段的序列；以及分析及處理該資料片段的序列，並決定結構的至少一主要參數。該分析及處理步驟包含：處理一部份之資料片段的序列，並獲得表示結構之一或更多參數的資料；利用表示結構之一或更多參數之資料，並使模型資料最佳化，該模型資料描述類似於正測量中之該結構之一結構的光學反應與該結構之一或更多參數之間的關係；利用最佳化之該模型資料來處理至少一部份之所測量之資料片段的序列，並決定描繪應用在結構之製程的特徵之結構的至少一參數，並產生其表示資料。

A method and system are presented for use in controlling a process applied to a patterned structure having regions of different layered stacks. The method comprises: sequentially receiving measured data indicative of optical response of the structure being processed during a predetermined processing time, and generating a corresponding sequence of data pieces measured over time; and analyzing and processing the sequence of the data pieces and determining at least one main parameter of the structure. The analyzing and processing comprises: processing a part of said sequence of the data pieces and obtaining data indicative of one or more parameters of the structure; utilizing said data indicative of said one or more parameters of the structure and optimizing model data describing a relation between an optical response of a structure similar to the structure under measurements and one or more parameters of the structure; utilizing the optimized model data for processing at least a part of the sequence of the measured data pieces, and determining at least one parameters of the structure characterizing said process applied to the structure, and generating data indicative thereof.

指定代表圖：

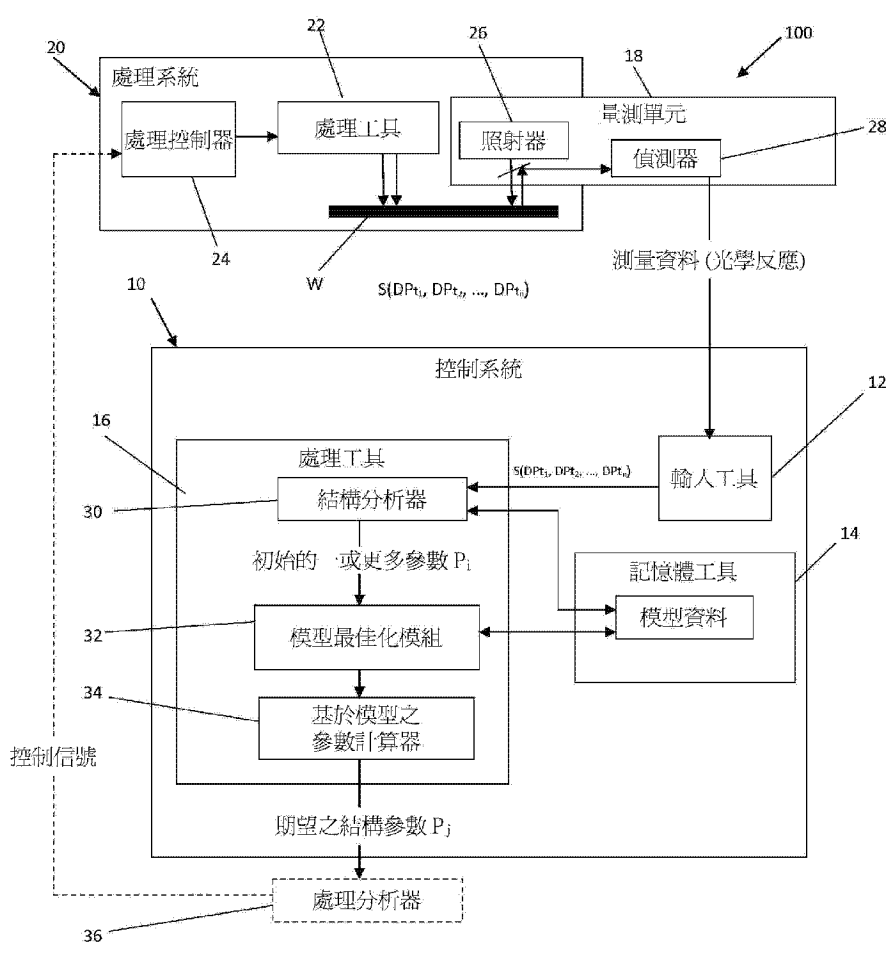


圖 1

符號簡單說明：

- 10 . . . 控制系統
- 12 . . . 輸入工具
- 14 . . . 記憶體工具
- 16 . . . 處理工具
- 18 . . . 光學量測單元
- 20 . . . 處理系統
- 22 . . . 處理工具
- 24 . . . 處理控制器
- 26 . . . 照射組件
- 28 . . . 偵測組件
- 30 . . . 結構分析器
- 32 . . . 模型最佳化模組
- 34 . . . 基於模型之參數計算器工具
- 36 . . . 處理分析器
- 100 . . . 量測系統
- W . . . 結構

【發明說明書】

【中文發明名稱】 原位控制製程的方法及設備

【英文發明名稱】 METHOD AND APPARATUS FOR IN-SITU CONTROLLING
A PROCESS

【技術領域】

【0001】 本發明大致在光學量測技術的領域中，並涉及用於正處理/製造中之結構參數的原位測量之光學方法及系統。本發明在半導體工業中對於控制製造圖案化之結構（半導體晶圓）中的各種製程特別有用。

【先前技術】

【0002】 一般而言，在產生圖案化之結構的領域中，已知藉由一或更多整合、原位、及獨立光學量測技術來控制圖案產生的製程。

【0003】 例如，美國專利第 6764379 號（其讓與本申請案之受讓人）敘述了整合技術以及整合和原位技術之組合的使用，以監控在生產線上所進行之實質上相同之物品的進料流之處理。首先，應用原位技術來識別處理以及在偵測到終點信號後終止處理，其中後者對應至正處理中之物品的某一參數之預定值。在完成回應由處理物品期間持續操作之終點偵測器所產生之終點信號的處理後，對所處理之物品施加整合監控以測量該參數的數值。分析期望參數之測量值以決定將用於調整終點信號之修正值，終點信號係用以適時終止進料流中之下一物品的處理。

【發明內容】

【0004】 在此技術領域中需要用於原位監控製造在一結構內具有不同層堆疊之種類的圖案化結構之製程的新穎方法。

【0005】 一般而言，原位測量相較整合及獨立技術的優點在於當製程進行時測量相同結構之可能性。這能在實際上不中斷製程的情況下即時控制生成物及製程參數，並實現即時偵測處理終點及控制處理參數。原位測量資料之解譯係一複雜的工作，而且這種特定習知技術並不夠精確，主要是因為原位測量受到不規則環境特性、正處理/測量中之結構的機械移動等等所影響。再者，由於原位光學量測需要相對大尺寸的測量點，故其不可避免地具有較低的光學解析度。在具有不同層堆疊之圖案化結構的情況下，使用如此大的點導致測量點包括不同堆疊（例如不同圖案）的部份。更具體而言，原位光學（例如光譜）量測通常利用比特殊設計之切割線測試結構（50 乘 50 微米）大許多的點來完成。通常，晶圓表面上的點直徑尺寸為約數毫米及更高，這相當於/大於晶粒尺寸了。在如此「大」點的情況下，所測量之信號可能為反射自測量點中所有特徵部之信號的組合。換言之，原位光學量測具有對晶圓圖案之信號強相關性。

【0006】 本發明提供用於原位光學量測之新穎技術。此新穎技術係基於發明人之以下瞭解：當應用在結構之製程進行時，原位光學量測以隨時間所測量之資料片段的序列之形式提供所測量之資料。如此之資料片段的序列及時提供了結構之剖面變化的圖像。這能將結構剖面即時建模，亦即使描述結構剖面與結構的光學反應之間關係的模型最佳化。因此，可基於原位光學信號（特徵）（例如光譜、角度解析（angle-resolved）、橢圓量測（elipsometric）參數、光譜橢圓儀（SE，spectro-elipsometer）參數等等）的時序而從動態最佳化之模型抽

出結構的剖面參數。

【0007】應瞭解本發明之即時剖面建模方法與規則散射量測（光學臨界尺寸，OCD）建模在剖面定義以及資料解譯之演算法兩方面皆不同。本發明之即時剖面建模技術可採用標準 OCD 及/或其他任何相關特徵部或在同一圖案化結構（晶圓）上之特徵部的量測結果，以便為本次運作（使用預量測或將即時資料集序列分割成可用不同演算法加以分析之次序列）和下次運作（使用後處理量測）微調即時剖面預測的準度及時序。亦應注意到多數光學偵測器（相同或不同類型）可用於結構上之相同點及/或結構上之不同多數點的原位量測。

【0008】本發明提供了利用本發明之即時剖面建模以提高量測之穩定性及可靠性的專用技術。根據本發明，以不同方式使用數個量測之一時間序列以允許追蹤製程，並使用以與處理及建模一致的方式將序列連接之限制。

【0009】在一些實施例中，本發明採用組合之量測時間序列。取代了使用查看作為代表特定結構之每一特徵（例如光譜）（如習知上所實施之散射量測），本發明之即時剖面建模方法係基於在任何時間點（在處理期間的實際時間）分析整組量測，該整組量測係從處理開始直到此刻為止隨時間所測量之資料片段的序列。換言之，本發明之技術利用處理的歷史紀錄，其中所有已量測之框架（frame）/信號（先前所測量之資料片段）皆可用於分析，並且先前所測量光譜之解譯結果的整個序列一直用於趨勢分析及預測。預測模型係基於有效之先前解譯結果的整個序列而在每一時間點建立，並且係用於自動估計下次解譯的起始點、以及用於自動估計解譯範圍。此外，預測模型可在時間框架之序列中觸發不同搜尋演算法之間的切換，以允許當達到穩定答案時的更快速收斂、或藉由基於預測而開放/關閉參數來減少浮動參數的數量。

【0010】 在其他一些實施例中，本發明提供利用多數原始資料信號之測量資料處理技術。此技術允許製程（例如蝕刻）相關參數之時間導數的直接擬合。軟體產品或運算器可定義其可用於此用途之可變參數，例如主要蝕刻參數（如不同材料之中的蝕刻速率）。對於這些參數而言，先前資訊亦可用作起始點或預測（例如平均、已知、或預期之蝕刻速率）。資料分析技術首先測試先前擬合結果是否定義了一足夠明確的預測趨勢及/或與預期之趨勢相配。若情況如此，則將後續測量之光譜擬合在群組中，從而增加擬合參數的時間導數作為擬合參數本身。只可對群組中的部份光譜作實際計算，並且沿時間軸內插其餘光譜而得結果。表示測量中之結構的光學反應（例如光譜）之測量資料片段的時間序列係根據所估計之光學反應（光譜變化）在時間上之線性變化而自動分組。

【0011】 在一些實施例中，本發明採取可信度因子計算及運用。此技術特徵之目的是為了給予測量時間序列中的一些測量資料（光譜）的解譯結果之可信度的一些定量測量。擬合結果之低可信度係基於結果與所擬合之參數值時間上變化的趨勢之間的差異而定義。可用一非常基本的方式來實現此技術特徵，例如計算目前的點與先前時間點所估計之趨勢之間的偏移之比率，尤其是預期之趨勢/處理速率為已知之處理次步驟。與所估計之趨勢的標準差相比偏移越大，則目前的點之可信度界限越低。對於趨勢的估計變得不明確的情況下，可將此資訊與趨勢的估計整合，以使其更為可靠。這對於其中並非所有信號皆可及時中斷的線上工作尤其有意義。可信度因子可用以從趨勢估計或預測模型過濾一些點，以使其更為可靠。

【0012】 因此，根據本發明之一概括實施態樣提供一用以控制製程的方法，該製程係應用在具有不同層堆疊之區域的圖案化之結構。該方法包含：

(a) 依序接收所測量之資料，該資料表示結構於一預定處理時間期間進行處理中的光學反應，並產生對應於隨時間所測量之資料片段的序列；

(b) 分析及處理該資料片段的序列，並決定結構的至少一主要參數，其中該分析及處理步驟包含：

i) 處理一部份之資料片段的序列，並獲得表示結構之一或更多參數的資料；

ii) 利用表示結構之一或更多參數之資料，並使模型資料最佳化，模型資料描述類似於正測量中之該結構之一結構的光學反應與該結構之一或更多參數之間的關係；

iii) 利用最佳化之模型資料來處理至少一部份之所測量之該資料片段的序列，並決定描繪應用在結構之製程的特徵之該結構的至少一參數，並產生其表示資料。

【0013】 在一些實施例中，所獲得之表示一或更多參數的資料包括有關結構之一或更多次要參數的資訊，次要參數為弱相關並隨應用在結構之製程而緩慢變化；及/或結構之一或更多次要參數實質上不受應用在結構之製程影響。所決定之描繪應用在結構之製程的特徵之該結構的參數其中至少一者包括至少一結構參數，結構參數為強相關並隨應用在結構之製程而迅速變化。

【0014】 次要參數為實質上不受應用在結構之製程影響之參數、或為弱相關並隨製程緩慢變化之參數，而主要參數為強相關並隨製程迅速變化之參數。

【0015】 表示一或更多參數的該資料由其中所獲得之部份資料片段的序列包含對應至處理時間的初始時期之先前資料片段。供處理以決定描繪應用在結構之製程的特徵之該結構的至少一參數之至少一部份的序列包含對應至該處

理時間的後續時期之資料片段。

【0016】 在一些實施例中，處理先前資料片段的步驟包含：利用在應用製程期間有關結構之一或更多參數之行為的資料，並獲得對應至一或更多先前資料片段之初始時期內的一或更多時間點之一或更多參數之每一者的資料，並且產生模型最佳化資料。模型最佳化資料可包含一或更多參數之每一者的固定值、或包含一或更多次要參數之每一者的數值隨時間變化的固定範圍。

【0017】 描繪應用在結構之製程的特徵之該結構的參數其中至少一者包含下列其中至少一者：蝕刻深度、所沉積之材料的厚度、以及於材料移除製程期間之餘留材料的厚度。已在處理初始資料片段之步驟時獲得其資料之一或更多參數可包含下列之一或多者：側壁角度、修圓（rounding）、堆疊中之至少一層的厚度（例如底切層）。

【0018】 在一些實施例中，決定描繪應用在結構之製程的特徵之該結構的至少一參數之步驟包含：根據所估計之光學反應的時間變化線性度，將至少一部份之所測量之資料片段的序列進行分組。

【0019】 根據本發明之另一概括實施態樣提供一用於控制製程的控制系統，該製程係應用在圖案化之結構。該控制系統為一電腦系統且包含：

【0020】 一資料輸入工具，用以接收所測量之資料，該資料表示於一預定處理時間期間正由製程處理中之結構的光學反應，並產生對應於隨時間所測量之資料片段的序列；

【0021】 一處理工具，配置並可操作成分析及處理資料片段的序列，並決定描繪應用在結構之製程的特徵之該結構的至少一主要參數，其中該處理工具包含：

一結構分析器，配置並可操作成處理一部份之資料片段的序列，並獲得表示結構之一或更多參數的資料；

一模型最佳化模組，配置並可操作成利用表示結構之一或更多參數的資料，並產生模型最佳化資料，模型最佳化資料描述類似於正測量中之該結構之一結構的光學反應與該結構之參數之間的關係；

一基於模型之參數計算器，配置並可操作成利用最佳化之模型資料以處理至少一部份之所測量之資料片段的序列，並決定描繪應用在結構之製程的特徵之該結構的至少一參數，並且產生其表示資料。

【0022】 在本發明之又另一概括實施態樣中，提供一用於原位監控制程的量測系統，該製程係應用在具有不同層堆疊之區域的圖案化之結構，其中該量測系統包含：一光學量測單元，配置並可操作成在一處理時間 t 期間正處理中之結構上執行光學量測，且上述光學量測單元用以接收測量資料、產生對應於隨時間所測量之資料片段的序列、以及處理該序列並決定描繪應用在結構之製程的特徵之該結構的至少一參數。光學量測單元包含一照射組件，用以在正處理中之結構上照射一測量點，以使該結構產生光學反應；以及一偵測組件，用以偵測該處理時間 t 期間的光學反應，並產生對應於隨時間所偵測之光學反應的測量資料。

【圖式簡單說明】

【0023】 為了更加瞭解於此所揭露之標的並示範如何將其實現，因此現將參考附圖來敘述實施例（僅作為非限制性範例），其中：

【0024】 圖 1 繪示本發明之系統的主要功能元件之方塊圖，該系統係用以

控制圖案化之結構的製造程序；以及

【0025】圖 2 係本發明之方法範例的流程圖，該方法係用於應用在圖案化之結構的製程期間處理原位測量資料。

【實施方式】

【0026】本發明提供一種用於製造具有不同層堆疊區域之類型的圖案化結構（如半導體晶圓）之製程控制的新穎方法及系統。

【0027】參考圖 1，其經由方塊圖顯示一控制系統（大致上標示為參考數字 10），此控制系統係根據本發明而配置並可操作成用以處理從正在處理中（如蝕刻或拋光）之圖案化結構所獲得之光學測量資料。控制系統 10 通常為一電腦系統，尤其具有如資料輸入工具 12、記憶體工具 14、和資料處理及分析工具 16 之模組/工具（軟體及/或硬體）的電腦系統。

【0028】如圖所示，控制系統 10 為量測系統 100 的一部分，並連結（可經由有線或無線信號傳送而連接至）光學量測單元 18，並且也可能連結處理系統 20。如此量測單元及處理系統之結構及操作其本身為眾人所知，並且不形成本發明的一部份，且因此不需特別加以敘述，除了要注意下列事項：藉由處理工具 22（其操作係由處理控制器 24 所控制）而對結構 W 進行一些處理，如蝕刻。量測單元 18 係配置並可操作成在例如生產線上進行之半導體晶圓 W 的圖案化結構上執行原位光學量測。為此目的，量測單元 18 包括適當的照射及偵測組件 26 及 28。這些組件可具有任何可操作在黑暗及/或明亮區域偵測模式的合適配置。光學量測單元 18 在某一處理時間 t 期間對處理中之結構 W 進行光學量測，例如光譜量測。

【0029】雖然未特別顯示，但應注意到量測單元 18 可配置成額外實現整合量測，其可利用相同或不同的照射及/或偵測組件來實現。整合量測的原理其本身為眾人所知，因此不需詳細敘述。

【0030】為達本發明之目的，可額外利用此整合量測以提供有關結構之一或更多參數的資料。這些資料可例如為實質上可不受製程所影響的結構參數。

【0031】如以下將進一步具體敘述般，在本發明之部份實施例中，可在所測量之資料處理的初始階段決定次要參數，並隨後用以決定結構之一或更多期望的參數，從而使欲控制之製程參數特徵化。這類結構參數又稱為主要參數，其與應用在結構的製程強相關並且隨著製程而迅速變化。在一些實施例中，可採用藉由整合量測系統所測量之一或更多參數來決定一或更多的次要參數。雖然未特別顯示，但仍應注意到原位量測單元之偵測組件、以及整合量測單元（若有的話）可採用多數（至少二個）不同種類的偵測器。

【0032】例如，對於基本微影製程而言，此一或更多的主要（製程相關）結構參數（通常為一個或非常少數）包括蝕刻深度、所沈積之層的厚度、材料移除製程中之餘留層的厚度等等，這些參數實際上描述了原位製程。至於次要製程相關結構參數，其可例如包括側壁角度、修圓等等，這些參數與製程弱相關並且隨著製程緩慢變化、或實際上具有實質「固定」剖面，即參數不隨製程變化、或在某一妥善定義之範圍內變化，例如一些層的厚度（通常為下層）可能在各結構間變化，但對於每一結構卻相同（僅由先前製程步驟所決定）。

【0033】回到圖 1，偵測器 28 之輸出（例如經適當地格式化以便傳送至控制系統 10）因此呈現資料片段 DP 之序列的形式（ $S(DPt_1, DPt_2, \dots, DPt_n)$ ），資料片段 DP 對應至在至少一部份的處理時間 t 之連續點/片段 $t_1, t_2, \dots, t_n$ 所執

行之順序量測對話。如此測量資料片段之每一者係表示在處理時間的各別時間點/片段、於結構上之照射點（測量點）內之光學反應。

【0034】 在一些實施例中，控制系統 10 可利用一些製程相關資料及/或結構相關資料（其可為事先知道、及/或於初始量測對話期間獲得），且這些資料可儲存在記憶體工具 14 中。某些模型資料（包括一或更多模型）亦可儲存在記憶體 14 中。模型描述了類似於正量測下的結構之一結構的光學反應與該結構之一或更多參數之間的關係。模型資料係用以解譯所測量之資料，俾能決定各種結構參數。於處理時間的至少一部分期間之一或更多結構參數的改變/剖面係表示待加以控制之一或更多製程參數。

【0035】 因此，由控制系統 10 的輸入工具 12 依序接收對應至隨時間連續測量之測量資料，輸入工具 12 產生對應的資料片段序列（ $S(DPt_1, DPt_2, \dots, DPt_n)$ ），此序列係由處理工具 16 加以處理。處理工具 16 包括結構分析器模組 30，其係配置並可操作成用以分析所測量之資料片段的序列、並決定表示結構 W 之一或更多參數（ P_i ）的資料。接著，後者被處理工具 16 的模型最佳化模組 32 所使用，以使模型資料最佳化。隨著處理結構及其上之光學量測的進行，可基於先前所測量之資料片段來解譯/分析後續所測量之資料片段，而使模型資料動態最佳化。基於模型之參數計算器工具/模組 34 採用如此獲得之最佳化模型資料來分析後續所測量之資料片段，並決定描繪應用在結構之製程的特徵之該結構的至少一參數，並從而產生表示如此之至少一期望參數的輸出資料。

【0036】 期望的結構參數為那些描繪應用在結構之製程的一或更多可調整/可控制參數之特徵的參數，並且可被處理分析器 36 用來產生各別控制信號至處理工具。處理分析器 36 可為控制系統 10 的一部分、或可為處理系統之處理控

制器的一部分、或為可互連於控制系統 10 與處理系統之間的獨立電腦系統；並且亦可視情況而將處理分析器的軟體工具適當地分散在控制系統與處理系統之間。

【0037】 在一些實施例中，有關結構之一或更多參數 P_i 之最先獲得的資料包括特定參數的初步估計（例如數值的範圍），此資料係用以使模型最佳化，並且隨後利用最佳化之模型來分析後續資料片段，以決定該參數的精確值 P_j 。

【0038】 在其他一些實施例中，相較於用以描繪製程之特徵的主要結構相關參數 P_j ，初始參數 P_i 為次要參數，這些次要參數為結構之固定參數、或較不易受到應用在結構的製程影響之參數。應瞭解到主要參數 P_j 亦可包括次要參數 P_i 其中之一或多者的數值。

【0039】 參考圖 2，其舉例說明本發明之方法的流程圖 200，該方法係用於監控應用在具有不同層堆疊區域之種類的圖案化結構之製程。首先，提供模型資料（步驟 202），該模型資料係儲存在可由控制系統存取的記憶體中（例如為控制系統的一部分、或可經由通信網路存取）。如以上所示，模型資料敘述了結構之光學反應（對應於所使用之光學量測的種類）與結構之參數（包括那些描繪應用在結構之製程的特徵之參數）之間的關係（函數）。

【0040】 於處理時間 t 期間，連續性或週期性地對處理中之結構進行量測。於處理時間 t 的至少一部分 t_n 期間，控制系統依序接收所測量之資料（步驟 204）。控制系統運作以產生所測量之資料片段的序列 S （ DPt_1 、 DPt_2 、...、 DPt_n ）（步驟 206），並且利用模型資料來分析所測量之資料片段的序列（步驟 208）。資料片段之序列的初始部份 S_k （對應至初始時期 $t_k < t_n$ ）之分析係用以獲得有關結構之一或更多參數（例如決定一或更多次要參數）的初始資料（步驟 210），如

以下將進一步敘述。這類有關一或更多參數的初始資料（例如次要參數的數值或數值範圍）係用以使模型資料最佳化（步驟 212）。例如，模型中之次要參數的數值或數值範圍為「固定」。

【0041】 在後續量測對話期間，於控制系統處持續接收所測量之資料片段，並且由控制系統利用最佳化之模型資料來加以分析，從而決定結構參數 P_j （例如主要參數）的數值，此結構參數描繪了結構之處理的特徵（步驟 214）。應注意到描繪結構處理之特徵的一部份參數（例如至少一如此之參數）可進一步用於動態地使模型最佳化，並且此最佳化之模型隨後用於決定結構的其他參數或以更高準度來決定相同參數的數值。所決定之結構參數可用來估計/分析那些影響此類主要結構參數之製程參數其中一或多者（選擇性步驟 216），並且產生對應的控制信號至處理系統。

【0042】 對於分析資料片段的初始序列、使用模型資料最佳化的結果、以及估計/決定其描繪結構的特徵之該結構的至少一參數而言有數個選擇。於處理序列之擬合期間使用如此參數特性作為次要及主要參數（或最先及後續決定之參數）、連同從處理開始直到此刻為止所執行的整組量測工作允許執行最佳化。

【0043】 對於所有「固定」次要參數，處理工具視需要而在許多時間點使用這些參數，以儘早在量測序列中找到適當數值並將此數值固定。對於所有「非固定而稍微可變」次要參數，處理演算法可經由一程序而假設小量一致變化、或甚至可在一局部化之（時間上）處理序列步驟期間假設為固定。對於主要參數，處理演算法可基於「已知」平均處理速率（例如蝕刻速率、或材料移除速率、或材料沉積速率）而假設隨時間之預期表現，並可假設局部化之（時間上）處理序列步驟之類似表現（與相同函數之局部線性或非線性相依性）。

【0044】 針對用於計算預期之返回信號（光學反應）的所有圖案（堆疊）完成剖面參數的類似定義。不同堆疊的參數係以靈活的處理相關方式連接。由多數堆疊所計算之光學反應或特徵（光譜）可用於說明測量點中之堆疊相對權重及堆疊設置的細微幾何結構定義。此外，入射光的特性（光學系統）亦考量在此計算中。

【0045】 量測單元可採用標準 OCD 及/或其他量測結果（包括相同/不同的原位偵測器）。

【0046】 在一些實施例中，本發明之控制系統採用外部引入的初步量測以決定結構之一或更多參數。例如，如以上所示，必須儘快決定不隨製程變化之次要「固定」參數的數值並固定之（無論在製程開始之前、或在製程最先前的部份期間）。為此目的，如以上所示般，可在同一或不同的處理腔室中藉由另一原位感測器、及/或利用處理腔室外部之整合度量方式及/或任何獨立工具來完成初步量測，以決定相關的結構及/或製程參數（所有或至少部份的剖面參數，包括沉積層之厚度）以供原位量測。這些數值可引入到模型中（「固定」剖面參數）、及/或用作解譯之起始點（主要及次要製程參數）。可在晶圓上的所有相關位置上完成量測，且只有相關資訊會被引入。有助於本發明技術之包含原位（終點）及整合度量次系統（例如基於零階垂直入射分光光度計）的組合系統之範例係揭露在美國專利第 6764379 號中，其讓與本案之受讓人。此文獻因而於此併入作為有關這些具體範例之參考。

【0047】 在一些實施例中，本發明之控制系統採用外部引入初步量測作為光譜資訊。更具體而言，從測量點內的不同堆疊返回（例如反射）之信號係結合至原位共同特徵（例如反射光譜）中。可藉由整合及/或獨立系統（例如供應

自諾發測量儀器（Nova Measuring Instruments Ltd.）量測這些不同堆疊之每一者，該系統提供在晶圓上的精確位置之 10–50 微米之相對小點的量測。藉由移除來自晶圓中難以建模的非週期性結構/圖案之此信號反射，而可引入這些精準的初步量測並用以「修改」所測量之原位信號。如此移除非週期性圖案之影響允許晶粒中記憶體陣列（memory in-die array）之終點量測處理的更佳收斂。

【0048】在一些實施例中，本發明之控制系統採用後量測（post-measurement）之外部引入作為剖面參數。更具體而言，除了初步量測資訊以外，若必要時亦可使用量測後之資料，以調整一些解決之參數、或重新計算一些預設係數和資料處理演算法所使用的假設。這些數值可引入模型中（「固定」剖面參數）並/或用作解譯的起始點。

【0049】在一些實施例中，可使用內部引入作為剖面參數。在大多數最新製程中，有用以在相同腔室中產生所需結果之多數步驟。整個製程的原位監控可涵蓋所有的步驟、或任何步驟的次集合。可能有使用多數配方而非所有步驟使用單一配方的情況，其中各配方係針對某些製程步驟而最佳化。在此情況下，在序列中的每一個先前配方可將所有相關參數引入下一配方中。這些數值被引入模型中（「固定」剖面參數）並/或用作解譯的起始點（主要及次要製程參數）。

【0050】如以上所示，量測單元可採用多數照射/偵測單元、或與同一照射組件相關的多數偵測器，從而允許平行（同時）處理來自多數偵測器的資訊。在原位使用複數偵測器的情況下，可即時使用來自這些偵測器的資訊以改善預測結果，此結果既作為有關製程的引入相關資訊、且作為可一起使用以完成工作的額外信號。若多數偵測器「觀看」晶圓上的不同位置，則在整個製程期間便可確定並控制晶圓各處的特徵（光學反應）。這對其中晶圓位置於製程期間

相對偵測器改變的製程而言尤其重要。這類製程的範例其中之一為其中晶圓在固定式偵測器上方移動之化學機械平坦化（**CMP**）。關於晶圓對偵測器的相對位置之資訊連同來自多數偵測器之資訊的同步解譯允許控制 **CMP** 速率及晶圓各處均勻性兩者。

【0051】來自不同偵測器的資訊及/或製程相關參數（如電漿/氣體/組成物/等等）的改變可併入資料處理演算法以允許最佳收斂。一特定範例為有效環境（無論是電漿氣體或是蝕刻副產物）中的改變對於所測量之光譜的影響，其中對於一些製程步驟，在不影響所描述之幾何剖面參數的準度之情況下，量測的有效環境無法接近真空。在如此情況下，必須精確地描述此環境（光學上）。如此環境可能取決於工具/製程/晶圓堆疊/氣體/電漿/等等參數，並且從製程工具接收如此詳細的即時資訊可幫助選擇用於即時模型表述及精確剖面量測的正確環境模型。

【符號說明】

【0052】

- 10 控制系統
- 12 輸入工具
- 14 記憶體工具
- 16 處理工具
- 18 光學量測單元
- 20 處理系統
- 22 處理工具

24	處理控制器
26	照射組件
28	偵測組件
30	結構分析器模組
32	模型最佳化模組
34	基於模型之參數計算器工具
36	處理分析器
100	量測系統
200	流程圖
202	步驟
204	步驟
206	步驟
208	步驟
210	步驟
212	步驟
214	步驟
216	選擇性步驟
W	結構



【發明摘要】

【中文發明名稱】 原位控制製程的方法及設備

【英文發明名稱】 METHOD AND APPARATUS FOR IN-SITU CONTROLLING
A PROCESS

【中文】

本發明提供用以控制製程的方法及系統，該製程係應用在具有不同層堆疊之區域的圖案化之結構。該方法包含：依序接收所測量之資料，該資料表示結構於一預定處理時間期間進行處理中的光學反應，並產生對應於隨時間所測量之資料片段的序列；以及分析及處理該資料片段的序列，並決定結構的至少一主要參數。該分析及處理步驟包含：處理一部份之資料片段的序列，並獲得表示結構之一或更多參數的資料；利用表示結構之一或更多參數之資料，並使模型資料最佳化，該模型資料描述類似於正測量中之該結構之一結構的光學反應與該結構之一或更多參數之間的關係；利用最佳化之該模型資料來處理至少一部份之所測量之資料片段的序列，並決定描繪應用在結構之製程的特徵之結構的至少一參數，並產生其表示資料。

【英文】

A method and system are presented for use in controlling a process applied to a patterned structure having regions of different layered stacks. The method comprises: sequentially receiving measured data indicative of optical response of the structure being processed during a predetermined processing time, and generating a

corresponding sequence of data pieces measured over time; and analyzing and processing the sequence of the data pieces and determining at least one main parameter of the structure. The analyzing and processing comprises: processing a part of said sequence of the data pieces and obtaining data indicative of one or more parameters of the structure; utilizing said data indicative of said one or more parameters of the structure and optimizing model data describing a relation between an optical response of a structure similar to the structure under measurements and one or more parameters of the structure; utilizing the optimized model data for processing at least a part of the sequence of the measured data pieces, and determining at least one parameters of the structure characterizing said process applied to the structure, and generating data indicative thereof.

【指定代表圖】 圖 1

【代表圖之符號簡單說明】

- 10 控制系統
- 12 輸入工具
- 14 記憶體工具
- 16 處理工具
- 18 光學量測單元
- 20 處理系統
- 22 處理工具
- 24 處理控制器
- 26 照射組件

28	偵測組件
30	結構分析器模組
32	模型最佳化模組
34	基於模型之參數計算器工具
36	處理分析器
100	量測系統
W	結構

【發明申請專利範圍】

【第1項】一種用以控制製程的方法，該製程係應用在具有不同層堆疊之區域的一圖案化之結構，該方法包含：

(a) 接收所測量之資料，該資料表示該結構的光學反應，並產生對應的資料片段的序列，該結構的光學反應係由來自在該結構中之不同層堆疊的多個信號加以形成，其中該等資料片段的每一者對應於一共同特徵，該共同特徵係由來自在該不同層堆疊中之不同圖案的多個信號加以形成；

(b) 分析及處理該等資料片段的序列，並決定該結構的至少一主要參數，其中該分析及處理步驟包含：

i) 處理一部份之該等資料片段的序列，並獲得表示該結構之一或更多參數的資料；

ii) 利用表示該結構之一或更多參數之該資料，並使模型資料最佳化，該模型資料描述類似於正測量中之該結構之一結構中來自不同層堆疊之不同圖案的光學反應與該結構之一或更多參數之間的關係；

iii) 利用最佳化之該模型資料來處理至少一部份之所測量之該等資料片段的序列，並決定描繪應用在該結構之該製程的特徵之該結構的至少一參數，並產生其表示資料。

【第2項】如申請專利範圍第 1 項之用以控制製程的方法，其中所獲得之表示一或更多參數的該資料包括有關該結構之一或更多次要參數的資訊，該次要參數為弱相關並隨應用在該結構之該製程而緩慢變化。

【第3項】 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之用以控制製程的方法，其中所獲得之表示一或更多參數的該資料包括有關該結構之一或更多次要參數的資訊，該次要參數實質上不受應用在該結構之該製程影響。

【第4項】 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之用以控制製程的方法，其中所決定之描繪應用在該結構之該製程的特徵之該結構的該至少一參數包括至少一結構參數，該結構參數為強相關並隨應用在該結構之該製程而迅速變化。

【第5項】 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之用以控制製程的方法，其中該處理一部份之該等資料片段的序列之步驟包含決定在該共同特徵中來自不同層堆疊之信號的相對權重。

【第6項】 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之用以控制製程的方法，其中該處理一部份之該等資料片段的序列之步驟包含從該共同特徵移除一信號，該信號對應於覆蓋該不同層堆疊之一測量點之一預定部分的光學反應。

【第7項】 如申請專利範圍第 6 項之用以控制製程的方法，其中該預定部分係與具有非週期性圖案的層堆疊相關聯。

【第8項】 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之用以控制製程的方法，其中從其中獲得該表示一或更多參數的資料之該一部份之該等資料片段的序列包含對應至該處理時間的初始時期之先前資料片段，並且供處理以決定描繪應用在該結構之該製程的特徵之該結構的至少一參數之該至少一部份的序列包含對應至該處理時間的後續時期之資料片段。

【第9項】 如申請專利範圍第 8 項之用以控制製程的方法，其中處理該先前資料片段的步驟包含：利用在應用該製程期間有關該結構之一或更多參數

之行為的資料，並獲得對應至一或更多該先前資料片段之初始時期內的一或更多時間點之該一或更多參數之每一者的該資料，並且產生模型最佳化資料。

【第10項】如申請專利範圍第 9 項之用以控制製程的方法，其中該模型最佳化資料包含下列其中至少一者：該一或更多參數之每一者的固定值；及該一或更多參數之每一者的數值隨時間變化的範圍。

【第11項】如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之原位控制製程的方法，其中所決定之描繪應用在該結構之該製程的特徵之該結構的至少一參數包括已從處理該部份資料片段的序列之步驟中獲得其資料之該結構之一或更多參數其中至少一者。

【第12項】如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之用以控制製程的方法，其中描繪應用在該結構之該製程的特徵之該結構的該至少一參數包含下列其中至少一者：蝕刻深度、所沉積之材料的厚度、以及於材料移除製程期間之餘留材料的厚度。

【第13項】如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之用以控制製程的方法，其中已從處理該部份資料片段的序列之步驟中獲得其資料之該一或更多參數包含下列之一或多者：側壁角度、修圓、堆疊中之至少一層的厚度。

【第14項】如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之用以控制製程的方法，其中決定描繪應用在該結構之該製程的特徵之該結構的至少一參數之步驟包含：根據所估計之光學反應的時間變化線性度，將該至少一部份之所測量之資料片段的序列進行分組。

【第15項】一種用於控制製程的控制系統，該製程係應用在具有不同層堆疊之區域的圖案化結構，該系統為一電腦系統且包含：

(a) 一資料輸入工具，接收所測量之資料，該資料表示正由該製程處理中之一結構的光學反應，並產生對應的資料片段的序列，其中該等資料片段的每一者對應於一共同特徵，該共同特徵係由來自該不同層堆疊的多個信號加以形成；

(b) 一處理工具，配置並可操作成分析及處理該等資料片段的序列，並決定描繪應用在該結構之該製程的特徵之該結構的至少一參數，其中該處理工具包含：

i) 一結構分析器，配置並可操作成處理一部份之該等資料片段的序列，並獲得表示該結構之一或更多參數的資料；

ii) 一模型最佳化模組，配置並可操作成利用表示該結構之一或更多參數的該資料，並產生用於使一模型最佳化的模型最佳化資料，該模型最佳化資料描述在類似於正測量中之該結構之一結構中的不同層堆疊的光學反應與該結構之參數之間的關係；

iii) 一基於模型之參數計算器，配置並可操作成利用該最佳化之模型資料以處理至少一部份之該所測量之資料片段的序列，並決定描繪應用在該結構之該製程的特徵之該結構的至少一參數，並且產生其表示資料。

【第16項】如申請專利範圍第 15 項之用於控制製程的控制系統，其中所獲得之表示一或更多參數的該資料包括有關該結構之一或更多次要參數的資訊，該次要參數為弱相關並隨應用在該結構之該製程而緩慢變化。

【第17項】 如申請專利範圍第 15 項或第 16 項之用於控制製程的控制系統，其中所獲得之表示一或更多參數的該資料包括有關該結構之一或更多次要參數的資訊，該次要參數實質上不受應用在該結構之該製程影響。

【第18項】 如申請專利範圍第 15 項或第 16 項之用於控制製程的控制系統，其中所決定之描繪應用在該結構之該製程的特徵之該結構的至少一參數包括至少一結構參數，該結構參數為強相關並隨應用在該結構之該製程而迅速變化。

【第19項】 如申請專利範圍第 15 項或第 16 項之用於控制製程的控制系統，其中該結構分析器係配置成處理該一部份之該等資料片段的序列，及決定在該共同特徵中來自不同層堆疊之信號的相對權重。

【第20項】 如申請專利範圍第 15 項或第 16 項之用於控制製程的控制系統，其中該結構分析器係配置成利用表示在該共同特徵中來自不同層堆疊之信號之相對權重的資料，及從該共同特徵移除對應於覆蓋該不同層堆疊之測量點之一預定部分之光學反應的一信號。

【第21項】 如申請專利範圍第 20 項之用於控制製程的控制系統，其中該預定部分係與具有非週期性圖案的層堆疊相關聯。

【第22項】 如申請專利範圍第 15 項或第 16 項之用於控制製程的控制系統，其中從其中獲得該表示一或更多參數的資料之該一部份之該等資料片段的序列包含對應至該處理時間的初始時期之先前資料片段，並且供處理以決定描繪應用在該結構之該製程的特徵之該結構的至少一參數之該至少一部份的序列包含對應至該處理時間的後續時期之資料片段。

【第23項】 如申請專利範圍第 22 項之用於控制製程的控制系統，其中該結構分析器係配置並可操作成利用在應用該製程期間有關該結構之一或更多參數之行為的資料，並獲得對應至一或更多該先前資料片段之初始時期內的一或更多時間點之該一或更多參數之每一者的該資料，並且產生模型最佳化資料。

【第24項】 如申請專利範圍第 23 項之用於控制製程的控制系統，其中該模型最佳化模組產生該模型最佳化資料，該模型最佳化資料包含下列其中至少一者：該一或更多參數之每一者的固定值；及該一或更多參數之每一者的數值隨時間變化的範圍。

【第25項】 如申請專利範圍第 15 項或第 16 項之用於控制製程的控制系統，其中該基於模型之參數計算器係配置並可操作成執行下列其中至少一者：根據所估計之光學反應的時間變化線性度將該至少一部份之所測量之資料片段的序列進行分組；及決定描繪應用在該結構之該製程的特徵之該結構的至少一參數；及與一處理分析器模組執行資料傳遞，以分析描繪應用在該結構之該製程的特徵之該結構的至少一參數，並確認待修改之製程之對應的一或更多參數。

【第26項】 一種用於監控製程的量測系統，該製程係應用在具有不同層堆疊之區域的一圖案化結構，該量測系統包含：

一光學量測單元，配置並可操作成在一特定的處理時間 t 期間正處理中之一結構上執行光學量測，該光學量測單元包含一照射組件，用以在正處理中之該結構上照射一測量點，以造成該結構的光學反應；以及一偵測組件，用以偵測

該處理時間 t 期間的光學反應，並產生對應於隨時間所偵測之光學反應的測量資料，

如申請專利範圍第 15 項或第 16 項之用於控制製程的控制系統，用以接收測量資料、產生對應於隨時間所測量之資料片段的序列、以及處理該序列並決定描繪應用在該結構之該製程的特徵之該結構的至少一參數。

