

|     |
|-----|
| 公告本 |
|-----|

## 發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：9310754<sup>✓</sup>

※ 申請日期：93. 3. 19

※IPC 分類：G01B09/02

### 壹、發明名稱：(中文/英文)

膜厚度及溝槽深度的原位置監控及控制之系統及方法

SYSTEM AND METHOD FOR IN-SITU MONITOR AND CONTROL OF  
FILM THICKNESS AND TRENCH DEPTH

### 貳、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商梅瑞堤儀器公司

VERITY INSTRUMENTS, INC.

代表人：(中文/英文)

麥克 威廉

WHELAN, MIKE

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國德州卡洛頓市艾森霍爾街2901號

2901 EISENHOWER STREET, CARROLLTON, TEXAS 75007, U.S.A.

國籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

### 參、發明人：(共 1 人)

姓名：(中文/英文)

安德魯 維克斯 庫尼

KUENY, ANDREW WEEKS

住居所地址：(中文/英文)

美國德州達拉斯市晨岸大道5630號

5630 MORNINGSIDE AVENUE, DALLAS, TEXAS 75206, U.S.A.

國籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

**肆、聲明事項：**

本案係符合專利法第二十條第一項第一款但書或第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

本案申請前已向下列國家（地區）申請專利：

1.美國；2003年03月19日；10/392,991

2.

3.

4.

5.

主張國際優先權(專利法第二十四條)：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1.美國；2003年03月19日；10/392,991

2.

3.

4.

5.

主張國內優先權(專利法第二十五條之一)：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

1.

2.

主張專利法第二十六條微生物：

國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

## 玖、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明有關於半導體處理。而更明確而言，本發明有關於用以在半導體製程中監控薄膜厚度與溝槽深度之系統、方法與計算程式產品。

### 【先前技術】

半導體處理技術能用於例如積體電路的製造，且微機電系統(MEMS)係使用針對建立或移除在層中的材料薄膜、或建立或移除層的選擇性部分以在這些層上建立布圖零件的多重處理步驟。範例包括電漿蝕刻、與化學氣體沉積處理。

這些處理的最後結果時常需要有例如一薄膜厚度或一溝槽深度的精確受控制的尺寸。一範例能透過淺溝隔離(STI)處理而在矽質材料中挖掘溝槽，以製造電晶體。在此情況，到來的部分是已在它沉積包含多層堆疊的一矽晶圓。最上層是具有溝槽形式開口的一遮罩(其典型是光阻)。在STI處理期間，在遮罩中有一開口的地方，開口的圖案能透過將溝槽蝕刻成矽而轉移給矽。在此步驟期間，遮罩本身亦會被蝕刻。將在矽的最後溝槽深度控制在數奈米內是想要的。因為溝槽能經由遮罩與所有隨後層而切割成矽，可了解到在矽的溝槽深度需要知道總溝槽深度與所有中間層厚度。

此高精密程度典型能透過在到來的晶圓上維持層厚度與蝕刻處理本身的嚴格控制而達成。先前技術能透過使用一複雜的多步驟方法而達成所需的控制程度。只要蝕刻處理

認為是穩定的，它便能在一或多個測試情況上執行。結果的晶圓然後送到相關厚度與深度被測量的一度量站。度量技術典型是掃描電子顯微鏡 (SEM) 或原子力顯微鏡 (AFM)、或光學測量。這些測量可提供校準以允許蝕刻率。然後，層厚度或溝槽深度的必要精密度可只透過控制蝕刻步驟的時間而達成。在製造蝕刻期間，額外的晶圓能透過使用前述技術而週期性從製造拉出與測量，以確保處理能保持控制。如需要，然後可調整蝕刻時間或蝕刻率，以使厚度或深度能回到目標期望。

雖然此技術能圓滿達成必要的控制，但是它有兩個不想要的觀點。首先是材料成本、執行校準測量的時間與付出勞力。其次，此操作模式需要處理能維持遠大於所需的精確度。

然後需要週期性測量以確保維持必要的控制。如果使用毀滅性測量技術，此便會以失去的產品形式而負擔額外的成本。最後，在執行必要的測量時，如果失去控制，額外不合格產品便會產生。

為了此理由，在製造蝕刻期間能擁有一技術以允許溝槽深與層厚度可在每個晶圓上被持續原位置測量是想要的。原位置測量溝槽深度與層厚度將可減少對離線度量步驟的需要、免除不合格產品製造、並允許較大的容許量能用於處理控制。然而，進行原位置測量是遠困難於在一專屬度量台上的原位置測量。不能考慮需要與晶圓接觸、或是毀滅性的方法，所以光學方法是較佳。能與原位置即時測量

相容的先前技術光學方法是存在，但是通常缺乏高性能以測量在目前想要圖案裝置晶圓上的量。

例如，用以在多層薄膜堆疊中測量層厚度的方法是由尼西拉瓦等人在美國專利案號5,587,792中揭示，其在此是以引用方式併入本文供參考。尼西拉瓦等人描述透過使用光(具有在可見與紅外線光譜之間的一波長範圍)將多層半導體薄膜照射而測量一薄半導體多層薄膜的層厚度之裝置、與用以連續光譜分析來自多層薄膜的反射光的一光度系統(例如一邁克耳遜干涉儀)。從多層薄膜反射的光的擾波形散布光譜能透過使用一光學特性矩陣而與藉由數字計算所獲得的一波形相比較。從空間干擾波形的計算分析獲得的相對層厚度值能使波形適於實際測量值。當改變層厚度的大約值時，理論干擾光譜可重新計算而直到獲得相符以達成精確的相對層厚度為止。

前述薄膜厚度測量技術需要一同質薄膜堆疊存在於待測試的整個區域。現代裝置晶圓的特徵是小而密集包裝，所以使此技術能適應一晶圓需要使用一非常小的光學探針(即是，照明點)，或許亦能轉變光束以找出想要的測量區域。如此是不容易且對於原位置測量是不實用。

用以測量一溝槽深度的方法是由康杜的美國專利案號4,988,198、與維克拉馬辛的美國專利案號5,392,118描述，其每一者在此是以引用方式併入本文供參考。這些方法使用當一光束部分從一溝槽的頂端與底部反射時發生的干擾現象。溝槽深度是從在來自晶圓的反射光中相鄰最小或最

大間隔推論。反射能以時間函數受監控，在此情況，只可獲得相關的深度資訊。當波長或頭射角變化時，它亦能受到監控，在此情況，可獲得絕對深度資訊。

因為這些方法只能產生總溝槽深度，所以他們亦不足以造成類似前述STI情況的問題。當溝槽切成一多層結構時，他們亦不容易應用。

最近，努力透過使用更複雜的演算法與光學測量來克服這些限制。觀念是使用一寬廣的波長範圍，並在包括兩個或多個非連續區域的晶圓上測量在一擴大點上的光譜反射率，其中每個非連續區域具不同可能的多層薄膜堆疊。晶圓的表面布局能透過識認相對區域的上表面是否未位在單一平面而達成。

前述的所有先前技術方法係使用我們關心種類的結構的反射率是透過多重干擾效果決定。從結構反射而然後被偵測的光子認為是使用大量選擇性路徑之中任一些。如果這些區域是以小於光的側面連貫性長度的距離分開，這些路徑便會來自在晶圓平面不同區域的反映。在介面上受到不同反射組合的路徑亦提供，假設他們的長度不再不同於光的縱向連貫性長度。來自所有這些路徑的提供增加，及其相關時期可判斷他們是否毀滅性或建設性增加觀察的信號強度。相位能透過路徑長度差與波長比而決定。在干擾是主要建設性的情況，反射率是較高，而且在它是主要毀滅性的情況，它會較低。此是有關層厚度與溝槽深度的資訊嵌入反射光譜的主要方法。反射率大小、與不同波長大小

的變化振幅主要是由在各種不同介面上的折射率不連續性大小、與不同區域的相對大小所決定；雖然如果反射率能符合一光學模型，他們會很重要，但是這些會是隨著我們嘗試監控的結構垂直尺寸而發生。

方法是依賴使用足以詳細說明在測量點中每個不同區域的一光學反射率模型。模型是採用數個參數函數式。在每個非連續區域中的每層厚度與每個溝槽深度能以模型中的參數表示。大體上，亦能有其他參數。未知的層厚度與溝槽深度的測量能透過改變相對參數的值達成直到在觀察的光譜與模型間的差縮小為止。

方法的一般性描述是由所羅門等人在美國專利案號 5,900,633 中揭示，其在此是以引用方式併入本文供參考。製造期間所製造的層厚度與組合能透過使用一測量點決定，其中該測量點是足夠大以照射從其圖案特徵(通常是在可複製位置)所造成取樣的兩個或多個不同地帶的區通常是在可複製位置。反射比、發射度、與發光光譜之一或多個可被測量，且在圖案區域的厚度與組合特徵化的各種不同參數可使用例如放射輻射的極化與振幅的以模型為主之分析而獲得，其中模型參數是被反覆調整以達成與測量值的匹配。測量可在處理步驟生效之前與之後、及/或透過使用來自經歷相同處理的指定取樣上相同位置的測量而採行，以減少在參考模型中的未知參數數量，如此便可實際增加方法的速度。

斯辛拿等人在美國專利案號 6,281,974 B1 中揭示前述實

質相同方法的另一描述，而且在此是整個以引用方式併入本文供參考。斯辛拿等人描述測量方法係使用具有由它製造的某處理所定義複數個特徵的一圖案結構的至少一想要參數。結構表示具有與放射輻線有關不同光學屬性的至少兩個局部相鄰元件形成至少一週期的格柵。該方法進一步使用一光學模型，其中該光學模型是根據結構的至少一些特徵，並可決定從結構鏡射的不同波長光元件光度強度的理論資料表示。光學模型亦可計算結構的想要參數。本質上，實質大於由格柵週期所定義一結構表面區域的測量區域是透過一實質預設寬波長範圍的放射輻射所照明。實質從測量區域鏡射的光元件可被偵測，且在波長範圍內的每個波長的光度強度測量資料表示可獲得。測量與理論資料可滿足一預定情況。只要發線滿足預定情況，想要的結構參數便可計算。

一類似方法的另一揭示是由札利基在美國專利案號6,275,297中提供，其在此是整個以引用方式併入本文供參考。札利基揭示的方法是明確用於STI溝槽深度測量。札利基描述在包括複數個凹處與非凹處部分的半導體基板上的一結構深度幾何，其中凹處與非凹處部分包括一參考介面，且凹處與非凹處部分之一在其上具有一誘電性層。用於測量的裝置係使用供照射基板的一寬帶光源、用以偵測包含從非凹處部分所反射光的一第一光譜元件之偵測器、包含從凹處部分所反射光的一第二光譜元件、與包含從誘電性層所反射光的一第三光譜元件。偵測光束的光譜反射

比資訊能被儲存，並產生反射比強度與波長比較的圖。根據繪圖干涉分析，凹處部分與誘電性層之一的深度幾何的決定是與參考介面有關，並以100埃較低的解析度予以區別深度幾何。札利基進一步描述方法能以原位置執行，且用以決定深度幾何的分析最好包括使繪圖能適合一反射比模型。

關於用來進行形成這些方法基礎的反射率測量之裝置，實體裝置可採用許多形式，此是因測量是否以使用光波長的原位置或成直線達成、與許多其他因素而定。適當配置描述是由K. P.基林與W. G.布萊藍(J. Electron Mater 23, 179 (1994)，與I. P.賀曼的薄膜處理光學診斷，Academic Press (1996)，第358頁)、與翡瑞等人在美國專利案號6,160,621中提供，其在此是以引用方式併入本文供參考。他是裝置可正確返回實質廣泛波長範圍測量的表面反射率的這些方法之每一者的一般需求。

在這些實施的每一者中，此方法需要足夠完整的一光學模型結構，以當使用參數的適當值時，提供與觀察反映光譜的實質協議。模型能採用包括表示待決定量參數的一方程式表示式。

標準最小化技術可用來找到在計算的模型與觀察的反映光譜間最佳協議的參數值。在此本文中的協議表示一"績效函數"的最小化定義在測量與理論資料間的適合度。沒有前述的先前技術參考是明白說明此績效函數如何定義，或如何完成最小化。然而，績效函數的標準形式是在測量的一

些或所有波長上的觀察與計算光譜間差的平方總和。所羅門等人建議 *Levenberg-Marquardt* 方法可用來執行非線性迴歸分析 (Press, W. H., Flannery, B. P., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., Numerical Recipes, Cambridge University Press, 1992)。然而，因為績效函數典型具有對應不正確參數值的許多本地最值，所以它對於將此技術應用到由這些光學方法所產生種類的振盪資料。這些技術需要待決定參數每一者的初始猜測，而且演算法將涵蓋一附近區域最小值而不是正確回答的全域最小量的始終危險。

主要重要是這些方法的成功，在於績效函數具有明確定義的最小量，且此最小量可於對應待決定的厚度與深度正確值的參數值實質發生。如果不是，那麼不正確值的一些組合將造成幾乎較低、或甚至低於正確值的績效函數值。隨著先前技術方法，此需要光學模型可正確將結構的觀察反射比再生。為了要將此產生，除了表示待測量之量的參數之外，它通常發現到包括表示其他結構屬性的額外參數是需要的。

此參數範例包括：

1) 在使用的每個波長的每個區域中每層的光學常數  $n$  與  $k$ ；

2) 所羅門等人 (第 9 欄，第 41 列)、斯辛拿等人 (第 9 欄，第 60 列，描述參數  $C_1$ 、 $C_2$  與  $C_3$ )、與札利基 (第 7 欄，第 37 列)，不同非連續區域的相關區域；

3) 札利基 (第 7 欄，第 37 列描述參數  $C_4$ )，描述從溝槽端散

佈的參數；

4)斯辛拿等人(第7欄，第35列，描述參數 $\lambda$ )，描述在光學系統中光連貫性的參數 $\lambda$ ；

5)斯辛拿等人(第8欄，第16列，描述參數 $c_1$ 與 $c_2$ )的啟發式"大小耦合因素"；

6)斯辛拿等人(第8欄，第43行，描述參數 $b_2$ 與 $B$ )的消散因素；及

7)斯辛拿等人(第9欄，第10列，描述參數 $p_1$ 與 $p_2$ )的極化因素

因為不需要一小照明點，所以這些先前技術方法能適合原位置度量。然而，由於在先前技術中前述的數個因素，所以前述的先前技術方法通常在連續原位置監控的他們有用性會受到限制。

一缺點是先前技術方法在寬廣範圍波長上需要晶圓反射率的正確測量。反射率是投射與來自晶圓的反射光學強度比。在一原位置測量中，沒有在晶圓上投射或從晶圓反射的光束可直接存取測量。因此，反射率必須從反射率迴旋測量、與例如視窗傳輸的一些其他系統屬性推論。如果這些屬性是未知的，或如果他們會改變，那麼本質需要增加進一步參數。

先前技術未能完全說明的另一問題能減少。為了要進行測量而應該解決的減小問題需要在一參數空間上的搜尋，其中該參數空間大小是高於要被決定未知數量。在最小量，必須是待決定量每一者的一適當參數。然而，因為這

些方法是因尋找在觀察與計算反射率之間的一正確適當性，所以例如提到的額外參數(例如，有關描述的參數：從溝槽端散佈；光學系統的光連貫性；啟發式"大小耦合因素"；消散因素；及極化因素)大體上必須使用。需要的每個額外適當參數會提高問題困難位準。

最後，信賴一實質正確適當需求的先前技術會加諸窄結構範圍特殊模型的限制。既然不同模型形狀必須與不同結構使用，所以此使它在許多不同種類結構處理的製造環境中不方便使用。

#### 【發明內容】

薄膜厚度與溝槽深度的原位置監控與控制的方法是根據本發明的具體實施例揭示。一處理晶圓的溝槽深度能透過使用一減少參數組的簡化光學模型、與主要對於反射率的最大與最小位置靈敏的一新績效函數而即時正確計算。

來自一處理晶圓的觀察光譜能符合一計算光譜，而無需在觀察與計算光譜間的一實質良好適當。此允許使用具減少組參數的較簡單光學模型。此亦允許使用例如能在一實際原位置監控環境中實際實施的妥協反射率資料。方法進一步包括構成用於觀察與計算資料間比較的一績效函數，其中觀察與計算資料對於由層厚度決定的這些觀察與計算資料觀點是別靈敏，且對於由不想要的其他結構觀點決定的這些觀點是更加不靈敏。

根據本發明的一觀點，來自一製造晶圓表面的光譜反射率資料的一即時流可即時監控，且觀察資料的垂直範圍是

與計算資料的垂直範圍有關，以緩和正確計算反射率的需求。然後，資料能減少到一最小組以幫助快速計算，但是保存最初光譜的資訊內容。用以減少資料的一方法包括將光譜細分成端點已相互平均隔開的 $N$ 個小區域，然後將在每個區域內的波長與反射率予以平均，以獲得每個區域 $i$ 的單一(波長，反射率) $(\lambda, R^{obs})$ 對。選取的區域數量是足夠大，所以在反射率光譜中的想要最小特徵能擴展四個或多個區域。用於配合的光譜資料然後認為是長度 $N$ 的串列 $R^{obs}$ ，而無需明白參考波長。

對於決定的處理晶圓的一值 $N$ ，一光學模型 $R^c(\lambda, p_1, p_2, \dots, p_n)$ 可在 $N$ 個波長上建立及估計，且每個劃分區域有一波長。結果會是用於與觀察資料 $R^{obs}$ 相比較的長度 $N$ 串列 $R^c$ ，其中觀察資料亦是長度 $N$ 的串列。只要劃分決定，串列 $R^c$ 會變成需要許多參數 $p_i$ 的函數，且可清楚看出我們能以 $R^c(p_1, p_2, \dots, p_n)$ 表示。

觀察的資料 $R^{obs}$ 與模型 $R^c(p_1, p_2, \dots, p_n)$ 能使用一績效函數 $M_i(p_1, p_2, \dots, p_n)$ 相比較。然而，不管計算或觀察的資料垂直範圍能根據在其內包含的最大與最小值而縮放。觀察的資料與計算的模型資料能經由績效函數而將兩者相比較之前重新縮放。而且，觀察的資料與計算的模型的轉換使得他們的垂直範圍與光譜平均值能符合。隨著轉換資料與一適當構成的績效函數，一非常最小值能甚至在觀察資料與計算模型中較大錯誤的正確參數值上找到。績效函數的減小能透過在先前技術中已知的標準數字技術、或根據本

發明的另一觀點達成；或者，可經由在一非連續格柵上整個參數空間徹底搜尋而達成。第二最小選項在搜尋的參數量較小的情況是可能的，例如只使用兩個厚度參數。

### 【實施方式】

圖1是一STI結構斷力的截面圖。目前的STI結構包含兩個非連續區域類型，即是區域113與區域114。第一類型區域113是在一矽基板104頂端上的一多層電介體堆疊102。形成區域102的多層電介體堆疊的最上層106是光阻。在最上層106下面是中間層108。除了未知的最上層106之外(即是，中間層108的厚度是已知)，在區域113的每一層厚度是已知。既然在描述的STI結構中，溝槽112最初是擴充到區域108並到區域104，所以區域114(區域的第二類型)會是包含基板104的STI結構。

溝槽112是以溝槽掘蝕處理形成，其類型對於描述本發明是不重要，但是可以是例如電漿蝕刻的任何已知處理、或可以是目前未知蝕刻類型。在描述的範例中，溝槽112是橫越區域102，並延伸到區域104；然而，可了解到描述的處理只是範例，且方法亦能運用在區域114具有一較複雜結構的情況。隨著進一步參考描述的範例，最上層106的厚度是薄膜厚度 $p_1$ ，且溝槽112的總深度是溝槽深度 $p_2$ 。中間層108的厚度是已知厚度 $p_3$ 。擴充到基板104的溝槽112部分是以深度 $p_4$ 表示，而且對於嘗試控制在基板104的溝槽深度112的處理操作員是特別感興趣。最好是，深度 $p_4$ 的大小應該控制在數奈米(nm)內。因為溝槽112橫越遮罩(光阻最上層

106)，所以除了知道中間層厚度 $p_3$ 之外，用以決定溝槽112擴充到基板104的深度的所有隨後層108與基板104需要找出總溝槽深度 $p_2$ 與薄膜厚度 $p_1$ 。

可了解到通常一掘蝕處理會磨損暴露區域的表面；在描述的範例中，這些區域是以區域102與104表示。當掘蝕處理進行時，最上層厚度 $p_1$ 與溝槽深度 $p_2$ 的大小會隨時間變化，即是，溝槽深度 $p_2$ 的值會增加，而薄膜厚度 $p_1$ 會分別由於磨損區域104與最上層106的處理而減少。因為當掘蝕處理進步時，參數厚度 $p_1$ 與深度 $p_2$ 會變化，所以找出深度 $p_4$ 的值較困難，但是不會以相同速率變化。當基板(104)以較快速率磨損時，最上層106的光阻會禁止蝕刻。總溝槽深度 $p_2 = p_1 + p_3 + p_4$ ，且 $p_2 \geq (p_1 + p_3)$ 。當溝槽112切成區域104時， $p_4 > 0$ ，區域104的基板104然後會蝕刻直到想要的區域104量磨損為止，即是深度 $p_4$ 到達一預定值，且掘蝕處理會結束。在此情況，當 $p_4$ 到達它的預定值時，最上層106仍然是完整的，且最上層106厚度 $p_1$ 與溝槽112深度 $p_2$ 是待決定的量。從這些值，深度 $p_4$ 可容易計算以控制蝕刻處理。可了解到描述的處理只是範例，且方法亦可運用在所有最上層與部分或所有中間層108被移除的情況。

本發明的一觀點通常只在由連續原位置監控推測的大範圍波長的晶圓高度正確反射率測量上不具有可靠度。因此，根據本發明的具體實施例，資料可使用傳統原位置監控技術而在實際處理情況下收集。資料收集的原位置監控裝置可在晶圓上的一10公釐直徑點的光譜，其通常是接近

晶圓中心。一投射光束會通過一真空窗，且會從取樣的正常入射角反射，並經回真空窗返回，並導向光譜攝譜儀。典型上，每個光譜是以0.5公釐解析度跨越225奈米至800奈米的波長 $\lambda$ 範圍。斐瑞等人是在美國專利案號6,160,621中描述一類似收集裝置，其此是以引用方式併入本文供參考。然而，本發明的處理並未仰賴於此。斐瑞的裝置並未嚴格仰賴前述原位置監控。只要閱讀目前詳述，熟諳此技者便可了解到廣泛已知、或至今未知、原位置監控技術與合作裝置可從在此描述使用，而不致脫離本發明的範圍。從本發明取得的其他優點是有關即時資料、原位置監控與薄膜厚度控制的收集有關，且溝槽深度決定可從下面直接描述的本發明明具體實施例的描述而變得更顯然。

圖2是根據本發明明具體實施例而描述用以實施決定薄膜厚度與溝槽深度處理的一般方法流程圖。在討論方法之前，可了解到在此提出的方法是假設來自表面的光譜反射率資料的一即時流會受監控，例如經由前述一原位置監控裝置。此外，在處理之前，即時光譜反射率資料會轉換成額定反射率 $R(\lambda, t)$ ，其然後會當作觀察的資料使用。額定反射率能從一目前光譜至一參考光譜比予以決定。參考光譜可使用供處理製造晶圓的相同處理與監控設備而預先從一裸矽晶圓收集及儲存。因為這些晶圓能使用在半導體製程設備，且他們的反射屬性相當特徵化，所以裸矽可使用。本質上，參考光譜可提供與來自照明光源的光波長特性有關的光譜強度資訊。在晶圓處理期間，即時光譜能在每個

時間步驟上經由監控裝置收集，而且目前光譜與參考光譜的比能透過例如監控儀器計算。額定反射率大約等於在相對裸矽處理中的晶圓相關反射率。代表性光譜302是在圖3顯示，並從一晶圓蝕刻的原位置監控採用。

請即參考用以實施決定在圖2描述薄膜厚度與溝槽深度處理的一般方法討論，方法能透過將一般光學  $R^c(\lambda, p_1, p_2, \dots, p_n)$  當作波長  $\lambda$  的函數與需要的許多參數  $(p_1, p_2, \dots, p_n)$  而開始(步驟202)。用以建構處理晶圓的光學模型的唯一假設是與來自每個區域  $(r_1, r_2, \dots, r_n)$  的反映總數成比例。根據本發明具體實施例，一非常簡單光學模型可用於與只需要一減少參數組  $(p_1, p_2, \dots, p_n)$  的觀察資料比較。

表面是由數個非連續區域組成的晶圓的一簡單光學模型範例如下所示：

$$R^c(\lambda, p_1, p_2) = \left| ar_1(p_1^a, p_2^a, \dots) + b \text{Exp} \left( \frac{-4\pi p_1^b}{\lambda} \right) r_2(p_2^b, p_3^b, \dots) + c \text{Exp} \left( \frac{-4\pi p_1^c}{\lambda} \right) r_3(p_2^c, p_3^c, \dots) + \dots \right|^2 \quad (1)$$

在方程式1的公式中，每個區域1、2、3、...在方程式中是以一項表示。在每項中，字母a、b、c、...表示由區域佔用的表面分數。項  $r_1$  等是不同區域的反射比，其每個包含單一堆疊，而且這些可使用供計算一多層堆疊的反映係數的標準公式計算。有關這些計算的細節可例如在橢圓偏振術與極化光(阿茲贊與巴薩拉，第332-340頁，Elsevier, 1987)找到，其在此是以引用方式併入本文供參考。在這些項的參數p是各種不同結構層的折射率與厚度。對除了第一項之

外的所有而言，在問題中的第一層頂端與層頂端之間的垂直距離是以參數(例如，在第二項的  $p_1^b$ )輸入，以說明在來自各種不同區域反射間的相位偏移。

不像先前技術光學模型，用以正確決定薄膜厚度與溝槽深度的一簡單光學模型使用是可能的，目前方法可估計用以計算精確符合觀察光譜的光譜需要。因此，除了使用一高度簡化光學模型之外，最好的薄膜厚度與溝槽深度厚度結果能透過使用例如能從一即時原位置監控環境預期的妥協反射率資料達成。

表面的反射率然後如下式所示：

$$R^c(\lambda, p_1, p_2) = \left| ar_1(p_1) + b \text{Exp}\left(\frac{-4\pi p_2}{\lambda}\right) r_2 \right|^2 \quad (2)$$

在前述與如下述的一般模型中，一參數可視為能以任何可計算方式影響到一晶圓區域反射屬屬性的任何屬性、特徵或屬性。當用來描述本發明具體實施例時， $p_1$ 與 $p_2$ 是在晶圓相對區域的STI結構空間參數(深度與厚度)。因此， $p_1$ 可視為在一區域中結構唯一的空間參數，而 $p_2$ 可視為在一第二區域中分開結構的唯一空間參數。a與b是描述從每個區域預期相對部分的加權係數，且是製造晶圓相對區域的相對部分估計，使得( $a + b = 1$ )。

可了解到雖然目前具體實施例描述本發明有關包含兩個非連續區域的晶圓，並具有每個區域的一相對深度或厚度參數，但是參數可表示影響到一區域反射屬性的任何其他屬性、特徵或屬性，而不致脫離例如這些區域折射率的本發明之精神或範圍。而且，光學模型能透過增加相對的參

數數量而擴充，以計算具有超過兩個非連續區域的一晶圓反射率，而且如需要，可提供同等數量的額外加權係數。

隨著有關前述一般模型的描述，本發明現將參考具有如圖1所述具有兩個非連續區域的STI結構範例。對於描述本發明的目的而言，第一區域(113)是多層電介體堆疊102的第一區域，且第二區域(114)是晶圓基板104的第一區域，在此情況，基板104是矽。 $r_1$ 與 $r_2$ 分別是兩個區域113與114的反映係數。 $p_1$ 是最上層106的厚度，且 $p_2$ 是在區域113與114的最上層之間的分開距離。 $a$ 與 $b$ 是加權係數。區域114的反映係數 $r_2$ 只是基板104、或矽的反射率，其能透過使用矽折射率的實數與虛數部分 $n$ 與 $k$ 而從夫累爾的方程式計算：

$$r = \frac{n - ik - 1}{n - ik + 1} \quad (3)$$

區域113的反映係數能透過使用供計算一多層堆疊反映係數的標準公式計算。有關這些計算的細節可在例如橢圓偏振術與極化光(阿茲贊與巴薩拉，第332-340頁，Elsevier，1987)找到，其在此是以引用方式併入本文供參考。加權係數 $a$ 與 $b$  ( $b = 1 - a$ )是在製造晶圓相對區域的相對部分估計。例如， $a$ 與 $b$ 之中一者是第一區域113、或是電介體堆疊102，且另 $a$ 與 $b$ 之另一者是第二區域114、或是晶圓基板104。對應資料的一連串波長估計的方程式2包含光學模型。

來自方程式2的光學模型包含三個未知參數 $a$ 、 $p_1$ 與 $p_2$ ，此假設該等構成材料每一者的光學常數是已知。在此形式的光學模型不能正確預測結構的觀察額定反射率。在模型與觀察資料之間的此相差可從觀察光譜上重疊的 $p_1$ 與 $p_2$ 正確

值估計模型圖而了解。圖4顯示透過方程式2描述的光學模型 $p_1$ ，其中 $p_1 = 167$ 奈米與 $p_2 = 690$ 奈米與參數 $a$ 的兩個不同值的正確值估計。曲線404顯示以適當值決定的 $a = 0.779$ 最佳值估計。此外，曲線406顯示於 $a = 0.25$ 最適當值估計的模型。在任何情況，在觀察資料402與計算模型(404與406)表示在參數 $p_1$ 、 $p_2$ 上的3個參數適當性具有涵蓋正確值。因此，目前描述的光學模型太簡單而不能使用在符合用以獲得正確厚度結果方法的先前技術。

因此，根據本發明具體實施例，觀察光譜與計算光譜的比較係使用在觀察與計算光譜之間不需要一實質適當值的方法。因此，下述的比較技術只使用前述簡化的光學模型，與來自一處理晶圓的即時原位置監控的觀察資料。使觀察的資料符合一光學模型的第一步驟是要當保存最初額定反射率光譜的資訊內容時，將資料減少到一最小組以幫助較快計算(步驟204)。觀察的額定反射率光譜典型是透過在一規律間隔波長格柵上一連串測量的監控儀器報告。關於前述監控裝置，每個光譜是由在225奈米與800奈米之間的波長 $\lambda$ 所組成，其中測量是以(或平均)0.5奈米的解析度採行，以產生在每個取樣時間 $t$ 上所採行額定反射率光譜資料的1151個非連續資料點。為了要估計在觀察與計算光譜間的協議程度，在每點上的觀察與模型化光譜的比較是不需要。在一相當小的足夠波長間隔，反射率會以相當慢變化，且在單一點的比較是足夠的。在額外點上的比較會增加必要的計算時間，而不會在薄膜厚度與溝槽深度結果中提供

任何額外精確度。因此，本發明具體實施例的元件使用是記算來自觀察額定反射率光譜的用於比較的一最小組值，而無需妥協處理結果。此將優先需要將光譜劃分成光譜認為較慢變化的波長間隔，並進行每個此波長間隔的單一比較。

從圖4可看出，觀察的額定反射率光譜402認為較慢變化的一波長間隔大小是在光譜的短波長結束會較小。此是因為實際相關參數是在晶圓的一些特徵大小與波長的比。因此，我們係描述必須選取能將觀察的光譜減少到使點數量更接近最佳的一最佳減少組的方法。首先，我們選擇代表在處理期間所發生資料的一光譜。如果光譜在例如處理或取樣過程中以他們複雜方式變化，那麼具較大複雜度的光譜便應該選擇。然後，我們選擇許多位置 $N$ 來嘗試，其中 $N$ 是小於最初數量，但是仍然可預期能足夠捕捉每個光譜的必要形狀。然後，我們計算劃分邊界。有一組 $N+1$ 個波長 $i = 1, \dots, N+1$ ，其包括最初的列出(225奈米與800奈米)的端點、與選取的 $N-1$ 個中間波長，所以 $N+1 \lambda_i$ 是相互接近平均在由波長解析度所允許的精確中隔開。劃分的端點能透過使用任何方法選擇，以產生相互以接近平均分配。在每個劃分區域中的波長與反射率資料然後會平均，以獲得表示相對區域的單一對(波長、反射率)。減少的資料組的繪圖然後是在與全光譜(圖4)的相同軸上繪製。如在此範例的情況，如果在減少光譜點之間的插入可產生具實質與全光譜相同形狀的光譜，那麼 $N$ 會足夠大。對於如果 $N$ 太小而言，它不必

需或甚至想要找出N的最小可能值，那麼存在的危險是方法可能會失敗，且通常可減少相當的計算負荷，而沒有限制。

只要決定 N值，最初的資料組便能減少到具N個成員的一最小大小資料組。

將資料組劃分的效果可從圖5看出。在圖5中，對應圖3的額定反射率光譜302的向量502是如41個非連續反射率值顯示，一非連續反射率值能用於在反射率光譜上的N個劃分區域之每一者。如前述，單一資料點能透過將在整個區域上的額定反射率予以平均而於每個劃區計算。在資料減少轉變之後，在每個時間步驟 $t$ ，資料是一向量 $R_{i,t}$ 的形式，其中 $i$ 是對應波長的索引，且是從1至劃分數量 $N$  (41個劃分是在圖5顯示)。因此，適合的光譜資料目前認為是長度 $N$ 的串列 $R$ ，而不是參考波長。

然後，資料的轉換是與垂直軸有關，使得資料的平均值是零，且資料的垂直範圍是1(步驟206)。資料的垂直範圍能提供可在模型結果上使用的一方便縮放，而不是嘗試對它計算。透過以他們的垂直範圍與光譜平均值能符合的此一方式將觀察的資料與計算的模型轉換，資料與模型的較大錯誤能忍受，且仍然可於正確參數值上找出正確構成績效函數的極最小值。轉換的資料然後可如下式所示：

$$\tilde{R}_{i,t} \equiv T(R_{i,t}) = \frac{R_{i,t} - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N R_{j,t}}{\text{Min}(R_{i,t}) - \text{Max}(R_{i,t})} \quad (4)$$

將資料縮放與平均包括在每個時間步驟 $t$ 上先找出一特殊光譜資料的垂直範圍。從 $N$ 個取樣， $R_i$ 的最小與最大值是

從N個反射率取樣找到，其中i的範圍是從1至N。有 $\text{Min}(R_i)$ 與 $\text{Max}(R_i)$ 。資料的垂直範圍 $\text{Max}(R_i) - \text{Min}(R_i)$ 能建立用以將觀察的資料與計算的模型縮放的垂直範圍，以使正確計算模反射率的需求緩和。每種光譜(不管是一計算的光譜或一觀察的光譜)是根據在它包含的最大與最小 $R_i$ 值而縮放。如果干擾最小與最大在每個光譜中發生，該方法是最成功，如果資料包括廣泛範圍的波長，其會是較有可能的，特別是紫外線波長，通常是在200奈米與400奈米之間。

圖6描述對應圖3的額定反射率光譜302的一向量602  $T(R_{i,t})$ 圖，其顯示在最後轉變後出現的41個非連續反射率值。向量602具有大約1的垂直範圍、與在0光譜的平均值。

隨著正確傳送的資料，績效數字函數或績效函數  $M_i(p_1, p_2, \dots, p_n)$  是用於在觀察的資料  $R^{obs}$  與模型  $R^c$  (步驟210) 之間的比較。熟諳此技者了解到，一績效函數可使用參數特殊選擇而測量在觀察資料與模型間的協議。績效函數的設計及配置使得在觀察的資料與模型間的緊密協議能以一小值表示。績效函數的最小量能透過調整模型的參數而決定，藉此產生最合適的參數，並使用在先前技術中已知的任何標準數字技術形式，例如 *Levenburg-Marquardt* 方法。下面是根據本發明的一具體實施例而描述一般績效函數。

$$M_i(p_1, p_2, \dots, p_n) = \sum_{j=1}^N (\pi[R_j^c(p_1, p_2)] - \pi[R_i])^2 \quad (5)$$

與

$$T(R_i) = \frac{R_i - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N R_j}{\text{Max}(R_i) - \text{Min}(R_i)} \quad (6)$$

最後，可執行績效函數的最小化。根據本發明的具體實施例，模型可預先計算以建立在執行時徹底搜尋的一查閱表。因為參數空間只是二維(即是 $p_1$ 與 $p_2$ )，所以此透過使用目前處理是可能的。表是由在整個預期值的1奈米間隔上的每個可能溝槽深度與層厚度對的向量 $\pi[R_{j,i}^c(p_1, p_2)]$ 組所組成。在觀察的資料與模型間的協議能透過徹底搜尋整個二維參數空間而找到，而不是數字最最小化技術。因為結果不是因一初始猜測而定，所以此選擇是優於先前技術的標準數字最小化技術。

圖7A與7B是根據本發明的一具體實施例而描述原位置監控與控制薄膜厚度與溝槽深度的一處理流程圖。來自描述處理的結果能透過使用前述一般實施方法而於晶圓處理期間即時達成，而且下面的描述是與在圖1描述的STI結構有關。流程圖可被分成在圖7A(描述應該在處理晶圓前完成的步驟)顯示、與圖7B(其顯示本發明的即時處理步驟)的兩個區段其描述。

如前述，在實際處理晶圓之前，數個資料位元應該收集以供特殊晶圓處理。這些步驟的資料應能透過使用蝕刻反應室及在處理隨後類似製造晶圓所使用的監控裝置而獲得。在表示這些資料獲得步驟的圖7A中的區塊是以虛線描述，以象徵在此獲得的資料可於透過使用範應室與測量裝置的類似製造晶圓上任何隨後處理依然有效。然而，可了解到如果目前方法獲得的厚度結果精確度是有疑問的，即是，與蝕刻處理或製造晶圓有關的某些已改變，那麼這些

資料應該在處理其他製造晶圓前重新獲得。

最初，一參考光譜能透過使用蝕刻反應室及使用在晶圓製程的原位置監控裝置而從一矽晶圓獲得(步驟702)。參考光譜然後儲存在監控裝置，以將在製程期間獲得即時光譜反射率資料轉換成額定反射率 $R(\lambda, t)$ 。此外，在開始蝕刻處理之前，N值的決定是用於將資料減少一最小組的資料，以保存最初額定反射率光譜的資訊內容(步驟704)。通常，N的決定使得減少的光譜形狀不會實質不同於最初光譜形狀。N能透過分析經由處理一製造晶圓所獲得的光譜資料而憑經驗決定，或者透過使用於製造晶圓構成的一光學模型分析計算的資料而決定。

在此，可了解到如一實際問題，厚度決定與控制處理能根據本發明的具體實施例而在兩個選擇流程之一中執行。第一選擇性包括預先構成光學模型，然後建立一查閱表，其中該查閱表是由每個可能溝槽深度的向量 $\pi[R_{j,i}^c(p_1, p_2)]$ 與預期用於蝕刻處理的層厚度對所組成。此查閱表然後會徹底搜尋以符合觀察的資料。第二選擇性是預先構成光學模型，但是透過調整參數值而線上即時對它估計，以產生在任何時間步驟 $t$ 的所採用觀察資料的最合適參數。在此，光學模型能透過使用任何標準數字技術而與觀察的資料相比較。第一方法是略微不耗時間，但任一方法可在一執行時間環境中達成卓越的厚度造成。兩個方法中的不同將在面整個的討論中強調。

在任一方法中，光學模型 $R^c(p_1, p_2)$ 能透過使用處理的特殊

類型STI結構的反映係數而於估計的晶圓結構獲得，例如前述方程式2(步驟706)。在第一方法中，在預期範圍中的每個可能溝槽深度與層厚度的一組向量  $\pi[R_{j,t}^c(p_1, p_2)]$  可編譯在查閱表。因此，對於每個溝槽深度與層厚度對而言，模型資料能減少到平均反射率資料的N個值(步驟708)，然後  $\text{Min}(R_i)$  與  $\text{Max}(R_i)$  ( $R_i$  的最少與最大值)可於每個參數對的N個反射率取樣找到。有關每個深度與層厚度對的模型資料然後透過一線性變換而逐點轉換，以產生平均值是零的一向量，且其範圍(如同最大值減最小值的定義)是1(步驟710)。前述方程式4是能用於此目的一演算法範例。結果向量  $\pi[R_{j,t}^c(p_1, p_2)]$  是透過他們  $p_1$  與  $p_2$  值編索引而合併在查閱表(步驟712)。

請即參考圖7B。蝕刻處理是在製程晶圓開始，且反射率資料可於時間步驟  $t$  從晶圓表面被原位置監控(步驟714)。額定反射率  $R(\lambda, t)$  可自動從使用參考光譜的工具收集的光譜予以計算。然後，透過工具產生的資料組會減少到N個資料點(步驟716)。此步驟能透過監控裝置而於內部完成，但是相反會是外部資料處理器的功能。然後，有關N組  $R_{i,t}$  的  $\text{Max}(R_{i,t})$  與  $\text{Min}(R_{i,t})$  值可找到(步驟718)，並透過使用例如前述方程式4，可用來轉換觀察的資料  $T(R_{j,t})$ ，使得它的垂直範圍與光譜平均值能符合計算的模型  $\pi[R_{j,t}^c(p_1, p_2)]$  (步驟720)。在登錄查閱表之前，查閱表的向量資料已同樣轉換。

另一方面，如果未使用一查閱表，那麼光學模型  $R^c(\lambda, p_1, p_2, \dots, p_n)$  必須在N個波長的每一者上估計，以產生串列  $R^c(p_1, p_2)$ 。此串列能如前述步驟708與710轉換。只要轉換，

模型資料能於第 $t$ 時間步驟與觀察的資料相比較。此能透過使用前面兩個參數 $p_1$ 與 $p_2$ 的方程式5描述的一般績效函數特殊式完成，即是，績效函數是式子 $M_i(p_1, p_2)$ 。最上層厚度 $p_1$ 與溝槽深度 $p_2$ 的大小能透過減少在參數 $p_1$ 與 $p_2$ 上的績效函數 $M_i(p_1, p_2)$ 而於蝕刻處理的第 $t$ 時間步驟的晶圓狀態決定(步驟722)。減小化能透過使用例如Levenburg-Marquardt方法的一標準數字技術而執行。

相反地，如果預先建立一查閱表，那麼二維參數空間便能在執行時間徹底於參數 $p_1$ 與 $p_2$ 搜尋。如前面步驟712的描述，查閱表是由在整個預期值範圍上的每個可能溝槽深度與層厚度對的向量組 $\pi[R_{j,t}^c(p_1, p_2)]$ 所組成。範圍參數值能以例如1奈米的一些非任意間隔增量，以提供用於控制蝕刻處理所需的解決。

圖8是在前述圖6顯示在光譜602的 $p_1$ 與 $p_2$ 上的兩個參數搜尋結果。表示 $T(R_{i,t})$ 802的41個非連續值是被向量 $\pi[R_{j,t}^c(p_1, p_2)]$ 804覆蓋。

在獲得最上層厚度 $p_1$ 與溝槽深度 $p_2$ 的正確值，擴充到基板110(深度 $p_4$ )的溝槽112深度部分考透過 $p_4 = p_2 - (p_1 + p_3)$ 找到，其中 $p_3$ 是中間層108的已知厚度(步驟724)。深度 $p_4$ 是與停止深度 $p_{stop}$ 相比較，以表示在基板110中的目標挖掘深度。如果深度 $p_4 < p_{stop}$ ，處理便會返回步驟714，以在下一時間步驟 $t$ 上獲得一新的額定反射率 $R(\lambda, t)$ 。處理然後會於步驟716至726反覆直到深度 $p_4 \geq p_{stop}$ 為止，而且掘蝕處理會結束(步驟728)。

請即參考圖9，最上層厚度 $p_1$  802與溝槽深度 $p_2$  804的描述是與時間有關。注意，可預期到，當蝕刻處理經由時間步驟 $t$ 開始時，溝槽深度 $p_2$  804便會增加，而最上層厚度 $p_1$  802會減少。在每個時間步驟 $t$ 上計算的參數對是與先前值無關，所以在這些圖中砍見的平滑變化表示因為每個值在時間步驟之間平滑轉變，所以搜尋的確會返回正確值。圖10描述在相同時間間隔的矽 $p_4$  1002中的溝槽深度圖。前述深度 $p_4$ 是從厚度 $p_1$  802與深度 $p_2$  804、與中間層108的已知厚度取得，因為矽深度 $p_4$ 的值在時間步驟之間亦能從一值平滑轉變到下一值，所以此很顯然矽深度 $p_4$ 的值亦是正確的。

所有裝置或步驟的對應結構、材料、動作、與類似連同在文後申請專利範圍中的功能元件包括執行功能及如明確申請專利範圍的其他聲明元件的任何結構、材料、或動作。本發明的描述只是說明，而不是侷限於所揭示形式的本發明。許多修改與變化對於熟諳此技者是顯然的，而不致脫離本發明的範圍與精神。具體實施例是被選擇及描述，為了要說明本發明的原理與實際應用，而且允許其他熟諳此技者了解有關適合特殊考慮使用的各種不同修改的各種不同具體實施例的發明。前述只是說明，且各種不同修改能透過熟諳此技者達成。

#### 【圖式簡單說明】

本發明的新特徵是在文後申請專利範圍說明。然而，本發明與較佳使用模式、進一步目的與優點能透過下列連同

附圖的具體實施例詳細描述而變得更了解，其中：

圖1是一STI結構的截面圖。

圖2是根據本發明具體實施例而描述用以實施決定薄膜厚度與溝槽深度處理的一般方法流程圖；

圖3是從一晶圓蝕刻的原位置監控所採用的一代表性額定反射率光譜；

圖4是描述根據有關參數 $a$ 的兩個不同值 $p_1$ 奈米與 $p_2$ 奈米的正確值所估計的本發明具體實施例而構成的光學模型；

圖5是根據本發明具體實施例而描述額定反射率光譜的41個非連續反射率值，其每一非連續反射率值是用於反射率光譜的41個劃分區域；

圖6是根據本發明具體實施例而描述一轉換反射率向量 $T(R_{i,t})$ 圖，其顯示41個縮放非連續反射率值，使得垂直範圍與光譜平均值能符合一轉換模型向量 $T(R^c_{i,t})$ ；

圖7A與7B是根據本發明具體實施例而描述用以原位置監控薄膜厚度與溝槽深度、及控制一蝕刻處理之一處理流程圖；

圖8是根據本發明的具體實施例而描述在薄膜厚度與溝槽深度參數 $p_1$ 與 $p_2$ 上的兩個參數搜尋結果圖；

圖9描述根據本發明具體實施例所取得的最上層厚度 $p_1$ 與溝槽深度 $p_2$ 值的圖，且是在時間步驟 $t$ 繪出；及

圖10描述根據本發明具體實施例所取得的矽溝槽深度 $p_4$ 圖，且使用與圖9的相同時間間隔繪出。

本發明的其他特徵可從附圖與下列詳細描述而更顯然。

## 【圖式代表符號說明】

- 113 第一類型區域
- 114 第二類型區域
- 106 最上層
- 108 中間層
- 112 溝槽
- 102 電介體堆疊
- 104 基板

## 伍、中文發明摘要：

本發明係關於用以計算在例如一半導體晶圓的表面或結構上的度量資料(例如層厚度與凹部與溝槽的深度)之系統、方法與軟體程式產品。本方法不需要知道該表面或結構的反射率或透射率，但是只需要知道與該反射率或透射率線性轉換有關的量。最初，用於處理的一簡化光學模型係使用所需要的許多參數而構成，以計算在晶圓上的該非連續區域的表面反射率。該反射率資料能透過使用例如原位位置監控而從一晶圓表面收集，且該額定反射率是從該目前光譜與一參考光譜的比而決定。該參考光譜是從一參考晶圓取得，其中該參考晶圓整個是由明確特徵化反射屬性的材料組成。該觀察與經計算資料的轉換使得他們的垂直範圍與光譜平均值能符合。透過觀察的資料與計算模型轉換，使得他們的垂直範圍與光譜平均值能符合，容許資料與模型的較大誤差。一績效函數能以一特殊選擇參數測量在觀察資料與模型間的協議。該績效函數能透過使用一標準數字技術而最小化，以在正確參數值上找出績效函數的極小值。

## 陸、英文發明摘要：

The present invention is directed to a system, method and software program product for calculating metrological data (e.g. layer thicknesses and depths of recesses and trenches) on a surface or structure, such as a semiconductor wafer. The present method does not require knowledge of the reflectivity or transmissivity of the surface or structure, but only a quantity related to the reflectivity or transmissivity linear transformation needs to be known. Initially, a simplified optical model for the process is constructed using as many parameters as necessary for calculating the surface reflectivity of the discrete regions on the wafer. Reflectivity data are collected from the surface of a wafer using, for instance, *in-situ* monitoring, and nominal reflectivity is determined from the ratio of the current spectrum to a reference spectrum. The reference spectrum is taken from a reference wafer consisting entirely of a material in which the reflection properties are well characterized. Both the observed and calculated data are transformed such that their vertical extents and spectrally averaged values coincide. By transforming both the observed data and calculated model such that their vertical extents and spectrally averaged values coincide, large errors in both the data and the model can be tolerated. A merit function is employed which measures the agreement between observed data and the model with a particular choice of parameters. The merit function may be minimized using a standard numerical technique for finding a deep minimum in the merit function at the correct values of the parameters.

## 拾、申請專利範圍：

1. 一種用以決定與一晶圓有關的至少一參數值之方法，其包含：

從一晶圓的表面接收觀察的反射率資料；

獲得該晶圓的經計算之反射率資料，該經計算的反射率資料是至少一參數的函數；

轉換該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之一；

轉換該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料的另一者，以符合經轉換之該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料者；

在該至少一參數上找出在經轉換之該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料者、與另一經轉換之該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料者間的協議；及

根據該協議而決定該至少一參數值。

2. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該觀察的反射率資料是該晶圓表面的光譜反射率與一參考反射率光譜的比。

3. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該觀察的反射率資料是與該晶圓表面的一狀態有關。

4. 如申請專利範圍第3項之方法，其中將該觀察的反射率資料與該經計算反射率資料之一轉換進一步包含：

找出該觀察的反射率資料與該經計算反射率資料之一的垂直範圍；及

根據該觀察的反射率資料與該經計算反射率資料之一

的垂直範圍而將該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之一予以縮放。

5. 如申請專利範圍第4項之方法，其進一步包含：

將經縮放之該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料者予以平均。

6. 如申請專利範圍第5項之方法，其中將該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之另一者轉換進一步包含：

找出該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之另一者的垂直範圍；及

根據該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之另一者的垂直範圍而將該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之另一者予以縮放。

7. 如申請專利範圍第6項之方法，其進一步包含：

將另一經縮放之該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料者予以平均。

8. 如申請專利範圍第7項之方法，其中該觀察的反射率資料與該經計算反射率資料之縮放者能符合另一該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之縮放者。

9. 如申請專利範圍第8項之方法，其中該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之縮放者的垂直範圍具有1的值，且另一該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料者的垂直範圍亦具有1的值。

10. 如申請專利範圍第7項之方法，其中該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之平均縮放者能符合另一該觀

察的反射率資料與該經計算的反射率資料之平均縮放者。

11. 如申請專利範圍第10項之方法，其中該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之平均縮放者的平均具有0的大約值，且另一該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之平均縮放者的平均亦具有0的大約值。

12. 如申請專利範圍第7項之方法，其中於該至少一參數上找出在該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之轉換者、與另一該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之轉換者間的協議進一步包含：

構成該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之轉換者、與另一該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之轉換者的績效函數；及

減少在該至少一參數上的績效函數。

13. 如申請專利範圍第7項之方法，於該至少一參數上找出在該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之轉換者、與另一該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之轉換者間的協議進一步包含：

產生該轉換的計算反射率資料的複數個範例，該等轉換計算反射率資料的複數個範例之每一者是在該至少一參數的唯一參數值上的估計；

根據該轉換的計算反射率資料而識別該轉換觀察反射率資料的複數個範例之一；及

識別與該經轉換計算反射率資料的識別範例有關的該

至少一參數值。

14. 如申請專利範圍第13項之方法，其中該根據轉換的計算反射率資料而識別該轉換觀察反射率資料的複數個範例之一係進一步包含：

將該轉換的觀察反射率與該轉換的計算反射率資料的複數個範例之至少一者相比較；及

根據該比較而解決與該識別的範例有關的該至少一參數值。

15. 如申請專利範圍第3項之方法，其中該晶圓的計算反射率資料包含當作正好一參數函數的簡化光學模型，該正好一參數係表示能以任何可計算方式影響該晶圓反射屬性的該晶圓的一部分屬性。

16. 如申請專利範圍第15項之方法，其中該晶圓的部分屬性是一折射率、一薄膜厚度、在基板的一溝槽深度、一多層誘電性堆疊的厚度之一。

17. 如申請專利範圍第3項之方法，其中該從一晶圓表面接收反射率資料進一步包含：

從一晶圓表面原位置獲得該觀察的反射率資料。

18. 如申請專利範圍第3項之方法，其中該至少一參數是與該晶圓的相對至少一結構有關，該方法進一步包含：

根據該至少一參數值而控制在該晶圓結構上的一處理。

19. 如申請專利範圍第18項之方法，其進一步包含：

在該晶圓結構的結束處理狀態上將該至少一參數值與

該參數的一停止值相比較。

20. 如申請專利範圍第3項之方法，其進一步包含：

從該晶圓表面接收第二觀察的反射率資料；

獲得該晶圓的經計算反射率資料，該經計算的反射率資料是至少一參數的函數；

將該第二觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之一予以轉換；

將該第二觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之另一者轉換，以符合該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之轉換者；

於該至少一參數上找出在該第二觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之轉換者、與在另一該第二觀察反射率資料與該經計算的反射率資料之轉換者間的協議；及

根據該協議而決定該至少一參數值。

21. 如申請專利範圍第20項之方法，其中於至少一參數上找出在該第二觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之轉換者、與另一該第二觀察的反射率資料與該經計算反射率資料之轉換者間的協議進一步包含：

決定有關該晶圓至少一參數的一組可能值；

解決有關至少一參數的可能值組的該晶圓經計算之反射率資料；及

儲存有關至少一參數可能值組的一組經計算之反射率資料與參數值。

22. 如申請專利範圍第21項之方法，其中該根據協議而決定至少一參數值進一步包含：

根據第該二觀察的反射率資料而識別計算反射率資料的解決組之一；及

識別與該經計算之反射率資料的解決組之選擇一者有關的參數值。

23. 如申請專利範圍第3項之方法，其中該至少一參數是與該晶圓的相對至少一結構有關，該方法進一步包含：

根據該至少一參數值而控制在該晶圓結構上的一處理。

24. 如申請專利範圍第23項之方法，其中該從一晶圓表面接收觀察的反射率資料進一步包含：

該晶圓表面原位置獲得該觀察的反射率資料。

25. 如申請專利範圍第23項之方法，其中該晶圓的計算反射率資料包含當作至少兩個參數函數的一簡化光學模型，該至少兩個參數係表示能以任何可計算方式影響該晶圓反射屬性的一或多部分該晶圓的至少兩個屬性。

26. 如申請專利範圍第25項之方法，其中該一或多部分晶圓的至少兩個屬性可以是一折射率、一薄膜厚度、一溝槽深度、在基板的一溝槽深度、與一多層誘電性堆疊厚度的任何組合。

27. 如申請專利範圍第25項之方法，其中該簡化的光學模型是反射率的函數，其中該反射率是與來自由至少兩個參數所表示每個區域的反射率總數成比例。

28. 如申請專利範圍第27項之方法，其中將該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之一轉換進一步包含：

找出該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之一的垂直範圍；及

根據該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之一的垂直範圍而將該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之一予以縮放。

29. 如申請專利範圍第28項之方法，其進一步包含：

將該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之縮放者予以平均。

30. 如申請專利範圍第29項之方法，其中將另一該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料者轉換進一步包含：

找出另一該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料者的垂直範圍；及

根據該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料者的垂直範圍而將另一該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料者予以縮放。

31. 如申請專利範圍第30項之方法，其進一步包含：

將另一該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之縮放者予以平均。

32. 如申請專利範圍第30項之方法，其中該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之縮放者能符合另一該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之縮放者。

33. 如申請專利範圍第32項之方法，其中該觀察的反射率資

料與該經計算的反射率資料之縮放者的垂直範圍具1的值，且另一該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料者的垂直範圍亦具有1的值。

34. 如申請專利範圍第31項之方法，其中該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之平均縮放者能符合另一該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之平均縮放者。

35. 如申請專利範圍第34項之方法，其中該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之平均縮放者的平均具有0的大約值，且另一該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之平均縮放者的平均亦具有0的大約值。

36. 如申請專利範圍第31項之方法，其中於至少一參數上，找出在該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之轉換者、與另一該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之轉換者間的協議進一步包含：

構成該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之轉換者、與另一該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之轉換者的績效函數；及

減少在至少兩個參數上的績效函數。

37. 如申請專利範圍第36項之方法，其中於至少一參數上找出在該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之轉換者、與另一該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料之轉換者間的協議進一步包含：

產生該轉換的計算反射率資料的複數個範例，該轉換

的計算反射率資料的該等複數個範例之每一者能在該等至少兩參數每一者的唯一參數值上估計；

根據該轉換的觀察反射率資料而識別該轉換計算反射率資料的複數個範例之一；及

識別與該轉換的計算反射率資料的識別範例有關的該等至少兩個參數值每一者的值。

38. 如申請專利範圍第27項之方法，其中該觀察的反射率資料是該晶圓表面的光譜反射率與一參考反射率光譜的比。

39. 如申請專利範圍第7項之方法，其中該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料包含複數個波長。

40. 如申請專利範圍第19項之方法，其中該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料包含複數個波長。

41. 如申請專利範圍第22項之方法，其中該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料包含複數個波長。

42. 如申請專利範圍第31項之方法，其中該觀察的反射率資料與該經計算的反射率資料包含複數個波長。

拾壹、圖式：

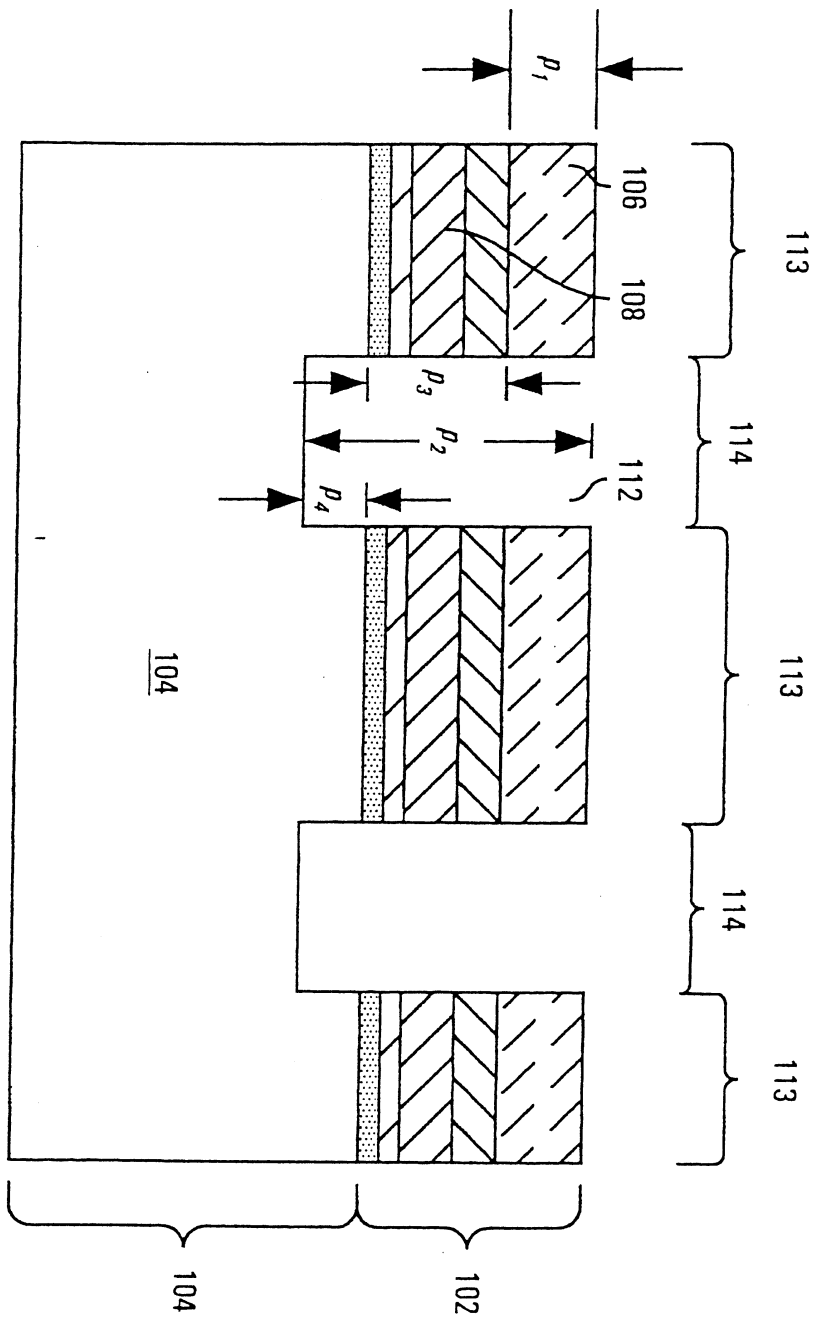


圖 1

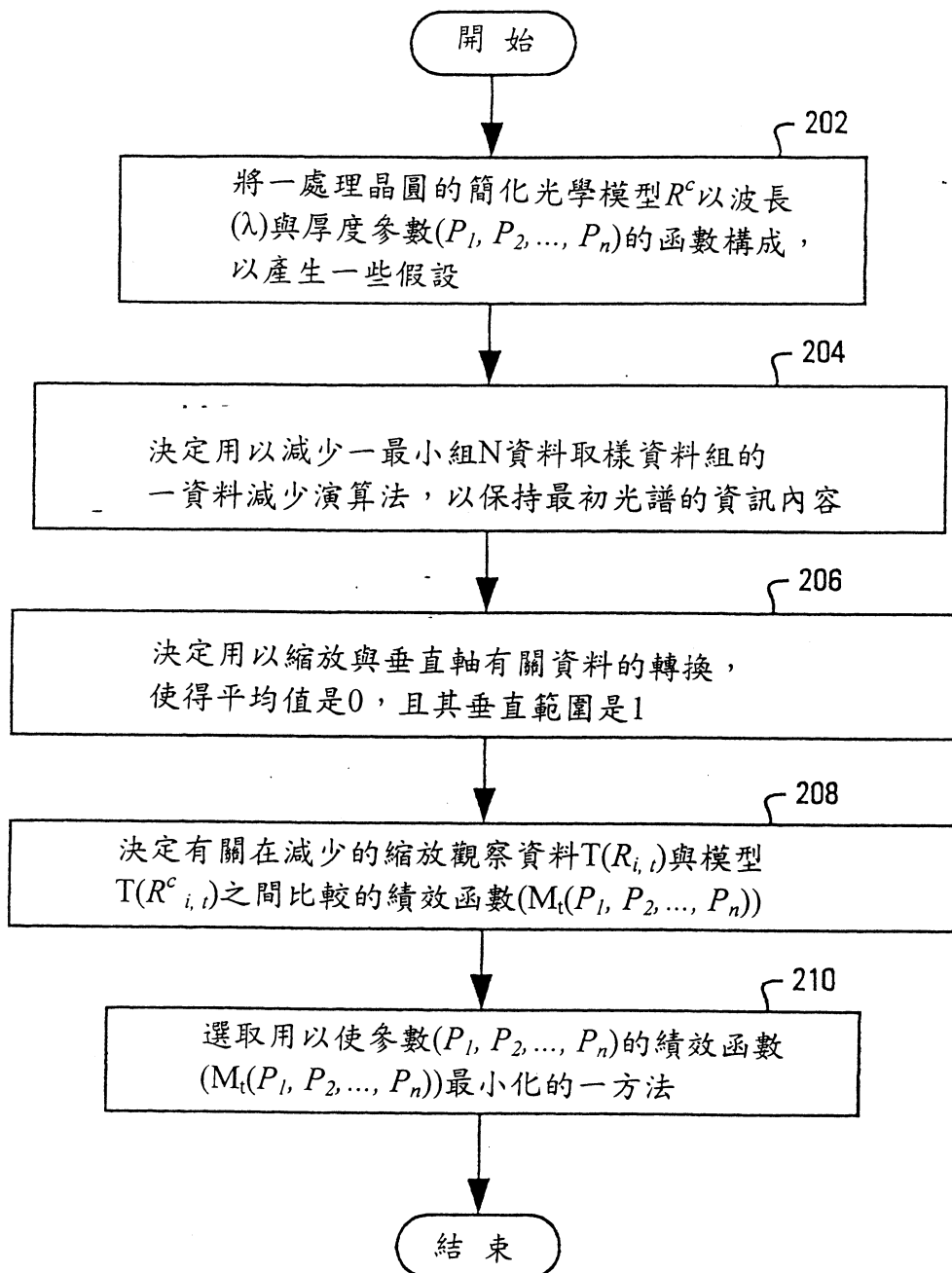


圖 2

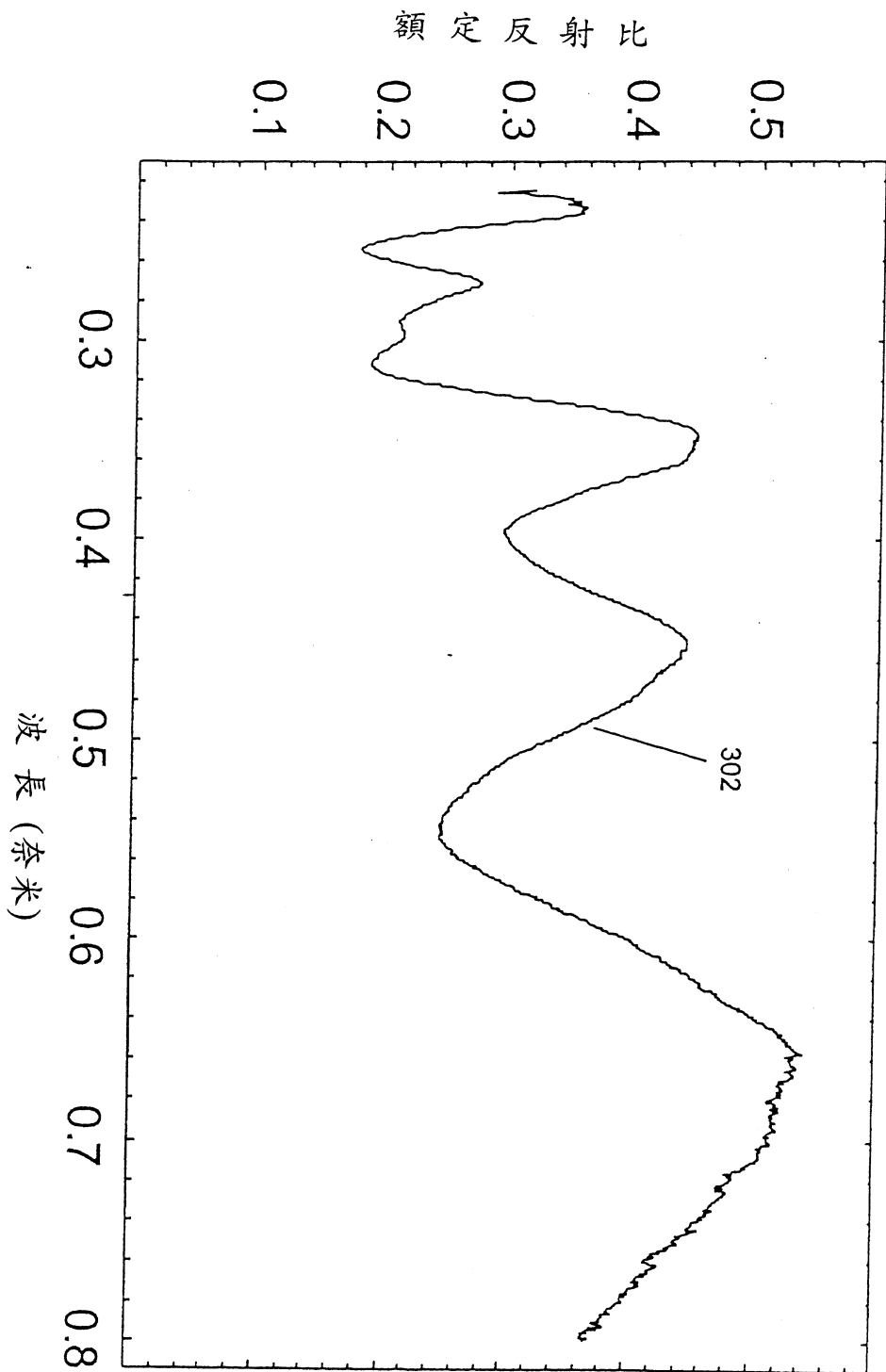


圖 3

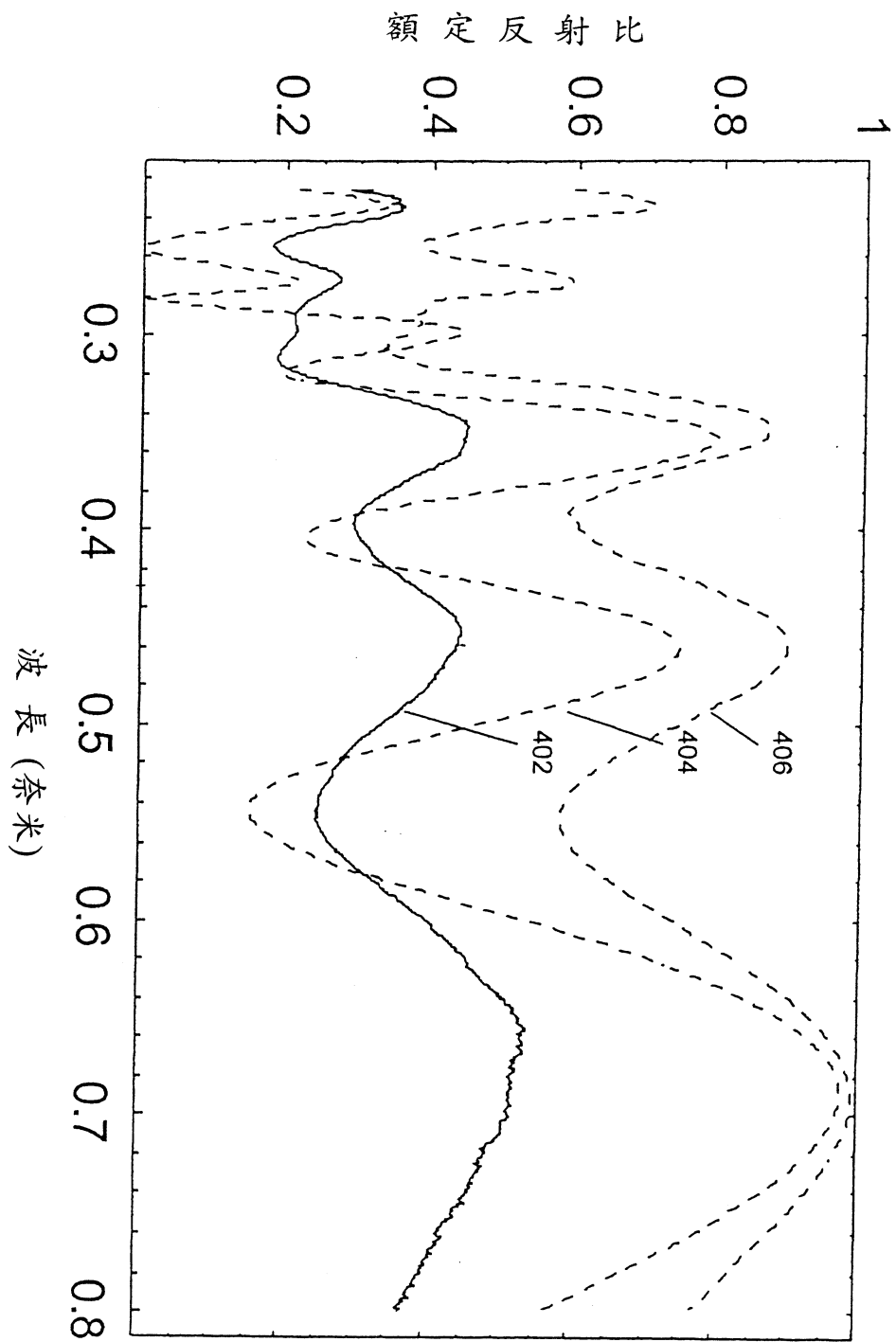
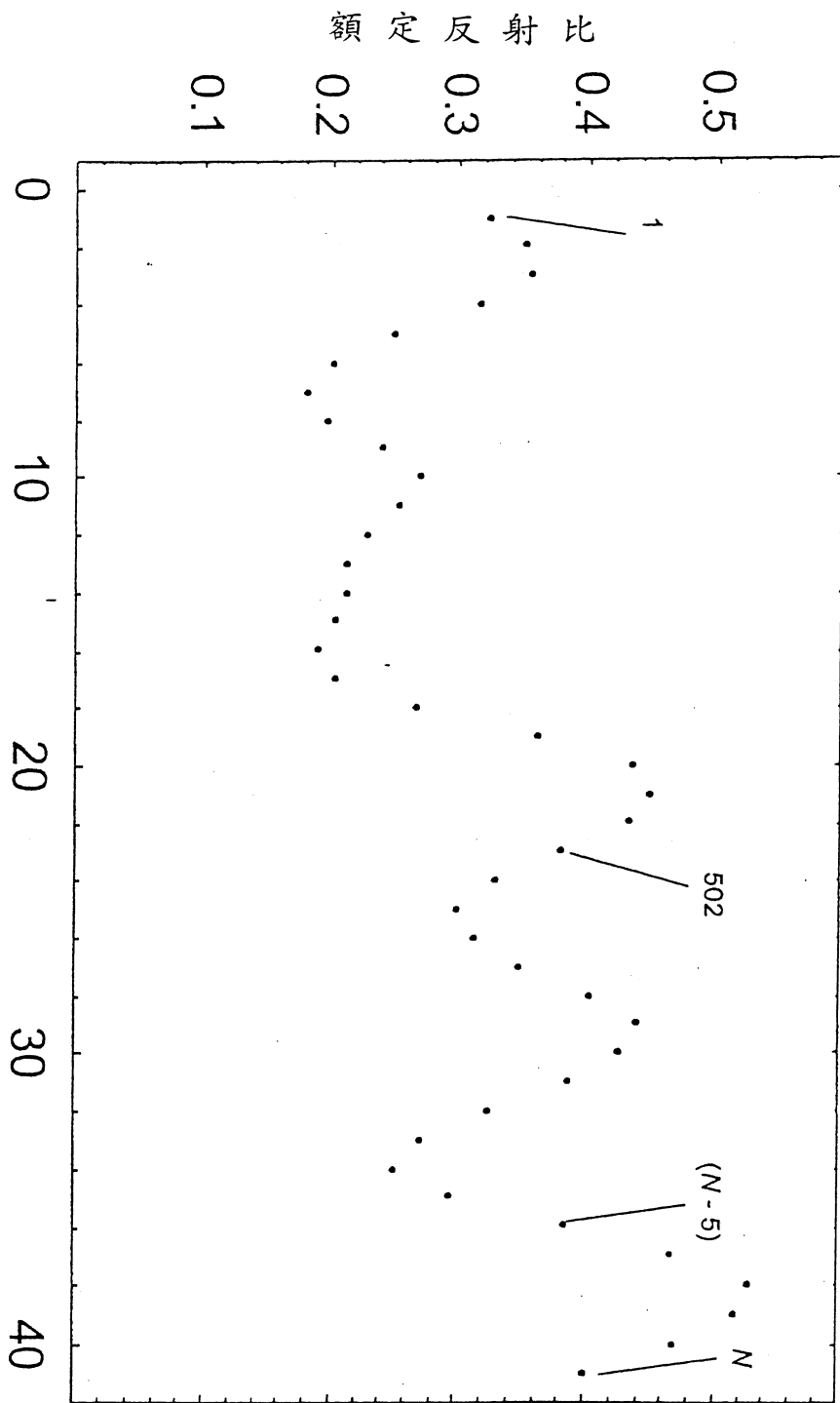
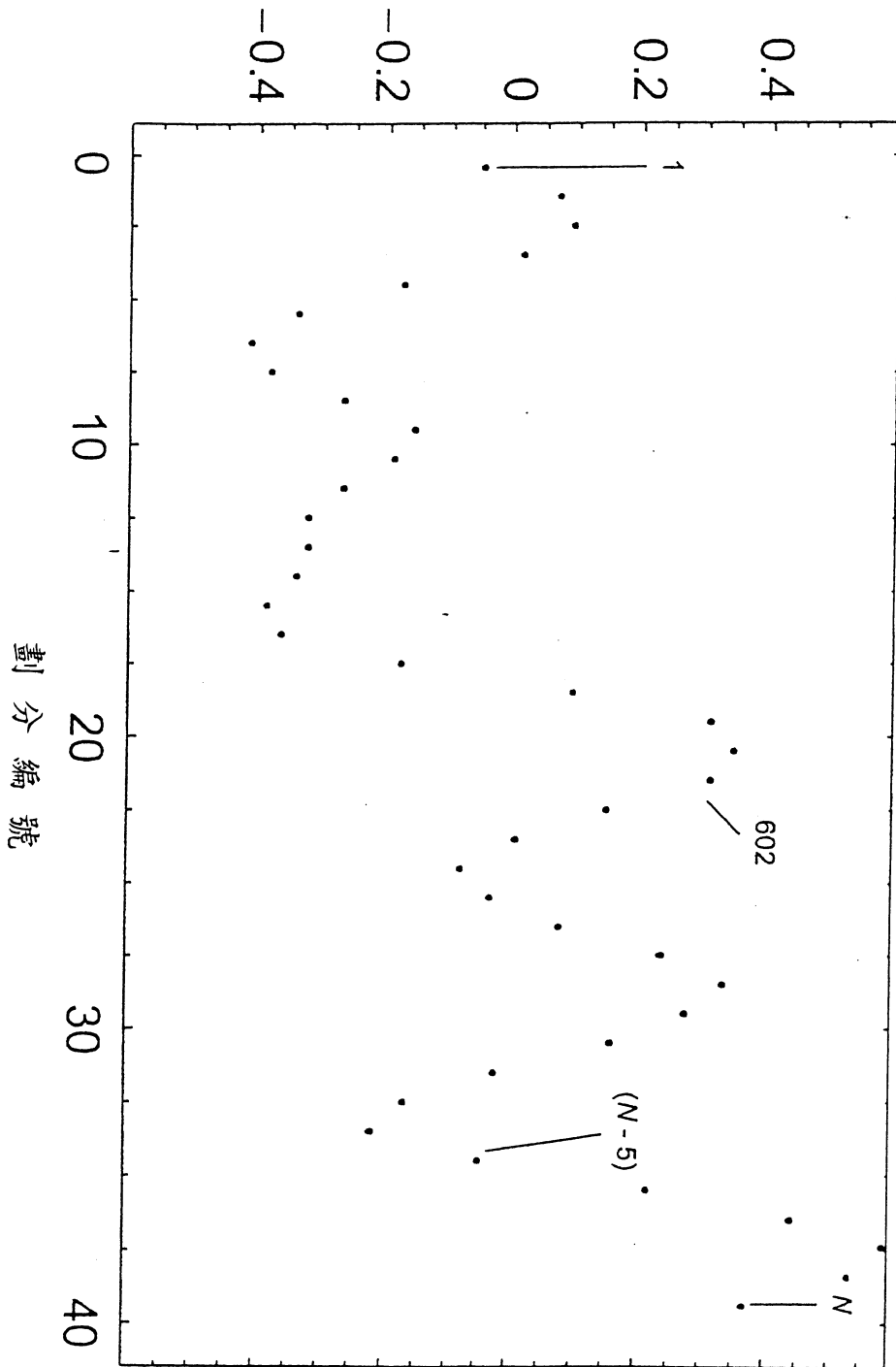


圖 4



劃分編號  
圖 5

轉換的反射比



劃分編號  
圖 6

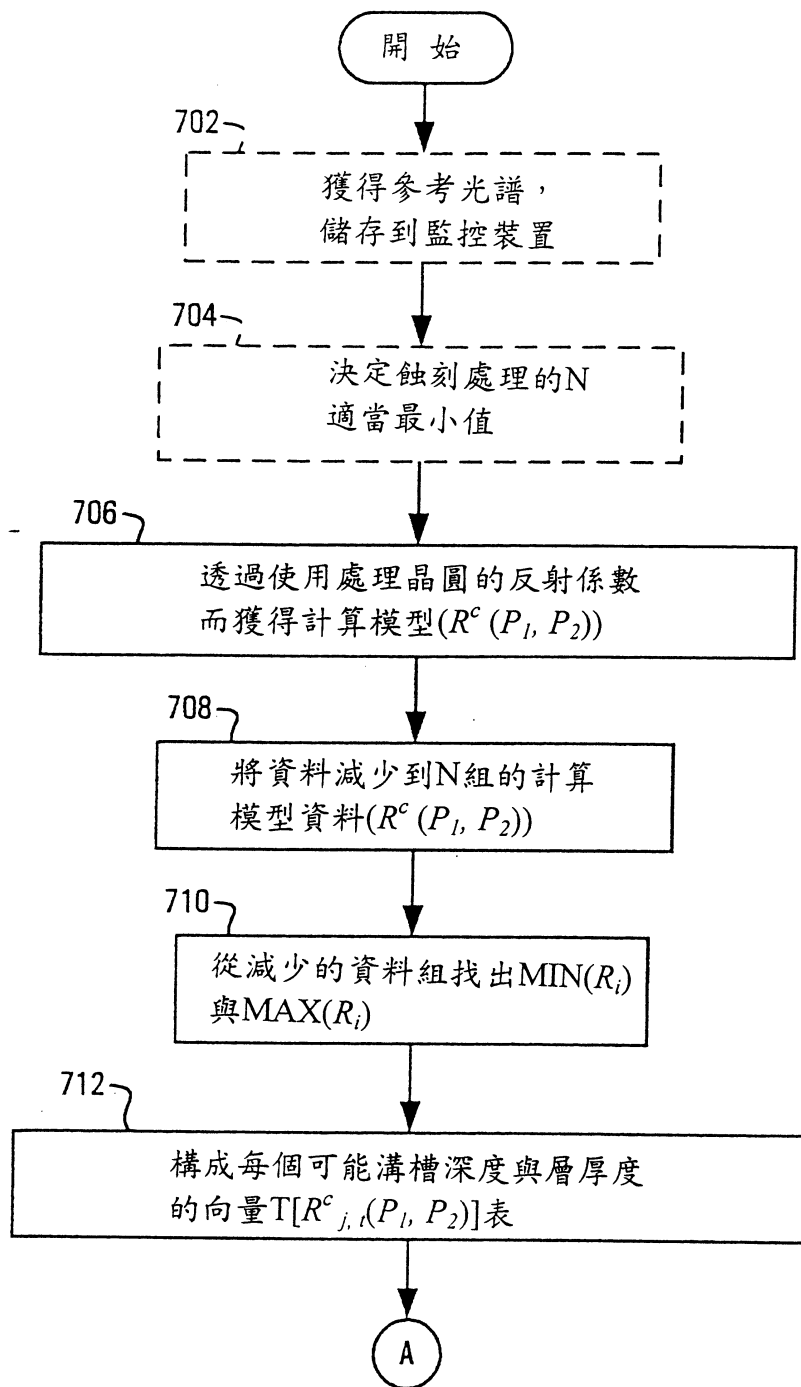


圖 7A

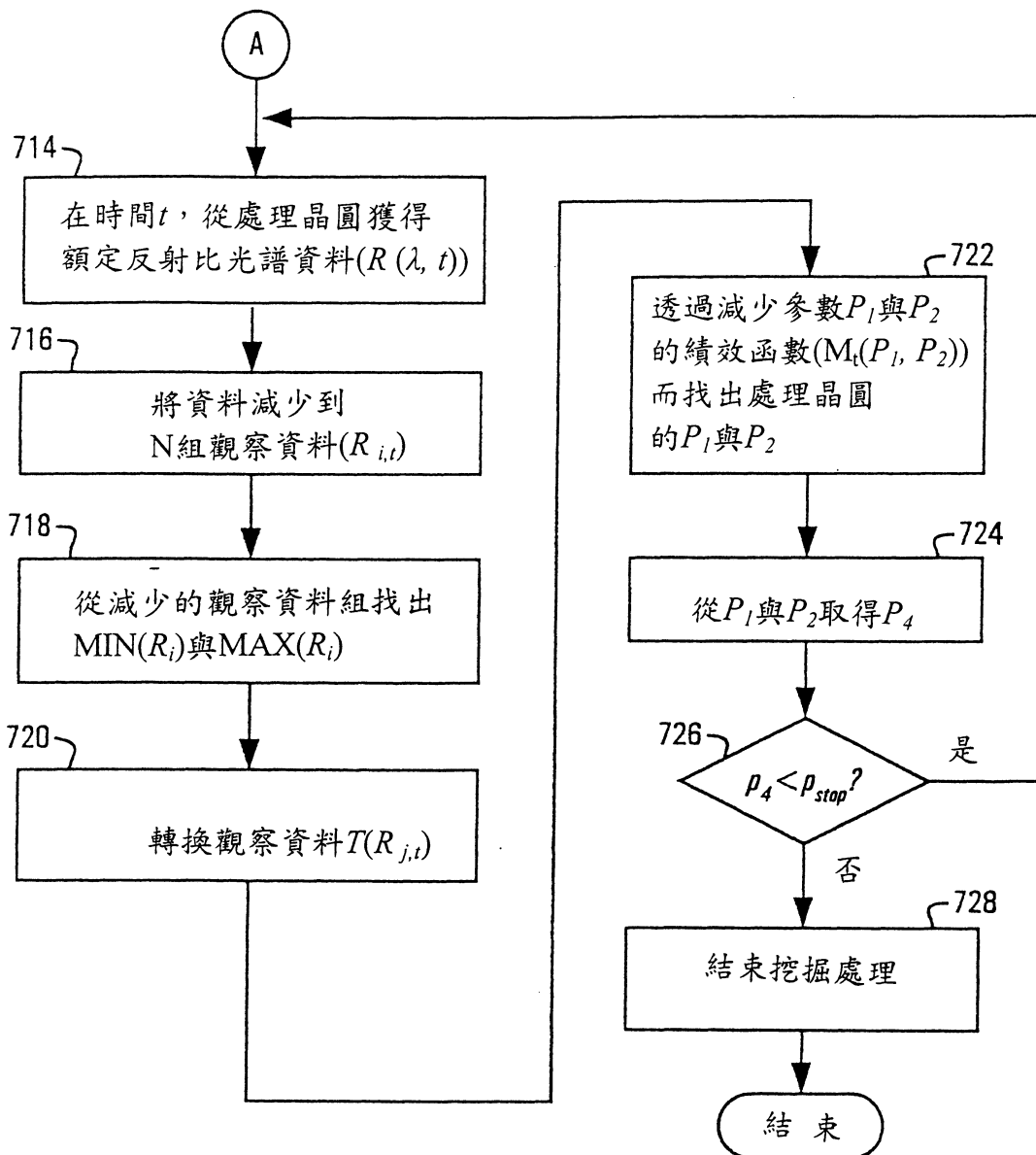


圖 7B

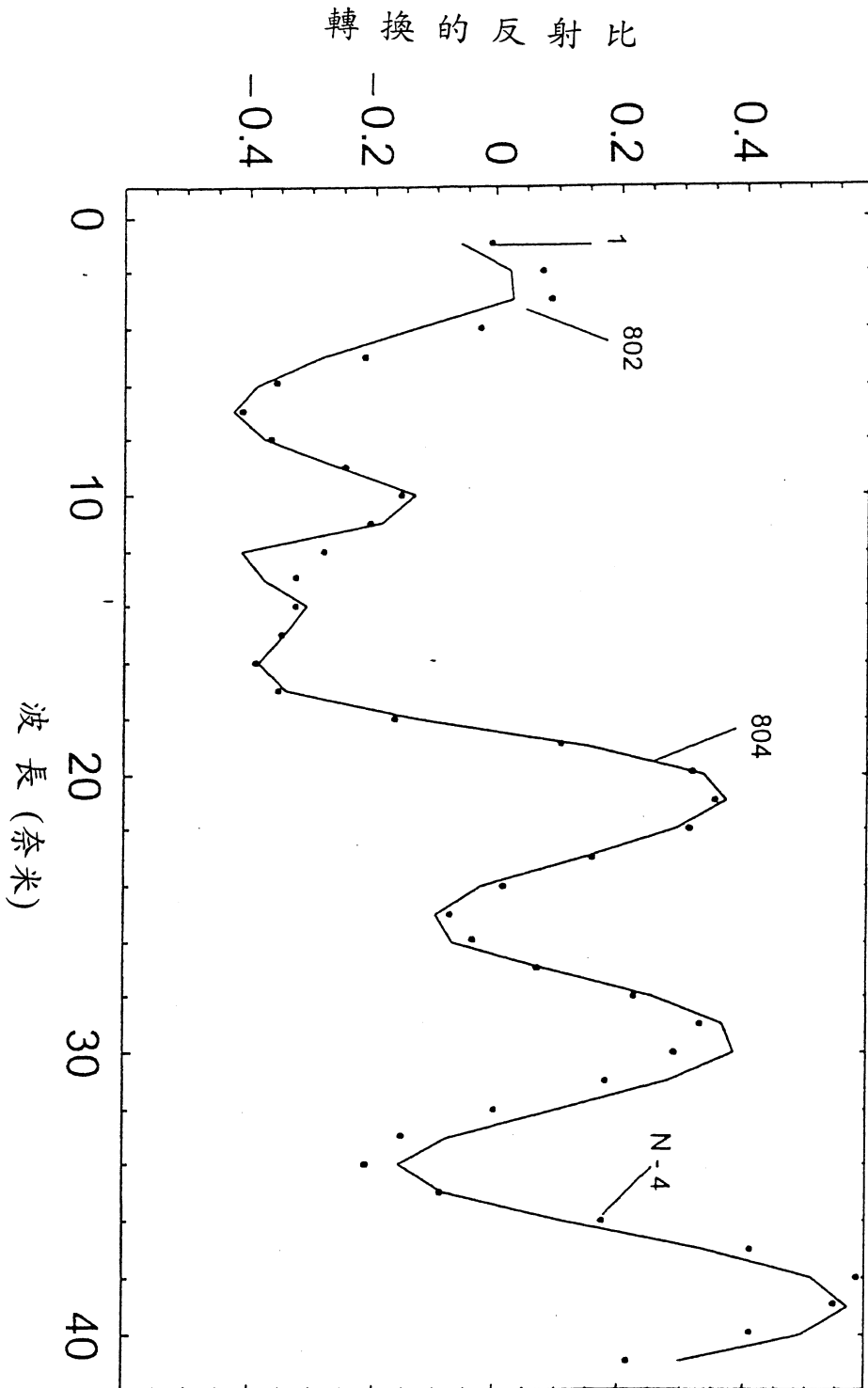


圖 8

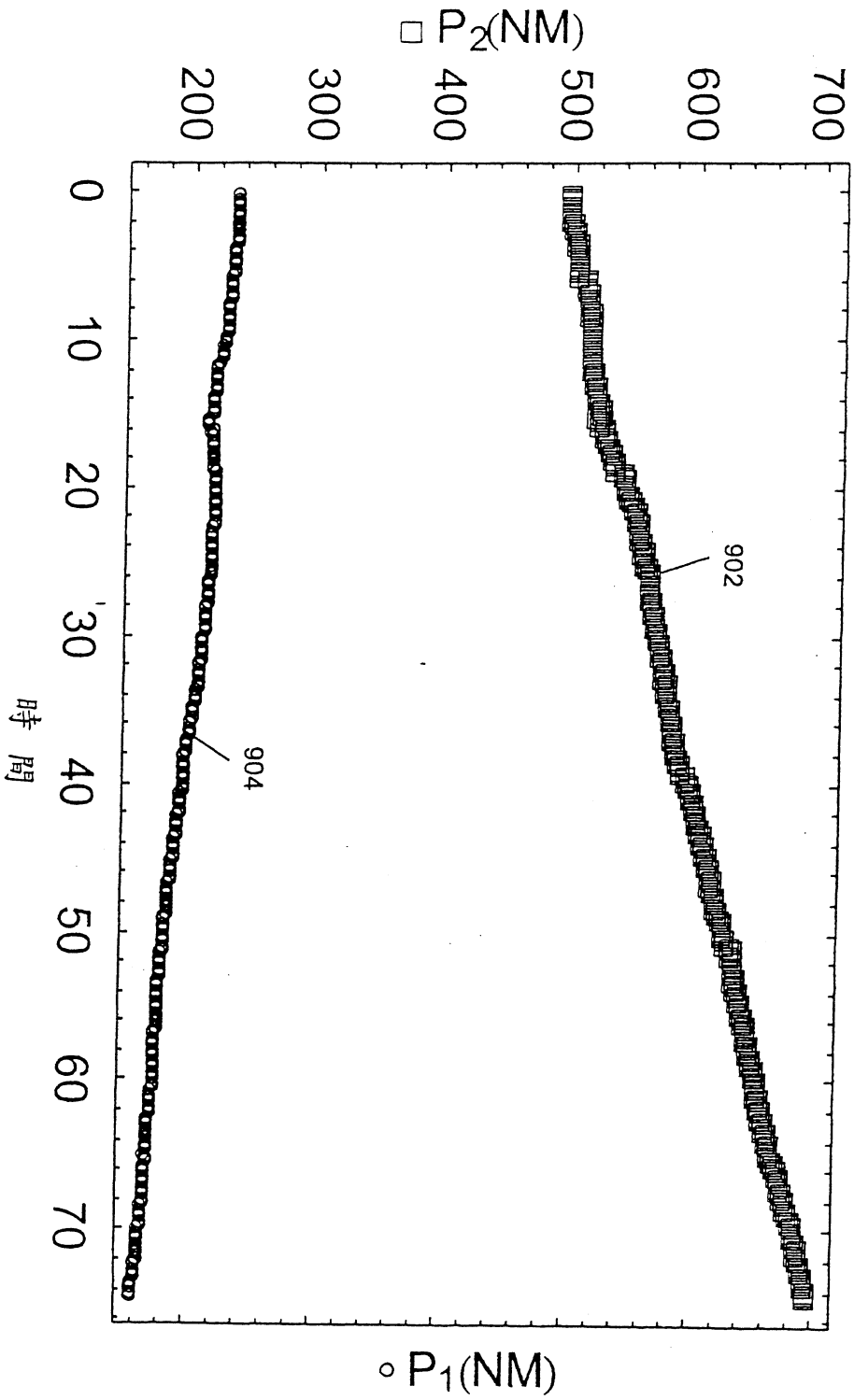


圖 9

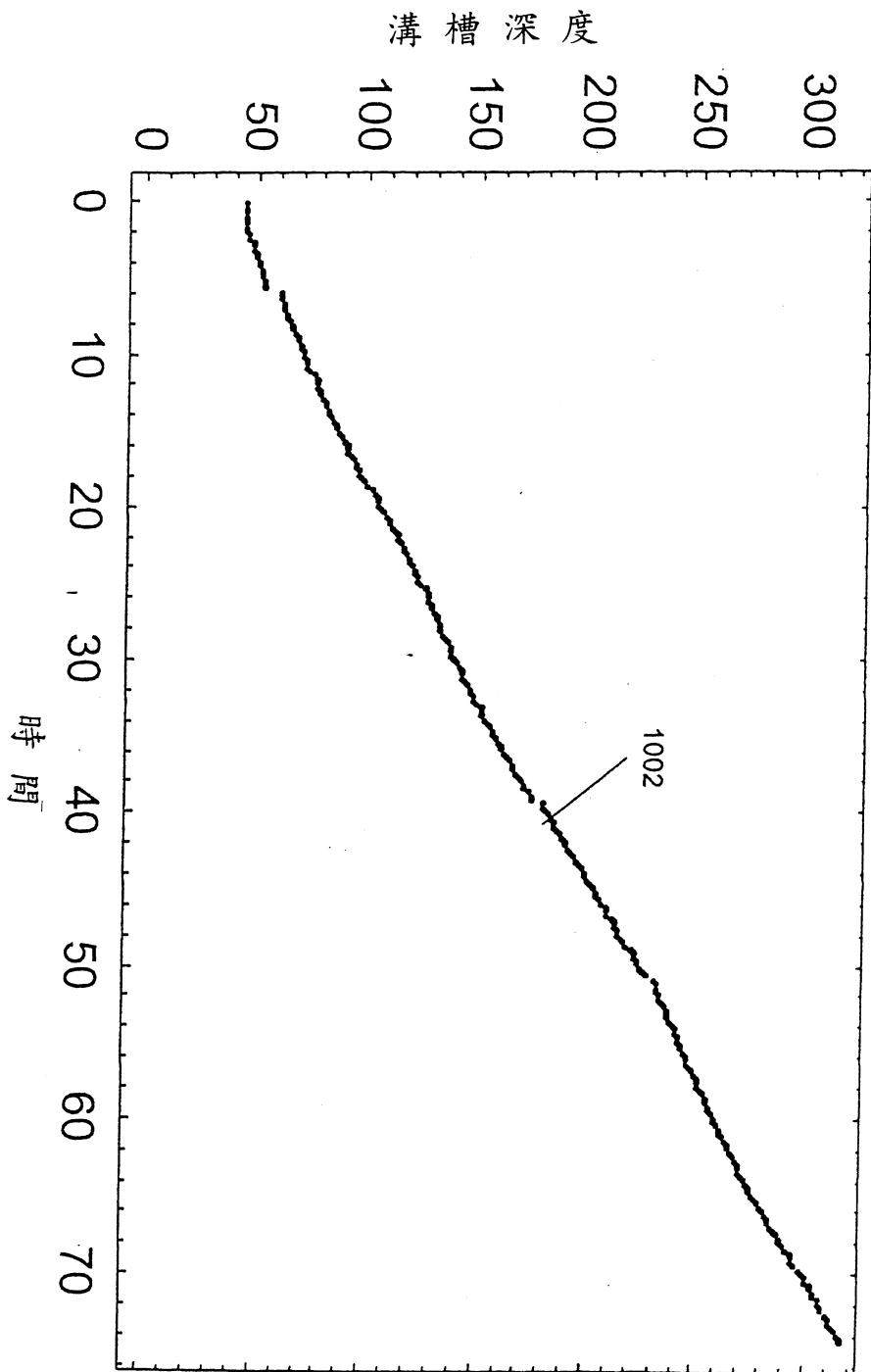


圖 10

柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第( 1 )圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

|     |        |
|-----|--------|
| 113 | 第一類型區域 |
| 114 | 第二類型區域 |
| 106 | 最上層    |
| 108 | 中間層    |
| 112 | 溝槽     |
| 102 | 電介體堆疊  |
| 104 | 基板     |

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)