

發明專利說明書

1223060

(填寫本書件時請先行詳閱申請書後之申請須知，作※記號部分請勿填寫)

※申請案號：91125043 ※IPC分類：G01N21/00

※申請日期：91.10.25.

壹、發明名稱

(中文) 深度輪廓及薄膜特徵化之系統及方法

(英文) SYSTEM AND METHOD FOR DEPTH PROFILING AND CHARACTERIZATION OF THIN FILMS

貳、發明人 (共 4 人)

發明人 1 (如發明人超過一人，請填說明書發明人續頁)

姓名：(中文) 大衛 G. 瓦特森

(英文) DAVID G. WATSON

住居所地址：(中文) 美國明尼蘇達州愛頓普瑞斯市伍得希爾路 6827 號

(英文) 6827, WOODHILL TRAIL, EDEN PRAIRIE,

MINNESOTA 55236, U.S.A.

國籍：(中文) 加拿大 (英文) CANADA

參、申請人 (共 1 人)

申請人 1 (如申請人超過一人，請填說明書申請人續頁)

姓名或名稱：(中文) 美商物理電子有限公司

(英文) PHYSICAL ELECTRONICS, INC.

住居所或營業所地址：(中文) 美國明尼蘇達州艾德普瑞利市飛雲路 6509 號

(英文) 6509 FLYING CLOUD DRIVE, EDEN

PRAIRIE, MINNESOTA 55344, U.S.A.

國籍：(中文) 美國 (英文) U.S.A.

代表人：(中文) 理查 N. 莎唯吉

(英文) RICHARD N. SAVAGE

發明人 2

姓名：(中文) 保羅 E. 羅森

(英文) PAUL E. LARSON

住居所地址：(中文) 美國明尼蘇達州柏倫米頓市普恩希爾路 8708 號

(英文) 8708 PINE HILL ROAD, BLOOMINGTON,

MINNESOTA 55438, U.S.A.

國籍：(中文) 美國

(英文) U.S.A.

發明人 3

姓名：(中文) 約翰 F. 莫德

(英文) JOHN F. MOULDER

住居所地址：(中文) 美國明尼蘇達州柏倫米頓市雷克維路 8739 號

(英文) 8739 LAKEVIEW ROAD, BLOOMINGTON,

MINNESOTA 55438, U.S.A.

國籍：(中文) 美國

(英文) U.S.A.

發明人 4

姓名：(中文) 大衛 S. 普羅夫

(英文) DAVID S. PERLOFF

住居所地址：(中文) 美國加州羅斯亞圖斯山市查普路 25601 號

(英文) 25601 CHAPIN ROAD, LOS ALTOS HILLS,

CALIFORNIA 94022, U.S.A.

國籍：(中文) 美國

(英文) U.S.A.

捌、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：_____

本案已向下列國家（地區）申請專利，申請日期及案號資料如下：

【格式請依：申請國家（地區）；申請日期；申請案號 順序註記】

1. 美國；2001年10月26日；10/075,571

2. 美國；2001年10月26日；10/003,224

3. _____

主張專利法第二十四條第一項優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；日期；案號 順序註記】

1. 美國；2001年10月26日；10/075,571

2. 美國；2001年10月26日；10/003,224

3. _____

4. _____

5. _____

6. _____

7. _____

8. _____

9. _____

10. _____

主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

【格式請依：申請日；申請案號 順序註記】

1. _____

2. _____

3. _____

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】

1. _____

2. _____

3. _____

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____

2. _____

3. _____

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

(1)

玖、發明說明

(發明說明應敘明：發明所屬之技術領域、先前技術、內容、實施方式及圖式簡單說明)

技術領域

本發明關於樣品，例如薄膜，的特徵化。更特別地，本發明關於使用深度輪廓來特徵化樣品特性，及也是非侵入性技術來特徵化樣品特性。

先前技術

樣品的組成分析(例如，形成在基板上一薄膜的元素及/或化學物種濃度)對製造許多不同型態的裝置(如電子光電裝置)是需要的。例如，需要測定形成在已知的半導體積體電路裝置，如處理裝置與記憶裝置，的閘極氧化物膜的組成。增加該裝置在一積體電路晶元上的密度及減小裝置尺寸需要生產與用來製造該裝置的材料特徵化技術的進步。

例如，近來製造半導體裝置的發展可以使用淺佈植及/或其他極薄結構。一個特別的例子，閘極氧化物層變成很薄的膜，典型地小於10奈米厚度。該薄膜難以特徵化。該結構將需要具有超過傳統特徵化技術更精進敏感度的特徵化技術。進一步，該技術也是需要以充分速度實施特徵化。

各種不同技術已被用在該材料的微量及/或主要成份之表面分析。例如，許多該方法包括二次離子質譜儀(SIMS)，x光光電子光譜儀(XPS)(也稱做化學分析電子能譜儀(ESCA))，及歐傑電子光譜儀(AES)。該等技術對接近材料的表面區域是靈敏的。然而，這些技術容許經由深度輪

(2)

廓量測的材料性質為表面下深度的函數。

在典型的深度輪廓，例如，連續或週期的離子束濺射移除樣品表面的材料露出樣品的一個或更多個各種不同的深度之漸進較深的材料以進一步量測及/或分析。一般已知的濺射速率可以用來測定該表面量測已完成的深度。如此，可以得到樣品的特徵化特性為表面下深度的函數。

然而，所實施技術之該技術及/或參數對各種不同型態樣品的特徵化在許多方面是不適當的及，特別地，例如，關於薄膜的特徵化，例如，薄閘極氧化物膜。例如，SIMS，其有很小的取樣深度，因為該技術之極端表面靈敏度，被用來尋找薄膜(例如，小於10奈米的薄膜)中的低濃度摻雜及雜質。然而，SIMS的問題是其困難定量薄膜的主要組成，因為基材效應影響到不同化學物種的二次離子產率。

進一步，AES也被用來特徵化薄膜特性。然而，用來做歐傑量測的高強度電子束可能因引起化學傷害或薄膜內元素的遷移而改變薄膜的視組成。例如，已知氮遷移到矽晶圓上的氧氮化物(ONO)膜之界面。

XPS，或ESCA，的深度輪廓已被用來特徵化薄膜特性。然而，當使用時，系統的分析儀典型地定位在相對於樣品表面的低分析儀角度以致增進深度的解析度。該低分析儀角度典型地小於20度。使用低分析儀角度通常導致慢的特徵化製程及也導致相對於被分析樣品伴隨特徵化系統

(3)

的位移之問題。

進一步，在各種表面對分析儀角度所做的ESCA表面量測已被用來檢定薄膜。實施該檢定是利用數學方法得到深度分佈。然而，數學方法沒有唯一解。

進一步，基於光學地橢圓儀方法已被用來監測薄膜厚度及組成。然而，這些方法不能量測薄膜內元素與化學分佈及不能提供微量添加的組成之劑量量測。並且，該方法不能提供小於2奈米厚度薄膜的可靠結果。

而且，穿透式電子顯微鏡(TEM)結合電子能量損失能譜儀(EELS)量測可以提供厚度及組成分佈的資訊。然而，這些方法因需要準備分析樣品的成本及時間用在製程監測是不實用的。

上面說明的許多該種用來特徵化薄膜特性的技術是侵入技術，例如，它們包含至少一個或多個樣品的部份。該技術，例如，在深度剖析期間使用來移除材料，在許多環境是足夠的，例如，研究開發，產品測試等，但無法提供如生產製程需要快速分析一薄膜的的能力。例如，在該生產製程，形成的薄膜典型地需要分析以致該資訊可以用做生產控制，產品測試等，不因該薄膜的侵入式特徵化損失該產品。

例如，氮摻雜的或氮化的氧化矽是一種電晶體閘極結構使用做閘極氧化物的材料。該閘極結構僅僅是需要新的複雜水準開發下的半導體相關材料系統的成長數目之一。該挑戰不限制僅需要接近原子及單層空間的解析度，

(4)

而被擴大精確，準確水準及半導體製造工業需求的程度。有個別的需要發展適當的特徵化方法與系統。特徵化材料在該水準的能力是需要使產品能夠開發及也需進行製程控制的發展。例如，對適當的系統與方法有需要提供參數的厚度，氮劑量，及氮分佈資訊給用做電晶體閘極氧化物的薄氮化的氧化矽膜。

發明內容

根據本發明用來特徵化樣品特性的系統與方法說明在文中。特別地，該系統與方法用來分析薄膜特別地有利。如用在文中，一薄膜通常定義為約小於10奈米的厚度。然而，本發明也可以較佳地用在小於2奈米厚度的膜。

本發明提供在一薄膜內成份(例如，元素及/或化學物種)分佈的更精確量測。進一步，除了量測或結合在其中的成份劑量外，根據本發明的深度輪廓測定提供膜厚上的資訊。

一般，本發明包括使用XPS，或ESCA收集深度輪廓的數據，例如，在一基板上薄膜樣品各種深度的深度輪廓數據。至少在許多具體實施例中，使用電子能譜方法或系統中一個或多個下列的參數可以完成深度輪廓。該一個或多個參數可以包括使用低離子能量的離子以移除樣品的材料，露出樣品漸進的較深層，使用具有低離子角度的離子束實施該樣品材料的移除，及/或使用一分析儀定位在一高分析儀角度以接收當x光照射樣品，結果從樣品脫離的光電子。

(5)

進一步，本發明也提供測定例如，一形成在基板上薄膜樣品內成份(例如，元素及/或化學物種)濃度對深度之技術。換句話說，本發明提供用來供給一深度輪廓的系統及方法。通常，濃度的測定包括經由在一特定深度(即要計算濃度的深度)因樣品的較深深度的濃度分佈所收集的移除深度輪廓數據的各深度的成份(例如，元素及/或化學物種)濃度，根據在一個或多個該較深深度收集的深度輪廓數據。

根據本發明一方法使用特徵化一樣品的特性，深度輪廓數據是收集樣品許多深度的個別數據。每個深度相對樣品的表面。因材料移除期間移除樣品材料所導致樣品在一個或多個深度的樣品表面提供了樣品的眾多深度之一個或多個。收集樣品眾多深度之各個深度輪廓數據是利用x光照射樣品導致光電子脫離樣品及偵測脫離樣品的光電子。偵測光電子是利用提供一包含一接收光電子輸入透鏡的分析儀。該輸入透鏡具有一延伸的中心軸。定位該輸入透鏡以致輸入透鏡中心軸在一分析儀的角度相對於樣品表面約45度至90度的範圍。產生之訊號代表偵測的光電子。至少第一及第二深度收集的深度輪廓數據被用來特徵化樣品在第一深度的特性。樣品之第二深度的位置比第一深度深。

本方法一個具體實施例中，第二深度是立即跟隨在收集第一深度深度輪廓數據後在材料移除期間從樣品移除材料之樣品表面深度的結果。

(6)

本方法另一個具體實施例中，接收光電子的輸入透鏡具有一光電子脫離角落在分析儀的中心角度 ± 20 度之圓錐內。

而另一個具體實施例中，在材料移除期間從樣品移除材料是使用具離子能量小於500 eV之離子從樣品濺射材料。進一步，材料移除期間的移除可以使用相對於樣品表面小於或等於45度離子角度；更佳的小於或等於20度之離子束來提供。

較佳地，本發明好處在分析包括小於10奈米，及縱然小於2奈米厚度之薄膜的樣品。例如，該薄膜可以是閘極介電膜。再進一步，收集的深度輪廓數據可以用來特徵化整個樣品厚度的組成。

根據本發明另一方法用來特徵化樣品特性包括收集樣品眾多深度的個別深度輪廓數據。個別深度有一相對的樣品表面。在材料移除期間從樣品移除材料提供樣品眾多深度的一個或多個導致樣品一個或多個深度的樣品表面。運算深度輪廓數據以提供特徵化樣品眾多深度的一個或多個個別的特性。深度輪廓數據的該運算包括得到在一特定深度收集的深度輪廓數據之至少一成份的量測峰值面積，其中量測峰值面積代表相對於特定深度表面層及也是樣品更深層的濃度分佈。利用移除更深層的濃度分佈之量測峰值面積對至少一成份測定計算相對於在表面層量測的成份濃度之峰值面積。該計算的峰值面積轉換成在特定深度至少一成份的濃度。

(7)

根據本發明用來特徵化樣品特性的另一方法包括利用x光照射樣品導致光電子脫離樣品及偵測脫離樣品的光電子而收集樣品第一深度之深度輪廓數據。偵測脫離樣品的光電子是使用具有接收光電子輸入透鏡的分析儀。該輸入透鏡具有一延伸的中心軸。定位該輸入透鏡以致輸入透鏡中心軸是在相對於樣品表面之一分析儀角度。該分析儀角度約45度至90度的範圍；較佳地，60度至約90度，及更佳地，90度。於是產生之訊號代表偵測的光電子。

當收集第一深度的數據，移除樣品材料露出樣品的第二深度。使用相對於樣品表面小於或等於45度離子角度(較佳地，小於或等於20度)及具離子能量小於500 eV之離子從樣品表面濺射材料以移除樣品的材料。

露出樣品第二深度之後，利用x光照射樣品導致光電子脫離樣品及使用定位在分析儀角度之輸入透鏡偵測脫離樣品的光電子而收集樣品第二深度之深度輪廓數據。於是產生之訊號代表偵測的光電子。

至少第一及第二深度收集的深度輪廓數據被用來計算第一深度的成份濃度。例如，可以根據總結上面一個或多個其他製程實施該計算。

也提供根據本發明用來特徵化樣品特性的系統。該系統包括可實施x光照射樣品(例如，當樣品被定位在系統的一分析平面時)的x光源，導致光電子脫離樣品。進一步，該系統包括一分析儀可實施偵測脫離樣品的光電子。該分析儀通常包括一接收光電子的輸入透鏡，其中該輸入透鏡

(8)

具有一延伸的中心軸。定位該輸入透鏡以致輸入透鏡中心軸是在相對於分析平面之一分析儀角度，該分析儀角度約45度至90度的範圍(更佳地，約60度至約90度，及更佳地，約90度)。進一步，該分析儀可實施產生代表偵測的光電子之訊號。

再進一步，該系統包括一離子源可實施提供移除樣品材料的離子，在材料移除期間被定位在分析平面，得自樣品在一個或多個深度的樣品表面。一電腦計算裝置進一步可實施來利用至少從第一及第二深度收集的深度輪廓數據以特徵化樣品在第一深度的特性。樣品之第二深度的位置比第一深度深。

在系統的一個具體實施例中，由離子源提供的離子具有小於500 eV之離子能量。進一步，該離子源可實施提供相對於分析平面小於或等於45度離子角度之離子束；更佳的該離子束相對於分析平面小於或等於20度之離子角度。

並且，該系統可以包括在材料移除期間旋轉樣品的裝置。

在上面的系統，及/或特徵化一樣品的另一系統，一電腦裝置可以實施辨認許多樣品深度個別收集的深度輪廓數據及運算該深度輪廓數據提供特徵化樣品眾多深度的一個或多個個別的特性。深度輪廓數據的運算可以包括得到在一特定深度收集的深度輪廓數據之至少一成份的量測峰值面積，其中量測峰值面積代表相對於特定深度表面層及也是樣品更深層的濃度分佈。利用移除量測峰值面積

(9)

更深層的濃度分佈，對至少一成份計算之峰值面積相對於在表面層成份濃度的量測於是決定。該計算的峰值面積轉換成在特定深度至少一成份的濃度。

根據本發明的再另一個系統，該系統包括可實施X光照射樣品(例如，當樣品被定位在系統的一分析平面時)的X光源，導致光電子脫離樣品。該系統進一步包括一分析儀可實施偵測脫離樣品的光電子。該分析儀包括一接收光電子的輸入透鏡；其中該輸入透鏡具有一延伸的中心軸。定位該輸入透鏡以致輸入透鏡中心軸是在相對於分析平面之一分析儀角度。該分析儀角度約45度至90度的範圍(較佳地，約60度至約90度，及更佳地，約90度的分析儀角度)。該分析儀可實施產生代表偵測的光電子之訊號。

進一步，該系統可以包括一離子源可實施提供在材料移除期間被定位在分析平面移除樣品材料的離子，得自樣品在一個或多個深度的樣品表面。該離子源可實施提供相對於分析平面小於或等於45度角度之離子束；該離子束包括具有小於500 eV離子能量的離子。

一系統的電腦計算裝置於是根據代表許多樣品深度個別偵測的光電子之訊號可運算產生深度輪廓數據。進一步，該電腦計算裝置可運算使用至少從第一及第二深度收集的深度輪廓數據以特徵化樣品第一深度的特性。樣品之第二深度的位置比第一深度深。

根據本發明的系統及方法以特徵化樣品特性也說明在文中。特別地，該系統及方法對薄膜的非侵入分析是特別

(10)

地有好處。

本發明可以提供一薄膜內成份(例如,元素及/或化學物種),薄膜厚度,該成份在薄膜內的分佈或均勻度,及/或該薄膜厚度均勻度的精確量測,是利用相關非侵入式得到的薄膜表面光譜量測與侵入式得到的薄膜深度輪廓資訊之關係。

一般,本發明包括收集使用,例如,XPS,或ESCA,深度輪廓測定的一組條件下所形成許多樣品的薄膜深度輪廓資訊。該深度輪廓資訊相關於在深度輪廓測定製程移除材料之前得到的樣品表面光譜量測以致提供代表該訂正的校正資訊。因此,形成在該組製程條件下的薄膜特徵,例如,在一薄氮化的氧化矽膜中之氮劑量,可以根據薄膜表面光譜量測及校正資訊決定。

根據本發明使用特徵化一樣品的方法包括提供代表許多樣品表面光譜量測的校正資訊相關於許多樣品的深度輪廓資訊。眾多樣品之每個是形成在一組相同的製程條件下。眾多樣品之每個樣品的深度輪廓資訊是使用相對於每個樣品一個或多個漸進較深深度之表面光譜量測所提供;該一個或多個漸進較深深度是由於移除樣品材料的結果。進一步,該方法包括對要特徵化的樣品實施一個或多個表面光譜量測。要特徵化的樣品也在一組相同的製程條件下形成。至少一個要特徵化的樣品的特性是根據要特徵化的樣品之一個或多個表面光譜量測與校正資訊決定。

本方法的一個具體實施例中,眾多樣品之表面光譜量

測是使用特定組合的參數提供。進一步，提供對眾多樣品之每個樣品表面光譜量測利用x光照射樣品導致光電子脫離樣品，偵測脫離樣品的光電子，及產生代表偵測的光電子之訊號。該表面光譜量測是根據產生的訊號。

本方法另一個具體實施例中，提供眾多樣品之深度輪廓資訊是以如上說明方式提供。

根據本發明另一方法使用特徵化一樣品薄膜特性包括提供眾多樣品之薄膜表面光譜量測的代表校正資訊相關於眾多樣品之薄膜深度輪廓資訊。眾多樣品之每一個是在一組相同的製程條件下形成的。該校正資訊是由使用特定一組參數提供眾多樣品之每一個薄膜表面光譜量測所提供。所提供的該表面光譜量測是利用x光照射樣品導致光電子脫離樣品，偵測脫離樣品的光電子，及產生代表偵測的光電子之訊號。該表面光譜量測是根據產生的訊號。進一步，提供的校正資訊包括提供如上說明方式的深度輪廓資訊。以提供的深度輪廓資訊，要特徵化的薄膜樣品之一個或多個表面光譜量測使用特定一組參數實施。要特徵化的薄膜樣品如眾多樣品之薄膜在一組相同的製程條件下形成。至少一個要特徵化的薄膜樣品的特性是根據要特徵化的樣品之一個或多個表面光譜量測與校正資訊決定。

本方法一個具體實施例中，提供眾多樣品之表面光譜量測是使用特定一組參數。進一步，提供對眾多樣品之每個樣品表面光譜量測是利用x光照射樣品導致光電子脫離樣品，偵測脫離樣品的光電子，及產生代表偵測的光電子

(12)

之訊號。該表面光譜量測是根據產生的訊號。

本方法另一個具體實施例中，提供眾多樣品之深度輪廓資訊是以如上說明方式提供。

根據本發明另一方法使用來特徵化一樣品薄膜特性包括提供與眾多樣品之薄膜深度輪廓資訊相關的眾多樣品之薄膜表面光譜量測代表校正資訊。眾多樣品之每一個是在一組相同的製程條件下形成的。提供該校正資訊是由使用特定一組參數提供眾多樣品之每一個薄膜的表面光譜量測。所提供的該表面光譜量測是利用x光照射樣品導致光電子脫離樣品，偵測脫離樣品的光電子，及產生代表偵測的光電子之訊號。該表面光譜量測是根據產生的訊號。進一步，提供的校正資訊包括提供如上說明方式的深度輪廓資訊。以提供的深度輪廓資訊，要特徵化的薄膜樣品之一個或多個表面光譜量測使用特定一組參數實施。要特徵化的薄膜樣品如眾多樣品之薄膜在一組相同的製程條件下形成。至少一個要特徵化的薄膜樣品的特性是根據要特徵化的樣品之一個或多個表面光譜量測與校正資訊決定。

根據本發明特徵化一樣品薄膜特性使用的系統包括當樣品被定位在系統的一分析平面時可實施x光照射樣品的x光源，導致光電子脫離樣品，一分析儀可實施偵測脫離樣品的光電子(例如，一分析儀可實施產生代表偵測的光電子之訊號)，及一離子源可實施提供在材料移除期間被定位在分析平面移除樣品材料的離子，得自樣品在一個或多個深度的樣品表面。該系統進一步包括一電腦計算裝置

(13)

可以實施辨認代表許多樣品(即眾多樣品之每一個在一組相同的製程條件下形成)表面光譜量測的校正資訊,相關於眾多樣品之深度輪廓資訊(即利用在眾多樣品的一個或多個之每一個漸進較深深度實施表面光譜量測提供深度輪廓資訊,該一個或多個漸進較深深度是由於移除樣品材料的結果)。該電腦計算裝置根據代表偵測的光電子之訊號也實施提供要特徵化的薄膜樣品之一個或多個表面光譜量測,及之後,根據要特徵化的樣品之一個或多個表面光譜量測與校正資訊決定樣品的至少一個特性。

在系統的各种具體實施例中,該系統可以被建構為說明在上面一個或多個的具體實施例中及/或被建構為完成如說明在文中一個或多個方法。

本發明上面的總結不期望說明本發明每個具體實施例或每個實施項。本發明更完整的瞭解與好處,參考下列詳細說明與結合附圖的申請專利範圍將變得更加清楚與明白。

附圖簡單說明

圖1是根據本發明一分析系統的說明圖。

圖2是表示用來說明本發明以x光照射一樣品的表面敏感度之圖示。

圖3是根據本發明一深度輪廓測定的流程圖。

圖4是圖1所示一部份系統的說明具體實施例之圖示。

圖5A與5B是根據本發明用來描述分析儀角度具體實施例之說明圖。

(14)

圖 6 是根據本發明用來描述移除樣品表面材料之說明圖。

圖 7 是特徵化方法的一般化流程圖，例如，一計算方法，根據本發明普遍如圖 3 所示測定成份(例如，元素及/或化學物種)濃度對深度。

圖 8 是圖 7 所示特徵化方法一說明的具體實施例之更詳細流程圖。

圖 9 是根據本發明一非侵入式特徵化方法的一般化流程圖。

圖 10 是根據本發明一般表示在圖 9 產生校正資訊之方法的一說明的具體實施例之更詳細流程圖。

圖 11 是根據本發明一般表示在圖 9 使用校正資訊之方法的一說明的具體實施例之更詳細流程圖。

圖 12 是根據本發明一般表示在圖 9 使用在說明關聯資訊之圖示。

圖 13 是根據本發明對氮化的氧化矽膜產生校正資訊之方法的一說明的具體實施例之更詳細流程圖。

圖 14 是根據本發明使用校正資訊特徵化一氮化的氧化矽膜之方法的一說明的具體實施例之更詳細流程圖。

圖 15 是根據本發明對一氮化的氧化矽膜使用來描述說明的關聯資訊之圖示。

實施方式

根據本發明分析系統與深度輪廓測定方法將參考圖 1-8 說明。該系統與方法可以用來分析開發製程中的複雜材料

(15)

，幫助確認製程問題的解答，確認污染源，改進裝置製造的產率，幫助監視製程裝置，及用在失效分析技術。進一步，該系統與方法可以用來特徵化關於各種工業應用的樣品，如半導體裝置，磁性儲存媒體，顯示器科技，汽車材料，航空材料，高分子產品，及/或生物材料。

進一步的非侵入分析系統與方法將參考圖 9-15 說明。通常，該分析系統與方法包括使用，例如，XPS，或 ESCA 深度輪廓測定在一組條件下形成的許多薄膜樣品之深度輪廓資訊的收集。更佳地，深度輪廓測定是根據參考圖 1-8 說明的一方法或系統實施的。該深度輪廓資訊關聯在深度輪廓測定製程移除材料之前非侵入式得到樣品的表面光譜量測，以致提供代表該訂正的校正資訊。因此，在該組製程條件下形成的薄膜特徵，例如，在一薄氮化的氧化矽膜中之氮劑量，可以根據要特徵化的薄膜表面光譜量測及校正資訊決定。

圖 1 廣泛表示一說明的分析系統 1 之一具體實施例，該分析系統 1 可操作用來特徵化定位在一分析儀器 4 的分析平面之樣品 2 的特性。結合至分析儀器 4 是一電腦裝置 13 可在一個或多個程式 15 的控制下操作以實施一個或多個深度輪廓測定及/或特徵化製程的特性，例如，圖 3 普遍表示的深度輪廓測定方法 120，圖 7 普遍表示的特徵化方法，等等。

具有樣品表面 12 的樣品 2 可以由任意一個或多個成份形成。該項成份在文中定義為一個或多個元素及/或化學

(16)

物種。例如，該成份可以包括元素及/或化學物種含使用在半導體製造的材料，磁性儲存媒體，或任何其他各種如上說明的應用。換句話說，例如，在半導體製造的文章中樣品可以包括由氧，矽，碳，氮，二氧化矽，氮等層所形成。

較佳地，本發明在特徵化薄膜特性，特別地薄介電或絕緣膜，是有用的。如在文中所用，一薄膜表示具有小於10奈米厚度的膜或層。然而，本發明在特徵化如100奈米厚的薄膜特性可以是有好處的及特別地對分析具小於2奈米厚度的膜有好處。

進一步，本發明在特徵化某些氧化物層特性特別地有益。例如，該氧化物層可以包括氧化矽層，氧氮化物膜，氮化的氧化物層，氧氮化矽(ONO)膜，等等。例如，該氧化物層可以形成為具小於10奈米厚度，及甚至2奈米的薄膜，及用在製造半導體裝置如場效電晶體(FET)的閘極氧化物。該電晶體用在各種積體電路裝置包括製程裝置，記憶裝置等。

進一步，本發明好處是量測薄佈植區域的劑量與形狀具精確定量結果及化學組成資訊。例如，在半導體裝置形成中可以 BF_2 佈植一矽基板。本發明可以藉深度輪廓測定該佈植矽基板樣品用來特徵化形成的佈植薄層或區域。

如熟悉此項技藝之人士從上面說明將明瞭，該樣品可以取許多不同形式之一種。例如，該樣品可以是形成在基板上的一層或形成在基板中的一區域，及任何其他根據本

(17)

發明有利於被特徵化的材料形成之樣品。因此，本發明不被限制於任何特別列舉在文中的材料或結構。然而，本發明在特徵化某些薄膜確實具有特定好處，例如，閘極介電層如閘極氧化物層。

如用在文中，特定特徵化表示測定被分析樣品一個或多個的特性。例如，特定特徵化可以表示樣品或其部份深度輪廓測定，樣品中成份濃度的決定，該成份的分佈，或樣品的一個或多個其他物理或化學的特性，例如，區域厚度，區域中的鍵結狀態，區域中的元素及化學組成。本發明特別有利的是樣品2成份(例如，元素及/或化學物種)濃度對深度的測定。

較佳地，電腦裝置13包括根據本發明一計算系統可操作執行軟體15以提供樣品的特定特徵化。雖然電腦裝置13可以使用軟體15實施，可使用處理器裝置執行，也可使用其他特別的硬體提供要求提供給使用者特徵化一樣品特性的某些功能。如此，如說明在文中的該項電腦裝置13除了能夠執行各種軟體程序的處理器裝置，包括任意特別的硬體。

電腦裝置13可以是，例如，任何固定式或移動式電腦系統，例如，個人電腦，及/或根據本發明提供給分析儀器使用的功能部份或補充品的任何其他計算單元。根據本發明確切的電腦系統結構不被限制及可以使用大多任何可提供適當計算能力的裝置及/或控制裝置。進一步，各種週邊裝置，如一電腦顯示器，一滑鼠，一鍵盤，一印表

機等等期待與電腦裝置13之處理器一起使用。例如，一電腦顯示器印表機可以用來顯示深度輪廓資訊，例如，深度輪廓曲線表示樣品深度的成份(例如，元素及/或化學物種)濃度，橫過樣品特定深度的成份分佈，成份光譜等。

根據本發明分析系統1之分析儀器4包括x光源9可操作x光6照射樣品2導致光電子脫離樣品。如圖2所示，x光6穿透深度進入樣品表面12，激發光電子8從樣品2脫離。然而，光電子在其因與臨近原子作用修正其能量前僅能行走一短距離。僅以其最初能量脫離的光電子對用來分析樣品的光譜峰值有貢獻。如此，依據樣品組成的脫離深度，對一受x光6照射的表面平均分析深度依據樣品材料約在10 Å至50 Å的範圍。光電子能量一般包括一低能峰值至10 eV的範圍，通常約2 eV至5 eV，加上在照射的樣品中化學物種較高動能峰值或線的特性。

分析系統1之分析儀7可操作來偵測脫離樣品的光電子8。分析儀7相對於分析平面3被定位在一分析儀角度(進一步說明在下面)或，換句話說，相對於樣品平面12，該樣品平面較佳地是在分析平面。分析儀7被用來偵測產生代表提供用來特徵化樣品2特性之深度輪廓數據訊號之光電子。對應偵測的光電子強度之分析儀訊號提供給電腦裝置，其操作該訊號以提供光電子能量資訊及其存在被分析樣品表面深度成份上的資訊。

分析儀器4進一步包括一離子源10可操作提供離子11，例如，一離子束，在材料移除期間移除定位在分析平面

(19)

3之樣品2的材料。該材料移除導致樣品2的樣品表面在一個或多個漸進的較深深度。

分析系統1圖示表示在圖1是可操作實施深度輪廓測定方法120普遍如圖3所示。根據本發明的深度輪廓測定方法120以方塊122所示的製程為起始。一般，深度輪廓測定方法120包括收集深度輪廓數據，例如，表面光譜量測，如虛線方塊123所示樣品2所要求許多深度的每一個製程。

該收集的深度輪廓數據於是提供及操作來計算在樣品2(方塊134)許多深度的成份(例如，元素及/或化學物種)濃度。在收集深度輪廓數據(虛線方塊123)中，深度輪廓數據，例如，表面光譜量測，是收集樣品2(方塊124)的表面12之頂層。樣品2的表面12一般對應樣品2的深度(0)，或換句話說，要分析的起始表面。

之後，移除樣品2的材料，例如，從樣品濺射材料，如方塊126所示。移除樣品2的表面材料露出漸進較深的材料，即一較深層，以致深度輪廓數據可以在樣品表面收集對應於漸進較深的深度，例如，深度(1)(方塊128)。

如由決定方塊130指示的，移除材料的深度輪廓循環，例如，重複從樣品2(方塊126)濺射材料，及在漸進較深的深度(方塊128)收集深度輪廓數據直到收集所有所需的深度輪廓數據。當收集了所需的深度輪廓數據，製程就完成(方塊132)。

當收集了至少兩個深度的深度輪廓數據，例如，深度(0)與深度(1)，成份(例如，元素及/或化學物種)濃度的計算

可以進一步參考如下圖7與8所示的說明具體實施例進一步描述的計算。一般，在每個特定深度(方塊134)，例如，深度(0)，的成份濃度計算，根據在該特定深度，例如，深度(0)，收集的深度輪廓數據實施及在一接續較深的深度收集深度輪廓數據，例如，深度(1)。

在某種膜層的特徵化，特別地薄膜或層，傳統的XPS技術已被用來計算一深度輪廓。然而，來自許多層經過一距離對應脫離深度的光電子的資訊是混合在一起的，導致深度輪廓的模糊及限制深度的解析度。該深度的解析度可以利用一較低的分析儀脫離角度來增強，偵測從低脫離角度(例如，相對於樣品表面遠小於40度，較佳地約10度至20度)表面脫離的光電子。然而，進一步說明如下，該較低分析儀角度可以限制要被特徵化樣品的大小，導致較低靈敏度，及具較慢的輪廓數據補捉，例如，相對於較高的分析儀角度，低的分析儀角度需要更多時間補捉足夠訊號以產生深度輪廓數據用在樣品的特徵化。

進一步，在傳統的XPS深度輪廓測定，特別關於該薄膜是難以濺射的薄膜之深度輪廓測定。例如，移除相當小部份的薄膜或層，例如1或2 Å，是困難的及大部份傳統濺射製程可能產生化學傷害該薄膜及/或感應薄膜內成份分佈的變化。

為改進該薄膜的特徵化，分析系統1(例如，一XPS或ESCA系統)建構具有一個或多個特別的特徵及/或操作在一個或多個特別的參數以致消除伴隨傳統方法的問題。該

建構及/或參數進一步參考一個或多個具體實施例如說明圖所示描述如下。熟知此項技藝人士將瞭解該系統1的一個或多個該參數及/或特徵進一步說明如下，根據本發明可以用來結合其他特徵或可以用來單獨增進樣品2的特徵化。

本發明可以修改一由Physical Electronics, Inc. (Eden Prairie, Minnesota)出品之商標設計PHI Quantum 2000 Scanning ESCA Microprobe™及PHI Quantera Scanning XPS Microprobe™分析系統來完成。該系統可以本文說明的一個或多個參數修正及/或操作以提供薄膜分析。

圖4表示根據本發明操作實施特徵化的部份分析系統1的更詳細說明具體實施例。圖4表示用來分析樣品2的分析儀器71提供圖1一般所示的x光源9，分析儀7，及電腦裝置13更詳細的說明具體實施例。圖4是說明在先前Larson等人於1994年5月24日申請的美國專利號碼5315113之名稱"Scanning and High Resolution X-ray Photoelectron Spectroscopy and Imaging"。圖4的詳圖僅是可以根據本發明使用x光源及分析儀的一說明具體實施例及不被解釋為限制本發明在文中所示的任何特定成份。

圖4的分析儀器71包括一電子槍16具有一適當電子透鏡系統18用來聚焦電子束20在一陽極靶24的表面22上。該電子槍16可以是傳統型式，被修改成最佳的更高功率及更大光束尺寸。電子槍光束20被聚焦到陽極表面22的一選擇的光點上。該光點較佳地實際上小至，例如，約4微米。

(22)

光束 20 聚焦到陽極表面的光點上導致從陽極 24 及，特別地，從選擇的陽極光點產生 x 光 27。電子槍可以是任何適當的槍如一可操作在 20 kV 於 1 瓦至 60 瓦具有一選擇的光束尺寸 4 微米至 50 微米，如美國專利號碼 5,315,113 的說明。

陽極靶 24 可以由任何金屬如鋁形成，其提供一所需的 x 光發射能帶。例如，該帶通常實際上是一小能量線寬。較佳地，陽極靶在或接近接地電位，及電子槍陰極操作在負電壓，例如，-20 kV，相對於陽極影響產生包括預定能量的所需 x 光帶之 x 光。在一較佳具體實施例，選擇的能帶是 1.4866 keV 的鋁 $K\alpha$ 線。

偏向板 28 選擇地直接或瞄準來自電子槍 16 的電子束 20 至陽極靶 24 的光點上，其是從一陽極表面 22 上的光點陣列選出的。來自偏向板控制 30 的電壓，由處理器 76 經線 80 控制，被作用到偏向板，其被安排在 x 與 y 兩軸，以建立光束的偏向量，及其光點的選擇位置。該光點可以被穩定固定。或者，控制 30 可以提供聚焦電子束 20 橫過陽極平坦表面的水平掃瞄，例如，橫過陽極表面的陽極光點陣列，及 x 光 27 連續從接續的陽極光點發射。例如，水平掃瞄速度在分散方向可以是 100 Hz 及在非分散方向是 10 kHz。

一布拉格晶體單光儀 34，較佳地是單晶石英，配置接收一部份來自陽極 24 的 x 光 27。該單光儀具有一結晶方向及一凹面結構 35 以選擇及聚焦所需能帶的 x 光 36 之光束，例如， $K\alpha$ 線，為在樣品表面 12 上要分析的 x 光光點。該 x 光光點是在樣品表面 12 上陽極光點的影像。或者，x 光光

(23)

點的水平掃瞄可以被用來覆蓋樣品表面所需的面積。樣品 2 座落在升降台 40 上相對於儀器支撐 44 其較佳地具有正交微米定位器 41 可手動或監控定位。樣品 2 可以移動以提供覆蓋整個較大的表面積。

雖然布拉格晶體單光儀是較佳的，其他聚焦裝置可以適合。該聚焦裝置可以包括低掠入射鏡，夫瑞乃波域片 (Fresnel zone) 平板，及交互高低密度材料 (例如，鎢及碳) 的合成多層裝置。在每一例中，反射鏡被彎曲以聚焦繞射 x 光在樣品上。

一分析儀器 71 元件的適當配置是根據傳統的羅蘭圓 (Rowland circle) 46。在該配置，陽極表面 22，晶體 34，及樣品表面 12 實施上是在圓上，例如，就如 Hammond 等人在 1973 年 11 月 13 日於美國專利號碼 3,772,522，題目為 "Crystal Monochromator and Method of Fabricating a Diffraction Crystal Employed Therein" 中教導的。

x 光 36 引起樣品選擇的主動畫素區域發射光電子 52。該電子能量通常包括一低能量峰值約至 10 eV 範圍，通常約 2 至 5 eV，加上在該選擇的畫素區域化學物種 (例如，化學元素及 / 或它們的電子鍵結) 的較高動能峰值或線特性。在水平掃瞄的例子，光電子的特性隨橫過畫素區域的陣列之改變的化學而變化，及低能量電子 (一般稱為 "二次電子") 也隨表面型態改變。光電子的偵測及 / 或分析用來提供關於選擇的畫素區域之樣品表面或橫過樣品表面區域的水平掃瞄陣列的資訊。也可以有歐傑 (Auger) 電子，其在本

(24)

目的，被包括在該項"光電子"，因為它們是由x光所引起。

在本發明一具體實施例，一電子能量分析儀54接收光電子52。該分析儀可以是一已知或需要的型態，一般不是磁性的就是靜電性的，其偏折依據電子能量預定的路徑68之光電子及到達偵測器70。一選擇的控制，通常是一電訊號(電流或電壓)，被作用至偏向器以建立偏向量及因此代表在預定路徑偏向的選擇光電子之能量。在一磁性分析儀如一磁性稜鏡，適當選擇經過磁鐵線圈的電流訊號，及在一靜電性的分析儀選擇一偏向的電壓訊號。

一有用型態的靜電性能量分析儀是一柱狀形式，說明在由Gerlach等人在1977年9月13日申請之美國專利號碼4,048,498，題目為"Scanning Auger Microprobe with Variable Axial Aperture"。另一較佳的，如圖4所示，分析儀54是一半球形型態如說明在Watson於1973年10月16日申請之美國專利號碼3,766,381，題目為"Apparatus and Method of Charge-Particle Spectroscopy for Chemical Analysis of a Sample"。該分析儀也包括一透鏡系統56如一靜電性透鏡用來輸入分析儀。該透鏡系統56有一中心軸57，系統56沿該軸置放。透鏡系統56可以結合物件與阻止功能以收集發射來自有效畫素區域的光電子及將其指向在所需動能範圍的分析儀。

該靜電透鏡系統56可以是傳統的，例如，Physical Electronics Inc.出品的PHI Omnicfocus IVTM。該透鏡應該

(25)

包括多對正交偏向板具有來自電壓源62之施加電壓。該電壓藉處理器76以主電子束20定位或水平掃瞄，在處理器控制下，同步操作的選擇，改變，或振盪，將偏軸的光電子聚中以致實施的部份電子到達狹縫84及進入分析儀54。

一取代物鏡功能的是一磁透鏡，有利地先前已知的型態是浸入式透鏡，單一極片透鏡或一snorkel透鏡說明在美國專利號碼4,810,880，由Gerlach於1989年3月7日申請，題目為"Direct Imaging Monochromatic Electron Microscope"。該物件透鏡位在樣品下，以致透鏡的磁場收集一實際上部份發射來自樣品表面的光電子。為達該目的，樣品被放在接近浸入式透鏡，該樣品被插入浸入式透鏡與隔離的靜電透鏡之間其形成透鏡系統。更普遍地，樣品位在浸入式透鏡與分析儀之間。該磁透鏡可以具有部份正被水平掃瞄的樣品表面發射電子的收集區。

再進一步，較佳地，透鏡系統是具有兩球形光柵的靜電式透鏡，相似於Physical Electronics Inc.出品的OmegaTM透鏡。該透鏡系統被用在Physical Electronics Inc.出品的PHI Quantum 2000 Scanning ESCA MicroprobeTM。

回到圖4，從一電壓源62施加一選擇的電壓經線69橫過分析儀的半圓64，66，選擇能量的電子行過軌道68的狹窄範圍以致離開分析儀進至偵測器70。後者可以是一傳統的多頻道偵測器，例如，具有16個頻道偵測通過分析儀具輕微不同軌道之小範圍的電子能量。假如需要或要求某些型態的偵測器，進一步的透鏡(未表示)可以放在分析儀與偵

(26)

測器之間。

來自偵測器70的訊號對應輸入光電子的強度以一線或許多線72(經一適當的放大器,未表示)攜帶至製程單元76的分析部份74,其結合控制電子電路與電腦製程。該製程提供電子能量資訊及代表在成份上的該資訊及從特定樣品表面區域發射光電子。

該資訊被儲存,顯示在監視器78上,及/或以影像,數字,及/或圖形形式印出。利用結合顯示器(其在文中包括製程)與電子束指向元件28,30,藉由處理器至控制器30的線80,有效的及顯示在選擇或掃描的表面區域成份的圖像。該圖像提供樣品表面資訊對應樣品表面上選擇的畫素區域位置,或畫素區域的水平掃描陣列。

儀器71的其他部份,如二次電子偵測器88及電子槍98提供離子100,被用來說明在美國專利號碼5,315,113。

根據本發明,及有利地用在特徵化薄膜特性,透鏡系統56被定位在一分析儀角度以增進及加速數據收集。該透鏡系統56一般沿一中心軸57從一光電子接收端59延伸至藕合分析儀54的半球形部份端。

較佳地,根據本發明如圖5A說明,透鏡系統56被定位在一分析儀角度 θ 相對於儀器的分析平面是在約45度至90度的範圍,對應要分析樣品的表面。該分析儀角度 θ 代表分析平面與沿透鏡系統56放置之中心軸57之間的角度。更佳地,該透鏡系統56被定位在一分析儀角度在60度至90度的範圍;及最佳地,分析儀角度約90度。

(27)

將分析儀 54 的透鏡系統 56 定位在該方式，可完成 X 光 36 照射樣品 2 較多數目脫離光電子的偵測及用來測定深度輪廓的適當訊號相對於當透鏡系統 56 定位在低分析儀角度，例如，小於 20 度時，如一般圖 5B 所表示，所捕捉的訊號，可以要求相當減少的時間。當使用該高分析儀角度，增進樣品的特徵化成份靈敏度。進一步，使用高分析儀角度相對於低分析儀角度製程對微量元素的偵測極限也表示較佳。

進一步，如圖 5B 所示，透鏡系統 56 定位在低分析儀角度限制透鏡系統相對樣品的位移。例如，一透鏡系統通常的尺寸致使透鏡系統 56 必需僅定位接近樣品 2 邊緣的低分析儀角度。如此，低分析儀角度的使用可以限制要特徵化的樣品 2 之大小。例如，表示在圖 5B 樣品表面，距離透鏡系統 56 的樣品 2 端點 61 之位置，是不容易以定位在接近樣品 2 相對邊的透鏡系統 56 做特徵化或有效地特徵化。以一高分析儀角度，任何在一大樣品上的位置，如半導體晶圓及硬碟媒介，因為樣品本身不限制透鏡系統 56 可以放在何處而可被分析。

將透鏡系統 56 定位在高分析儀角度(例如，約 45 度至 90 度)，具有對應光電子脫離角之光電子相對樣品表面可以被透鏡系統 56 接收。例如，具定位在 90 度之透鏡系統，具有光電子脫離角落在以 90 度為中心之 ± 20 度錐形角內之光電子可以使用分析儀偵測到。相似地，假如分析儀被定位在 60 度，在一光電子脫離角脫離樣品 2 的光電子落在以

(28)

60度為中心之 ± 20 度錐形角內將被分析儀54捕捉到。

將瞭解的是使用高分析儀角度 θ ，例如，在約45度至90度的範圍，相對於分析平面，當使用一低分析儀角度時，導致如圖5A所示一分析深度(d)遠深於如圖5B所示的分析深度(d)。如此，根據偵測的光電子產生的訊號導致在一特定深度之深度輪廓數據其包括來自樣品較深深度的貢獻。換句話說，使用高分析儀角度量測的深度輪廓數據導致訊號包含來自樣品2內比需要分析的深度(d0)之厚度更深深度的貢獻。然而，依使用不同輪廓深度校正順序，如下參考圖7及8進一步說明，使用高分析儀角度收集的深度輪廓數據可以使用依序收集，例如，較深深度(d1)的收集，的深度輪廓數據校正。

圖1中的離子源10用來移除樣品2表面的材料也被建構與操作在有利的參數以用在薄膜的特徵化。該離子源10可以是任何適當的離子槍。例如，在一適當的離子槍中，一離子化腔體包含一熱離子燈絲發射電子其被管狀柵的正電位加速以離子化其中的氫氣。直向排列地，打開後在離子化腔體中是一柱狀聚焦透鏡，一孔隙，一對光束彎曲板，一柱狀物鏡，及適當地用來引導，一組柱狀四極或八極偏向板。一含這些元件的管子設定在相當低的浮動電壓。離子可以被加速通過管子從高電壓柵及減慢至需要的能量及通過進入一接地的錐狀出口環以及因此到達接地及樣品2上。雖然前面說明一離子源適當的具體實施例，任何傳統的或需要的低能離子源根據本發明可是使用在適

(29)

合的分析儀器。例如，該離子槍說明在Larson等人於1999年11月23日申請的美國專利號碼5,990,476，題目為"Control of Surface Potential of Insulating Specimens in Surface Analysis"。

進一步，先前在文中引用的Physical Electronics Inc. (Eden Prairie, Minnesota)出品的PHI Quantum 2000 Scanning ESCA Microprobe™及PHI Quantera Scanning XPS Microprobe™提供一離子束用在深度輪廓測定，例如，深度輪廓測定是由一離子束濺射移除材料與收集深度輪廓數據交互產生。該離子束可以移除靜態光點的材料或可進行水平掃描移除要進一步分析的較大表面區域。

據本發明，使用離子源10移除樣品2的材料較佳地以低離子角度的離子束完成。圖6說明上表示一離子束11落在較佳的低離子角度 β 的範圍，在相對於樣品表面離子束小於45度，及也有一光束97落在範圍外。較佳地，低離子角度 β 約是20度。

除了使用低離子角度移除材料漸進得到較深的樣品深度以致可以在該深度收集深度輪廓數據，該離子束較佳地包括低離子能量的離子。較佳地，該離子能量小於500 eV。

使用該低離子能量及低離子角度，對薄膜的化學傷害減至最低而且也減少離子引起薄膜內成份分佈的改變。

並且，經由使用Zalar™旋轉可以增進濺射製程的品質。在Zalar™旋轉中，在濺射製程期間樣品被旋轉。濺射期間樣品的旋轉使表面粗糙度減至最低及減少錐狀的形

(30)

成。進一步，經過整個薄膜結構的深度維持界面的解析度。樣品 2 的旋轉一般以迴轉箭頭 17 代表，如圖 1 所示。例如，分析儀器 4 的電腦驅動升降台可以對於一選擇的分析點旋轉。

並且，為了進一步增強深度解析度，可以使用比氫離子重的離子在濺射製程。例如，可以使用山 (Xenon) 離子取代氫離子。

如上簡短的說明，在高分析儀角度使用分析儀在許多深度依序濺射及收集深度輪廓數據，一微分輪廓深度校正程序可以用在收集的深度輪廓數據以提供高靈敏度及高深度解析度在所提供的樣品 2 之成份深度輪廓。完成校正程序的特徵化方法 200 及計算成份 (例如，元素及 / 或化學物種) 濃度對深度一般表示在圖 7。

在特徵化方法 200，瞭解在許多深度收集的深度輪廓數據及操作來計算樣品中 (方塊 201) 成份的濃度。每個所需深度之成份濃度通常由在該深度收集的移除一部份數據而決定，該成份濃度根據在一個或更多個接續深度 (方塊 202) 收集的深度輪廓數據來決定。較佳地，移除的數據是根據緊跟被決定了濃度之深度後收集該深度之深度輪廓數據。換句話說，在深度 (1) 收集的深度輪廓數據被用來決定深度 (0) 的成份濃度。相似地，在深度 (2) 收集的深度輪廓數據被用來決定深度 (1) 的成份濃度。

如前的說明，在高分析儀角度收集之量測深度輪廓數據一般包括比所需深度更深之深度的貢獻，特別地關於特

(31)

徵化薄膜的特性。換句話說，例如，在深度(0)收集的深度輪廓數據包括不僅是深度(0)的濃度貢獻，而且是比深度(0)更深之濃度的貢獻，例如，來自深度(1)，深度(2)的濃度貢獻等等。藉由從深度(0)的深度輪廓數據移除更深之深度的貢獻，可以決定精確計算的成份濃度。

在更深深度的貢獻從將被決定濃度的深度移除後，計算的深度輪廓數據(即以移除的較深深度量測的深度輪廓數據)可以被轉換成該深度(方塊203)的成份濃度。如由決定方塊205所提供，對每個深度要計算的成份濃度繼續計算。因為所有所需深度的濃度被計算，製程就完成了(方塊207)。

圖8表示特徵化方法230的流程圖其是表示在圖7流程圖一般化方法的更詳細具體實施例。在每個濺射深度收集的原始深度輪廓數據及提供給要操作的校正程序根據本發明一般包括光譜，即電子的計量對能量，在整個小能量間隔含對一特定成份的特徵光子峰值。在每一濺射深度的每一成份有一光譜。例如，對一典型的閘極氧化物層，在每一濺射深度可以是矽，氧，及氮光譜。

具有由在許多濺射深度(方塊232)量測的表面光譜提供之該光譜，可以實施主成份分析(PCA)以平滑化該數據(方塊234)。如一般所知，主成份分析是一技術包含共變異數矩陣的一固有值分析。主成份分析通常已知是使用整個數據之資訊設定移除每個光譜中之雜訊的製程。主成份分析較佳地應用至許多深度的光譜，然而，根據本發明是

(32)

選擇的。

為了得到特定深度的成份濃度，下列製程被用在要決定濃度的每個深度。對每個深度的重複測定由決定方塊 244 認定。如方塊 244 所示，在一特定深度濃度已被決定後，製程繼續重複至漸進較深深度直到所有被考慮的深度。之後，製程停止(方塊 246)。

為了決定特定深度的成份濃度，首先，量測許多濺射深度之每一個之個別成份得到的峰值面積。該量測的峰值面積是從光譜數據減去背景值及積分峰值或以一最小平方匹配光譜數據至標準峰值及背景形狀。該技術對熟知此項技藝之人士是一般周知的。

因為數據較佳地已在一高分析儀角度收集，該量測的峰值面積包含從頂層及較深層之貢獻。量測的峰值面積之部份來自單一濺射層(即計算的峰值面積)可以利用減去一部份來自較深層量測的峰值面積(方塊 238)來計算。

" A_n " 是對包含較深層貢獻之第 n 個濺射間隔(方塊 236)一成份的量測的峰值面積。" A_n " 是對應單一層貢獻之計算的峰值面積。假如 " f " 是來自較深層的部份訊號，那麼 " A_n " 對應單一層貢獻被計算為： $A_n = (A_n - fA_{n+1}) / (1 - f)$ 。該計算對每個薄膜成份實施。

在許多例子，對所有成份使用一值 f 可以是足夠精確的，但是，通常，已知 f 與動能有關係。因此，對個別成份使用個別的值是更精確的。如對熟知此項技藝之人士已知的，可用電腦程式其可提供對非彈性平均自由程，即 f ，的

(33)

能量相關性。

一 A_n 圖 (面積對深度) 不可避免的比原始峰值面積, A_n , 之圖更多雜訊。該雜訊可以各種已知的平滑化方法如 binomial smooth 或 Savitzky-Golay smooth 來減低 (方塊 240)。該平滑化是選擇性的, 但是較佳以得到更真實的樣品特徵化。

計算的峰值面積, A_n , 使用已知技術可以接著轉換成在每個濺射深度 (方塊 242) 的成份濃度。例如, 在每個濺射深度, 計算的峰值面積可以除以成份靈敏度因子及正規化以致所有成份的濃度總和為 100%。

進一步, 產生深度輪廓數據, 假如已知濺射速率, 濺射時間可以被轉換成深度, 如對熟知此項技藝之人士是已知的。使用對每個特定深度 (方塊 242) 轉換的成份濃度, 該資訊可以被繪圖, 顯示, 或者等待使用者應用。

圖 9 表示根據本發明一非侵入式特徵化方法 300 的一般流程圖其利用侵入式深度輪廓測定, 如使用上面說明的方法與系統之深度輪廓測定, 以產生校正資訊 (方塊 302)。該校正資訊於是可以被用來結合樣品的表面光譜量測至非侵入式決定一個或更多個樣品的特性 (方塊 304)。

更特別地, 產生校正資訊 (方塊 302) 的製程進一步表示在圖 10 的流程圖。圖 10 表示產生校正資訊方法的一說明具體實施例的流程圖。

為了產生校正資訊, 提供許多樣品, 例如形成在一基板上之薄膜 (方塊 340)。許多樣品之每一個在相同製程條

(34)

件下形成。例如，樣品可以個別包括一薄的氮化的氧化矽層進一步說明如下，或任何其他需要特徵化的薄膜。進一步，如前文說明，樣品可以採用任何一種不同形式。然而，本發明在薄膜特徵化特別有好處。

對每一個樣品收集表面光譜量測(方塊342)。該表面光譜量測是在移除樣品材料前產生非侵入地一非侵入式量測，例如在開始深度輪廓測定或深度輪廓測定之前實施。例如，一X光源以X光照射樣品導致光電子從樣品脫離。該X光穿透深度進入樣品表面，激發光電子脫離樣品。然而，光電子在與鄰近原子作用其能量被修正之前僅行走一短距離。僅以其起始能量脫離之光電子對表面光譜量測峰值有貢獻而被用來樣品分析。

換句話說，利用X光照射表面的平均深度分析依賴樣品組成的脫離深度而定，及因此，偵測的光電子僅是樣品某深度的代表。如此，依據偵測的光電子產生的訊號不需是代表整個要分析的深度。換句話說，例如，表面量測將不代表延伸進入該較深深度之成份濃度。

然而，假如對許多樣品之每一個產生的深度輪廓數據是使用非侵入式深度輪廓測定技術(方塊344)，對該樣品之單獨表面光譜量測可以相關於深度輪廓數據以產生校正資訊(方塊346)。如用在文中，校正資訊表示一樣品非侵入式表面光譜量測與特徵化資訊或用在一樣品例如薄膜，的特徵化間之任何相關資訊。例如，該校正資訊當其關於非侵入式表面光譜量測可以取整個樣品深度濃度資

(35)

訊的形式，當其關於非侵入式表面光譜量測可以取整個樣品厚度資訊，當其關於非侵入式表面光譜量測可以取整個樣品濃度誤差資訊，當其關於非侵入式表面光譜量測可以取整個樣品厚度均勻性的資訊。

例如，圖 12 是一圖形 370 用來描述說明校正資訊，例如，一校正曲線 372，產生在閘極氧化物層。圖形 370 是代表對許多樣品閘極氧化物層收集的單獨非侵入式表面光譜量測 (y 軸) 及深度輪廓資訊代表對許多樣品閘極氧化物層 (x 軸) 一成份 (在本例，氮) 的總劑量或濃度。例如，閘極氧化物層一成份的濃度可以經由深度輪廓的深度積分成份的濃度而產生，例如，總和產生在閘極氧化物層每個漸進較深深度的深度輪廓數據。

除了用來以氮摻雜閘極氧化物層的製程時間外，製程條件 XYZ 對許多樣品的所有閘極氧化物層的形成是相同的。換句話說，摻雜時間是變化的 (例如， t_1 ， t_2 ， t_3 等)。因此，圖形 370，例如，校正曲線 372，是代表樣品非侵入式表面光譜量測與當使用各種氮摻雜時間週期時總氮濃度之關係。

要瞭解的是關於樣品的閘極氧化物層實施非侵入式表面光譜量測與深度輪廓測定必需從一樣品至另一樣品是一致的。換句話說，該製程必需在相同參數組合下實施。

深度輪廓資訊的產生可以在任何已知方式實施。然而，使用先前參考圖 1-8 說明在文中的方法與系統。例如，較佳地，使用一個或更多個高分析儀角度，一低離子角度

(36)

移除材料，低能量離子移除材料，及如文中與文中先前參考圖 1-8 說明的一微分輪廓深度校正程序，產生深度輪廓數據。

然而，如上所指示，可以使用其他深度輪廓測定方法與系統。例如，使用一低分析儀角度的 ESCA 深度輪廓測定可以用來提供深度輪廓資訊，以及 SIMS，AES，TEM，或其他表面分析技術。

使用在文中的深度輪廓資訊可以表示收集的，分析的，結合的資訊，或根據數據收集使用非侵入式深度輪廓測定技術。例如，該深度輪廓資訊可以表示用來說明在一特定深度樣品的特徵之個別深度輪廓數據，或可以表示代表沿該深度樣品特徵之資訊，例如，經過薄膜深度，薄膜厚度等之一成份的濃度等。例如，如上描述，閘極氧化物層一成份的濃度可以經由深度輪廓的深度積分成份的濃度而產生，例如，總和產生在閘極氧化物層每個漸進較深深度的深度輪廓數據。該濃度可以被表示為深度輪廓資訊。

圖 11 表示應用上面說明的一個或更多個特徵產生的校正資訊之方法 304 一說明具體實施例更詳細的流程圖。如方塊 354 所示，提供要特徵化的樣品非侵入式表面光譜量測，例如，一薄膜。進一步，該非侵入式表面光譜量測較佳地在相同一組用來收集資訊的參數下實施以產生校正資訊。除了提供要特徵化的樣品之非侵入式表面光譜量測外，也提供使用許多樣品產生校正資訊(方塊 356)。

之後，至少樣品的一個特徵(例如，樣品薄膜的濃度，

(37)

薄膜的厚度等)根據要被特徵化樣品的非侵入式表面光譜量測及校正資訊被產生(方塊358)。換句話說,以許多樣品的表面光譜量測相關於許多樣品的深度輪廓資訊,對一特定表面量測對應於深度輪廓資訊之一個或更多個特徵同等的可應用至要被特徵化具有該特定表面量測的樣品。

例如,對一要分析的閘極氧化物層採取一表面量測。該要分析的閘極氧化物層之表面光譜量測可以比較用來產生校正資訊的許多樣品的表面光譜量測,例如,閘極氧化物層的氮濃度對應某些表面光譜量測。要分析的閘極氧化物層的氮濃度可以等於對應許多樣品的表面量測之氮濃度,其相當於要分析的閘極氧化物層之非侵入式表面光譜量測。

熟知此項技藝之人士將瞭解參考圖9-12說明的製程,以及其他下列參考圖13-15的說明,可以使用說明在文中的分析系統1加以修正以提供適當的製程可能性而加以完成。該分析系統可以結合先前說明在文中 Physical Electronics Inc. 出品的系統。進一步,該分析系統可以是一獨立工具或該分析系統可以是經界面接至裝置製程工具,例如,一製造工具,如用在形成閘極氧化物一簇工具的一部份。該分析系統或工具能夠提供校正資訊與也被用來實施使用校正資訊的分析。

進一步,熟知此項技藝之人士將瞭解樣品的非侵入式特徵化可以對樣品的一小部份實施,例如,一光點的分析,或可以對樣品的一較大部份實施,例如,一晶圓或碟片

媒體。該大面積分析可以經由關於深度輪廓測定如先前說明在文中的水平掃瞄而完成。

本非侵入式特徵化方法在薄膜分析特別有用，較佳地是薄介電膜，及更特別地如參考圖 13-15 將要說明氮化的氧化矽。例如，對一氮化的氧化矽膜之說明的形成製程，薄膜可以使用氮電漿，或一離子束形成，以結合氮進入一氧化物膜，或氮可以被結合在成長的氧化物。本發明不限定任何提供該膜或提供包括該膜一樣品的特定方法。

圖 13 表示一說明製程 402 用來產生校正資訊以用在薄氮化的氧化矽膜的分析。圖 14 表示一方法 450 的一說明的具體實施例用該校正資訊在薄氮化的氧化矽膜的非侵入式分析。

為了產生如圖 14 所示的校正資訊，許多薄氮化的氧化矽膜，例如，提供形成在一基板上的薄膜(方塊 440)。許多薄氮化的氧化矽膜之每一個是在相同製程條件下形成。

每一個氮化的氧化矽膜(方塊 442)之表面光譜量測被收集。進一步，對每一個薄氮化的氧化矽膜使用侵入式深度輪廓測定技術(方塊 444)產生深度輪廓資訊。對該樣品的單獨表面光譜量測可以相關於產生校正資訊(方塊 448)的深度輪廓資訊。

例如，圖 15 是一圖形 490 用在描述說明的校正資訊，例如，一校正曲線 500，產生用在薄氮化的氧化矽膜。圖形 490 是代表對許多樣品氮化的氧化矽層收集的單獨非侵入式表面光譜量測(y軸)及深度輪廓資訊代表對許多樣品氮

(39)

化的氧化矽層的總劑量或氮的濃度(x軸)。在該特定的具體實施例，氮化的氧化矽層之氮的濃度可以由積分整個薄膜深度輪廓的氮濃度，例如，總和代表在每一個氮化的氧化矽層漸進較深深度產生的氮濃度之深度輪廓數據(方塊446)。

除了用來以氮摻雜氧化矽層的製程時間外，許多樣品所有氮化的氧化矽層形成的製程條件是相同的。換句話說，摻雜時間是變化的如圖形490所示的時間15秒，60秒及180秒。因此，圖形490，例如，校正曲線500，表示代表氮濃度非侵入式表面光譜量測與當使用各種氮摻雜時間週期時由深度輪廓數據代表的總氮濃度之關係。表示在圖形上的" R "平方是線性繪圖數據的線性關係係數指數。

應瞭解對樣品氮化的氧化矽層實施的非侵入式表面光譜量測與深度輪廓測定必需從一樣品至另一樣品一致。換句話說，該製程必需在相同一參數組下實施。

圖14表示使用上面說明的薄氮化的氧化矽膜產生的校正資訊之一方法450說明具體實施例的流程圖。如方塊452所示，提供要被特徵化的氮化的氧化矽膜之非侵入式表面光譜量測。要被特徵化的氮化的氧化矽膜之形成使用如用來產生校正資訊的許多薄氮化的氧化矽膜相同的製程條件。進一步，非侵入式表面光譜量測較佳地在用來收集資訊的相同參數組下實施以產生校正資訊。除了提供要被特徵化的薄氮化的氧化矽膜之非侵入式表面光譜量測外，也提供使用許多薄氮化的氧化矽產生的校正資訊(方塊454)。

(40)

之後，根據要被特徵化的薄膜非侵入式表面光譜量測及校正資訊(方塊456)在一光點產生薄氮化的氧化矽膜的氮含量。換句話說，許多氮化的氧化矽膜的表面光譜量測相關於該膜的深度輪廓資訊，氮濃度對應於特定的表面量測的深度輪廓資訊是相等地可應用至具有特定表面量測的要被特徵化的薄氮化的氧化矽膜。

進一步，除了決定在薄氮化的氧化矽膜一光點的氮外，x光束的水平掃瞄或掃瞄可以被用來提供從一相當較大的光點區域之量測，例如 $(1.5 \text{ mm})^2$ ，即當該樣品可被移動以提供經過一較大區域之量測，例如，一晶圓，碟片媒介等等。以已知的氮含量，可以決定氮化膜中氮含量的均勻度，例如，橫過具有形成其上要被分析的薄膜之氮分佈的均勻度(方塊458)。

實施在要被特徵化的氮化的氧化矽膜上之表面光譜量測(方塊452)，也可被用來決定薄膜的厚度(方塊460)。例如，氧化矽及矽元素的光譜量測可用來決定厚度，對熟知此項技藝之人士是已知的。該分析被說明在Briggs, D.及 Seah M.P., Practical Surface Analysis, 2nd Ed., Vol. 1, Auger and X-ray Photoelectron Spectroscopy, Sec. 5.4.2, pp. 244-248, John Wiley & Sons, Ltd. (July 1995)。如此，使用相同的表面光譜量測，可以決定厚度與氮含量。

如方塊460一般表示的決定膜厚，可以使用移動樣品涵蓋更大區域，例如，從一更大區域得到量測。換句話說，薄膜厚度的決定可以橫過薄膜的較大區域。以已知的厚度

(41)

，可以決定橫過氮化的氧化矽膜氮化膜厚度的均勻度程度(方塊464)，例如，可以決定橫過晶圓膜厚的均勻度。

如一般方塊466所示，產生非侵入式地氮化的氧化矽膜之各種特性，根據此可以控制一個或更多個製程。例如，如前文說明，分析系統可以經界面接至用來製造氮化的氧化矽膜之生產工具。對特定的閘極氧化物及/或設備操作條件可以重複及最佳化校正。

所有揭露在文中的專利及參考文獻全部併入本文中參考，或者個別地併入。前面特定的具體實施例是實現本發明的說明。因此，其他熟知此項技藝之人士可瞭解或可以使用文中揭露不偏離本發明附錄的申請專利範圍。

圖式代表符號說明

1	分析系統
2	樣品
3	分析平面
4	分析儀器
6,27	x光
7	分析儀
8,52	光電子
9	x光源
10	離子源
11,100	離子
12	樣品表面
13	電腦裝置
15	程式
17	迴轉箭頭
120,200,230,300,	深度輪廓測定方法
302	產生校正資訊

122,124,126,128, 132,134,201,202, 203,205,207,232, 234,236,238,240, 242,244,246,302, 304,340,342,344, 346,354,356,358, 440,442,444,446, 448,452,454,456, 458,460,464,466, 370,490 372,500 402 450 123 130 16 18 20 22 24 28 30 34 35 36 40 41 44 46 54 56 57 59 61 62 64,66 68 69,72,80 70 71	方塊 圖形 校正曲線 製程 方法 虛線方塊 決定方塊 電子槍 電子透鏡系統 電子束 陽極表面 陽極靶 偏向板 偏向板控制 單光儀 凹面結構 x光光束 升降台 正交微米定位器 儀器支撐 羅蘭圓 電子能量分析儀 透鏡系統 中心軸 光電子接收端 端點 電壓源 半圓 軌道 線 偵測器 分析儀器
---	--

74	分析部份
76	處理器
78	監視器
84	狹縫
88	二次電子偵測器
97	光束
98	分散電子槍

肆、中文發明摘要

一種樣品的特徵化，例如，一深度輪廓，可以使用電子能譜方法或系統內的一個或多個下列參數而得到。該一個或多個參數可以包括使用低離子能量離子從樣品移除材料以露出進一步較深層的材料，使用一具低離子角度的離子束實施該樣品材料的移除，及/或使用定位在高分析儀角度的分析儀接收因x光照射樣品之結果而從樣品逃離的光電子。此外，可以使用一修正演算法以決定樣品，例如，形成在基板上的薄膜內的成份(例如，元素及/或化學物種)濃度對深度。該濃度的決定可以包括計算在一深度輪廓的每一深度成份(例如，元素及/或化學物種)濃度，是藉在一特定深度(即，要計算濃度的深度)收集的深度

伍、英文發明摘要

Characterization of a sample, c.g., a depth profile, may be attained using one or more of the following parameters in an electron spectroscopy method or system. The one or more parameters may include using low ion energy ions for removing material from the sample to expose progressively deeper layers of the sample, using an ion beam having a low ion angle to perform such removal of sample material, and/or using an analyzer positioned at a high analyzer angle for receiving photoelectrons escaping from the sample as a result of x-rays irradiating the sample. Further, a correction algorithm may be used to determine the concentration of components (e.g., elements and/or chemical species) versus depth within the sample, e.g., thin film formed on a substrate. Such concentration determination may include calculating the concentration of components (e.g., elements and/or chemical species) at each depth of a depth profile by removing from depth profile data collected at a particular depth (i.e., the depth for which concentration is to be calculated) concentration contributions attributable to deeper depths of the sample. In addition, characterization of a sample, e.g., determination of a component's concentration

輪廓數據，濃度分佈歸因於從樣品移除更深的深度。並且，樣品的特徵化，例如，在一薄膜內的成份濃度測定，可以利用代表許多樣品的表面光譜量測與許多樣品的深度輪廓資訊之相關提供校正資訊而得到。至少要被特徵化(例如，一成份的濃度)的樣品之一特性是根據要被特徵化的樣品之一個或多個表面光譜量測及校正資訊而決定。

in a thin film, may be attained by providing calibration information representative of surface spectrum measurements for a plurality of samples correlated with depth profile information for the plurality of samples. At least one characteristic of the sample to be characterized (e.g., concentration of a component) is determined based on one or more surface spectrum measurements for the sample to be characterized and the calibration information.

陸、(一)、本案指定代表圖為：第_____圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：



柒、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：



拾、申請專利範圍

1. 一種用以特徵化一樣品之方法，其中該方法包括：

收集樣品許多深度的每一個深度輪廓數據，每一個深度對應一樣品表面，其中在材料移除期間藉移除樣品材料提供樣品許多深度的一個或更多個導致樣品一個或更多個深度的樣品表面，及進一步其中收集樣品許多深度的每一個深度輪廓數據包括：

以X光照射樣品導致光電子從樣品脫離；

偵測從樣品脫離的光電子，其中偵測光電子包括提供一包含容易接收光電子的輸入透鏡之分析儀，具有一中心軸延伸經過該輸入透鏡，及定位該輸入透鏡以致輸入透鏡中心軸是在一分析儀角度相對樣品表面在約45度至約90度的範圍；及

產生一訊號代表偵測的光電子；及

使用至少收集第一及第二深度的深度輪廓數據以特徵化樣品在第一深度的特性，其中第二深度是在樣品中比第一深度深的位置。

2. 如申請專利範圍第1項之方法，其中第二深度是一樣品表面的深度起因於緊跟著在第一深度收集深度輪廓數據後，於材料移除期間從樣品移除材料。
3. 如申請專利範圍第1項之方法，其中分析儀角度是在約60度至約90度的範圍。
4. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該輸入透鏡容易接收光電子具有一光電子脫離角落在分析儀角度中心之

- ±20度的錐形角內。
5. 如申請專利範圍第1項之方法，其中在材料移除期間從樣品移除材料包括使用具小於500 eV離子能量的離子從樣品濺射材料。
 6. 如申請專利範圍第1項之方法，其中在材料移除期間從樣品移除材料包括從樣品表面濺射材料是使用一離子束相對於樣品表面的離子角度小於或等於約45度。
 7. 如申請專利範圍第6項之方法，其中使用的離子束包括提供相對於樣品表面的離子角度小於或等於約20度的離子束。
 8. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該樣品包括一薄膜具有一厚度小於約10奈米。
 9. 如申請專利範圍第8項之方法，其中該樣品包括一閘極介電膜。
 10. 如申請專利範圍第1項之方法，其中在材料移除期間從樣品移除材料包括從樣品濺射材料是使用一離子束包括比氫離子重的離子。
 11. 如申請專利範圍第1項之方法，其中使用至少收集第一及第二深度的深度輪廓數據以特徵化一樣品在第一深度的特性包括在第一深度收集移除的至少一部份深度輪廓數據根據在第二深度收集的深度輪廓數據。
 12. 如申請專利範圍第1項之方法，其中使用至少收集第一及第二深度的深度輪廓數據以特徵化一樣品在第一深度的特性包括：

得到至少一成份的量測的峰值面積是從第一深度收集的深度輪廓數據，其中該量測的峰值面積代表從樣品表面層至更深層的濃度分佈，其中更深層的濃度分佈由在第二深度收集的深度輪廓數據代表；

利用從量測的峰值面積移除較深層濃度分佈對至少一成份對應在表面層的成份濃度之量測以決定計算的峰值面積；及

轉換計算的峰值面積為在第一深度至少一成份的濃度。

13. 如申請專利範圍第1項之方法，其中使用至少收集第一及第二深度的深度輪廓數據以特徵化樣品在第一深度的特性，進一步包括使用許多增加的深度收集的深度輪廓數據以特徵化樣品的某一厚度。

14. 一種使用在特徵化一樣品之方法，其中該方法包括：

收集樣品許多深度的每一個深度輪廓數據，每一個深度具有一對應的樣品表面，其中在材料移除期間藉移除樣品材料提供樣品許多深度的一個或更多個導致樣品一個或更多個深度的樣品表面，及

運算該深度輪廓數據以提供許多深度的一個或更多個之每一個樣品的特徵化，其中該深度輪廓數據的運算包括：

從特定深度收集的深度輪廓數據得到至少一成份的量測的峰值面積，其中該量測的峰值面積代表從對應特定深度的一表面層及樣品更深層的濃度分佈；

對至少一成份決定計算的峰值面積對應於表面層的成份濃度之量測是利用從量測的峰值面積移除較深層濃度分佈；及

轉換計算的峰值面積為在特定深度至少一成份的濃度。

15. 如申請專利範圍第14項之方法，其中在個別的樣品許多深度收集的深度輪廓數據包括：

以X光照射樣品導致光電子從樣品脫離；及

偵測從樣品脫離的光電子，其中偵測從樣品脫離的光電子包括：

提供一分析儀包含容易接收光電子的輸入透鏡，具有一中心軸延伸經過該輸入透鏡；及

定位該輸入透鏡以致輸入透鏡中心軸是在一分析儀角度相對樣品表面，其中該分析儀角度在約45度至約90度的範圍。

16. 如申請專利範圍第14項之方法，其中該樣品包括一薄膜具有一厚度小於約10奈米。

17. 如申請專利範圍第16項之方法，其中該樣品包括一開極介電膜。

18. 一種用以特徵化一樣品之方法，其中該方法包括：

收集樣品在第一深度的深度輪廓數據，其中收集樣品在第一深度的深度輪廓數據包括：

以X光照射樣品導致光電子從樣品脫離；

偵測從樣品脫離的光電子，其中偵測從樣品脫離的

光電子包括提供一分析儀包含容易接收光電子的輸入透鏡，具有一中心軸延伸經過該輸入透鏡，及定位該輸入透鏡以致輸入透鏡中心軸是在一分析儀角度相對樣品表面，該分析儀角度是在約45度至約90度的範圍；及

產生一訊號代表偵測的光電子；

從樣品移除材料露出樣品的第二深度，其中在材料移除期間從樣品移除材料包括從樣品表面濺射材料，一離子束提供相對於樣品表面的離子角度小於或等於約45度，及進一步其中該離子束包括具離子能量小於500 eV的離子；

收集樣品在第二深度的深度輪廓數據，其中收集樣品在第二深度的深度輪廓數據包括：

以x光照射樣品導致光電子從樣品脫離；

偵測從樣品脫離的光電子使用定位在分析儀角度的輸入透鏡；及

產生一訊號代表偵測的光電子；及

使用至少在第一及第二深度收集的深度輪廓數據以計算在第一深度的成份濃度。

19. 如申請專利範圍第18項之方法，其中使用至少在第一及第二深度收集的深度輪廓數據以計算在第一深度的成份濃度包括：

得到至少一成份的量測的峰值面積是從第一深度收集的深度輪廓數據，其中該量測的峰值面積代表從樣

品的一表面層及更深層的濃度分佈；其中更深層的濃度分佈代表在第二深度收集的深度輪廓數據；

對至少一成份決定計算的峰值面積對應於表面層的成份濃度之量測是利用從量測的峰值面積移除較深層濃度分佈；及

轉換計算的峰值面積為在第一深度至少一成份的濃度。

20. 如申請專利範圍第18項之方法，其中該樣品包括一薄膜具有一厚度小於約10奈米。

21. 一種用以特徵化一樣品之系統，其中該系統包括：

一x光源，可操作照射一樣品，當樣品被定位在系統的一分析平面時，使用x光導致光電子從樣品脫離；

一分析儀，可操作來偵測從樣品脫離的光電子，其中該分析儀包含容易接收光電子的輸入透鏡，具有一中心軸延伸經過該輸入透鏡，其中該輸入透鏡被定位以致輸入透鏡中心軸是在一分析儀角度相對分析平面，其中該分析儀角度是在約45度至約90度的範圍；及進一步該分析儀可操作產生一訊號代表偵測的光電子；

一離子源，可操作提供離子在材料移除期間從定位在分析平面的樣品移除材料導致樣品一個或更多個深度的樣品表面，及

一計算裝置，可操作產生根據代表個別的許多樣品的深度偵測的光電子之訊號之深度輪廓數據，及進一

步操作以使用至少收集在第一及第二深度的深度輪廓數據以特徵化樣品在第一深度的特性，其中第二深度是在樣品中比第一深度深的位置。

22. 如申請專利範圍第21項之系統，其中第二深度是一樣品表面的深度起因於緊跟著在第一深度收集深度輪廓數據後，於材料移除期間從樣品移除材料。
23. 如申請專利範圍第21項之系統，其中分析儀角度是在約45度至約90度的範圍。
24. 如申請專利範圍第21項之系統，其中由離子源提供的離子具小於500 eV的離子能量。
25. 如申請專利範圍第21項之系統，其中該離子源是可操作以提供相對於樣品表面的離子角度小於或等於約45度的離子束。
26. 如申請專利範圍第25項之系統，其中該離子源是可操作以提供相對於樣品表面的離子角度小於或等於約20度的離子束。
27. 如申請專利範圍第21項之系統，其中由離子源提供的離子包括比氫離子重的離子。
28. 如申請專利範圍第21項之系統，其中該電腦裝置是可操作的：

得到至少一成份的量測的峰值面積是從第一深度收集的深度輪廓數據，其中該量測的峰值面積代表從樣品的一表面層及更深層的濃度分佈，其中在第二深度收集的深度輪廓數據代表更深層的濃度分佈；

對至少一成份決定計算的峰值面積對應於表面層的成份濃度量測是利用從量測的峰值面積移除較深層濃度分佈；及

轉換計算的峰值面積為在第一深度至少一成份的濃度。

29. 如申請專利範圍第21項之系統，其中該電腦裝置是可操作來使用收集的深度輪廓數據對許多更深深度特徵化樣品某一厚度的特性。

30. 一種用以特徵化一樣品之系統，其中該系統包括一電腦裝置可操作來：

辨識對個別樣品的許多深度收集的深度輪廓數據；及

計算深度輪廓數據提供在個別樣品的許多深度的一個或更多個特徵化樣品的特性，其中計算深度輪廓數據包括：

得到至少一成份的量測的峰值面積是從一特定深度收集的深度輪廓數據，其中該量測的峰值面積代表對應於特定深度及樣品更深層的一表面層之濃度分佈；

對至少一成份決定計算的峰值面積對應於表面層的成份濃度量測是利用從量測的峰值面積移除較深層的濃度分佈；及

轉換計算的峰值面積為在特定深度至少一成份的濃度。

31. 如申請專利範圍第30項之系統，其中較深樣品中之一

個或更多個深度是起因於緊跟著在特定深度收集深度輪廓數據後，於材料移除期間從樣品移除材料。

32. 一種用以特徵化一樣品之系統，其中該系統包括：

一 x 光源，可操作照射一樣品，當樣品被定位在系統的一分析平面時，使用 x 光導致光電子從樣品脫離；

一分析儀，可操作來偵測從樣品脫離的光電子，其中該分析儀包含容易接收光電子的輸入透鏡，具有一中心軸延伸經過該輸入透鏡，其中該輸入透鏡被定位以致輸入透鏡中心軸是在一分析儀角度相對分析平面，其中該分析儀角度是在約 45 度至約 90 度的範圍；及進一步該分析儀可操作產生一訊號代表偵測的光電子；

一離子源，可操作提供離子在材料移除期間從定位在分析平面的樣品移除材料導致樣品一個或更多個深度的樣品表面，其中該離子源可操作以提供相對於分析表面的離子角度小於或等於約 45 度的離子束，該離子束包括具有離子能量小於 500 eV 的離子；

一計算裝置，可操作產生根據代表個別的許多樣品的深度偵測的光電子之訊號之深度輪廓數據，及進一步操作以使用至少收集在第一及第二深度的深度輪廓數據以特徵化樣品在第一深度的特性，其中第二深度是在樣品中比第一深度深的位置。

33. 如申請專利範圍第 32 項的系統，其中分析儀角度是在約 60 度至約 90 度的範圍。

34. 如申請專利範圍第32項之系統，其中該離子源是可操作以提供相對於分析表面的離子角度小於或等於約20度的離子束。

35. 如申請專利範圍第32項之系統，其中該電腦裝置是可操作來：

得到至少一成份的量測的峰值面積是從第一深度收集的深度輪廓數據，其中該量測的峰值面積代表從樣品的一表面層及更深層的濃度分佈，其中在第二深度收集的深度輪廓數據代表更深層的濃度分佈；

對至少一成份測定計算的峰值面積對應於表面層的成份濃度之量測是利用從量測的峰值面積移除較深層的濃度分佈；及

轉換計算的峰值面積為在第一深度至少一成份的濃度。

36. 如申請專利範圍第32項之系統，其中該電腦裝置是可操作來使用收集的深度輪廓數據對許多更深深度特徵化樣品某一厚度的特性。

37. 一種用以特徵化一樣品之方法，該方法包括：

提供代表許多樣品的表面光譜量測相關於許多樣品的深度輪廓資訊之校正資訊，其中個別的許多樣品是在一相同的製程條件集合下形成的，及進一步其中提供許多樣品的個別樣品之深度輪廓資訊使用對應於個別樣品一個或更多個漸進較深深度的表面光譜量測，一個或更多個漸進較深深度是起因於移除該深度的材

料；

對要被特徵化的樣品實施一個或更多個表面光譜量測，該樣品在相同製程條件集合下形成；及

根據要被特徵化樣品的一個或更多個表面光譜量測與校正資訊決定至少要被特徵化樣品的一個特性。

38. 如申請專利範圍第37項之方法，其中該提供的對許多樣品之表面光譜量測使用一組特定的參數，及進一步其中提供對許多樣品的個別樣品之表面光譜量測包括：

以X光照射樣品導致光電子從樣品脫離；

偵測從樣品脫離的光電子；及

產生一訊號代表偵測的光電子，其中該表面光譜量測是根據該產生的訊號。

39. 如申請專利範圍第37項之方法，其中對許多樣品提供的深度輪廓資訊包括提供許多樣品的個別樣品之深度輪廓資訊，其中提供許多樣品的個別樣品之深度輪廓資訊包括：

收集樣品許多深度之個別的深度輪廓資訊，個別深度對應樣品表面，其中提供的樣品許多深度之一個或更多個是利用在材料移除期間從樣品移除材料導致在樣品一個或更多個深度，及進一步其中收集樣品許多深度之個別的深度輪廓數據包括：

以X光照射樣品導致光電子從樣品脫離；

偵測從樣品脫離的光電子；及

產生一訊號代表偵測的光電子；及

使用至少在第一及第二深度收集的深度輪廓數據以產生至少一部份深度輪廓資訊，其中第二深度是在樣品中比第一深度深的位置。

40. 如申請專利範圍第39項之方法，其中提供對許多樣品的個別深度輪廓資訊包括使用在許多增加的深度收集的深度輪廓數據以特徵化樣品某一厚度的特性。

41. 如申請專利範圍第39項之方法，其中第二深度是在一
樣品表面的深度起因於緊跟著在第一深度收集深度輪廓數據後，於材料移除期間從樣品移除材料。

42. 如申請專利範圍第39項之方法，其中偵測從樣品脫離的光電子包括：

提供一分析儀包含容易接收光電子的輸入透鏡，具有一中心軸延伸經過該輸入透鏡；及

定位該輸入透鏡以致輸入透鏡中心軸是在一分析儀角度相對樣品表面，其中該分析儀角度在約45度至約90度的範圍。

43. 如申請專利範圍第39項之方法，其中在材料移除期間從樣品移除材料包括使用一離子束提供相對於樣品表面的離子角度小於或等於約45度從樣品表面濺射材料，其中該離子束包括具離子能量小於500 eV的離子。

44. 如申請專利範圍第37項之方法，其中許多樣品的個別樣品包括一薄膜具有一厚度小於約10奈米。

45. 如申請專利範圍第40項之方法，其中許多樣品的個別

- 樣品包括一薄膜具有一厚度小於約2奈米。
46. 如申請專利範圍第45項之方法，其中許多樣品的個別樣品包括一閘極介電膜。
47. 如申請專利範圍第46項之方法，其中根據要被特徵化樣品的一個或更多個表面光譜量測與校正資訊決定至少要被特徵化樣品的一個特性包括根據要被特徵化樣品的一個或更多個表面光譜量測與校正資訊決定至少薄膜一成份的濃度。
48. 如申請專利範圍第47項之方法，其中根據要被特徵化樣品的一個或更多個表面光譜量測與校正資訊決定至少要被特徵化樣品的一個特性進一步包括根據一個或更多個表面光譜量測決定至少薄膜的厚度。
49. 如申請專利範圍第48項之方法，其中根據要被特徵化樣品的一個或更多個表面光譜量測與校正資訊決定至少要被特徵化樣品的一個特性進一步包括決定橫過要被特徵化樣品的薄膜厚度之均勻性程度或橫過要被特徵化樣品至少一成份濃度之均勻性程度。
50. 一種用以特徵化一樣品之系統，其中該系統包括：
- 一 x 光源，可操作 x 光照射一樣品，當樣品被定位在系統的一分析平面時導致光電子從樣品脫離；
 - 一分析儀，可操作來偵測從樣品脫離的光電子，其中該分析儀可操作產生一訊號代表偵測的光電子；
 - 一離子源，可操作提供離子在材料移除期間從定位在分析平面的樣品移除材料導致樣品一個或更多個深

度的樣品表面，及

一計算裝置，可操作來：

辨識校正資訊代表許多樣品的表面光譜量測相關於許多樣品的深度輪廓資訊，其中許多樣品的個別是在一相同的製程條件組下形成的，及進一步其中提供之深度輪廓資訊使用許多樣品的個別樣品在一個或更多個漸進較深深度實施的表面光譜量測，一個或更多個漸進較深深度是起因於移除樣品的材料；

根據代表一偵測光電子的訊號對要被特徵化的樣品產生一個或更多個表面光譜量測；及

根據要被特徵化樣品的一個或更多個表面光譜量測與校正資訊決定至少樣品的一個特性。

51. 如申請專利範圍第50項之系統，其中該分析儀包含容易接收光電子的輸入透鏡，具有一中心軸延伸經過該輸入透鏡，其中該輸入透鏡被定位以致輸入透鏡中心軸是在一分析儀角度相對分析平面，其中該分析儀角度是在約45度至約90度的範圍。
52. 如申請專利範圍第50項之系統，其中由具有離子能量小於500 eV的離子源提供離子。
53. 如申請專利範圍第50項之系統，其中該離子源可操作來提供相對於分析表面的離子角度小於或等於約45度的離子束。
54. 如申請專利範圍第53項之系統，其中該離子源可操作來提供相對於分析表面的離子角度小於或等於約20度

的離子束。

55. 如申請專利範圍第50項之系統，其中由離子源提供的離子包括比氫離子重的離子。

56. 如申請專利範圍第50項之系統，其中計算裝置可操作根據至少在第一及第二深度收集的深度輪廓數據產生至少第一深度的深度輪廓資訊，其中第二深度是在樣品中比第一深度深的位置。

57. 如申請專利範圍第56項之系統，其中該計算裝置是可操作來：

得到至少一成份的量測的峰值面積是從第一深度收集的深度輪廓數據，其中該量測的峰值面積代表從樣品的一表面層及更深層的濃度分佈，其中由在第二深度收集的深度輪廓數據代表更深層的濃度分佈；

對至少一成份測定計算的峰值面積對應於表面層的成份濃度之量測是利用從量測的峰值面積移除較深層的濃度分佈；及

轉換計算的峰值面積為在第一深度至少一成份的濃度。

58. 如申請專利範圍第50項之系統，其中該計算裝置是可操作來根據要被特徵化樣品的一個或更多個表面光譜量測與校正資訊決定至少一薄膜樣品的一成份之濃度。

59. 如申請專利範圍第58項之系統，其中該計算裝置是可操作來根據一個或更多個表面光譜量測決定至少薄膜

- 的厚度。
60. 如申請專利範圍第59項之系統，其中該計算裝置是可操作來決定橫過樣品的薄膜厚度之均勻性程度或橫過樣品至少一成份濃度之均勻性程度。

拾壹、圖式

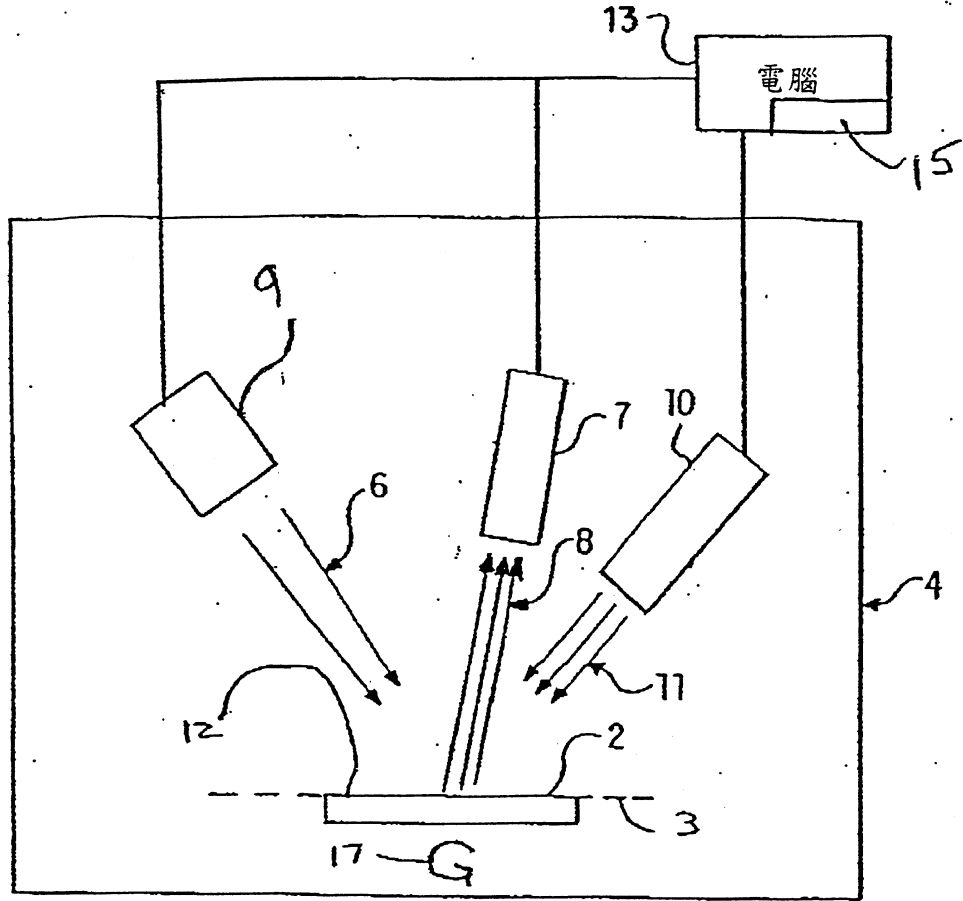


圖 1

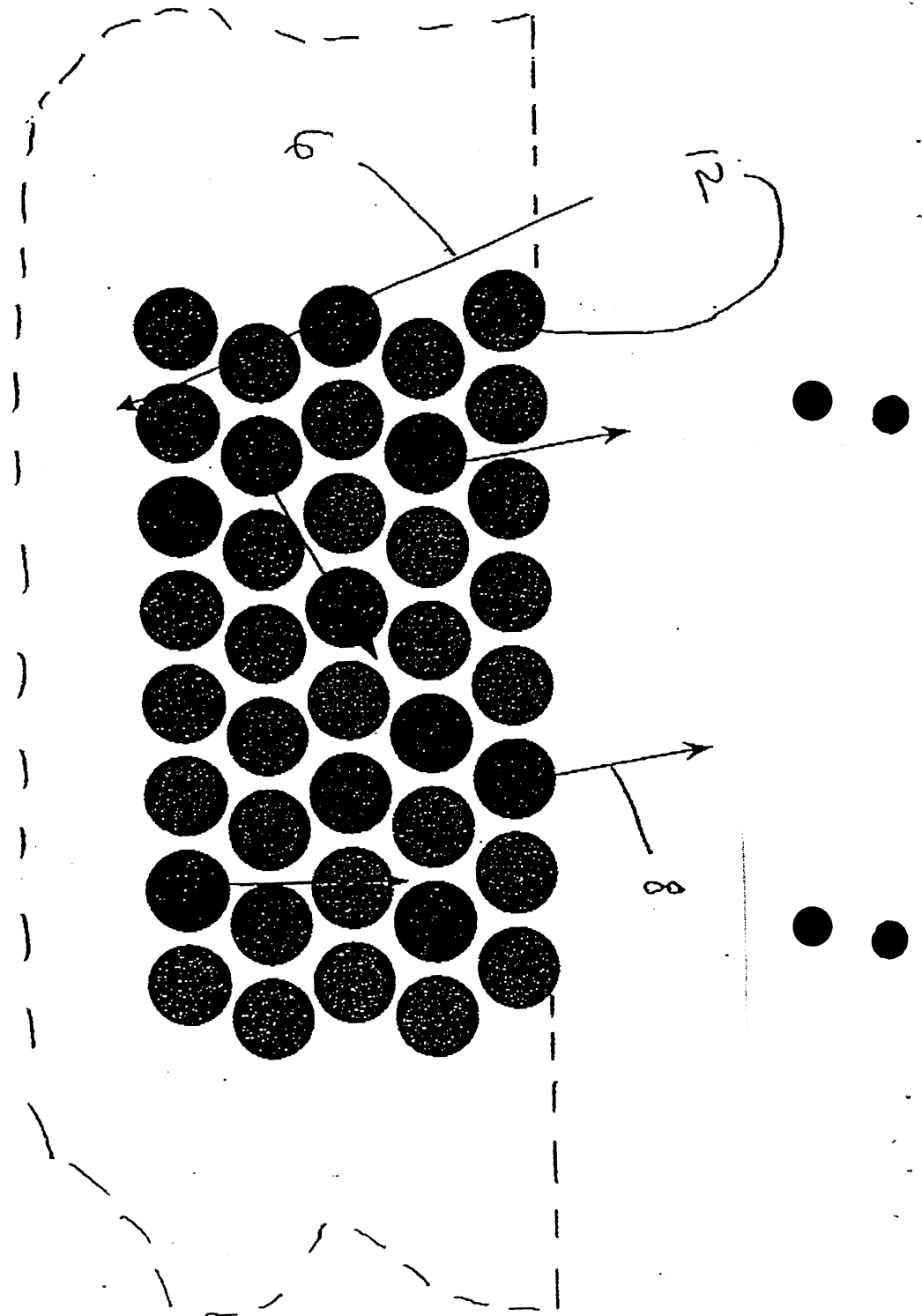


圖 2

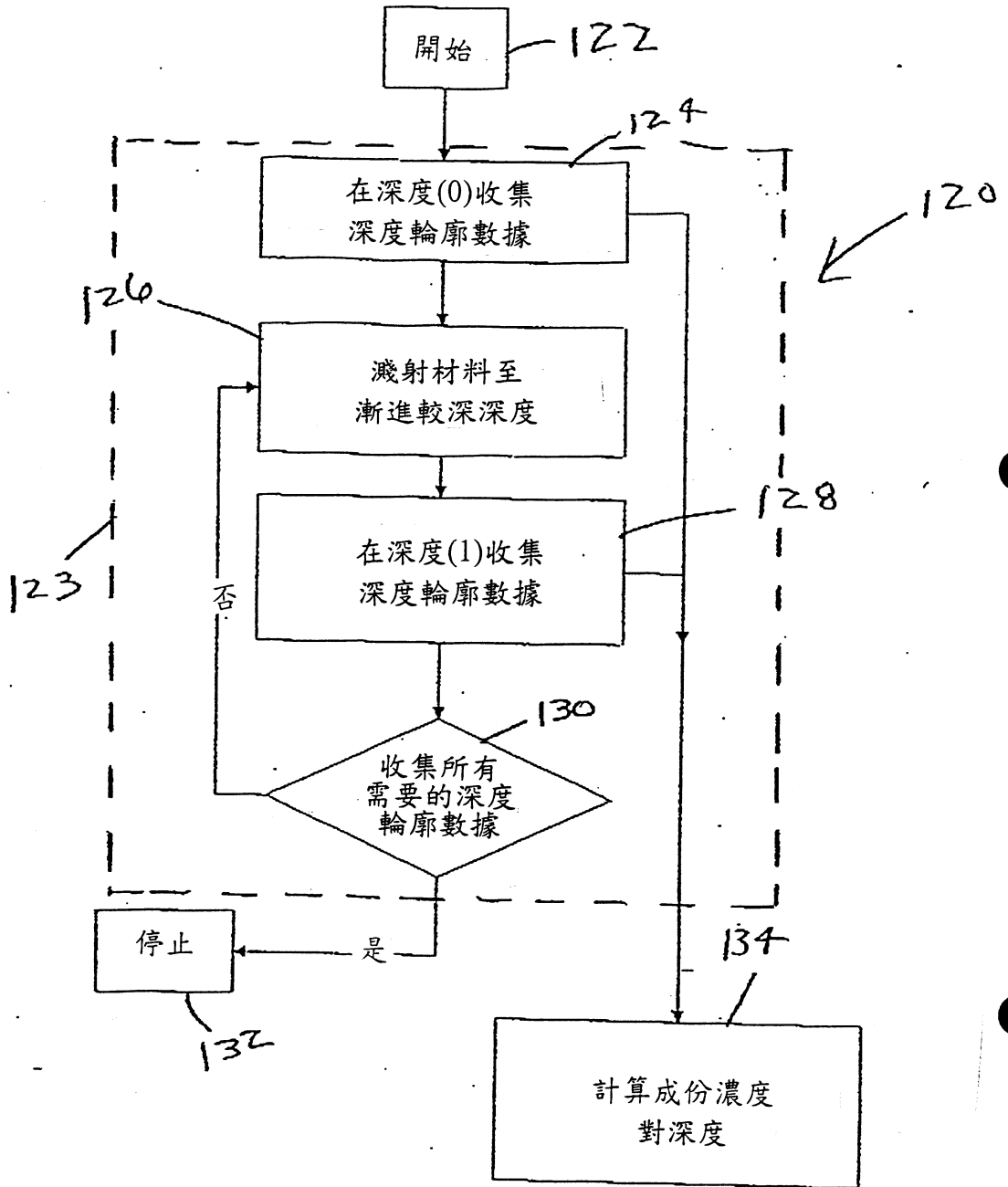


圖 3

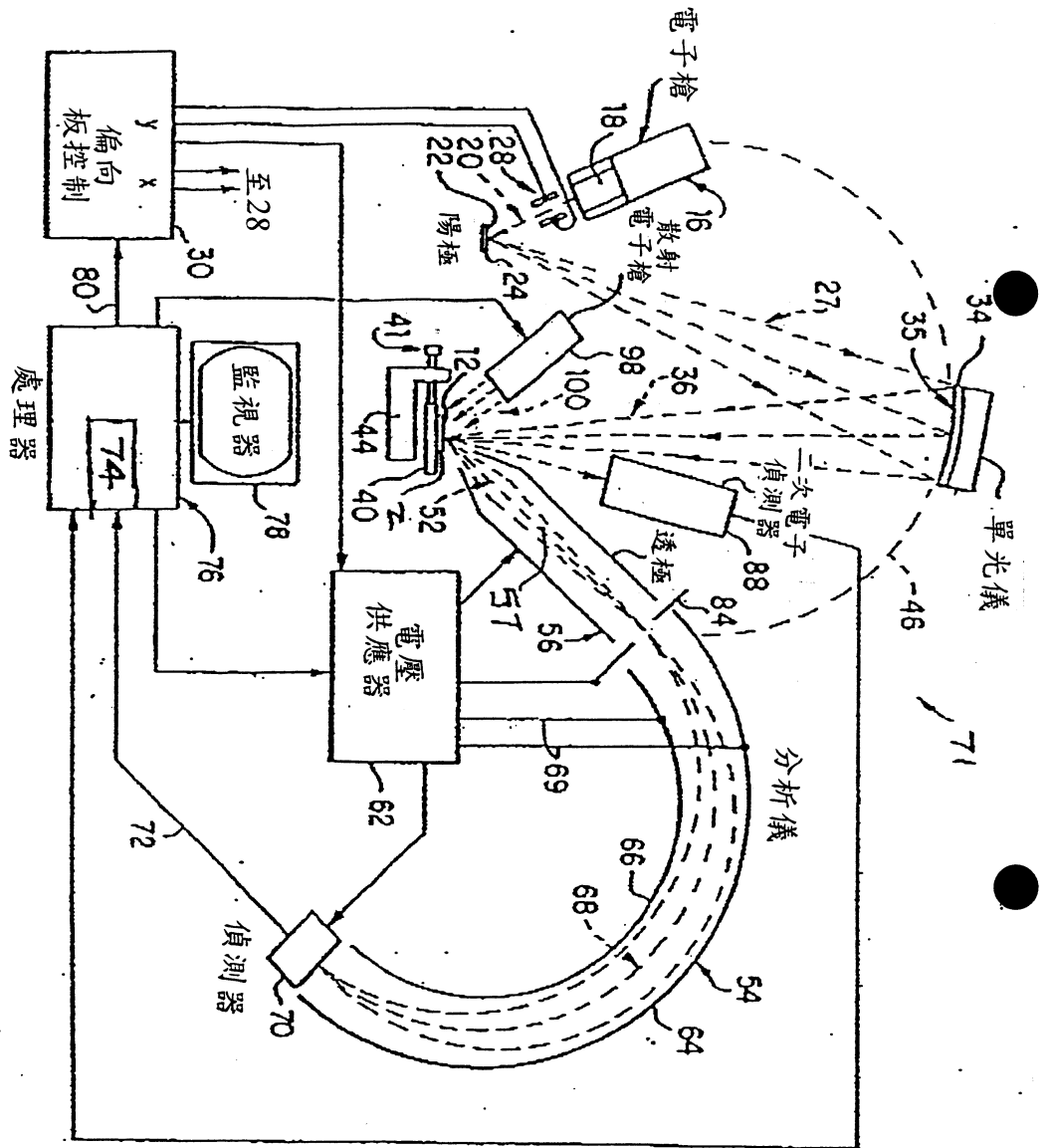


圖 4

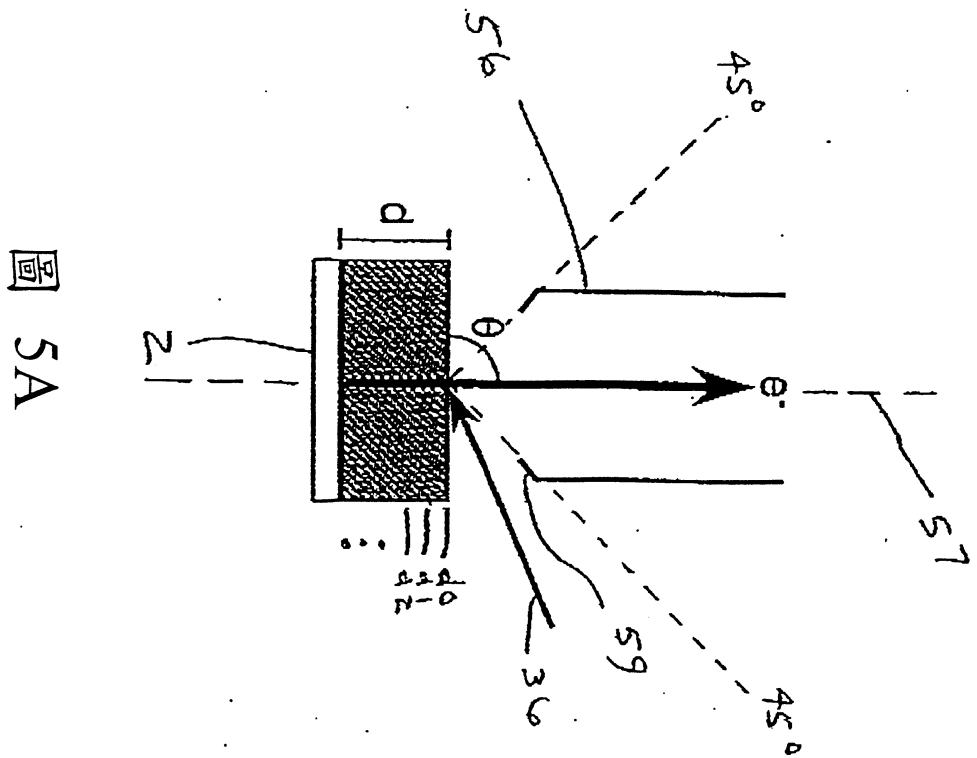


圖 5A

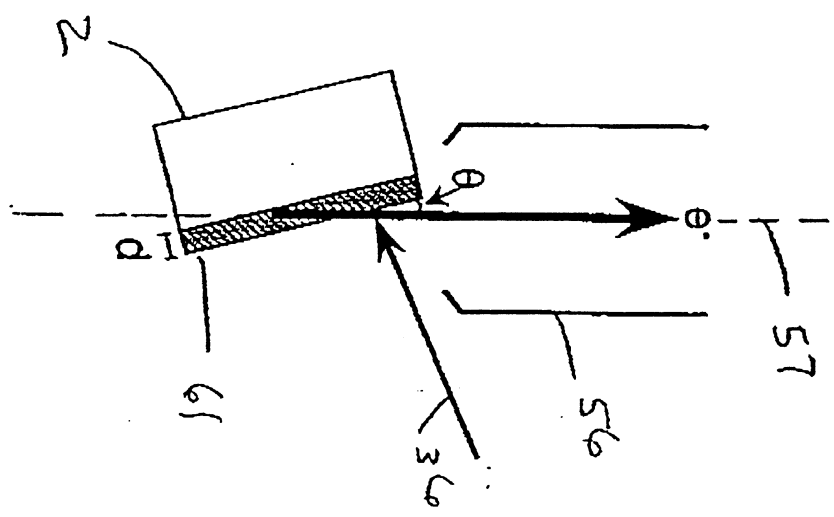


圖 5B

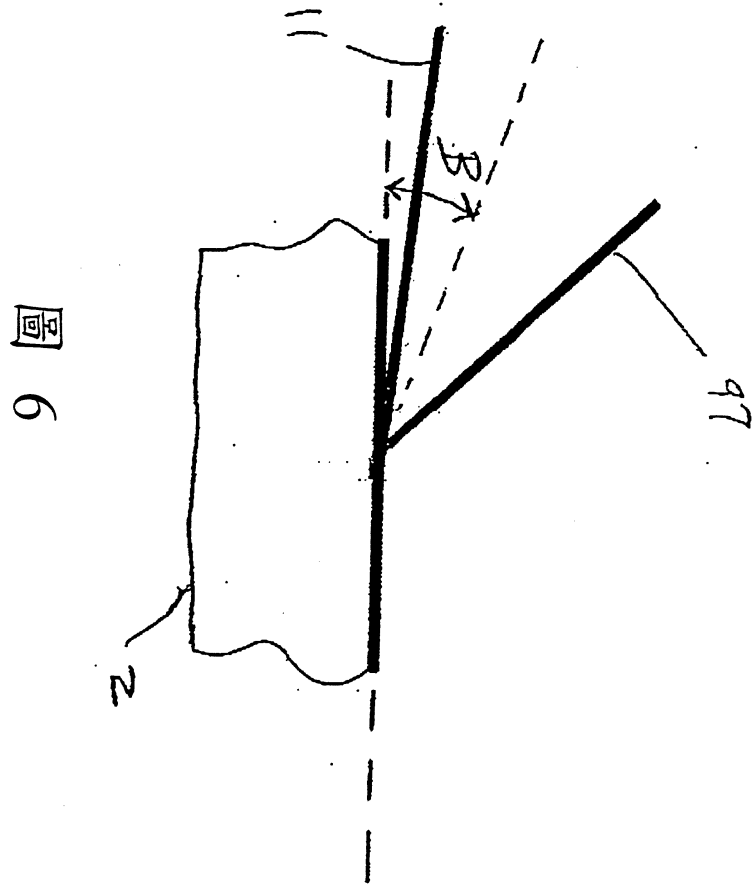


圖 6

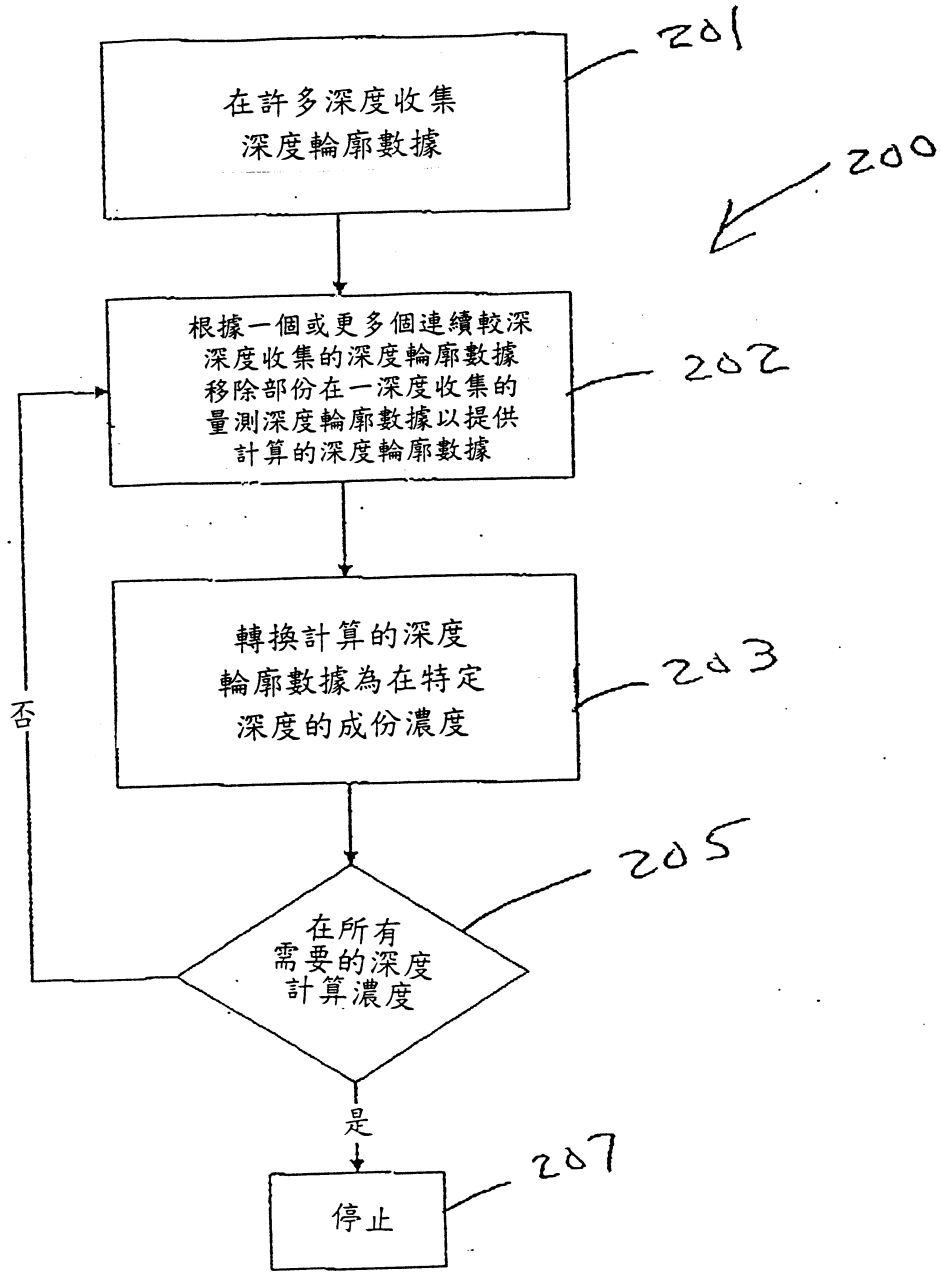


圖 7

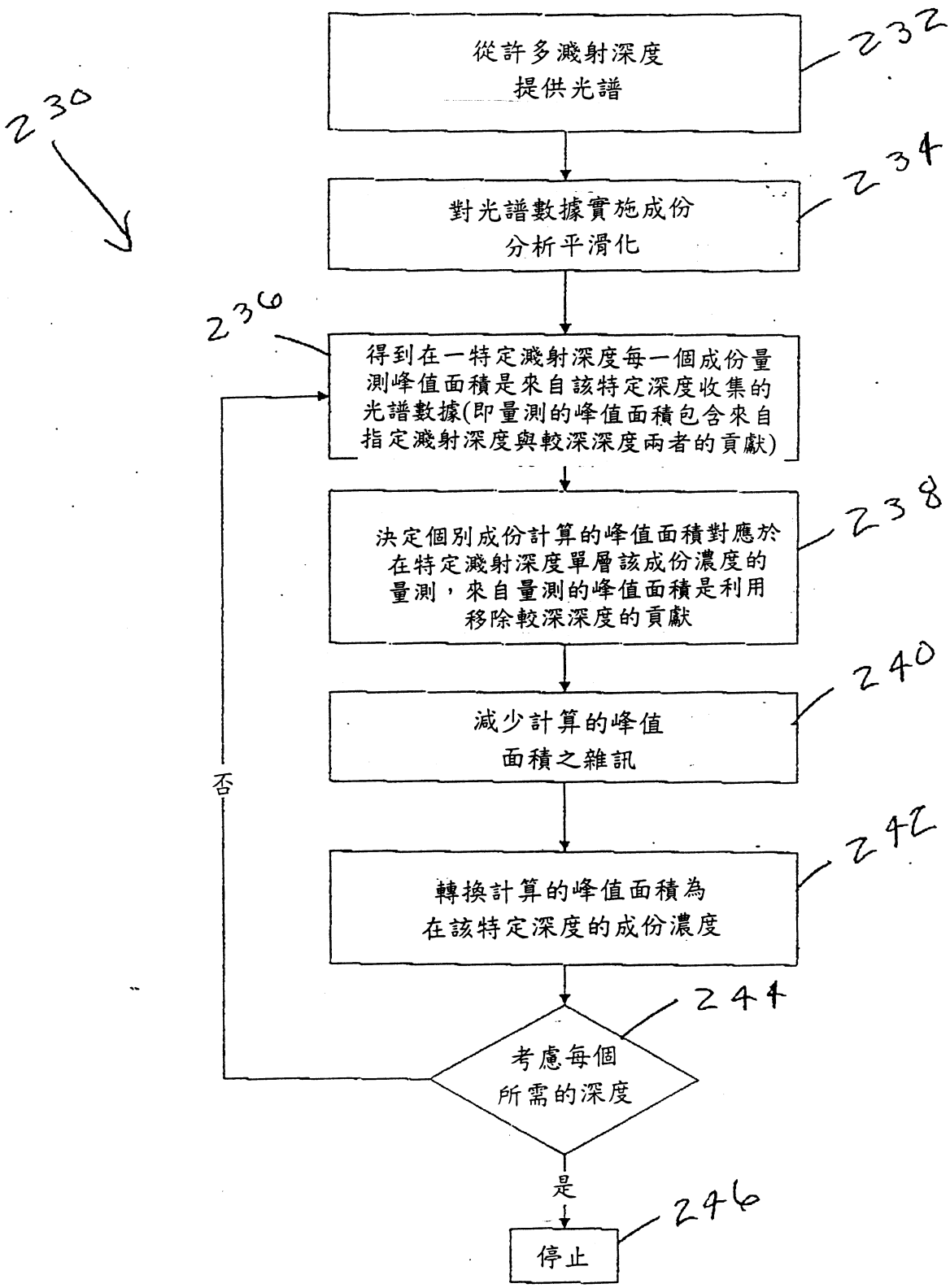


圖 8

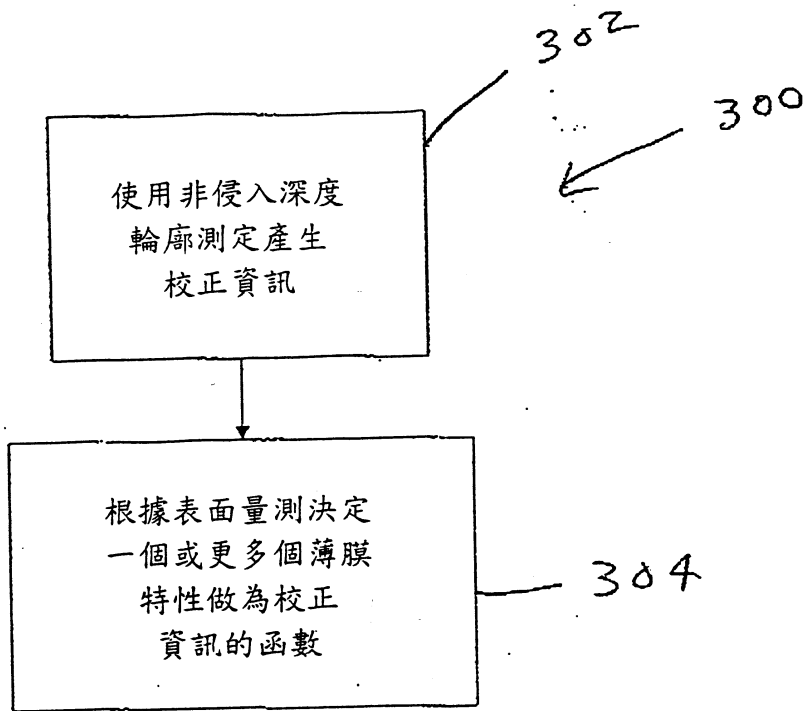


圖 9

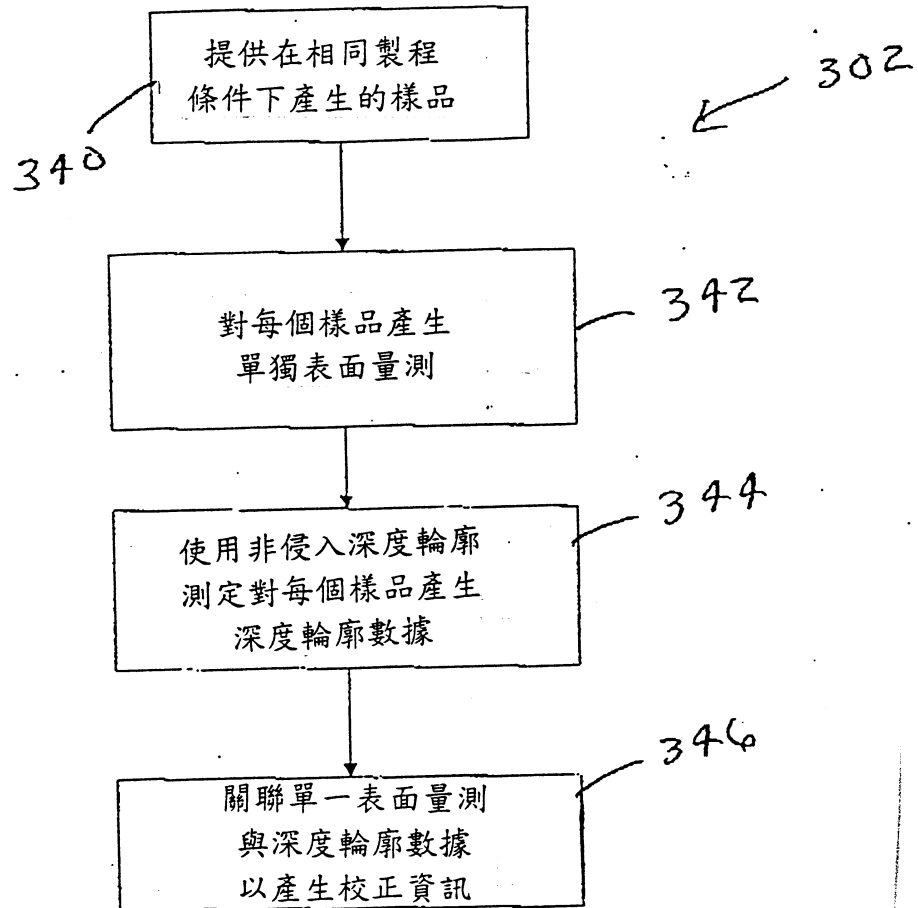


圖 10

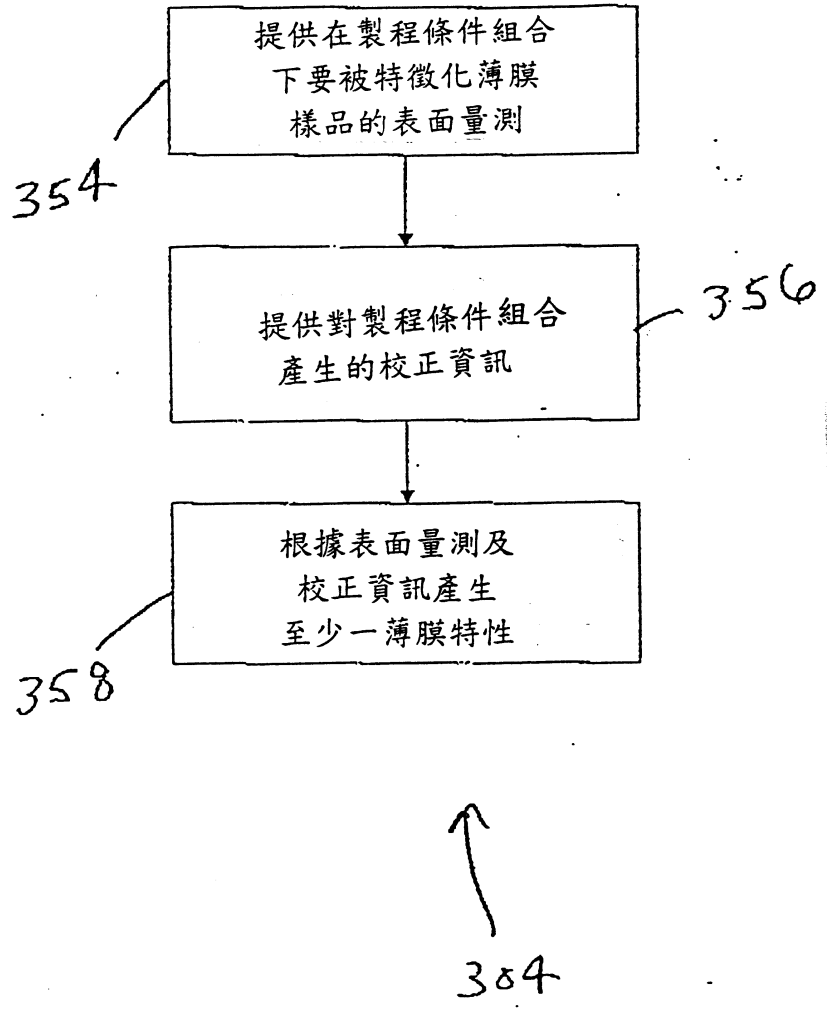


圖 11

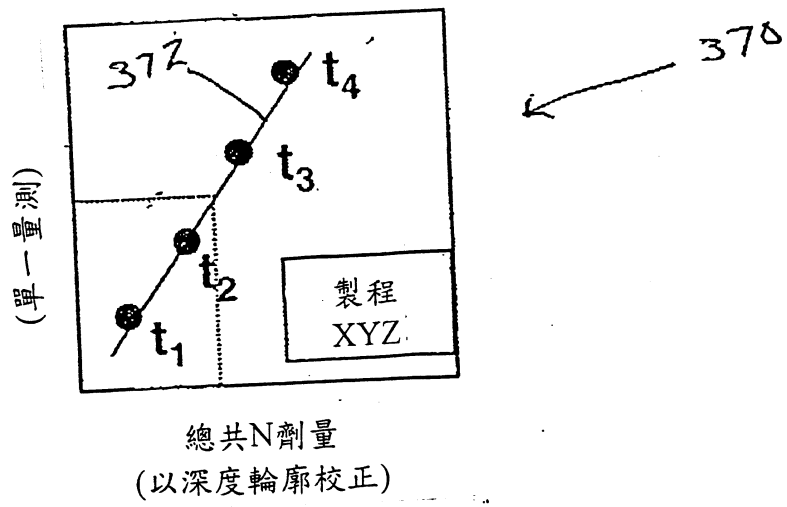


圖 12

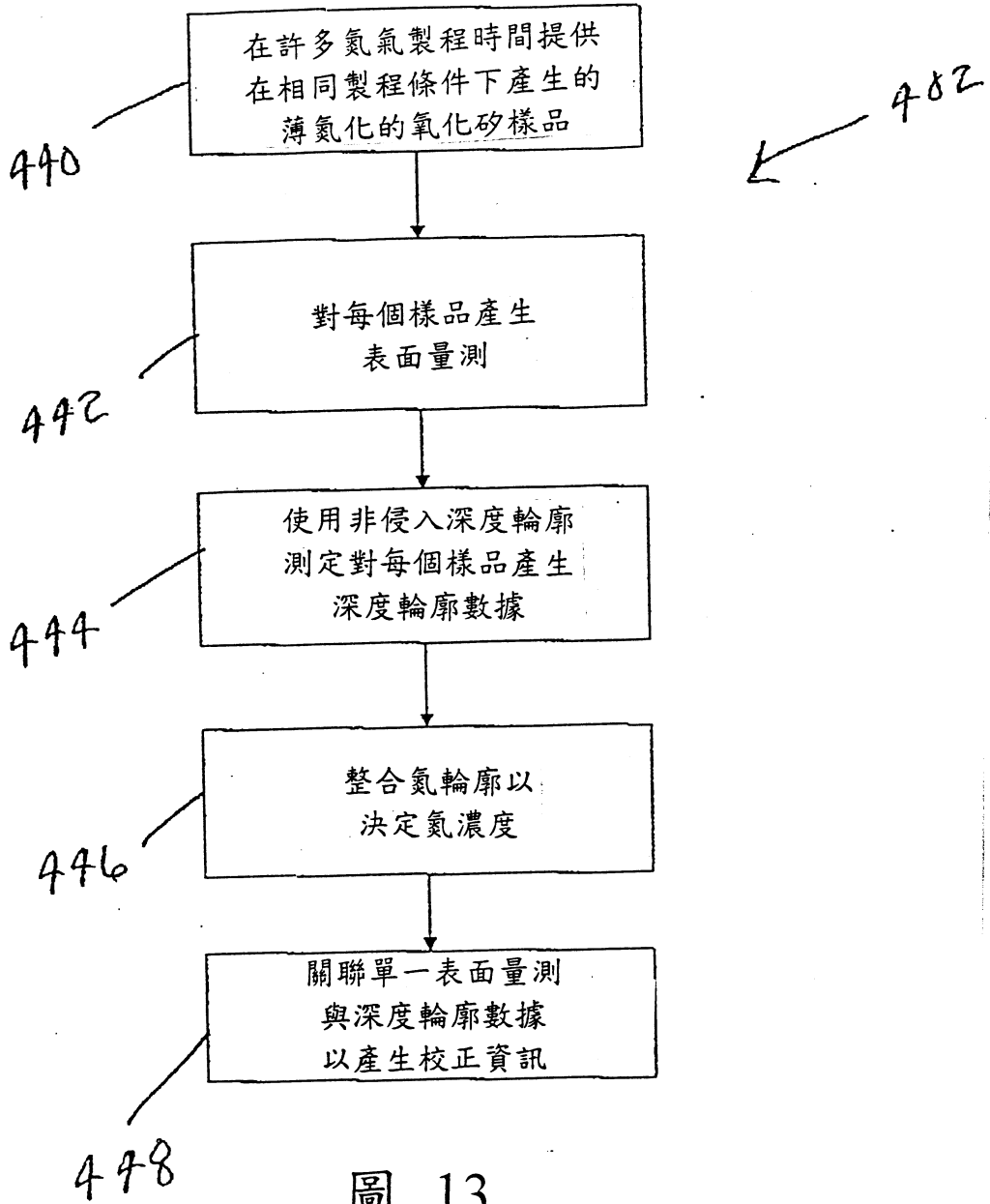


圖 13

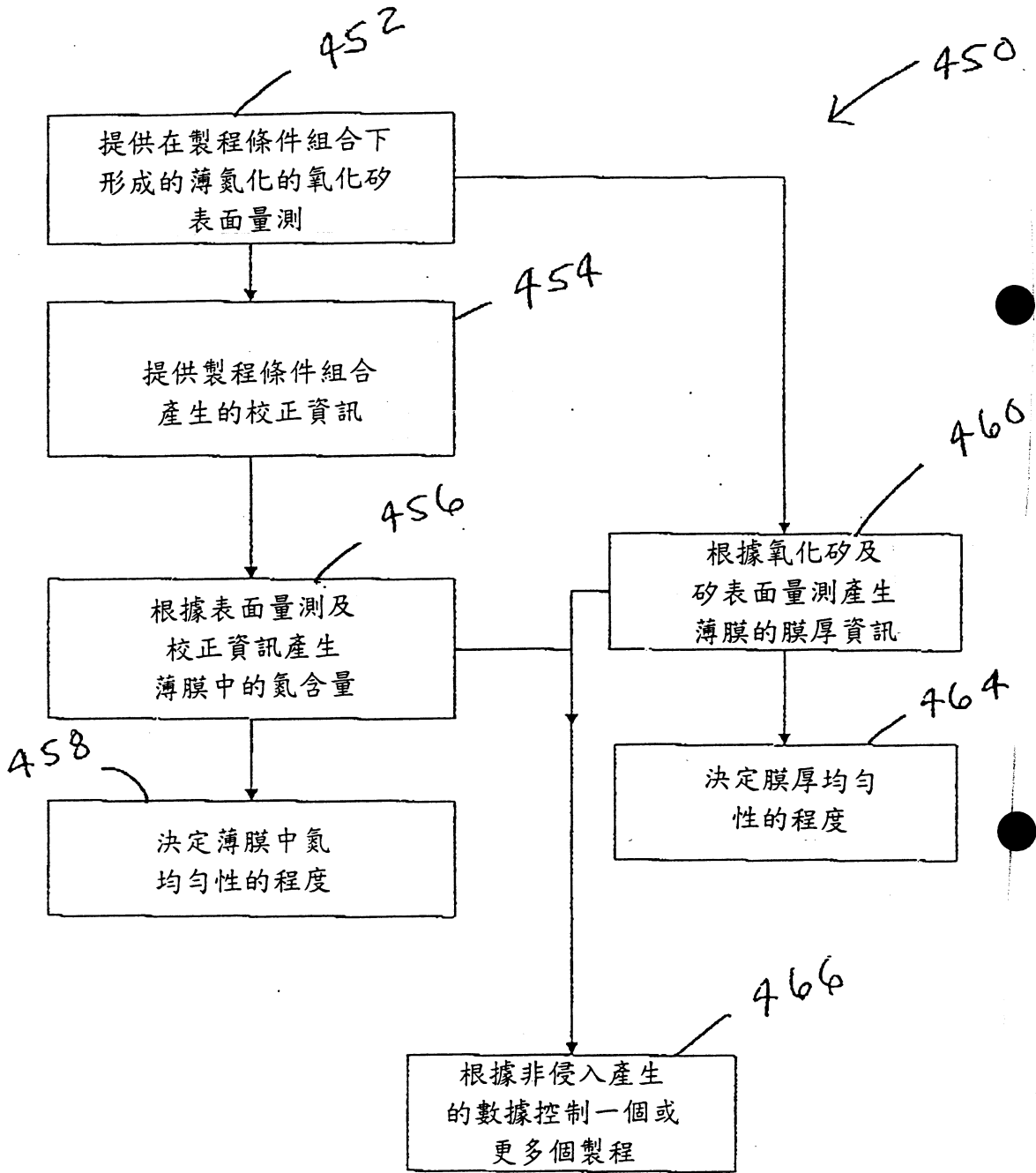


圖 14

APP ✓

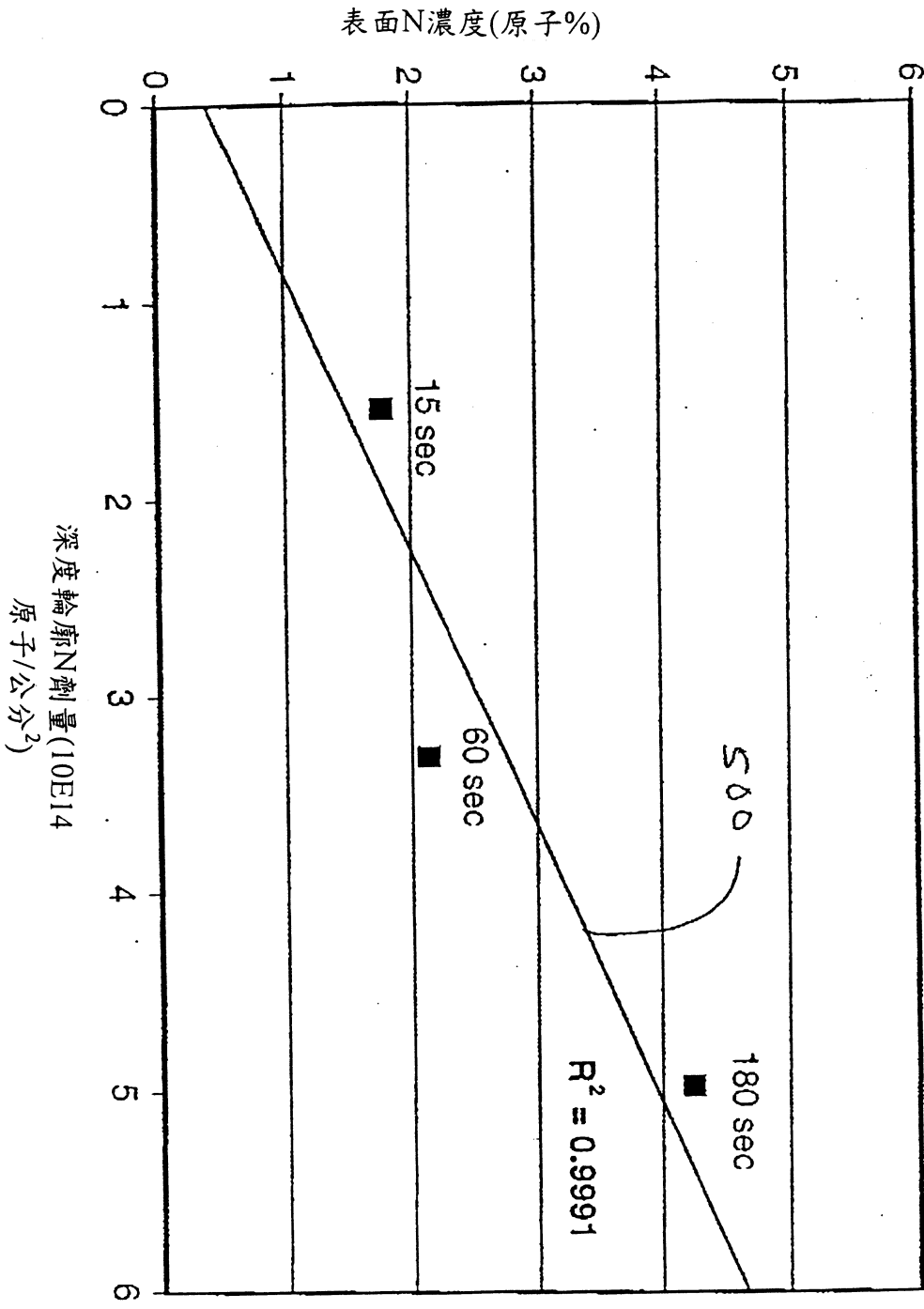


圖 15