





美國專利6,108,398描述一種用於分析一樣本之XRF分析儀及方法，該案之揭示內容以引用的方式併入本文中。分析儀包含一X射線束產生器，其產生入射於樣本上之一光點處之一X射線束且產生複數個螢光X射線光子。一半導體偵測器陣列配置於該光點周圍以捕獲螢光X射線光子。分析儀產生適合於分析樣本之電脈衝。

美國專利6,351,516描述一種用於測試於一樣本之表面上之一凹部內一材料之沈積及/或移除之非破壞性方法，該案之揭示內容以引用的方式併入本文中。將一激發束導引至凹部附近之樣本之一區域上，且量測自該區域發射之X射線螢光之一強度。回應於經量測強度而判定沈積於該凹部內之材料之一量。

Lankosz 等人於標題為「Research in Quantitative X-ray Fluorescence Microanalysis of Patterned Thin Films」之一論文(Advances in X-ray Analysis 43 (1999年)，第497頁至第503頁)中描述X射線微螢光之另一應用，該論文以引用的方式併入本文中。作者描述一種使用一準直微束以用於X射線螢光微分析之方法。應用該方法以測試藉由離子濺鍍技術製備之薄膜之厚度及均勻性。

### 【發明內容】

本文中描述之本發明之一實施例提供一種用於X射線螢光(XRF)分析之方法，其包含：將一X射線束導引至一樣本上；及在其中該樣本包含形成於一基板上之一或多個第一層之一參考量測中，且在除該等第一層外之一或多個第二層形成於該基板上之後在一目標量測中，量測自該樣本激發之一XRF信號，以分別產生一參考XRF光譜及一目標XRF光譜。使用該參考XRF光譜來降低該等第一層對該目標XRF光譜之一貢獻。使用其中該等第一層之該貢獻已降低之該目標XRF光譜來估計該等第二層之至少一者之一參數。

在一些實施例中，該參數包含該等第二層之至少一者之一厚

度。在其他實施例中，該參數包含該等第二層之至少一者之一元素組成。在其他實施例中，該等第一層及該等第二層形成於該基板之各自第一對立表面及第二對立表面上，使得該第二表面面向該X射線束。

在一實施例中，該等第一層對該目標XRF光譜之該貢獻係由藉由該X射線束在穿透該基板之後該等第一層中激發所引起。在另一實施例中，該等第一層或該等第二層包含凸塊下金屬化(UBM)層或凸塊。在另一實施例中，降低該等第一層之該貢獻包含：估計該參考XRF光譜中之一第一光譜線對該目標XRF光譜中與該第一光譜線重疊之一第二光譜線之一強度之一貢獻。

在一些實施例中，估計該第一光譜線之該貢獻包含：估計該第一光譜線藉由該等第二層之一衰減。在其他實施例中，估計該衰減包含：迭代地評估作為該等第二層之各自經估計參數之一函數之該衰減。在其他實施例中，迭代地評估該衰減包含：在一初始迭代中使用該等第二層之標稱參數評估該函數。

另外，根據本發明之一實施例，提供有一種用於X射線螢光(XRF)分析之設備，其包含一X射線源、一偵測器及一處理器。該X射線源經組態以將一X射線束導引至一樣本上。該偵測器經組態以量測自該樣本激發之一XRF信號。該處理器經組態以分別自其中該樣本包含形成於一基板上之一或多個第一層之該偵測器之一參考量測，且在除該等第一層外之一或多個第二層形成於該基板上之後自該偵測器之一目標量測，產生一參考XRF光譜及一目標XRF光譜，以使用該參考XRF光譜來降低該等第一層對該目標XRF光譜之一貢獻，且使用其中該等第一層之該貢獻已降低之該目標XRF光譜來估計該等第二層之至少一者之一參數。

自結合圖式取得之本發明之實施例之以下詳細描述將更充分理解本發明。

**【圖式簡單說明】**

圖1係根據本發明之一實施例之用於X射線螢光(XRF)量測之一系統之一示意性圖解；

圖2A及圖2B係藉由根據本發明之一實施例之圖1之系統分析之一樣本之示意性截面視圖；及

圖3係示意性地繪示根據本發明之一實施例之使用XRF分析以用於估計凸塊下金屬化(UBM)層之厚度及/或組成之一方法之一流程圖。

**【實施方式】**

X射線螢光(XRF)技術在半導體裝置之製程期間用於厚度及元素組成量測。在一些半導體裝置中，具有約10  $\mu\text{m}$ 或更小之一厚度之一或多個金屬層形成於具有約100  $\mu\text{m}$ 之一典型厚度之一基板之兩側上。基板之兩側上之層可包括類似材料，諸如銅、鎳、金、鈮、銀或錫。

量測層之厚度及/或組成係基於分析自該等層激發之XRF信號之光譜中之光譜線。在一些實際案例中，由基板之一表面上之層激發之XRF光譜之偵測亦可含有來自由對立表面上之層激發之XRF光譜之一貢獻。當基板係薄的(足夠薄以使X射線束穿透)時，且當兩側上之層具有共同元素組成(引起XRF光譜線重疊)時，此干擾係尤其明顯的。

因此，當量測形成於上表面上之層之厚度及/或層組成時，自形成於下表面上之層激發之XRF信號可干擾自形成於上表面上之層激發之XRF信號，因此限制量測形成於上表面上之層之厚度或組成之估計精確度。當量測下表面上之層之厚度及組成時，可發生類似干擾。

本文中描述之本發明之實施例提供用於藉由評估且降低自一薄基板之一表面激發之XRF信號之干擾貢獻而估計層疊在相同基板之另一表面上之薄膜之參數之改良的方法及系統。本文中描述之實施例主要係關於層厚度之估計，但所揭示之技術可用於估計其他適合參數，

諸如層元素組成。

在一些實施例中，以兩個量測步驟實行量測一側上之層之厚度及/或組成。在一第一量測步驟中，在上表面上之層形成之前量測自包括下表面上之層之一基板激發之XRF信號之光譜，且將其保存為一經評估背景光譜。在一第二量測步驟中，在基板已包括上表面上之層之一或多者之後執行一第二XRF光譜。使用第一量測中獲得之XRF光譜來降低下表面上之層對第二量測中激發之XRF光譜之貢獻，以改良上表面上之層之厚度及/或組成之估計精確度。

基板上之層可具有不同幾何組態。在一些情況中，上表面上之層之幾何屬性(例如，厚度或寬度)可使第二量測步驟中之光譜之背景分量之強度相對於經評估背景光譜衰減，且因此可降低所估計厚度及組成之精確度。在其他實施例中，上表面上之層之標稱厚度及/或組成可用以評估激發光譜中之背景分量之強度歸因於上表面上之層之幾何組態之衰減。

在又其他實施例中，可應用一迭代程序以改良上表面上之層之所估計厚度及/或組成的精確度。上表面上之層之所估計厚度或組成可用以重新評估背景光譜。經重新評估背景光譜可用以更精確地重新估計層之厚度及/或組成。此迭代程序可重複，直至達到一所要精確度。在一實施例中，一收斂臨限值 $\epsilon$ 可用以控制迭代迴圈。因此，當在最近兩次迭代中獲得之所估計厚度及/或組成之間之差的絕對值小於 $\epsilon$ 時，迭代迴圈結束。亦可使用用於使迭代迴圈結束之其他適合準則。

對於在半導體(及其他電子組件)製程期間提供層沈積系統之精確回饋，所揭示之技術係有用的。對臨界參數(諸如厚度及元素組成)之改良控制降低製程變異，且因此改良所製造電子裝置之電效能。

為描述之具體與方便起見，下文描述之實施例將把用以提供電

接觸之形成於一晶圓上之凸塊下金屬化(UBM)層及形成於UBM上之焊料凸塊稱為一晶圓級封裝(WLP)技術的部分。然而，所揭示之技術可使用其他類型的製程、電子基板及裝置、材料以及幾何組態來類似地實施。

### 系統描述

圖1係根據本發明之一實施例之一X射線微螢光系統20之一示意性圖解。系統20之態樣詳細係描述於上述美國專利6,108,398中。系統20經配置以檢測一半導體晶圓22 (或任何其他適合樣本)，以(例如)使用下文中描述之方法來識別晶圓製程中之缺陷(fault)。

如此項技術中已知，系統20通常包括由一高電壓電源供應單元(PSU) 26驅動之一激發源，諸如一X射線管24。X射線管將具有一適合能量範圍及功率通量之X射線發送至X射線光學器件28中。光學器件可包括(例如)一個多毛細管(polycapillary)陣列。光學器件28將X射線束聚焦至一樣本22之表面上之一小區域30 (通常直徑約10  $\mu\text{m}$ 至20  $\mu\text{m}$ 之一光點)上。經輻照區域發射螢光X射線，螢光X射線係由經配置於區域30周圍且傾斜朝向其之一偵測器或偵測器32之一陣列捕獲。回應於經捕獲光子，偵測器32產生傳送至一信號處理單元38之電信號。單元38包括：一處理器34，其經組態以處理電信號；及一介面36，其用於與處理器34交流來自偵測器32之電信號。

圖1之實例係指一X射線系統之一特定組態。然而，此組態僅係為概念具體起見而選取。在替代實施例中，在作了適當修正後(mutatis mutandis)，所揭示之技術可用於各種其他類型的螢光系統中或用於分析此項技術中已知的模組，包括任何適合激發源、電源、聚焦光學器件及偵測系統，可用於實施本文中所描述的方法。

如此項技術中已知，處理器34通常包括一能量分散脈衝處理系統，其判定由偵測器捕獲之X射線光子之一強度譜。或者，可使用一

波長分散偵測及處理系統。經輻照區域內由來自管24之X射線激發之各化學元素發射在特性光譜線中之X射線。一給定元素之特性光譜線之強度與區域30內之該元素之質量成比例。因此，處理器34使用經判定強度譜來判定區域30之面積內存在多少一特定材料。處理器34通常包括一通用電腦，其在適合軟體之控制下執行此等功能。軟體可例如經由一網路以電子形式下載至處理器，或者其可提供於有形媒體上，諸如光學、磁性或電子記憶體媒體。

如圖1中所示，系統20用以檢查晶圓22上之區域30。在一實施例中，將樣本安裝於一可移動平台(諸如一X-Y載物台40)上，以使樣本能夠相對於X射線束移動。或者，將樣本安裝於一適合固定器具上而移動管24、光學器件28及偵測器32，使得X射線束掃描晶圓。

系統20進一步可經組態以捕獲且處理藉由其他機制(諸如反射、繞射及/或小角度散射)自晶圓22散射之X射線。此種類的多功能系統描述於例如美國專利號6,381,303及6,895,075中。此等專利之揭示內容以引用的方式併入本文中。

#### 估計薄膜之厚度及組成

圖2A係藉由根據本發明之一實施例之系統20分析之樣本22之一示意性截面視圖。樣本22表示使用例如晶圓級封裝(WLP)技術封裝於彼此頂部上之兩個或更多個半導體晶圓之一典型堆疊中之一晶圓。例如，在面對面(FTF) WLP中，兩個晶圓經堆疊使得一第一晶圓面向上且一第二晶圓面向下且定位於該第一晶圓之頂部上。各晶圓通常包括使用一可控塌陷晶片連接(C4)製造技術形成於晶圓上之一凸塊陣列。凸塊可形成於一些晶圓之上表面及下表面兩者上以連接於WLP封裝中之半導體晶圓之間。

參考圖2A，樣本22包括一半導體晶圓42 (在本文中亦稱為一基板)，其通常由矽製成且具有約100  $\mu\text{m}$ 或更小之一厚度。一凸塊下金

屬化(UBM) 44形成於晶圓42之下表面上。UBM 44包括一或多個層，通常為一薄金屬層堆疊。各層通常由銅、鎳、鈀或金製成，但亦可使用其他金屬。一焊料凸塊46形成於UBM 44上，且UBM 44提供晶圓42與凸塊46之間的電及實體(例如，黏著)連接。在樣本22之實例中，焊料凸塊46具有一圓頂形狀，然而，用其他種類的凸塊材料及形狀可應用所揭示之技術，諸如先進WLP結構中廣泛使用的銅柱凸塊。

如上文所描述，凸塊通常形成於晶圓22之兩側上。圖2A表示在晶圓42之上表面上形成UBM及凸塊之前發生之一製造步驟。在一些實施例中，管24導引X射線束使其穿過光學器件28而至區域30上，且因此樣本22激發XRF信號。偵測器32捕獲激發信號。一或多個偵測器32通常以相等仰角(在此實例中約45°)排列在樣本22周圍。處理器34計算對應於區域30中存在之元素之光譜線，且自光譜線強度導出區域30內各元素之質量。如下文圖2B中將展示及描述，將自圖2A之量測獲得之XRF光譜保存在處理器34中，而作為稍後待用以精確估計質量及因此一UBM 48之層之各者之厚度之一參考量測。

圖2B係藉由根據本發明之一實施例之系統20分析之樣本22之一示意性截面視圖。樣本22包括在圖2A中描述之一步驟之一下一製程步驟中形成於晶圓22之上表面上之UBM 48。UBM 48包括一或多個層，通常一薄金屬層堆疊，其可類似於UBM 44之膜。在其他實施例中，UBM 48之結構不同於UBM 44之結構，然而UBM 48之層可包括類似於UBM 44之元素之元素(例如，銅、鎳及鈀)。

在系統20中藉由應用如圖1及圖2A中描述之一類似XRF分析程序而分析樣本22。在圖2B之樣本22之分析期間，X射線束照射在樣本22上，且自兩個UBM 44及48之金屬層激發XRF信號。由於偵測器32之輸出包括源於由類似金屬製成的兩個UBM 44及48之金屬層之光譜線，故處理器34可無法區別自UBM 44激發之信號與自UBM 48激發之

信號。另外，UBM 48使朝向UBM 44之源24之一些入射X射線輻射衰減，且亦使自UBM 44激發之朝向偵測器之XRF信號之一些者衰減。

因此，自UBM 44激發之光譜線之一些者由UBM 48衰減，且不同於在形成UBM 48之前在樣本22 (圖2A)之參考XRF分析中所獲取且保存之參考光譜線。因此，處理器34可無法隔離自UBM 48激發之淨信號，且因此無法精確判定UBM 48之層之厚度及/或組成。

本文中描述之方法提供一種用以精確判定UBM 48之層之厚度且已針對F2F WLP結構中之微凸塊度量衡WLP證實之技術。所揭示之技術額外可應用於UBM 48之層之元素組成之精確判定。在此情況中，薄基板係具有約100  $\mu\text{m}$ 或更小之一厚度之一薄化裝置晶圓。然而，可明白，本文中描述之方法可應用於其他情形中，特定言之，對一薄基板之兩側上之含有一特定元素之小特徵進行量測。

為計算UBM 48之XRF光譜線強度，處理器34可使用基本參數(FP)技術，然而，應考慮到結構對入射X射線束及螢光x射線束之干擾。此項技術中已知此FP計算之嚴格數學處理，且此等數學處理之進一步細節描述於下列文獻中，例如：B. Beckhoff等人「Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis」(Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006年)，其以引用的方式併入本文中；D. K. G. de Boer「Calculation of X-Ray Fluorescence Intensities from Bulk and Multilayer Samples」(X-RAY SPECTROMETRY, 19, 145-154, 1990年)；及M. Mantler「X-ray fluorescence analysis of multiple-layer films」(Analytica chimica acta, 188, 25-35, 1986年)中，其等文獻同樣以引用的方式併入本文中。

下文方程式1提供估計一多層結構(諸如UBM 48)中之一給定經分析光譜線(表示為分析物線)  $i$ 之XRF強度 $I_i$ 之一顯式表達式：

方程式1：

$$I_i = f_i \cdot P(I_0, t_1, t_2, \dots, t_n)$$

在方程式1中， $t_i$ 係一層*i*之一厚度， $n$ 係層之一數目， $P$ 係考慮到入射束(強度 $I_0$ )及激發XRF束與多層結構之間的相互作用之可能性之一函數，且 $f_i$ 係考慮到 $P$ 函數中未包括之全部其他因數(諸如系統幾何形狀及偵測器32之一回應函數)之一經驗因數。

為自經量測強度計算UBM 48之層1... $n$ 之厚度 $t_i$ ，無法形成函數 $P$ 之一直接反函數。由於 $P$ 係一非線性函數，故發現其反算可直接使用一迭代計算而完成，例如如D. K. G. de Boer等人在「How Accurate is the Fundamental Parameter approach? XRF Analysis of Bulk and Multilayer Samples」(X-RAY Spectrometry，第22卷，第33頁至第38頁，1993年)中所描述，其以引用的方式併入本文中。

所揭示之技術提供一種用於自一模型擷取層厚度及/或組成之方法及系統，該模型僅考慮到來自基板之前面上之特徵之XRF信號且將由基板之後側貢獻之XRF強度處理為應各別量測之一背景信號。

本文中描述之方法依賴於兩個量測：第一量測，如圖2A中描述，其在形成UBM 48之前進行，且表示為一背景或參考量測(術語「背景」及「參考」在本揭示內容中可互換地使用)；第二量測，如圖2B中所描述在形成UBM 48之後進行，且稱為一目標量測。一些所揭示之實施例使用FP演算法之一修改版本來發現背景信號對自UBM 48激發之XRF光譜線之強度之貢獻。

為估計對在形成UBM 48之後量測之一給定光譜線*i* (表示為 $I_i^{\text{Measured}}$ )之強度之背景貢獻(表示為 $I_i^{\text{Background}}$ )，可計算背景藉由UBM 48之衰減。應注意，存在其中激發背景XRF可能未由UBM 48衰減之一些狀況。例如，如圖2A及圖2B中所繪示，當偵測器32經定位而與入射束成 $45^\circ$ 之一角度時，且當將UBM 48鍍敷於具有在 $50 \mu\text{m}$ 至 $70 \mu\text{m}$ 之範圍內之一厚度之晶圓42上時，UBM之典型橫向尺寸(例如，寬度)

係約30  $\mu\text{m}$ ，其大於x射線束之典型直徑。應注意，對於較厚晶圓22及/或較寬UBM層且應考慮到，激發束衰減至較低強度。

背景衰減近似

作為一個一階近似，可假定背景係由具有 $E=\kappa \cdot E_{\text{cdgc}}$ 之一能量之一束激發，其中 $E_{\text{cdgc}}$ 係XRF激發能量之下臨限值。通常，因數 $\kappa$ 係在範圍1至2中之一數字。因此，應將背景對一光譜線 $i$ 之經量測強度 $I_i$ 之貢獻加至自FP計算之強度(如由方程式1給出)：

方程式2：

$$I_i^{\text{Measured}} = f_i \cdot P(I_0, t_1, t_2 \dots t_n) + I_i^{\text{AttenuatedBackground}}(E)$$

其中

方程式3：

$$I_i^{\text{AttenuatedBackground}}(E) = I_i^{\text{Background}} \exp \left\{ - \sum_{j=0}^{j < n} \mu_j(E) t_j \right\}$$

且其中表達式 $\mu_j(E)$ 表示層 $j$ 在能量 $E$ 處之一質量衰減係數。

應以經驗調諧因數 $\kappa$ 以抑制入射束之非線性衰減。此可(例如)藉由將經計算強度擬合至一參考結構(例如，一工業標準樣本)之經量測強度來進行。應注意，在方程式2及方程式3中，假定XRF束包括一準單色束。為精確模型化一個多色束之情況，應量測或模型化管光譜且接著應求得自管光譜之總強度的積分。術語準單色涉及數學近似 $E=\kappa \cdot E_{\text{cdgc}}$ 。所揭示之技術可應用於一單色束以及一多色束。

藉由迭代地求解方程式2及3來計算UBM 48層之厚度 $t_i$   $i=1 \dots n$ 。在本發明中，於迭代計算開始時假定標稱層厚度以克服與背景之一瞬時衰減近似相關聯之可能的數值困難。因此，在一第一迭代使用UBM 48之層的假定標稱厚度而非使用瞬時厚度(如在方程式3中所計算)來評估藉由UBM 48的背景衰減。接著，將此經評估背景衰減置換回至方程式2中，且藉由求解方程式2來計算UBM 48之層的層厚度。

在一第二迭代中，將UBM 48之各層之經計算厚度(如自方程式2獲得)應用至方程式3中，以重新評估背景衰減。將自方程式3獲得之衰減背景強度之經評估數字置於方程式2中(代替第一迭代中基於標稱厚度之值)，以依一較高精確度來計算UBM 48層之厚度。重複此迭代程序直至來自兩次連續步驟之經計算厚度之間的差減少至低於一臨限值 $\epsilon$ 。此時，完成厚度量測且將輸出厚度傳送至一統計程序控制(SPC)中或至任何適合程序控制系統中。

圖3係示意性地繪示根據本發明之一實施例之分析XRF以估計UBM 48之一或多個層之厚度及/或組成之一方法之一流程圖。術語「UBM量測」指代UBM 48中所關注之一或多個層的量測，且術語「厚度」可由術語「元素組成」取代，此係因為所揭示之技術可應用於量測所分析層之厚度及/或元素組成。另外，當使用一準單色束近似或者使用適當多色束光譜之精確解決方案時，可應用所揭示之方法。

在一背景量測步驟100，方法開始於系統20在形成UBM 48之前量測自樣本22激發之一或多個XRF光譜線之強度。在此製造階段，UBM 48尚未形成於晶圓42上，使得XRF光譜線之經量測強度表示背景或參考強度。

在一目標量測步驟102，在晶圓42上形成UBM 48之後，系統20再次量測自樣本22激發之XRF光譜線之強度。在一背景評估步驟104，處理器34評估由UBM 48衰減之各種XRF光譜線之背景強度。處理器34基於UBM 48層之假定標稱厚度及經量測背景強度而使用方程式3評估背景強度。在一厚度計算步驟106，處理器34藉由將在UBM量測步驟102獲得之經量測強度及經評估背景回饋回至方程式2中而計算UBM 48層之厚度。

在一背景重新評估步驟108，處理器34置換方程式3中之經計算

UBM厚度以重新評估衰減背景之強度。與背景評估步驟104相比，經重新評估數字提供背景強度之更高精確度，此係因為使用經計算厚度值代替假定標稱值。

在一厚度重新計算步驟110，處理器34藉由在方程式2中使用經重新評估背景來重新計算UBM 48之厚度。與在厚度計算步驟106計算之厚度相比，在此階段重新計算之厚度通常更精確，此係因為在此計算中使用更高精確度的背景強度。

上述四個步驟中描述之程序迭代地改良UBM 48之層之經計算厚度之精確度且預期收斂。在一些實施例中，為判定迭代程序是否已收斂及因此所獲得經計算厚度是否足夠精確，可使用一收斂臨限值 $\epsilon$ 。

在一比較步驟112，處理器34比較經重新計算厚度(在重新計算步驟110計算)與先前計算之厚度之間的差之絕對值與 $\epsilon$ 。若該差大於 $\epsilon$ ，則程序尚未收斂，且方法迴圈回至背景重新評估步驟108。若絕對差小於 $\epsilon$ ，則程序收斂，所獲得厚度係最終的且方法在一結束步驟114結束。

將明白，上述實施例係以實例方式列舉，且以下申請專利範圍不限於上文中已特定展示且描述之內容。實情係，範疇包含上文中描述之多種特徵之組合及子組合以及熟習此項技術者在閱讀前述描述之後將想到且先前技術中並未揭示之本發明之變動及修改。以引用的方式併入於本專利申請案中之文獻應視為本申請案之一整合部分，惟在某種程度上在此等併入文獻中以與本說明書中明確地或隱含地進行的定義衝突之一方式定義任何術語，僅應考慮本說明書中之定義除外。

#### 【符號說明】

- 20 X射線微螢光系統
- 22 半導體晶圓/樣本
- 24 X射線管/源

- 26 高電壓電源供應單元(PSU)
- 28 X射線光學器件
- 30 小區域
- 32 偵測器
- 34 處理器
- 36 介面
- 38 信號處理單元
- 40 X-Y載物台
- 42 半導體晶圓
- 44 凸塊下金屬化(UBM)
- 46 焊料凸塊
- 48 凸塊下金屬化(UBM)

## 【英文】

A method for X-ray Fluorescence (XRF) analysis includes directing an X-ray beam onto a sample and measuring an XRF signal excited from the sample, in a reference measurement in which the sample includes one or more first layers formed on a substrate, and in a target measurement after one or more second layers are formed on the substrate in addition to the first layers, so as to produce a reference XRF spectrum and a target XRF spectrum, respectively. A contribution of the first layers to the target XRF spectrum is reduced using the reference XRF spectrum. A parameter of at least one of the second layers is estimated using the target XRF spectrum in which the contribution of the first layers has been reduced.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第（ 3 ）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

（無）

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：

（無）

圖式

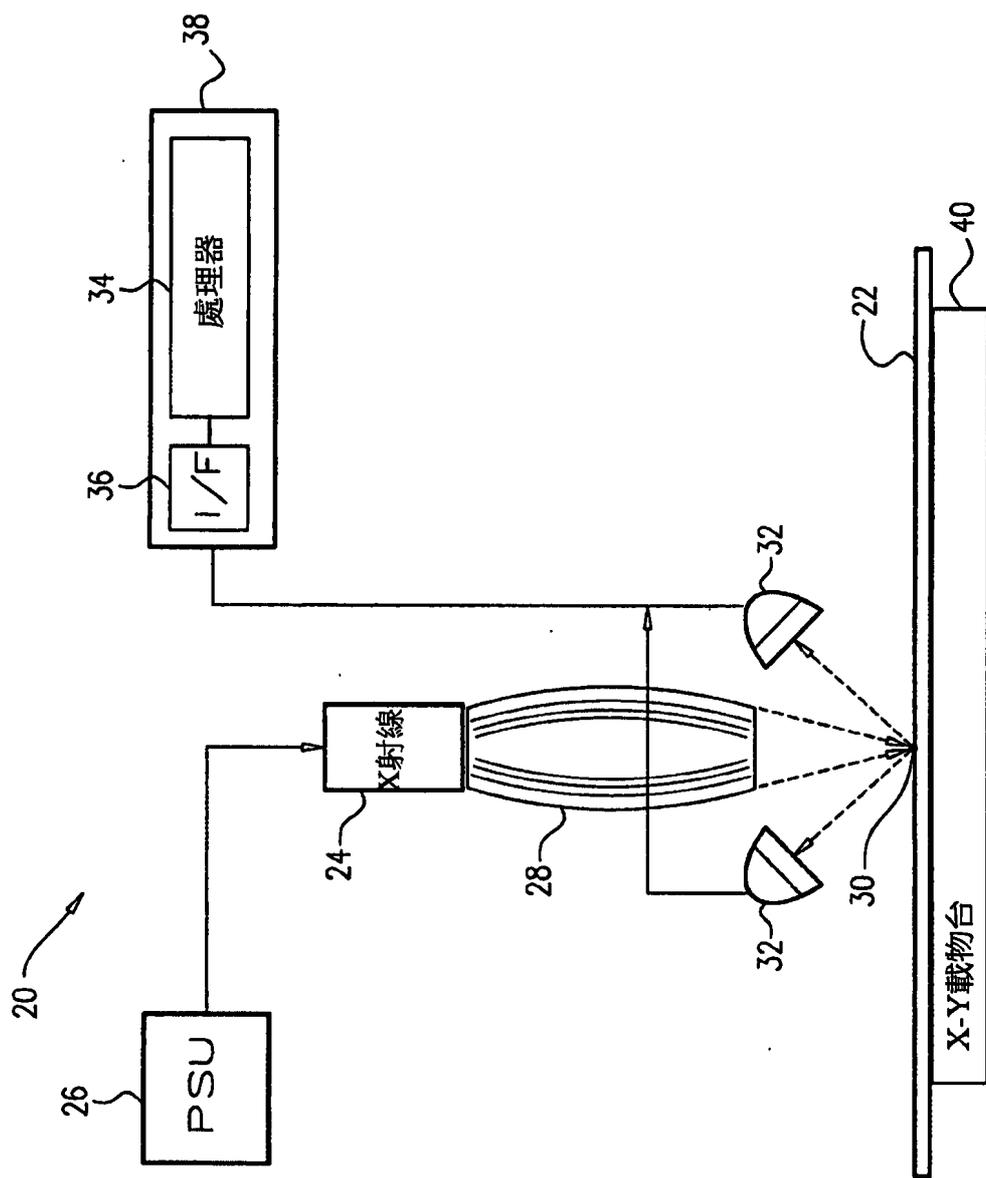


圖1

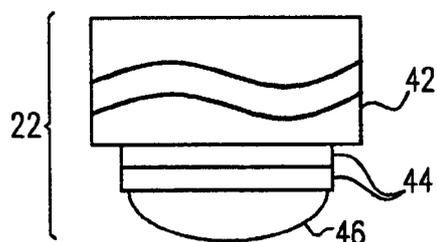
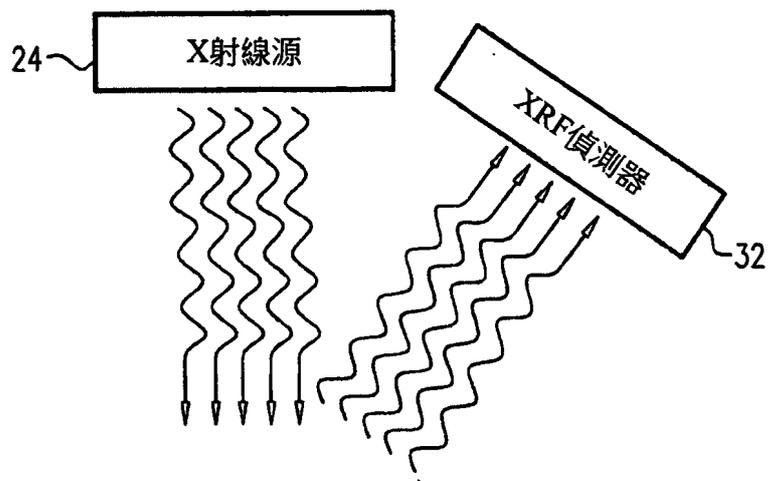


圖 2A

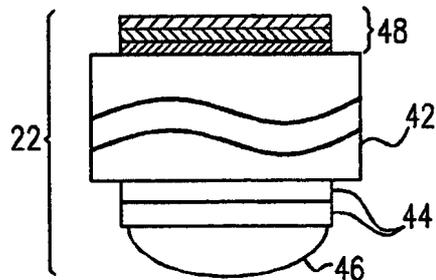
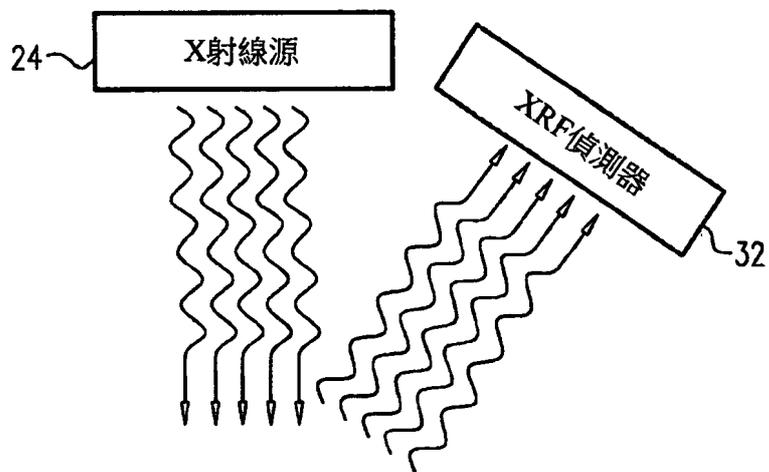


圖 2B

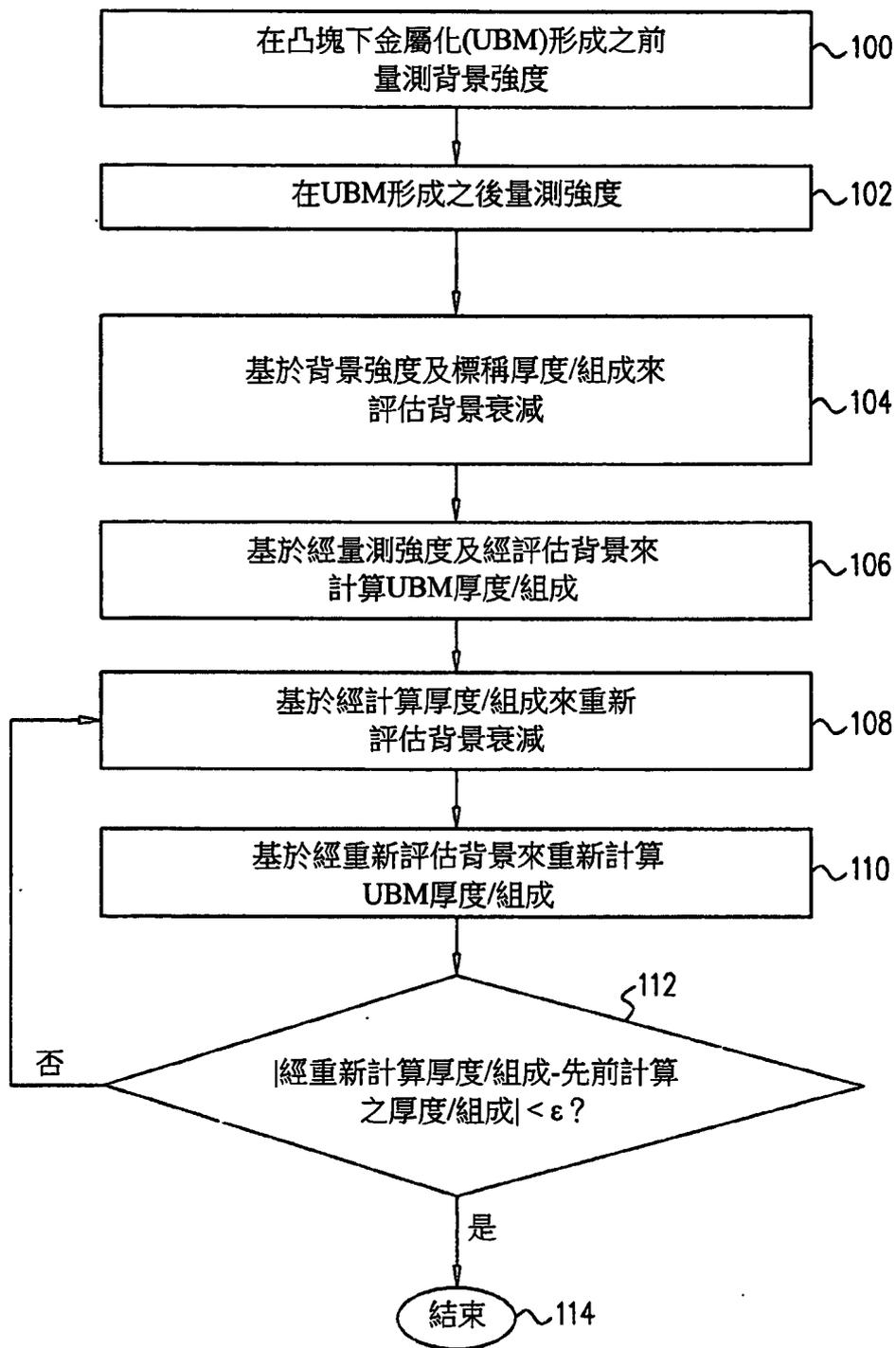


圖 3

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】

用於X射線螢光分析之方法及設備

METHOD AND APPARATUS FOR X-RAY FLUORESCENCE  
ANALYSIS

## 相關申請案的交叉參考

本申請案主張2014年5月13日申請之美國臨時專利申請案61/992,234之權利，該案之揭示內容以引用的方式併入本文中。

## 【技術領域】

本發明大體上係關於X射線分析，且特定言之係關於用於分析基板上之薄層之方法及系統。

## 【先前技術】

作為用於測試半導體晶圓之一方法，X射線螢光(XRF)量測且明確言之X射線微螢光(亦即，使用次毫米聚焦激發束之X射線螢光)正愈來愈多受關注。XRF本身係用於判定一樣本之尺寸(諸如厚度)及元素組成之一熟知技術。XRF分析儀大體上包含：一X射線源，其輻照樣本；及一X射線偵測器，其用於偵測由樣本回應於輻照而發射之X射線螢光。樣本中之各元素發射在為該元素之特性之能帶中之X射線螢光。分析所偵測X射線螢光以發現能量或等效地所偵測光子之波長及各自強度，且基於此分析判定樣本之定性及/或定量厚度及組成。

使用X射線微螢光以測試半導體晶圓描述於各種公開案中。下文提供先前技術之實例。



公告本

I650552

發明摘要

※ 申請案號：104115304

※ 申請日：104年5月13日

※IPC 分類：

【發明名稱】

用於X射線螢光分析之方法及設備

METHOD AND APPARATUS FOR X-RAY FLUORESCENCE  
ANALYSIS

【中文】

一種用於X射線螢光(XRF)分析之方法，其包含：將一X射線束導引至一樣本上；及在其中該樣本包含經形成於一基板上之一或多個第一層之一參考量測中，且在除該等第一層以外之一或多個第二層經形成於該基板上之後於一目標量測中，量測自該樣本激發之一XRF信號，以分別產生一參考XRF光譜及一目標XRF光譜。使用該參考XRF光譜來降低該等第一層對該目標XRF光譜之一貢獻。使用其中該等第一層之該貢獻已被降低之該目標XRF光譜來估計該等第二層之至少一者之一參數。

## 申請專利範圍

1. 一種用於X射線螢光(XRF)分析之方法，其包括：
  - 將一X射線束導引至一樣本上；
  - 在其中該樣本包括經形成於一基板上之一或多個第一層之一參考量測中，量測自該樣本激發之一XRF信號，以產生一參考XRF光譜；
  - 在除該等第一層以外之一或多個第二層經形成於該基板上之後於一目標量測中，再量測自該樣本激發之該XRF信號，以產生一目標XRF光譜，該目標XRF光譜包括由該等第一層貢獻之第一光譜成分以及由該等第二層貢獻之第二光譜成分；
  - 使用該參考XRF光譜來降低該等第一光譜成分對該目標XRF光譜之一貢獻程度(level)；及
  - 使用其中該等第一光譜成分之該貢獻程度已被降低之該目標XRF光譜來估計該等第二層之至少一者之一參數。
2. 如請求項1之方法，其中該參數包括該等第二層之至少一者之一厚度。
3. 如請求項1之方法，其中該參數包括該等第二層之至少一者之一元素組成。
4. 如請求項1之方法，其中該等第一層及該等第二層經形成於該基板之各自第一對立表面及第二對立表面上，使得該第二表面面向該X射線束。
5. 如請求項4之方法，其中該等第一光譜成分對該目標XRF光譜之該貢獻程度係由該X射線束在穿透該基板之後於該等第一層中激發所引起。
6. 如請求項1之方法，其中該等第一層或該等第二層包括凸塊下金

屬化(UBM)層或凸塊。

7. 如請求項1之方法，其中降低該等第一光譜成分之該貢獻程度包括：估計該參考XRF光譜中之一第一光譜線對該目標XRF光譜中與該第一光譜線重疊之一第二光譜線之一強度之一貢獻。
8. 如請求項7之方法，其中估計該第一光譜線之該貢獻包括：估計該第一光譜線受到該等第二層之一衰減。
9. 如請求項8之方法，其中估計該衰減包括：依據該等第二層之各自經估計參數來迭代地評估該衰減。
10. 如請求項9之方法，其中迭代地評估該衰減包括：在一初始迭代中使用該等第二層之標稱參數來評估該函數。
11. 一種用於X射線螢光(XRF)分析之設備，其包括：
  - 一X射線源，其經組態以將一X射線束導引至一樣本上；
  - 一偵測器，其經組態以在其中該樣本包括經形成於一基板上之一或多個第一層之一參考量測中，量測自該樣本激發之一XRF信號，以及在除該等第一層以外之一或多個第二層經形成於該基板上之後於一目標量測中，再量測自該樣本激發之該XRF信號；及
  - 一處理器，其經組態以：自該參考量測產生一參考XRF光譜；自該目標量測產生一目標XRF光譜，該目標XRF光譜包括由該等第一層貢獻之第一光譜成分以及由該等第二層貢獻之第二光譜成分；使用該參考XRF光譜來降低該等第一光譜成分對該目標XRF光譜之一貢獻程度；以及使用其中該等第一光譜成分之該貢獻程度已被降低之該目標XRF光譜來估計該等第二層之至少一者之一參數。
12. 如請求項11之設備，其中該參數包括該等第二層之至少一者之一厚度。

13. 如請求項11之設備，其中該參數包括該等第二層之至少一者之一元素組成。
14. 如請求項11之設備，其中該等第一層及該等第二層經形成於該基板之各自第一對立表面及第二對立表面上，使得該第二表面面向該X射線束。
15. 如請求項14之設備，其中該等第一光譜成分對該目標XRF光譜之該貢獻程度係由該X射線束在穿透該基板之後於該等第一層中激發所引起。
16. 如請求項11之設備，其中該等第一層或該等第二層包括凸塊下金屬化(UBM)層或凸塊。
17. 如請求項11之設備，其中該處理器經組態以藉由估計該參考XRF光譜中之一第一光譜線對該目標XRF光譜中與該第一光譜線重疊之一第二光譜線之一強度之一貢獻來降低該等第一光譜成分之該貢獻程度。
18. 如請求項17之設備，其中該處理器經組態以藉由估計該第一光譜線受到該等第二層之一衰減來估計該第一光譜線之該貢獻。
19. 如請求項18之設備，其中該處理器經組態以藉由依據該等第二層之各自經估計參數來迭代地評估該衰減來估計該衰減。
20. 如請求項19之設備，其中該處理器經組態以在一初始迭代中使用該等第二層之標稱參數來評估該函數。