

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2003年10月20日；10/689,314

2.

☒ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2002年11月20日；10/300,504

2. 美國；2002年12月06日；10/313,280

3. 美國；2003年02月12日；10/364,883

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明一般係關於分析儀器，更明確地說，係關於使用X射線來進行薄膜分析之儀器與方法。

【先前技術】

X射線反射量測(XRR)係用於測量沈積於基板上之薄膜層之厚度、密度與表面品質的熟知技術。有多家公司出售傳統的X射線反射量測儀，其中包括Technos(日本大阪)、西門子(德國慕尼黑)與Bede科學儀器(英國德罕)。此類反射量測儀一般藉由以一掠入射(grazing incidence)將一X射線光束照射於一樣品上而操作，即與樣品之表面成非常小的角度，接近樣品材料的全外反射角。根據角度來測量從樣品反射的X射線強度可以提供干涉條紋的圖案，分析該圖案以決定負責產生條紋圖案之薄膜層的性質。通常使用位置感測偵測器來測量X射線的強度，例如比例計數器或陣列偵測器，一般為光二極體陣列或電荷耦合元件(CCD)。

例如，在Komiya等人的美國專利第5,740,226號中說明用於分析X射線資料以決定薄膜厚度的方法，該專利之揭示內容係以引用的方式併入本文中。根據角度測量X射線反射之後，將一平均反射曲線擬合於條紋光譜。該平均曲線係基于一表示薄膜之衰減、背景與表面糙度的公式。接著，使用擬合的平均反射曲線來擷取條紋光譜的振盪成分。將此成分進行傅立葉變換以求出薄膜厚度。

Koppel的美國專利第5,619,548號說明一基於反射量測測

量之X射線厚度計，該專利係以引用方式併入本文中。使用一彎曲的反射式X射線單色器來將X射線聚焦於一樣品之表面上。一位置感測偵測器，例如光二極體偵測器陣列，感測從表面反射的X射線，並且根據反射角產生一強度信號。分析與該角度有關的信號，以決定樣品上一薄膜層之結構性質，包括厚度、密度與表面糙度。

Barton等人的美國專利第5,923,720號亦說明一基於彎曲晶體單色器之X射線光譜儀，該專利之揭示內容係以引用的方式併入本文中。該單色器具有一錐形對數螺旋之形狀，其被說明為可以在樣品表面上達成比先前技術單色器更精細的焦點。藉由一位置感測偵測器接收從樣品表面反射或繞射的X射線。

Yokhin等人的美國專利第6,512,814與6,639,968號說明反射量測裝置，其包括一輻射源，該輻射源係調適成使用輻射在與樣品表面所成的角度範圍內照射樣品；以及一偵測器組件，其係放置成接收在該角度範圍內從該樣品反射的輻射，並根據該反射產生一信號。將一擋板可調整地放置成攔截該輻射，該擋板具有一阻擋位置，其中該擋板阻擋該角度範圍之較低部分中的輻射，從而使所反射的輻射能夠到達實質上僅在該範圍之較高部分中的陣列，以及一不阻擋位置，其中該範圍之較低部分中的輻射實質上未受阻擋地到達該陣列。

Naudon等人標題為「在角分解分散模式中用於掠過X射線反射量測之新裝置」的論文中說明X射線反射量測測量之

另一常用方法，該論文發表於應用結晶學期刊 (Applied Crystallography) 22 (1989)第460頁，並以引用的方式併入本文。以掠入射將X射線之發散光束引導至樣品表面，並且在X射線光束源對面的一偵測器收集所反射的X射線。使一刀口靠近樣品表面，緊貼測量位置上方，以便切斷初級X射線光束。樣品與偵測器之間(而不是像美國專利第5,619,548號那樣位於光束源與樣品之間)的一單色器選擇要到達偵測器的所反射X射線光束之波長。

XRR可原地使用，在一沈積爐內，以在生產中檢查半導體晶圓上的薄膜層，例如，如Hayashi等人的美國專利申請公開案第US 2001/0043668 A1號所述，該公開案的揭示內容係以引用方式併入本文中。該沈積爐的側壁上具有X射線入射與擷取窗口。透過入射窗口照射其上沈積有薄膜的基板，並透過X射線擷取窗口感測從基板反射的X射線。

【發明內容】

本發明之具體實施例提供一種用於執行具有加強準確性之XRR測量的方法與系統。此等方法與系統的優點在於，分析薄膜層，特別是表現沈積於高密度下部層(例如矽晶圓)上的低密度材料(例如低k多孔介電質)的特徵。

在本發明的某些具體實施例中，根據下部層的已知反射性質來校準由薄膜層所產生的XRR條紋圖案之角標度。條紋圖案的結構取決於薄膜的密度、厚度與其他性質，但該圖案在來自下部層的全外反射之臨界角處可能還包括一獨特的肩部，特別係當薄膜層的密度低於下部層的密度時。

此臨界角進而取決於下部層的組成物與密度。如果下部層的參數已知(例如，當下部層係矽晶圓基板的情況)，可根據肩部的位位置精確地校準XRR條紋圖案的角標度。

在本發明之其他具體實施例中，使用X射線偵測器元件陣列來測量具有次像素解析度的XRR條紋圖案。基於此目的，藉由一會聚的X射線光束來照射樣品。該陣列的位位置與方位使該陣列的元件沿一與樣品平面垂直的軸分解從該樣品反射的輻射。然後沿該軸將該陣列平移一小於陣列間距的增量，並重複測量。較佳地，該增量等於陣列間距的整數分數(間距/ n ，其中 n 係一整數)，並且在該陣列沿軸的 n 個不同位位置處重複測量。通常藉由交錯在不同增量下所作的測量來組合在不同位位置處所作的XRR測量，以便獲得具有加強解析度之條紋光譜。

儘管本文所述本發明之具體實施例主要關於加強薄膜上的X射線測量，特別係在半導體晶圓上所形成的薄膜上，但本發明的原理同樣可用於其他X射線反射量測與散射應用，以及其他類型的基於輻射的分析。

因此，根據本發明一具體實施例，提供一種用於檢查樣品的方法，該樣品包括一第一層，其具有一已知的反射性質；以及一第二層，其形成於該第一層之上，該方法包括：

將輻射引導至該樣品之一表面；

感測從該表面所反射的輻射，以便根據與該表面所成的仰角產生一反射信號；

在該反射信號中識別由於該輻射從該第一層反射而引起

的一特徵；

根據該所識別的特徵以及該第一層的已知反射性質來校準該反射信號；以及

分析所校準的該反射信號以決定該第二層的一特性。

通常，該輻射包括X射線，並且感測該輻射包括在具有一垂直於該表面的陣列軸之偵測器元件陣列處接收該輻射。

在所揭示的具體實施例中，識別該特徵包括在該反射信號中找到與來自第一層之全外反射之臨界角對應的一肩部位置。通常，校準該反射信號包括比較該肩部位置與該臨界角的一已知值，該值係由該第一層的一已知密度所決定。校準反射信號通常包括根據該肩部位置與該臨界角的已知值以在該反射信號的角標度中找到一零角。

在某些具體實施例中，當來自該第一層之全外反射之臨界角係第一臨界角時，分析所校準的反射信號包括決定來自該第二層之全外反射之第二臨界角的校準值。通常，該等第一與第二層具有各自的第一與第二密度，並且分析所校準的反射信號包括根據第二臨界角的已校準值來估計第二密度，其中該第二密度可能實質上小於該第一密度。在一具體實施例中，該第一層包括矽，而該第二層包括一多孔介電材料。

因此，根據本發明一具體實施例，還提供一種用於檢查樣品的裝置，該樣品包括一第一層，其具有一已知的反射性質；以及一第二層，其形成於該第一層之上，該裝置包括：

一輻射源，其係調適成將X射線引導至該樣品的一表面；
 一偵測器組件，其係配置成感測從該表面所反射的輻射，以便根據與該表面所成的仰角產生一反射信號；以及
 一信號處理器，其係耦合以接收該反射信號，並藉由在該反射信號中識別由於該輻射從該第一層的反射而引起的一特徵並且根據該所識別的特徵以及該第一層之已知反射性質而校準該反射信號來處理該反射信號，以及分析所校準的該反射信號以決定該第二層的一特性。

根據本發明一具體實施例，另外提供一種用於檢查樣品的裝置，其包括：

一輻射源，其係調適成將X射線引導至該樣品的一表面；
 一偵測器組件，其包括：

一偵測器元件陣列，該等偵測器元件係沿一實質上垂直於該表面的一陣列軸配置，相互分開一預定間距，並且係操作以接收從該表面反射的X射線，以及回應於所接收的輻射而產生信號；以及

一移動元件，其係耦合以沿一平行於該陣列軸的方向在至少第一與第二位置之間偏移該偵測器元件陣列，該等位置係相互分開一增量，該增量非為該間距的整數倍；以及

一信號處理器，其係耦合以組合藉由該偵測器組件在至少該等第一與第二位置所產生的信號，以便根據與該表面所成的仰角來決定該表面的X射線反射。

一般而言，該信號處理器係調適成交錯藉由該偵測器組

件在至少該等第一與第二位置所產生的信號，以便決定該表面的X射線反射。

在所揭示的具體實施例中，該增量小於或等於該間距的一半。

一般而言，該陣列包括一線性陣列，並且該偵測器元件具有一橫向尺寸，垂直於該陣列軸，其係實質上大於該陣列的一間距。或者，該陣列包括該等偵測器元件之一二維矩陣，並且該偵測器組件係調適成沿一垂直於陣列軸的方向將偵測器元件裝配於陣列之個別列中。

根據本發明一具體實施例，進一步提供一種用於檢查樣品的方法，其包括：

將X射線引導至該樣品之一表面；

配置一偵測器元件陣列，該等元件係相互分開一預定間距，用以接收從該表面反射的X射線，同時分解沿一實質上垂直於該表面的陣列軸所接收的輻射；

沿一平行於該陣列軸的方向在至少第一與第二位置之間偏移該偵測器元件陣列，該等位置係相互分開一增量，該增量非為該間距的整數倍；

接收至少第一與第二信號，該等信號係由該偵測器元件分別回應於在至少該等第一與第二位置所接收的X射線而產生；以及

組合至少該等第一與第二信號，以便根據與該表面所成的仰角來決定該表面的一X射線反射。

根據本發明一具體實施例，進一步提供一種用於生產微

電子元件的群集工具，其包括：

一沈積台，其係調適成將一薄膜層沈積於一半導體晶圓表面上的一下部層之上，該下部層具有一已知的反射性質；以及

一檢查台，其包括：

一輻射源，其係調適成將X射線引導至該晶圓的表面；

一偵測器組件，其係配置成感測從該表面所反射的輻射，以便根據與該表面所成的仰角產生一反射信號；以及

一信號處理器，其係耦合以接收該反射信號，並藉由在該反射信號中識別由於該輻射從該下部層的反射而引起的一特徵並且根據該所識別的特徵以及該下部層之已知反射性質而校準該反射信號來處理該反射信號，以及分析所校準的該反射信號以決定該沈積台所沈積之薄膜層之特性。

根據本發明一具體實施例，進一步提供一種用於生產微電子元件的裝置，其包括：

一生產室，其係調適成接收一半導體晶圓；

一沈積元件，其係調適成將一薄膜層沈積於該室內該半導體晶圓表面上的一下部層之上，該下部層具有一已知的反射性質；

一輻射源，其係調適成將X射線引導至該室內該半導體晶圓的表面；

一偵測器組件，其係配置成感測從該表面所反射的輻射，以便根據與該表面所成的仰角產生一反射信號；以及

一信號處理器，其係耦合以接收該反射信號，並藉由在

該反射信號中識別由於該輻射從該下部層的反射而引起的一特徵並且根據該所識別的特徵以及該下部層之已知反射性質而校準該反射信號來處理該反射信號，以及分析所校準的該反射信號以決定該沈積元件所沈積之薄膜層之特性。

根據本發明一具體實施例，還提供一種用於生產微電子元件的群集工具，其包括：

一沈積台，其係調適成將一薄膜層沈積於一半導體晶圓的表面上；以及

一檢查台，其包括：

一輻射源，其係調適成將X射線引導至該晶圓的表面；

一偵測器組件，其包括：

一偵測器元件陣列，該等偵測器元件係沿一實質上垂直於該表面的一陣列軸配置，相互分開一預定間距，並且係操作以接收從該表面反射的X射線，以及回應於所接收的輻射而產生信號；以及

一移動元件，其係耦合以沿一平行於該陣列軸的方向在至少第一與第二位置之間偏移該偵測器元件陣列，該等位置係相互分開一增量，該增量非為該間距的整數倍；以及

一信號處理器，其係耦合以組合藉由該偵測器組件在至少該等第一與第二位置所產生的信號，以便根據與該表面所成的仰角來決定該薄膜層的X射線反射。

根據本發明一具體實施例，另外提供一種用於生產微電

子元件的裝置，其包括：

一生產室，其係調適成接收一半導體晶圓；

一沈積元件，其係調適成將一薄膜層沈積於該室內該半導體晶圓的表面上；

一輻射源，其係調適成將X射線引導至該室內該半導體晶圓的表面；

一偵測器組件，其包括：

一偵測器元件陣列，該等偵測器元件係沿一實質上垂直於該表面的一陣列軸配置，相互分開一預定間距，並且係操作以接收從該表面反射的X射線，以及回應於所接收的輻射而產生信號；以及

一移動元件，其係耦合以沿一平行於該陣列軸的方向在至少第一與第二位置之間偏移該偵測器元件陣列，該等位置係相互分開一增量，該增量非為該間距的整數倍；以及

一信號處理器，其係耦合以組合藉由該偵測器組件在至少該等第一與第二位置所產生的信號，以便根據與該表面所成的仰角來決定該薄膜層的X射線反射。

根據本發明一具體實施例，進一步提供一種用於檢查樣品的方法，其包括：

將來自第一預定位置中之輻射源的輻射引導至第二預定位置中的輻射感測器；

感測來自該輻射源、直接入射於該輻射感測器上的輻射，以根據仰角產生第一直接信號，同時將一擋板放置成

以一預定的切斷角度切斷該輻射；

感測來自該輻射源、直接入射於該輻射感測器上的輻射，以根據仰角產生第二直接信號，同時將一擋板放置成不以該預定的切斷角度切斷該輻射；

將一樣品引入第一預定位置中之輻射源與該第二預定位置中之輻射感測器之間，以使該輻射可入射於該樣品的一表面上；

感測從該樣品之表面反射到該輻射感測器上的輻射，以根據仰角產生第一反射信號，同時將一擋板放置成以該預定的切斷角度切斷該輻射；

感測從該樣品之表面反射到該輻射感測器上的輻射，以根據仰角產生第二反射信號，同時將一擋板放置成不以該預定的切斷角度切斷該輻射；以及

將第一直接信號與第二直接信號之間的第一比率與第一反射信號與第二反射信號之間的第二比率進行比較，以便求出切線與表面所成的仰角。

一般而言，該方法包括分析該等第一與第二反射信號，以便決定薄膜層在該樣品表面的性質。

在所揭示的具體實施例中，將第一比率與第二比率進行比較包括求出第一仰角，在該仰角下第一比率具有一給定值；以及第二仰角，在該仰角下第二比率具有該給定值，以及將切線與表面所成之仰角決定為第一與第二仰角的平均值。在補充或替代方案中，該方法包括在該等第一與第二仰角之間作差，以便決定一最小仰角，低於該最小仰角

時，該擋板切斷該輻射。

根據本發明一具體實施例，另外提供一種用於檢查樣品的裝置，其包括：

第一預定位置的輻射源，其係調適成產生輻射；

一擋板，其係可放置成以預定的切斷角度切斷輻射；

一移動級，其係配置成放置一樣品，使輻射源所產生的輻射能夠入射於該樣品的一表面上；

第二預定位置的輻射感測器，其係調適成感測該輻射，以便回應於入射於該輻射感測器上的輻射而根據仰角產生信號，該等信號包括：

一第一直接信號，其係回應於當將擋板放置成以預定的切斷角度切斷輻射時，來自輻射源、直接入射於該輻射感測器上的輻射；

一第二直接信號，其係回應於當將擋板放置成不以預定的切斷角度切斷輻射時，來自輻射源、直接入射於該輻射感測器上的輻射；

一第一反射信號，其係回應於當將擋板放置成以預定的切斷角度切斷輻射時，從樣品表面反射到該輻射感測器上的輻射；以及

一第二反射信號，其係回應於當將擋板放置成不以預定的切斷角度切斷輻射時，從樣品表面反射到該輻射感測器上的輻射；以及

一信號處理器，其係耦合以將第一直接信號與第二直接信號之間的第一比率與第一反射信號與第二反射信號之間

的第二比率進行比較，以便求出切線與表面所成的仰角。

應瞭解，上文與申請專利範圍中的「第一」與「第二」係任意使用的。因此，例如，此等術語不一定反映出接收上述信號的實際順序。

根據下文結合附圖對本發明具體實施例所作的詳細說明，可更充分地瞭解本發明。

【實施方式】

現在參考圖1，其係根據本發明一具體實施例用於X射線反射量測(XRR)之系統20的示意側視圖。系統20類似於上述美國專利第6,512,814號中所說明的XRR系統，不過新增了本文所述的特徵與能力。

將欲藉由系統20評估的的樣品22，例如一半導體晶圓，安裝於一移動級24上，以便能夠準確地調整樣品22的位置與方位。一X射線源26，通常係一具有適當單色化光學元件(未顯示)的X射線管，照射樣品22上的小區域28。例如，由牛津儀器公司(位於加利福尼亞 Scotts Valley)生產的XTF5011 X射線管可用於此目的。光學元件在一會聚光束27中將來自X射線管的輻射聚焦於區域28上。美國專利第6,381,303號說明可用於X射線源26的若干不同的光學組態，該專利的揭示內容係以引用方式併入本文中。例如，光學元件可包含一彎晶單色器，例如由紐約阿爾巴尼市的XOS公司所生產的聚焦雙彎晶光學元件。上述美國專利5,619,548與5,923,720中說明其他適當的光學元件。熟習此項技術者將明白其他可能的光學組態。系統20中之反射量

測與散射測量之典型的X射線能量係大約8.05 keV (CuK α)。或者，可使用其他能量，例如5.4 keV (CrK α)。

使用一動態的刀口36與擋板38在垂直方向(即垂直於樣品22的平面)上限制X射線之入射光束27的角範圍，而一狹縫39則可用來在水平方向限制光束。刀口、擋板與狹縫一起用作一擋板組件，用以調整光束27的橫向尺寸。圖1係舉例說明擋板組件之組態，用於以下述方式控制光束27之橫向尺寸的X射線光學元件之替代性配置對於熟習此項技術者而言係顯然的，並且視為屬於本發明之範疇內。

上述美國專利第6,512,814號詳細說明XRR測量中刀口36與擋板38的使用。簡而言之，為最佳地偵測接近0°之低角度反射，將擋板38撤出入射光束27的範圍之外，而將刀口36放置於區域28之上，並將其降低以縮小光束的有效垂直斷面。結果，可減小入射於區域28上的X射線光斑的橫向尺寸。另一方面，為有效地偵測較弱的、高角度的反射，將刀口36從光束27撤出，而將擋板38放置成切斷光束的低角度部分。(或者，將擋板放置成切斷反射光束29的低角度部分。)以此方式，僅來自樣品22的高角度反射(而非較強的低角度反射)才能到達偵測器陣列，因而加強高角度測量的信號/背景比。在XRR測量中，狹縫39通常係敞開的，以便接納會聚射線的實心錐形，因而增加反射率測量的信號/雜訊比。

藉由偵測器組件30收集從樣品22反射的X射線反射光束29。一般而言，對於XRR，組件30收集在垂直(仰角- ϕ)方向

上反射角範圍介於大約 0° 與 3° 之間之反射X射線，此等角度兼在樣品之全外反射之臨界角以上與以下。(為說明清楚起見，圖中所示的角度有所誇大，例如X射線源26與偵測器組件30在圖1中樣品22之平面上的仰角。)

組件30包含一偵測器陣列32，例如CCD陣列，如下所述。儘管為說明簡潔起見，圖中僅顯示單列偵測器元件，其中有數目相對較少的偵測器元件，但陣列32一般包括更大數目的元件，配置為一線性陣列或一矩陣(二維)陣列。組件30可能包含一平移元件33，其屬於此項技術中熟知的任何適當類型，用於相對於樣品22偏移並對準陣列32。組件30進一步包含由適當的X射線透明材料(例如鈹)所製成的窗口34，距該偵測器陣列前面一間隔，且位於該陣列與該樣品之間。以下參考圖2說明陣列32之操作之其他細節。

信號處理器40分析組件30的輸出，以便在給定能量或在一能量範圍內根據角度決定從樣品22反射的X射線光子的通量分佈42。一般而言，樣品22具有在區域28的一或多個薄表面層，例如薄膜，以使與仰角成函數關係的分佈42展示一振盪結構，其係起因於從層之間的介面所反射的X射線波之間的干擾效應。處理器40使用下述分析方法分析角分佈的特性，以決定樣品之一或多個表面層之特性，例如層的厚度、密度與表面品質。

圖2係根據本發明一具體實施例之陣列32的示意正視圖。此圖中所示陣列32包含單列偵測器元件46，有一陣列軸沿一與樣品22之平面垂直的軸對準。元件46具有高縱橫

比，即其在橫穿陣列軸之方向上的寬度實質上大於其沿軸之間距。高縱橫比有助於加強系統20的信號/雜訊比，因為對於沿陣列軸之每一角增量，陣列32能夠藉此在相對較寬的區域內收集X射線光子。然而，圖中僅係舉例說明元件46的尺寸，並且可使用更小或更大縱橫比之元件來應用本發明之原理，視應用需要與適當偵測器元件之可用性而定。

如上所述，陣列32可包含一線性CCD陣列或一矩陣陣列，例如日本濱松市之Hamamatsu公司所生產的S7032-1008型陣列。此後者的陣列包含 1044×256 個像素，並且總體尺寸為 25.4×6 mm。其能夠以線型裝箱(line-binning)模式操作，其中使用由Hamamatsu公司為此目的而提供的特殊硬體，故陣列之每一列中的多個偵測器元件有效地用作具有高縱橫比的單一元件。在此情形下，儘管陣列32實體上包含偵測器元件之一二維矩陣，但在功能上，該陣列採取單列偵測器元件之形式，如圖2所示。

或者，陣列32可包含一具有適當讀出電路之PIN二極體陣列，可能包括整合式處理電子元件，如美國專利第6,389,102號所述，該專利的揭示內容係以引用的方式併入本文。此專利還說明陣列的替代特徵，包括陣列的各種幾何組態(一維與二維)以及可用於加強陣列之偵測性質的遮罩。此等特徵亦適用於本專利申請案之組件30。在任何情況下，應瞭解，此處僅係對此等偵測器類型舉例說明而已，可使用任何適當類型、尺寸與數目的偵測器。

在本發明之一方面，如圖2所述，例如使用平移元件33(圖

1)，沿Z方向將陣列32偏移小的增量。圖中顯示陣列32的兩個垂直位置45與47，其沿Z方向分隔一增量，即陣列間距的一半，亦即偵測器元件46之中心對中心分離的一半。(儘管圖2所示位置45與47係水平偏移，但水平偏移在此圖中僅用於清晰說明之目的，並非XRR測量中必要或所需的)。在每個位置45與47中驅動X射線源26，組件30捕獲從樣品22反射的X射線，其與仰角成函數關係。組件30可以此方式運作，以在兩個以上的不同垂直位置捕獲X射線，通常在該等位置之間的Z方向增量較小。例如，可使用分隔1/3陣列間距的三個不同位置。

將組件30在每個不同垂直位置所產生的信號輸入至處理器40，其將在不同位置所得到的讀數組合成單一的光譜。本質上，處理器產生一「虛擬陣列」，其解析度小於實際的實體陣列32。可導出虛擬陣列中的信號，例如只需藉由交錯在不同陣列位置所得到的讀數。因而，對於虛擬陣列中的每個「虛擬像素」，處理器40選擇其中一次實際測量中對應位置之真實像素的測量值，使在不同測量位置所得到的讀數中從一虛擬像素至下一虛擬像素交替。換言之，假定以下的讀取像素讀數係在陣列的三個連續位置得到：

位置1：R11、R21、R31、R41、...

位置2：R12、R22、R32、R42、...

位置3：R13、R23、R33、R43、...

所得到的虛擬陣列則將在分隔1/3實際陣列間距的虛擬像素處包含下列值：

R11、R12、R13、R21、R22、R23、R31、R32、R33、R41、... 或者，可使用其他方法，例如不同陣列位置之讀數的求差或求和，以在組合讀數之前從個別的實際測量擷取XRR資訊，或藉以選擇要用於虛擬陣列之每個像素的實際測量結果。

當XRR光譜具有高空間頻率之精細結構時，上文所述的解析度加強技術特別有用，故條紋分離相當於或小於陣列間距。或者，當XRR光譜係足夠強，並且條紋係清楚分隔時，便足以測量單一垂直位置(例如位置45)的XRR信號，以便擷取可接受的光譜。

圖3與4係根據本發明一具體實施例，使用系統20所作XRR測量的示意曲線圖。此種曲線圖可使用陣列32之單一垂直位置所接收的信號，或藉由如上所述組合兩個或兩個以上不同垂直位置的信號而產生。圖3之曲線圖顯示陣列32在單一垂直位置所接收的反射X射線之強度，其與仰角 ϕ 成函數關係，其中使用來自X射線源26的Cu K α (8.05 keV)輻射。下述圖4顯示將在陣列32之多個不同垂直位置所捕獲的信號予以組合的結果。

上面的曲線50顯示從裸矽晶圓所測量的反射，而下面的曲線52顯示來自其上已形成低k多孔介電膜之晶圓的反射。兩條曲線皆具有一肩部，位於在圖中標記為 ϕ_2 的角度，略大於 0.2° 。此角度對應於來自矽之全外反射的臨界角。更精確言之，對於密度為 2.33 g/cm^3 的標準矽晶圓，8.05 keV的臨界角度為 0.227° 。因此，一旦找到 ϕ_2 處肩部的位

需向 ϕ_2 的左邊倒退 0.227° ，便可精確地決定圖3之光譜中角(水平)標度的零點。每個偵測器元件46的角標度(以度數計)的比例因數係由 $\frac{180^\circ}{\pi} \arctan\left(\frac{\text{array pitch}}{\text{focal dist}}\right) \cong \frac{180^\circ}{\pi} \left(\frac{\text{array pitch}}{\text{focal dist}}\right)$ 給定，其中焦距係從聚焦區域28至陣列32的距離。在替代或補充方案中，使用上述美國專利申請案第10/313,280號中所述的方法，根據 ϕ_2 處的肩部，但無需參考陣列間距與焦距，可完全校準角標度。

在臨界角以上，曲線52顯示一振盪結構，主要係由於來自低k膜之上部與下部表面的反射所致。可分析此振盪的週期與振幅，以決定晶圓上之低k膜(以及可能其他薄膜層)之厚度與表面品質。例如，可使用快速傅立葉變換(FFT)來擷取振盪的相關特性。或者，可使用參數曲線擬合方法來更準確地決定薄膜參數。在上述美國專利第6,512,814號中更詳細地說明用於分析XRR信號的方法，例如曲線52。

因此臨界角及反射曲線中的肩部位置，主要係由反射X射線之材料的密度決定。因為沈積於晶圓上的多孔、低k介電層具有實質上低於矽基板的密度，故多孔層的臨界角實質上小於下方矽的臨界角。因此，曲線52中看到另一肩部，位於在圖中標記為 ϕ_1 的較小角度，對應於多孔層的臨界角。可使用 ϕ_2 的已知值，根據上述角標度的校準來決定 ϕ_1 的實際值。於是，處理器40能夠根據 ϕ_1 的校準值以高精確度決定多孔材料的總體密度。因為介電材料(在無孔的情況下)的本征密度通常係已知的，故可根據 ϕ_1 的測量值，按照介電材料之已知本征密度與多孔層所估計的總體密度之間

的差，推出孔的總體積、多孔層的每單位體積。

圖4顯示由陣列32所接收與仰角 ϕ 成函數關係的反射X射線強度，說明將在陣列不同垂直位置所作多個測量予以組合的結果。此圖中的角標度相對於圖3中的角標度有所擴大。原始曲線54顯示陣列32之單一垂直位置所作的典型測量。組合曲線56顯示藉由組合在陣列不同垂直位置所作的五次測量而獲得的結果，該等位置在Z方向上相互偏移1/5陣列間距之增量。陣列的間距使得連續偵測器元件46之間的角分離大約為 0.004° 。

反射輻射之振盪圖案之週期，如曲線56所示，在大約 0.007° 與大約 0.010° 之間變化，其接近於陣列32的Nyquist極限。因此，曲線54未能捕獲曲線56中所出現的一部分真實振盪結構，並且重製出具有低保真度之其他部分結構。另一方面，當組合多個測量時，在其他測量中成功地捕獲在曲線54中未出現的振盪結構部分。結果，如曲線56所示，陣列32的有效解析度得以加強。以此方式所獲得的加強可使解析度實際上比用於在陣列32上成形振盪圖案的X射線光學元件的解析度更精細。如上所述，將理論模型擬合成曲線56，以便決定若干參數，例如樣品22上表面層之厚度與表面品質。因為XRR信號本質上係複雜的，並且展示與角度成函數關係的非線性頻率變化，故藉由上述方式偏移陣列所獲得之新增資料點有助於改善擬合，因而擷取更為準確的表面層參數值。

現在參考圖5A與5B，其根據本發明一具體實施例示意性

說明一種用於決定樣品22之零角的方法。圖5A係系統20之一示意側視圖，說明在不同的系統條件下由X射線源26所產生並且入射於陣列32上的X射線光束之角展度。由陣列32在此等不同條件下所偵測到的光束之角特性係用於決定樣品22的零角。本文中術語「零角」係用以指在X射線光束入射於樣品上的點處切線與樣品22之表面所成的仰角。此零角等效於圖3所示光譜中的上述零點。然而，與用於在此等光譜中找到零點的上述方法不同，圖5A與5B所述方法不依賴於樣品22上任何特定的層結構類型。本文中藉由識別與樣品22之切線對準的陣列32之偵測器元件而找到零角(或在藉由上述解析度加強技術所建立的虛擬陣列中，藉由找到與此切線對準的虛擬像素)。

圖5A顯示四個不同的光束組態：

- 一狹窄的反射光束55，其係當樣品22放在適當的位置並且擋板38係放置成切斷光束的低角度部分時入射於陣列32上，如圖所示。
- 一寬反射光束57，其大致向下延伸至樣品22的零角，並且此時將擋板38從光束撤出。
- 一狹窄的直接光束58，當從X射線光束路徑移除樣品22時，其係入射於陣列32上(故無反射光束)，而擋板38再次置放成切斷光束之低角度部分。
- 一寬直接光束59，其向上延伸至光束57的零角，通常甚至延伸超出此零角，並且此時將擋板與樣品從X射線光束移除。

應注意，在零角附近，陣列32所捕獲的信號(起因於光束57)不具有明顯的切斷，而是逐漸地並且不完全光滑地增加。(為簡化起見，圖3中未顯示此逐漸增加。)因此，難以僅根據此信號決定零角。

圖5B係陣列32在由光束55、57、58與59照射之情況下所作測量結果的示意曲線圖。該等結果係針對水平(角度)軸上的每個像素而計算成由其中一個狹窄光束引起的像素強度值對由一對應的寬光束引起的值之比，即比率 = $I_{\text{NARROW}}/I_{\text{BROAD}}$ 。藉由計算當光束58入射於陣列32上時所測量的每個像素值與當光束59入射時所測量的值之比，而產生曲線圖的左分支61(對於零角以下的仰角)。藉由當光束55入射於陣列上時所測量的每個像素值與當光束57入射時所測量的值之比，而提供右分支63(對於零角度以上的仰角)。

如圖5B所示，正與負角度的比率在零角度附近通常為零，因為擋板38切斷此角度範圍中的光束55與58。比率在零以上按一切割角度增加，大致對應於擋板38攔截X射線光束的角度，逐漸增加至大約為一的值，遠離擋板邊緣一角度。分支61與63往往係光滑的曲線，因為由狹窄光束引起的強度值局部變化通常係藉由因寬光束引起的強度值對應變化而抵消。因此，可藉由在百分之五十的點65(此時的強度比為0.5)之間取平均角而準確地求出零角。或者，可將曲線擬合程序應用於分支61與63，並且可使用擬合參數來求出零角。擋板38的角位置係由點65之間的角距離的一半給定。作為另一替代方案，曲線63可關於水平軸上的一點

而鏡射，故其與曲線61重疊。提供兩條曲線之間最佳重疊的鏡射點係被識別為零角。

圖5A與5B所例示的方法可用於找到樣品22之表面上實質上任何點處的零角，獨立於樣品的性質以及樣品上某些類型之表面層的存在與否。此用於找到零角的方法特別有用，例如，在趨向於彎曲的半導體晶圓中的X射線反射量測中，其中半導體晶圓彎曲會使零角在晶圓的表面上變化。該方法保持有效，即使入射X射線光束不均勻，並且不論反射光束中的任何角變化(只要反射率與角度成函數而持續變化)。可將此方法與以上參考圖2至4所述的解析度加強方法組合(其中在陣列32的不同位置獲取信號)，以便決定具有更高準確性的零角度。

本方法的另一優點係，其可結合實際的XRR測量予以實施，實質上不會中斷測量程序。當系統20中缺少樣品22時可進行直接光束58與59的測量，通常在不同樣品的測量之間。可使反射光束55與57的測量與XRR測量平行。例如，當樣品的表面層密度大於約 1.5 g/cm^3 時，使用大約 0.15° 與 4° 之間的角度範圍進行XRR分析，而使用 0° 與 0.15° 之間的範圍來進行零角度校準。

為獲取用於建立(例如)分支63的資料，將擋板38提前，以便切斷X射線光束之低角度部分(低於大約 0.1°)，並且在大約1至2秒的曝光時間期間從陣列32獲取反射信號。然後撤回擋板，並且從該陣列獲取另一反射信號。可與曝光時間在兩個擋板位置的比率來正規化信號。可計算正規化曲

線的比率來求出分支63。使用類似的程序來產生分支61。

圖6係根據本發明一具體實施例，用於半導體元件製造的群集工具70的示意俯視圖。群集工具包含多個台，包括一沈積台72，用於將薄膜沈積於一半導體晶圓77之上；一檢查台74；以及其他在本技術中熟知的台76，例如一清潔台。構建檢查台74，並使其以類似於系統20的方式運作，如上文所述。一自動機械78在系統控制器80的控制下於台72、74、76、...之間轉移晶圓77。工具70的操作可藉由一操作員使用耦合至控制器80的工作台82來控制與監視。

在生產程序中藉由沈積台72與工具70中的其他台所實施的選定步驟之前與之後，使用檢查台74藉由XRR來執行晶圓的X射線檢查。在一示範性具體實施例中，使用沈積台72在晶圓77上形成多孔薄膜，例如多孔低k介電層，並且檢查台74執行XRR評估，如上所述。此配置允許使用控制器80以及可能還有工作台82較早地偵測程序偏差以及方便地調整與評估生產晶圓上的程序參數。用於找到零角以及加強偵測解析度的上述方法亦可用於檢查台74。

圖7係根據本發明另一具體實施例，用於半導體晶圓製造以及原地檢查的系統90之示意側視圖。系統90包含一真空室92，其包含沈積裝置94以用於在晶圓77上形成薄膜，此點在此項技術中係熟知的。將晶圓安裝於室92內的移動級24。該室通常包含X射線窗口96，其可能屬於上述專利申請公開案US 2001/0043668 A1中所述的類型。X射線源26以上述方式經由其中一個窗口96照射晶圓77上的區域28。為簡

潔起見，圖7中省略圖1所示的擋板、刀口與狹縫，但一般而言，會將此種元件併入X射線源26或室92之內。

藉由偵測器組件30中的陣列32經由另一個窗口96接收從區域28反射的X射線。處理器40從偵測器組件30接收信號，並處理信號，以便評估在室92內之生產中薄膜層的特性。此評估之結果可用於控制沈積裝置94，使系統90所產生的薄膜具有所需的特性，例如厚度、密度與孔隙率。用於找到零角以及加強偵測解析度的上述技術亦可用於室92。

儘管上述具體實施例主要涉及決定半導體晶圓上低k介電層的孔隙率特性，但本發明的原理可同樣用於其他的X射線反射量測應用中，以及其他類型之基於輻射的分析中，不僅使用X射線，而且還使用其他離子化的輻射帶。因此，應明白，可以藉由範例引用上述具體實施例，及應明白，本發明並不限於以上特別顯示及說明的內容。而是，本發明的範疇包括上述各種特色的組合及附屬組合，以及熟習本技術者在讀完上述說明後，對本發明所想到之先前技術所未揭露的變化及修改。

【圖式簡單說明】

圖1係根據本發明一具體實施例用於X射線反射量測(XRR)測量之系統之示意側視圖；

圖2係根據本發明一具體實施例而配置用於XRR的偵測器陣列之示意正視圖；

圖3係根據本發明一具體實施例之XRR測量的示意曲線圖；

圖4係根據本發明一具體實施例之XRR測量的示意曲線圖，其說明用於獲取具有次像素解析度之XRR光譜的方法；

圖5A係根據本發明一具體實施例之圖1之系統的示意側視圖，其說明系統中擋板與樣品之不同組態中藉由X射線光束所對向的角度；

圖5B係根據本發明一具體實施例之X射線測量結果之示意曲線圖，該結果用於決定X射線入射於圖5A所示系統中的樣品上之零角；

圖6係根據本發明一具體實施例用於半導體元件製造且包括檢查台的群集工具的示意俯視圖；以及

圖7係根據本發明一具體實施例具有X射線檢查能力之半導體處理室之示意側視圖。

【主要元件符號說明】

20	系統
22	樣品
24	動作級
26	X射線源
27	會聚光束
28	小區域
29	反射光束
30	偵測器組件
32	偵測器陣列
33	平移元件
34	窗口

36	刀口
38	擋板
39	狹縫
40	信號處理器
42	分佈
45	垂直位置
46	偵測器元件
47	垂直位置
50	曲線
52	曲線
54	曲線
56	曲線
55	狹窄的反射光束
57	寬反射光束
58	狹窄的直接光束
59	寬直接光束
61	左分支
63	右分支
65	點
70	群集工具
72	沈積台
74	檢查台
76	其他台
77	半導體晶圓

78	自動機械
80	系統控制器
82	工作台
90	系統
92	真空室
94	沈積裝置
96	X射線窗口

五、中文發明摘要：

本發明揭示一種檢查樣品的方法，該樣品包括一第一層，其具有一已知的反射性質；以及一第二層，其係形成於該第一層之上。該方法包括將輻射引導至該樣品的一表面，並且感測從該表面反射的輻射，以便根據與該表面所成的仰角產生一反射信號。在該反射信號中識別由於該輻射從該第一層反射而引起的一特徵。根據該所識別的特徵以及該第一層的已知反射性質來校準該反射信號。分析所校準的該反射信號，以決定該第二層的一特性。本發明還揭示其他加強的檢查方法。

六、英文發明摘要：

十、申請專利範圍：

1. 一種用於檢查一樣品之方法，該樣品包括一第一層，其具有一已知反射性質；以及一第二層，其係形成於該第一層之上，該方法包含：

將輻射引導至該樣品之一表面；

感測從該表面所反射的輻射，以便根據與該表面所成的仰角產生一反射信號；

在該反射信號中識別由於該輻射從該第一層反射而引起的一特徵；

根據該所識別的特徵以及該第一層的已知反射性質來校準該反射信號；以及

分析所校準的該反射信號以決定該第二層的一特性。

2. 如請求項1之方法，其中該輻射包含X射線。
3. 如請求項1之方法，其中感測該輻射包含於一偵測器元件陣列處接收該輻射，該陣列具有一垂直於該表面之陣列軸。
4. 如請求項3之方法，其中接收該輻射包含：

沿一平行於該陣列軸的方向在至少第一與第二位置之間平移該陣列；

產生第一與第二反射信號，其係由該等偵測器元件在該等第一與第二位置所接收的輻射所引起；以及

組合該等第一與第二反射信號以產生一加強的反射信號。

5. 如請求項1之方法，其中識別該特徵包含在該反射信號中

找到與來自該第一層之全外反射之一臨界角對應的一肩部之一位置。

6. 如請求項5之方法，其中校準該反射信號包含比較該肩部之該位置與該臨界角之一已知值，該已知值係由該第一層之一已知密度所決定。
7. 如請求項6之方法，其中校準該反射信號包含根據該肩部之該位置與該臨界角之該已知值在該反射信號的一角標度中找到一零角。
8. 如請求項5之方法，其中來自該第一層之全外反射之該臨界角係第一臨界角，並且其中分析所校準的該反射信號包含決定來自該第二層之全外反射之第二臨界角之一已校準值。
9. 如請求項8之方法，其中該等第一與第二層具有個別的第一與第二密度，並且其中分析該所校準的反射信號包含根據該第二臨界角之該已校準值估計該第二密度。
10. 如請求項9之方法，其中該第二密度係實質上小於該第一密度。
11. 如請求項10之方法，其中該第一層包含矽，並且其中該第二層包含一多孔介電材料。
12. 一種用於檢查樣品之裝置，該樣品包括一第一層，其具有一已知反射性質；以及一第二層，其係形成於該第一層之上，該裝置包含：

一輻射源，其係調適成將X射線引導至該樣品的一表面；

一偵測器組件，其係配置成感測從該表面所反射的輻

射，以便根據與該表面所成的仰角產生一反射信號；以及
一信號處理器，其係耦合以接收該反射信號，並藉由
在該反射信號中識別由於該輻射從該第一層的反射而引起
的一特徵並且根據該所識別的特徵以及該第一層之該
已知反射性質而校準該反射信號來處理該反射信號，以
及分析所校準的該反射信號以決定該第二層的一特性。

13. 如請求項12之裝置，其中該輻射包含X射線。

14. 如請求項12之裝置，其中該偵測器組件包含一偵測器元
件陣列，該陣列具有一垂直於該表面之陣列軸。

15. 如請求項14之裝置，其中該偵測器組件包含一移動元
件，其係調適成沿一平行於該陣列軸之方向在至少第一
與第二位置之間平移該陣列，以使該陣列產生第一與第
二反射信號，其係由該等偵測器元件在該等第一與第二
位置所接收的輻射所引起，以及

其中該信號處理器係調適成組合該等第一與第二反射
信號，以產生一加強的反射信號。

16. 如請求項12之裝置，其中藉由該信號處理器所識別的該
特徵包含在該反射信號中的一肩部，其對應於來自該第
一層之全外反射之一臨界角。

17. 如請求項16之裝置，其中該信號處理器係調適成藉由比
較該反射信號中之該肩部的一位置與該臨界角的一已知
值而校準該反射信號，該已知值係由該第一層的一已知
密度所決定。

18. 如請求項17之裝置，其中該信號處理器係調適成根據該

肩部的該位置與該臨界角的該已知值在該反射信號的一角標度中找到一零角。

19. 如請求項16之裝置，其中來自該第一層之全外反射之該臨界角係一第一臨界角，並且其中該信號處理器係調適成藉由分析該所校準的反射信號來決定來自該第二層之全外反射之一第二臨界角的一已校準值。

20. 如請求項19之裝置，其中該等第一與第二層具有個別的第一與第二密度，並且其中該信號處理器係調適成根據該第二臨界角之該已校準值而估計該第二密度。

21. 如請求項20之裝置，其中該第二密度實質上小於該第一密度。

22. 如請求項21之裝置，其中該第一層包含矽，並且其中該第二層包含一多孔介電材料。

23. 一種用於檢查一樣品的裝置，其包含：

一輻射源，其係調適成將X射線引導至該樣品的一表面；

一偵測器組件，其包含：

一偵測器元件陣列，該等偵測器元件係沿一實質上垂直於該表面的陣列軸配置，並且相互分開一預定間距，並且係操作以接收從該表面反射的X射線，以及回應於所接收的該輻射而產生信號；以及

一移動元件，其係耦合以沿一平行於該陣列軸的方向在至少第一與第二位置之間偏移該偵測器元件陣列，該等位置係相互分開一增量，該增量非為該間距的整數倍；以及

一信號處理器，其係耦合以組合藉由該偵測器組件在至少該等第一與第二位置所產生的信號，以便根據與該表面所成的仰角來決定該表面的X射線反射。

24. 如請求項23之裝置，其中該信號處理器係調適成交錯藉由該偵測器組件在至少該等第一與第二位置所產生的信號，以便決定該表面的X射線反射。

25. 如請求項23之裝置，其中該增量係小於或等於該間距的一半。

26. 如請求項23之裝置，其中該陣列包含一線性陣列，並且其中該等偵測器元件具有一垂直於該陣列軸的橫向尺寸，其係實質上大於該陣列的一間距。

27. 如請求項23之裝置，其中該陣列包括該等偵測器元件之一二維矩陣，並且其中該偵測器組件係調適成沿一垂直於該陣列軸的方向將該等偵測器元件裝配於該陣列之個別列中。

28. 一種用於檢查一樣品的方法，其包含：

將X射線引導至該樣品之一表面；

配置一偵測器元件陣列，該等元件係相互分開一預定間距，用以接收從該表面反射的X射線，同時分解沿一實質上垂直於該表面的陣列軸所接收的輻射；

沿一平行於該陣列軸的方向在至少第一與第二位置之間偏移該偵測器元件陣列，該等位置係相互分開一增量，該增量非為該間距的整數倍；

接收至少第一與第二信號，該等信號係由該等偵測器

元件分別回應於在至少該等第一與第二位置所接收的X射線而產生的信號；以及

組合至少該等第一與第二信號，以便根據與該表面所成的仰角來決定該表面的一X射線反射。

29. 如請求項28之方法，其中組合至少該等第一與第二信號包含交錯該等信號。

30. 如請求項28之方法，其中該增量係小於或等於該間距的一半。

31. 一種用於生產微電子元件的群集工具，其包含：

一沈積台，其係調適成將一薄膜層沈積於一半導體晶圓之表面上的一下部層之上，該下部層具有一已知的反射性質；以及

一檢查台，其包含：

一輻射源，其係調適成將X射線引導至該晶圓之表面；

一偵測器組件，其係配置成感測從該表面所反射的輻射，以便根據與該表面所成的仰角產生一反射信號；以及

一信號處理器，其係耦合以接收該反射信號，並藉由在該反射信號中識別由於該輻射從該下部層的反射而引起的一特徵並且根據該所識別的特徵以及該下部層之該已知反射性質而校準該反射信號來處理該反射信號，以及分析所校準的該反射信號以決定該沈積台所沈積之該薄膜層之一特性。

32. 一種用於生產微電子元件的裝置，其包含：

一生產室，其係調適成接收一半導體晶圓；

一沈積元件，其係調適成將一薄膜層沈積於該室內中該半導體晶圓之表面上的一下部層之上，該下部層具有一已知的反射性質；

一幅射源，其係調適成將X射線引導至該室內中該半導體晶圓之表面；

一偵測器組件，其係配置成感測從該表面所反射的輻射，以便根據與該表面所成的仰角產生一反射信號；以及

一信號處理器，其係耦合以接收該反射信號，並藉由在該反射信號中識別由於該輻射從該下部層的反射而引起的一特徵並且根據該所識別的特徵以及該下部層之該已知反射性質而校準該反射信號來處理該反射信號，以及分析所校準的該反射信號以決定該沈積元件所沈積之該薄膜層之一特性。

33. 一種用於生產微電子元件的群集工具，其包含：

一沈積台，其係調適成將一薄膜層沈積於一半導體晶圓之表面上；以及

一檢查台，其包含：

一幅射源，其係調適成將X射線引導至該晶圓之表面；

一偵測器組件，其包含：

一偵測器元件陣列，該等偵測器元件係沿一實質上垂直於該表面的一陣列軸配置，並且係相互分開一預定間距，並且係操作以接收從該表面反射的X射線，以及回應於所接收的該輻射而產生信號；以及

一移動元件，其係耦合以沿一平行於該陣列軸的方向在至少第一與第二位置之間偏移該偵測器元件陣列，該等位置係相互分開一增量，該增量非為該間距的整數倍；以及

一信號處理器，其係耦合以組合藉由該偵測器組件在至少該等第一與第二位置所產生的信號，以便根據與該表面所成的仰角來決定該薄膜層的X射線反射。

34. 一種用於生產微電子元件的裝置，其包含：

一生產室，其係調適成接收一半導體晶圓；

一沈積元件，其係調適成將一薄膜層沈積於該室內中該半導體晶圓之表面上；

一輻射源，其係調適成將X射線引導至該室內中該半導體晶圓之表面；

一偵測器組件，其包含：

一偵測器元件陣列，該等偵測器元件係沿一實質上垂直於該表面的一陣列軸配置，並且係相互分開一預定間距，並且係操作以接收從該表面反射的X射線，以及回應於所接收的該輻射而產生信號；以及

一移動元件，其係耦合以沿一平行於該陣列軸的方向在至少第一與第二位置之間偏移該偵測器元件陣列，該等位置係相互分開一增量，該增量非為該間距的整數倍；以及

一信號處理器，其係耦合以組合藉由該偵測器組件在至少該等第一與第二位置所產生的信號，以便根據與該

表面所成的仰角來決定薄膜層的X射線反射。

35. 一種用於檢查一樣品的方法，其包含：

將來自第一預定位置中之一輻射源的輻射引導至第二預定位置中的一輻射感測器；

感測來自該輻射源、直接入射於該輻射感測器上的該輻射，以根據仰角產生一第一直接信號，同時將一擋板放置成以一預定的切斷角度切斷該輻射；

感測來自該輻射源、直接入射於該輻射感測器上的該輻射，以根據仰角產生一第二直接信號，同時將該擋板放置成不以該預定的切斷角度切斷該輻射；

將一樣品引入該第一預定位置中之輻射源與該第二預定位置中之輻射感測器之間，以使該輻射可入射於該樣品的一表面上；

感測從該樣品之表面反射到該輻射感測器上的輻射，以根據仰角產生一第一反射信號，同時將該擋板放置成以該預定的切斷角度切斷該輻射；

感測從該樣品之表面反射到該輻射感測器上的輻射，以根據仰角產生一第二反射信號，同時將該擋板放置成不以該預定的切斷角度切斷該輻射；以及

將該第一直接信號與該第二直接信號之間的第一比率與該第一反射信號與該第二反射信號之間的第二比率進行比較，以便求出一切線與該表面所成的仰角。

36. 如請求項35之方法，其中該輻射包含X射線。

37. 如請求項35之方法，其中該輻射感測器包含一偵測器元

件陣列，該陣列具有一垂直於該樣品之表面之陣列軸。

38. 如請求項37之方法，其中感測該輻射以決定該等直接與反射信號包含：

沿一平行於該陣列軸的方向在至少第一與第二位置之間平移該陣列；

產生第一與第二信號，其係由該等偵測器元件在至少該等第一與第二位置所接收的該輻射所引起；以及

組合至少該等第一與第二信號以產生一加強的信號。

39. 如請求項35之方法，其包含分析該等第一與第二反射信號，以便決定該樣品之表面處一薄膜層性質。

40. 如請求項35之方法，其中將該第一比率與該第二比率進行比較包含求出一第一仰角，在該仰角下之第一比率具有一給定值；以及一第二仰角，在該仰角下之第二比率具有該給定值，以及將該切線與該表面所成之仰角決定為該等第一與第二仰角的一平均值。

41. 如請求項40之方法，其包含在該等第一與第二仰角之間作差，以便決定一最小仰角，低於該最小仰角時，該擋板切斷該輻射。

42. 一種用於檢查一樣品的裝置，其包含：

一第一預定位置的一輻射源，其係調適成產生輻射；

一擋板，其係可放置成以一預定的切斷角度切斷該輻射；

一移動級，其係配置成放置一樣品，使該輻射源所產生的輻射能夠入射於該樣品的一表面上；

一 第二預定位置的一輻射感測器，其係調適成感測該輻射，以便回應於入射於該輻射感測器上的該輻射而根據仰角產生信號，該等信號包含：

一 第一直接信號，其係回應於當將該擋板放置成以該預定的切斷角度切斷該輻射時，來自該輻射源、直接入射於該輻射感測器上的輻射；

一 第二直接信號，其係回應於當將該擋板放置成不以該預定的切斷角度切斷該輻射時，來自該輻射源、直接入射於該輻射感測器上的輻射；

一 第一反射信號，其係回應於當將該擋板放置成以該預定的切斷角度切斷該輻射時，從該樣品之表面反射到該輻射感測器上的輻射；以及

一 第二反射信號，其係回應於當將該擋板放置成不以該預定的切斷角度切斷該輻射時，從該樣品之表面反射到該輻射感測器上的輻射；以及

一 信號處理器，其係耦合以將該第一直接信號與該第二直接信號之間的第一比率與該第一反射信號與該第二反射信號之間的第二比率進行比較，以便求出一切線與該表面所成的仰角。

43. 如請求項42之裝置，其中該輻射包含X射線。

44. 如請求項42之裝置，其中該輻射感測器包含一偵測器元件陣列，該陣列具有一垂直於該樣品之表面之陣列軸。

45. 如請求項44之裝置，其中該輻射感測器包含一移動元件，其係調適成沿一平行於該陣列軸之方向在至少第一

與第二位置之間平移該陣列，以使該陣列產生至少第一與第二信號，其係由該等偵測器元件在該等第一與第二位置所接收的輻射所引起，以及

其中該信號處理器係調適成組合至少該等第一與第二信號，以產生一加強的信號。

46. 如請求項42之裝置，其中該信號處理器係調適成分析該等第一與第二反射信號，以便決定該樣品之表面處一薄膜層的一性質。

47. 如請求項42之裝置，其中該信號處理器係調適成找到一第一仰角，在該仰角下之第一比率具有一給定值，以及一第二仰角，在該仰角下之第二比率具有該給定值，以及藉由取該等第一與第二仰角的一平均值而決定該切線與該表面所成的仰角。

48. 如請求項47之裝置，其中該信號處理器係調適成在該等第一與第二仰角之間作差，以便決定一最小仰角，低於該最小仰角時，該擋板切斷該輻射。

十一、圖式：

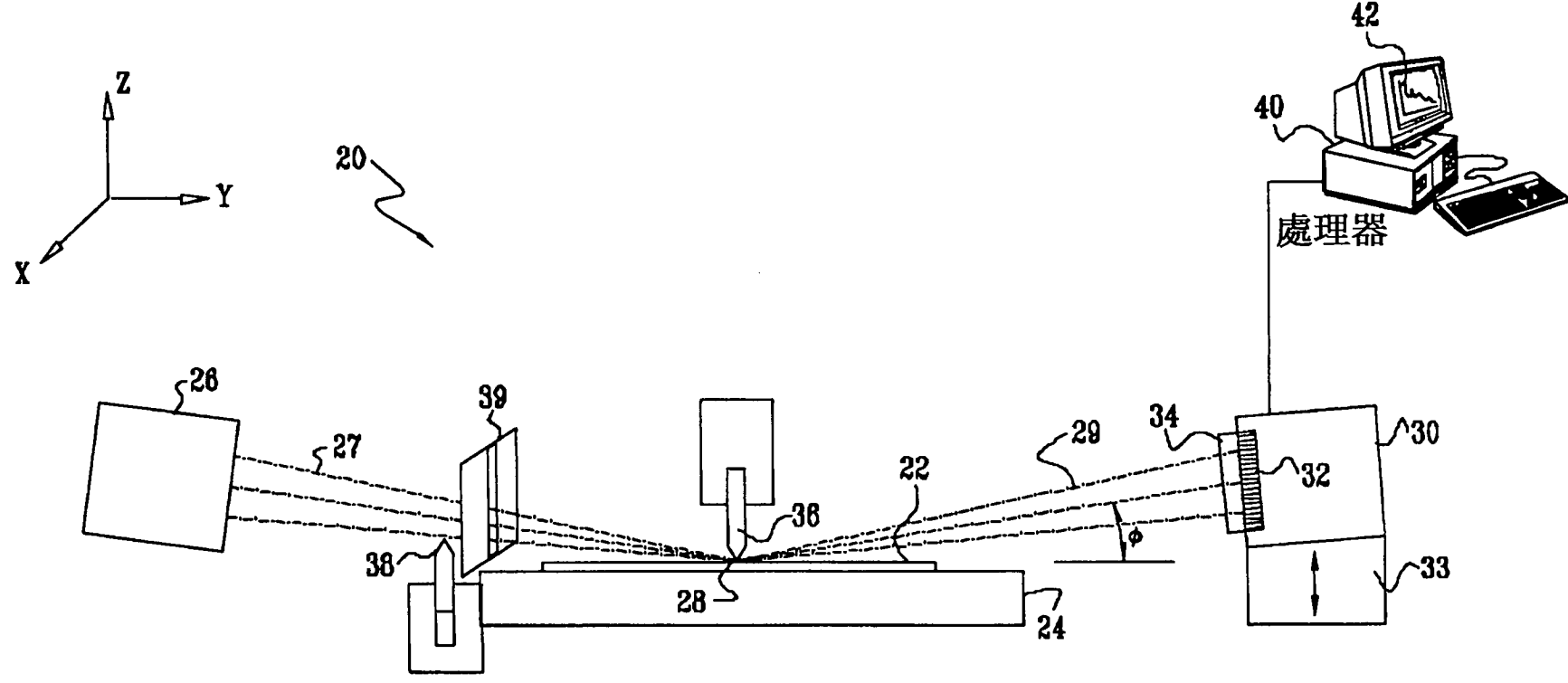


圖 1

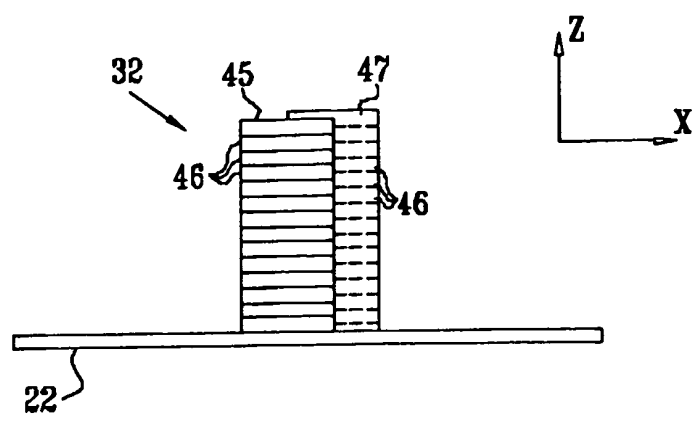


圖 2

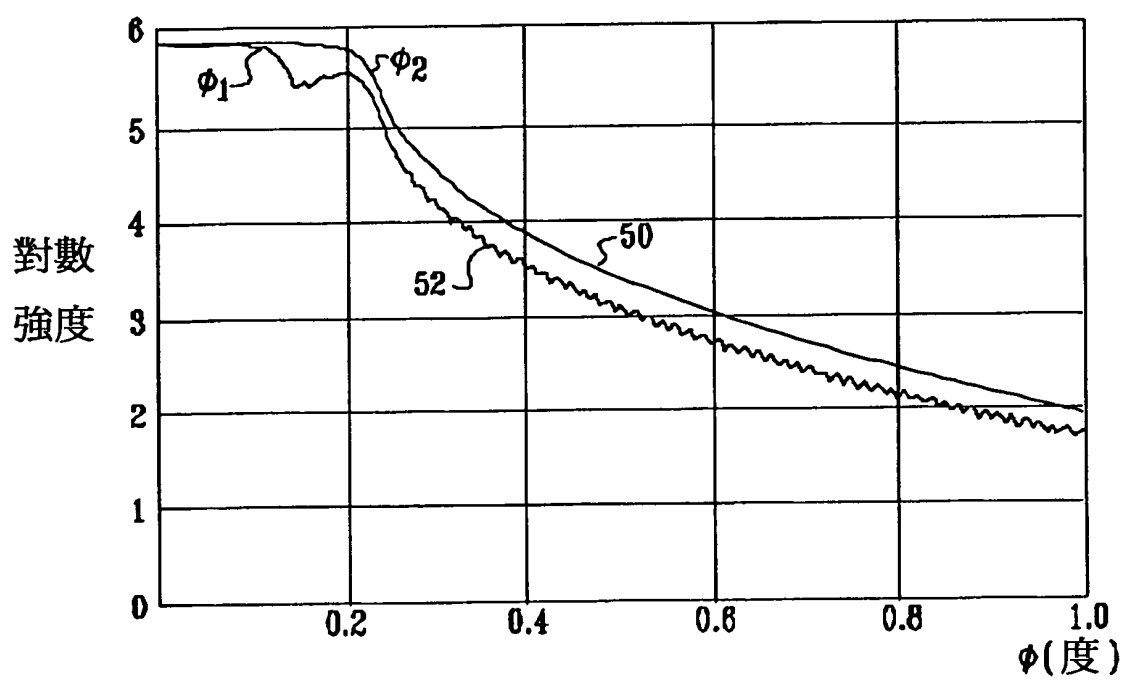


圖 3

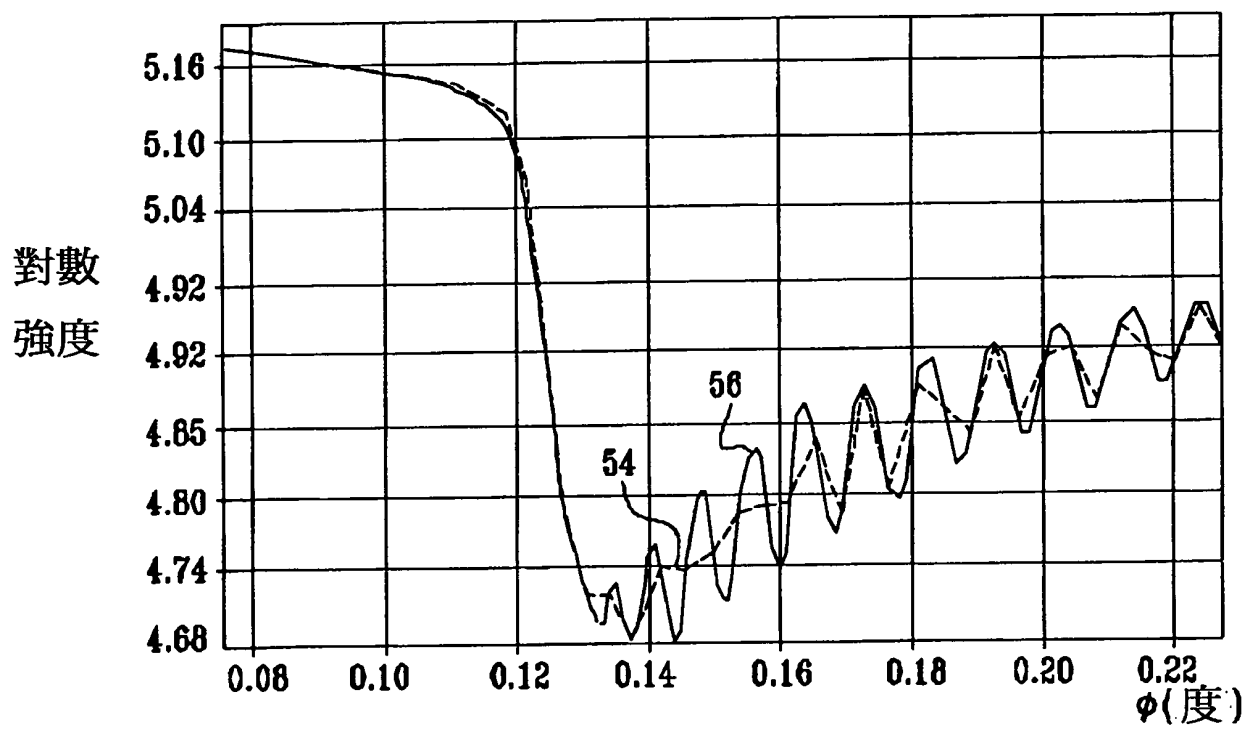


圖 4

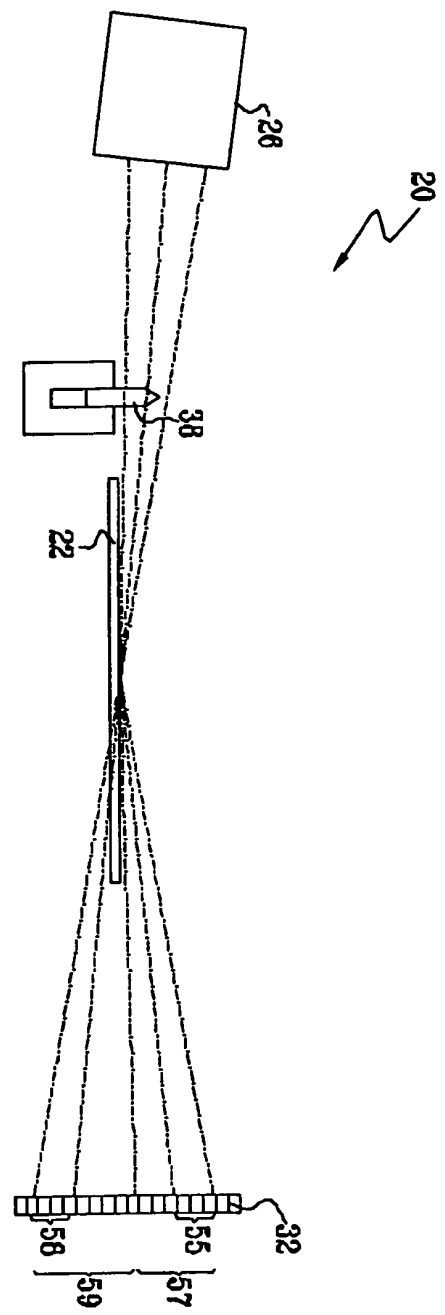


圖 5A

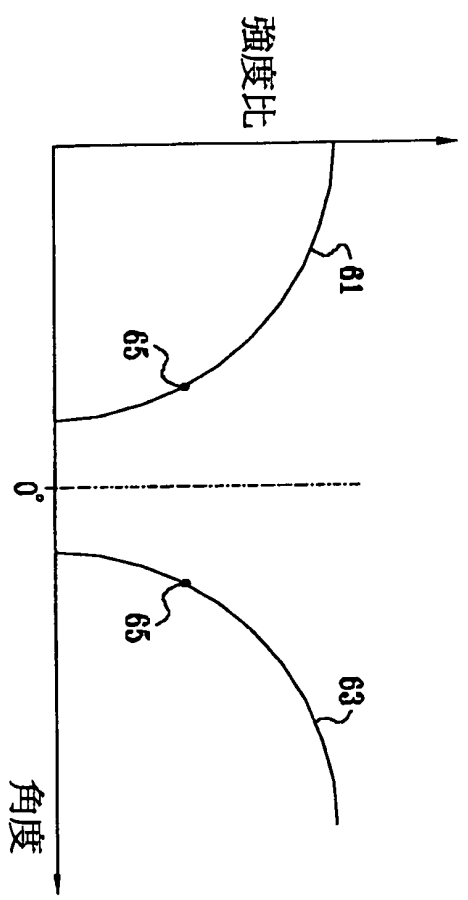


圖 5B

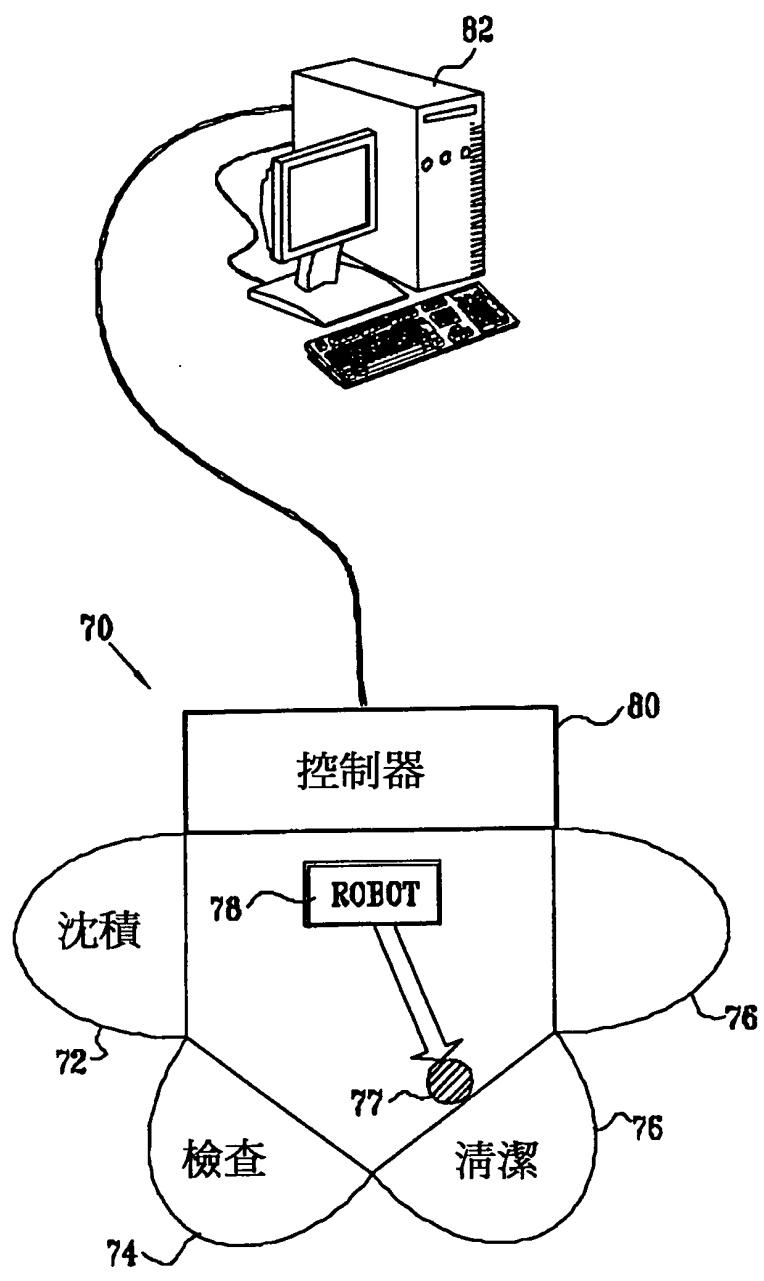


圖 6

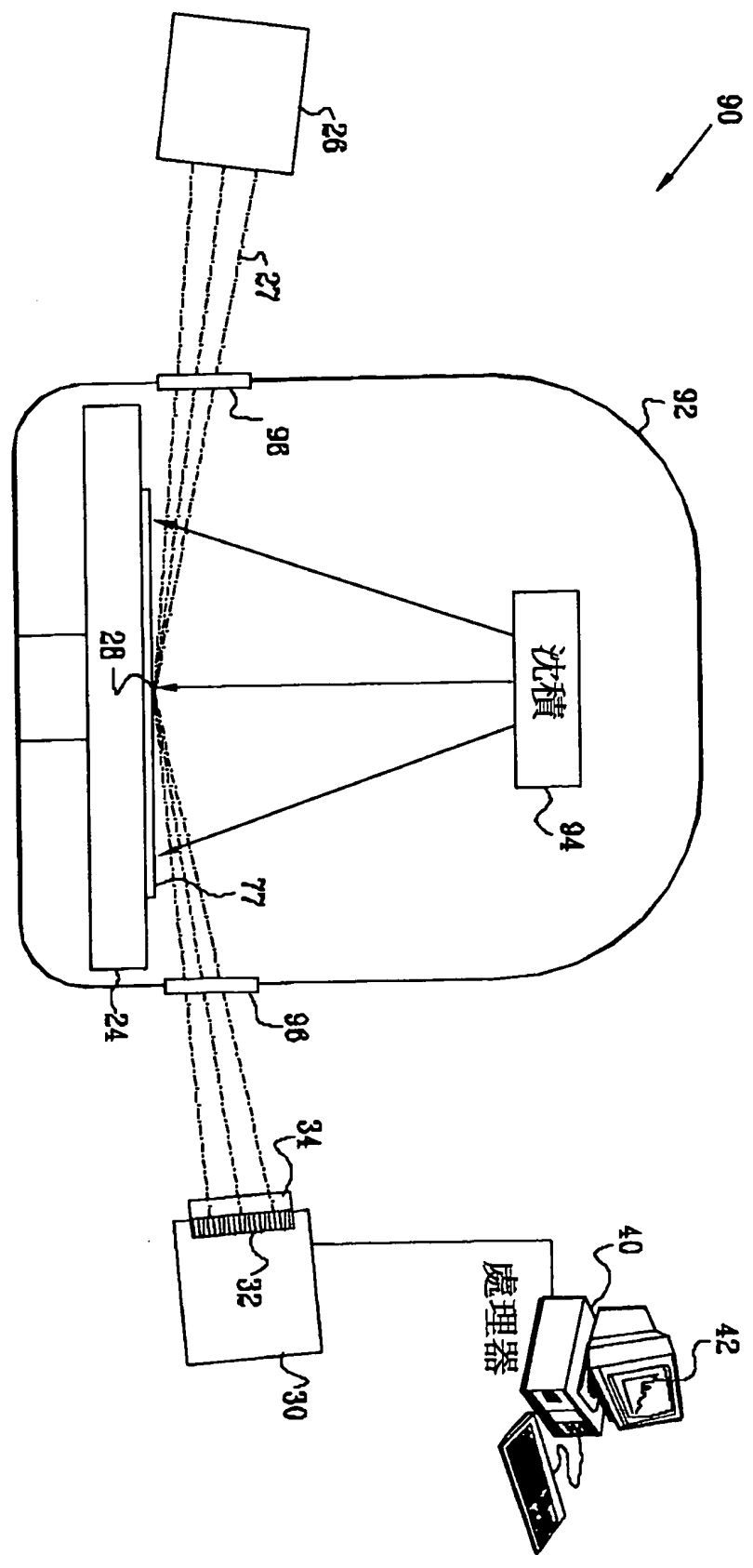


圖 7

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (1) 圖。

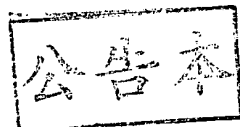
(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

20	系 統
22	樣 品
24	動 作 級
26	X射 線 源
27	會 聚 光 束
28	小 區 域
29	反 射 光 束
30	偵 測 器 組 件
32	偵 測 器 陣 列
33	平 移 元 件
34	窗 口
36	刀 口
38	擋 板
39	狹 縫
40	信 號 處 理 器
42	分 佈

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

100年3月7日修正替換頁



發明專利說明書

中文說明書替換頁(100年3月)

(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：093131885

※ 申請日期：93.10.20

※IPC 分類：G01N 23/20(2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用於檢查之方法及裝置，以及用於生產微電子元件之群集工具及裝置
METHOD AND APPARATUS FOR INSPECTION, AND CLUSTER
TOOL AND APPARATUS FOR PRODUCING MICROELECTRONIC
DEVICES

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

以色列商喬丹菲利應用放射有限公司

JORDAN VALLEY APPLIED RADIATION LTD.

代表人：(中文/英文)

阿摩司 格維茲曼

GVIRTZMAN, AMOS

住居所或營業所地址：(中文/英文)

以色列米道海媚市103郵政

P.O. BOX 103, MIGDAL HA'EMEK, ISRAEL

國 籍：(中文/英文)

以色列 ISRAEL

三、發明人：(共 2 人)

姓 名：(中文/英文)

1.大衛 伯曼

BERMAN, DAVID

2.艾利克斯 狄柯波特賽

DIKOPOLTSEV, ALEX

國 籍：(中文/英文)

1.2.均以以色列 ISRAEL