

公告本

申請日期	P. P. 28
案 號	P 0 1 2 1 1 P 6
類 別	GOIN 23/20

A4
C4

500921

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書
~~新 型~~

一、發明 名稱	中 文	使用X光測量臨界尺寸
	英 文	"MEASUREMENT OF CRITICAL DIMENSIONS USING X-RAYS"
二、發明 創作人	姓 名	1.伊沙克 馬瑟 ISAAC MAZOR 2.玻利斯 尤金 BORIS YOKHIN 3.亞莫斯 吉佛茲曼 AMOS GVIRTZMAN
	國 籍	1.2.3. 均以色列
三、申請人	住、居所	1.以色列哈法市哈格街29號 2.以色列那薩瑞伊利市甘諾街7/6號 3.以色列莫夏西伯利市
	姓 名 (名稱)	以色列商喬丹菲利應用放射有限公司 JORDAN VALLEY APPLIED RADIATION LTD.
	國 籍	以色列
	住、居所 (事務所)	以色列米道海媚市103郵政
	代 表 人 姓 名	伊沙克 馬瑟 ISAAC MAZOR

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

裝

訂

線

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
IPC分類：

A6
B6

本案已向：

國(地區)	申請專利，申請日期：	案號：	， <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無主張優先權
專利合作條約	2001年08月08日	PCT/IL01/00734	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無主張優先權
美國	2001年08月09日	09/635,212	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無主張優先權

有關微生物已寄存於： ， 寄存日期： ， 寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝
訂

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明(1)

發明領域

大致說來，本發明係涉及半導體製造和流程控制，特言之，係涉及測量半導體裝置特點的臨界尺寸。

發明背景

在半導體晶圓上生產微電子裝置時，讓裝置的臨界尺寸保持在特定容許誤差範圍內，是相當重要的事。在本說明書中，「臨界尺寸」是指沈積在晶圓以及鄰近特點間的間隔上的特點寬度，例如導體的特點寬度。偏離特定的尺寸會導致效能和良率的下降。因此，必須小心謹慎地監控該製造過程，一旦發生偏離就能偵測到並立即採取補救措施，避免製造過程中晶圓的鉅額損失。例如，晶圓上所沈積及蝕刻的光阻中的臨界尺寸被發現與規格不符時，可能要加以移除並重新塗覆。

本行業中有各種測量臨界尺寸的系統和方法。目前大部份微電子生產設備都使用光學測量法來監控臨界尺寸。但是，由於半導體裝置越做越密，設計規格已達到 $0.25\ \mu\text{m}$ 以下，傳統光學測量系統已無法提供正確的測量結果。因此出現另一種方法稱為電子束測量法，但電子束系統仍有效能上的限制。

測量臨界尺寸時所遇到的另一個問題是半導體晶圓上所產生的特點之高長寬比和不一致的寬度。例如，為了要產生通孔，一層光阻沈積在晶圓表面上。該光阻曝露在紫外線的照射下，變硬並蝕刻成若干渠溝，接著填入金屬。光阻的厚度通常是 0.7 至 $1.2\ \mu\text{m}$ ，而渠溝僅 0.1 至 $0.2\ \mu\text{m}$ 寬。(

五、發明說明(2)

這個寬度即是通孔的臨界尺寸。)由於蝕刻的關係，該溝壁很容易向內傾斜。因此，該渠溝的頂端較寬，底部較窄，底部並會觸及光阻之下的底層晶圓表面。渠溝底部寬度較小是很重要的。但是光學及電子束測量法都不適合測量這種尺寸，因為渠溝的長寬比較大。

通常會使用X光反射比和螢光測量法來判斷薄膜層的厚度和成份，包括在半導體晶圓上形成的特定金屬層。例如，Komiya等人所提出的美國專利案號5,740,226專利以及Koppel所提出的美國專利案號5,619,548專利，都說明以X光反射法為基礎的膜厚度測量法，一併附上作為參考。

另一使用X光測量薄膜厚度的方法由Hayashi等人提出，在標題為「在掠入射條件下接近表面傳播的折射X光」(Propagating near the Surface under Grazing Incidence Condition)、由Spectrochimica Acta出版的文件，其中B 54部份(1999)，227-230頁，此處也一併附上作為參考。該作者以掠射角度入射的X光，照射具有有機薄膜塗層的矽晶圓。他們測量沿著晶圓表面傳播的X光能量，並發現兩個波峰：一個對應到薄膜塗層和周圍空氣間上方分界的折射，另一個對應到塗層和晶圓基板間分界的折射。這些波峰的能量對應到相對分界的臨界能量。低於臨界能量時，X光會全部自分界面反射，而高於臨界能量時，X光會穿透分界面並發生折射。任何已知分界面的臨界能量係由X光入射角度與分界面所隔離物質的折射率來決定。

上述的X光測量法，與其他已知的X光方法，僅限於測

五、發明說明(3)

量厚度或深度，也就是與晶圓基板平面垂直的尺寸深度或厚度。本行業中已知的X光技術，一般說明沒有足夠的空間解析度來測量特點寬度的臨界尺寸，也就是與基板平面平行的特點尺寸。

發明概要

本發明某些觀點的目標，是要提供測量微電子裝置臨界尺寸的改良方法和裝置，特別是在晶圓製造階段中使用。

本發明某些觀點的另一目標，是要提供能夠測量在半導體晶圓或其他基板上具有較高的高度對寬度的長寬比之微小特點尺寸的方法和裝置。

在本發明的較佳具體實施例中，藉由偵測到從基板表面上的特點散射出來的X光，以判斷該特點的尺寸，並特別測量出這類特點的寬度。通常該基板包括一半導體晶圓，其上形成一測試圖樣，是專為測量製造晶圓上微電子裝置功能特點的臨界尺寸。最好該測試圖樣包括一柵狀結構，由固定的隆起所組成，屬性(例如高度、寬度和間隔)類似有問題的功能特點。當X光束照射該圖樣時，最後散射的輻射具有空間調變，其為臨界尺寸的特徵。偵測系統感應並分析散射輻射的調變，以決定臨界尺寸。

在本發明的某些較佳具體實施例中，偵測系統接收到的散射輻射包括反射輻射。較好是使該照射束變得完全平行，並以掠射角度入射至該表面，該角度接近平行該基板表面。最好該照射束投射在該表面的方向，與該圖樣的隆起平行。因此，作為測試圖樣「影子」的空間調變，就施加在

五、發明說明(4)

反射的輻射上。圖樣的臨界尺寸是由調變的特徵來決定。

在一較佳具體實施例中，使用使該照射束變得平行的準直儀，該儀器本身包括一光柵，該光柵由基板上形成的隆起圖樣所組成。較好是，該準直儀上的隆起包括金屬隆起，在測試時具有一週期實際上等於該基板上測試圖樣的週期。以掠射角度自準直儀反射的X光束，使該光束平行並將固定的隆起圖樣施加在它之上。當平行光束入射至測試基板時，準直儀所施加的圖樣和測試圖樣之間形成一干擾圖樣。該偵測系統感應到該干擾圖樣，以便判斷測試圖樣的臨界尺寸。最好是該測試基板相對於準直儀加以轉譯(或反之亦然)，導致干擾圖樣改變。偵測系統感應到這個變化，即會加以分析以決定臨界尺寸。

在本發明的另一較佳具體實施例中，該偵測系統捕捉到散射輻射的一部份，該部份以約與平面平行的角度自該基板表面折射。該偵測系統分析它所捕捉到的X光光子能量，並判斷表面上整個外在反射的臨界能量，此方法類似前述由Hayashi等人所提出的方法。在能量頻譜中偵測到兩個不同的波峰：一用於測試圖樣隆起和基板間的分界，另一個則用於基板和周圍空氣間的分界，在隆起間的空間中。該偵測系統分析這兩個波峰，以判斷相對於介於中間空間，該隆起的平均寬度。

雖然此處所述之較佳具體實施例是關於測量在半導體晶圓上的特點的臨界尺寸，但本發明原則同樣適用測量在其他類型基板上形成的微小特點尺寸。甚至，雖然這些較佳

五、發明說明(5)

具體實施例是關於特定類型的測試圖樣和測量模式，但使用X光測量臨界寬度尺寸的其他方法對閱讀本描述的本行業專家也是輕而易舉的。所有這類方法，均視為包含在本發明的範疇內。

因此，根據本發明的較佳具體實施例，提供一種測量臨界尺寸的方法，包括：

使用X光束照射一基板表面；

偵測到由於在該表面形成的特點，而自該表面散射的X光圖樣；以及

分析該圖樣，以測量與該平面方向平行的特點尺寸。

較好的是，照射該表面的步驟包括使照射該表面的X光束平行。

更好的是，在該表面形成的特點包括有一週期性結構在該基板上，該基板具有一預先決定的週期，且使X光束平行的步驟包括在該光束上施加一空間調變，並且偵測圖樣的步驟包括觀測到由於空間調變與週期性結構的互動所產生的干擾圖樣。最好的是，施加空間調變的步驟包括利用實際上等於該結構預定週期的空間週期來調變光束。此外或另外，該基板上的週期性結構包括一第一柵狀結構，並施加該空間調變的步驟包括反射來自一第二柵狀結構的光束，其中分析該圖樣包括當第一或第二柵狀結構相對於另一結構加以轉譯時觀測到干擾圖樣的變更。

此外或另外，該特點包括一週期性結構，且其中偵測該圖樣包括偵測由於該固定週期偵測到該反射X光的調變。

五、發明說明(6)

較好是說，該週期性結構包括一光柵，該光柵由方向與光柵軸平行的複數個隆起所組成，以及照射該表面包括引導該X光束朝向該表面，以致表面上光束的投射實際上平行該光柵軸。另一此外或另外，該週期性結構包括一光柵，由方向與該光柵軸平行的複數個隆起所組成，以及照射該表面包括引導該X光束朝向該表面，以致表面上光束的投射實際上與該光柵軸垂直。

又一此外或另外，該週期性結構包括在該基板上形成一薄膜層，並蝕刻以形成週期性結構。較好的是，該薄膜層受到蝕刻以形成隆起，同時曝露出隆起間基板表面的區域，以及偵測到該圖樣包括指示曝露區寬度的散射X光的變化。

較好是說，偵測該X光的圖樣包括偵測與來自表面區域的整個外在反射有關的散射X光之變化。更好是說，該基板包括具有一第一折射率的一第一材質，且其中該特點包括一第二材質，具有一第二折射率與該第一折射率相異，以及偵測到變化的步驟包括找出入射至該第一和第二材質間的分界上的X光，與入射至實際上其上並無該第二材質的表面區域內的第一材質上的X光之整體外在反射間的差異。最好是說，照射該表面的步驟包括照射在接近該第一材質的臨界角度的表面上，以致該X光束從實際上其上並無第二材質的該表面區域反射，但實際上並沒有從該第一和第二材質間的分界反射。最好的是，找出差異的步驟包括偵測到由於整體外在反射來自該表面所反射的X光空間

五、發明說明(7)

調變。

此外或另外，找出差異的步驟包括偵測到來自第一和第二材質間的分界與來自實際上其上並無第二材質的表面積之整體外在反射的臨界能量間的差異。較好是，偵測差異的步驟包括偵測與表面平行所折射的X光，以及分析圖樣的步驟包括分析偵測到的X光，以找出臨界能量。

又此外或另外，偵測X光圖樣的步驟包括偵測表面X光折射的變化量。

較好是，該基板包括半導體晶圓，以及在表面上形成的特點包括沈積在該表面上的光阻。

根據本發明的較佳具體實施例，另提供一種測量臨界尺寸的裝置，包括：

一X光源，配置為利用X光束照射一基板表面；

一偵測器，可用來由於表面上形成的特點偵測從該表面散射的X光圖樣，並產生回應該圖樣的信號；以及

一處理器，耦合以接收和分析該信號，以測量與該表面平行的特點尺寸。

較好是，該X光源包括一準直儀，可用來使照射表面的X光束平行。

在一較佳具體實施例中，該裝置包括一轉譯裝置，用來轉移彼此相關的第一和第二光柵其中之一，其中該處理器用來分析第一和第二光柵轉移時干擾圖樣的變化。

根據本發明的較佳具體實施例，另提供一準直儀，包括：

一基板；以及

五、發明說明(8)

一在該基板上形成的柵狀結構，該結構包括複數個平行隆起(ridge)平行對齊該光柵軸，以便使X光束以掠射角度平行入射至該基板。

較好是，該基板包括一第一材質，可反射以掠射角度入射的X光，且其中該隆起包括一第二材質，可吸收該X光。最好是，該第一材質包括一半導體材質，該第二材質包括一金屬。

從以下較佳具體實施例的詳細說明以及相關附圖，將可更加瞭解本發明：

圖式簡單說明

圖1為一半導體晶圓的俯視簡圖，以及根據本發明較佳具體實施例的晶圓測試圖樣的細部圖；

圖2為從圖1線段II-II所取得的測試圖樣剖面圖；

圖3為根據本發明較佳具體實施例以簡圖說明利用X光測量臨界尺寸的裝置；

圖4為圖3裝置的細部圖，特別顯示晶圓上的測試圖樣，以及根據本發明較佳具體實施例的裝置中所使用的偵測器陣列；

圖5為圖3裝置的細部俯視簡圖，顯示晶圓上的測試圖樣，以及根據本發明另一較佳具體實施例的裝置中所使用的偵測裝置；

圖6為根據本發明較佳具體實施例，圖3系統中所使用的準直儀之俯視簡圖；

圖7為從線段VII-VII所取得的圖6準直儀之剖面圖；

五、發明說明(9)

圖8為顯示測試圖樣細部以及根據本發明另一較佳具體實施例用來測量臨界尺寸的偵測器之側視簡圖；以及

圖9為圖8偵測器接收到的X光能量頻譜的簡圖。

較佳具體實施例之詳細說明

現在請參見圖1和2，該圖簡略繪出一半導體晶圓20以及根據本發明較佳具體實施例在其上形成的測試圖樣22的細部結構。圖1為晶圓的俯視圖，以及放大後的測試圖樣。圖2為沿著圖1線段II-II所取得的放大測試圖樣。圖1顯示一組笛卡兒座標軸以供稍後參考，其中晶圓被視為位於X-Y平面上。雖然後述之較佳具體實施例僅針對晶圓20，但本發明的原則同樣也適用其他圖樣物件。

測試圖樣22較好包括平行隆起26的光柵。以下為方便說明，將假設該隆起與X軸方向對齊。該測試圖樣較好在晶圓20上鄰近晶粒間的劃線24上形成，以使得晶圓上可用空間的損失最小化。通常，隆起26的形成過程，與圖樣22將測試的功能電路特點的過程相同，包括材質沈積、光刻法和蝕刻。在圖1和2的範例中，隆起26包括光阻，該劑沈積在晶圓表面上。掩蔽並蝕刻該光阻，以形成隆起間的間隔30，就像該劑在晶圓的剩餘部份，作為在晶圓上產生電路特點的步驟。在間隔30內，底部的基板層28曝露出來。層28通常包括一氧化物或金屬層，或可包括矽晶圓基板本身。

測試圖樣22設計成具有與晶圓20上功能電路特點相同的臨界尺寸，特別是隆起26的寬度和隆起間的間隔30。在現代裝置中，隆起26的高度h通常是間隔30寬度的五到六倍

五、發明說明(10)

。由於這種高長寬比和用來建立間隔30的化學蝕刻處理過程的特性，間隔寬度通常不一致。更確切地說，該寬度容易在隆起26上表面處有較大的尺寸 W_1 ，而在間隔底部有較小的尺寸 W_2 。尺寸 W_2 可能是最臨界的尺寸而且不論是使用光學儀器或電子束技術也很難測得。以下將集中說明測量 W_2 的方法。

圖3為根據本發明較佳具體實施例，以簡圖說明利用系統35測量晶圓20上的臨界尺寸。X光源40發出X光束36，該光束利用光學儀器42使平行散射並導引至晶圓20上的測試圖樣22。X光源24較好包括一X光管，例如加州Scotts Valley的「牛津儀器公司」所生產的XTF 5011管。或是使用任何本行業常見的合適方法和裝置，使光學儀器42可以聚焦、過濾及/或使該輻射光單色化，均取決於X光源的特性或測量的需要。因此，雖然如圖3所示的光學儀器42為單一裝置，但它可選擇性地包括兩個或兩個以上不同的元件，以用以聚焦、過濾及/或使該輻射光單色化。但應注意，聚焦是可選擇的，而本具體實施例中最重要的條件是該光束必須被平行化。就聚焦而言，該光學儀器較好包括一單片多毛細管透鏡，例如紐約艾爾巴尼市的「X-Ray Optical Systems公司」所生產的透鏡，該鏡收集X光並將它聚焦在圖樣22上的一點上。另外，光學儀器42包括一單毛細管光學儀器及/或X光平行針孔，或本行業中任何其他適合的平行化方法。又另外，該光學儀器包括一彎曲的單色器，如上述美國專利5,619,548中所述。

五、發明說明 (11)

圖樣 22 散射出來的輻射光由 X 光偵測器 44 所收集。較好是，偵測器 44 包括一排偵測元件的 X 光，例如 CCD 陣列。另外，在本例中還可使用其他類型的 X 光偵測器，以下將進一步說明。陣列偵測器能夠接收和測量以廣角散射的輻射光，且實際上不需要移動到偵測器。該散射的輻射光顯示一調變圖樣，為該隆起 26 和間隔 30 的臨界尺寸之特徵。偵測器 44 輸出一信號，回應 X 光子入射至該偵測器的流動 (flux)。該信號由一處理器 46 接收並進行分析，較好是配備有合適的信號處理軟硬體的一般電腦。該處理器較好分析散射輻射光的調變圖樣，並輸出圖樣 22 經選擇的臨界尺寸之測量結果，最好是還將該圖樣的平面圖輸出至一輸出裝置，如顯示器 48。

圖 4 為圖樣 22 和偵測器 44 的俯視簡圖，說明本發明的一較佳具體實施例。X 光束 36 較好是聚焦瞄準一小點 50，如圖所示，最好光束直徑類似隆起 36 的間隔大小，也就是小於 $1\ \mu\text{m}$ 。另外，如果光束調整地相當筆直，也可使用較寬的光束。較好是，該光束所散射的角度小於隆起 26 的角寬度。(針對此目的所使用的寬光束範例，請參見圖 6 和 7 的說明)。該光束以掠射角度觸及晶圓 20，在圖樣 22 上產生極細長的光束「腳印」，如圖所示。

現在回到圖 2，可看到 X 光束 36 入射至基板 28 表面，該表面在間隔 30 和隆起 26 之內。通常光束會擴散至至少一間隔和一隆起之上。假設隆起由有機光阻所組成，他們對於 X 光而言實際上較間隔 30 中的周圍空氣有較小的折射率。基

五、發明說明 (12)

板28的折射率仍較光阻要小。因此隆起26內來自基板表面的X光整體外在反射的臨界角度，實際上比間隔30中要小。

約8千電子伏特的X光束能量的臨界角度代表值，在空氣/基板分界時為3.9毫拉德，在隆起/基板分界時為3.1毫拉德。(這些數據係假設基板包括矽的條件下，折射率 $n_{\text{sub}} = 1 - 7.6 \times 10^{-6}$ ，且有機光阻典型的折射率為 $n_1 = 1 - 4.6 \times 10^{-6}$)。光束36較好是以相對於表面約3.4毫拉德的角度加以導引。因此該光束會從間隔30內的基板28反射回來，但在觸及隆起26內的基板後，會傳播至該基板內。因為低能量的光子在間隔30和隆起26內整體反射，光束36較好進行高通過濾，以避免低能量光子無法到達偵測器44並降低測量結果的對照效果。在本例中可使用金屬箔過濾器。但也可使用其他X光能量和角度，此係取決於圖樣22和基板28內所採用的材質種類。

由於臨界角度的差異，反射自圖樣22的光束外觀利用圖樣的「影子」影像加以空間調變。影子圖樣的週期約等於隆起26的間距，而圖樣中的波峰寬度約等於間隔30的寬度尺寸 W_2 。這種感測晶圓表面臨界尺寸的能力，只有利用本發明方法所生產的X光才有，相對於光學和電子束方法，後者僅能測量間隔30上端的尺寸 W_1 。

本具體實施例中的偵測器44包括一排感測元件52，例如CCD陣列。由於目前偵測器技術的限制，元件52通常約有 $1 \mu\text{m}$ 的斜度，因此偵測器44較好相對於隆起26的長軸，傾斜約50毫拉德，提供沿著Y軸約50 nm的有效斜度。因此，該偵

五、發明說明 (13)

測器能夠感測反射X光的調變，並將產生的信號傳送至處理器46以供分析。

圖5為圖樣22和偵測器44的俯視簡圖，說明本發明的另一較佳具體實施例。除了偵測器的組態不相同之外，本具體實施例實際上類似圖4的具體實施例。在圖5的具體實施例中，偵測器44包括感測元件58的X光，該元件由狹縫56所遮蔽。該狹縫可視需要縮小，以提供所需的空間解析度。不論狹縫或整個偵測器都以Y軸方向進行掃描，以涵蓋反射X光的整個調變圖樣。可選擇性地使用多個這類偵測器，以便更快速地涵蓋該圖樣。

圖6和7簡略地繪出特殊用途的準直儀66，根據本發明較佳具體實施例，用以取代光學儀器42(圖3)。圖6為準直儀的俯視圖，而圖7為沿著圖6線段VII-VII所看到的放大剖面圖。該準直儀包括一隆起62的光柵，在基板60上形成。該隆起包括一X光吸收材質，例如銅，該材質的高度約一至若干 μm ，以及一斜度(中心對中心間距)等於圖樣22中隆起26的斜度。來自光源40的X光以掠射角入射至準直儀66上。由於X光與隆起62的互動，光束36以高度平行化方式從準直儀反射回來，並具有一振幅圖樣，該圖樣以相等於隆起斜度的週期加以空間調變。

當來自準直儀66的光束36入射至圖樣22時，現有光束的空間調變與晶圓上圖樣另行施加的調變之間在相同空間週期內出現干擾。準直儀66較好固定在掃描表64上，以Y軸方向掃描準直儀，以改變相對於圖樣22，平行光束空間調

五、發明說明 (14)

變的相位。另外或此外，晶圓 20 固定在掃描器 38(圖 3) 之上。當準直儀和圖樣相對於另一方加以轉譯時，偵測器 44 測量從圖樣 22 所反射的 X 光振幅之變動。準直儀 66 上的光柵與圖樣 22 的隆起通常必須小心地維護。反射振幅中波峰的形狀和高度代表間隔 30 的臨界尺寸 W_2 。通常為達到此目的，只需單一偵測器元件即可，不需要像圖 4 中的陣列。

圖 8 為系統 35 中圖樣 22 的側視簡圖，說明本發明的另一較佳具體實施例。本具體實施例利用上述 Hayashi 等人所提出文件之原則，測量臨界尺寸的平均值，其中 X 光以已知角度入射至基板 28 表面上，因此產生 X 光的臨界能量，以此能量將該光束折射為與該表面平行。假設隆起 26 材質的折射率為 n_1 ，間隔 30 內空氣的折射率為 n_2 ($n_1 > n_2$)，隆起 26 內基板表面部份的臨界能量 E_1 將與間隔 30 內的臨界能量 E_2 不同，其中 $E_1 > E_2$ 。根據文件中所述的結果，折射率為 0.04° 時， $E_1 \approx 16.5$ 千電子伏特且 $E_2 \approx 14.5$ 千電子伏特。因此具有能量 E_1 的光子 70，當入射至隆起 26 內的基板 28 上時，會形成與基板表面平行的折射，但是當入射至間隔 30 內時，則會傳送至基板內。另一方面，具有能量 E_2 的光子 72，當入射至間隔 30 內的基板 28 上時，會形成與基板表面平行的折射，但當入射至隆起 26 內時，則會從表面反射回來。

本具體實施例中的偵測器 44 位於晶圓 20 平面上，因此會沿著晶圓表面捕捉折射的光子。圖 8 中，為說明清楚起見，光子 70 和 72 的入射方向大致上與隆起 26 的方向垂直。但事實上，光子較好導引為大致上與隆起平行，如圖 4 和 5 所

五、發明說明 (15)

示。偵測器44較好包括一矽二極體或一高感度矽鋰偵測器，該偵測器為X光分析業界所熟知。對於每一入射光子，偵測器產生一脈衝，該脈衝與光子能量振幅成比例。處理器46分析脈衝振幅，以產生入射至偵測器44輻射的能量頻譜。

圖9為圖8組態下，由處理器46所產生的典型頻譜之簡圖80。該圖顯示波峰82和84，分別位於臨界能量 E_1 和 E_2 。波峰的振幅， I_1 和 I_2 ，代表在各能量時所入射的X光子數量。兩振幅比，大致上與隆起26寬度以及以其為基準的間隔30底部寬度 W_2 間之平均比成比例。 I_1 / I_2 間的比值太大表示間隔太窄。

雖然上述的較佳具體實施例主要是用來測量臨界尺寸(也就是X-Y平面上的測量)，但這些寬度測量技術可以直接適用的方式與使用X光的技術結合，以測量特點的深度或厚度(Z軸方向上)。測量薄膜層和半導體裝置特點的厚度和成份的測量方法描述於美國專例申請案號09/408,894和09/409,046中。這些申請案均指派給本專利申請案的受讓人，其所附文件一併附上作為參考。另外或此外，如發明背景中所描述或本行業內常見的X光測量法，都可與本發明方法和裝置結合使用。

雖然與測量半導體晶圓20上特點的臨界尺寸特別是蝕刻晶圓上光阻內的特點相關的較佳具體實施例，如上所述，但本發明原則同樣適用測量半導體裝置製造中其他階段的特点，以及測量其他類型基板上形成的微小特點的尺寸。

五、發明說明 (16)

甚至，雖然所描述的這些具體實施例與示範的測試圖樣 22 和測量的某些較佳模式有關，但使用 X 光測量臨界尺寸的其他圖樣和模式對本行業專家而言將是顯而易見的。因此將讚賞上述以範例說明的較佳具體實施例，且本發明不限於上述所展示及描述的內容。更確切地說，本發明範疇包括上述各種特點的集合和子集，以及本行業專家藉由讀取上述說明所作的變化和修改，且未揭示於先前技藝之中。

四、中文發明摘要（發明之名稱： 使用X光測量臨界尺寸)

一種測量臨界尺寸的方法，包括使用X光束(36)照射一基板(20)表面，偵測由於該表面上所形成的特點而從該表面散射的X光圖樣，且經過分析，以測量與該表面平行方向上的特點之尺寸。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

英文發明摘要（發明之名稱：“MEASUREMENT OF CRITICAL DIMENSIONS USING X-RAYS”）

A method for measurement of critical dimensions includes irradiating a surface of a substrate (20) with a beam (36) of X-rays. A pattern of the X-rays scattered from the surface due to features formed on the surface is detected and analyzed to measure a dimension of the features in a direction parallel to the surface.

六、申請專利範圍

1. 一種測量臨界尺寸之方法，包括：
 以 X 光束照射一基板表面；
 偵測由於在該表面上形成的特點從該表面散射的 X 光圖樣；以及
 分析該圖樣以測量與該表面平行方向上的特點之尺寸。
2. 如申請專利範圍第 1 項之方法，其中照射該表面包括使照射該表面的 X 光束平行。
3. 如申請專利範圍第 2 項之方法，其中表面上形成的特點包括一週期性結構，位於該具有預先決定週期的基板上，以及
 其中使該 X 光束平行包括在該光束上施加一空間調變，以及
 其中偵測該圖樣包括觀察由於空間調變與週期性結構的互動所產生的一干擾圖樣。
4. 如申請專利範圍第 3 項之方法，其中施加該空間調變包括利用實際上等於該結構的預先決定週期的一空間週期，來調變光束。
5. 如申請專利範圍第 3 項之方法，其中該基板上的週期性結構包括一第一光柵結構，且其中施加該空間調變包括從一第二光柵結構反射該光束。
6. 如申請專利範圍第 5 項之方法，其中分析該圖樣包括當第一和第二光柵結構其中之一相對於彼此進行轉譯時，觀察該干擾圖樣中的變化。

六、申請專利範圍

7. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該特點包括一週期性結構，且其中偵測該圖樣包括偵測由於該週期性結構所反射的X光的調變。
8. 如申請專利範圍第7項之方法，其中該週期性結構包括一光柵，由與一光柵軸平行的複數個隆起所組成，以及其中照射該表面包括引導該X光束朝向該表面，以致投射在該表面上的光束實際上與該光柵軸平行。
9. 如申請專利範圍第7項之方法，其中該週期性結構包括一光柵，由與一光柵軸平行的複數個隆起所組成，以及其中照射該表面包括引導該X光束朝向該表面，以致投射在該表面上的光束實際上與該光柵軸垂直。
10. 如申請專利範圍第7項之方法，其中該週期性結構包括一形成在該基板上之薄膜層，並加以蝕刻以形成該週期性結構。
11. 如申請專利範圍第10項之方法，其中該薄膜層，在曝露該隆起之間的基板表面區域時，受到蝕刻形成隆起，以及
其中偵測該圖樣包括偵測在散射X光中、代表該曝露區寬度的變化。
12. 如申請專利範圍第1至第11項中任一項之方法，其中偵測該X光圖樣包括偵測該散射X光中與來自表面區整體外在反射有關的變化。
13. 如申請專利範圍第12項之方法，其中該基板包括一第一

六、申請專利範圍

材質，具有一第一折射率，且其中該特點包括一第二材質，具有一與該第一折射率不同的一第二折射率，以及其中偵測該變化包括找出入射至該第一和第二材質間分界上的X光，與入射至實際上其上並無該第二材質的表面區域內第一材質上的X光之整體外在反射間的差異。

14. 如申請專利範圍第13項之方法，其中照射該表面包括照射接近該第一材質的臨界角度之表面，以致X光束從實際上其上並無該第二材質的表面區域反射回來，而實際上不是從該第一和第二材質間的分界反射回來。
15. 如申請專利範圍第14項之方法，其中找出該差異包括偵測由於該整體外在反射從該表面所反射回來的X光空間調變。
16. 如申請專利範圍第13項之方法，其中找出該差異包括偵測來自該第一和第二材質間的分界，以及來自實際上其上並無該第二材質的表面區域的整體外在反射的臨界能量之間的區別。
17. 如申請專利範圍第16項之方法，其中偵測該區別包括偵測折射為與表面平行的X光，以及其中分析該圖樣包括分析該偵測到的X光以找出該臨界能量。
18. 如申請專利範圍第1至第11項中任一項之方法，其中偵測該X光圖樣包括偵測表面上X光折射中的變化。
19. 如申請專利範圍第1至第11項中任一項之方法，其中該

六、申請專利範圍

基板包括一半導體晶圓。

20. 如申請專利範圍第19項之方法，其中在表面上形成的特點包括沈積在該表面上的光阻。

21. 一種測量臨界尺寸之裝置，包括：

一X光源，配置為以一X光束照射一基板表面；

一偵測器，可用來偵測由於在該表面上形成的特點從該表面散射的X光圖樣，並產生回應該圖樣的信號；以及

一處理器，耦合以接收並分析該信號，以便測量與該表面平行方向上的特點之尺寸。

22. 如申請專利範圍第21項之裝置，其中該X光源包括一準直儀，可用來使照射該表面的X光束平行。

23. 如申請專利範圍第22項之裝置，其中在該表面上形成的特點包括一週期性結構，位於該基板上，具有一預先決定的週期，以及

其中該準直儀另可用來施加一空間調變在該光束上，以及該圖樣包括一干擾圖樣，由於該空間調變和週期性結構的互動所產生。

24. 如申請專利範圍第23項之裝置，其中該空間調變具有一空間週期，實際上等於該結構的預先決定週期。

25. 如申請專利範圍第23項之裝置，其中在該基板上的週期性結構包括一第一光柵結構，且其中該準直儀包括一第二光柵結構。

26. 如申請專利範圍第25項之裝置，並包括一轉譯裝置，可

六、申請專利範圍

用來轉移彼此相關的第一和第二光柵其中之一，其中該處理器在轉移該第一和第二光柵其中之一時，可用來分析干擾圖樣中的變動。

27. 如申請專利範圍第21項之裝置，其中該特點包括一週期性結構，且其中該圖樣包括一由於該週期性結構所反射的X光的調變。
28. 如申請專利範圍第27項之裝置，其中該週期性結構包括一光柵，由與一光柵軸平行的複數個隆起所組成，以及其中該X光源配置成照射該表面，以致投射在該表面上的光束實際上與該光柵軸平行。
29. 如申請專利範圍第27項之裝置，其中該週期性結構包括一光柵，由與一光柵軸平行的複數個隆起所組成，以及其中該X光源配置成照射該表面，以致投射在該表面上的光束實際上與該光柵軸垂直。
30. 如申請專利範圍第27項之裝置，其中該週期性結構包括一形成在該基板上之薄膜層，並加以蝕刻以形成該週期性結構。
31. 如申請專利範圍第30項之裝置，其中該薄膜層，在曝露該隆起之間的基板表面區域時，受到蝕刻形成隆起，以及其中該圖樣包括在散射X光中，代表曝露區寬度的變化。
32. 如申請專利範圍第21至第31項中任一項之裝置，其中該X光圖樣包括在散射X光中與來自表面區整體外在反射

六、申請專利範圍

有關的變化。

33. 如申請專利範圍第22項之裝置，其中該基板包括一第一材質，具有一第一折射率，且其中該特點包括一第二材質，具有一與第一折射率不同的第二折射率，以及

其中該變化產生自入射至該第一和第二材質間分界上的X光，與入射至實際上其上並無該第二材質的表面區域內的第一材質上的X光之整體外在反射間的差異。

34. 如申請專利範圍第33項之裝置，其中該X光源排列成照射接近該第一材質臨界角度的表面，以致X光束從實際上其上並無該第二材質的表面區域反射回來，而實際上不是從該第一和第二材質間的分界反射回來。

35. 如申請專利範圍第34項之裝置，其中該偵測器可用來偵測由於該整體外在反射從該表面所反射回來的X光之空間調變。

36. 如申請專利範圍第33項之裝置，其中該處理器可用來找出來自第一和第二材質間分界，以及來自實際上其上並無該第二材質的表面區域之整體外在反射的臨界能量之間的區別。

37. 如申請專利範圍第36項之裝置，其中該偵測器定位為偵測折射為與該表面平行的X光，以及該處理器可用來分析偵測到的X光以找出該臨界能量。

38. 如申請專利範圍第21至31項中任一項之裝置，其中該圖樣由於表面上X光折射中的變化所產生。

六、申請專利範圍

39. 如申請專利範圍第21至31項中任一項之裝置，其中該基板包括一半導體晶圓。
40. 如申請專利範圍第39項之裝置，其中在該表面上形成的特點包括沈積在該表面上的光阻。
41. 一種準直儀，包括：
- 一基板；以及
 - 一在該基板上形成的光柵結構，該結構包括複數個平行隆起排列成與該光柵軸平行，以致使以掠射角入射該基板上的X光束平行。
42. 如申請專利範圍第41項之準直儀，其中該基板包括一第一材質，反射以入射蝕角入射的X光，且其中該隆起包括一第二材質，可吸收該X光。
43. 如申請專利範圍第42項之準直儀，其中該第一材質包括一半導體材質，以及該第二材質包括一金屬。

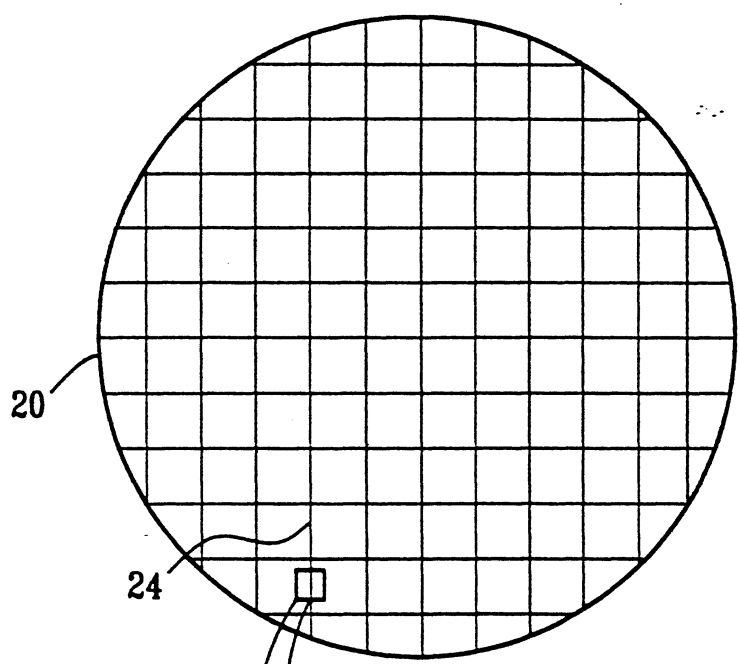


圖 1

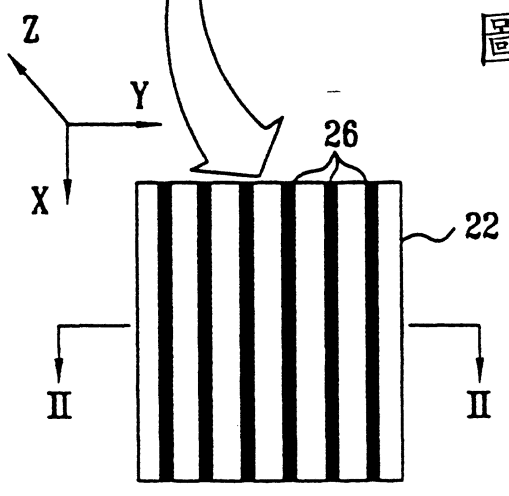
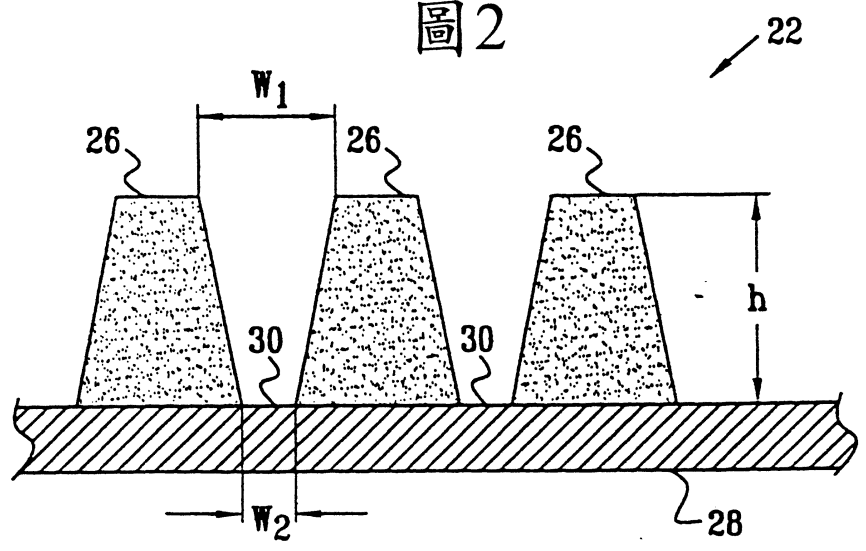


圖 2



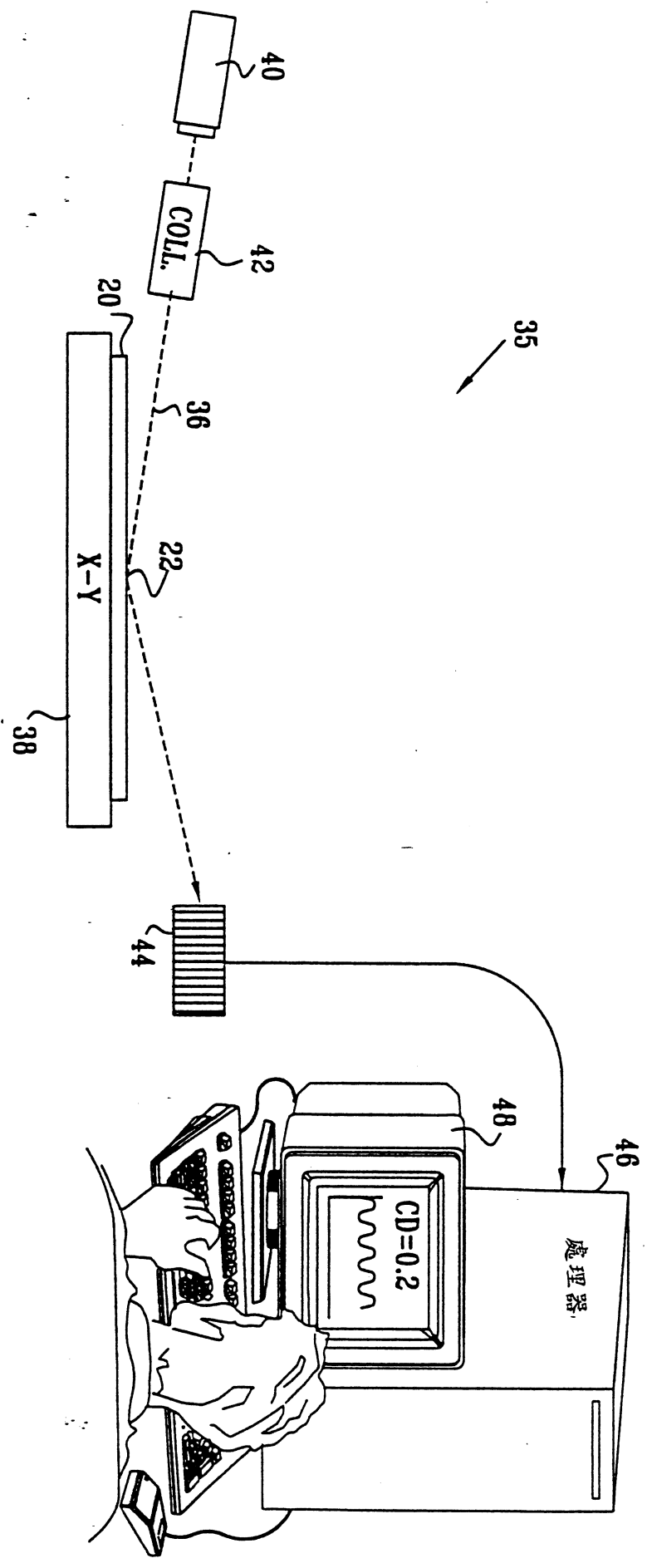


圖 3

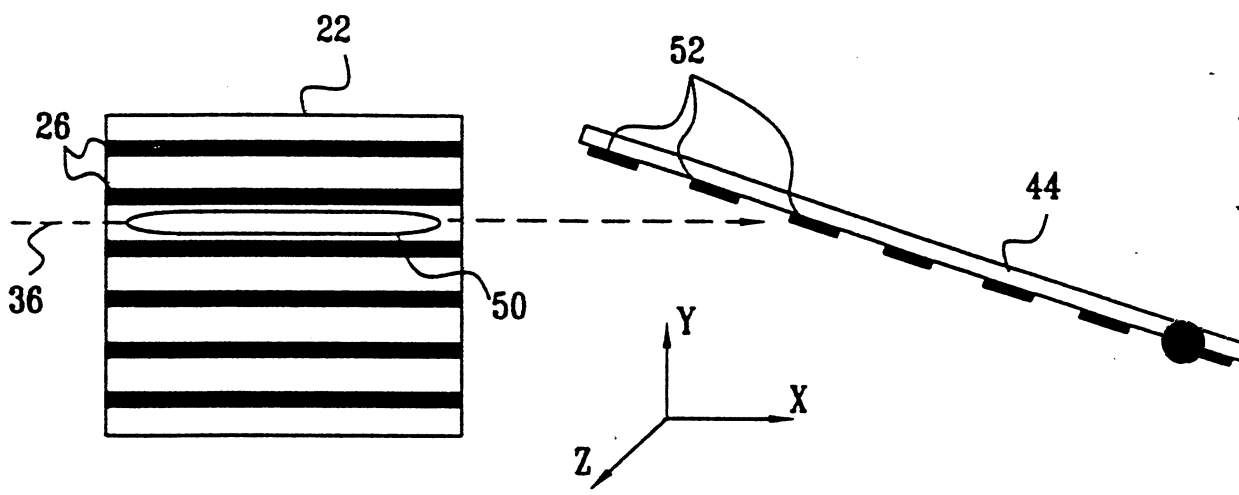


圖 4

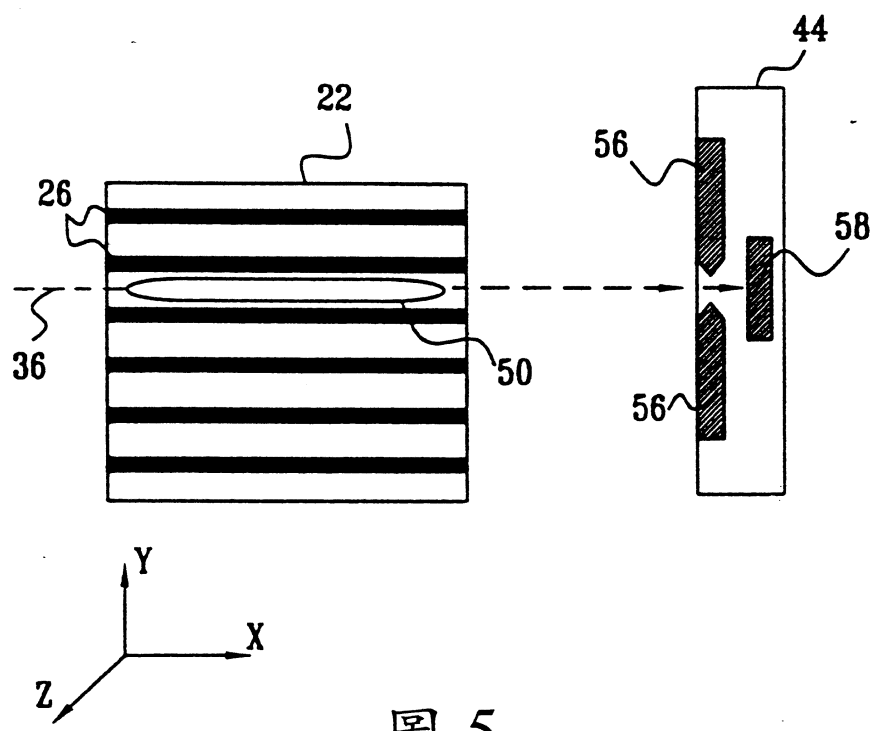


圖 5

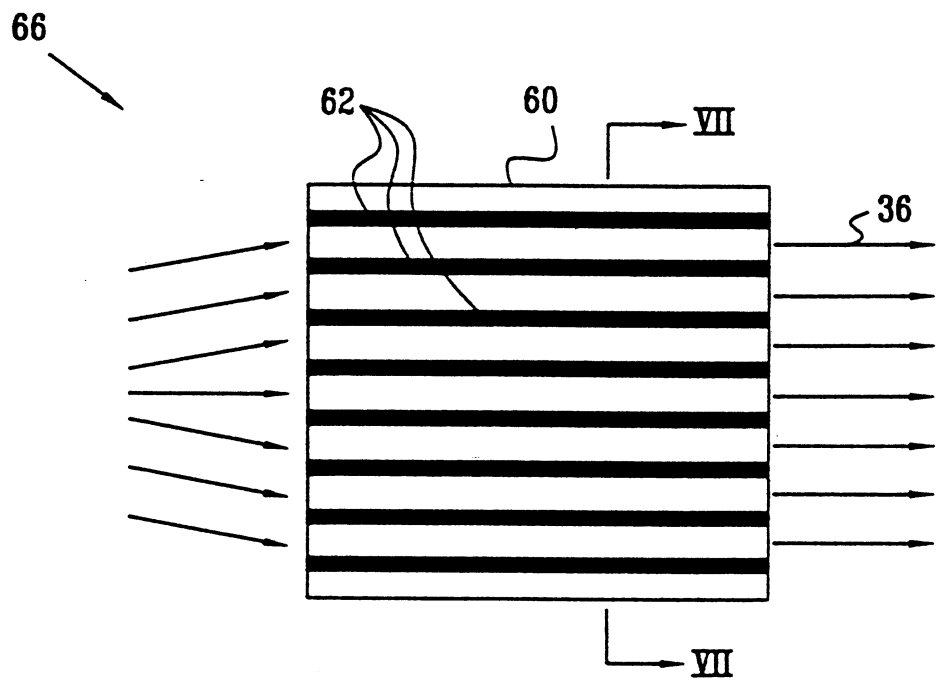


圖 6

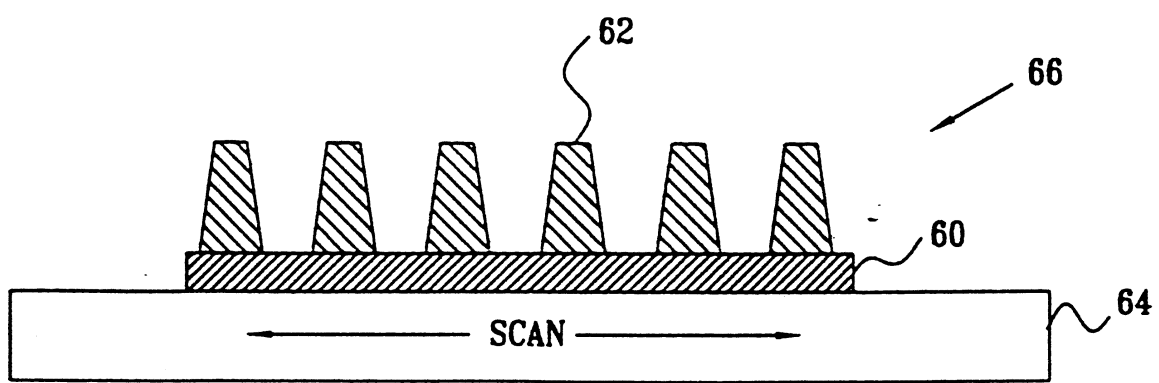


圖 7

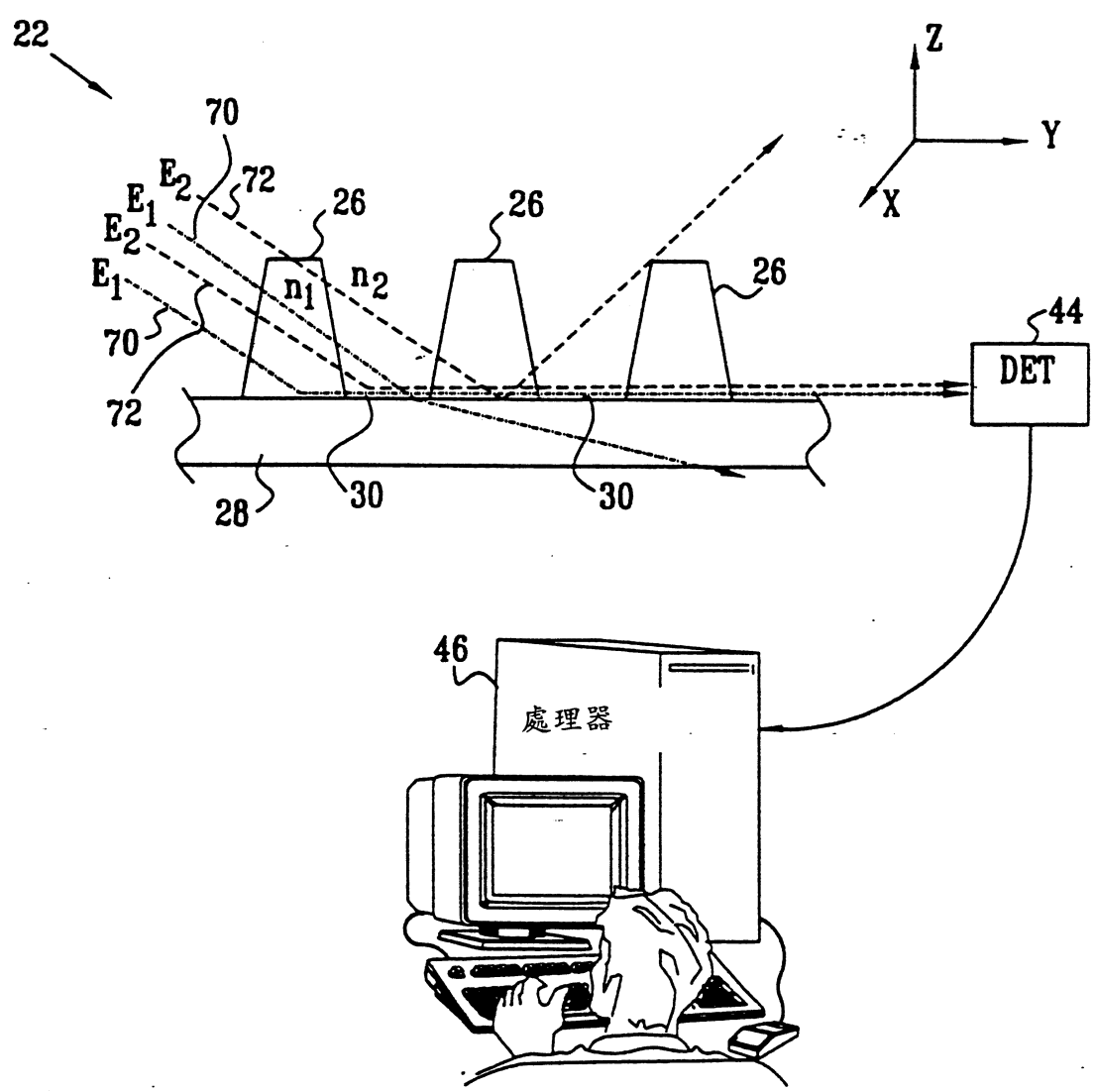


圖 8

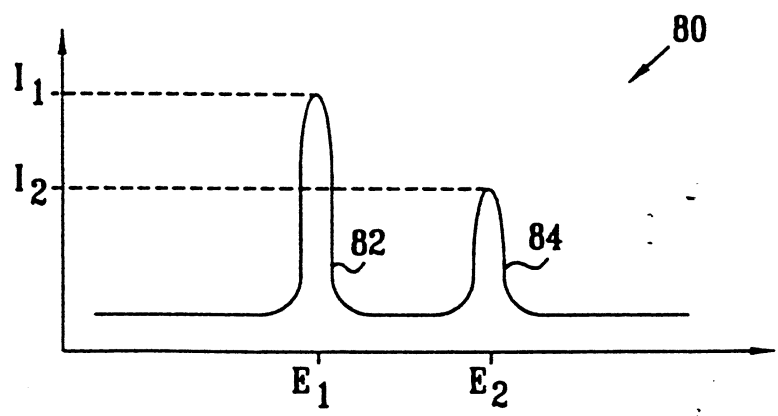


圖 9