



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I628702 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：102136150

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 10 月 04 日

(51)Int. Cl. : *H01L21/263 (2006.01)*

(30)優先權：2012/10/05 美國 61/710,580

(71)申請人：F E I 公司 (美國) FEI COMPANY (US)
美國(72)發明人：李相勳 LEE SANG HOON (KR)；史東 史黛西 STONE, STACEY (US)；布雷克
伍德 傑佛瑞 BLACKWOOD, JEFFREY (US)；西米德特 麥可 SCHMIDT,
MICHAEL (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

US 4460434

US 6127277A

US 20070087572A1

US 20080314871A1

審查人員：張展溢

申請專利範圍項數：25 項 圖式數：7 共 31 頁

(54)名稱

高「高寬比」結構之分析

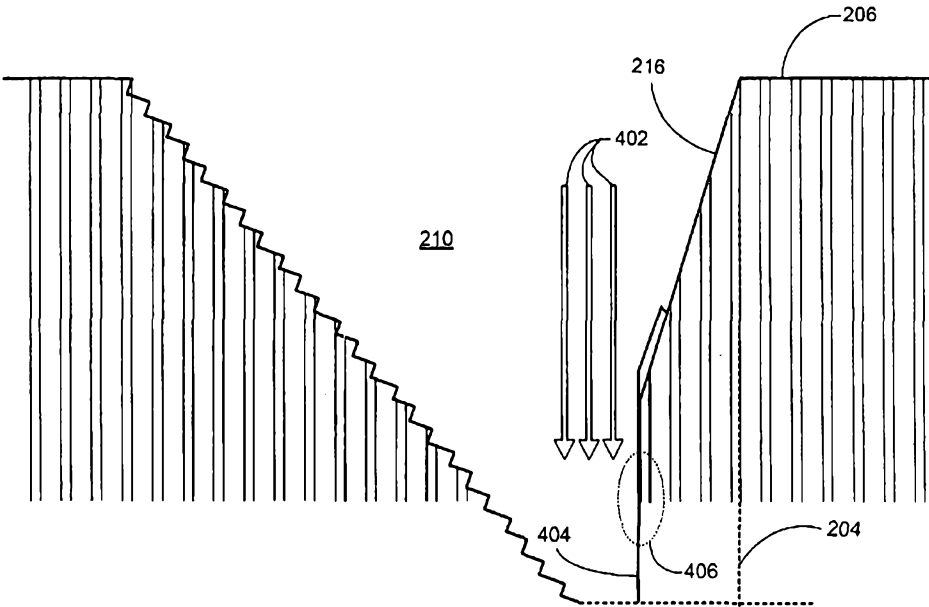
HIGH ASPECT RATIO STRUCTURE ANALYSIS

(57)摘要

藉由減小一保護層與所關注特徵之間的距離來減小高「高寬比」特徵上之幕效應假影(Curtaining artifact)。舉例而言，離子束可以與工件表面之一角度銑削以形成一傾斜表面。一保護層沈積至該傾斜表面上，且該離子束銑削穿過該保護層以曝露該所關注特徵以供分析。傾斜之銑削機接近於該所關注特徵定位該保護層以減小幕效應。

Curtaining artifacts on high aspect ratio features are reduced by reducing the distance between a protective layer and feature of interest. For example, the ion beam can mill at an angle to the work piece surface to create a sloped surface. A protective layer is deposited onto the sloped surface, and the ion beam mills through the protective layer to expose the feature of interest for analysis. The sloped mill positions the protective layer close to the feature of interest to reduce curtaining.

指定代表圖：



符號簡單說明：

- 204 . . . 法線
- 206 . . . 工件表面
- 210 . . . 溝渠/經銑削溝渠
- 216 . . . 剖面面/傾斜表面/面
- 402 . . . 離子束
- 404 . . . 垂直表面
- 406 . . . 所關注區

圖 4

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】

高「高寬比」結構之分析

HIGH ASPECT RATIO STRUCTURE ANALYSIS

優先權聲明

本申請案主張2012年10月5日提出申請之美國臨時申請案第61/710,580號之優先權，該美國臨時申請案以引用方式併入本文中。

【技術領域】

本發明係關於結構之帶電粒子束處理。

【先前技術】

檢查供程序監視及故障分析之微觀(包含奈米級)結構之一常見方法係運用一聚焦離子束(FIB)來在結構中切割一溝渠以曝露一剖面，且然後運用一掃描電子顯微鏡(SEM)來檢視該剖面。然而，離子束銑削假影可使所曝露剖面變形使得電子束影像不展示結構之一準確影像。

一種假影稱作「幕效應」，此乃因其可看似一簾幕。當以不同速率移除不同材料時，諸如當樣本係由藉由離子束以不同速率銑削之材料構成時，發生幕效應。當銑削具有一不規則形狀之一表面時，亦可發生幕效應。

當曝露具有遠大於其寬度之一高度之一特徵時可形成嚴重假影。此一結構稱作一高「高寬比」特徵。舉例而言，具有比其寬度大四倍之一高度之一特徵將被視為一高「高寬比」特徵。舉例而言，一積體電路中之層之間的孔或觸點通常具有比其寬度大數倍之一高度。

隨著半導體製作程序將更多電路封裝至較小封裝中，積體電路

設計變得愈加三維(3D)且併入更多高「高寬比」特徵。在分析高「高寬比」結構，尤其係未經填充接觸孔時，對於諸如3D NAND電路等3D積體電路(IC)結構而言，習用離子束樣本製備導致不可接受之假影，諸如結構變形及幕效應。

當一樣本上存在未經填充高「高寬比」孔時，在固體區與毗鄰於該未經填充孔之區之間存在銑削速率之大差異。銑削速率之大差異導致幕效應或瀑布效應(使孔之形狀變形之另一種假影)。來自離子束銑削程序之結構損害及假影使得難以分析高「高寬比」垂直結構。

舉例而言，程序工程師需要觀察之一個結構特徵係一穿矽導通體(TSV)。將TSV剖面化係半導體工廠中用以將空隙及表面界面特徵化之一慣例。由於TSV之深度(通常50 nm至300 nm)，運用一離子束銑削一TSV之一剖面可導致實質幕效應。

由於使用離子束銑削以曝露特徵所導致之損害及假影，影像並不如實地展示製作程序之結果。假影干擾量測及對製作程序之一評估，此乃因影像及量測展示樣本製備之結果而非僅製造程序之一產品。

需要用於在不更改結構或形成假影之情況下檢視及量測高「高寬比」結構之一方法。

【發明內容】

本發明之一目標係提供一種用於分析高「高寬比」結構之可靠系統。

將一傾斜溝渠銑削至一工件表面中。在該傾斜溝渠之一表面上沈積一保護層，且然後藉由銑削穿過該保護層來曝露所關注特徵之一剖面。假影由於與該所關注特徵在原始工件表面下方之深度相比，該特徵在該保護層下方之深度減小而減小。

可使用多種技術(諸如掃描電子顯微法、光學顯微法、x射線分析

或微拉曼(micro Raman)分析)來檢視或分析所曝露剖面。該程序提供高「高寬比」3D IC結構程序及包含孔、溝渠及其他結構之其他高「高寬比」程序之可靠分析結果。

前述內容已相當廣泛地概述了本發明之特徵及技術優點以便可更好地理解本發明之以下詳細說明。下文中將闡述本發明之額外特徵及優點。熟習此項技術者應瞭解，可容易地利用所揭示之概念及特定實施例作為用於修改或設計用於實施本發明之相同目的之其他結構之一基礎。熟習此項技術者亦應認識到，此等等效構造並不背離如隨附申請專利範圍中所陳述之本發明之精神及範疇。

【圖式簡單說明】

為達成對本發明及其優點之一更全面的理解，現在結合隨附圖式參考以下說明，其中：

圖1係展示如圖2至圖5中所圖解說明之程序步驟之一流程圖；

圖2展示係運用一FIB銑削之剖面之一傾斜樣本；

圖3展示經歷電子束點沈積之一未傾斜樣本；

圖4展示具有一FIB銑削之剖面之一傾斜樣本；

圖5展示對一所關注區(ROI)使用SEM成像之一斷層檢視程序；且

圖6A至圖6C展示在工件表面下方不同深度處之所關注區；

圖7示意性地展示可用以實施本發明之一雙束系統。

【實施方式】

本發明之實施例減小藉由離子束銑削所曝露之特徵中之損害及假影。實施例對於分析包含未經填充高「高寬比」孔之諸如3D NAND結構之新3D結構特別有用。該程序可係對呈一晶圓之形式之一樣本或對諸如一個別積體電路之一較小樣本執行。

本發明之一項實施例在沈積一保護層之前以一非垂直角度銑削樣本，後續接著藉由垂直銑削來曝露一高「高寬比」結構之一剖面以

供成像。藉由調整傾斜載台角度及垂直銑削之位置，可曝露高「高寬比」結構之任何所要深度處之一ROI。

藉由在沈積一保護層之前使載台傾斜(舉例而言)介於約 30° 至約 33.5° 之間，幕效應由於保護層與ROI之間的材料減小而減小或消除，且ROI在表面下方之深度縮短。在具有保護層之表面下方之較短深度減小幕效應，此乃因在ROI上方存在較少材料不均勻地阻礙離子束。

由於剖面被切割之角度，在所曝露剖面面中之交替之固體材料及空隙展現高約 $1\ \mu\text{m}$ 至 $1.5\ \mu\text{m}$ 之階梯。一較佳保護層沈積程序覆蓋該等階梯(若樣本中存在)，以呈現一相對均勻表面供離子束銑削。舉例而言，使用較佳大於 $10\ \text{keV}$ 、大於 $20\ \text{keV}$ 且更佳大於 $30\ \text{keV}$ 之一相對高電壓電子束來執行電子束誘導沈積。此使得能夠用諸如鉑或鎢之保護材料來填充因空高「高寬比」結構形成之階梯。因此，本發明運用此穩健解決方案提供可靠ROI分析。可使用其他沈積技術，諸如其他束誘導沈積，包含離子束誘導沈積、雷射束誘導沈積或團簇束沈積。

圖1係展示提供用於一3D積體電路之高「高寬比」結構分析之離子束分析之一方法之一程序之步驟的一程序流程圖。圖2至圖5未按比例展示程序步驟期間之樣本，且圖7展示可用以執行圖1之程序之一典型雙束系統。圖1之程序闡述為在其中電子柱係垂直的且離子柱以 52° 傾斜之一雙束系統上執行。在其他硬體組態中，載台傾斜將不同以在束與工件之間產生相同相對角度。

在步驟102中，使載台傾斜至介於約 30° 與約 33.5° 之間的一角度，從而在離子束202與工件表面206之一法線204之間產生介於約 18.5° 與約 22° 之間的一角度。在其他實施例中，離子束202與法線204之間的角度介於 5° 與 50° 之間。在步驟104中，FIB銑削一溝渠210以曝露包含高「高寬比」孔212之如圖2中所展示之一剖面面216。剖面面216並不

法向於樣本表面。每一箭頭展示離子束202之一掃描路徑，該掃描隨著束掃描以銑削溝渠而進入至頁之平面中。

由於較少次級電子自一窄溝渠之底部逃逸，因此溝渠210較佳足夠寬以提供用於自溝渠深處之ROI成像之一良好次級電子信號。寬剖面面積准許次級電子自待偵測之溝渠之底部逃逸。通常，溝渠區域之剖面應係所關注區之大小之至少兩倍。

在步驟106中，使載台傾斜至 0° 以使得一電子束302法向於工件表面206且與傾斜表面216介於 18.5° 與 22° 之間而定向。在步驟108中，使用電子束誘導沈積在所關注區上方沈積鉑、鎢或其他材料之一保護層304，如圖3中所展示。較佳使用約30 keV之一電子能以藉由增加用以填充所曝露階梯之電子之動量而獲得最佳階梯覆蓋。

步驟110展示使載台傾斜至 52° 以使得離子束法向於表面，如圖4中所展示。步驟112展示執行一FIB剖面化。一 52° 載台傾斜使得樣本表面與離子柱之間成一垂直角度。

步驟112形成可藉由多種方法(包含掃描電子顯微法、x射線分析、微拉曼或其他方法)來成像或分析之所關注區之一垂直剖面。圖4展示離子束402進行一垂直切割以曝露穿過所關注區406之一垂直表面404。離子束402處理較佳包含一塊體切割以移除材料從而形成垂直壁及一清潔剖面，此移除極少材料但產生一較清潔表面以供觀察。工件表面206表示一第一表面，傾斜表面216表示一第二表面，且垂直表面404表示一第三表面。第二表面之一部分介於所關注區與第一表面之間，且第三表面實質上法向於第一表面。在步驟114中，將電子束502引導至樣本以形成一掃描電子束影像，如圖5中所展示。

視情況，重複步驟112及114以繼續逐步穿過一特徵，以形成一系列剖面影像以使得可形成ROI中之一特徵之一3D表示。此程序稱作「斷層檢視(slice and view)」，其需要運用離子束重複移除額外材料以

曝露ROI之另一面且然後使用電子束形成所曝露面之一影像。

在先前技術剖面處理中，在沿深度方向之粗糙表面拓撲或複雜結構之情形中，幕效應不可避免，此乃因垂直深度正變得數微米以上更深。藉由在電子束誘導沈積之前使用約 -30° 至 33.5° 載台傾斜角度，幕效應由於ROI上方之材料之移除而被移除且ROI之表面下方之深度減小。同時，使用高能量電子覆蓋該等階梯，此使得能夠用諸如鉑或鎢之保護材料來部分地填充高「高寬比」結構之任何空孔。因此，實施例提供可靠故障分析或程序監視。

藉由調整載台傾斜角度及離子束切割之位置以曝露所關注區，可曝露及檢查高「高寬比」結構之任何深度處之一ROI。當然，應理解，前述內容係關於本發明之例示性實施例且可在不背離如申請專利範圍中所陳述之本發明之精神及範疇之情況下做出修改。

本發明之實施例展示空通道與基板之間的鮮明清潔邊界。穩健程序允許在不對正在研究之結構造成損害之情況下之高「高寬比」結構故障分析。

可藉由調整面216之角度或穿過面216之垂直切割之位置來檢驗距表面不同深度處之高「高寬比」特徵。圖6A、圖6B及圖6C展示在工件表面下方之不同深度處之所關注區。樣本展示為溝渠210經銑削，但尚未執行用以產生供觀察之面之垂直切割。橢圓602A、602B及602C表示所關注區，且垂直線604A、604B及604C展示穿過電子束沈積保護層606A、606B及606C且穿過ROI之垂直離子束切割之位置。鋸齒狀線展示如上文步驟104及圖2中之離子銑削。保護層606A、606B及606C之位置隨ROI之位置而變化。用於沈積保護層之程序較佳填充存在之任何孔。在圖6A中，ROI朝向通道孔之底部。在圖6B中，ROI在距通道之底部約 $\frac{1}{2}$ 路途處。圖6C展示朝向通道孔之頂部之一ROI。在圖6A、圖6B及圖6C中，穿過ROI之垂直線展示穿過保

護層之如步驟112中所展示之離子束切割。在每一情形中，穿在過ROI上方剩餘之材料在下方銑削之距離約相同且相對小，以使得存在極少或不存在的由ROI上方之陰影導致之幕效應。

圖7展示適合用於實踐本發明之一典型雙束系統710，具有一垂直安裝之SEM柱及以自垂線大約 52° 之一角度安裝之一FIB柱。合適雙束系統可(舉例而言)自俄勒岡州希爾巴羅(Oregon, Hillsboro))之FEI公司(本申請案之受讓人)購得。儘管下文提供合適硬體之一實例，但本發明並不限於在任何特定類型之硬體中實施。

給雙束系統710提供一掃描電子顯微鏡741連同電源供應器與控制單元745。藉由在一陰極752與一陽極754之間施加電壓而自一陰極752發射一電子束743。運用一聚光透鏡756及一物鏡758將電子束743聚焦至一微點。運用一偏轉線圈760用電子束743在樣品上進行二維掃描。聚光透鏡756、物鏡758及偏轉線圈760之操作由電源供應器與控制單元745控制。

可將電子束743聚焦至在下部室726內之可移動載台725上之基板722上。當電子束中之電子撞擊基板722時，發射次級電子。此等次級電子由一次級電子偵測器740偵測，如下文所論述。

雙束系統710亦包含聚焦離子束(FIB)系統711，FIB系統711包括具有一上部部分712之一抽空室，一離子源714以及包含萃取器電極及一靜電光學系統之一聚焦柱716位於該上部部分內。聚焦柱716之軸自電子柱之軸傾斜 52° 。上部部分712包含一離子源714、一萃取電極715、一聚焦元件717、偏轉元件720及一聚焦離子束718。離子束718自離子源714穿過聚焦柱716且在以720示意性地指示之靜電偏轉構件之間朝向基板722傳遞，基板722包括(舉例而言)定位於下部室726內之可移動載台725上之一半導體裝置。

載台725可較佳沿一水平平面(X及Y軸)且垂直地(Z軸)移動。載台

725亦可傾斜大約 60° 且繞Z軸旋轉。打開一門761以用於將基板722插入至X-Y載台725上以及用於維修一內部氣體供應貯存器(若使用)。門經聯鎖以使得若系統在真空下則其無法打開。另一選擇係，可使用一氣塞來避免將室726曝露於大氣中。

一離子泵(未展示)用於將上部部分712抽空。室726係在真空控制器732之控制下藉助渦輪分子及機械泵系統730抽空。真空系統在室726內提供介於大約 1×10^{-7} 托與 5×10^{-4} 托之間的一真空。若使用一蝕刻輔助氣體、一蝕刻阻滯氣體或一沈積前體氣體，則室背景壓力通常可升高至約 1×10^{-5} 托。

高電壓電源供應器將一適當加速電壓提供至離子束聚焦柱716中之電極以用於激發離子束718並使其聚焦。當其撞擊基板722時，材料自樣本濺鍍，亦即，實體射出。另一選擇係，離子束718可分解一前體氣體以沈積一材料。

高電壓電源供應器734連接至液態金屬離子源714以及離子束聚焦柱716中之適當電極用於形成一大約1 keV至60 keV離子束718並將其朝向一樣本引導。根據由圖案產生器738提供之一規定圖案操作之偏轉控制器與放大器736耦合至偏轉板720，藉此可手動地或自動地控制離子束718以在基板722之上表面上描出一對應圖案。在某些系統中，將偏轉板放置於最後透鏡之前，如此項技術中眾所周知。離子束聚焦柱716內之束遮沒電極(未展示)在一遮沒控制器(未展示)將一遮沒電壓施加至遮沒電極時致使離子束718衝擊至遮沒孔隙(未展示)而非基板722上。

液態金屬離子源714通常提供一鎂金屬離子束。該源通常能夠在基板722處聚焦成一次十分之一微米寬之束用於藉由離子銑削、增強之蝕刻、材料沈積來修改基板722，或用於使基板722成像之目的。亦可使用諸如一電漿離子源等其他離子源。

用於偵測次級離子或電子發射之諸如一Everhart-Thornley偵測器或多通道板之一帶電粒子偵測器740連接至將驅動信號供應至視訊監視器744且自控制器719接收偏轉信號之一視訊電路742。在不同實施例中，帶電粒子偵測器740在下部室726內之位置可變化。舉例而言，一帶電粒子偵測器740可與離子束同軸且包含一孔用於允許離子束通過。在其他實施例中，次級粒子可係透過一最後透鏡收集且然後離軸轉向以供收集。

一氣體遞送系統746延伸至下部室726中用於朝向基板722引入及引導一氣態蒸汽。受讓予本發明之受讓人之Casella等人之「Gas Delivery Systems for Particle Beam Processing」(美國專利第5,851,413號)闡述一合適氣體遞送系統746。在亦受讓予本發明之受讓人之Rasmussen之一「Gas Injection System」(美國專利第5,435,850號)中闡述另一氣體遞送系統。舉例而言，可將一金屬有機化合物遞送至束衝擊點以在離子束或電子束之衝擊後旋即沈積一金屬。在步驟108中，可遞送諸如用以沈積鉑之 $(\text{CH}_3)_3\text{Pt}(\text{C}_6\text{H}_5)$ 及用以沈積鎢之六羰基鎢之一前體氣體以由電子束分解從而提供保護層。

一系統控制器719控制雙束系統710之各種部件之操作。透過系統控制器719，一使用者可透過進入至一習用使用者介面(未展示)中之命令致使離子束718或電子束743以一所要方式進行掃描。另一選擇係，系統控制器719可根據所程式化之指令來控制雙束系統710。一較佳控制器與儲存用於自動實施圖1之步驟之指令之一記憶體通信或包含該記憶體。在某些實施例中，雙束系統710併入有影像辨識軟體(諸如可自Massachusetts之Natick之Cognex Corporation購得之軟體)，以自動識別所關注區，且然後系統可手動地或自動地曝露剖面以用於根據本發明成像。舉例而言，該系統可自動定位包含多個裝置之半導體晶圓上之類似特徵，且曝露及形成不同(或相同)裝置上之所關注特徵

之影像。

本發明具有廣泛適用性且可提供如上文實例中所闡述及展示之諸多益處。該等實施例將取決於特定應用而極大地變化，且並非每一實施例將提供所有益處及滿足可由本發明達成之所有目的。適合用於實施本發明之粒子束系統可(舉例而言)自本發明之受讓人FEI公司購得。

本發明說明書揭示一種方法及一種用於執行該方法之操作之設備兩者。此設備可係出於所需目的具體構造，或可包括一一般用途電腦或藉由儲存於該電腦中之一電腦程式而選擇性地啟動或重新組態之其他裝置。各種一般用途帶電粒子束系統可與根據本文中之教示內容之程式一起使用。另一選擇係，用以執行所需方法步驟之更專門化的設備之構造可係適當的。

另外，本發明說明書亦隱含地揭示一種電腦程式，此乃因熟習此項技術者將明瞭，本文中所闡述之方法之個別步驟可藉由電腦程式碼來實施。該電腦程式並非意欲限於任何特定程式設計語言及其實施方案。應瞭解，多種程式化設計語言及其編碼可用以實施本文中所含有之本發明之教示內容。此外，該電腦程式並非意欲限於任何特定控制流程。存在可在不背離本發明之精神或範疇之情況下使用不同控制流程之電腦程式之諸多其他變體。

此一電腦程式可儲存於任何電腦可讀媒體上。該電腦可讀媒體可包含儲存裝置，諸如磁碟或光碟、記憶體晶片或適合用於與一一般用途電腦介接之其他儲存裝置。該電腦可讀媒體亦可包含諸如網際網路系統中所例示之一硬連線媒體或諸如GSM行動電話系統中所例示之無線媒體。該電腦程式在載入及執行於用於一帶電粒子束之此一一般用途電腦或控制器上時，有效地產生實施較佳方法之步驟之一設備。

本發明亦可實施為硬體模組。更特定而言，在硬體意義上，一

模組係經設計以供與其他組件或模組一起使用之一功能硬體單元。舉例而言，一模組可係使用離散電子組件來實施，或其可形成諸如一特殊應用積體電路(ASIC)之一整個電子電路之一部分。存在眾多其他可能性。熟習此項技術者應瞭解，該系統亦可實施為硬體模組與軟體模組之一組合。

雖然大部分先前說明係針對半導體晶圓，但本發明可應用於任何合適基板或表面。此外，無論本文中何時使用術語「自動」、「自動化」或類似術語，彼等術語應理解為包含自動或自動化程序或步驟之手動啓始。在以下論述中且在申請專利範圍中，術語「包含」及「包括」係以一開放方式使用，且因此應解釋為意指「包含但不限於...」。

在任一術語未在此說明書中具體定義之情況下，意欲給予該術語其平常及普通意義。隨附圖式意欲輔助理解本發明，且除非另外指出，其並非按比例繪製。

術語「積體電路」係指圖案化於一微晶片之表面上之一組電子組件及其互連件(統稱為內部電路元件)。術語「半導體晶片」一般係指可與自一晶圓分離之一半導體晶圓整合或經封裝供用於一電路板上之一積體電路(IC)。本文中使用的術語「FIB」或「聚焦離子束」來指代任何經準直離子束，包含藉由離子光學器件聚焦之一束及若干經整形離子束。

上文實施例闡述一種3D NAND型結構，但本發明並不限於此等結構且對於(舉例而言)DRAM及對於特徵化溝渠及其他結構以及圓形孔係有用的。

本發明之某些實施例提供一種使用一帶電粒子束來曝露一工件上之一所關注區之方法，其包括：以與該工件頂部表面之一第一非垂直角度離子束銑削一溝渠以曝露毗鄰該所關注區且相對於該工件表面

傾斜之一表面；在毗鄰於該所關注區之該所曝露表面之一部分上沈積一保護層；以實質上法向於該工件頂部表面之一角度離子束銑削毗鄰於該所關注區之該表面之一部分以曝露該所關注區；及藉由帶電粒子束成像來觀察該所關注區。

在某些實施例中，以與該工件頂部表面之一第一非法向角度銑削一溝渠包含在具有多個高「高寬比」特徵之該工件之一區中銑削一溝渠。

在某些實施例中，該多個高「高寬比」特徵係孔。

在某些實施例中，在毗鄰於該所關注區之該表面之一部分上沈積一保護層包含覆蓋因穿過該等高「高寬比」孔銑削該溝渠所形成之階梯。

在某些實施例中，實質上法向於該工件頂部表面執行一後續銑削步驟以曝露該所關注區之一第二表面且使用帶電粒子束成像來檢視第二表面。

某些實施例進一步包括執行多個後續銑削步驟以順序地曝露該所關注區之不同表面及使用帶電粒子束成像來檢視該等不同表面中之每一者。

在某些實施例中，以與該工件頂部表面之一第一非法向角度銑削一溝渠包含以自該工件表面之一法線成介於 5° 與 50° 之間的一角度銑削具有一壁之一溝渠。

在某些實施例中，銑削一溝渠包含以自該工件表面之一法線成約 18° 至約 22° 之一角度銑削具有一壁之一溝渠。

在某些實施例中，在毗鄰於該所關注區之該表面之一部分上沈積一保護層包含使用束誘導沈積。

在某些實施例中，使用束誘導沈積包括使用具有大於10 keV或大於20 keV之能量之電子之電子束誘導沈積。

在某些實施例中，在毗鄰於該所關注區之該表面之一部分上沈積一保護層包括使用雷射誘導沈積或離子束誘導沈積來沈積一保護層。

在某些實施例中，該所關注區包含一3D NAND結構或3D DRAM結構之一部分。

在某些實施例中，包含一種形成一高「高寬比」結構之一部分之一剖面以供觀察之方法，其包括：

使用一聚焦離子束以與樣本之表面之一非法向角度且以與該高「高寬比」特徵之長軸之一非法向角度來銑削一溝渠；

在該高「高寬比」特徵之一選定深度處於該溝渠之壁上沈積一保護層；

使用該帶電粒子束穿過該保護層且實質上平行於該樣本之該表面來銑削一剖面以曝露該高「高寬比」特徵之一剖面；及

觀察該所曝露剖面。

在某些實施例中，觀察該所曝露剖面包含掃描電子顯微法、x射線分析、微拉曼或其他方法。

在某些實施例中，穿過該保護層平行於該第一剖面銑削一第二剖面以曝露所關注區之一第二剖面。

某些實施例進一步包括使用該帶電粒子束穿過該保護層來順序地銑削一剖面及使用一電子束來觀察該所曝露剖面以形成該所關注區中之一特徵之一系列剖面影像。

在某些實施例中，在該溝渠之該壁上沈積一保護層包括使用束誘導沈積來沈積一保護層。

本發明之某些實施例提供一種分析一工件之一第一表面下方之一所關注區之方法，其包括：

朝向該工件引導一離子束以移除該工件之該第一表面與一所關

注區之間的材料以產生一第二表面，該第二表面之一部分介於該所關注區與該第一表面之位置之間；

將一保護層沈積至該第二表面；

引導該離子束銑削穿過該保護層以產生一第三表面以供分析，該第三表面通過該所關注區；及

藉由帶電粒子束成像來觀察該所關注區，該第二表面上之該保護層充分接近所關注特徵以使得該所關注區經曝露以在無幕效應之情況下供觀察。

在某些實施例中，該第三表面實質上正交於該第一表面。

在某些實施例中，該第二表面相對於該第一表面之一法線傾斜介於 5° 與 50° 之間的一角度。

在某些實施例中，該第二表面相對於該第一表面之一法線傾斜介於約 18° 至約 22° 之間的一角度。

本發明之某些實施例提供一種用於觀察一樣本之一剖面之系統，其包括：

一離子光學柱，其用於提供一聚焦離子束；

一電子光學柱，其用於提供一聚焦電子束；

一粒子偵測器，其用於偵測自該樣本發射之次級粒子；

一控制器，其與一電腦記憶體通信，該電腦記憶體儲存用於以下操作之指令：

以與工件表面之一第一非法向角度銑削一溝渠以曝露毗鄰所關注區且相對於該工件表面傾斜之一表面；

在毗鄰於該所關注區之該表面之一部分上沈積一保護層；

銑削毗鄰於該所關注區之該表面之一部分以曝露該所關注區；及藉由帶電粒子束成像來觀察該所關注區。

在某些實施例中，該電腦記憶體儲存用於致使該電子束提供具

有大於20 keV之能量之電子以藉由電子束誘導沈積來沈積該保護層之指令。

雖然已詳細闡述了本發明及其優點，但應理解，可在不背離如由隨附申請專利範圍所定義之本發明之精神及範疇之情況下在本文中做出各種改變、替代及更改。此外，本申請案之範疇並非意欲限於本說明書中所闡述之程序、機器、製品、物質組合物、手段、方法及步驟之特定實施例。如熟習此項技術者根據本發明之揭示內容將易於瞭解，可根據本發明利用當前存在或稍後將開發的執行與本文中所闡述之對應實施例實質上相同功能或達成實質上相同結果的程序、機器、製品、物質組合物、手段、方法或步驟。因此，隨附申請專利範圍意欲在其範疇內包含此等程序、機器、製品、物質組合物、手段、方法或步驟。

【符號說明】

202	離子束
204	法線
206	工件表面
210	溝渠/經銑削溝渠
212	高「高寬比」孔
216	剖面面/傾斜表面/面
302	電子束
304	保護層
402	離子束
404	垂直表面
406	所關注區
502	電子束
602A	橢圓

602B	橢圓
602C	橢圓
604A	垂直線
604B	垂直線
604C	垂直線
606A	電子束沈積保護層/保護層
606B	電子束沈積保護層/保護層
606C	電子束沈積保護層/保護層
710	雙束系統
711	聚焦離子束系統
712	上部部分
714	離子源/液態金屬離子源
715	萃取電極
716	聚焦柱/離子束聚焦柱
717	聚焦元件
718	聚焦離子束/離子束
719	控制器/系統控制器
720	偏轉元件/靜電偏轉元件/偏轉板
722	基板
725	可移動載台/載台/X-Y載台
726	下部室/室
730	渦輪分子及機械泵系統
732	真空控制器
734	高電壓電源供應器
736	偏轉控制器及放大器
738	圖案產生器

740	次級電子偵測器/帶電粒子偵測器
741	掃描電子顯微鏡
742	視訊電路
743	電子束
744	視訊監視器
745	電源供應器及控制單元
746	氣體遞送系統
752	陰極
754	陽極
756	聚光透鏡
758	物鏡
760	偏轉線圈
761	門

發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：

※IPC 分類：H01J

【發明名稱】

高「高寬比」結構之分析

HIGH ASPECT RATIO STRUCTURE ANALYSIS

【中文】

藉由減小一保護層與所關注特徵之間的距離來減小高「高寬比」特徵上之幕效應假影(Curtaining artifact)。舉例而言，離子束可以與工件表面之一角度銑削以形成一傾斜表面。一保護層沈積至該傾斜表面上，且該離子束銑削穿過該保護層以曝露該所關注特徵以供分析。傾斜之銑削機接近於該所關注特徵定位該保護層以減小幕效應。

【英文】

Curtaining artifacts on high aspect ratio features are reduced by reducing the distance between a protective layer and feature of interest. For example, the ion beam can mill at an angle to the work piece surface to create a sloped surface. A protective layer is deposited onto the sloped surface, and the ion beam mills through the protective layer to expose the feature of interest for analysis. The sloped mill positions the protective layer close to the feature of interest to reduce curtaining.

圖式

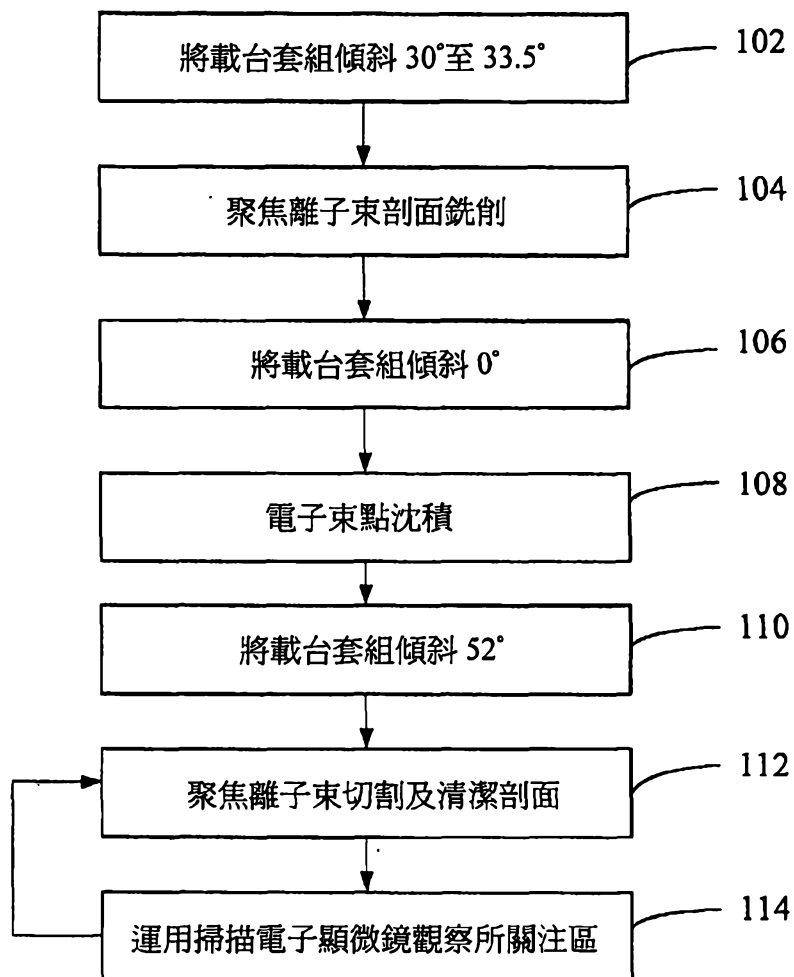


圖 1

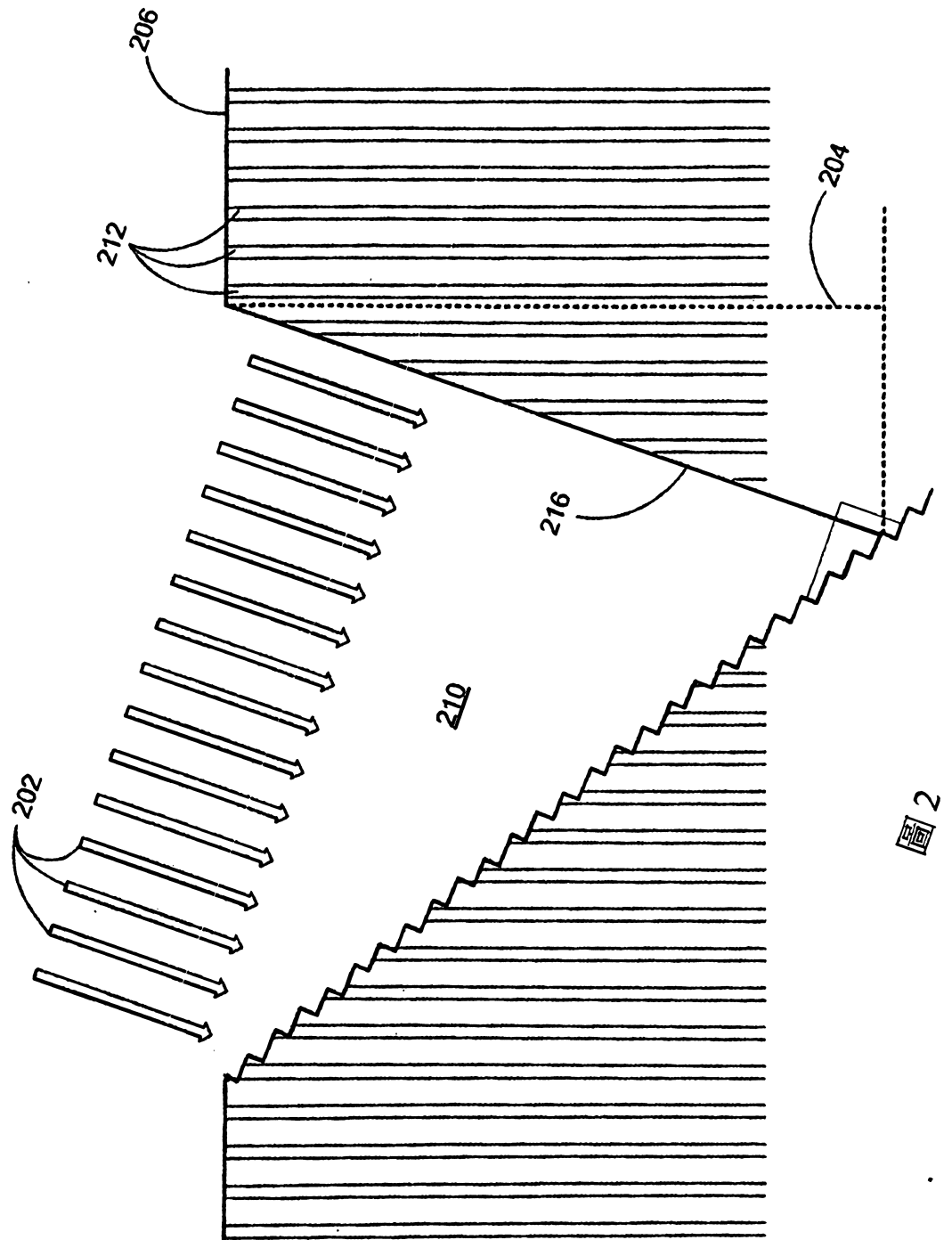


图 2

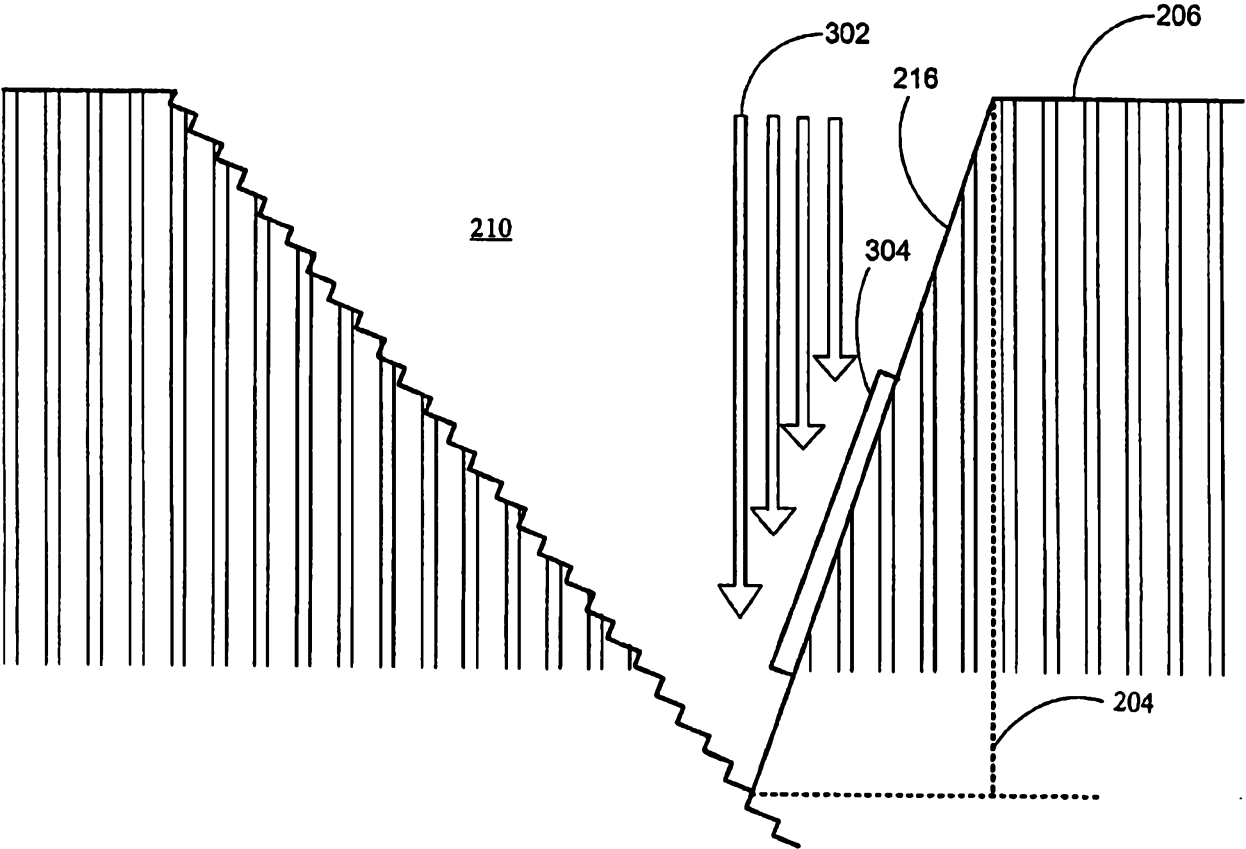


圖 3

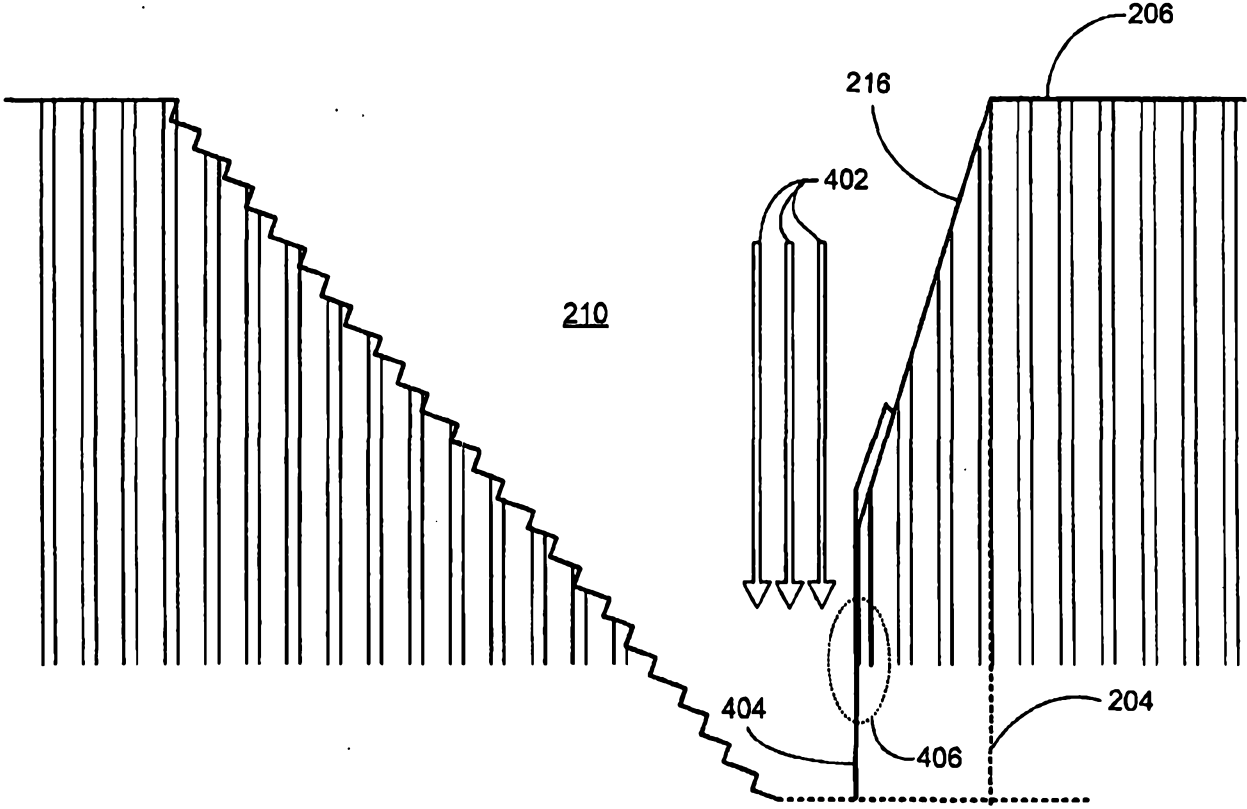


圖 4

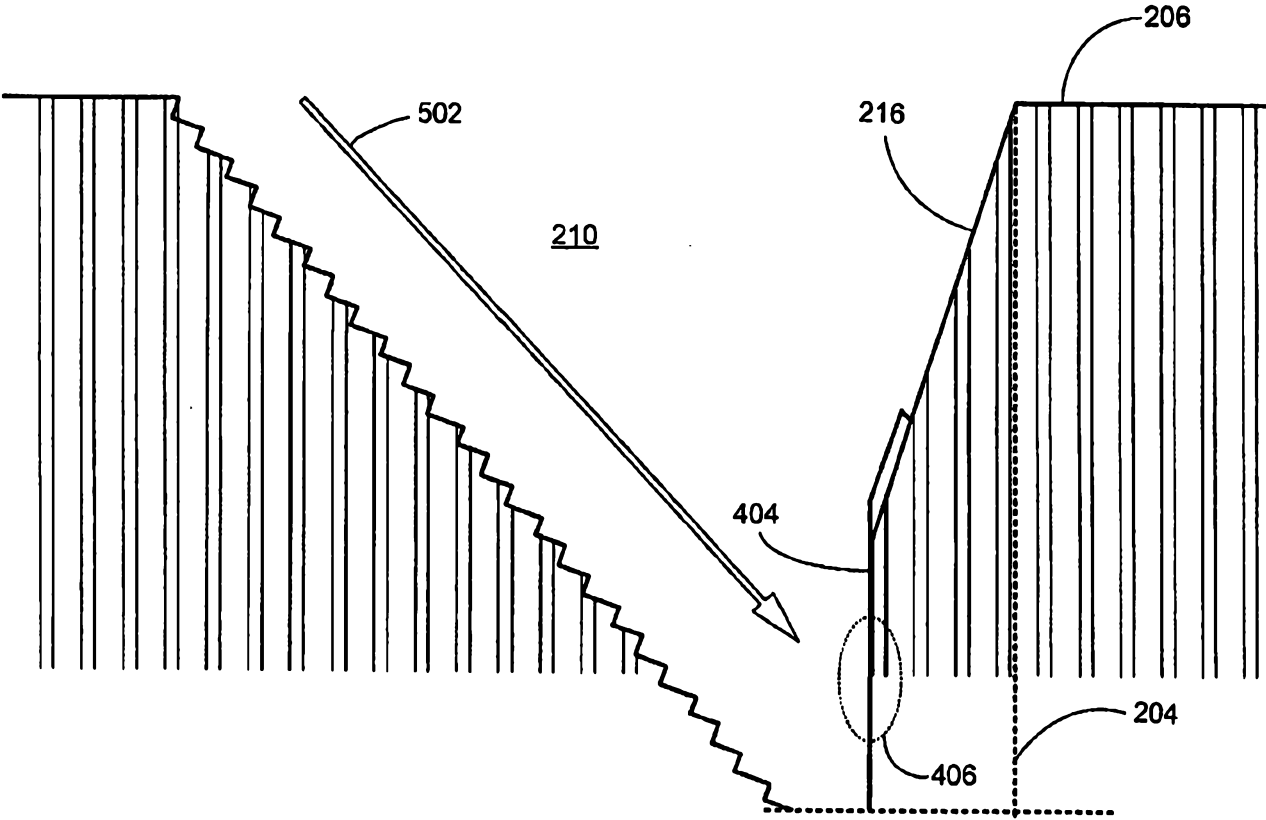
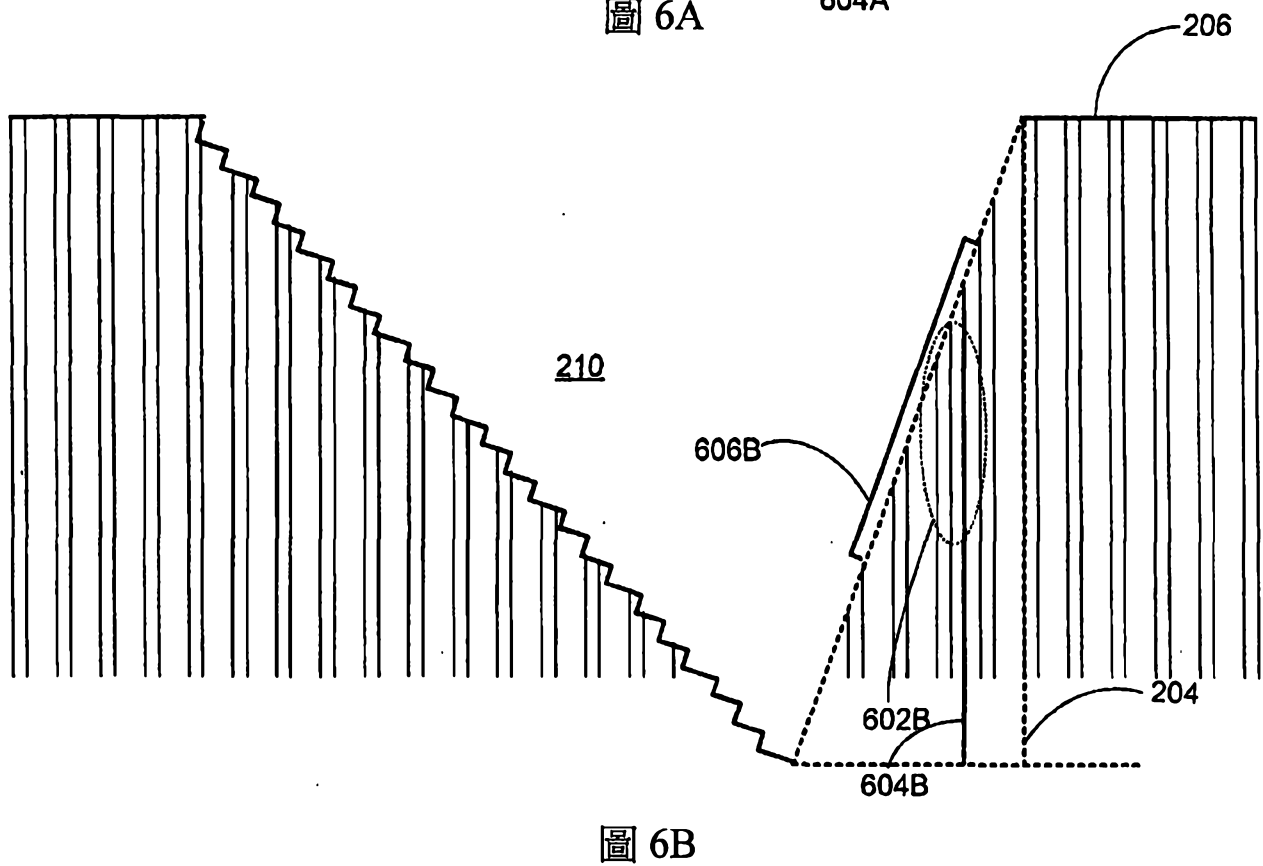
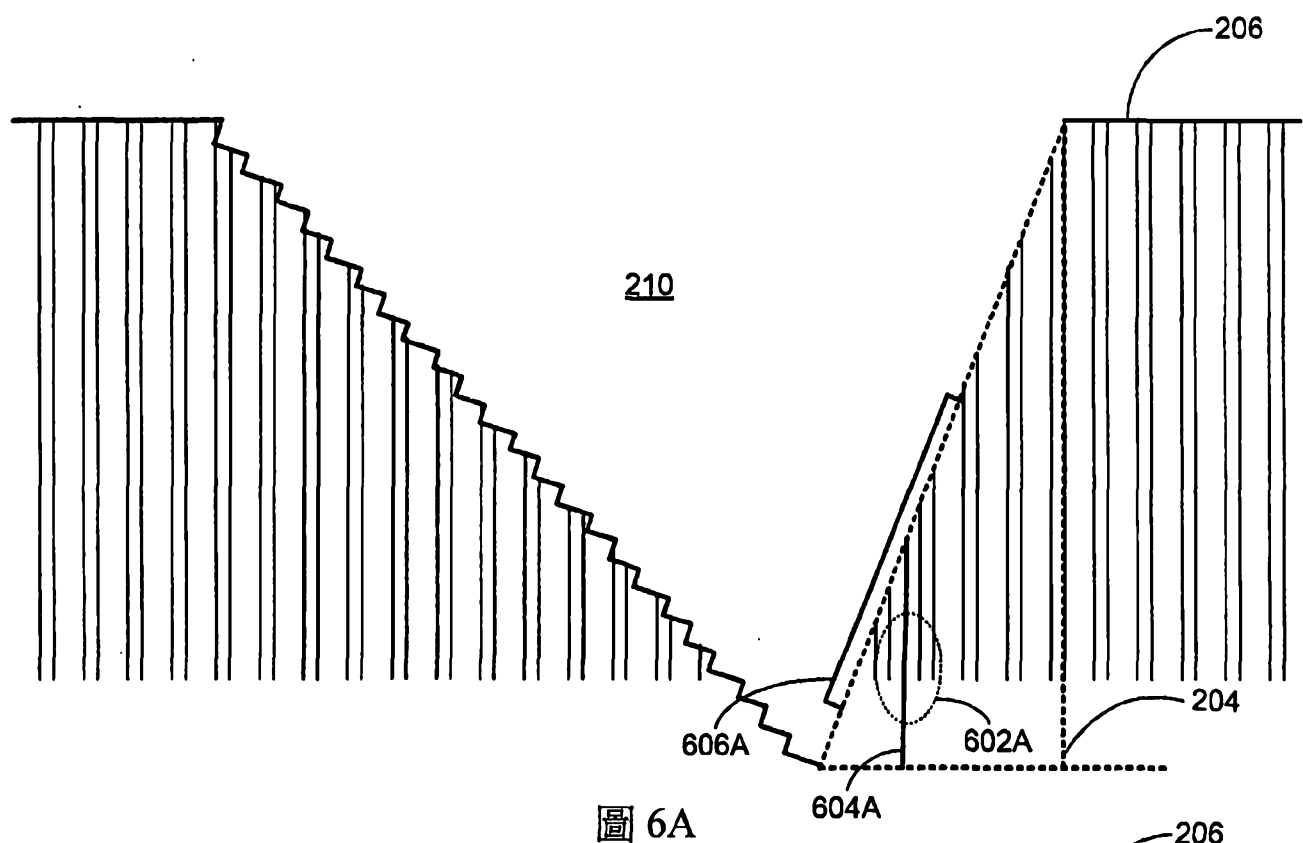


圖 5



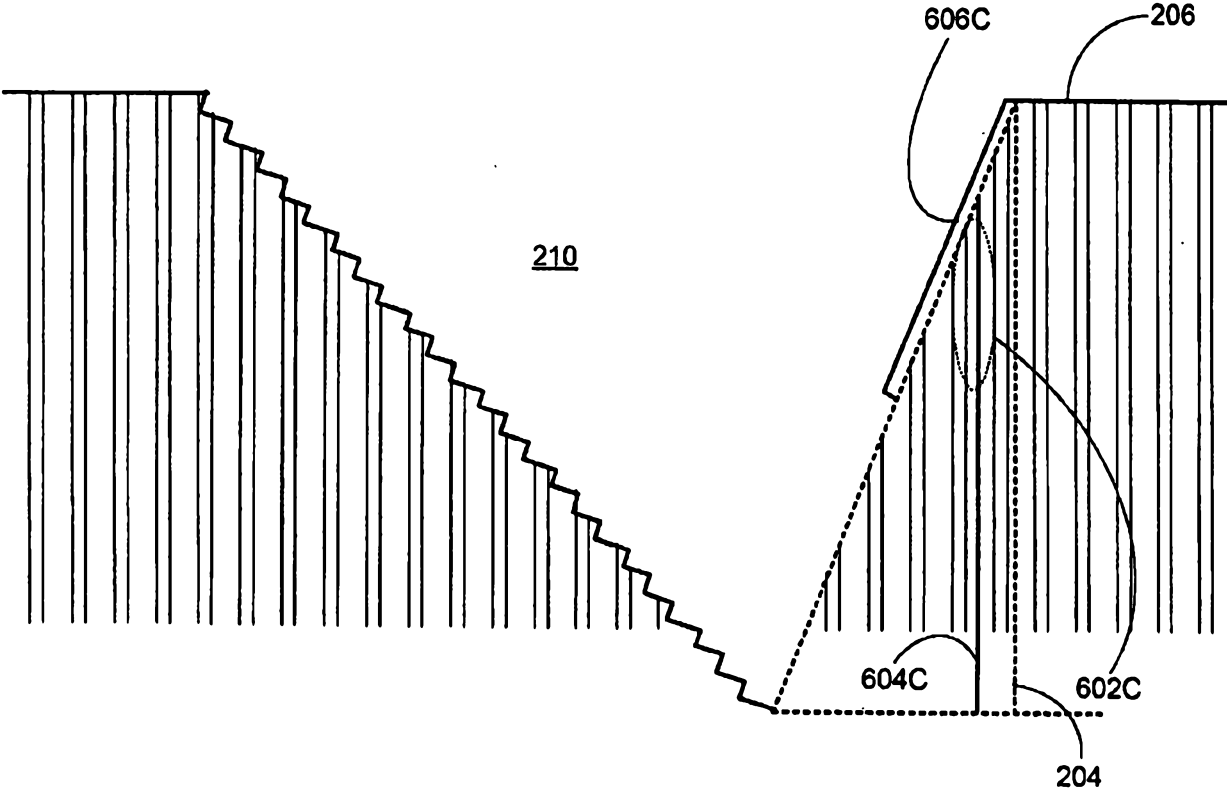


圖 6C

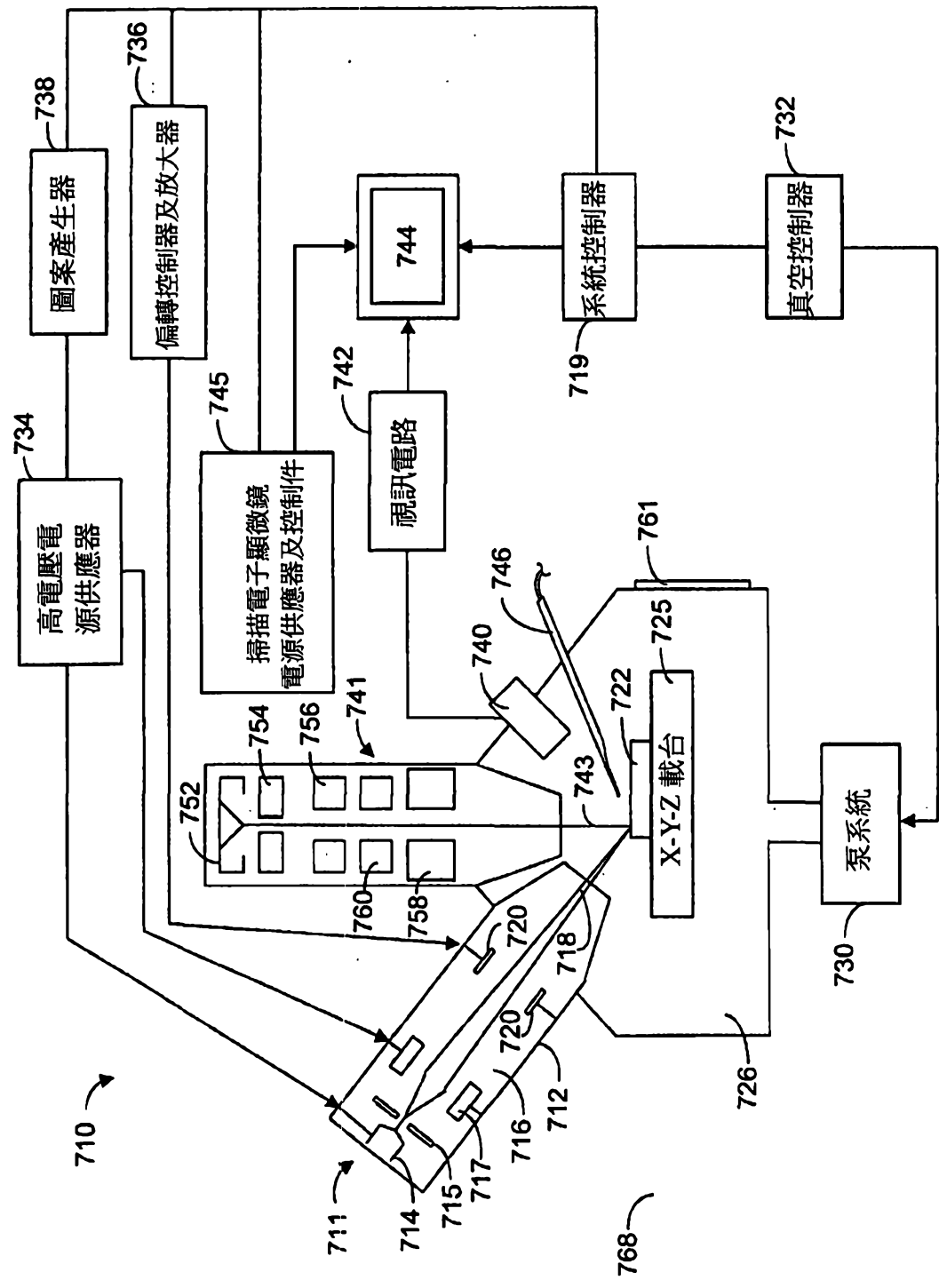


圖 7

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（4）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

204	法線
206	工件表面
210	溝渠/經銑削溝渠
216	剖面面/傾斜表面/面
402	離子束
404	垂直表面
406	所關注區

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

申請專利範圍

1. 一種使用一帶電粒子束來曝露一工件上之一所關注區之方法，其包括：

以與該工件頂部第一表面成一傾斜第一角度離子束銑削一溝渠以曝露與該第一表面成一傾斜第二角度之該所關注區毗鄰之一第二表面；

在該第二表面之一部分上沈積一保護層；

利用離子束以大致垂直該第一表面之第三角度銑削穿過該保護層及該第二表面之該部分以曝露在該保護層之下之該所關注區之一剖面；及

藉由帶電粒子束將該剖面成像來觀察該所關注區。
2. 如請求項1之方法，其中以與該第一表面成一非法向第一角度銑削一溝渠包含：在具有多個高「高寬比」特徵之該工件之一區中銑削一溝渠。
3. 如請求項2之方法，其中該多個高「高寬比」特徵係孔。
4. 如請求項3之方法，其中在毗鄰於所關注之該第二表面之一部分上沈積一保護層包含：穿過該等高「高寬比」孔銑削該溝渠且以該保護層覆蓋該孔。
5. 如請求項1之方法，其進一步包括實質上法向於該第一表面執行一後續銑削步驟以曝露該所關注區之一第二剖面及使用帶電粒子束成像來檢視該第二剖面。
6. 如請求項1或5之方法，其進一步包括執行多個後續銑削步驟以順序地曝露該所關注區之額外剖面及使用帶電粒子束成像來檢視該等額外剖面中之每一者。
7. 如請求項1或5之方法，其中該溝渠之一壁包含該第二表面且形

成與該第一表面之一法線成介於 5° 與 50° 之間的一第四角度。

8. 如請求項7之方法，其中該第四角度係在約 18° 至約 22° 之範圍。
9. 如請求項1或5之方法，其中在該第二表面之一部分上沈積一保護層包含：使用束誘導沈積。
10. 如請求項9之方法，其中使用束誘導沈積包括：使用具有大於10 keV之能量之電子之電子束誘導沈積。
11. 如請求項10之方法，其中使用電子束誘導沈積包括：使用具有大於20 keV之能量之電子之電子束誘導沈積。
12. 如請求項1或5之方法，其中在該第二表面之一部分上沈積一保護層包括：使用雷射誘導沈積或離子束誘導沈積來沈積一保護層。
13. 如請求項1或5之方法，其中該所關注區包含一3D NAND結構或3D DRAM結構之一部分。
14. 一種曝露一樣本之一高「高寬比」特徵之一部分之一剖面以供觀察之方法，其包括：

使用一聚焦離子束以與樣本之表面之一非法向角度且以與該高「高寬比」特徵之長軸之一非法向角度來銑削一溝渠以曝露一傾斜於該表面之面；

在該高「高寬比」特徵之一選定深度處於該面上沈積一保護層；

使用該聚焦離子束穿過該保護層且實質上垂直於該表面來銑削一剖面以曝露該高「高寬比」特徵之一剖面；及

觀察該所曝露剖面。
15. 如請求項14之方法，其中觀察該所曝露剖面包含：掃描電子顯微法、x射線分析、或微拉曼方法。
16. 如請求項14或15之方法，其進一步包括穿過該保護層平行於該

第一剖面銑削一第二剖面以曝露該高「高寬比」特徵之一第二剖面。

17. 如請求項14或15之方法，其進一步包括：使用該聚焦離子束穿過該保護層來順序地銑削一剖面；及使用一電子束來觀察該所曝露剖面以形成該高「高寬比」特徵之一系列之剖面影像。
18. 如請求項14或15之方法，其中沈積一保護層包括使用具有大於15 keV之能量之電子之電子束誘導沈積。
19. 如請求項14或15方法，其中在該面上沈積一保護層包括使用束誘導沈積在該面上沈積一保護層。
20. 一種分析一工件之一第一表面下方之一所關注區之方法，其包括：

朝向該工件引導一離子束以移除該工件之該第一表面與一所關注區之間的材料以產生傾斜於該第一表面之一第二表面，該第二表面之一部分介於該所關注區與該第一表面之位置之間；

將一保護層沈積在該第二表面上；

引導該離子束銑削穿過該保護層以產生一第三表面以供分析，該第三表面通過該所關注區；及

藉由帶電粒子束成像來觀察該所關注區，該第二表面上之該保護層充分接近所關注區以使得該所關注區經曝露以在無幕效應之情況下供觀察。

21. 如請求項20之方法，其中該第三表面實質上正交於該第一表面。
22. 如請求項21之方法，其中該第二表面相對於該第一表面之一法線傾斜介於5°與50°之間的一角度。
23. 如請求項22之方法，其中該第二表面相對於該第一表面之一法線傾斜介於約18°至約22°之間的一角度。

24. 一種用於觀察一樣本中之一所關注區之一剖面之系統，其包括：

一離子光學柱，其用於提供一聚焦離子束；

一電子光學柱，其用於提供一聚焦電子束；

一粒子偵測器，其用於偵測自該樣本發射之次級粒子；

一控制器，其與一電腦記憶體通信，該電腦記憶體儲存用於以下操作之指令：

深入該樣本外表面銑削一溝渠以曝露毗鄰所關注區且與該外表面傾斜之一表面；

在毗鄰於該所關注區之該表面之一部分上沈積一保護層；

穿過該保護層銑削毗鄰於該所關注區之該表面之一部分以曝露該所關注區；及

藉由帶電粒子束成像來觀察該所關注區。

25. 如請求項24之系統，其中該電腦記憶體儲存用於致使該電子束提供具有大於20 keV之能量之電子以藉由電子束誘導沈積來沈積該保護層之指令。