

本案已向

國(地區)申請專利

美國 US

申請日期

2000/02/25 USSN 09/513,826

案號

主張優先權

有

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無



五、發明說明 (1)

發明範圍

本發明有關粒子束，尤其有關使用粒子束達成半導體基底截面成像之系統與方法。

發明背景

積體電路中經常併有延伸深入半導體基底或晶圓的器件。製造此類積體電路時，最好定期檢驗這些器件的結構。在多數情況中，是藉由檢驗設有積體電路之晶圓的截面而達到檢驗器件結構的目的。

習式的半導體基底截面檢驗方法，通常包括去除基底材料以便露出一橫截面。隨後用一成像光束照射該表面。露出橫截面之步驟，通常是用一聚焦離子束掃描半導體基底之正面，以挖出一道溝槽，而此溝槽的垂壁形成欲以成像光束成像的橫截面。

成像光束通常是一粒子束，用以掃描經由聚焦離子束掃描而外露的橫截面。粒子束與橫截面交互作用的結果，造成帶電粒子的發射。這些帶電粒子被一檢測器檢測到，由檢測器提供數據至一處理器，再由處理器將數據轉換成半導體基底的截面圖像。

前述方法的缺點在於係用一聚焦離子束逐點外露橫截



五、發明說明 (2)

面以獲得橫截面的圖像。由於離子束要聚焦為一小點，所以離子源必須可以在小面積內提供大量離子流。此種離子源稱為“亮”源，通常使用一種在室溫或稍高於室溫時為液態之金屬，作為離子源。為了簡潔，我們稱此種金屬為“液態金屬”。在這些液態金屬中，鎔(Ga)因為具有高沸點，所以一般認為最實用。

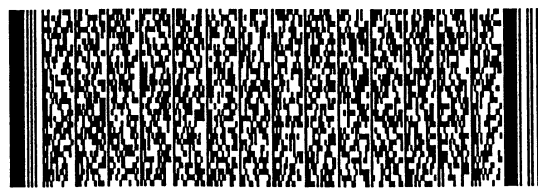
很不幸，在半導體製造過程中引用雜散(stray)金屬離子，諸如鎔，是極不理想的。經聚焦離子束掃描後的半導體基底上，即使只遺留極小量的金屬離子，也可能經由擴散而污染設於基底上的其他電路。結果，在晶圓截面檢驗後，造成整個晶圓依常規被棄置。

因此，最好能在相關技術範圍內提供一種不會在基底上造成雜散金屬離子沉澱的基底截面成像方法與系統。

發明概要

根據本發明之系統，並不使用聚焦離子束掃描基底，而是在基底上投射一孔徑圖像，藉此在基底上開挖一溝槽。此種方法解除了離子源必須為一亮源的限制，並開啟液態金屬源以外的離子源使用之門。

更明確地說，在具體實現本發明之系統中，是在一工



五、發明說明 (3)

件之正面上投射一孔徑之離子束圖像，而使欲成像之橫截面外露。此工件通常是一半導體基底或晶圓。由於離子束源並不直接聚焦在工件之正面，所以對於離子源亮度的限制大幅放鬆。尤其是，在一包括本發明原理之系統中，可使用液態金屬源以外的離子源產生離子束。由於雜散金屬離子汙染的風險降低，所以本發明之系統格外適合用於半導體晶圓之截面成像。

根據本發明之系統，包括沿第一軸延伸之成形束離子投射筒。離子投射筒在工件上照射一孔徑圖像，藉此開挖工件之一區段，其大小及形狀與離子投射筒投射的孔徑相同，包括任何放大因數。工件開挖區段之一垂壁形成一橫截面，隨後受一聚焦粒子束筒產生的聚焦粒子束照射。聚焦粒子束筒沿第二軸定向，而第二軸與第一軸成一預定角度相交。此一預定角度可為固定角度或可由一系統操作者調整。

聚焦粒子束筒可為一掃描電子顯微鏡，以電子束作為聚焦粒子束；或為一掃描聚焦離子束筒，以離子束作為聚焦粒子束。

成形束離子投射筒內的離子源可為一相當低亮度源。此種低亮度源通常之特徵為亮度低於每平方厘米單位立體角100,000安培截面電流(amps/cm²/steradian)。然而，



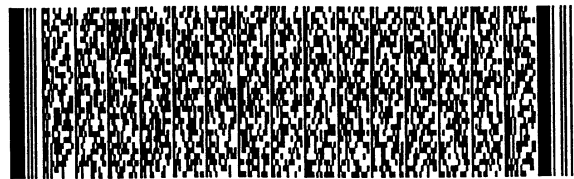
五、發明說明 (4)

離子源亦可為一液態金屬源，諸如一鎔源。

成形束離子投射筒可包括一設有孔徑之掩膜，孔徑之形狀與欲開挖之區域相同。掩膜通常置於離子源與晶圓表面間。孔徑雖然可為任何形狀，但是最好具有至少一平直邊緣，以形成易於成像之橫截面。

在實務上，孔徑各邊緣不可能完全平滑。為了降低孔徑邊緣不完美所產生的效應，本發明之裝置進而包括一選用性的顫動調諧系統。此種顫動調諧系統包括置於掩膜與晶圓表面間的複數個偏轉板。這些偏轉板上的時變電壓產生一時變電場，形成孔徑圖像的離子於其前往晶圓表面的途中，通過時變電場。離子束響應其所通過的時變電場作周期平移，使工件正面上的投射圖像位置產生周期變化。此種投射圖像位置之定期變化，可平均孔徑邊緣不完美所生的效應。

在另一實施例中，有一工件座扣持一工件，使工件相對一離子束筒產生的離子束成一可選擇的角度。在此實施例中，系統係在一切割模式與一成像模式間切換。在切割模式時，工件座扣持的工件其正面係與離子束垂直。離子束筒然後在工件正面聚焦一孔徑圖像，以於工件上開挖與孔徑投射大小及形狀相同之區段。工件開挖區段之一垂壁形成一橫截面。在成像模式時，工件座扣持的工件相對離



五、發明說明 (5)

子束成一角度。在此模式時，離子束筒沿著該橫截面以聚焦離子束掃描，藉此形成該表面之圖像。

圖式簡要說明

本發明前述及其他目的、特徵與優點，可藉以下說明及附圖而趨於明確，附圖包括：

圖1為本發明截面成像系統第一實施例之概略圖；

圖2顯示圖1中之離子束筒在一工件上投射一孔徑圖像；

圖3顯示利用圖2所示之離子束筒投射而在工件上形成的孔徑；

圖4為一流程圖，顯示圖1之系統於圖3所示工件上形成工件截面圖像時遵循的步驟；

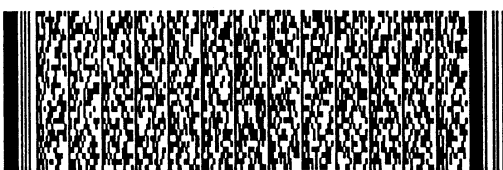
圖5顯示本發明截面成像系統之第二實施例在切割模式中操作之情況，其中，工件表面與離子束垂直；

圖6顯示圖5之系統在成像模式中操作之情況，其中，工件表面相對離子束呈一傾斜位置；及

圖7為一流程圖，顯示圖5及圖6之系統於形成工件截面圖像時遵循的步驟。

發明詳細說明

如圖1所示，用以取得一工件11截面圖像之粒子束系



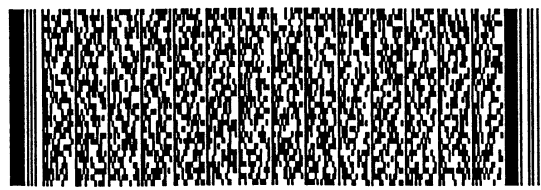
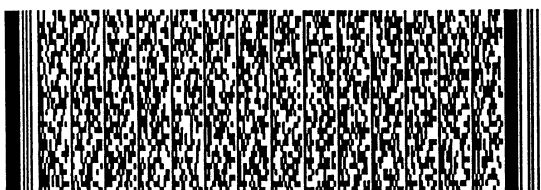
五、發明說明 (6)

統10，包括一成形束離子投射筒12，其架構可在工件11之正面14投射一孔徑圖像。較佳是，投射筒12沿第一軸18定向，而與工件11之正面14垂直，以使離子束相對正面14位於垂直入射角上。

系統10進而包括一聚焦粒子束成像筒20，沿第二軸22定向。第二軸22相對第一軸18為傾斜，以與第一軸18以一選取之角度相交。此一選取之角度為90度以外之角度，較佳是在30與60度之間。然而，本發明包括使用其他非直角之角度。

工件11係安置在一工件台24上。工件台24可響應一處理器28提供之指令而平移。處理器28亦提供指令給投射筒12與成像筒20。操作者利用一使用者界面30與處理器28通信，藉此控制處理器28。使用者界面30為一鍵盤及/或一觸摸反應式顯示幕。

圖2較詳細地顯示投射筒12，其中包括一離子源32，可朝工件11的方向發射與第一軸18共線的離子束。離子束於投向工件11之途中，通過一掩膜36中的孔徑34。孔徑34之形狀定義工件11上欲以離子束開挖的區域形狀。離子束然後通過一透鏡系統38，由透鏡38將一孔徑圖像聚焦在工件11之正面14上。在一較佳實施例中，透鏡系統38中所選擇的透鏡數目與排列方式，係可控制此孔徑圖像之照度與放大率。



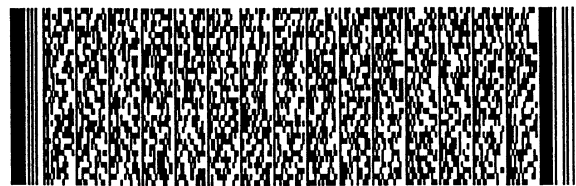
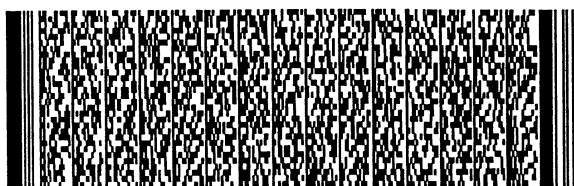
五、發明說明 (7)

工件11之開挖區段中，其壁面銳度視透鏡系統38造成的圖像模糊程度而定。若透鏡系統38使孔徑圖像置於最佳焦距，開挖區段之邊緣將會輪廓分明，否則，其邊緣會模糊，其模糊量接近離子源入射工件時的角度大小與工件偏離最佳焦面程度的乘積。最大允許偏位通常稱為系統之焦深。

在掩膜36內形成的孔徑34形狀，可為矩形、三角形、圓形或任何其他孔徑輪廓。然而，孔徑34較佳包括至少一個平直邊緣，以便所產生的工件11開挖區具有適當長度的垂壁，形成欲以成像筒20成像的橫截面。

雖然離子源32可為一液態金屬源，但是開挖工件11某一區域時，不再需要此種離子源的亮度。假設有一固定離子流，(i)聚焦離子束系統所需之亮度與(ii)投射束系統所需亮度之比，視聚焦離子束照亮面積與投射束系統內投射孔徑面積之比而定。以照亮直徑為一百納米(毫微米)圓形的典型聚焦離子束以及線性尺寸為十微米之典型投射孔徑而言，離子源之亮度需求降低一萬倍。

由於投射系統內的離子源不需如此高的亮度，所以含有投射筒的系統可有更廣泛的離子源選擇性。在一較佳實施例中的離子源32，並不發射微量金屬離子。此種較佳之



五、發明說明 (8)

離子源包括等離子體源、場致發射氣體離子源、或表面等離子體源。低亮度源通常有一特徵，即其亮度低於每平方厘米單位立體角100,000安培截面電流。

投射筒12的離子源選擇受一條件限制，亦即，離子源32的發射強度須夠高，以使其提供的離子流適於開挖基底的某一區域。發射強度是離子束之投射面積與其在—光學平面內之聚束角度的乘積。在一投射系統內的離子源，其所需發射強度通常比一探針系統所需發射強度高出許多大小級次。在P. Hawkes與E. Kasper所著的Principles of Electron Optics(電子光學原理)一書中，對發射強度與亮度的概念有廣泛的探討。在此提及作為參考。

在實務中，藉由提供擴展離子源取代點狀離子源，可達成高發射強度的條件。1996年之真空科學與技術雜誌中，刊於B 14(6)，3947由Y. Lee等人所著之Development of Ion sources for Ion Projection Lithography(離子投射石版印刷用離子源之發展)，提供了適於實施本發明的擴展離子源範例。

由於孔徑34的形成不完美，所以孔徑34之邊緣並不全然光滑。為了減輕孔徑34邊緣任何粗糙度產生的效應，投射筒12可選擇性地包括一顫動調諧系統40，以校正孔徑34邊緣的粗糙度效應。



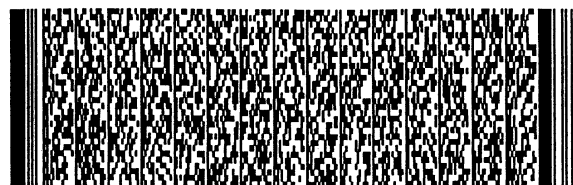
五、發明說明 (9)

圖中所示的顫動調諧系統40包括設於透鏡系統38與工件11間的偏轉板42a、42b。一信號源44在偏轉板42a、42b間提供一時變電場，偏轉板42a、42b則與信號源44連接。由於離子是帶電粒子，所以時變電場造成一投射圖像45在工件11上的時變移動，如圖3所示。藉由適當選擇信號源44產生之信號的幅度與頻率，可將孔徑34邊緣內的粗糙效應整平或平均，藉此模擬具有完美光滑邊緣之孔徑。

較佳是，加載於偏轉板42a、42b的信號所選取的幅度，宜使顫動調諧運動的幅度大於孔徑邊緣的粗糙度。所選取的信號頻率則宜使工件表面上產生的開挖具有大致垂直之壁面。由信號產生器44產生的波形較佳為三角波形，並具有與前述條件相符的幅度與頻率。

圖4概述根據本發明達成工件橫截面成像之方法46。此方法包括的步驟為：在工件上投射一孔徑之圖像(步驟48)。如此可在工件表面上開挖一區域。開挖的區域具有一垂壁，形成稍後欲以成像筒成像的橫截面。或者可選擇性地用一顫動調諧子系統顫動工件上投射孔徑之位置，以整平孔徑任何粗糙邊緣產生的效應(步驟50)。

經過適當期間之曝照後，關斷離子束(步驟52)。曝照期間視離子源的特性、基底的性質及所需的開挖區深度而



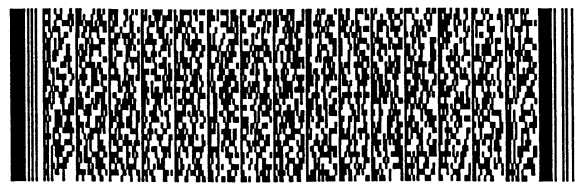
五、發明說明 (10)

定。適合的曝照期間可用已知方法或依經驗計算來決定。

經投射筒外露的橫截面，隨後再用成像筒提供的聚焦粒子束掃描(步驟54)。雖然聚焦粒子束可為一離子束，但離子束的解析度顯著低於電子束的解析度。由於成像筒並非用於開挖工件，所以使用離子束並無好處。此處，在較佳實施例中，用於工件成像之聚焦粒子束，為藉由一掃描顯微鏡提供之電子束。在本發明之第二實施例中，如圖5所示，有一離子束筒可在用以開挖工件表面之投射模式及用以達成工件橫截面成像之成像模式間切換。在投射模式時，離子束投射筒62在一工件64上投射孔徑圖像，藉此開挖工件正面的一部份，並外露一橫截面用以成像。關於工件表面開挖之細節，係與第一實施例10中已作的投射筒12相關說明完全相同，因此不需在此重複。

在第二實施例60中，工件64係安置在一傾斜台66上。一處理器70可與傾斜台66及離子束筒62二者通信，當操作者經由與處理器70接合之使用者界面72提供指令時，處理器70響應指令而控制傾斜台66與離子束筒62。

操作時，先以投射模式操作離子束筒62，如圖5所示，其中，傾斜台66扣持工件64，使工件64之表面與離子束筒62之筒軸線74垂直。在此投射模式期間，離子束筒62在工件64投射一孔徑圖像，其方式與先前圖1及圖2所示離



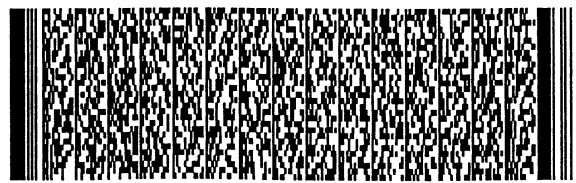
五、發明說明 (11)

子束筒12之相關說明完全相同。如此造成工件露出一橫截面。

形成橫截面後，再以成像模式操作離子束筒62，如圖6所示。在成像模式期間，傾斜台66扣持工件64，使其表面相對離子束筒62之筒軸線74成一角度。此一傾斜角使橫截面曝在離子束筒62產生的聚焦離子束之內。因此，在此第二實施例中，離子束筒62是在工件64上投射一孔徑圖像與在工件64上用聚焦離子束掃描二者間切換。前一操作模式極適於開挖工件上某一區域，但不能隨意用於形成一圖像。後一操作模式極適於成像，但開挖效率較低。

圖7概述使用圖5與圖6所示系統達成工件橫截面成像之方法76中的各步驟。首先使工件定向，以使其正面與離子束垂直(步驟78)。然後在工件上投射一孔徑圖像(步驟80)。如此可在工件表面上開挖一區域。開挖的區域具有一垂壁，形成稍後欲以成像筒成像的橫截面。依照孔徑邊緣不完全光滑的程度，以一顫動調諧子系統顫動工件上投射孔徑的位置(步驟82)，藉此平均孔徑邊緣任何不規則造成的效應。

經過適當曝照期間後，關斷離子束(步驟84)。曝照期間視離子源的特性、基底的性質及所需的開挖區深度而定。適合的曝照期間可用已知方法或依經驗計算來決定。

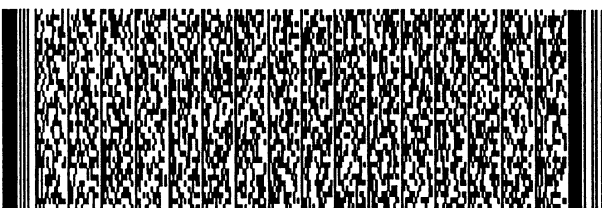


五、發明說明 (12)

一旦經由投射筒而使橫截面外露後，即將工件重新定向，以使其正面與離子束成一角度交叉(步驟86)。現在，離子束係聚焦在橫截面上，並沿該表面掃描，以形成所需的截面圖像(步驟88)。

因此可以看出，本發明極有效率地達成前述目的。由於上述結構中可作某些改變而不脫離本發明之範圍，所以上述說明或附圖中顯示的所有事項，其旨意在於舉例而非限制。

同時亦須了解以下申請專利範圍之目的，係涵蓋本說明書內述及之發明其所有一般與特定特徵，及落於此二者之間有關本發明範圍之所有陳述。經過以上說明後，以下為本發明視為新穎並欲以專利證書保護之請求事項。



圖式簡單說明

圖1為本發明截面成像系統第一實施例之概略圖；

圖2顯示圖1中之離子束筒在一工件上投射一孔徑圖像；

圖3顯示利用圖2所示之離子束筒投射而在工件上形成的孔徑；

圖4為一流程圖，顯示圖1之系統於圖3所示工件上形成工件截面圖像時遵循的步驟；

圖5顯示本發明截面成像系統之第二實施例在切割模式中操作之情況，其中，工件表面與離子束垂直；

圖6顯示圖5之系統在成像模式中操作之情況，其中，工件表面相對離子束呈一傾斜位置；及

圖7為一流程圖，顯示圖5及圖6之系統於形成工件截面圖像時遵循的步驟。



四、中文發明摘要 (發明之名稱：基底截面成像系統)

一種取得工件橫截面圖像之系統，其中包括沿第一軸定向之成形束離子投射筒。離子投射筒在工件表面上投射一孔徑圖像，藉此開挖該表面的一部份以外露一橫截面。由於離子束並不聚焦在該表面上，所以可使用一低亮度離子源。另一聚焦粒子束筒，通常是一掃描顯微鏡，沿著與第一軸成一選擇角度相交之第二軸定向。此聚焦粒子束筒產生粒子束，用以描繪用離子投射筒外露之橫截面的圖像。

英文發明摘要 (發明之名稱：SYSTEM FOR IMAGING A CROSS-SECTION OF A SUBSTRATE)

A system for obtaining an image of a cross-sectional surface of a workpiece includes a shaped beam ion projection column oriented along a first axis. The ion projection column projects an image of an aperture on the workpiece surface, thereby excavating a portion of the surface and exposing a cross-sectional surface. Because the ion beam is not focused on the surface, a low brightness ion source can be used. A focused particle beam column, typically a scanning



四、中文發明摘要 (發明之名稱：基底截面成像系統)

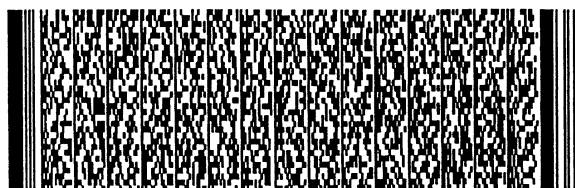
英文發明摘要 (發明之名稱：SYSTEM FOR IMAGING A CROSS-SECTION OF A SUBSTRATE)

electron microscope, is oriented along a second axis that intersects the first axis at a selected angle. This focused particle beam column generates a particle beam that is used to image the cross-sectional surface exposed by the ion projection column.



六、申請專利範圍

1. 一種工件截面成像裝置，該一裝置包括：
一成形束離子投射筒，沿一第一軸定向並照射該工件，以於該工件上形成一截面；及
一聚焦粒子束筒，沿一與該第一軸成一預定角度相交之第二軸定向，該聚焦粒子束筒產生一聚焦粒子束照射該截面。
2. 如申請專利範圍第1項所述之裝置，其中該聚焦粒子束筒包括一掃描電子顯微鏡。
3. 如申請專利範圍第1項所述之裝置，其中該聚焦粒子束筒包括一聚焦離子束筒。
4. 如申請專利範圍第1項所述之裝置，其中該成形束離子投射筒包括一低亮度離子源。
5. 如申請專利範圍第4項所述之裝置，其中該離子源之亮度低於每平方厘米單位立體角100,000安培截面電流。
6. 如申請專利範圍第5項所述之裝置，其中該離子源之亮度低於每平方厘米單位立體角10,000安培截面電流。
7. 如申請專利範圍第4項所述之裝置，其中該離子源係選自包括等離子體源、場致發射氣體離子源、表面等離子體



六、申請專利範圍

源及液態金屬源之群組。

8. 如申請專利範圍第1項所述之裝置，其中該成形束離子投射筒包括：

一產生離子束之離子源；及

一離子阻擋掩膜，其上設有穿透之孔徑，該掩膜係置於該離子源與該工件之間。

9. 如申請專利範圍第8項所述之裝置，其中該成形束離子投射筒進而包括：

一偏轉板，置於離子阻擋掩膜與該工件之間；及

一電壓源，與該偏轉板連接，以於偏轉板上產生一電荷。

10. 如申請專利範圍第9項所述之裝置，其中該電壓源包括一信號產生器，以於該偏轉板上產生一時變電荷。

11. 如申請專利範圍第8項所述之裝置，其中該離子阻擋掩膜包括至少一個平直邊緣，以使投射之孔徑具有至少一個平直邊緣。

12. 如申請專利範圍第1項所述之裝置，其中該預定角度介於大約三十度與六十度之間。



六、申請專利範圍

13. 一種工件截面成像裝置，該工件具有一正面，該裝置包括：

一離子束投射筒，可在一切割模式與一成像模式間切換；於該切割模式時，可在該工件上投射一孔徑圖像，於該成像模式時，可用一聚焦離子束照射該工件；該離子束投射筒係沿一筒軸線定向；及

一工件座，具有一切割位置與一成像位置；在該切割位置時，該工件座扣持之該工件正面相對該筒軸線成一第一角度，以及，在該成像位置時，該工件座扣持之該工件正面相對該筒軸線成一第二角度。

14. 如申請專利範圍第13項所述之裝置，其中該第一角度之選擇係使該筒軸線及該工件正面大致為垂直。

15. 如申請專利範圍第13項所述之裝置，其中該第二角度大約介於三十度與六十度之間。

16. 一種工件截面成像方法，該方法包括以下步驟：

沿一第一軸在該工件上投射一孔徑之離子束圖像，以外露該工件之一橫截面；及

使用沿一第二軸定向之聚焦粒子束照射該橫截面，而該第二軸與該第一軸成一預定角度相交。

17. 如申請專利範圍第16項所述之方法，其中該外露截面



六、申請專利範圍

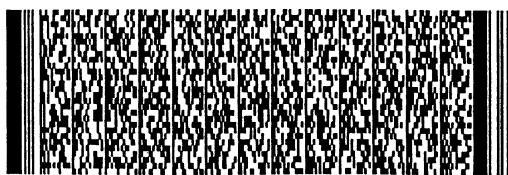
之步驟，包括使用一低亮度離子源產生之離子照射該工件。

18. 如申請專利範圍第17項所述之方法，進而包括以下步驟：選擇亮度低於每平方厘米單位立體角100,000安培截面電流之離子源。

19. 如申請專利範圍第18項所述之方法，進而包括以下步驟：選擇亮度低於每平方厘米單位立體角10,000安培截面電流之離子源。

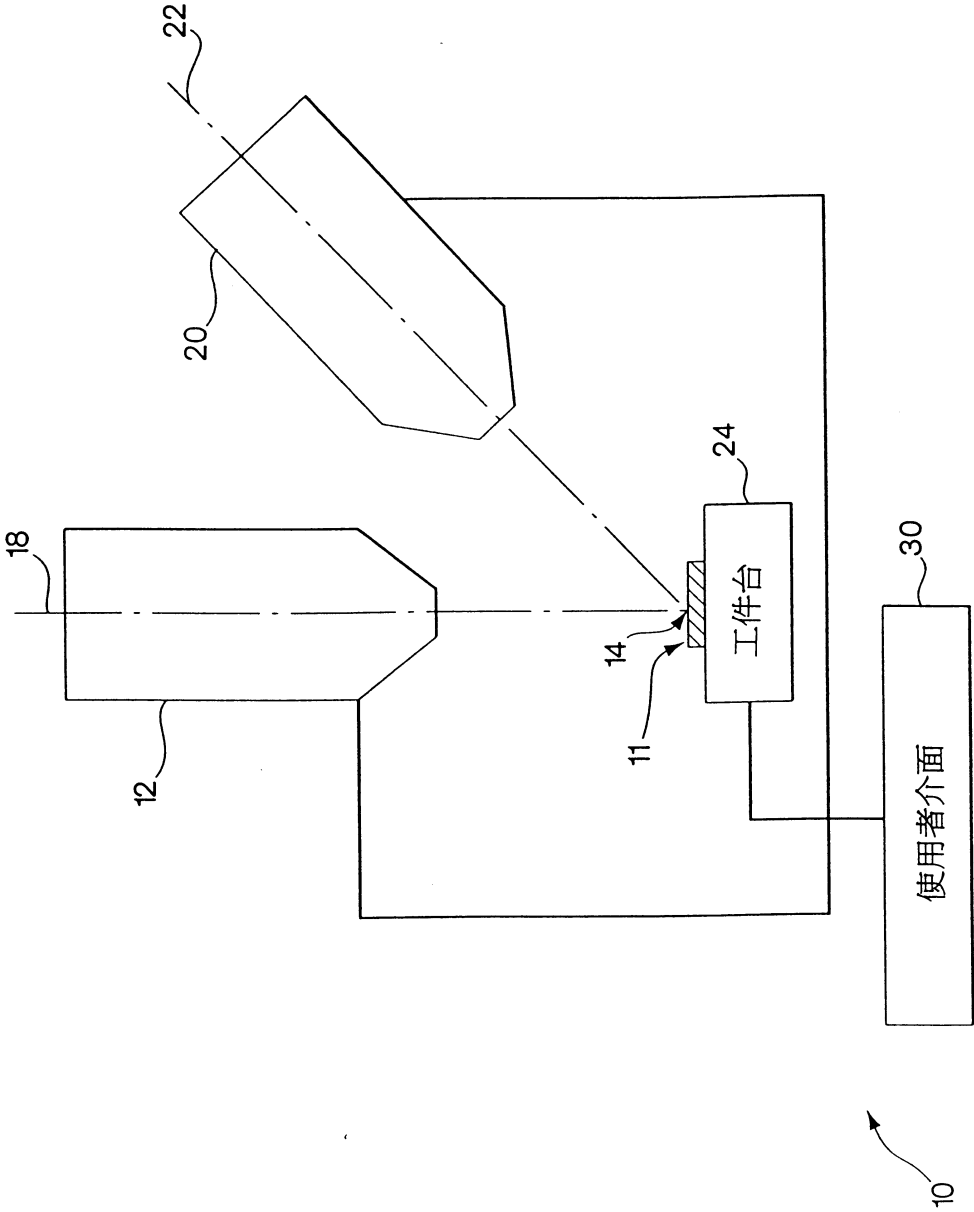
20. 如申請專利範圍第16項所述之方法，其中該外露截面之步驟進而包括顫動該孔徑之離子束圖像。

21. 如申請專利範圍第20項所述之方法，其中該顫動步驟包括使用周期波形偏轉該離子束圖像。



圖式

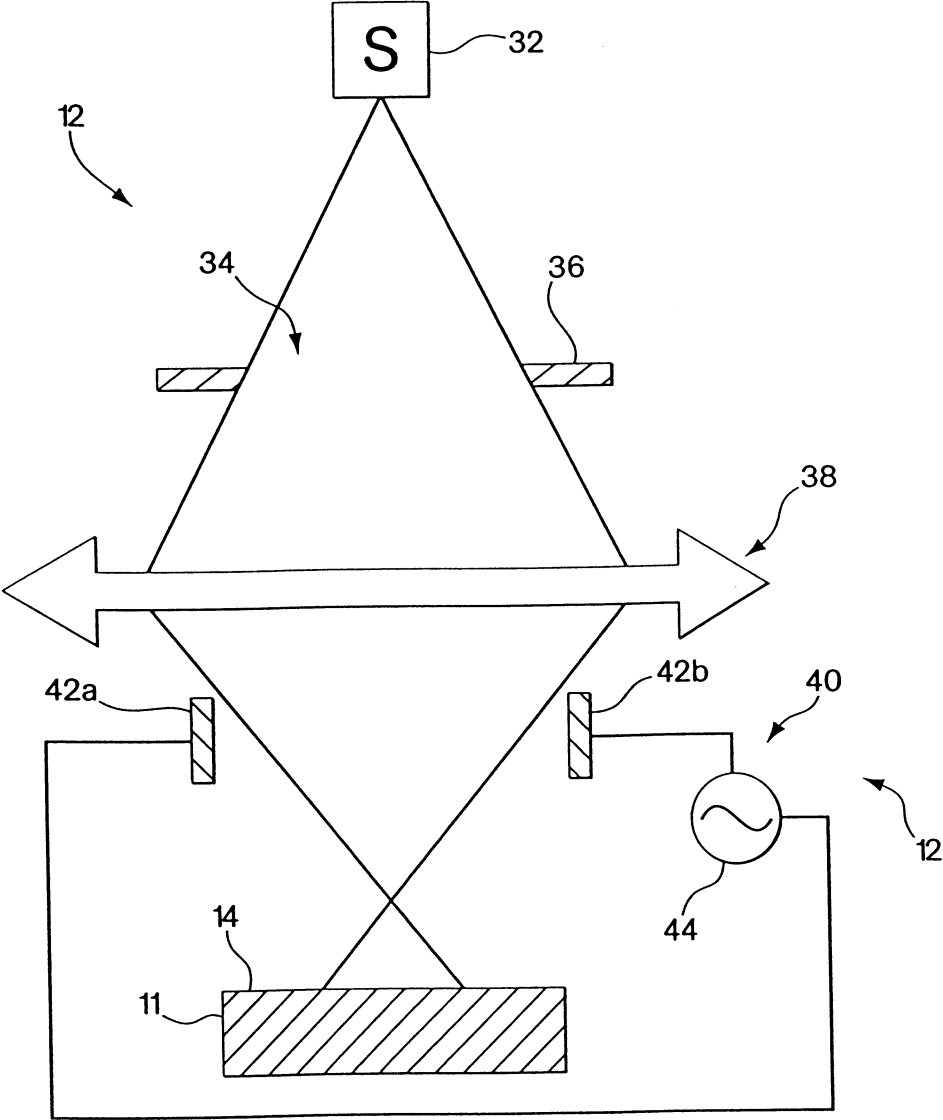
1/7



第 1 圖

圖式

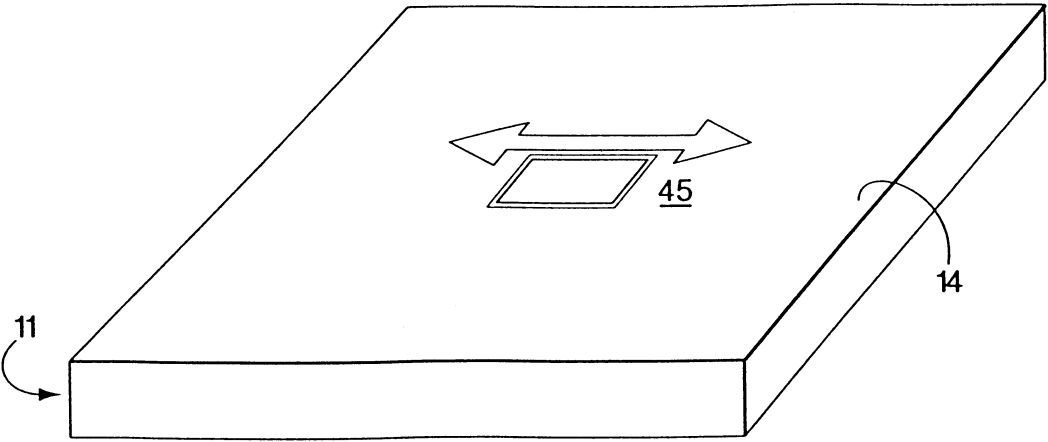
2/7



第 2 圖

圖式

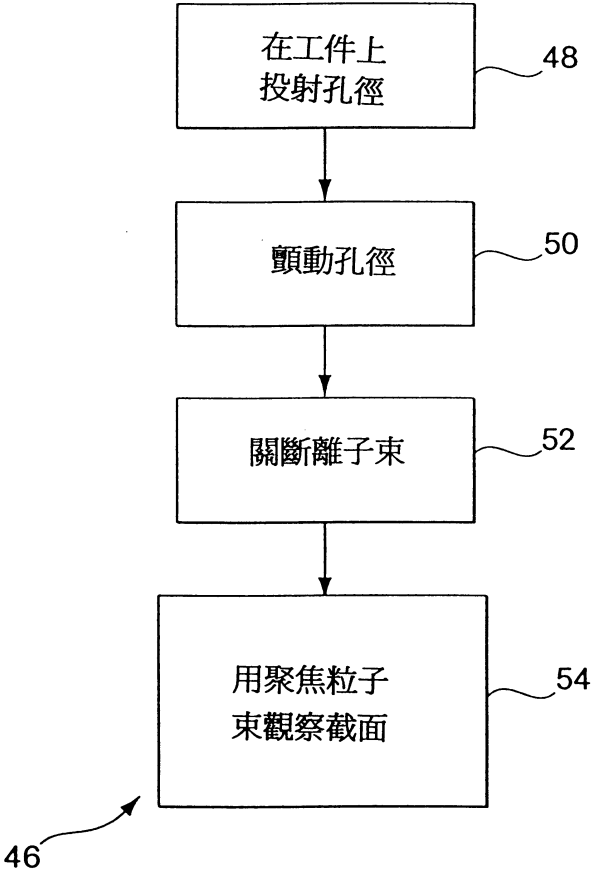
3/7



第 3 圖

圖式

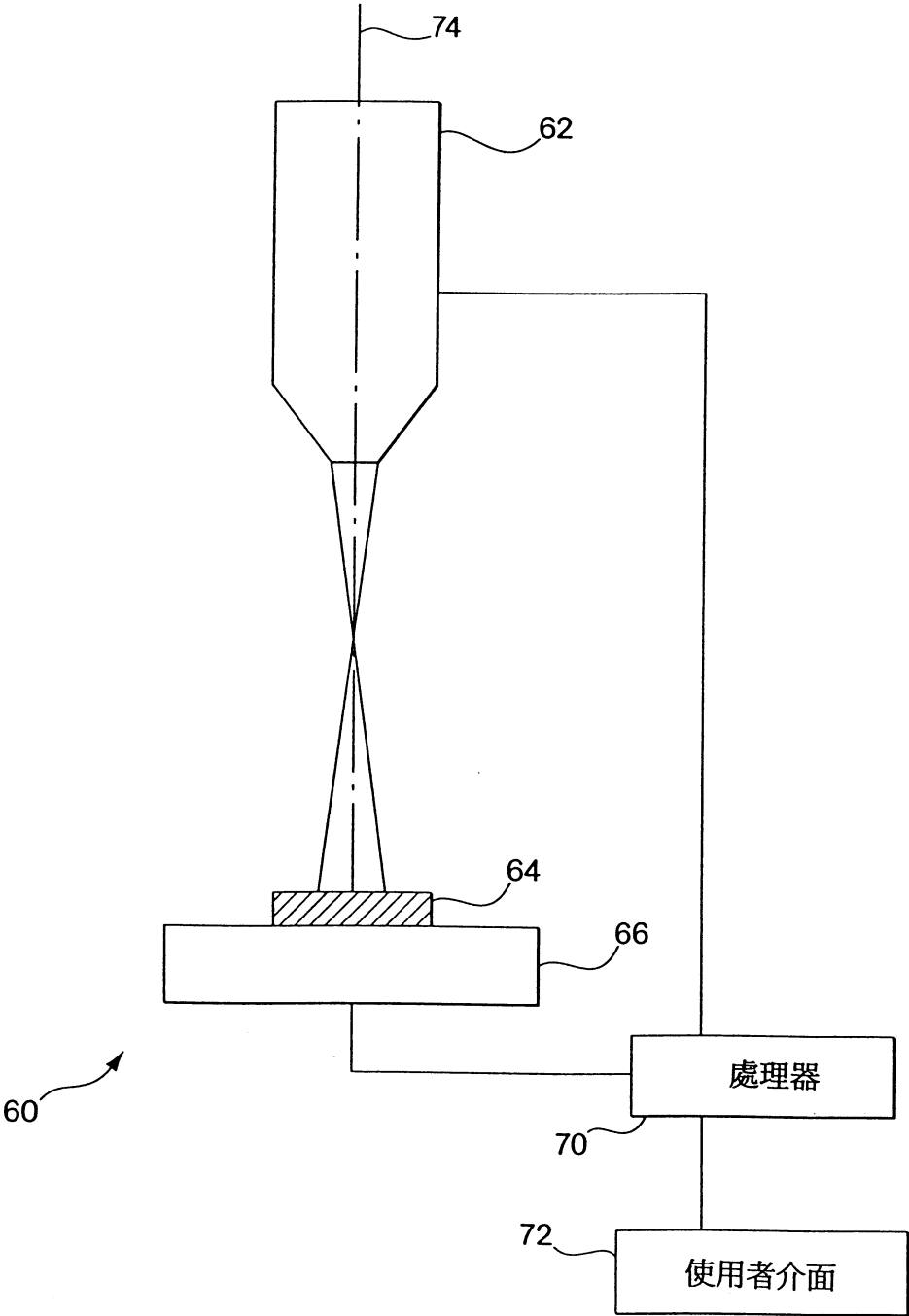
4/7



第 4 圖

圖式

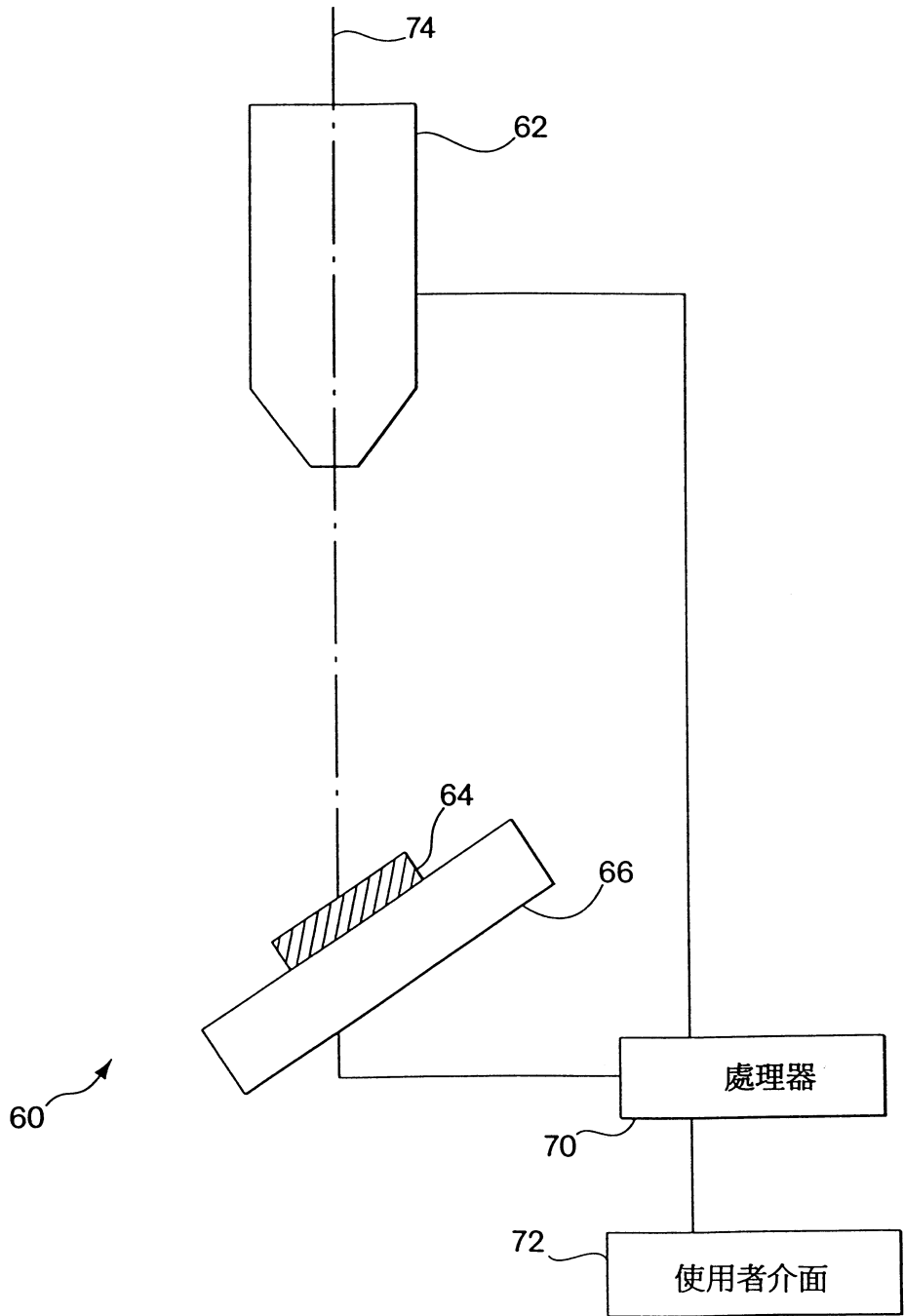
5/7



第 5 圖

圖式

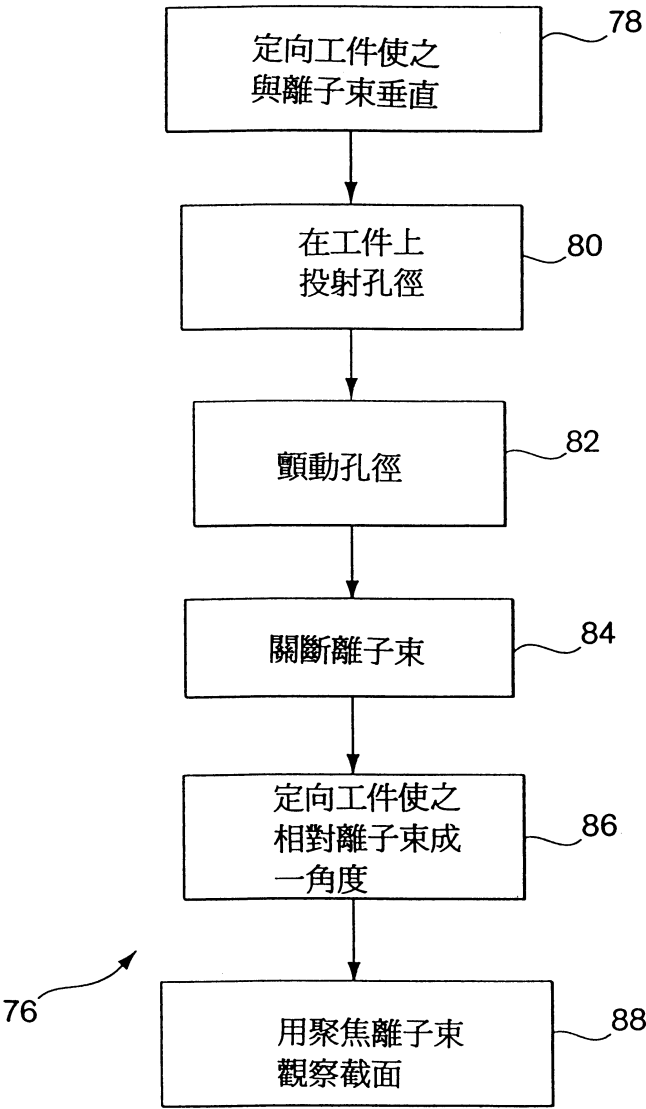
6/7



第 6 圖

圖式

7/7



第 7 圖

90. 9. 28 修正
年 月 日 補充

申請日期： 90. 7. 26

案號： 90102824

類別：

(以上各欄由本局填註)

公告本

發明專利說明書

I220533

一、 發明名稱	中文	基底截面成像系統
	英文	SYSTEM FOR IMAGING A CROSS-SECTION OF A SUBSTRATE
二、 發明人	姓名 (中文)	1. 史帝芬 貝格 2. 勞倫斯 司沛尼
	姓名 (英文)	1. BERGER, Steven 2. SCIPIONI, Lawrence
	國籍	1. 美國 2. 美國
	住、居所	1. 美國01950麻薩諸塞州紐伯瑞特市牧師街9號 9 Parsons Street Newburyport, Massachusetts 01950 United States of American 2. 美國01923麻薩諸塞州丹佛市勞倫斯街26號 26 Lawrence Street Danvers, Massachusetts 01923 United States of America
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	1. FEI 公司
	姓名 (名稱) (英文)	1. FEI COMPANY
	國籍	1. 美國
	住、居所 (事務所)	1. 美國97124-5830奧勒崗州希爾斯波羅市NW長青道7451號 7451 NW Evergreen Parkway Hillsboro, OR 97124-5830 United States of America
	代表人 姓名 (中文)	1. 凌伍德 W. 史汪生
	代表人 姓名 (英文)	1. Lynwood W. Swanson

