



(21)申請案號：106106110 (22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 02 月 23 日

(51)Int. Cl. : *H01J1/16 (2006.01)* *H01J19/10 (2006.01)*
H01J37/073 (2006.01) *H01J9/02 (2006.01)*

(30)優先權：2016/02/29 美國 15/056,244

(71)申請人：I C T 積體電路測試股份有限公司 (德國) ICT INTEGRATED CIRCUIT TESTING
 GESELLSCHAFT FUR HALBLEITERPRUFTECHNIK MBH (DE)
 德國

(72)發明人：拉尼歐 史帝芬 LANIO, STEFAN (DE)；克拉瑪 艾勒克山卓 KRAMER,
 ALEKSANDRA (DE)；布雷爾 約翰 BREUER, JOHN (DE)

(74)代理人：李世章；彭國洋

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：6 共 36 頁

(54)名稱

熱場發射器尖端、包含熱場發射器尖端的電子束裝置及用於操作電子束裝置的方法
 THERMAL FIELD EMITTER TIP, ELECTRON BEAM DEVICE INCLUDING A THERMAL FIELD
 EMITTER TIP AND METHOD FOR OPERATING AN ELECTRON BEAM DEVICE

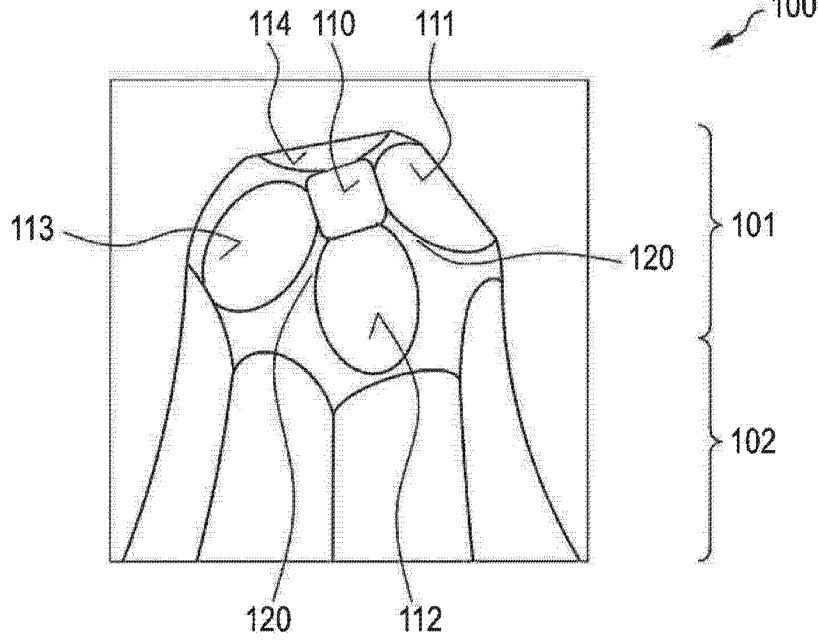
(57)摘要

描述用於利用電子束檢查樣品的電子束裝置。電子束裝置包括電子束源，電子束源包括熱場發射器，熱場發射器包括具有發射刻面以及第一側刻面與第二側刻面的發射器尖端，發射刻面經配置以用於電子發射，其中發射刻面具有發射刻面寬度，其中邊緣刻面係形成於第一側刻面與第二側刻面之間，邊緣刻面具有邊緣刻面寬度。邊緣刻面寬度係在發射刻面寬度的 20% 與 40% 之間。電子束源進一步包括提取器裝置與加熱裝置，加熱裝置用於加熱熱場發射器。電子束裝置進一步包括電子束光學元件與偵測器裝置，偵測器裝置用於偵測在初級電子束碰撞或撞擊至樣品上而產生的次級帶電粒子。

An electron beam device for inspecting a sample with an electron beam is described. The electron beam device includes an electron beam source including a thermal field emitter, which includes an emitter tip having an emission facet configured for electron emission, wherein the emission facet has an emission facet width; and a first side facet and a second side facet, wherein an edge facet is formed between the first side facet and the second side facet, which has an edge facet width. The edge facet width is between 20% and 40% of the emission facet width. The electron beam source further includes an extractor device; and a heating device for heating the thermal field emitter. The electron beam device further includes electron beam optics and a detector device for detecting secondary charged particles generated at an impingement or hitting of the primary electron beam on the sample.

指定代表圖：

第1圖



符號簡單說明：

100 . . . 發射器尖端

101 . . . 第一部分

102 . . . 第二部分

110 . . . 發射刻面

111 . . . 側刻面

112 . . . 側刻面

113 . . . 側刻面

114 . . . 側刻面

120 . . . 邊緣刻面



201740419

申請

IPC: 申請日: 106/02/23

H01J 1/16 (2006.01)

IPC分類: H01J 19/10 (2006.01)

H01J 37/073 (2006.01)

H01J 9/02 (2006.01)

【發明摘要】

【中文發明名稱】熱場發射器尖端、包含熱場發射器尖端的電子束裝置及用於操作電子束裝置的方法

【英文發明名稱】THERMAL FIELD EMITTER TIP, ELECTRON BEAM DEVICE INCLUDING A THERMAL FIELD EMITTER TIP AND METHOD FOR OPERATING AN ELECTRON BEAM DEVICE

【中文】

描述用於利用電子束檢查樣品的電子束裝置。電子束裝置包括電子束源，電子束源包括熱場發射器，熱場發射器包括具有發射刻面以及第一側刻面與第二側刻面的發射器尖端，發射刻面經配置以用於電子發射，其中發射刻面具有發射刻面寬度，其中邊緣刻面係形成於第一側刻面與第二側刻面之間，邊緣刻面具有邊緣刻面寬度。邊緣刻面寬度係在發射刻面寬度的20%與40%之間。電子束源進一步包括提取器裝置與加熱裝置，加熱裝置用於加熱熱場發射器。電子束裝置進一步包括電子束光學元件與偵測器裝置，偵測器裝置用於偵測在初級電子束碰撞或撞擊至樣品上而產生的次級帶電粒子。

【英文】

An electron beam device for inspecting a sample with an electron beam is described. The electron beam device includes an electron beam source including a thermal field emitter, which includes an emitter tip having an emission facet configured for electron emission, wherein the emission facet has an emission facet width; and a first side facet and a second side facet, wherein an edge facet is formed between the first side facet and

the second side facet, which has an edge facet width. The edge facet width is between 20% and 40% of the emission facet width. The electron beam source further includes an extractor device; and a heating device for heating the thermal field emitter. The electron beam device further includes electron beam optics and a detector device for detecting secondary charged particles generated at an impingement or hitting of the primary electron beam on the sample.

【指定代表圖】第（ 1 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

1 0 0 發射器尖端

1 0 1 第一部分

1 0 2 第二部分

1 1 0 發射刻面

1 1 1 側刻面

1 1 2 側刻面

1 1 3 側刻面

1 1 4 側刻面

1 2 0 邊緣刻面

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】熱場發射器尖端、包含熱場發射器尖端的電子束裝置及用於操作電子束裝置的方法

【英文發明名稱】THERMAL FIELD EMITTER TIP, ELECTRON BEAM DEVICE INCLUDING A THERMAL FIELD EMITTER TIP AND METHOD FOR OPERATING AN ELECTRON BEAM DEVICE

【技術領域】

【0001】 本揭示之實施例係關於用於電子束裝置的電子發射器源、電子束裝置、用於製造用於電子束裝置的電子發射器的方法、及用於操作用於電子束裝置的電子發射器的方法。本揭示之實施例具體關於熱場電子發射器與電子束裝置，例如用於檢查系統應用、測試系統應用、光刻系統應用、缺陷檢視、或臨界尺寸確定應用、及類似者。

【先前技術】

【0002】 帶電粒子束裝置可用於例如電子束檢查（EBI），缺陷檢視、及臨界尺寸量測。在藉由初級帶電粒子束照射樣本或樣品之後，建立訊號帶電粒子（例如次級電子（SE）或背散射帶電粒子），其可攜帶關於樣品的地形、樣品的化學成分、樣品的靜電位、及關於樣品的其他資訊的資訊。將訊號帶電粒子收集並導引至感測器，例如閃爍器、pin二極體、或類似者。

【0003】 在帶電粒子束裝置中提供初級帶電粒子束的帶電粒子源（例如電子發射器）的效能具有特別利益。作為實例，具有高發射穩定性的高亮度帶電粒子源及/或高

發射電流源是有益的。在真空條件下操作帶電粒子源，其中帶電粒子源的效能可以與真空的品質相關。

【0004】 熱場發射器（TFE）係建立為用於電子顯微鏡的電子源，特別是由於相對高的亮度、相對小的能量寬度、中等的真空標準、及良好的短期發射穩定性與低光束電流雜訊。然而，商業上可取得的TFE通常表現出不希望的穩定性問題，例如角強度的長期連續減少，這歸因於尖端的一般生長，而這導致尖端頂點處的場強度降低，因此降低發射電流與角強度（亮度）的自發變化。尖端的一般生長、場強度的降低、及降低的發射電流係稱為所謂的環坍縮，這通常歸因於原子層中的原子在發射器的尖端處的重新排列，其中電子被釋放。

【0005】 如上所述，意欲提供用於帶電粒子束的發射器、帶電粒子束裝置、及用於製造及操作用於帶電粒子束裝置的發射器的方法，以克服本領域的至少一些問題。

【發明內容】

【0006】 如上所述，根據獨立請求項提供電子束裝置、熱場發射器、用於操作電子束裝置的方法、及用於製造熱場發射器的方法。從附屬請求項、說明書、及隨附圖式中可理解進一步態樣、優勢、及特徵。

【0007】 根據一個實施例，提供用於利用電子束檢查樣品的電子束裝置。電子束裝置包括電子束源，電子束源包括用於發射電子束的熱場發射器。熱場發射器包括發射器尖端，發射器尖端包括發射刻面以及第一側刻面與第二側

刻面，發射刻面經配置以用於電子發射，其中發射刻面具有發射刻面寬度，其中邊緣刻面係形成於第一側刻面與第二側刻面之間，邊緣刻面具有邊緣刻面寬度。邊緣刻面寬度係在發射刻面寬度的20%與40%之間。電子束源進一步包括提取器裝置與加熱裝置，提取器裝置用於在熱場發射器與提取器裝置之間施加提取電壓，加熱裝置用於加熱熱場發射器。電子束裝置進一步包括電子束光學元件與偵測器裝置，電子束光學元件用於將電子束引導並聚焦至樣品上，偵測器裝置用於偵測在電子束碰撞或撞擊至樣品上而產生的次級帶電粒子。

【0008】 根據另一實施例，提供一種用於在電子束裝置中發射電子束的熱場發射器。熱場發射器包括發射器尖端，發射器尖端包括發射刻面以及第一側刻面與第二側刻面，發射刻面經配置以用於電子發射，其中發射刻面具有發射刻面寬度，其中邊緣刻面係形成於第一側刻面與第二側刻面之間，邊緣刻面具有邊緣刻面寬度。邊緣刻面寬度係在發射刻面寬度的20%與40%之間。

【0009】 根據進一步實施例，提供一種用於製造用於電子束源的熱場發射器的發射器尖端的方法。該方法包括以下步驟：提供具有發射器尖端表面的發射器尖端，以及藉由加熱發射器尖端並向發射器尖端施加電場以處理發射器尖端，其中特別藉由處理步驟形成發射刻面、第一側刻面、第二側刻面、及邊緣刻面，發射刻面經配置以用於電子發射，並具有發射刻面寬度，邊緣刻面係在第一側刻面

與第二側刻面之間，並具有邊緣刻面寬度。邊緣刻面寬度係形成為發射刻面寬度的20%與40%之間。

【0010】 根據進一步實施例，提供一種用於操作電子束裝置的方法。該方法包括以下步驟：提供包括熱場發射器與提取器裝置的電子束源，其中熱場發射器包括發射器尖端。發射器尖端包括發射刻面以及第一側刻面與第二側刻面，發射刻面經配置以用於電子發射，其中發射刻面具有發射刻面寬度，其中邊緣刻面係形成於第一側刻面與第二側刻面之間，邊緣刻面具有邊緣刻面寬度。邊緣刻面寬度係在發射刻面寬度的20%與40%之間。該方法進一步包括以下步驟：利用加熱裝置加熱熱場發射器，在電子束源的熱場發射器與提取器裝置之間施加提取電壓，以及從發射刻面發射電子。

【0011】 實施例亦關於用於實現所揭示之方法的設備，並包括用於執行每一所述方法特徵的設備部件。可以藉由硬體部件、由適當軟體程式化的電腦、二者之任何組合或以任何其他方式執行這些方法特徵。此外，實施例亦關於所描述之設備操作的方法。實施例包括用於實現設備的每一功能的方法特徵。

【圖式簡單說明】

【0012】 為了可以詳細地理解上述特徵，簡要概述於上的更具體描述可以參照實施例。隨附圖式係關於實施例，並描述於下：

第 1 圖圖示根據本文所述之實施例的熱場發射器尖端的示意性透視圖；

第 2 圖圖示根據本文所述之實施例的熱場發射器尖端的示意性仰視圖；

第 3 圖圖示根據本文所述之實施例的熱場發射器尖端的示意性透視圖；

第 4 圖圖示根據本文所述之實施例的電子束裝置的示意圖；

第 5 圖圖示根據本文所述之實施例的用於操作電子束裝置的方法的流程圖；以及

第 6 圖圖示根據本文所述之實施例的用於製造熱場發射器的發射器尖端的方法的流程圖。

【實施方式】

【0013】 現在將詳細參照各種實施例，一或更多個實例係圖示於圖式中。在以下圖式的描述中，相同的元件符號指稱相同的部件。描述關於獨立實施例的差異。每一實例係藉由解釋而提供，而不意味限制。此外，作為一個實施例的一部分圖示或描述的特徵可以在其他實施例使用或與其他實施例結合，以產生進一步實施例。敘述係意欲包括此類修改與變化。

【0014】 第 1 圖圖示根據本文所述之實施例的熱場發射器的發射器尖端 100。發射器尖端 100 具有第一部分 101 與第二部分 102。根據一些實施例，第一部分 101 具有多面體形狀，例如大致立方體形狀、具有大致六邊形橫

截面的多面體形狀、具有大致八邊形橫截面的多面體形狀、圓角立方體形狀、由發射刻面110至114中斷的球體、或類似者。第二部分102可以是發射器柄部及/或可以提供長形形狀，例如，如第1圖所示的多邊形柱體的形狀、角柱體、角錐、桿、圓柱體、或用於形成如本文的實施例中所述的電子束裝置的發射器尖端的柄部的任何合適的形狀。

【0015】 根據本文所述的一些實施例，第一部分101與第二部分102係由相同的一或更多種材料製成，並可包括一種結晶材料的部分，特別是單結晶材料，而下面將詳細解釋。

【0016】 在第1圖所示的實施例中可以看出，發射器尖端100（特別是發射器尖端100的第一部分101）包括一個發射刻面110以及第一側刻面111、第二側刻面112、第三側刻面113、及第四側刻面114。在一些實施例中，發射器尖端100的側刻面111至114係佈置為相鄰於發射刻面110。根據一些實施例，側刻面係佈置為圍繞發射刻面，且更特定為環繞發射刻面110。

【0017】 根據本文所述之實施例，本文所使用的術語「刻面」可描述為發射器尖端中的凹部。在一些實施例中，刻面可以具有延伸至發射器尖端中的特定厚度。刻面的厚度可定義為凹部的深度，特別是相較於發射器尖端的第一部分的完全圓形或球形形狀。在一些實施例中，刻面的厚度可以在刻面的面積或大小上變化。根據一些實施

例，本文所指稱之刻面（例如發射刻面或側刻面）可以具有大致圓形的形狀、大致矩形的形狀、大致方形的形狀、大致八邊形的形狀、大致多邊形的形狀、具有圓角的矩形或多邊形的形狀、細長形狀、及類似者。

【0018】 發射刻面具有發射刻面寬度。側刻面中之每一者具有側刻面寬度。

【0019】 第2圖所示的實施例示例性圖示發射刻面寬度，如發射刻面寬度140。側刻面中之每一者具有側刻面寬度115。針對第2圖的一個側刻面繪製側刻面寬度，以用於更好的概述。根據一些實施例，發射刻面寬度及/或側刻面寬度可理解為發射刻面或側刻面在一個方向上的一個尺寸（例如一個直徑），而特定為發射刻面或側刻面的最小尺寸（例如，最小直徑）。根據一些實施例，發射刻面寬度或側刻面寬度可以在各別刻面的平面中量測，或者在由各別刻面的邊界所跨越的平面中量測。

【0020】 根據本文所述的實施例的刻面中之每一者可以具有限定刻面大小的刻面邊界。刻面邊界可描述為一個刻面結束的線段。如可以在第1圖與第2圖中示例性地看到的，側刻面藉由邊緣刻面120彼此分離，並特定為側刻面結束處為邊緣刻面開始處。

【0021】 第1圖與第2圖圖示在側刻面之間形成的邊緣刻面120，特定為在第一側刻面111與第二側刻面112之間、第二側刻面112與第三側刻面113之間、第三側刻面113與第四側刻面114之間、及第四側刻面114與第一側

刻面 111 之間。根據本文所述之實施例，二個側刻面之間的邊緣刻面具有邊緣刻面寬度 141，如可以在第 2 圖中示例性地看到的。

【0022】 如本文所使用的邊緣刻面可理解為在側刻面之間的條帶或帶。在一些實施例中，邊緣刻面係為在二個側刻面之間的基本上筆直的條帶或帶。更特定言之，二個側刻面之間的邊緣刻面係由側刻面的邊界限制。根據一些實施例，邊緣刻面在邊緣刻面的兩個側邊由二個側刻面限制，並在一個側邊由發射刻面限制。

【0023】 根據一些實施例，如本文所述的邊緣刻面寬度可以是邊緣刻面在一個方向上的延伸，例如邊緣刻面在邊緣刻面的最小延伸方向上的延伸，特定為在由相鄰於邊緣刻面的側刻面的側刻面邊界所跨越的平面中。在一些實施例中，邊緣刻面寬度可量測為二個相鄰側刻面之間的最短距離。舉例而言，邊緣刻面可提供大致細長的形狀，例如矩形形狀、細長多面體、細長圓形、橢圓形、及類似者。對於具有細長形狀的邊緣刻面，邊緣刻面寬度可以是邊緣刻面的大致垂直於邊緣刻面的縱向方向的尺寸。如可以在第 1 圖與第 2 圖中看到的，邊緣刻面 120 在邊緣刻面的大致垂直於邊緣刻面的縱向方向的方向上面對發射刻面 110。根據一些實施例，側刻面與邊緣刻面一起環繞發射刻面。

【0024】 本文使用的術語「大致」可以意味著以「大致」表示的特性可以存在一定偏差。舉例而言，術語「大致方

形」係指稱可以與精確方形的形狀具有一定偏差的形狀，例如在一個方向上的一般延伸的約1%至10%的偏差。在一個實例中，術語「大致垂直」可理解為可以偏離嚴格的「垂直」角度約 1° 至約 15° 的佈置。

【0025】 在一些實施例中，發射刻面可以是在操作期間具有最大電子發射的發射器尖端的刻面。舉例而言，發射刻面可以是在發射器尖端的刻面中具有低的（或甚至最低的）工作函數的刻面。根據一些實施例，發射刻面可以是在操作期間具有最大電子發射的發射器尖端的區域。發射刻面可描述為提供發射器尖端的主電子束的發射器尖端的刻面與區域。根據一些實施例，主電子束可以是沿著使用發射器尖端的電子束裝置的光軸行進的光束。

【0026】 在本文所述的一些實施例中，邊緣刻面寬度可以小於發射刻面寬度或側刻面寬度。根據本文所述的實施例，邊緣刻面寬度可以在發射刻面寬度的15%與45%之間，特定為20%與40%之間，而甚至更典型地在25%與35%之間。在一些實施例中，邊緣刻面寬度可以是發射刻面寬度的約30%。

【0027】 根據一些實施例，發射刻面寬度通常可以在約100nm與約1000nm之間，更典型地在約200nm與約500nm之間，而甚至更典型地在約250nm與350nm之間。

【0028】 第3圖圖示根據本文所述之實施例的熱場發射器的發射器尖端100。第3圖圖示發射器尖端100的實

施例，其中側刻面111至114係相對於發射刻面110傾斜。舉例而言，側刻面係佈置在與發射刻面的平面不同的平面中。根據一些實施例，刻面的平面係為包括各別刻面的邊界的平面。在一些實施例中，側刻面可以與發射刻面成一角度，其中該角度通常可以在約 25° 至約 50° 之間，更典型地在約 30° 至約 45° 之間，而甚至更典型地在約 35° 與約 45° 之間。在一些實施例中，發射器尖端包括鎢以及在110晶體平面中延伸的側刻面，其特定為對應於與發射刻面成 45° 的角度。在一些實施例中，發射器尖端包括鎢以及在211晶體平面中延伸的邊緣刻面，其特定為對應於與發射刻面成 35° 的角度。

【0029】 根據可與本文所述的其他實施例組合的一些實施例，發射器尖端可以是結晶發射尖端，特定為單晶發射器尖端或單結晶發射器尖端。在一些實施例中，發射刻面可以具有100晶體定向（對應於根據米勒指數的發射器尖端的晶體平面中的發射刻面的定向）。根據一些實施例，發射刻面可以形成為定向成大致垂直於使用發射器尖端的電子束裝置的光軸。根據一些實施例，側刻面具有不同於發射刻面的晶體定向的晶體定向，及/或邊緣刻面具有不同於側刻面與發射刻面的晶體定向的晶體定向。在可與本文所述的其他實施例組合的一些實施例中，至少第一與第二側刻面可具有110晶體定向。根據可與本文所述的其他實施例組合的一些實施例，邊緣刻面可具有211晶體定向。

【0030】 第3圖圖示發射器尖端100的進一步側刻面130，其佈置於側刻面之外，例如發射器尖端在軸件或第二部分102的方向上。進一步側刻面130可具有與側刻面大致相同的大小與形狀。在一些實施例中，進一步側刻面130具有比側刻面111至114更加細長的形狀。根據一些實施例，發射器尖端的側刻面係佈置成相鄰於發射刻面。進一步側刻面130可佈置成相鄰於側刻面。

【0031】 已知的發射器系統通常不提供用於電子束裝置的高解析度應用的穩定性。舉例而言，當發射器在低發射電流下操作時發生環崩潰，而該操作模式亦導致低能量寬度。然而，低發射電流對於高解析度應用是有用的。實驗與長期經驗表明，已知的發射器系統展示下列行為，並且可以使用下列校正動作：安裝之後的發射器尖端的不穩定效能（穩定期間係用於得到穩定效能）。穩定期間意味著不使用電子束裝置且系統停機，而這升高成本且經常不被客戶接受。長期來說，已知的發射器系統展示出發射電流的降低。由於恆定的束電流（晶圓處的探針電流）對於電子束裝置是有利的，因此藉由升高提取電壓以使用補償動作。升高提取電壓伴隨著發射器尖端的升高的總發射電流（儘管發射到實際探針形成束的小立體角的電流保持恆定）。升高的提取電壓導致電子發射器腔室中產生電弧的較高風險。由發射器尖端發射的升高的電功率亦可能導致發射器系統的較高溫度，這導致真空劣化，而這最終負面地影響發射器系統的發射特性。降低發射、升高提取電

壓、及劣化真空的循環開始，這限制能夠從陰極汲取的束電流，並限制到無法接受的低等級，或者導致功率供應器不再能夠提供各別電壓或電流的情況。在這兩種情況下，可更換發射器尖端，而工具將停機幾天，這（再次）升高擁有成本。

【0032】 根據本文所述之實施例的熱場發射器與電子束裝置解決至少一些上述問題。更特定言之，根據本文所述之實施例的熱場發射器與電子束裝置允許在高亮度下提供穩定的操作，甚至接近在發射器尖端（例如結晶發射器尖端）開始生長任意突起而發射變得不穩定且不可預測之前能夠施加至熱場發射器尖端的最大場強度。根據本文所述之實施例，具有100定向（或大致垂直於電子束裝置的光軸的定向）的發射刻面的發射器尖端有助於實現高亮度下的穩定操作的可能性。

【0033】 根據本文所述的實施例的熱場發射器允許幾乎瞬間啟動及穩定（如燈泡）。根據本文所述的實施例的熱場發射器可以在恆定的束電流下操作長得多的時間，而不需顯著升高提取電壓與總體提取電流。

【0034】 相較於已知的發射器尖端，根據本文所述的實施例的發射器尖端展示一些有益效果。舉例而言，完全圓形的發射器尖端並不提供長期的穩定發射。另一方面，具有尖銳邊緣的多邊形發射器尖端亦造成不穩定性，因為尖銳邊緣（由於場增強）發射大量的電流，而這對於軸束電流沒有貢獻。過電流產生除氣與真空劣化的問題以及功率

供應器限制。上述問題係由根據本文所述的實施例的發射器尖端所克服。

【0035】 在一些實施例中，發射器尖端可包括第一材料（例如鎢），並且可具有第二材料（例如ZrO、BaO、或PrO）的塗層或儲存器，以用於發射電子。根據一些實施例，第一材料及/或第二材料可以是結晶材料，特定為單結晶或單晶材料。根據一些實施例，能夠承受具有一定穩定性的熱場發射器中的操作溫度的任何材料可以作為發射器尖端的材料。舉例而言，可以使用耐火金屬。在一些實例中，發射器尖端可包括下列至少一者所組成的群組：W、Cs/W、Ba/W、BaO/W、Th/W、Ce/W、La/W、Y/W、及Zr/W。

【0036】 根據可以與其他實施例組合的一些實施例，熱場發射器可以具有高於1000K的操作溫度範圍，例如高於1300K，甚至更典型地高於1500K。在一些實施例中，熱場發射器可以具有在約1700K與約2100K之間的操作溫度。

【0037】 第4圖圖示根據本文所述的實施例的具有帶有熱場發射器與發射器尖端100的電子束源300的電子束裝置1000的實例的示意圖。根據本文所述的實施例的電子束裝置1000可以是例如電子顯微鏡，例如掃描電子顯微鏡（SEM）或掃描透射電子顯微鏡（STEM）。更特定言之，電子顯微鏡可以是例如用於臨界尺寸（CD）、

缺陷檢視 (DR) 或檢查 (EBI, 亦即電子束檢查) 的電子顯微鏡。

【0038】 在電子束裝置中，可以相對於電子束裝置的總效能考慮電子束源的效能（例如，槍效能）。舉例而言，可以為電子束源提供高真空（低壓），例如在殼體1100內的電子束源周圍的 10^{-7} 至 10^{-9} Pa的範圍中，或甚至低於 10^{-10} Pa。而且，可能有害於電子發射器的至少一些殘餘氣體的低分壓是有益的。舉例而言，氧氣會對發射器材的工作函數與電子發射具有負面影響。為了實現合適的真空條件，可以提供真空泵送裝置，並且可以選自渦輪分子泵、離子吸氣泵（例如非蒸發性吸氣泵）、低溫泵、以及上述裝置的任何組合。

【0039】 根據本文所述的一些實施例，電子束裝置1000可包括位於殼體1100中的電子束源300以及連接至殼體1100的樣品腔室1110。在一些實施方案中，單獨的樣品腔室真空產生裝置可連接至樣品腔室1110。在替代實施例中，所有元件可佈置在一個殼體或腔室內。

【0040】 樣品10可設置於樣品腔室1110中。樣品10可設置於樣品支撐件（未圖示）上。樣品支撐件可以用於定位樣品10的可移動台座。舉例而言，可移動台座可經配置以用於在一個方向（例如X方向）上、在兩個方向（例如XY方向）上、或在三個方向上移動樣品10。

【0041】 本文所指稱之樣品包括但不限於半導體晶圓、半導體工件、遮罩（例如光刻遮罩）、多層遮罩、及

其他工件（例如記憶體碟及類似者）。本揭示的實施例可以應用至材料沉積其上或所構造的任何工件。樣品可包括所構造或層沉積其上的表面，例如邊緣、斜面、或類似者。

【0042】 電子束源300產生電子束，亦稱為初級電子束。根據可與本文所述的其他實施例組合的一些實施例，電子束源300包括具有根據上述實施例的發射器尖端100的熱場發射器，例如，相對於第1圖至第3圖。更特定言之，電子束源300可以具有帶有發射刻面的發射器尖端，發射刻面係佈置於100晶體平面中。在一些實施例中，發射器尖端的發射刻面可以大致垂直於電子束裝置的光軸1。根據本文所述的一些實施例，電子束源300可包括用於加熱熱場發射器的加熱裝置301。更特定言之，加熱裝置可經配置以加熱熱場發射器的發射器尖端。在一些實施例中，加熱裝置301經配置以用於將熱場發射器加熱至操作溫度，例如直到2100K的溫度。在一些實施例中，可藉由電流加熱裝置、加熱絲、或類似者提供加熱裝置。舉例而言，加熱裝置可提供流經加熱絲的加熱電流。在一些實施例中，加熱裝置為可調整，以用於調整發射器尖端的溫度。

【0043】 （初級）電子束在電子束裝置1000中沿著光軸1導引，而藉由物鏡1300聚焦至樣品10上。物鏡1300示例性圖示於樣品腔室1110內。根據一些實施例，舉例而言，物鏡1300成像樣品10上的電子束源的發射器尖端100。在一些實施方案中，可藉由磁性透鏡部分與靜電透

鏡部分提供物鏡1300。根據可以與本文所述的其他實施例組合的一些實施例，可以例如在樣品10附近、在物鏡1300內或後方、或其組合中提供初級電子束的減速。舉例而言，根據一些實施例，可以將阻滯偏置電壓施加至樣品10。物鏡1300可以是具有例如軸向間隙或徑向間隙的靜電磁性複合物鏡，或者物鏡1300可以是靜電阻滯場透鏡。

【0044】根據本文所述的實施例，可提供聚光透鏡180。聚光透鏡180可為磁性，並具有磁極片與一或更多個線圈。可替代地，聚光透鏡180可為靜電或組合的磁靜電。根據一些實施例，聚光透鏡可以是浸沒式聚光透鏡。

【0045】在一些實施例中，電子束源300可包括提取器裝置170與陽極175中之至少一者。提取器裝置170可經配置以將電壓差提供至發射器尖端100，以造成電子發射。陽極175可經配置以加速初級電子束。作為實例，陽極175可經配置以加速初級帶電粒子束，而使得當初級帶電粒子束沿著電子束裝置的光軸1透過時，初級帶電粒子束具有預定能量。在一些實施方案中，離開提取器裝置170及/或陽極175的初級電子束的能量可在5keV或以上的範圍中，具體為10keV至50keV的範圍中，而更具體為約15keV或40keV。根據一些實施例，在透射電子顯微鏡（TEM）與掃描透射顯微鏡（STEM）中，束能量甚至可超過100keV。

【0046】 在一些實施例中，提供光束偏轉裝置190，以用於偏轉及導引電子束。根據一些實施例，當初級擊中或撞擊樣品10時，從樣品釋放或背散射訊號帶電粒子束。可以藉由根據本文所述之實施例的光束偏轉裝置190將訊號（或次級）帶電粒子束與初級帶電粒子束分離。光束偏轉裝置190可包括光束分離器與光束彎曲器中之至少一者、一或更多個孔隙（例如噴射孔隙或刀邊緣孔隙195）、或其任何組合。訊號帶電粒子束可被導引朝向偵測器組件或偵測器裝置200，其可包括感測器，例如閃爍器、pin二極體、及類似者。

【0047】 在電子束裝置的實施例中，可提供在本圖式中未圖示的一或更多個其他光學部件，例如對準系統、校正系統、進一步偵測系統、及類似者。

【0048】 對於例如聚光透鏡、孔隙、偏轉器、及其他光學部件的電子束裝置的所描述元件可指稱為用於將電子束裝置引導並聚焦至樣品的帶電粒子束光學元件或電子束光學元件。

【0049】 第5圖圖示根據本文所述之實施例的用於操作電子束裝置的方法的流程圖700。在方塊710中，該方法可包括以下步驟：提供電子束源與提取器裝置。舉例而言，提取器裝置可以是連接至功率供應器的電極。根據一些實施例，電子束源可以是如上所述的電子束源，例如相對於第4圖而具有提取器、加熱裝置、及熱場發射器。電子束源包括具有發射器尖端的熱場發射器。發射器尖端提

供經配置以用於電子發射的發射刻面，其中發射刻面具有發射刻面寬度。所提供的發射器尖端進一步包括第一側刻面與第二側刻面。在第一側刻面與第二側刻面之間形成邊緣刻面，其中邊緣刻面具有邊緣刻面寬度。根據本文所述的實施例，邊緣刻面寬度可以在發射刻面寬度的20%與40%之間，而特定為發射刻面寬度的25%與35%之間。根據一些實施例，在方塊710中用於電子束裝置的操作的發射器尖端可以是如第1圖至第3圖所示及描述的發射器尖端。

【0050】 用於操作電子束裝置的方法進一步包括以下步驟：在方塊720中，利用加熱裝置加熱熱場發射器。根據一些實施例，可以執行加熱直到熱場發射器的操作溫度，例如直到高於1000K的溫度，例如通常在約1500K與2100K之間的溫度，更典型地在約1600K與約2000°之間的溫度，而甚至更典型地在約1700K與約1900K之間的溫度。

【0051】 根據一些實施方案，可以藉由可調整的加熱裝置執行加熱，例如電流加熱裝置、加熱絲、或類似者。舉例而言，可以藉由調整流經加熱裝置的電流以調整發射器尖端的溫度。發射器尖端的溫度亦可受到進一步參數的影響，例如熱場發射器與支撐結構的熱耦合、供應電纜、及與周圍環境的輻射交換。

【0052】 在方塊730中，在電子束源的熱場發射器與提取器裝置之間施加提取電壓。舉例而言，幾kV的電壓可

以施加至提取裝置的電極（例如第4圖所示之提取器裝置170的電極）。舉例而言，施加至提取裝置的電極的電壓通常可以在約2 kV與約30 kV之間，更典型地在約5 kV與20 kV之間，例如約10 kV。在一些實施例中，可以在提取裝置後方沿著光軸提供加速電極，例如由第4圖中的陽極175所提供的加速電極。加速電極可以連接至功率供應器，並可經配置以將提取器裝置偏壓到第二電位。由陽極175提供的加速電極與提取器裝置170之間的電壓差可以大於100 kV。作為實例，電壓差可以在0至40 kV的範圍中，具體為0至10 kV的範圍中，而更具體為5至30 kV的範圍中。在一些SEM應用中，電壓差可以在5至30 kV的範圍中。在TEM中，電壓可以大於100 kV。

【0053】 根據一些實施例，從所施加的提取電壓而引起的提取場受到幾個參數的影響，例如尖端形狀，特別是尖端的半徑與刻面的形狀；在尖端處提供提取場的電極的幾何形狀，特定為提取器孔隙（與發射器尖端的距離，孔隙直徑）；抑制電極、及施加至提取電極的電壓。

【0054】 在方塊740中，從發射器尖端的發射刻面發射電子。根據一些實施例，從具有100晶體定向的發射刻面發射電子，及/或發射刻面係佈置為大致垂直於使用發射器尖端的電子束裝置的光軸。在一些實施例中，發射刻面可以是比發射器尖端的其餘部分發射更大量的電子的發射器的刻面與區域。

【0055】 在可以與本文所述的其他實施例組合的一些實施例中，用於操作電子束裝置的方法可以進一步包括以下步驟：將（初級）電子束偏轉、聚焦、及導引至待檢查的樣品。舉例而言，第4圖圖示可用於將電子束引導並聚焦至樣品位置上的元件與裝置的實例，例如聚光透鏡、物鏡、偏轉器裝置、孔隙、及類似者。此外，用於操作電子束裝置的方法可包括以下步驟：偵測在初級電子束的撞擊之後從樣品釋放或背散射的次級帶電粒子。在用於偵測目的的方法中可以提供偵測裝置。

【0056】 第6圖圖示用於製造電子束源的熱場發射器的發射器尖端的方法的流程圖800。在方塊810中，該方法包括以下步驟：提供具有發射器尖端表面的發射器尖端。更特定言之，發射器尖端可包含單結晶材料。在一個實例中，所提供的發射器尖端可以具有特定為大致圓形的第一部分（例如藉由具有大致球形的形狀、橢圓形、細長球形的形狀、或類似者）以及第二部分（例如，發射器尖端的柄部，如第1圖所描述）。

【0057】 根據一些實施例，在方塊820中，藉由加熱發射器尖端以及將電場施加至發射器尖端中之至少一者以處理發射器尖端。舉例而言，發射器尖端可以加熱至約2000 K範圍內的高溫，例如加熱至通常在約1500 K至約2100 K之間的溫度，更典型地在約1600 K與約2000 K之間的溫度，而甚至更典型地在約1700 K與約1900 K的溫度。在一些實施例中，可以利用幾個MV/mm範圍內的電

場而執行電場的施加。舉例而言，電場通常可以在約 0.1 MV/mm 與約 3 MV/mm 之間，更典型地在約 0.5 MV/mm 與約 2 MV/mm 之間，而甚至更典型地在約 1 MV/mm 與約 1.5 MV/mm 之間。根據一些實施例，可以考慮電場的選擇值與溫度的選擇值的關係。根據一些實施例，通常可以在約 200 V 與約 500 V 之間施加抑制器電壓，更典型地在約 250 V 與約 400 V 之間，而甚至更典型地在 250 V 與約 350 V 之間。在一個實例中，抑制器電壓可以是約 300 V 。

【0058】 處理發射器尖端，以給予根據本文所述的實施例的發射器尖端的具體形狀，特別是包括經配置以用於電子發射的發射刻面以及第一側刻面與第二側刻面的發射器尖端的形狀，其中發射刻面具有發射刻面寬度，其中邊緣刻面係形成於第一側刻面與第二側刻面之間，其中邊緣刻面具有邊緣刻面寬度。更特定言之，邊緣刻面寬度係在發射刻面寬度的 20% 與 40% 之間，特別是在 25% 與 35% 之間。更特定言之，藉由根據本文所述的實施例的流程圖 800 的方法所取得的發射器尖端的形狀可以是第 1 圖至第 3 圖詳細描述的形狀。

【0059】 根據可以與本文所述的其他實施例組合的一些實施例，可以藉由考慮施加至發射器尖端的電場與施加至發射器尖端的溫度之間的均衡以提供熱場發射器。舉例而言，若溫度相對高而電場相對低，則發射器尖端傾向於具有小的或甚至消失的圓形刻面的球形形狀。在另一實例

中，若溫度相對低而電場強度相對高，則發射器尖端傾向於更像是具有大的方形刻面的截頂棱錐以及晶體平面之間的尖銳邊緣。

【0060】 根據一些實施例，選擇溫度與電場之間的平衡，而使得發射器尖端的所得到的形狀大致為上述實施例所述的發射器尖端的形狀，而更特定言之，長期發射是穩定的。舉例而言，降低的溫度（特別是溫度降低約50 K至約150 K，例如從1850 K至約1750 K）或者束電流設定的增加（例如，將提取電壓升高一因子，例如因子係在1.0與1.5之間）可用於形成根據本文所述之實施例的發射器尖端。

【0061】 在一些實施例中，根據本文所述的實施例的用於製造發射器尖端的方法可包括以下步驟：緩慢地加熱發射器尖端，例如在3至10分鐘內將發射器尖端加熱至約1700 K至約2000 K的溫度。根據一些實施例，施加電場亦可利用傾斜函數執行，亦即緩慢升高電場，例如直到操作場強度的80%的場強度。可以觀察發射器尖端的穩定幾天，並可調適提取電壓（例如，每天）以取得閾值束電流。該方法亦可包括觀察、調適發射器尖端溫度、及調適提取電壓的一些迭代。

【0062】 根據本文所述的實施例，發射器尖端與電子束裝置允許以高穩定性操作，例如發射電流的穩定性的改變通常小於 $0.5 \mu A / \text{天}$ ，而更典型地小於 $0.2 \mu A / \text{天}$ 。根據本文所述的實施例的熱場發射器與電子束裝置產生比已

知系統更穩定的發射特性，且可以操作許多個月，而提取電壓、提取電流、及束電流沒有顯著改變。

【0063】 儘管前述係關於一些實施例，其他及進一步實施例可在不悖離基本範疇的情況下擬出，且範疇係由下列申請專利範圍所決定。

【符號說明】

【0064】

1 光軸

10 樣品

100 發射器尖端

101 第一部分

102 第二部分

110 發射刻面

111 側刻面

112 側刻面

113 側刻面

114 側刻面

115 側刻面寬度

120 邊緣刻面

130 進一步側刻面

140 發射刻面寬度

141 邊緣刻面寬度

170 提取器裝置

175 陽極

1 8 0 聚 光 透 鏡

1 9 0 光 束 偏 轉 裝 置

1 9 5 孔 隙

2 0 0 偵 測 器 裝 置

3 0 0 電 子 束 源

3 0 1 加 熱 裝 置

7 0 0 流 程 圖

7 1 0 方 塊

7 2 0 方 塊

7 3 0 方 塊

7 4 0 方 塊

8 0 0 流 程 圖

8 1 0 方 塊

8 2 0 方 塊

1 0 0 0 電 子 束 裝 置

1 1 0 0 殼 體

1 1 1 0 樣 品 腔 室

1 3 0 0 物 鏡

【生物材料寄存】

【 0 0 6 5 】 國內寄存資訊 (請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【 0 0 6 6 】 國外寄存資訊 (請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

【發明申請專利範圍】

- 【第1項】 一種用於利用一電子束檢查一樣品的電子束裝置，該電子束裝置包括一光軸，該電子束裝置包含：
- 一電子束源，包含用於發射一電子束的一熱場發射器，該熱場發射器包含：
 - 一發射器尖端，包含：
 - 一發射刻面，經配置以用於電子發射，其中該發射刻面具有一發射刻面寬度；以及
 - 一第一側刻面與一第二側刻面，其中在該第一側刻面與該第二側刻面之間形成一邊緣刻面，該邊緣刻面具有一邊緣刻面寬度；以及
- 其中該邊緣刻面寬度係在該發射刻面寬度的 20 % 與 40 % 之間；
- 該電子束源進一步包含：
- 一提取器裝置，用於在該熱場發射器與該提取器裝置之間施加一提取電壓；以及
 - 一加熱裝置，用於加熱該熱場發射器；
- 該電子束裝置進一步包含：
- 電子束光學元件，用於將該電子束引導並聚焦到該樣品上；以及
 - 一偵測器裝置，用於偵測在該樣品上的該電子束的撞擊或碰撞時產生的次級帶電粒子。

【第2項】如請求項 1 所述的電子束裝置，其中該邊緣刻面寬度係在該發射刻面寬度的 25% 與 35% 之間。

【第3項】如請求項 1 所述的電子束裝置，其中該第一側刻面與該第二側刻面係圍繞該發射刻面佈置。

【第4項】如請求項 1 所述的電子束裝置，其中該發射器尖端係為一結晶發射器尖端，且其中該發射刻面具有一 100 定向或其中該發射刻面係垂直於該電子束裝置的該光軸佈置。

【第5項】如請求項 1 所述的電子束裝置，其中該等側刻面相對於該發射刻面傾斜。

【第6項】一種用於在一電子束裝置中發射一電子束的熱場發射器，該熱場發射器包含：

一發射器尖端，包含：

一發射刻面，經配置以用於電子發射，其中該發射刻面具有一發射刻面寬度；以及

一第一側刻面與一第二側刻面，其中在該第一側刻面與該第二側刻面之間形成一邊緣刻面，該邊緣刻面具有一邊緣刻面寬度；以及

其中該邊緣刻面寬度係在該發射刻面寬度的 20% 與 40% 之間。

【第7項】如請求項 6 所述的熱場發射器，其中該邊緣刻面寬度係在該發射刻面寬度的 25% 與 35% 之間。

- 【第8項】 如請求項 6 所述的熱場發射器，其中該第一側刻面與該第二側刻面係圍繞該發射刻面佈置。
- 【第9項】 如請求項 6 所述的熱場發射器，其中該等側刻面相對於該發射刻面傾斜。
- 【第10項】 如請求項 6 所述的熱場發射器，其中該發射器尖端係為一單晶發射器尖端。
- 【第11項】 如請求項 6 所述的熱場發射器，其中該發射刻面具有一 100 晶體定向。
- 【第12項】 如請求項 6 所述的熱場發射器，其中該發射刻面具有一八邊形形狀。
- 【第13項】 如請求項 6 所述的熱場發射器，其中該發射刻面寬度在 200 nm 與 500 nm 之間。
- 【第14項】 如請求項 6 所述的熱場發射器，其中該發射器尖端係為包含鎢的一發射器尖端，並利用 ZrO 塗覆。
- 【第15項】 如請求項 6 所述的熱場發射器，其中該第一側刻面與該第二側刻面具有一 110 晶體定向。
- 【第16項】 如請求項 6 所述的熱場發射器，其中該邊緣刻面具有一 211 晶體定向。
- 【第17項】 一種用於製造用於一電子束之一源的一熱場發射器的一發射器尖端的方法，包含以下步驟：
提供包含一發射器尖端表面的一發射器尖端；以及

藉由加熱該發射器尖端並將一電場施加至該發射器尖端，以處理該發射器尖端；

其中形成一發射刻面、一第一側刻面、一第二側刻面、及一邊緣刻面，該發射刻面經配置以用於電子發射，並具有一發射刻面寬度，該邊緣刻面係在該第一側刻面與該第二側刻面之間，並具有一邊緣刻面寬度，

其中該邊緣刻面寬度係形成為該發射刻面寬度的20%與40%之間。

【第18項】 如請求項17所述的用於製造一發射器尖端的方法，其中該第一側刻面與該第二側刻面係形成為圍繞該發射刻面。

【第19項】 一種用於操作一電子束裝置的方法，包含以下步驟：

提供包含一熱場發射器與一提取器裝置的一電子束源，其中該熱場發射器包含一發射器尖端，該發射器尖端包含：

一發射刻面，經配置以用於電子發射，其中該發射刻面具有一發射刻面寬度；以及

一第一側刻面與一第二側刻面，其中在該第一側刻面與該第二側刻面之間形成一邊緣刻面，該邊緣刻面具有一邊緣刻面寬度；以及

其中該邊緣刻面寬度係在該發射刻面寬度的 20 % 與 40 % 之間；

利用一加熱裝置加熱該熱場發射器；

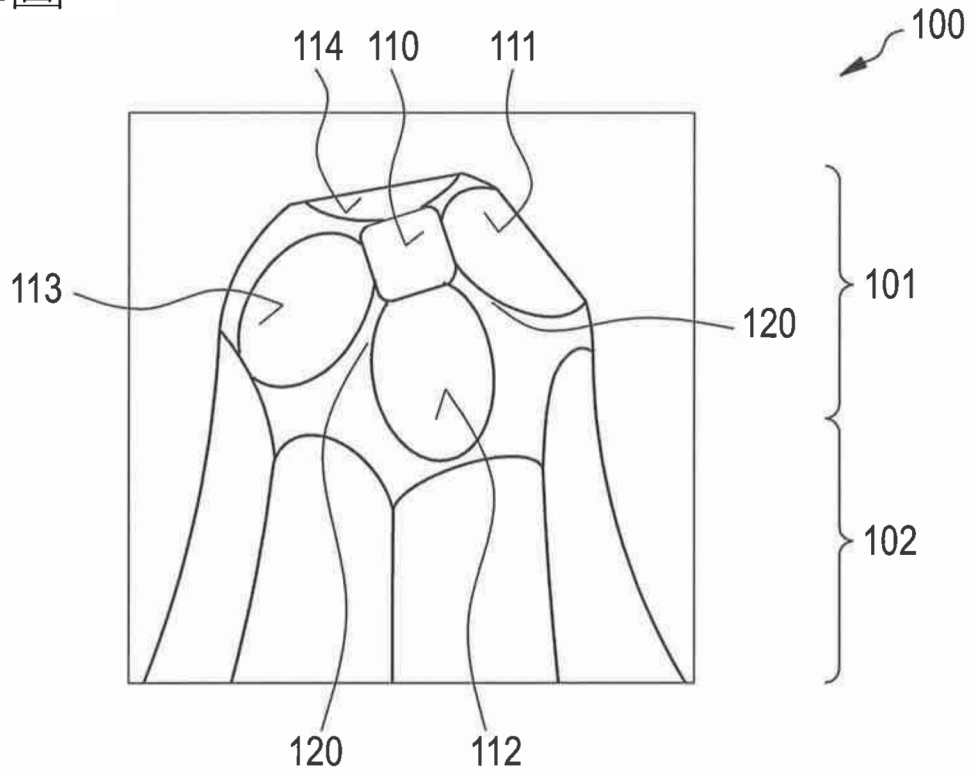
在該電子束源的該熱場發射器與該提取器裝置之間施加一提取電壓；以及

從該發射刻面發射電子。

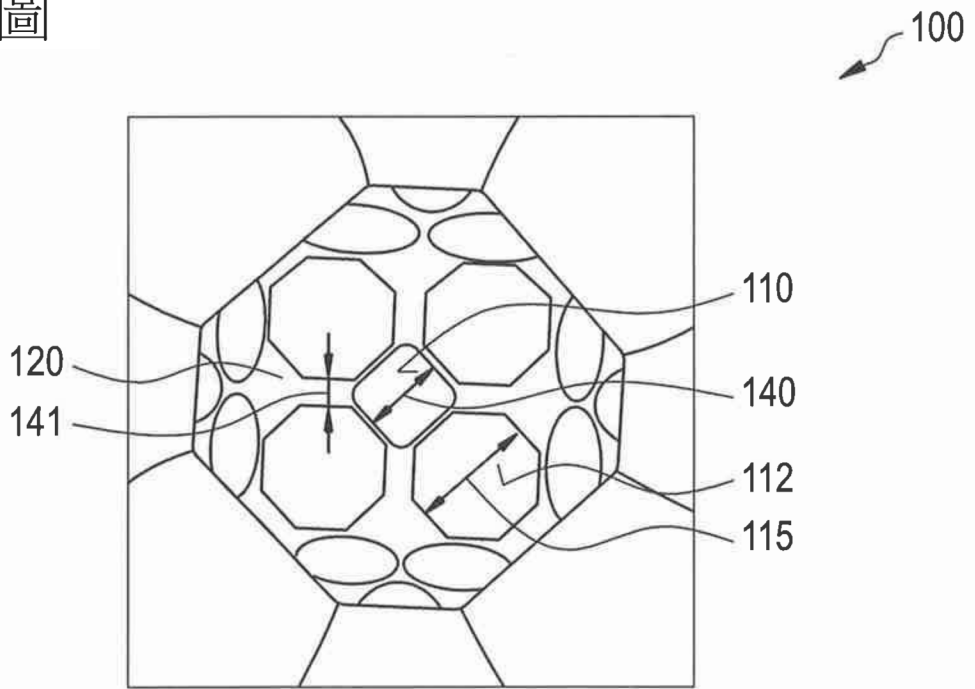
【第20項】 如請求項 19 所述的用於操作一電子束裝置的方法，進一步包含以下步驟：藉由電子束光學元件將由該發射器尖端發射的該等電子引導至一樣品。

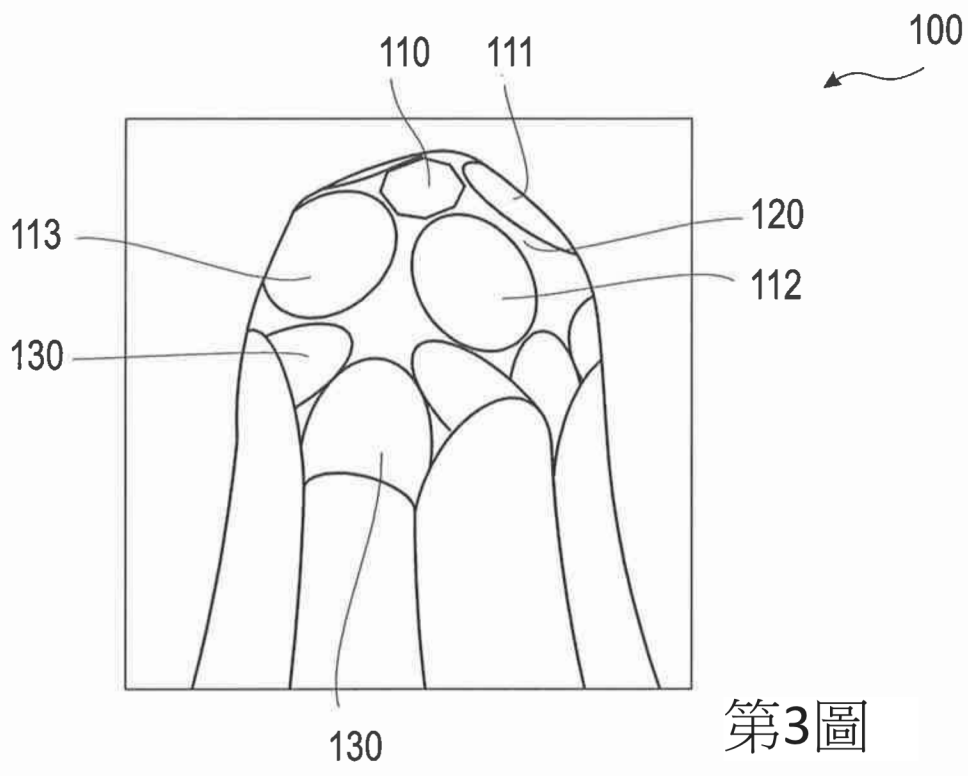
【發明圖式】

第1圖

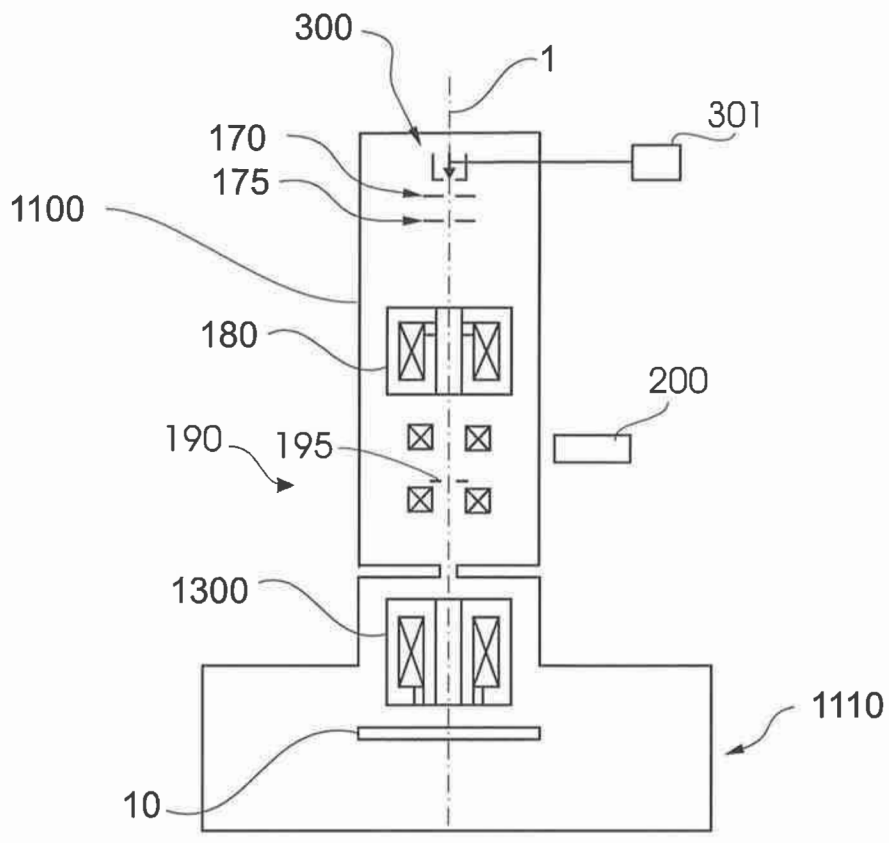


第2圖

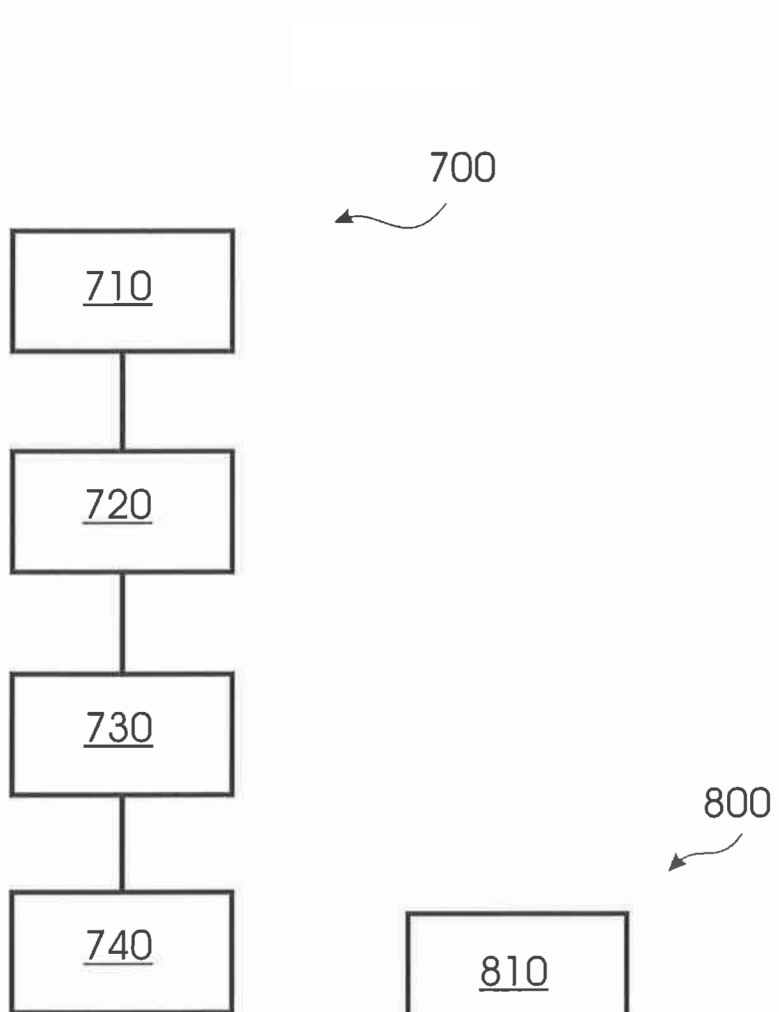




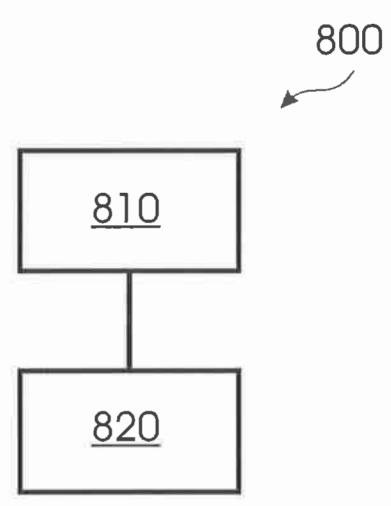
1000



第4圖



第5圖



第6圖