I626680

(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 I626680 B**

(45)公告日： 中華民國 107 (2018) 年 06 月 11 日

(21)申請案號：104109747 (22)申請日： 中華民國 104 (2015) 年 03 月 26 日

(51)Int. Cl.： ***H01L21/265 (2006.01)***

(30)優先權：2014/04/23 日本 2014-089281

(71)申請人：日商住友重機械離子技術有限公司 (日本) SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES ION TECHNOLOGY CO., LTD. (JP)
日本

(72)發明人：椛澤光昭 KABASAWA, MITSUAKI (JP) ；石川雅基 ISHIKAWA, MASAKI (JP) ；上野勇介 UENO, YUSUKE (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

JP	實開平 7－3131	JP	特開平 10－3873
US	6777695B2	US	20060076510A1

審查人員：陳英豪

申請專利範圍項數：16 項 圖式數：6 共 49 頁

(54)名稱

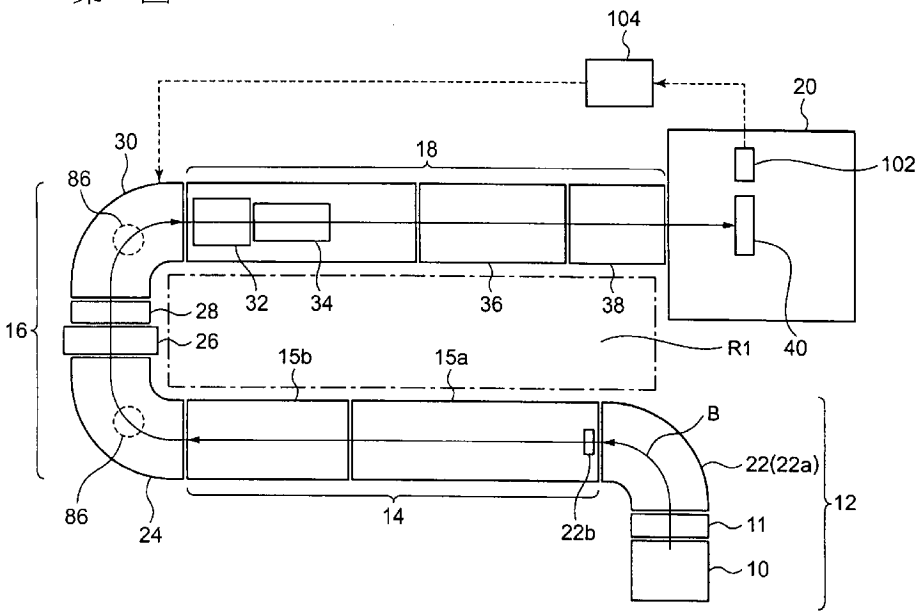
離子植入裝置及離子植入方法

(57)摘要

本發明提供一種可減小向被處理物進行植入時的植入角度誤差之離子植入裝置及離子植入方法。離子植入裝置(100)的射束線部具備轉向電磁鐵(30)、射束掃描器(34)及射束平行化器(36)。射束線部包含離子束的基準軌道，z 方向表示沿基準軌道之方向，x 方向表示與 z 方向正交之一個方向。轉向電磁鐵(30)使離子束向 x 方向偏向。射束掃描器(34)藉由使離子束向 x 方向往複偏向，來掃描離子束。射束平行化器(36)具備平行化透鏡，該平行化透鏡構成為使經掃描之離子束與 z 方向平行，平行化透鏡在射束掃描器(34)的掃描原點處具有焦點。控制部(104)對轉向電磁鐵(30)中 x 方向的偏向角度進行補正，以使偏向之離子束的實際軌道在 xz 面上於掃描原點處與基準軌道交叉。

指定代表圖：

第 1 圖



符號簡單說明：

10・・・離子源

11・・・引出電極

12・・・離子束生成單元

14・・・高能量多段直線加速單元

15a・・・第 1 線性加速器

15b・・・第 2 線性加速器

16・・・射束偏向單元

18・・・射束輸送線單元

20・・・基板處理供給單元

22(22a)・・・質譜分析裝置

22b・・・質譜分析狹縫

24・・・能量分析電磁鐵

26・・・橫向收斂四極透鏡

28・・・能量分析狹縫

30・・・轉向電磁鐵

32・・・射束整形器

34・・・射束掃描器

36・・・射束平行化器

38・・・最終能量過濾器

40・・・晶圓

86・・・磁場測定器

100・・・離子植入裝置

102・・・射束監控器

104・・・控制部

B・・・離子束

R1・・・作業空間

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】(中文/英文)

離子植入裝置及離子植入方法

【技術領域】

本發明係有關一種離子植入裝置及離子植入方法。

【先前技術】

眾所周知，有一種在終端站正前方具有能量分析用電磁鐵之機械掃描方式的離子植入裝置。該離子植入裝置構成為，能量分析用電磁鐵藉由其離子束的偏向而對晶圓賦予離子束植入傾斜角度。

（先前技術文獻）

（專利文獻）

專利文獻 1：日本實開平 7-3131 號公報

【發明內容】

（本發明所欲解決之課題）

離子植入裝置的射束線上備有用於從離子源向晶圓等被處理物適當輸送離子束之各種射束線構成要件。製造離子植入裝置時，該等射束線構成要件盡可能準確地裝配在設計位置上。然而，即便如此，事實上任一構成要件被配

置在其裝配位置時都會有點誤差。由於該種裝配誤差而產生所輸送之離子束的實際中心軌道（以下還稱為實際軌道）與離子束的設計上的中心軌道（以下還稱為基準軌道）之誤差（以下還稱為軌道誤差）。

例如可以考慮，在與基準軌道垂直的方向上稍微偏離基準軌道而裝配用於調整離子束的收斂或發散之射束調整要件（例如四極透鏡）之情況。離子束沿著基準軌道射入該射束調整要件時，離子束將通過從射束調整要件的中心稍微偏移之處。其結果，離子束因射束調整要件的收斂或發散作用而從基準軌道稍微偏向。

該種軌道誤差會在離子束輸送到被處理物之過程中擴大。例如自軌道誤差的發生位置到被處理物的距離越長，軌道誤差在輸送中會越擴大。並且，當複數個射束線構成要件分別具有裝配誤差時，即便每個誤差微乎甚微，但會因該等誤差的疊加而使得軌道誤差變大。若軌道誤差較大，則不能無視對於向被處理物植入離子束時的植入位置及植入角度的精確度之影響。

本發明的一態樣的示例性目的之一為提供一種減少向被處理物進行植入時的植入角度的誤差之離子植入裝置及離子植入方法。

（用以解決課題之手段）

依據本發明的一種態樣提供如下離子植入裝置，其中，該離子植入裝置具備：射束線部，該射束線部具備射

束偏向器、配設於前述射束偏向器的下游之射束掃描器及配設於前述射束掃描器的下游之射束平行化器；及控制部，該控制部構成為對前述射束線部的至少前述射束偏向器進行控制，前述射束線部包含離子束的基準軌道，z 方向表示沿前述基準軌道之方向，x 方向表示與 z 方向正交之一個方向，前述射束偏向器構成為，可使前述離子束向 x 方向偏向，前述射束掃描器構成為，藉由使前述離子束沿 x 方向往復偏向來掃描前述離子束，前述射束平行化器具備平行化透鏡，該平行化透鏡構成為使經掃描之離子束與 z 方向平行，前述平行化透鏡在前述射束掃描器的掃描原點處具有焦點，前述控制部對前述射束偏向器中 x 方向的偏向角度進行補正，以便藉由前述射束偏向器偏向之離子束的實際軌道在 xz 面上於前述掃描原點處與前述基準軌道交叉。

依據本發明的一方式提供如下離子植入方法，其中，該離子植入方法包括如下製程：使用射束偏向器使離子束向 x 方向偏向之同時，使用射束掃描器向 x 方向掃描偏向之離子束；及使用平行化透鏡使經掃描之離子束與 z 方向平行，其中，x 方向為與 z 方向正交之一個方向，z 方向為沿離子束的基準軌道之方向，前述射束掃描器藉由使前述偏向之離子束沿 x 方向往復偏向而掃描前述偏向之離子束，前述平行化透鏡在前述射束掃描器的掃描原點處具有焦點，前述射束偏向器中 x 方向偏向角度被補正為，前述偏向之離子束在 xz 面上於前述掃描原點與前述基準軌道

交叉。

另外，在方法、裝置、系統等之間相互置換以上構成要件的任意組合或本發明的構成要件或表現形式者，作為本發明的態樣同樣有效。

（發明之效果）

依本發明能夠減少向被處理物進行植入時的植入角度的誤差。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係概略表示本發明的一種實施形態之離子植入裝置之頂視圖。

第 2 圖（a）係表示第 1 圖所示之射束輸送線單元的一部份的概略構成之平面圖，第 2 圖（b）係表示射束掃描器的掃描原點之概略圖。

第 3 圖係用於說明使用本發明的一種實施形態之射束掃描器與配設於其上游之轉向電磁鐵來補正水平方向的植入角度之圖。

第 4 圖（a）及第 4 圖（b）係表示藉由本發明的一種實施形態之轉向電磁鐵來補正植入角度之模式圖，第 4 圖（c）係例示轉向電磁鐵中之射束軌道之模式圖。

第 5 圖係表示本發明的一種實施形態之植入角度補正方法之流程圖。

第 6 圖係表示本發明的一種實施形態之離子植入裝置

的概略構成之平面圖。

【實施方式】

以下，參閱附圖對用於實施本發明之方式進行詳細說明。另外，在附圖說明中，對相同的要件標註相同的符號，以適當省略重複說明。並且，下述構成為示例，對於本發明的範圍並未做任何限定。

第 1 圖係概略表示本發明的一種實施形態之離子植入裝置 100 之頂視圖。第 1 圖中示出離子植入裝置 100 的射束線部的構成要件的佈局。離子植入裝置 100 的射束線部構成為，具備離子源 10 及被處理物用處理室，並從離子源 10 向被處理物（例如基板或晶圓 40）輸送離子束 B。

本說明書中為了便於說明，將沿射束線部中基準軌道之方向表示為 z 方向，將與 z 方向正交之方向表示為 x 方向。並且，將與 z 方向及 x 方向正交之方向表示為 y 方向。本實施形態中，x 方向為水平方向，y 方向為垂直方向。

並且，本說明書中有時會提及“在某一面（例如 xz 面）上射束實際軌道與基準軌道交叉”。上文所言“交叉”係指從與該面正交之方向（例如 y 方向）觀察時為交叉之現象。藉此，射束實際軌道與基準軌道在 y 方向上可以稍微偏離。在射束掃描器中產生“交叉”之實施形態中，射束實際軌道與基準軌道在如下範圍內可以在 y 方向上稍微偏離，亦即，將射束掃描器的偏向電場的強度視為

與 y=0（基準軌道的 y 方向位置）時的強度相同之範圍。在一種實施形態中偏向電場的偏離率例如小於 0.8%或小於 0.4%時，可視為偏向電場的強度相同。

離子植入裝置 100 適用於所謂的高能量離子植入裝置。高能量離子植入裝置為具有高頻線性加速方式的離子加速器與高能量離子輸送用射束線之離子植入裝置。高能量離子植入裝置將產生於離子源 10 之離子加速為高能量，並沿著射束線將如此獲得之離子束 B 輸送至被處理物，以將離子植入到被處理物中。

如第 1 圖所示，離子植入裝置 100 具備：離子束生成單元 12，其生成離子並進行質譜分析；高能量多段直線加速單元 14，其使離子束加速以作為高能量離子束；射束偏向單元 16，其將高能量離子束的軌道彎曲成 U 字狀；射束輸送線單元 18，其將高能量離子束輸送至晶圓 40；及基板處理供給單元 20，其將所輸送之高能量離子束均勻地植入到半導體晶圓。

離子束生成單元 12 具有離子源 10、引出電極 11 及質譜分析裝置 22。離子束生成單元 12 中，射束通過引出電極 11 從離子源 10 被引出，與此同時被加速，被引出加速之射束藉由質譜分析裝置 22 進行質譜分析。質譜分析裝置 22 具有質譜分析磁鐵 22a 及質譜分析狹縫 22b。質譜分析狹縫 22b 有時配置在質譜分析磁鐵 22a 的正後方，但在實施例中，配置於其下一構成亦即高能量多段直線加速單元 14 的入口部內。

經質譜分析裝置 22 質譜分析後，僅篩選出植入所需的離子種類，所選離子種類的離子束被引至下一高能量多段直線加速單元 14。高能量多段直線加速單元 14 具備第 1 線性加速器 15a，其具備用於植入高能量離子的基本性多段高頻諧振器。高能量多段直線加速單元 14 亦可以具備第 2 線性加速器 15b，其具備用於植入超高能量離子的額外的多段高頻諧振器。藉由高能量多段直線單元 14 被加速之離子束的方向藉由射束偏向單元 16 而發生改變。

從使離子束高加速之高頻（交流方式）之高能量多段直線加速單元 14 離開之高能量離子束具有某一範圍的能量分佈。因此，為了對後一段高能量離子束進行射束掃描及射束平行化以對掃描移動中的晶圓進行機械照射，需要預先實施高精度的能量分析、中心軌道補正及射束收斂發散的調整。

射束偏向單元 16 進行高能量離子束的能量分析、中心軌道補正及能量分散的控制。射束偏向單元 16 具備至少 2 個高精度偏向電磁鐵和至少 1 個能量寬度限制狹縫及能量分析狹縫、及至少 1 個橫向收斂設備。複數個偏向電磁鐵構成為進行高能量離子束的能量分析、精密地補正離子植入角度及抑制能量分散。

射束偏向單元 16 具有能量分析電磁鐵 24、抑制能量分散之橫向收斂四極透鏡 26、能量分析狹縫 28 及提供轉向（軌道補正）之轉向電磁鐵 30。能量分析電磁鐵 24 為處於射束偏向單元 16 的複數個偏向電磁鐵中最上游側之

一個電磁鐵。轉向電磁鐵 30 為處於射束偏向單元 16 的複數個偏向電磁鐵中最下游側之一個電磁鐵。另外，能量分析電磁鐵 24 還被稱為能量過濾電磁鐵（EFM）。高能量離子束的方向藉由射束偏向單元 16 被轉換，而朝向晶圓 40 的方向。

離心力與洛倫茨力作用於通過射束偏向單元 16 的各偏向電磁鐵之離子上，藉由該等力的平衡作用描繪出圓弧狀軌跡。若以公式表示，該平衡力為 $mv=qBr$。m 為離子的質量，v 為速度，q 為離子價，B 為偏向電磁鐵的磁通量密度，r 為軌跡的曲率半徑。只有該軌跡的曲率半徑 r 與偏向電磁鐵的磁極中心的曲率半徑相一致之離子才能夠通過偏向電磁鐵。換言之，當離子價相同時，能夠通過被施加一定磁場 B 之偏向電磁鐵之離子才是具有特定的運動量 mv 之離子。EFM 還被稱為能量分析電磁鐵，實際上為分析離子的運動量之裝置。BM 和離子生成單元的質譜分析電磁鐵均為運動量過濾器。

並且，射束偏向單元 16 藉由使用複數個電磁鐵能夠使離子束進行 180°偏向。藉此，能夠以簡單的構成實現射束線為 U 字狀的高能量離子植入裝置。

如上所述，藉由使發生在離子源之離子加速而輸送至晶圓，以進行打入之離子植入裝置中，射束偏向單元 16 在高能量多段直線加速單元 14 與射束輸送線單元 18 之間，利用複數個電磁鐵來使離子束進行 180°的偏向。能量分析電磁鐵 24 及轉向電磁鐵 30 構成為，偏向角度分別呈

90°，其結果，構成總偏向角度為 180°。另外，由 1 個電磁鐵進行之偏向量不限於 90°，亦可如下組合。

（1）1 個偏向量為 90°之電磁鐵+2 個偏向量為 45°之電磁鐵

（2）3 個偏向量為 60°之電磁鐵

（3）4 個偏向量為 45°之電磁鐵

（4）6 個偏向量為 30°之電磁鐵

（5）1 個偏向量為 60°之電磁鐵+1 個偏向量為 120°之電磁鐵

（6）1 個偏向量為 30°之電磁鐵+1 個偏向量為 150°之電磁鐵

能量分析電磁鐵 24 需要較高的磁場精度，因此安裝有進行精密的磁場測定之高精度磁場測定器 86。磁場測定器 86 係適當組合被稱為 MRP（磁共振探針）之 NMR（核磁共振）探針與霍爾探針者，因此 MRP 與霍爾探針分別用於霍爾探針的校正與磁場恆定之反饋控制。並且，能量分析電磁鐵 24 以嚴格的精度製作，以使磁場的不均勻性小於 0.01%。轉向電磁鐵 30 上亦同樣設有磁場測定器 86。另外，轉向電磁鐵 30 的磁場測定器 86 上可以僅安裝有霍爾探針。此外，各能量分析電磁鐵 24 及轉向電磁鐵 30 上連接著電流設定精度與電流穩定度為 1×10^{-4} 以內的電源及其控制設備。

射束輸送線單元 18 係輸送從射束偏向單元 16 離開之離子束 B 者，其具有收斂/發散透鏡組之射束整形器 32、

射束掃描器 34、射束平行化器 36 及靜電式最終能量過濾器 38（包含最終能量分析狹縫）。射束輸送線單元 18 的長度設計為對應於離子束生成單元 12 與高能量多段直線加速單元 14 的長度。射束輸送線單元 18 藉由射束偏向單元 16 與高能量多段直線加速單元 14 連結，整體形成 U 字狀佈局。

第 2 圖（a）係表示射束輸送線單元 18 的一部份的概略構成之平面圖。藉由射束偏向單元 16（參閱第 1 圖）僅分離出必要的離子種類，僅視為必要能量值的離子之射束，被射束整形器 32 整形為所期望的剖面形狀。如圖所示，射束整形器 32 由 Q（四極）透鏡等（電場式或磁場式）的收斂/發散透鏡組構成。具有被整形之剖面形狀之射束藉由射束掃描器 34 向與第 2 圖（a）的紙面平行的方向進行掃描。例如，構成為包括橫向收斂（縱向發散）透鏡 QF/橫向發散（縱向收斂）透鏡 QD/橫向收斂（縱向發散）透鏡 QF 之三極 Q 透鏡組。射束整形器 32 能夠視需要單獨以橫向聚光透鏡 QF 或橫向發散透鏡 QD 構成或組合複數個橫向聚光透鏡 QF 和橫向發散透鏡 QD 來構成。

射束掃描器 34 構成為，使離子束在掃描原點 S 以週期變化之偏向角度向 x 方向偏向，藉此掃描離子束。如第 2 圖（b）所示，掃描原點 S 為射入射束掃描器 34 之射束軌道 35a 的延長線與從射束掃描器 34 射出之射束軌道 35b 的延長線的交點。

射束掃描器 34 為藉由週期變動之電場而向與離子束

的行進方向正交之水平方向週期性往復掃描離子束之偏向掃描裝置。如第 2 圖（a）所示，射束掃描器 34 在射束行進方向上具備一對（2 片）隔著離子束的通過區域對向配置之掃描電極 34a、34b（二極式偏向掃描電極），近似於以 0.5Hz～4000Hz 範圍的一定頻率正負變動之三角波之掃描電壓分別以相反符號施加在 2 片掃描電極 34a、34b。該掃描電壓在 2 片掃描電極 34a、34b 的間隙內生成使通過該處之射束偏向之變動電場。而且，藉由掃描電壓的週期性變動，通過間隙之射束沿水平方向進行掃描。

射束掃描器 34 的下游側，於 2 個接地電極 78a、78b 之間配置有在離子束的通過區域具有開口之抑制電極 74。上游側在掃描電極的前方配置有接地電極 76a，但視需要能夠配置構成與下游側相同的抑制電極。抑制電極抑制電子侵入到正電極。

掃描室內部構成為，於射束掃描器 34 的下游側的較長區間設有射束掃描空間部 34c，以便即使射束掃描角度小亦可獲得充份的掃描寬度。射束掃描空間部 34c 下游處的掃描室的後方設有射束平行化器 36，該射束平行化器將偏向之離子束調整為射束掃描偏向之前的離子束的方向，亦即，將其彎回與射束線 L1 平行。

在射束平行化器 36 中產生之像差（射束平行化器的中心部與左右端部的焦點距離之差）與射束掃描器 34 的偏向角的平方成比例，因此藉由將射束掃描空間部 34c 設長以縮小偏向角，這對於抑制射束平行化器 36 的像差起

到很大作用。像差越大，則將離子束植入到半導體晶圓時，晶圓中心部與左右端部的射束尺寸與射束發散角差異越大，因此會產生產品的品質偏差。

並且，藉由調整該射束掃描空間部 34c 的長度，能夠使射束輸送線單元的長度與高能量多段直線加速單元 14 的長度一致。

射束平行化器 36 構成為將從射束掃描器 34 射入之離子束平行化，在射束平行化器 36 的下游形成沿 x 方向（水平方向）擴展之射束通過區域。射束平行化器 36 例如為靜電式射束平行化器。

射束平行化器 36 上配置有電場式平行化透鏡 84。如第 2 圖（a）所示，平行化透鏡 84 由大致呈雙曲線形狀的複數個加速電極對與減速電極對構成。各電極對隔著不引起放電程度之寬度的加減速間隙相對，加減速間隙中形成有電場，該電場兼有引起離子束的加減速之軸向成份及按基準軸起的距離成比例加強且對離子束起到橫向收斂作用之橫向成份。

隔著加速間隙配置之電極對中下游側電極、減速間隙的上游側電極及減速間隙的下游側電極與後一個加速間隙的上游側電極分別形成一體結構體，以成為同一電位。

從平行化透鏡 84 的上游側起，頭一個電極（入射電極）和最後一個電極（出射電極）被保持為接地電位。藉此，在通過平行化透鏡 84 的前後，射束的能量不發生變化。

中間電極結構體中，加速間隙的出口側電極與減速間隙的入口側電極上連接有可變式定電壓的負電源 90，而在減速間隙的出口側電極與加速間隙的入口側電極上連接有可變式定電壓的正電源（n 段時為負正負正負……）。藉此，離子束一邊重複加速與減速一邊逐漸朝向與射束線的基準軌道平行的方向。並且，最終進入到與偏向掃描前的離子束的行進方向（射束線軌道方向）平行的軌道上。

如第 2 圖（a）所示，射束平行化器 36 在基準軌道（例如第 2 圖（a）所示之射束線 L1）上具有焦點 F_o。被設計成，射入射束平行化器 36 之複數個射束軌道 37a、37b、37c 各自相對於基準軌道具有不同的角度。射束平行化器 36 按照入射角度以不同的偏向角度使複數個射束軌道 37a、37b、37c 分別偏向，藉此，使得複數個射束軌道 37a、37b、37c 與基準軌道平行。射束平行化器 36 接收按所給的離子植入條件（例如包括目標射束能量）預先設定的電輸入（例如電壓）而作動。

複數個射束軌道 37a、37b、37c 在包括基準軌道在內之同一平面上，該平面上，自焦點 F_o 至射束平行化器 36 以各自不同的入射角度定向。本實施形態中，複數個射束軌道 37a、37b、37c 為由射束掃描器 34 進行掃描之結果，因此該平面相當於射束掃描器 34 的掃描面（xz 面）。該等軌道中的任意一個軌道（第 2 圖（a）中射束軌道 37b）均可與基準軌道一致。第 2 圖（a）所示之實施形態中，基準軌道不在射束平行化器 36 中偏向而直線

通往射束平行化器 36。

本實施形態之離子植入裝置 100 構成為，射束平行化器 36 的焦點 F_o 與射束掃描器 34 的掃描原點 S 一致。藉此，掃描原點 S 上被射束掃描器 34 掃描之射束藉由包含電場平行化透鏡等之射束平行化器 36 被收斂，相對於與掃描前的離子束行進方向（射束線軌道方向）平行的偏向角 0 度的軸（基準軸）平行。此時，掃描區域相對於基準軸左右對稱。

射束輸送線單元 18 如此進行高能量離子束的射束掃描及射束平行化。被平行化之離子束通過最終能量過濾器 38 供給到基板處理供給單元 20。被平行化之離子束高精度地照射到進行機械掃描移動的晶圓 40，並向晶圓 40 植入離子。

如第 1 圖所示，射束輸送線單元 18 的下游側末端設有基板處理供給單元 20，植入處理室中收納有：射束監控器 102，測定離子束 B 的射束電流、位置、植入角度、收斂發散角、上下左右方向的離子分佈等；帶電防止裝置，防止由離子束 B 引起之晶圓 40 的帶電；晶圓搬送機構，搬入或搬出晶圓 40 並以恰當的位置、角度設置晶圓；ESC（Electro Static Chuck），保持處於植入離子狀態的晶圓 40；及晶圓掃描機構，以與植入過程中射束電流的變動相應之速度向射束掃描方向之直角方向移動晶圓 40。基板處理供給單元 20 構成為提供晶圓 40 的機械掃描。

射束監控器 102 構成為，測定離子束 B 向被處理物進行 x 方向植入時的植入角度。射束監控器 102 為例如以 0.1°以下的測定誤差測定射束角度之高精度的角度監控器。並且，射束監控器 102 構成為，測定離子束 B 向被處理物進行 x 方向植入時的植入位置。藉此，射束監控器 102 亦為離子束的位置監控器。射束監控器 102 在被處理物的位置或其附近的測定位置預先測定離子束 B，在植入處理過程中，從測定位置退避並停止測定或在測定位置附近監控射束。

射束監控器 102 可以具備具有既知位置之狹縫及配置於狹縫的下游之射束檢測器。射束檢測器例如具有一維或二維排列之射束檢測元件。依據被射束檢測器檢測之射束受光點與狹縫的相對位置，能夠獲取離子束 B 的行進方向。射束監控器 102 可以在與基準軌道垂直的面內（例如射束掃描方向）移動，亦可以在該面內的任意位置測定射束角度。

另外，射束監控器 102 可以配置於射束平行化器 36 與被處理物之間，並在被處理物的上游測定離子束 B。又或，射束監控器 102 可以配置於被處理物的背後，在被處理物的下游測定離子束 B。

並且，離子植入裝置 100 具備用於控制離子植入裝置 100 整體或其局部（例如射束線部的整體或局部）之控制部 104。控制部 104 構成為，依據射束監控器 102 的測定結果補正轉向電磁鐵 30 中之偏向磁場。

以此，離子植入裝置 100 的射束線部構成為，具有對向之 2 條長直線部之水平 U 字狀折返型射束線。上游的長直線部由使在離子源 10 生成之離子束 B 加速之複數個單元構成。下游的長直線部由調整相對於上游的長直線部的方向轉向之離子束 B 來植入到晶圓 40 之複數個單元構成。2 條長直線部幾乎以相同長度構成。2 條長直線部之間設有便於進行維修作業的足夠寬的作業空間 R1。

如此將各單元配置成 U 字狀之高能量離子植入裝置，不僅控制了設置面積亦確保了良好的作業性。並且，高能量離子植入裝置中，藉由將各單元和各裝置設為模組構成，實現了以射束線基準位置為準之拆卸、組裝。

並且，由於高能量多段直線加速單元 14 與射束輸送線單元 18 以折返方式配置，因此能夠限制高能量離子植入裝置的總長。現有裝置中該等幾乎被配置成直線狀。並且，構成射束偏向單元 16 之複數個偏向電磁鐵的曲率半徑以將裝置寬度設得最小的方式被優化。基於該等設計，實現了裝置設置面積的最小化、以及在夾在高能量多段直線加速單元 14 與射束輸送線單元 18 之間之作業空間 R1，可以對高能量多段直線加速單元 14 和射束輸送線單元 18 等各裝置進行作業。並且，由於維修間隔較短的離子源 10 與需要供給、取出基板的基板處理供給單元 20 相鄰配置，因此可減少操作人員的移動。

因為該種 U 字狀的射束線佈局，離子植入裝置 100 具有適當的尺寸。然而，U 字狀佈局並不會減短離子源 10

至基板處理供給單元 20 的射束線的總長。反而，由於增加了 U 字狀偏向所需的長度、及用於使其後一段的射束輸送線單元 18 的長度與高能量多段直線加速單元 14 一致的長度，因此與直線型佈局相比總體變長。

較長射束線中，由於各個設備的裝配誤差的累加，末端處的射束位置和入射角相對於設計值的偏差變大。例如，收斂四極透鏡（例如橫向收斂四極透鏡 26）的裝配位置橫向偏離時，飛過基準軌道之射束，會從透鏡中心偏移之位置射入四極透鏡，因此致使軌道受到收斂作用而向內側（向四極透鏡偏離之方向）彎曲。即使一個個設備中的軌道偏離很小，但是在通過複數個設備進行長距離飛行期間，與基準軌道間的角度及位置的偏差亦會變大。為了抑制中心軌道偏離，首要任務為以高精度裝配射束線設備，但這亦有局限性。

本發明的一種實施形態以解決該種問題為目的。更具體而言，本發明的一種實施形態的目的為，提供一種能夠在插入有複數個收斂要件之 U 字狀較長射束線上，消除因該等收斂要件的裝配誤差引起之射束偏向作用，最終能夠以植入角度誤差±0.1°以下的高角度精度進行離子植入之高能量離子植入裝置。

因此，一種實施形態之高能量離子植入裝置中，藉由平行配設包括使生成於離子源 10 之離子束加速之複數個單元之長直線部、和包括經調整掃描射束來植入到晶圓 40 之複數個單元之長直線部，來構成水平 U 字狀的折返

型射束線。U字狀的偏向部由複數個偏向電磁鐵構成。

複數個偏向電磁鐵中下游側的至少一台電磁鐵被用作水平方向（掃描面內）的離子植入角度的精密調整用偏向電磁鐵。依據在最靠近晶圓 40 處測定之水平方向的射束位置與入射角（植入角）設定偏向電磁鐵的輸出值，以使補正後的軌道通過射束掃描器 34 的掃描原點（不論上向方向的軌道位置如何）。以此，偏向電磁鐵中偏向角度被補正為，對晶圓 40 進行植入時的植入角度誤差為±0.1°以下。

下面參閱第 3 圖，對使用射束掃描器 34 和配設於其上游之轉向電磁鐵 30 之水平方向的植入角度補正進行詳細敘述。轉向電磁鐵 30 同時進行 90°偏向和中心軌道補正（轉向功能）。

將轉向電磁鐵 30 的中心 C 中射束實際軌道相對於基準軌道之水平方向的位置標計為 Xs、傾斜度標記為 Xs'。亦即，射束實際軌道因設備的裝配誤差，在轉向電磁鐵 30 的中心 C 具有位置誤差 Xs 及角度誤差 Xs'之類的 x 方向軌道誤差。該種軌道誤差例如可在下列情況下發生，亦即將靜電 Q 透鏡、Q 電磁鐵（四極電磁鐵）、偏向電磁鐵之面角等收斂要件插入到射束偏向單元 16 之情況。

晶圓位置中 x 方向軌道誤差亦即植入位置誤差 Xw 及植入角度誤差 Xw'，利用射束輸送行列如同下列公式（1），與轉向電磁鐵 30 中 x 方向軌道誤差建立關聯。

[公式 1]

$$\begin{pmatrix} X_W \\ X'_W \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_2 & B_2 \\ C_2 & D_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_S \\ X'_S \end{pmatrix} \quad \cdots (1)$$

其中，

[公式 2]

$$\begin{pmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{pmatrix}$$

為自轉向電磁鐵 30 至射束掃描器 34 的 x 方向的射束輸送行列。以下，有時將此稱為“第 1 射束輸送行列”。並且，

[公式 3]

$$\begin{pmatrix} A_2 & B_2 \\ C_2 & D_2 \end{pmatrix}$$

為自射束掃描器 34 至晶圓 40 的 x 方向的射束輸送行列。以下，有時將此稱為“第 2 射束輸送行列”。

所謂射束輸送行列係用行列形式表現表示構成射束線之各種設備中的離子運動之運動方程式的解者。藉由將所有與射束線中某一區間內的設備對應之射束輸送行列相乘，能夠獲得該區間內運動方程式的解。

植入位置誤差 Xw 及植入角度誤差 Xw'為，藉由射束監控器 102 測定之晶圓 40 上的射束位置及角度。依據該等測定值逆算出公式（1）。這樣能夠求出與晶圓 40 上的射束測定位置及測定角度對應之轉向電磁鐵 30 的中心 C 處的位置誤差 Xs 及角度誤差 Xs'。對公式（1）進行逆算

時，可從公式（1）的左側開始乘以逆行列。射束輸送行列的行列式通常為 1，注意這點，可以從公式（1）得出下列公式（2）。

[公式4]

$$\begin{pmatrix} X_S \\ X'_S \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} D_1 & -B_1 \\ -C_1 & A_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D_2 & -B_2 \\ -C_2 & A_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_W \\ X'_W \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} D_1D_2+B_1C_2 & -D_1B_2-B_1A_2 \\ -C_1D_2-A_1C_2 & C_1B_2+A_1A_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_W \\ X'_W \end{pmatrix} \quad \cdots(2)$$

藉由該計算，依據植入點處的 x 方向軌道誤差的測定值 Xw、Xw'求出補正點處的 x 方向軌道誤差 Xs、Xs'。

利用該等值計算出轉向電磁鐵 30 的偏向角度的補正量。偏向的補正角 Δs 被加在轉向電磁鐵 30 的規定偏向角度 90°上。轉向電磁鐵 30 的補正角 Δs 被賦予到射束實際軌道，藉此實際軌道相對於基準軌道之傾斜度從 Xs'變成（Xx'+Δs）。

作為該角度補正的結果，假定掃描原點 S 處實際軌道與基準軌道在角度 Xsc'交叉。則掃描原點 S 處實際軌道的 x 方向位置及角度利用第 1 射束輸送行列如同下列公式（3）與補正後的轉向電磁鐵 30 的 x 方向軌道誤差建立關聯。在此，由於實際軌道與基準軌道交叉，因此掃描原點 S 處實際軌道的 x 方向位置為零。

[公式5]

$$\begin{pmatrix} 0 \\ X'_{sc} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_S \\ X'_S+\Delta_S \end{pmatrix} \quad \cdots(3)$$

因此，用於使射束實際軌道在掃描原點 S 處與基準軌道交叉之轉向電磁鐵 30 的 x 方向的補正角 Δs 可依據公式

（3）的第 1 行，如同下列公式（4）所示之方式求得。

[公式 6]

$$\Delta_S = -X'_S - \frac{A_1}{B_1} X_S = -\frac{D_2}{B_1} X_W - \frac{B_2}{B_1} X'_W \quad \cdots (4)$$

接著，對實際軌道在掃描原點 S 處與基準軌道交叉時晶圓 40 上的 x 方向的植入角度誤差為零的情況進行說明。這藉由具體考察第 2 射束輸送行列而得到理論上的證明。

第 2 射束輸送行列可由下列 3 個輸送行列，亦即射束掃描器 34 至射束平行化器 36 的輸送行列、射束平行化器 36 的輸送行列及射束平行化器 36 至晶圓 40 的輸送行列的積表示。當將掃描原點 S 至平行化透鏡 84 的中心 D 的距離設為 F 時，射束掃描器 34 至射束平行化器 36 的輸送行列如下：

[公式 7]

$$\begin{pmatrix} 1 & F \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

如上所述，平行化透鏡 84 為將該距離 F 作為焦點距離之透鏡，因此，使得所有通過掃描原點 S 之軌道與基準軌道平行。平行化透鏡 84 的輸送行列如下：

[公式 8]

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -1/F & 1 \end{pmatrix}$$

最終能量過濾器 38 使軌道向 y 方向偏向，因此不會

影響到 x 方向。藉此，將平行化透鏡 84 的中心 D 至晶圓 40 的距離設為 L_2 時，該區間的水平面內輸送行列如下：

[公式 9]

$$\begin{pmatrix} 1 & L_2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

因此，第 2 射束輸送行列表示為下列公式（5）。

[公式 10]

$$\begin{pmatrix} A_2 & B_2 \\ C_2 & D_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & L_2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -1/F & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & F \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1-L_2/F & F \\ -1/F & 0 \end{pmatrix} \quad \cdots(5)$$

藉由以公式（3）及公式（4）所示之補正角 Δs 的轉向而得到補正之射束實際軌道，假定在晶圓 40 上具有植入位置誤差 Xw_2 及植入角度誤差 Xw_2'。此時，射束實際軌道藉由補正角 Δs 的轉向而在掃描原點 S 處以角度 Xsc' 橫切基準軌道，因此利用公式（5）的第 2 射束輸送行列並藉由下列公式（6）來計算植入位置誤差 Xw_2 及植入角度誤差 Xw_2'。

[公式 11]

$$\begin{pmatrix} X_{W2} \\ X'_{W2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1-L_2/F & F \\ -1/F & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ X'_{SC} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} FX'_{SC} \\ 0 \end{pmatrix} \quad \cdots(6)$$

由公式（6）的第 2 行可知，植入角度誤差 Xw_2'為零。這表示將轉向電磁鐵 30 中之偏向角度補正為使射束實際軌道通過掃描原點 S，藉此使植入角度誤差消除。

由公式（5）可知，第 2 射束輸送行列中，$B_2=F$、$D_2=0$。藉此，賦予補正角 Δs 之公式（4）被簡化為下列

公式（7）。

[公式 12]

$$\Delta_S = -\frac{F}{B_1} X'_W \quad \cdots (7)$$

另外，自轉向電磁鐵 30 至射束掃描器 34 的區間沒有任何其他射束線構成要件，該區間距離為 L_1 時，$B_1=L_1$，因此公式（7）成為下列公式（8）。

[公式 13]

$$\Delta_S = -\frac{F}{L_1} X'_W \quad \cdots (8)$$

藉由公式（8）設定補正角Δs 的標準。公式（8）中補正角Δs 為在晶圓位置測定之未補正的植入角度誤差 Xw'與常數（$-F/L_1$）的積。該常數表示自射束掃描器 34 至射束平行化器 36 的距離 F 與轉向電磁鐵 30 至射束掃描器 34 的距離 L_1 之比。

第 4 圖（a）及第 4 圖（b）係表示利用公式（8）由轉向電磁鐵 30 進行之植入角度補正之模式圖。第 4 圖（a）表示未進行補正之狀態，第 4 圖（b）表示進行補正之狀態。第 4 圖（c）係例示轉向電磁鐵 30 中之射束軌道之模式圖。並且，第 5 圖係表示本發明的一種實施形態之植入角度補正方法之流程圖。

如第 4 圖（a）所示，轉向電磁鐵 30 中射束實際軌道 106 從基準軌道 108 向 x 方向偏移，其結果，當射束實際軌道 106 從掃描原點 S 向 x 方向偏移時，藉由射束掃描器 36 被平行化之離子束 110 具有植入角度誤差 Xw'。

第 5 圖所示之植入角度誤差補正方法中，在晶圓位置藉由射束監控器 102 測定植入角度誤差 Xw'（S10）。控制部 104 判定所測定之植入角度誤差 Xw'是否處於規格內（S12）。例如，控制部 104 判定所測定之植入角度誤差 Xw'是否處於預先規定之容許範圍內。判定為所測定之植入角度誤差 Xw'處於規格內時（S12 的 Y（是）），無需進行植入角度補正。此時，控制部 104 定期重複測定植入角度誤差 Xw'。

判定為所測定之植入角度誤差 Xw'不在規格內時（S12 的 N（否）），控制部 104 對轉向電磁鐵 30 的磁場進行補正（S14）。控制部 104 控制轉向電磁鐵 30，以將與所測定之植入角度誤差 Xw'對應之補正角 Δs 附加到轉向電磁鐵 30 的偏向角度上。

此時，測定補正後的植入角度誤差 Xw_2'（S10），控制部 104 再度判定所測定之植入角度誤差 Xw_2'是否處於規格內（S12）。若判定為所測定之植入角度誤差 Xw_2'處於規格內（S12 的 Y），則無需再進行補正。植入角度誤差 Xw_2'通常經過 1 次補正就會處於規格內。然而，當判定為所測定之植入角度誤差 Xw_2'不在規格內時（S12 的 N），再次補正轉向電磁鐵 30 中之偏向角度（S14）。之後，重複相同處理。

如第 4 圖（b）所示，藉由在轉向電磁鐵 30 中賦予補正角 Δs，實際軌道 106 在掃描原點 S 處與基準軌道 108 交叉。如上所述，通過掃描原點 S 之射束軌道藉由射束平

行化器 36 使得與基準軌道 108 平行。藉此，被射束平行化器 36 平行化之離子束 110 不具有植入角度誤差。

以此，在射束實際軌道從掃描原點 S 偏移時，測定到向晶圓植入時的植入角度，確定射束轉向器中之補正量以抵消植入角度誤差。本實施形態之植入角度補正方法，可以在離子植入的準備階段進行，亦可在離子植入過程中定期進行。

射束掃描器 34 以如下方式構成為佳，亦即以相當於射束實際軌道與基準軌道的交叉角 Xsc'之偏向角度使射束實際軌道偏向。藉此，如以下說明，不僅能夠將植入角度誤差 Xw_2'設為零，還可將植入位置誤差 Xw_2 設為零。

由公式 6 的第 1 行可知，$Xw_2=FXsc'$。植入位置誤差 Xw_2 和射束掃描器 34 中的實際軌道與基準軌道的交叉角 Xsc'成比例。該交叉角 Xsc'相當於實際軌道為不在射束掃描器 34 中偏向之直線型時（亦即，掃描電極 34a、34b 之間的掃描電壓為零時）的射束掃描器 34 的出口之實際軌道相對於基準軌道之角度。因此，藉由在掃描電壓上附加直流成份以抵消交叉角 Xsc'（藉由在掃描電壓上附加所謂的偏置電壓），能夠將植入位置誤差 Xw_2 設為零。偏置電壓被設定為，在射束掃描器 34 的掃描電極 34a、34b 之間向離子束賦予 $-Xsc'$（$=-Xw_2/F$）的偏向角度。

另外，在以上植入角度補正的說明中，為便於理解，簡化了射束輸送行列。實際上，例如在轉向電磁鐵 30 與射束掃描器 34 之間存在射束整形器 32，但是在上述研究

中未將此考慮在內。並且，在此利用了被稱作薄近似之方法，但實際射束輸送行列的計算更為復雜。

並且，第 4 圖（a）及第 4 圖（b）中，省略了轉向電磁鐵 30 中離子束的偏向的圖示。加之，第 4 圖（a）中，簡化成射入電磁鐵 30 一側或從轉向電磁鐵 30 射出之軌道誤差相同，但通常並非如此。例如，如第 4 圖（c）所例示，實際軌道 106 相對於射入轉向電磁鐵 30 一側之基準軌道 108 之偏離，不同於實際軌道 106 相對於從轉向電磁鐵 30 射出一側之基準軌道 108 之偏離。

本發明的一種實施形態中，離子植入裝置 100 的射束線部具備：射束線上游部份；配設於射束線上游部份的下游之射束線中間部份；及配設於射束線中間部份的下游之射束線下游部份。射束線上游部份具備生成離子束之離子束生成單元 12、及使離子束加速之高能量複數段直線加速單元 14。射束線中間部份具備射束偏向單元 16，射束偏向單元 16 具備複數個偏向電磁鐵。複數個偏向電磁鐵具備至少 1 個能量分析電磁鐵 24、及配設於其下游之至少 1 個轉向電磁鐵 30。射束線下游部份具備射束掃描器 34 及配設於射束掃描器 34 的下游之射束平行化器 36。

離子植入裝置 100 的射束線部具備構成為可使離子束向 x 方向偏向之射束偏向器。射束偏向器例如為射束偏向單元 16 的至少 1 個轉向電磁鐵 30。又或，射束偏向器亦可以是不同於轉向電磁鐵 30 之射束偏向單元 16 的偏向電磁鐵。例如，射束偏向器可以是配設於轉向電磁鐵 30 的

上游或下游之偏向電磁鐵。又或，射束偏向器亦可以設置於射束輸送線單元 18。例如，射束偏向器可以配設於射束整形器 32 與射束掃描器 34 之間。

射束掃描器 34 配設於射束偏向器的下游。射束掃描器 34 構成為在基準軌道上具有掃描原點 S，且在掃描原點 S 處向 x 方向掃描離子束。因此，x 方向為射束掃描器 34 的掃描方向。射束平行化器 36 具備平行化透鏡 84，該平行化透鏡構成為使離子束與 z 方向平行。平行化透鏡 84 的焦點 F_o 基本與掃描原點 S 一致。

射束偏向器配設於射束掃描器 34 的上游，以使射束掃描器 34 中射束實際軌道相對於基準軌道在 x 方向的位置誤差及角度誤差，與射束偏向器中射束實際軌道相對於基準軌道在 x 方向的位置誤差及角度誤差建立關聯。具體而言，例如利用射束輸送行列將射束偏向器中之 x 方向位置誤差及 x 方向角度誤差與射束掃描器 34 中之 x 方向位置誤差及 x 方向角度誤差建立關聯。

並且，射束線部構成為，被處理物中之射束實際軌道相對於基準軌道之 x 方向的位置誤差及角度誤差與射束實際軌道相對於射束掃描器 34 中之基準軌道之 x 方向的位置誤差及角度誤差建立關聯。具體而言，例如利用射束輸送行列將 x 方向的植入位置誤差及植入角度誤差與射束掃描器 34 中之 x 方向位置誤差及 x 方向角度誤差建立關聯。

控制部 104 對射束偏向器中之 x 方向上的偏向角度進

行補正，以產生射束掃描器 34 中之射束實際軌道的所期望的 x 方向角度誤差（及/或 x 方向位置誤差）。射束掃描器 34 中所期望的 x 方向角度誤差（及/或 x 方向位置誤差）與向被處理物進行植入時所期望的 x 方向植入角度及/或 x 方向植入位置建立關聯。以此，能夠進行 x 方向的離子植入角度的精密調整。

例如，控制部 104 構成為，補正射束偏向器中之 x 方向的偏向角度，以使射束實際軌道在掃描面於掃描原點 S 處與基準軌道交叉。如上所述，當射束實際軌道在掃描原點 S 處與基準軌道交叉時，能夠使向被處理物進行 x 方向植入時的植入角度誤差基本為零。將轉向電磁鐵 30 用作射束偏向器時，在使射束進行 x 方向的 90°偏向的同時，進行精密的 x 方向射束角度調整。

控制部 104 可以依據例如藉由射束監控器 102 測定之 x 方向植入角度將轉向電磁鐵 30 中之磁場補正為，射束實際軌道在掃描原點 S 處與基準軌道交叉。依據 x 方向植入角度的測定值獲得 x 方向植入角度誤差。由於實際軌道在掃描原點 S 處與基準軌道交叉，因此轉向電磁鐵 30 中之磁場被補正為與植入角度誤差相抵。以此，藉由 1 次磁場補正而能夠使得植入角度誤差為零為佳。

測定轉向電磁鐵 30 中之磁場之磁場測定器 86 可在轉向電磁鐵中之磁場被補正為離子束的實際軌道在掃描原點 S 處與基準軌道交叉之狀態下被校正。

射束偏向單元 16 由 2 個 90°偏向電磁鐵構成，當上游

側為能量分析電磁鐵 24，下游側為轉向電磁鐵 30 時，通過能量分析電磁鐵 24 之離子的質量與能量是已知的。此時，轉向電磁鐵 30 的平均磁場（磁通量密度）B[T]與離子的能量 E[keV]及質量 m[amu]之間成立下列關係式。其中，n 為離子的電價數，r[m]為偏向電磁鐵的曲率半徑。

[公式 14]

$$B = 4.55286\times10^{-3}\times\frac{\sqrt{mE}}{nr} \quad \cdots(9)$$

另一方面，當以上述順序將離子束的植入角度大致設為 0°時的轉向電磁鐵 30 的磁場測定值（讀取值）為 Bm 時，能夠藉由在該測定值上乘以係數 B/Bm 來校正磁場測定值。若在裝配裝置時預先進行一次該種校正，則在此之後能夠僅藉由將磁場測定值調整為公式（9）所表示之值，即可獲得較高的植入角度精度。

射束偏向器中 x 方向的偏向角度的補正範圍例如為，射束偏向器中之設計上的偏向角度的至多 1%以內或 0.5%以內。亦即，設計上構成為使離子束偏向 α°之射束偏向器以選自（1±0.01）α°的範圍或（1±0.005）α°的範圍之偏向角度使離子束偏向之方式得到補正。從該種意義上講，射束偏向器構成為使離子束大約偏向 α°。

例如，射束偏向單元 16 的複數個偏向電磁鐵構成為，將藉由高能量多段直線加速單元 14 加速之離子束大約偏向 180°。並且，射束偏向單元 16 的複數個偏向電磁鐵由 1 個能量分析電磁鐵 24 與 1 個轉向電磁鐵 30 構成，能量分析電磁鐵 24 及轉向電磁鐵 30 分別構成為使離子束

大約偏向 90°。

轉向電磁鐵 30 使離子束 B 向 x 方向偏向 90°，並且精密調整離子束 B 的 x 方向植入角度。為進行該精密調整而被設定之偏向角度補正量例如小於轉向電磁鐵 30 的偏向角度 90°的 1%或 0.5%。轉向電磁鐵 30 中被補正之偏向角度為規定的偏向角度 90°與補正量之和，大約為 90°。

射束偏向單元 16 由 2 個 90°偏向電磁鐵構成，當上游側為能量分析電磁鐵 24，下游側為轉向電磁鐵 30 時，轉向電磁鐵 30 與具有 1×10^{-4}（=0.05/90×0.20）左右的設定精度與穩定度之電源與其控制設備連接為佳。亦即，轉向電磁鐵 30 可以具備具有 1×10^{-4} 以內的磁場設定精度及磁場穩定度之電源部。如此一來，當規格上具有最低能量之輕離子能夠以最大磁場的 20%左右的磁場偏向 90°時，能夠以 0.05°的精度設定補正角 Δs。

如以上說明，依本發明的一種實施形態，在離子植入裝置 100 上設有用於使射束線折返之複數個偏向電磁鐵之一之轉向電磁鐵 30、射束掃描器 34、及角度監控器亦即射束監控器 102，轉向電磁鐵 30 的磁場被補正為使射束實際軌道通過掃描原點 S。以此，消除植入角度誤差，而能夠保證較高的植入角度精度。例如，在由可能以具有裝配誤差而設置之複數個設備構成之射束輸送距離較長的射束線上，能夠將植入角度誤差控制到小於 0.1°。使具有較高的角度精度之靜電式射束掃描器 34 及靜電式最終能量過濾器 38 能夠有效發揮作用。

另外，在此僅對水平方向（掃描面內）的補正進行了闡述，但離子植入裝置 100 在與之正交之方向上，亦可藉由植入角度的測定及與該測定一同對晶圓的傾角進行微調之機械系統，仍可以實現誤差小於 0.1°的離子植入。

一種實施形態中，轉向電磁鐵 30 可以具備軌道偏向用主線圈及偏向角度補正用副線圈。主線圈具備主線圈電源。主線圈為進行 90°偏向而設。副線圈具備能夠獨立於主線圈電源進行控制之副線圈電源。與主線圈相比，副線圈的捲數較少。控制部 104 可以將副線圈控制為，離子束的實際軌道在掃描原點 S 處與基準軌道交叉。

如同上述實施形態使用 90°偏向的電磁鐵控制微小磁場時，期待設置具有較高的分解能之電磁鐵電源。與此相對，若使用副線圈（通常被稱為微調線圈）並將其捲數設得較少，利用其它電源對其進行勵磁，則無需提高電源的分解能。此時，副線圈電源（轉向電源）的設定精度與穩定度為 1×10^{-2} 左右即可。

上述實施形態中，射束偏向單元 16 的下游側的偏向電磁鐵兼做轉向電磁鐵 30，而在一種實施形態中，可在射束偏向單元 16 的最後一個偏向電磁鐵的下游單獨設置轉向電磁鐵。此時，轉向電磁鐵的電源精度仍為 1×10^{-2} 左右即可。

上述實施形態中舉例說明了適於高能量離子植入裝置之離子植入裝置 100，但本發明亦能夠適用於具有射束偏向器、射束掃描器及射束平行化器之其他離子植入裝置。

一種實施形態中，例如如第 6 圖所示，在不具有高能量多段直線加速單元 14 之離子植入裝置 200 中，可以進行 x 方向的離子植入角度的精密調整。

第 6 圖係表示本發明的一種實施形態之離子植入裝置 200 的概略構成之平面圖。如圖所示，離子植入裝置 200 具備複數個射束線構成要件。離子植入裝置 200 的射束線上游部份自上游側依次具備離子源 201、質譜分析裝置 202、射束收集器 203、鑒別孔徑 204 及電流抑制機構 205。離子源 201 與質譜分析裝置 202 之間設有用於從離子源 201 引出離子之引出電極（未圖示）。電流抑制機構 205，作為一例具備 CVA（Continuously Variable Aperture）。CVA 為能夠藉由驅動機構調整開口尺寸之孔徑。

離子植入裝置 200 的射束線下游部份從上游側依次具備第 1XY 聚光透鏡 206、第 2XY 聚光透鏡 208、射束掃描器 209、Y 聚光透鏡 210、射束平行化器 211、AD（加速/減速）柱 212 及能量過濾器 213。晶圓 214 配置於射束線下游部份的最下游部。離子源 201 至射束平行化器 211 為止的射束線構成要件被收容在終端 216。另外，例如在第 1XY 聚光透鏡 206 和第 2XY 聚光透鏡 208 之間可以設有能夠出入離子束的路徑之射束電流測量儀（未圖示）。

由第 1XY 聚光透鏡 206、第 2XY 聚光透鏡 208 及 Y 聚光透鏡 210 構成用於調整縱橫方向的射束形狀（XY 面內的射束剖面）之射束整形器。如此，射束整形器具備在

質譜分析裝置 202 與射束平行化器 211 之間沿射束線配設之複數個透鏡。射束整形器藉由該等透鏡的收斂/發散效果，能夠在廣泛的能量/射束電流的條件下將離子束適當地輸送至下游。

第 1XY 聚光透鏡 206 例如為 Q 透鏡，第 2XY 聚光透鏡 208 例如為 XY 方向單透鏡，Y 聚光透鏡 210 例如為 Y 方向單透鏡或 Q 透鏡。第 1XY 聚光透鏡 206、第 2XY 聚光透鏡 208 及 Y 聚光透鏡 210 可以分別為單一的透鏡，亦可以是透鏡組。以此，射束整形裝置被設計成，能夠從射束電位較大且射束自散成為問題之低能量/高射束電流的條件，至射束電位較小且射束的剖面形狀控制成為問題之高能量/低射束電流的條件，適當控制離子束。

能量過濾器 213 例如為具備偏向電極、偏向電磁鐵或同時具備這兩者之 AEF（Angular Energy Filter）。

在離子源 201 生成之離子藉由引出電場（未圖示）被加速。被加速之離子藉由質譜分析裝置 202 而偏向。以此，只有具有規定能量和質量電荷比之離子才通過鑒別孔徑 204。接著，離子經由電流抑制機構（CVA）205、第 1XY 聚光透鏡 206 及第 2XY 聚光透鏡 208 被引到射束掃描器 209。

射束掃描器 209 藉由施加週期性的電場或磁場（或這兩者）而沿橫向（亦可以是縱向或斜向）往復掃描離子束。藉由射束掃描器 209 使離子束被調整為能夠在晶圓 214 上均勻地橫向植入。射束掃描器 209 掃描之離子束

215，係於利用施加電場或磁場（或這兩者）之射束平行化器 211 使行進方向一致。之後，離子束 215 藉由施加電場而於 AD 柱 212 加速或減速至規定的能量。從 AD 柱 212 離開之離子束 215 達到最終的植入能量（低能量模式下調整為高於植入能量的能量，並且使其在能量過濾器內減速的同時偏向）。AD 柱 212 下游的能量過濾器 213，係藉由偏向電極或偏向電磁鐵之電場或磁場（或這兩者）之施加，使離子束 215 向晶圓 214 側偏向。藉此，具有目標能量以外的能量之污染成份被排除。如此被淨化之離子束 215 被植入到晶圓 214。

如此，離子植入裝置 200 的射束線上游部份具備離子源 201 及質譜分析裝置 202，離子植入裝置 200 的射束線下游部份具備配設於射束掃描器 209 上游且調整離子束的收斂或發散之射束整形器、射束掃描器 209 及射束平行化器 211。射束整形器可以為第 1XY 聚光透鏡 206。

晶圓 214 的附近設有射束監控器 217。射束監控器 217 配設於射束平行化器 211 的下游，並測定向晶圓 214 進行 x 方向植入時的植入角度。射束監控器 217 的結構與參閱第 1 圖說明之射束監控器 102 相同。

並且，離子植入裝置 200 具備用於控制離子植入裝置 200 的整體或局部（例如射束線部的整體或局部）之控制部 218。控制部 218 構成為依據射束監控器 217 的測定結果控制射束偏向器。射束偏向器設置於射束整形器上。換言之，射束整形器構成為提供所謂的轉向功能。

射束整形器具備至少 1 個四極透鏡，四極透鏡具備沿 x 方向對向之一對電極、及分別向一對電極提供不同電位之電源部。控制部 218 依據由射束監控器 217 測定之 x 方向植入角度來補正射束整形器的一對電極之間的電位差，以使離子束 215 的實際軌道在掃描原點處與基準軌道交叉。這樣一來，能夠進行 x 方向的離子植入角度的精密調整。

離子植入裝置 200 中射束偏向器構成射束整形器的一部份，而在一種實施形態中，射束偏向器亦可以與射束整形器獨立而設。此時，射束偏向器可以配設於質譜分析裝置與射束掃描器之間（例如，質譜分析裝置與射束整形器之間或射束整形器與射束掃描器之間）。

以上，依據實施形態對本發明進行了說明。但本發明並不限於上述實施形態，能夠進行各種設計變更，可以有各種變形例，並且該等變形例亦屬於本發明的範圍，這是被本領域技術人員所認同的。

【符號說明】

12：離子束生成單元

14：高能量多段直線加速單元

16：射束偏向單元

18：射束輸送線單元

20：基板處理供給單元

22：質譜分析裝置

24：能量分析電磁鐵

26：橫向收斂四極透鏡

30：轉向電磁鐵

32：射束整形器

34：射束掃描器

36：射束平行化器

37a、37b：射束軌道

38：最終能量過濾器

40：晶圓

84：平行化透鏡

86：磁場測定器

100：離子植入裝置

102：射束監控器

104：控制部

200：離子植入裝置

公告本

發明摘要

※申請案號：104109747

※申請日：104年03月26日　※IPC分類：H01L 21/265 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

離子植入裝置及離子植入方法

【中文】

本發明提供一種可減小向被處理物進行植入時的植入角度誤差之離子植入裝置及離子植入方法。離子植入裝置（100）的射束線部具備轉向電磁鐵（30）、射束掃描器（34）及射束平行化器（36）。射束線部包含離子束的基準軌道，z方向表示沿基準軌道之方向，x方向表示與z方向正交之一個方向。轉向電磁鐵（30）使離子束向x方向偏向。射束掃描器（34）藉由使離子束向x方向往複偏向，來掃描離子束。射束平行化器（36）具備平行化透鏡，該平行化透鏡構成為使經掃描之離子束與z方向平行，平行化透鏡在射束掃描器（34）的掃描原點處具有焦點。控制部（104）對轉向電磁鐵（30）中x方向的偏向角度進行補正，以使偏向之離子束的實際軌道在xz面上於掃描原點處與基準軌道交叉。

【英文】

申請專利範圍

1. 一種離子植入裝置，其特徵為，具備：

射束線部，該射束線部具備射束偏向器、配設於前述射束偏向器的下游之射束掃描器及配設於前述射束掃描器的下游之射束平行化器；及

控制部，該控制部構成為對前述射束線部的至少前述射束偏向器進行控制，

前述射束線部包含離子束的基準軌道，z 方向表示沿前述基準軌道之方向，x 方向表示與 z 方向正交之一個方向，

前述射束偏向器構成為，可使前述離子束向 x 方向偏向，

前述射束掃描器構成為，藉由使前述離子束沿 x 方向往復偏向來掃描前述離子束，

前述射束平行化器具備平行化透鏡，該平行化透鏡構成為使被掃描之離子束與 z 方向平行，前述平行化透鏡在前述射束掃描器的掃描原點處具有焦點，

前述控制部對前述射束偏向器中 x 方向的偏向角度進行補正，以便藉由前述射束偏向器偏向之離子束的實際軌道在 xz 面上於前述掃描原點處與前述基準軌道交叉。

2. 如申請專利範圍第 1 項之離子植入裝置，其中，

前述射束線部具備：射束線上游部份；射束線中間部份，配設於前述射束線上游部份的下游；及射束線下游部份，配設於前述射束線中間部份的下游，

前述射束線上游部份具備：離子束生成單元，其生成前述離子束；及高能量多段直線加速單元，其對前述離子束進行加速，

前述射束線中間部份具備複數個偏向電磁鐵，前述複數個偏向電磁鐵具備：至少 1 個能量分析電磁鐵；及配設於前述至少 1 個能量分析電磁鐵的下游之至少 1 個轉向電磁鐵，

前述射束線下游部份具備前述射束掃描器及前述射束平行化器，

前述射束偏向器為前述至少 1 個轉向電磁鐵。

3. 如申請專利範圍第 2 項之離子植入裝置，其中，

另具備射束監控器，該射束監控器配設於前述射束平行化器的下游，並對向被處理物進行 x 方向植入時的植入角度進行測定，

前述控制部依據所測定之 x 方向的植入角度，對前述轉向電磁鐵中之磁場進行補正，以便前述離子束的實際軌道在前述掃描原點處與前述基準軌道交叉。

4. 如申請專利範圍第 2 或 3 項之離子植入裝置，其中，

前述至少 1 個轉向電磁鐵具備，具有 1×10^{-4} 以內的磁場設定精度及磁場穩定度之電源部。

5. 如申請專利範圍第 2 或 3 項之離子植入裝置，其中，

前述至少 1 個轉向電磁鐵具備：軌道偏向用主線圈，

其具備主線圈電源；及偏向角度補正用副線圈，其具備副線圈電源；副線圈電源可獨立於主線圈電源而進行控制，

前述控制部控制前述副線圈，以便前述離子束的實際軌道在前述掃描原點處與前述基準軌道交叉。

6. 如申請專利範圍第 2 或 3 項之離子植入裝置，其中，

前述複數個偏向電磁鐵構成為，對藉由前述高能量多段直線加速單元被加速之前述離子束進行約 180°的偏向。

7. 如申請專利範圍第 2 或 3 項之離子植入裝置，其中，

前述複數個偏向電磁鐵由 1 個能量分析電磁鐵和 1 個轉向電磁鐵構成。

8. 如申請專利範圍第 7 項之離子植入裝置，其中，

前述能量分析電磁鐵及前述轉向電磁鐵分別對離子束進行約 90°的偏向。

9. 如申請專利範圍第 2 或 3 項之離子植入裝置，其中，

另具備測定前述轉向電磁鐵中之磁場之磁場測定器，

前述磁場測定器在前述轉向電磁鐵中之磁場得到補正以便前述離子束的實際軌道在前述掃描原點處與前述基準軌道交叉之狀態下進行校正。

10. 如申請專利範圍第 1 項之離子植入裝置，其中，

前述射束線部具備射束線上游部份及配設於前述射束線上游部份的下游之射束線下游部份，

前述射束線上游部份具備離子源及質譜分析裝置，

前述射束線下游部份具備：射束整形器，其配設於前述射束掃描器的上游且對前述離子束的收斂或發散進行調整；前述射束掃描器；及前述射束平行化器，

前述射束整形器具備前述射束偏向器。

11. 如申請專利範圍第 10 項之離子植入裝置，其中，

前述射束整形器具備至少 1 個四極透鏡，前述四極透鏡具備沿著 x 方向對向之一對電極及向前述一對電極分別提供不同電位之電源部。

12. 如申請專利範圍第 11 項之離子植入裝置，其中，

另具備射束監控器，其配設於前述射束平行化器的下游，並對向被處理物進行 x 方向植入時的植入角度進行測定，

前述控制部依據所測定之 x 方向的植入角度，對前述一對電極之間的電位差進行補正，以使前述離子束的實際軌道在前述掃描原點處與前述基準軌道交叉。

13. 如申請專利範圍第 1 項之離子植入裝置，其中，

前述射束線部具備射束線上游部份及配設於前述射束線上游部份的下游之射束線下游部份，

前述射束線上游部份具備離子源及質譜分析裝置，

前述射束線下游部分具備前述射束偏向器、前述射束掃描器及前述射束平行化器。

14. 如申請專利範圍第 1 至 3 或第 10 至 13 中任一項之離子植入裝置，其中，

前述射束偏向器中 x 方向的偏向角度的補正量被設定為，使向被處理物進行 x 方向植入時的植入角度誤差經 1 次補正而處於規格內。

15. 如申請專利範圍第 1 至 3 或第 10 至 13 中任一項之離子植入裝置，其中，

前述射束掃描器藉由以如下偏向角度使前述離子束往復偏向而使前述交叉角相抵，該偏向角度為相當於前述離子束的實際軌道與前述基準軌道的交叉角之一定的偏向角度與為進行掃描而週期性變化之偏向角度之和。

16. 一種離子植入方法，其特徵為，具備：

使用射束偏向器使離子束向 x 方向偏向；

使用射束掃描器沿 x 方向掃描偏向之離子束；及

使用平行化透鏡使經掃描之離子束與 z 方向平行，

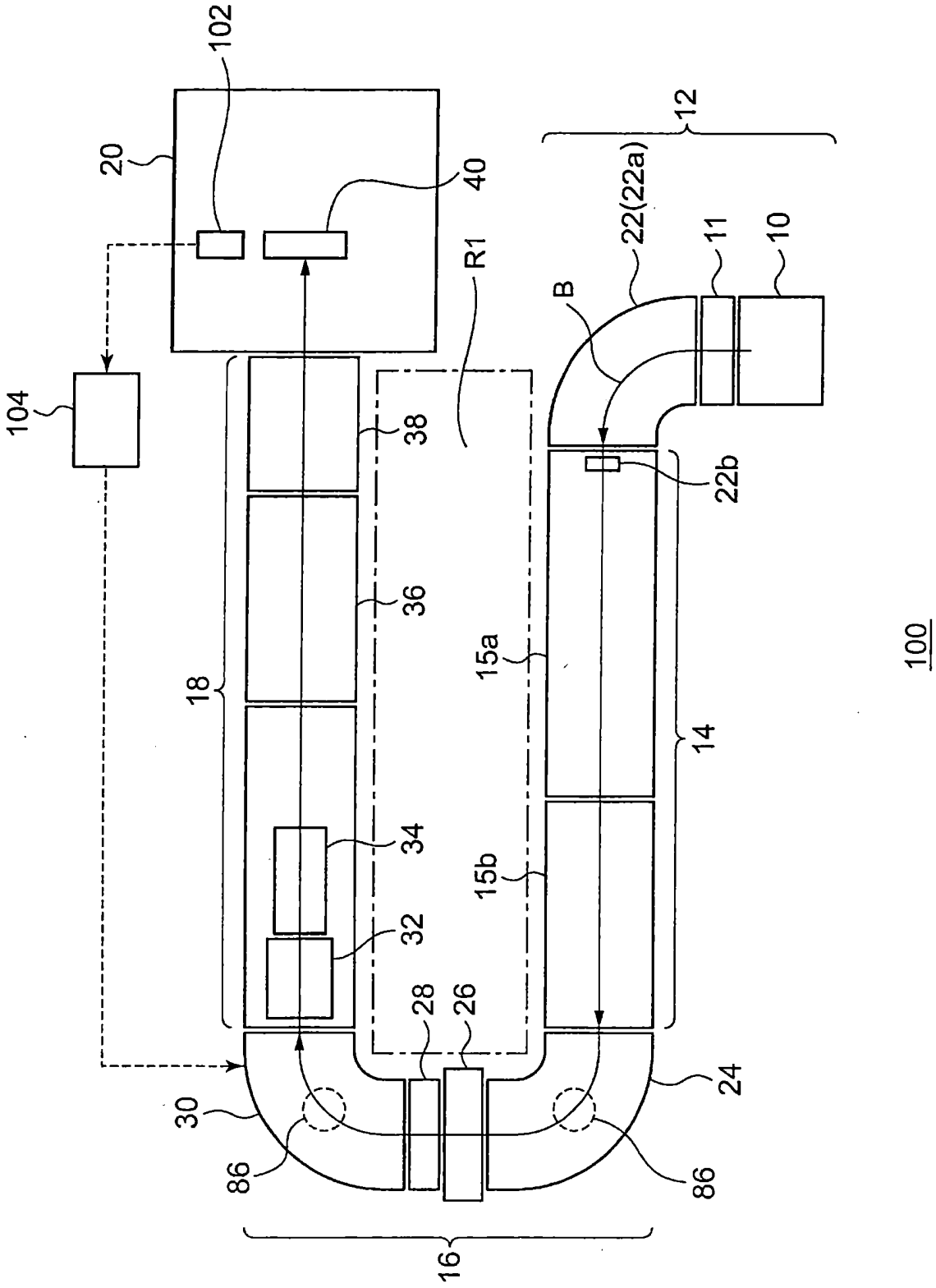
x 方向為與 z 方向正交之一個方向，z 方向為沿離子束的基準軌道之方向，

前述射束掃描器藉由使前述偏向之離子束沿 x 方向往復偏向而掃描前述偏向之離子束，

前述平行化透鏡在前述射束掃描器的掃描原點處具有焦點，

前述射束偏向器中 x 方向偏向角度被補正為，前述偏向之離子束在 xz 面上於前述掃描原點處與前述基準軌道交叉。

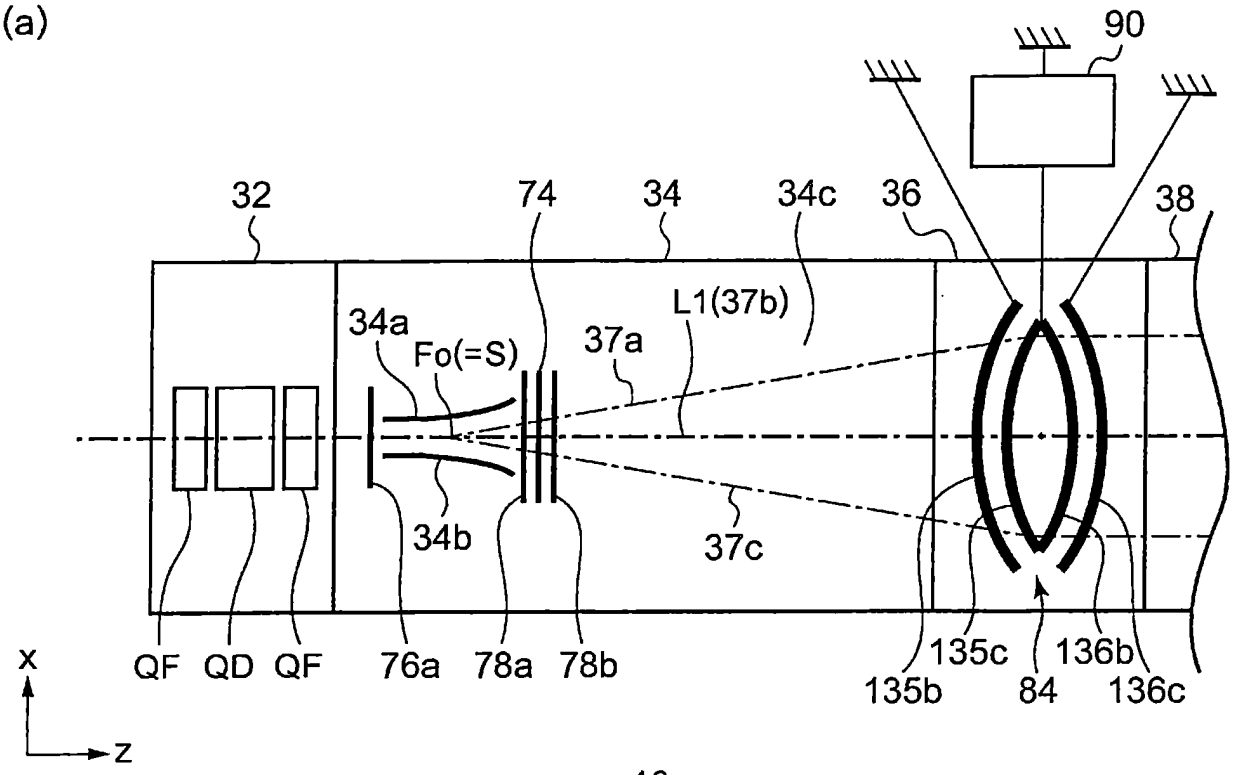
圖式


102
20
40
R1
12
22(22a)
11
10
B
104
38
22b
36
18
15a
14
100
34
15b
32
28
26
24
30
86
86
16

第 1 圖

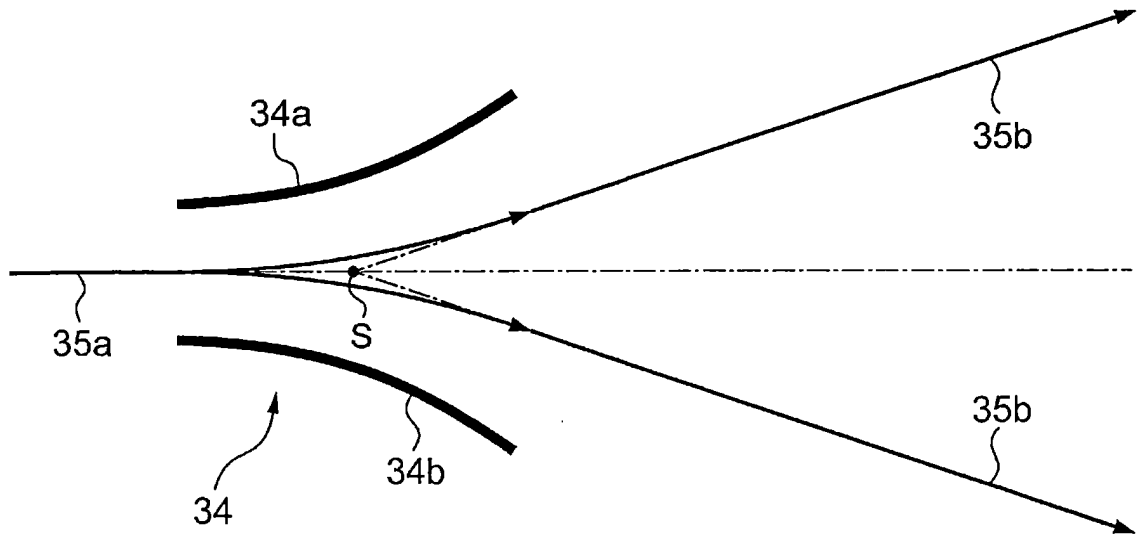
第 2 圖

(a)

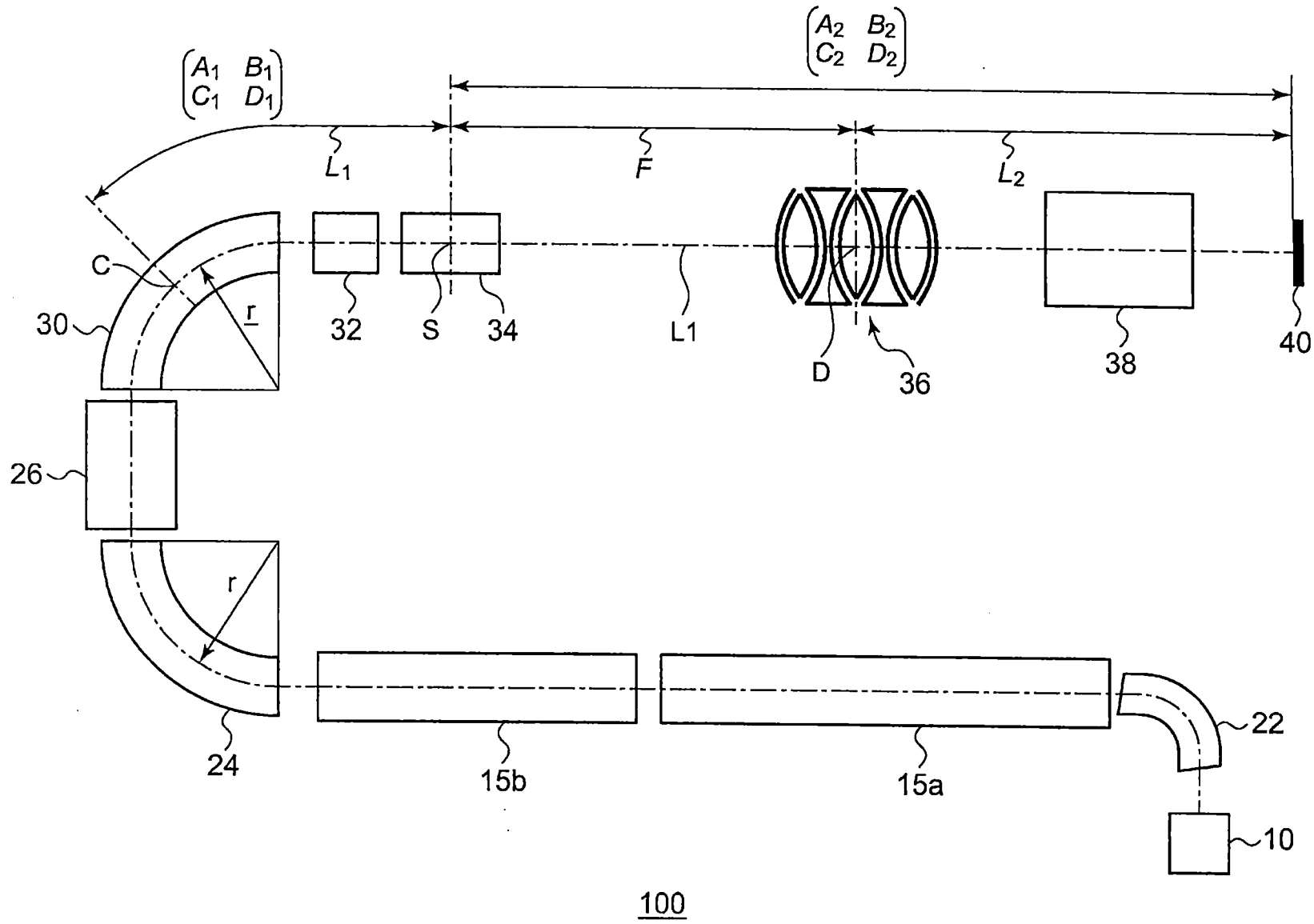

90
32
74
34
34c
36
38
L1(37b)
34a
Fo(=S)
37a
34b
37c
QF
QD
QF
76a
78a
78b
135b
135c
84
136b
136c
x
z

18

(b)


34a
35b
35a
S
35b
34b
34

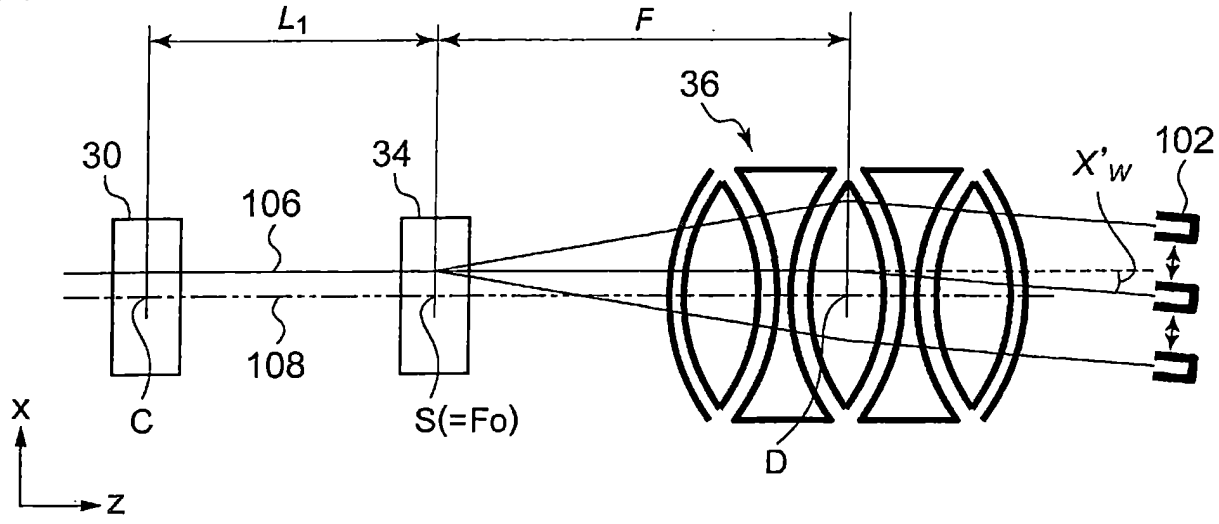
第 3 圖



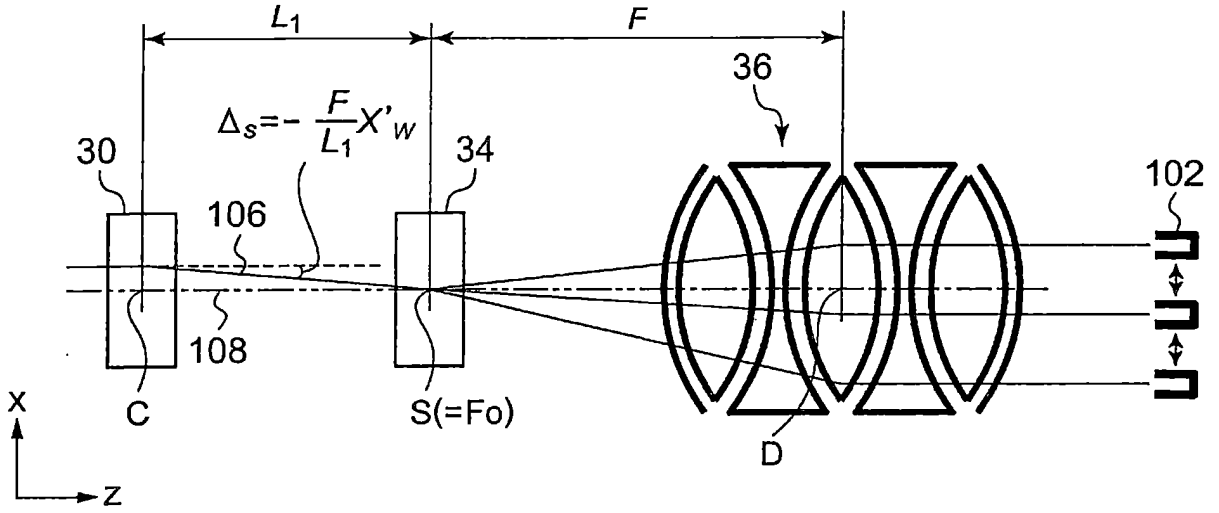
$\begin{pmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{pmatrix}$
$\begin{pmatrix} A_2 & B_2 \\ C_2 & D_2 \end{pmatrix}$
L_1
F
L_2
C
r
30
32
S
34
L1
D
36
38
40
26
r
24
15b
15a
22
10
100

第 4 圖

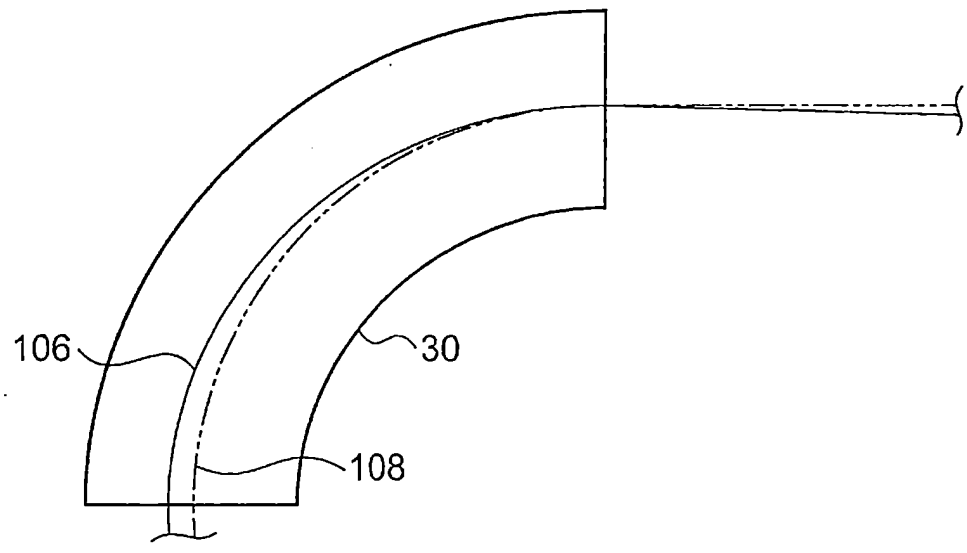
(a)


L_1
F
36
30
34
106
X'_W
102
108
C
S(=Fo)
D
X
z

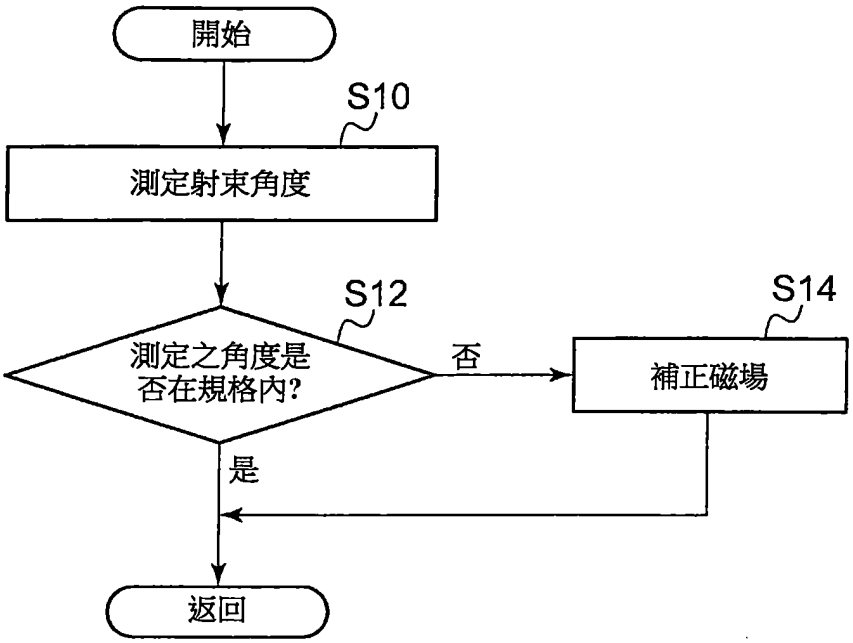
(b)

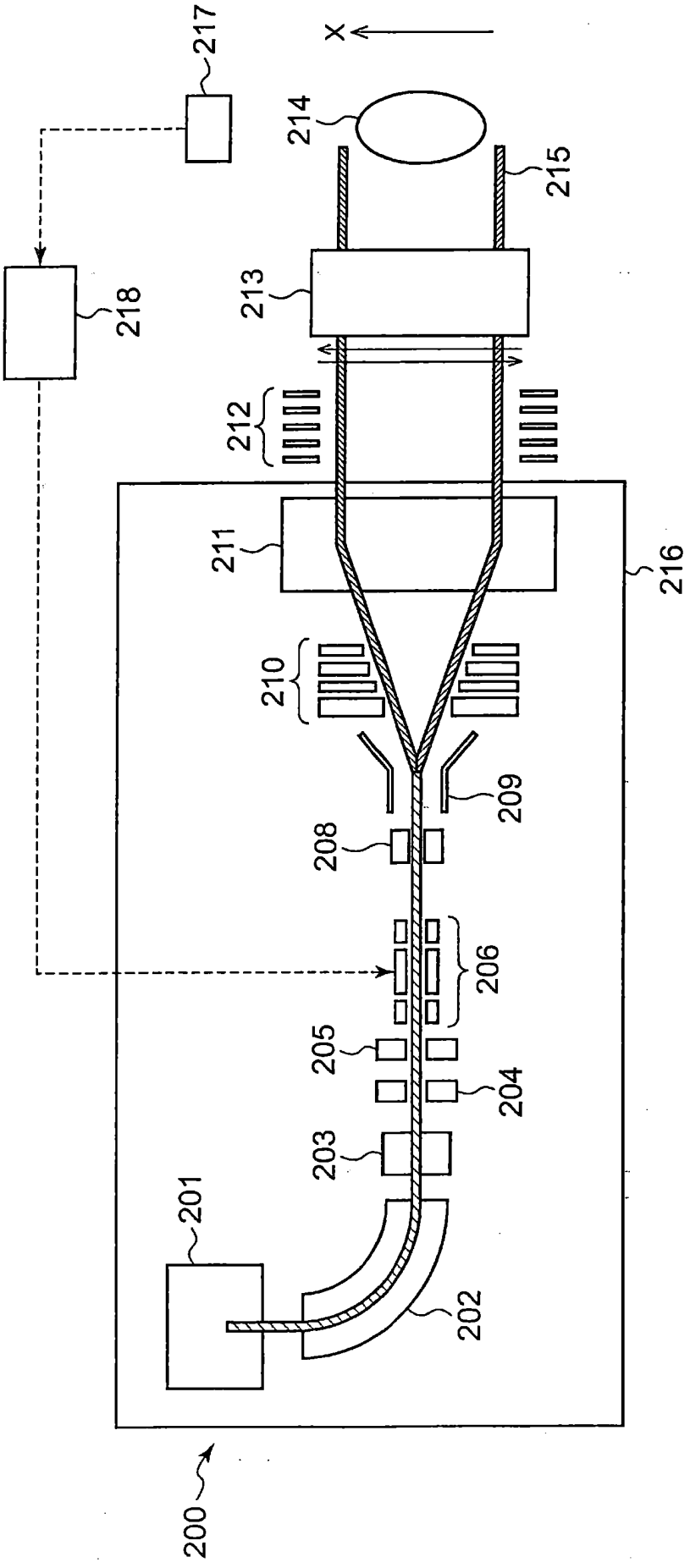

L_1
F
36
$\Delta_s = -\frac{F}{L_1} X'_W$
30
34
106
102
108
C
S(=Fo)
D
X
z

(c)


106
30
108

第 5 圖




X
217
214
215
218
213
212
211
216
210
209
208
206
205
204
203
201
202
200

第 6 圖

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

10：離子源
11：引出電極
12：離子束生成單元
14：高能量多段直線加速單元
15a：第1線性加速器
15b：第2線性加速器
16：射束偏向單元
18：射束輸送線單元
20：基板處理供給單元
22（22a）：質譜分析裝置
22b：質譜分析狹縫
24：能量分析電磁鐵
26：橫向收斂四極透鏡
28：能量分析狹縫
30：轉向電磁鐵
32：射束整形器
34：射束掃描器
36：射束平行化器
38：最終能量過濾器
40：晶圓
86：磁場測定器
100：離子植入裝置
102：射束監控器
104：控制部
B：離子束
R1：作業空間

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：
無