



(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 I564927 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：103115794

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 05 月 02 日

(51)Int. Cl. : H01J37/317 (2006.01)

H01J37/304 (2006.01)

(30)優先權：2013/05/03 美國

61/819,080

2013/09/25 美國

14/037,207

(71)申請人：瓦里安半導體設備公司 (美國) VARIAN SEMICONDUCTOR EQUIPMENT ASSOCIATES, INC. (US)

美國

(72)發明人：托多羅夫 斯坦尼斯拉夫 S TODOROV, STANISLAV S. (US)；葛梅爾 喬治 M GAMMEL, GEORGE M. (US)；斯普林克 理查 艾倫 SPRENKLE, RICHARD ALLEN (US)；赫西 諾曼 E HUSSEY, NORMAN E. (US)；辛克萊 法蘭克 SINCLAIR, FRANK (US)；常勝武 CHANG, SHENGWU (CN)；歐爾森 約瑟 C OLSON, JOSEPH C. (US)；汀布萊克 大衛 羅傑 TIMBERLAKE, DAVID ROGER (US)；岱可 路克 庫爾 T DECKER-LUCKE, KURT T. (US)

(74)代理人：葉璟宗；鄭婷文；詹富閔

(56)參考文獻：

TW 200527574A

TW 200802557A

US 8237135B2

審查人員：王志成

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：6 共 35 頁

(54)名稱

離子植入機與用於控制其中離子束的系統

ION IMPLANTER AND SYSTEM TO CONTROL ION BEAM IN SAME

(57)摘要

一種控制離子植入機中的離子束的系統，包括偵測系統與分析組件。偵測系統用於偵測在第一頻率的離子束的多個束電流量測。分析組件用於判定基於多個束電流量測的離子束的變化，所述變化對應於在第二頻率的離子束的束電流變化，所述第二頻率不同於所述第一頻率。所述系統亦包括回應於分析組件的輸出而調整離子束的調整組件以減少所述變化，其中當離子植入機中產生離子束時，所述分析組件與所述調整組件經設置以動態地將離子束的變化減少至低於閾值。

A system to control an ion beam in an ion implanter includes a detector system to detect a plurality of beam current measurements of the ion beam at a first frequency and an analysis component to determine a variation of the ion beam based upon the plurality of beam current measurements, the variation corresponding to a beam current variation of the ion beam at a second frequency different from the first frequency. The system also includes an adjustment component to adjust the ion beam in response to an output of the analysis component to reduce the variation, wherein the analysis component and the adjustment component are configured to dynamically reduce the variation of the ion beam below a threshold value while the ion beam is generated in the ion implanter.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 102 . . . 離子植入機
- 104 . . . 系統
- 106 . . . 離子源
- 108 . . . 磁性分析器
- 110 . . . 掃描器
- 112 . . . 校正磁鐵
- 114 . . . 基板台
- 116 . . . 基板
- 118 . . . 離子束
- 120 . . . 偵測器

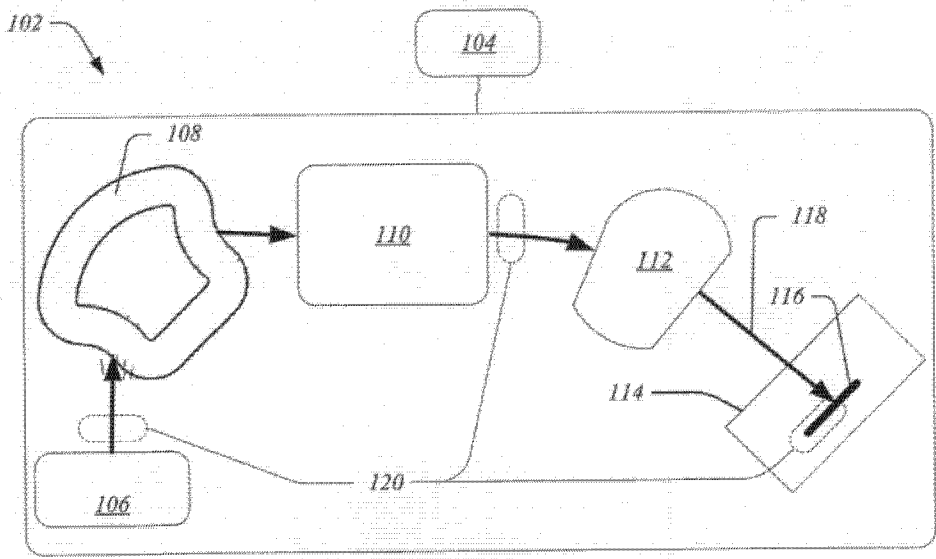


圖 1 A

發明摘要

※ 申請案號：103115794

※ 申請日：103.5.2

※IPC 分類：H01J 37/317 (2006.01)

H01J 37/304 (2006.01)

【發明名稱】

離子植入機與用於控制其中離子束的系統

ION IMPLANTER AND SYSTEM TO CONTROL ION

BEAM IN SAME

【中文】

一種控制離子植入機中的離子束的系統，包括偵測系統與分析組件。偵測系統用於偵測在第一頻率的離子束的多個束電流量測。分析組件用於判定基於多個束電流量測的離子束的變化，所述變化對應於在第二頻率的離子束的束電流變化，所述第二頻率不同於所述第一頻率。所述系統亦包括回應於分析組件的輸出而調整離子束的調整組件以減少所述變化，其中當離子植入機中產生離子束時，所述分析組件與所述調整組件經設置以動態地將離子束的變化減少至低於閾值。

【英文】

A system to control an ion beam in an ion implanter includes a detector system to detect a plurality of beam current measurements of the ion beam at a first frequency and an analysis component to determine a variation of the ion beam based upon the plurality of beam current measurements, the variation

corresponding to a beam current variation of the ion beam at a second frequency different from the first frequency. The system also includes an adjustment component to adjust the ion beam in response to an output of the analysis component to reduce the variation, wherein the analysis component and the adjustment component are configured to dynamically reduce the variation of the ion beam below a threshold value while the ion beam is generated in the ion implanter.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1A。

【本代表圖之符號簡單說明】：

102：離子植入機

104：系統

106：離子源

108：磁性分析器

110：掃描器

112：校正磁鐵

114：基板台

116：基板

118：離子束

120：偵測器

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無。

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】

離子植入機與用於控制其中離子束的系統

ION IMPLANTER AND SYSTEM TO CONTROL ION
BEAM IN SAME

【相關申請案交叉參考】

● 【0001】 本申請案主張於 2013 年 5 月 3 日提申的美國臨時專利申請案第 61/819,080 號的優先權。

【技術領域】

● 【0002】 本實施例是關於一種離子植入裝置，更特別的是，關於離子植入裝置中的離子束均勻度控制。

【先前技術】

● 【0003】 現今用於半導體電子、太陽電池與其他技術的工業是仰賴用於摻雜或者調整矽與其他類型的基板的離子植入系統。典型的離子植入系統藉由產生離子束且將其導向至基板內，使得離子保持在基板下方來進行摻雜。在許多應用中，在基板上方掃描具有經定義的形狀與離子束區域（諸如點束或帶束）的離子束，以將物種植入大於離子束區域的基板區域內。或者，可相對於固定束來掃描基板，或基板與束兩者可彼此相對掃描。在此些情況中

的任一中，許多應用需要在基板的大部分的上方均勻地植入。

【0004】一種可由離子束產生的不均一性的類型稱作「微不均一性（micrononuniformity）」，且其表示基板上的不同離子劑量的規則圖案的存在。此種圖案可顯現為（例如）當基板沿著特定方向掃描時，觀察到的不同離子劑量的條紋。例如，當掃描基板時，若離子束展現束電流中的週期性變化，可得到由低離子劑量區域與高離子劑量區域交替組成的微不均一性圖案。此種束電流中的週期性變化可能產生自離子植入機中的不同來源。例如，束製程組件（例如透鏡）內的機械來源（諸如震動）可能會誘發束電流的變動（調變）。尤其，束線組件（例如靜電組件、磁性組件或機械組件）內的變動可能導致基板處的離子束強度改變。在一些情況下，在離子束傳播通過束線時，束位置、束尺寸及/或束散度（beam divergence）與方向可能會變動。

【0005】此外，相對於基板之給定掃描速度而需要「平均掉（average out）」束電流變化的頻率而言，與束電流中的週期性變化相關的所述頻率通常相對低。對於沿著給定方向的基板之通用掃描速度而言，離子束的橫截面尺寸通常太小而無法平均掉此種束電流變化，因而導致在掃描期間基板上產生微不均一性條紋圖案。

【0006】其他不均一性可能歸因於離子束性質的高頻率變化，其亦與離子束中的離子電流密度中的急劇改變相關，例如「熱點（hot

spot)」。一般而言，直到已經處理基板後，可能不會偵測到此種不均一性。此外，依據給定應用的需求，低至數個千分之一或更低的離子劑量的不均一性可能無法被接受。未被偵測到的微不均一性可能因此在不慎生產中導致不可用的產品。關於這些與其他考慮因素，需要本發明的改進。

【發明內容】

● 【0007】 實施例是關於一種用於控制離子束的裝置與方法。在一實施例中，一種控制離子植入機中的離子束的系統包括偵測系統與分析組件。所述偵測系統用於偵測在第一頻率的離子束的多個束電流量測。所述分析組件用於判定基於多個束電流量測的離子束的變化，所述變化對應於在不同於第一頻率的第二頻率的離子束之束電流變化。所述系統亦包括回應於分析組件的輸出而調整離子束的調整組件，以減少所述變化。其中當離子植入機中產生離子束時，所述分析組件與所述調整組件經設置以動態地將離子束的變化減少至低於閾值（threshold value）。

● 【0008】 在另一實施例中，一種離子植入機包括產生離子束的離子源與偵測系統。所述偵測系統用於偵測在第一頻率的離子束的多個束電流量測。所述離子植入機亦包括控制器，所述控制器包括至少一電腦可讀取的儲存媒體，包括一指令，是當執行時使所述控制器基於多個束電流量測而判定離子束的變化，所述離子束的變化對應於在不同於第一頻率的第二頻率的離子束的束電流變

化，且當離子束變化在閥以上時，會產生用於進行離子植入機中參數調整的訊號。

【圖式簡單說明】

【0009】

圖 1A 描繪示例性離子植入機。

圖 1B 描繪示例性控制系統。

圖 2 為使用與本實施例一致的控制系統的基板處理結果的平面圖。

圖 3A 描繪第一示例性傅立葉轉換光譜。

圖 3B 描繪第二示例性傅立葉轉換光譜。

圖 4A 表示被導向通過孔隙的離子束與偵測器的排列，以偵測離子束位置及/或離子束尺寸中的調變的一情況。

圖 4B 繪示由圖 4A 的排列產生的示例性束電流曲線。

圖 5A 與圖 5B 表示被導向通過孔隙的離子束與偵測器的排列，以偵測離子束位置及/或離子束尺寸中的調變的另一情況。

圖 5C 繪示由描繪於圖 5A 與圖 5B 的情況所產生的示例性離子束電流曲線。

圖 6 表示第一示例性邏輯流程圖。

【實施方式】

【0010】本文中描述的實施例提供用於處理或控制離子植入機中

的離子束的裝置與方法。一種離子植入機的實例包括束線離子植入機。由本實施例涵蓋的離子植入機包括產生具有橫截面為點的一般形狀的「點離子束」的離子植入機以及產生具有狹長的橫截面的「帶離子束」或「帶束」的離子植入機。在本實施例中，提供一種系統以動態地控制離子植入機中的離子束均勻度。所述系統包括偵測器（或偵測系統）、分析組件與調整組件。所述偵測器用以測量或取樣離子束中的離子束電流。所述分析組件基於經取樣的離子束電流來決定離子束中的不均一性。所述調整組件調整基於經判定的不均一性來調整離子植入機的參數。離子植入機的調整是以動態方式進行，亦即，當離子束被導向通過離子植入機且被測量時，動態地調整控制離子束性質的參數。可以於封閉循環（closed loop）中嘗試以反覆的方式、透過調整離子植入設備的一個或多個參數來調整離子束性質，而進行此製程直到代表不均一性之經取樣的離子束電流已降至低於閾值（threshold value）。

【0011】 本實施例因此提供微不均一性的潛在原因的即時偵測（real-time detection），所述微不均一性可能產生在基板（諸如半導體晶圓）上。這裡提供了優於目前方法的優勢，目前的方法為，在完成基板處理後（可能於一批或多批基板上製造完整的設備後）或在完成植入製程後進行的大量離線測量（extensive off-line measurement）後偵測微不均一性。對於離子植入機中會導致在基板中產生微不均一性圖案的條件的即時偵測，會促進用於調整或

「微調」離子束的自動封閉循環控制。此產生較佳的設定處理及/或以離子植入機的不同硬體組件而易於偵測問題（包括預防性的維護操作後的不當重建）的能力。

【0012】 圖 1A 描繪具有控制系統 104 的離子植入機 102，其用以動態地調整離子植入機的硬體或組件。本領域具有通常知識者將辨識出圖 1 的離子植入機是束線離子植入機，且於本文中可指涉爲此。所述離子植入機 102 可包括不同的常見組件，包括離子源 106、磁分析器 108、校正磁鐵 112 與基板台 114。在不同實施例中，束線離子植入機 102 產生如點類型的離子束或帶束的離子束 118。所述束線離子植入機 102 可包括不同的額外束處理組件，當離子束 118 自離子源 106 傳播至基板 116 時，其可塑形、聚焦、加速、減速且彎曲所述離子束 118。例如，可提供掃描器 110 以相對於所述基板 116 掃描點離子束 118。

【0013】 離子植入機亦包括一個或多個離子電流偵測器 120，在一些實施例中其可爲法拉第偵測器。所述偵測器 120 可置於所述束線離子植入機 102 中的不同位置，且在不同實施例中可爲靜止的或可移動的。亦可量測提供電至某些植入機光學元件之關鍵電源的電流輸出，亦即，電源亦可做爲「偵測器」。如圖 1B 中進一步繪示，所述偵測器 120 可形成所述控制系統 104 的部分，其動態地調整所述離子植入機 102 的單個或多個參數，以減少所述離子束 118 的變化。經調整的參數與所述離子植入機 102 的一個或多

個組件相關，其包括除了描繪於圖 1A 中的此些組件之外，諸如聚焦元件、離子束透鏡、可移動孔隙、束導向組件的任意離子束處理元件。所述實施例不限於本文中。

【0014】 現轉至圖 1B，繪示有與各實施例一致的所述控制系統 104 的細節。如以下詳述，所述控制系統一般包括偵測器，其經設置以分別在一或多個實例進行離子束的一或多個束電流量測。所述控制系統亦包括分析組件 124，其用以基於所述一或多個束電流量測，來判定由離子束產生的離子束變化。所述離子束變化可為在規律的頻率下發生的離子束（電流）調變（變動）。所述離子束變化可包括離子束尺寸的調變及/或離子束位置的調變。在特定實施例中，所述離子束變化亦可為晶圓平面中的束位置的調變（變動）。或者，所述離子束變化可以是束電流的急劇梯度或「熱點」及/或束高度的改變。所述控制系統亦包括用以調整所述離子植入機的參數的調整組件，以減少被偵測的離子束變化。當所述離子植入裝置中產生離子束時，所述控制系統 104、（且特別是）所述分析組件與束調整組件是經設置以動態地減少離子束變化。

【0015】 在圖示的實施例中，所述系統 104 經設置以接收所述離子束 118 的束部分 118A，以測量與判定離子束電流與束電流中之變化，並基於束電流中的被判定的變化來適當調整所述離子植入機 102 的參數。所述控制系統 104 包括所述偵測器 120、束導向控制器 128、分析組件 124 與束調整組件 126。在不同實施例中，由

所述偵測器 120 接收的所述束部分 118A 可為完整的所述離子束 118、或僅為少於完整的所述離子束 118 的部分。

【0016】 所述系統 104 與其中的組件可包括不同的硬體元件、軟體元件或其組合。硬體元件的實例可包括設備、組件、處理器、微處理器、微控制器、電路、電路元件（如電晶體、電阻器、電容器、電感器等）、積體電路、特殊應用積體電路（application specific integrated circuit, ASIC）、可程式邏輯裝置（programmable logic device, PLD）、數位信號處理器（digital signal processor, DSP）、場可程式閘陣列（field programmable gate array, FPGA）、記憶體單元、邏輯閘（logic gate）、暫存器（register）、半導體設備、晶片、微晶片、晶片組（chip set）等。軟體元件的實例可包括軟體組件、程式、應用、電腦程式、應用程式、系統程式、機器程式、操作系統軟體、中間軟體（middleware）、韌體、軟體模組、常用程式（routine）、子常用程式（subroutine）、函數、方法、程序、軟體介面、應用程式介面（application program interfaces, API）、指令集（instruction set）、計算代碼（computing code）、計算機代碼（computer code）、碼段（code segment）、計算機代碼段（computer code segment）、字（word）、值（value）、符號或其任意組合。是否使用硬體元件及/或軟體元件來執行實施例的決定可根據對於給定實施所需要的任意數目的因素而變化，所述因素諸如想要的計算速度、功率位元準、熱容忍度、處理週期預算、輸

105-09-20

入資料速度、輸出資料速度、記憶體資源、資料匯流排速度與其他設計或效能限制。

【0017】 在後續討論中，已揭露使用束電流取樣技術來偵測離子束變化（離子束調變）的不同的實施例，所述束電流取樣技術經設計以偵測最多到一第二頻率(下文亦稱為給定頻率或調變頻率)的離子束調變。特別的是，在指定頻率進行束電流取樣，以捕捉可能在不同於所述指定頻率處發生的離子束調變。在一些實施例中，所述調變頻率低於第一頻率(下文亦稱為取樣頻率)，且在特定實施例中為低於二分之一的所述取樣頻率。在這些狀況下，其中一些於下詳述，一種由束電流調變的傅立葉轉換分析確認的特徵頻率是獨特的。然而，在其他實施例中，所述調變頻率可能超過所述取樣頻率，在此情況下，FT 分析對於調變頻率的家族(family)可能產生相同的分析頻率。

【0018】 在用於偵測離子束調變的操作的特別模式中，所述偵測器 120 可在多個實例（諸如多個連續的規律週期）中取樣所述束部分 118A。取樣可在（例如）1024 Hz 的頻率或其他頻率發生。做為本文中使用的術語「樣本」或「取樣」一般表示在一組可以是與彼此連續的預定樣本週期中測量離子束的束電流，其中可針對各樣本週期而記錄束電流。取樣可包括測量一部分所述離子束 118，如所述束部分 118A，其可為少於所述完整的離子束 118。例如，在各取樣週期期間，單一偵測器或偵測器組中偵測到的總偵測束電流可加總及儲存，所述單一偵測器或偵測器組測量一部分

105-09-20

的所述離子束 118。術語「取樣週期」是「取樣頻率」的倒數。因此，1024 Hz 的取樣頻率對應於 1/1024 秒或約 1 ms 的取樣週期。在其他實施例中，所述取樣頻率可以更低，如大於 16 Hz 的任意頻率。

【0019】 在一些實例中，藉由所述控制系統 104，法拉第偵測器陣列中的單一法拉第偵測器可用於束取樣。在一些實例中，所述控制系統 104 可設定取樣操作時間於一秒至數秒的十分之幾至數十秒之間。術語「取樣操作 (sampling run)」表示在連續週期中發生的多個取樣週期內多個束電流測量的紀錄及/或累積。因此，在典型的數秒的取樣操作期間，可進行約 1ms 的取樣週期的一系列的數千個樣本測量。

【0020】 在其他操作模式中，可連續地測量離子束中的束電流，且以連續、間歇性或週期性方式分析來自所述離子束的束電流資料。

【0021】 如以下進一步詳述，所述分析組件 124 可接收來自取樣操作的累積資料，且可使用諸如傅立葉轉換演算法的不同操作來處理所述資料。由分析組件 124 的取樣操作的處理結果，可接著提供至所述束調整組件 126，當合適時其可發送訊號以調整所述離子植入機 102 的組件的參數，而減少所述離子束 118 中的變化。

【0022】 所述控制系統 104 有能力去即時減少離子束變化，可避免或迅速消除歸因於基板處理期間的離子束變化的潛在問題（諸

如基板上的離子劑量的微不均一性)。特別的是，在不同實施例中，所述控制系統 104 用以確認與減少或消除所述離子束的束電流中的變化，其可為系統性的 (systematic) 及/或週期性的並以時間為函數。如上論述，離子束中的束電流的此種週期性變化可能特別有問題，因為所述週期性變化可能產生微不均一性，其表現為 (諸如) 經受離子束的基板上的離子劑量改變的交替條紋的圖案。

【0023】 圖 2 展示基板上的離子劑量圖案，其描繪由控制系統 104 調整後一開始時經歷束電流中的週期性變化的離子束。在圖 2 的實例中，由離子束 212 處理基板 220，其為點束。圖 2 的觀察視角為上視平面圖，其展示在繪示的直角座標的 X-Y 平面中暴露於所述離子束 212 的所述基板 220 的表面。當所述基板 220 沿著方向 206 (Y 方向) (其可與方向 204 垂直) 移動時，所述離子束 212 可沿著方向 204 (X 方向) 來回掃描。以此方式，整個基板 220 可暴露於所述離子束 212。所述離子束 212 的高度是由符號 H 表示。

【0024】 在所述控制系統 104 不存在的情況下，所述離子束 212 可能經歷束電流中的週期性變化，使得由高離子劑量條紋與低離子劑量條紋交替而成的微不均一性的圖案產生。此種束電流中的週期性變化可能產生自所述離子植入機 102 中的不同來源。例如，束製程組件 (例如透鏡 (lens)) 內的機械源 (諸如震動) 可能會誘發束電流中的變動 (調變)。尤其，束線組件 (例如靜電組件、

磁性組件或機械組件) 內的變動可能導致所述基板 220 處的離子束強度改變。在一些情況下, 在所述離子束 212 傳播通過束線時, 束位置、束尺寸及/或束散度 (beam divergence) 與方向可能會變動。

【0025】 所述控制系統 104 透過偵測束變化來解決此問題, 以便進行調整而避免將不均勻的離子劑量傳送至基板。特別的是, 在不同實施例中, 所述系統 104 經設置以產生足以確認此種束電流調變的束電流取樣率 (sampling rate), 且動態地調整離子植入機的參數, 以減少或消除所述束電流調變, 導致傳送較均勻的離子劑量至基板。因此, 如圖 2 所示, 傳送經動態調整的離子束 (即離子束 212) 至所述基板 220。這會造成均勻的離子劑量區域 214, 其中在橫跨所述基板 220 處每單位面積的離子劑量是均勻的。

【0026】 如先前指出, 在不同實施例中, 在偵測器 (諸如攔截至少部分的離子束的法拉第偵測器 120) 處進行束電流取樣。設定足夠快的取樣頻率或取樣率, 使得離子植入機中自許多典型來源的束電流變動易於被偵測。例如, 在不同實例中, 所述取樣頻率可以是 512 Hz、1024 Hz 或 2048 Hz。所述實施例不限於本文中。與本實施例一致, 將針對由偵測器 120 登錄 (registered) 的給定取樣操作的束電流取樣, 記錄為表示時域 (time domain) 中被偵測的束電流或功率變化的資料。在一實例中, 測量 10Hz 束調變 10 秒, 所偵測到的束電流在最大值與最小值之間變動一百次。

【0027】 值得注意的是，離子植入機可能具有多個不同的組件，若未適當調整，則產生束電流調變。由於基板通常位於離子源下游的最遠處，所述基板可能會經受來自這些組件的任意者的離子束調變。此外，在不同組件中，調變頻率會變化。因此，在不同情況下，可由所述偵測器 120 取樣對應於單一調變頻率或多個不同調變頻率的束電流資料。

【0028】 隨後，所述分析組件 124 可對經取樣的束電流資料進行傅立葉轉換（Fourier transform，FT）的操作，以將束電流資料轉換成表示功率作為頻率的函數的頻域光譜（frequency domain spectrum）。在由偵測器 120 記錄束電流的週期性調變的情況下，此種 FT 光譜可能會在一個或多個分別的頻率處展現一個或多個峰，其中在分別的頻率處的各峰是由離子植入機中的特定組件產生的束電流中的給定調變的特徵。

【0029】 圖 3A 描繪一示例性 FT 光譜 300 在約 7 Hz 頻率處展現的峰 302。所述 FT 光譜 300 表示頻域功率光譜，其中曲線下的面積與功率相關。在一實例中，所述峰 302 可由所述分析組件 124 確認如下。可計算針對所述峰 302 以及其他經確認的峰的優值（figure of merit，FOM）。在一些實施例中，FOM 定義為包含於要考慮之峰中的功率對頻域功率光譜中的總功率的比例。若 FOM 超過預定閾（predetermined threshold），所述分析組件 124 可能會標示（傳送）經確認的峰至所述調整組件 126，以便進行對離子植入機參數

的調整。由所述調整組件 126 進行的調整可能會導致與經確認的所述峰 302 相關的束電流調變的減少。在圖 3A 的實例中，計算自所述峰 302 的 FOM 可被認為超過閾，因此可由所述調整組件 126 引發離子植入機調整。

【0030】 圖 3B 描繪另一示例性 FT 光譜 310，其展現在約 5 Hz 的頻率的峰 312。在此實例中，所述峰 312 可由所述分析組件 124 確認。在此情況下，所述峰 312 具有低強度，使得自所述峰 312 計算的 FOM 不超過預定閾（其如示意性地繪示於圖 3B 的位準 314）。因此，由於已判定由所述峰 312 表示的束電流密度的變動不足以需要補救（remedy），因此所述分析組件 124 可能決定經確認的峰不被標示至所述調整組件 126。

【0031】 根據不同實施例，根據經取樣的束電流的 FT 光譜中的經判定的峰，所述調整組件 126 可判定離子植入機要被調整的是什麼參數。例如，在所述調整組件 126 包含於控制器的實施例中，所述控制器可耦接於多個束線組件，所述多個束線組件包括用於不同組件的電源、可移動的孔隙等。所述控制器可另外以所選擇的參數預設置，在不同的組件中所述參數可經調整以試圖減少或消除偵測到的離子束電流調變（變動）。在一實例中，所述調整組件 126 可包括控制軟體，其經設計以傳送控制訊號來重新調整離子植入機的所選擇的參數，來消除束電流調變或減少束電流調變至低於閾值。

【0032】 在不同實施例中，可藉由進行下述的至少一者來傳送控制訊號以調整旋轉質量狹縫（rotating mass slit）的操作。可傳送訊號以最佳化分析磁鐵，使得離子束更精準地扭曲（being threaded）而通過旋轉質量狹縫以避免可能由旋轉質量狹縫造成的週期性調變。可傳送訊號以增加旋轉質量狹縫中的開口尺寸，以減少任何與通過其的離子束的反應。當靜止時，可傳送訊號以停止旋轉質量狹縫的旋轉且操作離子束。

【0033】 在一些實施例中，調整組件及/或分析組件可經設置以基於 FT 光譜中的經偵測的峰的頻率來進行欲調整的合適的硬體/參數之判定。舉例來說，28 Hz 的峰可能是旋轉質量狹縫故障的特徵，而 4 Hz 的峰可能表示聚焦元件的問題。

【0034】 在各個實施例中，所述控制系統 104 可經設置以進行一系列的封閉循環週期，亦稱作束調整循環（beam adjustment loop）。每個束調整循環包括取樣操作、接著判定離子束變化以及基於所述取樣操作的結果來做適當的束調整，其中所述取樣操作包括離子束的多個束電流量測。所述控制系統可經設置以進行多個束調整循環，直到離子束變化低於閾。閾的一個實例為針對取樣操作中收集的束電流資料的傅立葉轉換光譜中的峰所計算的優值（figure of merit）的上述閾。因此，在一系列的調整過後，若此種光譜中的峰減少到 FOM 不再超過閾的程度，則可停止進一步調整束線組件。

【0035】 在一些實施例中，若離子束變化仍超過閾值，則所述控制系統（諸如控制系統 104）可經設置以在進行給定數目的束調整循環之後終止離子束製程。這可能傳信號給操作器，即離子植入裝置無法自動地校正組件來將束電流變化轉至可容忍的範圍內，且人工介入是必須的。

【0036】 在一特定實施中，若在預定數目的束調整循環之後，後續進行的束電流取樣操作表示重新調整的經選擇的參數並未在離子束調變中產生想要的改善，則所述控制系統 104 可經設置以避免離子束進入晶圓台。舉例來說，所述控制系統 104 可傳送控制訊號至可停止晶圓製程的連鎖裝置（interlock），直到過量束調變的原因被確認且以其他方式矯正為止。

【0037】 在額外實施例中，所述控制系統 104 可經設置以偵測離子束變化而非偵測束電流調變，所述離子束變化表現為離子束位置的改變或離子束尺寸的改變。在此些後面的實施例中，所述控制系統 104 可包括束導向控制器 128，所述束導向控制器 128 經設置以產生束導向訊號來刻意引入欲取樣的離子束的束削波（beam clipping）。舉例來說，束導向訊號可導向離子束，使得部分離子束被束線孔隙攔截。藉由這麼做，離子束的空間調變（諸如位置或離子束尺寸的改變）可轉換成離子電流強度或由偵測器記錄的電流位準（level of current）的調變。特別的是，在一些情況下，離子束位置及/或束尺寸的調變（其可能引致不均勻的植入）可能

不會在給定偵測器中被偵測為離子束強度的調變。舉例來說，若離子束位置偏移而束強度未改變，則由束電流偵測器測量的束電流可能不會改變（如果偏移的離子束仍暢通無阻的抵達束電流偵測器的話）。然而，若離子束偏移位置超出或變大，則如果孔隙或其他束阻擋元件經排列以阻擋部分離子束的話，當部分偏移的束被孔隙攔截時，孔隙下游偵測到的束電流可能會變化。

【0038】 因此，為了確定束位置調變或束尺寸調變存在，可經由孔隙來導向離子束，所述孔隙篩選此種調變。請參照圖 4A，其展示將所述離子束 400 經由所述孔隙 404 導向的情況，所述孔隙 404 用於篩選離子束位置及/或離子束尺寸的調變。所述孔隙 404 在束線裝置中可以用於額外用途的規則孔隙，或者所述孔隙 404 可為偵測離子束調變用的專門孔隙。束電流偵測器 412 位於所述孔隙 404 的下游以記錄束電流與束電流的變化。特別的是，束電流偵測器一般可如本文中上述的方式進行取樣操作。在所述離子束 400 在束位置中並未經歷過多的調變的所需條件下，所述孔隙 404 可經設置以傳輸所述離子束 400 而不會攔截或阻擋任何所述離子束 400。然而，若所述離子束 400 的位置以規律的方式在兩個所示的不同位置之間變動（fluctuate），則在較低位置（在其自中心線 405 沿著方向 406 偏移距離 W_1 處）時，所述離子束 400 被部分阻擋，造成如圖 4B 所示的離子束電流曲線 408。值得注意的是，當所述離子束 400 被所述孔隙 404 攔截時，所述束電流曲線 408 展

現規律的一系列波谷 (trough) 410。因此，所述孔隙 404 提供將離子束位置的調變轉換成偵測到的束電流的調變的功能，其可接著如上述藉由對可疑的束線組件進行適當調整來校正。 P_{v1} 表示單一個週期，包括一波谷 410。

【0039】 現轉至圖 5A，其展示將離子束 500 經由所述孔隙 404 導向的另一種情況，所述孔隙 404 用於篩選離子束位置及/或離子束尺寸的調變。束電流偵測器（未繪示）可位於所述孔隙 404 的下游以記錄如圖 4A 的情況下的束電流與束電流的變化。在所述離子束 500 在束尺寸中並未經歷過多的調變的所需條件下，所述孔隙 404 可經設置以傳輸所述離子束 500 而不會攔截或阻擋任何所述離子束 500，如圖 5A 所繪示。然而，若所述離子束 500 的尺寸在圖 5A 中的實例 T1 以及圖 5B 所示的實例 T2 之間以規律的方式變動，則變成所述孔隙 404 會部分地阻擋所述離子束 500（在其變大的狀態下），造成展現如圖 5C 所示的規律的一系列的波谷 510 的束電流 508。因此，所述孔隙 404 提供將離子束尺寸的調變轉換成偵測到的束電流的調變的功能，其可接著如上述的藉由對可疑的束線組件進行適當調整來校正。

【0040】 本文中包括的流程圖為用於進行已揭露結構的新穎態樣的代表性示例性方法。雖然（為說明簡潔起見）本文中所示的一個或多個方法（例如以流程表或流程圖的形式）被繪示及描述為一系列的作動，然而應瞭解且注意到，所述方法並不會被作動的

順序所限制，如同一些作動可能（據此）以不同順序發生及/或與本文所繪示與描述的其他作動並行。舉例來說，本領域具有通常知識者將會瞭解且注意到一種方法可另外諸如在狀態圖中被表示為一系列相關的狀態或現象。此外，新穎的實施中可能不需要在方法中說明所有的作動。

【0041】圖 6 描畫用於控制束電流均勻度的第一示例性流程 600。在方塊 602 處開始流程。在方塊 604 處進行多個束電流量測。在一實例中，可在約 1 KHz 的速率下進行所述束電流量測。在各量測中，偵測到的束電流在量測期間可加總，所述量測期間在以上實例中可為 1 ms。在方塊 606 處進行束電流取樣操作的傅立葉轉換。在一實例中，進行離散傅立葉轉換操作（discrete Fourier transform operation）以產生做為頻率函數的功率頻譜。接著進流程至決定方塊 608，在此處決定在傅立葉轉換光譜中的一個峰或多個峰是否超過閾值。若超過閾值，則進流程至方塊 610。在方塊 610 處，若嘗試調整離子植入機的參數的次數並未超過限制或閾，則進流程至方塊 612。在方塊 612 處，調整離子植入機的選擇的參數。接著流程回到方塊 604。

【0042】若在方塊 608 確認沒有超過閾值的峰，則流程移到方塊 614，在此處使用離子植入機的電流參數進行離子植入。若在方塊 610 處的調整嘗試次數超過限制，則流程移到方塊 616，在此處停止離子植入製程。

【0043】 本揭露並非由本文所述的特定實施例的範疇所限制。確實，本揭露的其他各種實施例以及修改加上本文所述的此些部分將從以上描述與隨附圖式而對本領域具有通常知識者而言為顯而易見。因此，此種其他實施例及修改意圖為落入本揭露的範疇中。此外，雖然本揭露已為特定目的在特定環境中的特定實施的上下文中描述於本文中，此些本領域具有通常知識者將辨識到，其用途並非限制於此，且本揭露可為任意數目的目的在任意數目的環境有益地實施。因此，以下闡述的申請專利範圍應以本文所述的本揭露的全廣度及精神來詮釋。

【符號說明】

【0044】

102：離子植入機

104：系統

106：離子源

108：磁性分析器

110：掃描器

112：校正磁鐵

114：基板台

116、220：基板

118、212、400、500：離子束

118A：束部分

105-09-20

120、412：偵測器

124：分析組件

126：調整組件

204、206：方向

214：區域

300、310：光譜

302、312：峰

314：位準

404：孔隙

405：中心線

406：方向

408：曲線

410、510：波谷

508：束電流

H：高度

W_1 ：距離

P_{V1} ：週期

105-09-20

申請專利範圍

1. 一種在離子植入機中控制離子束的系統，包括：

偵測系統，用於偵測在第一頻率的所述離子束的多個束電流量測；

分析組件，用於基於所述多個束電流量測來判定所述離子束的變化，所述變化對應於在第二頻率的所述離子束的束電流變化，其中所述第二頻率不同於所述第一頻率；以及

調整組件，用於回應所述分析組件的輸出而調整所述離子束以減少所述變化，其中當所述離子植入機中產生所述離子束時，所述分析組件與所述調整組件經設置以動態地將所述離子束的所述變化減少至低於閾值。

2. 如申請專利範圍第1項所述的在離子植入機中控制離子束的系統，其中所述分析組件經設置以：

基於所述多個束電流量測的離散傅立葉轉換來產生頻域功率光譜；以及

基於所述頻域功率光譜中的經確認的頻域峰來判定所述離子束的所述變化。

3. 如申請專利範圍第2項所述的在離子植入機中控制離子束的系統，其中所述分析組件經設置以：

計算所述頻域峰的優值（figure of merit，FOM），其中所述FOM等於包含於所述頻域峰中的功率對所述頻域功率光譜中的總功率的比例；

105-09-20

比較經確認的所述頻域峰的所述 FOM 與閾；以及

當經偵測的所述頻域峰的所述 FOM 超過所述閾時，標示用於調整的所述離子植入機的參數。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述的在離子植入機中控制離子束的系統，其中所述偵測系統包括：

電流偵測器，配置於所述離子植入機中，且經設置以偵測束電流來進行所述多個束電流量測；以及

阻擋組件，配置於所述電流偵測器的上游，所述阻擋組件經設置以：

當所述離子束的尺寸以及所述離子束的束位置在各自的束尺寸限制與束位置限制之內時，傳輸所有的所述離子束；以及

當所述離子束的所述尺寸超過所述束尺寸限制或所述離子束的所述束位置超過所述束位置限制時，攔截部分所述離子束。

5. 如申請專利範圍第 4 項所述的在離子植入機中控制離子束的系統，更包括束導向控制器，經設置以將所述離子束導向至所述阻擋組件。

6. 如申請專利範圍第 1 項所述的在離子植入機中控制離子束的系統，其中所述第一頻率大於 16 Hz。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述的在離子植入機中控制離子束的系統，其中所述多個束電流量測的偵測、所述離子束的所述變化的所述判定以及所述離子束的調整一同構成束調整循環，其中

105-09-20

所述系統經設置以進行所述束調整循環，直到所述離子束的所述變化低於閾值。

8. 如申請專利範圍第7項所述的在離子植入機中控制離子束的系統，其中在預定數目的束調整循環之後，當所述離子束的所述變化超過閾值，則所述分析組件經設置以終止離子植入製程。

9. 一種離子植入機，包括：

離子源，用於產生離子束；

偵測系統，用於偵測在第一頻率的所述離子束的多個束電流量測；以及

控制器，包括至少一電腦可讀取儲存媒體，其包括一指令，是當執行時使所述控制器來進行：

基於所述多個束電流量測來判定所述離子束的變化，所述離子束的所述變化對應於在第二頻率的所述離子束的束電流變化，其中所述第二頻率不同於所述第一頻率；以及

當所述離子束的所述變化超越閾時，在離子植入機中產生用於進行參數調整的訊號。

10. 如申請專利範圍第9項所述的離子植入機，其中所述至少一電腦可讀取儲存媒體包括一指令，是在執行時使所述控制器進行：

基於來自所述多個束電流量測的束電流強度的離散傅立葉轉換來產生頻域功率光譜；以及

105-09-20

基於所述頻域功率光譜中的經確認的頻域峰來判定所述離子束的所述變化。

11. 如申請專利範圍第 10 項所述的離子植入機，其中所述至少一電腦可讀取儲存媒體包括一指令，是在執行時使所述控制器進行：

基於所述頻域峰的功率來計算所述頻域峰的優值 (FOM)；

比較經確認的所述頻域峰的所述優值與閾；

當經偵測的所述頻域峰的所述優值超過所述閾時，指示調整組件進行束調整。

12. 如申請專利範圍第 10 項所述的離子植入機，其中所述至少一電腦可讀取儲存媒體包括一指令，是在執行時使所述控制器將所述離子束導向至所述偵測系統的阻擋組件，

所述阻擋組件配置於所述偵測系統的電流偵測器的上游，且經設置以

當束尺寸以及束位置在各自的束尺寸限制與束位置限制之內時，傳輸所有的所述離子束；以及

當所述束尺寸及/或所述束位置超過所述各自的束尺寸限制及/或所述束位置限制時，攔截部分所述離子束。

13. 如申請專利範圍第 10 項所述的離子植入機，其中所述第一頻率大於 16 Hz。

14. 如申請專利範圍第 10 項所述的離子植入機，其中進行所

105-09-20

述多個束電流量測的偵測及進行所述參數調整的步驟包括束調整循環，所述至少一電腦可讀取儲存媒體包括一指令，是在執行時使所述控制器指揮額外的束調整循環，直到所述離子束的所述變化低於閾值。

15. 如申請專利範圍第 9 項所述的離子植入機，其中所述至少一電腦可讀取儲存媒體包括一指令，是在預定數目的束調整循環後，當所述離子束的所述變化超過閾值時，使所述控制器傳送訊號，以終止離子植入製程。