



(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 I771639 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 07 月 21 日

(21)申請案號：108147814

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 12 月 26 日

(51)Int. Cl. : H01J37/04 (2006.01)

H01J37/147 (2006.01)

H01J37/26 (2006.01)

(30)優先權：2018/12/28 美國

62/786,268

2019/12/02 美國

62/942,671

(71)申請人：荷蘭商 A S M L 荷蘭公司 (荷蘭) ASML NETHERLANDS B.V. (NL)

荷蘭

(72)發明人：柏利克 阿諾 詹 BLEEKER, ARNO JAN (NL)；德 賈格 皮耶特 威廉 荷
 曼 DE JAGER, PIETER WILLEM HERMAN (NL)；葛森 邁可 羅伯特 GOOSEN,
 MAIKEL ROBERT (NL)；史莫克曼 厄文 保羅 SMAKMAN, ERWIN PAUL
 (NL)；馬格努斯 艾爾伯圖斯 維克 傑拉杜斯 MANGNUS, ALBERTUS VICTOR
 GERARDUS (NL)；任岩 REN, YAN (CN)；拉喜 亞當 LASSISE, ADAM (US)

(74)代理人：林嘉興

(56)參考文獻：

TW 200717571A

US 2016/0005566A1

WO 2010/136534A1

審查人員：吳鴻鎮

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：17 共 133 頁

(54)名稱

脈衝帶電粒子束系統

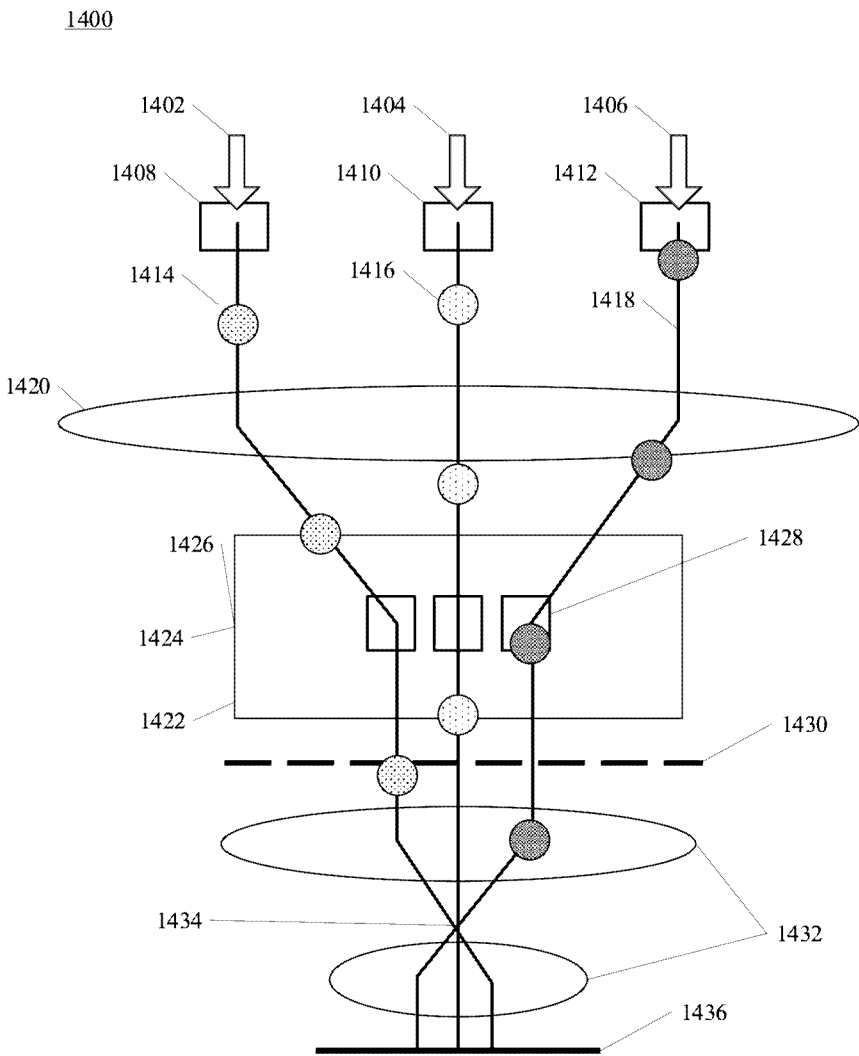
(57)摘要

本發明揭示用於帶電粒子偵測之裝置及方法，其可包括：一偏轉器系統，其經組態以導引帶電粒子脈衝；一偵測器，其具有經組態以偵測該等帶電粒子脈衝之一偵測元件；及一控制器，該控制器具有一電路，該電路經組態以：控制該偏轉器系統以將一第一帶電粒子脈衝及一第二帶電粒子脈衝導引至該偵測元件；獲得分別與該第一帶電粒子脈衝由該偏轉器系統導引及由該偵測元件偵測時相關聯的第一及第二時戳；及分別與該第二帶電粒子脈衝由該偏轉器系統導引及由該偵測元件偵測時相關聯的第三及第四時戳；及分別基於該第一時戳及該第二時戳以及該第三時戳及該第四時戳識別一第一射出束及一第二射出束。

Apparatuses and methods for charged-particle detection may include a deflector system configured to direct charged-particle pulses, a detector having a detection element configured to detect the charged-particle pulses, and a controller having a circuitry configured to control the deflector system to direct a first and second charged-particle pulses to the detection element; obtain first and second timestamps associated with when the first charged-particle pulse is directed by the deflector system and detected by the detection element, respectively, and third and fourth timestamps associated with when the second charged-particle pulse is directed by the deflector system and detected by the detection element, respectively; and identify a first and second exiting beams based on the first and second timestamps, and the third and fourth timestamps, respectively.

指定代表圖：

符號簡單說明：



- 1400:多束裝置
- 1402:帶電粒子源
- 1404:帶電粒子源
- 1406:帶電粒子源
- 1408:偏轉器
- 1410:偏轉器
- 1412:偏轉器
- 1414:束
- 1416:束
- 1418:束
- 1420:帶電粒子加速器
- 1422:束集光器
- 1424:偏轉器
- 1426:偏轉器
- 1428:偏轉器
- 1430:孔徑陣列
- 1432:投影透鏡
- 1434:交越區域
- 1436:樣本

【圖14】



I771639

【發明摘要】

公告本

【中文發明名稱】

脈衝帶電粒子束系統

【英文發明名稱】

PULSED CHARGED-PARTICLE BEAM SYSTEM

【中文】

本發明揭示用於帶電粒子偵測之裝置及方法，其可包括：一偏轉器系統，其經組態以導引帶電粒子脈衝；一偵測器，其具有經組態以偵測該等帶電粒子脈衝之一偵測元件；及一控制器，該控制器具有一電路，該電路經組態以：控制該偏轉器系統以將一第一帶電粒子脈衝及一第二帶電粒子脈衝導引至該偵測元件；獲得分別與該第一帶電粒子脈衝由該偏轉器系統導引及由該偵測元件偵測時相關聯的第一及第二時戳；及分別與該第二帶電粒子脈衝由該偏轉器系統導引及由該偵測元件偵測時相關聯的第三及第四時戳；及分別基於該第一時戳及該第二時戳以及該第三時戳及該第四時戳識別一第一射出束及一第二射出束。

【英文】

Apparatuses and methods for charged-particle detection may include a deflector system configured to direct charged-particle pulses, a detector having a detection element configured to detect the charged-particle pulses, and a controller having a circuitry configured to control the deflector system to direct a first and second charged-particle pulses to the detection element; obtain first and second timestamps associated with when the first charged-particle pulse is directed by the deflector

system and detected by the detection element, respectively, and third and fourth timestamps associated with when the second charged-particle pulse is directed by the deflector system and detected by the detection element, respectively; and identify a first and second exiting beams based on the first and second timestamps, and the third and fourth timestamps, respectively.

【指定代表圖】

圖14

【代表圖之符號簡單說明】

- 1400 多束裝置
- 1402 帶電粒子源
- 1404 帶電粒子源
- 1406 帶電粒子源
- 1408 偏轉器
- 1410 偏轉器
- 1412 偏轉器
- 1414 束
- 1416 束
- 1418 束
- 1420 帶電粒子加速器
- 1422 束集光器
- 1424 偏轉器
- 1426 偏轉器

- 1428 偏轉器
- 1430 孔徑陣列
- 1432 投影透鏡
- 1434 交越區域
- 1436 樣本

【發明說明書】

【中文發明名稱】

脈衝帶電粒子束系統

【英文發明名稱】

PULSED CHARGED-PARTICLE BEAM SYSTEM

【技術領域】

【0001】本文所提供之實施例揭示一種多重帶電粒子束裝置，且更特定言之，一種包括以射頻為基礎之帶電粒子源之多重帶電粒子束裝置。

【先前技術】

【0002】在積體電路(IC)之製造程序中，檢測未完成或已完成的電路組件以確保其係根據設計而製造且無缺陷。可使用利用光學顯微鏡或帶電粒子(例如電子)束顯微鏡，諸如掃描電子顯微鏡(SEM)的檢測系統。隨著IC組件之實體大小繼續縮小，缺陷偵測之準確度及良率變得愈來愈重要。多個帶電粒子束可用於增加檢測產出率；然而，束電流使用之生產率及效率可受損，使得檢測工具對於其所要目的不適當。

【0003】因此，現有技術系統面臨例如束電流之高效使用及維持多重帶電粒子束裝置之個別束品質的限制。需要對此項技術之進一步改良。

【發明內容】

【0004】在一個態樣中，本發明係針對一種用於觀測一樣本之多束裝置。該多束裝置可包括：一偏轉器，其經組態以自包含複數個帶電粒子脈衝之一初級帶電粒子束形成複數個經偏轉帶電粒子束；及一偵測器，其經組態以偵測自由該複數個經偏轉帶電粒子束形成之複數個探測光點所產生的複數個信號。該多束裝置可進一步包括一控制器，該控制器經組態以

獲得與該複數個帶電粒子束之一經偏轉帶電粒子束之形成相關的一第一時序資訊；獲得與該複數個信號之一信號之偵測相關的一第二時序資訊；及基於該所獲得之第一時序資訊及該第二時序資訊將該信號與該經偏轉帶電粒子束相關聯。該多束裝置可進一步包括一帶電粒子源、一加速空腔及一聚束空腔。

【0005】該帶電粒子源可包含具有在100 MHz至10 GHz之一範圍內之一源頻率的一脈衝射頻源。該偏轉器可包含一或多個帶電粒子偏轉器，該一或多個帶電粒子偏轉器中之每一者基於一操作頻率形成該複數個經偏轉帶電粒子束。該偏轉器與該帶電粒子源可同步使得該操作頻率及該源頻率藉由以下方程式相關：

$$v1 = \frac{1}{n}(v2)$$

其中 $v1$ 係該操作頻率， $v2$ 係該源頻率，且 n 係一正整數。

【0006】該多束裝置可進一步包括一電子光學系統及一帶電粒子束掃描系統，該帶電粒子束掃描系統經組態以使該複數個經偏轉帶電粒子束中之每一者在該樣本上進行掃描。該電子光學系統可包含一單透鏡系統或一多透鏡系統中之一者。該控制器可經進一步組態以與該偏轉器、該帶電粒子束掃描系統及該偵測器中之至少一者通信。由該複數個經偏轉帶電粒子束形成之該複數個探測光點包含一一維圖案或一二維圖案中之一者。該二維圖案包含一李沙育圖案、一矩陣或一陣列。

【0007】在另一態樣中，本發明係針對一種使用一多束裝置來觀測一樣本之方法。該方法可包括：使用一偏轉器自包含複數個帶電粒子脈衝之一初級帶電粒子束形成複數個經偏轉帶電粒子束；使用一偵測器偵測自由該複數個經偏轉帶電粒子束形成之複數個探測光點所產生的複數個信

號。該方法可包括：獲得與該複數個帶電粒子束之一經偏轉帶電粒子束之形成相關的一第一時序資訊；獲得與該複數個信號之一信號之偵測相關的一第二時序資訊；及使用一控制器基於該所獲得之第一時序資訊及該第二時序資訊將該信號與該經偏轉帶電粒子束相關聯。

【0008】方法可進一步包括：使用一電子光學系統將該複數個經偏轉帶電粒子束聚焦於該樣本上；及使用一帶電粒子束掃描系統來使該複數個經偏轉帶電粒子束中之每一者在該樣本上進行掃描。

【0009】在另一態樣中，本發明係針對一種用於一多束裝置之控制器。該控制器可包括儲存一指令集之一記憶體，及一處理器，該處理器經組態以執行該指令集以致使該控制器：獲得與複數個帶電粒子束之一經偏轉帶電粒子束之形成相關的一第一時序資訊；獲得與複數個信號之一信號之偵測相關的一第二時序資訊；及基於該所獲得之第一時序資訊及該第二時序資訊將該信號與該經偏轉帶電粒子束相關聯。

【0010】在另一態樣中，本發明係針對一種非暫時性電腦可讀媒體，其儲存一指令集，該指令集可由一多束裝置之一或多個處理器執行以致使該多束裝置執行用以觀測一樣本的一方法。該方法可包括：使用一偏轉器自包含複數個帶電粒子脈衝之一初級帶電粒子束形成複數個經偏轉帶電粒子束；使用一偵測器偵測自由該複數個經偏轉帶電粒子束形成之複數個探測光點所產生的複數個信號。該方法可包括：獲得與該複數個帶電粒子束之一經偏轉帶電粒子束之形成相關的一第一時序資訊；獲得與該複數個信號之一信號之偵測相關的一第二時序資訊；及使用一控制器基於該所獲得之第一時序資訊及該第二時序資訊將該信號與該經偏轉帶電粒子束相關聯。該方法可進一步包括：使用一電子光學系統將該複數個經偏轉帶電

粒子束聚焦於該樣本上；及使用一帶電粒子束掃描系統來使該複數個聚焦之經偏轉帶電粒子束中之每一者在該樣本上進行掃描。

【0011】在另一態樣中，本發明係針對一種多束裝置。該多束裝置可包括：一帶電粒子源，其經組態以產生包含複數個帶電粒子脈衝之一初級帶電粒子束；一聚束空腔，其經組態以自該初級帶電粒子束形成複數個帶電粒子束；及一偏轉器，其經組態以使該複數個帶電粒子束偏轉以在一樣本上形成複數個探測光點。

【0012】在另一態樣中，本發明係針對一種用於在一多束裝置中觀測一樣本之方法。該方法可包括：自一帶電粒子源產生包含複數個帶電粒子脈衝之一初級帶電粒子束；自該初級帶電粒子束形成複數個帶電粒子束；及使用一偏轉器使該複數個帶電粒子束偏轉以在一樣本上形成複數個探測光點。

【0013】在另一態樣中，本發明係針對一種裝置，其包含：一偏轉器，其經組態以使帶電粒子之複數個脈衝偏轉至一樣本上之複數個探測光點；一偵測器，其經組態以自該樣本偵測由該複數個脈衝與該樣本相互作用所產生的複數個信號；及一控制器，其經組態以基於偵測自該樣本上之一特定探測光點所產生之一特定信號的一時間與使形成該特定探測光點之一特定帶電粒子脈衝偏轉的一時間之間的一相關性而使該特定偵測到之信號與該特定探測光點相關。

【0014】在另一態樣中，本發明係針對一種用於帶電粒子偵測之多束裝置。該多束裝置可包括：一偏轉器系統，其經組態以導引帶電粒子脈衝；一偵測器，其具有一偵測元件，該偵測元件經組態以偵測該等帶電粒子脈衝；及一控制器，其具有一電路，該電路經組態以：控制該偏轉器系

統以將一第一帶電粒子脈衝及一第二帶電粒子脈衝導引至該偵測元件，其中該第一帶電粒子脈衝係自一第一探測光點發射，且該第二帶電粒子脈衝係自一第二探測光點發射；獲得與該第一帶電粒子脈衝由該偏轉器系統導引時相關聯的一第一時戳、與該第一帶電粒子脈衝由該偵測元件偵測時相關聯的一第二時戳、與該第二帶電粒子脈衝由該偏轉器系統導引時相關聯的一第三時戳，及與該第二帶電粒子脈衝由該偵測元件偵測時相關聯的一第四時戳；及基於該第一時戳及該第二時戳識別一第一射出束，且基於該第三時戳及該第四時戳識別一第二射出束。

【0015】在另一態樣中，本發明係針對一種用於在一多束裝置中進行帶電粒子偵測之方法。該方法可包括：控制一偏轉器系統以將一第一帶電粒子脈衝及一第二帶電粒子脈衝導引至一偵測器之一偵測元件；使用一控制器獲得與該第一帶電粒子脈衝由該偏轉器系統導引時相關聯的一第一時戳、與該第一帶電粒子脈衝由該偵測元件偵測時相關聯的一第二時戳、與該第二帶電粒子脈衝由該偏轉器系統導引時相關聯的一第三時戳，及與該第二帶電粒子脈衝由該偵測元件偵測時相關聯的一第四時戳；及使用一控制器基於該第一時戳及該第二時戳識別一第一射出束，且基於該第三時戳及該第四時戳識別一第二射出束。

【0016】在另一態樣中，本發明係針對一種非暫時性電腦可讀媒體，其儲存一指令集，該指令集可由一多束裝置之一或多個處理器執行以致使該多束裝置執行用於帶電粒子偵測之一方法。該方法可包括：控制一偏轉器系統以將一第一帶電粒子脈衝及一第二帶電粒子脈衝導引至一偵測器之一偵測元件；使用一控制器獲得與該第一帶電粒子脈衝由該偏轉器系統導引時相關聯的一第一時戳、與該第一帶電粒子脈衝由該偵測元件偵測

時相關聯的一第二時戳、與該第二帶電粒子脈衝由該偏轉器系統導引時相關聯的一第三時戳，及與該第二帶電粒子脈衝由該偵測元件偵測時相關聯的一第四時戳；及使用一控制器基於該第一時戳及該第二時戳識別一第一射出束，且基於該第三時戳及該第四時戳識別一第二射出束。

【0017】在另一態樣中，本發明係針對一種用於減少帶電粒子之相互作用之多束裝置。該多束裝置可包括：一第一叢集空腔，其經組態以接收一第一帶電粒子集合以形成一第一帶電粒子叢集；一第二叢集空腔，其經組態以接收一第二帶電粒子集合以形成一第二帶電粒子叢集；及一控制器，其具有一電路，該電路經組態以致使該第一叢集及該第二叢集按一預定時空次序通過一下游位置。

【0018】在另一態樣中，本發明係針對一種用於減少一多束裝置之一帶電粒子束中之帶電粒子之相互作用的方法。該方法可包括：在一第一叢集空腔中接收一第一帶電粒子集合以形成一第一帶電粒子叢集；在一第二叢集空腔中接收一第二帶電粒子集合以形成一第二帶電粒子叢集；及使該第一叢集及該第二叢集以一預定時空次序通過一下游位置。

【0019】在另一態樣中，本發明係針對一種非暫時性電腦可讀媒體，其儲存一指令集，該指令集可由一多束裝置之一或多個處理器執行以致使該多束裝置執行用於減少一帶電粒子束中之帶電粒子之相互作用的方法。該方法可包括：在一第一叢集空腔中接收一第一帶電粒子集合以形成一第一帶電粒子叢集；在一第二叢集空腔中接收一第二帶電粒子集合以形成一第二帶電粒子叢集；及使該第一叢集及該第二叢集以一預定時空次序通過一下游位置。

【0020】在另一態樣中，本發明係針對一種多束裝置。該多束裝置

可包括：一第一帶電粒子源；一第二帶電粒子源；及在該第一帶電粒子源及該第二帶電粒子源下游的至少一個偏轉器系統，其經組態以：自該第一帶電粒子源接收脈衝帶電粒子之一第一束且自該第二帶電粒子源接收脈衝帶電粒子之一第二束；及按一預定時空次序導引該第一束及該第二束，其中該第一束及該第二束按順序通過一下游位置。

【0021】在另一態樣中，本發明係針對一種用於在一多束裝置中提供多個帶電粒子束之方法。該方法可包括：在至少一個偏轉器系統中自一第一帶電粒子源接收脈衝帶電粒子之一第一束且自一第二帶電粒子源接收脈衝帶電粒子之一第二束；及按一預定時空次序導引該第一束及該第二束，其中該第一束及該第二束按順序通過一下游位置。

【0022】在另一態樣中，本發明係針對一種非暫時性電腦可讀媒體，其儲存一指令集，該指令集可由一多束裝置之一或多個處理器執行以致使該多束裝置執行用於提供多個帶電粒子束之一方法。該方法可包括：在至少一個偏轉器系統中自一第一帶電粒子源接收脈衝帶電粒子之一第一束且自一第二帶電粒子源接收脈衝帶電粒子之一第二束；及按一預定時空次序導引該第一束及該第二束，其中該第一束及該第二束按順序通過一下游位置。

【圖式簡單說明】

【0023】圖1為說明符合本發明之實施例的例示性電子束檢測(EBI)系統之示意圖。

【0024】圖2為說明符合本發明之實施例的例示性電子束工具的示意圖，該例示性電子束工具可為圖1之例示性電子束檢測系統之一部分。

【0025】圖3為說明符合本發明之實施例的使用呈單透鏡組態之時序

控制機構之例示性多重電子束系統的示意圖。

【0026】圖4為說明符合本發明之實施例的使用呈多透鏡組態之時序控制機構之例示性多重電子束系統的示意圖。

【0027】圖5A說明符合本發明之實施例的用於使用多重電子束系統觀測樣本之例示性低頻掃描圖案。

【0028】圖5B及圖5C說明符合本發明之實施例的用於使用多重電子束系統觀測樣本之例示性高頻掃描圖案。

【0029】圖6A及圖6B說明符合本發明之實施例的用於使用多重電子束系統對樣本進行成像之可調整掃描頻率圖案。

【0030】圖7為展示根據本發明之實施例的使用多重電子束系統來觀測樣本之例示性方法的流程圖。

【0031】圖8A至圖8B說明符合本發明之實施例的控制帶電粒子進入多束裝置中之交越區域的兩個例示性方法。

【0032】圖9A至圖9B說明符合本發明之實施例的用於叢集帶電粒子之例示性叢集產生器。

【0033】圖10說明符合本發明之實施例的按時空次序釋放帶電粒子叢集的例示性叢集產生器集合。

【0034】圖11說明符合本發明之實施例的用於叢集帶電粒子之第一及第二叢集產生器的例示性配置。

【0035】圖12說明符合本發明之實施例的叢集產生器及用於減少雜散帶電粒子之濾波系統的例示性配置。

【0036】圖13為展示符合本發明之實施例的減少多束裝置之帶電粒子束中之帶電粒子相互作用的例示性方法的流程圖。

【0037】圖14說明符合本發明之實施例的用於提供多個帶電粒子束之例示性多束裝置。

【0038】圖15為展示符合本發明之實施例的在多束裝置中提供多個帶電粒子束之例示性方法的流程圖。

【0039】圖16A至圖16C說明符合本發明之實施例的用於帶電粒子偵測之多束裝置的例示性子系統。

【0040】圖17為展示符合本發明之實施例的使用多束裝置進行帶電粒子偵測之例示性方法的流程圖。

【實施方式】

【0041】現在將詳細參考例示性實施例，在隨附圖式中說明該等例示性實施例之實例。以下描述參考隨附圖式，其中除非另外表示，否則不同圖式中之相同編號表示相同或相似元件。例示性實施例之以下描述中所闡述之實施並不表示符合本發明的所有實施。取而代之，其僅僅為符合關於所附申請專利範圍中所敘述之本發明的態樣之裝置及方法之實例。舉例而言，儘管一些實施例係在利用帶電粒子束之內容背景中予以描述，但本發明不限於此。可以相似方式應用其他類型之帶電粒子束。此外，可使用其他成像系統，諸如光學成像、光偵測、x射線偵測等。

【0042】可藉由顯著增加IC晶片上之電路組件(諸如電晶體、電容器、二極體等)之填集密度來實現電子器件之增強之計算能力，同時減小器件之實體大小。舉例而言，在智慧型手機中，IC晶片(其可為拇指甲大小)可包括超過20億個電晶體，每一電晶體之大小小於人類毛髮之1/1000。不出乎意料地，半導體IC製造為具有數百個個別步驟之複雜程序。甚至一個步驟中之錯誤亦有可能顯著影響最終產品之機能。即使一個

「致命缺陷」亦可造成器件故障。製造程序之目標為改良程序之總體良率。舉例而言，對於得到75%良率之50步驟程序，每一個別步驟必須具有大於99.4%之良率，且若個別步驟良率為95%，則總體程序良率下降至7%。

【0043】隨著幾何結構縮小及IC晶片行業遷移至三維(3D)架構(諸如NAND閘極、鰭式場效電晶體(FinFET)及進階動態隨機存取記憶體(DRAM))，在每一較低節點處尋找缺陷變得更具挑戰性且昂貴。雖然在IC晶片製造設施中高程序良率係合乎需要的，但維持高晶圓產出率(被定義為每小時處理晶圓之數目)亦為必需的。高程序良率及高晶圓產出率可受缺陷之存在影響，尤其當涉及操作員干預時。因此，藉由檢測工具(諸如SEM)進行微米及奈米大小缺陷之偵測及識別對於維持高良率、高產出率及低成本可至關重要。

【0044】半導體晶片在極清潔且受控之環境中經製造，該環境具有極低含量之污染物，諸如灰塵、空浮粒子、氣霧粒子及化學蒸氣。更特定言之，需要半導體清潔室具有由在指定粒度下之每立方呎粒子數目指定之受控污染等級。典型晶片製造清潔室每立方呎空氣含有1至10個粒子，每一粒子之直徑小於5 μm 。作為對比，典型城市環境中外部之環境空氣每立方呎含有大致12.5億個粒子，各粒子之直徑具有約200 μm 之平均大小。程序中之晶圓上的小至1 μm 之一粒灰塵可橫跨位於晶片上之數千個電晶體，此可能使得整個晶片無用。在一些狀況下，用以在晶圓上產生重複圖案之倍縮光罩或光罩上的一粒灰塵可能導致再現實體缺陷或電缺陷。舉例而言，在單晶片中連接電晶體之一或多個金屬線可重疊或可能不當地經由灰塵粒子連接，從而導致貫穿整個晶片之電路的短路。在維持高產出

率的同時識別及特性化每一缺陷或缺陷類型可改良程序良率及產品可靠性。

【0045】改良良率之一個組分為監測晶片製造程序，以確保其正生產足夠數目個功能積體電路。監測該程序之一種方式為在晶片電路結構形成之各個階段處檢測晶片電路結構。可使用掃描電子顯微鏡(SEM)來進行檢測。SEM可用以實際上將此等極小結構成像，從而獲取晶圓之結構之「圖像」。影像可用以判定結構是否適當形成，且亦判定結構是否形成於適當部位中。若結構為有缺陷的，則程序可經調整，使得缺陷不大可能再現。

【0046】SEM之工作原理與攝影機相似。攝影機藉由接收及記錄自人或物件反射或發射之光的亮度及顏色來拍攝圖像。SEM藉由接收及記錄自結構反射或發射之電子之能量來拍攝「圖像」。在拍攝此「圖像」之前，可將電子束提供至結構上，且當電子自該等結構反射或發射(「射出」)時，SEM之偵測器可接收並記錄彼等電子之能量以產生影像。為了拍攝此「圖像」，一些SEM使用單個電子束(被稱作「單束SEM」)，而一些SEM使用多個電子束(被稱作「多束SEM」)來拍攝晶圓之多個「圖像」。藉由使用多個電子束，SEM可將更多電子束提供至結構上以獲得此等多個「圖像」，從而導致更多電子自結構射出。因此，偵測器可同時接收更多射出電子，且以較高效率及較快速度產生結構之影像。

【0047】儘管多個帶電粒子束成像系統(諸如多束SEM)可適用於在維持高產出率的同時偵測微米及奈米大小之缺陷；但無法忽視束使用率、系統之結構複雜度以及生產率對效率之總體影響。舉例而言，使用微機電系統(MEMS)孔隙陣列分裂電子束以形成多個小射束可導致束電子之使用

效率低，此係因為電子之僅一部分可被允許穿過孔隙，而剩餘電子被阻擋且未經利用。自多個電子束產生多個探測光點可需要額外透鏡及組件，從而添加了多束裝置之結構及操作複雜度。特定言之，額外透鏡亦可必須與系統對準且屏蔽雜訊。另外，維持個別束或小射束中之每一者之束品質(至少以高峰值電流、小射束橫截面及束內散佈之低束能量所表示)可具有挑戰性。

【0048】在使用SEM之晶圓檢測期間的常規缺陷偵測及識別操作可需要放大率及解析度之動態調整。舉例而言，可執行低解析度掃描以定位缺陷，且可接著執行高解析度掃描以識別或特性化所定位之缺陷。此操作需要手動地調整掃描參數，諸如(例如)放大率、焦點、視場、束能量等。除了來自熟習操作員之手動干涉之外，操作亦可為耗時的且容易發生判斷錯誤，從而不利地影響產出率及檢測良率。

【0049】帶電粒子束成像系統(例如單束SEM或多束SEM)可使用連續或脈衝電子束以進行掃描。連續束為連續電子串流，相似於自軟管出來之水流。對於可產生複數個小射束之多束成像系統，連續小射束為連續電子小串流，相似於自簇射頭出來之許多小水流。相比之下，脈衝束包括叢集成聚束或脈衝之電子，其中在每一脈衝之間無電子，相似於離開機關槍之子彈。對於可產生複數個小射束之多束成像系統，脈衝小射束在每一小射束中包括叢集成脈衝之電子，相似於出自多個機關槍之子彈配置為一陣列且皆同時發射。帶電粒子束成像系統可使用脈衝帶電粒子源以產生脈衝束。

【0050】在本發明之一個態樣中，包括偏轉器、偵測器及控制器之多束裝置可用以形成多個帶電粒子束以用於觀測樣本。高頻脈衝帶電粒子

源可產生多個帶電粒子脈衝，該多個帶電粒子脈衝可經叢集以形成聚束，在本文中亦被稱作帶電粒子脈衝束。偏轉器可經組態以接收及偏轉高頻帶電粒子脈衝束，且經偏轉束中之每一者可在樣本上形成探測光點。在與樣本相互作用後，每一帶電粒子束可產生包含與該樣本相關之資訊之信號。偵測器可經組態以偵測自多個探測光點產生之信號。多束裝置可包含控制器，該控制器經組態以獲得與經偏轉帶電粒子束之形成及由對應束產生之信號之偵測相關的時序資訊。控制器可接著基於所獲得之時序資訊將偵測到之信號與經偏轉帶電粒子束相關聯。

【0051】 所主張多束裝置之一些實施例的一些優點包括但不限於：高效束使用率、較高生產率、低解析度與高解析度檢測之間的快速切換、高束品質、高晶圓處理及檢測產出率。另外，藉由形成帶電粒子脈衝束，在單位面積內小射束之數目可增加，而不會招致顯著庫侖效應(下文所解釋)，此係因為不同帶電粒子束之脈衝可交錯，因此允許更高效地利用高頻脈衝帶電粒子源。

【0052】 庫侖效應為帶電粒子之間的電相互作用。在電相互作用中，具有相同電荷之粒子彼此排斥，而具有相反電荷之粒子彼此吸引。在多束裝置中，可在帶電粒子之小射束之間發生庫侖效應。舉例而言，當小射束為電子束時，小射束中之電子在其過於接近時可彼此排斥，因此影響彼此之行進速度及方向。此可造成多束裝置之效能劣化。

【0053】 通常，在多束裝置中，小射束可會聚以彼此交叉且在到達樣本之前形成共同交越(或「交越區域」)。隨著對成像產出率之需求增加，多束裝置可產生並使用更多小射束以供掃描。隨著小射束之數目增加，更多小射束可穿過共同交越，且庫侖效應可變得更顯著。在能夠提供

大量小射束之多束裝置中，庫侖效應可變為限制成像解析度之主導因素。當小射束之所需能量固定時，控制庫侖效應極具挑戰性。

【0054】在本發明之另一態樣中，包括多個叢集產生器之多束裝置可用於減小庫侖效應。叢集產生器可用以諸如藉由使用具有電場之空腔沿著脈衝小射束之移動方向壓縮該等小射束來產生帶電粒子之叢集。每一叢集產生器可接收並叢集一小射束。叢集產生器可經協調以按預定時空次序釋放或噴射所產生之叢集，使得不同小射束之叢集可按順序進入共同交越(例如逐個地，其中在任何時間點僅一個或零個叢集在共同交越中)，如圖8B中所展示。亦即，在給定時間，至多一個叢集通過共同交越。此配置可降低招致庫侖效應之可能性且減小庫侖效應之強度。在理想情境下，多束裝置中庫侖效應之強度可減小至單束裝置之位準。另外，此配置可在多束裝置中適應更多束(例如自更多帶電粒子源產生)，因此顯著增加成像產出率。

【0055】此外，隨著添加更多束以追求更快檢測速度及更好檢測影像品質，可出現更多挑戰。通常，使用單個帶電粒子源以產生帶電粒子(例如電子)，且使用孔徑陣列以產生帶電粒子束。帶電粒子源產生帶電粒子，該等帶電粒子被加速且發散至孔徑陣列上，且孔徑陣列可將其分裂成束。然而，若此現有設計用以產生較高數目個束，則將出現若干問題。歸因於單個帶電粒子源之有限能力，帶電粒子之發射之電流可具有上限，其可限制每一束之所產生之檢測影像之亮度。為了適應多束裝置之高產出率的增加之需求，需要更多束。

【0056】並且為了產生更多束，可必須增加孔徑之數目。在彼狀況下，更多電連接係為彼等孔徑所需，且用於彼等孔徑之電佈線變得顯著更

複雜。又，孔徑通常在高電壓(例如100V)下工作。因為更多連接被限制在有限空間內，所以電佈線之電連接之間的電崩潰風險可極大地增加。另外，隨著孔徑之間的距離縮小，所產生之束之間的距離亦縮小，此可造成束之間的更顯著庫侖效應。

【0057】 在本發明之另一態樣中，包括多個帶電粒子源(例如電子源)及多個偏轉器之多束裝置可用於提供多個帶電粒子束。帶電粒子源可產生帶電粒子束，且偏轉器可接收、偏轉及釋放其作為平行束。偏轉器可使所接收之束偏轉，其方式為使得經釋放束可更集中(例如束之間的距離縮短)又保持平行。因為偏轉器可集中束，所以帶電粒子源可間隔更遠，從而降低電佈線之複雜度及電崩潰之風險。不使用孔徑板來產生束，從而進一步降低電佈線之複雜度及電崩潰之風險。以此方式，叢集束可由偏轉器偏轉以變得更聚集以實現高且可擴展的亮度及均一電流。多個偏轉器可創建可擴展途徑來減輕庫侖效應。在一些狀況下，偏轉器亦可叢集束且釋放束使得該等叢集按順序(例如逐個地)通過交越區域。以此方式，因為至多一個叢集通過交越區域，所以可減輕庫侖效應。

【0058】 此外，在多束裝置中，更多挑戰可由「串擾」問題引起，其中一個小射束之帶電粒子可到達對應於另一小射束之目的地，如下文所解釋。在多束裝置中，多個小射束可入射至檢測樣本上，每一小射束形成具有經設定大小之橫截面(或「光點大小」)的一光點。該等小射束在具有深度之區(被稱作「相互作用體積」)內與樣本之材料相互作用。小射束之相互作用體積可大於小射束之光點大小。亦即，小射束之相互作用體積可重疊。對應於小射束之射出電子可自對應相互作用體積中之任何位置射出。歸因於相互作用體積之間的重疊，射出帶電粒子束可具有重疊。通

常，偵測射出帶電粒子束之偵測器可包括多個偵測元件(例如子偵測器)。通常，每一偵測元件可偵測基於特定小射束所產生之二次電子。因為射出帶電粒子束可具有重疊，所以一個射出束之帶電粒子可到達對應於另一小射束之偵測元件，因此招致串擾問題。此僅為關於串擾可能如何發生之一個實例，且串擾可能以若干其他方式發生。為了適應多束裝置之增加之高產出率之需求，需要更多小射束。然而，隨著小射束之數目增加，對應偵測元件之數目亦可增加，此可不僅造成複雜度及建置偵測器系統之成本增加，而且造成更顯著的串擾問題。

【0059】在本發明之另一態樣中，包括一第一偏轉器、一第二偏轉器、多個偵測器及一控制器之多束裝置可用於帶電粒子偵測。第一偏轉器可用於形成第一數目個帶電粒子脈衝束。因為帶電粒子脈衝由第一偏轉器在不同時間偏轉，所以所形成之帶電粒子束之脈衝可在不同時間到達所檢測樣本。帶電粒子束可自探測光點射出，其可由第二偏轉器偏轉以形成第二數目個射出帶電粒子束。若偵測器可區分精細時間細節，則偵測器可接著基於射出帶電粒子束之脈衝到達偵測器的時間、脈衝進入第二偏轉器的時間及脈衝進入第一偏轉器的時間來區分哪一脈衝來自哪一探測光點。藉此，可減少所需偵測元件，可降低建置偵測器之複雜度及成本，且可緩解串擾問題。基本上，此途徑將空間問題轉換成時間問題。

【0060】出於清楚起見，圖式中之組件的相對尺寸可被誇示。在以下圖式描述內，相同或類似參考數字係指相同或類似組件或實體，且僅描述關於個別實施例之差異。

【0061】如本文中所使用，除非另外特定陳述，否則術語「或」涵蓋所有可能組合，除非不可行。舉例而言，若陳述資料庫可包括A或B，

則除非另外特定陳述或不可行，否則資料庫可包括A，或B，或A及B。作為第二實例，若陳述資料庫可包括A、B或C，則除非另外特定陳述或不可行，否則資料庫可包括A，或B，或C，或A及B，或A及C，或B及C，或A及B及C。

【0062】雖然本發明使用電子來描述一些實施例及實例，但應理解，與電子相關之任何描述皆可等效地適用於任何類型之帶電粒子(例如離子、質子、次原子粒子或其類似者)。

【0063】圖1說明符合本發明之實施例的例示性電子束檢測(EBI)系統1。EBI系統1可用於成像。如圖1中所展示，EBI系統1包括主腔室10、裝載/鎖定腔室20、電子束工具100，及設備前端模組(EFEM) 30。電子束工具100位於主腔室10內。

【0064】EFEM 30包括第一裝載埠30a及第二裝載埠30b。EFEM 30可包括額外裝載埠。第一裝載埠30a及第二裝載埠30b收納含有待檢測之晶圓(例如，半導體晶圓或由其他材料製成之晶圓)或樣本的晶圓前開式單元匣(FOUP) (晶圓及樣本在本文中可互換使用)。一「批次」為可被裝載以作為批量進行處理的複數個晶圓。

【0065】EFEM 30中之一或多個機器人臂(圖中未繪示)可將晶圓運送至裝載/鎖定腔室20。裝載/鎖定腔室20連接至裝載/鎖定真空泵系統(圖中未繪示)，該裝載/鎖定真空泵系統移除裝載/鎖定腔室20中之氣體分子以達到低於大氣壓力之第一壓力。在達到第一壓力之後，一或多個機器人臂(圖中未繪示)可將晶圓自裝載/鎖定腔室20運送至主腔室10。主腔室10連接至主腔室真空泵系統(圖中未繪示)，該主腔室真空泵系統移除主腔室10中之氣體分子以達到低於第一壓力之第二壓力。在達到第二壓力之後，晶

圓經受電子束工具100之檢測。電子束工具100可為單束系統或多束系統。雖然本發明提供容納電子束檢測系統之主腔室10的實例，但應注意，本發明之態樣在其最廣泛意義上而言不限於容納電子束檢測系統之腔室。實際上，應瞭解，前述原理亦可應用於其他腔室。

【0066】現在參看圖2，其為說明符合本發明之實施例的包括作為圖1之EBI系統1之部分的多束檢測工具之例示性電子束工具100的示意圖。多束電子束工具100 (在本文中亦被稱作裝置100)包含電子源101、具有槍孔徑103之槍孔徑板171、聚光透鏡110、源轉換單元120、初級投影系統130、機動載物台109及樣本固持器107，該樣本固持器由機動載物台109支撐以固持待檢測之樣本190 (例如，晶圓或光罩)。多束電子束工具100可進一步包含二次投影系統150及電子偵測器件140。初級投影系統130可包含物鏡131。電子偵測器件140可包含複數個偵測元件140_1、140_2及140_3。束分離器160及偏轉掃描單元132可定位於初級投影系統130內部。

【0067】電子源101、槍孔徑板171、聚光透鏡110、源轉換單元120、束分離器160、偏轉掃描單元132及初級投影系統130可與裝置100之主光軸100_1對準。二次投影系統150及電子偵測器件140可與裝置100之副光軸150_1對準。

【0068】電子源101可包含陰極(圖中未繪示)及提取器或陽極(圖中未繪示)，其中在操作期間，電子源101經組態以自陰極發射初級電子且藉由提取器或陽極提取或加速初級電子以形成初級電子束102，該初級電子束形成初級束交越(虛擬或真實的) 101s。初級電子束102可被視覺化為自初級束交越101s發射。

【0069】源轉換單元120可包含影像形成元件陣列(圖中未繪示)、像差補償器陣列(圖中未繪示)、束限制孔徑陣列(圖中未繪示)及預彎曲微偏轉器陣列(圖中未繪示)。在一些實施例中，預彎曲微偏轉器陣列使初級電子束102之複數個初級小射束102_1、102_2、102_3偏轉以垂直進入束限制孔徑陣列、影像形成元件陣列及像差補償器陣列。在一些實施例中，聚光透鏡110經設計為聚焦初級電子束102以變成平行束且正入射至源轉換單元120上。影像形成元件陣列可包含複數個微偏轉器或微透鏡以影響初級電子束102之複數個初級小射束102_1、102_2、102_3且形成初級束交越101s之複數個平行影像(虛擬或真實的)，一個影像係關於初級小射束102_1、102_2、102_3中之每一者。在一些實施例中，像差補償器陣列可包含場彎曲補償器陣列(圖中未繪示)及像散補償器陣列(圖中未繪示)。場彎曲補償器陣列可包含複數個微透鏡以補償初級小射束102_1、102_2及102_3之場彎曲像差。像散補償器陣列可包含複數個微像散校正器以補償初級小射束102_1、102_2及102_3之像散像差。束限制孔徑陣列可經組態以限制個別初級小射束102_1、102_2及102_3之直徑。圖2展示三個初級小射束102_1、102_2及102_3作為一實例，且應瞭解，源轉換單元120可經組態以形成任何數目個初級小射束。

【0070】聚光透鏡110經組態以聚焦初級電子束102。聚光透鏡110可經進一步組態以藉由使聚光透鏡110之聚焦倍率變化而調整源轉換單元120下游的初級小射束102_1、102_2及102_3之電流。替代地，可藉由變更束限制孔徑陣列內之對應於個別初級小射束的束限制孔徑之徑向大小來改變電流。可藉由變更束限制孔徑之徑向大小及聚光透鏡110之聚焦倍率兩者來改變電流。聚光透鏡110可為可經組態以使得其第一主面之位置可

調整的可調整聚光透鏡。可調整聚光透鏡可經組態為磁性的，此可導致離軸小射束102_2及102_3以旋轉角照明源轉換單元120。旋轉角隨著可調整聚光透鏡之聚焦倍率或第一主面之位置而改變。聚光透鏡110可為反旋轉聚光透鏡，其可經組態以在改變聚光透鏡110之聚焦倍率時保持旋轉角不變。在一些實施例中，聚光透鏡110可為可調整反旋轉聚光透鏡，其中當聚光透鏡110之聚焦倍率以及第一主面之位置變化時，旋轉角並不改變。

【0071】物鏡131可經組態以將小射束102_1、102_2及102_3聚焦至樣本190上以供檢測，且在當前實施例中可在樣本190之表面上形成三個探測光點102_1s、102_2s及102_3s。槍孔徑板171在操作中經組態以阻擋初級電子束102之周邊電子以減小庫侖(Coulomb)效應。庫侖效應可增大初級小射束102_1、102_2、102_3之探測光點102_1s、102_2s及102_3s中之每一者的大小，且因此使檢測解析度劣化。

【0072】束分離器160可例如為韋恩濾波器，其包含產生靜電偶極子場及磁偶極子場(圖2中未展示)之靜電偏轉器。在操作中，束分離器160可經組態以由靜電偶極子場對初級小射束102_1、102_2及102_3之個別電子施加靜電力。該靜電力與由束分離器160之磁偶極子場對該等個別電子施加之磁力的量值相等但方向相反。初級小射束102_1、102_2及102_3因此可以至少大體上零偏轉角至少大體上筆直地通過束分離器160。

【0073】偏轉掃描單元132在操作中經組態以使初級小射束102_1、102_2及102_3偏轉以使探測光點102_1s、102_2s及102_3s掃描遍及樣本190之表面之區段中的個別掃描區域。回應於初級小射束102_1、102_2及102_3入射於樣本190上之探測光點102_1s、102_2s及102_3s上，電子自樣本190出現且產生三個二次電子束102_1se、102_2se及102_3se。二次

電子束102_1se、102_2se及102_3se中之每一者通常包含二次電子(具有 $\leq 50\text{eV}$ 之電子能量)及反向散射電子(具有介於 50 eV 與初級小射束102_1、102_2及102_3之導降能量之間的電子能量)。束分離器160經組態以使二次電子束102_1se、102_2se及102_3se朝向二次投影系統150偏轉。二次投影系統150隨後將二次電子束102_1se、102_2se及102_3se聚焦至電子偵測器件140之偵測元件140_1、140_2及140_3上。偵測元件140_1、140_2及140_3經配置以偵測對應二次電子束102_1se、102_2se及102_3se且產生對應信號，該等信號經發送至控制器或信號處理系統(圖中未繪示)，例如以建構樣本190之對應經掃描區域的影像。

【0074】在一些實施例中，偵測元件140_1、140_2及140_3分別偵測對應二次電子束102_1se、102_2se及102_3se，且產生對應的強度信號輸出(圖中未繪示)至影像處理系統(圖中未繪示)。在一些實施例中，偵測元件140_1、140_2及140_3中之每一者可包含一或多個像素。偵測元件之強度信號輸出可為由偵測元件內之所有像素產生的信號之總和。

【0075】儘管圖2展示裝置100使用三個初級電子束，但應瞭解，裝置100可使用數目為兩個或多於兩個的初級電子束。本發明並不限制用於裝置100中之初級電子束之數目。

【0076】現在參看圖3，其說明符合本發明之實施例的用於使用時序控制機構來觀測樣本之多束裝置300。在一些實施例中，多束裝置300可為如圖2中所展示之電子束工具100。如圖3中所展示，多束裝置300可包含初級電子源301、經偏轉電子束305_1及305_2、加速空腔310、聚束空腔320、偏轉空腔330、聚光透鏡340、偵測器350、初級投影系統360、束光柵系統370、控制器380及樣本390。

【0077】如圖3中所說明，初級電子源301、加速空腔310、聚束空腔320、偏轉空腔330、聚光透鏡340、初級投影系統360、束光柵系統370及樣本390可與多束裝置300之主光軸302對準。

【0078】初級電子源301可為連續電子源或脈衝電子源。在一些實施例中，多束裝置300之初級電子源301可為電子束工具100之電子源101，其可用以產生連續電子束。在一些實施例中，初級電子源301可為脈衝電子源，其可用以產生脈衝電子束。初級電子源301可以若干方式中之任一者產生帶電粒子脈衝。在一些實施例中，初級電子源301可為雷射誘發脈衝源，諸如使用脈衝雷射以激發發射器中之電子且因而產生電子脈衝的雷射誘發脈衝源。在一些實施例中，初級電子源301可為電壓控制脈衝源，諸如使用脈衝電壓以激發電子且產生電子脈衝的電壓控制脈衝源。在一些實施例中，初級電子源301可包含超導射頻(SCRF)光噴射器、正常傳導射頻(NCRF)光噴射器，或高電壓直流電光發射槍(例如圖2中之電子源101)，接著是RF加速模組光噴射器。另外，初級電子源301可為以上論述組件之任何組合。在一些實施例中，光噴射器可包括光陰極、由射頻(RF)供電或在高電壓下偏壓之電子槍、產生所要脈衝結構之雷射及光學系統、RF源，以及時序及同步系統。

【0079】高量子效率光陰極可能適用於以高平均電流及高亮度束進行之光噴射器驅動電子加速器之操作。在一些實施例中，用於習知NCRF光噴射器之光陰極可包含金屬光陰極，諸如銅(Cu)、鉛(Pb)或鎂(Mg)。NCRF光噴射器可包含低工作因數槍(0.1%)，或高工作因數槍(25%)。用於SCRF光噴射器之光陰極可包含由以下各者製成之半導體光陰極：鹼金屬銻化物、雙鹼金屬銻化物、多鹼金屬銻化物、砷化鎵(GaAs)、氮化鎵

(GaN)、碘化銫(CsI)、碲化銫(Cs₂Te)、CsK₂Sb、Na₂KSb、Cs₃Sb或其類似者。

【0080】在一些實施例中，源頻率，在本文中被定義為施加至光噴射器以產生電子脈衝的RF信號的頻率，可在100 MHz至10 GHz之範圍內。應瞭解，源頻率可為1.3 GHz或3 GHz。

【0081】在一些實施例中，初級電子源301可為脈衝電子源，且加速空腔310可接收由初級電子源301產生之帶電粒子脈衝且使其加速以噴射脈衝初級電子束。在一些實施例中，初級電子源301可為連續電子源，且加速空腔310可接收由初級電子源301產生之帶電粒子串流且使其加速以噴射連續初級電子束。舉例而言，加速空腔310可包含線性粒子加速器，該線性粒子加速器經組態以藉由使所接收電子(例如電子脈衝或連續電子串流)之帶電粒子沿著線性束線經受一系列振盪電位而使其加速至高速度。在諸如加速空腔310之線性加速器中，電子可由於RF電磁波之作用而加速。相對較低能量電子被注入至加速空腔310中且在其沿著結構行進時獲得能量。在一些實施例中，加速空腔310可包括波紋板、隔膜或隔板，從而致使RF波以由波紋板及加速器尺寸所判定之速度行進。在大多數電子線性加速器中，使通常波長為約10 cm(亦即約3 GHz)的極高頻波在與電子相同之方向上沿著加速結構傳播。在一些實施例中，當初級電子源301為脈衝電子源時，在加速空腔310內傳播之RF波可與來自初級電子源301之入射電子脈衝之源頻率匹配。

【0082】在一些實施例中，RF波中之電場分量可作用於注入電子，最初使其形成為聚束，接著使其沿著加速空腔310之結構加速。RF電場之每一循環可增加粒子之能量，使得當其自加速空腔310出來時，效應可與

其由靜態電場加速的效應相同。在一些實施例中，加速空腔310可另外充當透鏡。舉例而言，除了使帶電粒子加速或將其形成為聚束之外，加速空腔亦可使帶電粒子之行進方向轉向，諸如使其會聚至下游組件(例如聚束空腔320)中。

【0083】在一些實施例中，多束裝置300可包含經組態以自加速空腔310接收初級電子束並修改該初級電子束的聚束空腔320 (在本文中亦被稱作RF斬波器系統)。舉例而言，當初級電子源301為脈衝電子源時，聚束空腔320可修改電子脈衝之週期。由加速空腔310產生之電子脈衝可減少(「壓縮」)。舉例而言，電子脈衝可被壓縮至100飛秒(femtosecond, fs)或10兆赫(terahertz, THz)之頻率以允許快速電子束成像。可在適當時使用其他電子脈衝週期或頻率。對於另一實例，當初級電子源301為連續電子源時，聚束空腔320可自所接收之連續初級電子束產生脈衝初級電子束。應注意，當初級電子源301為脈衝電子源時，聚束空腔320在多束裝置300中可為可選的。

【0084】在一些實施例中，當初級電子源301為脈衝電子源時，聚束空腔320之RF斬波器系統可「斬波」脈衝之一分數使得脈衝處於適當重複頻率或其次諧波。儘管圖3說明聚束空腔320被安置在加速空腔310的下游，但應瞭解，聚束空腔320可安置在加速空腔310的上游使得由初級電子源301產生之電子脈衝之週期可經調整以與加速空腔310中之RF波之頻率匹配。在一些實施例中，可在適當時使用一或多個聚束空腔。

【0085】在一些實施例中，當初級電子源301為脈衝電子源時，聚束空腔320可另外充當叢集產生器。亦即，聚束空腔320可將帶電粒子脈衝進一步分組成叢集。每一叢集可包括一或多個連續脈衝使得叢集內距離可

短於叢集間距離。

【0086】在一些實施例中，多束裝置300可包含偏轉空腔330，該偏轉空腔經組態以自聚束空腔320接收電子脈衝束且使束之個別脈衝偏轉至不同方向以形成複數個經偏轉帶電粒子束，諸如經偏轉電子束305_1及305_2。經偏轉電子束305_1及305_2與相似於圖2中之初級小射束102_1、102_2及102_3中之一或多者。如本文所使用之電子束可包含具有一頻率(例如在100 MHz至10 GHz之範圍內)之電子脈衝之群組或「聚束」。偏轉空腔330可包含經組態以導引由聚束空腔320產生之電子脈衝聚束的一或多個束偏轉器。在一些實施例中，偏轉空腔330可自聚束空腔320接收電子脈衝且使個別脈衝偏轉至複數個方向上以形成經偏轉電子束305_1及305_2。應注意，本文中所描述之任何偏轉器(包括偏轉空腔330中之偏轉器)皆可導引帶電粒子(例如電子)以改變其移動方向(經由偏轉)或將其移動方向保持不變。亦即，偏轉器在導引帶電粒子時可能對該等帶電粒子施加「中性」效應。在一些實施例中，本文中所描述之偏轉器(包括偏轉空腔330中之偏轉器)可為RF空腔或除RF空腔之外的實施方案(例如MEMS偏轉器)。

【0087】在一些實施例中，偏轉空腔330可與初級電子源301同步地操作。特定言之，偏轉空腔330可在與源頻率同步之操作頻率下操作，使得操作頻率及源頻率基於以下方程式1相關：

$$v1 = \frac{1}{n}(v2) \quad \text{方程式1}$$

其中 $v1$ 係操作頻率， $v2$ 係源頻率，且 n 係正整數。如本文所使用，源頻率為RF源或初級電子源301之頻率，操作頻率為偏轉空腔330之頻率，且 n 指示待產生之經偏轉帶電粒子束之數目。舉例而言，對於為4 GHz之

源頻率且 $n = 2$ ，偏轉空腔330之操作頻率可為2 GHz。換言之，若源頻率為4 GHz且偏轉空腔330在2 GHz下操作，則偏轉空腔330可產生兩個經偏轉電子束，諸如圖3中所說明之305_1及305_2。經偏轉電子束305_1及305_2中之每一者之頻率可為2 GHz。應瞭解，可視需要產生任何數目個經偏轉電子束。

【0088】在一些實施例中，經偏轉電子束305_1及305_2可偏離主光軸302對稱地偏轉，如圖3中所展示。舉例而言，305_1及305_2可經偏轉使得由305_1之主軸及305_2之主軸對向之角度可為 180° 且主光軸302將該所對向之角度二等分。

【0089】在一些實施例中，根據方程式1，針對為4 GHz之源頻率及為1 GHz之偏轉空腔330之操作頻率，可產生四個經偏轉電子束，其各自具有1 GHz之頻率。換言之，可基於所要經偏轉電子束之數目來選擇偏轉空腔330之操作頻率。每一經偏轉電子束(例如經偏轉電子束305_1及305_2)可在偏轉空腔330下游朝向樣本390行進以在樣本390上產生對應探測光點。

【0090】在一些實施例中，多束裝置300可包含多於一個偏轉空腔。舉例而言，經組態以產生經偏轉電子束之第二偏轉空腔(圖中未繪示)可垂直於偏轉空腔330來安置。在此組態中，由第二偏轉空腔產生之經偏轉電子束所形成的探測光點可垂直於由偏轉空腔330產生之經偏轉電子束(諸如305_1及305_2)所形成的探測光點。此配置可導致形成於樣本390上之探測光點之二維圖案。

【0091】在一些實施例中，樣本390上之探測光點之數目及圖案可藉由但不限於偏轉空腔330內之偏轉器之數目、偏轉空腔之數目、偏轉空腔

330之操作頻率、偏轉器或偏轉空腔之空間配置等來判定。

【0092】在一些實施例中，探測光點之二維圖案可包含正方形矩陣、矩形矩陣、陣列或李沙育圖案。如本文所使用，李沙育圖案或李沙育曲線可被定義為由軸彼此垂直的兩個正弦曲線之交叉點產生之圖案。在一些實施例中，可產生探測光點之一維圖案，例如樣本390上之多個經線性配置之探測光點。

【0093】在一些實施例中，解聚束空腔(未說明)可用以在適當時對電子脈衝解壓縮。一或多個解聚束空腔可用於多束裝置300中以適合於所研究之應用或樣本。

【0094】返回參看圖3，多束裝置300可包含聚光透鏡340。多束裝置300之聚光透鏡340大體上相似於圖2中所說明之電子束工具100的聚光透鏡110。聚光透鏡340可定位於偏轉空腔330的下游且經組態以會聚經偏轉電子束305_1及305_2，使得其在垂直於主光軸302之平面上沿著主光軸302交越。聚光透鏡340可經組態以聚焦經偏轉電子束305_1及305_2中之每一者。應瞭解，聚光透鏡340可經組態以在適當時聚焦及會聚任何數目個經偏轉帶電粒子束。

【0095】多束裝置300可包含偵測器350。在一些實施例中，偵測器350相似於圖2之偵測器件140。偵測器350可經組態以取決於諸如加速電壓、樣本密度等之因素來偵測但不限於二次電子、反向散射電子、透射電子、X射線、歐傑電子等。舉例而言，可自樣本390上之由經偏轉電子束305_1及305_2形成之探測光點產生二次電子。

【0096】在一些實施例中，偵測器350可包含含有用於偵測反向散射電子之p-n接面之固態偵測器，或用於二次電子之埃弗哈特-索恩利偵測

器。二次電子偵測器，諸如埃弗哈特-索恩利偵測器可包括法拉弟籠內部之閃爍體，其帶正電荷且經組態以吸引二次電子。閃爍體可接著用以使電子加速且將其轉換成光信號，之後到達光電倍增器以供放大。偵測器350可以一角度定位以增加二次電子之偵測效率。

【0097】在一些實施例中，多束裝置300可包含初級投影系統360。初級投影系統360，亦被稱作電子光學系統，可包含單透鏡系統或多透鏡系統。圖3之多束裝置300包含單透鏡系統，而圖4之多束裝置400描述多透鏡系統。初級投影系統360可包括圖2之物鏡131。在一些實施例中，初級投影系統360包含可經組態以將每一經偏轉電子束305_1及305_2聚焦至樣本390上之物鏡131。初級投影系統360可包含多於一個物鏡131，如圖4中所說明(稍後描述)。

【0098】為了獲得由帶電粒子束(諸如圖2之初級電子束102)形成之影像的更高解析度，物鏡131可為電磁複合透鏡，其中樣本可浸潤於物鏡131之磁場中。在一些實施例中，物鏡131可包括磁透鏡及靜電透鏡(未說明)。磁透鏡可經組態以相對較低像差聚焦帶電粒子束或多束裝置(諸如圖2之電子束工具100)中之每一初級小射束，以在樣本上產生相對較小探測光點。靜電透鏡可經組態以影響帶電粒子束或每一初級小射束之導降能量，以確保初級帶電粒子以相對較低動能導降於樣本上並以相對較高動能通過裝置。在一些實施例中，物鏡131可經組態為「浸潤透鏡」。結果，樣本可浸潤於靜電透鏡之靜電場 E (靜電浸潤)及磁透鏡之磁場 B (磁浸潤)兩者中。靜電浸潤及磁浸潤可減小物鏡131之像差。隨著靜電場及磁場變得更強，物鏡131之像差可變得更小。然而，應將靜電場 E 限制在安全範圍內以便避免在樣本上放電或電弧放電。歸因於靜電場 E 之場強度的此限

制，進一步增強呈浸潤組態之磁場強度可允許進一步減小物鏡131之像差，且藉此改良影像解析度。

【0099】返回參看圖3，在一些實施例中，經偏轉電子束305_1及305_2可在至少大體上垂直方向上到達樣本390之表面上。然而，磁浸潤可影響導降於樣本390上之所有初級經修改小射束的導降角度。特定言之，磁場B可導致經修改小射束中之每一電子獲得角速度 $\theta^{(1)}$ ，如以下方程式(2)中所展示：

$$r^2\theta^{(1)} = \frac{1}{2} \frac{e}{m} r^2 B + C \quad \text{方程式2}$$

其中C為關於電子之初始角速度之常數、 r 為自物鏡131之光軸之位置移位，且 e 及 m 分別為電子之電荷及質量。為了使電子以垂直方式導降於樣本390上，樣本390上之角速度 $\theta^{(1)}$ 必須為零。

【0100】在一些實施例中，磁透鏡可經組態以在非磁性浸潤模式中操作，且磁場B為零(或大體上為零)或低於樣本390上之預設比率值。若電子沿著經向路徑進入磁場B，則其對應常數C為零且其在樣本390上之角速度 $\theta^{(1)}$ 將為零或大體上為零。物鏡131可在其前焦平面上具有真實的前焦點。當離軸經偏轉電子束305_1及305_2之主射線(或中心射線)沿著一些特定經向路徑進入物鏡131時，該等主射線可通過真實前焦點且離軸經偏轉電子束305_1及305_2可垂直導降於樣本390上。因此，經偏轉電子束305_1及305_2可在前焦平面上重疊在一起且形成以真實前焦點為中心的相對清晰小射束交越。

【0101】在其他實施例中，磁透鏡可經組態以在磁浸潤模式中操作，其中磁場B在樣本390上不為零。因此，若當電子進入磁場B時電子之角速度 $\theta^{(1)}$ 之對應的常數C不為零且遵照方程式(3)中之條件，則該角速度

$\theta^{(1)}$ 在樣本390上可為零(或大體上為零)：

$$C = -\frac{1}{2} \frac{e}{m} r^2 B \quad \text{方程式3}$$

當 C 不等於零時，電子沿偏斜路徑進入磁場 B ，且在進入磁場 B 之前不能穿越主光軸。因此，電子僅在沿著特定偏斜路徑進入磁場 B 時才可垂直地導降於樣本390上，且該電子在通過磁場 B 期間實際上無法與主光軸交叉。因此，物鏡131可具有虛擬前焦點。當離軸經偏轉電子束305_1及305_2之主射線(或中心射線)沿著一些特定偏斜路徑進入物鏡131時，其可實際上通過虛擬前焦點且垂直導降於樣本390上。在此情境下，離軸經偏轉電子束305_1及305_2在物鏡131之主平面上彼此最接近，且每一離軸經偏轉電子束305_1及305_2皆具有自主光軸302之徑向移位。因此，經偏轉電子束305_1及305_2彼此僅部分地重疊於主平面上，且在主平面上形成部分重疊之小射束交越。此外，徑向移位隨著樣本390上之磁場 B 增大而增大。部分重疊小射束交越中之電流密度低於前述清晰小射束交越中之電流密度。因此，磁浸潤模式中之經偏轉電子束305_1與305_2之間的庫侖相互作用效應相對較低，藉此進一步促成探測光點之小的大小。

【0102】在一些實施例中，多束裝置300可包括經組態以使經偏轉電子束305_1及305_2在樣本390上進行掃描之束光柵系統370。束光柵系統370可定位於初級投影系統360的下游，如圖3中所展示。替代地，束光柵系統370可定位於聚光透鏡340與初級投影系統360之間。束光柵系統370可經組態以在適當時使所接收之經偏轉電子束305_1及305_2以預定義圖案光柵化或在樣本390上進行掃描。在一些實施例中，束光柵系統370可與主光軸302對準。

【0103】返回參看圖3，多束裝置300可包含控制器380，該控制器

經組態以使裝置300之相關組件同步，該等組件諸如但不限於：包括加速空腔310、聚束空腔320及偏轉空腔330之RF空腔、包括偵測器350之偵測系統，及束光柵系統370等。在一些實施例中，控制器380可電子地連接至電子束工具100。控制器380可為經組態以執行EBI系統1之各種控制的電腦。舉例而言，控制器380可連接至圖1之EBI系統1之各種部件，諸如源轉換單元120、電子偵測器件140、初級投影系統130或機動載物台109。在一些實施例中，如下文進一步詳細地解釋，控制器380可執行各種影像及信號處理功能。控制器380亦可產生各種控制信號以管控帶電粒子束檢測系統之操作。

【0104】在一些實施例中，控制器380可包括一或多個處理器(圖中未繪示)。處理器可為能夠操控或處理資訊之電子器件。舉例而言，處理器可包括任何數目個中央處理單元(或「CPU」)、圖形處理單元(或「GPU」)、光學處理器、可程式化邏輯控制器、微控制器、微處理器、數位信號處理器、智慧財產(IP)核心、可程式化邏輯陣列(PLA)、可程式化陣列邏輯(PAL)、通用陣列邏輯(GAL)、複合可程式化邏輯器件(CPLD)、場可程式化閘陣列(FPGA)、系統單晶片(SoC)、特殊應用積體電路(ASIC)以及能夠資料處理之任何類型電路的任何組合。處理器亦可為虛擬處理器，其包括橫越經由網路耦接之多個機器或器件而分佈的一或多個處理器。

【0105】在一些實施例中，控制器380可進一步包括一或多個記憶體(圖中未繪示)。記憶體可為能夠儲存可由處理器存取(例如經由匯流排)之程式碼及資料的通用或特定電子器件。舉例而言，記憶體可包括任何數目個隨機存取記憶體(RAM)、唯讀記憶體(ROM)、光碟、磁碟、硬碟機、

固態機、隨身碟、安全數位(SD)卡、記憶棒、緊湊型快閃(CF)卡或任何類型之儲存器件的任何組合。程式碼可包括作業系統(OS)及用於特定任務之一或多個應用程式(或「app」)。記憶體亦可為虛擬記憶體，其包括橫越經由網路耦接之多個機器或器件而分佈的一或多個記憶體。

【0106】在一些實施例中，控制器380可包含影像處理系統，該影像處理系統包括影像獲取器(圖中未繪示)、儲存器(圖中未繪示)。影像獲取器可包含一或多個處理器。舉例而言，影像獲取器可包含電腦、伺服器、大型電腦主機、終端機、個人電腦、任何種類之行動計算器件及其類似者，或其組合。影像獲取器可經由諸如以下各者之媒體以通信方式耦合至偵測器350：電導體、光纖纜線、攜帶型儲存媒體、IR、藍芽、網際網路、無線網路、無線電等，或其組合。在一些實施例中，影像獲取器可自偵測器350接收信號，且可建構一影像。影像獲取器可因此獲取樣本390之影像。影像獲取器亦可執行各種後處理功能，諸如產生輪廓、疊加指示符於所獲取影像上，及其類似者。影像獲取器可經組態以執行所獲取影像之亮度及對比度等的調整。在一些實施例中，儲存器可為諸如以下各者之儲存媒體：硬碟、隨身碟、雲端儲存器、隨機存取記憶體(RAM)、其他類型之電腦可讀記憶體，及其類似者。儲存器可與影像獲取器耦接，且可用於保存經掃描原始影像資料作為原始影像，及後處理影像。

【0107】在一些實施例中，影像獲取器可基於自偵測器350接收之成像信號獲取樣本之一或多個影像。成像信號可對應於用於進行帶電粒子成像之掃描操作。所獲取影像可為包含複數個成像區域之單個影像。單個影像可儲存於儲存器中。單個影像可為可劃分成複數個區之原始影像。該等區中之每一者可包含含有樣本390之特徵的一個成像區域。所獲取影像可

包含按一時間序列取樣多次的樣本390之單一成像區域的多個影像。可將多個影像儲存於儲存器中。在一些實施例中，控制器380可經組態以運用樣本390之同一部位之多個影像來執行影像處理步驟。

【0108】在一些實施例中，控制器380可包括量測電路系統(例如，類比至數位轉換器)以獲得經偵測二次電子的分佈。在偵測時間窗期間所收集之電子分佈資料與入射於晶圓表面上之經偏轉電子束305_1及305_2中的每一者之對應掃描路徑資料組合可用以重建構在檢測中之晶圓結構之影像。經重建構影像可用以顯露樣本390之內部或外部結構的各種特徵，且藉此可用以顯露可能存在於晶圓中的任何缺陷。

【0109】在一些實施例中，可以與將樣本190置放於電子束工具100中相似之方式將樣本390置放於多束裝置300中。舉例而言，控制器380可控制機動載物台(例如圖2之此機動載物台109)以在樣本390之檢測期間移動樣本390。在一些實施例中，控制器380可使得機動載物台109能夠在一方向上以一恆定速度連續地移動樣本390。在其他實施例中，控制器380可使得機動載物台109能夠依據掃描程序之步驟隨時間改變樣本390之移動的速度。

【0110】在一些實施例中，控制器380可經組態以藉由在適當時間觸發初級電子源301且啟動加速空腔310及聚束空腔320來控制注入。又，可使包括但不限於束位置監視器、電流變壓器、剖面監視器等之束診斷組件(未說明)以高精度及精細時間解析度(被定義為「快速定時」)與帶電粒子束之傳遞同步。

【0111】在一些實施例中，控制器380可為時序控制器，其經組態以對控制系統程序進行時戳，諸如但不限於：形成複數個經偏轉帶電粒子

束、偵測包含自探測光點產生之二次電子的多個信號、使經偏轉電子束之形成之量測及時序資訊與信號之偵測相關等。

【0112】在一些實施例中，如圖3中所說明，控制器380可經組態以與加速空腔310、聚束空腔320、偏轉空腔330、偵測器350及束光柵系統370中之每一者通信。在一些實施例中，控制器380可經組態以與其他組件通信且控制其他組件之操作，該等組件諸如，束光學組件、電磁透鏡、束準直儀、樣本載物台、位置監視器等。

【0113】在一些實施例中，控制器380可包括但不限於包含數位及類比電路之定時電路組件、微處理器、資料儲存模組、包括資料埠之通信模組、顯示模組、排序電路等。控制器380亦可與外部電腦或處理器通信。

【0114】現在參看圖4，其說明符合本發明之實施例的使用多透鏡系統之多束裝置400。多束裝置400可包含初級電子源301、經偏轉電子束305_1及305_2、加速空腔310、聚束空腔320、偏轉空腔330、聚光透鏡340、偵測器350、初級投影系統360、束光柵系統370、控制器380及樣本390。多束裝置400可包括束孔徑陣列410，該束孔徑陣列包含複數個孔徑或孔。

【0115】在一些實施例中，如圖4中所展示，束孔徑陣列410可被置放於聚光透鏡340與偵測器350之間。束孔徑陣列410可包含具有均一孔徑之矩陣，舉例而言，束孔徑陣列410之孔徑中之每一者在橫截面、形狀或大小上可為均一的。在一些實施例中，該等孔徑可以線性、圓形、矩形、螺旋形、鋸齒形、蛇形、三角形圖案或其組合來配置。在一些實施例中，束孔徑陣列410內之孔徑在形狀、大小或橫截面上可能不均一。應瞭解，束孔徑陣列410之孔徑可橫越陣列隨機佈置。亦可使用孔徑之其他合適的

佈局及組態。

【0116】在一些實施例中，束孔徑陣列410可包含金屬、陶瓷、塑膠、合金、複合物、半導體，或真空相容且可經處理以形成孔徑的任何合適材料。束孔徑陣列410之孔徑可使用光微影、壓花、超精密雷射加工、射出成形、機械鑽孔等或任何合適的技術來製造。

【0117】在一些實施例中，可預定義束孔徑陣列410之孔徑之圖案，且可將與孔徑圖案相關之資訊，諸如但不限於數目、節距、大小、部位、配置、橫截面等以可擷取方式儲存於控制器380之資料庫或資料儲存模組或其類似者中。

【0118】在一些實施例中，控制器380可經組態以基於孔徑圖案使電子束之定時及偏轉同步。在一些實施例中，亦可基於配置於束孔徑陣列410中之孔徑之數目或節距而調整偏轉空腔330之操作頻率。

【0119】如圖4中所說明，初級投影系統360可包括用於每一經偏轉電子束之複數個物鏡131。每一物鏡131皆可與對應的經偏轉電子束305_1或305_2之主軸對準。此組態可允許獨立聚焦及操控每一經偏轉電子束(例如經偏轉電子束305_1及305_2)。

【0120】圓形透鏡之色像差及球面像差可為限制帶電粒子束系統(諸如圖3之多束裝置300或圖4之多束裝置)中之解析度的主要因素。像散可由未對準引起或由製造容許度之限制引起，且可由電或磁像散校正器補償。然而，與光學件形成對比，色像差及球面像差無法藉由透鏡組合來校正。與圓形透鏡之類型及幾何形狀無關地，球面像差係數及色像差係數總是為正。電子光學圓形透鏡之此基本屬性被稱作施爾澤爾(Scherzer)定理。因此，多束裝置300中之電子束路徑可由極小孔徑隔膜限定。應瞭解，施爾

澤爾定理之有效性或球面像差出現的先決條件為：圓形透鏡、真實影像、靜態場(時間獨立的)，及無空間電荷。

【0121】通常，可使用單色器、電子鏡或充當韋恩濾光器之交叉電及磁四極來獲得色像差校正。對於球面像差修正，有必要破壞旋轉對稱性。此可藉由使用電磁多極透鏡，諸如但不限於偶極、四極、六極、八極等來實現。

【0122】在一些實施例中，多束裝置400可使用時變電場(時間相依的)以操控及聚焦每一經偏轉電子束，因此允許校正球面像差。此可使得能夠使用較大開口角度及較大束電流，從而亦在電子顯微鏡(諸如圖3之多束裝置300)中提供較大視場。

【0123】圖5A說明符合本發明之實施例的用於使用多束裝置300或400觀測樣本之低頻掃描圖案510。低頻掃描圖案510可包含一維圖案或二維圖案。在一些實施例中，二維圖案可包括矩陣、陣列或李沙育圖案(如圖5A中所說明)，或其組合。

【0124】在一些實施例中，如圖5A中所展示之低頻掃描包含以形成兩個正弦曲線之圖案配置的多個探測光點，該兩個正弦曲線之軸相互垂直。包含複數個探測光點之此掃描可適用於樣本(諸如樣本390)之大面積掃描。

【0125】圖5B及圖5C說明符合本發明之實施例的用於使用多束裝置300或400觀測樣本之高頻掃描圖案520及530。儘管高頻掃描圖案520及530係一維的，但亦可使用二維圖案。用於高頻掃描之頻率可藉由調整加速電子脈衝之源頻率、偏轉空腔330之操作頻率或此兩者來調整。

【0126】現在參看圖6A及圖6B，其說明符合本發明之實施例的分別

用於使用多束裝置300或400來觀測樣本之高頻掃描圖案610及低頻掃描圖案620。圖6A說明具有兩個探測點之一維高頻掃描圖案610。圖6B說明對圖6A之高頻掃描圖案610中所展示之探測點中的每一者執行之二維低頻掃描圖案620。

【0127】在一些實施例中，可藉由使用RF斬波器或使用解聚束空腔或其他適當構件改變偏轉空腔330之操作頻率或改變源頻率來調整掃描之頻率。基於要求及應用，可降低、增加掃描頻率或將掃描頻率在低與高之間快速切換。舉例而言，使用者可使用低掃描頻率執行樣本390之大面積掃描以定位晶圓上之所關注目標區或特徵，且在定位該特徵後，可切換至高頻掃描以對經識別特徵進行更深入分析。

【0128】在一些實施例中，舉例而言，使用者可運用較少點執行高頻掃描(例如高頻掃描圖案610)以定位樣本390上之特徵。使用者可添加二維低頻掃描圖案620以局部檢測經識別特徵。在一些實施例中，低頻掃描圖案620可為但不限於蛇形、圓形螺旋、矩形螺旋、同心圓等。

【0129】快速低解析度檢測與目標局域化或高解析度檢測之間的可調諧性、高效束使用率、較高生產率、現有技術之簡單修改及高檢測產出率可為本發明之實施例的一些優點。

【0130】可使用影像操控軟體以產生自李沙育圖案至代表性x-y座標系之影像，該影像被由控制器380所獲得之時序資訊啟用。換言之，時序資訊允許解譯自對應於所研究之樣本390之區的探測光點之李沙育圖案接收到的複數個信號。應瞭解，可使用通常已知且可用的影像操控或影像處理軟體/應用程式。

【0131】圖7為符合本發明之實施例的使用多束裝置(例如圖3之多束

裝置300)來觀測樣本之例示性方法700的程序流程圖。方法700可包括：形成複數個經偏轉帶電粒子束；偵測由該複數個經偏轉帶電粒子束產生之複數個信號；及將與經偏轉帶電粒子束之形成相關之時序資訊與信號相關聯。

【0132】在步驟710中，偏轉空腔(例如圖3之偏轉空腔330) (在本文中亦被稱作偏轉器)可經組態以自包含複數個帶電粒子脈衝之初級帶電粒子束形成複數個經偏轉帶電粒子束。舉例而言，初級帶電粒子束可為圖3中之射出聚束空腔320之脈衝電子束，且經偏轉帶電粒子束可為圖3之經偏轉電子束305_1及305_2。在本發明之內容背景中，如早先所描述，經偏轉帶電粒子束包含帶電粒子脈衝聚束，而非帶電粒子之連續束。帶電粒子脈衝可自初級帶電粒子源(例如圖3之初級電子源301)產生。初級電子源可尤其包含超導射頻光噴射器、正常傳導射頻光噴射器、高電壓直流電光發射槍，接著是RF加速模組光噴射器，或其組合。多束裝置300可包括RF空腔或以雷射觸發為基礎之空腔，包括但不限於加速空腔(例如圖3之加速空腔310)、聚束空腔(例如圖3之聚束空腔320)及偏轉空腔。RF空腔可包括加速空腔、聚束空腔及偏轉空腔中之每一者中的一或多者。

【0133】由偏轉空腔形成之電子束可經特性化為包含具有高頻之電子脈衝「聚束」的束。電子束之電子脈衝之頻率可基於偏轉器之操作頻率及RF供電電子源之源頻率。電子脈衝頻率可在100 MHz至10 GHz之範圍內。

【0134】在一些實施例中，複數個偏轉空腔可用以產生複數個經偏轉電子束。舉例而言，第一及第二偏轉空腔(各自產生兩個經偏轉電子束)可彼此垂直地安置使得四個探測光點之矩形矩陣可形成於樣本390上。應

瞭解，偏轉空腔、其配置及操作頻率之多個組合亦係可能的。

【0135】在步驟720中，偵測器(例如圖3之偵測器350)可經組態以偵測自電子產生之複數個信號，該等電子自由複數個經偏轉電子束形成之複數個探測光點射出。在一些實施例中，回應於初級小射束(例如圖2中之初級小射束102_1、102_2及102_3)入射於樣本(例如圖2中之樣本190)上之複數個探測光點(例如圖2中之探測光點102_1s、102_2s及102_3s)上，電子自樣本射出且形成射出之電子束(例如圖2中之二次電子束102_1se、102_2se及102_3se)。舉例而言，射出電子可包括二次電子、反向散射電子、透射電子、歐傑電子或其類似者。可(例如藉由圖2中之束分離器160)使射出電子束經由二次投影系統(例如圖2中之二次投影系統150)朝向偵測器件(例如圖2中之電子偵測器件140)偏轉。二次投影系統150可將射出束聚焦至偵測器件上。偵測器件可包括一或多個偵測元件(例如圖2中之偵測元件140_1、140_2及140_3)，該一或多個偵測元件可經配置以偵測對應的射出束且產生對應的信號，該等信號被發送至控制器或信號處理系統(圖中未繪示)以建構樣本之對應經掃描區域之影像。

【0136】在步驟730中，控制器(例如圖3之控制器380)可經組態以獲得與複數個經偏轉電子束之經偏轉電子束之形成相關的第一時序資訊。控制器可經組態以與偏轉空腔通信以獲得第一時序資訊。第一時序資訊可包括但不限於：偏轉束之帶電粒子脈衝之偏轉時間或偏轉時間、初級帶電粒子束之帶電粒子脈衝之形成時間、電子束之頻率或週期，或束中之電子脈衝之平均數目等。舉例而言，經偏轉帶電粒子束之帶電粒子脈衝之偏轉時間可包括偏轉器(例如圖2中之偏轉空腔330)將經偏轉帶電粒子束(例如射出聚束空腔320之壓縮束)之帶電粒子脈衝導引至一方向上以形成偏轉束

(例如圖2中之經偏轉電子束305_1)之一部分時的時戳。第一時序資訊亦可包括當(例如由圖3中之聚束空腔320)產生脈衝初級電子束之脈衝時的時戳。若電子源為雷射誘發脈衝源，則第一時序資訊亦可包括當雷射照明脈衝源以增強電子發射時的時戳。對於另一實例，若初級電子束為連續束，則第一時序資訊可包括當RF空腔將該連續束之一部分轉換成電子之脈衝時的時戳。第一時序資訊可由控制偏轉器之控制器獲得。在一些實施例中，可將第一時序資訊以可擷取方式儲存於控制器之資料儲存模組中。應瞭解，步驟730可在步驟710處形成複數個經偏轉帶電粒子束期間或之後發生。

【0137】在步驟740中，控制器可經組態以自由複數個經偏轉電子束形成之複數個探測光點獲得與複數個信號中之信號之偵測相關的第二時序資訊。控制器可經組態以與偵測器通信以獲得包括但不限於信號之偵測時間、電子之能量等之時序資訊。可將與信號之偵測相關的第二時序資訊以可擷取方式儲存於控制器之資料儲存模組中。亦可將第一時序資訊及第二時序資訊儲存於與控制器通信之遠端可接取部位中，諸如伺服器、電腦、處理器、外部記憶體模組等。應瞭解，步驟740可在步驟720處偵測複數個信號期間或之後發生。

【0138】在步驟750中，控制器可經組態以基於所獲得之第一及第二時序資訊將偵測到之信號與對應經偏轉電子束相關聯。與經偏轉電子束之形成及儲存於控制器中之對應信號之偵測相關的時序資訊可使能夠藉由影像操控工具將複數個偵測信號轉換成正研究之樣本390之區的視覺表示，該影像操控工具諸如但不限於影像處理軟體、影像操控應用程式等。

【0139】在一些實施例中，控制器可經組態以經由時序信號獲得時

序資訊。如本文中所提及之時序信號基於產生該信號之組件可為電脈衝、電壓信號、電流信號等，或由控制器之處理器之時脈產生。

【0140】控制器可經進一步組態以使多束裝置之相關組件之時序同步，該等組件包括但不限於初級電子源、加速空腔、偏轉空腔、聚束空腔、偵測器、束光柵系統等。可必須使脈衝注入至加速空腔中、由聚束空腔對電子脈衝之聚束、所形成聚束之偏轉等的時序同步，以實現多束裝置基於RF供電束之高效操作。

【0141】現在參看圖8A至圖8B，其說明符合本發明之實施例的控制帶電粒子進入多束裝置中之交越區域(或「共同區域」)之兩個例示性方法。圖8A展示控制帶電粒子(例如電子)束802、804及806進入物鏡810附近之交越區域808的第一方法。在一些實施例中，物鏡810可為圖2中之物鏡131。圖8A展示作為一實例的作為脈衝束之束802、804及806。在一些實施例中，束802、804及806亦可為連續束，其中電子類似於串流行進。為了易於解釋而不會引起歧義，除非另外指定，否則束802、804及806將在下文中被描述為脈衝束。然而，應注意，與束802、804及806相關之任何描述可等效地適用於脈衝束及連續束。帶電粒子脈衝被展示為沿著束802、804及806之方向之圓點。束802、804及806在交越區域808處彼此交叉。交越區域808為在空間中之位置。在一些實施例中，交越區域808可在物鏡810附近、在物鏡810上或在物鏡810中。如在圖8A中可看到，在給定時間，可存在穿過交越區域808之多於一個束，其中來自不同束之帶電粒子可彼此遇到。亦即，當束802、804及806為脈衝束(如圖8A中所展示)時，有時多於一個帶電粒子脈衝會在交越區域808處或附近交叉。當束802、804及806為連續束(圖中未繪示)時，有時來自束802、804及806中

之至少兩者之電子會在交越區域808處或附近交叉。此可導致顯著庫侖效應。

【0142】庫侖效應可在以下兩個方向上在小射束之間發生：縱向方向(亦即，沿著帶電粒子之行進方向)及橫向方向(亦即，垂直於帶電粒子之行進方向)。在縱向方向上，若同一小射束之帶電粒子過於接近，則可在該等帶電粒子之間發生庫侖效應。舉例而言，若小射束為其中帶電粒子聚束成脈衝的脈衝小射束，則若脈衝過於被壓縮，則可發生縱向庫侖效應。在橫向方向上，若相鄰小射束之帶電粒子過於接近，則可在該等帶電粒子之間發生庫侖效應。舉例而言，若相鄰小射束彼此過於接近，則可發生橫向庫侖效應。縱向庫侖效應可造成相同束帶電粒子之能量變得較不均一，此可進一步造成所產生檢測影像中之色像差。橫向庫侖效應可增大小射束之橫截面大小(例如，歸因於排斥具有相似電荷之帶電粒子)。縱向及橫向庫侖效應兩者可增大樣本上之探測光點之大小且使成像解析度劣化。通常，劣化之主要貢獻來自橫向庫侖效應。

【0143】舉例而言，在一些實施例中，在圖8A中，當多束裝置提供50個束且每一束具有10奈米-安培(nA)之電流時，交越區域808處之庫侖效應可促成樣本(例如矽晶圓)之表面上之光點大小增大12.1奈米(nm)。光點大小可經判定為圍封偵測到之信號之全寬之一部分的信號強度為50%的線(「FW50方法」)。在不具有庫侖效應的情況下，光束點之大小可為10 nm。在具有庫侖效應的情況下，光束點之大小可為15.7 nm。此相當於光點大小增加了約60%。又，在此實例中，與高解析度多束SEM中之束之為0.5至0.7 eV的典型能量散佈相比，交越區域808處之庫侖效應可促成脈衝之能量散佈增加約0.1電子伏特(eV)。此相當於能量散佈增加14%至

20%。歸因於庫侖效應，其可設定此實例中之多束裝置之極限以達成較高成像解析度。

【0144】圖8B說明控制束812、814及816之帶電粒子進入物鏡810附近之交越區域808的另一方法。在束812、814及816中，帶電粒子之脈衝係由諸如(例如)圖3中之加速空腔310或聚束空腔320分組成若干叢集(被展示為三重圓點)。每一叢集可包括一或多個連續脈衝使得叢集內距離可短於叢集間距離。該等叢集按預定時空次序(例如交錯的)釋放使得其可按順序進入交越區域808 (例如逐個地，其中僅一個或零個叢集在任何時間點處於交越區域808中)。舉例而言，在交越區域808附近，來自束812之叢集818可首先進入交越區域808，接著是來自束816之叢集820，且接著是來自束814之叢集822。亦即，同時穿過交越區域808之叢集之數目可受限制。在一些實施例中，在給定時間，至多N個(整數個)叢集可穿過交越區域808。舉例而言，N可為1。在此類狀況下，庫侖效應可顯著降低，尤其是橫向庫侖效應。

【0145】圖9A至圖9B說明符合本發明之實施例的用於叢集帶電粒子之例示性叢集產生器。在一些實施例中，圖9A至圖9B中之叢集產生器可為圖3中之加速空腔310或聚束空腔320。在圖9A中，叢集產生器為叢集空腔902。應注意，叢集產生器可經實施為除空腔之外的形式。在叢集空腔902內部提供動態電場904，該動態電場之方向係由黑色箭頭表示。電場904可具有平行於(例如沿著或逆著)束(例如束812、814或816)之移動方向的方向。亦即，當電場904為非零時，該電場可使帶電粒子加速或減速。在一些實施例中，電場904可週期性地改變。舉例而言，電場904可為正弦的，且其方向可在循環中上下改變。應注意，電場904可以任何適合方

式變化以叢集帶電粒子，且本發明不具有對彼態樣之限制。

【0146】圖9B展示兩個帶電粒子如何由叢集空腔902叢集。在圖9B中，叢集空腔902之豎直區段係沿著在三個時戳 t_1 、 t_2 及 t_3 之時刻表展示。在 t_1 之前，帶電脈衝908及906大致以相同速度朝向叢集空腔902向下移動。帶電脈衝可包括一或多個帶電粒子。在 t_1 時，帶電脈衝906進入叢集空腔902，而帶電脈衝908在叢集空腔902之外部。可提供電場904以使帶電脈衝906減速，此由附接至帶電脈衝906之實線箭頭指示。在 t_2 時，帶電脈衝906以減低之速度射出或將要射出叢集空腔902，且帶電脈衝908進入叢集空腔902。在 t_2 時，可提供電場904以使帶電脈衝908加速(例如藉由在 t_1 時使電場904之方向反向)或不減速(例如藉由設定電場904之零振幅)，此由虛線箭頭指示。藉此，帶電脈衝908可比帶電脈衝906更快速地移動且使其之間的距離接近。在 t_3 時，帶電脈衝906及908兩者射出叢集空腔902，且帶電脈衝908追上帶電脈衝906。亦即，形成帶電脈衝906及908之叢集。

【0147】在一些實施例中，為了確保所形成叢集中之帶電脈衝具有大體上相似的速度，在帶電脈衝908射出叢集空腔902之前，電場904可使帶電脈衝908減速使得當減速停止時，帶電脈衝908不僅追上帶電脈衝906，而且具有與帶電脈衝906大體上相似的速度。

【0148】在一些實施例中，可動態地(例如在循環中改變)提供電場904使得多於兩個帶電粒子可形成叢集。舉例而言，當多個帶電粒子按順序進入叢集空腔902時，電場904可在減速場與中性場(例如具有零振幅)之間交替，藉由該電場，帶電脈衝之間的距離可減低且當其射出叢集空腔902時形成叢集。

【0149】在一些實施例中，叢集產生器(例如叢集空腔902)可接收一個帶電脈衝束(例如束812、814或816)。當叢集產生器之電場之循環變化時，此類循環之頻率可取決於多束裝置之掃描頻率及由多束裝置提供之束之數目。舉例而言，當掃描頻率為10 MHz且所提供束之數目為10時，叢集產生器之電場之頻率可經設定為高於100 MHz (例如設定為大約1 GHz)。

【0150】為了達成如圖8B中所展示之叢集之時空次序，可使用多個叢集產生器以用於叢集多個束。圖10說明符合本發明之實施例的按時空次序釋放帶電粒子叢集的例示性叢集產生器集合。在圖10中，叢集產生器可為與叢集空腔902相似的叢集空腔1002、1004及1006。叢集空腔1002、1004及1006分別接收帶電粒子束1008、1010及1012 (被展示為離散黑色圓點)。叢集空腔1002、1004及1006中之每一者可將其所接收束變成叢集(被展示為三重黑色圓點)且根據時空次序釋放或噴射該等叢集。舉例而言，圖10展示六個時戳t1至t6，其中t1為最早的時戳且t6為最晚的時戳。在一些實施例中，t1至t6之間的時間間隔可相等。在一些實施例中，叢集空腔1002、1004及1006可以交替方式釋放叢集。舉例而言，在t1時，叢集空腔1006釋放叢集。在t2時，叢集空腔1002釋放叢集。在t3時，叢集空腔1004釋放叢集。在t4時，叢集空腔1006釋放叢集。在t5時，叢集空腔1002釋放叢集。在t6時，叢集空腔1004釋放叢集。另外，所釋放叢集之間的縱向距離亦可相等。縱向距離為沿著叢集之移動方向之位置之差。舉例而言，自t1至t6釋放之叢集之間的縱向距離可相等，如由圖10中之圍封每一叢集之等距虛線框所指示。在一些實施例中，時空次序可為如圖10中所展示及描述的所釋放叢集之間的時間及空間關係。

【0151】儘管圖10展示叢集空腔1002、1004及1006定位於一條線上，但應注意，此僅為實例實施例，且叢集空腔之其他位置或空間配置係可能的。舉例而言，其可沿著一線以三角形定位、具有不同的相對縱向距離(例如並非定位於同一平面上)，或在三維空間中具有任何空間組態。亦應注意，叢集空腔之數目可取決於由多束裝置提供之束之數目且並不限於如圖10中所展示之三個。

【0152】在一些實施例中，除了圖9A至圖10之實施之外，亦可使用不同方式將帶電粒子分組成叢集。圖11說明符合本發明之實施例的用於叢集帶電粒子之第一及第二叢集產生器的例示性配置。圖11展示分別作為第一叢集產生器及第二叢集產生器之叢集空腔1102及叢集空腔1104。叢集空腔1102具備動態電場1106。叢集空腔1104具備動態電場1108。在一些實施例中，叢集空腔1102及1104可與圖9A至圖9B中之叢集空腔902相似地實施，且電場1106及1108可與電場904相似地實施。在圖11中，叢集空腔1104可經配置於叢集空腔1102的下游。在一些實施例中，叢集空腔1102及1104可圍繞軸線1110同軸地配置，使得束可沿著其路徑進入及射出該等叢集空腔。叢集空腔1102及1104可具有相同或不同的特徵或組態(例如大小、高度、直徑、幾何結構或其類似者)。舉例而言，電場1106及1108之最大振幅及頻率可相同或不同。

【0153】在圖11中，帶電脈衝1112及帶電脈衝1114可以以下方式被叢集。叢集空腔1102之豎直區段係沿著在三個時戳 t_1 、 t_2 及 t_3 之時刻表展示。叢集空腔1104之豎直區段係沿著在三個時戳 t_4 、 t_5 及 t_6 之時刻表展示，其中 t_4 晚於 t_3 。在 t_1 之前，帶電脈衝1112及1114大致以相同速度朝向叢集空腔1102向下移動。在 t_1 時，帶電脈衝1112進入叢集空腔1102，而帶

電脈衝1114在叢集空腔1102之外部。可提供電場1106以使帶電脈衝1112減速，此由附接至帶電脈衝1112之實線箭頭指示。在 t_2 時，帶電脈衝1112以減低之速度射出或將要射出叢集空腔1102，且帶電脈衝1114進入叢集空腔1102。在 t_2 時，可提供電場1106以使帶電脈衝1114減速或不加速，此由虛線箭頭指示。舉例而言，在 t_2 時，電場1106之方向可與在 t_1 時相同，且其振幅與在 t_1 時相比可較小。藉此，帶電脈衝1114可比帶電脈衝1112更快速地移動且使其之間的距離接近。在 t_3 時，帶電脈衝1112及1114兩者射出叢集空腔1102，且帶電脈衝1114追上帶電脈衝1112。亦即，形成帶電脈衝1112及1114之叢集。

【0154】在一些實施例中，在 t_3 時，帶電脈衝1114之速度仍可高於帶電脈衝1112之速度，且所形成叢集可在一定時間量之後再次分散。在彼等狀況下，叢集之能量散佈(例如縱向能量散佈)可增大。為了減小能量散佈，叢集空腔1104可用以在形成叢集之後使帶電脈衝1112及1114之速度相等。在一些實施例中，叢集空腔1104可經配置為處於一位置使得在 t_4 之前(當叢集到達叢集空腔1104時)，第二帶電脈衝1114已沿著叢集之路徑超越帶電脈衝1112。在 t_4 時，帶電脈衝1114進入叢集空腔1104，而帶電脈衝1112在叢集空腔1104之外部。可提供電場1108以使帶電脈衝1114減速，此由附接至帶電脈衝1114之虛線箭頭指示。在 t_5 時，帶電脈衝1114以減低之速度射出或將要射出叢集空腔1104，且帶電脈衝1112進入叢集空腔1104。在 t_5 時，可提供電場1108以使帶電脈衝1112減速或不加速，此由實線箭頭指示。舉例而言，在 t_5 時，電場1108之方向可與在 t_4 時相同，且其振幅與在 t_4 時相比可較小。藉此，帶電脈衝1112可比帶電脈衝1114更快速地移動使得其之間的距離變得接近，且當電場1108停止使帶電脈衝1112

減速時，其速度變得大體上相似。在 t_6 時，帶電脈衝1112及1114兩者射出叢集空腔1104，且帶電脈衝1114不僅追上帶電脈衝1112，而且具有與帶電脈衝1112大體上相似的速度。亦即，形成具有大體上相似速度的帶電脈衝1112及1114之叢集。當帶電脈衝之間的相對速度為零或在預定百分比(例如1%、3%、5%、10%或任何合理百分比)內時，叢集中之帶電脈衝可被視為具有大體上相似的速度。

【0155】在一些實施例中，可動態地(例如在循環中改變)提供電場1106及1108使得多於兩個帶電粒子可形成叢集。舉例而言，當多個帶電粒子按順序進入第一叢集空腔1102及第二叢集空腔1104時，電場1106及1108可在減速場與中性場(例如具有零振幅)之間交替，藉由該等電場，帶電脈衝之間的距離可減低且當其射出第一叢集空腔1102及第二叢集空腔1104時形成叢集。電場1106及1108之頻率可取決於多束裝置之掃描頻率及由多束裝置提供之束之數目。應注意，電場1106及1108亦可具有其他實施方案，諸如施加加速場以使叢集空腔1102中之帶電脈衝1114加速或使第二叢集空腔1104中之帶電脈衝1112加速，與叢集空腔902相似。只要所產生叢集之帶電脈衝之速度可經調整為大體上相似，本發明就有限於彼態樣。

【0156】在一些實施例中，雜散帶電粒子可存在於所形成叢集附近，此情形可增大叢集之能量散佈(例如橫向能量散佈)。雜散帶電粒子為並未由叢集產生器叢集的帶電粒子。在一些實施例中，濾波系統可用以移除或減少雜散帶電粒子。

【0157】圖12說明符合本發明之實施例的叢集產生器1202及用於減少雜散帶電粒子之濾波系統的例示性配置。叢集產生器1202可與圖9A至

圖11中之叢集空腔902、1002、1004及1006或1102及1104相似地實施。叢集產生器1202可具備動態電場1204以用於叢集帶電粒子。電場1204可與電場904、1106或1108相似地實施。叢集產生器1202可接收帶電粒子束且產生叢集1206，由叢集產生器1202下游的圓點所指示。雜散帶電粒子1208可存在於所產生之叢集周圍，由灰階帶指示。

【0158】濾波系統可包括配置於叢集產生器1202下游的濾波器空腔1210。在一些實施例中，叢集產生器1202及濾波器空腔1210可圍繞叢集1206之路徑同軸地配置。濾波器空腔1210可具備動態電磁場1212以使雜散帶電粒子1208偏轉。「電磁場」可包括純電場、純磁場或電場及磁場之組合。電磁場1212可經組態為不影響叢集1206之移動方向。在一些實施例中，電磁場1212可為動態電場、動態磁場或其組合。舉例而言，電磁場1212可經組態成使得當叢集進入濾波器空腔1210時，該叢集之移動方向可保持不變(例如藉由設定電磁場1212之零振幅)。當雜散帶電粒子1208進入濾波器空腔1210時，電磁場1212可經設定為非零且使雜散帶電粒子1208之移動方向偏轉。舉例而言，如圖12中所展示，叢集1206可沿著下游方向移動，而在通過濾波器空腔1210時不受到電磁場1212影響。然而，雜散帶電粒子1208在通過濾波器空腔1210時可藉由電磁場1212向左或向右偏轉，且可由濾波器空腔1210之壁阻擋或吸收。

【0159】在一些實施例中，電磁場1212之方向可垂直於叢集1206之移動方向改變。舉例而言，電磁場1212可為動態電場，其方向垂直於叢集1206之移動方向改變。對於另一實例，電磁場1212可為動態磁場，其方向垂直於叢集之移動方向改變。在一些實施例中，電磁場1212之頻率可取決於叢集1206之間的距離、叢集產生器1202之頻率(其另外取決於多

束裝置之掃描頻率及由多束裝置提供之束之數目)、電磁場1212之強度或振幅、叢集1206及雜散帶電粒子1208之速度、雜散帶電粒子1208之數目或密度或其類似者。

【0160】在一些實施例中，為了進一步移除經偏轉帶電粒子1208，濾波系統可進一步包括濾波器空腔1210下游的孔徑板1214。在一些實施例中，孔徑板1214可包括在叢集1206之路徑上之孔徑1216。叢集產生器1202、濾波器空腔1210及孔徑1216可圍繞叢集1206之路徑同軸地配置。孔徑1216可具有大小S使得允許叢集1206通過且阻擋雜散帶電粒子1208中之全部或大多數。如圖12中所展示，經偏轉雜散帶電粒子1208係由孔徑板1214阻擋，且叢集1206可通過孔徑1216。藉此，可顯著減少叢集1206之橫向能量散佈。在一些實施例中，藉由應用濾波系統，由叢集產生器(例如叢集產生器1202)引入之叢集之能量散佈可減少至約0.1 eV。

【0161】應注意，可修改、組合或重新配置圖10至圖12中之實施例使得其元件可以任何方式組合以用於實際應用。舉例而言，額外叢集空腔(例如圖11中之空腔1104)可分別配置於叢集空腔(例如圖10中之叢集空腔1002、1004及1006)下游。對於另一實例，濾波系統(例如包括濾波器空腔1210及孔徑板1214中之至少一者)可分別配置於圖10中之叢集空腔1002、1004及1006或圖11中之叢集空腔1104的下游。對於另一實例，濾波器空腔1210可配置於叢集空腔1102與叢集空腔1104之間，且孔徑板1214可配置於圖11中之叢集空腔1104的下游。其他變化及修改亦係可能的，且本發明不限於彼態樣。

【0162】圖13為展示符合本發明之實施例的減少多束裝置之帶電粒子束中之帶電粒子相互作用的例示性方法1300的流程圖。方法1300可由

可與帶電粒子束裝置(例如EBI系統1)耦接之控制器來執行。舉例而言，控制器可為圖3至圖4中之控制器380。控制器可經程式化以實施方法1300。

【0163】在步驟1302處，第一叢集空腔接收第一帶電粒子集合以形成第一帶電粒子叢集。在步驟1304處，第二叢集空腔接收第二帶電粒子集合以形成第二帶電粒子叢集。在一些實施例中，第一帶電粒子集合及第二帶電粒子集合可為帶電粒子脈衝。在一些實施例中，第一帶電粒子集合及第二帶電粒子集合可為連續帶電粒子串流。

【0164】在一些實施例中，第一叢集空腔可具備第一動態電場，且第二叢集空腔可具備第二動態電場。在一些實施例中，第一叢集空腔可為圖10中之叢集空腔1002、1004及1006中之一者(例如叢集空腔1002)，且第一束可為束1008、1010及1012之對應的束(例如束1008)。第二叢集空腔可為圖10中之叢集空腔1002、1004及1006中之另一者(例如叢集空腔1004)，且第二束可為束1008、1010及1012之對應的束(例如束1010)。

【0165】在一些實施例中，控制器可控制第一動態電場之方向以平行於第一束之方向改變，且控制第二動態電場之方向以平行於第二束之方向改變。舉例而言，第一及第二動態電場可在如在圖9A至圖9B中所展示並描述的方向上改變。在一些實施例中，控制器可控制第一動態電場之方向或第二動態電場之方向中的至少一者以在第一循環中改變。舉例而言，可週期性地改變第一動態電場之方向、第二動態電場之方向或此兩者。在一些實施例中，可基於多束裝置之掃描頻率或束之數目中之至少一者來判定第一循環。

【0166】仍參看圖13，在步驟1304處，第一叢集空腔使用第一束中之至少兩個帶電粒子以及至少第一動態電場來形成第一帶電粒子叢集，且

第二叢集空腔使用第二束中之至少兩個帶電粒子以及至少第二動態電場來形成第二帶電粒子叢集。在一些實施例中，第一叢集可為圖10中之 t_2 時之經釋放叢集，且第二叢集可為圖10中之 t_3 時之經釋放叢集。第一及第二叢集可以如圖9A至圖12中所展示並描述之方式形成。

【0167】在一些實施例中，至少兩個帶電粒子可包括第一帶電粒子(例如圖9B中之帶電粒子906)及第二帶電粒子(例如圖9B中之帶電粒子908)。控制器可使第一動態電場(例如圖9B中之電場904)在第二帶電粒子進入第一叢集空腔之前使第一帶電粒子減速(例如如在圖9B中之 t_1 時發生之情形)。當第二帶電粒子進入第一叢集空腔時，控制器可控制第一動態電場以使第二帶電粒子比第一帶電粒子更快速地移動。舉例而言，控制器可控制第一動態電場以使第二帶電粒子加速，如在圖9B中之 t_2 時發生之情形。對於另一實例，控制器可諸如藉由將第一動態電場之振幅設定為零來控制第一動態電場既不使第二帶電粒子加速亦不使第二帶電粒子減速。對於另一實例，控制器可控制第一動態電場以比使第一帶電粒子減速之程度更小的程度使第二帶電粒子減速，如在圖11中之 t_2 時所發生之情形。

【0168】在一些實施例中，為了減少所形成叢集之能量散佈，可使用額外叢集空腔以使叢集中之帶電粒子之移動速度均一化。舉例而言，可根據圖11中所展示並描述之方式使同一叢集之帶電粒子之移動速度均一化。在一些實施例中，當形成第一叢集時，控制器可接收第一叢集空腔(例如圖11中之叢集空腔1102)下游的第三叢集空腔(例如圖11中之叢集空腔1104)中之第一叢集。第一叢集可由第一叢集空腔形成。控制器可使用第三叢集空腔中之第三動態電場(例如圖11中之電場1108)使第一帶電粒子(例如圖11中之帶電粒子1112)及第二帶電粒子(例如圖11中之帶電粒子

1114)以大體上相似速度(例如相等速度或在預定範圍內之不同速度)移動，如在圖11中所展示並描述之 t_4 至 t_6 時所發生之情形。舉例而言，控制器可使第三動態電場使第二帶電粒子(例如帶電粒子1114)減速從而以大體上相似速度移動，如在圖11中之 t_4 時所發生之情形。在一些實施例中，控制器可協調第三動態電場及第一動態電場改變。舉例而言，控制器可控制第三動態電場(例如圖11中之電場1108)之方向以平行於第一束之方向(例如沿著圖11中之軸線1110之下游方向)改變。在一些實施例中，控制器可在第二循環中改變第三動態電場之方向。舉例而言，第二循環(例如電場1108之循環)可不同於或相同於第一循環(例如電場1106之循環)，如圖11中所展示並描述。在一些實施例中，控制器可基於多束裝置之掃描頻率、束之數目或第一循環中之至少一者來判定第二循環。應注意，第一叢集中之帶電粒子之移動速度的均一化途徑亦適用於第二叢集以用於均一化第二叢集中之帶電粒子之移動速度。

【0169】在一些實施例中，為了減少所形成叢集之能量散佈，可使用濾波系統以移除或減少叢集附近之雜散帶電粒子。舉例而言，可根據如圖12中所展示並描述之方式來移除或減少雜散帶電粒子。在一些實施例中，第一叢集空腔(例如叢集產生器1202)下游的濾波器空腔(例如濾波器空腔1210)可接收叢集(例如叢集1206中之一者)及第一雜散帶電粒子(例如雜散帶電粒子1208中之一者)。濾波器空腔中之動態電磁場(例如電磁場1212)可對第一雜散帶電粒子進行濾波。在一些實施例中，動態電磁場可包括第三動態電場或動態磁場中之至少一者。第三動態電場可不同於第一及第二動態電場(例如分別為電場1106及1108)。在一些實施例中，控制器可使動態電磁場(例如電磁場1212)之方向垂直於第一束之方向改變。舉例

而言，為了對第一雜散帶電粒子進行濾波，當第一叢集在濾波器空腔中時(例如當叢集通過濾波器空腔時)，控制器可諸如藉由將動態電磁場之振幅設定為零而使該動態電磁場並不導引該叢集。當叢集不在濾波器空腔中時(例如在叢集進入濾波器空腔之前或在叢集射出濾波器空腔之後)，控制器可使動態電磁場將第一雜散帶電粒子導引遠離第一束之方向，如圖12中所展示並描述。在一些實施例中，控制器可協調動態電磁場(例如電磁場1212)及第一動態電場(例如電場1204)改變。舉例而言，控制器可在第三循環中改變動態電磁場之方向。第三循環可不同於或相同於第一及第二循環。在一些實施例中，控制器可基於多束裝置之掃描頻率、束之數目、第一循環或第二循環中之至少一者來判定第三循環。

【0170】在一些實施例中，為了進一步減少所形成叢集之能量散佈，濾波系統可進一步包括用以移除更多雜散帶電粒子之孔徑板。舉例而言，如圖12中所展示並描述，在濾波器空腔(例如濾波器空腔1210)下游的具有孔徑(例如孔徑1216)之孔徑板(例如孔徑板1214)可對第二雜散帶電粒子進行濾波。第二雜散帶電粒子可不同於第一雜散帶電粒子。在一些實施例中，濾波器空腔及孔徑板可在第三叢集空腔的上游或下游。舉例而言，濾波器空腔(例如濾波器空腔1210)及孔徑板(例如孔徑板1214)可經定位於第一叢集空腔(例如圖11中之叢集空腔1102)與第三叢集空腔(例如圖11中之叢集空腔1104)之間。對於另一實例，濾波器空腔(例如濾波器空腔1210)及孔徑板(例如孔徑板1214)兩者可經定位於第三叢集空腔(例如圖11中之叢集空腔1104)的下游。在一些實施例中，第三叢集空腔可在濾波器空腔與孔徑板之間。舉例而言，第三叢集空腔(例如圖11中之叢集空腔1104)可定位於濾波器空腔(例如濾波器空腔1210)的下游及孔徑板(例如孔

徑板1214)的上游。應注意，用於雜散帶電粒子(例如第一及第二雜散帶電粒子)之濾波途徑亦適用於第二叢集以用於移除或減少第二叢集中之雜散帶電粒子。

【0171】仍參看圖13，在步驟1306處，控制器使第一叢集及第二叢集按預定時空次序通過下游位置。下游位置可為交越區域(例如圖8A至圖8B中之交越區域808)。在一些實施例中，交越區域可經判定為可達成物鏡(例如圖8A至圖8B中之物鏡810)之小(例如在條件約束內儘可能小)像差的位置。舉例而言，控制器可控制第一及第二叢集空腔以按預定時空次序釋放第一及第二叢集。在一些實施例中，預定時空次序可包括第一叢集及第二叢集按順序通過下游位置。在一些實施例中，預定時空次序可為第一叢集及第二叢集中之至多一者在任何時間皆通過下游位置。在一些實施例中，下游位置可在多束裝置中之物鏡附近或在該物鏡中。舉例而言，下游位置可為圖8A至圖8B中之物鏡810附近的交越區域808。在一些實施例中，下游位置在其位於物鏡外部大約數毫米(例如小於或等於20毫米)時可被視為在物鏡「附近」。

【0172】在一些實施例中，在步驟1302至1304處，複數個叢集空腔可在每一叢集空腔中接收各別帶電粒子集合以形成複數個束，且每一束可包括帶電粒子之叢集。另外，在步驟1306處，控制器可使複數個束之叢集按預定時空次序通過下游位置。此外，在一些狀況下，步驟1306處之預定時空次序可為複數個束之叢集按非重疊順序通過下游位置。舉例而言，預定時空次序可為複數個束之叢集中之至多一者在任何時間皆通過下游位置。

【0173】在一些實施例中，控制器可協調第一動態電場及第二動態

電場改變。舉例而言，控制器可協調叢集空腔1002之電場及叢集空腔1004之電場改變，使得在 t_2 時釋放之第一叢集及在 t_3 時釋放之第二叢集可呈圖10中所展示之時空次序。在一些實施例中，控制器可使第一叢集射出第一叢集空腔且第二叢集射出第二叢集空腔，其以交替方式進行，且該第一叢集及該第二叢集以交替方式通過下游位置。舉例而言，如圖10中所展示並描述，第一叢集在 t_2 時射出第一叢集空腔(例如叢集空腔1002)，之後第二叢集在 t_3 時射出第二叢集空腔(例如叢集空腔1104)，其以交替方式進行。亦即，第一及第二叢集空腔可按順序(例如逐個地)釋放第一及第二叢集。第一叢集及第二叢集可以相同交替方式通過下游位置(例如圖8B中之交越區域808)。亦即，若當射出第一及第二叢集空腔時第二叢集在第一叢集之後，則當通過下游位置時第二叢集亦將在第一叢集之後。

【0174】現在參看圖14。圖14說明符合本發明之實施例的用於提供多個帶電粒子束之例示性多束裝置1400。在圖14中，帶電粒子源1402、1404及1406經組態以產生帶電粒子(例如電子)之脈衝聚束，從而形成束1414、1416及1418。在一些實施例中，束1414、1416及1418可為脈衝的，諸如圖8A中之束802、804及806。在一些實施例中，束1414、1416及1418可為叢集的，諸如圖8B中之束812、814及816。每一束由圖11中具有不同陰影之圓圈指示。在一些實施例中，帶電粒子源1402、1404及1406中之每一者可為圖2中之初級電子源101或圖3至圖4中之初級電子源301。帶電粒子源1402、1404及1406可分別與偏轉器1408、1410及1412匹配。偏轉器1408、1410及1412可使束1414、1416及1418偏轉以在其接近帶電粒子加速器1420時使其會聚。

【0175】帶電粒子加速器1420 (例如圖3至圖4中之加速空腔310)接

收束1414、1416及1418且使帶電粒子加速以增加其能量，且使其朝向束集光器1422噴射。在一些實施例中，束集光器1422可充當圖3至圖4中之加速空腔310、聚束空腔320及偏轉空腔330之組合，從而能夠使帶電粒子束(例如束1414、1416及1418)加速且使每一束朝向束集光器1422會聚。束集光器1422可包括與包括偏轉器1424、1426及1428之偏轉空腔330相似地實施之多個偏轉器(例如射頻空腔或MEMS偏轉器)。在一些實施例中，偏轉器可經配置以形成陣列。在一些實施例中，每一偏轉器可接收束且以射出束集光器1422之束變得再次平行之方式偏轉束。舉例而言，在圖14中，偏轉器1424、1426及1428可分別接收及偏轉束1414、1416及1418，但應瞭解，多束裝置1400之光軸上之偏轉器(例如偏轉器1426)可能不執行任何偏轉。在一些實施例中，偏轉器可接收多於一個束。在一些實施例中，偏轉器1424、1426及1428可為MEMS偏轉器。在一些實施例中，偏轉器1424、1426及1428可為具備動態電場之電空腔(例如RF空腔)。舉例而言，動態電場可與圖12中之垂直於束之移動方向改變的電磁場1212相似。動態電場可改變束1414、1416及1418之偏轉角。束1414、1416及1418在由投影透鏡1432投影之後可最終到達樣本1436之表面。

【0176】 偏轉器1424、1426及1428可使束1414、1416及1418偏轉使得來自偏轉器1424、1426及1428之射出束1414、1416及1418可平行，且其之間的距離可短於帶電粒子源1402、1404及1406之間的距離。舉例而言，如圖14中所展示，帶電粒子源1402、1404及1406之間的距離大於射出偏轉器1424、1426及1428的束1414、1416及1418之間的距離。此設計可將更多帶電粒子源整合至多束裝置中以提供更多束以適應成像產出率及亮度之增加之需求，又避免了用於孔徑板(充當光束分裂器)之電佈線的

複雜設計問題，此係因為可不使用孔徑板(用偏轉器替換)，且避免了增加電崩潰之風險的問題，此係因為帶電粒子源之電佈線現在在之間具有較大的距離。

【0177】又，偏轉器1424、1426及1428可按預定時空次序釋放束1414、1416及1418以減小庫侖效應。舉例而言，偏轉器1424、1426及1428可以交替方式(例如逐個地)釋放脈衝或叢集，使得脈衝或叢集可按順序(例如一次一個地)射出偏轉器1424、1426及1428。預定時空次序可呈如圖10中所展示並描述之方式。束1414、1416及1418可在投影透鏡1432附近之交越區域1434向下游會聚。交越區域1434可與圖8A至圖8B中之交越區域808相似。投影透鏡1432可與圖8A至圖8B中之物鏡810相似。舉例而言，控制器(例如圖3至圖4中之控制器380)可協調偏轉器1424、1426及1428 (例如RF空腔或MEMS偏轉器)且判定偏轉器1424、1426及1428中之一者以使束朝向交越區域1434偏轉。控制器可控制偏轉器1424、1426及1428以按順序釋放脈衝或叢集(例如一次釋放一個脈衝或叢集)，且脈衝或叢集可按順序通過交越區域1434 (例如逐個地，其中在任何時間點在交越區域1434中僅具有一個叢集或零叢集)。如圖14中所展示，在射出偏轉器1424、1426及1428之後束1414、1416及1418之間的距離與在進入加速器1420之前其之間的距離相比更集中，其中更集中之束可促成束之較高亮度及多束裝置1400之較高產出率。又，藉由使束1414、1416及1418偏轉使得束1414、1416及1418之脈衝或叢集按順序(例如逐個地)通過交越區域1434，庫侖效應可得以顯著減小，此係因為至多一個脈衝或叢集通過交越區域1434。

【0178】在一些實施例中，偏轉器1424、1426及1428可自平板或模

組產生。舉例而言，偏轉器1424、1426及1428可作為平板或模組上之空腔而產生。電源供應器可連接至偏轉器1424、1426及1428以用於在每一偏轉器中提供動態電場。舉例而言，可將AC電壓提供至束集光器1422中之偏轉器中之每一者。動態電場可循環地變化，諸如正弦地變化。在一些實施例中，循環可取決於束集光器1422之對稱性、偏轉器之對稱性，或偏轉器之材料選擇。儘管偏轉器1424、1426及1428在圖14中被展示為等距的且置放於一條線上，但應注意，可在三維空間中之任何位置組態任何數目個偏轉器。舉例而言，若存在四個帶電粒子源，則四個偏轉器可經配置於束集光器1422中。對於另一實例，偏轉器可經置放於不同平面處(亦即，其沿著束之方向處於不同的縱向距離處)。

【0179】 在一些實施例中，束集光器1422可進一步包括用於叢集束1414、1416及1418之叢集產生器(圖14中未繪示)。舉例而言，叢集產生器可為與圖10中之叢集空腔1002、1004及1006相似地實施之單獨組件。叢集產生器可配置於偏轉器1424、1426及1428的上游或下游。亦即，束可在經偏轉之前叢集或在經叢集之前偏轉。在一些實施例中，叢集產生器及偏轉器(例如偏轉器1424、1426及1428中之一者)可經實施為單一組件，諸如具備兩個不同動態電場(例如，用於叢集之縱向動態電場及用於偏轉之橫向動態電場)之單一電空腔，其中該單個組件可產生叢集且使其偏轉至不同路徑中以形成叢集之不同束，從而有效地使多個束離開單一組件。在一些實施例中，束及其路徑之數目可取決於偏轉器(例如偏轉器1424、1426及1428)或叢集產生器中之至少一者之參數(例如頻率)。

【0180】 在一些實施例中，加速器1420對於多束裝置1400可為可選的。在一些實施例中，可切換帶電粒子加速器1420與偏轉器及集光器

1422之相對位置。亦即，叢集可在被加速之前形成。

【0181】在一些實施例中，孔徑陣列1430可配置於束集光器1422下游以用於對束1414、1416及1418進一步濾波(例如藉由以與圖12中之孔徑板1214相似之方式移除雜散帶電粒子)，藉由該孔徑陣列可減小成像像差。在一些實施例中，孔徑陣列1430可為MEMS孔徑陣列。在一些實施例中，孔徑陣列1430對於多束裝置1400可為可選的(亦即，可省略)。

【0182】藉由使用與多個偏轉器匹配之多個帶電粒子源，多束裝置1400可提供較高數目個束、較高產出率、可擴展亮度(例如藉由視需要添加或減少帶電粒子源)、有限庫侖效應、較低電崩潰風險，及建置系統之較小複雜度及成本。

【0183】圖15為展示符合本發明之實施例的在多束裝置中提供多個帶電粒子束之例示性方法1500的流程圖。方法1500可由可與帶電粒子束裝置(例如多束裝置1400)耦接之控制器來執行。舉例而言，控制器可為圖3至圖4中之控制器380。控制器可經程式化以實施方法1500。

【0184】在步驟1502處，至少一個偏轉器系統自第一帶電粒子源接收脈衝帶電粒子之第一束且自第二帶電粒子源接收脈衝帶電粒子之第二束。舉例而言，該至少一個偏轉器系統可為圖14中之偏轉器1424、1426及1428中之一或多者。舉例而言，第一及第二帶電粒子源可分別為帶電粒子源1402及1404。第一及第二束可分別為例如束1414及1416。在一些實施例中，至少一個偏轉器系統可包括射頻空腔偏轉器。舉例而言，至少一個偏轉器系統可包括圖3至圖4中之偏轉空腔330。

【0185】在一些實施例中，第一帶電粒子源及第二帶電粒子源可為帶電粒子脈衝產生器。舉例而言，脈衝產生器可包括帶電粒子發射器及脈

衝雷射產生器。當第一帶電粒子源及第二帶電粒子源為帶電粒子脈衝產生器時，第一束及第二束可為脈衝帶電粒子束。在一些實施例中，第一束及第二束可諸如以圖8B至圖13中所展示並描述之方式來叢集。在彼等實施例中，第一束及第二束可為在進入至少一個偏轉器系統之前的叢集帶電粒子束。

【0186】在一些實施例中，至少一個偏轉器系統可包括多個偏轉器，且每一偏轉器可接收一個帶電粒子束。舉例而言，至少一個偏轉器系統可包括第一偏轉器(例如偏轉器1424)及第二偏轉器(例如偏轉器1426)且可在第一偏轉器中接收第一束(例如束1414)且在第二偏轉器中接收第二束(例如束1416)。在一些實施例中，若偏轉器足夠快速地回應，則其可使來自不同帶電粒子源之束偏轉。在一些實施例中，至少一個偏轉器系統可包括一或多個偏轉器，且每一偏轉器可接收一或多個帶電粒子束。舉例而言，至少一個偏轉器系統可包括單個偏轉器，且該單個偏轉器可接收第一束及第二束。

【0187】至少一個偏轉器系統可以任何適合方式配置於三維空間中以使束偏轉。舉例而言，當至少一個偏轉器系統包括第一偏轉器及第二偏轉器時，第一偏轉器及第二偏轉器可配置於同一平面上。該平面可垂直於束在進入第一偏轉器及第二偏轉器之前的路徑，諸如圖14中所展示並描述。對於另一實例，當至少一個偏轉器系統包括第一偏轉器及第二偏轉器時，第一偏轉器及第二偏轉器可配置於不同平面上。

【0188】仍參看圖15，在步驟1504處，至少一個偏轉器系統按預定時空次序使第一束及第二束偏轉。第一束及第二束交替地(例如按順序)通過下游位置。在一些實施例中，下游位置可為圖14中之交越區域1434。

舉例而言，至少一個偏轉器系統可以如圖14中所展示並描述之方式使第一束及第二束偏轉。

【0189】在一些實施例中，預定時空次序可包括在釋放第一束及第二束之後第一束與第二束之間的距離減小。舉例而言，如圖14中所展示，第一束及第二束可分別為束1414及1416，且在束1414與1416分別進入偏轉器1424及1426之前在其之間的距離大於在其分別射出偏轉器1424及1426之後在其之間的距離。在一些實施例中，預定時空次序可包括：在釋放第一束及第二束之後第一束及第二束係平行的。舉例而言，如圖14中所展示，第一束及第二束可分別為束1414及1416，其在分別射出偏轉器1424及1426之後係平行的。

【0190】在一些實施例中，至少一個偏轉器系統可按順序自第一束及第二束釋放脈衝或叢集。舉例而言，如圖14中所展示，偏轉器1424及1426可按順序釋放束1414及1416之脈衝或叢集，其中偏轉器1424首先釋放束1414之脈衝或叢集(如由偏轉器1424下游的緻密點線圓指示)，且偏轉器1426其次釋放束1416之脈衝或叢集(如由偏轉器1426下游的稀疏點線圓指示)。在一些實施例中，至少一個偏轉器系統可在給定時間釋放至多一個脈衝或叢集。亦即，可逐個地釋放不同束之脈衝或叢集。在一些實施例中，至少一個偏轉器系統可在第一方向上導引第一束且在第二方向上導引第二束。舉例而言，如圖14中所展示，偏轉器1424可使束1414在第一方向上偏轉(由在進入偏轉器1424之前及在射出偏轉器1424之後束1414之方向之間的大角度所指示)，且偏轉器1426可使束1416在第二方向上偏轉(由在進入偏轉器1426之前及在射出偏轉器1426之後束1416之方向之間的大體上零角度所指示)。

【0191】在一些實施例中，在釋放第一束及第二束之後，至少一個偏轉器系統下游的孔徑板(例如提供孔徑陣列1430之孔徑板)可接收該第一束及該第二束。孔徑板可包括第一孔徑及第二孔徑。第一孔徑可接收第一束，且第二孔徑可接收第二束。

【0192】在一些實施例中，至少一個偏轉器系統可能不僅使所接收束偏轉，而且將其叢集成叢集束。舉例而言，至少一個偏轉器系統除了具備偏轉電場(例如圖12中之電磁場1212)以外亦可具備叢集電場(例如圖9至圖12中之電場904、1106、1108或1204)，且所接收束在經偏轉時可經叢集。舉例而言，至少一個偏轉器系統可使用第一束形成帶電粒子之第一叢集且使用第二束形成帶電粒子之第二叢集。至少一個偏轉器系統可接著按預定時空次序釋放該第一叢集及該第二叢集。在一些實施例中，至少一個偏轉器系統可按順序釋放第一叢集及第二叢集，且第一叢集及第二叢集可按順序通過下游位置。

【0193】現在參看圖16A至圖16C，其說明符合本發明之實施例的用於帶電粒子偵測之多束裝置之例示性子系統1600A至1600C。舉例而言，多束裝置可為圖3或圖4中之多重電子束系統。

【0194】圖16A為多束裝置之例示性子系統1600A的示意圖。在一些實施例中，帶電粒子可為電子。子系統1600A可至少包括初級電子源1602、第一偏轉器1606及第一投影透鏡系統1614。初級電子源1602可發射初級電子。在一些實施例中，初級電子源1602可為圖3至圖4中之初級電子源301。在一些實施例中，初級電子源1602可包括多個帶電粒子源，諸如帶電粒子源1402、1404及1406。初級電子可(例如藉由圖3至圖4中之聚束空腔320)聚束成多個初級電子脈衝，包括脈衝1604。脈衝1604可沿

著由圖16A中之箭頭所指示之方向加速及投影。在一些實施例中，脈衝1604可經叢集，諸如圖8B中所展示之束812、814及816。為了易於解釋而不生歧義，除非明確指定，否則下文中所描述之脈衝1604包括叢集電子或非叢集電子。

【0195】在一些實施例中，第一偏轉器1606可為MEMS偏轉器。在一些實施例中，第一偏轉器1606可為射頻空腔偏轉器。在一些實施例中，第一偏轉器1606可為圖3至圖4中之偏轉空腔330或圖14中之偏轉器1424、1426及1428中之一或多者。第一偏轉器1606可使脈衝1604偏轉以形成第一數目個(例如整數 N_1 個)經偏轉電子脈衝束，包括入射束1608、1610及1612，其脈衝係由圖16A中不同陰影之圓圈指示。舉例而言，脈衝1604之前脈衝經偏轉以形成入射束1612，脈衝1604之後脈衝經偏轉以形成入射束1608，且脈衝1604之中間脈衝可經偏轉(或被允許通過)以形成入射束1610。自圖16A可見，脈衝1604由第一偏轉器1606在不同時戳偏轉。此類時戳(例如進入第一偏轉器1606之時戳或由第一偏轉器1606導引之時戳)可由控制器(例如圖3至圖4中之控制器380)記錄為第一時序資訊。第一時序資訊可進一步包括與包括入射束1608、1610及1612之經偏轉電子束之形成相關的任何資訊。

【0196】在一些實施例中，第一投影透鏡系統1614可包括圖3至圖4中之聚光透鏡340、初級投影系統360或束光柵系統370中之至少一者。第一投影透鏡系統1614可將包括入射束1608、1610及1612之 N_1 個經偏轉電子束投影及聚焦至樣本1622上。 N_1 個經偏轉電子束之橫截面在樣本1622之表面上形成 N_1 個探測光點，包括分別對應於入射束1608、1610及1612之探測光點1616、1618及1620。

【0197】圖16B為多束裝置之例示性子系統1600B的示意圖。子系統1600B可至少包括第二偏轉器1630、第二投影透鏡系統1638及偵測器1644。如圖16A中所展示，入射束1608、1610及1612可在樣本1622上入射於探測光點1616、1618及1620處，且在樣本1622之表面下方之對應相互作用體積(圖中未繪示)中相互作用。反射或發射電子(「射出電子」)，包括二次電子(「SE」)及反向散射電子(「BSE」)，可沿著由圖16B中之箭頭指示之方向自相互作用體積射出且形成初始射出束1624、1626及1628。初始射出束1624、1626及1628分別自探測光點1616、1618及1620射出。

【0198】如圖16B中所展示，初始射出束1624、1626及1628之脈衝(被指示為不同陰影之橢圓)與脈衝1604相比具有更大的橫截面，從而指示射出電子可自大於探測光點的相互作用體積中之任何位置射出。此可導致串擾問題。

【0199】在一些實施例中，第二偏轉器1630可為MEMS偏轉器。在一些實施例中，第二偏轉器1630可為射頻空腔偏轉器。在一些實施例中，第二偏轉器1630可為與圖3至圖4中之偏轉空腔330或圖14中之偏轉器1424、1426及1428中之一或多者相似的偏轉空腔。第二偏轉器1630可使N1個初始射出束(包括初始射出束1624、1626及1628)偏轉以形成第二數目個(例如整數N2個)經偏轉射出束，包括經偏轉射出束1632、1634及1636，被指示為不同陰影之橢圓。初始射出束1624、1626及1628可經偏轉以分別形成經偏轉射出束1632、1634及1636。舉例而言，初始射出束1624中之脈衝可經偏轉以形成經偏轉射出束1632、初始射出束1626中之脈衝可經偏轉以形成經偏轉射出束1634，且初始射出束1628中之脈衝可

經偏轉以形成經偏轉射出束1636。在一些實施例中，N2個經偏轉射出束可小於或等於N1個經偏轉射出束。換言之，不同的初始射出束之脈衝可經偏轉成同一經偏轉射出束。舉例而言，初始射出束1628中之脈衝及另一初始射出束(圖中未繪示)之至少一個脈衝可經偏轉以形成經偏轉射出束1636。

【0200】自圖16A至圖16B可見，初始射出束1624、1626及1628之脈衝按與脈衝1604相同之順序離開樣本1622之表面。舉例而言，脈衝1604之前脈衝首先在探測光點1620處到達樣本1622，初始射出束1628之脈衝首先自該探測光點1620離開樣本1622。脈衝1604之中間脈衝其次在探測光點1618處到達樣本1622，初始射出束1626之脈衝其次自該探測光點1618離開樣本1622。脈衝1604之後脈衝再次在探測光點1616處到達樣本1622，初始射出束1624之脈衝再次自該探測光點1616離開樣本1622。亦即，初始射出束1624、1626及1628之脈衝按與撞擊樣本1622之分別對應的入射束之脈衝相同的次序在不同時戳進入第二偏轉器1630。此類時戳(例如進入第二偏轉器1630之時戳或由第二偏轉器1630導引之時戳)可由控制器(例如圖3至圖4中之控制器380)記錄為第二時序資訊。第二時序資訊可進一步包括與初始射出束(包括初始射出束1624、1626及1628)到達第二偏轉器1630相關的任何資訊。

【0201】在一些實施例中，第二投影透鏡系統1638可包括聚光透鏡1640或二次投影系統1642中之至少一者。在一些實施例中，聚光透鏡1640可相似於聚光透鏡340。在一些實施例中，二次投影系統1642可相似於第一投影透鏡系統1614。在一些實施例中，可省略聚光透鏡1640。在一些實施例中，第二投影透鏡系統1638可包括除聚光透鏡1640及二次投

影系統1642以外的組件。在一些實施例中，第二投影透鏡系統1638可與第一投影透鏡系統1614共用一或多個組件。在一些實施例中，第二投影透鏡系統1638可為第一投影透鏡系統1614自身。

【0202】第二投影透鏡系統1638可將 N_2 個經偏轉射出束(包括經偏轉射出束1632、1634及1636)投影及聚焦至偵測器1644之表面上。偵測器1644可包括對應於 N_2 個射出束的第三數目個(例如整數 N_3 個)偵測元件，包括偵測元件1646、1648及1650。偵測元件可為同一偵測器之單元或子偵測器，或偵測器陣列之個別偵測器。在一些實施例中，偵測器1644可與圖2中之電子偵測器件140或圖3至圖4中之偵測器350相似。在一些實施例中，偵測器1644可為偵測器陣列。在一些實施例中，偵測元件1646、1648及1650可分別為偵測元件140_2、140_1及140_3。

【0203】每一偵測元件可偵測一經偏轉射出束。舉例而言，偵測元件1646、1648及1650可分別偵測經偏轉射出束1632、1634及1636。因為經偏轉射出束之脈衝並不同時到達偵測器1644，所以在一些實施例中，偵測元件之數目(例如 N_3)可小於或等於經偏轉射出束之數目(例如 N_2)。亦即，一個偵測元件可偵測不同經偏轉射出束之脈衝。舉例而言，偵測元件1650可偵測經偏轉射出束1636之脈衝及另一經偏轉射出束(圖中未繪示)之脈衝。藉由減少偵測元件之數目，可進一步降低建置多束裝置之複雜度及成本。在一實施例中， N_3 可小至1，如圖16C中所展示。亦即，所有經偏轉射出束可皆由單個偵測元件偵測。

【0204】自圖16A及圖16B可見，經偏轉射出束1632、1634及1636之脈衝按與入射束之脈衝到達樣本1622及初始射出束之脈衝到達第二偏轉器1630相同的順序到達偵測器1644之表面。舉例而言，脈衝1604之前

脈衝首先在探測光點1620處到達樣本1622，初始射出束1628之脈衝首先自該探測光點1620離開樣本1622，且經偏轉射出束1636之脈衝首先到達偵測元件1650。脈衝1604之中間脈衝其次在探測光點1618處到達樣本1622，初始射出束1626之脈衝其次自該探測光點1618離開樣本1622，且經偏轉射出束1634之脈衝其次到達偵測元件1648。脈衝1604之後脈衝再次在探測光點1616處到達樣本1622，初始射出束1624之脈衝再次自該探測光點1616離開樣本1622，且經偏轉射出束1632之脈衝再次到達偵測元件1646。亦即，經偏轉射出束1632、1634及1636之脈衝在不同時戳進入偵測器1644。此類時戳(例如進入偵測器1644之時戳或由偵測器1644之任何偵測元件偵測之時戳)可由控制器(例如圖3至圖4中之控制器380)記錄為第三時序資訊。第三時序資訊可進一步包括與經偏轉射出束(包括經偏轉射出束1632、1634及1636)到達偵測器1644相關的任何資訊。

【0205】因為經偏轉射出束之脈衝在不同時戳到達偵測器1644，所以儘管其橫截面重疊，但其並不干涉彼此，且因此可極大地緩解與串擾相關之問題。舉例而言，當脈衝到達偵測器1644時，可存在產生信號之多於一個作出回應的偵測元件，與串擾情形相似。然而，基於脈衝一次一個地到達偵測器1644之先驗知識，不論該等脈衝來自哪一射出束，控制器皆可判定作出回應的偵測元件之經沈積電荷或能量，且進一步識別具有最多經沈積電荷或能量的偵測元件(「到達偵測元件」)作為脈衝到達之實際到達位置。在識別脈衝到達之到達偵測元件之後，控制器可進一步藉由例如詢問儲存第二偏轉器1630與偵測器1644之偵測元件之間的預定距離之資料庫來判定第二偏轉器1630與到達偵測元件之間的脈衝之行進距離。

【0206】基於第一時序資訊(例如，脈衝1604到達第一偏轉器系統

1606的時戳)、第二時序資訊(例如, 初始射出束1624、1626及1628之脈衝到達第二偏轉器1630的時戳)及第三時序資訊(例如, 經偏轉射出束1632、1634及1636到達偵測器1644的時戳), 控制器可判定哪一脈衝來自哪一經偏轉射出束、哪一初始射出束及哪一入射束。

【0207】舉例而言, 多束裝置(包括子系統1600A及1600B)可在真空中操作, 在真空中, 電子之行進速度可大體上恆定。並且, 可預定或量測多束裝置之不同組件之間的相對距離, 諸如, 第一偏轉器系統1606與樣本1622之表面之間的距離、樣本1622之表面與第二偏轉器1630之間的距離, 及第二偏轉器1630與偵測器1644之偵測元件之表面之間的距離。由於電子之相當大的恆定行進速度以及已知距離, 對於電子之脈衝, 其第一時序資訊、第二時序資訊及第三時序資訊可為相關的。舉例而言, 對於來自入射束1608、初始射出束1624及經偏轉射出束1632之脈衝, 其到達第二偏轉器1630之時間與其到達第一偏轉器系統1606之時間之間的差可為第一偏轉器系統1606與樣本1622之表面(例如探測光點1616)之間的距離與樣本1622之表面(例如探測光點1616)與第二偏轉器1630之間的距離之和除以電子之行進速度的商。對於另一實例, 對於先前實例中之同一脈衝, 其到達偵測器1644之時間與其到達第二偏轉器1630之時間之間的差可為樣本1622之表面(例如探測光點1616)與第二偏轉器1630之間的距離與第二偏轉器1630與偵測器1644之表面之間的距離之和除以電子之行進速度的商。藉由找到由第一、第二及第三時序資訊之間的上述關係所相關的到達時間, 控制器可區分不同初始射出束, 且因此可能夠產生分別與經區分之初始射出束相關聯的SEM影像。應注意, 行進速度、多束裝置之組件之間的已知距離與第一、第二及第三時序資訊之間的以上提及之關係僅

為實例，且本發明不限制彼態樣。

【0208】在一些實施例中，偵測元件之數目(例如N3)及經偏轉射出束之數目(例如N2)可取決於偵測器1644之時間解析度。應注意，脈衝之縱向時間散佈(亦即，脈衝中之所有電子到達垂直於該脈衝之路徑之表面所消耗的時間)可如此小(例如不到0.5皮秒)使得與任何兩個連續脈衝之到達時間之間的差相比，同一脈衝之縱向時間散佈可被視為大體上為零。

【0209】圖16C為多束裝置之例示性子系統1600C的示意圖。子系統1600C與子系統1600B相同，其例外之處在於：子系統1600C包括偵測器1652，其中偵測元件可接收來自多於一個經偏轉射出束之脈衝。在一些實施例中，偵測器1652之偵測元件之數目(例如N3)可為一。舉例而言，若偵測器1652僅具有具足夠高時間解析度的一個偵測元件，則即使第二偏轉器1630使所有經偏轉射出束偏轉至該偵測元件，偵測器1652仍可能夠區分所有脈衝之到達時間，且進一步區分哪一脈衝來自哪一初始射出束。

【0210】在一些實施例中，具有不同能量之電子可另外由第二偏轉器1630導引至不同偵測器或偵測元件中。通常，SE與BSE相比具有較低能量(例如小於50 eV)，且可導致較好的SEM影像解析度以展示精細表面結構。儘管BSE具有較高能量且可導致較差SEM影像解析度，但其可反映表面下方之更深結構之資訊。因此，區分SE及BSE可能有益於SEM影像產生。在實質真空環境中，電子之能量可主要呈動能之形式。只要電子大體上不具有能量耗散(例如歸因於與其他粒子之衝突、電加速、電減速或其類似者)，電子就可以大體上恆定速度行進。電子之能量愈高，電子可具有之行進速度愈高。亦即，對於初始射出束之同一脈衝(包括SE及

BSE)，SE之到達時間可滯後於BSE之到達時間，其之差可被表示為「脈衝內」時間間隙。脈衝內時間間隙可小於不同脈衝之到達時間之間的「脈衝間」時間間隙，基於此，控制器可判定兩個到達時間是與同一脈衝之電子相關聯抑或不同脈衝之電子相關聯。若控制器判定到達時間之時間間隙足夠較小(例如小於或等於預定臨限值)以被視為脈衝內間隙，則控制器可進一步判定第一到達電子為BSE且第二到達電子為SE。在一些實施例中，基於此判定，控制器可控制第二偏轉器1630以使同一脈衝內之SE及BSE偏轉至偵測器1644之不同偵測元件中。基於分別偵測之SE及BSE，可相應地產生出於不同目的之SEM影像。

【0211】在一些實施例中，韋恩濾波器亦可用於將SE及BSE分離使得SE及BSE可到達不同偵測元件。舉例而言，韋恩濾波器可定位於第二偏轉器1630的下游且充當單機SE/BSE分離器。亦即，在此實例中第二偏轉器1630不使SE及BSE偏轉。對於另一實例，韋恩濾波器可定位於第二偏轉器1630的上游或下游且與第二偏轉器1630合作以用於進一步分離SE及BSE。亦即，在此實例中SE及BSE可由第二偏轉器1630及韋恩濾波器偏轉或分離。

【0212】圖17為展示符合本發明之實施例的使用多束裝置進行帶電粒子偵測之例示性方法1700的流程圖。方法1700可由可與帶電粒子束裝置(例如EBI系統1)耦接之控制器來執行。舉例而言，控制器可為圖3至圖4中之控制器380。控制器可經程式化以實施方法1700。

【0213】在步驟1702處，控制器控制偏轉器系統以將第一帶電粒子脈衝及第二帶電粒子脈衝導引至偵測器之偵測元件。可自第一探測光點發射第一帶電粒子脈衝。可自第二探測光點發射第二帶電粒子脈衝。在一些

實施例中，帶電粒子可為電子。舉例而言，偏轉器系統可為圖16B中之第二偏轉器1630。第一及第二帶電粒子脈衝可為經偏轉射出束(例如圖16B中之經偏轉射出束1632、1634及1636)之任兩個脈衝。舉例而言，第一帶電粒子脈衝可為經偏轉射出束1632之脈衝，且第二帶電粒子脈衝可為經偏轉射出束1634之脈衝。偵測器可為圖16B至圖16C中之偵測器1644或偵測器1652。偵測元件可為偵測元件1646、1648及1650中之任一者。第一及第二探測光點可為圖16A至圖16C中之探測光點1616、1618及1620中的任兩者，諸如(例如)分別為探測光點1616及1618。

【0214】在一些實施例中，控制器可控制偏轉器系統以將第一數目個(例如整數 N_1 個)帶電粒子脈衝(例如包括第一及第二帶電粒子脈衝)導引至偵測器之第二數目個(例如整數 N_2 個)偵測元件。舉例而言，如圖16B至圖16C中所展示，控制器可控制第二偏轉器1630以將來自經偏轉射出束1632、1634及1636之 N_1 個帶電粒子脈衝導引至偵測器1644之 N_2 個偵測元件。在一些實施例中， N_1 可大於或等於 N_2 。在一些實施例中， N_2 可大於或等於一。舉例而言，如圖16C中所展示， N_2 可為1。

【0215】在步驟1704處，控制器獲得與第一帶電粒子脈衝由偏轉器系統導引時相關聯的第一時戳、與第一帶電粒子脈衝由偵測元件偵測時相關聯的第二時戳、與第二帶電粒子脈衝由偏轉器系統導引時相關聯的第三時戳，及與第二帶電粒子脈衝由偵測元件偵測時相關聯的第四時戳。舉例而言，第一及第三時戳可包括於與圖16A至圖16C相關聯所描述的第二時序資訊中。第二及第四時戳可包括於與圖16A至圖16C相關聯所描述的第三時序資訊中。

【0216】在一些實施例中，第一或第二帶電粒子脈衝中之任一者可

包括SE或BSE中之至少一者。在一些實施例中，使用偏轉器系統(例如第二偏轉器1630)，可基於SE及BSE到達偏轉器系統之時間來形成SE之脈衝或BSE之脈衝中的至少一者。舉例而言，第二偏轉器1630可基於如與圖16B相關聯之部分中所描述的脈衝內時間間隙來使SE及BSE偏轉。在一些實施例中，控制器可獲得自SE之脈衝產生之第一信號或自BSE之脈衝產生之第二信號中的至少一者。在一些實施例中，第一信號及第二信號可由不同偵測元件(例如偵測元件1646、1648及1650)產生。舉例而言，偵測器可包括產生第一信號的第一偵測元件(例如偵測元件1646)及產生第二信號的第二偵測元件(例如偵測元件1648)。在一些實施例中，第一信號及第二信號可由同一偵測元件(例如偵測器1652)產生。舉例而言，第一信號及第二信號由偵測器1652在不同時戳產生。

【0217】仍參看圖17，在步驟1706處，控制器基於將第一時戳與第二時戳相關聯來識別第一射出束，且基於將第三時戳與第四時戳相關聯來識別第二射出束。舉例而言，控制器可基於至少第一及第二時戳識別自探測光點1616開始、通過第二偏轉器1630且到達偵測元件1646的第一射出束。控制器亦可基於至少第三及第四時戳識別自探測光點1618開始、通過第二偏轉器1630且到達偵測元件1648的第二射出束。

【0218】在一些實施例中，在控制偏轉器系統以導引第一及第二帶電粒子脈衝之前，控制器可控制入射偏轉器系統以形成第一入射帶電粒子脈衝及第二入射帶電粒子脈衝。控制器可進一步獲得與形成第一入射帶電粒子脈衝時相關聯的第五時戳，及與形成第二入射帶電粒子脈衝時相關聯的第六時戳。控制器可接著基於將第一時戳、第二時戳及第五時戳相關聯來識別第一射出束，且基於將第三時戳、第四時戳及第六時戳相關聯來識

別第二射出束。第一及第二入射帶電粒子脈衝可在樣本之表面上分別入射於第一及第二探測光點(例如探測光點1616及1618)處。舉例而言，入射偏轉器系統可為圖16A中之第一偏轉器系統1606。第一及第二入射帶電粒子脈衝可為入射束(諸如圖16A中之入射束1608、1610及1612)之任兩個入射帶電粒子脈衝。

【0219】在一些實施例中，入射偏轉器系統可為偏轉器系統。在一些實施例中，入射偏轉器系統可並非偏轉器系統。在一些實施例中，控制器可與偏轉器系統、入射偏轉器系統或偵測器中之至少一者通信。在一些實施例中，偏轉器系統(例如第二偏轉器1630)或入射偏轉器系統(例如第一偏轉器系統1606)中之至少一者可包括射頻空腔偏轉器。

【0220】在一些實施例中，使用電子光學系統，第一及第二帶電粒子脈衝可聚焦於偵測元件上。舉例而言，電子光學系統可為圖16B至圖16C中之第二投影透鏡系統1638。在一些實施例中，偏轉器系統(例如第二偏轉器1630)可在電子光學系統的上游。在一些實施例中，偏轉器系統可在電子光學系統的下游。在一些實施例中，偏轉器系統可在電子光學系統中。舉例而言，如圖16B至圖16C中所展示，第二投影透鏡系統1638可包括第二偏轉器1630及二次投影系統1642，且第二偏轉器1630係在聚光透鏡1640與二次投影系統1642之間。

【0221】可使用以下條項進一步描述實施例：

1. 一種用於觀測一樣本之多束裝置，其包含：

一偏轉器，其經組態以自包含複數個帶電粒子脈衝之一初級帶電粒子束形成複數個經偏轉帶電粒子束；

一偵測器，其經組態以偵測自由該複數個經偏轉帶電粒子束形成的

複數個探測光點所產生之複數個信號；及

一控制器，其經組態以：

獲得與該複數個帶電粒子束之一經偏轉帶電粒子束之形成相關的一第一時序資訊；

獲得與該複數個信號之一信號之偵測相關的一第二時序資訊；及

基於該所獲得之第一時序資訊及該第二時序資訊將該信號與該經偏轉帶電粒子束相關聯。

2. 如條項1之多束裝置，其進一步包含一帶電粒子源、一加速空腔及一聚束空腔。

3. 如條項2之多束裝置，其中該帶電粒子源包含具有在100 MHz至10 GHz之一範圍內之一源頻率的一脈衝射頻源。

4. 如條項1至3中任一項之多束裝置，其中該偏轉器包含一或多個帶電粒子偏轉器，該一或多個帶電粒子偏轉器中之每一者基於一操作頻率形成該複數個經偏轉帶電粒子束。

5. 如條項4之多束裝置，其中該偏轉器與該帶電粒子源同步使得該操作頻率及該源頻率藉由以下方程式相關：

$$v1 = \frac{1}{n}(v2)$$

其中 $v1$ 係該操作頻率， $v2$ 係該源頻率，且 n 係一正整數。

6. 如條項1至5中任一項之多束裝置，其進一步包含：

一電子光學系統；及

一帶電粒子束掃描系統，其經組態以使該複數個經偏轉帶電粒子束中之每一者在該樣本上進行掃描。

7. 如條項6之多束裝置，其中該電子光學系統包含一單透鏡系統

或一多透鏡系統中之一者。

8. 如條項6及7中任一項之多束裝置，其中該控制器經進一步組態以與該偏轉器、該帶電粒子束掃描系統及該偵測器中之至少一者通信。

9. 如條項1至8中任一項之多束裝置，其中由該複數個經偏轉帶電粒子束形成之該複數個探測光點包含一一維圖案或一二維圖案中之一者。

10. 如條項9之多束裝置，其中該二維圖案包含一李沙育圖案、一矩陣或一陣列。

11. 如前述條項中任一項之多束裝置，其中該第一時間資訊包含該經偏轉帶電粒子束之一帶電粒子脈衝之一偏轉時間、該初級帶電粒子束之一帶電粒子脈衝之一形成時間、該經偏轉帶電粒子束之一頻率或一週期，或該經偏轉帶電粒子束中之電子脈衝之一平均數目中的至少一者。

12. 如條項11之多束裝置，其中該經偏轉帶電粒子束之該帶電粒子脈衝之該偏轉時間包含該偏轉器將該經偏轉帶電粒子束之該帶電粒子脈衝導引至一方向上以形成該經偏轉帶電粒子束之一部分時的一時戳。

13. 一種用於在一多束裝置中觀測一樣本之方法，該方法包含：

使用一偏轉器自包含複數個帶電粒子脈衝之一初級帶電粒子束形成複數個經偏轉帶電粒子束；

使用一偵測器偵測自由該複數個經偏轉帶電粒子束形成的複數個探測光點所產生之複數個信號；

使用一控制器獲得與該複數個帶電粒子束之一經偏轉帶電粒子束之形成相關的一第一時序資訊，及與該複數個信號之一信號之偵測相關的一第二時序資訊；及

使用該控制器基於該所獲得之第一時序資訊及該第二時序資訊將該

信號與該經偏轉帶電粒子束相關聯。

14. 如條項13之方法，其中一脈衝射頻帶電粒子源經組態以產生具有在100 MHz至10 GHz之一範圍內之一源頻率的該複數個帶電粒子脈衝。

15. 如條項13及14中任一項之方法，其中該偏轉器包含一或多個帶電粒子偏轉器，該一或多個帶電粒子偏轉器中之每一者基於一操作頻率形成該複數個經偏轉帶電粒子束。

16. 如條項11方法，其中該偏轉器與該帶電粒子源同步使得該操作頻率及該源頻率藉由以下方程式相關：

$$v1 = \frac{1}{n}(v2)$$

其中 $v1$ 係該操作頻率， $v2$ 係該源頻率，且 n 係一正整數。

17. 如條項13至16中任一項之方法，其進一步包含使用一電子光學系統將該複數個經偏轉帶電粒子束聚焦於該樣本上。

18. 如條項13至17中任一項之方法，其進一步包含使用一帶電粒子束掃描系統來使該複數個經偏轉帶電粒子束中之每一者在該樣本上進行掃描。

19. 如條項18中任一項之方法，其進一步包含經由該控制器與該偏轉器、該帶電粒子束掃描系統及該偵測器中之至少一者通信。

20. 如條項13至19中任一項之方法，其中由該複數個經偏轉帶電粒子束形成之該複數個探測光點包含一一維圖案或一二維圖案中之一者。

21. 如條項20之方法，其中該二維圖案包含一李沙育圖案、一矩陣或一陣列。

22. 如條項13至21中任一項之方法，其中該第一時間資訊包含該經

偏轉帶電粒子束之形成時間、該經偏轉帶電粒子束之一頻率或一週期，或該經偏轉帶電粒子束中之電子脈衝之一平均數目中的至少一者。

23. 如條項22之方法，其中該經偏轉帶電粒子束之該形成時間包含該偏轉器將一帶電粒子脈衝導引至一方向上以形成該經偏轉帶電粒子束時的一時戳。

24. 一種用於一多束裝置之控制器，其包含：

一記憶體，其儲存一指令集；及

一處理器，其經組態以執行該指令集以致使該控制器：

獲得與複數個帶電粒子束之一經偏轉帶電粒子束之形成相關的一第一時序資訊；

獲得與複數個信號之一信號之偵測相關的一第二時序資訊；及

基於該所獲得之第一時序資訊及該第二時序資訊將該信號與該經偏轉帶電粒子束相關聯。

25. 一種非暫時性電腦可讀媒體，其儲存一指令集，該指令集可由一多束裝置之一或多個處理器執行以致使該多束裝置執行用以觀測一樣本的一方法，該方法包含：

自包含複數個帶電粒子脈衝之一初級帶電粒子束形成複數個經偏轉帶電粒子束；

偵測自由該複數個經偏轉帶電粒子束形成的複數個探測光點所產生之複數個信號；

獲得與該複數個帶電粒子束之一經偏轉帶電粒子束之形成相關的一第一時序資訊，及與該複數個信號之一信號之偵測相關的一第二時序資訊；及

基於該所獲得之第一時序資訊及該第二時序資訊將該信號與該經偏轉帶電粒子束相關聯。

26. 如條項25之非暫時性電腦可讀媒體，其中可由一多束裝置之一或多個處理器執行之該指令集致使該多束裝置進一步執行以下操作：

使用一電子光學系統將該複數個經偏轉帶電粒子束聚焦於該樣本上；及

使用一帶電粒子束掃描系統使該複數個聚焦之經偏轉帶電粒子束中之每一者在該樣本上進行掃描；

修改複數個小射束中之每一者之關聯束電流；及

將該複數個小射束中之每一者聚焦於一焦平面上。

27. 一種多束裝置，其包含：

一帶電粒子源，其經組態以產生包含複數個帶電粒子脈衝之一初級帶電粒子束；

一聚束空腔，其經組態以自該初級帶電粒子束形成複數個帶電粒子束；及

一偏轉器，其經組態以使該複數個帶電粒子束偏轉以在一樣本上形成複數個探測光點。

28. 如條項27之裝置，其進一步包含一偵測器，該偵測器經組態以偵測自由該複數個經偏轉帶電粒子束形成的該複數個探測光點所產生之複數個信號。

29. 如條項27及28中任一項之裝置，其進一步包含一控制器，該控制器經組態以：

獲得與該複數個帶電粒子束之該經偏轉帶電粒子束之形成相關的一

第一時序資訊；

獲得與該複數個信號之一信號之偵測相關的一第二時序資訊；及

基於該所獲得之第一時序資訊及該第二時序資訊將該信號與該經偏轉帶電粒子束相關聯。

30. 如條項29之裝置，其中該第一時間資訊包含該經偏轉帶電粒子束之形成時間、該經偏轉帶電粒子束之一頻率或一週期，或該經偏轉帶電粒子束中之電子脈衝之一平均數目中的至少一者。

31. 如條項30之裝置，其中該經偏轉帶電粒子束之該形成時間包含該偏轉器將一帶電粒子脈衝導引至一方向上以形成該經偏轉帶電粒子束時的一時戳。

32. 如條項27至29中任一項之裝置，其中該帶電粒子源包含具有在100 MHz至10 GHz之一範圍內之一源頻率的一脈衝射頻源。

33. 如條項27至32中任一項之裝置，其中該偏轉器包含一或多個帶電粒子偏轉器，該一或多個帶電粒子偏轉器中之每一者基於一操作頻率使該複數個帶電粒子束偏轉。

34. 一種用於在一多束裝置中觀測一樣本之方法，該方法包含：

自一帶電粒子源產生包含複數個帶電粒子脈衝之一初級帶電粒子束；

使用一聚束空腔自該初級帶電粒子束形成複數個帶電粒子束；及

使用一偏轉器使該複數個帶電粒子束偏轉以在一樣本上形成複數個探測光點。

35. 如條項34之方法，其進一步包含偵測自由該複數個經偏轉帶電粒子束形成的該複數個探測光點所產生之該複數個信號。

36. 如條項34及35中任一項之方法，其進一步包含：

使用一控制器獲得與該複數個帶電粒子束之該經偏轉帶電粒子束之形成相關的一第一時序資訊；

使用該控制器獲得與該複數個信號之一信號之偵測相關的一第二時序資訊；及

使用該控制器基於該所獲得之第一時序資訊及該第二時序資訊將該信號與該經偏轉帶電粒子束相關聯。

37. 如條項36之方法，其中該第一時間資訊包含該經偏轉帶電粒子束之形成時間、該經偏轉帶電粒子束之一頻率或一週期，或該經偏轉帶電粒子束中之電子脈衝之一平均數目中的至少一者。

38. 如條項37之方法，其中該經偏轉帶電粒子束之該形成時間包含該偏轉器將一帶電粒子脈衝導引至一方向上以形成該經偏轉帶電粒子束時的一時戳。

39. 如條項34至36中任一項之方法，其中該帶電粒子源包含一脈衝射頻源，該脈衝射頻源經組態以產生具有在100 MHz至10 GHz之一範圍內之一源頻率的該複數個帶電粒子脈衝。

40. 如條項34至39中任一項之方法，其中該偏轉器包含一或多個帶電粒子偏轉器，該一或多個帶電粒子偏轉器中之每一者基於一操作頻率使該複數個帶電粒子束偏轉。

41. 一種用於觀測一樣本之裝置，其包含：

一偏轉器，其經組態以使帶電粒子之複數個脈衝偏轉成一樣本上之複數個探測光點；

一偵測器，其經組態以自該樣本偵測由該複數個脈衝與該樣本相互

作用所產生的複數個信號；及

一控制器，其經組態以基於偵測自該樣本上之一特定探測光點產生之一特定信號的一時間與使形成該特定探測光點之一特定帶電粒子脈衝偏轉的一時間之間的一相關性，使該特定偵測到之信號與該特定探測光點相關。

42. 如條項41之裝置，其進一步包含一帶電粒子源、一加速空腔及一聚束空腔。

43. 如條項42之裝置，其中該帶電粒子源包含具有在100 MHz至10 GHz之一範圍內之一源頻率的一脈衝射頻源。

44. 如條項41至43中任一項之裝置，其中該偏轉器包含一或多個帶電粒子偏轉器，該一或多個帶電粒子偏轉器中之每一者基於一操作頻率使帶電粒子之該複數個脈衝偏轉。

45. 如條項44之裝置，該偏轉器與該帶電粒子源同步使得該操作頻率及該源頻率藉由以下方程式相關：

$$v1 = \frac{1}{n}(v2)$$

其中 $v1$ 係該操作頻率， $v2$ 係該源頻率，且 n 係一正整數。

46. 如條項41至45中任一項之裝置，其進一步包含：

一電子光學系統；及

一帶電粒子束掃描系統，其經組態以使帶電粒子之該複數個經偏轉脈衝中之每一者在該樣本上進行掃描。

47. 如條項46之裝置，其中該電子光學系統包含一單透鏡系統或一多透鏡系統中之一者。

48. 如條項46及47中任一項之裝置，其中該控制器經進一步組態以

與該偏轉器、該帶電粒子束掃描系統及該偵測器中之至少一者通信。

49. 一種用於帶電粒子偵測之多束裝置，其包含：

一偏轉器系統，其經組態以導引帶電粒子脈衝；

一偵測器，其具有一偵測元件，該偵測元件經組態以偵測該等帶電粒子脈衝；及

一控制器，其具有一電路，該電路經組態以：

控制該偏轉器系統以將一第一帶電粒子脈衝及一第二帶電粒子脈衝導引至該偵測元件，其中該第一帶電粒子脈衝係自一第一探測光點發射，且該第二帶電粒子脈衝係自一第二探測光點發射；

獲得與該第一帶電粒子脈衝由該偏轉器系統導引時相關聯的一第一時戳、與該第一帶電粒子脈衝由該偵測元件偵測時相關聯的一第二時戳、與該第二帶電粒子脈衝由該偏轉器系統導引時相關聯的一第三時戳，及與該第二帶電粒子脈衝由該偵測元件偵測時相關聯的一第四時戳；及

基於該第一時戳及該第二時戳識別一第一射出束，且基於該第三時戳及該第四時戳識別一第二射出束。

50. 如條項49之多束裝置，其中經組態以控制該偏轉器系統以導引該第一帶電粒子脈衝及該第二帶電粒子脈衝的該電路經進一步組態以：

控制該偏轉器系統以將N個帶電粒子脈衝導引至該偵測器之M個偵測元件，其中該N個帶電粒子脈衝包含該第一帶電粒子脈衝及該第二帶電粒子脈衝，且其中N及M係整數。

51. 如條項50之多束裝置，其中N大於或等於M。

52. 如條項50至51中任一項之多束裝置，其中M大於或等於一。

53. 如條項51之多束裝置，其中N等於一。

54. 如條項50至52中任一項之多束裝置，其中該電路經進一步組態以：

在控制該偏轉器系統以導引該第一帶電粒子脈衝及該第二帶電粒子脈衝之前，控制一入射偏轉器系統以形成一第一入射帶電粒子脈衝及一第二入射帶電粒子脈衝，其中該第一入射帶電粒子脈衝經組態為入射於一樣本之一表面上之該第一探測光點處，且該第二入射帶電粒子脈衝經組態為入射於該樣本之該表面上之該第二探測光點處；

獲得與該第一入射帶電粒子脈衝之形成相關聯的第五時戳，及與該第二入射帶電粒子脈衝之形成相關聯的一第六時戳；及

基於該第一時戳、該第二時戳及該第五時戳識別該第一射出束，且基於該第三時戳、該第四時戳及該第六時戳識別該第二射出束。

55. 如條項54之多束裝置，其中該電路經進一步組態以與該偏轉器系統、該入射偏轉器系統或該偵測器中之至少一者通信。

56. 如條項54至55中任一項之多束裝置，其中該偏轉器系統或該入射偏轉器系統中之至少一者包含一射頻空腔偏轉器。

57. 如條項49至56中任一項之多束裝置，其中該第一帶電粒子脈衝及該第二帶電粒子脈衝中之任一者包含二次電子或反向散射電子中之至少一者。

58. 如條項57之多束裝置，其中該偏轉器系統經進一步組態以基於二次電子及反向散射電子到達該偏轉器系統之時間來形成該等二次電子之一脈衝或該等反向散射電子之一脈衝中的至少一者。

59. 如條項58之多束裝置，其中該電路經進一步組態以獲得自二次電子之該脈衝產生之一第一信號或自反向散射電子之該脈衝產生之一第二

信號中的至少一者。

60. 如條項59之多束裝置，其中該偵測器包含經組態以產生該第一信號之一第一偵測元件及經組態以產生該第二信號之一第二偵測元件。

61. 如條項59之多束裝置，其中該偵測元件經組態以在不同時戳產生該第一信號及該第二信號。

62. 如條項49至63中任一項之多束裝置，其進一步包含：

一電子光學系統，其經組態以將該第一帶電粒子脈衝及該第二帶電粒子脈衝聚焦於該偵測元件上。

63. 如條項62之多束裝置，其中該偏轉器系統在該電子光學系統的上游。

64. 如條項62之多束裝置，其中該偏轉器系統在該電子光學系統的下游。

65. 如條項62之多束裝置，其中該偏轉器系統在該電子光學系統中。

66. 一種用於在一多束裝置中進行帶電粒子偵測之方法，該方法包含：

控制一偏轉器系統以將一第一帶電粒子脈衝及一第二帶電粒子脈衝導引至一偵測器之一偵測元件；

使用一控制器獲得與該第一帶電粒子脈衝由該偏轉器系統導引時相關聯的一第一時戳、與該第一帶電粒子脈衝由該偵測元件偵測時相關聯的一第二時戳、與該第二帶電粒子脈衝由該偏轉器系統導引時相關聯的一第三時戳，及與該第二帶電粒子脈衝由該偵測元件偵測時相關聯的一第四時戳；及

使用一控制器基於該第一時戳及該第二時戳識別一第一射出束，且基於該第三時戳及該第四時戳識別一第二射出束。

67. 如條項66之方法，其中該第一帶電粒子係自一第一探測光點發射，且該第二帶電粒子係自一第二探測光點發射。

68. 如條項66至67中任一項之方法，其中控制該偏轉器系統以導引該第一帶電粒子脈衝及該第二帶電粒子脈衝包含：

控制該偏轉器系統以將N個帶電粒子脈衝導引至該偵測器之M個偵測元件，其中該N個帶電粒子脈衝包含該第一帶電粒子脈衝及該第二帶電粒子脈衝，且其中N及M係整數。

69. 如條項68之方法，其中N大於或等於M。

70. 如條項68至69中任一項之方法，其中M大於或等於一。

71. 如條項69之方法，其中N等於一。

72. 如條項66及70中任一項之方法，其進一步包含：

在控制該偏轉器系統以導引該第一帶電粒子脈衝及該第二帶電粒子脈衝之前，控制一入射偏轉器系統以形成一第一入射帶電粒子脈衝及一第二入射帶電粒子脈衝，其中該第一入射帶電粒子脈衝經組態為入射於一樣本之一表面上之該第一探測光點處，且該第二入射帶電粒子脈衝經組態為入射於該樣本之該表面上之該第二探測光點處；

獲得與形成該第一入射帶電粒子脈衝時相關聯的第五時戳，及與形成該第二入射帶電粒子脈衝時相關聯的一第六時戳；及

基於該第一時戳、該第二時戳及該第五時戳識別該第一射出束，且基於該第三時戳、該第四時戳及該第六時戳識別該第二射出束。

73. 如條項72之方法，其進一步包含：

藉由該控制器與該偏轉器系統、該入射偏轉器系統或該偵測器中之至少一者通信。

74. 如條項72至73中任一項之方法，其中該偏轉器系統或該入射偏轉器系統中之至少一者包含一射頻空腔偏轉器。

75. 如條項66至74中任一項之方法，其中該第一帶電粒子脈衝及該第二帶電粒子脈衝中之任一者包含二次電子或反向散射電子中之至少一者。

76. 如條項75之方法，其進一步包含：

使用該偏轉器系統基於二次電子及反向散射電子到達該偏轉器系統之時間來形成該等二次電子之一脈衝或該等反向散射電子之一脈衝中的至少一者。

77. 如條項76之方法，其進一步包含：

獲得自二次電子之該脈衝產生之一第一信號或自反向散射電子之該脈衝產生之一第二信號中的至少一者。

78. 如條項77之方法，其中該偵測器包含產生該第一信號之一第一偵測元件及產生該第二信號之一第二偵測元件。

79. 如條項77之方法，其中該偵測元件在不同時戳產生該第一信號及該第二信號。

80. 如條項66至79中任一項之方法，其進一步包含：

使用一電子光學系統將該第一帶電粒子脈衝及該第二帶電粒子脈衝聚焦於該偵測元件上。

81. 如條項80之方法，其中該偏轉器系統在該電子光學系統的上游。

82. 如條項80中任一項之方法，其中該偏轉器系統在該電子光學系統的下游。

83. 如條項80中任一項之方法，其中該偏轉器系統在該電子光學系統中。

84. 一種非暫時性電腦可讀媒體，其儲存一指令集，該指令集可由一多束裝置之一或多個處理器執行以致使該多束裝置執行用於帶電粒子偵測之一方法，該方法包含：

控制一偏轉器系統以將一第一帶電粒子脈衝及一第二帶電粒子脈衝導引至一偵測器之一偵測元件；

使用一控制器獲得與該第一帶電粒子脈衝由該偏轉器系統導引時相關聯的第一時戳、與該第一帶電粒子脈衝由該偵測元件偵測時相關聯的第二時戳、與該第二帶電粒子脈衝由該偏轉器系統導引時相關聯的第三時戳，及與該第二帶電粒子脈衝由該偵測元件偵測時相關聯的第四時戳；及

使用一控制器基於將該第一時戳與該第二時戳相關聯來識別一第一射出束，且基於將該第三時戳與該第四時戳相關聯來識別一第二射出束。

85. 一種用於減少帶電粒子之相互作用之多束裝置，該裝置包含：

一第一叢集空腔，其經組態以接收一第一帶電粒子集合以形成一第一帶電粒子叢集；

一第二叢集空腔，其經組態以接收一第二帶電粒子集合以形成一第二帶電粒子叢集；及

一控制器，其具有一電路，該電路經組態以致使該第一叢集及該第二叢集按一預定時空次序通過一下游位置。

86. 如條項85之多束裝置，其中該第一帶電粒子集合及該第二帶電

粒子集合包含帶電粒子脈衝。

87. 如條項85之多束裝置，其中該第一帶電粒子集合及該第二帶電粒子集合包含一連續帶電粒子串流。

88. 如條項85至87中任一項之多束裝置，其中該預定時空次序包含該第一叢集及該第二叢集按順序通過該下游位置。

89. 如條項88之多束裝置，其中該預定時空次序包含該第一叢集及該第二叢集中之至多一者在任何時間皆通過該下游位置。

90. 如條項85至89中任一項之多束裝置，其進一步包含：

複數個叢集空腔，其經組態以由每一叢集空腔接收各別帶電粒子集合以形成複數個束，其中

每一束包含帶電粒子之叢集，且

該控制器經組態以致使該複數個束之該等叢集按該預定時空次序通過該下游位置。

91. 如條項90之多束裝置，其中該預定時空次序包含該複數個束之該等叢集按非重疊順序通過該下游位置。

92. 如條項91之多束裝置，其中該預定時空次序包含該複數個束之該等叢集中之至多一者在任何時間皆通過該下游位置。

93. 如條項85至92中任一項之多束裝置，其進一步包含一物鏡，其中該下游位置在該物鏡附近或在該物鏡中。

94. 如條項85至93中任一項之多束裝置，其中該第一叢集空腔具備一第一動態電場，且該第二叢集空腔具備一第二動態電場。

95. 如條項94之多束裝置，其中該控制器經進一步組態以：

協調該第一動態電場及該第二動態電場改變。

96. 如條項94至95中任一項之多束裝置，其中該控制器進一步經組態以：

將該第一動態電場之一方向改變為平行於該第一叢集之一方向，且將該第二動態電場之一方向改變為平行於該第二叢集之一方向。

97. 如條項96之多束裝置，其中該控制器經進一步組態以：

在一第一循環中改變該第一動態電場之該方向或該第二動態電場之該方向中的至少一者。

98. 如條項96之多束裝置，其中該控制器經進一步組態以：

基於該多束裝置之一掃描頻率或束之一數目中之至少一者來判定該第一循環。

99. 如條項94至98中任一項之多束裝置，其中該控制器經進一步組態以：

致使該第一動態電場在一第二帶電粒子進入該第一叢集空腔之前使一第一帶電粒子減速，其中至少兩個帶電粒子包含該第一帶電粒子及該第二帶電粒子；及

當該第二帶電粒子進入該第一叢集空腔時，控制該第一動態電場以使該第二帶電粒子比該第一帶電粒子更快速地移動。

100. 如條項99之多束裝置，其中經組態以控制該第一動態電場之該控制器經進一步組態以執行以下操作中之一者：

使該第二帶電粒子加速；

既不使該第二帶電粒子加速亦不使其減速；或

以比使該第一帶電粒子減速之程度更小的程度使該第二帶電粒子減速。

101. 如條項99至100中任一項之多束裝置，其進一步包含：

一第三叢集空腔，其在該第一叢集空腔下游且具備一第三動態電場且經組態以接收該第一叢集，其中

該控制器經進一步組態以使用該第三動態電場使該第一帶電粒子及該第二帶電粒子以一大體上相似速度移動。

102. 如條項101之多束裝置，其中該控制器經進一步組態以：

致使該第三動態電場使該第二帶電粒子減速而以該大體上相似速度移動。

103. 如條項101至102中任一項之多束裝置，其中該控制器經進一步組態以：

協調該第三動態電場及該第一動態電場改變。

104. 如條項101至103中任一項之多束裝置，其中該控制器進一步經組態以：

將該第三動態電場之一方向改變為平行於該第一叢集之一方向。

105. 如條項104之多束裝置，其中該控制器經進一步組態以：

在一第二循環中改變該第三動態電場之該方向。

106. 如條項105之多束裝置，其中該控制器經進一步組態以：

基於該多束裝置之該掃描頻率、該等束之該數目或該第一循環中之至少一者來判定該第二循環。

107. 如條項94至106中任一項之多束裝置，其進一步包含：

一濾波器空腔，其在該第一叢集空腔下游且具備一動態電磁場，其中該濾波器空腔經組態以接收該第一叢集及一第一雜散帶電粒子，該動態電磁場包含一第三動態電場或一動態磁場中之至少一者；其中

該控制器經進一步組態以使用該動態電磁場控制該濾波器空腔以濾波該等第一雜散帶電粒子。

108. 如條項107之多束裝置，其中該控制器經進一步組態以：

將該動態電磁場之一方向改變為垂直於該第一叢集之該方向。

109. 如條項107至108中任一項之多束裝置，其中該控制器經進一步組態以：

在該第一叢集在該濾波器空腔中時，使該動態電磁場並不導引該第一叢集；及

在該第一叢集不在該濾波器空腔中時，使該動態電磁場將該第一雜散帶電粒子導引遠離該第一叢集之該方向。

110. 如條項107至109中任一項之多束裝置，其中該控制器進一步經組態以：

協調該動態電磁場及該第一動態電場改變。

111. 如條項108至110中任一項之多束裝置，其中該控制器經進一步組態以：

在一第三循環中改變該動態電磁場之該方向。

112. 如條項111之多束裝置，其中該控制器經進一步組態以：

基於該多束裝置之該掃描頻率、該等束之該數目、該第一循環或該第二循環中之至少一者來判定該第三循環。

113. 如條項107至112中任一項之多束裝置，其進一步包含：

一孔徑板，其在該濾波器空腔下游且經組態以濾波一第二雜散帶電粒子。

114. 如條項111至113中任一項之多束裝置，其中該濾波器空腔及該

孔徑板在該第三叢集空腔上游或在該第三叢集空腔下游。

115. 如條項111至113中任一項之多束裝置，其中該第三叢集空腔係介於該濾波器空腔與該孔徑板之間。

116. 如條項85至115中任一項之多束裝置，其中該控制器經進一步組態以：

使該第一叢集射出該第一叢集空腔且使該第二叢集射出該第二叢集空腔，其以一交替方式進行，其中該第一叢集及該第二叢集以該交替方式通過該下游位置。

117. 一種用於減少一多束裝置之一帶電粒子束中之帶電粒子之相互作用的方法，該方法包含：

在一第一叢集空腔中接收一第一帶電粒子集合以形成一第一帶電粒子叢集；

在一第二叢集空腔中接收一第二帶電粒子集合以形成一第二帶電粒子叢集；及

使該第一叢集及該第二叢集以一預定時空次序通過一下游位置。

118. 如條項117之方法，其中該第一帶電粒子集合及該第二帶電粒子集合包含帶電粒子脈衝。

119. 如條項117之方法，其中該第一帶電粒子集合及該第二帶電粒子集合包含一連續帶電粒子串流。

120. 如條項117至119中任一項之方法，其中該預定時空次序包含該第一叢集及該第二叢集按順序通過該下游位置。

121. 如條項120之方法，其中該預定時空次序包含該第一叢集及該第二叢集中之至多一者在任何時間皆通過該下游位置。

122. 如條項117至121中任一項之方法，其進一步包含：

接收複數個叢集空腔之每一叢集空腔中的各別帶電粒子集合以形成複數個束，每一束包含帶電粒子之叢集；及

使該複數個束之該等叢集按該預定時空次序通過該下游位置。

123. 如條項122之方法，其中該預定時空次序包含該複數個束之該等叢集按非重疊順序通過該下游位置。

124. 如條項123之方法，其中該預定時空次序包含該複數個束之該等叢集中之至多一者在任何時間皆通過該下游位置。

125. 如條項117至124中任一項之方法，其中該下游位置在該多束裝置中之一物鏡附近或在該物鏡中。

126. 如條項117至125中任一項之方法，其中該第一叢集空腔具備一第一動態電場，且該第二叢集空腔具備一第二動態電場。

127. 如條項126之方法，其進一步包含：

協調該第一動態電場及該第二動態電場改變。

128. 如條項126至127中任一項之方法，其進一步包含：

將該第一動態電場之一方向改變為平行於該第一叢集之一方向，且將該第二動態電場之一方向改變為平行於該第二叢集之一方向。

129. 如條項128之方法，其進一步包含：

在一第一循環中改變該第一動態電場之該方向或該第二動態電場之該方向中的至少一者。

130. 如條項129之方法，其進一步包含：

基於該多束裝置之一掃描頻率或束之一數目中之至少一者來判定該第一循環。

131. 如條項126至130中任一項之方法，其中該在該第一叢集空腔中接收該第一帶電粒子脈衝集合以形成該第一帶電粒子叢集包含：

致使該第一動態電場在一第二帶電粒子進入該第一叢集空腔之前使一第一帶電粒子減速，其中至少兩個帶電粒子包含該第一帶電粒子及該第二帶電粒子；及

當該第二帶電粒子進入該第一叢集空腔時，控制該第一動態電場以使該第二帶電粒子比該第一帶電粒子更快速地移動。

132. 如條項131之方法，其中控制該第一動態電場以使該第二帶電粒子比該第一帶電粒子更快速地移動包含以下操作中之 one 者：

使該第二帶電粒子加速；

既不使該第二帶電粒子加速亦不使其減速；或

以比使該第一帶電粒子減速之程度更小的程度使該第二帶電粒子減速。

133. 如條項131至132中任一項之方法，其中該形成該第一帶電粒子叢集包含：

在該第一叢集空腔下游的一第三叢集空腔中接收該第一叢集；及

使用該第三叢集空腔中之一第三動態電場使該第一帶電粒子及該第二帶電粒子以一大體上相似速度移動。

134. 如條項133之方法，其中該使該第一帶電粒子及該第二帶電粒子以該大體上相似速度移動包含：

致使該第三動態電場使該第二帶電粒子減速而以該大體上相似速度移動。

135. 如條項133至134中任一項之方法，其進一步包含：

協調該第三動態電場及該第一動態電場改變。

136. 如條項133至135中任一項之方法，其進一步包含：

將該第三動態電場之一方向改變為平行於該第一叢集之一方向。

137. 如條項136之方法，其進一步包含：

在一第二循環中改變該第三動態電場之該方向。

138. 如條項137之方法，其進一步包含：

基於該多束裝置之該掃描頻率、該等束之該數目或該第一循環來判定該第二循環。

139. 如條項126至138中任一項之方法，其中該在該第一叢集空腔中接收該第一帶電粒子脈衝集合以形成該第一帶電粒子叢集進一步包含：

在該第一叢集空腔下游的一濾波器空腔中接收該第一叢集及一第一雜散帶電粒子；及

使用該濾波器空腔中之一動態電磁場來濾波該第一雜散帶電粒子，該動態電磁場包含一第三動態電場或一動態磁場中之至少一者。

140. 如條項139之方法，其進一步包含：

將該動態電磁場之一方向改變為垂直於該第一叢集之該方向。

141. 如條項139至140中任一項之方法，其中該濾波該第一雜散帶電粒子包含：

當該第一叢集在該濾波器空腔中時，使該動態電磁場並不導引該第一叢集；及

當該第一叢集不在該濾波器空腔中時，使該動態電磁場將該第一雜散帶電粒子導引遠離該第一叢集之該方向。

142. 如條項139至141中任一項之方法，其進一步包含：

協調該動態電磁場及該第一動態電場改變。

143. 如條項140至142中任一項之方法，其進一步包含：

在一第三循環中改變該動態電磁場之該方向。

144. 如條項143之方法，其進一步包含：

基於該多束裝置之該掃描頻率、該等束之該數目、該第一循環或該第二循環中之至少一者來判定該第三循環。

145. 如條項139至144中任一項之方法，其中該形成該第一帶電粒子叢集進一步包含：

使用該濾波器空腔下游的一孔徑板來濾波一第二雜散帶電粒子。

146. 如條項133至145中任一項之方法，其中該濾波器空腔及該孔徑板在該第三叢集空腔上游或在該第三叢集空腔下游。

147. 如條項133至145中任一項之方法，其中該第三叢集空腔係介於該濾波器空腔與該孔徑板之間。

148. 如條項117至147中任一項之方法，其中該使該第一叢集及該第二叢集通過該下游位置包含：

使該第一叢集射出該第一叢集空腔且使該第二叢集射出該第二叢集空腔，其以一交替方式進行，其中該第一叢集及該第二叢集以該交替方式通過該下游位置。

149. 一種非暫時性電腦可讀媒體，其儲存一指令集，該指令集可由一多束裝置之一或多個處理器執行以致使該多束裝置執行用以減少一帶電粒子束中之帶電粒子之相互作用的一方法，該方法包含：

在一第一叢集空腔中接收一第一帶電粒子集合以形成一第一帶電粒子叢集；

在一第二叢集空腔中接收一第二帶電粒子集合以形成一第二帶電粒子叢集；及

使該第一叢集及該第二叢集以一預定時空次序通過一下游位置。

150. 一種多束裝置，該多束裝置包含：

一第一帶電粒子源；

一第二帶電粒子源；及

在該第一帶電粒子源及該第二帶電粒子源下游的至少一個偏轉器系統，其經組態以：

自該第一帶電粒子源接收脈衝帶電粒子之一第一束且自該第二帶電粒子源接收脈衝帶電粒子之一第二束；及

按一預定時空次序導引該第一束及該第二束，其中該第一束及該第二束按順序通過一下游位置。

151. 如條項150之多束裝置，其中該第一帶電粒子源及該第二帶電粒子源係帶電粒子脈衝產生器。

152. 如條項151之多束裝置，其中一脈衝產生器包含一帶電粒子發射器及一脈衝雷射產生器。

153. 如條項150至152中任一項之多束裝置，其中該第一束及該第二束係叢集帶電粒子之束。

154. 如條項150至153中任一項之多束裝置，其中該至少一個偏轉器系統包含一射頻空腔偏轉器。

155. 如條項150至154中任一項之多束裝置，其中該至少一個偏轉器系統包含接收該第一束之一第一偏轉器及接收該第二束之一第二偏轉器。

156. 如條項150至154中任一項之多束裝置，其中該至少一個偏轉器

系統包含接收該第一束及該第二束之一偏轉器。

157. 如條項155至156中任一項之多束裝置，其中該第一偏轉器及該第二偏轉器經配置為處於同一平面上。

158. 如條項155至157中任一項之多束裝置，其中該第一偏轉器及該第二偏轉器經配置為處於不同平面上。

159. 如條項150至158中任一項之多束裝置，其中該至少一個偏轉器系統經進一步組態以：

按順序釋放該第一束及該第二束。

160. 如條項150至159中任一項之多束裝置，其中該至少一個偏轉器系統經進一步組態以：

在一第一方向上導引該第一束且在一第二方向上導引該第二束。

161. 如條項150至160中任一項之多束裝置，其中該預定時空次序包含：該第一束與該第二束之間的一距離在該至少一個偏轉器系統釋放該第一束及該第二束之後減小。

162. 如條項150至161中任一項之多束裝置，其中該預定時空次序包含：該第一束及該第二束在該至少一個偏轉器系統釋放該第一束及該第二束之後係平行的。

163. 如條項150至162中任一項之多束裝置，其進一步包含：

在該至少一個偏轉器系統下游的一孔徑板，其包含一第一孔徑及一第二孔徑，其中該第一孔徑接收該第一束，且該第二孔徑接收該第二束。

164. 如條項150至163中任一項之多束裝置，其中該至少一個偏轉器系統經進一步組態以：

使用該第一束形成一第一帶電粒子叢集且使用該第二束形成一第二

帶電粒子叢集；及

按該預定時空次序釋放該第一叢集及該第二叢集。

165. 如條項164之多束裝置，其中該至少一個偏轉器系統經進一步組態以：

按順序釋放該第一叢集及該第二叢集，其中該第一叢集及該第二叢集按順序通過該下游位置。

166. 一種用於在一多束裝置中提供多個帶電粒子束之方法，該方法包含：

在至少一個偏轉器系統中自一第一帶電粒子源接收脈衝帶電粒子之一第一束且自一第二帶電粒子源接收脈衝帶電粒子之一第二束；及

按一預定時空次序導引該第一束及該第二束，其中該第一束及該第二束按順序通過一下游位置。

167. 如條項166之方法，其中該第一帶電粒子源及該第二帶電粒子源係帶電粒子脈衝產生器。

168. 如條項167之方法，其中一脈衝產生器包含一帶電粒子發射器及一脈衝雷射產生器。

169. 如條項166至168中任一項之方法，其中該第一束及該第二束係叢集帶電粒子之束。

170. 如條項166至169中任一項之方法，其中該至少一個偏轉器系統包含一射頻空腔偏轉器。

171. 如條項166至170中任一項之方法，其中該接收該第一束及該第二束包含：

在一第一偏轉器中接收該第一束且在一第二偏轉器中接收該第二

束，其中該至少一個偏轉器系統包含該第一偏轉器及該第二偏轉器。

172. 如條項166至170中任一項之方法，其中該接收該第一束及該第二束包含：

在一偏轉器中接收該第一束及該第二束，其中該至少一個偏轉器系統包含該偏轉器。

173. 如條項171至172中任一項之方法，其中該第一偏轉器及該第二偏轉器經配置為處於同一平面上。

174. 如條項171至173中任一項之方法，其中該第一偏轉器及該第二偏轉器經配置為處於不同平面上。

175. 如條項166至174中任一項之方法，其中該按該預定時空次序導引該第一束及該第二束包含：

按順序釋放該第一束及該第二束。

176. 如條項166至175中任一項之方法，其中該按該預定時空次序導引該第一束及該第二束包含：

在一第一方向上導引該第一束且在一第二方向上導引該第二束。

177. 如條項166至176中任一項之方法，其中該預定時空次序包含：在該至少一個偏轉器系統釋放該第一束及該第二束之後該第一束與該第二束之間的一距離減小。

178. 如條項166至177中任一項之方法，其中該預定時空次序包含：在釋放該第一束及該第二束之後該第一束及該第二束係平行的。

179. 如條項166至178中任一項之方法，其進一步包含：

由一第一孔徑接收該第一束且由一第二孔徑接收該第二束，其中該第一孔徑及該第二孔徑在該至少一個偏轉器系統下游的一孔徑板中。

180. 如條項166至179中任一項之方法，其中該按該預定時空次序導引該第一束及該第二束包含：

使用該第一束形成一第一帶電粒子叢集且使用該第二束形成一第二帶電粒子叢集；及

按該預定時空次序釋放該第一叢集及該第二叢集。

181. 如條項180之方法，其中該按該預定時空次序釋放該第一叢集及該第二叢集包含：

按順序釋放該第一叢集及該第二叢集，其中該第一叢集及該第二叢集按順序通過該下游位置。

182. 一種非暫時性電腦可讀媒體，其儲存一指令集，該指令集可由一多束裝置之一或多個處理器執行以致使該多束裝置執行用於提供多個帶電粒子束之一方法，該方法包含：

在至少一個偏轉器系統中自一第一帶電粒子源接收脈衝帶電粒子之一第一束且自一第二帶電粒子源接收脈衝帶電粒子之一第二束；及

按一預定時空次序導引該第一束及該第二束，其中該第一束及該第二束按順序通過一下游位置。

【0222】 控制器可包含切換電路、時序控制電路、處理器、資料儲存模組、類比及數位電路組件、輸入及輸出埠、通信模組等。

【0223】 可提供儲存指令以使處理器進行脈衝產生、脈衝偵測、影像檢測、影像獲取、載物台定位、束聚焦、電場調整、束彎曲等的非暫時性電腦可讀媒體。非暫時性媒體之常見形式包括例如軟碟、可撓性磁碟、硬碟、固態磁碟機、磁帶或任何其他磁性資料儲存媒體、緊密光碟唯讀記憶體(CD-ROM)、任何其他光學資料儲存媒體、具有孔圖案之任何實體媒

體、隨機存取記憶體(RAM)、可程式化唯讀記憶體(PROM)及可抹除可程式化唯讀記憶體(EPROM)、FLASH-EPROM或任何其他快閃記憶體、非揮發性隨機存取記憶體(NVRAM)、快取記憶體、暫存器、任何其他記憶體晶片或卡匣，及其網路化版本。

【0224】應瞭解，本發明之實施例不限於已在上文所描述及在隨附圖式中所說明之確切建構，且可在不背離本發明之範疇的情況下作出各種修改及改變。已結合各種實施例描述本發明，藉由考慮本文中所揭示之本發明的說明書及實踐，本發明之其他實施例對於熟習此項技術者將為顯而易見的。意欲本說明書及實例僅被視為例示性的，其中本發明之真正範疇及精神藉由以下申請專利範圍指示。

【0225】以上描述意欲為說明性，而非限制性的。因此，對於熟習此項技術者將顯而易見，可在不背離下文所闡明之申請專利範圍之範疇的情況下如所描述進行修改。

【符號說明】

【0226】

1	電子束檢測(EBI)系統
10	主腔室
20	裝載/鎖定腔室
30	設備前端模組(EFEM)
30a	第一裝載埠
30b	第二裝載埠
100	電子束工具
100_1	主光軸

101	電子源
101s	初級束交越
102	初級電子束
102_1	初級小射束
102_1s	探測光點
102_1se	二次電子束
102_2	初級小射束
102_2s	探測光點
102_2se	二次電子束
102_3	初級小射束
102_3s	探測光點
102_3se	二次電子束
103	槍孔徑
107	樣本固持器
109	機動載物台
110	聚光透鏡
120	源轉換單元
130	初級投影系統
131	物鏡
132	偏轉掃描單元
140	電子偵測器件
140_1	偵測元件
140_2	偵測元件

140_3	偵測元件
150	二次投影系統
150_1	副光軸
160	束分離器
171	槍孔徑板
190	樣本
300	多束裝置
301	初級電子源
302	主光軸
305_1	經偏轉電子束
305_2	經偏轉電子束
310	加速空腔
320	聚束空腔
330	偏轉空腔
340	聚光透鏡
350	偵測器
360	初級投影系統
370	束光柵系統
380	控制器
390	樣本
400	多束裝置
410	束孔徑陣列
510	低頻掃描圖案

520	高頻掃描圖案
530	高頻掃描圖案
610	一維高頻掃描圖案
620	二維低頻掃描圖案
700	方法
710	步驟
720	步驟
730	步驟
740	步驟
750	步驟
802	帶電粒子束
804	帶電粒子束
806	帶電粒子束
808	交越區域
810	物鏡
812	束
814	束
816	束
818	叢集
820	叢集
822	叢集
902	叢集空腔
904	動態電場

906	帶電脈衝
908	帶電脈衝
1002	叢集空腔
1004	叢集空腔
1006	叢集空腔
1008	帶電粒子束
1010	帶電粒子束
1012	帶電粒子束
1102	第一叢集空腔
1104	第二叢集空腔
1106	動態電場
1108	動態電場
1110	軸線
1112	帶電脈衝
1114	帶電脈衝
1202	叢集產生器
1204	動態電場
1206	叢集
1208	雜散帶電粒子
1210	濾波器空腔
1212	動態電磁場
1214	孔徑板
1216	孔徑

1300	方法
1302	步驟
1304	步驟
1306	步驟
1400	多束裝置
1402	帶電粒子源
1404	帶電粒子源
1406	帶電粒子源
1408	偏轉器
1410	偏轉器
1412	偏轉器
1414	束
1416	束
1418	束
1420	帶電粒子加速器
1422	束集光器
1424	偏轉器
1426	偏轉器
1428	偏轉器
1430	孔徑陣列
1432	投影透鏡
1434	交越區域
1436	樣本

1500	方法
1502	步驟
1504	步驟
1600A	子系統
1600B	子系統
1600C	子系統
1602	初級電子源
1604	脈衝
1606	第一偏轉器
1608	入射束
1610	入射束
1612	入射束
1614	第一投影透鏡系統
1616	探測光點
1618	探測光點
1620	探測光點
1622	樣本
1624	初始射出束
1626	初始射出束
1628	初始射出束
1630	第二偏轉器
1632	經偏轉射出束
1634	經偏轉射出束

1636	經偏轉射出束
1638	第二投影透鏡系統
1640	聚光透鏡
1642	二次投影系統
1644	偵測器
1646	偵測元件
1648	偵測元件
1650	偵測元件
1652	偵測器
1700	方法
1702	步驟
1704	步驟
1706	步驟
S	大小
t_1	時戳
t_2	時戳
t_3	時戳
t_4	時戳
t_5	時戳
t_6	時戳

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種用於觀測一樣本之裝置，其包含：

一偏轉器，其經組態以使帶電粒子之複數個脈衝偏轉成一樣本上之複數個探測光點(probe spots)；

一偵測器，其經組態以自該樣本偵測由該複數個脈衝與該樣本相互作用(interacting)所產生的複數個信號；及

一控制器，其經組態以基於偵測自該樣本上之一特定(particular)探測光點產生之一特定信號的一時間與使形成該特定探測光點之一特定帶電粒子脈衝偏轉的一時間所相關聯的一時間之間的一相關性，而使該特定偵測到之信號與該特定探測光點相關。

【第2項】

如請求項1之裝置，其進一步包含一帶電粒子源、一加速空腔及一聚束空腔。

【第3項】

如請求項2之裝置，其中該帶電粒子源包含具有在100 MHz至10 GHz之一範圍內之一源頻率的一脈衝射頻源。

【第4項】

如請求項1之裝置，其中該偏轉器包含一或多個帶電粒子偏轉器，該一或多個帶電粒子偏轉器中之每一者基於一操作頻率使帶電粒子之該複數個脈衝偏轉。

【第5項】

如請求項3之裝置，其中該偏轉器與該帶電粒子源同步使得該操作頻

率及該源頻率藉由以下方程式相關：

$$v1 = \frac{1}{n}(v2)$$

其中 $v1$ 係該操作頻率， $v2$ 係該源頻率，且 n 係一正整數。

【第6項】

如請求項1之裝置，其進一步包含：

一電子光學系統；及

一帶電粒子束掃描系統，其經組態以使帶電粒子之該複數個經偏轉脈衝中之每一者在該樣本上進行掃描。

【第7項】

如請求項6之裝置，其中該電子光學系統包含一單透鏡系統或一多透鏡系統中之一者。

【第8項】

如請求項6之裝置，其中該控制器經進一步組態以與該偏轉器、該帶電粒子束掃描系統及該偵測器中之至少一者通信。

【第9項】

一種用於在一多束(multi-beam)裝置中觀測一樣本之方法，該方法包含：

使用一偏轉器自包含複數個帶電粒子脈衝之一初級(primary)帶電粒子束形成複數個經偏轉帶電粒子束；

使用一偵測器偵測自由該複數個經偏轉帶電粒子束形成的複數個探測光點所產生之複數個信號；

使用一控制器獲得與該複數個帶電粒子束之一經偏轉帶電粒子束之形成相關的一第一時序資訊，及與該複數個信號之一信號之偵測相關的一

第二時序資訊；及

使用該控制器基於該所獲得之第一時序資訊及該第二時序資訊將該信號與該經偏轉帶電粒子束相關聯。

【第10項】

如請求項9之方法，其中一脈衝射頻帶電粒子源經組態以產生具有在100 MHz至10 GHz之一範圍內之一源頻率的該複數個帶電粒子脈衝。

【第11項】

如請求項9之方法，其中該偏轉器包含一或多個帶電粒子偏轉器，該一或多個帶電粒子偏轉器中之每一者基於一操作頻率形成該複數個經偏轉帶電粒子束。

【第12項】

如請求項11方法，其中該偏轉器與帶電粒子源同步使得該操作頻率及該源頻率藉由以下方程式相關：

$$v1 = \frac{1}{n}(v2)$$

其中 $v1$ 係該操作頻率， $v2$ 係該源頻率，且 n 係一正整數。

【第13項】

如請求項9之方法，其進一步包含使用一電子光學系統將該複數個經偏轉帶電粒子束聚焦於該樣本上。

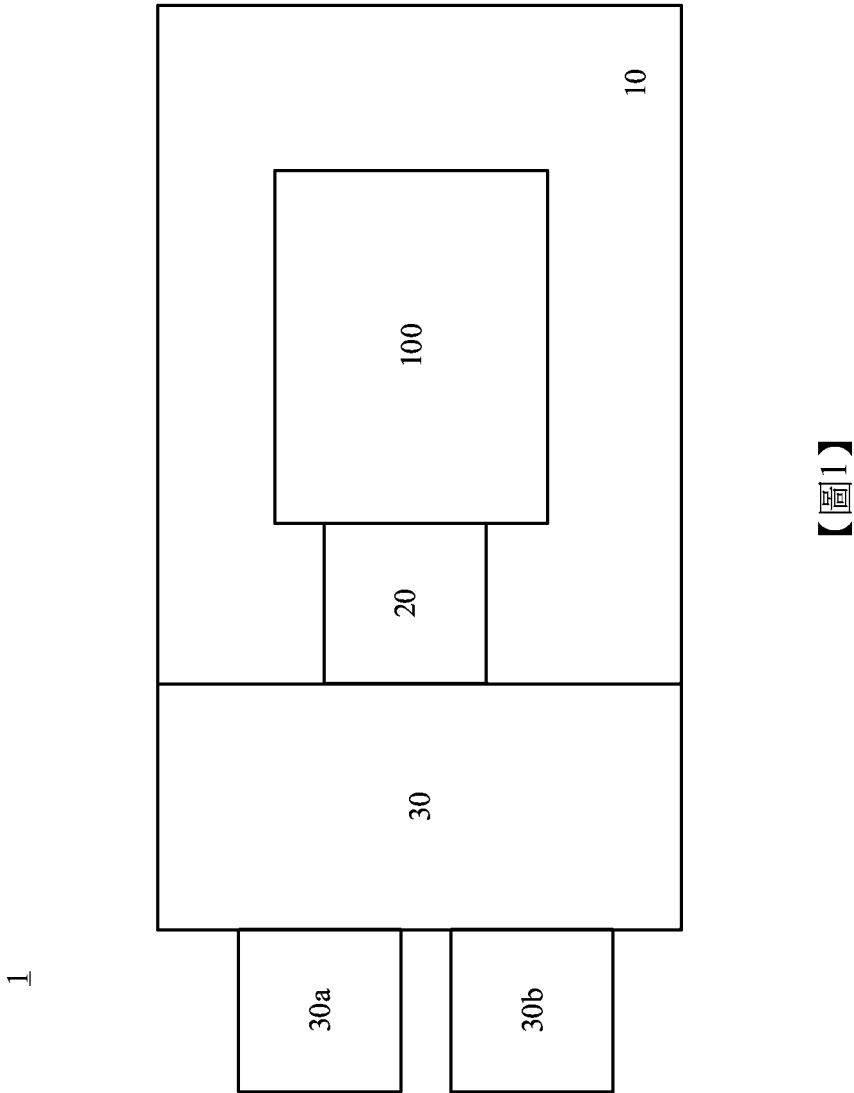
【第14項】

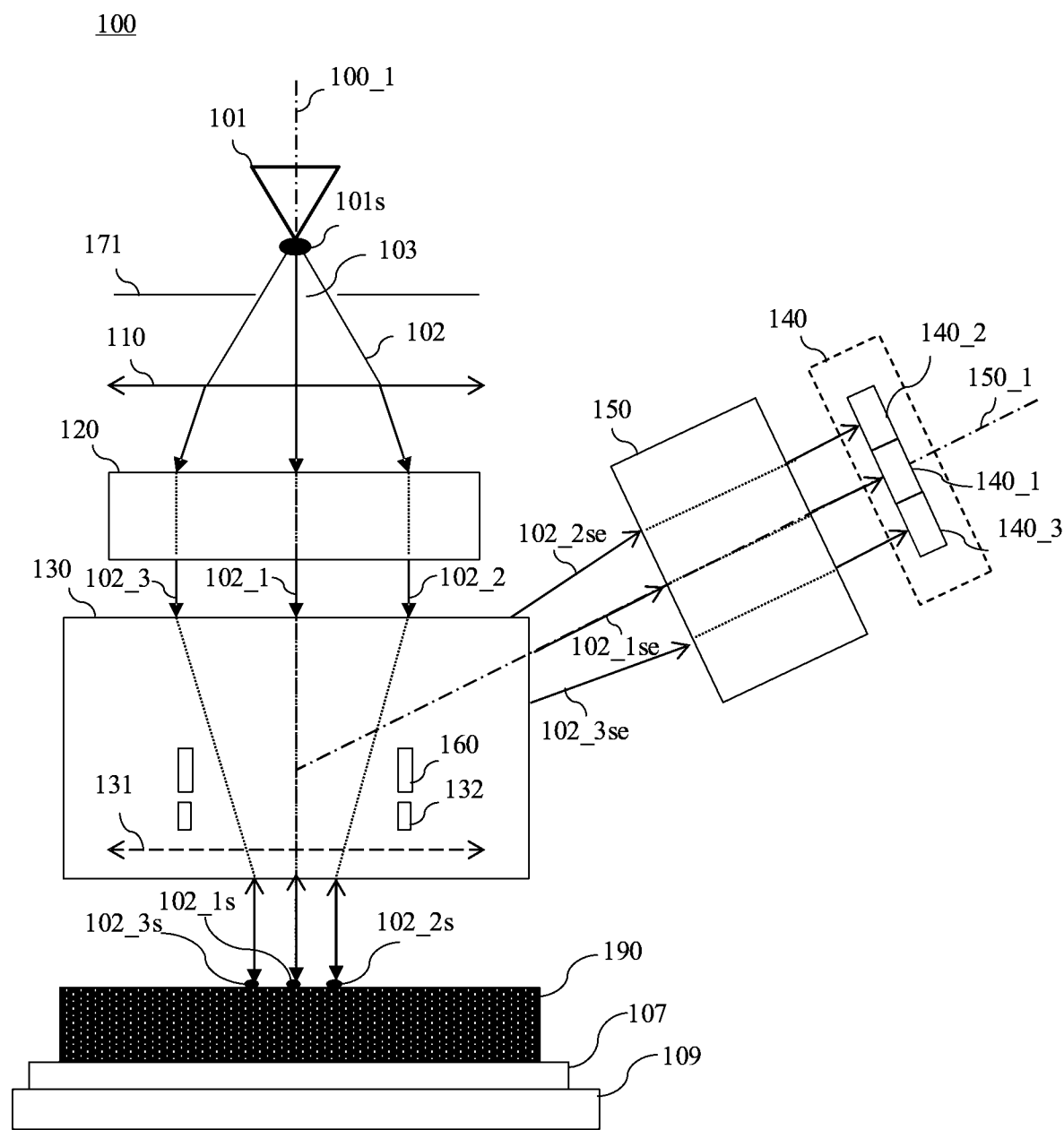
如請求項9之方法，其進一步包含使用一帶電粒子束掃描系統來使該複數個經偏轉帶電粒子束中之每一者在該樣本上進行掃描。

【第15項】

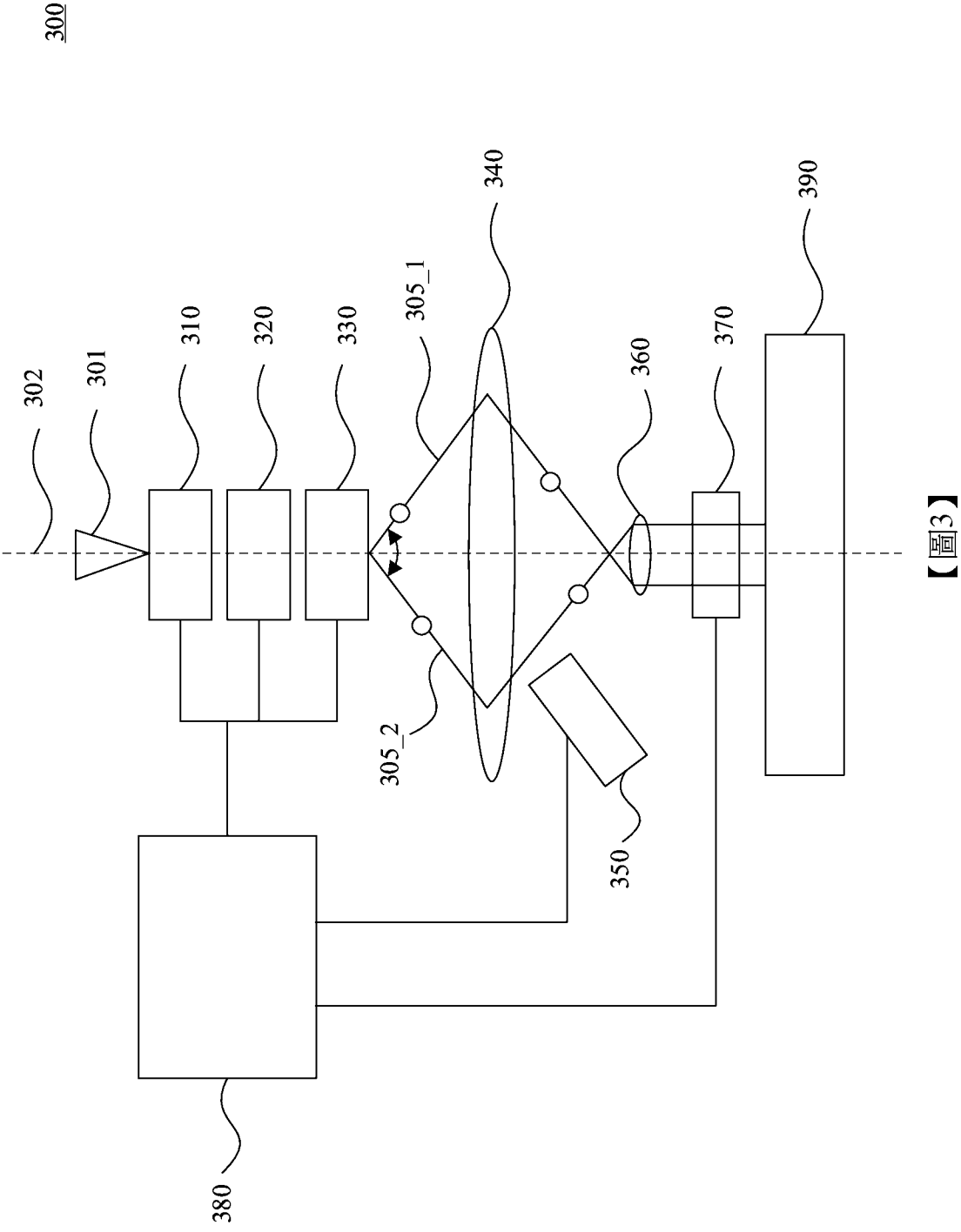
如請求項9之方法，其進一步包含經由該控制器與該偏轉器、該帶電粒子束掃描系統及該偵測器中之至少一者通信。

【發明圖式】

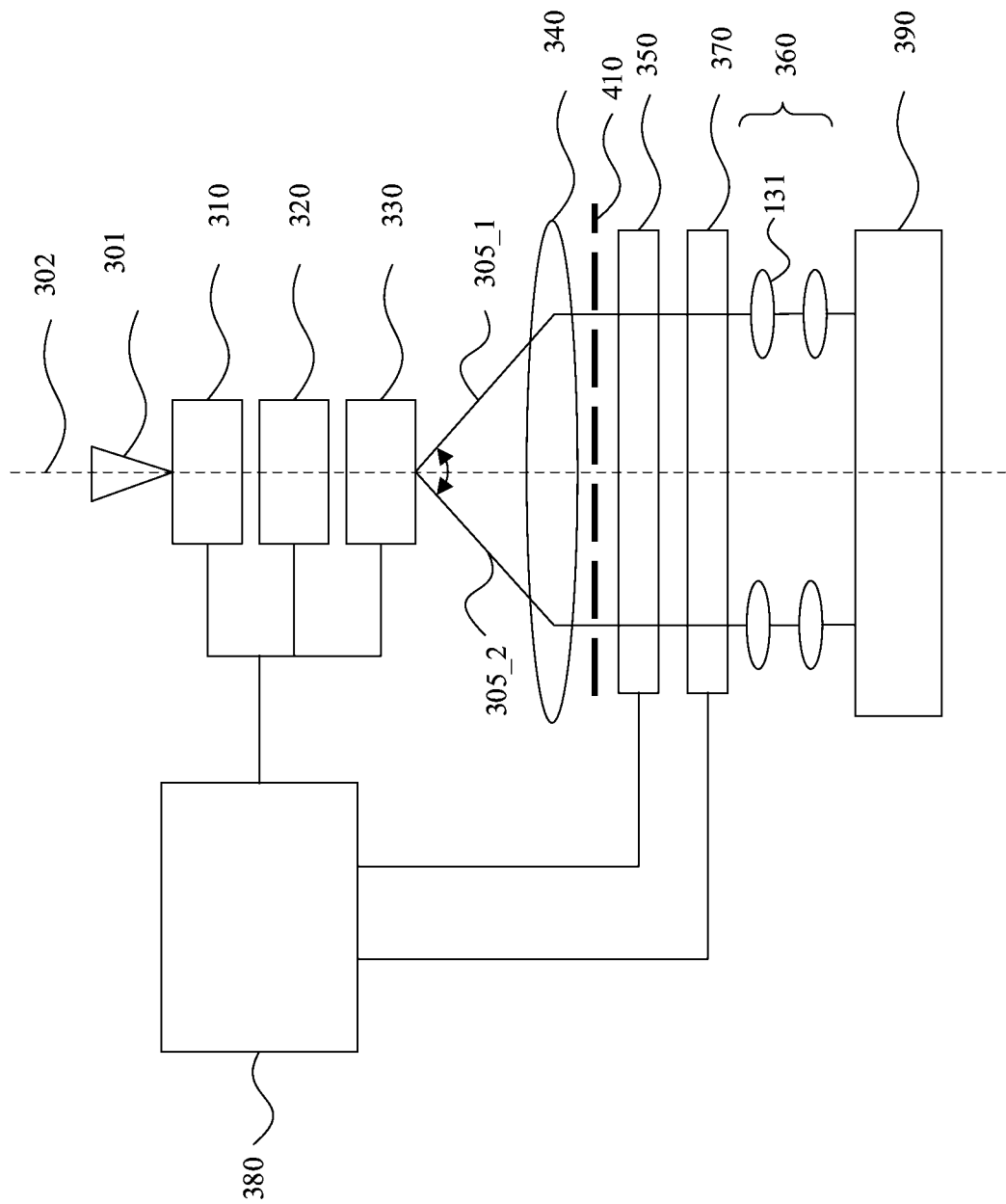




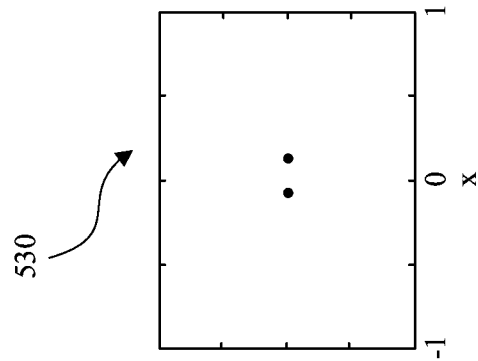
【圖2】



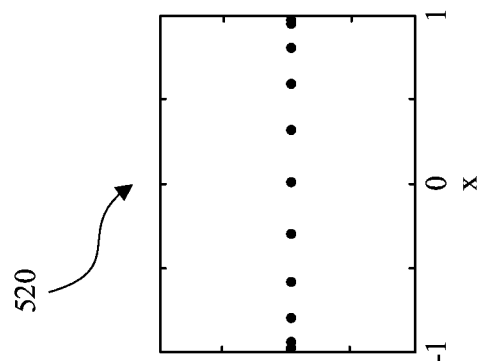
400



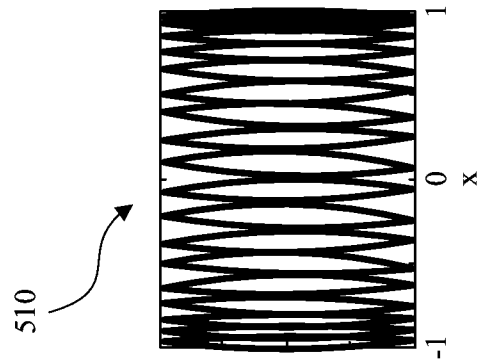
【圖4】



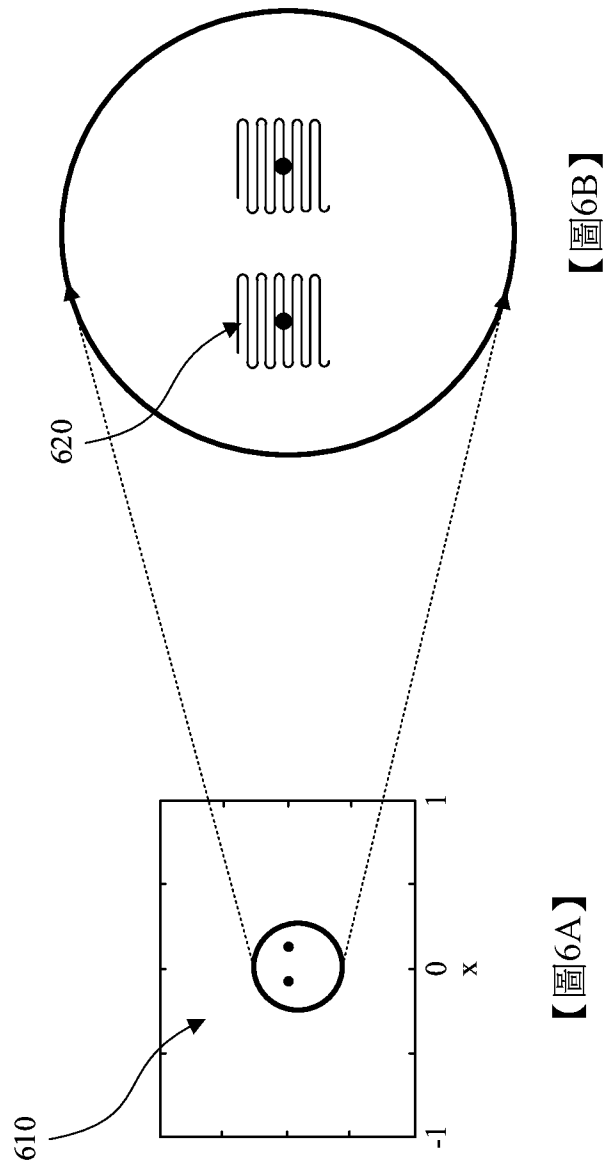
【圖5C】



【圖5B】



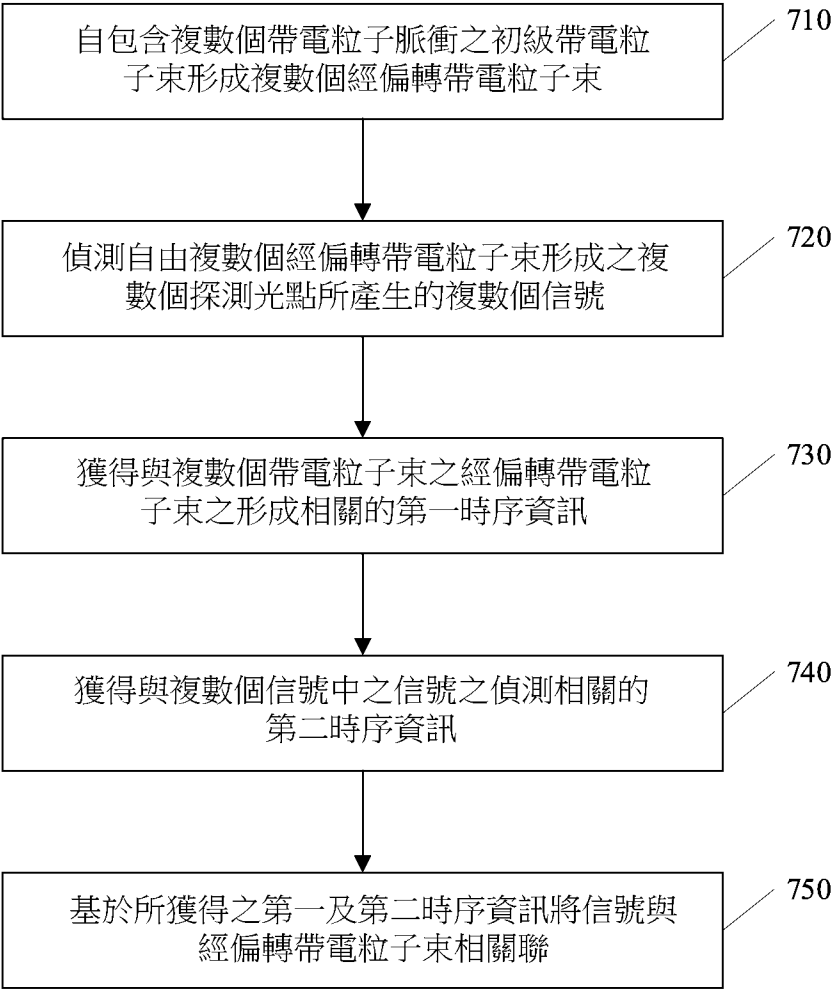
【圖5A】



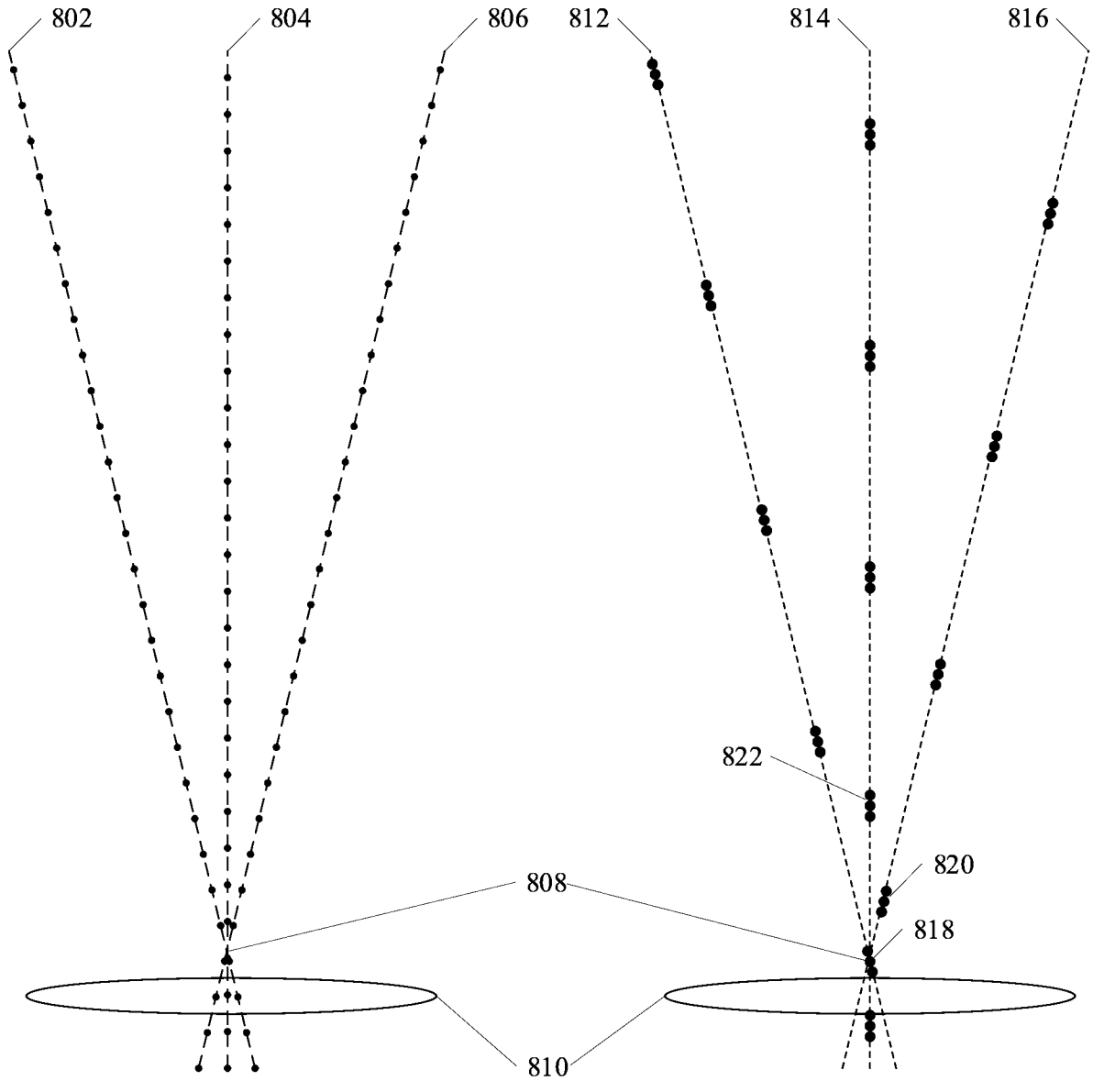
【圖6B】

【圖6A】

700

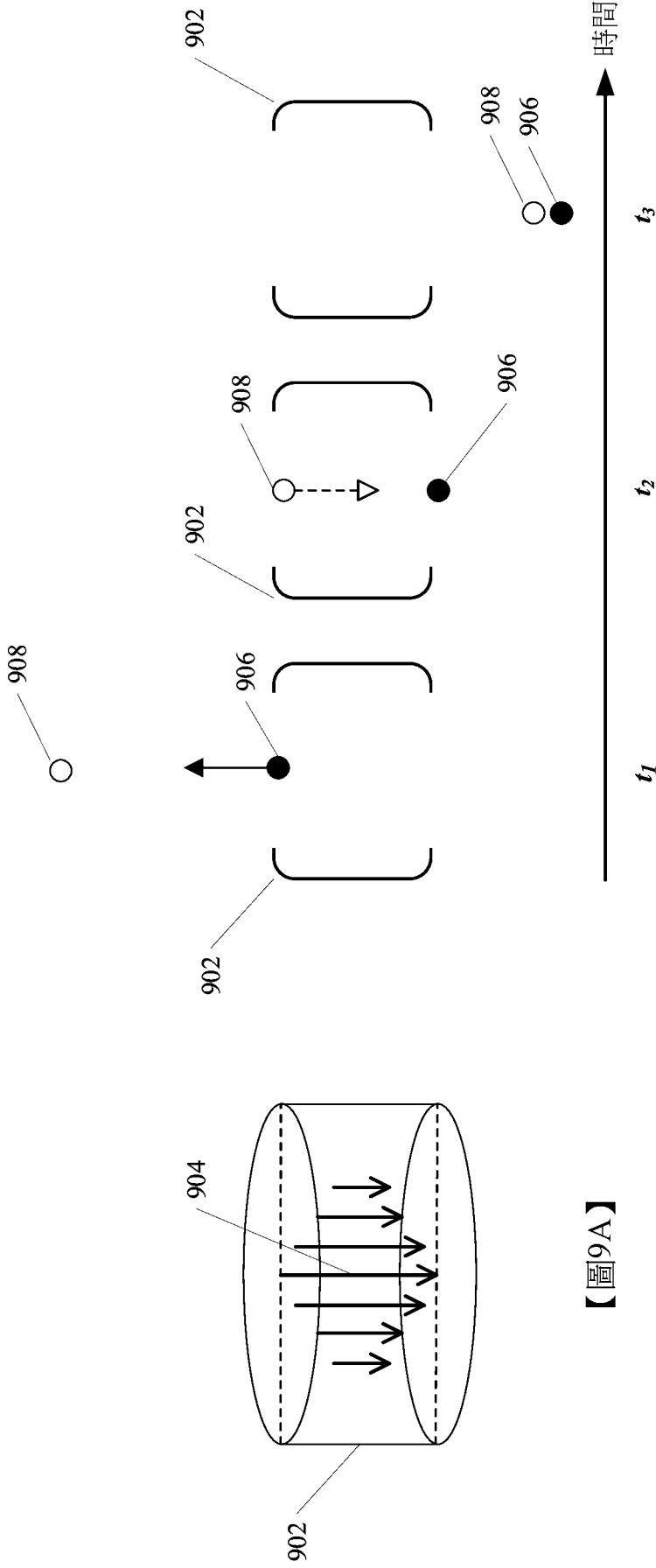


【圖7】



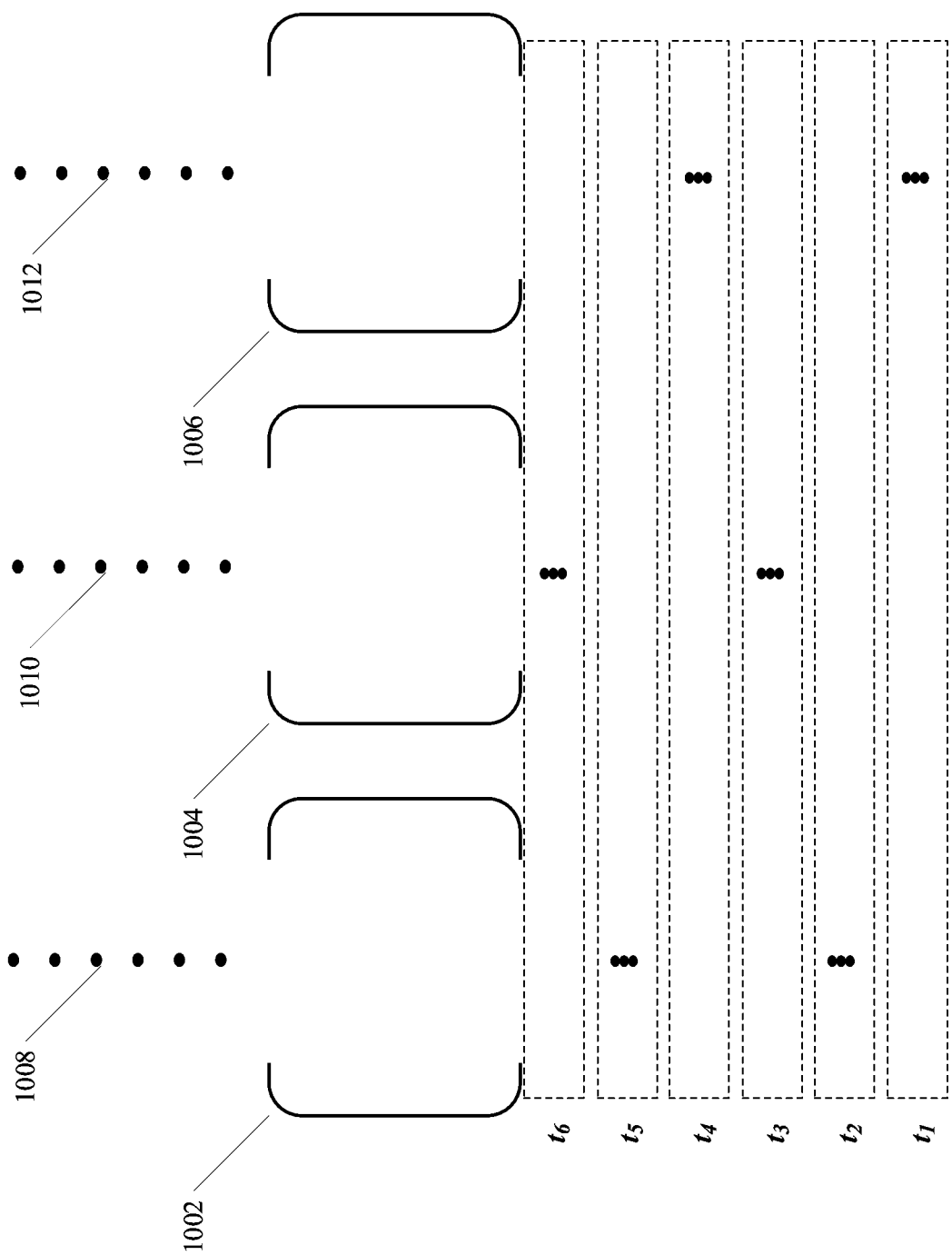
【圖8A】

【圖8B】

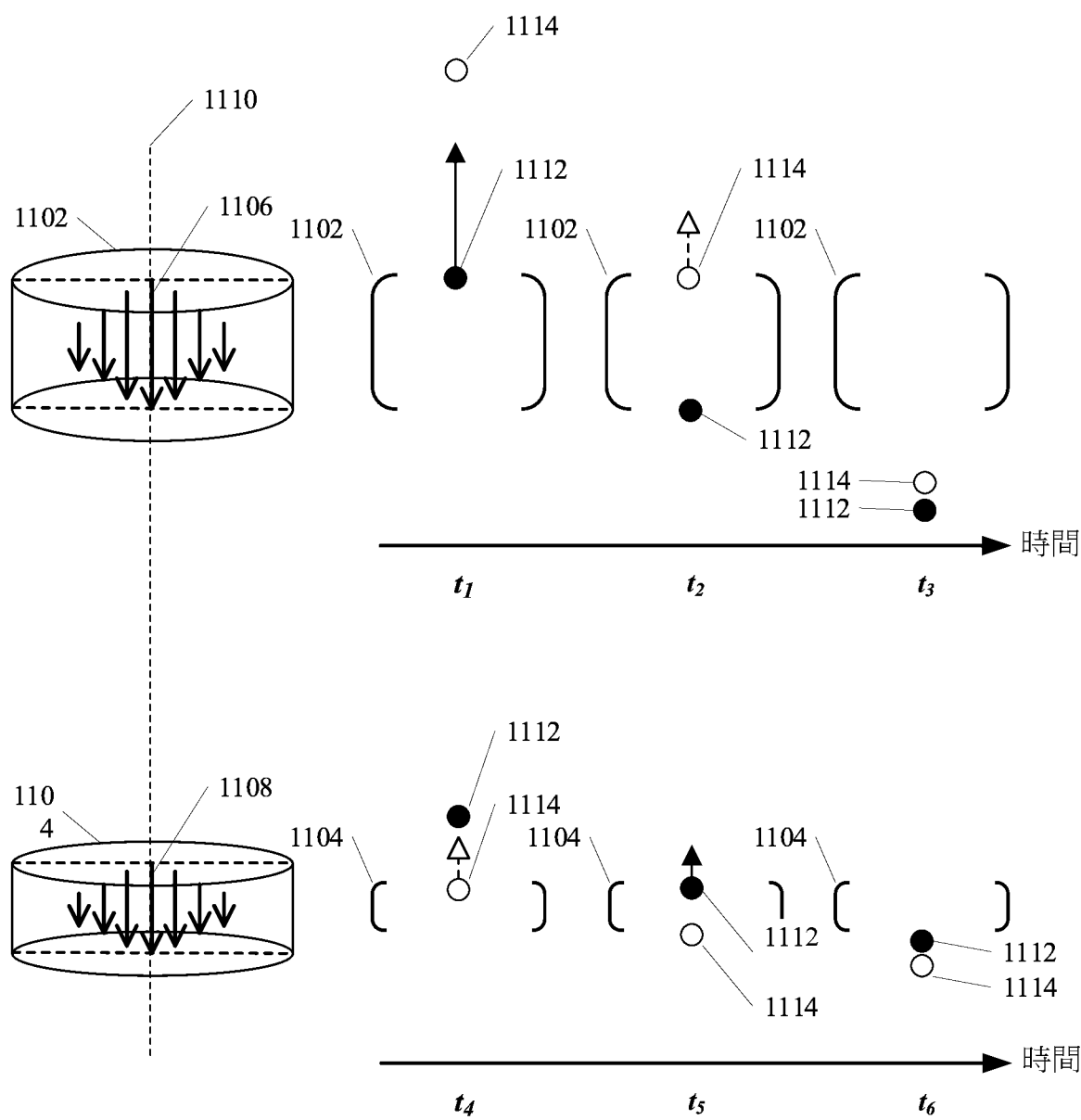


【圖9A】

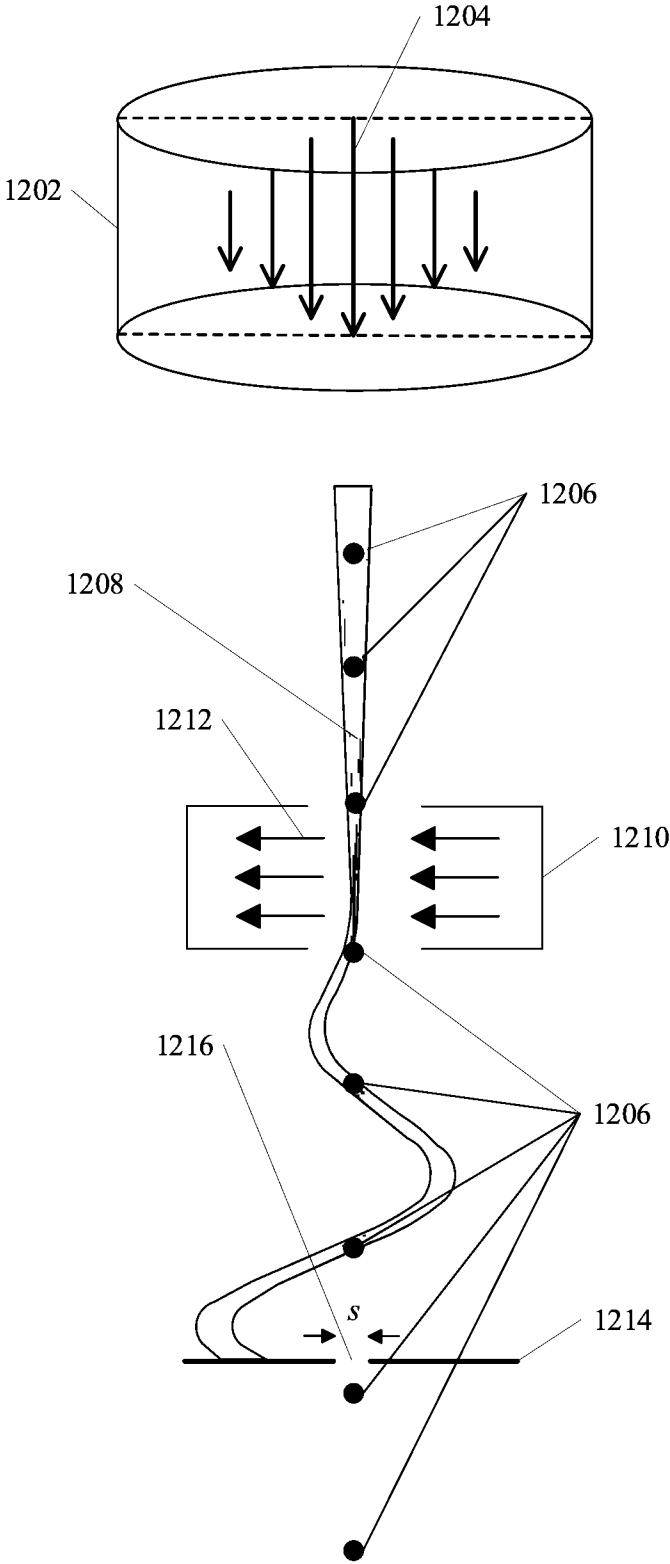
【圖9B】



【圖10】

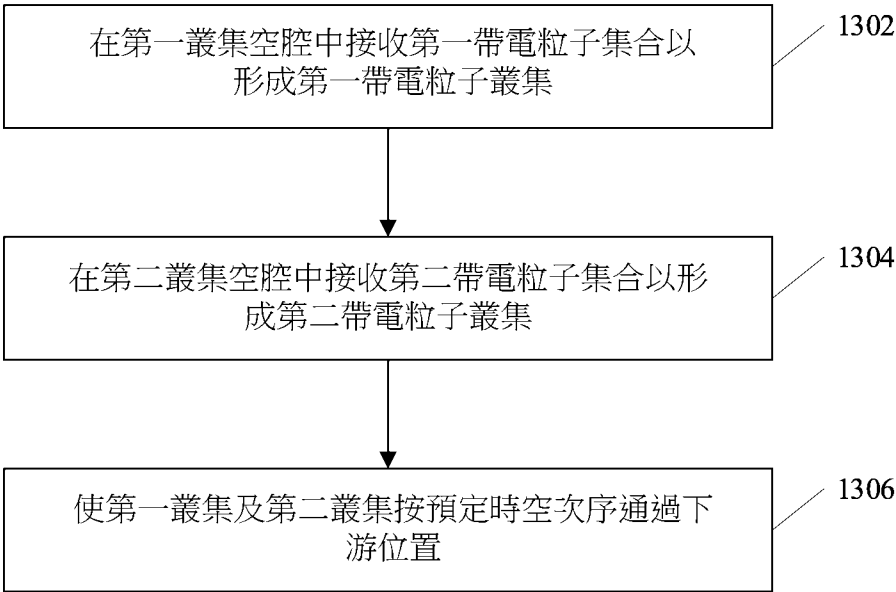


【圖11】

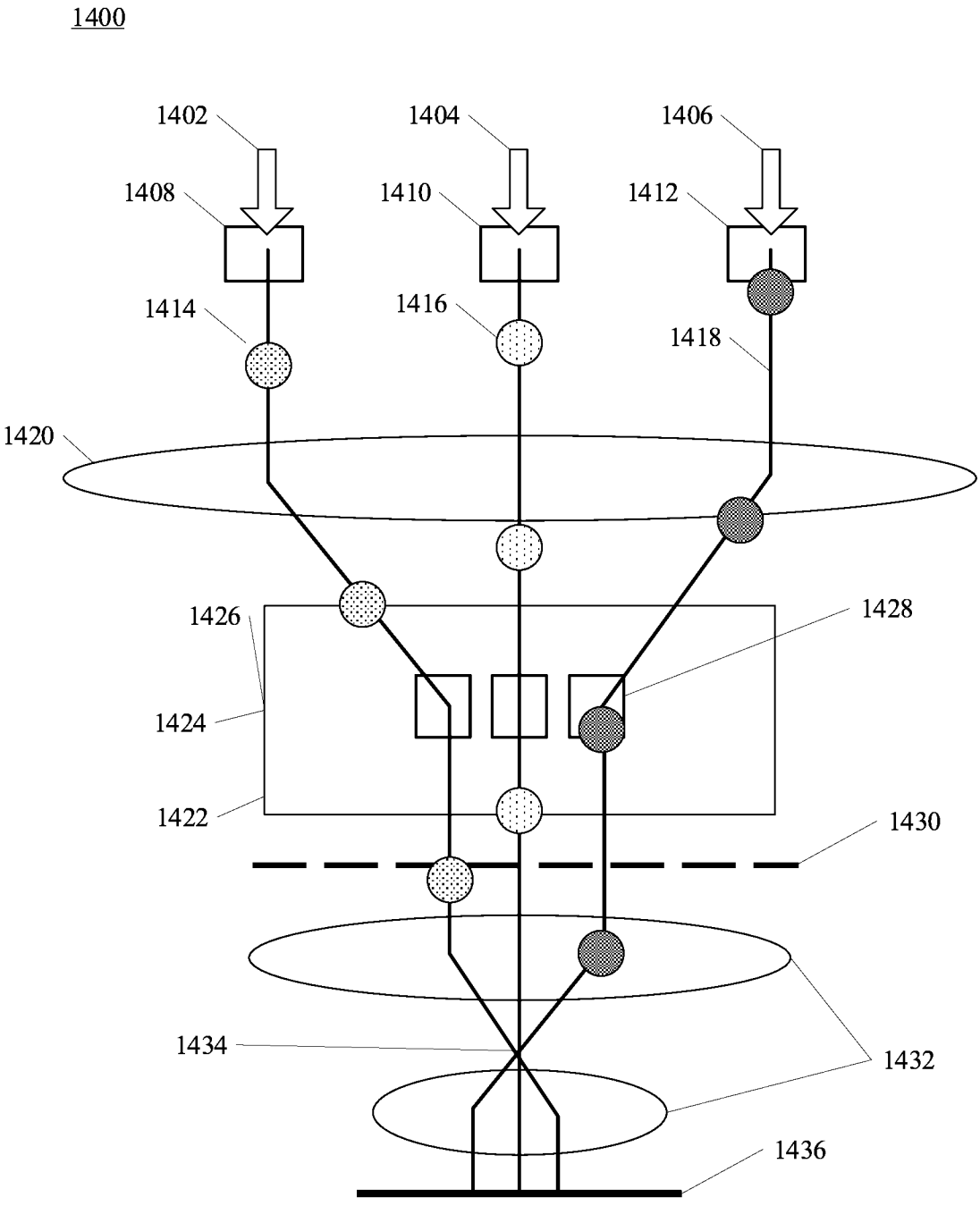


【圖12】

1300

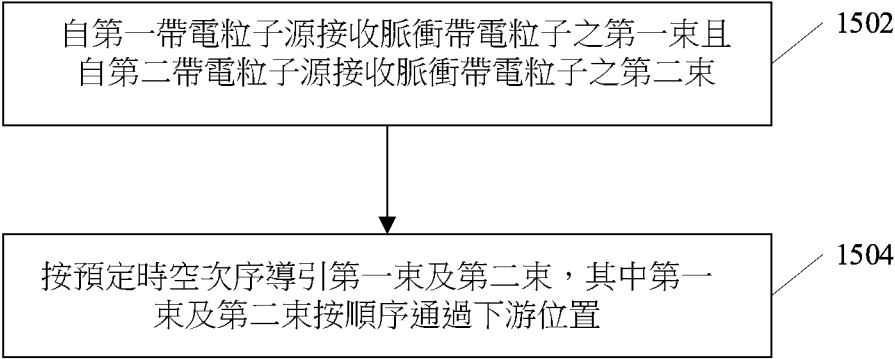


【圖13】

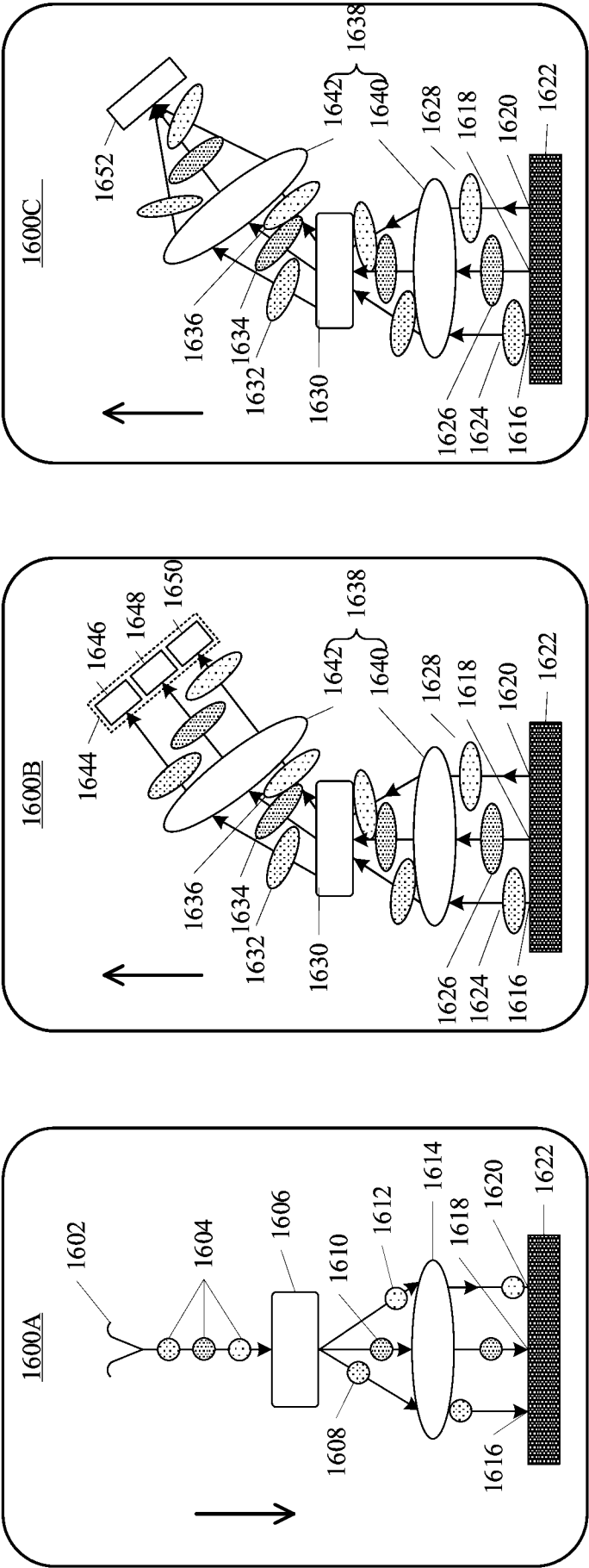


【圖14】

1500



【圖15】

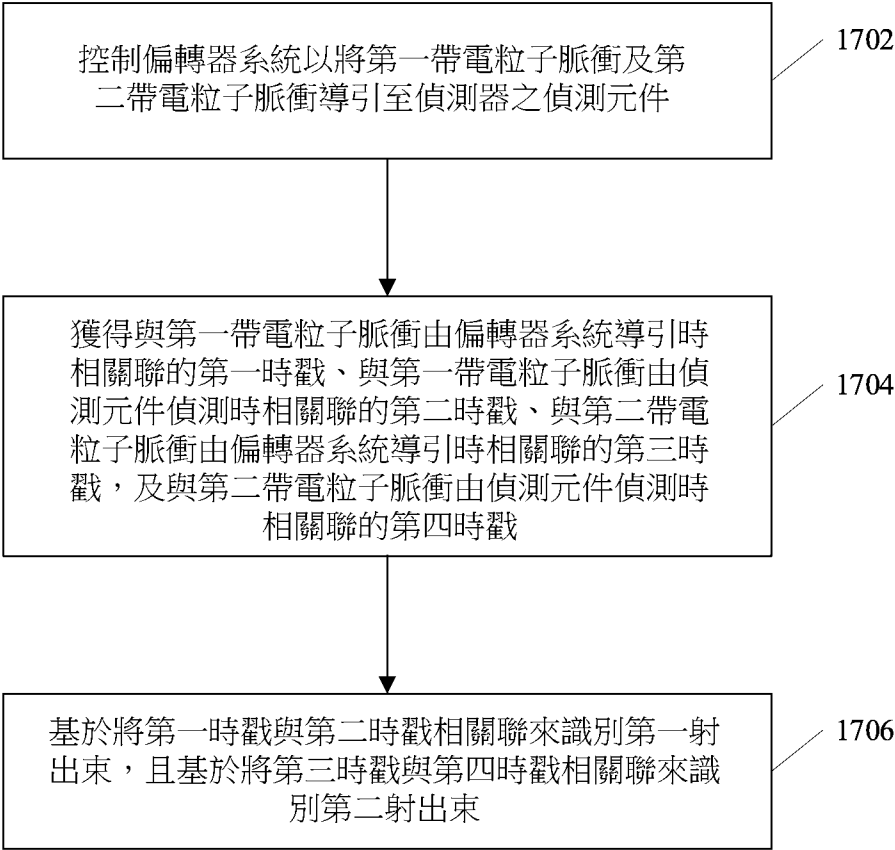


【圖16A】

【圖16B】

【圖16C】

1700



【圖17】