



(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 I842002 B

(45) 公告日：中華民國 113 (2024) 年 05 月 11 日

(21) 申請案號：111124894

(22) 申請日：中華民國 111 (2022) 年 07 月 04 日

(51) Int. Cl. : H01J37/244 (2006.01)

H01J37/28 (2006.01)

(30) 優先權：2021/07/05 歐洲專利局

21183804.0

(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：馬格努斯 艾爾伯圖斯 維克 傑拉杜斯 MANGNUS, ALBERTUS VICTOR
GERARDUS (NL)

(74) 代理人：林嘉興

(56) 參考文獻：

TW 201230128A

TW 201637062A

US 4897545

審查人員：王志成

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：11 共 91 頁

(54) 名稱

用於評估設備之帶電粒子裝置中以偵測來自樣本之帶電粒子的偵測器

(57) 摘要

本發明揭示一種用於一評估設備之一帶電粒子裝置中以偵測來自一樣本之帶電粒子的偵測器，其中該偵測器包含：一反向散射偵測器組件，其經設定為一反向散射偏壓電位並經組態以偵測較高能量的帶電粒子；及一次級偵測器組件，其經設定為一次級偏壓電位並經組態以偵測較低能量的帶電粒子；其中在該反向散射偏壓電位與該次級偏壓電位之間存在一電位差。

A detector for use in a charged particle device for an assessment apparatus to detect charged particles from a sample, wherein the detector comprises: a backscatter detector component set to a backscatter bias electric potential and configured to detect higher energy charged particles; and a secondary detector component set to a secondary bias electric potential and configured to detect lower energy charged particles; wherein there is a potential difference between the backscatter bias electric potential and the secondary bias electric potential.

指定代表圖：

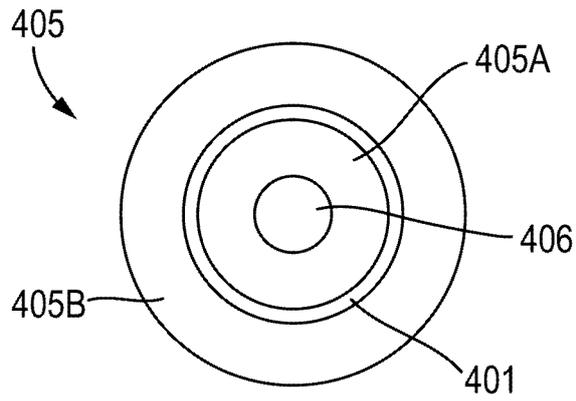
符號簡單說明：

405:偵測器

405A:偵測器組件

405B:偵測器組件

406:孔徑



【圖11A】



公告本

I842002

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於評估設備之帶電粒子裝置中以偵測來自樣本之帶電粒子的偵測器

【英文發明名稱】

DETECTOR FOR USE IN CHARGED PARTICLE DEVICE FOR ASSESSMENT APPARATUS TO DETECT CHARGED PARTICLES FROM SAMPLE

【中文】

本發明揭示一種用於一評估設備之一帶電粒子裝置中以偵測來自一樣本之帶電粒子的偵測器，其中該偵測器包含：一反向散射偵測器組件，其經設定為一反向散射偏壓電位並經組態以偵測較高能量的帶電粒子；及一次級偵測器組件，其經設定為一次級偏壓電位並經組態以偵測較低能量的帶電粒子；其中在該反向散射偏壓電位與該次級偏壓電位之間存在一電位差。

【英文】

A detector for use in a charged particle device for an assessment apparatus to detect charged particles from a sample, wherein the detector comprises: a backscatter detector component set to a backscatter bias electric potential and configured to detect higher energy charged particles; and a secondary detector component set to a secondary bias electric potential and configured to detect lower energy charged particles; wherein there is a potential difference between the backscatter bias electric potential and the secondary bias electric potential.

【指定代表圖】

圖11A

【代表圖之符號簡單說明】

405: 偵測器

405A: 偵測器組件

405B: 偵測器組件

406: 孔徑

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於評估設備之帶電粒子裝置中以偵測來自樣本之帶電粒子的偵測器

【英文發明名稱】

DETECTOR FOR USE IN CHARGED PARTICLE DEVICE FOR ASSESSMENT APPARATUS TO DETECT CHARGED PARTICLES FROM SAMPLE

【技術領域】

【0001】 本文中所提供之實施例大體而言係關於帶電粒子裝置、偵測器及方法。

【先前技術】

【0002】 在製造半導體積體電路(IC)晶片時，在製作程序期間，由於例如光學效應及入射粒子，在基板(亦即晶圓)或遮罩上不可避免地出現非所要圖案缺陷，從而降低良率。因此，監測非所要圖案缺陷的程度為IC晶片製造中之重要程序。更一般而言，基板或其他物件/材料之表面的檢測及/或量測係其製造期間及/或之後的重要程序。

【0003】 具有帶電粒子射束之圖案檢測工具已用於檢測物件，例如偵測圖案缺陷。此等工具通常使用電子顯微鏡技術，諸如掃描電子顯微鏡(SEM)。在SEM中，處於相對高能量的初級電子射束以最終減速步驟為目標，以便以相對低著陸能量著陸在樣本上。電子射束經聚焦為樣本上之探測點。探測點處之材料結構與來自電子射束之著陸電子之間的交互作用導致電子自表面發射，諸如次級電子、反向散射電子或歐傑電子。所產生次級電子可自樣本之材料結構發射。藉由在樣本表面上方掃描作為探測點的初級電子射束進行掃描，可橫跨樣本之表面發射次級電子。藉由自樣本表面收集此等發射次級電子，圖案檢測工具可獲得表示樣本之表面之材料結

構之特性的資料。資料可被稱為影像並且可呈現成影像。

【0004】 儘管以此方式獲得的資料可為有用的，但自此類已知電子顯微鏡技術獲得的關於樣本之資訊存在侷限性。通常，需要獲得額外或替代資訊，例如，與樣本之表面下方的結構相關且與疊對目標相關的資訊。

【發明內容】

【0005】 本揭示內容之目的係提供支援使用帶電粒子(例如，使用反向散射及/或次級信號粒子)自樣本獲得資訊的實施例。

【0006】 根據本發明之一態樣，提供一種用於評估設備之帶電粒子裝置中以偵測來自樣本之帶電粒子的偵測器，信號粒子為由投射朝向樣本之初級電子射束所產生的信號電子，該偵測器為一電子偵測器且包含基板，該基板包含：至少兩個偵測器組件，每一偵測器組件經設定為各別偏壓電位並經組態以偵測來自樣本之各別種類之信號粒子；其中各別偏壓電位之間存在電位差。

【0007】 根據本發明之一態樣，提供一種用於評估設備之帶電粒子裝置中以偵測來自樣本之帶電粒子的偵測器，其中偵測器包含：反向散射偵測器組件，其經設定為反向散射偏壓電位並經組態以偵測較高能量的帶電粒子；及次級偵測器組件，其經設定為次級偏壓電位並經組態以偵測較低能量的帶電粒子；其中在該反向散射偏壓電位與該次級偏壓電位之間存在電位差。

【0008】 根據本發明之一態樣，提供一種用於評估設備之帶電粒子裝置中以偵測來自樣本之帶電粒子的偵測器，該偵測器包含基板，該基板包含：至少兩個偵測器組件，每一偵測器組件經設定為各別偏壓電位並經組態以偵測各別種類之信號粒子；其中各別偏壓電位之間存在電位差。

【0009】 根據本發明之一態樣，提供一種用於評估設備之帶電粒子裝置中以偵測來自樣本之帶電粒子的偵測器，其中偵測器包含：反向散射偵測器組件，其經組態以偵測較高能量的帶電粒子；及次級偵測器組件，其經組態以偵測較低能量的帶電粒子；其中該反向散射偵測器組件與該次級偵測器組件係不同的類型。

【0010】 根據本發明之一態樣，提供一種用於評估設備之帶電粒子裝置中以偵測來自樣本之帶電粒子的偵測器，該偵測器包含基板，該基板包含：至少兩個不同類型的偵測器組件。

【0011】 根據本發明之一態樣，提供將帶電粒子射束投射至樣本上以便偵測自樣本發射之信號粒子的方法，該方法包含：a)將射束沿著初級射束路徑投射至樣本之表面上；及b)在設定為反向散射偏壓電位之反向散射偵測器組件處且在設定為次級偏壓電位之次級偵測器組件處同時偵測自樣本發射的信號粒子，其中反向散射偏壓電位與次級偏壓電位之間存在電位差。

【0012】 根據本發明之一態樣，提供將帶電粒子射束投射至樣本上以便偵測自樣本發射之信號粒子的方法，該方法包含：a)將射束沿著初級射束路徑投射至樣本之表面上；及b)在反向散射偵測器組件處且在次級偵測器組件處同時偵測自樣本發射的信號粒子，其中反向散射偵測器組件及次級偵測器組件係不同的類型。

【0013】 根據本發明之一態樣，提供一種用於評估設備之帶電粒子裝置中以偵測來自樣本之帶電粒子的偵測器陣列，該偵測器包含基板，該基板包含：至少兩個不同類型的偵測器組件。

【0014】 根據本發明之一態樣，提供一種用於評估設備之帶電粒子

裝置中以偵測來自樣本之帶電粒子的偵測器陣列，該偵測器包含基板，其中界定複數個孔徑用於使複數個帶電粒子射束從中通過，該基板包含：至少兩個偵測器組件，其與每一孔徑相關聯，偵測器組件中之每一者經設定為各別偏壓電位並經組態以偵測各別種類之信號粒子；其中各別偏壓電位之間存在電位差。

【圖式簡單說明】

【0015】 自結合附圖進行的對例示性實施例的描述，本揭示內容之上述及其他態樣將變得較顯而易見。

【0016】 **圖1**為說明例示性帶電粒子射束檢測設備的示意圖。

【0017】 **圖2**為說明作為**圖1**之例示性帶電粒子射束檢測設備之一部分的例示性多射束設備的示意圖。

【0018】 **圖3**為根據實施例之例示性多射束設備的示意圖。

【0019】 **圖4**為根據實施例之物鏡的示意性剖面圖。

【0020】 **圖5**為根據實施例之例示性帶電粒子光學裝置的示意圖。

【0021】 **圖6A**及**圖6B**示出偵測器之變化形式的仰視圖。

【0022】 **圖7**係物鏡的示意性剖面圖，該物鏡包含位於沿著射束路徑的各種位置中之偵測器。

【0023】 **圖8**為包含大型準直器及大型掃描偏轉器的例示性帶電粒子光學系統的示意圖。

【0024】 **圖9**為根據實施例之例示性單射束設備的示意圖。

【0025】 **圖10A**、**圖10B**及**圖10C**為根據實施例的偵測器陣列及相關聯胞元陣列的示意性表示、胞元陣列之胞元的示意性表示以及根據實施例的胞元陣列之胞元。

【0026】 圖11A及圖11B示出偵測器之變化形式的仰視圖。

【0027】 諸圖為示意性的。示意圖及視圖示出下文所描述之組件。然而，圖中所描繪之組件並非按比例繪製。為了清楚起見放大圖式中之組件的相對尺寸。在以下圖式描述中，相同或相似的參考編號係指相同或相似的組件或實體，且僅描述相對於個別實施例的不同之處。

【實施方式】

【0028】 現在將詳細地參考例示性實施例，該等實施例之實例在隨附圖式中說明。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數字表示相同或相似的元件。在例示性實施例的以下描述中闡述的實施方案並不表示與本發明一致的所有實施方案。替代地，其僅為與如所附申請專利範圍中之與本發明相關的態樣一致的設備及方法的實例。

【0029】 電子裝置之計算能力的增強，減少了裝置的物理大小，此可藉由顯著地增加IC晶片上之諸如電晶體、電容器、二極體等電路組件之封裝密度來實現。此係藉由提高的解析度實現的，從而使得能夠製造較小的結構。舉例而言，拇指甲大小且在2019年或更早可獲得的智慧型手機之IC晶片可包括超過20億個電晶體，每一電晶體之大小不到人類頭髮的1/1000。因此，半導體IC製造係複雜且耗時的程序(具有數百個單獨的步驟)就不足為奇。甚至在一個步驟中之誤差有可能劇烈地影響最終產品的功能。僅一個「致命缺陷」即可導致裝置故障。製造程序之目標係改良程序之整體良率。舉例而言，欲獲得50步程序之75%的良率(其中步驟可指示在晶圓上形成的層的數目)，每一個別步驟必須具有大於99.4%的良率。若每一個別步驟具有95%的良率，則整個程序良率將低至7%。

【0030】 雖然IC晶片製造設施中期望高程序良率，但維持高晶圓產

出量(定義為每小時處理的晶圓的數目)亦為很重要。缺陷的存在可影響高程序良率及高晶圓產出量。若需要操作員介入來再檢測缺陷，則上述情形尤其為真。因此，藉由檢測工具(諸如掃描電子顯微鏡(「SEM」))對微米及奈米級缺陷的高產出量偵測及識別對於維持高良率及低成本係很重要的。

【0031】 SEM包含掃描裝置及偵測器設備。掃描裝置包含照明設備，該照明設備包含用於產生初級電子之電子源，及用於用初級電子之一或多個聚焦射束掃描諸如晶圓之樣本的投射設備。至少照明設備或照明系統及投射設備或投射系統可一起被稱為電子光學系統或設備。初級電子與樣本交互作用並產生次級電子。當掃描樣本時，偵測設備自樣本捕獲次級電子，以使得SEM可創建樣本之掃描區之影像。對於高產出量檢測，檢測設備中之一些使用初級電子之多個聚焦初級射束，亦即多射束。多射束之組件射束可被稱為子射束或小射束或初級射束陣列。多射束可同時掃描樣本之不同部分。多射束檢測設備因此可以比單射束檢測設備高得多的速度檢測樣本。下文描述已知多射束檢測設備之實施方案。

【0032】 現在參考**圖1**，其為說明例示性帶電粒子射束檢測設備100的示意圖。**圖1**之帶電粒子射束檢測設備100包括主腔室10、裝載鎖定腔室20、帶電粒子射束工具40(其可另外被稱為電子射束工具)、設備前端模組(EFEM) 30及控制器50。帶電粒子射束工具40位於主腔室10內。

【0033】 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。舉例而言，第一裝載埠30a及第二裝載埠30b可接收欲被檢測的含有基板(例如，半導體基板或由其他材料製成的基板)或樣本(基板、晶圓及樣本在下文中統稱為「樣本」)的基板前開式晶圓傳送盒

(front opening unified pod, FOUP)。EFEM 30中之一或多個機器人臂(未示出)將樣本輸送至裝載鎖定腔室20。

【0034】裝載鎖定腔室20用於移除樣本周圍的氣體。此會產生真空，該真空係低於周圍環境壓力之局部氣壓。裝載鎖定腔室20可連接至裝載鎖定真空泵系統(未示出)，該裝載鎖定真空泵系統移除裝載鎖定腔室20中之氣體粒子。裝載鎖定真空泵系統之操作使得裝載鎖定腔室能夠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(未示出)將樣本自裝載鎖定腔室20輸送至主腔室10。主腔室10連接至主腔室真空泵系統(未示出)。主腔室真空泵系統移除主腔室10中之氣體粒子，以使得樣本周圍中之壓力達到低於第一壓力之第二壓力。在達到第二壓力之後，樣本輸送至帶電粒子射束工具40，藉由該電子射束工具可對樣本進行檢測。帶電粒子射束工具40可包含多射束帶電粒子光學設備。

【0035】控制器50電子連接至帶電粒子射束工具40。控制器50可為經組態以控制帶電粒子射束檢測設備100的處理器(諸如電腦)。控制器50亦可包括經組態以執行各種信號及影像處理功能的處理電路系統。雖然控制器50在圖1中經示出為在包括主腔室10、裝載鎖定腔室20及EFEM 30的結構外部，但應瞭解控制器50可為該結構之一部分。控制器50可位於帶電粒子射束檢測設備之組件元件中之一者中，或其可分佈在組件元件中之至少兩者上方。雖然本揭示內容提供容納帶電粒子射束檢測工具之主腔室10之實例，但應注意，本揭示內容之各態樣在其最廣泛的意義上並不限於容納帶電粒子射束檢測工具之腔室。相反，應瞭解，前述原理亦可應用於在第二壓力下操作的其他工具及其他設備配置。

【0036】現在參考圖2，其為說明例示性帶電粒子射束工具40的示

意圖，該例示性電子射束工具包括作為**圖1**之例示性帶電粒子射束檢測設備100之一部分的多射束檢測工具。多射束帶電粒子射束工具40 (在本文中亦被稱為設備40)包含帶電粒子源201、投射設備230、機動載物台209及樣本架207。帶電粒子源201及投射設備230可一起被稱為照明設備。樣本架207由機動載物台209支撐，以便固持樣本208 (例如，基板或遮罩)以進行檢測。多射束帶電粒子射束工具40進一步包含偵測器陣列240 (例如電子偵測裝置)。

【0037】 控制器50可連接至**圖1**之帶電粒子射束檢測設備100的各種部分。控制器50可連接至**圖2**之帶電粒子射束工具40的各種部分，諸如帶電粒子源201、偵測器陣列240、投射設備230及機動載物台209。控制器50可執行各種資料、影像及/或信號處理功能。控制器50亦可產生各種控制信號來主控帶電粒子射束檢測設備100之操作，包括帶電粒子多射束設備。控制器50可控制機動載物台209以在樣本208之檢測期間移動樣本208。控制器50可使得機動載物台209能夠至少在樣本檢測期間沿一方向較佳地連續地(例如以恆定速度)移動樣本208。控制器50可控制機動載物台209之移動，以使得其取決於各種參數改變樣本208之移動的速度。舉例而言，控制器50可取決於掃描程序之檢測步驟之特性來控制載物台速度(包括其方向)。

【0038】 帶電粒子源201可包含陰極(未示出)及擷取器或陽極(未示出)。在操作期間，帶電粒子源201經組態以自陰極發射帶電粒子(例如電子)作為初級帶電粒子。初級帶電粒子由擷取器及/或陽極提取或加速以形成初級帶電粒子射束202。帶電粒子源201可包含多個源，諸如在EP20184161.6 (其特此以引用的方式併入本文中，至少關於多個源以及其

如何與多個行以及其相關聯的帶電粒子光學器件相關)中所描述。

【0039】 投射設備230經組態以將初級帶電粒子射束202轉換成複數個子射束211、212、213並且將每一子射束引導至樣本208上。儘管為了簡單起見說明了三個子射束，但可存在數十、數百或數千個子射束。子射束可被稱為小射束。此外，儘管本說明書及諸圖係關於多射束系統，但替代地可使用單射束系統，其中初級帶電粒子射束202不被轉換成多個子射束。此在下文關於圖9進一步描述，但將注意，子射束可與單個初級帶電粒子射束202互換。

【0040】 投射設備230可經組態以將子射束211、212及213聚焦至樣本208上以進行檢測並且可在樣本208之表面上形成三個探測點221、222及223。投射設備230可經組態以偏轉初級子射束211、212及213以橫跨樣本208之表面之區段中之個別掃描區掃描探測點221、222及223。回應於初級子射束211、212及213入射於樣本208上之探測點221、222及223上，自樣本208產生(亦即，發射)信號帶電粒子(例如電子)，該等信號帶電粒子包括次級信號粒子及反向散射信號粒子。自樣本發射的信號粒子，例如次級電子及反向散射電子(因此可被稱為信號電子)，可另外被稱為帶電粒子，例如次級帶電粒子及反向散射帶電粒子。信號射束由自樣本發射的信號粒子形成。通常將理解，自樣本208發射的任何信號射束將在具有與帶電粒子射束(亦即，初級射束)大體上相反的方向上行進，或將具有至少一個與初級射束的方向相反的方向分量。由樣本208發射的信號粒子亦可穿過物鏡的電極並且亦會受到場的影響。

【0041】 次級信號粒子通常具有 ≤ 50 eV的帶電粒子能量。實際的次級信號粒子可具有小於5 eV的能量，但低於50 eV的任何粒子通常被視為

次級信號粒子。反向散射信號粒子的能量通常在0 eV與初級子射束211、212及213的著陸能量之間。由於偵測到的能量小於50 eV的信號粒子一般被視為次級信號粒子，因此將一部分實際後向散射信號粒子計數為次級信號粒子。次級信號粒子可更具體地被稱為次級電子並且可與次級電子互換。反向散射次級信號粒子可更具體地被稱為反向散射電子並且可與反向散射電子互換。熟習此項技術者將理解，反向散射信號粒子可更一般地被描述為次級信號粒子。然而，出於本揭示內容之目的，反向散射信號粒子被認為不同於次級信號粒子，例如具有更高的能量。換言之，次級信號粒子將被理解為當自樣本發射時具有 $\leq 50\text{eV}$ 的動能的粒子，且反向散射信號粒子將被理解為當自樣本發射時具有高於50 eV的動能的粒子。實際上，信號粒子可在被偵測到之前被加速，且因此與信號粒子相關聯的能量範圍可略高。舉例而言，次級信號粒子將被理解為當在偵測器處偵測時具有 $\leq 200\text{ eV}$ 的動能的粒子，且反向散射信號粒子將被理解為當在偵測器處偵測時具有高於200 eV的動能的粒子。注意，200eV值可取決於粒子的加速程度而變化，且舉例而言可為大約100 eV或300 eV。具有此類值的次級信號粒子仍然被認為具有與反向散射信號粒子不同的足夠能量。

【0042】 偵測器陣列240經組態以偵測(亦即捕獲)自樣本208發射的信號粒子。偵測器陣列240經組態以偵測來自樣本的由樣本上之初級射束產生之信號粒子，例如信號電子。信號粒子可由投射朝向樣本之初級射束產生。偵測器陣列240經組態以產生對應信號，該等信號被發送到信號處理系統280，例如以構建樣本208的對應掃描區之影像。偵測器陣列240可併入至投射設備230中。偵測器陣列可另外被稱為感測器陣列，且術語「偵測器」及「感測器」及「感測器單元」在整個申請案中可互換使用。

【0043】 信號處理系統280可包含經組態以處理來自偵測器陣列240的信號以便形成影像的電路(未示出)。信號處理系統280可另外被稱為影像處理系統或資料處理系統。信號處理系統可併入到多射束帶電粒子射束工具40之組件中，諸如偵測器陣列240 (如在圖2中所示)。然而，信號處理系統280可併入至檢測設備100或多射束帶電粒子射束工具40之任何組件中，諸如作為投射設備230或控制器50之一部分。信號處理系統280可位於包括圖1中所示之主腔室之結構的外部。信號處理系統280可包括影像獲取器(未示出)及儲存裝置(未示出)。舉例而言，信號處理系統可包含處理器、電腦、伺服器、大型主機、終端機、個人電腦、任何種類的行動計算裝置及其類似物，或其組合。影像獲取器可包含控制器之處理功能之至少一部分。因此，影像獲取器可包含至少一或多個處理器。影像獲取器可以通信方式耦合至准許信號通信之偵測器陣列240，諸如導電體、光纖纜線、可攜式儲存媒體、IR、藍芽、網際網路、無線網路、無線電及其他，或其組合。影像獲取器可自偵測器陣列240接收信號，可處理信號中所包含的資料並且可由此構建影像。影像獲取器因此可獲取樣本208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，在所獲取影像上疊加指示符，及其類似物。影像獲取器可經組態以對所獲取影像執行亮度及對比度等的調整。儲存器可為諸如硬碟、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物的儲存媒體。儲存器可與影像獲取器耦合，並且可用於將經掃描原始影像資料保存為原始影像及經後處理影像。

【0044】 信號處理系統280可包括量測電路系統(例如，類比轉數位轉換器)以獲得所偵測到次級信號粒子的分佈。在偵測時間窗口期間收集

之電子分佈資料可與入射在樣本表面上之初級子射束211、212及213中之每一者之對應掃描路徑資料組合使用，以重建經檢測之樣本結構之影像。所重建影像可用於揭示樣本208之內部或外部結構的各種特徵。從而，所重建影像可用於揭示樣本中可存在的任何缺陷。

【0045】 特此以引用方式併入本文中的 US2020118784、US20200203116、US 2019/0259570及US2019/0259564中揭示了已知的多射束系統，諸如上文所描述帶電粒子射束工具40及帶電粒子射束檢測設備100。

【0046】 在已知的單波束系統中，理論上可偵測到不同的信號(例如來自次級信號粒子及/或反向散射信號粒子)。多射束系統係已知的並且係有益的，因為產出量可比使用單射束系統時高得多，例如多射束檢測系統之產出量可能比單射束檢測系統中之產出量高100倍。

【0047】 在已知多射束系統中，處於相對高能量的初級帶電粒子子射束陣列以最終減速步驟為目標，以便以相對低的著陸能量著陸在樣本上，用於如上文所提及偵測次級信號粒子。然而，實際上，通常不可能將多射束檢測與反向散射偵測組合使用，或至少藉由直接反向散射偵測，亦即目前已知多射束系統主要依賴於次級信號粒子的偵測。然而，只能自次級信號粒子獲得的資訊存在侷限性。反向散射信號粒子提供關於表面下面結構的資訊，諸如埋設缺陷。另外，反向散射信號可用於量測疊對目標。

【0048】 如上文所描述，反向散射信號粒子具有大範圍的能量，通常在0 eV與著陸能量之間。反向散射信號粒子具有較大能量範圍(例如高達初級射束之著陸能量)及發射反向散射信號粒子之寬角度。次級信號粒子通常具有更受限制的能量範圍，並且往往圍繞能量值分佈。發射的反向

散射信號粒子的大能量範圍及寬角度導致多射束系統中之串擾。當在指派至不同子射束之偵測器處偵測由一個初級子射束產生的反向散射信號粒子時，即會發生串擾。串擾通常發生在極其靠近於樣本208，亦即接近初級射束投射至其上之樣本。由於串擾，先前已知多射束評估工具無法有效地將反向散射信號成像。因此，不可能藉由使用多射束系統來增加反向散射偵測之產出量。

【0049】 下文結合圖3描述可用於本發明之評估工具40之組件，圖3係評估工具40的示意圖。圖3之帶電粒子評估工具40可對應於多射束帶電粒子射束工具(在本文中亦被稱為設備40)。

【0050】 帶電粒子源201將帶電粒子(例如電子)引導朝向形成投射系統230之一部分的聚光透鏡231陣列(另外被稱為聚光透鏡陣列)。期望地，帶電粒子源201係在亮度與總發射電流之間具有良好折衷的高亮度熱場發射器。可存在數十個、數百個或數千個聚光透鏡231。聚光透鏡231可包含多電極透鏡並且具有基於EP1602121A1的構造，特定而言該文件特此以引用的方式併入至將電子射束分裂成複數個子射束的透鏡陣列的揭示內容，其中陣列為每一子射束提供透鏡。聚光透鏡231陣列可採取至少兩個板的形式，充當電極，其中每一板中之孔徑彼此對準並且對應於子射束之位置。板中之至少兩者在操作期間維持處於不同的電位以實現所要的透鏡效應。

【0051】 在一配置中，聚光透鏡231陣列由三個板陣列形成，其中帶電粒子在其進入及離開每一透鏡時具有相同能量，該配置可被稱為單透鏡(Einzel lens)。因此，色散僅發生在單透鏡本身內(在透鏡之入口電極與出口電極之間)，藉此限制了離軸色差。當聚光透鏡之厚度較小時，例如

數mm，此類像差具有較小或可忽略不計的效應。更一般而言，聚光透鏡陣列231可具有兩個或多於兩個板電極，每一板電極具有對準的孔徑陣列。每一板電極陣列藉由隔離元件(諸如可包含陶瓷或玻璃的間隔物)機械連接至毗鄰的板電極陣列並與其電隔離。聚光透鏡陣列可藉由隔離元件(諸如本文中別處所描述之間隔物)與毗鄰的帶電粒子光學元件(較佳地靜電帶電粒子光學元件)連接及/或間隔開。

【0052】 聚光透鏡可與含有物鏡的模組(諸如本文中別處所論述的物鏡陣列總成)分離。在施加於聚光透鏡之底面上之電位與施加於含有物鏡之模組之頂面上之電位不同的狀況下，使用隔離元件(例如間隔物)將聚光透鏡與含有物鏡之模組間隔開。在電位相等的狀況下，然後可使用導電元件將聚光透鏡與含有物鏡的模組間隔開。

【0053】 陣列中之每一聚光透鏡231將初級帶電粒子射束引導至各別子射束211、212、213中，子射束聚焦在聚光透鏡陣列下游的各別中間焦點處。各別子射束沿著各別子射束路徑220投射。子射束相對於彼此發散。子射束路徑220在聚光透鏡231下游發散。在一實施例中，偏轉器235設置在中間焦點處。偏轉器235定位於子射束路徑中在對應中間焦點233或聚焦點(亦即，聚焦之點)之位置處或至少在該位置周圍。偏轉器定位於相關聯子射束之中間影像平面處的子射束路徑中或靠近於其。偏轉器235經組態以對各別子射束211、212、213進行操作。偏轉器235經組態以使各別子射束211、212、213彎曲一定量，該量有效地確保主光線(其亦可被稱為射束軸線)大體上法向地(亦即，以與樣本之標稱表面成大體上90°)入射於樣本208上。偏轉器235亦可被稱為準直器或準直器偏轉器。偏轉器235實際上使子射束之路徑準直，以使得在偏轉器之前，子射束路徑相

對於彼此發散。在偏轉器之下游，子射束路徑相對於彼此大體上平行，亦即大體上準直。合適的準直器係在2020年2月7日提交的EP申請案20156253.5中所揭示的偏轉器，該EP申請案特此關於將偏轉器應用於多射束陣列的以引用的方式併入本文中。準直器可包含大型準直器270，代替偏轉器235，或除了偏轉器235之外。因此，下文關於**圖8**所描述之大型準直器270可設置有**圖3**或**圖4**之特徵。與將準直器陣列作為偏轉器235提供相比，上述情形通常次較佳。

【0054】 在偏轉器235下面(亦即源201下游或遠離源)，存在控制透鏡陣列250。已通過偏轉器235之子射束211、212、213在進入控制透鏡陣列250時大體上平行。控制透鏡預聚焦子射束(例如，在子射束到達物鏡陣列241之前對子射束施加聚焦動作)。預聚焦可減少子射束之發散度或增加子射束之收斂速率。控制透鏡陣列250及物鏡陣列241一起操作以提供組合焦距。無中間焦點之組合操作可減少像差的風險。

【0055】 更詳細而言，期望使用控制透鏡陣列250來判定著陸能量。然而，可另外使用物鏡陣列240來控制著陸能量。在此類狀況下，物鏡上方之電位差在選擇不同的著陸能量時改變。期望藉由改變物鏡上方的電位差來部分地改變著陸能量的情況的一個實例將防止子射束之焦點過於靠近於物鏡。在此情況下，存在物鏡陣列241之組件不得不過薄而無法製造的風險。對於在此位置處(例如在物鏡中、物鏡上或與物鏡相關聯)的偵測器亦可認為如此。例如，在著陸能量降低的狀況下會發生此情況。此係因為物鏡之焦距大致與所使用之著陸能量成比例。藉由降低物鏡上方之電位差，且從而降低物鏡內部之電場，使物鏡之焦距再次變大，從而使焦點位置位於物鏡下面較遠。應注意，僅使用物鏡會限制放大倍率的控制。此

配置不能控制縮小率及/或張角。此外，使用物鏡控制著陸能量可能意指物鏡將在遠離其最佳場強操作。亦即，除非物鏡之機械參數(諸如其電極之間間距)可例如藉由交換物鏡來調整。

【0056】 控制透鏡陣列250包含複數個控制透鏡。每一控制透鏡包含連接至各別電位源之至少兩個電極(例如，兩個或三個電極)。控制透鏡陣列250可包含連接至各別電位源之兩個或多於兩個(例如三個)板電極陣列。控制透鏡陣列電極可間隔開數毫米(例如3 mm)。控制透鏡陣列250與物鏡陣列241相關聯(例如，兩個陣列彼此靠近定位及/或彼此機械連接及/或作為一單元一起控制)。每一控制透鏡可與各別物鏡相關聯。控制透鏡陣列250定位於物鏡陣列241之上游。上游可定義為較靠近於源201。上游可另外定義為離樣本208更遠。控制透鏡陣列250可與物鏡陣列241在相同的模組中，亦即形成物鏡陣列總成或物鏡配置，或其可在單獨模組中。在此狀況下，配置可描述為四個或多於四個作為板的透鏡電極。在板中界定孔徑，例如作為孔徑陣列，其與對應射束陣列中之多個子射束對準。電極可被分組成兩個或多於兩個電極，例如提供控制電極群組及目標電極群組。在一配置中，目標電極群組具有至少三個電極並且控制電極群組具有至少兩個電極。替代地，若控制透鏡陣列250及物鏡陣列240係單獨的，則控制透鏡陣列241與物鏡陣列250之間間距(亦即控制透鏡陣列250之下部電極與物鏡241之上部電極之間間隙)可選自例如自2 mm至200 mm或更大的廣泛範圍。較小的間距使對準更容易，而較大的間距允許使用較弱的透鏡，從而減少像差。

【0057】 控制透鏡陣列250之每一板電極藉由隔離元件(諸如可包含陶瓷或玻璃的間隔物)機械連接至毗鄰的板電極陣列並與其電分離。物鏡

陣列之每一板電極較佳地藉由隔離元件(諸如可包含陶瓷或玻璃的間隔物)機械地連接至毗鄰板電極陣列並與毗鄰的板電極陣列電分離。隔離元件可另外被稱為絕緣結構，且可被提供以分離所提供的任何毗鄰電極，諸如在物鏡陣列240、聚光透鏡陣列(如圖3中所描繪)及/或控制透鏡陣列250中。若設置多於兩個電極，則可設置多個隔離元件(亦即絕緣結構)。舉例而言，可存在一系列絕緣結構。

【0058】 控制透鏡陣列250包含用於每一子射束211、212、213的控制透鏡。控制透鏡為相關聯物鏡的功能添加光學自由度。控制透鏡可包含一或多個電極或板。每一電極的添加可提供對相關聯物鏡之帶電粒子光學功能的控制的進一步自由度。在配置中，控制透鏡陣列250之功能係相對於射束縮小率最佳化射束張角及/或控制遞送至物鏡234之射束能量，物鏡中之每一者將各別子射束211、212、213引導至樣本208上。物鏡可定位於帶電粒子光學系統之基部處或附近。更具體而言，物鏡陣列可定位於投射系統230之基部處或附近。控制透鏡陣列250係可選的，但較佳用於最佳化物鏡陣列上游之子射束。

【0059】 為了便於說明，透鏡陣列在本文中由橢圓形陣列示意性地描繪(如在圖3中所示)。每一橢圓形表示透鏡陣列中之透鏡中之一者。橢圓形通常用於表示透鏡，類似於光學透鏡中經常採用的雙凸面形式。然而，在諸如本文中所論述之帶電粒子配置的上下文中，將理解透鏡陣列通常將以靜電方式操作，且因此可不需要採用雙凸面形狀之任何物理元件。透鏡陣列可替代地包含多個具有孔徑之板。

【0060】 視情況，掃描偏轉器陣列260設置在控制透鏡陣列250與物鏡234陣列之間。掃描偏轉器陣列260包含用於每一子射束211、212、213

之掃描偏轉器。每一掃描偏轉器經組態以在一個或兩個方向上偏轉各別子射束211、212、213，以便在一個或兩個方向上橫跨樣本208掃描子射束。

【0061】 物鏡陣列241可包含至少兩個電極，其中界定孔徑陣列。換言之，物鏡陣列包含至少兩個具有複數個孔或孔徑的電極。物鏡陣列241之毗鄰電極沿著子射束路徑彼此間隔開。沿著射束路徑的毗鄰電極之間的距離，其中絕緣結構可如下文所描述定位，小於物鏡之大小(沿著射束路徑，亦即在物鏡陣列的最上游及最下游電極之間)。圖4示出電極242、243，其為具有各別孔徑陣列245、246之例示性物鏡陣列241之一部分。電極中之每一孔徑之位置對應於另一電極中對應孔徑之位置。對應孔徑在使用中對多射束中之同一射束、子射束或子射束群組進行操作。換言之，至少兩個電極中之對應孔徑與子射束路徑(亦即，子射束路徑220中之一者)對準並沿著其配置。因此，電極各自設有孔徑，各別子射束211、212、213藉由該等孔徑傳播。

【0062】 物鏡陣列241之孔徑陣列245、246可由複數個孔徑組成，較佳地具有大體上均勻的直徑 d 。然而，如在2020年11月12日提交的EP申請案20207178.3中所描述，最佳化像差校正可存在某一變化形式，該EP申請案以引用的方式併入本文中，至少關於藉由變化孔徑直徑實現的校正。至少一個電極中之孔徑的直徑 d 可小於大約400 μm 。較佳地，至少一個電極中之孔徑的直徑 d 在大約30至300 μm 之間。對於給定的孔徑間距，較小的孔徑直徑可提供偵測器陣列240中之較大偵測器，從而改良捕獲反向散射信號粒子的機會。因此，後向散射信號粒子的信號可改良。然而，具有過小的孔徑會在初級子射束中引起像差的風險。電極中之複數個孔徑

可彼此間隔開間距 P 。間距 P 定義為自一個孔徑之中間至毗鄰孔徑之中間的距離。至少一個電極中之毗鄰孔徑之間間距可小於大約 $600\ \mu\text{m}$ 。較佳地，至少一個電極中毗鄰孔徑之間間距在大約 $50\ \mu\text{m}$ 與 $500\ \mu\text{m}$ 之間。較佳地，每一電極上之毗鄰孔徑之間間距係大體上均勻的。可在物鏡陣列中之至少一個電極、多個電極或所有電極中設置上文所描述之直徑及/或間距的值。較佳地，所提及以及所描述之尺寸適用於在物鏡陣列中設置之所有電極。

【0063】 物鏡陣列241可包含兩個或三個電極或可具有更多的電極(未示出)。與具有更多電極的物鏡陣列241相比，僅具有兩個電極的物鏡陣列241可具有更少的像差，例如更低的像差風險及/或影響。三電極物鏡可在電極之間具有更大的電位差，且因此實現更強透鏡。額外電極(亦即多於兩個電極)為控制帶電粒子軌跡提供額外的自由度，例如聚焦次級信號粒子以及入射射束。兩個電極透鏡優於單透鏡的益處為入射射束的能量不一定與出射射束相同。有利地，此兩電極透鏡陣列上之電位差使得其能夠用作加速或減速透鏡陣列。物鏡陣列241可經組態以將帶電粒子射束縮小到小於 $1/10$ ，期望地在 $1/100$ 至 $1/50$ 的範圍內或更小。物鏡陣列240中之每一元件可為操作多射束中之不同子射束或子射束群組的微透鏡。

【0064】 較佳地，設置在物鏡陣列241中之電極中之每一者係板。電極可另外被描述為扁平薄片。較佳地，電極中之每一者係平面的。換言之，電極中之每一者將較佳地設置為平面形式的較薄扁平板。當然，電極不需要係平面的。舉例而言，電極可歸因於由於高靜電場所致的力而彎曲。較佳設置平面電極，此係因為此使得電極的製造更容易，因為可使用已知的製作方法。平面電極亦可係較佳的，此係因為其可在不同電極之間

提供更準確的孔徑對準。

【0065】 **圖5**為物鏡陣列241之多個物鏡及控制透鏡陣列250之多個控制透鏡的放大示意圖。如下文進一步詳細所描述，透鏡陣列可由具有藉由電壓源施加至電極之選定電位的電極提供，亦即陣列的電極連接至各別電位源。在**圖5**中，描繪控制透鏡陣列250、物鏡陣列241及偵測器陣列240中之每一者的多個透鏡，例如，其中子射束211、212、213中之任一者如所示穿過透鏡。儘管**圖5**描繪五個透鏡，但可提供任何適當數目；例如，在透鏡之平面中，可存在100、1000或大約10,000個透鏡。與上文所描述之相同的特徵被賦予相同的參考編號。為簡潔起見，上文所提供的彼等特徵的描述適用於**圖5**中所示的特徵。帶電粒子光學裝置可包含**圖5**中所示之組件中之任一者、一些或全部。應注意，此圖為示意圖，且可能未按比例繪製。例如，在非限制性清單中：子射束在控制器陣列250處可能比在物鏡陣列241處更窄；偵測器陣列240可比物鏡陣列241之電極彼此更靠近於物鏡陣列241之電極；並且控制器透鏡陣列250之間的每一子射束之焦點可比所描繪的更靠近於物鏡陣列241。如在**圖5**中所示，控制透鏡陣列250之電極之間間隔可大於物鏡陣列241之電極之間間隔，但此並非必須的。

【0066】 如在**圖5**中所示，子射束在進入控制透鏡陣列250時可為平行的，如在**圖3**中所示。然而，**圖5**之相同組件可用在如**圖8**中所示的組態中，在該狀況下，子射束可與來自更遠下游之源之射束分離(或生成)。舉例而言，子射束可由射束限制孔徑陣列定義，該孔徑陣列可為透鏡配置(諸如物鏡陣列、控制透鏡陣列或可與物鏡陣列(例如其係物鏡陣列總成之一部分)相關聯的任何其他透鏡元件)之一部分。如在**圖8**中所描繪，子射

束可藉由射束限制孔徑陣列與來自源之射束分離，該射束限制孔徑陣列可為控制透鏡陣列250之一部分，作為控制透鏡陣列250之最上游電極。

【0067】電壓源V3及V2 (其可由單獨的電源提供，或可全部由電源290供應)經組態以分別向物鏡陣列241之上部電極及下部電極施加電位。上部電極及下部電極可分別被稱為上游電極242及下游電極243。電壓源V5、V6、V7 (其可由個別的電源提供，或可全部由電源290供應)經組態以分別向物鏡陣列250之第一、第二及第三電極施加電位。又一電壓源V4連接至樣本以施加樣本電位。又一電壓源V8連接至偵測器陣列以施加偵測器陣列電位。儘管控制透鏡陣列250被示出為具有三個電極，但控制透鏡陣列250可設置有兩個電極(或多於三個電極)。儘管物鏡陣列240被示為具有兩個電極，但物鏡陣列240可設置有三個電極(或多於三個電極)。舉例而言，中間電極可設置在物鏡陣列241中在圖5中所示之電極之間，並具有對應電壓源V1 (未示出)。

【0068】期望地，控制透鏡陣列250之最上面電極之電位V5維持與控制透鏡(例如偏轉器235)上游之下一個帶電粒子光學元件之電位相同。可使施加至控制透鏡陣列250之下部電極之電位V7變化以判定射束能量。可使施加至控制透鏡陣列250之中間電極之電位V6變化以判定控制透鏡之透鏡強度，且因此控制射束之張角及縮小率。應注意，即使著陸能量不需要改變，或藉由其他方式改變，亦可使用控制透鏡來控制射束張角。子射束之焦點之位置由各別控制透鏡陣列250及各別物鏡240的作用的組合來判定。

【0069】偵測器陣列240 (其可另外被稱為偵測器陣列)包含複數個偵測器。每一偵測器與對應子射束(其可另外被稱為射束或初級射束)相關

聯。換言之，偵測器陣列(亦即偵測器陣列240)及子射束對應。每一偵測器可經指派至子射束。偵測器陣列可與物鏡陣列相對應。換言之，偵測器陣列可與對應物鏡陣列相關聯。下文描述偵測器陣列240。然而，對偵測器陣列240的任何提及可酌情用單個偵測器(亦即至少一個偵測器)或多個偵測器代替。偵測器可另外被稱為偵測器元件405 (例如，諸如捕獲電極之感測器元件)。偵測器可為任何適當類型的偵測器。

【0070】 偵測器陣列240可定位於沿著初級射束路徑之位置處，位於沿著射束路徑之上游位置與下游位置之間的任一位置處。上游位置在物鏡陣列上面且視情況任何相關聯的透鏡陣列，諸如控制透鏡陣列(亦即物鏡陣列總成之上游)。下游位置係物鏡陣列之下游。在一配置中，偵測器陣列可為在物鏡陣列總成之上游的陣列。偵測器陣列可與物鏡陣列總成之任一電極相關聯。下文中對物鏡陣列之電極相關聯的偵測器的提及可對應於物鏡陣列總成之電極，除了物鏡陣列之最下游電極之最下游表面之外，除非另有明確說明。

【0071】 在一配置中，偵測器陣列240可定位於控制透鏡陣列250與樣本208之間。偵測器陣列240可定位於物鏡234與樣本208之間，如在圖4及圖5中所示。儘管上述情形可為較佳的，但偵測器陣列240可設置在額外或替代的位置中，諸如圖7中所描繪的彼等位置。可在各種位置中設置多個偵測器陣列，例如如在圖7中。可直接自樣本208之表面偵測信號粒子，包括反向散射信號粒子。因此，可偵測反向散射信號粒子，而不必例如將其轉換成另一類型的信號粒子，諸如可更容易偵測的次級信號粒子。因此，可由偵測器陣列240偵測反向散射信號粒子，而不會遇到例如命中樣本208與偵測器陣列241之間的任何其他組件或表面。

【0072】 偵測器陣列定位於物鏡陣列241與樣本208之間。偵測器陣列240經組態以接近樣本。偵測器陣列240可接近樣本以便偵測來自樣本208之反向散射信號粒子。偵測陣列240可偵測來自樣本的由樣本上之初級射束產生之信號粒子，例如信號粒子。接近樣本之偵測器使得在偵測由對應於偵測器陣列中之另一偵測器的子射束產生的反向散射信號粒子時串擾的風險能夠即使不能避免亦被降低。換言之，偵測器陣列240極其靠近於樣本208。如下文所描述，偵測器陣列240可在樣本208之特定距離內。偵測器陣列240可與樣本208毗鄰。至少一個偵測器可定位於裝置中以便面向樣本。亦即，偵測器可為裝置提供基部。作為基部之一部分的偵測器可面向樣本之表面。此可有利於將至少一個偵測器定位於至少一個偵測器比次級粒子更可能偵測反向散射粒子的位置中。舉例而言，至少一個偵測器陣列可設置在物鏡陣列241之輸出側上。物鏡陣列241之輸出側為在其上自物鏡陣列241輸出子射束之一側，亦即在圖3、圖4及圖5中所示之組態中之物鏡陣列之底部或下游側。換言之，偵測器陣列240可設置在物鏡陣列241之下游。偵測器陣列可定位於物鏡陣列上或與物鏡陣列毗鄰。偵測器陣列241可為物鏡陣列241之整體組件。偵測器及物鏡可為相同結構之一部分。偵測器可藉由隔離元件連接至透鏡或直接連接至物鏡之電極。因此，至少一個偵測器可為至少包含物鏡陣列及偵測器陣列的物鏡總成之一部分。若偵測器陣列為物鏡陣列241之整體組件，則偵測器陣列240可設置在物鏡陣列241之基部處。在一配置中，偵測器陣列240可與物鏡陣列241之最下游定位電極成整體。

【0073】 理想地，偵測器陣列儘可能靠近於樣本。偵測器陣列240較佳地極其靠近於樣本208，使得在偵測器陣列處存在反向散射信號粒子

的接近聚焦。如先前所描述，反向散射信號粒子的能量及角度分散通常如此大，以使得很難(或在已知的先前技術系統中不可能)保持來自鄰近子射束的信號分離。然而，在第一態樣中，接近聚焦意指可在偵測器中之一相關者處偵測反向散射信號粒子而無串擾(亦即來自鄰近子射束的干擾)。當然，樣本208與偵測器陣列240之間存在最小距離。然而，較佳儘可能地減少此距離。某些組態可受益於比其他組態減少更多距離。

【0074】較佳地，如在圖3中所示，偵測器陣列240與樣本208之間的距離「L」小於或等於大約50 μm ，亦即偵測器陣列240定位於距樣本208大約50 μm 的範圍內。儘管通常較佳地距離L較小(例如在約10至65微米之間)，因為此可改進偵測器效率及/或減少串擾，但距離可更大。舉例而言，距離L可為大約100微米或更小，或大約200微米或更小。距離L被判定為距樣本208面向偵測器陣列240之表面及偵測器陣列241面向樣本208之表面的距離。提供大約50 μm 或更小的距離係有益的，此係因為可避免或最小化反向散射信號粒子之間的串擾。理論上，樣本208與偵測器陣列240在允許此等組件相對於彼此移動的同時可靠近的程度可存在下限，且此可意指距離L可大於大約5 μm 或10 μm 。舉例而言，可使用大約50 μm 或更小的距離L，同時仍允許對如示出為圖3中之工具之一部分的裝置進行相對可靠的控制。大約30 μm 或更小的距離L對於其他組態可為較佳的，諸如下文關於圖8所示及所描述之彼等。偵測器陣列240與樣本208之間的距離L的較佳範圍可在大約5 μm 至200 μm 之間，或較佳地在大約5 μm 至100 μm 之間，或較佳地在大約5 μm 至50 μm 之間，或較佳地在大約10 μm 至50 μm ，或較佳地在大約30 μm 至50 μm 之間。在配置中，偵測器陣列240可相對於物鏡陣列241可致動，亦即，使距離L變化，例如以大體

上維持樣本與偵測器陣列L之間的距離。應注意，本文中所描述的距離L用於如圖3 (或圖8)中所示的多射束系統。相同的距離可用在單射束裝置中，例如如在圖9中所示，儘管對於單射束裝置，距離L可更大。

【0075】 反向散射信號粒子自樣本208發射，具有極其大的能量分散，並且通常具有遵循餘弦分佈的角分散，餘弦分佈可呈現三維錐體外觀。自樣本208至偵測器陣列240的距離越遠，發射射束的錐體變得越大。應理解，反向散射信號粒子可具有所有角度。發射射束的錐體為可指派至與各別射束相關聯的偵測器的立體角，以使得此立體角隨著樣本及偵測器的更接近而越大。由於極其大的能量擴散，因此可能無法在不引入顯著串擾的情況下將來自不同子射束的反向散射信號粒子成像至偵測器上。解決方案係將偵測器置放在緊接近基板，並選擇子射束之間距，使得相鄰子射束之反向散射信號粒子信號不疊對。

【0076】 因此，可取決於偵測器陣列240與樣本208之間的距離來選擇如上文所論述的間距大小P (或反之亦然)。僅舉例而言，對於樣本208與偵測器陣列240之間的距離L為大約50微米，子射束間距p可等於或大於大約300微米。此類組合對於用加速透鏡偵測高能信號粒子(例如反向散射信號粒子)可能特別有用。僅舉例而言，對於樣本208與偵測器陣列240之間的距離L為大約10微米，子射束間距p可等於或大於大約60微米。提供更靠近偵測器陣列允許使用更小的子射束間距p。此在使用其中子射束間距有利地較小的某些組態中可能係有益的，諸如下文關於圖8描述並在圖8中示出的組態。在不同的實例配置中，樣本208與偵測器陣列240之間的距離為大約50微米並且子射束間距p為大約60微米。此類不同的設置旨在用於不同的操作設定並偵測不同類型的信號粒子。舉例而言，此類組合對

於用減速透鏡偵測低能信號粒子(例如次級信號粒子)可特別有用。為了同時偵測高能粒子(例如反向散射信號粒子)及低能粒子(例如次級信號粒子)，可在上文所描述值之間選擇間距 p 及距離 L ，以使得高能粒子及低能粒子信號係足夠大。應注意，對於偵測器的功能，距離 L 與間距 p 無關係或限制。然而，由於鄰近偵測器中存在串擾的風險，對於較大的距離 L ，使用較大間距 p 可為較佳的。儘管亦可存在其他方式來降低串擾的風險以及可使用間距 p 與距離 L 的任何適當組合。

【0077】 偵測器陣列240 (以及視情況物鏡陣列241)可經組態以排斥自樣本208發射的次級信號粒子。此係有益的，因為其減少自樣本208發射並返回行進朝向偵測器陣列240的次級信號粒子的數目。可選擇偵測器陣列240與樣本208之間的電位差以排斥自遠離偵測器陣列240之樣本208發射的信號粒子。較佳地，偵測器陣列電位可與物鏡陣列之下游電極之電位相同。樣本電位與偵測器陣列電位之間的電位差較佳地相對較小，以使得初級子射束投射穿過或經過偵測器陣列240至樣本208而不會受到顯著影響。另外，小的電位差對反向散射信號粒子(其通常具有更大的能量直至著陸能量)之路徑的影響將可忽略不計，此意指仍然可偵測到反向散射信號粒子，同時減少或避免偵測次級信號粒子。樣本電位與偵測器陣列電位之間的電位差較佳地大於次級信號粒子臨限值。次級信號粒子臨限值可判定仍能到達偵測器的次級信號粒子的最小初始能量。較佳地，次級信號粒子臨限值是等效於自樣本208發出的次級信號粒子的可能能量的電位差。亦即，樣本與偵測器陣列電位之間的相對較小的電位差足以自偵測器陣列排斥次級信號粒子。舉例而言，樣本電位與偵測器陣列電位之間的電位差可為大約20 V、50 V、100 V、150 V、200 V、250 V或300 V。

【0078】物鏡陣列241可經組態以沿著子射束路徑220朝向樣本208加速初級帶電粒子(亦即子射束)。加速投射至樣本208上之子射束211、212、213係有益的，此係因為其可用於產生具有高著陸能量的子射束陣列。可選擇物鏡陣列之電極之電位以提供藉由物鏡陣列241的加速度。應注意，配置中之加速透鏡對於偵測反向散射信號粒子的範圍(例如不同的能量範圍)可為特別有用。替代地，物鏡陣列可經組態以沿著子射束路徑220朝向樣本208減速初級帶電粒子。應注意，該配置中之減速透鏡對於偵測次級散射信號粒子及反向散射信號粒子兩者可為特別有用。下文所描述之圖，且特別地圖3、圖5及圖8，示出處於加速模式的物鏡。然而，如自以上描述將理解，物鏡可用於減速模式，而非用於下文所描述之任何實施例及變化形式。換言之，圖3、圖5及圖8可適於使穿過物鏡之子射束減速。

【0079】在加速物鏡陣列241的配置中，低能粒子(例如次級信號粒子)通常不能通過加速物鏡之下部部分之下游。高能粒子(例如反向散射信號粒子)通過加速物鏡亦越來越困難。此是加速及減速物鏡兩者的關鍵點。低能信號粒子(例如次級信號粒子)與高能信號粒子(例如反向散射信號粒子)之間的能量差在物鏡之下游(在加速及減速模式兩者中)成比例地大於物鏡之上游任一點。此有利於使用下文所描述之偵測器進行偵測，以區分不同類型的信號粒子。

【0080】本文中定義的電位及電位值係相對於源定義；因此，樣本表面處的帶電粒子之電位可被稱為著陸能量，因為帶電粒子之能量與帶電粒子之電位相關，並且樣本處的帶電粒子之電位係相對於源定義。然而，由於電位係相對值，因此電位可相對於其他組件(諸如樣本)來定義。在此

情況下，施加至不同組件之電位差將較佳地如下文關於源所論述。在使用期間，亦即在裝置操作時，將電位施加至相關組件，諸如電極及樣本。

【0081】舉例而言，如上文所描述之經組態以加速帶電粒子子射束並排斥次級信號粒子的裝置可具有如圖5的上下文中所示的電位，其中值在下表1中。如上文所提及，如在圖5中所示的物鏡陣列可包含額外電極，例如中間電極。此類中間電極係可選的，且不需要與具有表1中列出的其他電位的電極一起包括在內。物鏡陣列之中間電極可具有與物鏡陣列之上部電極(亦即V3)相同的電位(例如V1)。

【0082】例示性範圍示出在如上文所描述之表1的左行中。中間行及右行示出在實例範圍內V1至V8中之每一者的更具體實例值。中間行可提供比右行更小的解析度。若解析度較大(如在右行中)，則每子射束的電流較大，且因此子射束的數目可較低。使用較大解析度的優點係掃描「連續區」所需的時間較短(此可為實際限制)。因此整體產出量可更低，但掃描射束區所需的時間更短(因為射束區更小)。

表1

著陸能量	>10-100 keV	30 keV	30 keV
V1 (或省略)	1-10 keV	5 keV	5 keV
V2	>10-100 keV	29.95 keV	29.95 keV
V3	1-10 keV	5 keV	5 keV
V4	>10-100 keV	30 keV	30 keV
V5	>10-100 keV	30 keV	30 keV
V6	1-30 keV	4.4 keV	10 keV
V7	1-10 keV	5 keV	5 keV
V8	>10-100 keV	29.95 keV	29.95 keV

【0083】舉例而言，如上文所描述之經組態以減速帶電粒子子射束並排斥次級信號粒子的裝置可具有如圖5的上下文中所示的電位，其中值在下表2中。為加速透鏡提供的電位值可交換且經調整以提供減速。僅舉例而言，帶電粒子可在物鏡中自30 kV減速至2.5 kV。在實例中，為了獲得1.5 kV至5 kV範圍內的著陸能量，可如下表2所指示設定圖5中所示的電

位，諸如V2、V3、V4、V5、V6及V7。若包括中間物鏡電極，則視情況包括V1。表2中所示的電位孔著陸能量僅為實例，並且可獲得其他著陸能量，例如，著陸能量可低於1.5 kV (例如大約0.3 kV或0.5 kV)或高於5 kV。可看出，V1、V3及V7處的射束能量係相同的。在實施例中，此等點處之射束能量可在10 keV與50 keV之間。若選擇較低的電位，則可減少電極間距，特別在物鏡中，以限制電場的減少。此表中之電位被給出為以keV為單位的射束能量值，其等於相對於射束源201之陰極的電極電位。應理解，在設計帶電粒子光學系統時，關於系統中之哪個點經設定為接地電位以及系統之操作由電位差而非絕對電位判定，存在相當大的設計自由度。

表2

著陸能量	1.5 keV	2.5 keV	3.5 keV	5 keV
V1 (或省略)	29 keV	30 keV	31 keV	30 keV
V2	1.55 keV	2.55 keV	3.55 keV	5.05 keV
V3	29 keV	30 keV	31 keV	30 keV
V4	1.5 keV	2.5 keV	3.5 keV	5 keV
V5	30 keV	30 keV	30 keV	30 keV
V6	19.3 keV	20.1 keV	20.9 keV	30 keV
V7	29 keV	30 keV	31 keV	30 keV
V8	1.55 keV	2.55 keV	3.55 keV	5.05 keV

【0084】 為了使偵測效率最大化，期望使偵測器元件405的表面儘可能大，以使得物鏡陣列240的大體上所有區(除了孔徑)被偵測器元件405佔據。另外或替代地，每一偵測器元件405具有大體上等於陣列間距的直徑(亦即，上文關於物鏡總成241之電極所描述之孔徑陣列間距)。在一實施例中，偵測器元件405之外形係圓形，但此可製成正方形或六角形以使偵測區最大化。

【0085】 然而，偵測器元件405之更大表面導致更大的寄生電容，因此導致更低的帶寬。處於此原因，可期望限制偵測器元件405之外徑。尤其在較大偵測器元件405僅給出稍微較大的偵測效率但顯著較大的電容

的狀況下。圓形(環形)偵測器元件405可在收集效率與寄生電容之間提供良好的折衷。偵測器元件405的更大外徑亦可能導致更大的串擾(對鄰近孔之信號的敏感性)。此亦可為使偵測器元件405之外徑更小的原因。尤其在較大偵測器元件405僅給出稍微較大的偵測效率但顯著較大的串擾的狀況下。

【0086】 在一實施例中，物鏡陣列241係可互換模組，可單獨使用或與諸如控制透鏡陣列及/或偵測器陣列的其他元件組合。可互換模組可為現場可替換的，亦即該模組可由現場工程師交換為新模組。在一實施例中，多個可互換模組包含在工具內並且可在可操作位置與不可操作位置之間交換而無需打開工具。

【0087】 在一些實施例中，提供一或多個像差校正器，其減少子射束中之一或多個像差。可在任何實施例中提供一或多個像差校正器，例如作為帶電粒子光學裝置之一部分，及/或作為光學透鏡陣列總成之一部分，及/或作為評估工具之一部分。在一實施例中，至少一子組像差校正器中之每一者定位於中間焦點中之各別者中或直接毗鄰於中間焦點中之各別者(例如，在中間影像平面中或毗鄰於中間影像平面)。子射束在諸如中間平面之焦平面中或在該焦平面附近具有最小剖面面積。與在別處(亦即，中間平面之上游或下游)可用相比(或與將在不具有中間影像平面之替代配置中可用相比)，上述情形為像差校正器提供更多空間。

【0088】 在一實施例中，定位於中間焦點(或中間影像平面)中或直接毗鄰於中間焦點(或中間影像平面或聚焦點)之像差校正器包含偏轉器，以校正對於不同子射束似乎處於不同位置處之源201。可使用校正器來校正由源導致的巨觀像差，該等巨觀像差會妨礙每一子射束與對應物鏡之間

的良好對準。

【0089】 像差校正器可校正妨礙恰當柱對準之像差。此類像差亦可導致子射束與校正器之間的對準偏差(misalignment)。出於此原因，可期望另外或替代地將像差校正器定位於聚光透鏡231處或其附近(例如，其中每一此類像差校正器與聚光透鏡231中之一或多者整合，或直接毗鄰於該等聚光透鏡中之一或多者)。上述情形係期望的，此係因為在聚光透鏡231處或其附近，像差將不會導致對應子射束之移位，此係因為聚光透鏡豎直地靠近射束孔徑或與射束孔徑重合。然而，將校正器定位於聚光透鏡處或其附近的挑戰在於，相對於更遠下游(或下游)之位置，子射束在此位置處各自具有相對較大的剖面面積及相對較小的間距。聚光透鏡及校正器可為相同結構之一部分。舉例而言，其可彼此連接，例如藉由電隔離元件。像差校正器可為如EP2702595A1中所揭示之基於CMOS的個別可程式化偏轉器或如EP2715768A2中所揭示之多極偏轉器陣列，其中兩個文件中對子射束操縱器的描述特此以引用的方式併入本文中。

【0090】 在一些實施例中，至少一子組像差校正器中之每一者與物鏡234中之一或多者整合，或直接毗鄰於該等物鏡中之一或多者。在一實施例中，此等像差校正器減少以下各項中之一或多者：場曲率；對焦誤差；及像散。物鏡及/或控制透鏡及校正器可為相同結構之一部分。舉例而言，其可彼此連接，例如藉由電隔離元件。另外或替代地，一或多個掃描偏轉器(未示出)可與物鏡234中之一或多者整合或直接毗鄰於該等物鏡中之一或多者，以在樣本208上方掃描子射束211、212、213。在一實施例中，可使用US 2010/0276606中所描述之掃描偏轉器，該文件以全文引用的方式併入本文中。

【0091】 在一實施例中，單個偵測器元件405環繞每一射束孔徑406。在另一實施例中，在每一射束孔徑406周圍提供複數個偵測器元件405。因此，偵測器包含多個部分，且更具體地，多個偵測部分。不同的部分可被稱為不同的分區。因此，偵測器可被描述為具有多個分區或偵測分區。此類偵測器可被稱為分區偵測器。由環繞一個光束孔徑406之偵測器元件405所捕獲的信號粒子可組合成單個信號或用於產生獨立信號。包含多個部分之偵測器可設置在本文中所描述之任何偵測器陣列中。

【0092】 分區偵測器可與子射束211、212、213中之一者相關聯。因此，一個偵測器的多個部分可經組態以偵測自樣本208發射的與子射束211、212、213中之一者相關的信號粒子。包含多個部分之偵測器可與物鏡總成之電極中之至少一者中之孔徑中之一者相關聯。更具體地，包含多個部分之偵測器405可圍繞單個孔徑406配置，如在圖6A及圖6B中所示，其提供此類偵測器之實例。

【0093】 分區偵測器之各部分可以各種不同方式分離，例如徑向、環形或任一其他恰當的方式。較佳地，該等部分具有相似的角大小及/或相似的面積及/或相似的形狀，例如如在圖6B中所示。分離的部分可設置為複數個區段、複數個環形部分(例如複數個同心的環孔或環)及/或複數個扇區部分(亦即徑向部分或扇區)。偵測器元件405可徑向分開。舉例而言，至少一個偵測器405可設置為包含2、3、4或更多個部分之環形部分。更具體地，如在圖6A中所示，偵測器405可包含環繞孔徑406之內環形部分405A及自內環形部分405A徑向向外的外環形部分405B。替代地，偵測器元件405可成角度地分開。舉例而言，偵測器可提供為包含2、3、4或更多個部分，例如8、12等的扇區部分。若偵測器設置為兩個扇區，

則每一扇區部分可為半圓形。若偵測器設置為四個扇區，則每一扇區部分可為一象限。此在**圖6B**中示出，其中405被分開為象限，亦即**圖6B**中示出四個扇區部分，如下文所描述。替代地，偵測器可設置有至少一個區段部分。電極元件可不僅徑向地而且角度地或以任何其他方便的方式分離。

【0094】 每一部分可具有單獨的信號讀出。將偵測器分成多個部分(例如環形部分或扇區部分)係有益的，此係因為其允許獲得與偵測到的信號粒子有關的更多資訊。因此，為偵測器405提供多個部分可有利於獲得與偵測到的信號粒子有關的額外資訊。此可用來改良所偵測到的信號粒子的信雜比。然而，就偵測器之複雜性而言，存在額外成本。

【0095】 如在**圖6A**中所示，偵測器包含內部偵測部分405A及外部偵測部分405B，孔徑406經界定在該偵測器中並經組態用於帶電粒子射束的通過。內部偵測部分405A環繞偵測器之孔徑406。外部偵測部分405B自內部偵測部分405A徑向向外。偵測器的形狀通常可為圓形的。因此，內部偵測部分及外部偵測部分可為同心環。在一實例中，偵測器可被分開成兩個(或多於兩個)同心環，例如，如在**圖6A**中所描繪。

【0096】 同心地或以其他方式提供多個部分可係有益的，此係因為偵測器之不同部分可用於偵測不同的信號粒子，該等信號粒子可為較小角度的信號粒子及/或較大角度的信號粒子，或次級信號粒子及/或反向散射信號粒子。不同信號粒子之此類組態可適合同心分區偵測器。不同角度的反向散射信號粒子可有利於提供不同的資訊。例如，對於自深孔發射的信號粒子，小角度反向散射信號粒子可能更多來自孔底部，且大角度反向散射信號粒子可能更多來自孔周圍的表面及材料。在替代實例中，小角度反向散射信號粒子可能更多來自更深的埋設特徵，而大角度反向散射信號粒

子可能更多來自埋設特徵上面的樣本表面或材料。

【0097】 **圖8**為例示性帶電粒子光學系統的示意圖，例如評估工具，其具有如任何上文所描述之選項或態樣中之帶電粒子裝置。帶電粒子裝置經組態以將帶電粒子射束投射至樣本上。至少具有如上述任一態樣或實施例中所描述的物鏡陣列241的帶電粒子光學裝置可用於如**圖8**中所示的帶電粒子光學系統中。為簡潔起見，上文已描述之物鏡陣列241之特徵在此不再重複。

【0098】 存在一些特定於**圖8**的設置的考慮事項。在本實施例中，較佳地保持間距較小以便避免對產出量產生負面影響。然而，當間距過小時，此可導致串擾。因此，間距大小係選擇的信號粒子(諸如反向散射信號粒子)的有效偵測與產出量的平衡。因此，在此類用於偵測反向散射信號粒子的配置中，間距較佳地為大約300 μm ，該間距為在偵測次級信號粒子時對於**圖8**之實施例原本的間距大4至5倍。當偵測器與樣本208之間的距離減少時，間距大小亦可減少而不會對串擾產生負面影響。因此，將偵測器設置成儘可能靠近樣本(亦即，其中距離L儘可能小，且較佳地小於或等於大約50 μm ，或小於或等於大約40 μm ，或小於或等於大約30 μm ，或小於或等於大約20 μm ，或等於大約10 μm)有利於允許間距儘可能大，此改良產出量。

【0099】 如在**圖8**中所示，帶電粒子光學系統包含源201。源201提供帶電粒子(例如，電子)射束。聚焦在樣本208上之多射束係自由源201提供之射束導出。子射束211、212、213可例如使用界定射束限制孔徑陣列之射束限制器(其可另外被稱為射束限制孔徑陣列)自射束導出。射束可在遇到控制透鏡陣列250時分成子射束211、212、213。子射束211、212、

213在進入控制透鏡陣列250時大體上平行。(在一配置中，控制透鏡陣列250包含射束限制器。)期望地，源201係在亮度與總發射電流之間具有良好折衷的高亮度熱場發射器。在所示之實例中，準直器設置在物鏡陣列總成之上游。準直器可包含大型準直器270。在射束被分裂成多射束之前，大型準直器270作用於來自源201之射束。大型準直器270準直來自源之射束，使得射束剖面在與射束限制器的入射時大體上一致。大型準直器270使導出子射束之射束的各別部分彎曲一定量，該量有效地確保子射束中之每一者的射束軸大體上法向地(亦即與樣本208之標稱表面成大體上 90°)入射於樣本208上。大型準直器270將大型準直應用於射束。大型準直器270因此可作用於所有射束，而非包含準直器元件陣列，每一準直器元件經組態以作用於射束之不同個別部分。大型準直器270可包含磁性透鏡或磁性透鏡配置，該磁性透鏡配置包含複數個磁性透鏡子單元(例如，形成多極配置之複數個電磁體)。替代或另外地，大型準直器可至少部分地以靜電方式實施。微準直器可包含靜電透鏡或包含複數個靜電透鏡子單元的靜電透鏡配置。大型準直器270可使用磁性及靜電透鏡的組合。

【0100】 在另一配置(未示出)中，大型準直器可部分地或全部地被設置在上游限制器之下游的準直器元件陣列代替。每一準直器元件準直各別子射束。準直器元件陣列可使用MEMS製造技術形成以便在空間上緊湊。準直器元件陣列可為源201之下游之射束路徑中之第一偏轉或聚焦帶電粒子光學陣列元件。準直器元件陣列可位於控制透鏡陣列250之上游。準直器元件陣列可與控制透鏡陣列250位於同一模組中。

【0101】 在圖8之實施例中，提供大型掃描偏轉器265以致使在樣本208上方掃描子射束。大型掃描偏轉器265偏轉射束之各別部分以致使在

樣本208上方掃描子射束。在一實施例中，大型掃描偏轉器265包含大型多極偏轉器，例如具有八個或更多極。偏轉諸如致使在一個方向(例如平行於單個軸，諸如X軸)上或在兩個方向(例如相對於兩個不平行的軸，諸如X及Y軸)上橫跨樣本208掃描自射束導出之子射束。大型掃描偏轉器265大體地作用於所有射束，而非包含偏轉器元件陣列，每一偏轉器元件經組態以作用於射束之不同的個別部分。在所示實施例中，大型掃描偏轉器265設置在大型準直器270與控制透鏡陣列250之間。

【0102】 在另一配置(未示出)中，大型掃描偏轉器265可部分或全部由掃描偏轉器陣列代替。掃描偏轉器陣列260包含複數個掃描偏轉器。可使用MEMS製造技術來形成掃描偏轉器陣列260。每一掃描偏轉器掃描樣本208上方之各別子射束。掃描偏轉器陣列260因此可包含用於每一子射束之掃描偏轉器。每一掃描偏轉器可使子射束在一個方向(例如平行於單個軸線，諸如X軸)上或在兩個方向(例如相對於兩個非平行軸線，諸如X軸及Y軸)上偏轉。偏轉諸如致使在一個或兩個方向(亦即，一維或二維)上橫跨樣本208掃描子射束。掃描偏轉器陣列可位於物鏡陣列241之上游。掃描偏轉器陣列可位於控制透鏡陣列250之下游。儘管參考與掃描偏轉器相關聯的單個子射束，但子射束群組可與掃描偏轉器相關聯。在一實施例中，可使用EP2425444 (該文件特此以全文引用的方式併入本文中，具體地與掃描偏轉器相關)中所描述之掃描偏轉器來實施掃描偏轉器陣列。與大型掃描偏轉器相比，掃描偏轉器陣列(例如，使用如上文所提及之MEMS製造技術來形成)可在空間上更緊湊。掃描偏轉器陣列可與物鏡陣列241位於同一模組中。

【0103】 在其他實施例中，提供大型掃描偏轉器265及掃描偏轉器

陣列兩者。在此類配置中，可藉由一起(較佳地同步地)控制大型掃描偏轉器及掃描偏轉器陣列260，來實現在樣本表面上方掃描子射束。

【0104】 本發明可應用於各種不同的工具架構。舉例而言，帶電粒子射束工具40可為單射束工具，或可包含複數個單射束柱或可包含複數個多射束(亦即，子射束)柱。柱可包含在任何上述實施例或態樣中所描述之帶電粒子光學裝置。作為複數個柱(或多柱工具)，裝置可配置成陣列，其數目可為二到一百柱或更多柱。帶電粒子裝置可採取如關於**圖3**所描述及所描繪或如關於**圖8**中描述及在**圖8**中所描繪的實施例的形式，儘管較佳地具有例如在物鏡陣列總成中的靜電掃描偏轉器陣列及/或靜電準直器陣列。帶電粒子光學裝置可為帶電粒子光學柱。帶電粒子柱可視情況包含源。

【0105】 如上文所描述，偵測器陣列240可設置在物鏡陣列241與樣本208之間，如在**圖4**及**圖5**中所示。偵測器陣列240可與物鏡陣列之至少一個電極(較佳地，下部電極243)相關聯。較佳地，偵測器240之下游陣列在使用中，亦即當存在樣本時面向樣本208。

【0106】 可提供額外或替代的偵測器陣列，該等偵測器陣列可定位於其他位置中。上述情形在**圖7**中描繪。可提供如**圖7**中所示的一個、一些或所有偵測器陣列。若提供多個偵測器陣列，則其可經組態以同時偵測信號粒子。位於物鏡陣列241與樣本208之間的偵測器陣列240被示為如關於**圖6A**及**圖6B**所描述之分區偵測器。然而，任何適當類型的偵測器可用於此陣列。

【0107】 帶電粒子光學裝置可包含偵測器陣列，本文中被稱為鏡面偵測器350陣列。鏡面偵測器350陣列沿著初級射束路徑320配置(例如，

在沿著初級射束路徑之共同位置處)。鏡面偵測器350陣列經組態以面向初級射束路徑320之上游。換言之，鏡面偵測器350陣列經組態以沿著初級射束路徑320面向初級射束之源(上文描述為源201)。鏡面偵測器350陣列經組態以背對樣本208。鏡面偵測器350陣列可另外被稱為上部偵測器陣列。較佳地，鏡面偵測器350陣列與下部電極243相關聯，且較佳地與電極之上游表面相關聯。此可為有益的，因為若鏡面偵測器350陣列經設置成相對地靠近於樣本208，例如正好在下部電極343上面或上，則更可能偵測到信號粒子。當鏡面偵測器350陣列定位於物鏡陣列241內(亦即，物鏡陣列241之電極之間)時，其可被稱為透鏡內偵測器。在具有多個透鏡電極之物鏡陣列總成之配置中，其他電極可以鏡面電極為特徵，只要另一電極位於鏡面電極之上游以將信號粒子鏡像至鏡面電極。

【0108】 帶電粒子光學裝置可包含至少一個上游偵測器陣列，其面向樣本，亦即在樣本208之方向上。換言之，上游偵測器陣列可在沿著初級射束路徑320的方向面向樣本208。帶電粒子光學裝置可包含上部偵測器370陣列。上部偵測器370陣列可與物鏡陣列241之上部電極242之下游表面相關聯。更一般地，若在物鏡陣列中設置更多電極，則上部偵測器370陣列可與任何適當電極之下游表面相關聯。上部偵測器370陣列可定位於上部電極342與下部電極343之間，或位於物鏡陣列之最低電極上面的任何其他電極之間。如上文所描述，上部偵測器370陣列設置在至少一個電極之上游(相對於初級子射束211及212)，該至少一個電極相對於圖7係下部電極243。另外或替代地，帶電粒子光學裝置可包含透鏡上面的偵測器380陣列。換言之，上游偵測器陣列可位於物鏡陣列241上面。透鏡上面的偵測器380陣列可在形成物鏡陣列241的所有電極的上游。透鏡上

面的偵測器380陣列可與電極242間隔開，以使得透鏡上面的偵測器陣列380是具有與物鏡陣列分離的自身機械支撐的板或基板。

【0109】 任何偵測器陣列可與物鏡陣列241之至少一個電極(例如，上部電極242或下部電極243)相關聯(例如，位於其中、位於其上、經定位與其毗鄰、與其連接或與其成整體)。舉例而言，偵測器陣列可在物鏡陣列241之至少一個電極之中或其上。舉例而言，偵測器陣列可定位成與電極中之一者毗鄰。換言之，偵測器陣列可定位成緊接近且靠近電極中之一者。舉例而言，偵測器陣列可連接(例如機械連接)至電極中之一者。換言之，偵測器陣列可附接至電極中之一者，例如藉由黏合劑或焊接或一些其他附接方法。舉例而言，偵測器陣列可與電極中之一者成整體。換言之，鏡面偵測器陣列可形成為電極中之一者之一部分。

【0110】 可設置偵測器陣列的組合。舉例而言，可設置下游偵測器240陣列及/或鏡面偵測器350陣列及/或上部偵測器370陣列及/或透鏡上面的偵測器380陣列。該裝置可包含額外偵測器陣列，其可設置有下游偵測器240陣列及/或鏡面偵測器350陣列及/或上部偵測器370陣列及/或透鏡上面的偵測器380陣列的任一組合。如自上述陣列的組合將清楚，可存在任何適當數目的偵測器陣列。舉例而言，可存在兩個、或三個、或四個、或五個或更多個偵測器陣列，其定位於任何適當的位置處，例如，如上文關於上游偵測器陣列及/或下游偵測器陣列所描述。可同時使用設置任何偵測器陣列。可選擇任何偵測器陣列(例如，鏡面偵測器350陣列及/或上部偵測器370陣列及/或透鏡上面偵測器380陣列及/或下游偵測器360陣列及/或任何額外偵測器陣列)相對於樣本208之電位的電位來控制至少彼偵測器陣列對信號粒子的偵測。子射束陣列(以其他方式被稱為初級射束陣列)可

與所設置任何/所有偵測器陣列相對應。因此，子射束陣列可與鏡面偵測器陣列240，及/或下游偵測器360陣列，及/或上部偵測器370陣列及/或透鏡上面偵測器380陣列相對應。因此，任何/所有偵測器陣列可與子射束對準。

【0111】 圖9為根據實施例的例示性單射束帶電粒子射束工具40的示意圖。如在圖9中所示，在一實施例中，帶電粒子射束工具40包含樣本架207，該樣本架由機動載物台209 (或致動載物台)支撐以固持待檢測的樣本208。帶電粒子射束工具40包含帶電粒子源201。帶電粒子射束工具40進一步包含槍孔徑122、射束限制孔徑125 (或射束限制器)、聚光透鏡126、柱孔徑135、物鏡總成132及帶電粒子偵測器144 (其可另外被稱為電子偵測器)。在一些實施例中，物鏡總成132可為經改良擺動物鏡延遲浸沒透鏡(SORIL)，其包括極片132a、控制電極132b、偏轉器132c及勵磁線圈132d。控制電極132b具有形成在其中的孔徑以供帶電粒子射束通過。控制電極132b形成面向樣本208之表面。儘管圖9中所示的帶電粒子射束工具40係單束系統，但在一實施例中設置多射束系統。此類多射束系統可具有與圖9中所示相同的特徵，諸如物鏡總成132。此類多射束系統可另外具有射束限制器陣列，其例如在聚光透鏡之下游，用於生成子射束。與諸如在射束限制器陣列之下游的射束限制器陣列相關聯的可為多個帶電粒子陣列元件，諸如偏轉器陣列及透鏡陣列，用於最佳化及調整子射束並減少子射束的像差。此類多射束系統可具有用於偵測信號帶電粒子的次級柱。韋恩濾光器可在物鏡總成之上游，以將信號粒子引向次級柱中之偵測器。

【0112】 在成像過程中，自源201發出的帶電粒子射束可通過槍孔徑122、射束限制孔徑125、聚光透鏡126，並藉由經改良SORIL透鏡聚焦

至探測中且然後入射至樣本208之表面上。探針點可藉由偏轉器132c或SORIL透鏡中之其他偏轉器橫跨樣本208之表面掃描。自樣本表面發出的信號粒子可由帶電粒子偵測器144收集，以在樣本208上形成所關注區之影像。

【0113】帶電粒子射束工具40之聚光器及照明光學器件可包含電磁四極帶電粒子透鏡或由其補充。舉例而言，如在圖9中所示，帶電粒子射束工具40可包含第一四極透鏡148及第二四極透鏡158。在一實施例中，四極透鏡用於控制帶電粒子射束。舉例而言，可控制第一四極透鏡148來調整射束電流，並且可控制第二四極透鏡158來調整射束斑點大小及射束形狀。

【0114】如上文所描述，分區偵測器可具有作為偵測器元件405之一部分的複數個偵測器部分(例如，感測器元件)，如上文關於圖6A及圖6B所描述。每一偵測器元件(或感測器單元)的複數個偵測器部分設置在孔徑周圍。複數個偵測器部分可一起具有圓形周邊及/或直徑。複數個偵測器部分可一起具有在孔徑與複數個偵測器部分之周邊之間延伸的區。複數個偵測器元件可配置成矩形陣列或六角形陣列。由環繞一個孔徑之偵測器部分所捕獲的信號粒子產生的信號可組合成單個信號或用於產生獨立信號。偵測器元件之表面(視情況其偵測器部分)可大體上填充支撐偵測器元件之基板之表面。

【0115】如在圖10A中所示，偵測器陣列或偵測器模組之表面面向甚至在使用中接近於樣本，該表面以偵測器元件陣列(或偵測器陣列)為特徵。每一偵測器元件與孔徑相關聯。每一偵測器元件與偵測器模組之基板之指派表面積相關聯。由於基板係分層的，例如具有CMOS結構，基板內

之每一層相對於各別偵測器元件定位，較佳地接近。市售的CMOS結構具有通常的層數範圍，例如三至十層，通常約為五層。(例如，為了便於描述，可提供兩個功能層。佈線層及邏輯層這兩層可根據需要表示許多層，且每一層分別不限於佈線或邏輯。)層數受商業可用性限制，且任何層數係可行的。然而，考慮到實用性，基板具有有限的層數，為了高效設計，可用空間係有限的。

【0116】 理想地，可為佈線層及/或邏輯層的基板之電路層具有指派用於每一偵測器元件(或偵測器)的部分。不同層之指派部分可被稱為胞元550。用於全多射束配置之基板中之部分的配置可被稱為胞元陣列552。胞元550可具有與指派用於每一偵測器元件之表面積相同的形狀，諸如六角形，或可鑲嵌並且可在形狀及/或面積上皆相似的任何合理形狀，諸如矩形形狀。藉由置放及路由設計可更容易地使用矩形或直線形狀。此類設計通常由軟體實施，該軟體適合於定義具有正交方向的矩形架構的晶片，而非需要銳角或鈍角的架構，諸如呈六角形架構。在**圖10A**中，胞元550被描繪為六角形並且胞元陣列552被描繪為包含個別胞元之六角形。然而，理想地，每一胞元相對於偵測器元件類似地定位。佈線路由554可連接至每一胞元550。佈線路由554可在胞元陣列552之其他胞元之間路由。注意：參考在陣列之胞元之間的佈線路由，旨在至少佈線路由避開孔徑陣列之射束孔徑，例如藉由胞元陣列界定。在配置電路架構中，至少電路層中之胞元大小可被減少以容納佈線路由，以使得佈線路由在胞元之間路由。另外或替代地，佈線路由穿過胞元陣列中之胞元，較佳地朝向胞元之周邊，例如以減少佈線路由與胞元中之其他電路系統的干擾。因此，對胞元之間的佈線路由的引用包含：胞元電路系統之間的佈線路由、胞元內之

佈線路由，較佳地朝向胞元之周邊並且至少圍繞穿過胞元之射束孔徑以及任何中間變化形式。在所有此等配置中，例如在CMOS架構中，佈線路由可與其他電路系統在同一晶粒中，該其他電路系統可將同一胞元中之電路系統界定為佈線路由之一部分，或圍繞其路由佈線路由的胞元中之電路系統。因此，胞元及佈線路由可為單體式結構之部分。佈線路由554可以信號方式連接胞元。因此，佈線路由將胞元550以信號方式連接至胞元陣列或甚至基板或偵測器模組外部之控制器或資料處理器。電路層可包含用於將感測器信號自胞元傳輸至胞元陣列之外的資料路徑層。

【0117】 控制器或資料處理器可在基板或偵測器模組內之電路系統之前，較佳地在胞元陣列外部，例如作為控制及I/O電路系統(未示出)。控制及I/O電路系統可與胞元陣列在同一晶粒中；控制及I/O電路系統可與胞元陣列單體整合，例如在同一CMOS晶片中。控制及I/O電路系統實現來自胞元陣列552之所有胞元的資料之間的高效連接。舉例而言，考慮2791個胞元的配置，每一胞元具有8位元數位輸出。此類配置將具有22328個信號(亦即8位元輸出*2791個胞元)至位於CMOS晶片外部的電子器件。執行此操作的標準方式係使用SERDES電路系統(串聯器/解串器)。此類電路系統將藉助於分時多工將大量的低資料速率信號轉換成少量的高資料速率信號。因此，與在偵測器模組外部相比，與胞元陣列或至少在偵測器模組中單體具有控制及I/O電路系統係有益的。

【0118】 在實施例中，控制及I/O電路系統可以一般支持功能為特徵，諸如用以與CMOS晶片外部的電子器件通信以實現載入某些設定的電路系統，例如用於控制放大及偏移，諸如本文中所描述之減法。

【0119】 胞元550之電路層連接至各別胞元之偵測器元件。電路層

包含具有放大及/數字功能的電路系統，例如其可包含放大電路。如在圖10B中所描繪，胞元550可包含跨阻抗放大器(TIA) 556及類比轉數位轉換器(ADC) 558。此圖示意性地描繪胞元550，其具有相關聯的偵測器元件(諸如捕獲電極)及連接至跨阻抗放大器556及類比轉數位轉換器558的回饋電阻器562。來自類比轉數位轉換器558之數位信號線559離開胞元550。應注意，偵測器元件被表示為偵測器元件560，且回饋電阻器被示為與偵測器區相關聯的碟片562，而非與跨阻抗放大器556相關聯。此示意性表示將偵測器元件及回饋電阻器中之每一者表示為一區以指示其相對大小，其原因在參考圖10C時將變得顯而易見。

【0120】跨阻抗放大器可包含回饋電阻器 R_f 562。應最佳化回饋電阻器 R_f 之量值。此回饋電阻之值越大，輸入參考電流雜訊越低。因此，跨阻抗放大器之輸出端處之信雜比更佳。然而，電阻 R_f 越大，帶寬越低。有限的帶寬導致信號的有限上升及下降時間，從而導致額外影像模糊。最佳化 R_f 在雜訊位準與額外影像模糊之間取得良好平衡。

【0121】為了實施該設計，電路系統(亦即與每一偵測器元件相關聯的放大電路系統)應在相關聯胞元550之層內且配合在每一相關聯層之部分之可用有限面積中。在子射束間距為70微米的狀況下，胞元中每層的可用面積通常僅為4000平方微米。取決於感測到的次級及/或反向散射信號粒子，例如作為欲由偵測器元件量測之電流，回饋電阻器 R_f 之最佳值可高達30至300 MOhm。若此類電阻器在標準CMOS過程中實施為多晶矽電阻器，則此類電阻器之大小將遠大於胞元550之CMOS層中可用的面積。舉例而言，300 MOhm之電阻器將消耗大約500000微米²。此約為整個可用面積的130倍。

【0122】通常，例如在CMOS架構中，此類大電阻器將被製成例如多晶矽單層。通常存在多晶矽單層。在一些情況下，可提供具有能夠提供高電阻值之材料的層，儘管具有此類高的縱橫比(例如，相對於層中之電阻結構之寬度的極端長度)，電阻器的可靠性仍然存在。即使胞元具有用於此類電阻器的多個層，亦將必須存在更多層，這些層係例如使用CMOS技術容易獲得的。另外或替代地，藉由不同層的彎曲路徑不會減輕高縱橫比，且電阻值變化形式的風險只會由不同層之間的互連造成。如本文中稍後所描述，此類互連影響電阻器之電阻值作為拐角的可變性。

【0123】應注意，此類尺寸係在假設180 nm節點架構及處理的情況下計算的。若替代地使用更小的處理節點，則不可能在減少電阻器結構的尺寸方面獲得千倍的效果。此外，出於處理原因，使用180 nm節點架構較佳於較小節點。例如，180 nm節點中之互連更易於處理。例如在蝕刻射束孔徑504中偵測器晶片的後處理使用鋁互連。亞180 nm節點處的此類後處理通常使用具有銅互連過程。因此，180 nm的處理比亞180 nm的處理更簡單。

【0124】此外，若製作此類電阻器，無論在哪個節點，電阻器規格的可靠性以及電阻器可用的空間都可具有挑戰性。

【0125】在用於晶片架構的分層結構中，諸如CMOS，組件及特徵被界定為層中之結構。組件之規格取決於層之材料及層的物理性質、層的尺寸，具體地其厚度及在層中形成之結構的尺寸。電阻器可採用長而窄的路徑、路由或導線的形式。鑒於空間限制，路徑可為非線性的，沿著其路徑具有拐角。對於此類長的組件，層中之路徑之寬度可諸如藉由製造公差而變化。拐角可比路徑之線性段提供更大的變化，從而限制可製作電阻器

的精度，以便具有規定電阻。在拐角多且長度長的情況下，具有此類拓樸結構的電阻器可製成得較差可靠性，以使得胞元陣列中不同胞元的等效電阻器的電阻可具有較大範圍。

【0126】 此類電阻結構具有大的表面積。另外或替代地，具有此類大表面積的電阻器將另外具有不期望的電容；此類電容被稱為寄生電容。寄生電容可非所要地促進雜訊及模糊，影響本文中別處所描述的雜訊、模糊及帶寬最佳化之間的平衡

【0127】 該層的材料性質可進行化學改性；然而，此類改性不太可能在大小上實現幾個數量級的改良，以配合至胞元中之可用空間中。此類改性不太可能充分改變回饋電阻器的拓樸結構，以使得具有所需的規格並且可以所要的可靠精度進行。

【0128】 此類對可靠性及大小的要求將使得電阻器能夠在帶寬、信雜比及穩定性方面實現其所要效能。不幸地，此等要求無法滿足。

【0129】 提出不需要如此大的回饋電阻器的替代放大電路系統。實例包括具有作為回饋元件的偽電阻器的跨阻抗放大器及直接類比轉數位轉換器，從而避免對跨阻抗放大器的需求。直接類比轉數位轉換器的兩個實例為：使用低占空比開關電阻器，以及使用參考電容器。可選配置係自胞元550移除類比轉數位轉換器558，以使得電路線570將胞元550中之跨阻抗放大器556與胞元陣列552 (圖10C)外部的類比轉數位轉換器連接。圖10C中所描繪之配置可應用於放大器電路。現在依次提及每一選項。所描述之實例放大器電路僅為可使用之一些合適類型的放大電路系統。可存在其他放大器電路，其實現與本文中所描述之彼等相似的益處且如本文中所描述之對每一胞元使用相似的電路架構。

【0130】 替代放大電路係直接類比轉數位轉換器，例如使用開關電阻器或電容器，其直接連接至偵測器元件503之輸出。合適類型的直接類比轉數位轉換器係電荷平衡直流轉數位轉換器。使用直接類比轉數位轉換器可避免使用跨阻抗放大器及具有回饋電阻器 R_f 或外來替代方案。移除跨阻抗放大器移除放大電路中最耗電的組件及輸入雜訊的主要來源。差量/標準差調變器提供電荷平衡直流轉數位轉換器的最佳實現。兩種可能的解決方案為：使用低占空比開關電阻器作為參考；並使用開關電容器作為參考。此等電路係例示性的，且可存在其他合適的電路。

【0131】 如在圖10C中所描繪，胞元550包含連接至偵測器元件560之跨阻抗放大器556。與此放大電路系統相關聯的係有效的回饋電阻器568。跨阻抗放大器之輸出連接至遠離胞元的類比轉數位轉換器558 (未示出)。電路線570連接跨阻抗放大器及類比轉數位轉換器。電路線570傳輸類比信號。考慮到胞元陣列552係密集包裝，類比轉數位轉換器在胞元陣列外部，例如與胞元陣列552相同的晶粒及/或與胞元陣列552單體整合。在一實施例中，類比轉數位轉換器558位於偵測器模組之基板中。替代地，類比轉數位轉換器遠離基板，例如其為基板外部的處理器之一部分。

【0132】 圖10B及圖10C中所描繪之胞元之間的組件差異在於圖10C之胞元僅包括跨阻抗放大器而不包括類比轉數位轉換器，並且電路線270傳輸類比信號而非由類比轉數位轉換器傳輸的數位信號。藉由自胞元550移除類比轉數位轉換器，在胞元550之電路層中存在更多空間可用於回饋電阻器元件。此相對差異可藉由圖10B及圖10C中之回饋電阻器區域562的相對大小來說明；(但應注意，相對尺寸不一定適用於此兩個圖之其他特徵)。若放大器電路系統使用替代跨阻抗放大器電路，例如若使用具有

偽電阻器的跨阻抗放大器作為回饋元件，則胞元550之電路層中還存在更多空間。

【0133】 圖11A示出偵測器之偵測器元件405的仰視圖。偵測器用於評估設備之帶電粒子裝置中。偵測器經組態以偵測來自樣本208之電子。

【0134】 如在圖11A中所示，在一實施例中，偵測器元件405包含至少兩個偵測器組件405A、405B。每一偵測器組件405A、405B經組態以偵測自樣本208發射的信號粒子。

【0135】 在一實施例中，每一偵測器組件405A、405B經設定為各別偏壓電位。偏壓電位可對應於偵測器組件與例如樣本208之間的電位差。偏壓電位可為正、負或零。在一實施例中，各別偏壓電位之間存在電位差。用於偵測器組件405A、405B之偏壓電位彼此不同。偏壓電位影響信號粒子被偵測器組件405A、405B偵測到的可能性。

【0136】 在一實施例中，每一偵測器組件405A、405B經組態以偵測各別種類之信號粒子。偏壓電位與信號粒子被偵測器組件偵測到的可能性之間的關係可針對不同種類之信號粒子而不同。藉由將不同偏壓電壓用於不同偵測器組件405A、405B，一個種類之信號粒子被旨在偵測不同種類之信號粒子的偵測器組件偵測到的可能性。本發明之實施例預期減少偵測器405中交叉信號的可能性。

【0137】 通常，不同種類之信號粒子可對應於不同能量範圍。在一實施例中，偵測器組件405A、405B包含第一偵測器組件，該第一偵測器組件經組態以偵測超過第一能量臨限值之信號粒子。第一偵測器組件經設定為第一偏壓電位。第一偵測器組件經組態以偵測較高能量的帶電粒子。不同種類在此實施例中包含超過第一能量臨限值之信號粒子，或信號電

子。

【0138】 在一實施例中，偵測器組件405A、405B包含第二偵測器組件，該第二偵測器組件經組態以偵測低於第二能量臨限值之信號粒子。第二偵測器組件經設定為第二偏壓電位。第二偵測器組件經組態以偵測較低能量的帶電粒子。不同種類在此實施例中包含低於第二能量臨限值之信號粒子，或信號電子。

【0139】 例如，在一實施例中，第一能量臨限值對應於反向散射信號粒子之最小能量。通常，反向散射帶電粒子具有大於次級帶電粒子之能量。偵測到的反向散射帶電粒子可具有數個100 eV的最小能量。在一實施例中，第一能量臨限值為100 eV，或200 eV，或500 eV。

【0140】 第二能量臨限值可對應於次級信號粒子之能量。次級帶電粒子可具有約50 eV的最大能量。在一實施例中，第二能量臨限值為100 eV，或50 eV。第一能量臨限值及第二能量臨限值可為大體上相同的。舉例而言，兩個臨限值可為50 eV或100 eV。替代地，能量臨限值可具有一偏移。舉例而言，第一能量臨限值可為100 eV且第二能量臨限值可為50 eV。能量臨限值之間可存在50 eV之偏移。

【0141】 自上文對次級及反向散射信號粒子的描述將理解，不同類型的信號粒子之間的臨限值(例如50 eV，或100 eV，或200 eV)係任意的。在此臨限值周圍無黑白分界(亦即明顯分離)。臨限值的精確選擇不太可能改良或有助於影像對比度或品質。因此，臨限值的選擇不太可能減少對具有邊界能階的信號粒子的偵測。

【0142】 第一偵測器組件可被稱為反向散射偵測器組件405B。第一偏壓電位可被稱為反向散射偏壓電位。反向散射偵測器組件405B經組態

以偵測反向散射帶電粒子。第二偵測器組件可被稱為次級偵測器組件405A。第二偏壓電位可被稱為次級偏壓電位。次級偵測器組件405A經組態以偵測次級帶電粒子。

【0143】 反向散射偏壓電位與次級偏壓電位之間存在電位差。在一實施例中，相對於樣本208設定反向散射偏壓電位及次級偏壓電位，以便減少反向散射偵測器組件對較低能量的帶電粒子的偵測。此減少例如由反向散射偵測器組件405B偵測到的次級帶電粒子之交叉信號。反向散射偵測器組件405B對較低能量的帶電粒子之偵測的減少係與在反向散射偏置電位經設定為與次級偏壓電位相同的情況下相似的減少。相對於偵測器組件設定的偏壓電位的施加可被認為具有濾光器的效應。濾光器可有助於防止用於選定偵測器組件的較佳能量範圍之外的信號粒子避免到達選定偵測器。濾光器可防止在較佳能量範圍之外的信號粒子避免被選定及對應偵測器組件偵測到。

【0144】 舉例而言，在一實施例中，相對於樣本208設定次級偏壓電位，以便將較低能量的帶電粒子吸引至次級偵測器組件405A。次級偏壓電位相對於樣本208可為正。正偏壓電位將較低能量的帶電粒子吸引至次級偵測器組件405A。次級偏壓電位增加次級帶電粒子與次級偵測器組件405A之間的交互作用的可能性。

【0145】 若反向散射偏壓電位經設定為與次級偏壓電位相同，例如為正，則與將反向散射偏壓電位設定為較少正或較多正(與次級偏壓電位相比)比較，反向散射偵測器組件405B可偵測到更多次級帶電粒子。

【0146】 在一實施例中，相對於樣本208設定反向散射偏壓電位及次級偏壓電位，使得較低能量的帶電粒子被次級偵測器組件405A比被反

向散射偵測器組件405B吸引得更多。僅作為實例，次級偏壓電位相對於樣本208可為至少5 V，視情況至少10 V，且視情況至少20 V，以便增加對次級帶電粒子的偵測。

【0147】 在一實施例中，相對於樣本208設定反向散射偏壓電位以便將較低能量的帶電粒子自反向散射偵測器組件405B排斥。反向散射偏壓電位可為負。然而，反向散射偏壓電位並非必要為負。在一實施例中，反向散射偏壓電位相對於樣本208為至多10 V，視情況至多5 V，視情況為負，視情況至多-5 V，視情況至多-10且視情況至多-20 V。

【0148】 自樣本208發射朝向反向散射偵測器組件405B的次級帶電粒子可減速。特定而言，信號粒子的減速致使不具有過多動能之信號粒子沿樣本208之方向往回反射。由反向散射偵測器組件405B對次級帶電粒子的偵測的可能性減少。本發明之實施例預期降低反向散射偵測器組件405B中之交叉信號。

【0149】 如在圖11A及圖11B中所示，在一實施例中，反向散射偵測器組件405B及次級偵測器組件405A經定位成彼此毗鄰。在一實施例中，偵測器組件與樣本208之表面之間的距離對於不同類型的偵測器組件相同。在一替代實施例中，偵測器組件與樣本208之表面之間的距離對於不同類型的偵測器組件不同。舉例而言，在一實施例中，反向散射偵測器組件與樣本208之間的距離小於次級偵測器組件與樣本208之間的距離。藉由增加自樣本208至次級偵測器組件的距離，在次級偵測器組件處偵測反向散射帶電粒子的可能性可減少。同時，藉由提供靠近於樣本208之反向散射偵測器組件，維持反向散射偵測器組件處之偵測器效率。

【0150】 如在圖11A中所示，在一實施例中，反向散射偵測器組件

405B及次級偵測器組件405A各自包含同心環孔。替代地，偵測器可包含不同形狀。舉例而言，反向散射偵測器組件405B及次級偵測器組件405A可各自包含兩個同心正方形、矩形、稜形或六角形之間的區域。同心偵測器組件可良好適合於檢測埋設在樣本208之表面下方之層之特徵。

【0151】 如在圖11A中，在一實施例中，反向散射偵測器組件405B可自次級偵測器組件405A徑向向外。投射朝向樣本208之帶電粒子射束可受施加至偵測器405之偏壓電位影響。與次級偵測器組件405A相關聯之電磁場可至少部分地將穿過孔徑406之帶電粒子射束與相關聯於反向散射偵測器組件405B之電磁場屏蔽。投射朝向樣本208之帶電粒子可大體上不受反向散射偏壓電位的設定影響。預期本發明之實施例減少交叉偵測信號而不會不利地影響帶電粒子朝向樣本208的投射。

【0152】 如在圖11A中所示，在一實施例中，偵測器405包含兩個偵測器組件405A、405B。在一替代實施例中，偵測器405包含多於兩個偵測器組件，諸如三個、四個或多於四個偵測器組件。

【0153】 偵測器組件405A、405B徑向分開並非必要的。如在圖11B中所示，在一交替實施例中，反向散射偵測器組件405B及次級偵測器組件405A各自包含扇區405C、405D、405E、405F。扇區405C、405D、405E、405F可成角度地分開，如在圖11B中所示。在檢測具有高縱橫比之樣本208之表面之特徵時，成角度地分開的扇區可為較佳適合。替代地，扇區可藉由將包含徑向及圓周組件兩者之線分開來分開。在又一替代實施例中。扇區既徑向地且由成角度地彼此分開。藉由提供圓形區段，可能自樣本208偵測具有不同發射角度的信號粒子。

【0154】 如在圖11B中所示，在一實施例中，偵測器405包含四個扇

區405C、405D、405E、405F。扇區405C、405D、405E、405F可各自形成象限。在一替代實施例中，偵測器405之扇區之數目為二、三或多於四，諸如八、十二或多於十二。扇區之形狀可取決於扇區之數目。舉例而言，每一扇區可對應於環孔之部分之形狀。在一實施例中，扇區405C、405D、405E、405F具有彼此大約相同面積。替代地，一或多個扇區可大於一或多個其他扇區。

【0155】 在一實施例中，複數個扇區經設定為相同偏壓電位以便偵測相同種類之帶電粒子。舉例而言，在一實施例中，相對扇區405C、405E經組態以偵測反向散射帶電粒子。其他相對扇區405D、405F經組態以偵測次級帶電粒子。替代地，毗鄰扇區405C、405D經組態以偵測反向散射帶電粒子。其他毗鄰扇區405E、405F經組態以偵測次級帶電粒子。

【0156】 替代地，用於偵測不同種類之帶電粒子之扇區之數目可不同。舉例而言，一個扇區405C可經組態以偵測反向散射帶電粒子。其他扇區405D、405E、405F可經組態以偵測次級帶電粒子。

【0157】 在一實施例中，偵測器405經組態以偵測兩個不同種類之帶電粒子。在一實施例中，偵測器405經組態以偵測多於兩個不同種類之帶電粒子。

【0158】 在一實施例中，自樣本208之面向偵測器405之表面至偵測器405之表面的距離L為至多10 μm ，視情況至少20 μm ，視情況至少50 μm ，及視情況至少100 μm 。藉由增加工作距離L，級偵測器組件405A與樣本208之立體角減少。藉由減少距離L，由次級偵測器組件405A對反向散射帶電粒子之偵測可減少。相反地，藉由減少距離L，由次級偵測器組件405A對反向散射帶電粒子之偵測可增加。

【0159】 如在圖11A及圖11B中所示，在一實施例中，反向散射偵測器組件405B可自次級偵測器組件405A電隔離。偵測器組件405A、405B可彼此分離。舉例而言，如在圖11A中所示，在一實施例中，偵測器405包含在反向散射偵測器組件405B與次級偵測器組件405A之間的隔離器401。隔離器經組態以將偵測器組件405A、405B彼此電隔離。在一實施例中，隔離器401包含電絕緣材料。替代地，偵測器組件405A、405B可彼此簡單間隔開。在一實施例中，偵測器組件405A、405B之間的電位差為至多50 V，視情況至多20 V，視情況至多10 V及視情況至多5 V。預期本發明之實施例減少由偵測器組件405A、405B之間的電壓差所致之電崩潰的可能性。

【0160】 在一實施例中，次級偵測器組件405A之寬度(例如，直徑)可為大約2 μm 至100 μm 及/或反向散射偵測器組件405B之寬度可為大約10 μm 至250 μm 。在一實施例中，偵測器組件405A、405B彼此分離至少100 nm之距離，視情況至少200 nm，視情況至少500 nm，視情況至少1 μm ，視情況至少2 μm ，及視情況至少5 μm 。增加分離距離可減少電崩潰之可能性。在一實施例中，偵測器組件405A、405B彼此分離至多5 μm 之距離，視情況至多2 μm ，視情況至多1 μm ，視情況至多500 nm，視情況至多200 nm，及視情況至多100 nm。減少分離距離可增加主動用於偵測信號粒子之偵測器405之比例。

【0161】 在一實施例中，反向散射偵測器組件405B包含基於電荷偵測的元件。基於電荷偵測的元件經設定為反向散射偏壓電位。基於電荷偵測的元件經組態以偵測較高能量的帶電粒子，諸如反向散射帶電粒子。在一實施例中，次級偵測器組件405A包含基於電荷偵測的元件。次級偵測

器組件405A之基於電荷偵測的元件經設定為次級偏壓電位。次級偵測器組件405A之基於電荷偵測的元件經組態以偵測較低能量的帶電粒子，諸如次級帶電粒子。偵測器組件405A、405B中之兩者可經組態以藉由偵測信號粒子之電荷來偵測信號粒子。

【0162】 如在圖11A及圖11B中所示，在一實施例中，偵測器405包含基板，其中界定用於帶電粒子射束從中通過的孔徑406。投射朝向樣本208之帶電粒子射束可通過偵測器405中之孔徑406。在一替代實施例中，帶電粒子射束可毗鄰於偵測器405通過。因此，設置孔徑406並非必需的。在另一配置中，偵測器405可在射束之兩側具有兩個元件。該等部分可在其之間界定狹縫。該兩個部分可未連接。徑向內部偵測器組件(諸如次級偵測器組件405A)可為圓形，或另一形狀，諸如正方形、矩形、菱形或六角形。

【0163】 在一實施例中，用於評估設備之帶電粒子裝置包含物鏡241。用於帶電粒子射束之孔徑可界定在物鏡241中。在一實施例中，偵測器405之孔徑406與物鏡241之孔徑對準。偵測器系統之至少一個偵測器405可在結構上連接至物鏡241。舉例而言，偵測器405可與物鏡241之電極板之主表面相關聯。偵測器405可提供帶電粒子裝置之表面。彼表面可經配置以面向樣本208。偵測器405可在樣本208上面形成帶電粒子裝置之最終表面。

【0164】 偵測器405可相對於樣本架207定位以使得偵測器405接近於樣本208。偵測器可相對於樣本架207定位以使得偵測器405為遇到自樣本208發射之帶電粒子之第一帶電粒子光學組件。自樣本208發射之信號粒子可直接發射至偵測器405。偵測器405與樣本208之間的區域可為自由

空間，不受諸如電極之任何電子光學組件影響。

【0165】 如上文所描述，在一實施例中，設置偵測器陣列240。偵測器陣列240包含複數個偵測器405，如上文所描述。偵測器405用於偵測來自樣本208之由各別帶電粒子射束(例如多射束之各別子射束)產生之帶電粒子。偵測器陣列240可提供為多射束設備之一部分。帶電粒子射束可為複數個子射束，且物鏡241中界定之孔徑可為複數個孔徑。每一孔徑可與各別子射束相關聯，偵測器405可包含複數個各別偵測器組件，至少兩個偵測器組件與每一子射束相關聯。

【0166】 在一實施例中，偵測器陣列240包含基板，其中界定用於複數個帶電粒子射束從中通過的複數個孔徑。偵測器陣列240之基板可包含與每一孔徑相關聯之至少兩個偵測器組件405A、405B。偵測器組件405A、405B中之每一者可經設定為各別偏壓電位並經組態以偵測各別種類之信號粒子。各別偏壓電位之間存在電位差。

【0167】 替代地，在一實施例中，偵測器405經設置為單個射束設備之一部分，舉例而言如在圖9中所示。偵測器405可設置為單個偵測器。替代地，複數個偵測器405可設置為單個射束設備之一部分。

【0168】 在一實施例中，偵測器405(可能作為偵測器陣列240)設置在距樣本208單一距離處。在一替代實施例中，複數個偵測器405或偵測器陣列240經設置在距樣本208不同距離處。在一實施例中，至少一個偵測器405經設置在物鏡241之上游。

【0169】 在一實施例中，提供一種將帶電粒子射束投射至樣本208上以便偵測自樣本208發射之信號粒子的方法。在一實施例中，該方法包含將射束沿著初級射束路徑投射至樣本208之表面上。在一實施例中，方

法包含在設定為反向散射偏壓電位之反向散射偵測器組件405B處且在設定為次級偏壓電位之次級偵測器組件405A處同時偵測自樣本208發射之信號粒子。反向散射偏壓電位與次級偏壓電位之間存在電位差。在一實施例中，控制器50經組態以控制用於偵測器405之偵測器組件的偏壓電位。

【0170】 如上文所描述，偵測器405之不同偵測器組件可經組態以藉由設定用於不同偵測器組件之不同偏壓電位來偵測不同種類之信號粒子。此可有助於減少交叉信號。下文闡釋組態偵測器元件以偵測不同種類之信號粒子的另一方式。上述實施例之特徵適用於下文所描述之實施例但並非全部重複以便改良簡潔。

【0171】 在一實施例中，偵測器405包含至少兩個不同類型之偵測器組件405A、405B。舉例而言，在一實施例中，一個偵測器組件為經組態以偵測較高能量的帶電粒子的反向散射偵測器組件405B，且另一偵測器組件為經組態以偵測較低能量的帶電粒子的次級偵測器組件405A。反向散射偵測器組件405B及次級偵測器組件405A係不同的類型。

【0172】 如上文所解釋，偵測器組件中之至少一者可經組態以偵測具有高於第一能量臨限值之能量之帶電粒子。偵測器組件中之另一者可經組態以偵測低於第二能量臨限值之帶電粒子。對上文所提供之第一能量臨限值及第二能量臨限值的描述適用於其中偵測器405包含至少兩個不同類型之偵測器組件405A、405B的實施例。

【0173】 在一實施例中，次級偵測器組件405A包含經組態以偵測較低能量的帶電粒子(諸如次級帶電粒子)的基於電荷偵測的元件。此類基於電荷偵測的元件適用於偵測具有相對低動能(例如，小於100 eV)的信號粒子。

【0174】 在一實施例中，不同於基於電荷偵測的元件之一類型偵測器用於反向散射偵測器組件405B。舉例而言，在一實施例中，至少一個反向散射偵測器組件405B包含經組態以偵測較高能量的帶電粒子之半導體元件(例如，PIN偵測器)。在一實施例中，至少一個反向散射偵測器組件405B包含經組態以偵測較高能量的帶電粒子之閃爍體元件。此類型偵測器可偵測具有足夠高能量(例如，高達數個100 eV，或可能甚至更低)之反向散射帶電粒子。較之用於偵測較低能量的帶電粒子的基於電荷偵測的元件，此類型偵測器可較不適合。閃爍體及PIN偵測器通常能夠偵測高於偵測臨限值的帶電粒子，例如通常高於大約1 keV，儘管已知用於PIN偵測器之較低值，例如200 eV。對於閃爍體，偵測臨限值可藉由選擇閃爍體表面上之導電塗層(諸如金屬層)的厚度來變化。預期本發明之實施例減少由反向散射偵測器組件405B對次級帶電粒子的偵測。

【0175】 較之用於偵測反向散射帶電粒子的基於電荷偵測的元件，基於半導體或閃爍體之偵測器可更適合。當工作距離L較小時，狀況尤其如此。小距離L可導致反向散射帶電粒子在基於電荷的偵測器上之較淺衝擊角，此可減少偵測精度。在較淺衝擊角下，反向散射帶電粒子再次自偵測器往回散射的概率增加，且此外由反向散射帶電粒子產生之次級帶電粒子良率增加。此外，在施加負偏壓時，次級帶電粒子被較少吸引至偵測器。可能的是，在反向散射帶電粒子的每次撞擊時，離開偵測器之帶電粒子比進入偵測器的帶電粒子更多，從而導致量測正電流而非預期的負電流。較之用於偵測反向散射帶電粒子的基於負偏壓電荷偵測的元件，基於半導體或閃爍體之偵測器可更適合。

【0176】 在一實施例中，次級偵測器組件405A相對於樣本208設定

為次級偏壓電位，以便將較低能量的帶電粒子吸引至次級偵測器組件405A。次級偏壓電位可為正。次級偏壓電位可經選擇為具有一值，如上文所描述。次級偏壓電位可增加藉由次級偵測器組件405A對次級帶電粒子之偵測。

【0177】 在一實施例中，反向散射偵測器組件405B電連接至次級偵測器組件405A。舉例而言，偵測器組件405A、405B可彼此接觸，例如，如在圖6A中所示。在一實施例中，反向散射偵測器組件405B及次級偵測器組件405A經設定為相同電位。此可增加由不同偵測器組件405A、405B對帶電粒子之偵測。替代地，如上文所描述，不同偏壓電壓可用於不同偵測器組件405A、405B。此可減少一個種類之信號粒子(例如來自樣本208)被旨在偵測不同種類之信號粒子的偵測器組件偵測到的可能性。本發明之實施例預期減少偵測器405中交叉信號的可能性。

【0178】 在一實施例中，反向散射偵測器組件405B包含導電層。導電層可包含金屬。導電層可為諸如塗佈層(例如，塗層)之層。導電層可用於反向散射偵測器組件405B之面向樣本208之表面，亦即，反向散射偵測器組件405B之外部表面。導電層可經設定為偏壓電位。

【0179】 在一實施例中，反向散射偵測器組件405B包含電絕緣層。電絕緣層可毗鄰於導電層。在一實施例中，電絕緣層經組態以阻擋較低能量的帶電粒子被反向散射偵測器組件405B偵測。較高能量的帶電粒子可通過電絕緣層以便被偵測。在偵測器表面附近之電絕緣層可減少或消除由反向散射偵測器組件405B對次級電子的偵測。

【0180】 偵測器組件之物理形狀及配置可變化及選擇，如上文關於其他實施例所描述。舉例而言，如在圖6B中所示，偵測器組件可設置為

成角度地分開扇區而非徑向分開的環孔。

【0181】 如上文所描述，偵測器405可為偵測器陣列240之一部分。偵測器陣列240可用於評估設備之帶電粒子裝置中以偵測來自樣本208之帶電粒子。偵測器陣列240可包含基板，基板包含至少兩個不同類型之偵測器組件405A、405B。

【0182】 如任何上述變化形式中所描述之偵測器405可皆與減速及加速物鏡一起工作(亦即，與在減速或加速模式下工作的裝置一起工作)。特定而言，當偵測器405定位為底部偵測器(例如在物鏡陣列241之下游)時，朝向偵測器405的信號粒子軌跡由樣本208與偵測器405之間的場而非由減速或加速物鏡陣列241的場判定。藉由相對於樣本208在偵測器405或偵測器陣列上施加負偏壓或正偏壓，低能信號粒子(例如次級信號粒子)可被排斥(僅反向散射模式)或被吸引(組合次級及反向散射模式)。應注意，較高的著陸能量通常與加速透鏡一起使用。此意指在此狀況下，高能信號粒子(例如反向散射信號粒子)平均具有更高的能量。

【0183】 偵測器405可設置為多射束設備之一部分或單射束設備之一部分。上文所描述之偵測器405可用在單射束裝置中，例如與關於圖9所描述之裝置組合使用。替代地，偵測器可用在多射束裝置中，例如，其中初級射束被分離成子射束，例如關於圖3及圖8所描述。因此，可提供可適合用於多射束帶電粒子裝置的多個偵測器。可如任何上述變化形式或實施例中所描述提供多個偵測器。多個偵測器可形成可被稱為偵測器陣列的陣列。在此狀況下，每一偵測器可如上文所描述組態並且可與陣列中之其他偵測器毗鄰定位。每一偵測器可具有彼此相同的組態，例如其中所有偵測器具有如在圖11A中所示之偵測器元件組態，或如在圖11B中所示的組

態。複數個偵測器405可設置在距樣本208不同距離處。

【0184】 在一實施例中，提供一種將帶電粒子射束投射至樣本208上以便偵測自樣本208發射之信號粒子的方法。在一實施例中，該方法包含將射束沿著初級射束路徑投射至樣本208之表面上。在一實施例中，方法包含在反向散射偵測器組件405B處且在次級偵測器組件405A處同時偵測自樣本208發射之信號粒子，其中反向散射偵測器組件405B及次級偵測器組件405A為不同類型。

【0185】 術語「子射束」及「小射束」在本文中可互換使用且皆理解為涵蓋藉由分開或分裂父層輻射射束而自父層輻射射束導出的任何輻射射束。術語「操縱器」用於涵蓋影響子射束或小射束路徑的任何元件，諸如透鏡或偏轉器。對沿著射束路徑或子射束路徑對準的元件的引用被理解為意指各別元件沿著射束路徑或子射束路徑定位。對光學器件的引用被理解為意指電子光學器件。

【0186】 雖然描述及圖式針對電子光學系統，但應瞭解，實施例不用於將本揭示內容限制於特定的帶電粒子。因此，貫穿本文件的對電子的引用可更一般而言被認為係對帶電粒子的引用，其中帶電粒子不一定係電子。帶電粒子光學裝置可為帶負電粒子裝置。帶電粒子光學裝置可另外被稱為電子光學裝置。應理解，電子為特定的帶電粒子，並且可適當地替代整個申請案中引用的帶電粒子的所有實例。舉例而言，源可專門提供電子。在整個說明書中引用的帶電粒子可具體地為帶負電粒子。

【0187】 帶電粒子光學裝置可更具體地定義為帶電粒子光學柱。換言之，該裝置可設置為一柱。該柱因此可包含如上文所描述之物鏡陣列總成。該柱因此可包含如上文所描述之帶電粒子光學系統，例如包含物鏡陣

列及視情況偵測器陣列及/或視情況聚光透鏡陣列。

【0188】 上文所描述之帶電粒子光學裝置至少包含物鏡陣列240。帶電粒子光學裝置可包含偵測器陣列241。帶電粒子光學裝置可包含控制透鏡陣列250。包含物鏡陣列及偵測器陣列的帶電粒子光學裝置因此可與物鏡陣列總成互換並被稱為物鏡陣列總成，該物鏡陣列總成可視情況包含控制透鏡陣列250。帶電粒子光學裝置可包含關於圖3及/或圖8中之任一者所描述之額外組件。因此，若在此等圖中包含額外組件，則帶電粒子光學裝置可與帶電粒子評估工具40及/或帶電粒子光學系統互換並被稱為帶電粒子評估工具及/或帶電粒子光學系統。

【0189】 根據本發明之實施例的評估工具可為對樣本進行定性評估(例如通過/失敗)的工具、對樣本進行定量量測(例如特徵之大小)的工具或產生樣本之映圖之影像的工具。評估工具之實例係檢測工具(例如，用於識別缺陷)、審查工具(例如，用於分類缺陷)及計量工具，或能夠執行與檢測工具、審查工具或計量工具(例如，計量-檢測工具)相關聯的評估功能性之任一組合的工具。帶電粒子射束工具40(其可為帶電粒子光學柱)可為評估工具之組件；諸如檢測工具或計量-檢測工具，或電子射束微影工具之一部分。本文中對工具的任何引用旨在涵蓋裝置、設備或系統，該工具包含各種組件，該等組件可搭配或可不搭配，且其甚至可位於單獨的空間中，尤其係例如用於資料處理元件。

【0190】 對可控制以某一方式操縱帶電粒子射束的組件或組件或元件之系統的引用包括組態控制器或控制系統或控制單元以控制組件以所描述之方式操縱帶電粒子射束，以及視情況使用其他控制器或裝置(例如電壓供應及/或電流供應)來控制組件以此方式操縱帶電粒子射束。例如，電

壓供應可電連接至一或多個組件以向組件施加電位，諸如在非限制性清單中包括控制透鏡陣列250、物鏡陣列241、聚光透鏡231、校正器、準直器元件陣列271、偵測器陣列240、載物台209 (因此例如樣本207)及掃描偏轉器陣列260；此類電壓供應可在控制器或控制系統或控制單元的控制下。電壓供應可例如相對於樣本207及/或相對於作為偵測器之一部分(在偵測器之不同偵測器元件之間的此類)向偵測器(或偵測器陣列)之至少一部分施加諸如偏壓電壓或偏壓電位的電位差。此類偏壓電壓可例如由例如控制器50之控制系統來控制。此類電壓供應可包含為包含偵測器陣列之裝置之模組之一部分。諸如載物台之可致動組件可為可控的，以使用一或多個控制器、控制系統或控制單元來致動並因此相對於諸如射束路徑的另一組件移動以控制組件的致動。

【0191】 在本文中所描述之實施例可採取沿著射束或多射束路徑配置成陣列的一系列孔徑陣列或帶電粒子光學元件的形式。此類帶電粒子光學元件可為靜電的。在一實施例中，所有帶電粒子光學元件(例如自射束限制孔徑陣列至樣本之前的子射束路徑中之最後一帶電粒子光學元件)可為靜電的及/或可為呈孔徑陣列或板陣列形式。在一些配置中，帶電粒子光學元件中之一或多者被製造為微機電系統(MEMS) (亦即，使用MEMS製造技術)。

【0192】 至少在圖3及圖8中所描述且如上文所描述之此類架構的系統或裝置可包含諸如上游限制器、準直器元件陣列271、控制透鏡陣列250、掃描偏轉器陣列260、物鏡陣列241、射束整形限制器及/或偵測器陣列240等組件；存在的此等元件中之一或多者可藉由諸如陶瓷或玻璃隔板的隔離元件連接至一或多個毗鄰元件。

【0193】 電腦程式可包含用以指示控制器50執行以下步驟的指令。控制器50控制帶電粒子射束設備向樣本208投射帶電粒子射束。在一實施例中，控制器50控制至少一個帶電粒子光學元件(例如，多個偏轉器或掃描偏轉器260、265的陣列)以對帶電粒子射束路徑中之帶電粒子射束進行操作。另外或替代地，在一實施例中，控制器50控制至少一個帶電粒子光學元件(例如，偵測器陣列240)以回應於帶電粒子射束對自樣本208發射的帶電粒子射束進行操作。

【0194】 任何元件或元件集合在帶電粒子射束工具40內可為可更換的或現場可更換的。帶電粒子射束工具40中之一或多個帶電粒子光學組件，尤其對子射束進行操作或產生子射束的彼等組件，諸如孔徑陣列及操縱器陣列，可包含一或多個MEMS。

【0195】 雖然已結合各種實施例描述本發明，但彼等熟習此項技術者在考慮本說明書及實踐本文所揭示本發明後可明了本發明之其他實施例。意欲將本說明書及實例僅視為例示性的，其中本發明之真正範疇及精神係由以下申請專利範圍及條項指示。

【0196】 提供了以下條項：條項1：本發明揭示一種用於一評估設備之一帶電粒子裝置中以偵測來自一樣本之帶電粒子的偵測器，其中該偵測器包含：一反向散射偵測器組件，其經設定為一反向散射偏壓電位並經組態以偵測較高能量的帶電粒子；及一次級偵測器組件，其經設定為一次級偏壓電位並經組態以偵測較低能量的帶電粒子；其中在該反向散射偏壓電位與該次級偏壓電位之間存在一電位差。

【0197】 條項2：一種用於一評估設備之一帶電粒子裝置中以偵測來自一樣本之帶電粒子的偵測器，該偵測器包含一基板，該基板包含：至

少兩個偵測器組件，每一偵測器組件經設定為一各別偏壓電位並經組態以偵測期望來自一樣本之一各別種類之信號粒子；其中該等各別偏壓電位之間存在一電位差，期望地該偵測器係一電子偵測器，期望地該等信號粒子為來自該樣本之電子(或信號電子)，期望地該等信號粒子由投射朝向該樣本之初級電子射束產生，期望地該等各別種類包含超過一第一能量臨限值之電子及低於一第二能量臨限值之電子。

【0198】 條項3：如條項2之偵測器，其中該等偵測器組件包含一第一偵測器組件，其經組態以偵測超過一第一能量臨限值之信號粒子並經設定為一第一偏壓電位；及/或一第二偵測器組件，其經組態以偵測低於一第二能量臨限值之信號粒子並經設定為一第二偏壓電位。

【0199】 條項4：如條項3之偵測器，其中該第一能量臨限值對應於一反向散射信號粒子之最小能量。

【0200】 條項5：如條項3或4之偵測器，其中該第二能量臨限值對應於一次級信號粒子之能量。

【0201】 條項6：如條項3至5中任一項之偵測器，其中該第一能量臨限值及該第二能量臨限值大體上相同或具有一偏移。

【0202】 條項7：如條項3至6中任一項之偵測器，其中該第一偵測器組件為經設定為反向散射偏壓電位並經組態以偵測反向散射帶電粒子的一反向散射偵測器組件，且該第二偵測器組件為經設定為一次級偏壓電位並經組態以偵測次級帶電粒子的一次級偵測器組件。

【0203】 條項8：如條項1或7之偵測器，其中相對於該樣本設定該反向散射偏壓電位及該次級偏壓電位，以便減少該反向散射偵測器組件對較低能量的帶電粒子的偵測。

【0204】 條項9：如條項1、7及8中任一項之偵測器，其中相對於該樣本設定該次級偏壓電位以便將該等較低能量的帶電粒子吸引至該次級偵測器組件。

【0205】 條項10：如條項1及7至9中任一項之偵測器，其中相對於該樣本設定該反向散射偏壓電位及該次級偏壓電位使得該等較低能量的帶電粒子被該次級偵測器組件比被該反向散射偵測器組件吸引得更多。

【0206】 條項11：如條項1及7至10中任一項之偵測器，其中相對於該樣本設定該反向散射偏壓電位以便將較低能量的帶電粒子自該反向散射偵測器組件排斥。

【0207】 條項12：如條項1及7至11中任一項之偵測器，其中該反向散射偵測器組件包含經設定為該反向散射偏壓電位並經組態以偵測該等較高能量的帶電粒子的一基於電荷偵測的元件。

【0208】 條項13：如條項1及7至12中任一項之偵測器，其中該次級偵測器組件包含經設定為該次級偏壓電位並經組態以偵測該等較低能量的帶電粒子的一基於電荷偵測的元件。

【0209】 條項14：如條項1及7至13中任一項之偵測器，其中該反向散射偵測器組件與該次級偵測器組件電隔離。

【0210】 條項15：如條項14之偵測器，其中該偵測器包含介於該反向散射偵測器組件與該次級偵測器組件之間的一隔離器。

【0211】 條項16：如條項1至15中任一項之偵測器，其中該至少兩個偵測器組件係不同的類型。

【0212】 條項17：一種用於一評估設備之一帶電粒子裝置中以偵測來自一樣本之帶電粒子的偵測器，其中該偵測器包含：一反向散射偵測器

組件，其經組態以偵測較高能量的帶電粒子；及一次級偵測器組件，其經組態以偵測較低能量的帶電粒子；其中該反向散射偵測器組件與該次級偵測器組件係不同的類型。

【0213】 條項18：一種用於一評估設備之一帶電粒子裝置中以偵測來自一樣本之帶電粒子的偵測器，該偵測器包含一基板，該基板包含：至少兩個不同類型的偵測器組件。

【0214】 條項19：如條項18之偵測器，其中該等偵測器組件中之至少一者經組態以偵測具有超過一第一能量臨限值之一能量的帶電粒子，且視情況該等偵測器組件中之另一者經組態以偵測低於一第二能量臨限值之帶電粒子。

【0215】 條項20：如條項19之偵測器，其中該第一能量臨限值對應於一反向散射信號粒子之最小能量。

【0216】 條項21：如條項19或20之偵測器，其中該第二能量臨限值對應於一次級信號粒子之最大能量。

【0217】 條項22：如條項19至21中任一項之偵測器，其中該第一能量臨限值及該第二能量臨限值大體上相同或具有一偏移。

【0218】 條項23：如條項19至22中任一項之偵測器，其中一第一偵測器組件為經組態以偵測反向散射帶電粒子的一反向散射偵測器組件，且一第二偵測器組件為經組態以偵測次級帶電粒子的一次級偵測器組件。

【0219】 條項24：如條項17或23之偵測器，其中該次級偵測器組件包含經組態以偵測該等較低能量的帶電粒子的一基於電荷偵測的元件。

【0220】 條項25：如條項17、23及24中任一項之偵測器，其中該反向散射偵測器組件包含經組態以偵測該等較高能量的帶電粒子的一半導體

元件。

【0221】 條項26：如條項17及23至25中任一項之偵測器，其中該反向散射偵測器組件包含經組態以偵測該等較高能量的帶電粒子的一閃爍體元件。

【0222】 條項27：如條項17及23至26中任一項之偵測器，其中相對於該樣本將該次級偵測器組件設定為一次級偏壓電位以便將該等較低能量的帶電粒子吸引至該次級偵測器組件。

【0223】 條項28：如條項17及23至27中任一項之偵測器，其中該反向散射偵測器組件電連接至該次級偵測器組件。

【0224】 條項29：如條項17及23至28中任一項之偵測器，其中該反向散射偵測器組件與該次級偵測器組件經設定為相同電位。

【0225】 條項30：如條項1、8至17及23至29中任一項之偵測器，其中該反向散射偵測器組件與該次級偵測器組件經定位成彼此毗鄰。

【0226】 條項31：如條項30之偵測器，其中該反向散射偵測器組件及該次級偵測器組件各自包含較佳地徑向分開的同心環孔。

【0227】 條項32：如條項31之偵測器，其中該反向散射偵測器組件自該次級偵測器組件徑向向外。

【0228】 條項33：如條項30至32中任一項之偵測器，其中該反向散射偵測器組件及該次級偵測器組件各自包含較佳地成角度地分開的扇區。

【0229】 條項34：如任何前述條項之偵測器，其中該偵測器包含一基板，其中界定用於一或多個帶電粒子射束從中通過的一孔徑。

【0230】 條項35：一種偵測器陣列，其包含如任何前述條項之複數個偵測器，該等偵測器用於偵測來自該樣本之由各別帶電粒子射束產生之

帶電粒子。

【0231】 條項36：一種模組，其包含如條項1至34中任一項之偵測器或如條項35之偵測器陣列。

【0232】 條項37：如條項36之模組，其進一步包含一電壓供應，其經組態以電連接至一或多個組件以向該等組件施加電位，期望地進一步包含經組態以控制該電壓供應之一控制器。

【0233】 條項38：如條項37之帶電粒子裝置，其中該電壓供應經組態以將一偏壓電壓或一偏壓電位施加至該偵測器(或該偵測器陣列)之至少一部分，期望地該偵測器例如在該偵測器(或偵測器陣列)之該至少一部分與該樣本之間及/或在一偵測器或偵測器陣列之不同部分之間，例如在一偵測器之偵測器元件之間。

【0234】 條項39：如條項36之模組，其包含一物鏡，其經組態以將帶電粒子之一射束投射至一樣本上，且其中界定用於該射束之一孔徑，其中該偵測器孔徑與該物鏡中之該孔徑對準。

【0235】 條項40：一種用於一評估設備以偵測來自一樣本之帶電粒子的帶電粒子裝置，該裝置包含：一物鏡，其經組態以將一帶電粒子射束投射至一樣本上，且其中為該射束界定一孔徑；及一偵測器系統，其包含如條項1至34中任一項之該偵測器或如條項35之該偵測器陣列，其中該偵測器孔徑與該物鏡中之該物鏡對準。

【0236】 條項41：一種用於一評估設備以偵測來自一樣本之帶電粒子的帶電粒子裝置，該裝置包含一物鏡，其經組態以將一帶電粒子射束投射至一樣本上，且其中為該射束界定一孔徑；及如條項36、37或38之一偵測器模組，其中該偵測器孔徑與該物鏡中之該物鏡對準。

【0237】 條項42：如條項40或41之帶電粒子裝置，其中該偵測器系統之至少一個偵測器在結構上連接至該物鏡。

【0238】 條項43：如條項40、41或42之帶電粒子裝置，其中該偵測器系統之至少一個偵測器與該物鏡之一電極板之一主表面相關聯。

【0239】 條項44：如條項40至43中任一項之帶電粒子裝置，其中該偵測器系統之至少一個偵測器提供該帶電粒子裝置之一表面。

【0240】 條項45：如條項44之帶電粒子裝置，其中該偵測器系統之至少一個偵測器經組態以面向該樣本。

【0241】 條項46：如條項40至45中任一項之帶電粒子裝置，其中該偵測器系統之至少一個偵測器經設置在該物鏡之上游。

【0242】 條項47：如條項40至46中任一項之帶電粒子裝置，其包含：一樣本架，其經組態以固持該樣本。

【0243】 條項48：如條項47之帶電粒子裝置，其中該偵測器相對於該樣本架定位以使得該偵測器接近於該樣本。

【0244】 條項49：如條項47或48之帶電粒子裝置，其中該偵測器相對於該樣本架定位以使得該偵測器為遇到自該樣本發射之帶電粒子之該第一帶電粒子光學組件。

【0245】 條項50：如條項47至49中任一項之帶電粒子裝置，其中該偵測器遠離該樣本架以使得該偵測器遠離該樣本至少10 μm ，且視情況至少20 μm 。

【0246】 條項51：如條項40至50中任一項之帶電粒子裝置，其中該帶電粒子射束為複數個子射束，在該物鏡中界定之該孔徑為複數個孔徑，每一孔徑與一各別子射束相關聯，該偵測器包含複數個各別組件，至少兩

個組件與每一子射束相關聯。

【0247】 條項52：一種將一帶電粒子射束投射至一樣本上以便偵測自該樣本發射之信號粒子的方法，該方法包含：a)將該射束沿著一初級射束路徑投射至該樣本之一表面上；及b)在經設定為一反向散射偏壓電位之一反向散射偵測器組件處且在經設定為一次級偏壓電位之一次級偵測器組件處同時偵測自該樣本發射的該等信號粒子，其中該反向散射偏壓電位與該次級偏壓電位之間存在一電位差。

【0248】 條項53：一種將一帶電粒子射束投射至一樣本上以便偵測自該樣本發射之信號粒子的方法，該方法包含：a)將該射束沿著一初級射束路徑投射至該樣本之一表面上；及b)在一反向散射偵測器組件處且在一次級偵測器組件處同時偵測自該樣本發射的該等信號粒子，其中該反向散射偵測器組件及該次級偵測器組件係不同的類型。

【0249】 條項54：一種用於一評估設備之一帶電粒子裝置中以偵測來自一樣本之帶電粒子的偵測器陣列，該偵測器陣列包含一基板，該基板包含：至少兩個不同類型的偵測器組件。

【0250】 條項55：一種用於一評估設備之一帶電粒子裝置中以偵測來自一樣本之帶電粒子的偵測器陣列，該偵測器包含一基板，其中界定複數個孔徑用於使複數個帶電粒子射束從中通過，該基板包含：至少兩個偵測器組件，其與每一孔徑相關聯，該等偵測器組件中之每一者經設定為一各別偏壓電位並經組態以偵測一各別種類之信號粒子；其中該等各別偏壓電位之間存在一電位差。

【0251】 條項56：一種用於一評估設備以回應於複數個射束而偵測來自一樣本之帶電粒子的帶電粒子裝置，該裝置包含：一物鏡，其經組態

以將複數個帶電粒子射束投射至一樣本上，且其中為每一射束界定複數個孔徑；及一偵測器系統，其包含如條項55之偵測器陣列，其中該偵測器孔徑與該物鏡中之該孔徑對準，較佳地其中該偵測器陣列接近一樣本。

【0252】 條項57：如條項40至51及56中任一項之帶電粒子裝置，其進一步包含一電壓供應，其經組態以電連接至一或多個組件以向該等組件施加電位，期望地進一步包含經組態以控制該電壓供應之一控制器。

【0253】 條項58：如條項57之帶電粒子裝置，其中該電壓供應經組態以將一偏壓電壓或一偏壓電位施加至該偵測器(或該偵測器陣列)之至少一部分，期望地該偵測器例如在該偵測器(或偵測器陣列)之該至少一部分與該樣本之間及/或在一偵測器或偵測器陣列之不同部分之間，例如在一偵測器之偵測器元件之間。

【0254】 條項59：一種帶電粒子評估工具，其包含如條項40至58中任一項之帶電粒子裝置，期望地該帶電粒子評估工具用於藉由使用一帶電粒子裝置偵測來自一樣本之信號粒子來進行評估，該帶電粒子裝置用於將一帶電粒子多射束投射朝向一樣本。

【0255】 條項60：如條項59之評估工具，其包含經組態以支撐一樣本的一載物台，期望地該載物台包含經組態以固持一樣本之一樣本架。

【符號說明】

【0256】

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
- 40: 帶電粒子射束工具
- 50: 控制器
- 100: 帶電粒子射束檢測設備
- 101: 隔離器
- 122: 槍孔徑
- 125: 射束限制孔徑
- 126: 聚光透鏡
- 132a: 極片
- 132b: 控制電極
- 132c: 偏轉器
- 132d: 勵磁線圈
- 135: 柱孔徑
- 144: 帶電粒子偵測器
- 148: 第一四極透鏡
- 158: 第二四極透鏡
- 201: 帶電粒子源
- 202: 初級帶電粒子射束
- 207: 樣本架
- 208: 樣本
- 209: 機動載物台
- 211: 子射束
- 212: 子射束

- 213: 子射束
- 220: 子射束路徑
- 221: 探測點
- 222: 探測點
- 223: 探測點
- 230: 投射設備
- 231: 聚光透鏡
- 233: 中間焦點
- 234: 物鏡
- 235: 偏轉器
- 240: 偵測器陣列
- 241: 物鏡陣列
- 242: 電極
- 243: 電極
- 245: 孔徑陣列
- 246: 孔徑陣列
- 250: 控制透鏡陣列
- 260: 掃描偏轉器陣列
- 265: 大型掃描偏轉器
- 270: 大型準直器
- 280: 信號處理系統
- 290: 電源
- 320: 初級射束路徑

350: 鏡面偵測器
370: 上部偵測器
380: 透鏡上面的偵測器
405: 偵測器
405A: 偵測器組件
405B: 偵測器組件
405C: 偵測器組件
405D: 偵測器組件
405E: 偵測器組件
405F: 偵測器組件
406: 孔徑
550: 胞元
552: 胞元陣列
554: 佈線路由
556: 跨阻抗放大器(TIA)
558: 類比轉數位轉換器(ADC)
559: 數位信號線
560: 偵測器元件
562: 回饋電阻器/碟片
568: 回饋電阻器
570: 電路線
d: 直徑
P: 間距

v2: 電壓源

v3: 電壓源

v4: 電壓源

v5: 電壓源

v6: 電壓源

v7: 電壓源

v8: 電壓源

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種用於一評估設備之一帶電粒子裝置中以偵測來自一樣本之帶電粒子的偵測器，信號粒子為由投射朝向該樣本之初級電子射束所產生的信號電子，該偵測器為一電子偵測器且包含一基板，該基板包含：

一第一偵測器組件，其經設定為一第一偏壓電位並經組態以偵測較高能量的帶電粒子；

一第二偵測器組件，其經設定為一第二偏壓電位並經組態以偵測較低能量的帶電粒子；

其中該第一偏壓電位與該第二偏壓電位之間存在一電位差。

【請求項2】

如請求項1之偵測器，其中：

該第一偵測器組件係經組態以偵測超過一第一能量臨限值之信號粒子；及/或

該第二偵測器組件係經組態以偵測低於一第二能量臨限值之信號粒子。

【請求項3】

如請求項2之偵測器，其中該第一能量臨限值對應於一反向散射信號粒子之最小能量。

【請求項4】

如請求項2或3之偵測器，其中該第二能量臨限值對應於一次級信號粒子之能量。

【請求項5】

如請求項2或3之偵測器，其中該第一能量臨限值及該第二能量臨限值大體上相同或具有一偏移。

【請求項6】

如請求項2或3之偵測器，其中該第一偵測器組件為經設定為反向散射偏壓電位並經組態以偵測反向散射帶電粒子的一反向散射偵測器組件，且該第二偵測器組件為經設定為一次級偏壓電位並經組態以偵測次級帶電粒子的一次級偵測器組件。

【請求項7】

如請求項6之偵測器，其中相對於該樣本設定該反向散射偏壓電位及該次級偏壓電位，以便減少該反向散射偵測器組件對較低能量的帶電粒子的偵測。

【請求項8】

如請求項6之偵測器，其中相對於該樣本設定該次級偏壓電位以便將該等較低能量的帶電粒子吸引至該次級偵測器組件。

【請求項9】

如請求項6之偵測器，其中相對於該樣本設定該反向散射偏壓電位及該次級偏壓電位使得該等較低能量的帶電粒子被該次級偵測器組件比被該反向散射偵測器組件吸引得更多。

【請求項10】

如請求項6之偵測器，其中相對於該樣本設定該反向散射偏壓電位以便將較低能量的帶電粒子自該反向散射偵測器組件排斥。

【請求項11】

如請求項6之偵測器，其中該反向散射偵測器組件包含經設定為該反

向散射偏壓電位並經組態以偵測較高能量的帶電粒子的一基於電荷偵測的元件。

【請求項12】

如請求項6之偵測器，其中該次級偵測器組件包含經設定為該次級偏壓電位並經組態以偵測該等較低能量的帶電粒子的一基於電荷偵測的元件。

【請求項13】

如請求項6之偵測器，其中該反向散射偵測器組件與該次級偵測器組件電隔離。

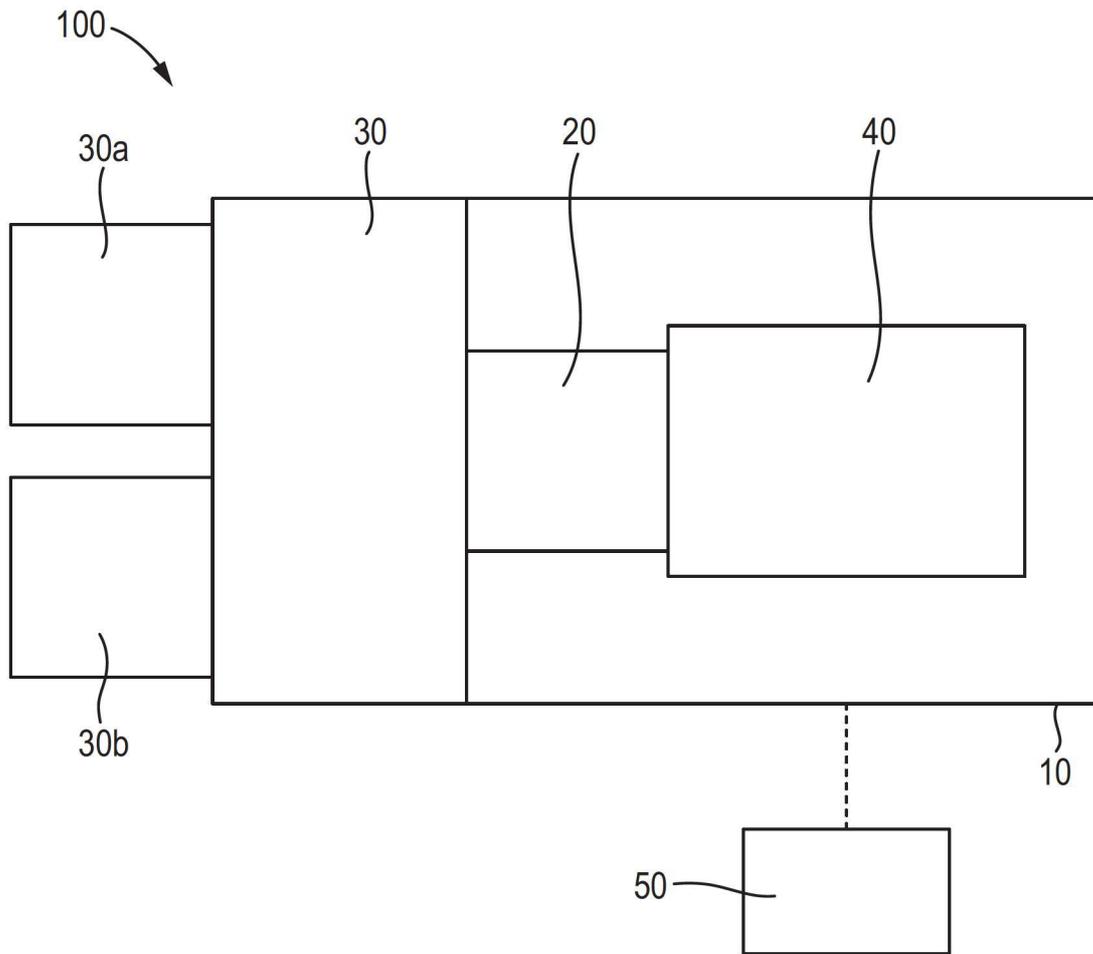
【請求項14】

如請求項13之偵測器，其中該偵測器包含介於該反向散射偵測器組件與該次級偵測器組件之間的一隔離器。

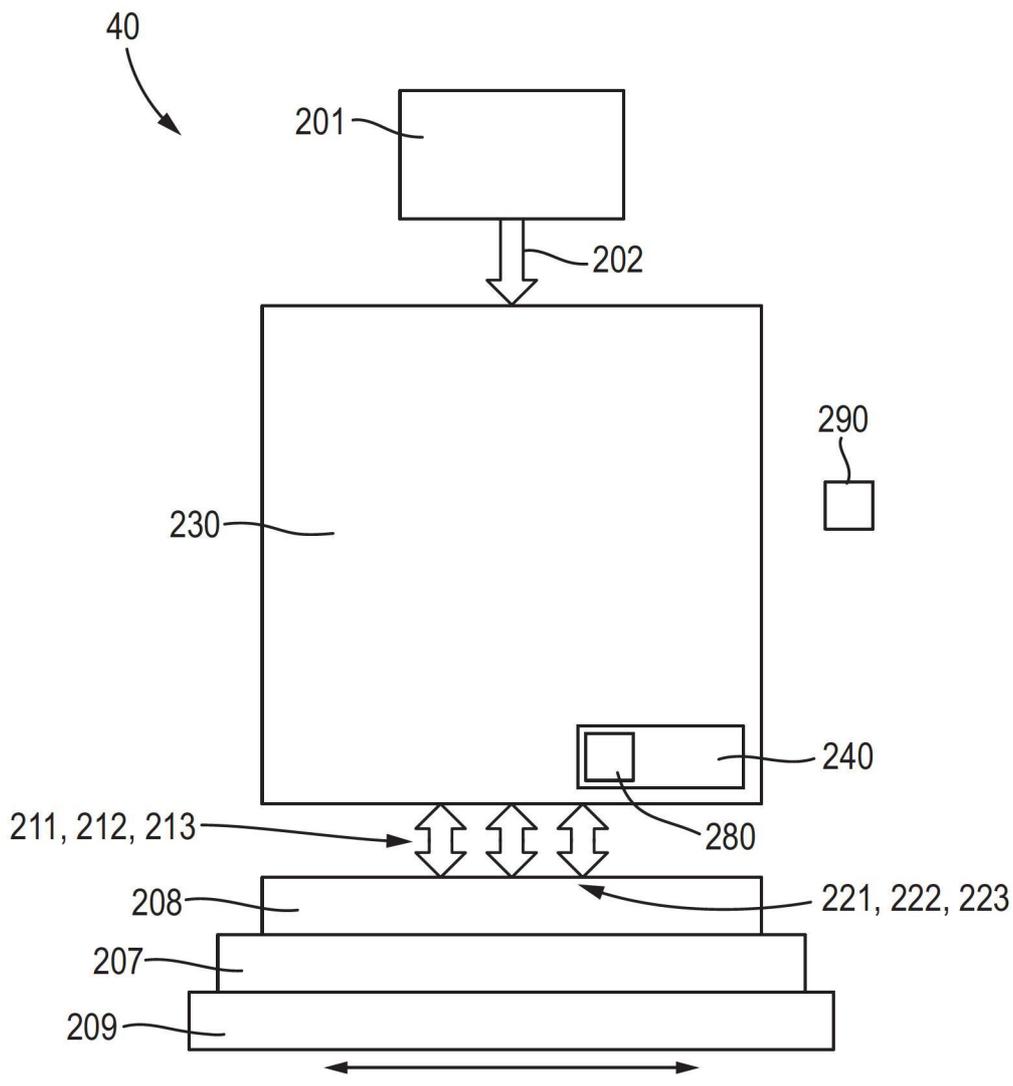
【請求項15】

如請求項1至3中任一項之偵測器，其中該第一偵測器組件及該第二偵測器組件係不同的類型。

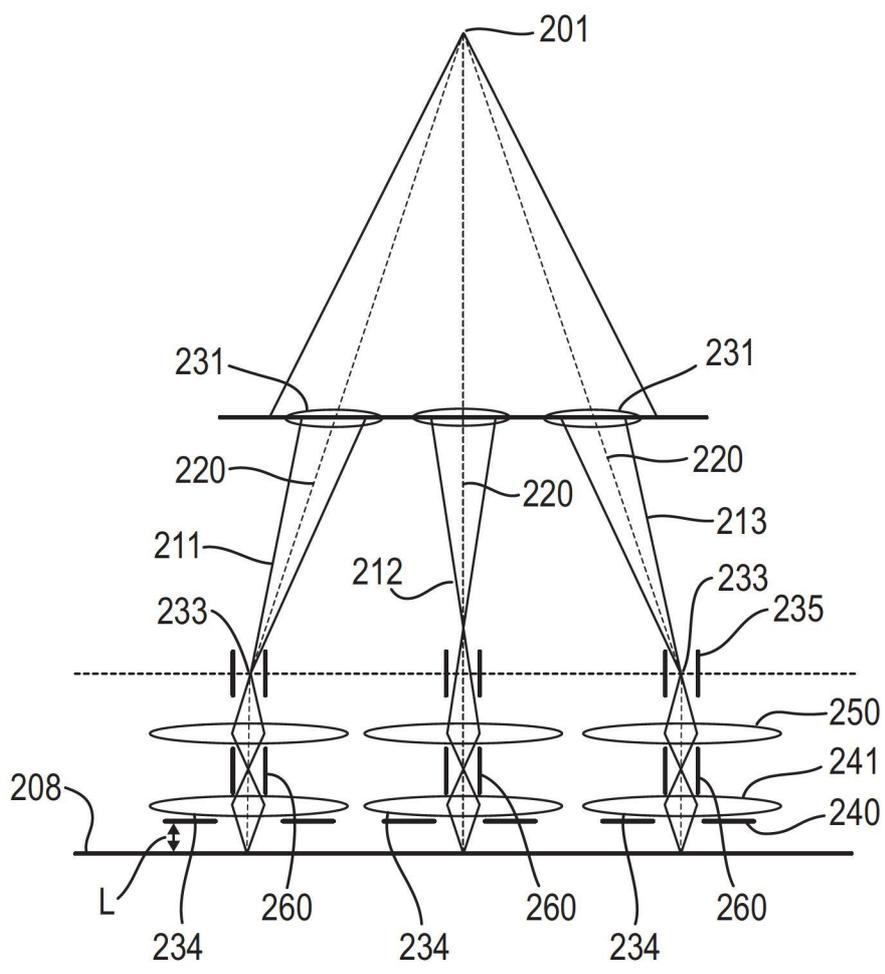
【發明圖式】



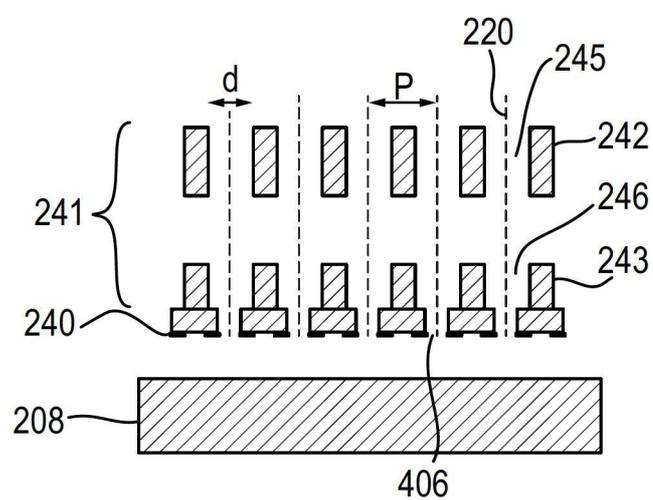
【圖1】



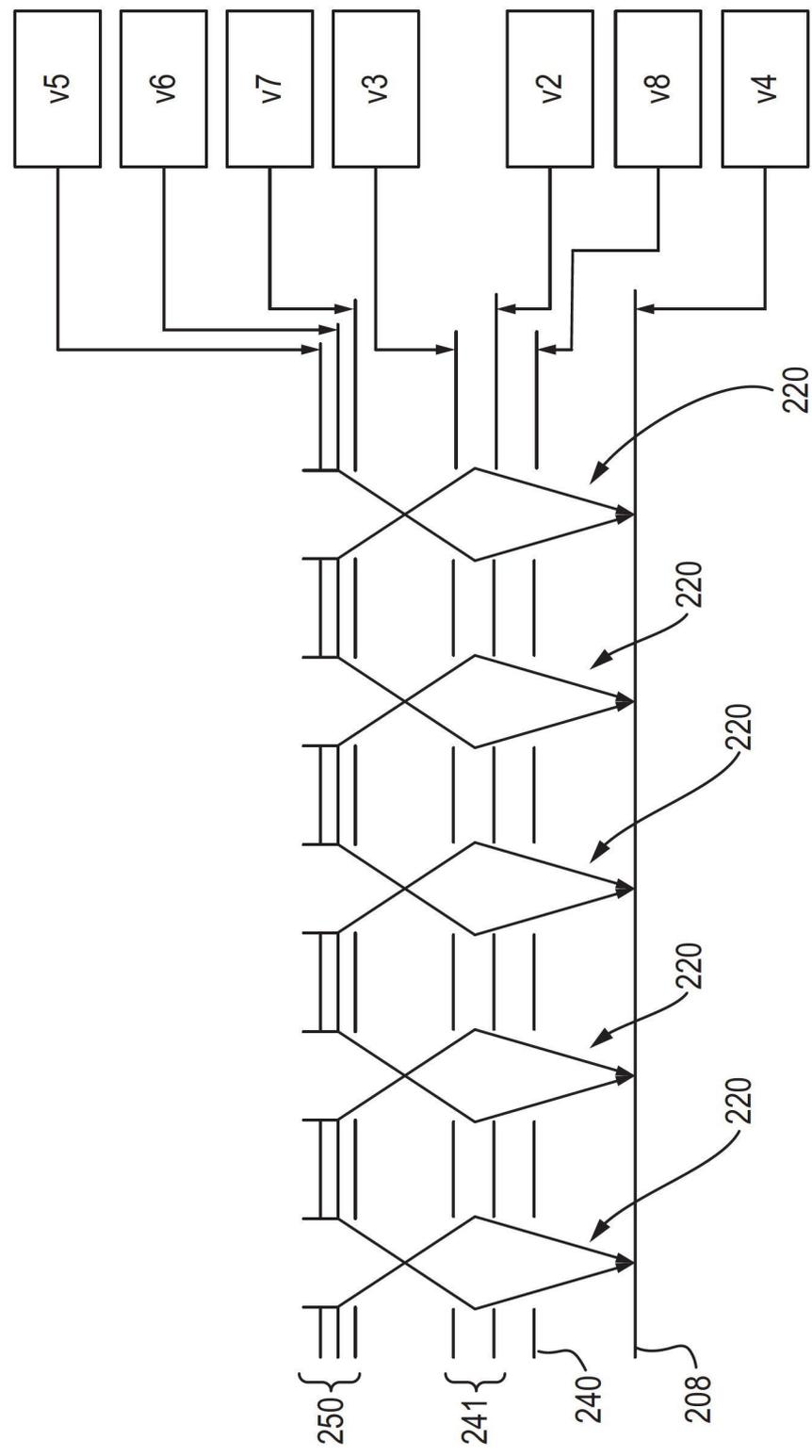
【圖2】



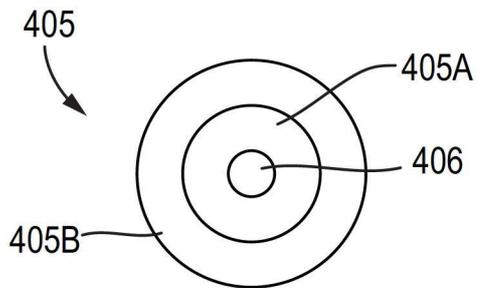
【圖3】



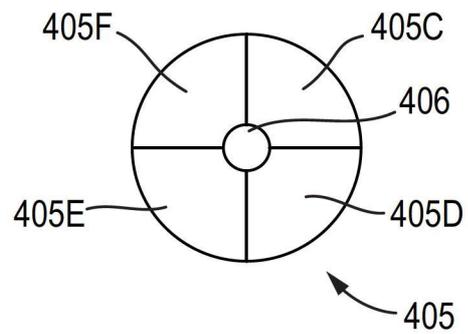
【圖4】



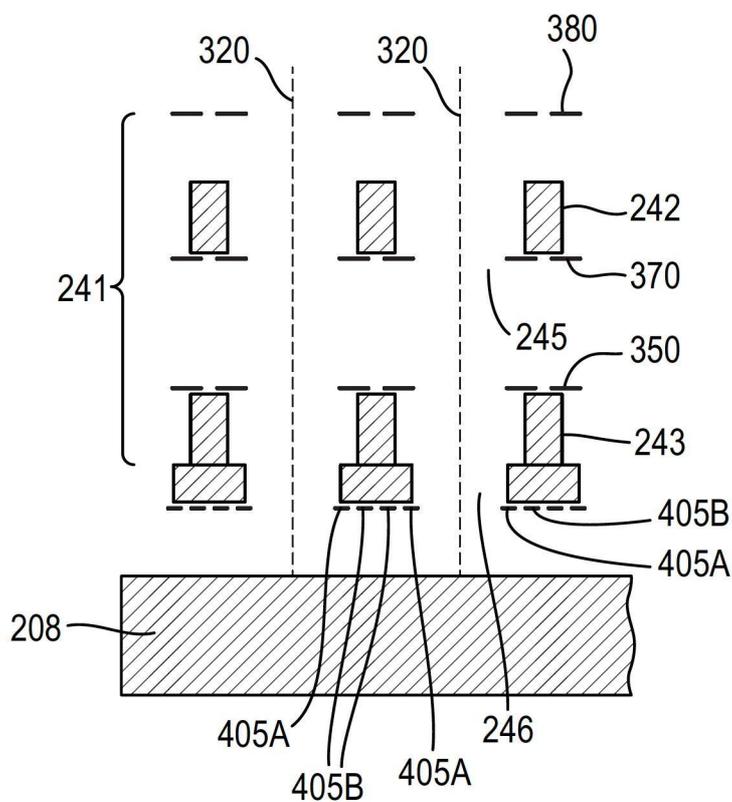
【圖5】



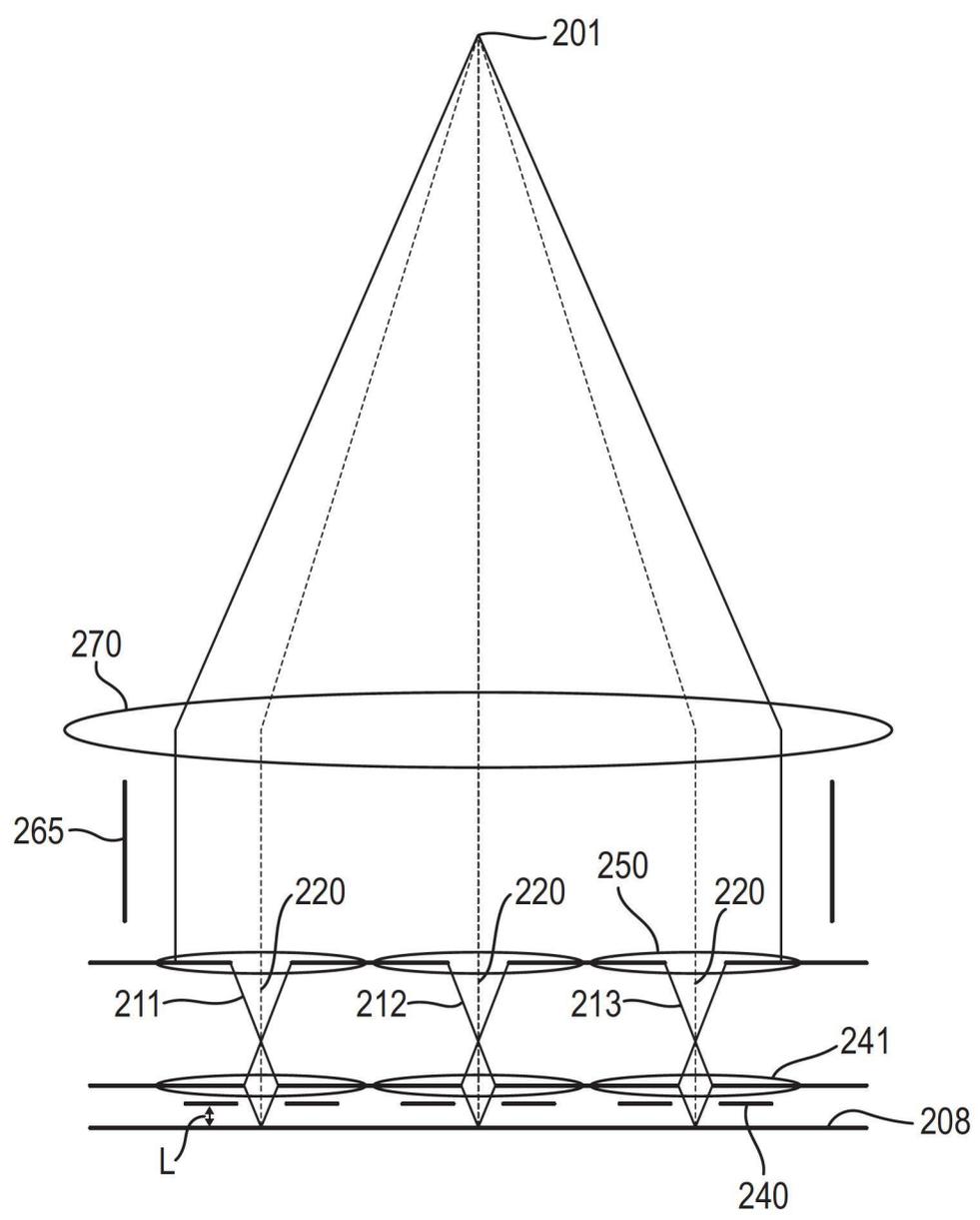
【圖6A】



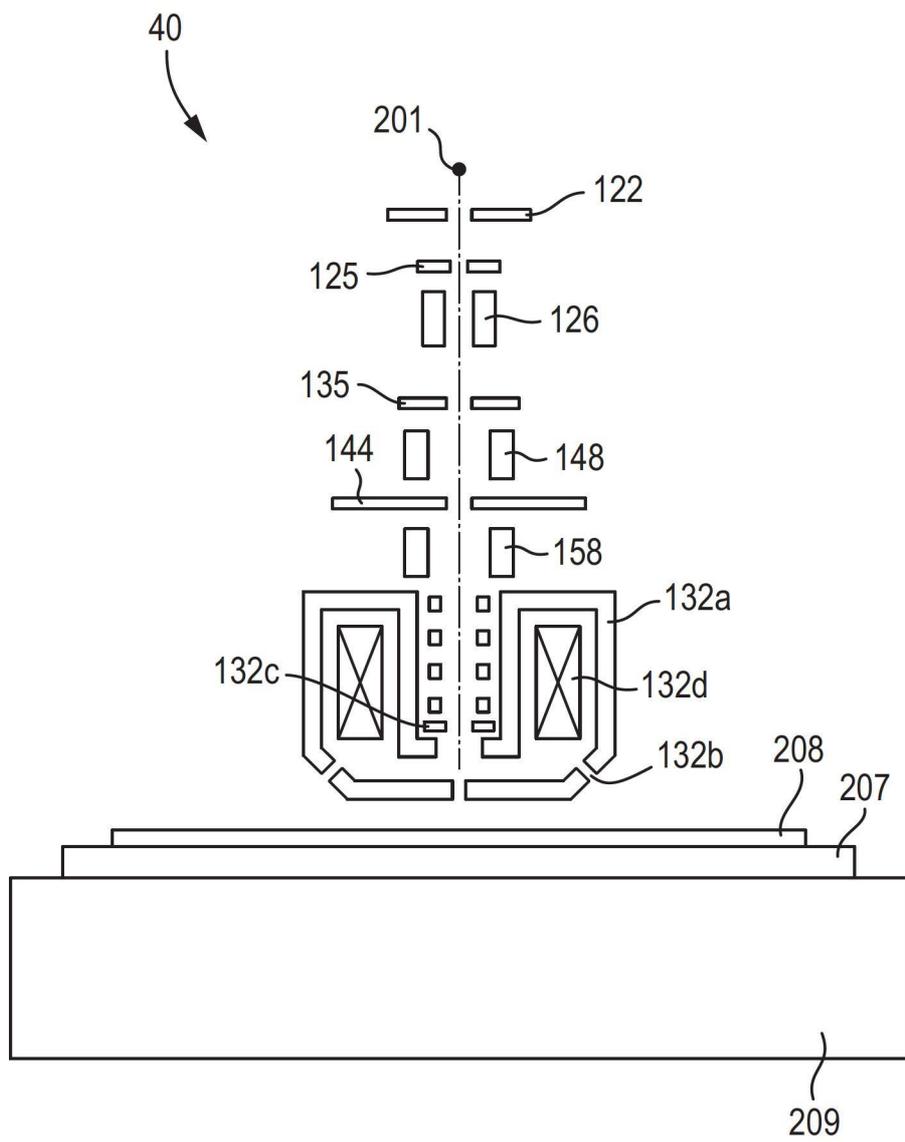
【圖6B】



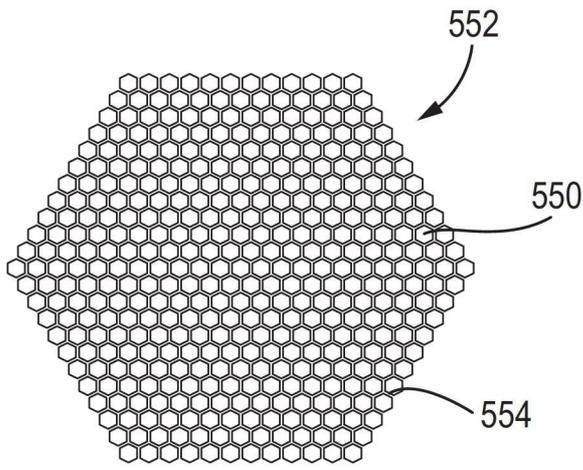
【圖7】



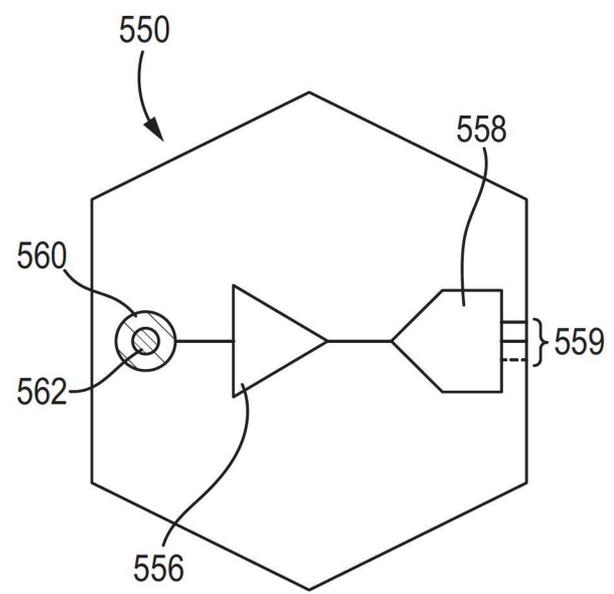
【圖8】



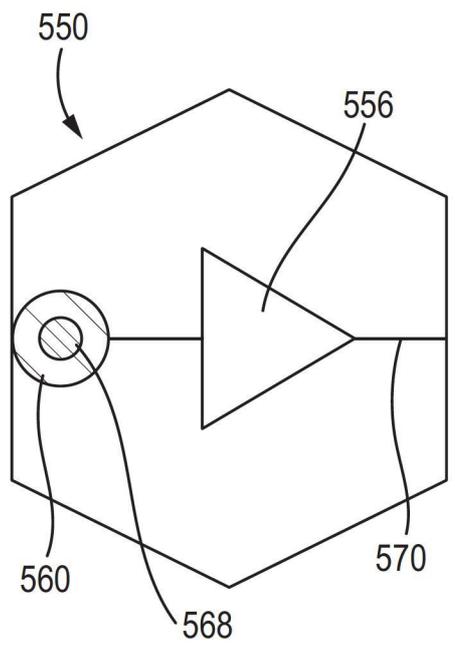
【圖9】



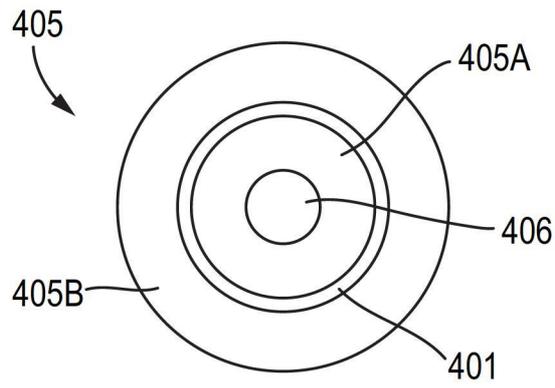
【圖10A】



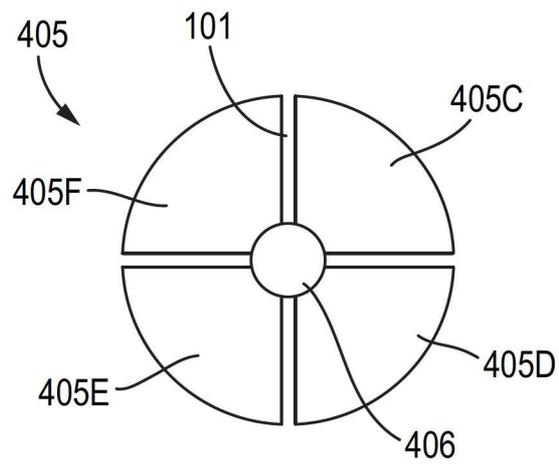
【圖10B】



【圖10C】



【圖11A】



【圖11B】