



(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 I812991 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 08 月 21 日

(21)申請案號：110129408

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 08 月 10 日

(51)Int. Cl. : **H01J37/06 (2006.01)****H01J37/10 (2006.01)****H01J37/26 (2006.01)**

(30)優先權：2020/09/03 美國

63/074,344

2020/10/08 歐洲專利局

20200743.1

(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：馬丁內斯 內格雷特 加斯克 狄亞哥 MARTINEZ NEGRETE GASQUE, DIEGO

(NL)；博金 文森特 克勞德 BEUGIN, VINCENT CLAUDE (FR)；尹煒華 YIN,

WEIHUA (CN)

(74)代理人：林嘉興

(56)參考文獻：

TW I684197B

US 2020/0051779A1

US 2020/0211811A1

審查人員：陳淑敏

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：14 共 77 頁

(54)名稱

帶電粒子系統及操作帶電粒子系統之方法

(57)摘要

一種帶電粒子系統沿著一多射束路徑產生一帶電粒子多射束。該帶電粒子系統包含一孔徑陣列、一射束限制陣列及一聚光器透鏡。用以在該孔徑陣列下游自一上游帶電粒子源產生帶電粒子路徑的孔徑之一陣列在該孔徑陣列中。該射束限制陣列係在該孔徑陣列下游。用於對該帶電粒子多射束路徑塑形的射束限制孔徑之一陣列界定於該射束限制陣列中。該聚光器透鏡系統係在該孔徑陣列與該射束限制陣列之間。該聚光器透鏡系統選擇性地以不同旋轉設定操作，該等旋轉設定界定該孔徑陣列與該射束限制陣列之間的射束路徑之不同範圍。在該聚光器透鏡系統之每一旋轉設定下，該射束限制陣列之每一射束限制孔徑位於該孔徑陣列下游的一射束路徑上。

A charged particle system generates a charged particle multi beam along a multi beam path. The charged particle system comprises an aperture array, a beam limit array and a condenser lens. In the aperture array are an array of apertures to generate from an up-beam charged particle source charged particle paths down-beam of the aperture array. The beam-limit array is down-beam of the aperture array. Defined in the beam-limit array is an array of beam-limit apertures for shaping the charged particle multi beam path. The condenser lens system is between the aperture array and the beam-limit array. The condenser lens system selectively operates different of rotation settings that define different ranges of beam paths between the aperture array and the beam-limit array. At each rotation setting of the condenser lens system, each beam-limit aperture of the beam-limit array lies on a beam path down-beam of the aperture array.

指定代表圖：

符號簡單說明：

422:對應孔徑

422a:徑向內部射束限制孔徑

422b:徑向外外部射束限制孔徑

430a:孔徑陣列

432a:孔徑

433a:徑向內部部分

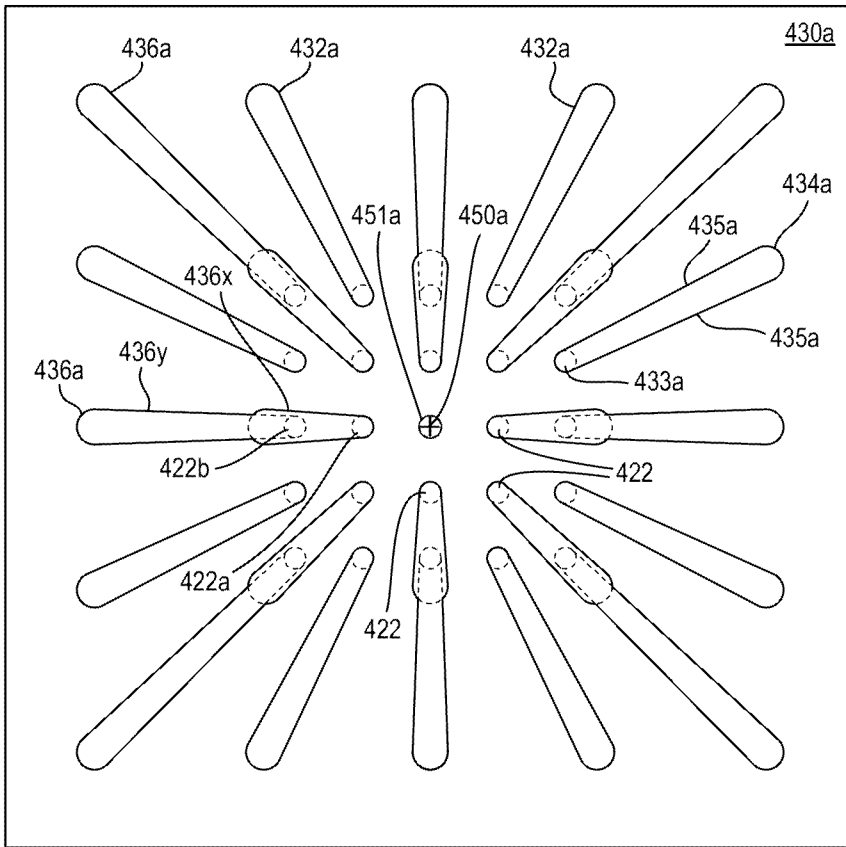
434a:徑向外外部部分

435a:筆直部分

436a:孔徑

450a:中心

451a:中心孔徑



【圖7】



I812991

【發明摘要】

【中文發明名稱】

帶電粒子系統及操作帶電粒子系統之方法

【英文發明名稱】

CHARGED PARTICLE SYSTEM AND METHOD OF OPERATING
A CHARGED PARTICLE SYSTEM

【中文】

一種帶電粒子系統沿著一多射束路徑產生一帶電粒子多射束。該帶電粒子系統包含一孔徑陣列、一射束限制陣列及一聚光器透鏡。用以在該孔徑陣列下游自一上游帶電粒子源產生帶電粒子路徑的孔徑之一陣列在該孔徑陣列中。該射束限制陣列係在該孔徑陣列下游。用於對該帶電粒子多射束路徑塑形的射束限制孔徑之一陣列界定於該射束限制陣列中。該聚光器透鏡系統係在該孔徑陣列與該射束限制陣列之間。該聚光器透鏡系統選擇性地以不同旋轉設定操作，該等旋轉設定界定該孔徑陣列與該射束限制陣列之間的射束路徑之不同範圍。在該聚光器透鏡系統之每一旋轉設定下，該射束限制陣列之每一射束限制孔徑位於該孔徑陣列下游的一射束路徑上。

【英文】

A charged particle system generates a charged particle multi beam along a multi beam path. The charged particle system comprises an aperture array, a beam limit array and a condenser lens. In the aperture array are an array of apertures to generate from an up-beam charged

particle source charged particle paths down-beam of the aperture array. The beam-limit array is down-beam of the aperture array. Defined in the beam-limit array is an array of beam-limit apertures for shaping the charged particle multi beam path. The condenser lens system is between the aperture array and the beam-limit array. The condenser lens system selectively operates different of rotation settings that define different ranges of beam paths between the aperture array and the beam-limit array. At each rotation setting of the condenser lens system, each beam-limit aperture of the beam-limit array lies on a beam path down-beam of the aperture array.

【指定代表圖】

圖7

【代表圖之符號簡單說明】

422:對應孔徑

422a:徑向內部射束限制孔徑

422b:徑向外部射束限制孔徑

430a:孔徑陣列

432a:孔徑

433a:徑向內部部分

434a:徑向外部部分

435a:筆直部分

436a:孔徑

450a:中心

451a:中心孔徑

【發明說明書】

【中文發明名稱】

帶電粒子系統及操作帶電粒子系統之方法

【英文發明名稱】

CHARGED PARTICLE SYSTEM AND METHOD OF OPERATING
A CHARGED PARTICLE SYSTEM

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種帶電粒子系統、一種孔徑陣列、一種帶電粒子工具及一種操作一帶電粒子系統的方法。

【先前技術】

【0002】 在製造半導體積體電路(IC)晶片時，由於例如光學效應及偶然粒子所導致的非所需圖案缺陷在製造製程期間不可避免地出現在基板(亦即，晶圓)或遮罩上，藉此降低了良率。因此，監測非所要圖案缺陷之範圍為IC晶片之製造中的重要製程。更一般而言，基板或其他物件/材料之表面之檢測及/或量測為在其製造期間及/或之後的重要製程。

【0003】 運用帶電粒子射束之圖案檢測工具已用以檢測物件，例如以偵測圖案缺陷。此等工具通常使用電子顯微技術，諸如掃描電子顯微鏡(SEM)。在SEM中，運用最終減速步驟以相對高能量下之電子的初級電子束為目標以便以相對低的導降能量導降於樣本上。電子束經聚焦作為樣本上之探測光點。探測光點處之材料結構與來自電子束之導降電子之間的相互作用使得自表面發射電子，諸如次級電子、反向散射電子或歐傑

(Auger)電子。可自樣本之材料結構發射所產生之次級電子。藉由使初級電子束作為探測光點掃描遍及樣本表面，可跨樣本之表面發射次級電子。藉由收集來自樣本表面之此等發射之次級電子，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影像。

【0004】 帶電粒子射束之另一應用為微影。帶電粒子射束與基板之表面上之抗蝕劑層反應。可藉由控制帶電粒子射束經引導朝向的抗蝕劑層上之方位而產生抗蝕劑中之所要圖案。

【0005】 改良用於此類應用之工具之效能的方式係使用產生帶電粒子多射束的帶電粒子工具。藉由運用帶電粒子多射束照射樣本，多射束中之子射束中之每一者並行有效地操作。

【0006】 通常需要改良帶電粒子工具之效能及/或產出率，該帶電粒子工具藉由開發技術運用帶電粒子多射束照射樣本，該等技術允許多射束之子射束之間間距之減小，增大入射於樣本上之多射束中射束的密度及/或增大可使用之子射束的數目。

【發明內容】

【0007】 本發明之實施例係針對一種用於操控一帶電粒子射束之操控器以及一種包含操控器之一陣列的操控器陣列。該操控器或該操控器陣列可用於帶電粒子工具，諸如多射束帶電粒子工具中。該帶電粒子工具可為用於產生、照射、投影及/或偵測一或多個帶電粒子射束的工具。

【0008】 根據本發明之一第一態樣，提供一種用於沿著一帶電粒子多射束路徑產生一帶電粒子多射束的帶電粒子系統，該帶電粒子系統包含：其中界定孔徑之一陣列的一孔徑陣列，孔徑之該陣列經組態以在該孔徑陣列下游自一上游帶電粒子源產生帶電粒子路徑；一射束限制陣列，其

配置於該孔徑陣列下游且其中界定用於對該帶電粒子多射束路徑進行塑形的射束限制孔徑之一陣列，配置於該孔徑陣列與該射束限制陣列之間的一聚光器透鏡系統，其中該聚光器透鏡系統經組態而以多個旋轉設定中的一者操作，旋轉設定之該數目為兩個或兩個以上，每一旋轉設定界定該孔徑陣列與該射束限制陣列之間的射束路徑之一不同範圍；其中該孔徑陣列之該等孔徑經組態而使得在該聚光器透鏡系統之每一旋轉設定下，該射束限制陣列之每一射束限制孔徑位於該孔徑陣列下游的一帶電粒子射束路徑上。

【0009】 根據本發明之另一態樣，提供一種孔徑陣列，該孔徑陣列包含一中心及孔徑的一圖案，其中該圖案包含以下各者的一疊加：圍繞該中心之一第一旋轉及一第一放大率下的一模板圖案，及圍繞該中心之一第二旋轉及一第二放大率下的該模板圖案。

【0010】 根據本發明之另一態樣，提供一種帶電粒子工具，其包含：如任一前述請求項之帶電粒子系統或包含任一前述請求項之孔徑陣列的帶電粒子系統，其中帶電粒子系統經組態以沿著帶電粒子多射束路徑產生帶電粒子多射束，且帶電粒子投影系統經組態以沿著帶電粒子多射束路徑將帶電粒子多射束導引至樣本上。

【0011】 根據本發明之另一態樣，提供一種操作一帶電粒子系統的方法，該帶電粒子系統包含界定孔徑之一陣列所在的孔徑陣列、配置於孔徑陣列下游且其中界定射束限制孔徑陣列的射束限制陣列，及配置於該孔徑陣列與該射束限制陣列之間的一聚光器透鏡系統，該方法包含：使帶電粒子射束通過孔徑陣列的孔徑；以兩個或兩個以上不同旋轉設定操作聚光器透鏡，每一旋轉設定界定孔徑陣列與射束限制陣列之間的不同射束路

徑；及對於每一旋轉設定，導引帶電粒子自孔徑陣列通過射束限制陣列之射束限制孔徑中的每一者。

【0012】本發明之優勢將自結合附圖進行之以下描述為顯而易見的，其中在附圖中藉助於說明及實例闡述本發明之某些實施例。

【圖式簡單說明】

【0013】本發明之以上及其他態樣自結合附圖進行的例示性實施例之描述將變得更顯而易見，在圖式中：

【0014】圖1示意性地描繪帶電粒子射束檢測設備；

【0015】圖2示意性地描繪帶電粒子工具，該帶電粒子工具可形成圖1之帶電粒子射束檢測設備的部分；

【0016】圖3示意性地描繪說明源轉換單元之例示性組態的多射束工具；

【0017】圖4示意性地描繪根據本發明之實施例的帶電粒子系統。

【0018】圖5a及圖5b示意性地說明聚光器透鏡系統對帶電粒子射束的效應；

【0019】圖6以平面圖示意性地描繪射束限制孔徑的實例；

【0020】圖7以平面圖示意性地描繪與聚光器透鏡系統一起使用的孔徑陣列之實例，該聚光器透鏡系統以零旋轉設定操作；

【0021】圖8以平面圖示意性地描繪與聚光器透鏡系統一起使用以達成最佳解析度之孔徑陣列的實例；

【0022】圖9a至圖9d示意性地描繪圖案之實例，該等圖案可經疊加以形成與以不同旋轉設定操作之聚光器透鏡系統一起使用的孔徑陣列之圖案；

【0023】 圖9e以平面圖示意性地描繪根據本發明的實施例的孔徑陣列，該孔徑陣列包含由圖9a至圖9d之圖案之疊加形成的圖案；

【0024】 圖10以平面圖示意性地描繪根據本發明之實施例的與聚光器透鏡系統一起使用的孔徑陣列，該聚光器透鏡系統以不同旋轉設定及數個範圍的放大率設定來操作；

【0025】 圖11a至圖11c示意性地描繪可經疊加以形成圖10之孔徑陣列之圖案的圖案；

【0026】 圖12以平面圖示意性地描繪根據本發明之實施例的與9×9射束限制陣列及聚光器透鏡系統一起使用的孔徑陣列，該聚光器透鏡系統以不同旋轉設定及數個範圍的放大率設定來操作；

【0027】 圖13以平面圖示意性地描繪根據本發明之實施例的與六邊形射束限制陣列及聚光器透鏡系統一起使用的孔徑陣列，該聚光器透鏡系統以不同旋轉設定及數個範圍的放大率設定操作；且

【0028】 圖14示意性地描繪圖形，從而展示操作聚光器透鏡系統之多種不同模式之探測電流之探測解析度的相依性。

【實施方式】

【0029】 現將詳細參考例示性實施例，其實例說明於附圖中。以下描述參考附圖，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。在以下例示性實施例描述中闡述的實施並不表示符合本發明之所有實施。實情為，其僅為符合關於隨附申請專利範圍中所敘述的本發明之態樣的設備及方法之實例。

【0030】 裝置之實體大小的減小及電子裝置之運算能力的增強可藉由顯著地增大IC晶片上諸如電晶體、電容器、二極體等之電路組件之封裝

密度來實現。此已藉由提高之解析度來實現，從而使得能夠製作更小的結構。舉例而言，智慧型電話之為拇指甲大小且在2019年或比2019年稍早可得之IC晶片可包括超過20億個電晶體，每一電晶體之大小小於人類毛髮之1/1000。因此，半導體IC製造係具有數百個個別步驟之複雜且耗時製程並不出人意料。甚至一個步驟中之誤差亦有可能顯著影響最終產品之功能。僅一個「致命缺陷」亦可導致裝置故障。製造製程之目標為改良製程之總良率。舉例而言，為獲得50步驟製程(其中步驟可指示形成於晶圓上之層的數目)之75%良率，每一個別步驟之良率必須高於99.4%。若個別步驟具有95%之良率，則總製程良率將低達7%至8%。

【0031】 儘管高製程良率在IC晶片製造設施中係合乎需要的，但維持高基板(亦即，晶圓)產出量(經定義為每小時處理之基板的數目)亦為必不可少的。高製程良率及高基板產出量可受到缺陷之存在影響。若需要操作員干預來檢查缺陷，則尤其如此。因此，藉由檢測工具(諸如掃描電子顯微鏡(「SEM」))進行高產出量偵測以及微米及奈米尺度缺陷之識別對於維持高良率及低成本係至關重要的。

【0032】 SEM包含掃描裝置及偵測器設備。掃描裝置包含：照射系統，其包含用於產生初級電子的電子源；及投影系統，其運用初級電子之一或多個聚焦射束掃描諸如基板之樣本。初級電子與樣本相互作用，且產生相互作用產物，諸如次級電子及/或反向散射電子。偵測系統在掃描樣本時捕獲來自樣本之次級電子及/或反向散射電子，使得SEM可產生樣本之掃描區域的影像。對於高產出率檢測，一些檢測設備使用初級電子之多個聚焦射束，亦即，多射束。多射束之組成射束可被稱作子射束或細射束。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因此以比

單射束檢測設備高得多的速度檢測樣本。

【0033】在多射束檢測設備中，初級電子束中之一些的路徑遠離掃描裝置之中心軸線，亦即初級電子光軸的中點(在本文中亦被稱作帶電粒子軸線)移位。為確保所有電子束以實質上相同之入射角到達樣本表面，需要操控具有距中心軸更大徑向距離之子射束路徑移動穿過比具有更接近中心軸之路徑之子射束路徑更大的角度。此更強操控可引起像差，該等像差使得所得影像為模糊且離焦的。實例為將每一子射束路徑之焦點引入至不同焦平面中的球面像差。具體而言，對於並非在中心軸線上的子射束路徑，子射束中焦平面上的改變在自中心軸線的徑向移位情況下較大。當像差及散焦效應被偵測到時，例如當藉由目標上子射束形成的光點之形狀及大小將受到影響時，此類像差及散焦效應可保持與來自目標之二次電子相關聯。因此，此類像差使在檢測期間產生的所得影像之品質降級。

【0034】下文描述已知多射束檢測設備之實施。

【0035】圖式係示意性的。因此出於清楚起見，誇示圖式中之組件的相對尺寸。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。雖然本說明書及圖式係針對電子光學設備，但應瞭解，實施例並不用以將本發明限制為特定帶電粒子。因此，更一般而言，可認為貫穿本發明文獻對電子之參考為對帶電粒子之參考，其中帶電粒子未必為電子。

【0036】現參考圖1，圖1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、帶電粒子工具40、設備前端模組(EFEM) 30及控制器50。帶電粒子工具40位於主腔室10內。帶電粒子工具40可為電子射束工具40。帶電粒

子工具40可為單一射束工具或多射束工具。

【0037】 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可例如收納基板前開式單元匣(FOUP)，其含有待檢測之基板(例如，半導體基板或由其他材料製成之基板)或樣本(基板、晶圓及樣本在下文中被統稱為「樣本」)。EFEM 30中之一或多個機器人臂(圖中未示)將樣本輸送至裝載鎖定腔室20。

【0038】 裝載鎖定腔室20用以移除樣本周圍之氣體。此產生真空，亦即局部氣體壓力低於周圍環境中之壓力。可將裝載鎖定腔室20連接至裝載鎖定真空泵系統(圖中未示)，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(圖中未示)將樣本自裝載鎖定腔室20輸送至主腔室10。將主腔室10連接至主腔室真空泵系統(圖中未示)。主腔室真空泵系統移除主腔室10中之氣體分子，使得樣本周圍之壓力達到低於第一壓力之第二壓力。在到達第二壓力之後，樣本輸送至電子射束工具，樣本藉由該電子射束工具可經受量測，該量測可包括帶電粒子泛流及/或檢測。帶電粒子工具40可包含單射束或多射束電子光學設備中的任一者。

【0039】 控制器50電子地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之處理器(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。雖然控制器50在圖1中展示為在包括主腔室10、裝載鎖定腔室20及EFEM 30之結構外部，但應瞭解，控制器50可為工具或至少其結構的部分。控制器50可

位於帶電粒子射束檢測設備100之組成元件中之一者中或其可分佈於組成元件中之至少兩者上方。雖然本發明提供收容帶電粒子工具之主腔室10的實例，但應注意，本發明之態樣在其最廣泛意義上不限於收容帶電粒子工具的腔室。確切而言，應瞭解，亦可將前述原理應用於在第二壓力下操作之設備的其他工具及其他配置。

【0040】 現參考圖2，圖2為說明例示性帶電粒子工具40的示意圖。帶電粒子工具40可形成圖1之帶電粒子射束檢測設備100的部分。帶電粒子工具40可包含帶電粒子檢測工具200。如圖1中所繪示，帶電粒子檢測工具200可為多射束檢測工具200。替代地，帶電粒子檢測工具200可為單一射束檢測工具。帶電粒子檢測工具200包含電子源201、槍孔徑板271、聚光器透鏡210、視需要源轉換單元220、初級投影系統230、機動載物台209及樣本固持器207。電子源201、槍孔徑板271、聚光器透鏡210及視需要源轉換單元220為藉由帶電粒子檢測工具200包含之照射系統的組件。樣本固持器207藉由機動載物台209支撐以便固持且視需要定位樣本208(例如，基板或光罩)例如用於量測、檢測或用於帶電粒子泛流。初級投影系統230可包含物鏡231且視需要源轉換單元220(若其並非為照射系統的部分)。初級投影系統及照射系統一起可被稱為主柱或主光電系統。射束分離器233及偏轉掃描單元232可定位於初級投影系統230內部。帶電粒子檢測工具200可更進一步包含次級投影系統250及關聯電子偵測裝置240(其一起可形成偵測柱或偵測系統)。電子偵測裝置240可包含複數個偵測元件241、242及243。射束分離器將來自樣本的所產生電子導引至次級柱用於偵測。其他偵測器配置可能存在於例如與物鏡231或源轉換單元220相關聯的主柱。

【0041】 用以產生初級射束的組件可與帶電粒子檢測工具200之初級光電軸線對準。此等組件可包括：電子源201、槍孔徑板271、聚光器透鏡210、源轉換單元220、射束分離器233、偏轉掃描單元232及初級投影設備230。次級投影系統250及其關聯電子偵測裝置240可與帶電粒子檢測工具200的次級光電軸線251對準。

【0042】 初級光電軸線204藉由係照射系統之帶電粒子檢測工具200之部分的光電軸線包含。次級光電軸線251為係偵測系統(或偵測柱)之帶電粒子檢測工具200之部分的光電軸線。初級光電軸線204在本文中亦可被稱作初級光軸(為輔助易於參考)或帶電粒子光軸。次級光電軸線251在本文中亦可被稱作次級光軸或次級帶電粒子光軸。

【0043】 電子源201可包含陰極(圖中未示)及提取器或陽極(圖中未示)。在操作期間，電子源201經組態以自陰極發射電子作為初級電子。藉由提取器及/或陽極提取或加速初級電子以形成初級電子束202，該初級電子束202形成初級射束交越(虛擬或真實) 203。初級電子射束202可被視覺化為自初級射束交越203發射。

【0044】 形成之初級電子束202可為單射束，且多射束可自單射束產生。在沿著射束路徑之不同方位處，初級電子束202因此可為單射束或多射束。藉由射束到達樣本的時間且較佳地在射束到達投影系統之前，初級電子束202可為多射束。此多射束可以數種不同方式自初級電子束產生。舉例而言，多射束可由位於交越203之前的多射束陣列、位於源轉換單元220中之多射束陣列或位於此等方位之間的任何點處之多射束陣列產生。多射束陣列可包含跨射束路徑以陣列配置之複數個電子束操控元件。每一操控元件可影響初級電子束之至少部分以產生子射束。因此，多射束

陣列與入射初級射束路徑相互作用以在多射束陣列之順流方向(down-beam)產生多射束路徑。多射束陣列與初級射束的相互作用可例如每子射束、透鏡、像散校正器及(像差)校正器，再次每子射束包括一或多個孔徑陣列、個別偏轉器。

【0045】 槍孔徑板271在操作中經組態以阻擋初級電子射束202之周邊電子以減小庫侖(Coulomb)效應。庫侖效應可放大初級子射束211、212、213之探測光點221、222及223中之每一者的大小，且因此使檢測解析度劣化。槍孔徑板271亦可包括用於即使在源轉換單元220之前亦產生初級子射束(圖中未示)之多個開口，且可稱為庫侖孔徑陣列。

【0046】 聚光器透鏡210經組態以聚焦(或準直)初級電子束202。在實施例中，聚光器透鏡210可經設計以聚焦(或準直)初級電子束202以變成大體上平行的射束，且實質上正入射於源轉換單元220上。聚光器透鏡210可係可經組態以使得其主平面之位置可移動的可移動聚光器透鏡。在實施例中，可移動聚光器透鏡可經組態以例如沿著光軸204實體上移動。替代地，可移動聚光器透鏡可由兩個或兩個以上電光元件(透鏡)構成，其中聚光器透鏡之主平面隨著個別電光元件之強度變化移動。(可移動)聚光器透鏡可經組態為磁性、靜電的，或磁性及靜電透鏡的組合。在另一實施例中，聚光器透鏡210可為反旋轉聚光器透鏡。反旋轉聚光器透鏡可經組態以在聚光器透鏡210之聚焦倍率(準直功率)改變時及/或當聚光器透鏡之主平面移動時保持旋轉角不改變。

【0047】 在源轉換單元220之實施例中，源轉換單元220可包含影像形成元件陣列、像差補償器陣列、射束限制陣列及預彎曲微偏轉器陣列。預彎曲微偏轉器陣列可例如為可選的，且可存在於如下實施例中：聚光器

透鏡並不確保初級電子束202的發源於庫侖孔徑陣列之複數個初級子射束211、212、213之路徑大體上正入射於例如射束限制孔徑陣列、影像-形成元件陣列及/或像差補償器陣列。在此配置中，影像形成元件陣列可充當多射束陣列以在多射束路徑中產生複數個子射束，亦即，初級子射束211、212、213。影像形成元件陣列可包含複數個電子束操控器，諸如微偏轉器或微透鏡(或兩者之組合)，以影響初級電子束202之複數個初級子射束211、212、213且形成初級射束交越203之複數個平行影像(虛擬或真實)，針對初級子射束211、212及213中之每一者提供一個平行影像。像差補償器陣列可例如包含場彎曲補償器陣列(圖中未示)及像散補償器陣列(圖中未示)。場彎曲補償器陣列可例如包含複數個微透鏡以補償初級子射束211、212及213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或多極電極以補償初級子射束211、212及213之像散像差。射束限制陣列可經組態以限制或界定個別初級子射束211、212及213之直徑。圖2展示三個初級子射束211、212及213作為實例，且應理解，源轉換單元220可經組態以形成任何數目個初級子射束。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，諸如源轉換單元220、電子偵測裝置240、初級投影系統230或機動載物台209。如下文將進一步詳細地解釋，控制器50可執行各種影像及信號處理功能。控制器50亦可產生各種控制信號以管控帶電粒子射束檢測設備(包括帶電粒子多射束設備)之操作。

【0048】 聚光器透鏡210可進一步經組態以藉由使聚光器透鏡210之聚焦倍率(準直功率)發生變化來調整初級子射束211、212、213的電流為源轉換單元220的子射束。替代地或另外，可藉由變更射束限制孔徑內之

對應於個別初級子射束之射束限制孔徑的徑向大小來改變初級子射束211、212、213之電流。若聚光器透鏡為可移動的且磁性的，則可產生以旋轉角照射源轉換單元220之離軸子射束212及213。旋轉角隨著可移動聚光器透鏡之聚焦倍率或第一主平面之位置而改變。為反旋轉聚光器透鏡的聚光器透鏡210可經組態以在改變聚光器透鏡210之聚焦倍率時使旋轉角保持不變。亦為可移動的此聚光器透鏡210可在聚光器透鏡210之聚焦倍率及其第一主平面之位置變化時使得旋轉角不改變。

【0049】 物鏡231可經組態以將子射束211、212及213聚焦至用於檢測之樣本208上且可在樣本208之表面上形成三個探測光點221、222及223。

【0050】 射束分離器233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(在圖2中未展示)之靜電偏轉器。在操作中，射束分離器233可經組態以由靜電偶極子場對初級子射束211、212及213之個別電子應用靜電力。在一實施例中，靜電力量值上等於藉由射束分離器233之磁偶極子場應用於初級子射束211、212及213之個別初級電子上的力但方向相反。初級子射束211、212及213可因此以至少大體上零偏轉角至少大體上筆直地通過射束分離器233。磁力之方向取決於電子之運動方向，而靜電力的方向並不取決於電子的運動方向。因此，由於相較於初級電子，次級電子及反向散射電子通常在相反方向上移動，故應用於次級電子及反向散射電子上之磁力將不再消除靜電力，且因此，移動穿過射束分離器233之次級電子及反向散射電子將遠離光軸204偏轉。

【0051】 偏轉掃描單元232在操作中經組態以使初級子射束211、212及213之路徑偏轉以使探測光點221、222及223掃描橫跨越樣本208之

表面之區段中的個別掃描區域。回應於初級子射束211、212及213或探測光點221、222及223入射於樣本208上，包括次級電子及反向散射電子的電子自樣本208產生。次級電子在三個次級電子束261、262及263中傳播。次級電子射束261、262及263通常具有次級電子(具有 ≤ 50 eV之電子能量)且亦可具有反向散射電子(具有介於50 eV與初級子射束211、212及213之導降能量之間的電子能量)中的至少一些。射束分離器233經配置以使次級電子束261、262及263的路徑偏轉朝向次級投影系統250。次級投影系統250隨後將次級電子射束261、262及263之路徑聚焦於電子偵測裝置240之複數個偵測區241、242及243上。偵測區可例如為經配置以偵測對應次級電子束261、262及263的分離偵測元件241、242及243。偵測區可產生對應信號，該等信號例如發送至控制器50或信號處理系統(圖中未示)，例如以構建樣本208之對應經掃描區域的影像。

【0052】 偵測元件241、242及243可偵測對應次級電子束261、262及263。在次級電子束在偵測元件241、242及243情況下入射時，該等元件可產生對應強度信號輸出(圖中未示)。輸出可經導引至影像處理系統(例如，控制器50)。每一偵測元件241、242及243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。

【0053】 控制器50可包含影像處理系統，該影像處理系統包括影像獲取器(圖中未示)及儲存裝置(圖中未示)。舉例而言，控制器可包含處理器、電腦、伺服器、大型電腦主機、終端機、個人電腦、任何種類之行動運算裝置及其類似者，或其組合。影像獲取器可包含控制器之處理功能的至少部分。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

通信耦接至准許信號通信之設備40的電子偵測裝置240，諸如電導體、光纖纜線、攜帶型儲存媒體、IR、藍牙、網際網路、無線網路、無線電以及其他，或其組合。影像獲取器可自電子偵測裝置240接收信號，可處理信號中所包含之資料且可根據該資料建構影像。影像獲取器可因此獲取樣本208之影像。影像獲取器亦可執行各種後處理功能，諸如產生輪廓線、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對所獲取影像之亮度及對比度等的調整。儲存器可為諸如以下各者之儲存媒體：硬碟、快閃驅動器、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。儲存器可耦接至影像獲取器，且可用於儲存經掃描原始影像資料(作為初始影像)及後處理影像。

【0054】 影像獲取器可基於接收自電子偵測裝置240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一影像。單一影像可儲存於儲存器中。單一影像可為可劃分成複數個區之原始影像。區中之每一者可包含含有樣本208之特徵的一個成像區域。所獲取影像可包含在時間週期內經多次取樣的樣本208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。控制器50可經組態以運用樣本208之同一方位之多個影像來執行影像處理步驟。

【0055】 控制器50可包括量測電路(例如，類比/數位轉換器)以獲得偵測到之次級電子的分佈。在偵測時間窗期間收集之電子分佈資料可與入射於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，以重建構受檢測樣本結構的影像。經重建構影像可用以揭露樣本208之內部或外部結構的各種特徵。經重建構影像可由此用於揭露

可存在於樣本中之任何缺陷。

【0056】 控制器50可例如在檢測樣本208期間、之前或之後進一步控制機動載物台209以移動樣本208。在一實施例中，控制器50可使得機動載物台209能夠至少在樣本檢測期間例如以恆定速度例如連續地在一方向上移動樣本208。控制器50可控制機動載物台209之移動，使得其例如取決於各種參數而改變樣本208之移動速度。舉例而言，控制器可取決於掃描製程之檢測步驟之特性而控制載物台速度(包括其方向)。

【0057】 儘管圖2展示帶電粒子檢測工具200使用三個初級電子子射束，但應瞭解，帶電粒子檢測工具200可使用兩個或更大數目個初級電子子射束，例如9、49、121、1000以上、10,000及多達100,000個初級電子子射束。本發明並不限制用於帶電粒子檢測工具200中的初級電子射束的數目。帶電粒子檢測工具200亦可為使用單一帶電粒子射束的單一射束檢測工具200。

【0058】 現參考圖3，該圖為說明圖1之例示性帶電粒子射束檢測工具200之源轉換單元220之例示性組態的例示性多射束工具300的示意圖。多射束工具300可包含電子源301、預子射束形成孔徑陣列372 (進一步亦被稱作庫侖孔徑陣列372)、聚光器透鏡310 (與圖2之聚光器透鏡210相似)、源轉換單元320 (與圖2之源轉換單元220相似)、物鏡331 (與圖2之物鏡231相似)及樣本308 (與圖2之樣本208相似)。電子源301、庫侖孔徑陣列372及聚光器透鏡310可為由工具300包含之照射設備的組件。源轉換單元320及接物鏡331可為藉由工具300包含之投影設備的組件。源轉換單元320可類似於圖2之源轉換單元220，其中圖2之影像形成元件陣列為影像形成元件陣列322，圖2之像差補償器陣列為像差補償器陣列324，圖2之

射束限制陣列為射束限制陣列321，且圖2之預彎曲微偏轉器陣列為預彎曲微偏轉器陣列323。電子源301、庫侖孔徑陣列372、聚光器透鏡310、源轉換單元320及接物鏡331與設備之初級電子光軸304對準。電子源301產生大體上沿著初級電子光軸304且具有源交越(虛擬或真實) 301S之初級電子束302。庫侖孔徑陣列372切割初級電子束302之周邊電子以減少隨之發生的庫侖效應。庫侖效應為由於不同子射束路徑中之電子之間的相互作用所產生的子射束像差之來源。初級電子束302可藉由預子射束形成機構的庫侖孔徑陣列372修整成指定數目個子射束，諸如三個子射束311、312及313。儘管先前及以下描述中提及三個子射束及其路徑，但應理解，描述意欲應用具有任何數目個子射束之設備、工具或系統。

【0059】 源轉換單元320可包括具有射束限制孔徑之細射束限制孔徑陣列321，該等射束限制孔徑經組態以界定初級電子射束302之子射束311、312及313的外部尺寸。源轉換單元320亦可包括具有影像形成微偏轉器322_1、322_2及322_3之影像形成元件陣列322。存在與每一子射束之路徑相關聯的各別微偏轉器。微偏轉器322_1、322_2及322_3經組態以使子射束311、312及313之路徑朝向電光軸304偏轉。經偏轉子射束311、312及313形成源交越301S之虛擬影像(圖中未示)。虛擬影像藉由物鏡331投影至樣本308上且在該樣本上形成探測光點，該等探測光點為三個探測光點391、392及393。每一探測光點對應於子射束路徑在樣本表面上之入射方位。源轉換單元320可進一步包含像差補償器陣列324，該像差補償器陣列324經組態以補償可能存在於子射束中之每一者中的像差。每一子射束中之像差可存在於將形成樣本表面之探測光點391、392及393上。像差補償器陣列324可例如包括具有微透鏡之場彎曲補償器陣列(圖中未

示)，亦即像差補償器陣列324可包含微透鏡陣列。場彎曲補償器及微透鏡可例如經組態以補償子射束之在探測光點391、392及393中明顯的場彎曲像差。像差補償器陣列324可包括具有微像散校正器之像散補償器陣列(圖中未示)，亦即像差補償器陣列324可包含微像散校正器陣列。微像散校正器可例如經控制以在子射束上操作來補償另外存在於探測光點391、392及393中之像散像差。

【0060】 源轉換單元320可進一步包含具有預彎曲微偏轉器323_1、323_2及323_3之預彎曲微偏轉器陣列323來分別使子射束311、312及313彎曲。預彎曲微偏轉器323_1、323_2及323_3可使子射束之路徑彎曲至細射束限制孔徑陣列321中。在一實施例中，預彎曲微偏轉器陣列323可經組態以朝向細射束限制孔徑陣列321之平面的正交平面彎曲子射束的子射束路徑。在一替代實施例中，聚光器透鏡310可調整子射束之路徑方向於細射束限制孔徑陣列321上。聚光器透鏡310可例如聚焦(準直)三個子射束311、312及313以變成沿著初級電子光軸304的大體上並行射束，使得三個子射束311、312及313大體上垂直地入射於源轉換單元320上，該源轉換單元可對應於細射束限制孔徑陣列321。在此類替代實施例中，預彎曲微偏轉器陣列323可能並非必要的。

【0061】 影像形成元件陣列322、像差補償器陣列324及預彎曲微偏轉器陣列323可包含多層之子射束操控裝置，該等子射束操控裝置中之一些可呈陣列形式，例如：微偏轉器、微透鏡或微像散校正器。

【0062】 在源轉換單元320之當前實例中，初級電子射束302之子射束311、312及313的路徑分別藉由影像形成元件陣列322之微偏轉器322_1、322_2及322_3偏轉朝向初級電子光軸304。應理解，子射束311

路徑在達至微偏轉器322_1之前可能已經對應於電子光軸304，因此可以不藉由微偏轉器322_1使子射束311路徑偏轉。

【0063】 物鏡331將子射束聚焦至樣本308之表面上，亦即，其將三個虛擬影像投影至樣本表面上。由樣本表面上之三個子射束311至313形成之三個影像在該樣本表面上形成三個探測光點391、392及393。在一實施例中，子射束311至313之偏轉角經調整以穿過或逼近接物鏡331之前部焦點，以減小或限制三個探測光點391至393的離軸像差。

【0064】 在如圖3中所展示之帶電粒子檢測工具300的實施例中，次級電磁、射束分離器(類似於韋恩濾光器233)、次級投影光學件(類似於圖2之次級投影光學件250)及電子偵測裝置(類似於電子偵測裝置240)的射束路徑已為了清楚原因予以省略。然而，應清楚的是，類似的射束分離器、次級投影光學件及電子偵測裝置可存在於圖3的當前實施例中以使用次級電子或反向散射電子登記並產生樣本表面的影像。

【0065】 圖2及圖3中之上述組件中之至少一些可個別地或彼此組合地稱為操控器陣列或操控器，此係因為其操控一或多個帶電粒子射束或子射束。

【0066】 上述多射束工具包含單一帶電粒子源。多射束工具包含照射設備及投影設備。照射設備可自來自源的電子束產生帶電粒子之多射束。投影設備朝向樣本投影帶電粒子之多射束。可用帶電粒子之多射束掃描樣本之表面之至少部分。

【0067】 多射束工具包含一或多個電子光學裝置，從而操控帶電粒子之多射束的子射束。所應用操控可例如為子射束之路徑的偏轉及/或應用於子射束的聚焦操作。一或多個電光裝置可包含MEMS。

【0068】 帶電粒子工具可包含定位於電子光學裝置上游且視需要電光裝置中的射束路徑操控器。射束路徑可藉由例如越過整個射束操作的兩個靜電偏轉器在正交於帶電粒子軸線，亦即光軸的方向上經線性操控。兩個靜電偏轉器集合可經組態以使射束路徑在正交方向上偏轉。每一靜電偏轉器集合可包含沿著射束路徑依序定位的兩個靜電偏轉器。每一集合之第一靜電偏轉器應用校正偏轉，且第二靜電偏轉器使射束復原至電光裝置上的正確入射角。藉由第一靜電偏轉器應用之校正偏轉可為過校正，使得第二靜電偏轉器可應用偏轉以用於確保至MEMS的所要入射角。靜電偏轉器集合之方位可在電光裝置之上游的數個方位處。射束路徑可以旋轉方式操控。旋轉校正可藉由磁透鏡應用。旋轉校正可另外或替代地藉由諸如聚光器透鏡配置的現有磁透鏡達成。

【0069】 儘管未圖示，但帶電粒子工具之實施例亦包括帶電粒子投影設備，該帶電粒子投影設備將來自源的帶電粒子射束劃分成複數個子射束。複數個各別物鏡可將子射束投影至樣本上。在一些實施例中，複數個聚光器透鏡提供於物鏡上游。聚光器透鏡使子射束中之每一者聚焦至物鏡上游的中間焦點。在一些實施例中，準直儀提供於物鏡上游。校正器可經提供以減小聚焦誤差及/或像差。在一些實施例中，此類校正器整合至物鏡中或直接相鄰於物鏡定位。在提供聚光器透鏡之處，此類校正器可另外或可替代地整合至聚光器透鏡中及/或直接相鄰於聚光器透鏡定位，及/或定位於中間焦點中或直接相鄰於中間焦點。偵測器經提供以偵測藉由樣本發射之帶電粒子。偵測器可整合至物鏡中。偵測器可係在物鏡之底表面上，以便在使用中面向樣本。聚光器透鏡、物鏡及/或偵測器可經形成為MEMS或CMOS裝置。

【0070】圖4示意性地描繪帶電粒子系統400之實施例，該帶電粒子系統可被稱為射束產生器或照射系統。帶電粒子系統400係用於沿著帶電粒子多射束路徑408產生帶電粒子多射束。帶電粒子系統400可例如為圖2或圖3之帶電粒子檢測工具200、300的部分。

【0071】帶電粒子系統400包含聚光器透鏡系統410、射束限制陣列420及孔徑陣列430。帶電粒子系統400可進一步包含帶電粒子源401。孔徑陣列430本文中亦被稱作庫侖孔徑陣列430，且可對應於圖2之槍孔徑板271 (亦被稱作庫侖孔徑陣列271)或圖3的預子射束形成孔徑陣列372 (亦被稱作庫侖孔徑陣列372)。聚光器透鏡系統430可對應於圖2之聚光器透鏡210或圖3的聚光器透鏡310。射束限制孔徑420可對應於圖2之源轉換單元220的射束限制陣列或圖3的射束限制陣列321。舉例而言，帶電粒子源401可能對應於圖2之電子源201或圖3的電子源301。

【0072】孔徑陣列430配置於平面431中。射束限制陣列420配置於平面421中。射束限制陣列420配置於孔徑陣列430之下游且聚光器透鏡系統410下游。聚光器透鏡系統410配置於孔徑陣列430與射束限制陣列420之間。即，聚光器透鏡系統410配置於孔徑陣列430之下游且射束限制陣列420上游。孔徑陣列430、聚光器透鏡系統410、射束限制孔徑420且視需要帶電粒子源401可與軸線404對準。軸線404亦可稱為主電光軸線404。軸線404可與圖2之初級電子光軸204或圖3的初級電子光軸304對準。孔徑陣列430之中心(例如，孔徑陣列430之中心孔徑)可與軸線404對準。此外，射束限制陣列420之中心(例如，射束限制陣列420之中心孔徑)可與軸線404對準。射束限制陣列420及孔徑陣列430可配置所在的平面421、431可經配置，可正交於軸線404。

【0073】帶電粒子源401可產生帶電粒子射束402。帶電粒子射束402可在沿著軸線404之方向上傳播。孔徑陣列430可傳遞帶電粒子射束402的數個部分以便產生孔徑陣列430下游的帶電粒子射束路徑406。遵循帶電粒子射束路徑406的射束參考帶電粒子射束402可被稱為細射束或子射束。在孔徑陣列430下游，帶電粒子射束402可沿著帶電粒子射束路徑406傳播。孔徑陣列430可阻斷來自帶電粒子射束402的周邊帶電粒子以便減小庫侖效應(即，減小帶電粒子之間的互動)。孔徑陣列430可產生用於傳播複數個預形成細射束的帶電粒子射束路徑406。聚光器透鏡系統410可操控(或調整)孔徑陣列430與射束限制陣列420之間的帶電粒子射束路徑406(且藉此帶電粒子射束402)。射束限制陣列420可對帶電粒子射束路徑406塑形以形成帶電粒子多射束路徑408。在改變之粒子多射束路徑408上傳播之細射束係藉由使帶電粒子射束402的至少一部分在帶電粒子射束路徑406上通過射束限制陣列420來形成。帶電粒子射束402可傳播以沿著帶電粒子多射束路徑408形成細射束，該等細射束對應於圖2的細射束211、212、213或圖3的細射束311、312、313。

【0074】聚光器透鏡系統410可包含至少一個磁透鏡，例如兩個或兩個以上磁透鏡。磁透鏡同時控制或操控亦即沿著帶電粒子射束路徑406傳播之帶電粒子射束402的帶電粒子射束路徑406之放大率(或焦點量)及旋轉量。因此，聚光器透鏡系統410可以不同放大率設定及旋轉設定操作。如本文所使用的放大率包括小於1之因數的放大率，亦即縮小率。操控帶電粒子射束路徑406之放大率(或聚焦量)影響射束限制陣列420之平面421中帶電粒子射束路徑406的橫截面面積(且因此電荷密度)。此情形影響每單位時間通過射束限制陣列420的帶電粒子之數目，亦即傳遞電荷粒子之

速率且因此電流。帶電粒子射束402沿著帶電粒子多射束路徑408 (或沿著帶電粒子多射束路徑408之細射束)在一時刻的電荷密度可因此藉由調整聚光器透鏡系統410之放大率設置來控制。調整聚光器透鏡系統410之放大率設定可調整帶電粒子射束路徑406的放大率。聚光器透鏡系統410可經操作以控制帶電粒子多射束隨時間的電荷密度。在用於圖2或圖3之帶電粒子檢測工具200、300中時，聚光器透鏡系統410可因此用以控制探測電流。探測電流為圖2之探測光點221、222、223處或圖3之探測光點391、392、393處的電流。歸因於帶電粒子與藉由磁透鏡產生之磁場的相互作用，帶電粒子射束將在藉由聚光器透鏡系統410進行聚集/散焦同時(即，在調整放大率同時)旋轉。此情形在下文參考圖5a進行解釋。

【0075】 圖5a展示亦即藉由聚光器透鏡系統410進行操控之前孔徑陣列430之平面431中帶電粒子射束路徑406的例示性橫截面510、520、530。圖5a進一步展示亦即藉由聚光器透鏡系統410進行操控之後射束限制陣列420之平面421中相同帶電粒子射束路徑406的橫截面511、521、531。如圖5a中所展示，偏心帶電粒子射束路徑(對應於橫截面510、511及530、531)圍繞軸線404旋轉(如藉由箭頭515、535所展示)。此外，帶電粒子射束路徑406圍繞軸線404的焦點可經調整，例如縮小(如藉由箭頭517、537所展示)。一般而言，調整帶電粒子射束路徑406之焦點包括朝向軸線404上之焦點彙聚帶電粒子射束路徑406，準直帶電粒子射束路徑406，或使帶電粒子射束路徑406自軸線404上的焦點發散。圖5a中之虛線512、532僅為了說明性目的而包括，以分離地展示帶電粒子射束路徑406的旋轉及焦點。實務上，帶電粒子射束路徑406可同時經旋轉且聚焦。舉例而言，虛線519、539示意性地描繪孔徑陣列430與射束限制陣列420之

間帶電粒子射束路徑406之同時旋轉及聚焦的一個實例。中心橫截面520、521應亦圍繞軸線404旋轉，儘管此情形並非針對圖5a中描繪之圓形橫截面予以說明。中心橫截面520、521的旋轉對於圍繞軸線404並非圓形對稱之橫截面在圖5a中將為顯而易見的。

【0076】 一種類型之習知聚光器透鏡系統410可包括至少二個磁透鏡，具體而言上游磁透鏡及下游磁透鏡，如國際申請案PCT/EP2020/063829中所描述，該國際申請案關於控制構成聚光器透鏡之旋轉(或反旋轉)設定及參考孔徑陣列配置的描述特此以引用之方式併入。上游磁透鏡及下游磁透鏡可彼此獨立地控制。上游磁透鏡及下游磁透鏡可經操作以便避免孔徑陣列430之平面431與射束限制陣列420之平面421之間帶電粒子射束路徑406的旋轉。同時，聚光器透鏡系統410可啟用帶電粒子射束路徑406之放大率(或焦點量)的調整。因此，聚光器透鏡系統410習知地以單一固定反旋轉設定及不同的放大率設定操作。此情形歸因於上游磁透鏡可藉由使用下游磁透鏡反轉帶電粒子射束406之任何旋轉來達成。上游磁透鏡及下游磁透鏡可經操作以便避免孔徑陣列430與射束限制陣列420之間帶電粒子射束路徑406的任何淨旋轉。該情形為聚光器透鏡配置之反旋轉設定，且應用淨零旋轉至粒子射束路徑406。

【0077】 圖5b展示孔徑陣列430之平面431中帶電粒子射束路徑406的例示性橫截面510、520、530。圖5b進一步展示藉由以反旋轉設置操作聚光器透鏡系統410進行的操控之後的射束限制陣列420之平面421中相同帶電粒子射束路徑406的例示性橫截面511、521、531。帶電粒子射束路徑406沿著徑向路徑相對於軸線404保持。即，帶電粒子射束路徑406並不圍繞軸線404旋轉。帶電粒子射束路徑406之放大率經調整，使得平面421

中之橫截面511、521、531小於平面431中的橫截面510、520、530。平面421中之偏心橫截面511、531相較於平面431中之橫截面510、530更靠近於軸線404。帶電粒子射束路徑406之焦點因此予以調整。帶電粒子射束路徑406之放大率因此予以調整。以反旋轉設定操作聚光器透鏡系統410因此意謂在比較孔徑陣列430之平面431中且射束限制陣列420之平面421中帶電粒子射束路徑406的橫截面時不存在帶電粒子射束路徑406的旋轉。然而，可存在孔徑陣列430之平面431與射束限制陣列420之平面421之間的任何中間平面處之旋轉。

【0078】 聚光器透鏡系統410可因此在不使帶電粒子射束路徑406旋轉情況下習知地操作以調整帶電粒子射束路徑406的放大率(或焦點量)。在聚光器透鏡系統410之一類型習知操作下，孔徑陣列430之孔徑432關於射束限制陣列420的孔徑相對於軸線404 (亦即，未經旋轉)保持為徑向路徑。在沿著軸線404之平面圖中，孔徑陣列430之每一孔徑432及射束限制陣列420的各別對應孔徑422關於軸線404配置成同一角度方向。孔徑陣列430之孔徑422及射束限制陣列420的孔徑432僅在徑向位置及/或範圍上不同。此情形參考以下圖6及圖7來解釋。

【0079】 圖6示意性地展示射束限制陣列420的實例。在射束限制陣列420中界定射束限制孔徑422的陣列。射束限制孔徑係用於塑形射束限制陣列420下游的帶電粒子多射束408之路徑。射束限制孔徑422可因此例如配置成針對多射束之射束配置的任何所要圖案，亦即，其中帶電粒子多射束408之細射束將予以配置。舉例而言，射束限制陣列420陣列可為規則陣列。射束限制陣列420可為矩形、正方形或六邊形陣列。然而，射束限制孔徑422亦可配置成不規則圖案。

【0080】射束限制孔徑422形狀、大小、橫截面或間距或其任何組合可為均勻的。如本文中所使用，具有圓形孔徑之陣列的間距可被稱作兩個緊鄰孔徑之中心之間的距離。舉例而言，如圖6中所展示，射束限制孔徑422可具有圓形橫截面。然而，射束限制孔徑亦可具有正方形、三角形或橢圓形橫截面，或任何其他形狀的橫截面。射束限制孔徑422形狀、大小、橫截面或間距或其任何組合亦可為不均勻的。

【0081】圖6展示25個射束限制孔徑422的正方形陣列。然而，射束限制陣列420可包含任何其他數目個孔徑422。舉例而言，射束限制陣列420可包含4、9、16、25、36、49、64、81、100或以上個孔徑422。在一些實施例中，射束限制陣列420可包含1000個以上或甚至10000個以上的射束限制孔徑422。

【0082】圖7示意性地展示孔徑陣列430a之實例，以與聚光器透鏡系統410之反旋轉設定且圖6之射束限制陣列420一起使用。在孔徑陣列430a中界定孔徑432a之陣列。孔徑432a之陣列可自上游帶電粒子源401產生孔徑陣列430a下游的帶電粒子射束路徑406。

【0083】孔徑陣列430a包含中心450a。中心450a可與軸線404對準。孔徑陣列430a可包含中心孔徑451a。中心孔徑451a可具有與射束限制陣列420之對應中心孔徑423相同的形狀。中心孔徑451a可能具有或可能不具有與射束限制陣列420之中心孔徑423相同的尺寸。孔徑陣列430a之偏心孔徑432a可遠離孔徑陣列430a之中心404徑向延伸。孔徑432之圖案關於中心450a可為旋轉對稱的。

【0084】圖7純粹出於說明性目的以點線展示射束限制陣列420之孔徑422疊對於孔徑陣列430a上時的輪廓。藉由點線形成之圖案(且在此實例

中對應於射束限制陣列420的圖案)本文中將被稱作模板圖案。此係因為模板圖案(例如，射束限制陣列420的圖案)可形成孔徑陣列430a之圖案的基礎，亦即模板。因此，孔徑陣列430a (例如，圖案陣列)的圖案可基於模板圖案來判定。藉由恰當地修改模板圖案及疊加經修改的模板圖案，孔徑陣列430a可經產生。

【0085】 大體而言，模板圖案可經修改以便模擬不同聚光器透鏡設定。即，模板圖案可藉由改變模板圖案的旋轉及/或放大率來修改。一般而言，模板圖案可為孔徑陣列的任何圖案。較佳地，模板圖案為正方形或六邊形圖案。更佳地，模板圖案為規則圖案。模板圖案可包含圓形孔徑陣列的圖案。替代地，模板圖案可包含孔徑陣列之規則或不規則的任何圖案，其中孔徑具有任何形狀。模板圖案較佳地對應於射束限制陣列420的圖案。

【0086】 孔徑陣列430a之圖案對應於模板圖案之不同放大率的疊加。模板圖案可藉由改變放大率來修改，且經修改模板圖案可經疊加以形成孔徑陣列430a的圖案。具體而言，孔徑陣列430a之圖案對應於模板圖案在放大率之連續範圍上的疊加(或重疊)。孔徑陣列430a之圖案可藉由如下操作來產生：使模板圖案之放大率在放大率之範圍內發生變化以便產生複數個經修改模板圖案，及疊加(或重疊)經修改模板圖案。舉例而言，孔徑陣列430a之圖案可對應於以下各者之疊加i)第一(最小)放大率下的模板圖案，ii)第二(最大)放大率下的模板圖案，及iii)第一放大率與第二放大率之間的任何放大率下之模板圖案。第一放大率及第二放大率為不同放大率。在疊加經修改模板圖案中，模板圖案之中心可經對準。

【0087】 舉例而言，如圖7中所展示，偏心孔徑432a可包含具有徑

向內部部分433a及徑向外部分434a的邊緣。偏心孔徑432a可進一步包含筆直部分435a，該等筆直部分互連徑向內部部分433a與徑向外部分434a。術語「徑向內部」及「徑向外部分」此處關於孔徑陣列430a之中心450a使用。徑向內部部分433a在形狀上可對應於射束限制陣列420中對應射束限制孔徑422之邊緣的徑向內部部分。徑向外部分434在形狀上可對應於對應射束限制孔徑422之邊緣的徑向外部分。在替代性配置(其中聚光器透鏡具有量值範圍內的離散設定)中，孔徑陣列430a具有對應於射束限制陣列420之孔徑422的離散孔徑。在此配置中，徑向內部部分433a可對應於可為圓形的完整孔徑的邊緣。徑向外部分434可為孔徑之整個邊緣，該孔徑可為圓形。

【0088】 展示於圖7中之孔徑陣列430a具有兩種類型之孔徑432a、436a。此等孔徑432a中之一些展示為具有一圖案，該圖案產生帶電粒子射束路徑406，該帶電粒子射束路徑對應於射束限制陣列中的單一孔徑422。此等孔徑436a之其他孔徑形成帶電粒子射束路徑406，該等帶電粒子射束路徑對應於射束限制陣列420中的兩個或兩個以上孔徑422。在所展示之孔徑圖案430a中，孔徑436a自量值範圍上射束限制孔徑陣列420a之兩個不同孔徑之模板圖案的重疊導出。射束限制陣列420之不同孔徑為徑向內部射束限制孔徑422a及徑向外部分射束限制孔徑422b。此情形可為徑向內部射束限制孔徑422a及徑向外部分射束限制孔徑422b圍繞射束限制孔徑422之中心沿著相同角度方向定位。由於非旋轉設定與連續性量值範圍一起使用，因此存在高重疊機會。因此，針對射束限制陣列420中對應孔徑之模板圖案的疊加導出重疊之孔徑陣列中的兩個孔徑436x、436y(部分以虛線展示)。因此，孔徑陣列430a具有僅一個孔徑436a(包含上述

徑向內部部分433a、徑向外部分434a及筆直部分435a)。

【0089】孔徑432a之徑向外部分434a設定最大放大率設定，聚光器透鏡系統410可以最大放大率設定經操作以便導引來自孔徑陣列430a之帶電粒子射束路徑406以覆蓋射束限制陣列420之孔徑422。在高於此最大放大率設定之放大設定下，沿著帶電粒子射束路徑406傳播之帶電粒子射束可部分覆蓋射束限制陣列420的孔徑422。因此，射束限制陣列420之孔徑422的至少部分可未曝露至帶電粒子射束或未由帶電粒子射束照射。類似地，孔徑432a之徑向內部部分433a可設定最小放大率設定，聚光器透鏡系統410可以最小放大率設定操作以便導引來自孔徑陣列430a之帶電粒子射束路徑406以覆蓋射束限制陣列420之孔徑422。在最大放大率設定與最小放大率設定之間的範圍內之放大率設定允許聚光器透鏡系統410經操作以便導引來自孔徑陣列430a的帶電粒子射束路徑406以覆蓋射束限制陣列420的孔徑422。孔徑陣列430a因此與在放大率設定之範圍內操作的聚光器透鏡系統410相容。應注意，聚光器透鏡系統410之放大率設定可對應於用以形成孔徑陣列430a的經修改模板圖案之放大率的倒數(在對應於射束限制陣列422時)。

【0090】然而，孔徑陣列之此實施例限於單一固定零旋轉設定。應注意，在一配置中，相同圖案可以固定旋轉設定使用。在該配置中，射束限制陣列及孔徑陣列應相對於彼此旋轉達固定旋轉設定相對於零旋轉的旋轉移位。註釋：出於本發明之目的，稍後參考零旋轉設定包括固定旋轉設定，在該固定旋轉設定中，在孔徑陣列430與射束限制陣列420之間存在帶電粒子射束路徑406中的固定旋轉移位。

【0091】聚光器透鏡系統在固定零旋轉設定下之操作結合圖7之孔

徑陣列430a及圖6之射束限制陣列420允許探測電流藉由控制聚光器透鏡系統410之放大率設定來調整。然而，本發明人已發現，當此組態用於圖2或圖3之帶電粒子檢測工具200、300中時，圖2之探測光點221、222、223或圖3之探測光點391、392、393的解析度可隨著變化之放大率(且因此隨著變化之探測電流)來惡化。此情形示意性地展示於圖14中，從而展示同軸解析度(例如，以nm計)對探測電流(例如以nA計)的相依性。曲線601a、602a、603a分別展示針對聚光器透鏡系統410之單一固定旋轉設定的解析度/探測電流相依性。舉例而言，曲線601a可對應於-45度之固定旋轉，曲線602a可對應於0度的固定旋轉，且曲線603a可對應於+45度的固定旋轉。如所展示，相較於最佳解析度，解析度針對相對較大或較小探測電流(因此相對小或較大放大率)惡化。每一探測電流之最佳解析度藉由圖14中之點線曲線601b表示。相對較小或較大放大率可因此導致探測光點的顯著惡化之解析度。增大之放大率的探測射束將預期為啟用較小結構的探測；然而，增大探測射束之放大率已發現為增大可經探測的最小特徵尺寸。

【0092】 基於此觀測結果，本發明人已發現，對於聚光器透鏡系統410之放大率設定(且因此對於對應探測電流)，存在可用以達成探測光點之最佳解析度的對應旋轉。此最佳解析度示意性地藉由圖14上之曲線601b展示。藉由使用聚光器透鏡系統410恰當地控制旋轉設定及放大率設定兩者，圖14之最佳解析度曲線601b可予以遵循。因此，為了最佳化或至少改良探測光點的解析度，需要的是控制聚光器透鏡系統410而以多個旋轉設定操作(替代單一零旋轉設定)。在每一旋轉設定下，需要控制聚光器透鏡系統410而以各別放大率設定操作。

【0093】 具體而言，使用聚光器透鏡系統410沿著帶電粒子射束路徑406傳播之帶電粒子射束的放大率 M 可藉由如下數學等式來描述：

$$\text{等式I: } M \approx \frac{d_0}{d_{caa}} + \frac{L}{d_{caa}} - \frac{d_0 L \varepsilon^2}{a d_{caa}} = \alpha - \beta \varepsilon^2$$

其中 d_0 、 d_{caa} 、 L 及 a 為對應於帶電粒子系統400之幾何尺寸的常數。 d_0 為自虛擬源至聚光器透鏡系統410之主平面的距離。 d_{caa} 為虛擬源與孔徑陣列430之平面431之間的距離。 L 為聚光器透鏡系統410之主平面與射束限制陣列420之間的距離。 a 為近似聚光器透鏡系統410之焦距 f 與聚光器透鏡系統 ε 藉由關係 $f \approx a/\varepsilon^2$ 激發之間的關係之常數。 ε 為變數。 ε 對應於聚光器透鏡系統410之激發的量測。 α 及 β 為取決於帶電粒子系統400之組態的常數。

使用聚光器透鏡系統410沿著帶電粒子射束路徑406傳播之帶電粒子射束的旋轉 θ 可藉由數學等式描述：

$$\text{等式II: } \theta = \sqrt{\frac{e}{8m_e U}} \int_{z_0}^{z_1} B dz = \kappa \varepsilon$$

e 為帶電粒子射束中帶電粒子的電荷。 m_e 為帶電粒子的質量。 U 為沿著帶電粒子射束路徑406傳播之帶電粒子射束402的能量。藉由聚光器透鏡系統410產生之磁場沿著軸線404具有座標 z_0 與 z_1 之間的效應。 B 為藉由聚光器透鏡系統410產生之磁場的磁通量密度。 κ 因此為取決於帶電粒子系統400之組態的常數。

【0094】 此等洞察允許孔徑陣列430基於現有射束限制陣列420設計，其中孔徑陣列430允許聚光器透鏡系統410之操作以便在放大率設定範圍之較大範圍上達成最佳(或實質上最佳)解析度。實質上，最佳解析度本文中可理解為意謂在藉由控制僅聚光器透鏡系統410 (亦即，不調整帶電粒子系統400之任何其他組件)可達成之解析度之理論最佳值的20%內、

較佳10%內、更佳5%內的任何解析度。孔徑陣列430可經設計以允許沿著帶電粒子射束路徑406傳播之帶電粒子射束的同時旋轉 θ 及放大率 M (根據以上等式)。同步旋轉 θ 及放大率 M 可針對 ε 的範圍，亦即針對聚光器透鏡系統410之不同激發值的範圍達成。孔徑陣列430經設計，使得射束限制陣列420之每一射束限制孔徑422位於帶電粒子射束路徑406上。此意謂射束限制孔徑422經充分曝露至沿著帶電粒子射束路徑406傳播之帶電粒子細射束或藉由該等帶電粒子細射束照射。

【0095】 圖8示意性地展示可用以達成最佳或實質上最佳解析度之孔徑陣列430b的實例。孔徑陣列430b可與聚光器透鏡系統410一起使用，該聚光器透鏡系統經組態以根據以上等式用於同時放大率 M 及旋轉 θ 。孔徑陣列430b可關於圖6所描述與射束限制陣列420一起使用。在孔徑陣列430b中界定孔徑432b之陣列。孔徑陣列432b可自上游帶電粒子源401產生孔徑陣列430b下游的帶電粒子射束路徑406。

【0096】 孔徑陣列430b包含中心450b。孔徑陣列430b可包含中心孔徑451b。中心孔徑451b可與中心450b對準。中心450b可與帶電粒子系統400中之軸線404對準。

【0097】 如圖8中所展示，孔徑陣列430b之偏心孔徑432b可經彎曲。偏心孔徑432b可隨著自孔徑陣列430b之中心450b的移位增大來加寬。孔徑432b延伸以不同方式自圖7之孔徑陣列430a的孔徑432a徑向朝外延伸。此係因為孔徑432b在使帶電粒子射束路徑406之放大率連續地變化同時經塑形用於帶電粒子射束路徑406的連續可變旋轉。圖8展示順時針方向上彎曲的孔徑432b。替代地，孔徑432b可在逆時針方向上彎曲。孔徑432b之彎曲的方向可取決於聚光器透鏡系統410之組態；具體言之，孔

徑432b之彎曲方向可藉由帶電粒子射束路徑406通過聚光器透鏡系統410的淨旋轉方向來判定。在一些情形下，孔徑432b在某旋轉/放大率設定下為了最佳解析度可為筆直的。

【0098】 孔徑陣列430b之圖案可因此對應於藉由模板圖案之同時旋轉及放大率形成的經修改模板圖案之疊加。經修改模板圖案可藉由模板圖案通過旋轉及放大率之連續範圍的同時旋轉及放大率來形成。旋轉及放大率可係取決於彼此。旋轉及放大率可滿足數學等式I及II。模板圖案之疊加可導出重疊之孔徑陣列中的多個縫隙432x、432y、432z (部分以虛線展示)。因此，孔徑陣列430b可具有對應於模板圖案中之多個孔徑(且因此射束限制陣列420中的多個孔徑)的孔徑432b。若旋轉及放大率位置之僅某些組合必須經滿足，則具有藉由縫隙432x、432y、432z界定之區域的適當位置處之一系列離散開口可滿足。舉例而言，此情形藉由虛線圓指示。

【0099】 本發明人已發現，圖8之孔徑陣列430b可難以製造。鄰近孔徑432b之間的距離可極小。孔徑經界定之材料對於製造可為小的且具挑戰性的，該材料可被稱為孔徑之間的連接。孔徑432b之彎曲形式添加增大位準的複雜度。孔徑陣列430b可顯現不充分的熱調節效能。熱藉由帶電粒子射束402與孔徑陣列430b的相互作用來產生。具有很少材料連接的複合圖案可使得熱例如自其中心傳導熱遠離孔徑陣列430b為具有挑戰性的。舉例而言，歸因於帶電粒子多射束之射束配置中增大數目個細射束408，此等缺陷可隨著孔徑陣列430b中孔徑432b的數目增大而增大。

【0100】 圖9至圖11展示至少部分地解決孔徑陣列430b之此等缺陷的孔徑陣列430。此等孔徑陣列430與聚光器透鏡系統410以多個旋轉設定的操作相容；此情形替代參考圖5b及圖7所描述之簡單零旋轉設定或參考

圖8所描述之連續變化的旋轉。

【0101】 聚光器透鏡系統410可因此經組態而以不同旋轉設定，亦即例如為兩個或兩個以上之多個旋轉設定中的一者來選擇性地操作。不同旋轉設定可為預定或預設數目個旋轉設定，具體而言離散及不同的旋轉設定。不同旋轉設定可界定孔徑陣列430與射束限制陣列420之間的不同帶電粒子射束路徑406，或具體而言帶電粒子射束路徑406的不同範圍。孔徑陣列420之孔徑432經組態而使得在聚光器透鏡系統410之旋轉設定下，射束限制陣列420之所有射束限制孔徑422位於孔徑陣列430下游的帶電粒子射束路徑406上。射束限制孔徑422可因此經曝露至沿著帶電粒子射束路徑406傳播之帶電粒子射束402或藉由該帶電粒子射束照射。

【0102】 在不同旋轉設定中之一或多者下(較佳地全部)，孔徑陣列430之孔徑432界定自孔徑陣列430至射束限制陣列420的射束路徑406。所界定射束路徑406可經組態以提供射束限制陣列420下游的實質上最佳解析度。

【0103】 聚光器透鏡系統410之主平面為沿著軸線404可移動的。針對不同旋轉設定中之至少一個，較佳全部，聚光器透鏡系統410之主平面相較於射束限制陣列420更靠近於孔徑陣列430定位。與使用圖7及圖8之配置的孔徑陣列430a、430b時相比較，聚光器透鏡系統之主平面的位置相對於更靠近於孔徑陣列移動。本發明人已發現，朝向孔徑陣列430移動聚光器透鏡系統410之主平面在一些情境下可改良探測光點的解析度。替代地或另外，對於聚光器透鏡系統410之一些旋轉/放大率設定，替代地可為有益的是朝向射束限制孔徑移動主平面。

【0104】 圖9示意性地展示與以不同旋轉設定操作之聚光器透鏡系

統410一起使用的孔徑陣列430c之實例。孔徑陣列430c可供與關於圖6所描述之射束限制陣列420一起使用。孔徑陣列430c可包含中心450c。孔徑陣列430c可包含中心孔徑451c。中心孔徑451c可與中心450c對準。中心450c可與帶電粒子系統400中之軸線404對準。

【0105】 孔徑陣列430c包含孔徑432c的圖案。圖案可包含不同放大率下且對應不同旋轉下模板圖案(關於圖7所描述)的疊加或由該疊加組成：。不同放大率中之每一者可包含放大率的單值。不同旋轉設定中之每一者可包含對應簡單旋轉值。

【0106】 舉例而言，模板圖案對應於關於圖6描述的射束限制陣列420。此情形展示於圖9a至圖9e中。具體而言，孔徑432c之圖案可包含以下各者之疊加或由該疊加組成：i)圍繞中心450c之第一旋轉設定(或第一旋轉)下且第一放大率設定(或第一放大率)下的模板圖案440c (參見圖9a)；ii)圍繞中心450c之第二旋轉設定(或第二旋轉)下且第二放大率(或第二放大率設定)下的模板圖案441c (參見圖9b)；iii)視需要另一各別旋轉(另一旋轉設定)及另一各別放大率(其他放大率設定)下的其他模板圖案442c、443c (參見圖9c及圖9d)。圖9e展示具有圖案之孔徑陣列430c，該圖案包含圖9a至圖9d之第一、第二及另一旋轉/放大率模板圖案440c、441c、442c、443c的疊加或由該疊加組成。在所描繪之實例中，展示於不同模板圖案之間的不同相對旋轉設定為：-45、-22.5、0及22.5度。圖9a至圖9e之實例係基於對應於圖6之射束限制陣列420的模板圖案，該模板圖案中界定圓形射束限制孔徑422的規則(5×5)陣列。舉例而言，當孔徑陣列430c將與其他射束限制陣列420一起使用時，孔徑陣列430c之設計針對其他模板圖案將改變。孔徑陣列430c可由任何模板圖案之不同旋轉及放

大率的疊加(即，射束限制孔徑420之任何設計)構建。模板孔徑陣列可為任何孔徑陣列，較佳為正方形或六邊形陣列，更佳為規則陣列，更佳為圓形孔徑陣列。

【0107】孔徑陣列430c中之孔徑432c可具有或包含與射束限制陣列420中之對應孔徑422相同的形狀。如圖9e中所展示，疊加模板圖案中的一些可重疊。即，孔徑陣列430c中之孔徑432c可包含兩個或兩個以上不同模板圖案之數個部分的疊加。舉例而言，孔徑陣列430c中之孔徑460c對應於模板圖案440c、441c、443c中之三者的重疊。孔徑陣列430c之中心孔徑451c可通常經塑形以對應於最大放大率下射束限制陣列430的中心孔徑422。

【0108】對應於上述經修改模板圖案中每一者的放大率及旋轉可對應於放大率 M 及對應旋轉 θ (例如，為放大率 M 及對應旋轉的倒數)。聚光器透鏡系統410之不同對的旋轉設定及放大率設定可因此經組態以在射束限制陣列下游，例如在樣本上之探測光點處達成大體上最佳解析度。聚光器透鏡系統410之數對旋轉設定及放大率設定可滿足上文關於圖8描述之放大率 M 及旋轉 θ 的等式I及II。因此，圖9e之孔徑陣列430c的孔徑432c可係在將對應於圖8之孔徑陣列432b之圖案中之彎曲孔徑432b的位置處。孔徑432c之此類定位可改良或最佳化射束限制陣列420下游帶電粒子多射束408的解析度。

【0109】圖9e之孔徑陣列430c及操作如關於圖9e所描述之聚光器透鏡系統410的方式因此可允許相較於關於圖7描述之組態在不同放大率下的改良之解析度。舉例而言，圖14展示對應於聚光器透鏡陣列410之四個不同旋轉/放大率設定的四個點601c、602c、603c、604c。每一旋轉/放大

率設定導致獨特探測電流及探測解析度。四個點601c、602c、603c、604c位於對應於最佳解析度的曲線601b上，該最佳解析度可針對每一探測電流達成。圖9e之孔徑陣列430c相較於圖8之孔徑陣列430b，尤其而言對於與增大數目個細射束一起使用的陣列更易於製造。熱調節效能可相對於圖8之孔徑陣列430b來改良。藉由帶電粒子射束402與孔徑陣列之間的相互作用產生之熱可藉由孔徑之間的材料來傳導。相對於存在於圖8之孔徑陣列430b中之材料的較大數量之材料可更易於傳導熱遠離孔徑陣列430c，例如遠離孔徑陣列430c之中心。

【0110】 然而，孔徑陣列430c允許聚光器透鏡系統410僅在有限數目個離散放大率設定下的操作。此情形限制聚光器透鏡系統410之放大率設定之調整以控制探測電流的能力。參考圖14之實例，探測電流可設定為四個離散值，但並非在探測電流的連續範圍內。

【0111】 圖10示意性地展示與以多個旋轉設定操作之聚光器透鏡系統410一起使用之孔徑陣列430d的實例。旋轉設定之數目可為兩個或兩個以上。孔徑陣列430c可與關於圖6所描述之射束限制陣列420一起使用。相較於圖9之孔徑陣列430c，圖10之孔徑陣列430d可使用聚光器透鏡系統410提供探測電流的改良之控制。探測電流之改良的控制藉由在不同旋轉設定下啟用放大率設定範圍之子範圍上的放大率設定之變化來達成。舉例而言，圖14之曲線601d展示可藉由結合圖10之孔徑陣列430d操作聚光器透鏡系統410可達成的探測解析度/探測電流關係。如圖所示，探測解析度可維持為靠近於曲線601b之最佳探測解析度，而同時允許在探測電流之範圍內的探測電流之調整。

【0112】 孔徑陣列430d可包含中心450d。孔徑陣列430d可包含中心

孔徑451d。中心孔徑451d可與中心450d對準，亦即中心孔徑451d之中心可與中心450d一致。中心450d可與帶電粒子系統400中之軸線404對準。

【0113】孔徑陣列430d包含孔徑432d的圖案。孔徑432d之圖案可包含關於圖7描述之孔徑432a之不同圖案的疊加，其中不同圖案中之每一者在旋轉且放大率範圍上不同。圖11a至圖11c示意性地展示如關於圖7所描述的三個例示性孔徑陣列。然而，三個孔徑陣列以不同相對旋轉設定來設定。如所描畫，所有孔徑設定為遠離零旋轉設定。作為孔徑陣列之孔徑圖案之組件可被稱為圖11a至圖11c之圖案陣列440d、441d、442d的三個不同孔徑圖案適宜於特定固定旋轉設定下的不同放大率範圍。不同孔徑圖案440d、441d、442d為相對於中心450d之固定旋轉下放大率之不同範圍上模板圖案的疊加。不同孔徑陣列440d、441d、442d的放大率範圍為較大範圍的子範圍。即，子範圍為獨特且分開的；子範圍為非連續的，非接續的且不重疊的。舉例而言，圖11a展示圖案陣列，該圖案陣列為自7.2至8.2之放大率子範圍上-25度之旋轉下模板圖案的疊加440d。圖11b展示為自5.5至6.9之放大率子範圍上+20度之旋轉下模板圖案之疊加441d的圖案陣列。圖11c展示自3.3至5.5之放大率子範圍上+65度之旋轉下模板圖案之疊加442d的圖案陣列。

【0114】圖10之孔徑陣列430d中孔徑432d的圖案包含圖11a至圖11c之圖案陣列440d、441d、442d的疊加，或由該疊加組成。大體而言，圖10之孔徑432d的圖案包含如下各者之疊加或由如下各者之疊加組成：i)為圍繞中心450d之第一旋轉下放大率之第一子範圍上連續的模板圖案之疊加的第一圖案陣列440d，及ii)為圍繞中心450d之第二旋轉下第二放大率子範圍上連續的模板圖案之疊加的第二圖案陣列441d。視需要，

孔徑圖案可為包括另一圖案陣列442d的孔徑圖案之疊加，該另一圖案陣列為圍繞中心450d之其他旋轉下其他放大率子範圍上連續之模板圖案的疊加。孔徑陣列430d可為與需要一樣多之圖案陣列的疊加，每一圖案陣列為圍繞中心450d之對應旋轉設定下放大率之子範圍上模板圖案的疊加。

【0115】較佳地，第一放大率子範圍、第二放大率子範圍且視需要一或多個其他放大率子範圍為獨特的。該等放大率子範圍為隔開的；亦即其並不重疊。此情形可減小界定孔徑432d之孔徑陣列430d之表面的比例。因此，孔徑432d之間的材料之區域可增大。孔徑陣列430d可更易於製造(尤其對於較大陣列)且展現改良之熱調節效能；遠離孔徑陣列430d之中心450d之熱傳遞的速率可被增大。替代地，可存在第一放大率子範圍、第二放大率子範圍及/或另一放大率子範圍之間的重疊。在並非所有放大率範圍情況下，第一放大率子範圍、第二放大率子範圍及/或另一放大率子範圍亦可彼此鄰接，例如至少為接續的，以便覆蓋放大率範圍的較大主張(proposition)。

【0116】較佳地，第一旋轉、第二旋轉且視需要其他旋轉以旋轉方式偏移隔開45度或60度。45度之旋轉偏移可利用由正方形模板圖案構建之孔徑陣列430a的固有旋轉對稱性。此類旋轉偏移可因此確保，具有不同旋轉之模板圖案重疊。孔徑陣列430d之單一孔徑432d可因此對應於不同旋轉設定下射束限制陣列420的不同孔徑422。在放大率範圍(亦即，探測電流之範圍)上，解析度可針對孔徑陣列經設計針對的儘可能多之旋轉最佳化。類似地，60度之旋轉偏移可利用由六邊形模板圖案構建之孔徑陣列430a的固有旋轉對稱性(例如，當孔徑陣列430d結合六邊形射束限制陣列

420使用時)。此情形在放大率設定範圍(亦即，探測電流範圍)上可具有相同益處；每一旋轉設定具有放大率設定子範圍，該子範圍的至少部分針對改良之解析度最佳化。

【0117】 第一旋轉、第二旋轉且視需要一或多個其他旋轉亦可以旋轉方式偏移達45度的倍數(例如，90度或135度等)或者60度的倍數(例如，120度)。第一旋轉、第二旋轉且視需要另一旋轉亦可以旋轉方式偏移達反正切的角度($1/n$)，其中 n 是整數。舉例而言，旋轉偏移可為22.5度。諸如針對六邊形射束配置之第一旋轉、第二旋轉且視需要其他旋轉可以旋轉方式偏移達60度之分率，諸如30度或15度的角度。然而，較小旋轉偏移可減低相鄰孔徑432d之間的距離，且因此可使得孔徑陣列430d之製造更困難及/或不利地影響自孔徑陣列430d之中心450d的熱轉移。

【0118】 另外或替代地，不同旋轉設定可不同於彼此達不均勻旋轉偏移，例如任何所選擇值的旋轉偏移。

【0119】 第一圖案陣列440d、第二圖案陣列441d且視需要其他圖案陣列442d可各自自關於圖10描述之模板圖案導出。因此，第一孔徑圖案440d、第二孔徑圖案441d且視需要另一孔徑圖案442d中的每一者在併入孔徑陣列430中時可提供樣本處，例如射束限制陣列420下游探測射束之大體上最佳解析度。一般而言，第一孔徑圖案440d、第二孔徑圖案441d且視需要另一孔徑圖案442d可各自包含滿足上述數學等式I及II的一對旋轉及放大率設定。該對旋轉及放大率設定可因此對於每一各別孔徑圖案達成探測光點的大體上最佳解析度。

【0120】 如圖10中所展示，孔徑432d之圖案可包含複數個狹長縫隙(作為偏心孔徑432d)。狹長縫隙遠離中心450d，視需要遠離中心孔徑

451d徑向延伸。狹長縫隙徑向遠離中心孔徑451d定位。狹長縫隙經漸縮，使得其遠離中心加寬。因此，狹長縫隙隨著自中心孔徑451d的移位加寬。界定狹長縫隙的不同孔徑圖案440d、441d、442d相對於彼此以45度之角度定向(例如，當孔徑陣列430d與正方形射束限制孔徑420一起使用時)。由於狹長孔徑在其他孔徑圖案中可具有對應孔徑，因此等對應孔徑可彼此偏移達45度。替代地，狹長縫隙屬於之不同孔徑圖案可相對於彼此以60度的角度定向(例如，當孔徑陣列430d經調適用於與具有針對六邊形射束配置之孔徑圖案的射束限制孔徑一起使用時)。不同旋轉設定下來自孔徑圖案之對應狹長縫隙亦可相對於彼此以其他角度，例如以上文關於不同旋轉設定(例如，第一旋轉、第二旋轉及其他旋轉)描述的角度中之任一者定向。孔徑陣列430d之孔徑圖案可具有2重摺疊(例如，在基於平行四邊形模板圖案時)、4重摺疊(例如，當基於正方形模板圖案時)或6重摺疊(例如，當基於六邊形模板圖案時)之倍數的旋轉對稱性。

【0121】 孔徑陣列430d可用作參考圖4所描述之帶電粒子系統400中的孔徑陣列430。

【0122】 聚光器透鏡系統410可經組態而以多個旋轉設定中的一者來選擇性地操作。旋轉設定之數目為兩個或兩個以上。多個旋轉設定可為預定集合之離散旋轉設定(例如，如參考圖11a至圖11c所描述的-25度、20度及65度，或替代地-45度、0度、+45度)。聚光器透鏡系統410可以例如對應於關於圖10描述之第一旋轉、第二旋轉及其他旋轉的多個預設旋轉而選擇性地旋轉帶電粒子射束路徑406。每一旋轉設定可界定孔徑陣列430d與射束限制陣列420之間的射束路徑之不同範圍。因此，對於聚光器透鏡系統410之每一旋轉設定，射束限制陣列420之射束限制孔徑422係在孔徑

陣列430d下游的帶電粒子射束路徑406上。

【0123】 聚光器透鏡系統410可經組態以針對每一旋轉設定在各別放大率子範圍內調整帶電粒子射束路徑406的放大率。因此，聚光器透鏡系統410可針對每一旋轉設定在放大率設定的子範圍內操作。每一旋轉設定之放大率設定子範圍可為關於圖10描述之第一旋轉、第二旋轉或其他旋轉的第一放大率子範圍、第二放大率子範圍或其他放大率子範圍的倒數。因此，聚光器透鏡系統410可經組態而以特定旋轉設定在對應子範圍內可變地調整放大率設定。孔徑陣列430d之孔徑432d經組態而使得在具有放大率子範圍的放大率設定及對應旋轉設定下，射束限制陣列420之射束限制孔徑422皆在帶電粒子射束路徑406上。

【0124】 在射束旋轉設定下，對於放大率之(較佳地整個)各別子範圍，孔徑陣列430d之孔徑432d經組態而使得射束限制陣列420之每一射束限制孔徑422位於帶電粒子射束路徑上。因此，對於放大率設定之全部子範圍且在對應旋轉設定下，所有射束限制孔徑422可曝露至沿著帶電粒子射束路徑406傳播之帶電粒子射束402或由該帶電粒子射束402照射。

【0125】 孔徑陣列430d之孔徑432d可界定帶電粒子射束路徑406，該等帶電粒子射束路徑經組態以在旋轉設定之至少一者，較佳全部上在射束限制陣列下游提供實質上最佳解析度(亦即，實質上探測光點的最佳解析度)。孔徑陣列430之孔徑432d可針對滿足關於圖8描述之等式I及II的至少一對旋轉 θ 及放大率M啟用。

【0126】 較佳地，孔徑陣列430d之孔徑432d中的至少兩者界定多個旋轉設定中多者的帶電粒子射束路徑406。因此，孔徑432d中的至少兩者(例如，中心孔徑451d及至少一個偏心孔徑432d)可藉由不同旋轉設定共

用。舉例而言，偏心孔徑432d可界定第一旋轉設定下至射束限制陣列420之對應孔徑422的帶電粒子射束路徑406。同一偏心孔徑432d可在第二旋轉設定下界定至射束限制陣列420之不同孔徑422的帶電粒子射束路徑406。因此，兩個或兩個以上孔徑432d各自在不同旋轉設定下可因此界定自孔徑陣列430d至射束限制陣列420的對應帶電粒子射束路徑406。

【0127】 較佳地，多個旋轉設定包括(較佳地僅包括)不同於關於圖7描述之零旋轉設定的旋轉設定。本發明人已發現，使用聚光器透鏡系統410提供至少某旋轉(並非為零的旋轉設定)可允許探測光點的改良之解析度。旋轉設定可遍及較佳旋轉範圍分佈。舉例而言，多個射束旋轉設定可包括-25度、20度及65度的旋轉，如同圖11a至圖11c的實例中一般，且可能不包括0度的旋轉。

【0128】 如上文所述，聚光器透鏡系統410可經組態以在使用圖10之孔徑陣列430d時以多個旋轉設定中之一者選擇性地操作。在結合聚光器透鏡系統410使用圖7之孔徑陣列430a的不同實施例中，聚光器透鏡可以不同旋轉設定來選擇性地操作。因此，圖7之孔徑陣列430a可在多個旋轉設定下而非固定旋轉設定(諸如零旋轉設定)下使用。此係因為孔徑陣列430a顯現固有之90度的對稱性。使孔徑陣列430a旋轉90度將產生等同於非旋轉孔徑陣列430a的圖案。聚光器透鏡系統410可因此使用圖7之孔徑陣列430a以多個旋轉設定中的一者(例如，以0度且90度旋轉，或以-45及+45度旋轉)操作。

【0129】 描繪於圖10中之孔徑陣列430d與圖6之射束限制陣列420，亦即與5×5正方形陣列相容。描繪於圖10中之孔徑陣列430d包含5×5正方形模板圖案的疊加。本文中所述之概念可經延伸以產生與任何其他射束限

制陣列420相容的孔徑陣列430。舉例而言，圖12示意性地展示孔徑陣列430e之實例，該孔徑陣列與9×9正方形射束限制陣列420相容且允許三個不同旋轉設定(例如，在-25度、+20度及+65度)下聚光器透鏡系統的使用。

【0130】 圖13示意性地展示孔徑陣列430f之實例，該孔徑陣列與六邊形陣列相容，且允許在三個不同旋轉設定(例如，-60度、0度及+60度)下聚光器透鏡系統的使用。孔徑陣列430f之設計利用六邊形孔徑陣列的固有之60度對稱性。使孔徑陣列430f旋轉60度將產生等同於無旋轉下孔徑陣列430f之圖案之圖案。因此，孔徑陣列430f可與聚光器透鏡系統410一起使用，該聚光器透鏡系統以自彼此偏移60度的多個旋轉設定操作。

【0131】 亦可提供一種操作帶電粒子系統400的方法。帶電粒子系統400包含界定孔徑432c、432d之陣列的孔徑陣列430c、430d。帶電粒子系統400進一步包含射束限制陣列420。射束限制陣列420配置於孔徑陣列430d下游。在射束限制陣列420中界定射束限制孔徑422的陣列。聚光器透鏡系統410配置於孔徑陣列430c、430d與射束限制陣列420之間。方法包含使帶電粒子射束402通過孔徑陣列430d的孔徑432d。方法進一步包含以兩個或兩個以上不同旋轉設定操作聚光器透鏡系統410。每一旋轉設定界定孔徑陣列430d與射束限制陣列420之間的不同帶電粒子射束路徑406。對於每一旋轉設定，方法包括導引帶電粒子通過射束限制陣列420自孔徑陣列430d通過射束限制孔徑422中的每一者。射束限制孔徑422中之每一者可充分曝露至帶電粒子射束路徑406，或藉由該等帶電粒子射束路徑照射。

【0132】 聚光器透鏡系統可進一步經操作以在兩個或兩個以上不同

旋轉設定中之每一者下使放大率設定在放大率設定之各別子範圍內發生變化，該放大率設定可應用於帶電粒子射束路徑406。關於不同旋轉設定之放大率設定的子範圍可為獨特的；即並不重疊。對於子範圍內之每一放大率設定且對於各別旋轉設定，方法可包括導引帶電粒子自孔徑陣列430d通過射束限制陣列420之射束限制孔徑422中的每一者。因此，此類導引可包含導引帶電粒子通過聚光器透鏡。

【0133】 儘管已結合各種實施例描述本發明，但自本說明書之考量及本文中揭示之本發明之實踐，本發明之其他實施例對於熟習此項技術者將為顯而易見。意欲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藉由以下申請專利範圍指示。貫穿此說明書對檢測之參考亦意欲指量測，亦即度量衡應用。以下條項描述本發明之實施例。

【0134】 1. 一種用於沿著一帶電粒子多射束路徑產生一帶電粒子多射束的帶電粒子系統，該帶電粒子系統包含：界定孔徑之一陣列所在的一孔徑陣列，孔徑之該陣列經組態以在該孔徑陣列下游自一上游帶電粒子源產生帶電粒子路徑；

一射束限制陣列，其配置於該孔徑陣列下游且其中界定用於對該帶電粒子多射束路徑進行塑形的射束限制孔徑之一陣列，配置於該孔徑陣列與該射束限制陣列之間的一聚光器透鏡系統，其中該聚光器透鏡系統經組態而以多個旋轉設定中的一者操作，旋轉設定之該數目為兩個或兩個以上，每一旋轉設定界定該孔徑陣列與該射束限制陣列之間的一不同範圍之射束路徑；其中該孔徑陣列之該等孔徑經組態而使得在該聚光器透鏡系統之每一旋轉設定下，該射束限制陣列之每一射束限制孔徑位於該孔徑陣列下游的一帶電粒子射束路徑上。

【0135】 2. 如條項1之帶電粒子系統，其中自該孔徑陣列至該射束限制陣列之該等帶電粒子射束路徑係取決於應用於該孔徑陣列與該射束限制陣列之間的該等帶電粒子射束路徑的放大率。

【0136】 3. 如條項1或2之帶電粒子系統，其中自該孔徑陣列至該射束限制陣列的該等帶電粒子射束路徑係取決於應用於該孔徑陣列與該射束限制陣列之間的該等帶電粒子射束路徑的該旋轉。

【0137】 4. 如前述條項中任一項之帶電粒子系統，其中自該孔徑陣列至該射束限制陣列之該等帶電粒子射束路徑係取決於應用於該孔徑陣列與該射束限制陣列之間的該等帶電粒子射束路徑之該旋轉及放大率，其中該放大率及旋轉係取決於彼此。

【0138】 5. 如條項4之帶電粒子系統，其中該放大率及旋轉係取決於彼此以便達成該射束限制孔徑下游之該帶電粒子多射束的大體上最佳解析度。

【0139】 6. 如前述條項中任一項之帶電粒子系統，其中該孔徑陣列之該等孔徑中的至少兩個界定自該孔徑陣列至該射束限制陣列的針對多個旋轉設定中之多者的射束路徑。

【0140】 7. 如前述條項中任一項之帶電粒子系統，其中該聚光器透鏡系統經組態以在每一旋轉設定之各別放大率子範圍內調整帶電粒子射束路徑的放大率。

【0141】 8. 如條項7之帶電粒子系統，其中該孔徑陣列之該等孔徑經組態使得在每一放大率子範圍的每一放大率下，該射束限制陣列之每一射束限制孔徑在對應於各別放大率子範圍之該旋轉設定下位於自孔徑陣列至射束限制陣列的一帶電粒子射束路徑上。

【0142】 9. 如前述條項中任一項之帶電粒子系統，其中該孔徑陣列之該等孔徑形成一圖案，該圖案包含複數個狹長縫隙及一可選中心孔徑。

【0143】 10. 如條項9之帶電粒子系統，其中該等狹長縫隙遠離該孔徑陣列之一中心徑向延伸，視需要其中該中心與該中心孔徑對準。

【0144】 11. 如條項9或10之帶電粒子系統，其中該等狹長縫隙經漸縮，使得其遠離該中心進一步加寬，視需要進一步遠離該中心孔徑加寬，較佳地其中該等狹長縫隙隨著距該中心孔徑的移位加寬。

【0145】 12. 如條項9至11中任一項之帶電粒子系統，其中該圖案包含以下各者之一疊加：圍繞該中心之一第一旋轉且一第一放大率下的一模板圖案，及圍繞該中心之一第二旋轉及一第二放大率下的該模板圖案。

【0146】 13. 如條項12之帶電粒子系統，其中：該第一放大率包含圍繞該中心之該第一旋轉下的放大率的一第一子範圍，且該第二放大率包含圍繞該中心之該第二旋轉下的放大率的一第二子範圍。

【0147】 14. 如條項13之帶電粒子系統，其中放大率之第一子範圍、放大率的第二子範圍且視需要放大率的一或多個其他子範圍隔開，較佳地相較於接續範圍進一步隔開。

【0148】 15. 如條項12至14中任一項之帶電粒子系統，其中該模板圖案包含孔徑之一正方形或六邊形圖案，較佳為一規則圖案，更佳為圓形孔徑的一圖案。

【0149】 16. 如條項12至15中任一項之帶電粒子系統，其中第一旋轉、第二旋轉且視需要其他旋轉以可旋轉方式偏移達45度或60度。

【0150】 17. 如條項9至16中任一項之帶電粒子系統，其中圖案具有

為2或4或6重摺疊之倍數的旋轉對稱性。

【0151】 18. 如前述條項中任一項之帶電粒子系統，其中多個旋轉設定包含相對於彼此45度的旋轉偏移。

【0152】 19. 如前述條項中任一項之帶電粒子系統，其中該多個旋轉設定包含相對於彼此60度的旋轉偏移。

【0153】 20. 如前述條項中任一項之帶電粒子系統，其中在該等旋轉設定下，該聚光器透鏡系統經組態以調整帶電粒子射束路徑的放大率為一組預定義放大率中一者，其中每一對旋轉設定及對應放大率經組態以在射束限制孔徑下游達成大體上最佳解析度。

【0154】 21. 如前述條項中任一項之帶電粒子系統，其中孔徑陣列中之每一孔徑具有與射束限制陣列中之對應孔徑相同的形狀。

【0155】 22. 如前述條項中任一項之帶電粒子系統，其中在射束限制陣列中界定射束限制孔徑之一陣列，較佳地界定射束限制孔徑之矩形或六邊形陣列，更佳地界定規則陣列。

【0156】 23. 如前述條項中任一項之帶電粒子系統，其中聚光器透鏡系統包含磁透鏡，較佳地包含至少兩個磁透鏡。

【0157】 24. 如前述條項中任一項之帶電粒子系統，其中多個可選擇旋轉設定包括不同於零旋轉設定的旋轉設定，較佳所有旋轉設定不同於零旋轉設定。

【0158】 25. 一種孔徑陣列，該孔徑陣列包含一中心及孔徑的一圖案，其中該圖案包含以下各者之一疊加：圍繞該中心之一第一旋轉且一第一放大率下的一模板圖案，及圍繞該中心之一第二旋轉及一第二放大率下的該模板圖案。

【0159】 26. 如條項25之孔徑陣列，其中：該第一放大率包含圍繞該中心之該第一旋轉下放大率的一第一子範圍，且該第二放大率包含圍繞該中心之該第二旋轉下放大率的一第二子範圍。

【0160】 27. 如條項26之孔徑陣列，其中放大率之第一子範圍、放大率的第二子範圍且視需要放大率的一或多個其他子範圍隔開，較佳地相較於接續範圍進一步隔開。

【0161】 28. 如條項25之孔徑陣列，其中：該第一放大率包含單一放大率值，且第二放大率包含單一放大率值。

【0162】 29. 如條項25至28中任一項之孔徑陣列，其中該疊加進一步包含另外在圍繞中心之一或多個其他旋轉下且一或多個其他各別放大率下的模板圖案。

【0163】 30. 如條項25至29中任一項之孔徑陣列，其中該模板圖案包含孔徑之一正方形或六邊形圖案，較佳地包含一規則圖案，更佳地包含圓形孔徑圖案。

【0164】 31. 如條項25至30中任一項之孔徑陣列，其中每對i)第一旋轉及第一放大率，ii)第二旋轉及第二放大率，iii)視需要各別其他旋轉及其他放大率為彼此的函數。

【0165】 32. 如條項31之孔徑陣列，其中該函數滿足數學等式 $M = \alpha - \beta \varepsilon^2$ 且 $\theta = \kappa \varepsilon$ ，其中M對應於放大率， θ 對應於旋轉，且 α 、 β 及 κ 為常數且 ε 為變數。

【0166】 33. 如條項25至32中任一項之孔徑陣列，其中第一旋轉、第二旋轉且視需要至少其他旋轉以旋轉方式偏移達45度或60度。

【0167】 34. 一種用於條項1至24中任一項之帶電粒子系統中的孔徑

陣列。

【0168】 35. 一種帶電粒子工具，其包含：如任一前述條項之帶電粒子系統或包含如任一前述條項之孔徑陣列的帶電粒子系統，其中帶電粒子系統經組態以沿著帶電粒子多射束路徑產生帶電粒子多射束，且帶電粒子投影系統經組態以沿著帶電粒子多射束路徑將帶電粒子多射束導引至樣本上。

【0169】 36. 一種操作一帶電粒子系統的方法，該帶電粒子系統包含界定孔徑之一陣列所在的孔徑陣列、配置於孔徑陣列下游且其中界定射束限制孔徑之一陣列的射束限制陣列，及配置於該孔徑陣列與該射束限制陣列之間的一聚光器透鏡系統，該方法包含：使帶電粒子射束通過孔徑陣列的孔徑；以兩個或兩個以上不同旋轉設定操作聚光器透鏡，每一旋轉設定界定孔徑陣列與射束限制陣列之間的不同射束路徑；及對於每一旋轉設定，導引帶電粒子自孔徑陣列通過射束限制陣列中射束限制孔徑中的每一者。

【0170】 37. 如條項36之方法，其進一步包含以兩個或兩個以上不同旋轉設定中的每一者、以在放大率設定之各別子範圍內的可變放大率設定操作聚光器透鏡系統，對於在放大率設定之子範圍內的放大率設定且以各別旋轉設定，導引帶電粒子自孔徑陣列通過射束限制陣列之射束限制孔徑中的每一者。

【0171】 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的是，可在不脫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】

【0172】

- 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:帶電粒子工具
- 50:控制器
- 100:帶電粒子射束檢測設備
- 200:帶電粒子檢測工具/多射束檢測工具
- 201:電子源
- 202:初級電子束
- 203:初級射束交越
- 204:初級光電軸線
- 207:樣本固持器
- 208:樣本
- 209:機動載物台
- 210:聚光器透鏡
- 211:初級子射束
- 212:初級子射束/離軸子射束
- 213:初級子射束/離軸子射束
- 220:源轉換單元
- 221:探測光點

222:探測光點
223:探測光點
230:初級投影系統
231:物鏡
232:偏轉掃描單元
233:射束分離器
240:關聯電子偵測裝置
241:偵測元件/偵測區
242:偵測元件/偵測區
243:偵測元件/偵測區
250:次級投影系統
251:次級光電軸線
261:次級電子束
262:次級電子束
263:次級電子束
271:槍孔徑板
300:例示性多射束工具
301:電子源
301S:源交越
302:初級電子束
304:初級電子光軸
308:樣本
310:聚光器透鏡

- 311:子射束
- 312:子射束
- 313:子射束
- 320:源轉換單元
- 321:射束限制陣列
- 322:影像形成元件陣列
 - 322_1:微偏轉器
 - 322_2:微偏轉器
 - 322_3:微偏轉器
- 323:預彎曲微偏轉器陣列
 - 323_1:預彎曲微偏轉器
 - 323_2:預彎曲微偏轉器
 - 323_3:預彎曲微偏轉器
- 324:像差補償器陣列
- 331:物鏡
- 372:預子射束形成孔徑陣列/庫侖孔徑陣列
- 391:探測光點
- 392:探測光點
- 393:探測光點
- 400:帶電粒子系統
 - 401:帶電粒子源
 - 402:帶電粒子射束
 - 404:軸線

406:帶電粒子射束路徑
408:帶電粒子多射束路徑
410:聚光器透鏡系統
420:射束限制陣列/射束限制孔徑
421:平面
422:對應孔徑
422a:徑向內部射束限制孔徑
422b:徑向外部射束限制孔徑
423:中心孔徑
430:孔徑陣列/庫侖孔徑陣列
430a:孔徑陣列
430b:孔徑陣列
430c:孔徑陣列
430d:孔徑陣列
430e:孔徑陣列
430f:孔徑陣列
431:平面
432:孔徑
432a:孔徑
432b:孔徑
432c:孔徑
432d:孔徑
432x:縫隙

432y:縫隙
432z:縫隙
433a:徑向內部部分
434a:徑向外部部分
435a:筆直部分
436a:孔徑
436x:孔徑
436y:孔徑
440c:模板圖案
440d:圖案陣列
441c:模板圖案
441d:圖案陣列
442c:模板圖案
442d:圖案陣列
443c:模板圖案
450a:中心
450b:中心
450c:中心
450d:中心
451a:中心孔徑
451b:中心孔徑
451c:中心孔徑
451d:中心孔徑
460c:孔徑
510:例示性橫截面

511:橫截面

512:虛線

515:箭頭

517:箭頭

519:虛線

520:例示性橫截面

521:橫截面

530:例示性橫截面

531:橫截面

532:虛線

535:箭頭

537:箭頭

539:虛線

601a:曲線

601b:曲線

601c:點

601d:曲線

602a:曲線

602c:點

603a:曲線

603c:點

604c:點

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種用於沿著一帶電粒子多射束路徑產生一帶電粒子多射束的帶電粒子系統，該帶電粒子系統包含：

界定孔徑之一陣列的一孔徑陣列，孔徑之該陣列經組態以在該孔徑陣列下游(downbeam)自一上游(upbeam)帶電粒子源產生帶電粒子路徑；

一射束限制陣列，其配置於該孔徑陣列下游且其中界定用於對該帶電粒子多射束路徑進行塑形的射束限制孔徑之一陣列，

配置於該孔徑陣列與該射束限制陣列之間的一聚光器透鏡系統，其中該聚光器透鏡系統經組態而以數個(a number of)旋轉設定中的一者選擇性操作，該數個旋轉設定之數目為兩個或兩個以上，每一旋轉設定界定該孔徑陣列與該射束限制陣列之間的射束路徑之一不同範圍；

其中該孔徑陣列之該等孔徑經組態而使得在該聚光器透鏡系統之每一旋轉設定下，該射束限制陣列之每一射束限制孔徑位於該孔徑陣列下游的一帶電粒子射束路徑上。

【請求項2】

如請求項1之帶電粒子系統，其中自該孔徑陣列至該射束限制陣列之該等帶電粒子射束路徑係取決於應用於該孔徑陣列與該射束限制陣列之間的該等帶電粒子射束路徑的放大率。

【請求項3】

如請求項1或2之帶電粒子系統，其中自該孔徑陣列至該射束限制陣列的該等帶電粒子射束路徑係取決於應用於該孔徑陣列與該射束限制陣列之間的該等帶電粒子射束路徑的旋轉。

【請求項4】

如請求項1或2之帶電粒子系統，其中自該孔徑陣列至該射束限制陣列之該等帶電粒子射束路徑係取決於應用於該孔徑陣列與該射束限制陣列之間的該等帶電粒子射束路徑之旋轉及放大率，其中該放大率及該旋轉係取決於彼此。

【請求項5】

如請求項1或2之帶電粒子系統，其中該孔徑陣列之該等孔徑中的至少兩者針對該數個旋轉設定中之多者界定自該孔徑陣列至該射束限制陣列的射束路徑。

【請求項6】

如請求項1或2之帶電粒子系統，其中該聚光器透鏡系統經組態以在關於該數個旋轉設定之每一者之一各別放大率子範圍內調整該等帶電粒子射束路徑之該放大率。

【請求項7】

如請求項1或2之帶電粒子系統，其中該孔徑陣列之該等孔徑形成一圖案，該圖案包含複數個狹長縫隙及一可選中心孔徑。

【請求項8】

如請求項7之帶電粒子系統，其中該等狹長狹縫遠離該孔徑陣列之一中心徑向延伸。

【請求項9】

如請求項8之帶電粒子系統，其中該圖案包含以下各者之一疊加：
圍繞該中心之一第一旋轉及一第一放大率下的一模板圖案，及
圍繞該中心之一第二旋轉及一第二放大率下的該模板圖案。

【請求項10】

如請求項9之帶電粒子系統，其中：

該第一放大率包含在圍繞該中心之該第一旋轉下的放大率的一第一子範圍，且

該第二放大率包含在圍繞該中心之該第二旋轉下的放大率的一第二子範圍。

【請求項11】

如請求項9之帶電粒子系統，其中該模板圖案包含孔徑之一正方形或六邊形圖案。

【請求項12】

如請求項1或2之帶電粒子系統，其中該數個旋轉設定包含相對於彼此45度的旋轉偏移或相對於彼此60度的旋轉偏移。

【請求項13】

如請求項1或2之帶電粒子系統，其中該孔徑陣列中之每一孔徑具有與該射束限制陣列中之一對應孔徑相同的形狀。

【請求項14】

如請求項1或2之帶電粒子系統，其中該數個可選擇旋轉設定包括不同於一零旋轉設定的旋轉設定。

【請求項15】

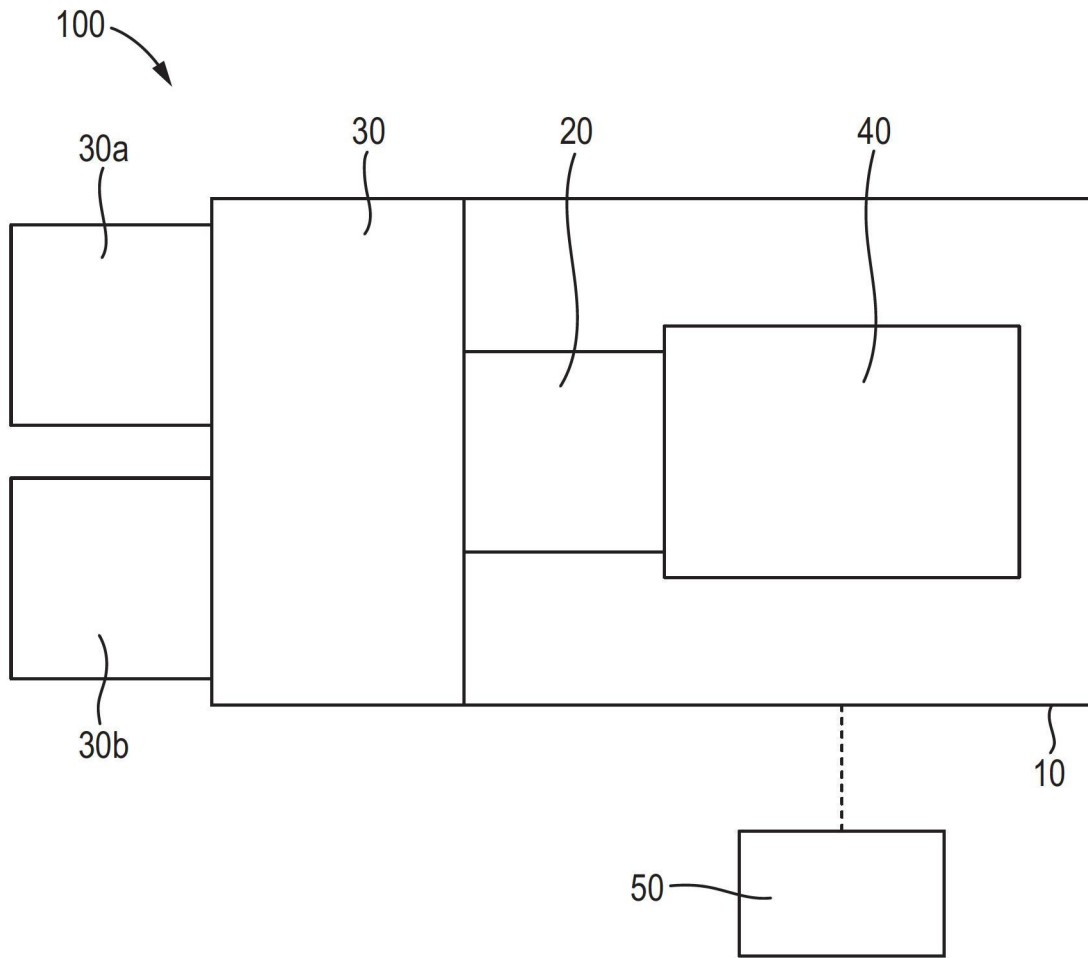
一種操作一帶電粒子系統的方法，該帶電粒子系統包含界定孔徑之一陣列的一孔徑陣列、配置於該孔徑陣列下游且其中界定射束限制孔徑之一陣列的一射束限制陣列，及配置於該孔徑陣列與該射束限制陣列之間的一聚光器透鏡系統，該方法包含：

使一帶電粒子射束通過該孔徑陣列之該等孔徑；

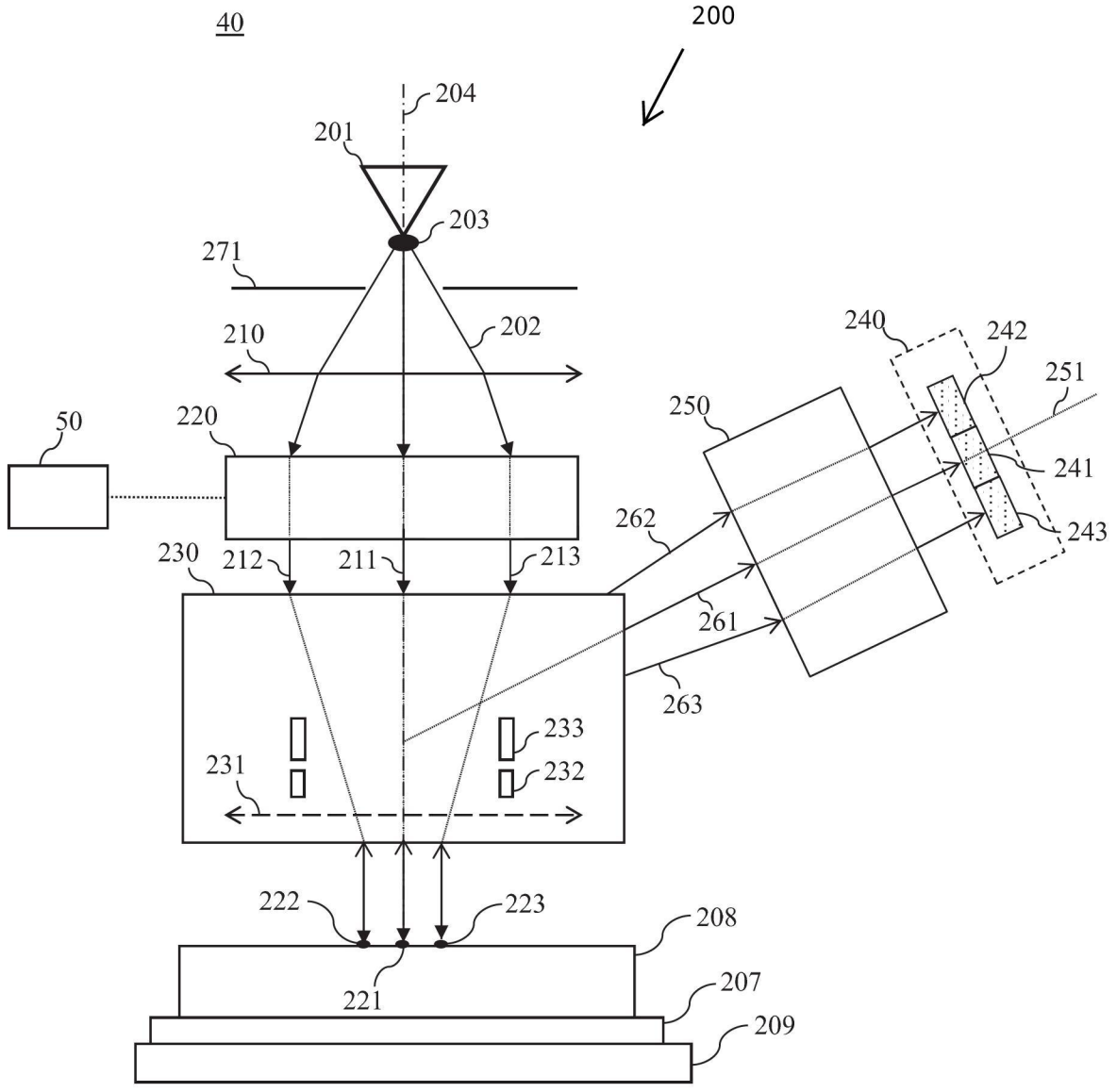
以兩個或兩個以上不同旋轉設定操作該聚光器透鏡系統，該兩個或兩個以上不同旋轉設定之每一者界定該孔徑陣列與該射束限制陣列之間的一不同射束路徑；及

對於該兩個或兩個以上不同旋轉設定之每一者，將該帶電粒子射束自該孔徑陣列導引通過該射束限制陣列的該等射束限制孔徑中之每一者。

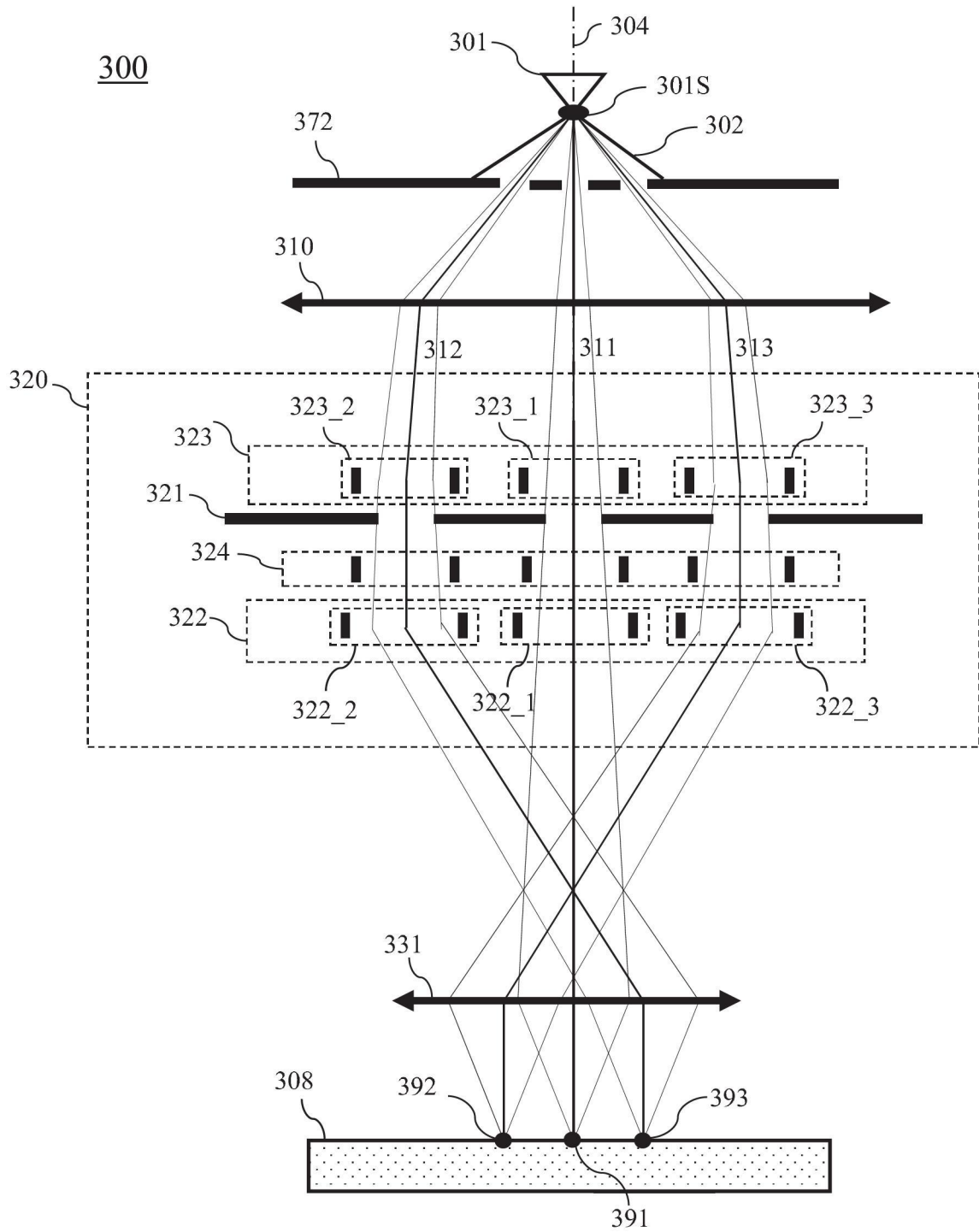
【發明圖式】



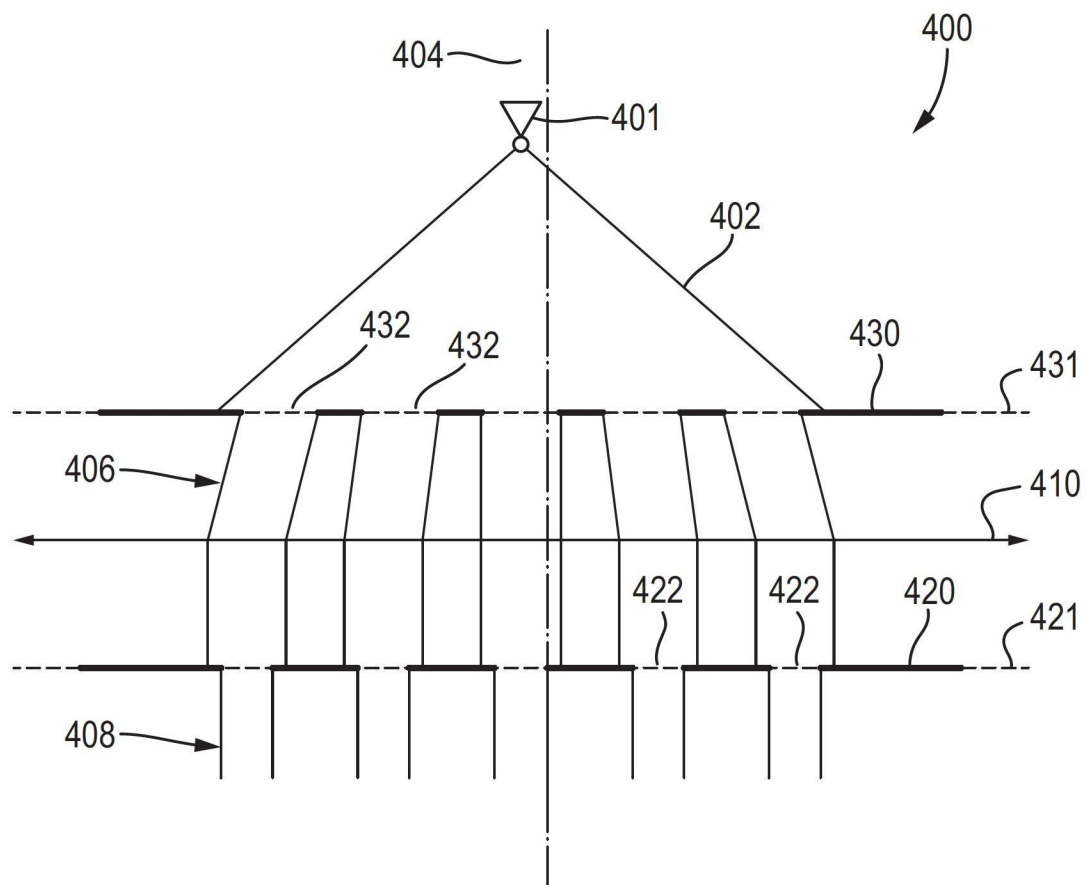
【圖1】



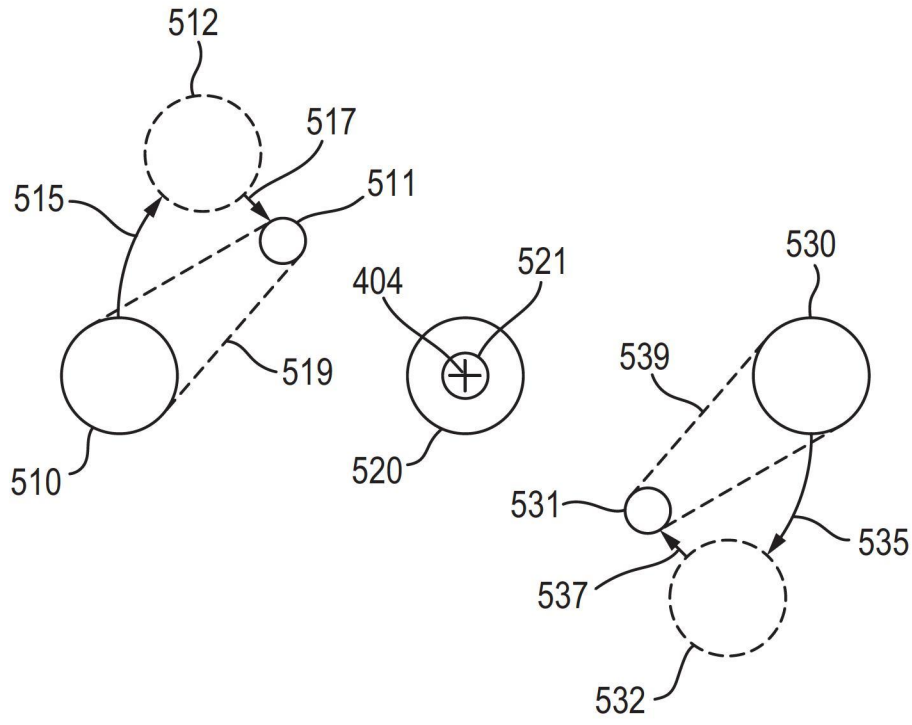
【圖2】



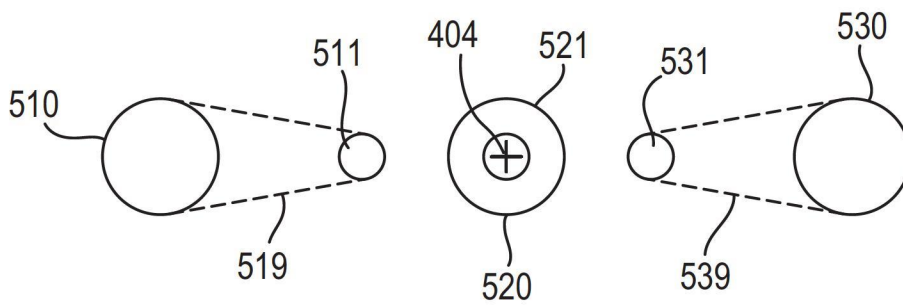
【圖3】



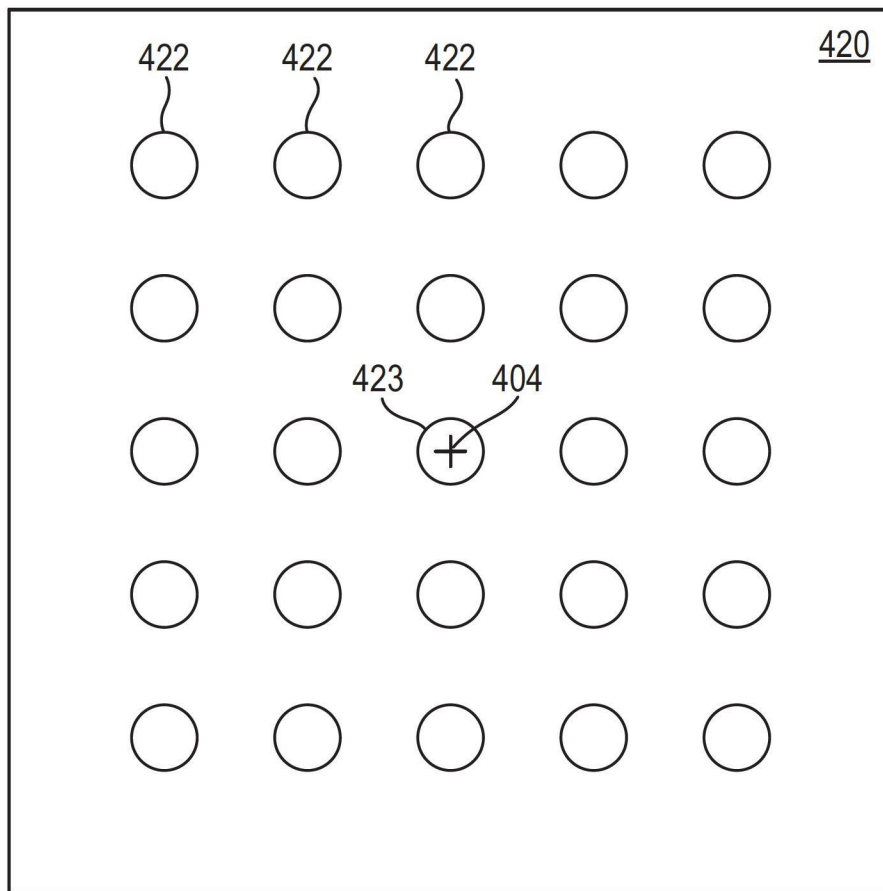
【圖4】



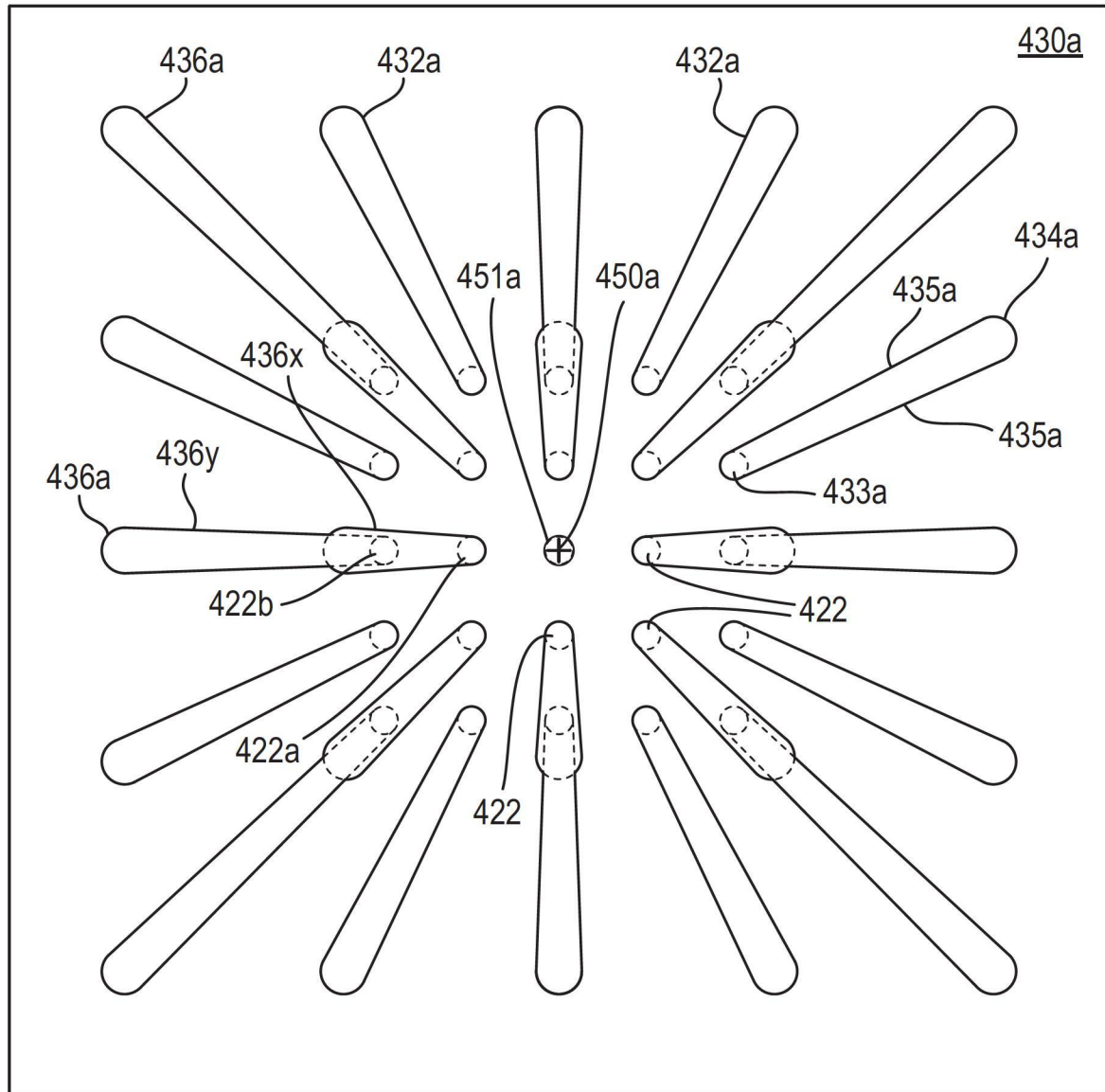
【圖5a】



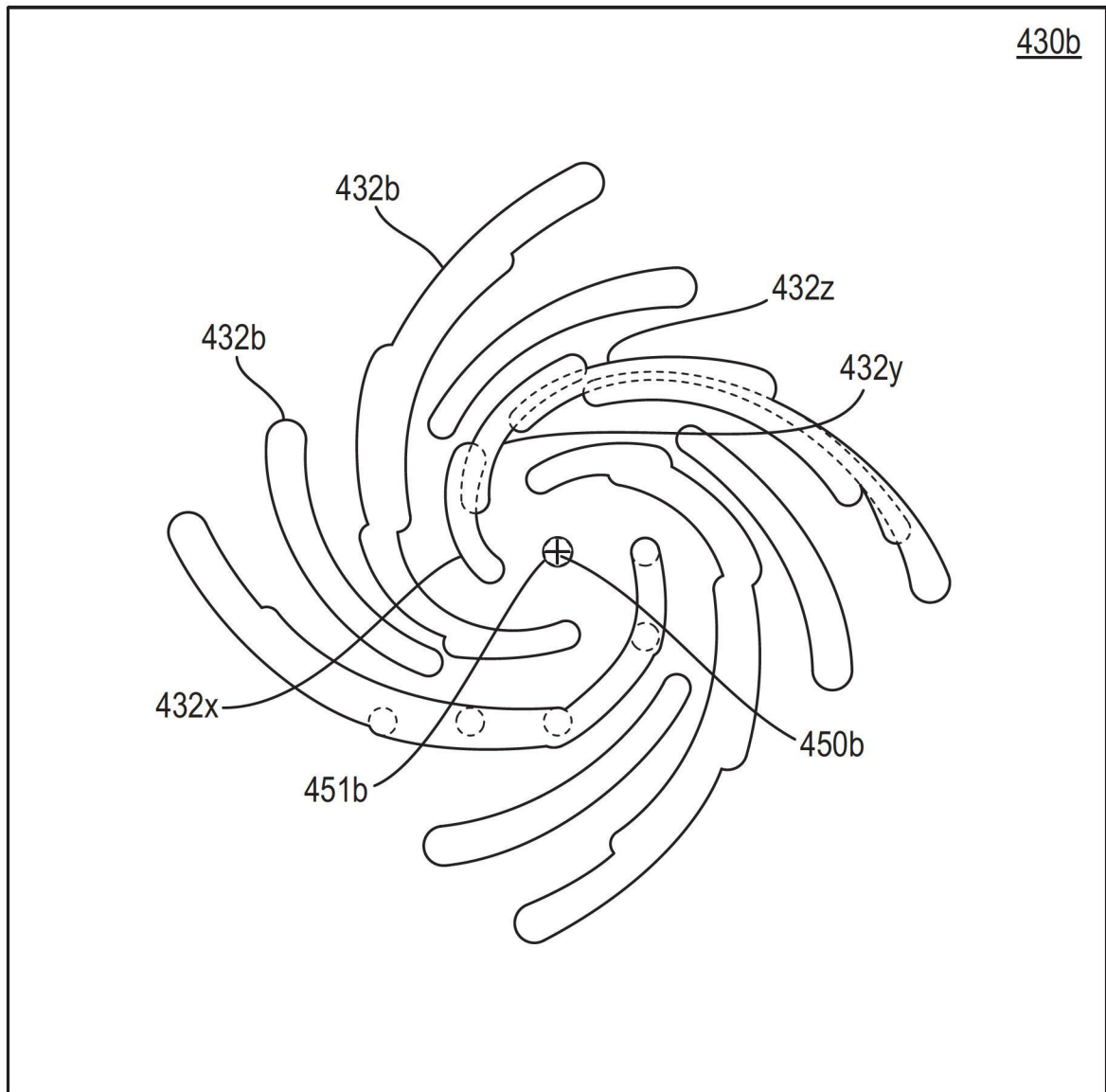
【圖5b】



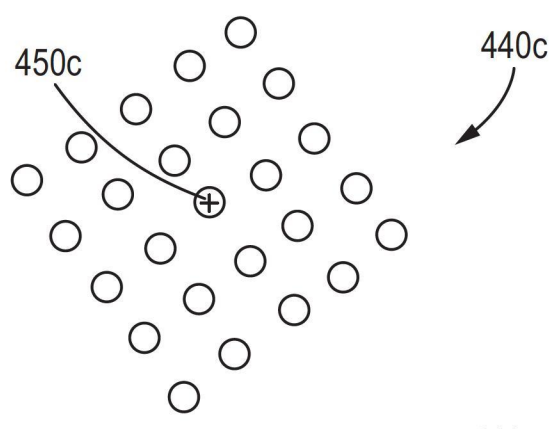
【圖6】



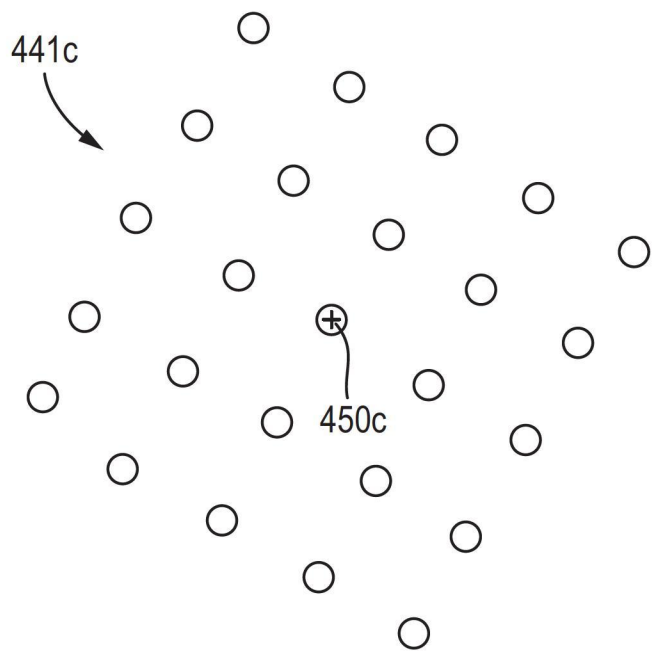
【圖7】



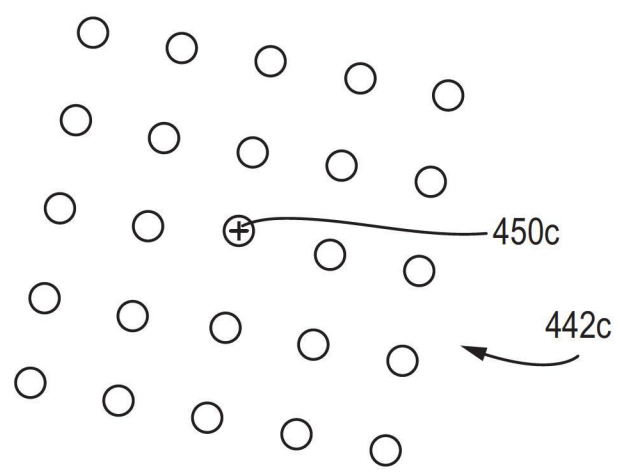
【圖8】



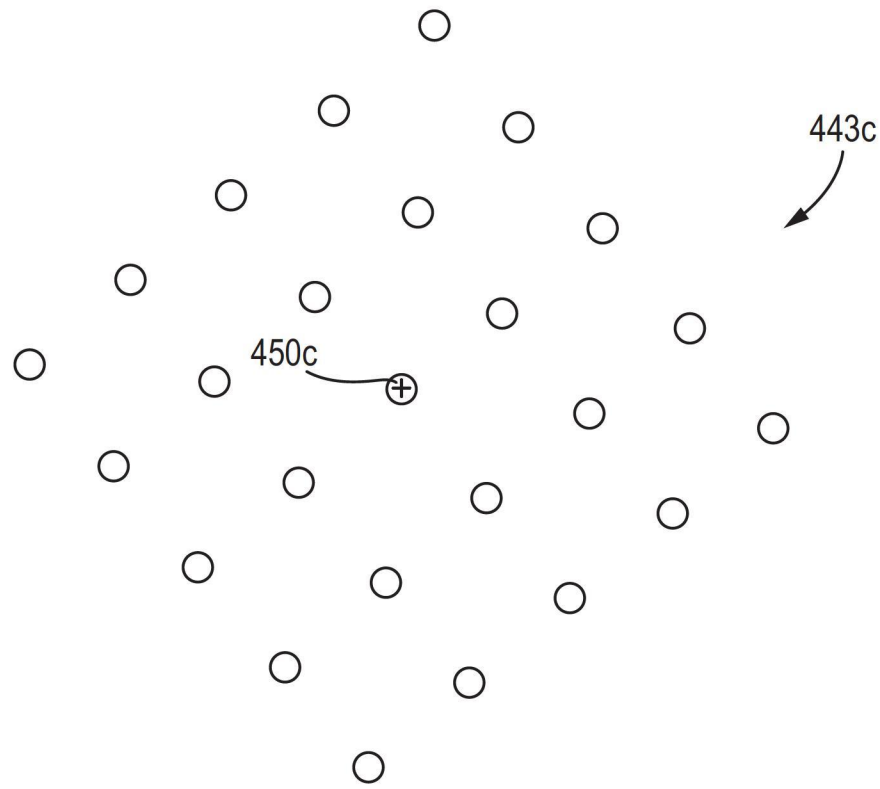
【圖9a】



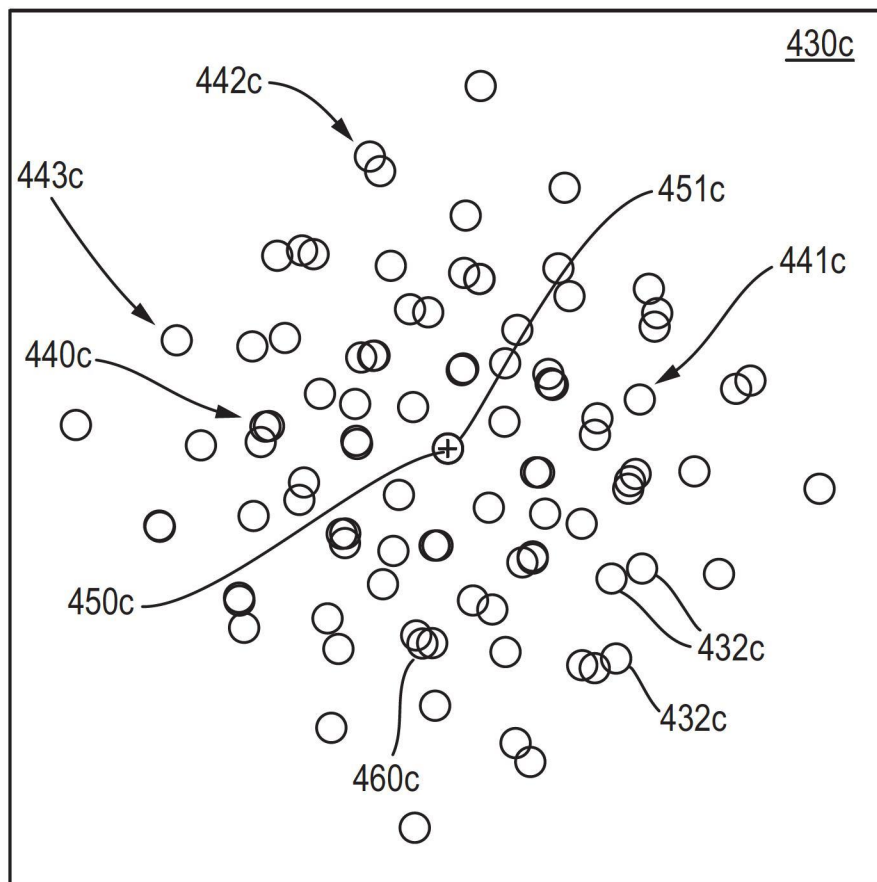
【圖9b】



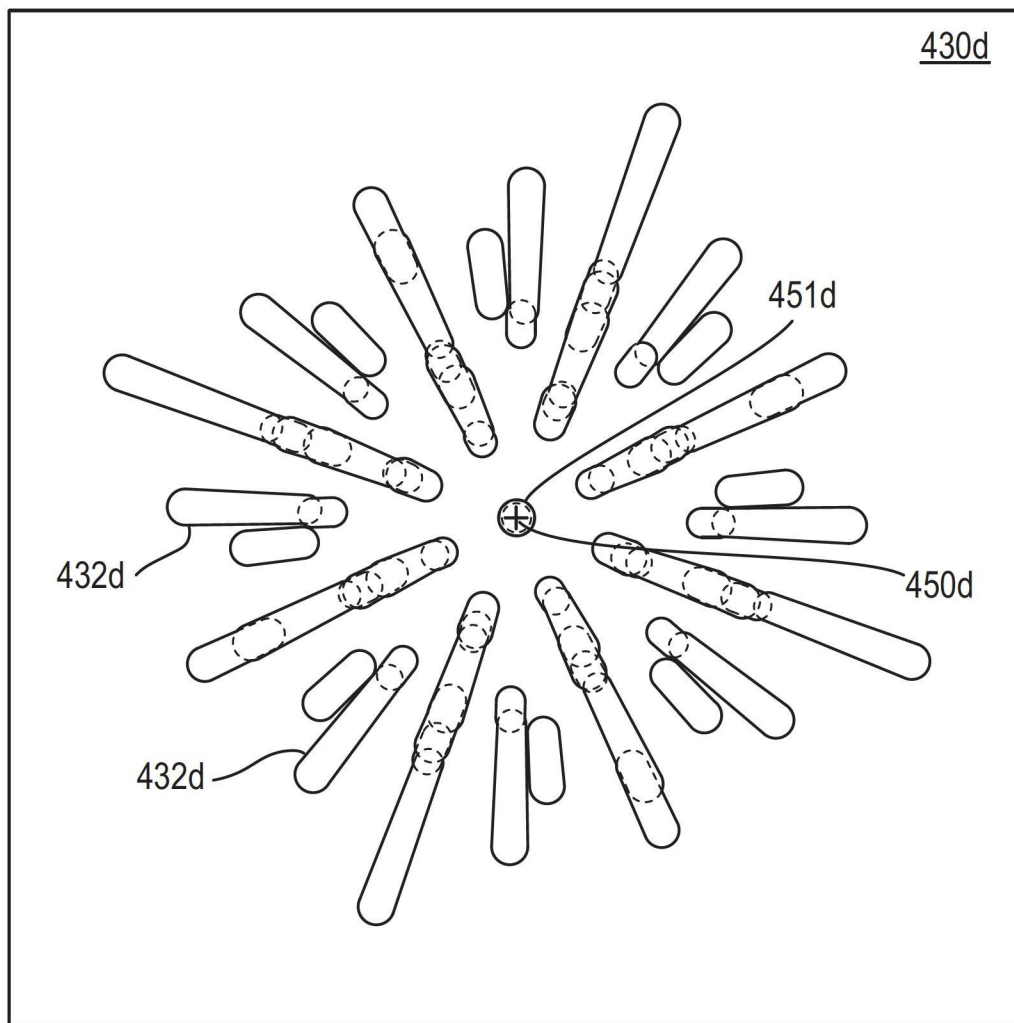
【圖9c】



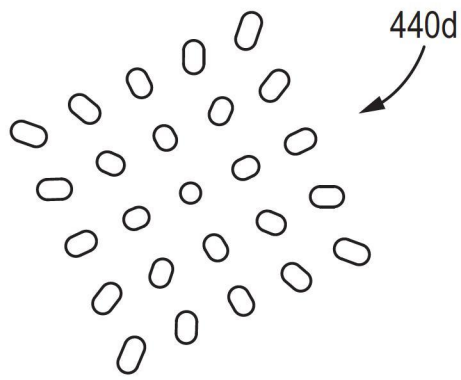
【圖9d】



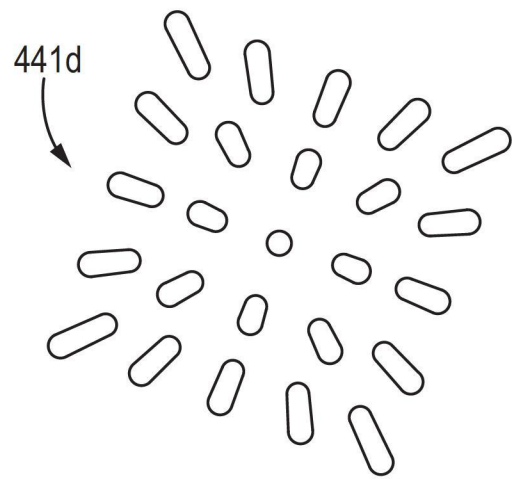
【圖9e】



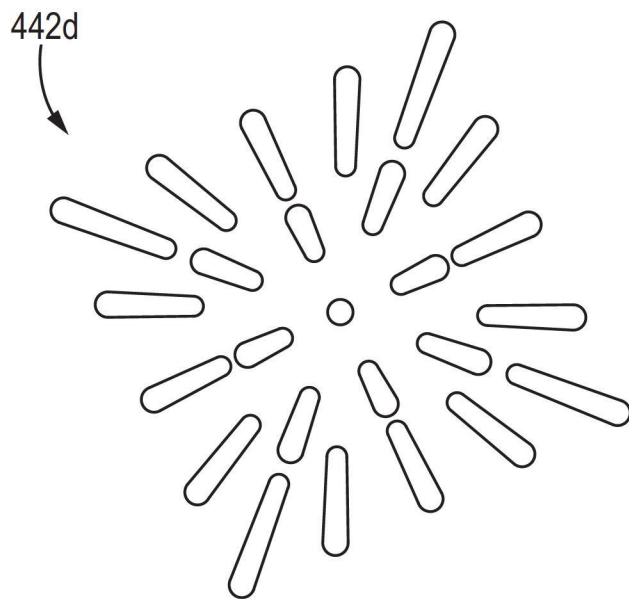
【圖10】



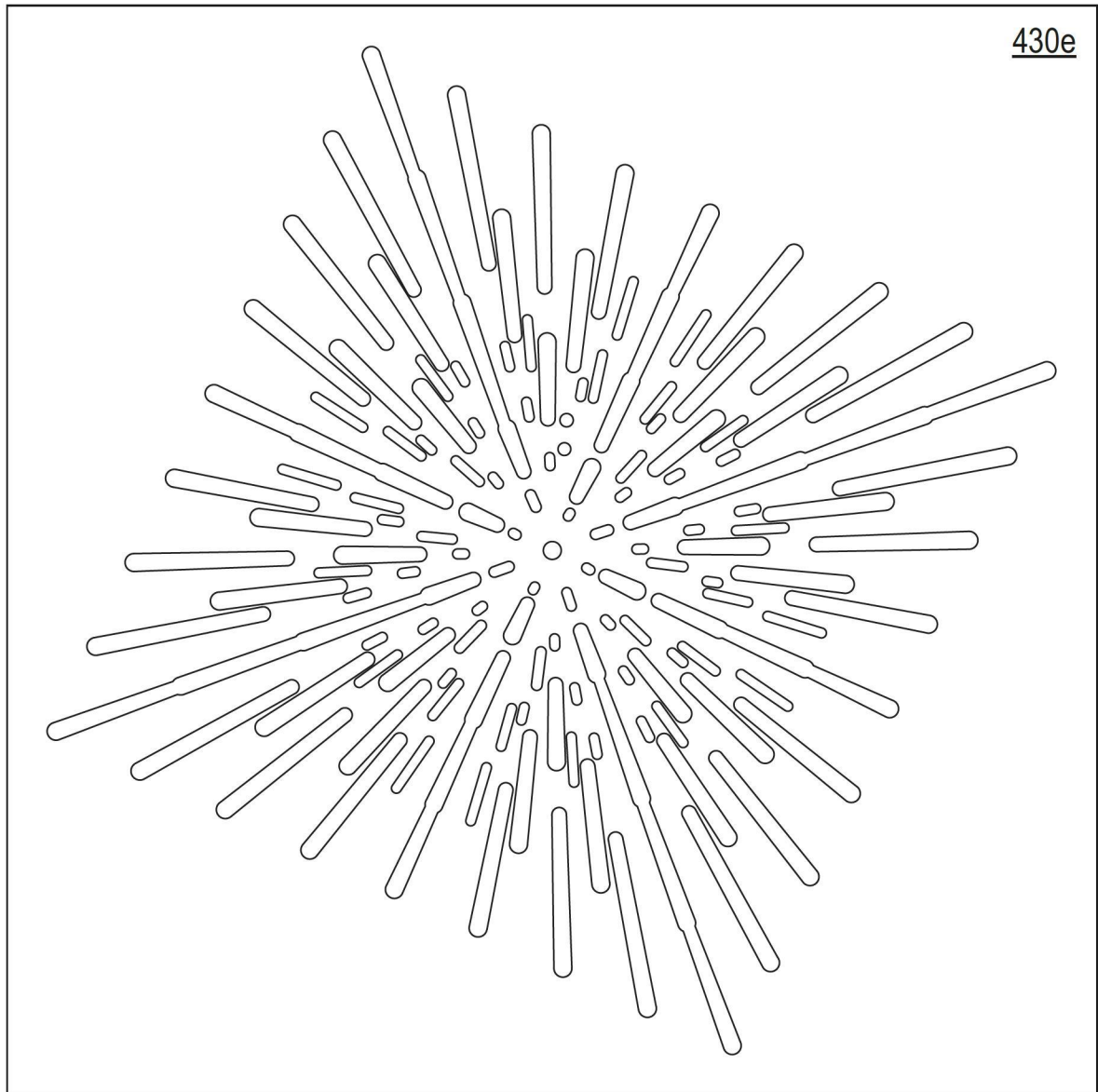
【圖11a】



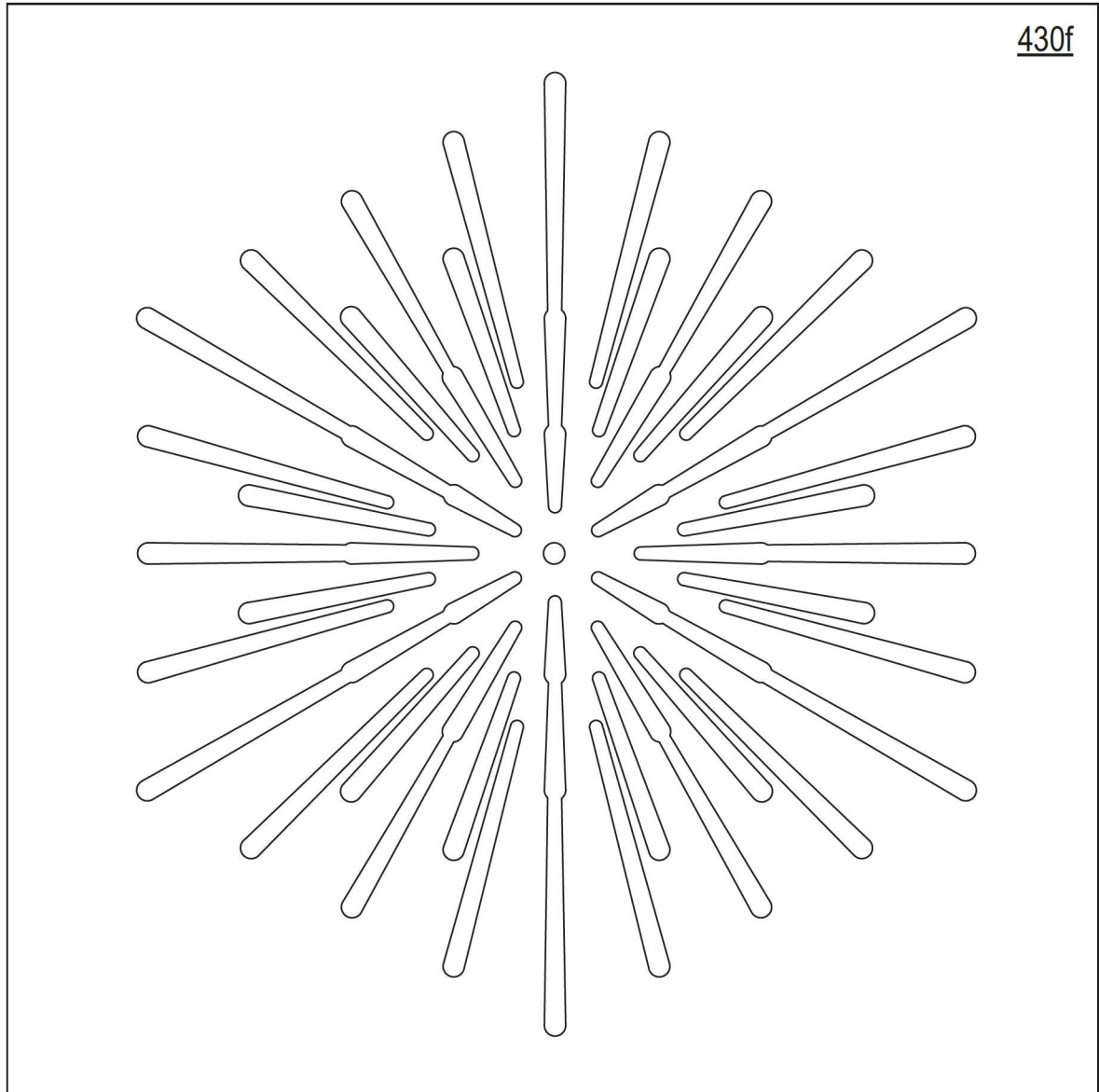
【圖11b】



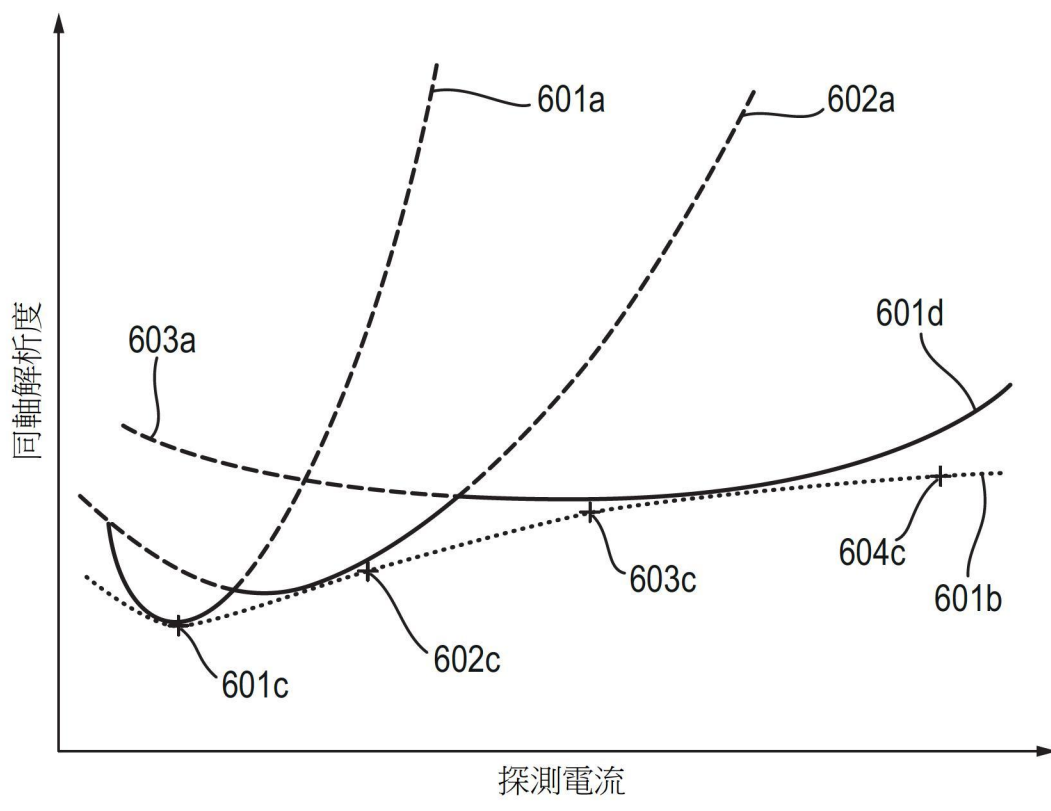
【圖11c】



【圖12】



【圖13】



【圖14】