



(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 I875150 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 03 月 01 日

(21)申請案號：112131692

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 02 月 26 日

(51)Int. Cl. : H01J37/09 (2006.01)

H01J37/10 (2006.01)

H01J37/153 (2006.01)

H01J37/244 (2006.01)

(30)優先權：2018/02/27 美國

62/635,919

(71)申請人：德商卡爾蔡司多重掃描電子顯微鏡有限公司(德國) CARL ZEISS MULTISEM GMBH
(DE)

德國

(72)發明人：列德雷 迪瑞克 ZEIDLER, DIRK (DE)

(74)代理人：李宗德

(56)參考文獻：

TW 201511064A

TW 201618151A

US 2017/0084424A1

US 2017/0125206A1

審查人員：陳守德

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：12 共 44 頁

(54)名稱

帶電粒子束系統及方法

(57)摘要

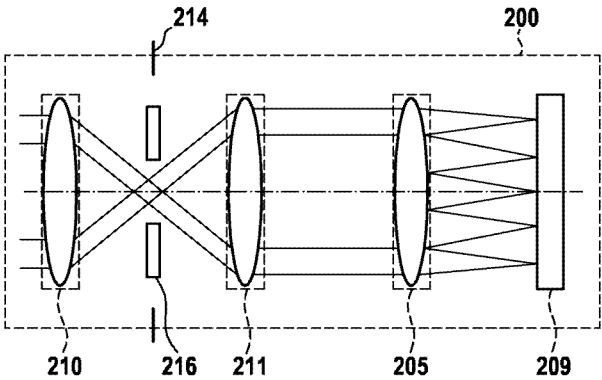
本發明涉及帶電粒子束系統及方法。更具體地，本發明涉及多束帶電粒子束系統及相關方法。甚至更具體地，本發明涉及補償在多束帶電粒子束系統中的樣本充電。

The present invention relates to charged particle beam systems and methods. More particular the present invention relates to a multi beam charged particle beam system and related methods. Even more particular, the present invention relates to compensating sample charging in a multi beam charged particle beam system.

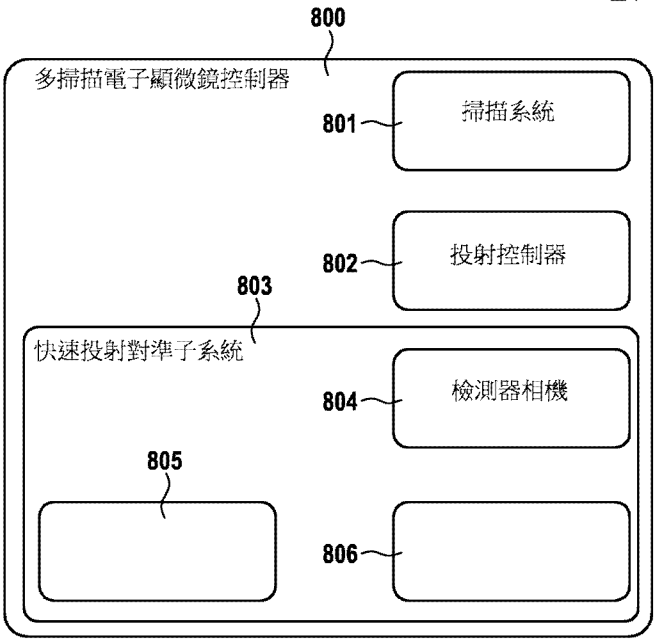
指定代表圖：

符號簡單說明：

- 200 檢測系統
- 205 投射透鏡
- 209 檢測器安排
- 210 帶電粒子透鏡
- 211 帶電粒子透鏡
- 214 交叉平面
- 216 光圈



【圖2】



【圖3】



公告本

I875150

【發明摘要】

【中文發明名稱】 帶電粒子束系統及方法

【英文發明名稱】 CHARGED PARTICLE BEAM SYSTEM AND METHOD

【中文】

本發明涉及帶電粒子束系統及方法。更具體地，本發明涉及多束帶電粒子束系統及相關方法。甚至更具體地，本發明涉及補償在多束帶電粒子束系統中的樣本充電。

【英文】

The present invention relates to charged particle beam systems and methods. More particular the present invention relates to a multi beam charged particle beam system and related methods. Even more particular, the present invention relates to compensating sample charging in a multi beam charged particle beam system.

【指定代表圖】 圖2

【代表圖之符號簡單說明】

200	檢測系統
205	投射透鏡
209	檢測器安排
210	帶電粒子透鏡
211	帶電粒子透鏡
214	交叉平面
216	光圈

【發明說明書】

【中文發明名稱】 帶電粒子束系統及方法

【英文發明名稱】 CHARGED PARTICLE BEAM SYSTEM AND METHOD

【技術領域】

【0001】 本發明涉及帶電粒子束系統及方法。更具體地，本發明涉及多束帶電粒子束系統及相關方法。

【先前技術】

【0002】 例如，在WO 2005024881 A2和在WO 2016/124648中公開了多束帶電粒子束系統。

【0003】 對於多束帶電粒子束系統，比如多束電子顯微鏡，源自不同初級帶電粒子束的交互產物（即二次電子）需要藉由檢測系統成像到單獨檢測器上。為此，可以使用靜電提取場。均勻的提取場確保將交互產物（比如二次電子）成像到各個檢測器上，並且掃描偏轉器電壓與位於多檢測器的各個檢測器處的相應束位置之間的映射係如實的。在多檢測器（例如形成多檢測器的部件的閃爍器）處的二次電子的斑點形狀關鍵取決於靜電提取場的均勻性。當一個斑點成像到一個對應的檢測器上時，靜電提取場的均勻性決定了束與對應的檢測訊號之間的串擾。

【0004】 在樣本表面上存在殘餘電荷的情況下，靜電提取場可能局部變形。因此，到單獨檢測器的成像可能被擾動到不可能進行表面的可行掃描的程度。特別地，束在檢測器處的定位可能變得強烈地取決於時間並且取決於初級束位置。掃描電子顯微鏡（SEM）中用於電荷緩解的常用方法不能直接適應多束掃描束系統的初級和二次束路徑，特別地是關於良好

二次成像的提取場均勻性約束。在穩態情況下（即，在工作流程運行之間或在圖像框（frame）的記錄之間）重新對準檢測器的可用方法不夠快到在多束帶電粒子束系統中操控束。

【0005】 利用帶電粒子束如實地對充電樣本成像的一種廣泛使用的策略係利用第二帶電粒子發生器（所謂的淹沒式電子槍）對樣本進行預充電，使得淹沒後的表面電位被設定為在屈服中性點執行並行成像步驟的值。浸沒式電子槍從側面指向樣本，在成像和淹沒模式之間切換而不移動樣本，或者浸沒式電子槍在成像系統旁邊安裝在腔室蓋上，並且藉由在這兩個位置之間移動樣本來進行浸沒。對於高通量帶電粒子束成像系統，這些策略都不是非常理想的，因為在淹沒和成像位置之間來回移動樣本將降低通量。多束帶電粒子束成像系統的大FOV極片幾何形狀使得將淹沒式電子槍指向待成像的位置具有挑戰性，因為最低極片與樣本之間的距離大約為幾毫米或更小，在最低極片與樣本之間在大面積上具有小裂縫。即使淹沒式電子槍將此裂縫內的淹沒束引導向成像位置，在此區域中存在的靜電場將對使淹沒束如實地指向添加另外的挑戰。

【發明內容】

【0006】 本發明的目的係提供一種用於操作多束帶電粒子束系統之解決方案，同樣在樣本由於撞擊的初級帶電粒子束或小束而充電的情況中。這些和其他目的係藉由具有申請專利範圍第1項之特徵的系統和具有申請專利範圍第23項之特徵的方法來解決的。在從屬申請專利範圍中公開了有利的實施方式。

【0007】 本發明涉及一種帶電粒子束系統，該帶電粒子束系統至少包括：第一帶電粒子源，該第一帶電粒子源被配置為生成第一帶電粒子束；多束發生器，該多束發生器被配置為由進入的第一帶電粒子束生成多個帶電粒子小束；物鏡；檢測系統；樣本台；檢測器系統，該檢測器系統包括

多個單獨的檢測器；以及控制器，該控制器被配置為控制該多束發生器、該物鏡以及該檢測系統的操作。該控制器提供第一操作模式以及第二操作模式。在該第一操作模式下，該控制器控制該多束發生器被配置為將該多個帶電粒子小束中的每個單獨的小束在空間上與該多個帶電粒子小束中的其他小束分離；並且在該第一操作模式下，該控制器進一步控制該物鏡被配置為以如下方式將進入的帶電粒子小束聚焦在第一平面中：該多個帶電粒子小束中的第一單獨的小束撞擊在該第一平面中的第一區域與該多個帶電粒子小束中的第二單獨的小束撞擊在該第一平面中的第二區域在空間上分離；並且在該第一操作模式下，該控制器控制該檢測系統被配置為將由於撞擊的帶電粒子而離開該第一平面內的第一區域的交互產物成像到該多個單獨的檢測器中的第一檢測器上，並且將由於撞擊的帶電粒子而離開該第一平面內的第二區域的交互產物成像到該多個單獨的檢測器的第二檢測器上。在該第二操作模式下，該控制器控制該多束發生器的操作結合控制該物鏡被配置為在該第一平面中提供單個或多個散焦帶電粒子束。

【0008】 在本揭露中結合地控制多束發生器的操作意味著如果僅改變多束發生器的調節足以在第一平面中實現足夠寬的散焦帶電粒子束的話，則控制器在第一操作模式與第二操作模式之間切換時僅改變多束發生器的調節；或可替代地，當在第一操作模式與第二操作模式之間切換時，控制器改變多束發生器的調節以及物鏡的調節，如果這對於在第一平面中實現足夠寬的散焦帶電粒子束係必要的話。

【0009】 在實施方式中，該帶電粒子束系統進一步包括電壓源，該電壓源被配置為向該樣本台供應可變電壓，其中，在該第一操作模式下，該控制器以帶電粒子小束的帶電粒子在該第一平面中具有第一平均動能的方式控制該物鏡的電壓源和/或該樣本台的電壓源，並且其中，在該第二操作模式下，該控制器以帶電粒子在該第一平面中具有與該第一平均動能不同的第二平均動能的方式控制該物鏡的電壓源和/或該樣本台的電壓源。第

一平均動能可以大於400 eV、可替代地大於1000 eV，可替代地大於1500 eV，或可替代地大於2000 eV，這取決於成像樣本的類型以及所期望的樣本對比度。第二平均動能小於1000eV、可替代地小於500 eV、可替代地小於200 eV、可替代地小於50 eV，這取決於樣本組成和根據進入的帶電粒子的動能而變的充電特性。特別地，第一平均動能可以被調節到400 eV與3000 eV之間的範圍內的任何值。更較佳的是，第一平均動能可以被調節到200 eV與5000 eV之間的範圍內的任何值。第二平均動能可以被調節到200 eV和1000 eV之間的範圍內的任何值。更較佳的是，第二平均動能可以被調節到50 eV和2000 eV之間的範圍內的任何值。

【0010】 在另一個實施方式中，在該第二操作模式下，散焦帶電粒子束在該第一平面中具有第二直徑，其中，在該第一操作模式下，圍繞該多個帶電粒子小束在該第一平面中撞擊到的區的圓的最小直徑具有第一直徑，並且其中，該第二直徑係該第一直徑的至少1.2倍、更較佳的是2倍、甚至更較佳的是5倍、甚至更較佳的是10倍、最較佳的是50倍。

【0011】 在另一個實施方式中，在該第二操作模式下，散焦帶電粒子束在該第一平面中照射具有第二表面積的表面，其中，在該第一操作模式下，該多個帶電粒子小束中的所有小束在該第一平面中撞擊的最小表面積具有第一面積，並且其中，該第二表面積係該第一表面積的至少1.5倍、更較佳的是4倍、甚至更較佳的是10倍、甚至更較佳的是100倍、最較佳的是200倍。

【0012】 在該帶電粒子束系統的實施方式中，該多束發生器包括至少第一孔板，其中，該第一多孔板包括用於形成該多個帶電粒子小束的多個孔。該第一多孔板中的孔可以具有第一孔直徑，並且該第一多孔板可以具有至少一個具有第二孔直徑的第二孔，其中，該第二孔直徑係該第一孔直徑的至少5倍。

【0013】 在另外一實施方式中，除了用於形成多個帶電粒子小束的

第一孔之外，第一多孔板可以具有多於一個，即兩個、三個或甚至更多個具有第二孔直徑的第二孔，其中，第二孔直徑係第一個孔直徑的至少5倍。

【0014】 在實施方式中，第一多孔板可在垂直於帶電粒子束的束傳播方向的方向上移位。藉由使第一多孔板相對於第一帶電粒子束移位使得第一帶電粒子束撞擊第二孔中的一個或多個，從而實現在多個帶電粒子小束同時掃描樣本的第一操作模式與電子束淹沒樣本之間切換。

【0015】 在另一個實施方式中，帶電粒子束系統進一步包括安排在帶電粒子源與該第一多孔板之間的第一單偏轉系統或雙偏轉系統、以及安排在第一多孔板與物鏡之間的第二單偏轉系統或雙偏轉系統。在此實施方式中，藉由適當激勵單偏轉系統或雙偏轉系統使第一帶電粒子束相對於第一多孔板移位使得第一帶電粒子束撞擊第二孔中的一個或多個，從而實現在多個帶電粒子小束同時掃描樣本的第一操作模式與散焦電子束淹沒樣本之間切換。因此，在第二操作模式下，控制器控制第一單偏轉系統或雙偏轉系統以及第二單偏轉系統或雙偏轉系統使帶電粒子束貫穿通過至少一個第二孔。第二單偏轉系統或雙偏轉系統用於將已經穿過第二孔的帶電粒子束重新對準帶電粒子束系統的軸線。

【0016】 在實施方式中，帶電粒子束系統進一步包括：在物鏡上游的分束器安排，用於將從帶電粒子源到來第一平面的初級帶電粒子小束的初級束路徑與從樣本到檢測器系統的交互產物的二次束路徑分離開，這些交互產物由初級帶電粒子小束離開樣本引起的。

【0017】 在另一個實施方式中，帶電粒子束系統進一步包括提供第二帶電粒子束的第二帶電粒子源、偏轉系統和束光闌，其中，控制器被配置為在第一操作模式下控制偏轉系統將第二帶電粒子束引導到該束光闌上並且在該第二操作模式下引導該第二帶電粒子束穿過該束光闌。

【0018】 物鏡包括開口，例如磁透鏡的極片內的開口或者（如果物鏡係靜電透鏡）電極的若干孔開口，初級帶電粒子小束在第一操作模式下

穿過這些開口。在實施方式中，同樣，在散焦撞擊到樣本上之前，第二帶電粒子束在第二操作模式下穿過物鏡中的此開口。

【0019】 帶電粒子束系統可以進一步包括淹沒束光闌和安排在物鏡上游的偏轉系統，並且控制器可以被配置為控制偏轉系統在所述第一操作模式下引導帶電粒子小束穿過淹沒束光闌並且以在該第二操作模式下將帶電粒子小束引導到該淹沒束光闌。

【0020】 在帶電粒子束系統的另外一實施方式中，檢測系統包括提供低頻調節的第一子部件以及提供高頻調節的第二子部件。提供高頻調節的子部件可以包括下組中的至少一個：該組由靜電透鏡、靜電偏轉器和靜電消像散器（stigmator）構成。

【0021】 在另外的較佳的實施方式中，檢測系統包括在交叉平面中的電流監測孔。

【0022】 在另一個實施方式中，帶電粒子束系統還可以另外包括快速CCD相機。

【0023】 在另外的較佳的實施方式中，帶電粒子束系統此外包括電腦系統，該電腦系統被配置為分析該檢測系統的實際狀態並且在多個帶電粒子小束掃描樣本期間操縱第二子部件。該電腦系統被配置為，同樣在樣本充電的情況下，以各個檢測器上的交互產物的位置保持不變的方式調節第二子部件。為了實現這一點，電腦可以被配置為以兩步模式調節檢測系統，其中，在第一步驟中，調節第一子部件，同時保持第二子部件不變或關閉，並且在第二步驟中，調節第二子部件，同時保持第一子部件不變。

【0024】 在實施方式中，帶電粒子束系統可以進一步包括在第一平面與檢測器系統之間的投射束光闌以及在第一平面與檢測器系統之間的偏轉系統。控制器可以被配置成控制偏轉系統在該第一操作模式下引導來自帶電粒子小束的交互產物撞擊到檢測器系統上，並且在該第二操作模式下將第二散焦帶電粒子束的交互產物引導到束光闌。

【0025】 本發明同樣涉及一種操作帶電粒子束系統的方法，該方法包括以下步驟：在第一操作模式下，形成多束帶電粒子束系統的多個帶電粒子小束，利用這些帶電粒子小束掃描樣本並且檢測由於撞擊多個帶電粒子小束而離開樣本的交互產物，並且在第二操作模式下，利用散焦帶電粒子束淹沒樣本，在記錄樣本的圖像的同時在第一操作模式與第二操作模式之間切換若干次，以及當在第一操作模式與第二操作模式之間切換時，改變帶電粒子束系統的著陸能量、焦點、台位置和束偏轉中的至少一個參數。

【0026】 在該方法的實施方式中，在該第二操作模式下，散焦帶電粒子束在該第一平面中具有第二直徑，其中，在該第一操作模式下，圍繞該多個帶電粒子小束在該第一平面中撞擊到的區的圓的最小直徑具有第一直徑，並且其中，該第二直徑係該第一直徑的至少1.2倍、更較佳的是2倍、甚至更較佳的是5倍、甚至更較佳的是10倍、最較佳的是50倍。較大的第二直徑確保了樣本的均勻電荷補償。

【0027】 在該方法的另一個實施方式中，在該第二操作模式下，散焦帶電粒子束在該第一平面中照射具有第二表面積的表面，其中，在該第一操作模式下，最小表面積具有第一面積，在該最小表面積內該多個帶電粒子小束中的所有小束撞擊在該第一平面中，並且其中，該第二表面積係該第一表面積的至少1.5倍、更較佳的是4倍、甚至更較佳的是10倍、甚至更較佳的是100倍、最較佳的是200倍。

【0028】 在該方法的另一個實施方式中，該方法進一步包括：在該第一操作模式下，引導帶電粒子小束的交互產物撞擊到檢測器系統上，並且在該第二操作模式下，將來自樣本的交互產物引導到投射束光闌。

【0029】 在另一個實施方式中，該方法進一步包括以下步驟：利用靜態方法和靜電帶電粒子光學元件對準多束帶電粒子束系統，快速多束投射對準方法處於關閉狀態，以及在第一圖像被記錄之前藉由控制帶電粒子檢測系統的狀態激活快速多束投射對準系統，以用於將交互產物最佳成像

到多個檢測器上並且控制該快速多束投射對準系統。

【0030】 在帶電粒子束系統的實施方式中，提供高頻調節的子部件包括下組中的至少一個：該組包括靜電透鏡、靜電偏轉器和靜電消像散器。理想地，提供高頻調節的子部件僅由靜電元件構成，比如靜電透鏡、靜電偏轉器和靜電消像散器，但不包括任何磁性元件。

【0031】 在實施方式中，提供高頻調節的檢測系統的子部件可以包括多透鏡，該多透鏡包括至少一個多孔板。此多孔板中的每個孔可以被至少兩個、四個或甚至更多個電極圍繞，這些電極相對於彼此以及相對於多孔板的載體電絕緣。藉由向電極施加不同的電位，可以單獨地調節交互產物的每個二次帶電粒子小束，以單獨地校正每個二次帶電粒子小束的各個畸變。

【0032】 在包括快速CCD相機的另一個實施方式中，快速CCD相機可用於識別由於樣本的充電引起的在檢測平面中的交互產物圖像的位置變化。

【0033】 在帶電粒子束系統的另外一實施方式中，電腦系統被配置為以多檢測器的各個檢測器上的交互產物的位置保持不變的方式調節檢測系統的第二（動態或高頻）子部件。

【0034】 在帶電粒子束系統的實施方式中，電腦被配置為以兩步模式調節檢測系統，其中，在第一步驟中，調節第一（低頻）子部件，同時保持第二（動態）子部件不變或關閉，並且在第二步驟中，調節第二（動態）子部件，同時保持第一子部件不變。

【0035】 在實施方式中，該方法進一步包括以下步驟：利用靜態方法和靜電帶電粒子光學元件對準多束帶電粒子束系統，快速多束投射對準方法處於關閉狀態，操縱和啟動工作流程以及在第一圖像被記錄之前藉由控制帶電粒子檢測系統的狀態激活快速多束投射對準系統，以用於將交互產物最佳成像到多個檢測器上並且控制該快速多束投射對準系統。

【0036】 在進行記錄樣本圖像的工作流程的同時，借助於動態子部件進行檢測系統的對準並重複若干次。

【0037】 用於補償樣本充電對檢測器收集效率和串擾的影響的快速檢測系統對準可以提供多束帶電粒子束系統的掃描系統和快速檢測器相機以及即時檢測系統對準演算法以及檢測系統對準元件的低延遲控制的同步。

【0038】 檢測系統可以包括一個磁透鏡或若干磁透鏡與靜電元件的組合。利用靜電元件，消除滯後，並且實現幾毫秒而不是幾秒的切換時間。此外，藉由僅改變靜電元件就可以避免調節期間的拉莫爾旋轉。

【0039】 交互產物的投射路徑上的靜電偏轉器和/或靜電消像散器提供了無渦電流、無誘導率以及調節時間係 μs 而不是 ms 的優點。

【0040】 利用比如WO 2016/124648的圖2中描述的變焦孔，可以實現孔尺寸的快速虛擬變化。交互產物的二次帶電粒子束路徑上的附加快速偏轉器提供束路徑快速對準到檢測器系統上的可能性。

【0041】 借助於安排在交互產物的束路徑的交叉平面中的快速角分辨電流監測器，可以實現交叉的即時定中心。

【0042】 快速CCD相機和靜電對準元件可以藉由電腦系統直接耦合。由此，避免了藉由控制所有其他元件的主控制軟體的延遲，並且在靜電對準元件的關閉模式下，二次電子投影完全不受它們的影響。電腦系統可以包括圖形處理單元（GPU）並且可以是FPGA輔助的。對準演算法可以被配置用於在由CCD相機記錄的圖像中實現快速斑點位置檢測。藉由使用偏轉器的激勵的偏轉元件的靈敏度可以實現二次電子小束的最佳移位，並且可以使用反饋回路用於直接優化。在圖像畸變的情況下，藉由使用二次電子束斑點的形狀和位置上的消像散器的靈敏度以及使用用於直接優化二次電子束斑點的形狀和/或位置的反饋回路，消像散器的激勵可以用於調節二次電子的最佳形狀和/或位置。

【0043】 利用對準演算法，藉由使用消像散器的靈敏度以及藉由使用反饋回路用於直接優化來調節消像散器的激勵以獲得最佳斑點形狀和/或斑點位置。藉由使用透鏡的靈敏度並且還使用反饋回路用於直接優化來調節聚焦元件的激勵和樣本高壓偏置以獲得最佳斑點形狀和/或斑點位置。對於串擾檢測，可以經由投射交叉變焦系統以及用於即時優化通量（TPT）與串擾（每框一次）的各自控制演算法來改變虛擬孔尺寸。

【0044】 對準演算法可以提供從圖像記錄模式到交叉監測模式的快速切換，例如在掃描電子束的回掃期間，即，同時，在由電子小束掃描樣本上的線或場之後，電子小束被移回新線或新框的起點；在這種回掃期間，一般不記錄電子小束與樣本的交互產物。可以藉由原位交叉監測來實現交叉位置的優化。

【0045】 替代實施方式可以包括利用閃爍材料覆蓋的孔並且用快速相機檢測由於電子撞擊在閃爍材料上而引起的閃爍。此替代實施方式還提供了用於即時定中心的交叉監測器。

【0046】 藉由調節靜電元件以實現由角分辨電流檢測器或快速相機檢測到的最小化電流或光發射，孔上的快速角分辨電流檢測有利於交叉的定中心和/或對準。

【圖式簡單說明】

【0047】 參考附圖公開了更多細節。由此示出了：

圖1：多束帶電粒子系統的實施方式之草圖。

圖2：第一實施方式的檢測系統之草圖。

圖3：具有用於二次電子小束的束路徑上的檢測系統控制的快速（動態）子部件的多束投射控制的一部分之框圖。

圖4：具有附加靜電偏轉器、靜電消像散器、靜電透鏡、分束器、偏轉器和起始能量HV電源的投射路徑之草圖。

圖5a至圖5f：在由樣本充電引起的特定畸變的情況下利用檢測系統的動態子部件實現的校正之圖示。

圖6：可以在檢測系統中設置的光圈，以實現二次電子小束的過濾。

圖7：孔光圈的一個實施方式，該孔光圈具有用於交叉位置校正的取決於角度的電流讀出的交叉監測能力。

圖8：檢測器系統之另外一實施方式。

圖9a：第一操作模式下多束帶電粒子束系統中的束路徑之草圖。

圖9b：第二操作模式下圖9a的多束帶電粒子束系統中的束路徑之草圖。

圖10：圖9a的實施方式中的多孔板之俯視圖。

圖11a：多束帶電粒子束系統之草圖，該多束帶電粒子束系統具有用於在第一操作模式下進行淹沒的第二帶電粒子束源。

圖11b：圖11a中的多束帶電粒子束系統在第二操作模式下之草圖。

圖12a：多束帶電粒子束系統的另外一實施方式的草圖，該多束帶電粒子束系統具有用於在第一操作模式下進行淹沒的第二帶電粒子束源。

圖12b：圖12a中的多束帶電粒子束系統在第二操作模式下的草圖。

【實施方式】

【0048】 在下述示例性實施方式中，功能和結構上類似的部件盡可能由類似的附圖標記指示。

【0049】 圖1的示意性表示展示了多小束帶電粒子束系統1的基本特徵和功能。應當注意的是，圖中使用的符號不表示所展示的部件的物理配置，而是已經被選擇用於代表它們各自的功能。所示出的系統的類型係掃描電子顯微鏡（SEM）的系統，掃描電子顯微鏡使用多個初級電子小束3在位於物鏡102的物平面101中的物體7的表面上生成初級電子束斑點5。然而，不言而喻，系統1的特徵和功能同樣可以使用其他類型的初級帶電粒子（比如離子、特別是氦離子、正電子、 μ 介子以及其他）代替電子來實施。

【0050】 所示出的顯微鏡檢查系統1包括：用於生成多個初級帶電粒子小束3的帶電粒子多小束發生器300；用於將二次帶電粒子束路徑11與初級帶電粒子束路徑13分離開的分束器單元400；適於將初級帶電粒子小束3聚焦到物平面101上的物體照射單元100；以及用於產生每個二次帶電粒子小束9的強度訊號的檢測系統200。

【0051】 在所展示的實施方式中，初級小波束發生器300包括電子源301、準直透鏡303、初級小束成形單元305和場透鏡307。

【0052】 電子源301生成發散電子束309，準直透鏡使發散電子束準直以形成入射在初級小束成形單元305上的束311。如圖1所示，代替僅生成一個發散電子束309的電子源，可以使用產生兩個或更多個發散電子束的電子源。然後，藉由僅一個準直透鏡303或適當數量的準直透鏡303使兩個或更多個電子束準直，每個準直透鏡使電子束309的一個子集或僅其中的僅一個電子束準直。

【0053】 小束成形單元305基本上包括由一個或多個電子束311照射的第一多孔板和第二多孔板，該第二多孔板相對於束311中的電子的移動方向位於第一個多孔板的下游。第二多孔板較佳的是設置為限定的電位，使得賦予孔聚焦品質，並且第二多孔板具有微透鏡陣列的功能。

【0054】 在束斑點5處入射在物體7上的初級電子生成從物體7的表面發出的二次電子。二次電子形成二次電子小束9，二次電子小束橫穿物鏡102以及分束器單元400並且沿著二次束路徑11。分束器單元400通常藉由磁場將二次束路徑11與初級束路徑13分離開，並將二次束路徑11引導到檢測系統200。

【0055】 檢測系統200包括投射透鏡205，用於將二次電子小束9投射到檢測器安排209的電子敏感檢測器207的表面平面211上。電子敏感檢測器207可以是單個裝置或包括一個以上的單獨檢測器。與此無關，檢測器207提供以與由投射透鏡205聚焦到檢測器表面211上的二次帶電粒子小束9的

圖案相容的圖案安排的感測區陣列。這使得能夠獨立於入射在檢測器表面211上的其他二次帶電粒子小束9檢測每個單獨的二次帶電粒子小束9。因此，產生多個電訊號，其中每個訊號的值對應於僅一個二次小束9的特徵。

【0056】 如果初級小束發生器300不僅允許改變初級小束3的圖案使得每個圖案形成基本圖案的子圖案，而且還改變基本圖案，則檢測器安排209較佳的是配備有另外的檢測器207，每個檢測器的檢測區被安排成不同的基本圖案。

【0057】 由於二級子束9的圖案對應於由初級子束發生器300生成的初級子束3的圖案，因此每個檢測器207的感測區陣列圖案較佳的是對應於可用於初級小束3的圖案之一。

【0058】 物體照射單元100包括物鏡102，該物鏡將初級帶電粒子小束3聚焦到物平面101上，在該平面中物體7的被研究表面由例如樣本台的物體安裝件定位。該物體安裝件未在圖中示出。物體照射系統100進一步包括偏轉系統（未示出），藉由該偏轉系統，多個帶電粒子小束可以朝垂直於束傳播方向的方向偏轉，以便藉由多個聚焦帶電粒子小束同時掃描樣本的表面。

【0059】 在所展示的示例中，初級帶電粒子源以電子源301的形式實施，其特徵在於發射尖端310以及引出電極302。當使用除電子之外的例如氬離子的初級帶電粒子時，初級帶電粒子源301的配置可以與所示的不同。

【0060】 電子源301發射發散電子束309，發散電子束在所示例中藉由準直透鏡303被準直以形成準直束311。準直透鏡303通常由一個或多個靜電透鏡或磁透鏡形成，或者由靜電和磁透鏡的組合形成。準直透鏡的使用不是必要的，但是當小束成形單元305中使用的多孔板具有平面配置，即孔315被安排在非彎曲平面中的配置時，較佳的是使用準直透鏡。當不使用準直透鏡303時，多孔板313和320的孔315較佳的是安排在彎曲平面中，該彎曲平面的曲率適於初級束309的發散，例如在文獻WO 2007/028596 A1中

描述的，該文獻藉由援引併入本文。

【0061】 準直束311（或非準直束，如果不使用準直透鏡）入射在初級小束成形單元305的多孔選擇板313上。多孔選擇板313中形成有兩個或更多個孔陣列317。每個孔陣列包括形成在多孔選擇板313中的一個或多個孔315。多孔陣列的孔可以被安排成一維或二維圖案，其中二維圖案較佳的是用於物體表面的快速檢查。

【0062】 檢測系統進一步包括過濾器208，借助於該過濾器，可以根據離開在第一平面101中樣本7的交互產物（例如二次電子）的軌跡或束路徑過濾這些交互產物。具有過濾器的相應檢測系統的示例在圖2中示出。

【0063】 多束系統進一步包括電腦系統或控制器10，其被配置為控制各個帶電粒子束部件以及用於評估和分析利用多檢測器209記錄的圖像。此外，控制器10被配置為基於利用多檢測器209聚集的檢測訊號在顯示器上生成圖像。

【0064】 除了投射透鏡205和多檢測器209之外，圖2中的檢測系統200還包括兩個附加帶電粒子透鏡210、211。第一附加帶電粒子透鏡210在交叉平面214中形成交叉。在此交叉平面中，在不同區域中離開第一平面101的交互產物的束路徑，即二次電子小束的束路徑，是疊加的。操作第二附加帶電粒子透鏡211，使得其焦平面基本上與第一附加帶電粒子透鏡210的交叉平面214重合。離開第一平面101的交互產物的束路徑然後在第二附加帶電粒子透鏡211的下游彼此分離開，並且由投射透鏡205投射到多檢測器209的單獨檢測區域215上。

【0065】 在交叉平面214中或在其附近，安排有光圈216，借助於該光圈可以根據交互產物的束路徑過濾交互產物。圖6中示出了光圈的第一實施方式，其包括圓形開口218。圓形開口218透射交互產物，而光圈216的外部部分不透射交互產物。利用檢測系統的交叉平面中的這種明場光圈，不同的單獨檢測場之間的串擾，即離開第一區域中第一平面101的交互產物的

束路徑與分配給在不同於第一區域的第二區域中離開第一平面101的交互產物的檢測器之間的串擾，可以被避免或至少減少。

【0066】 關於圖2中所示的系統和圖6中所示的光圈的另外細節，參考WO 2016/124648中的相應附圖的描述，其關於相應的圖2和圖6的揭露內容藉由援引併入本文。

【0067】 圖7中示出了檢測系統200中的光圈的替代性實施方式。光圈1213還具有圓形開口1214，其透射交互產物。然而，圓形開口在徑向方向上被幾個電極1215a至1215h包圍，這些電極相對於彼此以及相對於光圈的主體係電絕緣的。電極可以用作電流檢測器。每個電極包括訊號線，經由該訊號線可以檢測在每個電極內感應的電流。藉由檢測在電極組1215a至1215h中感應的電流或電荷的不對稱性，可以檢測到穿過光圈的孔的帶電粒子小束的偏心。

【0068】 在替代性實施方式中，代替電極圍繞圓形開口1214而安排，可以在圓形開口的周圍設想閃爍材料，並且還提供光檢測器以檢測由於撞擊電子而由閃爍材料發射的光。藉由檢測閃爍材料的光發射的不對稱性，可以檢測穿過光圈1213的帶電粒子小束的偏心。

【0069】 如果安排在圖2所示的檢測系統的交叉平面214或圖8的交叉平面238中，則圖7中所示的光圈以及上述光圈的替代性實施方式可以用作原位交叉監測器。相應地，檢測系統包括交叉平面中的電流監測孔。

【0070】 圖8示出了檢測系統的替代方案，該檢測系統提供了根據交互產物的束路徑過濾交互產物的可能性。圖8與WO 2016/124648中的圖4相同，並且關於此檢測系統及其能力和優點的描述，參考WO 2016/124648中的圖4的相應描述，其藉由援引併入本文。應特別地注意的是，圖8中所示的系統（或WO 2016/124648中的圖4）形成交叉變焦系統，這也在WO 2016/124648中進行了更詳細的描述。

【0071】 圖3係多束帶電粒子束系統的控制系統800（其對應於圖1中

的控制系統10)的一部分的框圖。控制系統800包括掃描系統控制部件801以及用於檢測系統的靜態或低頻子部件的控制器802，該控制器用於調節帶電粒子束透鏡和多極。控制系統800進一步包括快速投射對準子系統、即時投射對準演算法805以及一個或多個快速投射對準元件，該快速投射對準子系統包括檢測器相機804（對應於圖4中的空間分辨檢測系統290）。圖3中所示的控制系統特別地可以用於控制尤其是圖4所示並在下文中更詳細描述的檢測系統。

【0072】 圖4中的檢測系統200包括一組靜態（或低頻）電子光學元件250、270和285、以及動態（或高頻）電子光學元件組260、280和288。靜態電子光學元件用於將來自樣本7的二次電子(SE)3成像到檢測平面209a上。這些可以包括一個或多個電子光學透鏡251、偏轉器271和/或消像散器286。由於在靜態情況下緩慢的對準時間係足夠的，因此使用磁透鏡、磁偏轉器和磁消像散器。控制器160經由靜態電壓源150控制靜態電子光學元件250、270和285以及靜態樣本電位。為此，控制器使用空間分辨檢測系統290，該空間分辨檢測系統使用撞擊到檢測平面209a上的一部分訊號。例如，空間分辨檢測系統290可以包括快速CCD相機，該相機將來自檢測平面209a的斑點發出的光的一部分成像，其中由放置在透明載體上的閃爍材料製成的板可以安排成形成多檢測器209。在檢測平面209a中產生的大部分訊號用於送入圖像採集系統中。圖像採集系統也形成多檢測器的一部分。

【0073】 如上所述，閃爍板209安排在檢測平面209a中，二次電子小束由檢測系統200引導到該閃爍板上。當檢測系統200集成在圖1的多束檢查系統中時，該檢測系統包括形成電子小束9的電子光學部件，即例如將電子小束引導向多電子檢測器的物鏡102、分束器400以及將電子小束9聚焦到比如透鏡263等閃爍板209的表面上的部件。電子小束9在入射位置213處入射到閃爍板209上。同樣，如果電子小束9聚焦在閃爍板209的表面上，則在表面上形成束斑點，束斑點的直徑不能是任意小。束斑點的中心可以被認為

是彼此相距距離P2而設置的入射位置213（見圖1）。

【0074】 閃爍板209包括當被電子小束9的入射電子激勵時發射光束的閃爍材料。因此，在每個入射位置213處設置光束源。在圖4中，僅示出了從三個所描繪的電子小束9中的一個的入射位置213發射的單個這樣的光束221。光束221傳播穿過包括第一透鏡306、鏡子291、第二透鏡292、第三透鏡293以及分束器294的光器件，然後入射到圖像採集系統的光接收區330上。光接收區330由一束玻璃纖維295的前側形成，光束221的主要部分耦合到該前側並被引導到光檢測器296、297、298、299、331。光檢測器可以包括例如光電倍增器、雪崩光電二極體、光電二極體或其他種類的合適的光檢測器。光器件被配置成使得其將安排在檢測平面209a中的閃爍板209的表面光學成像到設置有光接收區330的區域中。由於此光學成像，入射位置213的光學圖像形成在光接收區330中。對於每一個人射位置213，提供圖像採集系統的單獨光接收區330。另外的光接收區域330中的每一個由光導295的前側形成，該光導將耦合到前側的光引導到單獨的相應光檢測器296、297、298、299、331。由於光學成像，每一個人射位置213與一個光接收區330相關聯，其中，入射到每個光接收區330上的光由光檢測器296、297、298、299、331中的單獨一個檢測。光檢測器296、297、298、299、331經由電訊號線輸出檢測訊號。檢測訊號表示電子小束9的強度。

【0075】 應該提到的是，在圖4中，為了簡潔，僅示出了五個光檢測器296、297、298、299、331。在實際的實施方式中，光檢測器296、297、298、299、331的數量至少對應於初級帶電粒子小束的數量以及二次電子小束9的數量。在較佳的實施方式中，圖像採集系統包括比初級帶電粒子束的數量更多的光檢測器296、297、298、299、331，例如用於每個二次電子小束的五個、十個或二十個光檢測器。針對每個初級電子小束，多個不止一個光檢測器在將光檢測器分配給特定的二次帶電粒子束時提供了額外的靈活性。

【0076】 光束221的一小部分透射過分束器294並撞擊到空間分辨檢測系統290上，該空間分辨檢測系統可以是快速CCD相機。

【0077】 在本文闡述的實施方式中，光檢測器296、297、298、299、331設置在距光接收區一定距離處，光器件（包括第一透鏡306、鏡子291、第二透鏡292、第三透鏡293和分束器294）在這些接收區上對閃爍板209成像，並且所接收的光藉由玻璃纖維被引導到光檢測器。然而，光檢測器296、297、298、299、331也可以直接設置在光器件生成閃爍板209的圖像的位置，因此光敏區由光接收區形成。

【0078】 二次電子小束9在真空中傳播，因此電子小束撞擊的閃爍板209的表面也設置在真空中。光器件306、291、292、293、294可以設置在真空之外，其中，然後在光束221的束路徑上設置真空視窗，該真空視窗被束221橫穿並將真空與環境分離開。

【0079】 入射到閃爍板209上的電子束可以電離閃爍板前方的區域中的殘餘氣體分子，在入射位置213處產生電荷，並且電荷可以進而吸引真空中殘留的氣態污染物，使得污染物沈積在閃爍板209的入射位置213處，並導致閃爍材料性質的變差，從而使得由入射電子小束9引起的光束221的強度隨時間降低。可以藉由在垂直於閃爍板209的表面法線的方向上移位入射位置213來解決此問題，該方向被定向為與閃爍板209的表面的法線垂直，即在檢測平面209a內。藉由這一點，電子小束9並不總是在相同的入射位置213處入射到閃爍板的表面上，而是在閃爍板209的表面上移動，因此移動到其表面上的新位置。然後，在閃爍板209的表面的不同位置處發生的污染不會妨礙由入射電子小束9引起的入射位置213處的光的生成。

【0080】 動態電子光學元件用於動態地校正從樣本7到檢測平面209a上的二次電子（SE）3的殘餘成像誤差，這些殘餘成像誤差不是由靜態成像系統引起的。這些殘留成像誤差可以在充電表面的掃描期間發生，其中成像特性和約束條件（比如SE的起始能量或SE的起始角度分佈）可以在

成像的一框內改變。這些動態元件可包括一個或多個電子光學透鏡260、偏轉器280和消像散器288。由於在動態情況下需要快速對準時間，因此僅較佳的是使用靜電透鏡、靜電偏轉器和/或靜電消像散器。動態控制器170控制動態電子光學元件260、280和288、以及經由電壓源151添加到靜態電位的動態樣本電位。為此，動態控制器170使用空間分辨檢測系統290，該空間分辨檢測系統使用撞擊到檢測平面209a上的一部分訊號。束分離裝置400由靜態對準的扇形磁場構成。束分離裝置400內的快速靜電偏轉元件410也由動態控制器170控制。

【0081】 另外一控制器160控制靜態或低頻特性和部件。

【0082】 用於在檢測平面209a上產生斑點的最終透鏡263可以是靜態或動態類型之一，並且分別由控制器160或170控制。

【0083】 在圖5a至圖5f中，圖551描繪了空間分辨檢測系統290上的區，這些區對應於圖像採集系統的對應檢測器的敏感區，並且因此對應於檢測平面209中的二次電子小束的理想位置。在空間分辨檢測系統290上的這些區與圖像採集檢測器的敏感區之間的映射係固定的並且可以預先準直（參考見US 9,336,982 B2及其中的參考文獻，其藉由援引併入本文）。圖550描繪了由檢測系統200成像到檢測平面209a上的二次電子小束的位置分佈。圖5a描繪了二次電子小束550的位置分佈與敏感區551之間的位移。使用快速偏轉系統280，這可以被校正以產生圖5f中所示的二次電子小束550在敏感區551上的正確定位。為了實現這一點，藉由記錄和分析由空間分辨檢測系統290記錄的圖像來確定二次電子小束550的位置分佈與敏感區551之間的位移。藉由分析所記錄的圖像，藉由即時投射對準演算法805確定用於快速偏轉系統280的適當偏轉電位，並且因此所確定的偏轉電位由動態控制器170施加到快速偏轉系統280。以如下方式確定偏轉電位：在適當電位施加到快速偏轉系統280的情況下，二次電子550的位置與如圖5f中所示的敏感區551的中心重合。

【0084】 圖5b描繪了二次電子小束550相對於敏感區551的位置分佈的畸變。使用快速消像散系統285，這可以被校正以產生圖5f中所示的二次電子小束550在敏感區551上的正確定位。為了實現這一點，藉由由空間分辨檢測系統290記錄圖像、藉由即時投射對準演算法805分析由空間分辨檢測系統290所記錄的圖像、並且基於圖像分析確定快速消像散系統285的適當消像散器電壓，確定二次電子小束550的位置分佈的畸變。藉由即時投射對準演算法805以如下方式確定消像散器電壓：在適當電壓施加到快速消像散系統285的情況下，二次電子小束550的位置與圖5f中所示的敏感區551的中心重合。分別確定的消像散器電壓由動態控制器170施加到快速消像散系統285。

【0085】 圖5c描繪了二次電子小束550相對於敏感區551的散焦。使用快速透鏡系統260，這可以被校正以產生圖5f中所示的二次電子小束550在敏感區551上的正確定位。為了實現這一點，藉由記錄和由即時投射對準演算法805分析由空間分辨檢測系統290記錄的圖像，確定二次電子小束550在敏感區551處的散焦。用於快速透鏡系統260的適當電壓由即時投射對準演算法805確定，並且由動態控制器170以如下方式施加到快速透鏡系統260：在將適當電壓施加到快速透鏡系統260的情況下，如圖5f中所示，二次電子小束550的位置與敏感區551的中心重合，並且在空間分辨檢測系統290上的光斑點的直徑最小化或具有適當的尺寸。

【0086】 圖5d描繪了二次電子小束550在敏感區551上的像散成像。使用快速消像散系統285，這可以被校正以產生圖5f中所示的二次電子小束550在敏感區551上的正確定位。保持斑點位置同時正確需要使用至少兩個消像散器，如US 20150357157 A1中詳細描述的，該文獻藉由援引併入本文。為了實現消像散，藉由記錄和分析由空間分辨檢測系統290記錄的圖像來確定二次電子小束550的消像散成像的畸變。用於快速消像散系統285的適當消像散器電壓由即時投射對準演算法805確定，並且這種消像散器電壓

由動態控制器170施加到快速消像散系統285。基於圖像分析，消像散器電壓以如下方式確定：在將適當電壓施加到快速消像散系統285的情況下，二次電子小束550的束斑點的形式變為圓形，其中心如圖5f中所示位於敏感區551的中心。

【0087】 圖5e描繪了二次電子小束550相對於敏感區551的成像的放大率變化。使用快速透鏡系統260，這可以被校正以產生圖5f中所示的二次電子小束550在敏感區551上的正確定位。保持斑點位置同時正確需要使用至少兩個透鏡，如US 20150357157 A1中詳細描述的，該文獻藉由援引併入本文。為了實現這一點，藉由記錄和分析由空間分辨檢測系統290記錄的圖像來確定敏感區551處的二次電子小束550的放大率變化。用於快速透鏡系統260的適當電壓由即時投射對準演算法805基於圖像分析來確定，並由動態控制器170施加到快速透鏡系統260。適當電壓由即時投射對準演算法805以如下方式確定：在將適當電壓施加到快速透鏡系統260的情況下，如圖5f中所示，所有二次電子小束550的位置與敏感區551的中心重合，並且在空間分辨檢測系統290上的光斑點的直徑最小化或具有適當的尺寸。

【0088】 以上，關於圖5a至圖5f，僅描述了各個畸變的校正。然而，如果利用空間分辨檢測系統290記錄的圖像顯示出所描述的畸變的組合，則即時投射對準演算法805有利地同樣被配置為確定快速對準部件的適當電位和電壓。用於靜電透鏡、靜電消像散器和靜電偏轉器的適當電壓然後由即時投射對準演算法805同時或順序地在反覆運算步驟中確定。

【0089】 利用空間分辨檢測系統290記錄圖像係在借助於多檢測器記錄樣本圖像之前或者在借助於多檢測器記錄樣本圖像的部分的同時發生的，例如在多個初級電子小束已經掃描了預定數量的線之後。

【0090】 圖9a中的帶電粒子束系統具有與圖1中所示系統類似的設計。在圖9a中，利用附圖標記900描繪帶電粒子源。在帶電粒子源900發射的帶電粒子的束路徑上安排至少一個準直透鏡901。沿準直透鏡下游的帶電

粒子的發射方向，安排具有多個孔的多孔板904，以用於從帶電粒子源900發射的帶電粒子束生成多個帶電粒子小束904a至904c。在準直透鏡901與多孔板之間安排第一偏轉系統902。第一偏轉系統902可以是單個偏轉系統或具有兩個偏轉器902、903的雙偏轉系統之一。

【0091】 在多孔徑陣列904與場透鏡907之間還安排有另外一第二偏轉系統905。此第二偏轉系統也可以是單個偏轉系統或具有兩個偏轉器905、906的雙偏轉系統之一。第一偏轉系統902和第二偏轉系統905用於在第一操作模式（即，藉由多個帶電粒子小束同時掃描樣本並且檢測由於撞擊初級帶電粒子小束而離開樣品的交互產物）與第二操作模式之間切換，在第二模式下利用散焦帶電粒子束淹沒樣本以補償樣本充電。

【0092】 如已經結合圖1所述，沿在初級帶電粒子的傳播方向的下游，安排了分束器908以及物鏡909。藉由物鏡909，初級帶電粒子小束聚焦在樣本910上，以安排在樣本平面（第一平面）中。

【0093】 在二次束路徑中，即，在由於投射系統911與具有單獨的檢測區域912a至912e的多檢測器912之間的撞擊的初級帶電粒子而離開樣本910的交互產物的束路徑上，安排有投射光闌913。並且，在物鏡909與分束器908之間或者沿分束器的下游，安排了另外一偏轉器914。

【0094】 在第一操作模式下，多束帶電粒子束系統的控制器控制第一和第二偏轉系統902和/或903、905和/或906，使得多個帶電粒子小束撞擊在樣本上。為了實現這一點，第一偏轉系統902/903引導進入的帶電粒子束撞擊到具有直徑d1的多孔板904的多個孔1001、1002（參見圖10）上。在第二操作模式下，多束帶電粒子束系統的控制器控制第一和第二偏轉系統902/903、905/906，使得進入的帶電粒子束被引導到具有直徑d2的多孔板904的較大孔103（參見圖10）上。如上所述，d2係d1的至少5倍。在第二操作模式下，與使初級束偏轉以撞擊到多個孔1001、1002上同時，控制器例如藉由偏轉器914控制投射系統911引導所有或至少大部分由於撞擊初級帶電

粒子而離開樣本910而引起的交互產物撞擊在投射光闌913上（參見圖9b）。在兩種操作模式下，束穿過物鏡909到達樣本910上。

【0095】 圖11a和圖11b中的實施方式類似於圖9a中所示的實施方式。與圖9a中的部件相同的部件用相同的附圖標記描繪，並且關於它們的設計和功能，參考圖9a和圖9b的上述描述。圖11中的實施方式具有第二帶電粒子源921，第二帶電粒子源僅用於淹沒樣本。沿第二帶電粒子源921的下游，安排偏轉系統922和束闌923。此外，第二束光闌920可以設置在分束器908與物鏡909之間。

【0096】 在第一操作模式下，帶電粒子束系統的控制器控制由第二帶電粒子源921發射的第二帶電粒子束的束路徑上的偏轉器922以撞擊到束光闌923上。同時，控制器控制多束發生器以生成多個初級帶電粒子小束來撞擊到樣本910上。在這種操作模式下，樣本910被多個帶電粒子小束掃描，並且由於初級小束而引起的離開樣本的交互產物由多個檢測器912檢測。在第二操作模式下，控制器控制多束發生器，例如藉由偏轉系統902（和/或偏轉系統903、和/或圖9a中的偏轉系統905/906）的不同激勵來將帶電粒子小束引導到安排在分束器908與物鏡之間的光闌920上。束光闌920也可以放置多孔板904與分束器908之間，或者偏轉系統902/903可以用於使在第一模式下照射第一多孔板的多個孔的初級束偏轉到沒有孔的區，如圖11b所示。同時，控制器控制偏轉器922和/或物鏡909和/或樣本位置，使得第二帶電粒子源921發射的帶電粒子穿過束光闌923中的開口並以散焦的方式撞擊到樣本910上。然後，第二帶電粒子源發射的帶電粒子以散焦的方式撞擊到樣本910的表面上的較大區上。再一次，在第一和第二操作模式兩者下，帶電粒子束穿過物鏡孔。

【0097】 圖12a和圖12b示出了具有第二帶電粒子源921的帶電粒子束系統的第二實施方式。圖11a和圖11b以及圖12a和圖12b中相同的部件被分配相同的附圖標記。在圖12a和圖12b所示的實施方式中，第一多孔板904本

身用作帶電粒子源900發射的帶電粒子的束光闌。在第一操作模式下，多孔板904上游的偏轉系統902、903被激勵，以將帶電粒子源900發射的帶電粒子束偏轉到多孔板904中具有多個孔的區域，以生成多個帶電粒子小束904a至904c。激勵多孔板下游的偏轉系統905、906，以使帶電粒子小束與物鏡909的光軸重新對準。同時，第二帶電粒子束源921發射的束路徑上的偏轉系統922被激勵，以使第二帶電粒子束源922發射的帶電粒子束偏轉，從而撞擊到束光闌923上。

【0098】 在圖12b所展示的第二操作模式下，安排的多孔板904上游的偏轉系統902、903被激勵以使帶電粒子源900發射的帶電粒子束偏轉以撞擊到多孔板904的沒有任何孔的區域上。同時，第二帶電粒子束源921發射的束路徑上的偏轉系統922被激勵，以使第二帶電粒子束源922發射的帶電粒子束偏轉，從而穿過束光闌923中的孔。同時，激勵投射束路徑上的偏轉系統914以偏轉由於撞擊帶電粒子而離開樣本910的所有或大部分交互產物來撞擊到二次束路徑上的束光闌913上。

【0099】 在實施方式中，組合上述用於藉由利用散焦帶電粒子束淹沒樣本的電荷補償方法以及用於控制投射系統的動態子部件以消除由於樣本充電引起的束干擾之方法。

【符號說明】

1	帶電粒子束系統、顯微鏡檢查系統
3	初級電子小束、初級帶電粒子小束
5	束斑點
7	物體、樣本
9	二次電子小束
10	電腦系統或控制器
11	二次帶電粒子束路徑、二次束路徑

13	初級束路徑、初級帶電粒子束路徑
100	物體照射單元
101	物平面、第一平面
102	物鏡
160、170	控制器
150	靜態電壓源
151	電壓源
170	動態控制器
200	檢測系統
205	投射透鏡
207	電子敏感檢測器
208	過濾器
209	檢測器安排、多檢測器、閃爍板
209a	檢測平面
210、211	帶電粒子透鏡
211	表面
213	入射位置
214、238	交叉平面
215	檢測區域
216	光圈
218	圓形開口
221	光束
250、270、285	靜態（或低頻）電子光學元件
251	電子光學透鏡
260、280、288	動態（或高頻）電子光學元件組
260	電子光學透鏡、快速透鏡系統

263	透鏡
271、280	偏轉器
280	快速偏轉系統
285	快速消像散系統
286、288	消像散器
290	空間分辨檢測系統
291	鏡子
292	第二透鏡
293	第三透鏡
294	分束器
295	光導
295	玻璃纖維
296、297、298、299、331	光檢測器
300	初級小束發生器、帶電粒子多小束發生器
301	電子源
302	引出電極
303	準直透鏡
305	小束成形單元、初級小束成形單元
306	第一透鏡
307	場透鏡
309	發散電子束
309	初級束
310	發射尖端
311	準直束、電子束
313	多孔選擇板
313、320	多孔板

315	孔
317	多個孔陣列
330	光接收區
400	分束器單元、分束器、束分離裝置
410	快速靜電偏轉元件
550	二次電子小束
551、550	圓
551	敏感區
800	控制系統
802	控制器
804	檢測器相機
805	投射對準演算法、即時投射對準演算法
900	帶電粒子源
901	準直透鏡
902	第一偏轉系統
902、903	偏轉器
902、903、905、906	偏轉系統
904	多孔板、多孔徑陣列
904a至904c	多個帶電粒子小束、帶電粒子小束
905	偏轉系統
907	場透鏡
908	分束器
909	物鏡
910	樣本
911	投射系統
912a至912e	檢測區域

912	多檢測器
913	投射光闌
914	偏轉器
921	第二帶電粒子源
922	偏轉系統
923	束光闌
920	第二束光闌
1001、1002	孔
1213	光圈
1215a至1215h	電極
d1、1d2	直徑

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種帶電粒子束系統，包含：

提供於一第一軸線上之一第一帶電粒子源；

一第二帶電粒子源；及

配置於該第一軸線上之一組件，該組件經組態以導引該第二帶電粒子源產生之一射束朝向一樣本，

其中該帶電粒子束系統經組態以在一第一操作模式與一第二操作模式之間切換；

其中在該第二操作模式中，自該第一帶電粒子源產生之一第一帶電粒子束經導引朝向該樣本，在該第一操作模式中，自該第二帶電粒子源產生之一第二帶電粒子束經導引朝向該樣本；

其中在該第二操作模式中的該第一帶電粒子束與在該第一操作模式中的該第二帶電粒子束通過一相同的物鏡。

【請求項2】 如請求項1所述之帶電粒子束系統，其中該帶電粒子束系統之該第一操作模式與該第二操作模式之間的切換不改變該物鏡。

【請求項3】 如請求項1所述之帶電粒子束系統，其中在該第一操作模式與該第二操作模式，該第一帶電粒子束皆通過一第一透鏡。

【請求項4】 如請求項3所述之帶電粒子束系統，其中該帶電粒子束系統之該第一操作模式與該第二操作模式之間的切換不改變該第一透鏡。

【請求項5】 一種帶電粒子束系統，包含：

提供於一第一軸線上之一第一帶電粒子源；

一第二帶電粒子源；及

配置於該第一軸線上之一組件，該組件經組態以導引該第二帶電粒子源產生之一射束朝向一樣本，

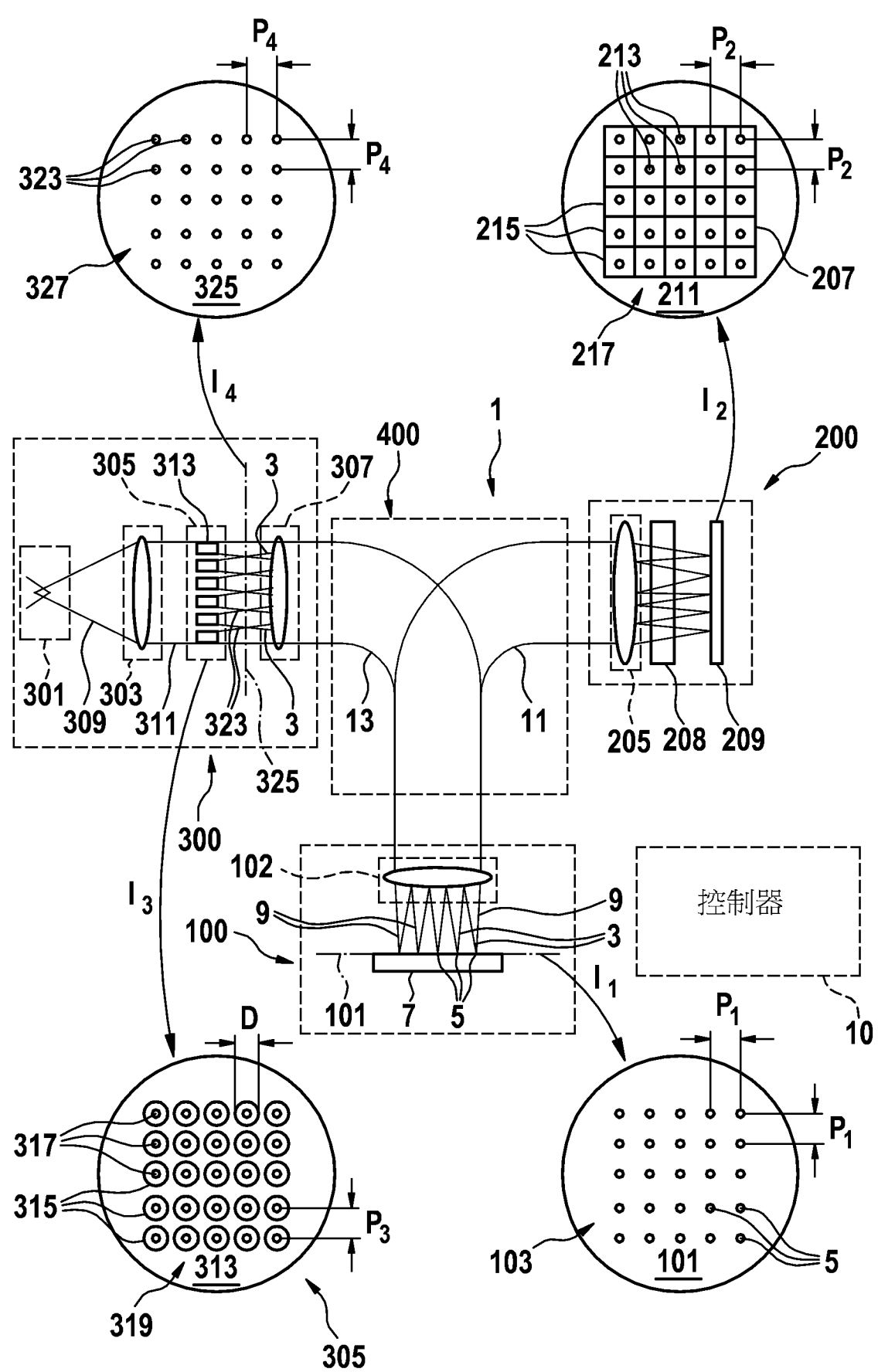
其中該帶電粒子束系統經組態以在一第一操作模式與一第二操作模式之間切換；

其中在該第二操作模式中，自該第一帶電粒子源產生之一第一帶電粒子束經導引朝向該樣本，在該第一操作模式中，自該第二帶電粒子源產生之一第二帶電粒子束經導引朝向該樣本；

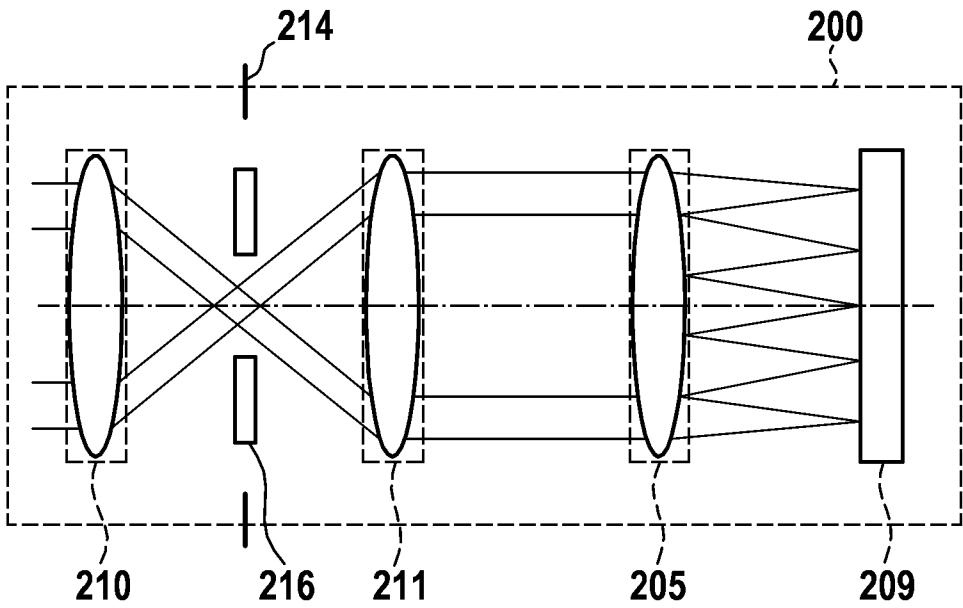
其中在該第一操作模式與該第二操作模式，該第一帶電粒子束皆通過一第一透鏡。

【請求項6】 如請求項5所述之帶電粒子束系統，其中該帶電粒子束系統之該第一操作模式與該第二操作模式之間的切換不改變該第一透鏡。

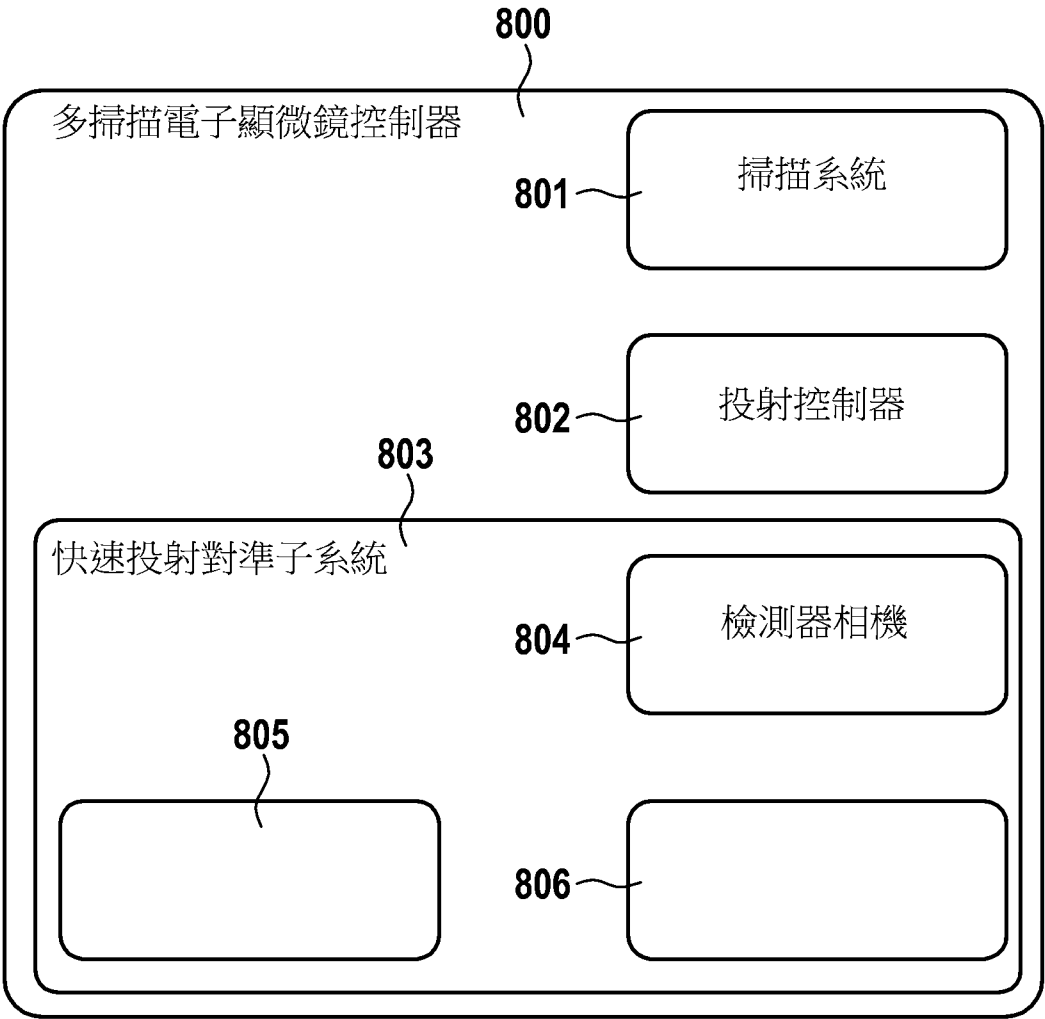
【發明圖式】



【圖1】

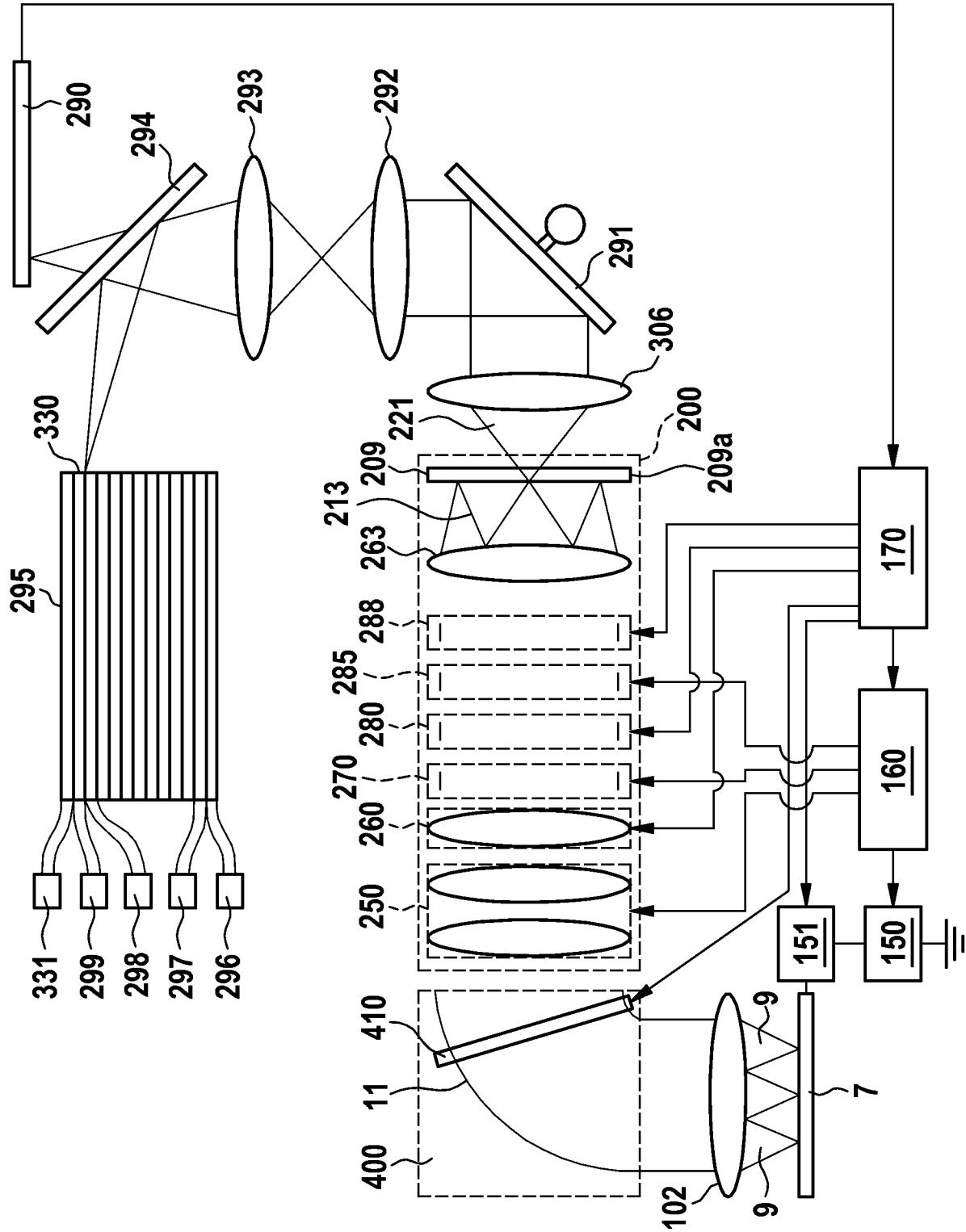


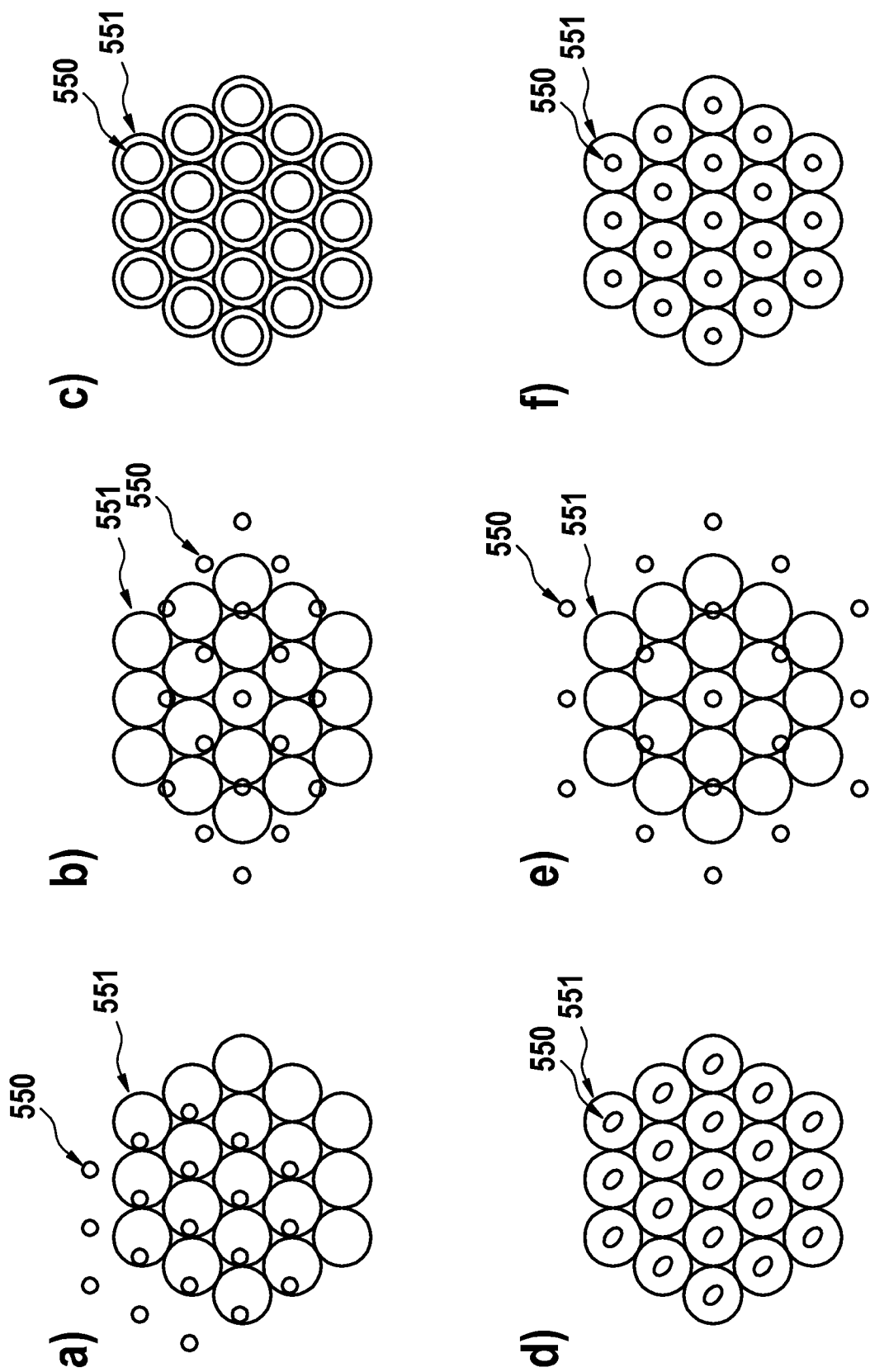
【圖2】



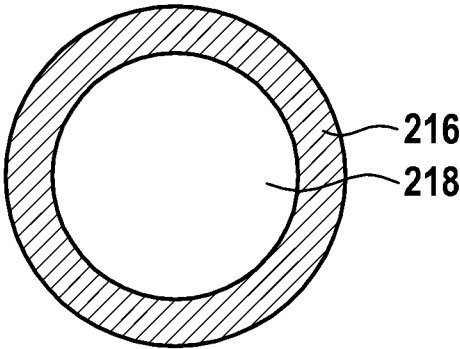
【圖3】

【圖4】

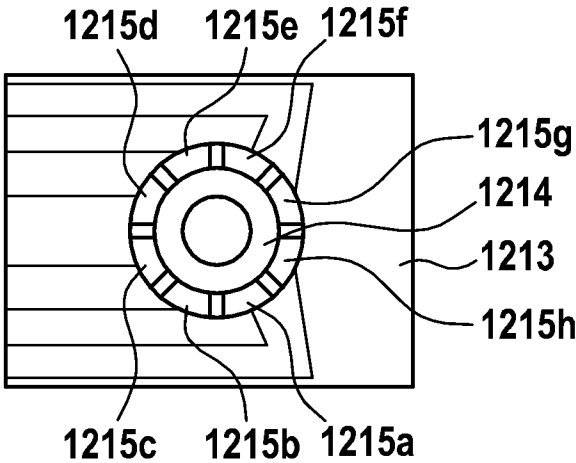




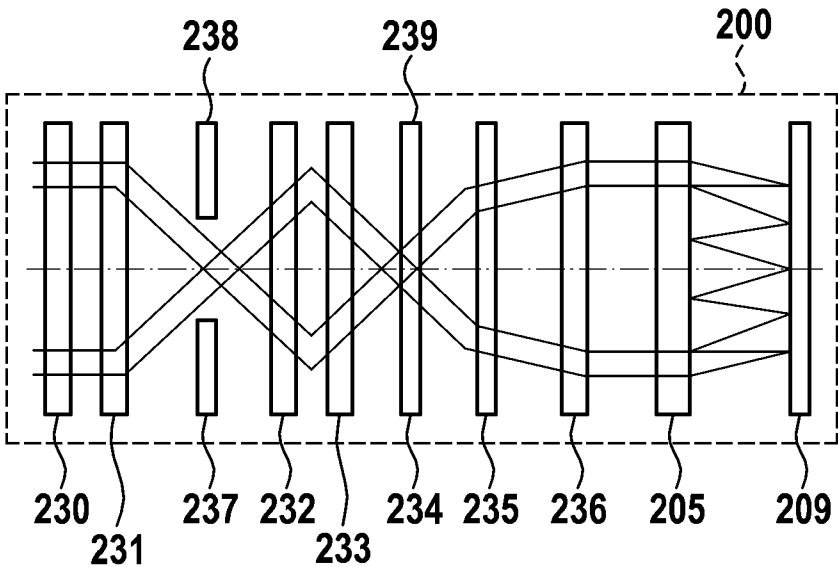
【圖5】



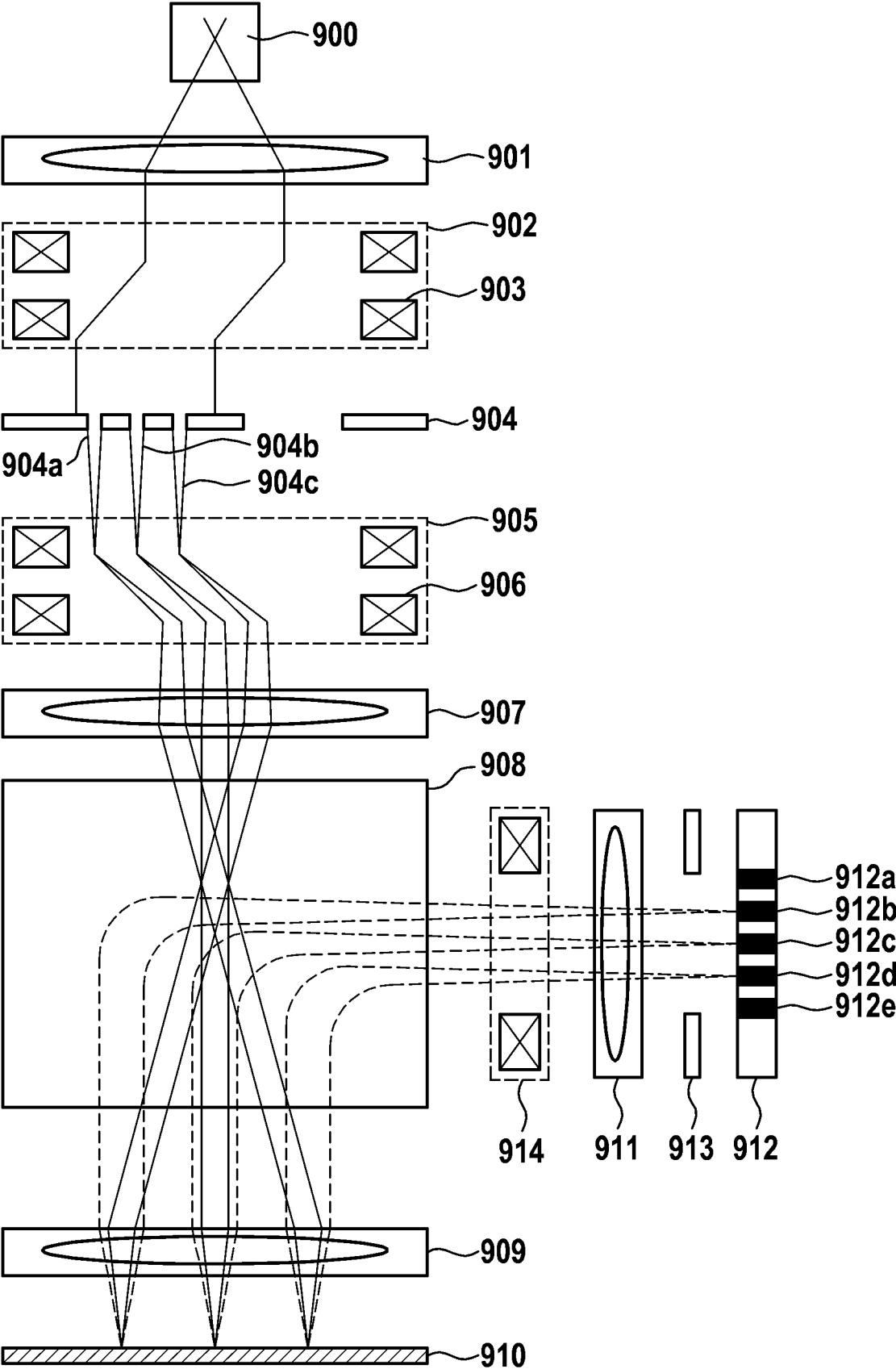
【圖6】



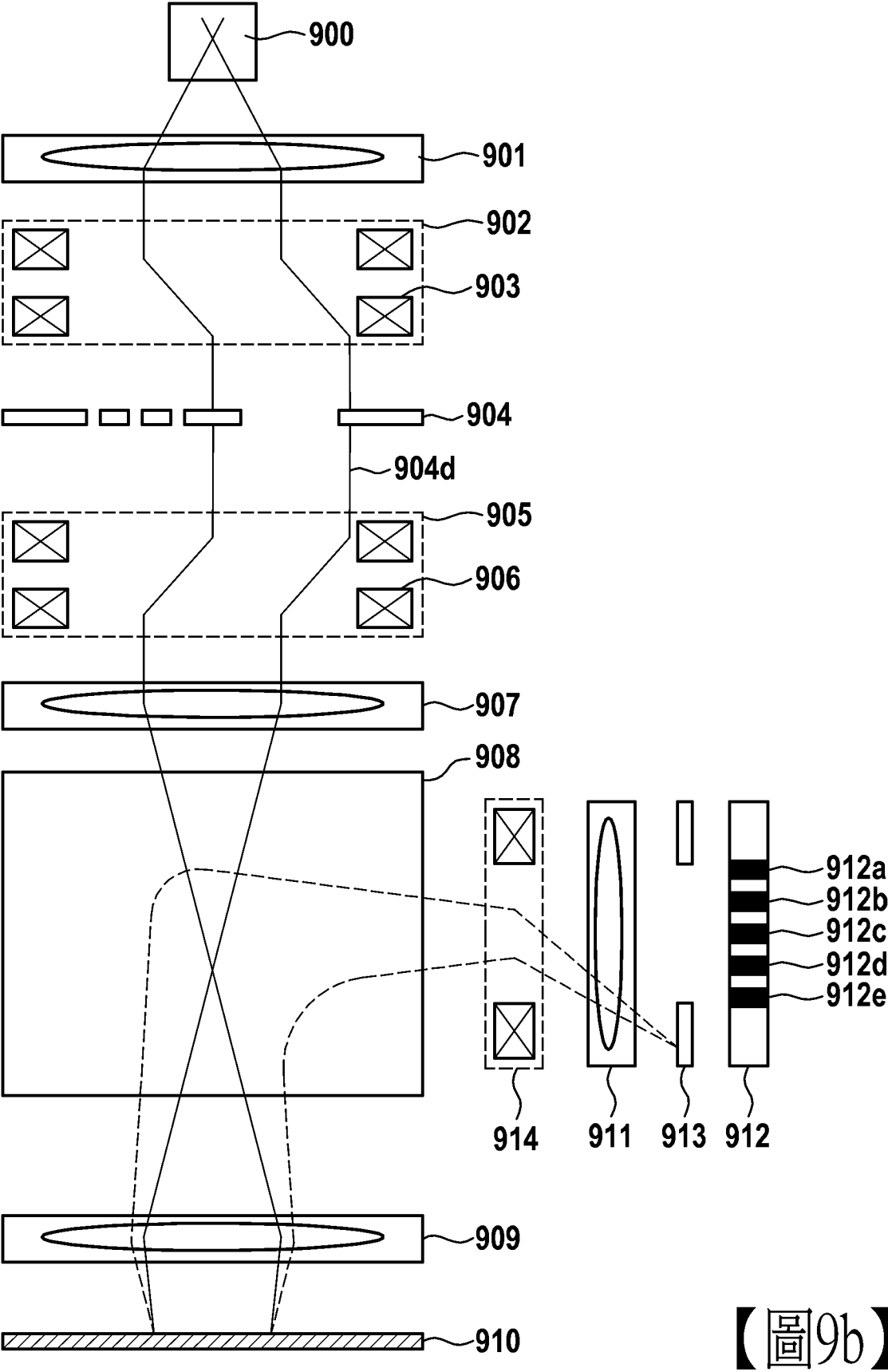
【圖7】



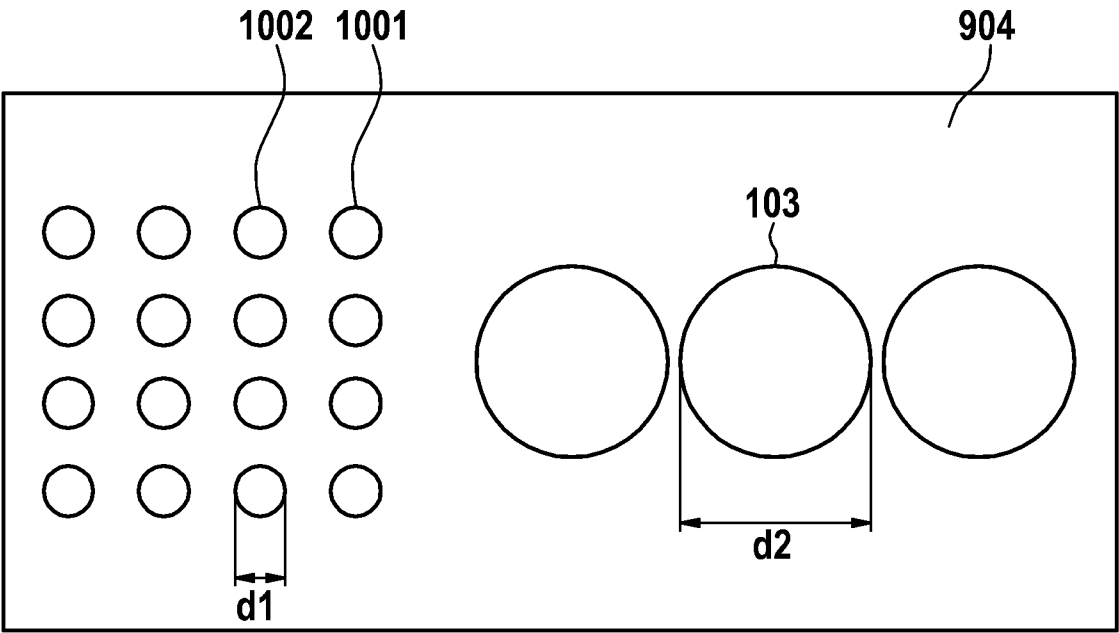
【圖8】



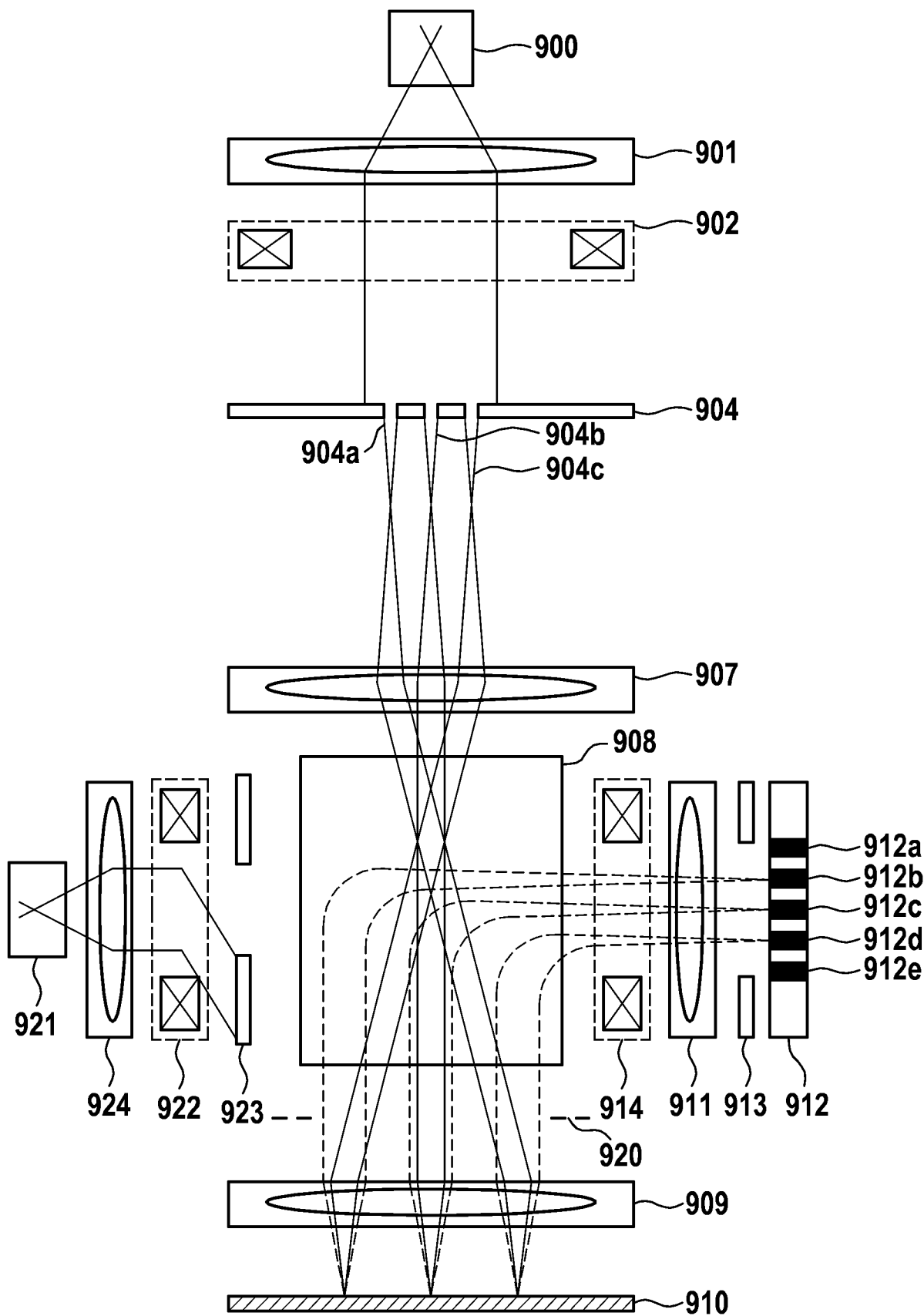
【圖9a】



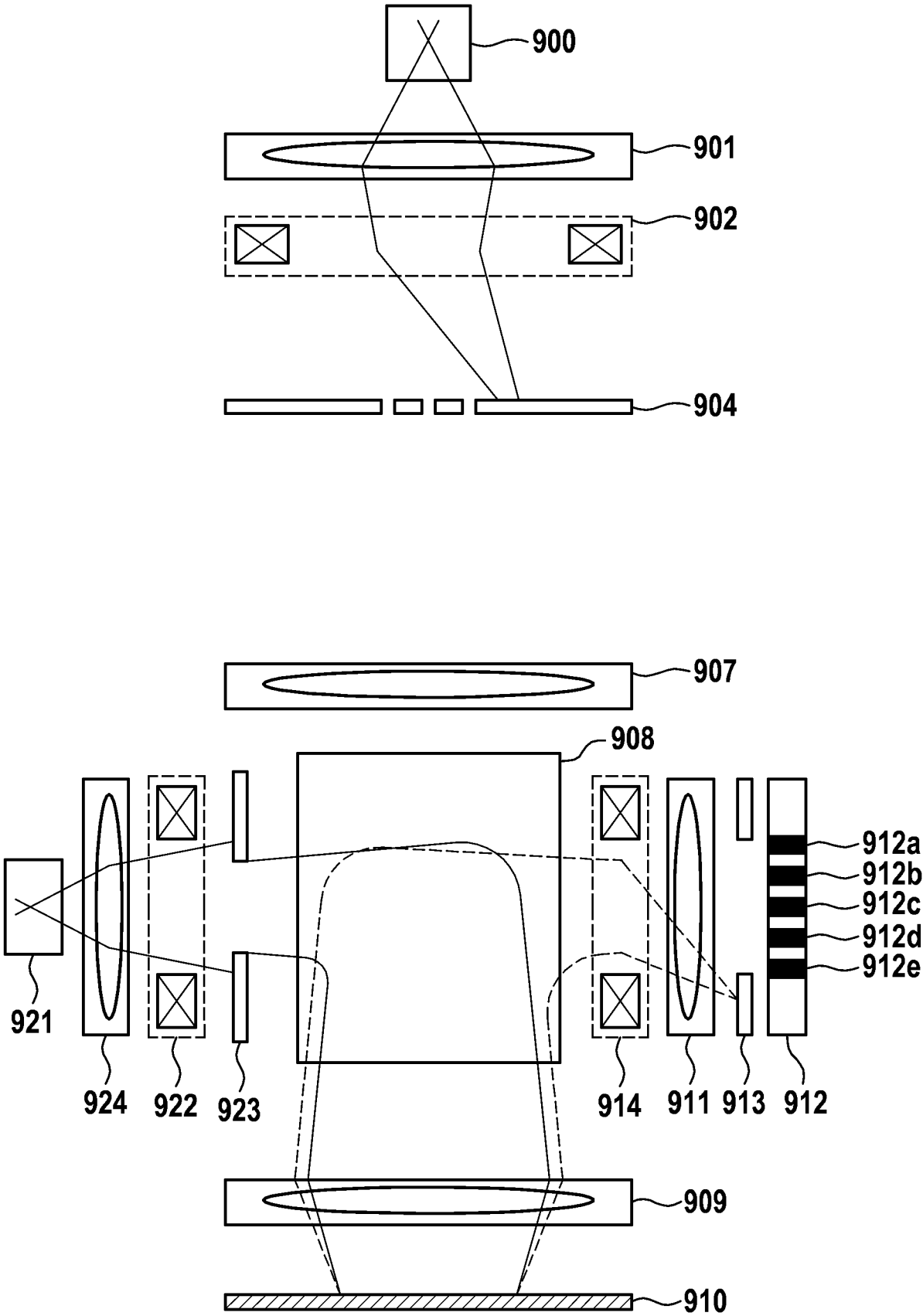
【圖9b】



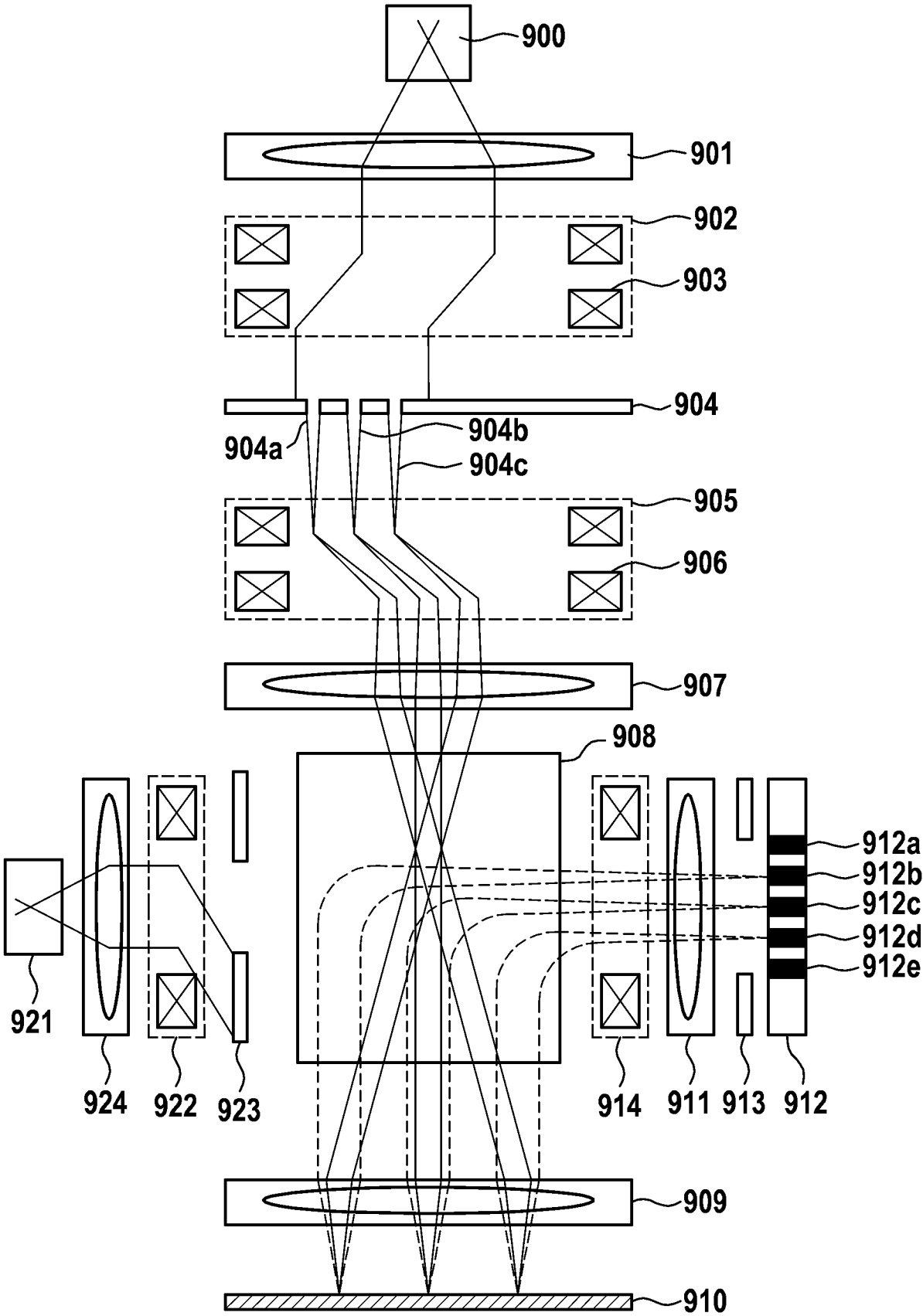
【圖10】



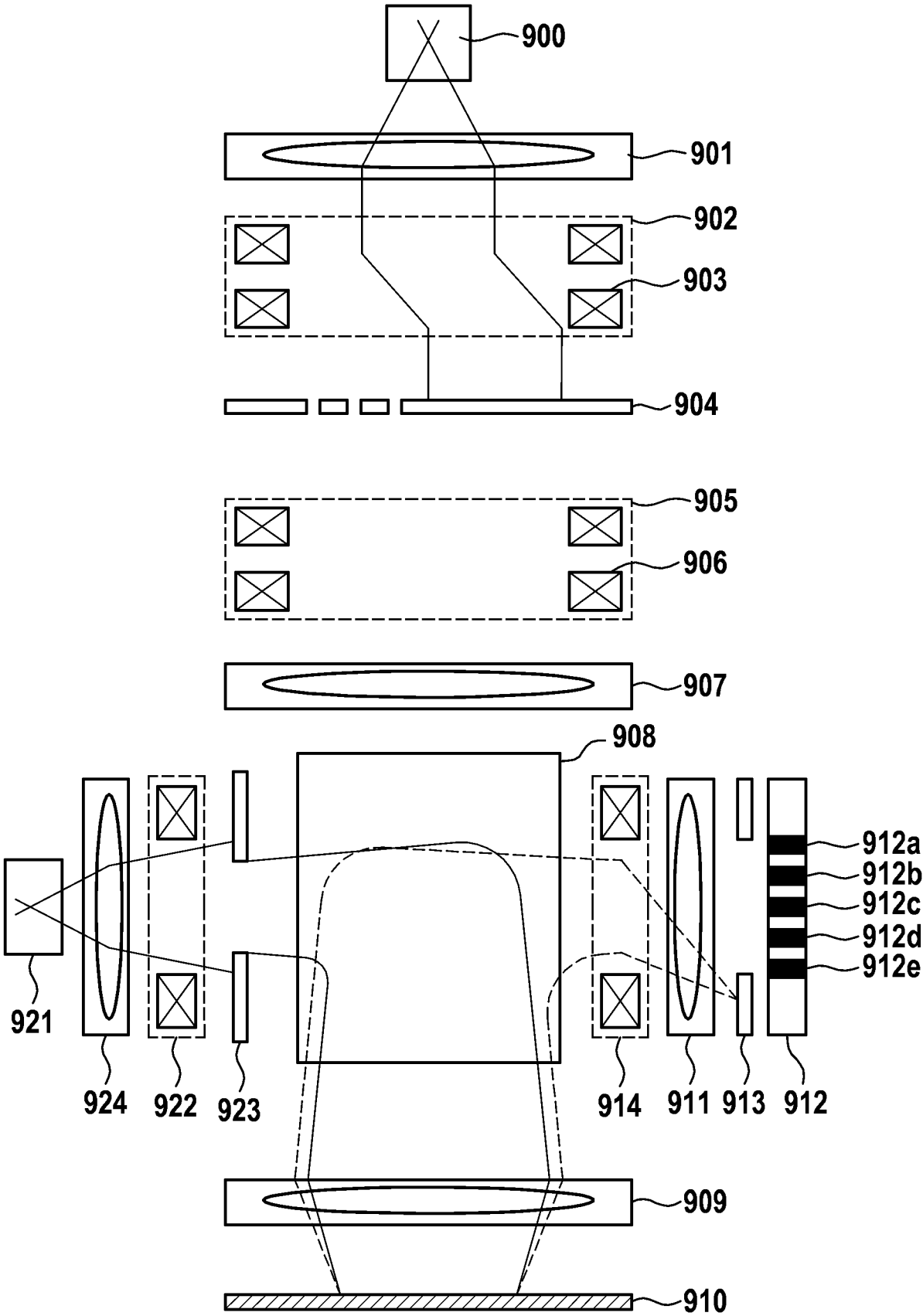
【圖11a】



【圖11b】



【圖12a】



【圖12b】