



(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 I838382 B

(45) 公告日：中華民國 113 (2024) 年 04 月 11 日

(21) 申請案號：108121814

(22) 申請日：中華民國 108 (2019) 年 06 月 21 日

(51) Int. Cl. : H01J37/26 (2006.01)

H01J37/28 (2006.01)

(30) 優先權：2018/06/21 德國

10 2018 115 012.1

(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) ; 弗瑞茲 漢斯 FRITZ, HANS (DE) ; 穆勒 英格 MUELLER, INGO (DE) ; 舒伯特 斯特凡 SCHUBERT, STEFAN (AT) ; 湯瑪 艾琳 THOMA, ARNE (DE) ; 瑪喬 安卓斯 G MAJOR, ANDRAS G. (HU)

(74) 代理人：李宗德

(56) 參考文獻：

TW 201130010A

TW 201527745A

EP 2579269A2

US 5834783A

US 2017/0154756A1

審查人員：曾宏仁

申請專利範圍項數：36 項 圖式數：10 共 49 頁

(54) 名稱

粒子束系統

(57) 摘要

一種粒子束系統 1，包括：多束式粒子源，該多束式粒子源被配置為產生多個粒子束 5；成像光學單元 35，該成像光學單元被配置為將物平面 29 以粒子光學方式成像到像平面 7 中並將該多個粒子束引導到該像平面；以及場發生佈置 41，該場發生佈置被配置為在該物平面 29 附近的區域中產生電和/或磁偏轉場，其中，該等粒子束在操作期間被該等偏轉場偏轉，偏轉角度取決於該等偏轉場的強度。

A particle beam system 1 comprises a multi-beam particle source configured to generate a multiplicity of particle beams 5, an imaging optical unit 35 configured to image an object plane 29 particle-optically into an image plane 7 and to direct the multiplicity of particle beams onto the image plane, and a field generating arrangement 41 configured to generate electric and/or magnetic deflection fields of adjustable strength in regions near the object plane 29, wherein the particle beams are deflected during operation by the deflection fields by deflection angles dependent on the strength of the deflection fields.

指定代表圖：

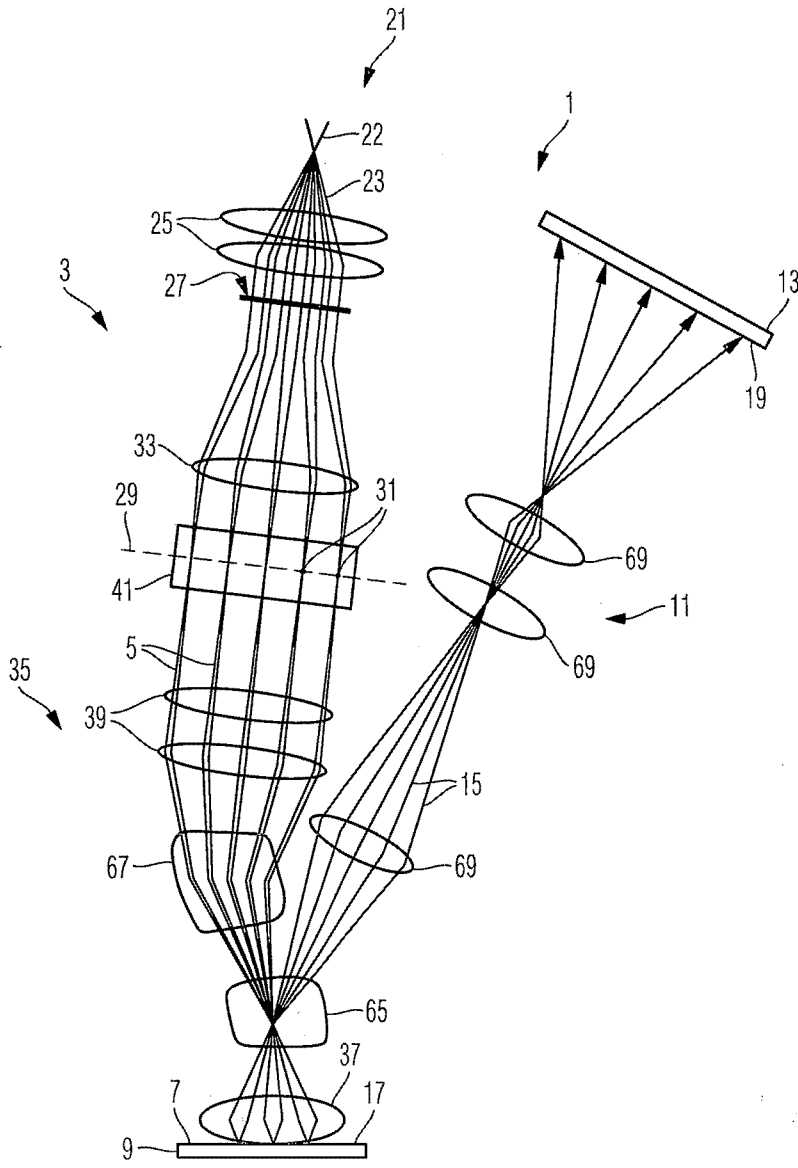


圖1

符號簡單說明：

- 1 . . . 粒子束系統
- 3 . . . 照射系統
- 5 . . . 粒子束
- 7 . . . 平面
- 9 . . . 物體
- 11 . . . 成像光學單元
- 13 . . . 檢測器陣列
- 15 . . . 粒子束
- 17 . . . 物平面
- 19 . . . 像平面
- 21 . . . 多束式粒子源
- 22 . . . 粒子發射器
- 23 . . . 粒子束
- 25 . . . 聚束透鏡
- 27 . . . 多孔板佈置
- 29 . . . 表面
- 31 . . . 焦點
- 33 . . . 透鏡
- 35 . . . 成像光學單元
- 37 . . . 物鏡
- 39 . . . 透鏡
- 41 . . . 偏轉器陣列
- 65 . . . 光束開關
- 67 . . . 標記
- 69 . . . 透鏡

I838382

發明摘要

※ 申請案號：108121814

※ 申請日：108年6月21日

【發明名稱】

粒子束系統

PARTICLE BEAM SYSTEM

【中文】

一種粒子束系統 1，包括：多束式粒子源，該多束式粒子源被配置為產生多個粒子束 5；成像光學單元 35，該成像光學單元被配置為將物平面 29 以粒子光學方式成像到像平面 7 中並將該多個粒子束引導到該像平面；以及場發生佈置 41，該場發生佈置被配置為在該物平面 29 附近的區域中產生電和/或磁偏轉場，其中，該等粒子束在操作期間被該等偏轉場偏轉，偏轉角度取決於該等偏轉場的強度。

【英文】

A particle beam system 1 comprises a multi-beam particle source configured to generate a multiplicity of particle beams 5, an imaging optical unit 35 configured to image an object plane 29 particle-optically into an image plane 7 and to direct the multiplicity of particle beams onto the image plane, and a field generating arrangement 41 configured to generate electric and/or magnetic deflection fields of adjustable strength in regions near the object plane 29, wherein the particle beams are deflected during operation by the deflection fields by deflection angles dependent on the strength of the deflection fields.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1。

【本代表圖之符號簡單說明】：

1	粒子束系統
3	照射系統
5	粒子束
7	平面
9	物體
11	成像光學單元
13	檢測器陣列
15	粒子束
17	物平面
19	像平面
29	物平面
21	多束式粒子源
22	粒子發射器
23	粒子束
25	聚束透鏡
27	多孔板佈置
29	表面
31	焦點
33	透鏡
35	成像光學單元
37	物鏡
39	透鏡

41	偏轉器陣列
65	光束開關
67	標記
69	透鏡

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無。

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

粒子束系統

PARTICLE BEAM SYSTEM

【技術領域】

【0001】 本發明涉及一種使用多個粒子束操作之粒子束系統。

【先前技術】

【0002】 例如，WO 2005/024881 A2和DE 10 2014 008 083 B4公開了利用多個電子束操作的電子顯微鏡系統，以便藉由所述電子束平行掃描待檢查的物體。電子束係藉由電子源產生的電子束被引向具有多個開口的多孔板而產生的。電子束的一部分電子撞擊在多孔板上並在那裡被吸收，而另一部分電子穿過多孔板的開口，從而使得在每個開口下游的束路徑上使電子束成形，所述電子束的截面由開口的截面限定。另外，在多孔板上游和/或下游的路徑上提供的適當選擇的電場具有以下效應：多孔板的每個開口對穿過開口的電子束起到透鏡的作用，使得在位於多孔板外的平面中出現實際或虛擬焦點。形成有電子束的焦點的平面藉由成像光學單元成像在有待檢查的物體的表面上，從而使得各個電子束以聚焦的方式作為彼此並排的一次束撞擊在物體上。在那裡，電子束產生從物體發出的反向散射電子或二次電子，使該等電子成形以形成二次束並藉由進一步的成像光學單元引到檢測器陣列上。在該檢測器，每一個二次電子束撞擊在分開的檢測器元件上，從而使得檢測器元件檢測到的電子強度提供與該物體在相應一次電子束撞擊在物體上的位置處有關的資訊。多個一次電子束系統性地在

物體的表面上平行掃描以便以掃描電子顯微鏡的常規方式產生物體的電子顯微照片。

【0003】 已經發現，藉由各個電子束獲得的電子顯微照片，特別是在結構很大的物體的情況下，取決於多個電子束內的相應電子束佔據的位置。發明人將此歸因於以下事實：各個電子束並非全部正交地撞擊物體，而是以不同的角度撞擊物體，其中給定電子束撞擊物體的角度取決於電子束內的所述電子束的位置。因此，發明人認識到，在物體上形成電子束的焦點的平面的成像不是遠心的。因此，期望影響焦點平面成像到物體上的遠心度。由於遠心誤差通常隨著距像場中心的距離的增大而增大，因此還期望借助於物體處的各個光束之間的距離可變來影響物體上的照射場的大小。

【發明內容】

【0004】 因此，本發明的目的是提出一種粒子束系統，該粒子束系統利用多個粒子束操作，並且其中能夠影響粒子束內的粒子束之間的角度和距離。

【實施方式】

【0005】 根據本發明的實施方式，粒子束系統包括多束式粒子源，該多束式粒子源被配置為產生多個粒子束。多束式粒子源可以包括例如用於產生粒子束的粒子發射器和多孔板，該多孔板被佈置在粒子束的束路徑上並且具有多個開口，粒子束的粒子穿過該等開口，使得在多孔板下游的束路徑上產生多個粒子束。

【0006】 粒子束系統還包括成像光學單元，該成像光學單元被配置為將物平面以粒子光學方式成像到像平面中並將多個粒子束引導到物平面

上。物平面到像平面的成像不排除一個或多個中間像平面，中間像平面中產生物平面的圖像，也佈置在物平面與像平面之間的束路徑上。

【0007】 粒子束系統還包括場發生佈置，該場發生佈置被配置為在物平面附近的區域中產生可調強度的電和/或磁偏轉場，其中，粒子束在操作期間被偏轉場偏轉，偏轉角度取決於偏轉場的強度。

【0008】 粒子束系統通過設定物平面附近的偏轉角度，允許粒子束穿過像平面的角度受到影響。

【0009】 各個粒子束被偏轉場偏轉的偏轉角度可以被確定為兩條直線之間的角度，其中，兩條直線中的一條直線與直接在偏轉場上游的束路徑上的粒子束的軌跡一致，而兩條直線中的另一條直線與直接位於偏轉場下游的束路徑上的粒子束的軌跡一致。如果粒子束沒有被偏轉場偏轉，則在這種情況下偏轉角度為零。偏轉場在廣闊區域上沿束路徑的方向延伸。因此，偏轉場在廣闊區域上作用於粒子束，並且具有在偏轉場區域中的軌跡沿彎曲路徑延伸的效應。

【0010】 旨在用粒子束照射的物體可以佈置在像平面中。也可以在物平面中或物平面附近產生以上說明的可以在粒子束的束路徑上形成的粒子束的焦點。然而，粒子束系統不限於這種配置。

【0011】 場發生佈置的偏轉場在物平面附近在束路徑上產生，物平面藉由成像光學單元成像到像平面上。物平面附近的佈置包括以下事實：偏轉場的效應可以位於的平面與通過成像光學單元給予到像平面上的實際物平面之間的距離係物平面與像平面之間的距離的不到0.1倍、特別是不到0.05倍，物體被佈置在該實際物平面上。

【0012】 如上所說明的，偏轉場在粒子束的束路徑的方向上延伸，以在廣闊區域上偏轉。偏轉場對粒子束的偏轉效應可以局限於例如偏轉角的頂點（如果如上所述的確定偏轉角）佈置在的平面。

【0013】 如果穿過場發生佈置的粒子束被場發生佈置偏轉不同的偏轉角，偏轉角取決於為這個粒子束產生的偏轉場的強度，那麼像平面中偏轉角的這種變化具有的效應係只有相應粒子束撞擊像平面的角度改變，而粒子束在像平面上的入射位置基本上不會因偏轉角的變化而改變。藉由設定偏轉場，因此可以以有針對性的方式設定粒子束撞擊像平面的角度。特別地，然後可以以這樣的方式激勵偏轉場，使得多個粒子束的所有粒子束基本上正交地、即遠心地入射在像平面上。這樣具有的效應係，在用作顯微鏡的粒子束系統的情況下，即使在大結構化物體的情況下，藉由各個粒子束捕獲的圖像也不顯著地取決於粒子束內的相應粒子束的位置。

【0014】 對於使用多個粒子束操作的粒子束系統，傳統的做法係使用磁性物鏡，磁性物鏡被設計為使得聚焦磁場基本上僅在透鏡體內作用於粒子束，並且從透鏡體延伸到物體的磁洩漏場盡可能小。根據本發明的示例性實施方式，粒子束系統包括上述場發生佈置和包括物鏡的成像光學單元，物鏡提供在像平面處具有大於20 mT、特別是大於50 mT、特別是大於150 mT的磁場強度的聚焦磁場。這種物鏡傳統上被稱為磁浸沒透鏡。磁浸沒透鏡通常藉由透鏡的外極靴中的孔實現，該孔的直徑大於透鏡的內極靴中的孔。與在物體處僅提供低磁場的物鏡相比，該等透鏡具有能夠實現更低的球面像差和色差的優點，並且還具有軸外像差更大的缺點。另一方面，存在於物體表面的強磁場具有以下效應：撞擊物體、距物鏡光軸一定距離的粒子束沒有正交地入射到所述物體上，因此粒子束從物體開始不從物體正交地發出，這特別是在大結構化物體的情況下會導致問題發生。現在使用場發生佈置允許粒子束在物平面附近偏轉，使得它們正交地入射在物體上，儘管在所述物體的表面存在磁場。另外，這也補償了浸沒透鏡的軸外像差，軸外像差通常構成浸沒透鏡的缺點。特別地，所述軸外像差通常隨著距光軸的距離線性增大。同樣，與束在物平面上的正交入射的角度偏差，即遠心度誤差，也與距光軸的距離成比例地增大。計算表明，藉由校正遠

心度誤差，同時軸外像差也大大降低。因此，可以在多束式粒子系統中使用所謂的浸沒透鏡，多束式粒子系統的束在離物鏡光軸一定距離處入射到物體上，並充分利用其減少像差的可能性。

【0015】由於各個粒子束聚焦到物平面上，所以給定粒子束的粒子的軌跡朝向物平面會聚。這意味著即使在正交地入射到物平面上的粒子束的情況下，入射在物平面上的粒子的軌跡也不是全部正交於物平面定向。然而，粒子束在平面上的人射角通常是基於粒子束的所謂質心射線來確定。質心射線代表粒子束的所有粒子的軌跡的虛構總和。

【0016】根據示例性實施方式，多束式粒子源包括多個粒子發射器，該等粒子發射器在物平面附近彼此並排佈置，並且每個粒子發射器產生多個粒子束中的一個粒子束或多個粒子束。在這種情況下，場發生佈置可以包括磁線圈，該磁線圈被配置為產生磁場，粒子發射器佈置在該磁場中，並且在物平面中磁場的場方向被定向成與物平面正交。

【0017】發明人還認識到，物體處的人射場位置到偏轉器陣列上的成像的遠心度誤差具有以下效應：使用各個粒子束獲得的圖像取決於粒子束場中的相應粒子束佔據的位置。

【0018】根據本發明的另外一示例性實施方式，粒子束系統因此包括：照射系統，該照射系統被配置為將多個粒子束引導到物平面上，使得所述粒子束照射多個人射位置；以及成像光學單元，該成像光學單元被配置為將從物平面發出的多個粒子束引導到檢測器陣列上。在這種情況下，檢測器陣列可以佈置在像平面中，物平面藉由成像光學單元以粒子光學方式成像到該像平面中。成像光學單元將物平面成像到中間像平面中，並在那裡生成物平面的圖像。粒子束系統還包括場發生佈置，該場發生佈置被配置為在中間像平面附近的區域中產生可調強度的電和/或磁偏轉場，其中，粒子束在操作期間被偏轉場偏轉，偏轉角度取決於偏轉場的強度。

【0019】如果在物平面中開始的粒子束的遠心度受到例如局部電場的干擾，即，如果各個粒子束在被定向為不與物平面正交的方向上背離物平面移動，則這可以具有以下效應：從物體處的給定入射位置發出的粒子不會撞擊分配給所述入射位置的檢測器陣列的那個檢測器元件，而是撞擊與所述檢測器元件不同的相鄰檢測器元件。然後，可能錯誤地不將所述相鄰檢測器元件檢測到的信號分配給給定的入射位置。這個問題通常被稱為粒子束之間的「串擾」。為了減少這個問題，通常使用佈置在物體與檢測器陣列之間的粒子束的束交叉區域中的光闌。所述光闌吸收在軌跡上移動的粒子，該等軌跡通向檢測器元件，該檢測器元件未被分配到粒子從其發出的入射位置。為了實現可靠的過濾，所述光闌的開口直徑應該選擇為盡可能小。然而，這預先假定穿過佈置有光闌的平面的所有束以基本上相同的角度從物平面開始。然而，實際可能發生的是從入射位置發出的粒子束以多個角度從物體開始，該等角度取決於粒子束內的相應粒子束的位置。

【0020】該等角度對粒子束軌跡的影響可能受到粒子束在穿過場發生佈置時發生的偏轉的影響和通過其得到部分補償。

【0021】佈置在成像光學單元中位於物體與檢測器陣列之間的場發生佈置可以具有與佈置在粒子源於物體之間的束路徑上的場發生佈置的結構相同或相似的結構。

【0022】中間像平面附近的佈置在此包括以下事實：偏轉場的效應可以位於的平面與佈置有物體的物平面通過成像光學單元成像到的實際中間像平面之間的距離係物平面與中間像平面之間的距離的不到0.1倍、特別是不到0.05倍。

【0023】根據本發明的示例性實施方式，粒子束系統包括上述場發生佈置和包括物鏡的成像光學單元，物鏡提供在像平面處具有大於20 mT、特別是大於50 mT、特別是大於150 mT的磁場強度的聚焦磁場。

【0024】 根據示例性實施方式，場發生佈置被配置為使得所述一個粒子束被場發生佈置偏轉的偏轉角的邊位於其法線與成像光學單元的光軸相距一定距離的平面中，該距離係偏轉角的頂點與主軸線之間的距離的不到0.99倍、特別是不到0.95倍、特別是不到0.90倍。這意味著束的偏轉不僅僅是朝向或背離主軸線實現，即相對於主軸線在徑向方向上實現，而是偏轉的至少一個分量相對於主軸線在圓周方向上定向。

【0025】 在這種情況下，成像光學單元的光軸沿著成像光學單元的旋轉對稱透鏡的對稱軸線延伸，所述旋轉對稱透鏡在束路徑上彼此前後佈置。在這種情況下，成像光學單元的光軸也可以包括多個直線區域，該等直線區域不是佈置在共同的直線上。例如，如果非旋轉對稱的束偏轉器佈置在兩個旋轉對稱的透鏡之間，則是這種情況。

【0026】 光軸與包含偏轉角的兩條邊的平面的法線之間的上述距離關係意味著偏轉的粒子束的偏轉不僅僅是朝向或背離光軸實現，即相對於光軸在徑向方向上實現。而是，要求偏轉的至少一個重要分量在圍繞延伸穿過偏轉佈置的光軸的圓周方向上實現。例如，在粒子束系統的操作期間，超過30%或超過60%的粒子束可以滿足這種關係。

【0027】 另外，偏轉角可以大於10 μrad 、特別是大於50 μrad 、特別是大於100 μrad 、特別是大於300 μrad 。在粒子束系統的操作期間，例如超過30%或超過60%的粒子束也可以滿足這種關係。

【0028】 根據示例性實施方式，偏轉場以這樣的方式產生，使得對於穿過物平面或中間像平面的多個粒子束中的多個粒子束中的多對，以下關係成立：

$$0.9 < r_1/r_2 * \alpha_2 / \alpha_1 < 1.1$$

其中

r_1 表示這對粒子束中的第一粒子束穿過該物平面或該中間像平面的位置與這個平面的中心之間的徑向距離，

r_2 表示這對粒子束中的第二粒子束穿過該物平面或該中間像平面的位置與這個平面的中心之間的徑向距離，

α_1 表示該第一粒子束偏轉的偏轉角的絕對值，以及

α_2 表示該第二粒子束偏轉的偏轉角的絕對值。

【0029】 這意味著偏轉角的大小隨著距中心或光軸的距離而基本上線性地增大。

【0030】 粒子束在物平面中偏轉在圍繞照射系統的光軸圓周方向上定向的偏轉角還具有擴大整個粒子束在通常由交叉指定的平面中的截面的效應，在該平面中粒子束的截面最小。這進而使由於庫倫排斥引起的粒子彼此相互排斥減小，這進而使得能夠在像平面中實現更小的束焦點，從而改善多束粒子顯微鏡的分辨能力。

【0031】 根據示例性實施方式，場發生佈置包括偏轉器陣列，該偏轉器陣列具有彼此並排佈置的多個偏轉器，其中一組粒子束在操作期間穿過每個偏轉器。合適的偏轉器陣列的實施方式例如在具有申請案號10 2018 202 421.9的德國專利申請中進行了描述，該專利申請的公開內容整體結合在本申請中。

【0032】 根據示例性實施方式，偏轉器陣列中的偏轉器包括至少一對位置彼此相對的電極，這組粒子束在該等電極之間穿過偏轉器。粒子束系統可以包括控制器，該控制器被配置為向電極施加不同的電位。位置彼此相對的電極對的數量尤其可以等於一個或兩個。

【0033】 根據一個示例性實施方式，在每個偏轉器處僅設置一對相對電極。在這種情況下，延伸穿過兩個電極的中心的直線可以以這樣的方式定向，使得該直線相對於偏轉器陣列的中心在圓周方向上延伸。利用這種偏轉器陣列，例如，可以影響粒子束，粒子束的軌跡圍繞穿過中心的主軸線螺旋地延伸，使得該等軌跡在穿過偏轉器陣列之後平行於所述主軸線延伸。

【0034】 根據示例性實施方式，每個偏轉器包括第一板和第二板，該等板在束路徑上彼此前後佈置，其中第一板和第二板各自具有開口，這組粒子束中的粒子束相繼穿過該開口。在這種情況下，在束路徑的方向上看，第一板的開口的中心相對於第二板的開口的中心橫向偏移。然後，粒子束系統可以包括控制器，該控制器被配置為將相互不同的電位施加到第一板和第二板。然後在第一板與第二板之間產生電場，所述電場引起穿過開口的粒子束偏轉。

【0035】 根據本文中的示例性實施方式，偏轉器陣列包括具有多個第一開口的第一多孔板、以及具有多個第二開口的第二多孔板，其中，每組粒子束分別相繼穿過第一開口中的一個和第二開口中的一個。在這種情況下，在束路徑的方向上看，穿過的第一開口和穿過的第二開口再一次以相對於彼此橫向偏移的方式佈置。

【0036】 根據另外一示例性實施方式，偏轉器陣列包括中心，其中，在束路徑的方向上看，第一開口的中心相對於第二開口的中心在圓周方向上關於偏轉器陣列的中心橫向偏移。

【0037】 這種偏轉器的實施方式例如在國際專利申請案 WO 2007/028596 A1 中進行了說明，該專利申請的公開內容結合在本申請中。

【0038】 藉由偏轉器陣列中的偏轉器偏轉的一組粒子束中的粒子束的數量可以是兩個、三個或更多個。根據一個示例性實施方式，每個組僅包括單個粒子束，使得為多個粒子束中的每個粒子束提供偏轉器陣列中的單獨偏轉器。

【0039】 根據本發明的另外一實施方式，粒子束系統包括照射系統，該照射系統被配置為將多個粒子束引導到物平面上，使得所述粒子束照射入射場位置。該照射系統包括多孔板，該多孔板被佈置在粒子束的束路徑上並且具有多個開口，其中，粒子束穿過每個開口，並且第一單孔板具有開口，多個粒子束穿過該開口，其中，第一單孔板被佈置為距多孔板第一

距離。該照射系統還包括具有開口的第二單孔板，多個粒子束穿過該開口，其中，第二單孔板被佈置為距多孔板第二距離。粒子束系統包括電壓源，該電壓源被配置為相對於多孔板向第一單孔板施加可調第一電位並且相對於多孔板向第二單孔板施加可調第二電位施，其中，第一距離係第二距離的不到0.5倍、特別是第二距離的不到0.2倍、特別是第二距離的不到0.1倍。

【0040】 利用以這種方式配置的粒子束系統，在用多個粒子束照射物體期間遠心度誤差的影響同樣可能受到粒子束場的直徑在物體處可變的影響。這種變化可以藉由電壓源施加到第一單孔板和第二單孔板的電位的變化來實現。

【0041】 由於施加到多孔板和單孔板的電位之間的差，在多孔板處產生電場並且電場具有以下效應：多孔板的開口對穿過其的粒子束具有透鏡效應，使得穿過開口的粒子束在多孔板下游或上游的束路徑上形成束焦點。所述束焦點可以藉由成像光學單元成像到佈置有物體的平面上。這種在物平面上的成像通常包括被稱為場曲率的成像像差。為了至少部分地補償這種像差，可以以這樣的方式產生鄰近多孔板的電場，使得束焦點位於彎曲表面上而不是平面上。這個的實例描述於國際專利申請案WO 2005/024881 A2中，其公開內容整體結合在本申請中。

【0042】 上述粒子束系統不僅可以影響所產生的束焦點所佈置在的表面的曲率，而且可以改變束焦點之間的距離。該等距離的變化然後直接引起物平面中粒子束的入射位置之間的距離的變化，並因此引起物平面中粒子束場的直徑的變化。

【0043】 在這種情況下，多孔板與第一單孔板之間的電壓的變化實質地引起佈置有束焦點的表面的曲率的變化，而多孔板與第二單孔板之間的電壓的變化主要引起束焦點之間的距離變化。

【0044】 根據示例性實施方式，第二單孔板中的開口的直徑係第一單孔板中的開口的直徑的超過1.5倍或三倍大。

【0045】 根據示例性實施方式，第一單孔板和第二單孔板關於多孔板被佈置在同一側。根據另外的示例性實施方式，多孔板被佈置在第一單孔板與第二單孔板之間。

【0046】 根據另外的示例性實施方式，提供至少一個第三單孔板，第三單孔板具有開口，多個粒子束穿過該開口，其中，第三單孔板被佈置在距多孔板第三距離處，所述第三距離大於第二距離。至少一個第三單孔板關於多孔板與第二單孔板被佈置在同一側。電壓源可以以這樣的方式將電位施加到至少一個第三單孔板，使得第三單孔板與第二單孔板一起作為具有可調屈光力的透鏡作用於粒子束上，以便改變束焦點之間的距離。

【0047】 由於單孔板的上述幾何設計，即由於單孔板與多孔板之間的距離的選擇以及單孔板的開口的直徑的選擇，可以改變形成有束焦點的表面的曲率，並且可以以很大程度上彼此分離的方式設定束焦點之間的距離。因此，可以提供控制器，該控制器被配置為接收表示佈置有束焦點的表面的期望曲率的第一輸入信號，並且接收表示粒子束在物平面中的入射位置之間的期望距離的第二輸入信號。然後，控制器可以被配置為根據第一輸入信號藉由電壓源改變多孔板與第一單孔板之間的電位差，並且基於第二輸入信號藉由電壓源改變多孔板與第二或第三單孔板之間的電位差。

【0048】 根據本發明的另外一實施方式，粒子束系統包括照射系統，該照射系統被配置為將多個粒子束引導到物平面上，使得所述粒子束照射入射場位置。在這種情況下，照射系統包括：多束式粒子源，該多束式粒子源具有被配置為產生粒子束的粒子發射器；粒子束穿過的至少一個聚束透鏡；第一多孔板，該第一多孔板被佈置在聚束透鏡下游的粒子束的束路徑上並且具有多個開口，粒子束的粒子穿過該等開口，使得在第一多孔板下游的束路徑上形成多個粒子束。照射系統還包括第二多孔板，該第二多孔板被佈置在第一多孔板下游的束路徑上並具有多個開口，其中，每個所述開口被穿過多個粒子束中的一個粒子束。照射系統還包括控制器，該控

制器被配置為激勵至少一個聚束透鏡，使得聚束透鏡為粒子束提供可調屈光力，以接收表示粒子束在物平面中的入射位置之間的期望距離的第一信號，並且在第一信號發生變化的情況下改變至少一個聚束透鏡的屈光力。

【0049】 由於聚束透鏡的激勵變化引起聚束透鏡的屈光力的變化引起入射在第一多孔板上的粒子束的發散的變化，並且因此還引起在多孔板下游的束路徑上產生的多個粒子束的發散的變化。該多個粒子束最終被引導到物體上。顯然，在照射光學單元的特性保持不變的情況下，直接在第一多孔板下游的多個粒子束的發散的增大引起粒子束在物體上的入射位置之間的距離的增大，以及相應地直接在第一多孔板下游的多個粒子束的發散的減小引起粒子束在物體上的入射位置之間的距離減小。

【0050】 根據示例性實施方式，照射系統被配置為將粒子束分別聚焦在多孔板下游和物平面上游的束路徑上，其中相應的束焦點佈置在彎曲表面上。在這種情況下，粒子束系統還包括單孔板，該單孔板被佈置在第二多孔板的上游或下游的束路徑上並且具有開口，多個粒子束穿過該開口。然後，控制器可以被配置為在單孔板與多孔板之間提供可調電位差，以接收表示表面的期望曲率的第二信號，並且在第二信號發生變化時改變單孔板與多孔板之間的電位差。

【圖示簡單說明】

【0051】 下文將參考圖來更詳細地說明本發明的示例性實施方式。在圖中：

[圖1]示出了粒子束系統之示意性圖示；

[圖2]示出了圖1的粒子束系統的細節之示意性圖示；

[圖3]示出了可用於圖1的粒子束系統的偏轉器陣列的平面圖之示意性圖示；

[圖4]示出了用於闡明粒子束偏轉取向的圖示，所述偏轉藉由圖1中的粒子束系統之場發生佈置產生；

[圖5]示出了另外一個偏轉器陣列的平面圖的示意性圖示，該偏轉器陣列可用於圖1之粒子束系統；

[圖6]示出了圖5中所示的偏轉器陣列沿圖5中的線VI-VI的截面圖之示意性圖示；

[圖7]示出了可用於圖1的粒子束系統的多束式粒子源的細節的截面圖之示意性圖示；

[圖8]示出了另外一個多束式粒子源的細節的截面圖的示意性圖示，該多束式粒子源可用於圖1之粒子束系統。

[圖9]示出了另外一個多束式粒子源的細節的截面圖之示意性圖示，該多束式粒子源可用於圖1的粒子束系統。

[圖10]示出了另外一個多束式粒子源的細節的截面圖之示意性圖示，該多束式粒子源可用於圖1的粒子束系統。

【0052】 在圖1中示意性地展示了根據一個實施方式之粒子束系統。粒子束系統1包括照射系統3，該照射系統被配置為將多個粒子束5引導到平面7上，物體9佈置在該平面中。每個粒子束5照射物體9上的入射位置，其中粒子束5彼此並排地並且彼此相距一定距離地入射在物體9上，使得在那裡照射入射場。粒子束5可以是例如電子束，電子束在物體9處產生二次電子和反向散射電子。檢測系統的成像光學單元11被配置為收集在入射位置處產生的電子並將它們引導到檢測器陣列13上。這裡，從每個人射位置發出的電子用於在每種情況下使單獨的粒子束15成形。粒子束15被引導到檢測器陣列13上。檢測器陣列13包括檢測器元件陣列，其中提供一個或多個檢測器元件用於檢測粒子束15中的相應一個粒子束。為此目的，檢測器元件被佈置成與物體9處的入射位置佈置相對應的陣列。成像光學單元11相對於物體9和檢測器陣列13的表面配置，使得物體9的表面被佈置在由成像光

學單元11提供的成像的物平面17中，並且檢測器陣列13的檢測器元件被佈置在所述成像的像平面19中。照射系統3的成像光學單元35和檢測器系統的成像光學單元11被佈置成使得成像光學單元35的像平面7和成像光學單元11的物平面重合並且物體表面可以佈置在那裡。因此，平面7係照射系統3的像平面、成像光學單元11的物平面17和其中佈置待檢查物體的表面的樣品平面。

【0053】 照射系統3包括多束式粒子源21，該多束式粒子源具有用於產生粒子束23的粒子發射器22，該粒子束藉由一個或多個聚束透鏡25準直並撞擊多孔板佈置27。多孔板佈置27包括至少一個具有多個開口的多孔板。穿過多孔板中的開口的粒子束23的粒子形成粒子束5。多孔板佈置27還被配置為聚焦各個粒子束5，使得粒子束5的焦點31形成在表面29周圍的區域中。在這種情況下，表面29可以具有彎曲形狀。可以在多孔板佈置27與表面29之間提供影響束路徑的另外的透鏡33。

【0054】 照射系統3還包括成像光學單元35，該成像光學單元被配置為將表面29成像到平面7中，使得表面29和平面7係在光學成像的意義上相對於彼此共軛的平面。成像光學單元35包括物鏡37，該物鏡係成像光學單元35的最靠近平面7佈置的透鏡。另外，成像光學單元35可以包括另外的透鏡39。

【0055】 照射系統3以這樣的方式將粒子束5引導到平面7上，使得所述粒子束盡可能正交地入射在平面7上，即以 90° 的入射角入射。然而，由於透鏡37和39的特性而產生與這種關係的偏差，使得粒子束以不同於 90° 的入射角入射在平面7上。特別地，該等方向對於所有粒子束5而言並不相同，而是可以取決於粒子束場內的相應粒子束5的位置。例如，入射角與 90° 的偏差可能由成像光學單元35的遠心度誤差引起。另外，物鏡37可以藉由遠達物體9的表面的磁場來提供其聚焦效應。直接在物體表面處的粒子束的軌

跡然後具有螺旋形狀。為了至少部分地補償這種與遠心度的偏差，在表面29附近佈置偏轉器陣列41，該表面被成像到平面7中。

【0056】在圖3中示意性地展示了偏轉器陣列41的一個實施方式的平面圖。偏轉器陣列41包括多孔板43，該多孔板具有以這樣的方式成陣列46佈置的多個開口45，使得粒子束5中的一個居中地穿過每個開口45。在每個開口45處，在開口45的中點的兩側佈置有彼此相對的一對電極47。每個電極47連接到控制器49，該控制器被配置為將相互不同的電位施加到每對電極中的電極47。一對電極47中的電極47之間的電位差在電極47之間產生電場，所述電場使通過這對電極47的粒子束5偏轉一個取決於電位差的角度。

【0057】電極對47以這樣的方式相對於穿過後者的粒子束5定向，使得這對中的兩個電極47的中心之間的連接線51相對於開口45的陣列46的中心53在圓周方向上佈置，粒子束5穿過該等開口。結果，可以使粒子束5偏轉，使得在穿過偏轉器陣列41之後，粒子束圍繞粒子束5的場的中心53在螺旋路徑上延伸。這裡可以設定該等螺旋路徑的傾斜度，使得從物鏡37延伸遠達物體9的表面的磁場的效應得到補償，結果係粒子束5基本上正交地入射到平面上7。

【0058】在圖3所示的偏轉器陣列41的情況下，各個偏轉器具有一對電極47，這對電極的位置彼此相對並且相對於中心53在圓周方向上偏移地佈置。由此可以使粒子束相對於中心在圓周方向上定向的方向上偏轉。然而，也可以使兩對或更多對彼此位置相對的電極以分佈的方式圍繞開口在圓周方向上佈置，以便也能夠設定穿過這多對電極的粒子束被偏轉的取向。

【0059】圖4係用於闡明粒子束偏轉取向的圖示，所述偏轉藉由場發生裝置41產生。

【0060】圖4中的平面201表示場發生佈置41的偏轉場的效應可以位於的平面。粒子束5從上方進入場發生佈置41，並從圖4底部的場發生裝置41射出。粒子束5的軌跡在進入場發生佈置41之前並且在從場發生佈置41射

出之後並且在場發生佈置41內的彎曲路徑上直線地延伸。軌跡的直線部分的延伸部203和204在點205處相交並且彼此形成角 α 。角 α 係粒子束5被場發生佈置41的偏轉場偏轉的偏轉角。直線延伸部203和204形成偏轉角 α 的邊，並且點205係所述偏轉角的頂點。邊203和204位於平面207中。所述平面207被定向為與平面201正交，場發生佈置41的偏轉場的效應可以位於該平面中。偏轉角的頂點205距場發生佈置41的中心53的距離為 r 。有利的是，成像光學單元35的光軸209穿過場發生佈置41的中心53。關於成像光學單元35的中心53或光軸209，平面207具有以下取向：使得與平面207正交定向並且穿過偏轉角 α 的頂點205的直線211距光軸的距離 d 係頂點205與光軸209或中心53之間的距離 r 的不到0.99倍或0.95倍或0.90倍。這意味著粒子束5偏轉了偏轉角 α ，該偏轉角也相對於光軸209在圓周方向上定向。

【0061】 圖4同樣示出了物平面29，該物平面藉由成像光學單元35成像到像平面中。對粒子束5的偏轉效應可以位於的平面201距物平面29的距離 I ，該距離與物平面29沿光軸209距像平面7的距離相比較小。特別地，距離 I 係物平面29與像平面7之間沿光軸109的距離的不到0.1倍。

【0062】 下面參考圖5和圖6說明偏轉器陣列41的另外一實施方式。在這種情況下，圖5示出了偏轉器陣列41的平面圖，圖6示出了偏轉器陣列41沿著圖5中的線V-V的截面。

【0063】 偏轉器陣列41包括具有多個開口45的第一多孔板56、以及具有多個開口45'的第二多孔板57，粒子束5穿過該等開口。兩個多孔板56和57在束路徑中彼此前後佈置，使得每個粒子束5首先穿過第一多孔板56中的開口45，然後穿過第二多孔板57中的開口45'。兩個多孔板56和57中的開口45和45'可以各自具有相同的直徑。然而，情況並非需要如此。

【0064】 兩個多孔板56和57相對於彼此佈置，使得在束方向上看，第一多孔板56中的給定粒子束穿過的開口45的中心相對於第二多孔板57中的所述粒子束穿過的開口45'橫向地偏移。這在圖5中藉由以下事實展示：第一

多孔板56中的開口45完全可見並且展示為實線，而第二多孔板57中的開口45'部分地隱藏，並且只要它們係可見的，就用實線展示，並且只要它們被隱藏，就用虛線展示。

【0065】 控制器59被配置為將相互不同的電位施加到第一多孔板56和第二多孔板57。由此在多孔板56和57之間產生靜電場，所述靜電場使粒子束5偏轉。偏轉角可以藉由由控制器59確定的多孔板56和57之間的電位差來設定。

【0066】 偏轉器陣列包括中心53，第二多孔板57圍繞該中心相對於第一多孔板旋轉，如圖5中的箭頭61所示。這種旋轉在開口45和45'之間在圍繞中心53的圓周方向上產生橫向偏移，粒子束5相繼通過該等開口，其中所述橫向偏移在圓周方向上隨著相應開口45和45'與中心53之間的距離增大而增大。

【0067】 借助於在表面49附近佈置偏轉器陣列41，該表面被成像到物體9的表面處的平面7中，因此可以影響粒子束5在平面7上的入射角。特別地，入射角可以以這樣的方式設定，使得它們對於所有粒子束大約為90°。

【0068】 圖1中所示的粒子束系統1包括照射系統3，以便產生粒子束5並將粒子束引導到平面7中，物體9的表面佈置在該平面中。另外，粒子束系統1包括成像光學單元11，以便將在物體9的表面處產生的電子作為粒子束15引導到檢測器陣列13上。為此目的，粒子束5的束路徑和粒子束15的束路徑藉由光束開關65彼此分開。在光束開關65與平面7之間，粒子束5和15走過共同束路徑，而它們的束路徑在圖1中的光束開關65上方的區域中彼此分開延伸。束開關65由基本上均勻的磁場提供。圖1中的附圖標記67表示其中提供均勻磁場的區域，粒子束5穿過該區域並且被提供以補償在將平面29成像到平面7上時由束開關65的磁場產生的成像像差。

【0069】 成像光學單元11包括物鏡37和多個透鏡69，在圖1中示意性地展示並且在圖2中更詳細地展示該等透鏡。成像光學單元11將平面17成像

到佈置有檢測器陣列13的檢測器元件的平面19上，其方式使得三個中間圖像71、72和73沿著粒子束15的束路徑彼此前後出現。另外，在中間圖像72和73之間的束路徑上佈置的平面75中存在粒子束15的交叉。在所述平面75中佈置有孔板77，該孔板具有切口79，該切口用於過濾掉粒子束15的撞擊檢測器陣列13的檢測器元件的粒子，該檢測器元件與分配給粒子開始的平面7中的那個位置的（多個）檢測器元件不同。

【0070】 如上所述，如果粒子束15從平面7非正交地開始，即以不同於90°的角度開始，則過濾的品質降低。例如，如果物鏡37產生遠達平面7的聚焦磁場，則實際上會發生這種情況。

【0071】 為了補償這一點，偏轉器陣列81佈置在中間圖像72的區域中，所述偏轉器陣列包括偏轉器的陣列，其中每個偏轉器被一個粒子束15穿過。偏轉器使穿過它們的粒子束偏轉，其方式使得粒子束穿過平面75中的最小可能區域，並且可以將開口79選擇為足夠小以實現高輸送量的良好過濾。

【0072】 偏轉器陣列81可以具有如上針對偏轉器陣列41參考圖3至圖5所說明的結構。

【0073】 圖7係用於產生圖1中的粒子束5的多孔板佈置27的一個實施方式的截面示意性圖示。多孔板佈置27包括具有多個開口103的第一多孔板101，粒子束5穿過該等開口。在這種情況下，多孔板101可以是在粒子源21下游的束路徑上的第一多孔板，使得多孔板101也吸收由粒子源21產生的粒子束23中的對粒子束5沒有貢獻的那些粒子。然而，還可以在多孔板101的上游設置另外一個多孔板，所述另外的多孔板提供這種功能，使得多孔板101基本上不吸收粒子源21產生的粒子。單孔板105佈置在距多孔板101距離L1處。單孔板105具有開口107，所有粒子束5都穿過該開口。

【0074】 另外一單孔板109佈置在距多孔板101距離L2處並且具有開口111，同樣所有粒子束5都穿過該開口。開口111包括直徑D2。另外一單孔

板113佈置在距多孔板101距離 L_3 處並且具有開口115，同樣所有粒子束5都穿過該開口。開口115具有直徑 D_3 。控制器117被配置為向多孔板101和單孔板105、109和113施加不同的電位。在這種情況下，單孔板113也可以連接到束管，例如，束管可以處於地電位。

【0075】由於施加到多孔板101和單孔板105、109和113的不同電位，在該等板之間產生不均勻的電場，如圖7中的場線119所示。

【0076】延伸到多孔板101的電場具有以下效應：多孔板101中的開口103作為透鏡作用在穿過開口103的粒子束5上。這種透鏡效應由圖7中的橢圓121表示。由於電場的不均勻性，多孔板101中的開口陣列103中的中心開口103提供最強的透鏡效應，而這種透鏡效應隨著距中心的距離增加而減小。這具有以下效應：從粒子源的角度看，束焦點31（參見圖1）不位於平面中，而是位於凸彎曲的平面中。這個平面的曲率的形狀和大小由多孔板101處的電場的強度和不均勻性確定。不均勻性進而基本上由單孔板105中的開口107的直徑 D_1 和多孔板101與單孔板105之間的距離 L_1 確定。選擇該等變數 D_1 和 L_1 ，使得其中佈置有束焦點31的表面29的曲率的所得形狀可以補償成像光學單元35的場曲率，使得位於物體7的表面處的粒子束5的焦點基本上全部出現在非常接近平面7的地方。另外，平面29的曲率的大小由多孔板101與單孔板105之間的電位差確定。

【0077】單孔板109與多孔板101之間的距離 L_2 顯著大於單孔板105與多孔板101之間的距離 L_1 。特別地，距離 L_2 係距離 L_1 的兩倍以上、特別是五倍以上、特別是十倍以上。單孔板109中的開口111的直徑 D_2 還顯著大於單孔板105中的開口107的直徑 D_1 。舉例來講，直徑 D_2 係直徑 D_1 的超過1.5倍大、特別是超過三倍大。單孔板113與多孔板101之間的距離 L_3 同樣顯著大於單孔板105與多孔板101之間的距離 L_1 。距離 L_3 還大於距離 L_2 。單孔板113的開口115的直徑 D_3 同樣顯著大於單孔板105中的開口107的直徑 D_1 。直徑 D_3 可以約等於直徑 D_2 。

【0078】在單孔板105下游的束路徑上形成的不均勻電場提供了對整個粒子束5的透鏡效應，如圖7中的橢圓123所示。所述透鏡效應改變了粒子束5相對於彼此的發散和/或會聚。可以藉由改變單孔板105、109和113之間的電壓來設定這個透鏡123的效應強度。這個透鏡123的強度變化引起表面29上的束焦點31之間的距離的變化。

【0079】借助於多孔板佈置27，因此可以首先補償成像光學單元35的場曲率，其次可以設定平面29中的束焦點31之間的距離。在這種情況下，控制器117可以具有第一信號輸入125，藉由該第一信號輸入可以將期望的場曲率補償大小輸入到控制器117，並且控制器117可以具有第二信號輸入127，藉由該第二信號輸入，表面29中的束焦點31之間的期望距離或平面7中的粒子束的入射位置之間的期望距離可以輸入到控制器117。由於多孔板佈置27的所述配置，透鏡121的效應可以以與透鏡123的效應很大程度上分離的方式調節。在施加到第一信號輸入25的信號發生變化的情況下，控制器117然後可以改變多孔板101與單孔板105之間的電壓，以便設定表面29的曲率。在施加到第二信號輸入127的控制信號發生變化的情況下，控制器117然後可以大幅度改變施加到單孔板109的電位，以便改變粒子束在物體9的表面上的人射位置之間的距離。

【0080】根據一個示例性實施方式的圖7中的多孔板佈置27的參數如下所示；

粒子束5在穿過多孔板101之前的動能：30 keV；

開口103之間的距離：100 μm ；

開口103的直徑：30 μm ；

透鏡121的焦距：100 mm至300 mm；

D1：4 mm；D2：16 mm；D3：6.5 mm；L1：0.2 mm；L2：7.3 mm；

L3：65 mm，U1：0；U2 500 V；U3：17.5 kV；U4: 0；

平面29中的焦點之間的距離：200 μm 至300 μm 。

【0081】圖8係用於產生圖1中的粒子束5的多孔板佈置27的另外一實施方式的截面的示意性圖示。圖8中的多孔板佈置27具有與圖7中類似的結構。特別地，具有開口107的單孔板105佈置在距多孔板101距離 $L1$ 處，該開口具有直徑 $D1$ 。同樣地，具有開口115的單孔板113佈置在距多孔板101距離 $L3$ 處，該開口具有直徑 $D3$ 。然而，代替圖7中的一個單孔板109，提供具有開口111₁、111₂和111₃的三個單孔板109₁、109₂和109₃，該等開口分別具有直徑 $D2$ ，該等單孔板被佈置在分別距多孔板101距離 $L21$ 、 $L22$ 和 $L23$ 處。

【0082】 $L1$ 再次顯著小於 $L21$ 和 $L3$ ，並且 $D1$ 顯著小於 $D2$ 和 $D3$ 。 $L22$ 和 $L21$ 之間以及 $L23$ 和 $L22$ 之間的差可以例如稍微小於 $L21$ 。

【0083】圖9係多束式粒子源21的另外一實施方式的截面的示意性圖示。多束式粒子源21包括佈置在平面135中的多個粒子發射器131。多孔板137佈置在距平面135一定距離處。多孔板137相對於粒子發射器131處於正電位，以便從粒子發射器131提取電子。所述電子從粒子發射器131朝向多孔板137加速，並穿過多孔板、穿過多孔板137中的開口139，以便使多個粒子束5成形。粒子發射器131佈置在場發生佈置41內。場發生佈置41由線圈141形成，電流通過該線圈以產生磁場，磁場的場線143基本上正交地穿過平面135。在粒子發射器131的區域中，磁場係基本上均勻的磁場。

【0084】粒子束5在粒子發射器131處開始，基本上平行於磁場的場線143，並且此處尚未被磁場偏轉。然而，粒子束5然後走過場線143發散的磁場區域。在那裡，粒子束5偏轉了偏轉角，該等偏轉角圍繞成像光學單元35的光軸109在圓周方向上定向。

【0085】其中佈置有粒子發射器131的平面135藉由成像光學單元35成像到像平面7中。然後，線圈41的激勵使得可以設定粒子束5入射在像平面上的角度。特別地，因此可以設定粒子束5在圍繞光軸109的圓周方向上的入射遠心度，並且補償由物鏡37的磁場在物體17處產生的遠心度誤差。

【0086】圖10係粒子束系統1的另外一實施方式的示意性圖示，該粒子束系統包括具有多束式粒子源21的照射系統3。多束式粒子源21包括用於產生粒子束23的粒子發射器22，該粒子束穿過聚束透鏡25然後撞擊具有開口的多孔板151，粒子束23的粒子穿過該等開口以便在多孔板151的下游形成多個粒子束5。另外一個多孔板101佈置在多孔板151下游的束路徑上並且具有開口，粒子束5同樣穿過該等開口。一個或多個單孔板153佈置在另外的多孔板101下游的束路徑上。

【0087】如上面結合圖7和圖8所解釋的，另外的多孔板101的開口像透鏡一樣作用於穿過透鏡的粒子束5上，所述透鏡同樣在圖10中被示為橢圓121，以便使粒子束在彎曲表面155中聚焦在位置31，所述平面也是物平面29，該物平面藉由成像光學單元35成像到像平面7上，物體17可以佈置在該像平面中。

【0088】提供控制器117以便設定另外的多孔板101和單孔板153的電位以及聚束透鏡25的激勵。與參照圖7和圖8說明的實施方式的控制器一樣，控制器117包括信號輸入125，在該信號輸入處，可以將期望的場曲率補償大小輸入到控制器117。以類似於上面參考圖7和圖8說明的實施方式中的方式，控制器117被配置為在施加到信號輸入125的信號發生變化的情況下，改變另外的多孔板101和單孔板153的電位，以便相對於平面29的曲率變化來設定透鏡121的屈光力。

【0089】控制器117還包括信號輸入127，藉由該信號輸入，平面7中的束焦點31之間的期望距離可以輸入到控制器117。

【0090】根據藉由信號輸入127輸入的信號，控制器117改變聚束透鏡25的激勵。隨著聚束透鏡25的激發的變化，粒子束23入射在多孔板151上的發散發生變化。因此，在多孔板51下游的束路徑上，粒子束5的發散也發生變化。這進而引起另外的多孔板101中的開口的截面內的區域的變化，其中粒子束5穿過所述開口。特別地，粒子束5不居中地穿過所述開口，而是在

距開口中心一定距離處穿過。由於聚束透鏡25的激勵的變化，因此改變了粒子束5穿過另外的多孔板101中的開口時距所述開口的中心的距離。如果粒子束沒有居中地穿過另外的多孔板101的開口，那麼透鏡121對光束的透鏡效應不僅引起聚焦而且還引起偏轉，使得粒子束5不是直線地穿過透鏡121，而是也被透鏡偏轉。透鏡121對光束5的偏轉引起束聚焦在平面29中的位置31變化。因此，可以藉由改變聚束透鏡5的激勵來改變平面29中的束焦點31之間的距離。由於平面29被成像到平面7上，因此像平面7中的束焦點之間的距離也會改變。

【符號說明】

1	粒子束系統
3	照射系統
5	粒子束
7	平面
9	物體
11	成像光學單元
13	檢測器陣列
15	粒子束
17	物平面
19	像平面
29	物平面
21	多束式粒子源
22	粒子發射器
23	粒子束
25	聚束透鏡
27	多孔板佈置

29	表面
31	焦點
33	透鏡
35	成像光學單元
37	物鏡
39	透鏡
41	偏轉器陣列
43	多孔板
45	開口
45'	開口
46	陣列
47	電極對
49	控制器
51	連接線
53	中心
56	多孔板
57	多孔板
59	控制器
61	箭頭
65	光束開關
67	標記
69	透鏡
71	中間圖像
72	中間圖像
73	中間圖像
75	平面

77	孔板
79	切口
81	偏轉器陣列
101	多孔板
103	開口
105	單孔板
107	開口
109	單孔板
109 ₁	單孔板
109 ₂	單孔板
109 ₃	單孔板
111	開口
111 ₁	開口
111 ₂	開口
111 ₃	開口
113	單孔板
115	開口
117	控制器
119	場線
121	透鏡
123	透鏡
125	信號輸入
127	信號輸入
131	粒子發射器
135	平面
137	多孔板

139	開口
141	線圈
143	場線
151	多孔板
153	單孔板
155	彎曲表面
201	平面
203	邊
204	邊
205	頂點
207	平面
209	光軸
211	直線
α	角
d	距離
D2	直徑
D1	直徑
L1	距離
L2	距離
L21	距離
L22	距離
L23	距離
L3	距離

【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

【序列表】(請換頁單獨記載)

申請專利範圍

1. 一種粒子束系統，包括：

多束式粒子源，該多束式粒子源被配置為產生多個粒子束；

成像光學單元（35），該成像光學單元被配置為將物平面以粒子光學方式成像到像平面中並將該多個粒子束引導到該像平面上；以及

場發生佈置，該場發生佈置被配置為在該物平面附近的區域中產生可調強度的電和/或磁偏轉場，其中，該等粒子束在操作期間被該等偏轉場偏轉，偏轉角度取決於該等偏轉場的強度；

其中該場發生佈置被配置為使得對於該等粒子束中的一個粒子束，以下第一條件成立：

分別與該場發生佈置的直接上游與直接下游中該粒子束之軌跡一致的兩直線定義頂點，其為該兩直線相交的一點，且第一平面包含該兩直線；

該頂點位於相距該成像光學單元之光軸的距離 r 處且定義包含該頂點而與該物平面平行的第二平面；以及

在該光軸與該第一平面的經過該頂點之法線之間的距離 d 是小於該距離 r 的0.99倍；

並且其中該第二平面與該物平面之間的距離 l 是小於該物平面與該像平面之間的距離的0.1倍。

2. 如申請專利範圍第1項所述之粒子束系統，其中，該成像光學單元包括物鏡，該物鏡提供在該像平面處具有大於20 mT的磁場強度的聚焦磁場。

3. 如申請專利範圍第2項所述之粒子束系統，其中該場發生佈置係配置以產生該等電和/或磁偏轉場，使得偏轉的該等粒子束是垂直入射於該像平面上。

4. 如申請專利範圍第1項所述之粒子束系統，其中，該多束式粒子源包括多個粒子發射器，該等粒子發射器在該物平面附近彼此並排佈置，並且每個粒子發射器產生該多個粒子束中的一個粒子束或多個粒子束，以及其中，該場發生佈置包括磁線圈，該磁線圈被配置為產生磁場，該等粒子發射器佈置在該磁場中，並且在該物平面中該磁場的場方向被定向成與該物平面正交。

5. 如申請專利範圍第1項所述之粒子束系統，其中該等偏轉場產生使得對於穿過該物平面的該多個粒子束中的多對粒子束，以下關係成立：

$$0.9 < r1/r2 * \alpha2 / \alpha1 < 1.1$$

其中

r1表示該對粒子束中的第一粒子束穿過該物平面的位置與這個平面的中心之間的徑向距離，

r2表示該對粒子束中的第二粒子束穿過該物平面的位置與這個平面的該中心之間的徑向距離，

$\alpha1$ 表示該第一粒子束偏轉的偏轉角的絕對值，以及

$\alpha2$ 表示該第二粒子束偏轉的偏轉角的絕對值。

6. 如申請專利範圍第5項所述之粒子束系統，其中該關係對於該多對粒子束的一半粒子束為成立。
7. 如申請專利範圍第5項所述之粒子束系統，其中該等偏轉場產生使得該等粒子基本上偏轉在圍繞該中心的圓周方向上。

8. 一種特別是與申請專利範圍第1至7項中之任一項所述之粒子束系統相結合之粒子束系統，包括：

照射系統（3），該照射系統被配置為將多個粒子束（5）彼此並排地引導到物平面（17）上，使得所述粒子束在該物平面照射多個入射位置；

成像光學單元（11），該成像光學單元被配置為將從該等入射位置發出的多個粒子束（15）引導到檢測器陣列（13）上並將該物平面成像到佈置在該物平面與該檢測器陣列之間的束路徑上的中間像平面（75）中；以及場發生佈置，該場發生佈置被配置為在該中間像平面附近的區域中產生可調強度的電和/或磁偏轉場，其中，該等粒子束在操作期間被該等偏轉場偏轉，偏轉角度取決於該等偏轉場的強度；

其中該場發生佈置被配置為使得對於該等粒子束中的一個粒子束，以下第一條件成立：

分別與該場發生佈置的直接上游與直接下游中該粒子束之軌跡一致的兩直線定義頂點，其為該兩直線相交的一點，且第一平面包含該兩直線；

該頂點位於相距該成像光學單元之光軸的距離 r 處且定義包含該頂點而與該中間像平面平行的第二平面；以及

在該光軸與該第一平面的經過該頂點之法線之間的距離 d 是小於該距離 r 的0.99倍；

並且其中該第二平面與該中間像平面之間的距離 l 是小於該中間像平面與該檢測器陣列之間的距離的0.1倍。

9. 如申請專利範圍第8項所述之粒子束系統，其中該等偏轉場產生使得對於穿過該中間像平面的該多個粒子束中的多對粒子束，以下關係成立：

$$0.9 < r_1/r_2 * \alpha_2/\alpha_1 < 1.1$$

其中

r_1 表示該對粒子束中的第一粒子束穿過該中間像平面的位置與這個平面的中心之間的徑向距離，

r_2 表示該對粒子束中的第二粒子束穿過該中間像平面的位置與這個平面的該中心之間的徑向距離，

α_1 表示該第一粒子束偏轉的偏轉角的絕對值，以及

α_2 表示該第二粒子束偏轉的偏轉角的絕對值。

10. 如申請專利範圍第9項所述之粒子束系統，其中該關係對於該多對粒子束的一半粒子束為成立。
11. 如申請專利範圍第9項所述之粒子束系統，其中該等偏轉場產生使得該等粒子基本上偏轉在圍繞該中心的圓周方向上。
12. 如申請專利範圍第8項所述之粒子束系統，其中，該成像光學單元包括物鏡，該物鏡提供在該檢測器陣列處具有大於20 mT的磁場強度的聚焦磁場。
13. 如申請專利範圍第12項所述之粒子束系統，其中該場發生佈置係配置以產生該等電和/或磁偏轉場，使得偏轉的該等粒子束是垂直入射於該檢測器陣列上。
14. 如申請專利範圍第1至13項中任一項所述之粒子束系統，其中，該距離是小於該偏轉角的該頂點與主軸線之間的距離的0.95倍。

15. 如申請專利範圍第14項所述之粒子束系統，其中，該場發生佈置被配置為使得下面的第二條件對於該等粒子束的一個粒子束成立：
所述一個粒子束藉由該場發生佈置偏轉的偏轉角大於 $10\ \mu\text{rad}$ 。
16. 如申請專利範圍第14項所述之粒子束系統，其中，該第一條件和/或該第二條件對於超過10%的該等粒子束成立。
17. 如申請專利範圍第1至13項中任一項所述之粒子束系統，其中，該場發生佈置包括偏轉器陣列(41)，該偏轉器陣列具有彼此並排佈置的多個偏轉器，其中，一組粒子束在操作期間穿過該等偏轉器中的每個偏轉器。
18. 如申請專利範圍第17項所述之粒子束系統，其中，該等偏轉器中的每個偏轉器包括至少一對彼此位置相對的電極(47)，在該等電極之間，這組粒子束穿過該偏轉器，以及
其中，該粒子束系統還包括控制器(49)，該控制器被配置為將相互不同的可調電位施加到這對電極中的電極。
19. 如申請專利範圍第18項所述之粒子束系統，其中，該偏轉器陣列包括中心(53)，以及
其中，每個偏轉器的一對電極的兩個電極的中心之間的連接線(51)相對於該偏轉器陣列的中心在圓周方向上定向。
20. 如申請專利範圍第17項所述之粒子束系統，其中，該等偏轉器中的每個偏轉器包括至少一個第一板(56)和一個第二板(57)，該等板在該束路徑上彼此前後佈置，其中，該第一板具有第一開口(45)，並且該第二板具

有第二開口（45'），這組粒子束穿過該等開口，其中，在該束路徑的方向上看，該第一開口的中心相對於該第二開口的中心橫向偏移（61），以及

其中，該粒子束系統還包括控制器（59），該控制器被配置為將相互不同的電位施加到該第一板和該第二板。

21. 如申請專利範圍第20項所述之粒子束系統，其中，該偏轉器陣列包括中心（53），以及
其中，在該束路徑方向上看，該第一開口的中心相對於該第二開口的中心在相對於該偏轉器陣列的中心的圓周方向上偏移。
22. 如申請專利範圍第20項所述之粒子束系統，其中，該偏轉器陣列中的多個偏轉器包括具有多個第一開口的公共第一多孔板和具有多個第二開口的公共第二多孔板，其中，該等組粒子束分別穿過該等第一開口中的一個開口和該等第二開口中的一個開口。
23. 如申請專利範圍第17項所述之粒子束系統，其中，這組粒子束包括單個粒子束。
24. 如申請專利範圍第1至13項中任一項所述之粒子束系統，其中，該多束式粒子源包括用於產生粒子束（23）的粒子發射器、以及多孔板（101），該多孔板被佈置在該粒子束的束路徑上並且具有多個開口（103），該粒子束的粒子穿過該等開口，使得在該多孔板下游的束路徑上產生該多個粒子束（5）。

25. 一種特別是與如申請專利範圍第1至24項中任一項所述之粒子束系統相結合之粒子束系統，該粒子束系統包括照射系統（3），該照射系統被配置為將多個粒子束（5）引導到樣本平面（7）上，使得所述粒子束在該樣本平面照射入射位置場，其中，該照射系統包括：

多孔板（101），該多孔板被佈置在該等粒子束的束路徑上並具有多個開口（103），其中，粒子束穿過該等開口中的每個開口，

第一單孔板（105），該第一單孔板具有開口（107），該多個粒子束穿過該開口，其中，該第一單孔板被佈置在距該多孔板第一距離（L1）處；

第二單孔板（109），該第二單孔板具有開口（111），該多個粒子束穿過該開口，其中，該第二單孔板被佈置在距該多孔板第二距離（L2）處；

電壓源（117），該電壓源被配置為相對於該多孔板向該第一單孔板施加可調第一電位，並且相對於該多孔板向該第二單孔板施加可調第二電位，其中該電壓源被配置為將可調電位施加到該多孔板和該等單孔板；以及控制器，被配置為控制該電壓源並接收表示該等粒子束在該物平面中的入射位置之間的期望距離的第二信號，其中，在該第二信號發生變化的情況下，該控制器引起該電壓源將該多孔板與該第一單孔板之間的電位差改變到比該多孔板與該第二或第三單孔板之間的電位差更小的程度；

其中，該第一距離（L1）係該第二距離（L2）的不到0.5倍；

其中，該照射系統被配置為將該等粒子束分別聚焦在該多孔板下游和該樣本平面上游的束路徑上，其中，相應的束焦點佈置在彎曲表面上。

26. 如申請專利範圍第25項所述之粒子束系統，其中，該第一距離（L1）係該第二距離（L2）的不到0.2倍。

27. 如申請專利範圍第25項所述之粒子束系統，其中，該第一距離（L1）係該第二距離（L2）的不到0.1倍。
28. 如申請專利範圍第25項所述之粒子束系統，其中，除了該第一單孔板和該第二單孔板之外，沒有另外的單孔板被佈置在距該多孔板小於該第二距離的距離處。
29. 如申請專利範圍第25項所述之粒子束系統，其中，該第一單孔板中的開口具有第一直徑（D1），該第二單孔板中的開口具有第二直徑（D2），並且其中，該第二直徑係該第一直徑的超過1.5倍大。
30. 如申請專利範圍第29項所述之粒子束系統，其中，該第二直徑係該第一直徑的超過3倍大。
31. 如申請專利範圍第25項所述之粒子束系統，其中，該第一單孔板被佈置在該多孔板與該第二單孔板之間。
32. 如申請專利範圍第25項所述之粒子束系統，其中，該多孔板被佈置在該第一單孔板與該第二單孔板之間。
33. 如申請專利範圍第25項所述之粒子束系統，還包括具有開口的至少一個第三單孔板，該多個粒子束穿過該開口，其中，該第三單孔板被佈置在距該多孔板第三距離處，所述第三距離大於該第二距離，其中，該第二單孔板與該第三單孔板之間的距離小於該第三距離。

34. 如申請專利範圍第25至33項中任一項所述之粒子束系統，其中，該控制器更被配置為接收表示該表面的期望曲率的第一信號，其中，在該第一信號發生變化的情況下，該控制器使該電壓源將該多孔板與該第一單孔板之間的電位差改變到比該多孔板與該第二或第三單孔板之間的電位差更大的程度。
35. 一種特別是與如申請專利範圍第1至34項中任一項所述之粒子束系統相結合的粒子束系統，該粒子束系統包括照射系統（3），該照射系統被配置為將多個粒子束（5）引導到物平面（7）上，使得所述粒子束在該物平面照射入射位置場，其中，該照射系統包括：
- 粒子發射器，該粒子發射器被配置為產生粒子束；
 - 至少一個聚束透鏡，該粒子束穿過該至少一個聚束透鏡；
 - 第一多孔板，該第一多孔板被佈置在該聚束透鏡下游的粒子束的束路徑上並且具有多個開口，該粒子束的粒子穿過該等開口，使得在該第一多孔板下游的束路徑上形成多個粒子束；
 - 第二多孔板，該第二多孔板被佈置在該第一多孔板下游的束路徑上並具有多個開口，其中，每個所述開口被該多個粒子束中的一個粒子束穿過；
 - 以及
 - 控制器，該控制器被配置為：
 - 激勵該至少一個聚束透鏡，使得該至少一個聚束透鏡為該粒子束提供可調屈光力；
 - 接收表示該等粒子束在該物平面中的入射位置之間的期望距離的第一信號，以及
 - 在該第一信號發生變化的情況下改變該至少一個聚束透鏡的屈光力。

36. 如申請專利範圍第35項所述之粒子束系統，其中，該照射系統被配置為將該等粒子束分別聚焦在該第二多孔板下游和該樣本平面上游的束路徑上，其中，相應的束焦點佈置在彎曲表面上，其中，該粒子束系統還包括單孔板，該單孔板被佈置在該第二多孔板上游或下游的束路徑上並且具有開口，該多個粒子束穿過該開口，其中，該控制器被配置為
- 在該單孔板與該第二多孔板之間提供可調電位差，
 - 接收表示該表面的期望曲率的第二信號，以及
 - 在該第二信號發生變化的情況下改變該單孔板與該第二多孔板之間的電位差。

圖式

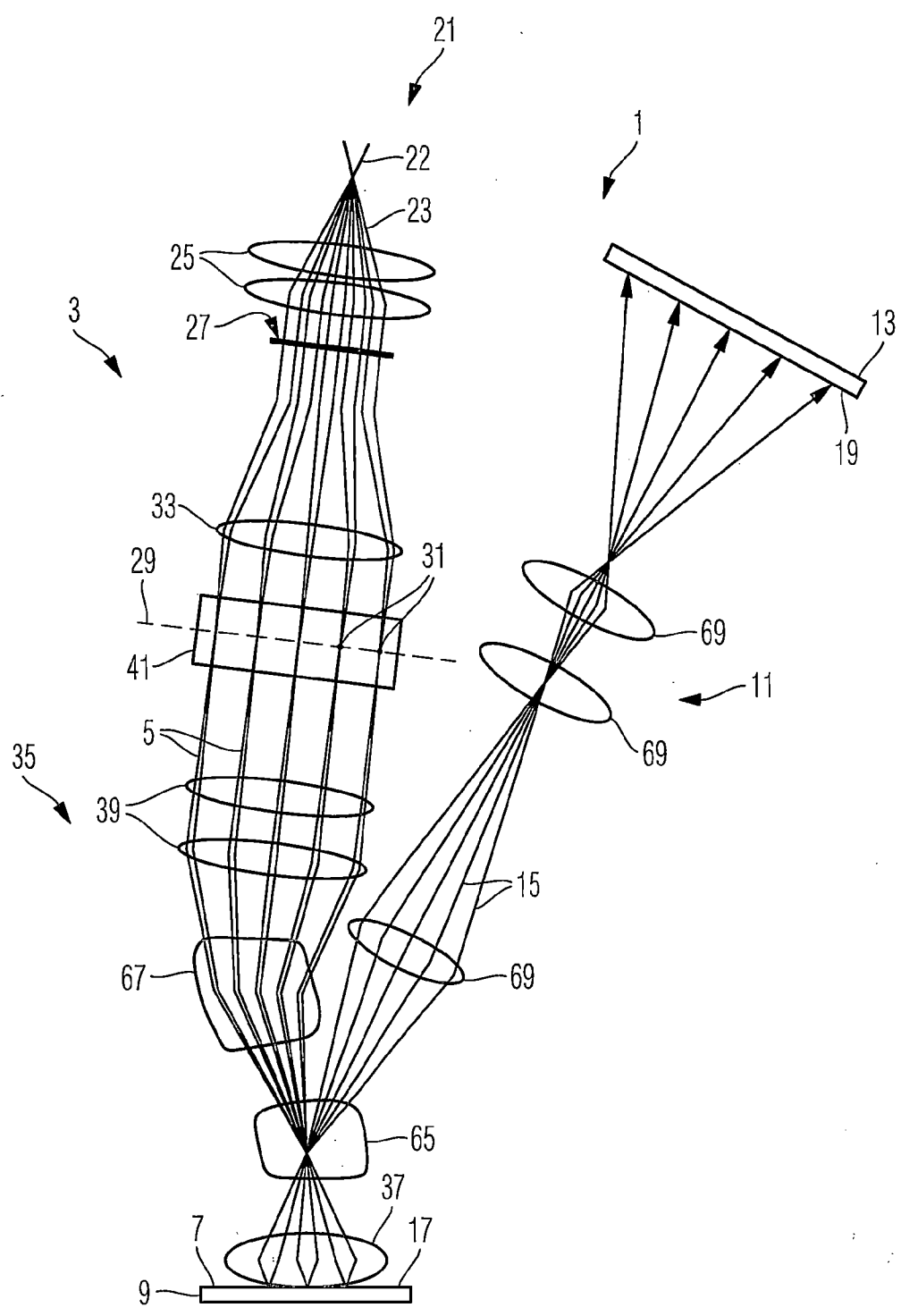


圖1

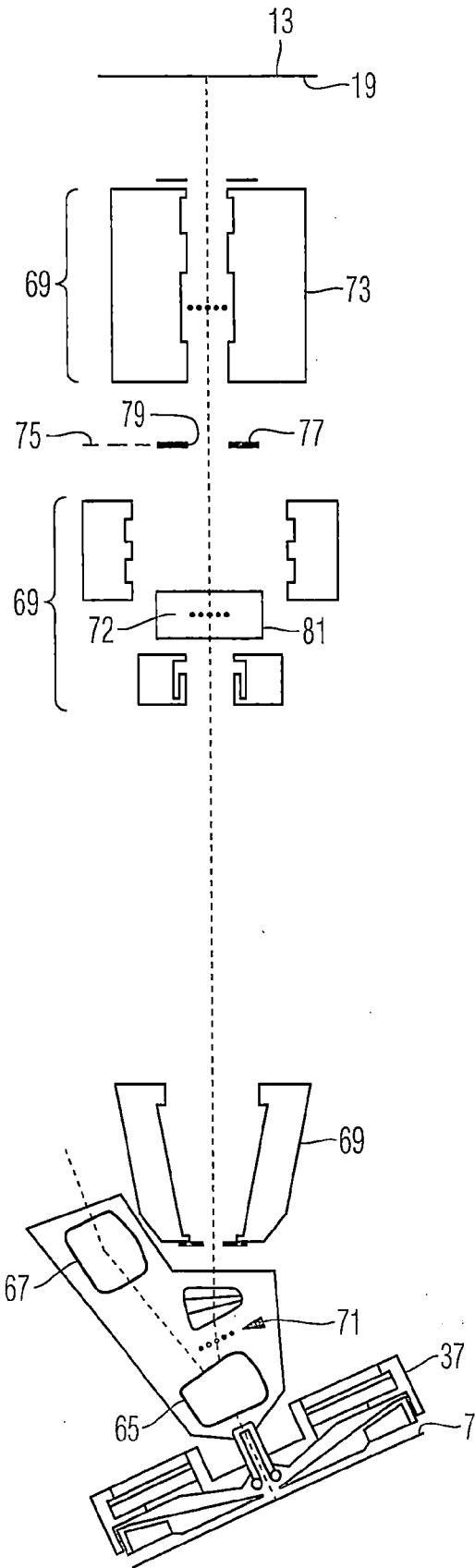


圖2

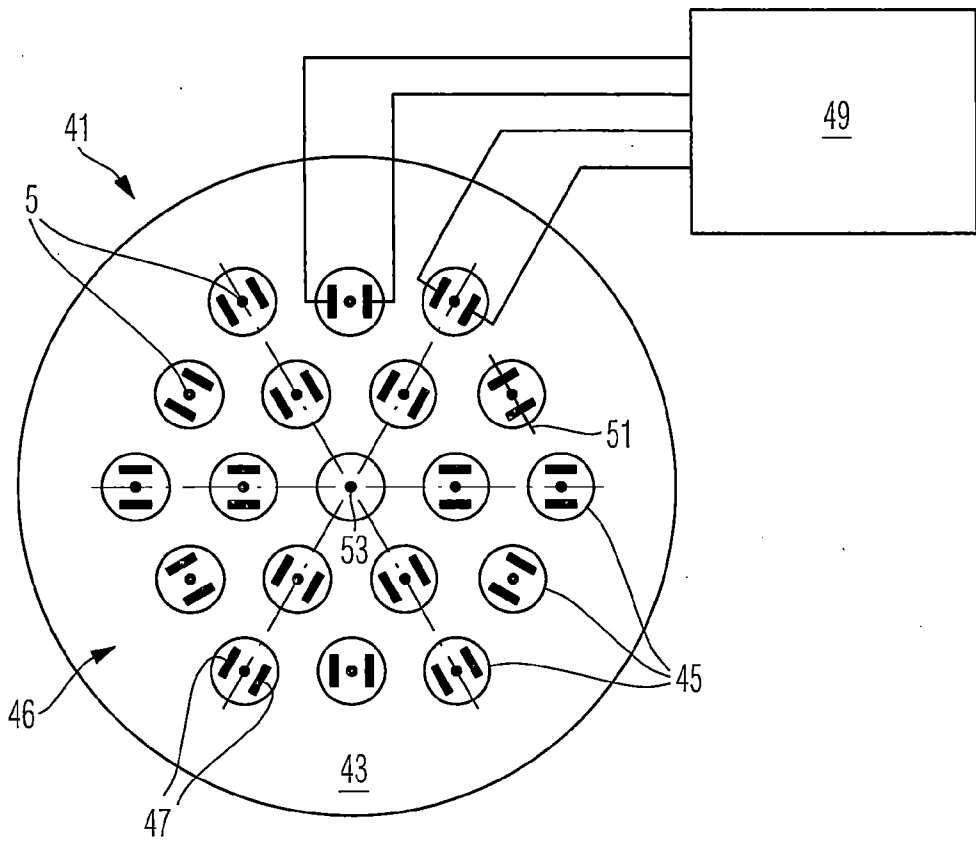


圖3

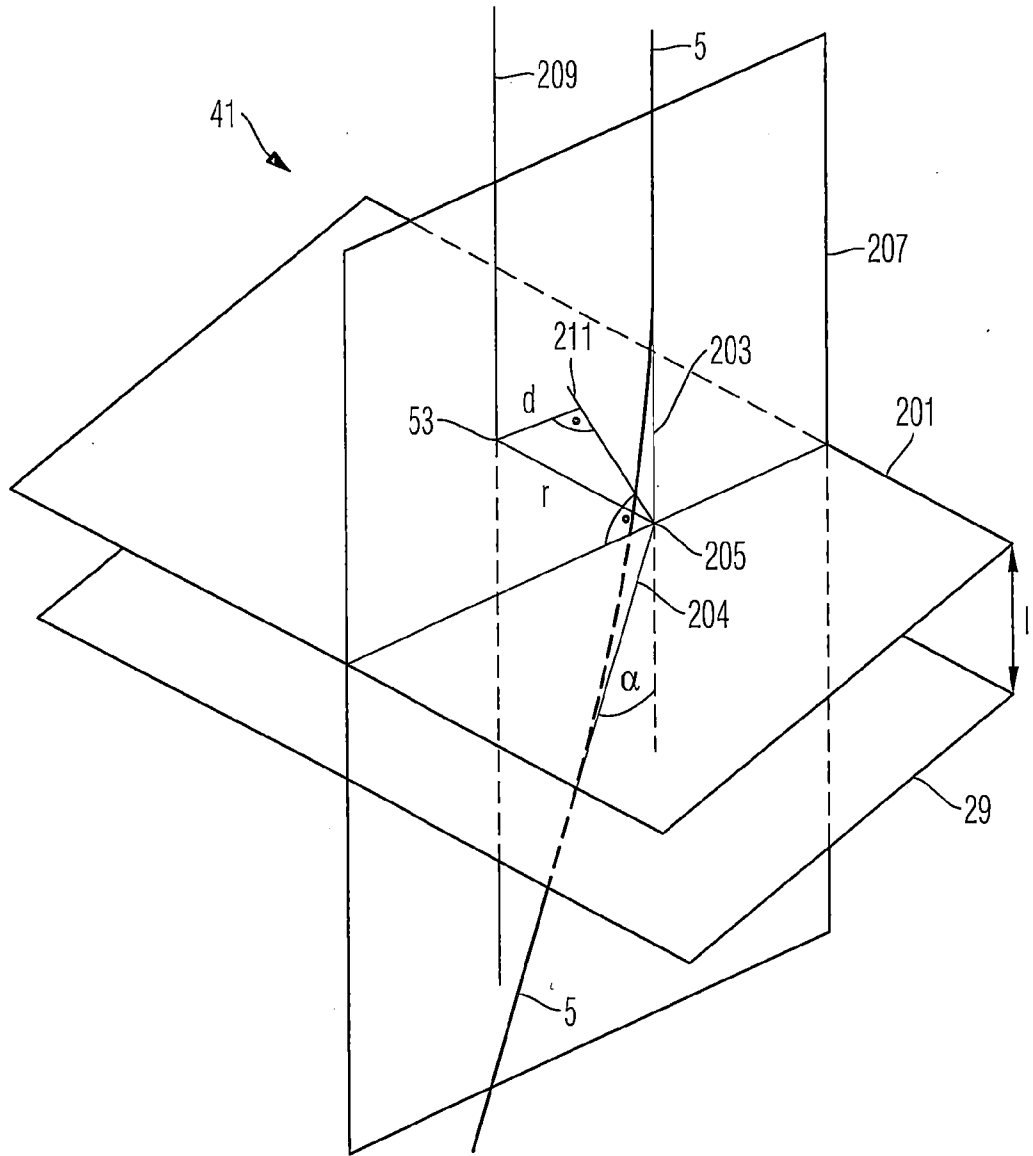


圖4

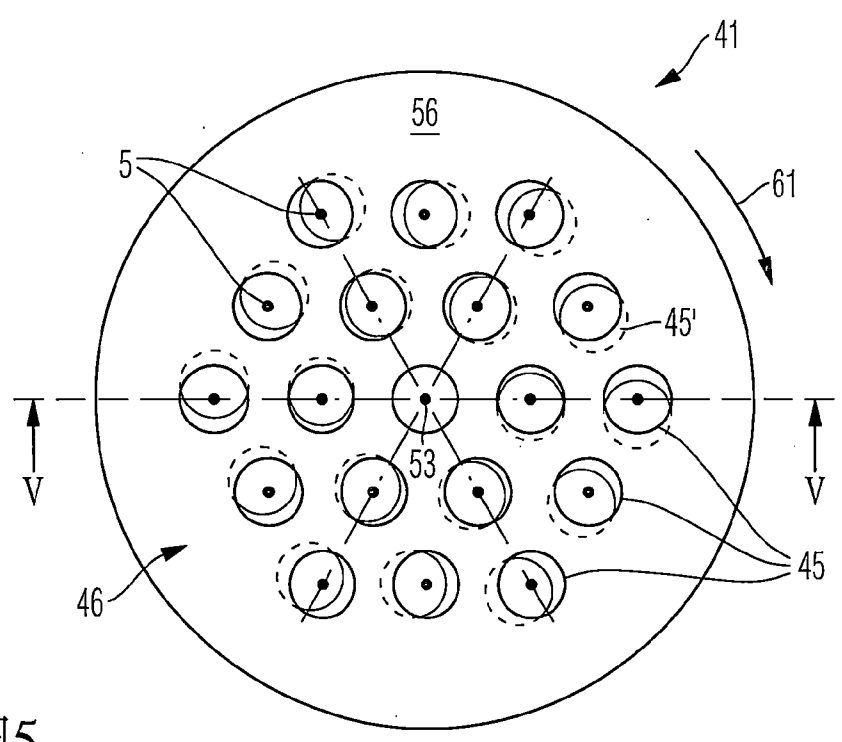


圖5

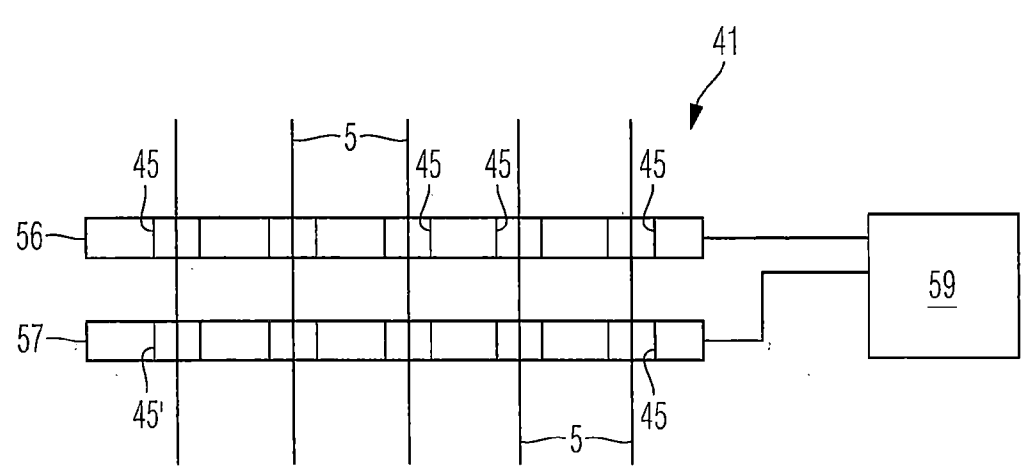


圖6

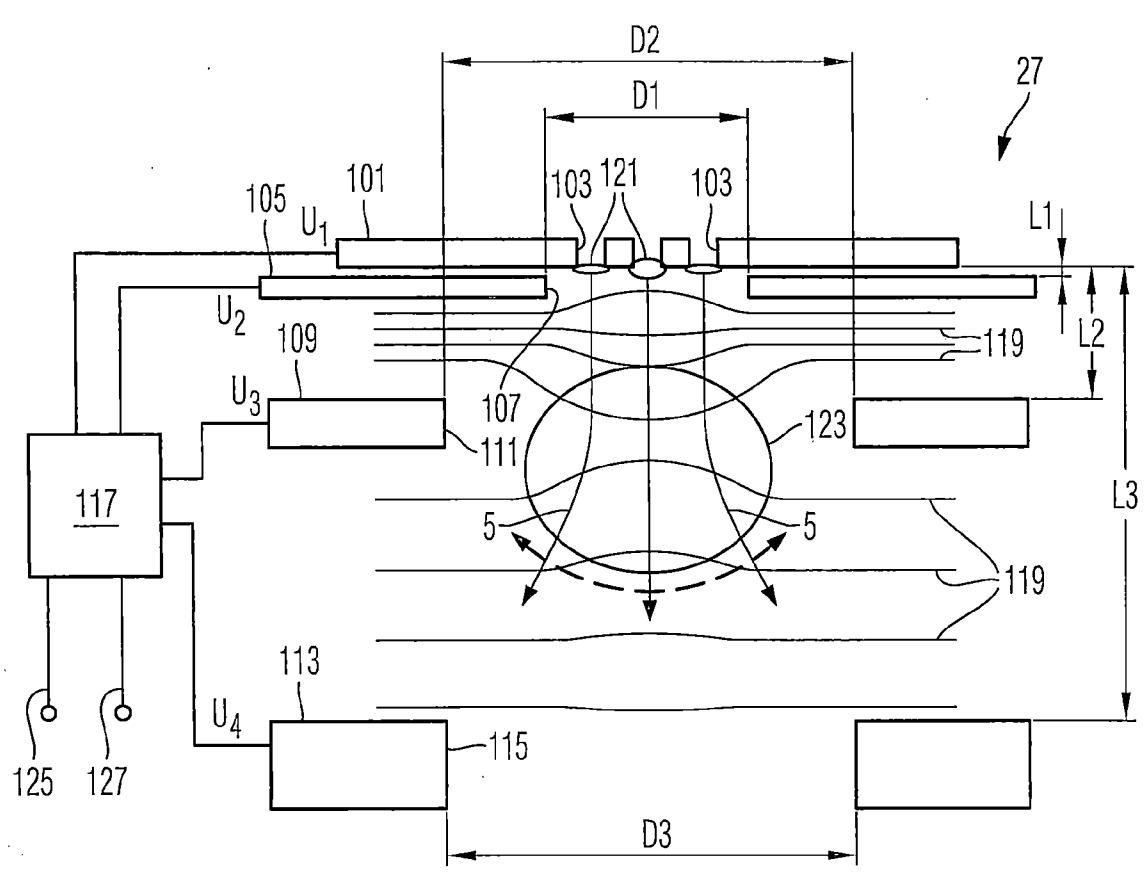


圖7

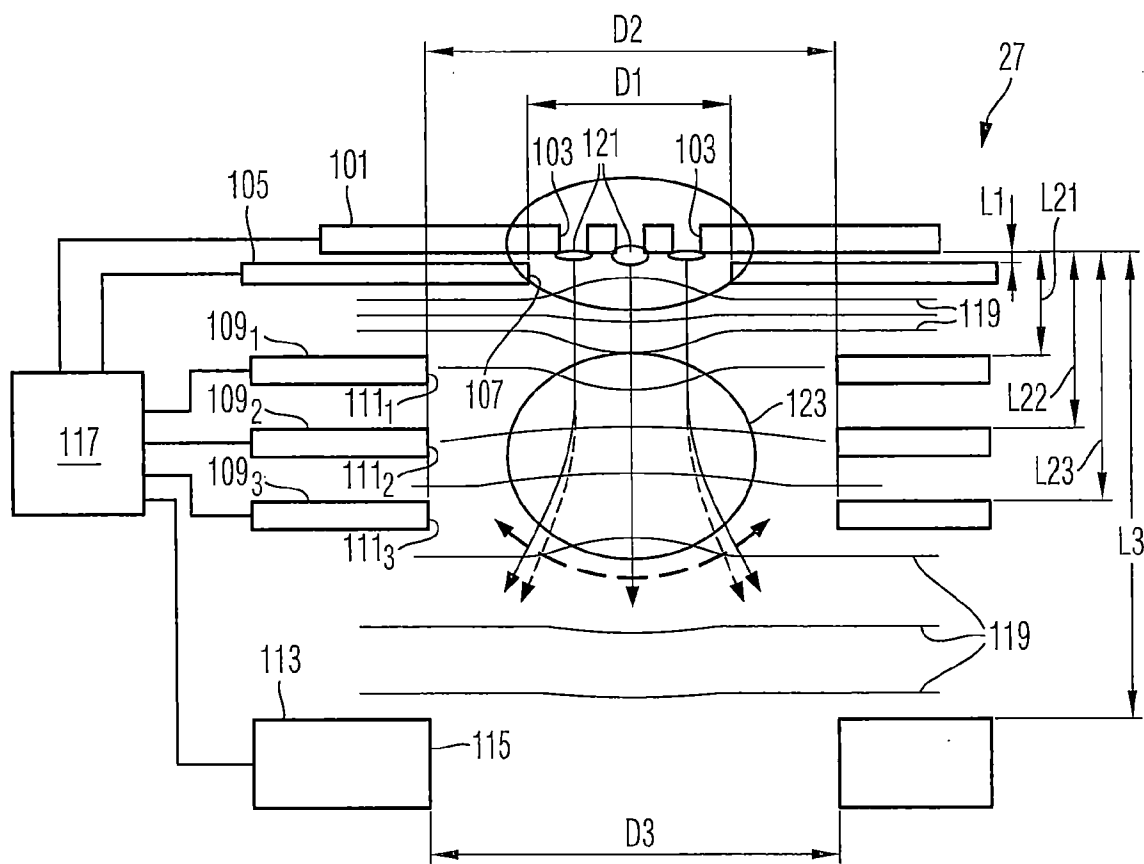


圖8

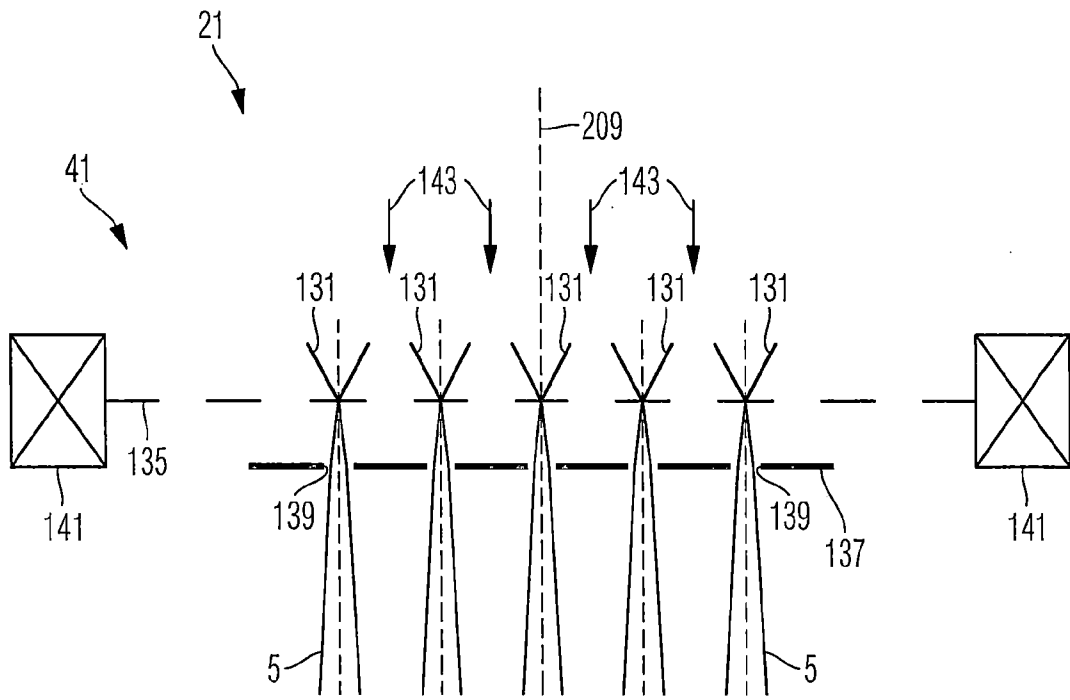


圖9

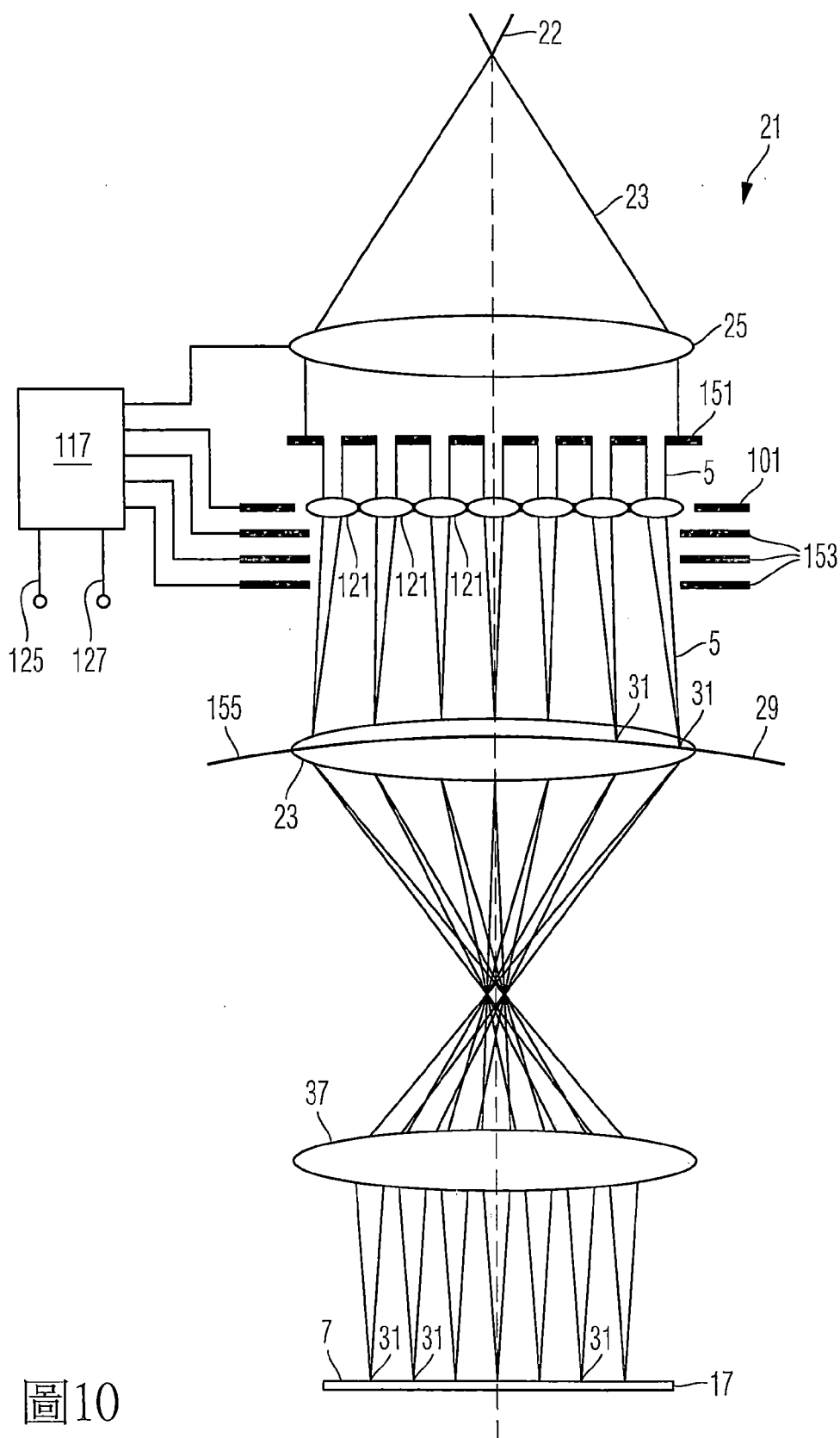


圖10