



(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 I523064 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 02 月 21 日

(21)申請案號：103123813

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 07 月 10 日

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

(30)優先權：2013/07/19

歐洲專利局

13177207.1

(71)申請人：I C T 積體電路測試股份有限公司 (德國) ICT INTEGRATED CIRCUIT TESTING
GESELLSCHAFT FUR HALBLEITERPRUFTECHNIK MBH (DE)

德國

(72)發明人：費恩克斯馬蒂亞斯 FIRNKES, MATTHIAS (DE)；拉尼歐史帝芬 LANIO, STEFAN
(DE)；沙奈克吉拉德 SCHONECKER, GERALD (DE)；溫克勒迪特 WINKLER,
DIETER (DE)

(74)代理人：蔡坤財；李世章

(56)參考文獻：

TW 201245698A

EP 2654069A1

US 6593152B2

審查人員：王志成

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：12 共 61 頁

(54)名稱

可切換式多視角偵測器與用於其之光學器件及其操作方法

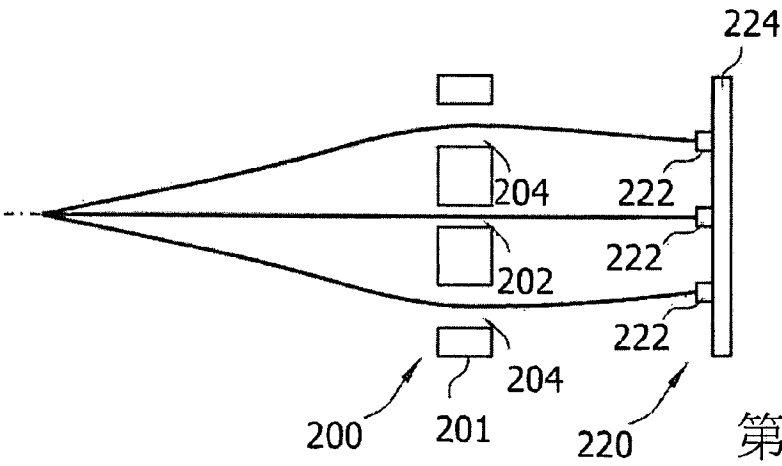
SWITCHABLE MULTI PERSPECTIVE DETECTOR, OPTICS THEREFOR AND METHOD OF
OPERATING THEREOF

(57)摘要

本說明書描述一種用於信號束之偵測的次級帶電粒子偵測裝置。該裝置包括一偵測器排列(220)、一粒子光學器件(200)，該偵測器排列具有至少二個偵測元件(222)，該至少二個偵測元件具有主動偵測區域，其中該等主動偵測區域係由一間隙(G)所分離，該粒子光學器件經配置以將該信號束分離成該信號束的第一部分及成為該信號束的至少一第二部分，且該粒子光學器件經配置以聚焦該信號束的該第一部分及該信號束的該至少一第二部分。該粒子光學器件包括一孔徑板(201)及該孔徑板中的至少一第一內孔徑開口(202)，以及該孔徑板中的至少一第二徑向外孔徑開口(204)，其中該第一孔徑開口具有一凹面成形部分，特別是其中該第一孔徑開口具有一針插形狀。

A secondary charged particle detection device for detection of a signal beam is described. The device includes a detector arrangement (220) having at least two detection elements (222) with active detection areas, wherein the active detection areas are separated by a gap (G), a particle optics (200) configured for separating the signal beam into a first portion of the signal beam and into at least one second portion of the signal beam, and configured for focusing the first portion of the signal beam and the at least one second portion of the signal beam. The particle optics includes an aperture plate (201) and at least a first inner aperture openings (202) in the aperture plate, and at least one second radially outer aperture opening (204) in the aperture plate, wherein the first aperture opening has a concave shaped portion, particularly wherein the first aperture opening has a pincushion shape.

指定代表圖：



第 2A 圖

符號簡單說明：

- 200 . . . 次級粒子光學器件
- 201 . . . 孔徑板
- 202 . . . 第一孔徑開口
- 204 . . . 徑向外孔徑開口
- 220 . . . 偵測器排列
- 222 . . . 偵測元件
- 224 . . . 支持器

公告本

發明摘要

※ 申請案號：103123813

※ 申請日：103 年 7 月 10 日

※IPC 分類：H01J 37/24(2006.01)

【發明名稱】（中文/英文）

可切換式多視角偵測器與用於其之光學器件及其操作方
法

SWITCHABLE MULTI PERSPECTIVE DETECTOR,
OPTICS THEREFOR AND METHOD OF OPERATING
THEREOF

【中文】

本說明書描述一種用於信號束之偵測的次級帶電粒子偵測裝置。該裝置包括一偵測器排列(220)、一粒子光學器件(200)，該偵測器排列具有至少二個偵測元件(222)，該至少二個偵測元件具有主動偵測區域，其中該等主動偵測區域係由一間隙(G)所分離，該粒子光學器件經配置以將該信號束分離成該信號束的一第一部分及成為該信號束的至少一第二部分，且該粒子光學器件經配置以聚焦該信號束的該第一部分及該信號束的該至少一第二部分。該粒子光學器件包括一孔徑板(201)及該孔徑板中的至少一第一內孔徑開口(202)，以及該孔徑板中的至少一第二徑向外孔徑開口(204)，其中該第一孔徑開口具有一凹面成形部分，特別是其中該第一孔徑開口具有一針插形狀。

【英文】

A secondary charged particle detection device for detection of a signal beam is described. The device includes a detector arrangement (220) having at least two detection elements (222) with active detection areas, wherein the active detection areas are separated by a gap (G), a particle optics (200) configured for separating the signal beam into a first portion of the signal beam and into at least one second portion of the signal beam, and configured for focusing the first portion of the signal beam and the at least one second portion of the signal beam. The particle optics includes an aperture plate (201) and at least a first inner aperture openings (202) in the aperture plate, and at least one second radially outer aperture opening (204) in the aperture plate, wherein the first aperture opening has a concave shaped portion, particularly wherein the first aperture opening has a pincushion shape.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 2A ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

200 次級粒子光學器件

201 孔徑板

202 第一孔徑開口

204 徑向外孔徑開口

220 偵測器排列

222 偵測元件

224 支持器

【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】(中文/英文)

可切換式多視角偵測器與用於其之光學器件及其操作方法

SWITCHABLE MULTI PERSPECTIVE DETECTOR,
OPTICS THEREFOR AND METHOD OF OPERATING
THEREOF

【技術領域】

【0001】 本發明之實施例有關於帶電粒子束裝置，該種裝置用於（例如）檢測系統之應用、測試系統之應用、石版印刷（lithography）系統之應用、缺陷複查（defect review）或關鍵尺寸（critical dimensioning）之應用或類似者。本發明之實施例也關於該種裝置之操作方法。進一步，本發明之實施例有關之應用具有用於次級粒子的一帶電粒子路徑，例如用於電子束檢測（EBI）。特定言之，本發明之實施例有關於帶電粒子單元，乃至於帶電粒子偵測裝置、帶電粒子束裝置、帶電粒子多射束裝置，以及操作該些裝置的方法。

【先前技術】

【0002】 帶電粒子束設備在複數種工業領域中有其作用，該些領域包括（但不限於）製造期間的半導體裝置檢測、用於石版印刷之曝光系統、偵測裝置以及測試系統。因此，對於微米及奈米規模內的結構及檢測試樣有高需求。

【0003】 微米及奈米規模程序控制、檢測或結構，經常係以帶電粒子束（例如電子束）完成，帶電粒子束係在帶電粒子束裝置（諸如電子顯微鏡或電子束型樣產生器）中產生及聚焦。由於帶電粒子束的波長短，其相較於（例如）光子束提供了卓越的空間解析度。

【0004】 除了解析度，處理量（throughput）對於此種裝置是一問題。由於大型基板面積必須經型樣化或經檢測，大於每分鐘 10 平方公分（舉例）的處理量是理想的。在帶電粒子束裝置中，其處理量與影像對比成二次相關。因此針對對比加強有所需求。

【0005】 用於粒子束系統（例如電子顯微鏡）的粒子偵測器（例如電子偵測器）能用於電子束檢測（EBI）、缺陷複查（DR）或關鍵尺寸（CD）量測、聚焦離子束系統（FIB）或類似者。由一原始電子束照射試樣後即產生了次級粒子（例如次級電子（SE）），次級粒子帶有關於該試樣之拓樸（topography）、其化學成分、其靜電電位及其他之資訊。在最簡單之偵測器中，全部 SE 經收集並導向一感測器，該感測器通常為閃爍器、PIN 二極體或類者。一影像被產生，其中灰階正比於所收集之電子數。

【0006】 高解析度電子光學器件系統在接物鏡及晶圓之間要求短作業距離。次級電子收集因此一般係在接物鏡上方之管柱內完成。先前技術之電子束成像系統中常見之配置經圖示於第 1 圖。具有長度的一管柱 104 經分佈在距離一試樣 125 一作業距離 120 之處，該管柱包括一發射器 105、接物鏡 10

及一環狀次級電子偵測器 115。來自發射器 105 的原始電子束 130 通過環狀偵測器 115 中的一開口 135 而經導向於試樣 125。從試樣 125 在圍繞原始射束 130 的一廣大圓錐體中發射次級電子 140。一些次級電子 140 由偵測器 115 所收集以製造一次級電子 (SE) 信號 145。

【0007】 此外，對於許多應用而言，其要求在提供高速偵測的同時增加成像資訊。例如，由一原始電子束照射試樣後即產生了次級電子 (SE)，其帶有關於該試樣之拓樸、其化學成分、其靜電電位及其他之資訊。提供拓樸資訊及/或相關於次級粒子之能量的資訊的高速偵測是一具挑戰性的任務，需要持續之改良。據此，需要改良以 SEM 為基礎之工具（尤其是高處理量缺陷檢測或複查的工具）的偵測。額外地或替代地，針對拓樸成像或類似者之偵測，分離數個信號束叢（例如減少其串音 (cross-talk)）是理想的。

【發明內容】

【0008】 鑒於以上，在此提供了按照本案申請專利範圍中之獨立項的次級帶電粒子偵測裝置、帶電粒子束裝置、帶電粒子多射束裝置以及操作偵測裝置的方法。從附屬項、說明書及隨附之圖式將可明瞭本發明之實施例的進一步態樣、優點及特徵。

【0009】 按照一個實施例，提供了一種用於偵測一信號束的次級帶電粒子偵測裝置。該裝置包括一偵測器排列、一粒子光學器件，該偵測器排列具有至少二個偵測元件，該至少二個偵測元件具有主動偵測區域，其中該等主動偵測區域係由

一間隙所分離，該粒子光學器件經配置以將該信號束分離成爲該信號束的一第一部分及成爲該信號束的至少一第二部分，且該粒子光學器件經配置以聚焦該信號束的該第一部分及該信號束的該至少一第二部分。該粒子光學器件包括一孔徑板及在該孔徑板中的至少一第一孔徑開口及至少一個第二孔徑開口，其中該第一孔徑開口具有一凹面成形部分。

【0010】 按照另一實施例，提供了一種帶電粒子束裝置。該裝置包括一帶電粒子束來源、一第一聚焦元件以及一帶電粒子偵測裝置，該帶電粒子束來源用於提供一原始帶電粒子束，該第一聚焦元件用於將該原始帶電粒子束聚焦在試樣上，其中產生一信號束。該偵測裝置包括一偵測器排列、一粒子光學器件，該偵測器排列具有至少二個偵測元件，該至少二個偵測元件具有主動偵測區域，其中該等主動偵測區域係由一間隙所分離，該粒子光學器件經配置以將該信號束分離成爲該信號束的一第一部分及成爲該信號束的至少一第二部分，且該粒子光學器件經配置以聚焦該信號束的該第一部分及該信號束的該至少一第二部分。該粒子光學器件包括一孔徑板及在該孔徑板中的至少一第一孔徑開口及至少一個第二孔徑開口，其中該第一孔徑開口具有一凹面成形部分。

【0011】 按照一進一步實施例，提供了一種帶電粒子多射束裝置。該帶電粒子多射束裝置包括至少二個帶電粒子束裝置。該二個裝置之各者包括一帶電粒子束來源、一第一聚焦元件以及一帶電粒子偵測裝置，該帶電粒子束來源用於提供一原始帶電粒子束，該第一聚焦元件用於將該原始帶電粒子

束聚焦在試樣上，其中產生一信號束。該偵測裝置包括一偵測器排列、一粒子光學器件，該偵測器排列具有至少二個偵測元件，該至少二個偵測元件具有主動偵測區域，其中該等主動偵測區域係由一間隙所分離，該粒子光學器件經配置以將該信號束分離成為該信號束的一第一部分及成為該信號束的至少一第二部分，且該粒子光學器件經配置以聚焦該信號束的該第一部分及該信號束的該至少一第二部分。該粒子光學器件包括一孔徑板及在該孔徑板中的至少一第一孔徑開口及至少一個第二孔徑開口，其中該第一孔徑開口具有一凹面成形部分。

【0012】 按照另一實施例，提供一種用於操作一偵測裝置的方法。該方法包括偏移一粒子光學器件的一孔徑板，其中該粒子光學器件包括該孔徑板中之至少一第一孔徑開口(202)及該孔徑板中之至少一第二孔徑開口，其中該孔徑板經偏壓使得一電位圍繞該第一孔徑開口，以及其中該第一孔徑開口具有一凹面成形部分，並且以一偵測器組套件來偵測一信號束，該偵測器組套件具有對應於該第一孔徑開口的至少一個偵測元件以及對應於該至少一第二孔徑開口的至少一個偵測元件。

【0013】 實施例也針對於用於實現所揭示方法的設備，並包括用於執行各個所揭示之方法步驟的設備部件。該些方法步驟之執行可藉由硬體組件、藉由適當軟體所程式化之電腦、及上述而者之任意組合或任何其他方式。此外，按照本發明之實施例也針對於操作所揭示之設備的方法。其包括用於實

現該設備的每個功能的方法步驟。

【圖式簡單說明】

【0014】 爲了能夠仔細瞭解本發明之上述特徵，以上簡短提供大綱之本發明將在以下藉由參照實施例來更詳細說明。隨附之圖式相關於本發明實施例，說明如下：

第 1 圖圖示按照先前技術的偵測方案；

第 2A 及 2B 圖圖示了按照在此說明之實施例的一次級粒子光學器件及一偵測組零件；

第 2C 圖圖示了按照在此說明之實施例的偵測器排列圖；

第 2D 圖圖示了按照在此說明之實施例的一次級粒子光學器件及一偵測組零件；

第 2E 圖圖示了按照在此說明之實施例的一次級粒子光學器件；

第 3A 圖圖示了按照在此說明之實施例的一次級粒子光學器件及一偵測組零件；

第 3B 圖圖示了按照在此說明之實施例的一次級粒子光學器件及另一偵測組零件；

第 4 圖圖示了按照在此說明之實施例的一次級粒子光學器件，該次級粒子光學器件具有一孔徑板；

第 5 圖圖示了按照在此說明之實施例的一次級粒子光學器件，該次級粒子光學器件具有一孔徑板，其中該中央開口具有凹面部分，也就是針插形狀；

第 6A 及 6B 圖圖示了關於一孔徑板及其偏移的進一步實施例；

第 7A 圖顯示一系統的示意圖，該系統能經運用以用於按照在

此說明之實施例的一次級粒子光學器件及一偵測組套件，且該系統具有一維恩濾波器類型之分離單元；

第 7B 至 7D 圖示意地顯示了利用一維恩濾波器類型之分離單元所能實現的其他射束路徑；

第 8A 圖顯示一實施例示意圖，該實施例能用於按照在此說明之實施例的一次級粒子光學器件及一偵測組套件，並具有一磁偶極射束分離單元；

第 8B 至 8D 圖示意地顯示了利用一磁偶極射束分離單元所能實現的其他射束路徑；

第 9A 至 9B 圖顯示按照在此說明之實施例的帶電粒子單元之示意側面圖；

第 9C 圖顯示按照在此說明之實施例的一帶電粒子束裝置之示意側面圖，該帶電粒子束裝置具有按照在此說明之實施例的一次級粒子光學器件及一偵測組套件；

第 10 圖顯示按照在此說明之實施例的一帶電粒子束裝置之示意側面圖；

第 11 圖顯示按照在此說明之實施例的一帶電粒子多射束裝置之示意側面圖；以及

第 12 圖顯示按照在此說明之實施例的一帶電粒子多射束裝置之示意側面圖。

【實施方式】

【0015】 現將詳細參照本發明之各種實施例，並在圖式中描繪本發明之一或更多範例。在圖式的以下說明內，相同之元件符號係指相同組件。一般而言，僅針對個別實施例之差異

做說明。各範例經提供以解釋本發明，且並非代表本發明之限制。更甚者，作為一個實施例之部分而描繪或說明的特徵，可以經使用在其他實施例上或與其他實施例結合，以產生又進一步之實施例。本說明書本意圖包括此種修改及變化。

【0016】 在未限制本申請案之保護範疇的情況下，以下在本申請案中的帶電粒子束裝置或組件將例示性地稱為包括次級電子之偵測的一帶電粒子束裝置。本發明之實施例仍可適用於設備及組件偵測微粒（像是次級及（或）經反向散射帶電粒子，該等粒子之形式係電子或離子、光子、X 射線或其他信號）以獲得一試樣影像。一般而言，當提到微粒時，其應被理解為光信號或粒子，在光信號的情況中微粒為光子，在粒子的情況中微粒為離子、原子、電子或其他粒子。

【0017】 如本說明書中所描述，關於偵測的討論及說明乃針對於掃描式電子顯微鏡中的電子做例示性說。然而，其他類型之帶電粒子（例如正離子）也可由各種不同儀器中之裝置來偵測。

【0018】 按照本說明書中之實施例（也可與其他實施例結合），一信號束意指一次級粒子束或稱為一次級射束，也就是次級及（或）經反向散射之粒子。典型地，信號束或次級射束係由在一試樣上衝射該原始射束所產生。一原始射束係由一帶電粒子束來源所產生，並經導向及偏向在所欲檢測或成像的一試樣上。

【0019】 在此所指之「試樣」包括（但不限於）半導體晶圓、半導體工件，以及像是記憶體碟片及類似者的工作片。本發

明之實施例能經應用至任何其上沉積有材料之工件或任何經結構化之工件。試樣包括一表面、一邊緣，一般還有一斜角，該表面將經結構化或將在其上沉積塗層。按照某些實施例（或能夠與在此說明之其他實施例結合），該些設備及方法係經配置用於或經應用於電子束檢測、關鍵尺寸之應用及缺陷複查之應用。

【0020】 一般而言，當提到聚焦一帶電粒子束時，應理解為該帶電粒子束之發散程度減少。這代表一射束的帶電粒子經聚焦或至少朝向一後續的射束光學元件瞄準，以減少因發散所致或因帶電粒子阻擋所致的帶電粒子損失。相對地，散焦應被理解為增加發散程度。

【0021】 如上所述，對於 EBI 之應用，使用一明場（BF）偵測器，但其對於拓樸或表面電位（電壓對比，VC）不夠敏感。藉由過濾 SE 信號的能量能增強 VC，同時藉由使用多個感測器能增強實體瑕疵所導致的拓樸資訊，該等多個感測器於試樣處在特定掠出角（take-off angle）範圍之內僅收集 SE。按照典型的實施例（也可與在此說明之其他實施例結合），拓樸偵測器能被分隔成為 4 個或更多個分段（無論有或沒有一中央 BF 區域），各分段能被分別讀取。該些信號接著能被合併（舉例，或減除）以增強對比。對於有意義之多視角成像（包括能量濾波或角濾波）而言，在射束從試樣經轉移至感測器之同時需要保留由 SE 所攜帶之資訊。因此，按照在此說明之實施例，提供一種光學系統（SE 光學器件）。按照某些實施例，該 SE 光學器件能包括一射束分離器、一或更多 SE

聚焦鏡以及校準偏向器，該射束分離器分離該原始射束及 SE 叢。

【0022】 對於缺陷檢測工具及複查工具或關鍵尺寸工具，依照開始角度而異而能由偵測次級粒子來產生增強的對比（舉例，或拓樸）。藉此，對於所檢測之特徵及（或）瑕疵就能取得增強對比。對於次級粒子束之偵測，依照開始角度而異，提供對次級射束的分離成個別偵測元件或偵測。然而，尤其是如於在此說明之實施例中所指的高速偵測之應用，製造一個具有個別分段的感測器，該等分段緊密填充而在彼此間沒有死角區（dead area），也就是在感測器元件之間沒有明顯間隙，是困難的。

【0023】 尤其針對 EBI 之應用需要高處理量，導致對於極快速感測器的需要。因此能夠使用 PIN 二極體。然而，可取得頻寬因二極體大小而異，且一般運用 1 平方公厘以下的感測器面積。因此，如果偵測速度增加，在一偵測器排列中的死角區增加。

【0024】 在此說明之實施例提供一種偵測器排列及一種次級射束光學器件，其允許高速拓樸量測。在此說明之某些實施例提供一種高速偵測器，其進一步允許輕易地在 BF 成像及拓樸成像之間切換，在 BF 成像中全部 SE 到達一單一偵測器，而在拓樸成像中針對大開始角度的 4 個象限提供至少 2 個感測器（典型為至少 4 個感測器）。此外能夠提供一中央偵測器以用於低角度 SE。按照某些實施例（也可與在此說明之其他實施例結合），在兩種成像模式中 SE 也能按照能量而經濾

波，使得只有具有能量高於一特定臨界值的 SE 能夠到達感測器（也就是偵測器排列）。

【0025】 按照一實施例（也可與在此說明之其他實施例結合），提供一種用於偵測一信號束的次級帶電粒子偵測裝置。該裝置包括一偵測器排列及一粒子光學器件，該偵測器排列具有至少二個偵測元件該至少二個偵測元件具有主動偵測區域，其中該等主動偵測區域係由一間隙所分離，該粒子光學器件經配置以將該信號束分離成為該信號束的一第一部分及成為該信號束的至少一第二部分，且該粒子光學器件經配置以聚焦該信號束的該第一部分及該信號束的該至少一第二部分。該粒子光學器件包括一孔徑板、該孔徑板中的至少一第一內孔徑開口，以及該孔徑板中的至少一第二徑向外孔徑開口，其中該孔徑板經配置以偏壓至圍繞該第一孔徑開口及該至少一個第二孔徑開口的一電位。

【0026】 第 2A 圖顯示具有偵測元件 222 的一偵測器排列 220。如在第 2A 及 2C 圖中可見，偵測元件 222 由偵測元件 222 之間的一間隙來彼此分離。偵測元件 222 係由偵測器排列 220 的一支持器 224 所支持。

【0027】 按照典型的實施例（也可與在此說明之其他實施例結合），該些分隔（也就是偵測元件 222 之間的間隙）的長度至少相同於偵測元件 222 之主動區域的對應尺寸中的長度。按照典型的實施例，該間隙之範圍可為 1 公厘至 10 公厘。該間隙及該主動區域之對應長度的常見比例 G/L 能為大於等於 1 及小於等於 7，此比例 G/L 能夠替代於或附加於上述間隙

尺寸而經使用。

【0028】 按照又進一步實施例（也可與在此說明之其他實施例結合），偵測元件 222 能為 PIN 二極體，經使用當作感測器以用於偵測次級粒子（例如次級電子）。按照又進一步實施例（也可與在此說明之其他實施例結合），用於將沿光軸 2 行進之信號束分離的該等裝置及方法，也能針對其他偵測器而經運用，例如包括閃爍器、突崩光二極體（avalanche photo diode, APD）、或類似者的偵測器組合作。

● 【0029】 如在此說明者，次級粒子或次級電子應被理解為經反向散射粒子/電子，或是粒子/電子，該些粒子/電子的生成係試樣上原始帶電粒子束的衝射所致。

● 【0030】 PIN 二極體能經使用於高速偵測之應用，按照高速偵測之應用的大頻寬（例如 1 到 10GHz 的範圍，或是 2GHz 以上）。藉此，PIN 二極體的主動區域限制了偵測速度。換言之，PIN 二極體的主動區域越大，偵測速度越慢。因此，為了提供所需求之偵測速度 2GHz 以上，PIN 二極體的主動區域被減少至 1 平方公厘以下的面積。偵測元件 222 之主動區域的大小限定了偵測面積相較於彼此中間之間隙的比例。因此，隨著該等偵測元件的主動區域之間的間隙，提供了具有所需求之頻寬以供高速偵測的偵測器排列 220。因此乃提供空間上的分隔，而此由偵測元件 222 之設計決定。

● 【0031】 按照在此說明之實施例，提供一次級粒子光學器件 200。如第 2A 及 2B 圖中所顯示，粒子光學器件 200 包括至少一孔徑板 201，該孔徑板具有二個或更多個孔徑開口。孔徑板

201 能經偏壓至一減速電位。藉此，孔徑板 201 之減速加上偵測元件 222 的加速，係經配置用於次級粒子（例如次級電子束）的分離及聚焦。由於該等二個或更多個孔徑開口之故，能夠提供在不同偵測元件上分離該次級射束。按照典型的實施例，孔徑板 201 具有一中央孔徑開口 202 及至少二個徑向外孔徑開口 204。一般能提供四個外孔徑開口 204。

【0032】 按照典型的實施例，次級光學器件 200 包括之孔徑板 201 具有一單一中央孔徑開口或孔洞，該單一中央孔徑開口由一組至少 4 個外孔徑開口或外孔洞圍繞。藉此，其中心能夠（例如）由該信號束叢的光軸所界定。該板能經配置垂直於該光軸。偵測器組合件 220 之偵測元件 222 經定位於該板之後，例如在平行於該孔徑之一平面中。

【0033】 按照拓樸量測模式的典型操作情況，使該信號束（例如 SE 叢）稍微發散且偏壓該板，使得該 SE 在接近該板的同時經減速。當該些電子緩慢時，就容易朝該板中的該些孔徑開口偏向，也就是說該 SE 叢經分離成為一中央部分（低角度 SE）及一組至少 4 個外叢，對應於具有大極化開始角度並經分組成為大約至少 4 方位方向的 SE。該等次級粒子在穿過該等孔徑開口之後，經再次加速至顯著較高的能量，例如一能量類似於該等次級粒子在進入該孔徑板之減速場之前所具的能量。按照典型的實施例，該等次級粒子在減速前能具有大約 20 千電子伏（keV）至 50 千電子伏的能量，例如 30 千電子伏。當穿過該孔徑板時，該等次級粒子經減速至 100 電子伏至 15 千電子伏的能量，例如 5 千電子伏。此後，該等次級

粒子朝該等偵測元件 222 經加速至 20 千電子伏至 50 千電子伏的能量，例如 30 千電子伏。此加速具有一聚焦效果，允許在該些小型偵測元件上集中該等經分離之叢。該等次級粒子（例如該信號束之該些次級電子）在該孔徑板後方的分佈並不只是該孔徑板中之孔洞的投影：減速將該等次級粒子朝該等孔洞偏向，原本該等次級粒子將只是撞擊該板並迷失；在該孔徑板及該等偵測元件之間的加速場將該信號束之該等個別叢集中，如果沒有該孔徑板及該等偵測元件的偏壓，該信號束之該等個別叢太大而不能用於小型高速感測器。

【0034】 按照又進一步實施例，能使用類似於該減速孔徑板之設計的一額外控制電極來精密控制該等軌跡。藉此，按照某些實施例，能使用類似於第 2B 圖中所顯示之電極的一電極。該額外控制板能以一聚焦裝置之方式操作。然而，利用第 2D 圖中所顯示之設計，孔徑板 203 能以一偏向裝置之方式操作，藉由施加一正向或負向偏壓以徑向朝該等感測器對準該等個別叢。藉此，按照某些實施例，能提供孔徑板 203（其能經配置以被偏壓）及（或）偏向元件 302（像是極片或電極）。偏向電極能藉以徑向地移動該束。能提供凹部 303，以塑形用於調整向該等偵測元件之該等叢的該場域。兩種選項，也就是孔徑板 201 及孔徑板 203，都描繪在第 3B 圖中，其中該額外控制電極經以類似於孔徑板 201 之方式用虛線繪製為一內部分，如果在沒有該虛線部分的情況會得到類似第 2D 圖之設計的截面。

【0035】 按照某些實施例（也可與在此說明之其他實施例結

合)，能提供如第 2B 圖中所顯示的一次級粒子光學器件 200。孔徑板 201 中的中央孔徑開口 202 對應於第 2C 圖的中央偵測元件 222。外孔徑開口 204 對應於第 2C 圖中的外偵測元件 222。按照典型的實施例，該等孔徑開口之半徑或對應尺寸對於中央孔徑開口 202 可為 1 公厘至 4 公厘。對於外孔徑開口 204，半徑或對應尺寸能為 3 公厘至 10 公厘。

【0036】 如第 2E 圖中所顯示，粒子光學器件 200 的孔徑板 201 也能包括非圓形的孔徑開口 204。具有切線延長、或是具有一環形之一部分或類似形狀的孔徑開口，能減少孔徑板 201 的死角區，也就是信號粒子（例如信號電子）無法穿過該板中之開口的地方。如第 2E 圖中藉由內開口 202 之虛線所進一步描繪者，該內開口能為選擇性的。於是，按照某些實施例（也可與在此說明之其他實施例結合）僅提供了外開口。在這種情況中，也可能增加開口 204 的徑向長度。僅具有外開口 204 的孔徑板能用於拓樸量測，無論有無額外之能量選擇。

【0037】 按照不同實施例，孔徑板 201 中之該內開口及（或）該至少一個外開口能具有的形狀可選自包含以下之群組：一圓形開口、該孔徑板之一扇形場的一部分（例如具環形的一扇形場），或一類似形狀。藉此，由於圓形開口對該等信號束叢的有好處之聚焦特性，能考慮圓形開口。其他形狀可導致在該孔徑板內的較小死角區，因而導致信號粒子之較佳收集效率。

【0038】 如第 2C 圖中所顯示，偵測器排列 220 具有五個偵測元件 222，該等偵測元件對應於第 2B 圖中顯示之次級射束光

學器件 200 的區域。按照典型的實施例（也可與在此說明之其他實施例結合），提供了五個區域及對應偵測元件 222。藉此，能提供一中央區域及一中央偵測元件，以及四個外區域和四個外偵測元件。於是，從試樣釋放的該等次級粒子能藉由開始角度來區別，也就是是否為該中央偵測元件偵測到次級粒子或是為一外偵測元件偵測到次級粒子。進一步，針對較大開始角度能提供開始角度之方向的分離，其對應於一外區。藉此，依照是該等外偵測元件或是該偵測器排列之通道量測該等次級粒子而異，能決定該開始角度的方向。

【0039】 第 2C 圖進一步圖示該等偵測區域（由元件符號 L 所指明）相較於該等主動偵測區域之間的間隙 G 的大小。於是，偵測器排列 220 在該等偵測元件的主動區域之間有死角區。如上所述，這是由於感測器之主動區域的大小反向對應於該偵測器排列的頻寬。

【0040】 如第 3A 圖中所顯示，次級粒子光學器件 200 能包括孔徑板 201，還有經配置用於聚焦該等次級粒子的聚焦鏡 301。藉此，如第 3A 圖中所圖示，概略發散的次級粒子束能經聚焦以於中央孔徑開口 202 穿過孔徑板 201，並於中央偵測元件 222 被偵測。

【0041】 按照又進一步實施例（也可與在此說明之其他實施例結合），如第 3B 圖中所顯示，聚焦鏡 301 能經關閉或經操作，使得該等次級粒子經成形為一射束半徑，該射束半徑經調適為孔徑板 201 中該等孔徑開口的大小。藉此，該等次級粒子穿過全部孔徑開口。鑒於以上，能同時地實現拓樸對比

及中央 BF 成像（多視角成像）。

【0042】 按照在此說明之實施例，該偵測裝置能分析包含在一次級粒子（例如 SE）叢中的角度及能量資訊。藉此，能藉由偏壓該孔徑板至一電位來提供該能量資訊，使得僅有具備足夠高之能量的粒子能穿過該孔徑板的該等孔徑開口。聚焦鏡 301 允許調整該信號束的開口角度。能按需求而使該射束發散或收斂。藉此，次級粒子之收集效率能被改善。進一步，能提供在拓樸成像模式及能量濾波成像模式之間的切換。

【0043】 於是，在此說明之實施例可關於聚焦鏡之操作，其中該次級粒子束的發散由於該聚焦鏡而改變。在一個操作模式中，該射束的發散能經調適，使得該射束於該孔徑板處具有一射束半徑，造成本質上最多次級粒子穿過該等孔徑開口之至少一個（該內孔徑開口或該等外孔徑開口之一者）。在此操作模式中，信號粒子（例如信號電子）能依其開始角度而經偵測。在另一操作模式中該粒子束的發散由於該聚焦鏡而改變，使得本質上全部的次級粒子（例如次級電子）穿過該內孔徑開口。藉此，用一個偵測元件 222 可偵測全部信號粒子。

【0044】 按照在此說明實施例，提供了如第 5、6A 及 6B 圖中顯示的該粒子光學器件，以及尤其是孔徑板 201。藉此，可針對各個態樣改善基本孔徑板（例如第 4 圖中顯示者）的效能。如第 4 圖中顯示，具有 5 個孔洞（分別是 202 及 204）的孔徑板 201 具有的截面有阻斷或實心區域，該種區域相較為大。虛線圓圈指出該衝射 SE 叢的截面。

【0045】 如第 5 圖中顯示以及按照某些實施例（也可與在此說明之其他實施例結合），經配置用於信號粒子的孔徑板 501（為粒子光學器件 500 之部分）具有一外區 503（例如一圓形主體）。在孔洞 504 之間的區域係由分隔條 505 提供。於是，在該等孔洞之間的區域減少變得更窄。中央孔洞 502 經提供為具有一（例如）針插形狀。按照在此說明之實施例，具有針插形狀的孔洞也可經描述為具有凹面部分，也就是朝該開口的中央向內彎曲的部分。藉此，在外孔洞中的電位分佈能經平緩，而此導致更加的聚焦特性，特別是該外開口。按照在此說明之某些實施例，藉由一條（例如一分隔條 505）至少於兩側處定義該外區 503。因此，該等外孔洞具有一直線邊界，該邊界位於半徑之至少 30% 的一長端。按照又進一步之在此說明實施例（也可與在此說明之其他實施例結合），中央孔洞 502 在半徑中有至少二個（典型為至少四個）凹面範圍，例如具有一針插形狀。

【0046】 鑒於以上，可能使該孔徑板處信號電子的損失從一般約 30% 降低到少於 5%。此尤其是藉由減少該裝置之正截面（head-on cross-section）所達成。換言之，在此說明之實施例在截面中具有減少之實心材質區域。

【0047】 儘管捨棄開口的圓形設計，藉由塑形幾何能夠達成該等細光束（beamlet）的良好聚焦，使得該次透鏡（sub-lens）的靜電電位近乎旋轉對稱，且（或）藉由在該裝置前施加一強大減速場，以及在該射束分離器後施加一強大加速場。良好聚焦在使用大半徑 PIN 二極體時增加操作窗，且（或）允

許使用較小 PIN 二極體，因此使能夠增加偵測器頻寬。

【0048】 按照又進一步實施例（也可與在此說明之其他實施例結合），以及如本案之圖式所顯示，孔徑板 201、501 及 601 具有之厚度為至少 5 公厘。該厚度之計算係藉由軸向伸出部分，或是在信號粒子之光軸方向的伸出部分。一般而言，該厚度或軸向伸出部分或信號粒子之光軸方向的伸出部分是從 10 公厘到 20 公厘。藉此，能提供更增之細光束分離。一般而言，在該中央細光束及該等外部細光束之間能達到 10 公厘之分離。此允許運用具有 5 公厘半徑的標準 PIN 二極體，並致使該感測器元件的可行設計。又進一步鑒於在孔徑及感測器之間該加速場的穿透由該板之厚度所影響的事實，該裝置的伸出部分（也就是在軸向或是在信號粒子之光軸方向的伸出部分的最小厚度或最小伸出部分）有一有利的副作用是操作電壓的降低。此有助於達成較佳的高電壓抵抗力、可靠性及穩定性，並致使該裝置的可行設計。

【0049】 按照本說明書，孔徑板 201、501、及 601 經描述為具有一最小厚度的板。替代性地，該等孔徑板也能經描述為管（tube），且該些用語能互換地使用。然而，由於徑向尺寸一般而言大於軸向尺寸，大多時候其稱為孔徑板。然而，在本說明書中所稱的管或管狀結構，已將按照某些實施例之該等板的最小厚度納入考量。

【0050】 如第 6A 及 6B 圖中顯示，藉由可調整之細光束分離可提供進一步額外或替代性修改。此提供一精密調整，允許一直將該等細光束集中至該等感測器。按照在此說明之實施

例，可調整分離之提供可藉由分離該等射束分離器（也就是孔徑板）的外區（參見例如第 5 圖中之 503）或外管。於是，某些實施例包括一分隔條 605，以供分離開口 604、第一外部分 601 及第二外部分 611。例如，第一外部分 601 能具有一 T 形截面以及分隔條 605。藉此，提供包括了至少四個 T 形結構的一中央十字形部分。本質上在該十字形部分的中心提供了中央孔洞 602。四個 T 形結構圍繞中央開口 602，其中各 T 形結構之提供係藉由分隔條 605 及第一外部分 601。

● 【0051】 該中央十字形部分經偏壓至 V_{foc} 。此經圖示於第 6A 圖中，其中電源供應器 631 經連接至該中央十字形部分。該等四個第二外部分 611，例如該等四個額外偏向板（每個外細光束各一），能相對於該裝置之該中央部分而經偏壓至 $\pm\Delta V$ （也就是說有非零電壓，經正向或負向地加至該中央部分的電位）。提供一第二電源供應器 632，以向該等第二外部分提供一電壓、或向該等第二外部分 611 提供相對於該第一電源供應器之電壓的一偏移電壓。於是能選擇性地產生該等外細光束的朝內偏向或朝外偏向。

● 【0052】 儘管該中央部分經描述為十字形（對應於第 6A 及 6B 圖中的四個開口 604），三個開口、五個開口、六個開口或甚至更高的開口數量可產生該中央部分的一對應形狀，且可經考量為針對於第 6A 及 6B 圖所描述之實施例的又進一步修改。

【0053】 針對於第 6A 及 6B 圖所描述之實施例對於孔徑板 601 之偏壓增加了另一自由度。儘管聚焦及射束分離彼此連

結，該裝置之設計允許改變該等細光束之互相分離，而無不可接受之焦點劣化。此能用以補償 SE 能量或角分佈的變化，該些變化係由管柱操作中之變化所導致，例如該原始射束之不同降落能量（landing energy）、抽出場（extraction field）中的改變、局部拓樸及類似者。

【0054】 按照某些實施例，如上所述，該板之厚度能經調整以決定在孔徑及感測器之間該加速場的穿透。按照又進一步額外或替代性實施例，在該孔徑板上的上述額外零件（例如在面向該減速場之側）能經配置以影響該減速場的空間分佈。按照又進一步額外或替代性實施例，該內孔徑開口（例如中央孔徑開口）對該外孔徑開口之孔徑直徑的比例可為不同。按照典型的例子，該外孔徑開口的半徑能為該內孔徑開口的半徑的至少 2 倍。然而，此數值可因外孔徑開口的數量而異。換言之，外孔徑開口的數量越高，上述之半徑比例越小。例如，如果該孔徑板將包含規律型樣排列（例如六角形）的大量相同孔洞，則該比例將降低至 1。按照典型的實施例，該等孔徑開口可為圓形或可具有其他所欲之形狀，像是一環形、一圈或類似者之一部分的形狀。

【0055】 按照某些實施例（也可與在此說明之其他實施例結合），提供四個外孔徑開口。藉此，該偵測裝置對二個正交方向中之拓樸敏感。此也相關於晶圓結構具有二個不同垂直方向的事實。按照典型的操作方法，該偵測器能經旋轉至一第一角度以得到對將成像之標的物（也就是該等晶圓結構）的所欲拓樸之最大敏感性。進一步，該偵測器能相較於該第

一角度被旋轉 45 度，以抑制來自正常結構的信號並加強缺陷對比。藉此，按照本發明又進一步之實施例，可運用八個外孔徑開口。藉由選擇如上所述之該偵測器的旋轉角度，每隔一個孔徑開口（例如開口 1、3、5 及 7 號）及八個外偵測元件中之對應偵測元件能夠偵測將成像之標的物的正常結構，同時中間的孔徑開口（例如開口 2、4、6 及 8 號）及對應偵測元件將對瑕疵敏感。上述變化能為彼此獨立，或經連動運用以獲得偵測的高效能，也就是次級粒子在分離孔徑及該偵測器上低損失，以及依該開始角度而異該等次級粒子的好區別性。

【0056】 按照某些實施例，該偵測裝置能在一拓樸量測模式及一單一偵測通道模式之間切換。能製造一 100% BF 影像。藉此，藉由將該孔徑板偏壓至該信號束之電位，能關閉減速。進一步，聚焦鏡 301 經控制以聚焦該射束，使得能完全穿過中央孔徑 202 以供在對應中央偵測元件 222 上的偵測。按照又進一步操作模式，該信號束能朝向該中央孔徑開口的中心聚焦，以及施加一減速電壓至該孔徑板。藉此，能提供一能量濾波器，其中僅有具有足夠高之能量的信號粒子能穿過該孔徑開口。減速變得太強的信號粒子於該孔徑板處被偏向。於是能提供一能量濾波器。同樣地，也運用該等外孔徑開口（如上所說明）的拓樸操作模式能結合於能量濾波，藉由提高該孔徑板之減速電壓，直到具有最低能量之信號粒子被偏向為止。於是，僅有具備較大開始能量之信號粒子能穿過該孔徑板中之開口的一者，以朝向一對應偵測元件被加速並經

偵測以用於信號生成。

【0057】 如上所述，按照在此說明實施例的粒子光學器件 200 將該信號束（例如 SE 叢）分離成為複數個較小叢。例如，此能為一中央內叢（具有低開始角度的 SE）以及數個（1、2、4、8 或甚至更多）外叢，該等外叢具有高極性開始角度。藉此，各部分叢能以一平均方位角圍繞一圓形。按照典型的實作，外叢的數量能為至少 4 以獲得在 2 個維度的拓樸敏感性。然而更大之數量亦為可行。

● 【0058】 按照在此說明之實施例，該等叢（也就是該信號束之該等部分）經利用一偵測器組套件之個別偵測元件來偵測。該等偵測元件藉由一間隙 G 在空間上分離，如第 2C 圖中所示。例如，該等偵測元件能為電子偵測器（PIN 二極體、閃爍器等等）。於是，能避免經緊密排列之偵測元件（例如分段 PIN 二極體或類似者）。藉此，能夠避免相關於分離該等主動分區之 PIN 二極體面積的問題，像是充電、信號損失、及（或）串音。能避免分段偵測器昂貴且複雜之開發周期。● 還有，感測器設計上更有彈性，且也造成更快速的上市時間（time-to-market）周期。

【0059】 按照在此說明之實施例，次級射束光學器件 200 經用於帶電粒子束裝置，其中自該原始射束（也就是經導向到該試樣上以供衝射的該原始射束以及所生成之信號束或次級射束）分離出一次級射束或信號束。

【0060】 分離該等原始及次級電子束有二個主要方法，兩者都利用了此事實：對行進在一磁場中的一移動電子之施力依

該電子的速度而異。此為由洛仁力定律（Lorentz force law）所說明之基本法則。由於該等原始電子及次級電子本質上係在相對方向中行進，當行進通過一橫向磁場時對該等二個叢作用的力將在方向上相對。

【0061】 一個可能之射束分離器為維恩濾波器（Wien filter）。在第 7A 圖中示意性圖示了按照本發明之實施例的一種維恩濾波器之排列。一發射器 205 發射一原始電子束 130，該原始電子束穿過維恩型動量分散濾波器（Wien-type momentum-dispersive filter）215，並由接物鏡 10 聚焦在一試樣 125 上。次級電子束 140 在相反於原始電子束 130 的方向中穿過接物鏡 10 以及維恩濾波器（Wien filter）215。維恩濾波器能經調適使得原始電子束 130 不受維恩濾波器 215 影響地穿過，同時次級電子束 140 在穿過維恩濾波器 215 時被彎曲使得離開相對於原始電子束 130 被傾斜的管柱。一旦自該原始電子束被分離，該等次級電子能經聚焦及濾波（例如由次級電子光學器件 200）一帶電粒子單元以用於偏向及聚焦帶電粒子，而對該原始電子束無任何影響。電子偵測器 220 偵測該等次級電子，並針對該等偵測元件之各者（也就是針對各個偵測通道）製造一次級電子信號 145。儘管該原始射束及該次級射束其實佔據在該試樣平面上方的相同實體空間，在第 7A 圖中該原始射束及該次級射束經繪製為獨立之箭頭以方便圖示。

【0062】 維恩濾波器利用交叉的電場及磁場，該些電場及磁場的振幅經調整使得在該原始射束上有零淨力且在該次級射

束上有一偏向（橫向）力。

【0063】 維恩濾波器 215 之使用的示意性圖示經進一步顯示在第 7B 及 7C 圖中。藉此，在該維恩濾波器內的電場及磁場經調整使得第 7B 圖中之原始帶電粒子束不受影響。相反地，第 7C 圖內的電場及磁場經調整使得該次級帶電粒子束不受影響。不過，兩實施例都運用了該原始及次級射束之分離。因此聚焦或濾波能經施加至該次級帶電粒子束，而不影響該原始帶電粒子束。按照第 7D 圖中顯示之一進一步選項，也可能兩射束都經偏向至某程度，藉以達到射束分離。例如，按照某些實施例（也可與在此說明之其他實施例結合）能提供一消色差 $\frac{1}{2}E \times B$ 維恩濾波器。藉此，該原始射束能經消色差地偏向，而該原始射束及該次級射束經分離。

【0064】 另一種分離原始及次級射束的方法是在沒有電場的情況下利用磁偏向。第 8A 圖示意地圖示按照本發明之實施例的磁射束分離器光學器件之排列。發射器 205 產生原始電子束 130，該原始電子束首先由第一磁偏向器 415 所偏向，使得原始電子束 130 於一角度進入一第二磁偏向器 420。為了讓磁射束分離器對該原始射束的效應維持為小，在第一磁偏向器 415 中的偏向角度應保持在 10 度以下。原始電子束穿過第二磁偏向器 420 並經導向於試樣 125。射束 140 的次級電子接著由第二磁偏向器 420 所偏向，使得原始射束 130 及次級射束 140 之總分離角度大約為該原始射束在第一磁偏向器 415 中之偏向的兩倍（15~20 度）。此分離足以允許一射束彎曲器（beam bender）（扇形場（sector）440）在機械上獨立於原

始射束 130，且足夠強大來偏向次級射束 140 以使該等次級電子現以一大角度（ 30° 及 100° 之間）相對於該原始射束行進。

【0065】 一般而言，可與本說明書所揭露之實施例結合的扇形場可為靜電性、磁性或合併之靜電磁性。由於靜電扇形場所要求之空間小於包括磁性部件之扇形場，一般使用靜電扇形場。

【0066】 在已在至少一個維度中進行發散之降低（聚焦）的扇形場 440 之後是一組次級電子光學器件 200，該組次級電子光學器件依照該等次級電子之開始角度額外地聚焦並偏向該次級射束。應注意者，此種配置可導致一偏位管柱；也就是說，該原始射束光學器件之上部部分（例如發射器 205 及第一部分磁偏向器 415）自下部部分（例如第二部分磁偏向器 420 及接物鏡 10）橫向地偏移。因此，發射器 205 並沒有試樣 125 之視線視圖。在穿過次級電子光學器件 200 之後，藉由電子偵測器組合作 220 偵測次級電子束 140，以針對該等偵測元件之各者或該等偵測器通道之各者分別製造一次級電子信號 145。

【0067】 為了達成大角度的射束分離，在該射束分離器之後能使用一射束彎曲器或扇形場。該原始射束完全被屏蔽因此不受該扇形場影響。扇形場 440 能為靜電性、磁性或兩者。當空間為一考量時則使用靜電束彎曲器。

【0068】 第 8A 圖提到以一磁偏向器所實現之特定實施例，該磁偏向器影響該原始及該次級帶電粒子束。第 8B 至 8C 圖示意地顯示通常可實現之應用。這些射束路徑可經合併於其

他實施例之任何其他細節。

【0069】 在圖中顯示一磁偏向器 420。在第 8B 圖內該原始帶電粒子束在一經定義入射角下進入該磁偏向；並經朝向一試樣所偏向。自該試樣所釋放之該等次級電子的射束，在回往該光學管柱之途中進入該磁偏向器並經偏向，使得該原始帶電粒子束及該次級帶電粒子束經分離。磁偏向器 420 之作用係在該原始及該次級帶電粒子束之間的一分離單元。

【0070】 第 8B 圖中顯示的一般用途能針對第 8C 及 8D 圖中顯示之不同實施例來施用。在第 8C 圖中，發射該等電子之槍 405 相對於該電子衝射至一試樣的方向經傾斜。如果被發射之電子以及被衝射在一試樣上之電子需要一平行原始電子束方向，可使用一進一步磁偏向器 415 以補償由磁偏向器 420 所引入之射束傾斜。一樣地，該些圖示之射束路徑可與顯示該些帶電粒子光學器件之進一步細節的任何其他實施例合併。

【0071】 將針對第 9A 及 9B 圖說明進一步實施例。第 9A 圖顯示一扇形場 440。扇形場 440 具有一帶負電之 U 形彎曲器 (U-bend) 535 及一帶正電之 U 形彎曲器 525，該等 U 形彎曲器作用在彎曲該電子束。選擇性地，能提供一對扇形場側板。藉此，該電子束經聚焦在一個維度中，並額外地經維持於高能量以避免飛行時間 (time of flight) 效應，該效應對高速偵測有影響。在第二維度中之聚焦發生在雙偶極元件 545 中。藉此，扇形場 440 及雙偶極形成一個雙聚焦扇形場單元。進一步，取代一雙偶極可以使用一圓柱體透鏡，以獲得雙聚焦。

【0072】 該電子束如在此說明地進入次級射束光學器件

200。在那之後藉由偵測器組合併 220 能偵測到高速並包括相關於開始角度拓樸資訊之偵測。

【0073】 在第 9B 圖中的進一步實施例中使用一半球形扇形場 570。鑒於此半球形狀，進入該扇形場的該電子束經聚焦在兩個維度中。因此對於雙聚焦扇形場單元 570 不需要額外聚焦單元。該等次級粒子如上所述導致信號生成。

【0074】 按照又進一步實施例（也可與在此說明之其他實施例結合），第 9B 圖進一步圖示電壓供應器 992 及 994。電壓供應器 992 經連接至孔徑板 201 以偏壓該孔徑板。藉此，能提供如上所述之減速場。按照典型的例子，該減速場能對應於粒子能量減少約 20 千電子伏至 30 千電子伏。電壓供應器 994 經連接至偵測元件 222 以朝向偵測元件 222 加速該等次級粒子。藉此也提供聚焦。該加速場能對應於粒子能量增加約 20 千電子伏至 30 千電子伏。

【0075】 按照一進一步實施例（未圖示），該雙聚焦扇形場單元（第 9A 圖中之 440、545 或第 9B 圖中之 570）的聚焦能藉由一額外聚焦單元來輔助。因此，該雙聚焦扇形場單元可同時包括額外透鏡，例如一單透鏡（Einzel-lens）。此額外透鏡也可經施加以移動該扇形場之焦點至對應於該濾波器之位置的一位置，例如形成於該孔徑板之中央開口中的電位鞍部。

【0076】 現將針對第 9C 圖說明一進一步態樣，其中顯示按照一個實施例之該偵測光學器件。第 9C 圖包括作為一偏向角度增加單元的扇形場 440。已經自光軸分離一角度（例如 3° 至 15° ）的次級電子射束，經進一步朝向偵測器組合併 220 而偏

向。

【0077】 一般地，靜電射束彎曲器可為圓柱形或半球形。圓柱形之類型受限於該射束經彎曲且該等次級電子經聚焦在一個平面而非不同平面。半球形射束彎曲器將次級射束聚焦在兩平面中。圓柱形扇形場能連同經偏壓之側板經使用以達成在橫向平面之聚焦，與半球形扇形場產生類似之聚焦特性。

【0078】 第 9C 圖是此種圓柱形扇形場之示意圖。側板（未圖示）能經定位（針對此一圖式）在扇形場電極 525 及 535 之間的間隙的前後。按照典型的實施例，本質上在接物鏡 10 內或簡短地在接物鏡 10 後提供該信號束的一第一交叉。在扇形場 440 後一般提供該信號束的一第二交叉。依照聚焦鏡 301 之聚焦動作所決定之操作模式（參見例如第 3A 圖）而異，能提供一第三交叉。

【0079】 按照又進一步實施例（也可與在此說明之其他實施例結合），粒子光學器件 200 能包括如第 9C 圖中所圖示的進一步元件。尤其針對 EBI 之應用以及其他具有一較大視場（field of view）之應用，在該種應用中原始電子束之掃描影響了偵測（例如掃描面積為 50 微米（ μm ）乘以 50 微米以上），能針對次級光學器件 200 運用進一步光學元件。藉此，該粒子光學器件能在該信號束進入射束分離孔徑板 201 之前塑形該信號束（例如 SE 叢）。按照典型的實施例（也可與在此說明之其他實施例結合），該粒子光學器件能包括聚焦鏡 301 及（或）一或更多偏向組合併 901/903。

【0080】 按照某些實施例，能提供一聚焦鏡。該聚焦鏡將該

信號束聚焦在該中央偵測元件上以產生一明場影像。替代地，該聚焦鏡將該信號束聚焦到中央孔徑中之一電位鞍部上，同時該孔徑板由一偏壓電壓所偏壓以產生一經能量濾波之影像。按照又另一替代性選擇，聚焦鏡 301 能使該信號束發散或能調整該發散程度，使得該信號束之半徑經調整為該減速孔徑板之半徑。於是，能使用該聚焦鏡以在不同操作模式（也就是成像模式）之間切換。

【0081】 按照又進一步實施例（也可與在此說明之其他實施例結合），粒子光學器件 200 能進一步包括一或更多偏向組零件。藉此，偏向組零件 901 及 903 能經控制以用於對準該信號束（例如該 SE 叢）至該孔徑板。額外地或替代地，能控制該偏向組零件以供去掃描（de-scan）該信號束。換言之，提供一偏向（去掃描、反掃描（anti-scan）或逆掃描（counter-scan））以補償因原始射束之掃描所產生的該信號束之移動，其產生該信號束在一試樣上的衝射。

【0082】 按照典型的實施例，反掃描尤其能經施加在具有一大視場（FOV）的系統中。對於大 FOV，例如 100 微米乘以 100 微米或以上，該原始射束之掃描也偏向該信號束。在沒有補償之下，該信號束之偏向導致該信號束在該偵測器上的移動，此表示偵測結果將不一致，但將因該 FOV 中之射束位置而異。當影響該信號束之整個粒子光學器件（例如，包括該接物鏡、一射束分離器、一射束彎曲器及一聚焦鏡）將該影像掃描移動放大至該偵測元件上時，尤其可注意到此種移動。

【0083】 按照典型的實施例，針對偏向組零件 901 及 903 之

各者可提供一組至少 4 個偏向板，該等偏向板能經連接至偏向電壓。該等偏向電壓能經同步於該原始射束之影像掃描並經放大及（或）旋轉，使得由原始射束掃描所產生的該信號束之偏向，消除該信號束在該感測器平面中的動作。

【0084】 按照某些實施例，在該所建議之偵測器組合併之前能馬上排列一偏向組合併（例如去掃描偏向器），以維持該 SE 叢之光軸固定在該中央開口之中心，而無關於該晶圓上該 PE 射束位置。然而，按照典型的例子，也能在次級粒子生成之後儘早提供去掃描。此針對該信號束建立一恆定軸，因此較易於對準該信號束的聚焦元件。於是可以避免該信號束之像差，該像差係歸因於當該信號束行進偏離一聚焦元件之軸線時聚焦該信號束。

【0085】 如第 9C 圖中顯示，第一偏向組合併 901 能去掃描該信號束並校準該信號束至聚焦鏡 301。第一偏向組合併 901 之偏向能導入相對於該信號束之光軸的射束傾斜。此射束傾斜能由第二偏向組合併 903 來補償。該第二偏向組合併能進一步改善在孔徑板 201 上之對準。

【0086】 一次級電子束 140 穿過接物鏡 10 中的開口 410 以及板 520 中之一開口，以進入扇形場 440。扇形場 440 具有一帶負電之 U 形彎曲器 535 及一帶正電之 U 形彎曲器 525，該等彎曲器目的在彎曲次級電子束 405。進一步，提供一對扇形場側板。次級電子束 405 接著在穿過一 SE 對準雙偶極元件 445 時經對準，且在穿過一 SE 聚焦鏡 450 時經聚焦。次級電子束 405 接著穿過在接地之板 455 中以及 SE 光學器件 200 中的開

□至一電子偵測器組合併 220。

【0087】 沒有側板之圓柱形扇形場的一缺點在於其將該 SE 射束聚焦在一個平面（頁面上下）中，而不在另一平面（進出頁面）中。此種聚焦之缺乏能藉由將電極置於該圓柱形扇形場的側面以強制在此平面中之聚焦動作來做補償。藉由扇形場之一致聚焦動作有兩個動機。其一乃在該高速偵測器上提供一小點，另一為致使良好能量濾波，因為該濾波器係同時對該次級射束之能量及方向敏感。

● 【0088】 因此，該濾波器應位於大概在該等次級電子之焦點中。

● 【0089】 第 10 圖是按照本發明之一實施例的晶圓檢測系統 900 的示意圖，該系統採用如以上參照第 2~6 圖所述的一電子光學次系統。一電子束管柱 902 包括一電子束來源 904、磁射束分離器 906 及接物鏡 908，以向承載在一 x-y 平臺 915 上的一晶圓 912 施加一原始射束 910。來自晶圓 912 的次級電子穿過射束分離器 906、扇形場 914、以及聚焦及偏向元件 200 至偵測器 220。來自偵測器 220 的信號經供應至成像電子裝置 920。

【0090】 晶圓 912 及平臺 915 被容納在一真空腔室 922 中，該真空室被支撐在一獨立框架 924 上。在操作期間真空幫浦 926 維持腔室 922 及管柱 902 之中的合適真空。藉由一晶圓處置器次系統 928 來將晶圓 912 置入或移出腔室 922。

【0091】 晶圓檢測系統 900 係由一電腦系統 930 所控制，該電腦系統 930 具有（例如）控制處理器、影像處理器及影像

記憶體。電腦系統 930 與一工作站 932 通訊，該工作站具有輸入/輸出裝置 934，像是鍵盤及指向裝置或允許人際互動的其他合適裝置，以及一顯示器 936。控制處理器 930 經由一匯流排 938 與控制電路通訊，該等控制電路諸如 PE 電子束控制 940（規律化原始電子束 910）、SE 光學器件控制 942（控制管柱 902 的聚焦及偏向元件以在偵測器 220 上提供一合適次級電子束）、PE 對準及偏向控制 944（控制在晶圓 912 上原始射束 910 的施加）、真空幫浦控制 946（用於控制真空幫浦 926）、晶圓電壓控制 948、平臺控制 950，以及處置器控制 952。控制處理器 930 也經由匯流排 938 自成像電子裝置 920 接收成像資料，以用於儲存、處理及影像分析。

【0092】 為了比單一管柱系統提供更大之可能處理量，在此也例示多管柱系統。第 11 圖示意性地顯示一多管柱電子束晶圓檢測系統 1000，該系統具有電子束管柱 1010、1015、1020 的一系列 1005，以致使同時檢測晶圓 912 的多個區域。

【0093】 第 11 圖內顯示了包括三個次單元的一個多管柱裝置。如本發明所屬技術領域中之技術人士能理解，可應用任何合適的其他數量。例如在一列中可排列 5、10 或 15 個電子束。

【0094】 進一步，也可以將數列彼此相鄰定位。藉此，可實現在一試樣上衝射的一電子束陣列。為了有足夠空間用於該等經分離之帶電粒子束，一般能排列（例如）二個列彼此相鄰。不過，如果不存有空間限制，也可應用 3 個、5 個或任何其他合適數量的列。

【0095】 至於將數個次管柱排列成一直線、一陣列或其他規律型樣，能夠合併該等組件之某些，在一單射束管柱的情況中該些組件通常個別地作用在單一電子束上。因此，一個發射器陣列發射全部電子束，或者一個接物鏡聚焦該多射束裝置的全部射束。以下將提供範例。

【0096】 第 12 圖中顯示一進一步實施例將多個束排列成陣列。在其中，針對各束提供額外地多孔徑。因此，利用偏向器能選擇不同孔徑。也可運用如歐洲申請案編號第 03 00 6716 號（經讓與給與本案相同之受讓人）中所揭露有關多孔徑中之孔徑開口的選擇之額外細節。

【0097】 裝置 1200 具有一外殼 131 及一試樣室 135。該外殼以及該試樣室能通過真空埠來抽空。在該試樣室內，試樣 13 經定位在試樣臺 136 上，其能獨立地在兩方向中移動該試樣。為了控制該試樣，移動控制單元 136' 經連接至試樣臺 136。四個電子束 12 之各者具有其自身的光軸 11。該等射束由一發射器陣列 132 所發射。該發射器陣列由控制單元 132' 所控制，換言之該射束電流、陽極電位，及隨著對於各電子束在試樣 13 上之掃描對該等電子束的一可能同步，分別被控制。包括了用於各電子束的一單透鏡模組的一多透鏡系統 133，被用來當作對於該等四個帶電粒子束的一聚光鏡。透鏡系統 133 係由控制單元 133' 所控制。該等控制單元能經連接至一共同的控制 139。

【0098】 一般地，在未參看第 12 圖之實施例之下，一個單射束或多射束管柱典型針對各原始電子束具有至少二個聚焦元

件。如果該等透鏡（或至少一）為浸沒透鏡以允許該電子束在該等透鏡之間處在一較高電位（束升壓電位），則這是有益的。進一步，按照一替代性選擇，針對使被發射束成形較偏好一合併式槍式聚光鏡。

【0099】 為了將該等電子束聚焦在試樣 13 上，針對全部電子束使用了一磁性靜電化合物透鏡 134。藉此，磁性次透鏡共享一共同的激磁線圈，且針對各電子束一靜電次透鏡經整合在該化合物透鏡中。該磁性靜電化合物透鏡的組件係由控制單元 134' 控制。

【0100】 在第 12 圖內例示性地使用靜電透鏡 133 及磁性靜電化合物透鏡 134。替代地，能使用二個靜電透鏡，也就是一個做為聚光鏡及一個做為接物鏡。或者，能使用二個磁性靜電化合物透鏡，也就是一個做為聚光鏡及一個做為接物鏡。然而，也可能不需要聚光鏡而僅使用一個多射束透鏡。藉此，可使用一靜電透鏡或一磁性靜電化合物透鏡。進一步，提供一個鄰近電極 82 及一對應的控制單元 82'，藉此實現對應於該等四個電子束之各者的一抽出場（extraction field）。額外地，針對各電子束 12，提供電極 137 以提供一束升壓電位。除上述組件以外，針對各電子束提供一偏向切換系統。

【0101】 相反於第 8A 至 8D 圖中顯示之磁偏向系統，4 個偏向器之組合允許該等接物鏡次單元的光軸相同於該等發射器次單元的光軸。依孔徑單元 41 內所使用之孔徑種類而異，首先偏向臺 14 朝左或朝右地偏向電子束 12。針對各電子束，孔徑單元 41 包括一大孔徑及一小孔徑，大孔徑用於高電流量測

模式，小孔徑用於高解析度量測模式。

【0102】 藉由提供給各電子束之扇形場 440，次級電子被分離自該原始電子束。第 12 圖之示意圖式中的射束分離係經描繪在該圖之平面內。此僅為易於繪製。一般而言，射束分離以及該等偵測單元之排列能經實現在正交於該圖之平面的維度中。

【0103】 提供一種聚焦及偏向光學器件 200 以供偵測次級電子。全部偵測單元係由控制器 16'/44'所控制，同時各偏向臺 14 係由控制單元 14'所控制。

【0104】 以上說明係針對本發明之實施例，然而本發明其他及進一步之實施例可經設計而未悖離本發明之基本範疇，且本發明之範疇係由以下之申請專利範圍所界定。

【符號說明】

【0105】

L 偵測區域

G 間隙

10 接物鏡

104 管柱

105、205 發射器

115 環狀次級電子偵測器

120 作業距離

13、125 試樣

130 原始射束

131 外殼

- 133 透鏡系統/靜電透鏡
- 134 磁性靜電化合物透鏡
- 134' 控制單元
- 135 開口
- 136 試樣臺
- 137 電極
- 14 偏向臺
- 14' 控制單元
- 140 次級電子束
- 145 次級電子信號
- 16' 控制器
- 2 光軸
- 200 光學器件
- 201 孔徑板
- 202 第一孔徑開口
- 203 孔徑板
- 204 徑向外孔徑開口
- 205 發射器
- 215 維恩濾波器 (Wien filter)
- 220 偵測器排列/偵測器組合作
- 222 偵測元件
- 224 支持器
- 301 聚焦鏡
- 303 凹部

- 41 孔徑單元
- 405 次級電子束
- 410 開口
- 415、420 磁偏向器
- 44' 控制器
- 440 扇形場/雙聚焦扇形場單元
- 445 對準雙偶極元件
- 450 聚焦鏡
- 455 板
- 500 光學器件
- 501 孔徑板
- 502 中央孔洞
- 503 外區
- 520 板
- 525、535 扇形場電極/U形彎曲器
- 545 雙偶極元件/雙聚焦扇形場單元
- 570 雙聚焦扇形場單元
- 601 孔徑板/第一外部分
- 602 開口
- 604 開口
- 605 分隔條
- 611 第二外部分
- 631、632 電源供應器
- 82 鄰近電極

- 82' 控制單元
- 900 晶圓檢測系統
- 901 第一偏向組零件
- 902 管柱
- 903 第二偏向組零件
- 904 電子束來源
- 906 射束分離器
- 908 接物鏡
- 910 原始電子束
- 912 晶圓
- 914 扇形場
- 915 x-y 平臺
- 920 成像電子裝置
- 922 腔室
- 924 框架
- 926 真空幫浦
- 928 晶圓處置器次系統
- 930 電腦系統/控制處理器
- 932 工作站
- 934 輸入/輸出裝置
- 936 顯示器
- 938 匯流排
- 940 PE 電子束控制
- 942 SE 光學器件控制

944 PE 對準及偏向控制

946 真空幫浦控制

948 晶圓電壓控制

950 平臺控制

952 處置器控制

992、994 電壓供應器

1000 多管柱電子束晶圓檢測系統

1005 列

1010、1015、1020 電子束柱

1200 裝置

【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】

無

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

申請專利範圍

1. 一種用於偵測一信號束的次級帶電粒子偵測裝置，包含：
一偵測器排列(220)，該偵測器排列具有至少二個偵測元件(222)，該至少二個偵測元件具有主動偵測區域，其中該等主動偵測區域係由一間隙(G)所分離；

一粒子光學器件(200)，該粒子光學器件經配置以將該信號束分離成為該信號束的一第一部分及成為該信號束的至少一第二部分，且該粒子光學器件經配置以聚焦該信號束的該第一部分及該信號束的該至少一第二部分，其中該粒子光學器件包含：

一孔徑板(201)；以及

至少一第一孔徑開口(202)及至少一第二孔徑開口(204)，該至少一第一孔徑開口及該至少一第二孔徑開口在該孔徑板中，

其中該第一孔徑開口具有一凹面成形部分，該凹面成形部分朝該第一孔徑開口的中央向內彎曲。

2. 如請求項 1 所述之偵測裝置，其中該第一孔徑開口具有一針插形狀。

3. 如請求項 1 所述之偵測裝置，其中該信號束的該至少一第二部分是該信號束的一第二部分、該信號束的一第三部分、該信號束的一第四部分及該信號束的一第五部分，以及該粒子光學器件經配置以將在該第一部分至該第五部分中的

該信號束分離。

4. 如請求項 2 所述之偵測裝置，其中該信號束的該至少一第二部分是該信號束的一第二部分、該信號束的一第三部分、該信號束的一第四部分及該信號束的一第五部分，以及該粒子光學器件經配置以將在該第一部分至該第五部分中的該信號束分離。

5. 如請求項 1 至 4 中之任一者所述之偵測裝置，其中該至少一第二孔徑開口(204)是至少一第二徑向外孔徑開口。

6. 如請求項 5 所述之偵測裝置，其中該至少一第二孔徑開口(204)是至少四個外孔徑開口。

7. 如請求項 1 至 4 中之任一者所述之偵測裝置，其中該第二孔徑開口具有的一周圍有至少一個直線邊界。

8. 如請求項 7 所述之偵測裝置，其中該直線邊界係由一分隔條所提供。

9. 如請求項 1 至 4 中之任一者所述之偵測裝置，其中該粒子光學器件進一步包含：

一聚焦鏡(301)，該聚焦鏡用於通過該第一內孔徑開口聚焦該信號束。

10. 如請求項 1 至 4 中之任一者所述之偵測裝置，其中該偵測器排列進一步包含：

一電壓供應器(992)，該電壓供應器連接至該孔徑板且該電壓供應器經配置以提供一減速電位。

11. 如請求項 1 至 4 中之任一者所述之偵測裝置，進一步包含至少一第一外部分(601)及至少二個第二外部分(611)。

12. 如請求項 1 至 4 中之任一者所述之偵測裝置，其中該粒子光學器件進一步包含：

一第一偏向組零件(901)，該第一偏向組零件用於補償由掃描一原始帶電粒子束所導入之該信號束的移位，且該第一偏向組零件用於校準該信號束；以及

可選擇性的一第二偏向組零件(903)，該第二偏向組零件用於補償由掃描一原始帶電粒子束所導入之該信號束的移位，且該第二偏向組零件用於校準該信號束。

13. 如請求項 1 至 4 中之任一者所述之偵測裝置，其中該孔徑板(201)的厚度是 5 公厘以上，或者其中該孔徑板(201)的厚度是 10 公厘至 20 公厘。

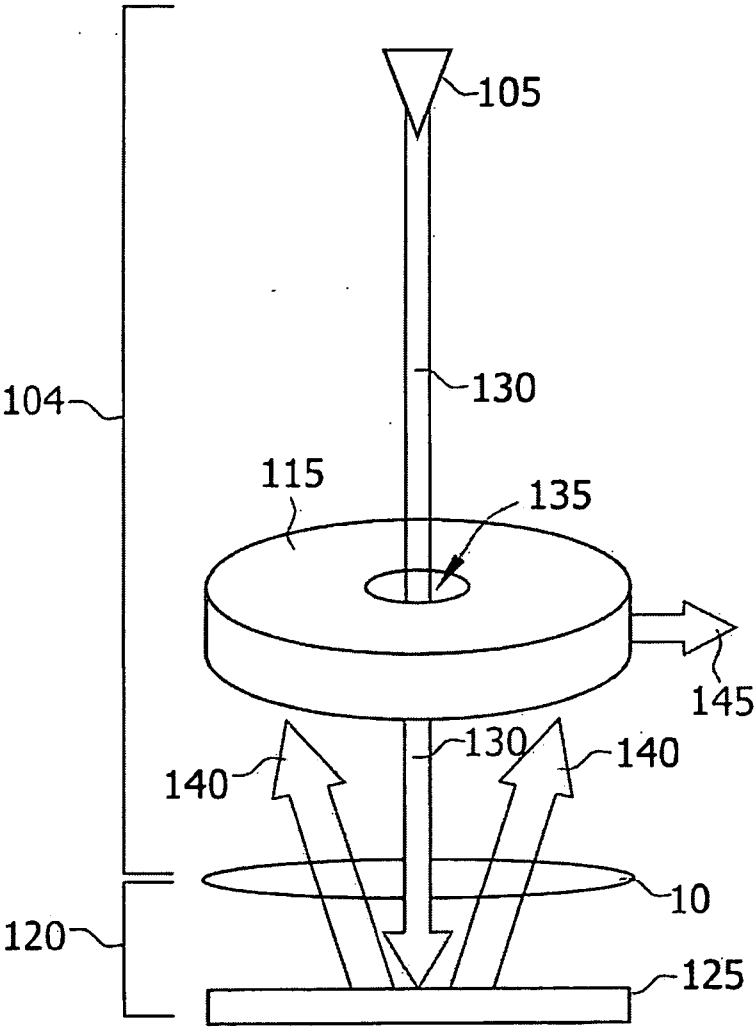
14. 如請求項 1 至 4 中之任一者所述之偵測裝置，其中該等偵測元件(222)是具有 1 平方公厘以下之主動偵測區域的 PIN

至少一第二孔徑開口的至少一個偵測元件。

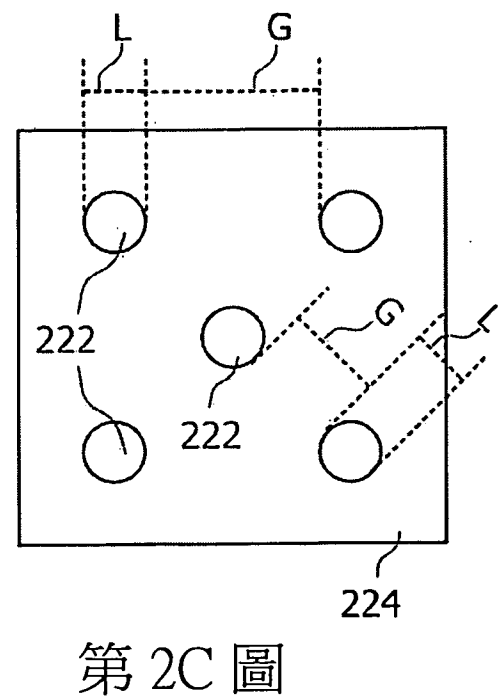
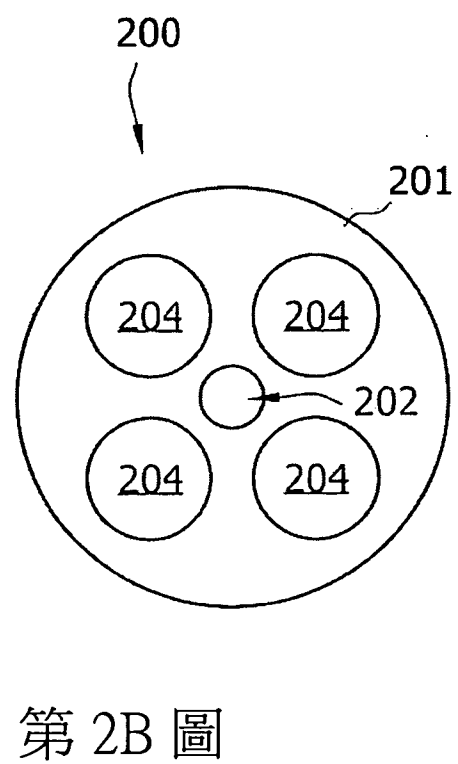
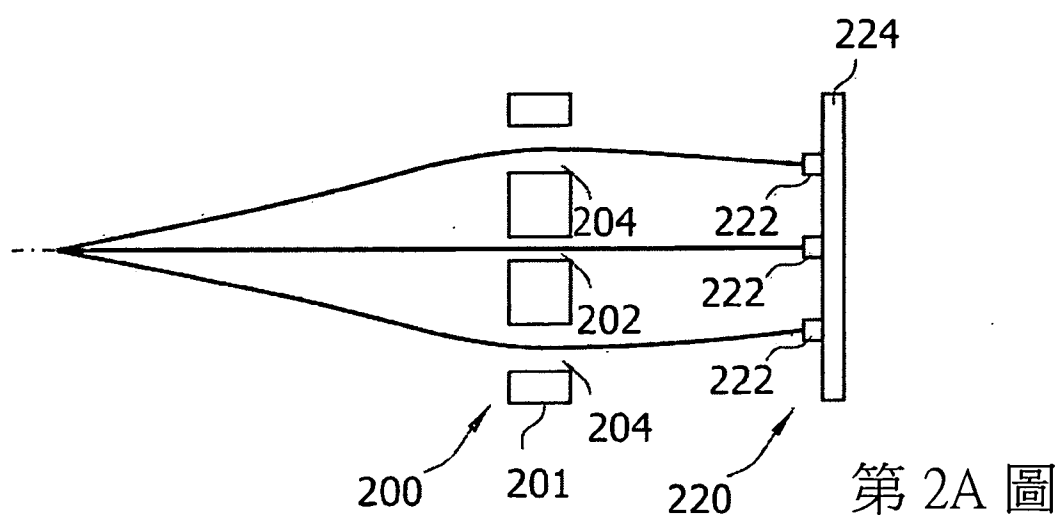
19. 如請求項 18 所述之方法，其中該第一孔徑開口具有一針插形狀。

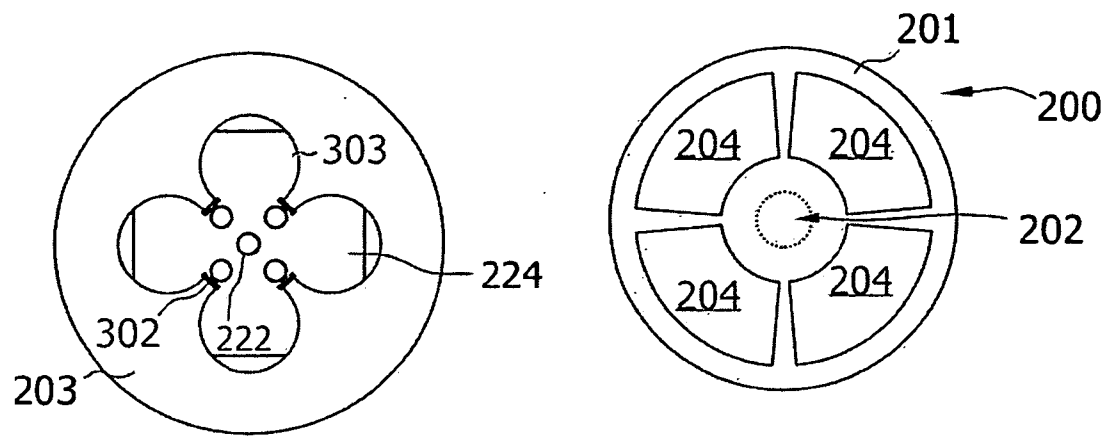
20. 如請求項 18 或 19 所述之方法，其中該偵測步驟係以 1GHz 以上的頻寬進行。

圖式



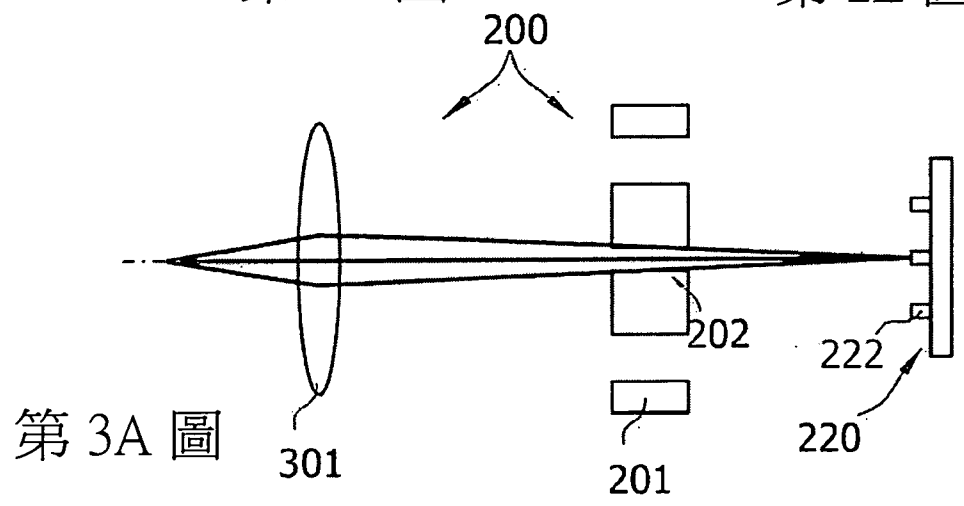
第 1 圖



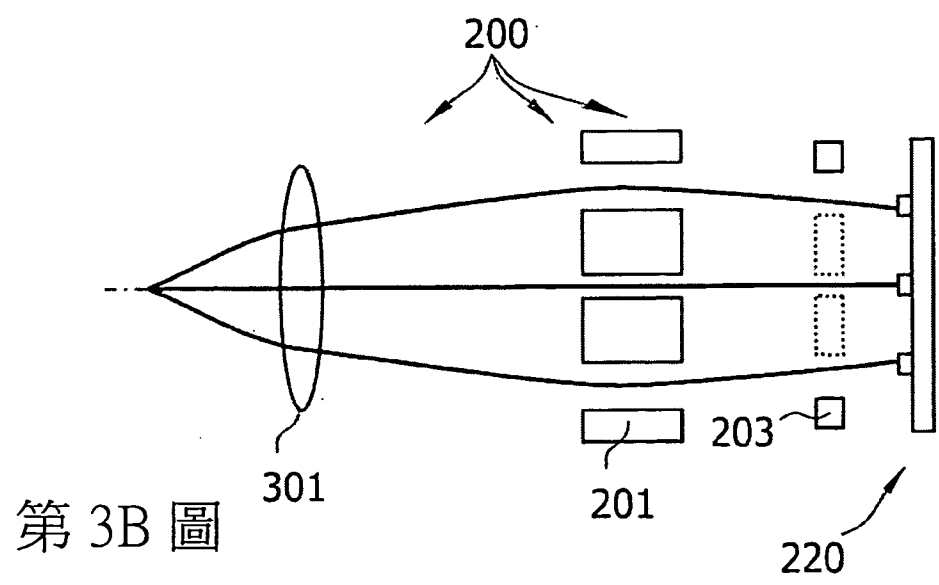


第 2D 圖

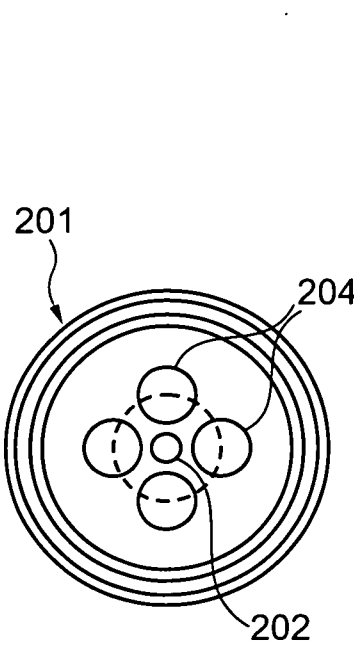
第 2E 圖



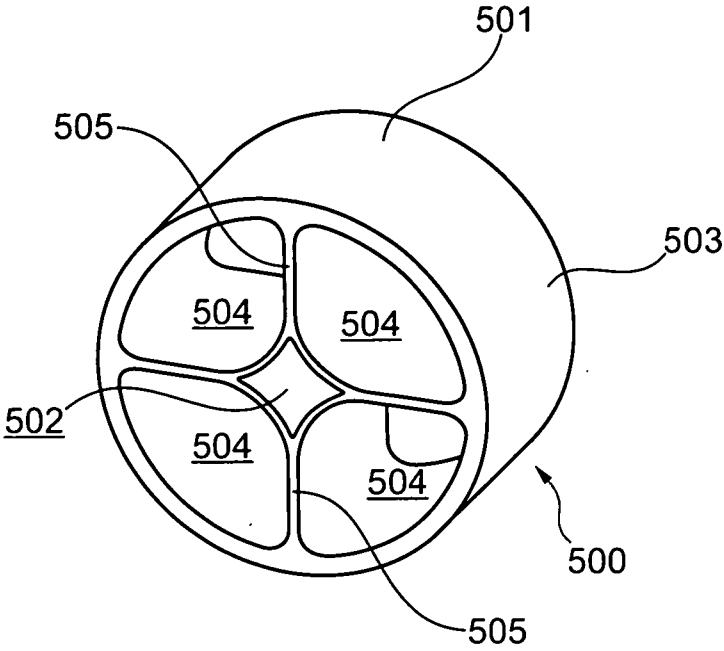
第 3A 圖



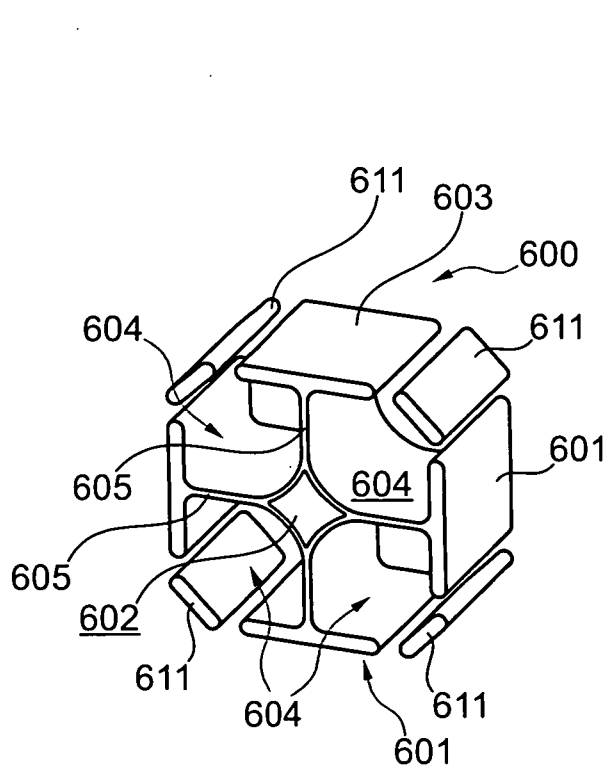
第 3B 圖



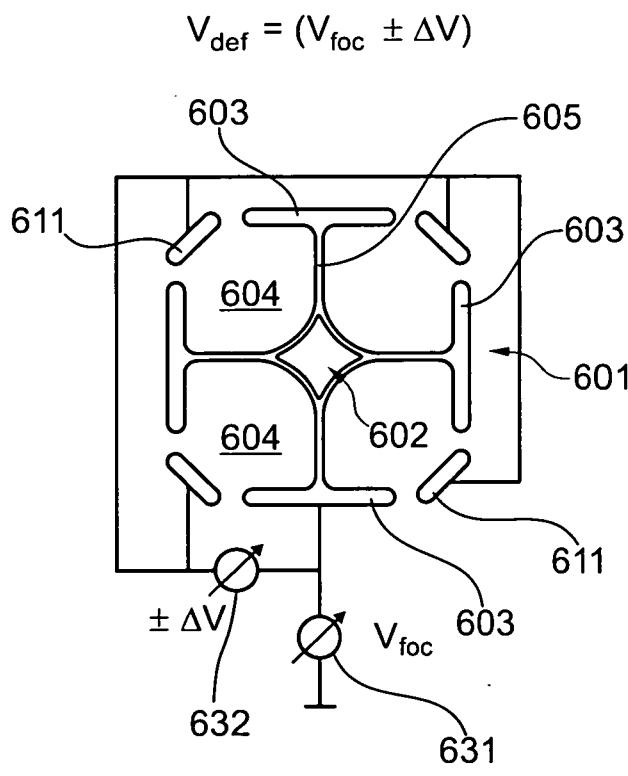
第 4 圖



第 5 圖

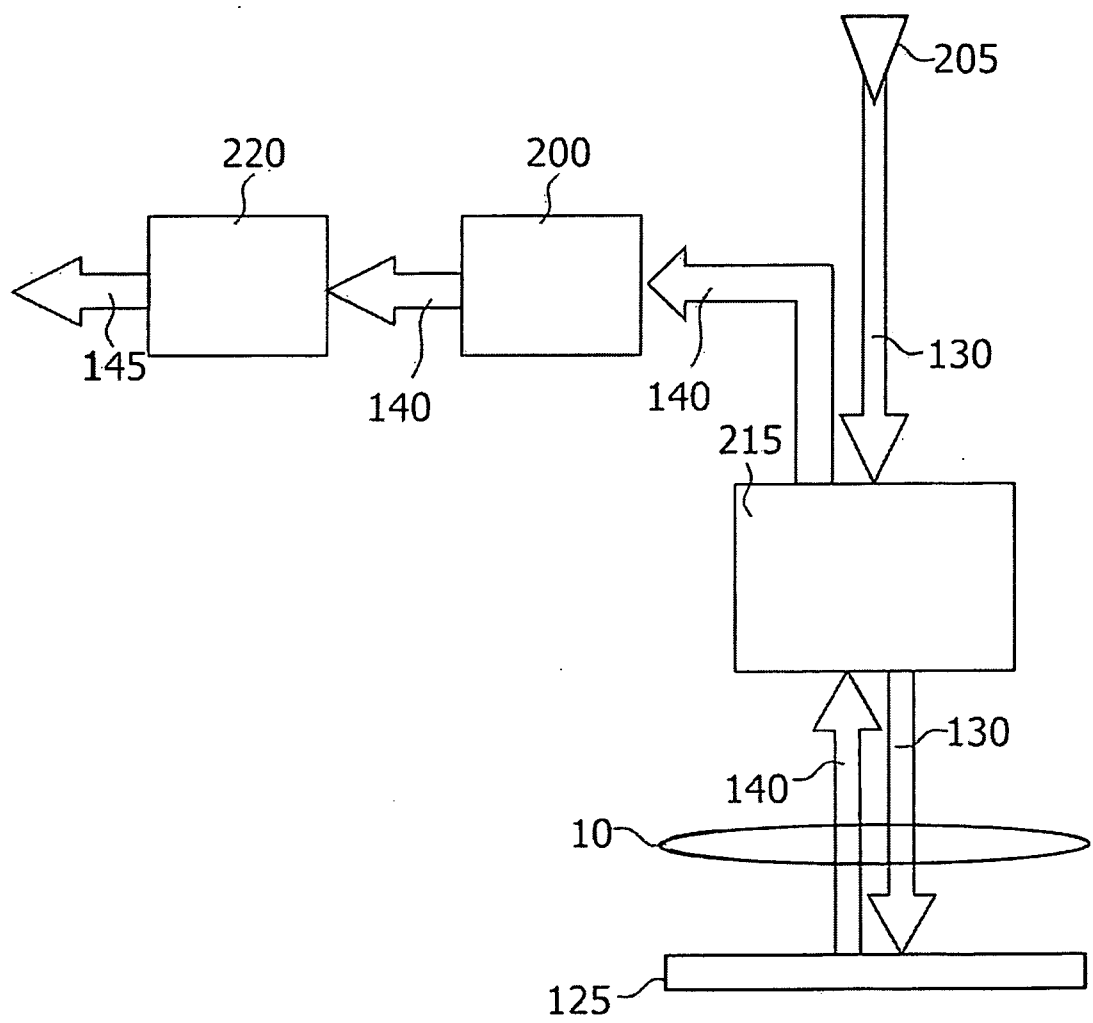


第 6A 圖

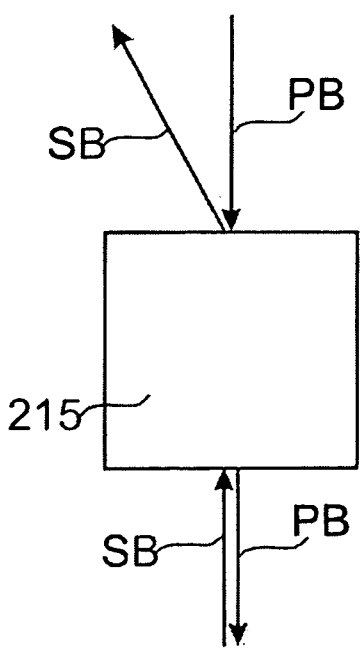


第 6B 圖

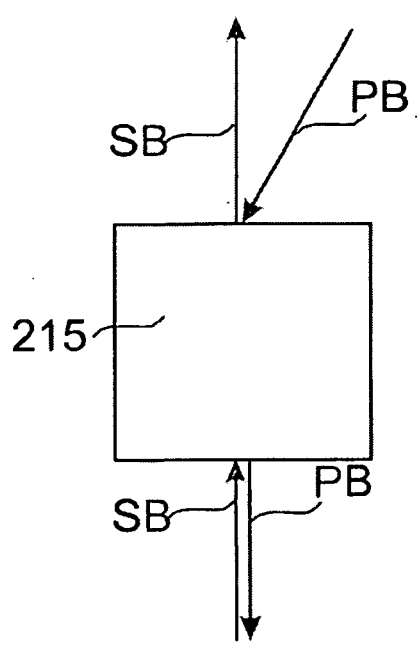
$$V_{\text{def}} = (V_{\text{foc}} \pm \Delta V)$$



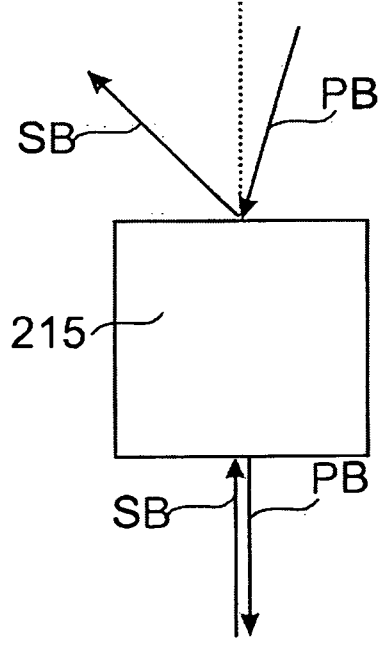
第 7A 圖



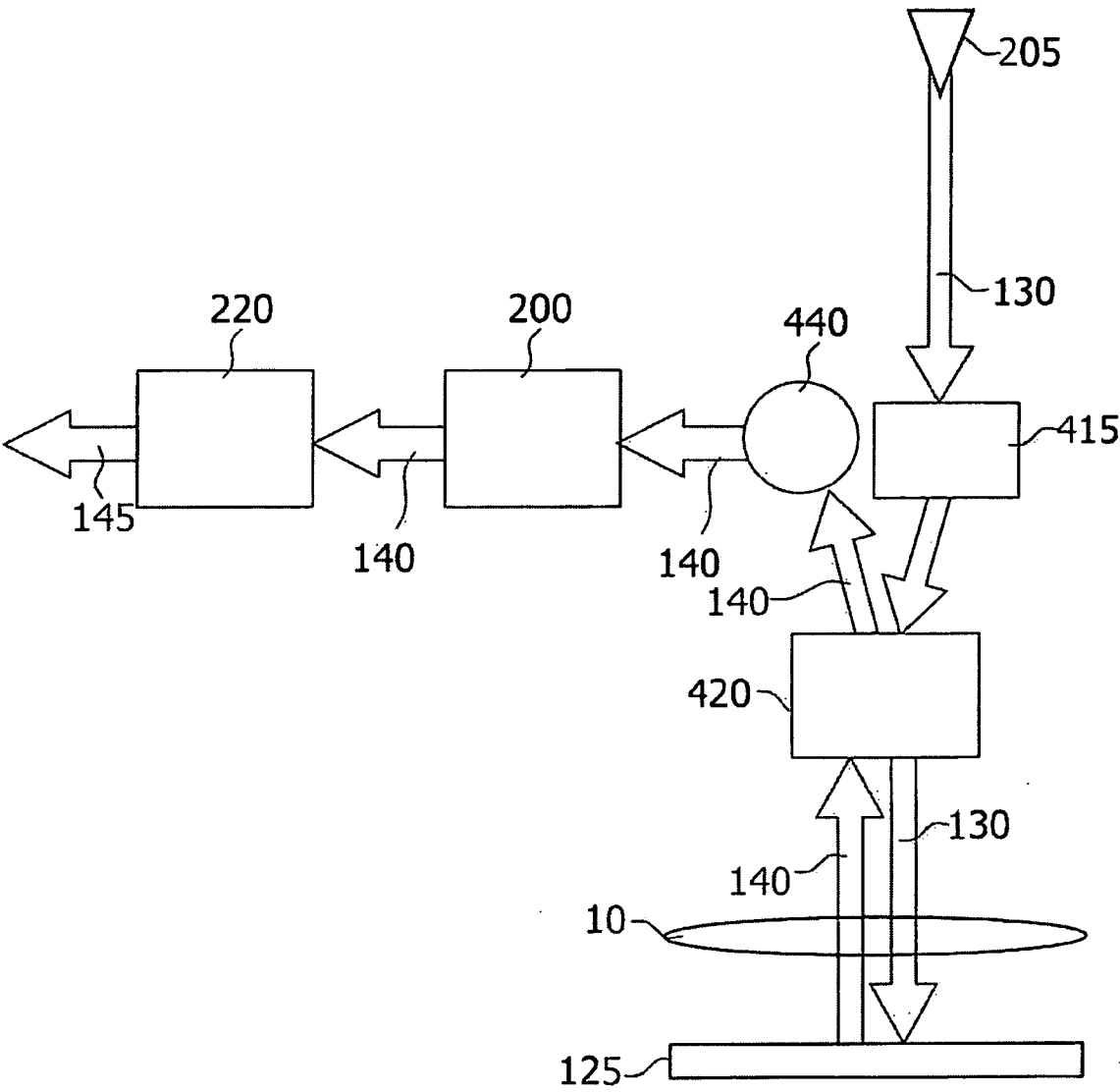
第 7B 圖



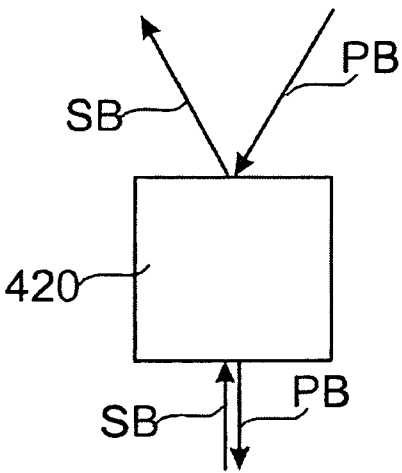
第 7C 圖



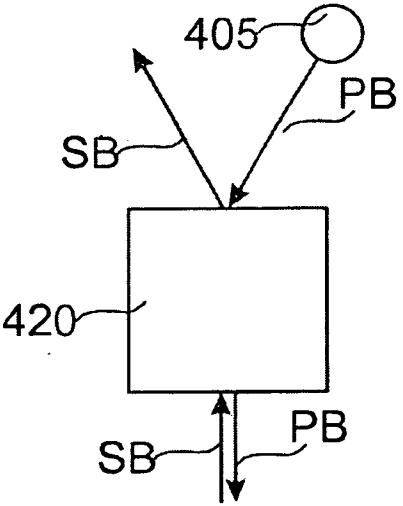
第 7D 圖



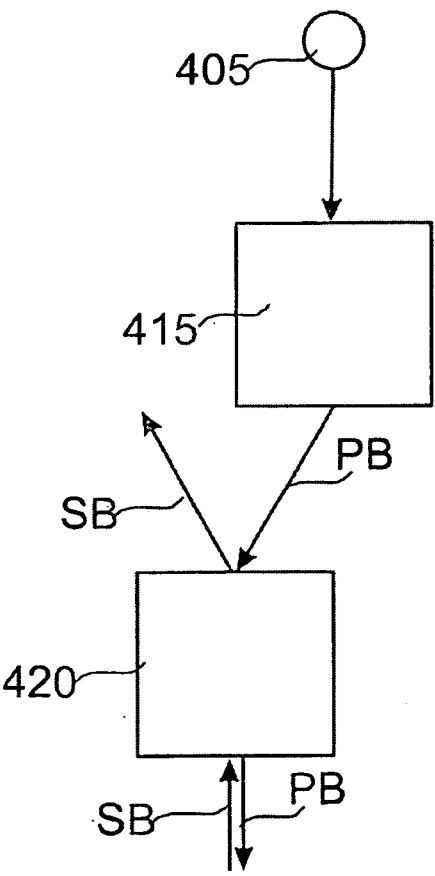
第 8A 圖



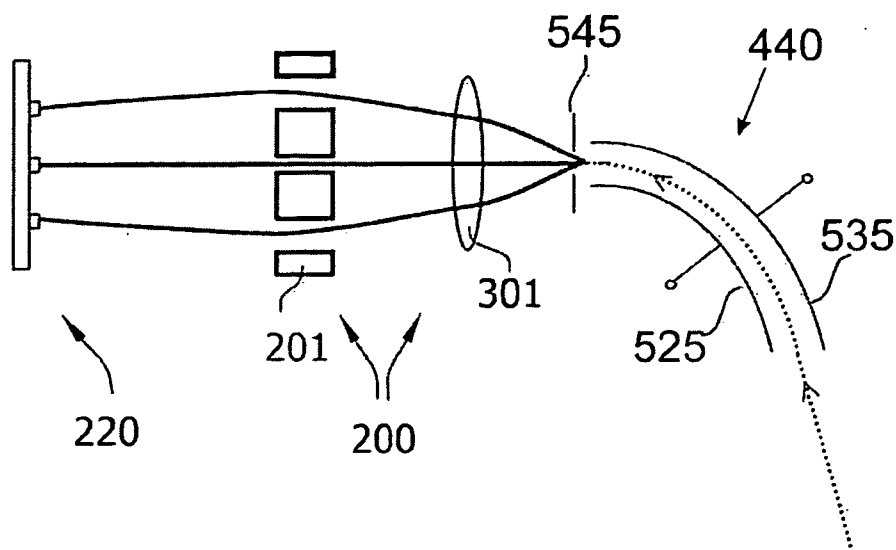
第 8B 圖



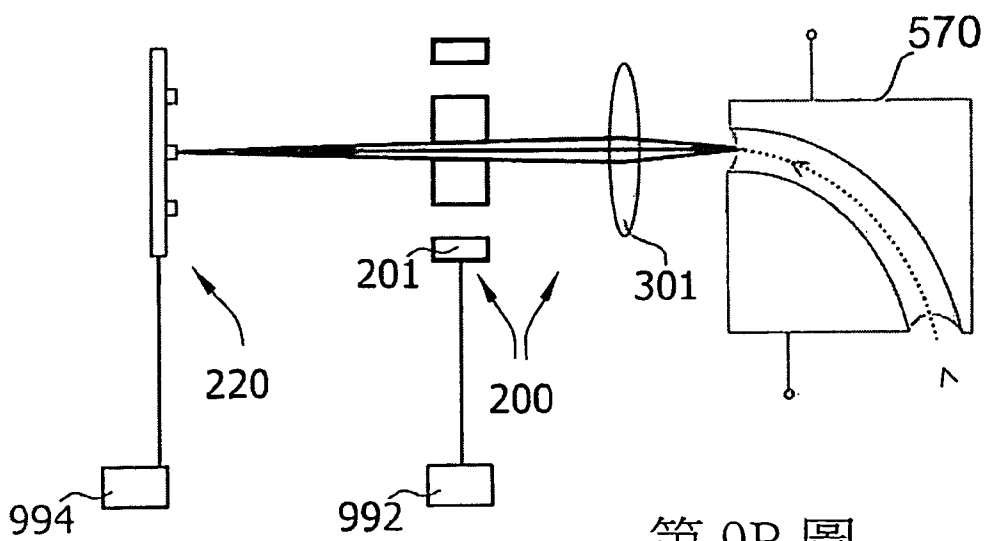
第 8C 圖



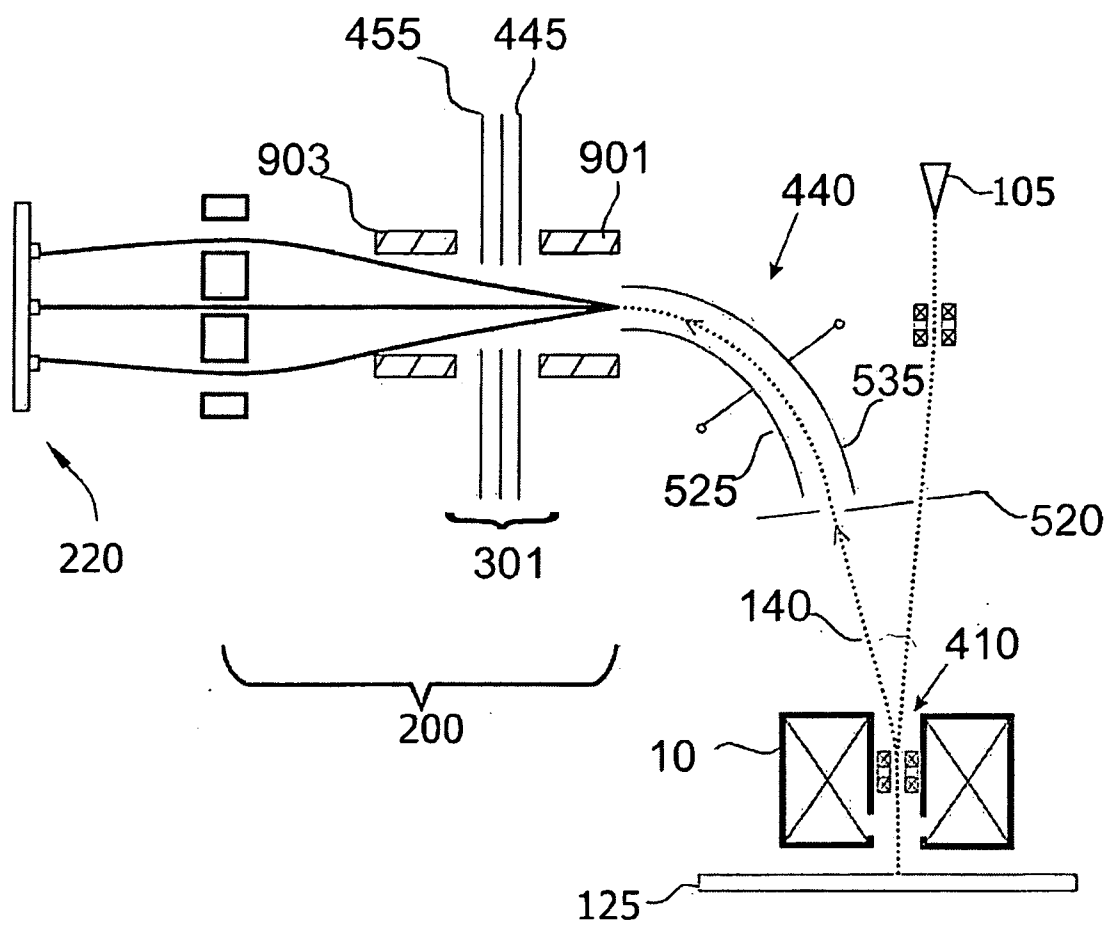
第 8D 圖



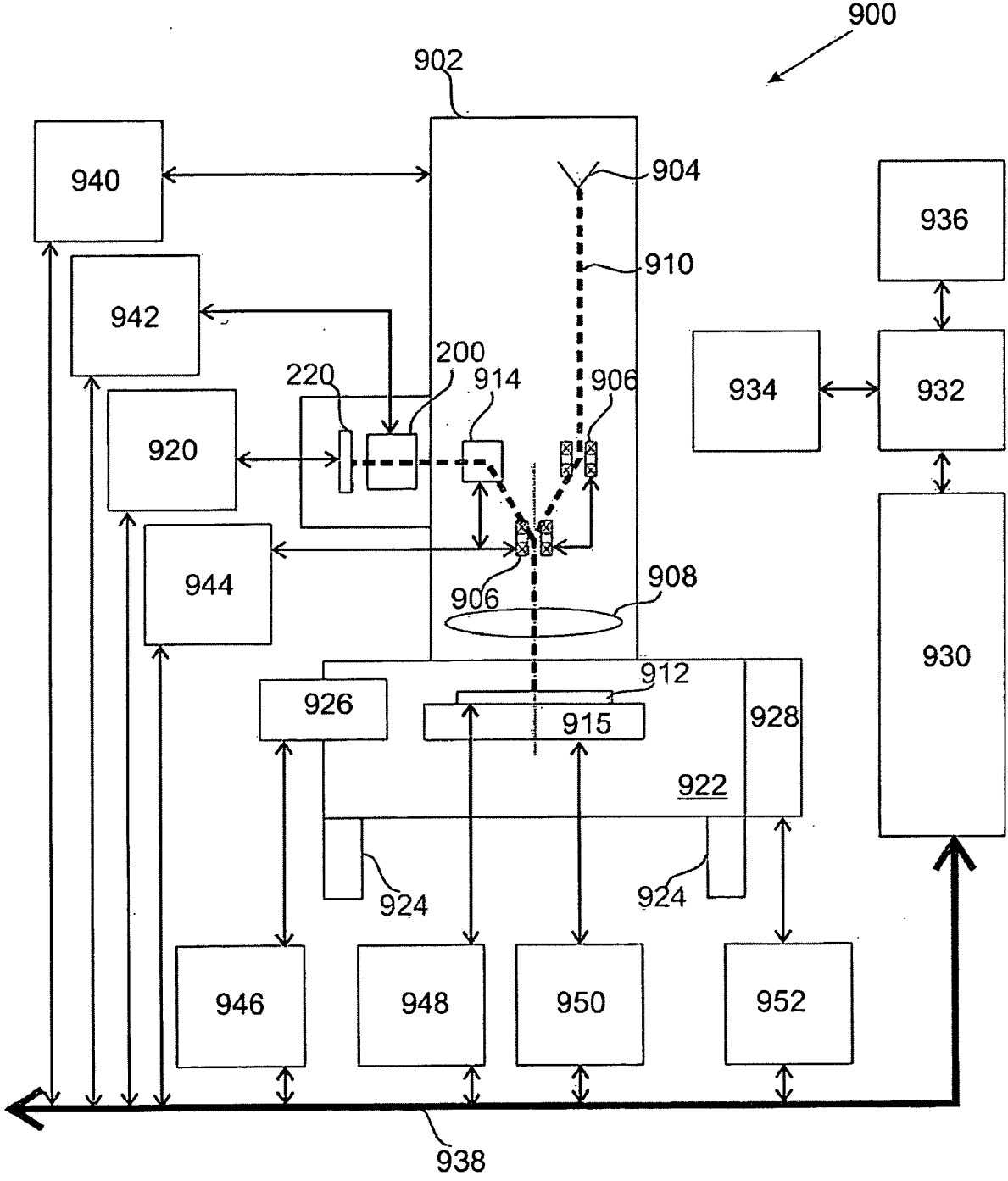
第 9A 圖



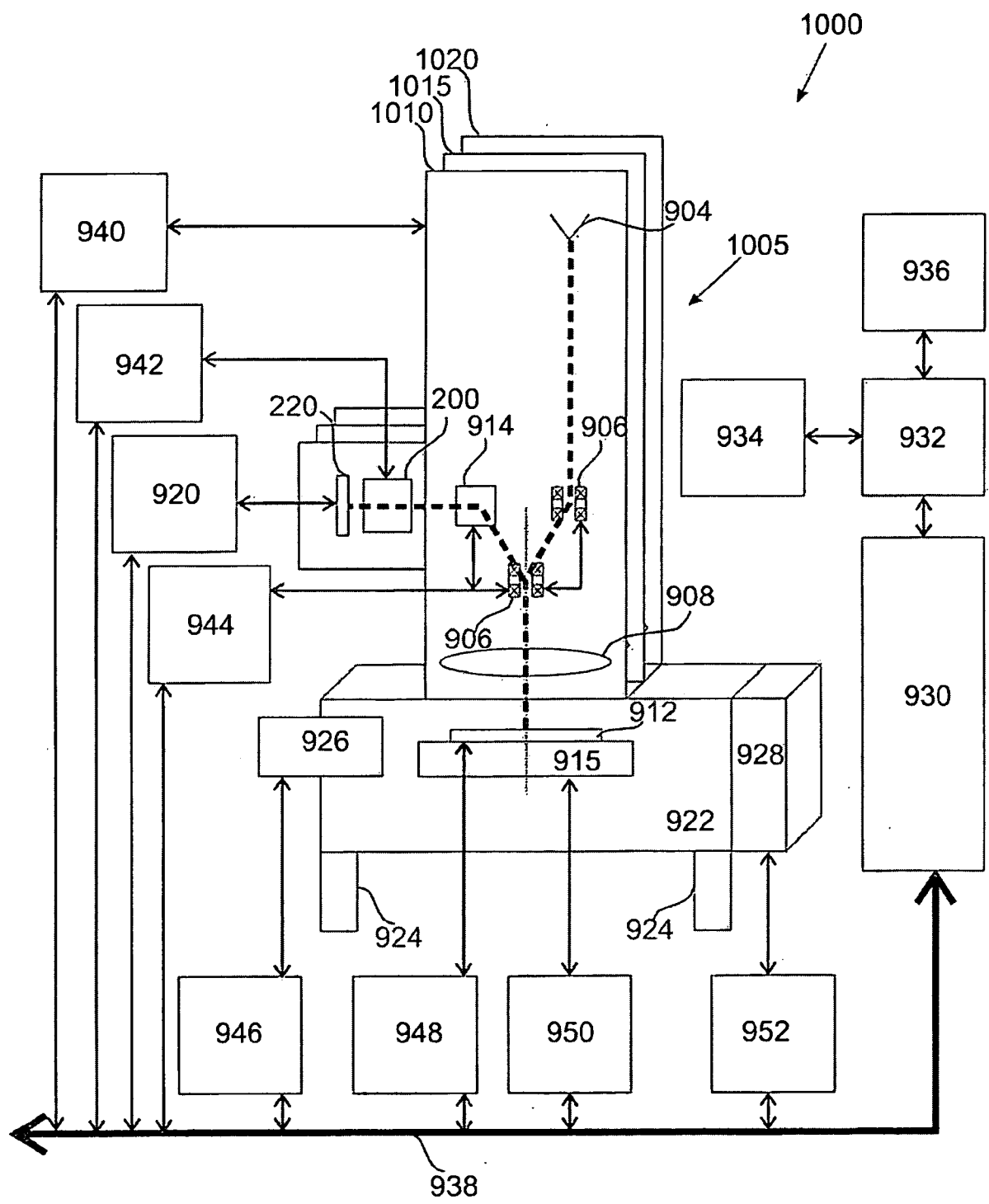
第 9B 圖



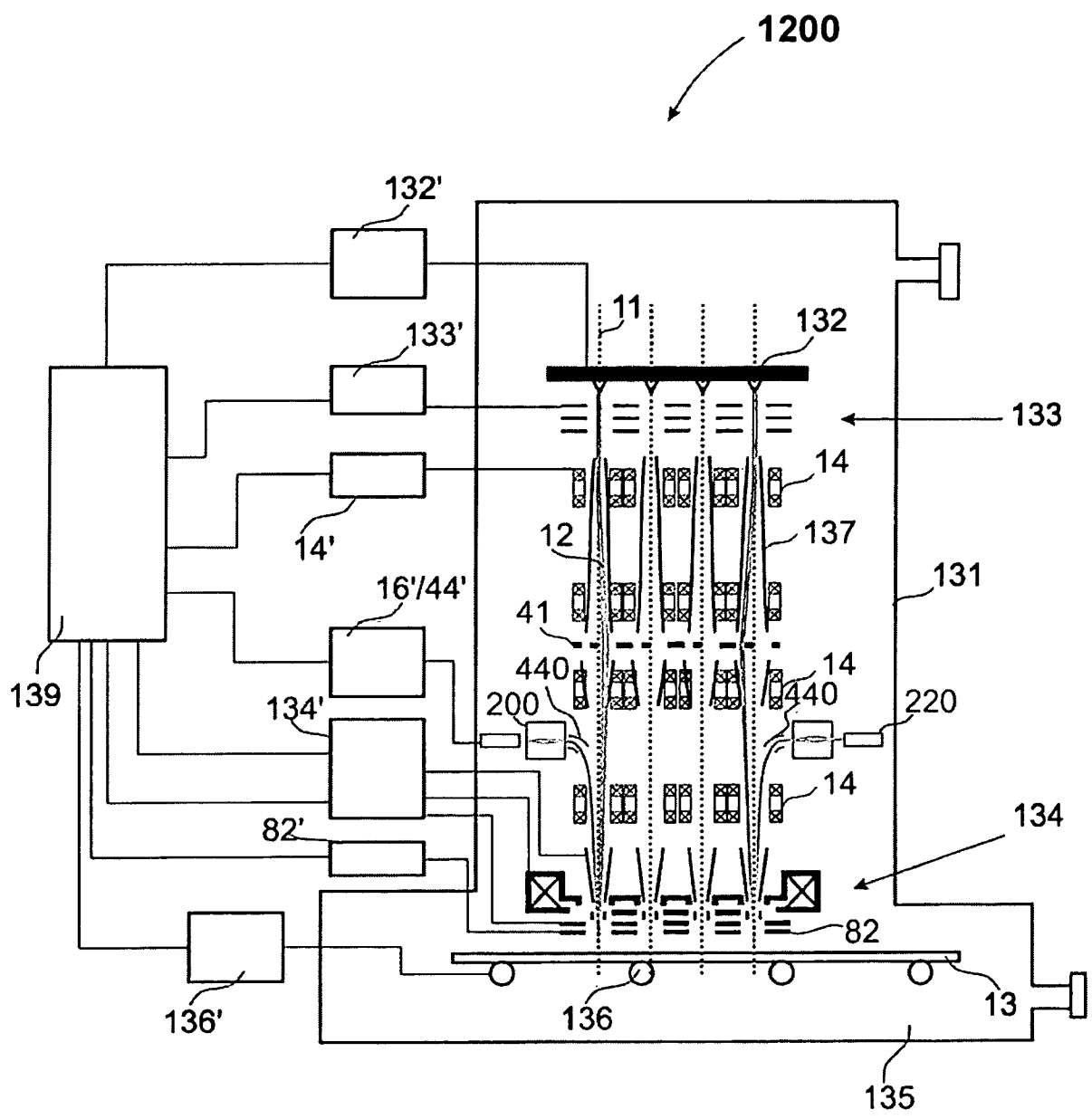
第 9C 圖



第 10 圖



第 11 圖



第 12 圖