



(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 I784138 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 11 月 21 日

(21)申請案號：108107245

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 03 月 05 日

(51)Int. Cl. : **H01J37/256 (2006.01)****H01J37/06 (2006.01)**

(30)優先權：2018/03/06 日本

2018-039636

(71)申請人：日商東實先進股份有限公司 (日本) TASMIT, INC. (JP)

日本

(72)發明人：嘉藤誠 KATO, MAKOTO (JP)；佐佐木澄夫 SASAKI, SUMIO (JP)；田中幸浩
TANAKA, YUKIHIRO (JP)；山崎裕一郎 YAMAZAKI, YUICHIRO (JP)

(74)代理人：洪武雄；陳昭誠

(56)參考文獻：

TW 200745779A

CN 104280377A

JP 2018-6339A

US 7755043B1

審查人員：陳守德

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：7 共 30 頁

(54)名稱

測量反射電子的能量頻譜的裝置及方法

(57)摘要

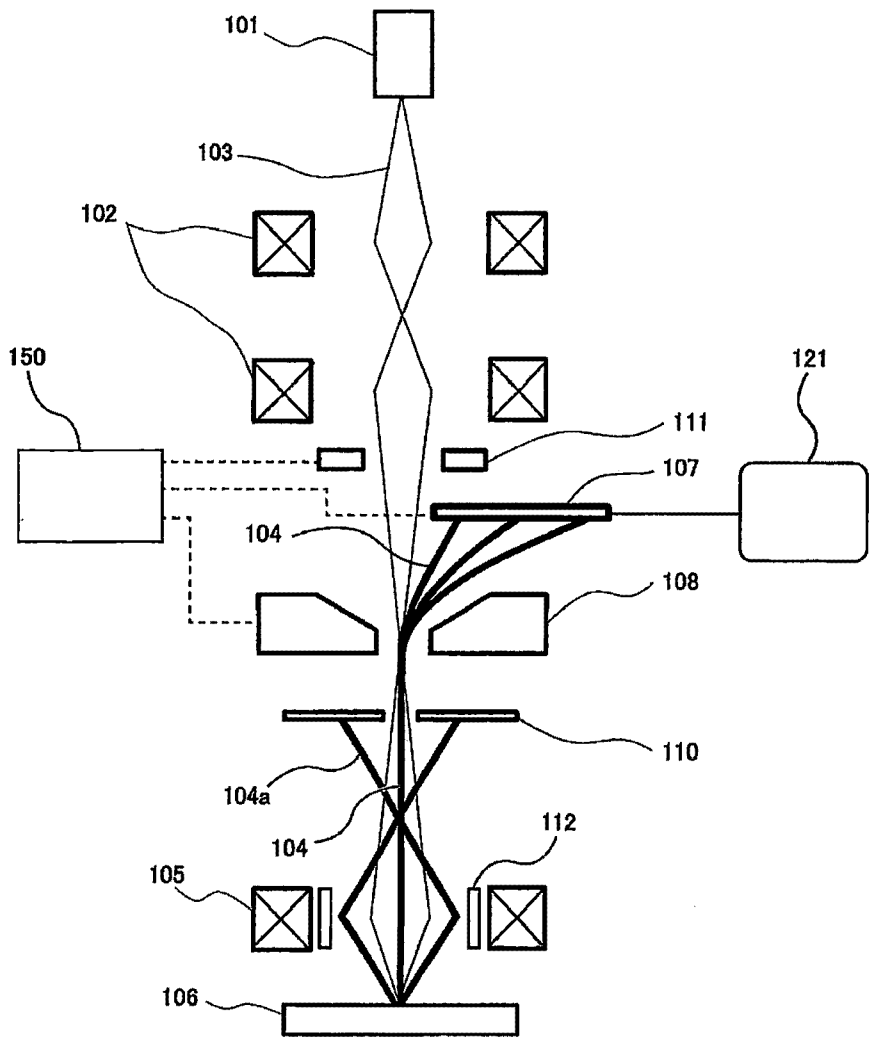
本發明提供一種測量反射電子的能量頻譜的裝置。該裝置係具備：電子線源 101，係用以產生一次電子線；電子光學系統(102、105、112)，係將一次電子線導至試料並使之收斂且偏向；以及能量分析系統，係能夠檢測出從試料產生的反射電子的能量頻譜。能量分析系統係具備：維恩過濾器 108，係使反射電子分散；檢測器 107，係用以測量藉由維恩過濾器 108 所分散之反射電子的能量頻譜；以及動作控制部 150，係一面使維恩過濾器 108 之四極場的強度變化，一面與四極場的強度的變化同步而使檢測器 107 的前述反射電子的檢測位置移動。

An apparatus capable of realizing high energy resolution in a wide energy range is provided. The apparatus includes an electron beam source 101 for generating a primary electron beam, an electron optical system 102, 105, 112 for guiding the primary electron beam to a sample as well as focusing and deflecting it, and an energy analysis system capable of detecting the energy spectrum of reflected electrons generated from the sample. The energy analysis system includes a Wien filter 108 for dispersing the reflected electrons, a detector 107 for measuring the energy spectrum of the reflected electrons dispersed by the Wien filter 108, and operation control unit 150 for moving the detection position of the detector 107 for the reflected electrons in synchronization with the change in the intensity of a quadrupole field of the Wien filter 108 while changing the intensity of the quadrupole field.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 101 . . . 電子槍
- 102 . . . 聚光透鏡系統
- 103 . . . 一次電子線
- 104、104a . . . 反射電子線
- 105 . . . 物鏡
- 106 . . . 試料
- 107 . . . 檢測器
- 108 . . . 維恩過濾器
- 110 . . . 反射電子光圈
- 111 . . . 像散校正器
- 112 . . . 偏向器
- 121 . . . 圖像化裝置
- 150 . . . 動作控制部



【第1圖】

公告本**【發明摘要】**

【中文發明名稱】 測量反射電子的能量頻譜的裝置及方法

【英文發明名稱】 APPARATUS AND METHOD FOR MEASURING
ENERGY SPECTRUM OF REFLECTED
ELECTRONS

【中文】

本發明提供一種測量反射電子的能量頻譜的裝置。該裝置係具備：電子線源101，係用以產生一次電子線；電子光學系統(102、105、112)，係將一次電子線導至試料並使之收斂且偏向；以及能量分析系統，係能夠檢測出從試料產生的反射電子的能量頻譜。能量分析系統係具備：維恩過濾器108，係使反射電子分散；檢測器107，係用以測量藉由維恩過濾器108所分散之反射電子的能量頻譜；以及動作控制部150，係一面使維恩過濾器108之四極場的強度變化，一面與四極場的強度的變化同步而使檢測器107的前述反射電子的檢測位置移動。

【英文】

An apparatus capable of realizing high energy resolution in a wide energy range is provided. The apparatus includes an electron beam source 101 for generating a primary electron beam, an electron optical system 102, 105, 112 for guiding the primary electron beam to a sample as well as focusing and deflecting it, and an energy analysis system capable of

detecting the energy spectrum of reflected electrons generated from the sample. The energy analysis system includes a Wien filter 108 for dispersing the reflected electrons, a detector 107 for measuring the energy spectrum of the reflected electrons dispersed by the Wien filter 108, and operation control unit 150 for moving the detection position of the detector 107 for the reflected electrons in synchronization with the change in the intensity of a quadrupole field of the Wien filter 108 while changing the intensity of the quadrupole field.

【指定代表圖】 第1圖

【代表圖之符號簡單說明】

101	電子槍
102	聚光透鏡系統
103	一次電子線
104、104a	反射電子線
105	物鏡
106	試料
107	檢測器
108	維恩過濾器
110	反射電子光圈
111	像散校正器
112	偏向器

121 圖像化裝置

150 動作控制部

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 測量反射電子的能量頻譜的裝置及方法

【英文發明名稱】 APPARATUS AND METHOD FOR MEASURING
ENERGY SPECTRUM OF REFLECTED
ELECTRONS

【技術領域】

【0001】 本發明係有關用以分析從試料產生的反射電子的能量的裝置及方法。

【先前技術】

【0002】 於以半導體元件觀察為目的的掃描式電子顯微鏡中，隨著作為觀察對象之元件圖案的細微化，進展到圖案的多層化，因此，使用穿透力較大的高加速電壓，而有效觀察具有依據從觀察對象之試料的表面達到的深度而決定之適切的能量的反射電子。為達成此目的，就必須具有測量反射電子之能量頻譜的功能。

【0003】 為了分析此反射電子的能量，以往係透過維恩過濾器(Wien filter)來使反射電子稍微偏離光軸，並且將反射電力導引至能量分析器(例如靜電球面分析器、磁扇形分析器)，藉此進行能量分析。為達此目的而使用的維恩過濾器係作為射束分離器而運作，其用以分離朝向試料的一次電子線與從試料返回的反射電子。或是也會有利用維恩過濾器本身的能量分散作用，將一個維恩過濾器作為射束分離器與能量分析器並同時動作的情

形。關於維恩過濾器作為射束分離器的利用，例如已記載於專利文獻1。關於將維恩過濾器與能量分析器組合的手段，例如已記載於專利文獻2。此外，關於僅以維恩過濾器進行能量分析的手段，例如已記載於專利文獻3。

[先前技術文獻]

(專利文獻)

【0004】

專利文獻1：美國專利第5422486號公報

專利文獻2：美國專利第6455848號公報

專利文獻3：美國專利公開2006/0076489號公報

【發明內容】

(發明所欲解決之課題)

【0005】 於選擇有能量之反射電子像的形成中，應選擇的能量值會因作為對象之試料的觀察目的而不同。因此，最初會測量反射電子之儘可能寬範圍的能量頻譜，而大致辨識出對試料特徵之賦予而言有效的能量範圍。接著，在詳細地調查了經辨識出之能量值附近的頻譜後，形成最後僅選擇某能量值而得的反射電子像。於此步驟中，在最初分析較寬廣的能量範圍時，測量時間的縮短係比能量解析度還優先。因此，較佳的是可在短時間取得較寬廣的能量範圍之頻譜的平行檢測，而非通常那樣的分析器掃描路徑能量而取得頻譜的串列檢測。另一方面，要詳細地測量在特定的能量值附近的頻譜時，能量解析度變得較為優先，雖然檢測可為串列方式，但是

理想上以平行檢測較佳。在最終僅選擇特定的能量來獲得反射電子像時，仍然要求高能量解析度。

【0006】 就為了反射電子的能量分析而通常被使用的分析器而言有靜電球面分析器。此型態的分析器雖然具有較高的能量解析度，然而由於係在出射側僅檢測穿越過狹窄的電極間之電子的構造，所以一次可檢測出的能量範圍會非常受到限制。特別是，若欲分析的反射電子的能量高達數十keV時，為了避免施加於電極之電壓變大所引起的放電，電極間隔不得不狹窄，而更限制了可同時檢測出的能量範圍。基於此一情事，靜電球面分析器通常不得不採用將檢測器固定於一個部位來掃掠能量的串列檢測的方式。亦即，靜電球面分析器不適合於在短時間內測量較寬廣的能量範圍的用途。

【0007】 單獨以維恩過濾器進行能量分析時，若專致於維恩過濾器的形狀與附隨於維恩過濾器的形狀之電磁場分路器的形狀，則能夠平行檢測出寬廣的能量範圍。但是，對於該能量範圍之所有的能量值就無法獲得高能量解析度。其理由在於藉由維恩過濾器所分散之各能量的射束不會聚焦在與光軸成垂直的檢測面上而會非常模糊之故。因此，維恩過濾器較適合於以低能量解析度進行平行檢測的目的，但卻無法實現高能量解析度。

【0008】 本發明的目的在於提供在寬廣的能量範圍中能夠實現高能量解析度的裝置及方法。

（解決課題之手段）

【0009】 在一態樣係提供一種測量反射電子的能量頻譜的裝置，該裝置係具備：電子線源，係用以產生一次電子線；電子光學系統，係將前述

一次電子線導至試料並使之收斂且偏向；以及能量分析系統，係能夠檢測出從前述試料產生的反射電子的能量頻譜；前述能量分析系統係具備：維恩過濾器，係使前述反射電子分散；檢測器，係用以測量藉由前述維恩過濾器所分散之反射電子的能量頻譜；以及動作控制部，係一面使前述維恩過濾器之四極場的強度變化，一面與前述四極場的強度的變化同步地使前述檢測器的前述反射電子的檢測位置移動。

【0010】 在一態樣中，前述動作控制部以使反射電子在前述檢測位置聚焦的方式，一面使前述維恩過濾器之四極場的強度變化，一面與前述四極場的強度的變化同步地使前述檢測器的前述反射電子的檢測位置移動。

在一態樣中，前述能量分析系統更具備有配置在前述電子線源與前述維恩過濾器之間的像散校正器，前述像散校正器係以與前述四極場的強度的變化同步來抵消一次電子線之像散的方式動作。

在一態樣中，前述能量分析系統更具備有配置在前述維恩過濾器之出口側的分路器，前述分路器係具有朝前述反射電子所分散的方向延伸的狹縫。

【0011】 在一態樣中，提供一種測量反射電子的能量頻譜的裝置，該裝置係具備：電子線源，係用以產生一次電子線；電子光學系統，係將前述一次電子線導至試料並使之收斂且偏向；以及能量分析系統，係能夠檢測出從前述試料產生的反射電子的能量頻譜；前述能量分析系統係具備：維恩過濾器，係使前述反射電子分散；以及檢測器，係用以測量藉由前述維恩過濾器所分散之反射電子的能量頻譜；前述檢測器係具有實質上與前述經分散之反射電子之依能量而定的聚焦位置一致的檢測面。

【0012】 在一態樣中，前述檢測器的檢測面為曲面或平面。

在一態樣中，前述能量分析系統更具備有配置在前述電子線源與前述維恩過濾器之間的像散校正器(astigmatism corrector)。

在一態樣中，前述能量分析系統更具備有配置在前述維恩過濾器之出口側的分路器，前述分路器係具有朝前述反射電子所分散的方向延伸的狹縫。

【0013】 在一態樣中，提供一種測量反射電子的能量頻譜的方法，該方法係包含下列步驟：將藉由電子線源所產生的一次電子線導至試料；藉由維恩過濾器使從前述試料所產生的反射電子分散；以檢測器測量前述經分散的反射電子的能量頻譜；在前述能量頻譜的測量中，一面使前述維恩過濾器的四極場的強度變化，一面與前述四極場的強度的變化同步地使前述檢測器的前述反射電子的檢測位置移動。

【0014】 在一態樣中，一面使前述維恩過濾器的四極場的強度變化，一面與前述四極場的強度的變化同步而使前述檢測器的前述反射電子的檢測位置移動的步驟，係在前述能量頻譜的測量中，以使反射電子在前述檢測位置聚焦的方式，一面使前述維恩過濾器之四極場的強度變化，一面與前述四極場的強度的變化同步地使前述檢測器的前述反射電子的檢測位置移動的步驟。

在一態樣中，前述方法更包含與前述四極場的強度的變化同步，並以像散校正器來抵消一次電子線的像散的步驟。

【0015】 在一態樣中，提供一種測量反射電子的能量頻譜的方法，該方法係包含下列步驟：將藉由電子線源所產生的一次電子線導至試料；藉

由維恩過濾器等使從前述試料所產生的反射電子分散；以檢測器測量前述經分散的反射電子的能量頻譜的步驟；前述檢測器係具有實質上與前述經分散之反射電子之依能量而定的聚焦位置一致的檢測面。

在一態樣中，前述檢測器的檢測面為曲面或平面。

(發明之效果)

【0016】 依據本發明，可遍及寬廣的能量範圍並實現高能量解析度。

【圖式簡單說明】

【0017】

第1圖係顯示掃描式電子顯微鏡之一實施型態的示意圖。

第2圖係顯示維恩過濾器之八極構造之一實施型態的示意圖。

第3圖係維恩過濾器的立體剖面圖。

第4圖係顯示配置於維恩過濾器之出口側之分路器的立體圖。

第5圖係顯示維恩過濾器之動作之模擬結果之一例的圖。

第6圖係顯示維恩過濾器之動作之模擬結果之另一例的圖。

第7圖係顯示具有沿分散後之反射電子之聚焦面而配置之檢測面的檢測器之一實施型態的圖。

【實施方式】

【0018】 以下一面參照圖式一面針對本發明之實施型態來詳細地說明。

第1圖係顯示掃描式電子顯微鏡之一實施型態的示意圖。第1圖所示的掃描式電子顯微鏡係可適用於用以分析從試料106所釋放之反射電子的能量的裝置。於第1圖中，屬於電子線源的電子槍101所產生的一次電子線103，一般而言利用由多段透鏡所構成的聚光透鏡(condenser lens)系統102而收斂。一次電子線103通過維恩過濾器108，進而在物鏡(objective lens)105收斂而照射於試料106。一次電子線103藉由偏向器112偏向，而掃描試料106的表面。

【0019】 一般而言，在試料106產生的反射電子線與光軸所形成的角度係具有寬廣的分布。來自試料106的反射電子會受到反射電子光圈110限制，分離成可通過反射電子光圈110之開口的反射電子線104、與被排除的反射電子線104a。該反射電子光圈110之開口會成為由能量分析系統所見的光源。通過了反射電子光圈110的反射電子線104係藉由維恩過濾器108而依各能量偏向，並導至檢測器107。反射電子線104會被檢測器107檢測，而由檢測器107來測量反射電子的能量頻譜。連接於檢測器107的圖像化裝置121會從此能量頻譜選擇對試料賦予特徵的能量範圍，並僅使用該經選擇的能量範圍內之檢測器107的輸出信號而形成圖像。此圖像即係作為目的之反射電子像。

【0020】 維恩過濾器108及檢測器107係連接於動作控制部150，維恩過濾器108及檢測器107的動作係由動作控制部150所控制。動作控制部150係具備有具有CPU(中央運算處理單元)及記憶裝置之泛用的電腦或專用的電腦。

【0021】 以下說明於掃描式電子顯微鏡中，維恩過濾器108的動作。

首先，令電場與磁場作用於電子線之力的方向相對於一次電子線的人射方向為相反，而呈相互抵消的情形。因此，電場與磁場的強度的條件稱為維恩條件，而表示為 $E_1 = vB_1$ 。在此， E_1 係維恩過濾器108所造成之x方向之電場的均勻成分，且關於方位角 θ 具有 $\cos\theta$ 依存性。此外， B_1 係y方向之磁場的均勻成分，且關於方位角 θ 具有 $\sin\theta$ 依存性。具有速度 v 的電子射入至維恩過濾器108的情形下，於電場與磁場滿足維恩條件時，電子會直接直線通過維恩過濾器108。在實現此維恩條件的狀況下，電子沿著光軸從反方向射入至維恩過濾器時，由於來自於磁場之力的方向為反轉，所以電場與磁場係以相同方向的力作用於電子，顯示維恩過濾器108會作為偏向器而運作。由以上的說明，維恩過濾器108不會對一次電子造成影響，而能夠使從與一次電子相反方向射入的電子線偏向而偏離光軸。

【0022】 維恩過濾器108形成均勻的電場與磁場時，一次電子線會於x方向受到若干的收斂透鏡作用，而於y方向不會受到前述的收斂透鏡作用。因此，一次電子線會受到與通過具有像散之透鏡時同樣的作用。為了抵消此作用，乃使四極場成分重疊於均勻的電場與磁場之其中任一方或雙方。一般而言，四極場會朝x方向與y方向產生不同的透鏡作用，若調整四極場的強度，則維恩過濾器108整體會構成於x方向與y方向呈對稱的透鏡作用，亦即軸對稱的透鏡作用，而不會對一次電子線造成像散。此條件稱為無像散(stigmatic)條件。用以滿足此條件的四極場，以電場來形成時可為具有 $\cos 2\theta$ 依存性的 E_2 成分，以磁場來形成時可為具有 $\sin 2\theta$ 依存性的 B_2 成分，或將此等 E_2 成分及 B_2 成分重疊者。

【0023】 接著，對於維恩過濾器108的構造進行說明。一般而言，滿足無像散條件的維恩過濾器必須具有均勻場與四極場雙方，因此，大多使用電磁場重疊式的多極子透鏡型態。多極子透鏡型態的最小構成係四極構造，四極構造係不會產生理想上的均勻場，而大多會產生多餘的多極子成分，所以會相對於一次電子線產生像差。因此採用具有更多的極之構造，例如八極構造。

【0024】 第2圖係顯示維恩過濾器108之八極構造之一實施型態的示意圖，且顯示從與射束軸成垂直的方向所觀看之維恩過濾器108的俯視圖。八個極109係以等間隔的方式配置於維恩過濾器108之中心線的周圍。此等極109係各自具備有線圈109a。對各極109施加電壓 V_n 、激磁 AT_n ($n=1, 2, \dots, 8$)，藉此產生滿足維恩條件的均勻場、與符合於無像散條件的四極場。全部的極109係作為電極與磁極來作用，各極109的線圈係例如由高導磁合金(permalloy)的磁性體所構成。

【0025】 在以往的技術中，作為射束分離器來使用的維恩過濾器所造成的偏向角很小，典型上，偏向為 10° 左右。本實施型態係改變維恩過濾器108之電磁極的形狀，於反射電子要射出的維恩過濾器的出口側(上側)具有斜面形狀，從而可達到大角度的偏向。因此，可達到同時測量較寬廣的能量範圍。

【0026】 第3圖係維恩過濾器108的立體剖面圖。各極109的中心側端的頂面係由朝向維恩過濾器108之中心線而往下方傾斜的斜面109b 所構成。八個極109的斜面109b係以等間隔的方式排列於維恩過濾器108之中心線的周圍，而形成朝上的圓錐梯形形狀的面。從試料106所釋放的反射電子

線104會從下方進入維恩過濾器108，而從由斜面109b所構成的維恩過濾器108的出口離開。

【0027】 以上述方式的多極構造構成了維恩過濾器108的情形下，在邊緣(fringe)區域的電磁場的分布會大幅地擴大，依據配置於維恩過濾器108之周邊的構造物而使電場與磁場分別受到不同的影響。此效應特別在具有斜面構造的維恩過濾器108的出口側較大。藉由此效應，當電場與磁場的分布變得不一致時，即使在維恩過濾器108之中央附近滿足維恩條件，在邊緣區域亦不滿足維恩條件而使一次電子線偏向。

【0028】 以往，為了防止此效應而在維恩過濾器的入口與出口設置電磁場分路器，強制性地使電磁場衰減。相對於此，本實施型態係用以使反射電子大幅地偏向，而如第4圖所示於維恩過濾器108的出口側配置設有狹縫116的分路器115。此狹縫116原本只要是設置於反射電子分散的方向即可，惟為了具有電磁場的對稱性，於八極的每一極的方向排列狹縫116的方式較理想。狹縫116係輻射狀地延伸且具有相同的形狀或相似的形狀。狹縫116配列於形成在分路器115之中央的通孔117的周圍，各狹縫116的內側開口端連接於通孔117。複數個狹縫116之中的一個狹縫係朝反射電子線104從通孔117分散(偏向)的方向延伸。分路器115之通孔117的直徑係比由斜面109b構成之維恩過濾器108之出口的直徑還小。如此構成的分路器115能夠使邊緣場衰減且能夠使檢測器107同時測定較寬廣的能量範圍。分路器115係以電位零的磁性體(例如，高導磁合金)所構成。雖然本實施型態中，分路器115具有輻射狀地延伸之複數個狹縫116，惟於一實施型態中，分路器115亦可僅具有朝反射電子線104從通孔117分散(偏向)的方向延伸的一個狹縫116。

【0029】 第5圖係顯示本實施型態之維恩過濾器108之動作的模擬結果之一例的圖。一般而言，由於在試料面的一次電子線的掃描範圍非常狹窄，所以反射電子線104的產生區域可視為點電子源。此模擬中，係設想為反射電子線104穿越過反射電子光圈110之後成為平行射束。反射電子光圈110的直徑愈小則能量解析度愈提高，惟同時會損失靈敏度。因此，反射電子光圈110的直徑終究是必須從必要的解析度與靈敏度來決定。第5圖所示的模擬中，為了易於觀看每一能量的射束的收斂狀況，而設想為反射電子光圈110的直徑比實際大非常多。維恩過濾器108係以同時滿足維恩條件與無像散條件的方式設定有各極109的電壓與激磁。

【0030】 通過了反射電子光圈110的反射電子線104係藉由維恩過濾器108依據反射電子的能量而以不同的角度偏向，結果，反射電子會分散。分散後的反射電子射入檢測器107並藉由檢測器107來測量反射電子的能量頻譜。若將一次電子線的能量設為 E_0 ，則一般反射電子的能量係從 E_0 至0連續性地分佈，第5圖的模擬中，顯示 E_0 至 $0.4E_0$ 之每 $0.2E_0$ 刻度的軌道計算結果作為反射電子的能量。檢測器107可一次測量 E_0 至 $0.4E_0$ 之能量寬幅為 $0.6E_0$ 的範圍。一次可測量的範圍係可藉由維恩過濾器108之均勻場強度來調整。亦即，藉由一邊使電場與磁場的均勻成分 E_1 、 B_1 滿足維恩條件一邊進行改變，能夠在保持相對於一次電子線為均衡的條件之狀況下改變反射電子的分散作用。例如，也可藉由減弱維恩過濾器108的分散作用而一次測定 E_0 至0之所有的範圍。然而，愈是增大可測量的範圍就愈使能量解析度下降。因此，當要預先觀察的範圍某程度地被辨識出時，將能量範圍縮小係較為有利。

【0031】於第5圖中，觀看有關能量解析度時，具有 $0.6E_0$ 之能量的反射電子會於檢測器107的檢測面107a中朝與能量分散方向正交的方向進行線聚焦。然而具有其他能量的反射電子係朝能量分散方向擴大，依據此狀況會使能量解析度受損。因此，一般而言，藉由維恩過濾器108的偏向作用而分散的反射電子之中，僅具有某特定的能量的反射電子會聚焦於檢測器107的檢測面107a。從能量解析度的觀點，此種狀況並非為所期望的狀況，但會適於以在短時間內平行檢測較寬廣的能量範圍為目的者。如前述的方式，於第5圖中係設想為反射電子光圈110的直徑較大，藉由縮減此直徑雖然會使靈敏度減損，然而能夠改善能量解析度。

【0032】為了滿足無像散條件，維恩過濾器108係具有四極場成分。維恩過濾器108的四極場係具有使射束的x方向、y方向的聚焦位置分別移動的作用。因此，藉由將維恩過濾器108之四極場的強度設定為與原本的無像散條件不同的值，能夠使具有某特定的能量之反射電子的聚焦位置與檢測器107的檢測面107a一致。第6圖係顯示其一例，顯示以能量 E_0 滿足在檢測面107a的聚焦條件的方式調整了四極場之強度時的模擬結果。

【0033】藉由調整四極場的強度而能夠以任意的能量滿足聚焦條件，但無法遍及範圍較寬廣的能量範圍而同時使反射電子聚焦於檢測器107之檢測面107a。因此，本實施型態中，使四極場的強度經時性地變化，且若是與其同步使檢測器107的檢測位置移動，則可於寬廣的能量範圍達成較高的能量解析度，而可獲得最佳的頻譜。例如，動作控制部150對維恩過濾器108指令而使四極場的強度產生變化以滿足第5圖所示的聚焦條件，並且使檢測器107的檢測位置移動至能量 $0.6E_0$ 。結果，反射電子會於能量 $0.6E_0$ 的

檢測位置聚焦於檢測器107之檢測面107a上。同樣地，動作控制部150對維恩過濾器108下指令使四極場的強度變化以滿足第6圖所示的聚焦條件，並且使檢測器107的檢測位置移動至能量 E_0 的位置。結果，反射電子會於能量 E_0 的檢測位置聚焦於檢測器107之檢測面107a上。

【0034】如以上所述，動作控制部150一面使四極場的強度變化(掃掠)一面同步於四極場的強度變化，而使檢測器107的檢測位置移動(掃掠)，藉此，能夠遍及較寬廣的能量範圍(例如， E_0 至 $0.4E_0$ 為止的範圍)達成較高的能量解析度。四極場的強度與檢測器107所對應的檢測位置的關係能夠藉由維恩過濾器108的動作的模擬來求出。依據如此的實施型態，能夠藉由維恩過濾器108以高能量解析度的串列檢測。

【0035】在一實施型態中，檢測器107係具備有：構成檢測面107a的閃爍器(scintillator)、由影像感測器(例如CCD)所構成的光檢測器、以及藉由閃爍器將從電子所轉換成的光導至光檢測器的FOP(光纖板)等光導元件。依據此構成能夠達到 $10\mu\text{m}$ 程度的位置解析度。檢測器107之檢測位置的移動係可藉由使光檢測器的信號輸出位置變化來達成。

【0036】當使四極場的強度變化時，四極場會與原本的無像散條件不符。因此，為了抵消因四極場的強度變化而產生的一次電子線的像散，於是設置像散校正器111。像散校正器111係連接於動作控制部150，像散校正器111抵消一次電子線之像散的校正動作係被動作控制部150所控制。更具體而言，動作控制部150係以使像散校正器111的校正強度與四極場的強度的變化同步的方式使像散校正器111抵消因四極場的強度變化而產生的一次電子線的像散。像散校正器111係配置於電子槍101與維恩過濾器108之

間。若為如此的配置，由於像散校正器111僅對一次電子線作用而不影響到反射電子，所以可達到對一次電子線之像散的校正。

【0037】一般於電子分光系統中，大多為將檢測器僅配置於一個部位，藉由掃掠分光器之偏向強度而獲得能量頻譜的方式。現今的情形亦藉由一面使維恩過濾器之均勻場成分 E_1 、 B_1 滿足維恩條件一面進行掃掠，而能夠以設置於某一處的檢測器取得頻譜。而且，藉由同步於該均勻場成分 E_1 、 B_1 的掃掠來使四極場變化，能夠在所有的能量實現高能量解析度。但是，不期望會於測量能量頻譜的時間帶使均勻場成分 E_1 、 B_1 變化。原因在於，由於一般而言於維恩過濾器會有磁飽和、磁束洩漏的現象，所以在依據預先計算的數值所達成的電壓值、依據激磁值所為之控制的基礎下，難以嚴密地保持相對於一次電子線的均衡條件的緣故。藉由此效果，當使均勻場成分 E_1 、 B_1 變化時，就會發生成為能量解析之對象的試料上的視野於掃掠中移動的現象。本實施型態中，於四極場的強度的掃掠中，維恩過濾器108的均勻場成分 E_1 、 B_1 為固定。雖然在測量能量頻譜的期間四極場的強度會變化，然而不會有四極場使一次電子線偏向的效果。因此，不須特別的控制就能夠嚴密地固定掃掠四極場之強度時的視野。

【0038】接著，針對其他的實施型態進行說明。第6圖中，藉由維恩過濾器108所分散之反射電子之依各能量的聚焦位置嚴密來說是沿著某曲面排列，而在近似上，此曲面係可作為平面來處理。此現象係相當於通常的軸對稱透鏡之像面彎曲像差。因此，若設置與此曲面或平面一致之檢測器107的檢測面107a，則不須掃掠四極場的強度，就能夠於所有的能量值使反射電子同時聚焦於檢測器107的檢測面107a上。結果，可獲得最佳的能量

解析度。因此，如第7圖所示，一實施型態中，檢測器107具有於預先決定的能量範圍(例如 E_0 至 $0.4E_0$ 為止的範圍)中依各能量的聚焦位置實質上一致的檢測面107a。此檢測面107a係由曲面或平面構成。檢測面107a係沿著反射電子的聚焦面，亦即沿著包含藉由維恩過濾器108所分散之反射電子之複數個聚焦位置的面來配置。反射電子的聚焦面係可從維恩過濾器108之動作的模擬來決定。

【0039】 第7圖所示的實施型態中，維恩過濾器108的四極場係不符合無像散條件，因此，必須藉由像散校正器111來抵消一次電子線的像散。本實施型態中，由於四極場的強度已固定，所以於能量頻譜的測量中不須使像散校正器111的校正強度變化。

【0040】 檢測器107的檢測面107a係相對於光軸傾斜。從以平面構成檢測面107a時的光軸所測量到的角度係依據維恩過濾器108與分路器115的形狀、進入維恩過濾器108之反射電子的開角、要解析之能量範圍而改變起來。就典型值而言，檢測面107a相對於光軸的角度為 $10^\circ \pm 5^\circ$ 左右。若維恩過濾器108的形狀等的上述參數經決定，則此角度可被特意地決定。

【0041】 上述的實施型態係以本發明所屬技術領域中具有通常知識者能夠實施本發明為目的所記載者。若是從事本項領域之業者當然可達成上述實施型態之各種變化例，且本發明之技術思想亦可適用於其他的實施型態。因此，本發明並不限定於所記載的實施型態，而係可解釋為依照申請專利範圍所定義之技術思想的最寬廣的範圍者。

【符號說明】

【0042】

101	電子槍
102	聚光透鏡系統
103	一次電子線
104、104a	反射電子線
105	物鏡
106	試料
107	檢測器
107a	檢測面
108	維恩過濾器
109	極
109a	線圈
109b	斜面
110	反射電子光圈
111	像散校正器
112	偏向器
115	分路器
116	狹縫
117	通孔
121	圖像化裝置
150	動作控制部

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種測量反射電子的能量頻譜的裝置，係具備：

電子線源，係用以產生一次電子線；

電子光學系統，係將前述一次電子線導至試料並使之收斂且偏向；以及

能量分析系統，係能夠檢測出從前述試料產生的反射電子的能量頻譜；

前述能量分析系統係具備：

維恩過濾器，係使前述反射電子分散；

檢測器，係用以測量藉由前述維恩過濾器所分散之反射電子的能量頻譜；以及

動作控制部，係一面使前述維恩過濾器之四極場的強度變化，一面與前述四極場的強度的變化同步地使前述檢測器的前述反射電子的檢測位置移動。

【第2項】 如申請專利範圍第1項所述之裝置，其中，前述動作控制部係以使反射電子在前述檢測位置聚焦的方式，一面使前述維恩過濾器之四極場的強度變化，一面與前述四極場的強度的變化同步地使前述檢測器的前述反射電子的檢測位置移動。

【第3項】 一種測量反射電子的能量頻譜的裝置，係具備：

電子線源，係用以產生一次電子線；

電子光學系統，係將前述一次電子線導至試料並使之收斂且偏向；以及

能量分析系統，係能夠檢測出從前述試料產生的反射電子的能量頻譜；

前述能量分析系統係具備：

維恩過濾器，係使前述反射電子分散；

檢測器，係用以測量藉由前述維恩過濾器所分散之反射電子的能量頻譜；以及

動作控制部，係一面使前述維恩過濾器之四極場的強度變化，一面與前述四極場的強度的變化同步地使前述檢測器的前述反射電子的檢測位置移動；以及

像散校正器，係配置在前述電子線源與前述維恩過濾器之間，且前述像散校正器係以與前述四極場的強度的變化同步而抵消一次電子線之像散的方式動作。

【第4項】 一種測量反射電子的能量頻譜的裝置，係具備：

電子線源，係用以產生一次電子線；

電子光學系統，係將前述一次電子線導至試料並使之收斂且偏向；以及

能量分析系統，係能夠檢測出從前述試料產生的反射電子的能量頻譜；

前述能量分析系統係具備：

維恩過濾器，係使前述反射電子分散；

檢測器，係用以測量藉由前述維恩過濾器所分散之反射電子的能量頻譜；

動作控制部，係一面使前述維恩過濾器之四極場的強度變化，一面與前述四極場的強度的變化同步地使前述檢測器的前述反射電子的檢測位置移動；以及

分路器，係配置在前述維恩過濾器之出口側；其中，

前述分路器係具有朝前述反射電子所分散的方向延伸的狹縫。

【第5項】 一種測量反射電子的能量頻譜的裝置，係具備：

電子線源，係用以產生一次電子線；

電子光學系統，係將前述一次電子線導至試料並使之收斂且偏向；以及

能量分析系統，係能夠檢測出從前述試料產生的反射電子的能量頻譜；

前述能量分析系統係具備：

維恩過濾器，係使前述反射電子分散；以及

檢測器，係用以測量藉由前述維恩過濾器所分散之反射電子的能量頻譜；

前述檢測器係具有實質上與前述經分散之反射電子之依能量而定的聚焦位置一致的檢測面；

前述檢測器的檢測面為平面，前述檢測面相對於光軸的角度為 $10^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 的範圍內。

【第6項】 如申請專利範圍第5項所述之裝置，其中，前述能量分析系統更具備有配置在前述電子線源與前述維恩過濾器之間的像散校正器。

【第7項】 如申請專利範圍第5項所述之裝置，其中，前述能量分析系統更具備有配置在前述維恩過濾器之出口側的分路器，

前述分路器係具有朝前述反射電子所分散的方向延伸的狹縫。

【第8項】 一種測量反射電子的能量頻譜的方法，係包含：

將藉由電子線源所產生的一次電子線導至試料；

藉由維恩過濾器使從前述試料所產生的反射電子分散；

以檢測器測量前述經分散的反射電子的能量頻譜；

在前述能量頻譜的測量中，一面使前述維恩過濾器的四極場的強度變化，一面與前述四極場的強度的變化同步地使前述檢測器的前述反射電子的檢測位置移動。

【第9項】 如申請專利範圍第8項所述之方法，其中，前述一面使前述維恩過濾器的四極場的強度變化，一面與前述四極場的強度的變化同步地使前述檢測器的前述反射電子的檢測位置移動的步驟，係在前述能量頻譜的測量中，以使反射電子在前述檢測位置聚焦的方式，一面使前述維恩過濾器之四極場的強度變化，一面與前述四極場的強度的變化同步地使前述檢測器的前述反射電子的檢測位置移動的步驟。

【第10項】 如申請專利範圍第8項所述之方法，其更包含與前述四極場的強度的變化同步，而以像散校正器來抵消一次電子線的像散的步驟。

【第11項】 一種測量反射電子的能量頻譜的方法，係包含下列步驟：

將藉由電子線源所產生的一次電子線導至試料；

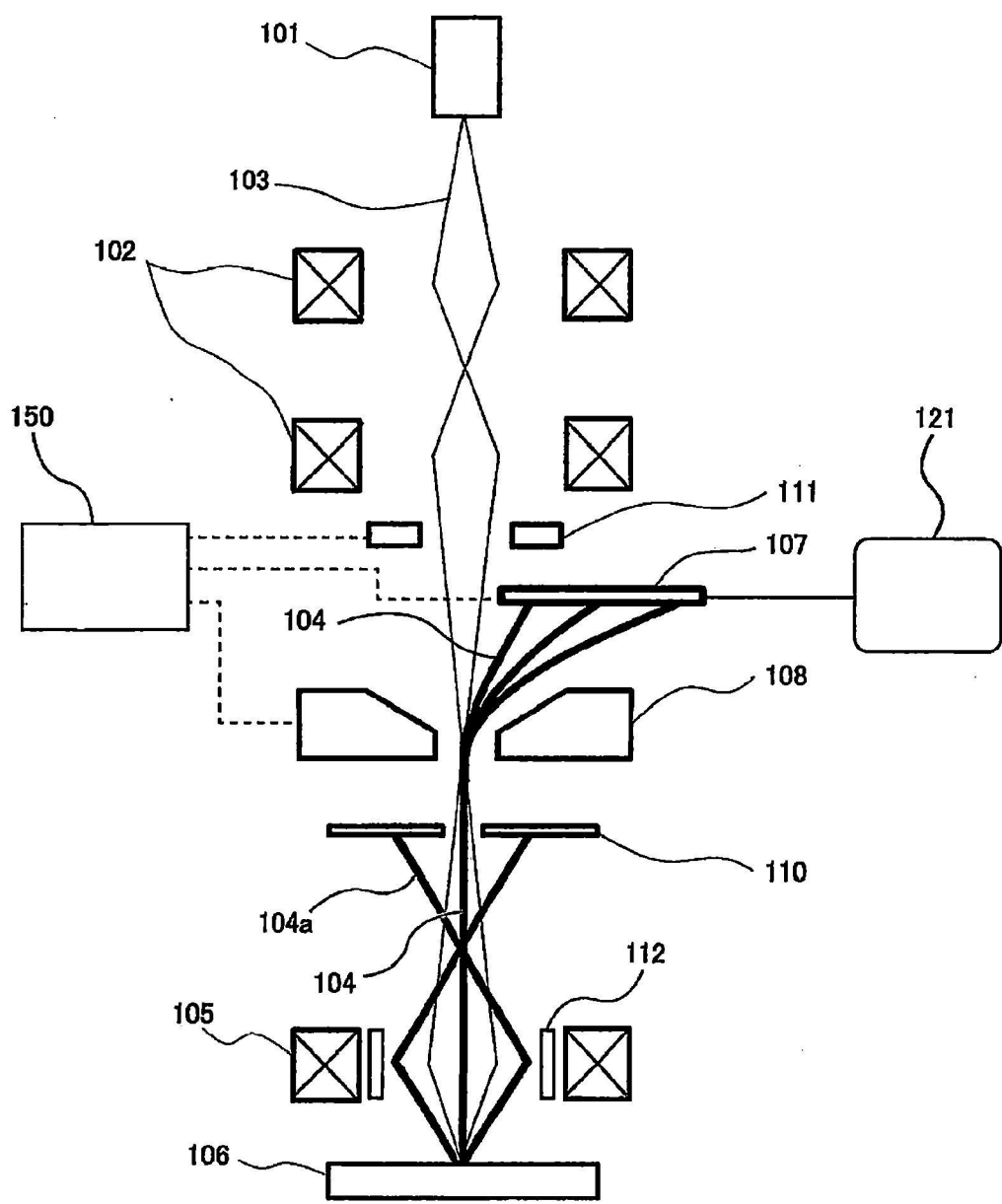
藉由維恩過濾器使從前述試料所產生的反射電子分散；及

以檢測器測量前述經分散的反射電子的能量頻譜的步驟；且

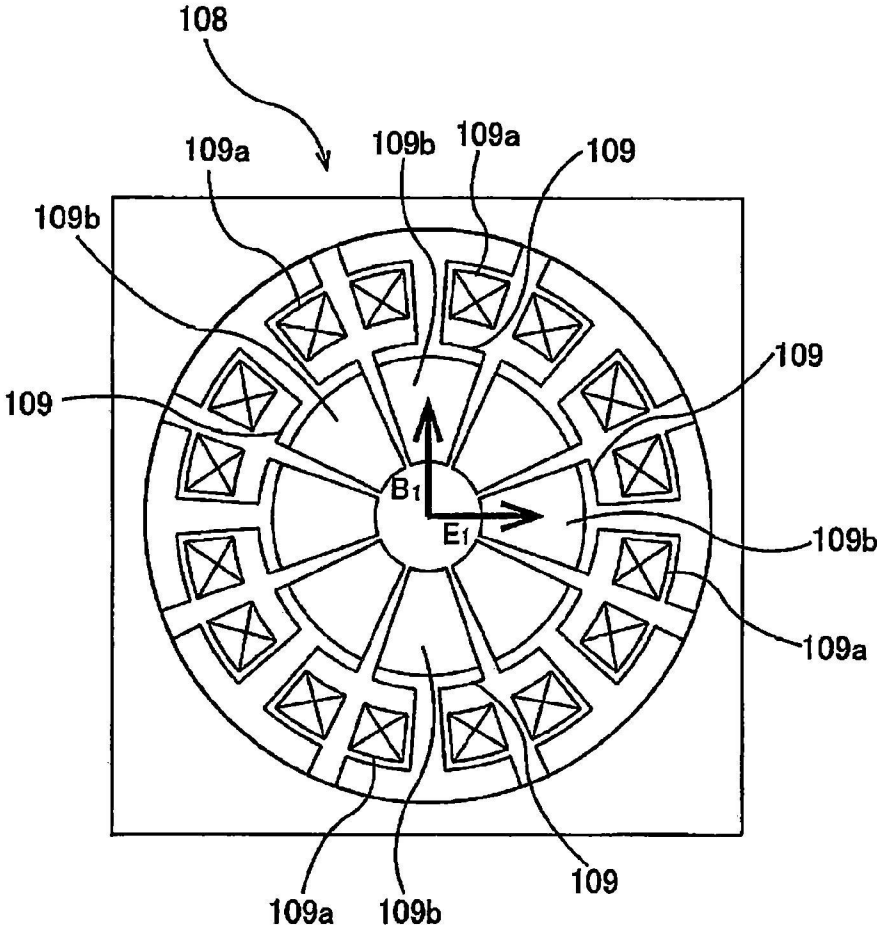
前述檢測器係具有實質上與前述經分散之反射電子之依能量而定的聚焦位置一致的檢測面；

前述檢測器的檢測面為平面，前述檢測面相對於光軸的角度為 $10^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 的範圍內。

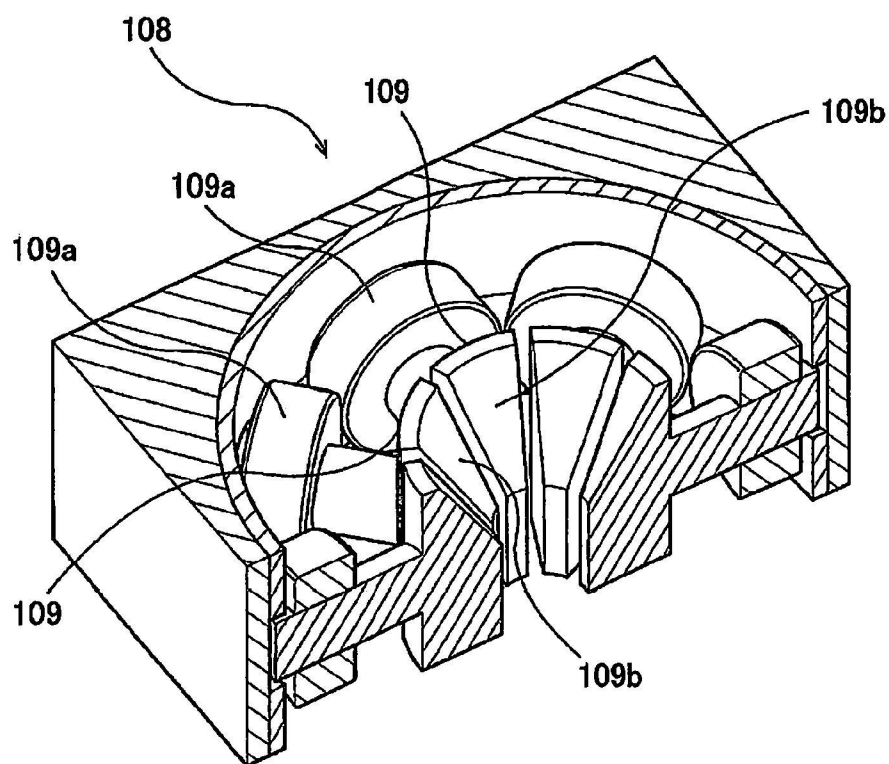
【發明圖式】



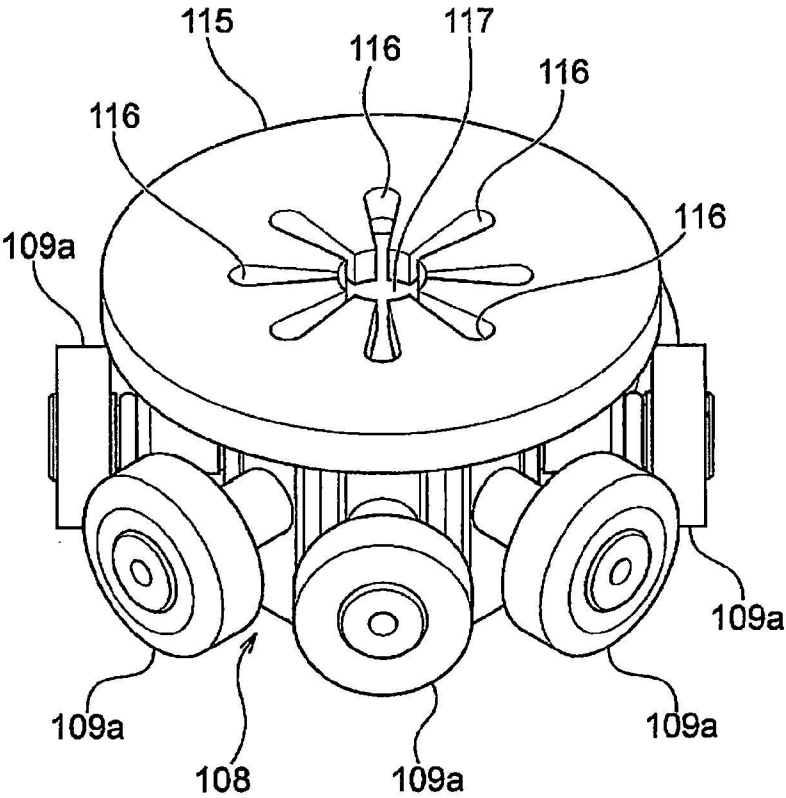
【第1圖】



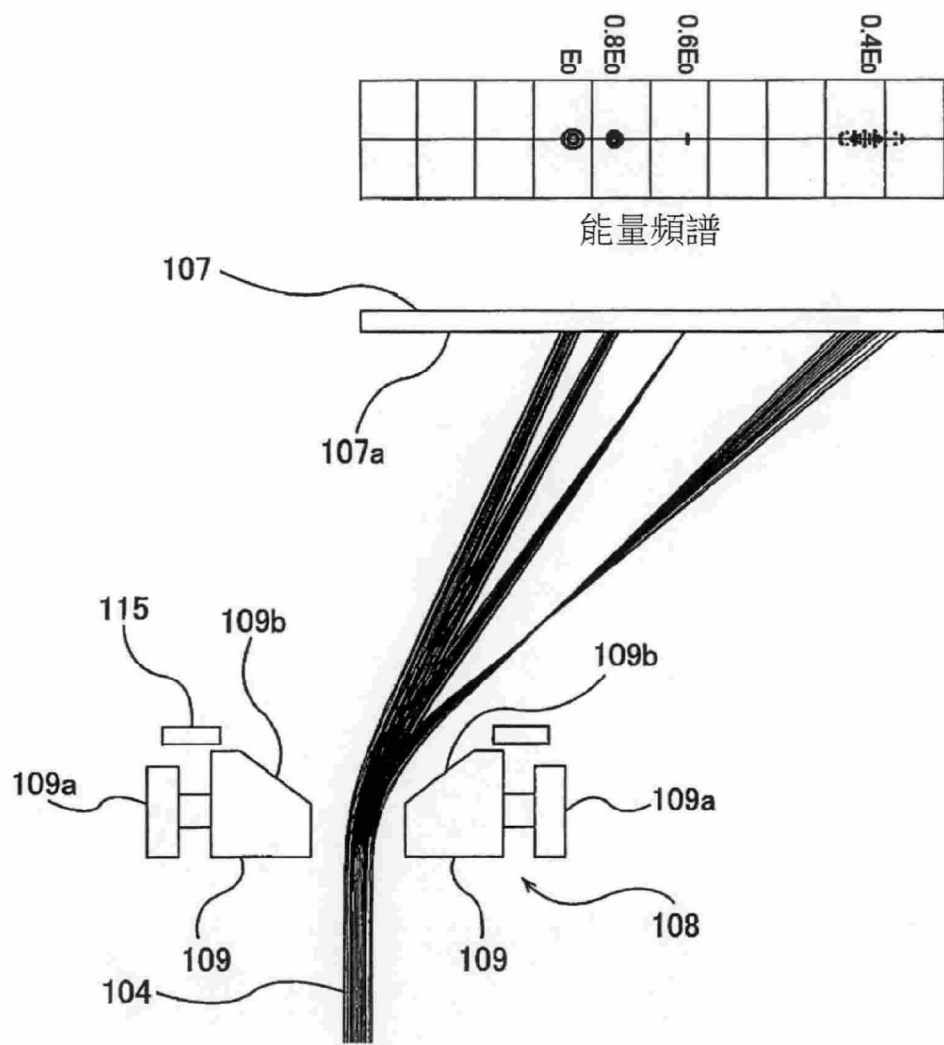
【第2圖】



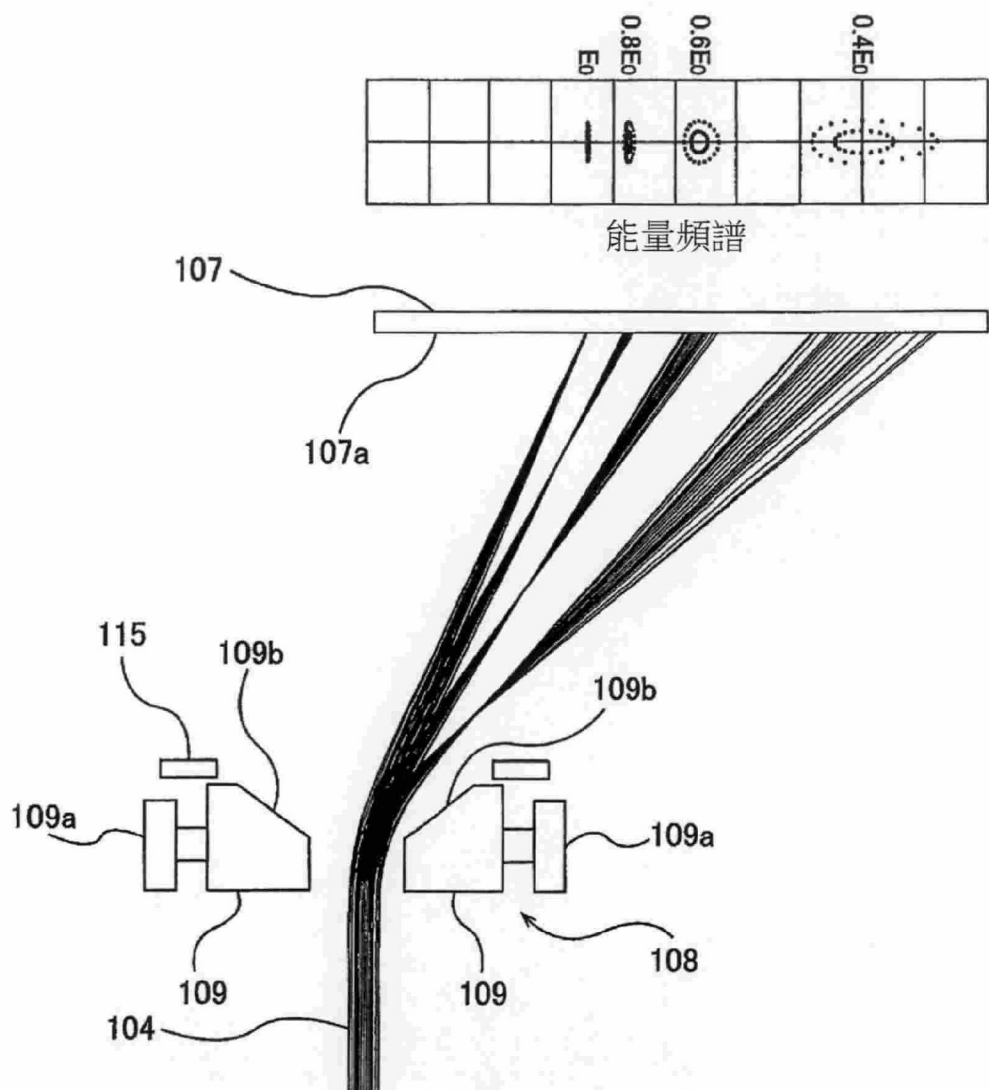
【第3圖】



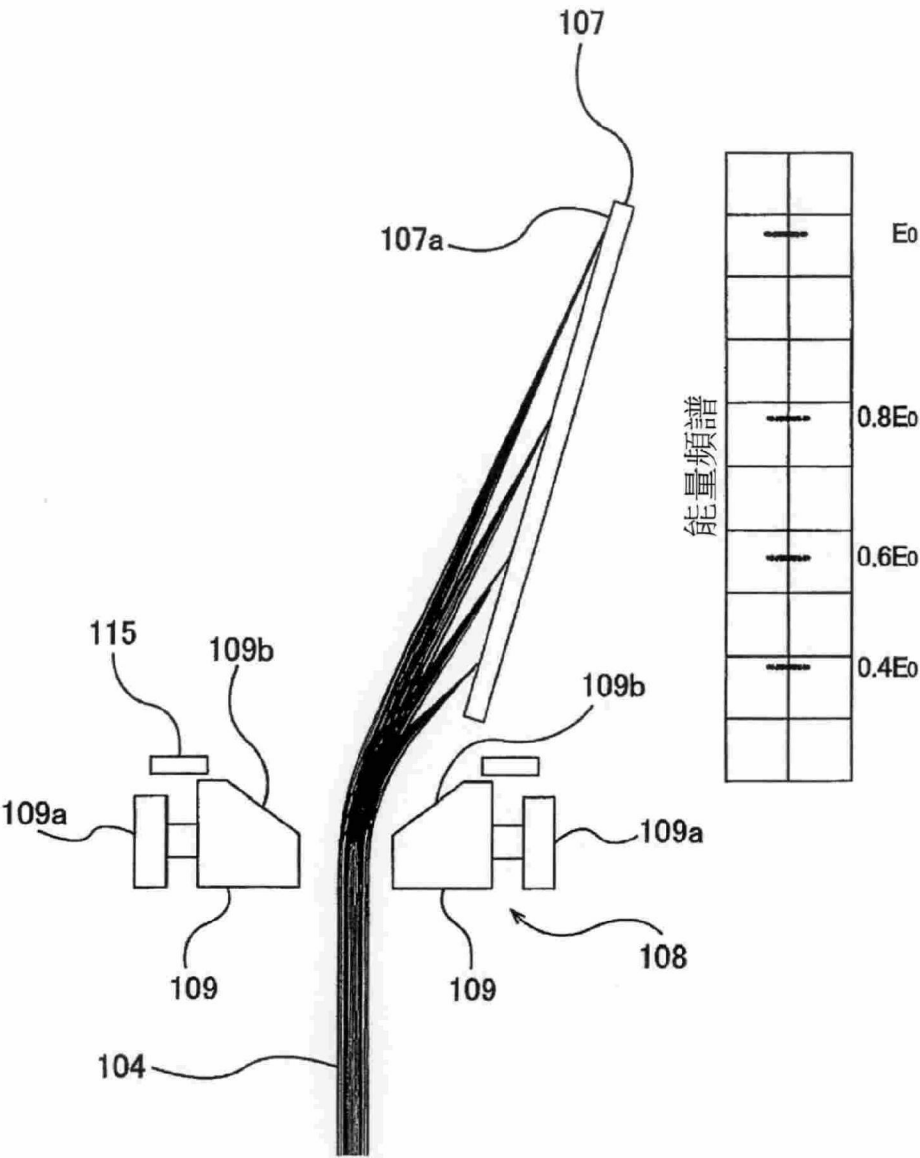
【第4圖】



【第5圖】



【第6圖】



【第7圖】