



(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 I751362 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：107126417

(22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 07 月 31 日

(51)Int. Cl. : H01J37/073 (2006.01)

H01J37/075 (2006.01)

H01J37/145 (2006.01)

H01J37/244 (2006.01)

H01J37/28 (2006.01)

G01N23/2251(2018.01)

(30)優先權：2017/08/02 美國

15/666,666

(71)申請人：美商克萊譚克公司 (美國) KLA-TENCOR CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：姜 辛容 JIANG, XINRONG (US)；希爾斯 克里斯多福 SEARS, CHRISTOPHER (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 201245698A

US 7821187B1

US 9053900B2

US 2007/0235646A1

US 2010/0270468A1

審查人員：曾宏仁

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：13 共 43 頁

(54)名稱

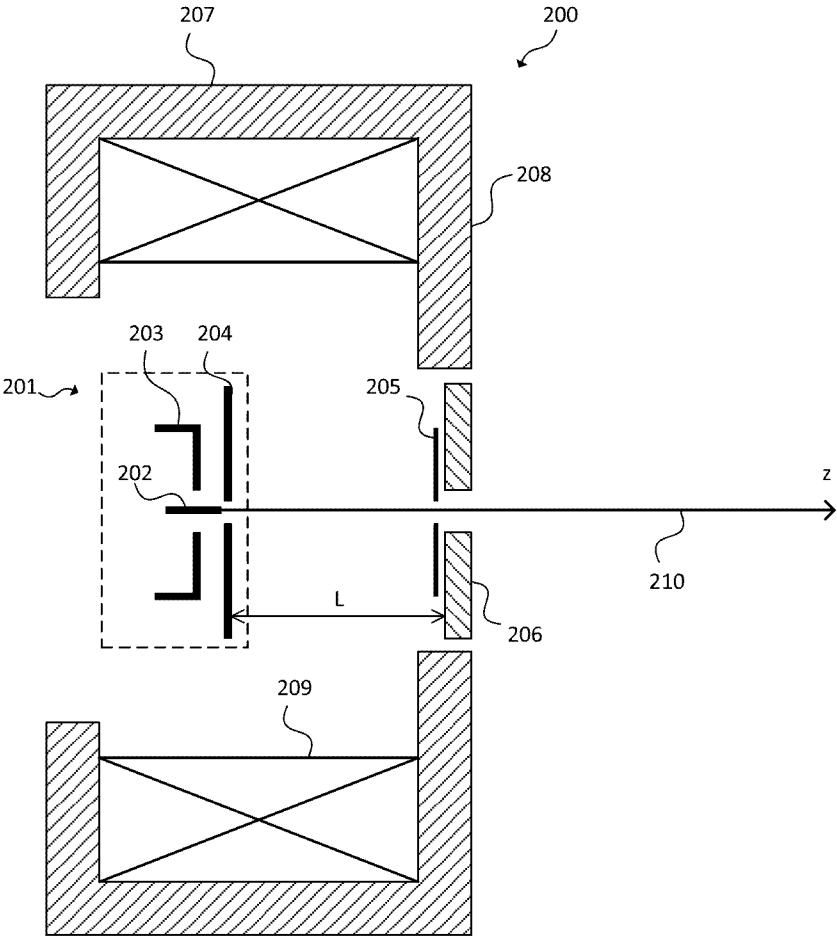
電子束設備，掃描電子顯微鏡及電子束方法

(57)摘要

一種磁槍透鏡及一種靜電槍透鏡可用於一電子束設備且可有助於在掃描電子顯微鏡、檢查及/或檢驗使用中為所有可用電子束電流提供高解析度。一提取射束可使用該磁槍透鏡經由一射束限制孔徑而導引在一晶圓處。該電子束亦可在該電子束通過該射束限制孔徑之後通過一靜電槍透鏡。

A magnetic gun lens and an electrostatic gun lens can be used in an electron beam apparatus and can help provide high resolutions for all usable electron beam currents in scanning electron microscope, review, and/or inspection uses. An extracted beam can be directed at a wafer through a beam limiting aperture using the magnetic gun lens. The electron beam also can pass through an electrostatic gun lens after the electron beam passes through the beam limiting aperture.

指定代表圖：



【圖3】

符號簡單說明：

- 200:磁槍
- 201:電子源
- 202:發射尖端
- 203:抑制器
- 204:提取器
- 205:射束限制孔徑 (BLA)
- 206:接地電極
- 207:磁槍透鏡(MGL)
- 208:極片
- 209:線圈
- 210:電子發射射束
- L:間隙距離
- z:光軸



I751362

【發明摘要】

【中文發明名稱】

電子束設備，掃描電子顯微鏡及電子束方法

【英文發明名稱】

ELECTRON BEAM APPARATUS, SCANNING ELECTRON
MICROSCOPE AND ELECTRON BEAM METHOD

【中文】

一種磁槍透鏡及一種靜電槍透鏡可用於一電子束設備且可有助於在掃描電子顯微鏡、檢查及/或檢驗使用中為所有可用電子束電流提供高解析度。一提取射束可使用該磁槍透鏡經由一射束限制孔徑而導引在一晶圓處。該電子束亦可在該電子束通過該射束限制孔徑之後通過一靜電槍透鏡。

【英文】

A magnetic gun lens and an electrostatic gun lens can be used in an electron beam apparatus and can help provide high resolutions for all usable electron beam currents in scanning electron microscope, review, and/or inspection uses. An extracted beam can be directed at a wafer through a beam limiting aperture using the magnetic gun lens. The electron beam also can pass through an electrostatic gun lens after the electron beam passes through the beam limiting aperture.

【指定代表圖】

圖3

【代表圖之符號簡單說明】

200 磁槍

201	電子源
202	發射尖端
203	抑制器
204	提取器
205	射束限制孔徑(BLA)
206	接地電極
207	磁槍透鏡(MGL)
208	極片
209	線圈
210	電子發射射束
L	間隙距離
z	光軸

【發明說明書】

【中文發明名稱】

電子束設備，掃描電子顯微鏡及電子束方法

【英文發明名稱】

ELECTRON BEAM APPARATUS, SCANNING ELECTRON MICROSCOPE AND ELECTRON BEAM METHOD

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種電子束設備。

【先前技術】

【0002】 半導體製造行業之演進對於良率管理及詳言之對於度量及檢驗系統提出甚至更大要求。當晶圓大小增加時臨界尺寸收縮。經濟因素正驅動行業減少用於達成高良率、高價值產品的時間。因此，最小化自偵測到良率問題至解決該問題的總時間判定半導體製造商之投資回報率。

【0003】 微米及奈米級製程控制、檢驗或構造常常使用一電子束來進行，該電子束係在一電子束設備中產生及聚焦，該電子束設備諸如電子顯微鏡或電子束圖案產生器。電子或其他帶電粒子束與光子束相比較歸因於其短波長而提供優良空間解析度。

【0004】 可使用掃描電子顯微鏡(SEM)來檢驗晶圓。圖1展示SEM中之習知電子束設備100，其具有電子源101、電子束光學管柱102 (以虛線展示)及樣本103。電子源101可為熱場發射(TFE)源。樣本103可為半導體晶圓。電子束光學管柱102通常具有多個靜電及/或磁透鏡及多個孔徑。電子束設備100之效能最佳藉由在樣本處之電子束光斑大小(d)對遞送至樣本的光束電流來表徵，此係因為前者影響解析度且後者影響輸送量。效能(d對光束電流或 $d=f(\text{光束電流})$)係藉由電子源101及藉由電子束光學管柱

102兩者而判定。

【0005】 為覆蓋SEM檢查及檢驗之廣泛應用，光束電流在微微安培(pA)至數百毫微安培(nA)間變化。對於每一光束電流，在樣本處的光學光斑大小(d)應減至最小以達到最高解析度。出於此等原因，圖1中射束限制孔徑104用以產生原始光束電流(例如至樣本103之最高可能光束電流)，且管柱孔徑106用以藉由改變槍透鏡強度以移動第一交叉109 (XO1)位置而自原始光束電流選擇光束電流。光束電流藉由源之發射角 α 界定或表徵，運用發射角 α ，源以光學方式與管柱相關。給定所選擇光束電流，聚光器透鏡107用以選擇穿過物鏡108之最佳化數值孔徑(NA)，從而將射束聚焦至樣本103。運用最佳化NA (或圖1中之 β)，管柱透鏡像差及電子之間的庫侖相互作用被平衡，且總的光斑大小減至最小。聚光器透鏡107與物鏡108之間的電子束輪廓可具有交叉110(XO2)或不具有交叉。

【0006】 用於發射並聚焦電子束的靜電槍可由電子源101(例如發射尖端、抑制器及提取器)及靜電槍透鏡105組成。靜電槍透鏡105可包括接地電極及接地電極之間的聚焦電極。聚焦電壓經施加於聚焦電極上。可包括可接地之射束限制孔徑104。

【0007】 自應用觀點來看，電子束設備可在低於子毫微安培之低射束電流情況下用作SEM平台、在子nA至nA中之中射束電流情況下用作檢查平台，或在nA至數百nA中之高射束電流情況下用作檢驗平台。此可覆蓋實體缺陷檢驗、熱點檢驗、電壓對比度檢驗或其他技術。

【0008】 習知電子束設備之缺點係光學效能在具有狹窄射束電流範圍之應用中的一者中經最佳化或限制。舉例而言，SEM檢查工具可在低射束電流或中射束電流情況下提供具有高解析度之可接受效能，但在高射束

電流情況下提供不良效能。在另一實例中，檢驗工具可在高射束電流情況下提供可接受效能，但在低射束電流或中射束電流情況下提供不良效能。圖2展現圖1中之電子束設備100的模擬效能，其展示光斑大小如何隨射束電流之完整範圍變化。圖1中之TFE 電子源101及靜電槍透鏡(EGL)105用於圖2之模擬。類似SEM之低射束電流電子束平台可在運用圖1之電子束設備100情況下具有良好效能，但類似檢驗之高射束電流電子束平台可具有不良效能。

【0009】 運用自微微安培至數百毫微安培之不同電子束電流，電子束設備可廣泛用於半導體晶圓臨界尺寸掃描電子顯微法、檢查及/或檢驗。電子束儀器開發者已尋求將所有此等應用組合至對於每一使用具有高解析度之一個機器中。然而，此具有挑戰性，此係因為電子束解析度隨電子束電流變化。因此，需要改良之電子束設備。

【發明內容】

【0010】 在第一個例中，提供一種電子束設備。該電子束設備包含一電子源、一第一靜電陽極、安置於該靜電陽極與該電子源之間的一射束限制孔徑、包括複數個極片及線圈的一磁槍透鏡、安置於該射束限制孔徑與該第一靜電陽極之一相對側的一靜電槍透鏡，及一第二靜電陽極。該電子源包括經組態以發射電子之一尖端、一抑制器及一提取器。該第一靜電陽極接地。該磁槍透鏡安置於該電子源、第一靜電陽極及射束限制孔徑之任一側。該第二靜電陽極接地且安置於該靜電槍透鏡與該第一靜電陽極之一相對側。一掃描電子顯微鏡可包括此電子束設備。

【0011】 該電子束設備可進一步包括經組態以固持一晶圓之一卡盤、一聚光器透鏡、安置於該卡盤與該聚光器透鏡之間的一物鏡，及安置

於該第二靜電陽極與該聚光器透鏡之間的一管柱孔徑。該電子束設備可經組態以使該電子束成形以具有在該靜電槍透鏡與該管柱孔徑之間的一第一交叉及在該聚光器透鏡與該物鏡之間的一第二交叉。

【0012】 該電子源可為一冷場發射源或一熱場發射源。

【0013】 在第二實施例中，提供一種方法。在該方法中，運用一電子源產生一電子束。該電子束係用一提取器提取。該電子束係使用一磁槍透鏡經由一射束限制孔徑導引在一晶圓處，該磁槍透鏡包括複數個極片及線圈且安置於該射束限制孔徑之任一側。該電子束在該電子束通過該射束限制孔徑之後通過一靜電槍透鏡。

【0014】 該電子束可用以產生該晶圓之一影像。

【0015】 在一個例中，該磁槍透鏡經啟動且該靜電槍透鏡未經啟動。

【0016】 磁槍透鏡可經組態以運用一射束電流切換速度選擇一射束電流。

【0017】 該電子束可在該電子束到達該晶圓之前通過一管柱孔徑、一聚光器透鏡及一物鏡。該電子束可經組態以具有在該射束限制孔徑與該管柱孔徑之間的一第一交叉及在該聚光器透鏡與該物鏡之間的一第二交叉。

【0018】 該靜電槍透鏡可經組態以運用一射束電流切換速度選擇一射束電流。

【0019】 該磁槍透鏡及該靜電槍透鏡可經組態以運用一射束電流切換速度選擇一射束電流。該電子源可為一冷場發射源。

【0020】 該電子束之一射束電流可為自0.001 nA至500 nA且電子束

之解析度可為自20 nm至80 nm。切換射束電流可發生在一秒或少於一秒中。

【圖式簡單說明】

【0021】 為更全面理解本發明之性質及目標，應結合隨附圖式參考以下實施方式，在隨附圖式中：

圖1為電子束設備中之光學件的圖；

圖2為在具有圖1之熱場發射器電子源及電子槍的電子束設備中光斑大小對射束電流的圖表；

圖3為根據本發明之具有電子源、靜電陽極(接地電極)及磁槍透鏡的磁槍之實施例之方塊圖；

圖4為具有圖3之磁槍的電子束設備之實施例的方塊圖，其中磁槍透鏡經組態以選擇射束電流；

圖5為針對在電子束光學管柱中獨立地使用靜電槍透鏡及磁槍透鏡的光斑大小對射束電流之圖表；

圖6為其中具有較高亮度之冷場發射源與磁槍透鏡一起使用的圖4之電子束設備的實施例之光學效能的圖表；

圖7為圖4之電子束設備的實施例之方塊圖，展示運用冷場發射源情況下電子之間的庫侖相互作用之影響的減小；

圖8為根據本發明之具有磁及靜電透鏡之裝備冷場發射源之混合槍的實施例之方塊圖；

圖9為具有圖8之裝備冷場發射源之混合槍的電子束設備的實施例之方塊圖；

圖10為展示圖8及圖9之實施例的光斑大小對射束電流效能及比較的

圖表；

圖11為展示在混合光學操作情況下圖8及圖9之實施例的光斑大小對射束電流效能及比較的圖表；

圖12為根據本發明之方法的實施例之流程圖；且

圖13為根據本發明之掃描電子顯微鏡系統的實施例。

【實施方式】

【0022】 儘管就某些實施例而言將描述所主張之主題，但其他實施例，包括不提供本文所闡述之所有益處及特徵的實施例，亦在本發明之範疇內。可變化各種結構、邏輯、程序步驟及電子件而不背離本發明之範疇。因此，僅參考隨附申請專利範圍界定本發明之範疇。

【0023】 本文所揭示之實施例可在SEM、檢查及/或檢驗使用中對於所有可用射束電流達成高解析度。本文所揭示之實施例的光學效能提供優於先前設計的優點。

【0024】 電子束設備之樣本處的光斑大小(d)通常包括五個光斑大小分量。此等為方程式1中之源影像 d_g 、方程式2中之繞射像差模糊 d_λ 、方程式3中之色像差模糊 d_c 、方程式4中之球面像差模糊 d_s ，及電子之間的庫侖相互作用之模糊 d_{CI} 。稍後將在本發明內描述模糊 d_{CI} 。

$$d_g \propto \left(\frac{BC}{\beta^2 Br} \right)^{1/2} \quad \text{方程式 1}$$

$$d_\lambda \propto \frac{1}{\beta} \quad \text{方程式 2}$$

$$d_c \propto Cc * \Delta E * \beta \quad \text{方程式 3}$$

$$d_s \propto Cs * \beta^3 \quad \text{方程式 4}$$

【0025】 在方程式1至4中，BC為射束電流， β 為在樣本處之射束會聚角(亦即，數值孔徑NA)，Br為源亮度， ΔE 為源能量散佈，且Cc及Cs分

別為總色像差係數及總球面像差係數。在方程式5及6中界定， C_c 及 C_s 分別包括槍及物鏡色像差係數及球面像差係數。

$$C_c = C_{c_{OL-sp}} + C_{c_{gun-sp}} \quad \text{方程式 5}$$

$$C_s = C_{s_{OL-sp}} + C_{s_{gun-sp}} \quad \text{方程式 6}$$

【0026】在方程式5及6中， $C_{c_{OL-sp}}$ ($C_{s_{OL-sp}}$)及 $C_{c_{gun-sp}}$ ($C_{s_{gun-sp}}$)分別為物鏡及槍透鏡之色(球面)像差係數。此等變數可在最終影像(例如樣本)側處計算。

【0027】電子槍之效能分別藉由槍透鏡之色像差係數及球面像差係數(亦即， $C_{c_{gun-objt}}$ 及 $C_{s_{gun-objt}}$)表徵。此等變數可在槍透鏡之目標側(例如源側)處計算。因此，自槍透鏡像差資訊($C_{c_{gun-objt}}$ 及 $C_{s_{gun-objt}}$)至最終影像(樣本)側的變換在方程式7及8中藉由管柱光學放大率 M 相關。

$$C_{c_{gun-sp}} \propto M^2 * C_{c_{gun-objt}} \quad \text{方程式 7}$$

$$C_{s_{gun-sp}} \propto M^4 * C_{s_{gun-objt}} \quad \text{方程式 8}$$

$$M \propto \left(\frac{BC}{Ja} \right)^{1/2} \quad \text{方程式 9}$$

【0028】在方程式7至9中，給定具有固定角強度 Ja (或固定源亮度 Br)之電子源，光學放大率 M 隨射束電流 BC 變化。應注意射束電流可藉由電子束應用之需求而選擇。如使用方程式7至9所顯示，升高射束電流(或升高機器輸送量)的代價係放大槍透鏡像差至最終影像(或失去機器解析度)。此可應用於本文所揭示之實施例中。

【0029】在基於TFE之電子源中，方程式9中之角強度 Ja 可為大約0.3至0.6毫安/sr。在運用TFE源情況下管柱中的光學放大率(諸如圖1中)可分成： $M \ll 0.05$ ，對於運用低於子毫微安培之射束電流的SEM使用； $0.01 < M < 0.2$ ，對於運用自子毫微安培至毫微安培之射束電流的檢查使

用；及 $0.1 < M < 1.0$ ，對於運用自毫微安培至數百毫微安培之射束電流的檢驗使用。

【0030】在電子束光學管柱中，每一光斑大小分量 d_g 、 d_λ 、 d_c 及 d_s 對總光斑大小 d 之貢獻在不同射束電流範圍中係相當不同的。在不包括電子之間的庫侖相互作用情況下，總光斑大小 d 可在方程式10中而界定。

$$d = (d_g^2 + d_\lambda^2 + d_c^2 + d_s^2)^{1/2} \quad \text{方程式 10}$$

【0031】在圖2中之低射束電流方案(LBC)中，繞射模糊 d_λ 及色模糊 d_c 相比於其他占主導，如此低射束電流方案中之減至最小總光斑大小 d_{LB} 由方程式11給出。

$$d_{LB} \approx (d_\lambda^2 + d_c^2)^{1/2} \propto \Delta E^{1/2} * Cc^{1/2} \quad \text{方程式 11}$$

【0032】在方程式11中， ΔE 為能量散佈。由於射束電流對於SEM係較低的(低於 nA)，所以方程式9中之光學放大率亦可較小($M < 0.05$)。因此，在方程式5及7中，槍色像差對於最終影像(樣本)之貢獻可係可忽略的，且方程式5及11中之總色像差係數 Cc 可藉由物鏡決定(亦即， $Cc \approx Cc_{OL-sp}$)。

【0033】因此，在低射束電流方案中，光斑大小可大約與射束電流、槍透鏡像差及電子源亮度無關。

【0034】在圖2中之中射束電流方案(MBC)中，源影像 d_g 及彩色模糊 d_c 相比於其他占主導，如此中射束電流方案中之減至最小總光斑大小 d_{MB} 由方程式12給出。

$$d_{MB} \approx (d_g^2 + d_c^2)^{1/2} \propto Cc^{1/2} * \left(\frac{\Delta E}{\sqrt{Br}} \right)^{1/2} * BC^{1/4} \quad \text{方程式 12}$$

【0035】因此，中射束電流方案中之最佳化光斑大小可與射束電流及能量散佈對亮度之源比率($\Delta E/\sqrt{Br}$)同時增加。總色像差係數 Cc 可包括

槍貢獻及物鏡貢獻兩者。在增加射束電流(或方程式9中之光學放大率)情況下，槍色像差 $C_{c_{gun-objt}}$ 可或可不經充分放大以可忽略地影響及/或加權總 C_c 。其可取決於槍設計及槍透鏡像差 $C_{c_{gun-objt}}$ 。

【0036】 在圖2中之高射束電流方案(HBC)中，源影像 d_g 及球面模糊 d_s 相比於其他占主導，如此高射束電流方案中之減至最小總光斑大小 d_{HB} 由方程式13給出。

$$d_{HB} \approx (d_g^2 + d_s^2)^{1/2} \propto C_s^{1/4} * \frac{1}{Br^{3/8}} * BC^{3/8} \quad \text{方程式 13}$$

【0037】 因此，高射束電流方案中之最佳化光斑大小可隨射束電流增加並同時隨亮度減小。總球面像差係數 C_s 可包括槍貢獻及物鏡貢獻兩者。在增加射束電流(或方程式9中之 M)情況下，槍球面像差 $C_{s_{gun-objt}}$ 可或可不經充分放大以可忽略地影響及/或加權總 C_s 。其可取決於槍設計及槍透鏡像差 $C_{s_{gun-objt}}$ 。

【0038】 如圖3中所示，用於發射及聚焦電子束的磁槍200可包括磁槍透鏡(MGL)207及具有發射尖端202、抑制器203及提取器204的電子源201 (以虛線展示)。射束限制孔徑(BLA) 205可安置於接地電極206 (亦即陽極電極)側或接近於該接地電極側而安置以藉由太小孔來避免污染。磁槍透鏡207可包括極片208及線圈209。尖端202可對於給定光束能量相對於接地電極206被加負偏壓。與尖端202相比，抑制器203可被加更多負偏壓以用於使電子發射射束210成形。與尖端202相比，提取器204可被加更少負偏壓以用於強烈泵吸電子。電子源201與接地電極206之陽極電極之間的間隙距離 L 可分隔開足以避免高射束能量下的電弧。

【0039】 極片208可經設計以使沿著光軸之磁通量分配變窄並形成提取器204與射束限制孔徑205之間的磁透鏡，如稍後圖4中所示。提取器

204與射束限制孔徑205之間的虛擬磁槍透鏡位置可經最佳化以在磁槍透鏡太靠近提取器204情況下避免磁飽和並最小化槍透鏡像差係數 $C_{c_{gun-objt}}$ 及 $C_{s_{gun-objt}}$ 。愈接近於射束限制孔徑205，係數可愈大。冷卻板或冷卻環可包夾在磁線圈209中以當激勵安培匝在高射束能量下向上時避免過熱。線圈209及極片208可密封在空氣中以避免高真空之污染。為了最大化在聚焦射束時磁通量之使用效率，線圈環之平均直徑可減至最小以適應真空密封系統。

【0040】圖4展示在具有圖3中展示之磁槍200的電子束設備211中的光學影像形成關係，其中磁槍透鏡207用以選擇射束電流。電子束設備211可包括樣本103，其可為半導體晶圓。樣本103可固持於卡盤221上。電子束設備211亦可包括聚光器透鏡213、安置於具有樣本103之卡盤221與聚光器透鏡213之間的物鏡214，及安置於電子源201與聚光器透鏡213之間的管柱孔徑212。電子束可經成形以具有在管柱孔徑212上游之第一交叉215 (XO1)及在聚光器透鏡213與物鏡214之間的第二交叉216 (XO2)。

【0041】電子槍之光學效能藉由槍透鏡之色像差係數及球面像差係數(亦即，分別為 $C_{c_{gun-objt}}$ 及 $C_{s_{gun-objt}}$)表徵。槍透鏡之色像差係數及球面像差係數可在槍透鏡之目標側(源側)處計算。

【0042】磁槍效能大體上比靜電槍效能更佳。在圖3中展示之磁槍中的色像差係數 $C_{c_{gun-objt}}$ 及球面像差係數 $C_{s_{gun-objt}}$ 分別為大約 $10\times$ 至 $30\times$ 及大約 $50\times$ 至 $300\times$ ，其小於靜電槍中之彼等係數。此等顯著光學效能差可由以下兩個機制中之一或多者所引起，但其他機制係可能的。

【0043】首先，圖3及圖4中之磁槍透鏡中的目標距離比圖1中之靜

電槍透鏡中的目標距離短，此係因為磁透鏡中之磁聚焦場形成於圖3中的提取器與陽極之間的加速度區中且靜電透鏡中之靜電聚焦場係在陽極之後形成。因此，磁聚焦場可重疊在加速度區上方，而靜電聚焦場不能重疊在另一靜電場(亦即加速度場)上方。根據電子光學理論，目標距離愈長，像差將愈大。

【0044】 第二，磁槍透鏡中之孔大小比靜電槍透鏡中之孔大小大得多。因此，在磁聚焦場中移動的電子與在靜電聚焦場中移動的電子相比相對更近軸，如此根據電子光學理論，在前者中之第三及更高幾何像差比在後者中之彼等像差小得多。

【0045】 圖5展現使用用於圖1中之電子束光學管柱的靜電槍透鏡及用於圖4中之相同管柱的磁槍透鏡的光斑大小對射束電流比較。運用相同TFE源情況下，源能量散佈 ΔE 、亮度 Br 及角強度 Ja 在圖1及圖4光學管柱中全部相同。運用圖4中之磁槍透鏡的大解析度改良可歸因於槍透鏡像差之減小，如表1中所示。表1展示相同TFE源，但槍透鏡及射束電流可使總 Cc 及 Cs (解析度)不同。

表1

	$C_{c_{gun-objt}}$	$C_{c_{gun-objt}}$	Cc			Cs		
			LBC	MBC	HBC	LBC	MBC	HBC
圖4中的MGL管柱	1.0	1.0	$\sim C_{cOL-sp}$	$\sim C_{cOL-sp}$	$\sim C_{cOL-sp}$	$\sim C_{sOL-sp}$	$\sim C_{sOL-sp}$	$\sim C_{sOL-sp}$
圖1中之EGL管柱	10×至30×	50×至300×	$\sim C_{cOL-sp}$	$> C_{cOL-sp}$	$>> C_{cOL-sp}$	$\sim C_{sOL-sp}$	$> C_{sOL-sp}$	$>> C_{sOL-sp}$

【0046】 在表1中，在圖4中之管柱中在運用磁槍透鏡(MGL)情況下，總 Cc 及 Cs 可忽略地隨射束電流增加。物鏡像差(C_{cOL-sp} 及 C_{sOL-sp})可對於所有射束電流(或對於所有光學放大率 M)相比於槍透鏡像差($C_{c_{gun-sp}}$ 及 $C_{s_{gun-sp}}$)占主導，此係因為運用磁透鏡情況下之槍透鏡像差($C_{c_{gun-objt}}$ 及

$C_{S_{\text{gun-objt}}}$)可極大地減少。電子束設備中之光學放大率可在SEM、檢查及檢查之所有應用中在 $M \approx 0.01$ 至1.0範圍內。

【0047】 在表1中，在圖1中之管柱中的靜電槍透鏡(EGL)情況下，若在低射束電流(LBC)處，則小放大率($M \ll 0.05$)導致 $C_{c_{\text{gun-sp}}} \ll C_{c_{\text{OL-sp}}}$ 及 $C_{S_{\text{gun-sp}}} \ll C_{S_{\text{OL-sp}}}$ ，使得圖5中的光斑大小在使用靜電槍透鏡(EGL)與磁槍透鏡(MGL)之間的沒有顯著差別，此係因為最終總Cc及Cs分別約等於物鏡 $C_{c_{\text{OL-sp}}}$ 及 $C_{S_{\text{OL-sp}}}$ 。

【0048】 在表1中，在圖1中之管柱中的靜電槍透鏡(EGL)情況下，若在中射束電流(MBC)處，則增加之放大率($M = 0.02 \sim 0.2$)導致 $C_{c_{\text{gun-sp}}} \sim C_{c_{\text{OL-sp}}}$ 及 $C_{S_{\text{gun-sp}}} \sim C_{S_{\text{OL-sp}}}$ ，或總 $C_c > C_{c_{\text{OL-sp}}}$ 及 $C_s > C_{S_{\text{OL-sp}}}$ ，使得圖5中的光斑大小展示在使用靜電槍透鏡(EGL)與磁槍透鏡(MGL)之間的增加之差別。

【0049】 在表1中，在圖1中之管柱中的靜電槍透鏡(EGL)情況下，若在高射束電流處，則大放大率($M \approx 0.1$ 至1.0)導致 $C_{c_{\text{gun-sp}}} \gg C_{c_{\text{OL-sp}}}$ 及 $C_{S_{\text{gun-sp}}} \gg C_{S_{\text{OL-sp}}}$ ，或總 $C_c \gg C_{c_{\text{OL-sp}}}$ 及 $C_s \gg C_{S_{\text{OL-sp}}}$ ，使得圖5中的光斑大小展示在使用靜電槍透鏡(EGL)與磁槍透鏡(MGL)之間的大差別。

【0050】 使用基於TFE源之電子束設備中的磁槍透鏡(MGL)可並不能夠改良低射束電流中之解析度，但其改良高射束電流中之解析度，如圖5中可見。為改良涵蓋SEM、檢查及檢驗(例如實體缺陷檢驗、熱點檢驗及電壓對比度檢驗)之所有使用的完整射束電流範圍中之解析度，具有較高亮度之新的電子源可與圖4中的基於磁槍透鏡之光學管柱一起使用。該電子源可為一冷場發射(CFE)源。

【0051】 圖3中的TFE源為所謂的蕭特基發射源。蕭特基發射陰極可

屬於具有大約0.2至1.0微米之尖端半徑的ZrO/W(100)類型。藉由塗佈於W上之ZrO可降低功函數，此可允許電子在1800K之溫度下克服功函數。當提取器電壓增加以在尖端上達到1.0E+7伏/毫米量級之靜電場強度時，電子被發射且電子束輪廓藉由圖3中之抑制器電壓成形。方程式1中之源亮度及/或方程式9中之源角強度可藉由提取器電壓調變。

【0052】 CFE源係基於波機械穿隧效應。在不需要塗佈於W上之ZrO情況下，當尖端靜電場強度藉由提取器電壓增加至大於1.0E+8伏/毫米時，電子可自具有大約0.1微米之半徑的尖銳鎢尖端發射。此高場將在陰極前方的電勢壁之寬度減少至幾個奈米以使得來自費米能階之電子可藉由波機械穿隧效應穿透電勢障壁。另外，抑制器電壓可用以使電子束輪廓成形，且提取器電壓可用以調變亮度及/或角強度。

【0053】 圖4展示第一實施例，其中電子源為高亮度源，諸如CFE源，且磁槍透鏡係在圖3中組態。與TFE源相比較，CFE源可具有較窄源能量散佈、較高亮度及較低角強度，如表2中所見。歸因於運用CFE源情況下之較低Ja，光學放大率可根據方程式9在相同射束電流下係大約大√5X。運用CFE源情況下的源能量散佈與亮度之比率(ΔE/√Br)亦小√2/8X。

表2

源	ΔE	Br	Ja	ΔE/√Br	M @ 相同 BC
TFE源	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
CFE源	¼ ×	2.0 ×	0.2 ×	√2/8 ×	√5 × (方程式9)

【0054】 歸因於第一實施例中運用CFE情況下的較低角強度Ja，圖4中光學管柱中之光學放大率可大大約√5×，意謂磁槍透鏡像差Cc_{OL-objt}及Cs_{OL-objt}可經更多放大至樣本側，如可在表3中概述。

表3

源	Cc			Cs		
	LBC	MBC	HBC	LBC	MBC	HBC
TFE源	$\sim C_{COL-sp}$	$\sim C_{COL-sp}$	$\sim C_{COL-sp}$	$\sim C_{SOL-sp}$	$\sim C_{SOL-sp}$	$\sim C_{SOL-sp}$
CFE源	$\sim C_{COL-sp}$	可忽略地大 於 C_{COL-sp} ($1.0\times$ 至 $1.05\times$)	稍微大於 C_{COL-sp} ($1.05\times$ 至 $1.15\times$)	$\sim C_{SOL-sp}$	稍微大於 C_{SOL-sp} ($1.05\times$ 至 $1.15\times$)	比 C_{SOL-sp} 大($1.15\times$ 至 $1.5\times$)

【0055】對於基於磁槍透鏡之電子束設備中的TFE源，總Cc及Cs可隨射束電流可忽略地增加。因此，物鏡像差(C_{COL-sp} 及 C_{SOL-sp})可對於所有射束電流(或對於所有光學放大率M)相比於槍透鏡像差(C_{gun-sp} 及 $C_{S_{gun-sp}}$)占主導，如表1中所概述。

【0056】對於基於磁槍透鏡之電子束設備中的CFE源，若在低射束電流(LBC)處，則小放大率($M \ll 0.05$)導致 $C_{gun-sp} \ll C_{COL-sp}$ 及 $C_{S_{gun-sp}} \ll C_{SOL-sp}$ ，使得總Cc及Cs可約等於物鏡 C_{COL-sp} 及 C_{SOL-sp} 。甚至基於CFE源之管柱中的光學放大率可分別大大約 $\sqrt{5}\times$ 。

【0057】對於基於磁槍透鏡之電子束設備中的CFE源，若在中射束電流(MBC)處，則歸因於射束電流增加及角強度減少兩者的增加之放大率可導致大於基於TFE之管柱中的彼等的 C_{gun-sp} 及 $C_{S_{gun-sp}}$ 。然而，此等仍小於 C_{COL-sp} 及 C_{SOL-sp} ，此係因為基於磁槍透鏡之管柱中的 $C_{gun-objt}$ 及 $C_{S_{gun-objt}}$ 已經減少。此可分別導致稍微大於 C_{COL-sp} 及 C_{SOL-sp} 大約 $1.05\times$ 至 $1.15\times$ 的總Cc及Cs。

【0058】對於基於磁槍透鏡之電子束設備中的CFE源，若在高射束電流(HBC)處，則歸因於射束電流增加及角強度減少兩者的較大放大率可導致大於基於TFE之管柱中的彼等的 C_{gun-sp} 及 $C_{S_{gun-sp}}$ 。然而，此等可仍小於 C_{COL-sp} 及 C_{SOL-sp} ，此係因為基於磁槍透鏡之管柱中的 $C_{gun-objt}$ 及 $C_{S_{gun-objt}}$ 已經減少。此可分別導致顯著大於 C_{COL-sp} 及 C_{SOL-sp} 大約 $1.15\times$ 至 $1.5\times$ 的總Cc及Cs。

【0059】 運用在圖4中之第一實施例光學管柱中的CFE源及磁槍透鏡(MGL)，完整射束電流範圍中之解析度得以改良，如圖6中可見。

【0060】 在低射束電流(LBC)中，方程式11中給出的光斑大小 d_{LB} 係由總色像差係數 C_c 及源能量散佈 ΔE 決定。運用CFE源情況下之 ΔE 可比運用TFE源情況下之 ΔE 低大約 $0.25\times$ 。運用CFE源情況下之總 C_c 可與運用TFE源情況下之總 C_c 相同，約等於表3中之物鏡 C_{cOL-sp} 。因此，運用CFE源情況下之解析度可比運用TFE源情況下之解析度更佳。

【0061】 在中射束電流(MBC)中，方程式12中給出的光斑大小 d_{MB} 藉由總色像差係數 C_c 及源能量散佈與亮度之比率($\Delta E/\sqrt{Br}$)決定。根據表3， C_c 可僅僅可忽略地大於 C_{cOL-sp} ，(幾乎與運用TFE源情況下之 C_c 相同)。然而，運用CFE源情況下之比率 $\Delta E/\sqrt{Br}$ 可比運用TFE源情況下之比率小大約 $\sqrt{2}/8\times$ 。作為方程式12中之組合結果，運用CFE源情況下的解析度可比運用TFE源情況下之解析度更佳。

【0062】 在高射束電流(HBC)中，方程式13中給出的光斑大小 d_{HB} 係由表示為 $C_s^{1/4}$ 之總球面像差係數及表示為 $1/Br^{3/8}$ 之源亮度決定。根據表2及表3，運用CFE源情況下之 Br 可比運用TFE源情況下之 Br 大大約 $2\times$ ，但運用CFE源情況下之 C_s 可比運用TFE源情況下之 C_s 大最大 $1.5\times$ 。然而，作為方程式13中之組合結果，運用CFE源情況下之 $C_s^{1/4}/Br^{3/8}$ 仍可比運用TFE源情況下之 $C_s^{1/4}/Br^{3/8}$ 小大約15%。因此，運用CFE源情況下之解析度可比運用TFE源情況下之解析度更佳。

【0063】 除了基於CFE之管柱中之幾何像差小於圖4中的基於TFE之管柱中的彼等像差之外，在前者管柱中電子之間的庫侖相互作用之模糊 d_{CI} 小於後者管柱中之彼等，此係因為前者管柱中之電子束體積較大或電

子體積密度小於後者管柱中之彼等電子體積密度，如圖7中可見。給定相同射束電流，運用CFE情況下之發射角(α_c)可大於運用TFE情況下之發射角(α_T)，此係因為前者中之角強度低於後者中之角強度大約5×(如表2中所示)。

【0064】 在圖3及圖4之第一實施例中，運用基於CFE之磁槍透鏡的光學效能與基於TFE之磁槍透鏡管柱相比在電流密度(給定相同光斑大小、射束電流差)及解析度(給定相同射束電流、光斑大小差)兩者方面得以改良。然而，用以選擇及/或改變射束電流的快速切換可得以改良。

【0065】 舉例而言，在自高解析度模式至高輸送量模式之缺陷檢查應用中，或在自實體缺陷檢驗至電壓對比度檢驗之電子束檢驗應用中，射束電流需要以不同方式被快速改變及/或選擇。在圖3及圖4中之第一實施例中的磁槍透鏡可難以在改變及/或選擇射束電流時用作快速切換器。

【0066】 圖8展示第二實施例，其中說明具有磁及靜電透鏡以及CFE源之混合槍217。圖9中展示用於CFE-MGL/EGL混合槍之影像形成光學件。

【0067】 在圖8及圖9中之第二實施例組態及光學件中，磁槍透鏡可首先用以將電子束聚焦成遠心狀射束並利用磁透鏡中之低槍像差。靜電槍透鏡可接著用以運用快速速度選擇射束電流。

【0068】 如圖8及圖9中所見，電子束設備220可包括電子源201、第一靜電陽極206 (接地電極)、射束限制孔徑205、磁槍透鏡207、靜電槍透鏡218及第二靜電陽極219 (接地電極)。電子源201可包括經組態以發射電子之尖端202；抑制器203；及提取器204。電子源201可為冷場發射(CFE)源或熱場發射(TFE)源。該第一靜電陽極206可接地。射束限制孔徑205可

安置於第一靜電陽極206與電子源201之間。磁槍透鏡207可包括複數個極片207及線圈209。磁槍透鏡207可具有類似圖3中之設計的設計。磁槍透鏡207可安置於電子源201、第一靜電陽極206及射束限制孔徑205之任一側。靜電槍透鏡218可安置於射束限制孔徑205與第一靜電陽極206之相對側。第二靜電陽極219可接地且可安置於靜電槍透鏡218與第一靜電陽極206之相對側。

【0069】 靜電槍透鏡218可為如圖8中所示的Einzel透鏡或單電位透鏡，或加速透鏡或減速透鏡(兩電位透鏡)。靜電槍透鏡218可關於電子束路徑在射束限制孔徑205之後安置，使得射束限制孔徑205包夾在磁槍透鏡207與靜電槍透鏡218之間以控制原始射束電流。射束限制孔徑205可為在接地中的第一靜電陽極206之一部分。射束限制孔徑205可充分遠離提取器204安置以允許使用高射束能量。除極片208及線圈209以外，圖8中自尖端202至第二靜電陽極219的所有靜電組件可密封於高真空中。

【0070】 電子束設備220可進一步包括：卡盤221，其經組態以固持樣本103，諸如半導體晶圓；聚光器透鏡213；物鏡214，其安置於固持樣本103之卡盤221與聚光器透鏡213之間；及管柱孔徑212，其安置於第二靜電陽極219與聚光器透鏡213之間。電子束設備220可經組態以使電子束成形以具有在靜電槍透鏡218與管柱孔徑212之間的第一交叉215 (XO1)及在聚光器透鏡213與物鏡214之間的第二交叉216 (XO2)。

【0071】 掃描電子顯微鏡可包括本文所揭示之電子束設備(諸如圖8及圖9中之電子束設備)的實施例。

【0072】 雖然說明為磁槍透鏡(MGL)及靜電槍透鏡(EGL) MGL/EGL，但其他雙透鏡混合槍係可能的。舉例而言，MGL/MGL、

EGL/MGL或EGL/EGL。任何此等雙透鏡組合可併入於圖9中之光學件中。此等其他雙透鏡組合可涉及運用所需透鏡對替換如圖9中所說明之MGL及EGL。每一雙透鏡混合槍實施例可經組態以為一或多個應用提供可接受效能。

【0073】 圖10展示在圖8及圖9中之第二實施例光學件中的光斑大小對射束電流效能及比較。運用磁槍透鏡/靜電槍透鏡混合槍中之CFE源，大射束電流範圍(自低射束電流中之SEM、中射束電流中之檢查至高射束電流之低端中的熱點/實體缺陷檢驗)中之光學效能與快速射束電流切換能力一起得以改良。在用於正常電壓對比度檢驗之非常高射束電流方案中，解析度可比基於TFE靜電槍透鏡之光學件更佳。

【0074】 圖11展示第三實施例。在第三實施例中之光學操作為第一及第二實施例中之混合光學操作。完整射束電流方案可根據應用需求分成相對低射束電流範圍及相對高射束電流範圍。在相對低射束電流範圍中，可需要射束電流快速切換，且在相對高射束電流範圍中，可並不需要射束電流快速切換。因此，在第二實施例中之磁槍透鏡/靜電槍透鏡混合操作可用於相對低射束電流，從而利用高解析度及射束電流快速切換兩者。僅僅磁槍透鏡操作(斷開靜電槍透鏡)可用於相對高射束電流，從而獲取運用高射束電流情況下之高解析度的益處。

【0075】 比較圖11與圖10，第三實施例在大相對低射束電流範圍中改良射束電流中之解析度而不損失快速射束電流切換能力。

【0076】 圖12為方法300之實施例的流程圖。在301處，運用電子源產生電子束。在302處，電子束係運用一提取器提取。在303處，使用磁槍透鏡經由一射束限制孔徑將電子束導引在一晶圓處。磁槍透鏡包括複數

個極片及線圈且安置於射束限制孔徑之任一側。在304處，在電子束通過射束限制孔徑之後電子束通過一靜電槍透鏡。該電子束可用以產生該晶圓之一影像。

【0077】 該電子束可在該電子束到達該晶圓之前通過一管柱孔徑、一聚光器透鏡及一物鏡。在一個例中，該電子束經組態以具有在該射束限制孔徑與該管柱孔徑之間的一第一交叉及在該聚光器透鏡與該物鏡之間的一第二交叉。

【0078】 雖然磁槍透鏡及靜電槍透鏡兩者可在操作期間啟動，但靜電槍透鏡亦可在操作期間不啟動(亦即，僅僅磁槍透鏡可在操作期間啟動)。

【0079】 磁槍透鏡可經組態以運用一射束電流切換速度選擇一射束電流。該靜電槍透鏡亦可經組態以運用一射束電流切換速度選擇一射束電流。該磁槍透鏡及該靜電槍透鏡可經組態以運用一射束電流切換速度選擇一射束電流。不管磁槍透鏡及/或靜電槍透鏡是否經組態以運用射束電流切換速度選擇射束電流，電子源均可為冷場發射源。

【0080】 電子束設備可在低於子毫微安培(例如大約0.001 nA至0.1 nA)之低射束電流情況下用作SEM平台、在子nA至nA(例如大約0.05 nA至5 nA)中之中射束電流情況下用作檢查平台，或在nA至數百nA(例如大約1 nA至500 nA)中之高射束電流情況下用作檢驗平台。此可覆蓋實體缺陷檢驗、熱點檢驗、電壓對比度檢驗或其他技術。

【0081】 電子束之射束電流可自0.001 nA至500 nA。用於SEM應用之光斑大小可自35 nm至65 nm。使用本文所揭示之實施例，電子束之解析度係大約20 nm至80 nm。

【0082】在例示性檢查應用中，高解析度模式可使用大約0.05 nA至0.2 nA之射束電流，且高輸送量模式可使用大約0.5 nA至5 nA之射束電流。在例示性晶圓檢驗應用中，熱點或實體缺陷檢驗可使用大約1 nA至20 nA之射束電流，且電壓對比度檢驗有時可使用50 nA至500 nA之射束電流。在此等應用中射束電流切換可需要與秒級或少於秒級一樣快地切換。

【0083】藉由電子之間的庫侖相互作用誘發之模糊可與攜載給定射束電流的電子束之體積的大小直接相關。假設 $r(z)$ 為沿著光軸 z 的電子束之半徑，電子體積密度 $n(z)$ 由方程式14給出。

$$n(z) \propto \frac{BC}{r(z)^2} \quad \text{方程式 14}$$

【0084】電子之平均分隔距離 $d(z)$ 由方程式15給出。

$$d(z) = n(z)^{-1/3} = \frac{r(z)^{2/3}}{BC^{1/3}} \quad \text{方程式 15}$$

【0085】電子分隔距離 $d(z)$ 愈大，電子之間的庫侖力將愈弱，此係因為其與間距 $d(z)$ 之平方成反比。如圖7中所示，運用基於CFE之光學件情況下的電子分隔距離大於運用基於TFE之光學件情況下的電子分隔距離。因此，與基於TFE之光學件相比較，減少在基於CFE之光學件中的庫侖相互作用模糊。減少百分比可隨射束電流變化。射束電流愈高，可減少庫侖效應模糊愈多。在所有光斑大小對射束電流曲線中，包括電子之間的庫侖相互作用。

【0086】本文中所描述的實施例可包括一系統(諸如圖13之系統400)或在該系統中執行。系統400包括一輸出獲取子系統，其包括至少一能源及一偵測器。輸出獲取子系統可為基於電子束之輸出獲取子系統。舉例而言，在一個實施例中，導引至晶圓404之能量包括電子，且自晶圓

404偵測的能量包括電子。以此方式，能源可為電子束源402。在圖13中所展示之一個此類實施例中，輸出獲取子系統包括電子光學管柱401，其耦接至控制單元407。控制單元407可包括一或多個處理器408及一或多個記憶體409。每一處理器408可與記憶體409中之一或多者電子通信。在實施例中，一或多個處理器408以通信方式耦接。就此而言，一或多個處理器408可接收晶圓404之影像並將影像儲存在控制單元407之記憶體409中。控制單元407亦可包括與至少一個處理器408電子通信之通信埠410。

【0087】亦如圖13中所展示，電子光學管柱401包括經組態以產生藉由一或多個元件403聚焦至晶圓404之電子的電子束源402。電子束源402可包括發射器且一或多個元件403可包括例如槍透鏡(例如磁槍透鏡及/或靜電槍透鏡)、陽極、射束限制孔徑、閘閥、射束電流選擇孔徑、物鏡及/或掃描子系統。電子管柱401可包括此項技術中已知的任何其他合適之元件。雖然僅僅說明一個電子束源402，但系統400可包括多個電子束源極402。

【0088】電子束源402及元件403可為或可包括圖3及圖4中或圖8及圖9中所說明之實施例的組件。

【0089】自晶圓404返回的電子(例如二次電子)可藉由一或多個元件405聚焦至偵測器406。一或多個元件405可包括例如掃描子系統，其可為包括於一或多個元件403中之相同掃描子系統。電子管柱401可包括此項技術中已知的任何其他合適之元件。

【0090】儘管電子管柱401在圖13中展示為經組態使得電子以傾斜入射角導引至晶圓404並以另一傾斜角自晶圓散射，但應理解電子束可以任何合適的角導引至晶圓並自晶圓散射。另外，基於電子束之輸出獲取子

系統可經組態以使用多個模式以產生晶圓404之影像(例如運用不同照明角、收集角等)。基於電子束之輸出獲取子系統之多個模式可在輸出獲取子系統之任何影像產生參數方面不同。

【0091】 控制單元407可與偵測器406或系統400之其他組件電子通信。偵測器406可偵測自晶圓404之表面返回的電子，藉此形成晶圓404之電子束影像。電子束影像可包括任何合適之電子束影像。控制單元407可根據本文中所描述的實施例中之任一者而組態。控制單元407亦可經組態以使用偵測器406之輸出及/或電子束影像執行其他功能或額外步驟。

【0092】 應瞭解，控制單元407可實際上藉由硬體、軟體及韌體之任何組合實施。另外，如本文中所描述的其功能可藉由一個單元執行，或在不同組件之間分割，該等組件中之每一者可隨後藉由硬體、軟體及韌體之任何組合實施。供控制單元407實施各種方法及功能的程式碼或指令可儲存在控制器可讀儲存媒體(諸如記憶體409)中、控制單元407內、在控制單元407外部，或其組合。

【0093】 應注意，本文提供圖13以大體上說明基於電子束之輸出獲取子系統的組態。當設計商業輸出獲取系統時，本文中所描述的基於電子束之輸出獲取子系統組態可經改變以在正常執行時最佳化輸出獲取子系統之效能。另外，本文中所描述的系統或其組件可使用現有系統(例如藉由添加本文中所描述的功能性至現有系統)而實施。對於一些此類系統，本文所描述之方法可經提供為系統之視情況存在的功能性(例如外加系統之其他功能性)。

【0094】 雖然揭示為缺陷檢查系統之部分，但控制單元407或本文中所描述的方法可經組態與檢驗系統一起使用。在另一實施例中，控制單

元407或本文中所描述的方法可經組態與度量系統一起使用。因此，如本文所揭示之實施例描述可以若干方式調適用於具有不同成像能力之系統的用於分類之一些組態，該等成像能力或多或少適合於不同應用。

【0095】詳言之，本文中所描述的實施例可安裝於電腦節點或電腦叢集上，該電腦節點或電腦叢集為偵測器406之組件或耦接至偵測器406之組件，或為缺陷檢查工具、遮罩檢驗器、虛擬檢驗器或其他裝置之另一組件。以此方式，本文中所描述的實施例可產生可用於多種應用的輸出，該等應用包括但不限於晶圓檢驗、遮罩檢驗、電子束檢驗及檢查、度量或其他應用。圖13中展示的系統400之特性可如上文所描述基於其將產生輸出所針對之試樣而修改。

【0096】本文中所描述的控制單元407、一或多個其他系統或一或多個其他子系統可採取各種形式，包括個人電腦系統、工作站、影像電腦、大型主機電腦系統、工作站、網路設備、網際網路設備、並行處理器或其他裝置。一般而言，術語「控制單元」可經廣泛地界定以涵蓋具有執行來自記憶體媒體之指令之一或多個處理器的任何裝置。一或多個子系統或一或多個系統亦可包括此項技術中已知的任何合適之處理器，諸如並行處理器。另外，一或多個子系統或一或多個系統可包括具有高速處理程序及軟體之平台，作為獨立或網路連接工具。

【0097】若系統包括多於一個子系統，則不同子系統可彼此耦接，使得影像、資料、資訊、指令等可在該等子系統之間發送。舉例而言，一個子系統可藉由任何合適之傳輸媒體耦接至一或多個額外子系統，該等傳輸媒體可包括此項技術中已知之任何合適之有線及/或無線傳輸媒體。此等子系統中之兩者或大於兩者亦可藉由共用電腦可讀儲存媒體(圖中未示)

有效地耦接。

【0098】 在另一實施例中，控制單元407可以此項技術中已知的任何方式通信耦接至系統400之各個組件或子系統中之任一者。此外，控制單元407可經組態以藉由可包括有線及/或無線部分之傳輸媒體自其他系統接收及/或獲取資料或資訊(例如，來自檢驗系統(諸如寬頻帶電漿(BBP)工具)之檢驗結果、遠端資料庫(包括設計資料)及類似者)。以此方式，傳輸媒體可充當控制單元407與系統400之其他子系統或在系統400外部之系統之間的資料鏈路。

【0099】 控制單元407可以任何合適之方式(例如，經由一或多個傳輸媒體，其可包括「有線」及/或「無線」傳輸媒體)耦接至系統400之組件，使得控制單元407可接收由系統400產生的輸出。控制單元407可經組態以使用輸出執行若干功能。在另一實施例中，控制單元407可經組態以發送輸出至記憶體409或另一儲存媒體而不對輸出執行缺陷檢查。控制單元407可如本文中所描述而經進一步組態。

【0100】 額外實施例係關於儲存可在控制器上執行以執行電腦實施方法之程式指令的非暫時性電腦可讀媒體。詳言之，如圖13中所示，控制單元407可包括記憶體409或具有非暫時性電腦可讀媒體的其他電子資料儲存媒體，該非暫時性電腦可讀媒體包括可在控制單元407上執行的程式指令。電腦實施方法可包括本文中所描述的任何一或多種方法之任何一或多個步驟。記憶體409或其他電子資料儲存媒體可為儲存媒體，諸如磁碟或光碟、磁帶或此項技術中已知的任何其他合適之非暫時性電腦可讀媒體。

【0101】 程式指令可以各種方式中之任一者實施，該等方式包括基

於程序之技術、基於組件之技術及/或面向對象技術，外加其他。舉例而言，程式指令可視需要使用ActiveX控制、C++物件、JavaBeans、微軟基礎類別(MFC)、串流SIMD擴展(SSE)或其他技術或方法來實施。

【0102】 在一些實施例中，系統400及本文所揭示之方法的各種步驟、功能及/或操作藉由以下中之一或多者實施：電子電路、邏輯閘、多工器、可程式化邏輯裝置、ASIC、類比或數位控制器/開關、微控制器或計算系統。實施諸如本文中所描述的彼等方法之方法的程式指令可經由載體媒體傳輸或儲存於載體媒體上。載體媒體可包括儲存媒體，諸如唯讀記憶體、隨機存取記憶體、磁碟或光碟、非揮發性記憶體、固態記憶體、磁帶及類似者。載體媒體可包括傳輸媒體，諸如電線、纜線或無線傳輸鏈路。舉例而言，貫穿本發明描述之各種步驟可藉由單一控制單元407 (或電腦系統)或替代地多個控制單元407 (或多個電腦系統)實施。此外，系統400之不同子系統可包括一或多個計算或邏輯系統。因此，上述描述不應解譯為對本發明之限制而僅為說明。

【0103】 方法之步驟中之每一者可如本文所描述而執行。方法亦可包括可藉由本文中所描述的控制器及/或一或多個電腦子系統或一或多個系統執行的任何一或多個其他步驟。該等步驟可藉由一或多個電腦系統執行，該等電腦系統可根據本文中所描述的實施例中之任一者而組態。另外，上文所描述之方法可由本文中所描述之系統實施例中任一者執行。

【0104】 儘管已關於一或多個特定實施例描述本發明，但應理解可在不背離本發明之範疇的情況下進行本發明之其他實施例。因此，本發明視為僅僅藉由所附申請專利範圍及其合理解譯而限制。

【符號說明】

【0105】

100	習知電子束設備
101	電子源
102	電子束光學管柱
103	樣本
104	射束限制孔徑
105	靜電槍透鏡
106	管柱孔徑
107	聚光器透鏡
108	物鏡
109	第一交叉
110	交叉
200	磁槍
201	電子源
202	發射尖端
203	抑制器
204	提取器
205	射束限制孔徑(BLA)
206	接地電極
207	磁槍透鏡(MGL)
208	極片
209	線圈
210	電子發射射束

211	電子束設備
212	管柱孔徑
213	聚光器透鏡
214	物鏡
215	第一交叉
216	第二交叉
217	混合槍
218	靜電槍透鏡
219	第二靜電陽極
220	電子束設備
221	卡盤
300	方法
400	系統
401	電子光學管柱
402	電子束源
403	元件
404	晶圓
405	元件
406	偵測器
407	控制單元
408	處理器
409	記憶體
410	通信埠

L	間隙距離
α	源之發射角
α_T	運用TFE情況下之發射角
α_C	運用CFE情況下之發射角
β	樣本處之射束會聚角
z	光軸

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種電子束設備，其包含：

一電子源，其中該電子源包括：

一尖端，其經組態以發射電子；

一抑制器；及

一提取器；

一第一靜電陽極，其中該第一靜電陽極接地；

一射束限制孔徑，其安置於該第一靜電陽極與該電子源之間；

一磁槍透鏡，其包括複數個極片及線圈，其中該磁槍透鏡安置於該電子源、該第一靜電陽極及該射束限制孔徑之任一側；

一靜電槍透鏡，其安置於該射束限制孔徑與該第一靜電陽極之一相對側；及

一第二靜電陽極，其中該第二靜電陽極接地且安置於該靜電槍透鏡與該第一靜電陽極之一相對側。

【第2項】

如請求項1之電子束設備，其進一步包含：

一卡盤(chuck)，其經組態以固持一晶圓；

一聚光器透鏡；

一物鏡，其安置於該卡盤與該聚光器透鏡之間；及

一管柱(column)孔徑，其安置於該第二靜電陽極與該聚光器透鏡之間。

【第3項】

如請求項2之電子束設備，其中該電子束設備經組態以使該電子束成形以具有在該靜電槍透鏡與該管柱孔徑之間的一第一交叉及在該聚光器透鏡與該物鏡之間的一第二交叉。

【第4項】

如請求項1之電子束設備，其中該電子源為一冷場發射源。

【第5項】

如請求項1之電子束設備，其中該電子源為一熱場發射源。

【第6項】

一種掃描電子顯微鏡，其包括如請求項1之電子束設備。

【第7項】

一種電子束方法，其包含：

運用一電子源產生一電子束；

運用一提取器提取該電子束；

使用一磁槍透鏡經由安置於一靜電陽極與該電子源之間的一射束限制孔徑將該電子束導引在一晶圓處，該磁槍透鏡包括複數個極片及線圈且安置於該射束限制孔徑之任一側，其中該靜電陽極接地；及

在該電子束通過該射束限制孔徑之後使該電子束通過一靜電槍透鏡。

【第8項】

如請求項7之電子束方法，其進一步包含使用該電子束以產生該晶圓之一影像。

【第9項】

如請求項7之電子束方法，其中該磁槍透鏡經啟動且該靜電槍透鏡未經啟動。

【第10項】

如請求項7之電子束方法，其中該磁槍透鏡經組態以運用一射束電流切換速度選擇一射束電流。

【第11項】

如請求項7之電子束方法，其進一步包含在該電子束到達該晶圓之前使該電子束通過一管柱孔徑、一聚光器透鏡及一物鏡。

【第12項】

如請求項11之電子束方法，其中該電子束經組態以具有在該射束限制孔徑與該管柱孔徑之間的一第一交叉及在該聚光器透鏡與該物鏡之間的一第二交叉。

【第13項】

如請求項7之電子束方法，其中該靜電槍透鏡經組態以運用一射束電流切換速度選擇一射束電流。

【第14項】

如請求項7之電子束方法，其中該磁槍透鏡及該靜電槍透鏡經組態以運用一射束電流切換速度選擇一射束電流。

【第15項】

如請求項14之電子束方法，其中該電子源為一冷場發射源。

【第16項】

如請求項7之電子束方法，其中該電子束之一射束電流係自0.001 nA至500 nA。

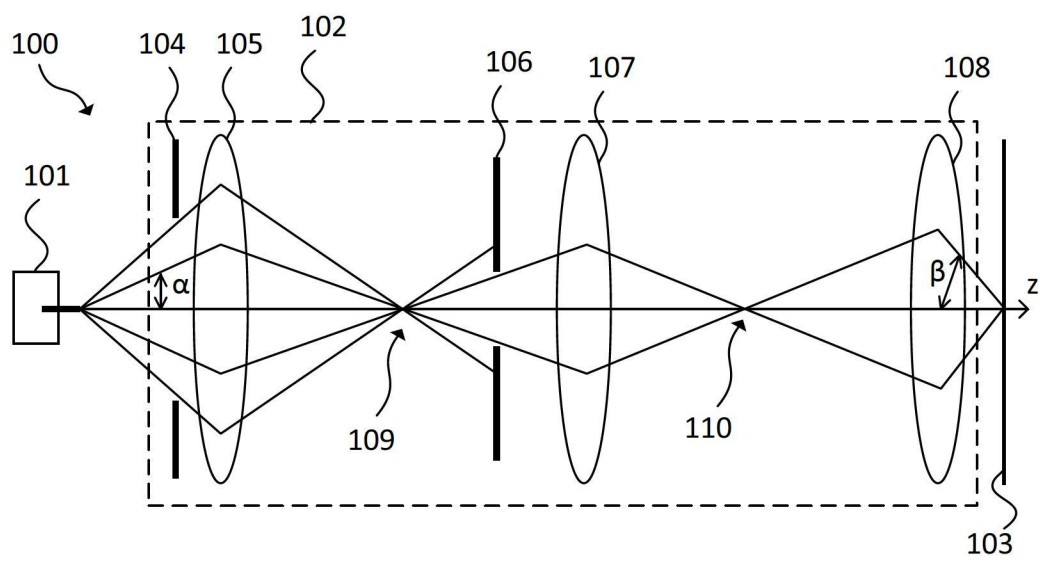
【第17項】

如請求項16之電子束方法，其中該電子束之一解析度係自20 nm至80 nm。

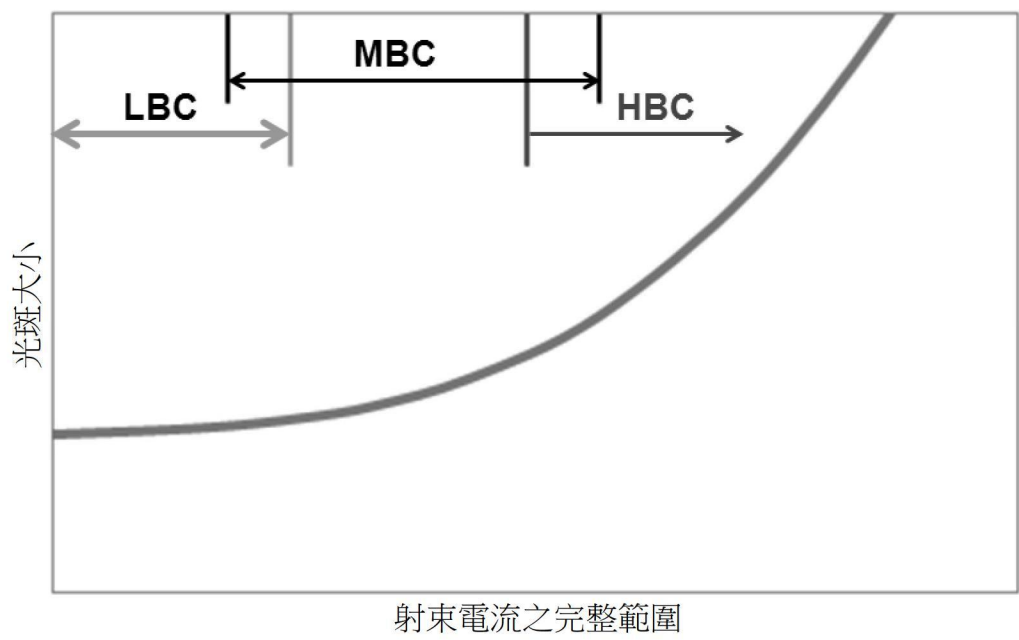
【第18項】

如請求項7之電子束方法，其中切換射束電流發生在一秒或少於一秒中。

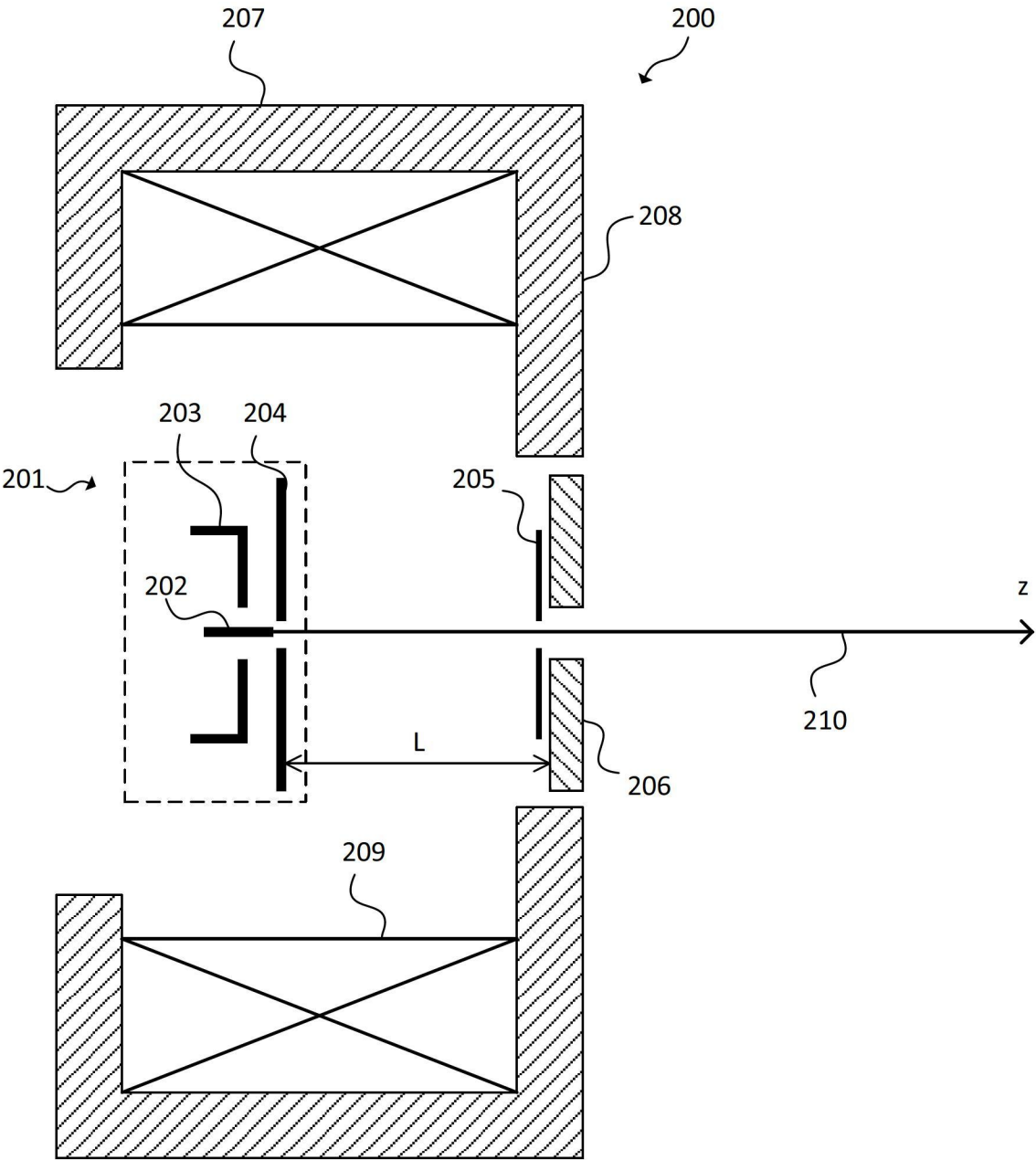
【發明圖式】



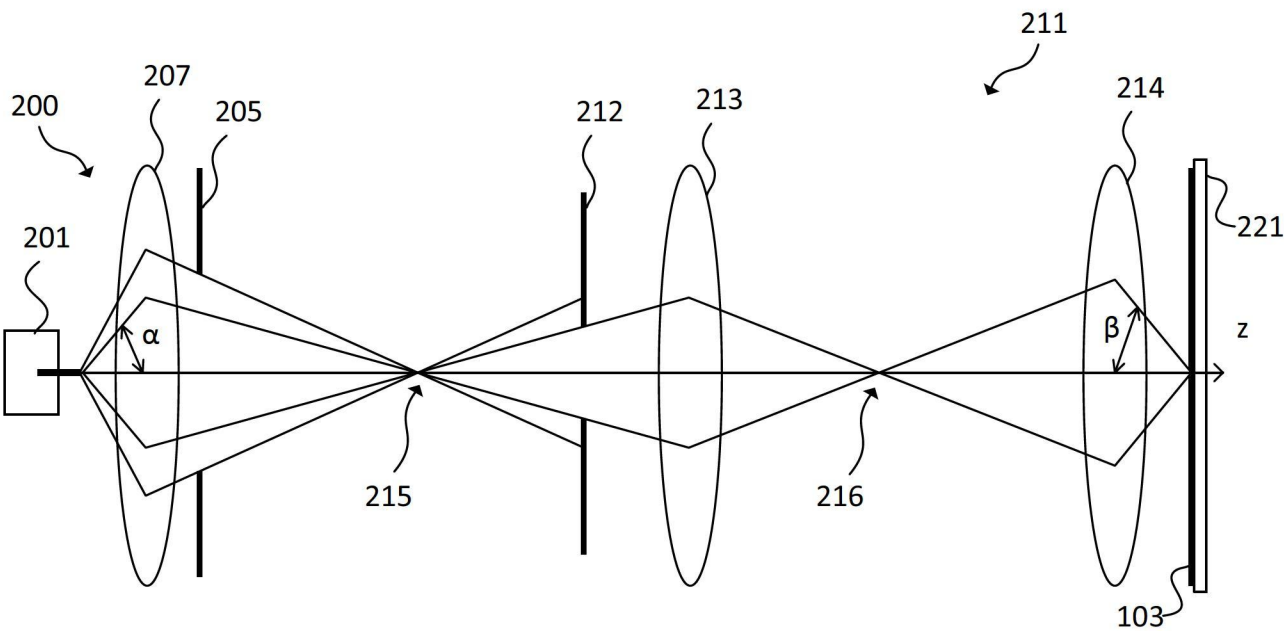
【圖1】



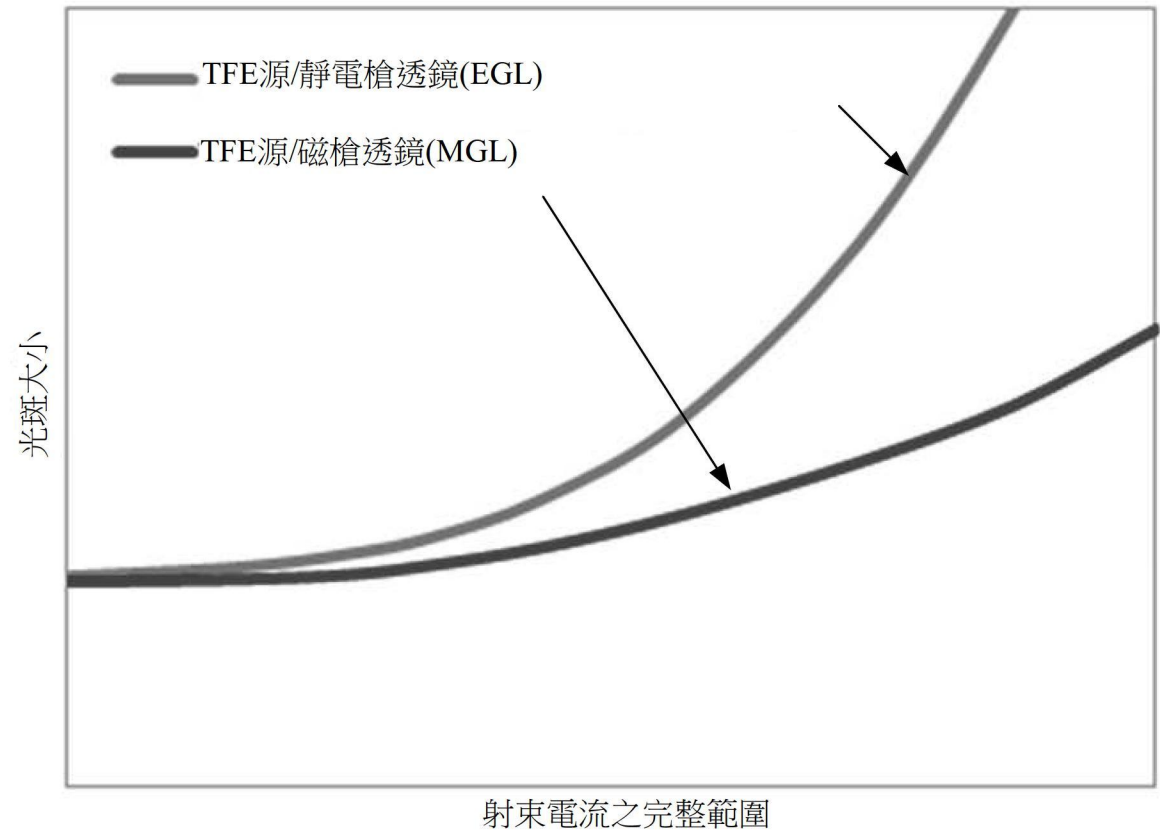
【圖2】



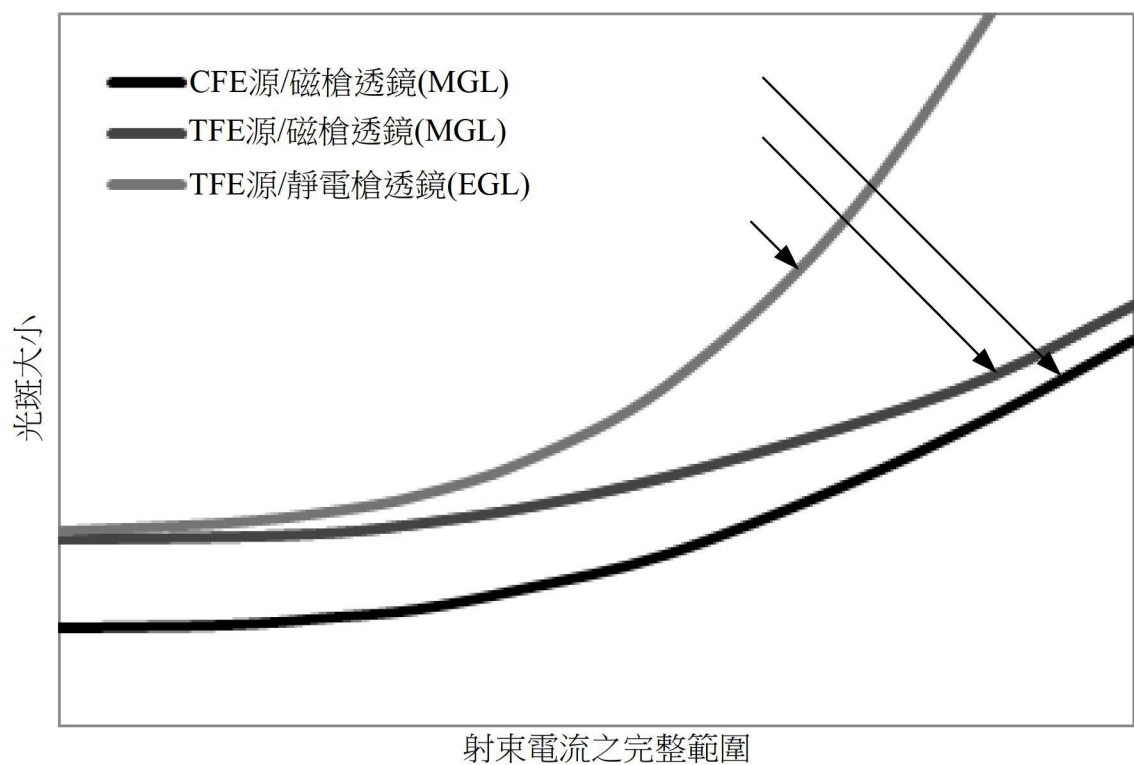
【圖3】



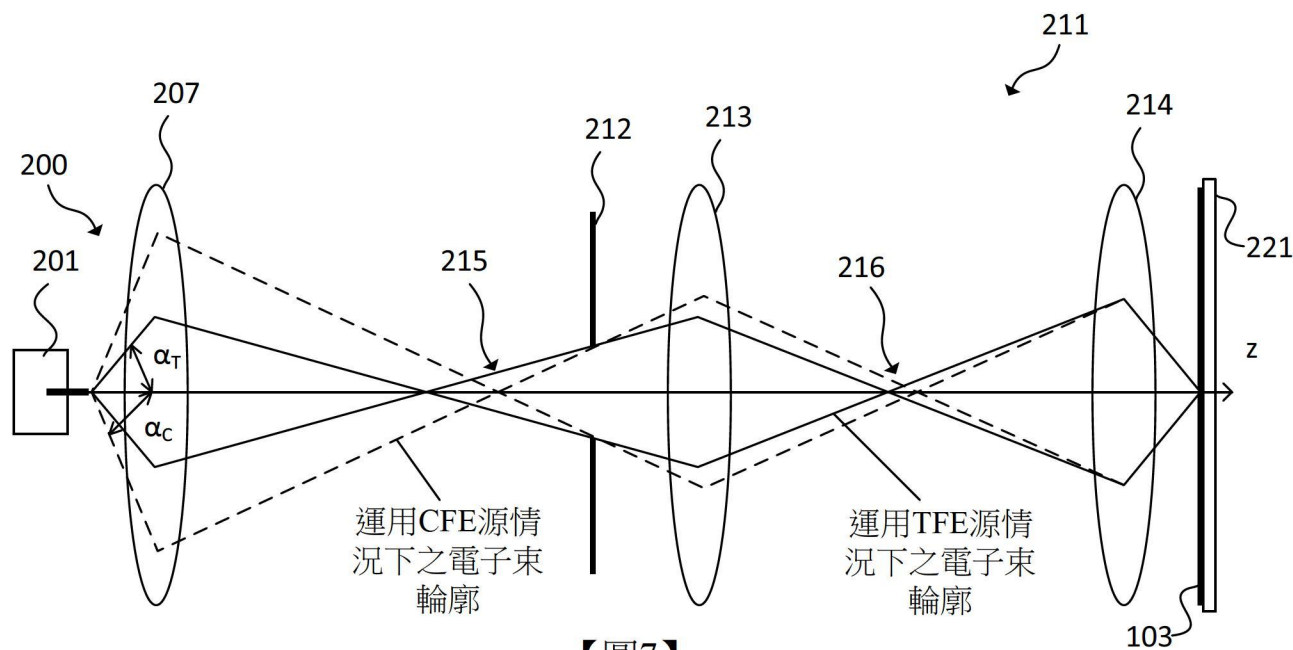
【圖4】



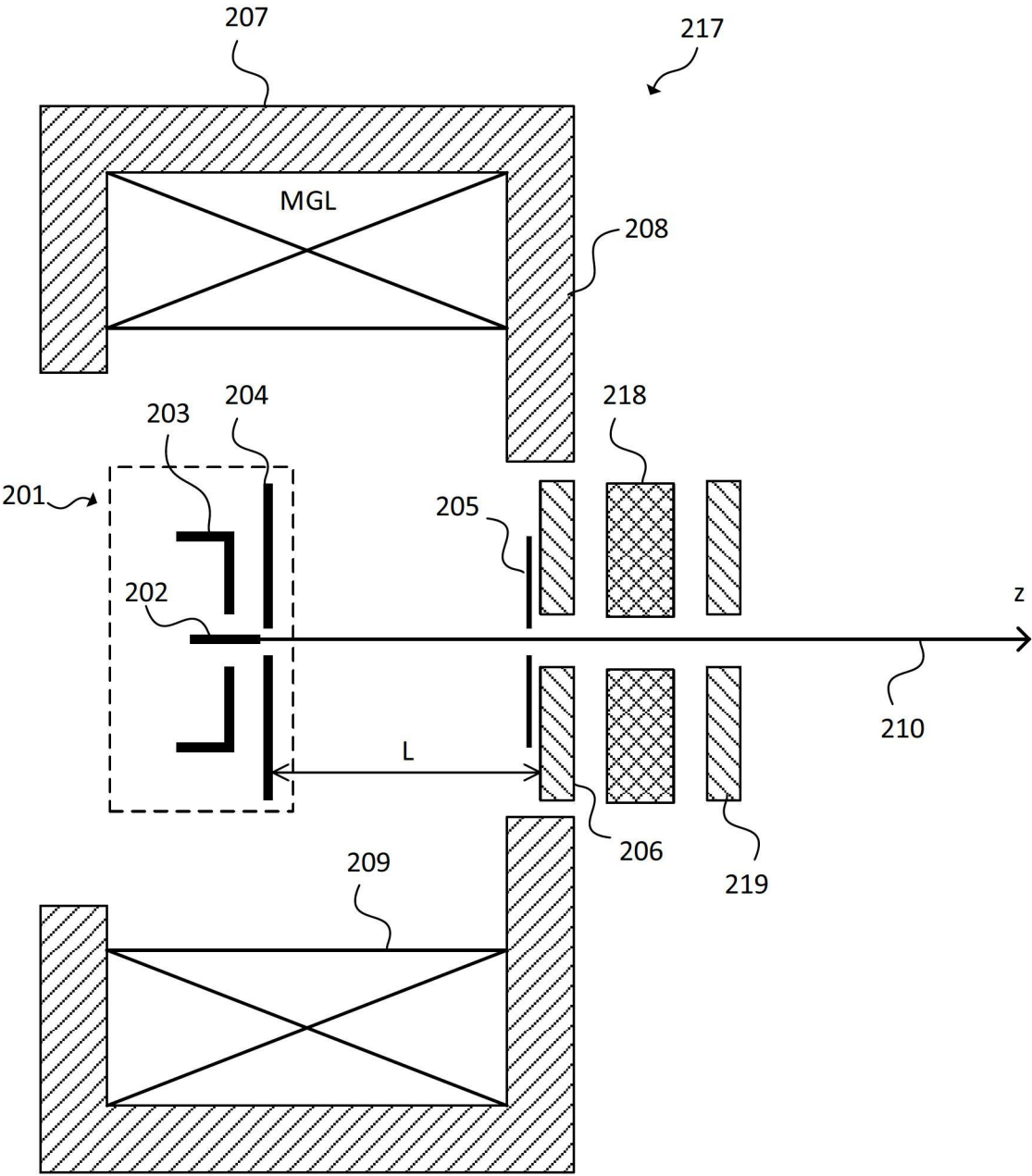
【圖5】



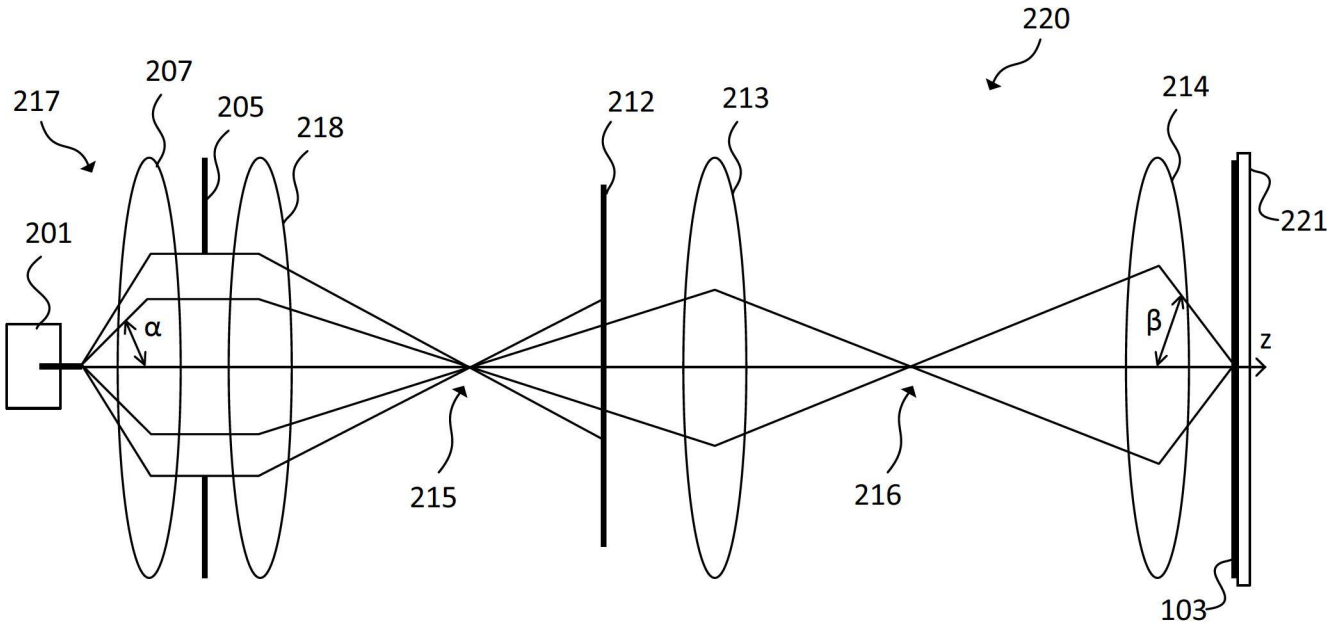
【圖6】



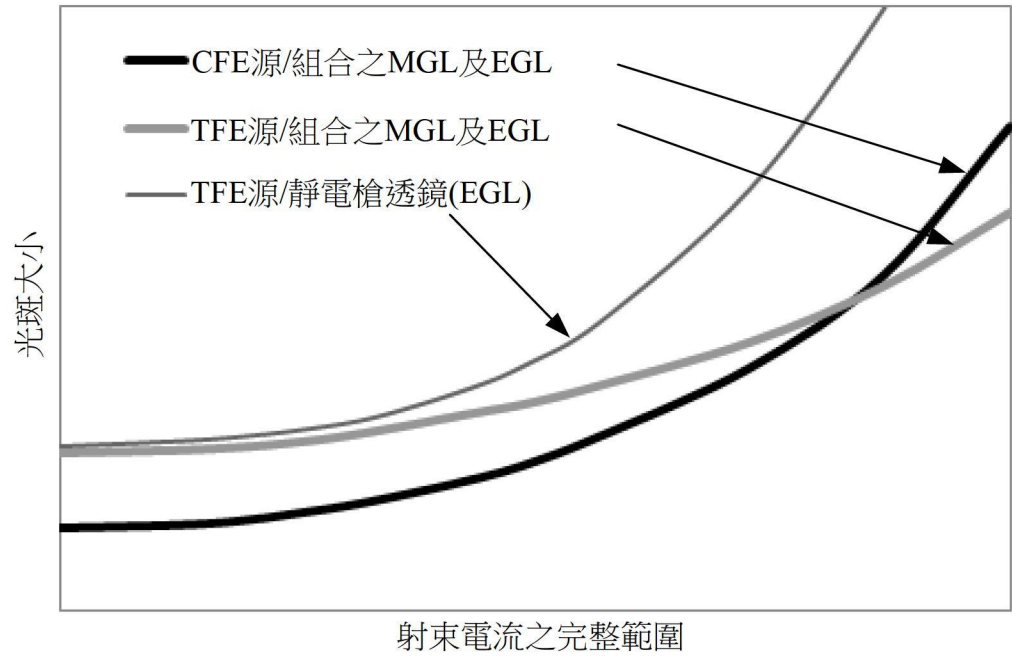
【圖7】



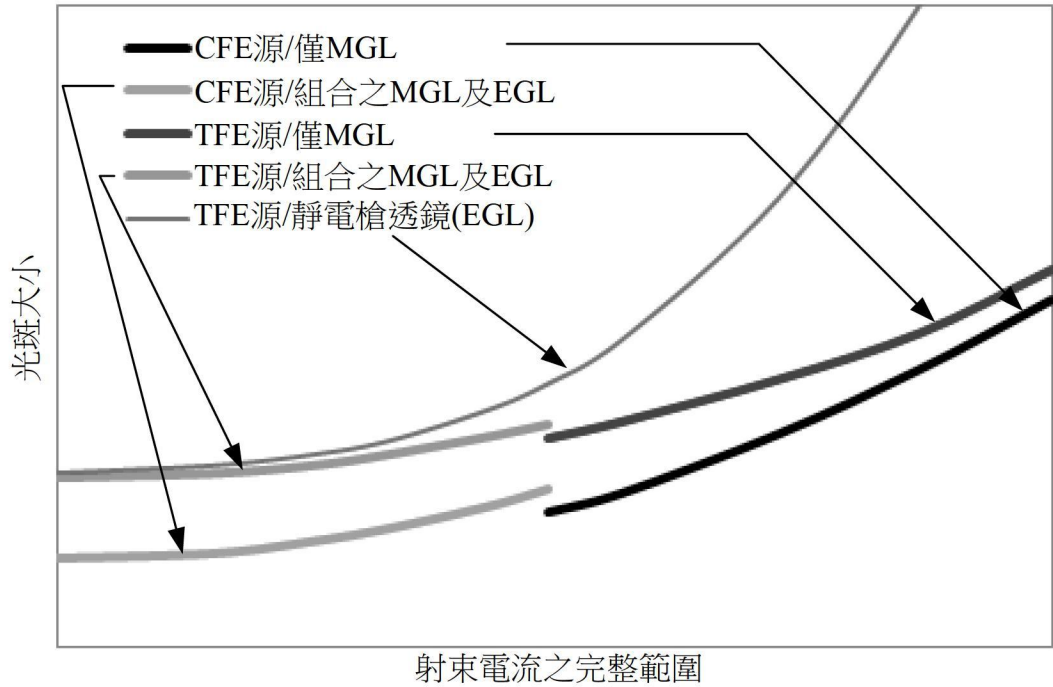
【圖8】



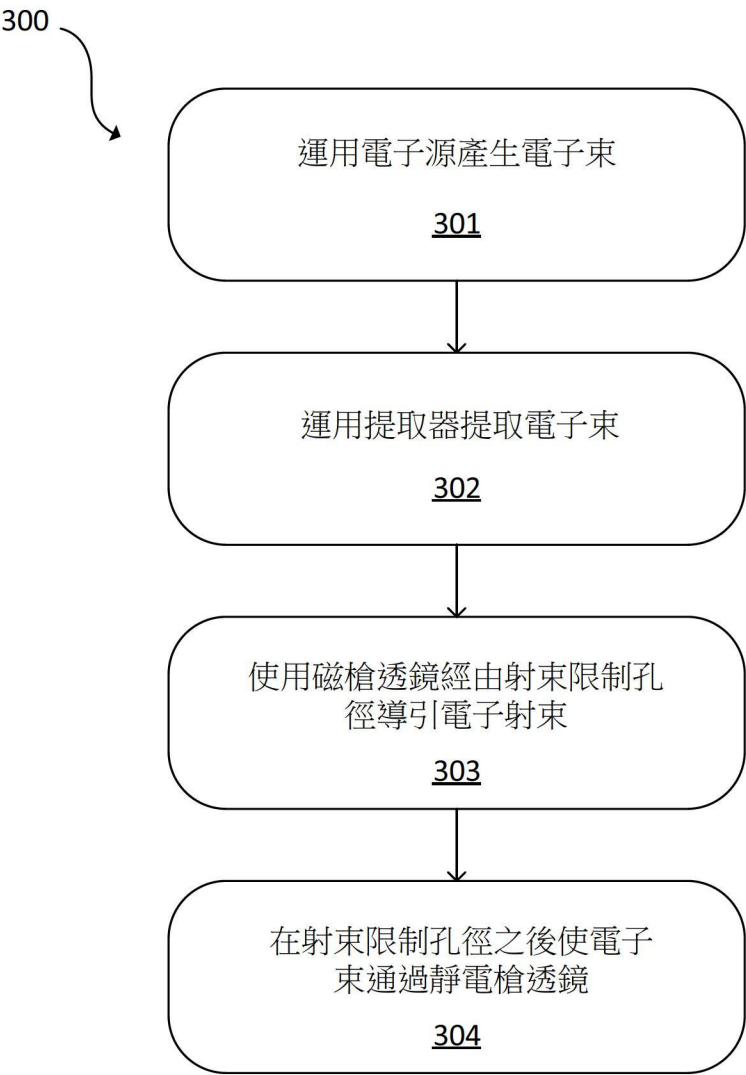
【圖9】



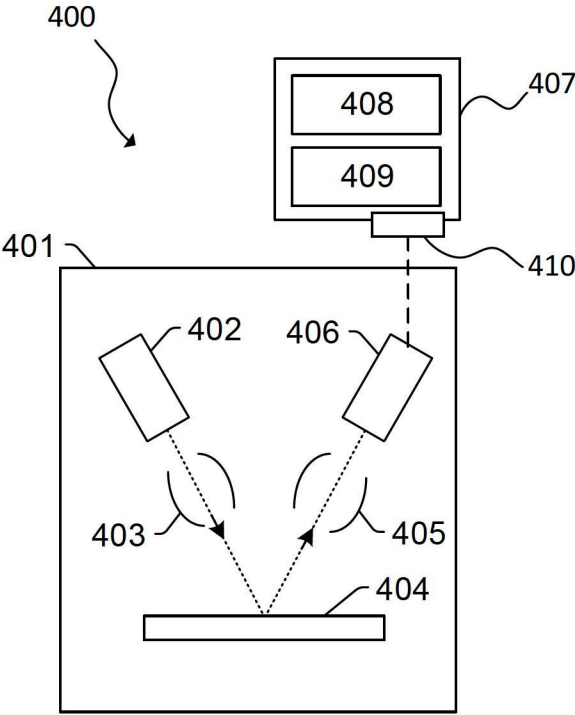
【圖10】



【圖11】



【圖12】



【圖13】