



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 202034367 A

(43)公開日：中華民國 109 (2020) 年 09 月 16 日

(21)申請案號：108141114

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 11 月 13 日

(51)Int. Cl. : **H01J37/141 (2006.01)**

(30)優先權：2018/11/16 美國 62/768,799

(71)申請人：荷蘭商 A S M L 荷蘭公司 (荷蘭) ASML NETHERLANDS B.V. (NL)
荷蘭(72)發明人：任偉明 REN, WEIMING (CN)；劉學東 LIU, XUEDONG (CN)；胡學讓 HU,
XUERANG (CN)；陳 仲瑋 CHEN, ZHONG-WEI (US)

(74)代理人：林嘉興

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：6 共 61 頁

(54)名稱

複數帶電粒子束之裝置

(57)摘要

一種電磁複合透鏡可經組態以使一帶電粒子束聚焦。該複合透鏡可包括設置於一副光軸上之一靜電透鏡，及亦設置於該副光軸上之一磁透鏡。該磁透鏡可包括一永久磁體。一帶電粒子光學系統可包括一束分離器，該束分離器經組態以分離藉由一源沿著一主光軸產生之一初級帶電粒子束的複數個小束與次級帶電粒子的次級束。該系統可包括一二次成像系統，該二次成像系統經組態以將該等次級束沿著該副光軸聚焦於一偵測器上。該二次成像系統可包括該複合透鏡。

An electromagnetic compound lens may be configured to focus a charged particle beam. The compound lens may include an electrostatic lens provided on a secondary optical axis and a magnetic lens also provided on the secondary optical axis. The magnetic lens may include a permanent magnet. A charged particle optical system may include a beam separator configured to separate a plurality of beamlets of a primary charged particle beam generated by a source along a primary optical axis from secondary beams of secondary charged particles. The system may include a secondary imaging system configured to focus the secondary beams onto a detector along the secondary optical axis. The secondary imaging system may include the compound lens.

指定代表圖：

符號簡單說明：

100_1:主光軸

150_1:副光軸

151-11A:第一透鏡

151-11m:磁透鏡

151-11e:靜電透鏡

211:永久磁體/組件

212:第一磁性磁極片/
元件

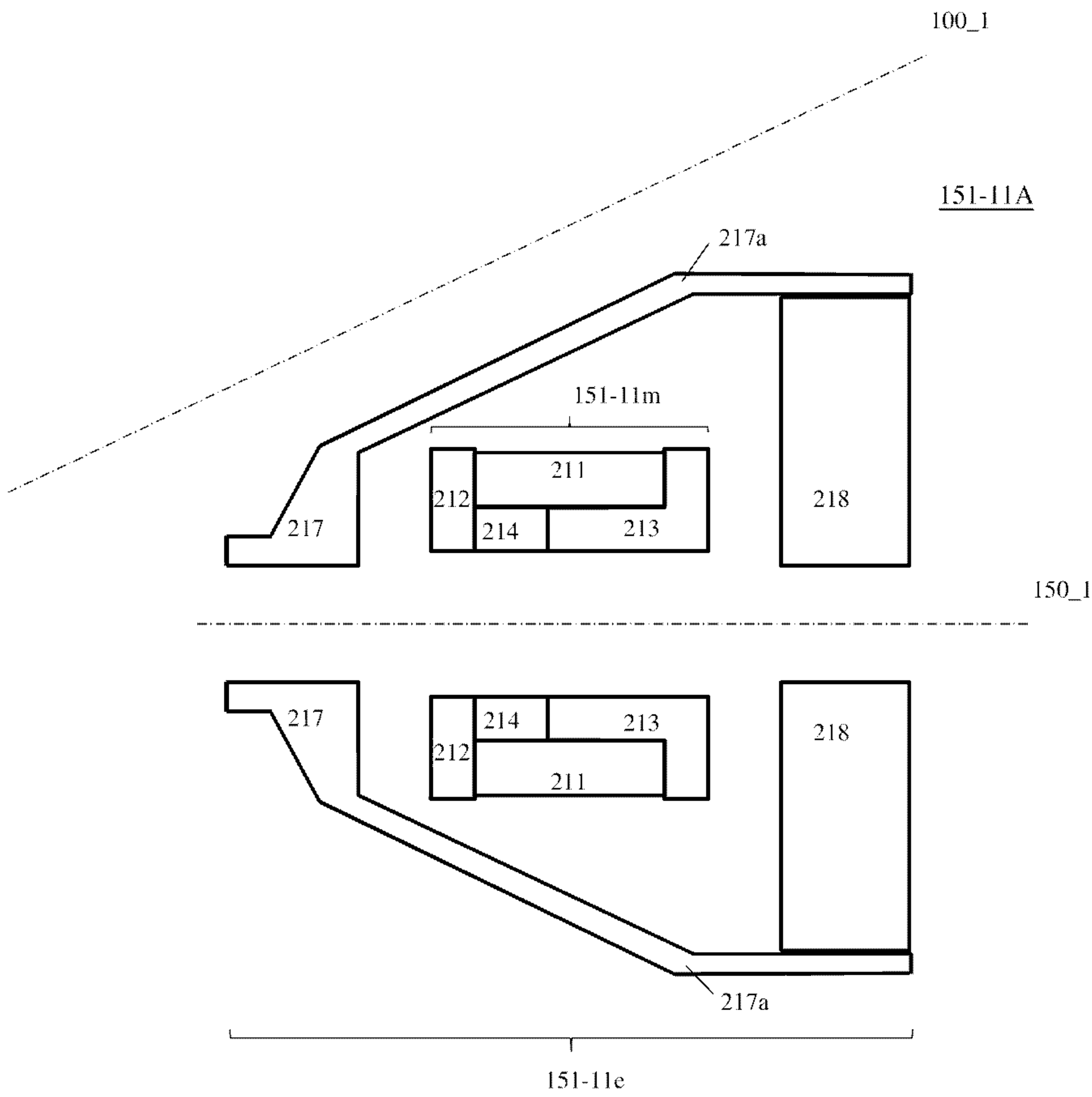
213:第二磁性磁極片/
元件

214:電極

217:第一末端遮罩電極

217a:部分

218:第二末端遮罩電極



【圖4A】



202034367

【發明摘要】**【中文發明名稱】**

複數帶電粒子束之裝置

【英文發明名稱】

APPARATUS OF PLURAL CHARGED PARTICLE BEAMS

【中文】

一種電磁複合透鏡可經組態以使一帶電粒子束聚焦。該複合透鏡可包括設置於一副光軸上之一靜電透鏡，及亦設置於該副光軸上的一磁透鏡。該磁透鏡可包括一永久磁體。一帶電粒子光學系統可包括一束分離器，該束分離器經組態以分離藉由一源沿著一主光軸產生之一初級帶電粒子束的複數個小束與次級帶電粒子的次級束。該系統可包括一二次成像系統，該二次成像系統經組態以將該等次級束沿著該副光軸聚焦於一偵測器上。該二次成像系統可包括該複合透鏡。

【英文】

An electromagnetic compound lens may be configured to focus a charged particle beam. The compound lens may include an electrostatic lens provided on a secondary optical axis and a magnetic lens also provided on the secondary optical axis. The magnetic lens may include a permanent magnet. A charged particle optical system may include a beam separator configured to separate a plurality of beamlets of a primary charged particle beam generated by a source along a primary optical axis from secondary beams of secondary charged particles. The system may include a secondary imaging system configured to focus the

secondary beams onto a detector along the secondary optical axis. The secondary imaging system may include the compound lens.

【指定代表圖】

圖4A

【代表圖之符號簡單說明】

100_1	主光軸
150_1	副光軸
151-11A	第一透鏡
151-11m	磁透鏡
151-11e	靜電透鏡
211	永久磁體/組件
212	第一磁性磁極片/元件
213	第二磁性磁極片/元件
214	電極
217	第一末端遮罩電極
217a	部分
218	第二末端遮罩電極

【發明說明書】

【中文發明名稱】

複數帶電粒子束之裝置

【英文發明名稱】

APPARATUS OF PLURAL CHARGED PARTICLE BEAMS

【技術領域】

【0001】 本文中所提供的實施例係關於帶電粒子光學系統，該帶電粒子光學系統可適用於具有一或多個帶電粒子束之帶電粒子裝置中，諸如利用一或多個電子束的電子顯微法裝置中。

【先前技術】

【0002】 在積體電路(IC)之製造製程中，電路元件可經檢測以確保其係根據設計而製造且無缺陷。圖案缺陷、未被邀請之粒子(殘餘物)或類似者在製作期間可能顯現於晶圓或光罩上，且可藉此減小良率。舉例而言，對於具有較小臨界特徵尺寸之圖案，未被邀請的粒子可為麻煩的，已採用該等圖案來滿足對IC晶片之愈來愈高階的效能要求。

【0003】 具有降至小於一奈米之解析度之帶電粒子(例如電子)束顯微鏡，諸如掃描電子顯微鏡(SEM)或透射電子顯微鏡(TEM)充當用於檢測具有次100奈米之特徵大小之IC元件的可行工具。在SEM工具中，具有相對較高能量之初級電子束經減速而以相對較低導降能量導降於樣本上且經聚焦以在樣本上形成探測光點。歸因於初級電子之此經聚焦探測光點，將自表面產生次級電子。藉由使探測光點遍及樣本表面進行掃描且收集次級電子，圖案檢測工具可獲得樣本表面之影像。

【0004】 單束或多束檢測工具內之光學元件，諸如透鏡、偏轉器及

類似者可將色散或像差引入用於檢測的束中。舉例而言，初級電子束可沿光軸產生，而用於收集次級電子之偵測器離軸地置放。在包含多個初級束或多個次級束之檢測系統中，束分離器可用於自初級束分離次級電子束且將次級束導向離軸偵測器。因為束分離器可包含用於使用電磁使電子偏轉之磁性偏轉器，所以束分離器可在穿過其之束中產生色散。此外，透鏡可產生像差，該像差受光學系統內透鏡的大小、結構、操作條件及置放影響。色散及像差可降低用於重構經檢測樣本之表面之影像的解析度以及其他效應。

【發明內容】

【0005】 本發明之實施例可提供一種電磁複合透鏡。該複合透鏡可包括一靜電透鏡及一磁透鏡。該磁透鏡可包括一永久磁體。該複合透鏡之一聚焦倍率可藉由使該靜電透鏡之一聚焦倍率發生變化來改變。本發明之實施例可提供一種帶電粒子光學系統。該系統可包括一束分離器，該束分離器經組態以分離如下兩者：一初級帶電粒子束之複數個小束，該初級帶電粒子束藉由一源產生且沿著一主光軸行進；複數個次級帶電粒子束，其藉由該複數個小束自一樣本產生。該等次級帶電粒子束可在通過該束分離器之後沿著一副光軸行進。該系統可包括一二次成像系統，該二次成像系統經組態以沿著該副光軸將該等次級帶電粒子束聚焦於一偵測器的複數個偵測元件上。該二次成像系統可包括一變焦透鏡。該變焦透鏡可靠近於該束分離器，且包括一電磁複合透鏡。該複合透鏡自該束分離器計數起可為自該二次成像系統之一入口側起該變焦透鏡中的該第一透鏡。

【0006】 本發明之例示性優點及效應將自結合隨附圖式之以下描述變得顯而易見，其中藉助於說明及實例闡述本發明之某些實施例。

【圖式簡單說明】

【0007】 圖1A為符合本發明之實施例的說明例示性電子束檢測(EBI)系統的示意圖。

【0008】 圖1B說明可為圖1A之電子束檢測系統之部分的例示性電子束工具。

【0009】 圖1C說明符合本發明之實施例的例示性二次成像系統。

【0010】 圖2A至圖2C說明符合本發明之實施例的可為二次成像系統之部分的電磁複合透鏡的例示性組態。

【0011】 圖3A及圖3B說明符合本發明之實施例的電磁複合透鏡的其他例示性組態。

【0012】 圖4A說明符合本發明之實施例的可用於EBI系統之二次成像系統中的透鏡之例示性組態。

【0013】 圖4B及圖4C說明符合本發明之實施例的透鏡及場遮罩套管之其他例示性組態，該場遮罩套管可分別用於EBI系統的初級投影系統及二次成像系統中。

【0014】 圖5為表示符合本發明之實施例的表示組態電磁複合透鏡之例示性方法的流程圖。

【0015】 圖6為符合本發明之實施例的表示組態帶電粒子束裝置之例示性方法的流程圖。

【實施方式】

【0016】 現將詳細參考例示性實施例，其實例說明於隨附圖式中。以下描述參考隨附圖式，在隨附圖式中，除非另外表示，否則不同圖式中之相同編號表示相同或類似元件。闡述於例示性實施例之以下描述中之實

施並不表示符合本發明的所有實施。實情為，該等實施僅為符合關於如所附申請專利範圍中所敘述的本發明之態樣的系統、裝置及方法之實例。出於清楚起見，圖式中之元件的相對尺寸可經誇示。

【0017】 可藉由顯著增加IC晶片上之電路元件(諸如，電晶體、電容器、二極體等)之填集密度來實現電子器件之增強的計算能力，同時減小器件之實體大小。舉例而言，在智慧型電話中，IC晶片(其可為拇指甲大小)可包括超過20億個電晶體，每一電晶體之大小小於人類毛髮之1/1000。並不出人意料地，半導體IC製造為具有數百個個別步驟之複雜製程。甚至一個步驟中之錯誤有可能顯著影響最終產品之功能。甚至一個「致命缺陷」可能會造成器件故障。製造製程之目標為改良製程之總良率。舉例而言，為使50步驟製程得到75%良率，每一個別步驟必須具有大於99.4%之良率，且若個別步驟良率為95%，則總製程良率下降至7%。

【0018】 確保以高準確度及高解析度偵測缺陷的能力同時維持高產出量(例如，定義為每小時處理之晶圓的數目)係愈來愈重要的。高製程良率及高晶圓產出量可受缺陷之存在影響，尤其在涉及操作者干預時。因此，藉由檢測工具(諸如SEM)偵測及識別微米及奈米大小缺陷對於維持高良率及低成本係重要的。

【0019】 使用帶電粒子束的檢測工具可達成高解析度及高產出量。在用於檢測樣本之一些檢測工具中，可自帶電粒子源產生初級束。如圖所示，例如，在圖1B中，產生自源101之初級束102沿著主光軸100_1行進，且初級束102的一或多個小束(諸如102_1、102_2及102_3)照射樣本1。接著，可藉由一或多個小束自樣本產生次級帶電粒子之一或多個次級束，該一或多個小束可沿著主光軸在反向方向上行進。最終，次級帶電粒子的一

或多個次級束可到達偵測器，諸如電子偵測器件140M，在該電子偵測器件處，產生樣本的成像信號。

【0020】 為了防止次級束之偵測干擾一或多個小束，偵測器可置放於遠離主光軸，諸如沿著光軸150_1的某位置處。因此，諸如元件160之束分離器可設置於主光軸上以使一或多個次級束朝向偵測器轉向。因此，一或多個小束可在到達樣本之前通過束分離器而不轉向，且一或多個次級束可隨其在到達偵測器之前通過束分離器而經轉向。

【0021】 雖然束分離器可選擇性地改變束之方向，但使用束分離器的效應可為通過之束可經歷色散。色散對束大小及關聯成像品質可具有消極影響。因為束分離器可對初級束之小束且對次級束兩者引入隨著初級束與次級束之間的分離角度增大的色散影響，所以束分離器之操作參數可經設定，使得分離角度為小的。作為一實例，在圖1B中，束分離器160可經操作以使次級束，諸如次電子束102_1se朝向電子偵測器件140M以小角度 α 偏轉，且不使小束(102_1、102_2、102_3)偏轉。角度 α 為分離角度。然而，如此做可限制適用於將電子光學元件置放於檢測工具中，諸如用於將次級束投影至偵測器之二次成像系統的空間。根據本申請案之態樣，檢測工具之一些元件，諸如如圖4A中所展示之透鏡151-11A可設置於主光軸100_1與副光軸150_1之間的限界空間中。

【0022】 次級束沿著其路徑通過各種透鏡至偵測器。舉例而言，如圖1B中所展示，次級束通過可含有一或多個透鏡的二次成像系統150。透鏡可對通過之次級束引入像差影響。減小透鏡之像差的一些方式可為使透鏡更大，在靜電透鏡狀況下使用「正模式」，或使用磁透鏡。然而，增大透鏡之大小或使用磁透鏡需要更大空間可用於將透鏡置放於檢測工具中。

此外，正模式需要可能增大電弧放電之風險的較高電壓，尤其是在具有高電壓差之電極可彼此靠近的緊密空間中。

【0023】 因此，存在用於使色散影響最小化且使檢測工具中之像差最小化的競爭性目標。因為色散及像差兩者可使成像品質降級，所以期望同時減小色散及像差兩者。此外，因為諸如色散及像差的有害效應可貫穿光學系統傳播，所以期望在檢測工具之光學系統中儘可能早地減小此類效應。

【0024】 另外，光學系統中的一些透鏡可使用電磁體。電磁體為包括線圈及覆蓋線圈之磁性磁軛的一類型之磁體。磁場藉由使電流行進通過線圈來產生，且磁性磁軛增強磁場並導向磁場以通過磁性磁軛之兩個極片之間的非磁間隙洩漏。大體而言，磁場相較於用於使束聚焦時的相當靜電場可產生較小像差。因此，產生磁場或者磁場與靜電場之組合的透鏡在應用於檢測工具中時可為有益的。若透鏡被需要以係可調整的以處置多種聚焦條件，則磁場及靜電場中之一或兩者需要係可改變的。若電磁體用以產生磁場，則電磁體需要電源來連續地提供電流至電磁體的線圈以維持磁場，且可因而為笨重且複雜的。

【0025】 此外，電磁體之線圈產生熱，該熱對磁透鏡之穩定性及關聯成像品質可具有消極影響。本申請案之一些態樣可使用可避免電磁體情況下之問題中的一些的永久磁體。舉例而言，相比於電磁體，永久磁體可佔據較小空間，可產生較少熱，且並不需要至驅動器的連接。因此，永久磁體可適合於置放於高電壓環境中。

【0026】 在本發明之一些實施例中，檢測工具中色散及像差之效應可被減小或消除。舉例而言，束分離器可經組態以使次級束小量地偏轉，

同時提供可用空間受到限制的電磁複合透鏡。複合透鏡可包括磁性部分及靜電部分。磁性部分可包括一永久磁體。複合透鏡可允許其聚焦倍率部分藉由磁性部分且部分藉由靜電部分提供，且聚焦倍率之可調整部分可藉由靜電部分提供。磁性部分對於減小像差可為有益的，而可調整性可經由靜電部分來達成。靜電部分可以正模式操作，該正模式亦可有益於減小像差。因此，檢測工具之成像解析度可得以改良。

【0027】 在不限制本發明之範疇的情況下，實施例之描述及圖式可例示性稱作使用電子束。然而，實施例並未用以將本發明於特定帶電粒子。舉例而言，用於束成形之系統及方法可適用於光子、x射線及離子等。此外，術語「束」可指初級電子束、初級電子小束或次級電子束以及其他。

【0028】 如本文中所使用，除非以其他方式特定陳述，否則術語「或」涵蓋所有可能組合，除非不可行。舉例而言，若陳述元件包括A或B，則除非另外具體陳述或不可行，否則元件可包括A，或B，或A及B。作為第二實例，若陳述元件包括A、B或C，則除非另外具體陳述或不可行，否則元件可包括A，或B，或C，或A及B，或A及C，或B及C，或A及B及C。

【0029】 現參考符合本發明之實施例的圖1A，該圖說明例示性電子束檢測(EBI)系統10。如圖1A中所展示，EBI系統10包括主腔室11、裝載/鎖定腔室20、電子束工具100及設備前端模組(EFEM) 30。電子束工具100位於主腔室11內。

【0030】 EFEM 30包括第一裝載埠30a及第二裝載埠30b。EFEM 30可包括額外裝載埠。第一裝載埠30a及第二裝載埠30b可例如收納含有待

檢測之晶圓(例如半導體晶圓或由其他材料製成之晶圓)或樣本(晶圓及樣本在下文中被統稱為「晶圓」)的晶圓前開式單元匣(FOUP)。EFEM 30中之一或多個機器人臂(圖中未示)可將晶圓運輸至裝載/鎖定腔室20。

【0031】 裝載/鎖定腔室20連接至裝載/鎖定真空泵系統(圖中未示)，其移除裝載/鎖定腔室20中之氣體分子以達到低於大氣壓力之第一壓力。在達到第一壓力之後，一或多個機器人臂(圖中未示)可將晶圓自裝載/鎖定腔室20運輸至主腔室11。主腔室11連接至主腔室真空泵系統(圖中未示)，其移除主腔室11中之氣體分子以達到低於第一壓力之第二壓力。在達到第二壓力之後，晶圓經受電子束工具100進行之檢測。電子束工具100可為單束系統或多束系統。控制器19以電子方式連接至電子束工具100。雖然控制器19在圖1A中被展示為在包括主腔室11、裝載/鎖定腔室20及EFEM 30之結構外部，但應瞭解，控制器19可係該結構之部分。

【0032】 雖然本發明提供了容納電子束檢測系統之主腔室11的實例，但應注意，本發明之態樣在其最廣泛意義上而言不限於容納電子束檢測系統之腔室。確切而言，應瞭解，亦可將本文中論述之原理應用於在第二壓力下操作之其他工具。

【0033】 圖1B說明可為圖1A之EBI系統之部分的例示性電子束工具100A。電子束工具100A(在本文中亦稱作「裝置100A」)包含電子源101、槍孔徑板171、聚光透鏡110、源轉換單元120、初級投影系統130、二次成像系統150及電子偵測器件140M。初級投影系統130可包含接物鏡131。具有表面7之樣本1可設置於可移動載物台(圖中未示)上。電子偵測器件140M可包含複數個偵測元件140_1、140_2及140_3。束分離器160及偏轉掃描單元132可置放於初級投影系統130內部。

【0034】 電子源101、槍孔徑板171、聚光透鏡110、源轉換單元120、束分離器160、偏轉掃描單元132及初級投影光學系統130可與裝置100A之主光軸100_1對準。二次成像系統150及電子偵測器件140M可與裝置100A之副光軸150_1對準。

【0035】 電子源101可包含陰極(圖中未示)及提取器或陽極(圖中未示)，其中在操作期間，電子源101經組態以自陰極發射初級電子且藉由抽取器或陽極提取或加速初級電子以形成初級電子束102，該初級電子束形成初級束交越(虛擬或真實的) 101s。初級電子束102可被視覺化為自初級束交越101s發射。

【0036】 源轉換單元120可包含影像形成元件陣列(圖1B中未展示)及束限制孔徑陣列(圖1B中未展示)。影像形成元件陣列可包含複數個微偏轉器及/或微透鏡，該複數個微偏轉器及/或微透鏡可影響初級電子束102之複數個初級小束102_1、102_2、102_3且形成初級束交越101s之複數個平行影像(虛擬或真實的)，一個影像係針對初級小束102_1、201_2及102_3中之每一者。束限制孔徑陣列可經組態以限制個別初級小束102_1、102_2及102_3之直徑。圖1B展示三個初級小束102_1、102_2及102_3作為一實例，且應瞭解，源轉換單元120可經組態以形成任何數目個初級小束。舉例而言，源轉換單元120可經組態以形成初級小束之3×3陣列。源轉換單元120可進一步包含經組態以補償探測光點102_1S、102_2S及102_3S之像差的像差補償器陣列。在一些實施例中，像差補償器陣列可包括具有微透鏡之場曲率補償器陣列，該等微透鏡分別經組態補償探測光點102_1S、102_2S及102_3S之場曲率像差。在一些實施例中，像差補償器陣列可包括具有微像散校正器之像散補償器陣列，該等微像散

校正器分別經組態以補償探測光點102_1S、102_2S及102_3S之散光像差。在一些實施例中，影像形成元件陣列、場曲率補償器陣列及像散補償器陣列可分別包含多層微偏轉器、微透鏡及微像散校正器。多層陣列之實例進一步描述於美國專利申請案第62/567,134號中，該申請案全文併入本文中。

【0037】 聚光器透鏡110經組態以聚焦初級電子束102。聚光器透鏡110可經進一步組態以藉由使聚光器透鏡110之聚焦倍率發生變化而調整源轉換單元120下游的初級小束102_1、102_2及102_3之電流。小束102_1、102_2及102_3可由此具有可由聚光透鏡110改變之聚焦狀態。替代地，可藉由更改束限制孔徑陣列內之對應於個別初級小束的束限制孔徑之徑向大小來改變電流。因此，小束之電流可在沿小束之路徑的不同位置處不同。小束電流可經調整，使得樣本表面上之小束之電流(例如，探測光點電流)設定為所需量。

【0038】 聚光透鏡110可係可經組態以使得其第一主平面之位置為可移動的可移動聚光透鏡。可移動聚光透鏡可經組態為磁性或靜電或電磁(例如，複合)透鏡。可移動聚光透鏡進一步描述於美國專利第9,922,799號及美國專利公開申請案第2017/0025243中，兩者皆全文併入本文中。在一些實施例中，聚光透鏡可為反旋轉透鏡，其可保持離軸小束之旋轉角不改變，同時使小束之電流發生變化。在一些實施例中，聚光透鏡110可為可移動的反旋轉聚光透鏡，其涉及具有可移動第一主平面之反旋轉透鏡。反旋轉或可移動反旋轉聚光透鏡進一步描述於以全文引用之方式併入本文中之國際公開案第WO 2018/122176號中。

【0039】 接物鏡131可經組態以使小束102_1、102_2及102_3聚焦

於樣本1上以供檢測，且可在表面7上形成三個探測光點102_1S、102_2S及102_3S，如所描繪實施例中所展示。槍孔徑板171在操作中經組態以阻擋初級電子束102之周邊電子以減小庫侖(Coulomb)效應。庫侖效應可放大初級小束102_1、102_2、102_3之探測光點102_1S、102_2S及102_3S中之每一者的大小，且因此使檢測解析度劣化。

【0040】束分離器160可例如為韋恩濾波器，其包含產生靜電偶極子場E1及磁偶極子場B1之靜電偏轉器。束分離器160可使用勞侖茲(Lorentz)力來影響穿過其之電子。束分離器160可經啟動以產生靜電偶極子場E1及磁偶極子場B1。在操作中，束分離器160可經組態以由靜電偶極子場E1對初級小束102_1、102_2及102_3之個別電子施加靜電力。靜電力可與由束分離器160之磁偶極子場B1對個別電子施加之磁力的量值相等但方向相反。初級小束102_1、102_2及102_3可大致上筆直通過束分離器160。

【0041】偏轉掃描單元132在操作中經組態以使初級小束102_1、102_2及102_3偏轉以越過表面7之區段中的個別掃描區域來掃描探測光點102_1S、102_2S及102_3S。回應於在探測光點102_1S、102_2S及102_3S處由初級小束102_1、102_2及102_3照射樣本1，次級電子自樣本1顯現且形成在操作中自樣本1發射之三個次級電子束102_1se、102_2se及102_3se。次級電子束102_1se、102_2se及102_3se中之每一者通常包含具有不同能量之電子，包括次級電子(例如，具有 ≤ 50 eV之電子能量)及反向散射電子(具有介於50 eV與初級小束102_1、102_2及102_3之導降能量之間的電子能量)。

【0042】束分離器160經組態以將次級電子束102_1se、102_2se及

102_3se朝向二次成像系統150偏轉。二次成像系統150隨後將次級電子束102_1se、102_2se及102_3se聚焦至電子偵測器件140M之偵測元件140_1、140_2及140_3上。偵測元件140_1、140_2及140_3經配置以偵測相對應之次級電子束102_1se、102_2se及102_3se，且產生可發送至信號處理單元(圖中未示)以例如建構樣本1之對應經掃描區域之影像的對應信號。

【0043】 束分離器160經組態以將次級電子束朝向二次成像系統150偏轉角度 α 。角度 α 可判定為主光軸100_1與副光軸150_1之間的角度。角度 α 可表示同軸初級電子小束與其對應次級電子小束之間的分離角度。在一些實施例中，角度 α 可設定為在5度與25度的範圍內。

【0044】 如上文所論述，束分離器160可為包括諸如韋恩濾波器之磁性偏轉器的偏轉器件。偏轉器件可使通過其之電子偏轉。電子之偏轉方向及偏轉角可係取決於電子之移動方向及能量(其可由例如速度表示)。初級電子可朝向樣本1行進，而次級電子自樣本1之表面7產生，且遠離樣本1行進。因此，在不同於次級或反向散射電子之方向上移動之初級電子可與次級或反向散射電子區分開。因此，初級小束102_1、102_2及102_3可經允許以實質上筆直地通過束分離器160，而次級電子束102_1se、102_2se及102_3se經偏轉遠離光軸100_1達諸如角度 α 。

【0045】 然而，初級小束102_1、102_2及102_3本身可包含處於不同能量位準之電子。因此，色散可產生於初級小束102_1、102_2及102_3中的每一者中。色散可影響初級小束102_1、102_2及102_3以在樣本1上形成探測光點，該等光點偏離所要形狀或變得經加寬。因此，色散可使得例如具有長方形形狀或經放大之探測光點被形成。由束分離器160

所引起之色散可使成像解析度劣化。

【0046】此外，色散可影響次級電子束102_1se、102_2se及102_3se以在電子偵測器件140M上形成更大光點。色散可使次級電子收集效率劣化且促成串擾。

【0047】在圖1B中，初級投影系統130內之小束之路徑可僅為示意性的。舉例而言，如圖1B中所展示的以點線形式線性行進通過束偏光器160、偏轉掃描單元132及接物鏡131之小束的表示可指示進入及脫離電子光學元件或系統，諸如初級投影系統130之小束之間的對應關係。亦即，小束之軌跡可不同於在圖1B中初級投影系統130內所展示之軌跡。小束之相對位置可隨著電子光學元件之組態及操作模式來改變。

【0048】分離角度 α 可基於各種準則來設定。在一些實施例中，分離角度 α 可經設定以便使色散影響最小化。舉例而言，分離角度 α 可經選擇為儘可能小的。束分離器160可經組態以使次級小束儘可能小地偏轉，使得藉由束分離器160產生之靜電偶極子場E1及磁偶極子場B1的幅值經最小化。為了使色散影響最小化，可為有效的是減小E1及B1的幅值。

【0049】然而，減小分離角度 α 可限制主光軸100_1與副光軸150_1之間的可用空間。空間之限制強加對二次成像系統150的封裝約束。此類約束可限制二次成像系統150中之元件，諸如透鏡之大小及位置的靈活性。

【0050】圖1C說明可形成裝置100A之部分的偵測系統100A-D之例示性組態。偵測系統100A-D可包括二次成像系統150及電子偵測器件140M。二次成像系統150可包括可皆與副光軸150_1對準的變焦透鏡151、投影透鏡152及反掃描偏轉單元157。電子偵測器件140之偵測元件

140_1、140_2及140_3可置放於偵測平面SP3上。變焦透鏡151、投影透鏡152及接物鏡131可一起將樣本表面7之影像投影於偵測平面SP3上。此等元件可聚焦次級電子束102_1se、102_2se及102_3se以在偏轉掃描單元132關斷時分別在偵測元件140_1、140_2及140_3上形成次級電子光點。反掃描偏轉單元157可經組態以在偏轉掃描單元132在各別區上掃描小束102_1、102_2及102_3時保持次級電子光點於對應偵測元件內。

【0051】 自樣本1之表面7至偵測平面SP3的總成像放大率可依據偵測元件上探測光點之間距(例如，偵測元件140_1、140_2及140_3上次級電子光點之間的間距)及樣本1上探測光點的間距(例如，探測光點102_1S、102_2S及102_3S之間的間距)來判定。放大率可定義為間距之比率。

【0052】 樣本表面7上之每一探測光點可成像於一個偵測元件上，藉此確保複數個探測光點與複數個偵測元件之間的對應關係。在一些實施例中，樣本1上之探測光點間距對於不同檢測應用可不同，且放大率可因此予以改變。

【0053】 變焦透鏡151可包括兩個透鏡151_11及151_12。透鏡151_11及151_12可為靜電透鏡。變焦透鏡151之影像平面可經組態以係在傳送平面SP2處。場透鏡可設置於傳送平面SP2處。在一些實施例中，傳送平面SP2的位置可在不同模式中，諸如緩慢次級電子偵測模式及反向散射電子偵測模式中不同。

【0054】 投影透鏡152可包括靜電透鏡152_11及磁透鏡152_12。投影透鏡152之影像平面可經組態以係在偵測平面SP3處。自樣本表面7至傳送平面SP2之成像放大率的第一位準可藉由接物鏡131及變焦透鏡151實

現。自傳送平面SP2至偵測平面SP3之成像放大率的第二位準可藉由投影透鏡152實現。自樣本表面7至偵測平面SP3的總成像放大率可等於成像放大率之第一位準與成像放大率之第二位準的乘積。在一些實施例中，成像放大率之第二位準可經組態以大於成像放大率的第二位準。設定第二位準大於第一位準在一些成像模式中，諸如緩慢次級電子偵測模式中可為有利的。

【0055】 變焦透鏡151可執行變焦功能。藉由調整透鏡151_11及151_12之聚焦倍率，成像放大率之第一位準可發生變化以達成總成像放大率的所要值。投影透鏡152可執行反旋轉功能。藉由調整磁透鏡152_12之磁場及靜電透鏡152_11的聚焦倍率，偵測平面SP3上之總影像旋轉及成像放大率的第二位準可經設定以保持恆定。反掃描偏轉單元157可執行反掃描功能。藉由運用偏轉掃描單元132同步地偏轉次級電子束，次級電子光點在偵測平面SP3上的移位可被實質上取消。因此，複數個探測光點與複數個偵測元件之間的對應關係可得以維持。

【0056】 偵測系統100A-D之例示性操作可包括如下。舉例而言，接物鏡131可分別聚焦產生自探測光點102_1S、102_2S及102_3S的次級電子束102_1se、102_2se及102_3se，且在影像平面SP1_se上形成三個探測光點的第一次級電子影像。影像平面SP1_se可係在變焦透鏡151下面，且可隨著接物鏡131之操作條件的改變而移動。束分離器160可使次級電子束102_1se、102_2se及102_3se偏轉，使得束沿著副光軸150_1進入二次成像系統150。變焦透鏡151可接著聚焦次級電子束102_1se、102_2se及102_3se且在傳送平面SP2上形成三個探測光點的第二次級電子影像。投影透鏡152接著可聚焦次級電子束102_1se、102_2se及102_3se以在偵

測平面SP3上形成三個探測光點的第三次級電子影像。

【0057】 包括第一變焦透鏡151_11及第二變焦透鏡151_12的變焦透鏡151可經調整以在接物鏡131以及初級電子束之複數個小束的成像條件改變時達成樣本1與偵測平面SP3之間的所要成像放大率。舉例而言，第一變焦透鏡151_11及第二變焦透鏡151_12可經調整，使得次級電子束102_1se、102_2se及102_3se之間距與偵測元件140_1、140_2及140_3之間距匹配。包括磁透鏡152_12及靜電透鏡152_11之投影透鏡152可經調整以在成像條件改變時使得次級電子束102_1se、102_2se及102_3se之定向與偵測元件140_1、140_2及140_3的定向匹配。反掃描偏轉單元157可經操作以在偏轉掃描單元132在樣本1上之各別區上方掃描小束102_1、102_2及102_3期間使次級電子束102_1se、102_2se及102_3se保持於偵測元件140_1、140_2及140_3內。

【0058】 如上文所論述，束分離器160可經組態以使次級小束以小角度 α 偏轉，例如以使色散影響最小化。舉例而言，角度 α 可設定為是在5度與25度內。當分離角度 α 為小時，二次成像系統150及初級投影系統130的空間可受到限制。最接近於束分離器160之元件，諸如變焦透鏡151的第一透鏡151_11可受此類空間約束影響最大。此外，由於兩個系統例如使用愈來愈多的小束及愈來愈多的偵測元件變得更複雜，因此空間限制可變得愈來愈急切。兩個系統中之透鏡可製造得較小，但成像品質可被降級。舉例而言，透鏡之內徑愈大，藉由透鏡產生的像差愈小。同時，透鏡愈靠近於束分離器160置放，藉由透鏡產生的像差愈小。因為產生於二次成像系統150內之像差可使次級電子收集效率劣化且促成串擾，所以可期望使像差最小化。然而，歸因於封裝約束，難以靠近於束分離器160置放

具有大的內徑的透鏡。因此，自使產生於二次成像系統150中之像差最小化的觀點，期望設定分離角度 α 儘可能地大，使得更多空間可用於容納透鏡。因此，在使來自束分離器160之色散影響最小化與使來自二次成像系統150之像差最小化之間存在折衷關係。因此，分離角度 α 可經選擇以使初級電子影像解析度之要求與次級電子偵測效率及串擾達成平衡。靜電透鏡相較於相當的磁透鏡通常佔據較小空間，但相較於磁透鏡產生較大像差。在一些實施例中，電磁複合透鏡因此經提供為二次成像系統中變焦透鏡的第一透鏡，諸如圖1C中的變焦透鏡151中的透鏡151_11。相較於具有線圈之習知磁透鏡，可使得電磁複合透鏡更緊湊，且因此電磁複合透鏡可允許具有低像差之第一透鏡在較小分離角度 α 經設定時使用，藉此允許達成具有低色散影響及低像差兩者之檢測工具的更大靈活性。

【0059】 變焦透鏡之透鏡因為例如二次成像系統150中的空間限制可典型地為靜電透鏡。作為一實例，靜電透鏡可包含兩個端電極及一或多個內電極，且可作為單透鏡起作用。在單透鏡中，束入口及束出口處的端電極設定於相等電位，且一或多個內電極可相對於端電極經正偏壓(亦即，正模式)，經負偏壓(亦即，負模式)，或經負且正偏壓(亦即，組合模式，其可使用兩個或兩個以上內部電極)。為了確保二次成像系統150以接地電位操作，單透鏡的端電極可設定為接地電位。

【0060】 大體而言，磁透鏡相較於靜電透鏡可產生較少像差。然而，具有可調整聚焦倍率之習知磁透鏡包含線圈繞組，藉此使得磁透鏡更笨重。習知磁透鏡對於涉及封裝約束之情形可能並非理想的。因此，二次成像系統150在例如變焦透鏡151中可利用單透鏡。

【0061】 單透鏡可以正模式、負模式或組合模式在二次成像系統

150中操作。正模式中之絕對電壓高於其他模式中的絕對電壓。可為有利的是將較高電壓用於減小像差效應但如此進行可促成電弧放電的風險。舉例而言，在二次成像系統150中，當封裝約束使得導電電極靠近於彼此置放時，可存在許多電弧放電路徑，且因此高電壓出於電安全起見應被避免。因此，可能需要使單透鏡在負模式中操作。

【0062】 在本發明之一些實施例中，變焦透鏡中之一個透鏡可為包括磁透鏡及靜電透鏡的電磁複合透鏡。複合透鏡之磁透鏡可包括永久磁體。複合透鏡之磁透鏡可提供複合透鏡之總聚焦倍率的一部分，而靜電透鏡構成總聚焦倍率的剩餘部分。複合透鏡之靜電透鏡可使用比純單透鏡之電壓低相當多的電壓在正模式中操作。根據一些實施例，具有電磁複合透鏡之變焦透鏡中的像差相較於所有透鏡為靜電透鏡的典型變焦透鏡可被減小。

【0063】 現參看符合本發明之實施例的圖2A，該圖說明電磁複合透鏡210A的例示性組態。圖2A之複合透鏡可形成二次成像系統150的部分。舉例而言，複合透鏡210A可經提供為圖1C之二次成像系統150之變焦透鏡151中的第一透鏡151_11。因此，複合透鏡210A可配置於束分離器160與投影透鏡152之間。複合透鏡210A可與軸210_1對準，該軸在一些實施例中，諸如在複合透鏡210A經提供為第一透鏡151_11時可為軸150_1。複合透鏡210A關於軸210_1可為旋轉對稱的。

【0064】 複合透鏡210A可包括永久磁體211、第一磁性磁極片212、第二磁性磁極片213、第一電極215及第二電極216。磁體211可經提供，從而包圍軸210_1且沿著軸210_1係在第一磁性磁極片212與第二磁性磁極片213之間。第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213沿著軸210_1

可設置於第一電極215與第二電極216之間。元件211、212、213、215及216可具有環狀形狀。相比於線圈，永久磁體可佔據較小空間，產生較少熱，且並不需要至驅動器之連接，且因此永久磁體可適用於置放於高電壓環境中。

【0065】 磁體211可具有可平行於軸210_1之在縱向方向上的磁化方向。第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213可由導電及磁性材料形成。在一些實施例中，第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213中之一或兩者可直接接觸磁體211。磁性電路可藉由磁體211、第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213形成。磁性磁極片212及213可經提供以塑形並導向藉由磁體211產生的磁場。磁性磁極片212及213可經分離地提供，使得其並不彼此實體接觸。

【0066】 第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213可形成非磁性間隙G1。間隙G1可形成於磁體211之徑向內側上，使得藉由磁體211產生之磁場導向朝向軸210_1。間隙G1可掃過包圍軸210_1的環形區。藉由間隙G1形成之境掃過環形區相較於磁體211的內徑可具有較小外徑。間隙G1可為自由空間，或可部分或充分填充有材料，該材料對磁場無影響，亦即，具有靠近於或等於1的磁導率。

【0067】 複合透鏡210A包括可藉由磁體211、第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213形成的磁透鏡。磁透鏡之激勵可藉由磁體211提供。磁場210-mf可顯現為通過間隙G1。圖2A展示磁場210-mf的磁場線。磁場可通過第一磁性磁極片212與第二磁性磁極片213之間間隙G1洩漏至軸210_1周圍的區域。因此，行進通過複合透鏡210A之電子可受磁透鏡之磁場影響。若第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213中之一者或兩

者與磁體211隔開，則第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213與在間隙G1中相比較在與磁體211隔開之部分中可具有更強健磁耦合。因此，磁場可優先地洩漏通過間隙G1。在一些實施例中，第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213可具有不同直徑。舉例而言，第一磁性磁極片212可具有不同於第二磁性磁極片213的內徑。

【0068】複合透鏡210A包括靜電透鏡，其可由第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213、第一電極215以及第二電極216形成。第一電極215及第二電極216可形成端電極。第一電極215及第二電極216可由導電材料形成。電壓可施加至元件212、213、215及216。當元件212、213、215及216中之兩者設定於不同電位時，可產生靜電場。舉例而言，在圖2A中，第一電極215可設定於與第一磁性磁極片212之電位不同的電位。因此，電場可形成於第一電極與第一磁性磁極片之間。類似地，第二電極216可設定於不同於第二磁性磁極片213之電位的電位。第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213的電位可相同。第一電極215及第二電極216之電位亦可相同(如在單透鏡中一般)。圖2A展示電場210-ef的等電位線。舉例而言，複合透鏡210A可經組態以在間隙G1之區中圍繞與軸210_1相交的橫向平面為對稱的。

【0069】在一些實施例中，第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213可電連接至彼此。因此，第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213可形成單一電極，且單一電壓可施加至第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213。

【0070】複合透鏡210A的聚焦倍率可為可調整的。舉例而言，由組件212、213、215及216構成之靜電透鏡中的電場可藉由使靜電透鏡中之

電極的電壓發生變化來調整。磁體211為永久磁體，其磁化可為固定的，且因此產生於磁透鏡中之磁場可保持固定。複合透鏡之聚焦倍率可取決於磁場及電場兩者。因此，當磁場固定時，聚焦倍率之可調整性可經由複合透鏡之靜電部分提供。

【0071】 複合透鏡210A可包括靜電透鏡及磁透鏡，且可憑藉靜電透鏡可調整。靜電透鏡之調整可藉由調整施加至第一電極215、第二電極216及中心電極的電壓來進行，該中心電極可包括第一磁性磁極片212或第二磁性磁極片213。

【0072】 圖2B說明符合本發明之實施例的複合透鏡210B之另一例示性組態。複合透鏡210B可類似於上文關於圖2A論述的複合透鏡210A，唯以下例示性差異外。複合透鏡210B可包括各自在沿著軸210_1之方向上的磁體211與第一磁性磁極片212之間間隙Ga，及磁體211與第二磁性磁極片213之間間隙Gb。第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213相較於在間隙G1中在間隙Ga及Gb中可具有更強健磁耦合。第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213可具有不同形狀。第一磁性磁極片212可具有不同於第二磁性磁極片213之內徑的內徑。此外，複合透鏡210B可包括配置於間隙G1內部的電極214。

【0073】 第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213可經塑形，使得間隙G1沿著軸210_1形成於各種位置處。如圖2B中所展示，間隙G1可在軸向方向上在磁體211的一個末端處形成。間隙G1可靠近於磁體211之一個末端形成。舉例而言，間隙G1在軸210_1之方向上相較於磁體211的對置末端可更靠近於磁體211的一個末端。間隙G1可經定位以便係在電子束之電子的進入側上。舉例而言，複合透鏡210B可以一方式配置於二次成

像系統中，使得次級束之次級電子在描繪於圖2中的視圖中自右側末端入射。軸210_1可與副光軸150_1同線的(參見圖1C)。電子可經由第一磁性磁極片212中之開口進入複合透鏡210B。因此，電子在進入複合透鏡210B之後不久便受自間隙G1顯現之磁場影響。更靠近於複合透鏡210B之電子進入之末端定位間隙G1可確保磁場早早影響電子，且可減小複合透鏡210B的像差。

【0074】電極214可經設置以部分或完全覆蓋間隙G1。在一些實施例中，電極214可完全設置於間隙G1內，且可能不延伸至間隙G1外部。電極214可由非磁材料形成。電極214可由一種材料形成，該材料對磁場無影響或有小的影響，以便不與藉由磁體211產生的磁場干擾。為了避免磁體211帶電，電極214可充分阻斷間隙G1。因此，可防止例如沿著軸210_1行進通過複合透鏡210B的電子撞擊磁體211。可藉此防止電荷積聚於磁體211上，且因此可防止複合透鏡210B之靜電透鏡的靜電特性被電荷改變，且因此靜電透鏡之聚焦倍率可保持穩定。此外，元件211、212、213之幾何形狀可經組態，以便將減小電子到達磁體211的似然度。舉例而言，可使得磁體211之環形厚度小於第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213的環形厚度。在一些實施例中，可使得磁體211之內徑大於第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213的內徑。磁體211之內徑可顯著大於第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213的內徑。可使得間隙G1小於磁體211與第一磁性磁極片212之間的徑向大小差(徑向方向垂直於軸210_1)，或小於磁體211與第二磁性磁極片213之間的徑向大小差。在此類配置中，行進通過複合透鏡210B的電子到達磁體211的似然度可被減小。

【0075】複合透鏡210B可包括靜電透鏡及磁透鏡。複合透鏡210B之磁透鏡可藉由組件211、212、213形成。藉由元件211、212、213產生之磁場可通過間隙G1洩漏出以影響沿著軸210_1行進的電子。複合透鏡210B之靜電透鏡可藉由組件212、213、214、215及216形成。連同第一電極215及第二電極216一起，第三電極可設置於複合透鏡210B的靜電透鏡中。第三電極可包括電極214。電極214可與第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213中之一或兩者直接接觸。在一些實施例中，複合透鏡210B之靜電透鏡及磁透鏡可由常見組件形成。舉例而言，第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213可為複合透鏡210B之靜電透鏡及複合透鏡210B之磁透鏡兩者的構成組件。在其他實施例中，例如，如應稍後論述的是，靜電透鏡及磁透鏡之組件可為彼此排他的。

【0076】在一些實施例中，電極214可具有與第一磁性磁極片212或第二磁性磁極片213之內徑相同或不同的內徑。舉例而言，如圖2B中所展示，電極214具有大於第一磁性磁極片212之內徑D2的內徑D1。此外，電極214可經配置，使得間隙形成於第一磁性磁極片212與電極214之間，或第二磁性磁極片213與電極214之間。

【0077】圖2C說明符合本發明之實施例的複合透鏡210C之另一例示性組態。複合透鏡210C可類似於上文論述之複合透鏡210A及複合透鏡210B，唯以下例示性差異外。複合透鏡210C可包括配置於間隙G1內部的電極214。複合透鏡210C可包括沿著軸210_1各自在一方向上的電極214與第一磁性磁極片212之間間隙Gc及電極214與第二磁性磁極片213之間間隙Gd。電極214可具有大於第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213中每一者之內徑的內徑。複合透鏡210C可經組態，使得電子具有撞擊磁

體211的低似然度。

【0078】 現參考符合本發明之實施例的圖3A，該圖說明電磁複合透鏡220A的例示性組態。複合透鏡220A可包括覆蓋第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213的電極214。電極214可覆蓋第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213的面向軸210_1之內表面。電極214可沿著軸210_1自第一磁性磁極片212之末端延伸至第二磁性磁極片213的末端。電極214可覆蓋第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213之面向軸210_1之內表面的實質上全部。

【0079】 在複合透鏡220A中，第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213可由磁性傳導及非導電材料形成。第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213中一或兩者的材料可為電絕緣體。電極214可由非磁材料形成。

【0080】 複合透鏡220A可包括靜電透鏡及磁透鏡。複合透鏡220A之磁透鏡可藉由組件211、212、213形成。藉由元件211、212、213產生之磁場可通過間隙G1洩漏出以影響沿著軸210_1行進的電子。複合透鏡220A之靜電透鏡可藉由組件214、215及216形成。電極214可與第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213中之一或兩者直接接觸。在一些實施例中，間隙可設置於電極214與第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213之間。舉例而言，電極214可在徑向方向上與第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213隔開。電場可藉由將組件214、215及216當中之兩個元件設置於不同電位而產生於複合透鏡220A中。

【0081】 複合透鏡220A可允許改良之設計靈活性。舉例而言，電場可藉由具有導電性質的元件，諸如電極214、第一電極215及第二電極216

產生。因為第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213不必由用於形成靜電透鏡的導電材料形成，所以可給予選擇材料以建置複合透鏡220A的較大靈活性。

【0082】 圖3B說明符合本發明之實施例的複合透鏡220B之另一例示性組態。複合透鏡220B可類似於上文關於圖3A論述的複合透鏡220A，唯以下例示性差異外。複合透鏡220B可包括具有一形狀的電極214，該形狀實質上覆蓋第一磁性磁極片212、第二磁性磁極片213及磁體211。電極214可合圍第一磁性磁極片212、第二磁性磁極片213及磁體211。電極214可具有包含實質上U形環的形狀。舉例而言，電極214可包括橫截面U形狀，其關於軸210_1為旋轉對稱的。電極214可包括在縱向方向上，亦即沿著軸210_1覆蓋第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213的一部分，及在徑向方向上覆蓋第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213的一部分。電極214可覆蓋第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213的面向軸210_1之內表面。電極214可沿著軸210_1自第一磁性磁極片212之末端延伸至第二磁性磁極片213的末端。電極214亦可覆蓋第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213的末端表面。電極214可覆蓋第一磁性磁極片212、第二磁性磁極片213及磁體211周圍的三個周邊側壁。舉例而言，電極214可覆蓋組件211、212及213之群組的軸向內側及徑向外末端側。在一些實施例中，電極214可進一步覆蓋第一磁性磁極片212、第二磁性磁極片213及磁體211周圍的數側，諸如軸向外側。電極214可完全合圍第一磁性磁極片212、第二磁性磁極片213及磁體211。

【0083】 在一些實施例中，電極214可具備電極214與電極214覆蓋之元件之間的間隙。電極214可與第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片

213中之一或兩者直接接觸。舉例而言，電極214可藉由間隙Ge在沿著軸210_1之方向上與第一磁性磁極片212隔開，且可接觸次級磁性磁極片213。

【0084】 在一些實施例中，複合透鏡可被用作變焦透鏡中的透鏡。變焦透鏡可具有可調整聚焦倍率，使得行進通過之電子可經恰當地控制。舉例而言，變焦透鏡可用以減小多個偵測元件之間的串擾。因此，變焦透鏡可經組態以防止次級電子束之光點重疊或撞擊於偵測器件之相鄰的偵測元件上。變焦透鏡可經組態以使每一次級電子束之光點大小小於其對應電子偵測元件。此外，變焦透鏡可經組態以補償聚焦影響中接物鏡131的變化。諸如複合透鏡210A、210B、210C、220A或220B的透鏡可經組態以係藉由可調整靜電透鏡可調整的以滿足不同成像條件。

【0085】 現參考符合本發明之實施例的圖4A，該圖說明電子束工具之二次成像系統中的第一透鏡151-11A的例示性組態。第一透鏡151-11A可包括電磁複合透鏡，諸如上文參看圖2A至圖2C及圖3A至圖3B所論述的彼等電磁複合透鏡。第一透鏡151-11A可作為上文參考圖1C所論述之二次成像系統150之變焦透鏡151的部分而應用。第一透鏡151-11A可經組態以使次級電子束102_1se、102_2se及102_3se聚焦，該等次級電子束經偏轉遠離主光軸100_1以沿著副光軸150_1行進。

【0086】 如圖4A中所展示，第一透鏡151-11A包括永久磁體211、第一磁性磁極片212、第二磁性磁極片213、電極214、第一末端遮罩電極217及第二末端遮罩電極218。組件211、212、213、214、217及218可與副光軸150_1對準。第一末端遮罩電極217可包括自外側覆蓋磁體211以磁性遮罩磁體211的部分217a。以此方式，藉由磁體211產生之磁場可能並

不洩漏至主光軸100_1。

【0087】 第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213可由導電及磁性材料形成。在一些實施例中，第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213可為電絕緣體。電極214可由導電及非磁材料形成。第一末端遮罩電極217及第二末端遮罩電極218可由導電及導磁材料形成。

【0088】 第一透鏡151-11A可包括可藉由磁體211、第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213形成的磁透鏡151-11m。磁透鏡151-11m之激勵可藉由磁體211提供。磁場可經由第一磁性磁極片212與第二磁性磁極片213之間的間隙顯現。電極214可設置於該間隙中，且可保護磁體211免受藉由傳入次級電子充電。

【0089】 第一透鏡151-11A可包括靜電透鏡151-11e，該靜電透鏡可藉由第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213、電極214、第一末端遮罩電極217及第二末端遮罩電極218形成。在一些實施例中，靜電透鏡151-11e可僅藉由電極214、第一末端遮罩電極217及第二末端遮罩電極218形成。第一末端遮罩電極217及第二末端遮罩電極218可設定於第一電位V1，且第一磁性磁極片212、第二磁性磁極片213及電極214可設定於可不同於V1的第二電位V2。因此，可產生靜電場。

【0090】 第一透鏡151-11A的聚焦倍率可為可調整的。在一些實施例中，聚焦倍率可經組態以藉由使第二電位V2發生變化來加以調整。第一末端遮罩電極217與第二末端遮罩電極218可直接彼此接觸，且可電連接。在一些實施例中，第一末端遮罩電極217與第二末端遮罩電極218可彼此隔開，且可電斷開。第一末端遮罩電極217可獨立於第二末端遮罩電極218運用電壓來控制。

【0091】 第一透鏡151-11A可用作變焦透鏡的自次級束進入變焦透鏡的側起計數的第一透鏡。第一透鏡151-11A之聚焦倍率可經組態以根據例如接物鏡131之成像條件的改變以及初級電子小束之導降能量在範圍內調整。第一透鏡151-11A可包括可經組態以滿足範圍的磁透鏡151-11m及靜電透鏡151-11e。範圍之基本部分的實質上全部或一部分可藉由磁透鏡151-11m實現。範圍之剩餘部分可藉由靜電透鏡151-11e實現。

【0092】 靜電透鏡151-11e可經組態以藉由其中產生之電場來供應可變的聚焦倍率。靜電透鏡151-11e可作為單透鏡起作用，且可以正模式、負模式或組合模式操作。在正模式中，第一末端遮罩電極217及第二末端遮罩電極218可經設定成相等電位(例如， V_1)，且內電極可設定成較高電位(例如， V_2 ，其中 $V_2 > V_1$)。舉例而言，靜電透鏡151-11e之內電極可包括第一磁性磁極片212、第二磁性磁極片213及電極214，或單獨包括電極214。在負模式或組合之模式中，第一末端遮罩電極217及第二末端遮罩電極218可設定成高於內電極之電位(V_2)的相等電位(V_1)。正模式中 $V_2 - V_1$ 的絕對值在實現施加至束之相等聚焦倍率時大於負模式中之 $V_2 - V_1$ 的絕對值。

【0093】 作為一實例，在正模式中，內電極212、213及214可能需要關於端電極217及218經偏壓為40 kV以實現所要聚焦倍率，亦即， $V_2 - V_1$ 的絕對值為40 kV。在負模式中，內電極可能需要關於端電極217及218經偏壓為-20 kV，以實現所要聚焦倍率，亦即， $V_2 - V_1$ 的絕對值為20 kV。

【0094】 在正模式中操作靜電透鏡可減小像差。然而，在正模式中操作可需要施加相對高的電壓，且電弧放電之風險在元件於緊湊空間中的配置中為不可接受地高的。藉由磁透鏡供應聚焦倍率之固定部分及藉由靜

電透鏡供應聚焦倍率之可改變部分的電磁複合透鏡可允許在正模式中操作，同時減小總體所施加電壓。舉例而言，參考上述實例，可提供複合透鏡，該等複合透鏡包括供應聚焦倍率中之一些以用於使束聚焦的磁透鏡。因此，電壓之較低值可用於操作複合透鏡之靜電透鏡部分。因此，可使用相較於例如40 kV較小的電壓。

【0095】 在一些實施例中，第一末端遮罩電極217及第二末端遮罩電極218可設定為處於接地電位，使得 $V1=0$ 。設定 $V1=0$ 依據改良之電安全性及減小對絕緣複雜度的要求可為有利的。電極214可設定為高於 $V1$ 的電位元 $V2$ (正模式)。設定 $V2$ 高於 $V1$ 對於減小像差可為有利的。

【0096】 如上文所論述，第一透鏡151-11A可為包括磁透鏡151-11m及靜電透鏡151-11e的複合透鏡。藉由磁透鏡151-11m產生的磁場可由 $B151$ 表示。藉由靜電透鏡151-11e產生的電場可由 $E151$ 表示。第一透鏡151-11A之聚焦倍率可取決於電場強度 $E151$ 及磁場 $B151$ 。

【0097】 電場中心及磁場中心可為一致的。在一些實施例中，場 $B151$ 及 $E151$ 之分佈的中心可係在不同位置處。舉例而言，第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213的滲透性可為不同的。

【0098】 在一些實施例中，第一末端遮罩電極217及第二末端遮罩電極218可形成磁遮罩件。第一末端遮罩電極217及第二末端遮罩電極218可經組態以防止藉由磁體211產生的磁場洩漏至主光軸100_1周圍的區域。電磁遮罩可為繞第一透鏡151-11A提供，使得產生自第一透鏡151-11A之雜散場並不擾亂初級小束102_1、102_2及102_3的軌跡，該等初級小束沿著主光軸100_1行進。在一些實施例中，磁遮罩或磁性及電遮罩套管可經提供，且可類似於圖4B及圖4C的遮罩套管219圍繞主光軸100_1定

中心。

【0099】 圖4B說明符合本發明之實施例的電子束工具之二次成像系統中第一透鏡151-11B的另一例示性組態。第一透鏡151-11B可類似於上文關於圖4A論述的第一透鏡151-11A，唯以下例示性差異外。第一透鏡151-11B可包括第一電極215及第二電極216。第一電極215及第二電極216可以環形盤之形狀形成，該環形盤包括其中心處的孔隙且由導電材料製成。第一透鏡151-11B包括靜電透鏡，該靜電透鏡可由第一電極215、第二電極216及電極214形成。第一電極215及第二電極216可形成端電極。

【0100】 遮罩套管219可圍繞電子束工具之主光軸100_1設置。遮罩套管219可防止產生自第一透鏡151-11B之雜散場擾亂沿著主光軸100_1行進之初級小束102_1、102_2及102_3的軌跡。遮罩套管219可為防止磁場自其外部滲透至其內部的磁遮罩套管。

【0101】 圖4C說明符合本發明之實施例的電子束工具之二次成像系統中第一透鏡151-11C的另一例示性組態。第一透鏡151-11C可類似於上文論述之第一透鏡151-11A及第一透鏡151-11B，唯以下例示性差異外。第一透鏡151-11C可包括第一末端遮罩電極217及第二末端遮罩電極218以及遮罩套管219。第一末端遮罩電極217及第二末端遮罩電極218以及遮罩套管219中的全部或僅遮罩套管219可形成磁遮罩件以防止雜散場擾亂沿著主光軸100_1行進之初級小束102_1、102_2及102_3的軌跡。

【0102】 圖1B之裝置100A中各種元件的大小及形狀可經組態以便封裝至受約束空間中。舉例而言，第一末端遮罩電極217可以錐形形狀形成。具有錐狀末端之電極對於配置在主光軸100_1與副光軸150_1之間的區域中可為有利的。在圖1C之二次成像系統150中，變焦透鏡151可為沿

著朝向電子偵測器件140M之路徑在束分離器160之後設置的第一電子光學元件。因此，用於變焦透鏡151的空間約束可為最急切的。

【0103】 變焦透鏡151可設置於束分離器160與電子偵測器件140M之間的空間中。在一些實施例中，變焦透鏡151可就設置於束分離器160的下游。變焦透鏡151可設置於沿著副光軸150_1自束分離器160至電子偵測器件140M的路徑中而在束分離器160與變焦透鏡151之間無任何介入元件。

【0104】 當分離角度 α 為小的(參見圖1B)時，主光軸100_1與副光軸150_1之間的空間受到限制。然而，可能需要的是儘可能靠近於束分離器160配置透鏡。舉例而言，產生自樣本1之朝向電子偵測器件140M導向的次級束可為發散的。縮短二次成像系統150中束分離器160與變焦透鏡151之間的距離可減小變焦透鏡151中次級束的大小，且因此可減小變焦透鏡151之像差且防止偵測元件140_1、140_2及140_3上之束光點擴大。另外，像差及對成像品質有不利效應的其他影響可通過光學系統傳播，且可經放大，且因此可需要使用具有低像差的透鏡作為二次成像系統150中的第一透鏡。

【0105】 諸如磁體211之永久磁體避免與習知線圈繞組相關聯的成本及複雜度，該等線圈繞組需要施加至其的電流。永久磁體可節省功率且避免發熱問題。永久磁體可小於提供相同磁場強度的相當電磁體。永久磁體可具有高磁場穩定性及低場雜訊。永久磁體的材料可括稀土金屬，諸如釹。

【0106】 在一些實施例中，可提供一種組態具有光軸之電磁複合透鏡的方法。圖5為符合本發明之實施例的說明用於組態電磁複合透鏡之例

示性方法500的流程圖。步驟510中，可提供電磁複合透鏡，諸如圖2A中的複合透鏡210A。複合透鏡可設置於電子束工具，諸如圖1B中之裝置100A中，該電子束工具可為EBI系統，諸如圖1A中之10之部分。在一些實施例中，複合透鏡可經提供為電子束工具之二次成像系統中變焦透鏡的透鏡。舉例而言，複合透鏡可經提供為圖1C中之二次成像系統150中變焦透鏡151的第一透鏡151_11，諸如圖4A中的第一透鏡151-11A。

【0107】 步驟520中，可形成複合透鏡之磁透鏡。舉例而言，步驟520可包括形成圖4A中複合透鏡151-11A的磁透鏡151-11m。磁透鏡可藉由包圍複合透鏡之光軸的環形永久磁體來形成。在一些實施例中，步驟520可包括進一步設置第一磁性磁極片及第二磁性磁極片以沿著光軸包夾永久磁體。舉例而言，磁透鏡151-11m可藉由第一磁性磁極片212、第二磁性磁極片213及永久磁體211形成。

【0108】 步驟530中，藉由磁透鏡形成之磁場可導向朝向光軸。舉例而言，第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213(其可塑形並導向最初藉由磁體211產生的磁場)可具備間隙，藉由磁體211產生之磁場通過間隙導向朝向副光軸150_1，如圖4A中一般。

【0109】 步驟540中，可形成複合透鏡之靜電透鏡。舉例而言，步驟540可包括形成圖4A中複合透鏡151-11A的靜電透鏡151-11e。靜電透鏡可藉由兩個端電極及一內電極形成。兩個端電極可在複合透鏡之光軸的方向上包夾內電極。內電極可藉由磁性磁極片或獨立電極形成。作為一個實例，複合透鏡151-11A之靜電透鏡151-11e可由第一末端遮罩電極217、第二末端遮罩電極218及內電極形成，該內電極藉由第一磁性磁極片212及第二磁性磁極片213以及電極214形成。

【0110】步驟550中，藉由靜電透鏡形成之靜電場可導向朝向複合透鏡的光軸。舉例而言，靜電透鏡151-11e之靜電場可藉由設定第一末端遮罩電極217及第二末端遮罩電極218處於一個電位且設置內電極處於另一不同電位而沿著複合透鏡151-11A之光軸在第一末端遮罩電極217與第二末端遮罩電極218之間產生。

【0111】步驟560中，行進穿過複合透鏡之電子束可經聚焦。束之聚焦可包括調整複合透鏡之聚焦倍率以將束聚焦於一平面上。舉例而言，二次成像系統150之可包括複合透鏡的變焦透鏡151可根據接物鏡131之成像條件及初級電子小束102_1、102_2及102_3的導降能量調整以將次級電子束102_1se、102_2se及102_3se聚焦於成像平面SP2，如圖1C中一般。

【0112】步驟570中，可改變複合透鏡的聚焦倍率。步驟570可包括基於成像條件之改變而調整複合透鏡的聚焦倍率。舉例而言，在圖4A中二次成像系統150中的複合透鏡151-11A可根據接物鏡131之成像條件及初級電子小束102_1、102_2及102_3的導降能量予以調整。

【0113】圖6為符合本發明之實施例的說明用於組態帶電粒子束裝置之例示性方法600的流程圖。舉例而言，方法600可藉由EBI系統10之控制器19執行，如圖1A中所展示。控制器19可經程式化以實施方法600的一或多個區塊。舉例而言，控制器19可指導帶電粒子束裝置之模組以產生帶電粒子束且施行其他功能。

【0114】步驟610中，帶電粒子束可藉由帶電粒子源產生。舉例而言，電子源101可經控制以發射沿著主光軸100_1形成的初級電子束102，如圖1B中一般。步驟610可包括自帶電粒子束產生複數個小束。舉例而言，源轉換單元120可形成初級小束的3×3陣列，包括來自初級電子束102

的初級小束102_1、102_2、102_3。

【0115】 步驟620中，初級小束可被導向至次級電子可經產生所在的樣本。舉例而言，在圖1B中，初級小束102_1、102_2、102_3可沿著主光軸100_1行進，且經聚焦以在樣本1之表面7上形成探測光點102_1S、102_2S及102_3S。

【0116】 步驟630中，次級帶電粒子可藉由初級小束自樣本產生，且形成次級帶電粒子束。舉例而言，在圖1B中，回應於藉由初級小束102_1、102_2、102_3進行的照射，次級電子束102_1se、102_2se及102_3se可經產生，且可自樣本1發射以沿著主光軸100_1在反向方向上行進。

【0117】 步驟640中，次級帶電粒子束可與初級小束分離。舉例而言，在圖1B中，次級電子束102_1se、102_2se及102_3se可藉由束分離器160與初級小束102_1、102_2、102_3分離。如上文所論述，束分離器160可為偏轉器件，該偏轉器件包括磁性偏轉器，諸如韋恩濾波器。偏轉器件可使通過其的帶電粒子偏轉。電子的偏轉方向及偏轉角度可取決於帶電粒子的移動方向及能量(其可藉由例如速度表示)。因此，在不同於次級帶電粒子之方向上移動的初級帶電粒子可與次級帶電粒子區分開。因此，例如，初級小束102_1、102_2及102_3可經允許以實質上筆直地通過束分離器160，同時次級電子束102_1se、102_2se及102_3se遠離光軸100_1偏轉，如圖1B中一般。次級電子束102_1se、102_2se及102_3se可經導向以沿著副光軸150_1行進。

【0118】 步驟650中，次級帶電粒子束可經聚焦並偵測。舉例而言，在圖1B中，次級電子束可藉由二次成像系統150聚焦且藉由電子偵測

器件140M偵測。二次成像系統150的可包括複合透鏡的變焦透鏡151可根據接物鏡131之成像條件及初級電子小束102_1、102_2及102_3的導降能量調整以將次級電子束102_1se、102_2se及102_3se聚焦於電子偵測器件140M上。

【0119】 步驟660中，可建構樣本之影像。舉例而言，偵測元件140_1、140_2及140_3可偵測對應次級電子束102_1se、102_2se及102_3se，且產生對應信號，該等對應信號可發送至信號處理單元以建構樣本1之對應經掃描區域的影像。

【0120】 可使用以下條項進一步描述實施例：

1. 一種電磁複合透鏡，其包含：

一靜電透鏡，其設置於該複合透鏡的一光軸上；及

一磁透鏡，其設置於該軸上，其中該磁透鏡包括包圍該光軸的一環形永久磁體。

2. 如條項1之複合透鏡，其進一步包含：

一第一磁性磁極片及一第二磁性磁極片，該永久磁體沿著該光軸在該第一磁性磁極片與該第二磁性磁極片之間，其中一環形間隙形成於該第一磁性磁極片與該第二磁性磁極片之間，使得最初藉由該永久磁體產生的一磁場經導向以通過該間隙朝向該光軸洩漏。

3. 如條項2之複合透鏡，其中該間隙形成於該永久磁體的一徑向內側上。

4. 如條項2或條項3之複合透鏡，其中該間隙沿著該光軸靠近於該永久磁體的一個末端形成。

5. 如條項2至4中任一項之複合透鏡，其中該第一磁性磁極片及該

第二磁性磁極片直接接觸該永久磁體。

6. 如條項2至5中任一項之複合透鏡，其中該第一磁性磁極片之一內徑不同於該第二磁性磁極片的一內徑。

7. 如條項2至6中任一項之複合透鏡，其中該靜電透鏡包含一第一電極及一第二電極，其中該第一磁性磁極片及該第二磁性磁極片沿著該光軸在該第一電極與該第二電極之間。

8. 如條項2至6中任一項之複合透鏡，其中該第一磁性磁極片為該靜電透鏡之一第一電極，且該第二磁性磁極片為該靜電透鏡的一第二電極。

9. 如條項7或條項8之複合透鏡，其中該靜電透鏡進一步包含沿著該光軸在該第一電極與該第二電極之間的一第三電極。

10. 如條項9之複合透鏡，其中該第三電極設置於該間隙中。

11. 如條項10之複合透鏡，其中該第三電極完全設置於該間隙內。

12. 如條項9或條項10之複合透鏡，其中該第三電極具有一內徑，該內徑小於該第一磁性磁極片之一內徑及該第二磁性磁極片的一內徑。

13. 如條項9、10及12中任一項之複合透鏡，其中該第三電極覆蓋該第一磁性磁極片及該第二磁性磁極片之面向該光軸的內表面。

14. 如條項9、10、12及13中任一項之複合透鏡，其中該第三電極沿著該光軸自該第一磁性磁極片之一末端延伸至該第二磁性磁極片的一末端。

15. 如條項9、10及12至14中任一項之複合透鏡，其中該第三電極合圍該第一磁性磁極片、該第二磁性磁極片及該磁體。

16. 一種帶電粒子光學系統，其包含：

一束分離器，其設置於一第一光軸上，該束分離器經組態以分離藉由一源產生的一初級帶電粒子束的複數個小束與回應於該等小束的照射自一樣本發射的複數個次級帶電粒子束，其中次級帶電粒子束在通過該束分離器之後沿著一第二光軸行進；

一二次成像系統，其經組態以沿著該第二光軸將該等次級帶電粒子束聚焦於一偵測器上，其中

該二次成像系統包括一電磁複合透鏡，該電磁複合透鏡包含：

一靜電透鏡，其設置於該第二光軸上；及

一磁透鏡，其設置於該第二光軸上，其中該磁透鏡包括一環形永久磁體。

17. 如條項16之系統，其中該複合透鏡為該二次成像系統中一變焦透鏡的一部分。

18. 如條項16或條項17之系統，其中該複合透鏡進一步包含：

一第一磁性磁極片及一第二磁性磁極片，其沿著該第二光軸包夾該永久磁體，其中一間隙形成於該第一磁性磁極片與該第二磁性磁極片之間，使得藉由該永久磁體最初產生的一磁場經導向且通過該間隙朝向該第二光軸洩漏。

19. 如條項18之系統，其中該間隙沿著該第二光軸靠近於該永久磁體的一個末端形成。

20. 如條項18或條項19之系統，其中該第一磁性磁極片及該第二磁性磁極片直接接觸該永久磁體。

21. 如條項18至20中任一項之系統，其中該第一磁性磁極片之一內徑不同於該第二磁性磁極片的一內徑。

22. 如條項18至21中任一項之系統，其中該靜電透鏡包含一第一電極、一第二電極及一第三電極，其中該第三電極沿著該第二光軸在該第一電極與該第二電極之間。

23. 如條項22之系統，其中該第三電極包括該第一磁性磁極片及該第二磁性磁極片。

24. 如條項22或條項23之系統，其中該第一電極及該第二電極形成包圍該磁透鏡的一磁遮罩件。

25. 如條項22至24中任一項之系統，其中一第一電壓施加至該第一電極及該第二電極，且一第二電壓施加至該第三電極，該第二電壓高於該第一電壓。

26. 如條項16至25中任一項之系統，其進一步包含一磁遮罩套管，該套管包圍該第一光軸以便阻斷該磁透鏡之該磁場朝向該第一光軸洩漏。

27. 如條項16至26中任一項之系統，其中該複合透鏡就設置在該束分離器下游。

28. 一種組態具有一光軸之一電磁複合透鏡的方法，該方法包含：
形成具有一永久磁體的一磁透鏡；
使用兩個磁性磁極片來導向該磁透鏡之一磁場朝向該光軸；及
形成具有兩個端電極之一靜電透鏡，該兩個端電極沿著該光軸包圍該兩個磁性磁極片。

29. 如條項28之方法，其中該兩個磁性磁極片為該靜電透鏡的電極。

30. 如條項29之方法，其進一步包含將一內電極設置於該兩個端電極之間。

31. 如條項30之方法，其中該內電極覆蓋兩個磁性磁極片的內表面。

32. 如條項28至31中任一項之方法，其進一步包含藉由使該靜電透鏡之一靜電場發生變化來改變該複合透鏡的一聚焦倍率。

33. 一種組態一帶電粒子束裝置之方法，該方法包含
分離一初級帶電粒子束與一次級帶電粒子束；

藉由包括一永久磁體之一電磁複合透鏡聚焦該次級帶電粒子束；及
磁性遮罩該永久磁體之一磁場而不影響該初級帶電粒子束。

34. 如條項31之方法，其進一步包含藉由使電磁複合透鏡之一靜電場發生變化來改變該電磁複合透鏡的一聚焦倍率。

【0121】 在一些實施例中，控制器可經提供以控制帶電粒子束系統。舉例而言，圖1A說明連接至EBI系統10的控制器19。控制器可指導帶電粒子束系統之元件執行各種功能，諸如控制帶電粒子源以產生帶電粒子束、控制偏轉器以使帶電粒子束橫越樣本進行掃描，及控制驅動器以施加電壓至透鏡。控制器亦可執行各種後處理功能，影像獲取、影像劃分、影像處理、產生輪廓線、疊加指示器於所獲取影像上，及類似者。控制器可包含為儲存媒體之儲存器，該儲存媒體係諸如硬碟、雲端儲存器、隨機存取記憶體(RAM)、其他類型之電腦可讀記憶體及類似者。儲存器可用於保存經掃描之原始影像資料作為原始影像或用於保存後處理影像。控制器可與雲端儲存器通信。可提供非暫時性電腦可讀媒體，該非暫時性電腦可讀媒體儲存針對控制器19之處理器的指令以施行波束成形、透鏡控制，或其他功能以及與本發明一致的方法。常見形式之非暫時性媒體包括例如：軟碟、可撓性磁碟、硬碟、固態磁碟機、磁帶或任何其他磁性資料儲存媒

體；CD-ROM；任何其他光學資料儲存媒體；具有孔圖案之任何實體媒體；RAM、PROM及EPROM；FLASH-EPROM或任何其他快閃記憶體；NVRAM；快取記憶體；暫存器；任何其他記憶體晶片或卡匣；及其網路化版本。

【0122】 諸圖中之方塊圖說明根據本發明之各種例示性實施例之系統、方法及電腦硬體或軟體產品之可能實施的架構、功能性及操作。就此而言，示意圖中之每一區塊可表示可使用硬體(諸如電子電路)實施的某一算術或邏輯運算處理。區塊亦可表示包含用於實施指定邏輯功能之一或多個可執行指令的程式碼之模組、區段或部分。應理解，在一些替代實施中，區塊中所指示之功能可不按圖中所提及之次序發生。舉例而言，視所涉及之功能性而定，連續展示的兩個區塊可大體上同時執行或實施，或兩個區塊有時可以相反次序執行。一些區塊亦可被省略。舉例而言，當裝置100為單束裝置時，可為不必要的是產生複數個小束，如在一些實施例中在步驟610一般。此外，當使用僅一個成像條件時，可為不必要的是改變複合透鏡的聚焦倍率，且因此步驟570可被省略。此外，可在各種部分處添加諸如補償散光或其他之步驟。亦應理解，方塊圖之每一區塊及該等區塊之組合可藉由執行指定功能或動作的基於專用硬體之系統，或藉由專用硬體及電腦指令之組合來實施。

【0123】 儘管已參考一些例示性實施例解釋本發明，但應理解，在不背離下文所主張之本發明之精神及範疇的情況下可進行其他修改及變化。舉例而言，儘管電磁複合透鏡已參看作為二次成像系統中之第一透鏡的應用予以論述，但電磁複合透鏡可作為帶電粒子光學系統中的其他透鏡而應用。複合透鏡可用以使初級電子束、次級束或其他束聚焦。此外，一

或多個透鏡或其他電子光學元件可在各種位置處添加至本文中所論述之例示性帶電粒子光學系統的特定構造。可提供電子光學元件用於例如放大、縮放及影像反旋轉等。

【符號說明】

【0124】

1	樣本
7	表面
10	電子束檢測(EBI)系統
11	主腔室
19	控制器
20	裝載/鎖定腔室
30	設備前端模組(EFEM)
30a	第一裝載埠
30b	第二裝載埠
100	電子束工具
100A	電子束工具/裝置
100_1	主光軸
100A-D	偵測系統
101	電子源
101s	初級束交越
102	初級電子束
102_1	初級小束
102_2	初級小束
102_3	初級小束

102_1S	探測光點
102_2S	探測光點
102_3S	探測光點
102_1se	次級電子束
102_2se	次級電子束
102_3se	次級電子束
110	聚光透鏡
120	源轉換單元
122_2	像差補償器陣列
130	初級投影系統
131	接物鏡
132	偏轉掃描單元
140M	電子偵測器件
140_1	偵測元件
140_2	偵測元件
140_3	偵測元件
150	二次成像系統
150_1	副光軸
151	變焦透鏡
151_11	第一變焦透鏡
151_12	第二變焦透鏡
151-11A	第一透鏡
151-11B	第一透鏡

151-11C	第一透鏡
151-11m	磁透鏡
151-11e	靜電透鏡
152	投影透鏡
152_11	靜電透鏡
152_12	磁透鏡
157	反掃描偏轉單元
160	束分離器
171	槍孔徑板
210_1	軸
210A	複合透鏡
210B	複合透鏡
210C	複合透鏡
210-mf	磁場
210-ef	電場
211	永久磁體/組件
212	第一磁性磁極片/元件
213	第二磁性磁極片/元件
214	電極
215	第一電極/組件
216	第二電極/元件
217	第一末端遮罩電極
217a	部分

218	第二末端遮罩電極
219	遮罩套管
220A	複合透鏡
220B	複合透鏡
500	用於組態電磁複合透鏡之例示性方法
510	步驟
520	步驟
530	步驟
540	步驟
550	步驟
560	步驟
570	步驟
600	用於組態帶電粒子束裝置之例示性方法
610	步驟
620	步驟
630	步驟
640	步驟
650	步驟
660	步驟
B1	磁偶極子場
B151	磁場
D1	內徑
D2	內徑

E151	電場強度
E1	靜電偶極子場
G1	非磁性間隙
Ga	間隙
Gb	間隙
Gc	間隙
Gd	間隙
SP1_se	影像平面
SP2	傳送平面
SP3	偵測平面

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種電磁複合透鏡，其包含：

一靜電透鏡，其設置於該複合透鏡的一光軸上；及

一磁透鏡，其設置於該軸上，其中該磁透鏡包括包圍該光軸的一環形永久磁體。

【第2項】

如請求項1之電磁複合透鏡，其進一步包含：

一第一磁性磁極片及一第二磁性磁極片，該永久磁體沿著該光軸在該第一磁性磁極片與該第二磁性磁極片之間，其中一環形間隙形成於該第一磁性磁極片與該第二磁性磁極片之間，使得藉由該永久磁體最初產生的一磁場經導向以通過該間隙朝向該光軸洩漏。

【第3項】

如請求項2之電磁複合透鏡，其中該間隙形成於該永久磁體的一徑向內側上。

【第4項】

如請求項2之電磁複合透鏡，其中該間隙沿著該光軸靠近於該永久磁體的一個末端形成。

【第5項】

如請求項2之電磁複合透鏡，其中該第一磁性磁極片及該第二磁性磁極片直接接觸該永久磁體。

【第6項】

如請求項2之電磁複合透鏡，其中該第一磁性磁極片之一內徑不同於

該第二磁性磁極片的一內徑。

【第7項】

如請求項2之電磁複合透鏡，其中該靜電透鏡包含一第一電極及一第二電極，其中該第一磁性磁極片及該第二磁性磁極片沿著該光軸在該第一電極與該第二電極之間。

【第8項】

如請求項2之電磁複合透鏡，其中該第一磁性磁極片為該靜電透鏡之一第一電極，且該第二磁性磁極片為該靜電透鏡的一第二電極。

【第9項】

如請求項7之電磁複合透鏡，其中該靜電透鏡進一步包含沿著該光軸在該第一電極與該第二電極之間的一第三電極。

【第10項】

如請求項9之電磁複合透鏡，其中該第三電極設置於該間隙中。

【第11項】

如請求項10之電磁複合透鏡，其中該第三電極完全設置於該間隙內。

【第12項】

如請求項9之電磁複合透鏡，其中該第三電極具有一內徑，該內徑小於該第一磁性磁極片之一內徑及該第二磁性磁極片的一內徑。

【第13項】

如請求項9之電磁複合透鏡，其中該第三電極覆蓋該第一磁性磁極片及該第二磁性磁極片之面向該光軸的內表面。

【第14項】

一種帶電粒子光學系統，其包含：

一束分離器，其設置於一第一光軸上，該束分離器經組態以分離藉由一源產生的一初級帶電粒子束的複數個小束與回應於該等小束的照射自一樣本發射的複數個次級帶電粒子束，其中次級帶電粒子束在通過該束分離器之後沿著一第二光軸行進；

一二次成像系統，其經組態以沿著該第二光軸將該等次級帶電粒子束聚焦於一偵測器上，其中

該二次成像系統包括一電磁複合透鏡，該電磁複合透鏡包含：

一靜電透鏡，其設置於該第二光軸上；及

一磁透鏡，其設置於該第二光軸上，其中該磁透鏡包括一環形永久磁體。

【第15項】

一種組態具有一光軸之一電磁複合透鏡的方法，其包含：

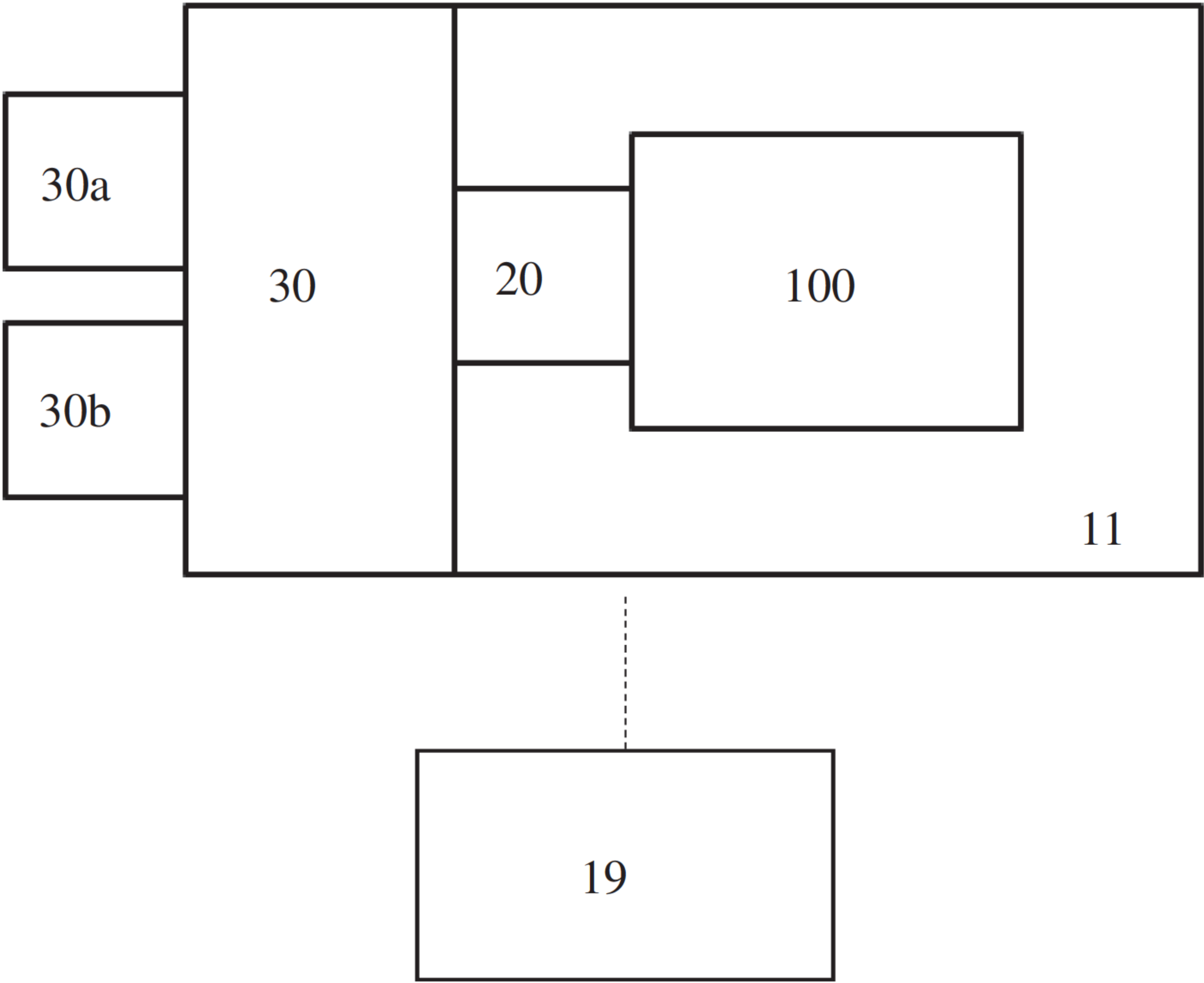
形成具有一永久磁體的一磁透鏡；

使用兩個磁性磁極片來導向該磁透鏡之一磁場朝向該光軸；及

形成具有兩個端電極之一靜電透鏡，該兩個端電極沿著該光軸包圍該兩個磁性磁極片。

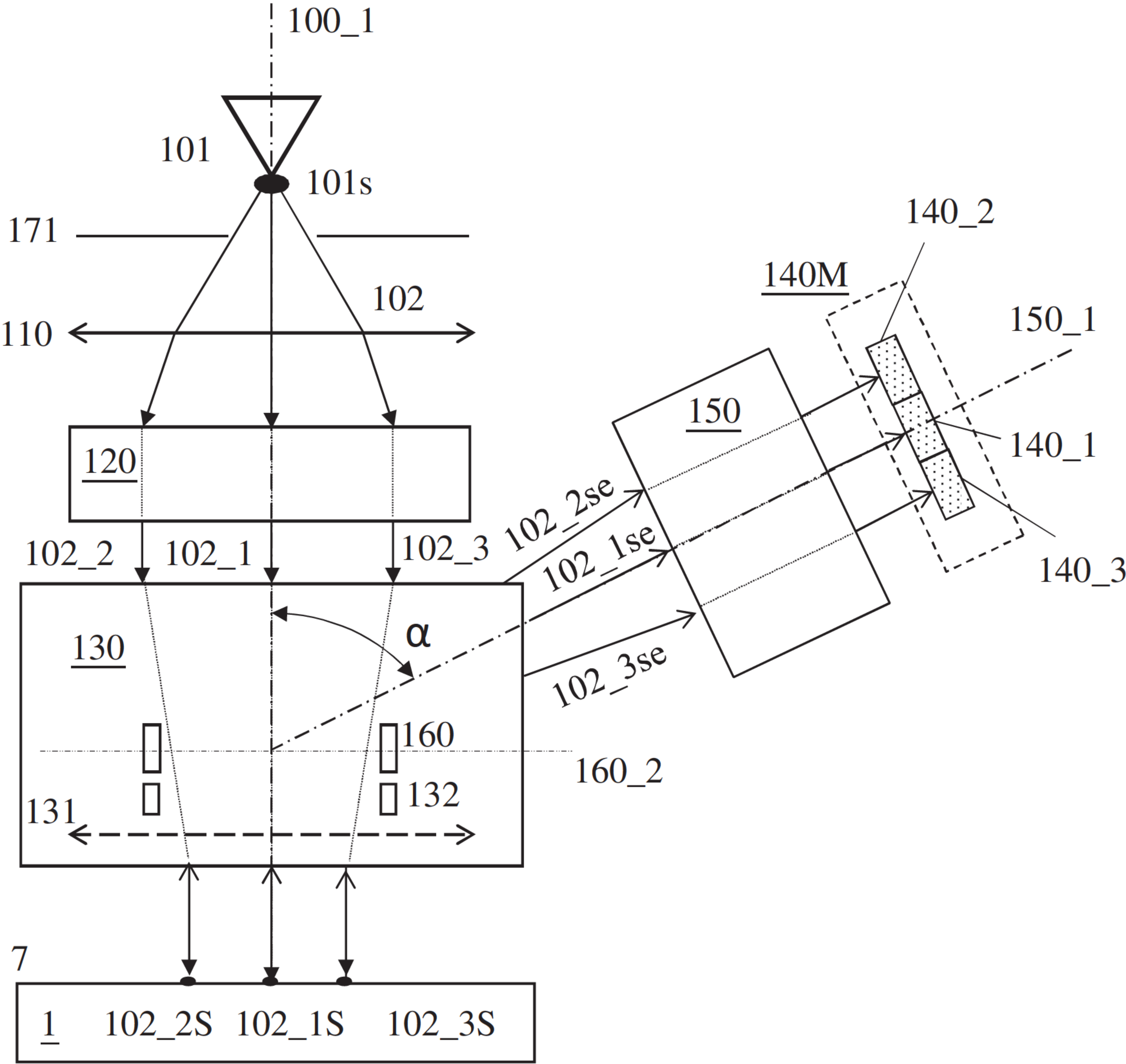
【發明圖式】

10

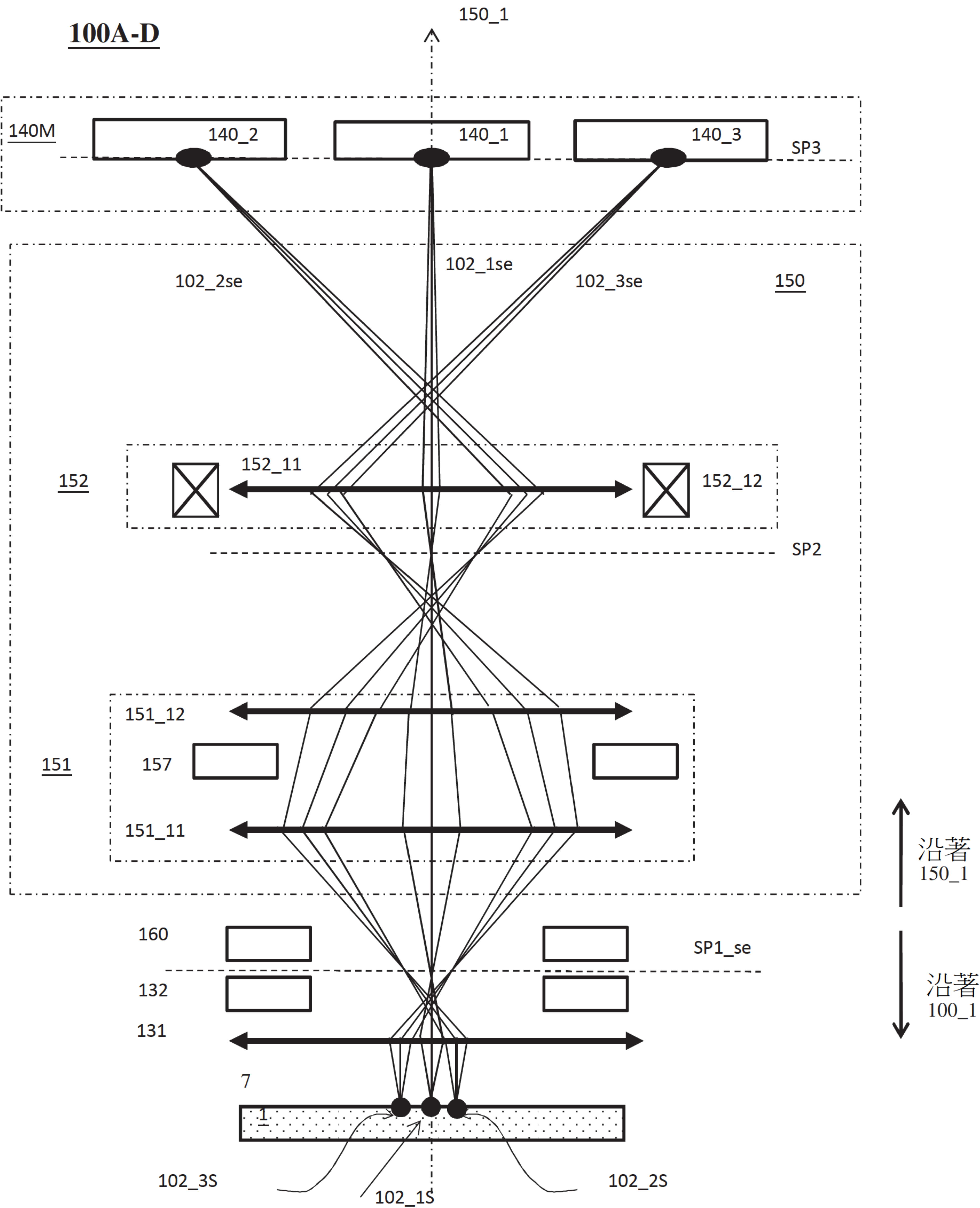


【圖1A】

100A

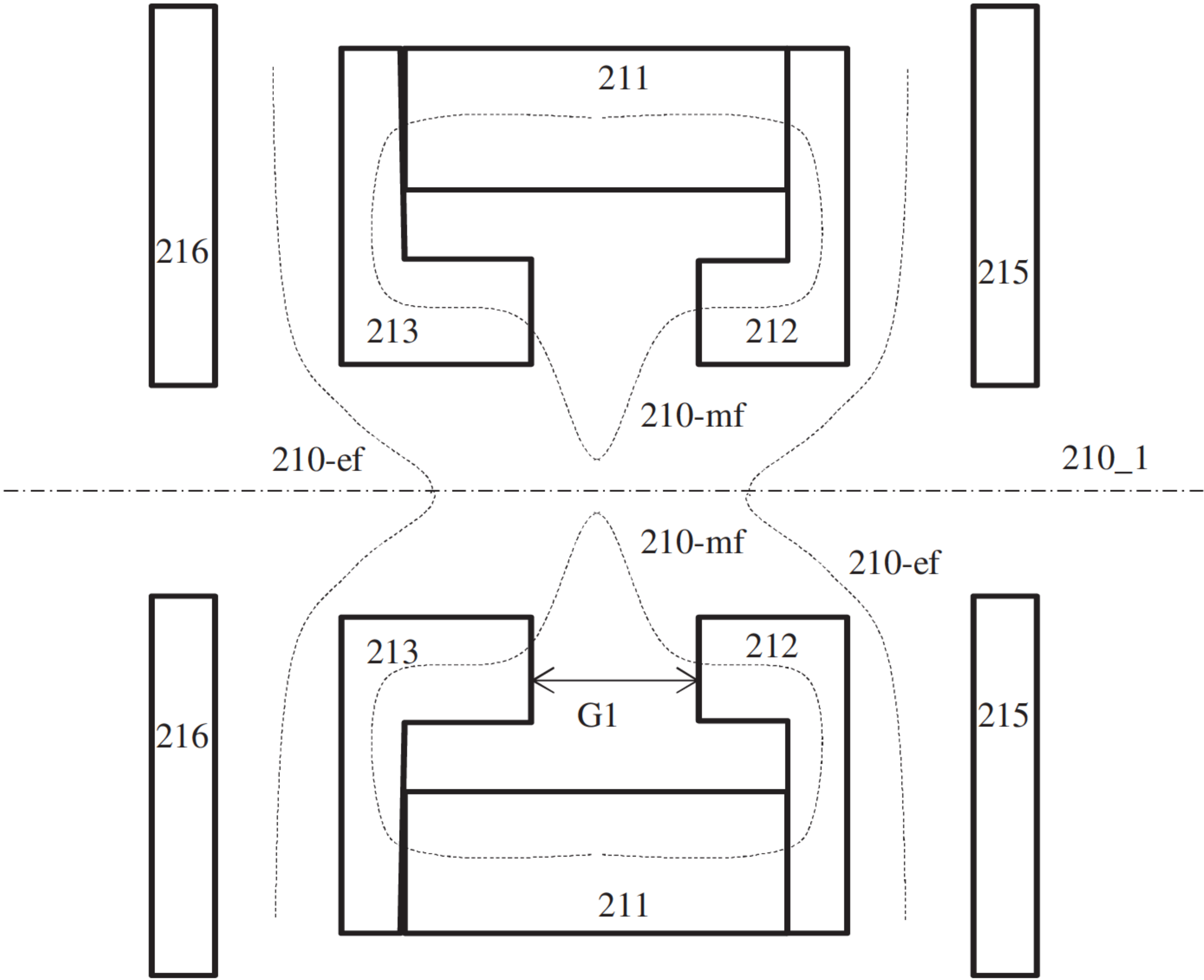


【圖1B】



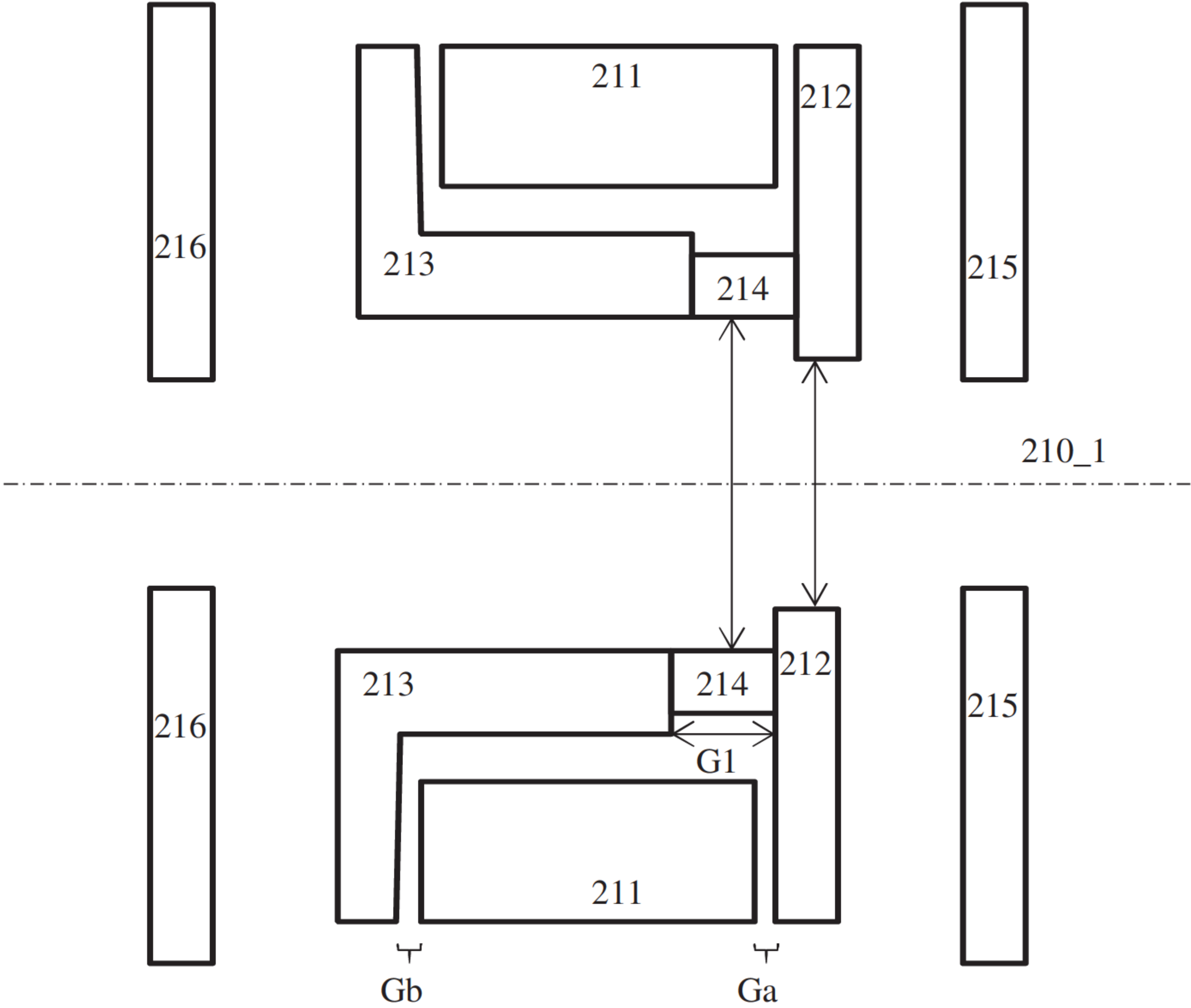
【圖1C】

210A



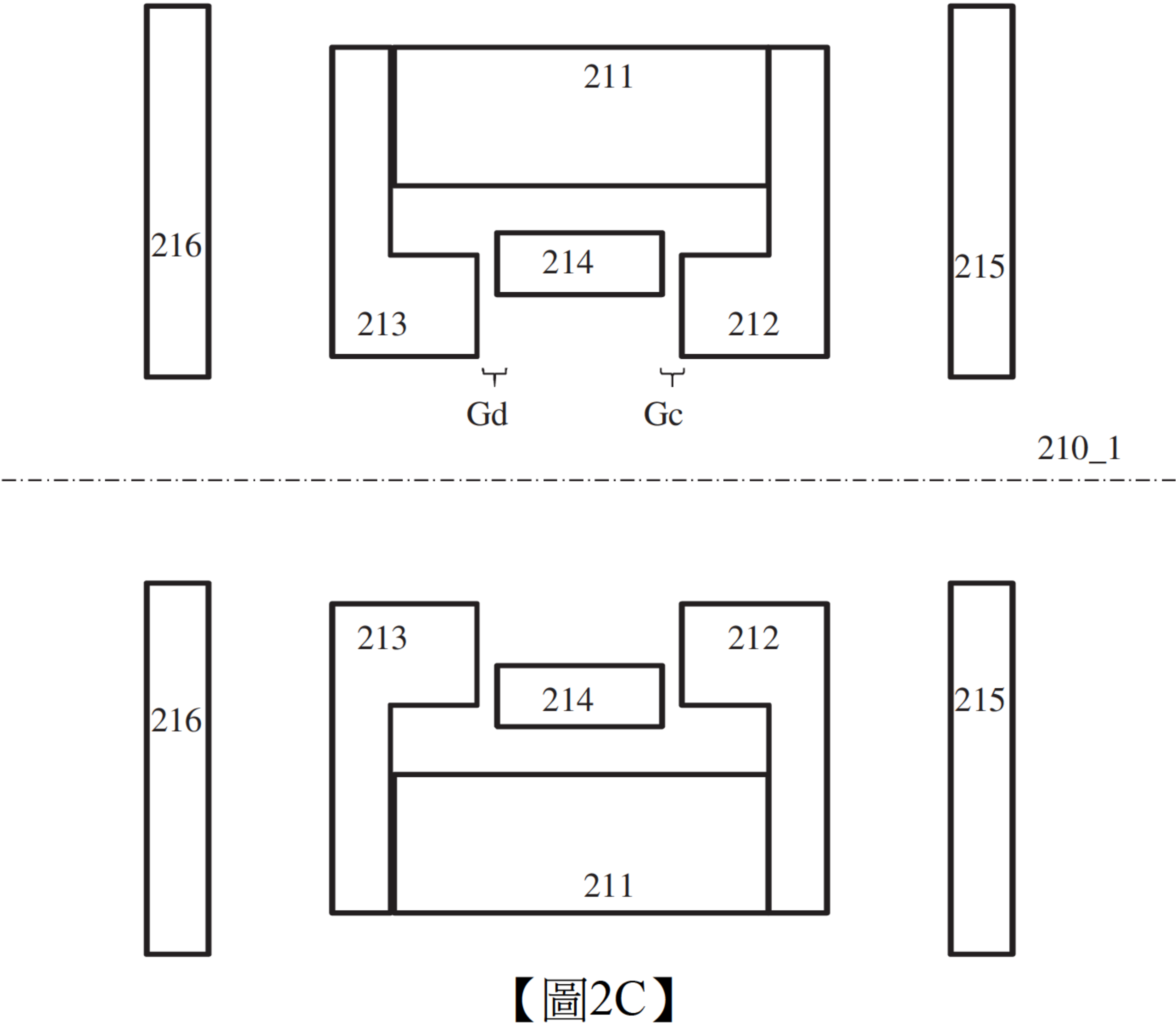
【圖2A】

210B



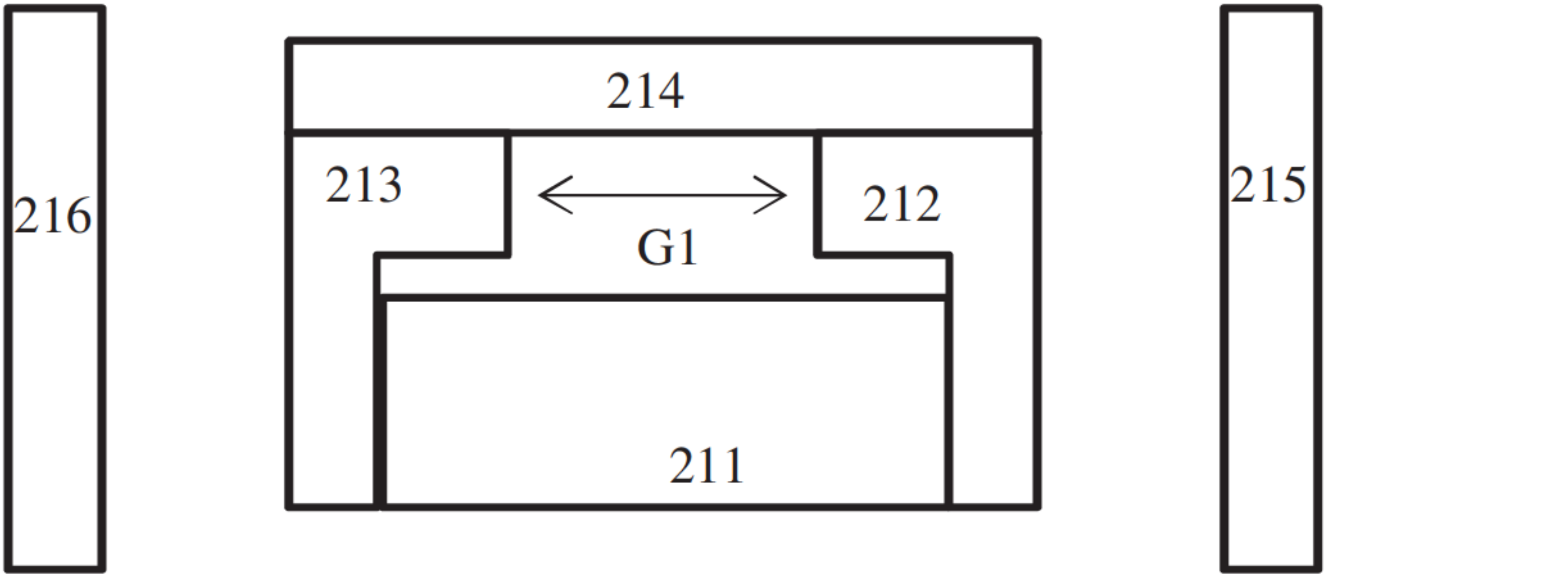
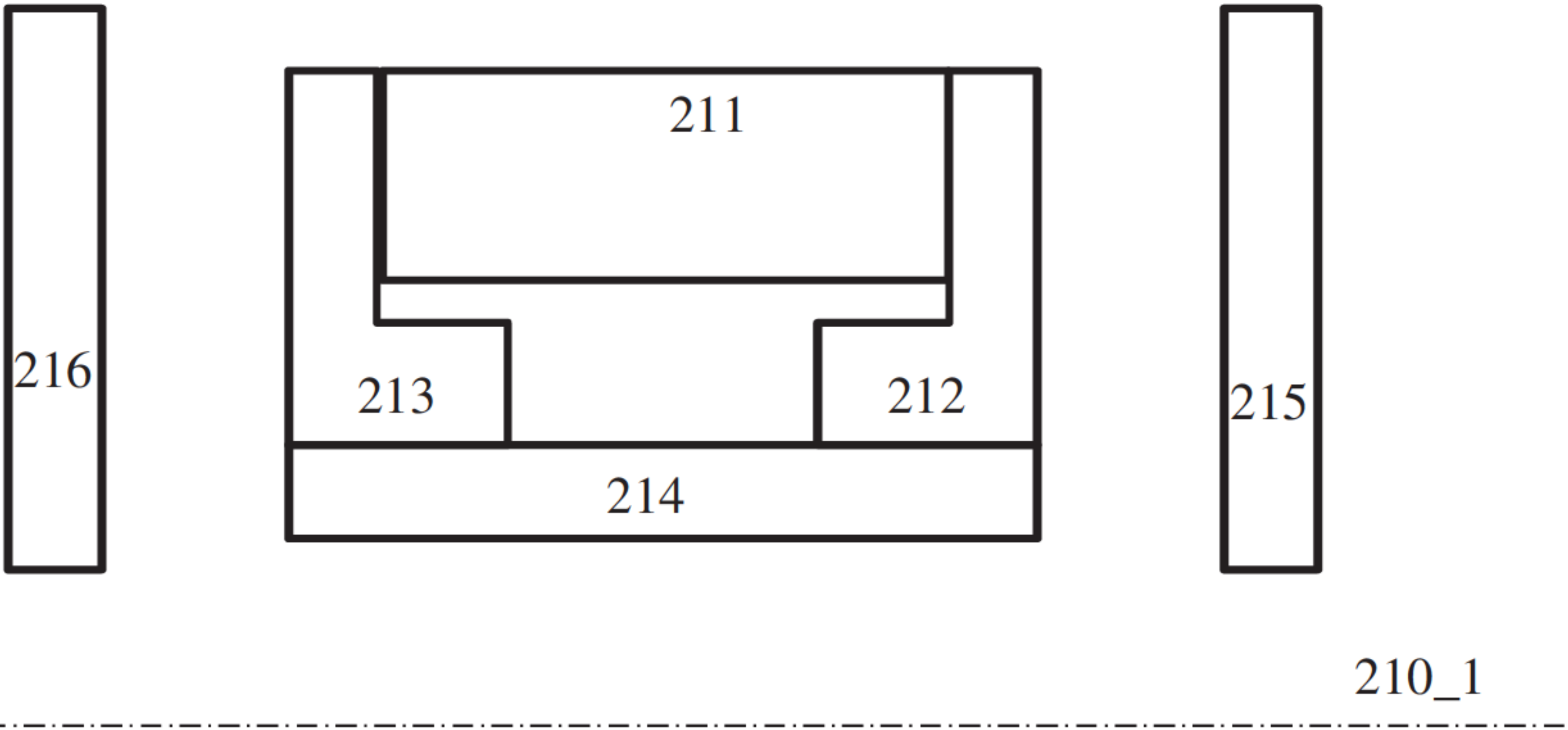
【圖2B】

210C



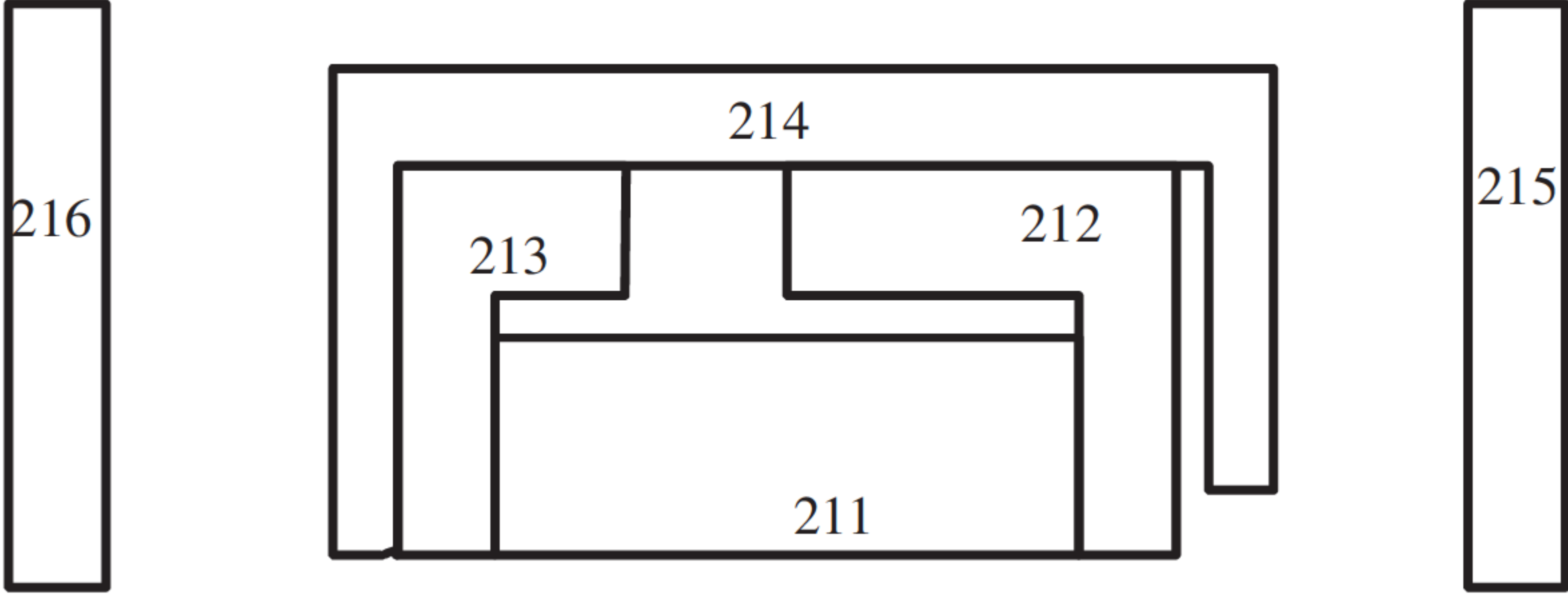
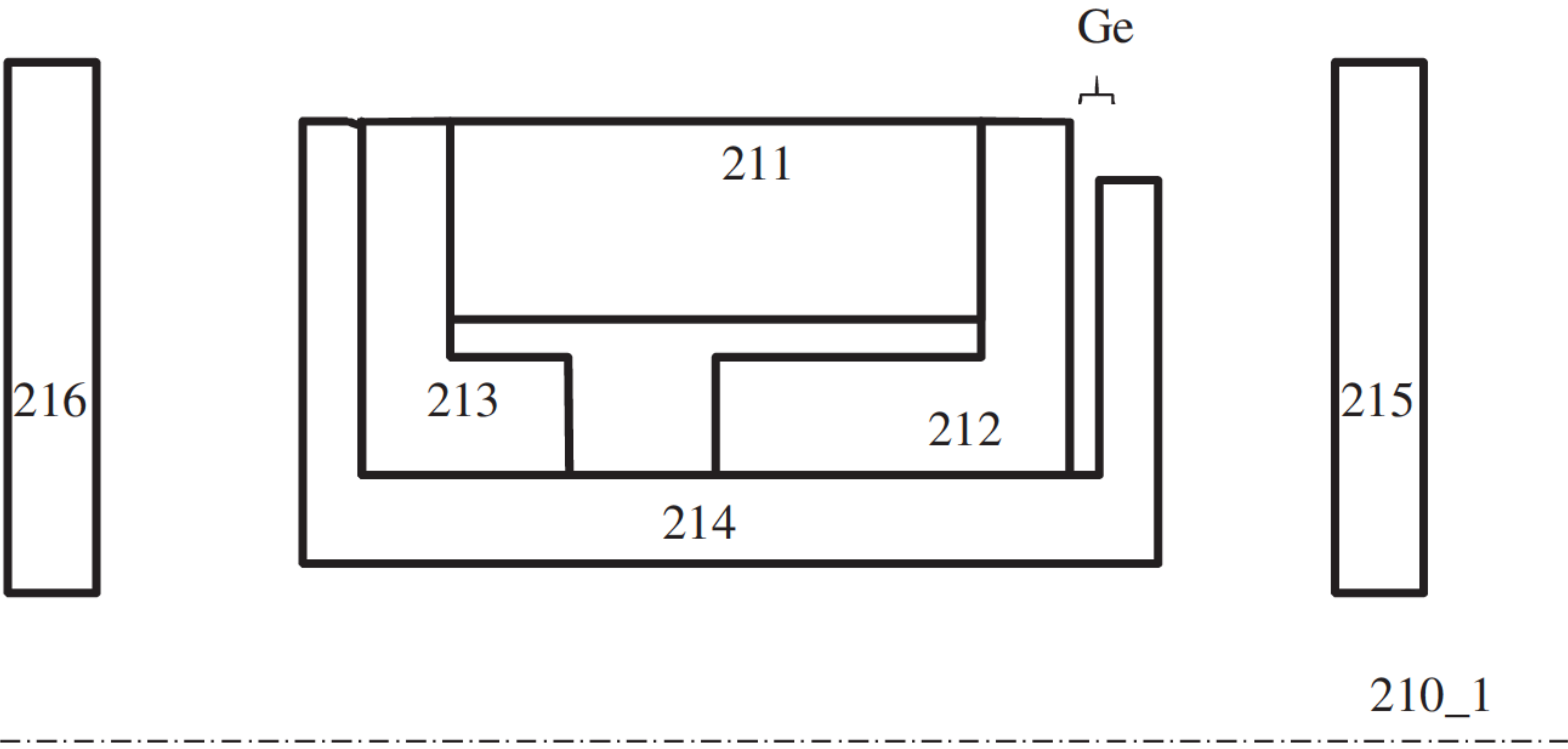
【圖2C】

220A

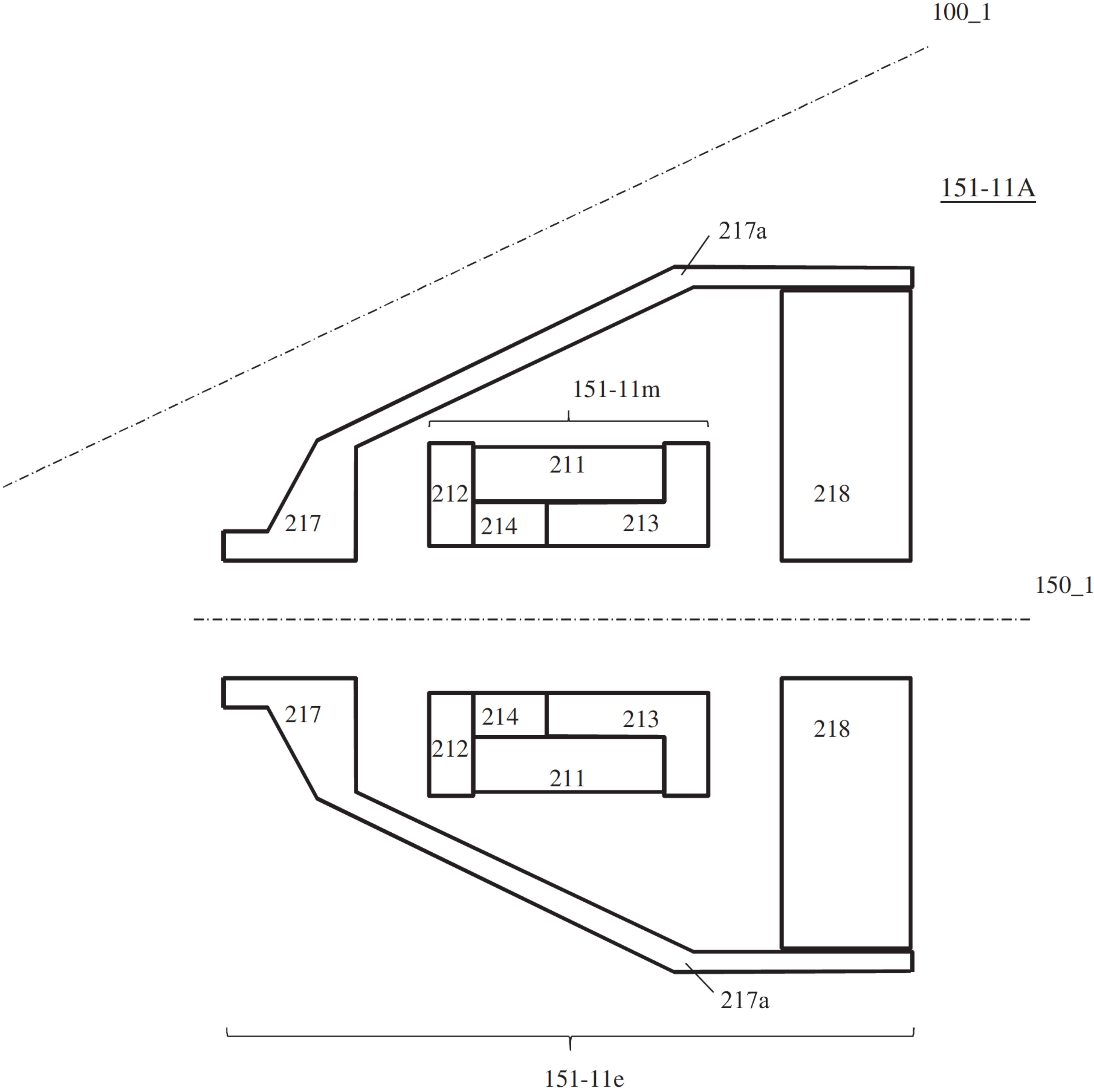


【圖3A】

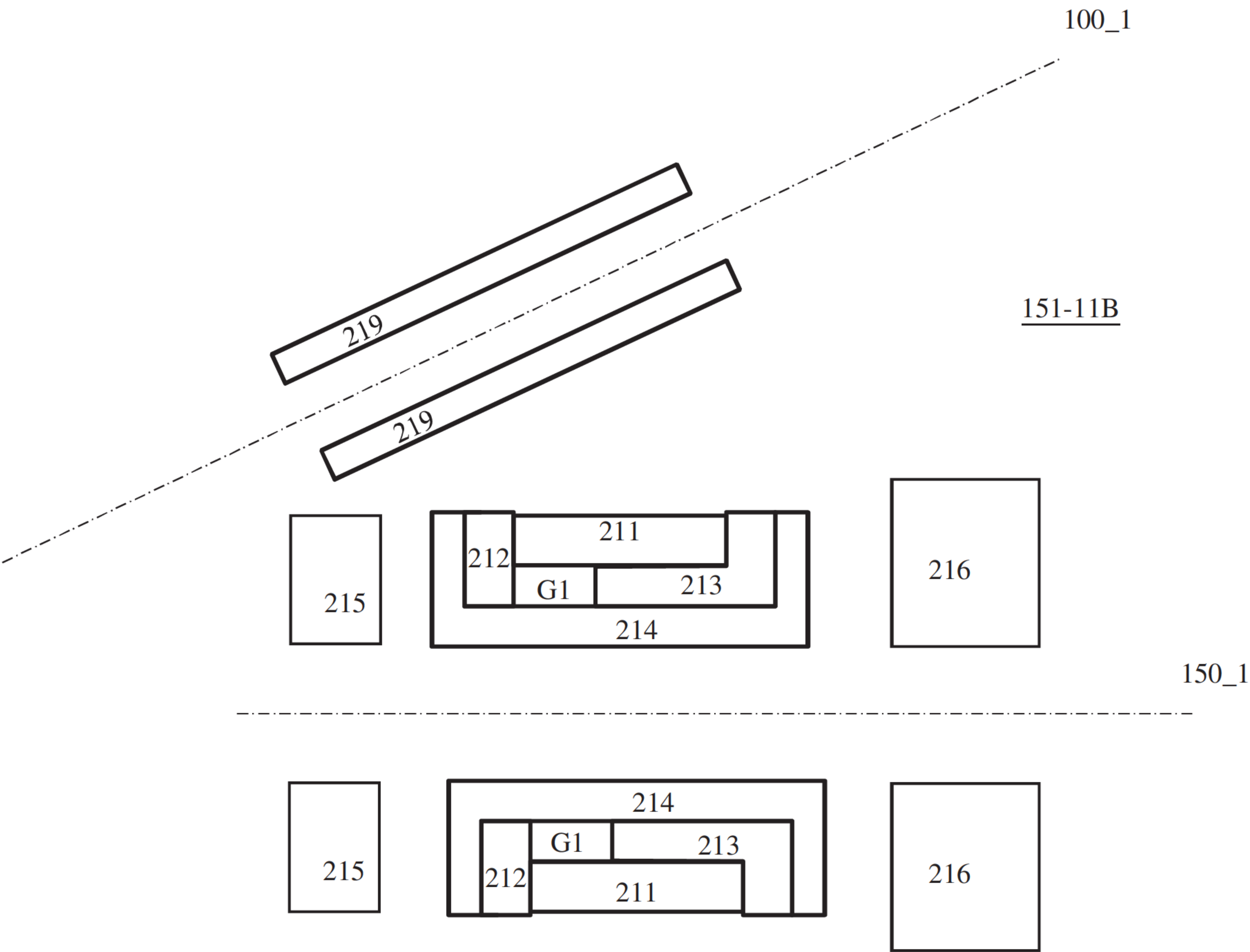
220B



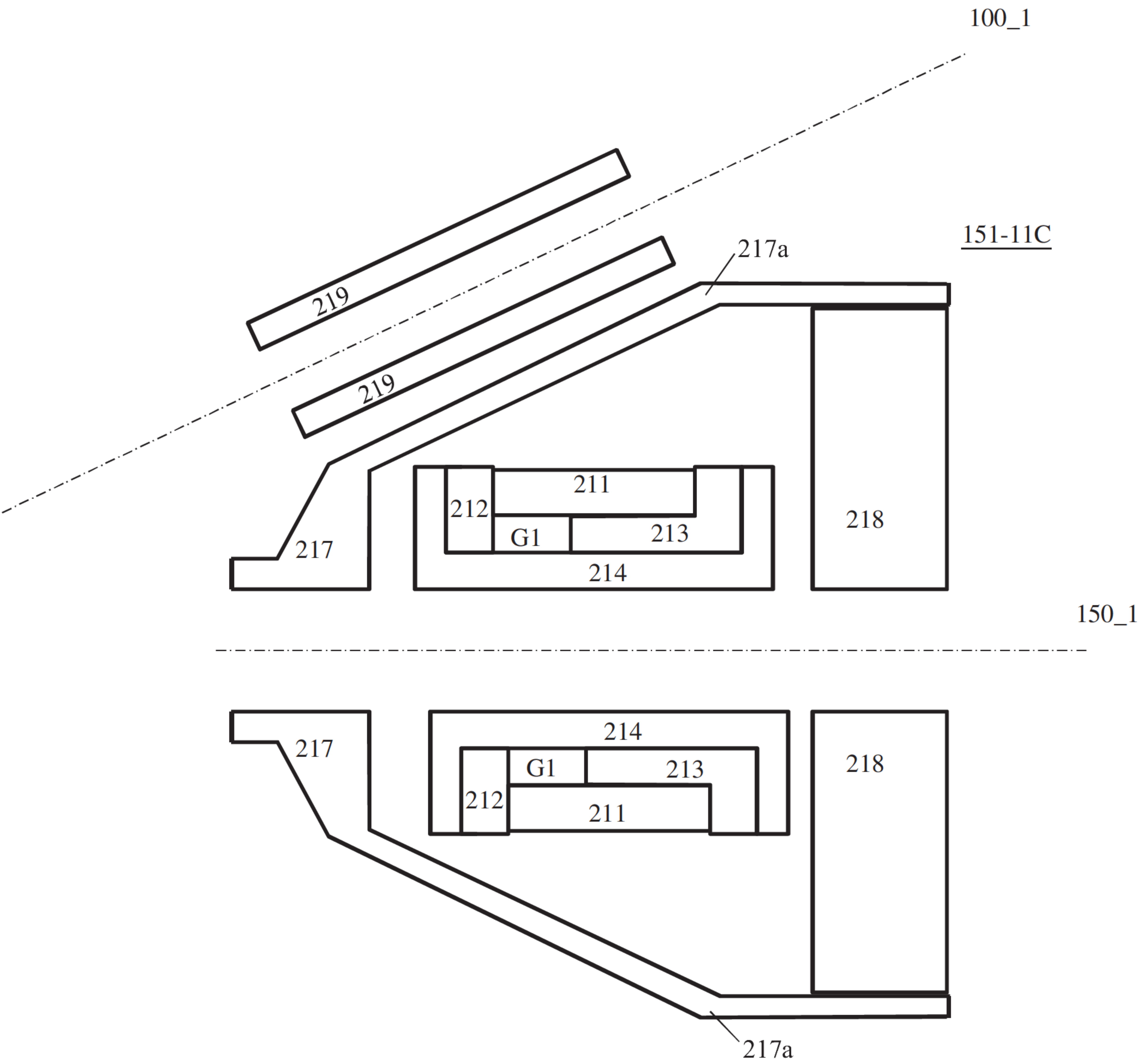
【圖3B】



【圖4A】

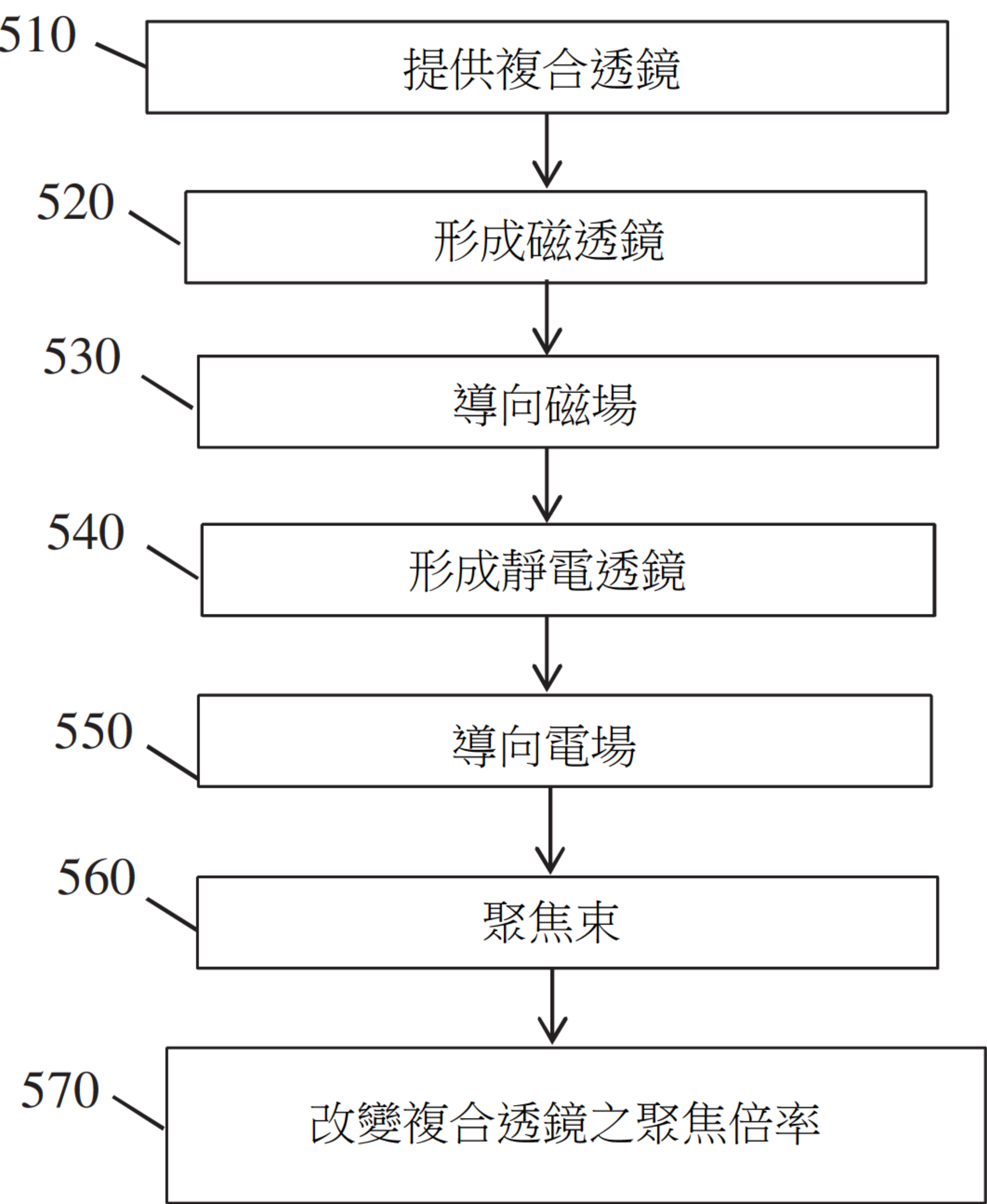


【圖4B】



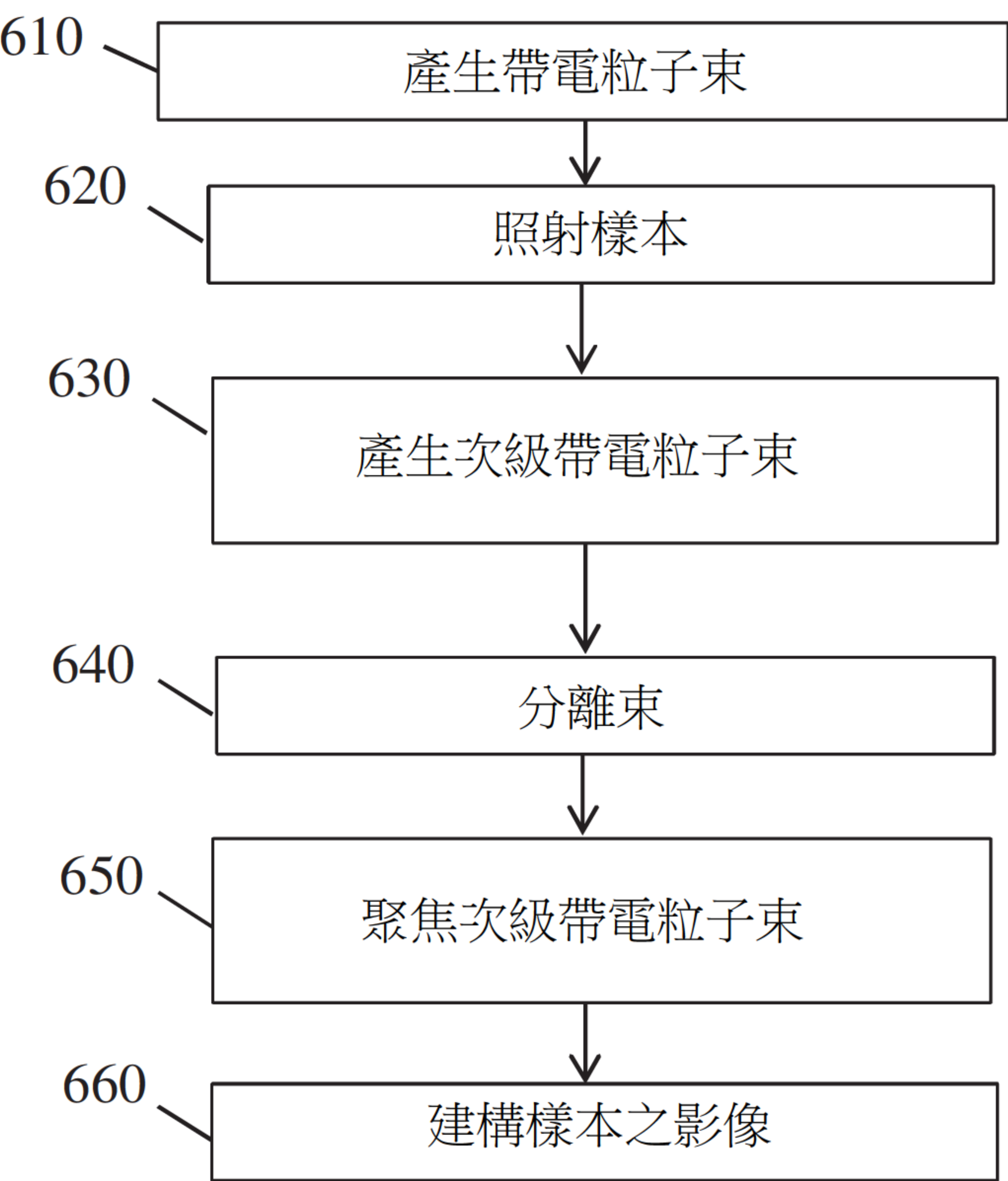
【圖4C】

500



【圖5】

600



【圖6】