



(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 I723291 B

(45) 公告日：中華民國 110 (2021) 年 04 月 01 日

(21) 申請案號：107135395

(22) 申請日：中華民國 107 (2018) 年 10 月 08 日

(51) Int. Cl. : H01J37/22 (2006.01)

H01J37/28 (2006.01)

(30) 優先權：2017/10/10 美國

62/570,624

(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：王飛 WANG, FEI (CN)；方偉 FANG, WEI (CN)；劉國獅 LIU, KUO-SHIH (US)

(74) 代理人：林嘉興

(56) 參考文獻：

TW 201519346A

TW 201629811A

CN 102890089A

US 2004/0195507A1

US 2009/0218491A1

US 2010/0215247A1

審查人員：吳鴻鎮

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：14 共 60 頁

(54) 名稱

度量衡系統及方法與相關之非暫時性電腦可讀媒體

(57) 摘要

本發明揭示用於進行臨界尺寸度量衡之系統及方法。根據某些實施例，一種帶電粒子束設備產生用於使一第一區域及一第二區域成像之一射束。獲取對應於該第一區域中之一第一特徵的量測值，且獲取對應於該第二區域中之一第二特徵的量測值。該第一區域及該第二區域係在一樣本上之分離位置處。基於該第一特徵之該等量測值及該第二特徵之該等量測值來計算一組合式量測值。

Systems and methods for conducting critical dimension metrology are disclosed. According to certain embodiments, a charged particle beam apparatus generates a beam for imaging a first area and a second area. Measurements are acquired corresponding to a first feature in the first area, and measurements are acquired corresponding to a second feature in the second area. The first area and the second area are at separate locations on a sample. A combined measurement is calculated based on the measurements of the first feature and the measurements of the second feature.

指定代表圖：

符號簡單說明：

530:測試鍵

540:成像區域

541:成像區域

542:成像區域

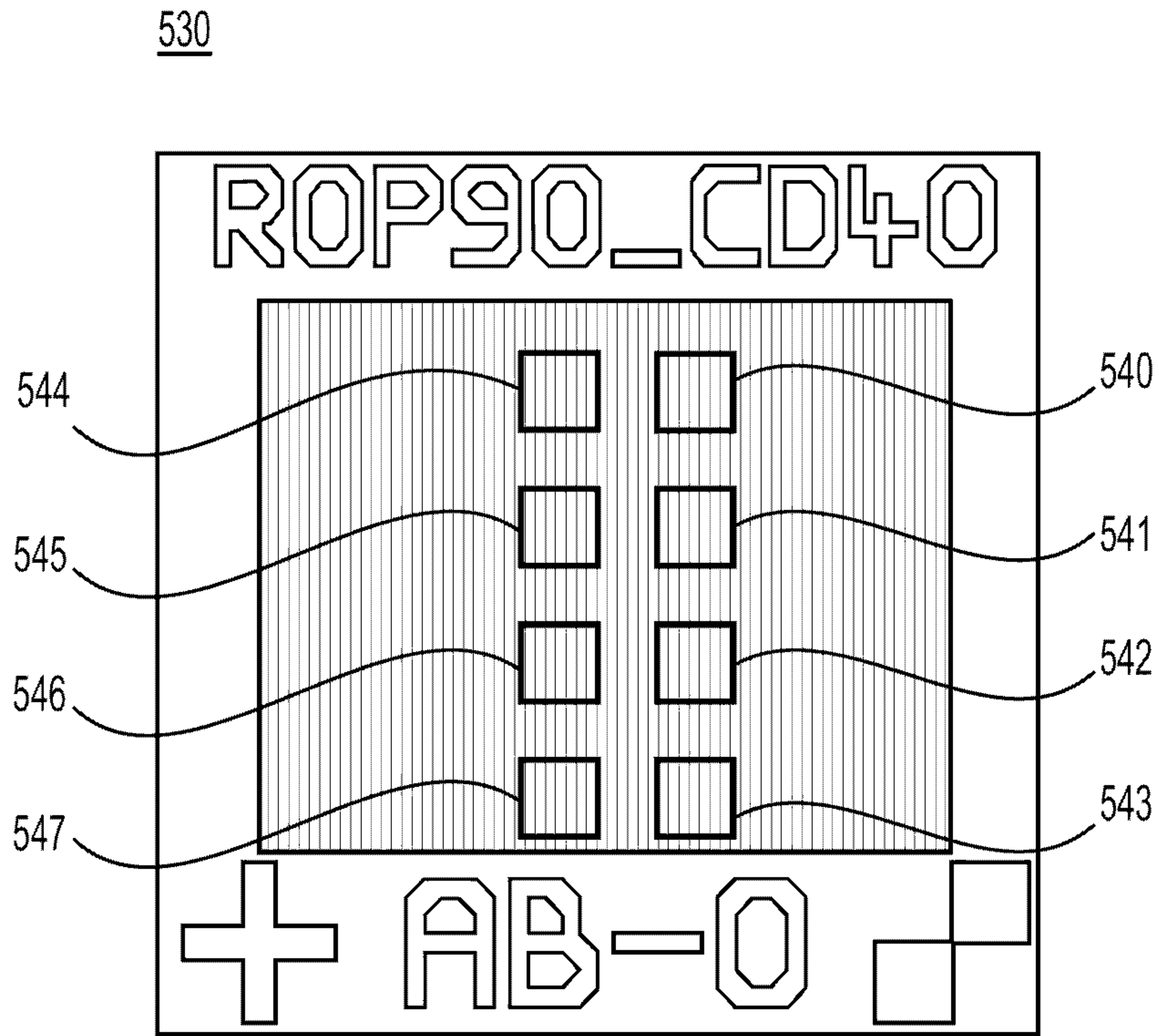
543:成像區域

544:成像區域

545:成像區域

546:成像區域

547:成像區域



【圖5F】



I723291

【發明摘要】

公告本

【中文發明名稱】

度量衡系統及方法與相關之非暫時性電腦可讀媒體

【英文發明名稱】

METROLOGY SYSTEM AND METHOD AND RELATED NON-TRANSITORY COMPUTER READABLE MEDIUM

【中文】

本發明揭示用於進行臨界尺寸度量衡之系統及方法。根據某些實施例，一種帶電粒子束設備產生用於使一第一區域及一第二區域成像之一射束。獲取對應於該第一區域中之一第一特徵的量測值，且獲取對應於該第二區域中之一第二特徵的量測值。該第一區域及該第二區域係在一樣本上之分離位置處。基於該第一特徵之該等量測值及該第二特徵之該等量測值來計算一組合式量測值。

【英文】

Systems and methods for conducting critical dimension metrology are disclosed. According to certain embodiments, a charged particle beam apparatus generates a beam for imaging a first area and a second area. Measurements are acquired corresponding to a first feature in the first area, and measurements are acquired corresponding to a second feature in the second area. The first area and the second area are at separate locations on a sample. A combined measurement is calculated based on the measurements of the first feature and the measurements of the second feature.

【指定代表圖】

圖 5F

【代表圖之符號簡單說明】

530	測試鍵
540	成像區域
541	成像區域
542	成像區域
543	成像區域
544	成像區域
545	成像區域
546	成像區域
547	成像區域

【發明說明書】

【中文發明名稱】

度量衡系統及方法與相關之非暫時性電腦可讀媒體

【英文發明名稱】

METROLOGY SYSTEM AND METHOD AND RELATED NON-TRANSITORY COMPUTER READABLE MEDIUM

【技術領域】

【0001】本發明大體上係關於帶電粒子束成像之領域，且更特定言之，係關於用於帶電粒子度量衡之系統及方法。

【先前技術】

【0002】帶電粒子束度量衡系統可在針對半導體製造製程之製程控制中使用。舉例而言，臨界尺寸掃描電子顯微鏡(CD SEM)可被用作用於量測形成於半導體晶圓上之精細圖案之尺寸的專用系統。高準確性及高精度有必要以判定特定CD SEM是否可適合於控制特定製程。高解析度SEM工具在許多高階半導體製造製程中已建立作為針對直接臨界尺寸量測的標準。

【0003】然而，如SEM工具中所使用之高能粒子對晶圓表面上之敏感材料諸如用於微影圖案化中之光阻的轟擊對量測可具有負面影響。舉例而言，電子對電子敏感材料之轟擊可損害目標構形並引入量測不確定性。在一些技術中，SEM度量衡之基本精度應例如為約0.1 nm以便量化在SEM影像中表達之特徵的品質。然而，藉由電子轟擊引入之量測不確定性可為大致製程隨機的，該等量測不確定性可為例如約0.5 nm至4 nm。因此，損害誘發之不確定性可大於製程精度限值。

【0004】此外，損害誘發之不確定性可為圖案相依的。即，損害誘發之不確定性的量可取決於局部圖案之密度及構形。因此，基於二維經典CD SEM之量測可為用於諸如關鍵光阻量測之一些應用的不可靠度量衡技術。

【0005】先前技術之系統可使用具有例如1 keV之電子著陸能量的成像狀況以便減小樣本損害。然而，電子能量劑量與信雜比(SNR)之間存在折衷關係。舉例而言，減低著陸能量可產生用於進行量測之具有不足品質的SEM影像。因此，先前技術系統面臨限制在於，著陸能量不可在無影像精度之對應降低情況下被減小。對此項技術之進一步改良系吾等所期望。

【發明內容】

【0006】本發明之實施例提供用於帶電粒子成像及量測之系統及方法。在一些實施例中，提供一種帶電粒子系統。該帶電粒子系統可包括經組態以產生一帶電粒子束之一帶電粒子束設備。

【0007】在一些實施例中，一種度量衡系統包含一帶電粒子束設備、一控制器及一儲存器。該控制器可經組態以基於該帶電粒子束獲取一樣本之複數個影像，且將該複數個影像儲存於該儲存器中。該控制器亦可經組態以：獲取與該樣本之一第一特徵相關聯的第一複數個量測值；獲取與該樣本之一第二特徵相關聯的第二複數個量測值，其中該第二特徵係在該樣本上之不同於該第一特徵的一分離位置處；及基於該第一複數個量測值及該第二複數個量測值計算一組合式量測值。

【0008】根據一些實施例，可實現一配置，該配置消除帶電粒

子劑量與量測值精度之間的一折衷關係。一種帶電粒子偵測系統可經提供，使得該帶電粒子偵測系統可實現減小之劑量、高靈活性且無精度之對應惡化及對樣本之損害。

【0009】 本揭示實施例的額外目標及優點在以下描述內容中將部分闡述，且將部分自所述描述內容顯而易見，或可藉由對該等實施例的實踐習得。所揭示實施例之目標及優點可藉由在申請專利範圍中所闡述之元素及組合來實現及獲得。然而，未必需要本發明之例示性實施例來實現此類例示性目標及優點，且一些實施例可能不會實現所陳述目標及優點中之任一者。

【0010】 應理解，前述一般描述及以下詳細描述兩者皆僅為例示性及解釋性的，且並不限定如所主張之所揭示實施例。

【圖式簡單說明】

【0011】 圖1A至圖1D為符合本發明之實施例的說明晶圓之截面圖的圖式。

【0012】 圖2A及圖2B為符合本發明之實施例的說明用於量測之例示性圖案之圖式。

【0013】 圖2C及圖2D為符合本發明之實施例的說明電子敏感材料之行為的例示性關係之圖式。

【0014】 圖3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。

【0015】 圖4A及圖4B為符合本發明之實施例的說明可係圖3之例示性電子束檢測系統之部分的例示性電子束工具之圖式。

【0016】 圖5A至圖5F為符合本發明之實施例的說明晶圓之各種

視圖的圖式。

【0017】圖6為符合本發明之實施例的展示例示性量測資料之表。

【0018】圖7展示符合本發明之實施例的例示性量測資料之表。

【0019】圖8展示符合本發明之實施例的例示性量測資料之表。

【0020】圖9A及圖9B為符合本發明之實施例的說明例示性獲取影像的圖式。

【0021】圖10說明符合本發明之實施例的二維圖案之例示性驗證測試。

【0022】圖11說明符合本發明之實施例的例示性所獲取影像及對應臨界尺寸再現性量測的表。

【0023】圖12A為符合本發明之實施例的說明載台移動方法之圖式。

【0024】圖12B為符合本發明之實施例的說明射束偏轉方法之圖式。

【0025】圖13為符合本發明之實施例的說明用於二維特徵之例示性輪廓堆疊程序之圖式。

【0026】圖14為符合本發明之實施例的說明例示性臨界尺寸度量衡系統的圖式。

【實施方式】

【0027】現將詳細參考例示性實施例，其實例說明於附圖中。以下描述參考附圖，在附圖中除非另外表示，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，其僅為符合關於如所附申請專利範圍中所列舉的主題之態樣的設備、系統及方法之實例。舉例而言，儘管一些實施例係在利用電子束的上下文中予以描述，但本發明不限於此。可類似地應用其他類型之帶電粒子束。

【0028】本發明之實施例可提供一種可用於帶電粒子度量衡之帶電粒子系統。帶電粒子系統可適用於臨界尺寸量測。

【0029】在一些例示性實施例中，諸如光阻之電子敏感材料用於半導體處理中。度量衡可包含在曝光及顯影之後例如在顯影後檢測(ADI)中進行光阻圖案之量測。如圖1A中所示，半導體裝置1可包含基板10，其上面形成有薄膜層30。薄膜層30可為針對佈線層之前驅體。薄膜層30上面可形成有光阻層50。在圖案化及顯影之後，光阻層30可經減小為光阻部分51、光阻部分52及光阻部分53，如圖1B中所示。

【0030】在使光阻層30顯影之後，蝕刻可經執行以減小薄膜層30為佈線部分31、佈線部分32及佈線部分33，如圖1C中所展示。度量衡亦可包含在蝕刻處理之後例如在蝕刻後檢測(AEI)中進行佈線圖案的量測。

【0031】在一些實施例中，度量衡可藉由量測光阻部分例如進行量測61、量測62及量測63來執行，如圖1B中所展示。另外，例如，臨界尺寸量測可包含量測圖案之寬度諸如量測61，或者圖案化特徵之間的邊緣間距離，諸如量測64。

【0032】光阻材料對於電子轟擊可為敏感的，此舉可影響其形狀。光阻收縮與傳入電子轟擊之著陸能量及劑量強烈相關。在一些狀

況下，光阻圖案之寬度歸因於電子轟擊可收縮達其大小的大約1%至4%。舉例而言，在54 nm寬之光阻線之例示性圖案中，當300 eV射束用於樣本上時，光阻可經歷0.54至2.01 nm之收縮。另外，當500 eV射束用於樣本上時，光阻可經歷0.48至2.68 nm之收縮。

【0033】圖2A說明具有54 nm之標準寬度之光阻線70的例示性圖案。間距80可被界定為線70之重複圖案之中心間隔。此樣本之臨界尺寸度量衡可包含進行前導邊緣量測、線空間圖案之一維長度量測及類似者。舉例而言，臨界尺寸度量衡亦可應用至具有其他形狀之特徵，諸如跡線之隅角51a、51b，跡線之間的連接件52a、52b、跡線之間距53a、53b，及跡線54與電極55之間的連接件，如圖2B中所展示。

【0034】圖2C說明如藉由各種參數影響之光阻收縮的關係。如圖2C中所示，較高射束能量對應於較大收縮。圖2C亦證明光阻收縮可為圖案相依的。舉例而言，隨著間距增大，收縮亦增大。

【0035】圖2D說明如藉由各種參數影響之量測精度的關係。精度之較低數值為所要的。如圖2D中所示，使用較高射束能量可致使較高精度。另一方面，使用較低射束能量可致使精度惡化。然而，如上文所提及，使用較高射束能量亦致使光阻收縮。因此，電子敏感材料之度量衡涉及抵抗效應。

【0036】另外，同一區域之重複掃描對所量測圖案具有不利影響。舉例而言，在一些技術中，可使用圖框平均。在圖框平均技術中，同一區域之多個影像經擷取且依據圖框之總數對量測值進行平均。例示性比較性圖框平均方法可使用以下實驗條件。著陸能量：300 eV。掃描速率：14 MHz。射束電流：8 pA。圖框之數目：16。

像素大小：0.66 nm。

【0037】劑量量測可經估計為電子數/nm²，其可藉由以下等式判定：

$$\text{電子數/nm}^2 = \frac{\text{射束電流} \times \text{停留時間} \times \text{圖框數}}{\text{電子電荷} \times \text{像素大小}^2} \quad (1)$$

【0038】因此，在例示性比較性圖框平均方法中，電子數/nm²之值可為大約130。

【0039】精度之值可藉由3×量測寬度之σ表示。即，所量測寬度值之標準偏差的三倍。在一些實施例中，精度可表示CD SEM工具之量測可重複性。

【0040】圖框平均可適用於增強精度，此係由於多個量測可經進行並比較，因此增大特徵量測之可信度。然而，經重複掃描可致使增大之附帶電子劑量，且可致使對樣本的增大之損害。

【0041】在一些其他實施例中，精度可指複數個量測值至彼此之接近度。歸因於SEM成像之本質，樣本成像表面上附帶電子的減小之劑量可致使較差影像品質及低位準SNR。因此，以低劑量獲取之量測值可具有某程度之量測不確定性。增大劑量可為用以減小量測不確定性之一種方式，此係因為增大劑量可產生更好品質的影像。基於較高劑量影像之量測值看起來可更可靠。然而，如上文所論述，電子轟擊可使得樣本改變。因此，以較高劑量進行之量測可能未必產生優良精度，此係因為在較早圖框處量測之值反映損害已發生之後樣本之形狀。亦即，運用較高劑量及同一成像區域之多次掃描，樣本之尺寸可在量測製程之過程上改變。

【0042】在一些例示性實施例中，為了使高能量電子轟擊之影

響最小化，可使用來自樣本表面上之不同點的個別圖框平均影像。基於所關注圖案可在樣本上之不同點處重複且對應環境在不同量測點保持不變的假定，可應用量測精度經增強同時使對樣本之損害最小化的技術。

【0043】舉例而言，在例示性方法中，量測條件可經使用，使得低電子劑量應用至樣本。當電子劑量為低時，精度可受到限制。因此，為了恢復精度，影像平均可在樣本上之不同位置處的複數個影像上進行，因此增大對應圖案之量測的數目同時使樣本損害最小化並保持樣本表面拓樸。

【0044】舉例而言，比較性圖框平均程序可包含掃描一位置16次。在一例示性實施例中，可使用四個不同位置。單一位置可被掃描僅四次，且可經平均以獲得類似於比較性圖框平均程序的精度。

【0045】在例示性實施例中，複數個不同位置可包含對應圖案。用以識別複數個不同位置之位置資料可係基於使用者輸入、晶圓設計、影像分析及其類似者。舉例而言，晶圓可經設計以出於進行影像平均之目的在不同位置處具有相同區。位置資料可係基於晶圓之設計，諸如圖形資料系統(Graphic Data System；GDS)或開放式藝術品系統互換標準(Open Artwork System Interchange Standard；OASIS)設計。舉例而言，區可為校準標準圖案。區亦可為功能圖案。替代地，具有對應幾何形狀之區可在晶圓已經設計或構建之後予以選擇。對應位置可在同一製程條件下製造。成像可在複數個不同位置處在低劑量條件下進行。接著，演算法可對在複數個不同位置處收集之量測資料進行平均。

【0046】雖然術語「相同」在一些例示性實施例中用以描述對應圖案，但應理解，晶圓上不同位置處的對應圖案歸因於製造隨機事項而具有某變化。因此，相同圖案可經解譯以意謂具有大體上相同之幾何形狀的圖案。

【0047】現參考圖3，其說明符合本發明之實施例的例示性電子束檢測(EBI)系統100。如圖3中所示，EBI系統100包括主腔室101、裝載/鎖定腔室102、電子束工具104及裝備前端模組(EFEM)106。電子束工具104位於主腔室101內。EFEM 106包括第一裝載埠106a及第二裝載埠106b。EFEM 106可包括額外裝載埠。第一裝載埠106a及第二裝載埠106b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)或樣本的晶圓前開式單元匣(FOUP)(晶圓及樣本在下文中統稱為「晶圓」)。

【0048】EFEM 106中之一或多個機械臂(未圖示)可將晶圓運輸至裝載/鎖定腔室102。裝載/鎖定腔室102連接至裝載/鎖定真空泵系統(未展示)，其移除裝載/鎖定腔室102中之氣體分子以達到低於大氣壓之第一壓力。在達到第一壓力之後，一或多個機械臂(未展示)可將晶圓自裝載/鎖定腔室102運輸至主腔室101。主腔室101連接至主腔室真空泵系統(未展示)，該主腔室真空泵系統移除主腔室101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104之檢測。電子束工具104可為單射束系統或多射束系統。控制器109電連接至電子束工具104。控制器109可為經組態以執行對EBI系統之各種控制的電腦。

【0049】進行臨界尺寸度量衡可包含使晶圓經歷檢測複數次。

舉例而言，晶圓可經歷裝載/卸載程序複數次以自複數個遍次收集量測資料。

【0050】圖4A說明可經組態以用於EBI系統100中的電子束工具104。電子束工具104可為單射束設備，如圖4A中所展示，或多射束設備。

【0051】如圖4A中所示，電子束工具104可包含電子槍部分410及電子柱部分420。電子槍部分410可包含陰極411、槍孔徑412、可移動條帶孔徑413、聚光器透鏡414、射束熄滅裝置415、散光校正器416、閘閥417及物鏡孔徑418。電子柱部分420可包含第一偵測器421、磁透鏡422、第二偵測器423、韋恩濾波器424、第三偵測器425、物鏡電極426及晶圓平面427。

【0052】現參考圖4B，其說明可經組態以用於多射束成像(MBI)系統中之電子束工具104 (在本文中亦被稱作設備104)。電子束工具104包含電子源202，槍孔徑204，聚光器透鏡206，自電子源202發射之初級電子束210，源轉換單元212，初級電子束210之複數個細射束214、216及218，主要投影光學系統220，晶圓載台(圖4B中未展示)，多個次級電子束236、238及240，次要光學系統242，及電子偵測裝置244。主要投影光學系統220可包含射束分離器222、偏轉掃描單元226及物鏡228。電子偵測裝置244可包含偵測子區246、248及250。

【0053】電子源202、槍孔徑204、聚光器透鏡206、源轉換單元212、射束分離器222、偏轉掃描單元226及物鏡228可與設備104的主光軸260對準。次要光學系統242及電子偵測裝置244可與設備104之副光軸252對準。

【0054】電子源202可包含陰極、提取器或陽極，其中初級電子可自陰極發射且經提取或加速以形成具有交叉(虛擬或真實)208之初級電子束210。初級電子束210可經可視化為自交叉208發射。槍孔徑204可阻斷初級電子束210之周邊電子以降低庫侖效應。庫侖效應會引起探測光點之大小的增大。

【0055】源轉換單元212可包含影像形成元件之陣列(圖4B中未展示)及射束限制孔徑之陣列(圖4B中未展示)。影像形成元件之陣列可包含微偏轉器或微透鏡之陣列。影像形成元件之陣列可藉由初級電子束210之多個細射束214、216及218形成具有交叉208之複數個平行影像(虛擬或真實)。射束限制孔徑之陣列可限制複數個細射束214、216及218。

【0056】聚光器透鏡206可聚焦初級電子束210。可藉由調整聚光器透鏡206之聚焦倍率或藉由改變射束限制孔徑陣列內之對應的射束限制孔徑的徑向大小來使源轉換單元212下游之細射束214、216及218的電流變化。物鏡228可將細射束214、216及218聚焦至晶圓230上以供檢測，且可在晶圓230之表面上形成複數個探測光點270、272及274。

【0057】射束分離器222可為產生靜電偶極子場及磁偶極子場之韋恩濾波器類型(Wien filter type)的射束分離器。在一些實施例中，若應用該等射束分離器，則由靜電偶極子場對細射束214、216及218之電子施加的力可與由磁偶極子場對電子施加之力的量值相等且方向相對。細射束214、216及218可因此以零偏轉角直接通過射束分離器222。然而，由射束分離器222產生之細射束214、216及218的總色散

亦可係非零。射束分離器222可因此分離次級電子束236、238及240與細射束214、216及218，並朝向次要光學系統242導引次級電子束236、238及240。

【0058】偏轉掃描單元226可使細射束214、216及218偏轉以使探測光點270、272及274掃描遍及晶圓230之表面區域。回應於細射束214、216及218在探測光點270、272及274處入射，可自晶圓230發射次級電子束236、238及240。次級電子束236、238及240可包含具有能量分佈之電子，包括次級電子(能量 ≤ 50 eV)及反向散射電子(能量介於50 eV與細射束214、216及218之著陸能量之間)。次要光學系統242可將次級電子束236、238及240聚焦至電子偵測裝置244之偵測子區246、248及250上。偵測子區246、248及250可經組態以偵測對應的次級電子束236、238及240且產生用於重構晶圓230之表面區域的影像之對應的信號。

【0059】現將參考例示性影像平均程序。

【0060】**圖5A**描繪例示性晶圓500。晶圓500可為電子敏感晶圓，諸如負型色調顯影深紫外線顯影後檢測(NTD DUV ADI)晶圓。晶圓500包含複數個晶粒501。在一實施例中，可選擇四個晶粒510用於平均。在所選擇晶粒中之一者中，可提供場圖511，如**圖5B**中所示。在場圖511中，可選擇測試場520。測試場520包含測試區域521。

【0061】測試區域521可為測試鍵530，如**圖5C**中所示。複數個線560可設置於測試鍵530中。測試鍵可經指定為CD40P90之線空間圖案。亦即，線寬之標準臨界尺寸為40 nm，且線之間距為90 nm。測試區域521包含成像區域540，如**圖5D**中所示。在成像程序中，影像550

可在以下條件下擷取。舉例而言，視野(FOV)：1 μm 。像素大小：1 nm。在量測程序中，臨界尺寸可使用疊加於影像550上之H標記561來量測。在一個實例中，320個H標記用於影像中，且臨界尺寸藉由對個別量測值進行平均來計算。

【0062】本發明之較佳理解可經由以下實例獲得，該等實例經闡述以說明本發明但不必理解為限制本發明。

【0063】在第一實例(實例1)中，單一成像區域用於收集一個晶粒中之量測值。臨界尺寸度量衡可藉由擷取四個晶粒中之影像並對所量測值進行平均來進行。精度值可藉由執行裝載/卸載操作十次且進行十個成像遍次來進行。在每一晶粒中，使同一成像區域之四個圖框成像，且圖框平均可用以輸出量測值。因此，當使用圖框平均時，針對每一遍次之原始資料點可藉由經平均之量測值來表示。實例1中，使用250 pA之初級射束電流。臨界尺寸可計算為 CD_1 ，其表示針對單一影像獲得之臨界尺寸量測值。量測狀況彙總於**表1**中，其中IP指示初級射束電流，且其中收縮假定為與電子劑量線性成比例。

表1

實例	1	2	3
IP [nA]	0.25	0.25	0.125
停留時間[ns]	10	10	10
圖框	4	2	1
電子電荷	1.60E-19	1.60E-19	1.60E-19
像素大小[nm]	1	1	1
電子數/nm ²	63	31	8
劑量%對POR	100.0%	50.0%	12.5%
所估計之PR收縮	0.5~2nm	0.25~1nm	0.125~0.5nm

【0064】實例1之例示性量測資料輸出展示於**圖6**之表中。資料可藉由如下例示性資料處理方法來產生。舉例而言，在第一步驟中，

收集CD原始資料。CD原始資料可包括來自所獲取影像的原始資料量測值。在圖6中，CD原始資料表達在標題「原始資料(nm)」下標記為晶粒#1、晶粒#2、晶粒#3、晶粒#4之行中的數值量測值。由於使用圖框平均，因此CD原始資料之數值在4個不同圖框上進行平均。接著，計算每一遍次之平均值。在圖6中，遍次平均值在標記為「遍次平均值」之行中表達。接著，計算每一原始資料量測值與各別遍次平均值之間的差。在圖6中，差值表達為在標題「與遍次平均值之差(nm)」下之標記為晶粒#1、晶粒#2、晶粒#3、晶粒#4之行中的數值。接著，精度值(標準偏差的三倍)在10個遍次上針對每一晶粒予以計算。最終，總精度藉由獲得每一晶粒之個別精度值之均方根(RMS)來計算。

【0065】實例1中，由於電子劑量為相對高的，因此可獲得具有高SNR之良好品質影像。此外，精度低於0.1 nm，且可被視為令人滿意的。

【0066】在第二實例(實例2)中，兩個成像區域用於收集一個晶粒中之量測值。舉例而言，如圖5E中所示，可提供成像區域540及成像區域541。臨界尺寸度量衡可藉由擷取四個晶粒中之影像並對所量測值進行平均來進行。精度值可藉由執行裝載/卸載操作十次且進行十個成像遍次來進行。在每一晶粒中，使同一成像區域之兩個圖框成像，且圖框平均可用以輸出對應量測值。當使用圖框平均時，針對每一遍次之原始資料點可藉由經平均之量測值來表示。實例2中，使用250 pA之初級射束電流。然而，由於獲得僅兩個圖框，因此各別成像區域上之總電子劑量相對於實例1被減小。臨界尺寸可計算為 CD_1 及 CD_2 之平均值，其中 CD_1 表示針對第一影像獲得之臨界尺寸量測值，

且 CD_2 表示針對第二影像獲得之臨界尺寸量測值。量測條件彙總於表1中。例示性量測資料輸出展示於圖7之表中。

【0067】如圖7中所示，可提供對應於第一影像之量測資料701及對應於第二影像的量測資料702。雖然電子束與實例1相同，但每一影像僅掃描兩次，因此總電子劑量小於實例1之總電子劑量。影像品質相較於實例1可經相對降級。此外，量測資料701及量測資料702中之每一者中的精度值可大於實例1之精度值。然而，量測資料701及量測資料702可經組合以產生量測資料703。量測資料703包含複數個資料點，每一資料點係基於來自第一影像及第二影像兩者之量測值。特定言之，量測資料703可包含經平均之原始資料值。量測資料703之「原始資料(nm)」標題下的每一資料點可包含 CD_1 及 CD_2 之平均值。舉例而言，量測資料701之遍次1、晶粒#1之原始資料項目可與量測資料702之遍次1、晶粒#1的原始資料項目進行平均。因此，可恢復精度。

【0068】在第三實例(實例3)中，八個成像區域用於收集一個晶粒中之量測值。舉例而言，如圖5F中所示，可提供成像區域540、541、542、543、544、545、546及547。臨界尺寸度量衡可藉由擷取四個晶粒中之影像並對所量測值進行平均來進行。精度值可藉由執行裝載/卸載操作十次且進行十個成像遍次來進行。在每一晶粒中，使同一成像區域之一個圖框成像。因此，每一遍次之原始資料點可藉由來自一個成像區域之單一量測值來表示。實例3中，使用125 pA之初級射束電流。此外，由於獲得僅一個圖框，因此各別成像區域上之總電子劑量相對於實例1及2被減小。臨界尺寸可計算為 CD_1 至 CD_8 之平

均值，其中 CD_1 表示針對第一影像獲得之臨界尺寸量測值，且 CD_2 表示針對第二影像獲得之臨界尺寸量測值等。量測條件彙總於**表1**中。例示性量測資料輸出展示於**圖8**之表中。

【0069】如**圖8**中所示，可提供對應於第一影像之量測資料801及對應於第二影像的量測資料802。雖然電子束電流為相對高的，但每一影像僅掃描一次，因此總電子劑量小於實例1及2之劑量。影像品質相較於實例1及2可相對降級。此外，量測資料801至量測資料808中之每一者中的精度值可大於實例1之精度值。舉例而言，表810展示針對每一各別影像獲得之精度值。然而，量測資料801至808可經組合以產生量測資料809。量測資料809包含各自基於來自八個影像之量測值的複數個資料點。特定言之，量測資料803可包含經平均之原始資料值。量測資料809之「原始資料(nm)」標題下的每一資料點可包含 CD_1 至 CD_8 之平均值。舉例而言，量測資料801之遍次1、晶粒#1之原始資料項目可與量測資料802之遍次1、晶粒#1之原始資料項目、量測資料803之遍次1、晶粒#1的原始資料項目等等直至量測資料808之遍次1、晶粒#1的原始資料項目進行平均。因此，可恢復精度。在實例3之例子中，個別影像之精度可為0.217至0.314 nm，如表810中所展示。然而，當使用八個影像之平均值時，可獲得大約0.101 nm之平均CD的精度。

【0070】以以上方式，劑量可經進一步減小，同時增大每場之影像的數目。個別影像之精度可隨著劑量減小而降級，然而，精度在使用來自依據低劑量設定之多個影像之經平均CD時可被恢復。

【0071】此外，當使用複數個不同位置作為測試區域時，可提

供將控制圖案定位於晶圓上之各種地方的靈活性。舉例而言，傳統地，控制圖案置放於晶圓之一側上。然而，當使用在晶圓之複數個不同位置處重複的小型圖案時，可達成更大設計靈活性。

【0072】為了收集晶圓上之不同位置處的低劑量影像，可使用各種檢測裝置與變化之視場(FOV)。舉例而言，小型FOV裝置可用以藉由移動樣本載台在晶圓上之不同位置處擷取個別影像。

【0073】在一些實施例中，大型FOV裝置可用以在不移動樣本載台情況下在晶圓上之不同位置處擷取多個成像區域。在一些實施例中，大型FOV裝置可例如為多射束系統。舉例而言，大型FOV裝置亦可為經組態以使用射束偏轉之單射束系統，如稍後將描述。

【0074】現參考圖9A及圖9B，其說明例示性掃描影像。在圖9A中，小型FOV裝置可藉由D2擷取具有D1之尺寸的影像901。D1及D2可為例如1 μm 。因此，影像901可為大約例如1 μm ×1 μm 的大小。影像901可對應於用以表示成像區域例如成像區域540的影像。

【0075】在圖9B中，大型FOV檢視裝置可擷取具有D3乘以D4之尺寸的影像910。D3及D4可大於D1及D2。在一些實施例中，影像910可具有例如3 μm ×3 μm 的大小。影像910包含複數個子區911至919。影像910可在單一圖框中擷取。舉例而言，在掃描步驟中，成像信號之經掃描原始資料可作為原始影像保存且儲存於儲存裝置中。原始影像可被劃分成各自具有對應於D1及D2之大小的九個區。亦即，該等區中之每一者可具有例如1 μm ×1 μm 之大小。經掃描之影像可與晶圓之諸如GDS或OASIS設計的原始設計比較，並進行再劃分。此外，經掃描影像之劃分可係基於影像處理或其他後續處理。

【0076】在一些實施例中，當大型FOV裝置用以擷取影像時，遍次中之所有成像區域可經同時擷取而無需必須移動樣本載台。舉例而言，當複數個成像區域540至547被獲取時，大型FOV裝置可在一個掃描步驟中擷取所有八個成像區域。因此，可增強處理生產率。

【0077】另外，雖然以上實例論述八個成像區域540至547之使用，但成像區域之數目並不限於此。舉例而言，所有九個子區911至919可用於進行臨界尺寸度量衡，且因此九個影像可用於量測。由於量測精度可取決於量測值之次數，因此增大區之數目可進一步增強精度。

【0078】在一些實施例中，大型FOV裝置可經組態以擷取12 μm FOV影像。12 μm FOV影像可具有大約3.464 μm ×3.464 μm 之尺寸。在大型FOV裝置中，需要影像失真被最小化。在臨界尺寸度量衡中，對於影像失真所需要的是小於1%，更佳地小於0.1%。在一些實施例中，12 μm FOV影像之影像失真可小於0.1%。

【0079】**圖10**展示12 μm FOV影像中二維圖案的例示性驗證測試。在驗證測試中，確認影像並不經歷過度失真，即使在大型FOV裝置中。舉例而言，圖案之尺寸在關鍵區中量測，該關鍵區可為影像之中心及四個隅角。在**圖10**中，擷取影像1000，且量測展示為放大的圖案1010。圖案1010之量測值可包含疊加所觀測形狀之輪廓於影像上且判定輪廓之屬性，諸如長度、位置、分離、變化等。

【0080】在一些實施例中，所擷取影像之總大小可大於待用於臨界尺寸度量衡的成像區域。此外，所擷取影像之總大小可大於待用於臨界尺寸度量衡之所有影像群組。舉例而言，雖然**圖9B**展示可用

作成像區域之九個區之柵格，但成像區域可隔開。此外，成像區域之位置可為任意的。

【0081】圖11展示線圖案之大型FOV影像1100，該線圖案包含複數個成像區1101、1102、1103、1104、1105、1106、1107、1108及1109。成像條件可為例如1000_0_23_250pA、SEM8192、1D4L1F。臨界尺寸度量衡可包含用320 H桿使每一子影像之1K-影像成像。成像區1101可為對應於「區域#1」之子影像等。圖表1120展示，針對成像區1101至1109中之每一者的臨界尺寸再現可小於0.1 nm。因此，在自大型FOV裝置擷取之影像中，複數個成像區可經任意選擇，在該複數個成像區處，可在合適位準獲得CD再現。

【0082】影像獲取可包含載台移動方法、射束偏轉方法及其組合。舉例而言，在載台移動方法中，如圖12A中所說明，電子束工具可經組態以產生入射於待成像之樣本表面上的檢測射束1201。檢測電子束1201接著可藉由使射束按一圖案(例如，光柵圖案)在樣本上方掃描而用於成像。檢測電子束1201可經組態以藉由使射束掃描第一成像區域1210中之樣本的表面上方來獲取第一成像區域1210的影像。射束掃描之範圍可藉由電子束工具之FOV限制，且因此第一成像區域1210可與FOV一致。為了使另一區域成像，樣本藉由樣本載台移動，且射束1201在新區域例如成像區域1211上方掃描。

【0083】在載台移動方法中，對於每一成像獲取步驟移動載台。影像大小可限於FOV。因此，生產率可藉由 $n \times (t_{\text{stage}} + t_{\text{image}})$ 表示，其中 n 為影像之數目， t_{stage} 為移動樣本載台需要之時間，且 t_{image} 為進行成像掃描需要之時間。

【0084】在射束偏轉方法中，多個區可經成像而不移動樣本載台。在射束偏轉方法中，電子束工具可經組態以提供可在樣本表面上之各種位置上方偏轉的射束。電子束工具可包含靜電透鏡以使初級電子束彎曲以使射束聚焦於各種位置處。舉例而言，如圖12B中所說明，電子束工具可經組態以產生射束1221。使用射束偏轉，檢測射束1222可設置於第一位置處以在第一成像區域1230處進行成像掃描。射束1221可藉由電子束工具偏轉，且檢測射束1223亦可提供於第二位置處以在第二成像區域1231處進行成像掃描。在成像位置中之每一者處，檢測射束1221或檢測射束1223可藉由在樣本上方掃描圖案(例如，光柵圖案)用於成像。在射束偏轉方法中，電子束工具可為大型FOV裝置。因此，複數個成像區域可在FOV內擷取，且樣本載台不需要移動。此外，多射束掃描可經執行以使多個影像並行地成像。

【0085】在射束偏轉方法中，多個影像擷取可依據載台移動而獲得。此外，影像及FOV大小為獨立的。樣本載台可經移動以在晶圓上之其他位置處獲得影像。生產率可藉由 $t_{\text{stage}} + n \times t_{\text{image}}$ 表示，其中 t_{stage} 為移動樣本載台需要之時間， n 為影像之數目，且 t_{image} 為進行成像掃描需要之時間。當使用射束偏轉時，生產率可相對於載台移動方法而縮短。

【0086】臨界尺寸度量衡可包含將複數個指示器例如H標記疊加於所擷取影像上。取決於待分析之特徵的類型，例如，前導邊緣量測、線空間圖案之一維長度量測、跡線之隅角之間的距離、跡線之間的連接、圖案間距等，指示器之類型可不同。影像處理可經執行以將指示器疊加於擷取影像上。此外，可使用輪廓線堆疊。

【0087】現參考圖13，該圖說明針對二維特徵之例示性輪廓線堆疊程序。舉例而言，輪廓線可基於影像信號在影像獲取之後繪製出。輪廓線可對應於所觀測特徵。輪廓線可基於影像信號之屬性諸如對比度來自動地產生。臨界尺寸量測值可包含例如鄰接線之尖端之間的距離、平行線之邊緣間距離、線寬等。臨界尺寸量測值可係基於所產生之輪廓線。

【0088】現參考圖14，該圖說明根據本發明之實施例的例示性臨界尺寸度量衡系統1400。系統1400可用於檢測樣本載台上之晶圓230，且包含電子束工具104，如上文所論述。系統1400亦包含影像獲取器1401、儲存器1402及控制器109。影像獲取器1401可包含處理器。舉例而言，影像獲取器1401可包含電腦、伺服器、大型電腦主機、終端機、個人電腦、任何種類之行動運算裝置，或其一組合。影像獲取器1401可經由諸如以下各者之媒體與偵測器244連接：電導體、光纖纜線、攜帶型儲存媒體、IR、藍芽、網際網路、無線網路、無線電或其一組合。影像獲取器1401可自偵測器244接收信號，且可構建一影像。影像獲取器1401可因此獲取晶圓230之影像。影像獲取器1401亦可執行各種後處理功能，諸如產生輪廓線、疊加指示器於所獲取影像上，及類似者。儲存器1402可為儲存媒體，諸如硬碟機、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1402與影像獲取器1401耦接，且可用於保存經掃描原始影像資料作為原始影像及後處理影像。影像獲取器1401及儲存器1402連接至控制器109。

【0089】影像平均處理可經由控制器109進行。舉例而言，控制

器109可經組態以獲取與晶圓230之第一特徵相關聯的第一複數個量測值。第一複數個量測值可為來自晶圓230上之第一成像區域之圖案的臨界尺寸原始資料。控制器109可經組態以獲取與晶圓230之第二特徵相關聯的第二複數個量測值。第二複數個量測值可為來自晶圓230上之第二成像區域之圖案的臨界尺寸原始資料。第一特徵及第二特徵可位於晶圓230之分離位置處。舉例而言，第一成像區域及第二成像區域可在晶圓230上鄰接於彼此。第一成像區域及第二成像區域亦可彼此隔開。第一成像區域及第二成像區域可經組態，使得其並不重疊。第二特徵可在第一特徵位於之第一成像區域的FOV外部，或第一及第二特徵可係在帶電荷電子束工具104之同一FOV內。

【0090】 在一些實施例中，影像獲取器1401可基於接收自偵測器244之成像信號獲取樣本之一或多個影像。成像信號可對應於用於進行帶電粒子成像之掃描操作。所獲取影像可為包含複數個成像區域之單一影像。單一影像可儲存於儲存器1402中。單一影像可為可劃分成複數個區的原始影像。區中之每一者可包含含有晶圓230之特徵的一個成像區域。

【0091】 影像平均處理可包含基於第一複數個量測值及第二複數個量測值而計算組合式量測值。組合式量測值可為平均值。舉例而言，第一複數個量測值中之每一者可與第二複數個量測值中之每一者進行平均，因此產生複數個平均值。複數個平均值可用作臨界尺寸量測值。因此，臨界尺寸度量衡系統1400可用於半導體製造製程之程序控制。

【0092】 雖然控制器109、儲存器1402及影像獲取器1401描繪為

分離單元，但電腦可進行單元之全部的處理。

【0093】可以使用以下條項進一步描述實施例：

1. 一種度量衡系統，其包含：

一帶電粒子束設備，其經組態以產生一帶電粒子束；及

一控制器，其經組態以：

基於該帶電粒子束獲取一樣本之一或多個影像，且將該一或多個影像儲存於一儲存器中；

獲取與該樣本之一第一特徵相關聯的第一複數個量測值；

獲取與該樣本之一第二特徵相關聯的第二複數個量測值，該第二特徵係在該樣本上與該第一特徵分離之一位置處；及

基於該第一複數個量測值及該第二複數個量測值來判定一組合式量測值。

2. 如條項1之系統，其中該第一特徵及該第二特徵相同。

3. 如條項1及2中任一項之系統，其中該組合式量測值為該第一特徵及該第二特徵之一臨界尺寸。

4. 如條項1至3中任一項之系統，其中該組合式量測值之精度為小於或等於0.1 nm。

5. 如條項1至4中任一項之系統，其中該組合式量測值包含該第一複數個量測值中之每一者與該第二複數個量測值中之每一者的平均值。

6. 如條項1至5中任一項之系統，其中該控制器經組態以獲取該一或多個影像而不移動固持該樣本的一樣本載台。

7. 如條項1至6中任一項之系統，其中該帶電粒子束設定為小於

或等於250 pA之一電流。

8. 如條項1至7中任一項之系統，其中該一或多個影像包含分離地儲存於該儲存器中的複數個影像，該複數個影像中的一第一影像包含該第一特徵，且該複數個影像中的一第二影像包含該第二特徵。

9. 如條項1至7中任一項之系統，其中該一或多個影像為儲存於該儲存器中之一單一影像，且該控制器經組態以將該單一影像劃分成複數個區，該複數個區中之一第一區包含該第一特徵且該複數個區中之一第二區包含該第二特徵。

10. 如條項1至9中任一項之系統，其中該一或多個影像之圖框的一數目小於或等於四。

11. 如條項1至9中任一項之系統，其中該一或多個影像之圖框的一數目小於或等於二。

12. 如條項1至9中任一項之系統，其中該一或多個影像之圖框的一數目為一。

13. 一種度量衡方法，其包含：

產生一帶電粒子束；

藉由用該帶電粒子束輻射一樣本之一第一成像區域而產生一第一成像信號；

藉由用該帶電粒子束輻射該樣本之一第二成像區域而產生一第二成像信號，該第二成像區域係在該樣本上與該第一特徵分離的一位置處；

獲取與該第一成像區域中之一第一特徵相關聯的複數個量測值；

獲取與該第二成像區域中之一第二特徵相關聯的複數個量測值；及

基於該第一複數個量測值及該第二複數個量測值來判定一組合式量測值。

14. 如條項13之方法，其中該第一特徵及該第二特徵相同。

15. 如條項13及14中任一項之方法，其中該組合式量測值為該第一特徵及該第二特徵之一臨界尺寸。

16. 如條項13至15中任一項之方法，其中該組合式量測值之精度為小於或等於0.1 nm。

17. 如條項13至16中任一項之方法，其中該組合式量測值包含該第一複數個量測值中之每一者與該第二複數個量測值中之每一者的平均值。

18. 如條項13至17中任一項之方法，其中該第一成像信號及該第二成像信號在不移動固持該樣本的一樣本載台情況下產生。

19. 如條項13至18中任一項之方法，其中該帶電粒子束設定為小於或等於250 pA之一電流。

20. 如條項13至19中任一項之方法，其進一步包含分離地儲存複數個影像於該儲存器中，該複數個影像中的一第一影像包含該第一特徵，且該複數個影像中的一第二影像包含該第二特徵。

21. 如條項13至19中任一項之方法，其進一步包含：

將一單一影像儲存於一儲存器中，該單一影像包含該第一特徵及該第二特徵；及

將該單一影像劃分成複數個區，該複數個區中之一第一區包含

該第一特徵且該複數個區之一第二區包含該第二特徵。

22. 如條項20之方法，其中該複數個影像之圖框的一數目小於或等於四。

23. 如條項20之方法，其中該複數個影像之圖框的一數目小於或等於二。

24. 如條項20之方法，其中該複數個影像之圖框的一數目為一。

25. 如條項21之方法，其中該複數個影像之圖框的一數目小於或等於四。

26. 如條項21之方法，其中該複數個影像之圖框的一數目小於或等於二。

27. 如條項21之方法，其中該複數個影像之圖框的一數目為一。

28. 一種包含一指令集之非暫時性電腦可讀媒體，該等指令藉由一設備之一或多個處理器執行以使得該設備執行一方法，該方法包含：

產生一帶電粒子束；

藉由用該帶電粒子束輻射一樣本之一第一成像區域而產生一第一成像信號；

藉由用該帶電粒子束輻射該樣本之一第二成像區域而產生一第二成像信號，該第二成像區域係在該樣本上與該第一特徵分離的一位置處；

獲取與該第一成像區域中之一第一特徵相關聯的複數個量測值；

獲取與該第二成像區域中之一第二特徵相關聯的複數個量測

值；及

基於該第一複數個量測值及該第二複數個量測值來判定一組合式量測值。

29. 如條項28之電腦可讀媒體，其中該第一特徵及該第二特徵相同。

30. 如條項28及29中任一項之電腦可讀媒體，其中該組合式量測值為該第一特徵及該第二特徵之一臨界尺寸。

31. 如條項28至30中任一項之電腦可讀媒體，其中該組合式量測值之精度為小於或等於0.1 nm。

32. 如條項28至31中任一項之電腦可讀媒體，其中該組合式量測值包含該第一複數個量測值中之每一者與該第二複數個量測值中之每一者的平均值。

33. 如條項28至32中任一項之電腦可讀媒體，其中該第一成像信號及該第二成像信號在不移動固持該樣本之一樣本載台情況下產生。

34. 如條項28至33中任一項之電腦可讀媒體，其中該帶電粒子束設定為小於或等於250 pA之一電流。

35. 如條項28至34中任一項之電腦可讀媒體，其中藉由該設備之一或多個處理器執行之該指令集使得該設備進一步執行：

分離地儲存複數個影像於儲存器中，該複數個影像中的一第一影像包含該第一特徵，且該複數個影像中的一第二影像包含該第二特徵。

36. 如條項28至34中任一項之電腦可讀媒體，其中藉由該設備之一或多個處理器執行之該指令集使得該設備進一步執行：

將一單一影像儲存於一儲存器中，該單一影像包含該第一特徵及該第二特徵；及

將該單一影像劃分成複數個區，該複數個區中之一第一區包含該第一特徵且該複數個區之一第二區包含該第二特徵。

37. 如條項35之電腦可讀媒體，其中該複數個影像之圖框的一數目小於或等於四。

38. 如條項35之電腦可讀媒體，其中該複數個影像之圖框的一數目小於或等於二。

39. 如條項35之電腦可讀媒體，其中該複數個影像之圖框的一數目為一。

40. 如條項36之電腦可讀媒體，其中該複數個影像之圖框的一數目小於或等於四。

41. 如條項36之電腦可讀媒體，其中該複數個影像之圖框的一數目小於或等於二。

42. 如條項36之電腦可讀媒體，其中該複數個影像之圖框的一數目為一。

【0094】 可提供非暫時性電腦可讀媒體，其儲存用於控制器109之處理器的指令以進行影像平均處理。舉例而言，常見形式之非暫時性媒體包括：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；及其聯網版本。

【0095】雖然實例已參看電子敏感材料予以了論述，但本發明之態樣亦可應用至其他類型之材料。舉例而言，AEI圖案、SEM校準標準及錫球亦可經成像。舉例而言，在本發明之例示性態樣中，高解析度及高SNR可經獲得同時仍提供快速生產率。

【0096】此外，雖然精度量測值依據再現性予以論述，但本發明之態樣亦可應用至長期穩定性量測。舉例而言，在長期穩定性量測中，資料收集可包含以每天一個循環之速率執行的十個裝載/卸載循環。亦即，每一遍次以一天之間隔發生。精度值可因此經量測為10天的所量測CD之 3σ 。所有場精度值之RMS可針對總體長期精度而進行。根據本發明之態樣，可獲得例如0.06 nm之長期精度。

【0097】應瞭解，本發明不限於上文已描述及在附圖中說明之準確建構，且可在不背離本發明之範疇的情況下作出各種修改及改變。舉例而言，雖然一些實例論述晶圓之四個晶粒的使用，但經選擇以用於影像平均處理中的晶粒之數目可為任何數目。此外，晶粒不必鄰接。

【0098】意欲本發明之範疇應僅由隨附申請專利範圍限制。

【符號說明】

【0099】

1	半導體裝置
10	基板
30	薄膜層
31	佈線部分
32	佈線部分

33	佈線部分
50	光阻層
51	光阻部分
51a	跡線之隅角
51b	跡線之隅角
52	光阻部分
52a	跡線之間的連接件
52b	跡線之間的連接件
53	光阻部分
53a	跡線之間距
53b	跡線之間距
54	跡線
55	電極
61	量測
62	量測
63	量測
64	量測
70	光阻線
80	間距
100	例示性電子束檢驗(EBI)系統
101	主腔室
102	裝載/鎖定腔室
104	電子束工具

106	裝備前端模組(EFEM)
106a	第一裝載埠
106b	第二裝載埠
109	控制器
202	電子源
204	槍孔徑
206	聚光器透鏡
208	交叉
210	初級電子束
212	源轉換單元
214	細射束
216	細射束
218	細射束
220	主要投影光學系統
222	射束分離器
226	偏轉掃描單元
228	物鏡
230	晶圓
236	次級電子束
238	次級電子束
240	次級電子束
242	次要光學系統
244	電子偵測裝置

246	偵測子區
248	偵測子區
250	偵測子區
252	副光軸
260	主光軸
270	探測光點
272	探測光點
274	探測光點
410	電子槍部分
411	陰極
412	槍孔徑
413	可移動條帶孔徑
414	聚光器透鏡
415	射束熄滅裝置
416	散光校正器
417	閘閥
418	物鏡孔徑
420	電子柱部分
421	第一偵測器
422	磁透鏡
423	第二偵測器
424	韋恩濾波器
425	第三偵測器

426	物鏡電極
427	晶圓平面
500	例示性晶圓
501	晶粒
510	所選擇晶粒
511	場圖
520	測試場
521	測試區域
530	測試鍵
540	成像區域
541	成像區域
542	成像區域
543	成像區域
544	成像區域
545	成像區域
546	成像區域
547	成像區域
550	影像
560	線
561	H標記
701	量測資料
702	量測資料
703	量測資料

801	量測資料
802	量測資料
803	量測資料
804	量測資料
805	量測資料
806	量測資料
807	量測資料
808	量測資料
809	量測資料
810	表
901	影像
910	影像
911至919	子區
1000	影像
1010	放大的圖案
1100	大型FOV影像
1101、1102、1103、1104、1105、1106、1107、1108、1109	成像區
1120	圖表
1201	檢測射束
1210	第一成像區域
1211	成像區域
1221	檢測射束
1222	檢測射束

1223	檢測射束
1230	第一成像區域
1231	第二成像區域
1400	例示性臨界尺寸度量衡系統
1401	影像獲取器
1402	儲存器
D1	尺寸
D2	尺寸
D3	尺寸
D4	尺寸

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種度量衡系統，其包含：

一帶電粒子束設備，其經組態以產生一帶電粒子束；及

一控制器，其經組態以：

基於該帶電粒子束獲取一樣本之一或多個影像，且將該一或多個影像儲存於一儲存器(storage)中；

獲取與該樣本之一第一特徵相關聯的第一複數個量測值；

獲取與該樣本之一第二特徵相關聯的第二複數個量測值，該第二特徵係在該樣本上與該第一特徵分離之一位置處；及

基於該第一複數個量測值及該第二複數個量測值來判定一組合式量測值(combined measurement)，

其中該組合式量測值為該第一特徵及該第二特徵之一臨界尺寸。

【第2項】

如請求項1之系統，其中該第一特徵及該第二特徵相同。

【第3項】

如請求項1之系統，其中該組合式量測值之精度為小於或等於0.1 nm。

【第4項】

如請求項1之系統，其中該組合式量測值包含該第一複數個量測值中之每一者與該第二複數個量測值中之每一者的平均值。

【第5項】

如請求項1之系統，其中該控制器經組態以獲取該一或多個影像而不移動固持該樣本的一樣本載台。

【第6項】

如請求項1之系統，其中該帶電粒子束設定為小於或等於250 pA之一電流。

【第7項】

如請求項1之系統，其中該一或多個影像包含分離地儲存於該儲存器中的複數個影像，該複數個影像中的一第一影像包含該第一特徵，且該複數個影像中的一第二影像包含該第二特徵。

【第8項】

如請求項1之系統，其中該一或多個影像為儲存於該儲存器中之一單一影像，且該控制器經組態以將該單一影像劃分成複數個區，該複數個區中之一第一區包含該第一特徵且該複數個區中之一第二區包含該第二特徵。

【第9項】

如請求項1之系統，其中該一或多個影像之圖框的一數目小於或等於四。

【第10項】

如請求項1之系統，其中該一或多個影像之圖框的一數目小於或等於二。

【第11項】

如請求項1之系統，其中該一或多個影像之圖框的一數目為一。

【第12項】

一種度量衡方法，其包含：

產生一帶電粒子束；

藉由用該帶電粒子束輻射一樣本之一第一成像區域而產生一第一成像信號；

藉由用該帶電粒子束輻射該樣本之一第二成像區域而產生一第二成像信號，該第二成像區域係在該樣本上與該第一特徵分離的一位置處；

獲取與該第一成像區域中之一第一特徵相關聯的複數個量測值；

獲取與該第二成像區域中之一第二特徵相關聯的複數個量測值；及

基於該第一複數個量測值及該第二複數個量測值來判定一組合式量測值，

其中該組合式量測值為該第一特徵及該第二特徵之一臨界尺寸。

【第13項】

如請求項12之方法，其中該第一特徵及該第二特徵相同，其中該組合式量測值為該第一特徵及該第二特徵的一臨界尺寸，且其中該組合式量測值包含該第一複數個量測值中之每一者與該第二複數個量測值中之每一者的平均值。

【第14項】

一種包含一指令集之非暫時性電腦可讀媒體，該等指令藉由一設備之一或多個處理器執行以使得該設備執行一方法，該方法包含：

產生一帶電粒子束；

藉由用該帶電粒子束輻射一樣本之一第一成像區域而產生一第一成像信號；

藉由用該帶電粒子束輻射該樣本之一第二成像區域而產生一第二成像信號，該第二成像區域係在該樣本上與該第一特徵分離的一位置處；

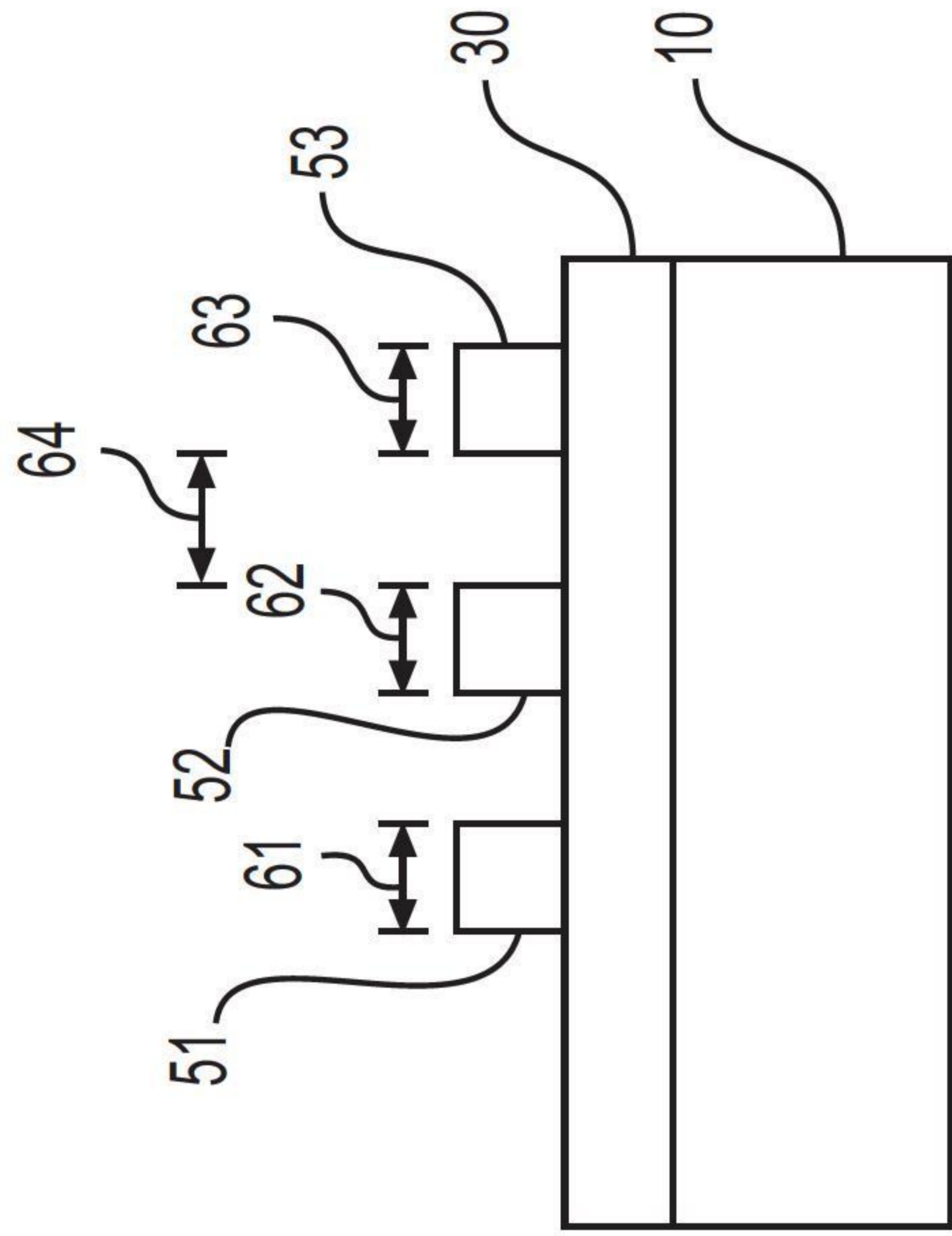
獲取與該第一成像區域中之一第一特徵相關聯的複數個量測值；

獲取與該第二成像區域中之一第二特徵相關聯的複數個量測值；及

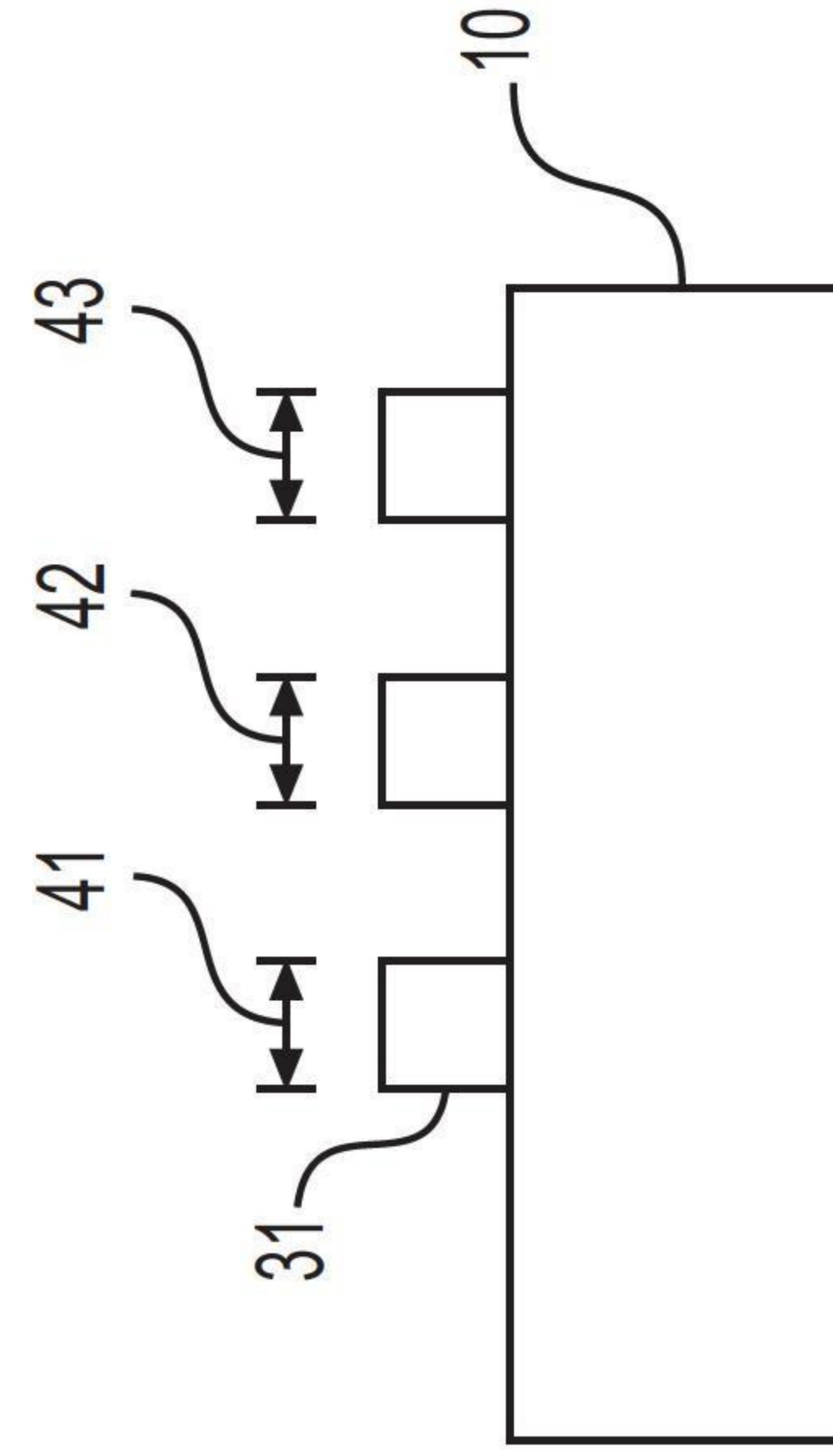
基於該第一複數個量測值及該第二複數個量測值來判定一組合式量測值，

其中該組合式量測值為該第一特徵及該第二特徵之一臨界尺寸。

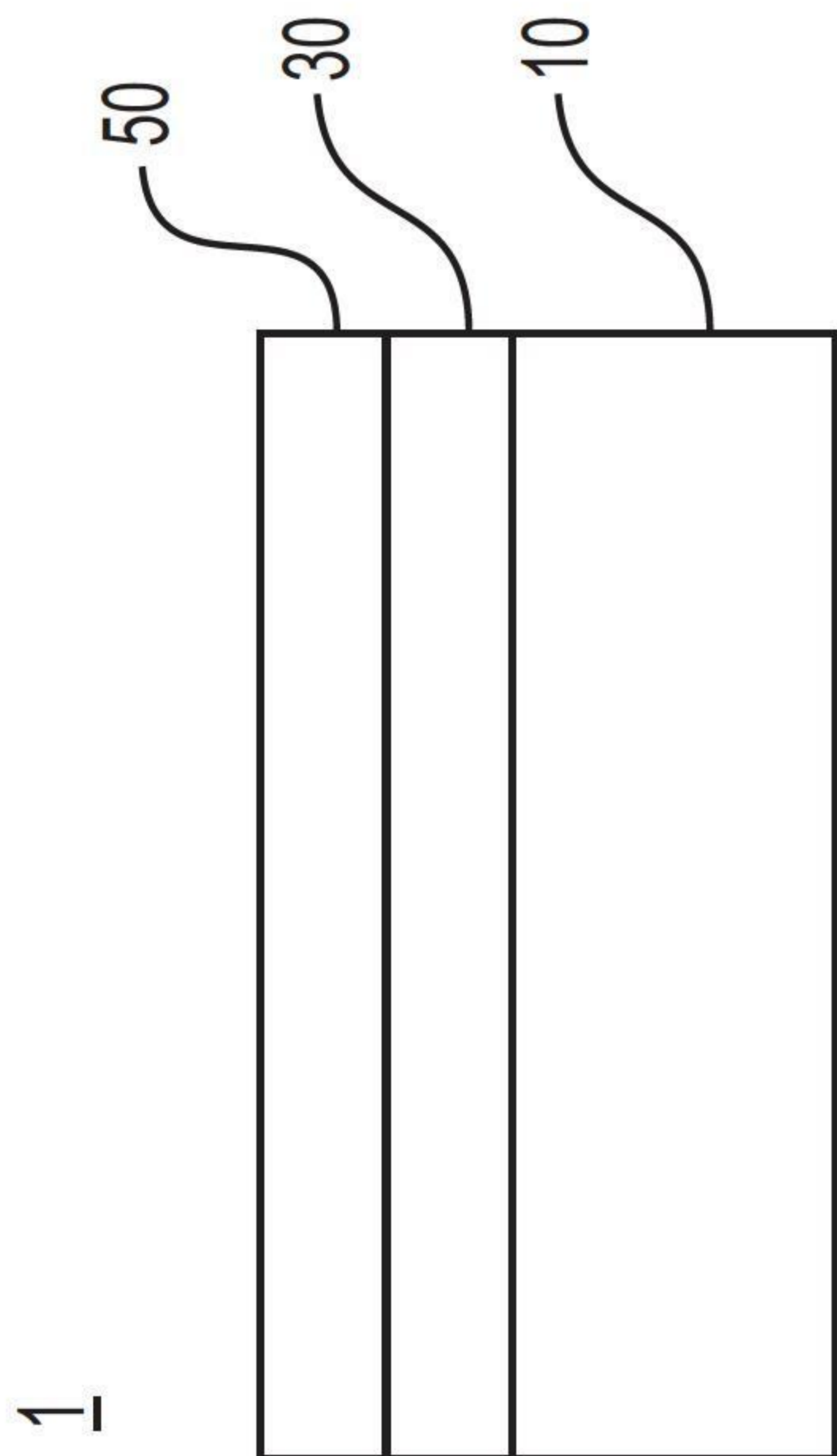
【發明圖式】



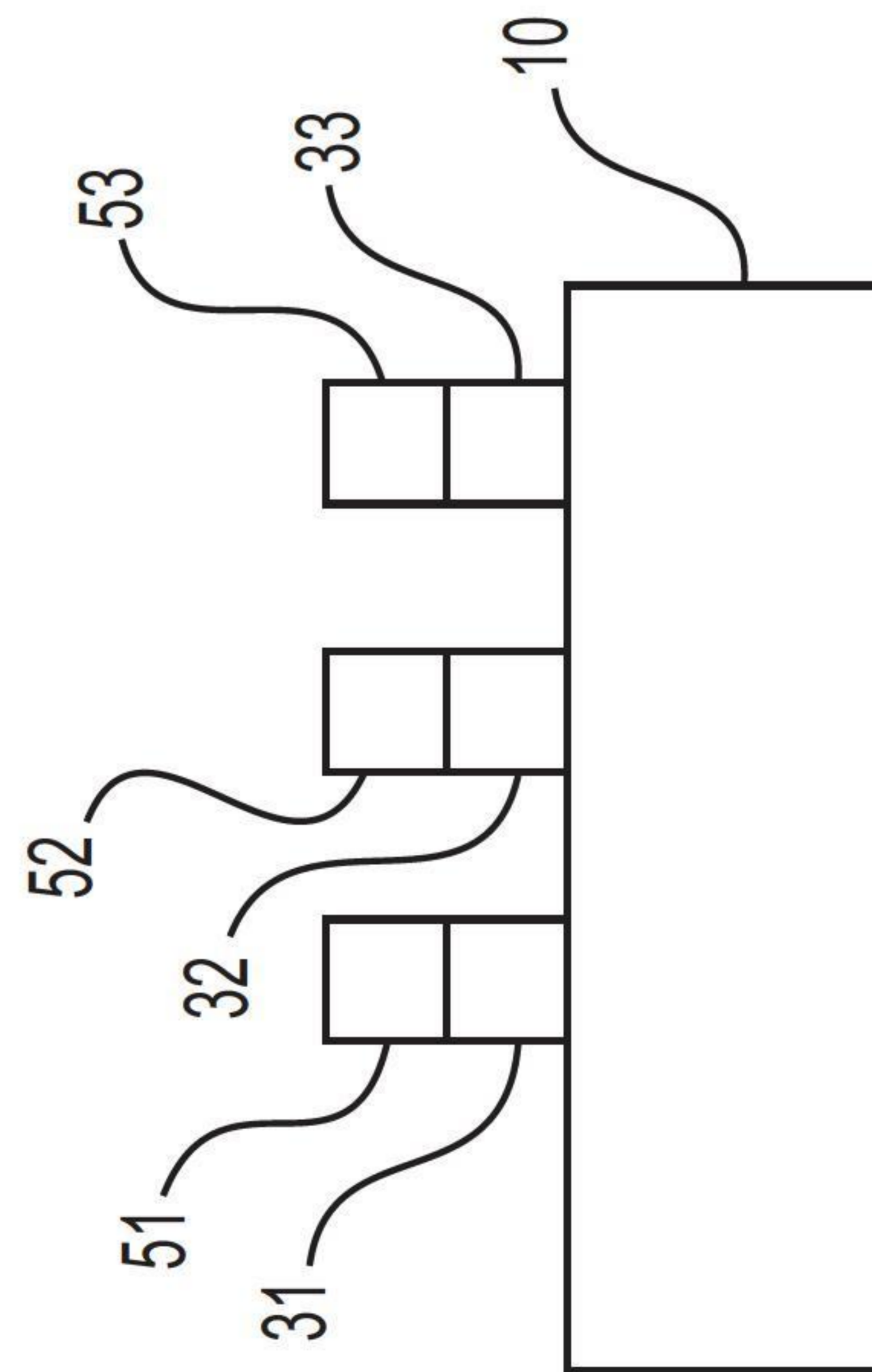
【圖1B】



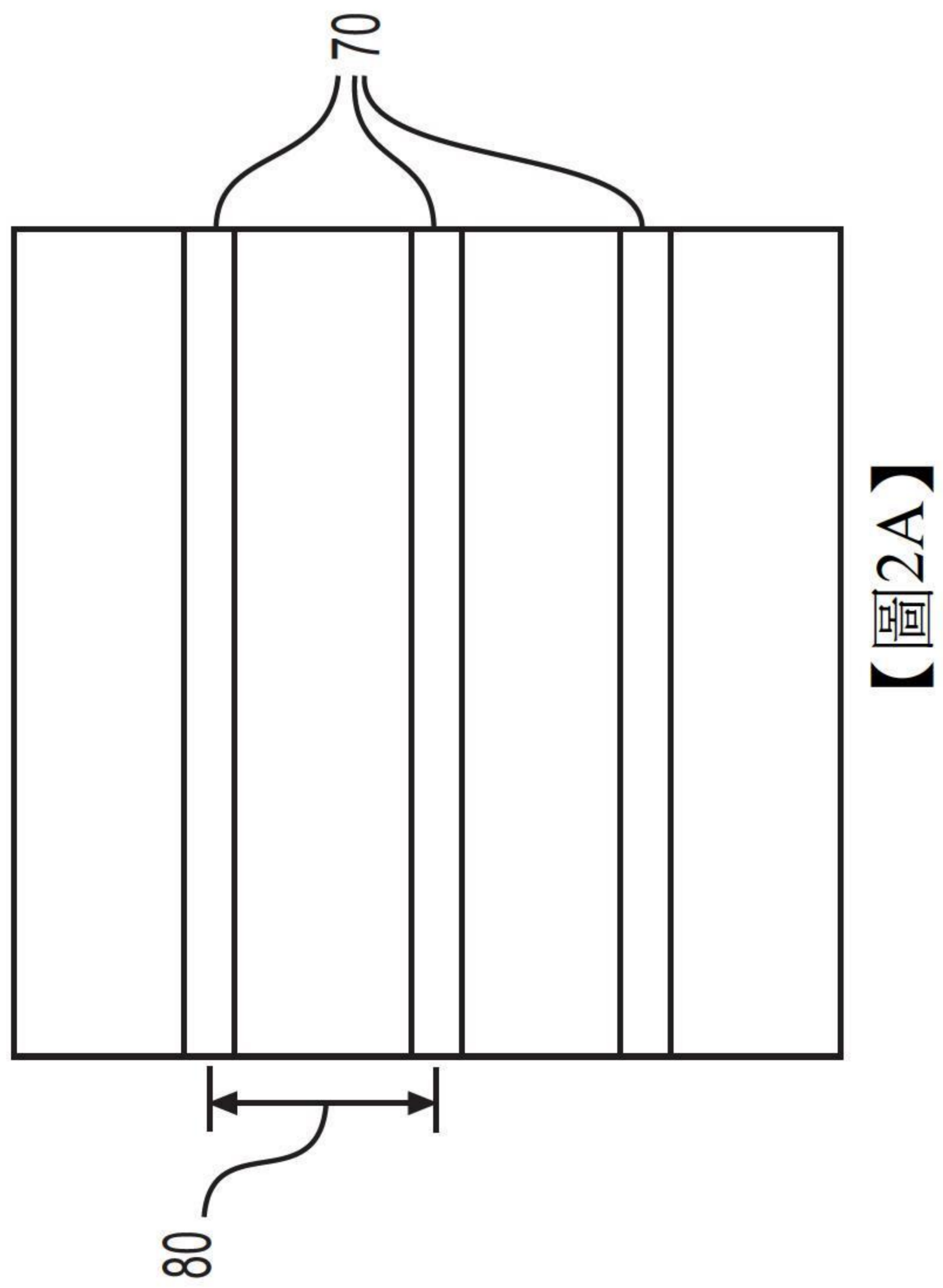
【圖1D】



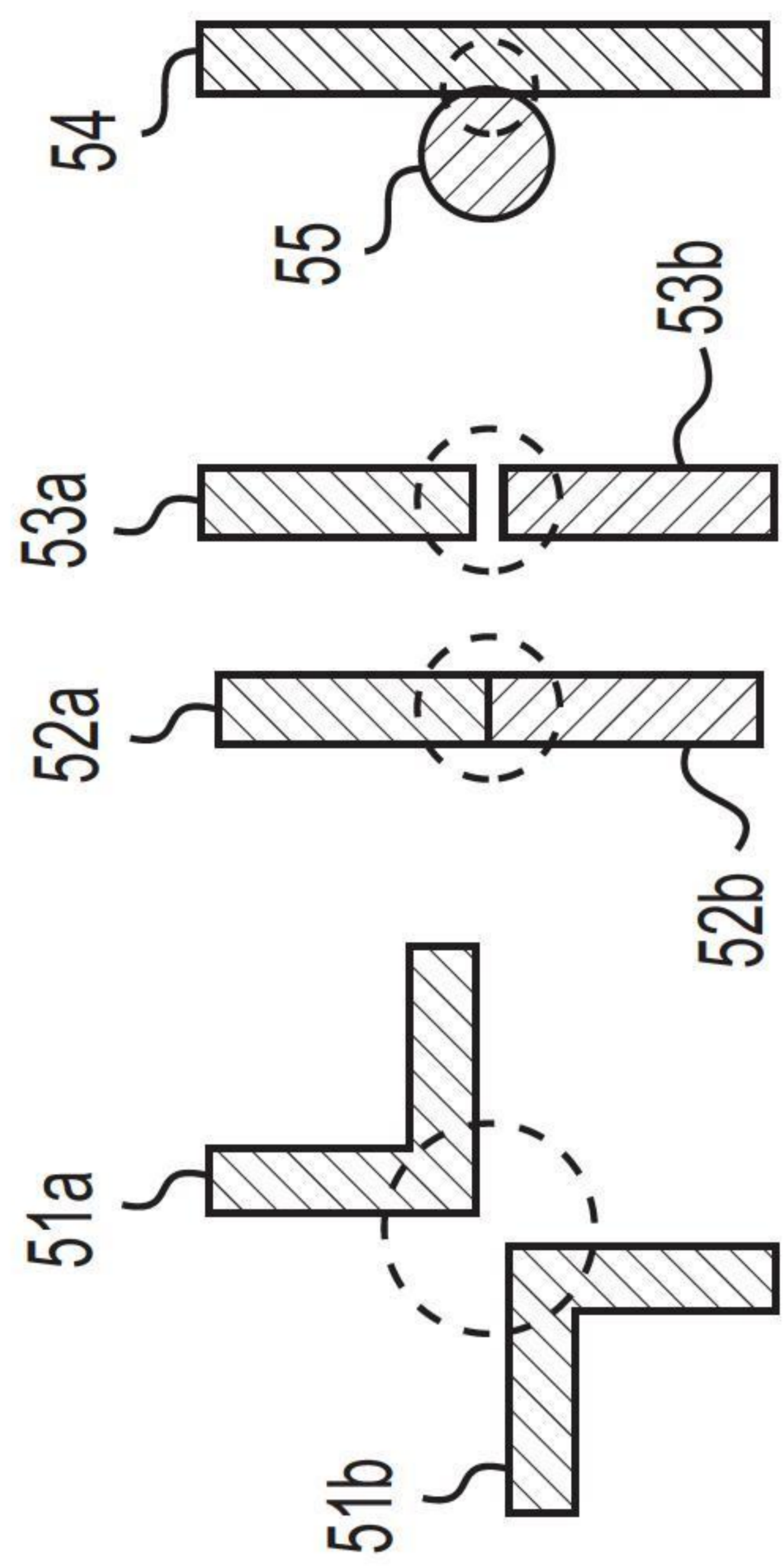
【圖1A】



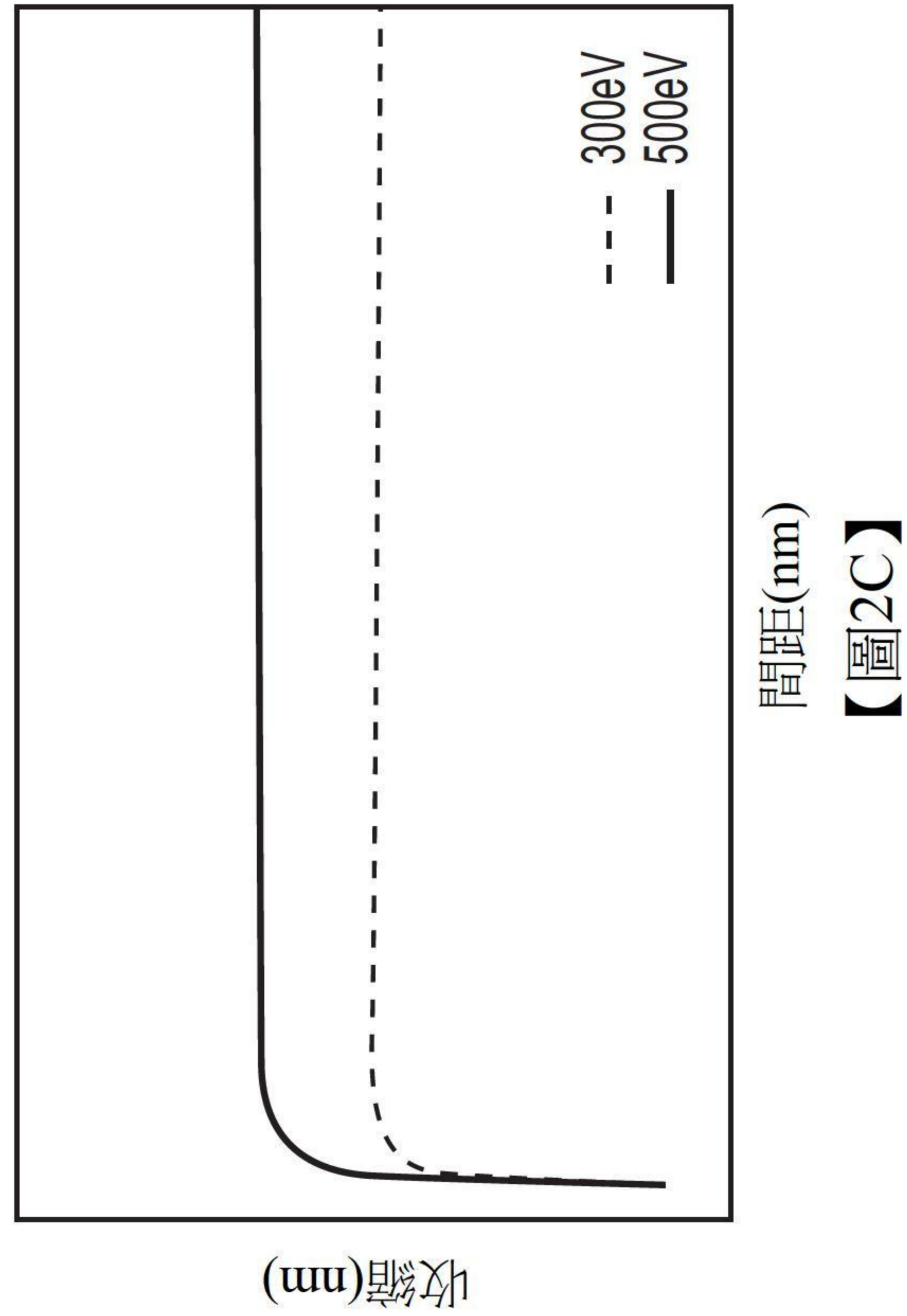
【圖1C】



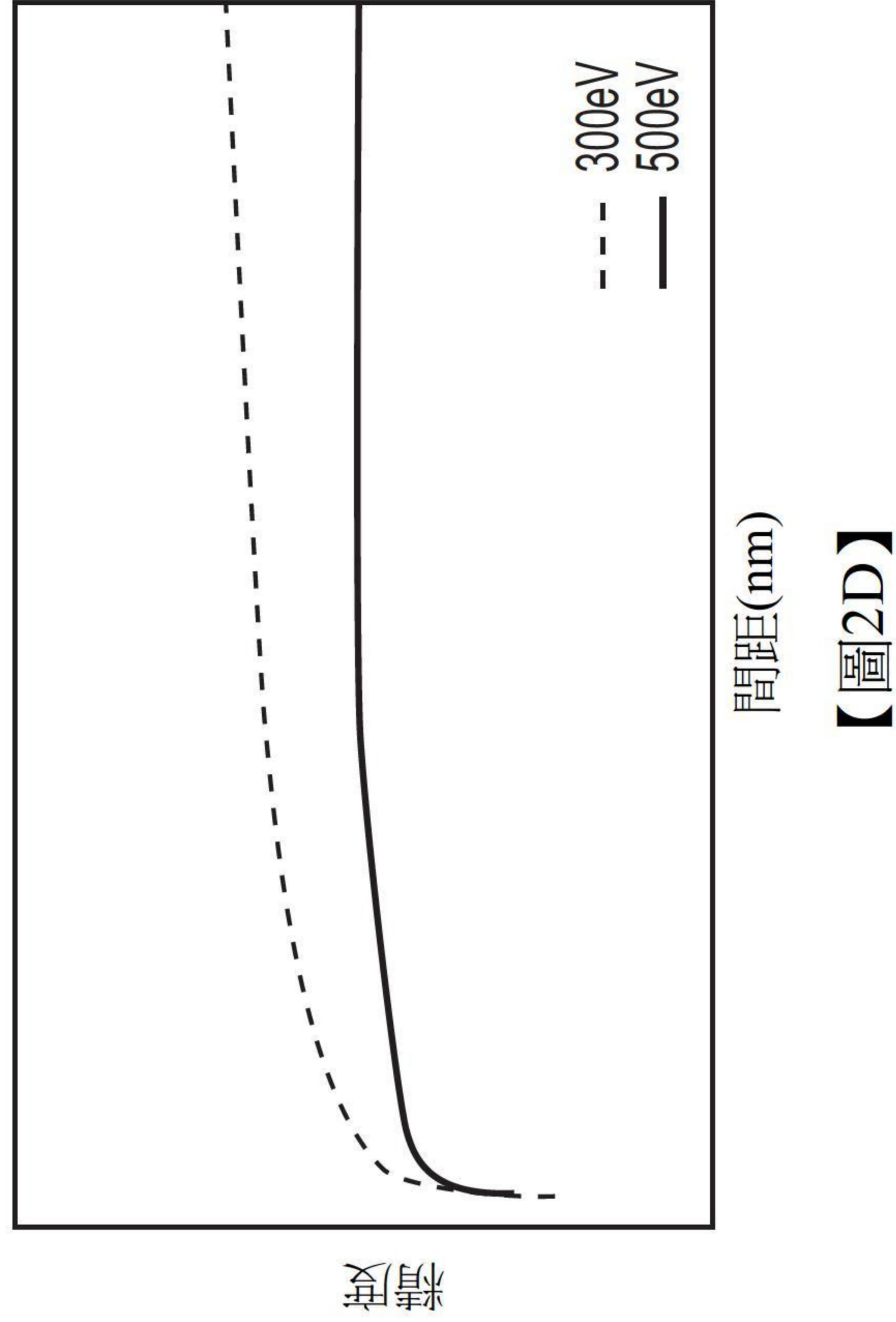
【圖2A】



【圖2B】

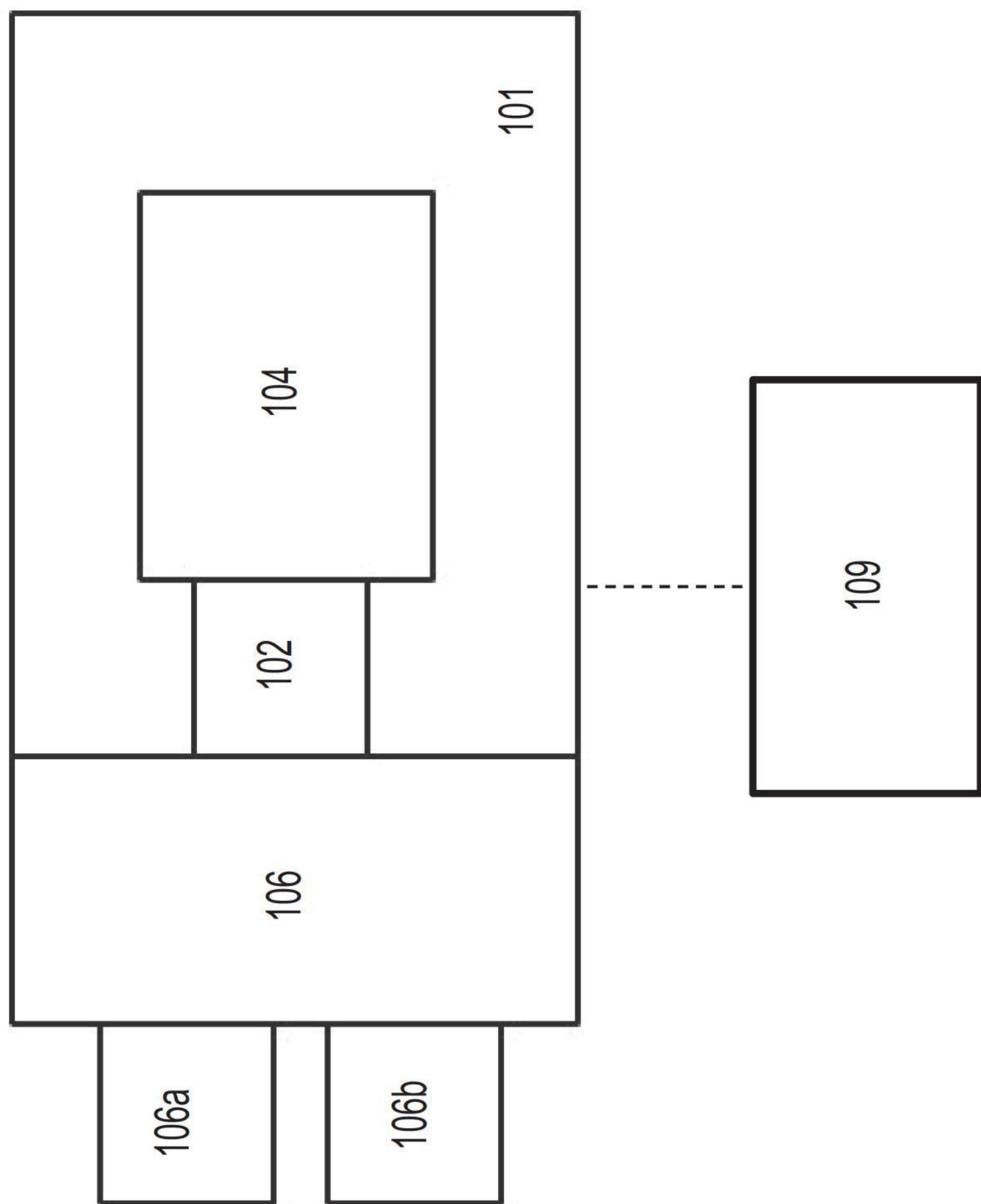


【圖2C】

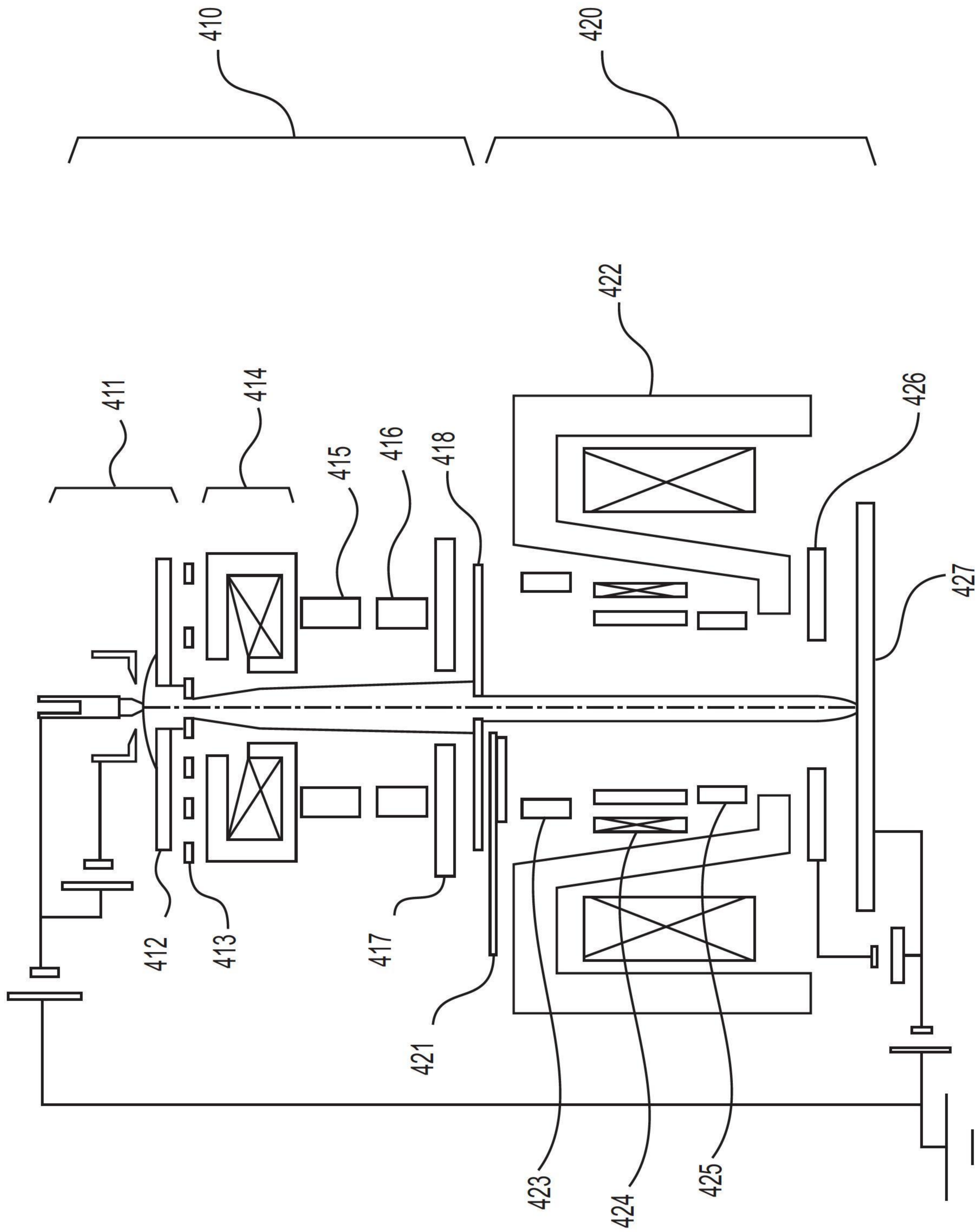


【圖2D】

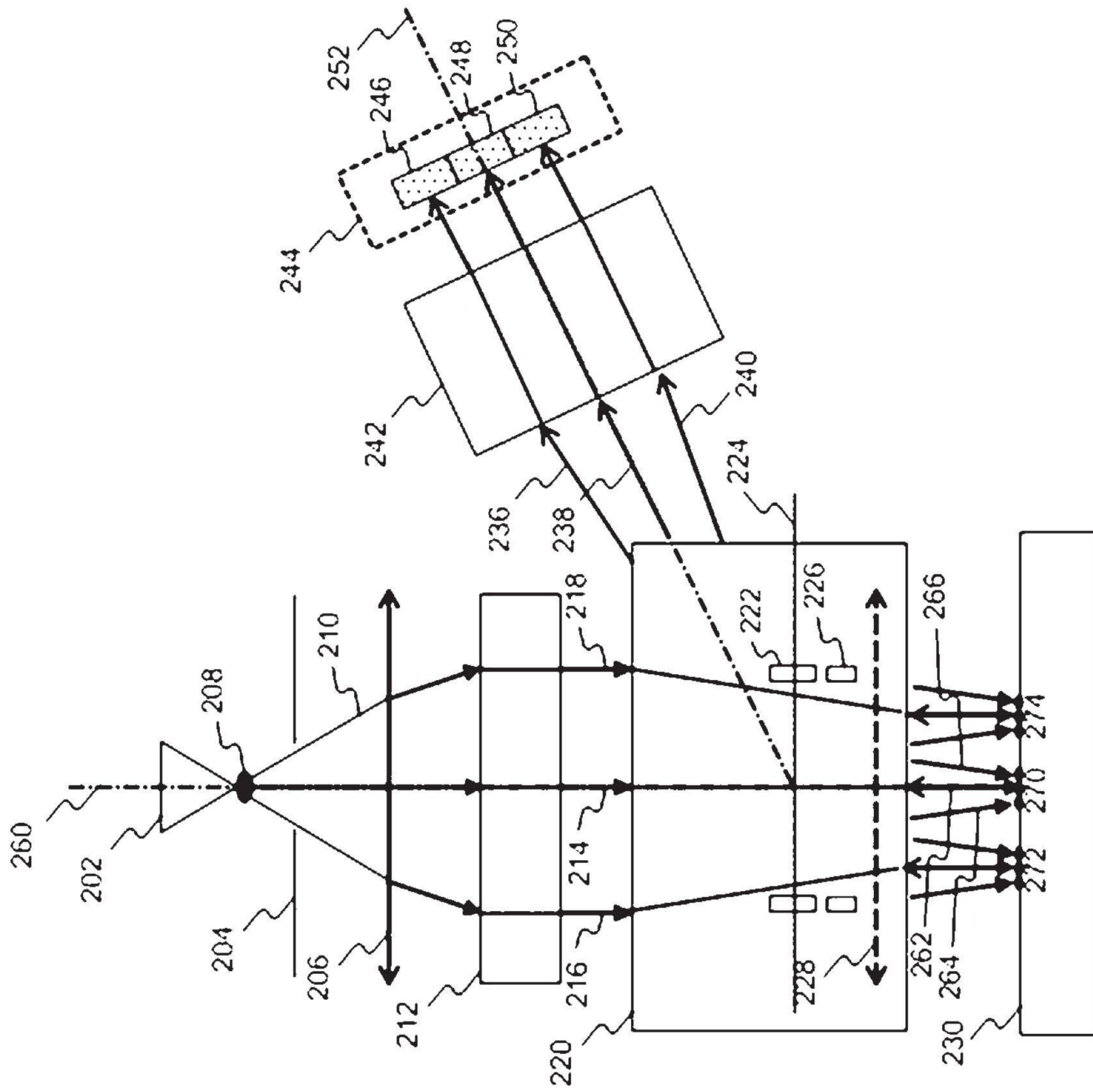
100



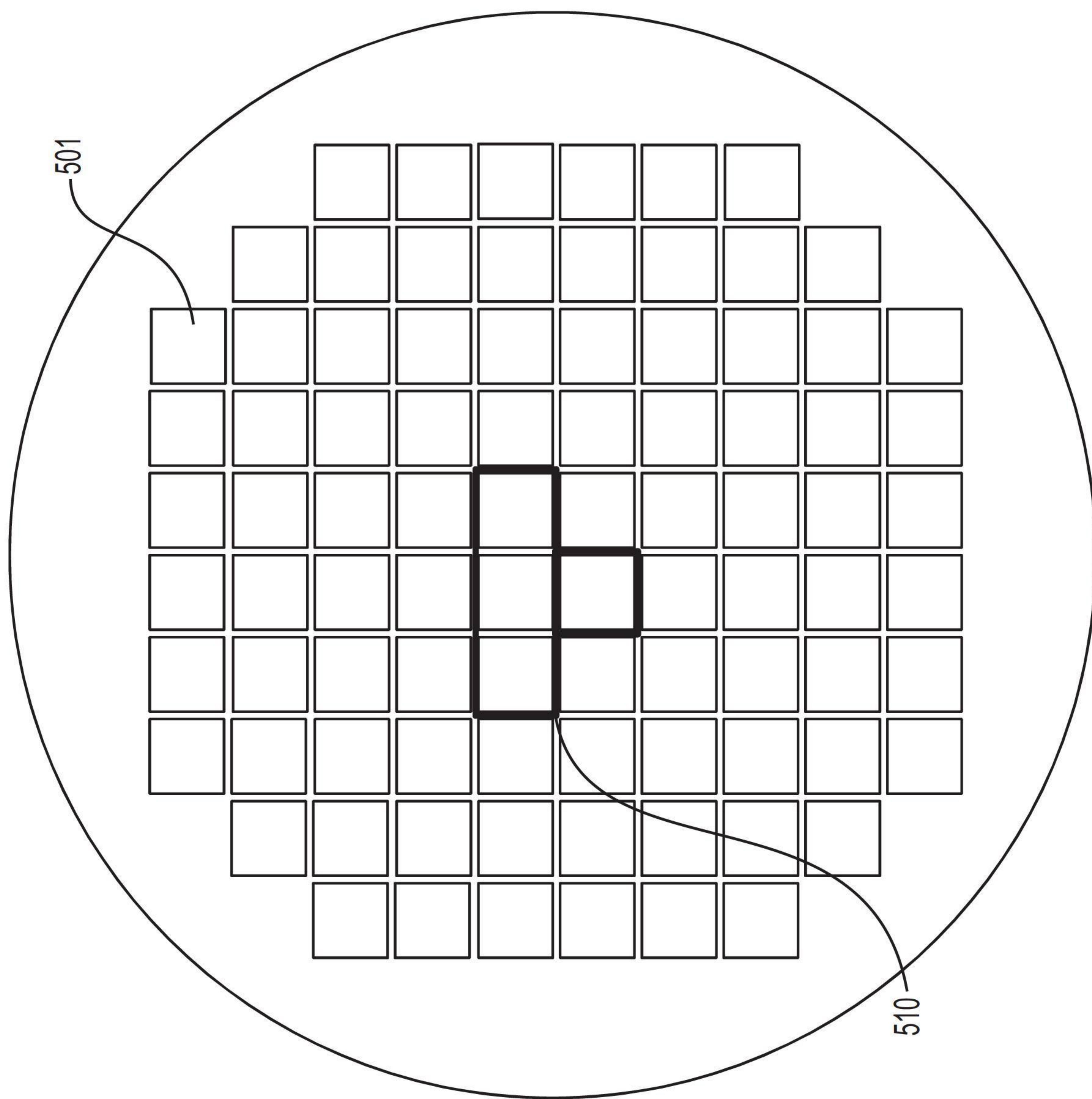
【圖3】



【圖4A】



【圖4B】



【圖5A】



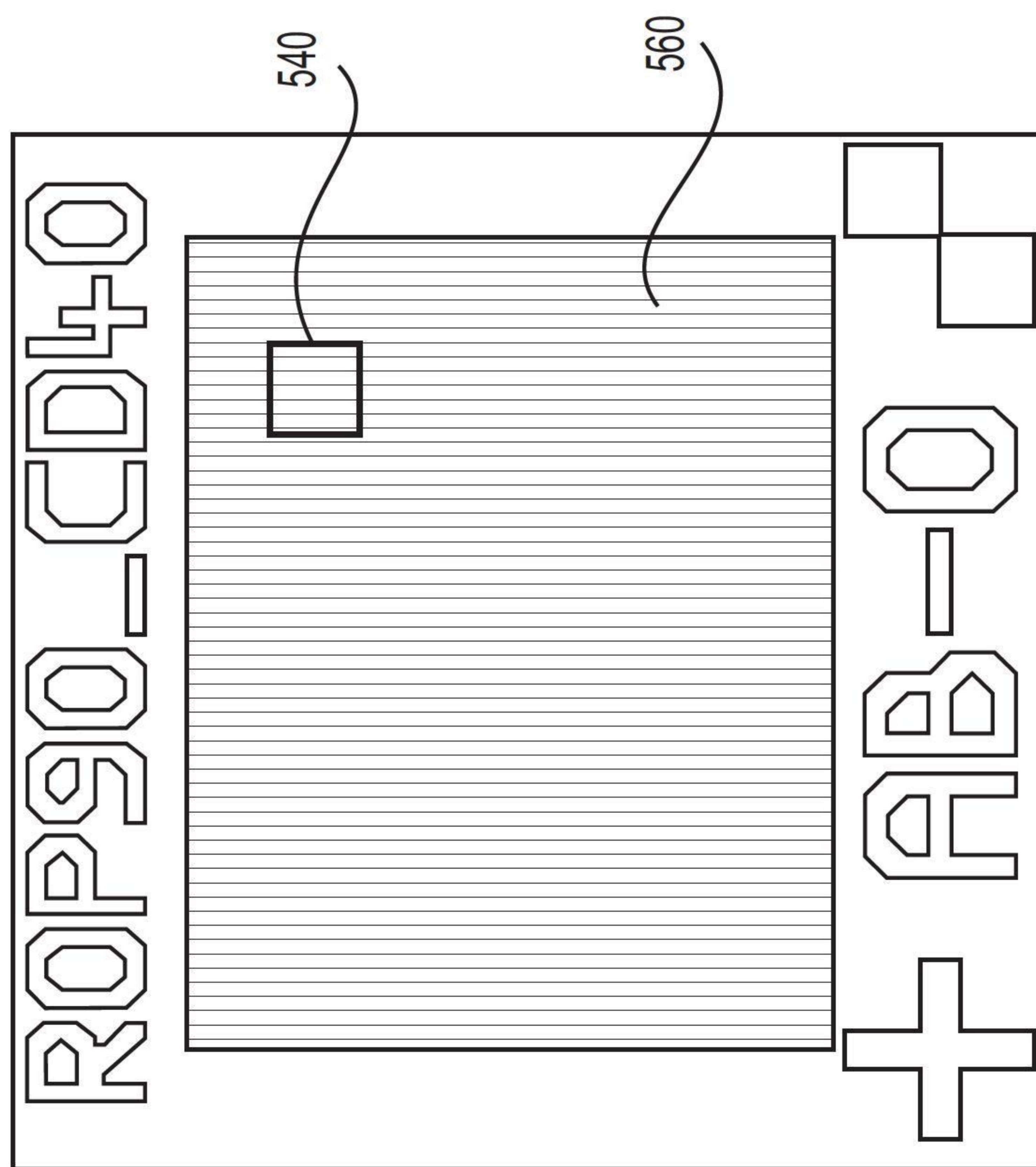
【圖5B】

511

520

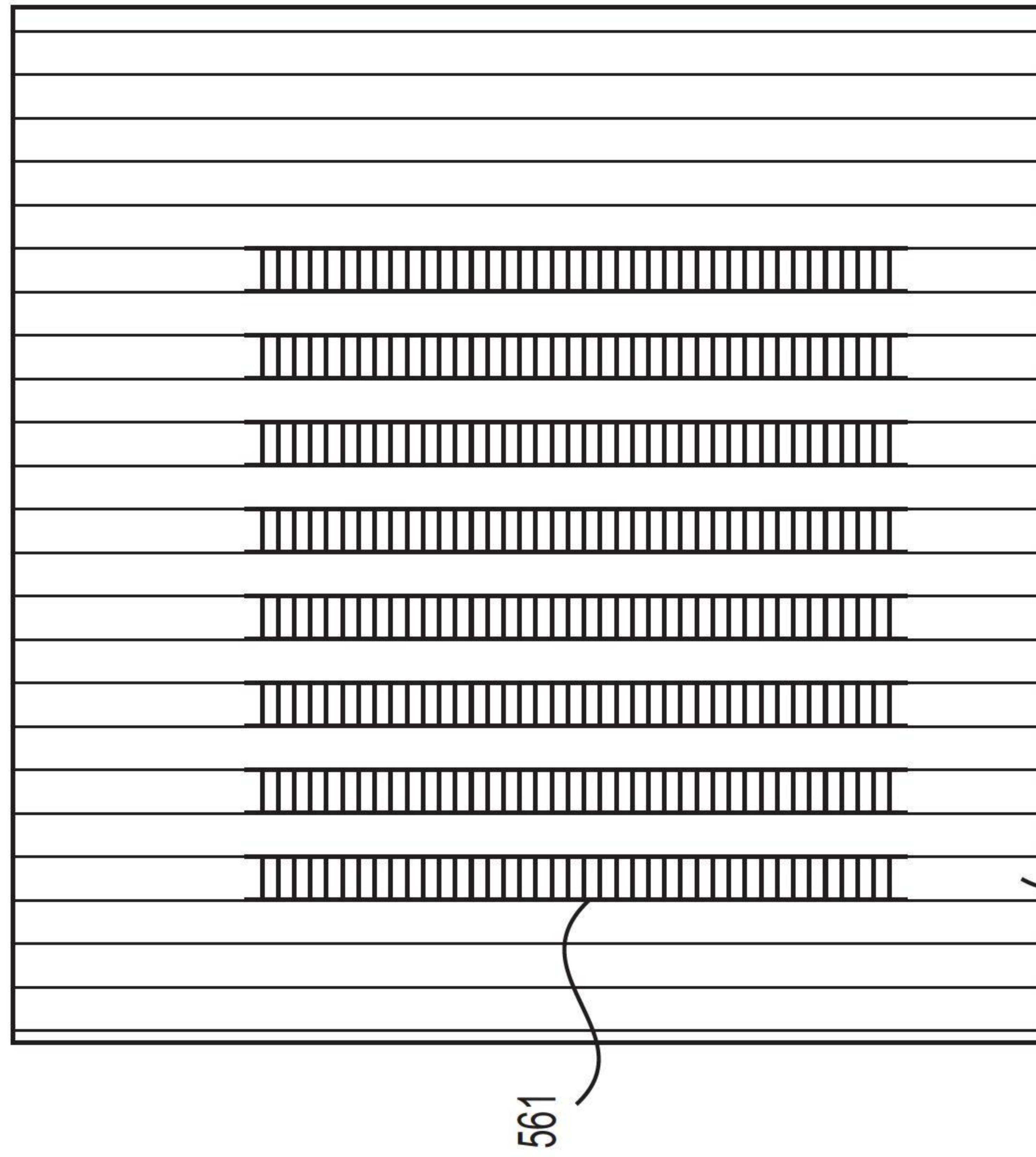
521

530



【圖5C】

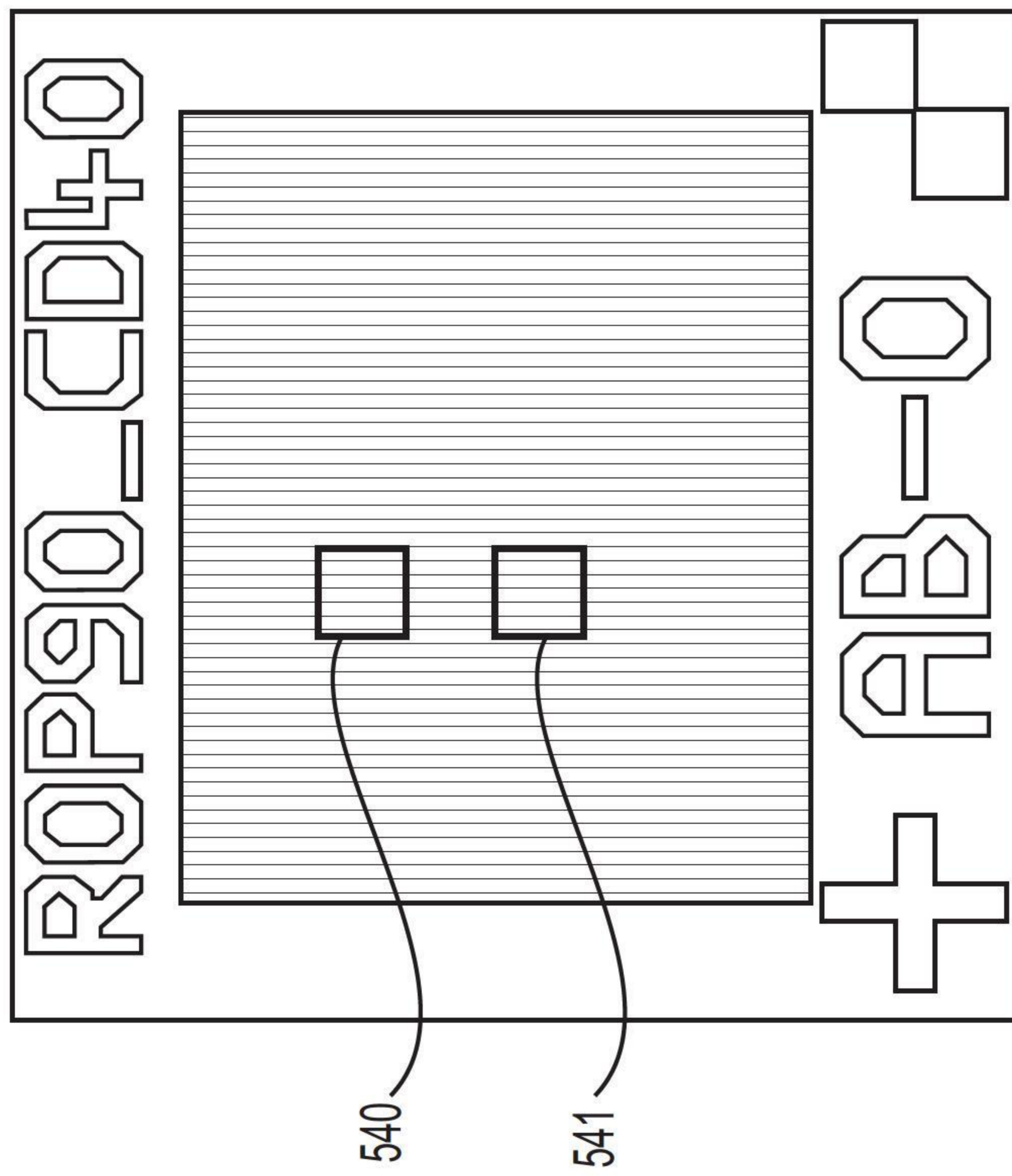
550



【圖5D】

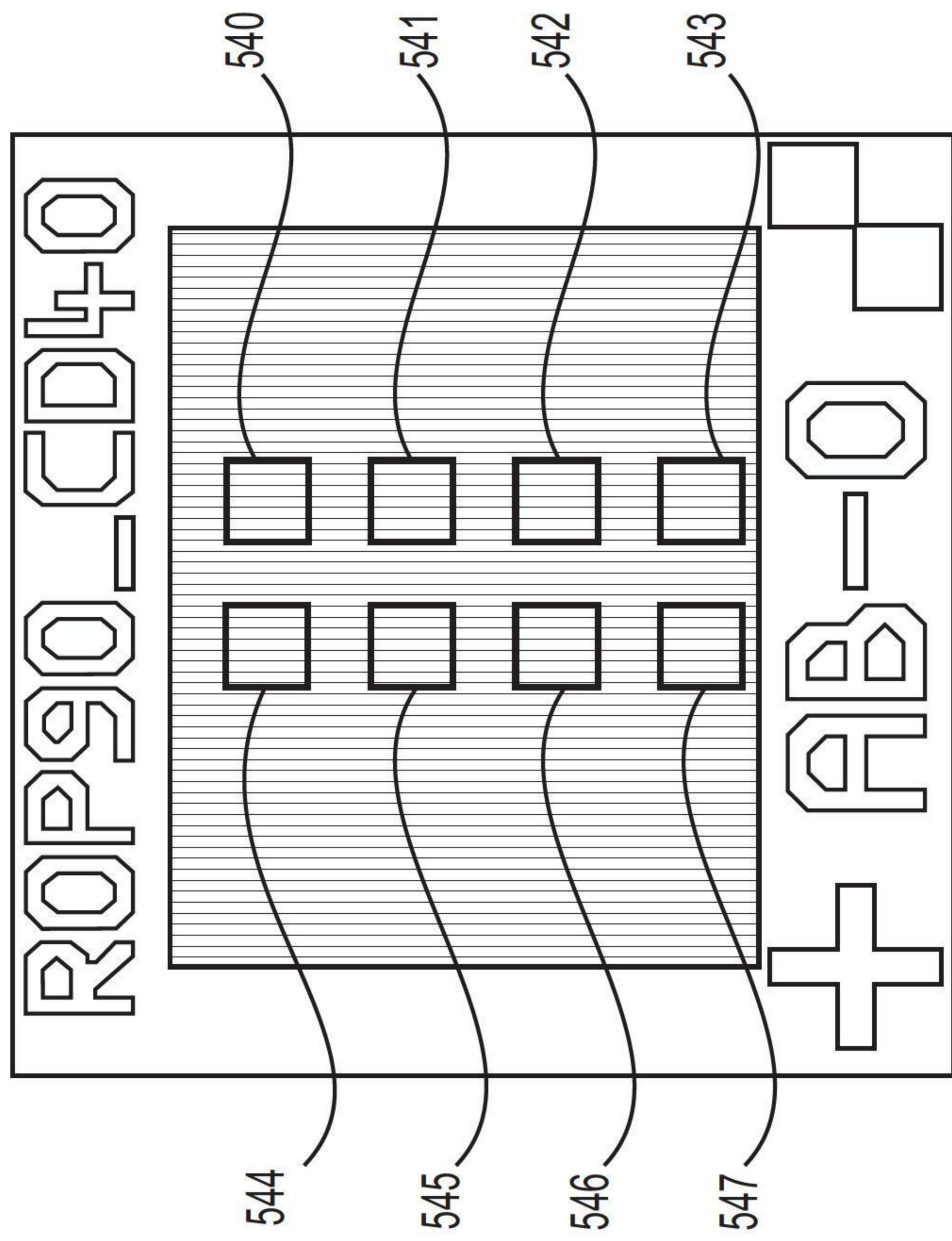
560

530



【圖5E】

530



【圖5F】

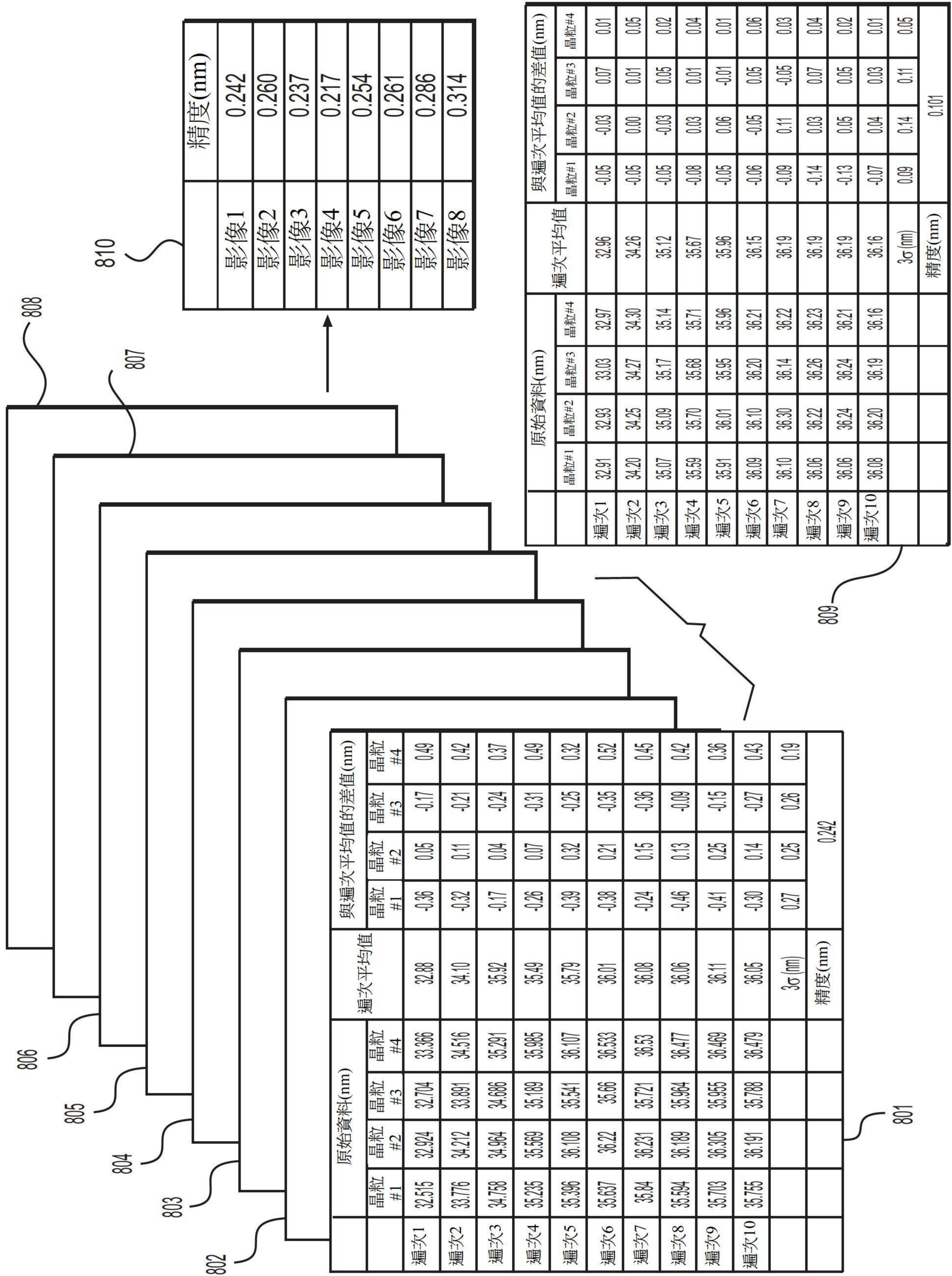
	原始資料(nm)				遍次平均值	與遍次平均值的差值(nm)			
	晶粒#1	晶粒#2	晶粒#3	晶粒#4		晶粒#1	晶粒#2	晶粒#3	晶粒#4
遍次1	34.27	33.56	34.22	34.15	34.05	0.22	-0.49	0.17	0.10
遍次2	36.25	35.49	36.21	36.17	36.03	0.22	-0.54	0.18	0.14
遍次3	36.28	35.63	36.41	36.28	36.15	0.13	-0.52	0.26	0.13
遍次4	36.23	35.49	36.17	36.12	36.00	0.23	-0.51	0.17	0.12
遍次5	35.90	35.18	35.89	35.83	35.70	0.20	-0.52	0.19	0.13
遍次6	35.59	34.88	35.55	35.47	35.37	0.22	-0.49	0.18	0.10
遍次7	35.23	34.50	35.20	35.14	35.02	0.21	-0.51	0.19	0.12
遍次8	34.82	34.21	34.86	34.73	34.66	0.17	-0.45	0.20	0.08
遍次9	34.38	33.77	34.35	34.34	34.21	0.17	-0.44	0.14	0.13
遍次10	34.01	33.23	33.90	33.89	33.76	0.25	-0.53	0.14	0.13
					3 σ (nm)	0.11	0.10	0.10	0.06
					精度(nm)	0.093			

【圖6】

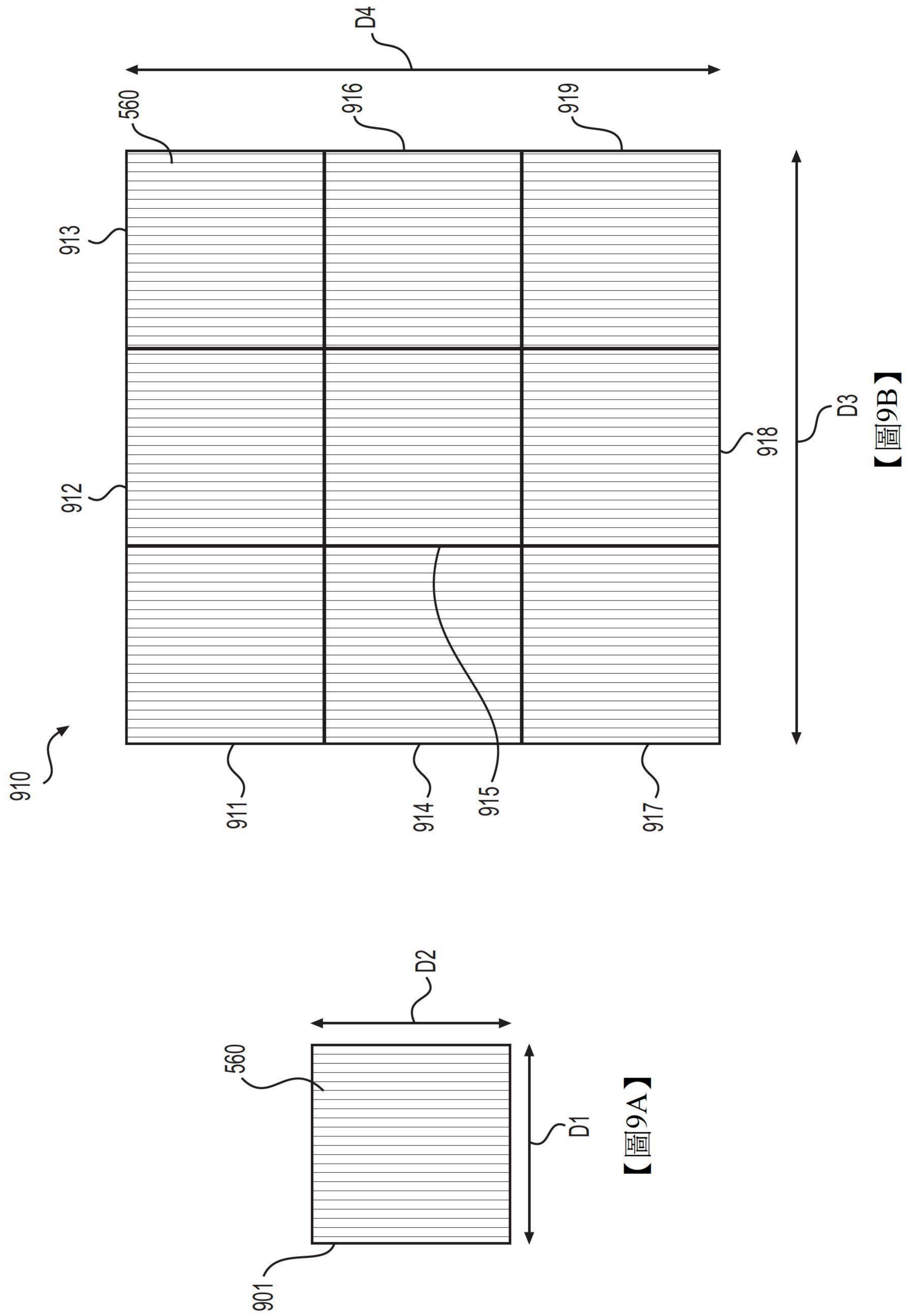
701														
	原始資料(mm)				遍次平均值	與遍次平均值的差值(mm)				遍次平均值	與遍次平均值的差值(mm)			
	晶粒 #1	晶粒 #2	晶粒 #3	晶粒 #4		晶粒 #1	晶粒 #2	晶粒 #3	晶粒 #4		晶粒 #1	晶粒 #2	晶粒 #3	晶粒 #4
遍次1	31.68	31.81	31.85	31.83	31.79	-0.11	0.02	0.06	0.04	31.79	-0.11	0.02	0.06	0.04
遍次2	33.74	33.93	33.99	33.96	33.90	-0.16	0.02	0.09	0.05	33.90	-0.16	0.02	0.09	0.05
遍次3	34.29	34.47	34.50	34.45	34.42	-0.14	0.04	0.07	0.02	34.42	-0.14	0.04	0.07	0.02
遍次4	34.19	34.50	34.43	34.41	34.38	-0.20	0.12	0.05	0.03	34.38	-0.20	0.12	0.05	0.03
DIME	00.00	01.00	01.00	01.00	01.00	0.00	0.00	0.00	0.02	01.00	0.00	0.00	0.00	0.02
702														
	原始資料(mm)				遍次平均值	與遍次平均值的差值(mm)				遍次平均值	與遍次平均值的差值(mm)			
	晶粒 #1	晶粒 #2	晶粒 #3	晶粒 #4		晶粒 #1	晶粒 #2	晶粒 #3	晶粒 #4		晶粒 #1	晶粒 #2	晶粒 #3	晶粒 #4

703														
	原始資料(mm)				遍次平均值	與遍次平均值的差值(mm)				遍次平均值	與遍次平均值的差值(mm)			
	晶粒 #1	晶粒 #2	晶粒 #3	晶粒 #4		晶粒 #1	晶粒 #2	晶粒 #3	晶粒 #4		晶粒 #1	晶粒 #2	晶粒 #3	晶粒 #4
遍次1	32.02	31.96	32.13	32.11	32.05	-0.03	-0.09	0.07	0.06	32.05	-0.03	-0.09	0.07	0.06
遍次2	34.10	34.12	34.26	34.18	34.16	-0.07	-0.05	0.10	0.02	34.16	-0.07	-0.05	0.10	0.02
遍次3	34.63	34.65	34.76	34.67	34.68	-0.05	-0.03	0.08	-0.01	34.68	-0.05	-0.03	0.08	-0.01
遍次4	34.57	34.66	34.72	34.68	34.66	-0.09	0.00	0.06	0.02	34.66	-0.09	0.00	0.06	0.02
遍次5	34.33	34.43	34.56	34.45	34.44	-0.11	-0.01	0.11	0.01	34.44	-0.11	-0.01	0.11	0.01
遍次6	34.14	34.21	34.28	34.20	34.20	-0.07	0.00	0.07	-0.01	34.20	-0.07	0.00	0.07	-0.01
遍次7	33.82	33.81	33.95	33.86	33.86	-0.04	-0.05	0.09	0.00	33.86	-0.04	-0.05	0.09	0.00
遍次8	33.52	33.49	33.66	33.59	33.57	-0.04	-0.08	0.10	0.02	33.57	-0.04	-0.08	0.10	0.02
遍次9	33.14	33.21	33.23	33.21	33.20	-0.06	0.01	0.04	0.01	33.20	-0.06	0.01	0.04	0.01
遍次10	32.76	32.84	33.00	32.94	32.89	-0.12	-0.05	0.11	0.06	32.89	-0.12	-0.05	0.11	0.06
					3σ(mm)	0.09	0.10	0.07	0.07	0.084	0.09	0.10	0.07	0.07
					精度(mm)					0.084				

【圖7】

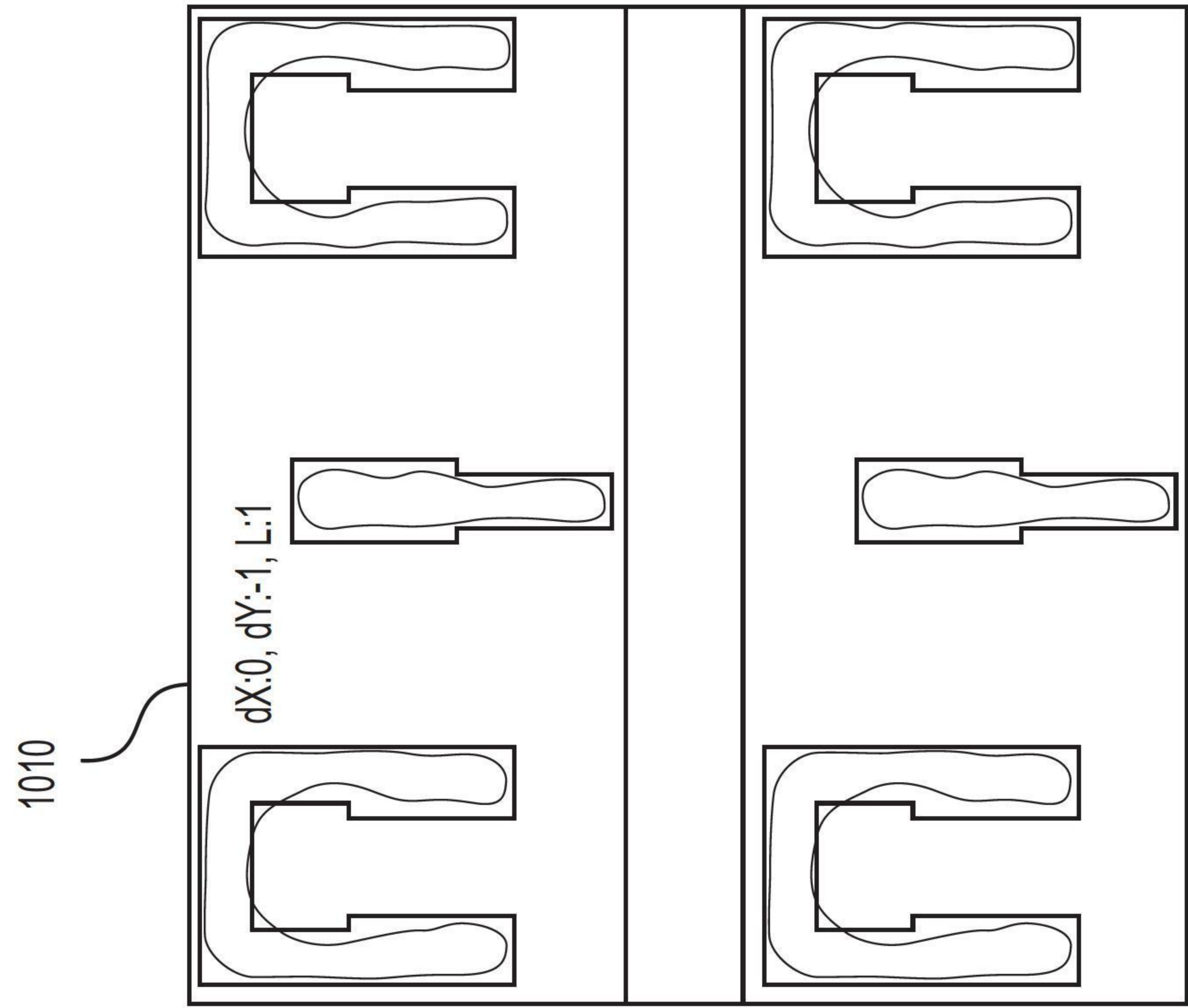
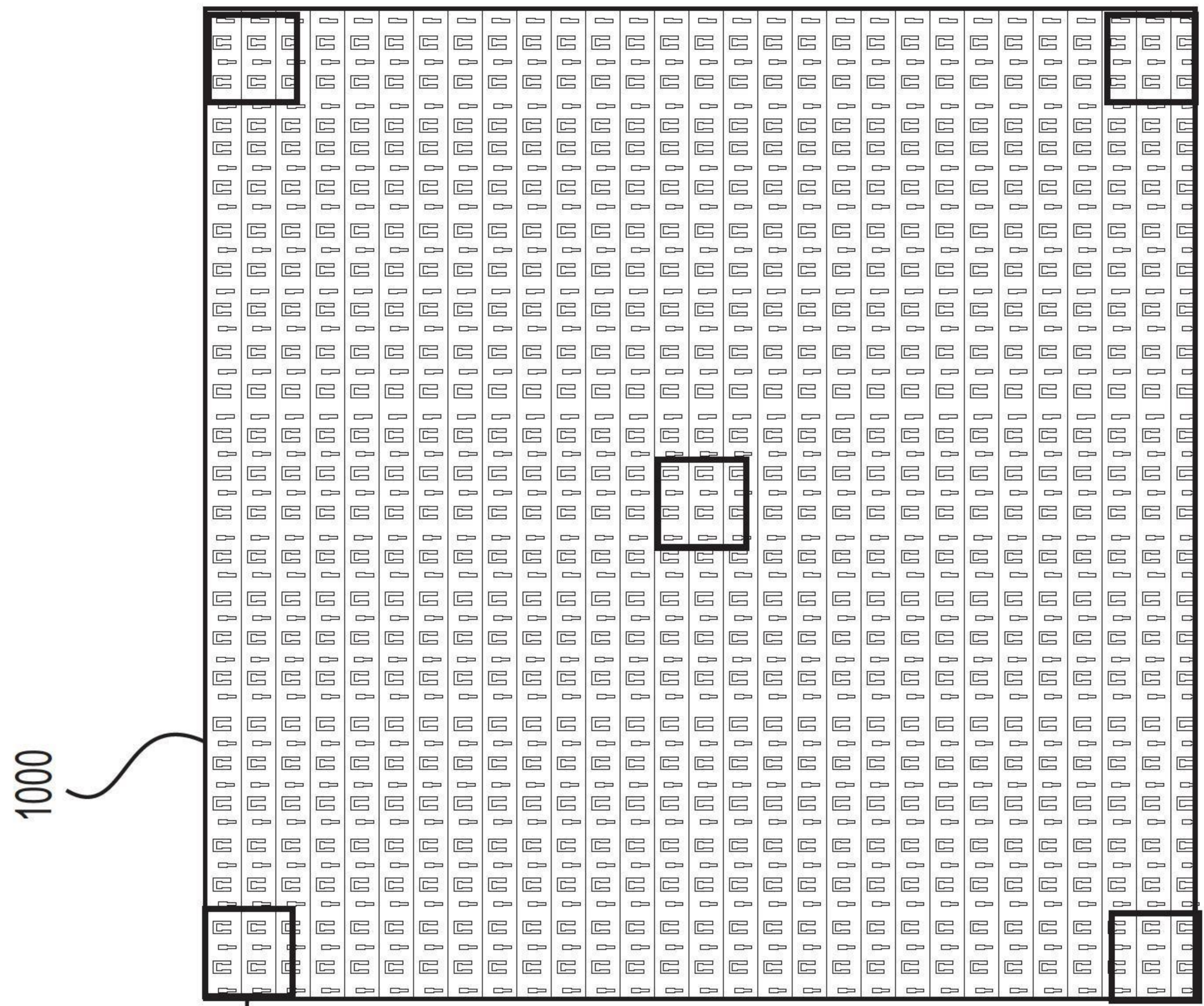


【圖8】

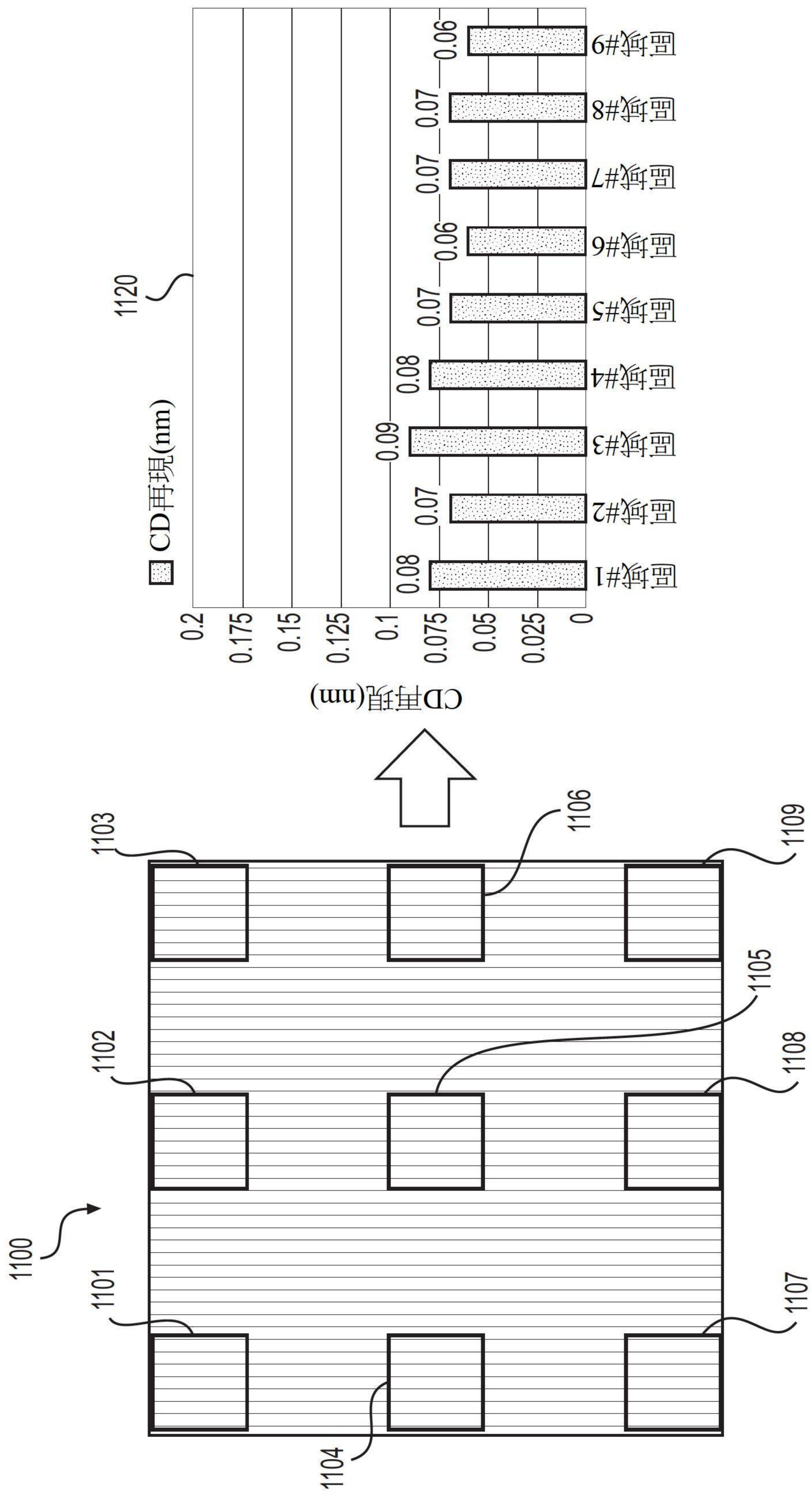


【圖9B】

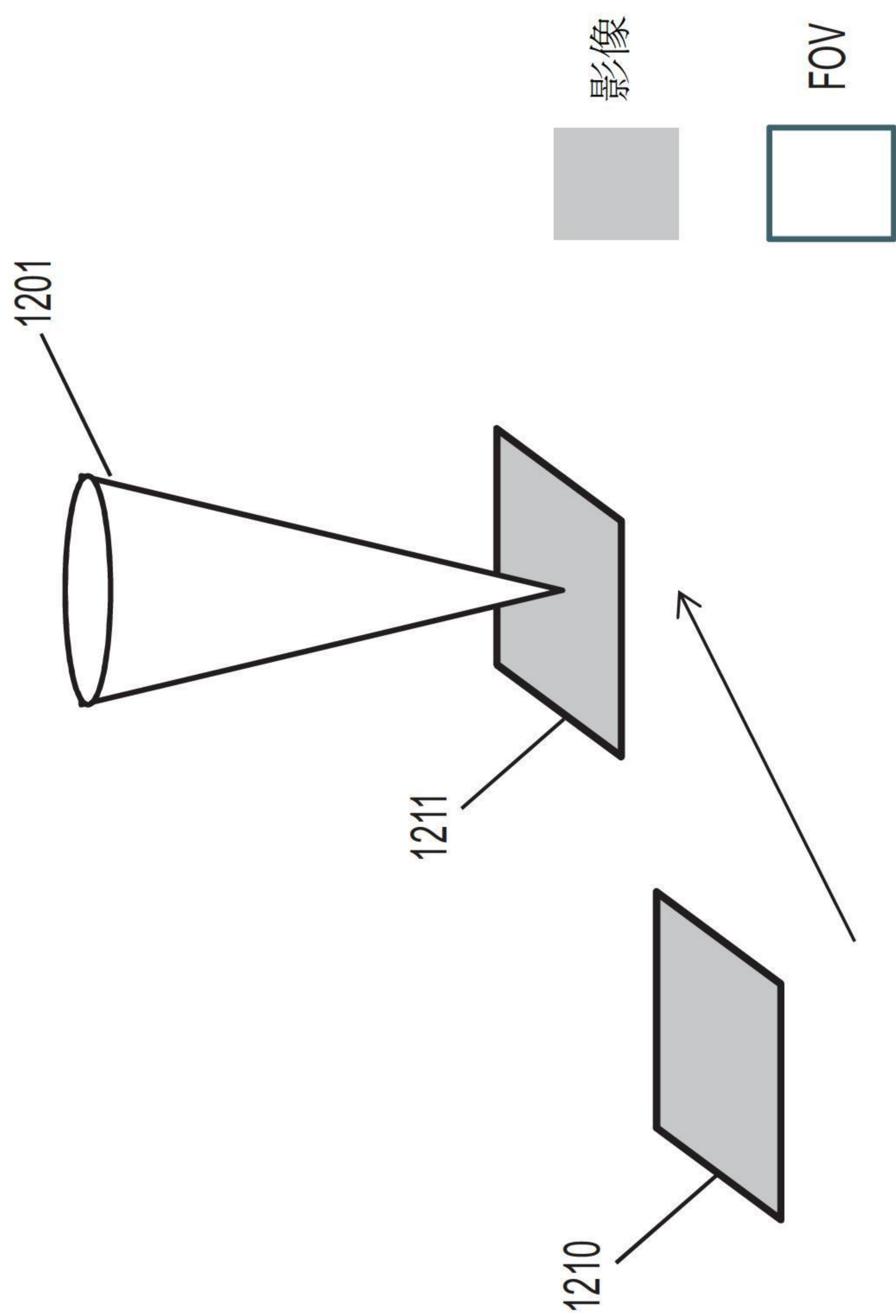
【圖9A】



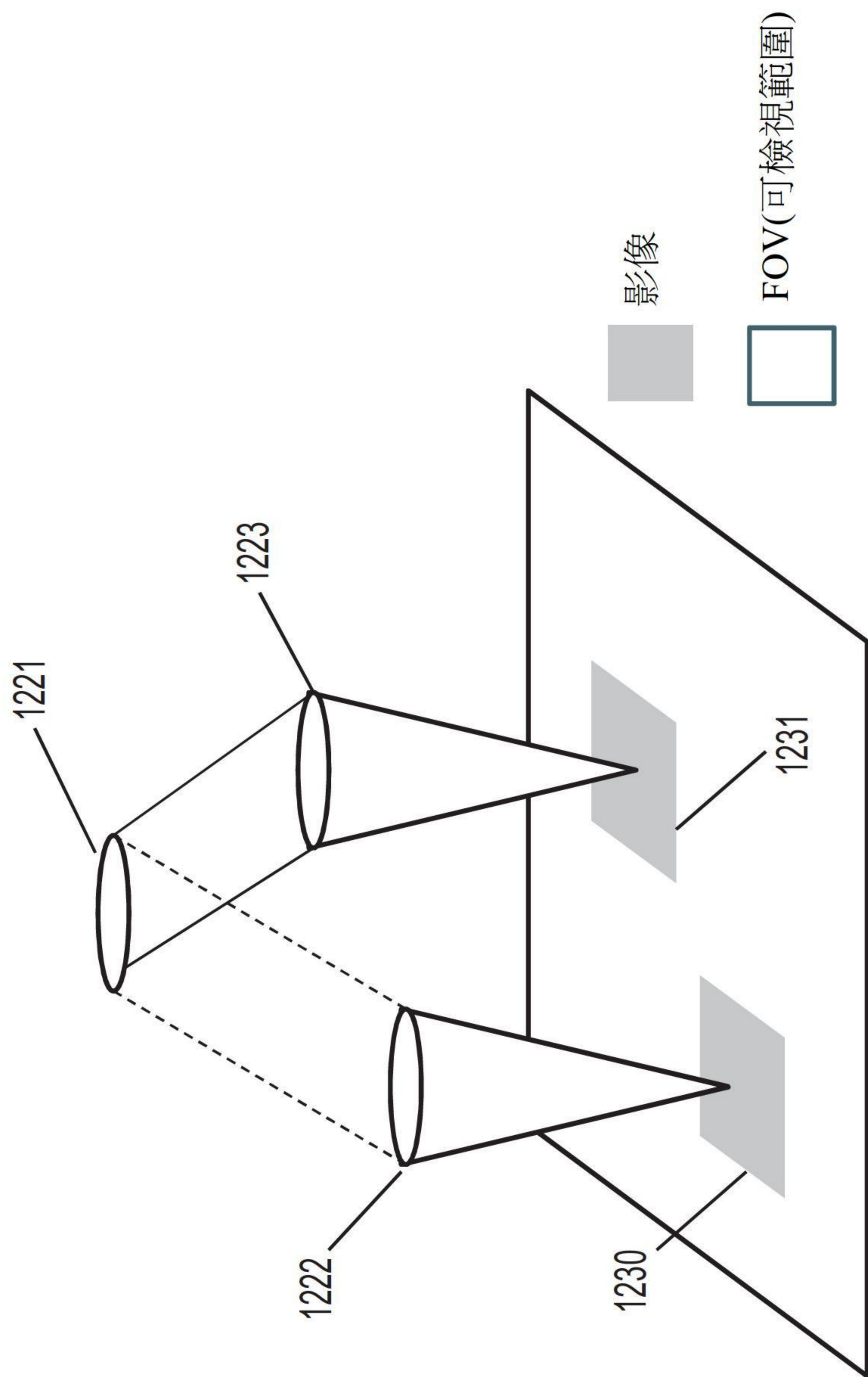
【圖10】



【圖11】

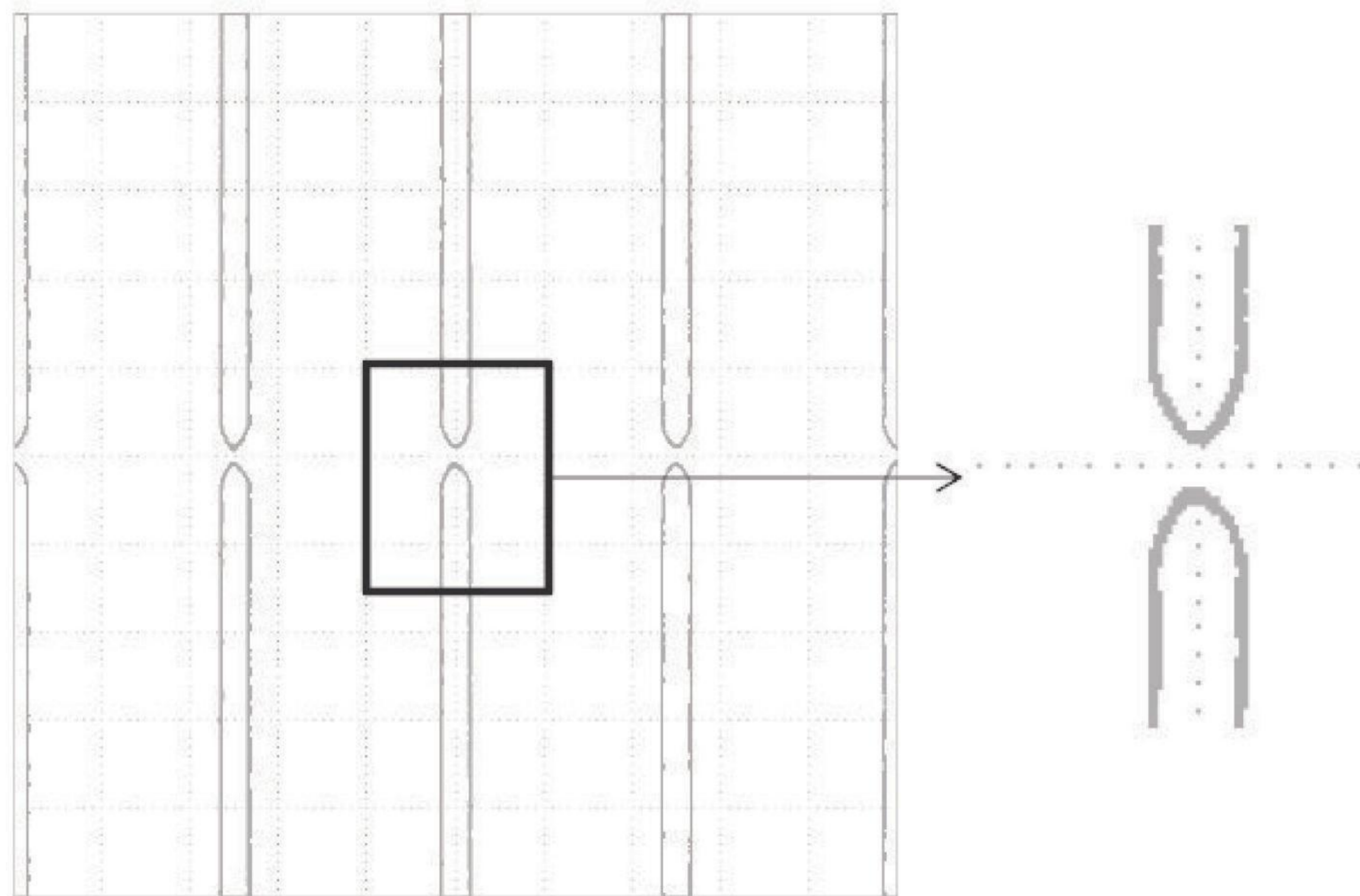


【圖12A】

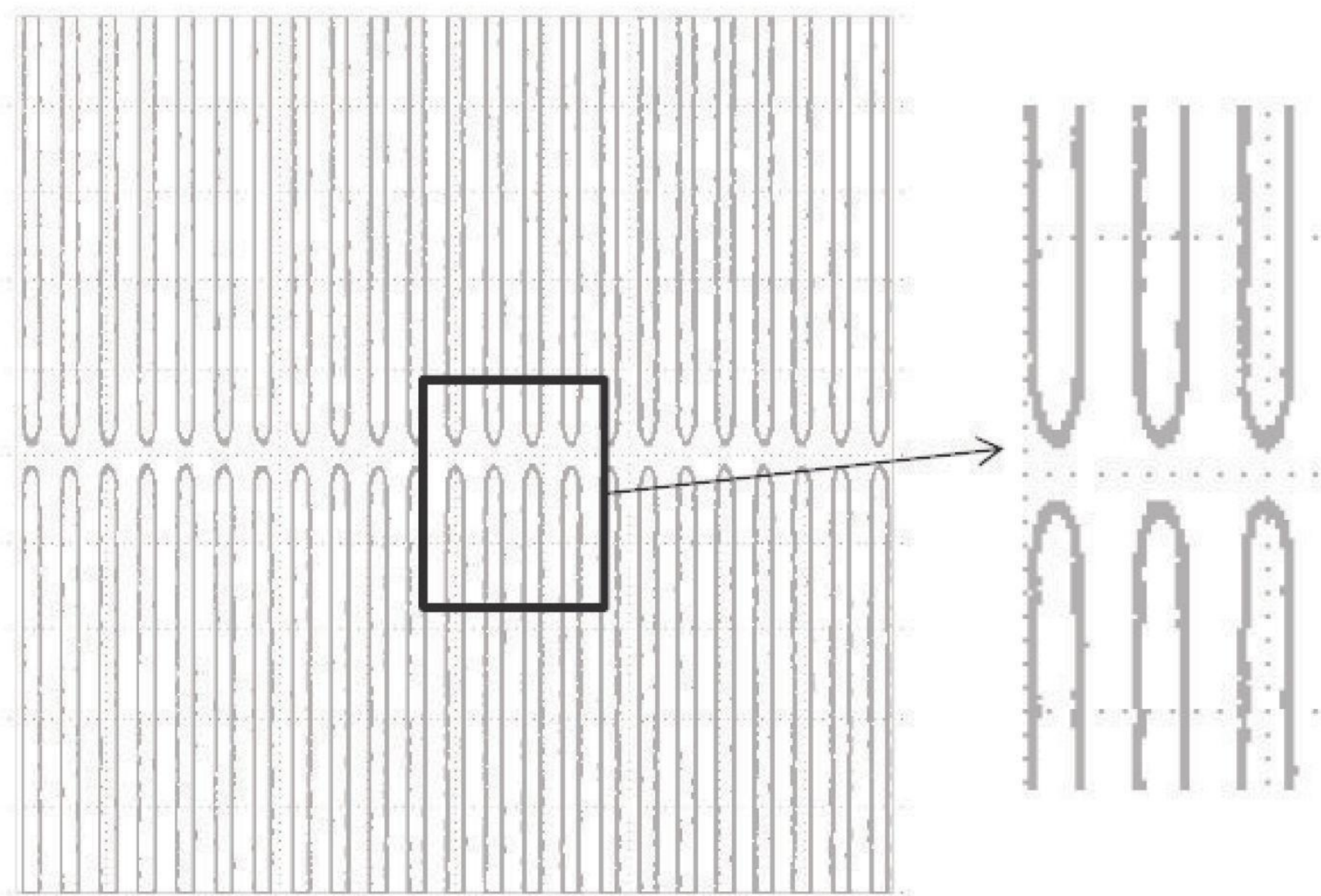


【圖12B】

CD60P500G40

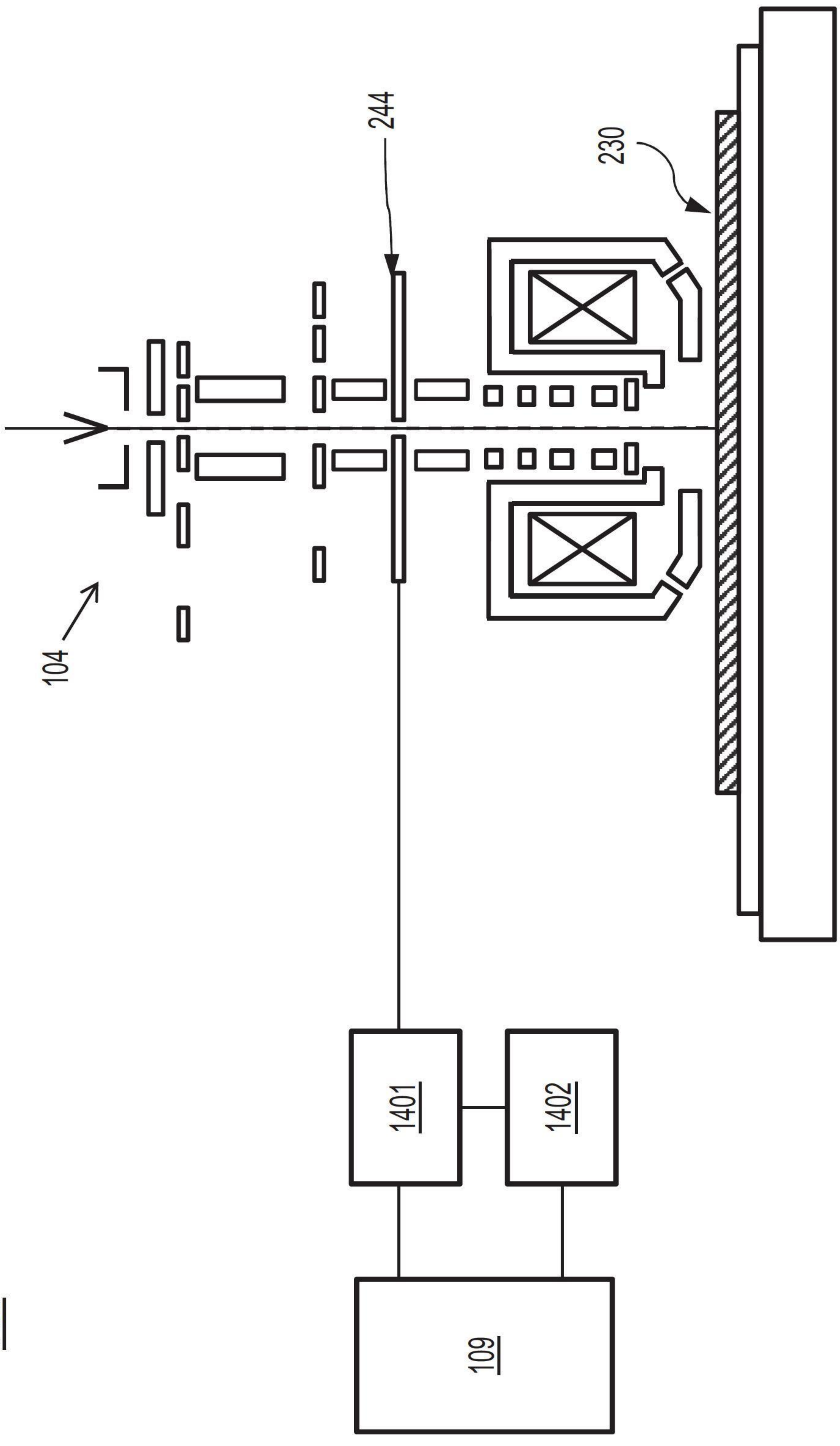


CD40P88G40



【圖13】

1400



【圖14】