



(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 I734748 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 08 月 01 日

(21)申請案號：106105392

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 02 月 17 日

(51)Int. Cl. : G01N33/48 (2006.01)

G01N21/17 (2006.01)

(30)優先權：2016/02/17 美國

62/296,546

(71)申請人：美商太斯萊特健康股份有限公司 (美國) TESSERACT HEALTH, INC. (US)
美國(72)發明人：羅伯格 強納森 M ROTHBERG, JONATHAN M. (US)；費夫 凱斯 G FIFE,
KEITH G. (US)；伯斯維特 大衛 BOISVERT, DAVID (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 200412430A

CN 102933144A

CN 104428655A

WO 2016022998A2

審查人員：林佑霖

申請專利範圍項數：25 項 圖式數：30 共 148 頁

(54)名稱

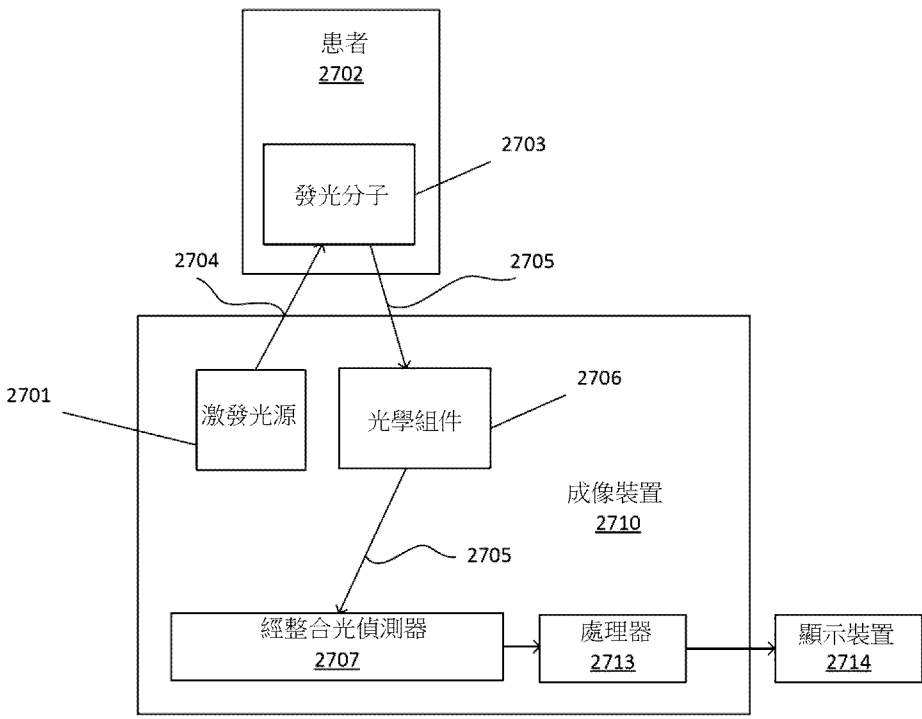
用於生命期成像及偵測應用之感測器及裝置

(57)摘要

一種輝度生命期成像之方法包含：在一經整合光偵測器處接收來自發光分子之入射光子。該等入射光子係透過一定點照護裝置之一或多個光學組件而被接收。該方法亦包含：使用該經整合光偵測器來偵測該等入射光子之到達時間。一種分析血糖之方法包含：至少部分地使用一積體電路來偵測組織之輝度生命期特性，該積體電路偵測來自該組織之入射光子之到達時間。該方法亦包含：基於該等輝度生命期特性而分析血糖。

A method of luminance lifetime imaging includes receiving incident photons at an integrated photodetector from luminescent molecules. The incident photons being received through one or more optical components of a point-of-care device. The method also includes detecting arrival times of the incident photons using the integrated photodetector. A method of analyzing blood glucose includes detecting luminance lifetime characteristics of tissue using, at least in part, an integrated circuit that detects arrival times of incident photons from the tissue. The method also includes analyzing blood glucose based upon the luminance lifetime characteristics.

指定代表圖：



【圖 27A】

- 符號簡單說明：
- 2701 . . . 激發光源
 - 2702 . . . 患者
 - 2703 . . . 發光分子/
經激發發光分子
 - 2704 . . . 激發光
 - 2705 . . . 光子
 - 2706 . . . 光學組件
 - 2707 . . . 經整合光
偵測器
 - 2710 . . . 成像裝置
 - 2713 . . . 處理器
 - 2714 . . . 顯示裝置



I734748

【發明摘要】

【中文發明名稱】

用於生命期成像及偵測應用之感測器及裝置

【英文發明名稱】

SENSOR AND DEVICE FOR LIFETIME IMAGING AND
DETECTION APPLICATIONS

【中文】

一種輝度生命期成像之方法包含：在一經整合光偵測器處接收來自發光分子之入射光子。該等入射光子係透過一定點照護裝置之一或多個光學組件而被接收。該方法亦包含：使用該經整合光偵測器來偵測該等入射光子之到達時間。一種分析血糖之方法包含：至少部分地使用一積體電路來偵測組織之輝度生命期特性，該積體電路偵測來自該組織之入射光子之到達時間。該方法亦包含：基於該等輝度生命期特性而分析血糖。

【英文】

A method of luminance lifetime imaging includes receiving incident photons at an integrated photodetector from luminescent molecules. The incident photons being received through one or more optical components of a point-of-care device. The method also includes detecting arrival times of the incident photons using the integrated photodetector. A method of analyzing blood glucose includes detecting luminance lifetime characteristics of tissue using, at least in part, an integrated circuit that detects arrival times of incident photons from the tissue. The method also includes analyzing blood glucose based upon the

luminance lifetime characteristics.

【指定代表圖】

圖27A

【代表圖之符號簡單說明】

- 2701 激發光源
- 2702 患者
- 2703 發光分子/經激發發光分子
- 2704 激發光
- 2705 光子
- 2706 光學組件
- 2707 經整合光偵測器
- 2710 成像裝置
- 2713 處理器
- 2714 顯示裝置

【發明說明書】

【中文發明名稱】

用於生命期成像及偵測應用之感測器及裝置

【英文發明名稱】

SENSOR AND DEVICE FOR LIFETIME IMAGING AND
DETECTION APPLICATIONS

【技術領域】

【先前技術】

在多種應用中使用光偵測器來偵測光。已開發產生指示入射光之強度之一電信號之經整合光偵測器。用於成像應用之經整合光偵測器包含用以偵測跨越一場景所接收之光之強度之一像素陣列。經整合光偵測器之實例包含電荷耦合裝置(CCD)及互補金屬氧化物半導體(CMOS)影像感測器。

【發明內容】

某些實施例係關於輝度生命期成像之方法。該方法包含：在一經整合光偵測器處接收來自發光分子之入射光子。該等入射光子係透過一定點照護裝置之一或多個光學組件而被接收。該方法亦包含：使用該經整合光偵測器來偵測該等入射光子之到達時間。

該方法可進一步包括：基於該等到達時間而區別該等發光分子之輝度生命期特性。

該方法可進一步包括：使用該等輝度生命期特性來產生一影像。

該影像可基於該等輝度生命期特性而指示病態組織之一存在。

該影像可指示黑色素瘤、一腫瘤、一細菌感染或一病毒感染之一存

在。

該等入射光子可自組織而接收。

該組織可包括皮膚。

該方法可進一步包括：照射該組織以激發該等發光分子。

某些實施例係關於一種方法，該方法包含：至少部分地使用一積體電路來偵測組織之輝度生命期特性，該積體電路偵測來自該組織之入射光子之到達時間。該方法亦包含：基於該等輝度生命期特性而分析血糖。

該分析可包括：判定一血糖濃度。

某些實施例係關於一種定點照護裝置，該定點照護裝置包含：一或多個光學組件；一經整合光偵測器，其經組態以透過該一或多個光學組件而接收來自發光分子之入射光子；及一處理器，其經組態以在該經整合光偵測器處偵測該等所接收入射光子之到達時間以執行輝度生命期成像。

該處理器可進一步經組態以基於該等到達時間而區別該等發光分子之輝度生命期特性。

該處理器可經組態以使用該等輝度生命期特性來產生一影像。

該影像可基於該等輝度生命期特性而指示病態組織之一存在。

該影像可指示黑色素瘤、一腫瘤、一細菌感染或一病毒感染之一存在。

該等入射光子可自組織而接收。

該組織可包括皮膚。

該定點照護裝置可進一步包括經組態以照射該組織以激發該等發光分子之一激發光源。

某些實施例係關於一種定點照護裝置，該定點照護裝置包含：一或

多個光學組件；一經整合光偵測器，其經組態以透過該一或多個光學組件而接收來自發光分子之入射光子；及一處理器，其經組態以藉由至少部分地偵測來自組織之入射光子之到達時間而偵測該組織之輝度生命期特性。該處理器可進一步經組態以基於該等輝度生命期特性而分析血糖。

該處理器可進一步經組態以判定一血糖濃度。

前述發明內容以圖解方式提供且並非意欲為限制性的。

【圖式簡單說明】

在圖式中，在各圖中所圖解說明之每一相同或幾乎相同組件由一相似元件符號表示。出於清晰目的，在每個圖式中可能並未標記每個組件。該等圖式未必按比例繪製，而是將重點放在圖解說明本文中所闡述之技術之各種態樣上。

圖1A標繪針對具有不同生命期之兩個分子之隨時間發射一光子之機率。

圖1B展示針對一實例性激發脈衝(虛線)及實例性螢光發射(實線)之隨時間而變之實例性強度量變曲線。

圖2A展示根據某些實施例之一經整合光偵測器之一像素之一圖式。

圖2B圖解說明與在圖2A中不同之一時間點及空間處捕獲一電荷載子。

圖3A展示根據某些實施例之一像素之一電荷載子侷限區域。

圖3B展示圖3A之像素，其中複數個電極Vb0至Vbn、b0至bm、st0、st1及tx0至tx3上覆於圖3A之電荷載子侷限區域上。

圖3C展示其中光子吸收/載子產生區域包含一PN接面之一實施例。

圖3D展示如圖3C中之一像素之一俯視圖，其中添加有摻雜特性。

圖3E展示如圖3C中之一像素之一俯視圖，其包含載子行進/捕獲區。

圖3F展示如圖3E中之像素之一陣列。圖3F指示擴散部、多晶矽、觸點及金屬1之區域。

圖3G展示圖3F之像素陣列且亦指示擴散部、多晶矽、觸點、金屬1、N植入物、P植入物及P磊晶之區域。

圖4展示圖3B之像素之一電路圖。電荷載子侷限區以粗暗線展示。

圖5A圖解說明可沿著圖3B之線A-A'於光子吸收/載子產生區及載子行進/捕獲區中之電荷載子侷限區中建立的一電位梯度。

圖5B展示：在一時間週期之後，在一時間 t_1 處可藉由減小電極b0之電壓而提升對電子之一電位障壁。

圖5C展示：在另一時間週期之後，在一時間 t_2 處可藉由減小電極b2之電壓而提升對電子之另一電位障壁。

圖5D展示：在另一時間週期之後，在一時間 t_3 處可藉由減小電極b4之電壓而提升對電子之另一電位障壁。

圖5E展示：在另一時間週期之後，在一時間 t_4 處可藉由減小電極b6之電壓而提升對電子之另一電位障壁。

圖5F展示：在另一時間週期之後，在一時間 t_5 處可藉由減小電極bm之電壓而提升對電子之另一電位障壁。

圖6A展示一載子在剛被光生時之位置。

圖6B展示一載子在被光生之後不久回應於所建立電位梯度沿向下方向行進時之位置。

圖6C展示載子在到達汲極時之位置。

圖6D展示一載子(例如，一電子)在剛被光生時之位置。

圖6E展示一載子在被光生之後不久回應於電位梯度沿向下方向行進時之位置。

圖6F展示載子在時間 t_1 之後到達電位障壁時之位置。

圖6G展示：若一電子在時間 t_1 與 t_2 之間到達電極 b_0 與 b_2 之間，則電子將被捕獲於電位障壁501與電位障壁502之間，如圖6G中所圖解說明。

圖6H展示其中一電子在時間 t_1 與 t_2 之間到達因而該電子保持被捕獲於電位障壁501與電位障壁502之間的一實例。

圖6I展示其中一電子在時間 t_1 與 t_2 之間到達因而該電子保持被捕獲於電位障壁501與電位障壁502之間的一實例。

圖6J展示其中一電子在時間 t_1 與 t_2 之間到達因而該電子保持被捕獲於電位障壁501與電位障壁502之間的一實例。

圖6K展示圖解說明電極 b_0 至 b_8 、 st_0 及 st_1 之電壓隨時間而變之一電壓時序圖。

圖7A展示電荷載子侷限區沿著圖3B之線B-B'之一剖面之電位之一曲線圖。

圖7B展示：在時間 t_5 之後，可視情況減小(圖6K中未展示)電極 b_1 、 b_3 、 b_5 及 b_7 上之電壓以提升一電子在電位井內之位置以便促進電子轉移。

圖7C展示：在時間 t_6 (圖6K)處，可提升電極 st_0 及 st_1 上之電壓。

圖7D展示：在時間 t_7 處，可降低電極 st_0 上之電壓，藉此將所捕獲載子(若有)侷限於對應組格(在此實例中， bin_2)中。

圖7E展示圖解說明一電子被捕獲於電位障壁503與504之間的一平面圖。

圖7F展示圖解說明電極st1之電壓被提升且載子被轉移之一平面圖。

圖7G展示圖解說明電極st1之電壓被降低且載子被捕獲於bin2中之一平面圖。

圖7H展示根據某些實施例之一電荷載子偏析結構之電極之特性。

圖8A展示根據某些實施例之包含執行複數次量測之一方法之一流程圖。

圖8B係展示一激發脈衝在時間t0處被產生及時間組格bin0至bin3之一圖式。

圖8C展示針對一組螢光生命期量測之在每一時間組格中之光子/電荷載子之數目之一曲線圖，其中一分子之機率隨時間以指數方式減小。

圖8D展示根據某些實施例之操作經整合光偵測器之一方法，其中回應於複數個不同觸發事件而在經整合光偵測器處接收光。

圖8E圖解說明在執行圖8D之方法時電荷載子偏析結構之電極之電壓。

圖9A展示使用相關式雙重取樣來循序讀出組格bin0至bin3之一時序圖之一實例。

圖9B展示根據某些實施例之用於執行相關式雙重取樣之一讀出序列，相關式雙重取樣不需要量測每一信號值之一重設值。

圖10A圖解說明具有複數個行C1至Cn及複數個列(其中以圖解方式展示一選定列Ri)之一像素陣列。

圖10B展示其中可為複數個行提供一共同讀出電路之一實施例。

圖10C展示具有複數個讀出電路(少於行數)之一實施例。

圖10D展示圖解說明行讀出電路之一電路圖，其包含取樣與保持電

路、放大器電路及一類比轉數位(A/D)轉換器。

圖10E圖解說明讀出電路之一實施例，其中放大器電路及A/D轉換器兩者由像素陣列之兩個行共用。

圖10F展示其中像素陣列之n個行共用讀出電路及/或一A/D轉換器之一實施例。

圖10G展示包含複數個放大器之放大器電路之一實施例。

圖10H展示包含放大器電路之讀出電路之一圖式，該放大器電路具有用於各別行之第一級放大器及由兩個行共用之一第二級放大器。

圖10I展示包含第一級放大器、一第二級放大器及一第三級放大器之讀出電路之一圖式。

圖10J展示包含一差動取樣與保持電路及一差動放大器之由兩個行共用之讀出電路。

圖10K展示在第一行處於取樣階段且第二行處於保持階段時差動取樣與保持電路及一差動放大器之一圖式。

圖10L展示在第二行處於取樣階段且第一行處於保持階段時差動取樣與保持電路及一差動放大器之一圖式。

圖10M展示包含一差動取樣與保持電路及一差動放大器之由兩個以上行共用之讀出電路。

圖11展示可基於一組量測之結果而在量測之間適應性地控制時間組格之時序。

圖12展示包含四個子像素之一像素之一實施例。

圖13展示根據某些實施例之一晶片架構之一圖式。

圖14A展示根據某些實施例之具有四元像素之一 64×64 陣列之一晶

片之一實施例之一圖式。

圖14B展示根據某些實施例之包含 2×2 陣列之一晶片之一實施例之一圖式，其中每一陣列具有四元像素之 256×64 八元像素陣列。

圖15A展示可形成於一半導體基板中之電荷侷限區域之一透視圖。

圖15B 展示對應於圖15A之一平面圖。

圖16展示藉由形成一經圖案化多晶矽層而在絕緣層上方形成電極。

圖17展示具有一p+區域及一n+區域之一經分開摻雜電極。

圖18展示在經圖案化多晶矽層上方形成一金屬層(例如，金屬1)以連接至導通體。

圖19展示覆蓋於多晶矽層及電荷侷限區域上之金屬層。

圖20展示形成用以接觸金屬層之導通體。

圖21展示第二金屬層以及形成用以接觸第二金屬層之導通體。

圖22展示一第三金屬層之形成。

圖23展示根據某些實施例之用於驅動電荷載子偏析結構之一電極之一驅動電路之一實例。

圖24展示其中晶片被貼附至一印刷電路板之一實施例。

圖25圖解說明啟用晶片之一中心區域中之32個列及停用晶片之邊緣處之48個列。

圖26係一說明性計算裝置之一方塊圖。

圖27A展示根據某些實施例之圖解說明將一患者成像之一成像裝置之一方塊圖。

圖27B展示用於非侵入性成像之一定點照護裝置之一實例。

圖27C展示藉由插入至身體或組織中而成像之一定點照護裝置之一實

例。

圖28展示至少部分地使用輝度生命期成像而產生的一患者之一影像。

圖29係輝度生命期成像之一方法之一流程圖。

圖30係基於輝度生命期特性而分析組織之血糖之一方法之一流程圖。

【實施方式】

相關申請案之交叉參考

本申請案主張於2016年2月17日提出申請之標題為「用於生命期成像及偵測應用之感測器及裝置(SENSOR AND DEVICE FOR LIFETIME IMAGING AND DETECTION APPLICATIONS)」之美國臨時申請案第62/296,546號之優先權，該美國臨時申請案特此以其全文引用方式併入。

本申請案之態樣係關於用於藉由以下操作而以一非侵入性方式偵測及/或表徵一患者之一狀況之技術：用一成像裝置將患者之一部位成像以獲得可用於評估及/或診斷患者之狀況之資料。藉由用成像裝置將組織(例如，皮膚)之一可觸及部位成像而非藉由自一患者提取一生物樣本(例如，活組織檢查法)，可以如下之一方式執行對患者之評價：減小獲得結果時所涉及之時間量、減小一程序之侵入性及/或促進臨床醫師治療患者之能力。成像裝置可具有改良在照護患者時執行評價之能力之一組態，且與涉及將患者實體移動至一遠端檢測位置或將一患者之一樣本發送至一檢測設施之其他醫療檢測技術相比，為患者提供更及時治療。以此方式，成像裝置可被視為一定點照護裝置。在某些實施例中，成像裝置可用於監測一患者之一狀況(例如，用於監測糖尿病之葡萄糖偵測)。

申請人已瞭解，存在於一患者體內之生物分子可提供對患者之狀況之一指示。藉由偵測特定生物分子之存在及/或相對濃度，可評估一患者之狀況。某些生物分子可提供辨別一患者之健康與病態或不健康組織之能力。對於某些生物分子，分子之氧化態可提供對患者之狀況之一指示。藉由偵測一患者之組織中之一生物分子之一氧化態與一還原態之相對量，可評價及評估患者之狀況。某些生物分子(例如，NADH)可結合至一細胞中之其他分子(例如，蛋白質)並且具有一未經結合或自由溶液狀態。對一細胞或組織之評價可包含偵測呈自由形式對經結合形式之分子之一相對量。

特定生物分子可提供對多種疾病及狀況之一指示，該等疾病及狀況包含癌症(例如，黑色素瘤)、腫瘤、細菌感染、病毒感染及糖尿病。作為一實例，癌細胞及組織可藉由偵測特定生物分子(例如，NAD(P)H、核黃素、黃素)而識別。與一健康組織相比，一癌組織可具有更高量的此等生物分子中之一或多者。藉由偵測此等分子中之一或多者之一量，一組織可診斷為癌性的。作為另一實例，個體之糖尿病可藉由偵測指示葡萄糖濃度之生物分子(包含己糖激酶、肝糖加成物)而評價。作為另一實例，因老化而發生之一般性改變可藉由偵測膠原及脂褐質而評價。

提供對一患者之狀況之一指示之某些生物分子可回應於被用激發能量進行照射而發射光且可被視為自發螢光。此等生物分子可充當一患者之一部位之內生螢光團且在不需引入外生螢光團之情況下提供該部位之無標記及非侵入性標記。此等螢光生物分子之實例可(以實例方式且並非限制方式)包含：血紅素、膠原、菸鹼醯胺腺嘌呤二核苷酸磷酸鹽(NAD(P)H)、視黃醇、核黃素、膽鈣化醇、葉酸、吡哆醇、酪胺酸、二酪胺酸、糖化加成物、吡啶胺、脂褐質、多酚、色胺酸、黃素及黑色素。

螢光生物分子在其所發射之光之波長及其對激發能量之回應方面可變化。下表中提供針對某些例示性螢光生物分子之激發及螢光之波長：

分子	激發(nm)	螢光(nm)
NAD(P)H	340	450
膠原	270-370	305-450
視黃醇	-	500
核黃素	-	550
膽鈣化醇	-	380-460
葉酸	-	450
吡哆醇	-	400
酪胺酸	270	305
二酪胺酸	325	400
類準分子之聚集體	270	360
糖化加成物	370	450
色胺酸	280	300-350
黃素	380-490	520-560
黑色素	340-400	360-560

本申請案之態樣係關於藉由回應於用激發能量照射一患者之一部位而自該部位發射之光來偵測指示一細胞之一狀況或組織狀況之一或多個生物分子。一成像裝置可包含一或多個光源(例如，雷射、發光二極體)及一或多個光偵測器。該成像裝置可包含經組態使得在成像裝置用於將一患者之一部位成像時將光引導至該部位之一或多個光學組件。該成像裝置可包含經組態以接收自該部位發射之光並將該光引導至成像裝置之一光偵測器之一或多個光學組件。指示由一或多個光偵測器偵測到之光之資料可用於形成該部位之一影像。

螢光生物分子在其發射之光之時間特性(例如，其發射衰減時間週期

或「生命期」)方面可變化。因此，生物分子可基於此等時間特性而由一成像裝置之一光偵測器偵測。在某些實施例中，一健康組織之一時間特性可與一不健康組織不同。一健康組織與一不健康組織之間可存在時間特性之值之一移位。與其他評價技術相比，使用基於來自一患者之組織之所發射光之時間特性之資料可允許一臨床醫師偵測患者之一疾病之一較早期階段。舉例而言，藉由量測一癌組織部位之螢光生物分子所發射之光之時間特性，某些類型之皮膚癌可在其變得明顯之前的一階段被偵測到。

圖27A展示根據某些實施例之圖解說明(舉例而言)執行一患者之輝度生命期成像之一成像裝置2710 (諸如一定點照護裝置)之一方塊圖。成像裝置2710包含(舉例而言)將激發光2704發射至一受試者(諸如一患者2702)之一激發光源2701 (諸如一雷射)。患者(例如，患者之組織)可包含發光分子2703，上文論述了該等發光分子之實例。回應於激發光2704，發光分子2703可進入致使其發射光子2705之一經激發狀態。在激發之後經激發發光分子2703發射光子2705之時間取決於其發光生命期。發光分子2703所發射之光子2705由成像裝置2710之一或多個光學組件2706接收及處理。在某些實施例中，一或多個光學組件2706可包含一或多個透鏡、鏡、及/或任何其他類型之光學組件。在通過一或多個光學組件2706之後，光子2705由一經整合光偵測器2707接收及偵測，該經整合光偵測器對光子2705之到達進行時間組格化。藉由對光子2705之到達進行時間組格化，可判定關於發光分子2703之生命期之資訊，此可允許偵測及/或區別發光分子2703。在某些實施例中，所偵測到之光子2705之數目可指示發光分子2703之濃度。經整合光偵測器2707所偵測到之資訊可被提供至一處理器2713以供分析及/或使用關於光子2705之到達時間之資訊而產生

一影像。處理器2713可將影像資料發送至一顯示裝置2714以供顯示裝置2714顯示該影像。

圖27B展示用於非侵入性成像之一定點照護裝置之一實例。在此實例中，用來自激發光源2701之光照射一樣本2712 (例如，一患者之組織)，舉例而言，該激發光源可為一雷射。光學組件2706包含將光自激發光源2701反射至一成像系統2709之一鏡2706a，該成像系統可具有(舉例而言)用以處理激發光之額外光學組件，諸如一透鏡。激發光通過成像系統2709並照射樣本2712。一機械支座2711可將樣本2712與成像系統2709分離達一適合距離(例如，適於成像系統2709之焦距)。樣本2712之發光分子可被激發光激發並發射光子，該等光子由成像系統2709接收且通過鏡2706a到達經整合光偵測器2707。鏡2706a可係二色的，使得其反射處於由激發光源2701發射之激發光之波長之光且允許由發光分子發射之波長之光通過鏡2706a。然而，此僅係以實例方式，且用於非侵入性成像之一定點照護裝置可具有任何適合光學組件及其配置。

圖27C展示具有可插入至一樣本2712 (例如，一患者之組織或患者之身體)以執行成像之一突出部(例如，一針)之一定點照護裝置之一實例。在某些實施例中，此一定點照護裝置可係一內視鏡。定點照護裝置可包含一波導(例如，一光纖)，該波導將激發光載運至樣本2712且接收由樣本之發光分子發射之光子以將該等光子提供至光學組件2706以供由經整合光偵測器2707偵測。偵測可在活體內執行而無需自一患者移除一樣本或將樣本發送至一實驗室以供分析。

圖28圖解說明使用輝度生命期成像來產生一患者之一影像2801。影像2801之一部分2802展示指示病態組織(舉例而言，諸如黑色素瘤、一腫

瘤、一細菌感染或一病毒感染)之一存在之輝度生命期。在某些實施例中，部分2802可覆蓋於一患者之一標準光學影像上。部分2802可以任何適合方式(諸如，使用色調、色彩等)指示輝度生命期及/或病態組織之存在。舉例而言，色調或色彩在強度、色彩或亮度方面可取決於所偵測生命期、所接收光子之強度或存在病態組織之可能性而變化。此一影像可促進一臨床醫師對一狀況之評估。

本申請案之態樣係關於經組態以偵測自一患者之一部位發射之光之時間特性之一成像裝置。本文中闡述可準確地量測入射光子之到達時序或對入射光子之到達時序進行「時間組格化」之一經整合光偵測器。成像裝置可包含該經整合光偵測器以量測由組織部位發射之光子之到達。在某些實施例中，經整合光偵測器可以奈秒或皮秒解析度量測光子之到達。在包含螢光生命期成像及時差測距成像之多種應用中可發現此一光偵測器之應用，如下文進一步論述。

根據本申請案之態樣具有一經整合光偵測器之一積體電路可經設計具有用於適於多種成像應用之功能。如下文進一步詳細闡述，此一經整合光偵測器可具有在一或多個時間間隔或「時間組格」內偵測光之能力。為收集關於光之到達時間之資訊，電荷載子係回應於入射光子而產生且可基於其到達時間而被偏析至各別時間組格中。

圖29係使用此一經整合光偵測器之輝度生命期成像之一方法之一流程圖。步驟2901包含：在一經整合光偵測器處接收來自發光分子之入射光子。如上文所論述，該等入射光子係透過一定點照護裝置之一或多個光學組件而被接收。步驟2902包含：使用經整合光偵測器來偵測入射光子之到達時間。舉例而言，可對到達時間進行時間組格化。

儘管本文中闡述了成像技術，但本文中所闡述之技術不限於成像。在某些實施例中，對組織之輝度生命期特性之偵測可用於量測一患者之組織中之一分子之濃度。舉例而言，此一技術可用於非侵入性血糖監測。

圖30係基於輝度生命期特性而分析組織之血糖之一方法之一流程圖。步驟3001包含：至少部分地使用一積體電路來偵測組織之輝度生命期特性，該積體電路偵測來自組織之入射光子之到達時間。步驟3002包含：基於輝度生命期特性而分析血糖。

螢光生命期量測

自一螢光分子所發射之光之一種類型之時間特性係一螢光生命期。螢光生命期量測係基於激發一或多個螢光分子及量測所發射發光之時間變化。在一螢光分子達到一經激發狀態之後螢光分子發射一光子之機率隨時間以指數方式減小。機率減小之速率可係一螢光分子之特性且針對不同螢光分子可係不同的。偵測由螢光分子發射之光之時間特性可允許識別螢光分子、相對於彼此而區別螢光分子及/或量化螢光分子之濃度。

在達到一經激發狀態之後，一螢光分子可在一給定時間以一特定機率發射一光子。在激發螢光分子之後，自一經激發螢光分子發射一光子之機率可隨時間減小。發射一光子之機率隨時間之減小可藉由一指數衰減函數 $p(t)=e^{(-t/\tau)}$ 而表示，其中 $p(t)$ 係在一時間 t 處之光子發射之機率，且 τ 係螢光分子之一時間參數。時間參數 τ 指示在螢光分子發射一光子之機率為一特定值時在激發之後的一時間。時間參數 τ 係一螢光分子之一性質且可受其本地化學環境影響，但可不同於其吸收及發射光譜性質。此一時間參數 τ 稱為輝度生命期、螢光生命期或簡單地稱為一螢光分子之「生命期」。

圖1A標繪針對具有不同生命期之兩個螢光分子之隨時間發射一光子

之機率。與針對由機率曲線A表示之螢光分子之發射機率相比，由機率曲線B表示之螢光分子具有更迅速衰減之一發射機率。與由機率曲線A表示之螢光分子相比，由機率曲線B表示之螢光分子具有一更短時間參數 τ 或生命期。在某些實施例中，螢光分子可具有介於0.1 ns到20 ns之範圍內之螢光生命期。

與在藉由量測發射光譜而辨別螢光分子時相比，偵測螢光分子之生命期可允許使用較少波長之激發光。在某些實施例中，當使用較少波長之激發光及/或發光光時，可減小感測器、濾光器及/或繞射光學器件之數目或者可消除感測器、濾光器及/或繞射光學器件。在某些實施例中，可使用發射一單個波長或光譜之光之一或多個激發光源，此可減小一成像裝置之成本。在某些實施例中，對存在之分子之類型之一量化分析及/或對組織之特性之分析可藉由判定自一螢光分子發射之發光之一時間參數、一光譜參數、一強度參數或者時間、光譜及/或強度參數之一組合而執行。

一螢光生命期可藉由量測自一組織部位發射之螢光之時間量變曲線而判定。藉由用激發能量照射組織，螢光分子可經激發呈一經激發狀態且然後隨時間發射光子。一光偵測器可偵測所發射光子且將所收集電荷載子聚集在光偵測器之一或多個時間組格中以隨時間偵測光強度值。在一組織中，可存在具有不同生命期之多種類型之螢光生物分子。自組織發射之螢光可包含來自多種類型之螢光生物分子之光子，且所發射螢光之時間量變曲線可表示不同生命期。以此方式，可針對一組織獲得對應於該組織中存在之螢光分子之收集之一標誌生命期值。

在某些實施例中，表示一組織之一時間量變曲線可藉由執行一或多個量測(其中用激發能量照射該組織且然後量測一光子發射之時間)而判

定。針對每一量測，激發源可產生引導至組織部位之一激發光脈衝，且可判定激發脈衝與來自組織之後續光子事件之間的時間。由於一組織中可存在多個螢光分子，因此在一單個激發光脈衝之後可發生多個光子事件。光子事件可發生於激發光脈衝之後的不同時間且提供表示組織之一時間量變曲線。另外或替代地，當重複地且週期性地發生一激發脈衝時，可量測一光子發射事件發生之時間與後續激發脈衝之間的時間，且可自激發脈衝之間的時間間隔(亦即，激發脈衝波形之週期)減去所量測時間以判定光子吸收事件之時間。

一或多個激發光脈衝之後的光子事件之數目可填入表示在一系列離散時間間隔或時間組格內發生之光子發射事件之數目之一直方圖。時間組格之數目及/或每一組格之時間間隔可經設定及/或經調整以識別一特定生命期及/或一組特定螢光分子。時間組格之數目及/或每一組格之時間間隔可係取決於用於偵測發射之光子之感測器。時間組格之數目可為1、2、3、4、5、6、7、8或更多，諸如16、32、64或更多。可使用一曲線擬合演算法來將一曲線擬合至所記錄直方圖，從而產生表示在激發螢光分子之後在一給定時間將發射一光子之機率之一函數。可使用一指數衰減函數(諸如 $p(t)=e^{(-t/\tau)}$)來大致擬合直方圖資料。依據此一曲線擬合，可判定時間參數或生命期。可將所判定生命期與螢光分子之已知生命期進行比較以識別存在之螢光分子之類型。所判定生命期亦可充當指示一或多種類型之螢光分子之組合之一標誌生命期值。

一生命期可依據兩個時間間隔處之強度值而計算。圖1B展示針對一實例性激發脈衝(虛線)及實例性螢光發射(實線)之隨時間而變之實例性強度量變曲線。在圖1B中所展示之實例中，光偵測器量測至少兩個時間組

格內之強度。在時間 t_1 與 t_2 之間發射發光能量之光子由光偵測器量測為強度 I_1 ，且在時間 t_3 與 t_4 之間所發射之發光能量量測為 I_2 。儘管圖1B中展示僅兩個強度值，但可獲得任何適合數目個強度值。然後可使用此等強度量測來計算一生命期。經時間組格化發光信號可擬合至一單指數衰減。在某些實施例中，經時間組格化信號可擬合至多指數衰減，諸如雙指數或三指數。可使用一拉格耳(Laguerre)分解過程來表示經時間組格化信號中之多指數衰減。在多個螢光分子促成強度量變曲線之情況下，可藉由將一單指數衰減擬合至發光信號而判定一平均螢光生命期。

具有一像素陣列之一光偵測器可藉由偵測在個別像素處自一部位之不同區接收之光之時間特性而提供將該部位成像之能力。個別像素可判定對應於部位之不同區之生命期值。部位之一影像可基於針對每一像素所判定之時間量變曲線之一生命期值及/或其他特徵藉由顯示影像中之對比度而圖解說明生命期跨越該部位之變化。成像裝置可基於自組織接收之光之時間特性而執行對組織之成像，此可使得一醫師能夠執行一程序(例如，外科手術)以識別組織之一異常或病態部位(例如，癌性的或癌前的)。在某些實施例中，成像裝置可併入至一醫療裝置(諸如一外科手術成像工具)中。在某些實施例中，可獲得關於組織回應於一光激發脈衝而發射之光之時域資訊以將組織成像及/或表徵組織。舉例而言，組織或其他物件之成像及/或表徵可使用螢光生命期成像來執行。

在某些實施例中，螢光生命期可用於顯微術技術以提供包含一患者之組織部位之樣本之不同類型或狀態之間的對比度。螢光生命期成像顯微術(FIM)可藉由以下方式而執行：用一光脈衝激發一樣本，隨著螢光信號之衰減而偵測螢光信號以判定一生命期，及將衰減時間映射於所得影像

中。在此等顯微術影像中，影像中之像素值可係基於在收集視域之光偵測器中針對每一像素而判定之螢光生命期。

在某些實施例中，可分析螢光生命期量測以識別一樣本之一狀況或狀態。可將包含叢集之統計分析技術應用於生命期資料以在不健康或病態組織與健康組織之間進行辨別。在某些實施例中，使用一個以上激發能量來執行生命期量測，且針對不同激發能量所獲得之生命期值可用作統計分析技術之一部分。在某些實施例中，對對應於特定時間間隔內之光子偵測事件之個別時間組格值執行統計分析。

對內生螢光生物分子之自發螢光之螢光生命期量測可用於偵測組織之實體及代謝改變。作為實例，組織架構、形態、氧合作用、pH、血管分佈、細胞結構及/或細胞代謝狀態之改變可藉由量測來自樣本之自發螢光且依據所量測自發螢光判定一生命期而偵測。此等方法可用於諸如篩檢、影像指導之活組織檢查法或外科手術及/或內視鏡檢法等臨床應用中。在某些實施例中，本申請案之一成像裝置可併入至一臨床工具(舉例而言，諸如一外科手術儀器)中以執行螢光生命期成像。作為允許一臨床醫師迅速地篩檢組織並偵測對於肉眼不明顯之小癌症病變及/或癌前病變之一無標記成像方法，基於所量測自發螢光而判定螢光生命期會提供臨床值。螢光生命期成像可用於偵測及勾畫惡性細胞或組織(諸如腫瘤或癌細胞)，該等惡性細胞或組織與健康組織相比發射具有一較長螢光生命期之發光。舉例而言，螢光生命期成像可用於偵測諸如胃腸道、呼吸道、膀胱、皮膚、眼睛或在外科手術期間暴露之組織表面等光學上可觸及組織上之癌症。

在某些實施例中，外生螢光標記可併入至一組織部位中。外生螢光

標記可藉由量測螢光且依據所量測螢光判定一生命期而提供用於偵測組織之一狀況之一所要螢光位準。在某些實施例中，所量測螢光可包含來自內生螢光生物分子及外生螢光標記之自發螢光。外生螢光標記之實例可包含螢光分子、螢光團、螢光染料、螢光染色劑、有機染料、螢光蛋白、酶及/或量子點。此等外生標記可與一探針或官能團(例如，分子、離子及/或配位基)共軛，該探針或官能團具體結合至一特定目標或分量。將一外生標誌或報導符附接至一探針允許透過偵測外生標誌或報導符之存在而識別目標。附接至一探針之外生標記可提供至部位、物件或樣本以便偵測一特定目標組件之存在及/或位置。在某些實施例中，可易於應用於一患者(例如，局部應用於皮膚、攝入以用於胃腸道成像)之外生螢光標記可依據螢光量測而提供一所要偵測位準。此等標記可減小將一外生螢光標記併入至組織中之侵入性。

螢光生命期量測可提供對螢光分子周圍之狀況之一量化度量。對狀況之量化度量可係除偵測或對比度之外的。一螢光分子之螢光生命期可係取決於螢光分子之周圍環境，諸如pH或溫度，且螢光生命期之值之一改變可指示螢光分子周圍之環境之一改變。作為一實例，螢光生命期成像可映射一樣本之局部環境之改變，諸如生物組織(例如，外科手術切除術之一組織切片)之改變。

時差測距量測

在某些實施例中，成像裝置可經組態以量測所散射或反射光之一時間量變曲線，包含時差測距量測。在此等時差測距量測中，一光脈衝可發射至一部位或樣本中且所散射光可由一光偵測器(諸如上文所闡述之經整合光偵測器)偵測。所散射或反射光可具有可指示部位或樣本之特性之一

不同時間量變曲線。由樣本反向散射之光可被偵測並藉由其在樣本中之時差測距而被進行解析。此一時間量變曲線可係一時間點擴展函數(TPSF)。該TPSF可被視為一脈衝回應。時間量變曲線可藉由在發射光脈衝之後量測多個時間組格內之經整合強度而獲取。光脈衝之重複性及所散射光之累積可以一特定速率執行以確保所有先前TPSF在產生一後續光脈衝之前完全失效。時間解析漫射光學成像方法可包含光譜漫射光學斷層掃描，其中光脈衝可係紅外光以便在樣本中以一更深深度成像。此等時間解析漫射光學成像方法可用於偵測一生物體中或一生物體之一部分(諸如一人之頭部)中之腫瘤。

成像裝置可經組態以用於多個成像模式。成像模式可包含螢光生命期成像、時差測距成像、強度成像及光譜成像。

用於對光生電荷載子進行時間組格化之經整合光偵測器

某些實施例係關於具有一光偵測器之一積體電路，該光偵測器回應於入射光子而產生電荷載子且能夠相對於一參考時間(例如，一觸發事件)而區別因入射光子之到達而產生電荷載子之時序。在某些實施例中，一電荷載子偏析結構偏析在不同時間產生之電荷載子且將電荷載子引導至一或多個電荷載子儲存區域(稱為「組格」)中，該一或多個電荷載子儲存區域聚集在不同時間週期內產生之電荷載子。每一組格儲存在一選定時間間隔內產生之電荷載子。讀出每一組格中所儲存之電荷可提供關於在每一時間間隔內到達之光子之數目之資訊。此一積體電路可用於多種應用(諸如本文中所闡述之彼等應用)中之任一者中。

將闡述具有一光偵測區域及一電荷載子偏析結構之一積體電路之一實例。在某些實施例中，積體電路可包含一像素陣列，且每一像素可包含

一或多個光偵測區域及一或多個電荷載子偏析結構，如下文所論述。

像素結構及操作之概述

圖2A展示根據某些實施例之一像素100之一圖式。像素100包含一光子吸收/載子產生區域102 (亦稱為一光偵測區域)、一載子行進/捕獲區域106、具有一或多個電荷載子儲存區域之一載子儲存區域108 (在本文中亦稱為「電荷載子儲存組格」或簡單地稱為「組格」)，及用於自電荷載子儲存組格讀出信號之讀出電路110。

光子吸收/載子產生區域102可係可將入射光子轉換為光生電荷載子之一半導體材料(例如，矽)區域。光子吸收/載子產生區域102可暴露於光且可接收入射光子。當光子吸收/載子產生區域102吸收一光子時，光子吸收/載子產生區域102可產生光生電荷載子，諸如一電子/電洞對。光生電荷載子在本文中亦簡單地稱為「電荷載子」。

可在光子吸收/載子產生區域102中建立一電場。在某些實施例中，電場可係「靜態」的，此有別於載子行進/捕獲區域106中之變化電場。光子吸收/載子產生區域102中之電場可包含一橫向分量、一垂直分量或者一橫向分量及一垂直分量兩者。電場之橫向分量可沿圖2A之向下方向，如由箭頭所指示，該橫向分量在光生電荷載子上感應出一力從而朝向載子行進/捕獲區域106而驅動光生電荷載子。電場可以多種方式形成。

在某些實施例中，一或多個電極可在光子吸收/載子產生區域102內形成。電極可具有施加至其之電壓以在光子吸收/載子產生區域102中建立一電場。此等電極可稱為「光電閘」。在某些實施例中，光子吸收/載子產生區域102可係完全耗盡電荷載子之一矽區域。

在某些實施例中，光子吸收/載子產生區域102中之電場可藉由一接

面(諸如一PN接面)而建立。光子吸收/載子產生區域102之半導體材料可經摻雜以形成具有一定向及/或形狀之PN接面，該PN接面產生一電場，該電場在光生電荷載子上感應出一力從而朝向載子行進/捕獲區域106驅動光生電荷載子。使用一接面來產生電場相對於使用上覆於光子吸收/載子產生區域102上之電極可改良量子效率，此可防止入射光子之一部分到達光子吸收/載子產生區域102。使用一接面相對於使用光電閘可減小暗電流。已瞭解，暗電流可因半導體基板之表面處之可產生載子之缺陷而產生。在某些實施例中，PN接面二極體之P端子可連接至設定其電壓之一端子。此一二極體可稱為一「釘紮」光電二極體。一釘紮光電二極體可促進表面處之載子重組，此歸因於設定其電壓且吸引載子之端子，此可減小暗電流。期望被捕獲之光生電荷載子可通過表面處之重組區下方。在某些實施例中，橫向電場可使用半導體材料中之一漸變摻雜濃度而建立。

在某些實施例中，具有用以產生一電場之一接面之一光子吸收/載子產生區域102可具有以下特性中之一或多者：

- 1) 一空乏n型區域，其遠離時變電場成錐形，
- 2) 一p型植入物，其以一間隙環繞n型區域以將電場橫向轉移至n型區域中，及/或
- 3) 一p型表面植入物，其埋入n型區域且充當寄生電子之一重組區域。

在某些實施例中，可藉由組合一接面與至少一個電極而在光子吸收/載子產生區域102中建立電場。舉例而言，可使用一接面及一單個電極或者兩個或多於兩個電極。在某些實施例中，一或多個電極可接近載子行進/捕獲區域106而定位以在載子行進/捕獲區域106附近建立電位梯度，該載

子行進/捕獲區域可相對遠離接面而定位。

如圖2A中所圖解說明，可捕獲一光子且可在時間 t_1 處產生一電荷載子101A (例如，一電子)。在某些實施例中，可沿著光子吸收/載子產生區域102及載子行進/捕獲區域106建立致使電荷載子101A沿圖2A之向下方向行進(如由圖2A中所展示之箭頭所圖解說明)之一電位梯度。回應於該電位梯度，電荷載子101A可從時間 t_1 處之其位置移動至時間 t_2 處之一第二位置、時間 t_3 處之一第三位置、時間 t_4 處之一第四位置及時間 t_5 處之一第五位置。因此，電荷載子101A回應於電位梯度而移動至載子行進/捕獲區域106中。

載子行進/捕獲區域106可係一半導體區域。在某些實施例中，載子行進/捕獲區域106可係與光子吸收/載子產生區域102具有相同材料(例如，矽)之一半導體區域，惟載子行進/捕獲區域106可經遮蔽而免受入射光(例如，藉由一上覆不透明材料，諸如一金屬層)。

在某些實施例中且如下文進一步論述，可藉由定位於此等區域上方之電極而在光子吸收/載子產生區域102及載子行進/捕獲區域106中建立一電位梯度。參考圖3B將論述定位電極之一實例。然而，本文中所闡述之技術不限於用於產生一電位梯度之電極之特定位置。本文中所闡述之技術也不限於使用電極來建立一電位梯度。在某些實施例中，一電位梯度可使用一空間上漸變摻雜量變曲線及/或一PN接面而建立。可使用任何適合技術來建立致使電荷載子沿著光子吸收/載子產生區域102及載子行進/捕獲區域106行進之一電位梯度。

像素中可形成一電荷載子偏析結構以能夠偏析在不同時間所產生之電荷載子。在某些實施例中，電荷載子偏析結構之至少一部分可形成於載

子行進/捕獲區域106上方。如下文將闡述，電荷載子偏析結構可包含形成於載子行進/捕獲區域106上方之一或多個電極，該一或多個電極之電壓可受控制電路控制以改變載子行進/捕獲區域106中之電位。

載子行進/捕獲區域106中之電位可經改變以能夠捕獲一電荷載子。可藉由改變上覆於載子行進/捕獲區域106上之一或多個電極上之電壓而改變電位梯度以產生可將一載子侷限於一預定空間區域內之一電位障壁。舉例而言，在時間 t_5 處可改變上覆於圖2A之載子行進/捕獲區域106中之虛線上之一電極上之電壓以提升沿著圖2A之載子行進/捕獲區域106中之虛線之一電位障壁，藉此捕獲電荷載子101A。如圖2A中所展示，在時間 t_5 處所捕獲之載子可轉移至載子儲存區域108之組格「bin0」。載子至電荷載子儲存組格之轉移可藉由改變載子行進/捕獲區域106及/或載子儲存區域108中之電位(例如，藉由改變上覆於此等區域上之電極之電壓)以致使載子行進至電荷載子儲存組格中而執行。

在一特定時間點處改變載子行進/捕獲區域106之一預定空間區域內之電位可能夠陷獲因在一特定時間間隔內發生之光子吸收而產生之一載子。藉由在不同時間及/或位置處陷獲光生電荷載子，可區別因光子吸收而產生電荷載子之時間。在此意義上，可藉由在發生一觸發事件之後的一特定時間點及/或空間處陷獲電荷載子而對一電荷載子進行「時間組格化」。一特定組格內之一電荷載子之時間組格化提供關於因一入射光子之吸收而產生光生電荷載子之時間之資訊，及因此同樣地，相對於觸發事件而對產生光生電荷載子之入射光子之到達進行「時間組格化」。

圖2B圖解說明在一不同時間點及空間處捕獲一電荷載子。如圖2B中所展示，在時間 t_9 處可改變上覆於載子行進/捕獲區域106中之虛線上之一

電極上之電壓以提升沿著圖2B之載子行進/捕獲區域106中之虛線之一電位障壁，藉此捕獲載子101B。如圖2B中所展示，在時間t9處所捕獲之載子可轉移至載子儲存區域108之組格「bin1」。由於電荷載子101B在時間t9處被陷獲，因此此表示與針對在時間t5處捕獲之載子101A之光子吸收事件(亦即，在t1處)相比在一不同時間(亦即，時間t6)發生之一光子吸收事件。

執行多個量測及基於電荷載子被捕獲之時間而將電荷載子聚集於載子儲存區域108之電荷載子儲存組格中可提供關於光子被捕獲於光子吸收/載子產生區102中之時間之資訊。此資訊在多種應用中可係有用的，如上文所論述。

像素結構及操作之詳細實例

圖3A展示根據某些實施例之一像素100A之一電荷載子侷限區域103。如圖3A中所圖解說明，像素100A可包含一光子吸收/載子產生區102A (亦稱為一光偵測區域)、一載子行進/捕獲區106A、一汲極104、一載子儲存區域108A之複數個電荷載子儲存組格bin0、bin1、bin2及bin3，以及一讀出區域110A。

電荷載子侷限區域103係光生電荷載子回應於由一電荷載子偏析結構產生之電位梯度而在其中移動之一區域。電荷載子可產生於光子吸收/載子產生區102A中在電荷載子侷限區域103內。

電荷載子侷限區域103可由任何適合材料(諸如一半導體材料(例如，矽))形成。然而，本文中所闡述之技術不限於此，而是任何適合材料皆可形成電荷載子侷限區域103。在某些實施例中，電荷載子侷限區域103可被一絕緣體(例如，氧化矽)環繞以將電荷載子侷限於電荷載子侷限區域

103內。

光子吸收/載子產生區102A中之電荷載子侷限區域103之部分可具有任何適合形狀。如圖3A中所展示，在某些實施例中，光子吸收/載子產生區102A中之電荷載子侷限區域103之部分可具有一錐形形狀，使得其寬度接近載子行進/捕獲區106A而逐漸地減小。此一形狀可改良電荷處置效率，此在預期極少光子將到達之情形中可係特別有用的。在某些實施例中，光子吸收/載子產生區102A中之電荷載子侷限區域103之部分可不太成錐形或可不成錐形，此可增加動態範圍。然而，本文中所闡述之技術不限於光子吸收/載子產生區102A中之電荷載子侷限區域103之形狀。

如圖3A中所展示，載子行進/捕獲區106A中之電荷載子侷限區域103之一第一部分可自光子吸收/載子產生區102A延伸至一汲極104。電荷載子侷限區域103之延伸部延伸至各別電荷儲存組格，從而允許電荷載子被一電荷載子偏析結構引導至電荷載子儲存組格中，諸如關於圖3B所闡述之電荷載子儲存組格。在某些實施例中，存在的電荷載子侷限區域103之延伸部之數目可與電荷載子儲存組格之數目相同，其中每一延伸部延伸至一各別電荷載子儲存組格。

讀出區域110A可包含用於讀出電荷儲存組格之一浮動擴散節點fd。舉例而言，浮動擴散節點fd可藉由將n型摻雜劑擴散至一p型材料(例如，一p型基板)中而形成。然而，本文中所闡述之技術不限於特定摻雜劑類型或摻雜技術。

圖3B展示圖3A之像素100A，其中複數個電極Vb0至Vbn、b0至bm、st0、st1及tx0至tx3上覆於圖3A之電荷載子侷限區域103上。圖3B中所展示之電極形成可對光生載子進行時間組格化之一電荷載子偏析結構之至少

一部分。

圖3B中所展示之電極在電荷載子侷限區域103內建立一電位。在某些實施例中，電極Vb0至Vbn、b0至bm可具有施加至其之一電壓以在區域102A及106A內建立一電位梯度，使得電荷載子(例如，電子)沿圖3B之向下方向朝向汲極104行進。電極Vb0至Vbn可在光子吸收/載子產生區102A之電荷侷限區域103中建立一電位梯度。在某些實施例中，各別電極Vb0至Vbn可處於恆定電壓。電極b0至bm可在載子行進/捕獲區106A之電荷侷限區域103中建立一電位梯度。在某些實施例中，電極b0至bm可使其電壓設定為不同位準以能夠陷獲電荷載子及/或將電荷載子轉移至一或多個電荷儲存組格。

電極st0及st1可具有變化之電壓以將載子轉移至電荷載子儲存區域108A之電荷儲存組格。轉移閘極tx0、tx1、tx2及tx3能夠將電荷自電荷儲存組格轉移至浮動擴散節點fd。亦展示包含重設電晶體rt、放大電晶體sf及選擇電晶體rs之讀出電路110。

在某些實施例中，浮動擴散節點fd及轉移閘極tx0至tx3中之每一者之電位可允許電荷載子溢出至浮動擴散部中而非溢出至載子行進/捕獲區106A中。當電荷載子轉移至載子儲存區域108內之一組格中時，浮動擴散節點fd及轉移閘極tx0至tx3之電位可係充分高的以允許組格中之任何溢出電荷載子流動至浮動擴散部。此一「障壁溢出保護」技術可減少溢出及擴散至載子行進/捕獲區106A及/或像素之其他區中之載子。在某些實施例中，一障壁溢出保護技術可用於移除因一激發脈衝而產生之任何溢出電荷載子。藉由允許溢出電荷載子流動至浮動擴散部，此等電荷載子並未被捕獲於一或多個時間組格中，藉此減小在讀出期間激發脈衝對時間組格信號

之影響。

在其中電極Vb0至Vbn及b0至bm安置於光子吸收/載子產生區域102及/或載子行進/捕獲區域106上方之某些實施例中，電極Vb0至Vbn及b0至bm可設定為針對自圖3B之頂部前進至底部之位置而增加之電壓，藉此建立致使電荷載子沿圖3B之向下方向朝向汲極104行進之電位梯度。在某些實施例中，電位梯度在光子吸收/載子產生區域102及/或載子行進/捕獲區域106中可單調地變化，此可使得電荷載子能夠沿著電位梯度行進至載子行進/捕獲區域106中。在某些實施例中，電位梯度可相對於沿著線A-A'之位置線性地改變。一線性電位梯度可藉由將電極設定為跨越圖3B之垂直維度線性地變化之電壓而建立。然而，本文中所闡述之技術不限於一線性電位梯度，此乃因可使用任何適合電位梯度。在某些實施例中，載子行進/捕獲區域106中之電場可係足夠高的，因而電荷載子在載子行進/捕獲區域106中足夠快地移動，使得渡越時間與光子可到達之時間相比較小。舉例而言，在螢光生命期量測情景中，電荷載子之渡越時間與正量測之一螢光分子或標記之生命期相比可較小。渡越時間可藉由在載子行進/捕獲區域106中產生一充分漸變電場而減小。

圖3C展示其中光子吸收/載子產生區域102包含一PN接面之一實施例。圖3C展示一外電極302，該外電極可處於一相對低電位，藉此將表面電位「釘紮」於一相對低電位處。可包含一電極304以幫助產生朝向載子行進/捕獲區106 (載子行進/捕獲區106之下部部分未展示)驅動載子的一靜態電場之電位梯度。圖3C指示擴散部、多晶矽、觸點及金屬1之區域。

圖3D展示如圖3C中之一像素之一俯視圖，其中添加有摻雜特性。圖3D亦展示沿著藉由PN接面及電極304而建立之電位梯度將載子向下掃掠

至區域106之電場。圖3D指示擴散部、多晶矽、觸點、金屬1、N植入物、P植入物及P磊晶之區域。

圖3E展示如圖3C中之一像素之一俯視圖，其包含載子行進/捕獲區106。

圖3F展示如圖3E中之像素之一陣列。圖3F指示擴散部、多晶矽、觸點及金屬1之區域。

圖3G展示圖3F之像素陣列且亦指示擴散部、多晶矽、觸點、金屬1、N植入物、P植入物及P磊晶之區域。

圖4展示圖3B之像素100A之一電路圖。電荷載子侷限區103以粗暗線展示。亦展示電極、電荷載子儲存區108及讀出電路110。在此實施例中，載子儲存區域108之電荷儲存組格bin0、bin1、bin2及bin3位於載子侷限區103內在電極st1下方。如上文所論述，在某些實施例中，代替電極或除電極之外，亦可使用一接面在區域102中產生一靜電場。

自光子吸收/載子產生區102處之一光源120接收光。光源120可係任何類型之光源，以實例方式而非限制方式包含將要成像之一區域或場景。一光罩121防止光到達載子行進/捕獲區106。光罩121可由任何適合材料形成，以實例方式而非限制方式諸如積體電路之一金屬層。

圖5A圖解說明可沿著圖3B之線A-A'於光子吸收/載子產生區102及載子行進/捕獲區106中之電荷載子侷限區103中建立的一電位梯度。如圖5A中所圖解說明，一電荷載子(例如，一電子)可藉由在光子吸收/載子產生區102內吸收一光子而產生。電極Vb0至Vbn及b0至bm之電壓設定為朝著圖5A之右邊增加以建立致使電子朝著圖5A之右邊(圖3B之向下方向)流動之電位梯度。另外或替代地，可存在一PN接面以建立或幫助建立電場。在

此一實施例中，載子可在表面下方流動，且圖5A (及相關各圖)展示載子流動之區域中之電位。首先，可允許載子流動穿過載子行進/捕獲區106進入至汲極104中，如圖6A、圖6B及圖6C中所展示。圖6A展示一載子101在剛被光生時之位置。圖6B展示一載子101在被光生之後不久回應於所建立電位梯度沿向下方向行進時之位置。圖6C展示載子101在到達汲極104時之位置。

圖5B展示：在一時間週期之後，在一時間 t_1 處可藉由減小電極b0之電壓而提升對電子之一電位障壁501。電位障壁501可使一電子停止朝著圖5B之右邊行進，如圖6D、圖6E及圖6F中所展示。圖6D展示一載子101 (例如，一電子)在剛被光生時之位置。圖6E展示一載子101在被光生之後不久回應於電位梯度沿向下方向行進時之位置。圖6F展示載子101在時間 t_1 之後到達電位障壁501之位置。

圖5C展示：在另一時間週期之後，在時間 t_2 處可藉由減小電極b2之電壓而提升對電子之另一電位障壁502。若一電子在時間 t_1 與 t_2 之間到達電極b0與b2之間，則電子將被捕獲於電位障壁501與電位障壁502之間，如圖5C及圖6G中所圖解說明。

圖5D展示：在另一時間週期之後，在時間 t_3 處可藉由減小電極b4之電壓而提升對電子之另一電位障壁503。若一電子在時間 t_2 與 t_3 之間到達電極b2與b4之間，則電子將被陷獲於電位障壁502與電位障壁503之間的一位置中。在圖5D及圖6H之實例中，一電子在時間 t_1 與 t_2 之間到達，因而該電子保持被捕獲於電位障壁501與電位障壁502之間。

圖5E展示：在另一時間週期之後，在時間 t_4 處可藉由減小電極b6之電壓而提升對電子之另一電位障壁504。若一電子在時間 t_3 與 t_4 之間到達

電極b4與b6之間，則電子將被陷獲於電位障壁503與電位障壁504之間的一位置中。在圖5E及圖6I之實例中，一電子在時間t1與t2之間到達，因而該電子保持被捕獲於電位障壁501與電位障壁502之間。

圖5F展示：在另一時間週期之後，在時間t5處可藉由減小電極bm之電壓而提升對電子之另一電位障壁505。若一電子在時間t4與t5之間到達電極b6與bm之間，則電子將被陷獲於電位障壁504與電位障壁505之間的一位置中。在圖5F及圖6J之實例中，一電子在時間t1與t2之間到達，因而該電子保持被捕獲於電位障壁501與電位障壁502之間。

圖6K展示圖解說明電極b0至b8、st0及st1之電壓隨時間而變之一電壓時序圖。在提升電位障壁501至505之序列期間移動穿過載子行進/捕獲區106之一電荷載子將被捕獲於載子行進/捕獲區106內之一位置處，該位置取決於電荷載子到達載子行進/捕獲區106之時間，該時間又取決於因光子吸收/載子產生區102中之光子吸收而產生電荷載子之時間。電位障壁501至505被提升之時序設定電荷儲存組格bin0至bin3之時序。如圖6K中所展示，在時間t1與t2之間到達之一載子將在針對bin0之一時間間隔內被陷獲，在時間t2與t3之間到達之一載子將在針對bin1之一時間間隔內被陷獲，在時間t3與t4之間到達之一載子將在針對bin2之一時間間隔內被陷獲，且在時間t4與t5之間到達之一載子將在針對bin3之一時間間隔內被陷獲。

在圖5A至圖5F中所展示之序列之後，一所捕獲電荷載子然後可基於電荷載子被捕獲於載子行進/捕獲區106內之位置而轉移至適當電荷載子儲存組格。在此實施例中，若一電子在電極b1下被捕獲，則該電子轉移至bin0。若一電子在電極b3下被捕獲，則該電子轉移至bin1。若一電子在電

極b5下被捕獲，則該電子轉移至bin2。若一電子在電極b7下被捕獲，則該電子轉移至bin3。在某些實施例中，載子行進/捕獲區106內之任何所捕獲載子至其對應組格之轉移皆可並行(例如，同時)執行。然而，本文中所闡述之技術不限於將所捕獲載子並行轉移至電荷儲存組格。

如圖6K中所展示，在圖5A至圖5F中所展示之序列之後，可改變電極st0及st1上之電壓以將任何所捕獲電荷載子轉移至對應電荷載子儲存組格。關於圖6K及圖7A至圖7G將論述用於轉移所捕獲電荷載子之一實例性序列。

圖7A展示電荷載子侷限區103沿著圖3B之線B-B'之一剖面之電位之一曲線圖。圖7A展示在其中一電子被捕獲於電位障壁503與504之間的一實例中之時間t5 (圖6K)處之電位。圖7E中展示展示一電子被捕獲於電位障壁503與504之間的一平面圖。

圖7B展示：在時間t5之後，可視情況減小電極b1、b3、b5及b7上之電壓(圖6K中未展示)以提升一電子在電位井內之位置以便促進電子轉移。

圖7C展示：在時間t6 (圖6K)處，可提升電極st0及st1上之電壓。以此方式改變電極之電壓可提供致使捕獲於載子行進/捕獲區106中之一電荷載子在電極st1下轉移至一對應電荷儲存組格之一電位梯度。圖7F中展示展示電極st1之電壓被提升且載子101被轉移之一平面圖。

圖7D展示：在時間t7處，可降低電極st0上之電壓，藉此將所捕獲載子(若有)侷限於對應組格(在此實例中，bin2)中。在時間t8處可提升電極b6上之電壓以重建載子行進/捕獲區106中之電位梯度。圖7G中展示展示電極st1之電壓被降低且載子101被捕獲於bin2中之一平面圖。

圖7H展示根據某些實施例之一電荷載子偏析結構之電極之特性。圖

7H指明針對每一電極在梯度階段期間之電壓、在組格化階段期間之電壓、在轉移階段期間之電壓、在讀出階段期間之電壓及電壓改變之類型。然而，此僅係一實例，且本文中所闡述之技術不限於圖7H中所圖解說明之實施方案細節。

實例性量測序列

重複光生電荷載子之光子吸收/載子產生及時間組格化之程序可能夠收集關於光子到達光偵測器之時間之統計資訊，如下文所論述。

在某些實施例中，一「量測」可包含：接收一光子，在一特定時間及/或位置處捕獲一電荷載子，及將所捕獲載子轉移至對應於一特定時間週期或組格之一電荷儲存節點。一量測可被重複多次以收集關於光子到達光偵測器之時間之統計資訊。

圖8A展示根據某些實施例之包含執行複數次量測720之一方法700之一流程圖。此一方法可至少部分地藉由如本文中所闡述之一經整合裝置而執行。

在步驟702中，一量測720可藉由一觸發事件而起始。一觸發事件可係充當用於對一光子之到達進行時間組格化之一時間參考之一事件。觸發事件可係(舉例而言)一光脈衝或一電脈衝，且可係一單獨事件或一重複之週期性事件。在螢光生命期量測之情景中，觸發事件可係用以激發一螢光團之一光激發脈衝之產生。在時差測距成像之情景中，觸發事件可係由包括經整合光偵測器之一成像裝置發射之一光脈衝(例如，來自一閃光)。觸發事件可係用作用於對光子或載子之到達進行計時之一參考之任何事件。

光激發脈衝之產生可產生大量光子，某些光子可到達像素100且可在光子吸收/載子產生區102中產生電荷載子。由於來自光激發脈衝之光生載

子不期望被量測，因此可允許該等光生載子沿電位向下流動至汲極104而不被捕獲。允許由一光激發脈衝產生之光生載子流動至汲極104而不被捕獲可減小否則可需要藉由複雜光學組件(諸如一快門或濾光器)而防止其到達之不希望信號之量，該等複雜光學組件可增添額外設計複雜性及/或成本。提升載子行進/捕獲區106內之一或多個電位障壁之時序可經定時使得由任何不希望光信號造成之光生載子流動至汲極104。此外，此技術可與任何數目個時間組格一起使用，包含具有僅一單個時間組格之實施例。舉例而言，一像素可包含一單個時間組格及一汲極，其中電位障壁之時序會減少與激發脈衝相關聯之信號，同時將所要光信號捕獲於載子行進/捕獲區106內。

然後，量測720可在步驟704處開始，其中可吸收期望偵測之光子且可在區域102中產生一電荷載子。在螢光生命期量測或時差測距成像之情景中，步驟704可在光激發脈衝完成之後開始。

在步驟706中，移動穿過載子行進/捕獲區106之電荷載子可相對於觸發事件702在選定時間被捕獲於預定位置處。在某些實施例中，電荷載子可藉由以下方式被捕獲於載子行進/捕獲區106之一或多個區域中：提升一或多個電位障壁以將一載子陷獲於一位置中，該位置取決於因光子吸收而產生該載子之時間，如上文所論述。

在步驟708中，可將所捕獲電荷載子(若存在)自所捕獲電荷載子被捕獲之位置轉移至一對應電荷儲存組格，藉此對電荷載子進行「時間組格化」。

在步驟708之後，可將量測720重複進行 $n-1$ 次以獲得關於光子在一觸發事件702之後趨於到達之時間週期之統計資訊。在重複進行量測720

時，經時間組格化電荷載子可聚集於對應電荷儲存組格中。重複進行量測720可能夠將充分數目個電荷載子聚集於電荷載子儲存組格中以提供統計上有意義之結果。舉例而言，在螢光生命期量測之情景中，可預期，回應於自一螢光團接收之一光子而發生之一光子吸收事件可相對罕見地發生。舉例而言，預期，此一事件可能在約1,000次量測中才發生一次。因此，為將充分數目個電荷載子聚集於電荷載子儲存組格中可需要執行大數目次量測720，從而使得結果在統計上有意義。在某些實施例中，針對螢光生命期量測可執行之對一螢光團之量測次數 n 可係500,000次或多於500,000次或者1,000,000次或多於1,000,000次，以能夠將充分數目個電荷載子捕獲及組格化於每一組格中(亦即，在某些實施例中，數十個或數百個或者更多)。

一旦已執行指定量測次數 n ，方法700便可繼續進行至讀出時間組格之步驟710。讀出時間組格可包含將聚集於電荷儲存組格中之每一者中之電荷之量轉換成對應電壓，如下文將論述。

圖8B係展示一激發脈衝在時間 t_0 處被產生及時間組格bin0至bin3之一圖式。注意，在此實例中，用於量測光子之時間組格直至 t_1 (亦即， t_0 之後的一時間週期)才開始，此使激發光在量測信號光子之前便結束。

圖8C展示針對一組螢光生命期量測之在每一時間組格中之光子/電荷載子之數目之一曲線圖，其中發螢光之一標記或晶粒之機率隨時間以指數方式減小。藉由多次重複進行激發、電荷捕獲及至各別組格中之轉移之序列及讀出轉移至每一組格中之電荷載子之數量，可產生允許判定或粗略估計一螢光團之生命期的暫存於不同組格中之光子之數目之一直方圖。

方法700可在其中期望捕獲光子之任何適合時間週期內執行。在螢光

生命期量測之情景中，用於執行方法700之一適合週期可係(舉例而言) 10 毫秒。在某些實施例中，步驟702至708可以MHz範圍之一頻率重複進行。在某些實施例中，時間組格可具有按皮秒或奈秒標度之一解析度。

回應於不同觸發事件之偵測之時間多工

在某些實施例中，量測可使用複數個不同類型之觸發事件而執行。觸發事件可被及時地多工，使得一像素在不同時間週期中接收回應於不同類型觸發事件之光。舉例而言，在輝度生命期量測之情景中，觸發事件可係可激發不同發光分子(例如，螢光團)之具有不同波長 λ_1 及 λ_2 之激發光脈衝(例如，雷射脈衝)。在某些實施例中，可基於螢光團對不同波長 λ_1 及 λ_2 之激發光之回應而識別螢光團及/或將螢光團彼此區別。在不同時間用波長 λ_1 及 λ_2 之光激發脈衝激發一樣本及分析作為回應由樣本發射之螢光可能夠基於係回應於波長 λ_1 之激發光而在一第一時間週期中偵測螢光還是回應於波長 λ_2 之激發光而在一第二時間週期中偵測螢光而偵測及/或識別螢光分子。除此時間多工之外或作為此時間多工之一交替方案，可基於量測螢光分子之螢光生命期而識別及/或區別螢光分子。

在某些實施例中，經整合光偵測器可對一樣本回應於不同波長之光激發脈衝而產生之光子之偵測進行時間多工。舉例而言，在一第一時間週期中，可偵測一樣本回應於波長 λ_1 之激發光而產生之光。隨後，在一第二時間週期中，可偵測一樣本回應於波長 λ_2 之激發光而產生之光。為進行此，具有複數個時間組格之一像素可在第一時間週期中使用一第一子組之時間組格來偵測光子之到達且在第二時間週期中使用一第二子組之時間組格來偵測光子之到達。藉由審查光係在第一時間週期期間到達一像素還是在第二時間週期期間到達一像素，可判定一螢光團係正回應於波長 λ_1 之光

而發螢光還是正回應於波長 λ_2 之光而發螢光。

在某些實施例中，可使用關於回應於一光激發脈衝之光子之到達時間之資訊來判定及/或區別螢光生命期。螢光生命期可用於判定一組織之一狀況。多個螢光分子可促成可充當一組織之一標誌之一螢光生命期。由於螢光分子之類型及/或量可取決於一組織之狀況而變化，因此一組織之一螢光生命期標誌可指示組織之狀況。在某些實施例中，可發射光之一激發脈衝，然後在一時間間隔中可使用一像素之一子組之時間組格來對入射光子之到達進行時間組格化。可依據該子組之時間組格所收集之光子之分佈而識別一或多個螢光生命期。一或多個螢光生命期可充當由光之激發脈衝輻照之一樣本之一標誌。

在某些實施例中，可發射一第一波長之一第一激發脈衝，然後在一第一時間間隔中可使用一像素之一第一子組之時間組格來對入射光子之到達進行時間組格化。然後，可發射一第二波長之一第二激發脈衝，且在一第二時間間隔中可使用像素之一第二子組之時間組格來對入射光子之到達進行時間組格化。因此，若光子在第一時間間隔及/或第二時間間隔中被接收，則可獲得關於產生光子之螢光分子之生命期之資訊。連同量測關於螢光生命期之資訊一起重複光激發脈衝之時間多工程序可提供足以能夠識別組織狀況及/或特性之資訊。

圖8D展示根據某些實施例之操作經整合光偵測器之一方法，其中回應於複數個不同觸發事件而在經整合光偵測器處接收光。圖8E圖解說明在執行圖8D之方法時電荷載子偏析結構之電極之電壓。

在步驟802中，一量測820可藉由一觸發事件A而起始。觸發事件A可係充當用於對一光子之到達進行時間組格化之一時間參考之一事件。該觸

發事件可係(舉例而言)一光脈衝或一電脈衝，且可係一單獨事件或一重複之週期性事件。在螢光生命期量測之情景中，觸發事件A可係用以激發一第一類型之螢光團之處於一第一波長之一光激發脈衝之產生。

光激發脈衝之產生可產生大量光子，某些光子可到達像素100且可在光子吸收/載子產生區102中產生電荷載子。由於來自光激發脈衝之光生載子不期望被量測，因此可允許該等光生載子沿電位向下流動至汲極104而不被捕獲，如上文所論述。載子行進/捕獲區106內之一或多個電位障壁之提升可經定時使得由任何不希望光信號造成之光生載子流動至汲極104。

量測820然後可在步驟804處繼續進行，其中可吸收期望偵測之光子且可在區域102中產生一電荷載子。在螢光生命期量測之情景中，步驟804可在光激發脈衝完成之後開始。

在步驟806中，移動穿過載子行進/捕獲區106之電荷載子可相對於觸發事件802在選定時間被捕獲於預定位置處。在某些實施例中，電荷載子可藉由以下方式被捕獲於載子行進/捕獲區106之一或多個區域中：提升一或多個電位障壁以將一載子陷獲於一位置中，該位置取決於因光子吸收而產生該載子之時間，如上文所論述。在某些實施例中，步驟806可包含連續地提升電位障壁501、502及503，藉此捕獲對應於時間組格bin0及/或bin1之電荷(若存在)。

在步驟808中，可將所捕獲電荷載子(若存在)自其被捕獲之位置轉移至一對應電荷儲存組格，藉此對電荷載子進行「時間組格化」。舉例而言，在步驟808中可(舉例而言)使用圖7A至圖7D中所展示之一技術將對應於時間組格bin0及/或bin1之所捕獲之任何電荷轉移至組格bin0及/或bin1。

在步驟810中，一第二量測821可藉由一觸發事件B而起始。觸發事件B可係充當用於對一光子之到達進行時間組格化之一時間參考之一事件。該觸發事件可係(舉例而言)一光脈衝或一電脈衝，且可係一單獨事件或一重複之週期性事件。在螢光生命期量測之情景中，觸發事件B可係用以激發一第二類型之螢光團之處於一第二波長之一光激發脈衝之產生。

光激發脈衝之產生可產生大量光子，某些光子可到達像素100且可在光子吸收/載子產生區102中產生電荷載子。由於來自光激發脈衝之光生載子不期望被量測，因此可允許該等光生載子沿電位向下流動至汲極104而不被捕獲，如上文所論述。載子行進/捕獲區106內之一或多個電位障壁之提升可經定時使得由任何不希望光信號造成之光生載子流動至汲極104。

第二量測821然後可在步驟812處繼續進行，其中可吸收期望偵測之光子且可在區域102中產生一電荷載子。在螢光生命期量測之情景中，步驟812可在第二光激發脈衝完成之後開始。

在步驟814中，移動穿過載子行進/捕獲區106之電荷載子可相對於觸發事件810在選定時間被捕獲於預定位置處。在某些實施例中，電荷載子可藉由以下方式被捕獲於載子行進/捕獲區106之一或多個區域中：提升一或多個電位障壁以將一載子陷獲於一位置中，該位置取決於因光子吸收而產生該載子之時間，如上文所論述。在某些實施例中，步驟814可包含連續地提升電位障壁503、504及505，藉此捕獲對應於時間組格bin2及/或bin3之電荷(若存在)。

在步驟816中，可將所捕獲電荷載子(若存在)自其被捕獲之位置轉移至一對應電荷儲存組格，藉此對電荷載子進行「時間組格化」。舉例而言，在步驟816中可(舉例而言)使用圖7A至圖7D中所展示之一技術將對應

於時間組格bin2及/或bin3之所捕獲之任何電荷轉移至組格bin2及/或bin3。

儘管已闡述其中一像素具有四個時間組格且兩個組格被分配至量測回應於各別光激發脈衝中之每一者而產生之光之到達時間之一實例，但本文中所闡述之技術不限於此。舉例而言，像素可具有較大或較小數目個組格，該等組格可以任何適合方式分配到量測回應於不同激發脈衝之光。此外，本文中所闡述之技術不限於兩個不同波長之光激發脈衝，而是可使用及相應地多工任何數目個波長之光激發脈衝。

在步驟816之後，可將量測820及821重複進行n-1次以獲得關於光子在一觸發事件之後趨於到達之時間週期之統計資訊。在重複進行量測時，經時間組格化電荷載子可聚集於對應電荷儲存組格中。

一旦已執行指定量測次數n，方法800便可繼續進行至讀出時間組格之步驟710。讀出時間組格可包含將聚集於電荷儲存組格中之每一者中之電荷之量轉換成對應電壓，如下文將論述。

實例性讀出電路及序列

如圖2A及圖2B中所圖解說明，像素100可包含讀出電路110，該讀出電路允許讀出電荷載子儲存區域108之電荷儲存組格中所儲存之電荷。像素100可係一主動像素，使得讀出電路110包含一讀出放大器；或係一被動像素，其中讀出電路110不包含一讀出放大器。可使用任何適合類型之主動像素或被動像素讀出電路。

若讀出電路110包含一讀出放大器，則可使用任何適合類型之放大器。適合放大器之實例包含基於一共同源極組態之放大器及基於一源極隨耦器組態之放大器。然而，本文中所闡述之技術不限於任何特定放大器組

態。

若讀出電路110包含一讀出放大器，則該讀出放大器可採取一電荷儲存組格(例如，bin0、bin1、bin2或bin3)中所累積之電荷作為一輸入且產生表示電荷儲存組格中之電荷之一電壓作為一輸出。

圖4中圖解說明基於一源極隨耦器組態之讀出電路110之一項實例。圖4中所展示之讀出電路110之實例係具有四個電晶體(rt、sf、rs及轉移閘極tx0至tx3中之一者)之一「4T」組態。由於三個電晶體rt、sf及rs在每一電荷儲存組格當中係共用的，因此圖4中所展示之針對全部四個組格之實例性電路係一「1.75T」組態(4個轉移閘極+ 3個電晶體)/4組格。然而，本文中所闡述之技術不限於使用具有一1.75T組態之讀出電路110，而是可使用任何其他適合類型之讀出組態。

此外，可使用任何適合讀出技術，包含雜訊降低技術。在某些實施例中，讀出電路110可使用相關式雙重取樣來讀出電荷載子儲存組格。相關式雙重取樣係其中可在一重設電壓位準下對一節點獲取之包含一未定量之雜訊之一第一樣本且可在該節點處對一信號位準獲取之包含相同未定雜訊之一第二樣本之技術。可藉由自所取樣信號位準減去所取樣重設位準而減除雜訊。

讀出電路110可循序地或並行地執行電荷儲存組格之讀出。圖9A中展示圖4中所展示之讀出電路110使用相關式雙重取樣來循序讀出組格bin0至bin3之一時序圖之一實例。如圖9A中所展示，首先可接通重設電晶體rt以將浮動擴散節點fd設定為一重設電壓ct。在其中重設浮動擴散節點之電壓之時間週期期間，關斷轉移閘極tx0至tx3以使電荷載子保持儲存於其各別組格中。在重設浮動擴散節點fd之後，可藉由關斷電晶體rt且接通電晶體

rs而對重設電壓進行取樣以產生一輸出電壓cb。由輸出電壓cb表示之重設電壓可以一類比格式(例如，在一電容器上)或以一數位格式(例如，藉由A/D轉換及儲存)被儲存。然後，可接通轉移閘極tx0以允許電荷自bin0流動至浮動擴散部fd。可藉由接通電晶體rs而對信號電壓進行取樣以基於bin0中所儲存之電荷而產生一輸出電壓cb。由輸出電壓cb表示之信號電壓可以一類比格式(例如，在一電容器上)或以一數位格式(例如，藉由A/D轉換及儲存)被儲存。

然後，可接通電晶體rt以將浮動擴散部fd設定為一重設電壓ct。在其中重設浮動擴散節點fd之電壓之時間週期期間，關斷轉移閘極tx0至tx3以使電荷載子保持儲存於其各別組格中。在重設浮動擴散節點fd之後，可藉由關斷電晶體rt且接通電晶體rs而對重設電壓進行取樣以產生一輸出電壓cb。再次，由輸出電壓cb表示之重設電壓可以一類比格式(例如，在一電容器上)或以一數位格式(例如，藉由A/D轉換及儲存)被儲存。然後，可接通轉移閘極tx1以允許電荷自bin1流動至浮動擴散部。可藉由接通電晶體rs而對信號電壓進行取樣以基於bin1中所儲存之電荷而產生一輸出電壓cb。再次，由輸出電壓cb表示之信號電壓可以一類比格式(例如，在一電容器上)或以一數位格式(例如，藉由A/D轉換及儲存)被儲存。

然後可藉由以下操作對bin2及bin3執行相同程序：執行一重設，對重設電壓進行取樣，將電荷自一組格轉移至浮動擴散節點fd，及對信號進行取樣。因此，在圖9A中所圖解說明之讀出序列中，可採用表示四個組格之重設值及信號值之八個樣本。可自所儲存信號值減去針對每一組格之所儲存重設值以獲得指示每一組格中所儲存之電荷之一結果，從而完成相關式雙重取樣程序。

視情況，如上文所論述，針對一組格之所取樣重設電壓位準可儲存於一第一電容器上，且針對該組格之所取樣信號可儲存於一第二電容器上。視情況，在將重設位準及信號位準取樣至電容器上之前，可藉由將電容器設定為相同電壓而將電容器清零。

圖9B展示根據某些實施例之用於執行相關式雙重取樣之一讀出序列，相關式雙重取樣不需要量測每一信號值之一重設值。在圖9B之實例中，針對像素之所有組格量測一單個重設值。為獲得針對第一組格之信號，可自所量測信號值減去一重設值，如上文所論述。此時代替重設浮動擴散部，可將電荷自第二組格轉移至浮動擴散部，藉此聚集第一及第二組格之電荷。可藉由自針對第一及第二組格之經聚集信號減去針對第一組格之信號而獲得針對第二組格之信號。由於針對第一組格之信號及針對第一及第二組格之經聚集信號兩者包含相同重設雜訊，因此結果為減去重設雜訊。該程序可針對其餘組格繼續進行，其中自針對下一組格之經聚集信號減去針對先前組格之經聚集信號。以此方式聚集組格之所儲存電荷可允許讀出與在個別地讀出每一組格之情況下相比更大之信號，且可減少雜訊，此乃因除雜訊本底之外的所取樣信號與在個別地讀出每一組格之情況下相比將更高。在具有四個時間組格之實例中，可採用五個樣本—一個重設值及表示電荷儲存組格中所儲存之累積電荷之四個樣本。參考圖9B將更詳細地闡述該程序。

如圖9B中所展示，首先可接通重設電晶體 rt 以將浮動擴散節點 fd 設定為一重設電壓 ct 。在其中重設浮動擴散節點之電壓之時間週期期間，關斷轉移閘極 $tx0$ 至 $tx3$ 以使電荷載子保持儲存於其各別組格中。在重設浮動擴散節點 fd 之後，可藉由關斷電晶體 rt 且接通電晶體 rs 而對重設電壓進行取

樣以產生一輸出電壓**cb**。由輸出電壓**cb**表示之重設電壓可以一類比格式(例如，在一電容器上)或以一數位格式(例如，藉由A/D轉換及儲存)被儲存。然後，可接通轉移閘極**tx0**以允許電荷自**bin0**流動至浮動擴散。可藉由接通電晶體**rs**而對針對**bin0**之信號電壓進行取樣以基於**bin0**中所儲存之電荷而產生一輸出電壓**cb**。

然後，可接通轉移閘極**tx1**以允許電荷自**bin1**流動至浮動擴散部。可藉以接通電晶體**rs**而對針對**bin1 + bin0**之信號電壓進行取樣以基於**bin1**中所儲存之電荷加上**bin0**中所儲存之電荷而產生一輸出電壓**cb**。可自針對**bin0 + bin1**之輸出信號值減去針對**bin0**之輸出信號值以產生指示**bin1**上所儲存之電荷之一信號。

然後可藉由自針對**bin n+1**之所量測信號位準減去針對**bin n**之所量測信號位準而對**bin2**及**bin3**執行一類似程序。因此，使用此一技術，可減少可需要採用之樣本之數目。

以下公式展示如何使用僅一單個所量測重設值來計算針對每一組格之「經校正」(使用相關式雙重取樣)信號。

經校正信號**bin0** = 所量測信號**bin0** - 重設位準

經校正信號**bin1** = 針對(**bin0 + bin1**)之所量測信號 - 所量測信號**bin0**

經校正信號**bin2** = 針對(**bin0 + bin1 + bin2**)之所量測信號 - 針對(**bin0 + bin1**)之所量測信號

經校正信號**bin3** = 針對(**bin0 + bin1 + bin2 + bin3**)之所量測信號 - 針對(**bin0 + bin1 + bin2**)之所量測信號

在某些實施例中，可執行對自一像素之讀出之過取樣。過取樣涉及自像素多次讀取相同信號。每次自像素讀取一信號，所讀取之信號因雜訊

而可能存在些微變化。對一信號之讀出之過取樣及對樣本之平均化可減少量測中之雜訊(例如，白雜訊)。在某些實施例中，可採用多個樣本(例如，4個至8個樣本)以自像素讀取一單個標稱信號值(例如，一單個重設位準或信號位準)。在某些實施例中，一信號之樣本中之每一者可透過讀出信號改變而讀出並轉換為數位值(例如，數位字)。然後可計算樣本之平均值，且該平均值用作來自像素之所量測信號。舉例而言，若使用8倍過取樣，則針對每一重設及信號值可獲取八個樣本，在量測4個時間組格及4個重設位準之情形中總共64個樣本，或者在量測1個重設位準及4個經聚集信號位準之情形中總共40個樣本。

像素陣列讀出電路

並行讀出、循序讀出及以並行及循序讀出之一組合方式讀出

如上文所論述，像素陣列可包含配置成若干列及若干行之複數個像素。在某些實施例中，讀出可逐列執行。在某些實施例中，可選擇像素陣列中之一列，且可針對該選定像素列執行一讀出程序。用於一像素行之讀出電路對於該行中之像素可係共同的，使得在選擇不同列時，讀出電路可針對該行中之各別像素執行讀出。一選定列之讀出可並行(稱為「行並行」)執行、循序執行或以並行及循序之一組合(稱為「半行並行」)方式執行。

為以行並行方式執行一選定列之像素之讀出，可為每一行提供個別讀出電路，使得可同時讀出每一行在選定列中之像素，如圖10A中所圖解說明。圖10A圖解說明具有複數個行C1至Cn及複數個列(其中以圖解方式展示一選定列Ri)之一像素陣列。在圖10A之實施例中，每一像素行具有一相關聯讀出電路905。由於每一像素行具有一相關聯讀出電路905，因

此可同時讀出列 R_i 中之每一像素之信號。

為依次執行一選定列之像素之讀出，不需要為每一行提供個別讀出電路。舉例而言，在某些實施例中，可提供一共同讀出電路且可循序讀出選定列之每一像素。圖10B展示其中可為複數個行提供一共同讀出電路905之一實施例。該共同讀出電路可在適合控制電路之控制下藉由一交換網路906選擇性地連接至一行。舉例而言，在某些實施例中，交換網路906可將像素之個別行循序連接至讀出電路905。

為以半行並行方式執行像素之讀出，可提供複數個讀出電路905 (少於行數)，如圖10C中所圖解說明。在此一半行並行架構中，每一讀出電路905可由一子組之行共用。每一讀出電路905可循序讀出陣列中之一子組之行。如圖10C中所展示，讀出電路905A可藉由一交換網路906A而選擇性地連接至其各別行。讀出電路905B可藉由一交換網路906B而選擇性地連接至其各別行。

在某些實施例中，一讀出電路905可包含用以放大來自一像素之一信號之一或多個放大器及用以將經放大信號轉換成一數位值之一類比轉數位轉換器。下文闡述根據各種實施例之讀出電路905之組態之實例。

取樣與保持電路

在某些實施例中，用於一行之讀出電路可包含一或多個取樣與保持電路。圖10D展示圖解說明行讀出電路905C之一電路圖，其包含取樣與保持電路907、放大器電路901及一類比轉數位(A/D)轉換器902。取樣與保持電路907可將來自一像素(例如，節點cb處)之輸出電壓取樣至一電容性元件(例如，一電容器)上，且然後在該電壓由一放大器讀出時保持該電容器上之該電壓。如上文所論述，來自像素之輸出電壓可表示在一或多個時

間間隔期間所捕獲之電荷載子之數目。

取樣與保持電路可以複數個階段(稱為一「取樣」階段及一「保持」階段)進行操作。在「取樣」階段中，可將來自像素之電壓值取樣至一電容性元件上。因此將讀出之電壓被儲存於電容性元件上。在「取樣」階段之後，在「保持」階段中讀取電容器之電壓。在「保持」階段期間，電容器之電壓可自電容性元件讀出並由一或多個放大器處理且然後由一類比轉數位(A/D)轉換器轉換成數位形式。如圖10D中所圖解說明，在取樣階段($\phi 1$)期間，切換器s1接通(設定為處於其導電狀態)且切換器s2關斷(設定為處於其非導電狀態)，藉此將來自一像素之讀出端子cb之電壓取樣至一電容性元件(例如，電容器C1)上。保持階段($\phi 2$)跟在取樣階段之後。在保持階段期間，切換器s1關斷且切換器s2接通，藉此將電容器C1連接至放大器電路901。藉由關斷切換器S1，電容器之電壓在讀取電壓時可實質上保持恆定，此乃因放大器電路901可具有一高輸入阻抗。來自放大器電路901之經放大信號可被提供至一A/D轉換器902以將經放大電壓轉換為一數位值。

在某些實施例中，藉由減少所使用之電路(例如，放大器、類比轉數位轉換器)之數目或使所使用之電路(例如，放大器、類比轉數位轉換器)之數目最小化可減少功率消耗及/或成本。在某些實施例中，為減少讀出鏈中之電路之數目或使讀出鏈中之電路之數目最小化，讀出鏈之一或多個電路可由像素陣列之一個以上行共用。

多工讀出電路組件

在某些實施例中，讀出電路之一或多個組件可由像素陣列之兩個或多於兩個行共用。舉例而言，如圖10E中所展示，放大器電路901、A/D轉

換器902或兩者全部或其一部分可由像素陣列之兩個或多於兩個行共用。圖10E圖解說明讀出電路905D之一實施例，其中放大器電路901及A/D轉換器902兩者由像素陣列之兩個行共用。在圖10E之實施例中，各別行線連接至各別像素節點cb1及cb2。每一行線連接至一各別取樣與保持電路907A、907B。放大器電路901及A/D轉換器902可由兩個行共用。至放大器電路901之輸入可在取樣與保持電路907A與907B之間多工，使得取樣與保持電路907A及907B之輸出在不同時間(例如，循序)連接至放大器電路901。藉由使用共用讀出電路組件(諸如放大器電路901及/或A/D轉換器902)，讀出電路中之組件之數目可被減少，此可減少讀出電路之成本及/或功率消耗。

在某些實施例中，可交替共用放大器電路901之行之取樣階段及保持階段，使得當一行處於取樣階段且不連接至放大器電路901時，另一行處於保持階段，且其取樣與保持電路連接至放大器電路901以放大其先前所取樣之電壓。在圖10F之實施例中，在兩個行之間交替取樣階段及讀取階段，其中上部行在階段1期間處於取樣階段且在階段2期間處於保持階段，且下部行在階段2期間處於取樣階段且在階段1期間處於保持階段。在階段1 ($\phi 1$)期間，藉由接通切換器s1而將來自節點cb1之信號取樣至電容器C1上，且切換器s2關斷、切換器s3關斷，且電容器C2經由接通之切換器s4連接至放大器901。在階段2 ($\phi 2$)期間，藉由接通切換器s3而將來自節點cb2之信號取樣至電容器C2上，切換器s4關斷，切換器s1關斷，且電容器C1經由接通之切換器s2連接至放大器901。由一個以上行共用放大器電路901可減少放大器電路901之停工時間，此乃因放大器電路901在一行之一取樣階段期間不需要閒置。

在某些實施例中，像素陣列之兩個以上行可共用讀出電路901及/或A/D轉換器902。圖10F展示其中像素陣列之 n 個行共用讀出電路901及/或A/D轉換器902之一實施例。電容器C1至C n 可循序連接至讀出電路901以讀出其電壓值。電容器C1至C n 可以任何適合次序連接至讀出電路901。每一行之各別取樣與保持電路之取樣階段可經定時以在其中取樣與保持電路並非正被放大器電路901讀出之一週期期間發生。在某些實施例中且如上文所論述，取樣階段可經定時以在其中放大器電路901正讀出一不同列之一時間間隔期間發生以限制放大器電路901閒置之時間量。舉例而言，如上文所論述，在階段1期間可將來自節點cb1之電壓取樣於電容器C1上。在階段2期間，電容器C1之電壓可由放大器電路901讀出，且可將來自節點cb2之電壓取樣於電容器C2上。在階段3期間，電容器C2之電壓可由放大器電路901讀出，且可將來自一第三節點cb3之電壓取樣於一第三電容器C3上等。在最後一行(列 n)由放大器電路901讀出期間或在最後一行由放大器電路901讀出之後，然後該程序可以開始階段1而重新開始。任何適合數目個行可共用放大器電路901，諸如2個、4個、8個、16個、32個、64個、128個等，或任何其他適合數目(其不一定係2之冪)。

圖10G展示包含放大器電路901之讀出電路之一圖式。在圖10G之實施例中，放大器電路901包含複數個放大器910及911。使用複數個級聯放大器910及911可減少功率消耗，此乃因在使用複數個放大器910及911而非使用一單個放大器來達成相同增益時，達成所要信號增益可以較少功率損耗而達成。

圖10H展示包含放大器電路901之讀出電路之一圖式，放大器電路901具有用於各別行之第一級放大器910A及910B以及由兩個行共用之一

第二級放大器911。一多工器912在不同時間將第一級放大器910A及910B連接至第二級放大器911。在某些實施例中，放大器910A、910B及911可係差動放大器。

圖10I展示包含第一級放大器910A及910B、一第二級放大器911及一第三級放大器912之讀出電路之一圖式。如上文所論述，使用一額外放大器級來達成一所要增益值相對於使用較少放大器級來達成所要增益值可減少功率消耗。在某些實施例中，放大器910A、910B、911及912可係差動放大器。

在某些實施例中，增益可應用於複數個級中之信號鏈中。在某些實施例中，第一級放大器(例如，910A、910B)可具有2或更大之一增益，第二級放大器(例如，911)可具有1至8或更大之一增益，且第三級放大器(例如，912)可具有1至2或更大之一增益，三個級總共2至32或更大之一增益。

在某些實施例中，放大器可具有一可以數位方式程式化之增益。一或多個級之增益可取決於正接收之光之特性而改變。舉例而言，若使用在像素中產生不同回應之一個以上波長之光激發脈衝(例如，雷射脈衝)，則讀出鏈中之一或多個放大器之增益可取決於當前正偵測之光之波長而改變。若一個波長致使產生較小數目個電荷載子，則可增大增益以適應減小之信號位準。若另一波長致使產生較大數目個電荷載子，則可減小增益。在某些實施例中，針對不同波長的讀出鏈之增益可彼此正規化以回應於不同波長而產生相同輸出位準。

讀出電路設計考量

由於在某些實施例中，針對每一時間組格所捕獲之電荷載子之數目

可係相對小的(例如，大約數百個電荷載子)，因此自每一像素所偵測之信號可係相對小的。因此，在某些實施例中，自一像素延續至(且包含)一類比轉數位轉換器之信號鏈可包含低雜訊讀出電路。下文將論述用於限制讀出鏈中之雜訊之技術及電路。

在某些實施例中，對信號之差動處理可減小讀出鏈中之雜訊或使讀出鏈中之雜訊最小化。對信號之差動處理可拒斥可注入至讀出鏈中之共模雜訊。讀出電路可包含一或多個差動組件，諸如一差動取樣與保持電路、差動放大器及/或一差動A/D轉換器。在某些實施例中，可在讀出鏈中儘可能早(例如，儘可能接近像素輸出)地使用差動信號處理以避免將共模雜訊注入至讀出鏈中。在某些實施例中，自一像素輸出至一數位字之整個讀出鏈可由差動電路組件執行。然而，本文中所闡述之技術不限於此，而是在某些實施例中可使用一或多個單端讀出電路組件。

圖10J展示包含一差動取樣與保持電路908及一差動放大器909之由兩個行共用之讀出電路。差動取樣與保持電路908包含用於像素陣列之一第一行之電容器Cin1及用於像素陣列之一第二行之電容器Cin2。差動放大器909包含用於像素陣列之一第一行之電容器Cf1及用於像素陣列之一第二行之電容器Cf2。

圖10K展示在第一行處於取樣階段且第二行處於保持階段時差動取樣與保持電路908及一差動放大器909之一圖式，其中電容器Cin2連接至差動放大器909之輸入。圖10L展示在第二行處於取樣階段且第一行處於保持階段時差動取樣與保持電路908及一差動放大器909之一圖式，其中電容器Cin1連接至差動放大器909之輸入。

圖10M展示包含一差動取樣與保持電路908及一差動放大器909之由

兩個以上行共用之讀出電路。圖10M與圖10F之類似之處在於一差動放大器901由兩個以上行共用，其中使用一差動取樣與保持電路908及一差動放大器909。

暗電流取樣

如熟習此項技術者所理解，「暗電流」係在一光偵測器未偵測光時該光偵測器中所產生之電流。設計用以校正暗電流之效應之一光偵測器可改良光偵測之品質。

在本文中所闡述之經整合裝置之某些實施例中，可使用電荷儲存組格中之一或多者對暗電流進行取樣。舉例而言，一電荷儲存組格可藉由聚集在其中光偵測器未接收光或接收一極低位準之光之一時間週期期間到達之載子而對暗電流進行取樣。在某些實施例(諸如與螢光生命期量測相關之彼等實施例)中，若時序使得一旦光發射機率降低至一可忽略值便發生暗電流，則可使用最後組格(例如，bin3)來對暗電流進行取樣。對暗電流進行取樣可允許自其他組格中之樣本減去暗電流，藉此校正暗電流之效應。

時間組格之數目及時序

可使用任何適合數目個時間組格。在圖3A及圖3B中，已圖解說明具有四個時間組格之一像素之一實例。圖8C展示其中使用八個組格之一曲線圖。然而，具有任何適合數目個時間組格之一像素可基於所要時間解析度及其他因素而產生。增加組格之數目可增加每一像素所佔據之面積，且可藉由減小像素之總數目或藉由使用具有一較小特徵大小之一製作程序而達成。使用小數目個組格可允許增加可裝配在一晶片上之像素之數目。在某些實施例中，可使用一單個組格來判定在一特定時間週期內到達之光子

之數目。組格之數目可至少部分地藉由增加或減小自載子行進/捕獲區域106延伸的製作於晶片上之電荷載子侷限區域之延伸部之數目而增加或減小。因此，電極b0至bm-1、轉移電極等之數目可基於期望包含於一像素中之組格之數目而增加或減小。

可以任何適合方式選擇時間組格之時序。在某些實施例中，時序可藉由設定時間組格之開始與結束時間而選擇，如圖6K中所圖解說明。舉例而言，bin0之時序可藉由選擇t1及t2發生之時間而設定，且其餘組格之時序可以類似方式設定。

在某些實施例中，時間組格之時序可係固定的，使得該時序在每一量測週期中皆相同。該時序可基於一全域時序信號而設定。舉例而言，一時序信號可確立一量測週期之開始，且時間組格可經控制以基於自時序信號以來已經過之一預定時間量而開始及結束。在螢光生命期量測情景中，時間組格之時序可基於預期將偵測之螢光生命期之可能範圍相對於一激發脈衝之時序而設定。在時差測距成像情景中，時間組格之時序可基於將成像之場景之一預期距離範圍而設定。然而，在某些實施例中，時間組格之時序可係可變的或可程式化的。

在某些實施例中，時間組格之時序可基於起始一量測720之一量測週期之一觸發事件702之時序而設定。在螢光生命期量測情景中，時間組格之時序可回應於偵測到激發一螢光團之一激發脈衝之時序而設定。舉例而言，當一光激發脈衝到達像素100時，載子之一突波可自光子吸收/載子產生區域102行進至汲極104。回應於激發脈衝而在汲極104處累積光生載子可導致汲極104之電壓之一改變。因此，在某些實施例中，激發脈衝可藉由偵測汲極104之電壓而偵測。舉例而言，一比較器可比較汲極104之電

壓與一臨限值，且可在汲極104之電壓超過臨限值時產生一脈衝。脈衝之時序可指示觸發事件702之時序，且時間組格之時序(例如， t_1 、 t_2 等)可基於此時序而設定。然而，本文中所闡述之技術不限於此，而是可使用任何適合技術來偵測一量測720之開始。

在某些實施例中，經整合裝置可程式化以能夠改變時間組格之時序。在某些實施例中，時間組格之時序可針對將要執行之一組特定量測而程式化。舉例而言，若將經整合裝置用於第一類型之檢測以量測一第一範圍內之生命期，則時間組格可程式化為適於區別彼範圍內之生命期之值。然而，若將經整合裝置用於另一類型之檢測以量測一不同範圍內之生命期，則時間組格可藉由將時間組格程式化為對應於適於第二類型之檢測之不同時間間隔而改變。

在某些實施例中，可基於一組量測之結果在若干量測之間適應性地控制時間組格之時序。舉例而言，如圖11中所圖解說明，可使用橫跨一相對大時間間隔之一第一組時間組格來執行一第一組量測(量測組A)。可分析到達每一組格之光子之數量以判定是否應對針對時間組格而選擇之時序做出一改變以改良或優化所獲得之時間資訊。在某些實施例中，可分析到達每一組格之光子之數量以判定所關注之一較窄時間間隔。舉例而言，在利用時間組格執行一組量測(如圖11之量測組A中所展示)之後，可判定大量光子在對應於bin2之時間週期中到達且無光子在對應於其他組格之時間週期中到達。然後可針對集中於對應於量測組A之bin2之較窄時間週期之一第二組量測(量測組B)而選擇一第二組時間組格。如圖11中所圖解說明，量測組B在對應於量測組A之bin2之時間週期內具有四個時間組格。藉由利用根據量測組B之時間組格來執行量測，可獲得關於光子之到達時

序之進一步細節。舉例而言，如圖11中所圖解說明，可在一選定時間間隔內獲得關於入射光子之到達時序之較高時間解析度。此一適應性時間組格判定程序可允許使用相對小數目個組格(例如，4個組格)來獲得時間解析度之一位準，否則可需要大數目個組格(例如，16個組格)。

在某些實施例中，時間組格之時序在陣列之所有像素中可係相同的。在某些實施例中，時序在不同像素中可係不同的，使得不同像素將載子捕獲於不同時間組格中。舉例而言，一第一組像素可將載子捕獲於一第一組時間組格中，且一第二組像素可將載子捕獲於至少部分地不同於第一組時間組格之一第二組時間組格中。舉例而言，一列像素關於其時間組格可具有相同時序，且另一列像素關於其時間組格可具有一不同時序。在某些實施例中，一第一組若干列像素(例如，四列)關於其時間組格可具有相同時序，且另一組若干列像素(例如，另外四列)關於其時間組格可具有一不同時序。像素可個別地及/或作為一群組而設定及/或程式化。

具有子像素之像素

波長區別

在某些實施例中，一像素陣列之一像素可包含各自能夠執行不同類型之量測之複數個子像素。一像素中可包含任何數目個子像素。

圖12展示包含四個子像素100A之一像素1100之一實例。在某些實施例中，像素1100中之每一子像素100A可經組態以接收一不同波長之光。舉例而言，可在子像素100A上形成允許不同波長之光子透射至子像素100A之濾光器。舉例而言，一第一波長可透射至一第一子像素100A，一第二波長可透射至一第二子像素100A，一第三波長可透射至一第三子像素100A，且一第四波長可透射至一第四子像素100A。具有經組態以接收

不同波長之光之子像素之一像素1100可允許入射光之時間及光譜區別兩者。在螢光生命期量測情景中，提供時間及光譜區別兩者之能力可允許區別具有不同生命期、不同光譜特性或者不同生命期及不同光譜特性兩者之不同類型之螢光分子及/或標記。

時間區別

在某些實施例中，可控制不同子像素100A以對不同時間間隔之時間組格進行取樣。舉例而言，一第一子像素100A可經組態以對一第一組時間組格進行取樣，且一第二子像素可經組態以對一第二組時間組格進行取樣。不同子像素100A中之類似結構可藉由控制電荷載子偏析結構之時序在不同子像素中係不同的而對不同時間間隔之時間組格進行取樣。

像素陣列/晶片架構

圖13展示根據某些實施例之晶片架構之一圖式。如圖13中所展示，一積體電路或晶片1300可包含一像素陣列1302 (其包含複數個像素100)、一控制電路1304 (其包含一計時電路1306)、電壓/電流偏壓產生電路1305及一介面1308。

像素陣列1302包含以任何適合圖案(舉例而言，諸如一矩形圖案)擺置之一像素陣列100。像素陣列1302可具有任何適合數目個像素。在某些實施例中，像素陣列可具有4096個像素100之一64×64陣列，每一像素101包含四個子像素100A。然而，本文中所闡述之技術不限於像素陣列1302中所包含之像素及子像素之數目或配置。像素陣列可具有用於讀出像素陣列1302之列或行之列及/或行導體。像素可並行地讀出、串行地讀出或以並行及串行之一組合方式讀出。舉例而言，在某些實施例中，可並行地讀出一列像素，且可循序地讀出像素陣列之每一列。然而，本文中所闡述之

技術不限於此，而是可以任何適合方式讀出像素。

像素陣列1302由一控制電路1304控制。控制電路1304可係用於控制晶片1300上之操作(包含像素陣列1302之操作)之任何適合類型之控制電路。在某些實施例中，控制電路1304可包含經程式化以控制像素陣列1302之操作及晶片1300上之任何其他操作之一微處理器。控制電路可包含儲存用於致使微處理器執行此等操作之電腦可讀指令(例如，碼)之一電腦可讀媒體(例如，記憶體)。舉例而言，控制電路1304可控制將產生之電壓施加至每一像素中之電荷載子偏析結構之電極。控制電路1304可改變一或多個電極之電壓(如上文所論述)以捕獲載子、轉移載子及執行像素及陣列之讀出。控制電路可基於一所儲存時序方案而設定電荷載子偏析結構之操作之時序。所儲存時序方案可係固定的、可程式化的及/或適應性的，如上文所論述。

控制電路1304可包含用於對像素之電荷載子偏析結構之操作或晶片之其他操作進行計時之一計時電路1306。在某些實施例中，計時電路1306可使得產生之信號能夠精確地控制電荷載子偏析結構中之電壓改變之時序以準確地對電荷載子進行時間組格化。在某些實施例中，計時電路1306可包含用於精確地設定提供至電荷載子偏析結構之信號之時序之一外部參考時脈及/或一延遲鎖定迴路(DLL)。在某些實施例中，可使用兩個單端延遲線，每一單端延遲線具有一半數目個 180° 異相對準之級。然而，可使用任何適合技術來控制晶片上之信號之時序。

晶片1300可包含用於自晶片1300發送信號、在晶片1300處接收信號或兩者之一介面1308。介面1308可能夠讀出由像素陣列1302感測之信號。可使用一類比介面及/或一數位介面來執行自晶片1300之讀出。若使

用一數位介面來執行自晶片 1300 之讀出，則晶片 1300 可具有用於將自像素陣列 1302 讀出之信號轉換為數位信號之一或多個類比轉數位轉換器。在某些實施例中，讀出電路可包含一可程式化增益放大器。可經由介面 1308 將一或多個控制信號自一外部源提供至晶片 1300。舉例而言，此等控制信號可控制將要執行之量測之類型，其可包含設定時間組格之時序。

對自像素陣列 1302 讀出之信號之分析可藉由晶片上或晶片外之電路而執行。舉例而言，在螢光生命期量測之情景中，對光子到達時序之分析可包含依據光子跨越時間組格之一分佈而粗略估計一或多個螢光生命期。可執行任何適合類型之分析。若在晶片上執行對自像素陣列 1302 讀出之信號之分析，則晶片 1300 可具有用於執行該分析之任何適合處理電路。舉例而言，晶片 1300 可具有用於執行分析之一微處理器，該微處理器係控制電路 1304 之一部分或獨立於控制電路 1304。若在晶片上執行分析，則在某些實施例中，可透過介面 1308 將該分析之結果發送至一外部裝置或以其他方式提供至晶片外。在某些實施例中，可在晶片外執行該分析之全部或一部分。若在晶片外執行分析，則可透過介面 1308 將自像素陣列 1302 讀出之信號及/或由晶片 1300 執行之任何分析之結果提供至一外部裝置。

在某些實施例中，晶片 1300 可包含以下各項中之一或多者：

- 1) 晶片上之以數位方式控制之像素偏壓產生器(DAC)。
- 2) 晶片上之可以數位方式程式化之增益放大器，其將單端像素輸出電壓信號轉換為一差動信號且將增益施加至信號。
- 3) 以數位方式控制之放大器偏壓產生器，其允許隨輸出速率按比例縮放功率損耗。

圖14A展示根據某些實施例之一晶片1300A之一實施例之一圖式，晶片1300A係具有四元像素之一 64×64 陣列之晶片1300之一實例。在圖14A之實施例中，一半之像素輸出信號經由晶片之頂部側而提供，且另一半之像素輸出信號經由晶片之底部側而提供。包含用於設定電荷載子偏析結構之電極之電壓之偏壓電路。

圖14B展示根據某些實施例之一晶片1300B之一實施例之一圖式，晶片1300B係包含 2×2 陣列之晶片1300之一實例，其中每一陣列具有四元像素之 256×64 八元像素陣列。包含帶隙及偏壓電路。包含用於設定像素陣列之電極之高及低電壓之數位轉類比轉換(DAC)，該DAC包含V_{high} DAC及V_{low} DAC。圖14B亦展示光監測感測器1320。每一光監測感測器可包含一光偵測器，諸如一光電二極體。在某些實施例中，每一光監測感測器可包含用於將晶片1300B與一光源對準之光偵測器(例如，光電二極體)之一四元陣列。在其中晶片1300B經組態以用於偵測分子之一實施例中，光監測感測器可使得晶片1300B能夠與自分子所定位之一或多個位置接收光之一波導對準。圖14B中亦展示二極體讀出電路及一二極體選擇暫存器。

上文闡述且各圖中僅以圖解方式展示陣列大小、維度、組格數目及特徵大小之實例，但可使用任何適合陣列大小、維度、組格數目及特徵大小。

實例性積體電路具體化及形成經整合光偵測器之方法

在某些實施例中，晶片1300可使用一標準CMOS (互補金屬氧化物半導體)程序形成於一矽基板中。然而，本文中所闡述之技術不限於此，而是可使用任何適合基板或製作程序。

圖15至圖22圖解說明根據某些實施例之形成一晶片1300之一程序。

圖15A展示可形成於一半導體基板中之電荷侷限區域103之一透視圖。圖15B展示對應於圖15A之一平面圖。在某些實施例中，電荷侷限區域103可形成於一塊狀半導體基板1500中。然而，本文中所闡述之技術不限於使用一塊狀半導體基板，而是可使用任何適合類型之半導體基板。在某些實施例中，基板1500及電荷侷限區域103可由單晶矽形成。然而，本文中所闡述之技術不限於此，而是可使用任何適合類型之半導體材料。在某些實施例中，使用一矽基板可能夠使用一具成本效益之工業標準CMOS程序。然而，可使用任何適合製作程序。在某些實施例中，可使用具有一p型摻雜類型之一塊狀矽基板。然而，可使用任何適合摻雜類型，包含n型摻雜或p型摻雜。

如圖15A中所展示，電荷侷限區域103可係基板1500之一凸起部分。電荷侷限區域103可藉由以下方式而形成：以圖15A及圖15B中所展示之圖案蝕刻掉基板1500之若干區域，藉此留下在基板上方延伸之凸起電荷侷限區域103。然後可在電荷侷限區域103之上方及側邊形成一絕緣層。舉例而言，在某些實施例中，可藉由熱生長在電荷侷限區域103上形成一個氧化矽絕緣層。然而，可使用任何適合技術來形成絕緣層，且該絕緣層可包含任何適合絕緣材料。

如圖16中所展示，可藉由形成一經圖案化多晶矽層1601而在絕緣層上方形成如圖3B中所圖解說明之電極。該等電極可彼此間隔開以允許不同電極處於不同電壓。該等電極可由任何適合導電材料形成。在某些實施例中，電極可由經摻雜多晶矽形成。然而，本文中所闡述之技術不限於形成多晶矽電極，而是可使用任何適合導電材料來形成電極(例如，一金

屬)。可在經圖案化多晶矽層1601上方形成導電導通體1701以透過上覆於經圖案化多晶矽層1601上之一絕緣層(未展示)而接觸多晶矽層1601。導電導通體1701可由任何適合導體形成。

在某些實施例中，(例如，多晶矽層1601之)一或多個電極可係具有p型及n型摻雜劑兩者之經分開摻雜電極。一經分開摻雜電極可能夠形成一電位井以捕獲一載子，如圖17中所圖解說明。圖17展示具有一p+區域及一n+區域之一經分開摻雜電極2302。n+區域及p+區域在下伏半導體中產生不同電位位準。如圖17中所展示，經分開摻雜電極2302之n+區域可在n+區域下方產生可侷限電荷載子(例如，電子)之一電位井。圖17圖解說明：使經分開摻雜電極2302之電壓保持為高可產生如以虛線所展示之一電位梯度，該電位梯度可將電荷載子(例如，電子)侷限於一電位井2304中。舉例而言，降低經分開摻雜電極2302之電壓可提升經分開摻雜電極2302下方之電位以能夠將電位井2304中所陷獲之電荷轉移至一電荷儲存組格。

摻雜劑可形成於半導體材料中以能夠形成讀出電路110之電晶體。在某些實施例中，可在電荷侷限區域103上方安置一遮罩以防止在讀出電路110之電晶體之形成期間摻雜電荷侷限區域103，此乃因摻雜電荷侷限區域103可在電荷侷限區域103中形成不期望電位井。

圖18展示在經圖案化多晶矽層1601上方形成一金屬層1801 (例如，金屬1)以連接至導通體1701。圖19展示覆蓋於多晶矽層1601及電荷侷限區域103上之金屬層1801。

圖20展示形成用以接觸金屬層1801之導通體1901。導電導通體1901可形成於金屬層1801上方以透過上覆於金屬層1801上之一絕緣層(未展示)

而接觸金屬層1801。圖20亦展示在金屬層1801及導通體1901上方形成一第二金屬層2001 (例如，金屬2)。

圖21展示第二金屬層2001以及在金屬層2001上方形成導通體2101以透過上覆於金屬層2001上之一絕緣層(未展示)而接觸金屬層2001。

圖22展示在金屬層2001及導通體2101上方形成一第三金屬層2201 (例如，金屬3)以接觸導通體2101。

以圖解方式闡述前述程序，但此處所闡述之技術不限於任何特定製作程序。此外，本文中所闡述之技術不限於所展示之特定佈局。

電荷載子偏析結構之驅動電路

上覆於基板上之電荷載子偏析結構之電極可具有一實質寄生電容。改變電極上之電壓需要對寄生電容進行充電或放電。電流可被提供以對寄生電容進行充電或放電之速度會限制可改變一電極之電壓之速度。如上文所論述，在某些實施例中，可以奈秒或皮秒解析度將電荷載子捕獲及轉移至時間組格中。發明人已認識並瞭解到，若電極b0至bm-1之電壓較迅速地改變，藉此在精確時刻提升電位障壁，則可捕獲電荷載子之時序可具有一較高精確度。然而，電極b0至bm-1上之電壓之改變速率係受限的，此歸因於電壓供應器與電極b0至bm-1之間的連接之寄生電感及等效串聯電阻(ESR)。

此外，對電極之寄生電容進行充電及放電可消耗顯著功率。對一電極進行充電及放電所損耗之功率為 $P_{\text{diss}} = (1/2) f \cdot C \cdot V^2$ ，其中C係電極與基板之間的電容，V係電極與基板之間的電壓差，且f係電壓切換之頻率。

圖23展示根據某些實施例之用於驅動電荷載子偏析結構之一電極2301之一驅動電路2300之一實例。電極2301圖解說明為圖23中之一電容

器。如上文所論述，電極2301可在選定時間被驅動為一相對低電壓 V_{low} 及一相對高電壓 V_{high} 。驅動電路2300包含產生高電壓 V_{high} 之一VdacH產生器2302及產生低電壓 V_{low} 之一VdacL產生器2304。在某些實施例中， V_{low} 與 V_{high} 之間的差對於電極可係儘可能小的以按所設計之方式影響電荷載子，藉此減小功率損耗或使功率損耗最小化。在某些實施例中，VdacH產生器2302及/或VdacL產生器2304可係可產生所要電壓 V_{low} 及/或 V_{high} 且可允許改變 V_{low} 及/或 V_{high} 之可程式化電壓產生器。

驅動電路2300亦包含可產生電極2301之時序電壓轉變之一時序信號之Bclk產生器2306。Bclk產生器2306可係可程式化的，且可允許基於一輸入數位字而以數位方式選擇時序信號之邊緣發生之時間。在某些實施例中，Bclk產生器2306可使用一延遲鎖定迴路(DLL)而實施，如上文所論述。來自Bclk產生器2306之時序信號被提供至驅動電極2301之Bclk驅動器2312之輸入。

驅動電路2300亦包含一VdacH放大器2308及一VdacL放大器2310。VdacH放大器2308接收來自VdacH產生器之一信號且使用回饋來控制電晶體2314以將電壓VdacH提供至Bclk驅動器2312之高功率供應器端子。VdacH放大器2308亦將電容器1312A充電至電壓VdacH。VdacL放大器2310接收來自VdacL產生器之一信號且使用回饋來控制電晶體2316以將電壓VdacL提供至Bclk驅動器2312之低功率供應器端子。VdacL放大器2310亦將電容器1312B充電至電壓VdacL。

如上文所論述，電極2301可具有實質電容。為供應足以對電極2301進行高速充電之電流，可提供解耦電容器1312A與1312B以在轉變期間將電流供應至Bclk驅動器2312之低功率供應器端子或Bclk驅動器2312之高

功率供應器端子。

解耦電容器可緊接近電極而定位以限制電極與解耦電容器之間的寄生電感及等效串聯電阻(ESR)。當將一電極之電壓改變為一新電壓時，電極在新電壓下連接至解耦電容器以透過具有低寄生電感及/或等效串聯電阻(ESR)之一電流路徑將電流供應至電極，使得可迅速地改變電極之電壓。在某些實施例中，解耦電容器可足夠靠近電極而定位，使得解耦電容器與電極之間的寄生電感小於3nH、小於2nH或小於1nH。在某些實施例中，解耦電容器與電極之間的電流路徑的等效串聯電阻(ESR)小於70歐姆、小於35歐姆或小於5歐姆。然而，此等值僅以實例方式提供，但本文中所闡述之技術不限於電感或電阻之特定值。

在某些實施例中，電極b0至bm-1可連接至一或多個解耦電容器。在某些實施例中，每一電極b0至bm-1可具有其自身解耦電容器。舉例而言，在某些實施例中，一電極可具有耦合在電極之高電壓供應器與低電壓供應器之間的一單個解耦電容器，或分別耦合至高電壓供應器及低電壓供應器之兩個解耦電容器。然而，本文中所闡述之技術不限於此。電荷載子偏析結構之電極中之任一者或全部可連接至解耦電容器。

解耦電容器可具有任何適合電容值。在某些實施例中，一解耦電容器之電容值為其將連接至之電極之電容之十倍至一百倍。在某些實施例中，一解耦電容器之電容可為至少150 pF、至少300 pF或至少3 nF或更高。然而，此等值僅以實例方式提供，但本文中所闡述之技術不限於電容之特定值。

一解耦電容器可位於晶片上或晶片外。圖24展示其中晶片1300被貼附至一印刷電路板1310之一實施例，此可稱為一「板上晶片」或「板上

晶粒」實施方案。線結合可將晶片1300連接至印刷電路板1310上之一或多個解耦電容器1312，藉此在晶片1300之一電極與一解耦電容器1312之間提供具有低寄生電感及/或等效串聯電阻(ESR)之電流路徑。在某些實施例中，晶片外解耦電容器可定位於晶片1300之1 cm內或5 mm內或更近。然而，本文中所闡述之技術不限於此。如上文所提及，解耦電容器可形成於晶片1300上。

如上文所論述，對電荷載子偏析結構之電極進行充電及放電可損耗顯著功率。在某些實施例中，可停用晶片1300之一或多個列像素及其對應電極，此可限制晶片1300之功率消耗。晶片1300在此方面可係可程式化的，且可允許選擇將啟用或停用哪些列。啟用及停用之列可隨時間而改變。

圖25圖解說明啟用晶片之一中心區域中之32個列及停用晶片之邊緣處之48個列。停用晶片之一或多個列可允許減小其中並不需要晶片之全部列之情境及應用中之功率消耗。

額外態樣

在某些實施例中，本文中所闡述之技術可使用一或多個計算裝置而實施。實施例不限於以任何特定類型之計算裝置進行操作。

圖26係一說明性計算裝置1000之一方塊圖，該說明性計算裝置可用於實施用於控制像素陣列或用於執行對來自像素之資料之分析之一控制電路。計算裝置1000可包含一或多個處理器1001及一或多個有形非暫時性電腦可讀儲存媒體(例如，記憶體1003)。記憶體1003可將在執行時實施上文所闡述功能性中之任一者之電腦程式指令儲存於一有形非暫時性電腦可記錄媒體中。處理器1001可耦合至記憶體1003且可執行此等電腦程式指

令以致使實現並執行該功能性。

計算裝置1000亦可包含計算裝置可經由其與其他計算裝置通信(例如，經由一網路)之一網路輸入/輸出(I/O)介面1005，且亦可包含計算裝置可經由其向一使用者提供輸出及接收來自一使用者之輸入之一或多個使用者I/O介面1007。使用者I/O介面可包含若干裝置，諸如一鍵盤、一滑鼠、一麥克風、一顯示裝置(例如，一監測器或觸控螢幕)、揚聲器、一相機及/或各種其他類型之I/O裝置。

上文所闡述實施例可以眾多方式中之任一者實施。舉例而言，實施例可使用硬體、軟體或其一組合而實施。當以軟體實施時，無論是否提供於一單個計算裝置中或分佈於多個計算裝置當中，軟體碼皆可在任何適合處理器(例如，一微處理器)或處理器集合上執行。應瞭解，執行上文所闡述功能之任何組件或組件集合可一般視為控制上文所論述功能之一或多個控制器。一或多個控制器可以眾多方式實施，諸如利用專用硬體，或利用使用微碼或軟體來程式化以執行以上所述功能之一般用途硬體(例如，一或多個處理器)。

為此，應瞭解，本文中所闡述之實施例之一項實施方案包括編碼有一電腦程式(亦即，複數個可執行指令)之至少一個電腦可讀儲存媒體(例如，RAM、ROM、EEPROM、快閃記憶體或其他記憶體技術、CD-ROM、數位多功能碟片(DVD)或其他光碟儲存裝置、磁卡、磁帶、磁碟儲存裝置或其他磁性儲存裝置或者其他有形非暫時性電腦可讀儲存媒體)，該電腦程式在於一或多個處理器上執行時執行一或多項實施例之上文所論述功能。電腦可讀媒體可係可移式的，使得其上所儲存之程式可加載至任何計算裝置上以實施本文中所論述之技術之態樣。另外，應瞭解，

對在執行時執行上文所論述功能中之任一者之一電腦程式之提及不限於在一主機電腦上運行之一應用程式。而是，本文中以一通用意義使用術語電腦程式及軟體來提及可用於程式化一或多個處理器以實施本文中所論述之技術之態樣之任何類型之電腦程式碼(例如，應用軟體、韌體、微碼或任何其他形式之電腦指令)。

本發明之各種態樣可單獨地使用、以組合方式使用或以前述內容中所闡述之實施例中未具體論述之多種配置使用，且因此在其應用中並非限於前述說明中所陳述或圖式中所圖解說明之細節及組件配置。舉例而言，在一項實施例中所闡述之態樣可與在其他實施例中所闡述之態樣以任何方式組合。

在申請專利範圍中使用諸如「第一」、「第二」、「第三」等次序術語來修飾一請求項元素本身並不意味著任何優先權、優先級或一個請求項元素優於另一請求項元素之次序或者執行一方法之動作之時間次序，而是僅用作用以區分具有一特定名稱之一個請求項元素與具有一相同名稱之另一元素(若不使用次序術語)之標記以區分請求項元素。

同樣，本文中所使用之措辭及術語係出於說明目的且不應視為限制性的。「包含」、「包括」或「具有」、「含有」、「涉及」及其變化形式在本文中之使用意欲涵蓋其後所列之項目及其等效物以及額外項目。

【符號說明】

100	像素
100A	像素/子像素/第一子像素/第二子像素/第三子像素/第四子像素
101	載子

101A	電荷載子/載子
101B	載子/電荷載子
102	光子吸收/載子產生區域/光子吸收/載子產生區/區域
102A	光子吸收/載子產生區/區域
103	電荷載子侷限區域/電荷侷限區域/電荷載子侷限區/載子侷限區/凸起電荷侷限區域
104	汲極
106	載子行進/捕獲區域/載子行進/捕獲區/區域
106A	載子行進/捕獲區/區域
108	載子儲存區域/電荷載子儲存區/電荷載子儲存區域
108A	載子儲存區域/電荷載子儲存區域
110	讀出電路/讀出區域
110A	讀出區域
120	光源
121	光罩
302	外電極
304	電極
501	電位障壁
502	電位障壁
503	電位障壁
504	電位障壁
505	電位障壁
901	放大器電路/放大器/讀出電路/差動放大器

902	類比轉數位轉換器
905	相關聯讀出電路/共同讀出電路/讀出電路
905A	讀出電路
905B	讀出電路
905C	行讀出電路
905D	讀出電路
906	交換網路
906A	交換網路
906B	交換網路
907	取樣與保持電路
907A	取樣與保持電路
907B	取樣與保持電路
908	差動取樣與保持電路
909	差動放大器
910	放大器/級聯放大器
910A	第一級放大器/放大器
910B	第一級放大器/放大器
911	放大器/級聯放大器/第二級放大器
912	多工器/第三級放大器
1000	說明性計算裝置/計算裝置
1001	處理器
1003	記憶體
1005	網路輸入/輸出介面

1007	使用者輸入/輸出介面
1100	像素
1300	積體電路/晶片
1300A	晶片
1300B	晶片
1302	像素陣列
1304	控制電路
1305	電壓/電流偏壓產生電路
1306	計時電路
1308	介面
1310	印刷電路板
1312	解耦電容器
1312A	電容器/解耦電容器
1312B	電容器/解耦電容器
1320	光監測感測器
1500	塊狀半導體基板/基板
1601	經圖案化多晶矽層/多晶矽層
1701	導電導通體/導通體
1801	金屬層
1901	導通體/導電導通體
2001	第二金屬層/金屬層
2101	導通體
2201	第三金屬層

2300	驅動電路
2301	電極
2302	經分開摻雜電極/VdacH產生器
2304	電位井/VdacL產生器
2306	Bclk產生器
2308	VdacH放大器
2310	VdacL放大器
2312	Bclk驅動器
2314	電晶體
2316	電晶體
2701	激發光源
2702	患者
2703	發光分子/經激發發光分子
2704	激發光
2705	光子
2706	光學組件
2706a	鏡
2707	經整合光偵測器
2709	成像系統
2710	成像裝置
2711	機械支座
2712	樣本
2713	處理器

2714	顯示裝置
2801	影像
2802	部分
A	機率曲線
A-A'	線
B	機率曲線
b0至bm	電極
B-B'	線
C1至Cn	行/電容器
cb	輸出電壓/節點/讀出端子
cb1	像素節點/節點
cb2	像素節點/節點
Cf1	電容器
Cf2	電容器
Cin1	電容器
Cin2	電容器
ct	重設電壓
fd	浮動擴散節點/浮動擴散部
I ₁	強度
I ₂	發光能量
Ri	選定列/列
rs	選擇電晶體/電晶體
rt	重設電晶體/電晶體

s1	切換器
s2	切換器
s3	切換器
s4	切換器
sf	放大電晶體/電晶體
st0	電極
st1	電極
t1	時間
t2	時間
t3	時間
t4	時間
t5	時間
t6	時間
t7	時間
t8	時間
t9	時間
tx0至tx3	電極/轉移閘極
Vb0至Vbn	電極
VdacH	電壓
VdacL	電壓
$\phi 1$	取樣階段/階段1
$\phi 2$	保持階段/階段2

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種輝度生命期成像之方法，其包括：

在一經整合光偵測器處接收來自一患者的眼睛中的發光分子之入射光子，該等入射光子係透過一定點照護裝置之一或多個光學組件而被接收，該定點照護裝置經組態以將該患者的眼睛的至少一部份成像；及

使用該經整合光偵測器來偵測該等入射光子之到達時間，以基於該等入射光子之該等到達時間，將回應於接收該等入射光子而產生的電荷載子選擇性地引導至至少一或多個電荷載子儲存區域中。

【第2項】

如請求項1之方法，其進一步包括：基於該等到達時間而區別該等發光分子之輝度生命期特性。

【第3項】

如請求項1或2之方法，其進一步包括：使用該等輝度生命期特性來產生該患者的眼睛的至少一部份的一影像。

【第4項】

如請求項3之方法，其中該影像基於該等輝度生命期特性而指示該患者的眼睛的病態組織之一存在。

【第5項】

如請求項4之方法，其中該影像指示黑色素瘤、一腫瘤、一細菌感染或一病毒感染之一存在。

【第6項】

如請求項1或2之方法，其中該等入射光子係自該患者的眼睛的組織

而接收。

【第7項】

如請求項6之方法，其進一步包括：照射該患者的眼睛的該組織以激發該等發光分子。

【第8項】

如請求項1之方法，其中偵測該等入射光子之該等到達時間進一步包括：使用該經整合光偵測器，將回應於接收來自該等發光分子之該等入射光子而產生的電荷載子收集在該至少一或多個電荷載子儲存區域中，該等發光分子各別回應於對該患者的眼睛中的該等發光分子的複數個激發。

【第9項】

如請求項8之方法，其進一步包括：執行該至少一或多個電荷載子儲存區域的讀出以獲得測得收集該等電荷載子的信號。

【第10項】

如請求項1之方法，其進一步包括：消除在激發該患者的眼睛中的該等發光分子的一光激發脈衝期間產生的該等電荷載子。

【第11項】

一種輝度生命期成像之方法，其包括：

至少部分地使用一積體電路來偵測一患者的眼睛的組織之輝度生命期特性，該積體電路經組態至少部分地透過基於該等入射光子之該等到達時間以將該患者的眼睛的至少一部份成像，將電荷載子選擇性地收集至至少一或多個電荷載子儲存區域中，來偵測來自該患者的眼睛的該組織之入射光子之到達時間，及

基於該等輝度生命期特性而分析血糖。

【第12項】

如請求項11之方法，其進一步包括：透過一定點照護裝置之一或多個光學組件而接收來自該患者的眼睛的該組織之該等入射光子。

【第13項】

如請求項11之方法，其中該分析包括：判定一血糖濃度。

【第14項】

一種定點照護裝置，其包括：

一或多個光學組件；

一經整合光偵測器，其經組態以將該患者的眼睛的至少一部份成像，其至少部分地透過：

透過該一或多個光學組件而接收來自該患者的眼睛中的發光分子之入射光子；及

基於該等入射光子之該等到達時間，將回應於接收該等入射光子而產生的電荷載子選擇性地引導至至少一或多個電荷載子儲存區域中；以及

一處理器，其經組態以在該經整合光偵測器處偵測該等所接收入射光子之到達時間以執行該患者的眼睛的輝度生命期成像。

【第15項】

如請求項14之定點照護裝置，其中該處理器進一步經組態以基於該等到達時間而區別該等發光分子之輝度生命期特性。

【第16項】

如請求項14或15之定點照護裝置，其中該處理器經組態以使用該等輝度生命期特性來產生該患者的眼睛的至少一部份的一影像。

【第17項】

如請求項16之定點照護裝置，其中該影像基於該等輝度生命期特性而指示該患者的眼睛的病態組織之一存在。

【第18項】

如請求項17之定點照護裝置，其中該影像指示黑色素瘤、一腫瘤、一細菌感染或一病毒感染之一存在。

【第19項】

如請求項14或15之定點照護裝置，其中該等入射光子係自該患者的眼睛的組織而接收。

【第20項】

如請求項19之定點照護裝置，其進一步包括經組態以照射該患者的眼睛的該組織以激發該等發光分子之一激發光源。

【第21項】

如請求項14之定點照護裝置，其中該經整合光偵測器進一步經組態以將回應於接收來自該患者的眼睛中的該等發光分子之該等入射光子而產生的電荷載子收集在該至少一或多個電荷載子儲存區域中，該等發光分子各別回應於對該等發光分子的複數個激發。

【第22項】

如請求項14之定點照護裝置，其中該至少一或多個電荷載子儲存區域包括複數個電荷載子儲存區域，其經組態以儲存在激發該患者的眼睛中的該等發光分子之後的不同時間間隔期間產生的電荷載子。

【第23項】

如請求項14之定點照護裝置，其中該經整合光偵測器進一步經組態

以消除在激發該患者的眼睛中的該等發光分子的一光激發脈衝期間產生的該等電荷載子。

【第24項】

一種定點照護裝置，其包括：

一或多個光學組件；

一經整合光偵測器，其經組態以將該患者的眼睛的至少一部份成像，其至少部分地透過：

透過該一或多個光學組件而接收來自該患者的眼睛中的發光分子之入射光子；及

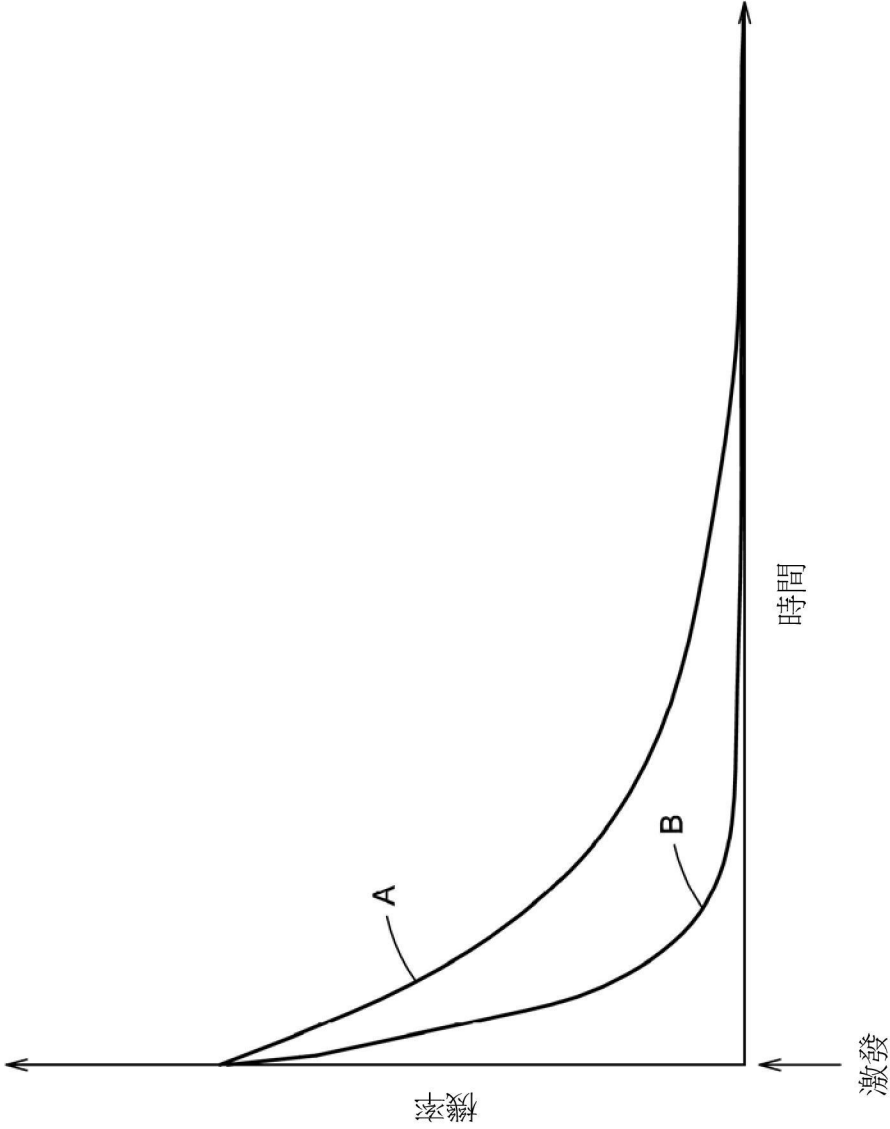
基於該等入射光子之該等到達時間，將回應於接收該等入射光子而產生的電荷載子選擇性地引導至至少一或多個電荷載子儲存區域中；以及

一處理器，其經組態以藉由至少部分地偵測來自該患者的眼睛的組織之入射光子之到達時間而偵測該患者的眼睛的該組織之輝度生命期特性，且其中該處理器進一步經組態以基於該等輝度生命期特性而分析血糖。

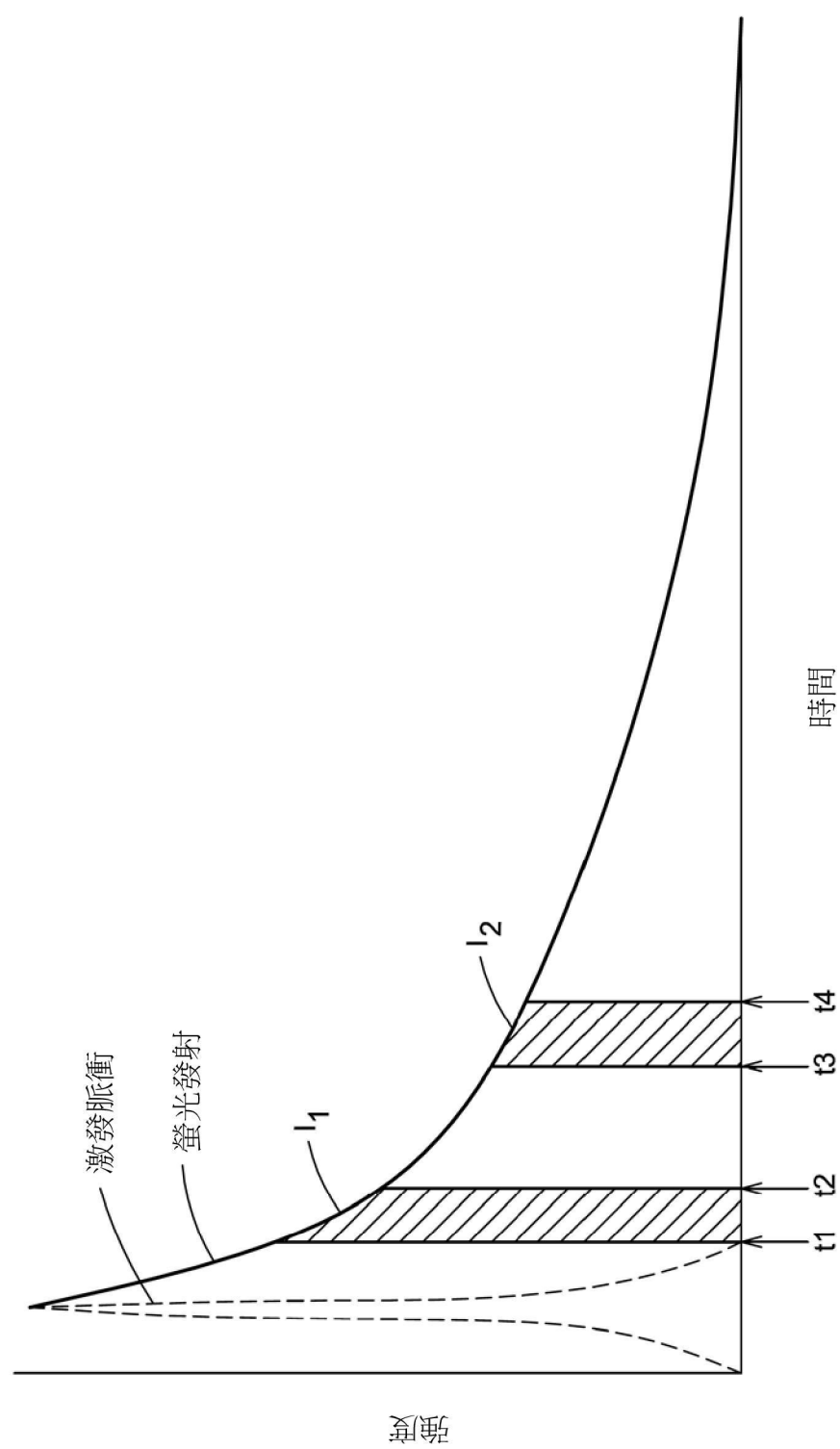
【第25項】

如請求項24之定點照護裝置，其中該處理器進一步經組態以判定一血糖濃度。

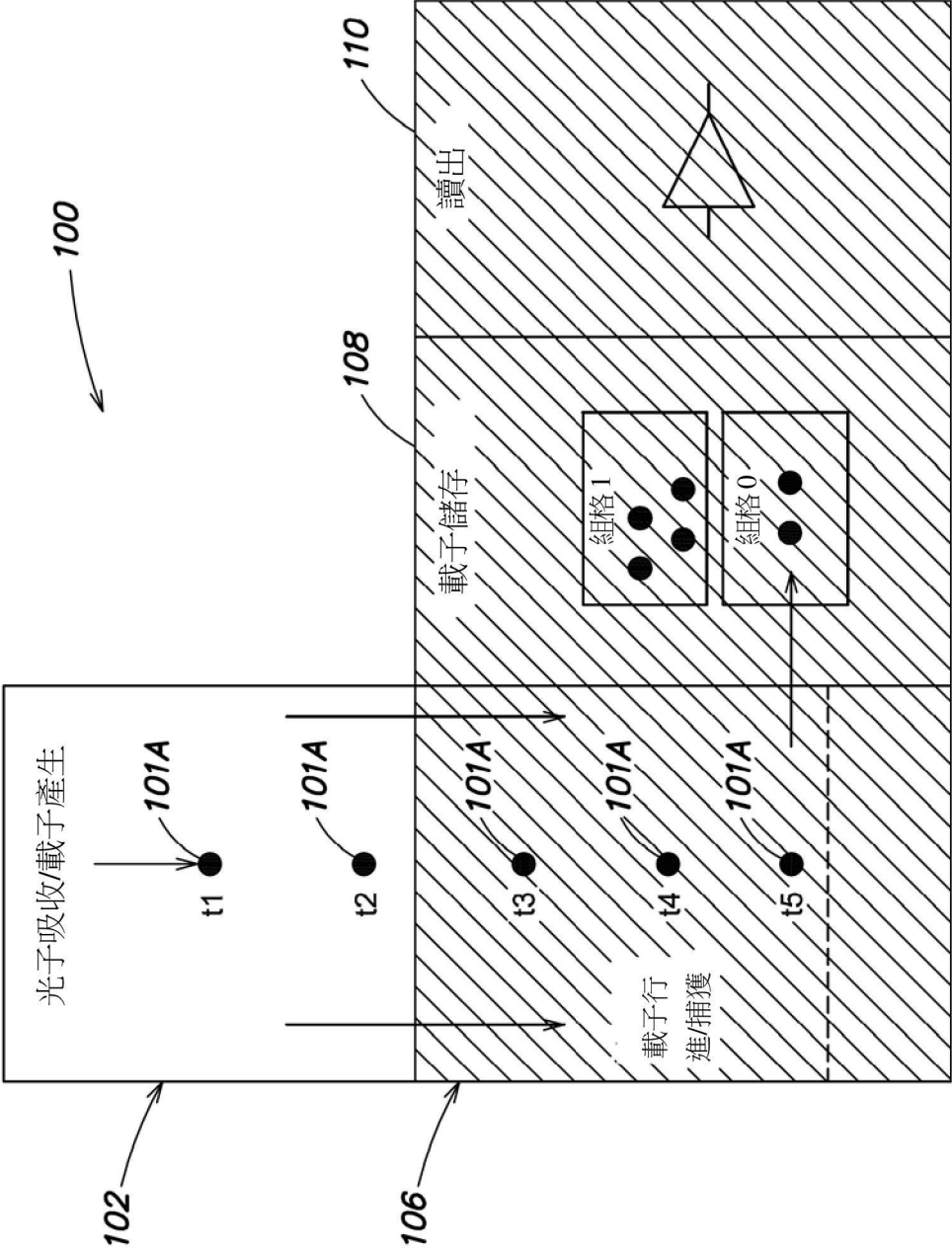
【發明圖式】



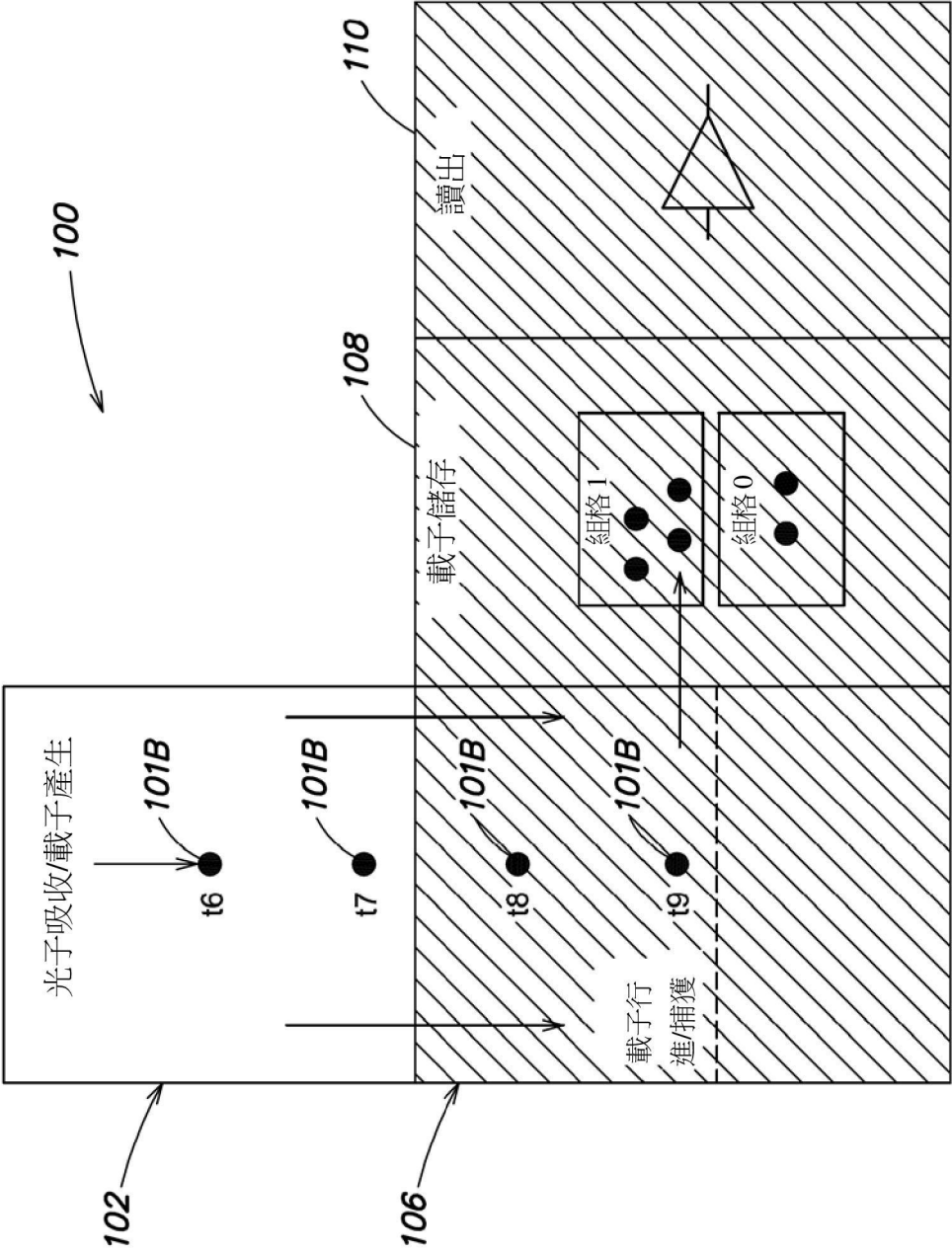
【圖 1A】



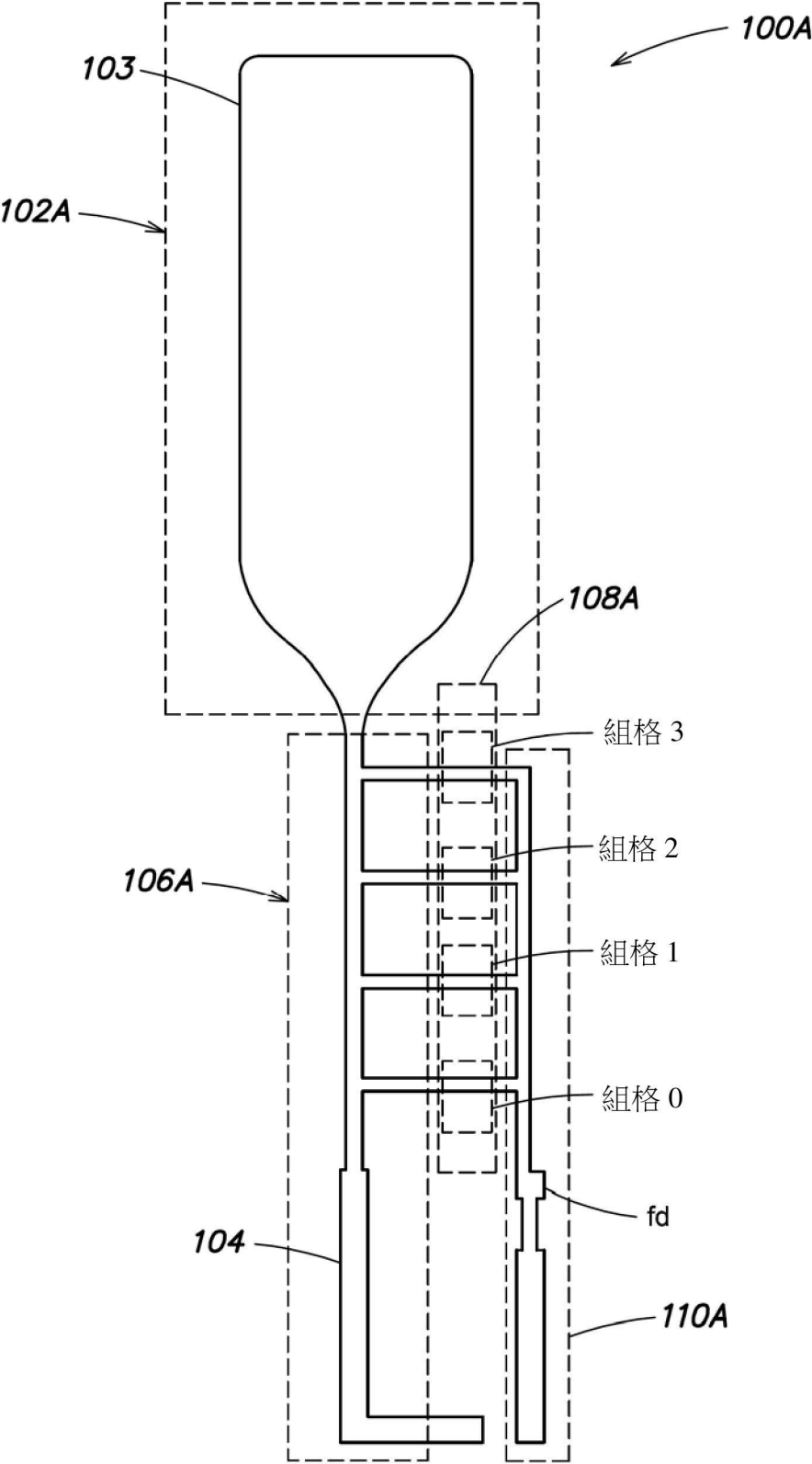
【圖 1B】



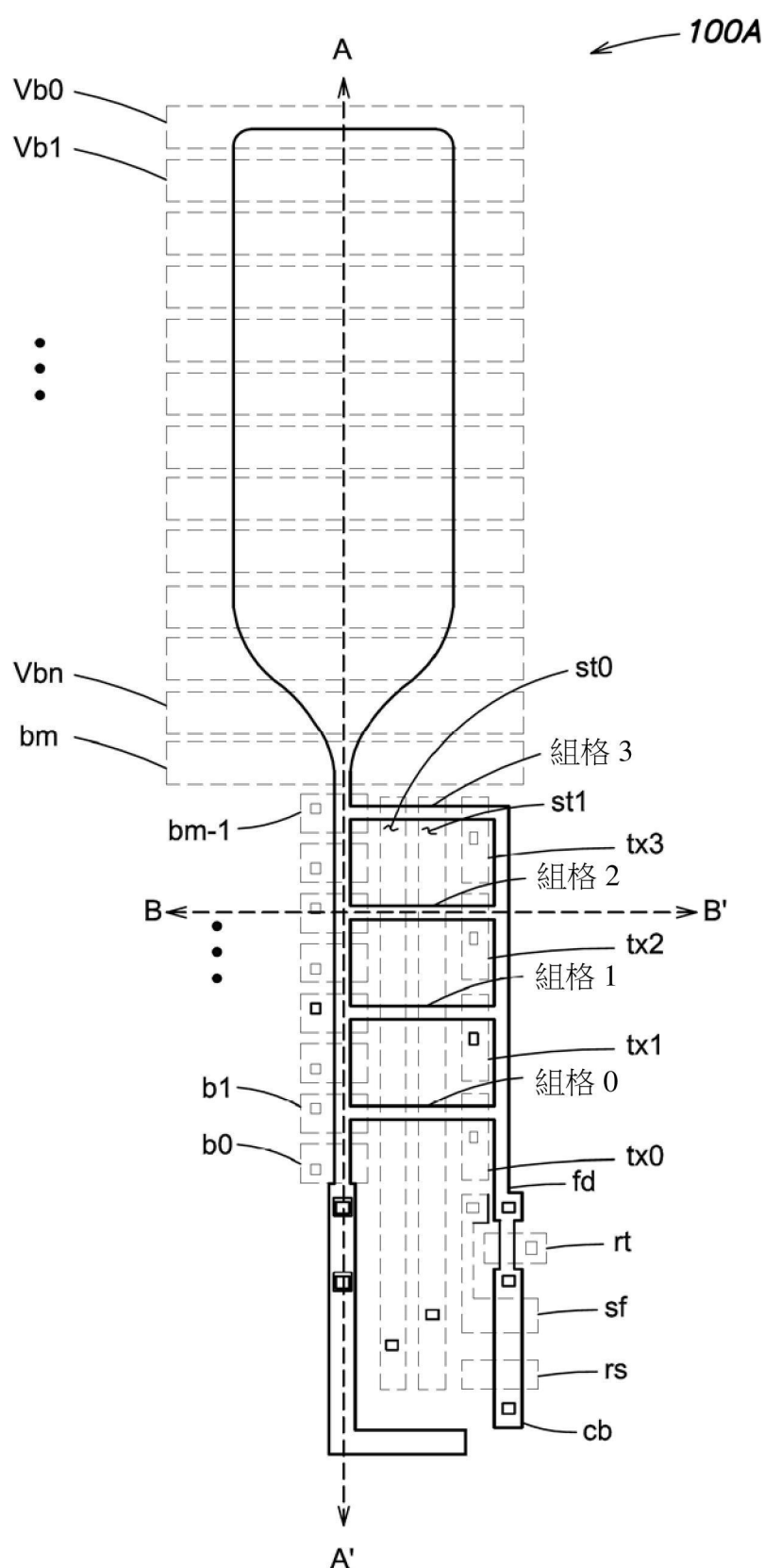
【圖 2A】



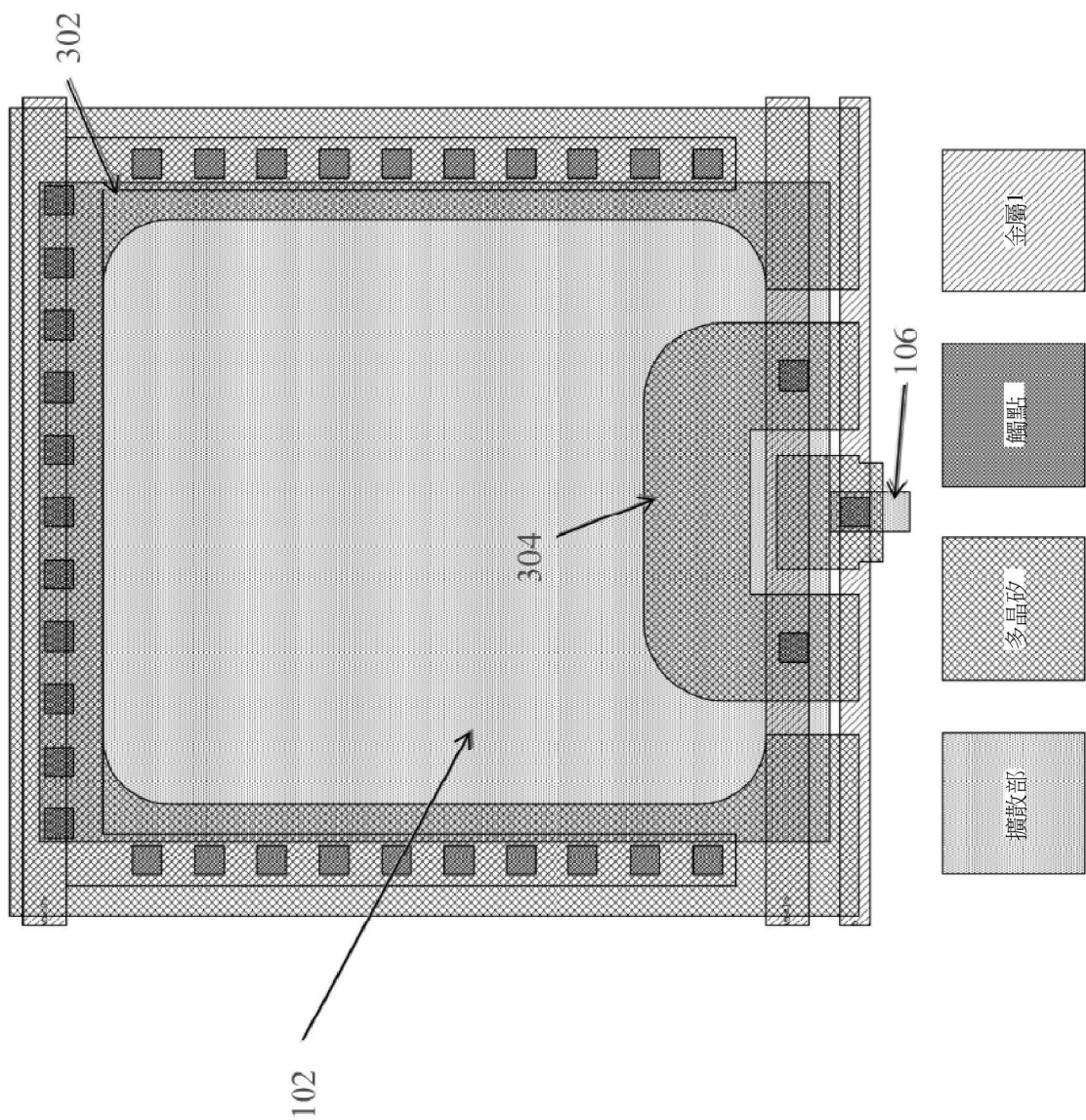
【圖 2B】



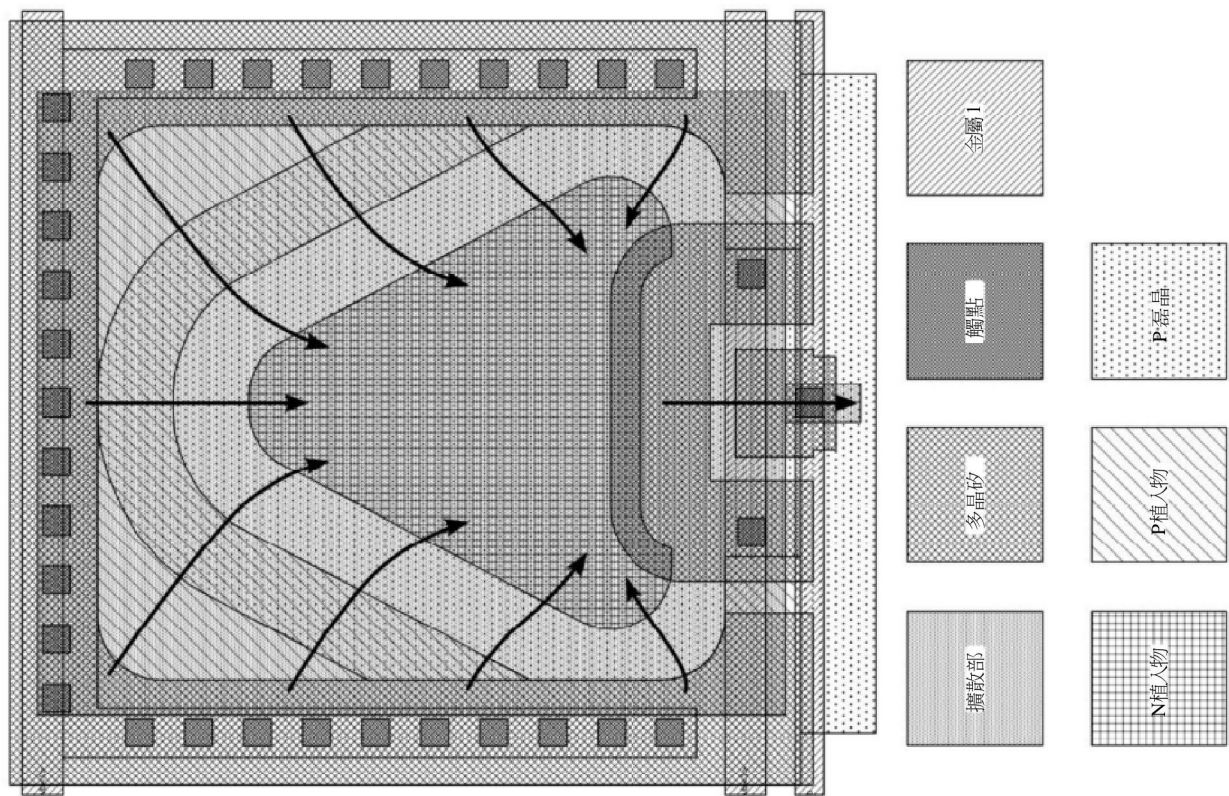
【圖 3A】



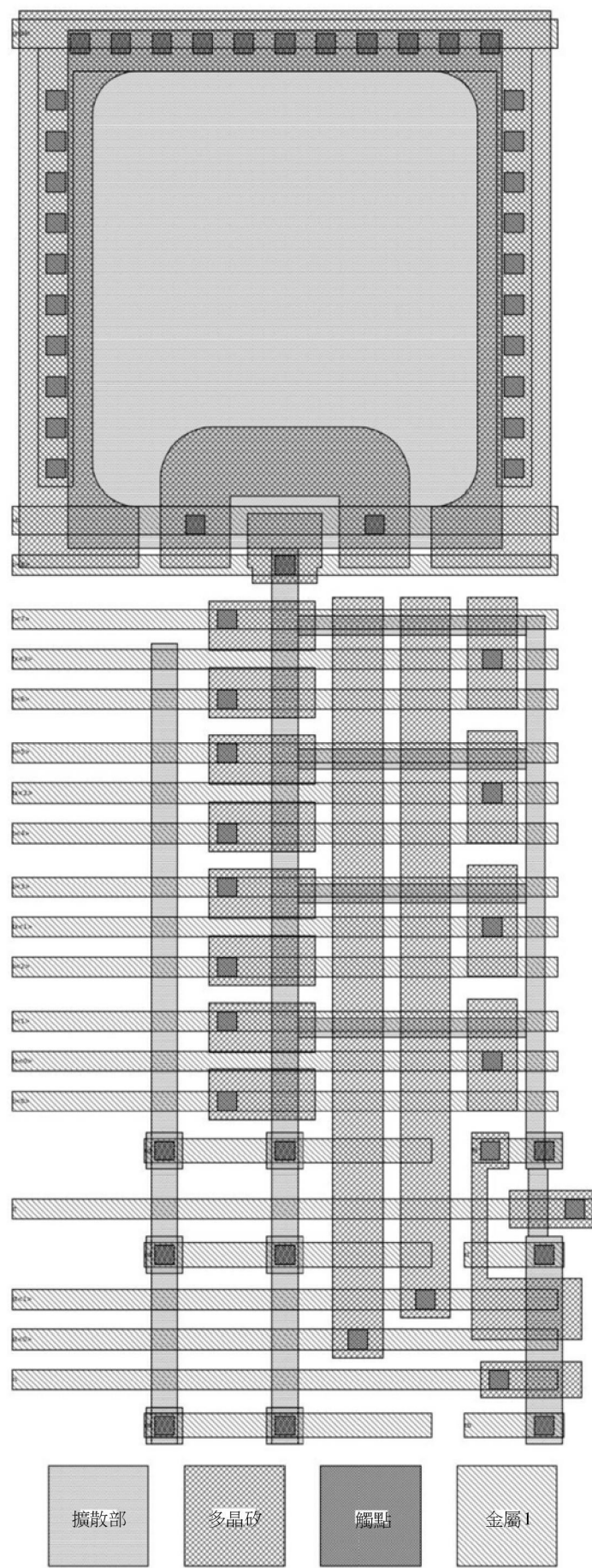
【圖 3B】



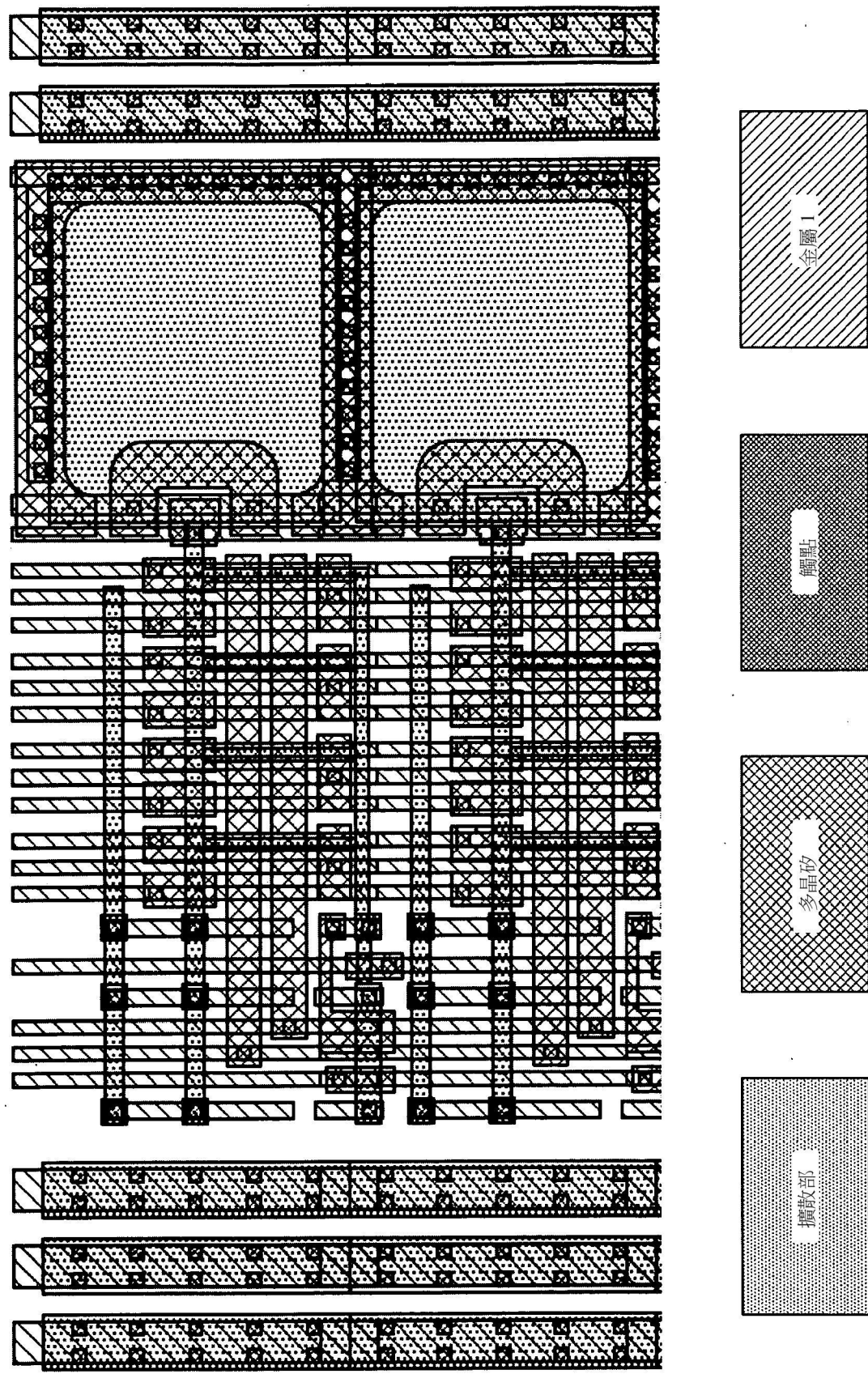
【圖 3C】



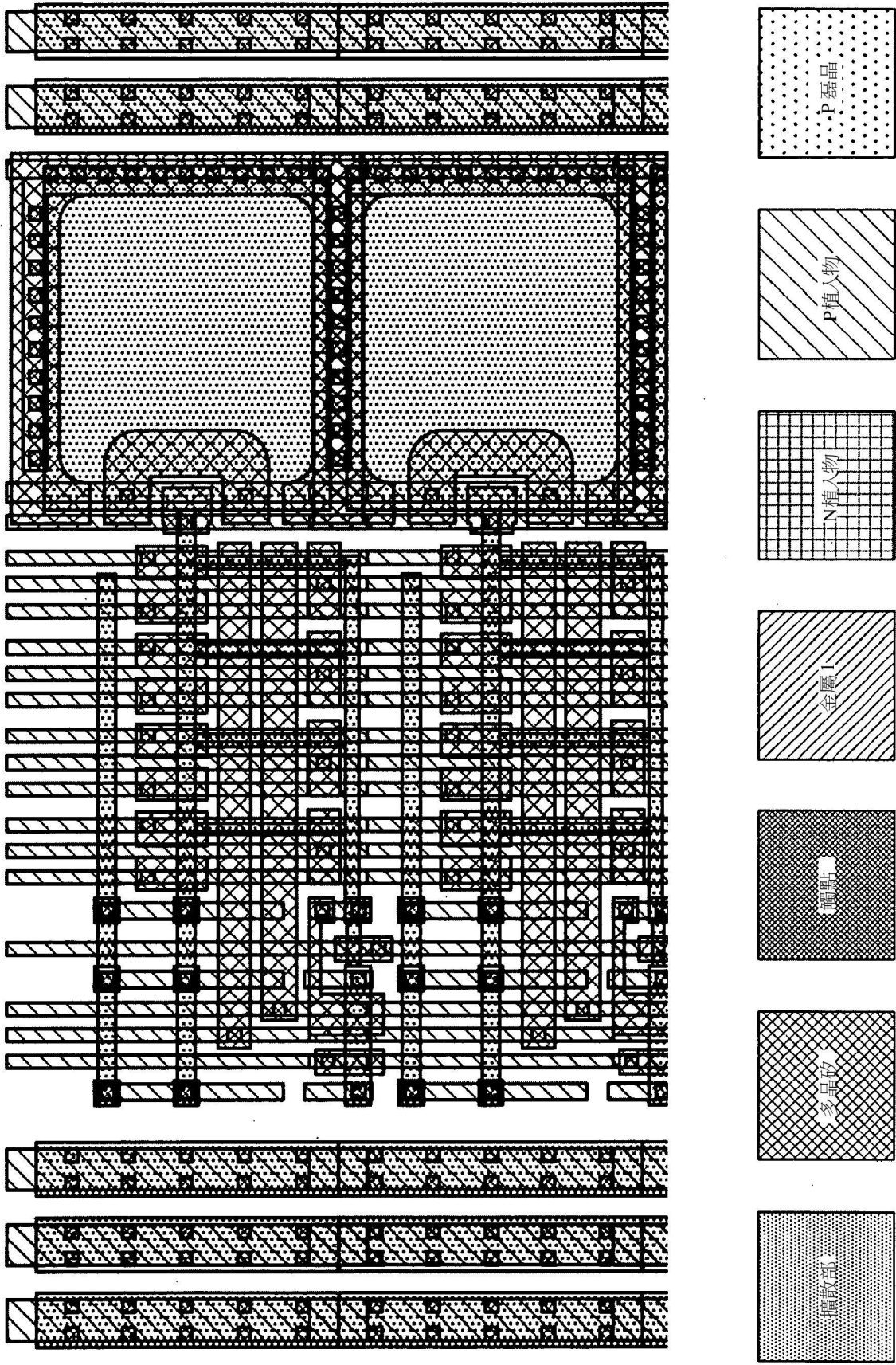
【圖 3D】



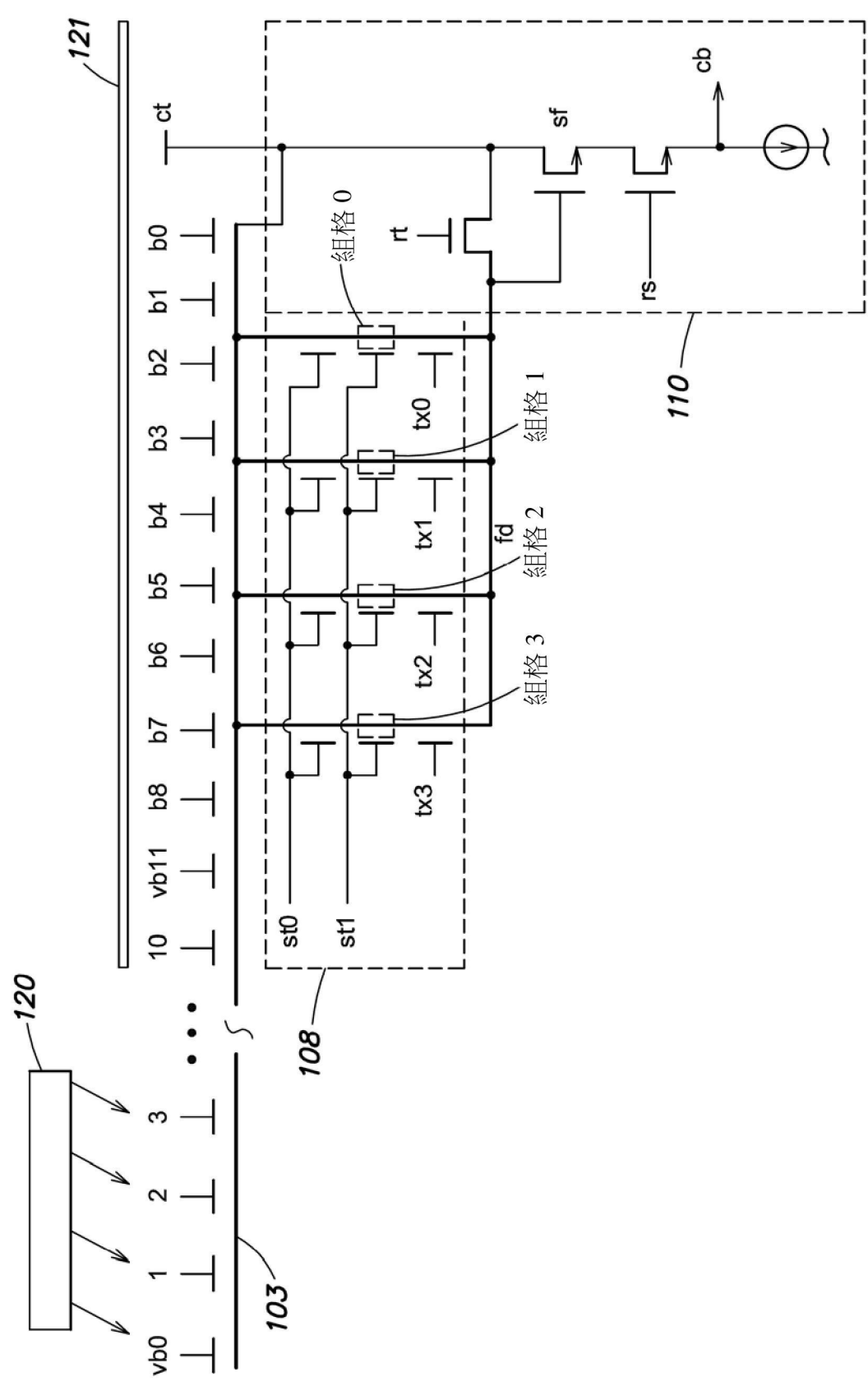
【圖 3E】



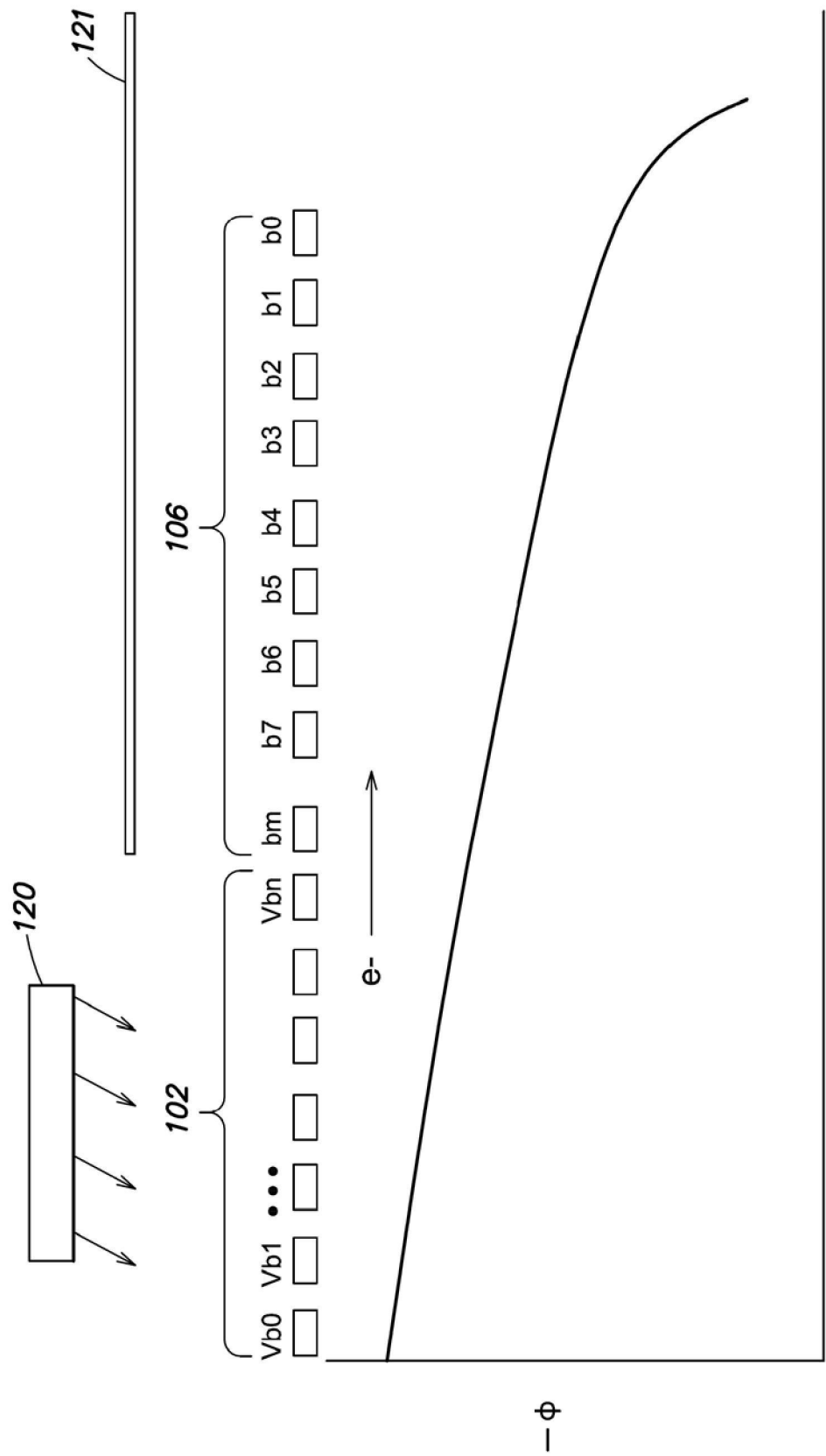
【圖 3F】



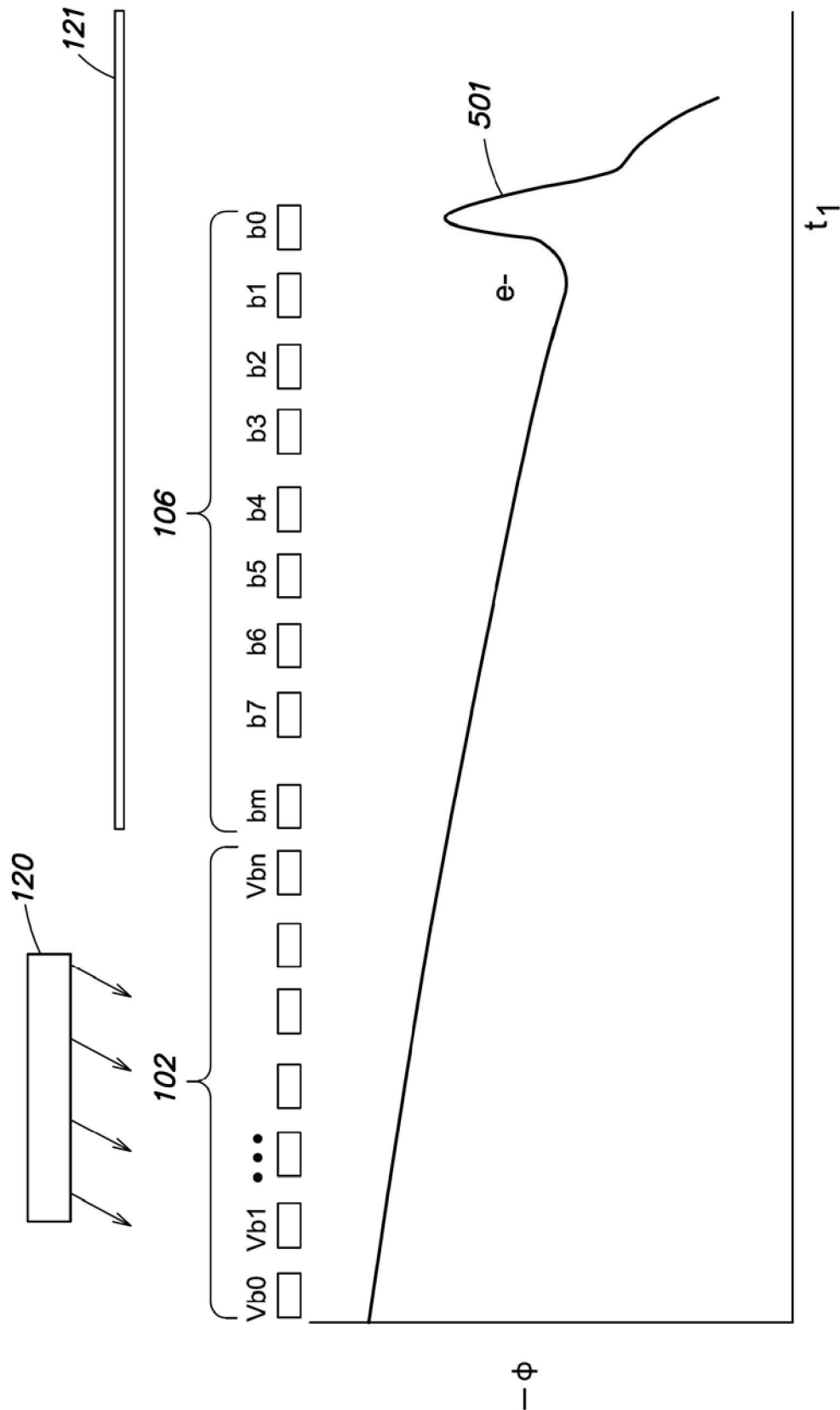
【圖 3G】



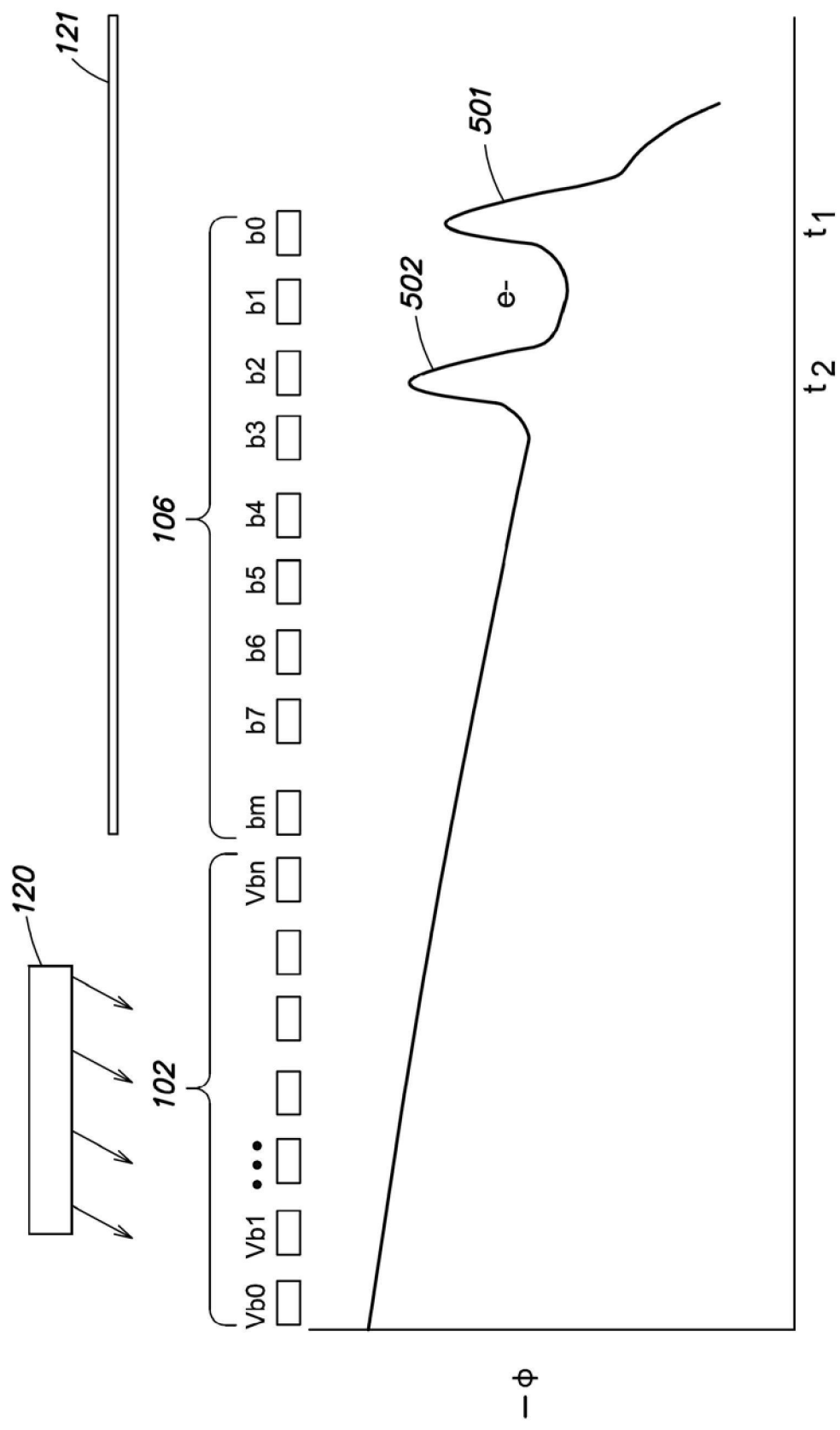
【圖 4】



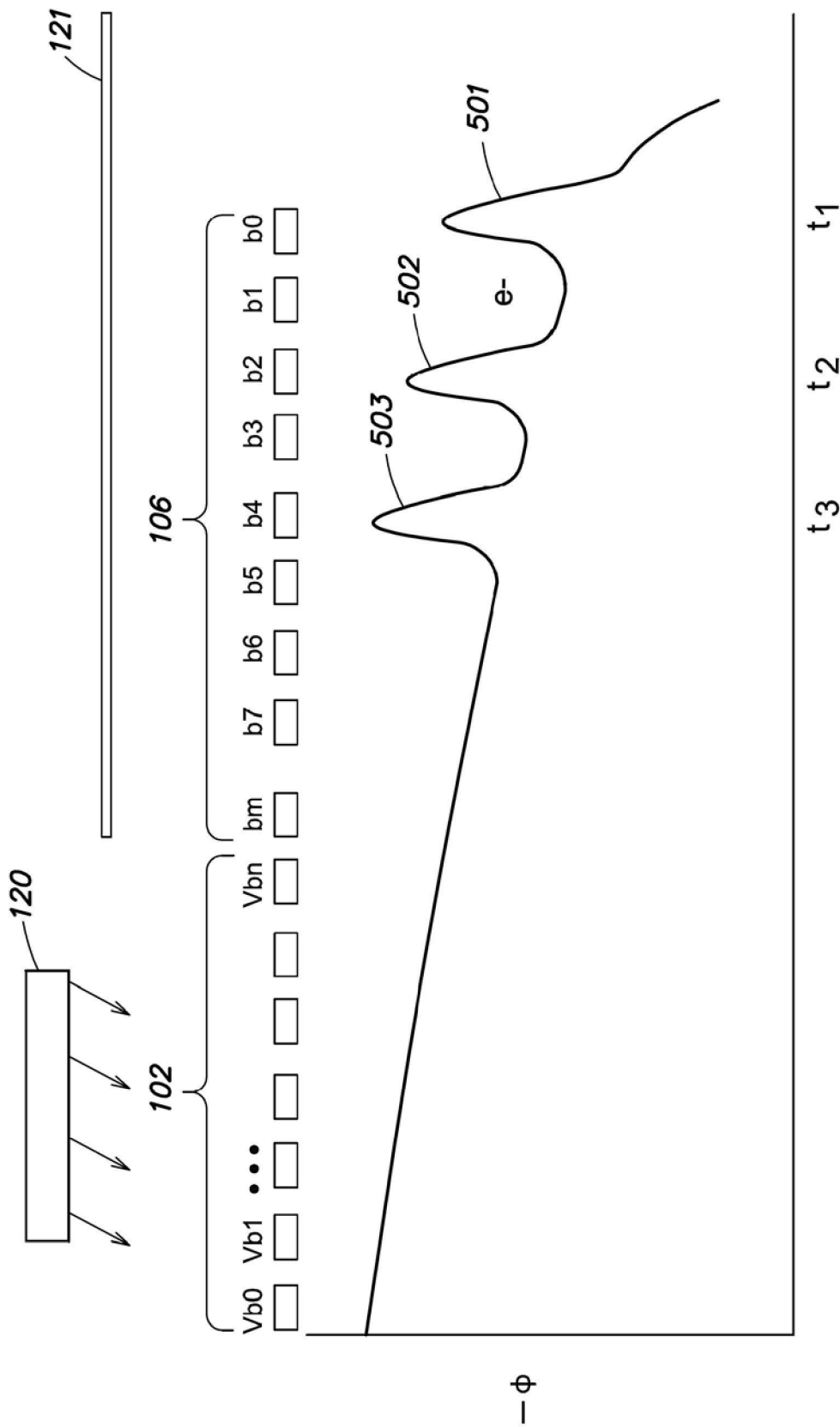
【圖 5A】



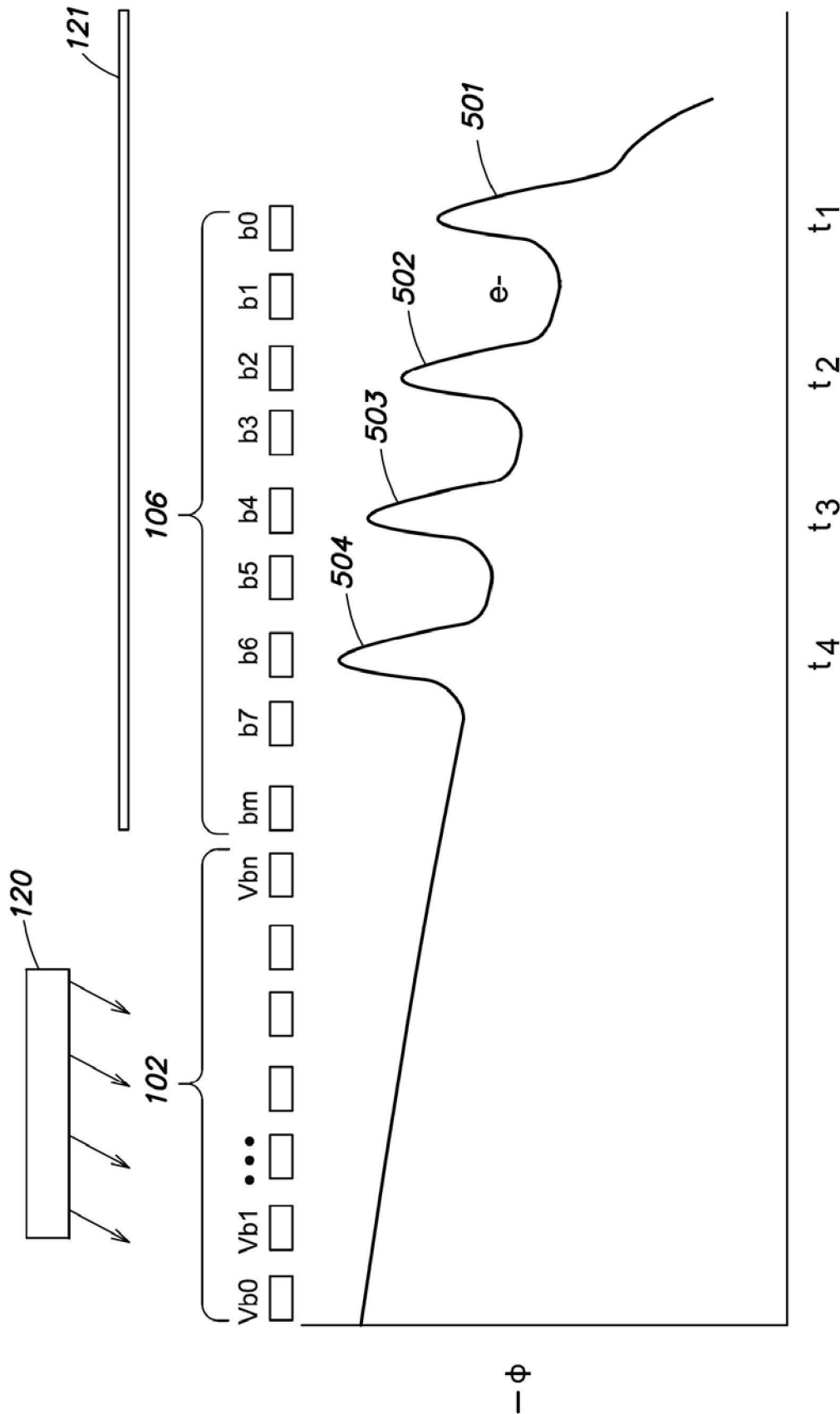
【圖 5B】



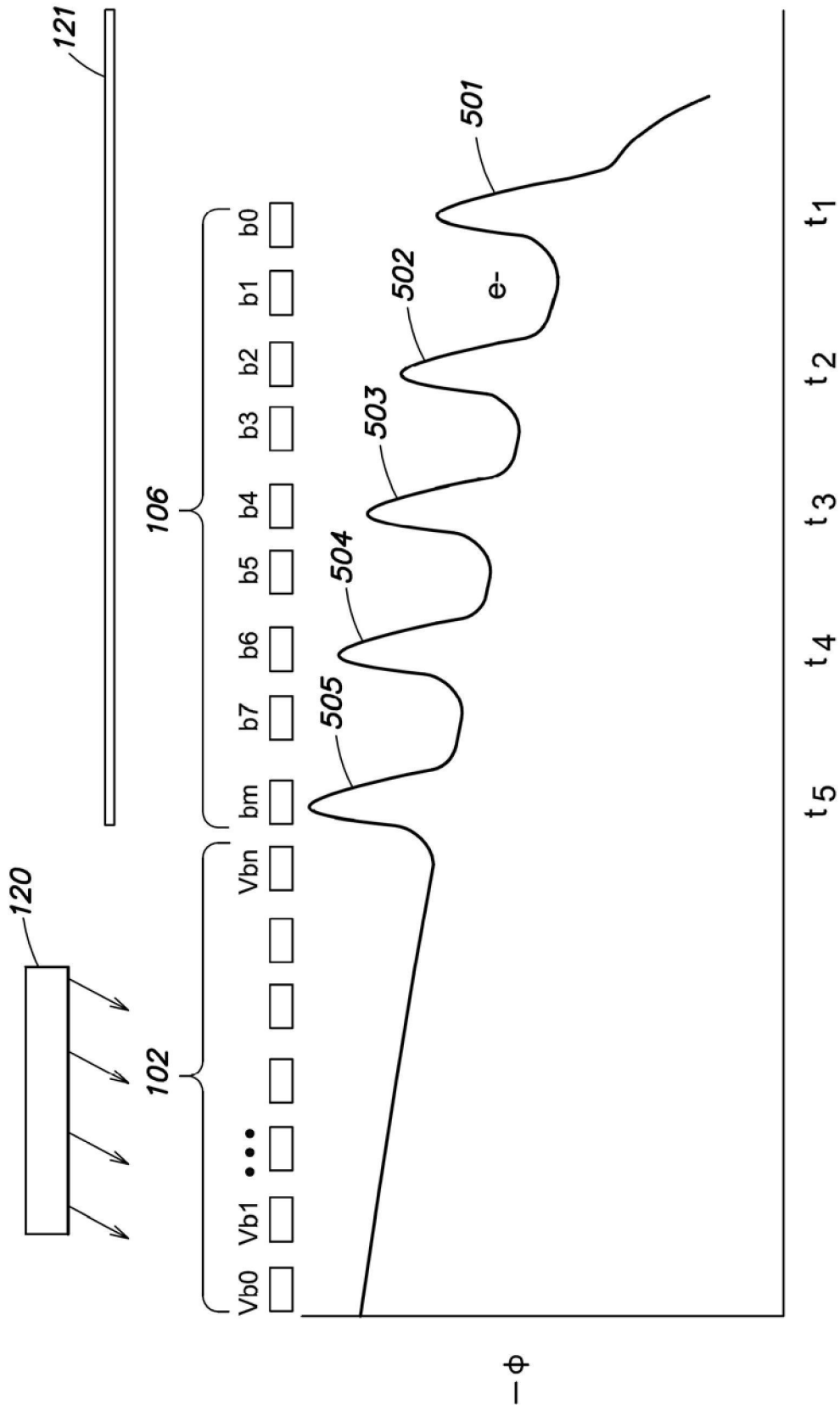
【圖 5C】



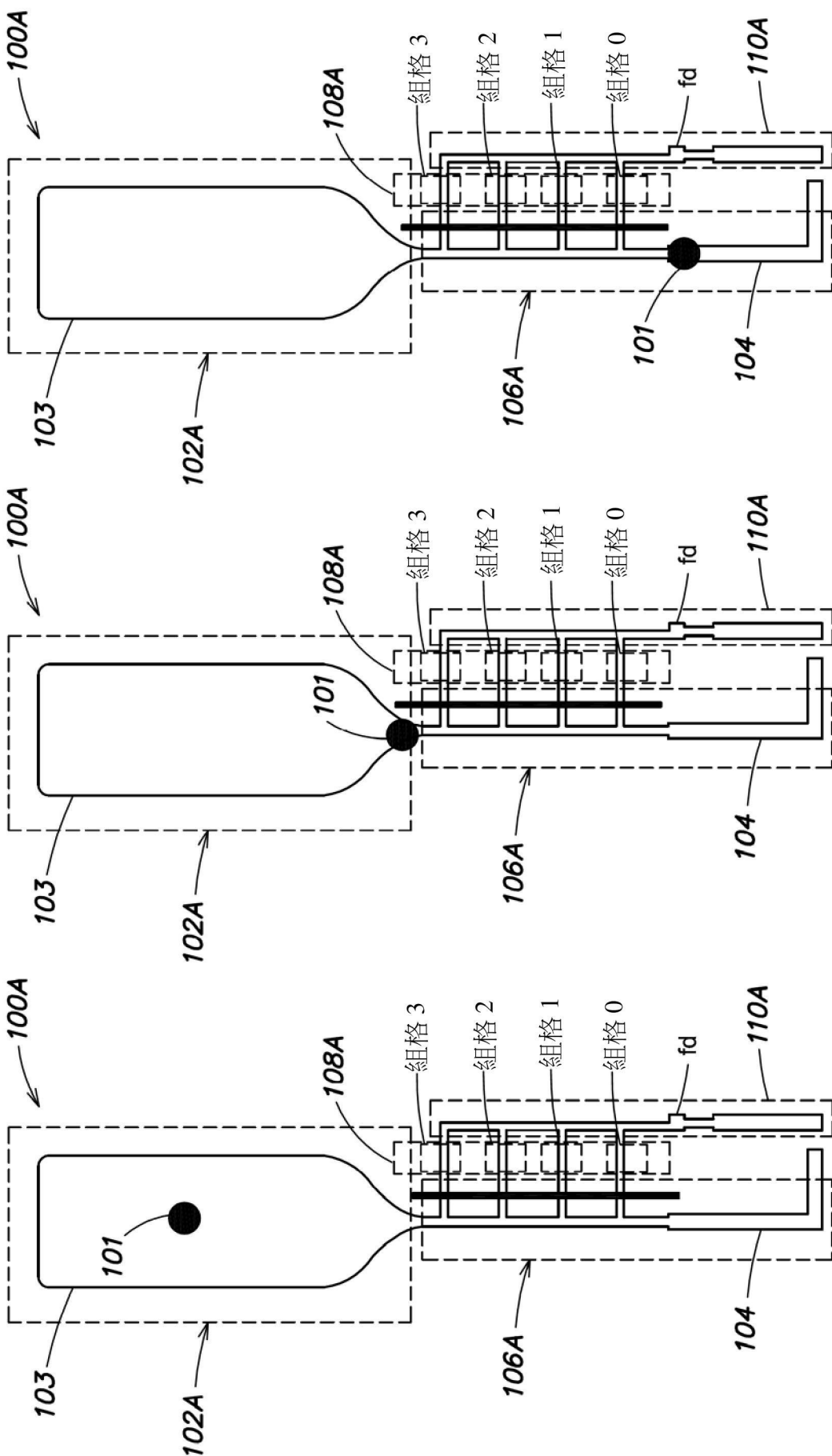
【圖 5D】



【圖 5E】



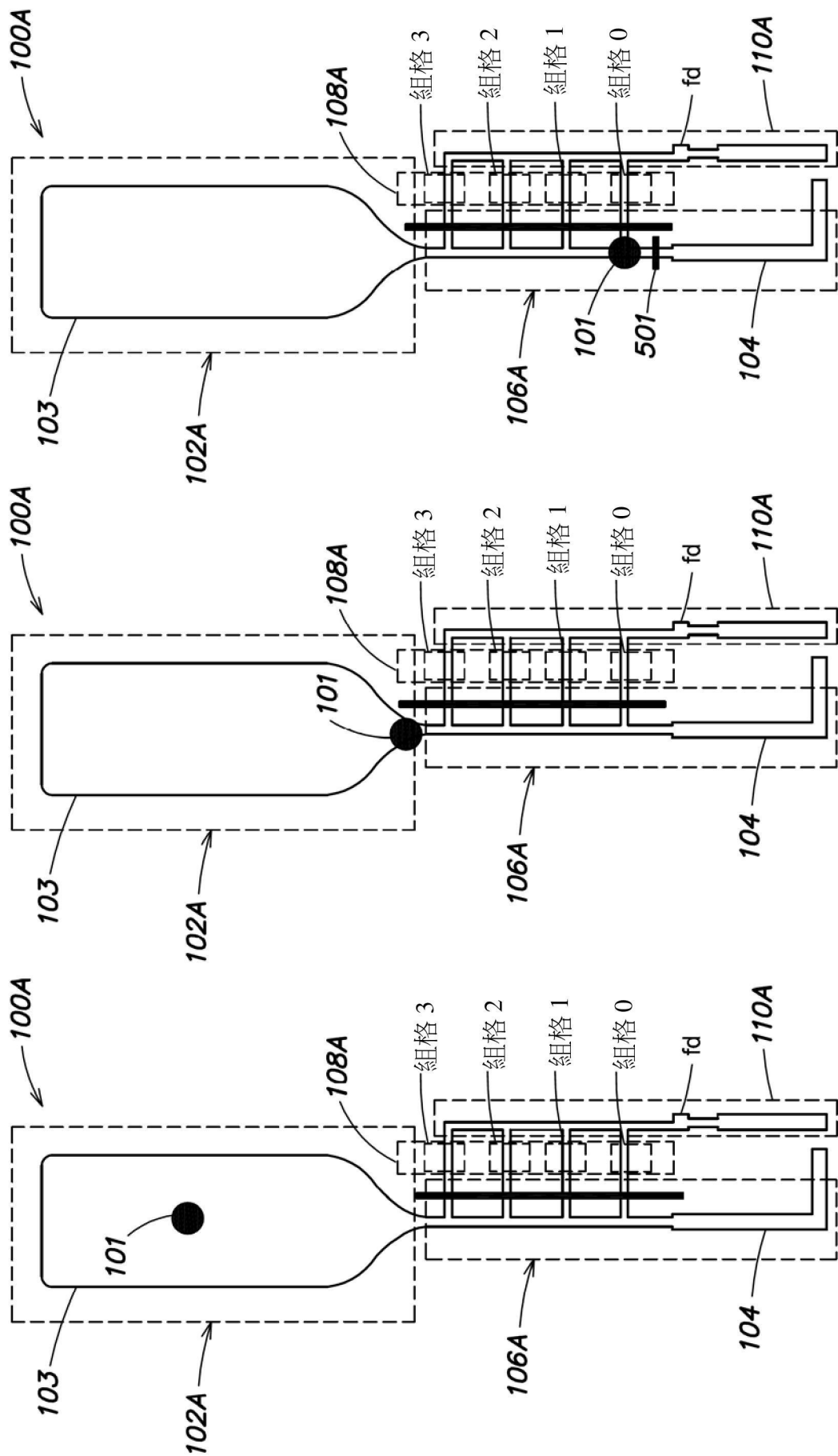
【圖 5F】



【圖 6C】

【圖 6B】

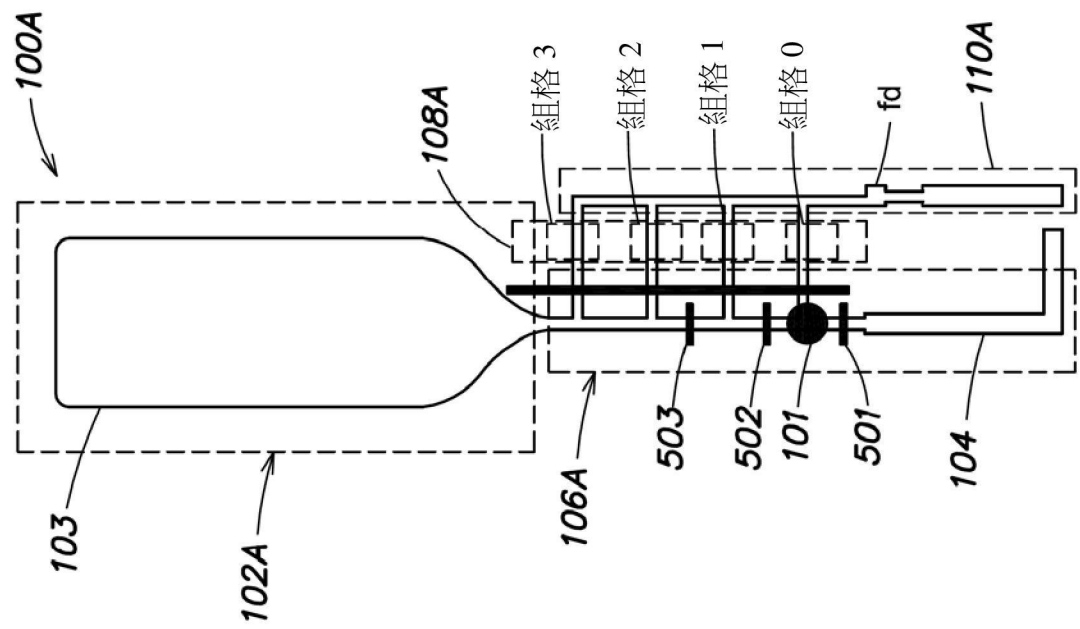
【圖 6A】



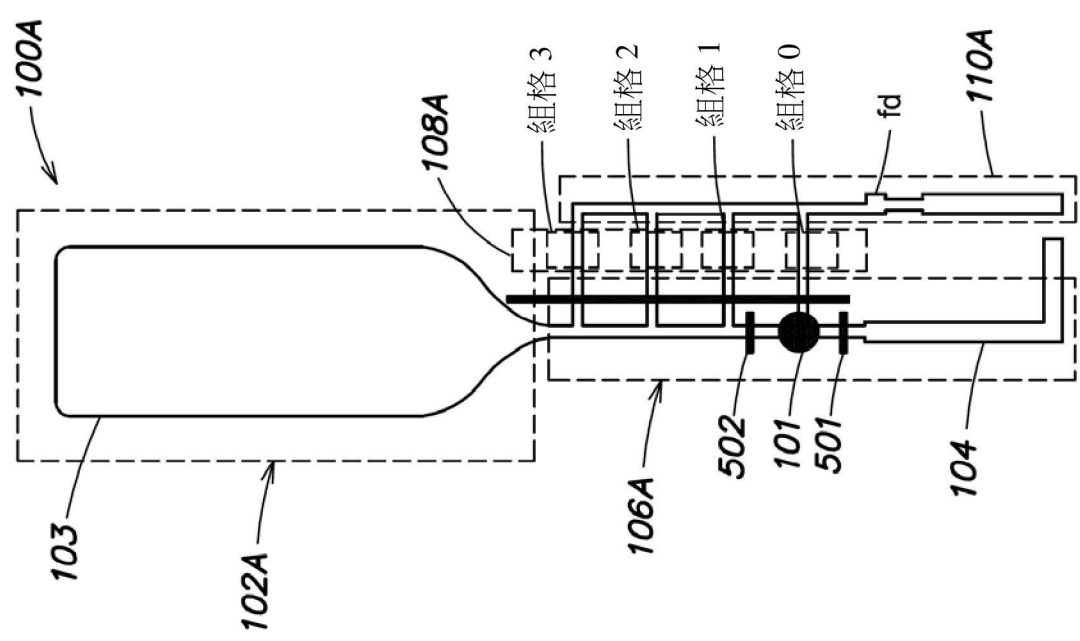
【圖 6F】

【圖 6E】

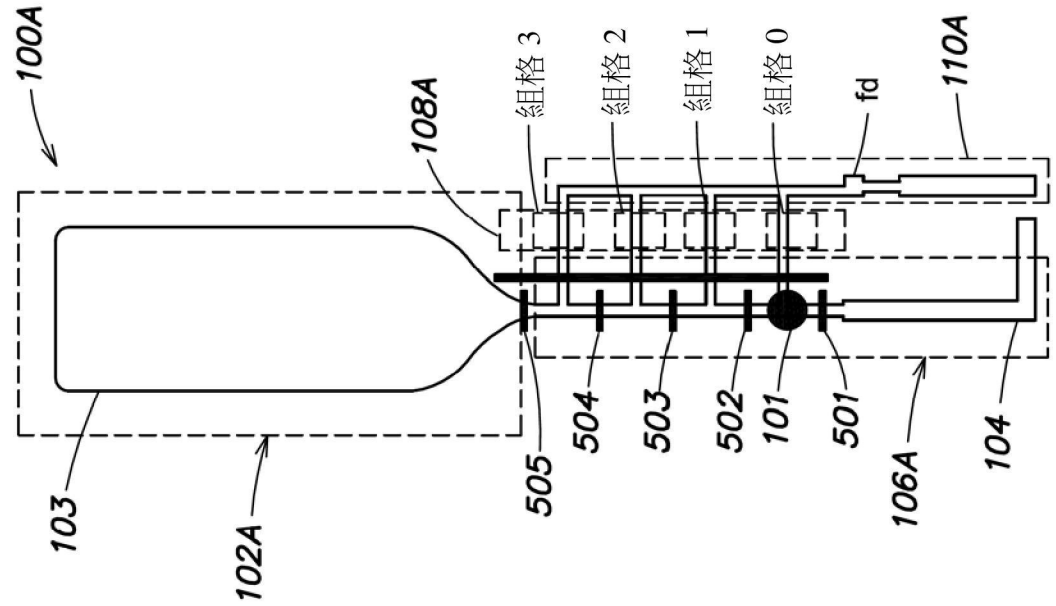
【圖 6D】



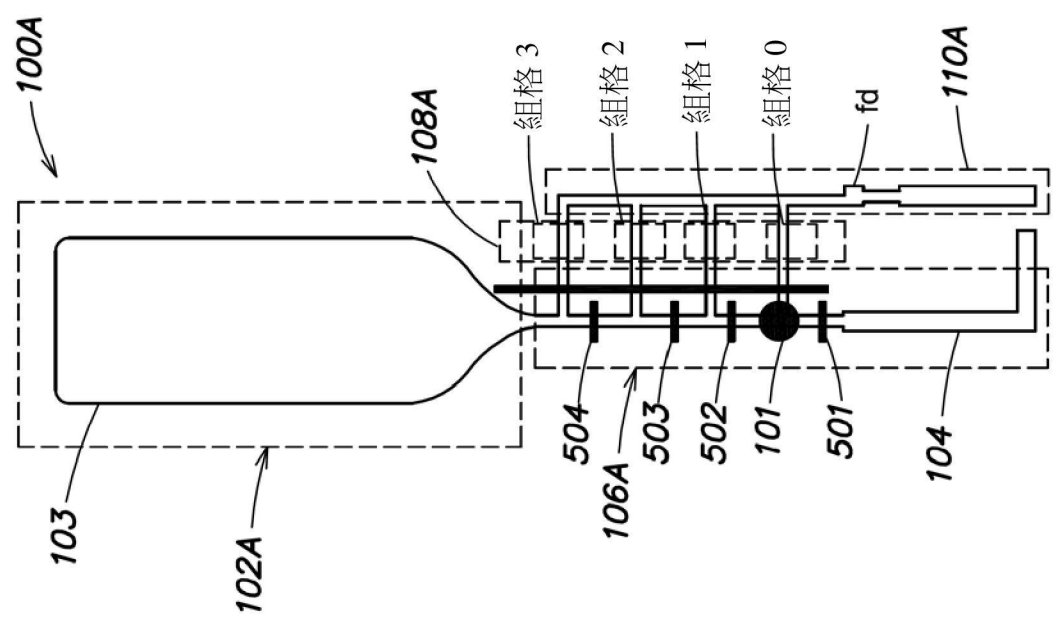
【圖 6H】



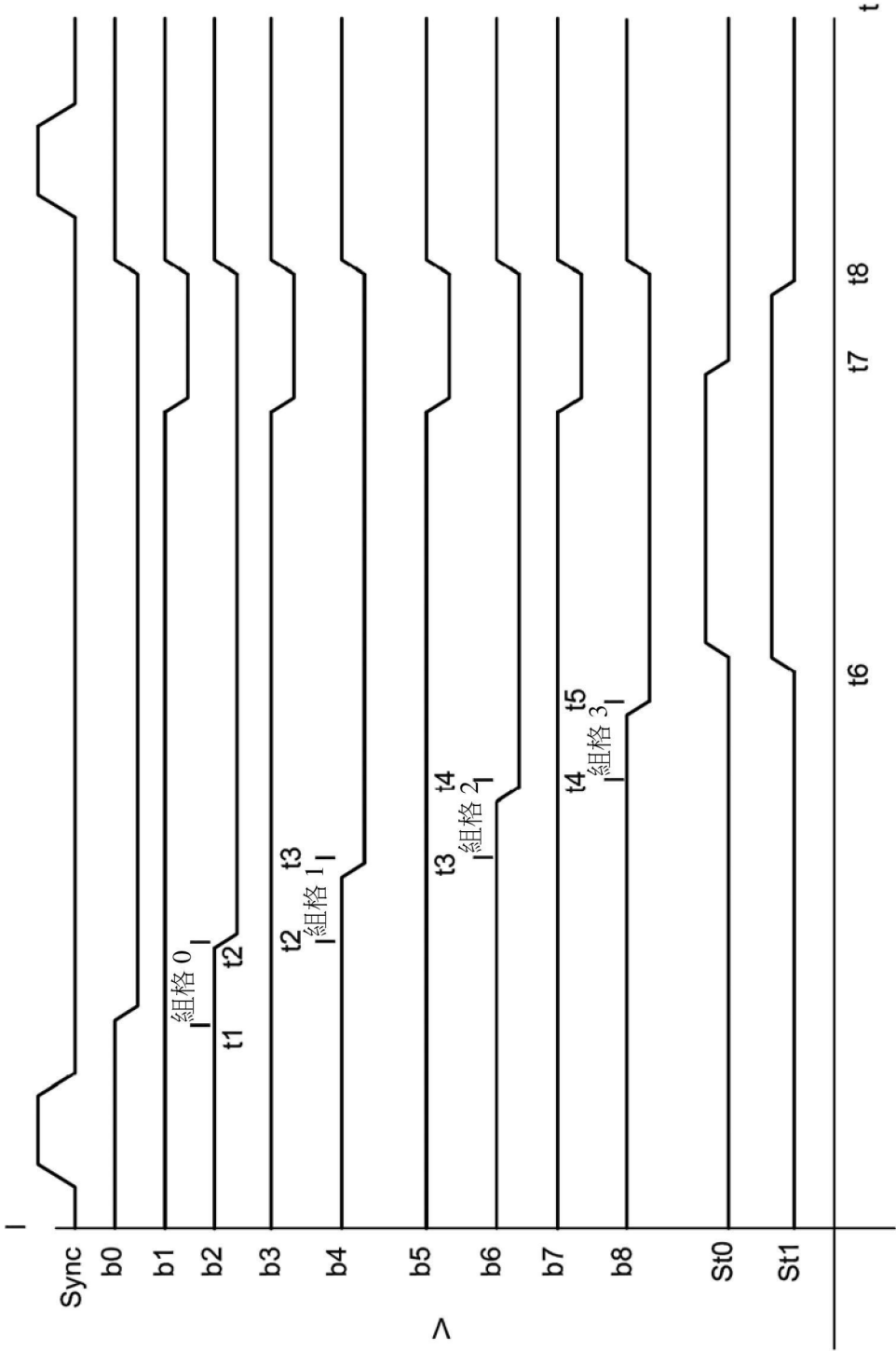
【圖 6G】



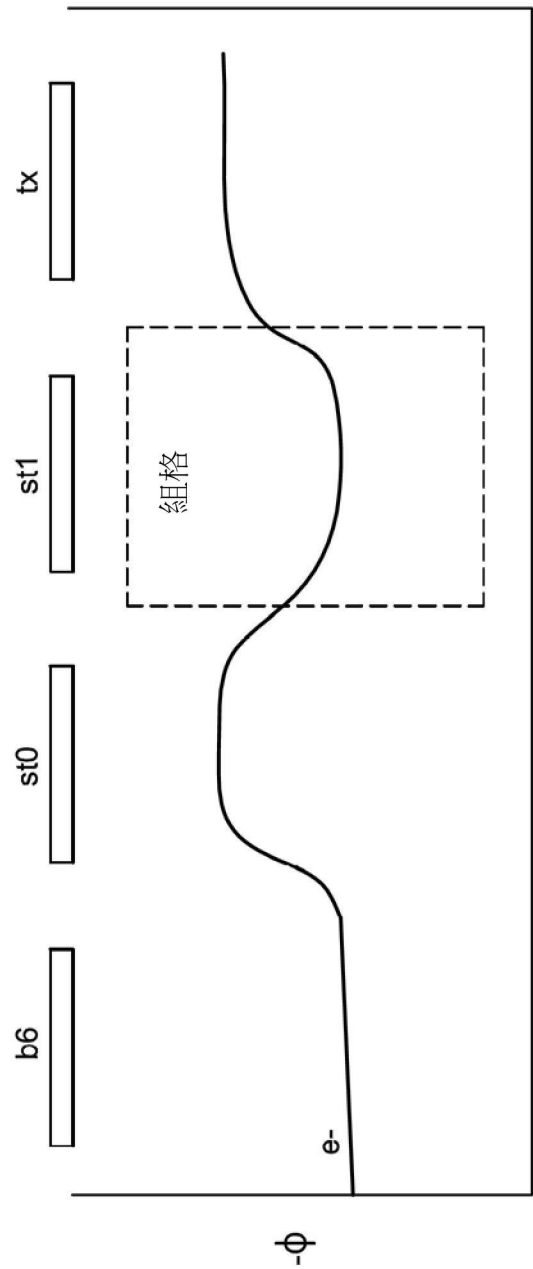
【圖 6J】



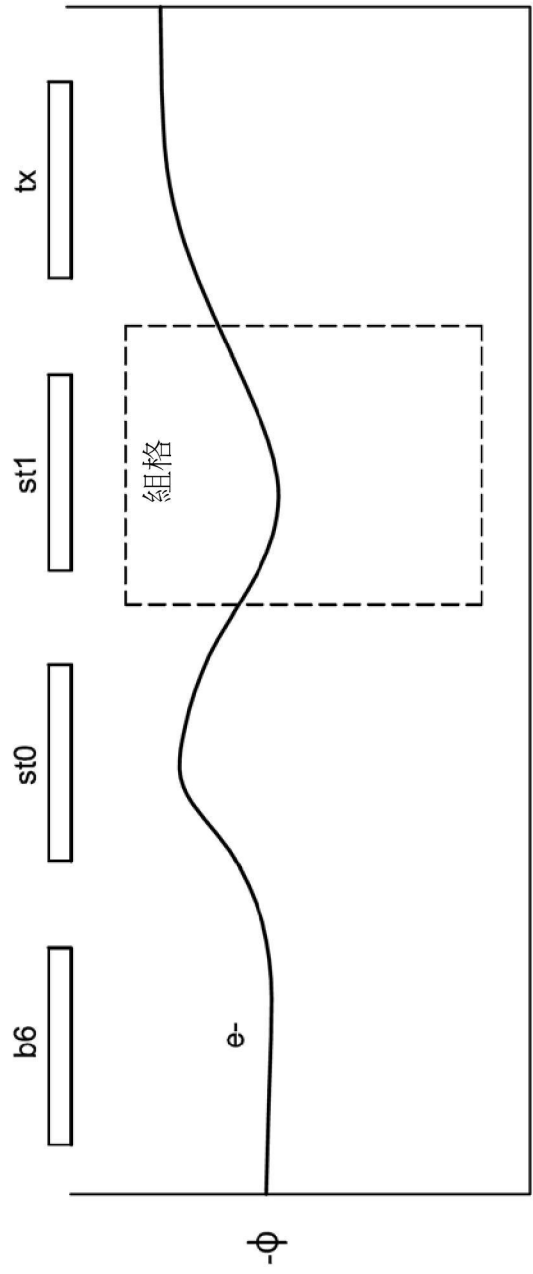
【圖 6I】



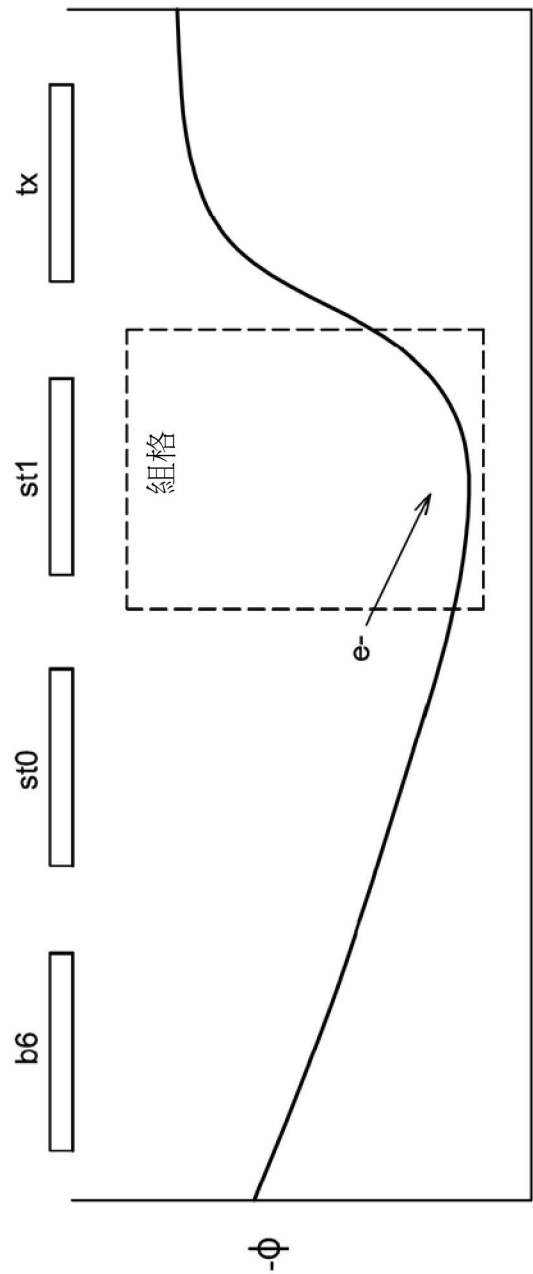
【圖 6K】



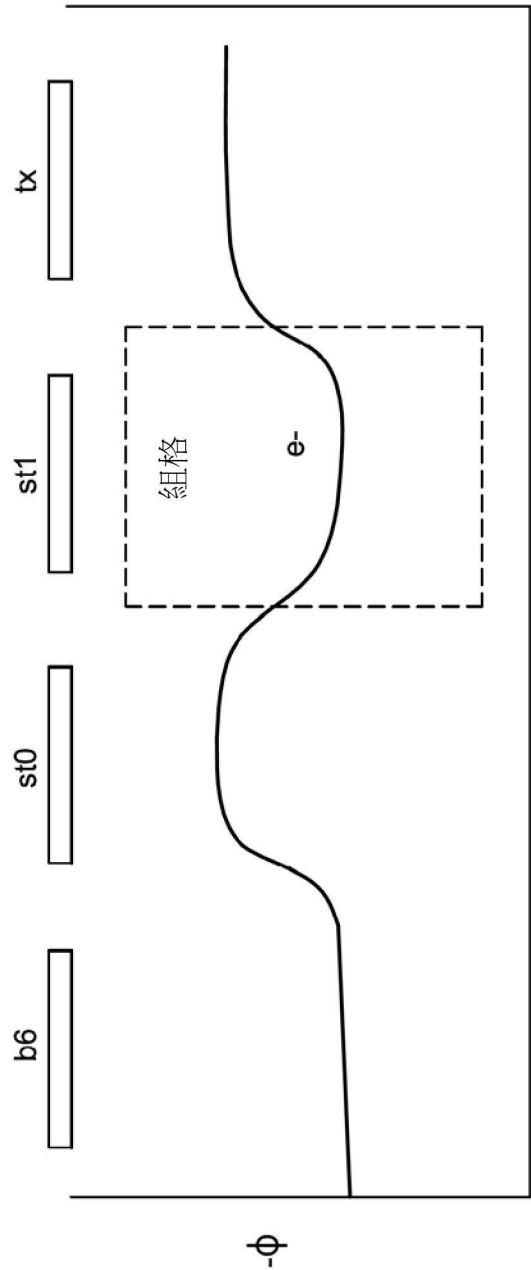
【圖 7A】



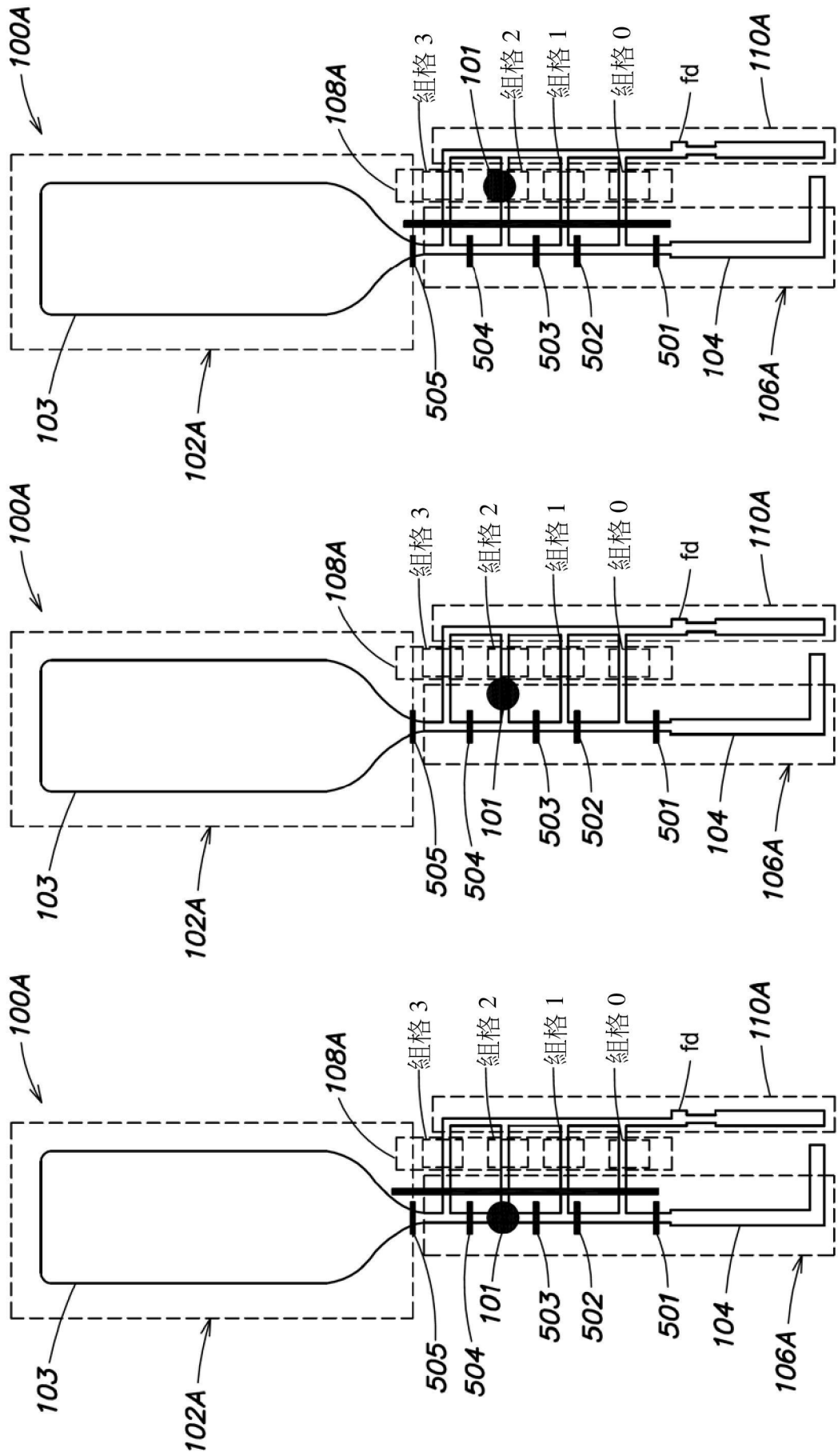
【圖 7B】



【圖 7C】



【圖 7D】



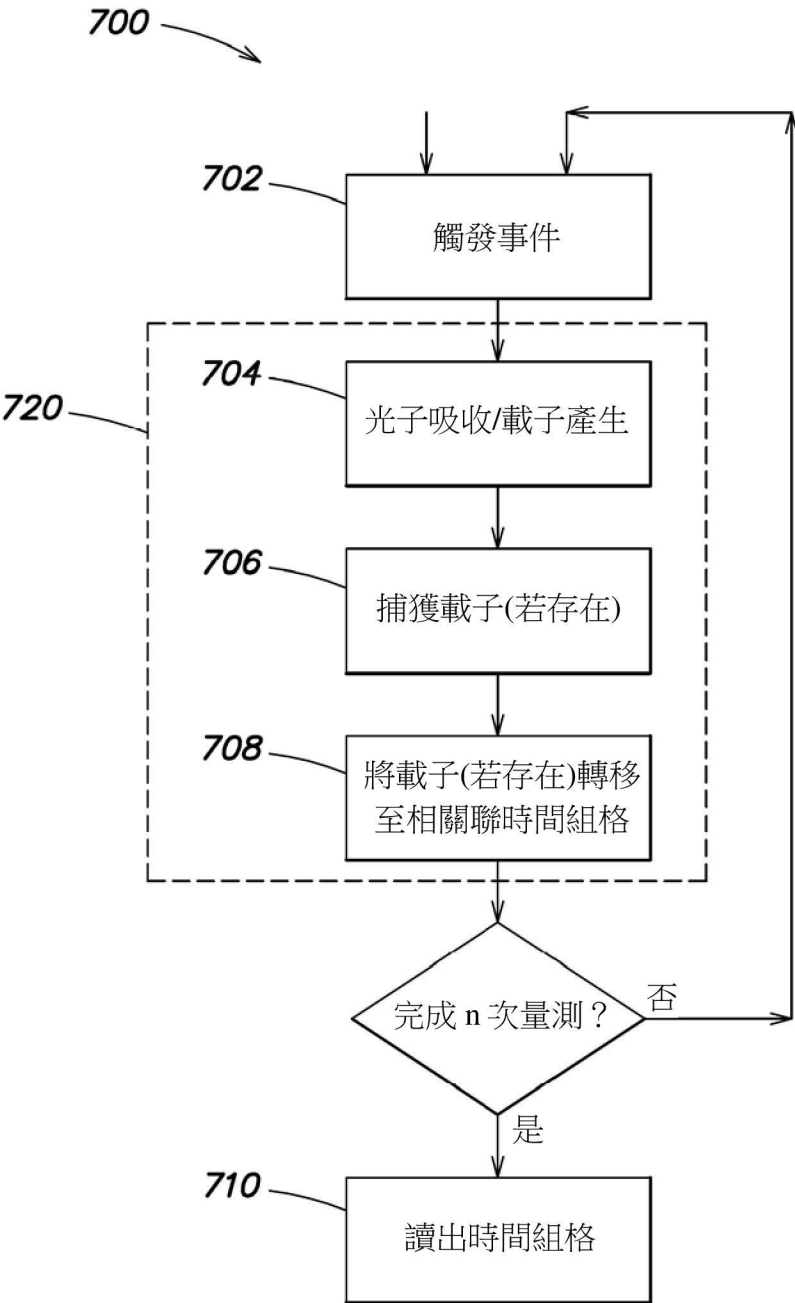
【圖 7G】

【圖 7F】

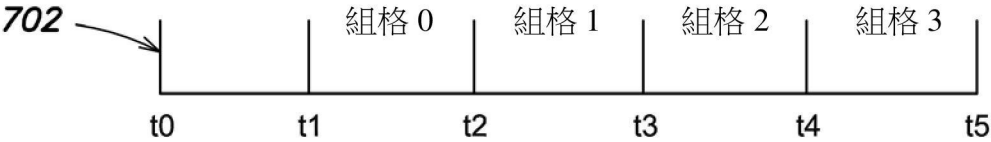
【圖 7E】

信號	V(梯度階段)	V(組格化階段)	V(轉移階段)	V(讀出階段)	類型
vb<0>	0.0	0.0	0.0	0.0	固定的
vb<11>	3.1	3.1	3.1	3.1	固定的
b<8>	3.3	0.0	0.0	3.3	1:32
b<7>	3.5	3.5	0.0	3.5	粗糙的
b<6>	3.7	0.0	0.0	3.7	1:32
b<5>	3.9	3.9	0.0	3.9	粗糙的
b<4>	4.1	0.0	0.0	4.1	1:32
b<3>	4.3	4.3	0.0	4.3	粗糙的
b<2>	4.5	0.0	0.0	4.5	1:32
b<1>	4.7	4.7	0.0	4.7	粗糙的
b<0>	5.0	0.0	0.0	5.0	1:32
st<0>	0.0	0.0	5.0	0.0	粗糙的
st<1>	2.5	2.5	5.0	2.5	粗糙的
tx<0>	0.0	0.0	0.0	3.3	場可程式化閥陣列
tx<1>	0.0	0.0	0.0	3.3	場可程式化閥陣列
tx<2>	0.0	0.0	0.0	3.3	場可程式化閥陣列
tx<3>	0.0	0.0	0.0	3.3	場可程式化閥陣列
rs	0.0	0.0	0.0	3.3	場可程式化閥陣列
rt	0.0	0.0	0.0	3.3	場可程式化閥陣列
PVDD	3.3	3.3	3.3	3.3	固定的

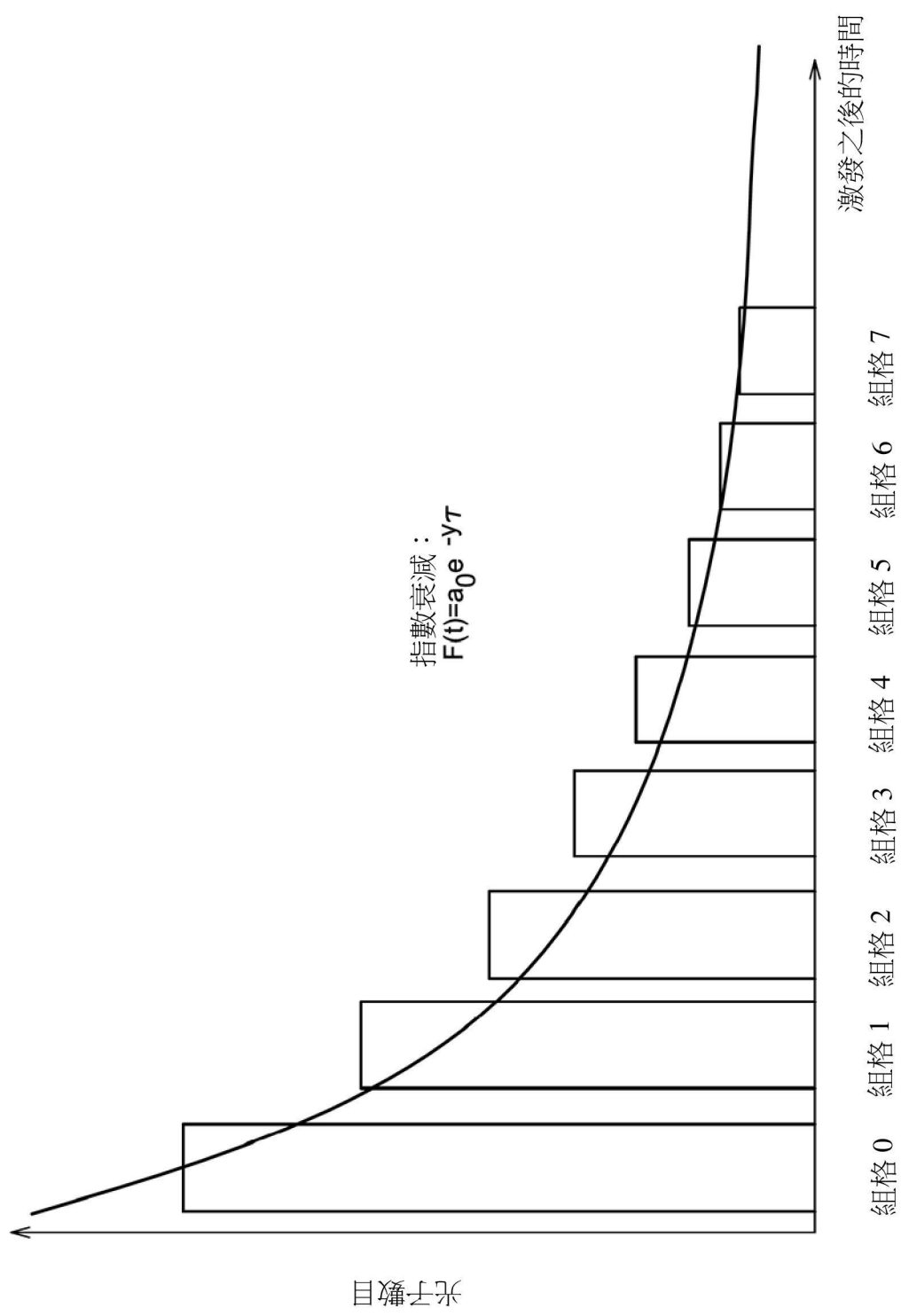
【圖 7H】



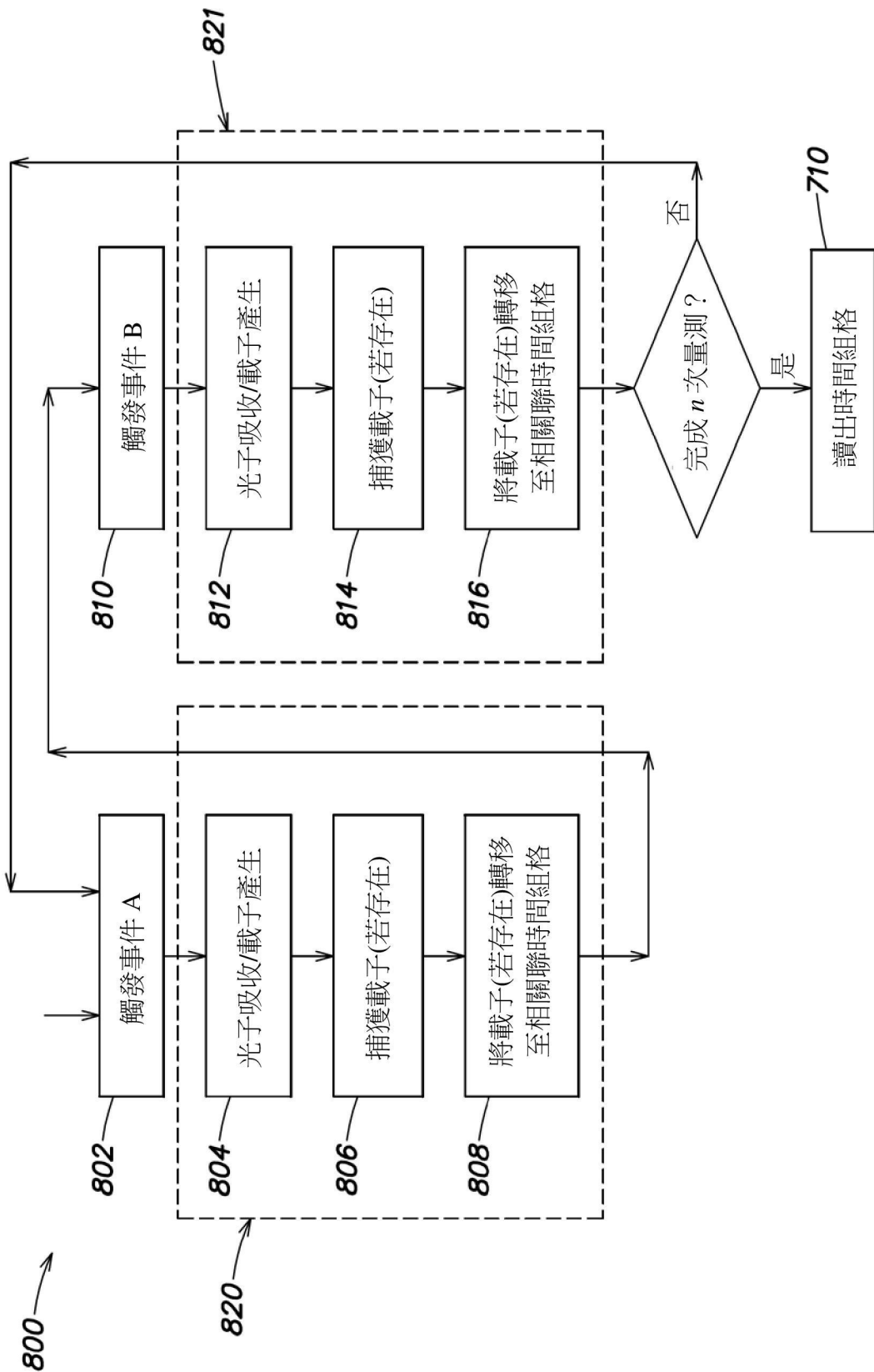
【圖 8A】



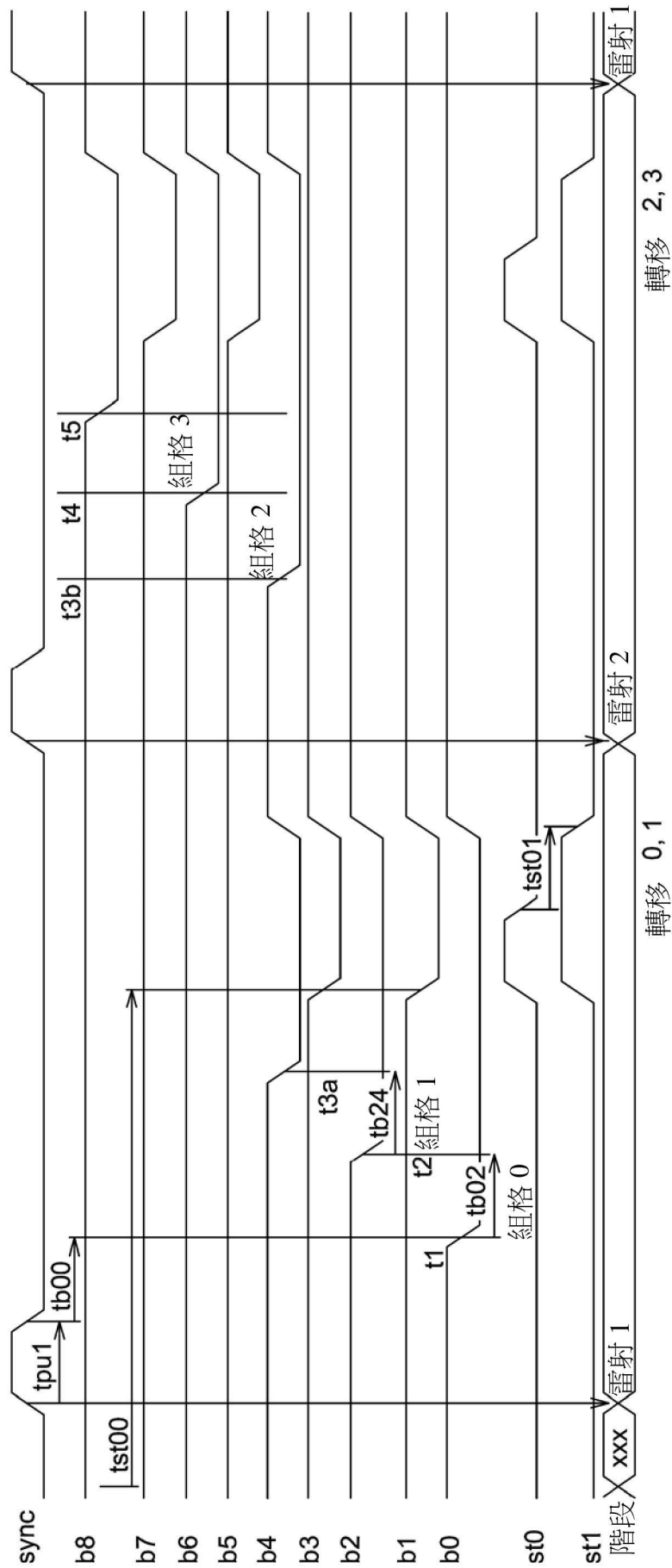
【圖 8B】



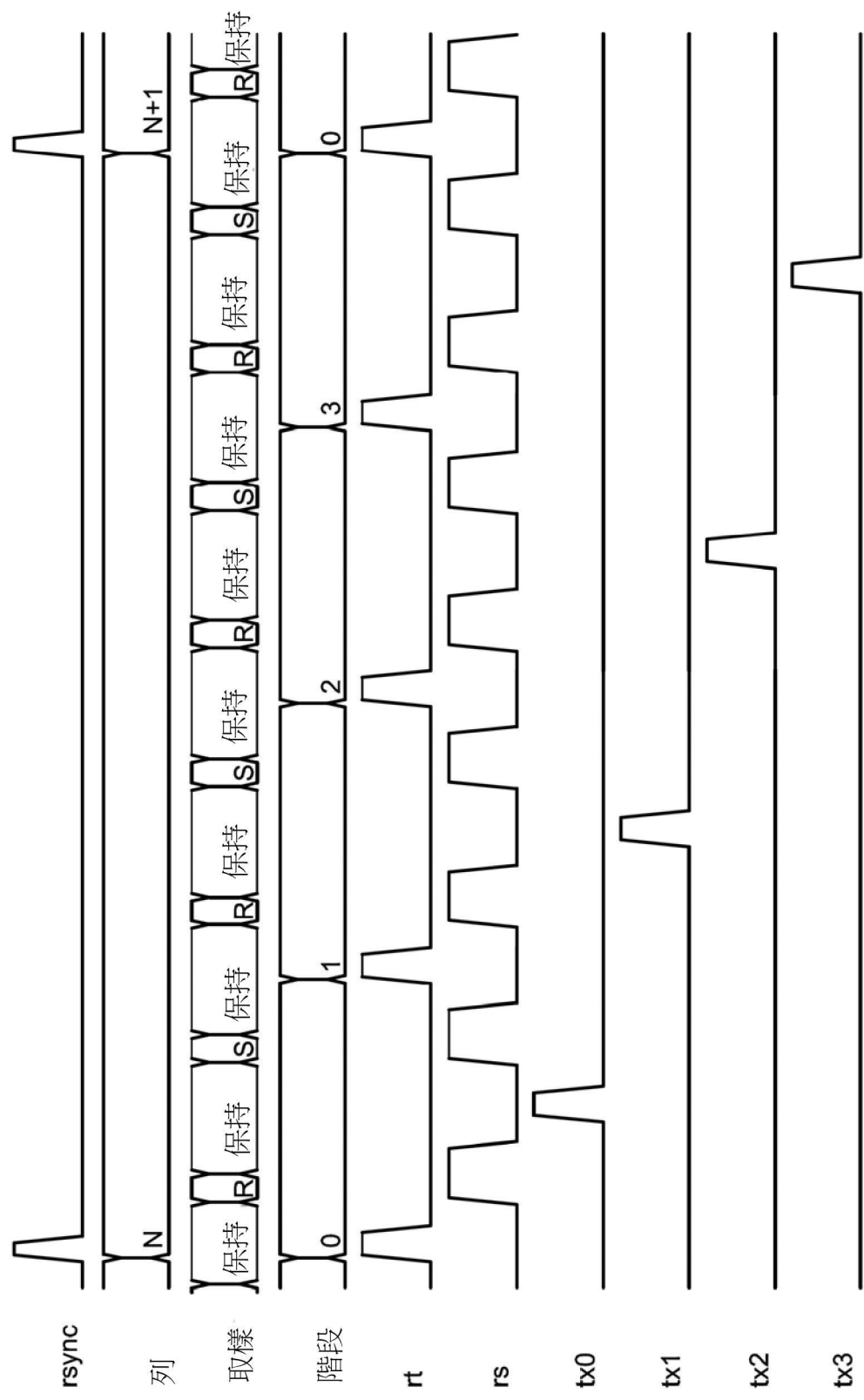
【圖 8C】



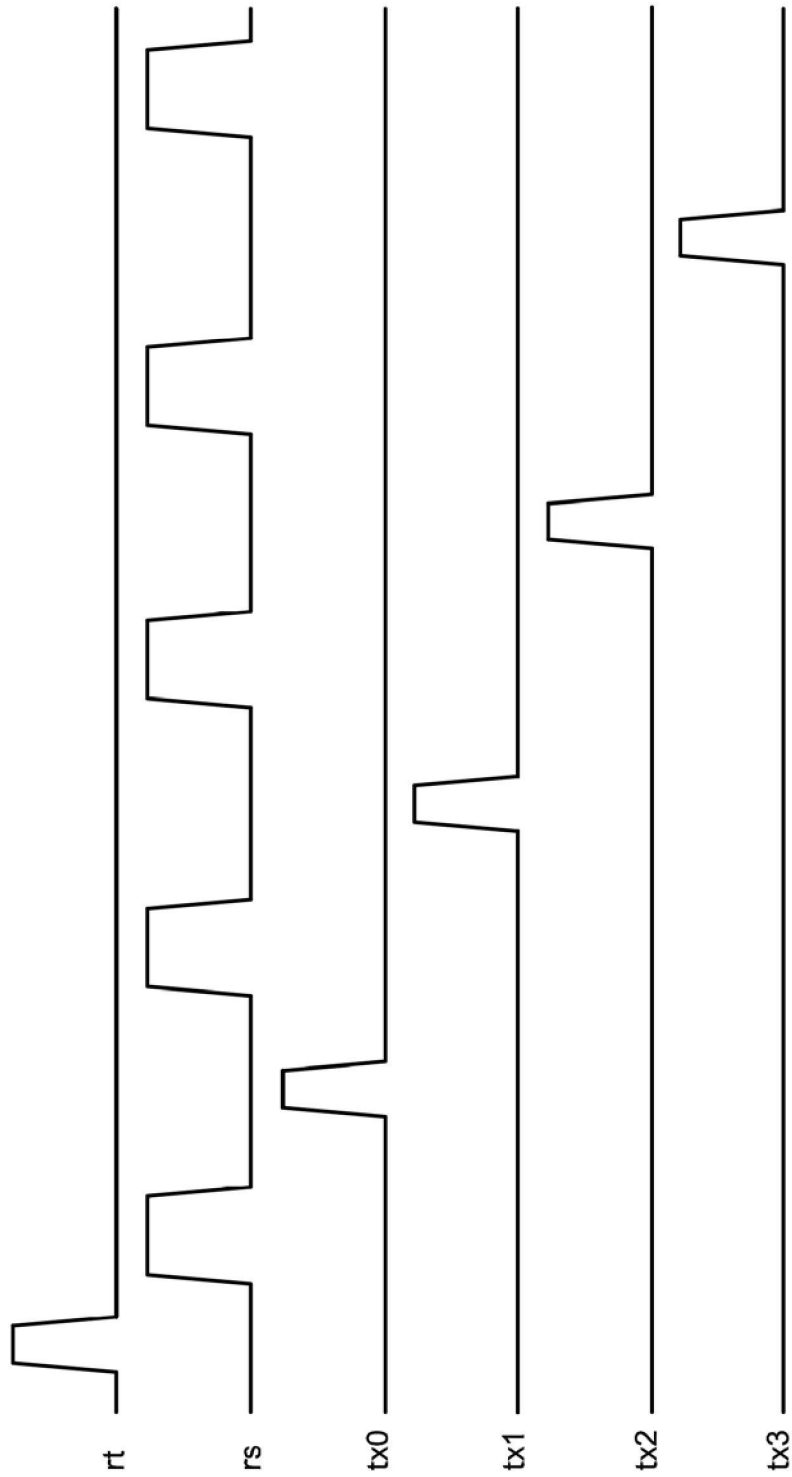
【D】
【回】



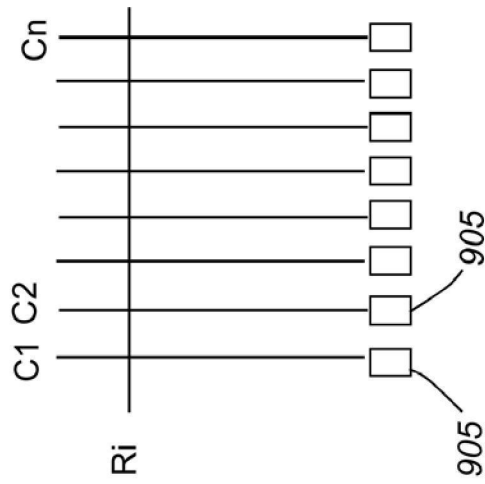
【圖 8E】



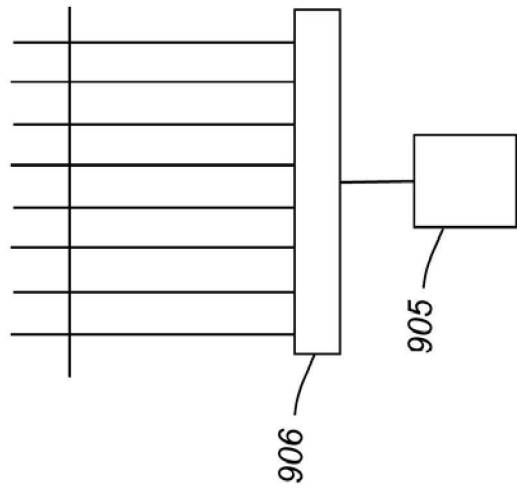
【圖 9A】



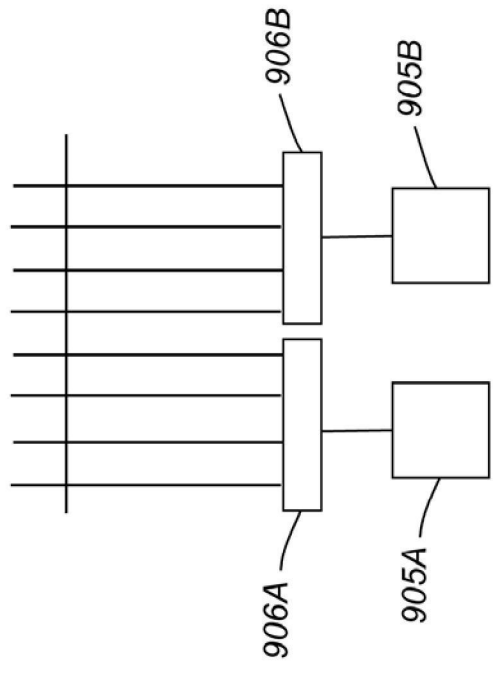
【圖 9B】



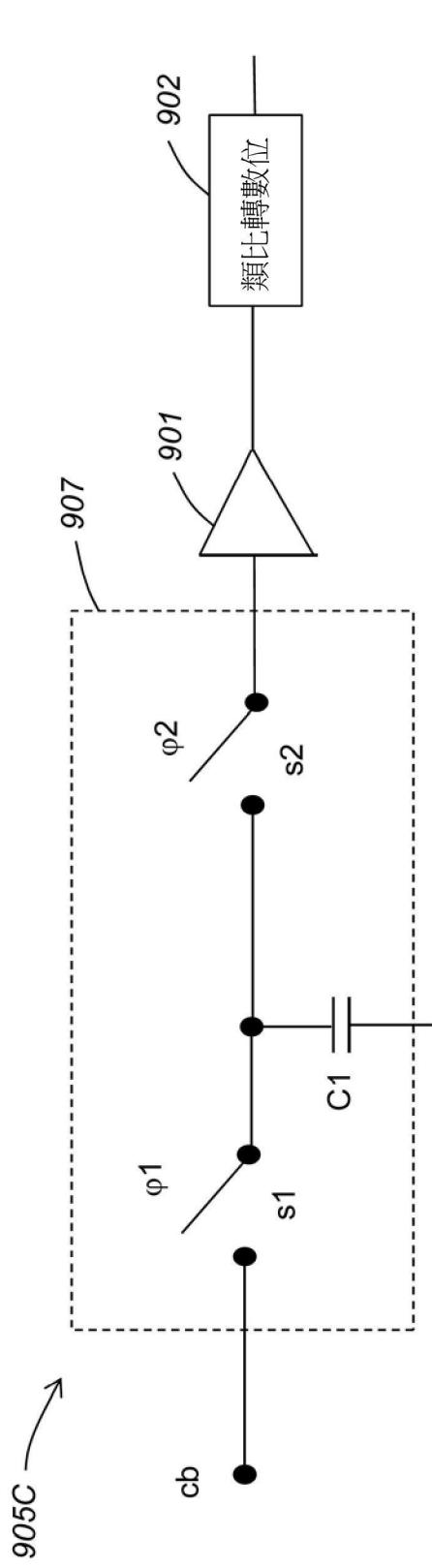
【圖 10A】



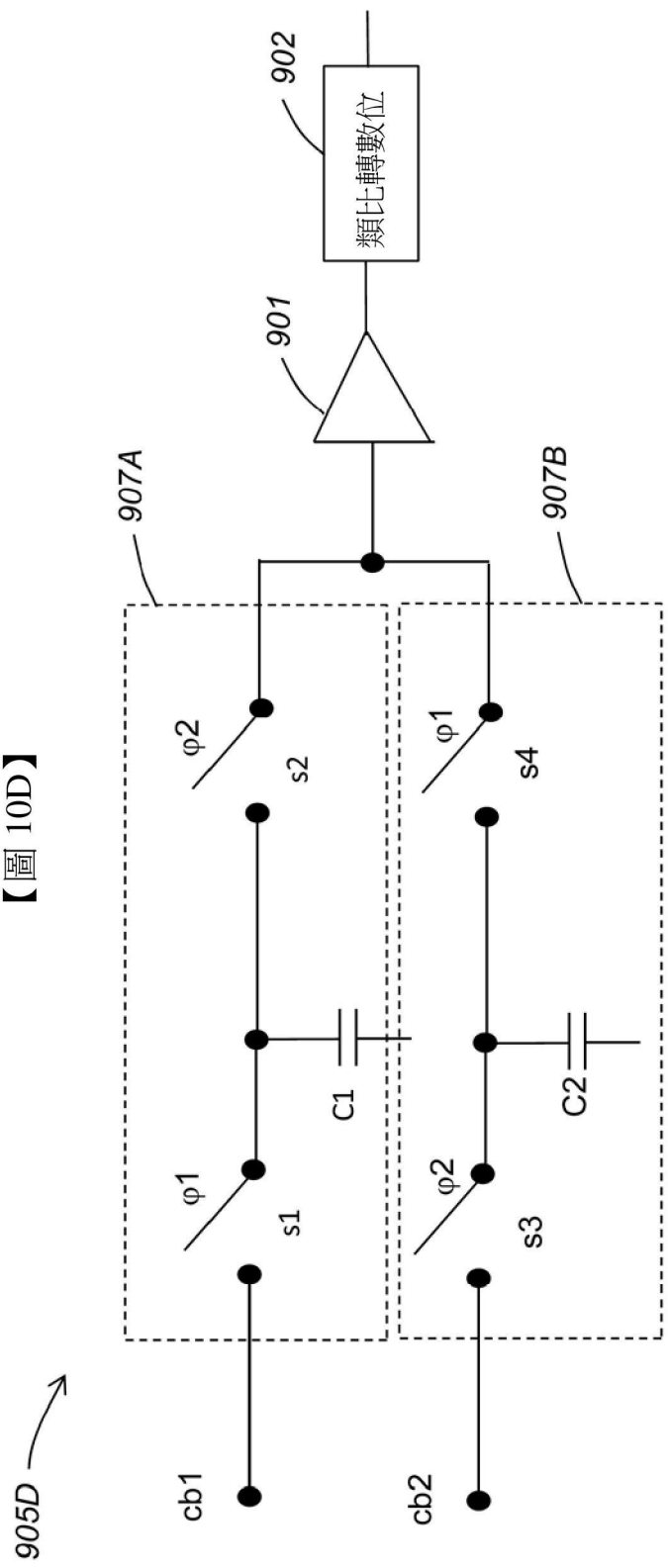
【圖 10B】



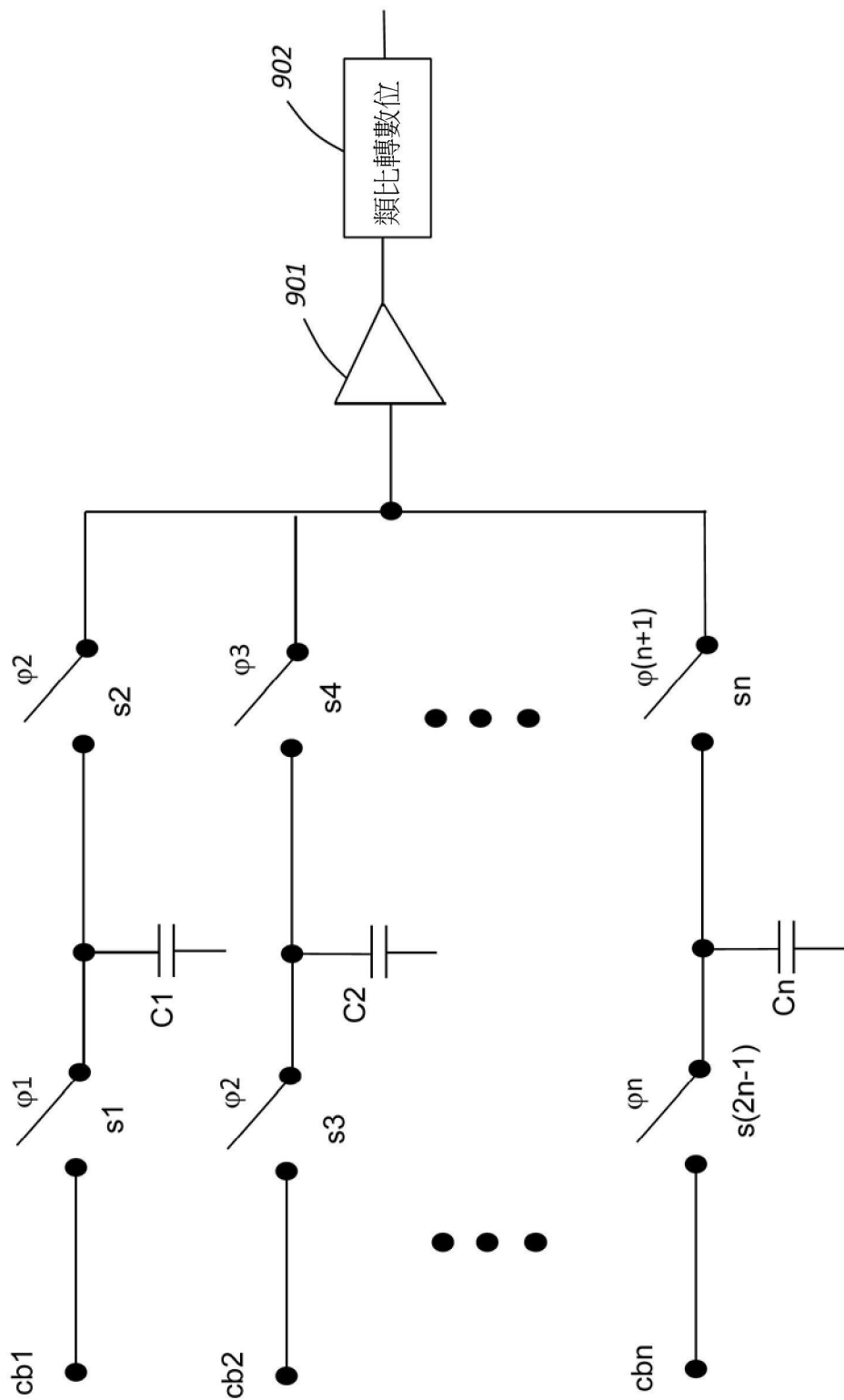
【圖 10C】



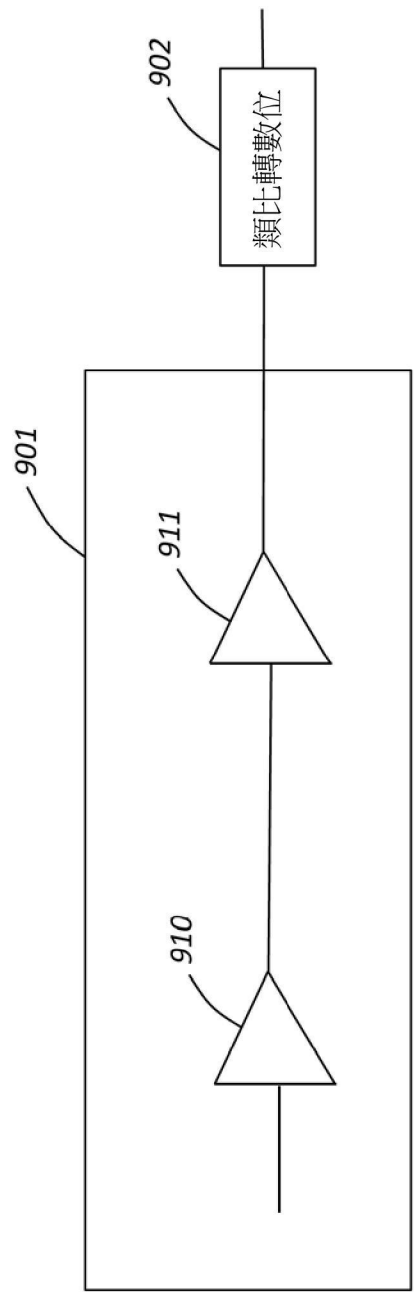
【圖 10D】



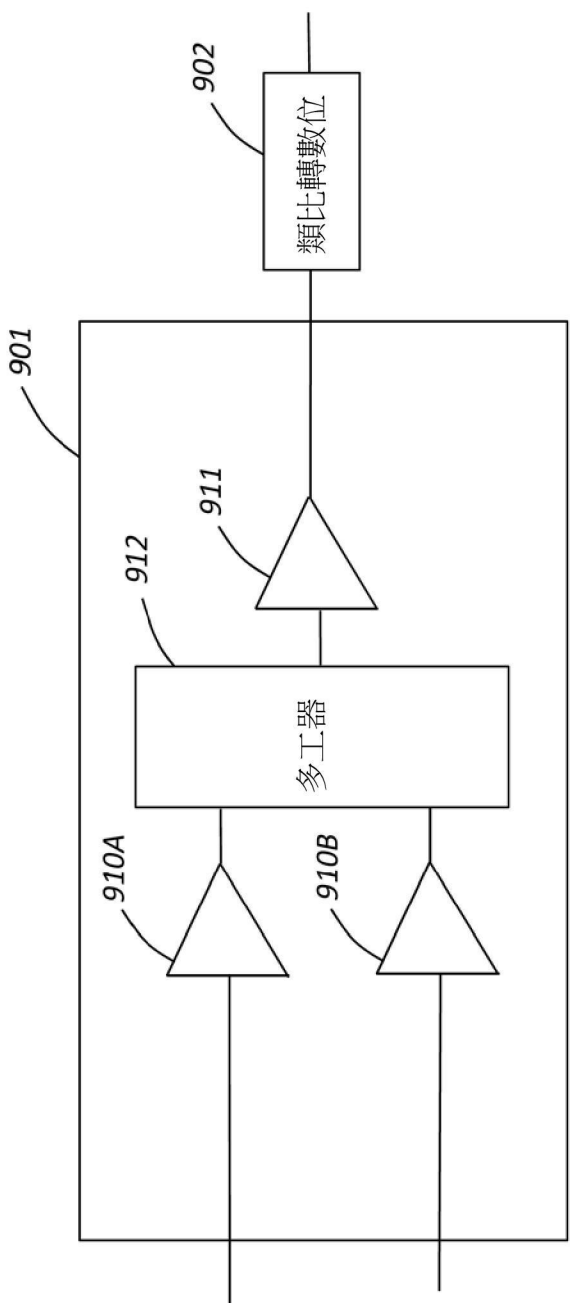
【圖 10E】



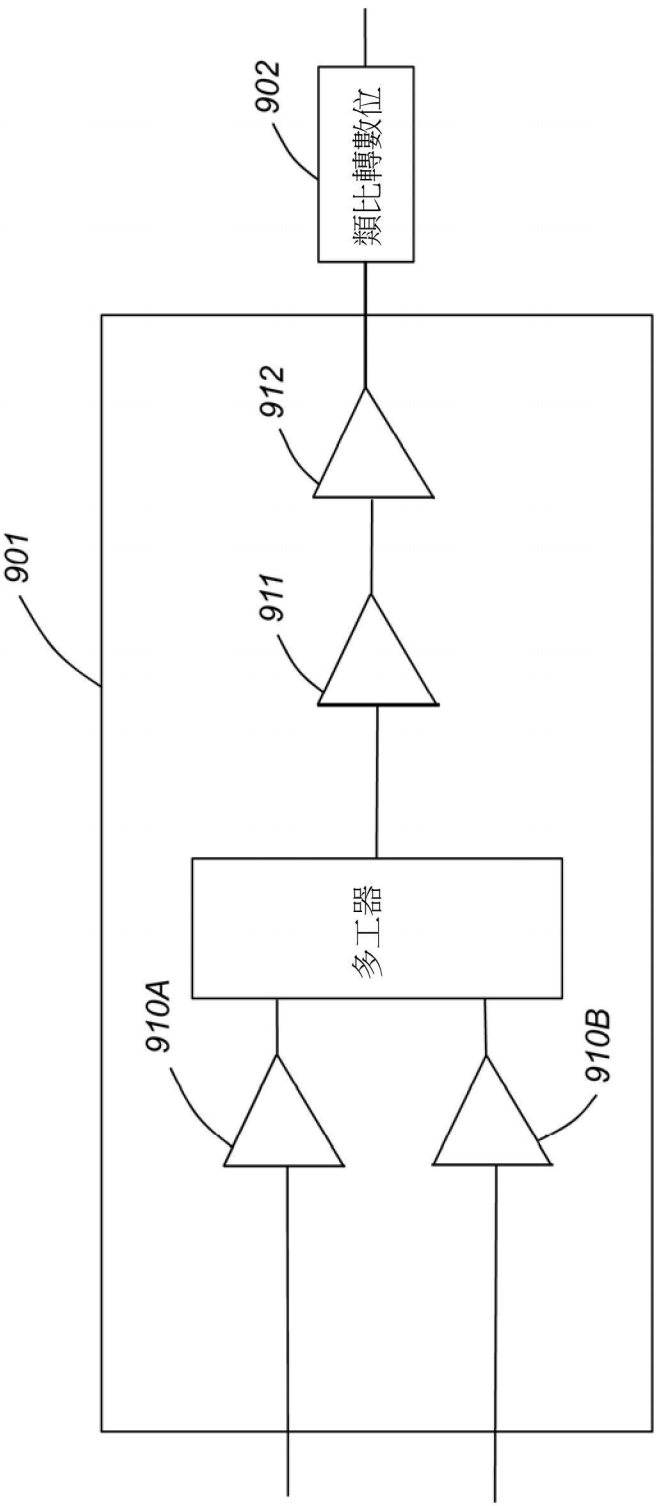
【圖 10F】



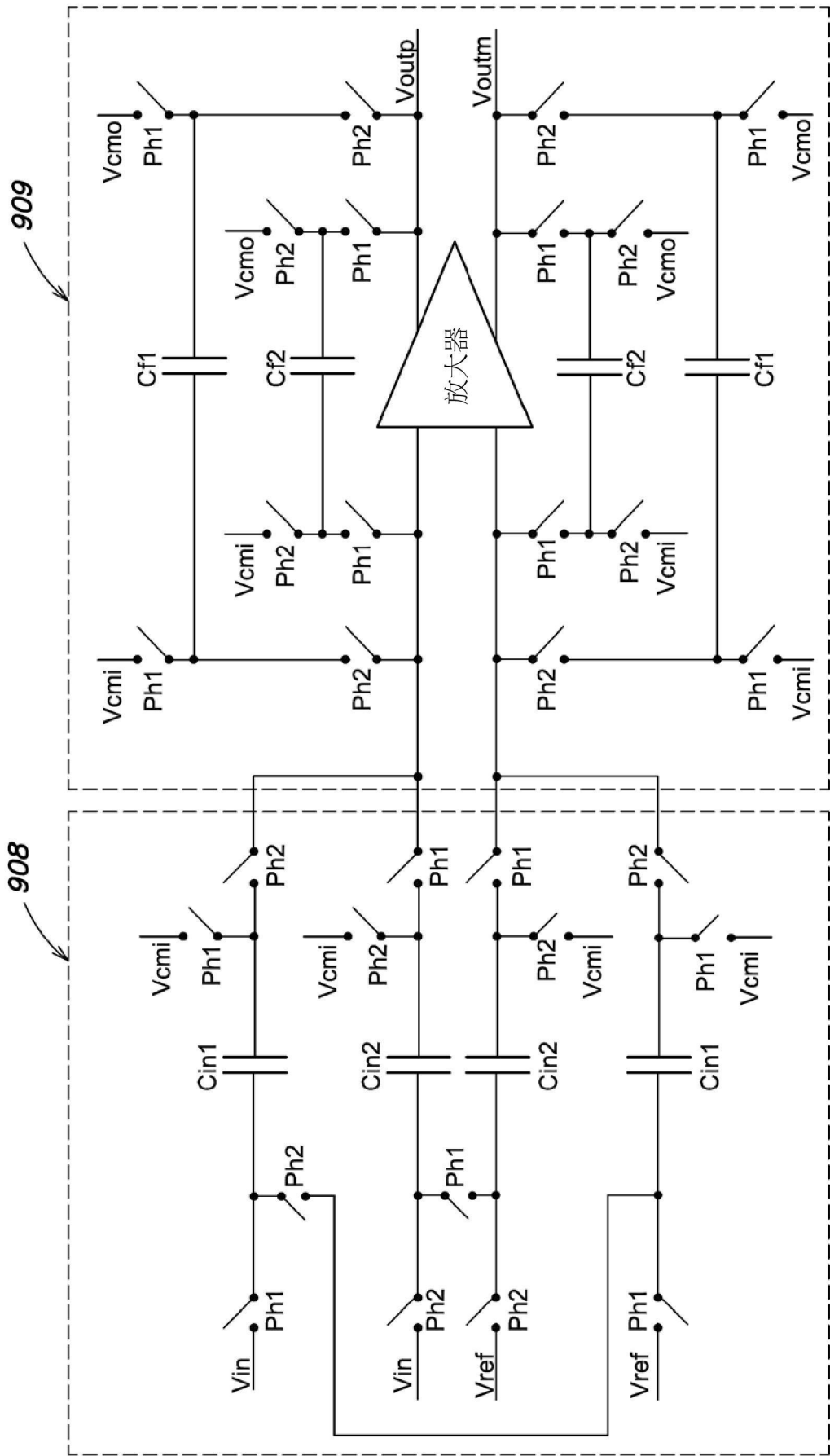
【圖 10G】



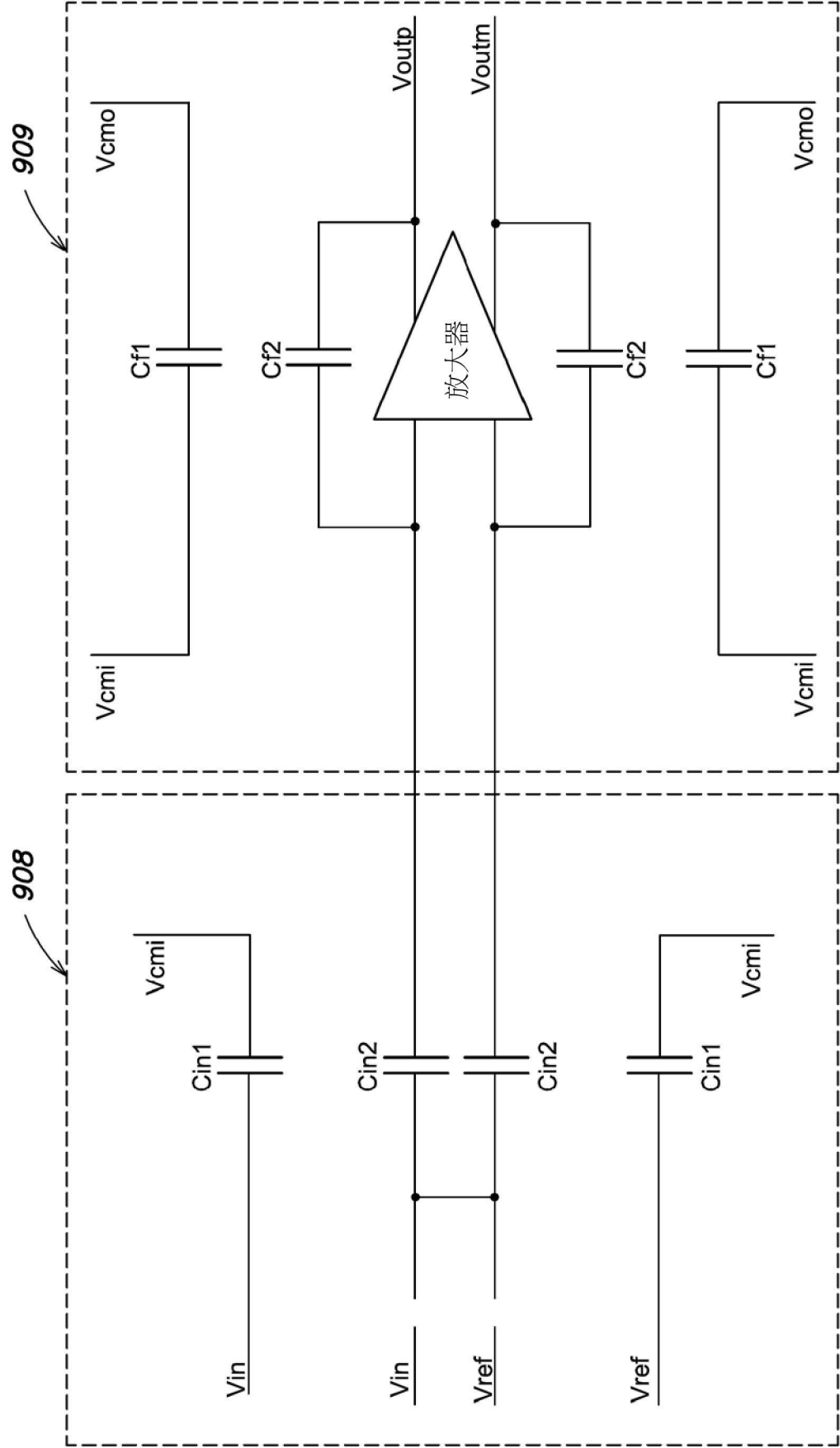
【圖 10H】



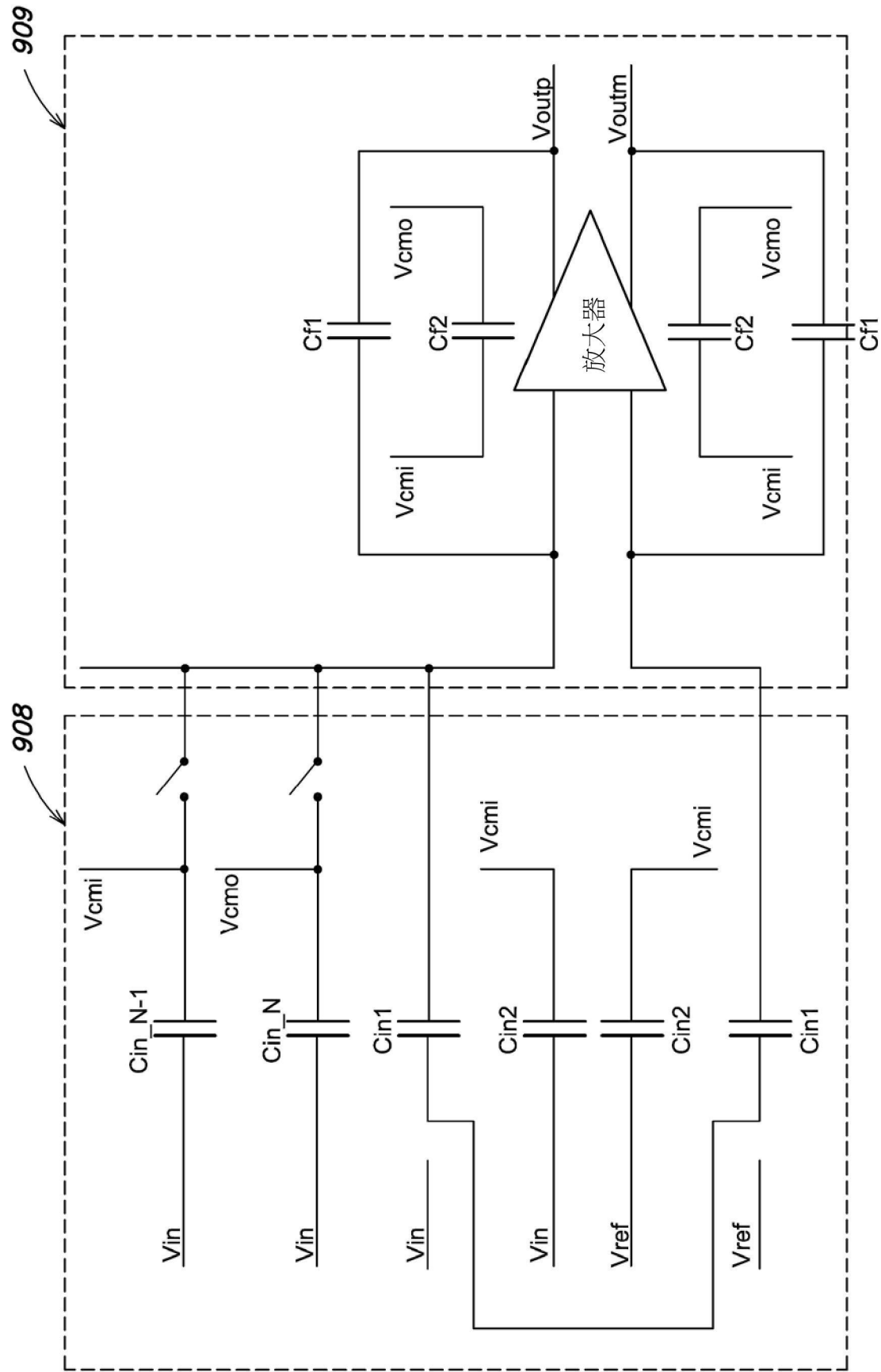
【圖 10I】



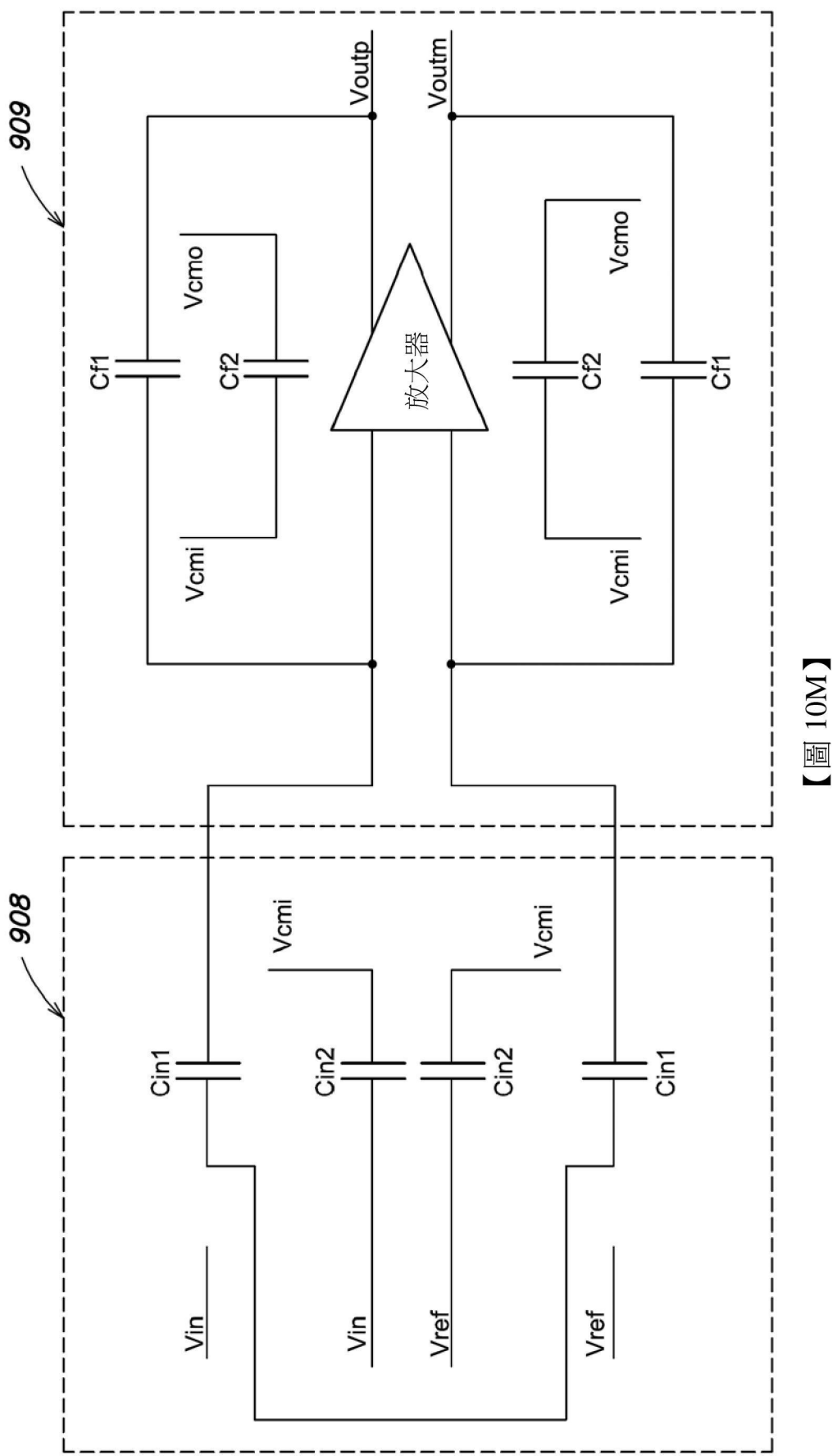
【圖 10J】



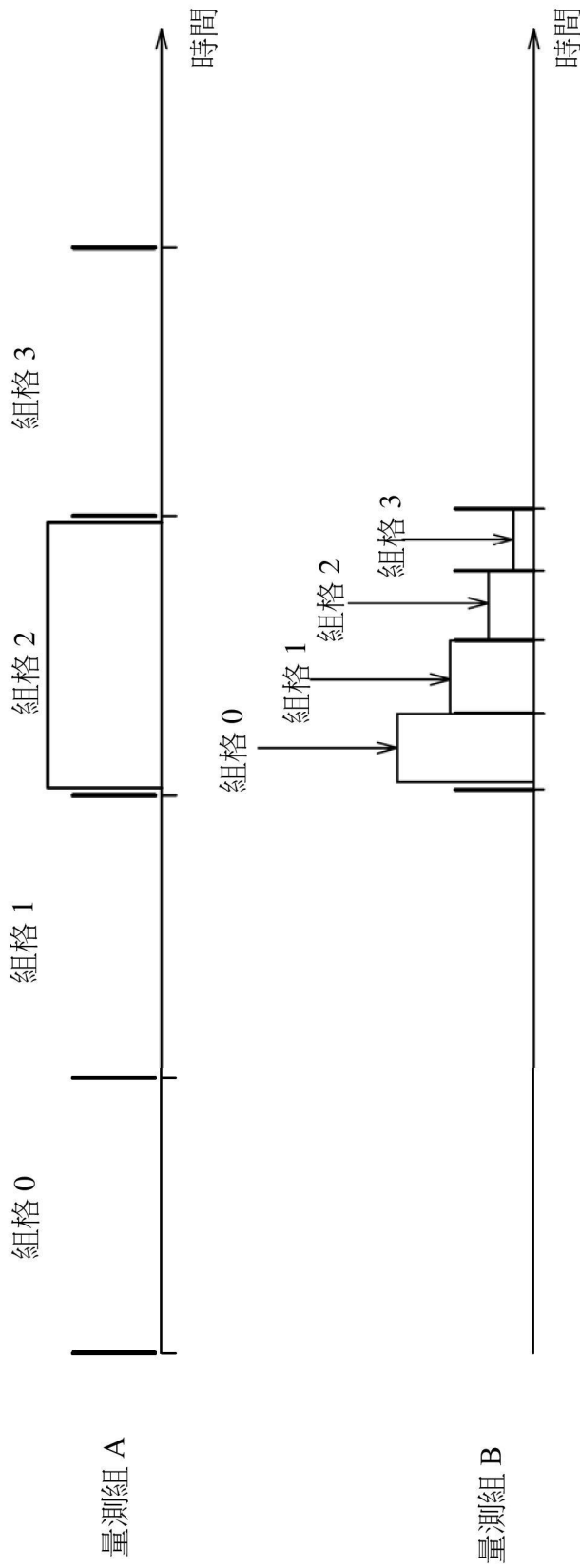
【圖 10K】



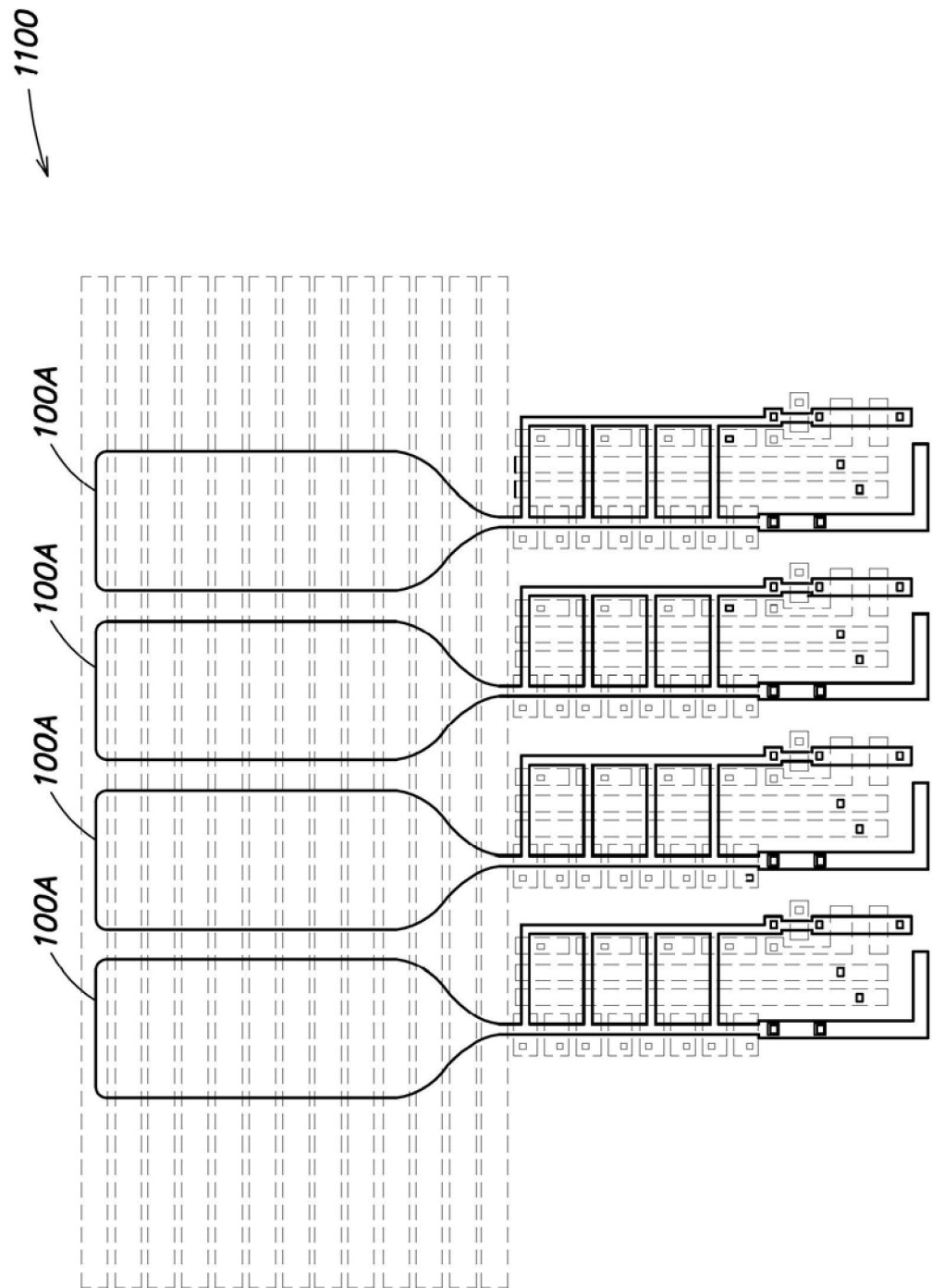
【圖 10L】



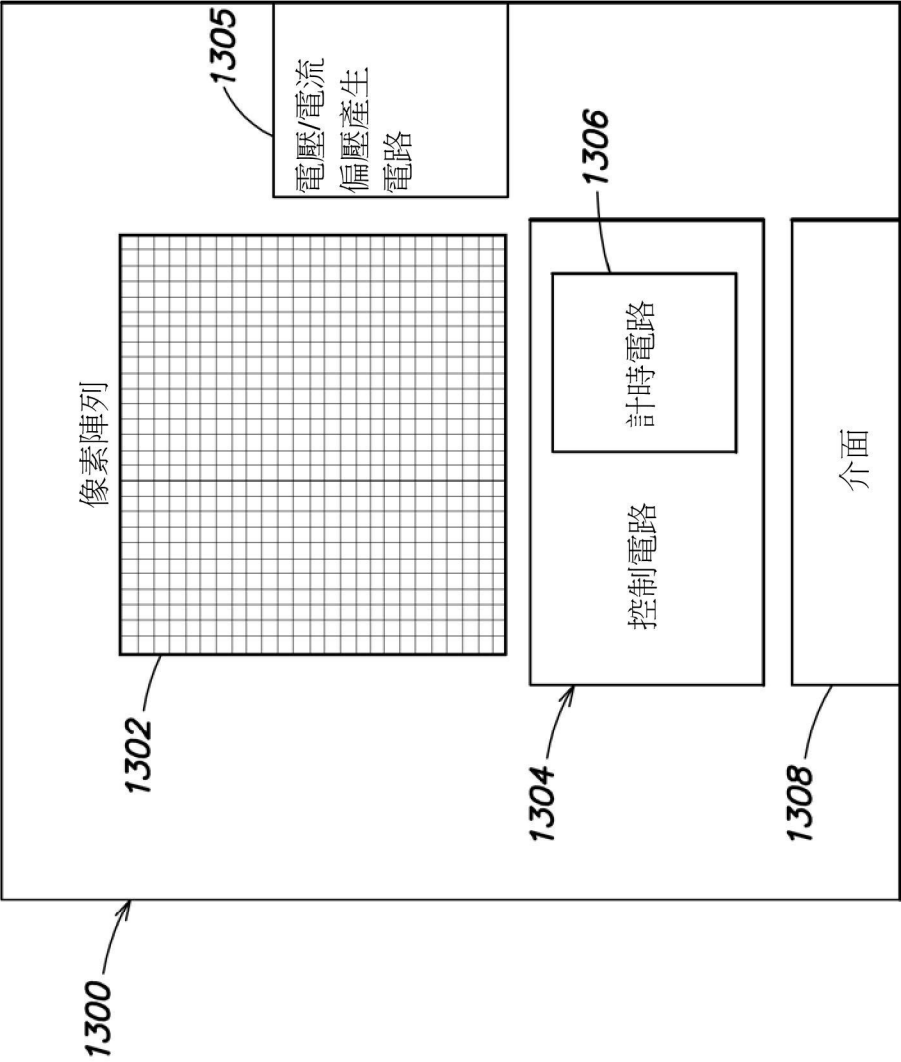
【圖 10M】



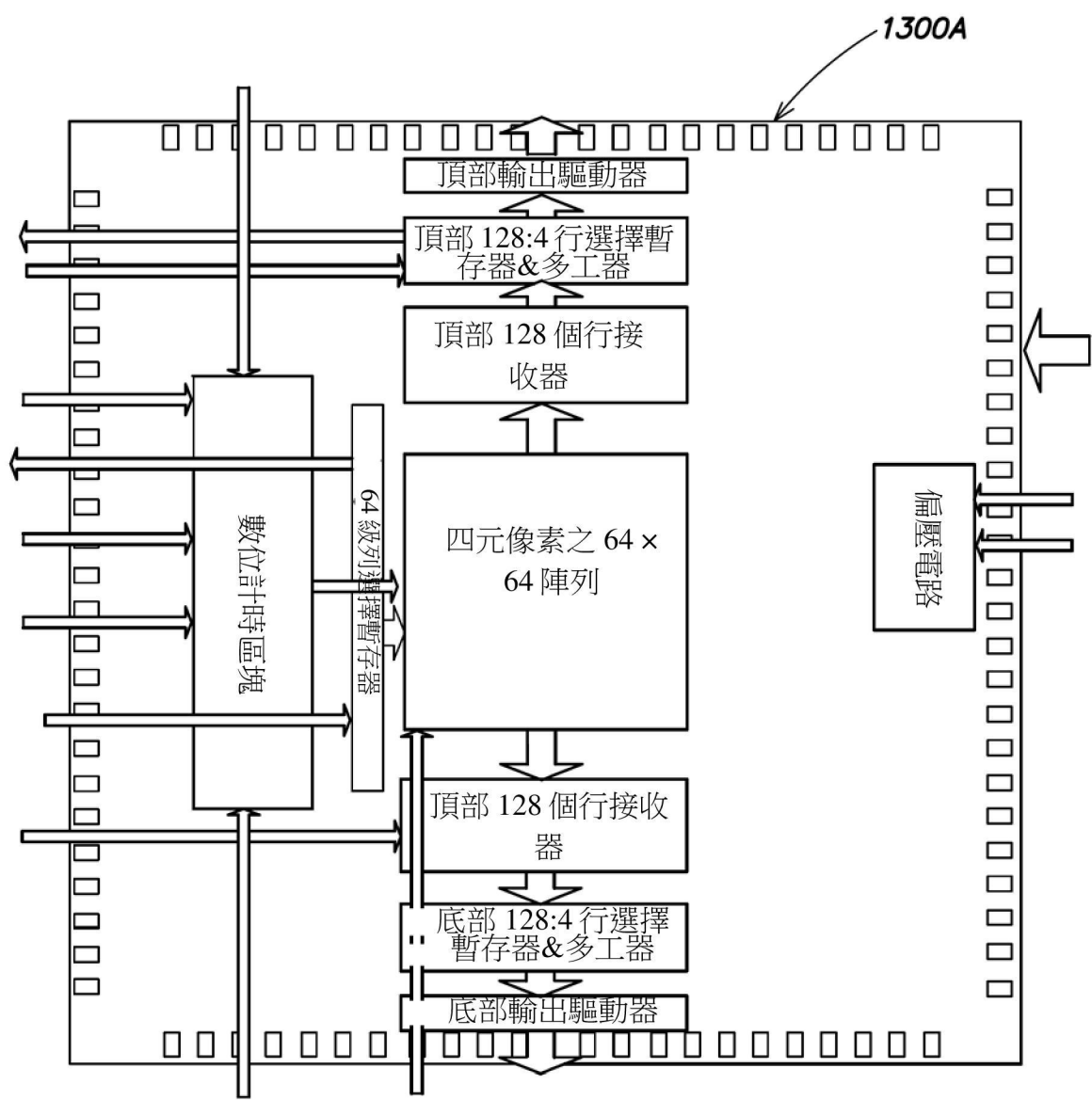
【圖 11】



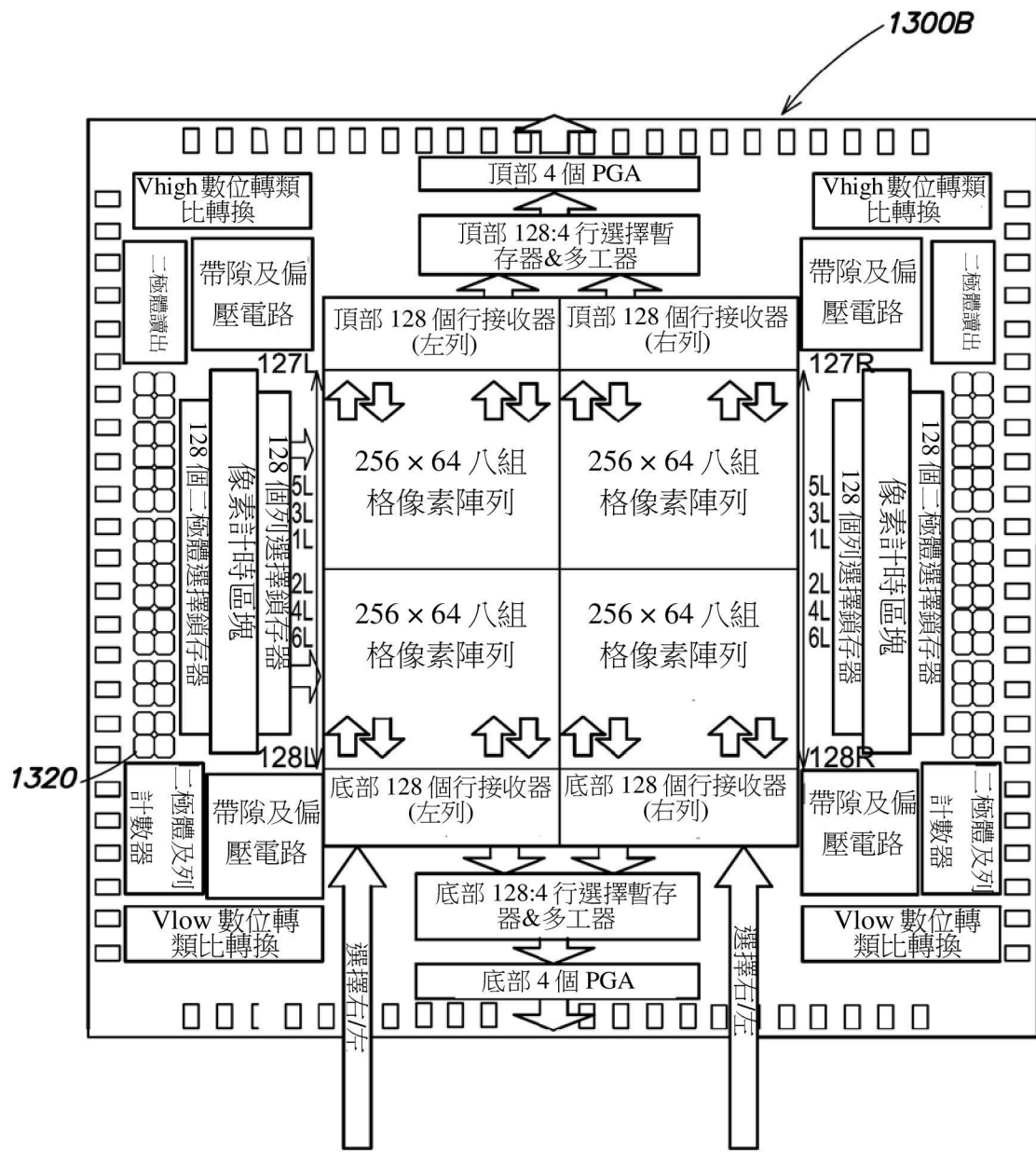
【圖 12】



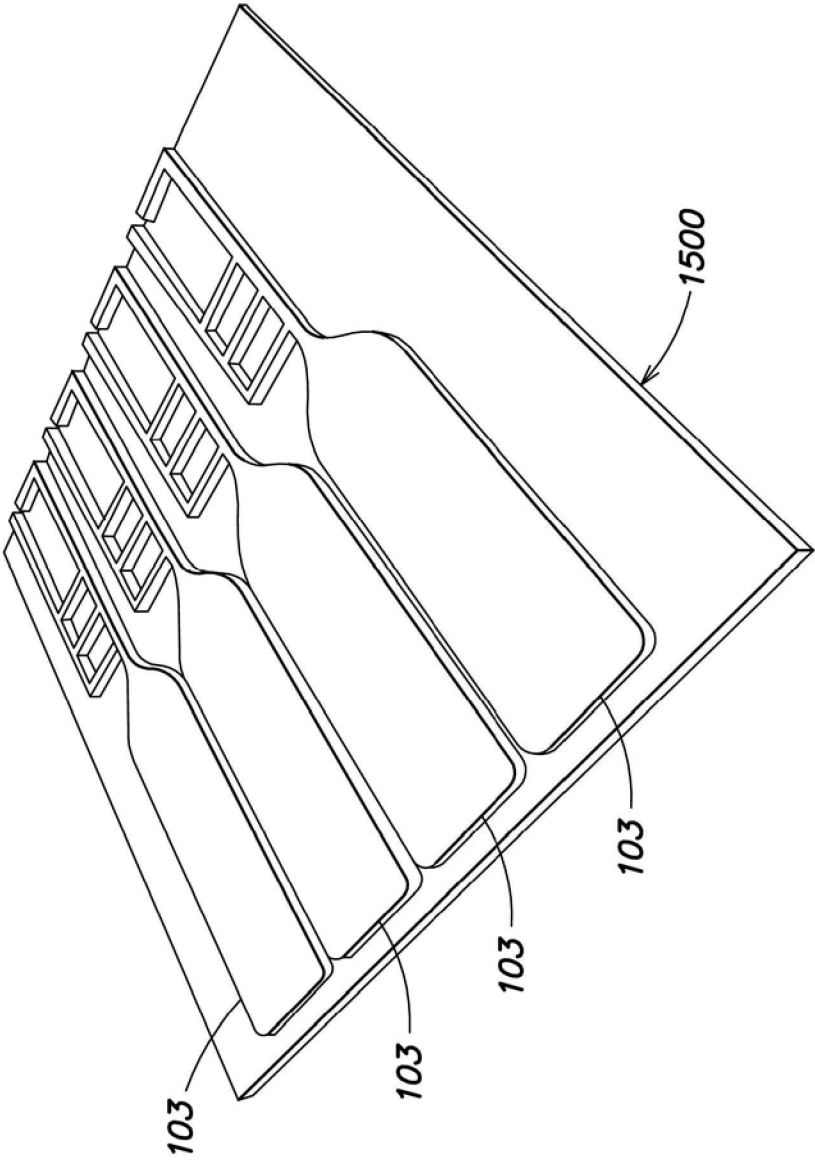
【圖 13】



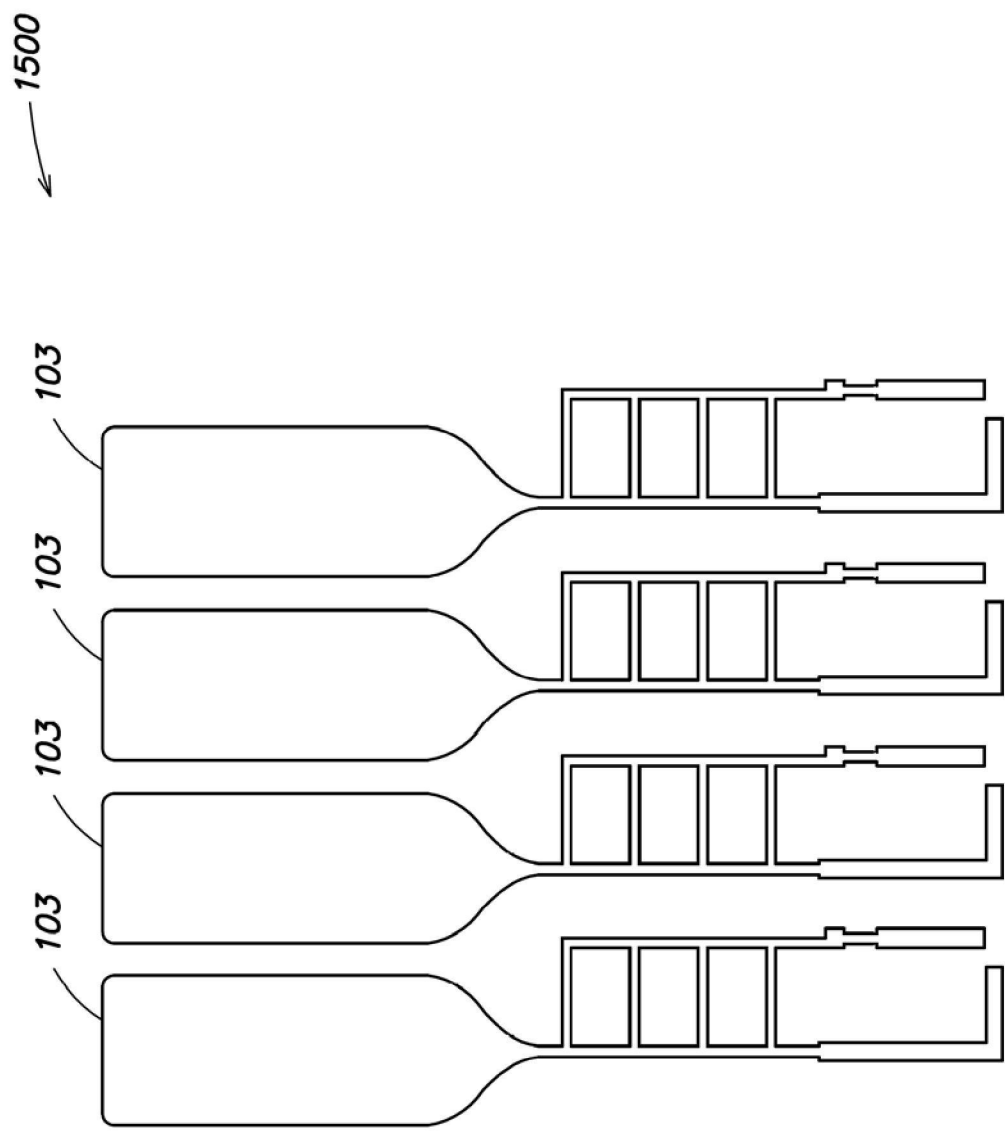
【圖 14A】



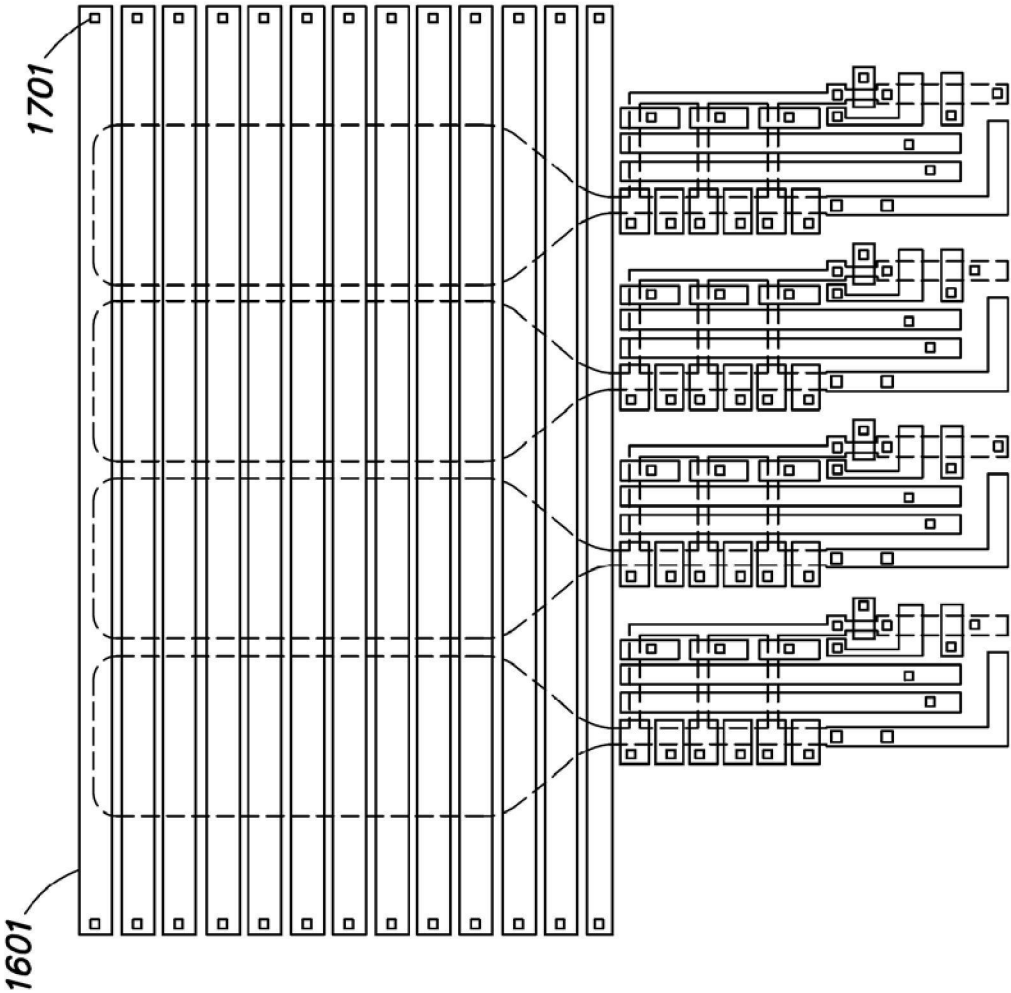
【圖 14B】



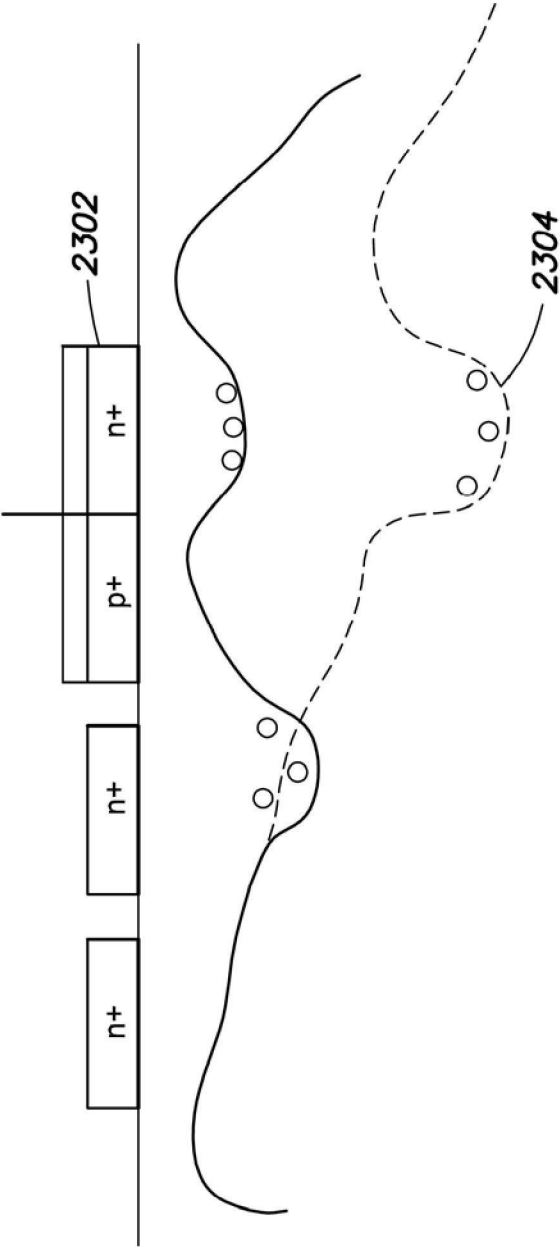
【圖 15A】



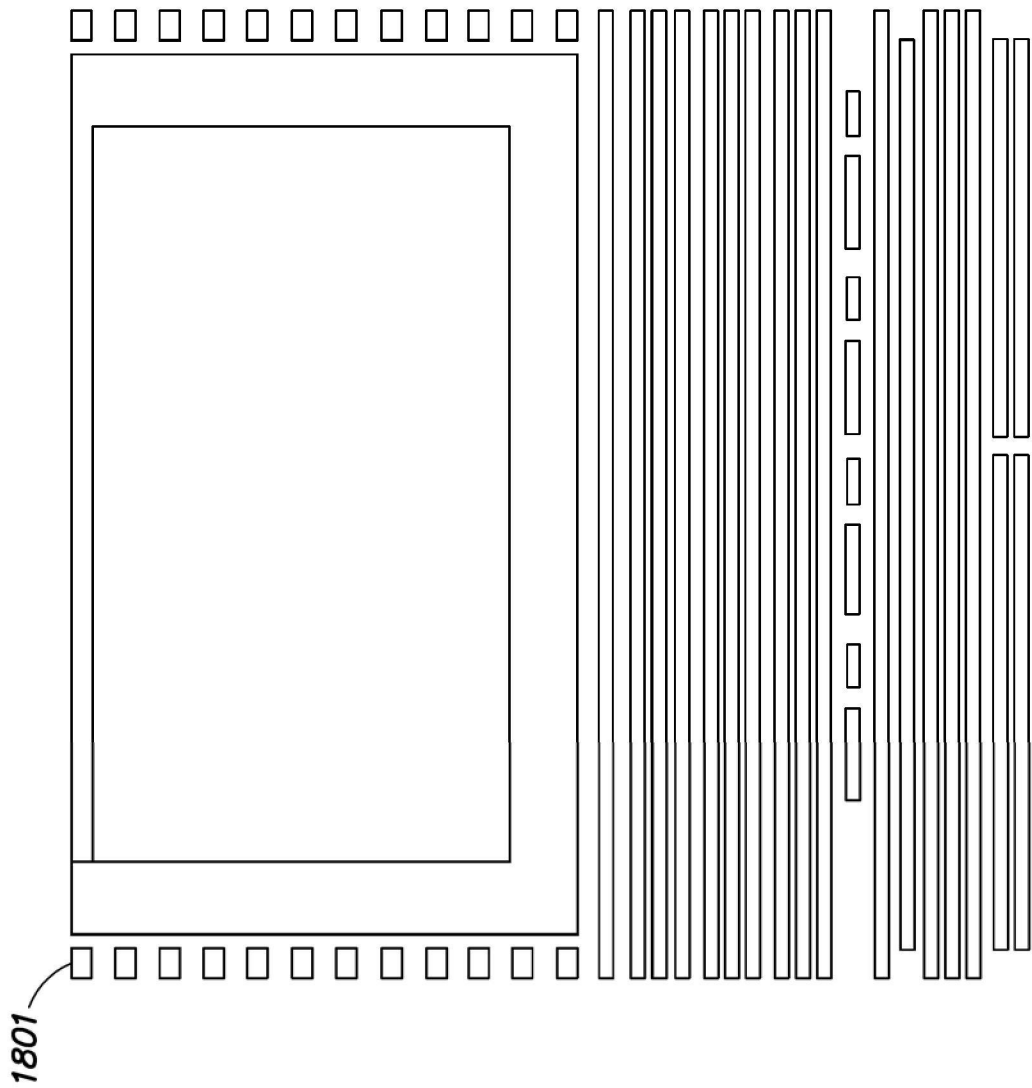
【圖 15B】



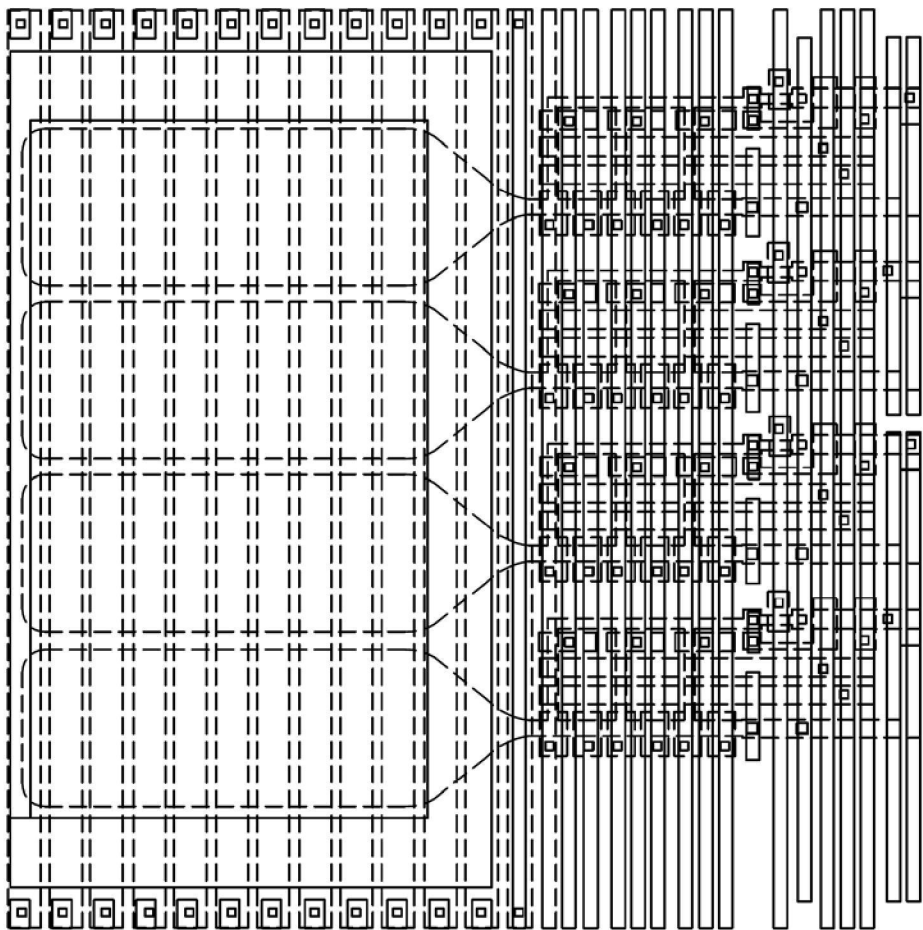
【圖 16】



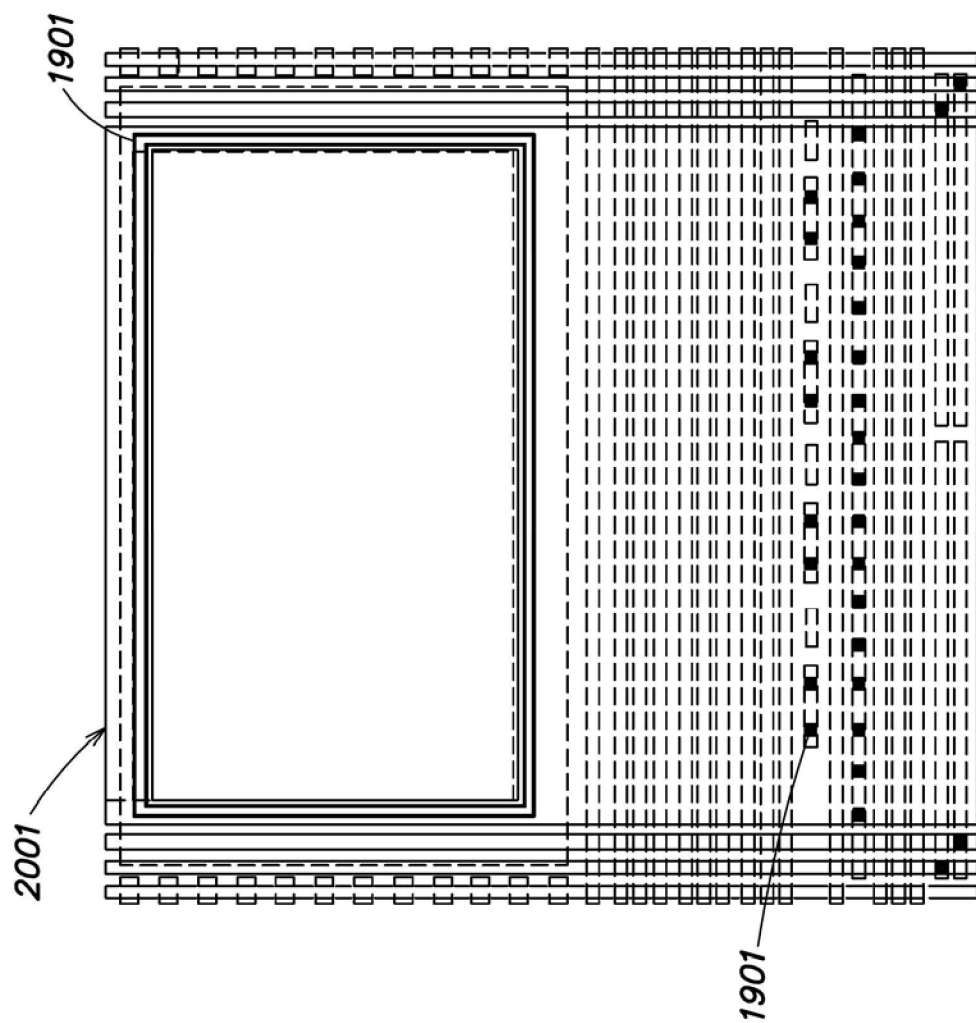
【圖 17】



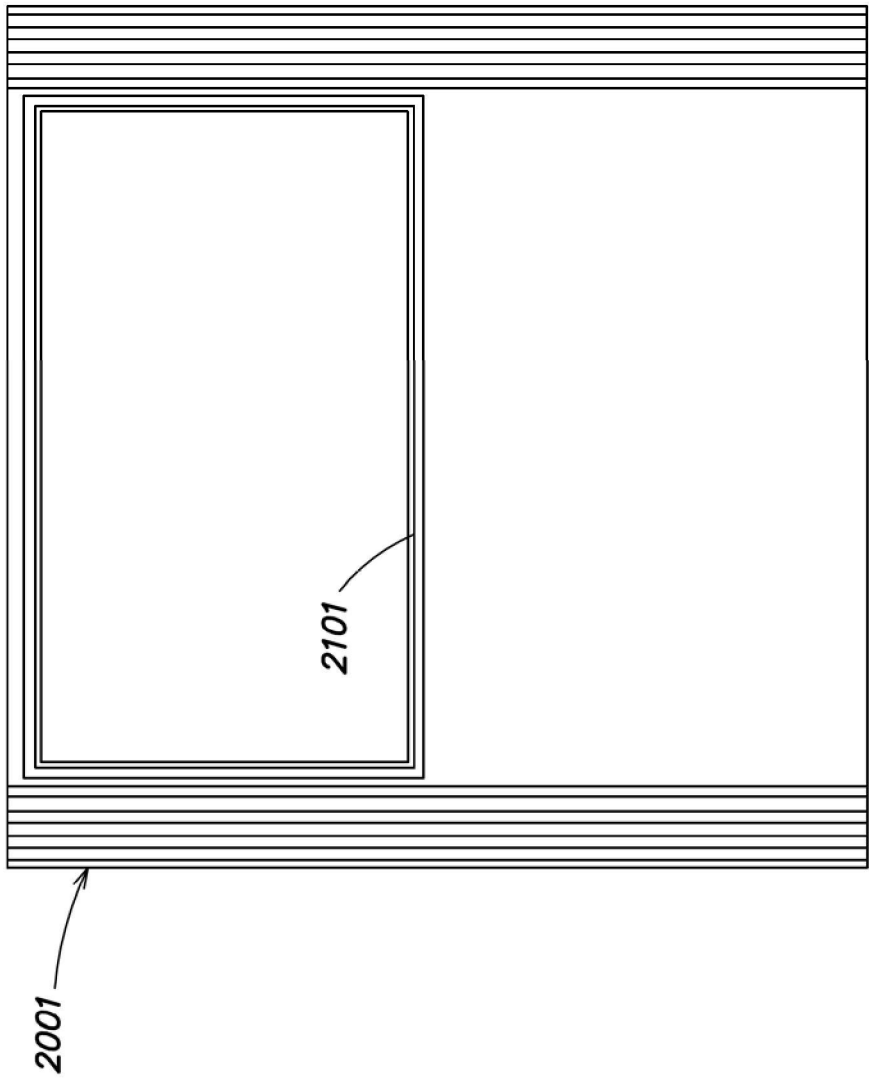
【圖 18】



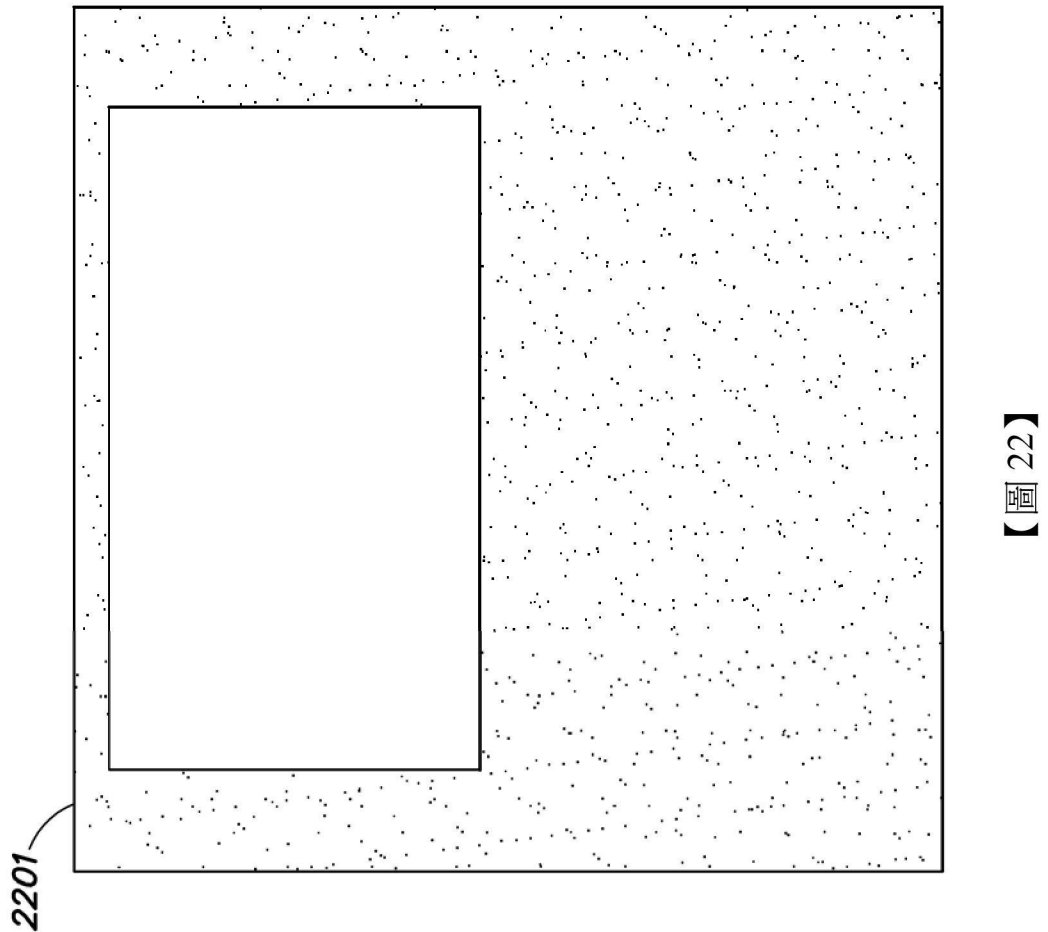
【圖 19】

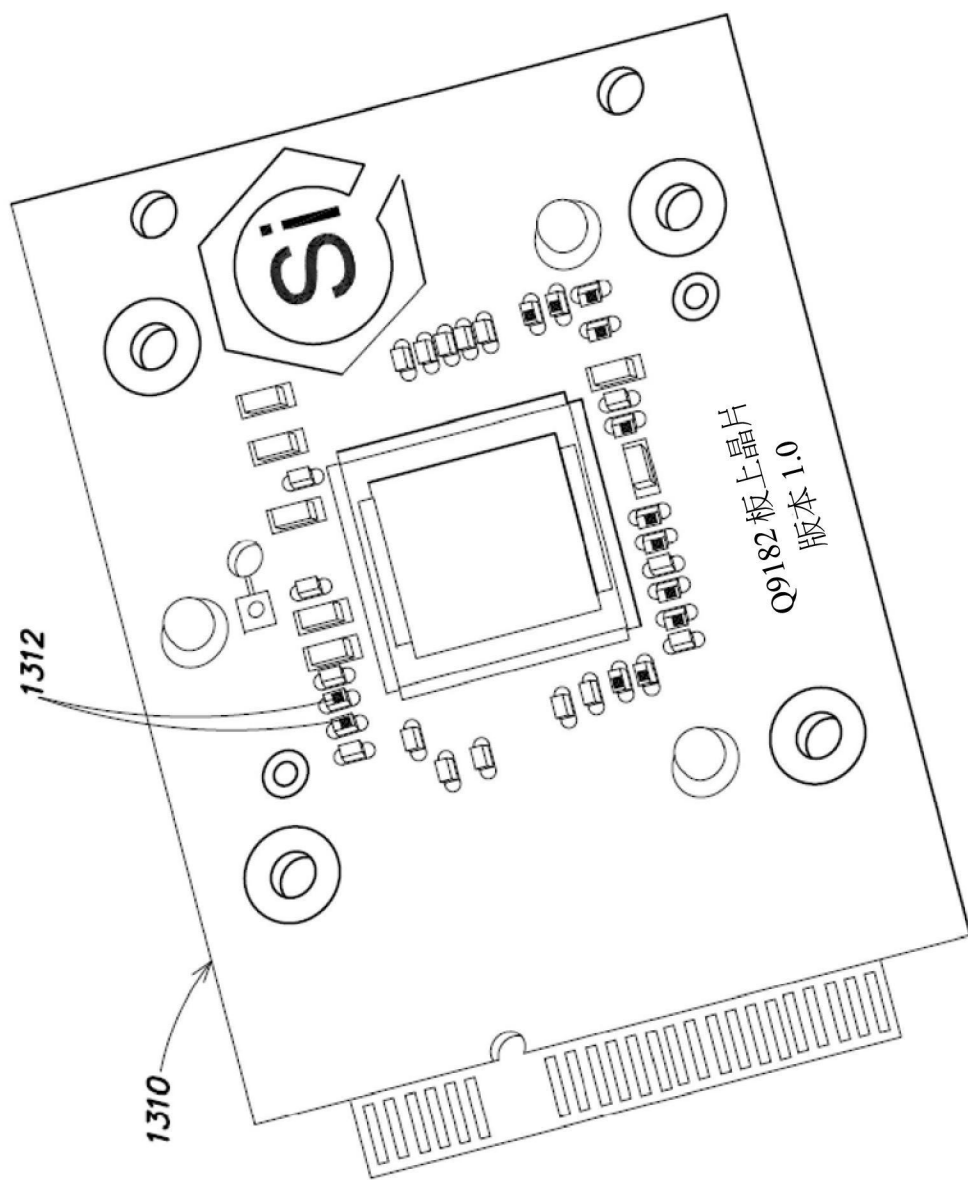


【圖 20】

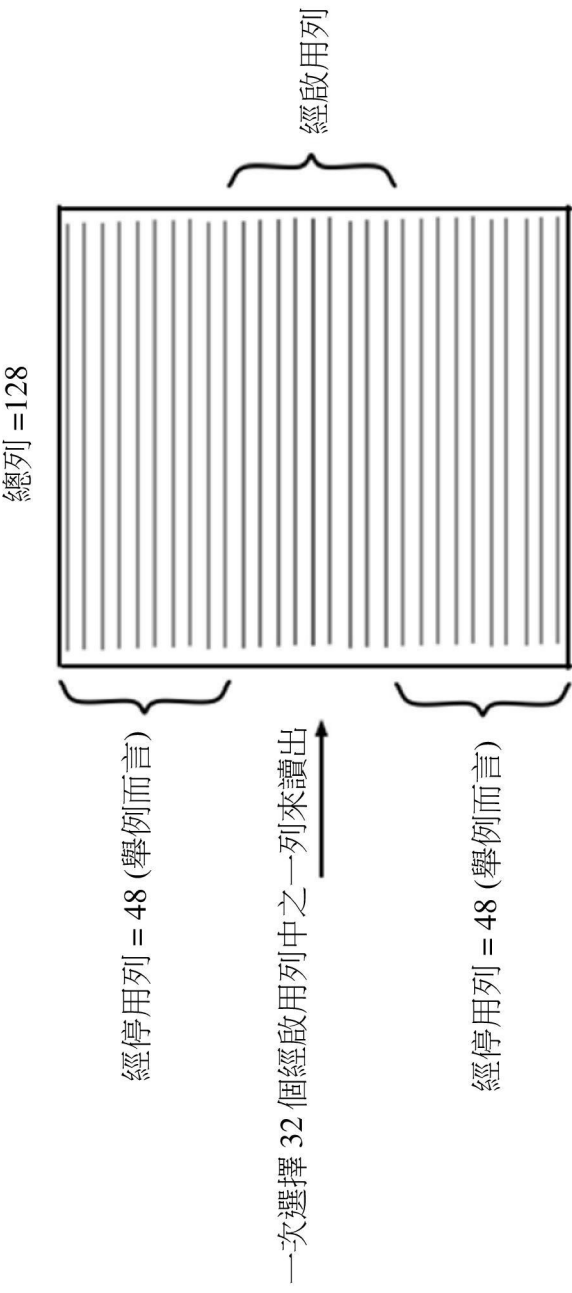


【圖 21】

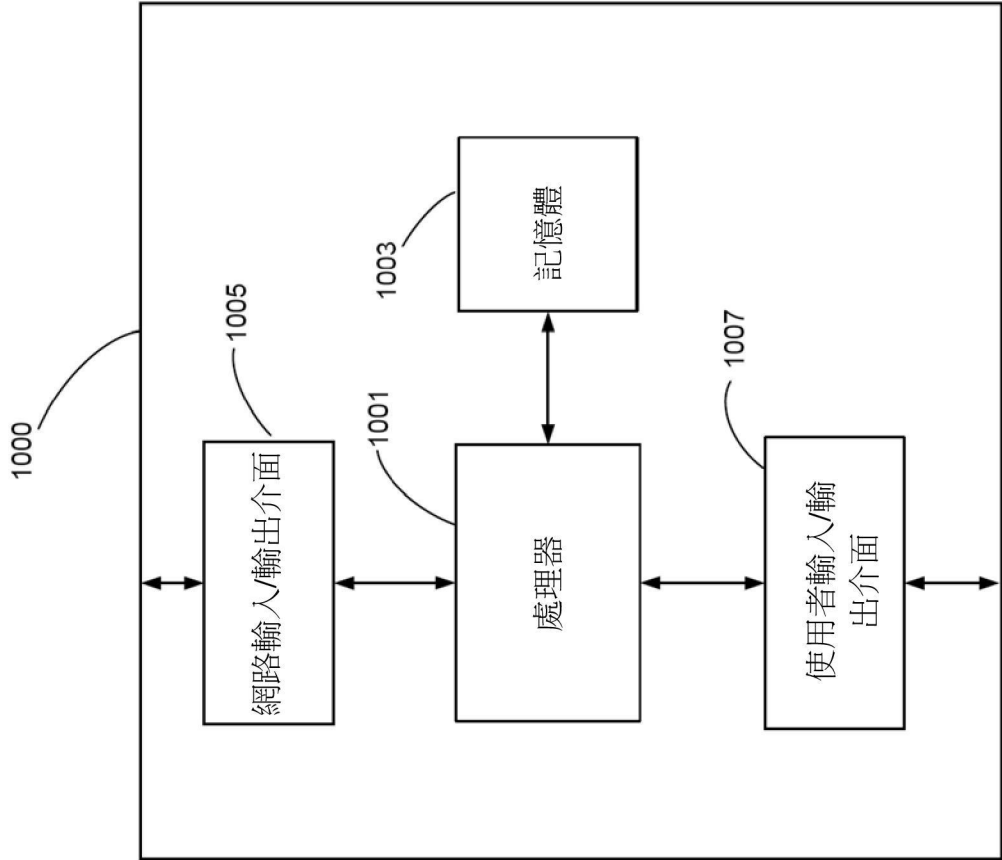




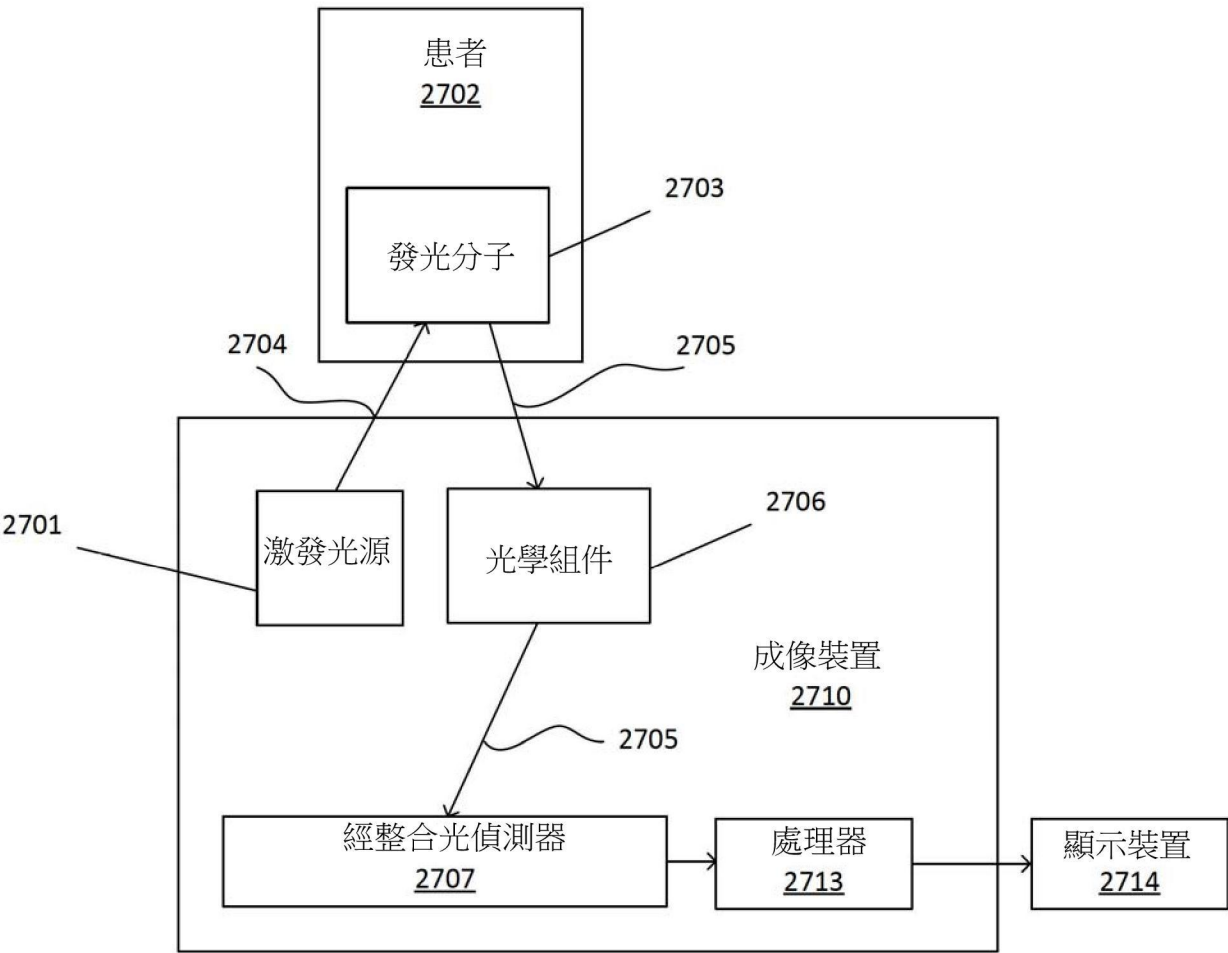
【圖 24】



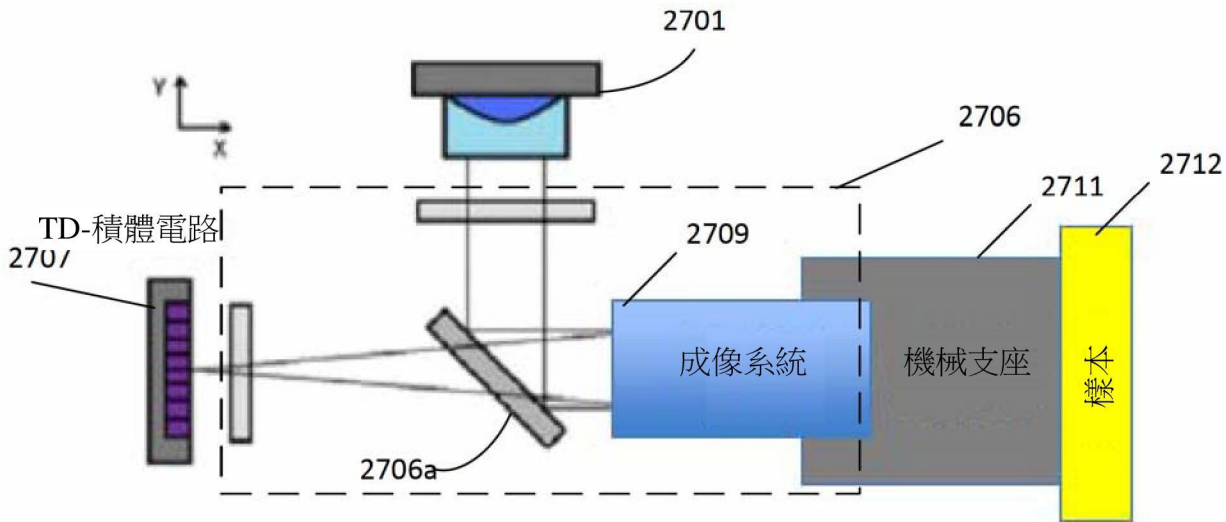
【圖 25】



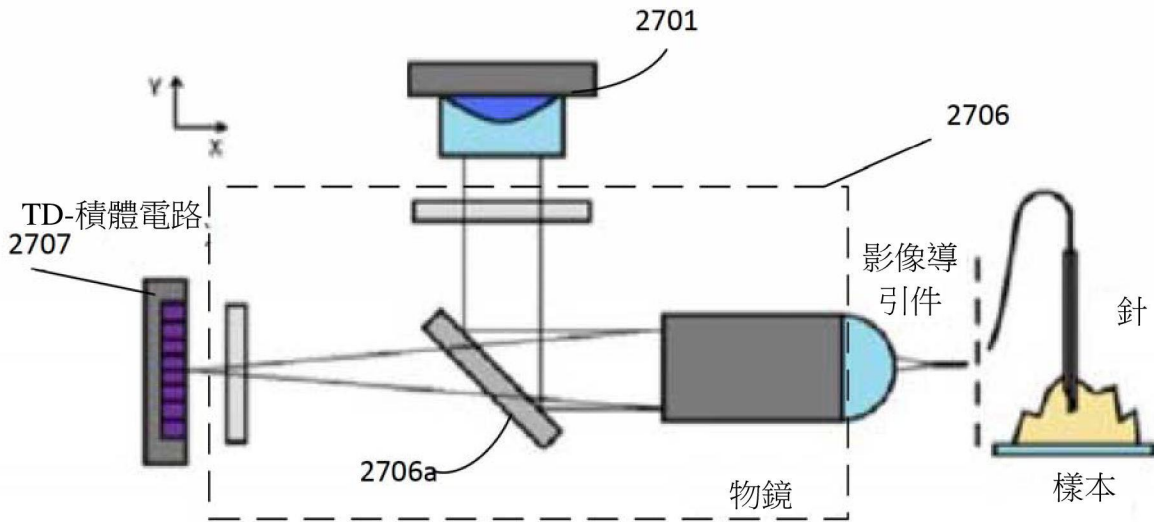
【圖 26】



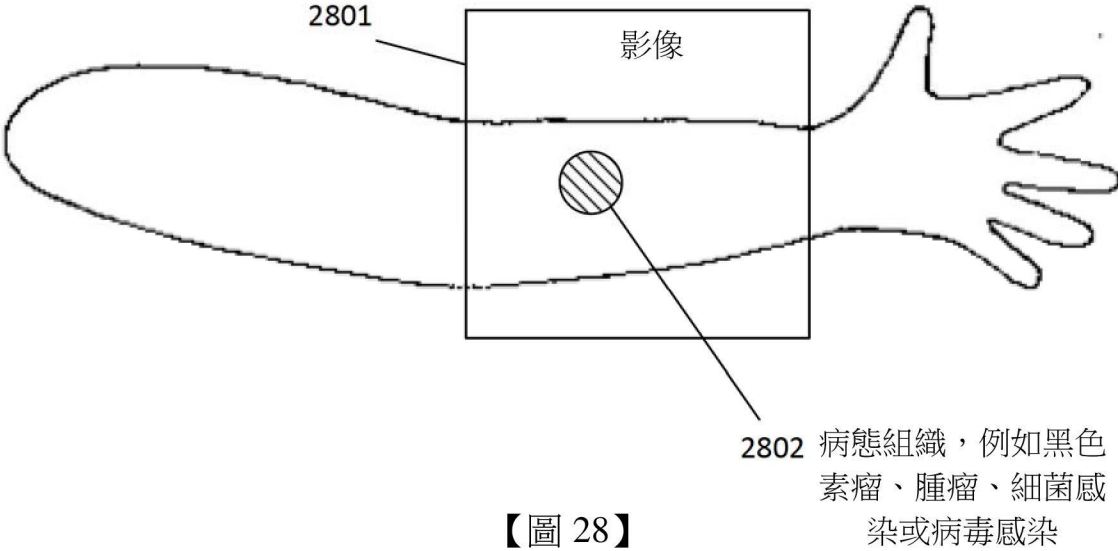
【圖 27A】

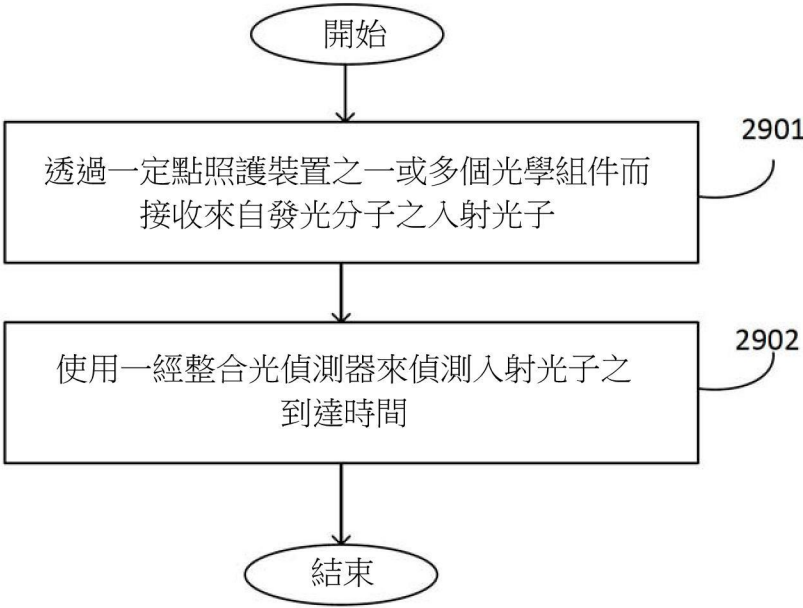


【圖 27B】

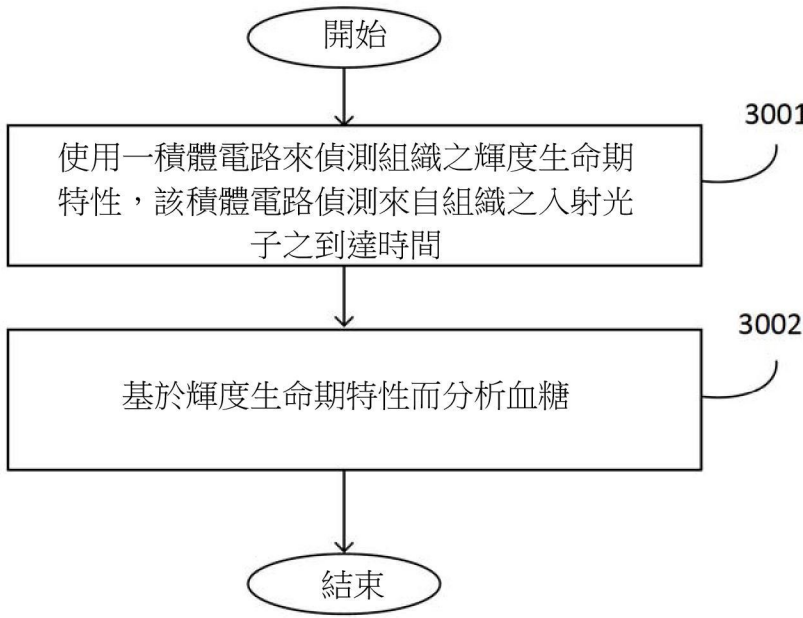


【圖 27C】





【圖 29】



【圖 30】