



(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 I744196 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 10 月 21 日

(21)申請案號：110106466

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 08 月 04 日

(51)Int. Cl. : *H01L27/146 (2006.01)**H01L31/028 (2006.01)**H01L31/0312(2006.01)**H04N5/378 (2011.01)*

(30)優先權：2015/08/04	美國	62/200,652
2015/08/25	美國	62/209,349
2015/08/27	美國	62/210,946
2015/08/28	美國	62/210,991
2015/08/28	美國	62/211,004
2015/09/11	美國	62/217,031
2015/11/06	美國	62/251,691
2015/12/28	美國	62/271,386

(71)申請人：光程研創股份有限公司(中華民國) ARTILUX INC. (TW)

新竹縣竹北市台元一街6號8樓之1

(72)發明人：那允中 NA, YUN CHUNG (TW)；鄭斯璘 CHENG, SZU LIN (TW)；陳書履 CHEN, SHU LU (TW)；劉漢鼎 LIU, HAN-DIN (TW)；陳慧文 CHEN, HUI WEN (TW)；梁哲夫 LIANG, CHE-FU (TW)

(74)代理人：趙嘉文；吳俊億

(56)參考文獻：

TW	201517258A	TW	201523860A
US	7972885B1	US	7972885B1
US	2014/0159129A1		

審查人員：呂俊賢

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：19 共 76 頁

(54)名稱

製造影像感測陣列之方法

(57)摘要

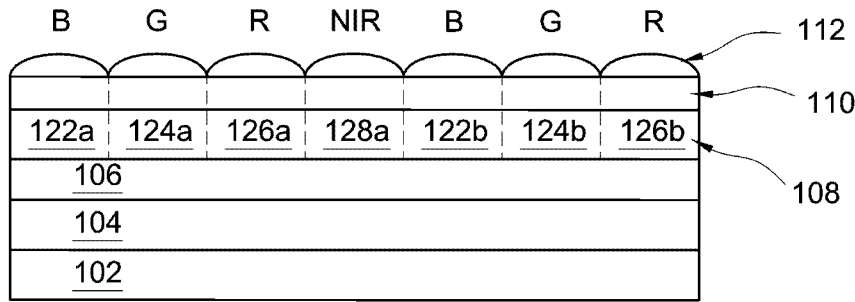
一種製造影像感測陣列之方法，此影像感測陣列包含一承載基板、一第一群光電二極體及一第二群光電二極體。第一群光電二極體耦合於承載基板並包含一第一光電二極體，第一光電二極體包含一半導體層；半導體層用以吸收介於可見光波段的光子，並以所吸收之介於可見光波段的光子產生光載子。第二群光電二極體耦合於承載基板並包含一第二光電二極體，第二光電二極體包含一鍺矽區。；鍺矽區製造於半導體基板上方，並用以吸收介於紅外光或近紅外波段的光子，再以所吸收到之介於紅外光或近紅外光波段的光子產生光載子。

A method for fabricates an image sensor array including a carrier substrate; a first group of photodiodes coupled to the carrier substrate, where the first group of photodiodes include a first photodiode, and where the first photodiode includes a semiconductor layer configured to absorb photons at visible wavelengths and to generate photo-carriers from the absorbed photons; and a second group of photodiodes coupled to the carrier substrate, where the second group of photodiodes include a second photodiode, and where the second

photodiode includes a germanium-silicon region fabricated on the semiconductor layer, the germanium-silicon region configured to absorb photons at infrared or near-infrared wavelengths and to generate photo-carriers from the absorbed photons.

指定代表圖：

100



符號簡單說明：

100:光電二極體陣列

102:基板

104:積體電路層

106:互連層

108:感測層

110:濾光層

112:透鏡層

122a、122b、124a、

124b、126a、126b、

128a:光電二極體

圖1



I744196

【發明摘要】

【中文發明名稱】製造影像感測陣列之方法

【英文發明名稱】METHOD FOR FABRICATING IMAGE SENSOR ARRAY

【中文】

一種製造影像感測陣列之方法，此影像感測陣列包含一承載基板、一第一群光電二極體及一第二群光電二極體。第一群光電二極體耦合於承載基板並包含一第一光電二極體，第一光電二極體包含一半導體層；半導體層用以吸收介於可見光波段的光子，並以所吸收之介於可見光波段的光子產生光載子。第二群光電二極體耦合於承載基板並包含一第二光電二極體，第二光電二極體包含一鍺矽區；鍺矽區製造於半導體基板上方，並用以吸收介於紅外光或近紅外波段的光子，再以所吸收到之介於紅外光或近紅外光波段的光子產生光載子。

【英文】

A method for fabricates an image sensor array including a carrier substrate; a first group of photodiodes coupled to the carrier substrate, where the first group of photodiodes include a first photodiode, and where the first photodiode includes a semiconductor layer configured to absorb photons at visible wavelengths and to generate photo-carriers from the absorbed photons; and a second group of photodiodes coupled to the carrier substrate, where the second group of photodiodes include a second photodiode, and where the second photodiode includes a germanium-silicon region fabricated on the semiconductor

layer, the germanium-silicon region configured to absorb photons at infrared or near-infrared wavelengths and to generate photo-carriers from the absorbed photons.

【指定代表圖】圖1

【代表圖之符號簡單說明】

100…光電二極體陣列

102…基板

104…積體電路層

106…互連層

108…感測層

110…濾光層

112…透鏡層

122a、122b、124a、124b、126a、126b、128a…光電二極體

【發明說明書】

【中文發明名稱】 製造影像感測陣列之方法

【英文發明名稱】 METHOD FOR FABRICATING IMAGE SENSOR ARRAY

【技術領域】

【0001】 本發明是關於半導體裝置及其製造方法，且特別是有關於用以感測光信號之光電二極體及其製造方法。

【先前技術】

【0002】 光感測器主要用以將在自由空間中(或光學介質中)傳遞且耦合於其上之光信號轉換成為電信號，以供進行後續處理。

【發明內容】

【0003】 依據本發明提供一種光電二極體，可用以感測複數光信號，並將所述光信號轉換為複數電信號，以供其它電路進行處理。複數光電二極體可用於消費性電子產品、影像感測器、資訊傳輸、時差測距(time-of-flight；簡稱TOF)應用、醫療器材及其它合適應用領域。一般來說，矽是用以製作一影像感測器的材料；然而，歸因於矽對近紅外光信號(near-infrared，簡稱NIR)或其它較紅外光信號波長更長的光信號的光學吸收係數低，故本發明提供利用其它材料及/或材料合金作為影像感測器材料的光學裝置結構設計。根據本發明提供一種光電二極體，其利用例如是鍺或鍺矽材料以增加裝置的速度及/或靈敏度及/或動態範圍(dynamic range)及/或偵測波長範圍。在一實施方式中，利用鍺或鍺矽形成之複數光電二極體和利用矽形成的光電

二極體可整合於一共同基板上以產生具有一較大操作波段之一光電二極體陣列。

【0004】 根據本發明之另一目的，由立體物體反射的光可由一取像系統之複數光電二極體來感測；其中，所述的光電二極體將感測到的光轉換為複數電荷。每個光電二極體包含複數閘極，所述閘極經控制以收集複數電荷；所收集到的電荷可隨時間改變，藉此，取像系統可依測得的光判斷立體物體相位及其它資訊。取像系統可利用相位資訊來分析立體物體的特性(包含深度資訊或一材料組成)。取像系統也可利用相位資訊以進行眼球辨識(eye-gesture recognition)、人體姿勢辨識(body-gesture recognition)、立體物件掃描/影像擷取及/或擴增/虛擬實境應用(augmented/virtual reality applications)。

【0005】 根據本發明提供之一影像感測器包含一承載基板、一第一群光電二極體及一第二群光電二極體；第一群光電二極體耦合於承載基板，其中第一群光電二極體包含一半導體層，所述半導體層用以吸收在可見光波段的複數光子；第二群光電二極體耦合於承載基板，其中第二群光電二極體包含一第二光電二極體，第二光電二極體包含一鍺矽區，所述鍺矽區製造在半導體層上方並用以吸收在紅外或近紅外波段的複數光子，並以所述光子產生複數光載子。

【0006】 在本發明之一實施方式中可選擇性地包含一或多個下述特徵。第一群光電二極體及第二群光電二極體可排列在一二維陣列中。在

第一群光電二極體及第二群光電二極體中之每一光電二極體可包含一濾光器及一透鏡，所述濾光器用以使一部分的光穿透，所述透鏡用以會聚所接收到的光。

【0007】 第一群光電二極體可包含一第一載子收集區、一第一讀出區及一第一閘極；第一載子收集區用以收集由半導體層生成之一部分光載子；第一讀出區耦合於一第一讀出電路，第一讀出區用以將第一載子收集區收集到的光載子提供給第一讀出電路；第一閘極耦合於一第一控制信號，第一控制信號用以控制在第一載子收集區及第一讀出區之間之一載子傳輸。第二光電二極體可包含一第二載子收集區、一第二讀出區及一第二閘極；第二載子收集區用以接收鍺矽區產生之光載子；第二讀出區耦合於一第二讀出電路，並用以將第二載子收集區收集到的光載子提供給第二讀出電路；第二閘極耦合於一第二控制信號，第二控制信號用以控制在第二載子收集區及第二讀出區之間之一載子傳輸。

【0008】 第二光電二極體可包含一第三讀出區及一第三閘極；第三讀出區耦合於一第三讀出電路，並用以將第二載子收集區收集到的光載子提供給第三讀出電路；第三閘極耦合於一第三控制信號，第三控制信號用以控制在第二載子收集區及第三讀出區之間之一載子傳輸。第二光電二極體可包含一第四讀出區及一第四閘極；第四讀出區耦合於一第四讀出電路，並用以將第二載子收集區收集到的光載子提供給第四讀出電路；第四閘極耦合於一第四控制信號，第四控制信號用以控制在第二載子收集區及第四讀出區之間

之一載子傳輸。第二光電二極體可包含一第五讀出區及一第五閘極；第五讀出區耦合於一第五讀出電路，並用以將第二載子收集區收集到的光載子提供給第五讀出電路；第五閘極耦合於一第五控制信號，第五控制信號用以控制在第二載子收集區及第五讀出區之間之一載子傳輸。第一閘極可供一影像感測應用，第二閘極、第三閘極、第四閘極及第五閘極中之至少二者可供時差測距應用。

【0009】 第一載子收集區可包含一p-n接面，以及第二載子收集區可包含一p-i-n接面供收集電子。第一讀出區及第二讀出區可為n-摻雜區。

【0010】 影像感測陣列可包含一氧化層，平坦地跨越第一群光電二極體及第二群光電二極體，其中鍺矽區嵌入於氧化層中。第一光電二極體可用以接收複數電子，以及第二光電二極體可用以接收複數電洞。

【0011】 根據本發明提供一用以製造一影像感測陣列之方法，所述方法用以製造具有一第一群光電二極體及一第二群光電二極體之影像感測陣列，其中第一群光電二極體用以感測可見光，第二群光電二極體用以感測紅外光；所述方法包含如下步驟：成長一鍺矽層於一半導體摻雜晶圓上方；界定影像感測陣列之複數像素於鍺矽層上方；在完成界定複數像素於鍺矽層上方之後，界定一第一互連層於鍺矽層上方，其中第一互連層包含複數互連件，互連件耦合於第一群光電二極體及第二群光電二極體；界定一積體電路，以控制在一半導體承載晶圓上方之影像感測陣列之複數像素；在完

成界定積體電路後，界定一第二互連層於半導體承載晶圓上方，其中第二互連層包含複數互連件，第二互連層之複數互連件耦合於積體電路；以及接合第一互連層及第二互連層，藉以使第一群光電二極體及第二群光電二極體耦合於積體電路。

【0012】 在本發明之一實施方式中可選擇性地包含一或多個下述特徵。在前述方法中，可包含利用拋光技術移除半導體摻雜晶圓的至少一部份。在前述方法中，可包含形成複數透鏡元件於半導體摻雜晶圓上方，其中每一透鏡元件係排列在影像感測陣列的其中之一光電二極體上方，以引導光線至其中之一光電二極體。在前述方法中，可包含形成複數濾光器於影像感測陣列上方，其中每一濾光器形成在影像感測器之其中之一光電二極體上方。

【0013】 根據本發明另提供一種製造一影像感測陣列之方法，所述方法用以製造包含一第一群光電二極體及一第二群光電二極體之影像感測陣列，其中第一群光電二極體感測可見光，第二群光電二極體感測紅外光或近紅外光；所述方法包含如下步驟：界定一影像感測陣列之複數像素在一半導體摻雜晶圓上方；沉積一絕緣層於半導體摻雜晶圓上方；界定供複數第二群光電二極體之複數區域於絕緣層上方；成長一鍺矽層於供第二群光電二極體之複數區域上方；於成長鍺矽層之後，界定一第一互連層，其中互連層包含複數互連件，所述互連件耦合於第一群光電二極體及第二群光電二極體；界定一積體電路以供控制設於一半導體承載晶圓上之影像感測陣列之複數像素；在界定積體電路後，界定一第二互連層於

半導體承載晶圓上方，其中第二互連層包含複數互連件，第二互連層的複數互連件耦合於積體電路；以及接合第一互連層及第二互連層，使第一群光電二極體及第二群光電二極體耦合於積體電路。

【0014】 在本發明之一實施方式中可選擇性地包含一或多個下述特徵。在前述方法中，成長鍺矽層於供第二群光電二極體之該等區域更包含下列步驟：利用一選擇性磊晶成長技術成長鍺矽層，以使鍺矽層嵌入該絕緣層；以及拋光鍺矽層以平坦化絕緣層及鍺矽層。在前述方法中，可包含利用拋光技術移除該半導體摻雜晶圓之至少一部分。在前述方法中，可包含形成複數透鏡元件於半導體摻雜晶圓，其中每一透鏡元件係排列在影像感測陣列的其中之一光電二極體上方，以供引導光線至其中之一光電二極體；以及形成複數濾光器，每一濾光器形成於影像感測陣列的其中之一光電二極體上方。

【0015】 根據本發明又提供一種製造一影像感測陣列之方法，所述方法用以製造包含一第一群光電二極體及一第二群光電二極體之影像感測陣列，其中第一群光電二極體供感測可見光，第二群光電二極體供感測紅外光或近紅外光；所述方法包含如下步驟：形成供第二群光電二極體之一鍺矽層於一第一半導體摻雜晶圓上方；界定一第一互連層於鍺矽層上方，其中第一互連層包含複數互連件，第一互連層之複數互連件耦合於第一群光電二極體及第二群光電二極體；界定積體電路以供控制影像感測陣列之複數像素，複數

像素位於一半導體承載晶圓上方；在界定積體電路之後，界定一第二互連層於半導體承載晶圓上方，其中第二互連層包含複數互連件，第二互連層之複數互連件耦合於積體電路；接合第一互連層及第二互連層；界定影像感測陣列之複數像素於第二半導體摻雜晶圓上方；在界定影像感測陣列之複數像素之後，界定一第三互連層於影像感測陣列上方；以及接合第三互連層及鍺矽層，藉以使第一群光電二極體及第二群光電二極體耦合於積體電路。

【0016】 在本發明之一實施方式中可選擇性地包含一或多個下述特徵。上述方法可包含在接合第一互連層及第二互連層之後，移除第一半導體摻雜晶圓。在上述方法中，形成供第二半導體光電二極體之鍺矽層於第一半導體摻雜晶圓包含成長一毯覆層於第一半導體摻雜晶圓；並可包含接合第一互連層及第二互連層之後，界定至少供第二群光電二極體之複數區域於鍺矽層上方。

【0017】 在上述方法中，形成供第二群光電二極體之鍺矽層於第一半導體摻雜晶圓可包含如下步驟：沉積一絕緣層於半導體摻雜晶圓上方；界定供第二群光電二極體之複數區域於絕緣層上方；以及成長一鍺矽層於供第二群光電二極體之複數區域。

【0018】 本發明可包含一或多個特徵。鍺為一種對近紅外光信號具有極佳吸收率的材料，這可以降低因使用吸收效率差之材料(例如矽)所導致之基板深處光載子生成緩慢的問題。整體頻寬的增加允許光偵測器被使用在具有高調變頻率的光感測系統，並具有例如是高深度解析度之優點。以一鍺矽材料作為吸收層可提供高於傳統矽材

料的光吸收效率，這除了可以提供對於可見光信號或近紅外光信號更為靈敏的光偵測器及降低相鄰像素間串擾(crosstalk)的問題外，更可以像素的尺寸達到縮減的效果。一混合材料感測器設計使一感測陣列可用以時差測距、紅外光感測及可見光感測。整體頻寬的增加允許光偵測器被使用在具有高調變頻率的時差測距系統，並具有例如是高深度解析度之優點。在時差測距系統中，光脈衝的峰值強度會因光脈衝的工作週期減少而增加，因此，在時差測距系統中，可在維持相同功率損耗的前提下，提升系統訊雜比；這使得系統在頻寬增加，而讓光脈衝信號的工作週期降低的條件下，不讓光脈衝的形狀產生變形(distorting)。

【0019】 參考隨附圖式，本發明之以上及額外目的、特徵及優點將透過下文中所述之該(該等)實施方式之以下闡釋性及非限制性詳細描述予以更好地理解；在隨附圖式中，相同參考數字係用於同一元件或類似元件。

【圖式簡單說明】

【0020】 圖1繪示依照本發明之一光電二極體陣列之示意圖；

【0021】 圖2繪示依照本發明之一光電二極體陣列之俯視圖；

【0022】 圖3繪示依照本發明之另一光電二極體陣列之示意圖；

【0023】 圖4A繪示依照本發明之一用以感測可見光及紅外光之光電二極體之示意圖；

【0024】 圖4B繪示依照本發明之另一用以感測可見光及紅外光之光電二極體之示意圖；

- 【0025】 圖5繪示依照本發明之又一用以感測可見光及紅外光之光電二極體之示意圖；
- 【0026】 圖6繪示依照本發明之再一用以感測可見光及紅外光之光電二極體之示意圖；
- 【0027】 圖7繪示依照本發明之一多閘極光電二極體之示意圖；
- 【0028】 圖8繪示依照本發明之另一多閘極光電二極體之示意圖；
- 【0029】 圖9繪示依照本發明之一用以感測可見光及紅外光之光電二極體之示意圖；
- 【0030】 圖10繪示依照本發明之一用以感測可見光及/或紅外光之整合光電二極體陣列之示意圖；
- 【0031】 圖11繪示依照本發明之另一用以感測可見光及/或紅外光之整合光電二極體陣列之示意圖；
- 【0032】 圖12繪示依照本發明之又一用以感測可見光及/或紅外光之整合光電二極體陣列之示意圖；
- 【0033】 圖13繪示依照本發明之再一用以感測可見光及/或紅外光之整合光電二極體陣列之示意圖；
- 【0034】 圖14A-14D繪示依照本發明之一光電二極體陣列於製作中間階段之示意圖；
- 【0035】 圖15A-15D繪示依照本發明之另一光電二極體陣列於製作中間階段之示意圖；
- 【0036】 圖16A-16D繪示依照本發明之又一光電二極體陣列於製作中間階段之示意圖；

【0037】圖17A-17F繪示依照本發明之再一光電二極體陣列於製作中間階段之示意圖；

【0038】圖18A繪示依照本發明之一影像系統之方塊圖；

【0039】圖18B和18C分別繪示依照本發明之影像系統在感測物體特徵時之波形圖；以及

【0040】圖19繪示依照本發明之一利用影像系統感測物體特徵之流程圖。

【實施方式】

【0041】光電二極體可用以感測光信號，並將所感測到的光信號轉換為電信號，以供其它電路進行後續信號處理。一般來說，材料的能帶間隙(energy gap)為其能吸收不同波長的光以產生自由載子的重要參數。舉例來說，在室溫下，矽的能帶間隙為1.12電子伏特(electron volt；符號為eV)，鍺的能帶間隙為0.66電子伏特，鍺矽合金(germanium-silicon alloy；下文簡稱鍺矽)的能帶間隙可依矽含量和鍺含量的不同而介於0.66電子伏特至1.12電子伏特之間。其次，半導體材料的光吸收率是入射光波長的函數，主要是當入射光子能量大於能帶間隙時，才會被吸收；因此，就特定波長的光信號而言，低能帶間隙材料的吸收係數(absorption coefficient)高。若材料的吸收係數過低，光信號無法被有效地轉換成為電信號；相反地，若材料的吸收係數過高，則將因自由載子表面複合而造成較低的效率。舉例來說，矽對近紅外光信號(near-infrared，簡稱NIR)具有低吸收係數，而鍺對短波長的光信號(例如藍光)則具有過高的吸收係數以至於引起表面複合。因此，將矽及鍺/矽鍺整合於一共同基板上，利用矽感測可見

光信號，而銻或矽銻感測近紅外光信號，可有助於使光電二極體陣列具有寬廣的感測光譜。在本文中，所使用的術語「光電二極體(photodiode)」可以作為術語「光學感測器(optical sensor)」的代稱。在本文中，所使用的術語「銻矽(germanium-silicon；分子式GeSi)」及術語「矽銻(silicon-germanium；分子式SiGe)」可交替使用，且兩者之中的銻含量可以多達100%，矽含量可高於90%。在本文中，銻矽層可利用全面式磊晶成長(blanket epitaxy)技術、選擇性磊晶成長(selective epitaxy)技術或其它技術來實現。一應變超晶格(strained super lattice)結構可被使用於吸收或形成一量子井結構；其中，應變超晶格結構包含多層例如是具有不同矽、銻含量之選擇性矽銻層。

【0042】 請參閱圖1，其繪示依照本發明之一銻或銻矽光電二極體與矽光電二極體整合之光電二極體陣列100的示意圖。一光學感測陣列為一光電二極體陣列之示範例。在圖1中，光電二極體陣列100包含一基板102、一積體電路(integrated circuit)層104、一互連層106、一感測層108、一濾光層110及一透鏡層112。透鏡層112可用以會聚光信號、發散(或稱擴展)光信號或準直光信號；因此，當一單波長的光信號或一多波長的光信號通過透鏡層112後，可依透鏡層112的設計而成為會聚光、準直光、擴展光或具有其它光形之光束。接著，通過透鏡層112整形後的光信號會進入濾光層110；濾光層110供介於一特定波長範圍內的光信號通過，意即濾光層110會濾除非介於前述特定波長範圍內的光信號。感測層108內可包含複數光電二極體，所述的光電二極體用以將入射的光信號轉換為複數

自由載子。積體電路層104收集通過互連層106的自由載子，並進一步地對自由載子依應用領域對自由載子進行相應的處理。

【0043】 基板102可為一矽基板、一絕緣層上覆矽(silicon-on-insulator；簡稱SOI)基板，或以其它合適材料製成之承載基板。在積體電路層104中之複數電路，以及在互連層106中之複數互連件可利用互補式金屬氧化物半導體(Complementary Metal-Oxide-Semiconductor；簡稱CMOS)處理技術來實現。舉例來說，互連件可以是先利用乾式蝕刻於一介電層上蝕刻出一接觸孔，再利用化學氣相沉積(chemical vapor deposition；簡稱CVD)技術以於接觸孔中填充銅來實現。此外，在透鏡層112中之透鏡的形狀並不侷限於圖1所繪示的形狀；透鏡可以是凹透鏡、凸透鏡、具有表面結構的平面透鏡或其它形狀之透鏡。

【0044】 感測層108包含複數群光電二極體，並可供感測介於不同波長範圍內之光信號。舉例來說，在感測層108中之一群光電二極體包含複數光電二極體122a、122b，以及其它未繪示出之供感測藍光波段(例如為 $460\text{nm} \pm 40\text{nm}$)的光電二極體。在另一實施例中，在感測層108之一群光電二極體包含複數光電二極體124a、124b，以及其它未繪示出之供感測綠光波段(例如為 $540\text{nm} \pm 40\text{nm}$)之光電二極體。在又一實施例中，在感測層108中之一群光電二極體包含複數光電二極體126a、126b，以及其它未繪示出之供感測紅光波段(例如為 $620\text{nm} \pm 40\text{nm}$)的光電二極體。在更一實施方式中，在感測層108中之一群光電二極體包含光電二極體128a，以及其它未繪示出

之供感測近紅光波段(例如為 $850\text{nm} \pm 40\text{nm}$ 、 $940\text{nm} \pm 40\text{nm}$ ，或 $>1\mu\text{m}$)的光電二極體。每一光電二極體可利用絕緣側壁(sidewall)、溝槽或其它適合的隔離結構與其它光電二極體進行分隔。

【0045】 在某些實施方式中，可利用濾光層110中之濾光器來控制一光電二極體的感測波段。舉例來說，光電二極體126a可用以接收一紅光波段，故可利用位於光電二極體126a上方的濾光器來限制傳遞給光電二極體126a之光信號的中心波長及波長範圍。一濾光器可利用沉積多層介電材料來實現。濾光器可被設定使具有一特定波段的光信號通過；因此，當一光信號的波長落入濾光器所具有之特定波段內時，濾光器會讓這個光信號通過；反之，當一光信號的波長非落入濾光器所具有之特定波段內，濾光器會反射這個光信號。一濾光器可藉由形成在光電二極體上方之一材料層來實現，可供波長介於一特定波段內的光信號通過，並吸收波長非介於前述特定波段內之光信號。舉例來說，在一鍺矽光電二極體的上方可形成一矽層，藉以吸收可見光信號並供近紅外光信號通過。

【0046】 在某些實施方式中，可利用光電二極體中之一材料的含量變化來控制其所能感測之波段。舉例來說，增加一鍺矽合金中的鍺含量，可讓所製得之光感測器對長波長信號的感測靈敏度增加。在某些實施方式中，可同時利用濾光器及光電二極體的材料含量變化來控制一光電二極體的感測波段。

【0047】 在某些實施方式中，用以感測可見光信號(例如紅光信號、綠光信號及藍光信號)的一群光電二極體可為複數矽光電二極體；而用以

感測近紅外光信號的一群光電二極體可為複數鍺光電二極體或複數鍺矽光電二極體。

【0048】 在某些實施方式中，用以感測可見光信號(例如為綠光信號及藍光信號)的一或多群光電二極體可為矽光電二極體；而用以感測可見光信號(例如為紅光信號)的一或多群光電二極體，以及用以感測紅外光信號之一群光電二極體可為鍺光電二極體或矽鍺光電二極體。舉例來說，用以感測紅光信號之鍺矽光電二極體中的鍺濃度可低於用以感測近紅外光信號之鍺矽光電二極體中的鍺濃度。在某些實施方式中，鍺濃度的範圍可由10%至100%。在其它實施方式中，供感測可見光信號及供感測紅外光信號之鍺矽光電二極體可具有不同厚度。

【0049】 請參見圖2，其繪示依照本發明之一將鍺或鍺矽光電二極體與矽光電二極體整合之二維光電二極體陣列200之俯視圖。在圖2中，光電二極體陣列200中的複數光電二極體類似於圖1中所述的光電二極體陣列100中的光電二極體；同時，在光電二極體陣列200中之光電二極體的排列方式相同於像素的排列方式。在某些實施方式中，複數矽光電二極體形成像素以供感測可見光信號，鍺或鍺矽光電二極體嵌入矽中以如像素般供感測近紅外光信號。在某些實施方式中，矽光電二極體形成像素以供感測藍光信號及綠光信號，鍺及鍺矽光電二極體被嵌入矽中以如像素般供感測紅光信號及近紅外光信號。

【0050】 請參見圖3，其繪示依照本發明之另一鍺或鍺矽光電二極體與矽光電二極體整合之光電二極體陣列300的示意圖。在圖3中，光電二極體陣列300中的複數光電二極體類似於在圖1中所述的光電二極體陣列100中的光電二極體。光電二極體陣列300包含一群光電二極體302a、302b，以及其它未繪示出之供感測白光波段(例如：420nm~660nm)之光信號之光電二極體。在某些實施方式中，光電二極體302a、302b可為矽光電二極體。在某些實施方式中，光電二極體302a、302b可為鍺或鍺矽光電二極體以增強整體光吸收度。舉例來說，供感測白光之一群光電二極體可為鍺矽光電二極體，供感測近紅外光之一群光電二極體也可為鍺矽光電二極體；其中，供感測白光之鍺矽光電二極體的鍺濃度會低於供感測近紅外光之鍺矽光電二極體的鍺濃度。舉另一例來說，供感測白光之一群光電二極體可為鍺矽光電二極體，供感測近紅外光之一群光電二極體也可為鍺矽光電二極體；其中，供感測白光之鍺矽光電二極體的厚度相異於供感測近紅外光之鍺矽光電二極體的厚度。

【0051】 請參見圖4A，其繪示依照本發明之一用以感測可見光信號及紅外光信號之光電二極體400。在圖4A中，光電二極體400包含一近紅外光像素(以下稱NIR像素)402及一可見光像素404；NIR像素402及可見光像素404形成在一共同基板上方。NIR像素402及可見光像素404之間利用一隔離結構406相分隔。NIR像素402用以感測一波長落在紅外光波段之一光信號，可見光像素404用以感測波長落在可見光(例如藍光及/或綠光及/或紅光)波段之一光信號。NIR像

素402及可見光像素404可例如是圖1所示之感測層108中的複數光感測器。

【0052】 可見光感測像素404包含一n-矽區412、一p+矽區413、一p-矽區414、一n+矽區415、一第一閘極416、一第一控制信號417耦合於第一閘極416，以及一讀出電路418；讀出電路418耦合於n+矽區415。n-矽區412可少量摻雜有一n-雜質，例如為 10^{16}cm^{-3} 的磷(phosphorus)。p+矽區413可具有一p+摻雜；其中，活化雜質濃度(activated dopant concentration)為製程所能達成的最高雜質濃度，例如約 $5\times 10^{20}\text{cm}^{-3}$ 的硼(boron)。p-矽區414可少量摻雜有一p-雜質，例如約 10^{15}cm^{-3} 的硼。n+矽區415可具有一n+摻雜；其中，活化雜質濃度為製程能達到的最高雜質濃度，例如為 $5\times 10^{20}\text{cm}^{-3}$ 的磷。

【0053】 n-矽區412接收一光信號408，並將光信號408轉換為電信號。更具體言之，在光信號408進入n-矽區412後，n-矽區412會吸收光信號408，並將所吸收的光信號轉換為複數自由載子。在某些實施方式中，光信號408可先利用一濾光器(未圖示)進行波段篩選；其中，前述濾光器可例如為在圖1所示之濾光層110中的濾光器。在某些實施方式中，光信號408的光型可由圖4A中未示出的透鏡加以整形；其中，前述透鏡可例如為圖1所示之透鏡層112中的透鏡。

【0054】 p+矽區413和n-矽區412的費米能階的差異可在此二區建立一電場；由n-矽區412所產生的自由載子會因電場而漂移至位在p+矽區413下方的一區。第一閘極416可耦合於一第一控制信號417。舉例

來說，第一閘極416可耦合至一電壓源；其中，第一控制信號417可為由一電壓源提供的一直流電壓信號。第一控制信號417控制一自由電子流，使自由電子流由p+矽區413下方之一區向n+矽區415傳遞。舉例來說，當第一控制信號417之一電壓超過一臨界電壓，堆積在p+矽區413下方之一區的自由載子會往n+矽區415漂移。

【0055】 n+矽區415可耦合於第一讀出電路418。第一讀出電路418可為由一重置閘極(reset gate)、一源極隨耦器(source-follower)及一選擇閘極(selection gate)組成的三電晶體結構或其它用以處理自由載子的電路。在某些實施方式中，第一讀出電路418可製造在用以製作可見光像素404的同一基板上。舉例來說，第一讀出電路418可製造在如圖1所示的積體電路層104。在某些實施方式中，第一讀出電路418可獨立地製造在非設有可見光像素404的基板上，並與可見光像素404利用晶片接合或晶圓接合技術以形成共同封裝(co-packaged)。

【0056】 NIR像素402包含一n-矽區422、p+矽區423、一p-矽區424、一n+矽區425、一第二閘極426、一第二控制信號427，以及一第二讀出信號428；第二控制信號427耦合於第二閘極426，一第二讀出電路428耦合於n+矽區425、一p+鍺矽區431及一本質鍺矽區433。n-矽區422可少數摻雜有一n-雜質，例如約 10^{16}cm^{-3} 的磷。p+矽區423可具有一p+摻雜；其中，p+矽區423的活化摻雜濃度可為製程所能達到的最大摻雜濃度，例如 $5\times 10^{20}\text{cm}^{-3}$ 的硼。p-矽區424可少量摻雜有一p-摻雜，例如約 10^{15}cm^{-3} 的硼。n+矽區425可具有一n+摻雜；

其中，n+矽區425的活化摻雜濃度可為製程所能達到的最大摻雜濃度，例如 $5 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 的磷。

【0057】 本質鍺矽區433接收一光信號406，並將光信號406轉換為電信號。在某些實施方式中，光信號406可先利用一濾光器(未圖示)進行波段篩選；其中，前述濾光器可例如為在圖1所示之濾光層110中的一NIR濾光器。在某些實施方式中，光信號406的光型可由圖4A中未示出的透鏡加以整形；其中，前述透鏡可例如為圖1所示之透鏡層112中的透鏡。

【0058】 在某些實施方式中，本質鍺矽區433的厚度可介於 $0.05 \mu\text{m}$ 至 $2 \mu\text{m}$ 之間。在某些實施方式中，本質鍺矽區433的包含一p+鍺矽區431。p+鍺矽區431可斥拒複數光電子離開本質鍺矽區433，藉以避免表面複合，進而增加載子收集效率。舉例來說，p+鍺矽區431可包含一p+摻雜；其中，p+摻雜濃度可為製程能達到的最高雜質濃度，例如當本質鍺矽區433為鍺且雜質為硼時，p+摻雜濃度可為 $5 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。

【0059】 在鍺矽區433所產生的複數自由載子可漂移或擴散至n-矽區422。一般來說，p+矽區423及n-矽區422的費米能階差異在會在此二區建立一電場；其中，由n-矽區收集且從本質鍺矽區433來的複數自由載子因電場而漂移至p+矽區423下方的一區。第二閘極426耦合於第二控制信號427。舉例來說，第二閘極426可耦合至一電壓源；其中，第二控制信號427可為電壓源提供之一直流電壓。第二控制信號427控制一自由載子流動，以從p+矽區423下方的一區往

n+矽區425傳遞。舉例來說，當第二控制信號427之一電壓超過一臨界電壓時，堆積在p+矽區423下方之一區的自由電子會漂移至n+矽區425。n+矽區425可耦合於第二讀出電路428。第二讀出電路428可類似於第一讀出電路418。

【0060】 雖然在圖4A並未示出，然而在某些實施方式中，可見光像素404及NIR像素402可經製作而改以收集電洞而非電子。在前述狀況下，p+矽區413和423可被n+矽區所取代，n-矽區412和413可被p-矽區所取代，p-矽區414和424可被n-矽區所取代，n+矽區415和425可被p+矽區所取代。在此要特別說明的是，所繪圖式主要是用以說明及用以解釋工作原理。

【0061】 請參見圖4B，其繪示依照本發明之另一用以感測可見光信號及紅外光信號之光電二極體450。在圖4B中，光電二極體450包含一NIR像素452及一可見光像素454。可見光像素454類似於圖4A所示的可見光像素404。NIR像素452類似於圖4A所示的NIR像素402。在此，可見光像素454及NIR像素452用以接收光信號458及460的表面為平面；其中，本質矽鍺區462及p+鍺矽區464嵌入一氧化層456中。舉例來說，氧化層456可形成在p-矽區466上方。氧化層456的厚度可經選擇而相同於本質鍺矽層462的厚度。一感測區可使用蝕刻或其它合適的技術以形成於氧化層456中。鍺矽可被選擇性地成長在感測區以形成本質鍺矽區462。藉由可見光像素454及NIR像素之間之一平坦面，光電二極體450的表面能夠進行額外工序及/或接合於製造在一分離基板上的複數裝置。

【0062】請參見圖5，其繪示依照本發明之又一用以感測可見光信號及紅外光信號之光電二極體500之示意圖。在圖5中，光電二極體500包含一NIR像素502及一可見光像素504，NIR像素502及可見光像素504形成在一共同基板上。NIR像素502及可見光像素504由一隔離結構506相分隔。NIR像素502用以感測波長落入近紅外光波段之一光信號。可見光像素504用以感測波長落入可見光(例如藍光及/或綠光及/或紅光)波段內之一光信號。NIR像素502及可見光像素504可例如為圖1所示之感測層108中之複數光電二極體。

【0063】可見光像素504包含一n-矽區512、一p+矽區513、一p-矽區514、一n+矽區515、一第一閘極516、一第一控制信號517，以及一讀出電路518；第一控制信號517耦合於第一閘極516，讀出電路518耦合於n+矽區515。n-矽區512可少量摻雜有n-雜質，例如摻雜約 10^{16}cm^{-3} 的磷。p+矽區513可具有一p+摻雜；其中，p+矽區513的活化雜質濃度為製程所能達到的最大摻雜濃度，例如： $5\times 10^{20}\text{cm}^{-3}$ 的硼。p-矽區514可少量摻雜有一p-雜質，例如約 10^{15}cm^{-3} 的硼。n+矽區515可具有一n+摻雜；其中，n+矽區515的活化雜質濃度為製程所能達到的最大摻雜濃度，例如： $5\times 10^{20}\text{cm}^{-3}$ 的磷。

【0064】p+矽層513接收一光信號508。歸因於p+矽層513的厚度薄(例如為100nm)，故光信號508會進入n-矽層512；其中，n-矽層512吸收光信號508，並將光信號508轉換成為複數自由載子。在某些實施方式中，光信號508可先利用一濾光器(未圖示)進行波段篩選；其中，前述濾光器可例如為在圖1所示之濾光層110中的一濾光器。

在某些實施方式中，光信號508的光型可由圖5中未示出的透鏡加以整形；其中，前述透鏡可例如為圖1所示之透鏡層112中的透鏡。

【0065】 p+矽層513及n-矽層512的費米能階差異可在此二區建立一電場；其中，在n-矽層512產生的複數自由電子會因電場而漂移一位於p+矽區513下方之一區。第一閘極516可耦合至第一控制信號517。舉例來說，第一閘極516可耦合至一電壓源；其中，第一控制信號517可為由電壓源所提供之一直流電壓信號。第一控制信號517控制一自由電子流，使自由電子流由p+矽區513下方之一區向n+矽區515傳遞。舉例來說，當第一控制信號517之一電壓超過一臨界電壓，堆積在p+矽區513下方之一區的自由載子會往n+矽區515漂移以供收集。n+矽區515可耦合至第一讀出電路518；其中，第一讀出電路518供處理所收集到的電子信號。第一讀出電路518可類似於在圖4A所示的第一讀出電路418。

【0066】 NIR像素502包含一n-矽區522、一p-矽區524、一n+矽區525、一第二閘極526、一第二控制信號527，以及一第二讀出電路；第二控制信號527耦合於第二閘極526，第二讀出電路528耦合於n+矽區525、一p+鍺矽區531及一本質鍺矽區533。n-矽區522可少量摻雜有一n-雜質，例如約為 10^{16}cm^{-3} 的磷。p-矽區524可少量摻雜有一p-雜質，例如為 10^{15}cm^{-3} 的硼。n+矽區525可具有n+摻雜；其中，n+矽區525的活化摻雜濃度可為製程所能達到的最高雜質濃度，例如約 $5\times 10^{20}\text{cm}^{-3}$ 的磷。

- 【0067】 p+矽區531接收一光信號535，並將光信號535轉換為複數電信號。歸因p+鍺矽層531的厚度薄(例如為100nm)，故光信號535會進入本質鍺矽區533；其中，本質鍺矽區533吸收光信號535，並將光信號535轉換成為複數自由載子。在某些實施方式中，光信號535可先利用一濾光器(未圖示)進行波段篩選；其中，前述濾光器可例如為在圖1所示之濾光層110中的一濾光器。在某些實施方式中，光信號535的光型可由圖5中未示出的透鏡加以整形；其中，前述透鏡可例如為圖1所示之透鏡層112中的透鏡。
- 【0068】 在某些實施方式中，本質鍺矽區533的厚度可介於0.05 μm 至2 μm 之間。在某些實施方式中，P+鍺矽區531可斥拒光電子離開本質鍺矽區533，藉以避免表面複合，進而增加載子收集效率。舉例來說，p+鍺矽區531可具有一p+摻雜；其中，當本質鍺矽區533為鍺，且摻雜有硼時，活化摻雜濃度可為製程所能達成的最高雜質濃度，例如約 $5 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。
- 【0069】 在本質鍺矽區533生成的複數自由載子可漂移或擴散進入n-矽區522。在某些實施方式中，一用以提供電壓V_{ss}的電源可施加於NIR像素502上，藉以在p+鍺矽區531及n-矽區522之間建立一電場。如此一來，自由電子可向n-矽區522漂移，而自由電洞可向p+鍺矽區531漂移。
- 【0070】 第二閘極526可耦合至第二控制信號527。舉例來說，第二閘極527可耦合至一電壓源；其中，第二控制信號527可為由電壓源提供之一直流電壓信號。第二控制信號527控制一自由電子流，使自由電

子流由n-矽區522往n+矽區525傳遞。舉例來說，若第二控制信號527之一電壓超過一臨界電壓，堆積在n-矽區522的自由電子將漂移至n+矽區525。n+矽區525可耦合於第二讀出電路528；其中，第二讀出電路528供處理所收集到的電子信號。第二讀出電路528可類似於在圖4A中所示之第一讀出電路418。

【0071】 即使在圖5中並未示出，然而在某些實施方式中，可見光像素504及NIR像素502可經製造來收集電洞而非電子。在前述條件下，p+矽區513會由n+矽區所取代，n-矽區512和522會由p-矽區所取代，p-矽區514和524會由n-矽區所取代，n+矽區515和525會由p+矽區所取代。

【0072】 請參見圖6，其繪示依照本發明之又一供感測可見光信號及紅外光信號之光電二極體600之示意圖。光電二極體600包含一可見光像素654及一NIR像素652；可見光像素654類似於圖5所示之可見光像素504，NIR像素652類似於在圖5所示之NIR像素502。在本實施方式中，可見光像素654用以接收光信號660之表面為一平面，NIR像素652用以接收光信號658的表面亦為一平面。本質鍺矽區662及p+鍺矽區664嵌入在一氧化層656中。藉由可見光像素654及NIR像素652之間的一平坦面，光電二極體600的表面能夠進行額外工序及/或接合於製造在一分離基板上的複數裝置。

【0073】 在時差測距(time-of-flight；簡稱TOF)應用時，立體物體的深度資訊可利用一傳輸光脈衝及一感測光脈衝間之一相位差進行測定。舉例來說，一二維陣列的像素可用以重建一立體物體之一立體影

像；其中，每個像素可包含用以取得立體物體相位資訊的一或多個光電二極體。在某些實施方式中，時差測距應用使用具有近紅外光波段的光源；舉例來說，具有波長為850nm、940nm、1050nm或1310nm的發光二極體。一些光電二極體可用矽作為吸收材料，然而矽對近紅外波段的光信號的吸收度差。更具體言之，光載子由矽基板的深處(例如深度大於10 μ m處)生成，且這些光載子可緩慢地漂移及/或擴散至光電二極體接面，而這使得裝置的頻寬降低。再者，在常態使用時，會施加一小振幅電壓以控制光電二極體的操作，藉以降低功率損耗。對一大吸收區(例如直徑10 μ m)而言，小振幅電壓可建立橫跨大吸收區的一個小的橫向場/縱向場，這會影響光載子掠過吸收區的漂移速度。裝置的頻寬就可以被近一步的限制。針對利用近紅外光波段之時差測距應用，本發明於下列說明提出利用一鍺矽作為一吸收材料的多閘極光電二極體。

【0074】 請參見圖7，其繪示依照本發明之一用以將一光信號轉換為一電信號之多閘極光電二極體700之示意圖。在圖7中，多閘極光電二極體700包含製造在一基板702上之一吸收層706。基板702可為適合將半導體形成於其上之任意基板。舉例來說，基板702可以為矽基板。吸收層706及一第一n+矽區712之間的耦合可由一第一閘極708來控制，吸收層706及一第二n+矽區714之間的耦合可由一第二閘極710來控制。

- 【0075】** 吸收層706接收一光信號712，並將光信號712轉換為複數電信號。吸收層706係選擇使對所需波段具有一高吸收係數的材料製成。當光信號為紅外光信號時，吸收層706可為一鍺矽平台(GeSi mesa)；其中，鍺矽會吸收光信號712中的光子並產生電子電洞對。在鍺矽平台中，可依特定程序或應用而選擇鍺及矽的含量。在某些實施方式中，吸收層706經設計而具有一厚度 t 。舉例來說，對波長為850nm光信號而言，鍺矽平台的厚度可約為 $1\mu\text{m}$ ，藉以達成充足的量子效率。在某些實施方式中，吸收層706的表面可經設計而具有一特定形狀。舉例來說，依據在鍺矽平台表面光信號712的空間分布，鍺矽平台可為圓形、方形或矩形。在某些實施方式中，吸收層706可經設計而具有一側向尺寸大小以接收光信號712。舉例來說，鍺矽平台可為圓形，且其側向尺寸 d (如圖7所示)的範圍可介於 $1\mu\text{m}$ 至 $50\mu\text{m}$ 。
- 【0076】** 在某些實施方式中，吸收層706可包含一 p^+ 鍺矽區731。 p^+ 鍺矽區731可斥拒吸收區706表面的光電子，進而可增加裝置頻寬。舉例來說， p^+ 鍺矽區731可具有一 p^+ 摻雜；其中， p^+ 鍺矽區731的摻雜濃度可以為製程所能達到的最大摻雜濃度，例如當吸收區706為鍺，且摻雜硼時，摻雜濃度約 $5 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。
- 【0077】** 多閘極光電二極體700還包含一 n -井區704， n -井區704沉積在基板702中。舉例來說， n -井區704的摻雜量可介於 10^{15}cm^{-3} 至 10^{20}cm^{-3} 。一般來說， n -井區704可用以收集在吸收區706生成的複數電子。

【0078】第一閘極708耦合於一第一控制信號722及一第一讀出電路724。舉例來說，第一閘極708可耦合於一電壓源；其中，第一控制信號722可為由電壓源提供之一具有時變(time-varying)及多準位(multi-level)之電壓信號。第一讀出電路704可為由一重置閘極、一源極隨耦器及一選擇閘極組成之一三電晶體結構或其它用以處理自由載子的電路。在某些實施方式中，第一讀出電路724可製作在基板702上。在某些實施方式中，第一讀出電路724可製作在另一基板上，並與多閘極光電二極體利用晶片/晶圓接合或堆疊技術形成共同封裝。第二閘極710耦合於一第二控制信號732及一第二讀出電路734。第二控制信號732類似於第一控制信號722，且第二讀出電路734類似於第一讀出電路724。

【0079】第一控制信號722及第二控制信號732用以控制因吸收光子所生成之電子的收集。舉例來說，當第一閘極708導通(turn on)且第二閘極截止(turn off)時，電子會由n-井區704向第一n+矽區712漂移。相反地，當第一閘極708截止，第二閘極導通時，電子會由n-井區704向第二n+矽區714漂移。在某些實施方式中，可施加一電壓在p+鍺矽區731及n-井區704之間，藉以建立在吸收層706內部的電場，且使電子向n-井區704漂移。

【0080】請參見圖8，其繪示依照本發明之另一用以將一光信號轉換成為一電信號之多閘極光電二極體800之示意圖。在圖8中，多閘極包含製作在一基板802上方的一吸收層806。基板802可為適合將半導體

形成於其上之任意基板；舉例來說，基板802可以為一矽基板。吸收層806及一第一p+矽區812的耦合可由一第一閘極808來控制。

【0081】 吸收層806接收一光信號811，並將光信號812轉換為複數電信號。吸收層806類似於在圖7中所述的吸收層706。在某些實施方式中，吸收層806可包含一n+鍍矽區831。n+鍍矽區831可斥拒吸收區806表面的電洞，進而可增加裝置頻寬。舉例來說，n+鍍矽區831可具有一n+摻雜；其中，n+鍍矽區831的摻雜濃度可為製程所能達到的最大摻雜濃度，例如當吸收區806為鍍，且摻雜磷時，摻雜濃度約 $5 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 。

【0082】 多閘極光電二極體800包含佈植於基板802中的一p-井區804。舉例來說，p-井區804的摻雜程度可介於 10^{15}cm^{-3} 至 10^{20}cm^{-3} 。一般來說，p-井區可用以收集吸收區806生成的電洞。

【0083】 第一閘極808耦合於一第一控制信號822及一第一讀出電路824。第一閘極808、第一控制信號822及第一讀出電路824分別類似於在圖7所述的第一閘極708、第一控制信號722及第一讀出電路724。第二閘極810耦合於一第二控制信號832及一第二讀出電路834。第二閘極810、第二控制信號832及第二讀出電路834分別類似於在圖7所述的第二閘極710、第二控制信號732及第二讀出電路734。

【0084】 第一控制信號822及第二控制信號832用以控制因吸收光子所生成之電洞的收集。舉例來說，當第一閘極808導通且第二閘極810截止時，電洞會由p-井區804向第一p+矽區812漂移。相反地，當第一閘極808截止且第二閘極810導通時，電洞會由p-井區804向一第

二p+矽區814漂移。在某些實施方式中，可施加一電壓在n+銻矽區831及p-井區804之間，藉以增加在吸收層806內的電場，使電洞能向p-井區804漂移。

【0085】請參見圖9，其繪示依照本發明之一用以感測可見光信號及紅外光信號之光電二極體900之示意圖。在圖9中，光電二極體900包含一NIR像素902及一可見光像素904，NIR像素902用以收集電洞，可見光像素904用以收集電子。NIR像素902及可見光像素904形成在一共同基板上方。NIR像素902及可見光像素904並未使用一隔離結構相分隔。NIR像素902用以感測具有近紅外線波段之一光信號，可見光像素904用以感測具有可見光波段(例如藍光信號及/或綠光信號及/或紅光信號)之一光信號。NIR像素902及可見光像素904可為如圖1所述之感測層108中的光電二極體。

【0086】可見光像素904用以收集複數光生載子所產生的複數自由電子，並包含一n-矽區912、一n+矽區914、一p-矽區920、一第一閘極916、一第一控制信號917及一第一讀出電路918，第一控制信號917耦合於第一閘極916，第一讀出電路918耦合於n+矽區914。n-矽區912可少量摻雜有一n-雜質，例如摻雜約 10^{16}cm^{-3} 的磷。n+矽區914可摻雜有一n+雜質；其中，n+雜質的摻雜濃度為製程所能達到的最大值，例如：約 $5\times 10^{20}\text{cm}^{-3}$ 的磷。p-矽區920可少量摻雜有一p-雜質，例如：約 10^{16}cm^{-3} 的硼。

【0087】p-矽區920接收光信號922。歸因於p+矽區920的厚度薄(例如50~100nm)，故光信號922會進入n-矽區912；其中，n-矽區912吸

收光信號922，並進一步地將光信號922轉換成為自由載子。在某些實施方式中，光信號922可先利用一濾光器(未圖示)進行波段篩選；其中，前述濾光器可例如為在圖1所示之濾光層110中的濾光器。在某些實施方式中，光信號922的光型可由圖9中未示出的透鏡加以整形；其中，前述透鏡可例如為圖1所示之透鏡層112中的透鏡。

【0088】 p-矽區920及n-矽區912的費米能階差異可在此二區建立一電場；由n-矽區912所產生的自由電子會因電場而漂移至位在p-矽區920下方的一區。第一閘極916可耦合於第一控制信號917。舉例來說，第一閘極916可耦合於一電壓源；其中，第一控制信號917可為由電壓源提供之一直流電壓信號。第一控制信號917控制一自由電子流，使自由電子流由p-矽區920下方之一區向n+矽區914傳遞。舉例來說，若控制信號917的電壓超過一臨界電壓，堆積在p-矽區920下方之一區的自由載子會往n+矽區914漂移以供收集。n+矽區914可耦合於第一讀出電路918，此第一讀出電路918處理所收集到之電子信號。第一讀出電路918可類似於在圖4A所述的第一讀出電路418。

【0089】 NIR像素902用以收集複數光生載子所生成之複數自由電洞。NIR像素902包含一n-矽區942、一p+矽區944、一第二閘極946、一第二控制信號947、一第二讀出電路948、一n+鍺矽區950、一本質鍺矽區952、一p-鍺矽區954及一氧化區956，第二控制信號947耦合

於第二閘極946，第二讀出電路948耦合於P+矽區944。此外，NIR像素902與可見光像素904共用p-矽區920。

【0090】 n-矽區942可少量摻雜有一n-雜質，例如：約 10^{15}cm^{-3} 的磷。p+矽區944可具有一p+摻雜；其中，p+摻雜的活化摻雜濃度可為製程所能達到的最大值，例如約 $5\times 10^{20}\text{cm}^{-3}$ 的硼。n+鍺矽區950接收一光信號960，並進一步地將光信號960轉換為複數電信號。因n+鍺矽層950的厚度薄(例如為50~100nm)，故光信號960會進入本質鍺矽區952；其中，本質鍺矽區952吸收光信號960，並進一步地將光信號960轉換為複數自由載子。在某些實施方式中，光信號960可先利用一濾光器(未圖示)進行波段篩選；其中，前述濾光器可例如為在圖1所示之濾光層110中的濾光器。在某些實施方式中，光信號922的光型可由圖9中未示出的透鏡加以整形；其中，前述透鏡可例如為圖1所示之透鏡層112中的透鏡。

【0091】 在某些實施方式中，本質鍺矽區952之一厚度可介於 $0.05\mu\text{m}$ 至 $2\mu\text{m}$ 之間。在某些實施方式中，n+鍺矽區950可斥拒電洞遠離本質鍺矽區952，藉以避免表面複合，進而增加載子收集效率。舉例來說，n+鍺矽區950可具有一n+摻雜；其中，n+鍺矽區950的摻雜濃度可為製程所能達成的最大濃度，例如：當本質鍺矽區950為鍺，且摻雜磷時，摻雜濃度可例如約 $5\times 10^{20}\text{cm}^{-3}$ 。

【0092】 在本質鍺矽區952中的光生自由電洞可漂移或擴散進入p-矽區920。p-鍺矽區954可斥拒在本質鍺矽區952中的光生自由電子，藉以避免自由載子進入p-鍺矽區920。在某些實施方式中，一汲極供

應電壓VDD可施加在NIR像素902，藉以在n+鍺矽區950及p-矽區920間建立一電場；如此一來，自由電洞可向p-矽區920漂移，自由電子可向n+鍺矽區950漂移。

【0093】 第二閘極946可耦合於第二控制信號947。舉例來說，第二閘極946可耦合於一電壓源；其中，第二控制信號947可為由電壓源提供之一直流電壓信號。第二控制信號947控制由p-矽區920往p+矽區944之自由電洞流。舉例來說，當第二控制信號947之一電壓超過一臨界電壓時，堆積在p-矽區920的自由電洞會漂移至p+矽區944。p+矽區944可耦合於第二讀出電路948以對收集到的電子信號進行更進一步地處理。

【0094】 雖然在圖9中並未示出，然而在某些實施方式中，可見光像素904可選擇性地被製作成收集電洞而非收集電子，且NIR像素902可選擇性地被製作成收集電子而非收集電洞；在前述條件下，p-矽區920可由一n-矽區所取代，n-矽區942和912可由一p-矽區所取代，p+矽區944可由一n+矽區所取代，n+矽區914可由一p+矽區所取代，n+鍺矽區950可由一p+鍺矽區所取代，以及p-鍺矽區954可由一n-鍺矽區所取代。

【0095】 在某些實施方式中，圖4A、圖4B、圖5、圖6、圖7、圖8及圖9中，光信號的方向可依光電二極體的設計、封裝或應用而反向。舉例來說，在圖4A中，光信號406可由p+矽區423進入NIR像素402，在通過n-矽區422後，由本質鍺矽區433吸收。

【0096】 請參見圖10，其繪示本發明之一用以感測可見光信號及近紅外光信號，並可供時差測距(TOF)之整合性光電二極體陣列1000之上視圖。在圖10中，光電二極體陣列1000包含一NIR/TOF像素1002及一可見光像素1004。NIR/TOF像素1002包含一NIR閘極1006、一第一TOF閘極1012及一第二TOF閘極1014。可見光像素1004包含一可見光閘極1008。NIR/TOF像素1002及可見光像素1004未利用一隔離結構進行分隔。NIR閘極1006及可見光閘極1008所使用的電荷讀出控制類似於在圖9中所述的多閘極光電二極體900的讀出控制；TOF閘極1012和1014所使用的電荷讀出控制類似於在圖7中或圖8中所述的多閘極光電二極體700和800的讀出控制。耦合於NIR閘極1006、TOF閘極1012和1014的讀出電路會收集相同形式的載子，耦合於可見光閘極1008的讀出電路會收集相反形式的載子。舉例來說，若NIR閘極1006、TOF閘極1012和1014的讀出電路用以收集電子，則可見光閘極1008用以收集電洞。相反地，若NIR閘極1006、TOF閘極1012和1014的讀出電路用以收集電洞，則可見光閘極1008的讀出電路用以收集電子。

【0097】 請參見圖11，其繪示本發明之另一用以感測可見光及供時差測距應用之整合性光電二極體之上視圖。光電二極體陣列1100包含一NIR/TOF像素1102及一可見光像素1104。NIR/TOF像素1102包含一第一TOF閘極1112及一第二TOF閘極1114；可見光像素1104包含一可見光閘極1108。NIR/TOF像素1102及可見光像素1104之間未使用隔離結構進行分隔。可見光閘極1108所使用的電荷讀出控

制類似於在圖9中所述的多閘極光電二極體的讀出控制，TOF閘極1112和1114所使用電荷讀出控制類似於在圖7中或圖8中所述的多閘極光電二極體700和800的讀出控制。耦合於TOF閘極1112和1114的讀出電路會收集相同形式的載子，且耦合於可見光閘極1108的讀出電路會收集相反形式的載子。舉例來說，若TOF閘極1112和1114的讀出電路用以收集電子，則可見光閘極1108用以收集電洞；相反地，若TOF閘極1112和1114的讀出電路用以收集電洞，則可見光閘極1108的讀出電路用以收集電子。

【0098】 請參見圖12，其繪示本發明之又一用以感測可見光信號及近紅外光信號，並可供時差測距(TOF)之整合性光電二極體陣列1000之上視圖。在圖12中，光電二極體陣列1200包含一NIR/TOF像素1202及一可見光像素1204。NIR/TOF像素1202包含一NIR閘極1206、一第一TOF閘極1212及一第二TOF閘極1214；可見光像素1204包含一可見光閘極1208。NIR/TOF像素1202及可見光像素1204之間未使用隔離結構進行分隔。NIR閘極1206及可見光像素1208所使用的電荷讀出控制可類似於在圖4A中所述的光電二極體400的讀出控制、圖4B中所述的光電二極體450的讀出控制、圖5中所述的光電二極體500的讀出控制，或在圖6所述的光電二極體600的讀出控制。TOF閘極1206和1208所使用的電荷讀出控制類似於在圖7中或圖8所述的多閘極光電二極體700和800的讀出控制。耦合於NIR閘極1206及TOF閘極1212和1214的讀出電路會收集相同形式的載子，耦合於可見光閘極1208的讀出電路可收集相反形式的載子或

相同形式的載子。舉例來說，若NIR閘極1206、TOF閘極1212和1214的讀出電路用以收集電子，則可見光閘極1208可用以收集電洞或電子，這歸因於NIR/TOF像素1202及可見光像素1204之間已進行分隔。同樣地，若NIR閘極1206、TOF閘極1212和1214的讀出電路用以收集電洞，則可見光閘極1208的讀出電路可用以收集電洞或電子。

【0099】 請參見圖13，其繪示依照本發明之再一用以感測可見光並可供時距量測之整合性光電二極體陣列1300之上視圖。光電二極體陣列1300包含一NIR/TOF像素1302及一可見光像素1304。NIR/TOF像素1302包含一第一TOF閘極1306、一第二TOF閘極1312、一第三TOF閘極1314及一第四TOF閘極1316。第一TOF閘極1306、第二TOF閘極1312、第三TOF閘極1314及第四TOF閘極1316可用以萃取所收集信號中的相位資訊。可見光像素1304包含一可見光閘極1308。NIR/TOF像素1302及可見光像素1304由一分隔結構相隔離。可見光像素1308所使用的電荷讀出控制可類似於在圖4A中所述的光電二極體400的讀出控制、在圖4B中所述的光電二極體450的讀出控制、在圖5所述的光電二極體500的讀出控制，或者在圖6中所述的光電二極體600的讀出控制。第一TOF閘極1306、第二TOF閘極1312、第三TOF閘極1314及第四TOF閘極1316所使用的電荷讀出控制可類似於在圖7或圖8中所述的多閘極光電二極體700和800的讀出控制。耦合於第一TOF閘極1306、第二TOF閘極1312、第三TOF閘極1314及第四TOF閘極1316的讀出電路會收集

相同形式的載子，耦合於可見光閘極1308的讀出電路可收集相反形式的載子或可收集相同形式的載子。舉例來說，若第一TOF閘極1306、第二TOF閘極1312、第三TOF閘極1314及第四TOF閘極1316的讀出電路用以收集電子，則可見光閘極1308可用以收集電洞或電子，這歸因於NIR/TOF像素1202及可見光像素1204之間已進行分隔。同樣地，若第一TOF閘極1306、第二TOF閘極1312、第三TOF閘極1314及第四TOF閘極1316的讀出電路用以收集電洞，則可見光閘極1308的讀出電路用以收集電洞或電子。

【0100】 請參見圖14A-圖14D，其等繪示依照本發明之一光電二極體陣列1400於製作中間階段之示意圖。在圖14A中，一鍍矽層1402形成於一摻雜晶圓1404上方；其中，摻雜基板1404可為一矽基板。鍍矽層1402可利用化學氣相沉積(chemical vapor deposition；簡稱CVD)磊晶技術以形成在基板1402上方。

【0101】 在圖14B中，一隔離結構1408形成在鍍矽層1402之中以界定光電二極體區。在對隔離結構圖案進行乾式蝕刻後，隨即進行沉積分隔材料(例如氧化物)、或利用佈植技術以形成一摻雜界面，或其它適合技術，即可製作此隔離結構1408。雖然在圖14B中並未示出，但可更包含一或多個用以形成光電二極體的程序步驟。舉例來說，可包含一摻雜步驟以在一本質鍍矽區的表面界定一p+鍍矽區。接著，一互連層1406形成在鍍矽層1402上方；其中，複數互連件形成於一介電層中，並與鍍矽層1402形成電性連接，且供接合對位之對位記號也可形成於互連層1406。

【0102】 在圖14C中，一承載基板1414之一互連層1406會與摻雜晶圓1404上的互連層1406接合。在此要特別說明的是，互連層可包含導電路徑(例如金屬層)，以及介電層以供分隔各個獨立地導電路徑。承載基板1414可為一矽基板；其中，一或多層電路1418可形成在矽基板上方。前述電路1418可為控制電路、讀出電路及/或其它適合於光電二極體陣列之電路。對位記號可以任何適合的技術形成在互連層1406和1416上方。互連層1406和1416間的接合可以使用例如為熱增強接合(thermally enhanced bonding)技術或混合接合(hybrid bonding)技術或其它適合的接合技術來接合。

【0103】 在圖14D中，一濾光層1420及一透鏡層1422形成在鍺矽層1402上方以實現光電二極體陣列。雖然在圖14D中並未示出，然摻雜晶圓1404可利用拋光或其它合適的技術在完成接合而未形成濾光層1420之前移除。雖然在圖14A-圖14D中並未示出，然而在某些實施方式中，可以使用鍺取代鍺矽作為感測材料。

【0104】 請參見圖15A-15D，其等繪示依照本發明之另一選擇性地形成鍺矽於一基板之設計1500於製作中間階段之示意圖。此設計1500可例如是用以製造例如為光電二極體陣列100、200或300。在圖15A中，一凹槽1504形成於一基板1502上。凹槽1504可界定供一NIR像素之光電二極體區。凹槽1504可利用乾式蝕刻技術蝕刻使用平版印刷技術印刷後之基板1502。凹槽1504的形狀可依像素的形狀而例如為方形、圓形或其它合適形狀。

- 【0105】 在圖15B中，一介電層可沉積在基板1502上方，且可進行一指向性蝕刻(directional etch)以形成一側壁間隔件(sidewall spacer)1506。指向性蝕刻可為一非等向性乾式蝕刻(an anisotropic dry etch)。在圖15C中，一鍺或鍺矽區1508選擇性由基板1502上成長。舉例來說，鍺矽區1508可利用化學氣相沉積磊晶系統來形成。
- 【0106】 在圖15D中，平坦化鍺或鍺矽區1508，以使鍺或鍺矽區1508的表面和基板1502的表面位於相同平面。鍺或鍺矽區1508可利用例如是化學式機械研磨(chemical mechanical polishing；簡稱CMP)或其它合適的技術以平坦化。雖然在圖15A-圖15D並未示出，然而在某些實施方式中，可以使用鍺取代鍺矽作為感測材料。
- 【0107】 請參見圖16A-圖16D，其等繪示依照本發明之又一光電二極體陣列1600於製作中間階段之示意圖。光電二極體陣列1600可用以製造例如在圖4A、圖4B、圖5、圖6、圖7、圖8及圖9所繪示之光電二極體陣列400、450、500、600、700、800或900。在圖16A中，複數矽光電二極體1602形成於一摻雜基板1604上方，以及一鍺矽光電二極體1606選擇性地成長在摻雜基板1604上方。可見光像素454可例如為複數矽光電二極體1602中之一二極體，且NIR像素452可例如為複數鍺矽光電二極體1606中之一二極體。選擇性成長在摻雜基板1604上方的鍺矽二極體可利用如圖15A-15D所繪示的設計或其它合適程序製成。
- 【0108】 在圖16B中，一互連層1610形成於鍺矽二極體1606上方；其中，複數互連件形成在一介電層中，藉以使鍺矽光電二極體1606與矽光

電二極體1602形成電性連接。此外，更可以於互連層1610形成有對位記號，以供接合時對位。

【0109】 在圖16C中，位在一承載基板1614上之一互連層1616會與摻雜晶圓1604上的互連層1610相接合。承載基板1614可為一矽基板；其中，一或多層電路1618可形成在矽基板上方。電路可為控制電路、讀出電路及/或合適於光電二極體陣列之任意電路。對位記號可利用合適的技術同時形成在互連層1610和1616。互連層1610和1616可使用例如為熱增強接合技術或混合接合技術(包含金屬-金屬接合及氧化物-氧化物接合)或其它適合的接合技術來接合。

【0110】 在圖16D中，一濾光層1620及一透鏡層162形成於矽光電二極體1602上方以形成光電二極體陣列。雖然在圖16D中並未示出，然而摻雜晶圓1604可利用拋光或其它適合的技術在完成接合且未形成濾光層1620之前移除。雖然在圖16A-圖16D並未示出，然而在某些實施方式中，可以使用鍺取代鍺矽作為感測材料。

【0111】 請參見圖17A-17E，其等繪示依照本發明之再一光電二極體陣列1700於製作中間階段之示意圖。光電二極體陣列1700可用以製造例如在圖4A、圖4B、圖5、圖6、圖7、圖8及圖9所繪示之為光電二極體陣列400、500、600、700、800及900。在圖17A中，鍺矽1702形成於一第一摻雜晶圓1704上方，一互連層1706形成在一鍺矽層1702上方，互連層1706具有複數互連件及複數對位記號。

【0112】 在圖17B中，一承載基板1714上之一互連層1716會與第一摻雜晶圓1704上的互連層1706接合。承載基板1714可為一矽基板，其中一

或多層電路1718可形成在矽基板上；電路可為控制電路、讀出電路及/或任何適用於光電二極體陣列之電路。互連層1706和1716間的接合可以使用例如為熱增強接合技術或混合接合技術(包含金屬-金屬接合及氧化物-氧化物接合)或其它適合的接合技術來接合。

【0113】 在圖17C中，第一摻雜晶圓1704在接合後利用拋光或其它適合技術而被移除。在圖17D中，形成一第一鍺矽光電二極體1720。第一鍺矽光電二極體1720可利用圖樣化及蝕刻鍺矽層1702，並沉積一保護層(例如一介電層)來實現。介電層1744可利用是化學式機械研磨等合適的技術以進行平坦化。一穿孔1722可利用一非等向性蝕刻來實現，並可於穿孔中沉積複數導電材料，例如銅。

【0114】 在圖17E中，在承載基板1714上的介電層1744與一第二摻雜基板1734上之一互連層1732接合。一鍺矽光電二極體陣列1736形成於第一摻雜基板1734上方。穿孔1738和1722相接合，以使第一鍺矽光電二極體1720、鍺矽光電二極體陣列1736及電路1718間建立電性連接。

【0115】 在圖17F中，一濾光層1740及一透鏡層1742形成在鍺矽光電二極體陣列1736上方，藉以形成光電二極體陣列。雖然在圖17F中未示出，然而第二摻雜基板1734可利用拋光或其它合適的技術在完成接合且尚未形成濾光層1740之前移除。雖然在圖17A-圖17F中未示出，但在某些實施方式中，可以使用鍺取代鍺矽作為感測材料。

【0116】 請參見圖18A，其繪示依照本發明之一用以感測一目標物體1810特性之取像系統1800之示意圖。目標物體1810可為一立體物體。取

像系統1800可包含一傳送單元1802、一接收單元1804及一處理單元1806。一般來說，傳送單元1802朝向目標物體1810發送光信號；傳送單元1802可包含一或多個光源、控制電路及/或光學元件。舉例來說，傳送單元1802可包含一或多個近紅外發光二極體或可見光發光二極體；其中，傳送單元1802所發射的光信號可由一準直透鏡進行準直後再向自由空間傳遞。

【0117】 接收單元1804接收由目標物體1810反射後之反射光信號。接收單元1804可包含一或多個光電二極體、控制電路及/或光學元件。舉例來說，接收單元1804可包含一影像感測器；其中，影像感測器包含製造在一半導體基板上的複數像素，每個像素可包含一或多個多閘極光電二極體以供感測反射光信號，反射光信號被聚焦在光電二極體上。每個光電二極體可以為本發明所揭示的多閘極光電二極體。

【0118】 處理單元1806處理由接收單元1804產生的光載子並判定目標物體1810的特性。處理單元1806可包含控制電路、一或多個處理器及/或運算儲存介面以供儲存感測目標物體1810特性的指示。舉例來說，處理單元1806可包含讀出電路及供處理與所收集到之光載子相關並供判斷目標物體1810特性的資訊處理器。在某些實施方式中，目標物體1810的特性可為目標物體1810的深度資訊。在某些實施方式中，目標物體1810的特性可以是目標物體1810的材料組成。

【0119】圖18B繪示依照本發明之一用以判定目標物體1810特性之技術。傳送單元1802可產生光脈衝信號1812；舉例來說，所述光脈衝信號1812經調變使具有一頻率 f_m ，且其工作週期為50%。接收單元1804可接收反射光脈衝信號1814；所述反射光脈衝信號1814具有一相位移 Φ 。多閘極光電二極體被控制以使一第一讀出電路讀取被收集的電荷 Q_1 ，並使一第二讀出電路讀取被收集電荷 Q_2 ；其中，電荷 Q_1 與光脈衝信號具有相同相位(同步)，電荷 Q_2 與光脈衝信號具有相反相位。在某些實施方式中，在取像系統1800及目標物體1810之間的距離 D 滿足下式：

$$D = \frac{c}{4f_m} \frac{Q_2}{Q_1 + Q_2}$$

；其中 c 為光速。

【0120】請參見圖18C，其繪示依照本發明之另一用以判定一目標物體特性之技術之示意圖。傳送單元1802可發射光脈衝信號1812；其中，所述光脈衝信號1812經調變使具有一頻率 f_m ，且其工作週期小於50%。若以一因數 N 減低光脈衝信號1812的工作週期，同時以此因數 N 增加光脈衝信號的強度，則在維持取像系統1800實質上相同功率損耗的條件下，所接收到的反射光脈衝信號1814的訊雜比可增強；這使得取像系統1800之頻寬增加，而讓光脈衝信號的工作週期降低且不至於使脈衝信號的形狀產生變形。接收單元1804可接收反射光脈衝信號1814；所述的反射光脈衝信號1814具有一相位移 Φ 。多閘極光電二極體被控制以使一第一讀出電路讀取一被收集

的電荷 Q_1' ，且一第二讀出電路讀取一被收集電荷 Q_2' ；其中，被收集的電荷 Q_1' 的相位相同於光脈衝信號的相位，被收集電荷 Q_2' 的相位不同於(落後於)光脈衝信號的相位。在某些實施方式中，在取像系統1800及目標物體1810之間的距離 D 滿足下式：

$$D = \frac{c}{4Nf_m} \frac{Q_2'}{Q_1' + Q_2'}$$

- 【0121】請參見圖19，其繪示依照本發明之一使用一取像系統感測一物體特性之流程圖。流程1900可在例如是取像系統1800上執行。
- 【0122】系統接受反射光(步驟1902)。舉例來說，傳送單元1802可向目標物體1810發射一近紅外光脈衝信號1812。接收單元1804接收經由目標物體1810反射後之紅外反射光脈衝信號1814。
- 【0123】系統確測定位資訊(步驟1904)。舉例來說，接收單元1804可包含一影像感測器；其中，影像感測器包含製造在半導體基板上的多個像素。每個像素可包含供感測反射光脈衝信號1814的一或多個光電二極體。光電二極體的形式可以為在本發明中所揭示的多閘極光電二極體；其中，相位資訊可利用在圖18B或18C所述的技術來測定。
- 【0124】系統測定物體特性(步驟1906)。舉例來說，處理單元1806可依據如圖18B或圖18C所述的相位資訊技術測定物體1810的深度資訊。
- 【0125】雖然本發明已以實施方式揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明的精神和範圍內，當可作各種的更動與潤飾，因此本發明的保護範圍當視後附的申請專利範圍所界定者為準。

【符號說明】

【0126】 100、200、300、1000、1100、1200、1300、1400、1600、
1700...光電二極體陣列

【0127】 102、702、802...基板

【0128】 104...積體電路層

【0129】 106、1406、1416、1610、1616、1706、1716、1732...互連層

【0130】 108...感測層

【0131】 110、1420、1620、1740...濾光層

【0132】 112、1422、1622、1742...透鏡層

【0133】 122a、122b、124a、124b、126a、126b、128a、302a、302b、
400、450、500、600...光電二極體

【0134】 402、452、502、652、902...NIR像素

【0135】 404、454、504、654、904...可見光像素

【0136】 405、506、1408...隔離結構

【0137】 406、408、458、460、508、535、658、660、711、811...光信號

【0138】 412、422、512、522、912、942...n-矽區

【0139】 413、423、513、914、944...p+矽區

【0140】 404、424、466、514、524、920...p-矽區

【0141】 415、425、515、525...n+矽區

【0142】 416、516、708、808、916...第一閘極

【0143】 417、517、722、822、917...第一控制信號

【0144】 418、518、724、824、918...第一讀出電路

- 【0145】 426、526、710、810、946...第二閘極
- 【0146】 427、527、732、832、947...第二控制信號
- 【0147】 428、528、734、834、948...第二讀出電路
- 【0148】 431、464、531、664、731...p+鍺矽區
- 【0149】 433、462、533、662、952...本質鍺矽區
- 【0150】 456、656、956...氧化層
- 【0151】 700、800...多閘極光電二極體
- 【0152】 704...n-井區
- 【0153】 706、906...吸收層
- 【0154】 712...第一n+矽區
- 【0155】 714...第二n+矽區
- 【0156】 812...第一p+矽區
- 【0157】 814...第二p+矽區
- 【0158】 831、950...n+鍺矽區
- 【0159】 954...p-鍺矽區
- 【0160】 1002、1102、1202、1302...NIR/TOF像素
- 【0161】 1004、1104、1204、1304...可見光像素
- 【0162】 1006、1206...NIR閘極
- 【0163】 1008、1108、1208、1308...可見光閘極
- 【0164】 1012、1112、1212、1306...第一TOF閘極
- 【0165】 1014、1114、1214、1312...第二TOF閘極
- 【0166】 1314...第三TOF閘極

- 【0167】 1316...第四TOF閘極
- 【0168】 1402、1702...鍺矽層
- 【0169】 1404、1604...摻雜晶圓
- 【0170】 1414、1614、1714...承載基板
- 【0171】 1418、1618...電路
- 【0172】 1500...設計
- 【0173】 1506...側壁間隔件
- 【0174】 1508...鍺或鍺矽區
- 【0175】 1602...矽光電二極體
- 【0176】 1606...鍺矽光電二極體
- 【0177】 1704...第一摻雜晶圓
- 【0178】 1718...電路
- 【0179】 1720...第一鍺矽光第二極體
- 【0180】 1734...第二摻雜晶圓
- 【0181】 1736...鍺矽光電二極體陣列
- 【0182】 1744...介電層
- 【0183】 1800...取像系統
- 【0184】 1802...傳送單元
- 【0185】 1804...接收單元
- 【0186】 1806...處理單元
- 【0187】 1810...目標物體
- 【0188】 1812...光脈衝信號

【0189】 1814...反射光脈衝信號

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種製造一影像感測陣列之方法，該影像感測陣列包含一第一群光電二極體以感測可見光及一第二群光電二極體以感測紅外光或近紅外光，其中該第一群光電二極體的每一光電二極體耦合於一第一讀出電路以及一第一控制信號，該第一讀出電路與該第一控制信號不同，以及其中該第二群光電二極體的每一光電二極體耦合於一第二讀出電路以及一第二控制信號，該第二讀出電路與該第二控制信號不同，該方法包含：

提供一基板，其包含一半導體晶圓；

形成一或多個凹槽於該基板上；

在該或該多個凹槽內形成一或多個側壁間隔件；

於形成該或該多個側壁間隔件後，成長一鍍矽層於該或該多個凹槽，其中該鍍矽層的一第一組成不同於該基板的一第二組成；

界定該影像感測陣列之複數像素，包括：

在該基板上形成該第一群光電二極體；以及

在該鍍矽層上形成該第二群光電二極體；

於界定該影像感測陣列之該複數像素之後，在該基板以及該鍍矽層上界定一第一互連層，其中該第一互連層包含複數互連件，該複數互連件耦合於該第一群光電二極體及該第二群光電二極體；

界定一積體電路於一半導體承載晶圓上，該積體電路用以供控制該影像感測陣列之該複數像素；

在界定該積體電路後，界定一第二互連層於該半導體承載晶圓上方，其中該第二互連層包含複數互連件，該第二互連層的該複數互連件耦合於該積體電路；以及

接合該第一互連層及該第二互連層，使該第一群光電二極體及該第二群光電二極體耦合於該積體電路。

【請求項2】如請求項1所述之方法，其更包含利用拋光技術移除該半導體晶圓的至少一部份。

【請求項3】如請求項1所述之方法，其更包含：

形成複數透鏡元件於該半導體晶圓上方，其中該複數透鏡元件之每一透鏡元件係排列為用以引導光線至該影像感測陣列其中之一一光電二極體。

【請求項4】如請求項1所述之方法，更包含形成複數濾光器於該影像感測陣列上方，其中該複數濾光器之每一濾光器是用於該影像感測器之其中之一一光電二極體。

【請求項5】如請求項1所述之方法，其中該鍺矽層的該第一組成的一鍺含量高於該基板的該第二組成的一鍺含量。

【請求項6】如請求項1所述之方法，其中該成長該鍺矽層於該或該多個凹槽包含：拋光該鍺矽層以平坦化該鍺矽層以使該鍺矽層完全嵌入該或該複數凹槽中。

【請求項7】如請求項1所述之方法，其中在該接合該第一互連層及該第二互連層之後，該積體電路位於該半導體承載晶圓以及該第一群光電二極體之間，且位於該半導體承載晶圓以及該第二群光電二極體之間。

【請求項8】 如請求項1所述之方法，其中該第一群光電二極體之每一光電二極體之一第一部份耦合於該第一讀出電路，該第一群光電二極體之每一光電二極體之一第二部份耦合於該第一控制信號，其中該第一部分不同於該第二部分。

【請求項9】 如請求項1所述之方法，其中該第二群光電二極體之每一光電二極體之一第一部份耦合於該第二讀出電路，該第二群光電二極體之每一光電二極體之一第二部份耦合於該第二控制信號，其中該第一部分不同於該第二部分。

【請求項10】 如請求項8所述之方法，其中該第二群光電二極體之每一光電二極體之一第三部份耦合於該第二讀出電路，該第二群光電二極體之每一光電二極體之一第四部份耦合於該第二控制信號，其中該第三部分不同於該第四部分。

【發明圖式】

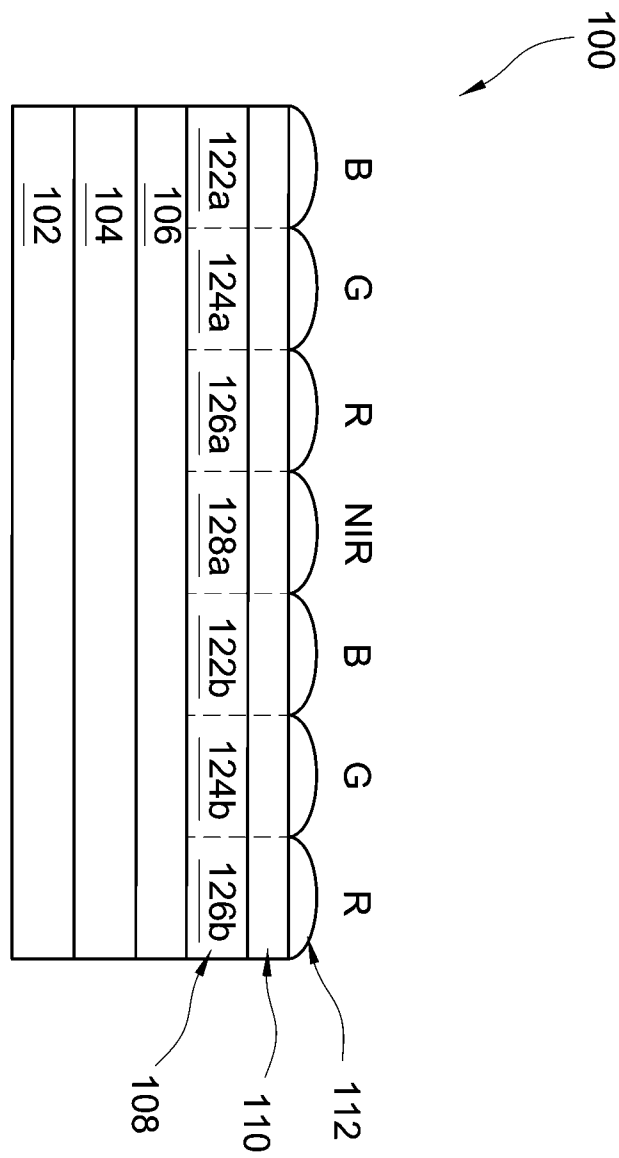


圖1

200

R	G	R	G	R	G	R	G
B	NIR	B	NIR	B	NIR	B	NIR
R	G	R	G	R	G	R	G
B	NIR	B	NIR	B	NIR	B	NIR
R	G	R	G	R	G	R	G
B	NIR	B	NIR	B	NIR	B	NIR
R	G	R	G	R	G	R	G
B	NIR	B	NIR	B	NIR	B	NIR

...

.....

圖2

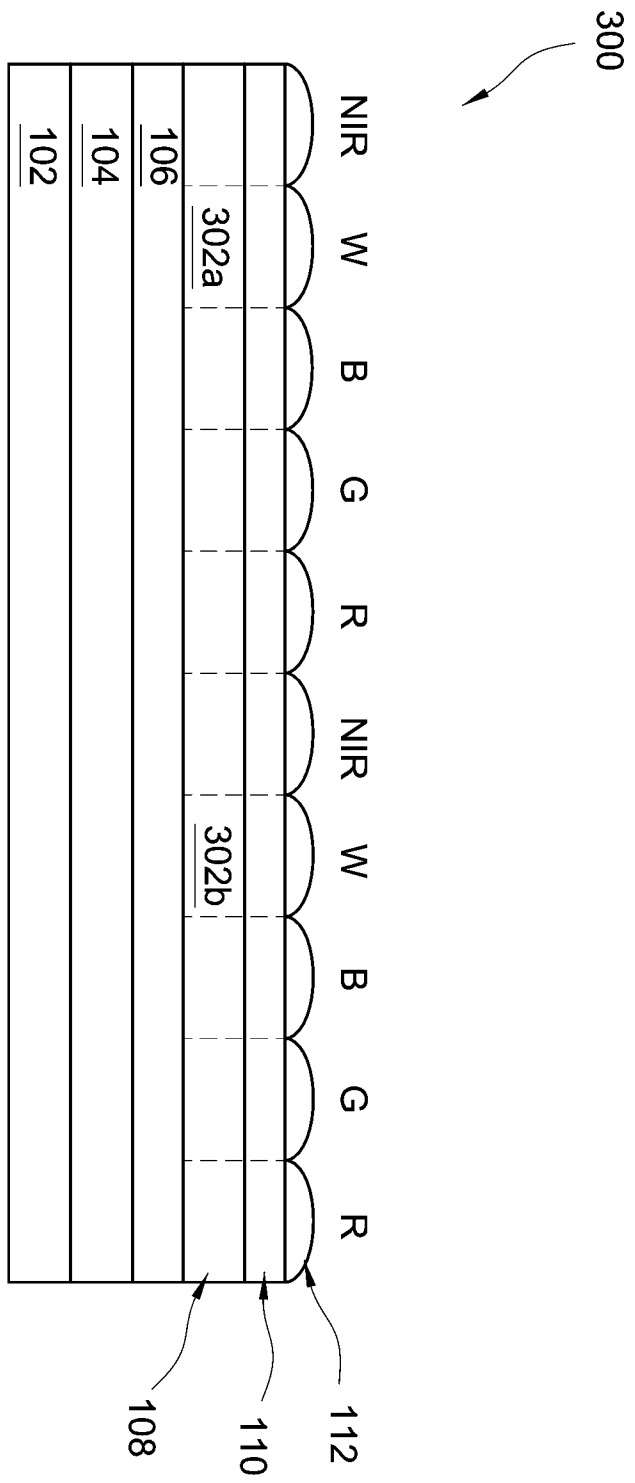


圖 3

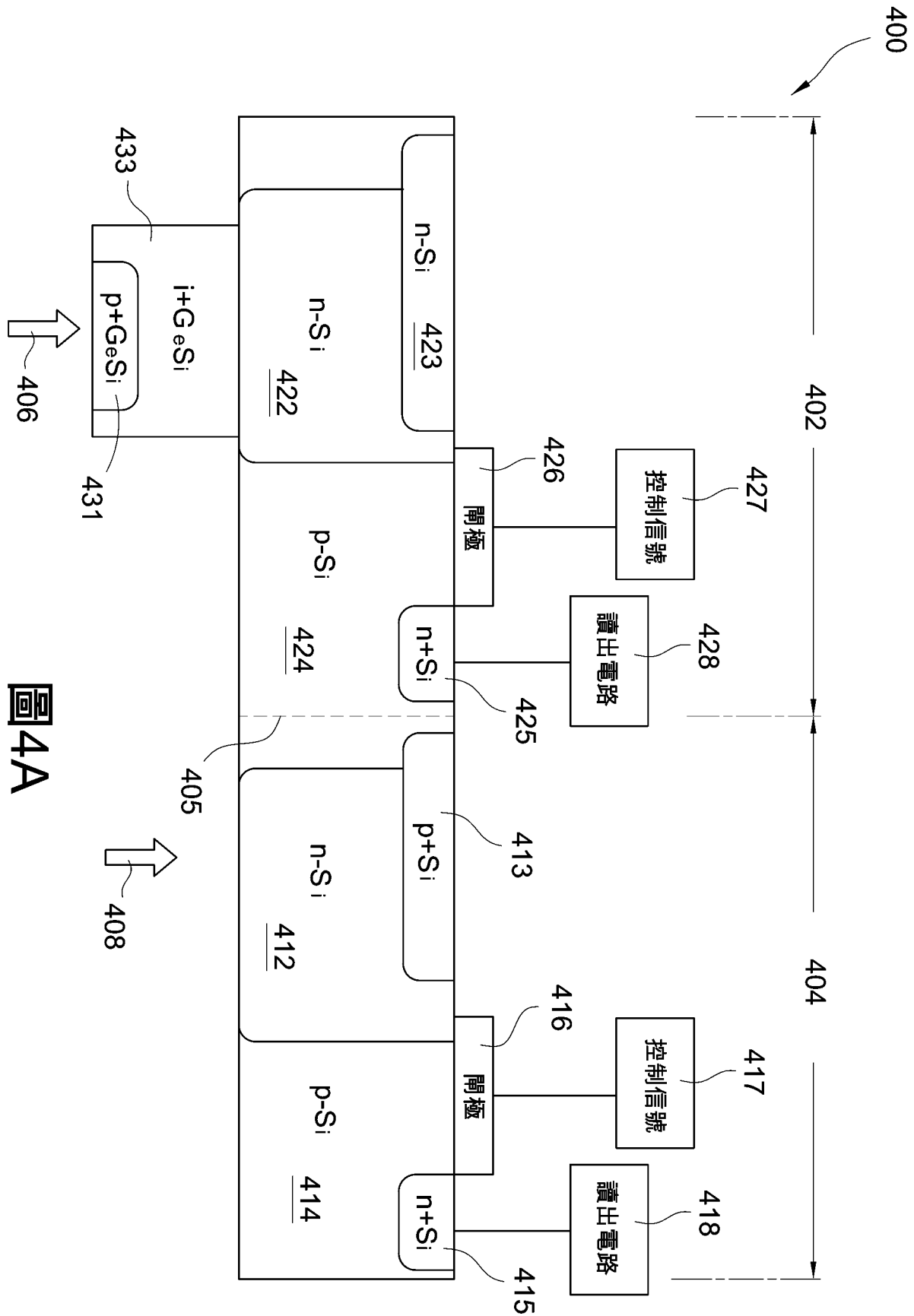


圖4A

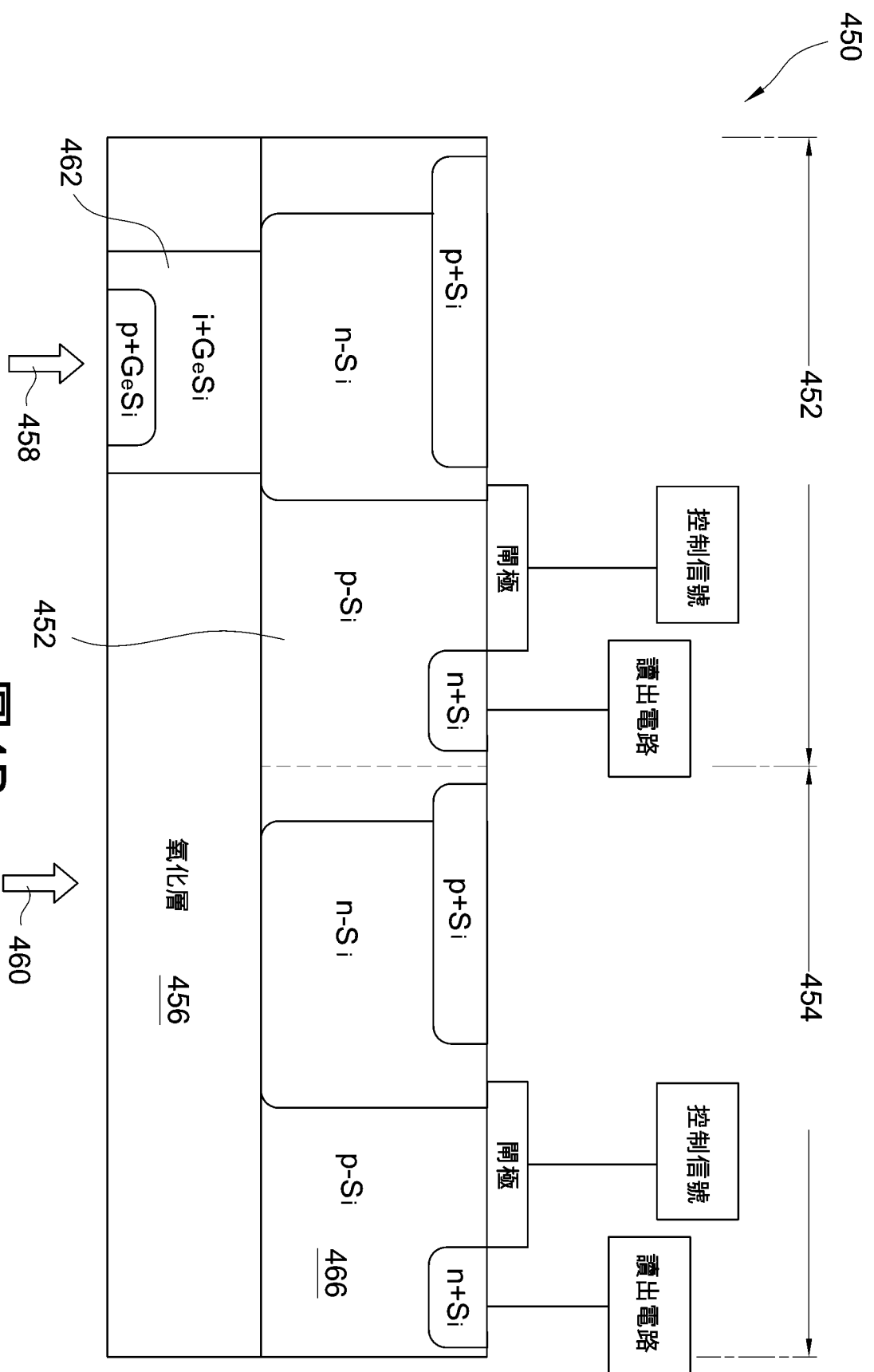


圖4B

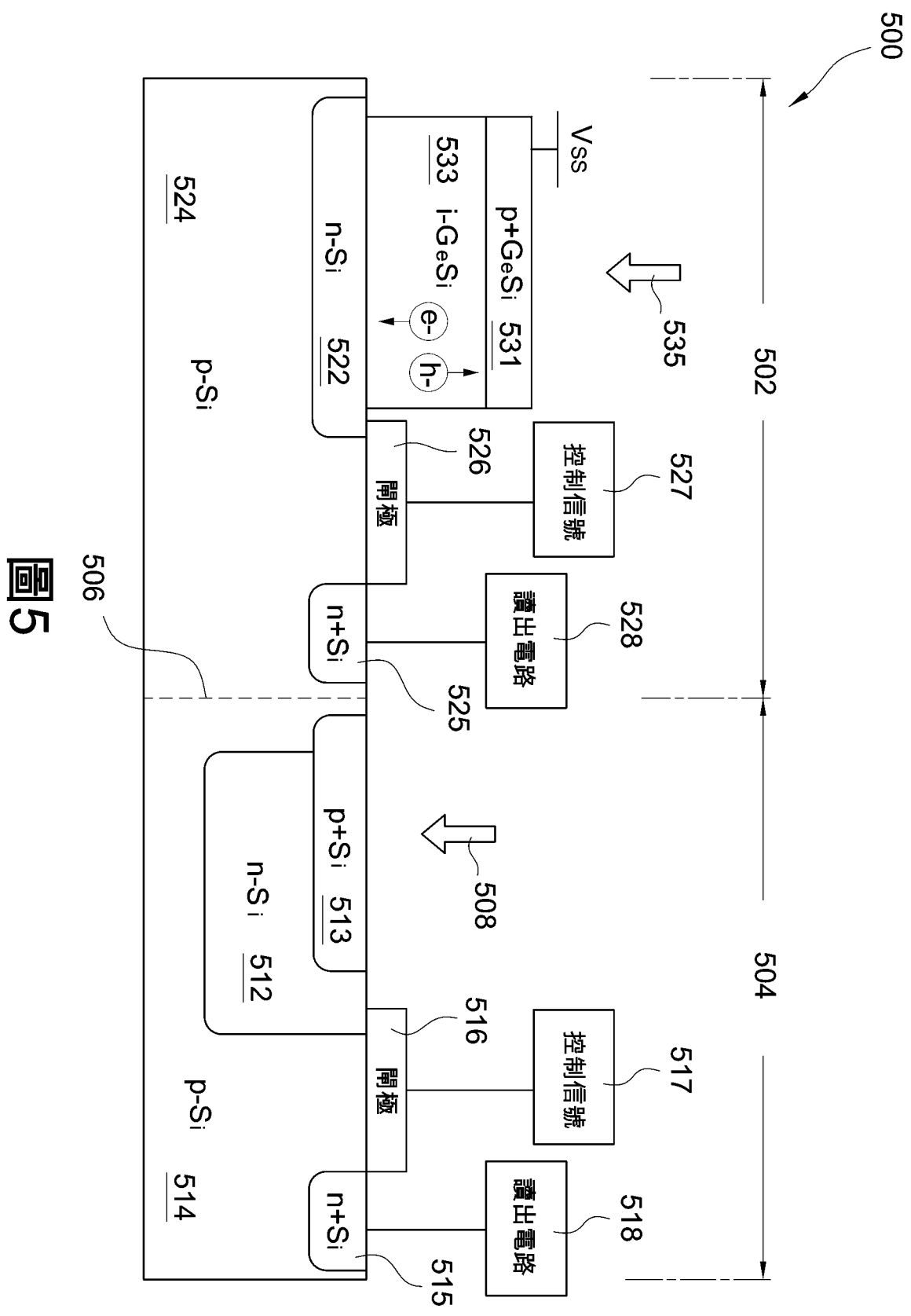


圖5

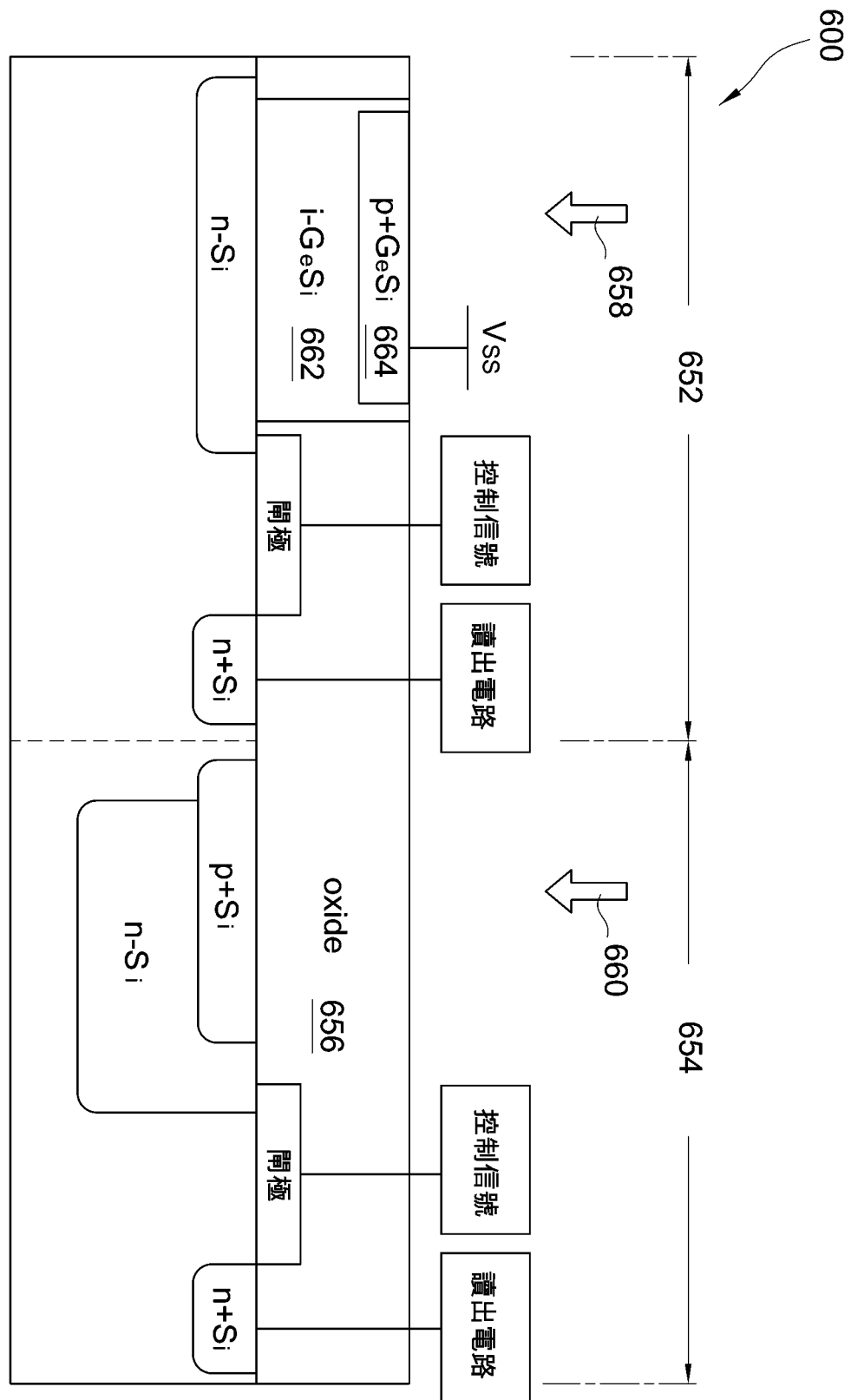


圖6

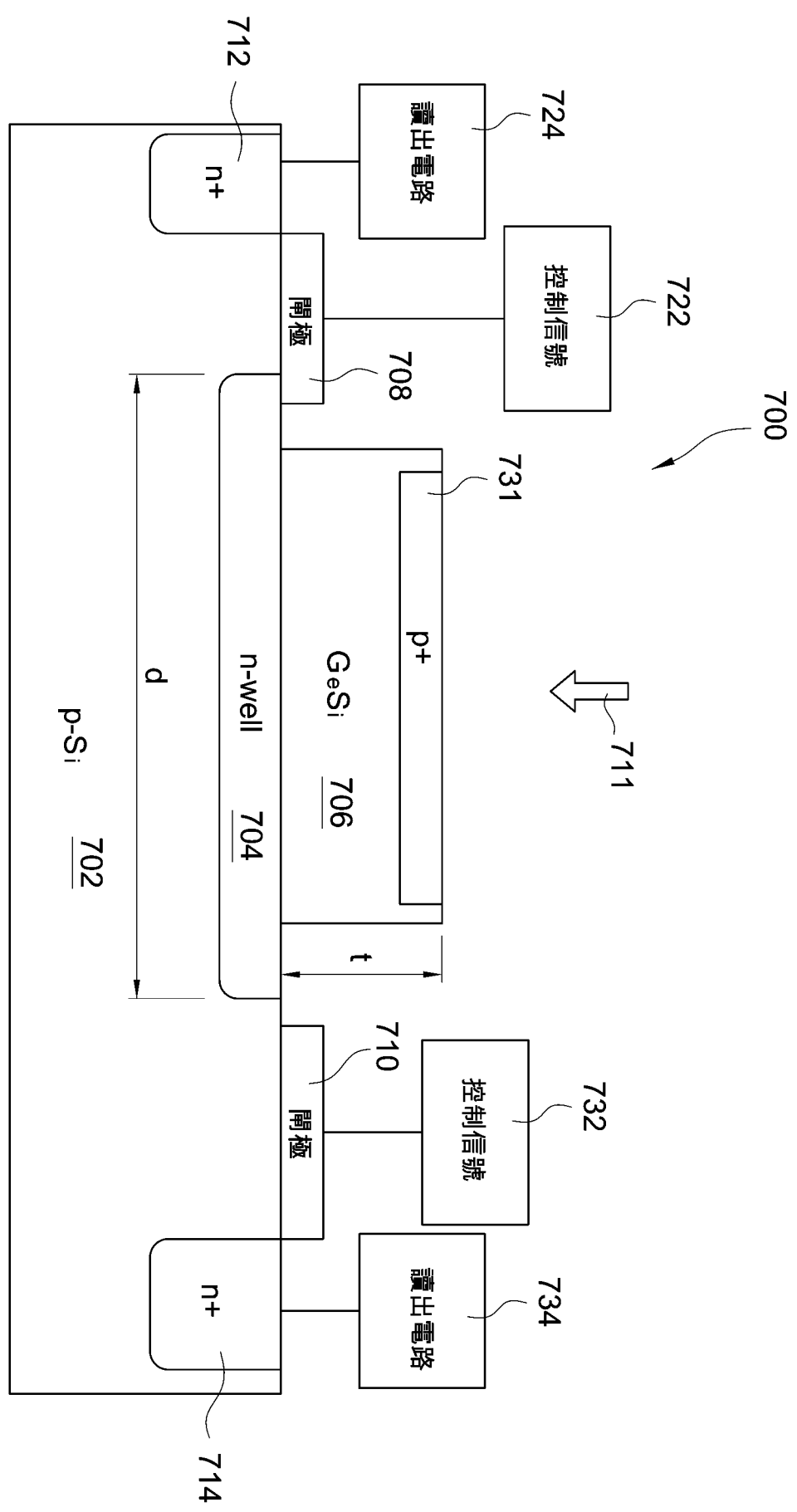


圖7

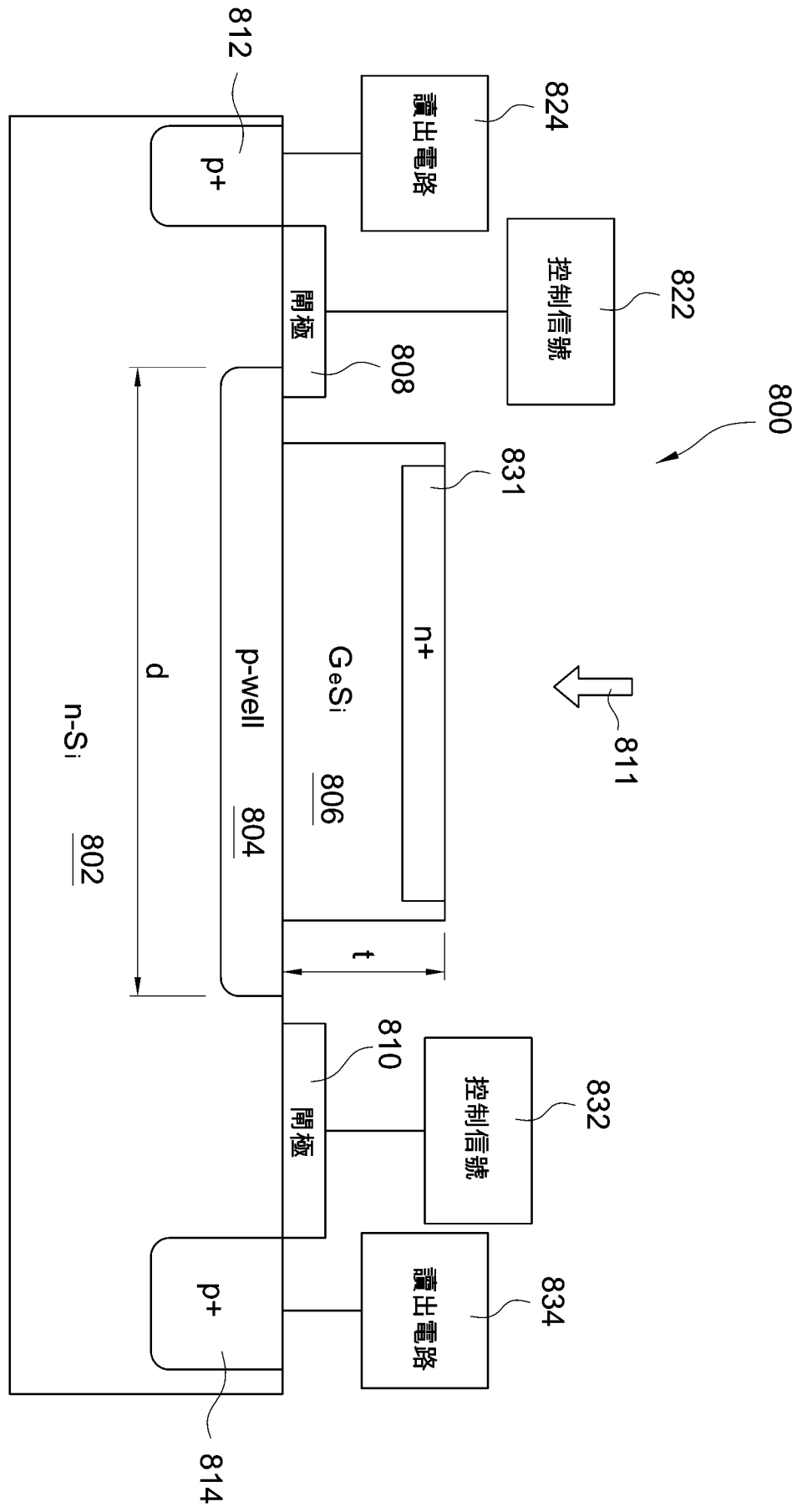


圖 8

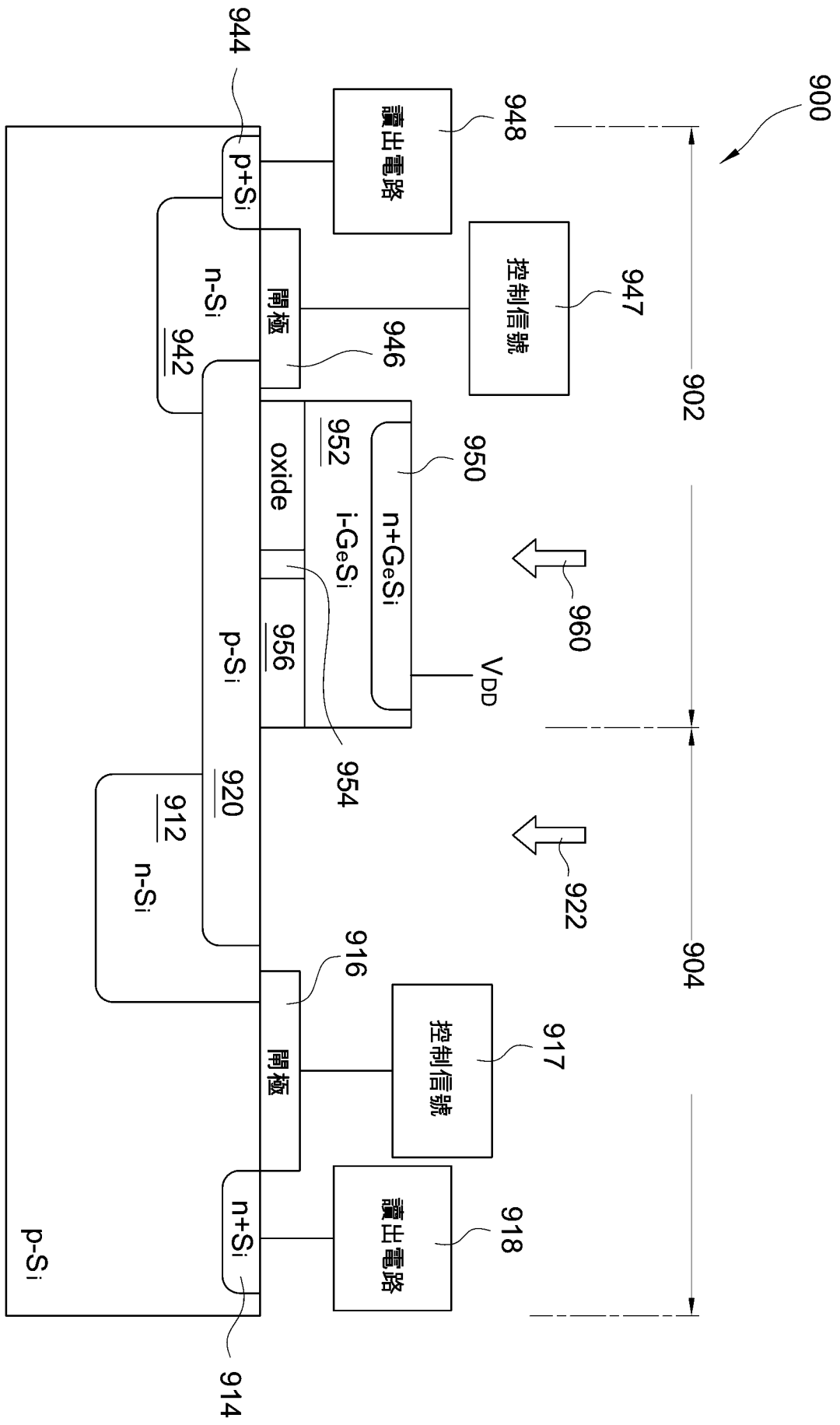


圖 9

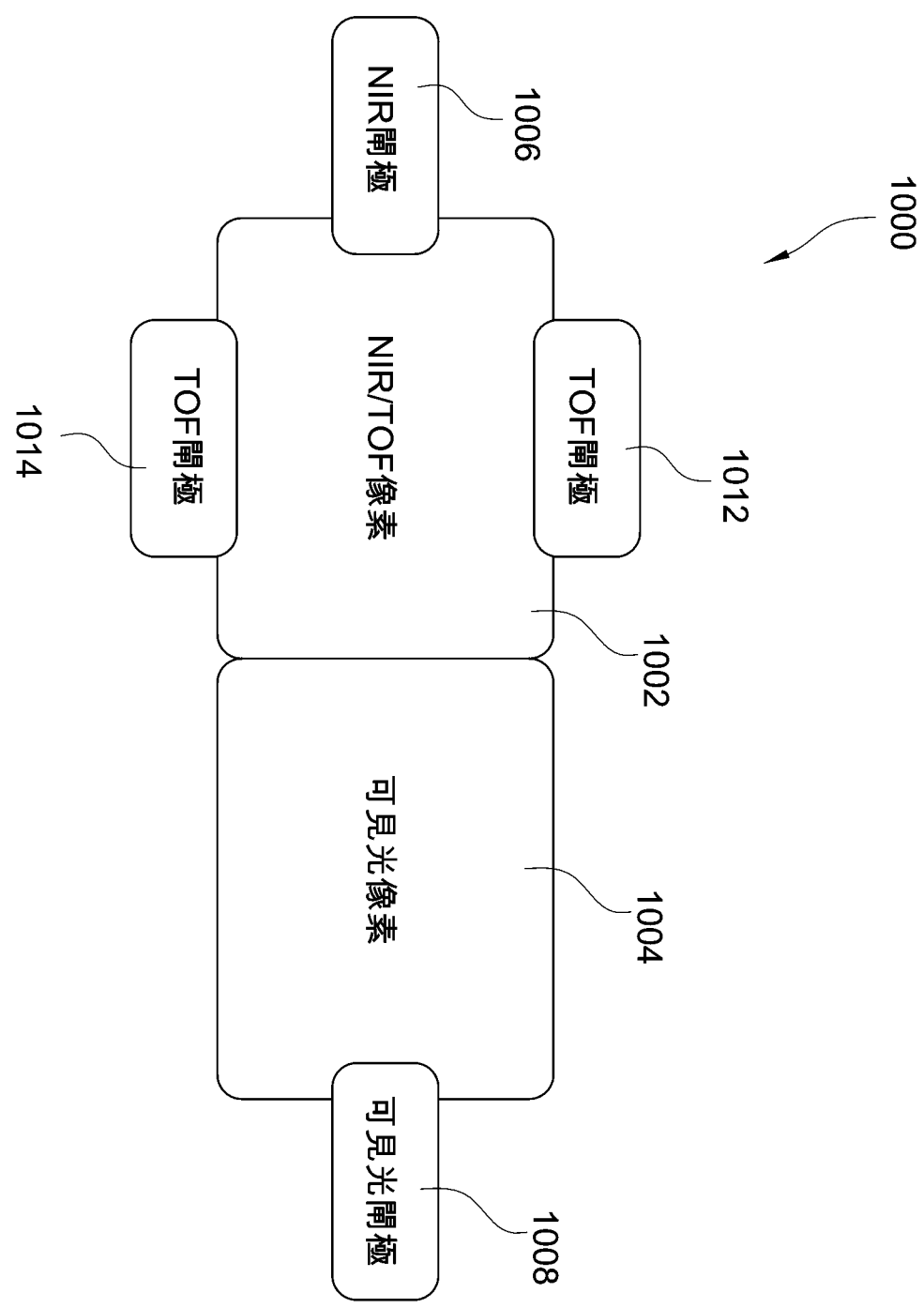


圖10

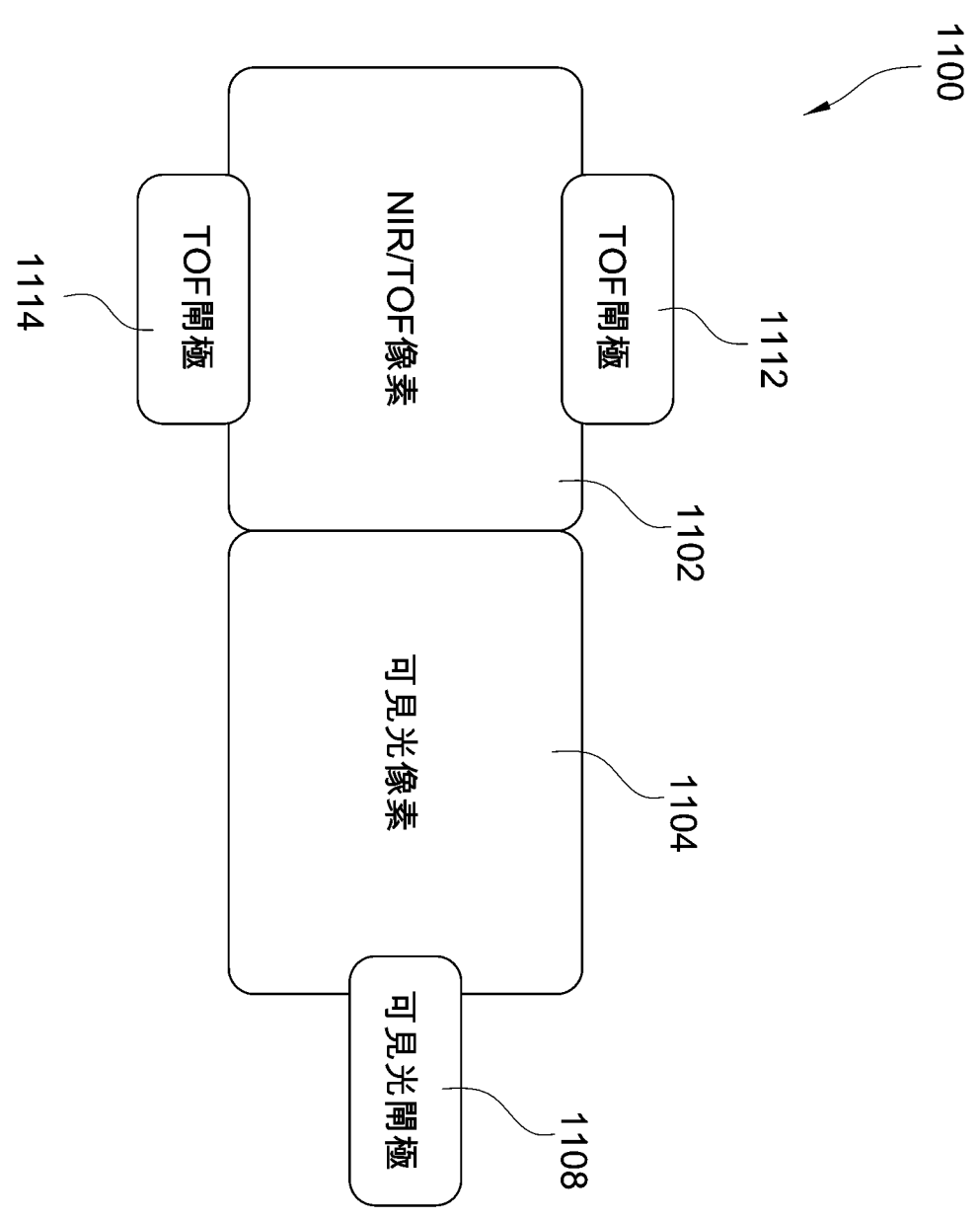


圖11

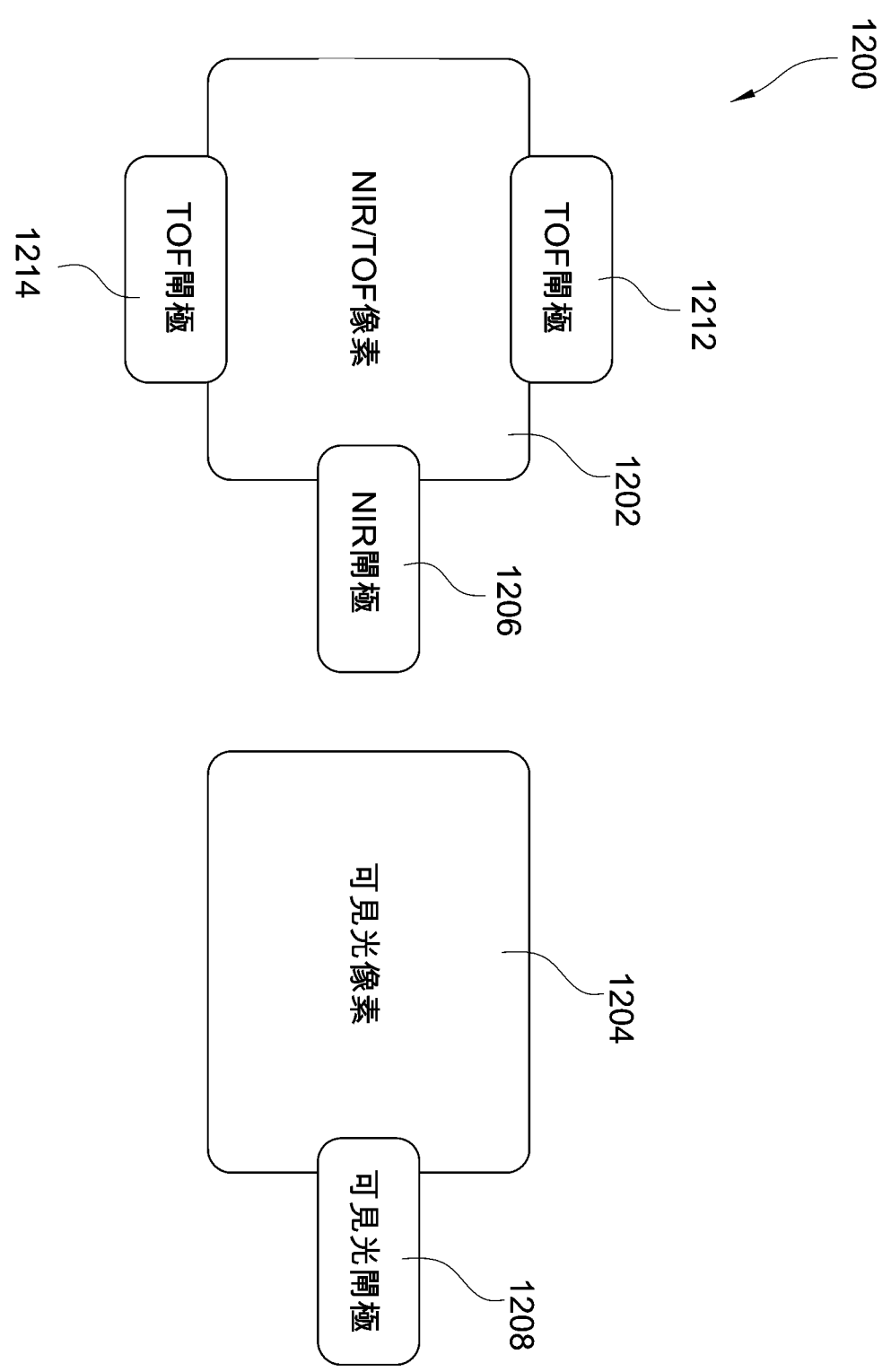


圖12

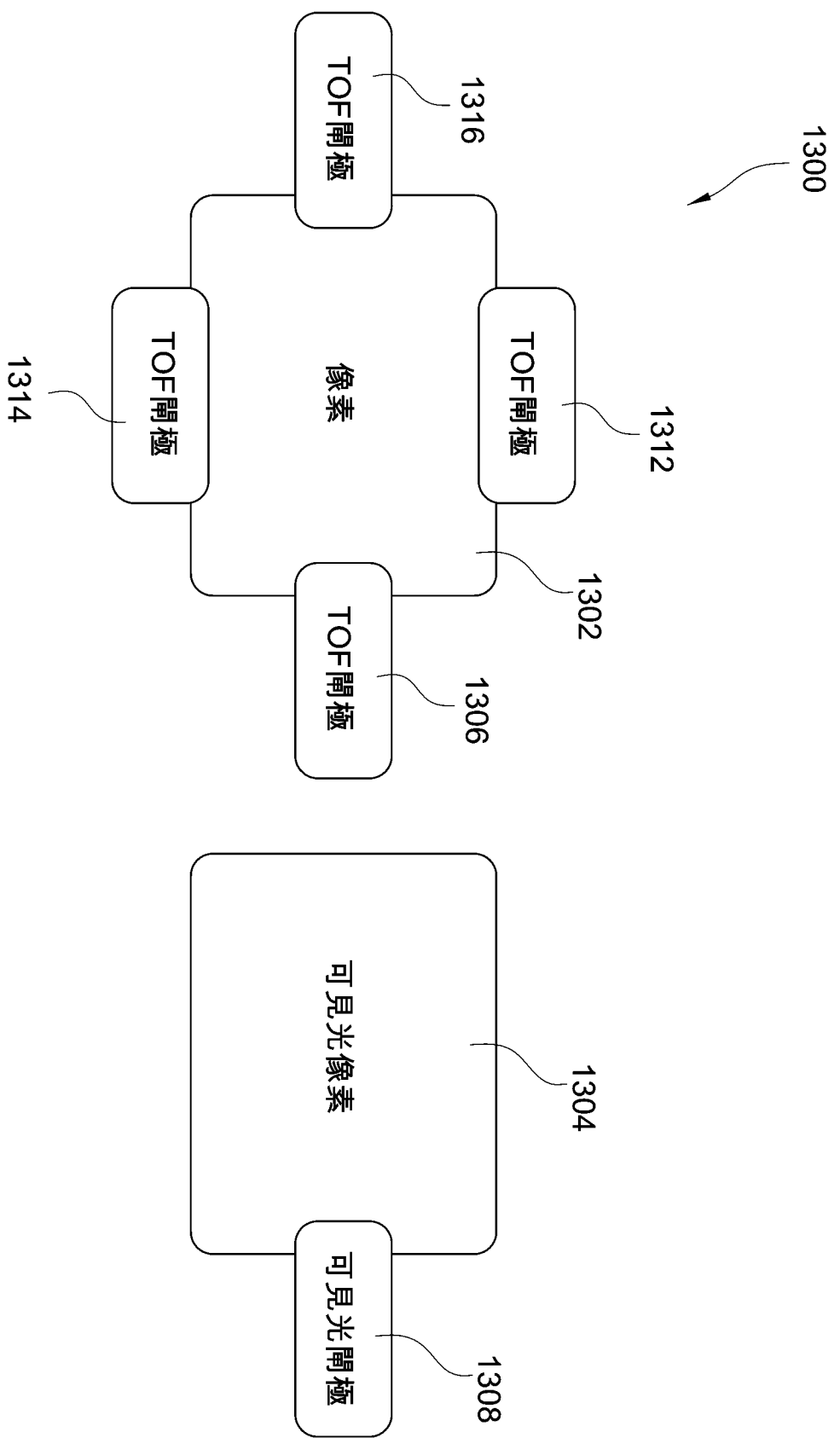


圖13

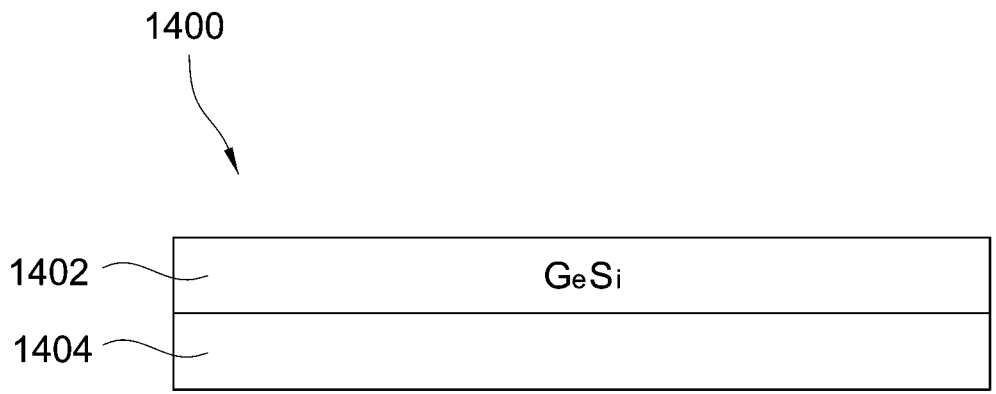


圖14A

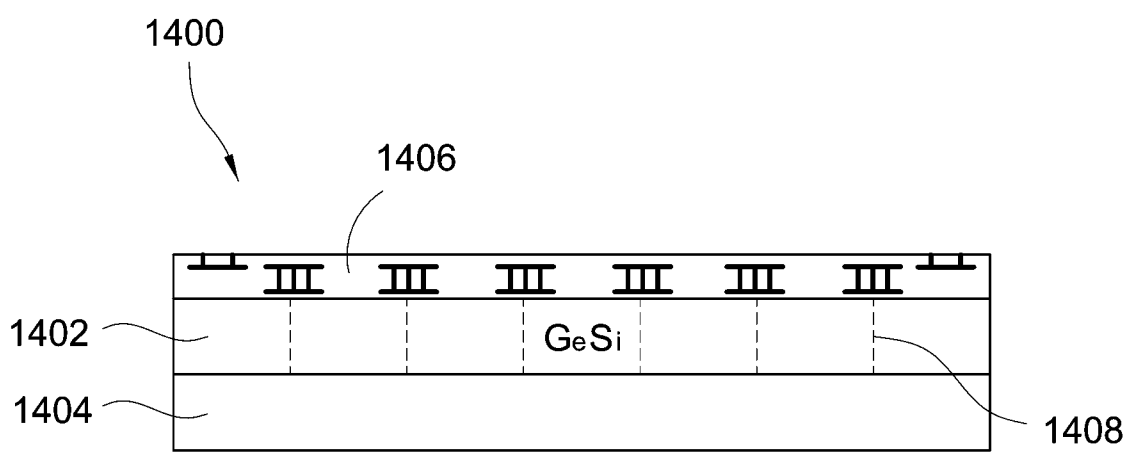


圖14B

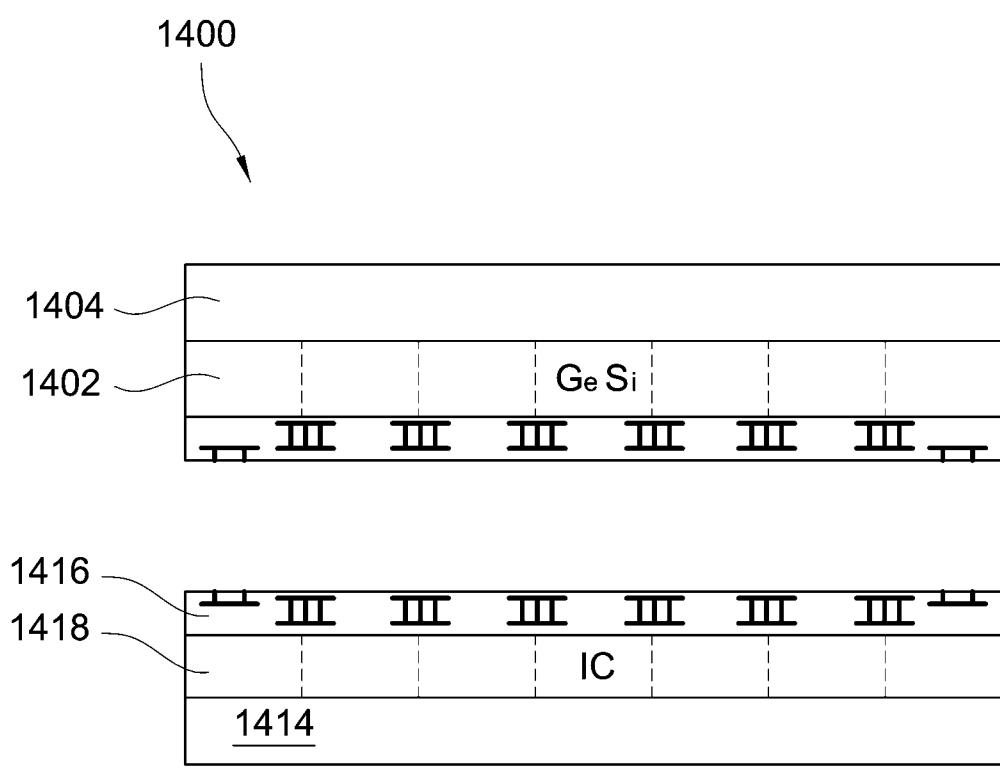


圖14C

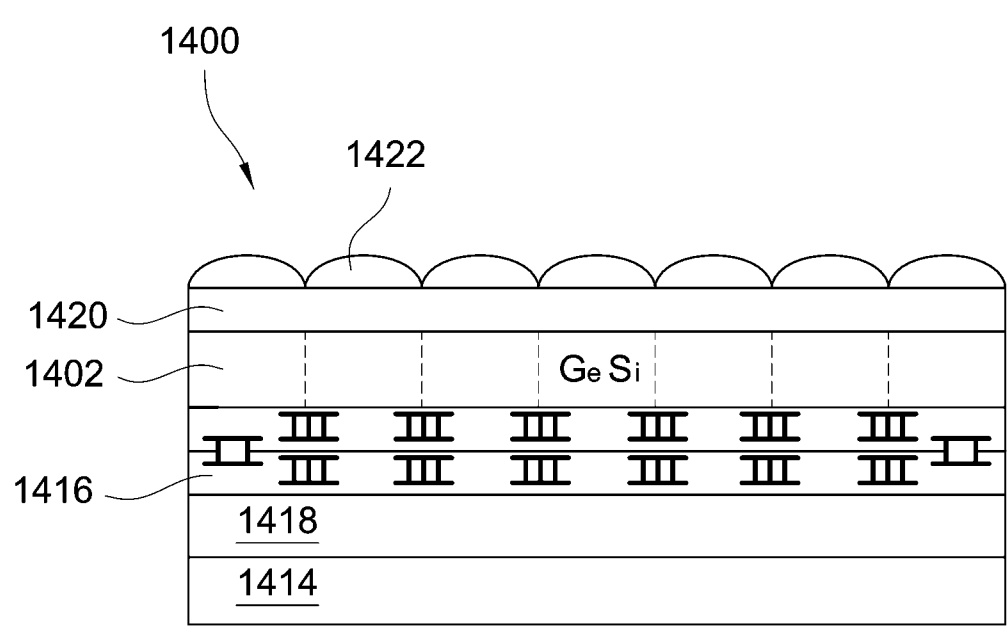


圖14D

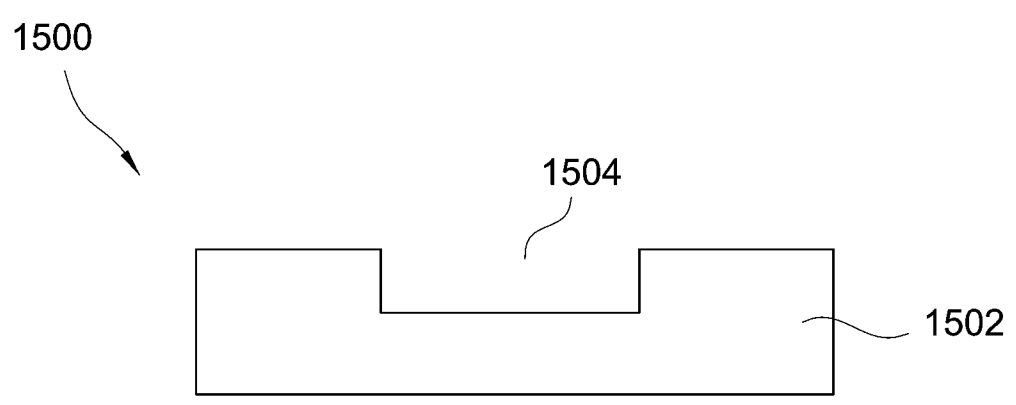


圖15A

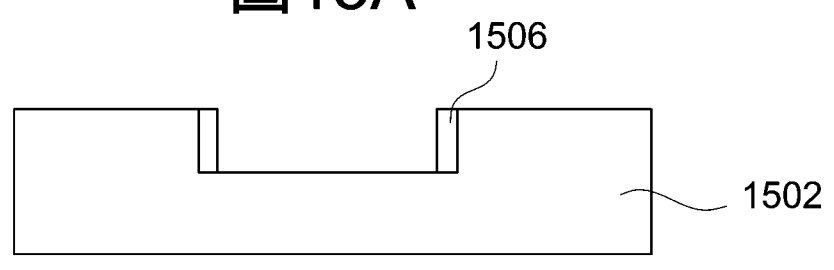


圖15B

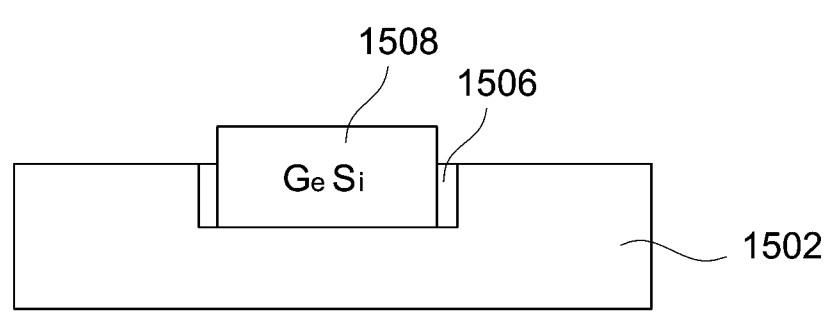


圖15C

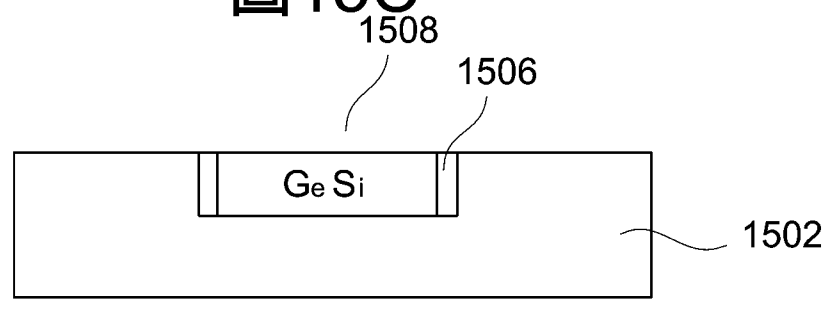


圖15D

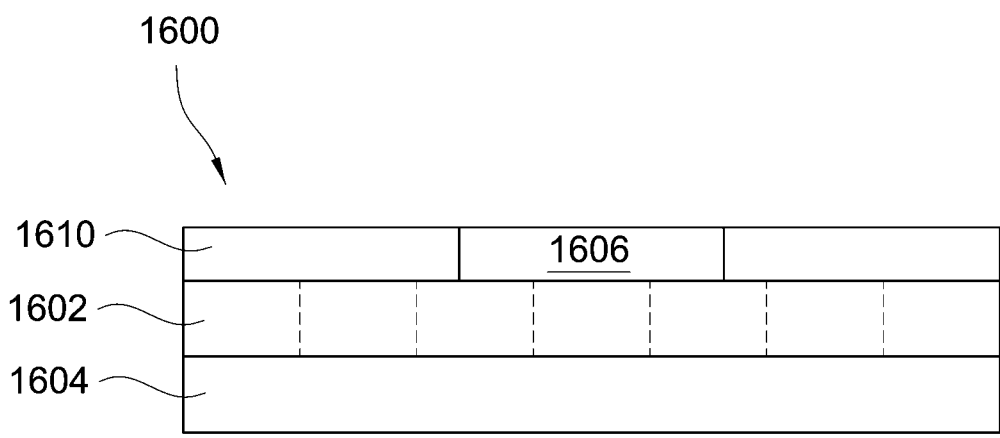


圖16A

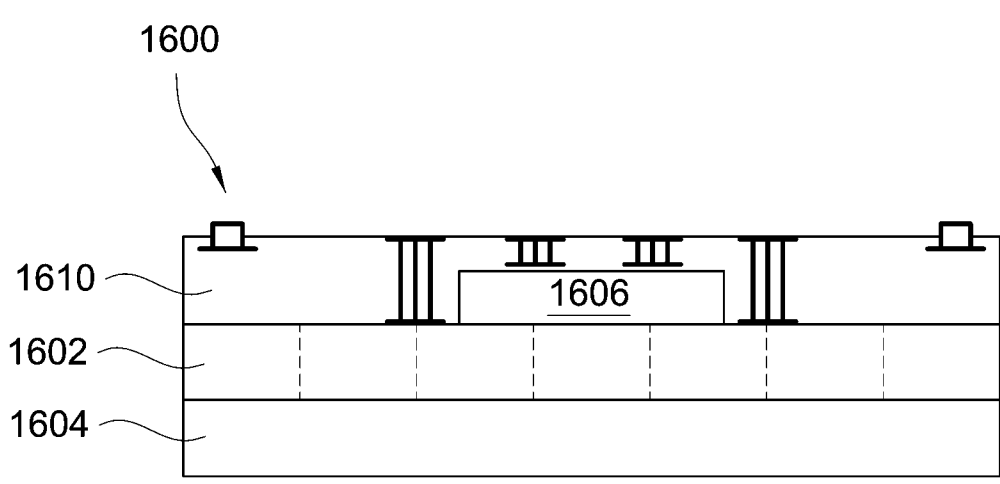


圖16B

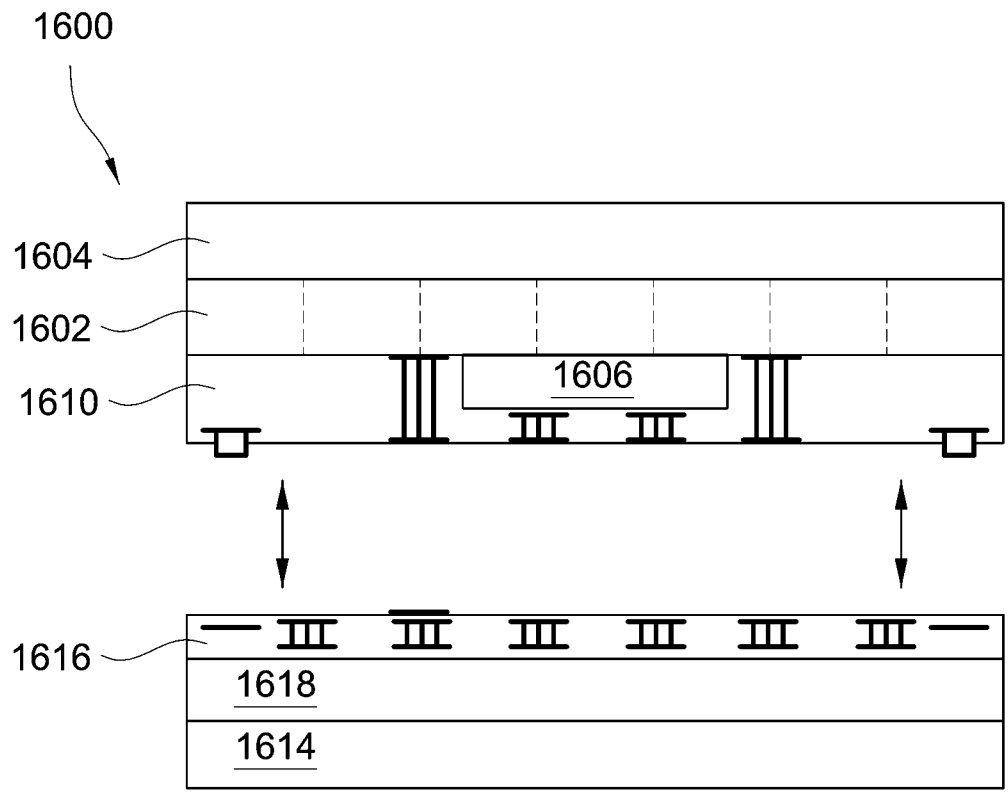


圖 16C

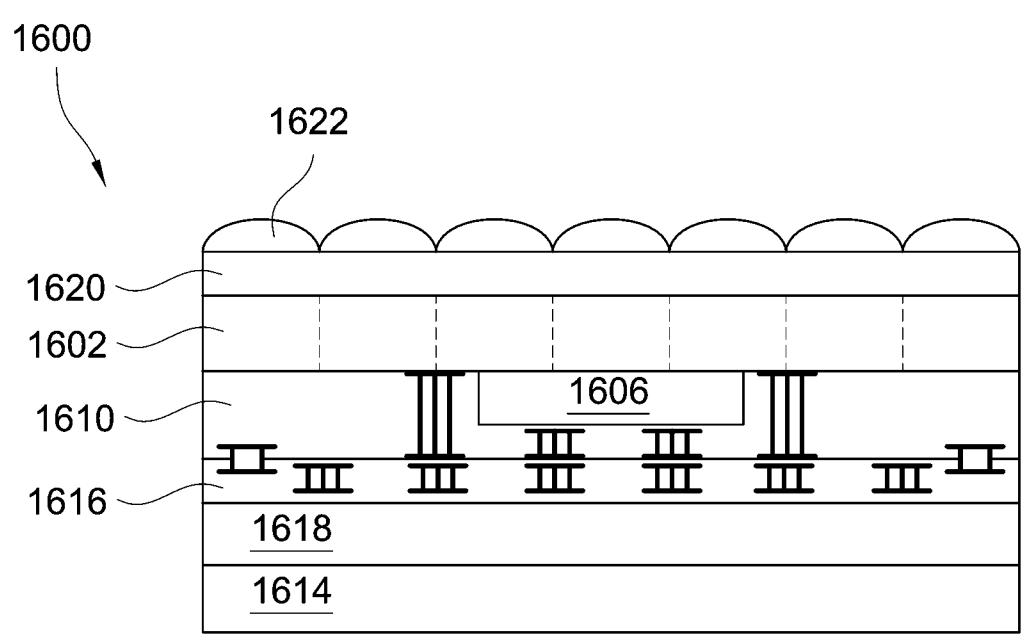


圖 16D

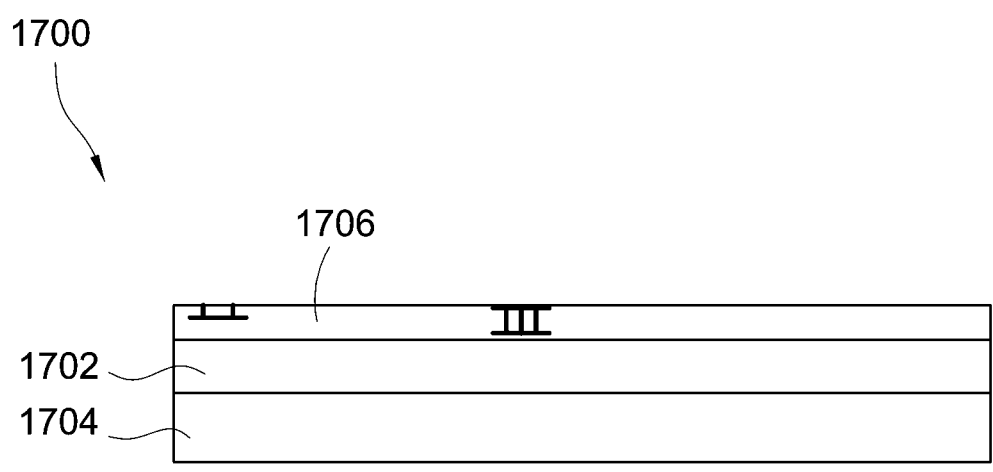


圖17A

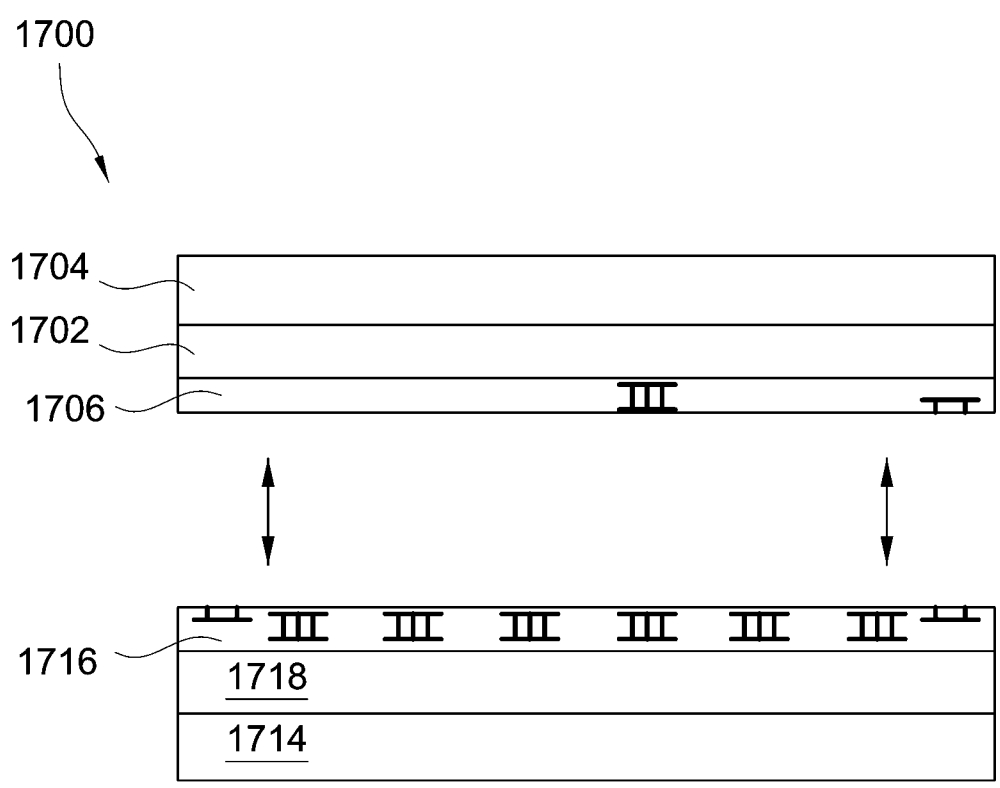


圖17B

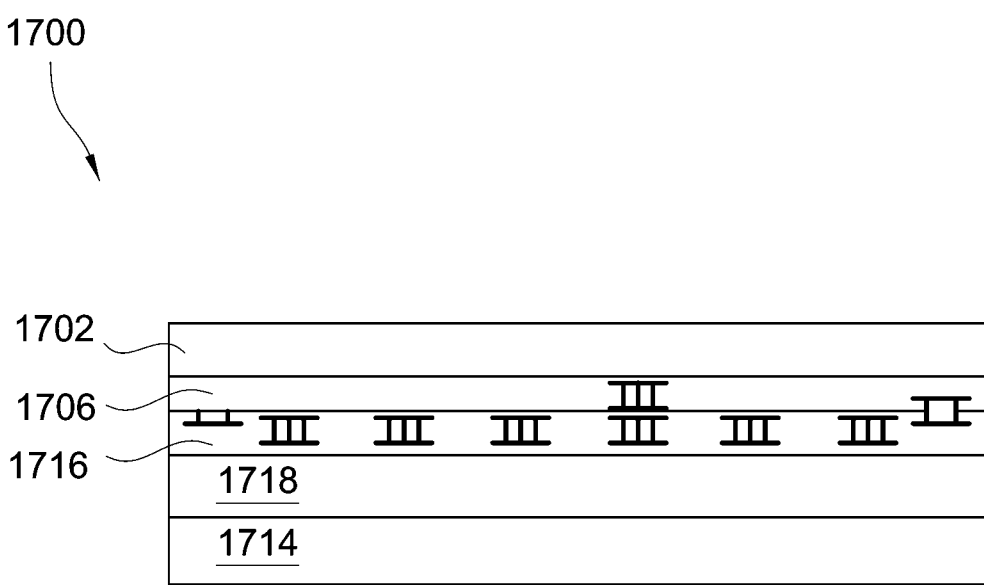


圖17C

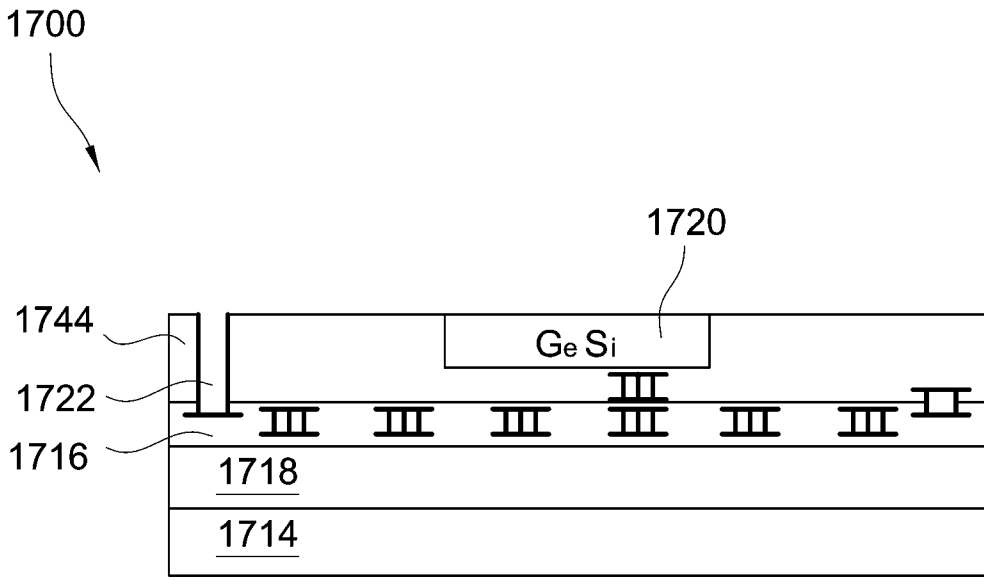


圖17D

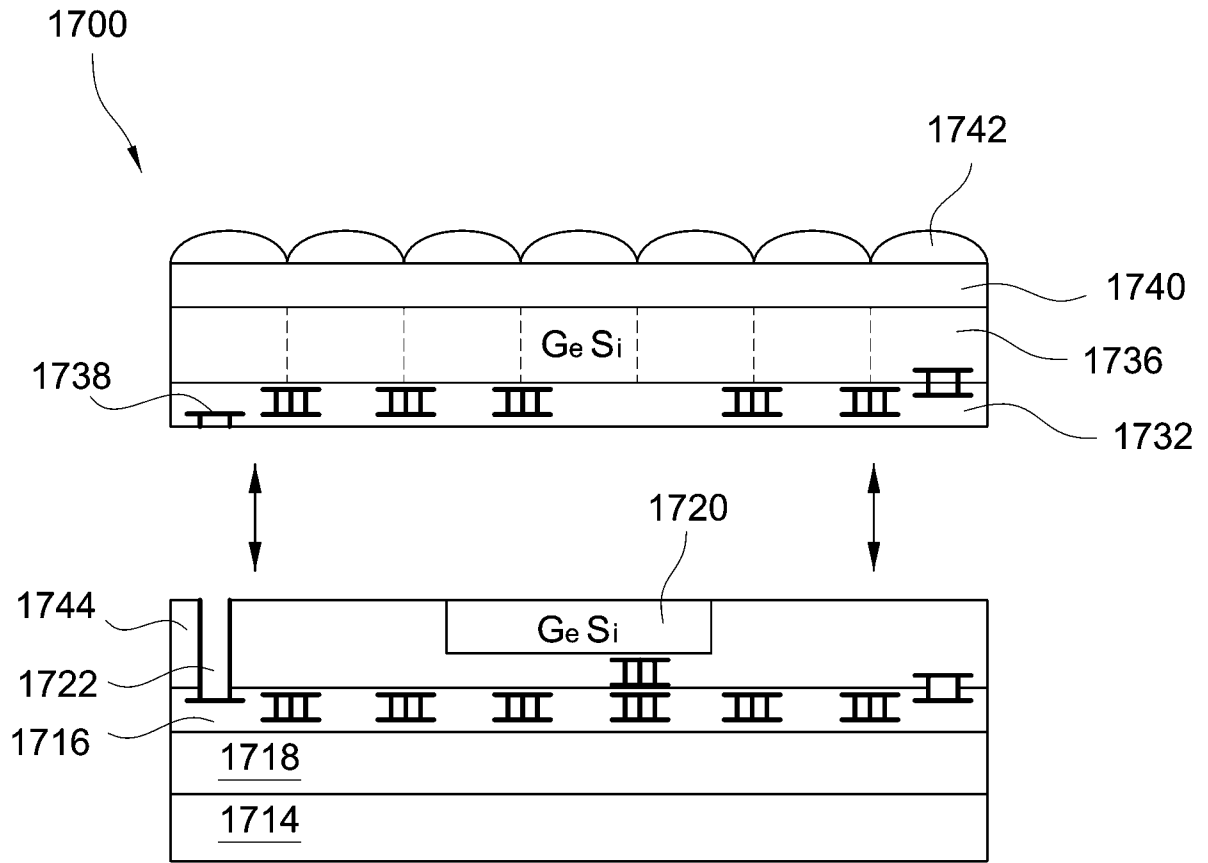


圖17E

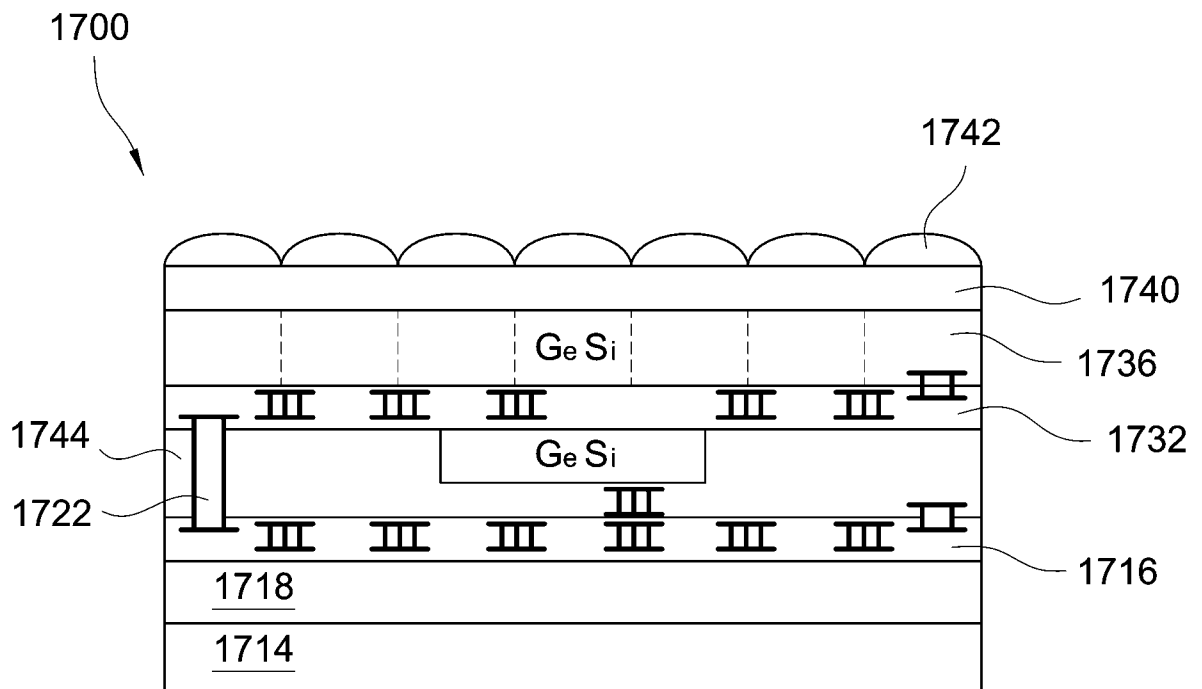


圖17F

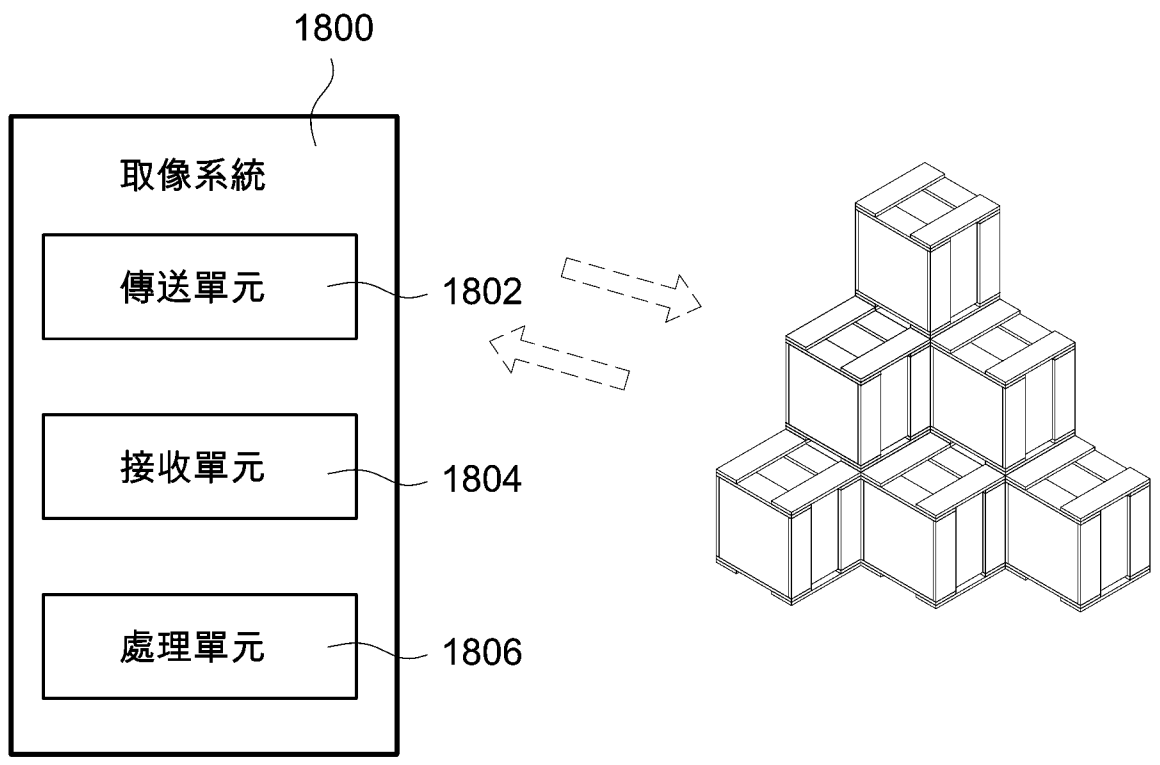


圖18A

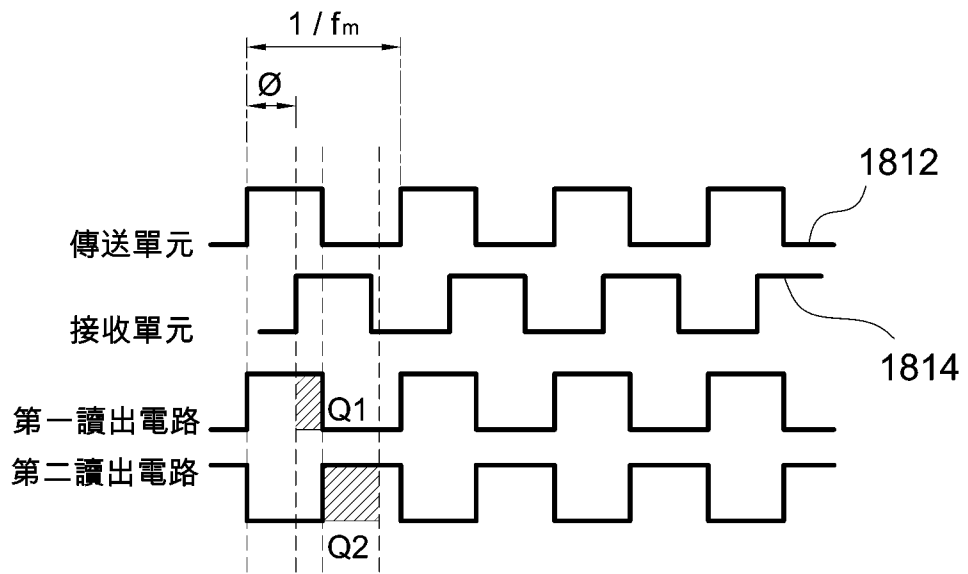


圖18B

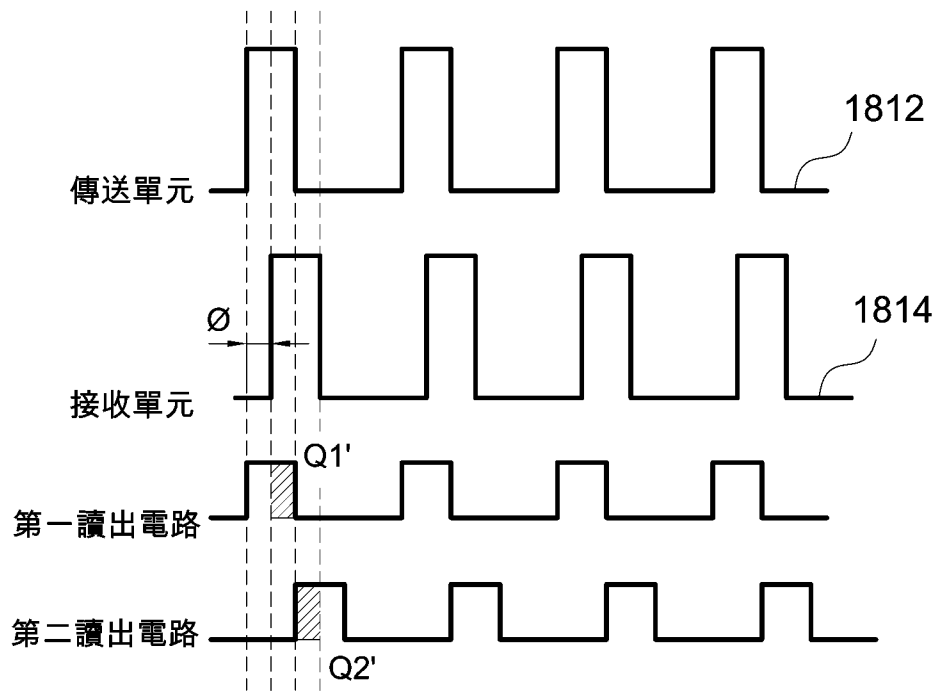


圖18C

1900

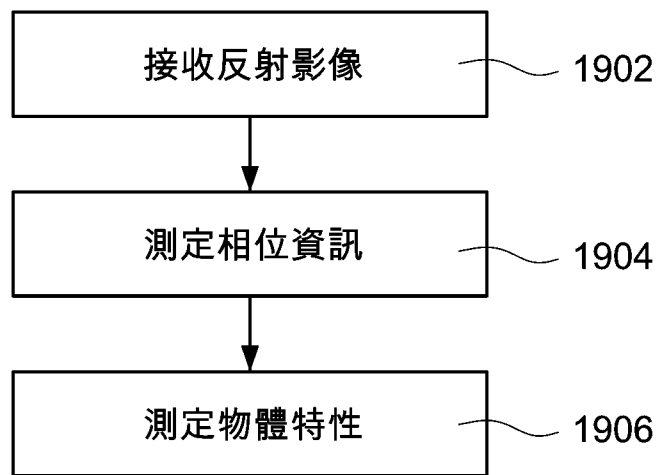


圖19