I853829

(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 I853829 B**

(45)公告日： 中華民國 113 (2024) 年 09 月 01 日

(21)申請案號：108128284 (22)申請日： 中華民國 108 (2019) 年 08 月 08 日

(51)Int. Cl.： ***G01S17/89*** ***(2020.01)*** ***G01S17/93*** ***(2020.01)***
G01S17/08 ***(2006.01)*** ***G01S7/481*** ***(2006.01)***
G01S7/483 ***(2006.01)***

(30)優先權：2018/08/09 美國 62/716,900
2018/09/04 美國 62/726,810
2018/10/11 美國 62/744,540
2019/07/23 美國 62/877,778
2019/08/07 美國 16/534,838

(71)申請人：美商奧斯特公司 (美國) OUSTER, INC. (US)
美國

(72)發明人：帕卡拉 安格斯 PACALA, ANGUS (US)；弗萊奇特爾 馬克 FRICHTL, MARK (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

WO 2011/015196A1

網路文獻 RACHAEL TOBIN ET AL: "Comparative study of sampling strategies for sparse photon multispectral lidar imaging: towards mosaic filter arrays", , JOURNAL OF OPTICS, INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING, BRISTOL GB, vol. 19, no.9, 23 August 2017 (2017-08-23) ISSN:2040-8986

審查人員：李炳昌

申請專利範圍項數：26 項 圖式數：45 共 173 頁

(54)名稱

多光譜測距/成像感測器陣列及系統

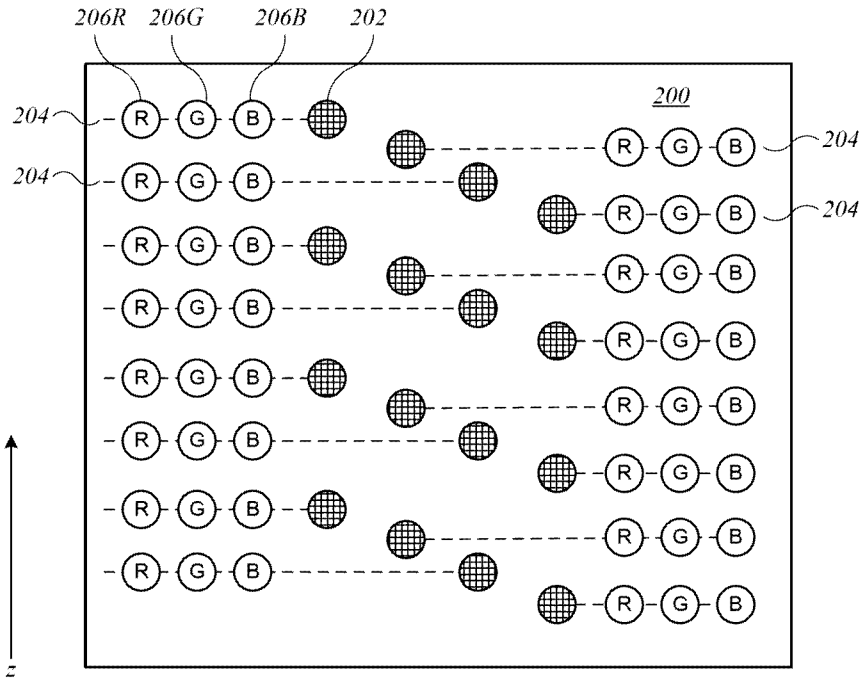
(57)摘要

一種多光譜感測器陣列可包含測距感測器通道(例如，LIDAR 感測器通道)及周圍光感測器通道之一組合，該等周圍光感測器通道經調諧以偵測具有一通道特定性質(例如，色彩)之周圍光。該等感測器通道可經配置及隔開以提供一視場之多光譜影像，其中來自不同感測器之該等多光譜影像本質上彼此對準以界定多光譜影像像素之一陣列。可提供各種光學元件以促進成像操作。併入多光譜感測器陣列之光測距/成像系統可在旋轉及/或靜態模式中操作。

A multispectral sensor array can include a combination of ranging sensor channels (e.g., LIDAR sensor channels) and ambient-light sensor channels tuned to detect ambient light having a channel-specific property (e.g., color). The sensor channels can be arranged and spaced to provide multispectral images of a field of view in which the multispectral images from different sensors are inherently aligned with each other to define an array of multispectral image pixels. Various optical elements can be provided to facilitate imaging

operations. Light ranging/imaging systems incorporating multispectral sensor arrays can operate in rotating and/or static modes.

指定代表圖：



【圖2】

符號簡單說明：

200:感測器陣列

202:光成像、偵測及測距(LIDAR)感測器通道

204:列

206B:周圍光感測器通道/藍光感測器通道

206G:周圍光感測器通道/綠光感測器通道

206R:周圍光感測器通道/紅光感測器通道

專利案號：108128284

公告本

I853829

【發明摘要】

【中文發明名稱】

多光譜測距/成像感測器陣列及系統

【英文發明名稱】

MULTISPECTRAL RANGING/IMAGING SENSOR ARRAYS AND SYSTEMS

【中文】

一種多光譜感測器陣列可包含測距感測器通道(例如，LIDAR感測器通道)及周圍光感測器通道之一組合，該等周圍光感測器通道經調諧以偵測具有一通道特定性質(例如，色彩)之周圍光。該等感測器通道可經配置及隔開以提供一視場之多光譜影像，其中來自不同感測器之該等多光譜影像本質上彼此對準以界定多光譜影像像素之一陣列。可提供各種光學元件以促進成像操作。併入多光譜感測器陣列之光測距/成像系統可在旋轉及/或靜態模式中操作。

【英文】

A multispectral sensor array can include a combination of ranging sensor channels (e.g., LIDAR sensor channels) and ambient-light sensor channels tuned to detect ambient light having a channel-specific property (e.g., color). The sensor channels can be arranged and spaced to provide multispectral images of a field of view in which the multispectral images from different sensors are inherently aligned with each other to define an array of multispectral image pixels. Various optical elements can be provided to facilitate imaging operations. Light

ranging/imaging systems incorporating multispectral sensor arrays can operate in rotating and/or static modes.

【指定代表圖】

圖2

【代表圖之符號簡單說明】

200	感測器陣列
202	光成像、偵測及測距(LIDAR)感測器通道
204	列
206B	周圍光感測器通道/藍光感測器通道
206G	周圍光感測器通道/綠光感測器通道
206R	周圍光感測器通道/紅光感測器通道

【發明說明書】

【中文發明名稱】

多光譜測距/成像感測器陣列及系統

【英文發明名稱】

MULTISPECTRAL RANGING/IMAGING SENSOR ARRAYS AND SYSTEMS

【技術領域】

【先前技術】

【0001】 本發明大體上係關於光學成像系統且特定言之係關於具有調諧至不同光特性或性質之多個感測器通道且包含可用於測距之感測器通道之感測器系統。

【0002】 光成像、偵測及測距(LIDAR)系統藉由用一脈衝雷射光照明目標且用一感測器量測反射脈衝而量測至一目標之距離。接著可使用飛行時間量測來製作目標之一數位3D表示。LIDAR系統可用於其中3D深度影像係有用之多種應用，包含考古學、地理學、地質學、林學、測繪、建築學、醫療成像及軍事應用等。自動駕駛車輛亦可使用LIDAR進行障礙偵測及閃避以及車輛導航。

【0003】 在諸如車輛導航之應用中，深度資訊(例如，至環境中之物件之距離)係極其有用的但不足以閃避危險且安全地導航。亦必須識別特定物件，例如交通信號、車道標記、可與車輛之行進路徑交叉之移動物件等。因此，諸如自動駕駛車輛之系統可包含一LIDAR系統及另一成像系統兩者，諸如可捕獲周圍光(包含來自環境中之物件之反射光以及來自環境中可存在之任何光源之直射光)之一可見光攝影機。各成像系統(LIDAR

及可見光)獨立地提供含有深度或光譜資料之一影像。針對一些應用，例如藉由執行影像配準以識別相同物件在不同影像中之位置而使不同影像彼此對準係有益的。影像配準可為一複雜且運算密集之任務。例如，不同成像系統可具有不同解析度及/或圖框邊界，且獨立建構及/或獨立控制之成像系統之間的對準可為不精確的。

【發明內容】

【0004】 本文中描述之本發明之某些實施例係關於多光譜感測器陣列，其等將多個感測器通道類型(包含深度通道(例如，LIDAR感測器通道)及一或多個不同周圍光感測器通道)併入相同感測器陣列(例如，其可為一單片ASIC感測器陣列)中。由於不同類型之通道在相同感測器陣列中，所以該等通道可本質上依高精度彼此對準。不同通道可經調諧(例如，使用光學濾波器)以對具有特定性質(諸如一特定波長範圍(例如，其可視需要係一寬或窄頻帶)、一特定偏振性質(例如，在某一方向上線性偏振、圓偏振等)或類似物)之光敏感。該感測器陣列可與成像光學器件組合使用以產生含有對應於各通道類型之像素資料之影像。從相同感測器陣列中之不同感測器類型產生之影像憑藉該感測器陣列中之通道對準而「本質上」彼此配準。即，不同類型之像素(通道)之間的空間關係在該感測器陣列之設計中建立且可用於將來自不同感測器類型之像素資料映射至一視場內之相同像素位置上。

【0005】 在一些實施例中，該通道之一些或全部可具有一通道特定(或通道類型特定)補償微光學器件，此取決於該通道在該陣列中之位置及/或該通道經調諧至之特定波長範圍。此等微光學器件可用於例如補償塊狀成像光學器件之色差、焦平面曲率或其他光學性質。

【0006】 在一些實施例中，不同周圍光感測器通道可經調諧至不同重疊波長頻帶(例如，使用具有重疊通帶之光學濾波器)，且算術邏輯電路可用於基於重疊波長頻帶中之量測判定各種波長頻帶中之光強度。

【0007】 在一些實施例中，一測距/成像系統可例如藉由使一多光譜感測器陣列繞橫向於列之一軸旋轉而使用該感測器陣列掃描一視場。在此運動期間，空間中之一給定位置可由該等通道類型之各者連續成像，藉此提供具有成像模態(或通道)之間的本質配準之一多光譜影像集。該陣列中之該等通道之空間關係、該等成像光學器件之光學性質(例如，一塊狀成像光學器件之一焦距失真輪廓)及相對於該感測器陣列之運動(例如，旋轉)之成像速率可經選擇，使得來自不同通道之資料容易地映射至表示該視場之一均勻像素柵格上。

【0008】 在掃描該多光譜感測器陣列之一些實施例中，一列中之兩個或兩個以上周圍光感測器通道之一群組可具有相同類型之光學濾波器及子像素大小之孔徑，該等孔徑針對該群組中之不同周圍光感測器通道不同地定位。基於來自該群組中之該等周圍光感測器通道之光強度量測(例如，光子計數)，可獲得在掃描及/或非掃描方向上具有增加解析度之一周圍光影像。

【0009】 在一些實施例中，可提供一「2D」(二維)多光譜感測器陣列，其中該陣列包含多光譜像素之一二維配置。各多光譜像素可包含一深度通道連同一或多個周圍光感測器通道。此等陣列可在移動(例如，旋轉)測距/成像系統以及「靜態」系統中使用，其中該視場之成像在不移動該感測器陣列的情況下完成。

【0010】 一些實施例係關於一種感測器陣列，其具有配置於數個感

測器列中之感測器通道。各感測器列可包含一測距感測器通道(例如，LIDAR感測器通道)及一或多個周圍光感測器通道之一集合。各周圍光感測器通道可包含：一孔徑(例如，用於界定該通道之一視場)；一光電感測器(例如，一或多個單光子突崩二極體)；一通道特定光學濾波器，其選擇性地傳遞具有一通道特定性質(例如，一所要色彩、偏振狀態或類似物)之光。在一些實施例中，該等感測器通道之一些或全部可包含一通道特定微光學元件以引導具有該通道特定性質之光通過該孔徑且朝向該光電感測器，例如補償可被放置於該陣列前方之一塊狀成像光學器件中之色差。在一些實施例中，該等周圍光感測器通道係包含經調諧(例如，使用圖案化光學濾波器)以偵測具有不同性質之光之多個光電感測器之多光譜通道。在一些實施例中，該感測器陣列可包含「混合」感測器通道之一2D陣列，該等感測器通道包含經組態用於深度操作(例如，LIDAR感測)之一個光電感測器群組及經組態用於感測具有各種特性之周圍光之一或多個其他光電感測器群組。本文中描述之類型之感測器陣列可被併入至光測距/成像系統及/或其他光學系統中。

【0011】 一些實施例係關於一種光電感測器陣列，其具有感測器通道之一配置及一孔徑平面中之孔徑之一對應配置。一塊狀光學模組可用於引導及聚焦來自一區之光以成像至該感測器陣列上。若該塊狀光學模組具有一彎曲焦平面，則具有變化處方及/或與該孔徑平面之變化偏移距離之通道特定微光學元件可被放置於該等孔徑前方以校正該孔徑之位置與該彎曲焦平面上之一對應位置之間的一偏移。類似地，一光發射器陣列可具有發射器通道(例如，產生可用於LIDAR應用之波長之光之窄頻帶發射器)之一配置及一孔徑平面中之孔徑之一對應配置。一塊狀光學模組可用於將行

進通過該等孔徑之發射光引導至所成像之一區中。若該塊狀光學模組具有一彎曲焦平面，則具有變化處方及/或與該孔徑平面之變化偏移距離之通道特定微光學元件可被放置於該等孔徑前方以校正該孔徑之位置與該彎曲焦平面上之一對應位置之間的一偏移。在此等實施例中，該處方(例如，聚焦度數)及/或該等通道特定微光學元件與該孔徑平面之一平衡距離可例如依據與該孔徑平面中之光學軸之一徑向距離而變化。此可改良光發射及/或光收集之效率。可在光接收模組及/或光傳輸模組中採用用於校正一塊狀光學模組之焦平面曲率之通道特定微光學器件，而無關於該等光發射器或感測器之特定特性。在不同通道經調諧以發射或接收不同波長之光之一些實施例中，該等通道特定微光學元件可校正一塊狀光學模組中可存在之焦平面曲率及色差兩者。

【0012】 一些實施例係關於一種感測器陣列，其具有感測器列。各感測器列包含一LIDAR感測器通道及一或多個周圍光感測器通道(例如，一個、三個、五個、六個或更多)之一集合。各周圍光感測器通道包含：一通道輸入孔徑；一光電感測器；及一通道特定光學濾波器，其選擇性地將具有一通道特定性質之光傳遞至該光電感測器。各周圍光感測器通道之該光電感測器可為例如一或多個光電二極體，諸如在一光子計數模式中操作之一或多個單光子突崩二極體(SPAD)。在一些實施例中，各LIDAR感測器通道亦可包含在一光子計數模式中操作之一或多個SPAD，且相同類型之光電感測器可用於LIDAR感測器通道及周圍光感測器通道兩者。

【0013】 在一些實施例中，周圍光感測器通道之該集合可包含至少兩個周圍光感測器通道，各具有一不同通道特定光學濾波器。例如，周圍光感測器通道之該集合可包含其中該通道特定光學濾波器選擇性地傳遞紅

光之一紅色通道、其中該通道特定光學濾波器選擇性地傳遞綠光之一綠色通道及其中該通道特定光學濾波器選擇性地傳遞藍光之一藍色通道。作為另一實例，周圍光感測器通道之該集合包含至少五個不同色彩通道，其中用於該至少五個不同色彩通道之各者之該通道特定光學濾波器選擇性地傳遞具有一不同波長範圍(被稱為一通帶)之光。不同通道特定光學濾波器可視需要具有重疊通帶或非重疊通帶，且一特定光學濾波器可具有一寬通帶(例如，整個可見光譜)或一窄通帶(例如，25 nm或更小，諸如對應於一典型發光二極體(LED)之發射光譜之一通帶)。例如，一第一色彩通道可具有選擇性地傳遞具有一第一波長範圍之光之一第一通道特定光學濾波器而一第二色彩通道具有選擇性地傳遞具有一第二波長範圍之光之一第二通道特定光學濾波器。該第二範圍可對應於一特定物質之一吸收頻帶，且來自該兩個色彩通道之資料可用於識別物質。

【0014】 在一些實施例中，周圍光感測器通道亦可選擇性地對除波長以外之光性質敏感。例如，周圍光感測器通道之該集合可包含一或多個偏振通道，其中該通道特定光學濾波器選擇性地傳遞具有一特定偏振性質之光。色彩通道及偏振通道可組合提供以提供關於周圍光之光譜及偏振性質兩者之資訊。

【0015】 在一些實施例中，一列之該等周圍光感測器通道可包含一「多光譜」感測器通道，其可包含多個光電感測器及一圖案化光學濾波器，其中該圖案化光學濾波器之不同部分選擇性地將具有不同性質之光傳遞至該多光譜感測器通道中之該等光電感測器之不同子集。該圖案化光學濾波器之該等不同部分可包含例如傳遞一第一波長頻帶中之光之一第一部分及傳遞一第二波長頻帶(其等可為部分重疊波長頻帶)中之光之一第二部

分、傳遞具有一特定偏振性質之光之一部分等。

【0016】該陣列中之感測器通道可視需要進行配置。例如，在一或多個周圍光感測器通道之該集合包含各具有一不同通道特定光學濾波器之至少兩個周圍光感測器通道之實施例中，一給定感測器列中之該等周圍光感測器通道可彼此隔開達一均勻節距。一給定感測器列中之該LIDAR感測器通道可與該給定感測器列中之該等周圍光感測器通道之一最近者隔開達該均勻節距或達係該均勻節距之一整數倍之一距離。相鄰感測器列亦可彼此隔開達該均勻節距。此可容許在一掃描操作中使用該感測器陣列時對物件空間之均勻取樣。

【0017】在一些實施例中，該感測器陣列經製造為一單一ASIC。該ASIC亦可包含其他組件，諸如安置於該ASIC內且經組態以儲存來自該等LIDAR感測器通道之兩者或兩者以上及該等周圍光感測器通道之兩者或兩者以上之資料之一資料緩衝器及/或安置於該ASIC內且經組態以對儲存於該資料緩衝器中之該資料執行一影像處理操作之一處理電路。

【0018】一些實施例係關於一種測距/成像系統，其具有一固定基座、可旋轉地耦合至該固定基座之一感測器陣列、一塊狀光學模組及一控制器。該感測器陣列可為包含感測器列之一感測器陣列，其中各感測器列具有一LIDAR感測器通道及具有通道特定光學濾波之一或多個周圍光感測器通道之一集合。該塊狀光學模組可安置於該感測器陣列前方且經組態以將入射光聚焦於該等LIDAR感測器通道及該等周圍光感測器通道所共有之一孔徑平面上。該控制器可同步化該感測器陣列之旋轉與該等光電感測器之操作，使得空間中之相對於該固定基座之一給定位置由該等感測器列之一者中之該LIDAR感測器通道及該等周圍光感測器通道之各者連續

成像。該控制器亦可經組態以產生包含使用該感測器陣列之該等周圍光感測器通道判定之每像素光強度資料及使用該感測器陣列之該等LIDAR感測器通道判定之每像素深度資料之多光譜影像像素資料。在一些實施例中，一給定感測器列中之該等周圍光感測器通道彼此隔開達一均勻節距，且該控制器經進一步組態以旋轉該測距/成像系統，使得連續成像操作在分離達對應於該均勻節距之一節距角之角位置處發生。一給定感測器列中之該LIDAR感測器通道可與該給定感測器列中之該等周圍光感測器通道之一最近者隔開達該均勻節距或達係該均勻節距之一整數倍之一距離。在一些實施例中，相鄰感測器列亦彼此隔開達該均勻節距。

【0019】 一些實施例係關於一種感測器陣列，其具有混合感測器像素之一二維陣列。各混合感測器像素可包含一LIDAR感測器通道及一或多個周圍光感測器通道之一集合，其中各周圍光感測器通道經調諧以選擇性地量測具有一感測器特定性質之光之強度。該感測器陣列亦可包含耦合至該二維陣列中之各混合感測器像素之讀出電子器件，且用於各混合感測器像素之該讀出電子器件可包含：時序電路，其耦合至該LIDAR感測器通道且經組態以對該LIDAR感測器通道處之光子之到達進行計時且將表示光子到達時間之資料儲存於一記憶體中；及計數器電路，其耦合至該周圍光感測器通道且經組態以計數在該周圍光感測器通道處偵測到之光子之一數目且將光子計數儲存於該記憶體中。

【0020】 在一些實施例中，混合感測器像素之該二維陣列經形成為一單一ASIC。各混合感測器像素可包含光電感測器之一平面陣列及一圖案化光學濾波器，其中該圖案化光學濾波器之不同部分選擇性地將具有不同性質之光傳遞至該平面陣列中之該等光電感測器之不同子集。該圖案化

光學濾波器可經配置，使得該等光電感測器之一第一子集接收匹配至一LIDAR發射器之一波長之一窄通帶內之紅外線光，藉此提供該LIDAR感測器通道，且該等光電感測器之一第二子集接收來自一可見光譜之至少一部分之可見光，藉此提供該等周圍光感測器通道之一者。在一些實施例中，該等光電感測器之該第一子集定位於該混合感測器像素之一像素區域內之一中心區中且該等光電感測器之該第二子集定位於該像素區域內之該中心區周圍之一周邊區中。在一些實施例中，該等光電感測器之該第二子集包含兩個或兩個以上光電感測器，且該圖案化光學濾波器經進一步配置，使得該第二子集中之該兩個或兩個以上光電感測器之各者接收具有一不同性質(諸如不同波長範圍或不同偏振性質)之光。

【0021】 在一些實施例中，用於混合感測器通道之該二維陣列之該等LIDAR感測器通道經形成為一第一ASIC，且該等周圍光感測器通道經形成為上覆於該第一ASIC上且與該第一ASIC對準之一第二ASIC。該第二ASIC可具有形成於其中之複數個孔徑以容許光進入至該等LIDAR感測器通道中。

【0022】 一些實施例係關於一種測距/成像系統，其包含具有混合感測器像素之一二維陣列之一感測器陣列及一控制器。各混合感測器像素可包含光電感測器之一平面陣列及一圖案化光學濾波器，其中該圖案化光學濾波器之不同部分選擇性地將具有不同性質之光傳遞至該平面陣列中之該等光電感測器之不同子集。該圖案化光學濾波器可經配置，使得該等光電感測器之一第一子集接收匹配至一LIDAR發射器之一波長之一窄通帶內之紅外線光，藉此提供該LIDAR感測器通道，且該等光電感測器之一第二子集接收來自一可見光譜之至少一部分之可見光，藉此提供該等周圍光

感測器通道之一者。該控制器可經組態以操作該等LIDAR感測器通道及該等周圍光感測器通道，使得一視場內之一給定位置由該等混合感測器像素之一者之該LIDAR感測器通道及該等周圍光感測器通道成像。在一些實施例中，該測距/成像系統亦包含一發射器以發射可由該等LIDAR感測器通道偵測之光，且該控制器可經進一步組態以協調該發射器之操作與該等LIDAR感測器通道之操作以判定各混合感測器像素之一深度量測。該控制器亦可經組態以操作該發射器及該等LIDAR感測器通道以執行一視場之電子掃描，使得該視場之不同部分在不同時間由該等LIDAR感測器通道之不同者成像。

【0023】 一些實施例係關於一種成像系統，其具有一固定基座、可旋轉地耦合至該固定基座之一感測器陣列、一塊狀光學模組及一控制器。該感測器陣列可具有複數個感測器列，各感測器列包含一或多個周圍光感測器通道之一集合，該一或多個周圍光感測器通道之各者可包含：一通道輸入孔徑；一光電感測器；及一通道特定光學濾波器，其選擇性地將具有一通道特定性質之光傳遞至該光電感測器。該塊狀光學模組可安置於該感測器陣列前方且經組態以將入射光聚焦於該等周圍光感測器通道所共有之一孔徑平面上。該控制器可經組態以同步化該感測器陣列之旋轉與該等光電感測器之操作以產生包含使用該等周圍光感測器通道判定之光強度資料之影像像素資料。在一些實施例中，一或多個周圍光感測器通道之該集合包含至少兩個周圍光感測器通道，其中不同周圍光感測器通道具有不同通道特定光學濾波器。一給定感測器列中之該等周圍光感測器通道彼此隔開達一均勻節距。在一些實施例中，相鄰感測器列亦彼此隔開達相同均勻節距。此可促進一視場之均勻取樣。在一些實施例中，該成像系統亦可包

含：一資料緩衝器，其安置於該ASIC內且經組態以儲存來自該等周圍光感測器通道之兩者或兩者以上之資料；及一處理電路，其安置於該ASIC內且經組態以對儲存於該資料緩衝器中之該資料執行一影像處理操作。

【0024】 一些實施例係關於一種成像系統，其包含一感測器陣列、一塊狀光學模組、一控制器及多個通道特定微光學元件。該感測器陣列可具有經配置以透過一孔徑平面中之對應孔徑接收光之感測器通道。該塊狀光學模組可安置於該感測器陣列前方且經組態以將入射光聚焦於該孔徑平面上以形成一視場之一影像。該控制器可操作該感測器陣列以產生該視場之影像資料。該通道特定微光學元件之各者可安置於該等孔徑之一不同者前方且可具有針對不同感測器通道而不同之一光學處方。用於該等通道特定微光學元件之一特定者之該光學處方可至少部分基於該塊狀光學模組之一光學性質，諸如色差(針對具有色彩選擇性之感測器通道)及/或焦平面曲率(在此情況中，該光學處方可依據與該塊狀光學模組之光學軸之徑向距離)。光學處方可包含焦距(或聚焦度數)及/或平衡距離。

【0025】 在一些實施例中，該等感測器通道配置於感測器列中，其中各感測器列包含一LIDAR感測器通道及一或多個周圍光感測器通道之一集合，其中各周圍光感測器通道包含：一通道輸入孔徑；一光電感測器；及一通道特定光學濾波器，其選擇性地將具有一通道特定性質之光傳遞至該光電感測器。通道特定微光學元件可經提供用於該等周圍光感測器通道之之至少一些。例如，用於各周圍光感測器通道之該通道特定微光學元件可具有至少部分基於該通道特定光學濾波器之一處方以例如補償該塊狀光學模組之色差。

【0026】 在一些實施例中，該等感測器通道包含LIDAR感測器通

道，且該等LIDAR感測器通道之至少一些可具有對應通道特定微光學元件，該等通道特定微光學元件具有部分基於一LIDAR操作波長且部分基於該塊狀光學模組之一光學特性之各自光學處方。

【0027】 一些實施例係關於一種LIDAR傳輸器裝置，其包含一發射器陣列、一塊狀光學模組及通道特定微光學元件。該發射器陣列可具有經配置以透過一孔徑平面中之對應複數個孔徑發射光之複數個發射器通道。該塊狀光學模組可安置於該發射器陣列前方且經組態以將來自該孔徑平面之光引導至一視場中。該等通道特定微光學元件可各安置於該等孔徑之一不同者前方且各可具有針對不同發射器通道而不同之一光學處方。該等通道特定微光學元件之該等光學處方可至少部分基於該塊狀光學模組之一光學性質。例如，若該塊狀光學模組具有一彎曲焦平面，則該等通道特定微光學元件之各者之該光學處方可例如藉由針對各通道特定微光學元件使用一光學處方而補償該孔徑之一位置與該彎曲焦平面上之一對應位置之間的一偏移，該光學處方係依據該孔徑平面中從該塊狀光學模組之一光學軸至該對應孔徑之一徑向距離。光學處方可包含焦距(或聚焦度數)及/或平衡距離；因此，安置於不同孔徑前方之該等通道特定微光學元件可具有擁有不同聚焦度數及/或與該孔徑平面之不同平衡距離之光學處方。

【0028】 一些實施例係關於一種掃描成像系統，其用於提供在一掃描方向上具有一固定解析度之一影像。該掃描成像系統可包含一感測器陣列、一旋轉控制系統及一塊狀光學模組。該感測器陣列可包含配置於兩個維度中之感測器通道之一集合，其中各感測器通道經組態以偵測光(具有相同特性或不同特性)。該旋轉控制系統可經組態以透過一角量測位置序列在一掃描方向上旋轉該感測器陣列以獲得表示一視場之一影像之一資料

圖框，諸如在該掃描方向上根據一均勻角節距隔開之影像像素之一柵格。該塊狀光學模組可經組態以將該光聚焦朝向該感測器陣列且可具有一焦距及一焦距失真輪廓，該兩者依感測器通道之該集合之該配置調諧，使得透過該均勻角節距沿該掃描方向旋轉該感測器陣列將其中一光線入射於該感測器陣列上之一位置從一個感測器通道移位至一相鄰感測器通道。

【0029】 感測器通道之該集合可包含通道類型之各種組合。例如，感測器通道之該集合可包含界定在橫向於該掃描方向之一方向上延伸之一行之LIDAR感測器通道之一交錯柵格。另外(或代替地)，感測器通道之該集合可包含相對於該等LIDAR感測器通道之各者沿該掃描方向安置之一或多個周圍光感測器通道。

【0030】 在一些實施例中，該感測器陣列具有沿該掃描方向之相鄰感測器通道之間的一固定節距，且該塊狀光學模組具有一F θ焦距失真輪廓或一F tan θ焦距失真輪廓。

【0031】 在其他實施例中，該感測器陣列可具有相鄰感測器通道之間的一可變距離。例如，若該塊狀光學模組之該焦距失真輪廓展現桶形失真，則該感測器陣列中之相鄰感測器通道之間的一距離可從該感測器陣列之一邊緣增加至一中心。類似地，若該塊狀光學模組之該焦距失真輪廓展現針墊失真，則該感測器陣列中之相鄰感測器通道之間的一距離可從該感測器陣列之一邊緣減小至一中心。此等配置可提供物件空間之均勻取樣。

【0032】 一些實施例係關於一種掃描成像系統，其用於提供在一掃描方向上具有一固定解析度之一影像。該掃描成像系統可包含一感測器陣列、一鏡子系統及一塊狀光學模組。該感測器陣列可包含配置於一個或兩個維度中之感測器通道之一集合，各感測器通道經組態以偵測光(具有相

同特性或不同特性)。該鏡子系統可經組態以在不同時間將來自一視場之不同部分之光引導至該感測器陣列上，使得該感測器陣列獲得表示該視場之一影像之一資料圖框，其中該資料圖框可為例如在一掃描方向上根據一均勻角節距隔開之影像像素之一柵格。該塊狀光學模組可經組態以將該光聚焦朝向該感測器陣列且可具有一焦距及一焦距失真輪廓，該兩者依感測器通道之該集合之該配置調諧，使得透過該均勻角節距沿該掃描方向旋轉該感測器陣列將其中一光線入射於該感測器陣列上之一位置從一個感測器通道移位至一相鄰感測器通道。

【0033】 感測器通道之該集合可包含通道類型之各種組合。例如，感測器通道之該集合可包含界定在橫向於該掃描方向之一方向上延伸之一行之LIDAR感測器通道之一交錯柵格。另外(或代替地)，感測器通道之該集合可包含相對於該等LIDAR感測器通道之各者沿該掃描方向安置之一或多個周圍光感測器通道。

【0034】 在一些實施例中，該感測器陣列具有沿該掃描方向之相鄰感測器通道之間的一固定節距，且該塊狀光學模組具有一F θ焦距失真輪廓或一F tan θ焦距失真輪廓。

【0035】 在其他實施例中，該感測器陣列可具有相鄰感測器通道之間的一可變距離。例如，若該塊狀光學模組之該焦距失真輪廓展現桶形失真，則該感測器陣列中之相鄰感測器通道之間的一距離可從該感測器陣列之一邊緣增加至一中心。類似地，若該塊狀光學模組之該焦距失真輪廓展現針墊失真，則該感測器陣列中之相鄰感測器通道之間的一距離可從該感測器陣列之一邊緣減小至一中心。此等配置可提供物件空間之均勻取樣。

【0036】 一些實施例係關於一種光柵掃描成像系統，其用於藉由在

兩個維度中掃描而提供具有一固定解析度之一影像。該光柵掃描成像系統可包含一感測器陣列、一光柵掃描機構及一塊狀光學模組。該感測器陣列可包含配置於一個或兩個維度中之感測器通道之一集合，其中該等感測器通道之各者經組態以偵測光。該光柵掃描機構可經組態以在一個或兩個維度中執行一光柵掃描，該光柵掃描在不同時間將來自一視場之不同部分之光引導至該感測器陣列上，使得該感測器陣列獲得表示該視場之一影像之一資料圖框，其中該資料圖框可為例如在該兩個維度之各者中根據一均勻節距隔開之影像像素之一二維柵格，其中影像像素之該柵格之兩個維度皆大於該感測器陣列之該等維度。該塊狀光學模組可經組態以將該光聚焦朝向該感測器陣列且可具有一焦距及一焦距失真輪廓，該兩者依感測器通道之該集合之該配置調諧，使得該感測器陣列對該視場進行均勻取樣。

【0037】 在一些實施例中，該光柵掃描可藉由在兩個維度中移動該感測器陣列以使該等感測器通道指向該視場之不同部分而操作。在其他實施例中，該光柵掃描機構可包含一傾斜鏡，該傾斜鏡可在兩個維度中移動以在不同時間將來自一視場之不同部分之光引導至該感測器陣列上。

【0038】 感測器通道之該集合可包含通道類型之各種組合。在一些實施例中，該等感測器通道包含LIDAR感測器通道且亦可包含各種類型之周圍光感測器通道。在其他實施例中，該等感測器通道可包含一或多個「混合」感測器通道，其中各混合感測器通道具有多個光電感測器及一圖案化光學濾波器，其中該圖案化光學濾波器之不同部分選擇性地傳遞具有不同性質之光，該圖案化光學濾波器經配置，使得不同光電感測器接收具有不同性質之光。該圖案化光學濾波器可經進一步配置，使得該複數個光電感測器之一第一子集接收匹配至一LIDAR發射器之一波長之一窄通帶

內之紅外線光且該複數個光電感測器之一第二子集接收來自一可見光譜之至少一部分之可見光。作為另一實例，混合感測器通道可包含：一LIDAR感測器通道，其安置於一第一感測器通道層上；一孔徑層，其上覆於該第一感測器通道層且其中具有一孔徑以容許光進入該LIDAR感測器通道；及周圍光感測器通道，其等安置於該孔徑層之至少一部分上在該孔徑周圍，各周圍光感測器通道包含一光電感測器及選擇性地傳遞具有一特定性質之光之一光學濾波器，其中該等周圍光感測器通道之不同者之該等光學濾波器選擇性地傳遞具有不同性質之光。

【0039】 在一些實施例中，該光柵掃描成像系統之該感測器陣列具有感測器通道之間的一固定節距，且該塊狀光學模組具有一F tan θ焦距失真輪廓或一F θ焦距失真輪廓。

【0040】 一些實施例係關於一種感測器陣列，其具有多個感測器列、一邏輯電路及一控制器。各感測器列可包含對一波長範圍敏感之兩個或兩個以上增強解析度周圍光感測器通道之一群組，且該群組中之各增強解析度周圍光感測器通道可包含：一通道特定輸入孔徑，其中該群組中之不同增強解析度周圍光感測器通道之該等通道特定輸入孔徑曝露一通道區域之不同部分；及一光電感測器。該邏輯電路可基於來自增強解析度周圍光感測器通道之該群組中之該等光電感測器之強度資料判定多個子像素光強度值。該控制器可經組態以執行一掃描操作，該掃描操作在不同時間將該感測器陣列曝露至一視場內之不同區域，使得一特定列中之兩個或兩個以上增強解析度周圍光感測器通道之該群組中之各周圍光感測器通道在不同時間曝露至該視場內之一相同像素區域。

【0041】 在一些實施例中，該群組中之各增強解析度周圍光感測器

通道可包含選擇性地傳遞具有一特定性質之光之一光學濾波器，其中該特定性質針對該群組中之每一增強解析度周圍光感測器通道係相同的。

【0042】 在一些實施例中，由該群組中之不同增強解析度周圍光感測器通道之該等孔徑曝露之該通道區域之該等不同部分係該通道區域之非重疊部分。例如，增強解析度周圍光感測器通道之該群組可包含四個增強解析度周圍光感測器通道且該等非重疊部分可對應於該通道區域之不同象限。

【0043】 在其他實施例中，由該群組中之不同增強解析度周圍光感測器通道之該等孔徑曝露之該通道區域之該等不同部分可包含該通道區域之重疊部分。可提供一算術邏輯電路以基於來自兩個或兩個以上增強解析度周圍光感測器通道之該群組之感測器資料解碼該通道區域之非重疊部分之一集合之強度值。為促進解碼，該群組中之該等增強解析度周圍光感測器通道之一者(或多者)可具有曝露整個通道區域之一孔徑。

【0044】 在一些實施例中，各感測器列進一步包括在空間上與增強解析度周圍光感測器通道之該群組配準之一LIDAR感測器通道。該等LIDAR感測器通道可提供具有一第一解析度之一深度影像而該等增強解析度周圍光感測器通道提供在逐列方向上及/或在橫向於該等感測器列之一方向上具有高於該第一解析度之一第二解析度之一強度影像。

【0045】 一些實施例係關於一種掃描成像系統，其包含一感測器陣列、一算術邏輯電路及一控制器。該感測器陣列可包含對一波長範圍敏感之兩個或兩個以上增強解析度周圍光感測器通道之一群組，該等增強解析度周圍光感測器通道之各者可包含：一通道特定輸入孔徑，其中該群組中之不同增強解析度周圍光感測器通道之該等通道特定輸入孔徑曝露一通道

區域之不同部分；一光電感測器；及兩個或兩個以上暫存器，其等在被細分為兩個或兩個以上時間格之一時間間隔期間累積來自該光電感測器之光子計數，其中該等暫存器之各者在該等時間格之一不同者期間累積光子計數。該算術邏輯電路可基於累積於該群組中之全部該等增強解析度周圍光感測器通道之該複數個暫存器中之該等光子計數運算複數個子像素光強度值。該控制器可經組態以執行一掃描操作，該掃描操作在不同時間將該感測器陣列曝露至一視場內之不同區域，使得兩個或兩個以上增強解析度周圍光感測器通道之該群組中之各周圍光感測器通道在不同時間曝露至該視場內之一相同像素區域。

【0046】 在一些實施例中，該群組中之各增強解析度周圍光感測器通道可包含選擇性地傳遞具有一特定性質之光之一光學濾波器，其中該特定性質針對該群組中之每一增強解析度周圍光感測器通道係相同的。

【0047】 在一些實施例中，該掃描成像系統亦可包含在空間上與增強解析度周圍光感測器通道之該群組配準之一LIDAR感測器通道。該等LIDAR感測器通道可提供具有一第一解析度之一深度影像而該等增強解析度周圍光感測器通道提供在一個或兩個維度中具有高於該第一解析度之一第二解析度之一強度影像。

【0048】 由該群組中之不同增強解析度周圍光感測器通道之該等孔徑曝露之該通道區域之該等不同部分可包含該通道區域之重疊及/或非重疊部分。例如，兩個或兩個以上增強解析度周圍光感測器通道之該群組可包含四個周圍光感測器通道，該兩個或兩個以上暫存器可包含四個暫存器，且該算術邏輯電路可運算十六個子像素光強度值。例如，若該等增強解析度周圍光感測器通道之一第一者之該通道特定輸入孔徑曝露該通道區

域之四分之一且其中該等增強解析度周圍光感測器通道之一第二者、一第三者及一第四者之該等各自通道特定輸入孔徑各曝露該通道區域之該四分之一的一不同部分，則該十六個子像素光強度值可提供對應於該通道區域之一4x4柵格。

【0049】 一些實施例係關於一種感測器陣列，其具有多個感測器列。各感測器列可包含至少兩個周圍光感測器通道之一集合，且該集合中之各周圍光感測器通道可包含：一通道輸入孔徑；一光電感測器；及一通道特定光學濾波器，其選擇性地將具有一通道特定性質之光傳遞至該光電感測器。各感測器列中之至少兩個周圍光感測器通道之該集合可包含具有各自通道特定光學濾波器之至少兩個重疊周圍光感測器通道，該光之該通道特定性質針對該等通道重疊。該感測器陣列亦可包含一算術邏輯電路，該算術邏輯電路可將來自三個或三個以上周圍光感測器通道之信號解碼為具有複數個非重疊性質之光之各自光強度位準。

【0050】 在一些實施例中，通道特定性質包含光之一波長範圍。至少兩個重疊周圍光感測器通道之該集合包含：一第一色彩通道，其具有選擇性地傳遞具有一第一波長範圍之光之一第一通道特定光學濾波器；一第二色彩通道，其具有選擇性地傳遞具有一第二波長範圍之光之一第二通道特定光學濾波器；及一第三色彩通道，其具有選擇性地傳遞具有一第三波長範圍之光之一第三通道特定光學濾波器，其中該第一波長範圍及該第二波長範圍部分重疊，且其中該第三波長範圍涵蓋該第一波長範圍及該第二波長範圍兩者。例如，第三波長頻帶可對應於可見光譜。

【0051】 在一些實施例中，該通道特定性質可為一不同性質，諸如光之一偏振性質。

【0052】在一些實施例中，各感測器列進一步包括一LIDAR感測器通道，且從該等LIDAR感測器通道判定之深度資料可本質上與從該等周圍光感測器通道判定之強度資料配準。

【0053】一些實施例係關於一種成像系統，其包含一感測器陣列、一控制器及一算術邏輯電路。該感測器陣列可具有複數個感測器列。各感測器列可包含至少兩個周圍光感測器通道之一集合，其中各周圍光感測器通道包含：一通道輸入孔徑；一光電感測器；及一通道特定光學濾波器，其選擇性地將具有一通道特定性質之光傳遞至該光電感測器。各感測器列中之至少兩個周圍光感測器通道之該集合可包含具有各自通道特定光學濾波器之至少兩個重疊周圍光感測器通道，該光之該通道特定性質針對該等通道重疊。該控制器可操作該感測器陣列，使得該三個或三個以上周圍光感測器通道之各者曝露至來自一視場之一相同部分之光。該算術邏輯電路可將來自該至少兩個重疊周圍光感測器通道之信號解碼為具有複數個非重疊性質之光之各自光強度位準。

【0054】一些實施例係關於一種感測器陣列，其包含含有多光譜感測器通道之多個感測器通道。各多光譜感測器通道可具有：一通道輸入孔徑；至少三個光電感測器；及一圖案化光學濾波器，其具有至少三個不同部分，其中該圖案化光學濾波器之不同部分選擇性地將具有不同性質之光傳遞至該至少三個光電感測器之不同子集。該圖案化光學濾波器之該等不同部分可至少包含：一第一部分，其將光傳遞至該至少三個光電感測器之一第一子集；及一第二部分，其將光傳遞至該至少三個光電感測器之一第二子集，其中由該第一部分及該第二部分傳遞之光之各自性質重疊。一算術邏輯電路可將來自該等光電感測器之該第一子集及該第二子集之信號解

碼為具有複數個非重疊性質之光之各自光強度位準。如在其他實施例中，該等性質可包含一波長範圍及/或一偏振性質。

【0055】 在一些實施例中，該等感測器通道可包含複數個LIDAR感測器通道，該複數個LIDAR感測器通道經安置使得各LIDAR感測器通道形成具有該等多光譜感測器通道之一不同者之一感測器列，且從該等LIDAR感測器通道判定之深度資料可本質上與從該等周圍光感測器通道判定之強度資料配準。

【0056】 在一些實施例中，各多光譜感測器通道可包含一LIDAR光電感測器且該圖案化光學濾波器可包含選擇性地將具有對應於一LIDAR發射器之一波長之光傳遞至該LIDAR光電感測器之一第四部分。

【0057】 以下實施方式將提供對所主張發明之性質及優點之一更佳理解。

【圖式簡單說明】

【0058】 圖1A及圖1B展示根據本文中描述之實施例之一或多者之可包含於一感測器陣列中之一單一微光學感測器通道之簡化橫截面視圖。

【0059】 圖2展示根據本文中描述之實施例之一或多者之一感測器陣列之一簡化正視圖。

【0060】 圖3展示圖2之感測器陣列之一感測器列之一簡化側橫截面視圖。

【0061】 圖4展示根據一或多項實施例之另一感測器陣列之一簡化俯視圖。

【0062】 圖5展示根據一或多項實施例之另一感測器陣列之一簡化俯視圖。

【0063】 圖6展示根據一或多項實施例之另一感測器陣列之一簡化俯視圖。

【0064】 圖7展示可包含於圖6之感測器陣列中之一多光譜感測器通道之一簡化俯視圖。

【0065】 圖8展示圖6之感測器陣列之一部分之一示意側視圖。

【0066】 圖9展示根據本發明之一實施例之一感測器陣列之一部分之一簡化側橫截面視圖。

【0067】 圖10展示圖9之感測器陣列之一簡化俯視圖。

【0068】 圖11展示一些實施例中之可用於提供周圍光強度量測之三個濾波器之非重疊通帶之一實例。

【0069】 圖12展示一些實施例中之可用於為周圍光強度量測提供經解碼光譜資訊之三個濾波器之重疊通帶之一實例。

【0070】 圖13展示根據一些實施例之一感測器陣列之一簡化正視圖。

【0071】 圖14A及圖14B展示根據一些實施例之具有一圖案化光學濾波器之一多光譜感測器通道之實例。

【0072】 圖15展示可併入圖2之感測器陣列之一光測距/成像裝置之一簡化側視圖。

【0073】 圖16係根據一或多項實施例之具有通道特定補償微光學器件之一感測器陣列之一部分之一簡化橫截面視圖。

【0074】 圖17係根據一或多項實施例之具有通道特定補償微光學器件之一感測器陣列之一部分之一簡化橫截面視圖。

【0075】 圖18係根據一或多項實施例之具有通道特定補償微光學器

件之一感測器陣列之一部分之一簡化橫截面視圖。

【0076】 圖19係根據一或多項實施例之具有一消色差塊狀光學模組之一感測器陣列之一部分之一簡化橫截面視圖。

【0077】 圖20係根據一或多項實施例之具有一消色差塊狀光學模組之另一感測器陣列之一部分之一簡化橫截面視圖。

【0078】 圖21展示根據一或多項實施例之具有用於校正一塊狀光學模組之焦距之每通道微光學器件之一感測器模組之一實例。

【0079】 圖22展示根據一或多項實施例之具有通道特定微光學元件之一接收模組之另一實例。

【0080】 圖23展示根據一或多項實施例之具有通道特定微光學元件之一傳輸模組之一實例。

【0081】 圖24A及圖24B係展示使用一感測器陣列之一掃描系統中之可能指向誤差之簡化概念圖解。

【0082】 圖25係展示根據一或多項實施例之一塊狀光學模組之一焦距失真性質之一簡化光學圖。

【0083】 圖26展示可在掃描系統之一些實施例中量化且約束之像素內指向誤差之一實例。

【0084】 圖27及圖28展示根據一或多項實施例之用於補償一塊狀光學模組中之桶形失真及針墊失真之感測器通道定位之實例。

【0085】 圖29展示根據本發明之一實施例之使用一感測器陣列之光柵掃描之一實例。

【0086】 圖30展示可由使用具有展現針墊失真之一塊狀光學器件之一陣列之光柵掃描導致之一非均勻取樣圖案。

【0087】 圖31A及圖31B展示根據一或多項實施例之一旋轉成像/LIDAR系統之一實例；圖31A係一簡化俯視圖且圖31B係一簡化側視圖。

【0088】 圖32繪示根據一或多項實施例之一旋轉成像/LIDAR系統之一方塊圖。

【0089】 圖33A及圖33B繪示根據一或多項實施例之使用一感測器陣列之一高光譜成像操作之一實例。

【0090】 圖34展示根據一些實施例之一感測器陣列之一簡化正視圖。

【0091】 圖35展示根據一些實施例之具有空間編碼子像素孔徑之四個周圍光感測器通道之一集合。

【0092】 圖36展示根據一些實施例之具有多個積分暫存器之一讀出資料路徑之一簡化示意圖。

【0093】 圖37繪示根據一些實施例之使用多個積分暫存器之周圍光量測。

【0094】 圖38A展示根據一些實施例之提供空間編碼子像素孔徑之周圍光感測器通道之一集合。

【0095】 圖38B展示使用圖38A之一周圍光感測器通道之時間細分效應。

【0096】 圖39展示根據一或多項實施例之一靜態成像/LIDAR系統之一實例。

【0097】 圖40展示根據一或多項實施例之靜態成像/LIDAR系統之一例示性汽車應用。

【0098】 圖41展示根據一或多項實施例之靜態成像/LIDAR系統之

另一例示性汽車應用。

【0099】 圖42展示根據一或多項實施例之具有擴展視場之一靜態成像/LIDAR系統之一實例。

【0100】 圖43繪示根據一或多項實施例之一靜態成像/LIDAR系統之一方塊圖。

【0101】 圖44展示根據一或多項實施例之可使用一多光譜測距/成像感測器陣列獲取之高光譜影像之一實例。

【0102】 圖45展示已經標註以識別其中含有之材料之一影像之一實例。

【實施方式】

相關申請案之交叉參考

【0103】 本申請案主張以下四個臨時申請案之權利：2018年8月9日申請之美國申請案第62/716,900號；2018年9月4日申請之美國申請案第62/726,810號；2018年10月11日申請之美國申請案第62/744,540號；及2019年7月23日申請之美國申請案第62/877,778號。所有四個此等臨時申請案之揭示內容以引用的方式併入本文中。

1. 多光譜感測器陣列

【0104】 如本文中使用，一多光譜感測器陣列係指感測器之一陣列，該等感測器之各者經組態以依一不同波長使一視場之一部分(像素)成像。來自使相同像素成像之不同感測器之資料可經組合以提供一影像之一多光譜像素。現將描述多光譜感測器陣列之實例。此等實例繪示且體現與多光譜感測器陣列之構造相關之各種原理及概念。將變得明白，一多光譜感測器陣列之許多其他實施方案係可行的，且所提供之實例不旨在係限制

性。

1.1. 感測器通道實例

【0105】本文中描述之多光譜感測器陣列之實例包含由形成或配置於一單片半導體裝置(諸如一特定應用積體電路(ASIC))上之感測器通道建構之陣列。圖1A展示可在一多光譜感測器陣列之一些實施例中使用之一單一微光學感測器通道100(以下稱為「感測器通道100」)之一橫截面。感測器通道100接受可能含有一寬波長範圍之一輸入光錐，濾出除波長之一選定子集以外的全部波長(其中選定子集取決於特定通道)，且容許一光電感測器152 (有時被稱為一「像素」)僅偵測或實質上僅偵測波長之選定子集內之光子。本發明之實施例不限於感測器通道之任何特定組態，且感測器通道100僅為可在感測器陣列200中實施之一感測器通道之一個實例。

【0106】在一些實施例中，感測器通道100包含一輸入孔徑層110，該輸入孔徑層110包含一光學透明孔徑112(以下稱為「孔徑112」)及光學非透明光闌區114(以下稱為「光闌區114」)。如本文中使用，術語「光學透明」係指容許大多數或全部入射光行進通過之一材料。如本文中使用，術語「光學非透明」係指容許少量光至不容許光行進通過之一材料，例如一反射或吸收表面。孔徑112經塑形及定大小以在被放置於一成像光學器件(其之實例在下文描述)之焦平面處時界定一窄視場。孔徑層110經組態以接收一輸入光錐，如由輸入邊緣光線120指示。在一多光譜感測器陣列(其之實例在下文描述)中，孔徑層110可包含建立於一單一單片工件(諸如一光學透明基板)上之光學透明孔徑及光學非透明光闌區之一陣列。在一些實施例中，孔徑層110可由形成光闌區114之一光學非透明材料形成且孔徑112可為層110中之孔或開口。

【0107】在一些實施例中，感測器通道100包含一光學透鏡層130，

該光學透鏡層130包含藉由一焦距特性化之一準直透鏡132。準直透鏡132可從孔徑112及光闌區114之平面偏移達其焦距且與孔徑112軸向對準(即，準直透鏡之光學軸與孔徑之中心對準)。以此方式，準直透鏡132可經組態以準直由孔徑112傳遞之光線，使得該等光線近似平行於準直透鏡132之光學軸行進。光學透鏡層130可視情況包含孔徑、光學非透明區及管結構以減少一感測器陣列中之附近感測器通道100之間的串擾。

【0108】 在一些實施例中，感測器通道100包含一光學濾波器層140，該光學濾波器層140包含一光學濾波器142。在一些實施例中，光學濾波器層140安置於光學透鏡層130之一偵測器側上(與孔徑側相對)。光學濾波器層140可經組態以傳遞依一特定操作波長及通帶之法向入射光子。光學濾波器層140可含有任何數目個光學濾波器142。感測器通道100之一特定例項中之(若干)光學濾波器可基於感測器通道100之該特定例項之預期用途(例如，如下文描述)而進行選擇。光學濾波器層140可視情況包含孔徑、光學非透明區及管結構以減少串擾。

【0109】 在一些實施例中，感測器通道100包含一光電感測器層150，該光電感測器層150包含安置於光學濾波器層140後方之一或多個個別光電感測器152。各光電感測器152可為能夠用由例如一或多個標準光電二極體、突崩光電二極體(APD)、單光子突崩二極體(SPAD)、RCP (諧振腔光電二極體)、光學奈米天線、微測輻射熱計或其他適合光偵測器製成之一偵測器作用區域偵測光子之一光電感測器。光電感測器152可由一起協作以用作一單一感測器之若干光子偵測器區域(例如，各一不同SPAD)組成，與一單一大的光子偵測區域相比通常具有更高動態範圍、更快回應時間或其他有益性質。除用於任何數目個感測器通道之光電感測器

152以外，光電感測器層150亦可包含選用結構以改良偵測效率且減少與鄰近感測器通道之串擾。光電感測器層150可視情況包含漫射體、會聚透鏡、孔徑、光學非透明管間隔件結構、光學非透明錐形間隔件結構等。

【0110】 雜散光可由光學表面之粗糙度、透明介質中之瑕疵、背向反射等引起，且可在感測器通道100內或感測器通道100外部之許多特徵處產生。雜散光可經引導而：沿不平行於準直透鏡132之光學軸的一路徑穿過光學濾波器層140；在孔徑層110與準直透鏡132之間反射；及大體上採取可能含有許多反射及折射之任何其他路徑或軌跡。若多個接收器通道彼此相鄰地排列，則一個接收器通道中之雜散光可由另一通道中之一光電感測器吸收，藉此污染與所接收光子相關之時序、相位、強度或其他資訊。因此，感測器通道100亦可具備結構以減少串擾且增大接收器通道之間的信號。在2018年5月14日申請之標題為「Micro-optics for Imaging Module with Multiple Converging Lenses per Channel」之美國專利申請案15/979,295中描述此等結構及其他適合接收器通道之實例，該案之全部揭示內容出於所有目的以引用的方式併入本文中。

【0111】 感測器通道100之組件及配置可視需要進行修改。藉由繪示，圖1B展示可在一多光譜感測器陣列之一些實施例中使用之一單一微光學感測器通道100'之一橫截面。微光學感測器通道100'大體上類似於圖1A之微光學感測器通道100，且已給予零件對應編號。在此實例中，透鏡元件132'具有不同於圖1A中展示之透鏡132之一組態，其中一平坦表面經定向朝向孔徑且一凸表面經定向朝向光學濾波器層140。類似於透鏡元件132，透鏡元件132'準直入射光且將準直光引導至光學濾波器層140中，如由邊緣光線120指示。應理解，其他修改亦係可行的。例如，除透鏡元

件以外或代替地，光學透鏡層130亦可包含光導，光學濾波器可被放置於光學透鏡層130之孔徑側上等。作為另一實例，一感測器通道需包含任何微光學元件且可與具有安置於其上之一光學濾波器之一光電感測器(或光電感測器之群組)同樣簡單。在一些例項中，光學濾波器可經製造於光電感測器之金屬層內(例如，在下文描述之偏振通道之情況中)。下文展示替代感測器通道組態之額外實例。亦應理解，相同感測器陣列中之不同感測器通道可具有不同組態。

1.2. 例示性多光譜感測器陣列

【0112】 在一些實施例中，一多光譜感測器陣列併入製造於一共同基板上之對準感測器通道之一群組。調諧至不同波長或波長範圍(本文中亦被稱為「感測器類型」)之感測器通道可配置於基板上之不同位置處，其中該等位置經選擇，使得可由不同感測器通道在相同時間或不同時間觀察視場之一給定部分。許多特定配置係可行的；現將描述實例。

1.2.1. 基於列之多光譜感測器陣列

【0113】 圖2展示根據本發明之一實施例之一感測器陣列200之一簡化正視圖。感測器陣列200可包含數個LIDAR感測器通道202；此實例展示十六個LIDAR感測器通道202，但可包含任何數目個LIDAR感測器通道202。在此實例中，LIDAR感測器通道202以一交錯方式配置；然而，此並非必要的，且在一些實施例中，LIDAR感測器通道202可配置於一單一行中(在此實例中，行平行於在圖2之左側處展示之z軸延伸)。

【0114】 在此實例中，各LIDAR感測器202與感測器陣列200之一「列」204相關聯。(術語「列」在此處用於指示元件之一線性或近似線性配置；圖2中之列由虛線指示。)除一LIDAR感測器202以外，感測器陣列

200之各列包含一或多個周圍光感測器通道206。在此實例中，周圍光感測器通道206R偵測紅光，周圍光感測器通道206G偵測綠光，且周圍光感測器通道206B偵測藍光；然而，可使用任何數目及組合之周圍光感測器通道。下文描述額外實例。各列可包含用於產生一多光譜像素之感測器之一完整集合，且諸如感測器陣列200之感測器陣列在本文中被稱為「基於列」或「1D」感測器陣列。

【0115】 圖3展示圖2之感測器陣列200之一列204之一簡化側橫截面視圖。感測器陣列200之各感測器通道206R/206G/206B、202可實施為上文描述之感測器通道100之一單獨例項。在一些實施例中，不同感測器通道206R/206G/206B、202之不同之處在於具有不同光學濾波器。例如，一LIDAR感測器通道202之光學濾波器342L可包含例如一布拉格(Bragg)反射器型濾波器或類似物以傳遞具有一窄通帶之LIDAR發信波長之光。用於一給定周圍光感測器通道之光學濾波器可包含一帶通濾波器，該帶通濾波器傳遞光譜之一給定區內之光且阻擋帶通區外之光。例如，針對紅光感測器通道206R，光學濾波器342R可傳遞具有光譜之紅色區中之波長(例如，從約620 nm至約750 nm之波長)之光；針對綠光感測器通道206G，光學濾波器342G可傳遞具有綠色區中之波長(例如，從約495 nm至約570 nm之波長)之光；且針對藍光感測器通道206B，光學濾波器342B可傳遞具有藍色區中之波長(例如，從約450 nm至約495 nm之波長)之光。熟習此項技術者將瞭解，可視需要選擇針對一給定色彩之特定帶通濾波器，且不同實施例可包含「調諧」(藉由適當光學濾波器之應用)至任何所要光波長範圍之感測器通道，包含不可見光波長，諸如紫外線、近紅外線(NIR)、短波紅外線(SWIR)、中波紅外線(MWIR)或長波紅外線(LWIR，

即，熱成像)，且與一給定感測器陣列中之不同類型之感測器通道相關聯之不同波長範圍可重疊或可不重疊。本文中描述之類型之光學系統可在從300 nm延伸至20 μm之波長範圍中操作，只要光學元件經選擇以依操作波長運行且光電感測器能夠感測該等相同波長之電磁能。此項技術中已知適合於此範圍中之全部波長之材料及感測器，且相同光學原理適用(光線光學器件、折射等)。其他周圍光感測器通道可經調諧以偵測光之其他性質；下文描述實例。

【0116】 輸入孔徑層310可對應於圖1A (或圖1B)之輸入孔徑層110，且一單一輸入孔徑層310(以下稱為「孔徑層310」)可針對感測器陣列200之各感測器通道206R/206G/206B、202提供一孔徑312R/312G/312B、312L，使得此等孔徑在相同平面中。在一些實施例中，孔徑層310可具有一厚度d，且孔徑312R/312G/312B/312L可形成有錐形開口，使得在孔徑層310之出射表面360處，出射孔徑寬度可寬於孔徑，例如與各自感測器通道(如在362R/362G/362B/362L處展示)同樣寬。替代地，錐形方向可顛倒，使得孔徑在輸入側處最寬且朝向感測器通道變窄。孔徑可遵循由各通道之邊緣光線界定之光線錐，藉此界定匹配至通道光學器件332及將光引導至感測器陣列上之一塊狀光學元件之數值孔徑之通道之一數值孔徑 (其等之實例在下文描述)。孔徑層310之特定厚度及結構可視需要變化。

【0117】 在一些實施例中，通道特定補償微光學元件370R、370G及370B可被直接放置於輸入孔徑312R/312G/312B前方。如下文描述，此等通道特定微光學元件可例如藉由補償系統之一塊狀光學器件中之色差而提供改良光收集效率。

【0118】 在一些實施例中，可使用例如CMOS技術將感測器陣列

200製造為一單一基板上之一單片裝置之部分。單片裝置可包含光電感測器152之一陣列連同用於處理來自感測器陣列200中之個別光電感測器152(或光電感測器152之群組)之原始信號之一處理器及一記憶體(圖2至圖3中未展示)。包含感測器陣列200、處理器及記憶體之單片裝置可經製造為一專用ASIC。在一些實施例中，感測器陣列200可使用3D堆疊技術製造且可包含兩個或兩個以上單片裝置，各製造於一單一基板上且與延伸於其等之間的電連接堆疊。頂部單片裝置可包含光電感測器152之一陣列且經調諧用於最佳光感測，而下層基板可包含一處理器及記憶體且針對數位邏輯最佳化。在一些實施例中，感測器陣列200可分為多個單片裝置，各經最佳化以用於感測光之一不同波長(或多個不同波長)或經最佳化以用於深度感測對周圍光成像；單片裝置可並排配置且與圖3中展示之感測器陣列之不同通道相關聯。在一些實施例中，感測器陣列200亦可包含微光學組件(例如，微光學器件332R/332G/332B/332L及/或通道特定補償微光學元件370R/370G/370B)作為單片結構之部分。在此等例項中，微光學組件可形成於具有感測器陣列200之相同ASIC上或製造於單獨晶圓基板上且依晶圓級接合至感測器陣列ASIC，使得其等變為具有用於感測器通道之各層之單獨基板層之單片結構之部分。例如，一補償微光學層、一孔徑層、一準直透鏡層、一光學濾波器層及一光偵測器層可在切割之前依晶圓級堆疊且接合至多個ASIC。可藉由將一非透明基板置於一透明基板之頂部上或藉由用一不透明薄膜塗佈一透明基板而形成孔徑層。在此一實施例中，切割步驟形成多個ASIC，各具有直接接合至其之其自身之微光學結構。作為另一實例，微光學組件可形成為一單獨單片結構，其可在經由一切割程序從一較大晶圓分離一ASIC之後直接接合至ASIC。以此方式，ASIC及微

光學結構可接合在一起以形成一單一單片結構。在又其他實施例中，感測器陣列200之一或多個組件可在單片結構外部。例如，孔徑層310可實施為具有針孔之一單獨金屬片。

【0119】 在上文描述之實例中，提供三個周圍光通道(分別針對紅光、綠光及藍光調諧)。此係為了易於繪示，且本發明之實施例不限於任何特定數目或組合之周圍光通道。在一些實施例中，一感測器列可具有三個以下周圍光通道；例如，一感測器列可具有擁有傳遞「白光」(例如，涵蓋整個可見光譜)之一光學濾波器或不具有光學濾波器之一個周圍光通道(在此情況中，光譜選擇性由光電感測器之敏感性判定)。在其他實施例中，一感測器列可具有三個以上周圍光通道。藉由繪示，圖4展示根據本發明之一實施例之一感測器陣列400之一簡化俯視圖，該感測器陣列400在各列中具有較大數目個周圍光通道以提供額外多光譜成像能力。再者，感測器通道之數目及組合係用於繪示目的。

【0120】 感測器陣列400包含64個LIADR感測器通道402。在此實例中，LIDAR感測器通道402配置為一交錯柵格，但此配置並非必要的。64個LIDAR感測器通道之三十二個具有周圍光感測器406之一相關聯列404，但在其他實施例中，每一LIDAR感測器通道404可具有周圍光感測器406之一相關聯列。在此實例中，各列中之周圍光感測器406包含：八個光譜色彩通道410，各由一不同帶通濾波器界定；兩個IR頻帶色彩通道412；四個偏振通道414；及兩個超窄吸收頻帶通道。各通道可具有如上文關於圖1A或圖1B描述之一內部結構，且感測器陣列400可使用上文描述之技術或其他技術製造。

【0121】 光譜色彩通道410可使用如光學濾波器142之適當帶通濾波

器產生。除紅色通道、綠色通道及藍色通道以外，光譜色彩通道410在此實例中亦包含調諧至對應於橙色、黃色、青色、靛藍色及紫色之波長範圍之通道。光譜通道之其他實例可包含紅外線、紫外線及/或白色(例如，寬光譜)通道以及調諧至可見、紅外線或紫外線光譜之任何部分之通道。在一些實施例中，各光譜色彩通道410可具有一補償通道特定微光學元件(類似於圖3中之微光學元件370R/370G/370B)，其之光學性質係至少部分基於通道經調諧至之波長範圍；通道特定微光學器件之實例在下文描述。

【0122】 IR頻帶色彩通道412可為具有調諧至光譜之紅外線部分之帶通濾波器之額外光譜色彩通道。在一些實施例中，可期望避免LIDAR操作頻率，使得雜散LIDAR輻射不與周圍IR合併。在一些實施例中，各IR頻帶色彩通道412可具有一通道特定補償微光學元件，其之光學性質至少部分基於通道經調諧至之波長範圍。

【0123】 代替一光學帶通濾波器142或除一光學帶通濾波器142以外，偏振通道414亦可使用一光學偏振濾波器(諸如一光柵)產生。可藉由以不同角度定向不同通道之偏振濾波器而將群組414之各通道中之偏振濾波器調諧至針對線性偏振光之一不同角度。在一項實施例中，四個偏振通道414具有0度、90度、45度及135度之各自定向。偏振濾波器亦可經調諧至其他形式之偏振，諸如圓形及/或螺旋偏振。偏振濾波器可以類似於帶通濾波器之一方式應用至微光學感測器通道200之不同表面，或其等可經製造為直接在(若干)光電感測器152之金屬層內之一金屬光柵。在一些實施例中，各偏振通道414可具有一通道特定補償微光學元件。在一些情況中(例如，其中偏振通道414不限於一特定波長頻帶)，補償微光學元件可被省略或可經調諧至頻帶中之一中心波長。

【0124】吸收頻帶通道416可各由對應於係一特定關注物質之特性之一吸收頻帶之一窄頻帶光學濾波器界定。在此情況中，吸收頻帶通道中缺乏一信號可被解釋(例如，結合來自其他光譜色彩通道之資訊)為指示存在吸收該頻帶中之光之一物質。例如，在一些應用中，其對於區分植物(例如，樹、草、其他植物)與其他類別之物件(例如，汽車、大樓)可為有用的。通常與植物相關聯之葉綠素具有IR光譜中之多個窄吸收頻帶，且吸收頻帶通道可經調諧至此等頻帶之一些或全部。作為另一實例，許多氣體具有短波、中波及長波IR區中之吸收頻帶，且吸收頻帶通道可經調諧至該等頻帶以識別氣態大氣污染物。由於系統亦提供與物件之距離，所以在氣體吸收偵測之情況中，此距離資訊可用於計算透過大氣進行吸收量測之距離，此可有助於判定污染物之偵測及/或濃度之一置信等級。正如其他通道，在一些實施例中，各吸收頻帶通道416可具有一通道特定補償微光學元件，其之光學性質至少部分基於通道經調諧至之頻帶。

【0125】周圍光感測器通道之此等實例係闡釋性的且可被修改。如應用至感測器或感測器通道之限定詞周圍光應被理解為大體上係指操作以量測具有通道經調諧之(若干)特性(例如，波長範圍及/或偏振)之入射光之量(強度)之感測器。周圍光感測器通道不依賴於視場之有意照明(與LIDAR感測器通道相比，其等經設計以偵測有意地發射之光)；然而，不排除有意照明(例如，使用一汽車頭燈或相機閃光燈)。

【0126】一感測器陣列之一列可包含一LIDAR感測器通道(或多個LIDAR感測器通道，各以一不同波長操作)，加上任何數目及組合之周圍光感測器通道，包含調諧至任何所要色彩或色彩範圍之一或多個可見光感測器通道、一或多個偏振感測器通道、一或多個紅外線光感測器通道、一

或多個紫外線光感測器通道、一或多個吸收頻帶感測器通道等。作為另一實例，一給定列中之周圍光感測器通道可包含調諧至相同波長範圍但具有不同衰減濾波器之兩個或兩個以上感測器通道，從而容許影像中之較高動態範圍。

【0127】 此外，不需要一感測器陣列中之每一LIDAR感測器通道具有周圍光感測器通道之一相關聯列或不需要周圍光感測器通道之每一列具有一相關聯LIDAR感測器通道。如下文描述，一LIDAR感測器通道及一單一列中之周圍光感測器通道之一集合之配置可在一掃描操作期間促進以各種波長捕獲之影像與深度資料之間的配準，但只要不同感測器通道之間的偏移係固定且已知，便可使用內插來產生多光譜影像像素。

1.2.2. 具有多光譜感測器通道之感測器陣列

【0128】 在上文描述之實施例中，一多光譜像素之各感測器類型被提供為一單獨感測器通道。亦可將多個感測器類型組合於一單一感測器通道中。例如，一LIDAR感測器通道可使用多個SPAD作為一光電感測器，其中深度量測係基於在一給定時間間隔中觸發多少SPAD。一周圍光通道可使用一單一SPAD或標準光電二極體，其佔據一半導體裝置之一較小面積。因此，一些實施例可包含感測器之一列中之一或多個「多光譜」感測器通道。

【0129】 圖5展示根據本發明之一實施例之併入多光譜感測器通道之一感測器陣列500之一簡化俯視圖。感測器陣列500包含64個LIADR感測器通道502。在此實例中，LIDAR感測器通道502經配置為一交錯柵格，但此配置並非必要的。64個LIDAR感測器通道中之三十二個具有一相關聯多光譜感測器通道506，但在其他實施例中，每一LIDAR感測器通

道504可具有一相關聯多光譜感測器通道506。在此實例中，如插圖510中所見，多光譜感測器通道506可併入一紅色感測器512、一綠色感測器514、一藍色感測器516、偏振感測器518、520、522及一IR頻帶色彩通道524。

【0130】 在一些實施例中，各多光譜感測器通道506可經實施為如上文參考圖1A或圖1B描述之一感測器通道之一單一例項。光電感測器層150可包含針對待偵測之各類型之光之一不同光電感測器152。在此內容脈絡中，各光電感測器152可為例如具有一放大器之一標準光電二極體，該放大器耦合至一電容電荷桶且使用一類比轉數位轉換器(ADC)讀出。替代地，各光電感測器152可為具有一類比前端及一積分暫存器以計數光子之一或多個SPAD。一或多個圖案化光學濾波器可用於光學濾波器層140中以將具有所要性質之光引導至一特定光電感測器152上。各光電感測器152可被單獨讀出(使用適當電子器件)，藉此提供多個輸出。如本文中使用之術語「多光譜感測器通道」係指一單一光學通道針對安置於其中之不同光電感測器提供單獨資料輸出之一組態，該等光電感測器之各者可經調諧(例如，經由光學濾波器)以偵測具有不同特性之光。如可見，多光譜感測器通道之使用可減小由感測器類型之一給定集合消耗之面積。

【0131】 應理解，包含於一多光譜感測器通道中之感測器類型之特定數目及組合可與展示不同。例如，一多光譜感測器通道可包含上文描述之周圍光感測器類型之任一者或全部，包含可見光、紫外線、紅外線、偏振、寬頻帶及/或窄頻帶感測器。在一些實施例中，除一或多個LIDAR感測器通道(依不同波長操作)以外，諸如感測器陣列500之一感測器陣列中之一列亦可包含任何數目個多光譜感測器通道，各併入一不同組合之感測

器類型。諸如感測器陣列500之一感測器陣列中之一列亦可包含一或多個「單一型」周圍光感測器通道(諸如圖4中展示之感測器通道之任一者)與一或多個多光譜感測器通道之組合。

1.2.3. 具有混合感測器通道之感測器陣列

【0132】 在圖5之感測器陣列500中，LIDAR (測距)感測器通道與多光譜感測器通道(其等量測周圍光)分離。在其他實施例中，一感測器陣列可包含併入測距(例如，LIDAR)感測器及一或多個周圍光感測器兩者之通道。此等通道在本文中被稱為「混合感測器通道」或「混合感測器像素」。

【0133】 圖6展示根據本發明之一實施例之併入混合感測器通道之一感測器陣列600之一簡化俯視圖。感測器陣列600包含配置成一直線柵格之128個混合感測器通道602。應理解，感測器通道之數目及配置可變化。

【0134】 如插圖610中展示，各混合感測器通道602可包含LIDAR光電感測器元件650之一集合以及經調諧(例如，使用光學濾波器)以偵測具有一特定性質之光之數個周圍光光電感測器。在此實例中，周圍光光電感測器包含一紅色感測器612、一橙色感測器614、一黃色感測器616、一綠色感測器618、一紫外線色彩感測器620、一靛藍色感測器622、一紫色感測器624、一藍色感測器626、偏振感測器628、630、632及一IR頻帶色彩感測器634。在所展示實例中，LIDAR光電感測器元件650佔據混合感測器通道602之通道區域內之一中心區，而周圍光光電感測器配置於通道區域之圍繞中心區之一周邊區中。其他組態亦係可行的。

【0135】 在一些實施例中，類似於多光譜感測器通道506，各混合

感測器通道602可實施為如上文參考圖1A或圖1B描述之一感測器通道之一單一例項。光電感測器層150可包含針對待偵測之各類型之光之一不同光電感測器152 (或光電感測器152之群組)。一或多個圖案化光學濾波器可用於光學濾波器層140中以將具有所要性質之光引導至一特定光電感測器152 (或光電感測器152之群組)上。各光電感測器152 (或光電感測器152之群組)可使用適當電子器件單獨讀出，藉此提供多個輸出。

【0136】 一「混合感測器通道」可被理解為一多光譜感測器通道之一特殊情況，其包含經組態用於判定發射/反射光之飛行時間之光電感測器及相關聯讀出電路以及經組態用於量測光強度之其他光電感測器及相關聯讀出電路。圖7展示指示相關聯讀出電路之一混合感測器通道602之一簡化示意圖。在此實例中，各周圍光光電感測器612至634使用具有耦合至一電容電荷桶712至734之一放大器之一標準光電二極體實施。電容電荷桶712至734各連接至多通道計數器電路750，該多通道計數器電路750可判定由各周圍光光電感測器612至634偵測(例如，在一快門時間間隔期間)之光子之一計數。

【0137】 在此實例中，LIDAR光電感測器元件650可使用連接至時序電路760之SPAD實施，該時序電路760能夠對電子之到達進行計時且隨著時間推移而將到達時間儲存於光子之一記憶體庫中，藉此實現深度量測。

【0138】 如上文提及，各混合感測器通道602可實施為圖1A之感測器通道100 (或圖1B之感測器通道100')之一單一例項。圖8係展示通道結構之感測器陣列600之一部分之一簡化示意側視圖。各混合感測器通道602具有一孔徑812 (在孔徑層810中)、光學層830、濾波器層840及光電感

測器層850 (為清楚繪示，以傾斜視圖展示)。濾波器層840可包含圖案化濾波器842 (為清楚繪示，以傾斜視圖展示)，其等可定位於濾波器晶圓上或直接沈積於光電感測器ASIC上之適當光電感測器元件之頂部上。

【0139】 在操作中，光860經引導至孔徑812中且傳播通過通道602，如由箭頭862展示。圖案化濾波器842將具有所要性質之光引導至光電感測器層850中之個別光電感測器852上。如上文描述，適當讀出電子器件可用於從LIDAR光電感測器提取到達時間資訊以及色彩、偏振及/或其他周圍光光電感測器中之累積光子計數。

【0140】 應理解，包含於一混合感測器通道中之感測器類型之特定數目及組合可與展示不同。例如，除LIDAR感測器以外，一混合感測器通道亦可包含上文描述之周圍光感測器類型之任一者或全部，包含可見光、紫外線、紅外線、偏振、寬頻帶及/或窄頻帶感測器。此外，雖然感測器陣列600被展示為相同感測器通道602之一2D陣列，但此並非必要的。混合感測器通道可包含於一1D陣列中或具有類似於圖4之感測器陣列400或圖5之感測器陣列500之其他感測器類型之一列中。感測器通道之配置及組態可視需要變化。

1.2.4. 雙平面多光譜感測器陣列

【0141】 在上文描述之實施例中，假定用於各種通道類型之光電感測器配置於一個平面中。在其他實施例中，不同光電感測器可在不同平面中。

【0142】 藉由實例，圖9展示一感測器陣列900之另一實施例之一部分之一簡化側橫截面視圖。感測器陣列900包含一或多個LIDAR通道920，其等之各者可為圖1A之感測器通道100 (或圖1B之感測器通道100')

之一單獨例項。LIDAR通道902經製造於一ASIC 904上，該ASIC 904包含用於各LIDAR通道902之一或多個光電感測器906。一孔徑層910上覆於LIDAR通道902且具有形成於其中之一孔徑912以將光引導至各LIDAR通道902中。在此等方面，感測器陣列900可類似於上文描述之其他實施例。

【0143】 在此實例中，孔徑層910係具有製造或以其他方式安置於其頂表面中或其頂表面上(在不阻擋孔徑912之位置中)之光電感測器916R、916G、916B之一第二ASIC。光電感測器916R/916G/916B定位於相同於孔徑912之平面中，該平面可為感測器陣列之一塊狀成像光學器件之焦平面。彩色濾波器918R、918G、918B (其等之各者可為接納一不同波長頻帶內(在此實例中，紅色、綠色及藍色)之光之一帶通濾波器)被放置於光電感測器916R、916B、916G上方。此配置提供周圍光感測器通道920R、920G、920B。孔徑層910可電連接至定位於ASIC 904中之讀出及/或控制電路(例如，一處理器及記憶體)，如由打線接合922示意性地指示。(應理解，打線接合並非必要的；用於建立ASIC之間的電連接之其他技術可代替，或兩個ASIC可各連接至定位於另一裝置上之讀出及控制電路。)

【0144】 圖10展示感測器陣列900之一簡化俯視圖。感測器陣列900提供多光譜像素1020之一2D陣列。感測器陣列900之大小及尺寸可視需要變化。如插圖1010中展示，各多光譜像素1020可包含一LIDAR感測器通道902及一或多個周圍光感測器通道920。周圍光感測器通道920可經製造於一ASIC中，該ASIC上覆於LIDAR感測器通道902且提供用於LIDAR感測器通道902之一孔徑(如圖9中展示)。可提供任何數目及組合之周圍光感

測器通道920，包含上文描述之特定通道類型之任一者(例如，色彩通道，包含紅外線、可見光及/或紫外線通道；偏振通道；窄頻帶吸收通道等)。

【0145】 在一些實施例中，孔徑層ASIC 910可具有顯著高於支撐LIDAR感測器通道902之「基座」ASIC 904之一光電感測器(或通道) 920密度。例如，LIDAR感測器通道可具有100 μm至400 μm之間隔及直徑為30 μm之孔徑。孔徑層ASIC 910中之感測器通道(光電感測器或像素)可顯著較小(例如，在1 μm至10 μm大小範圍中)，意謂各混合像素1020可包含較大數目個周圍光像素。此可容許每多光譜像素之較大數目個感測器類型及/或在周圍光成像通道中具有高於LIDAR通道中之解析度之多光譜像素。

【0146】 使用孔徑層ASIC 910獲得之多光譜影像可包含對應於孔徑912或LIDAR通道902之位置之間隙。在一些實施例中，內插可用於填充間隙。

1.2.5. 具有經編碼光譜選擇通帶之多光譜像素

【0147】 在上文描述之實例中，不同周圍光感測器通道可包含具有不同通帶之光學濾波器。在一些實施例中，不同周圍光感測器通道之通帶可大體上非重疊，使得不同周圍光感測器通道對光譜之不同部分(包含紅外線光、可見光及/或紫外線光)進行取樣。圖11展示一些實施例中(例如，在圖2之多光譜感測器陣列中)之可用於提供周圍光強度量測之三個濾波器之非重疊通帶之一實例。在此實例中，一「藍色」(B)濾波器1102具有從約425 nm至約515 nm之一通帶；一「綠色」濾波器(G) 1104具有從約515 nm至約610 nm之一通帶，且一「紅色」(R)濾波器1106具有從約610 nm至約700 nm之一通帶。應理解，此等範圍及邊界係闡釋性的且可變化。

在一些實施例中，不同濾波器之通帶可具有某重疊。例如，B濾波器1102可具有從約410 nm至約510 nm之一通帶而G濾波器1104具有從約490 nm至約620 nm之一通帶且R濾波器1106具有從約600 nm至約700 nm之一通帶。作為另一實例，B濾波器1102可具有從約410 nm至約440 nm之一通帶而G濾波器1104具有從約490 nm至約620 nm之一通帶且R濾波器1106具有從約600 nm至約700 nm之一通帶。其他變化亦係可行的。圖11中展示之濾波器集合可針對一多光譜像素提供「R」、「G」及「B」光譜強度量測。(此處使用名稱R、G及B暗示紅色、綠色及藍色，但具有此等名稱之濾波器之通帶無需對應於與任何特定色彩相關聯之通帶。)

【0148】 在一些實施例中，不同周圍光感測器通道可具有經選擇以編碼光譜資訊之重疊通帶。圖12展示一些實施例中之可用於為周圍光強度量測提供經解碼光譜資訊之三個濾波器之重疊通帶之一實例。在此實例中，一第一濾波器1202具有大致涵蓋整個可見光譜(從約425 nm至約700 nm之波長)之一「W」通帶。一第二濾波器1204具有從約425 nm至約610 nm之一「Cb」通帶，且一第三濾波器1206具有從約515 nm至約700 nm之一「Cr」通帶。來自具有圖12中展示之通帶之周圍光感測器通道之強度量測可用於提取對應於來自圖11之濾波器集合之光譜量測之R、G及B光譜資訊。例如，若來自濾波器1202、1204及1206之強度量測分別被指示為W、Cb及Cr，則在圖11中識別之R、G及B頻帶中之強度可被運算為：

$$R = W - Cb \tag{1a}$$

$$B = W - Cr \tag{1b}$$

$$G = W - (R + B) = Cb + Cr - W \tag{1c}$$

此等運算可例如使用習知設計之算術邏輯電路實施，該等算術邏輯電路可經製造於相同於感測器陣列之ASIC上。

【0149】 以此方式，圖11之非重疊濾波器集合或圖12之光譜編碼濾波器集合可提供等效光譜資訊。圖12之編碼方案容許各通道接受更多光，此可改良量測精確性。

【0150】 圖12之濾波器集合可被併入至各種多光譜感測器陣列中。圖13展示根據一些實施例之一感測器陣列1300之一簡化正視圖。感測器陣列1300可類似於圖2之感測器陣列200且可包含LIDAR感測器通道202(如上文描述)，該等LIDAR感測器通道202之各者可與包含周圍光感測器通道1306a (W通帶)、1306b (Cb通帶)及1306c (Cr通帶)之一列1304相關聯，其中如圖12中展示般界定W、Cb及Cr通帶。來自一給定列1304之周圍光感測器通道1306a、1306b、1306c之感測器資料可經提供至一晶片上算術邏輯電路1310，該晶片上算術邏輯電路1310實施方程式(1a)至(1c)以產生R、G及B輸出信號。應理解，感測器列1304亦可包含其他類型之周圍光感測器通道，例如，如上文參考圖4描述。

【0151】 光譜編碼通帶亦可在具有多光譜感測器通道或混合感測器通道之感測器陣列中實施。圖14A展示根據一些實施例之一多光譜感測器通道1400之一簡化正視圖。多光譜感測器通道1400具有一圖案化光學濾波器，該圖案化光學濾波器包含具有一W通帶(如圖12中展示)之區1402、具有一Cb通帶之區1404及具有一Cr通帶之區1406。在此實例中，該等區係方形的，但無需特定濾波器幾何形狀。一單獨光電感測器(例如，一或多個SPAD)可被放置於各區後方，如上文參考圖5描述。雖然圖14A針對各通帶展示三個區，但應理解，可針對一給定通帶提供任何數目個區(只要

針對各區提供一單獨光電感測器)。

【0152】 與相同通帶相關聯之全部光電感測器可將周圍光強度量測(例如，呈表示光子計數之電子信號之形式)提供至相同積分暫存器。因此，例如，暫存器1412可累積(或積分)來自區1402中之光電感測器之光子計數，暫存器1414可累積來自區1404中之光電感測器之光子計數，且暫存器1416可累積來自區1406中之光電感測器之光子計數。暫存器1412、1414及1416可將累積光子計數作為輸入提供至一晶片上算術邏輯電路1420，該晶片上算術邏輯電路1420實施方程式(1a)至(1c)以產生R、G及B輸出信號。應理解，多光譜感測器通道1400亦可包含具有不同類型之光學濾波器之其他區，例如，如上文參考圖5描述。此外，雖然圖14A展示具有佔據通道區域內之連續區之相同通帶之光學濾波器，但此並非必要的。例如，圖14B展示一替代圖案化光學濾波器1400’，其中具有相同通帶之區1402、1404、1406分佈遍及通道區域，此可進一步改良量測精確性。如在圖14A中，來自與相同類型之光學濾波器相關聯之不同光電感測器之強度量測(例如，光子計數)可累積(或積分)於相同積分暫存器中。

【0153】 具有併入光學濾波器之光譜編碼通帶及周圍光感測器通道之此等濾波器之前述實例係闡釋性且非限制性。光譜編碼通帶可被併入至上文描述之多光譜感測器陣列之任一者中，包含1D陣列、2D陣列、具有多光譜像素之陣列及具有混合像素之陣列。本文中之實例使用三個通帶來編碼三個色彩通道，但將瞭解，具有重疊通帶之任何數目個不同光學濾波器可用於依任何所要粒度編碼光譜資訊。此編碼技術不限於光之光譜特性。例如，類似配置可使用偏振濾波器(例如，結合一非偏振濾波器)實施以依任何所要粒度編碼偏振資訊。

【0154】 應理解，上文描述之多光譜感測器陣列係闡釋性的且許多變化及修改係可行的。一給定多光譜感測器陣列可包含深度通道(例如，LIDAR感測器通道或混合感測器通道)、周圍光感測器通道、多光譜感測器通道及/或混合感測器通道之任何組合，其等可使用上文描述之技術或其他技術之任一者建構。參考一個實例或實施例描述之組件可在其他實施例中使用。

2. 用於多光譜感測器陣列之光學器件

【0155】 上文描述之各種感測器陣列回應於光行進通過與各通道相關聯之一孔徑而操作。在一些實施例中，光學系統經設置以將光引導及聚焦至孔徑平面上。現將描述可結合多光譜感測器陣列(例如，感測器陣列200、400、500、600及/或900)使用之光學系統及光學元件之實例。

【0156】 如本文中使用，術語(若干)塊狀光學器件係指具有一焦平面且同時自一陣列中之全部微光學通道傳輸光或傳輸光至一陣列中之全部微光學通道之單透鏡及/或透鏡總成。在一些實施例中，塊狀光學器件可具有約幾毫米或幾公分或更大之大小(例如，直徑)，諸如在市售攝影機透鏡及顯微鏡透鏡中使用之大小。在本發明中，術語塊狀光學器件與術語微光學器件形成對比，該微光學器件係指針對一特定感測器通道提供之光學元件或光學元件陣列。在一些實施例中，微光學器件可具有對應於一單一感測器通道之大小(例如，大小約幾微米至幾毫米或更小)之個別元件直徑。一般言之，微光學器件可針對發射器之一陣列或感測器通道之一陣列之不同發射器及/或不同感測器通道不同地修改光，而塊狀光學器件針對整個陣列修改光。

2.1. 塊狀光學模組

【0157】 一多光譜感測器陣列(諸如上文描述之感測器陣列之任一者)可被併入至如圖15中展示之一光測距/成像裝置1500中。光測距/成像裝置1500包含一光傳輸(Tx)模組1510及一光感測(Rx)模組1540，該光感測(Rx)模組1540可包含感測器陣列200 (或上文描述之任何其他感測器陣列)之一實施方案。在2018年5月14日申請之標題為「Optical Imaging Transmitter with Brightness Enhancement」之美國申請案第15/979,235號及2018年5月14日申請之標題為「Spinning LIDAR Unit with Micro-optics Aligned behind Stationary Window」之美國申請案第15/979,266號中闡述光傳輸模組1510及光感測模組1540之組態之額外實例，該等案之各者之全部揭示內容出於所有目的以引用的方式併入本文中。

【0158】 如圖15中展示，Tx模組1510可包含一Tx側微光學封裝1520及一塊狀光學元件1530。Tx側微光學封裝1520包含數個光發射器1522且視情況包含一微透鏡層1524及一孔徑層1526。發射器1522可配置於發射器通道(例如加框區中展示之通道1525)之一維或二維陣列中。傳輸器通道之各者具有能夠發射窄頻帶光之一或多個光發射器1522 (例如近紅外線(NIR)垂直腔半導體雷射(VCSEL)或類似物)及視情況來自微透鏡層1524之一微透鏡及來自孔徑層1526之一孔徑。

【0159】 在操作中，Tx模組1510藉由例如將窄頻帶光脈衝(例如，具有例如10 nm、2 nm、1 nm、0.5 nm、0.25 nm或更小之一光譜寬度之NIR光)傳輸至一或多個視場中而提供LIDAR系統周圍之區域中之物件之主動照明。Rx模組1540 (特定言之其之LIDAR感測器通道202)偵測由場景中之物件反射之所傳輸窄頻帶光之反射部分。同時，Rx模組1540之各周圍光感測通道206R/206G/206B可偵測其特定波長頻帶中之周圍光。

【0160】 從傳輸器之各者發射之光在其靠近Tx側微透鏡層1524之微光學件之一者時發散。來自微透鏡層1524之微透鏡捕獲發散光且將其重新聚焦至與孔徑層1526中之孔徑重合之一焦平面，該孔徑層1526包含在位置上對應於微光學陣列及發射器陣列之一孔徑陣列。孔徑陣列可減少系統中之串擾。在出射微透鏡之後，聚焦光再次以光錐形式發散，該等光錐接著遇到Tx側塊狀成像光學模組1530。在一些實施例中，微透鏡層1524與Tx側塊狀成像光學模組1530之間的分離等於其等焦距之總和，使得聚焦於孔徑陣列處之光表現為Tx側塊狀成像光學模組1530之輸出處之準直光，其中各準直光線束按一不同主光線角度出射Tx側塊狀成像光學模組1530。因此，將來自各發射器之光引導至裝置前方之一不同視場。在一些實施例中，Tx側塊狀成像光學器件1530在透鏡之成像側(其係發射器側)上係遠心的，即，塊狀成像光學器件1530之影像側上之主光線實質上彼此平行且針對影像平面(其係發射器平面)上之每一位置垂直於影像平面。在此組態中，發射器陣列有利地作為一遠心源操作，即，光學器件捕獲由發射器陣列產生之實質上全部光，甚至從陣列之外邊緣上之發射器發射之光。在無遠心設計的情況下，由外發射器捕獲之光可減少，此係因為僅與透鏡之傾斜光線錐重合之所發射光線錐之分率將被透鏡捕獲。Rx模組1540之LIDAR感測通道202可經配置以匹配Tx側微光學封裝1520，其中一LIDAR感測器通道202對應於各微光學傳輸器通道1525。

【0161】 Rx模組1540包含一Rx側塊狀成像光學模組1560及感測器陣列200。從場中之物件反射之所發射光之部分(展示為光線1505)從多個方向進入Rx側塊狀成像光學模組1560。Rx側塊狀成像光學模組1560可包

含一單透鏡或一多透鏡群組，該單透鏡或該多透鏡群組將光線1505聚焦於與Rx側輸入孔徑層310重合之一平面處，從而容許光進入LIDAR感測器通道202。在一些實施例中，Rx模組1540包含用於各發射器1522之一LIDAR感測器通道，其中各個別LIDAR感測器通道202之視場匹配其各自發射器1522之視場。

【0162】 Rx側塊狀成像光學模組1560亦可收集周圍光。如本文中使用，「周圍」光係指可在環境中傳播且不源自Tx模組1510之任何光線。周圍光可包含來自恰好存在於環境中之任何光源(例如，太陽、一人工照明器具、一交通信號等)之直射光以及已由環境中之一物件反射或散射之光(例如，從一道路標誌、一車輛、一道路表面、一樹等反射之光)。周圍光可在任何方向上傳播，且恰好在類似於光線1505之一方向上傳播之周圍光可進入且行進通過Rx側塊狀成像光學模組1560。

2.2. 每通道補償微光學器件

【0163】 在一些實施例中，Rx側塊狀成像光學模組1560可經設計為一單色透鏡(單透鏡或透鏡群組)，其經最佳化以將一特定窄波長頻帶(例如，LIDAR操作波長)聚焦至一目標平面(例如，輸入孔徑平面310)上。Rx側塊狀成像光學模組1560可展現色差(即，波長相依之一焦距)。此可減小周圍光感測器通道之收集效率：若具有色差之Rx側塊狀成像光學模組1560之一實施方案將LIDAR操作波長之光聚焦至輸入孔徑平面310上，則除LIDAR操作波長以外的波長之光將不聚焦於輸入孔徑層310處，且該光之一些將被孔徑光闌阻擋而非進入周圍光感測器通道206R/206G/206B。此外，歸因於此效應而損失之光量將為波長相依的，此可使成像資料之分析複雜化。另外，此等通道之空間解析度將減小(視場將更大且較不良好

地界定，即，「模糊」)，此係因為孔徑310不在其等波長頻帶之焦平面處或因為單色透鏡無法提供頻帶外光之小聚焦光點。

【0164】 因此，感測器陣列200 (或本文中描述之其他多光譜感測器陣列)之一些實施例包含可被放置於輸入孔徑平面前方以容許更高效光捕獲之通道特定補償微光學器件。圖16係感測器陣列200之一部分之一簡化橫截面視圖，用注釋繪示入射光之行為。(在此實例中，孔徑之錐形相對於圖3顛倒，使得孔徑312R/312G/312B/312L被展示在孔徑層310之底表面360處。然而，相同原理適用，無關於孔徑平面之確切位置。)

【0165】 在圖16之實例中，虛線繪示一色差效應。通道206R、206G及206B上方之會聚虛線展示已由具有色差之一塊狀光學器件(例如，圖15之Rx側塊狀成像光學模組1560)聚焦之紅色、綠色及藍色光線之各自邊緣光線。如可見，LIDAR光線1620L會聚在孔徑平面360處；然而，較短波長之光(在此實例中，可見光)會聚在孔徑平面360前方，其中距離取決於波長。因此，在此實例中，紅光之焦點1612R稍微在輸入孔徑312R前方，綠光之焦點1612G在輸入孔徑312G前方較遠處，且藍光之焦點1612B在輸入孔徑312B更遠處。在缺乏校正光學器件的情況下，聚焦紅色、綠色及藍色光線(虛線)將在到達孔徑平面360之前發散，從而導致孔徑312R、312G及312B處之不同程度之光損耗。

【0166】 在一些實施例中，通道特定補償微光學器件可用於校正此等效應。例如，如圖16中展示，一第一補償微光學器件(在此實例中，一第一平凹透鏡1650R)被放置於孔徑層310前方，與紅色通道206R之開口362R對準。平凹透鏡1650R具有減少入射光之發散度之一光學處方(例如，表面曲率或焦距)，從而將紅光之焦點從未校正焦點1612R移位至孔

徑312R。一第二補償微光學器件(在此實例中，一第二平凹透鏡1650G)與開口362G對準。平凹透鏡1650G具有比平凹透鏡1650R更強地減少入射光之發散度之一處方，從而將綠光之焦點從未校正焦點1612G移位至孔徑312G。一第三補償微光學器件(在此實例中，一第三平凹透鏡1650B)與開口362B對準。平凹透鏡1650B具有比平凹透鏡1650G更強地減少入射光之發散度之一處方，從而將藍光之焦點從未校正焦點1612B移位至孔徑312B。應理解，平凹透鏡1650R、1650G、1650B之各者在此實例中具有針對對應感測器通道206R、206G、206B經調諧以偵測之波長(或波長範圍)最佳化之一不同處方。在此實例中，不針對LIDAR通道202提供補償微光學器件，此係因為Rx側塊狀成像模組1560已將LIDAR操作波長之光聚焦至孔徑312L中。

【0167】 在其他實施例中，Rx側塊狀成像模組將光聚焦至輸入孔徑平面所依之特定波長可為不同的。藉由繪示，圖17展示其中具有色差之一Rx側塊狀成像模組1560將藍光聚焦至孔徑平面360上之一實施例之通道特定補償微光學器件之一實例。在此實例中，藍色通道202B不使用任何補償微光學器件，但(歸因於色差)在不具有補償微光學器件的情況下，用於其他通道之所要光波長之焦點將位於孔徑平面360之外，再次導致波長相依量之光損耗及空間選擇性。為補償此，通道特定補償微光學器件(在此實例中，平凸透鏡1750R、1750G及1750L)可被放置於紅色通道206R、綠色通道206G及LIDAR通道202之通道開口前方。在此實例中，平凸透鏡具有增加入射光之發散度之處方，從而使焦點在朝向孔徑平面360之一方向上移位，使得針對一給定感測器通道，該感測器通道經調諧至之色彩之光之焦點與孔徑平面360重合。如在先前實例中，用於各通道之通道特定

補償微光學器件具有將特定通道之焦點帶至孔徑平面360上之一不同處方。

【0168】 在圖16及圖17之實例中，光聚焦至孔徑平面上，且接著由感測器通道內之光學元件準直(例如，如圖1A或圖1B中展示)。另一選項係為周圍光通道提供依通道特定波長準直光之通道特定補償微光學元件。圖18展示具有可在一些實施例中使用之準直通道特定補償微光學器件之一感測器陣列1800之一實例。在此實例中，基板陣列1800大體上類似於基板陣列200，但各周圍光通道之孔徑1812R、1812G、1812B實質上與通道同樣寬。(LIDAR通道1802之孔徑1812L可較窄，例如，如展示。)在此配置中，光學元件132 (圖1A或圖1B中展示)可至少針對周圍光通道1806R、1806G、1806B而省略，其等原本類似於上文描述之周圍光通道206R、206G、206B。應注意，憑藉此配置，周圍光通道1806R、1806G、1806B可被製成比LIDAR通道1802更小且更緊密地封裝。在周圍光通道中，窄通道寬度可提供空間選擇性而無需窄於通道寬度之一孔徑；然而，準直角度將更大，此導致增加一帶通濾波器之寬度之下限。

【0169】 類似於圖16之實例，Rx側塊狀成像模組1560將LIDAR操作波長之光(光線1822L)聚焦至孔徑1812L中。較短波長之光聚焦於與後平面1814之一不同距離處，如由虛線展示。平凸透鏡1850R、1850G、1850B分別減少紅光、綠光及藍光之發散度以在所要波長之光進入通道時準直該光，如由彩色線展示。如在先前實例中，用於不同色彩通道之通道特定補償微光學器件具有補償傳入光之波長相依焦距之一不同處方。

【0170】 此等實例係闡釋性且非限制性。具有色差之一Rx側塊狀成像模組可經調適以將任何所要波長之光聚焦至孔徑平面上，且對其他波長

敏感之通道可具有擁有被放置於其等孔徑前方之波長特定(或通道特定)正(聚焦)或負(散焦)處方之補償微光學器件。為易於組裝，用於感測器陣列中之全部通道(或包含此等元件之全部通道)之補償微光學元件可被放置於相同平面上(例如，孔徑層之頂部上)。補償微光學元件之特定形狀可變化；例如，用於一給定通道之補償微光學器件可包含一平凸透鏡、一平凹透鏡、一雙凸透鏡、一雙凹透鏡、一凸凹透鏡、自由形式透鏡或多個透鏡之一組合。可視需要針對不同通道類型使用不同形狀。如上文實例展示，補償微光學器件無需針對一給定感測器陣列中之全部感測器通道提供；在一些實施例中，Rx側塊狀成像模組可經設計，使得具有感測器通道類型之一者之所要波長之光聚焦於通道之孔徑處。然而，無需Rx側塊狀成像模組之特定設計，且在一些實施例中，每一感測器通道可具有一通道特定補償微光學元件以補償系統中之任何像差，例如若系統含有具有需要校正之光學功率之一窗或外殼。一感測器陣列可包含與一給定波長相關聯之多個感測器通道，例如，如上文描述。在一些實施例中，相同通道類型(例如，波長範圍)之不同感測器通道可相同地設計，使得每通道類型僅需判定補償微光學處方一次。替代地，由於不同通道在相對於Rx側塊狀成像模組之不同位置中且由於一光學模組中之像差效應(包含色差)可取決於與模組之光學軸之距離，所以可期望針對各通道個別地設計一補償微光學器件。在任何情況中，可藉由將習知光學模型化技術應用至一特定通道設計及Rx側塊狀成像模組之一特定設計而判定一給定通道特定補償微光學元件之一適當處方。

【0171】 通道特定補償微光學器件可由在相關波長下光學透明之任何材料製成。模製或其他程序可用於塑形微光學器件。在一些實施例中，

用於感測器陣列之全部通道之微光學器件可經製造為具有界定每通道微光學元件且與一單片感測器陣列之其他層組裝之表面特徵(例如，具有局部凸或凹曲率之區)之一單一結構。此外，通道特定微光學元件之處方可基於塊狀光學器件之任何光學性質進行選擇，不限於色差。使用通道特定微光學元件來補償一塊狀光學器件之焦平面曲率之實例在下文描述。

2.3. 消色差塊狀光學器件

【0172】 在一些實施例中，每通道補償微光學器件可被省略。例如，塊狀光學模組可具有可忽略(或不具有)色差，使得全部相關波長之光聚焦於相同孔徑平面處。一消色差塊狀光學模組對於包含多光譜感測器通道(例如，感測器陣列500)及/或混合感測器通道(例如，感測器陣列600)之感測器陣列以及一些光電感測器安置於孔徑平面中之感測器陣列(例如，感測器陣列900)可為尤其有用的。

【0173】 圖19展示具有將全部色彩聚焦於孔徑平面310中之一消色差塊狀光學模組之一系統中之感測器陣列200之一實例。在此實例中不使用每通道補償微光學器件。針對具有寬通帶之通道(例如，通道206R/206G/206B)，光學濾波器可定位於通道中之任何處。針對偏振通道(未展示)，一或多個偏振光柵可包含於堆疊中(例如，光學濾波器層中)或(若干)下層ASIC光電感測器之一金屬層中。

【0174】 圖20展示具有將全部色彩聚焦於孔徑平面2010中之一消色差塊狀光學模組之一系統中之一感測器陣列2000之另一實例。在此實例中，LIDAR感測器通道2002及周圍光感測器通道2004R、2004G、2004B經製造為並排配置之單獨單片裝置。各感測器通道2002、2004R/2004G/2004B具有定位於相同孔徑平面2010中之一孔徑2012L、

2012R/2012G/2012B。LIDAR感測器通道2002包含準直光學器件2020。周圍光感測器通道2004R/2004G/2004B在此實例中不包含準直光學器件。代替地，非折射光學器件(例如，光導)可用於引導光通過通道至光電感測器2030R、2030G、2030B。針對寬通帶，彩色濾波器可被放置於通道中之任何處。儘管針對具有一單一感測器類型之感測器通道展示，然具有非折射光學器件之通道組態亦可用於多光譜感測器通道(例如，圖5之多光譜感測器通道506)或混合感測器通道(例如，圖6之混合感測器通道602)。

2.4. 用於補償焦平面曲率之微光學器件

【0175】 上文描述之實例假定塊狀光學模組將光(例如，具有一給定波長)聚焦至一(平坦)影像平面上，而無關於光在何處行進通過塊狀光學模組。在上文(例如，圖19及圖20中)展示之實例中，影像平面與孔徑平面重合。

【0176】 在一些實施例中，一塊狀光學模組可將一給定波長之光聚焦至一彎曲表面(被稱為一「彎曲焦平面」)上而非一平坦表面。在此情況中，可採用類似於上文描述之實例之每通道微光學器件以補償彎曲焦平面與各孔徑之位置處之(平坦)孔徑平面之間的一偏移。圖21展示可在一些實施例中使用之用於校正一塊狀光學模組之焦距之每通道微光學器件之一實例。一感測器陣列2100具有配置於一平面中之感測器通道2102之一列。(為簡單繪示而展示一維感測器陣列；將理解，相同原理適用於二維感測器陣列。)一平面孔徑層2104具有孔徑2106，該等孔徑2106經配置使得各孔徑2106將光傳遞至一對應感測器通道2102。在此實例中，塊狀光學模組2108具有一彎曲焦平面，由點線2110表示。在各孔徑2106前方係補償

焦平面2110之曲率之一通道特定微光學元件2112。例如，各通道特定微光學元件2112可具有校正對應孔徑2106之位置與彎曲焦平面2110上之一對應位置之間的偏移之一處方，使得光聚焦至對應孔徑2106中(而非孔徑2106前方或後方)。在此實例中，針對大多數孔徑2106，彎曲焦平面2110上之對應位置在平面孔徑層2104前方，且對應通道特定微光學元件2112具有正聚焦度數。在此實例中，不同通道特定微光學元件2112之聚焦度數之量值隨著與塊狀光學模組2108之光學軸2114之徑向距離r而增加。在其他實例(未展示)中，彎曲焦平面2110可在平面孔徑層2104後方的一些或全部孔徑位置2106處，且任何特定通道特定微光學元件2112可視需要具有正或負聚焦度數。在一些實施例中，塊狀光學模組2108之彎曲焦平面2110可與一或多個感測器通道之孔徑平面重合，且可省略用於此等感測器通道之通道特定微光學元件2112，或可提供具有零聚焦度數之微光學元件。

【0177】 圖22展示具有通道特定微光學元件之一接收(Rx)模組2200之另一實例。Rx模組2200可類似於上文描述之圖15之Rx模組1540且可包含感測器通道類型之任何組合。例如，全部通道2202可為LIDAR感測器通道，全部通道可為周圍光感測器通道，全部通道2202可為混合感測器通道，或可存在不同感測器通道類型之一組合。在此實例中，通道特定微光學元件2204設置於一孔徑平面2206前方以補償塊狀光學模組2208之焦平面之曲率。如在圖21之實例中，通道特定微光學元件2204之處方可依據與光學軸之徑向距離，對應於塊狀光學模組2208之焦平面之曲率。在此實例中，通道特定微光學元件2204具有隨著與光學軸之徑向距離而增加之正聚焦度數；然而，如上文提及，一些或全部通道特定微光學元件

2204可具有負或零聚焦度數。

【0178】 在一些實施例中，校正焦距之通道特定微光學元件可用於LIDAR傳輸器陣列以及感測器陣列中。圖23展示具有通道特定微光學元件之一傳輸(Tx)模組2300之一實例。Tx模組2300可類似於上文描述之圖15之Tx模組1510且可包含發射器通道2302之1D或2D陣列。在此實例中，通道特定微光學元件2304經設置以補償塊狀光學模組2308之焦平面之曲率。如在圖21及圖22之實例中，通道特定微光學元件2304之處方可依據與光學軸之徑向距離，對應於塊狀光學模組2308之焦平面之曲率。

【0179】 此等實例係闡釋性且非限制性。例如，在上文描述之實例中，通道特定微光學元件之處方(聚焦度數)變化以補償塊狀光學器件之焦平面曲率。在其他實施例中，可藉由使用具有相同處方之通道特定微光學元件及通道特定微光學元件與孔徑平面之間的一可變平衡距離而達成一類似每通道補償；平衡距離可係基於與光學軸之徑向距離。亦可使用變化處方及平衡距離之一組合。

【0180】 應理解，補償一塊狀光學模組之焦平面曲率之通道特定微光學元件在除多光譜感測器陣列以外的內容脈絡中亦可為有用的。例如，不包含周圍光感測器通道之一LIADR系統亦可受益於與補償塊狀光學模組之焦平面曲率相關聯之更清晰成像。通道特定微光學元件可取決於針對各模組提供之塊狀光學器件之性質而被併入至傳輸器模組、接收器模組或兩者中。僅具有周圍光感測器通道之成像系統亦可為有益的，且無需存在一傳輸模組。使用通道特定微光學元件來補償一塊狀光學模組之焦平面曲率可容許減少塊狀光學模組之成本及/或大小，此係因為不具有焦平面曲率之塊狀透鏡系統通常比具有焦平面曲率之塊狀透鏡系統更大且更複雜。

【0181】 在多光譜感測器陣列(例如，上文描述之實例之任一者)或塊狀光學模組展現色差以及焦平面曲率之其他系統之一些實施例中，用於任何給定通道之通道特定微光學元件可經設計以補償兩種效應，使得一給定通道之所要波長之光聚焦至孔徑平面上。更一般言之，通道特定微光學元件可具有經設計以補償針對一陣列內之不同位置處之通道具有不同效應之一塊狀光學模組之任何光學性質(或光學特性)之處方。

2.5. 物件空間之均勻取樣

【0182】 本文中描述之類型之感測器陣列可被併入至產生由各包含從不同類型之感測器獲得之資料之多光譜影像像素組成之影像之各種測距/成像系統中。通常可期望此等影像表示感測器系統之視場(亦被稱為「物件空間」)之一均勻取樣。特定言之，可期望界定物件空間中之取樣區域(本文中被稱為「物件空間像素」) (其等可配置成列及行)之一規則「柵格」，且設計感測器系統及其操作以產生影像像素之一柵格，該等影像像素之各者對應於如由感測器陣列中之各感測器類型成像之一單一物件空間像素。在一測距/成像系統之一些實施例中，塊狀光學器件經設計以支援物件空間之此均勻取樣。

2.5.1. 用於靜態系統之光學器件

【0183】 在一些實施例中，上文描述之類型之多光譜感測器陣列可用於一「靜態」測距/成像系統中。此一系統併入一2D感測器陣列(例如，上文描述之感測器陣列600或感測器陣列900)且在不移動陣列的情況下獲取感測器陣列之表面上方之一影像，如下文描述。此一系統中之一影像像素可對應於一混合感測器通道(例如，混合感測器通道602)或一多光譜像素(例如，多光譜像素1020)。此等陣列可對物件空間進行均勻取樣，只要

塊狀成像光學器件不具有局部失真。在一些實施例中，可期望使用一平場焦距失真輪廓，使得光聚焦至孔徑平面上遍及整個陣列。

2.5.2. 用於掃描系統之光學器件

【0184】 在一些實施例中，上文描述之類型之多光譜感測器陣列可在一角度掃描或旋轉模式中使用，使得一感測器陣列之一列中之不同感測器通道使視場中之一特定區連續成像(即，感測來自該特定區之光子)。掃描操作之實例在下文描述。出於此描述之目的，假定在一掃描操作期間，感測器系統繞橫向於列之一軸旋轉且在感測器系統旋轉過不同角度時操作感測器通道。(應理解，掃描行為亦可在不移動感測器陣列的情況下達成，例如藉由使用一MEMS鏡以在不同時間將來自物件空間之不同區域之光反射至陣列上。)亦假定感測器陣列及塊狀光學模組在感測器系統中保持彼此固定之關係，使得一給定感測器通道具有與塊狀成像光學器件之光學軸之一固定空間關係且「透視」塊狀光學模組之相同部分，而無關於系統在空間中之定向。

【0185】 為簡化影像分析，通常可期望一掃描感測器系統對物件空間進行均勻取樣。在此內容脈絡中，物件空間像素之柵格被視為配置有沿掃描方向之列及在橫向於掃描方向之方向上之行。在掃描方向上，可期望相同列中之不同感測器通道(例如，圖2之感測器陣列202之相同列204中之全部感測器通道)在感測器陣列旋轉時對相同物件空間像素進行取樣(在稍微不同時間)。此可部分藉由協調取樣間隔時間與感測器陣列之旋轉而達成，如下文描述。然而，避免歸因於不同感測器通道之位置相對於塊狀光學模組之光學軸之差異而導致之指向誤差亦為重要的。因此，在一些實施例中，與一掃描感測器系統中之一感測器陣列一起使用之塊狀光學模組經

設計以在掃描方向及非掃描方向兩者上提供均勻取樣。

【0186】 圖24A及圖24B係展示使用一感測器陣列之一掃描系統中之可能指向誤差之簡化概念圖解。圖24A展示具有均勻隔開之感測器通道2402a至2402d之一感測器陣列2400之一列，該等感測器通道2402a至2402d可對應於例如圖2之感測器陣列200之一列204中之感測器通道。各感測器通道具有穿過一塊狀光學器件2410之一通道視場，如由虛線指示。均勻隔開之物件空間像素(由橢圓形2404a至2404d指示)與感測器通道2402a至2402d之通道視場對準。圖24B展示旋轉過一角度之後，使得感測器通道2402a近似指向物件空間像素2404b的感測器陣列2400。感測器通道2402b指向物件空間像素2404c之左側，且感測器通道2402c近似指向物件空間像素2404d。

【0187】 如圖24B中可見，存在指向誤差。例如，感測器通道2402b之視場未指向物件空間像素2404c，且感測器通道2402c之視場未與物件空間像素2404d精確對準。術語「像素內指向誤差」在本文中用於指標稱地指向相同物件空間像素之感測器通道之間的視場之差異。(此等差異相對於物件空間像素在「像素內」。)在一些實施例中，在收集多光譜像素資料時可期望控制像素內指向誤差。

【0188】 除像素內指向誤差以外，一感測器系統亦可具有「像素間指向誤差」，其係指列(掃描)方向或行(非掃描)方向上之物件空間像素之間的非均勻間隔。在一掃描感測器系統中，掃描方向上之像素間隔之均勻性可藉由相對於感測器系統之旋轉角度控制快門時間間隔(例如，如下文描述)且藉由限制像素內指向誤差而達成。在非掃描方向上，可期望沿一行之物件空間像素被均勻隔開且物件空間中之行映射至影像空間中之行。在

此方面，亦應注意，一些感測器陣列(例如，感測器陣列200)可包含交錯感測器通道(例如，LIDAR通道202)之一集合。在此情況中，可藉由掃描陣列且控制快門時間間隔以產生一行對準而使物件空間像素之一單一行成像。例如，在感測器陣列200之情況中，影像之一行可具有十六個像素，即使十六個感測器通道202未在感測器陣列200上之一行中對準亦如此。

【0189】 所要成像行為在一些實施例中藉由提供具有一焦距失真輪廓之一塊狀光學模組而達成，其中一光線之位移與光線之入射角(θ)之切線之改變呈線性關係。具有此類型之焦距失真輪廓之透鏡(或透鏡系統)通常被稱為「F tan θ」透鏡(表示影像平面處之位移距離係tan θ之一線性函數)或「平場」透鏡。針對小角度θ，一F tan θ透鏡具有一光線在影像平面(即，感測器陣列)上之位移與光線之入射角(θ)之改變呈近似線性關係之性質。在掃描方向上，此提供減少像素內指向誤差之所要行為。在非掃描方向上，此提供以一均勻節距隔開之感測器列之物件空間中之均勻取樣且亦容許物件空間像素之行映射至影像空間像素之行，即使感測器以一交錯方式配置亦如此。

【0190】 圖25繪示使用一F tan θ塊狀光學模組之一成像系統之一實例。影像平面2502包含分離達一均勻距離p (本文中亦被稱為「線性節距」)之感測器2504a至2504g之一列。感測器2504a至2504g可為例如上文描述之多光譜感測器陣列之任一者中之感測器通道之一列(或一列之一部分)或偵測來自一給定方向之光子之其他感測器。一塊狀光學模組2506定位於影像平面2502上方之一距離f處，其中f係塊狀光學模組2506之焦距。在此實例中，塊狀光學模組2506表示為一單一雙凸透鏡；然而，應理解，可使用其他透鏡或多透鏡系統。

【0191】 塊狀光學模組2506可經設計以將來自一視場(或物件空間)之光聚焦至影像平面2502上。例如，光線2520a至2520g指示用於感測器2504a至2504g之主光線。(應理解，未展示光通過塊狀光學模組2506之實際路徑。)

【0192】 塊狀光學模組2506具有一F tan θ焦距失真輪廓。(熟習此項技術者將理解如何產生具有此輪廓之塊狀光學模組，且省略一詳細說明。)因此，至少針對小角度，一光線之入射角之一均勻改變導致其中折射光線與影像平面交叉之點移位達一均勻距離，而無關於原始入射角。例如，針對光線2520a、2520b，入射角之差異係α，且光線2520a、2520b在影像平面處分離達線性節距p。光線2520b、2520c亦具有入射角之差異α，且對應折射光線2520b、2520c亦在影像平面處分離達線性節距p。因此，若影像平面2502及塊狀光學模組2506共同旋轉過一角度α，則源自點2530a之光線2520a將變為感測器2504b之(近似)主光線而源自點2530b之光線2520b將變為感測器2504c之(近似)主光線等。對應於影像平面處之線性節距p之旋轉角度α在本文中被稱為掃描系統之「角節距」，且基於感測器節距p及塊狀光學模組之性質判定α之值。在塊狀光學模組提供一角節距α，使得透過角度α掃描系統導致入射光線移位達一個線性節距單位p之掃描測距/成像系統中，一列中之不同感測器通道可藉由在一時間步驟序列獲取影像而使視場之相同部分成像，其中感測器陣列在各時間步驟旋轉達角節距α(或旋轉過一較小角度，使得α係掃描節距之一整數倍)。此類型之掃描操作之實例在下文更詳細描述。

【0193】 使用一F tan θ透鏡可將像素內指向誤差減少至一可忽略位準，其中「可忽略」可基於一感測器通道之視場之大小而量化。圖26展示

可在掃描系統之一些實施例中量化且約束之像素內指向誤差之一實例。圓形2602表示一物件空間像素之標稱位置；點2604係圓形2602之中心。圓形2612 (虛線)表示一特定感測器通道在標稱地指向圓形2602之方向時所取樣之視場。如可見，圓形2612之中心點2614從物件空間像素2602之中心2604偏移達一偏移ε。此偏移可用於量化像素內指向誤差。在一些實施例中，若一感測器列中之任何給定感測器通道之偏移ε小於通道視場之直徑之50%，則像素內指向誤差被視為可忽略的。在其他實施例中，使用一更嚴格定義，例如像素內指向誤差小於通道視場之直徑之10%。可例如藉由使一測試圖案成像而判定一給定感測器系統是否滿足此約束。亦可使用其他定義。

【0194】 用於一掃描感測器系統之塊狀光學器件亦可在非掃描方向上具有一F tan θ焦距失真輪廓。因此，在圖25中展示之實例中，感測器2504a至2504g亦可被理解為對應於上文描述之多光譜感測器陣列之任一者中之感測器通道之一行(或一行之一部分)。在感測器通道(例如，圖2中之LIDAR感測器通道202)之一些或全部行交錯的情況下，在兩個方向上具有一F tan θ焦距失真輪廓之一塊狀光學器件可容許交錯感測器通道行經由一掃描操作對物件空間像素之一均勻隔開行進行取樣且容許相同列中之不同感測器通道具有可忽略的像素內指向誤差。

【0195】 應注意，一F tan θ塊狀光學模組在除多光譜感測器陣列以外的內容脈絡中亦可為有用的。例如，一掃描LIDAR感測器陣列可包含配置成行之交錯LIDAR通道之一陣列，該陣列可在一掃描/旋轉模式中操作以使一視場成像。此等系統之實例在例如2017年8月24日申請之美國專利申請案第15/685,384號(發佈為美國專利申請公開案第2018/0059222號)

中描述，該案之全部揭示內容以引用的方式併入本文中。一F tan θ塊狀光學模組可用於提供由定位於交錯陣列中之不同行中之感測器通道成像之物件空間像素彼此垂直地(即，在影像空間中之行方向上)對準及/或提供沿該等行之取樣位置之均勻間隔。

【0196】 應理解，用於一感測器陣列(多光譜或僅LIDAR)之一塊狀光學模組無需具有一F tan θ焦距失真輪廓或任何其他特定焦距失真輪廓。例如，在一些雷射掃描系統中使用之透鏡具有一焦距失真輪廓，使得位移係θ (而非tan(θ))之一線性函數；此等透鏡有時被稱為「F θ」透鏡。針對小入射角θ，tan(θ)約等於θ，且一F θ透鏡可提供近似所要行為。因此，在一些實施例中，塊狀光學器件可具有一F θ焦距失真輪廓。此外，掃描方向及非掃描方向上之焦距失真輪廓無需係相同的。

【0197】 在一些實施例中，由一感測器陣列之不同感測器取樣之區之大小或位置之非均勻性可被考量用於使用影像處理技術。例如，影像處理演算法可解譯具有魚眼失真或類似物之影像，只要塊狀光學器件之失真輪廓不經受局部偏差(例如，高頻雜訊)。

【0198】 替代地，感測器通道可配置於一非均勻陣列而非一直線陣列中，依補償塊狀光學器件之失真輪廓之一圖案，使得達成物件空間之均勻取樣及一致指向行為。例如，圖27展示補償桶形失真之一非均勻陣列圖案2750。感測器通道可被放置於例如頂點2752處。(一些頂點2752被突顯為紅點，但應理解，感測器通道可被放置於任何頂點2752處)。在此實例中，相鄰感測器通道之間的間隔朝向陣列之中心增加。圖28展示補償針墊失真之一非均勻陣列圖案2860。感測器通道可被放置於例如頂點2862處。在此實例中，相鄰感測器通道之間的間隔朝向陣列之中心減小。

【0199】 更一般言之，基於一特定塊狀光學器件之設計，可映射影像平面中之失真輪廓，且感測器通道可被不均勻地放置，使得取樣密度在物件空間中係均勻的。(應注意，此技術可使感測器陣列之設計及製造複雜化且可需要感測器陣列針對一特定塊狀光學器件調適。)

【0200】 此外，在一些實施例中，可針對不同感測器通道個別地控制快門時間間隔，使得不同感測器通道可在不同時間開始及結束針對一給定像素之資料收集。個別快門控制可用於補償沿掃描方向之特定通道之像素內指向誤差。(應注意，此可使感測器電子器件之設計複雜化。)

2.5.3 用於光柵掃描系統之光學器件

【0201】 在一些實施例中，上文描述之類型之多光譜感測器陣列可在一光柵掃描模式中使用。在一光柵掃描模式中，具有相對小數目個感測器通道之一感測器陣列可在兩個方向上掃描視場以產生具有大於感測器通道數目之像素數目之一影像。為方便起見，掃描方向在本文中被稱為「水平」及「垂直」；然而，熟習此項技術者將理解，一光柵掃描之空間定向係任意的。光柵掃描可用包含混合感測器通道(例如，感測器陣列600)或多光譜像素(例如，感測器陣列900)之一2D陣列之一感測器陣列執行或用亦在一逐行方向上掃描之一基於列之掃描感測器陣列(例如，感測器陣列200)執行。

【0202】 圖29展示根據本發明之一實施例之使用一感測器陣列之光柵掃描之一實例。感測器陣列2900包含配置於一規則感測器柵格中之數個感測器通道2902。在此實例中，感測器柵格係3x3；然而，尺寸可視需要變化。感測器通道2902可包含上文描述之感測器通道類型之任一者。箭頭2904指示感測器陣列2900之一運動路徑。如指示，感測器陣列2900

可沿一水平線向右移動通過一視場2920內之一連串成像位置，包含位置2912及2914。在各成像位置處，感測器通道2902可經操作以捕獲一影像。在水平線結束處(位置2914)，感測器陣列2900可基於感測器陣列2900中之列之數目而向下移位例如達一節距距離至位置2916以捕獲下一影像。感測器陣列2900可接著向左移動且捕獲下一水平線之影像。所捕獲影像可累積於覆蓋整個視場2920之一較大影像中。

【0203】 感測器陣列2900可為例如上文描述之多光譜感測器陣列之任一者。若感測器陣列2900係一2D陣列(例如，感測器陣列600或感測器陣列900)，則感測器陣列2900在沿一水平掃描線之連續影像之間移動之距離可係基於陣列之水平大小以提供如圖29中展示之均勻、非重疊樣本。若感測器陣列2900係一基於列之陣列且該等列沿水平掃描線定向，則沿一水平掃描線之連續影像之間的距離可等於通道節距，從而容許感測器陣列之相同列中之不同感測器使相同物件空間像素成像。可基於陣列中之列之數目判定掃描線之間的垂直位移。

【0204】 一光柵掃描之運動圖案可與圖29中展示之圖案不同。例如，可使用一「水平回掃」圖案，其中在一水平掃描線結束處，感測器陣列2900返回至左端且向下移位至下一水平掃描線，使得使用相同行進方向捕獲各水平掃描線之影像。作為另一實例，針對一基於列之感測器陣列，列可定向在垂直方向上，且水平掃描線之間的垂直距離可等於一列內之通道節距。(如上文提及，「垂直」及「水平」係任意的。)光柵掃描可藉由在兩個維度中實體地移動陣列或藉由提供具有可依一光柵圖案操控光之一傾斜鏡之一光學系統而實施。

【0205】 一光柵掃描系統之一些實施例可包含感測器陣列2900及支

援視場2920之均勻取樣之一塊狀光學模組。若塊狀光學模組引入一全域失真(例如，桶形失真或針墊失真)，則視場2920之所得影像將被均勻地取樣。藉由繪示，圖30展示可由使用具有展現針墊失真之一塊狀光學器件之一感測器陣列之光柵掃描導致之一非均勻取樣圖案。各柵格3001至3006表示用感測器在光柵圖案中之一不同位置處成像之位置。如可見，失真經受局部偏差。此類型之局部失真圖案可為後續影像處理及分析產生顯著困難(遠多於全域針墊失真)。

【0206】 如上文描述，使用具有F tan θ焦距失真輪廓之一塊狀光學模組可提供遍及一感測器陣列之均勻取樣。因此，一F tan θ塊狀光學模組可用於一光柵掃描系統中。替代地，用於一光柵掃描系統之一感測器陣列之感測器通道可經配置以補償塊狀光學模組之失真輪廓，例如，如上文參考圖27及圖28描述。

【0207】 應理解，光學元件及光學模組之前述實例係闡釋性的且變化及修改係可行的。此外，結合一種類型之感測器陣列展示之光學元件亦可與其他類型之感測器陣列一起使用。例如，消色差塊狀光學模組可用於基於列(或1D)及2D多光譜感測器陣列兩者中。一消色差塊狀光學模組可視需要具有一F tan θ焦距失真輪廓、一F θ焦距失真輪廓或一不同輪廓。同樣地，具有色差之一塊狀光學模組可視需要具有一F tan θ焦距失真輪廓、一F θ焦距失真輪廓或一不同輪廓。如上文提及，消色差塊狀光學器件可期望用於包含多光譜感測器通道及/或混合感測器通道之感測器陣列；然而，此並非必要的。

3. 具有多光譜感測器陣列之測距/成像系統

【0208】 上文描述之類型之多光譜感測器陣列可被併入至提供一視

場之多光譜影像(例如，彩色影像、吸收影像、偏振影像及/或從周圍光感測器通道提取之其他影像)之測距/成像系統中，該等多光譜影像本質上彼此配準且具有深度資訊(例如，從多光譜感測器陣列中之LIDAR感測器通道提取)。一多光譜測距/成像系統之特定實施方案部分取決於特定多光譜感測器陣列。出於繪示之目的，將描述兩種類型之測距/成像系統。一第一類型(本文中被稱為一「角掃描」(有時亦被稱為「旋轉」或「自旋」))測距/成像系統旋轉感測器陣列(及其相關聯光學器件)以在不同時間指向視場之不同部分或使用可控光學器件(例如，MEMS電流計)來在不同時間將來自視場之不同部分之光引導至陣列上。在任一情況中，一角掃描系統容許相同陣列上之不同感測器通道(例如，圖2之感測器陣列200之一列中之不同感測器)在不同時間使視場內之一給定區域成像(偵測來自該給定區域之光子)。一第二類型(本文中被稱為一「靜態」(或「固態」))測距/成像系統使用一2D多光譜感測器陣列，該2D多光譜感測器陣列可在不移動感測器陣列的情況下在多個通道中使一視場成像。

3.1. 角掃描測距/成像系統

【0209】 圖31A展示併入如本文中描述之一感測器陣列之一角掃描(例如，旋轉或自旋)成像/LIDAR系統3100之一汽車應用之一實例。本文僅為繪示起見而選擇汽車應用，且可在其他類型之載具(例如船、飛機、列車等)以及在空間及時間上與光譜影像配準之3D深度影像係有用之多種其他應用(諸如醫療成像、大地測量(geodesy)、空間資訊(geomatics)、考古學、地理學、地質學、地形學、地震學、林學、大氣物理學、雷射導引、空中雷射條帶測繪(ALSM)及雷射測高術)中採用本文中描述之感測器。根據一些實施例，掃描成像/LIDAR系統3100可安裝於一車輛3105之

車頂上，如展示。在其他實施例中，一或多個LIDAR及/或成像感測器可安裝於一車輛之其他位置上，包含(但不限於)車輛之前方或後方、車輛之側及/或車輛之邊角。

【0210】 圖31A中展示之掃描成像/LIDAR系統3100可併入用於發射雷射脈衝之一光源模組3102 (諸如圖15之傳輸模組1510)及/或光感測模組3104 (諸如圖15之接收模組1540)，該光感測模組3104可併入包含LIDAR感測器通道及周圍光感測器通道(例如，上文描述之多光譜感測器陣列之任一者)兩者之一感測器陣列。在一些實施例中，光傳輸模組3102可安置於與光感測模組3104相同之外殼中。

【0211】 掃描成像/LIDAR系統3100可採用一掃描架構，其中LIDAR光傳輸模組3102及光感測模組3104之定向可在車輛3105外部之一外場或場景內之一或多個視場3110 (例如，在一些實施例中，一360度場)周圍掃描。在掃描架構之情況中，所發射光3112可掃描遍及周圍環境，如展示。例如，定位於掃描成像/LIDAR系統3100中之一或多個光源(諸如紅外線或近紅外線脈衝IR雷射，未展示)之(若干)輸出光束可掃描(例如，旋轉)以照明車輛周圍之一場景。在一些實施例中，可藉由機械手段(例如，藉由將光發射器及感測器安裝至一旋轉柱或平台)來實施掃描(由旋轉箭頭3115表示)。在一些實施例中，可透過其他機械手段(諸如透過使用電流計)來實施掃描。亦可例如藉由使用採用一或多個基於MEMS之反射器(例如，諸如一數位微鏡(DMD)裝置、一數位光處理(DLP)裝置及類似物)的微晶片而採用基於晶片之操控技術。針對發射器，此等鏡子系統可經控制以在不同時間將光引導至視場之不同部分上，且針對感測器，此等鏡子系統可經控制以在不同時間將來自視場之光引導至感測器陣列之不同部分

上。在一些實施例中，可透過非機械手段(例如，藉由使用電子信號來操控一或多個光學相控陣列)實現掃描。

【0212】 場景內之物件(例如，物件3110)可反射從LIDAR光源發射之光脈衝之部分。一或多個反射部分接著行進回至成像/LIDAR系統且可由偵測器電路偵測。例如，可由光感測器模組3104偵測反射部分3114。另外，周圍光3116可進入偵測器電路3104。

【0213】 圖31B係展示根據一些實施例之掃描成像/LIDAR系統3100之結構之一簡化實例之一側視圖。掃描成像/LIDAR系統3100可包含可安裝至例如汽車3105之車頂之一固定基座3120。固持發射器模組(Tx) 3102及光感測器模組(Rx) 3104之旋轉外殼3122可旋轉地耦合至固定基座3120。

【0214】 圖32繪示根據一些實施例之一旋轉成像/LIDAR系統3200(例如，實施圖31之掃描成像/LIDAR系統3100)之一方塊圖。旋轉成像/LIDAR系統3200可視情況採用具有無線資料及電力傳輸及接收能力之一旋轉致動器。在一些實施例中，旋轉致動器包含整合至一旋轉電路板之一表面上之一轉子及整合至一固定電路板之一表面上之一定子且兩個板總成配備有無線電力及資料傳送能力。

【0215】 圖32中展示之旋轉成像/LIDAR系統3200包含兩個主要模組：一光測距/成像(R/I)裝置3220及一旋轉致動器3215。另外，旋轉成像/LIDAR系統3200可與使用者介面硬體及軟體3205之一或多個例示互動。使用者介面硬體及軟體3205之不同例示可變化且可包含例如：具有一監視器、鍵盤、滑鼠、CPU及記憶體之一電腦系統；一汽車中之一觸控螢幕；具有一觸控螢幕之一手持式裝置；或任何其他適當使用者介面。使用

者介面硬體及軟體3205可在其上安裝旋轉成像/LIDAR系統3200之物件本端，但亦可為一遠端操作系統。例如，可透過一蜂巢式網路(LTE等)、一個人區域網路(藍芽、Zigbee等)、一區域網路(WiFi、IR等)或一廣域網路(諸如網際網路)路由至/來自旋轉成像/LIDAR系統3200之命令及資料。

【0216】 使用者介面硬體及軟體3205可將來自裝置之LIDAR資料呈現給使用者及/或容許一使用者或一上層程式用一或多個命令控制旋轉成像/LIDAR系統3200。例示性命令可包含啟動或撤銷啟動成像/LIDAR系統、指定光偵測器曝光位準、偏壓、取樣持續時間及其他操作參數(例如，用於所發射脈衝型樣及信號處理)、指定光發射器參數(諸如亮度)之命令。另外，命令可容許使用者或一上層程式選擇用於顯示或解譯結果之方法。使用者介面可顯示成像/LIDAR系統結果，該等結果可包含例如一單圖框快照影像、一不斷更新的視訊影像及/或一些或全部像素之其他光量測之一顯示。LIDAR像素之其他光量測之實例包含周圍雜訊強度、返回信號強度、經校準目標反射率、目標分類(硬目標、漫射目標、復歸反射目標)、範圍、信雜比、目標徑向速度、返回信號時間脈衝寬度及類似物。在一些實施例中，使用者介面硬體及軟體3205可追蹤物件與車輛之距離(近接度)及/或分析從周圍光感測器通道判定之視覺特徵。基於視覺特徵及距離資訊，使用者介面硬體及軟體可例如識別及追蹤視場中之物件且潛在地將警報提供給一駕駛人或提供此追蹤資訊用於分析一駕駛人之表現。

【0217】 在一些實施例中，成像/LIDAR系統可與一車輛控制單元3210通信且可基於所接收LIDAR及/或周圍光資料修改與一車輛之控制相關聯之一或多個參數。例如，在一全自動駕駛車輛中，成像/LIDAR系統

可提供圍繞汽車之環境之一即時3D高光譜影像以協助導航。在其他情況中，成像/LIDAR系統可被採用作為一先進駕駛人輔助系統(ADAS)之部分或作為一安全系統之部分，例如，其可將3D高光譜影像資料提供至任何數目個不同系統(例如適應性巡航控制、自動停車、駕駛人困倦監視、盲點監視、碰撞閃避系統等)。當一車輛控制單元3210可通信地耦合至光測距/成像裝置3220時，可將警報提供給一駕駛人或可追蹤及/或顯示一物件之近接度。

【0218】 光測距/成像裝置3220包含光感測模組3230、光傳輸模組3240及光測距/成像系統控制器3250。光感測模組3230可類似於上文描述之光感測模組1540且可包含一感測器陣列，諸如圖2之感測器陣列200或圖4之感測器陣列400。光傳輸模組3240可類似於上文描述之光傳輸模組1510。旋轉致動器3215包含至少兩個電路板總成：一下電路板總成3260(本文中亦被稱為一基座子系統)及一上電路板總成3280 (本文中亦被稱為一轉座子系統)。下電路板總成3260可機械地安裝至一殼體或外殼(未展示)之一固定部分，而上電路板總成3280繞一旋轉軸自由旋轉，該旋轉軸通常由亦(直接或間接)安裝至殼體之一軸件(圖32中未表示)界定。光測距/成像裝置3220可機械地附接至可旋轉上電路板總成3280且因此在外殼內自由旋轉。

【0219】 雖然圖32展示光測距/成像裝置3220及旋轉致動器3215內之一個特定組件配置，但在一些實施例中，某些組件可整合至與展示不同之一個或另一模組中。作為一個實例，測距/成像系統控制器3250 (其可為例如一FPGA、ASIC或一更通用運算裝置，類似一嵌入式系統或系統單晶片(SOC))可直接安裝(例如，焊接)至一印刷電路板(其係上電路板總成

3280之部分)。換言之，在一些實施例中，旋轉致動器之部分可整合於光測距/成像裝置3220內且反之亦然。

【0220】 旋轉致動器3215包含整合至下電路板總成3260及上電路板總成3280之一或多個印刷電路板上之數個不同系統。例如，旋轉致動器3215可包含一無刷電動馬達總成、一光學通信子系統、一無線電力傳輸子系統及一基座控制器。此等系統由協作電路元件對形成，其中各對包含下電路板總成3260上之一或多個電路元件，該一或多個電路元件與上電路板總成3280上之一或多個電路元件協作地操作(例如，具有與上電路板總成3280上之一或多個電路元件互補之一功能)。互補功能包含例如電力及/或資料通信信號之傳輸(Tx)及接收(Rx)，如下文更詳細描述。

【0221】 無刷電動馬達總成包含整合至下電路板總成3260之一印刷電路板上之一定子總成3262及整合至上電路板總成3280之一印刷電路板上之一轉子總成3282。由源自一馬達驅動器電路3264之一驅動信號(例如，三相驅動電流)驅動轉子總成3282之旋轉。在一些實施例中，一或多個馬達控制線將馬達驅動器電路連接至定子總成3262之線圈以容許將驅動信號被提供至馬達定子。此外，馬達驅動器電路3264可電連接至一基座控制器3266，使得基座控制器3266可控制轉子總成之旋轉速率及因此光測距/成像裝置3220之旋轉速率(即，圖框速率)。

【0222】 在一些實施例中，轉子總成3282可按10 Hz至30 Hz之間的一速率旋轉。在一些實施例中，轉子總成3282可為包含附接至上電路板總成之一電路板之一系列永久磁體之一被動裝置。此等永久磁體被由定子總成之線圈產生之一電磁力(例如，一磁力)吸引或排斥以驅動上電路板總成3280相對於下電路板總成3260之旋轉。上電路板總成3280之旋轉定向

可由一旋轉編碼器接收器3294追蹤，該旋轉編碼器接收器3294可藉由偵測旋轉編碼器3274上之一或多個特徵之通過而追蹤上電路板總成之角位置。可採用各種不同旋轉編碼器技術。在一些實施例中，旋轉編碼器3274直接整合至下電路板總成3260之一電路板之一表面上。

【0223】 旋轉致動器3215亦可包含一無線電力系統，該無線電力系統包含呈在本文中被稱為一旋轉變壓器之一組態之一無線電力傳輸器3272及一無線電力接收器3292。從傳輸器3272傳輸至無線電力接收器3292之電力可被光測距/成像裝置3220及/或轉座/上電路板總成上需要電力之任何電路消耗。在一些實施例中，透過無線電力接收器3292提供光測距/成像裝置3220所需之全部電力且因此無需一旋轉電動耦合器(諸如一基於滑環或水銀之裝置)，藉此增加可靠性且減小整個系統之成本。

【0224】 旋轉致動器3210亦可包含一光學通信子系統，該光學通信子系統包含用於旋轉致動器3215與光測距/成像裝置3220之間(或至/來自機械地連接至旋轉致動器3215之上電路板總成3280之任何其他裝置或系統)的雙向非接觸資料傳輸之數個光學傳輸器(例如，光學傳輸器3278及3296)及數個光學接收器(例如，光學接收器3276及3298)。更特定言之，光學通信子系統可包含附接至(例如，焊接至)下電路板總成3260 (其係成像/LIDAR系統3200之固定基座之部分)之基座光學通信組件之一集合且可包含附接至(例如，焊接至)旋轉上電路板總成3280 (其係成像/LIDAR系統3200之旋轉轉座之部分)之轉座光學通信組件之一集合。此等光學通信組件提供用於將光學信號(包含控制信號)提供至光測距/成像裝置3220之一上行鏈路資料通道且亦提供用於將來自光測距/成像裝置3220之光學信號(包含測距及操作資料)提供至基座控制器3266、使用者介面硬體及軟體

3205及/或車輛控制單元3210之一下行鏈路資料通道。

【0225】 可在光學下行鏈路傳輸器3296與光學下行鏈路接收器3276之間產生從上電路板總成3260至下電路板總成3280之一下行鏈路光學通信通道。光測距/成像裝置3220可直接連接至上電路板總成3280且因此可存取下行鏈路光學通信通道以將測距及操作資料向下傳遞至下電路板總成3260以供進一步使用。在一些實施例中，經由光學下行鏈路在光學信號中向下傳遞之資料可包含場中之個別點(像素)之範圍資料(或可能一單一像素及角度之多個範圍，例如在霧/雨期間、在透過玻璃窗觀看時等)、方位角及天頂角資料、返回之信雜比(SNR)或信號強度、目標反射率、來自各像素視場之周圍近IR (NIR)位準、來自光測距/成像裝置之診斷操作資訊(諸如溫度、電壓位準等)。另外，來自連接至旋轉致動器之上電路板3280之任何其他系統之資料可透過光學下行鏈路向下傳遞。例如，來自高速RGB或熱攝影機、線掃描攝影機及類似物之資料。

【0226】 可在光學上行鏈路傳輸器3278與光學上行鏈路接收器3298之間產生來自下電路板總成3260之一上行鏈路光學通信通道。在一些實施例中，來自基座控制器3266之控制信號可經由光學上行鏈路通信通道被傳遞至光測距/成像裝置3220。例如，在一些實施例中，基座控制器3266可監測裝置中之各種溫度(如從下行鏈路通道接收)且在一過熱條件之情況中可經由上行鏈路通道將一緊急關閉信號發送至光測距/成像裝置3220。在一些實施例中，基座控制器可為一行動電腦，例如採用具有相關聯記憶體及I/O能力之一ARM+FPGA架構(例如，乙太網路及類似物)之一可程式化系統單晶片。

【0227】 可由光測距/成像裝置3220藉由將一或多個光脈衝從光傳

輸模組3240傳輸至圍繞光測距/成像裝置之一視場中之物件而產生測距資料。接著，在某一延遲時間之後，藉由光感測模組3230偵測所傳輸光之反射部分。基於延遲時間(通常被稱為「飛行時間」)，可判定至反射表面之距離。亦可採用其他測距方法，例如連續波、都卜勒(Doppler)及類似物。

【0228】 除測距資料以外，光測距/成像裝置3220亦可基於周圍光產生光強度資料。例如，光感測模組3230可包含調諧至各種波長頻帶之一或多個周圍光感測器通道(例如，如上文描述)，且周圍光感測器通道可經操作以計數在一特定時間間隔(本文中被稱為一「快門時間間隔」)期間偵測到之通道波長頻帶之光子。一特定通道中之光子計數指示該波長頻帶中之光之強度。其他周圍光感測器通道可用於量測周圍光之其他特性，諸如偏振(例如，藉由判定由不同定向之偏振通道偵測到之光子計數之差異)及/或一特定波長之吸收(例如，藉由比較調諧至吸收頻帶之一通道中之光子數目與調諧至包含吸收頻帶之較寬頻帶之另一通道中之光子數目，其中吸收頻帶中之一不足指示吸收)。

【0229】 光傳輸模組3240可包含一發射器陣列3242 (例如，上文描述之發射器陣列1520)及一傳輸(Tx)光學系統3244 (包含例如上文描述之Tx光學模組)。光傳輸模組3240可進一步包含一處理器3246及記憶體3248，但在一些實施例中，此等運算資源可被併入至測距/成像系統控制器3250中。在一些實施例中，可使用一脈衝編碼技術，例如巴克碼(Barker code)及類似物。在此等情況中，記憶體3248可儲存指示何時應傳輸光之脈衝碼。在一項實施例中，將脈衝碼儲存為儲存於記憶體中之一整數序列。

【0230】 光感測模組3230可包含一感測器陣列3232及一接收器(Rx)光學系統3234。感測器陣列3232可為例如感測器陣列200或感測器陣列400 (或類似感測器陣列)之一實施方案且可包含併入如上文描述之LIDAR感測器通道(或其他測距感測器通道)及周圍光感測器通道兩者之感測器通道之列。

【0231】 如上文提及，處理器3236及記憶體3238 (例如，SRAM)可執行信號處理。作為一測距感測器通道之信號處理之一實例，針對各光電感測器或光電感測器群組，光感測模組3230之記憶體3238可在連續時間格內累積所偵測光子之計數且此等時間格一起可用於重新產生反射光脈衝之一時間序列(即，光子計數對時間)。彙總光子計數之此時間序列在本文中被稱為一強度直方圖(或僅稱為直方圖)。另外，處理器3236可應用某些信號處理技術，諸如匹配濾波以幫助恢復較不易具有可歸因於SPAD飽和及淬熄而發生之脈衝形狀失真的一光子時間序列。作為一周圍光感測器通道之信號處理之一實例，針對各光電感測器或光電感測器群組，光感測模組3230之記憶體3238可在一單一時間間隔(本文中被稱為一「快門時間間隔」)內累積所偵測光子之計數。快門時間間隔可為例如與用於建構測距感測器通道之強度直方圖之時間格之彙總長度同樣長，或其可為一更長或更短時間間隔。由一特定周圍光感測器通道在一快門時間間隔期間累積之光子計數可指示由該周圍光感測器通道接收之光之強度。在一些實施例中，處理器3236可應用信號處理技術(例如，基於校準之校正)以減少雜訊及/或補償強度量測中之通道間變化。在一些實施例中，測距/成像系統控制器3250之一或多個組件亦可整合至與感測器陣列3232、處理器3236及記憶體3238相同之ASIC中，藉此免除對一單獨測距控制器模組的需要。

【0232】 在一些實施例中，將來自處理器3236之輸出發送至測距/成像系統控制器3250以供進一步處理。例如，可藉由測距/成像系統控制器3250之一或多個編碼器編碼資料且接著將其作為資料封包經由光學下行鏈路發送至下電路板總成3260。測距/成像系統控制器3250可以多種方式實現，包含例如藉由使用一可程式化邏輯裝置(諸如一FPGA)作為一ASIC或一ASIC之部分、使用一處理器3252與一記憶體3254，及上述之某一組合。測距/成像系統控制器3250可(經由預程式化指令)與基座控制器3266協作或獨立於基座控制器操作以藉由發送包含開始及停止光偵測及調整光偵測器參數之命令而控制光感測模組3230。類似地，測距/成像系統控制器3250可藉由發送命令或中繼來自基座控制器3266之命令而控制光傳輸模組3240，該等命令包含開始及停止光發射控制及可調整其他光發射器參數(諸如發射器溫度控制(用於波長調諧)、發射器驅動電力及/或電壓)之控制。

【0233】 若發射器陣列3242具有多個獨立驅動電路，則可存在可藉由測距/成像系統控制器3250適當定序之多個開/關信號。同樣地，若發射器陣列包含多個溫度控制電路以不同地調諧陣列中之不同發射器，則傳輸器參數可包含多個溫度控制信號。在一些實施例中，測距/成像系統控制器3250具有用於與光感測模組3230及與光傳輸模組3240交換資料之一或多個有線介面或連接器(例如，一電路板上之跡線)。在其他實施例中，測距/成像系統控制器3220經由諸如一光學通信鏈路之一無線互連與光感測模組3230及光傳輸模組1840通信。

【0234】 雖然已詳細描述一掃描測距/成像系統之一特定實例，但得到本發明之熟習此項技術者將認知，其他實施方案係可行的，包含在兩個

維度中執行光柵掃描之掃描測距/成像系統。光柵掃描機構可包含例如：電動馬達，其等用以在兩個維度中移動感測器陣列(例如，繞一個軸之旋轉移動結合沿或繞一正交軸之線性或旋轉移動)；傾斜鏡系統，其等可繞兩個或兩個以上正交軸旋轉；或感測器陣列及一鏡系統之運動之一組合(例如，光柵掃描機構可在一個方向上移動感測器陣列且移動鏡以提供一正交方向上之掃描)。

3.2. 掃描測距/成像系統之操作

【0235】 在一成像操作之一實例中，光測距/成像裝置3220之旋轉(或其他掃描)可與快門時間間隔(其等可對應於LIDAR主動感測時間間隔)協調，使得視場內之一給定位置由感測器陣列之一列中之各感測器通道連續成像。即，快門時間間隔之間的時間可係基於相鄰影像像素之間的角距離除以成像/LIDAR感測器陣列之旋轉速率。由於感測器通道使空間中之相同點成像(在稍微不同時間)，所以從不同通道獲得之影像之間的配準係固有的，而無需物件識別或點映射演算法。此外，若成像操作之速度足夠快，則可假定連續通道成像之間已發生極小改變，因此影像對應於相同場景。因此，在一些實施例中，一基於列之感測器陣列(諸如感測器陣列200或感測器陣列400)可實現遍及一寬視場(例如，多至360度)之多光譜成像。

【0236】 圖33A及圖33B繪示使用類似於上文描述之感測器陣列200或感測器陣列400之一成像/LIDAR感測器陣列之具有成像通道之間的本質配準之多光譜成像之一實例。圖33A展示待掃描之一視場3300 (例如，一360度場)。出於繪示目的，成像程序之描述將係指視場3300內之一特定影像區3302；然而，相同原理可適用於視場3300之全部部分。

【0237】 圖33B展示在一掃描操作中之連續階段之資料收集過程，其使用一基於列之成像/LIDAR感測器陣列(例如，感測器陣列200、400或500之任一者)產生區3302之本質配準影像之一集合。在此實例中，假定感測器陣列(未明確展示)具有調諧至不同色彩(或波長區)之五個周圍光通道及各感測器列中之一個LIDAR通道。亦假定感測器陣列之一列內之周圍光感測器通道隔開達一均勻線性節距p且針對成像/LIDAR感測器陣列提供之塊狀光學模組具有一F tan θ焦距失真輪廓，使得成像/LIDAR系統旋轉過節距角α將視場近似移位達線性節距p (例如，如上文描述)。

【0238】 在一第一時間(t=1)，針對一第一快門時間間隔操作感測器陣列。各通道收集對應於區3302中之一不同位置(或物件空間像素)之資料，如由代表性彩色點3305指示。例如，由方塊3309指示之物件空間像素由一綠色感測器通道3306G取樣(或成像)。應理解，感測器通道之實際數目可顯著大於圖33B中展示之彩色點3305之數目；例如，可存在五個以上感測器列，且列之密度可顯著高於所展示之密度。

【0239】 在時間t=2，感測器陣列已移動過節距角α，此相對於區3302將各通道向右移位達等於線性節距p之一距離；彩色點3305已向右移位一個節距。在此時，針對一第二快門時間間隔操作感測器陣列，其中物件空間像素3309由一黃色感測器通道3306Y取樣。(針對t=2及隨後，白色點3307指示由對應於一先前快門時間間隔中之一彩色點3305之至少一個感測器通道取樣但當前未由對應於彩色點3305之任一者之一通道取樣之位置。)

【0240】 在時間t=3，感測器陣列已再次移動過相同節距角α，從而將各通道向右移位達另一節距，使得在時間t=3，物件空間像素3309由一

橙色感測器通道3306O取樣。類似地，在時間t=4，物件空間像素3309由一紅色感測器通道3306R取樣。以此方式繼續進行，物件空間像素3309(及區3302中之其他位置)可最終由感測器陣列之一特定列中存在之每一感測器通道(包含LIDAR感測器通道3312)取樣。應理解，通道節距可為小的且每360度旋轉之取樣時間間隔之數目可為大的(例如，每旋轉1024、2048或4096個取樣時間間隔)，從而提供高於圖33B所建議之一影像解析度。物件空間像素之大小及形狀在非掃描方向上由感測器陣列之列之間隔(及視場之大小)判定且在掃描方向上由連續取樣操作之間的角度判定。取決於特定系統設計，物件空間像素可具有一簡單縱橫比(例如，1:1或2:1或類似物)，此可促進影像處理及影像分析。

【0241】 在此實例中，一列內之相鄰周圍光感測器通道具有一均勻節距p，此促進使用不同感測器捕獲之影像之本質配準。如展示，LIDAR感測器通道3302具有大於周圍光感測器通道之均勻節距之一間隔。在一些實施例中，LIDAR感測器通道3312與一列中之相鄰周圍光感測器之間的間隔可為周圍光感測器通道之均勻節距p之整數倍(在實例中，感測器之頂列具有與最近周圍光感測器通道隔開達2p之LIDAR感測器通道3312)，此仍容許LIDAR感測器通道與周圍光感測器通道之間的本質配準。(此在圖33B中展示。)更一般而言，來自一列中之不同感測器通道之資料可本質上配準至視場中之相同位置，只要感測器通道之角節距係連續快門時間間隔之間的角位移(或量測角度)之整數倍，此係針對成像/LIDAR感測器陣列提供之塊狀光學模組具有一F tan θ焦距失真輪廓之情況。在不滿足此條件之實施例中，可執行成像操作，且來自不同感測器通道之資料可用於產生可靠配準之影像(此係由於不同感測器通道之間的空間關係係固定

的)；然而，影像處理可變得更複雜。

【0242】 在一些實施例中，一旋轉測距/成像系統可連續旋轉(例如，按10 Hz至30 Hz之一速率)且可基於當前旋轉角度判定何時開始及停止資料收集。例如，如上文參考圖32描述，旋轉致動器3215可包含旋轉編碼器3274，且旋轉編碼器接收器3294可追蹤上電路板總成3280 (其剛性地連接至感測器陣列3232)之角位置。可界定對應於均勻隔開角位置之M個「量測角度」之一集合ϕ_i (針對i=1,2,...M)，使得針對整數N，$\phi_i-\phi_{i-1}=\alpha/N$ (其中α係感測器陣列之節距角)。在一些實施例中，N=1。量測角度之數目M可被選擇為M=360°/(α/N) (或更一般言之，Θ/(α/N)，其中Θ係感測器陣列在一掃描期間移動過之角度)。在一個實例中，旋轉編碼器3274具有2048個步進，且感測器陣列及塊狀光學模組經設計，使得α=360°/2048。

【0243】 感測器陣列3232可(與光測距/成像裝置3220之其餘者一起)按一均勻角速度連續旋轉，且LIDAR感測器通道可連續產生信號。記憶體3238可在連續時間格內累積所偵測光子之計數，該等計數可用於產生如上文描述之一強度直方圖。一控制器(例如，圖32之R/I系統控制器3250)可接收指示編碼器位置何時對應於量測角度ϕ_i之一者之一信號。此信號(亦被稱為一「標記」信號)標記LIDAR感測器通道之連續量測週期之間的一邊界。回應於此信號，收集於記憶體3238中之直方圖資料可被發送至一數位信號處理器(DSP) (例如，處理器3236)以供分析，此可包含例如將濾波器應用至直方圖資料以判定接收反射LIDAR脈衝之精確時間。回應於相同信號，記憶體3238可開始累積下一直方圖之資料。在一些實施例中，記憶體3238可包含專用於儲存光子計數之兩個(或兩個以上)庫，

且來自替代量測週期之光子計數資料可儲存於替代庫中。

【0244】 在一些實施例中，標記信號亦可用作一觸發器以起始周圍光感測器通道之一快門時間間隔。在快門時間間隔期間，可從在各周圍光感測器通道處接收之信號判定一單一光子計數(跨快門時間間隔累積)。來自各周圍光感測器通道之光子計數可連同來自LIDAR感測器通道之直方圖資料被發送至DSP。快門時間間隔可視需要具有相同於一量測週期之持續時間或一不同(例如，較短)持續時間。在一些實施例中，快門時間間隔可為動態可變的，例如基於周圍光感測器通道之一或多者中之當前亮度級，其中較短快門時間間隔經選擇以避免光電感測器飽和且較長快門時間間隔在低光條件下被選擇。

【0245】 量測期間之連續旋轉可與如上文描述之多光譜感測器陣列一起使用。量測期間之連續旋轉亦可與其他類型之感測器陣列一起使用，諸如包含LIDAR通道之多個行(其等可為交錯的(例如，如圖1中展示)及/或調諧至不同發射頻率)之一僅LIDAR感測器陣列。亦應理解，連續旋轉並非必要的。在一些實施例中，一旋轉測距/成像系統可以一逐步方式旋轉且收集資料，例如旋轉至一第一量測角度，收集一量測週期之資料，接著旋轉至下一量測角度且重複資料收集。

3.3. 具有周圍光通道中之增加解析度之掃描

【0246】 在圖33A及圖33B之實例中，使用一多光譜感測器陣列之一掃描測距/成像系統產生針對全部通道類型具有相同空間解析度之影像。針對一些應用，可期望相對於LIDAR通道之數目增加周圍光感測器通道之空間解析度。現將描述可在掃描方向及非掃描方向兩者上提供周圍光感測器通道之增強(增加)空間解析度之多光譜感測器陣列之實例。

【0247】 圖34展示根據一些實施例之一感測器陣列3400之一簡化正視圖。感測器陣列3400可為類似於上文描述之圖2之感測器陣列200之具有LIDAR感測器通道202之1D感測器陣列，該等LIDAR感測器通道202之各者與包含周圍光感測器通道3406a至3406d之一列3404相關聯。在此實例中，周圍光感測器通道3406a至3406d各具有相同類型之光學濾波器，其可為例如一寬光譜可見光濾波器(例如，具有從約425 nm至約700 nm之一通帶)。可使用各種類型之光學濾波器(例如，偏振濾波器、彩色濾波器等)，且在一些實施例中，周圍光感測器通道3406a至3406d可不具有光學濾波器，在此情況中，可由周圍光感測器通道3406a至3406d偵測之波長範圍由周圍光感測器通道3406a至3406d中之光電感測器之波長範圍判定。周圍光感測器通道3406a至3406d具有不同「子像素」孔徑(由加暗方形3410指示)。應理解，加暗方形3410指示一孔徑平面中之一開口且孔徑平面在與通道3406a至3406d相關聯之區域之其他部分內係不透明的。在此實例中，各子像素孔徑曝露通道區域之一不同象限。

【0248】 在操作中，感測器陣列3400可執行掃描，如上文參考圖33A及圖33B描述。在周圍光感測器通道3406a至3406d掃描遍及一物件空間像素時，各通道3406a至3406d使用相同類型之光學濾波器對一不同「子像素」(即，物件空間像素之總區域之一子集)進行取樣。以此方式，可產生具有LIDAR通道202之解析度之四倍之解析度之一周圍光影像。因此，諸如通道3406a至3406d之周圍光感測器通道亦被稱為「增強解析度」周圍光感測器通道。

【0249】 在圖34之實例中，各周圍光感測器通道3406a接收四分之一的入射光。在其他實施例中，可使用一空間編碼方案以容許更多光進

入，同時仍提供具有子像素解析度之資料。例如，圖35展示根據一些實施例之具有空間編碼子像素孔徑之四個周圍光感測器通道3506a至3506d之一集合。在此實例中，通道3506a之孔徑(加暗區域)曝露整個通道區域，而通道3506b、3506c及3506d之孔徑各遮擋(白色區域)通道區域之一不同象限。來自通道3506a至3506d之強度量測(例如，光子計數) C0至C3可被提供至一算術邏輯電路3520，該算術邏輯電路3520可實施以下方程式以運算一像素3524之子像素(S0、S1、S2、S3)之子像素值：

$$S1 = C0 - C3 \tag{2a}$$

$$S2 = C0 - C2 \tag{2b}$$

$$S3 = C0 - C1 \tag{2c}$$

$$S0 = C0 - (C1 + C2 + C3) = C1 + C2 + C3 - 2C0 \tag{2d}$$

【0250】 圖34及圖35之實例將子像素展示為一通道區域之象限，此使各方向上之影像解析度加倍。其他實施例可提供不同解析度增加。例如，較高解析度可藉由提供具有較小(相對於通道區域)子像素孔徑之更多周圍光通道3406或3506而達成；解析度之上限可係基於以可接受精確性量測強度所需之孔徑大小。在一些實施例中，子像素孔徑經配置，使得子像素形成一方形柵格(例如，如圖34及圖35中展示)，但此並非必要的，且可使用其他取樣圖案(包含矩形而非方形圖案)。此外，雖然圖34及圖35中展示之孔徑係方形或六邊形區(一個邊角處具有方形凹痕)，但此亦並非必要的；亦可使用圓形孔徑或具有其他形狀之孔徑。假定用於子像素取樣之周圍光感測器通道之一群組中之全部周圍光感測器通道具有相同類型之光學濾波器，使得在各資訊處對相同光譜資訊進行取樣且效應係增加取樣之空間解析度。可視需要選擇特定濾波器類型，包含寬光譜濾波器、較窄通

帶濾波器或任何其他類型之光學濾波器。

【0251】 在圖34及圖35之實例中，藉由使用子像素孔徑而在掃描方向及非掃描方向兩者上增加空間解析度。此方法(具有或不具有空間解碼)涉及每子像素使用一個周圍光感測器通道，例如使用四個周圍光感測器通道以提供空間解析度之4倍增強，或使用十六個周圍光感測器通道以提供16倍增強。在其他實施例中，可藉由使用時間細分來增加掃描方向上之取樣解析度，而可藉由使用子像素孔徑來增加非掃描方向上之取樣解析度。此可容許例如四個周圍光感測器通道提供空間解析度之16倍增強。

【0252】 在一些實施例中，可藉由使用多個積分暫存器以累積各周圍光感測器通道之強度資料(例如，光子計數)而提供時間細分，其中不同積分暫存器在一快門時間間隔之不同部分期間在作用中(快門時間間隔在上文參考圖33B描述)。假定感測器陣列在快門時間間隔期間連續旋轉，此具有針對沿由一物件空間像素佔據之區域之掃描方向(為方便起見被稱為「行區域」)之不同部分單獨量測強度之效應。

【0253】 圖36展示根據一些實施例之具有多個積分暫存器3602之一讀出資料路徑之一簡化示意圖。在此實例中，假定用於一特定周圍光感測器通道之一光電感測器3604提供各時間格之資料(例如，一光子計數) (如上文參考圖32描述)，其中時間格短於快門時間間隔。將各時間格之光子計數遞送至一積分暫存器庫3610中之一選定積分暫存器3602，且選定積分暫存器3602將從光電感測器3604接收之光子計數相加至其當前儲存值。由庫選擇邏輯3606提供一選擇信號以選擇積分暫存器3602之一者。

【0254】 在所展示實例中，積分暫存器操作如下：在各時脈循環，由選擇邏輯3606控制一多工器3620以從積分暫存器3602之一當前選定者

讀出一儲存值。將因此選擇之當前值3622遞送至一算術邏輯單元(ALU) 3624，該算術邏輯單元(ALU) 3624亦從光電感測器3604接收一新光子計數。ALU 3624將新光子計數相加至當前值3622且將結果遞送至積分暫存器庫3610。選擇邏輯3606選擇積分暫存器3602之當前者以接收新值。亦可使用其他實施方案。

【0255】 在具有數個(N個)積分暫存器之一掃描測距/成像系統(例如，上文描述之系統3200)之一些實施例中，選擇邏輯3606將快門時間間隔劃分為數目N個子時間間隔(其中各子時間間隔包含一或多個時脈循環)且針對各子時間間隔選擇積分暫存器3602之一不同者，使得各積分暫存器3602累積子時間間隔之一不同時間部分(1/N)之一像素計數。例如，選擇邏輯3606可使用旋轉編碼器3274 (如圖32中展示)來界定子時間間隔，或可基於用作基於一已知掃描速度之位置之一代理之一計時器界定子時間間隔。在快門時間間隔結束時，可讀出各積分暫存器3602以提供每像素之N個強度量測。

【0256】 以此方式在時間上細分各快門時間間隔可增加掃描方向上之取樣解析度。圖37繪示根據一些實施例之使用一車輛3703之多個積分暫存器之周圍光量測。在此實例中，一掃描測距/成像系統3701 (其可為例如上文描述之系統3200之一實施方案)可安裝於車輛3703之頂部上。掃描測距/成像系統3701可經組態以每秒多次(例如，按30 Hz)繞其中心軸旋轉以掃描周圍區域且產生如上文參考圖33B描述之一多光譜影像。

【0257】 在一掃描測距/成像系統提供周圍光感測器通道之時間細分之實施例中，周圍光影像在掃描方向上之空間解析度可基於積分暫存器之數目而增加。在圖37之實例中，一積分暫存器庫3710 (其可類似於上文描

述之積分暫存器庫3610而操作)包含四個積分暫存器3712a至3712d。對應於一快門時間間隔之角旋轉3702之一增量可細分為四個角增量，在該四個角增量之各者期間，所接收光子計數累積於積分暫存器3712a至3712d之一對應者中(如由箭頭3716a、3716b指示)。此使周圍光影像之空間解析度在掃描方向上增加達4倍。

【0258】 亦可期望增加周圍光影像在非掃描方向上之空間解析度。在一些實施例中，具有空間編碼子像素孔徑之多個周圍光感測器通道可用於此目的。圖38A展示根據一些實施例之提供空間編碼子像素孔徑之四個周圍光感測器通道3806a至3806d之一集合。周圍光感測器通道3806a至3806d可用於在掃描方向及非掃描方向兩者上使解析度增加達4倍。在此實例中，周圍光感測器通道3806a之孔徑(陰影區域)曝露總通道區域的四分之一，而周圍光感測器通道3806b至3806d之孔徑各曝露總通道區域之3/16。來自通道3806a至3806d之強度量測(例如，光子計數) C0至C3可被提供至一算術邏輯電路3820，該算術邏輯電路3820可實施以下方程式以運算一像素3824之四個子像素(S0、S1、S2、S3)之子像素值：

$$S0 = C0 - C2 \tag{3a}$$

$$S2 = C0 - C3 \tag{3b}$$

$$S3 = C0 - C1 \tag{3c}$$

$$S1 = C0 - (S1 + S2 + S3) = C2 + C3 + C1 - 2C0 \tag{3d}$$

如針對像素3824展示，四個子像素S0、S1、S2、S3對應於佔據係像素3824之總區域之寬度(在掃描方向上)的四分之一的一行區域中之不同列之四個像素。

【0259】 為將子像素完全填入像素之全部行區域中，如圖37中繪示

之時間細分可用於使一單一周圍光感測器通道能夠在一快門時間間隔期間對不同行區域依序取樣。圖38B展示根據一些實施例之圖38A之周圍光感測器通道3806a之時間細分之效應。在此實例中，快門時間間隔被劃分為四個子時間間隔，如上文參考圖37描述。假定快門時間間隔從t=0持續至t=1。在一第一子時間間隔(開始於t=0)期間，周圍光通道3806a之孔徑曝露至物件空間像素3824之行區域3832a，且量測行區域3832a之強度C00。在一第二子時間間隔(開始於t=0.25)期間，周圍光通道3806a之孔徑曝露至物件空間像素3824之行區域3832b，且量測行區域3832b之強度C01。在一第三子時間間隔(開始於t=0.5)期間，周圍光通道3806a之孔徑曝露至物件空間像素3824之行區域3832c，且量測行區域3832c之強度C02。在一第四子時間間隔(開始於t=0.75)期間，周圍光感測器通道3806a之孔徑曝露至物件空間像素3824之行區域3832d，且量測行區域3832d之強度C03。因此，使用一快門時間間隔之時間細分，周圍光感測器通道3806a可對物件空間像素3824之各行區域進行連續取樣，從而提供四個強度值。如上文參考圖33B描述，周圍光感測器通道3806b可以相同於圖38B中展示之方式遍歷物件空間像素3824，其具有一個快門時間間隔(或某其他整數數目個快門時間間隔)之一偏移以產生四個強度值，且周圍光感測器通道3806c及3806d同樣如此。將圖38A之運算邏輯及方程式(3a)至(3d)單獨應用至各行區域之四個強度值使用四個周圍光感測器通道提供總共十六個子像素樣本。因此，物件空間像素之空間及時間細分之一組合可提供在掃描方向及非掃描方向兩者上具有增強解析度之一周圍光影像。雖然此處展示之實例使解析度在各方向上增加達4倍，但其他實施例可視需要提供更大或更少增強。

【0260】將瞭解，本文中描述之空間及時間細分之實例係闡釋性的。指派至特定周圍光感測器通道之孔徑之特定數目、形狀及大小可變化，且可達成任何增強倍數(經受實體約束，諸如光電感測器大小及可製造之一孔徑之最小大小)。因此，掃描方向及/或非掃描方向上之空間解析度可增強至一所要程度，且掃描方向及非掃描方向上之增強無需相等。如本文中描述之空間解析度之增強可應用於任何類型之周圍光感測器通道，而無關於使用何種光學濾波器。

3.4. 靜態測距/成像系統

【0261】如上文描述之旋轉測距/成像系統可使用諸如感測器陣列200、感測器陣列400或感測器陣列500之多光譜感測器陣列實施，其中不同類型之感測器通道沿掃描遍及視場之一列配置。上文描述之感測器陣列之其他實例(例如，感測器陣列600、感測器陣列900)提供相同多光譜及/或混合感測器通道(或像素)之2D陣列。雖然此等陣列可用於一旋轉系統中，但多光譜或混合像素之一2D陣列無需旋轉或其他掃描運動來使一二維視場成像。因此，一些實施例提供靜態(或「固態」)測距/成像系統，其中感測器陣列並不移動以便執行一成像操作。應理解，靜態測距/成像系統可為行動的。例如，一或多個靜態測距/成像系統可安裝於一車輛上。

【0262】圖39係展示根據一些實施例之一靜態成像/LIDAR系統3900之結構之一簡化實例之一側視圖。成像/LIDAR系統3900 (其係一靜態測距/成像系統之一實例)可包含一外殼3922，該外殼3922固持發射器模組(Tx) 3902及光感測器模組(Rx) 3904。外殼3922可安裝於一車輛上或可期望一測距/成像感測器之任何其他位置中。

【0263】圖40及圖41係根據各種實施例之車輛安裝靜態電子測距/

成像系統之例示性實施方案之簡單圖解。特定言之，圖40繪示其中靜態測距/成像系統4002a至4002d在一道路車輛4005 (諸如一汽車)之外區處實施之一實施方案4000；且圖41繪示其中靜態測距/成像系統4102a至4102b在一道路車輛4105之頂部上實施之一實施方案4100。在各實施方案中，LIDAR系統之數目、LIDAR系統之放置及各LIDAR系統之視場可經選擇以獲得圍繞車輛之環境之一360度視場之大部分(若非全部)。本文中僅為繪示起見而選擇LIDAR系統之汽車實施方案，且可在其他類型之載具(例如船、飛機、列車等)以及3D深度影像係有用之多種其他應用(諸如上文參考圖32提及之應用之任一者)中採用本文中描述之感測器。亦應理解，靜態及旋轉測距/成像系統可一起使用且一些測距/成像系統可經組態用於靜態或旋轉模式中之可選操作。

【0264】 參考圖40，靜態測距/成像系統4002a至4002d可安裝於一車輛之外區處之前擋泥板及後擋泥板附近。靜態測距/成像系統4002a至4002d可各定位於車輛4005之一各自邊角處，使得其等定位於車輛4005之最外邊角附近。依此，靜態測距/成像系統4002a至4002d可更佳地量測車輛4005與區域4006a至4006d處之場中之物件的距離。各靜態測距/成像系統可面向一不同方向(可能具有單元之間的部分重疊及/或非重疊視場)以便捕獲大於各單元自身所能夠捕獲之視場之一複合視場。場景內之物件可反射從LIDAR Tx模組4008發射之光脈衝4010之部分。接著，光脈衝4010之一或多個反射部分4012行進回至靜態測距/成像系統4002a且可由Rx模組4009接收，該Rx模組4009可安置於相同於Tx模組4008之外殼中。Rx模組4009可包含接收周圍光以及來自LIDAR Tx模組4008之反射光之一多光譜感測器陣列(例如，如上文描述)。

【0265】在一些實施例中，靜態測距/成像系統4002a至4002d之各者可一次使其整個視場成像(分別展示為區域4006a至4006d)。在其他實施例中，靜態測距/成像系統4002a至4002d可電子地掃描一場景以捕獲場景之影像。如本文中使用，「電子掃描」係指在不具有感測器陣列之實體移動(例如，重新定向)的情況下在不同時間收集一場景之不同部分之資料；因此區分電子掃描與上文描述之旋轉/自旋操作。可實施電子掃描，例如藉由在不同時間啟動一LIDAR發射器陣列之不同部分及LIDAR感測器通道之對應子集或藉由其他手段，諸如基於晶片之光束操控技術，例如藉由使用採用一或多個基於MEMS之反射器(諸如一數位微鏡(DMD)裝置、一數位光處理(DLP)裝置或類似物)之微晶片以操控來自Tx模組4008之光，使得其在不同時間反射至感測器陣列之不同部分上。因此，靜態測距/成像系統4002a可在點4020與4022之間電子地掃描以捕獲區域4006a處之場中之物件，且系統4002b至4002d及區域4006b至4006d同樣如此。

【0266】儘管圖40繪示安裝於一車輛之四個邊角處的四個靜態測距/成像系統，然實施例不限於此等組態。其他實施例可具有安裝於一車輛之其他區上的更少或更多靜態測距/成像系統。例如，靜態測距/成像系統可安裝於一車輛之一車頂上，如圖41中展示。在此等實施例中，靜態測距/成像系統4102a至4102b可具有一更高有利點以更好地觀察車輛4105周圍之區域4107a至4107b。

【0267】如提及，靜態測距/成像系統之數目、靜態測距/成像系統之放置及各靜態測距/成像系統之視場可經選擇以獲得圍繞車輛之環境之一360度視場之大部分(若非全部)。因此，各靜態測距/成像系統4002a至4002d可經設計以具有近似90度之一視場，使得當實施全部四個系統

4020a至4020d時，可觀察車輛4005周圍之一360度視場之絕大部分。在各靜態測距/成像系統4002a至4002d具有小於90度視場(諸如45度視場)之實施例中，可實施一或多個額外靜態測距/成像系統以便延伸視場以達成大於一單一靜態測距/成像系統之視場的一組合視場。

【0268】 圖42係根據本發明之一些實施例之包含發射及偵測系統之一個以上集合以達成一擴展視場之一例示性靜態測距/成像系統4200之一簡化自上而下圖解。如圖42中展示，靜態測距/成像系統4200可包含安裝於一中心支撐結構4204上之發射及偵測系統4202a至4202i之集合，其中發射及偵測系統之各集合包含一各自光發射系統(例如，圖15之光傳輸系統1510)及光偵測系統(例如，圖15之光偵測系統1540)。各集合可從支撐結構4204之中心徑向向外配置且該等集合並排定位，使得其等之視場可彼此毗鄰以形成一組合視場4206，該組合視場4206比單獨的發射及偵測系統之任何單一集合之一視場大許多倍。多個發射偵測系統可全部經同步化且由一共同LIDAR控制器控制，使得終端使用者與看似一單一系統之物互動。另外，個別發射偵測系統可全部對準至一固定像素柵格，使得資料模擬在一固定視場柵格上操作之一較寬視場、較高解析度系統。

【0269】 圖43繪示根據本發明之一些實施例之一例示性靜態測距/成像系統4300之一方塊圖。靜態測距/成像系統4300可包含一光測距/成像裝置4302及一使用者介面4350。光測距/成像裝置4302可包含一測距/成像系統控制器4304、一光傳輸(Tx)模組4306及一光感測(Rx)模組4308。可由光測距/成像裝置4302藉由將一或多個光脈衝4310從光傳輸模組4306傳輸至圍繞光測距/成像裝置4302之一視場中之物件而產生測距資料。接著，在某一延遲時間之後，藉由光感測模組4308偵測所傳輸光之反射部分

4312。基於延遲時間，可判定至反射表面之距離。亦可採用其他測距方法，例如連續波、光解調變、都卜勒及類似物。可由光測距/成像裝置4302藉由在一光子計數模式中操作包含於感測器陣列4308中之周圍光感測器通道而產生光譜影像資料。

【0270】 光傳輸模組4306包含：一發射器陣列4314，其可為發射器之一維或二維陣列；及一Tx光學系統4316，其在與發射器陣列4314結合時可形成類似於圖15之光傳輸系統1510之一光發射系統4338。Tx模組4306可進一步包含一選用處理器4318及記憶體4320，但在一些實施例中，此等運算資源可被併入至測距/成像系統控制器4304中。在一些實施例中，可使用一脈衝編碼技術，例如巴克碼及類似物。在此等情況中，記憶體4320可儲存指示何時應傳輸光之脈衝碼。在一些實施例中，將脈衝碼儲存為儲存於記憶體中之一整數序列。

【0271】 光感測模組4308可包含一感測器陣列4326，該感測器陣列4326可為例如上文描述之2D多光譜感測器陣列之任一者，諸如感測器陣列600或感測器陣列900。

【0272】 在一些實施例中，光測距/成像裝置4302可在一電子掃描模式中操作，其中可藉由一次僅啟動發射器之一子集且藉由與觸發發射器同時僅讀出LIDAR感測器通道之一對應子集而捕獲一場景之至少一LIDAR影像。可在不同時間啟動發射器之不同子集，同時讀出LIDAR通道之對應子集；透過一個發射循環可最終啟動全部發射器且可讀出感測器陣列中之全部LIDAR通道。作為一實例，一發射器陣列可針對各發射循環藉由一次一個地且依從左至右之循序順序啟動行而發射光，而感測器陣列可經組態以依一對應序列讀出對應LIDAR通道。周圍光通道可與對應

於相同多光譜像素之LIDAR通道同步地或以某其他方式被讀出(例如，可同時讀出全部周圍光通道)。

【0273】 為促進電子掃描，靜態測距/成像系統之一些實施例可包含用於同步化光之發射及感測之一或多個組件。在一些實施例中，光偵測系統4336可包含一感測器控制器4325，該感測器控制器4325耦合至感測器陣列4326且經組態以控制感測器陣列4326之操作。感測器控制器4325可為能夠選擇一或多個光電感測器以感測光之任何適合組件或組件群組，諸如一ASIC、微控制器、FPGA或耦合至一選擇電路之任何其他適合處理器(例如，一多工器)。同樣地，光發射系統4338可包含一發射器控制器4315，該發射器控制器4315耦合至發射器陣列4314且經組態以控制感測器陣列4326之操作。發射器控制器4315亦可為上文針對感測器控制器4325提及之任何適合處理器且包含用於操作發射器陣列4314之一或多個驅動組件。

【0274】 在一些實施例中，感測器控制器4325及發射器控制器4315經同步化，使得發射器陣列4314中之光發射序列與讀出感測器陣列4326中之光電感測器(針對全部感測器類型或僅LIDAR通道)之序列同步。作為一實例，感測器控制器4325及發射器控制器4315兩者可耦合至一時脈4317，使得兩個控制器可基於相同時序方案而操作。時脈4317可為產生按某一速度在一高狀態與一低狀態之間振盪之一特定信號以協調數位電路之行動之一電組件。視情況，感測器控制器4325及發射器控制器4315可包含其等自身時脈電路以協調其等自身行動。在此等實施例中，感測器控制器4325及發射器控制器4315可經由一通信線4319通信地耦合在一起，使得感測器控制器4325可同步化其時脈與發射器控制器4315。依此，感

測器控制器4325及發射器控制器4315可分別同步地操作感測器陣列4326及發射器陣列4314以實現影像捕獲。

【0275】 在一些進一步實施例中，代替感測器控制器4325及發射器控制器4315或除感測器控制器4325及發射器控制器4315以外，測距/成像系統控制器4304可經組態以同步化光感測模組4308及光傳輸模組4306之操作，使得發射器陣列4314之光發射序列與感測器陣列4326之感測光序列同步。例如，測距/成像系統控制器4304可指示光傳輸模組4306之發射器陣列4314以藉由針對各發射循環一次一個地且依從左至右之循序順序啟動行而發射光，且相應地指示光感測模組4308中之感測器陣列4326以一次一行地且依相同循序順序感測光。在此等實施例中，測距/成像系統控制器4304可具有其自身時脈信號，其將其對光感測模組4308及光傳輸模組4306之定序指令基於該時脈信號。應瞭解，預想其他形式之光偵測定序且此等序列並非限制性。此外，用於一給定多光譜像素之周圍光感測器通道之(強度)資料之收集可經計時但無需經計時以與用於該多光譜像素之LIDAR感測器通道之操作重合。

【0276】 光測距/成像系統4300亦可包含其他組件，其等可類似於圖32中之對應組件。藉由處理器4322及記憶體4324之信號處理可類似於上文參考圖32描述之處理操作。使用者介面4350及其操作可類似於上文參考圖32描述之使用者介面。此外，本文中描述之測距/成像系統之任一者可與其他系統(例如，一車輛控制單元)互動而非直接(間接)與一使用者互動；此等系統可藉由與測距/成像系統控制器4304交換適當控制指令、資料或其他信號而控制測距/成像系統之操作。

3.5. 靜態測距/成像系統之操作

【0277】 如上文描述，用靜態測距/成像系統4300之成像操作可在各種模式中執行。在一個模式(被稱為「全圖框」模式)中，可同時操作陣列中之全部感測器通道(或一給定類型之全部感測器通道)。在另一模式(被稱為「電子掃描」模式)中，可在不同時間操作通道之不同子集。例如，如上文描述，Tx模組4306可經操作以發射光，該光在不同時間被反射至Rx模組4308中之感測器陣列之不同部分上，例如藉由啟動Tx模組4306內之不同發射器或藉由使用相同發射器與基於MEMS之光束操控組件(例如，MEMS鏡電流計，有時被稱為「galvos」)之組合以控制所發射光之方向。在光瞄準(例如，藉由選擇性發射及/或操控)朝向LIDAR感測器通道之不同子集時，可選擇性地啟動該等通道。

【0278】 特定周圍光感測器通道(或多光譜或混合感測器通道中之特定周圍光光電感測器)亦可在全圖框或電子掃描模式中操作。在全圖框模式中，可同時啟動全部周圍光感測器通道，或可在不同時間啟動不同類型之感測器通道。在電子掃描模式中，可在不同時間啟動對應於感測器陣列內之不同區域之周圍光感測器通道之不同子集。例如，對應於多光譜像素之一特定群組之周圍光感測器通道可在啟動LIDAR感測器通道之對應子集時啟動，或對應於多光譜像素之一特定群組之周圍光感測器通道可在LIDAR感測器通道之對應子集在非作用中時啟動。

【0279】 在一些實施例中，LIDAR及/或周圍光感測器通道之操作模式可係可選擇的。此外，LIDAR及周圍光感測器通道可在不同模式中操作。例如，LIDAR通道可在一電子掃描模式中操作而周圍光感測器通道在全圖框模式中操作以針對各掃描週期捕獲一個光譜影像。

【0280】 在此等及其他操作模式之任一者中，可針對感測器陣列中

之各多光譜像素之各感測器類型收集資料。緩衝可用於收集來自對應於相同多光譜像素之不同通道或感測器類型之資料。因此，正如上文描述之旋轉測距/成像系統，可獲得包括跨一視場之多光譜影像像素之一集合之一影像。

4. 多光譜影像之處理

【0281】 如上文描述，旋轉及靜態測距/成像系統兩者可產生一視場之多光譜影像。一多光譜影像可包含多光譜影像像素之一陣列(其可為一直線陣列)且針對各影像像素可包含從一或多個LIDAR感測器通道提取之深度資訊以及從周圍光感測器提取之資訊，諸如光譜內之各種頻帶(包含可見光、紅外線光及紫外線光)之強度值、偏振濾波光之強度及/或如上文描述之其他量測。多光譜成像針對所成像之一區內之一給定位置提供一豐富資料集。例如，針對圖4之感測器陣列400，一給定影像像素之資料集可包含：至所成像物件(即，恰好在與影像像素相關聯之特定方向上可見之任何物件)之距離；所成像物件跨可見光及近IR光譜之色彩特性(例如，收集於不同波長頻帶內之光之強度或量)；偏振特性；及吸收特性。取決於包含於感測器陣列中之感測器通道類型之特定組合，每像素影像資料之其他組合亦係可行的。

【0282】 藉由實例，圖44展示可使用上文描述之旋轉或靜態多光譜測距/成像系統之任一者(或其他類似系統)針對一區4402獲取之多光譜影像資料之一實例。影像群組4402包含以不同波長頻帶獲取之光譜影像。影像群組4404包含偏振影像(具有一特定偏振方向之光之強度)。影像群組4406表示基於由LIDAR感測器通道提供之資料之深度影像。

【0283】 歸因於不同感測器類型之固定空間配置，影像群組4402、

4404、4406中之影像可本質上彼此配準。在旋轉測距/成像系統中之感測器陣列之情況中，陣列可經配置及操作，使得一給定列中之全部感測器依次使相同區域成像(例如，如上文描述)，從而提供明顯(trivial)(或本質)配準。在靜態測距/成像系統中之2D多光譜感測器陣列之情況中，可基於由不同類型之感測器之各群組佔據之面積界定影像像素。例如，在圖6之感測器陣列600中，各混合感測器通道602可對應於一影像像素，且在感測器陣列900中，各多光譜像素1020 (圖10中展示)可對應於一影像像素。在此等實例中，不同感測器類型可歸因於感測器之間的(小)空間偏移而對多光譜影像像素內之不同位置進行取樣。在一些實施例中，此偏移可被忽略，且資料可被視為如同全部感測器皆定位於影像像素之中心處。替代地，可視需要應用偏移補償，例如藉由從附近感測器位置內插至各影像像素之幾何中心。

【0284】 在一些實施例中，感測器陣列ASIC可在獲取像素資料時將其串流傳輸至另一系統組件(或另一裝置)，且全部影像處理皆可由該另一系統組件執行。在其他實施例中，感測器陣列ASIC可包含一「板上」資料緩衝器，該「板上」資料緩衝器能夠累積不同影像像素(包含每像素之一單一通道或每像素之多個通道)之資料。取決於實施方案，板上資料緩衝器可固持從僅一個或兩個像素多至全影像大小之任何數目個多光譜影像像素之資料。經緩衝像素資料可用於重建場景之一「局部」影像(其可為1D或2D影像且可小於全影像大小)，且感測器陣列ASIC中或感測器陣列外部之處理器可對局部影像執行各種影像處理操作，包含每像素分析及局部或全場景推斷兩者。取決於累積多少資料及期望何種功能性，板上資料緩衝器之大小可視需要變化。因此，影像處理及影像分析操作可視需要在

晶片上或晶片外執行。

【0285】 在一些實施例中，多光譜影像分析可包含使用機器學習演算法及包含已知(及標記)物件之影像之一訓練集訓練一自動分類器。機器學習演算法可包含人工神經網路或其他分類器(例如，基於經典統計技術之分類器)。一旦經訓練，一或多個自動分類器可部署在感測器陣列ASIC內(例如，在一機器學習共處理器中)或從感測器陣列ASIC接收資料之一用戶端系統中。

【0286】 可對一多光譜影像執行多種影像處理及影像分析操作。現將描述實例。

4.1. 多光譜影像像素之每像素分析

【0287】 在一些實施例中，一豐富每影像像素資料集可實現複雜分析，諸如識別一影像中之材料。藉由繪示，圖45展示已經標註以識別其中含有之材料之一影像之一實例。在一些例項中，不同材料可具有對於一人眼而言類似之色彩(例如，一綠色汽車及一綠色草叢)，但該等材料可具有細微不同光譜特性、不同偏振特性及/或吸收特性，此使其等可基於每影像像素分析進行區分。組合來自多個周圍光通道(包含任何吸收頻帶通道)之光譜回應資訊與深度通道資料可實現硬、軟及擴散物件之分類，諸如岩石、植物、瀝青、金屬、玻璃、水、皮膚、毛皮、服裝及各種氣體及微粒(類似甲烷、二氧化碳、黑碳等)。多光譜像素資訊亦可用於對不同窄光譜及寬光譜光源進行分類以基於像素之光譜圖案提供其他環境線索，諸如存在何種類型之照明。此分類可每像素且即時地執行。在一些實施例中，一人工神經網路或其他機器學習系統(其可視需要在感測器上或感測器外實施)可經訓練以基於深度特性、色彩特性、偏振特性及/或吸收特性之一組

合對來自多光譜影像資料之材料進行分類；手動標註之影像可被用作訓練輸入。一旦經訓練，機器學習系統便可對環境中存在何種類型之物件及在何處進行即時識別。

【0288】 作為另一實例，即時偏振測定成像可在感測器處理器中發生且可組合來自複數個偏振通道之資料以計算偏振角及/或偏振度。偏振測定可用於例如：提供車輛擋風玻璃或水表面上之即時眩光移除；增強陰影區中之對比度；在存在霧或其他大氣遮蔽物的情況下增強成像；及/或提供水、冰及環境中或更特定言之道路表面上之其他偏振物質之即時識別及分類。

4.2. 用於自多光譜影像進行場景推斷之系統

【0289】 在一些實施例中，可藉由分析跨影像像素之一集合之多光譜影像資料而提取場景級推斷，此可包含從兩個像素至整個影像視場之任何處。場景級推斷可在晶片上使用感測器ASIC中之一板上資料緩衝器執行及/或在晶片外(例如，在另一系統組件或單獨裝置中)執行。可實施許多類型之場景級推斷。

【0290】 例如，一視場中之相異物件之識別可係基於識別色彩、偏振及/或距離之改變。在一些實施例中，可能材料組成之每像素分析之結果可用於至少部分基於可能材料組成識別物件。物件可經進一步評估以判定距離、組成及類似物。與來自多光譜像素之深度資訊組合，此可提供影像中具有何物(例如，一汽車、一牆壁、一草叢、一道路)及在何處之可靠識別。可預期，機器學習系統可經啟用以依高可靠性基於使用本文中描述之類型之測距/成像系統獲取之多光譜影像資料(包含深度資料)判定環境中存在何種類型之物件及在何處。此資訊具有多種用途及應用，包含(但不

限於)駕駛人輔助及/或自動駕駛車輛技術。

【0291】 亦可作出其他推理。例如，在一些例項中，太陽或月亮可識別為視場中之物件。使用多光譜影像資料，可識別太陽及月亮且將其等彼此區分，此可提供關於當日時間及/或一般照明條件之線索。即使太陽或月亮不在視場中，不同光源之不同光譜性質仍可提供關於周圍照明是否由自然陽光(指示白天時間或室外條件)對人工照明(指示夜晚或室內條件，諸如一隧道或停車庫)主導之線索。作為另一實例，可區分現代汽車之基於氙或LED頭燈與鈉汽路燈。作為又另一實例，基於LED之交通信號發射紅色、黃色或綠色之相對窄(~50 nm)光譜，且可區分此等光譜與諸如停車標誌、綠色草地或黃色車道線之物件之較寬光譜。

5. 額外實施例

【0292】 雖然已參考特定實施例描述本發明，但得到本發明之熟習此項技術者將瞭解，數種變化及修改係可行的。例如，本文中描述之類型之多光譜感測器陣列可經製造以包含任何數目個列及每列任何數目個感測器通道。(術語「列」及「行」用於區分一感測器陣列之兩個維度，特定言之在掃描模式中使用之陣列之內容脈絡中，且不旨在暗示陣列之任何特定空間定向。)包含通道特定微光學元件之感測器通道之特定構造可變化。各列中使用之周圍光感測通道之組合可視需要進行修改，且在一些實施例中，不同列可具有周圍光感測通道之不同組合。此外，周圍光感測通道不限於上文給出之特定實例；其他類型之光學濾波器可用於產生可用於收集影像資料之多種周圍光感測通道。

【0293】 術語「周圍光感測通道」在本文中用於指示一感測器通道量測光強度(相對於時序或其他測距資料)。此等通道可在缺乏從感測器系

統發射之有意照明的情況下提供有用資料。然而，此並不排除一視場之有意照明。例如，一白光可經引導朝向視場(例如，從一汽車之頭燈或相機閃光燈)。作為另一實例，在使用吸收通道之應用中，具有涵蓋吸收頻帶之波長之光可經引導朝向視場，且吸收通道中缺乏光可指示場中之一物質正在吸收光。

【0294】 除(若干)周圍光感測器通道以外，上文描述之一感測器陣列亦可包含提供時序資料(例如，如上文描述之直方圖)或可用於導出至視場中之物件之距離之其他資料之一或多個LIDAR感測器通道(及/或其他深度感測通道)。LIDAR感測器通道可以各種波長操作，包含近紅外線、短波紅外線(例如，1600 nm)、中波紅外線及/或長波紅外線(例如，多至15 μm)。此外，在一些實施例中，額外感測器通道(例如，LIDAR感測器通道)可包含於感測器列之間的位置處，或可存在不包含一LIDAR感測器通道(或其他深度感測通道)之一些感測器列，且來自不同感測器通道(或感測器類型)之影像可具有但無需具有相同解析度。多光譜陣列可為可在一掃描模式中操作以使一視場成像之基於列(或「1D」)之陣列，或其等可為具有多光譜感測器通道或多光譜像素之2D陣列。

【0295】 本文中描述之類型之感測器陣列可被併入至多種感測系統中，包含(但不限於)如上文描述之組合成像/LIDAR系統。組合成像/LIDAR系統可使用如上文描述之旋轉及/或靜態平台實施且可用於可期望同時收集周圍光及測距資料之任何應用中。

【0296】 本文中描述之系統可產生可包含光譜(視需要包含具有寬通帶及/或窄通帶之可見光、紅外線及紫外線；具有各種偏振狀態之光；及上文描述之其他實例)之各種部分之光強度資料及跨一視場(其可如期望般

寬，在一些實施例中多至360度)之深度資訊兩者之多光譜影像資料。由於一感測器陣列上之不同感測器類型之對準，由不同感測器類型(包含測距感測器，諸如LIDAR)捕獲之影像可本質上彼此配準。在一些實施例中，此本質配準可促進一影像之多光譜像素資料之產生。

【0297】 可使用對資料之任何部分操作之多種電腦實施演算法分析多光譜影像資料。在一些實施例中，多光譜影像資料可用於產生影像以顯示給一使用者，此可包含基於自資料之算術推斷而直接呈現影像資料及/或呈現一場景之一影像(或其部分)。雖然上文描述之實例係關於車輛導航及/或駕駛人輔助，但本發明不限於任何特定資料分析或多光譜影像資料之任何特定應用。

【0298】 已出於繪示及描述之目的呈現本發明之例示性實施例之上文描述。其不旨在為窮盡性的或將本發明限於所描述之精確形式，且鑑於上文教示，許多修改及變化係可行的。選擇及描述實施例，以便說明本發明之原理及其實際應用以藉此使熟習此項技術者能夠在各種實施例中且結合適用於所設想特定用途之各種修改使用本發明。因此，儘管已參考特定實施例描述本發明，然本發明不應被理解為僅限於以下發明申請專利範圍。

【符號說明】

【0299】

100	微光學感測器通道/感測器通道
100’	微光學感測器通道
110	輸入孔徑層
112	光學透明孔徑/孔徑

114	光學非透明光闌區/光闌區
120	輸入邊緣光線
130	光學透鏡層
132	準直透鏡
132’	透鏡元件
140	光學濾波器層
142	光學濾波器
150	光電感測器層
152	光電感測器
200	感測器陣列
202	光成像、偵測及測距(LIDAR)感測器通道
204	列
206B	周圍光感測器通道/藍光感測器通道
206G	周圍光感測器通道/綠光感測器通道
206R	周圍光感測器通道/紅光感測器通道
310	輸入孔徑層/孔徑層
312B	孔徑
312G	孔徑
312L	孔徑
312R	孔徑
332B	微光學器件
332G	微光學器件
332L	微光學器件

332R	微光學器件
342B	光學濾波器
342G	光學濾波器
342L	光學濾波器
342R	光學濾波器
360	出射表面
362B	感測器通道/開口
362G	感測器通道/開口
362L	感測器通道
362R	感測器通道/開口
370B	通道特定補償微光學元件
370G	通道特定補償微光學元件
370R	通道特定補償微光學元件
400	感測器陣列
402	光成像、偵測及測距(LIDAR)感測器通道
404	列
410	光譜色彩通道
412	IR頻帶色彩通道
414	偏振通道/群組
416	吸收頻帶通道
500	感測器陣列
502	光成像、偵測及測距(LIDAR)感測器通道
510	插圖

512	紅色感測器
514	綠色感測器
516	藍色感測器
518	偏振感測器
520	偏振感測器
522	偏振感測器
524	IR頻帶色彩通道
600	感測器陣列
602	混合感測器通道
610	插圖
612	紅色感測器
614	橙色感測器
616	黃色感測器
618	綠色感測器
620	紫外線色彩感測器
622	靛藍色感測器
624	紫色感測器
626	藍色感測器
628	偏振感測器
630	偏振感測器
632	偏振感測器
634	IR頻帶色彩感測器
650	光成像、偵測及測距(LIDAR)光電感測器元件

712	電容電荷桶
714	電容電荷桶
716	電容電荷桶
718	電容電荷桶
720	電容電荷桶
722	電容電荷桶
724	電容電荷桶
726	電容電荷桶
728	電容電荷桶
730	電容電荷桶
732	電容電荷桶
734	電容電荷桶
750	多通道計數器電路
760	時序電路
810	孔徑層
812	孔徑
830	光學層
840	濾波器層
842	圖案化濾波器
852	光電感測器
860	光
862	箭頭
900	感測器陣列

902	光成像、偵測及測距(LIDAR)通道
904	ASIC
906	光電感測器
910	孔徑層ASIC/孔徑層
912	孔徑
916B	光電感測器
916G	光電感測器
916R	光電感測器
918B	彩色濾波器
918G	彩色濾波器
918R	彩色濾波器
920	周圍光感測器通道
920B	周圍光感測器通道
920G	周圍光感測器通道
920R	周圍光感測器通道
922	打線接合
1010	插圖
1020	多光譜像素
1102	藍色(B)濾波器
1104	綠色濾波器(G)
1106	紅色(R)濾波器
1202	第一濾波器
1204	第二濾波器

1206	第三濾波器
1300	感測器陣列
1304	感測器列
1306a	周圍光感測器通道(W通帶)
1306b	周圍光感測器通道(Cb通帶)
1306c	周圍光感測器通道(Cr通帶)
1310	晶片上算術邏輯電路
1400	多光譜感測器通道
1400’	圖案化光學濾波器
1402	區
1404	區
1406	區
1412	暫存器
1414	暫存器
1416	暫存器
1420	晶片上算術邏輯電路
1500	光測距/成像裝置
1505	光線
1510	光傳輸(Tx)模組
1520	Tx側微光學封裝
1522	發射器
1524	微透鏡層
1525	微光學傳輸器通道

1526	孔徑層
1530	塊狀光學元件
1540	光感測(Rx)模組
1560	光感測(Rx)側塊狀成像光學模組
1612B	焦點
1612G	焦點
1612R	焦點
1620L	光成像、偵測及測距(LIDAR)光線
1650B	第三平凹透鏡
1650G	第二平凹透鏡
1650R	第一平凹透鏡
1750G	平凸透鏡
1750L	平凸透鏡
1750R	平凸透鏡
1800	感測器陣列/基板陣列
1802	光成像、偵測及測距(LIDAR)通道
1806B	周圍光通道
1806G	周圍光通道
1806R	周圍光通道
1812L	孔徑
1814	後平面
1822L	光線
1850B	平凸透鏡

1850G	平凸透鏡
1850R	平凸透鏡
2002	光成像、偵測及測距(LIDAR)感測器通道
2004B	周圍光感測器通道
2004G	周圍光感測器通道
2004R	周圍光感測器通道
2030B	光電感測器
2030G	光電感測器
2030R	光電感測器
2100	感測器陣列
2102	感測器通道
2104	平面孔徑層
2106	孔徑
2108	塊狀光學模組
2110	彎曲焦平面
2112	通道特定微光學元件
2200	接收(Rx)模組
2202	通道
2204	通道特定微光學元件
2206	孔徑平面
2208	塊狀光學模組
2300	傳輸(Tx)模組
2302	發射器通道

2304	通道特定微光學元件
2308	塊狀光學模組
2400	感測器陣列
2402a至2402d	感測器通道
2404a至2404d	橢圓形
2410	塊狀光學器件
2502	影像平面
2504a至2504g	感測器
2506	塊狀光學模組
2520a至2520g	光線
2530a至2530b	點
2602	圓形
2604	點/中心
2612	圓形
2614	中心點
2750	非均勻陣列圖案
2752	頂點
2860	非均勻陣列圖案
2862	頂點
2900	感測器陣列
2902	感測器通道
2904	箭頭
2912	位置

2914	位置
2916	位置
2920	視場
3001	柵格
3002	柵格
3003	柵格
3004	柵格
3005	柵格
3006	柵格
3100	掃描成像/光成像、偵測及測距(LIDAR)系統
3102	光傳輸模組/光源模組/發射器模組(Tx)
3104	光感測器模組(Rx)/偵測器電路
3105	車輛/汽車
3110	視場/物件
3112	所發射光
3114	反射部分
3115	旋轉箭頭
3116	周圍光
3120	固定基座
3122	旋轉外殼
3200	旋轉成像/光成像、偵測及測距(LIDAR)系統
3205	使用者介面硬體及軟體
3210	車輛控制單元

3215	旋轉致動器
3220	光測距/成像(R/I)裝置
3230	光感測模組
3232	感測器陣列
3234	接收器(Rx)光學系統
3236	處理器
3238	記憶體
3240	光傳輸模組
3242	發射器陣列
3244	傳輸(Tx)光學系統
3246	處理器
3248	記憶體
3250	測距/成像系統控制器
3252	處理器
3254	記憶體
3260	下電路板總成
3262	定子總成
3264	馬達驅動器電路
3266	基座控制器
3272	無線電力傳輸器
3274	旋轉編碼器
3276	光學接收器
3278	光學上行鏈路傳輸器

3280	上電路板總成
3282	轉子總成
3292	無線電力接收器
3294	旋轉編碼器接收器
3296	光學下行鏈路傳輸器
3298	光學上行鏈路接收器
3300	視場
3302	特定影像區
3305	彩色點
3306G	綠色感測器通道
3306O	橙色感測器通道
3306R	紅色感測器通道
3306Y	黃色感測器通道
3307	白色點
3309	方塊/物件空間像素
3312	光成像、偵測及測距(LIDAR)感測器通道
3400	感測器陣列
3404	列
3406a至3406d	周圍光感測器通道
3506a至3506d	周圍光感測器通道
3520	算術邏輯電路
3524	像素
3602	積分暫存器

3604	光電感測器
3606	選擇邏輯
3610	積分暫存器庫
3620	多工器
3622	當前值
3624	算術邏輯單元(ALU)
3701	掃描測距/成像系統
3702	角旋轉
3703	車輛
3710	積分暫存器庫
3712a至3712d	積分暫存器
3716a	箭頭
3716b	箭頭
3806a至3806d	周圍光感測器通道
3820	算術邏輯電路
3824	物件空間像素
3832a至3832d	行區域
3900	靜態成像/光成像、偵測及測距(LIDAR)系統
3902	發射器模組(Tx)
3904	光感測器模組(Rx)
3922	外殼
4000	實施方案
4002a至4002d	靜態測距/成像系統

4005	車輛
4006a至4006d	區域
4008	光成像、偵測及測距(LIDAR) Tx模組
4009	Rx模組
4010	光脈衝
4012	反射部分
4020	點
4022	點
4100	實施方案
4102a	靜態測距/成像系統
4102b	靜態測距/成像系統
4105	車輛
4107a	區域
4107b	區域
4200	靜態測距/成像系統
4202a至4202i	發射及偵測系統
4204	支撐結構
4206	組合視場
4300	靜態測距/成像系統
4302	光測距/成像裝置
4304	測距/成像系統控制器
4306	光傳輸(Tx)模組
4308	光感測(Rx)模組

4310	光脈衝
4312	反射部分
4314	發射器陣列
4315	發射器控制器
4316	Tx光學系統
4317	時脈
4318	處理器
4319	通信線
4320	記憶體
4322	處理器
4324	記憶體
4325	感測器控制器
4326	感測器陣列
4336	光偵測系統
4338	光發射系統
4350	使用者介面
4402	區/影像群組
4404	影像群組
4406	影像群組

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種感測器陣列，其具有複數個感測器列，各感測器列包括：

一LIDAR感測器通道，用以測量反射光之時序，其中各LIDAR感測器通道包含：

一通道輸入孔徑；

一光電感測器；及

一LIDAR光學濾波器，其選擇性地將具有該LIDAR波長之光傳遞至該光電感測器；及

一或多個周圍光感測器通道之一集合，各周圍光感測器通道經組態以測量具有一通道特定性質之周圍光之強度，其中各周圍光感測器通道包含：

一通道輸入孔徑；

一光電感測器；及

一通道特定光學濾波器，其選擇性地將具有該通道特定性質之光傳遞至該光電感測器，

其中在該等感測器列中之周圍光感測器通道之該集合經組態用於通道特定性質之相同集合，

其中該等LIDAR感測器通道及該等周圍光感測器通道經組態使得在一給定時間，在一列中之各LIDAR感測器通道及各周圍光感測器通道成像於該感測器陣列之一視場內之一不同位置。

【第2項】

如請求項1之感測器陣列，其中該一或多個周圍光感測器通道之該集

合包含至少兩個周圍光感測器通道，各具有一不同通道特定光學濾波器。

【第3項】

如請求項1之感測器陣列，其中該一或多個周圍光感測器通道之該集合包含一白色通道，其中該通道特定光學濾波器具有涵蓋至少可見光譜之一通帶。

【第4項】

如請求項1之感測器陣列，其中該一或多個周圍光感測器通道之該集合包含其中該通道特定光學濾波器選擇性地傳遞紅光之一紅色通道、其中該通道特定光學濾波器選擇性地傳遞綠光之一綠色通道及其中該通道特定光學濾波器選擇性地傳遞藍光之一藍色通道。

【第5項】

如請求項1之感測器陣列，其中該一或多個周圍光感測器通道之該集合包含至少五個不同色彩通道，其中用於該至少五個不同色彩通道之各者之該通道特定光學濾波器選擇性地傳遞具有一不同波長範圍之光。

【第6項】

如請求項1之感測器陣列，其中該一或多個周圍光感測器通道之該集合包含：

一第一色彩通道，其具有選擇性地傳遞具有一第一波長範圍之光之一第一通道特定光學濾波器；及

一第二色彩通道，其具有選擇性地傳遞具有一第二波長範圍之光之一第二通道特定光學濾波器，

其中該第一範圍及該第二範圍係重疊範圍。

【第7項】

如請求項6之感測器陣列，其中該第二範圍對應於一特定物質之一吸收頻帶且該第一範圍涵蓋該第二範圍。

【第8項】

如請求項1之感測器陣列，其中該一或多個周圍光感測器通道之該集合包含一或多個偏振通道，其中該通道特定光學濾波器選擇性地傳遞具有一特定偏振性質之光。

【第9項】

如請求項1之感測器陣列，其中該一或多個周圍光感測器通道之該集合包含：

一或多個色彩通道，其中用於該一或多個色彩通道之各者之該通道特定光學濾波器選擇性地傳遞具有一不同波長範圍之光；及

一或多個偏振通道，其中該通道特定光學濾波器選擇性地傳遞具有一特定偏振性質之光。

【第10項】

如請求項1之感測器陣列，其中該一或多個周圍光感測器通道之該集合包含各具有一不同通道特定光學濾波器之至少兩個周圍光感測器通道，且其中一給定感測器列中之該等周圍光感測器通道彼此隔開達一均勻節距。

【第11項】

如請求項10之感測器陣列，其中該給定感測器列中之該LIDAR感測器通道與該給定感測器列中之該等周圍光感測器通道之一最近者隔開達該均勻節距或達係該均勻節距之一整數倍之一距離。

【第12項】

如請求項11之感測器陣列，其中相鄰感測器列彼此隔開達該均勻節距。

【第13項】

如請求項1之感測器陣列，其中各該一或多個周圍光感測器通道之該光電感測器包含在一光子計數模式中操作之一或多個單光子突崩二極體(SPAD)且其中各該等LIDAR感測器通道亦包含在一光子計數模式中操作之一或多個SPAD。

【第14項】

如請求項1之感測器陣列，其中該感測器陣列經製造為一單一ASIC。

【第15項】

如請求項14之感測器陣列，其進一步包括：

一資料緩衝器，其安置於該ASIC內且經組態以儲存來自該等LIDAR感測器通道之兩者或兩者以上及該等周圍光感測器通道之兩者或兩者以上之資料；及

一處理電路，其安置於該ASIC內且經組態以對儲存於該資料緩衝器中之該資料執行一影像處理操作。

【第16項】

如請求項1之感測器陣列，其中該等周圍光感測器通道之至少一者係一多光譜感測器通道，該多光譜感測器通道包含：

複數個光電感測器；及

一圖案化光學濾波器，其中該圖案化光學濾波器之不同部分選擇性地將具有不同性質之光傳遞至該多光譜感測器通道中之該複數個光電感測

器之不同子集。

【第17項】

如請求項16之感測器陣列，其中該圖案化光學濾波器之該等不同部分包含傳遞一第一波長頻帶中之光之一第一部分及傳遞一第二波長頻帶中之光之一第二部分。

【第18項】

一種測距/成像系統，其包括：

一固定基座；

一感測器陣列，其可旋轉地耦合至該固定基座，該感測器陣列具有複數個感測器列，各感測器列包含：

一LIDAR感測器通道，用以測量反射光之時序，其中各LIDAR感測器通道包含：

一通道輸入孔徑；

一光電感測器；及

一LIDAR光學濾波器，其選擇性地將具有該LIDAR波長之光傳遞至該光電感測器；及

一或多個周圍光感測器通道之一集合，各周圍光感測器通道經組態以測量具有一通道特定性質之周圍光之強度，其中各周圍光感測器通道包含：

一通道輸入孔徑；

一光電感測器；及

一通道特定光學濾波器，其選擇性地將具有該通道特定性質之光傳遞至該光電感測器，

其中在該等感測器列中之周圍光感測器通道之該集合經組態用於通道特定性質之相同集合，

其中該等LIDAR感測器通道及該等周圍光感測器通道經組態使得在一給定時間，在一列中之各LIDAR感測器通道及各周圍光感測器通道成像於該感測器陣列之一視場內之一不同位置；

一塊狀光學模組，其安置於該感測器陣列前方且經組態以將入射光聚焦於該等LIDAR感測器通道及該等周圍光感測器通道所共有之一孔徑平面上；及

一控制器，其同步化該感測器陣列之旋轉與該等光電感測器之操作，使得空間中之相對於該固定基座之一給定位置由該等感測器列之一者中之該LIDAR感測器通道及該等周圍光感測器通道之各者連續成像。

【第19項】

如請求項18之測距/成像系統，其中該控制器經進一步組態以產生包含使用該感測器陣列之該等周圍光感測器通道判定之每像素光強度資料及使用該感測器陣列之該等LIDAR感測器通道判定之每像素深度資料之多光譜影像像素資料。

【第20項】

如請求項18之測距/成像系統，其中一給定感測器列中之該等周圍光感測器通道彼此隔開達一均勻節距且其中該控制器經進一步組態以旋轉該測距/成像系統，使得連續成像操作在分離達對應於該均勻節距之一節距角之角位置處發生。

【第21項】

如請求項20之測距/成像系統，其中一給定感測器列中之該LIDAR感

測器通道與該給定感測器列中之該等周圍光感測器通道之一最近者隔開達該均勻節距或達係該均勻節距之一整數倍之一距離。

【第22項】

如請求項21之測距/成像系統，其中相鄰感測器列彼此隔開達該均勻節距。

【第23項】

如請求項18之測距/成像系統，其中該一或多個周圍光感測器通道之該集合包含至少兩個周圍光感測器通道，各具有一不同通道特定光學濾波器。

【第24項】

如請求項18之測距/成像系統，其中該一或多個周圍光感測器通道之該集合包含一或多個偏振通道，其中該通道特定光學濾波器選擇性地傳遞具有一特定偏振性質之光。

【第25項】

如請求項18之測距/成像系統，其中該一或多個周圍光感測器通道之該集合包含：

一或多個色彩通道，其中用於該一或多個色彩通道之各者之該通道特定光學濾波器選擇性地傳遞具有一不同波長範圍之光；及

一或多個偏振通道，其中該通道特定光學濾波器選擇性地傳遞具有一特定偏振性質之光。

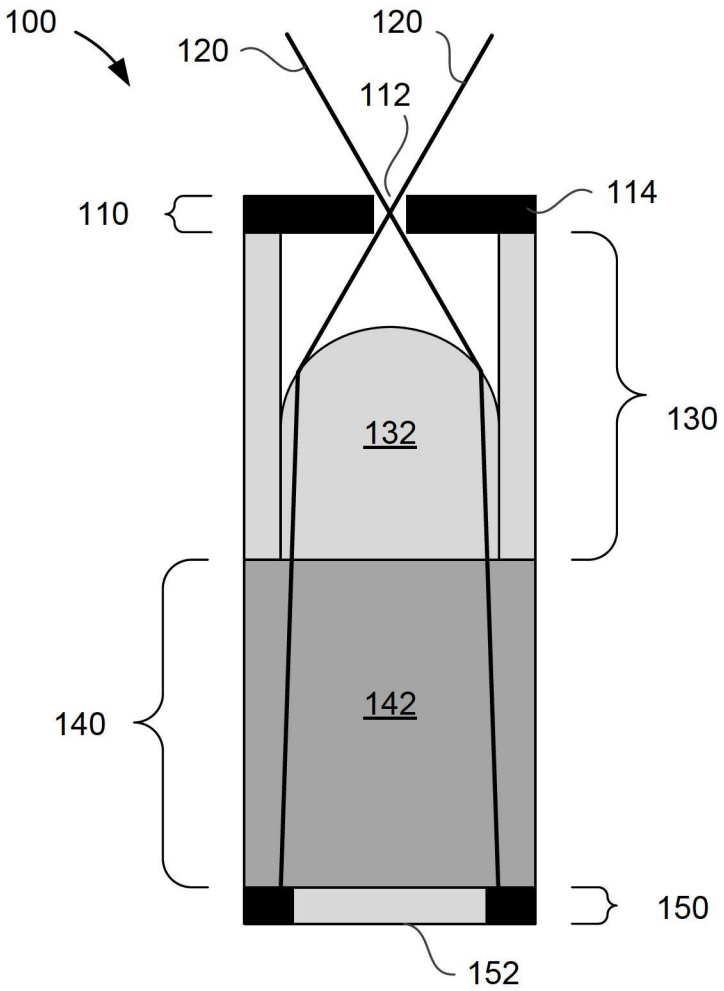
【第26項】

如請求項18之測距/成像系統，其中該一或多個周圍光感測器通道之至少一者係一多光譜感測器通道，該多光譜感測器通道包含：

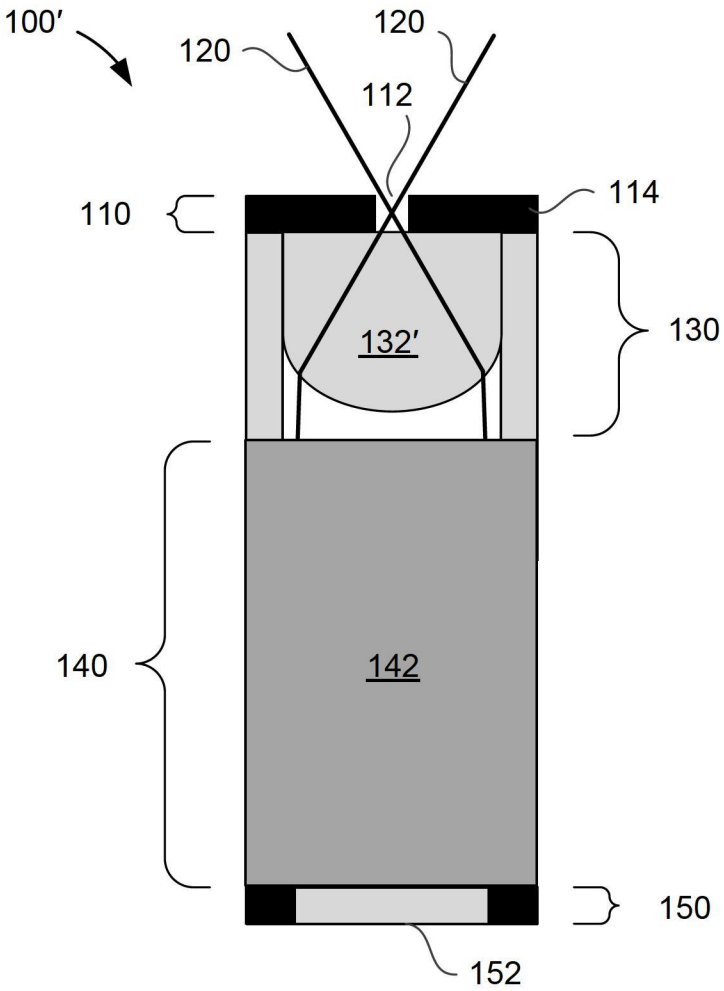
複數個光電感測器；及

一圖案化光學濾波器，其中該圖案化光學濾波器之不同部分選擇性地將具有不同性質之光傳遞至該多光譜感測器通道中之該複數個光電感測器之不同子集。

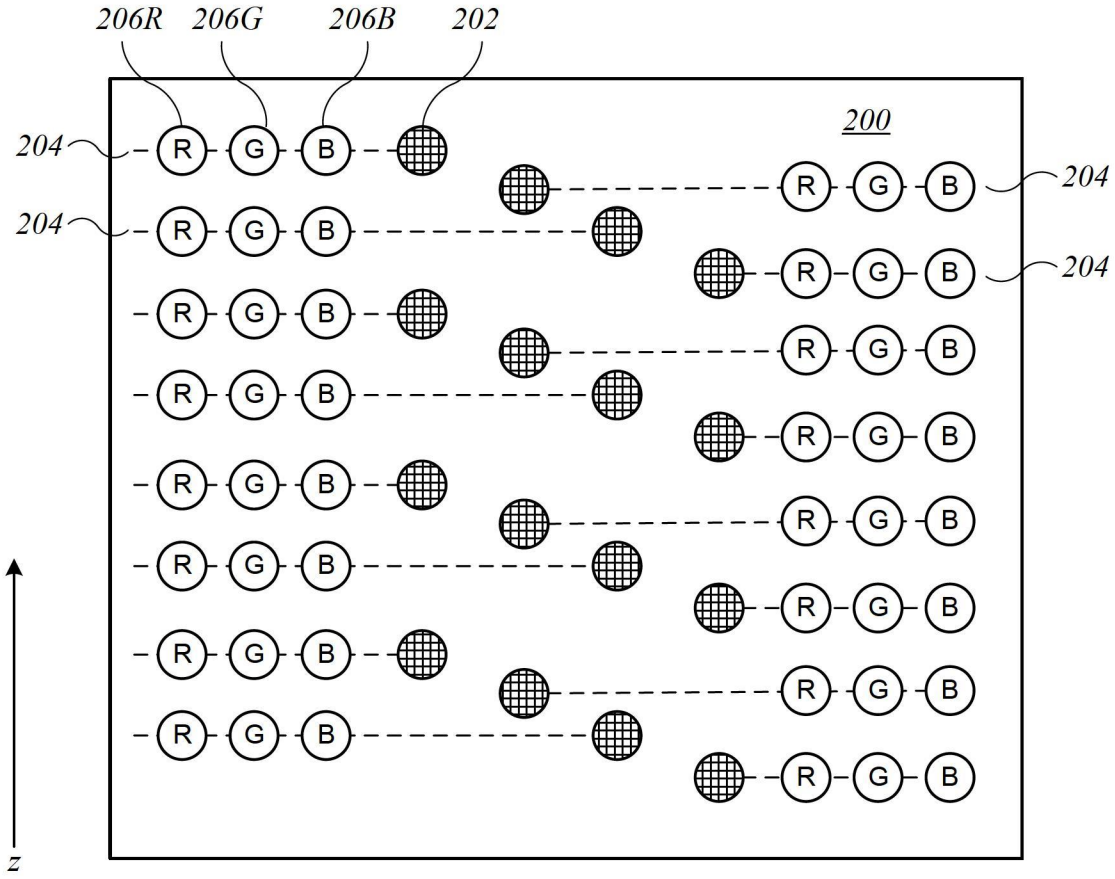
【發明圖式】



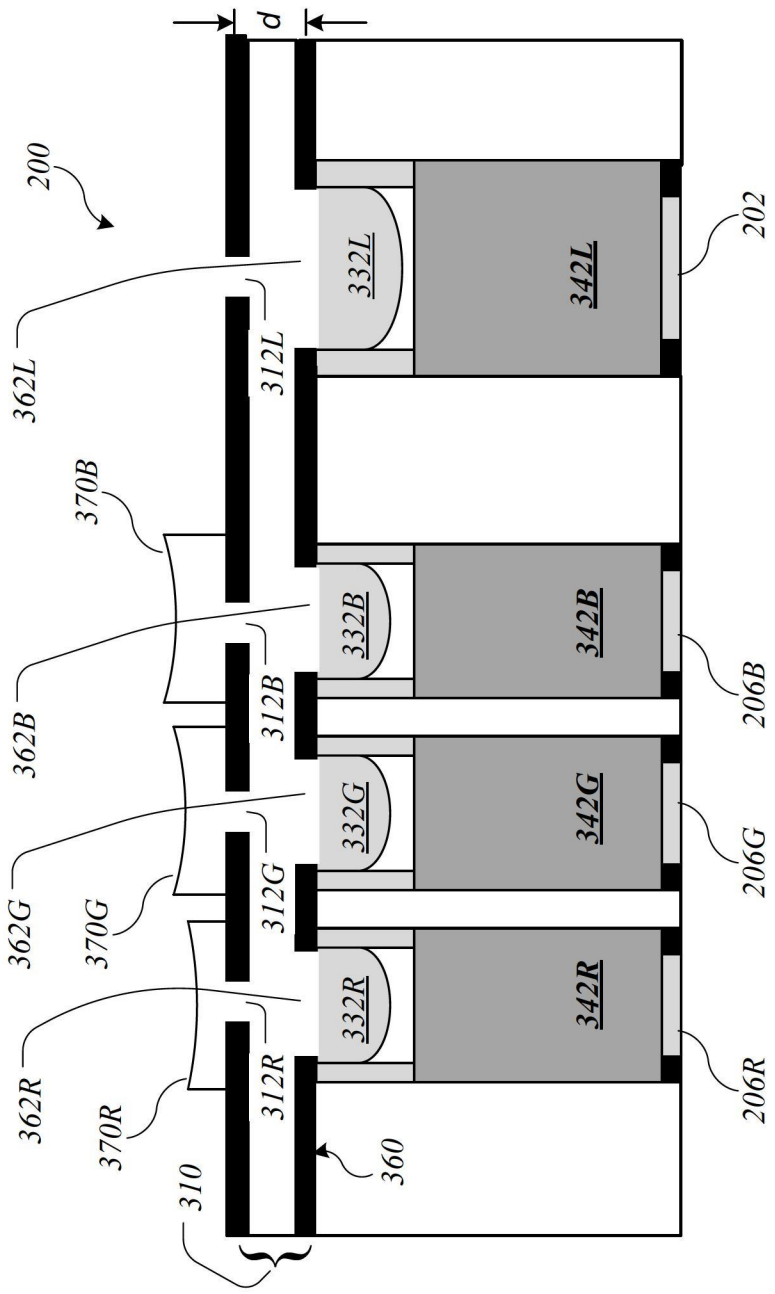
【圖1A】



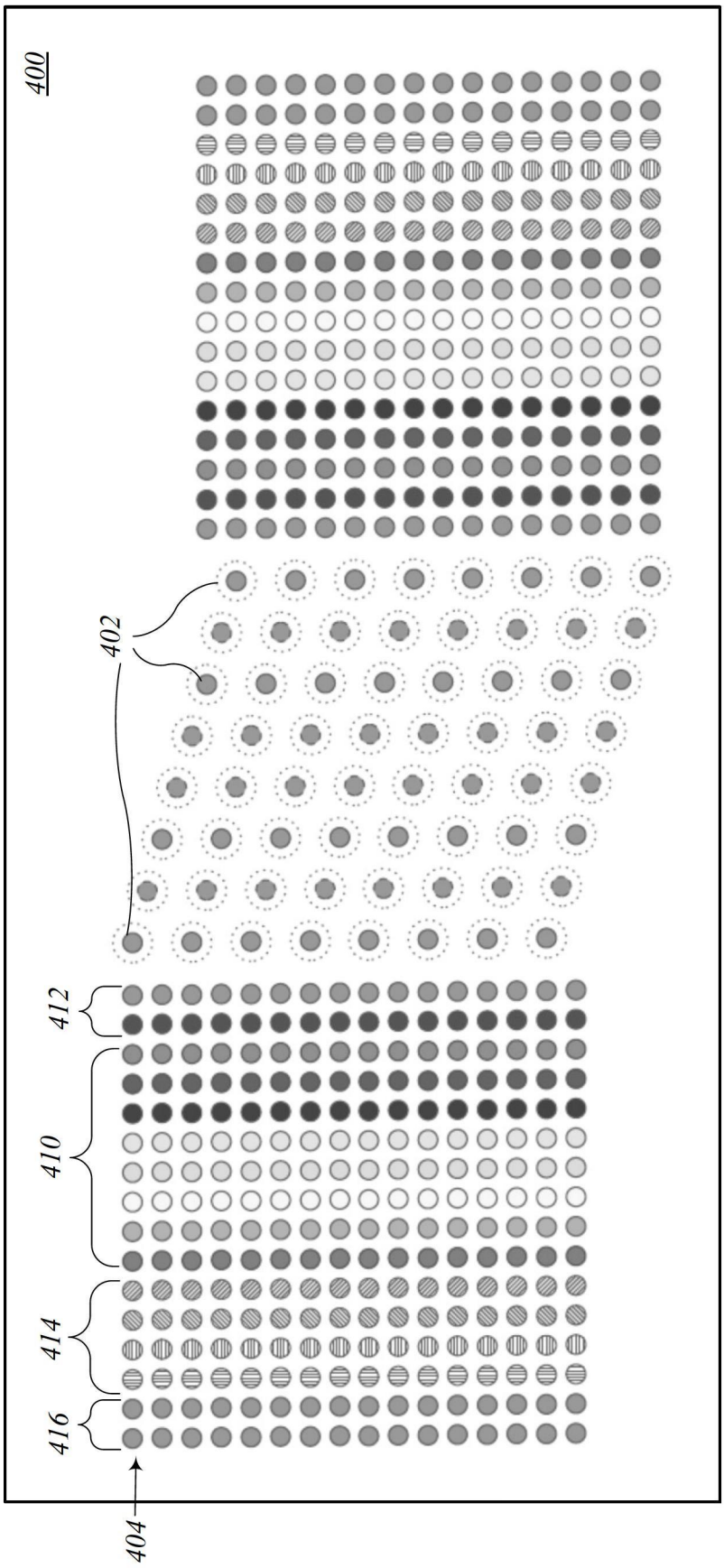
【圖1B】



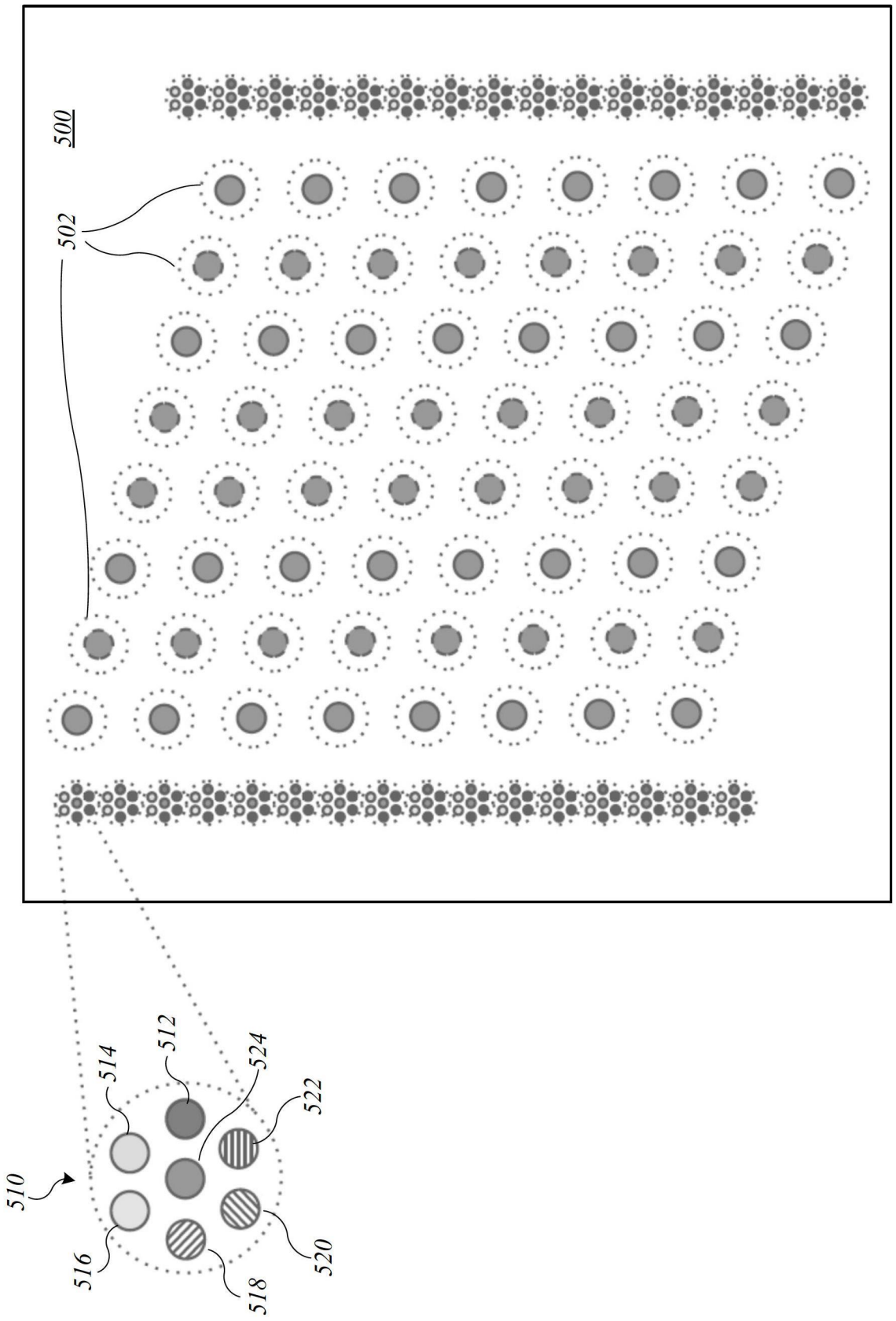
【圖2】


d
200
362L
370B
362B
370G
362G
370R
362R
310
312R
312G
312B
312L
332R
332G
332B
332L
342R
342G
342B
342L
360
206R
206G
206B
202

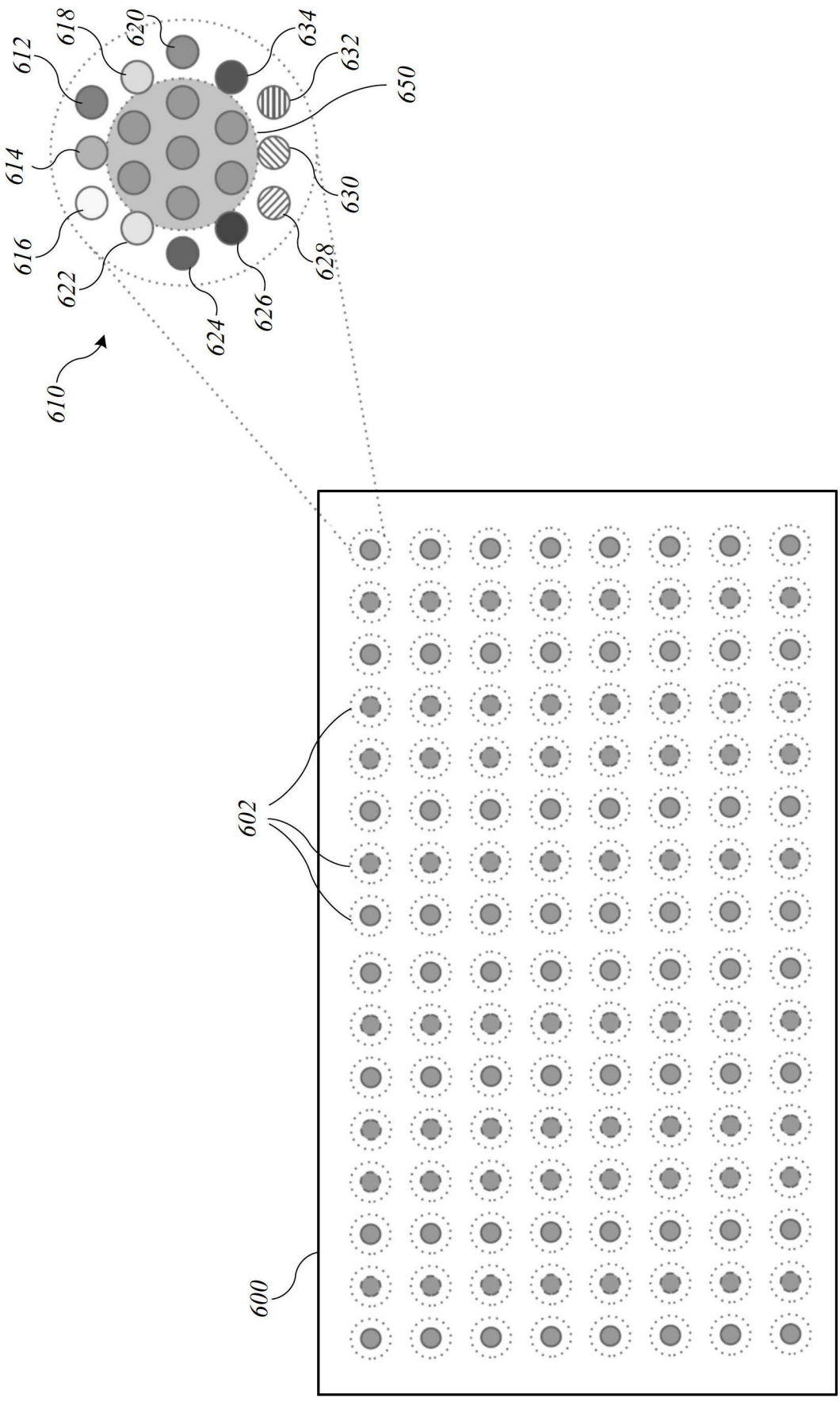
【圖3】



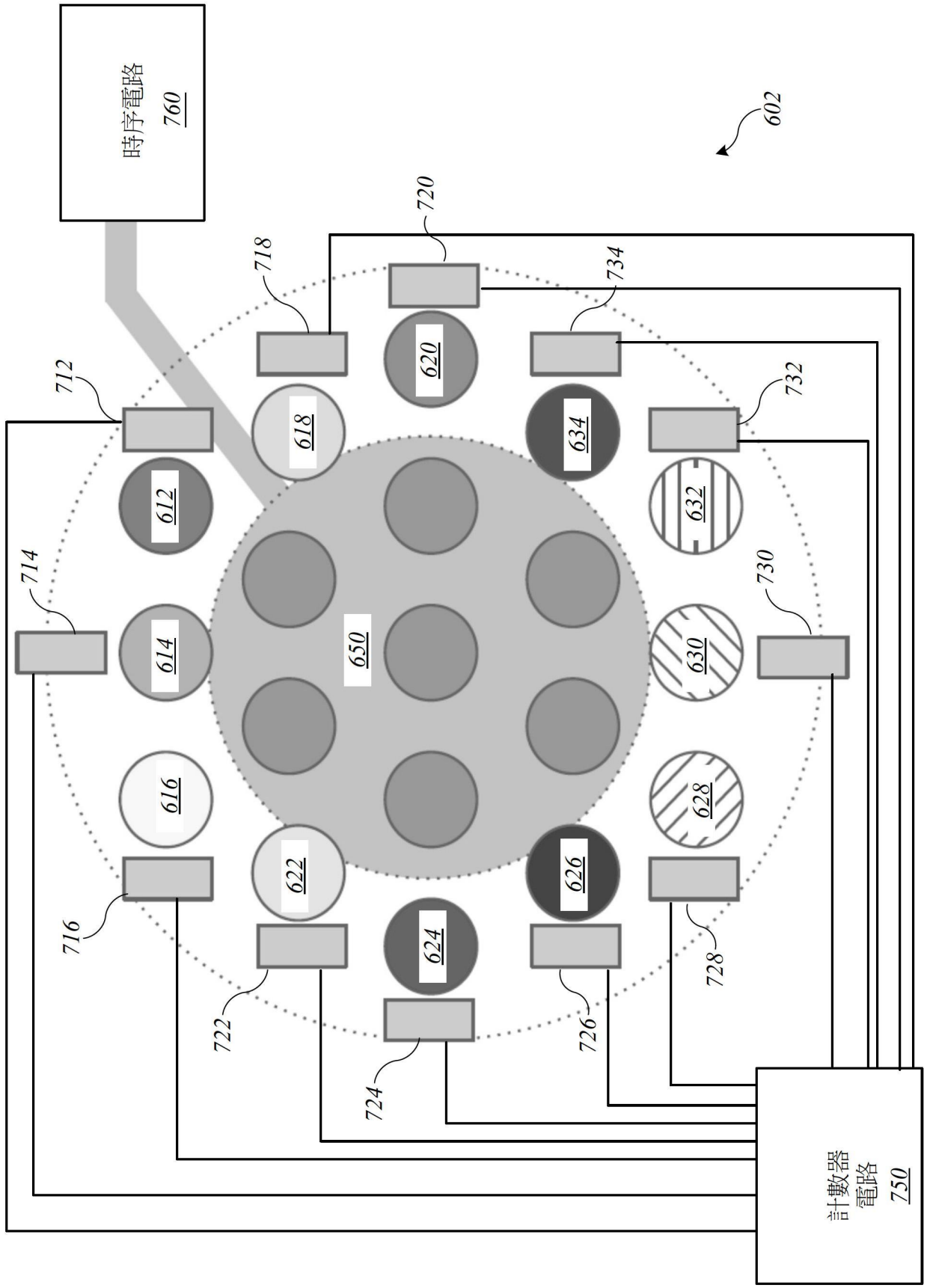
【圖4】



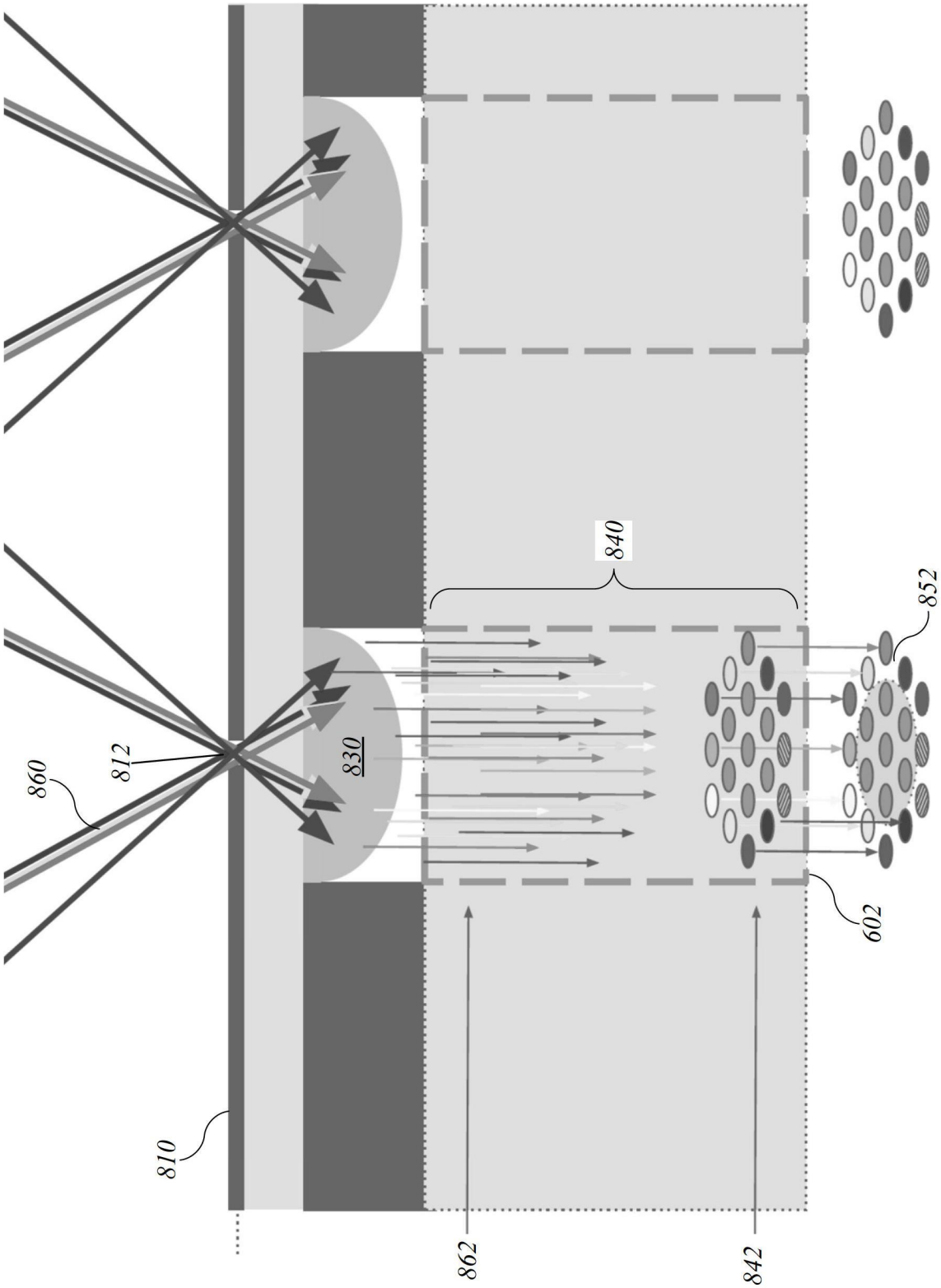
【圖5】



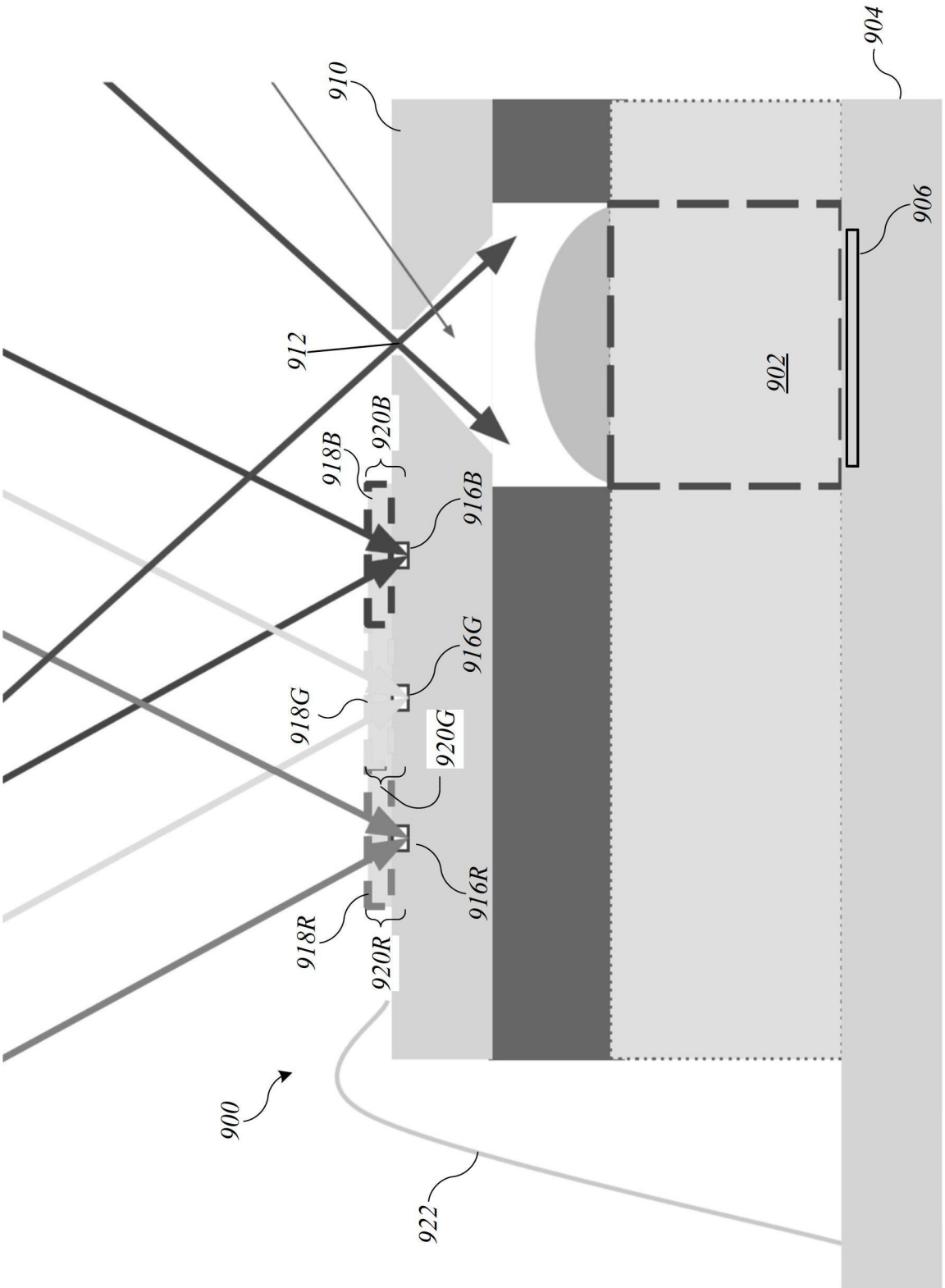
【圖9】


時序電路
760
602
720
718
734
712
620
618
634
732
612
632
714
730
614
650
630
616
628
622
626
716
624
728
722
726
724
計數器
電路
750

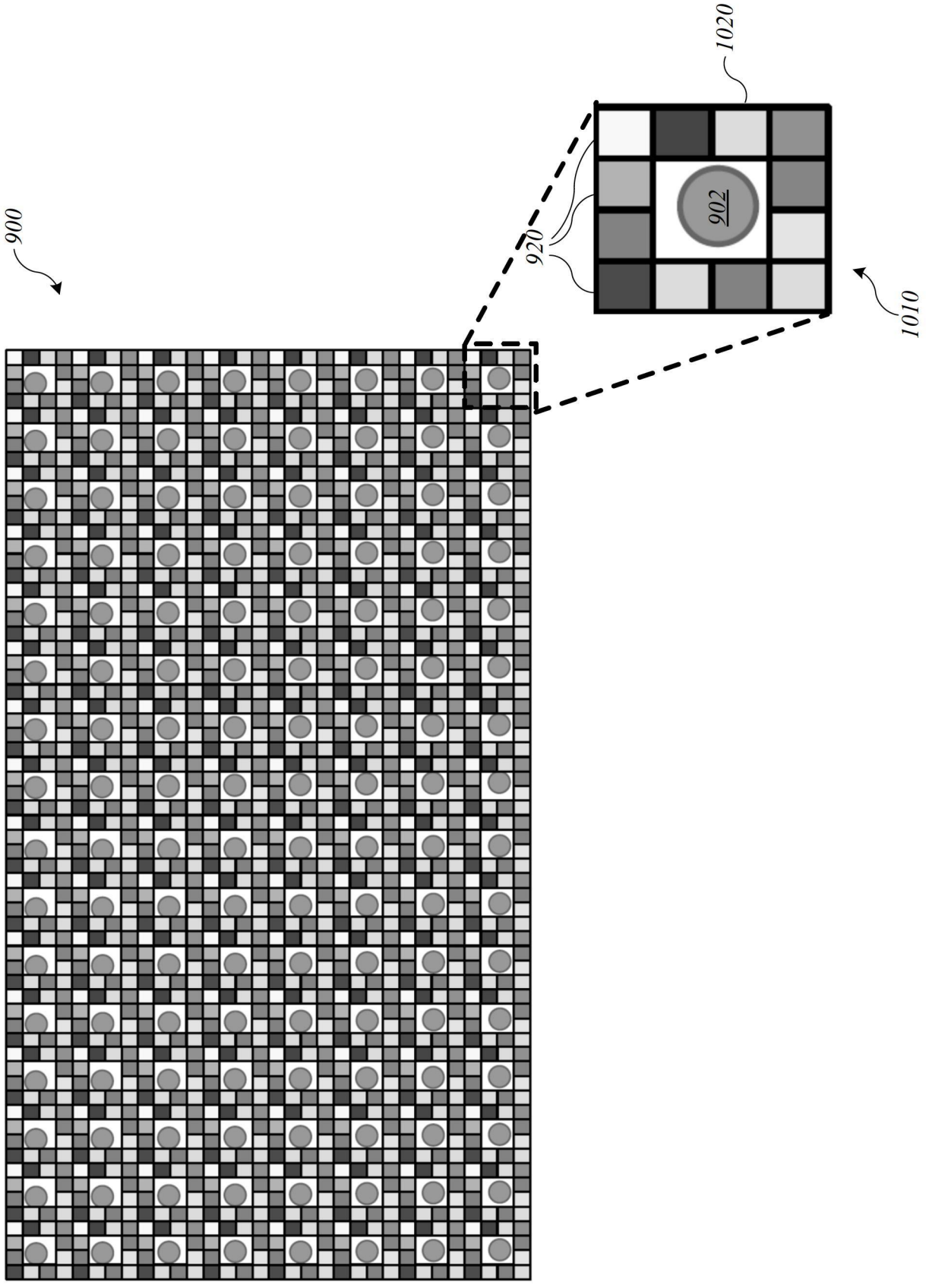
【圖7】



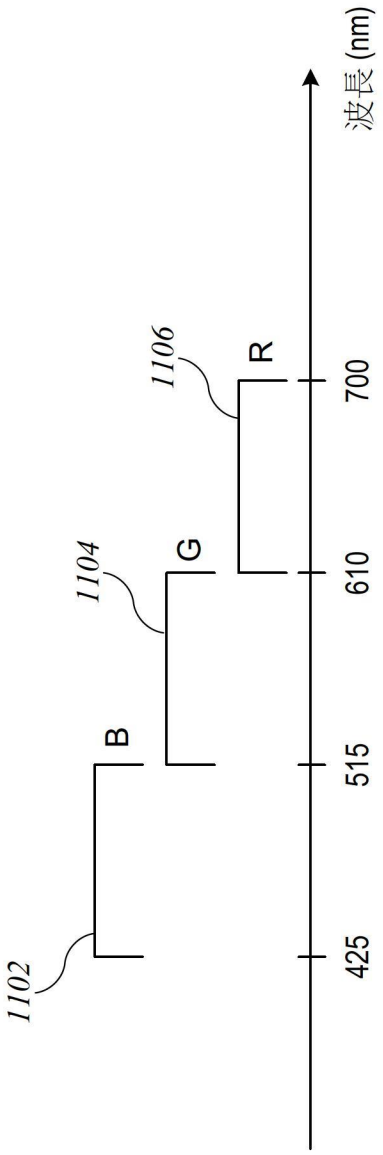
【圖8】


904
910
906
912
902
920B
918B
916B
916G
918G
920G
916R
918R
920R
900
922

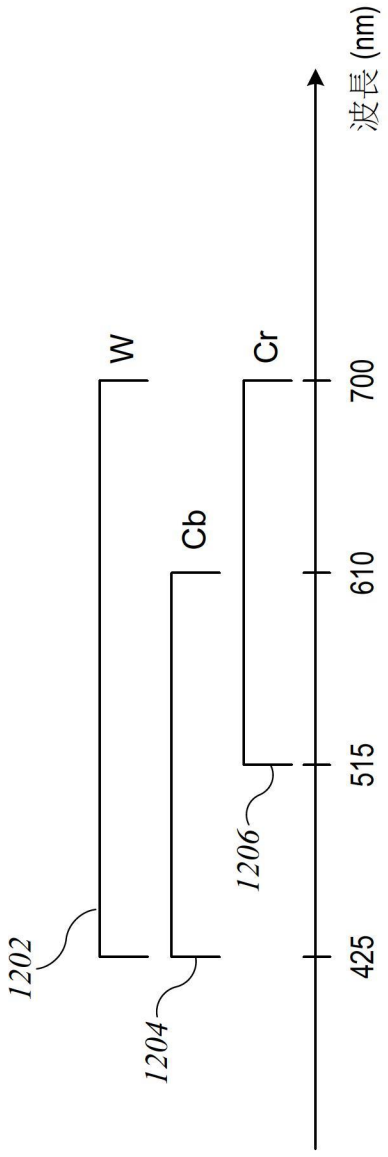
【圖9】



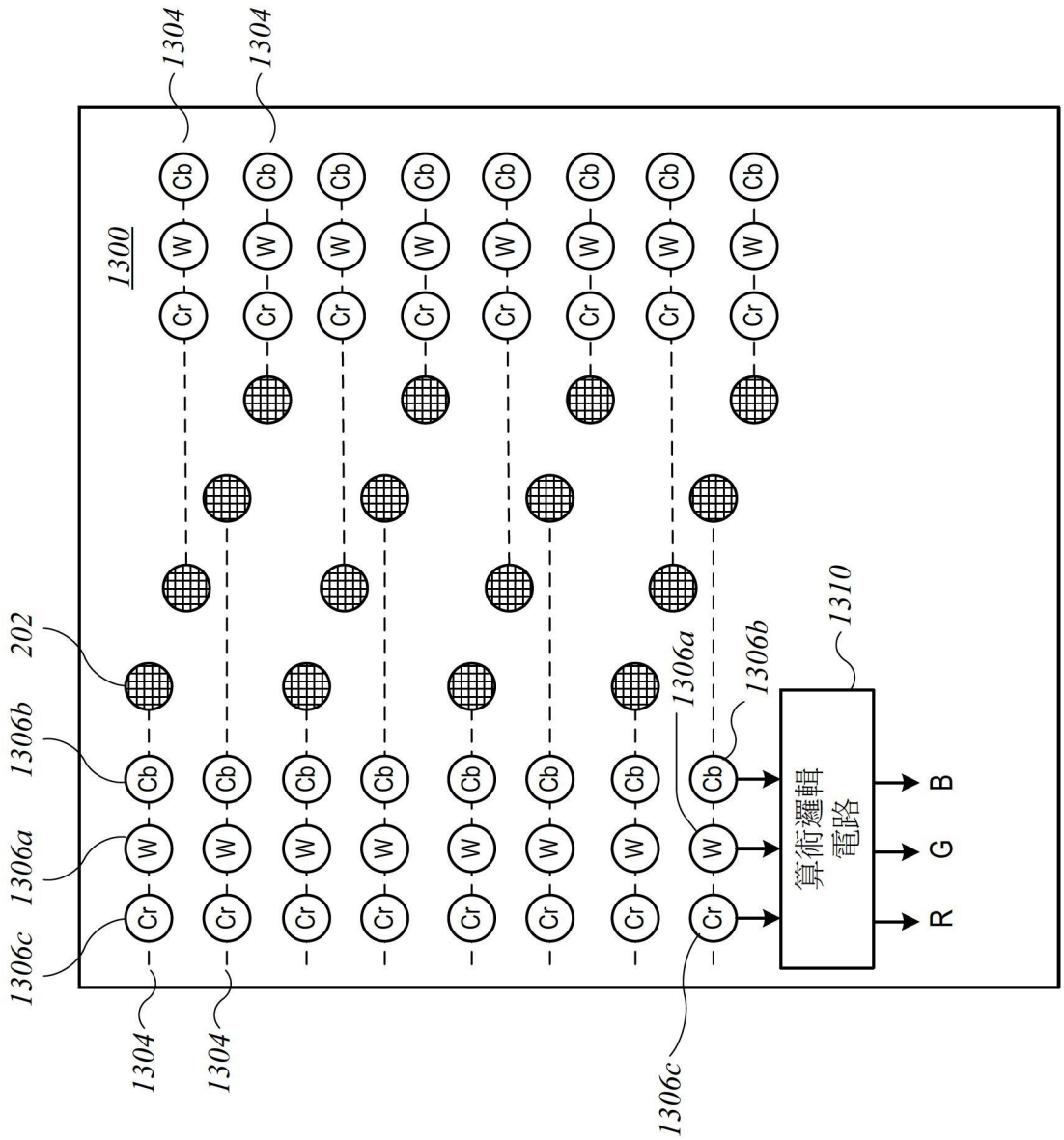
【圖10】



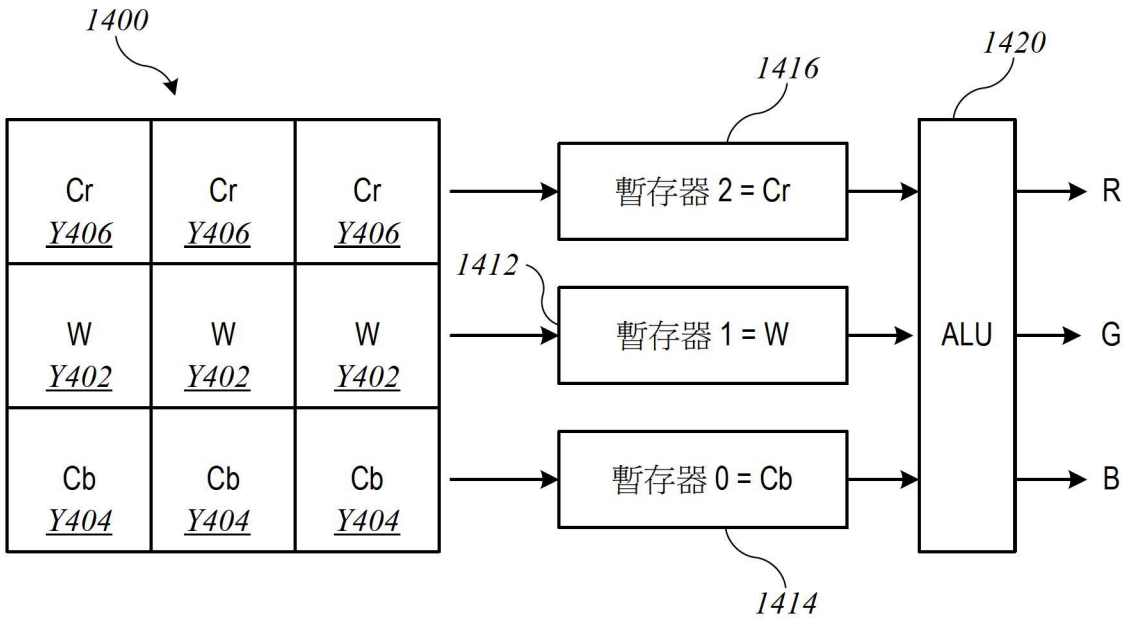
【圖11】



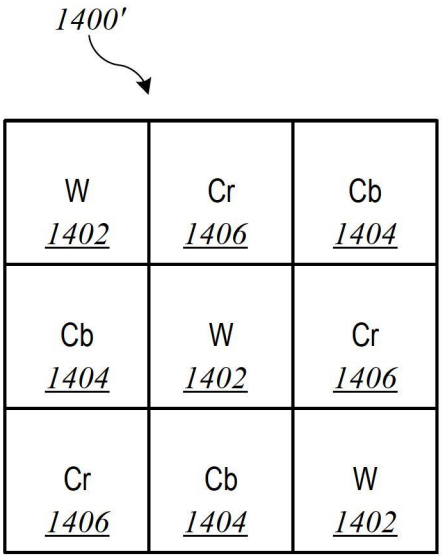
【圖12】


1300
1304
1304
1304
1304
1306c
1306a
1306b
202
1310
算術邏輯電路
R
G
B
Cr
W
Cb

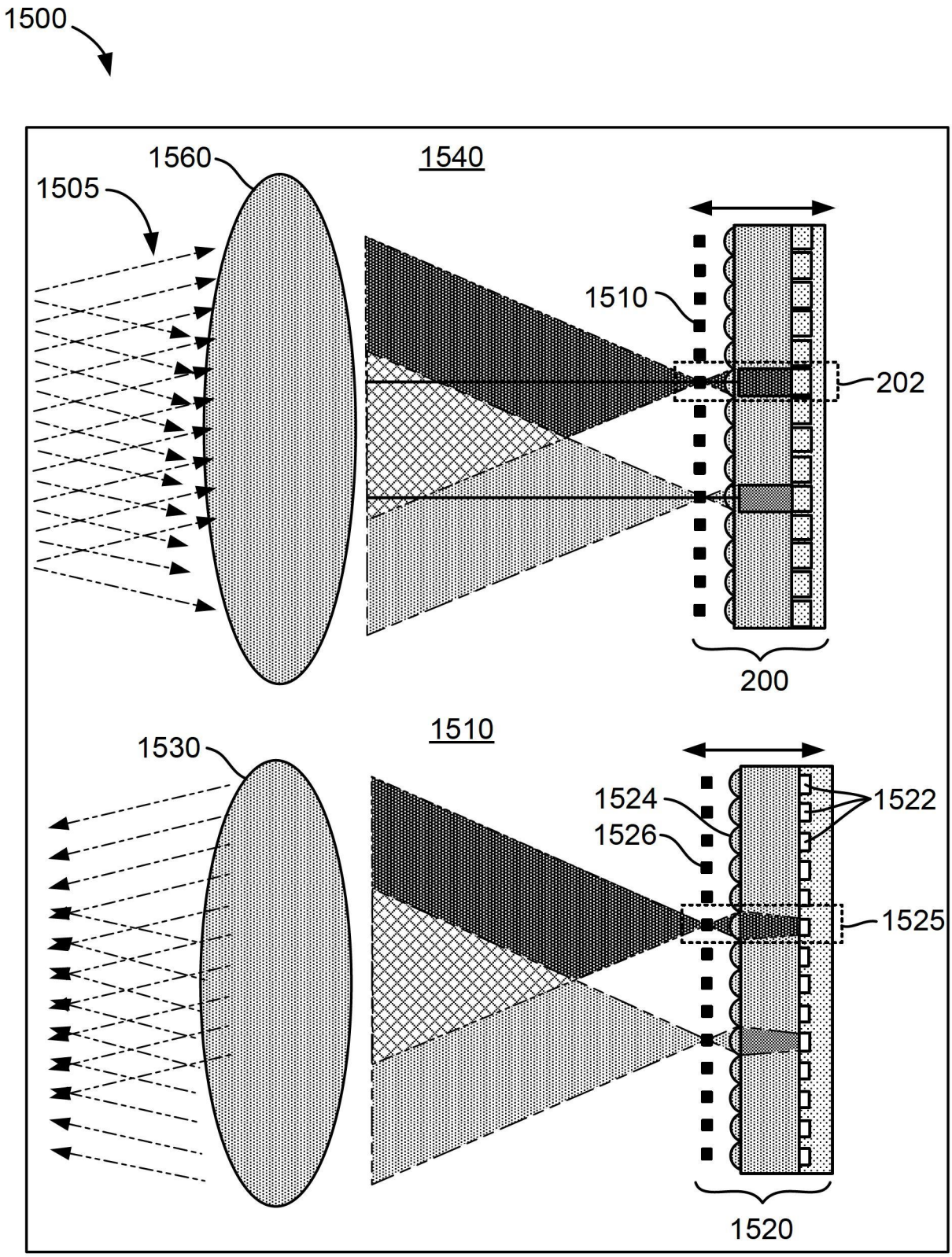
【圖13】


1400
1416
1420
Cr
Y406
Cr
Y406
Cr
Y406
W
Y402
W
Y402
W
Y402
Cb
Y404
Cb
Y404
Cb
Y404
1412
暫存器 2 = Cr
暫存器 1 = W
暫存器 0 = Cb
ALU
R
G
B
1414

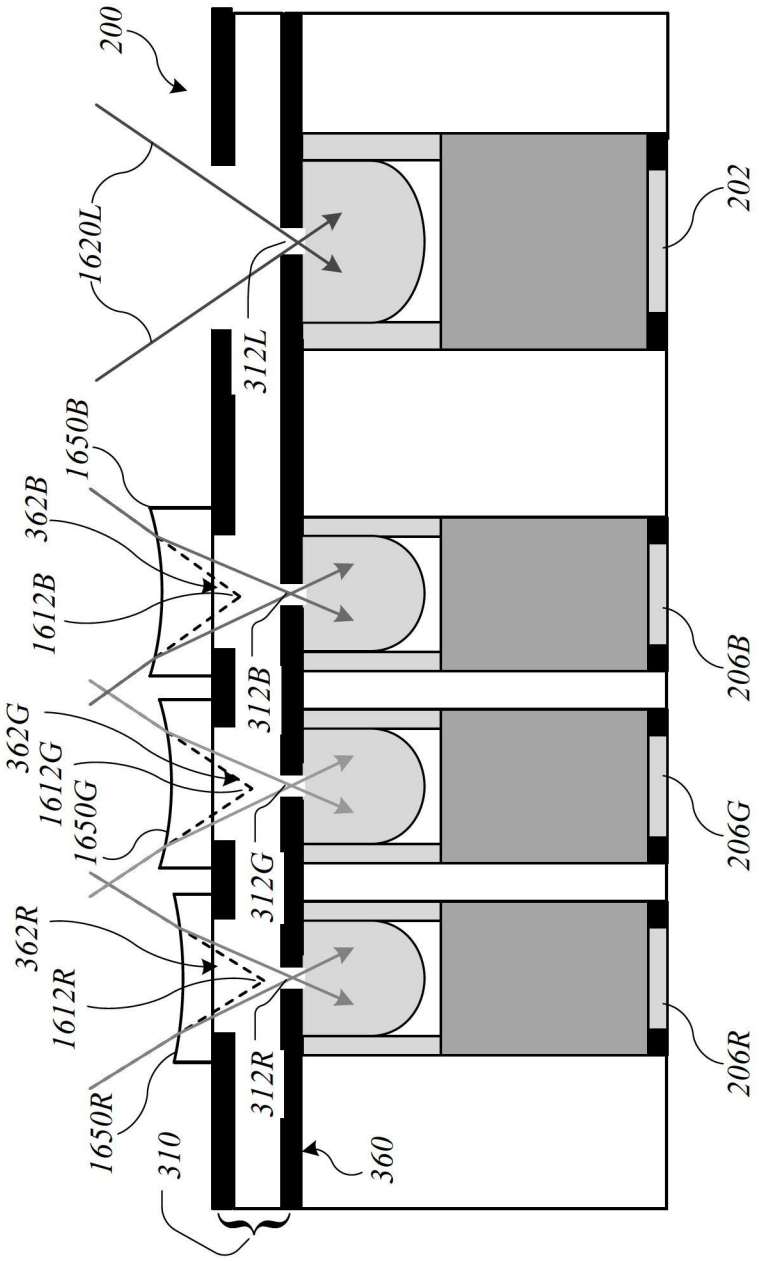
【圖14A】


1400'
W
1402
Cr
1406
Cb
1404
Cb
1404
W
1402
Cr
1406
Cr
1406
Cb
1404
W
1402

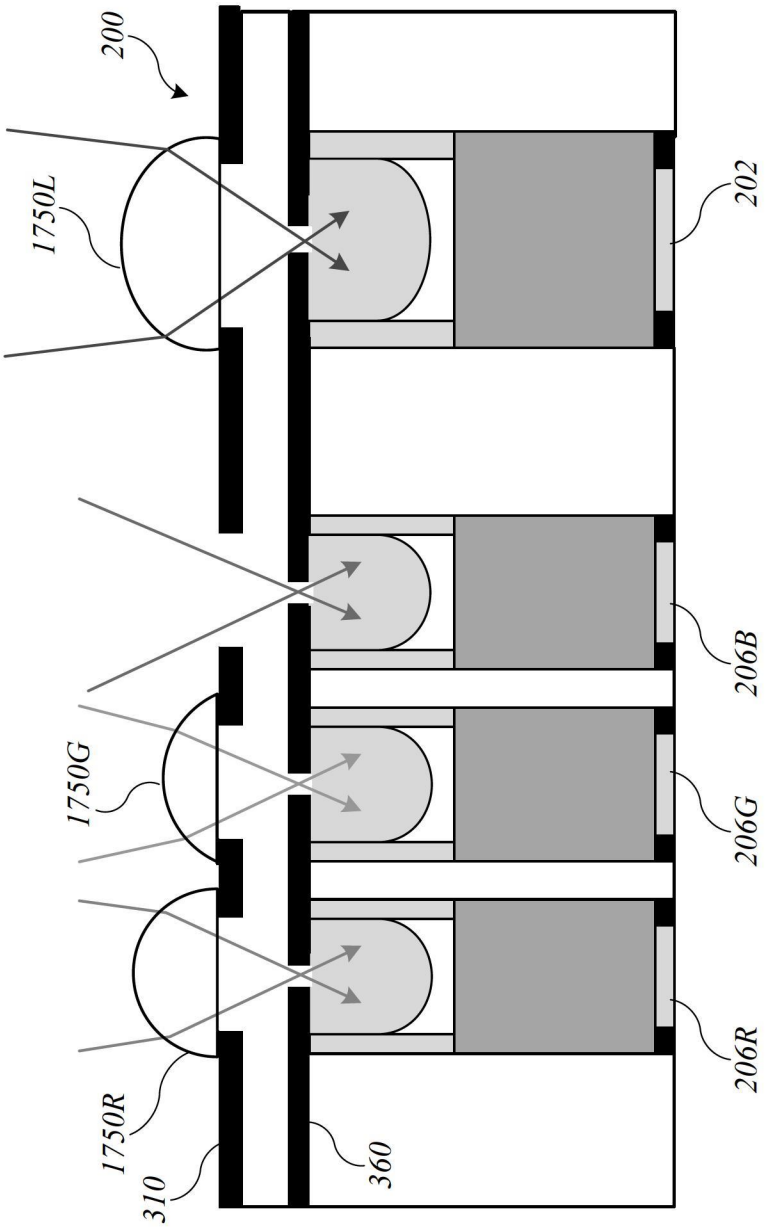
【圖14B】


1500
1560
1505
1540
1510
202
200
1530
1510
1524
1526
1522
1525
1520

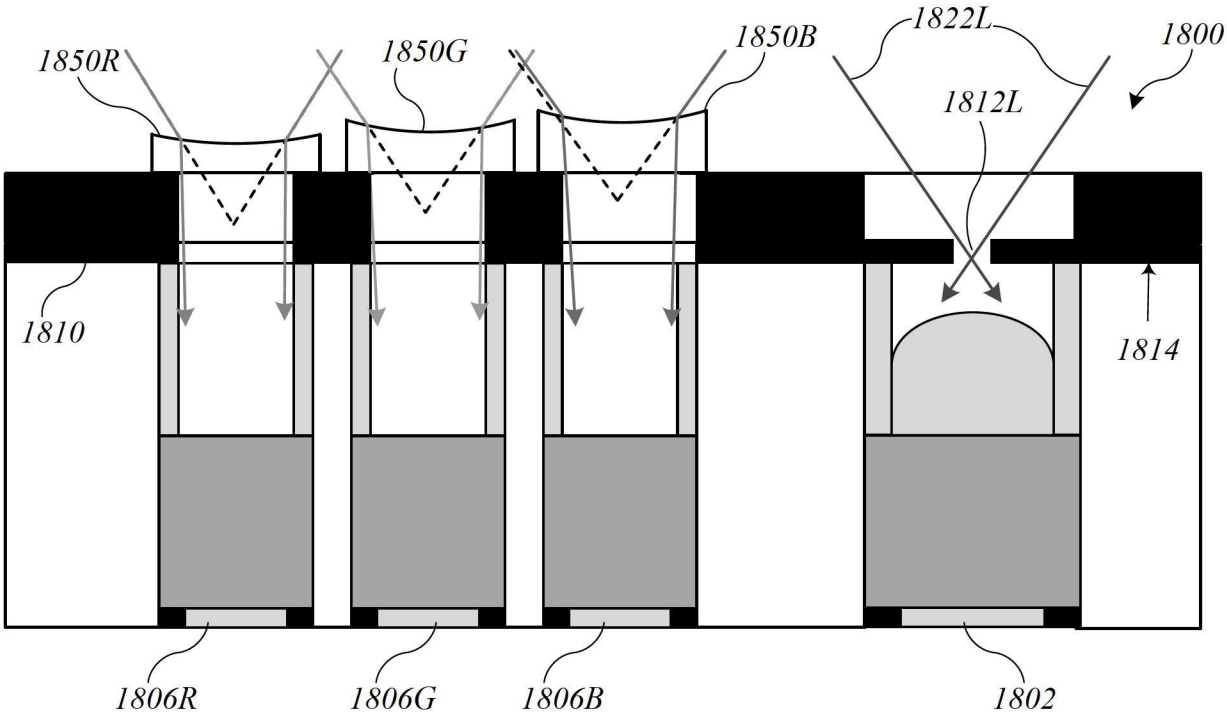
【圖15】


200
1620L
312L
1650B
362B
1612B
312B
362G
1612G
1650G
312G
362R
1612R
1650R
312R
310
360
202
206B
206G
206R

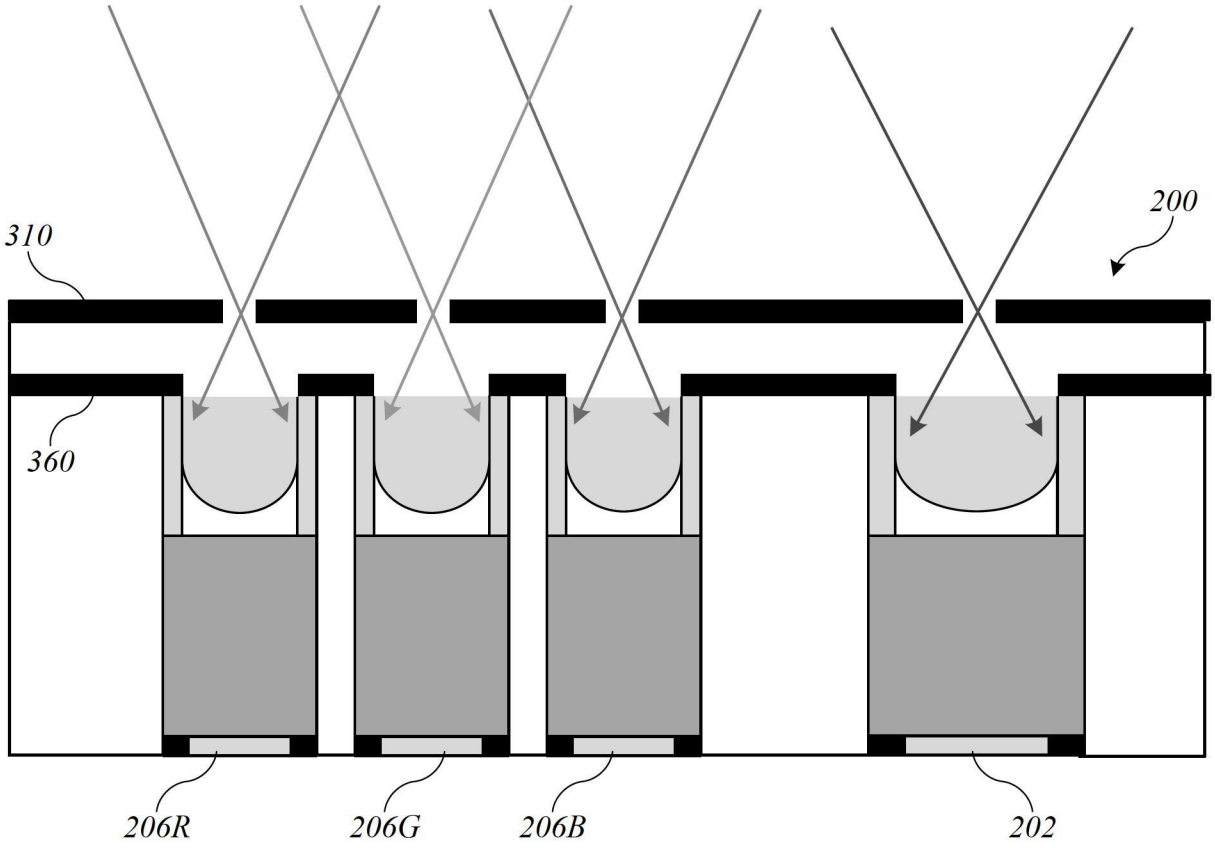
【圖16】



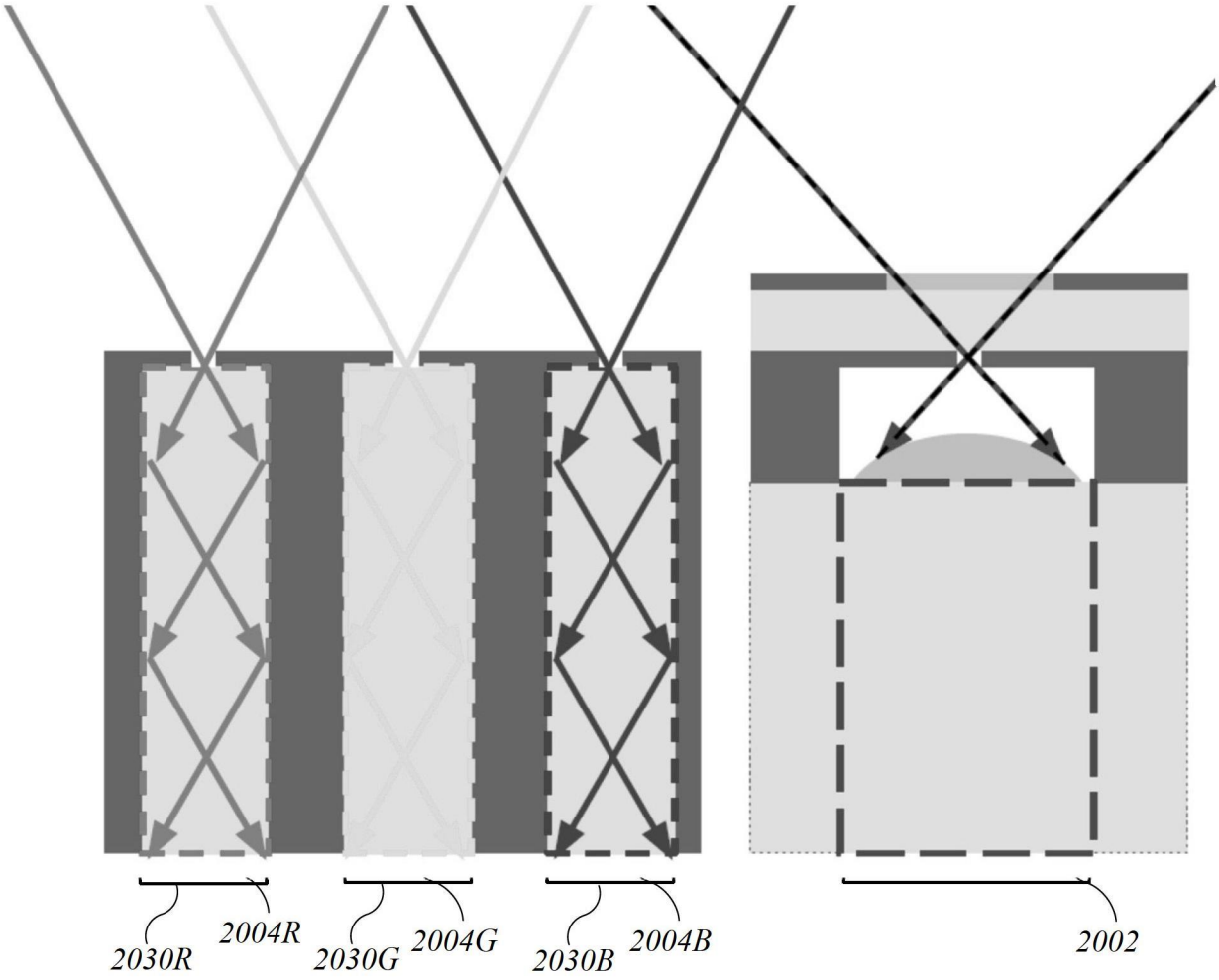
【圖17】


1850R
1850G
1850B
1822L
1800
1812L
1810
1814
1806R
1806G
1806B
1802

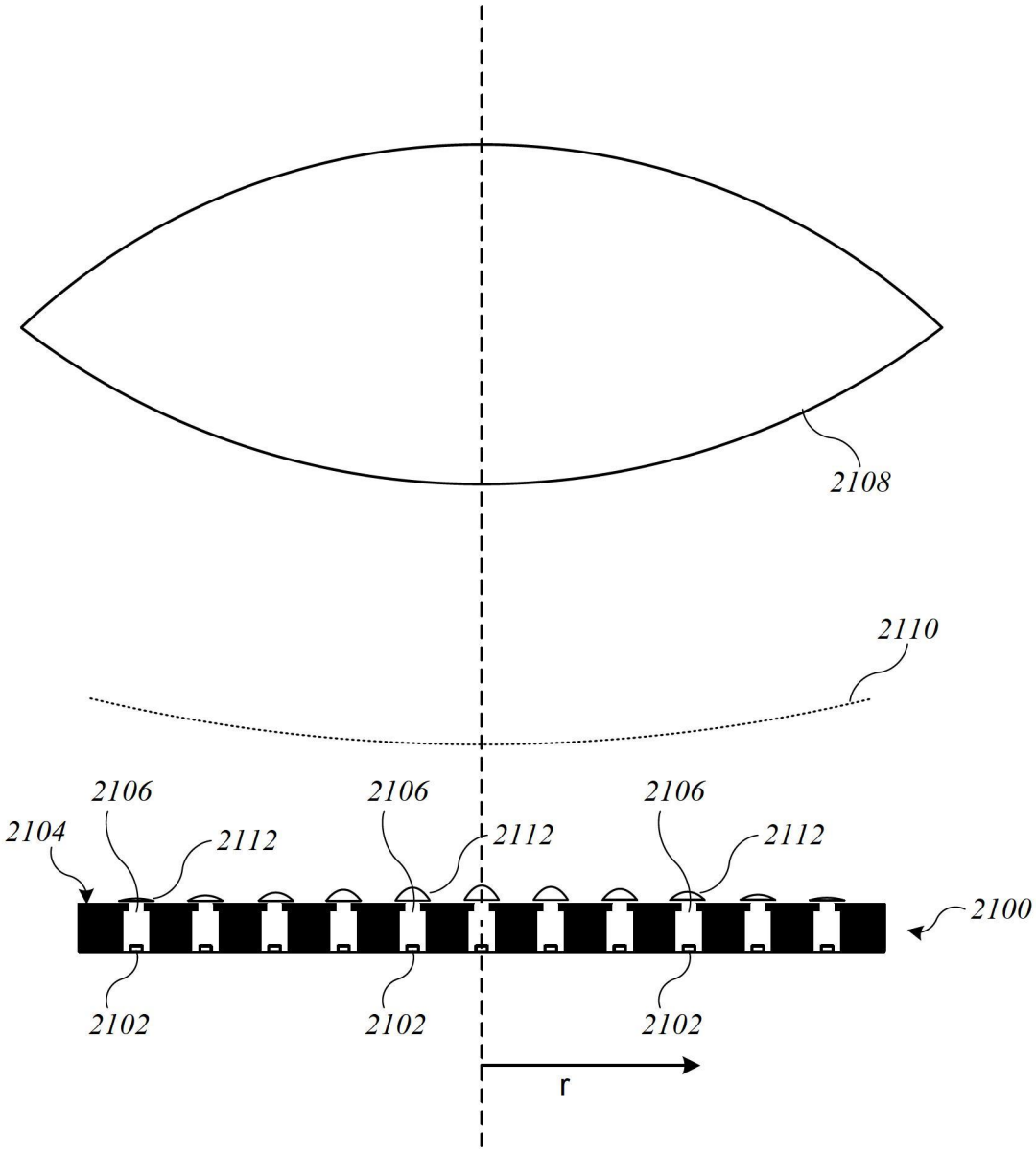
【圖18】



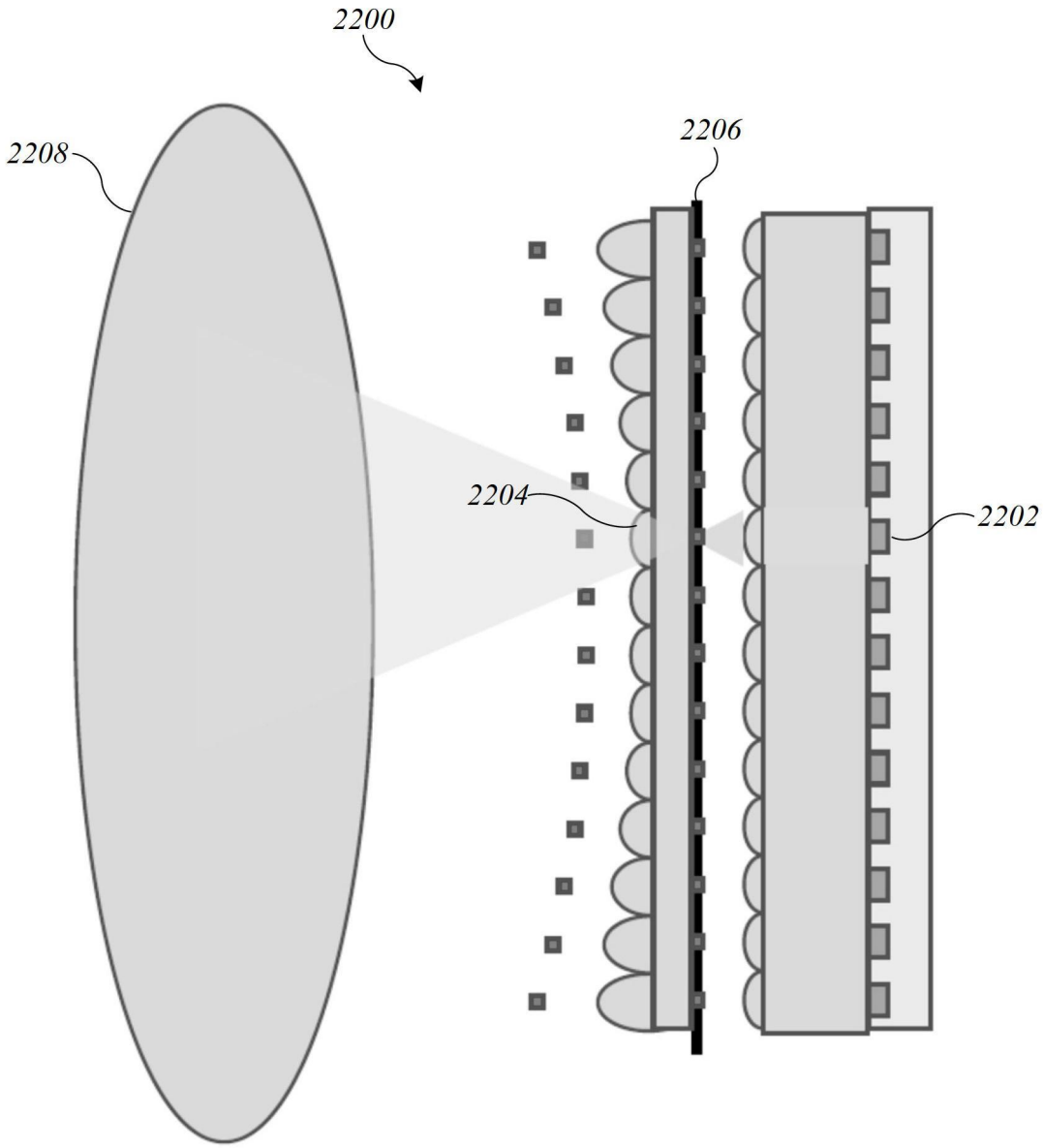
【圖19】



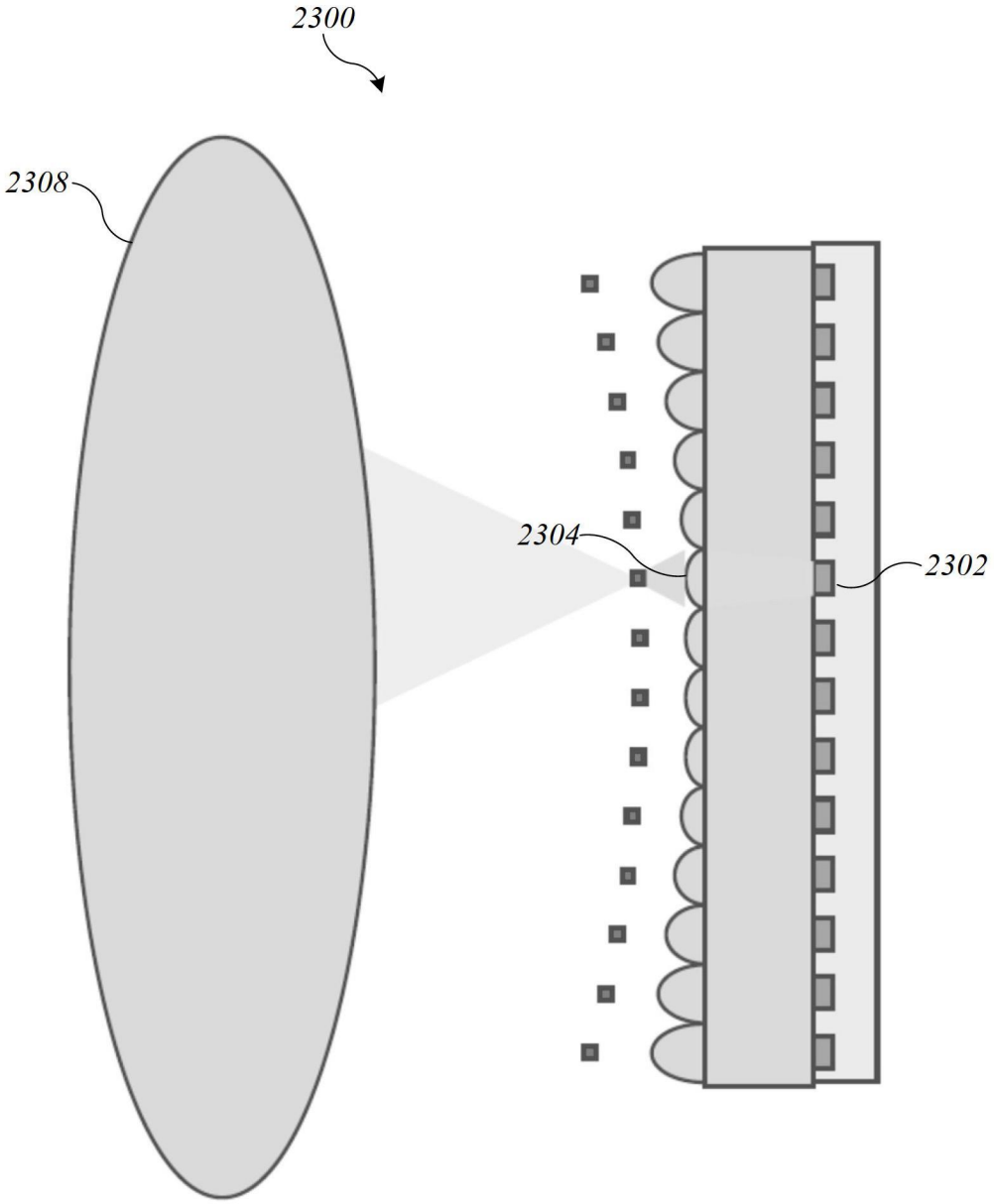
【圖20】


2108
2110
2106
2106
2106
2104
2112
2112
2112
2100
2102
2102
2102
r

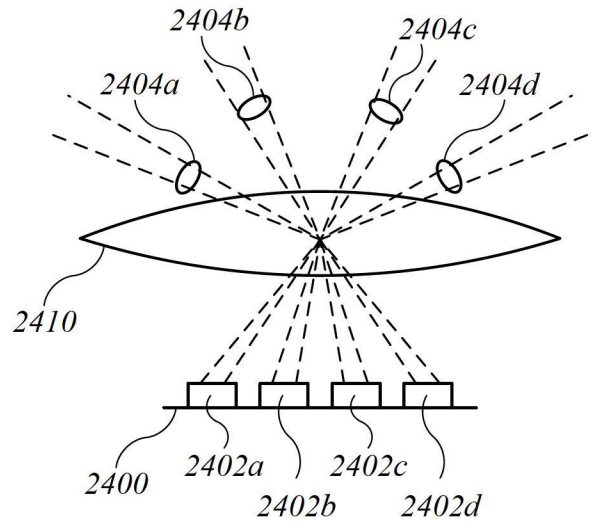
【圖21】



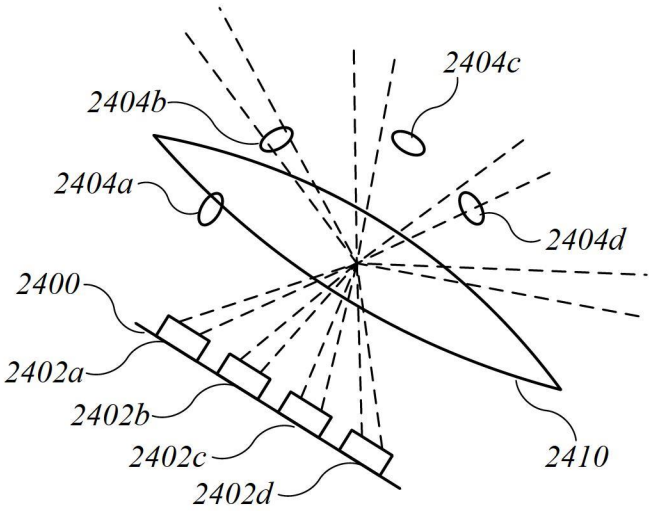
【圖22】



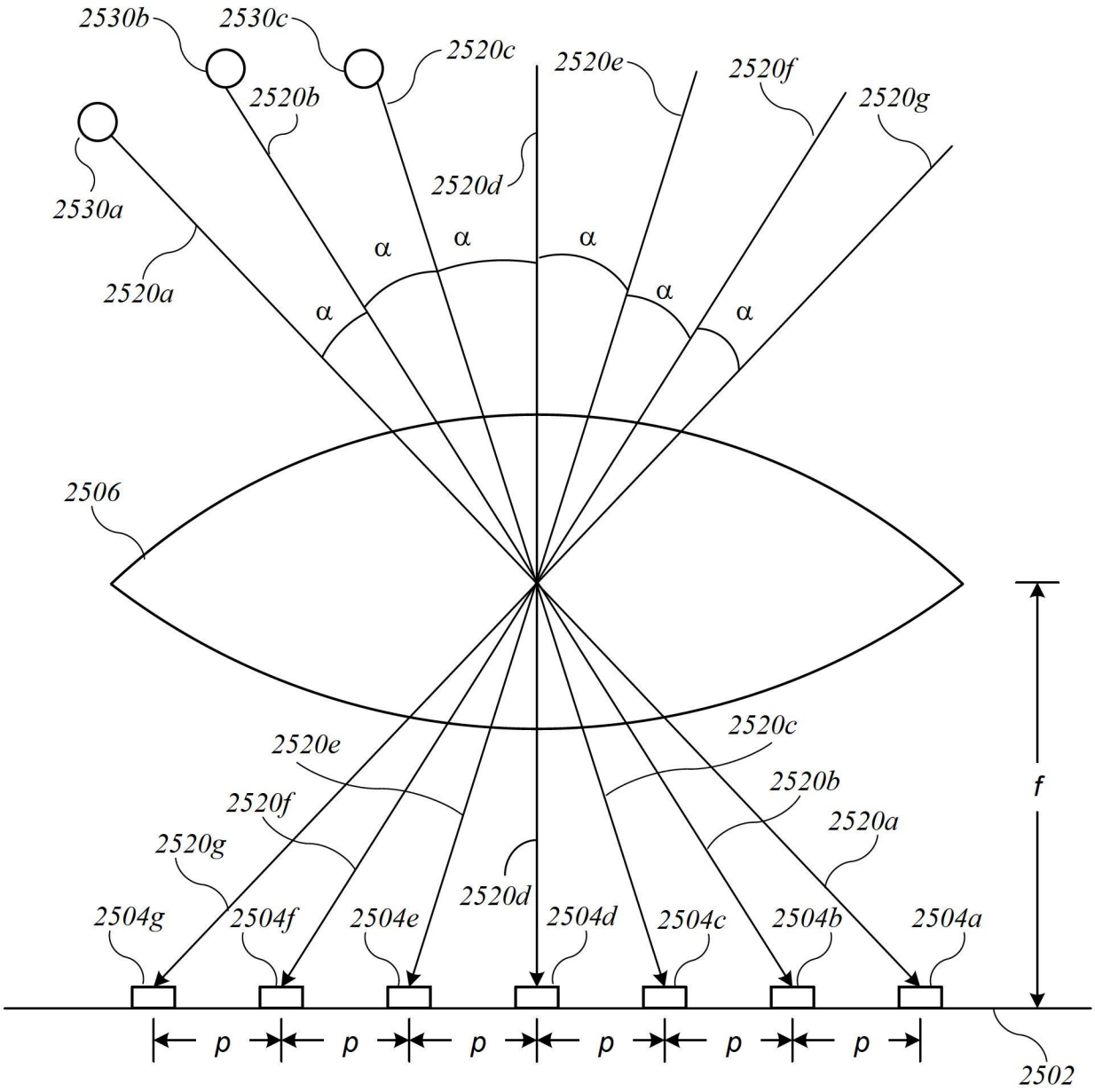
【圖23】


2404b
2404c
2404a
2404d
2410
2400
2402a
2402c
2402b
2402d

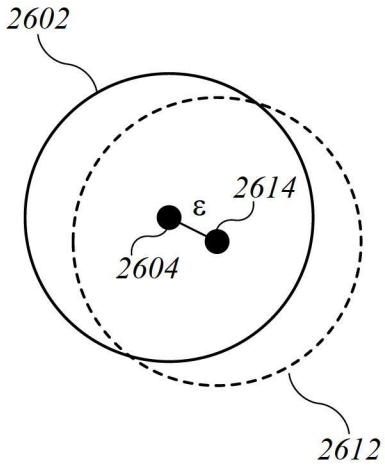
【圖24A】


2404c
2404b
2404a
2404d
2400
2402a
2402b
2402c
2402d
2410

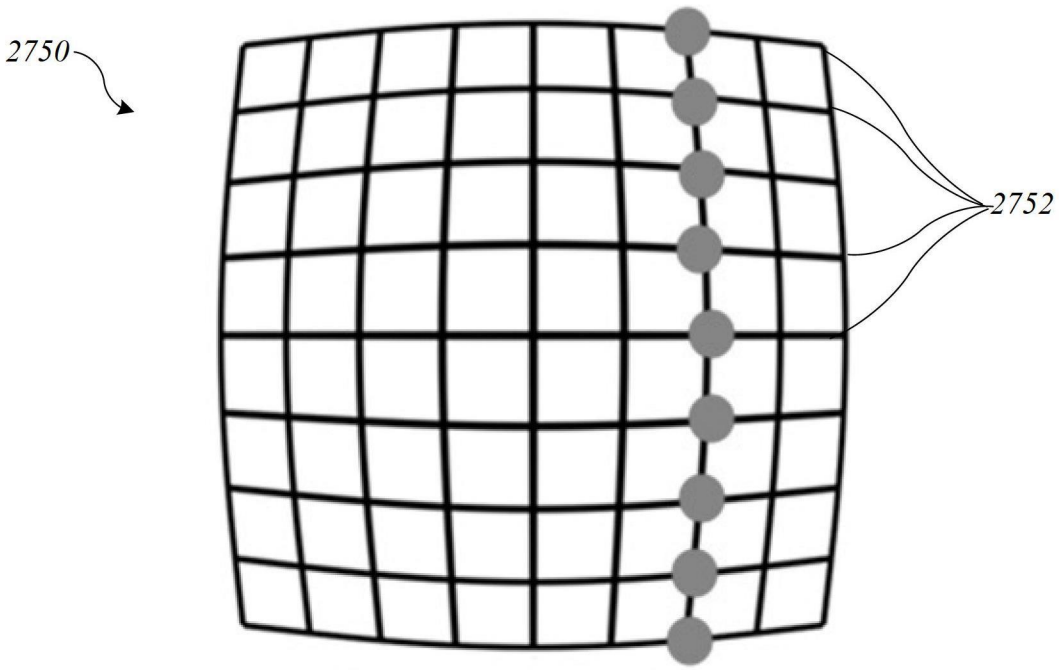
【圖24B】


2530b
2530c
2520c
2520e
2520f
2520g
2520b
2520d
2530a
2520a
α
α
α
α
α
α
2506
2520e
2520c
2520f
2520b
2520g
2520a
2520d
2504g
2504f
2504e
2504d
2504c
2504b
2504a
f
p
p
p
p
p
p
2502

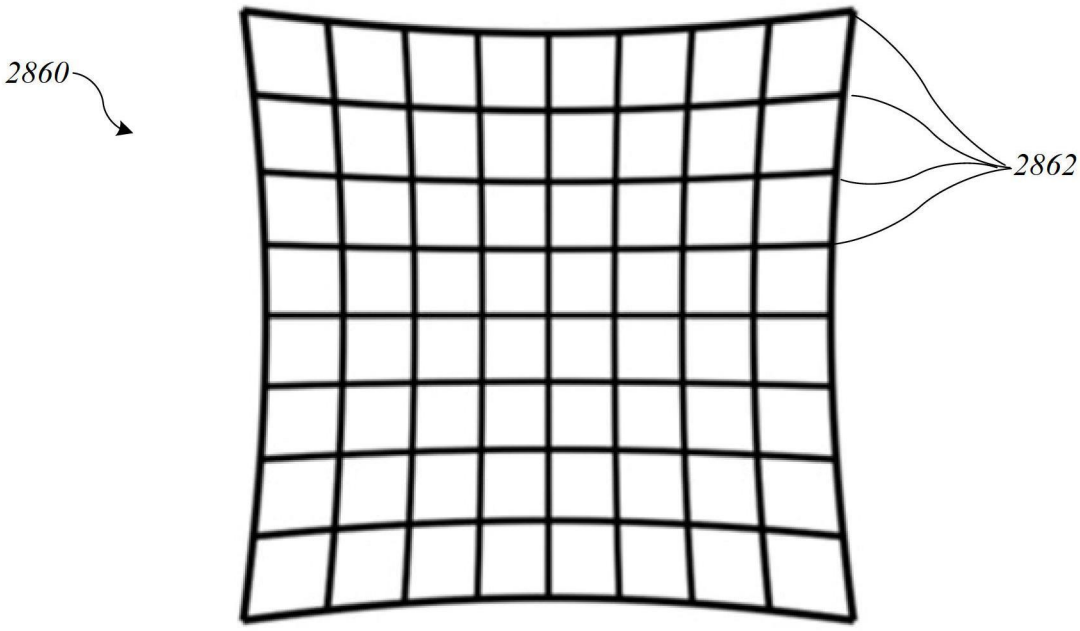
【圖25】



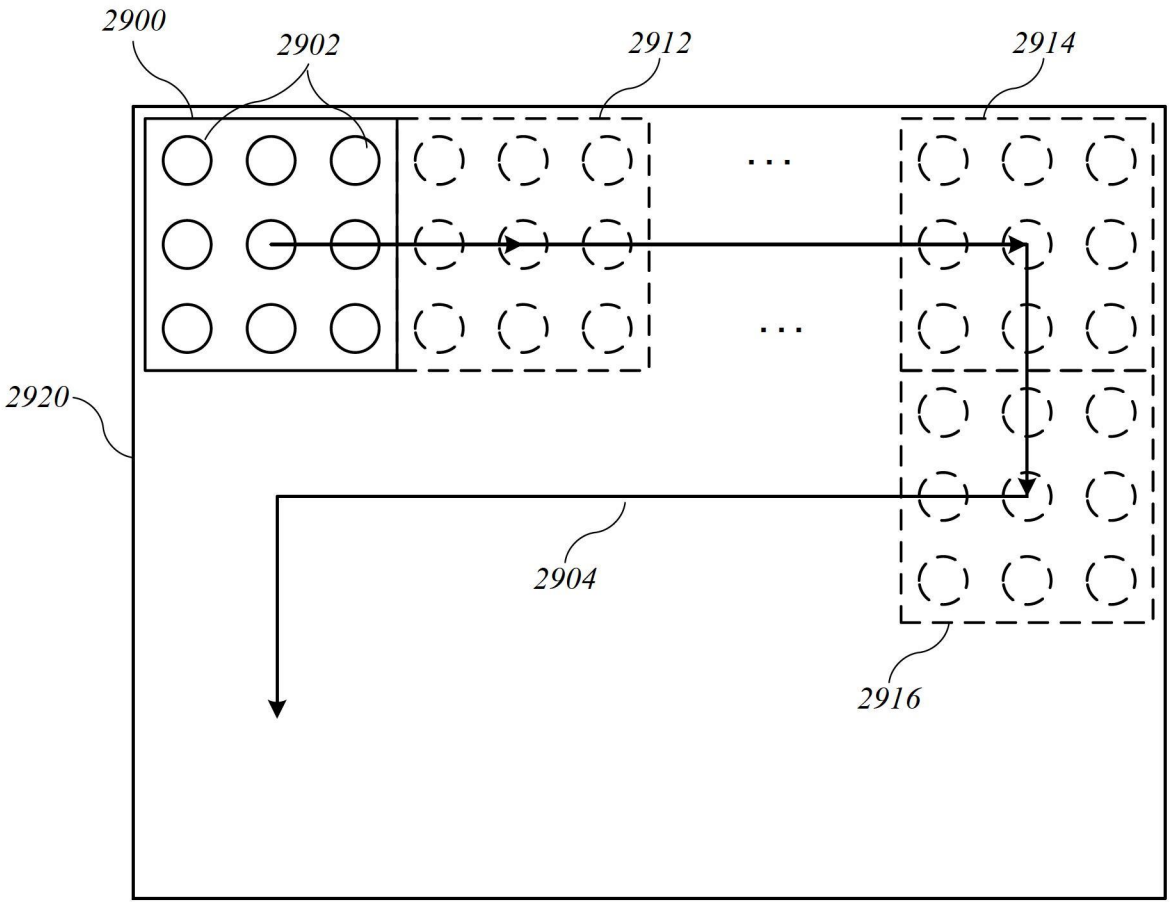
【圖26】



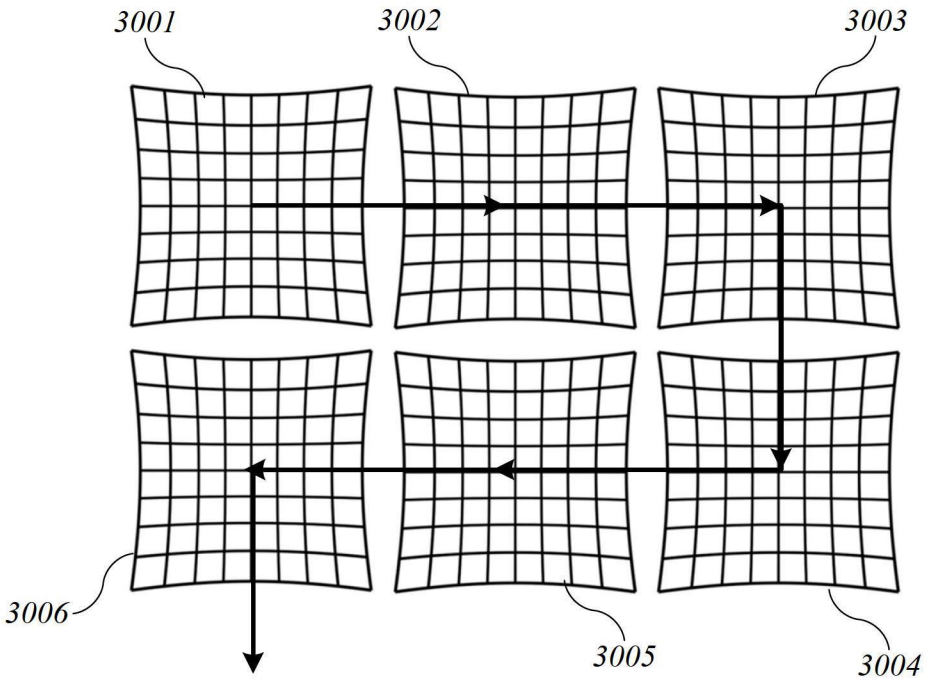
【圖27】



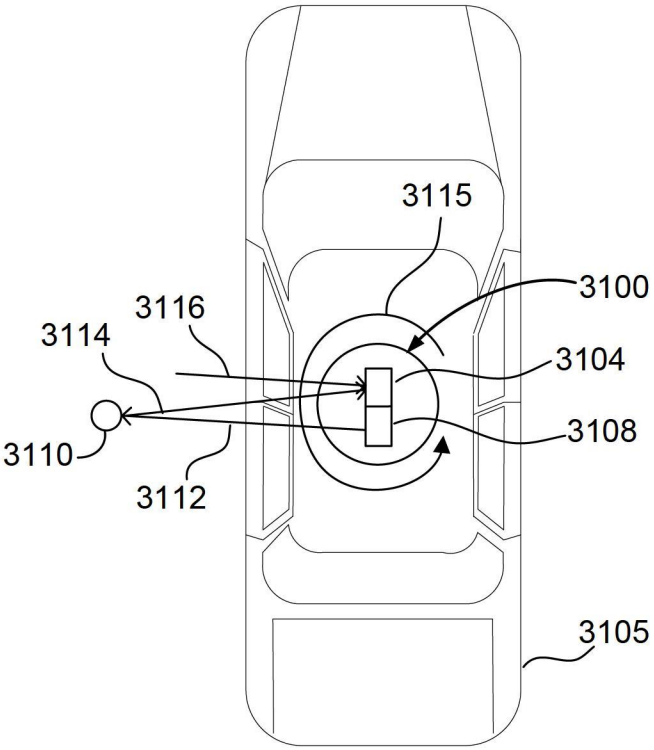
【圖28】



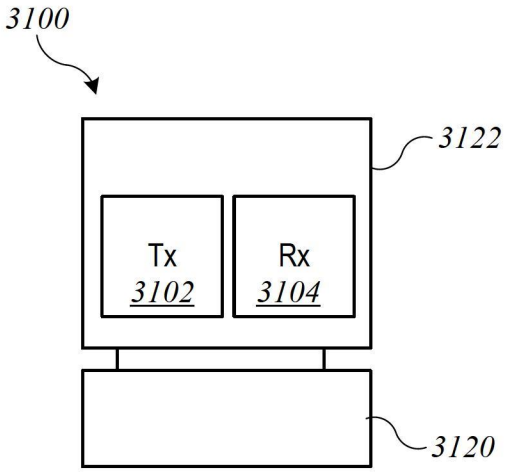
【圖29】



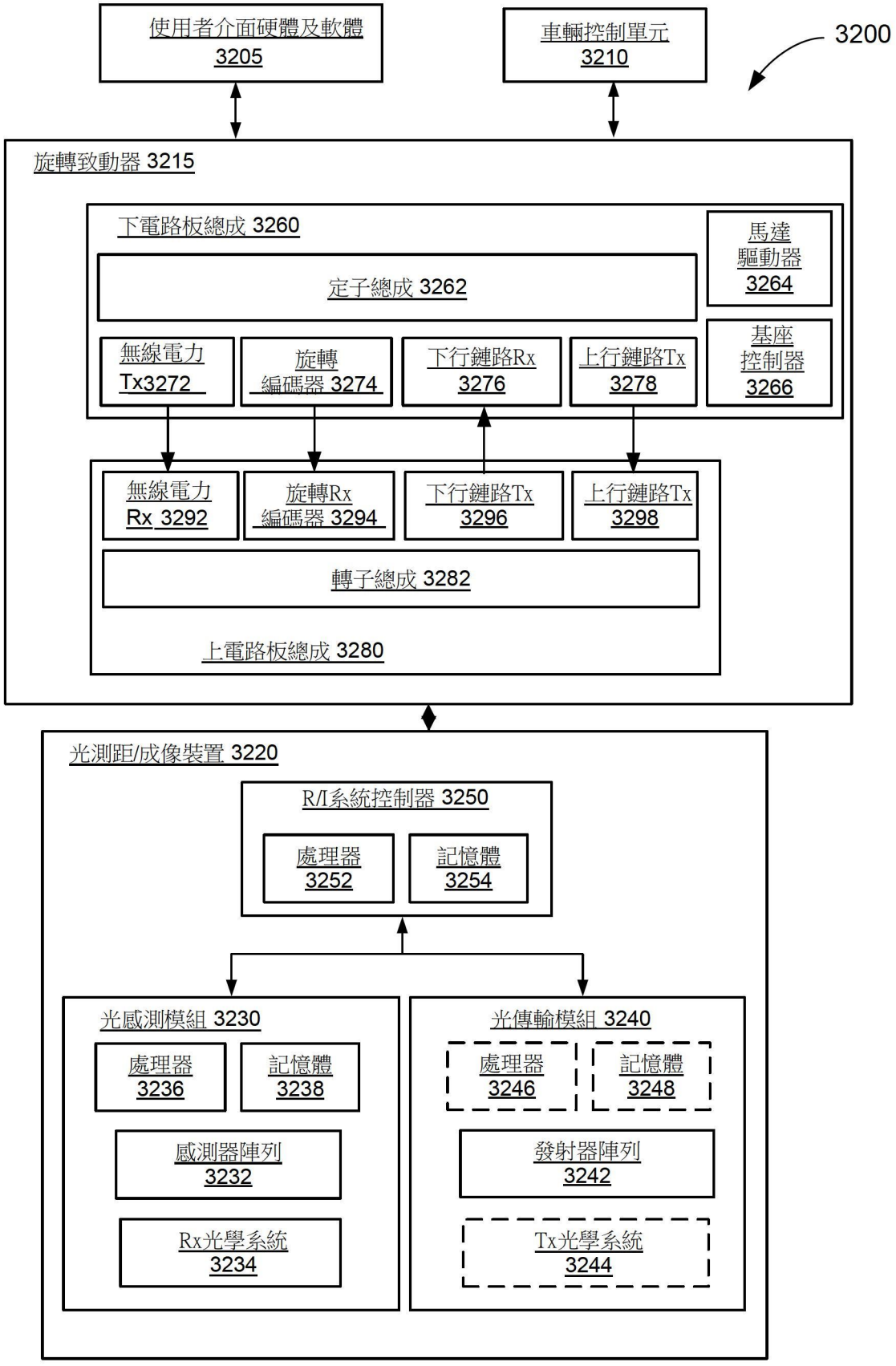
【圖30】


3115
3100
3116
3114
3104
3108
3110
3112
3105

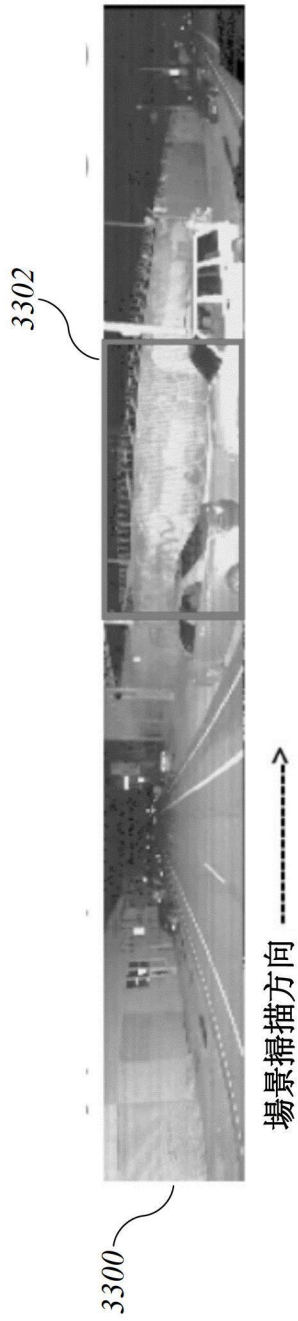
【圖31A】


3100
3122
Tx
3102
Rx
3104
3120

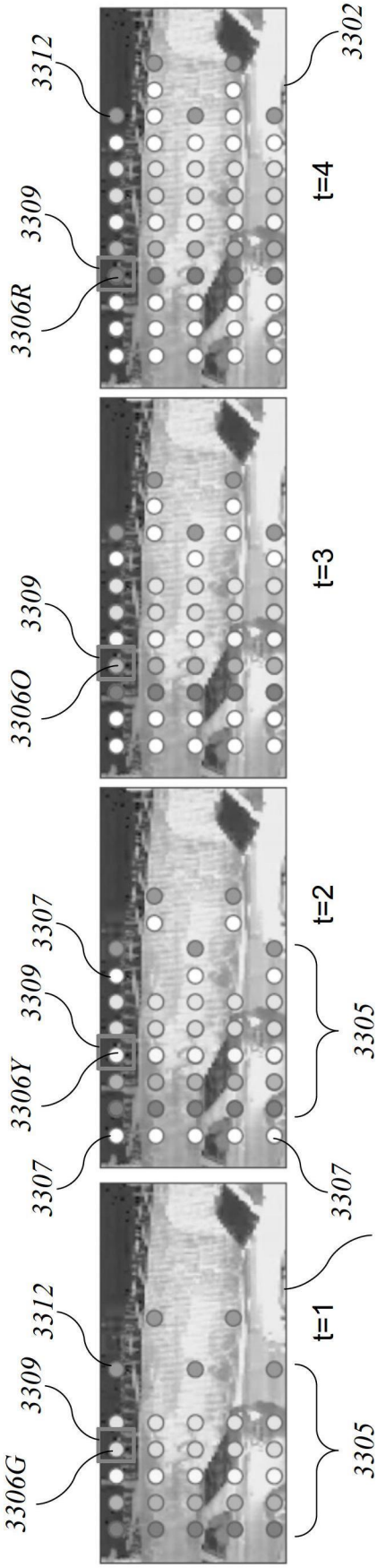
【圖31B】


使用者介面硬體及軟體
3205
車輛控制單元
3210
3200
旋轉致動器 3215
下電路板總成 3260
馬達
驅動器
3264
定子總成 3262
無線電力
Tx3272
旋轉
編碼器 3274
下行鏈路Rx
3276
上行鏈路Tx
3278
基座
控制器
3266
無線電力
Rx 3292
旋轉Rx
編碼器 3294
下行鏈路Tx
3296
上行鏈路Tx
3298
轉子總成 3282
上電路板總成 3280
光測距/成像裝置 3220
R/I系統控制器 3250
處理器
3252
記憶體
3254
光感測模組 3230
處理器
3236
記憶體
3238
感測器陣列
3232
Rx光學系統
3234
光傳輸模組 3240
處理器
3246
記憶體
3248
發射器陣列
3242
Tx光學系統
3244

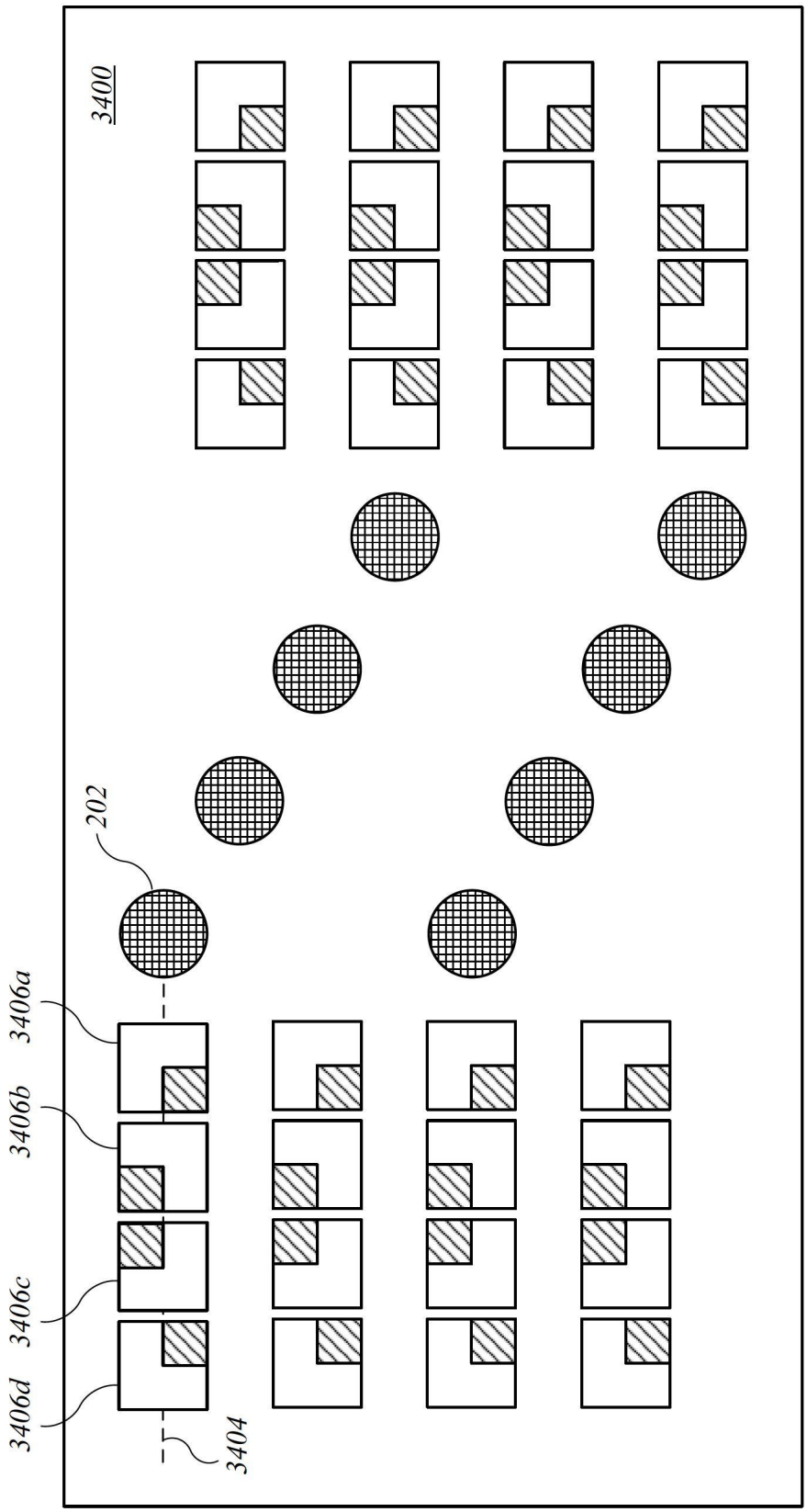
【圖32】


3302
場景掃描方向
3300

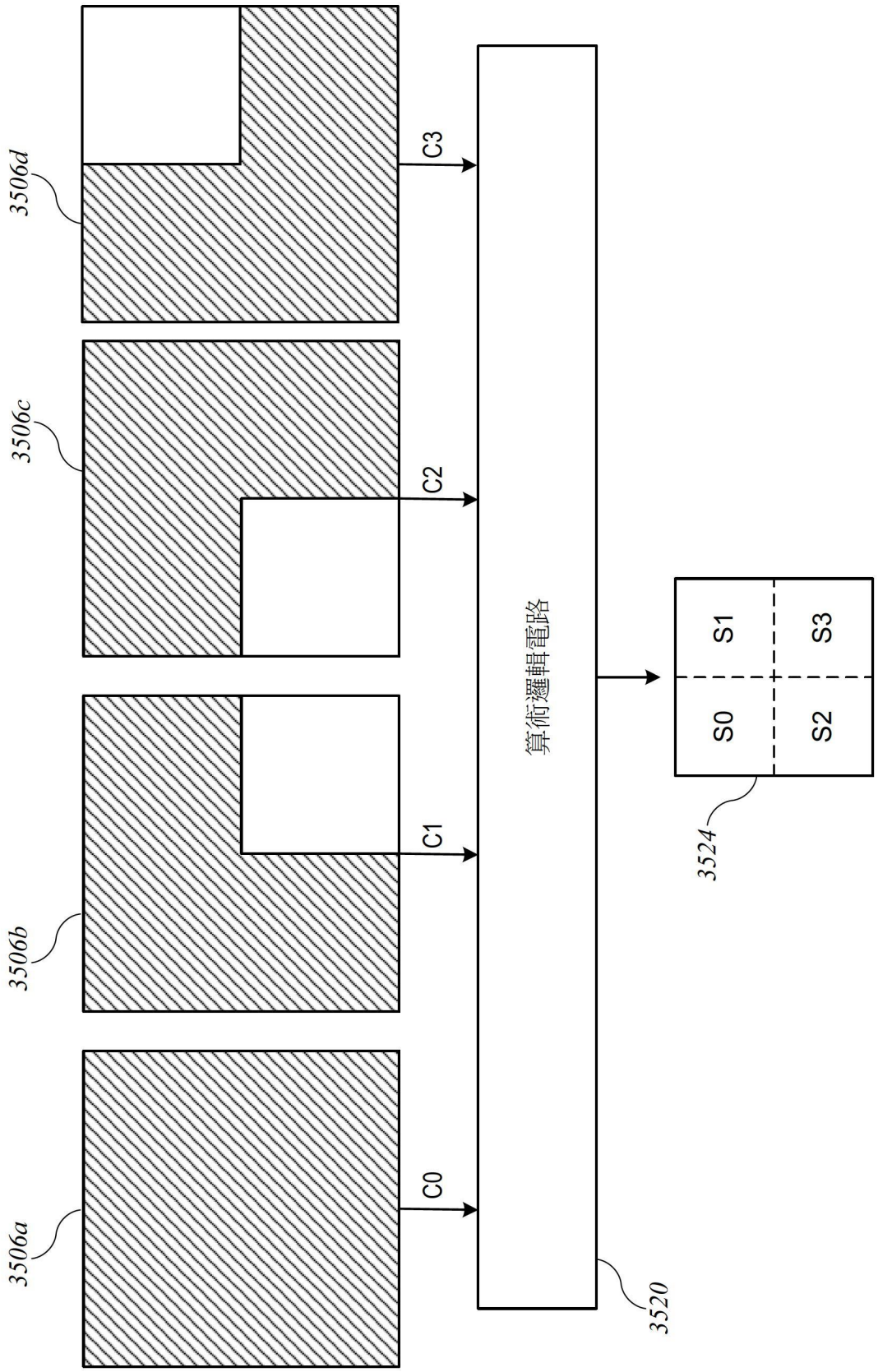
【圖33A】


3312
3302
3309
3306R
t=4
3309
3306O
t=3
3307
3309
3306Y
t=2
3305
3307
3307
3302
3312
3309
3306G
t=1
3305

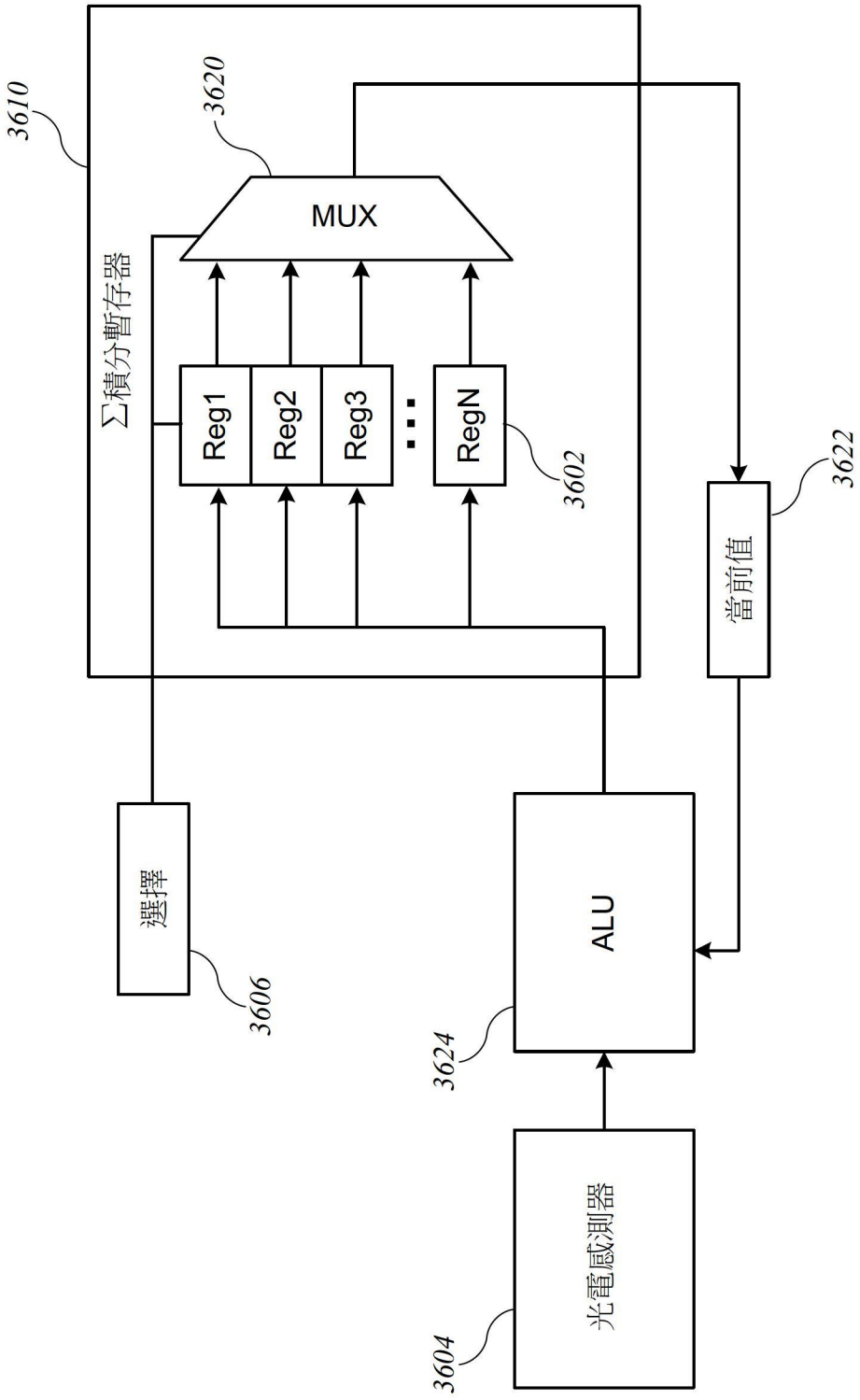
【圖33B】



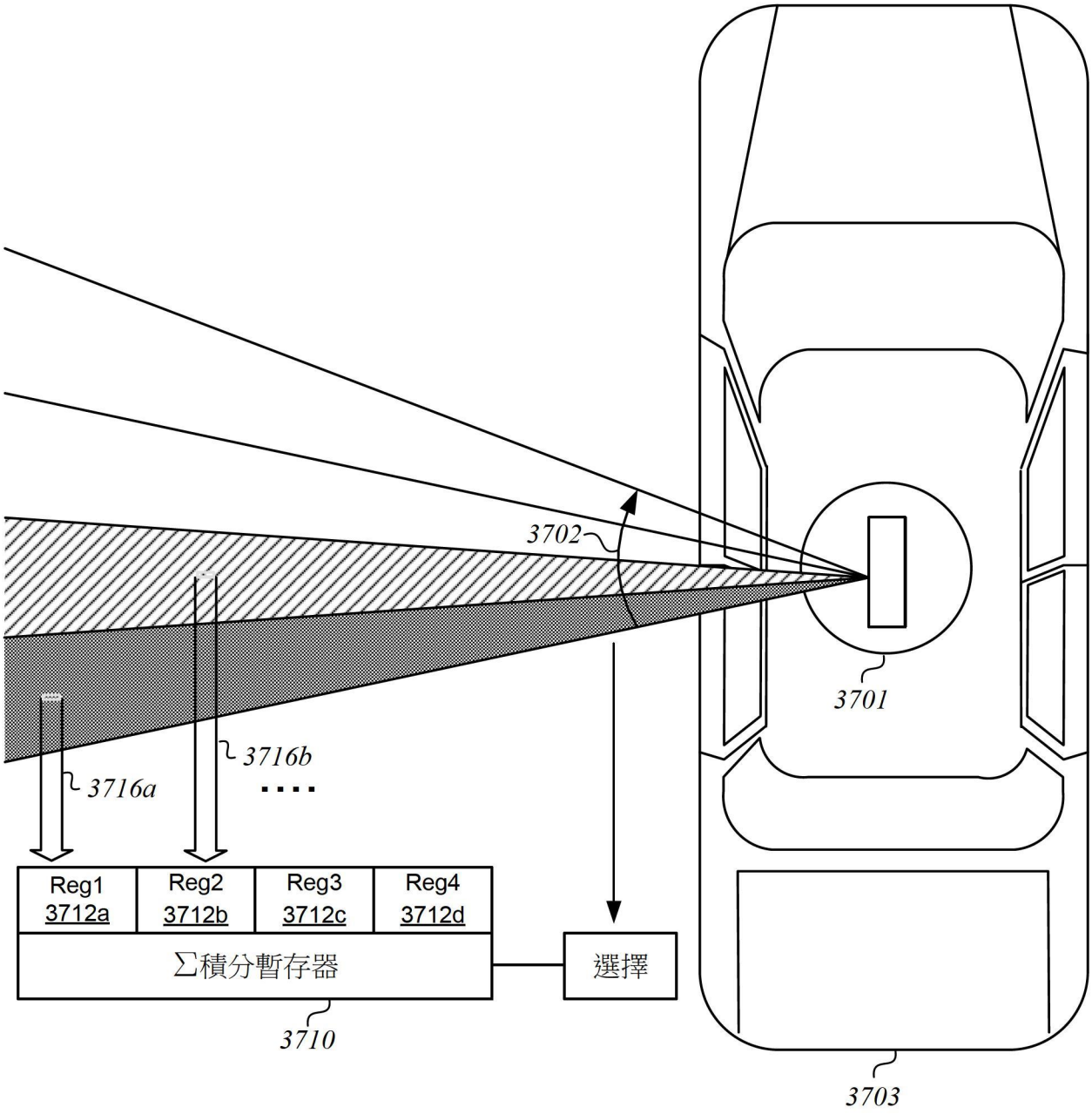
【圖34】


3506d
3506c
3506b
3506a
C3
C2
C1
C0
算術邏輯電路
3520
S1
S3
S0
S2
3524

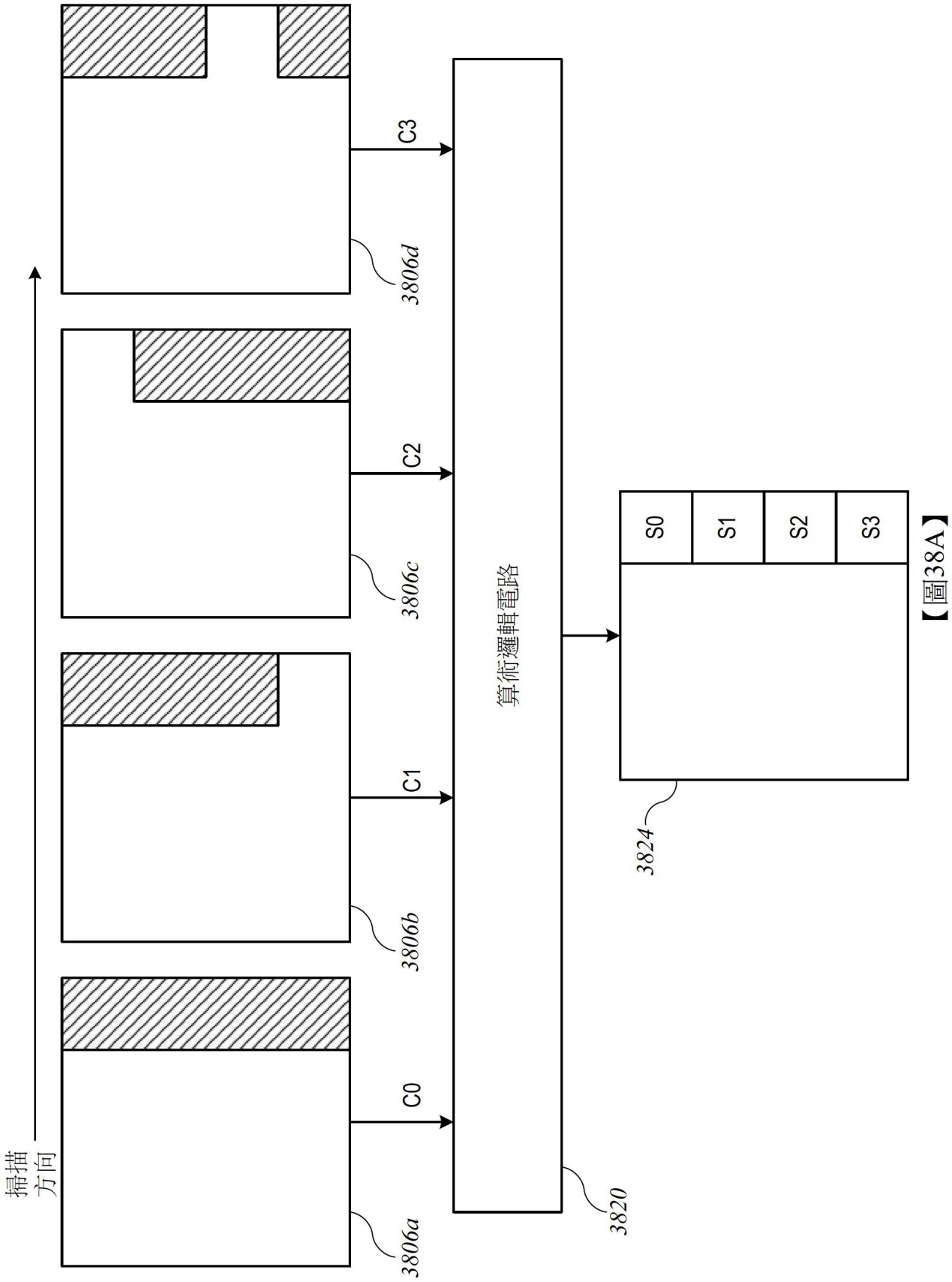
【圖35】


3610
3620
MUX
Σ積分暫存器
Reg1
Reg2
Reg3
RegN
3602
3622
當前值
選擇
3606
ALU
3624
光電感測器
3604

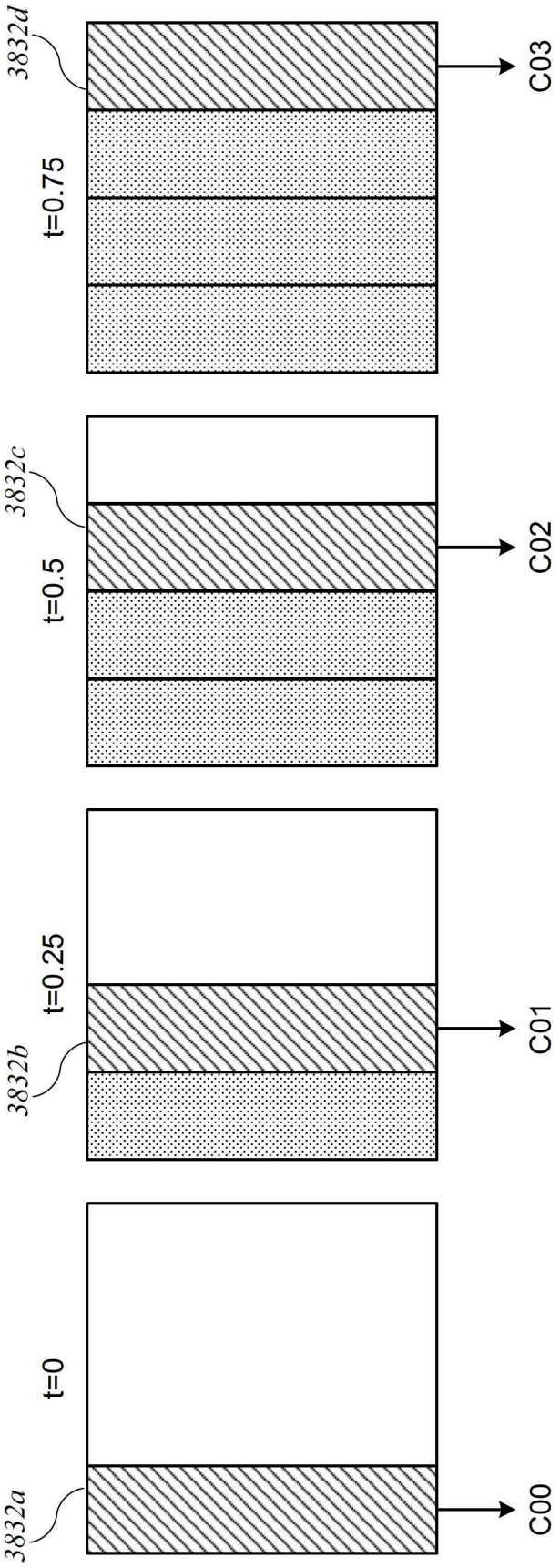
【圖36】


3702
3701
3716b
3716a
Reg1
3712a
Reg2
3712b
Reg3
3712c
Reg4
3712d
Σ積分暫存器
選擇
3710
3703

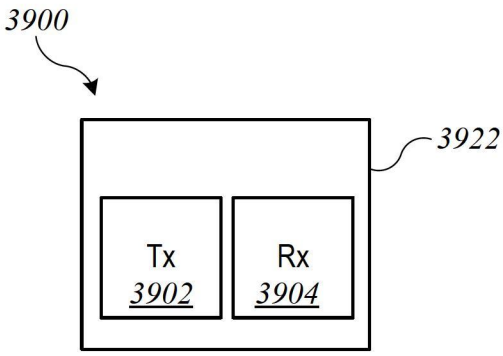
【圖37】


掃描
方向
C0
C1
C2
C3
3806a
3806b
3806c
3806d
算術邏輯電路
3820
S0
S1
S2
S3
3824

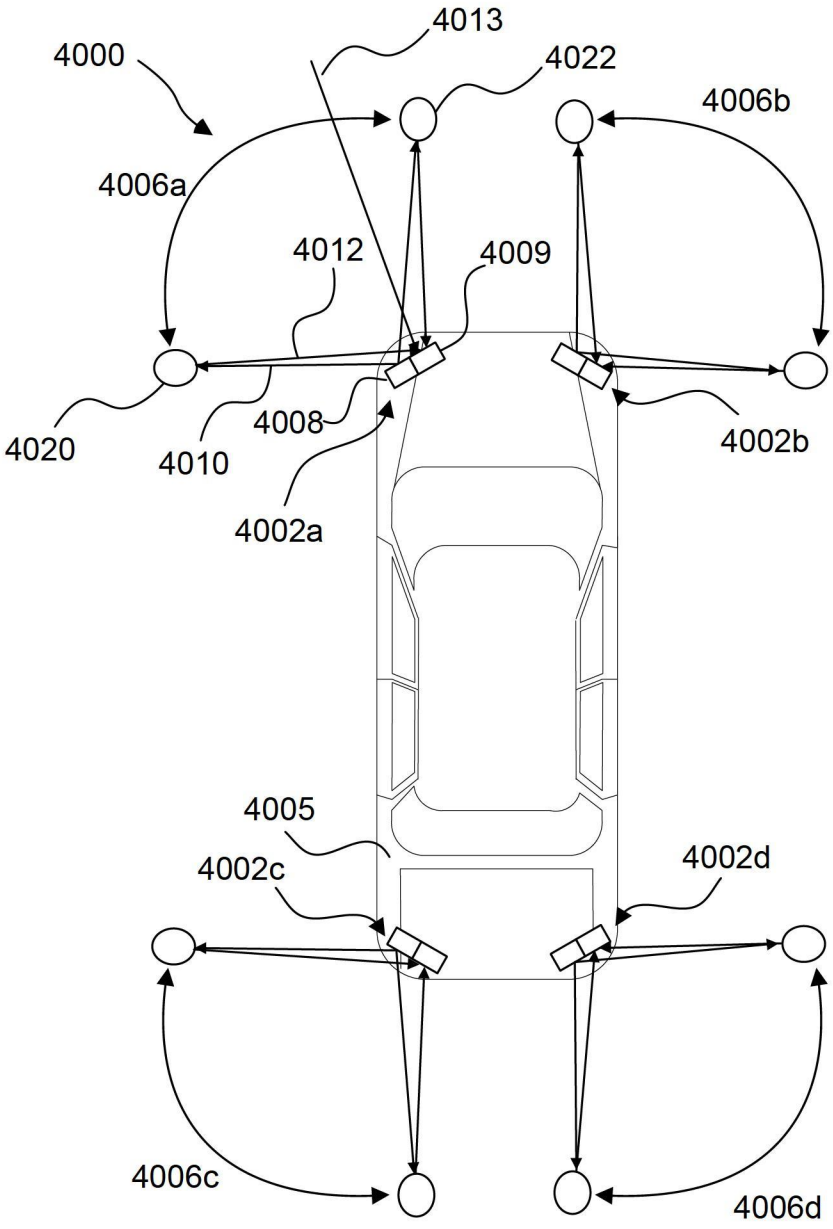
【圖38A】



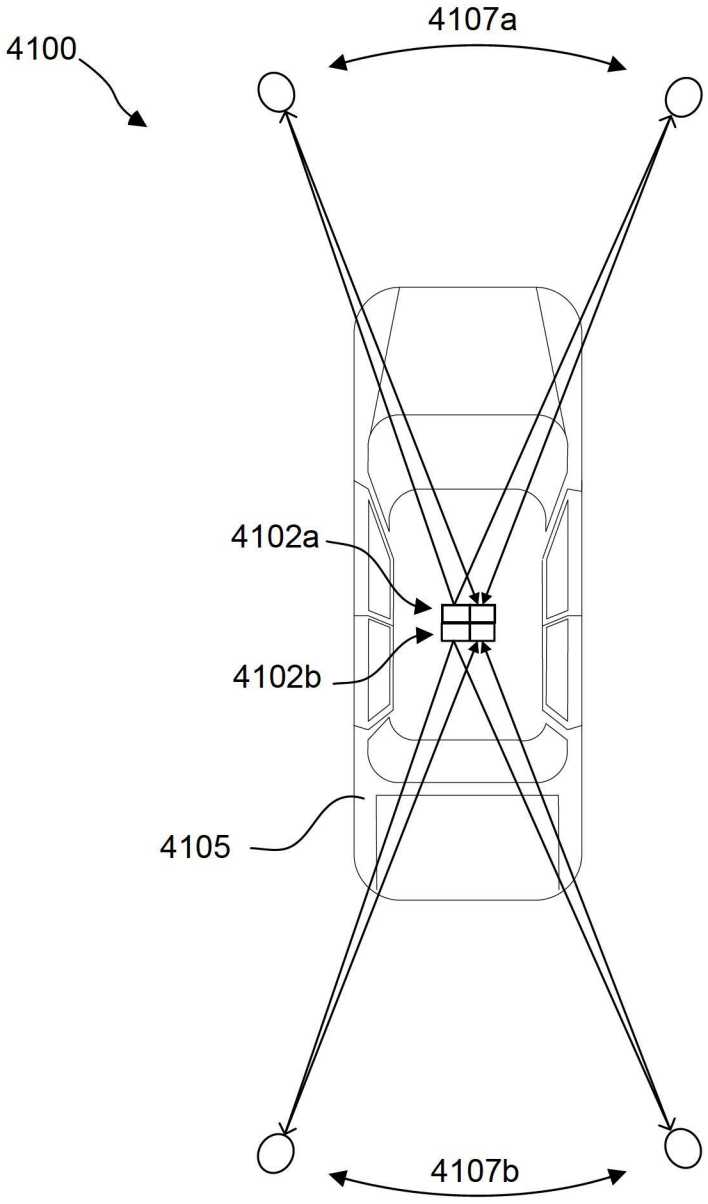
【圖38B】


3900
3922
Tx
3902
Rx
3904

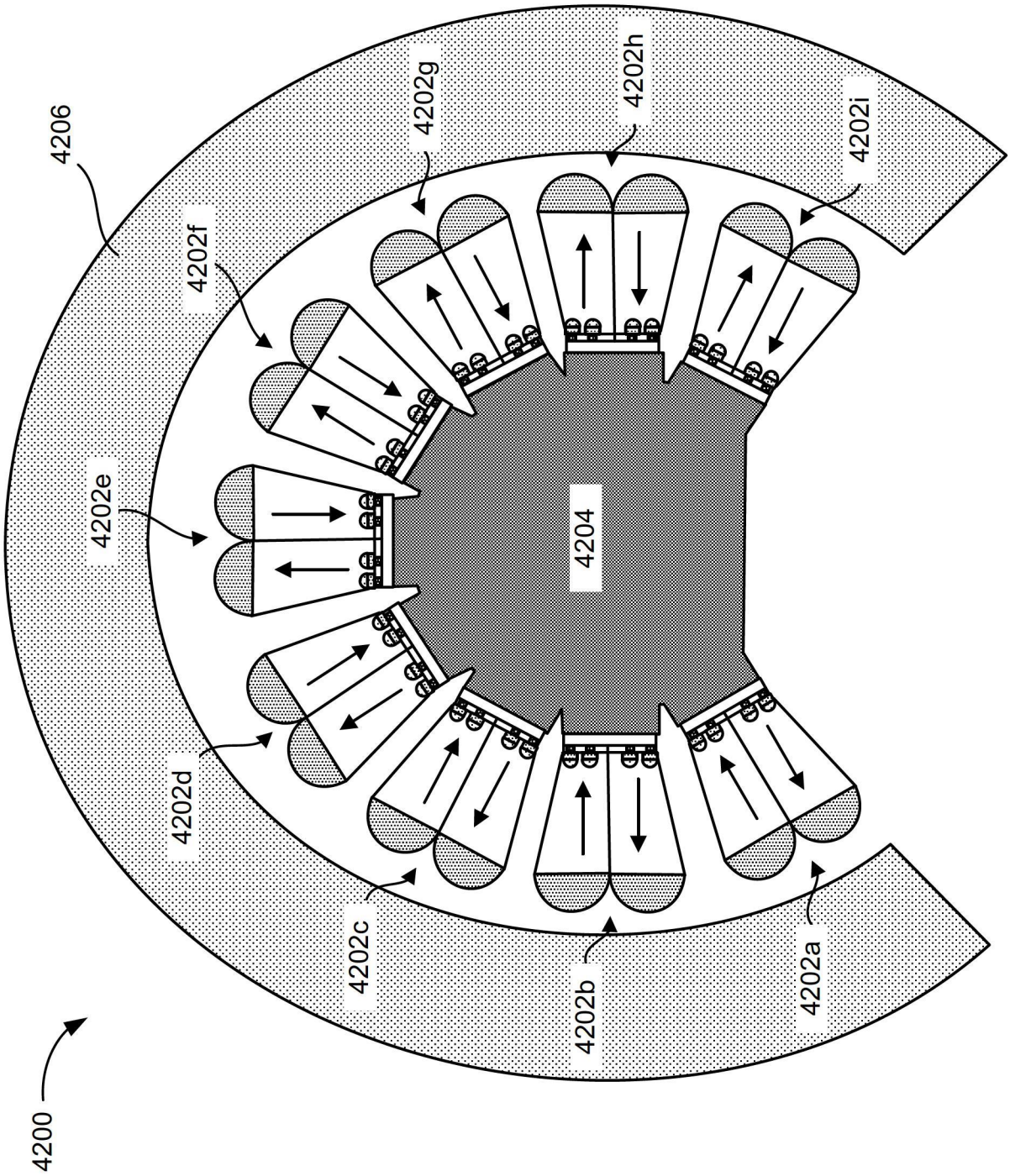
【圖39】


4013
4000
4022
4006b
4006a
4012
4009
4020
4010
4008
4002b
4002a
4005
4002c
4002d
4006c
4006d

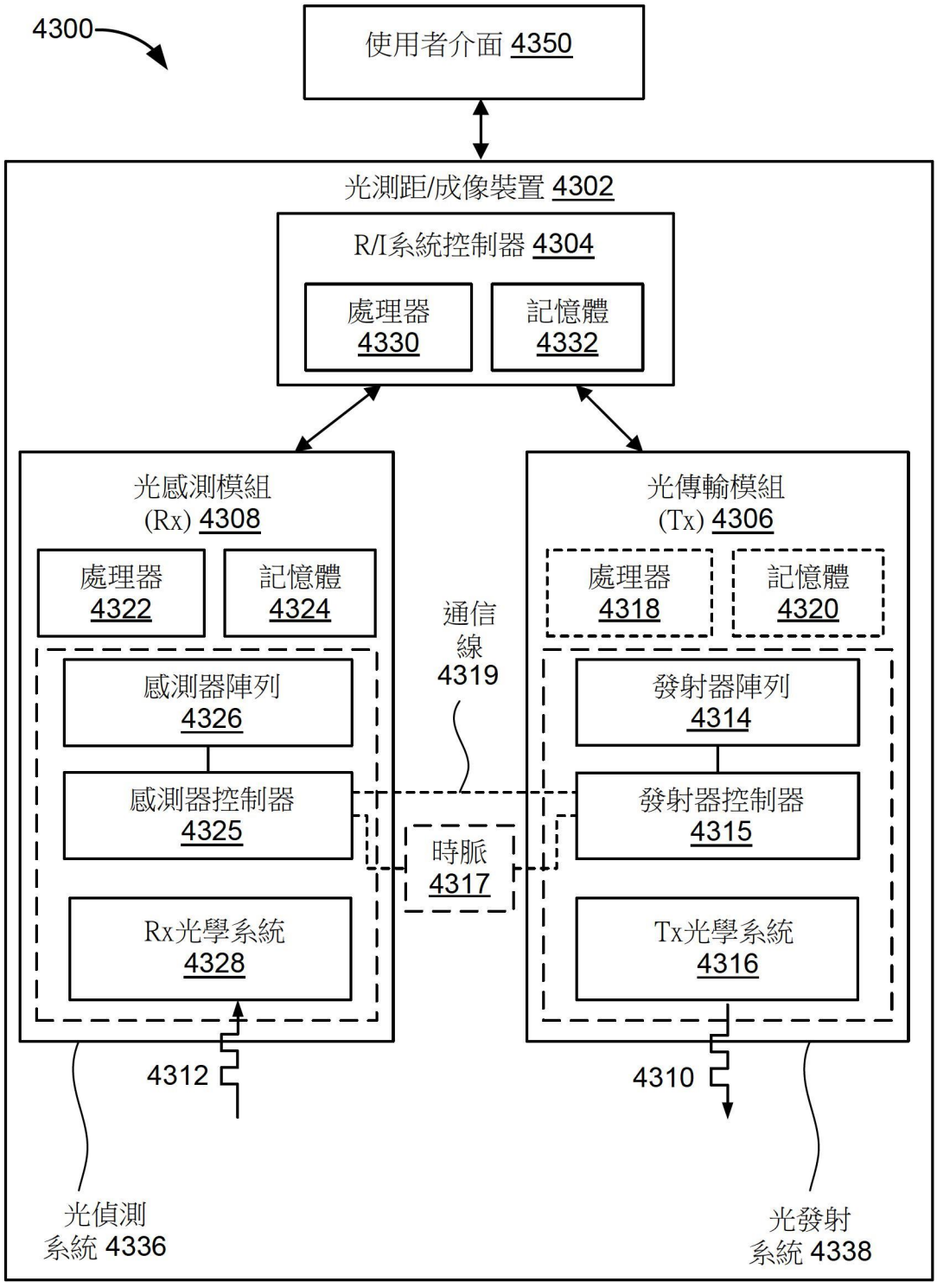
【圖40】



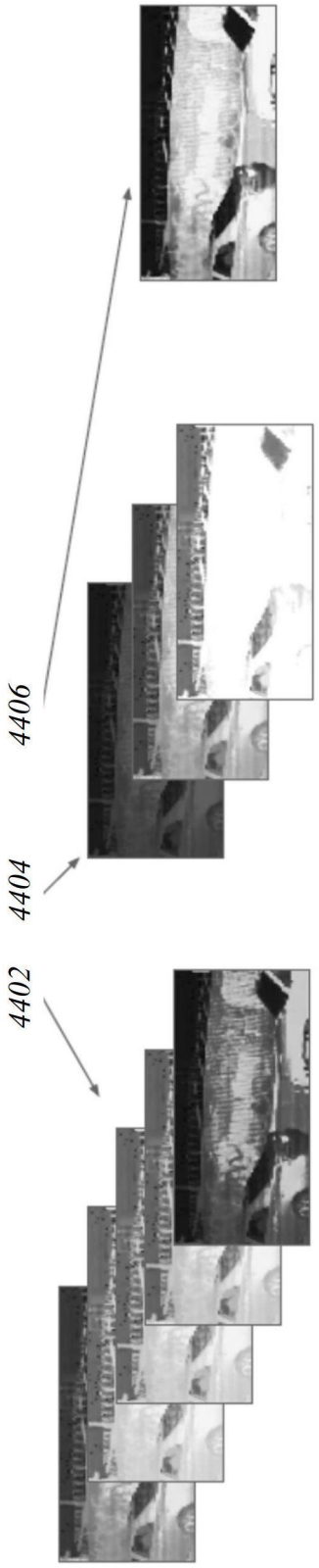
【圖41】


4206
4202g
4202h
4202i
4202f
4202e
4204
4202d
4202c
4202b
4202a
4200

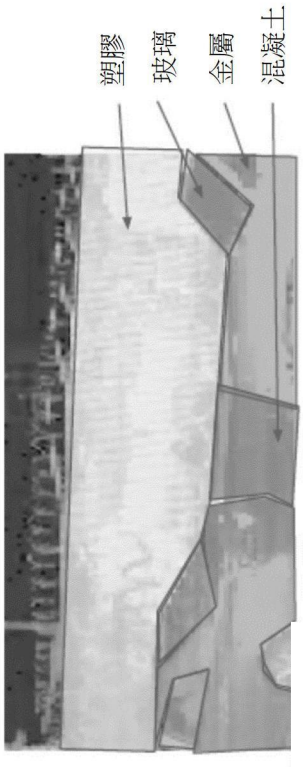
【圖42】


4300
使用者介面 4350
光測距/成像裝置 4302
R/I系統控制器 4304
處理器 4330
記憶體 4332
光感測模組 (Rx) 4308
處理器 4322
記憶體 4324
感測器陣列 4326
感測器控制器 4325
Rx光學系統 4328
通信線 4319
時脈 4317
光傳輸模組 (Tx) 4306
處理器 4318
記憶體 4320
發射器陣列 4314
發射器控制器 4315
Tx光學系統 4316
4312
4310
光偵測系統 4336
光發射系統 4338

【圖43】



【圖44】



【圖45】