

【發明說明書】

【中文發明名稱】

具有亮度增強之光學成像傳輸器

【英文發明名稱】

OPTICAL IMAGING TRANSMITTER WITH BRIGHTNESS
ENHANCEMENT

【技術領域】

【先前技術】

【0001】 一成像器偵測光且基於該所偵測光產生一場景之一數位影像。影像含有固定數目個像素列及像素行，其中各像素映射至場景內之一不同視場。電子成像器通常利用光偵測器來將光轉換成電信號。各光偵測器定位於焦平面上之一不同位置處且通常對應於影像中之一單一像素或一像素之一分量。電子成像器通常可分類為兩種類型之一者：一被動照明成像器或一主動照明成像器。一被動照明成像器收集由一場景中之物件反射之環境光(諸如陽光)，而一主動照明成像器照明場景且收集由主動照明成像器系統自身產生之反射光。

【0002】 一窄帶成像器收集一有限波長範圍內之光。此與一傳統攝影機相反，傳統攝影機偵測跨整個可見光譜或至三個不同寬度的RGB色帶中(其等之各者可為100 nm或更寬)之光。窄帶成像器歸因於其等所依賴之光學濾光片之特性而比傳統攝影機更難以發展。光學濾光片用以防止電磁光譜之某一部分到達光偵測器。大多數窄帶濾光片依賴於薄膜干涉效應而選擇性地透射或反射光(此等濾光片通常稱為介電鏡或布拉格(Bragg)鏡)。窄帶濾光片之光譜透射率取決於形成濾光片之構成層之數目、厚度、排序

及折射率。濾光片之光譜透射率亦取決於光入射於窄帶濾光片上之角度。

【0003】 當前窄帶成像器具有一小視場或受限於其等過濾窄於約50 nm之波長帶的能力。光學濾光片對入射光之角度敏感而使得其難以達成一窄波長範圍。例如，一光學濾光片可接受具有在940 nm至945 nm處之波長的垂直光及在930 nm至935 nm之一波長處之稍傾斜光。由於在一傳統攝影機中，大多數光偵測器具有光入射於其等上之一大角度範圍，故簡單地將一光學濾光片放置於其等前方實際上不會達成窄帶過濾。限制光入射於光偵測器上之角度通常需要使用具有一較長焦距之一透鏡，此限制攝影機之視場。

【0004】 具有一寬視場之成像器難以產生均勻清晰的視覺影像且難以跨一場景進行均勻量測。例如，與場景末端處之像素相比，影像中心處之像素可看似更亮或表示一不同光波長。一些應用可期望一寬視場，此係因為寬視場提供更佳情境感知。例如，意欲偵測一車輛周圍之行人的一基於攝影機之汽車安全系統可需要在車輛周圍之一360度視場中進行監視。進行與許多窄視場感測器相同之工作(即，產生全360度視場之影像)需要較少寬視場感測器，藉此降低系統成本。

【0005】 窄帶成像器具有許多應用，包含地理製圖、天文學及LIDAR (光偵測及測距)。窄帶成像器可偵測特性光波長，諸如由具有葉綠素之植物或由恆星內之元素產生之特性光波長。窄帶成像器可用於例如判定植被健康或發現油層。光學接收器系統(諸如LIDAR)可用於物件偵測及測距。LIDAR系統藉由用光、使用來自一雷射之脈衝照射一目標或景觀且量測光子行進至目標或景觀且在反射之後返回至一窄帶成像器所花費之時間而量測距一目標或一景觀中之物件之距離。其他LIDAR技術(諸如

光解調變、同調LIDAR及距離選通(range-gated) LIDAR)亦依賴於光子之透射及反射，但其等可未直接量測雷射光之脈衝之飛行時間。對於許多LIDAR應用，傳輸器及接收器之實體大小小且緊湊且同時成本相對較低係有益的。對於其中必須在長距離下準確地感測物件之應用，增加或最大化由傳輸器發射且往回反射朝向接收器之光子之數目同時將雷射能量發射保持在強制安全限制內係有益的。

【0006】 微光學系統係包含大小通常在幾微米與1毫米之間的小型化光學組件之系統。排列成彼此鄰近之微光學接收器易受串擾之影響。接收器通道內或接收器通道外部之各種特徵部處可能產生因光學表面之粗糙、透明介質中之瑕疵、背反射等引起之雜散光。當多個接收器通道排列成彼此鄰近時，一個接收器通道中之此雜散光可由另一通道中之一光感測器吸收，藉此污染光子固有之時序、相位或其他資訊。最小化串擾在主動照明系統中尤其重要。自一附近回復性反射體(例如，一牌照)反射之光之強度可為自一遙遠的暗朗伯表面(例如，黑色棉質衣服)反射之光之數千或數百萬倍。因此，若未最小化串擾，則來自一回復性反射體之雜散光光子可遠超過自附近光感測器中之其他表面反射之光子。此可導致一LIDAR系統無法偵測佔據一回復性反射體所佔據之視場附近的視場之暗物件。

【發明內容】

【0007】 本發明之實施例提供運用微光學接收器通道陣列達成寬視場窄帶成像之光學成像器系統，該等微光學接收器通道陣列最小化串擾且容許跨接收器通道陣列均勻之緊密光譜選擇性。根據本發明之一些光學成像器系統可包含一光傳輸模組，其提供增強點照明，使得返回至一光感測模組之光之一功率位準增加，同時改良所量測影像之空間解析度。

【0008】 在一些實施例中，一種用於執行距離量測之光學系統包含一塊狀傳輸器光學器件、一照明源及安置於該照明源與該塊狀傳輸器光學器件之間的一微光學通道陣列。該照明源包含複數個光發射器，該複數個光發射器經對準以透過該塊狀傳輸器光學器件將離散光束投射至該光學系統前面之一場中。該微光學通道陣列界定複數個微光學通道，其中各微光學通道包含與來自該複數個光發射器之一光發射器隔開之一微光學透鏡，其中該微光學透鏡經組態以接收來自該光發射器之一光錐，且於在該發射器與該塊狀傳輸器光學器件之間的一位置處之從該發射器移位之一焦點處產生該發射器之一大小縮減的點影像。各通道之該微光學透鏡可經組態以接收來自一光發射器之一光錐，且在該微光學透鏡與該塊狀傳輸器光學器件之間的一焦點處產生該發射器之一大小縮減的真實點影像。來自該光發射器之該光錐之一發散度可小於來自該微光學透鏡之第二光學表面之用於產生該大小縮減的真實點影像的一光錐之一發散度。

【0009】 在一些額外實施例中，一種用於執行距離量測之光學系統包含一光發射系統及一光偵測系統。該光發射系統包含：一塊狀傳輸器光學器件；一照明源，其包括複數個光發射器，該複數個光發射器經對準以透過該塊狀傳輸器光學器件將離散光束投射至該光學系統前面之一場中；及一微光學通道陣列，其安置於該照明源與該塊狀傳輸器光學器件之間。該微光學通道陣列界定複數個微光學通道，其中各微光學通道包含與來自該複數個光發射器之一光發射器隔開之一微光學透鏡，其中該微光學透鏡經組態以接收來自該光發射器之一光錐，且於在該發射器與該塊狀傳輸器光學器件之間的一位置處之從該發射器移位之一焦點處產生該發射器之一大小縮減的點影像。該光偵測系統包含：一塊狀接收器光學器件，其經組

態以自該場接收該等離散光束；及一光學總成，其具有界定該場中之複數個離散非重疊視場之複數個微光學接收器通道。該光學總成包含：一孔徑層，其具有沿該塊狀接收器光學器件之一焦平面配置之複數個離散孔徑；一光感測器陣列，其安置於該孔徑層後方；及複數個透鏡，其等定位於該孔徑層與該光感測器陣列之間。

【0010】 在某些實施例中，一種用於執行距離量測之光學系統包含：一固定外殼，其具有一光學透明窗；及一光測距裝置，其安置於該外殼內。該光測距裝置包含耦合至一平台之一光學傳輸器。該光學傳輸器包含一塊狀傳輸器光學器件、一照明源及安置於該照明源與該塊狀傳輸器光學器件之間的一微光學通道陣列。該照明源包含複數個光發射器，該複數個光發射器經對準以透過該塊狀傳輸器光學器件將離散光束投射至該光學系統前面之一場中。該微光學通道陣列可安置於該照明源與該塊狀傳輸器光學器件之間，且該微光學通道陣列可界定複數個微光學通道，其中各微光學通道可包含與來自該複數個光發射器之一光發射器隔開之一微光學透鏡，其中該微光學透鏡經組態以接收來自該光發射器之一光錐，且於在該發射器與該塊狀傳輸器光學器件之間的一位置處之從該發射器移位之一焦點處產生該發射器之一大小縮減的點影像。

【0011】 在一些實施例中，一種光學系統包含：一塊狀接收器光學器件，其經組態以接收源自該光學系統外部之一場的光線；及一光學總成，其具有界定該場中之複數個離散非重疊視場之複數個微光學接收器通道。該光學總成包含：一孔徑層，其具有沿該塊狀接收器光學器件之一焦平面配置之複數個離散孔徑；一光感測器陣列，其安置於該孔徑層後方；及一非均勻光學濾光片層，其經組態以容許不同微光學通道量測不同波長

範圍。該非均勻光學濾光片可包含一漸變光學濾光片，其之厚度在一個維度上逐漸增加或其之厚度在一個方向上以一逐步方式增加，使得各通道具有一恆定光學濾光片層厚度，但其中不同微光學通道之厚度係不同的。

【0012】 在一些額外實施例中，一種光學系統包含：一塊狀接收器光學器件，其經組態以接收來自該光學系統外部之一場的光；一孔徑層，其安置於該塊狀光學器件後方且包含定位於該塊狀光學器件之一焦平面處之複數個孔徑；一透鏡層，其包含具有一焦距之複數個準直透鏡，該透鏡層安置於該孔徑層後方且與該孔徑層分開達該焦距；一非均勻光學濾光片層，其在該透鏡層後方；及一光感測器層，其包含複數個光感測器。該孔徑層、該透鏡層、該非均勻光學濾光片層及該光感測器層經配置以形成界定該場中之複數個離散非重疊視場之複數個微光學通道，其中該複數個微光學通道中之各微光學通道包含來自該複數個孔徑之一孔徑、來自該複數個透鏡之一透鏡、來自該濾光片層之一濾光片及來自該複數個光感測器之一光感測器，且其經組態以將自該塊狀接收器光學器件入射之光傳達至該微光學通道之該光感測器。該非均勻光學濾光片層經組態以容許不同微光學通道量測不同波長範圍。

【0013】 在某些實施例中，一種光學系統包含：一塊狀接收器光學器件，其經組態以接收源自該光學系統外部之一場的光線；及一光學總成，其具有界定該場中之複數個離散非重疊視場之複數個微光學接收器通道。該光學總成包含：一單片 ASIC，其包含製造於該 ASIC 中之一處理器、一記憶體及複數個光感測器；一孔徑層，其具有沿該塊狀接收器光學器件之一焦平面配置之複數個離散孔徑，該光感測器陣列安置於該孔徑層後方；複數個透鏡，其等定位於該孔徑層與該光感測器陣列之間；及一非

均勻光學濾光片層，其跨其結構具有不同中心波長以容許至少兩個不同微光學接收器通道量測不同光波長範圍，其中該孔徑層、該複數個透鏡及該非均勻光學濾光片層形成於該ASIC上使得其等形成該ASIC之單片結構之部分。

【0014】 在一些實施例中，一種用於執行距離量測之光學系統包含：一固定外殼，其具有一光學透明窗；一自旋光測距裝置，其安置於該外殼內；一馬達，其安置於該外殼內且經可操作地耦合以使包含平台、光學傳輸器及光學接收器之該光測距裝置在該外殼內自旋；及一系統控制器，其安置於該外殼內，該系統控制器經組態以控制該馬達且開始並停止該光測距裝置之光偵測操作。該光測距裝置包含一平台、耦合至該平台之一光學傳輸器及耦合至該平台之一光學接收器。該光學傳輸器包含一塊狀傳輸器光學器件及複數個傳輸器通道，各傳輸器通道包含一光發射器，該光發射器經組態以產生一窄帶光且透過該塊狀傳輸器光學器件將該窄帶光傳輸至該光學系統外部之一場中。該光學接收器包含一塊狀接收器光學器件及複數個微光學接收器通道，各微光學通道包含：一孔徑，其與該塊狀接收器光學器件之一焦平面重合；一光學濾光片，其沿來自該塊狀接收器光學器件之光之一路徑定位且與該孔徑軸向對準；及一光感測器，其對行進通過該孔徑及該光學濾光片之入射光子作出回應。

【0015】 在一些額外實施例中，一種用於執行距離量測之光學系統包含：一固定外殼，其具有一基底、一頂部及安置於該基底與該頂部之間的一光學透明窗；一自旋光測距裝置，其安置於該外殼內且與該光學透明窗對準；一馬達，其安置於該外殼內且經可操作地耦合以使包含平台、光學傳輸器及光學接收器之該光測距裝置在該外殼內自旋；及一系統控制

器，其安置於該外殼內，該系統控制器經組態以控制該馬達且開始並停止該光測距裝置之光偵測操作。該光測距裝置包含一平台、耦合至該平台之一光學傳輸器及耦合至該平台之一光學接收器。該光學傳輸器包含一影像空間遠心塊狀傳輸器光學器件及複數個傳輸器通道，各通道包含一光發射器，該光發射器經組態以產生一窄帶光且透過該塊狀傳輸器光學器件將該窄帶光傳輸至該光學系統外部之一場中。該光學接收器包含一影像空間遠心塊狀接收器光學器件及複數個微光學接收器通道，各微光學通道包含：一孔徑，其與該塊狀接收器光學器件之一焦平面重合；一準直透鏡，其在該孔徑後方；一光學濾光片，其在該準直透鏡後方；及一光感測器，其對行進通過該孔徑而至該準直透鏡中且通過該濾光片之入射光子作出回應。

【0016】 在某些實施例中，一種用於執行距離量測之光學系統包含：一固定外殼，其具有一基底、一頂部及安置於該基底與該頂部之間的一光學透明窗；一光測距裝置，其安置於該外殼內且與該光學透明窗對準；一馬達，其安置於該外殼內且經可操作地耦合以使該光測距裝置在該外殼內自旋；及一系統控制器，其安置於該外殼內，該系統控制器經組態以控制該馬達且開始並停止該光測距裝置之光偵測操作。該光測距裝置包含一平台、配置成一陣列之複數個垂直腔面射型雷射(VCSEL)及耦合至該平台之一光學接收器。該複數個VCSEL中之各VCSEL經組態以產生離散光脈衝且將其等傳輸至該光學系統外部之一場中。該光學接收器包含：一塊狀接收器光學器件；複數個光感測器，各光感測器包括對入射光子作出回應之複數個單光子突崩二極體(SPAD)；及一光學濾光片，其安置於該塊狀接收器光學器件與該複數個光感測器之間，且經組態以容許一光帶行進通過該濾光片而至該複數個光感測器，而阻擋該頻帶外之光到達該複數

個光感測器。

【0017】 在一些實施例中，一種用於執行距離量測之光學系統包含：一可旋轉平台；一光學傳輸器，其耦合至該可旋轉平台且包括一塊狀傳輸器光學器件及複數個傳輸器通道；一光學接收器，其耦合至該可旋轉平台且包括一塊狀接收器光學器件及複數個微光學接收器通道；一馬達，其安置於外殼內且經可操作地耦合以使該平台、該光學傳輸器及該光學接收器自旋；一系統控制器，其安裝至該光學系統之一固定組件；及一光學通信鏈路，其可操作地耦合於該系統控制器與該光學接收器之間以使該系統控制器能夠與該光學接收器通信。各傳輸器通道包含一光發射器，該光發射器經組態以產生一窄帶光且透過該塊狀傳輸器光學器件將該窄帶光傳輸至該光學系統外部之一場中。各微光學通道包含：一孔徑，其與該塊狀接收器光學器件之一焦平面重合；一光學濾光片，其沿來自該塊狀接收器光學器件之光之一路徑定位且與該孔徑軸向對準；及一光感測器，其對行進通過該孔徑及該光學濾光片之入射光子作出回應。該光學通信鏈路可在該光學系統之該固定組件與該可旋轉平台之間延伸以可操作地耦合該系統控制器與該光學接收器。該光學接收器可進一步包含在該孔徑後方且直接耦合至該光學濾光片之一準直透鏡，該光學濾光片定位於該準直透鏡後方。

【0018】 在一些額外實施例中，一種用於執行距離量測之光學系統包含：一可旋轉平台；一光學傳輸器，其耦合至該可旋轉平台且包括一影像空間遠心塊狀傳輸器光學器件及複數個傳輸器通道；一光學接收器，其耦合至該可旋轉平台且包括一影像空間遠心塊狀接收器光學器件及複數個微光學接收器通道；一馬達，其安置於該外殼內且經可操作地耦合以使該

平台、該光學傳輸器及該光學接收器自旋；一系統控制器，其安裝至該光學系統之一固定組件；及一光學通信鏈路，其可操作地耦合於該系統控制器與該光學接收器之間以使該系統控制器能夠與該光學接收器通信。各傳輸器通道包含一光發射器，該光發射器經組態以產生一窄帶光且透過該塊狀傳輸器光學器件將該窄帶光傳輸至該光學系統外部之一場中。各微光學通道包含：一孔徑，其與該塊狀接收器光學器件之一焦平面重合；一準直透鏡，其在該孔徑後方；一光學濾光片，其在該準直透鏡後方；及一光感測器，其對行進通過該孔徑而至該準直透鏡中且通過該濾光片之入射光子作出回應。

【0019】 在某些實施例中，一種用於執行距離量測之光學系統包含：一可旋轉平台；複數個垂直腔面射型雷射(VCSEL)，其等配置成一陣列且耦合至該可旋轉平台；一光學接收器，其耦合至該可旋轉平台；一馬達，其安置於外殼內且經可操作地耦合以使該平台、該複數個VCSEL及該光學接收器自旋；一系統控制器，其安裝至該光學系統之一固定組件；及一光學通信鏈路，其可操作地耦合於該系統控制器與該光學接收器之間以使該系統控制器能夠與該光學接收器通信。該複數個VCSEL中之各VCSEL經組態以產生離散光脈衝且將其等傳輸至該光學系統外部之一場中。該光學接收器包含一塊狀接收器光學器件及複數個光感測器，各光感測器包括對入射光子作出回應之複數個單光子突崩二極體(SPAD)。

【0020】 在一些實施例中，一種用於執行距離量測之光學系統包含：一塊狀接收器光學器件；一孔徑層，其包含複數個孔徑；一第一透鏡層，其包含第一複數個透鏡；一光學濾光片層，其經組態以在光行進通過該塊狀接收器光學器件之後接收該光，且使一幅射帶通過而阻擋該頻帶外

之輻射；及一光感測器層，其包含複數個光感測器。各光感測器包含經組態以偵測光子之複數個光偵測器，及經組態以將在該光感測器處接收之入射光子聚焦於該複數個光偵測器上之第二複數個透鏡。該光學系統包含複數個接收器通道，其中該複數個接收器通道中之各接收器通道包含來自該複數個孔徑之一孔徑、來自該複數個第一透鏡之一透鏡、來自該光學濾光片層之一光學濾光片及來自該複數個光感測器之一光感測器，其中各通道之該孔徑針對其各自通道界定一離散非重疊視場。對於該複數個接收器通道中之各接收器通道，該通道之該光感測器中之該複數個光偵測器與該第二複數個透鏡之間可存在一對一對應，其中該第二複數個透鏡中之該等透鏡之各者可經組態以將光子聚焦於該第二複數個透鏡中之其對應透鏡上。

【0021】 在一些額外實施例中，一種用於執行距離量測之光學系統包含一光發射系統及一光偵測系統。該光發射系統包含一塊狀傳輸器光學器件及一照明源。該照明源包含複數個光發射器，該複數個光發射器經對準以透過該塊狀傳輸器光學器件將離散光束投射至該光學系統前面之一場中。該光偵測系統包含：一塊狀接收器光學器件；一孔徑層，其包含複數個孔徑；一第一透鏡層，其包含第一複數個透鏡；一光學濾光片層，其經組態以在光行進通過該塊狀接收器光學器件之後接收該光，且使一輻射帶通過而阻擋該頻帶外之輻射；及一光感測器層，其包含複數個光感測器。各光感測器包含經組態以偵測光子之複數個光偵測器，及經組態以將在該光感測器處接收之入射光子聚焦於該複數個光偵測器上之第二複數個透鏡。該光學系統包含複數個接收器通道，其中該複數個接收器通道中之各接收器通道包含來自該複數個孔徑之一孔徑、來自該複數個第一透鏡之一透鏡、來自該光學濾光片層之一光學濾光片及來自該複數個光感測器之一

光感測器，其中各通道之該孔徑針對其各自通道界定一離散非重疊視場。

【0022】 在某些實施例中，一種用於執行距離量測之光學系統包含：一固定外殼，其具有一光學透明窗；一光測距裝置，其安置於該外殼內且與該光學透明窗對準；一馬達，其安置於該外殼內且經可操作地耦合以使包含平台、光學傳輸器及光學接收器之該光測距裝置在該外殼內自旋；及一系統控制器，其安置於該外殼內。該系統控制器經組態以控制該馬達且開始並停止該光測距裝置之光偵測操作。該光測距裝置包含一平台、耦合至該平台之一光學傳輸器、耦合至該平台之一光學接收器。該光學傳輸器包含一塊狀傳輸器光學器件及複數個傳輸器通道，各傳輸器通道包含一光發射器，該光發射器經組態以產生一窄帶光且透過該塊狀傳輸器光學器件將該窄帶光傳輸至該光學系統外部之一場中。該光學接收器包含：一塊狀接收器光學器件；一孔徑層，其包含複數個孔徑；一第一透鏡層，其包含第一複數個透鏡；一光學濾光片層，其經組態以在光行進通過該塊狀接收器光學器件之後接收該光，且使一輻射帶通過而阻擋該頻帶外之輻射；及一光感測器層，其包含複數個光感測器。各光感測器包含經組態以偵測光子之複數個光偵測器，及經組態以將在該光感測器處接收之入射光子聚焦於該複數個光偵測器上之第二複數個透鏡。該光學系統包含複數個接收器通道，其中該複數個接收器通道中之各接收器通道包含來自該複數個孔徑之一孔徑、來自該複數個第一透鏡之一透鏡、來自該光學濾光片層之一光學濾光片及來自該複數個光感測器之一光感測器，其中各通道之該孔徑針對其各自通道界定一離散非重疊視場。

【0023】 可參考以下[實施方式]及隨附圖式獲得對本發明之實施例之性質及優點之一更佳理解。

【圖式簡單說明】

【0024】 圖1係根據本發明之一些實施例之一例示性被動光學成像器系統之一方塊圖。

【0025】 圖2係根據本發明之一些實施例之一被動光學成像器系統之一例示性光偵測系統之一簡化圖。

【0026】 圖3A及圖3B係根據本發明之一些實施例之具有漸變濾光片層之微光學接收器層的不同實施例之一簡化圖之透視圖。

【0027】 圖4係根據本發明之一些實施例之一旋轉LIDAR系統之一方塊圖。

【0028】 圖5A至圖5B係根據本發明之一些實施例之固態LIDAR系統之例示性實施方案之簡單繪示。

【0029】 圖6A至圖6B係根據本發明之一些實施例之掃描LIDAR系統之例示性實施方案之簡單繪示。

【0030】 圖7係展示根據本發明之一些實施例之採用一360掃描架構之一LIDAR系統的一實施例之一例示性透視圖。

【0031】 圖8係根據本發明之一些實施例之一光測距系統之光傳輸及偵測操作之一闡釋性實例。

【0032】 圖9係繪示根據本發明之實施例之在一光學量測系統中使用編碼脈衝之一方法之一流程圖。

【0033】 圖10係繪示根據本發明之一些實施例之具有一寬視場且能夠窄帶成像之一例示性主動光學成像器系統的一詳細視圖之一簡化圖。

【0034】 圖11至圖14係根據本發明之一些實施例之各種例示性增強型光發射系統之簡化橫截面視圖。

【0035】 圖15A至圖15C係根據本發明之一些實施例之具有用於像散之校正光學結構之不同實施方案的例示性主動成像器系統之簡化圖之橫截面視圖。

【0036】 圖16A係一光偵測系統1600之部分之一簡化橫截面視圖，其中通道之間不存在串擾。

【0037】 圖16B係一光偵測系統1601之部分之一簡化橫截面視圖，其中通道之間存在串擾。

【0038】 圖17係根據本發明之一些實施例之一例示性微光學接收器通道結構之一簡化橫截面圖。

【0039】 圖18A至圖18D係根據本發明之一些實施例之一接收器通道之各種孔徑層之簡化橫截面視圖。

【0040】 圖19A至圖19D係根據本發明之一些實施例之一接收器通道之孔徑層與光學透鏡層之間的各種間隔件結構之簡化橫截面視圖。

【0041】 圖20A至圖20G係根據本發明之一些實施例之一接收器通道之各種光學濾光片層之簡化橫截面視圖。

【0042】 圖21A至圖21K係根據本發明之一些實施例之一接收器通道之具有漫射體之各種光感測器層的簡化橫截面視圖。

【0043】 圖22A至圖22I係根據本發明之一些實施例之一接收器通道之各種半球形接收器結構之簡化橫截面視圖。

【0044】 圖23A至圖23E係根據本發明之一些實施例之一接收器通道之各種底部微透鏡層之簡化橫截面視圖。

【0045】 圖24及圖25係根據本發明之一些實施例之例示性接收器通道之簡化橫截面視圖。

【0046】 圖26至圖30係根據本發明之一些實施例之例示性微光學接收器陣列之簡化俯視圖。

【實施方式】

相關申請案之交叉參考

【0047】 本申請案主張2017年5月15日申請之美國臨時專利申請案第62/506,449號、2017年5月15日申請之美國臨時專利申請案第62/506,437號、2017年5月15日申請之美國臨時專利申請案第62/506,445號及2017年6月5日申請之美國臨時專利申請案第62/515,291號之權利，該等案揭示內容之全文以引用的方式且出於全部目的併入本文中。

【0048】 本發明之一些實施例係關於可自一場中之環境光及/或自一光學傳輸器發射且已反射離開場中之一物件的光產生一影像之光學成像器系統。例如，在一些實施例中，一光學成像器系統可為一被動系統，其未主動照明一場景或給定區域且代替性地偵測場景或區域中反射離開場景或區域中之一或多個物件的環境光。一被動光學成像器系統可包含用於接收場中之環境光的一光感測模組。光感測模組可為收集成像資訊之一寬視場窄帶光學成像系統(WFNBI)。光感測模組可包含一或多個塊狀接收器光學器件、一微光學接收器系統及用於操作光感測模組之一系統控制器。根據本發明之一些實施例，微光學接收器系統可包含一或多個微光學接收器層及一或多個光感測器，各光感測器可包含可量測所接收光之一或多個光偵測器。

【0049】 如本文中定義之一塊狀成像光學器件可為可能包含多個透鏡元件之一或多個光學表面，該等透鏡元件具有大於1毫米之通光孔徑且經定位以接收自一微光學傳輸器投射之光或將所接收光聚焦於一微光學接

收器層上。投射自一光學發射器接收之光的一塊狀成像光學器件(諸如一微光學傳輸器層)在本文中有時稱為一塊狀傳輸器光學器件或一輸出塊狀成像光學器件。將自一場接收之光聚焦至一光學偵測器上之一塊狀光學層(諸如一微光學接收器層)在本文中有時稱為一塊狀接收器光學器件或一輸入塊狀成像光學器件。一輸入、影像空間遠心塊狀成像光學器件容許系統在一寬視場(FOV)內均勻地量測窄帶光。微光學接收器層可包含微光學接收器通道之一個一維或二維陣列，其中各微光學接收器通道具有包含一孔徑、一準直微透鏡、一光學濾光片及一光感測器之一或多者之多個組件。在一些例項中，微光學接收器通道結構具有一柱狀配置，其中殼體具有吸收性及/或反射性側壁及/或聚焦漏斗。微光學接收器通道最大化穿過其孔徑之進入光線之收集、準直光以使其垂直於光學濾光片，且最小化歸因於來自相鄰孔徑之輸入之混合而與鄰近微光學接收器通道之串擾，如下文將詳細論述。在各種例項中，根據本發明之塊狀成像光學器件針對一整個發射器或光感測器陣列修改光或其他輻射。微光學結構可包含為陣列之部分且可針對陣列中之不同發射器及/或光感測器以不同方式修改光。在一些實施例中，各個別陣列元件(光感測器及/或發射器)存在一或多個微光學元件。

【0050】 在一些實施例中，光學成像器系統可為一主動系統，其可將光發射至一場中且接著在所發射光反射離開場中之一物件之表面之後偵測該所發射光。除一光感測模組之外，一主動光學成像器系統亦可包含一光傳輸模組，且其組態為一光測距裝置。光傳輸模組可包含由個別發射器之一陣列組成之一傳輸器層，其中各發射器可與光感測模組中之一對應微光學接收器通道成對，或其可為跨場景均勻地散佈光而未在個別發射器與

接收器通道之間特定成對之一均勻照明器。在一些例項中，光傳輸模組可包含一微光學傳輸器通道陣列以增強自發射器陣列輸出之光。在操作期間，由發射器陣列輸出之光(例如，雷射脈衝)行進通過微光學傳輸器通道陣列且進入一塊狀傳輸器光學器件，該塊狀傳輸器光學器件具有一大數值孔徑以更佳捕獲來自微光學傳輸器通道陣列之光。接著，光離開塊狀傳輸器光學器件且照明一遙遠場處之複數個點。微光學傳輸器通道陣列可改良自塊狀傳輸器光學器件發出之光束之亮度以提供增強點照明，同時改良所量測影像之空間解析度，如本文中將進一步詳細論述。

【0051】 根據本發明之一些實施例，成像器系統係一寬視場窄帶光學系統。因此，成像器可跨至少10度之一FOV捕獲影像且偵測光。在某些實施例中，成像器可跨至少20度之一FOV且在一些實施例中跨至少30度之一FOV捕獲影像且偵測光。此外，成像器可偵測在大約10 nm或更小之一波長處之光。在一些特定實施例中，光感測模組可偵測在大約5 nm或更小之一波長處之光。在一些實施例中，成像器系統可跨大約32度之一FOV捕獲/偵測在小於5 nm之一波長處之光。FOV可在垂直或水平方向上，或為其等間的任何其他角度。

【0052】 為更佳理解根據本發明之實施例的被動及主動光學成像器系統之功能及組態，本文中將詳細論述各者。

I. 被動光學成像器系統

【0053】 一被動光學成像器系統接收環境光以產生一影像。圖1係根據本發明之一些實施例之一例示性被動光學成像器系統100之一方塊圖。被動光學成像器系統100包含用於捕獲存在於一場內之光的一被動光捕獲裝置102。被動光捕獲裝置102可包含一系統控制器104及一光感測模

組106。被動光捕獲裝置102可藉由接收存在於被動光學成像器系統100定位於其中之一場中的光而產生成像資料。與自系統100內之一傳輸器發射之光相反，所接收光可為自然地存在於場中之光(即，環境光)。

【0054】 光感測模組106可包含一感測器陣列108，其可為例如其一維或二維光感測器陣列。各光感測器(亦僅稱為一「感測器」或有時由熟習此項技術者稱為一「像素」)可包含一光偵測器集合(例如，SPAD或類似者)，或一感測器可為一單一光子偵測器(例如，一APD)。光感測模組106包含一光學感測系統110，光學感測系統110在與感測器陣列108結合時可形成一光偵測系統112。在一些實施例中，光學感測系統110可包含一塊狀接收器光學器件114及光學組件116(諸如一孔徑層、一準直透鏡層及一光學濾光片)，其等可與感測器陣列108組合以形成一微光學接收器通道陣列，其中各微光學接收器通道量測對應於系統100定位於其中之周圍場的一相異視場中之一影像像素之光。下文結合圖17至圖30詳細論述根據本發明之微光學接收器通道之各種實施例之進一步細節。

【0055】 在一些實施例中，(使用例如CMOS技術)將光感測模組106之感測器陣列108製造為一單一基板上之一單片裝置之部分，該單片裝置包含一光感測器陣列、用於對來自陣列中之個別光感測器(或光感測器群組)之所量測光進行信號處理之一處理器118及一記憶體120兩者。包含感測器陣列108、處理器118及記憶體120之單片結構可製造為一專用ASIC。在一些實施例中，光學組件116亦可為單片結構(其中感測器陣列108、處理器118及記憶體120係一部分)之一部分。在此等例項中，光學組件116可形成(例如，用環氧樹脂(不可逆地)接合)於ASIC上使得其成為單片結構之部分，如下文將進一步論述。如上文提及，處理器118(例

如，一數位信號處理器(DSP)、微控制器、場可程式化閘陣列(FPGA)及類似者)及記憶體120 (例如，SRAM)可執行信號處理。作為信號處理之一實例，針對各光感測器或光感測器群組，光感測模組106之記憶體120可隨時間累積所偵測光子，且可使用此等所偵測光子來再現場之一影像。

【0056】 在一些實施例中，將來自處理器118之輸出發送至系統控制器104以進行進一步處理，例如，可藉由系統控制器104之一或多個編碼器編碼資料且接著將其作為資料封包發送至使用者介面115。系統控制器104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122與記憶體124，及上述之某一組合。系統控制器104可(經由預程式化指令)與一固定基礎控制器協作或獨立於基礎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106。在一些實施例中，系統控制器104具有用於與光感測模組106交換資料之一或多個有線介面或連接器。在其他實施例中，系統控制器104經由諸如一光學通信鏈路之一無線互連與光感測模組106通信。

【0057】 被動光學成像器系統100可與一使用者介面115互動，使用者介面115可為用於使一使用者能夠與一電腦系統互動之任何適合使用者介面，例如用於與一膝上型電腦、平板電腦及/或含有一CPU及記憶體之手持式裝置電腦系統介接之一顯示器、觸控螢幕、鍵盤、滑鼠及/或軌跡板。使用者介面115可在被動光學成像器系統100安裝於其上之物件本地，但其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)路由往返於被動光學成像器系統100之命令及資料。

【0058】 硬體及軟體之使用者介面115可將來自裝置之成像器資料呈現給使用者，但亦可容許一使用者用一或多個命令控制被動光學成像器系統100。例示性命令可包含啟動或去啟動成像器系統、指定光偵測器曝光程度、偏置、取樣持續時間及其他操作參數(例如，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，命令可容許使用者選擇用於顯示結果之方法。使用者介面可顯示成像器系統結果，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。

【0059】 如本文中提及，光學感測系統110之一或多個組件可為具有感測器陣列108、處理器118及記憶體120之一單片結構之部分。例如，光學組件116之一孔徑層、準直透鏡層及一光學濾光片層可堆疊於一半導體基板上方且用環氧樹脂接合至該半導體基板，該半導體基板具有在切割之前或之後在晶圓級製造於其上之多個ASIC。例如，光學濾光片層可為一薄晶圓，其抵靠光感測器層放置且接著接合至光感測器層以將光學濾光片層與光感測器層接合而使光學層形成單片結構之部分；可將準直透鏡層注射模製至光學濾光片層上；且可藉由將一非透明基板分層堆積於一透明基板之頂部上或藉由用一不透明膜塗佈一透明基板而形成孔徑層。或者，可製造及切割光感測器層，且可製造及切割光學濾光片層、準直透鏡層及孔徑層。接著，可將各經切割光感測器層及光學層接合在一起以形成一單片結構，其中各單片結構包含光感測器層、光學濾光片層、準直透鏡層及孔徑層。藉由將該等層接合至ASIC，ASIC及經接合層可形成一單片結構。接著，可將晶圓切割成裝置，其中各裝置可與一各自塊狀接收器光學器件114成對以形成光感測模組106。在其他實施例中，光感測模組106之

一或多個組件可在單片結構外部。例如，孔徑層可實施為具有針孔之一分離金屬片。本文中參考圖2論述根據本發明之一實施例之一光學感測系統及一感測器陣列之一更詳細視圖。

【0060】 圖2係根據本發明之一些實施例之一例示性光偵測系統200之一簡化圖。光偵測系統200可表示上文關於圖1論述之光偵測系統112。光偵測系統200可包含一光學感測系統及一感測器陣列。光學感測系統可包含塊狀接收器光學器件、一孔徑層、一準直透鏡層及一光學濾光片層；且感測器陣列可包含一光感測器陣列，其中各光感測器可包含用於量測光之一或多個光偵測器。根據一些實施例，此等組件一起操作以接收來自一場之光。例如，光偵測系統200可包含一塊狀接收器光學器件202及一微光學接收器(Rx)層204。在操作期間，光線206從多個方向進入塊狀接收器光學器件202且由塊狀接收器光學器件202聚焦以形成光錐208。微光學接收器層204經定位使得孔徑210與塊狀接收器光學器件202之焦平面重合。在一些實施例中，微光學接收器層204可為微光學接收器通道212之一個一維或二維陣列，其中各微光學接收器通道212由沿光流方向(例如，從左水平向右，如圖2中展示)上之相同軸定位之一各自孔徑210、準直透鏡214及光感測器216形成。此外，各微光學接收器通道212可以各種方式組態以減輕來自光感測器之間的雜散光之干涉，如本文中將進一步論述。在操作期間，各微光學接收器通道212量測一不同像素(即，場中之位置)之光資訊。

【0061】 在塊狀接收器光學器件202之焦點處，光線206聚焦且行進通過一孔徑層211中之孔徑210且至各自準直透鏡214中。各準直透鏡214準直所接收光，使得光線皆接近似相同角度(例如，彼此平行)進入光學濾

光片。塊狀接收器光學器件202之孔徑及焦距決定聚焦於孔徑210處之各自光線之錐角。準直透鏡214之孔徑大小及焦距決定進入光線(admitted rays)之準直程度，此決定可在光學濾光片218中實施之一帶通之窄度。孔徑210可在光偵測系統200之操作期間用於各種功能。例如，孔徑210可：(1)約束像素FOV，因此儘管光感測器平面處有一大間距其仍具有緊密空間選擇性；(2)在準直透鏡之焦平面處提供一小的點狀源以在光線行進通過濾光片之前達成光線之緊密準直，其中較佳準直結果導致可行進通過濾光片之一更緊密頻帶；及(3)排除雜散光。

【0062】 光學濾光片218阻擋不想要的光波長。基於干涉之濾光片在其等效能方面傾向於展現強烈的角度相依性。例如，在零度入射角下具有900 nm之一中心波長(CWL)的一1 nm寬帶通濾光片在一15度入射角下可能具有898 nm之一CWL。成像系統通常使用數十奈米寬之濾光片以適應此效應，使得CWL之位移遠小於帶通寬度。然而，使用微光學層204容許全部光線按近似相同入射角進入光學濾光片218，因此最小化CWL之位移且容許使用非常緊密的濾光片(例如，小於10 nm寬)。光感測器216回應於入射光子而產生電流或電壓。在一些實施例中，光學濾光片218跨整個微光學接收器通道212陣列均勻，使得陣列中之各個別微光學接收器通道212接收相同光波長範圍。

【0063】 在一些實施例中，光感測器216定位於與準直透鏡214相對之一側上，使得光線206在曝光於光感測器216上之前首先行進通過準直透鏡214及光學濾光片218。各光感測器216可為複數個光偵測器，諸如多個單光子突崩偵測器(SPAD)之一微型陣列。可將SPAD微型陣列之一陣列製造於一單一單片晶片上，藉此簡化製造。在一些替代實施例中，各光感

測器216可為一單一光偵測器，例如一標準光二極體、一突崩光二極體、一諧振腔光二極體或另一類型之光偵測器。

【0064】 在一些其他實施例中，光學濾光片218係非均勻的。例如，一漸變濾光片容許不同微光學通道量測一不同波長範圍。換言之，一漸變濾光片容許一微光學通道陣列中之不同微光學通道具有不同中心波長(CWL)。一漸變濾光片通常在一個或兩個維度上逐漸改變容許波長範圍。然而，一漸變濾光片亦可涵蓋其中容許波長範圍在一個或兩個維度上快速(例如，逐步)改變之一濾光片。可以各種方式產生通道之不同CWL。例如，濾光片之厚度可改變或折射率可改變。可藉由修改濾光片層(諸如藉由更改其化學組成，例如藉由將其修改成具有一非均勻摻雜濃度)而改變折射率。因此，各通道(或通道列/行)可具有具一不同摻雜濃度之一光學濾光片層，藉此在不具有一修改厚度之情況下導致各通道(或通道列/行)之一不同CWL。使具有一漸變光學濾光片之一個一維微光學通道陣列旋轉容許系統針對各光感測器量測在不同波長處之光。掃描其中漸變濾光片沿掃描方向改變之一個二維微光學通道陣列容許被動光學成像器系統針對各空間位置量測多個波長處之光，但使用光感測器中之多個光偵測器來進行此。使用漸變濾光片之此等光學系統需要同步光感測器取樣，使得對具有相同視場之相同光感測器進行不同波長量測。區分許多不同波長之成像系統有時稱為高光譜成像器。一高光譜成像器通常需要來自所關注波長之光皆聚焦於近似相同平面中。此可藉由使用一消色差、複消色差、超消色差或經設計以限制色像差效應之類似透鏡達成。

【0065】 高光譜成像器收集來自跨電磁光譜之多個波長帶之資訊。波長帶之絕對強度或相對強度可提供關於化學濃度之資訊。例如，可使用

僅幾個波長帶來估計某些作物之葉綠素含量。可使用類似技術來找到有用礦物或識別毒素。光譜資訊亦可用於幫助分類行人、汽車及同樣在一汽車環境中遇到之其他物件。

【0066】 一漸變中性密度濾光片具有在空間上跨濾光片變化之一透射率，但在任何給定位置處，透射在很大程度上與波長無關(例如，正如透射藍光一樣透射紅光)。在一掃描成像系統中，一漸變中性密度濾光片可用於以變化的衰減程度成像空間中之相同點，藉此與運用一非漸變濾光片將達成相比，實現具有較高動態範圍之一複合量測。可參考圖3A及圖3B而達成對具有漸變濾光片之一微光學接收器層之一更佳理解。

【0067】 圖3A及圖3B係根據本發明之一些實施例之具有漸變濾光片層之微光學接收器層之不同實施例之一簡化圖之透視圖。明確言之，圖3A係具有一漸變濾光片層302之一微光學接收器層300之一簡化圖之一透視圖，且圖3B係具有一漸變濾光片層312之一微光學接收器層301之一簡化圖之一透視圖。如圖3A及圖3B中繪示，微光學接收器層300及301各自包含在兩個維度上配置成一2 x 2陣列之四個微光學接收器通道304、306、308及310。儘管圖3A及圖3B繪示僅具有2 x 2陣列之實施例，然熟習此項技術者理解，此等實施例並非限制性的且其他實施例可經組態以具有任何數目個微光學接收器通道。應瞭解，在此等圖中，濾光片層302及312之厚度及周圍層之厚度(其等未按比例繪製)應理解為一干涉濾光片中之折射材料層之厚度。隨著此等厚度改變，干涉濾光片之特性(例如，帶通CWL)改變。此等實施例可在一高光譜被動光學成像器系統中使用。

【0068】 如圖3A及圖3B中展示，漸變濾光片層302跨多行微光學接收器通道在一個維度上具有逐漸增加的厚度，且漸變濾光片層312在一個

維度上具有一逐步增加的厚度，各微光學接收器通道具有一恆定厚度。微光學接收器通道304及308具有相同濾光片厚度且偵測相同光波長。微光學接收器通道306及310具有相同濾光片厚度且偵測相同光波長。微光學接收器通道304及308可具有與微光學接收器通道306及310不同之一濾光片厚度且因此偵測一不同光波長。在一第一時間間隔期間，微光學接收器通道304及308分別針對兩個像素量測一第一波長光之強度。在一些實施例中，高光譜被動光學成像器系統移動或旋轉微光學接收器層，使得在一第二時間間隔期間，微光學接收器通道306及310分別針對相同兩個像素量測一第二波長光之強度。在其他實施例中，根據本發明之一高光譜被動光學成像器系統可包含一固定微光學接收器層且掃描一移動目標。

II. 主動光學成像器系統

【0069】如本文中論述，光學成像器系統亦可組態為主動光學成像器系統。主動光學成像器系統與被動光學成像器系統之不同之處可在於：主動光學成像器系統將其等自身之光發射至一場中且在所發射光已反射離開場中之一物件之(若干)表面之後偵測該所發射光。在一些實施例中，可利用主動光學成像器系統作為LIDAR裝置，其中可將所發射光及所接收光、反射光相互關聯以判定距所發射光自其反射之物件的一距離。可參考圖4確定一主動光學成像器系統之一更佳理解。

【0070】圖4繪示根據本發明之一些實施例之一LIDAR系統400之一方塊圖。LIDAR系統400可包含一光測距裝置402及一使用者介面415。光測距裝置402可包含一測距系統控制器404、一光傳輸(Tx)模組406及一光感測(Rx)模組408。光測距裝置402可藉由將一或多個光脈衝410自光傳輸模組406傳輸至光測距裝置402周圍的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408偵測所傳輸光之反射部分412。基於延遲時間，可判定距反射表面之距離。亦可採用其他測距方法，例如連續波、都卜勒(Doppler)及類似者。

【0071】 Tx模組406包含：一發射器陣列414，其可為一個一維或二維發射器陣列；及一Tx光學系統416，其在與發射器陣列414結合時可形成一光發射系統438。Tx光學系統416可包含一塊狀傳輸器光學器件，其係影像空間遠心的。在一些實施例中，Tx光學系統416可進一步包含一或多個微光學結構，其等增加自塊狀傳輸器光學器件發出之光束之亮度，如本文中參考圖11至圖14及/或針對光束整形、光束操縱或類似者論述。發射器陣列414或個別發射器可為雷射源。Tx模組406可進一步包含一選用處理器418及記憶體420，但在一些實施例中，此等計算資源可併入至測距系統控制器404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)及類似者。在此等情況中，記憶體420可儲存指示應何時傳輸光之脈衝碼。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。

【0072】 光感測模組408之構造實質上可類似於本文中關於圖1論述之光感測模組106。因此，本文中可參考圖1引用處理器422、記憶體424、感測器陣列426及Rx光學系統428（其在結合感測器陣列426時可形成一光偵測系統436）之細節，且為簡潔起見本文中僅論述關於該等組件之差異。對於LIDAR系統400，感測器陣列426之各光感測器感測器(例如，一SPAD集合)可例如因光感測模組408及Tx模組406之一幾何組態而對應於發射器陣列414之一特定發射器。例如，在一些實施例中，發射器陣列414可沿塊狀傳輸器光學器件之焦平面配置，使得自塊狀傳輸器光學器件

投射至系統前面之場中的各照明光束在距系統超過一初始臨限距離之任何距離處實質上為與一對應接收器通道之視場相同之大小及幾何形狀。

【0073】 在一些實施例中，處理器418可執行對來自陣列中之個別光子偵測器(或偵測器群組)之原始直方圖的信號處理。作為信號處理之一實例，針對各光子偵測器或光子偵測器群組，記憶體424 (例如，SRAM)可隨著連續時間格(time bin)累積所偵測光子之計數，且此等時間格在一起可用於再現反射光脈衝之一時間序列(即，一光子計數對時間)。彙總光子計數之此時間序列在本文中稱為一強度直方圖(或僅稱為直方圖)。處理器418可實施匹配過濾及峰值偵測處理以即時識別返回信號。另外，處理器418可(例如，藉由處理器422)完成某些信號處理技術，諸如多輪廓匹配過濾以幫助恢復較不易具有可歸因於SPAD飽和及猝滅而發生之脈衝形狀失真的一光子時間序列。在一些實施例中，此過濾之全部或部分可由處理器458執行，處理器458可體現在一FPGA中。

【0074】 在一些實施例中，將自處理器418輸出之光子時間序列發送至測距系統控制器404以進行進一步處理，例如，可藉由測距系統控制器404之一或多個編碼器編碼資料且接著將其作為資料封包發送至使用者介面415。測距系統控制器404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430與記憶體432，及上述之某一組合。測距系統控制器404可(經由預程式化指令)與一固定基礎控制器協作或獨立於基礎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408。類似地，測距系統控制器404可藉由發送命令或中繼來自基礎控制器之命令而控制光傳輸模組406，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(例如，脈衝碼)之控制。在一些實施例中，測距系統控制器404具有用於與光感測模組408及光傳輸模組406交換資料之一或多個有線介面或連接器。在其他實施例中，測距系統控制器404經由諸如一光學通信鏈路之一無線互連與光感測模組408及光傳輸模組406通信。

【0075】 光測距裝置402可在固定架構及一掃描架構兩者中使用。電馬達434係LIDAR系統400中之一選用組件，作為一掃描LIDAR架構之部分，其可用於旋轉系統組件(例如，Tx模組406及Rx模組408)。系統控制器404可控制電馬達434且可開始旋轉、停止旋轉並視需要改變旋轉速度以實施一掃描LIDAR系統。下文參考圖5A及圖5B論述例示性固定LIDAR裝置，同時本文中參考圖6A、圖6B及圖7進一步論述例示性掃描LIDAR裝置。

【0076】 LIDAR系統400可與一使用者介面415之一或多個例示互動。不同例示可變化且可包含但不限於：具有一監視器、鍵盤、滑鼠、CPU及記憶體之一電腦系統；一汽車或其他車輛中之一觸控螢幕；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415可在LIDAR系統400安裝於其上之物件本地，但其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)路由往返於LIDAR系統400之命令及資料。

【0077】 硬體及軟體之使用者介面415可將來自裝置之LIDAR資料呈現給使用者或一車輛控制單元(未展示)，但亦可容許一使用者用一或多個命令控制LIDAR系統400。例示性命令可包含啟動或去啟動LIDAR系

統、指定光偵測器曝光程度、偏置、取樣持續時間及其他操作參數(例如，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，命令可容許使用者選擇用於顯示結果之方法。使用者介面可顯示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。在一些實施例中，使用者介面415可追蹤物件距車輛之距離(接近)，且潛在地將警報提供給一駕駛員或提供此追蹤資訊以分析一駕駛員之表現。

【0078】 在例如其中LIDAR系統400用於車輛導航一些實施例中，使用者介面415可為透過一網路(諸如上文描述之有線網路或無線網路之一者)接收來自光測距裝置402及/或使用使用者介面415之輸出且以其他方式與光測距裝置402及/或使用使用者介面415通信之一車輛控制單元之一部分。可藉由車輛控制單元基於所接收LIDAR資料修改與一車輛之控制相關聯之一或多個參數。例如，在一全自主車輛中，LIDAR系統400可提供汽車周圍環境之一即時3D影像以結合GPS及其他資料一起協助導航。在其他情況中，LIDAR系統400可採用為一先進駕駛員輔助系統(ADAS)之部分或一安全系統之部分，例如，其可將3D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、駕駛員困倦監視、盲點監視、碰撞避免系統等。當使用者介面415實施為一車輛控制單元之部分時，可將警報提供給一駕駛員或可追蹤一物件之一接近之追蹤。

A. 固態架構

【0079】 根據本發明之一些實施例之LIDAR系統可組態為具有一固定架構之一固態LIDAR系統。此等LIDAR系統並不旋轉且因此無需一單獨馬達(例如，圖4中之電馬達434)來旋轉感測器及傳輸器模組。圖5A及

圖5B中展示例示性固態LIDAR系統。

【0080】 圖5A及圖5B係固態LIDAR系統之例示性實施方案之簡單繪示。明確言之，圖5A繪示根據本發明之一些實施例之其中在一道路車輛505 (諸如一汽車)之外部區域處實施固態LIDAR系統502a至502d之一實施方案500；且圖5B繪示根據本發明之一些實施例之其中在道路車輛505之頂部上實施固態LIDAR系統504a至504b之一實施方案501。在各實施方案中，LIDAR系統之數目、LIDAR系統之放置及各LIDAR系統之視場可經選取以獲得車輛周圍環境之一360度視場之大部分(若非全部)。本文中僅為繪示起見而選取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)以及其中3D深度影像有用之多種其他應用(諸如醫學成像、行動電話、擴增實境、大地測量學、空間資訊學、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、空載雷射掃描帶映射(ALSM)及雷射測高術)中採用本文中描述之感測器。

【0081】 參考圖5A，固態LIDAR系統502a至502d可安裝於一車輛之外部區域處的前擋泥板及後擋泥板附近。LIDAR系統502a至502d可各自定位於車輛505之一各自隅角處，使得其等定位於車輛505之最外隅角附近。如此一來，LIDAR系統502a至502d可更佳地量測車輛505距場中之區域506a至506d處之物件的距離。各固態LIDAR系統可面向一不同方向(單元之間可能具有部分重疊及/或非重疊視場)以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自LIDAR Tx模組508發射之光脈衝510之部分。接著，光脈衝510之一或多個反射部分512行進回至LIDAR系統502a且可由Rx模組509接收。Rx模組509可安置於與Tx模組508相同之外殼中。

【0082】 儘管圖5A繪示安裝於一車輛之四個隅角處的四個固態LIDAR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域上的更少或更多個固態LIDAR系統。例如，LIDAR系統可安裝於一車輛505之一車頂上，如圖5B中展示。在此等實施例中，LIDAR系統可具有一較高有利點以更佳地觀察車輛505周圍之區域506a至506d。

B. 掃描架構

【0083】 在一些實施例中，根據本發明之LIDAR系統可採用其中LIDAR系統在小於360度之一角度之間振盪之一掃描架構。例如，圖5B之實施方案501中之LIDAR系統504a至504b可各自採用一掃描架構以掃描車輛505前方及/或後方(例如，在視場506a與506b之間的區域514中及視場506c與506d之間的區域516中)之整個場景。定位於掃描LIDAR系統中之一或多個光源(未展示，但其可為用於發射在適於LIDAR系統之任何波長光譜中(諸如在紅外線、近紅外線、紫外線、可見光(例如，綠色雷射波長光譜)及類似者中)之輻射的多種不同適合源，包含但不限於雷射)之(若干)輸出光束可輸出為光脈衝且掃描(例如，在小於360度之一角度之間旋轉)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，藉由將光發射器安裝至一旋轉柱或平台)或透過使用其他機械構件(諸如電流計)實施由旋轉箭頭514及516表示之掃描。亦可例如藉由使用採用一或多個基於MEMS之反射體(舉例而言，諸如一數位微鏡(DMD)裝置、一數位光處理(DLP)裝置及類似者)的微晶片而採用基於晶片之光束操縱技術。在一些實施例中，可透過非機械手段(例如，藉由使用電子信號操縱一或多個光學相控陣列)完成掃描。

【0084】 其他實施例可實施掃描遍及一車輛周圍環境之整個360度

之一掃描架構。此等掃描LIDAR系統可在一順時針或逆時針方向上連續重複旋轉360度，且因此可利用一單獨馬達(例如，圖4中之電馬達434)來旋轉感測器及傳輸器模組。圖6A及圖6B中展示例示性旋轉LIDAR系統。

【0085】 圖6A係根據本發明之一些實施例之針對一車輛605 (諸如一汽車)實施且能夠連續360度掃描之一例示性掃描LIDAR系統600之一簡化圖之一俯視圖。定位於LIDAR系統600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連續場景620。在一些實施例中，可藉由本文中關於圖5B論述之任何適合機械手段(例如，藉由將光發射器安裝至一旋轉柱或平台)或任何其他機械手段(諸如透過使用電流計或基於晶片之操縱技術)來實施由旋轉箭頭615表示之掃描。在操作期間，在車輛605周圍之任何方向上且在LIDAR系統600之視域內的物件可反射自LIDAR系統600中之一傳輸模組608發射之光脈衝611之部分。接著，光脈衝611之一或多個反射部分617行進回至LIDAR系統600且可由其感測模組609偵測到。在一些例項中，感測模組609可安置於與傳輸模組608相同之外殼中。

【0086】 儘管圖6A繪示安裝於一車輛605之一車頂上之固態LIDAR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域上的固態LIDAR系統。例如，LIDAR系統可安裝於一車輛之隅角上，如圖6B中展示。圖6B繪示根據本發明之一些實施例之其中在一道路車輛(諸如一汽車)之外部區域處實施固態LIDAR系統604a至604d之一實施方案601。在此實施方案中，各LIDAR系統604a至604d可為可繞整個360度量測距離之一自旋LIDAR系統。然而，由於將關於車輛605量測至少一些該等量測，故可忽略該等量測。因此，各LIDAR系統605a至605d

可僅利用來自360度掃描之量測之一子集，例如僅利用覆蓋未捕獲車輛605之區域619a至619d之角度。

【0087】 圖7係根據本發明之一些實施例之採用一360掃描架構之一LIDAR系統700之一簡化例示性透視圖。在一些實施例中，LIDAR系統700可包含一光測距裝置701，其在一順時針或逆時針方向上自旋以觀察圍繞一車輛之周圍場。系統700可包含用於為LIDAR系統700之內部組件提供保護之一固定外殼702、一光學透明窗704及一固定蓋706。窗704可繞固定外殼702之一周邊完全延伸，固定外殼702可經組態以具有一圓柱形狀。系統700之內部組件可包含光測距裝置701，光測距裝置701可包含一旋轉平台708及安裝於旋轉平台708上之感測及傳輸模組710。在一些實施例中，光測距裝置701與窗704對準，使得模組710經定位以透過窗704發射及接收光，且未將所發射光發射至固定外殼702或固定蓋706上。例如，在對準定位之情況下，光測距裝置701之水平中心與窗704之水平中心重合。感測及傳輸模組710可為例如光感測模組408及光傳輸模組406，且可視情況包含一散熱器(未展示)以冷卻微光學層。LIDAR系統700亦可包含駐留在固定外殼702內之一系統控制器712 (例如，控制器404)及電馬達714 (例如，馬達434)。電馬達714旋轉平台708，藉此使感測及傳輸模組710以一自旋方式旋轉，例如在一順時針或逆時針方向上連續旋轉360度。系統控制器712可使用一光學通信鏈路716與感測及傳輸模組710通信。光學通信鏈路716容許感測及傳輸模組710透過光學通信鏈路716與固定系統控制器712通信，固定系統控制器712機械地耦合至固定外殼702且不隨平台708旋轉而不具有機械磨損。在一些實施例中，系統控制器712可控制馬達並開始及停止LIDAR裝置700之光偵測操作。系統控制器712

可包含配置成一平行關係之兩個或更多個堆疊的平面電路板，此在共同擁有且同時申請之標題為「**Compact Lidar System**」之專利申請案(代理人檔案號103033-P010US1-1073278)中更詳細論述，該案之全文出於全部目的以引用的方式併入本文中。

III. 主動成像器系統之操作

【0088】 圖8係根據一些實施例之一光測距系統之光發射及偵測操作之一闡釋性實例。圖8展示收集系統周圍之一體積或場景之三維距離資料之一光測距系統800 (例如，固態及/或掃描系統)。圖8係強調發射器與感測器之間的關係之一理想化圖式，且因此未展示其他組件。

【0089】 光測距系統800包含一光發射器陣列810及一光感測器陣列820。光發射器陣列810包含光發射器之一陣列，例如垂直腔面射型雷射(VCSEL)及類似者(諸如發射器812及發射器816)之一陣列。光感測器陣列820包含光感測器(例如感測器822及826)之一陣列。光感測器可為針對各光感測器採用一組離散光偵測器(諸如單光子突崩二極體(SPAD)及類似者)之像素化光感測器。然而，各種實施例可部署其他類型之光子感測器。

【0090】 各發射器可從其相鄰發射器稍微偏移且可經組態以將光脈衝傳輸至與其相鄰發射器不同之一視場中，藉此照明僅與該發射器相關聯之一各自視場。例如，發射器812將(由一或多個光脈衝形成之)一照明光束814發射至圓形視場832 (為清楚起見，放大其之大小)中。同樣地，發射器816將一照明光束818 (亦稱為一發射器通道)發射至圓形視場834中。雖然為避免複雜在圖8中並未展示，但各發射器將一對應照明光束發射至其對應視場中而導致照明一2D視場陣列(在此實例中，21個相異視場)。

【0091】 由一發射器照明之各視場可被視為由測距資料產生之對應

3D影像中之一像素或點。各發射器之各發射器通道可不同且不與其他發射器通道重疊，即，發射器組與非重疊視場組之間存在一對一映射。因此，在圖8之實例中，系統可對3D空間中之21個相異點取樣。可藉由具有一更緻密發射器陣列或藉由隨時間掃描發射器光束之角位置使得一個發射器可對空間中之若干點取樣而達成一更緻密點取樣。如上文描述，可藉由旋轉整個發射器/感測器總成而完成掃描。

【0092】 像上文描述之發射器，各感測器可從其相鄰感測器稍微偏移，各感測器可看見感測器前方場景之一不同視場。此外，各感測器之視場與一各自發射器通道之視場實質上重合(例如，與其重疊)且具有與其相同之大小。

【0093】 在圖8中，相對於距視場中之物件之距離放大對應發射器-接收器通道之間的距離。實務上，距視場中之物件之距離遠大於對應發射器-接收器通道之間的距離，且因此自發射器至物件之光之路徑近似平行於自物件返回至感測器之反射光之路徑(即，其幾乎為「背反射」)。因此，系統800前方存在其中個別感測器及發射器之視場重疊之一距離範圍。

【0094】 因為發射器之視場與其等各自感測器之視場重疊，所以各接收器通道理想地可偵測源自其各自發射器通道之反射照明光束而理想地不具有串擾，即，未偵測到來自其他照明光束之反射光。因此，各光感測器可對應於一各自光源。例如，發射器812將一照明光束814發射至圓形視場832中，且一些照明光束自物件830反射。理想地，感測器822僅偵測一反射光束824。因此，發射器812及感測器822共用相同視場(例如，視場832)且形成一發射器-感測器對。同樣地，發射器816及感測器826形成

共用視場834之一發射器-感測器對。雖然在圖8中將發射器-感測器對展示為在其等各自陣列中之相同相對位置中，但取決於系統中所使用之光學器件之設計，任何發射器可而與任何感測器成對。

【0095】 在一測距量測期間，來自分佈在包圍LIDAR系統之體積周圍的不同視場之反射光由各種感測器收集，且經處理而導致各自視場中之任何物件之距離資訊。如上文描述，可使用一飛行時間技術，其中光發射器發射精確定時之脈衝，且在經過某一時間之後藉由各自感測器偵測脈衝之反射。接著，使用發射與偵測之間的經過時間及已知光速來計算距反射表面之距離。在一些實施例中，感測器可獲得額外資訊以判定除距離之外的反射表面之其他性質。例如，可藉由感測器量測一脈衝之都卜勒位移且使用其來計算感測器與反射表面之間的相對速度。脈衝強度可用於估計目標反射性，且脈衝形狀可用於判定目標是一硬質材料還是漫射材料。

【0096】 在一些實施例中，LIDAR系統可由發射器及接收器通道之一相對較大2D陣列組成，且其操作為一固態LIDAR，即，其可在未掃描發射器及/或感測器之定向之情況下獲得距離資料圖框。在其他實施例中，發射器及感測器可掃描(例如，繞一軸旋轉)以確保發射器及感測器組之視場對周圍體積之一全360度區域(或360度區域之某一有用分率)取樣。接著，可將例如在某一預定義時段內自掃描系統收集之距離資料後處理為一或多個資料圖框，接著可將該一或多個資料框進一步處理為一或多個深度影像或3D點雲。可將深度影像及/或3D點雲進一步處理為圖塊(map tile)以於3D映射及導航應用中使用。

【0097】 根據一些實施例，一光測距系統(亦稱為一編碼脈衝光學接收器系統)可傳輸多個光脈衝。在一些實施例中，各編碼脈衝具有由光強

度形成之一嵌入式正值脈衝碼。系統可藉由在不同時間格產生所偵測反射光之一強度直方圖而在存在背景光之情況下判定光學脈衝之時間位置及/或振幅。對於各時間格，系統取決於所偵測光之強度而將一加權值添加至強度直方圖。加權值可為正的或負的，且具有變化量值。

【0098】 藉由選擇正值脈衝碼之不同組合且應用不同權重，系統可偵測適合於標準數位信號處理演算法之正值及負值碼。此方法給出一高信號對雜訊比，同時維持反射光脈衝之經量測時間位置之一低不確定性。

【0099】 圖9係繪示根據本發明之實施例之在一光學量測系統中使用編碼脈衝之一方法900之一流程圖。光學量測系統可為一光測距系統。方法900可使用多個編碼脈衝偵測來自一目標之一反射脈衝之時間位置。在一即時三維應用中，方法900可不斷地偵測距周圍環境中之物件之距離。可藉由本文中描述之光學量測系統之任一者實施方法900。

【0100】 在910，一編碼脈衝光學系統(CPOS)執行一初始化。例如，CPOS可對用於開始、停止及改變參數之使用者介面命令作出回應。CPOS可初始化一光學傳輸器以指示例如脈衝碼、光功率位準及各種時間間隔(例如，一偵測間隔、在偵測間隔之間暫停之一間隔，及一總量測時間間隔)之參數。CPOS可初始化一光感測模組以指示諸如脈衝時間間隔及光取樣間隔之參數。CPOS亦可清除直方圖的值。

【0101】 在920，作為一光學量測之部分，自一光源(例如，一雷射)傳輸一脈衝列。脈衝列可傳輸為針對量測傳輸之N個脈衝列之部分。N個脈衝列可自一物件反射，藉此容許對物件進行一測距量測。N個脈衝列之各者可包含來自光源(例如，VCSEL)之一或多個脈衝且對應於由一起始信號觸發之一不同時間間隔。

【0102】 在一些實施例中，CPOS可等待一指定時間以容許一先前脈衝列(編碼脈衝傳輸)消散。接著，CPOS可傳輸一量測之N個脈衝列之下一脈衝列，其中N個脈衝列形成一編碼。一旦一量測完成，例如N個脈衝列之最後一者已消散(例如，在預期任何反射之一預定時間之後)，則CPOS可使用適當脈衝碼開始第一/下一編碼脈衝傳輸。N可為大於1之一整數，例如，2、3、4、5或更高。

【0103】 在930，可例如回應於觸發待傳輸之脈衝列之起始信號而開始光學偵測。因此，CPOS可在開始編碼脈衝傳輸之同時開始光偵測。作為光學偵測之部分，可藉由光學量測系統之一光感測器(例如，對應於一像素)偵測一脈衝列，藉此在複數個時間點產生資料值。在一些實施例中，光感測器係光偵測器(例如，SPAD)之一集合。資料值可具有各種形式，例如在一時間點(例如，在一直方圖之一時間格內)觸發之SPAD之一數目之計數。作為其他實例，資料值可為來自遵循一類比光感測器(例如，一APD)之一ADC的一數位化值。兩個實例皆可對應於一強度。總之，可偵測到N個脈衝列。此外，可針對光學量測裝置之各光感測器各別地執行程序。

【0104】 在940，在對應於脈衝列之時間間隔內之時間點將一權重指派給資料值，藉此獲得加權值。可針對N個脈衝列之各者指派一權重。不同脈衝列之一些此等權重可與其他脈衝列相同。在一些實施例中，N個脈衝列之至少兩者指派有不同權重且具有一不同脈衝型樣。兩個脈衝列可具有某種相似性(例如，脈衝之部分可重疊)，但至少有時一個脈衝列開啟(ON)且另一脈衝列關閉(OFF)。此等不同脈衝型樣可具有一類似形狀但具有一不同延遲，例如{1, 0, 1, 1, 0}具有類似於{0, 1, 0, 1, 1}之非零值之

一形狀，但其等歸因於如可藉由第二信號相對於第一信號之一延遲達成之一偏移而為不同脈衝型樣。

【0105】 因此，CPOS可偵測光且針對各光取樣間隔產生一數位化強度值。針對各光取樣間隔，CPOS可將一脈衝權重應用於數位化強度值且將結果添加至強度直方圖之適當時間格。

【0106】 在950，CPOS測試其是否已發送所需數目個編碼脈衝。若CPOS已發送所需數目個編碼脈衝，則在方塊960繼續，否則其循環回至方塊920。

【0107】 在960，判定對應於複數個時間格中之加權值的一直方圖。如上文描述，可藉由在跨複數個時間間隔之特定時間格內之時間點累積加權值而判定一特定時間格處之直方圖之一計數器。

【0108】 在970，使用直方圖來偵測對應於N個脈衝列之一信號。例如，CPOS可判定直方圖是否具有匹配匹配碼(過濾)之一值序列。CPOS可報告是否發現匹配碼及匹配之幅度。匹配可容許相對於來自其他光源之雜訊或干涉偵測所要信號。

【0109】 作為一實例，一過濾可包含待應用於一直方圖之時間格之一窗之一組值。過濾可在直方圖上滑動以計算具有對應於輪廓過濾相對於直方圖之不同滑動位置的計數器之一經過濾直方圖。經過濾直方圖之計數器之各者可對應於輪廓過濾與直方圖在一特定滑動位置處之一重疊。可識別經過濾直方圖之計數器之一最大值，藉此例如在最大值高於一臨限值時容許偵測。計數器之最大值之特定滑動位置可對應於可用於測距量測之接收時間。

【0110】 在一些實施例中，例如在光學量測系統經組態以執行測距

量測時，信號可為由自一物件反射之 N 個脈衝列引起之一反射信號。在其他實施例中，例如在光源在一個位置處且光感測器在一不同位置處時，信號可為一通信信號。此一組態可用於通信目的。例如，一微波傳輸塔可將資料傳輸至一接收塔。所傳輸資料可包含編碼脈衝，其等可幫助減少如可由來自其他源之雜訊或干涉引起之資料接收中之誤差。接收塔可識別脈衝列且藉由選擇兩個脈衝列之間的一任意時間作為一第一時間格之一起始時間而產生一直方圖。接著，可應用一匹配過濾(例如，藉由在直方圖上滑動)；且若發現一充分匹配，則可偵測通信信號。可藉由經過濾直方圖獲得之最大值來量測一充分匹配。作為一進一步實施例，系統可以用於偵測通信信號之一類似方式偵測來自另一CPOS之一干涉信號。若量測到干涉，則一些實施方案可改變所傳輸編碼，例如干涉碼之所傳輸編碼類似於當前使用之編碼。

【0111】 在980，可判定距物件之一距離。例如，可判定對應於 N 個脈衝列之關於起始信號之一接收時間。可使用接收時間來判定距物件之一距離。接收時間可從脈衝列之傳輸時間偏移，但可考慮到此一偏移。因此，CPOS可報告其被偵測到之時間。距離可對應於起始信號之接收時間與一開始時間之間的一往返時間，且因此可以時間表達距離。

【0112】 所偵測信號可用於除測距外之其他目的。例如，所偵測信號之品質可用於量測一物件之反射性。例如，若所偵測信號具有一高強度，則系統可判定物件具有一高反射性。上文論述通信及干涉量測之實施方案。為偵測來自另一光源之干涉，所偵測信號將來自干涉光源所傳輸之另一組脈衝列。

【0113】 作為一概括，實施例可傳輸具有 $N+1$ 個獨有權重之 $N+1$ 個

獨有編碼以產生一N維向量空間直方圖。例如，代替保持一帶正負號數字之一頻格，頻格可藉由傳輸至少兩個獨有編碼(一者為正且一者為負)而保持一1-D向量(例如，等效於一帶正負號數字)。為儲存一2-D向量(例如，以極座標或笛卡爾(Cartesian)座標)，系統可傳輸至少三個獨有編碼，其等可用三個不同極角加權且加總至一單一2-D向量。一N-D向量(由全部保持在一單一「頻格」內之N個單獨數字定義)將需要N+1個不同編碼，其等各自在進行向量加總時按一不同角度加權(換言之，使其權重之一分量與全部其他權重正交)。藉由增加維度，可使用RF通信中所使用之更先進編碼技術，如正交相位編碼或分碼多重存取(CDMA)。在此內容背景中，可使用一N維匹配過濾。

【0114】 在一LIDAR系統在其操作期間實施方法900時，LIDAR系統可連續地量測距場中之物件之距離。因此，一旦判定距一物件之距離，方法900便可循環回至方塊920以開始另一系列的發射脈衝列且偵測所發射脈衝列以判定用於判定距場中之一物件之一距離的一直方圖。可需要藉由方法900不斷地量測距離，此係因為諸如在LIDAR系統用於導航目的且LIDAR系統在場內移動時，LIDAR系統可需要不斷地量測距場中之物件之距離。

【0115】 在一些實施例中，在方塊980判定距物件之距離之後，方法900可在方塊990判定CPOS是否已接收到一退出命令。若已接收到一退出命令，則方法900可在方塊999停止量測距離，否則方法900可藉由循環回至方塊920而繼續量測距物件之距離。

【0116】 如上文提及，方法900可用於減少通道當中之干涉。例如，作為複數個光學量測之部分，可針對光源及光感測器之複數個通道重

複方法900。複數個光學量測可在時間上重疊，例如實質上同時執行。因此，各通道可同時執行一量測。為減少干涉，至少一些通道之編碼可不同。例如，複數個通道之至少兩個通道的N個脈衝列之脈衝型樣可不同，藉此引起不同通道之不同直方圖型樣。另外或代替性地，指派給複數個通道之至少兩個通道的N個脈衝列之權重可不同，藉此引起不同通道之不同直方圖型樣。

IV. 主動成像器系統之構造

【0117】 圖10係繪示根據本發明之一些實施例之具有一寬視場且能夠窄帶成像的一例示性主動光學成像器系統1000之一詳細視圖之一簡化圖。主動光學成像器系統1000可採用如本文中先前提及之固態或掃描架構。在一些實施例中，不同於被動光學成像器系統，主動光學成像器系統1000可包含一光偵測系統1001及一光發射系統1002。光發射系統1002用窄帶光線1004提供對系統1000定位於其中之一場之至少一部分之主動照明。光偵測器系統1001在自光發射系統1002發射之窄帶光已被場中之物件反射為反射光線1006之後偵測該窄帶光。光偵測系統1001實質上可類似於本文中關於圖2論述之光偵測系統200。因此，本文中可參考圖2引用塊狀接收器光學器件1008、光錐1010、微光學接收器層1014中之微光學接收器通道1012及光偵測器1016之細節，且本文中為簡潔起見並未論述。

【0118】 在一些實施例中，光發射系統1002包含一塊狀傳輸器光學器件1018及由光發射器1022之一個一維或二維陣列形成之一發光層1020。各光發射器1022可經組態以產生窄帶光之離散光束。在一些實施例中，發光層1020經組態以透過塊狀傳輸器光學器件1018根據一照明型

樣選擇性地投射離散光束，該照明型樣跨距光發射系統1002之一距離範圍在大小及幾何形狀上匹配微光學接收器通道陣列1014中之接收器通道的視場。光發射器1022可為任何適合發光裝置，諸如整合於一或多個單片晶片上之垂直腔面射型雷射(VCSEL)或任何其他類型之雷射二極體。光發射器1022可產生引導至塊狀傳輸器光學器件1018之窄帶光錐1024，塊狀傳輸器光學器件1018可準直光錐1024且接著將準直光作為所發射光線1004輸出至場中之遙遠目標。在一些實施例中，塊狀傳輸器光學器件1018係影像空間遠心的。

【0119】 在額外及替代實施例中，在藉由塊狀傳輸器光學器件1018將來自光錐1024之光線1004引導至遙遠目標之前，藉由一微光學傳輸器層(未展示)將其聚焦於空間中之一中間平面上以增強自光發射系統1002發射之光之亮度及強度。在此等實施例中，光發射系統1002及光偵測系統1001經組態使得各微光學傳輸器通道(未展示)與一對應微光學接收器通道1012成對且使得其等視場之中心對準以在距感測器之一特定距離處重疊或使其等主光線平行。在進一步額外及替代實施例中，由光發射系統1002發射之遠場光束具有類似於各微光學接收器通道1012之遠場視場之大小及發散角。下文將詳細論述具有用於增強輸出光之亮度及強度的微光學傳輸器層之光發射系統1002之細節。

【0120】 如從圖10中之平行光線1004及1006之繪示顯而易見，各微光學接收器通道1012具有超過一臨限距離之一非重疊視場。如圖10中展示，各微光學接收器通道1012包含來自複數個孔徑之一孔徑、來自複數個透鏡之一透鏡及來自複數個光偵測器之一光偵測器，其中各通道之孔徑界定通道中之像素之一離散視場，該離散視場超過一臨限距離而未在其他

微光學接收器通道之視場內重疊。如此一來，各微光學接收器通道接收對應於場中未由微光學接收器通道層1014中之任何其他微光學接收器通道量測的一離散位置之反射光。

A. 增強主動成像器系統中之傳輸器之亮度及強度

【0121】 本發明之實施例係關於一種LIDAR感測器，其尤其可用於自主車輛中之障礙偵測及避免。一些特定實施例係關於LIDAR感測器，其包含使能夠足夠廉價地製造感測器且具有足夠可靠性且具有一足夠小佔據面積以用於大眾市場汽車、卡車及其他車輛中的設計特徵。例如，一些實施例包含一組垂直腔面射型雷射(VCSEL)作為將輻射發射至一場中之照明源，且包含單光子突崩二極體(SPAD)偵測器陣列作為偵測自場中之一表面反射回之輻射的一組光感測器(偵測器)。使用VCSEL作為發射器且使用SPAD作為偵測器能夠同時進行多個量測(即，可同時觸發VCSEL發射器)，且亦使發射器組及光感測器組能夠各自使用標準CMOS程序製造於一單一晶片上而極大地簡化製造及組裝程序。

【0122】 在某些實施例中，使用VCSEL及SPAD呈現挑戰，然而，本發明之各種實施例克服該等挑戰。例如，VCSEL遠不如現有LIDAR架構中使用之典型雷射強大，且SPAD遠不如現有LIDAR架構中使用之典型偵測器有效率。為解決此等挑戰以及同時觸發多個發射器所呈現之挑戰，本發明之某些實施例包含各種光學組件(例如，透鏡、濾光片及一孔徑層)，其等可與多個SPAD陣列合作，各陣列對應於一不同像素(例如，場中之位置)，如本文中描述。例如，如本文中關於圖2論述，一光偵測系統200可包含用於增強由光感測器216 (例如，SPAD)偵測之光的一微光學接收器層204。

【0123】 因為VCSEL不如現有LIDAR架構中之典型雷射強大，所以在一些實施例中，光發射系統1002可經組態以改良成像器系統1000執行光測距功能性之能力。即，可增強由光發射系統1002發射之光之品質以改良光測距準確度及效率。可在亮度及強度方面定義用於光測距及成像目的之傳輸光之品質。可藉由修改及/或實施一或多個光學傳輸器層而增強自塊狀傳輸器光學器件1018發射之光線1004之亮度及強度，如本文中將進一步論述。

【0124】 可藉由每立體角之光功率(以瓦特為單位)定義一傳輸光之亮度。因此，輸出具有緊密準直(即，低發散度)之光的光源產生高亮度之光。相反地，輸出具有高發散度之光的光源產生低亮度之光。可藉由每面積之光功率定義光強度，此意謂若以一特定功率發射之光緊密壓縮於一小面積中，則其將具有較高強度。因此，輸出呈一緊密壓縮光線之光的光源將具有高於輸出呈一較不緊密光線之光的光源之強度，即使兩個光源皆輸出具有低發散度之光。如本文中將瞭解，本發明之實施例中之LIDAR系統之傳輸器組件可組態有微光學組件，其等使傳輸器能夠輸出與不具有微光學組件之一類似傳輸器相比具有增強亮度及強度之光。

【0125】 圖11係根據本發明之一些實施例之一第一例示性增強型光發射系統1100之一簡化橫截面視圖。光發射系統1100可包含具有光發射器1104之一光發射器陣列1102，光發射器1104例如可包括但不限於LED、雷射二極體、VCSEL或用於發射光1113之類似者之任一者。一VCSEL係具有垂直於頂表面之雷射光束發射之一類型的半導體雷射二極體。應注意，圖11中展示之線性陣列可為包含但不限於圓形、矩形、線性或任何其他幾何形狀之發射器陣列之任一幾何形式。

【0126】 增強型光發射系統1100可包含與光發射器陣列1102分開一開放空間1118之一微光學傳輸器通道陣列1106。各微光學傳輸器通道1108與一對應接收器通道(例如，圖10中之接收器通道1012)成對，且使其等視場之中心對準以在距光學成像器系統之一特定距離處重疊。微光學傳輸器通道陣列1106可由一基板1119形成，基板1119夾置於定位在面向光發射器陣列1102之一側上的一第一光學表面1120與定位在背向光發射器陣列1102之一相對側上的一第二光學表面1121之間。第一光學表面1120及第二光學表面1121兩者可各自組態為一凸面微光學透鏡陣列，其中第一光學表面1120之各凸透鏡組態為與第二光學表面1121之一各自凸透鏡光學對準，使得透射穿過第一光學表面1120之光隨後可透射穿過第二光學表面1121。來自第一光學表面1120及第二光學表面1121之對應凸透鏡可背向彼此，如圖11中展示。在某些實施例中，第一光學表面1120之凸透鏡具有一第一光功率，且第二光學表面1121之凸透鏡具有與第一光功率不同之一第二光功率。例如，第二光功率可大於第一光功率，使得第二光功率之焦距短於第一光功率之焦距。基板1119可由在光發射器1104之波長範圍內透射之任何適合材料形成，諸如矽、二氧化矽、硼矽玻璃、聚合物及類似者。第一光學表面1120及第二光學表面1121可由壓印於基板1119之各自相對表面上之一透明聚合物形成。

【0127】 在一些實施例中，微光學傳輸器通道陣列1106可由微光學傳輸器通道1108之一單片陣列形成。各微光學傳輸器通道1108可包含來自第一光學表面1120之一第一凸透鏡、來自第二光學表面1121之一對應第二凸透鏡及定位於該兩個凸透鏡之間的基板1119之一對應部分。各微光學傳輸器通道1108可與一各自光發射器1104對應，使得自光發射器1104

輸出之光在操作期間首先穿過第一凸透鏡、穿過基板1119之對應區，且接著穿過第二凸透鏡。

【0128】 一旦光發射出第二光學表面1121之第二凸透鏡，光便形成一微型點影像1110，其係對應光發射器1104之一實像但具有對應光發射器1104之一縮減大小。在一些實施例中，微型點影像1110定位於微光學傳輸器通道陣列1106與塊狀傳輸器光學器件1114之間。例如，微型點影像1110可形成於一孔徑層1109之各自孔徑內。各孔徑可為一反射或不透明層中之一針孔，所發射光聚焦於其中以形成微型點影像1110。光從該處繼續遠離光發射器及微光學通道兩者而形成伸向塊狀傳輸器光學器件1114之一光錐1112。

【0129】 根據本發明之一些實施例，所發射光1113之發散度可小於光錐1112之發散度。此發散度差異可因一微光學傳輸器通道1108 (明確言之，因第二光學表面1121之光功率)而產生。因為離開微光學傳輸器通道1108之光的發散度大於來自光發射器1104之所發射光1113之發散度，所以微型點影像1110可為光發射器1104之一實像但遠小於光發射器1104之大小且具有與所發射光1113相同之光子數目。在形成真實點影像之後形成之所得光錐1112接著在行進通過塊狀傳輸器光學器件1114之後作為各光發射器1104之離散光束投射至場中。自光發射系統1100發出之所得光線係具有一小橫截面積(小於光發射器1104之表面積)的高度準直光束，藉此導致可輸出具有增強亮度及強度之光的一光發射系統1100。

【0130】 應注意，塊狀傳輸器光學器件1114可包含一單一透鏡或一透鏡叢集，其中兩個或更多個透鏡在一起形成塊狀傳輸器光學器件1114。在塊狀傳輸器光學器件1114內使用多個透鏡可增加數值孔徑、減小RMS

點大小、平坦化影像平面、改良遠心度，或以其他方式改良塊狀傳輸器光學器件1114之效能。亦應注意，對於一些實施例，光錐1112可重疊而形成光錐重疊區1116。

【0131】為更佳理解微光學傳輸器通道陣列1106之操作及有效性，論述光發射系統1100之操作之一更詳細說明。對於利用由VCSEL發射器形成之一光發射器陣列之增強型光發射系統1100，一發射器之一例示性初始半徑可為12.5 μm ，其中光以一 10° 半角錐進入。此等發射器每平方微米之作用面積通常將輸出50 μW 。來自各發射器1104之一發散光錐被接受至一微光學傳輸器通道1108中，且接著藉由該相同微光學通道輸出一會聚光錐以產生具有例如 20° 之一半角之一會聚光錐。因此，對於一些實施例，由一發射器1104產生之錐角小於由一對應微光學傳輸器通道1108產生之錐角。接著，由微光學傳輸器通道1108發出之會聚光錐產生發射器之一微型點影像1110。對於根據圖11之實施例，微型點影像1110係一實像且具有小於一對應光發射器1104之大小之一大小。應注意，來自一給定發射器之全部光線可能未全部聚焦至一任意小點中。微型點影像大小通常受控於一「光學不變量」：

$$\Theta_s * r_s \geq \Theta_e * r_e$$

其中 Θ_s 係聚焦點之邊緣光線半角， r_s 係聚焦點之半徑， Θ_e 係原始發射器之邊緣光線半角，且 r_e 係原始發射器之半徑。因此，在此實例中，可形成之最小微型點影像半徑(同時仍捕獲來自發射器之全部光線)係：

$$10/20 * 12.5 \mu\text{m} = 6.25 \mu\text{m}$$

【0132】應注意，此較小點將具有原始發射器之面積的1/4，且因此具有每平方微米之點面積200 μW 之一功率密度。各微光學傳輸器通道

1108通常具有一或多個光學表面，其等具有可包含例如且不限於50 μm 之一焦距及80 μm 之一透鏡直徑之特性。對於一些實施例，光發射器1104與一對應微光學傳輸器通道1108之間的距離可為例如且不限於150 μm 。如圖11中展示之發射器陣列1102與微光學傳輸器通道陣列1106之間的開放空間1118可為例如且不限於一氣隙，諸如由通常用於製造MEMS裝置之方法產生之氣隙。發射器陣列1102與微光學傳輸器通道陣列1106之間的距離可為例如150 μm 。

【0133】 塊狀傳輸器光學器件1114定位於微光學層及發射層前方，使得塊狀成像光學器件之焦平面與微型點影像1110重合。塊狀傳輸器光學器件1114接受(若干)發散光錐1112且輸出一準直光束。其數值孔徑可至少足夠大以捕獲(若干)發散光線錐之全角度範圍，因此在此實例中可為例如且不限於數值孔徑(NA) = 0.34。而且，塊狀傳輸器光學器件1114可為影像空間遠心的，此係因為離開微光學層之(若干)光錐1112可能全部平行(而非其等中心軸朝向塊狀光學器件之中心)。在一項實施例中，光可近似準直地離開塊狀傳輸器光學器件1114。應注意，光束準直之品質與「發射物件」(微型點影像1110)在焦平面處之大小有關。由於已藉由使用一微光學堆疊而減小此「發射物件」大小，故與直接簡單成像發射器物件相比獲得一更佳準直角度。

【0134】 儘管圖11展示具有由夾置於第一光學表面與第二光學表面之間的一基板形成且定位成與一光發射器陣列相距一開放空間以改良由光發射系統輸出之光之亮度及強度的一微光學通道陣列之一增強型光發射系統，然實施例不限於此等組態。實情係，其他實施例可能不一定實施一開放空間或兩個光學表面，如本文中關於圖12進一步論述。

【0135】 圖12係根據本發明之一些實施例之一第二例示性增強型光發射系統1200之一簡化橫截面視圖。類似於第一例示性增強型光發射系統1100，第二例示性增強型光發射系統1200可包含塊狀成像光學器件1214及光發射器陣列1202。然而，不同於第一例示性光發射系統1100，第二例示性光發射系統1200可包含直接定位於光發射器陣列1202之一發射表面上而非分開一開放空間/氣隙之一微光學傳輸器通道陣列1206，如圖12中展示。

【0136】 在此等實施例中，微光學傳輸器通道陣列1206可由一基板1219及一光學表面1220形成。光學表面1220可定位於基板1219之一第一表面1230上。基板1219之第二表面1231可定位成與第一表面1230相對且抵靠光發射器陣列1202定位，使得自發射器1204發射之光可在行進通過光學表面1220之前首先行進通過基板1219。光學表面1220可組態為一凸透鏡陣列，其中光學表面1220之各凸透鏡組態為與一各自光發射器1204光學對準，使得由各自光發射器1204輸出之光可透射穿過光學表面1220之各自凸透鏡。來自光學表面1220之凸透鏡可背向其等各自光發射器1204（如圖12中展示），使得其等焦點定位成較遠離光發射器1204。在某些實施例中，如圖11中之第二光學表面1121之凸透鏡，光學表面1220之凸透鏡具有適於將所發射光會聚成真實微型點影像1210之一光功率，真實微型點影像1210係對應光發射器1204之實像但為對應光發射器1204之大小縮減的影像。光學表面1120使所發射光能夠在透過塊狀成像光學器件1214投射之前發散成光錐1212。基板1219及光學表面1220可由與本文中關於圖11論述之基板1119及光學表面1120及1121類似之材料形成。在一些實施例中，光錐1212可重疊而形成光錐重疊區1216。

【0137】 本文中之實施例亦可實施不包含凸透鏡且不產生光發射器之實像之微光學通道陣列。實情係，一些實施例可實施凹面以產生光發射器之虛像，如本文中關於圖13進一步論述。

【0138】 圖13係根據本發明之一些實施例之一第三例示性增強型光發射系統1300之一簡化橫截面視圖。類似於第一及第二例示性增強型光發射系統1100及1200，第三例示性增強型光發射系統1300可包含塊狀成像光學器件1314及光發射器陣列1302。然而，不同於第一及第二例示性光發射系統1100及1200，第三例示性光發射系統1300可包含具有一凹面陣列而非一凸透鏡陣列之一微光學傳輸器通道陣列1306，如圖13中展示。

【0139】 在此等實施例中，微光學傳輸器通道陣列1306可由一基板1319及一光學表面1320形成。光學表面1320可為定位成朝向塊狀成像光學器件1314且遠離光發射器1304之基板1319之一第一表面1330。基板1319之第二表面1331可定位成與第一表面1330相對且抵靠光發射器陣列1302定位，使得自發射器1304發射之光可在行進通過光學表面1320之前首先行進通過基板1319。光學表面1320各可自組態為一凹面陣列，其中光學表面1320之各凹面組態為與一各自光發射器1304光學對準，使得由各自光發射器1304輸出之光可透射穿過光學表面1320之各自凹面。在某些實施例中，光學表面1320之凹面具有適合於形成虛擬微型點影像1310之一光功率，虛擬微型點影像1310係對應光發射器1304之虛像但為對應光發射器1304之大小縮減的影像，且進一步使所發射光能夠在透過塊狀成像光學器件1314投射之前發散成光錐1312。在一些實施例中，虛擬微型點影像1310形成於基板1319內，如圖13中展示。在一些實施例中，光

錐1312可重疊而形成光錐重疊區1316。基板1319可由與本文中關於圖11論述之基板1119類似之材料形成。

【0140】 應注意，在圖11、圖12及圖13之各者中描述之實施例之微光學通道之透鏡組態關於多少表面具有光功率及該等表面之形狀不同。圖11中展示之第一實施例受益於使用一基板之相對側上的兩個光功率表面之能力，此可容許各表面係較淺球面的而不是非球面的，或以其他方式更容易製造。此實施例包含一間隔件結構(未展示)以維持微光學通道陣列1106與光發射器陣列1102之間的一偏移。此一間隔件結構之一實施例將為具有經由深反應性離子蝕刻形成之通道的一矽晶圓。圖12中展示之第二實施例受益於僅具有附接至光發射器陣列之一基板上的一個光功率表面。此類型之組態簡化製造，同時亦達成增強的亮度及強度。圖13中展示之第三實施例共享圖12中展示之實施例之優點，但其具有由凹面而非凸透鏡形成之一單一光學表面；凹面特徵在微尺度上通常可更容易製造。

【0141】 在一些實施例中，光發射系統之塊狀成像光學器件可包含一或多個孔徑光闌以減少由系統發射之雜散光。例如，圖14係根據本發明之一些實施例之組態有具有孔徑光闌之塊狀光學器件的一例示性增強型光發射系統1400之一簡化橫截面視圖。圖14實質上類似於圖1，外加塊狀傳輸器光學器件1414之孔徑光闌變體1403、1405及1406。圖14中展示之(若干)孔徑光闌可與圖11至圖13之任一者一起使用。在圖14中，孔徑光闌1403、1405及1407可具有使光通過之圓形或橢圓形開口，但可利用任何開口形狀而不背離本發明之精神及範疇。

【0142】 在一些實施例中，孔徑光闌1403可定位於塊狀傳輸器光學器件1414背向光發射器陣列1402及微光學傳輸器通道陣列1406之一側

上。在一些額外及替代實施例中，孔徑光闌1405可定位於塊狀傳輸器光學器件1414面向光發射器陣列1402及微光學傳輸器通道陣列1406之一側上。在其中塊狀接收器光學器件114包含一起工作之複數個透鏡之一些額外及替代實施例中，孔徑光闌1407可由放置於形成塊狀傳輸器光學器件1414之複數個透鏡內的一或多個孔徑光闌形成。

【0143】 孔徑光闌1403、1405及1407之各種組態及位置可指示各孔徑光闌在發光系統中運作之方式。例如，若全部光錐1412經壓縮而在孔徑光闌1407之位置附近實質上重疊，則孔徑光闌1407之大小將能夠控制所發射準直光束之初始直徑以及排除由光發射器1404發射之邊緣光線。排除某些光線角度可有效地使從塊狀光學器件發射出之光之光譜變窄，此係因為由許多類型之雷射發射之光波長隨角度而變化。或者，可能孔徑光闌之此最佳位置將出現在1402或1403處，此取決於塊狀傳輸器光學器件1414之設計。可同時使用多個孔徑光闌，例如，1402、1403及1404皆在一個塊狀傳輸器光學器件1414中以減少由發光系統1400發射之雜散光。

B. 對像散之光學校正

【0144】 如本文中關於圖7提及，光偵測系統及光發射系統可圍封於相同保護結構(例如，圖7中之固定外殼702、光學透明窗704及固定蓋706)內。在一些實施例中，自光發射系統發射之光從透明窗704發射出，且由光偵測系統偵測之光可首先進入至透明窗704中。透明窗704之曲率可誘發一些光學像差，諸如像散。因為透明窗可具有一圓柱形結構且被良好控制，故其可由一或多個額外光學結構校正。在一些實施例中，光發射及/或偵測系統可組態有校正光學結構以補償由透明窗引起之像散，如本文中進一步論述。

【0145】 圖15A至圖15C係根據本發明之一些實施例之具有用於像散之校正光學結構之不同實施方案的例示性主動成像器系統之簡化圖之橫截面視圖。明確言之，圖15A係具有一校正光學結構作為塊狀成像光學器件之部分的一主動成像器系統1500之一簡化橫截面視圖，圖15B係具有一校正光學結構作為微光學接收器通道陣列之部分的一主動成像器系統1501之一簡化橫截面視圖，且圖15C係具有一校正光學結構作為微光學傳輸器通道陣列之部分的一主動成像器系統1502之一簡化橫截面視圖。主動成像器系統1500、1501及1502各自包含一光偵測系統1504及一光發射系統1506。主動成像器系統1500、1501及1502之組件實質上類似於圖10中之主動光學成像器系統1000，外加校正光學結構。因此，為簡潔起見，未論述與主動光學成像器系統1000共用之組件。

【0146】 如圖15A中展示，主動成像器系統1500可容置於含有一透明窗1508之一殼體內。透明窗1508至少對發射器1510在其處操作之光波長透明。透明窗1508之彎曲形狀可在自光發射系統1506發射之光線1511透過透明窗1508離開殼體時誘發光線1511中之一光學像差，諸如一像散。接著，光線1512在反射離開場中之一物件之後透過透明窗1508返回進入至殼體中，此可誘發所接收光線之一額外光學像差。為校正此等光學像差，光偵測系統1504可包含校正塊狀成像光學器件1514，其經特別設計以補償由透明窗1508誘發之預期像散。例如，校正塊狀成像光學器件1514除塊狀接收器光學器件1518之外亦可包含一校正透鏡1516。校正透鏡1516可為能夠消除由透明窗1508引起之像散之任何適合透鏡，諸如一柱面透鏡。校正透鏡1516在一些實施例中可定位於透明窗1508與塊狀接收器光學器件1518之間，或在一些其他實施例中可在塊狀接收器光學器

件1518與微光學接收器通道陣列1505之間。類似地，一校正塊狀光學器件可包含於光發射系統1506之塊狀傳輸器光學器件中。

【0147】 代替將校正光學器件併入至塊狀成像光學器件中，在一些實施例中，校正光學器件可實施至一微光學接收器通道陣列中。例如，參考圖15B，光偵測系統1504可包含在孔徑1522前方(例如，在孔徑1522之與光感測器1526所定位之處相對之側上)之一校正透鏡陣列1520。如此一來，光錐1524可在投射於光感測器1526上之前傳播通過各自校正透鏡以補償由透明窗1508引起之像散。在一些實施例中，校正透鏡陣列1520由可消除由透明窗1508引起之像散的一柱面透鏡陣列形成。校正透鏡陣列1520之各校正透鏡可定位成與一各自孔徑1522對準，使得校正透鏡陣列1520可消除由透明窗1508對由各光感測器1526接收之光引起之像散。

【0148】 儘管圖15A及圖15B繪示其中可修改一LIDAR系統之一光偵測系統部分以校正由透明窗1508引起之像散的方式，然實施例不限於此等組態且亦可在光發射系統中實施校正光學器件。例如，參考圖15C，主動成像器系統1502可包含在孔徑層1530前方(例如，在孔徑層1530之與光發射器1510所定位之處相對之側上)之一校正透鏡陣列1528。如此一來，自光發射器1510發射之光可在發射至塊狀傳輸器光學器件1534之前傳播通過各自校正透鏡1528。在此情況中，各自校正透鏡1528可在光從光發射系統1506發射出時在所發射光中誘發一校正像散度，以預期且補償由透明窗1508引起之像散。在一些實施例中，校正透鏡陣列1528由可誘發由透明窗1508引起之一相等但相反像散度的一雙錐透鏡陣列形成。因此，由校正透鏡層1528誘發之像散量可抵消由透明窗1508引起之像散度，藉此有效地達成主動成像器系統1502之操作期間的極少淨像散。校

正透鏡陣列1528之各校正透鏡可定位成與一各自孔徑1532對準，使得校正透鏡陣列1528可誘發一校正像散度以抵消由透明窗1508對由各光感測器1526接收之光引起的像散。在一些實施例中，可無需校正透鏡陣列1528。代替性地，光學表面1536可為一雙錐透鏡陣列而非一柱面透鏡陣列。透鏡之雙錐結構可誘發一像散量以抵消由透明窗1508引起之像散度。在此等實施例中，可未在光發射系統1506中實施校正透鏡陣列1528。此外，在一些實施例中，代替(或結合)一校正微光學透鏡陣列，一校正塊狀柱面透鏡可與塊狀接收器光學器件1534一起實施(類似於圖15A中針對光偵測系統1504展示之實施例)。因此，光發射系統1506可包含在其塊狀接收器光學器件1534前方之一校正塊狀成像光學器件以消除由透明窗1508引起之像散。

V. 減輕接收器通道串擾

【0149】 如可藉由本文中之本發明瞭解，微光學接收器中之通道定位成彼此非常靠近，通常在彼此之數微米內。各通道之間的此小間距可招致有機會出現問題。例如，傳播通過塊狀成像光學器件之光可偶爾引起雜散光滲透至相鄰通道中，藉此導致場中之各像素之反射光的不準確讀取。理想地，任何通道不應接收雜散光，如圖16A中展示。

【0150】 圖16A係其中通道之間不存在串擾之一光偵測系統1600之一部分之一簡化橫截面視圖。在操作期間，垂直光線1602及主光線1604進入塊狀成像光學器件1606且產生光錐1608。光線1602及1604進入孔徑層1610之一孔徑且進入準直透鏡1611。準直透鏡1611接受一有限入射光角度範圍。例如，準直透鏡1611可接受在相對於垂直在+25度至-25度之間的入射角處之光線。圖16A展示具有在+25度至-25度之間的入射角之光錐

1608。主光線1604係行進通過孔徑之中心的光線。在此實例中，主光線1604在準直透鏡1611上具有0度之一入射角。

【0151】 圖16B係其中通道之間存在串擾之一光偵測系統1601之部分之一簡化橫截面視圖。在此情況中，在操作期間，傾斜光線1612及主光線1614進入塊狀接收器光學器件1616且稍後進入準直透鏡1621。在此實例中，準直透鏡1621屬於對應於較遠離影像之中心的一光感測器之一微光學通道。在此實例中，主光線1614具有-12度之一入射角且聚焦光錐具有在+12度至-35度之間的入射角。準直透鏡1621排除一些光線，此係因為其僅接受具有在+25度至-25度之間的入射角之光。另外，在準直透鏡接受光錐外部之光線可行進至其他光學表面且成為雜散光。因此，一非遠心塊狀成像光學器件將把明顯較少的信號光子遞送至光偵測器，同時潛在用錯誤光線1622污染其他通道。另一方面，一遠心塊狀成像光學器件將產生具有近似在+25度至-25度之間的入射角之光錐及在準直透鏡上具有約0度之入射角的主光線，而無關於傾斜光線1612及主光線1614之角度。當雷射係遠心的(其等主光線全部平行)(如VCSEL或一側發射器二極體雷射棒之情況)，一遠心塊狀成像光學器件具有傳輸器之類似優點。

【0152】 在一些實施例中，一光感測模組之光偵測系統使用一輸入影像空間遠心塊狀成像光學器件。在例如其中成本或增加的視場比效能更重要之一些其他實施例中，光偵測系統可使用一更標準輸入塊狀成像光學器件，諸如一雙凸透鏡。對於至一影像空間遠心透鏡中之任何給定輸入場，所得主光線平行於光軸，且影像側光線錐皆近似跨越同一組角度。此容許遠離光偵測系統中之光軸的微光學通道達成與軸上微光學通道類似之效能。光偵測系統不需要完美的影像空間遠心度來實現此作用，但愈接近

完美遠心度則愈佳。對於僅可接受 ± 25 度光之一微光學接收器光學層透鏡而言，輸入塊狀成像光學器件較佳產生針對焦平面上之每一點皆不大於25度角之影像側光線。

【0153】 在某些實施例中，具有寬視場及窄帶成像之特定光偵測系統可具有具等於0.34之一數值孔徑(NA)及20 mm之焦距的一輸入影像空間遠心塊狀成像光學器件。類似地，一些其他實施例可具有一1 nm寬帶通濾光片，藉此使其能夠偵測一非常特定波長之光。光偵測系統能夠支援大於30度之FOV。

【0154】 根據本發明之一些實施例，微光學接收器通道陣列之各通道之設計可經特別組態以具有最小化雜散光至一各自光偵測器上之侵入之特徵，藉此減少或消除由雜散光之出現而引起的任何不利影響。圖17係一例示性微光學接收器通道結構1700 (在本文中之論述中亦稱為一微光學接收器通道)之一簡化橫截面圖。接收器通道1700可尤其表示微光學接收器通道232及1032 (分別在圖2及圖10中展示)，且其用於接受含有一寬波長範圍之一輸入光錐、濾除除以操作波長為中心之一窄波長帶外之全部波長，且容許光感測器1771僅偵測或實質上僅偵測在前述窄波長帶內之光子。根據本發明之一些實施例，微光學接收器通道結構(諸如接收器通道1700)可包含以下層：

- 一輸入孔徑層1740，其包含一光學透明孔徑1744及光學非透明光闌區1746，其等經組態以在放置於一成像光學器件(諸如塊狀接收器光學器件202或1008 (分別在圖2及圖10中展示；圖17中未展示))之焦平面處時界定一窄視場。孔徑層1740經組態以接收輸入邊緣光線1733。術語「光學透明」在本文中指代容許大多數或全部光通過。光在本文中指代在近紫

外線、可見光及近紅外線範圍(例如，300 nm至5000 nm)中之光譜。光學非透明在本文中指代容許極少光通過而是吸收或反射光。孔徑層1740可包含藉由光學非透明光闌區彼此分離之光學透明孔徑。孔徑及光闌區可建立於一單一單片工件(諸如一光學透明基板)上。孔徑層1740可視情況包含孔徑1744之一個一維或二維陣列。

- 一光學透鏡層1750，其包含一準直透鏡1751，準直透鏡1751由一焦距特性化，其從孔徑1744及光闌區1746之平面偏移達該焦距、與孔徑1744軸向對準且經組態以準直通過孔徑之光子，使得該等光子近似平行於與接收器通道1700之光軸對準的準直透鏡1751之軸行進。光學透鏡層1750可視情況包含孔徑、光學非透明區及管結構以減少串擾。

- 一光學濾光片層1760，其包含鄰近於準直透鏡1751且與孔徑1744相對之一光學濾光片1761，通常為一布拉格反射體型濾光片。光學濾光片層1760可經組態以使在一特定操作波長及通帶處之法向入射光子通過。光學濾光片層1760可含有任何數目個光學濾光片1761。光學濾光片層1760可視情況包含孔徑、光學非透明區及管結構以減少串擾。

- 一光感測器層1770，其包含一光感測器1771，光感測器1771鄰近於光學濾光片層1760且經組態以偵測入射於光感測器1771上之光子。光感測器1771在本文中指代能夠偵測光子之一單一光偵測器(例如，一突崩光二極體、一SPAD (單光子突崩偵測器)、RCP (諧振腔光二極體)及類似者)或一起協同用作一單一光感測器之若干光偵測器(諸如一SPAD陣列)，若干光偵測器與一單一大光子偵測區域相比通常具有較高動態範圍、較低暗計數率或其他有利性質。各光偵測器可為能夠感測光子(即，光)之一作用區域。光感測器層1770指代由(若干)光偵測器製成之一層且含有用於

改良偵測效率且減少與相鄰接收器結構之串擾的選用結構。光感測器層1770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。

【0155】 雜散光可因光學表面之粗糙度、透明介質中之瑕疵、背反射及類似者引起，且可在接收器通道1700內或接收器通道1700外部之許多特徵部處產生。雜散光可經引導而：沿不平行於準直透鏡1751之光軸的一路徑穿過濾光片區1761；在孔徑1744與準直透鏡1751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鄰近地排列，則一個接收器通道中之此雜散光可由另一通道中之一光感測器吸收，藉此污染光子固有之時序、相位或其他資訊。因此，接收器通道1700可具有若干結構特徵以減少接收器通道之間的串擾。

【0156】 如本文中將進一步理解，一微光學通道層結構之各層可以一特定方式設計以減輕雜散光之不利影響。現將在下文進一步詳細論述各層之各種不同設計。

A. 孔徑層

【0157】 在具有孔徑層1740之一實施例中，如圖17中展示，光學透明孔徑1744及光學非透明光闌區1746可由一單一單片工件(諸如具有一針孔之一金屬箔)形成或由具有蝕刻穿過其之孔徑的一經沈積不透明或反射材料之一單一層形成。

【0158】 圖18A係其中孔徑層1840具有兩個孔徑1844之一不同實施例1800之一簡化橫截面視圖。光學透明孔徑1844及對應光學非透明光闌區1846兩者支撐於一光學透明基板1845上。底部孔徑1844可較小且定位於塊狀光學器件之焦平面處。孔徑層1840後可接著定位於接收器通道中

之孔徑1844與準直透鏡1851之間的光學透明間隔件結構1856。光學透明間隔件結構1856形成直徑實質上類似於或大於準直透鏡1851之一管。

【0159】 圖18B係孔徑層1840之一不同實施例1801之一簡化橫截面視圖。光學透明孔徑1844及光學非透明光闌區1846支撐於光學透明基板1845上。孔徑層1840之後且定位於孔徑1844與準直透鏡1851之間的光學透明間隔件結構1856形成直徑實質上類似於或大於準直透鏡1851之一管。

【0160】 圖18C係由支撐於光學透明基板1845上之多個光學非透明光闌區1846組成之孔徑層1840之一實施例1802之一簡化橫截面視圖。此等層(光闌區1846)遵循邊緣光線(未展示，但類似於圖17中之光線1733)之輪廓以減少至接收器通道中之雜散光。孔徑層1840下方之光學透明間隔件結構1856形成直徑實質上類似於或大於準直透鏡1851之一管。

【0161】 圖18D係具有支撐於多個光學透明基板1845上之多個光學非透明光闌層1846的孔徑層1840之一實施例1803之一簡化橫截面視圖。孔徑層1840遵循邊緣光線(未展示，但類似於圖17中之光線1733)之輪廓以減少至接收器通道中之雜散光。孔徑層1840下方之光學透明間隔件結構1856形成直徑實質上類似於或大於準直透鏡1851之一管。

【0162】 在本發明之一些其他實施例中，圖18A至圖18D中展示之間隔件結構1856可為光學非透明的。在此例項中，光學非透明間隔件結構可藉由蝕刻一矽或玻璃晶圓而形成且可塗佈有一光學非透明材料(例如，黑鉻)。另外，在此例項中，間隔件結構將防止間隔件區中之任何光在接收器通道外部行進。

B. 孔徑層與光學透鏡層之間の間隔件結構

【0163】 圖19A係具有孔徑層與透鏡層之間的一光學非透明間隔件結構之本發明之一實施例1900之一簡化橫截面視圖。圖19A描繪定位於接收器通道中之孔徑1944與準直透鏡1951之間的一光學非透明間隔件結構1956。光學非透明間隔件結構1956形成直徑實質上類似於或大於準直透鏡1951之一管且防止孔徑1944與準直透鏡1951之間的區中之任何光在接收器通道外部行進。光學非透明間隔件結構1956可藉由蝕刻一矽或玻璃晶圓而形成且可塗佈有一光學非透明材料(例如，黑鉻)。或者，光學非透明間隔件結構1956可為由模製聚合物或任何其他適合方法製成之一實心非透明結構。圖19A展示在頂部上具有光學透明基板1945、其後接著光學非透明光闌區1946及孔徑1944且接著光學非透明間隔件結構1956之孔徑層。

【0164】 圖19B係具有在孔徑層與透鏡層之間的一光學非透明結構之本發明之一實施例1901之一簡化橫截面視圖。圖1901描繪定位於孔徑1944與準直透鏡1951之間的一光學非透明間隔件結構1956。光學非透明間隔件結構1956形成直徑實質上類似於或大於準直透鏡1951之一管且防止孔徑1944與準直透鏡1951之間的區中之任何光在接收器通道外部行進。圖19B展示支撐於光學透明基板1945上之多個光學非透明光闌區1946。

【0165】 圖19C係孔徑1940之一實施例1902之一簡化橫截面視圖，其中孔徑1944錐形對準，且其中錐形結構作為塗佈於一光學透明材料上之一光學非透明層。

【0166】 圖19D係孔徑1940之一實施例1903之一簡化橫截面視圖，其中孔徑1944錐形對準，且其中錐形結構係由一光學非透明材料形成之

一實心結構。如圖19C及圖19D中展示，光學透明孔徑1944及光學非透明光闌區1946組合成具有與接收器通道之光軸對準且組態為符合邊緣光線(未展示，但類似於圖17中之光線1733)之形狀的一錐形腔之一單片層。

C. 光學濾光片層

【0167】 圖20A係根據本發明之一些實施例之一接收器通道的濾光片層2060之一實施例2000之一簡化橫截面視圖。光學濾光片層2060可包含支撐於一光學透明基板2065上之一單一光學濾光片2061。光學濾光片層2060可放置於光學透明基板2065之頂部上或在光學透明基板2065下方。光學濾光片2061可為阻擋一組定義波長(例如，945 nm至950 nm)外部之入射光的一帶通濾光片。然而，在一些其他實施例中，光學濾光片2061可為一邊通濾光片(edge pass filter)或選擇性地容許一波長範圍內之光行進通過其自身之任何其他適合類型之濾光片。

【0168】 圖20B係根據本發明之一些實施例之一接收器通道的濾光片層2060之一實施例2001之一簡化橫截面視圖。光學濾光片層2060可包含夾置一光學透明基板2065且由光學透明基板2065支撐之兩個光學濾光片2061。光學濾光片層2060可含有任何數目個基板2065上之任何數目個光學濾光片2061。如圖20B中展示之光學濾光片2061之一者可為一帶通濾光片，且其可定位於光學透明基板2065之頂部上或在其正下方以阻擋一組定義波長(例如，900 nm至945 nm及950 nm至995 nm)之全部入射光。放置於光學基板2065之相對側上之另一光學濾光片2061可為例如覆蓋200 nm至915 nm及980 nm至1600 nm之一寬光譜阻擋濾光片(惟由帶通濾光片覆蓋之區除外)。帶通濾光片及阻擋濾光片經設計使得兩個濾光片之間的過渡區中不存在洩漏。然而，濾光片可為經設計以合作為一帶通濾光片之

兩個邊通濾光片或任何其他類型之濾光片。

【0169】 在本發明之一些其他實施例中，帶通濾光片及寬光譜阻擋濾光片合併成一單一光學濾光片 2061 且放置於光學清透基板 2065 之頂部或底部上。

1. 具有孔徑之濾光片層

【0170】 圖20C係根據本發明之一些實施例之一接收器通道的濾光片層 2060 之一實施例 2002 之一簡化橫截面視圖。光學濾光片層 2060 可具有頂部上之一額外孔徑 2049 及光學濾光片層 2060 之底部上的一額外孔徑 2054，以及對應光學非透明光闌區 2063 及 2055。孔徑 2049 界定期望由光學濾光片 2061 傳遞至光學濾光片層 2060 中之最大光柱面，且光闌區 2063 吸收或反射孔徑 2049 之直徑外部的任何入射雜散光。孔徑 2054 界定期望傳遞離開光學濾光片層 2060 之最大光柱面，且光闌區 2055 吸收或反射孔徑 2054 之直徑外部的任何入射雜散光。光學濾光片 2061 可支撐於一光學透明基板 2065 上。

【0171】 在本發明之一些實施例中，濾光片層 2060 可具有放置於光學濾光片層 2060 之頂部上的一單一孔徑 2049。在本發明之一些額外及替代實施例中，濾光片層 2060 可具有放置於光學濾光片層 2060 之底部上的一單一孔徑 2054。

【0172】 圖20D係根據本發明之一些實施例之一接收器通道的濾光片層 2060 之一實施例 2003 之一簡化橫截面視圖。光學濾光片層 2060 可包含呈一交替順序之多個光學透明基板 2065 及其間的多個光學非透明孔徑層。圖20D展示定位於光學濾光片 2061 之頂部上且由光學透明基板 2065 支撐之一額外孔徑 2049 及對應光學非透明光闌區 2063。孔徑 2049 可界定期

望藉由光學濾光片 2061 傳遞至光學濾光片層 2060 中之最大光柱面，且光闌區 2063 吸收或反射孔徑 2049 之直徑外部的任何入射雜散光。圖 20D 展示定位於光學濾光片層 2060 與一光感測器層(未展示，但類似於圖 17 中之光感測器層 1770)之間的一額外孔徑 2054 及對應光學非透明光闌區 2055。孔徑 2054 可界定期望傳遞離開光學濾光片層 2060 而朝向光感測器之最大光柱面，且光闌區 2055 可吸收或反射孔徑 2054 之直徑外部的任何入射雜散光。共同地，此等交錯層防止一個光學濾光片層 2060 中之雜散光行進至一多接收器通道系統中之一鄰近接收器通道之一光學濾光片區中。

2. 具有管結構之濾光片層

【0173】 圖 20E 係根據本發明之一些實施例之一接收器通道的濾光片層 2060 之一實施例 2004 之一簡化橫截面視圖。光學濾光片層 2060 可包含光學濾光片 2061 及光學透明基板 2065 且由一光學非透明管結構 2111 包圍，此防止一個光學濾光片層 2060 中之雜散光行進至一多接收器通道系統中之一鄰近接收器通道之一光學濾光片區中。管結構 2111 可由多種材料形成，包含但不限於矽、金屬、聚合物或玻璃。

【0174】 圖 20F 係根據本發明之一些實施例之一接收器通道的濾光片層 2060 之一實施例 2005 之一簡化橫截面視圖。光學濾光片層 2060 可包含光學濾光片 2061 及光學透明基板 2065 且由一光學非透明管結構 2111 包圍，此防止一個光學濾光片層 2060 中之雜散光行進至一多接收器通道系統中之一鄰近接收器通道之一光學濾光片區中。管結構 2111 可由多種材料形成，包含但不限於矽、金屬、聚合物或玻璃。如圖 20F 中展示，管結構 2111 可僅部分穿過光學濾光片層 2060。此類型之結構可藉由在濾光片基板 2065 之各側上執行深各向異性蝕刻且此後選擇性地沈積金屬或聚合物

而形成。

【0175】 圖20G係根據本發明之一些實施例之一接收器通道的濾光片層2060之一實施例2006之一簡化橫截面視圖。光學濾光片層2060可包含支撐於光學透明基板2065上且由一光學非透明管結構2111包圍之兩個光學濾光片2061，此防止一個光學濾光片層2060中之雜散光行進至一多接收器通道系統中之一鄰近接收器通道之一光學濾光片區中。然而，光學濾光片區可含有光學濾光片層2060內之任何數目個基板2065上之任何數目個光學濾光片2061。圖20G繪示定位於光學濾光片2061之頂部上且由光學透明基板2065支撐之一額外孔徑2049及對應光學非透明光闌區2063。孔徑2049可界定期望傳遞至光學濾光片層2060中之最大光柱面，且光闌區2063可吸收或反射孔徑2049之直徑外部的任何入射雜散光。

【0176】 圖20G中之光學濾光片層2060之實施例2006可具有一額外孔徑2054，且對應光學非透明光闌區2055可定位於光學濾光片層2060與光感測器層(未展示，但類似於圖17中之光感測器層1770)之間。孔徑2054可界定期望傳遞離開光學濾光片層2060而朝向光感測器之最大光柱面，且光闌區2055可吸收或反射孔徑2054之直徑外部的任何入射雜散光。管結構2111可由多種材料形成，包含但不限於矽、金屬、聚合物或玻璃。

D. 光感測器層

【0177】 如本文中可瞭解，可在一微光學接收器通道中實施各種不同光感測器層設計。

1. 具有漫射體之光感測器層

【0178】 圖21A係根據本發明之一些實施例之含有定位於光學濾光片2161與光感測器2173之間的光感測器層2170中之一選用漫射體2181之

接收器通道2132之一實施例2100之一簡化橫截面視圖。漫射體2181可經組態以使自準直透鏡2151輸出且通過光學濾光片區2160之準直光子跨一對應光感測器2173之整個寬度散佈。光感測器2173之幾何形狀可為非方形或非圓形(例如，短且寬)以使光感測器2173之感測面積延伸為寬於或高於接收器通道2132中之其他組件之寬度或高度。

【0179】 漫射體2181經組態以使光線跨光感測器2173之面積散佈，使得光感測器2173能夠跨其全寬度及高度偵測入射光子，藉此增加接收器通道2132之動態範圍，即使接收器通道2132之總高度必須受實際考量之限制。特定言之，在此實施例中，接收器通道2132可包含展現較大光偵測器2171 (即，對入射光子敏感之區域)的加寬光感測器，及配置於光感測器2173上方之一漫射體2181，漫射體2181使通過光學濾光片2161之光跨光感測器2173之全面積散佈，藉此產生增加的動態範圍。

【0180】 在一些實施例中，光感測器2173包含單光子突崩二極體偵測器2171 (下文中為「SPAD」)之一陣列。接收器通道之高度及寬度(通常由準直透鏡2151之直徑界定)可僅容納相對較少數目之(例如，兩個)垂直堆疊SPAD。因此，光感測器2173可定義大於1:1之一縱橫比，且漫射體2181可使通過光學濾光片區2160之光線根據光感測器2173之幾何形狀散佈以供應每光感測器之一較大感測面積。藉由每光感測器併入更多SPAD，可增加光感測器之動態範圍，此係因為不太可能全部SPAD同時無法偵測光子(即，「失效」)。

【0181】 在一些其他實施例中，光感測器2173包含一光偵測器2171陣列。接收器通道之高度及寬度(通常由準直透鏡2151之直徑界定)可僅容納相對較少數目之(例如，兩個)垂直堆疊光二極體。因此，光感測器2173

可定義大於1:1之一縱橫比，且漫射體2181可使通過光學濾光片區2160之光線根據光感測器2173之幾何形狀散佈以供應每光感測器之一較大感測面積。藉由每光感測器併入更多光二極體，可增加光感測器之動態範圍，此係因為不太可能全部光二極體同時飽和。

【0182】 接收器通道2132可額外地或替代地包含插置於光學濾光片區2160與漫射體2181之間或在光學濾光片區2160與光感測器2173之間的一孔徑層，其中孔徑2144與一對應準直透鏡2151對準。在此變動中，孔徑2144可吸收或反射通過光濾光片或由光感測器反射之錯誤光線以進一步減少接收器通道之間的串擾，藉此進一步增加系統之SNR（信號對雜訊比）。

2. 具有會聚透鏡組之光感測器層

【0183】 圖21B係根據本發明之一些實施例之接收器通道2132之一實施例2101之一簡化橫截面視圖。實施例2100之一光感測器層2170可包含由一組離散光偵測器2171（例如，SPAD）及涵蓋該組光偵測器之一組非作用區2172（例如，整合邏輯）形成之一光感測器2173，其中各光偵測器經組態以偵測入射光子。光感測器層2170亦可包含插置於光學濾光片區2160與具有光偵測器2171之光感測器2173之間的一會聚透鏡組2191，且光感測器2173內之每離散光偵測器2171包含一個會聚透鏡2191，其中會聚透鏡組2191之各透鏡經組態以將通過光學濾光片區2160之入射光子聚焦至一對應離散光偵測器2171上。各會聚透鏡可展現一共同焦距，且會聚透鏡組2191可在光感測器2173上方偏移此共同焦距（或實質上類似於此共同焦距之一距離），且各會聚透鏡可將在光學透鏡層2150中準直且通過光學濾光片區2160之入射光會聚至光感測器2173中之一對應光偵測器

2171上。

【0184】 在一些實施例中，插置於光學濾光片區2160與具有光偵測器2171之光感測器2173之間的會聚透鏡組2191採用除折射元件以外的繞射元件或用繞射元件取代折射元件。

3. 具有會聚透鏡組及額外孔徑之光感測器層

【0185】 圖21C係根據本發明之一些實施例之光感測器層2170之一實施例2102之一簡化橫截面視圖。光感測器層2170可包含一會聚透鏡組2191及一組孔徑2157，其中各孔徑2157與一對應會聚透鏡2191對準。在此變動中，各孔徑2157可吸收或反射通過光濾光片或由光感測器反射之錯誤光線，以進一步減少接收器通道之間的串擾，藉此進一步增加系統之SNR。該組孔徑2157及對應光學非透明光闌區2159建立於一光學透明基板2158上。

【0186】 圖21D係根據本發明之一些實施例之光感測器層2170之一實施例2103之一簡化橫截面視圖。光感測器層2170可包含會聚透鏡組2191及一組孔徑2157，其中各孔徑2157與一對應會聚透鏡2191對準。孔徑2157及對應光學非透明光闌區2159建立於一光學透明基板2158上。在此變動中，孔徑2157並未完全穿過光偵測器2171。

【0187】 圖21E係根據本發明之一些實施例之光感測器層2170之一實施例2104之一簡化橫截面視圖。界定所要最大光錐之一組額外孔徑2157及對應光學非透明光闌區2159可定位於透鏡組2191與光偵測器2171之間。該組孔徑2157及對應非透明光闌區2159針對透鏡組2191中之每一透鏡界定一光錐且用於吸收或反射未沿所要光錐所覆蓋之一路徑行進的任何雜散光。可使用標準半導體程序來製造孔徑。

4. 具有會聚透鏡組及透鏡組與光感測器之間的間隔件結構之光感測器層

【0188】圖21F係根據本發明之一些實施例之光感測器層2170之一實施例2105之一簡化橫截面視圖。此處，一光學非透明間隔件結構2163定位於接收器通道2132中之透鏡組2191與具有光偵測器2171之光感測器2173之間。光學非透明間隔件結構2163形成直徑實質上類似於或大於一準直透鏡(例如，圖17中展示之準直透鏡1751)之一管且防止透鏡組2191與光感測器2173之間的區中之任何光在接收器通道2132外部行進。光學非透明間隔件結構2163可由光學非透明塊狀介質(例如，矽或聚合物)製成。

【0189】圖21G係根據本發明之一些實施例之光感測器層2170之一實施例2106之一簡化橫截面視圖。此處，光學非透明間隔件結構2163定位於透鏡組2191與光感測器2173之間，且其係由一光學透明基板上之一光學非透明塗層(例如，玻璃上之黑鉻)製成。光學非透明間隔件結構2163形成直徑實質上類似於或大於準直透鏡2151之一管且防止透鏡組2191與光偵測器2171之間的區中之任何光在接收器通道2132外部行進。

5. 濾光片層與光感測器層之間的光感測器層間隔件結構

【0190】圖21H係根據本發明之一些實施例之光感測器層2170之一實施例2107之一簡化橫截面視圖。光學非透明間隔件結構2163可定位於一光學濾光片層(例如，上文提及之光學濾光片層之任一者)與光感測器層2170之間。光學非透明間隔件結構2163形成直徑實質上類似於或大於一準直透鏡(例如，圖17中之準直透鏡1751)之一管且防止光學濾光片層與光感測器層2170之間的區中之任何光在接收器通道(例如，圖17中之通道1700)外部行進。光學非透明間隔件結構2163可藉由蝕刻一矽或玻璃晶圓

而形成且可塗佈有一光學非透明材料(例如，黑鉻)。或者，光學非透明間隔件結構2163可由模製聚合物製成。在此實施例中，透鏡組2191直接接合至光感測器2173。類似於其在先前實施例中之功能，透鏡組2191用於將光聚焦至光感測器2173之光偵測器2171上而不是非作用區域上。可在一晶圓製程中將此等透鏡直接整合於含有光感測器2173之一ASIC之頂部上，而使生產變得容易。

6. 具有錐形間隔件結構之光感測器層

【0191】圖21I係根據本發明之一些實施例之光感測器層2170之一實施例2108之一簡化橫截面視圖。在此實施例中，光感測器層2170包含定位於一透鏡組(未展示，但例如圖21F及圖21G中之透鏡組2191)與光感測器2173之間的一組錐形光學非透明間隔件結構2164。該組錐形光學非透明間隔件結構2164可形成錐狀管，各自具有實質上類似於透鏡組中之個別透鏡之入口直徑，且各自具有實質上類似於光感測器2173之個別光偵測器2171之出口直徑。該組錐形光學非透明間隔件結構2164防止透鏡組與光感測器2173之間的區中之任何光在接收器通道外部行進，且亦將光導引朝向光感測器2173之光偵測器2171。該組錐形光學非透明間隔件結構2164可藉由蝕刻一矽或玻璃晶圓而形成且可塗佈有一光學非透明材料(例如，黑鉻)。或者，該組錐形光學非透明間隔件結構2164可由模製聚合物製成。

【0192】圖21J係根據本發明之一些實施例之光感測器層2173之一實施例2109之一簡化橫截面視圖。在此實施例中，光感測器層2173包含定位於一透鏡組(未展示，但例如圖21F及圖21G中之透鏡組2191)與光偵測器2171之間的一組錐形光學非透明間隔件結構2164。該組錐形光學非

透明間隔件結構2164之內壁塗佈有一反射材料(例如，鉻)以進一步增強結構充當一光導管之能力。該組錐形光學非透明間隔件結構2164形成錐狀管，各自具有實質上類似於透鏡組中之個別透鏡之入口直徑，且各自具有實質上類似於光感測器2173之個別光偵測器2171之出口直徑。該組錐形光學非透明間隔件結構2164防止透鏡組與光感測器2171之間的區中之任何光在接收器通道外部行進，且亦將光導引朝向光感測器2173之光偵測器2171。

7. 具有諧振光腔二極體之光感測器層

【0193】圖21K係根據本發明之一些實施例之包含光感測器層2170之一實施例2110的一接收器通道2132之一簡化橫截面視圖。在此實施例中，光感測器層2170組態有圍繞一光敏二極體之一諧振腔以改良光子偵測效率。各光感測器2173包含一或多個諧振光腔二極體。各光感測器2173包含一或多個光二極體2174 (光偵測器)以及面向區域(諧振腔)之頂部及底部的高度反射(例如，部分鏡面)表面。一般而言，一非諧振腔二極體之一光偵測器可具有一相對較低量子效率。為改良由光偵測器偵測之光子百分比，使用包含以下各者之諧振光腔二極體2174：一第一鏡面表面2175，其在光偵測器下方且面向光偵測器；及一第二部分鏡面表面2176，其在光偵測器上方且面向光偵測器以亦容許光進入腔，如圖21K中展示。因此，當一光子行進通過諧振光腔二極體2174之一光偵測器且未被其偵測到時，包圍諧振光腔二極體2174之光偵測器的第一鏡面表面2175將光子往回反射朝向腔之頂部反射表面2176且使其再次通過光偵測器，光偵測器可在光子第二次躍遷通過光偵測器時偵測到光子。然而，若光偵測器在此第二碰撞時未能偵測到光子，則重複反射程序以用第二鏡面

表面將光子往回反射朝向光偵測器，光偵測器可再次在光子第三次與光偵測器碰撞時偵測光子。此程序可重複直至光子由光感測器之光偵測器偵測到或光子逸出或由腔吸收。因此，諧振光腔二極體2174可達成一相對較高光子偵測率(即，接近100%)。應注意，在前述描述中使用光之一粒子解釋，但波干涉效應之考量對於諧振腔光二極體之一完整描述係關鍵的。亦應注意，諧振光腔二極體2174之作用區可包括一標準光二極體、一突崩光二極體、一SPAD或任何其他光感測器。

【0194】 圖21K進一步展示一或多個諧振腔光二極體(或「RCP」) 2174可與孔徑2144、準直透鏡2151、光學濾光片區2160及上述漫射體、會聚透鏡組或串擾減輕結構之任何組合結合以形成接收器通道2132之一變體。一典型RCP將具有類似於光學濾光片區2160之波長敏感度且可經設計以對類似於光學濾光片區2160之一組光波長敏感。然而，歸因於製造或其他限制，RCP可具有RCP操作光譜之中心波長之更多部分間變異性且因此需要一更廣操作波長帶以使每一光感測器能夠偵測系統操作波長處之光子。或者，根本不可能可靠地製造具有與濾光片通帶同樣窄之一操作波長帶之一RCP。例如，光學濾光片區2160可具有0.1 nm窄之一通帶，而RCP可具有10 nm之一操作頻帶。運用RCP 2174之頂部上的光學濾光片區2160，組合濾光片及RCP系統具有實質上類似於光學濾光片區2160之一有效操作波長帶。另外，在感測由於準直透鏡2151而提供之準直光(相對於聚焦光)時改良RCP效能，如圖21K中描繪。以此方式，採用孔徑2144、準直透鏡2151、光學濾光片區2160及RCP 2174之一系統可達成高光子偵測率及窄波長選擇性以最大化接收器通道2132內之SNR。

E. 半球形接收器結構

【0195】 圖22A係根據本發明之一些實施例之一接收器通道2232之一實施例2200之一簡化橫截面視圖。實施例2200之接收器通道2232可包含支撐於一光學非透明材料上之凸半球。在此實施例中，一孔徑層2240與塗佈於一凸半球2267上之一光學濾光片2261組合，其中半球2267之中心定位於進入光(邊緣光線2233)之焦點處或其附近。半球2267之中心亦對應於或幾乎對應於孔徑2244之中心。在一些實施例中，半球2267可在孔徑2244下方，如圖22A中展示。該實施例之一優點係對於一充分良好聚焦之光線錐，任何光線2233將法向於濾光片表面行進通過光學濾光片2261，藉此消除歸因於光學濾光片2261上之光(例如，光線2233)之入射角之變動的CWL (中心波長)位移，藉此容許使用極窄帶通(例如，850 nm至852 nm)濾光片。

【0196】 此在圖22B中進一步繪示，圖22B係根據本發明之一些實施例之接收器通道2232之一實施例2201之一簡化橫截面視圖。不同於圖22A中之實施例2200，圖22B中之實施例2201可經組態使得半球2267定位於孔徑2244上方以達成類似功能性但具有一較不緊湊佔據面積。如圖22B中展示，光學濾光片2261上行進通過半球2267之中心的邊緣光線2233 (及圖22B中未明確展示之全部其他光線)之入射角係法向的。應注意，雖然圖22B或圖22C中未展示，但光線將在離開半球結構時折射，此係因為其等並非法向於平面出射表面。類似地，在圖22A中，當光線進入半球結構之平坦側時將存在某一折射量。

【0197】 如圖22A至圖22B中繪示，接收器通道2232包含光學非透明光闌區2246與具有光偵測器2271之光感測器層2270之間的側壁2263以減少串擾。側壁2263可由光學非透明材料製成或由光學透明材料製成。

另外，側壁2263亦可塗佈有反射或吸收材料。

【0198】 圖22C中展示凸面半球形表面之一特寫圖，圖22C係圖22A及圖22B之凸半球2267之一簡化橫截面視圖。凸半球2267可塗佈有光學濾光片2261且定位於一自支撐光學非透明光闌區2246 (諸如金屬、矽、聚合物等)上。在其中微光學通道之凸面半球形表面用於高光譜成像器之一些實施例中，光學濾光片2261可組態為非均勻的。例如，光學濾光片2261可為在一個方向(例如，厚度方向)上逐漸增加或以一逐步方式增加之一漸變濾光片，不同微光學通道具有具不同厚度之不同光學濾光片層。此容許不同微光學通道量測一不同波長範圍，如本文中關於圖3A及圖3B論述。

【0199】 圖22D係根據本發明之一些實施例之一接收器通道2232之一實施例2202之一簡化橫截面視圖。實施例2202之接收器通道2232可包含支撐於一剛性光學透明層上之凸半球2267。在此實施例中，孔徑層2240與光學濾光片2261組合且塗佈於凸半球2267上，其中半球2267之中心定位於進入光(光線2233)之焦點處或其附近。半球2267之中心亦對應於或幾乎對應於孔徑2244之中心。如圖22D中展示，半球2267可在孔徑層2240下方。在一些其他實施例中，半球2267可在孔徑層2240上方，如圖22E中展示。

【0200】 圖22E係根據本發明之一些實施例之一接收器通道2232之一實施例2203之一簡化橫截面視圖。不同於圖22D中之實施例2202，圖2E中之實施例2215可經組態使得半球2267定位於孔徑2244上方以達成類似於實施例2202之功能性但具有一更緊湊佔據面積。

【0201】 圖22D及圖22E將凸半球2267展示為塗佈有光學濾光片2261且壓印於支撐在一剛性光學透明層2245 (例如，玻璃、聚合物)上且

具有孔徑2244以及對應光學非透明光闌區2246的孔徑層2240上。如圖22D及圖22E中繪示，接收器通道2232包含光學透明層2245與具有光偵測器2271之光感測器層2270之間的側壁2263以減少串擾。側壁2263可由光學非透明材料製成或由光學透明材料製成。另外，側壁2263亦可塗佈有反射或吸收材料。應注意，雖然圖22D及圖22E中未展示，但可存在進入及離開剛性光學透明層2245之光線2233之折射。

【0202】 圖22F係根據本發明之一些實施例之一接收器通道2232之一實施例2204之一簡化橫截面視圖。實施例2204可包含由具有一經塗佈光學濾光片2261之光學透明材料(例如，玻璃、聚合物)製成之一凹半球2267。自支撐孔徑層2240可懸於凹半球2267之上且可用一光學非透明剛性材料(例如，金屬膜)穿孔或蝕刻以形成光學非透明光闌區2246。如圖22F中展示，半球2267可定位於孔徑層2240下方。孔徑2244之中心可定位於進入光(光線2233)之焦點處或其附近。另外，半球2267之中心可定位於進入光(光線2233)之焦點處或其附近。如圖22F中繪示，接收器通道2232包含光學透明層2245與具有光偵測器2271之光感測器層2270之間的側壁2263以減少串擾。側壁2263可由光學非透明材料製成或由光學透明材料製成。另外，側壁2263亦可塗佈有反射或吸收材料。

【0203】 圖22G係根據本發明之一些實施例之接收器通道2232之一實施例2205之一簡化橫截面視圖。不同於圖22F中之實施例2204，圖2G中之實施例2205可經組態使得半球2267定位於孔徑2244上方以達成類似於實施例2204之功能性，但實施例2204可具有一更緊湊佔據面積。

【0204】 圖22H係根據本發明之一些實施例之接收器通道2232之一實施例2206之一簡化橫截面視圖。實施例2206之接收器通道2232可包含

由一剛性光學透明層2245支撐之一凹半球2267及孔徑層2240。在一些實施例中，凹半球2267可在孔徑層2240下方，如圖22H中展示。凹半球267可由具有一經塗佈光學濾光片2261之光學透明材料(例如，玻璃、聚合物)製成。具有光學透明孔徑2244及對應光學非透明光闌區244之孔徑層2240由孔徑層2240之頂側及底側兩者上的光學透明層2245支撐。孔徑2244之中心定位於進入光(光線2233)之焦點處或其附近。另外，凹半球2267之中心定位於進入光(光線2233)之焦點處或其附近。如圖22H中繪示，接收器通道2232包含光學透明層2245與具有光偵測器2271之光感測器層2270之間的側壁2263以減少串擾。側壁2263可由光學非透明材料製成或由光學透明材料製成。另外，側壁2263亦可塗佈有反射或吸收材料。

【0205】 圖22I係根據本發明之一些實施例之接收器通道2232之一實施例2207之一簡化橫截面視圖。不同於圖22H中之實施例2206，圖2I中之實施例2207可經組態使得半球2267定位於孔徑2244上方以達成類似於實施例2206之功能性。

F. 底部微透鏡層

【0206】 圖23A係根據本發明之一些實施例之一接收器通道2332之一實施例2300之一簡化橫截面視圖。實施例2300之接收器通道2332可包含一底部微透鏡層(BMLL)，其由經組態以將發散光線導引至光感測器之作用部分中的一或多個微透鏡2391構成。BMLL執行光線角度校正以將來自不同角度之光導引至均勻間隔之光感測器中。可藉由控制透鏡中心與光感測器中心之間的橫向偏移、使透鏡傾斜或調整透鏡之形式而達成光線角度校正。圖23B中可見此操作之一更佳繪示。

【0207】 圖23B係根據本發明之一些實施例之在藉由一BMLL進行

光線角度校正期間的光傳播之一特寫圖之一簡化橫截面視圖。如所繪示，微光學器件之間距不恆定或不等於透鏡2391之間距，以使發散光線(2333)轉向至光感測器層中之光偵測器2371之作用部分。返回參考圖23A，各微透鏡2391可經定位以與一各自光偵測器2371對應。

【0208】 圖23C係根據本發明之一些實施例之一接收器通道2332之一實施例2301之一簡化橫截面視圖。實施例2301之接收器通道2332可包含一單一微透鏡2391而非如圖23A中展示之複數個微透鏡。單一微透鏡2391可定位於一單一光偵測器2371上方且以其為中心。微透鏡2391可經組態以將光導引至單一光偵測器2371。

【0209】 圖23D及圖23E分別為根據本發明之一些實施例之一接收器通道2332之實施例2302及2303之一簡化橫截面視圖。實施例2302之接收器通道2332可包含定位於支撐孔徑層2340及塗佈有光學濾光片2361之半球2367的一光學透明層2345之下側上之一BMLL。如圖23D中展示，BMLL可由用於將發散光導引至多個光偵測器2371之多個透鏡2393形成。如圖23E中展示，BMLL可由用於將發散光導引至光偵測器2371之一單一微透鏡2391形成。

【0210】 圖23D及圖23E中之實施例2302及2303各自包含支撐於一剛性光學透明層2345上之一凸半球2367。在此等繪示中，一孔徑層2340與塗佈於半球2367上之一光學濾光片2361組合，其中半球2367之中心定位於進入光(邊緣光線2333)之焦點處或其附近。半球2367之中心亦可對應於或幾乎對應於孔徑2344之中心。凸半球2367可塗佈有光學濾光片2361且壓印於支撐在剛性光學透明層2345 (例如，由玻璃、聚合物形成之層)上之孔徑層2340及對應光學非透明光闌區2346上。如圖23D及圖23E中繪

示，接收器通道2332包含光學透明層2345與光感測器層2370之間的側壁2363以減少串擾。側壁2363可由光學非透明材料製成或由光學透明材料製成。另外，側壁2363亦可塗佈有反射或吸收材料。

G. 額外例示性接收器通道

【0211】 應瞭解，一接收器通道係微光學級之一結構(例如，上文論述之一微光學接收器通道)，其可由包含一孔徑層、孔徑層下方之一光學透鏡層、孔徑層及光學透鏡層下方之一光學濾光片層及全部其他層下方之一光感測器層之一或多者的多個層形成。各此層可以各種方式組態以減輕串擾(即，雜散光曝光於鄰近接收器通道)，如本文中關於圖17至圖23E論述。上文關於圖17、圖22A至圖22I及圖23A至圖23E論述接收器通道之各種實例。圖24及圖25中繪示根據本發明之接收器通道之兩個其他實例。本發明之實施例不限於本文中描述之特定接收器通道。代替性地，基於本發明，熟習此項技術者將瞭解，在其他實施例中，根據本發明之一接收器通道除包含其他選項外亦可包含上文關於圖18A至圖18D或圖19A至圖19D之任一者描述之一孔徑層、上文關於圖20A至圖20G之任一者描述之一濾光片層及/或上文關於圖21A至圖21K之任一者描述之一光感測器層。

【0212】 圖24係根據本發明之一些實施例之一接收器通道2400之一例示性實施例之一簡化橫截面視圖。接收器通道2400可包含由各自形成於各自光學非透明層2446a及2446b中之第一及第二孔徑2444組成之一孔徑層2440。在一些實施例中，第一及/或第二孔徑2444可由層2446a及2446b內之開口所界定之空隙形成，而在一些其他實施例中，第一及/或第二孔徑2444可由光學透明材料形成。第一光學非透明層2446a及第二光學非透明層2446b可由夾置於第一光學非透明層2446a與第二光學非透明層

2446b之間的一光學透明基板2445支撐。

【0213】 接收器通道2400亦可包含安置於孔徑層2440下方之一光學透鏡層2450。光學透鏡層2450可包含一準直透鏡2451及一光學非透明間隔件結構2456。準直透鏡2451可藉由光學非透明間隔件結構2456與孔徑層2440分離。在一些實施例中，光學非透明間隔件結構2456形成具有包圍準直透鏡2451且延伸朝向孔徑層2440之一圓周的一管。光學非透明間隔件結構2456可由防止孔徑層2440與準直透鏡2451之間的區中之任何光在接收器通道2400外部行進之一光學反射或吸收材料形成。

【0214】 除孔徑層2440及光學透鏡層2450之外，接收器通道2400亦可進一步包含定位於光學透鏡層2450正下方之一光學濾光片層2460。光學濾光片層2460可包含兩個光學濾光片2461，其等夾置在結構上支撐光學濾光片2461之一光學透明基板2465。光學濾光片層2460可含有任何數目個基板2065上之任何數目及類型的光學濾光片2461。例如，光學濾光片2461之一者可為一帶通濾光片，且其定位於光學透明基板2465之頂部上或其正下方以阻擋一組定義波長(例如，900 nm至945 nm及950 nm至995 nm)之全部入射光。放置於光學透明基板2465之相對側上的另一光學濾光片2461可為一不同濾光片，諸如一寬光譜阻擋濾光片(惟由帶通濾光片覆蓋之區除外)，其例如覆蓋200 nm至915 nm及980 nm至1600 nm。帶通濾光片及阻擋濾光片經設計使得兩個濾光片之間的過渡區中不存在洩漏。然而，濾光片可為經設計以合作為一帶通濾光片之兩個邊通濾光片或任何其他類型之濾光片。

【0215】 一光感測器層2470可在光學濾光片層2460正下方。在一些實施例中，實施例2400之光感測器層2470可包含定位於一會聚透鏡組

2491與一光感測器2473之間的一光學非透明間隔件結構2463。光感測器層2473可由以一交替配置定位於一組非作用區2172 (例如，整合邏輯)之間的一組離散光偵測器2471 (例如，SPAD)形成，其中各離散光偵測器經組態以偵測入射光子。會聚透鏡組2491可插置於光學濾光片層2460與具有光偵測器2471之光感測器2473之間，且光感測器2173內之每離散光偵測器2471包含一個會聚透鏡2491，其中會聚透鏡組2491之各透鏡經組態以將通過光學濾光片層2460之入射光子聚焦至一對應離散光偵測器2471上。各會聚透鏡可展現一共同焦距，且會聚透鏡組2491可在光感測器之感測平面上方偏移此共同焦距(或實質上類似於此共同焦距之一距離)，且各會聚透鏡可將在光學透鏡層2450中準直且通過光學濾光片區2460之入射光會聚至光感測器2473中之一對應光偵測器2471上。光學非透明間隔件結構2463形成直徑實質上類似於或大於一準直透鏡2451之一管且防止透鏡組2491與光感測器2473之間的區中之任何光在接收器通道2400外部行進。光學非透明間隔件結構2163可由光學非透明塊狀介質(例如，矽或聚合物)製成。

【0216】 圖25中展示一接收器通道之另一例示性實施例。圖25係根據本發明之一些實施例之一例示性接收器通道2500之一簡化橫截面視圖。接收器通道2500可包含一孔徑層2540、安置於孔徑層2540下方之一光學透鏡層2550及孔徑層2540及光學透鏡層2550兩者下方之一光學濾光片層2560。孔徑層2540、光學透鏡層2550及光學濾光片層2560可具有與圖24中之對應組件相同之構造及功能。

【0217】 接收器通道2500亦可包含定位於光學濾光片層2560正下方之一光感測器層2570。在一些實施例中，實施例2400之光感測器層2570

可包含一光學非透明間隔件結構2563、一會聚透鏡組2591及一光感測器2573。不同於圖24中之接收器通道2400之會聚透鏡組2491，接收器通道2500之會聚透鏡組2591可直接定位於光感測器2573之頂表面上而非直接定位於光學濾光片層2560之一下側上。此外，光學非透明間隔件結構2563可由塗佈於一光學透明層(諸如一矽或玻璃基板)上之一光學非透明材料(例如，黑鉻)形成而並非一實心光學非透明結構(例如，圖24中之接收器通道2400之光學非透明間隔件結構2463)。透鏡組2591用於將光聚焦至光感測器2573之光偵測器2571上而不是非作用區域2572上。

【0218】藉由實施根據實施例2400及2500之任一者之一接收器通道，可防止錯誤光曝光於鄰近接收器通道上，藉此改良各光感測器捕獲用於成像之光子的能力之準確性。

VI. 微光學接收器通道陣列變動

【0219】根據本發明之一些實施例，微光學接收器通道可組織成一陣列。根據設計，陣列可具有各種尺寸。例如，一微光學接收器通道陣列可配置成一 $M \times N$ 陣列，其中 M 及 N 等於或大於1。因此，微光學接收器通道可為一維及二維陣列，如本文中將關於圖26至圖30進一步論述，圖26至圖30繪示微光學接收器通道陣列之不同實施例，其中各點表示一微光學接收器通道。如本文中先前提及，各接收器通道可包含堆疊於彼此上之複數個層。因此，可瞭解，當配置成一陣列時，各微光學接收器通道係由在 $M \times N$ 配置(例如，一 $M \times N$ 孔徑層陣列、一 $M \times N$ 微透鏡層陣列及一 $M \times N$ 光感測器層陣列)中多次複製的個別元件組成之一單片層之部分。當接合在一起時，此等陣列層產生一單片多通道微光學接收器陣列。

【0220】圖26係根據本發明之一些實施例之一例示性微光學接收器

陣列2600之一簡化繪示。微光學接收器陣列2600組態為一線性($M \times 1$)陣列，明確言之 16×1 陣列。此佈局可達成一高解析度(例如， 16×1024)，此係因為該實施方案適於在一個維度上掃描陣列。作為一實例，對於500微米之一接收器通道間距，可在具有大約500微米乘8000微米之一大小之一晶片中實施所繪示佈局。

【0221】 圖27係根據本發明之一些實施例之一例示性微光學接收器陣列2700之一簡化繪示。微光學接收器陣列2700組態為一矩形($M \times N$)陣列，明確言之 16×32 陣列。因此，對於500微米之一接收器通道間距，可在大小為8,000微米乘12000微米之一晶片中實施所繪示佈局。

【0222】 圖28係根據本發明之一些實施例之一例示性微光學接收器陣列2800之一簡化繪示。微光學接收器陣列2800組態為一 $M \times N$ 交錯陣列。在此繪示中，接收器通道2832佈置成一 16×4 交錯陣列。此佈局可達成一高解析度(例如， 64×1024)，此係因為該實施方案適於掃描。對於500微米之一接收器通道間距，可在具有大約2000微米乘8375微米之一大小之一晶片中實施圖28中繪示之佈局。

【0223】 圖29係根據本發明之一些實施例之一例示性微光學接收器陣列2900之一簡化繪示。微光學接收器陣列2900組態為一扭曲線性($M \times 1$)陣列。在此實施例中，接收器通道2932之間的間距係不均勻的。中心附近之接收器通道(展示為2932-01)放置成緊靠在一起(例如，隔開400微米)，而外部通道(展示為2932-02)放置成較遠離(例如，隔開大於400微米)，或反之亦然。此佈局具有能夠容許校正一透鏡之畸變曲線(即，接收器通道視場之間的角度在物件空間中均勻隔開)之一優點。圖29中展示之配置可用於達成一高解析度(例如， 16×1024)，此係因為該實施方案適於

掃掠。對於500微米之一平均接收器通道間距，可在具有大約500微米乘8000微米之一大小之一晶片中實施所繪示佈局。

【0224】 在一些實施例中，接收器通道可組態成一 $M \times N$ 扭曲陣列(其中 $N \geq 1$)。在此等實施例中，與外部接收器通道相比，中心之接收器通道在x及y方向兩者上放置成彼此更遠離。此校正另一可能形式之透鏡畸變。

【0225】 圖29係根據本發明之一些實施例之一例示性微光學接收器陣列2900之一簡化繪示。微光學接收器陣列2900組態成一任意型樣。此佈局配置具有能夠適應透鏡畸變、作出調整以補償任何時序或路由變動且亦匹配來自一照明源之一任意型樣之優點。

【0226】 儘管已關於特定實施例描述本發明，然將瞭解，本發明意欲涵蓋在以下發明申請專利範圍之範疇內之全部修改及等效物。

【符號說明】

【0227】

- 100 被動光學成像器系統
- 102 被動光捕獲裝置
- 104 系統控制器
- 106 光感測模組
- 108 感測器陣列
- 110 光學感測系統
- 112 光偵測系統
- 114 塊狀接收器光學器件
- 115 使用者介面

116	光學組件
118	處理器
120	記憶體
122	處理器
124	記憶體
200	光偵測系統
202	塊狀接收器光學器件
204	微光學接收器(Rx)層/微光學層
206	光線
208	光錐
210	孔徑
211	孔徑層
212	微光學接收器通道
214	準直透鏡
216	光感測器
218	光學濾光片
300	微光學接收器層
301	微光學接收器層
302	漸變濾光片層
304	微光學接收器通道
306	微光學接收器通道
308	微光學接收器通道
310	微光學接收器通道

312	漸變濾光片層
400	光偵測及測距(LIDAR)系統
402	光測距裝置
404	測距系統控制器
406	光傳輸(Tx)模組
408	光感測(Rx)模組
410	光脈衝
412	反射部分
414	發射器陣列
415	使用者介面
416	傳輸(Tx)光學系統
418	處理器
420	記憶體
422	處理器
424	記憶體
426	感測器陣列
428	感測(Rx)光學系統
430	處理器
432	記憶體
434	電馬達
436	光偵測系統
438	光發射系統
500	實施方案

- 501 實施方案
- 502a至502d 固態光偵測及測距(LIDAR)系統
- 504a 固態光偵測及測距(LIDAR)系統
- 504b 固態光偵測及測距(LIDAR)系統
- 505 道路車輛
- 506a至506d 區域/視場
- 508 Tx模組
- 509 Rx模組
- 510 光脈衝
- 512 反射部分
- 514 區域/旋轉箭頭
- 516 區域/旋轉箭頭
- 600 掃描光偵測及測距(LIDAR)系統
- 601 實施方案
- 604a至604d 固態光偵測及測距(LIDAR)系統
- 605 車輛
- 608 傳輸模組
- 609 感測模組
- 611 光脈衝
- 615 旋轉箭頭
- 617 反射部分
- 619a至619d 區域
- 620 場景

- 700 光偵測及測距(LIDAR)系統
- 701 光測距裝置
- 702 固定外殼
- 704 光學透明窗
- 706 固定蓋
- 708 旋轉平台
- 710 感測及傳輸模組
- 712 系統控制器
- 714 電馬達
- 716 光學通信鏈路
- 800 光測距系統
- 812 發射器
- 814 照明光束
- 816 發射器
- 818 照明光束
- 820 光感測器陣列
- 822 感測器
- 824 反射光束
- 826 感測器
- 830 物件
- 832 圓形視場
- 834 圓形視場
- 900 方法

- 910 用進行編碼脈衝之參數初始化編碼脈衝光學系統(CPOS)
- 920 方塊/視需要暫停且根據脈衝碼傳輸脈衝列
- 930 開始光學偵測
- 940 將加權資料值添加至直方圖
- 950 是否發送全部脈衝
- 960 方塊/判定對應於複數個時間格中之加權值的直方圖
- 970 使用直方圖偵測對應於N個脈衝列之信號
- 980 方塊/使用直方圖之匹配部分判定距物件之距離
- 990 方塊/判定CPOS是否已接收到退出命令
- 999 方塊/停止量測距離
- 1000 主動光學成像器系統
- 1001 光偵測系統
- 1002 光發射系統
- 1004 窄帶光線/所發射光線
- 1006 反射光線
- 1008 塊狀接收器光學器件
- 1010 光錐
- 1012 微光學接收器通道
- 1014 微光學接收器層/微光學接收器通道陣列/微光學接收器通道層
- 1016 光偵測器
- 1018 塊狀傳輸器光學器件
- 1020 發光層
- 1022 光發射器

- 1024 窄帶光錐
- 1100 光發射系統
- 1102 光發射器陣列
- 1104 光發射器
- 1106 微光學傳輸器通道陣列/微光學通道陣列
- 1108 微光學傳輸器通道
- 1109 孔徑層
- 1110 微型點影像
- 1112 光錐
- 1113 所發射光
- 1114 塊狀傳輸器光學器件
- 1116 光錐重疊區
- 1118 開放空間
- 1119 基板
- 1120 第一光學表面
- 1121 第二光學表面
- 1200 光發射系統
- 1202 光發射器陣列
- 1204 光發射器
- 1206 微光學傳輸器通道陣列
- 1210 真實微型點影像
- 1212 光錐
- 1214 塊狀成像光學器件

1216 光錐重疊區

1219 基板

1220 光學表面

1230 第一表面

1231 第二表面

1300 光發射系統

1302 光發射器陣列

1304 光發射器

1306 微光學傳輸器通道陣列

1310 虛擬微型點影像

1312 光錐

1314 塊狀成像光學器件

1316 光錐重疊區

1319 基板

1320 光學表面

1400 光發射系統/發光系統

1402 光發射器陣列

1403 孔徑光闌

1404 光發射器

1405 孔徑光闌

1406 微光學傳輸器通道陣列

1407 孔徑光闌

1412 光錐

- 1414 塊狀傳輸器光學器件
- 1500 主動成像器系統
- 1501 主動成像器系統
- 1502 主動成像器系統
- 1504 光偵測系統
- 1505 微光學接收器通道陣列
- 1506 光發射系統
- 1508 透明窗
- 1510 發射器
- 1511 光線
- 1512 光線
- 1514 校正塊狀成像光學器件
- 1516 校正透鏡
- 1518 塊狀接收器光學器件
- 1520 校正透鏡陣列
- 1522 孔徑
- 1524 光錐
- 1526 光感測器
- 1528 校正透鏡陣列/校正透鏡/校正透鏡層
- 1530 孔徑層
- 1532 孔徑
- 1534 塊狀傳輸器光學器件
- 1536 光學表面

- 1600 光偵測系統
- 1601 光偵測系統
- 1602 光線
- 1604 主光線
- 1606 塊狀成像光學器件
- 1608 光錐
- 1610 孔徑層
- 1611 準直透鏡
- 1612 光線
- 1614 主光線
- 1616 塊狀接收器光學器件
- 1621 準直透鏡
- 1622 錯誤光線
- 1700 微光學接收器通道結構/接收器通道
- 1733 輸入邊緣光線
- 1740 輸入孔徑層
- 1744 光學透明孔徑
- 1746 光學非透明光闌區
- 1750 光學透鏡層
- 1751 準直透鏡
- 1760 光學濾光片層
- 1761 光學濾光片/濾光片區
- 1770 光感測器層

1771 光感測器

1800 實施例

1801 實施例

1802 實施例

1803 實施例

1840 孔徑層

1844 光學透明孔徑

1845 光學透明基板

1846 光學非透明光闌區/光學非透明光闌層

1851 準直透鏡

1856 光學透明間隔件結構

1900 實施例

1901 實施例

1902 實施例

1903 實施例

1940 孔徑層

1944 孔徑

1945 光學透明基板

1946 光學非透明光闌區

1951 準直透鏡

1956 光學非透明間隔件結構

2000 實施例

2001 實施例

- 2002 實施例
- 2003 實施例
- 2004 實施例
- 2005 實施例
- 2006 實施例
- 2049 孔徑
- 2054 孔徑
- 2055 光學非透明光闌區
- 2060 光學濾光片層
- 2061 光學濾光片
- 2063 光學非透明光闌區
- 2065 光學透明基板/光學基板/光學清透基板
- 2100 實施例
- 2101 實施例
- 2102 實施例
- 2104 實施例
- 2105 實施例
- 2106 實施例
- 2107 實施例
- 2108 實施例
- 2109 實施例
- 2110 實施例
- 2111 光學非透明管結構

- 2132 接收器通道
- 2144 孔徑
- 2150 光學透鏡層
- 2151 準直透鏡
- 2157 孔徑
- 2158 光學透明基板
- 2159 光學非透明光闌區
- 2160 光學濾光片區
- 2161 光學濾光片
- 2163 光學非透明間隔件結構
- 2164 光學非透明間隔件結構
- 2170 光感測器層
- 2171 單光子突崩二極體偵測器/光偵測器
- 2172 非作用區
- 2173 光感測器
- 2174 光二極體/諧振光腔二極體/諧振腔光二極體(RCP)
- 2175 第一鏡面表面
- 2176 第二部分鏡面表面/頂部反射表面
- 2181 漫射體
- 2191 會聚透鏡組/會聚透鏡
- 2200 實施例
- 2201 實施例
- 2202 實施例

2203 實施例
2204 實施例
2205 實施例
2206 實施例
2207 實施例
2232 接收器通道
2233 光線
2240 孔徑層
2244 孔徑
2245 光學透明層
2246 光學非透明光闌區
2261 光學濾光片
2263 側壁
2267 半球
2270 光感測器層
2271 光偵測器
2300 實施例
2301 實施例
2302 實施例
2303 實施例
2332 接收器通道
2333 光線
2340 孔徑層

2344 孔徑

2345 光學透明層

2346 光學非透明光闌區

2361 光學濾光片

2363 側壁

2367 半球

2370 光感測器層

2371 光偵測器

2391 微透鏡

2393 透鏡

2400 接收器通道/實施例

2440 孔徑層

2444 孔徑

2445 光學透明基板

2446a 第一光學非透明層

2446b 第二光學非透明層

2450 光學透鏡層

2451 準直透鏡

2456 光學非透明間隔件結構

2460 光學濾光片層/光學濾光片區

2461 光學濾光片

2463 光學非透明間隔件結構

2465 光學透明基板

- 2470 光感測器層
- 2471 光偵測器
- 2473 光感測器
- 2491 會聚透鏡組/會聚透鏡
- 2500 接收器通道/實施例
- 2540 孔徑層
- 2550 光學透鏡層
- 2560 光學濾光片層
- 2563 光學非透明間隔件結構
- 2570 光感測器層
- 2571 光偵測器
- 2572 非作用區域
- 2573 光感測器
- 2591 會聚透鏡組
- 2600 微光學接收器陣列
- 2700 微光學接收器陣列
- 2800 微光學接收器陣列
- 2832 接收器通道
- 2900 微光學接收器陣列
- 2932 接收器通道
- 2932-01 中心附近的接收器通道
- 2932-02 外部通道



201907140

【發明摘要】**【中文發明名稱】**

具有亮度增強之光學成像傳輸器

【英文發明名稱】

OPTICAL IMAGING TRANSMITTER WITH BRIGHTNESS
ENHANCEMENT

【中文】

實施例描述包含一或多個微光學組件之光學成像器。一些成像器可為包含用於接收來自一場之環境光之光偵測系統之被動成像器。一些成像器可為除該光偵測系統之外亦包含一光發射系統之主動成像器。該光發射系統可經組態以將光發射至該場中，使得所發射光反射離開該場中之一物件之表面且由該光偵測系統接收。在一些實施例中，該光偵測系統及/或該光發射系統包含微光學組件以改良操作效能。

【英文】

Embodiments describe optical imagers that include one or more micro-optic components. Some imagers can be passive imagers that include a light detection system for receiving ambient light from a field. Some imagers can be active imagers that include a light emission system in addition to the light detection system. The light emission system can be configured to emit light into the field such that emitted light is reflected off surfaces of an object in the field and received by the light detection system. In some embodiments, the light detection system and/or the light emission system includes micro-optic components for

improving operational performance.

【指定代表圖】

圖4

【代表圖之符號簡單說明】

400 光偵測及測距(LIDAR)系統

402 光測距裝置

404 測距系統控制器

406 光傳輸(Tx)模組

408 光感測(Rx)模組

410 光脈衝

412 反射部分

414 發射器陣列

415 使用者介面

416 傳輸(Tx)光學系統

418 處理器

420 記憶體

422 處理器

424 記憶體

426 感測器陣列

428 感測(Rx)光學系統

430 處理器

432 記憶體

434 電馬達

436 光偵測系統

438 光發射系統

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種用於執行距離量測之光學系統，該光學系統包括：

一塊狀傳輸器光學器件；

一照明源，其包括複數個光發射器，該複數個光發射器經對準以透過該塊狀傳輸器光學器件將離散光束投射至該光學系統前面之一場中；及

一微光學通道陣列，其安置於該照明源與該塊狀傳輸器光學器件之間，該微光學通道陣列界定複數個微光學通道，各微光學通道包含與來自該複數個光發射器之一光發射器隔開之一微光學透鏡，其中該微光學透鏡經組態以接收來自該光發射器之一光錐，且於在該發射器與該塊狀傳輸器光學器件之間的一位置處之從該發射器移位之一焦點處產生該發射器之一大小縮減的點影像。

【第2項】

如請求項1之用於執行距離量測之光學系統，其中該塊狀傳輸器光學器件包括組態為一影像空間遠心透鏡之一或多個透鏡，其中自該照明源輸出之穿過該微光學通道陣列之該等離散光束彼此平行。

【第3項】

如請求項2之用於執行距離量測之光學系統，其進一步包括經組態以偵測自該照明源發射且自該場內之表面反射之光子的一光感測模組。

【第4項】

如請求項3之用於執行距離量測之光學系統，其中該光感測模組包括：

一塊狀接收器光學器件；

一孔徑層，其包含複數個孔徑；

一透鏡層，其包含複數個透鏡；及

一光感測器層，其包含複數個光感測器，其中該孔徑層、該透鏡層及該光感測器層經配置以形成複數個接收器通道，其中該複數個接收器通道中之各接收器通道包含來自該複數個孔徑之一孔徑、來自該複數個透鏡之一透鏡及來自該複數個光感測器之一光感測器，且其經組態以將自該塊狀接收光學器件入射之光傳達至該接收器通道之該光感測器。

【第5項】

如請求項4之用於執行距離量測之光學系統，其中該照明源經組態以透過該塊狀傳輸器光學器件根據一照明型樣選擇性地投射該等離散光束，該照明型樣跨距該系統之一距離範圍在大小及幾何形狀上匹配該等接收器通道之該等視場。

【第6項】

如請求項1之用於執行距離量測之光學系統，其中各通道之該微光學透鏡經組態以接收來自一光發射器之一光錐，且在該微光學透鏡與該塊狀傳輸器光學器件之間的一焦點處產生該發射器之一大小縮減的真實點影像。

【第7項】

如請求項6之用於執行距離量測之光學系統，其中各通道之該微光學透鏡包含在面向該光發射器之一側上的具有一光功率之一第一光學表面及在背向該光發射器之一相對側上的具有一光功率之一第二光學表面，且其中在該第一光學表面及該第二光學表面之後的一焦點處形成該發射器之該大小縮減的真實點影像。

【第8項】

如請求項7之用於執行距離量測之光學系統，其中來自該光發射器之該光錐之一發散度小於來自用於產生該大小縮減的真實點影像之該微光學透鏡之該第二光學表面之一光錐之一發散度。

【第9項】

如請求項7之用於執行距離量測之光學系統，其中該微光學透鏡與該照明源分離以界定該微光學透鏡與該照明源之間的一開放空間。

【第10項】

如請求項6之用於執行距離量測之光學系統，其中各通道之該微光學透鏡包含在背向該光發射器之一側上的具有一光功率之一光學表面，且其中在該光學表面之後的一焦點處形成該發射器之該大小縮減的真實點影像。

【第11項】

如請求項6之用於執行距離量測之光學系統，其中該光學表面包含定位於一基板上之複數個凸透鏡，該基板具有該光學表面安置於其上之一第一表面及與該第一表面相對且直接附接至該照明源之一表面之一第二表面。

【第12項】

如請求項1之用於執行距離量測之光學系統，其中各通道之該微光學透鏡經組態以接收來自一光發射器之一光錐且產生該發射器之一大小縮減的虛擬點影像。

【第13項】

如請求項12之用於執行距離量測之光學系統，其中各通道之該微光

學透鏡包含在背向該光發射器之一側上的具有一光功率之一光學表面，且其中在該各自通道內之一焦點處形成該發射器之該大小縮減的虛擬點影像。

【第14項】

如請求項13之用於執行距離量測之光學系統，其中該光學表面包含形成於基板上之複數個凹面，該基板具有該光學表面安置於其上之一第一表面及與該第一表面相對且直接附接至該照明源之一表面之一第二表面。

【第15項】

如請求項1之用於執行距離量測之光學系統，其中該塊狀傳輸器光學器件包括經組態以減少由該光學系統發射之雜散光的多個孔徑光闌。

【第16項】

一種用於執行距離量測之光學系統，該光學系統包括：

一光發射系統，其包括：

一塊狀傳輸器光學器件；

一照明源，其包括複數個光發射器，該複數個光發射器經對準以透過該塊狀傳輸器光學器件將離散光束投射至該光學系統前面之一場中；及

一微光學通道陣列，其安置於該照明源與該塊狀傳輸器光學器件之間，該微光學通道陣列界定複數個微光學通道，各微光學通道包含與來自該複數個光發射器之一光發射器隔開之一微光學透鏡，其中該微光學透鏡經組態以接收來自該光發射器之一光錐，且於在該發射器與該塊狀傳輸器光學器件之間的一位置處之從該發射器移位之一焦點處產生該發射器之一大小縮減的點影像；及

一光偵測系統，其包括：

一塊狀接收器光學器件，其經組態以自該場接收該等離散光束；
及

一光學總成，其具有界定該場中之複數個離散非重疊視場之複數個微光學接收器通道，該光學總成包括：

一孔徑層，其具有沿該塊狀接收器光學器件之一焦平面配置之複數個離散孔徑；

一光感測器陣列，其安置於該孔徑層後方；及

複數個透鏡，其等定位於該孔徑層與該光感測器陣列之間。

【第17項】

如請求項16之用於執行距離量測之光學系統，其中該塊狀傳輸器光學器件包括組態為影像空間遠心透鏡之一或多個透鏡，其中自該照明源輸出之穿過該微光學通道陣列之該等離散光束彼此平行。

【第18項】

一種用於執行距離量測之光學系統，該光學系統包括：

一固定外殼，其具有一光學透明窗；及

一光測距裝置，其安置於該外殼內，該光測距裝置包括耦合至一平台之一光學傳輸器，該光學傳輸器包括：

一塊狀傳輸器光學器件；

一照明源，其包括複數個光發射器，該複數個光發射器經對準以透過該塊狀傳輸器光學器件將離散光束投射至該光學系統前面之一場中；及

一微光學通道陣列，其安置於該照明源與該塊狀傳輸器光學器件

之間，該微光學通道陣列界定複數個微光學通道，各微光學通道包含與來自該複數個光發射器之一光發射器隔開之一微光學透鏡，其中該微光學透鏡經組態以接收來自該光發射器之一光錐，且於在該發射器與該塊狀傳輸器光學器件之間的一位置處之從該發射器移位之一焦點處產生該發射器之一大小縮減的點影像。

【第19項】

如請求項18之用於執行距離量測之光學系統，其中該光測距裝置係一自旋光測距裝置，其進一步包括：

一馬達，其安置於該外殼內且經可操作地耦合以使包含該平台及該光學傳輸器之該光測距裝置在該外殼內自旋；

一系統控制器，其安置於該外殼內，該系統控制器經組態以控制該馬達且開始並停止該光測距裝置之光偵測操作。

【第20項】

如請求項18之用於執行距離量測之光學系統，其中該塊狀傳輸器光學器件包括組態為影像空間遠心透鏡之一或多個透鏡，其中自該照明源輸出之穿過該微光學通道陣列之該等離散光束彼此平行。

【第21項】

一種光學系統，其包括：

一塊狀接收器光學器件，其經組態以接收源自該光學系統外部之一場的光線；及

一光學總成，其具有界定該場中之複數個離散非重疊視場之複數個微光學接收器通道，該光學總成包括：

一孔徑層，其具有沿該塊狀接收器光學器件之一焦平面配置之複

數個離散孔徑；

一光感測器陣列，其安置於該孔徑層後方；及

一非均勻光學濾光片層，其經組態以容許不同微光學通道量測不同波長範圍。

【第22項】

如請求項21之光學系統，其中該非均勻光學濾光片包括一漸變光學濾光片。

【第23項】

如請求項22之光學系統，其中該漸變光學濾光片之厚度在一個維度上逐漸增加。

【第24項】

如請求項22之光學系統，其中該漸變光學濾光片之厚度在一個維度上以一逐步方式增加，使得各通道具有一恆定光學濾光片層厚度，但其中不同微光學通道之厚度係不同的。

【第25項】

如請求項21之光學系統，其中該光感測器陣列包括一光偵測器陣列，其中各光偵測器包括單光子突崩偵測器(SPAD)之一陣列。

【第26項】

如請求項21之光學系統，其中各通道包含來自該複數個離散孔徑之一孔徑及該光感測器陣列中之一光感測器，且其中該孔徑與透鏡軸向對準。

【第27項】

如請求項26之光學系統，其中該光學總成進一步包括複數個透鏡，

各通道進一步包含來自該複數個透鏡之一透鏡，且其中各通道之該透鏡經組態以準直透過其對應孔徑接收之光線且將該等準直光線傳遞至其對應光感測器中。

【第28項】

如請求項26之光學系統，其中各通道之該透鏡組態為沿來自該塊狀接收器光學器件之光之一路徑定位之一半球，其中該光學濾光片塗佈於該透鏡之一彎曲表面上。

【第29項】

如請求項26之光學系統，其中各通道中之該光感測器包括複數個單光子突崩偵測器(SPAD)。

【第30項】

如請求項29之光學系統，其中各通道之該光感測器進一步包括在數目上對應於該複數個SPAD之第二複數個透鏡，且其中該第二複數個透鏡中之各透鏡經組態以將在該光感測器處接收之入射光子聚焦於該複數個SPAD中之一個別SPAD上。

【第31項】

如請求項21之光學系統，其中該光學總成包括構造於一共同基板上之一單片ASIC，在該ASIC內製造該光感測器陣列，且該孔徑層、該複數個透鏡及該濾光片層之該等各別層形成於該單片ASIC上使得其等成為該ASIC之該單片結構之部分。

【第32項】

如請求項31之光學系統，其中該孔徑層、該複數個透鏡、該濾光片層及該光感測器陣列之該等各別層之各者接合至其鄰近層。

【第33項】

一種光學系統，其包括：

一塊狀接收器光學器件，其經組態以接收來自該光學系統外部之一場的光；

一孔徑層，其安置於該塊狀光學器件後方且包含定位於該塊狀光學器件之一焦平面處的複數個孔徑；

一透鏡層，其包含具有一焦距之複數個準直透鏡，該透鏡層安置於該孔徑層後方且與該孔徑層分開達該焦距；

一非均勻光學濾光片層，其在該透鏡層後方；及

一光感測器層，其包含複數個光感測器；

其中該孔徑層、該透鏡層、該非均勻光學濾光片層及該光感測器層經配置以形成界定該場中之複數個離散非重疊視場之複數個微光學通道，其中該複數個微光學通道中之各微光學通道包含來自該複數個孔徑之一孔徑、來自該複數個透鏡之一透鏡、來自該濾光片層之一濾光片及來自該複數個光感測器之一光感測器，且其經組態以將自該塊狀接收器光學器件入射之光傳達至該微光學通道之該光感測器；及

其中該非均勻光學濾光片層經組態以容許不同微光學通道量測不同波長範圍。

【第34項】

如請求項33之光學系統，其中該非均勻光學濾光片包括一漸變光學濾光片。

【第35項】

如請求項34之光學系統，其中該漸變光學濾光片之厚度在一個維度

上逐漸增加。

【第36項】

如請求項34之光學系統，其中該漸變光學濾光片之厚度在一個維度上以一逐步方式增加，使得各通道具有一恆定光學濾光片層厚度，但其中不同微光學通道之厚度係不同的。

【第37項】

一種光學系統，其包括：

一塊狀接收器光學器件，其經組態以接收源自該光學系統外部之一場的光線；及

一光學總成，其具有界定該場中之複數個離散非重疊視場之複數個微光學接收器通道，該光學總成包括：

一單片 ASIC，其包含製造於該 ASIC 中之一處理器、一記憶體及複數個光感測器；

一孔徑層，其具有沿該塊狀接收器光學器件之一焦平面配置之複數個離散孔徑，該光感測器陣列安置於該孔徑層後方；

複數個透鏡，其等定位於該孔徑層與該光感測器陣列之間；及

一非均勻光學濾光片層，其跨其結構具有不同中心波長以容許至少兩個不同微光學接收器通道量測不同光波長範圍，其中該孔徑層、該複數個透鏡及該非均勻光學濾光片層形成於該 ASIC 上使得其等形成該 ASIC 之該單片結構之部分。

【第38項】

如請求項37之光學系統，其中該等微光學接收器通道經組態使得各微光學接收器通道與複數個光發射器之一光發射器成對。

【第39項】

如請求項37之光學系統，其中該非均勻光學濾光片包括一漸變光學濾光片。

【第40項】

如請求項39之光學系統，其中該漸變光學濾光片之厚度在一個維度上逐漸增加。

【第41項】

一種用於執行距離量測之光學系統，該光學系統包括：

一固定外殼，其具有一光學透明窗；

一自旋光測距裝置，其安置於該外殼內，該光測距裝置包括：

一平台；

一光學傳輸器，其耦合至該平台，該光學傳輸器包括一塊狀傳輸器光學器件及複數個傳輸器通道，各傳輸器通道包含一光發射器，該光發射器經組態以產生一窄帶光且透過該塊狀傳輸器光學器件將該窄帶光傳輸至該光學系統外部之一場中；及

一光學接收器，其耦合至該平台，該光學接收器包括一塊狀接收器光學器件及複數個微光學接收器通道，各微光學通道包含：一孔徑，其與該塊狀接收器光學器件之一焦平面重合；一光學濾光片，其沿來自該塊狀接收器光學器件之光之一路徑定位且與該孔徑軸向對準；及一光感測器，其對行進穿過該孔徑及該光學濾光片之入射光子作出回應；

一馬達，其安置於該外殼內且經可操作地耦合以使包含該平台、該光學傳輸器及該光學接收器之該光測距裝置在該外殼內自旋；及

一系統控制器，其安置於該外殼內，該系統控制器經組態以控制該馬達且開始並停止該光測距裝置之光偵測操作。

【第42項】

如請求項41之光學系統，其中該光學接收器進一步包含在該孔徑後方且直接耦合至該光學濾光片之一準直透鏡，該光學濾光片定位於該準直透鏡後方。

【第43項】

如請求項41之光學系統，其中該光學濾光片係直接定位於該孔徑之一頂側或底側上之一半球形透鏡上的一濾光片層。

【第44項】

如請求項41之光學系統，其中該固定外殼係圓柱形狀且該光學透明窗繞該固定外殼之一周邊完全延伸。

【第45項】

如請求項44之光學系統，其進一步包括一校正光學結構以校正由該透明窗引起之光學像差。

【第46項】

如請求項45之光學系統，其中該校正光學結構構造為包含為該塊狀接收器光學器件之部分的一柱面透鏡、包含為該塊狀傳輸器光學器件之部分的一柱面透鏡、包含為該微光學接收器通道之部分的一柱面透鏡陣列，或包含為該複數個傳輸器通道之部分的一雙錐透鏡陣列。

【第47項】

如請求項41之光學系統，其中該光學傳輸器及該光學接收器經組態使得各傳輸器通道與一接收器通道成對，且使其等視場之中心對準以未在

距該光學系統之一特定距離處重疊。

【第48項】

如請求項41之光學系統，其中該複數個微光學接收器通道係構造於一共同基板上之一單片ASIC之部分，在該ASIC內製造光感測器陣列，且孔徑層及該濾光片層之該等各別層形成於該單片ASIC上使得其等成為該ASIC之該單片結構之部分。

【第49項】

一種用於執行距離量測之光學系統，該光學系統包括：

一固定外殼，其具有一基底、一頂部及安置於該基底與該頂部之間的一光學透明窗；

一自旋光測距裝置，其安置於該外殼內且與該光學透明窗對準，該光測距裝置包括：

一平台；

一光學傳輸器，其耦合至該平台，該光學傳輸器包括一影像空間遠心塊狀傳輸器光學器件及複數個傳輸器通道，各通道包含一光發射器，該光發射器經組態以產生一窄帶光且透過該塊狀傳輸器光學器件將該窄帶光傳輸至該光學系統外部之一場中；及

一光學接收器，其耦合至該平台，該光學接收器包括一影像空間遠心塊狀接收器光學器件及複數個微光學接收器通道，各微光學通道包含：一孔徑，其與該塊狀接收器光學器件之一焦平面重合；一準直透鏡，其在該孔徑後方；一光學濾光片，其在該準直透鏡後方；及一光感測器，其對行進穿過該孔徑而至該準直透鏡中且穿過該濾光片之入射光子作出回應；

一馬達，其安置於該外殼內且經可操作地耦合以使包含該平台、該光學傳輸器及該光學接收器之該光測距裝置在該外殼內自旋；

一系統控制器，其安置於該外殼內，該系統控制器經組態以控制該馬達且開始並停止該光測距裝置之光偵測操作。

【第50項】

如請求項49之光學系統，其中該固定外殼係圓柱形狀且該光學透明窗繞該固定外殼之一周邊完全延伸。

【第51項】

如請求項49之光學系統，其中該光學傳輸器及該光學接收器經組態使得各傳輸器通道與一接收器通道成對，且使其等視場之中心對準以未在距該光學系統之一特定距離處重疊。

【第52項】

如請求項49之光學系統，其中該複數個微光學接收器通道係構造於一共同基板上之一單片ASIC之部分，在該ASIC內製造光感測器陣列，且孔徑層及濾光片層之該等各別層形成於該單片ASIC上使得其等成為該ASIC之該單片結構之部分。

【第53項】

如請求項49之光學系統，其中該等孔徑、該濾光片層及該等光感測器之該等各別層之各者接合至其鄰近層。

【第54項】

一種用於執行距離量測之光學系統，該光學系統包括：

一固定外殼，其具有一基底、一頂部及安置於該基底與該頂部之間的一光學透明窗；

一光測距裝置，其安置於該外殼內且與該光學透明窗對準，該光測距裝置包括：

一平台；

複數個垂直腔面射型雷射(VCSEL)，其等配置成一陣列，該複數個VCSEL中之各VCSEL經組態以產生離散光脈衝且將該等離散光脈衝傳輸至該光學系統外部之一場中；及

一光學接收器，其耦合至該平台，該光學接收器包括：一塊狀接收器光學器件；複數個光感測器，各光感測器包括對入射光子作出回應之複數個單光子突崩二極體(SPAD)；及一光學濾光片，其安置於該塊狀接收器光學器件與該複數個光感測器之間且經組態以容許一光帶行進穿過該濾光片而至該複數個光感測器而阻擋該頻帶外之光到達該複數個光感測器；

一馬達，其安置於該外殼內且經可操作地耦合以使該光測距裝置在該外殼內自旋；及

一系統控制器，其安置於該外殼內，該系統控制器經組態以控制該馬達且開始並停止該光測距裝置之光偵測操作。

【第55項】

如請求項54之光學系統，其中該固定外殼係圓柱形狀且該光學透明窗繞該固定外殼之一周邊完全延伸。

【第56項】

如請求項54之光學系統，其中該光學傳輸器及該光學接收器經組態使得各傳輸器通道與一接收器通道成對，且使其等視場之中心對準以未在距該光學系統之一特定距離處重疊。

【第57項】

如請求項54之光學系統，其中該複數個光感測器製造於構造於一共同基板上之一單片ASIC內且形成該單片ASIC之部分，且其中孔徑層及濾光片層之該等各別層形成於該單片ASIC上使得其等成為該ASIC之該單片結構之部分。

【第58項】

如請求項54之光學系統，其中該複數個微光學接收器通道係構造於一共同基板上之一單片ASIC之部分，在該ASIC內製造光感測器陣列，且該孔徑層及該濾光片層之該等各別層形成於該單片ASIC上使得其等成為該ASIC之該單片結構之部分。

【第59項】

如請求項54之光學系統，其中該等孔徑、該濾光片層及該等光感測器之該等各別層之各者接合至其鄰近層。

【第60項】

如請求項54之光學系統，其中該等離散光脈衝各自用由其各自光脈衝之一強度形成之一嵌入式正值脈衝碼進行編碼。

【第61項】

一種用於執行距離量測之光學系統，該光學系統包括：

一可旋轉平台；

一光學傳輸器，其耦合至該可旋轉平台且包括一塊狀傳輸器光學器件及複數個傳輸器通道，各傳輸器通道包含一光發射器，該光發射器經組態以產生一窄帶光且透過該塊狀傳輸器光學器件將該窄帶光傳輸至該光學系統外部之一場中；

一光學接收器，其耦合至該可旋轉平台且包括一塊狀接收器光學器件及複數個微光學接收器通道，各微光學通道包含：一孔徑，其與該塊狀接收器光學器件之一焦平面重合；一光學濾光片，其沿來自該塊狀接收器光學器件之光之一路徑定位且與該孔徑軸向對準；及一光感測器，其對行進穿過該孔徑及穿過該濾光片之入射光子作出回應；

一馬達，其安置於該外殼內且經可操作地耦合以使該平台、該光學傳輸器及該光學接收器自旋；

一系統控制器，其安裝至該光學系統之一固定組件；及

一光學通信鏈路，其可操作地耦合在該系統控制器與該光學接收器之間以使該系統控制器能夠與該光學接收器通信。

【第62項】

如請求項61之用於執行距離量測之光學系統，其中該光學通信鏈路在該光學系統之該固定組件與該可旋轉平台之間延伸以可操作地耦合該系統控制器與該光學接收器。

【第63項】

如請求項61之用於執行距離量測之光學系統，其中該光學接收器進一步包含在該孔徑後方且直接耦合至該光學濾光片之一準直透鏡，該光學濾光片定位於該準直透鏡後方。

【第64項】

如請求項61之用於執行距離量測之光學系統，其中該光學濾光片包含在直接定位於該孔徑之一頂側或底側上之一半球形透鏡上之一濾光片層。

【第65項】

如請求項61之用於執行距離量測之光學系統，其中該光學傳輸器及該光學接收器經組態使得各傳輸器通道與一接收器通道成對，且使其等視場之中心對準以未在距該光學系統之一特定距離處重疊。

【第66項】

如請求項61之用於執行距離量測之光學系統，其中該複數個微光學接收器通道係構造於一共同基板上之一單片ASIC之部分，在該ASIC內製造光感測器陣列，且孔徑層及該濾光片層之該等各別層形成於該單片ASIC上使得其等成為該ASIC之該單片結構之部分。

【第67項】

如請求項61之用於執行距離量測之光學系統，其進一步包括具有一基底、一頂部及安置於該基底與該頂部之間的一光學透明窗之一固定外殼。

【第68項】

如請求項67之用於執行距離量測之光學系統，其中該系統控制器定位於該基底內，耦合至該可旋轉平台之該光學接收器安置於該光學透明窗內，且該光學通信鏈路耦合在該系統控制器與該光學接收器之間。

【第69項】

一種用於執行距離量測之光學系統，該光學系統包括：

一可旋轉平台；

一光學傳輸器，其耦合至該可旋轉平台且包括一影像空間遠心塊狀傳輸器光學器件及複數個傳輸器通道，各傳輸器通道包含一光發射器，該光發射器經組態以產生一窄帶光且透過該塊狀傳輸器光學器件將該窄帶光傳輸至該光學系統外部之一場中；

一光學接收器，其耦合至該可旋轉平台且包括一影像空間遠心塊狀接收器光學器件及複數個微光學接收器通道，各微光學通道包含：一孔徑，其與該塊狀接收器光學器件之一焦平面重合；一準直透鏡，其在該孔徑後方；一光學濾光片，其在該準直透鏡後方；及一光感測器，其對行進穿過該孔徑而至該準直透鏡中且穿過該濾光片之入射光子作出回應；

一馬達，其安置於該外殼內且經可操作地耦合以使該平台、該光學傳輸器及該光學接收器自旋；

一系統控制器，其安裝至該光學系統之一固定組件；及

一光學通信鏈路，其可操作地耦合在該系統控制器與該光學接收器之間以使該系統控制器能夠與該光學接收器通信。

【第70項】

如請求項69之用於執行距離量測之光學系統，其中該光學通信鏈路在該光學系統之該固定組件與該可旋轉平台之間延伸以可操作地耦合該系統控制器與該光學接收器。

【第71項】

如請求項69之用於執行距離量測之光學系統，其中該光學接收器進一步包括在該孔徑後方且直接耦合至該光學濾光片之一準直透鏡，該光學濾光片定位於該準直透鏡後方。

【第72項】

如請求項69之用於執行距離量測之光學系統，其中該光學濾光片包含在直接定位於該孔徑之一頂側或底側上之一半球形透鏡上的一濾光片層。

【第73項】

如請求項69之用於執行距離量測之光學系統，其中該光學傳輸器及該光學接收器經組態使得各傳輸器通道與一接收器通道成對，且使其等視場之中心對準以未在距該光學系統之一特定距離處重疊。

【第74項】

如請求項69之用於執行距離量測之光學系統，其中該複數個微光學接收器通道係構造於一共同基板上之一單片ASIC之部分，在該ASIC內製造光感測器陣列，且孔徑層及該濾光片層之該等各別層形成於該單片ASIC上使得其等成為該ASIC之該單片結構之部分。

【第75項】

一種用於執行距離量測之光學系統，該光學系統包括：

一可旋轉平台；

複數個垂直腔面射型雷射(VCSEL)，其等配置成一陣列且耦合至該可旋轉平台，該複數個VCSEL中之各VCSEL經組態以產生離散光脈衝且將該等離散光脈衝傳輸至該光學系統外部之一場中；

一光學接收器，其耦合至該可旋轉平台，該光學接收器包括一塊狀接收器光學器件及複數個光感測器，各光感測器包括對入射光子作出回應之複數個單光子突崩二極體(SPAD)；

一馬達，其安置於該外殼內且經可操作地耦合以使該平台、該複數個VCSEL及該光學接收器自旋；

一系統控制器，其安裝至該光學系統之一固定組件；及

一光學通信鏈路，其可操作地耦合在該系統控制器與該光學接收器之間以使該系統控制器能夠與該光學接收器通信。

【第76項】

如請求項75之用於執行距離量測之光學系統，其中該光學通信鏈路在該光學系統之該固定組件與該可旋轉平台之間延伸以可操作地耦合該系統控制器與該光學接收器。

【第77項】

如請求項75之用於執行距離量測之光學系統，其中該光學接收器進一步包含在該孔徑後方且直接耦合至該光學濾光片之一準直透鏡，該光學濾光片定位於該準直透鏡後方。

【第78項】

如請求項75之用於執行距離量測之光學系統，其中該光學濾光片包含在直接定位於該孔徑之一頂側或底側上之一半球形透鏡上的一濾光片層。

【第79項】

如請求項75之用於執行距離量測之光學系統，其中該光學傳輸器及該光學接收器經組態使得各傳輸器通道與一接收器通道成對，且使其等視場之中心對準以未在距該光學系統之一特定距離處重疊。

【第80項】

如請求項75之用於執行距離量測之光學系統，其中該複數個微光學接收器通道係構造於一共同基板上之一單片 ASIC 之部分，在該 ASIC 內製造光感測器陣列，且孔徑層及該濾光片層之該等各別層形成於該單片 ASIC 上使得其等成為該 ASIC 之該單片結構之部分。

【第81項】

一種用於執行距離量測之光學系統，該光學系統包括：

一塊狀接收器光學器件；

一孔徑層，其包含複數個孔徑；

一第一透鏡層，其包含第一複數個透鏡；

一光學濾光片層，其經組態以在光行進穿過該塊狀接收器光學器件之後接收該光，且使一幅射帶通過而阻擋該頻帶外之輻射；及

一光感測器層，其包含複數個光感測器，其中各光感測器包含經組態以偵測光子之複數個光偵測器及經組態以將在該光感測器處接收之入射光子聚焦於該複數個光偵測器上之第二複數個透鏡；

其中該光學系統包括複數個接收器通道，其中該複數個接收器通道中之各接收器通道包含來自該複數個孔徑之一孔徑、來自該複數個第一透鏡之一透鏡、來自該光學濾光片層之一光學濾光片及來自該複數個光感測器之一光感測器，其中各通道之該孔徑針對其各自通道界定一離散非重疊視場。

【第82項】

如請求項81之用於執行距離量測之光學系統，其中對於該複數個接收器通道中之各接收器通道，該通道之該光感測器中之該複數個光偵測器與該第二複數個透鏡之間存在一對一對應，且其中該第二複數個透鏡中之該等透鏡之各者經組態以將光子聚焦於該第二複數個透鏡中之其對應透鏡上。

【第83項】

如請求項82之用於執行距離量測之光學系統，其中該第二複數個透鏡中之各透鏡係具有一共同焦距之一會聚透鏡。

【第84項】

如請求項83之用於執行距離量測之光學系統，其中該第二複數個透

鏡中之各透鏡與其各自光偵測器隔開該共同焦距。

【第85項】

如請求項81之用於執行距離量測之光學系統，其中對於該複數個接收器通道中之各接收器通道，該光感測器包含定位於該第二複數個透鏡與該光感測器中之該複數個光偵測器之間的一光學非透明間隔件。

【第86項】

如請求項81之用於執行距離量測之光學系統，其中對於該複數個接收器通道中之各接收器通道，該孔徑層包含安置於第一光學非透明層與第二光學非透明層之間的一光學透明基板，該第一光學非透明層具有具一第一直徑之一第一孔徑，該第二光學非透明層具有與該第一孔徑對準且具不同於該第一直徑之一第二直徑的一第二孔徑。

【第87項】

如請求項86之用於執行距離量測之光學系統，其中對於該複數個接收器通道中之各接收器通道，該透鏡層包含定位於該孔徑與來自該接收器通道中之該第一複數個透鏡之該透鏡之間的一光學間隔件。

【第88項】

如請求項87之用於執行距離量測之光學系統，其中對於該複數個接收器通道中之各接收器通道，該光學間隔件包括直徑實質上類似於該透鏡之一管。

【第89項】

如請求項88之用於執行距離量測之光學系統，其中對於該複數個接收器通道中之各接收器通道，該光學間隔件包含包括一光學非透明材料之壁。

【第90項】

如請求項81之用於執行距離量測之光學系統，其中該光學濾光片層安置於該第一透鏡層與該光感測器層之間，且該第一透鏡層安置於該孔徑層與該濾光片層之間。

【第91項】

如請求項81之用於執行距離量測之光學系統，其中對於該複數個接收器通道中之各接收器通道，該光學濾光片包括一第一帶通濾光片及一第二寬光譜阻擋濾光片，其等經組態以防止該兩個濾光片之間的一過渡區中之洩漏。

【第92項】

如請求項81之用於執行距離量測之光學系統，其進一步包括一照明源，該照明源包括經對準以將離散光束投射至該光學系統前面之一場中的複數個光發射器。

【第93項】

如請求項81之用於執行距離量測之光學系統，其中各接收器通道之該透鏡經組態以準直透過其對應孔徑接收之光線且將該等準直光線傳遞至其對應光感測器中。

【第94項】

如請求項81之用於執行距離量測之光學系統，其中各接收器通道之該透鏡係一半球形基板，且各接收器通道之該光學濾光片係該透鏡之一彎曲表面上之一濾光片層。

【第95項】

一種用於執行距離量測之光學系統，該光學系統包括：

一光發射系統，其包括：

一塊狀傳輸器光學器件；

一照明源，其包括複數個光發射器，該複數個光發射器經對準以透過該塊狀傳輸器光學器件將離散光束投射至該光學系統前面之一場中；及

一光偵測系統，其包括：

一塊狀接收器光學器件；

一孔徑層，其包含複數個孔徑；

一第一透鏡層，其包含第一複數個透鏡；

一光學濾光片層，其經組態以在光行進穿過該塊狀接收器光學器件之後接收該光，且使一輻射帶通過而阻擋該頻帶外之輻射；

一光感測器層，其包含複數個光感測器，其中各光感測器包含經組態以偵測光子之複數個光偵測器及經組態以將在該光感測器處接收之入射光子聚焦於該複數個光偵測器上的第二複數個透鏡；

其中該光學系統包括複數個接收器通道，其中該複數個接收器通道中之各接收器通道包含來自該複數個孔徑之一孔徑、來自該複數個第一透鏡之一透鏡、來自該光學濾光片層之一光學濾光片及來自該複數個光感測器之一光感測器，其中各通道之該孔徑針對其各自通道界定一離散非重疊視場。

【第96項】

如請求項95之用於執行距離量測之光學系統，其中對於該複數個接收器通道中之各接收器通道，該通道之該光感測器中之該複數個光偵測器與該第二複數個透鏡之間存在一對一對應，且其中該第二複數個透鏡中之

該等透鏡之各者經組態以將光子聚焦於該第二複數個透鏡中之其對應透鏡上。

【第97項】

如請求項96之用於執行距離量測之光學系統，其中該第二複數個透鏡中之各透鏡係具有一共同焦距之一會聚透鏡。

【第98項】

一種用於執行距離量測之光學系統，該光學系統包括：

一固定外殼，其具有一光學透明窗；

一光測距裝置，其安置於該外殼內且與該光學透明窗對準，該光測距裝置包括：

一平台；

一光學傳輸器，其耦合至該平台，該光學傳輸器包括一塊狀傳輸器光學器件及複數個傳輸器通道，各傳輸器通道包含一光發射器，該光發射器經組態以產生一窄帶光且透過該塊狀傳輸器光學器件將該窄帶光傳輸至該光學系統外部之一場中；及

一光學接收器，其耦合至該平台，該光學接收器包括：

一塊狀接收器光學器件；

一孔徑層，其包含複數個孔徑；

一第一透鏡層，其包含第一複數個透鏡；

一光學濾光片層，其經組態以在光行進穿過該塊狀接收器光學器件之後接收該光，且使一輻射帶通過而阻擋該頻帶外之輻射；及

一光感測器層，其包含複數個光感測器，其中各光感測器包含經組態以偵測光子之複數個光偵測器及經組態以將在該光感測器

處接收之入射光子聚焦於該複數個光偵測器上的第二複數個透鏡；

其中該光學系統包括複數個接收器通道，其中該複數個接收器通道中之各接收器通道包含來自該複數個孔徑之一孔徑、來自該複數個第一透鏡之一透鏡、來自該光學濾光片層之一光學濾光片及來自該複數個光感測器之一光感測器，其中各通道之該孔徑針對其各自通道界定一離散非重疊視場；

一馬達，其安置於該外殼內且經可操作地耦合以使包含該平台、該光學傳輸器及該光學接收器之該光測距裝置在該外殼內自旋；及

一系統控制器，其安置於該外殼內，該系統控制器經組態以控制該馬達且開始並停止該光測距裝置之光偵測操作。

【第99項】

如請求項98之用於執行距離量測之光學系統，其中對於該複數個接收器通道中之各接收器通道，該通道之該光感測器中之該複數個光偵測器與該第二複數個透鏡之間存在一對一對應，且其中該第二複數個透鏡中之該等透鏡之各者經組態以將光子聚焦於該第二複數個透鏡中之其對應透鏡上。

【第100項】

如請求項99之用於執行距離量測之光學系統，其中該第二複數個透鏡中之各透鏡係具有一共同焦距之一會聚透鏡。

