



(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 I848176 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 07 月 11 日

(21)申請案號：109131946 (22)申請日：中華民國 109 (2020) 年 09 月 11 日
(51)Int. Cl. : G02B6/35 (2006.01) G02B5/126 (2006.01)
(30)優先權：2019/09/15 美國 62/900,552
(71)申請人：以色列商魯姆斯有限公司 (以色列) LUMUS LTD (IL)
以色列
(72)發明人：艾森菲爾德 齊翁 EISENFELD, TSION (IL)；格爾貝格 喬納森 GELBERG,
JONATHAN (IL)
(74)代理人：廖俊龍
(56)參考文獻：
CN 105940338A CN 106932900A
審查人員：劉人維
申請專利範圍項數：16 項 圖式數：16 共 45 頁

(54)名稱

橫向光導管

(57)摘要

光導管，包括具有不同折射率的至少兩個光學結構。兩個光學結構之間的界面相對於光導管的縱軸傾斜，使得來自光導管的遠端處的輸出表面的輸出光線不平行於光導管的近端處的輸入表面處的平行於縱軸的輸入光線。光在(至少)兩個光學結構之間的光導管內部折射，從而改變光通過光導管的光路徑的方向，由此允許更高的自由度來選擇光導管的偏移角(折疊角)。通過優化光導管的各種參數，可以實現適合所需光學引擎包絡的所需輸出光軸角(即，折疊角)。

指定代表圖：

符號簡單說明：

600:光導管

610:光源

612:投影光學器件

R01:光軸，輸入表面
法線

R1:縱軸

R23:光軸，輸出表面
法線

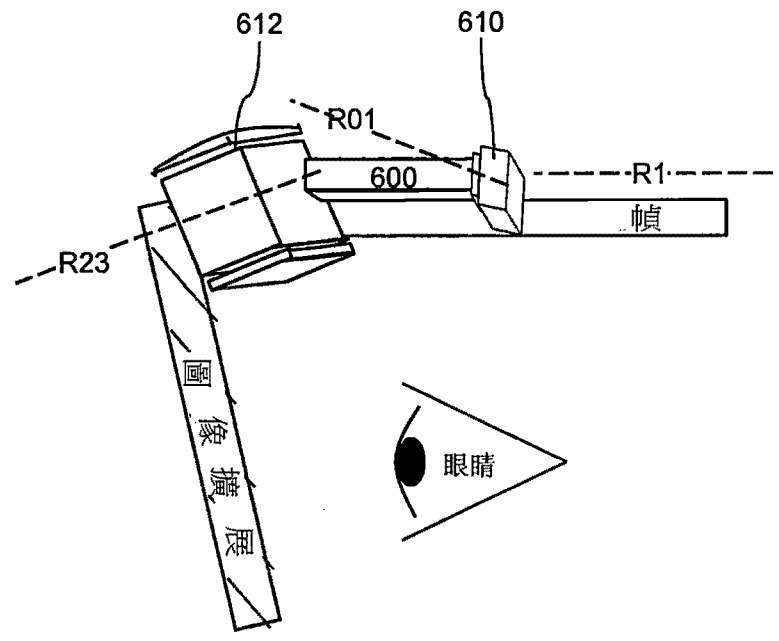


圖 1

發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：

※IPC 分類：

【發明名稱】（中文/英文）

橫向光導管

TRANSVERSAL LIGHT PIPE

【中文】

光導管，包括具有不同折射率的至少兩個光學結構。兩個光學結構之間的界面相對於光導管的縱軸傾斜，使得來自光導管的遠端處的輸出表面的輸出光線不平行於光導管的近端處的輸入表面處的平行於縱軸的輸入光線。光在（至少）兩個光學結構之間的光導管內部折射，從而改變光通過光導管的光路徑的方向，由此允許更高的自由度來選擇光導管的偏移角（折疊角）。通過優化光導管的各種參數，可以實現適合所需光學引擎包絡的所需輸出光軸角（即，折疊角）。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖1。

【本代表圖之符號簡單說明】：

600:光導管

610:光源

612:投影光學器件

R01:光軸,輸入表面法線

R1:縱軸

R23:光軸,輸出表面法線

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】 (中文/英文)

橫向光導管

TRANSVERSAL LIGHT PIPE

【技術領域】

【0001】 本發明一般涉及光學光導管，並且尤其涉及可用於照明電子顯示源（例如，用於將圖像注入近眼顯示器的光波導的矽基液晶（liquid crystal on silicon, LCOS）微顯示器）的光導管，該光導管具有可以相對於相關系統部件以任何期望的折疊角折疊的光軸（光路徑）。

【先前技術】

【0002】 在增強現實系統中，以美觀的可穿戴框架適配光學系統形狀和形狀因子是一個挑戰，特別是當需要混合不同的光（例如，發光二極體（light emitting diode, LED））源顏色時。將不同光源通道混合在一起的一種方法是使用光導管來產生照明。出於美觀的原因，期望使光導管與眼鏡的框架對準。然而，光導管是相對較長的元件，其通常突出於期望的光學引擎包絡。因此，為了獲得美觀的形狀，在任何期望的方向上折疊光導管是關鍵的。

【0003】 除了是相對長的元件之外，光導管通常也是相對直的。為了在一定程度上將光導管保持在期望的光學引擎包絡中，已經提出了將光導管實現為帶狀光纖的彎曲光導管設計。然而，由於在彎曲的帶狀光纖內傳播的光線不能通過全內反射沿傳播軸傳播，所以帶狀光纖實施方式導致低效率。已經提出了替選的折疊方案，其中使用具有反射塗層（即，鏡面塗層）的直角稜鏡（即，90度稜鏡）來折疊光導管。雖然這樣的解決方案產生更高的效率，但是這些解決方案顯著地限於特定的折疊角。

【發明內容】

【0004】 根據本實施方式的教導，提供了一種裝置，包括：光導管，該光導管至少包括：(i) 第一光學結構，該第一光學結構具有第一折

射率、在光導管的近端處的輸入表面、以及第二表面，以及 (ii) 第二光學結構，該第二光學結構具有不等於第一折射率的第二折射率、第三表面、以及在光導管的遠端處的輸出表面，該光導管具有在輸入表面與第二表面之間的方向上平行於第一光學結構的長尺寸的縱軸，以及在第二表面與第三表面之間的界面，該界面相對於光導管的縱軸傾斜，使得平行於縱軸注入的輸入表面的輸入光線從輸出表面輸出作為不平行於輸入光線的輸出光線。

【0005】 在可選實施方式中，輸入光線與輸出光線之間的角度是光導管的光學偏移角，該光學偏移角不是零度。在另一可選實施方式中，縱軸與輸出表面法線之間的角度是光導管的機械偏移角，該機械偏移角不是零度，輸出表面法線垂直於第二光學結構的輸出表面。

【0006】 在另一可選實施方式中，至少第一光學結構和第二光學結構限定光通過光導管的光路徑，該光路徑至少部分地由光通過以下操作限定：經由輸入表面耦入，穿過第一光學結構，從第二表面至第三表面經由界面從第一光學結構折射至第二光學結構，穿過第二光學結構，以及經由輸出表面耦出第二光學結構。在另一可選實施方式中，第一光學結構和第二光學結構的至少一個外側壁塗覆有反射塗層，該反射塗層將光路徑約束在光導管內。

【0007】 在另一可選實施方式中，抗反射塗層被添加到至少第一光學結構和第二光學結構的至少一個表面。在另一可選實施方式中，第二表面鄰接第三表面。在另一可選實施方式中，第二表面通過間隙與第三表面分開。在另一可選實施方式中，間隙填充有選自包括以下的組的材料：空氣、光學接合劑和光學凝膠。在另一個可選實施方式中，第三表面相對於第二表面以間隙配置。

【0008】 在另一可選實施方式中，第一光學結構具有第一寬度，並且第二光學結構具有第五寬度，第五寬度大於第一寬度。在另一可選實施方式中，第一光學結構的第三寬度和/或第二光學結構的第四寬度沿光導

管的縱軸變化。在另一可選實施方式中，輸出表面相對於光導管的縱軸成第八角度以及/或者輸入表面相對於光導管的縱軸成第十一角度。

【0009】 在另一可選實施方式中，還包括光源，該光源向光導管的輸入表面提供輸入光。在另一可選實施方式中，還包括投影光學器件，該光導管被配置成提供輸出光線作為所述投影光學器件的輸入。

【0010】 在另一可選實施方式中，光導管的長尺寸比光導管寬度大至少一個數量級。

【0011】 根據本實施方式的教導，提供了一種裝置，包括：光導管，該光導管至少包括：第一光學結構，該第一光學結構具有第一折射率、在光導管的近端處的輸入表面以及第二表面，以及第二光學結構，該第二光學結構具有所述第一折射率、第三表面以及在光導管的遠端處的輸出表面，該光導管具有在輸入表面與第二表面之間的方向上平行於第一光學結構的長尺寸的縱軸，以及在第二表面與第三表面之間的界面，該界面相對於光導管的縱軸傾斜，使得平行於縱軸注入到輸入表面的輸入光線從輸出表面輸出作為不平行於輸入光線的輸出光線，其中，第二表面通過間隙與第三表面分開。

【圖式簡單說明】

【0012】

在本文中參照圖式僅通過示例的方式描述本發明的一些實施方式。通過詳細地具體參照圖式，要強調的是，所示的細節是作為示例的，並且是出於對本發明的實施方式的說明性論述的目的。在這方面，結合圖式進行的描述使得本領域技術人員清楚可以如何實踐本發明的實施方式。

現在將注意力轉向圖式，在圖式中，相同的圖式標記指示相應或相同的部件。在圖式中：

圖 1 是示例性典型使用的概圖。

圖 2A 是光路徑的折射的表示。

圖 2B 是圖 2A 所示的實施方式的變型。

圖 3 是對應於圖 2B 的光導管的概圖，

圖 4 是類似於圖 3 的光導管的光導管的概圖。

圖 5 是類似於圖 4 的光導管的光導管的概圖。

圖 6 是圖 2B 所示的實施方式的變型。

圖 7 是根據圖 6 的實施方式的光導管的概圖。

圖 8 是圖 9 所示的實施方式的變型的表示。

圖 9 是其中外側壁是錐形的光導管的概圖。

圖 10 是具有通過氣隙分開的結構的光導管的概圖。

圖 11 是外側壁之間的距離恒定的光導管。

圖 12 是外側壁之間的距離增加的光導管。

圖 13A 是由單基光學結構構造的光導管的概圖。

圖 13B 是圖 13A 的光導管的概圖，其中光以不同的角度入射。

圖 13C 是包括圖 13A 和圖 13B 的變型的光導管的概圖。

圖 13D 是圖 13C 的示出耦入損耗的光導管的概圖。

圖 13E 是圖 13C 和圖 13D 的具有 TIR 的光導管的概圖。

圖 13F 是作為圖 13C 的變型的光導管的概圖。

圖 13G 是圖 13C 的變型的概圖。

圖 13H 是圖 13G 的變型的概圖。

圖 13I 是圖 13A 和圖 13G 的變型的概圖。

圖 14A 是光導管的替選實現方式的概圖。

圖 14B 是圖 14A 的變型的概圖。

圖 14C 是圖 13C、圖 13E 和圖 13G 的變型的概圖，其中漫射體被放置在附加光學結構的輸出處。

圖 15A 是圖 13C 至圖 13I 的光導管的側視圖的概圖。

圖 15B 是圖 15A 的光導管的俯視圖的概圖。

圖 16A 是使用反射塗層的傳統折疊光導管的概圖。

圖 16B 是改進的光導管的概圖。

圖 16C 是圖 16B 的三維（3D）的並且具有輸入和輸出表面的替選的傾斜和旋轉的概圖。

【實施方式】

【0013】 本發明的實施方式針對提供能夠以任何期望的折疊角折疊的光路徑的光導管。

【0014】 除非本文另有定義，否則本文使用的所有技術和/或科學術語具有與本發明所屬領域的普通技術人員通常所理解的相同含義。儘管與本文所描述的方法和材料類似或等同的方法和材料可以在實踐或測試本發明的實施方式中使用，但是在下面描述了示例性的方法和/或材料。在有衝突的情況下，以包括定義的專利說明書為準。另外，材料、方法和示例僅是說明性的，並不旨在必然是限制性的。

【0015】 在詳細說明本發明的至少一個實施方式之前，應當理解，本發明在其應用中不一定限於在以下描述中闡述的以及/或者在圖式和/或示例中示出的方法和/或部件的構造和佈置的細節。本發明能夠具有其他實施方式或者能夠以各種方式實踐或執行。

【0016】 注意，為了簡化，在圖式中，通常僅描繪了一條光線。光線也可以被稱為光或光束。本領域技術人員將認識到，所描繪的光（光線）是實際光的樣本光束，其通常由多個光束以稍微不同的角度形成。除非明確地稱為光的末端（邊緣），所示出的光線通常是光的質心。在其中光對應於圖像的情況下，中心射線是來自圖像中心或圖像中心像素的中心

光線。在其中光來自光源的情況下，中心光線通常是從光源傳播的照明錐體的中心（和最大強度）。

【0017】 根據本發明實施方式的照明光導管由至少兩個（即兩個或更多個）光學結構（例如稜鏡）——即第一光學結構和第二光學結構——的組合形成。第一光學結構由具有第一折射率的材料形成，並且第二光學結構由具有不同於第一折射率的第二折射率的材料形成。根據斯涅爾定律，光在（至少）兩個光學結構之間的光導管內部折射。因此，在光離開光學結構之前，光導管的光路徑被彎曲，從而允許更高的自由度來選擇折疊角（下面定義）。通過優化光導管的各種參數，可以實現適合期望的光學引擎包絡的期望的輸出光軸角（即，折疊角）。可優化參數包括例如光學結構的折射率、內部光學接合部的角度、光學結構的外表面的取向角以及光學結構的入射面和出射面的取向角。

【0018】 以下段落描述本發明的光導管的不同實施方式。以下實施方式僅是示例性的，並且本發明不應限於本文所述的特定實施方式。也可以考慮光導管的其他實施方式。

【0019】 現在參照圖 1，圖 1 是本發明的光導管 600 的實施方式的示例性典型使用的概圖。出於美觀的原因，光導管 600 優選地與眼鏡框架（FRAME）對準（平行），在當前圖中示出為光導管 600 的縱軸 R1 與框架平行。來自光源 610 的光源光束向光導管 600 提供輸入光，在這種情況下，沿著輸入表面法線 R01 向輸入表面（未示出）提供輸入光。光導管使光軸轉向，改變通過光導管 600 的光路徑的方向，使得沿輸出表面法線 R23 的輸出光線不平行於輸入表面法線 R01 的輸入光線。在這種情況下，光導管 600 的照明輸出被引導到投影光學器件 612，投影光學器件 612 將圖像饋送到圖像擴展模組以供使用者眼睛觀看。在本文的上下文中，光導管使光軸轉向有時被稱為“折疊”光軸。

【0020】 參照圖 2A，圖 2A 是根據本發明的實施方式的其中使用了兩個光學結構的光導管的光路徑的折射的表示。為了清楚起見，沒有示出光導管的外側。光導管 600A 具有佈置在具有基本折射率 η_0 的第一基本

介質 P0 (例如, 空氣) 中的輸入端 602。在圖中, 光導管的一般圖式標記為元素 600, 以及具體實施方式為元素 600x, 其中“x”是字母。對於本領域技術人員來說明顯的是, 特定實施方式 600x 的一些描述可應用於一般光導管 600 和其他特定實施方式 600x。第一光學結構 P1 (例如, 部件或元件, 例如, 稜鏡) 具有第一折射率 η_1 , 並且第二光學結構 P2 (部件、元件) 具有第二折射率 η_2 。光導管 600 的輸出端 604 處的介質通常與光導管 600 的輸入端 602 處的介質相同。這種實現方式不是限制性的, 並且輸出端 604 可以位於第二基本介質 P3 而不是第一基本介質 P0 中。為了使本描述清楚, 在光導管 100 的輸出端 604 處的介質通常被示為第二介質 P3。在第二介質 P3 具有與第一介質 P0 的基本折射率 η_0 不同的折射率的情況下, 第二介質 P3 的折射率被稱為第三折射率 η_3 。在當前示例中, 第二介質 P3 具有基本折射率 η_0 , 即與基本介質 P0 相同的折射率和相同的介質。在當前示例中, 第一光學結構 P1 和第二光學結構 P2 的折射率是不同的。該實現方式不是限制性的, 並且如下所述, 在替選配置中, 光學結構的折射率可以基本上相等。

【0021】 光源 610 向光導管 600A 提供光。光源在本領域中是已知的, 例如, 一組多個 LED, 其中每個 LED 輻射一種顏色的光, 這些顏色的組合是由光源提供的光。典型的示例性光源提供來自三個 LED 的顏色的組合, 一個 LED 產生紅光, 一個 LED 產生綠光, 並且一個 LED 產生藍光。光源 610 提供被表示為輸入光線 L0 (也稱為“光束”或“輸入光束”) 的光。也稱為光源通道的顏色的組合由光導管混合以產生照明輸出 (通常基本上是白光)。

【0022】 由於基本介質 P0 和第一光學結構 P1 具有不同的折射率, 因此輸入光線 L0 將在外部輸入表面 S01 處被折射為第一光學結構 P1 內部的的光線 L1 (第一光學結構 P1 光線 L1)。光導管 600A 的第一光學結構 P1 的外部輸入表面 S01 具有在基本介質 P0 的方向上示為虛線輸入表面法線 R01 的法線。相應地, 輸入表面法線 R01 也垂直於輸入表面 S01 的第一光學結構 P1 內側, 該內側與輸入表面 S01 的外側相對。第一角度即外輸入角

θ_{01} 被限定在輸入光線 L0 與輸入表面法線 R01 之間。類似地，第二角度是被限定在光線 L1 與輸入表面法線 R01 之間的內輸入角 θ_{10} 。

【0023】 光線 L1 從外輸入表面 S01 經由第一光學結構 P1 傳播至第二表面 S12。在這種情況下，第二表面 S12 是第一光學結構 P1 在第二光學結構 P2 的方向上的輸出表面。第二表面 S12 與作為第二光學結構 P2 的輸入表面的第三表面 S21 鄰接。通常，第二表面 S12 和第三表面 S21 被配置成彼此相鄰且接觸，實際上在第一光學結構 P1 與第二光學結構 P2 之間實現了單個界面 620。為了方便當前描述，第二表面 S12 和第三表面 S21 的界面 620 通常簡稱為“第二表面 S12”。注意，為了清楚起見，在當前圖中，第二表面 S12 和第三表面 S21 各自由在圖式中略微分開的線（而不是使用當前示例的實際實現的單條線）表示。該實現方式不是限制性的，並且以下描述的是光學結構的表面不相鄰的實施方式。

【0024】 由於第一光學結構 P1 和第二光學結構 P2 具有不同的折射率，因此光線 L1 將在第二表面 S12 處折射成第二光學結構 P2 內部的光線 L2（第二光學結構 P2 光線 L2）。第一光學結構 P1 的第二表面 S12 具有在第一光學結構 P1 的方向上示為虛線第二表面法線 R12 的法線。相應地，第二表面法線 R12 也垂直於第三表面 S21 的第二光學結構 P2 內側。第三角度即第二表面輸出角 θ_{12} 被限定在光線 L1 與第二表面法線 R12 之間。類似地，第四角度是限定在光線 L2 與第二表面法線 R12 之間的第三表面輸入角 θ_{21} 。

【0025】 光線 L2 從第三表面 S21 經由第二光學結構 P2 傳播至輸出表面 S23。在這種情況下，輸出表面 S23 是第二光學結構 P2 在第二介質 P3 的方向上的第四表面。由於第二光學結構 P2 和第二介質 P3 具有不同的折射率，因此光線 L2 將在輸出表面 S23 處被折射為第二介質 P3 內部的光線 L3（第二介質 P3 光線 L3）。光線 L3 是從光導管 600 出來的光。第二光學結構 P2 的輸出表面 S23 具有在第二光學結構 P2 的方向上示為虛線輸出表面法線 R23 的輸出法線（在本文的上下文中也稱為第四表面法線）。相應地，輸出表面法線 R23 也垂直於輸出表面 S23 的第二介質 P3 外側。第

五角度即第四表面輸出角 θ_{23} 被限定在光線 L2 與輸出表面法線 R23 之間。類似地，第六角度是限定在光線 L3 與輸出表面法線 R23 之間的第四表面輸出角 θ_{32} 。

【0026】 在當前圖中使用了兩條構造線。第二輔助線 S2 和第三輔助線 S3 兩者都平行於輸入表面 S01。第二輔助線 S2 與第二表面 S12 相交。第七角度 (δ , “delta”) 被限定在第二輔助線 S2 與第二表面 S12 (在這種情況下, 也是第三表面 S21) 之間。第七角度 (δ) 用於說明限定第一光學結構 P1 與第二光學結構 P2 之間的表面的取向。類似地, 第三輔助線 S3 與輸出表面 S23 相交。第八角度 (γ , “gamma”) 限定在第三輔助線 S3 與輸出表面 S23 之間。第八角度 (γ) 用於說明限定第二光學結構 P2 與第二介質 P3 之間的表面的取向。

【0027】 輸入光軸被限定為與輸入光線 L0 一致, 如上所述, 輸入光線 L0 為輸入光的中心光線。光線, 在這種情況下為光線 L1 和光線 L2, 形成傳播通過光導管 600 (通過第一光學結構 P1 和第二光學結構 P2) 的光軸或光路徑。輸出光軸被限定為與輸出光線 L3 一致, 輸出光線 L3 為輸出光的中心光線。對“光路徑”的提及 (例如傳播通過光導管 600 的光路徑和光路徑的彎曲) 也可以被稱為“光軸”, 例如傳播通過光導管 600 的光的光軸和光軸的彎曲。本領域技術人員將理解, 偏離軸的輸入光線 (不垂直於輸入表面 S01, 不平行於輸入表面法線 R01) 通常將在光導管 600 的壁上被反射若干次。在當前圖中示出了示例性的偏離軸的光路徑 L9。

【0028】 在當前實施方式中, 光路徑 (光軸被) 折射至少三次。首先, 光路徑的輸入光軸 (光線 L0) 從具有折射率 η_0 的第一介質 P0 折射到具有折射率 η_1 的第一光學結構 P1。然後, 光路徑從具有折射率 η_1 的第一光學結構 P1 折射到具有折射率 η_2 的第二光學結構 P2。然後, 光路徑從具有折射率 η_2 的第二光學結構 P2 折射到具有折射率 η_0 的第二介質 P3。

【0029】 入射角和折射角如下：

$$\eta_0 * \sin(\theta_{01}) = \eta_1 * \sin(\theta_{10})$$

$$\eta_1 * \sin(\theta_{12}) = \eta_2 * \sin(\theta_{21})$$

$$\eta_2 * \sin(\theta_{23}) = \eta_0 * \sin(\theta_{32})$$

$$\theta_{12} = \theta_{10} - \delta$$

$$\theta_{23} = \theta_{21} - (\delta - \gamma)$$

【0030】 另外，兩個折射率 η_1 至 η_2 都大於基本介質的折射率 η_0 。第一折射率 η_1 和第二折射率 η_2 分別大於基本折射率 η_0 。因此，有 $\eta_1 \geq \eta_2 \geq \eta_0$ ，或者 $\eta_2 \geq \eta_1 \geq \eta_0$ 。

【0031】 給定以上討論並且使用當前示例性實施方式，現在可以討論光導管 600 的折疊角的定義。在本文的上下文中，術語“偏移角”（或“折疊角”）可以相對於光來定義，也就是說，從“光的視角”（“光學偏移角”或“光學折疊角”），或者相對於輸入光軸（光輸入光線 L0）和輸出光軸（光輸出光線 L3）的方向（“機械偏移角”或“機械折疊角”）來定義。在使用術語“偏移角”或“折疊角”而不指定光學或機械的情況下，本領域技術人員將理解，該參考包括光學和機械兩者。在這種情況下，光導管 600 的光學折疊角是限定在輸入光線 L0 與輸出光線 L3 之間的角度。如上所述，通過選擇、配置和優化光導管 600 的各種參數，可以實現適合所需光學引擎包絡的所需折疊角。參數的示例包括光學結構（P0、P1、P2、P3）的折射率（ η_0 、 η_1 、 η_2 、 η_3 ）、內部光學接合部的角度（ δ ）、光學結構的外表面的取向角（ α 、 β ）以及光學結構的入射面和出射面的取向角（ ψ 、 γ ）。注意，前面句子中尚未描述的元素標記法在下文中進行描述。

【0032】 基於當前描述，給定輸出光線 L3 的期望方向，可以確定折疊角，並且光導管 600 被設計成用於任何折疊角，包括零度（ 0° ）和 90° ，並且特別是包括除零度（ 0° ）和 90° 之外的折疊角，即具有不同於直線和垂直於輸入光軸的輸出光軸。

【0033】 圖 2B 示出了圖 2A 所示的實施方式的變型。可選地，外

側壁（在本文的上下文中也稱為“外壁”）可以塗覆有反射塗層。在當前實施方式中，光導管 600B 的第一外側壁 S24 可以塗覆有反射塗層，使得光路徑（在此情況下為光線 L2）在光導管 600B 內由第一外側壁 S24 以特定角度（第九角度， α ，“alpha”）另外反射成光線 L21。替選地或附加地，光導管 600 可以被構造成使得外側壁（在該情況下為第一外側壁 S24）使用全內反射（total internal reflection, TIR）來反射光路徑的一個或更多個部分。第四輔助線 S4 是垂直於輸入表面 S01 的構造線。第四輔助線 S4 與第一外側壁 S24 相交。第九角度（ α ）被限定在第四輔助線 S4 與第一外側壁 S24 之間。第九角度（ α ）用於幫助限定第一外側壁 S24 相對於光導管 600 的其他表面的取向。在當前實施方式中，光線 L21 在返回基本介質之前的人射角 θ_{23} 由等式 $\theta_{23} = \theta_{21} - (\delta - \gamma) - 2\alpha$ 給出。

【0034】 圖 3 是對應於圖 2B 的光導管 600C 的概圖，由此光路徑（L0、L1、L2、L21、L3）至少部分地由於兩個光學結構（P1、P2）的折射率的改變而折射，並且由光導管 600 的外側壁之一（第一外側壁 S24）反射。在當前圖中注意，輸入光線 L0 垂直於外部輸入表面 S01，輸入光線 L0 平行於輸入表面法線 R01，外部輸入角 θ_{01} 為 90° ，並且內部輸入角 θ_{10} 為 90° 。還應注意，輸出光線 L3 垂直於輸出表面 S23，輸出光線 L3 平行於輸出表面法線 R23，第四表面輸出角 θ_{23} 為 90° ，並且外輸出角 θ_{32} 為 90° 。

【0035】 在以上描述中，折疊角是相對於光來定義，也就是說，從“光的視角”或相對於光輸入光線 L0 和光輸出光線 L3 的方向來定義。替選地，可以相對於光導管 600 的元件的機械構造來描述折疊角。縱軸 R1 被限定為平行於第一光學結構 P1 的長尺寸 606。注意，縱軸 R1 不限於垂直於輸入表面 S01，也不限於平行於輸入光線 L0。在當前示例中，縱軸 R1 垂直於輸入表面 S01，並且平行於輸入光線 L0。在圖 2A 和圖 2B 的示例中，縱軸 R1 可以垂直於或可以不垂直於輸入表面 S01，並且可以平行於或可以不平行於輸入光線 L0。縱軸 R1 用作折疊角的輸入參考。輸出表面法線 R23 用作折疊角的輸出參考。然後，機械折疊角由縱軸 R1 與輸出表面法線 R23 之間的角度限定。

【0036】 在圖中，輸入表面 S01 通常被繪製為垂直於第一光學結構 P1 的縱軸 R1，然而，該實現方式不是限制性的，並且如在別處所述，輸入表面 S01 可以不垂直於（以除 90° 之外的角度傾斜，或傾斜）第一光學結構 P1 的縱軸 R1。

【0037】 第二光學結構 P2 通常與第一光學結構 P1 成一直線，因此第二光學結構 P2 的第二縱軸 R2 通常與第一光學結構 P1 的第一縱軸 R1 相同、平行或基本上在相同方向上。該實現方式不是限制性的，並且本領域技術人員將理解，第二光學結構 P2 的第二縱軸 R2 可以在除第一縱軸 R1 之外的方向上。在本說明書中，為了幫助清楚地限定光導管 600 的整體效果，第二光學結構 P2 的輸出相對於第一光學結構 P1（和第一縱軸 R1）來限定。注意，在圖中，為了簡單起見，光學結構表面（例如，輸入表面 S01、第一外側壁 S24 和輸出表面 S23）通常被繪製成平坦表面（直線），然而，該實現方式不是限制性的，並且光學結構的表面可以是其他形狀，例如是彎曲的。例如，輸入表面 S01、第二表面 S12 和/或輸出表面 S23 可以是彎曲的，從而在光導管的相應輸入和輸出處實現透鏡。

【0038】 雖然輸出表面 S23 可以是各種形狀，但是為了易於製造和機械附接到後續設備，通常優選是也垂直於光導管 600 的側面的直表面。

【0039】 在圖中，第一光學結構 P1 的第一寬度 W1 通常被繪製為基本上等於第二光學結構 P2 的第二寬度 W2。光學結構的寬度不一定相等，如以下描述的示例中的一些詳細描述的。與光導管 600 的長軸（例如縱軸 R1）相比，光學結構的寬度通常沿光導管 600 的短軸，換言之，通常垂直於縱軸 R1。

【0040】 圖 4 是類似於圖 3 的光導管 600C 的光導管 600D 的概圖。在當前圖中，光路徑，光線 L1，在第二表面 S12 處通過第一光學結構 P1 內部的菲涅耳反射而經歷附加反射 640，從而將光線 L12 朝向光導管 600D 的第四外側壁 S15 反射。在第四外側壁 S15 處的第二附加反射 642（通過全內反射）將光線 L13 朝向第二表面 S12 反射。光線 L13 從第一光學部件 P1 折射到第二光學部件 P2，繼續沿如上所述的光路徑。

【0041】 圖 5 是根據另一實施方式的類似於圖 4 的光導管 600D 的光導管 600E 的概圖。在本實施方式中，光學結構被實現為由相同材料所構成且由間隙 650——在此情況下為氣隙——分隔開的兩個稜鏡。在此情況下，界面 620 包括第二表面 S12、第三表面 S21 和間隙 650 的區域。第一稜鏡是具有第一折射率 n_1 的第一光學結構 P1，並且第二稜鏡 P11 是具有第一折射率 n_1 的另一光學結構。如上所述，該示例性實現方式不是限制性的，並且可以使用兩個或更多個光學結構。各個光學結構中的兩個或更多個光學結構可以具有不同的折射率，或者各個光學結構中的兩個或更多個光學結構可以具有相同的折射率。針對第二光學結構 P2 將外側壁指定為第一外側壁 S24、第二外側壁 S25，並且針對第一光學結構 P1 將外側壁指定為第三外側壁 S14 和第四外側壁 S15。確定（空氣）間隙 650 相對於稜鏡（P1、P11）的外側壁（S14、S15、S24、S25）的角度和間距以及光學結構表面（第二表面 S12 和第三表面 S21，例如其可以彼此平行或不平行）的角度，使得在光導管內部（在光線 652 之間）傳播的整個範圍的有用光線在氣隙處通過全內反射被反射，然後從第四外側壁 S15 反射（通過全內反射），以小於臨界角的角度再次入射在氣隙處，並且從而經由氣隙 650 從第一稜鏡 P1 傳輸到第二稜鏡 P11。結果，光束（在光線 652 之間）變窄（在光束 654 之間的範圍）並轉向。在氣隙 650 處反射之後，如果存在第一稜鏡 P1 上部第四外側壁 S15 的反射，其以低於臨界角入射以防止在氣隙 650 處透射，則可以將反射鏡（例如，反射塗層或反射表面）施加到上部第四外側壁 S15 發生反射的區域。

【0042】 圖 6 示出了圖 2B 所示的實施方式的變型，其具有圖 7 所示的附加部件，在該變型中存在主光線的兩次內反射（光路徑 L0、L1、L2、L21、L22、L3）。在當前實施方式中，在第二光學結構 P2 中，光導管 600F 的第一外側壁 S24 可以塗覆有反射塗層，使得光路徑（在這種情況下為光線 L2）在光導管 600F 內以特定角度（第九角度， α ，“alpha”）由第一外側壁 S24 另外反射至光線 L21。類似地，光導管 600F 的第二外側壁 S25 可以塗覆有反射塗層，使得光路徑（在這種情況下為光線 L21）在光

導管 600F 內由第二外側壁 S25 以特定角度（第十角度， β ）另外反射至光線 L22。替選地或附加地，光導管 600 可以被配置成使得外側壁（在這種情況下為第一外側壁 S24 和第二外側壁 S25）使用全內反射（total internal reflection，TIR）來反射光路徑的一個或更多個部分。

【0043】 第五輔助線 S5 是垂直於輸入表面 S01 的構造線。第五輔助線 S5 與第二外側壁 S25 相交。第十角度（ β ）被限定在第五輔助線 S5 與第二外側壁 S25 之間。第十角度（ β ）用於幫助限定第二外側壁 S25 相對於光導管 600 的其他表面的取向。在該實施方式中，在返回第二介質 P3 之前的光軸的入射角 θ_{23} 由等式 $\theta_{23} = \theta_{21} - (\delta - \gamma) - 2 * \alpha - 2 * \beta$ 給出。

【0044】 圖 7 為根據圖 6 的實施方式的光導管 600F 的概圖，為清楚起見，未示出圖 6 中的所有的元件。在當前圖中，第二光學結構 P2 的側壁（S24，S25）彼此平行，並且垂直於輸入表面 S01。因此，第四輔助線 S4 與第一外側壁 S24 平行、一致，並且第九角度（ α ）是零（ 0° ）。類似地，第五輔助線 S5 與第二外側壁 S25 平行、一致，並且第十角度（ β ）是零（ 0° ）。

【0045】 圖 8 示出了圖 9 所示的實施方式的變型的表示，還包括輸入表面 S01 是傾斜的。結合任何上述實施方式，光導管 600 可以是成角度的，使得入射面、外部輸入表面 S01（即，基本介質 P0 與第一光學結構 P1 之間的界面）以特定角度（第十一角度 ψ “psi”）傾斜。注意，圖 8 中所示的表示是圖 6 中所示的具有額外傾斜角 ψ 的表示。傾斜角也可以應用於其他表示，例如圖 2B。類似於以上描述，第六輔助線 S6 是構造線，現在代替輸入表面 S01 用作參考，因為輸入表面 S01 現在是傾斜的。第六輔助線 S6 與輸入表面 S01 相交。第十一角度（ ψ ）限定在第六輔助線 S6 與輸入表面 S01 之間。第十一角度（ ψ ）用於幫助限定輸入表面 S01 相對於光導管 600G 的其他表面的取向。

【0046】 圖 9 是根據本發明的另一個實施方式的光導管 600G 的概圖，其中光導管的外側壁（即，兩個光學結構的外側壁）是錐形的，導致具有錐形側壁的光導管。第一光學結構 P1 在輸入端 602 處具有第一寬度

W1，在當前圖中該第一寬度也是輸入表面 S01 的寬度。第一光學結構 P1 的寬度在光路徑（光線 L1）的方向上沿縱軸 R1 增加到第二表面 S12 附近的第三寬度 W11。第二光學結構 P2 在第三表面 S21 附近具有第四寬度 W22。第二光學結構 P2 的寬度在光路徑（L2、L21、L22）的方向上沿縱軸 R1 從第二表面 S12 朝向輸出表面 S23 減小到輸出表面 S23 附近的第二寬度 W2。替選地，（當前圖中未示出）第一光學結構 P1 的寬度可以沿縱軸 R1 減小或保持恆定，並且第二光學結構 P2 的寬度可以沿縱軸 R1 增大或保持恆定。

【0047】 在當前圖中，示出了用於第一外側壁 S24 的第九角度 (α) 和第四輔助線 S4，以及用於第二外側壁 S25 的第十角度 (β) 和第五輔助線 S5。對於第三外側壁 S14 和第四外側壁 S15 未示出對應的輔助線和角度。基於該描述，本領域技術人員將能夠適當地處理這些元素。

【0048】 圖 10 是光導管 600I 的概圖，其中具有相等的接合表面角的光導管的不同結構（部分）由氣隙 660 分開。在當前示例性圖中，光學結構是可以具有相同或不同折射率的兩個結構（P1、P2）。當前圖類似於圖 5。與其中第二表面 S12 和第三表面 S21 彼此平行的圖 5 的示例性實施方式相比，在當前示例性圖中，第二表面 S12 和第三表面 S21 彼此成間隙角 1000。在該情況下，界面 620 包括第二表面 S12、第三表面 S21 和間隙 660 的區域。雖然第二表面 S12 垂直於縱軸 R1（並且平行於輸入表面 S01），但是第三表面 S21 相對於縱軸 R1 傾斜，並且因此界面 620 被認為相對於光導管 600 的縱軸 R1 傾斜。

【0049】 圖 11 和圖 12 是光導管（600J，600K）的概圖，其中不同的光學結構（P1，P2）由間隙 670 分開，該間隙 670 可選地填充有具有相應間隙折射率 η_4 的光學介質 672。在此情況下，界面 620 包括第二表面 S12、第三表面 S21、間隙 670 和光學介質 672 的區域。光學介質包括例如光學接合劑和光學凝膠。對於三個結構[第一光學結構 P1 (η_1)、第二光學結構 P2 (η_2)、間隙 670 (η_4)]應當使用至少兩個不同的折射率，使得光路徑沿縱軸 R1 折射。雖然當前圖被繪製為在平行表面之間——在這種情況下，第二表面 S12 和第三表面 S21——具有間隙 670，但是該實施方式不

是限制性的，並且間隙 670 可以包括如參照圖 10 所描述の間隙角 1000。在通過光學介質進行分離的實施方式中，為了提高效率，可以在兩個不同折射率的界面 620 之後的光導管的部分處增加光導管的外側壁之間的距離（寬度）（即，使光導管變寬）。可選地，可以在不同的光學結構之間添加一個或更多個抗反射塗層，例如，以提高從第一光學部件 P1 到第二光學部件 P2 的光傳輸效率。

【0050】 圖 11 示出了光導管 600J，其中外側壁之間的距離在這種情況下保持恒定，導致光損失，即效率降低。在當前圖中，第一光學結構 P1 的第一寬度 W1 基本上等於第二光學結構 P2 的第二寬度 W2。輸出光線 L33 的一部分處於頻帶 W33 中，該部分光線將不與光束的其餘部分（輸出光線 L3）一起離開光導管 600J，而是將具有從上表面（第一外側壁 S24）的附加反射，並且將丟失於系統（不在從輸出表面 S23 的輸出角的可用範圍內輸出）。

【0051】 圖 12 示出了光導管 600K，其中在界面 620 之後的部分中（在間隙 670 之後、第二光學結構 P2），外側壁（第一外側壁 S24 和第二外側壁 S25）之間的距離從第二寬度 W2 增加到第五寬度 W23，從而保持效率，如可以看到的所有輸出光線 L31 從輸出表面 S23 輸出。在這種情況下，第五寬度 W23 大於第二寬度 W2。結果是光導管 600K 具有比第一部分（對應於第一光學結構 P1，即稜鏡）寬的第二部分（對應於第二光學結構 P2，即稜鏡）。

【0052】 圖 13A 是由（形成為具有傾斜的入射面 1302 和出射面 1304 的板型結構的）單個基本光學結構 1310 構造的光導管 1300A 的概圖。光學結構 1310 可以通過採用矩形板並在板的端部處進行相應的對角切割來形成。所得到的光導管 1300A 在紙平面的橫截面中具有梯形形狀。當實現為等腰梯形時，通過入射面 1302 進入光導管 1300A 的輸入光 L0 的入射角與通過出射面 1304 耦出該光導管 1300A 的光 L4 的角，是相等的。

【0053】 圖 13B 是圖 13A 的光導管 1300A 的概圖，其中 L0 中的光相對於入射面 1302 成不同的角度。儘管圖 13A 所示的光導管 1300A 具

有由單個結構（基板 1310）形成的優點，但是光導管 1300A 可能遭受耦出光損失，即效率降低，如所示出的輸出光 L5 從光導管 1300A 的外壁耦出而不是從出射面 1304 耦出。

【0054】 圖 13C 是包括圖 13A 和圖 13B 所示實施方式的變型的光導管 1300B 的概圖。本實施方式，光導管 1300B，避免了耦出光 L5 損失，從而保持了效率。在該實施方式中，為耦出楔（例如稜鏡）型式的附加光學結構 1312 附接到單個基本光學結構 1310。在這種情況下，可以通過在單個基本光學結構 1310 的右端（如在紙上繪製的非限制性方向參考）進行垂直切割形成單個基本光學結構 1310 的出射面 1306 來代替單個光學結構的先前出射面 1304，從而在紙平面的橫截面中產生直角梯形。兩個光學結構（1310，1312）可以具有不同的折射率，或者可以具有相同的折射率，以便防止在兩個光學結構（1310，1312）之間的接合表面（即，界面 620）處的不期望的反射/折射。光導管 1300B 現在具有來自附加光學結構 1312 的新的輸出表面 1308。

【0055】 圖 13D 是圖 13C 的光導管 1300B 的概圖，其示出了耦入損失。雖然當前光導管 1300B 避免了耦出光 L5 損失，但至少部分由於形成單個基本光學結構 1310 的材料的折射率，光導管 1300B 可能遭受耦入光 L6 損失。如在當前圖中所見，如果單個基本光學結構 1310 的折射率不足夠高，則通過入射面 1302 進入單個基本光學結構 1310 的光線 L0 中的一些可以以陡峭的角度折射，使得當折射的光線撞擊單個基本光學結構 1310 的底部表面時，折射的光線在單個基本光學結構 1310 內可以不經歷全內反射。因此，形成兩個光學結構（1310，1312）的材料優選具有足夠高的折射率（優選 1.60 及以上），使得通過入射面 1302 進入單個基本光學結構 1310 的光線 L0 以足夠淺的角度折射，從而當撞擊單個基本光學結構 1310 的底部表面時發生全內反射（TIR）。

【0056】 圖 13E 是圖 13C 和圖 13D 的光導管 1300B 的概圖，其中單個基本光學結構 1310 由具有足夠高的折射率的材料製成，使得輸入光 L0 在輸入表面 1302 處以足夠高的角度折射而撞擊單基光學結構 1310 的底

部表面時產生 TIR。

【0057】 圖 13F 是作為圖 13C 的光導管 1300B 的變型的光導管 1300C 的概圖。在當前圖中，輸入表面 1302A 在紙上從輸入表面 1302 垂直地“翻轉”，為單個基本光學結構 1310 提供從前面描述的光導管 1300B 的輸入表面 1302 旋轉 90°的輸入表面 1302A。光導管（1300B、1300C）二者的功能得以保持。

【0058】 圖 13G 是圖 13C 所示實施方式的變型的概圖。光導管 1300B 是光學設備的一部分，在該光學設備中準直透鏡 1320 被佈置在單個基本光學結構 1310（即，梯形結構）的入射面 1302 處或附近。準直透鏡的使用減小了光源光束 L7 的角度範圍，從而減小了輸入光線 L0 到光導管 600 的耦入損失。準直透鏡 1320 可以經由光學接合劑附接到入射面 1302，或者可以被佈置在入射面 1302 附近，其中在準直透鏡 1320 與入射面 1302 之間保持氣隙。在保持氣隙的實施方式中，準直透鏡 1320 可以經由機械裝置保持在適當位置。光源 610 向準直透鏡 1320 提供光，該準直透鏡使所提供的光準直並且向入射面 1302 輸出光的準直光束 L01。當前配置導致準直的輸出光束 L31。

【0059】 圖 13H 是圖 13G 所示實施方式的變型的概圖。在當前實施方式中，使用菲涅耳透鏡 1330 代替準直透鏡 1320。與使用準直透鏡 1320 相比，使用菲涅耳透鏡 1330 具有以下優點：提供覆蓋單個基本光學結構 1310 的入射面的更寬角度範圍的光線 L01。使用菲涅耳透鏡 1330 的另一個優點是機械的，與準直透鏡 1320 相比，對於相同的體積提供較小的焦距。菲涅耳透鏡 1330 可以類似於準直透鏡 1320 的上述佈置（例如通過光學接合劑或氣隙）被配置在光學裝置中，在該光學裝置中具有單個基本光學結構 1310。

【0060】 圖 13I 是圖 13A 和圖 13G 所示實施方式的變型的概圖。在當前實施方式中，使用錐體 1340（例如由玻璃或塑膠製成）代替準直透鏡 1320。使用錐體 1340 具有使用反射代替折射的優點。錐體 1340 比準直透鏡 1320 更好地收集光源光束 L7，部分是因為光源 610（例如，LED）可

以與錐體 1340 的入口接觸。通常，當使用諸如準直透鏡 1320 的規則透鏡時，需要在光源 610 與透鏡表面之間保持距離。例如，光源可能需要在透鏡的焦平面處以正確地工作。結果，高角度光線從光源光束 L7 中損失。使用錐體 1340，可以從光源光束 L7 收集相對更高角度的光線。在替選實施方式中，代替使用錐體 1340，可以使用具有彎曲（非直）側壁的反射透鏡。錐體 1340 可以與準直透鏡 1320 的上述佈置類似地（例如通過光學接合劑或氣隙）被配置在光學裝置 1300D 中，該光學裝置 1300D 具有單個基本光學結構 1310。

【0061】 在當前圖中，單個基本光學結構 1310 的輸出是如以上參照圖 13A 所述的出射面 1304。在當前實施方式中，漫射體 1350 被配置成鄰近出射面 1304。使用漫射體的一個示例性優點是更好的顏色混合。在光導管的輸出處使用漫射體並將其用作光學裝置的部件是可選的實施方式。

【0062】 根據某些實施方式，形成光導管的光學結構可以被佈置成使得在入射面/孔徑 S01 處的光軸 R01（即，在基本介質 P0 與第一光學結構 P1 之間的界面）與在出射面/孔徑 S23 處的光軸 R23（即，在第二光學結構 P2 與基本介質 P3 之間的界面）正交。

【0063】 根據某些實施方式，抗反射塗層可以被施加到形成光導管的兩個光學結構之間的接合表面（即，界面 620，其中兩個表面相鄰，或在與氣隙相鄰的表面上）。

【0064】 根據某些實施方式，反射塗層可以被施加到光導管的外表面（外側壁）中的一些或全部。

【0065】 根據某些實施方式，折射率匹配的光學接合劑或光學凝膠可以被佈置在形成光導管的兩個光學結構之間。光學接合劑或光學凝膠的折射率可以與構造光學結構的並置材料之一匹配。

【0066】 根據某些實施方式，具有故意不匹配的折射率的光學接合劑或光學凝膠可以被佈置在形成光導管的兩個光學結構之間。

【0067】 本領域技術人員將理解一般光導管操作的典型尺寸和要​​求。例如，光導管（600）的長尺寸（606）通常被稱為光導管 600 的長度，

並且比光導管的短尺寸（寬度）長得多（例如，大一個數量級）。光導管 600 的橫截面通常是矩形的，然而，這不是限制性的，並且可以使用其他橫截面，例如圓形。光導管 600 的典型厚度是從 1 mm 至 5 mm。光導管 600 的典型長度是從 10 mm 至 60 mm。

【0068】 光導管 600 將光（輸入光線 L0）從輸入表面 S01 傳送到輸出表面 S23，優選地具有可忽略的照明強度損失。本發明的實施方式改變入射光的取向，光以給定的孔徑進入光導管 600，並以基本上類似的孔徑離開光導管 600。光的光路徑被重定向，使通過光導管 600 的光路徑偏離。

【0069】 輸入光的角度範圍可以變化。例如，L0 中的光可以是 0° 與 $\pm 60^\circ$ 之間的外部輸入角 θ_{01} （為簡單起見，提及僅 $\pm 60^\circ$ ）。L0 可以是源自光源 610 並撞擊外部輸入表面 S01 的光錐的任何光線。另一非限制性示例，輸入光 L0 可以繞輸入表面法線 R01 非對稱，例如在 -30° 與 $+40^\circ$ 的角度之間。目前使用的 LED 源包括 $\pm 90^\circ$ 的可能輸入。類似地，光輸出 L3 可以是 0° 與 $\pm 60^\circ$ 之間的輸出角度 θ_{32} （為簡單起見，提及僅 $\pm 60^\circ$ ）。另一非限制性示例，光輸出 L3 可以繞輸出表面法線 R23 非對稱，例如在 -20° 與 $+30^\circ$ 的角度之間。一個優選的實現方式是 $\pm 40^\circ$ 的輸出範圍。圖 9 的光導管 600G 可以用於改變光輸出 L3 的角度範圍。例如，使第二光學結構 P2 成椎形可用於減小輸出角的範圍和/或將傳播光線集中到感興趣的角度。類似地，如果輸入角的範圍比輸出處的期望範圍更寬（更大），則第二光學結構 P2 可以是錐形的以減小輸出角的範圍。類似地，如果輸入角的範圍比輸出處的期望範圍窄（小），則第二光學結構 P2 的寬度可以增加（從第四寬度 W22 增加至第二寬度 W2）以增大輸出角的範圍。

【0070】 圖 14A 是光導管的替選實現方式的概圖。儘管至此描述的實施方式涉及由具有彼此不同的折射率的兩個主要光學結構（例如，稜鏡，例如第一光學結構 P1 和第二光學結構 P2）構造的光導管，但是其中單個主要光學結構（即，塊，在當前圖中為第一光學結構 P1）與例如佈置在塊的輸出表面 S12 處的微稜鏡陣列 1360 結合使用的其他實施方式也是可

能的。當前圖示出了這樣的實施方式，其中光導管保持在單個主塊（P1）中，並且在塊輸出處的輻射光 L31 的方向可以經由在塊輸出處的微稜鏡陣列 1360 來調節。微稜鏡陣列 1360 可以用於將輻射光 L31 的方向改變為不垂直於表面 S12。替選地，通過在塊輸出 S12 處佈置可商購的轉向膜（Direction Turning Film，DTF）可以實現相同或類似的功能。

【0071】 圖 14B 是圖 14A 所示實施方式的變型的概圖。在當前圖中，漫射體 1350 被佈置在微稜鏡陣列 1360 的輸出處。漫射體 1350 具有進一步擴散由微稜鏡陣列輸出的光的效果，以覆蓋角度 L32 的更寬的範圍，以及/或者改進顏色混合。漫射體 1350 可以用於實現圍繞（輸出光線 L31 的）中心光線的角度範圍，如角度 L32 所示。

【0072】 圖 14C 是圖 13C、圖 13E 和圖 13G 所示實施方式的變型的概圖，其中，漫射體 1350 設置在附加光學結構 1312（即楔型物（稜鏡））的輸出端 1308。類似於參照圖 14B 描述的實施方式，圖 14C 的漫射體 1350 擴散由附加光學結構 1312 輸出的光 L32，以便覆蓋更寬的角度範圍和/或改進顏色混合。

【0073】 圖 15A 是圖 13C 至圖 13I 的光導管的側視圖的概圖。圖 15B 是圖 15A 的光導管的俯視圖的概圖。當前圖式至少部分地限定了耦出楔（附加光學結構 1312）的尺寸，以避免來自單個基本光學結構 1310 的光的損失，以從新的輸出表面 1308 輸出。“Y”是耦出楔的最小長度（沿從單個基本光學結構到輸出表面的邊緣），“h”是單個基本光學結構 1310 的高度，“Z”是光導管從輸入表面到輸出表面的長度，“a”是入射光線從光導管的側面反射成與楔的延伸部分和光導管的另一表面相遇的地方相交的角度，“H”是耦出光線的高度（從楔/附加光學結構 1312 的邊緣到輸出表面），“V”是楔超出光導管基本光學結構 1310 的高度，以及“ θ ”是輸出表面與基本光學結構 1310 的表面之間的楔的角度。

【0074】 “ $Y=h \tan a Z$ ”是為了避免在光導管 1500 中通過 TIR 傳播的光線產生損失的耦出楔（附加光學結構 1312）的最小長度。

【0075】 “ $H=h+[V/[1+[\tan \theta/\tan a]]]$ ”，其中“H”是耦出楔（附加光

學結構 1312) 的最小高度。

【0076】 允許充分顏色混合的典型比率是“ $5 < [Z/h] < 10$ ”。

【0077】 圖 16A 是傳統折疊光導管 1600 的概圖，其使用反射塗層 1606 (即，鏡塗層) 來實現輸入光 1602 到輸出光 1603 的光路徑的重定向。在當前配置中，光在經由至少兩個光線佈置傳播通過光導管 1600 期間可能產生損失，例如，輸入光 1604 作為損失的輸出光 1605 耦出，以及輸入光 1608 作為損失的輸出光 1609 耦出 (逸出)。

【0078】 注意，為了在當前和下一圖中清楚起見，未示出光路徑的折射。

【0079】 圖 16B 是改進的光導管 1610 的概圖。在當前實施方式中，界面 1620 被配置在第一光學結構 P1 與第四光學結構 P4 之間，並且還被配置在第四光學結構 P4 與第二光學結構 P2 之間。第四光學結構 P4 具有鏡面內表面 1606，該鏡面內表面 1606 被配置在第四光學結構 P4 的不同於與第一光學結構 P1 和第二光學結構 P2 鄰接的側面的側面上。典型的界面 1620 使用低折射率光學接合劑。該低折射率界面 1620 允許低角度的傳播光線 (相對於表面的法線) 穿過界面 1620，並且高角度的傳播光線將通過 TIR 反射。

【0080】 界面 1620 (每個界面，如示例性界面 1620A 和界面 1620B 所示) 至少部分地生成 TIR 1616 (如相應的示例性 TIR 1616A 和 TIR1616B 所示) 並且避免光損失。在當前圖中，界面 1620 導致區域 1616 處的 TIR。傳播的輸入光 1604 在界面 1620B 處經歷 TIR 1616B，光繼續通過第二光學結構 P2，並且作為輸出光 1615 離開光導管 1610 的輸出表面。傳播的輸入光 1608 在界面 1620A 處經歷 TIR 1616A，光繼續通過第二光學結構 P2，並且作為輸出光 1619 離開光導管 1610 的輸出表面。因此，使用附加低折射率界面 1620 的當前實施方式來保持 (1615, 1619) 在常規實現 (圖 16A, 1605, 1609) 中損失的兩個光線佈置 (輸入光 1604 和輸入光 1608)。

【0081】 在替選實施方式中，界面 1620 可以用氣隙來實現。在當

前圖中，在非限制性實現方式中，輸入表面 S01 和輸出表面 S23 相對於鏡 1606 的傾斜以相反方向（例如，正交）傾斜。如上所述，輸入表面 S01 的傾斜可以使用第十一角度 (ψ) 來描述，並且輸出表面 S23 的傾斜可以使用第八角度 (γ) 來描述。

【0082】 圖 16C 是圖 16B 的改進的光導管 1610 的概圖，但是以三維 (3D) 繪出並且具有輸入和輸出表面的替選的傾斜和旋轉。在光導管 1630 的當前實施方式中，輸入表面 S01 和輸出表面 S23 相對於鏡 1606 的傾斜以相同的方向傾斜（例如，平行）。如上所述，輸入表面 S01 和輸出表面 S23 可以相對於光導管 600 的軸以任何角度傾斜。優選地，輸入表面 S01 和輸出表面 S23 傾斜 0° （零）至 45° ，並且優選地傾斜 45° 。輸入表面也可以沒有傾斜，即是直的，如上例如參照圖 2A 所述的光導管 600A 和參照圖 3 所述的光導管 600C。

【0083】 此外，在當前實施方式中，輸入表面 S01 和輸出表面 S23 旋轉。如箭頭 1601 所示，輸入表面 S01 相對於第一光學結構 P1 的（第一）縱軸 R1 旋轉。類似地，如箭頭 1623 所示，輸出表面 S23 相對於第二光學結構 P2 的第二縱軸 R2 旋轉。輸入表面 S01 和輸出表面 S23 可以相對於光導管 600 的軸以任何角度旋轉。優選地，輸入表面 S01 和輸出表面 S23 旋轉 90° 的增量 (0° 、 90° 、 180° 、 270°)。

【0084】 基於當前描述，本領域技術人員將能夠選擇和設計界面 1620 的折射率（例如，選擇具有適當折射率的光學接合劑），該折射率足夠接近光學結構 (P1、P2) 的折射率以避免光線通過 TIR 向後（朝向輸入表面）反射，但是與光學結構 (P1、P2) 的折射率足夠不同（足夠遠）以實現足夠的 TIR 來避免光從光導管 600 的側面逸出。

【0085】 注意，參考當前圖式描述的光導管 1630 的旋轉可應用於所有上述光導管 600。

【0086】 注意，上述示例、所使用的數字和示例性計算用於說明描述該實施方式。無意的印刷錯誤、數學錯誤和/或簡化計算的使用不會減損本發明的實用性和基本優點。

【0087】 就所附請求項是在沒有多項引用的情況下撰寫的而言，這僅僅是為了適應不允許這樣的多項引用的管轄區域的形式要求。注意，通過使請求項多項引用而暗示的所有可能的特徵組合被明確地設想到並且應被視為是本發明的一部分。

【0088】 已經出於說明的目的給出了對本發明內容的各種實施方式的描述，但是其並非旨在是窮舉的或限於所公開的實施方式。在不脫離所描述的實施方式的範圍和精神的情況下，許多修改和變化對於本領域的普通技術人員將是明顯的。選擇本文所使用的術語以最好地解釋實施方式的原理、實際應用或對市場中發現的技術改進，或使本領域的其他普通技術人員能夠理解本文所公開的實施方式。

【0089】 如本文所用，單數形式（“a”、“an”和“the”）包括複數引用，除非上下文另外明確地指出。

【0090】 詞語“示例性”在這裡用於表示“用作示例、實例或說明”。被描述為“示例性”的任何實施方式不必被解釋為比其他實施方式優選或有利和/或排除來自其他實施方式的特徵的結合。

【0091】 應當理解，為了清楚起見在單獨的實施方式的上下文中描述的本發明的某些特徵也可以在單個實施方式中組合提供。相反，為了簡潔起見在單個實施方式的上下文中描述的本發明的各種特徵也可以單獨地或以任何合適的子組合或根據需要在本發明的任何其他描述的實施方式中提供。在各種實施方式的上下文中描述的某些特徵不應被認為是這些實施方式的必要特徵，除非該實施方式在沒有這些元件的情況下是不可操作的。

【符號說明】

【0092】

600,600A,600B,600C,600D,600E,600F,600G,600I,600J,600K,1300A,1300B,
1300C,1300D,1500,1600,1610,1630:光導管

602:輸入端

604:輸出端

606:長尺寸
610:光源
612:投影光學器件
620,1620,1620A,1620B:界面
640:附加反射
642:第二附加反射
650,660,670:間隙,氣隙
652,1602,1603,1604,1605,1608,1609,1615,1619,L0,L1,L2,L3,L4,L5,L6,L7,L9,
L12,L13,L21,L22,L31,L32,L33:光線
654:光束
672:光學介質
1000:間隙角
1302:入射面
1302A,S01:輸入表面
1304,1306:出射面
1308,S23:輸出表面
1310:基本光學結構,基板
1312:附加光學結構,楔型物(稜鏡)
1320:準直透鏡
1330:菲涅耳透鏡
1340:錐體
1350:漫射體
1360:微稜鏡陣列
1601,1623:箭頭
1606:反射塗層,鏡塗層
1616,1616A,1616B:全內反射
P0:第一基本介質,稜鏡
P1:第一光學結構,稜鏡

P2:第二光學結構

P3:第二基本介質

P4:第四光學結構

P11:第二稜鏡

R01:光軸,輸入表面法線

R1,R2:縱軸

R12:第二表面法線

R23:光軸,輸出表面法線

S2:第二輔助線

S3:第三輔助線

S4:第四輔助線

S5:第五輔助線

S6:第六輔助線

S12:第二表面

S14:第三外側壁

S15:第四外側壁

S21:第三表面

S24:第一外側壁

S25:第二外側壁

W1:第一寬度

W2:第二寬度

W11:第三寬度

W22:第四寬度

W23:第五寬度

W33:頻帶

η_0 :基本折射率

η_1 :第一折射率

η_2 :第二折射率

η_3 :第三折射率

η_4 :相應間隙折射率

θ_{01} :外輸入角

θ_{10} :內輸入角

θ_{12} :第二表面輸出角

θ_{21} :第三表面輸入角

θ_{23}, θ_{32} :第四表面輸出角

申請專利範圍

1. 一種裝置，包括：

光導管，所述光導管具有外側壁，所述光導管至少包括：

(i) 第一光學結構，所述第一光學結構具有第一折射率、在所述光導管的近端處的輸入表面、以及第二表面，以及

(ii) 第二光學結構，所述第二光學結構具有不等於所述第一折射率的第二折射率、第三表面、以及在所述光導管的遠端處的輸出表面，其中，所述光導管的所述遠端與近端相對；

其中，所述第一光學結構和所述第二光學結構位於所述光導管內；
所述光導管具有在所述輸入表面與所述第二表面之間的方向上平行於所述第一光學結構的長尺寸的縱軸，以及

在所述第二表面與所述第三表面之間的界面，所述界面相對於所述光導管的所述縱軸傾斜，使得平行於所述縱軸注入到所述輸入表面的輸入光線從所述外側壁中的一個外側壁內反射並且從所述輸出表面輸出，作為不平行於所述輸入光線的輸出光線。

2. 如請求項1 所述的裝置，其中，所述縱軸與輸出表面法線之間的角度是所述光導管的機械偏移角，所述機械偏移角不是零度（0°），所述輸出表面法線垂直於所述第二光學結構的所述輸出表面。

3. 如請求項1 所述的裝置，其中，至少所述第一光學結構和所述第二光學結構限定光通過所述光導管的光路徑，所述光路徑至少部分地由所述光通過以下操作限定：

(a) 經由所述輸入表面耦入，

(b) 穿過所述第一光學結構，

(c) 從所述第二表面至所述第三表面經由所述界面從所述第一光學結構折射至所述第二光學結構，

(d) 穿過所述第二光學結構，以及

(e) 經由所述輸出表面耦出所述第二光學結構。

4. 如請求項3 所述的裝置，其中，所述第一光學結構和所述第二光學結構的至少一個外側壁塗覆有反射塗層，所述反射塗層將所述光路徑約束在所述光導管內。

5. 如請求項1 所述的裝置，其中，抗反射塗層被添加到所述至少第一光學結構和第二光學結構的至少一個表面。

6. 如請求項1 所述的裝置，其中，所述第二表面鄰接所述第三表面。

7. 如請求項1 所述的裝置，其中，所述第二表面通過間隙與所述第三表面分開。

8. 如請求項7 所述的裝置，其中，所述間隙填充有選自包括以下的組的材料：

- (a) 空氣，
- (b) 光學接合劑，以及
- (c) 光學凝膠。

9. 如請求項 7 所述的裝置，其中，所述第三表面相對於所述第二表面以間隙角配置。

10. 如請求項 7 所述的裝置，其中，所述第一光學結構具有第一寬度，並且所述第二光學結構具有第五寬度，所述第五寬度大於所述第一寬度。

11. 如請求項 1 所述的裝置，其中，所述第一光學結構的第三寬度和/或所述第二光學結構的第四寬度沿所述光導管的縱軸變化。

12. 如請求項 1 所述的裝置，其中，所述輸出表面相對於所述光導管的所述縱軸成第八角度以及/或者所述輸入表面相對於所述光導管的所述縱軸成第十一角度。

13. 如請求項 1 所述的裝置，還包括光源，所述光源向所述光導管的所述輸入表面提供輸入光。

14. 如請求項 1 所述的裝置，還包括投影光學器件，所述光導管被配置成提供所述輸出光線作為所述投影光學器件的輸入。

15. 如請求項 1 所述的裝置，其中，所述光導管的所述長尺寸比所述光導管寬度大至少一個數量級。

16. 一種裝置，包括：

光導管，所述光導管具有外側壁，所述光導管至少包括：

(i) 第一光學結構，所述第一光學結構具有第一折射率、在所述光導管的近端處的輸入表面、以及第二表面，以及

(ii) 第二光學結構，所述第二光學結構具有所述第一折射率、第三表面、以及在所述光導管的遠端處的輸出表面，其中，所述光導管的所述遠端與近端相對，

其中，所述第一光學結構和所述第二光學結構位於所述光導管內，所述光導管具有在所述輸入表面與所述第二表面之間的方向上平行於所述第一光學結構的長尺寸的縱軸，以及

在所述第二表面與所述第三表面之間的界面，所述界面相對於所述光導管的所述縱軸傾斜，使得平行於所述縱軸注入到所述輸入表面的輸入光線從所述外側壁中的一個外側壁內反射並且從所述輸出表面輸出，作為不平行於所述輸入光線的輸出光線，

其中，所述第二表面通過間隙與所述第三表面分開。

圖式

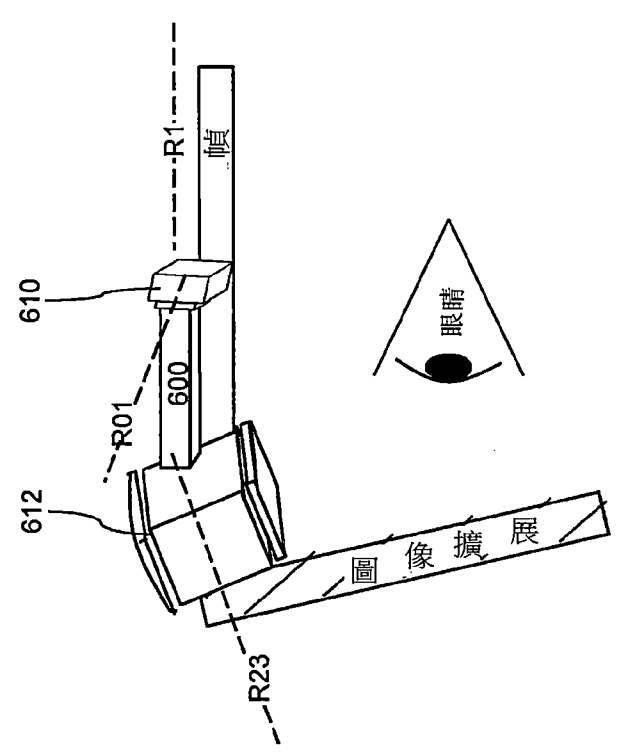


圖 1

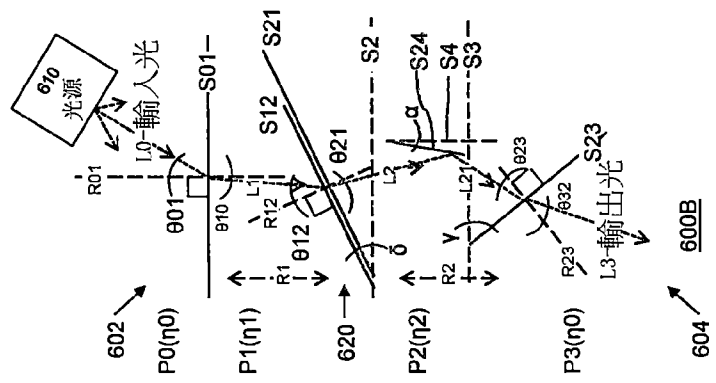


圖 2B

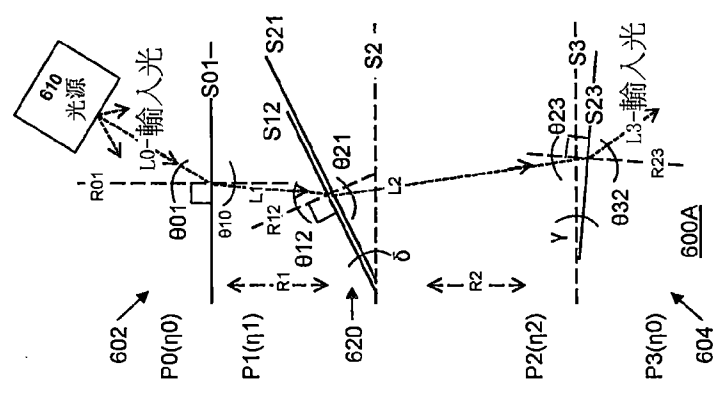


圖 2A

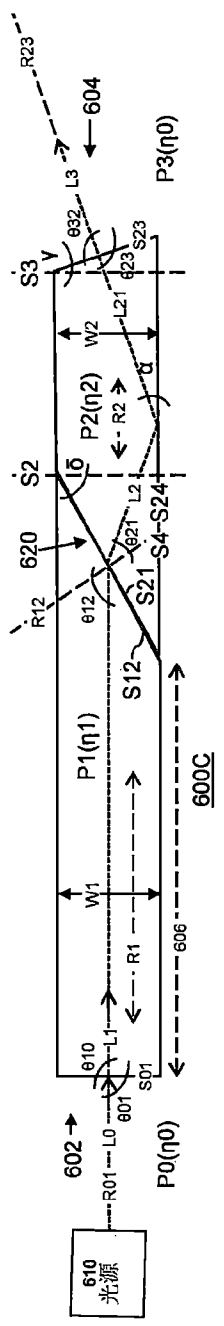


圖 3

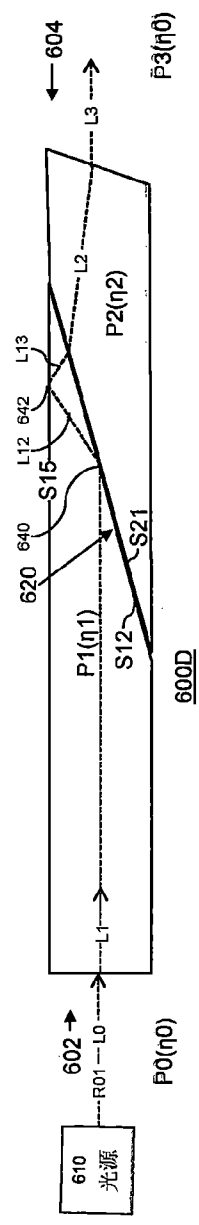


圖 4

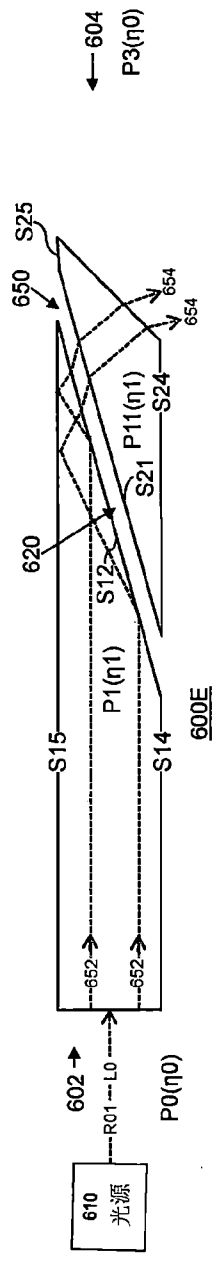


圖 5

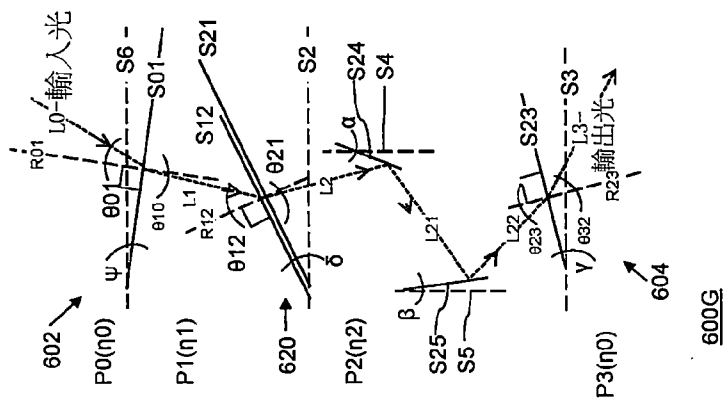


圖 8

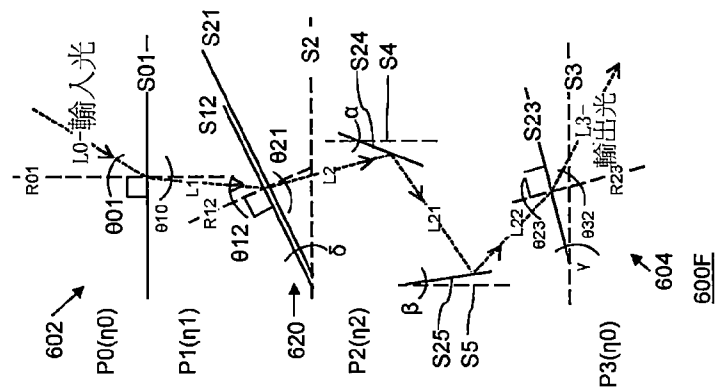


圖 6

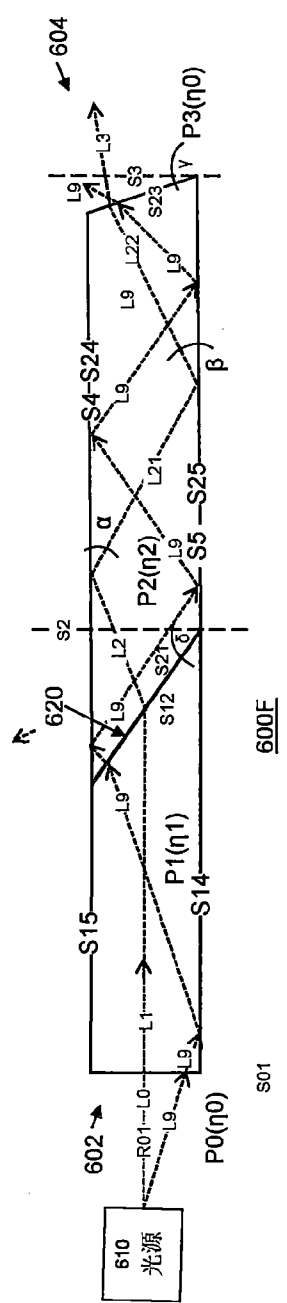


圖 7

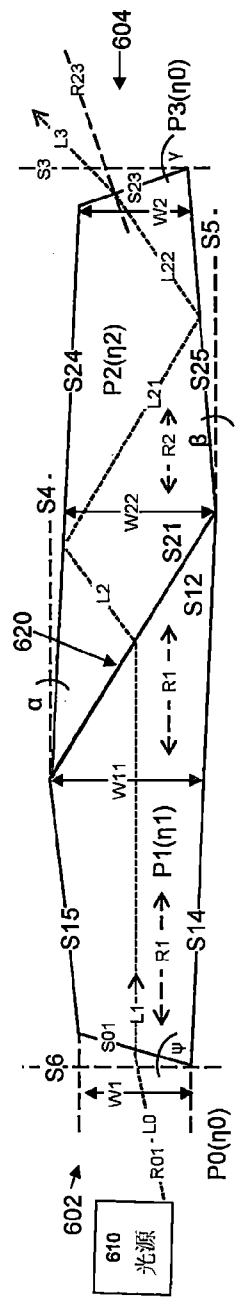


圖 9

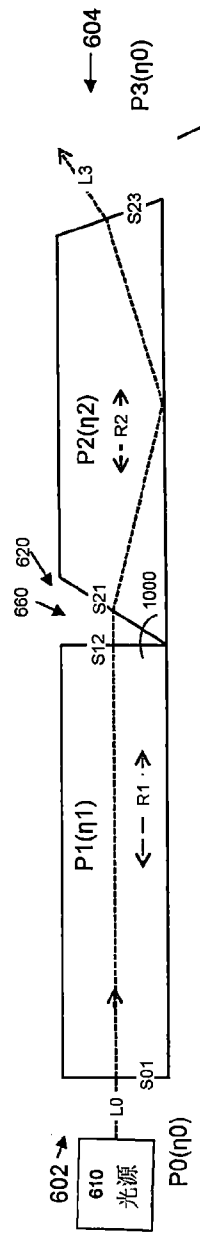


圖 10

600I

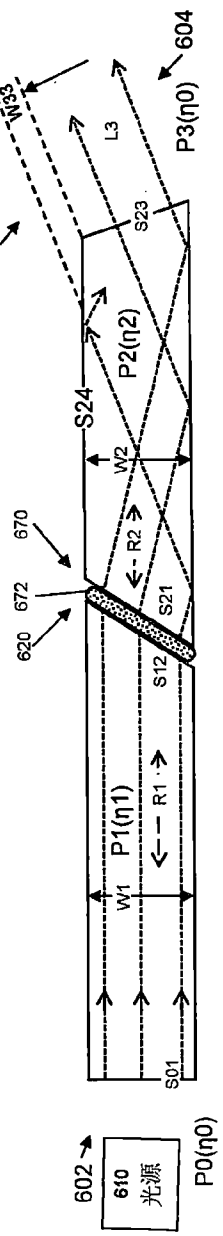


圖 11

600J

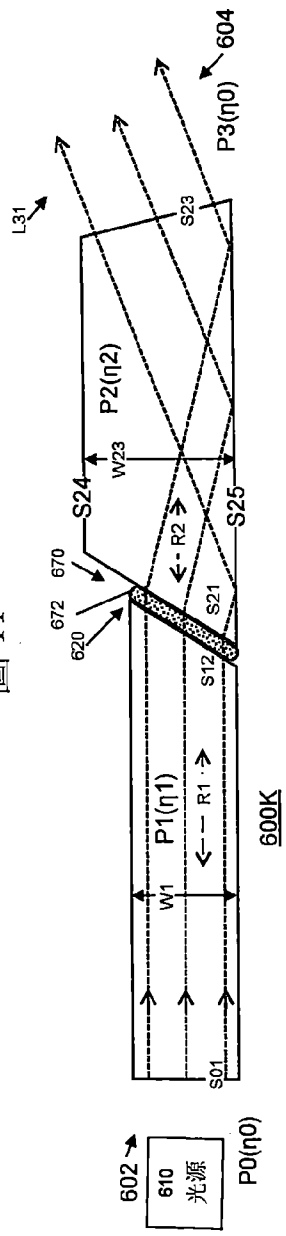


圖 12

600K

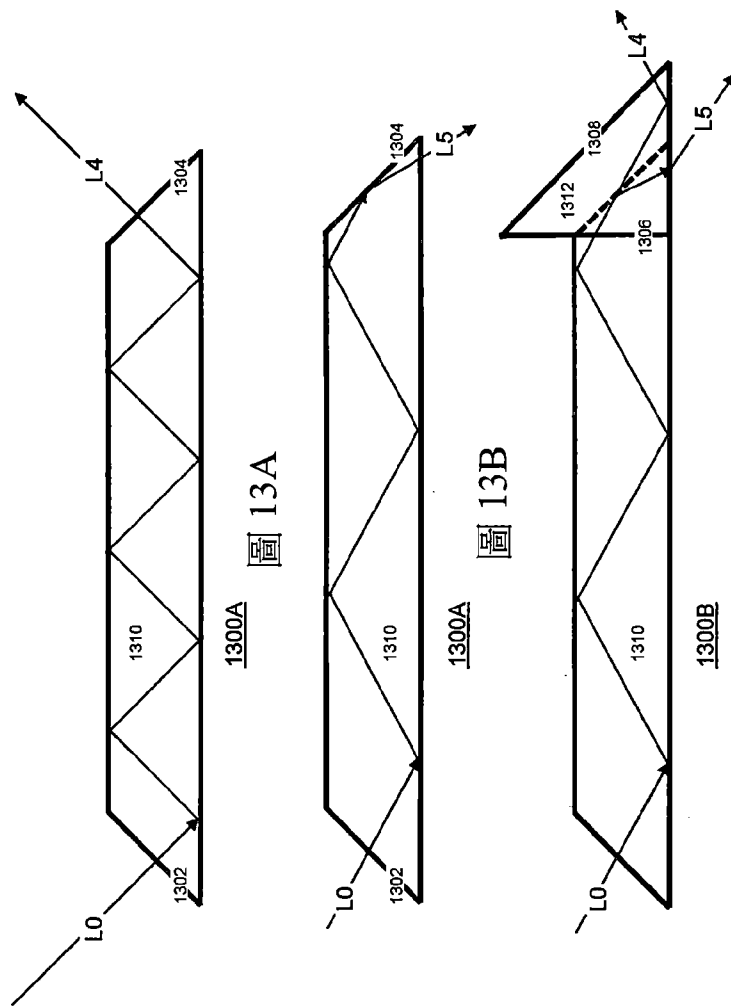


圖 13A

圖 13B

圖 13C

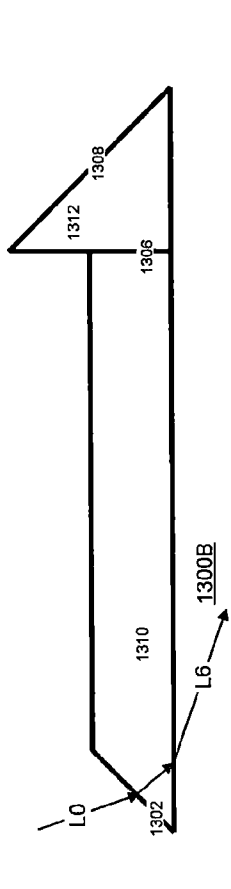


圖 13D

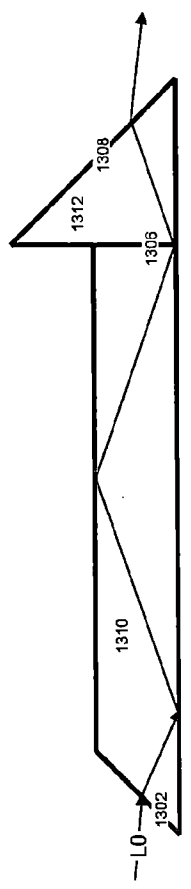


圖 13E

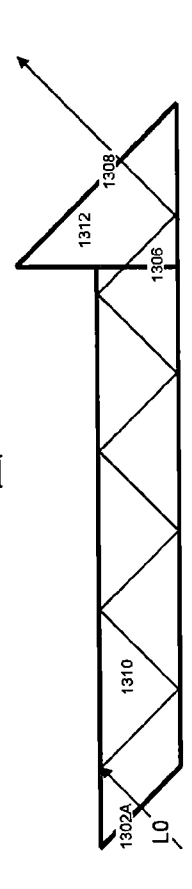
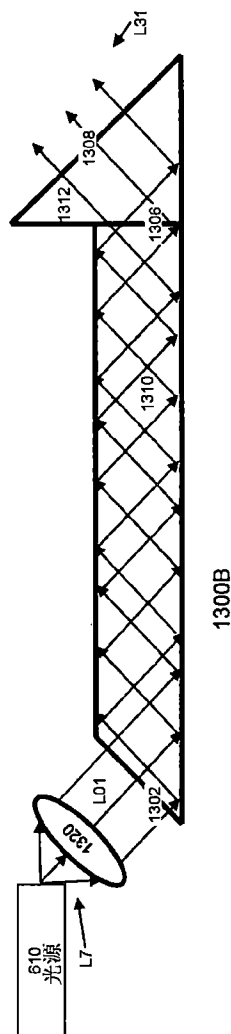
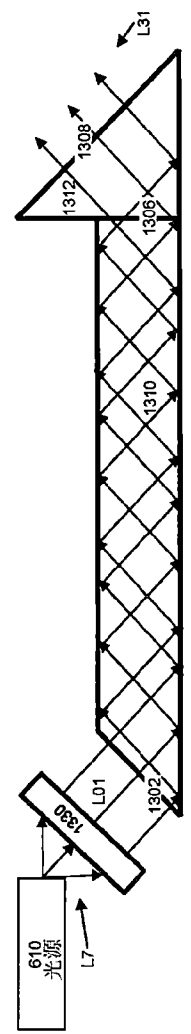


圖 13F



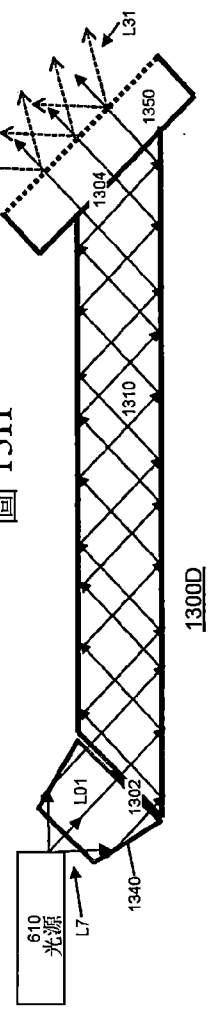
1300B

圖 13G



1300B

圖 13H



1300D

圖 13I

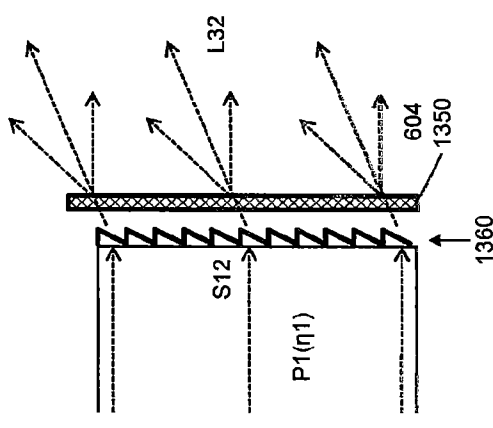


圖 14B

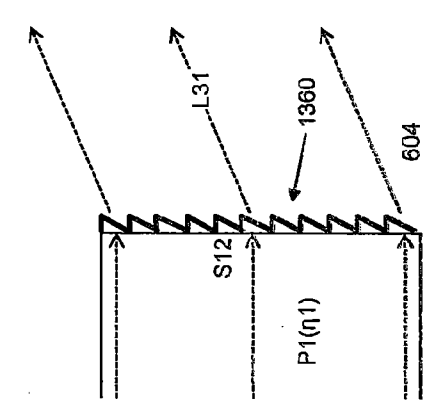


圖 14A

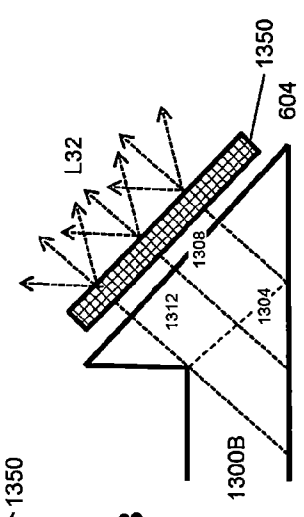
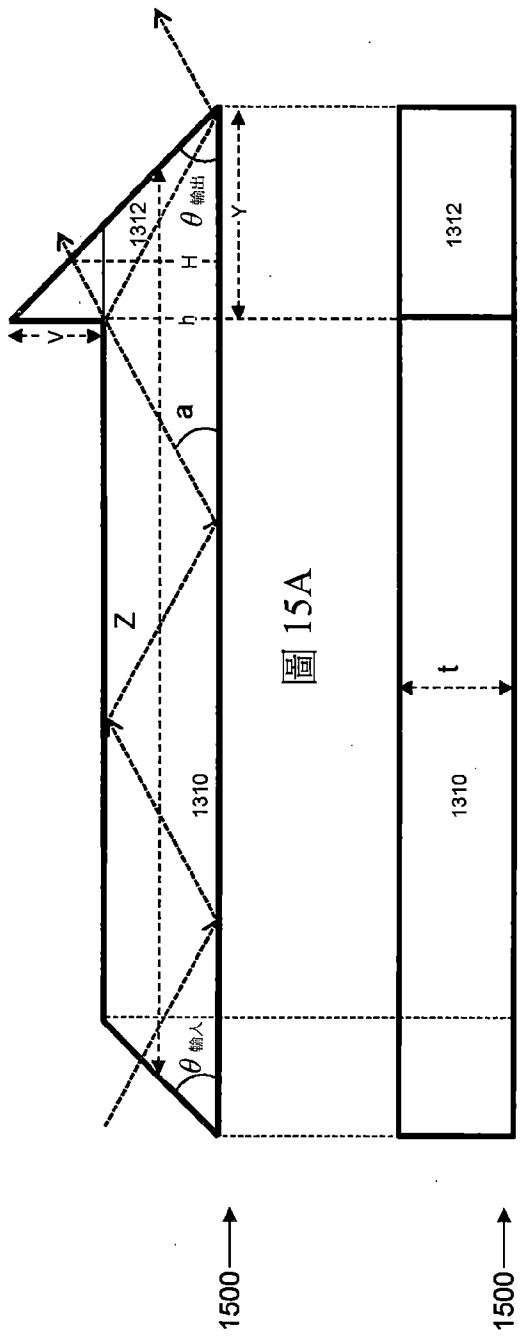


圖 14C



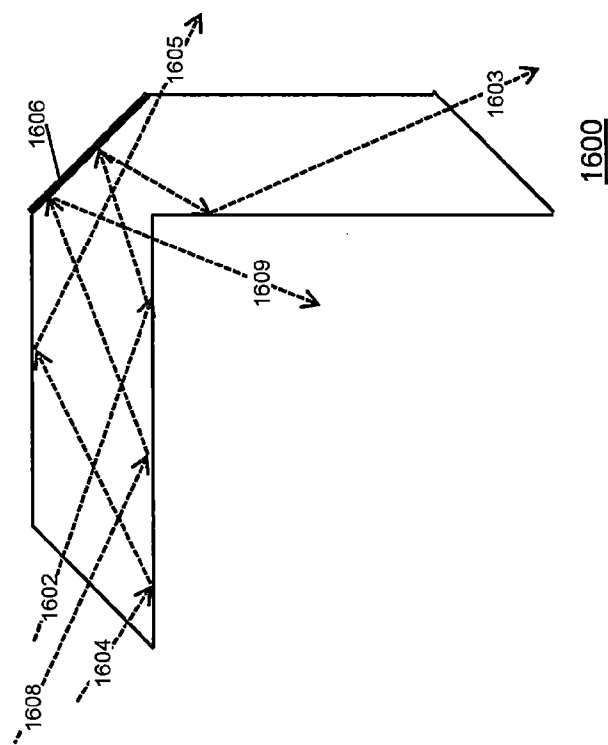


圖 16A

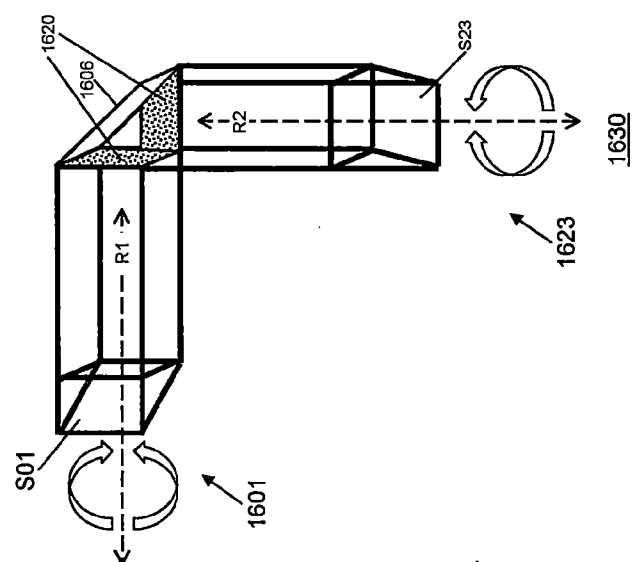


圖 16C

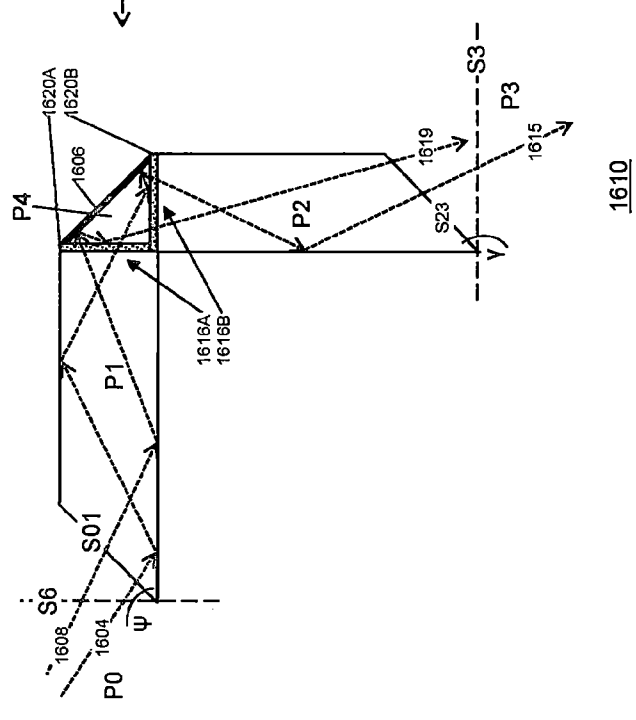


圖 16B