

(21)申請案號：107141530 (22)申請日：中華民國 107 (2018) 年 11 月 21 日  
 (51)Int. Cl. : G02B6/28 (2006.01) G02B27/01 (2006.01)  
 (30)優先權：2017/11/21 美國 62/588,946  
 (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：丹齊格 尤奇 DANZIGER, YOCHAY (IL)；格爾貝格 喬納森 GELBERG,  
 JONATHAN (IL)  
 (74)代理人：廖俊龍  
 申請實體審查：無 申請專利範圍項數：17 項 圖式數：8 共 27 頁

## (54)名稱

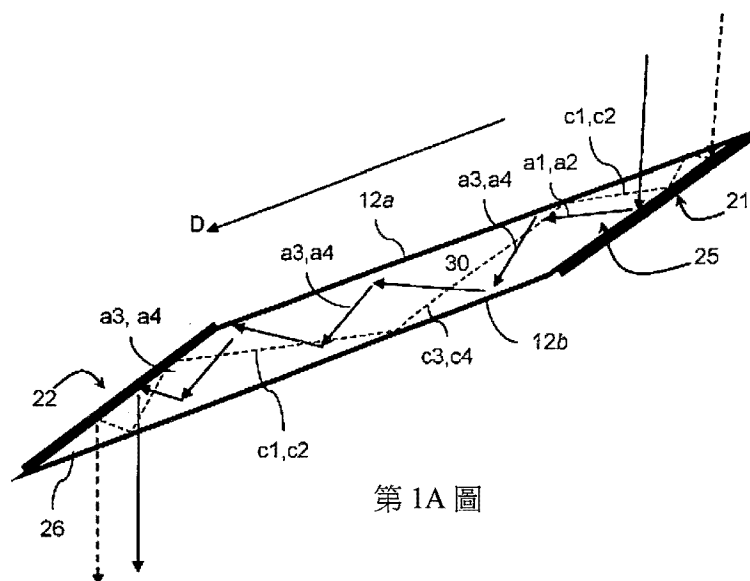
用於近眼顯示器的光學孔徑擴展佈置

OPTICAL APERTURE EXPANSION ARRANGEMENT FOR NEAR-EYE DISPLAYS

## (57)摘要

一種對近眼顯示器尤其有用的光學孔徑擴展佈置，其採用具有楔狀構造(25，26)的波導(30，140，145)以生成圖像照明沿該波導的傳播的兩種模式，並將這兩種模式從波導耦出。各種實施方式採用矩形波導，在矩形波導中圖像照明通過四重內反射進行傳播。在一些情況下，將楔狀構造與部分反射內表面(45，150)陣列進行組合以實現二維孔徑擴展。

指定代表圖：



第 1A 圖

符號簡單說明：

21 . . . 第一楔狀成形表面  
 D . . . 伸長方向  
 22 . . . 第二楔狀成形表面  
 25、26 . . . 楔狀構造  
 30 . . . 光波導  
 12a、12b . . . 面  
 a1、a2、a3、a4、  
 c1、c2、c3、  
 c4 . . . 光線

# 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)

用於近眼顯示器的光學孔徑擴展佈置

## 【技術領域】

【0001】 本發明涉及近眼顯示器，並且特別地，本發明涉及用於近眼顯示器的光學孔徑擴展佈置。

## 【先前技術】

【0002】 某些近眼顯示器是基於用來將小型投影儀的孔徑擴展為較大孔徑的波導來向觀察者的眼睛進行顯示。波導包括輸出耦合機構以向眼睛傳送來自波導的光。

【0003】 孔徑擴展通常被細分為兩個階段，沿兩個維度依次擴展。向眼睛提供輸出的第二維度可以基於可從 Lumus Ltd. (魯姆斯有限公司) (以色列) 商購獲得的包含內部刻面 (facet) 的波導，或者可以採用包含用於耦出圖像的衍射光學元件的波導。

【0004】 可以使用各種佈置來提供第一維度的孔徑擴展。在 PCT 專利公佈 WO 2017/141242 (下文稱為 “242 公佈”) 中描述了一個示例，在該示例中，通過波導的端部處的楔狀構造 (其從側面觀察形成平行四邊形結構) 來實現耦入和耦出。

## 【發明內容】

【0005】 本發明是一種光學裝置，其提供了在近眼顯示器中特別有用的孔徑擴展。

【0006】 根據本發明的實施方式的教導，提供了一種光學裝置，包括：具有伸長方向的第一光波導，該第一光波導具有第一對平行面和第二對平行面，該第一對平行面和第二對平行面平行於伸長方向、形成矩形截面、用於通過第一對平行面和第二對平行面處的四重內反射來引導光，

經歷內反射的每個光線由此限定一組四個共軛傳播方向，第一光波導的至少一部分由第一楔狀成形表面和第二楔狀成形表面定界，第一楔狀成形表面被構造成使得與在第一光波導內沿第一組共軛傳播方向中的第一方向傳播的注入圖像的至少一部分對應的光線通過第一楔狀成形表面處的反射被偏轉成沿第二組共軛傳播方向中的第二方向傳播，與第一方向相比，第二方向與伸長方向所成的角較小，並且其中，第二楔狀成形表面平行於第一楔狀成形表面，以將沿第二組共軛方向中的至少一個方向傳播的圖像偏轉成沿第一組共軛方向中的至少一個方向傳播，並且將沿第一組共軛方向中的一個方向傳播的圖像耦出為從第一光波導離開。

【0007】 根據本發明的實施方式的另一特徵，第一楔狀成形表面是第一光波導的外表面。

【0008】 根據本發明的實施方式的另一特徵，第一楔狀成形表面塗覆有反射塗層。

【0009】 根據本發明的實施方式的另一特徵，第一楔狀成形表面塗覆有部分反射塗層。

【0010】 根據本發明的實施方式的另一特徵，第一楔狀成形表面是透光的，並且其中，至少平行面中與第一楔狀成形表面呈面對關係的部分塗覆有反射塗層。

【0011】 根據本發明的實施方式的另一特徵，被引入第一光波導的注入圖像通過第一楔狀成形表面的第一反射被從注入方向偏轉至第一組共軛方向中的方向，並且在自平行面中的至少之一的附加反射之後，通過自第一楔狀成形表面的第二反射被進一步從第一組共軛方向中的方向偏轉至第二組共軛方向中的方向。

【0012】 根據本發明的實施方式的另一特徵，還設置有與第一波導的耦入區域相鄰或鄰接的耦入稜鏡，該耦入稜鏡包括形成第一波導的對應表面的延伸的至少一個表面。

【0013】 根據本發明的實施方式的另一特徵，還設置有具有兩個

主要平行表面的光導，其中，第一波導被部署成使得從第一波導耦出的圖像被耦入到該光導以在該光導內通過兩個主要平行表面處的内反射來傳播，該光導還包括耦出佈置，該耦出佈置用於將在光導內傳播的圖像耦出以將該圖像引向使用者的眼睛。

【0014】 根據本發明的實施方式的另一特徵，還設置有第二光波導，該第二光波導具有第一對平行面和第二對平行面，該第一對平行面和第二對平行面平行於伸長方向、形成矩形截面、用於通過第一對平行面和第二對平行面處的四重内反射來引導光，第二光波導的至少一部分由第一楔狀成形表面和第二楔狀成形表面定界，第一光波導和第二光波導被部署為呈堆疊關係，並且被構造成使得具有第一孔徑尺寸的投射圖像被部分地耦入第一光波導和第二光波導中的每一個，並且使得第一光波導的第二楔狀成形表面和第二光波導第二楔狀成形表面各自用作耦出構造的一部分，耦出構造被部署成提供具有與第一孔徑尺寸更大的尺寸的有效輸出孔徑。

【0015】 根據本發明的實施方式的另一特徵，對於第一光波導和第二光波導中的每一個，第一楔狀成形表面和平行面之一的與第一楔狀成形表面呈面對關係的部分形成耦入構造，光學裝置還包括填充稜鏡，該填充稜鏡基本上填充耦入構造之間的楔形間隙。

【0016】 根據本發明的實施方式的另一特徵，第二光波導的第一楔狀成形表面被塗覆成部分反射，從而將投射圖像的一部分耦入並且允許投射圖像的一部分到達第一耦入構造。

【0017】 根據本發明的實施方式的另一特徵，平行面之一的與第一光波導的第一楔狀成形表面呈面對關係的部分被塗覆成部分反射，從而將投射圖像的一部分耦入並且允許投射圖像的一部分到達第二耦入構造。

【0018】 根據本發明的實施方式的另一特徵，第一光波導和第二光波導是至少三個光波導的堆疊的一部分。

【0019】 根據本發明的實施方式的另一特徵，從第二光波導耦出的圖像傳播穿過第一光波導。

【0020】 根據本發明的實施方式的另一特徵，第一光波導的第一楔狀成形表面和第二楔狀成形表面以斜角相對於第一對平行面傾斜並且垂直於第二對平行面。

【0021】 根據本發明的實施方式的另一特徵，第一光波導的第一楔狀成形表面和第二楔狀成形表面以斜角相對於第一對平行面傾斜和第二對平行面二者。

【0022】 根據本發明的實施方式的教導，還提供了一種光學裝置，包括：第一光波導部，其具有用於通過內反射來引導光的至少第一對平行面，第一光波導包括被定向成與成對的平行面不平行的多個相互平行的部分反射表面；楔狀構造，其被形成在第一楔狀成形表面與平行表面之一之間，該楔狀構造被構造成使得與在第一光波導部內沿第一方向傳播的注入圖像的至少一部分對應的光線通過第一楔狀成形表面處的反射被偏轉成沿第二方向傳播，與第一方向相比，第二方向與第一光波導部的伸長方向所成的角較小，第一方向上的光線和第二方向上的光線在部分反射表面處被分別偏轉到第一偏轉方向和第二偏轉方向以從第一光波導部耦出；第二光波導部，其具有用於通過內反射來引導光的第二對平行面，第二光波導部被部署用於接收注入圖像的沿第一偏轉方向和第二偏轉方向傳播的部分，第二光波導部包括在第二楔狀成形表面與第二對平行面之一之間形成的耦出楔狀構造，該耦出楔狀構造被部署用於至少將圖像的通過自楔狀成形表面的單次反射而沿第一偏轉方向傳播和通過從楔狀成形表面被反射兩次而沿第二偏轉方向傳播的部分耦出。

#### 【圖式簡單說明】

##### 【0023】

在本文中，參照圖式僅通過舉例的方式描述了本發明，在圖式中：

第 1A 圖是根據本發明的實施方式構造和操作的包括波導的光學裝置的示意性前視圖；

第 1B 圖是與第 1A 圖中的光學裝置類似的、示出了用於耦入投射圖像

的替選構造的光學裝置的示意性前視圖；

第 1C 圖是通過第 1A 圖中的波導截取的示意性剖視圖，其被示出兩次以顯示出圖像傳播的兩種不同模式；

第 2A 圖是採用第 1B 圖中的波導以及第二波導的光學裝置的前視圖；

第 2B 圖是沿第 2A 圖中的線 A 截取的剖視圖；

第 3A 圖是採用與第 1A 圖類似的波導的堆疊的光學裝置的前視圖；

第 3B 圖是沿第 3A 圖中的線 A 截取的剖視圖；

第 4 圖是與第 3A 圖類似的示出了與第 1B 圖類似的替選耦入構造的前視圖；

第 5A 圖和第 5B 圖是示出根據本發明的教導的具有耦入稜鏡的波導的示意性等軸視圖，其中波導採用了與波導的兩組平行面和僅其中一組平行面分別以斜角傾斜的楔狀成形表面；

第 6A 圖至第 6C 圖分別是根據本發明的另一方面的用於實現二維光學孔徑擴展的裝置的示意性頂視圖、側視圖和前視圖；

第 7A 圖和第 7B 圖分別是第 6A 圖至第 6C 圖中的裝置的採用了替選的耦入幾何結構的修改後實現方式的示意性側視圖和前視圖；以及

第 8A 圖至第 8C 圖分別是與第 6A 圖至第 6C 圖中的裝置類似的使用兩個板式波導實現的裝置的示意性頂視圖、側視圖和前視圖。

### 【實施方式】

【0024】 本發明是一種光學裝置，其提供在近眼顯示器中尤其有用的孔徑擴展。

【0025】 參照圖式和所附說明書可以更好地理解根據本發明的光學裝置的原理和操作。

【0026】 現在參照圖式，第 1A 圖至第 5B 圖示出了根據本發明的非限制性實施方式的第一子集構造和操作的提供在近眼顯示器中尤其有用的孔徑擴展的光學裝置的各種實現方式。

【0027】 總體來說，該光學裝置包括具有伸長方向  $D$  的第一光波

導 30。光波導 30 具有平行於伸長方向 D 的第一對平行面 12a、12b 和第二對平行面 14a、14b，這些平行面形成矩形截面，用於通過第一對平行面 12a、12b 和第二對平行面 14a、14b 處的四重內反射來引導光。該上下文中的“矩形”包括正方形截面的特殊情況。作為這種四重內反射的結果，經歷內反射的每個光線因此限定了一組四個共軛傳播方向，其例如在第 1C 圖中被示為光線 a1、a2、a3 和 a4。

【0028】 根據本發明的一個方面，光波導 30 的至少一部分由第一楔狀成形表面 21 和第二楔狀成形表面 22 定界限，該第一楔狀成形表面和第二楔狀成形表面與一個或更多個平行面的相鄰區域一起分別形成對應的楔狀構造 25 和 26。

【0029】 第一楔狀成形表面 21 優選地被構造成使得與在第一光波導內沿著第一組共軛傳播方向 a1 至 a4 中的第一方向 a3 或 a4 傳播的注入圖像的至少一部分對應的光線 a3、a4 通過第一楔狀成形表面 21 處的反射被偏轉成沿著第二組共軛傳播方向 c1 至 c4 中的第二方向 c1 或 c2 傳播，與第一方向相比，第二方向與伸長方向所成的角較小。換句話說，在已經按照第一組共軛方向 a1 至 a4 將圖像耦入光波導 30 之後，在第一楔狀成形表面 21 的進一步反射使圖像傳播方向偏轉成另一組共軛方向 c1 至 c4，該另一組共軛方向 c1 至 c4 以較淺的入射角度撞擊平行表面。沿第一組共軛方向 a1 至 a4 傳播的圖像本身可以通過自第一楔狀成形表面 21 的第一反射被耦入，如第 1A 圖和第 1B 圖所示。因此，在第 1 圖的示例中，輸入的投射圖像的光線經由平行表面之一 12a 進入第一楔狀構造 25，並且然後從第一楔狀成形表面 21 反射一次以生成對應於光線 a1 或 a2 的一次偏轉光線（其通過側面 14a 和 14b 處的反射而在彼此之間互換）。這些光線在面 12a 處反射以形成共軛光線 a3 和 a4。對於孔徑的用實線箭頭表示的部分，光線 a3 和 a4 到達的下一邊界是超出楔狀成形表面的端部的面 12b。因此，投射圖像的該部分在其沿著波導部前進時通過四重內反射來傳播，其中，四重內反射如第 1C 圖（左）所示通過光線 a1 至 a4 互換。對於該孔

徑的另外的部分，光線 a3 和 a4 再次落在第一楔狀成形表面 21 上，從而引起進一步偏轉以生成光線 c1 和/或 c2，並且通過如第 1C 圖（右）所表示的共軛光線 c1 至 c4 的四重內反射來沿著波導傳播。與光線 a1 至 a4 相比，光線 c1 至 c4 與波導的伸長方向 D 所成的角較小，但是該差別在第 1C 圖的軸向視圖中不可見。

【0030】 順便指出，無論在本文中是通過光束還是光線來表示圖像，都應當注意，束是圖像的樣本束，圖像通常由具有略微不同的角度的多個束形成，所述多個角度各自對應於圖像的點或圖元。除了被特別稱為圖像的末端（extremity）的情況之外，所示的束通常是圖像的質心（centroid）。此外，針對每個圖元的照明（illumination）不限於特定的光線位置，而是優選地是基本上“填充”波導的對應維度的寬的平行光線束。因此，本文中示出的樣本光線通常是跨越圖像投射裝置的輸出孔徑的更寬的連續光線的一部分。

【0031】 第一楔狀成形表面 21 與面 12a 的傾斜角被優選地選擇為滿足多個幾何要求。首先，對於圖像的整個視場，在考慮到投射圖像的預期注入方向的情況下，將楔角選擇為使得一次反射光線 a1、a2 在波導的平行面處經歷內反射。此外，將楔角選擇為足夠淺以使得用於生成光線 c1、c2 的自楔狀成形表面的上述重複反射能夠發生，同時確保一次偏轉圖像和兩次偏轉圖像中的圖像視場在角度空間中不交疊。在前述' 242 公佈中呈現了在雙重反射的情況下如何在數值上評估這些條件的示例，並且如對於本領域技術人員將清楚的那樣，示例可以容易地適於本發明中的四重反射的情況。本發明不限於兩種傳播模式，並且特別地在僅需要相對小的角度視場的情況下也可以使用第三傳播及其共軛，其中，第三傳播及其共軛在光線 c1 至 c4 中的一個在楔狀成形表面處被進一步反射之後實現。

【0032】 在這種情況下，第二楔狀成形表面 22 平行於第一楔狀成形表面 21，從而形成第二楔狀構造 26，該構造以類似於上述耦入的方式將在波導部內傳播的圖像照明（image illumination）耦出。具體地，第二



楔狀成形表面 22 使沿著第二組共軛方向 c1 至 c4 中的至少一個方向傳播的圖像偏轉以使該圖像沿著第一組共軛方向 a1 至 a4 中的至少一個方向傳播，並且進一步將沿著第一組共軛方向 a1 至 a4 中的一個方向傳播的圖像耦出以使該圖像離開光波導 30。

【0033】 第 1A 圖的構造在側視圖中看起來類似於前述' 242 公佈中描述的構造。然而，' 242 公佈涉及僅在一對平行表面處發生反射（即，雙重反射）的波導，並且該波導的另一維度（如所示的在頁面中）相對較大以避免光線與該波導的其他末端交叉。相比之下，本發明的某些優選實施方式採用矩形波導方法，從而通過四重內反射來提供對圖像照明在兩個維度的引導，並且由此允許使用比板式波導方法可以使用的光學元件緊湊得多的光學元件。

【0034】 儘管第一楔狀成形表面 21 和第二楔狀成形表面 22 在此被視為與一對平行面 12a、12b 成斜角並且垂直於另一對平行面 14a、14b，但矩形波導方法也允許使用相對於兩對平行面以斜角傾斜的楔狀成形表面。下面將參照第 5A 圖示出一個這樣的示例。總的來說，只要楔狀幾何結構對於第一楔狀構造和第二楔狀構造而言是相似的，則耦出幾何結構仍然有效地“撤銷”耦入幾何結構的效果。

【0035】 在第 1A 圖的構造中，根據投射圖像的注入角度和楔體本身的角度，第一楔狀成形表面 21 在某些情況下可以在不需要塗層的情況下實現足夠的內反射。然而，在大多數情況下，優選的是為第一楔狀成形表面 21 提供反射塗層，或者在下文進一步討論的某些情況下提供部分反射塗層。第二楔狀成形表面 22 優選地設置有反射塗層。該反射塗層（在此用加粗線表示）可以使用如本領域已知的金屬塗層或介電塗層來實現。

【0036】 第 1B 圖示出了替選的耦入幾何結構，其在某些實現方式中可能有利於實現更緊湊的整體產品形狀因數。在這種情況下，第一楔狀成形表面 21 是光波導 30 的透光外表面，並且是注入圖像被引導穿過的面。至少面 12a 中與第一楔狀成形表面 21 呈面對關係的部分塗覆有（完全

或部分) 反射塗層 27，從而將注入圖像的全部或部分反射回第一楔狀成形表面 21，在第一楔狀成形表面 21 處光線經歷反射，該反射等效於第 1 圖的構造中的第一反射。其餘的反射類似於以上結合第 1A 圖描述的反射。

【0037】 第 1B 圖中的耦入構造，包括採用在另一維度上較大的波導以便在光波導 30 中利用僅兩重反射來容納圖像的整個視場的變型（即，其他方面類似於上述' 242 公佈中描述的構造），被認為在廣泛的應用中是有利的。

【0038】 第 2 圖示出了近眼顯示器的實現方式，其中，使用光波導 30 將圖像傳送至具有兩個主要平行表面 24a、24b 的第二波導（或“光導”）20，（以光線 b1 和 b2 進行傳播的）該圖像從第二波導朝向觀察者的眼睛 47 耦出。在此示出的特別優選但非限制性的示例中，第二波導採用多個相互平行的、以斜角傾斜的、內部的部分反射表面 45 以用於將圖像朝向眼睛耦出。可以使用本領域公知的設計和製造技術容易地實現具有內部部分反射表面 45 的光導 20，其中，類似元件可以從包括 Lumus Ltd.（魯姆斯有限公司）（耐斯茲敖那（Ness Ziona），以色列）在內的一系列來源商購獲得。因此，這裡將不再詳細描述光導 20 本身的結構。

【0039】 在此處示出的裝置設計中，光波導 30 相對於波導 20 內的部分反射表面 45 的延伸方向翹起，以便在波導 20 內產生垂直傳播。在某些情況下，可能希望在兩個波導之間採用其他偏移角（例如圍繞沿光波導 30 的伸長方向的“滾動”軸的傾斜）以在兩個波導之間提供改進的光耦合構造。在 PCT 專利申請公佈第 WO 2018/065975 A1 號（其在本申請的優先權日之後公佈並且不構成本申請的現有技術）中，特別是在第 19 圖至第 26 圖中描述了此處也可以採用的各種變型耦合選項，為簡潔起見此處將不予討論。

【0040】 該示例採用以上參照第 1B 圖描述的耦入幾何結構。添加有耦入稜鏡 11 以最小化色差。在耦入稜鏡 11 與第一楔狀成形表面 21 之間設置有氣隙或其他低指數耦合材料以在第一楔狀成形表面 21 處保持全內

反射特性。

【0041】 現在轉向第 3A 圖至第 4 圖，這些圖式示出了可以如何使用堆疊的兩個或更多個波導來實現更加擴大的孔徑擴展。在這些圖式中，佈置了堆疊的三個波導 30a、30b、30c（每個波導都類似於目前為止所描述的光波導 30）使得所投射的輸入圖像被部分地耦合到每個波導中。波導的長度不同，使得耦出楔狀構造是錯列的，最優選地具有如圖所示的大致共面的第二楔狀成形表面 22，從而為光導 20 的整個“寬度”維度提供覆蓋，光導本身提供第二維度的孔徑擴展，如以上的第 2A 圖至第 2B 圖中所示。在波導 30a、30b 以及 30c 之間佈置有氣隙或其他內反射保持層或多層結構，以便保持這些波導的內反射特性。至少在耦出區域中，波導之間的邊界必須對於低角度光線是透光的以允許耦出光線穿過介面。在其他區域中，可以在波導之間使用金屬反射層或其他反射層。

【0042】 如第 3B 圖中可見，從上部波導 30b 和 30c 的第二楔狀成形表面 22 進行的耦出引導耦出的圖像照明（光線 b1 和/或 b2）穿過下層波導，其中前面 14a 和後面 14b 用作光導 20 在前後方向上的延伸。在第 3A 圖的剖視圖中，為了呈現清楚起見，已經略去了上波導中的光線 b1 至 b2 和 c1 至 c4，但是這些光線仍存在於此。

【0043】 第 3B 圖中的裝置的耦入構造基於自第一楔狀成形表面 21 的部分反射。具體地，將波導 30c 和 30b 的第一楔狀成形表面 21 塗覆成部分反射，使得當如圖所示輸入投射圖像時，該圖像照明的一部分被偏轉並被耦合到波導 30c 中，一部分被透射並被耦合到波導 30b 中，並且一部分被透射穿過波導 30c 和波導 30b 二者並被耦合到波導 30a 中。波導 30a 的第一楔狀成形表面 21 可以是完全（即，接近 100%）反射器。為了使圖像照明的被透射部分的失真最小化，優選地部署填充稜鏡 31 以使其基本上填充耦入構造之間的楔形間隙。可以將填充稜鏡 31 集成為波導的延伸部分，並且可以通過所示的氣隙將填充稜鏡與下面的波導分開。在一些情況下，例如可以設置耦入稜鏡 32 以有益於耦入幾何結構和使色差最

小化。

【0044】 第 4 圖示出了與第 3B 圖類似但是採用了基於第 1B 圖的原理的耦入佈置的裝置架構。在這種情況下，通過施加到面 12a 的一部分的部分反射塗層實現了到多個波導中的部分耦合，並且從第一楔狀成形表面 21 一側引入了圖像。最上面的波導 30c 可以在面 12a 的相關部分上採用全反射塗層。再次設置填充稜鏡 31，但是其在此被示為通過氣隙與第一楔狀成形表面 21 間隔開以保持第一楔狀成形表面 21 的 TIR(thermal infrared, 熱紅外線)特性，從而在捕獲反射線的同時提供了對注入圖像照明的低損耗透射。設置了耦入稜鏡 11。

【0045】 雖然到目前為止示出的本發明的實現方式均採用自第一楔狀成形表面 21 的第一反射來將圖像照明耦入波導中（成為光線 a1 至 a4 模式），但這不是必要的特徵，並且替選的耦入佈置可能是優選的。作為示例，第 5A 圖和第 5B 圖示出了以下耦入佈置：在該耦入佈置中，耦入稜鏡 40 與第一光波導 30 的耦入區域相鄰或鄰接以便提供傾斜輸入表面 42，該傾斜輸入表面被正確定向以允許沿著與光線 a1 至 a4 中之一對應的圖像注入方向直接注入圖像，其中，其餘三個共軛光線通過自波導面的內反射來生成。這些共軛射線中之一從第一楔狀成形表面 21 被反射以生成第二模式光線 c1 至 c4 中之一，其中，其他三個共軛光線通過波導內的內反射再次生成。

【0046】 耦入稜鏡 40 優選地包括至少一個表面，以及優選地包括兩個表面 44 和 46，這兩個表面是第一波導的對應表面（其可以是所示出的面 12b 和 14b）的共面延伸，或者該耦入稜鏡在一些情況下可以包括第一楔狀成形表面 21。這些延伸表面有助於用圖像照明“填充”波導。在該實現方式中，對應於光線 a1 至 a4 的第一模式的傳播是（通過注入這些圖像中之一）而被直接注入波導中，而對應於光線 c1 至 c4 的第二模式是通過在第一楔狀成形表面 21 對這些圖像中之一進行反射並且然後通過內反射生成共軛圖像而形成的。

【0047】 第 5A 圖和第 5B 圖中的實現方式基本類似，除了第 5A 圖示出了第一楔狀成形表面 21 和第二楔狀成形表面 22 以斜角相對於第一對平行面 12a、12b 和第二對平行面 14a、14b 二者傾斜的實現方式，而第 5B 圖示出了第一楔狀成形表面 21 和第二楔狀成形表面 22 以斜角相對於第一對平行面 12a、12b 傾斜並且垂直於第二對平行面 14a、14b 的實現方式。

【0048】 現在轉向第 6A 圖至第 8C 圖，這些圖式示出了本發明的第二方面，根據該第二方面，第一楔狀成形表面和第二楔狀成形表面不是平行表面，這是因為圖像照明是在第一楔狀構造與第二楔狀構造之間被偏轉。在此處所示的情況下，偏轉發生在第一波導部內的一系列部分反射傾斜內表面處，其中，該一系列部分反射傾斜內表面實現第一維度的孔徑擴展並且將圖像照明重定向為朝向第二波導部。

【0049】 現在將描述這種實現方式的三個非限制性示例。在每種情況下，示出了包括第一光波導部 140 的光學裝置，第一光波導部 140 具有用於通過內反射來引導光的至少一對平行面。光波導部 140 包括被定向為不平行於成對的平行面的一系列相互平行的部分反射表面 150。光波導部 140 還包括形成在第一楔狀成形表面 125 與平行表面中的一個平行表面之間的楔狀構造。該楔狀構造被構造成提供圖像照明的耦入以生成兩個不同的模式（或角度範圍）以用於在波導內傳播圖像，如在之前的實施方式中關於第一楔狀成形表面 21 所描述的那樣。在這種情況下，並不直接傳播至耦出楔體而是在部分反射表面 150 處將與圖像的兩種傳播模式對應的光線偏轉到對應的偏轉方向以從第一光波導部耦出。

【0050】 第二光波導部 145 具有用於通過內反射來引導光的一對平行面，並且被部署成用於接收注入圖像中的沿與從部分反射表面 150 偏轉的兩種模式的圖像傳播對應的方向傳播的部分。第二光波導部 145 包括在第二楔狀成形表面 122 與平行面中的一個平行面之間形成的耦出楔狀構造。該耦出楔狀構造以完全類似於上述第二楔狀成形表面 22 的方式耦出

兩種模式的圖像傳播。在用作增強現實顯示的一部分的情況下，優選地用部分反射塗層來實現楔狀成形表面 122，並且可以添加互補楔狀稜鏡（未示出）以經由楔狀構造提供現實世界的非失真視圖。

【0051】 在第 6A 圖至第 6C 圖和第 7A 圖至第 7C 圖的情況下，第一光波導部 140 是矩形波導，在其中通過四重內反射來傳播圖像照明，如以上關於光波導 30 所描述的那樣。在第 6A 圖至第 6C 圖中，耦入楔狀構造在第 6A 圖的頂視圖中最佳地看到，而耦出楔狀構造在第 6B 圖的側視圖中最佳地看到。也可以與上述的第 1B 圖類似使用經由楔狀成形表面 125 的耦入的替選實現方式。這裡，部分反射表面 150 的取向最優選地相對於光波導部 140 的頂表面和底表面傾斜並且垂直於前表面和後表面，如第 8C 圖所示。

【0052】 第 7A 圖和第 7B 圖中的實施方式在結構和功能上類似於第 6A 圖至第 6C 圖的實施方式，但是採用了耦入楔體的不同取向，這可以在產品設計緊湊性和人體工程學方面提供額外的靈活性。考慮到在波導內傳播圖像期間發生四重反射，因此在一些情況下可以選擇期望取向的共軛圖像以耦出至眼睛。在耦出圖像是反轉圖像的情況下，可以通過反轉所生成的圖像來對此電子地進行補償，使得耦出圖像被正確地定向。在一般情況下，部分反射表面 150 相對於波導的兩對平行外面傾斜。

【0053】 最後轉向第 8A 圖至第 8C 圖，這些圖示出了與第 6A 圖至第 6C 圖的實施方式類似的實施方式，但是在第 8A 圖至第 8C 圖中第一光波導部 140 是板式波導，該板式波導在一對平行面之間僅在一個維度上引導圖像照明。在另一維度（如第 8B 圖和第 8C 圖所示的上下維度）上，投射在光波導部 140 內的圖像根據其角視場展開並且不應到達波導部的末端。因此，光波導部 140 通常需要在非引導維度上比先前的實現方式稍大。由於不需要（或期望）光波導部 140 與光波導部 145 之間的內反射，因此可以進一步將這些元件統一或光學結合成單個波導板，而無需插入任何氣隙或其他光學元件。在所有其他方面，第 8A 圖至第 8C 圖的實施方式

的結構和操作類似於上述第 6A 圖和第 6C 圖中的實施方式。

【0054】 在所有上述實施方式中，所描述的裝置與多個附加部件組合使用以形成完整的產品。因此，例如，在圖式中，無論在何處示出與耦入圖像照明有關的光線，這種光線通常都由微型圖像投影儀或“POD”提供，其通常包括照明源、諸如 LCoS 晶片的空間光調製器以及准直光學器件，它們通常都被集成在分束器稜鏡塊結構的表面上。這種圖像投影儀本身是公知的並且可商購獲得，因此在此將不再詳細描述。

【0055】 類似地，在近眼顯示器的情況下，通常將最終產品與支承結構集成，支承結構可以包括由佩戴者的耳和鼻支承的鏡架型結構，或者可以包括諸如頭帶或頭盔的頭戴式結構。所有這些結構都是公知的，因此不需在本文中進行描述。

【0056】 應當理解，以上描述僅旨在用作示例，並且在所附申請專利範圍限定的本發明的範圍內可以存在許多其他實施方式。

### 【符號說明】

#### 【0057】

耦入稜鏡	11、32、40	填充稜鏡	31
波導（或“光導”）	20、30a、30b、30c	傾斜輸入表面	42
楔狀成形表面	122、125	部分反射表面	45、150
第一楔狀成形表面	21	眼睛	47
第二楔狀成形表面	22	光波導部	140、145
楔狀構造	25、26	線	A
反射塗層	27	伸長方向	D
光波導	30		
光線	a1、a2、a3、a4、b1、b2、c1、c2、c3、c4		
面	12a、12b、14a、14b、24a、24b、44、46		
PCT 專利公佈	WO 2017/141242		’ 242 公佈

## 發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：

※IPC 分類：

### 【發明名稱】（中文/英文）

用於近眼顯示器的光學孔徑擴展佈置

### 【中文】

一種對近眼顯示器尤其有用的光學孔徑擴展佈置，其採用具有楔狀構造（25，26）的波導（30，140，145）以生成圖像照明沿該波導的傳播的兩種模式，並將這兩種模式從波導耦出。各種實施方式採用矩形波導，在矩形波導中圖像照明通過四重內反射進行傳播。在一些情況下，將楔狀構造與部分反射內表面（45，150）陣列進行組合以實現二維孔徑擴展。

### 【英文】



**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第(1A)圖。

第一楔狀成形表面	21	伸長方向	D
第二楔狀成形表面	22	楔狀構造	25、26
光波導	30	面	12a、12b
光線	a1、a2、a3、a4、c1、c2、c3、c4		

## 申請專利範圍

### 1. 一種光學裝置，包括：

具有伸長方向的第一光波導，所述第一光波導具有第一對平行面和第二對平行面，所述第一對平行面和所述第二對平行面平行於所述伸長方向、形成矩形截面、用於通過所述第一對平行面和所述第二對平行面處的四重內反射來引導光，經歷內反射的每個光線由此限定一組四個共軛傳播方向，所述第一光波導的至少一部分由第一楔狀成形表面和第二楔狀成形表面定界，

所述第一楔狀成形表面被構造成使得與在所述第一光波導內沿第一組共軛傳播方向中的第一方向傳播的注入圖像的至少一部分對應的光線通過所述第一楔狀成形表面處的反射被偏轉成沿第二組共軛傳播方向中的第二方向傳播，與所述第一方向相比，所述第二方向與所述伸長方向所成的角較小，

並且其特徵在於，所述第二楔狀成形表面平行於所述第一楔狀成形表面，以將沿所述第二組共軛方向中的至少一個方向傳播的圖像偏轉成沿所述第一組共軛方向中的至少一個方向傳播，並將沿所述第一組共軛方向中的一個方向傳播的圖像耦出為從所述第一光波導離開。

2. 根據申請專利範圍第 1 項所述的光學裝置，其中，所述第一楔狀成形表面是所述第一光波導的外表面。

3. 根據申請專利範圍第 1 項所述的光學裝置，其中，所述第一楔狀成形表面塗覆有反射塗層。

4. 根據申請專利範圍第 1 項所述的光學裝置，其中，所述第一楔狀成形表面塗覆有部分反射塗層。

5. 根據申請專利範圍第 1 項所述的光學裝置，其中，所述第一楔狀成形表面是透光的，並且其中，至少所述平行面中與所述第一楔狀成形表面呈面對關係的部分塗覆有反射塗層。

6. 根據申請專利範圍第 1 項所述的光學裝置，其中，被引入所述第一光波導的注入圖像通過所述第一楔狀成形表面的第一反射被從注入方向偏轉至所述第一組共軛方向中的方向，並且在自所述平行面中的至少之一的附加反射之後，通過自所述第一楔狀成形表面的第二反射被進一步從所述第一組共軛方向中的方向偏轉至所述第二組共軛方向中的方向。

7. 根據申請專利範圍第 1 項所述的光學裝置，還包括與所述第一波導的耦入區域相鄰或鄰接的耦入稜鏡，所述耦入稜鏡包括形成所述第一波導的對應表面的延伸的至少一個表面。

8. 根據申請專利範圍第 1 項所述的光學裝置，還包括具有兩個主要平行表面的光導，其中，所述第一波導被部署成使得從所述第一波導耦出的圖像被耦入到所述光導以在所述光導內通過所述兩個主要平行表面處的內反射來傳播，所述光導還包括耦出佈置，所述耦出佈置用於將在所述光導內傳播的圖像耦出以將所述圖像引向使用者的眼睛。

9. 根據申請專利範圍第 1 項所述的光學裝置，還包括第二光波導，所述第二光波導具有第一對平行面和第二對平行面，所述第二光波導的所述第一對平行面和所述第二對平行面平行於所述伸長方向、形成矩形截面、用於通過所述第一對平行面和所述第二對平行面處的四重內反射來引導光，所述第二光波導的至少一部分由第一楔狀成形表面和第二楔狀成形表面定界，

所述第一光波導和所述第二光波導被部署為呈堆疊關係，並且被構造成使得具有第一孔徑尺寸的投射圖像被部分地耦入到所述第一光波導和所述第二光波導中的每一個，並且使得所述第一光波導的所述第二楔狀成形表面和所述第二光波導的所述第二楔狀成形表面各自用作耦出構造的一部分，所述耦出構造被部署成提供具有比所述第一孔徑尺寸更大的尺寸的有效輸出孔徑。

10. 根據申請專利範圍第 9 項所述的光學裝置，其中，對於所述第一光波導和所述第二光波導中的每一個，所述第一楔狀成形表面和所述平行

面之一的與所述第一楔狀成形表面呈面對關係的部分形成耦入構造，所述光學裝置還包括填充稜鏡，所述填充稜鏡基本上填充所述耦入構造之間的楔形間隙。

11. 根據申請專利範圍第 10 項所述的光學裝置，其中，所述第二光波導的所述第一楔狀成形表面被塗覆成部分反射，從而將所述投射圖像的一部分耦入並且允許所述投射圖像的一部分到達所述第一耦入構造。

12. 根據申請專利範圍第 10 項所述的光學裝置，其中，所述平行面之一的與所述第一光波導的所述第一楔狀成形表面呈面對關係的所述部分被塗覆成部分反射，從而將所述投射圖像的一部分耦入並且允許所述投射圖像的一部分到達所述第二耦入構造。

13. 根據申請專利範圍第 9 項所述的光學裝置，其中，所述第一光波導和所述第二光波導是至少三個光波導的堆疊的一部分。

14. 根據申請專利範圍第 9 項所述的光學裝置，其中，從所述第二光波導耦出的所述圖像傳播穿過所述第一光波導。

15. 根據申請專利範圍第 1 項所述的光學裝置，其中，所述第一光波導的所述第一楔狀成形表面和所述第二楔狀成形表面以斜角相對於所述第一對平行面傾斜並且垂直於所述第二對平行面。

16. 根據申請專利範圍第 1 項所述的光學裝置，其中，所述第一光波導的所述第一楔狀成形表面和所述第二楔狀成形表面以斜角相對於所述第一對平行面和所述第二對平行面二者傾斜。

17. 一種光學裝置，包括：

第一光波導部，其具有用於通過內反射來引導光的至少第一對平行面，所述第一光波導包括被定向成與所述成對的平行面不平行的多個相互平行的部分反射表面，

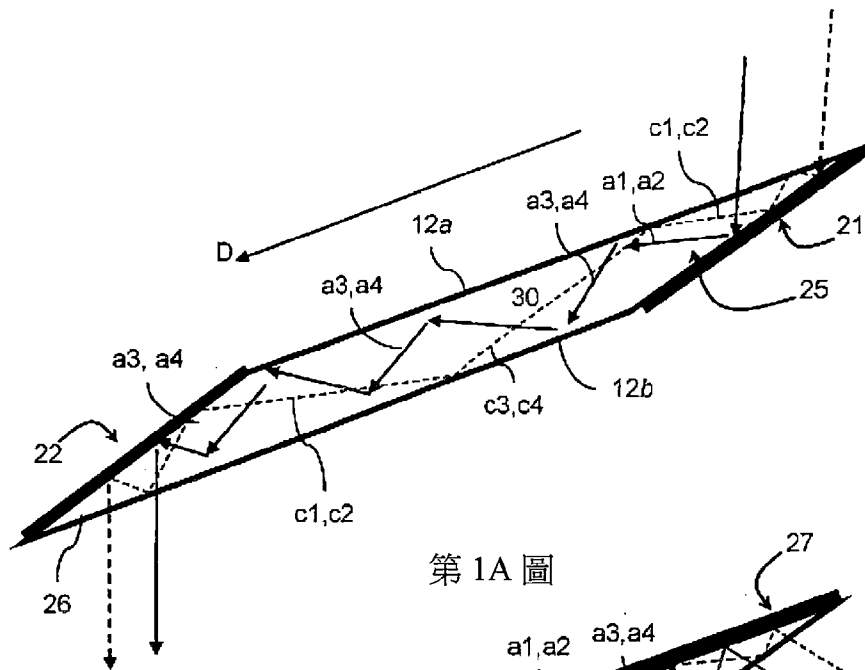
楔狀構造，其被形成在第一楔狀成形表面與所述平行表面之一之間，所述楔狀構造被構造成使得與在所述第一光波導部內沿第一方向傳播的注入圖像的至少一部分對應的光線通過所述第一楔狀成形表面處的反射被偏

轉成沿第二方向傳播，與所述第一方向相比，所述第二方向與所述第一光波導部的伸長方向所成的角較小，所述第一方向上的光線和所述第二方向上的光線在所述部分反射表面處被分別偏轉到第一偏轉方向和第二偏轉方向以從所述第一光波導部耦出，

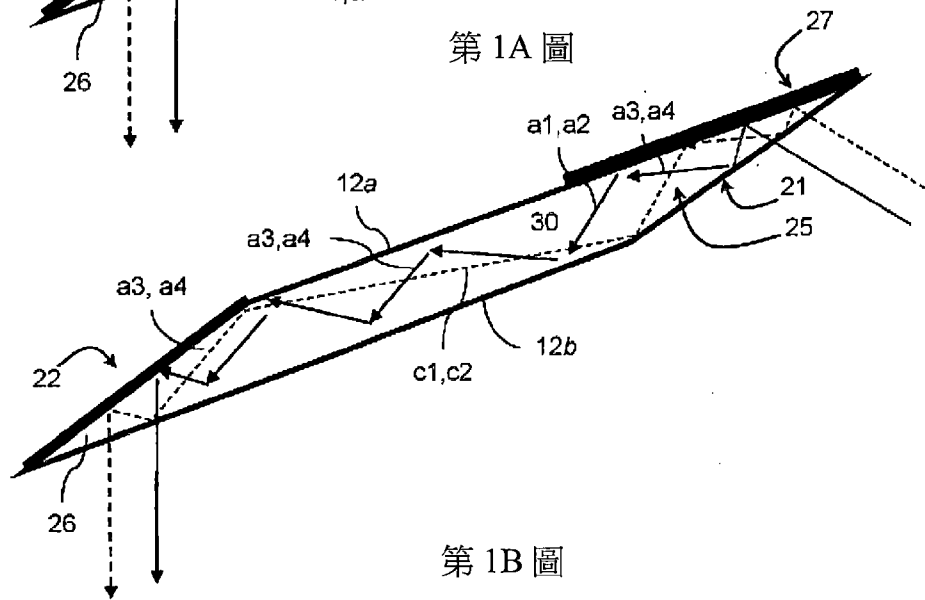
第二光波導部，其具有用於通過內反射來引導光的第二對平行面，所述第二光波導部被部署用於接收所述注入圖像的沿所述第一偏轉方向和所述第二偏轉方向傳播的部分，

所述第二光波導部包括在第二楔狀成形表面與所述第二對平行面之一之間形成的耦出楔狀構造，所述耦出楔狀構造被部署用於至少將所述圖像的通過自所述楔狀成形表面的單次反射而沿所述第一偏轉方向傳播和通過從所述楔狀成形表面被反射兩次而沿所述第二偏轉方向傳播的部分耦出。

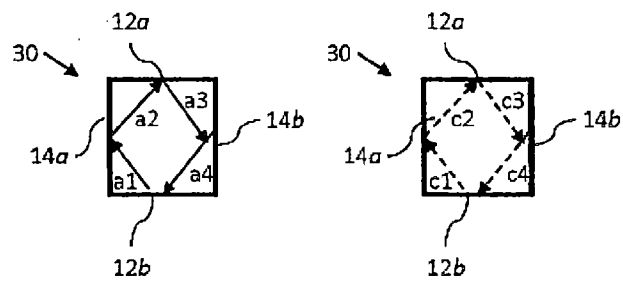
# 圖式



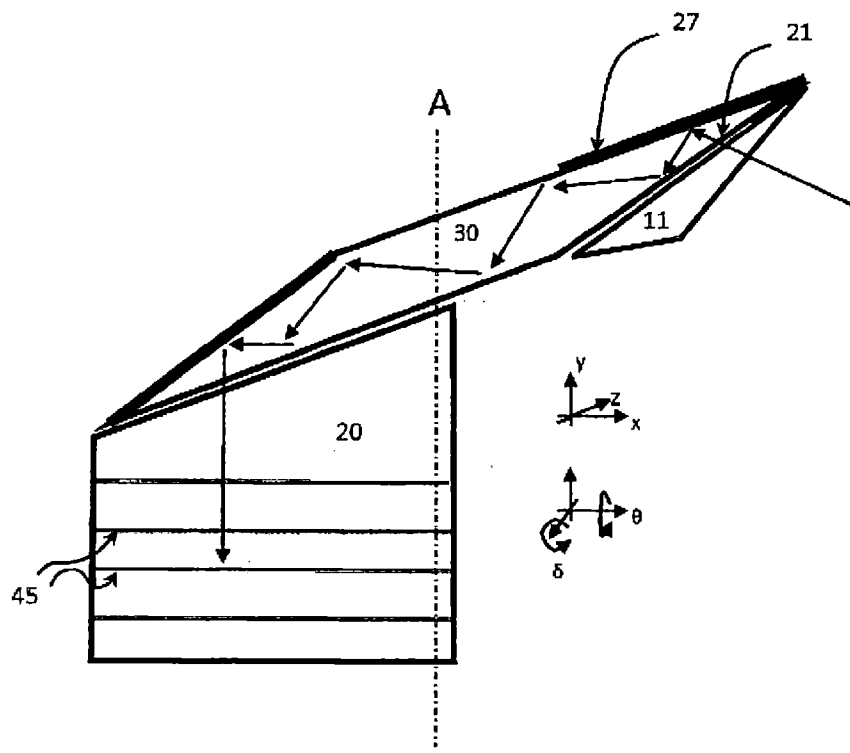
第 1A 圖



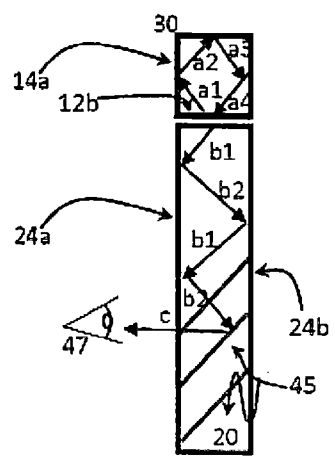
第 1B 圖



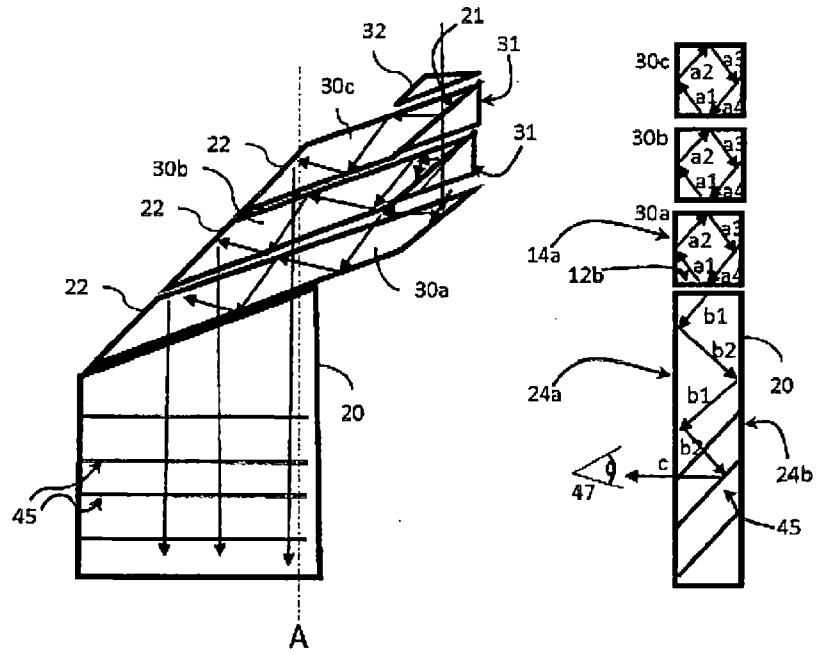
第 1C 圖



第2A圖

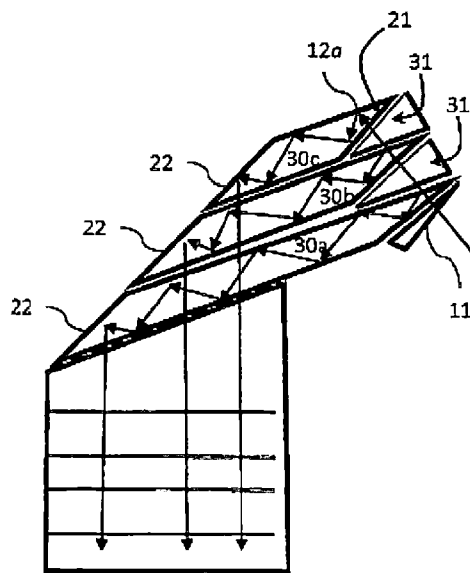


第2B圖



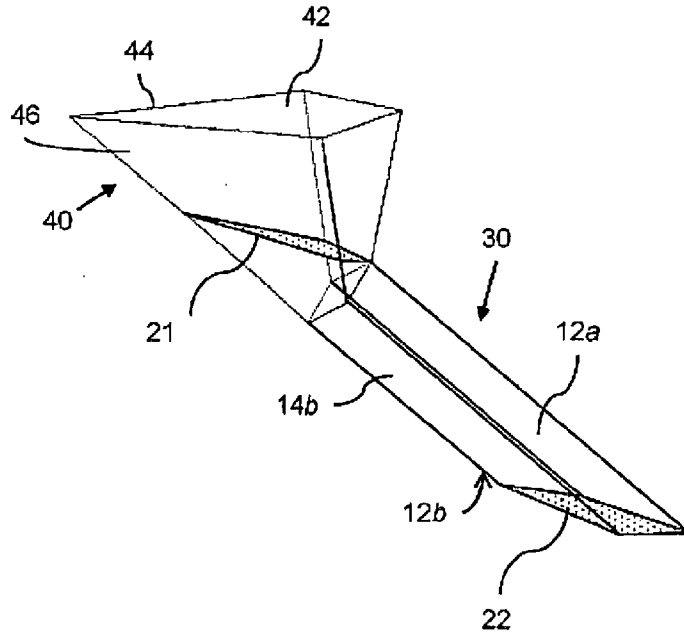
第3A圖

第3B圖

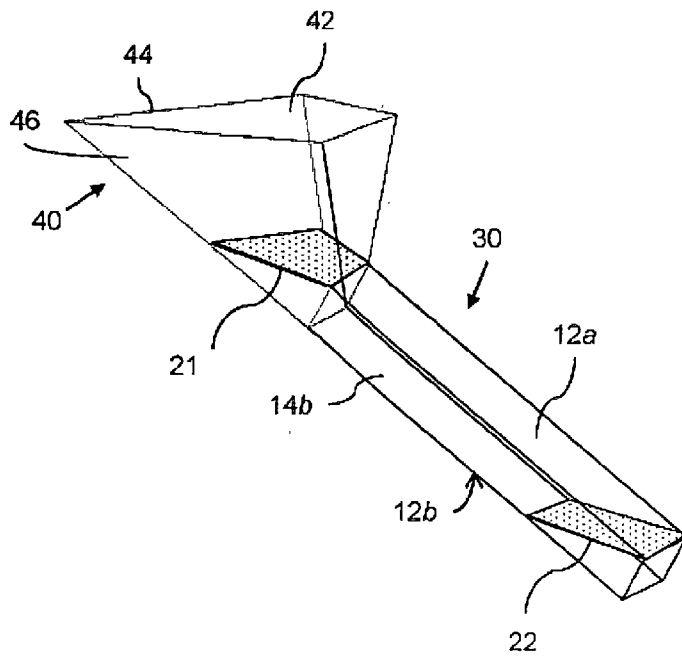


第4圖

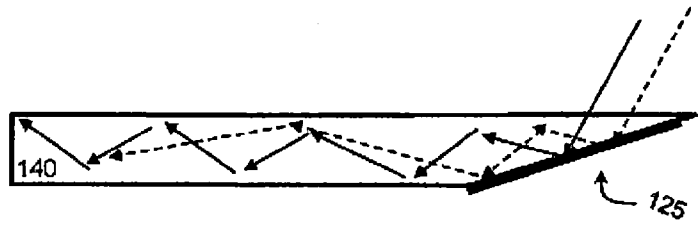




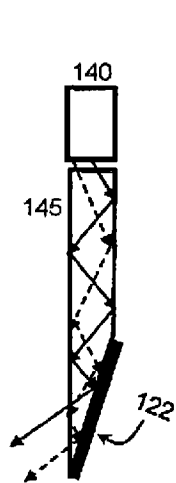
第 5A 圖



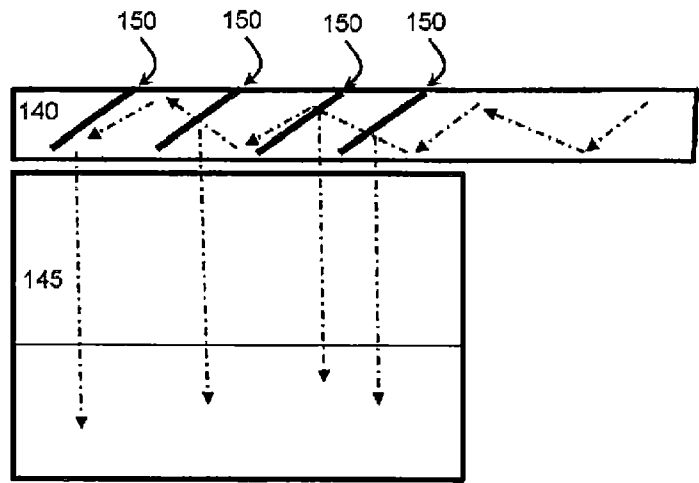
第 5B 圖



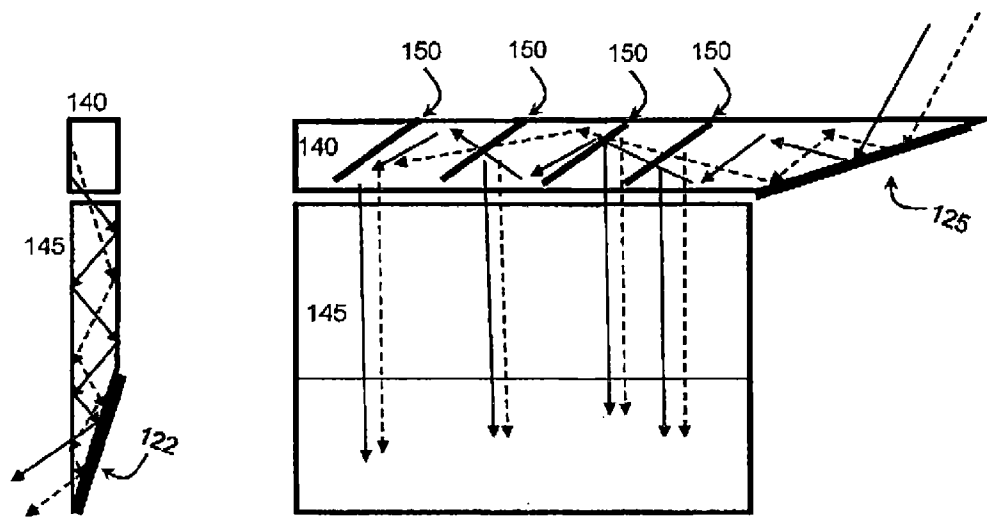
第 6A 圖



第 6B 圖

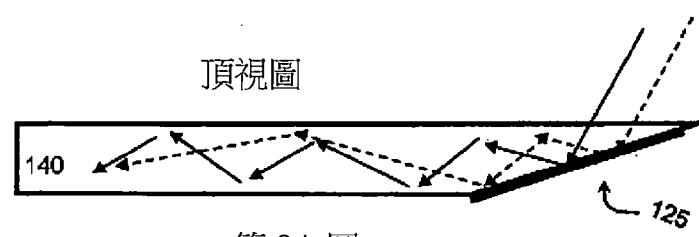


第 6C 圖

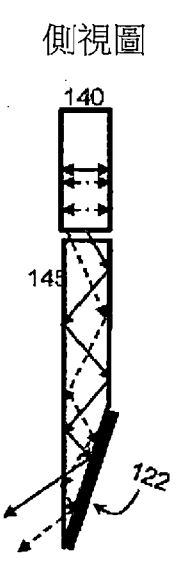


第 7A 圖

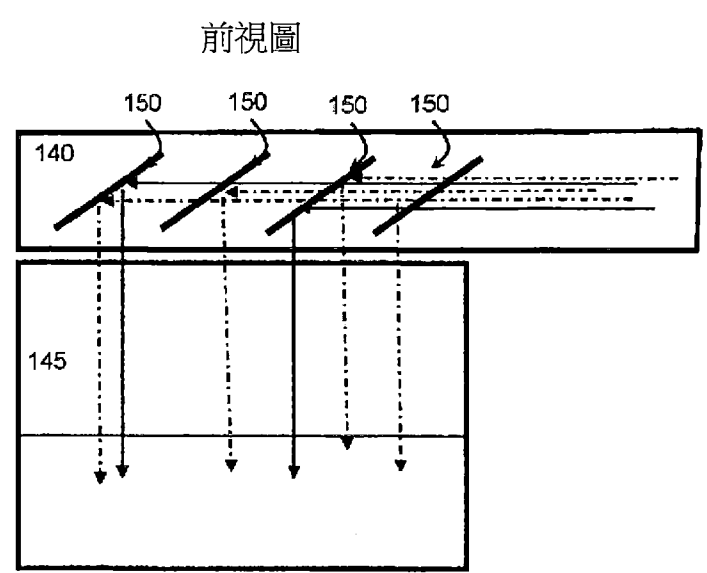
第 7B 圖



第 8A 圖



第 8B 圖



第 8C 圖