I800974

(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 I800974 B**

(45)公告日： 中華民國 112 (2023) 年 05 月 01 日

(21)申請案號：110141712 (22)申請日： 中華民國 107 (2018) 年 01 月 08 日

(51)Int. Cl.： ***G02B6/28 (2006.01)*** ***G02B6/124 (2006.01)***

(30)優先權：2017/03/22 美國 62/474,614

(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 尤查 DANZIGER, YOCHAY (IL)；艾森菲爾德 錫遜 阿克塞爾 EISENFELD, TSION AXEL (IL)

(74)代理人：廖俊龍

(56)參考文獻：

CN	104536138A	US	8873150B2
US	8913865B1	US	8917453B2
WO	2016/103263A1		

審查人員：洪紹軒

申請專利範圍項數：4 項 圖式數：21 共 56 頁

(54)名稱

一種用於製造光導光學元件的方法

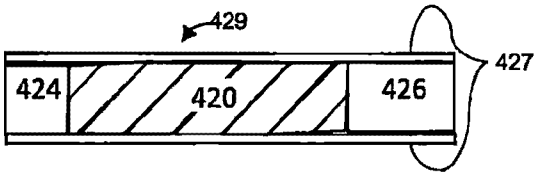
(57)摘要

披露了一種用於製造光導光學元件(LOE)的方法，所述方法包括：提供在相接平面處結合在一起並且在所述相接平面處施加部分反射塗層的平行面板的堆疊；沿著一對平行的主切割平面將所述堆疊切割以形成切片，所述主切割平面不平行於所述相接平面，使得所述切片包括多個所述相接平面的部分，從而在所述切片內提供內部部分反射的反射面；垂直於所述主切割平面切割所述切片以形成至少一個端面；並且通過將至少一個附加的透明材料塊附接於所述至少一個端面並且將所述切片和所述至少一個附加的透明材料塊夾在兩個面板之間來組裝所述光導光學元件。

Disclosed is a method for producing a light-guide optical element (LOE) comprising: providing a stack of parallel-faced plates bonded together at interface planes and having partially-reflecting coatings applied at said interface planes; slicing said stack along a pair of parallel major slicing planes to form a slice, said major slicing planes being non-parallel to said interface planes so that said slice includes parts of a plurality of said interface planes providing internal partially-reflecting facets within said slice; cutting said slice perpendicular to said major slicing planes to form at least one end surface; and assembling the LOE by attaching at least one additional block of transparent material to said at least one end surface and sandwiching said slice and said at least one additional block of transparent material between two face plates.

指定代表圖：

第 21D圖



符號簡單說明：

420:波導件

424:波導件

426:波導件

427:外部面

429:波導件

公告本

I800974

發明摘要

【發明名稱】（中文/英文）

一種用於製造光導光學元件的方法

A METHOD FOR PRODUCING A LIGHT-GUIDE OPTICAL ELEMENT

【中文】

披露了一種用於製造光導光學元件（LOE）的方法，所述方法包括：提供在相接平面處結合在一起並且在所述相接平面處施加部分反射塗層的平行面板的堆疊；沿著一對平行的主切割平面將所述堆疊切割以形成切片，所述主切割平面不平行於所述相接平面，使得所述切片包括多個所述相接平面的部分，從而在所述切片內提供內部部分反射的反射面；垂直於所述主切割平面切割所述切片以形成至少一個端面；並且通過將至少一個附加的透明材料塊附接於所述至少一個端面並且將所述切片和所述至少一個附加的透明材料塊夾在兩個面板之間來組裝所述光導光學元件。

【英文】

Disclosed is a method for producing a light-guide optical element (LOE) comprising: providing a stack of parallel-faced plates bonded together at interface planes and having partially-reflecting coatings applied at said interface planes; slicing said stack along a pair of parallel major slicing planes to form a slice, said major slicing planes being non-parallel to said interface planes so that said slice includes parts of a plurality of said interface planes providing internal partially-reflecting facets within said slice; cutting said slice perpendicular to said major slicing planes to form at least one end surface; and assembling the LOE by attaching at least one additional block of transparent material to said at least one end surface and sandwiching said slice and said at least one additional block of transparent material between two face plates.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 21D ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

420	波導件	424	波導件
426	波導件	427	外部面
429	波導件		

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

(無)

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）

一種用於製造光導光學元件的方法

A METHOD FOR PRODUCING A LIGHT-GUIDE OPTICAL ELEMENT

【相關申請交叉引用】

本申請是申請號為 TW107100850、申請日為西元 2018 年 1 月 8 日提交之申請之分案申請。.

【技術領域】

【0001】 本發明通常涉及光學器件，並且特別地論及均勻的反射。

【先前技術】

【0002】 諸多緊湊型光學元件(compact optical elements)的諸多重要應用之一是使用頭戴式顯示器(head-mounted displays，HMD)，其中一光學模組既用作一成像透鏡(imaging lens)又用作一組合器(combiner)，藉此，一個二維顯示器被成像到無窮遠並被反射到一觀看者的眼睛中。該顯示器可以藉由一空間光調變器(spatial light modulator，SLM)被直接地獲得，諸如陰極射線管(CRT)、液晶顯示器(LCD)、有機發光二極體陣列(OLED)、一掃描來源(scanning source)或諸多類似裝置，或藉由一中繼透鏡(relay lens)裝置或一光纖束(optical fiber bundle)裝置被間接地獲得。該顯示器包括多個元件(多個像素)的一陣列，該多個元件藉由一準直透鏡(collimating lens)被成像到無窮遠，並且藉由一反射型或部分反射型且以表面作為一組合器的裝置被透射到該觀看者的眼睛中，分別用於諸多非透視(non-see-through)應用及諸多透視(see-through)應用。通常地，一種傳統的自由空間光學模組(free-space optical module)被用於這些目的。隨著該系統的期望的視野(field-of-view，FOV)增加，這種類型的傳統光學模組變得更大、更沉重及更笨重，因此即使對於一適度性能(moderate performance device)，該裝置也是不切實際的。這是各種顯示器的一主要缺點，尤其是在諸多頭戴式應用中，該系統必須

盡可能的輕巧。

【0003】 對緊湊性的追求導致幾種不同的複雜光學解決方案，整體而言，一方面所有這些方案在大多數實際應用中仍然不夠緊湊，另一方面是難以製造。此外，衍生於這些設計所產生的該光學視角的該眼動箱(eye-motion-box，EMB)通常非常小 - 通常小於 8 毫米(mm)。因此，該光學系統的性能也是非常敏感的，即使是相對於觀看者的眼睛而言的諸多小移動，並且不允許足夠的瞳孔運動以便於讀取一被顯示的文本(displayed text)。

【發明內容】

【0004】 根據本實施例的教導，一種光學裝置被提供，包括：一波導件，具有：至少一對相互平行的表面中的一第一對；一第一區域，光(light)在該第一區域處被耦入該波導件；及多個反射面中的一第一序列，包括：一最先的反射面(first facet)係：位於接近該第一區域處；及在該多個表面中的該第一對之間沿一方向具有一第一寬度；一最後的反射面(last facet)，係：位於該多個反射面的該第一序列遠離該第一區域的一遠端處；及在該多個表面中的該第一對之間沿一方向具有一第三寬度；及一個或更多個的中間的反射面(middle facets)，係：位在該最先的反射面與該最後的反射面之間；及在該多個表面中的該第一對之間沿一方向具有一第二寬度；其中該多個反射面中的每一個：寬度是沿該反射面的一平面；為一個至少部分反射表面；與該多個表面中的該第一對呈一傾斜角度；在該反射面的寬度的一近側(proximal side)上具有一反射面起點(facet-start)；及在該反射面的寬度的一遠側(distal side)上具有一反射面終點(facet-end)；及其中一幾何投影沿從該波導件耦出的一名義射線(nominal ray)的一方向被映射到該多個表面的該第一對中的一個，該名義射線為從該波導件耦出的光中的一中心射線，該最後的反射面及該一個或更多個中間的反射面中的每一個的該幾何投影係與一相鄰的該一個或更多個的中間的反射面及該最先的反射面的一各自的該幾何投影形成交疊(overlaps)，該最後的反射面及該一個或更多個中間的反射面中的每一個該反射面起點的該幾何投影係與該一個或更多個中間的反射面及該最先的反射面的一非相鄰的反射面終點的一各自的該幾何投影

形成重合(coinciding)，該重合係沿著該波導件的至少一部分。

【0005】 在一個可選實施例中，該最先的反射面的該第一寬度小於該一個或更多個中間的反射面的該第二寬度。在另一可選實施例中，一數量的該多個反射面被從該波導件耦出(outcoupled)的該名義射線(nominal ray)橫跨穿越，且對於該多個反射面的該第一序列的全部而言，該多個反射面的該數量是恆定的。在另一可選實施例中，該光對應於一映像(image)，並且該中心射線為來自該映像的一中心的一中心射線(center ray)。在另一可選實施例中，該光對應於一映像，並且該多個中心射線(central rays)對應於該映像的一中心像素(central pixel)。在另一可選實施例中，該最後的反射面具有一反射率(reflectivity)，該反射率實質上為一名義反射率(nominal reflectivity)的 100%，該名義反射率係存在於該波導件中的一特定位置處所需的全反射(total reflection)。在另一可選實施例中，該第三寬度小於該第二寬度。在另一可選實施例中，該第三寬度實質上為該第二寬度的一半。在另一可選實施例中，該一個或更多個中間的反射面的一數量係選自於由下列組成的一群組：一個；二個；三個；四個；五個；及多個。

【0006】 在另一可選實施例中，一恆定數量的該多個反射面沿著朝向該光的一名義觀察點(nominal point of observation)的一視線形成交疊，該光係經由該多個表面的該第一對中的一個耦出該波導件。在另一可選實施例中，該多個反射面的該第一序列的該多個反射面中的一個的一寬度相對於該多個反射面的該第一序列的該多個反射面中的一相鄰的一個的一寬度呈單調地變化。在另一可選實施例中，在該多個反射面的該第一序列的多個相鄰的反射面中的一對之間的一空隙相對於在該多個反射面的該第一序列的多個相鄰的反射面中的另一對之間的一相鄰的空隙進行變化。在另一可選實施例中，來自該第一區域的該光的傳播過程使得該光的至少一部分在遇到該一個或更多個中間的反射面中的一個前先遇到該最先的反射面。在另一可選實施例中，在多個相鄰的反射面之間的一空隙大於被耦入(coupled into)該光導件的該光的一同調長度(coherence length)。

【0007】 在一個可選實施例中，該第一寬度實質上是等於該第二寬度；及該最先的反射面具有一第一區段(first section)，該第一區段對應於該最先

的反射面的該幾何投影，該最先的反射面與一相鄰的中間的反射面的該幾何投影是非交疊的。在另一可選實施例中，該第一區段對於該光而言是透光的。在另一可選實施例中，該第一區段具有一反射率，該反射率實質上為一相鄰的反射面的一反射率的兩倍。在另一可選實施例中，該多個反射面中的每一個橫跨穿越該反射面具有一均等的部分反射率(uniform partial reflectivity)。

【0008】 在一個可選實施例中，該波導件還具有：多個相互平行的表面中的一第二對，並且該第二對不平行於該多個表面的該第一對；及該多個反射面被配置成使得：當一映像以傾斜於多個表面的該第一對及該第二對的一角度沿一傳播初始方向在該第一區域處被耦入該波導件時，該映像則沿著該波導件以四重內部反射(four-fold internal reflection)的方式前進。在另一可選實施例中，該多個表面中的該第二對垂直於該多個表面中的該第一對。在另一可選實施例中，該多個反射面中的每一個係相對於該多個表面的該第二對呈一傾斜角度(oblique angle)。

【0009】 在一個可選實施例中，該最先的反射面的該第一寬度實質上等於該多個中間的反射面的該第二寬度；該最先的反射面的一第一反射率大於一名義反射率(nominal reflectivity)的 50%；鄰近該最先的反射面的一第二個反射面具有一第二反射率，使得該第二反射率加上該第一反射率實質上是該名義反射率；鄰近該第二個反射面的一第三個反射面具有一第三反射率，該第三反射率大於該名義反射率的 50%且小於該第一反射率；及鄰近該第三個反射面的一第四個反射面具有一第四反射率，使得該第四反射率加上該第三反射率實質上是該名義反射率。

【0010】 在另一個可選實施例中，該最先的反射面的該第一寬度實質上等於該多個中間的反射面的該第二寬度；多個奇數起始的反射面的一序列(a sequence of beginning odd facet)包括該最先的反射面及與最先的反射面相距一給定數量的每一個其他的反射面；多個偶數起始的反射面的一序列(a sequence of beginning even facet)包括與該最先的反射面相鄰的一第二個反射面及與該第二個反射面相距一給定數量的每一個其他的反射面；多個反射面的一第一集合包括來自該奇數起始的反射面的該序列的一第一個奇數

的反射面及來自該奇數起始的反射面的該序列的一對應的第一個偶數的反射面；該第一個奇數的反射面具有一第一反射率，該第一反射率大於一名義反射率的 50%；該第一個偶數的反射面具有一第二反射率，使得該第二反射率與該第一反射率相加實質上為該名義反射率；該多個反射面的每個後續的集合包括來自該奇數起始及該偶數起始的各個序列的一下一個奇數的及偶數的反射面；來自該後續的集合的該多個奇數的反射面中的每一個具有一奇數反射率，該奇數反射率大於該名義反射率的 50%且小於來自前一集合的一奇數的反射面的一反射率；及來自該多個後續的集合的該多個偶數的反射面中的每一個具有一偶數反射率，使得該奇數反射率與一相應的偶數的反射面的偶數反射率相加實質上為該名義反射率。

【圖式簡單說明】

【0011】

在此僅通過舉例的方式參照圖式描述實施例，其中：

第 1 圖係一先前技術的折疊式光學裝置(folding optical device)的一側視圖。

第 2 圖係一示例性的光導光學元件(light-guide optical element)的一側視圖。

第 3A 及 3B 圖係以圖解說明對於兩個入射角範圍的多個選擇性反射表面(selectively reflecting surfaces)的期望的反射率及透射率的特性(desired reflectance and transmittance characteristics)。

第 4 圖係以圖解說明一光導光學元件的一示例性配置圖。

第 5 圖係以圖解說明一光導光學元件的其他配置圖。

第 6 圖係以圖解說明具有一對稱結構的一橫向光瞳擴張的一維波導件(transverse pupil expansion one-dimensional waveguide)的細部剖視圖。

第 7 圖係以圖解說明利用一雙 LOE 配置沿二軸線擴展一光束的一方法的圖。

第 8 圖係以圖解說明利用一雙 LOE 配置沿著二軸線擴展一光束的另一方法的圖。

第 9 圖以圖解說明被嵌入在一標準眼鏡框架中的多個 LOE 的一示例性實施例。

第 10A 圖係以圖解說明變化對映像均勻性(image uniformity)的影響的具有多個非交疊的反射面的一波導件的一示意圖。

第 10B 圖係以圖解說明變化對映像均勻性的影響的具有多個交疊的反射面的一波導件的一示意圖。

第 11A 至 11C 圖是用於實現具有不同角度傳播配置的多個交疊的反射面的示例性替代配置。

第 12A 及 12B 圖分別是一個二維光學孔徑倍增器(two dimensional optical aperture multiplier)的示意性側視及前視的表現形式。

第 12C 及 12D 圖係以圖解說明相對於來自第 12A 及 12B 圖的該光學孔徑倍增器波導件中的多個部分反射的內部反射面進行傳播的多個映像射線(image rays)的兩種可能的幾何形狀的示意圖。

第 13 圖係以圖解說明具有皆相對於多個細長平行外表面的集合傾斜地斜向的多個內部分反射的反射面的一 2D 波導件的一實現方案的一示意性等距視圖。

第 14A 及 14B 圖分別是以多個交疊的反射面被建構的一光學孔徑倍增器的示意性側視及前視的表現形式。

第 15A 及 15B 圖分別是改換第 14A 及 14B 圖的結構的一光學孔徑倍增器用以對一自由空間光學佈置產生擴展過程的示意性側視及前視的表現形式。

第 16A 至 16C 圖係多個示例性反射面的實現方案的草圖。

第 17A 圖是雙重的反射面的一粗略草圖。

第 17B 圖是不同的反射面的間隙的一粗略草圖。

第 17C 圖是從該波導件的近端到遠端減小反射面的間隙的一粗略草圖。

第 17D 圖是不同的反射面的寬度的一粗略草圖。

第 18 圖是將多個交疊的反射面應用於一對稱結構的一粗略草圖。

第 19A 圖是在一雙重交疊的配置中的總名義反射率(total nominal

reflectivity)的一圖形。

第 19B 圖是使用交替性反射面反射率的一變化的在一雙重交疊配置中的總名義反射率的一示例性圖形。

第 20A 圖以圖解說明可以被用以產生具有多個交疊的反射面的一波導件的一過程。

第 20B 至 20E 圖係對於一耦合棱鏡的附接過程的一示例性過程。

第 21A 至 21D 圖係用於創建具有多個交疊的反射面的一波導件的一示例性過程的進一步細節。

【實施方式】

【0012】 縮寫及定義：

【0013】 為了便於參考，本節包含本文件中使用的縮寫(abbreviations)、首字母縮寫(acronyms)及簡短定義(short definitions)的一簡要列表。本節內容不應被視為限制。更為詳細的描述可以在下面被找到，也可以在適用的標準中被找到。

【0014】 1D - 一維(one-dimensional)

【0015】 2D - 二維(two-dimensional)

【0016】 CRT - 陰極射線管(cathode ray tube)

【0017】 EMB - 眼動箱(eye-motion-box)

【0018】 FOV - 視場(field-of-view)

【0019】 HMD - 頭戴式顯示器(head-mounted display)

【0020】 HUD - 抬頭顯示器(head-up display)

【0021】 LCD - 液晶顯示器(liquid crystal display)

【0022】 LOE - 光導光學元件(light-guide optical element)

【0023】 OLED - 有機發光二極體陣列(organic light emitting diode array)

【0024】 SLM - 空間光調變器(spatial light modulator)

【0025】 TIR - 全內反射(total internal reflection)

【0026】 詳細的敘述：

【0027】 參考圖式及所附描述可以被更好地理解根據本實施例的系

統的原理及操作。本發明是一光學裝置(optical device)，用以朝一觀看者產生均勻的反射。

【0028】 多個反射面(facets)的交疊(overlap)的配置的特定管理方式減少在朝向一名義觀察點(nominal point of observation)耦出的一映像中的不均勻性。一波導件(waveguide)包括：至少二平行的表面；以及多個最先的、中間的及最後的部分反射的反射面。該波導件被配置成使得在該多個反射面被映射到該多個表面中的一個的一幾何投影中，該多個反射面是交疊的，較佳是該相鄰的反射面形成交疊，並且多個非相鄰的反射面的多個起點及多個終點沿著該波導件的至少一部分形成重合。

【0029】 基本技術 - 第 1 至 9 圖：

【0030】 第 1 圖以圖解說明一常規先前技術的折疊式光學裝置，其中該基板(substrate)2 被一顯示來源(display source)4 照亮。該顯示器藉由一準直光學器件(collimating optics)6 而被準直，譬如藉由一透鏡。來自該顯示來源 4 的光藉由一第一反射表面(first reflecting surface)8 以該主要射線(main ray)11 平行於該基板平面的方式被耦入基板 2 中。一第二反射表面(second reflecting surface)12 將該光從基板中耦出到一觀看者(viewer)14 的眼睛中。儘管這種配置具緊湊性，但是這種配置有明顯的缺點。特別是，只能有非常有限的 FOV 被實現。

【0031】 現在參考第 2 圖，這是一示例性的光導光學元件(LOE)的一側視圖。為了減輕上述限制，本實施例利用在一光導光學元件(LOE)內被製造的多個選擇性反射表面的一陣列(array of selectively reflecting surfaces)。該第一反射表面 16 被一準直顯示光射線(collimated display light ray)(多個光束)18 照射，該準直顯示光射線(多個光束)18 從位於該裝置後面的一光來源(未示出)發出。在當前的圖式中，為了簡單起見，通常僅一光射線(light ray)被描繪，即該傳入的光射線(incoming light ray)38(也被稱為“光束(beam)”或“傳入的射線(incoming ray)”)。入射光的其他射線，諸如多個光束 18A 及 18B，可被用於指定該入射瞳孔(incident pupil)的邊緣，諸如入射瞳孔的左邊緣及右邊緣。通常地，在本文中，一映像(image)是以一光光束(light beam)表示，應該注意的是，該光束是該映像的一樣本光束(sample beam)，典型地由多

個光束以略微不同的角度形成，每個角度對應於該映像的一點或像素。除了具體被稱為該映像的一末稍(extremity)之外，以圖解說明的該光束通常是該映像的一質心(centroid)。

【0032】 該反射表面 16 係反射來自該來源的該入射光(incident light)，使得該光藉由全內反射(total internal reflection)被捕獲在一波導件 20 內。該波導件 20 也被稱為“平面基板(planar substrate)”及“透光基板(light-transmitting substrate)”。該波導件 20 包括至少二相互平行的(主要)表面，在本圖中被示出為一下(主要)表面 26 及一上(主要)表面 26A。

【0033】 傳入的光射線 38 在該基板的一近端(圖中的右側)進入該基板。光通過該波導件及一個或更多個反射面傳播，通常地至少為多個反射面，典型地為幾個反射面，該反射面朝向該波導件的一遠端(圖的左側)。光在傳播的一初始方向 28 及傳播的另一方向 30 都通過該波導件進行傳播。

【0034】 在幾次反射離開基板 20 的表面之後，多個被捕獲的波到達多個選擇性反射表面(selectively reflecting surfaces)22 的一陣列，所述選擇性反射表面 22 將來自基板的光耦合到一觀看者的眼睛(eye)24 中。在多個可替代的配置中，該多個選擇性反射表面(selectively reflecting surfaces)22 緊接在光射線 18 進入該基板之後，而沒有先反射出該基板 20 的該多個表面。

【0035】 多個內部的(internal)、部分反射表面(partially reflecting surfaces)，諸如多個選擇性反射表面(selectively reflecting surfaces)22，在本文件的上下文中通常被稱為“反射面(facets)”。在極限情況中，反射面也可以是完全反射的(entirely reflecting)(反射率 100%，或是一鏡件，例如：一基板的該遠端的最後的反射面)或最小反射的(minimal-reflecting)。對於多種增強現實應用(augmented reality applications)，該多個反射面是部分反射的，允許來自該真實世界的光經由上表面 26A 進入，橫貫穿過(traverse)包括多個反射面的該基板，並且經由下表面 26 離開該基板到達該觀看者的該眼睛 24。對於多種虛擬現實應用(virtual reality applications)，該多個反射面可以具有多個替代的反射率(alternative reflectivities)，諸如具有 100%反射率的反射鏡中的該第一耦合，因為來自真實世界的該映像的光不必橫貫穿過這個反射鏡。該多個內部分反射表面(internal partially reflecting surfaces)22 通常至少

部分地以與波導件 20 的伸長方向呈一傾斜角度(oblique angle)(即，既不平行也不垂直)而橫跨穿越該波導件 20。

【0036】 對反射率的參考通常是與該名義反射率有關的。該名義反射率是在該基板中的一特定位置處所需的全反射(total reflection)。例如：如果一反射面的該反射率被稱為 50%，則這通常是指該名義反射率的 50%。在該名義反射率為 10%的情況下，50%的反射率導致該反射面的該反射率為 5%。本領域技術人員將理解在上下文中使用的反射率的百分比的用法。部分反射可以藉由多種技術被實現，包括但不限於一定百分比的光的透射或者偏振的使用。

【0037】 第 3A 及 3B 圖以圖解說明多個選擇性反射表面的一期望反射行為(desired reflectance behavior)。在第 3A 圖中，該射線 32 從反射面(facet)34 被部分地反射並被耦出該基板 20 的 38B。在第 3B 圖中，該射線 36 透過該反射面 34 被透射而沒有任何明顯的反射。

【0038】 第 4 圖是將光耦入一基板中然後耦出到一觀看者的眼睛中的多個選擇性反射表面的一陣列的一細部剖視圖。可以看出的是，來自該光來源 4 的一射線 38 照射在該第一部分反射表面上。該射線 41 的一部分以該原來的方向繼續，並被耦出該基板。該射線 42 的另一部分藉由全內反射被耦入該基板中。該被捕獲的射線藉由在該點 44 處的其他二部分反射表面 22 從該基板逐步地被耦出。該最先的反射面 16 的該塗佈特性不應必然與其他反射表面 22、46 的塗佈特性相似。這種塗層可以是一個更簡單的分束器(beam-splitter)，無論是金屬的(metallic)、分色的(dichroic)或混合金屬分色的(hybrid metallic-dichroic)。類似地，在一非透視系統的情況下，最後的反射表面 46 可以是簡單的一反射鏡。

【0039】 第 5 圖是包括多個反射表面的一陣列的一裝置的一細部剖面圖，其中最後的表面 46 是一全反射鏡(total reflecting mirror)。確實，在這種情況下，最後的反射表面 46 的最左側的部分不能是光學活性的(optically active)，並且多個邊緣射線 48 不能從該基底被耦出。因此，該裝置的該輸出孔徑將會是稍小的。但是，該光學效率可以是更高的，並且該 LOE 的製造工藝可以是更簡單的。

【0040】 重要而要注意的是，不同於第 2 圖所示的配置，一約束(constraint)存在於該多個反射表面 16 及 22 的該取向(orientation)上。在以前的配置(former configuration)中，所有的光藉由該反射表面 16 被耦合在該基板的內部。因此，表面 16 不必平行於表面 22。而且，該多個反射表面可以被定向成使得該光將沿與該多個輸入光波相反的方向從該基板被耦出。對於在第 4 圖中所示的配置，然而，該輸入光的一部分不被表面 16 反射，而是沿著該輸入光 38 的一原來方向(original direction)延續，並立即從該基板被耦出以作為輸出光 41。因此，為了確保源自同一平面光波的所有光將具有相同的輸出方向，所有的反射表面 22 彼此平行是不夠的，而是表面 16 也應平行於這些表面。

【0041】 再次參考第 4 圖描述一系統，該系統具有二反射表面，用於將該光耦出該基板，然而，任何數量的反射表面可以根據該光學系統的所需輸出孔徑及該基板的厚度被使用。當然，有些情況下只有一個耦出表面(coupling-out surface)被需要。在這種情況下，該輸出孔徑本質上將是該系統的輸入孔徑的尺寸的兩倍。該唯一需要的用為最後配置的多個反射表面是簡單的多個分束器(beam-splitters)及多個鏡件(mirrors)。

【0042】 在第 4 圖所描述的裝置中，來自該顯示來源的光於該基板的端部處被耦入該基板，然而，存在較佳具有一對稱系統的多個系統。也就是說，該輸入光應該在該基板的中心部位被耦入該基板。

【0043】 第 6 圖是以圖解說明具有一對稱結構的一橫向光瞳擴張的一維波導件的多個細部剖視的一圖。當前的圖式以圖解說明一個方法以組合兩個相同的基板，以產生一對稱光學模組(symmetric optical module)。可以看出的是，來自該顯示來源 4 的光的一部分直接穿過該多個部分反射表面而離開該基板。該光的其他部分則分別藉由多個部分反射表面 16R 及 16L 被耦入該基板 20R 的右側及該基板 20L 的左側。該被捕獲的光然後分別被該反射表面 22R 及 22L 逐步地耦出。顯然，該輸出孔徑是該系統的輸入孔徑的尺寸的三倍，具有與第 8 圖所述相同的放大率。然而，與那裡的系統不同的是，這裡的系統關於左方及右方的基板的該膠合表面(cemented surface)29 是對稱的。

【0044】 現在參考第 7 及 8 圖，在第 5 及 6 圖的一波導件的一頂部上的多个示例性實現方案。第 5 及 6 圖的配置橫向擴展該傳入的映像。第 5 圖的該裝置可以被用於實現第 7 圖的該第一個 LOE 20a，第 6 圖的該裝置可以被用於實現第 8 圖的該第一個 LOE 20a'， 第 2 圖的該裝置可以被用於實現該第二個 LOE 20b。

【0045】 第 7 圖以圖解說明利用一雙重 LOE 配置沿二軸線擴展該光束的一替代的方法。該輸入光波 90 被耦入該第一個 LOE 20a，該第一個 LOE 20a 具有類似於第 5 圖所示的一非對稱結構，藉由該最先的反射表面 16a 而沿著該 η 軸線進行傳播。該多個部分反射表面 22a 將該光耦出第一個 LOE 20a，然後該光藉由該反射表面 16b 被耦入該第二個不對稱的 LOE 20b。該光然後沿著該 ξ 軸線進行傳播，然後藉由該選擇性反射表面 22b 被耦出。如圖所示，該原始光束 90 沿著兩個軸線被擴展，其中該總體擴展藉由在該元件 16a 及 22b 的該橫向尺寸之間的該比率被決定。在第 7 圖中給出的配置只是一雙重 LOE 設置的一示例。其中兩個或更多個 LOE 被組合在一起以形成複雜的多個光學系統的其他多個配置也是可行的。

【0046】 現在參考第 8 圖，係以圖解說明利用一雙重 LOE 配置沿二軸線擴展一光束的另一種方法的一圖。通常地，該光被該表面 16b 耦合到該第二個 LOE 20b 中的區域對外部光不能是透明的，而且不是該透視區域的一部分。因此，該第一個 LOE 20a 本身不必是透明的。因此，即使對於多個透視系統，通常也可以將第一個 LOE 20a 設計為具有一對稱結構，如在當前的圖中可以看到的那樣。第二個 LOE 20b 具有一不對稱結構，使得該使用者能夠看到該外部場景。在這種配置中，該輸入光束 90 的一部分沿著該原來方向 92 繼續進入第二個 LOE 20b 的該耦入鏡件 16b 中，而該另一部分 94 藉由該多個反射表面 16a 被耦入該第一個 LOE 20a'中，沿著該 η 軸線進行傳播，並且然後藉由該多個選擇性反射表面 22a 被耦入該第二個 LOE 20b 中。兩個部分然後都藉由該反射表面 16b 被耦入該第二個不對稱 LOE 20b 中，沿著該 ξ 軸線進行傳播，然後藉由該多個選擇性反射表面 22b 被耦出。

【0047】 第 9 圖以圖解說明被嵌入在一標準眼鏡框架(standard

eyeglasses frame)107 中的多個 LOE 20a/20a'及 20b 的一實施例。該顯示來源 4 與該折疊及該準直光學器件 6 被組裝在該眼鏡框架的該臂部(arm)112 內，正好在位於該第二個 LOE 20b 的該邊緣處的 LOE 20a/20a'旁邊。對於該顯示來源為一電子元件的情況，諸如一小型 CRT、LCD、OLED 等，用於該顯示來源的該驅動電子器件(driving electronics)114 可以被組裝在該臂部 112 的該後部內側。一電源及資料介面(power supply and data interface)116 可藉由一引線(lead)118 或包括無線電或光學傳輸的其他通訊裝置被連接到臂部 112。替代地，一電池及微型資料鏈接電子器件可以被積體化(integrated)在該眼鏡框架中。被描述在第 9 圖中的該實施例僅是一個示例。其他可能的頭戴式顯示器裝置可以被構建，包括該顯示來源被安裝而平行於該 LOE 平面或在該 LOE 的上部的多個組件。

【0048】 此基本技術的多個附加的細節可以在美國專利案第 7,643,214 號中被找到。

【0049】 第一實施例 - 第 10A 至 21D 圖

【0050】 現在參考第 10A 圖，係以圖解說明具有多個非交疊的反射面的一波導件對映像均勻性的變化的影響的一示意圖。被感知的不均勻性的一來源涉及在不同視場中的內部反射面的角度交疊。對在此以圖解說明波導件(10 或 20，參見第 12A 及 12B 圖)的該區域中，該波導件包括多個內部反射面(兩個被描繪為最後的反射面(last facet)2515 及最先的反射面(first facet)2517)。該被耦出的光的大部分從單一的內部反射面被反射。然而，在多個反射面的邊緣處，對多個離軸角度而言是不均勻的。對於指向左側的該 FOV 的一區域(被標記為實線箭頭)，一常規的間隙區域 2520(通常也被稱為一"欠疊區域(underlapping area)"，"黑線(black line)"區域或"暗條紋(dark strip)"區域)將不會反射任何光，因為在這個角度上，在被最後的反射面 2515 與最先的反射面 2517 反射的光之間存在一有效的間隙(effective gap)，導致被感知的一暗條紋。另一方面，被耦出的光(被標記為虛線箭頭)具有一常規的明亮區域(conventional bright area)2525(通常也被稱為一"部分交疊(partially overlapping)"區域或"密集(intense)"區域)，在該區域內存在從 2515 及 2517 被反射的光，使得該波導件將反射幾乎為兩倍的光量。因此，在第

10A 圖中的該不均勻性將在該 FOV 及眼睛位置的不同區域中的該延伸孔徑上的該中值映像強度的大約 200%與 0%之間變化。

【0051】 現在參考第 10B 圖，係以圖解說明具有交疊反射面波導件對映像均勻性的變化的影響的一示意圖。如在當前圖式中以圖解說明的，顯著的交疊被引入在該多個反射面之間。在這種情況下，多個相鄰的反射面之間的該間隙被減半，導致在大多數眼睛位置處的該 FOV 的大部分經由來自兩個反射面的交疊反射從該映像接收照明。在此示例性情況下，單個中間的反射面(middle facet)2535 被配置在該最後的反射面 2515 與該最先的反射面 2517 之間。在該映像的末稍處及多個反射面的末稍處附近，對於該映像的某些區域有貢獻的多個交疊的反射面的數量仍然會發生變化，如藉由欠疊區域 2540 所示的，該欠疊區域 2540 僅發源自一個反射面(該中間的反射面 2535)及明亮區域(bright area)2545，該明亮區域 2545 係由三個相鄰反射面(2517、2535 及 2515)所貢獻的。因此，該輸出的不均勻性將在該中值反射率(median reflectivity)的 50%與 150%之間變化。

【0052】 來自反射面 2517 的前半部分(光從右側傳播)處的該光將會耦出作為被減少的能量(射線/輸出光束(ray / output beam)2546)，因為在這個位置上，該下一個反射面 2535 並不是交疊的，即只有一個反射面對該觀看者發出的光進行反射。在反射面 2515 的後半部分(射線/輸出光束(ray / output beam)2547)處發生同樣的被降低的功率。在這些區域，該反射率將是該中值反射率的 50%。

【0053】 該當前實施例的一特徵是該多個反射面的交疊的配置的管理，特別地最佳化該交疊以獲得將光反射到該觀看者的一恆定數量的反射面(多於一個)。換句話說，至少二反射面對朝著一觀看者的一 FOV 的光進行反射。

【0054】 現在參照第 11A 至 11C 圖，係用於實現用於多個不同反射(角度傳播)的配置的交疊反射面的示例性替代配置(這些配置也在第 12C 及 12D 圖中被描述)。在當前圖式中，為了簡化起見，僅標示出一條光的射線，即該傳入的光射線 38(也被稱為該“光束(beam)”)，以多個相應耦出的射線 38B。為了簡單起見，交叉耦合並未被描繪。一些被耦出的射線 38B1 穿過

該多個內部反射面(internal facets)2560 並且一些耦出射線 38B2 直接被耦出。

【0055】 在如第 11A 圖所示的配置中，該傳入射線 38 從多個內部反射面 2560 的兩側橫跨穿越多個內部反射面 2560。一第一個橫跨穿越過程是從反射面 2562 後方開始進行的，在此橫跨穿越過程中，在該反射面的這一側上的一塗層對於這個小的角度(shallow angle)而言應該是透明的。該光束還從另一側橫跨穿越反射面 2564，即在與該後側相對的一前側上橫跨穿越，並且在此示例性的更陡峭角度處，該反射面的該塗層應該是部分反射的，使得該光的一部分被引導出該波導件。(一類似的單個反射面被描述在 US 7,391,573 B2 中)。

【0056】 在第 11B 及 11C 圖所示的結構中，該多個內部反射面 2560 的角度及光傳播的方向被設置，使得該光束(傳入的射線 38)總是從該多個反射面的相同側通過該多個內部反射面 2560。在該多個反射面上的該塗層可以被用於設定該反射率及透射率，使得該適當的光束(38B)被反射而出。

【0057】 在第 11B 圖中，該光束 38 接近垂直地橫跨穿越該多個初始的內部反射面 2560，如在點 2568 處所示，其中該反射面的塗層被設計為透明的。一第二個橫跨穿越過程係如在 2570 點處(更遠離垂直)所示的一小的角度，其中該塗層被設計成部分反射器，使得該光的一部分被耦出(38B)。

【0058】 在第 11C 圖中，該反射面的塗層被設置為接近垂直的部分反射器，如在點 2574 處所示，並且以更遠離垂直的角度被設置為透明的，如在點 2576 處所示。

【0059】 現在參照圖式，第 12A 至 12D 圖以圖解說明在一光學孔徑倍增器(optical aperture multiplier)的一維(1D)及二維(2D)波導件中的多個交疊的反射面。通常地，根據本發明的一實施例的一光學孔徑倍增器的術語包括一第一個光學波導件 10，該第一個光學波導件 10 具有一伸長方向，該伸長方向在此被任意地以圖解說明為對應於該“x 軸線”。第一個光學波導件 10 具有第一對平行面 12a、12b 及第二對平行面 14a、14b，該第一對平行面 12a、12b 及第二對平行面 14a、14b 形成一矩形橫截面。多個內部分反射表面 40 至少部分地以與該傾斜方向呈一傾斜角度(即，既不平行也不垂直)的

方式橫貫穿過第一個光學波導件 10。

【0060】 該光學孔徑倍增器較佳地還包括一第二個光學波導件 20，該第二個光學波導件 20 與第一個光學波導件 10 係光學地耦合，該第二光學波導件 20 具有一第三對平行面 22a、22b，該第三對平行面 22a、22b 形成一平板型波導件，即波導件 20 的另外兩個尺寸至少比在第三對平行面 22a，22b 之間的距離大一個數量級。在此，多個部分反射表面 45 較佳至少部分地以與該第三對平行面呈一傾斜角度的方式橫貫穿過第二個光學波導件 20。

【0061】 在該多個波導件之間的該光學的耦合以及多個部分反射表面 40、45 的佈署及配置，使得當一映像在傾斜於該第一對平行面 12a、12b 及第二對平行面 14a、14b 的一耦合角度中以傳播(例如：光射線 38)的一初始方向 28 被耦入第一個光學波導件 10 中時，該映像沿著第一個光學波導件 10 藉由四重內部反射(映像 a1、a2、a3 及 a4)的方式前進，在多個部分反射表面 40 處被反射的該映像的強度的一比例，從而被耦入第二個光學波導件 20 中，然後在第二個光學波導件 20 中通過雙重反射(映像 b1、b2)的方式進行傳播，其中該映像的強度的一比例在多個部分反射表面 45 處被反射，以便從該多個平行面中的一個被向外導出以作為如在一使用者的眼睛 47 被看到的一可見的映像(visible image)c。

【0062】 現在更明確地轉至第 12A 及 12B 圖，係分別顯示以上描述的一實現方案的第一圖例的一個二維光學孔徑倍增器的示意性側視及前視的表現形式。第一個波導件 10 在此被稱為一個二維(2D)波導件，即第一個波導件 10 藉由在多個平行面(在這種情況下，該第一對平行面 12a、12b 及第二對平行面 14a、14b)的二集合之間的反射在二維度中引導該被注入的映像，而第二個波導件 20 被稱為一個一維(1D)波導件，在一對平行面(在這種情況下，該第三對平行面 22a、22b)之間僅在一個維度上引導該被注入的映像。

【0063】 如第 12B 圖所示，藉由該多個交疊的內部反射面，進一步改進以減少可能是由於“多路徑(multipath)”圖像的引入所產生的不均勻性。通常在多個交疊的反射面的實現方案中存在一類似的過程。在 2D 波導件

10 中傳播的該光(被標記為實心箭頭並標記為“a”)被耦出(被指定為“b”)，但是來自 b 的一些光在被耦出作為 b’以前就被反向耦合(back-coupled)到 a’(被標記為虛線箭頭)。在“a”與“b”之間的這種來來回回(back-and-forth)的耦合致使橫跨穿越該孔徑的強度得以均化，同時保持光並行度(light parallelism)，藉以進一步改善光均勻性(light uniformity)。這種改進還可以在具有使用多個交疊的反射面的一類似過程的其他波導件中被實現，諸如在第 12A 圖中所示用於 1D 波導件 20。在 1D 波導件 20 中傳播的該光(被標記為實線箭頭，並被示出為光束“b1”及“b2”)被耦出(被示出為光束“c”)，但是來自光束 c 的一些光在被耦出作為光束 c3 及 c4(標記為虛線箭頭)以前就被反向耦合到 b2’(被標記為虛線箭頭)。

【0064】 來自一光學映像生成器(optical image generator)(未被示出)的光的光束 38 以一角度被注入第一個波導件 10 中。因此，如第 12A 圖的該側視所示，該光在從該波導件的全部四個外部的表面被反射的同時沿著波導件 10 傳播。在這個過程中，四個共軛光束向量被生成為 a1、a2、a3 及 a4，該 a1、a2、a3 及 a4 代表該映像藉由多個反射面被內部地反射的相同映像。

【0065】 被注入到波導件 10 中的光束 38 的該角度被設置為從此波導件的全部四個外部表面進行反射。該光的光束應該以小的(掠過)角度從第一個波導件 10 的底面 12b 進行反射，該底面 12b 即與第二個波導件 20 相鄰的面，並且較佳應當以陡峭的角度從 10 透射到 20。這種性質可以通過全內反射(TIR)或通過光學塗層被完成。一衍射圖案(diffractive pattern)也可以藉由在同一表面上結合衍射(diffraction)與透射(transmission)以執行這種光學性質。來自第一個波導件 10 的另外三個面 12a、14a 及 14b 的反射可以用相同的方式或者藉由使用一反射的塗層被產生。

【0066】 在第一個波導件 10 中的該被引導的光的光束的部分(例如光束 a1 及光束 a2)被該內部平行的部分反射器(多個反射面)40 反射而向下投射到第二個波導件 20 的一輸入耦合表面(input coupling surface)上。在第二個波導件 20 中，這些光束被定義為示例性光束 b1 及 b2。在這個過程中，該交疊的配置引起交叉耦合(cross-coupling)，藉而改善均勻性而不降低映像

品質(如所描述的)。

【0067】 多個光束 b1 及 b2 被多個外部面反射並變為共軛的，即光束 b1 被反射為光束 b2，反之亦然(如第 12A 圖所標示)。第一個波導件 10 的外部的前面 14a 及背面 14b 應當相互平行，並且在該實現方案中，應當平行於第二個波導件 20 的相應外部面 22a、22b。任何對於並行度的偏差都將導致來自光束 b1 及 b2 的被耦合的映像並非被精確共軛的映像，並且映像的品質會降低。

【0068】 在第二個波導件 20 內的該多個內部反射面 45 將該多個波導件的外部的光束 b2 反射到該觀看者 47 的眼睛中。該多個內部反射面 45 也可以交疊，從而進一步改善如對反射面 40 所述的映像均勻性。

【0069】 在第 12C 及 12D 圖中進一步解釋在波導件 10 及 20 中的該多個內部反射面的該反射過程。兩種基本配置被繪示，並且不同的是該多個光的光束及該多個反射面的多個相對角度。在此示意的圖例中，由於從相應波導件的一側視被觀察到的每一個相同的幾何考慮因素，所以該多個光束 a1、a2 及 b1 被描繪為相同的向量(將僅參考光束 b1)。光束 a3、a4 及 b2 也被描述為相同的向量(將僅參考 b2)。

【0070】 光的光束 b2 實際上是如第 12C 圖中兩個向量所示的在相同方向上傳播的一束射線。在這種情況下，一個向量被該外部面反射成為光束 b1，並且投射到該一個向量的一部分被反射作為光束 c1 的該內部反射面 40(或 45)。其他的光束 b2 向量被反射面直接地反射作為向量光束 c2。該向量光束 c1 及 c2 不必然要按照這個順序呈現該正常映像(normal image)及鬼影映像(ghost image)。在這種結構中，多個光束 b1 及 b2 從同一側照射到反射面 45 上。

【0071】 第 12D 圖本質上描述相同的過程，但其中幾何形狀則是使得光束 b1 及 b2 從相對側照射到反射面 40(或 45)上。

【0072】 在這兩種情況下，在 S 及 P 極化中的映像 c1 及 c2 的反射的大小由這些反射面上的該塗層決定。較佳地，一個反射是該映像而另一個反射被抑制，因為另一個映像對應於一不想要的“重影”映像。用於控制入射光束角度的哪個範圍被反射以及入射光束角度的哪個範圍被透射的合適的

塗層是本領域已知的，並且可以發現在與本發明共同被轉讓的美國專利案第 7,391,573 號及第 7,457,040 號中被詳細描述。

【0073】 第 13 圖以圖解說明另一實現方案，其中第一個波導件 10 的該部分反射表面，在此被標記為 155，與兩個面 12a 及 14a 形成一傾斜角度。(該虛線被意圖便於觀察該多個反射面的傾斜程度，藉由顯示皆垂直於兩個外部表面的一平面，而另一個僅相對於一個表面傾斜)。

【0074】 現在參考第 14A 及 14B 圖，分別是以該交疊的反射面被建構的一光學孔徑倍增器的示意性側視及前視的表現形式。以上參考第 12A 及 12B 圖描述當前圖式的一般操作，多個反射面的該交疊被應用在該 2D 波導件 10 以及在該 1D 波導件 20 中。在此示例中，在第 14B 圖中，該 2D 波導件 10 最後橫向地擴展該光學孔徑(在當前圖式中從右到左)，並且該 1D 波導件 20 在將該光透射到該觀看者 47 的眼睛以前垂直地擴展該光學孔徑(在當前圖中從上到下)。

【0075】 在第 14A 圖中，光(被顯示為傳入射線 38)被耦入 2D 波導件 10 中。此波導件包括該交疊的反射面 40。虛線在當前圖中被使用以顯示如用雙線示出的該多個反射面 40 的對齊情況。在此實施方式中，該最先的反射面 40a 及該最後的反射面 40b 具有比該多個內部反射面 40 中的該多個中間的反射面更小的面積。這使得被該 2D 波導件 10 耦出(“b”)的光能夠實質為均勻的，因為該被耦出的光‘b’起源於由包括在該 2D 波導件 10 的開始及結束處的一恆定數量的多個反射面。例如：輸出射線 b10 及輸出射線 b20(當從波導件 10 輸出時實際上是交疊的，但為了清楚起見在圖中稍微分開)產生一被結合的輸出，該被結合的輸出起源於二反射面(最先的反射面 40a 及該多個內部反射面 40 中的一相鄰的反射面)。類似地，多個輸出射線 b30 及 b40 從二反射面產生一輸出。

【0076】 為了進行比較，回頭參照第 10B 圖，其中來自該第一個全反射面 2517 的該光輸出光束 2546 及來自最後一個全反射面的該光輸出光束 2547 以被減少的能量被耦出。由於部分的最先的反射面 40a 及最後的反射面 40b 與該相鄰的反射面 40 交疊的更短少，使用該部分的最先的反射面及最後的反射面(40a、40b)將能避免此被降低的能量。注意的是，如果被照

亮的最後的反射面被設計成具有 100%的反射率(當被用於增強觀看時為100%的名義反射率)，則該最後的反射面將會表現的與完整的反射面 2515相似。

【0077】 對於該 2D 波導件 10 描述的該交疊的反射面的配置的運作類似對於該 1D 波導件 20。該內部反射面 45 將該光反射到該觀看者 47。該 1D 波導件的多個內部反射面 45 的交疊方式係如對於 2D 波導件的多個內部反射面 40 所描述的那樣。類似部分的最先的反射面 40A 及最後的反射面 40b，最先的反射面 45a 及最後的反射面 45b 具有被縮減的面積，以維持如對於 2D 波導件 10 所述的照明均勻性(illumination uniformity)。

【0078】 現在參考第 15A 及 15B 圖，第 14A 及 14B 圖的基本結構被變換為取代該 2D 波導件 10，以一自由空間光學佈置 11(例如：在第 5 及 6 圖中所描述的)表現該橫向擴展。1D 波導件 20 的該創新交疊結構仍被用於執行該垂直擴展。

【0079】 現在參考第 16A 至 16C 圖，係多個示例性反射面的實現方案的多個草圖。該多個反射面可以用各種交疊的配置被佈置，包括但不限於交疊的數量，多個反射面相對於該波導件基板的該多個平行的表面(主要邊緣，諸如一對下表面 26 及上表面 26a)的角度及諸多反射率。多個反射面的交疊可以被實現成在本文件的上下文被稱為單個(非交疊)、雙重及三重(交疊)的反射面。通常地，兩個或更多個反射面的交疊(通過定義以“雙重”開始)被稱為“多反射面(multiple facets)”或“多交疊(multiple overlap)”。額外的超過三倍的交疊是可行的以及部分交疊，從當前的描述及多個非限制性的示例中將是顯而易見的。為了在當前圖式中清楚起見，從傳入光射線 38 到耦出射線 38B 的傳播過程未被示出。

【0080】 第 16A 圖，作為參考，顯示如上參考第 2 圖所描述的單個反射面或是不交疊的一常規實現方案。波導件 20 包括多個反射面 22，該多個反射面 22 在該第一個的二表面(26、26A)之間被以雙線示出。一第一區域 54 是光(如射線 38 所示)被耦入該基板中的一區域。該實線箭頭顯示耦出射線 38B 僅橫跨穿越一個反射面(單個反射面式橫跨穿越(single facet crossing))。請注意的是，對“橫跨穿越的(crossing)”多個反射面及“被橫跨穿

越的(crossed)”多個反射面的數量的引用包括計算該耦出射線的來源的該反射面。虛線被用於顯示多個反射面 22 的對齊情況。在此單個反射面的配置中，該多個反射面 22 未交疊，並且具體地被配置為一個反射面的末端部位與一相鄰的反射面的起始部位被對齊。

【0081】 對於本領域技術人員而言，對於對齊情況的引用相對於該反射面在該多個表面中的一個上所投射的一幾何投影是顯而易見的。例如：示例性反射面 F1 的反射面起點(facet-start)在點 P1 處具有被投射在下表面 26 上的一幾何投影(geometrical projection)。示例性反射面 F2 的反射面終點(facet-end)在點 P1 處也具有被投射在下表面 26 上的一幾何投影。示例性反射面 F2 的反射面起點在點 P2 處具有被投射在下表面 26 上的一幾何投影。示例性反射面 F3 的反射面終點在點 P2 處也具有被投射在下表面 26 上的一幾何投影。

【0082】 第 16B 圖是一雙重的反射面(雙重反射面橫跨穿越(double facet crossing)、雙重交疊(double overlap))的一草圖。此為一個較佳的實現方案，該實驗顯示出提供良好的結果，同時最小化製造複雜性的增加(與較為高級的多種橫跨穿越方式相比)。在本說明書中通常使用一雙重反射面交疊的非限制性示例。一波導件(透光基板(light transmitting substrate)、波導件 20)包括多個交疊的內部反射面 40，該多個反射面 40 在該第一個(二個)表面(26、26A)之間被以雙線示出。一實線箭頭顯示傳入光射線 38。另一個實心箭頭顯示一名義射線橫跨穿越二反射面，然後從該基板被耦出(耦出射線 38B 顯示箭頭)。兩個反射面(反射面 F11 及反射面 F12)的這種橫跨穿越是一雙重反射面橫跨穿越(double facet crossing)。如在相似的圖式中，虛線被用於顯示出該多個反射面 40 的對齊情況。在這個例子中，單個第一個部分的反射面 40a 及單個最後一個部分反射面 40b 被顯示。

【0083】 該波導件包括至少一對彼此平行的反射面(下表面 26 及上表面 26A，被稱為“多個第一表面”)。一基板寬度 52 是在該多個第一表面之間的一距離。一第一區域 54 是在光(如射線 38 所示)被耦合到該基板中的一區域。

【0084】 該波導件包括多個反射面 56 的一序列。該多個反射面的該

序列 56 包括一最先的反射面(40a)、一最後的反射面(40b)及一個或更多個中間的反射面(40c)。該最先的反射面 40a 位於接近該第一區域 54 處，此處是接近多個反射面 56 的該序列的最近部分。該最先的反射面在該多個第一表面(26、26a)之間沿一方向具有一第一寬度(52a)。

【0085】 該最後反射面 40b 位於遠離該第一區域 54 的多個反射面 56 的一序列的一遠端 55 處。該最後的反射面 40b 在該多個第一表面(26、26a)之間沿一方向具有一第三寬度 52b。

【0086】 一個或更多個中間的反射面 40c 位於該最先的反射面 40a 及該最後的反射面 40b 之間。該中間的反射面(的每一個)在該多個第一表面(26、26a)之間沿一方向具有一第二寬度 52c。為了清楚起見，僅顯示一個第二寬度 52c。在一典型的實現方案中，所有中間的反射面的該寬度將是相等的。然而，這種實現方案不是限制性的，並且每個反射面的寬度可以是相互不同的，如下所述。中間的反射面的該數量可以根據應用而變化。該一個或更多個中間的反射面的典型數量包括一個、二個、三個、四個、五個及多個。

【0087】 多個反射面 56 的該序列中的每一個反射面通常是一至少部分反射表面，與該多個表面(26、26a)呈一傾斜角度，在該反射面寬度的一近端側上具有一反射面起點，並且在該反射面寬度的一遠程側上具有一反射面終點。多個示例性的反射面起點被顯示，對於該最先的反射面 40a 則如點 57a；對於與該最先的反射面 40a 相鄰的一中間的反射面則如點 57m，對於一下一個中間的反射面則如點 57n，及對於該最後的反射面 40b 則如點 57b。類似地，多個示例性的反射面終點被顯示，對於該最先的反射面 40a 則如點 58a；對於與該最先的反射面 40a 相鄰的一中間的反射面則如點 58m，對於一下一個中間的反射面則如點 58n，及對於該最後的反射面 40b 則如點 58b。

【0088】 該多個反射面的交疊的一對齊情況現在被描述。首先，我們定義一幾何投影沿從該基板 20 被耦出的一名義射線 38B 的一方向被投射在該多個表面中的一個(在這種情況下，我們將使用下表面 26)。該名義射線 38B 通常實質上是從該基底 20 被耦出的該光的一中心射線。通常地，該名

義射線 38B 是一設計者希望在該射線場中具有最佳性能的一射線。一名義射線 38B 也可以是用於該基板 20 上的一特定位置的最佳射線。在某些特別較佳的實施例中，該名義射線被設計為垂直於該光導光學元件的該多個平行表面，但是取決於各種設計考慮，該名義射線可以相對於這些平行表面的一法線(normal)傾斜一個或兩個尺寸。注意的是，如果一名義射線 38B 未垂直於該基板 20 的該平行表面(例如 26)，那麼該名義射線 38B 與該表面呈一角度，該名義射線 38B 將在從該基板 20 耦出時折射，並且在該基板 20 外側處於一不同的角度。在本文件的上下文中，通常參考該基板 20 內側的該名義射線 38B。通常該名義射線對應於來自中心或接近該傳入映像的中心的一射線。在一些實現方案中，該名義射線是該傳入映像的該主要射線。通常地，該傳入光 38 對應於一映像，並且該中心射線是來自該映像的一中心的一中心射線。附加地或替代地，該傳入光 38 對應於一映像，並且該中心射線對應於該映像的一中心像素。

【0089】 接著，該最後的反射面 40b 及該一個或更多個的中間的反射面 40c 中的每一個的該幾何投影係與一相鄰的一個或更多個的中間的反射面 40c 及該最先的反射面 40a 的一各自的該幾何投影形成交疊。換句話說，多個相鄰的反射面形成交疊。例如：在該遠端的最後的反射面 40b 與相鄰的最左側(在圖中)的中間的反射面形成交疊，該多個中間的反射面 40c 中的每一個與一相鄰的中間的反射面形成交疊，並且在該近端的最右側的中間的反射面與該最先的反射面 40a 形成交疊。

【0090】 另外，該最後的反射面 57b 的該反射面起點及該一個或更多個中間的反射面(諸如 57n、57m)中的每一個的該幾何投影實質上較佳與該一個或更多個中間的反射面(諸如 58n、58m)及該最先的反射面 58a 的一非相鄰的反射面終點的一各自的幾何投影形成重合。換句話說，每一個反射面起點沿名義射線耦出的一方向與一非相鄰的反射面終點對齊或較佳地緊密對齊(除了該最先的反射面 40a 明顯例外，因為沒有反射面終點與它對齊)。該重合係沿著該基板的至少一部分。

【0091】 替代地，反射面的交疊可以被描述為在視線中交疊的恆定數量的反射面朝向通過其中一個表面耦合出基底的光的觀測點的名義觀察點。

換句話說，該名義點是一使用者的一眼睛 47 的一典型位置，即一觀看者的一眼睛的一瞳孔的最可能的位置。在一些應用中，該名義點是該觀看者的眼球的中心。多個內部反射面被最佳化，以藉由具有在該視線中朝向一名義觀察點交疊的恆定數量的反射面朝向該觀看者產生均勻的反射。

【0092】 該當前實施例的一特徵是多個反射面的該交疊的該配置的特定管理。在這種情況下，對於雙重反射面橫跨穿越，每一個最先的反射面及中間的反射面的該反射面終點與一相鄰的中間的反射面或最後的反射面的中心位於同一條線上。同樣，每一個最後的反射面及中間的反射面的該反射面起點與一相鄰的中間的反射面或最後的反射面的中心在同一條線上。在這種情況下，以下的多個示例性反射面具有多個幾何投影投射在以下的多個點處的下表面 26 上：

【0093】 在點 P11 處的反射面 F11 的反射面終點；

【0094】 在點 P12 處的反射面 F11 的中間；

【0095】 在點 P14 處的反射面 F11 的反射面起點；

【0096】 在點 P12 處的反射面 F12 的反射面終點；

【0097】 在點 P14 處的反射面 F12 的中間；

【0098】 在點 P14 處的反射面 F13 的反射面終點；及

【0099】 在點 P13 處橫跨穿越多個反射面 F11 及 F12 的射線 38B。

【0100】 因此，中間的反射面 F11 的近端與相鄰的中間的反射面 F12 的該遠端形成交疊，並且中間的反射面 F11 的該反射面起點與非相鄰的中間的反射面 F13 的反射面終點形成對齊。

【0101】 該多個反射面通常相互平行且間隔恆定，意即，在多個反射面的該序列的多個相鄰的反射面中的一對之間的一間隙與在多個反射面的該序列的相鄰的反射面的另一對之間的一間隙是相同的。例如：在反射面 F11 與反射面 F12 之間的間隙 59a 係與在反射面 F12 與反射面 F13 之間的間隙 59b 實質上是相同的。在多個相鄰的反射面之間的該間隙通常大於被耦入該基板中的該光的同調長度(coherence length)。同調長度是在一同調波(譬如一電磁波)上保持一特定同調度(specified degree of coherence)的傳播距離(propagation distance)。通常地，該同調長度是波長的平方除以光譜寬度

(spectral width)。如果反射面間隙沿著該波導件被改變，則多個交疊的條件應該被保留。

【0102】 在一較佳實施例中，該最先的反射面的該第一寬度小於該一個或更多個中間的反射面的該第二寬度。換句話說，該最先的反射面是一部分反射面。在一示例性實現方案中，該第一寬度實質上為該第二寬度的一半。

【0103】 在另一種選擇中，該第三寬度小於該第二寬度。換句話說，該最後的反射面是一部分反射面，最好是該中間的反射面的寬度的一半(該第三寬度實質上是第二寬度的一半)。在另一種選擇中，該最後半反射面具有一反射率，該反射率實質上為一名義反射率的 100%。例如：如果該名義反射率是 50%(如雙重交疊的情況)，那麼在該波導件的該遠半端(distal half end)，該最後的反射面將具有 50%的反射率。例如：在第 10B 圖中，如果反射面 2517 的一半具有 100%的名義反射率，則射線 2546 將具有如該被耦出的光的其餘部分相同的強度。類似地，如果反射面 2515 的一半具有 100%的反射率，則射線 2547 也將具有如被耦出的光的其餘部分相同的強度。

【0104】 來自該第一區域的該光的該傳播使得該光的至少一部分在遇到一個或更多個中間的反射面中的一個以前就遇到該最先的反射面。

【0105】 現在參考第 16C 圖為三重反射面(三重反射面橫跨穿越，三重交疊)的一草圖。類似於其他示例，一波導件(波導件 20)包括多個交疊的內部反射面 40，該多個交疊的內部反射面 40 以雙線被示出在該多個第一表面(26、26A)之間。一實線箭頭顯示一名義射線橫跨穿越三個反射面，然後從該基板被耦出(箭頭耦出射線 38B)。如在相似的圖式中，虛線被用於顯示出該多個反射面 40 的對齊情況。在這個例子中，多個(具體地說是兩個)最先部分反射面及多個(兩個)最後部分反射面被示出。

【0106】 通常地，多個反射面被從該波導件基板耦出的該名義射線橫跨穿越。在一雙重反射面橫跨穿越的示例中，被橫跨穿越的反射面數量是兩個。同樣地，在一個三重反射面橫跨穿越的示例中，被橫跨穿越的反射面的數量是三個。一般來說，對多個反射面的該序列中的全部而言，被橫跨穿越的反射面的數量是恆定的。構建一波導件，該波導件具有一恆定數

量的被橫跨穿越的反射面，可以用多種配置被實現。例如：如參照第 16B 圖所描述的那樣，該最先的反射面 40a 的該第一寬度 52a 實質上可以是該相鄰的中間的反射面(該多個中間的反射面 40c 中的一個反射面)的該第二寬度 52c 的一半。在另一個示例中，該最先的反射面的 1/4 及該相鄰的反射面的 3/4 可以被使用。另一個示例，參見第 16C 圖，該最先的反射面 40a 及一最先相鄰的反射面(first adjacent facet)F14 都是該下個相鄰的反射面(next adjacent facet)F15 的該寬度的部分。

【0107】 基於對多個交疊的反射面的實現方案使用一示例性 1D 波導件(例如：該 1D 波導件 20)的當前描述，本領域技術人員將能夠實現用於一 2D 波導件的多個交疊的反射面(例如：在該 2D 波導件 10 中)及其他波導件的配置。

【0108】 參照第 14A、14B 及 13 圖。一般來說，在一 2D 波導件中，該波導件包括該第一表面(26、26a 或 12b、12a)及多個表面的一第二對(14a、14b)。該多個第二表面(14a、14b)係相互平行且不平行於該多個第一表面(12b、12a)。類似相對於該多個第一表面的多個反射面的寬度，該最先的反射面在該多個第二表面之間沿一方向具有一第四寬度，該最後的反射面在該多個第二表面之間沿一方向具有一第六寬度，並且該一個或更多個中間的反射面在該多個第二表面之間沿一方向具有一第五寬度。該 2D 波導件的一特徵在於：該多個反射面被配置使得當一映像在傾斜於該第一表面及第二表面的一耦合角度內以傳播的一初始方向被耦合到該波導件中時，該映像沿該波導件以四重內部反射的方式前進。

【0109】 在一替代實施例中，該多個第二表面垂直於該多個第一表面。在另一替代實施例中，每個反射面與該多個第二表面呈一傾斜角度。

【0110】 現在參考第 17A 至 17D 圖，係該諸多替代反射面配置的諸多粗略草圖。在當前的圖式中，該多個反射面是平行的。

【0111】 相較之下，現在參考的第 17A 圖係如第 16B 圖被詳細描述的多個雙重反射面的一粗略草圖。由於該波導件將該映像朝向一使用者的眼睛 47 投射，不同的光射線以不同的角度傳播，藉此產生交疊及欠疊，這降低均勻性(引入不均勻性)，如上面參考第 10A 圖所述。第 17A 圖的該交

疊配置(類似於第 16B 及 10B 圖)相對於第 10A 圖(類似於第 16A 圖)的非交疊配置降低這種不均勻性效應。對於許多應用來說，這種雙重配置是足夠的，並且該交疊充分地抑制不均勻性。

【0112】 現在參考第 17B 圖，係不同反射面間隙的一粗略草圖。從第 17A 圖的雙重配置進一步減少不均勻性。第 17A 圖顯示在第 17B 圖中，反射面序列的一對相鄰反射面之間的間隔相對於反射面序列的另一對相鄰反射面之間的相鄰間隔而變化。在一較佳實施例中，該間隙變化在一對相鄰的反射面與相鄰的一對相鄰的反射面之間是單調的。例如：間隙 59d 大於間隙 59c，並且間隙 59e 大於間隙 59d。注意的是，由於輸出射線 38B 的折射，該多個反射面的間隙的變化可以被降低，如在該輸出射線 38B 離開該基板時朝向法線彎曲(為了簡單起見未被示出)。在當前配置中，該名義波的不同角度被處置，並且對於該觀看者(一使用者的眼睛 47)而言，交疊是恆定的。在此非限制性示例中，該多個名義輸出射線將總是穿過二反射面。注意的是，在當前圖式中，在該基板 20 的中心處的該名義射線 38B 與在該基板 20 的多個端部(諸如近端及遠端)處的該名義射線的角度是不同的。

【0113】 現在參考第 17C 圖，係該波導件從近端到遠端的反射面間隙縮小的一粗略草圖。該波導件 20 包括在該波導件的第一部分中的一第一間隙及在該波導件 20 的一第二部分中的至少一第二間隙。在此非限制性示例中，一第一部分 61a 包括多個非交疊的反射面。一第二部分 61c 包括多個雙重交疊的反射面，而另一部分 61e 包括多個三重交疊的反射面。部分 61b 及 61d 是多個過渡部分(transition portions)，或是從一個離散交疊(discrete overlapping)到另一個離散交疊的多個過渡區域(areas of transition)。在多個替代實施例中，該些部分的交疊可以是非離散的、連續變化的或被設計成管理來自該波導件的該有效輸出強度的另一種間隙配置。

【0114】 為了沿著該波導件保持恆定的反射強度，每個反射面必須從該近端開始具有較高的反射係數，並且在該遠端的方向上增加反射率。這種對反射強度的管理改善對該觀看者輸出的均勻性(強度的一致性)。在當前圖式中，每個反射面的反射率可以被保持為恆定的，而在該多個反射面之間的該間隙根據所需的反射率而變化。該光從該近端(當前圖式的右側)被注

入到該波導件中，並且因此在該近端具有最高的強度。在近端，反射面之間的間隙最大，反射面之間的交疊最小。當光沿著波導件(未示出)傳播時，光的功率減小，並且反射面的更高的交疊補償了這種功率的減小。因此，一整體功率輸出沿著該波導件被保持。

【0115】 藉由一交疊的整數的非連續變化或藉由在多個反射面的窄間隙處的連續變化(非整數)沿著該波導件的連續性可以被保持，其中交疊的不連續性未被觀察到。

【0116】 如果要在該波導件上保持多個反射面的間隙及高度恆定，則一最佳化程序應該考慮交疊與反射面的欠交疊的影響。交疊的反射面提供更多的輸出功率及更多的不均勻性混合。此外，交疊導致強度從 100%變化到 150%(或 100%±20%)，而欠疊產生 50%到 100%(或 100%±33%)。在交疊時，相對強度變化是較小的。因此，一個或更多個反射面的反射率隨著在多個反射面的該序列中的另一個或更多個反射面的另一反射率而變化。

【0117】 另請注意的是，一觀看者的眼睛對強度變化沒有線性響應(respond linearly)，而該眼睛具有一對數響應(logarithmic response)。這也意謂著該疊覆對觀看者的知覺有更多的影響。鑑於上述情況，應該考慮以增加交疊為代價以減少欠疊。

【0118】 現在參考第 17D 圖，係不同反射面寬度的一粗略草圖。從第 17A 圖被顯示在圖中的雙重配置進一步減少不均勻性，其中該多個反射面的該序列的該多個反射面中的一個的一寬度相對於多個反射面的該序列的該多個反射面中相鄰的一個的一寬度而變化。在一較佳實施例中，對於多個反射面的整個序列，該寬度變化在多個反射面中的一個與一相鄰的反射面之間是單調的。在當前圖式中，隨著多個反射面的該序列從該近端被橫貫穿過到該遠端，該寬度從波導件的底部朝向頂部被縮短。另一種實現方案是從兩側(從該頂部及底部朝向每一個反射面的中心)縮短該反射面寬度。在當前的示例中，寬度 59e 大於寬度 59d，並且寬度 59f 大於寬度 59e。

【0119】 在第 17B 圖的改變該反射面的間隙及在第 17D 圖的改變該反射面的寬度的實現方案中，在該光光束(輸出射線 38B)的名義會聚(nominal convergence)處的該觀看者(一使用者的眼睛 47)將不會看到交疊或

欠疊。然而，在眼睛位置中的任何變化都會產生一些交疊/欠疊，這將會被雙重反射面配置所抑制。

【0120】 現在參考第 18 圖，係將多個交疊的反射面應用於一對稱結構的一粗略草圖，如參考第 6 及 8 圖所描述的。在當前的圖式中，僅有該頂部的橫向波導件被描繪，類似於第 17B 圖的該交疊的配置。 在此對稱配置中，該第一區域(類似於第 16B 圖的第一區域 54)是在光(如射線 38 所示)被耦入該基板中的一區域，在此情況下是在該波導件的中間的一區域。該波導件的對稱的左側及右側的每一個具有一區域，在該區域的光被耦入該基板的各個側(或者被稱為相鄰的一第一區域及第二區域)，其中該左側及右側的該多個反射面為相等及相反的傾斜度。此對稱結構也可以用第 17A 圖中的多個反射面的平行配置及第 17D 圖的變化的寬度配置被實現。

【0121】 再次參考第 10B 圖，在一交疊的配置中，該(最先全)反射面 2517 及(最後全)反射面 2515 是部分不交疊的。如上所述，具體地，反射面 2517 的開始與反射面 2535 不交疊，並且反射面 2515 的末端與反射面 2535 不交疊。因此，在這些非交疊部分中耦出的該光(2546、2547)的強度不那麼強烈。例如：在一雙重交疊的配置中，該第一全反射面的一半未被交疊，該功率的一半將從該非交疊部分被耦出。

【0122】 幾種技術可以被使用以克服非交疊開始及結束部分處的強度較低的問題。

【0123】 1.在開始及結束處使用較短的多個反射面，如上面參考第 14B 圖的元件 40a 及 40b 與第 16B 圖的所述內容。

【0124】 2.用一非反射塗層塗覆該非交疊部分，以增加相對於其他(中間)反射面的名義反射率的該非交疊部分的反射率。

【0125】 3).逐漸改變該多個反射面的特徵反射率，從非交疊到交疊，如下所述。

【0126】 現在為了簡化，使用一雙重交疊的配置以描述逐漸改變該特徵反射率的技術，但是此技術可以應用於更多重交疊的配置。

【0127】 現在參考第 19A 圖，係在一雙重交疊的配置中的總名義反射率的一圖。該 x 軸顯示該多個反射面，以被編號為“1”(一)的一反射面為

起點，該反射面是接近第一區域 54 的該最先的反射面，在該反射面處的光被耦入該波導件(基板)中。增加被編號的多個反射面是朝向該波導件的該遠端 55 的反射面“1”後續的多個反射面。該 y 軸以總名義反射率的一百分比顯示反射率。多個細線黑盒是每個單獨反射面的反射率(名義反射率的百分比)，該粗黑線是該特徵反射率 - 藉由一耦出射線經歷的該有效反射率。所示的每個反射面有一恆定的名義反射率，例如：該名義所需反射率的 50%。

【0128】 該特徵反射率是對於一射線被耦出的該波導件的一部分的各個反射率的總和。可以看出的是，從在當前示例中的反射面“1”的該非交疊部分耦出的該特徵反射率是 50%(名義值)，如可以在第 10B 圖中的射線 2546(或射線 2547)看到的那樣。從反射面“1”及反射面“2”的交疊(兩個相鄰的反射面的交疊)耦出的該特徵反射率達到 100%(名義值)。因此，在該波導件的起始部分及後續部分之間存在不連續性(50%與 100%)。

【0129】 現在參考第 19B 圖，係使用替代反射面反射率的一變化的一雙重交疊的配置中的總名義反射率的一示例性曲線圖。在當前的圖式中，反射面“1”(該最先的反射面)被設計為近似無交疊(即，具有近似 100%的名義值)，而反射面“2”(該第二個反射面)被設計為具有最小的反射。因此，當被結合時，該最先的反射面及第二個反射面具有近似一無交疊的特徵反射率。類似地，反射面“3”(第三個反射面)具有與反射面“1”幾乎一樣高的反射率，但被降低，並且反射面“4”具有與反射面“2”幾乎一樣高的反射率，但被增加。在當前的圖式中，反射面“7”及“8”具有 50%的(名義)反射率，導致一特徵反射率，如被描述在第 19A 圖中的該雙重交疊的配置。該點劃線表示奇數反射面的該反射率(以更多非交疊塗層的參數開始)，而該虛線表示偶數反射面的該反射率(呈現該增加的交疊性質)。該粗黑(實線)表示對兩個相鄰的反射面(由雙重交疊的及無交疊的最先的反射面所引起)的反射率相加的該特徵反射率，顯示前半個反射面無半反射率，與圖 19A 的反射面“1”的 50%特徵反射率相較。

【0130】 儘管第 19A 圖的配置在該波導件的開始部分及後續部分之間具有一不連續性(50%與 100%)，第 19B 圖的創新配置減少此不連續性。該殘餘的不連續性取決於收斂率，例如：在六個反射面以後的收斂，該不

連續性將近似為 10%。因此，克服在非交疊的開始及結束部分處的強度較低的問題。當前的配置可以在該波導件的遠端處被反向地重複進行。反射率的變化的斜率(點劃線及虛線(dot-dashed and dashed lines))可以被變換，以改變所得的多個反射面的該序列的效果及特徵反射率。該波導件可以具有在該波導件的長度上的多個交疊及非交疊特性的反射率的各種組合。例如：當前圖式的反射面"4"及"5"可在至少一部分反射面的該序列上被重複，而不收斂至反射面"7"及"8"的該配置。

【0131】 第 20A 圖以圖解說明可被用於製造第一 1D 波導件 10 的一非限制性但較佳的過程。為了清楚起見，在圖式中，該內部反射面不是以比例或密度被描繪。

【0132】 一組被塗覆的透明平行板被附接在一起作為堆疊(400)。該堆疊被對角地切割(402)以便生成一切片(slice)404。如果需要的話，一遮蓋透明板 405 可以被附接在切片 404 的頂部及/或底部(未被繪出)上。如果需要一 1D 的反射面傾斜度(inclination)，則該切片 404 然後垂直於該多個反射面的該邊緣(在 404 上的虛線)被切割，或者如果需要該 2D 的反射面傾斜度，則對角地(在 404 上的點劃線)切割該切片 404 以產生該 2D 波導件 406。

【0133】 第 20B 至 20E 圖，係對一耦合棱鏡的附接的一示例性程序。該被切割的 2D 波導件 406 在第 20B 圖中被示出具有多個交疊的反射面(反射每個視線的兩個反射面)。這只是一非限制性的示例，並且多個不交疊的反射面也是可行的。

【0134】 如在第 20B 圖中所示，該 2D 波導件 406(為了清楚起見，被繪示為非透明的)被切割，例如：沿著以圖接說明的虛線 420A。此切割可以在任何方向，但一垂直切割減輕匹配要求的程度。較佳地，如第 20C 圖所示，為了保持照明的均勻性，該切割在存在該多個交疊的反射面處被進行(參見第 20C 圖中的切割端部)。否則，該最先的反射面將會反射而非交疊，從而導致被減少的照明程度。如果需要的話，一透明延伸部分 413 可以被添加，並且棱鏡 414 被附接到該波導件 406，藉以產生一 2D 波導件 416，該 2D 波導件 416 具有一延伸及耦合的棱鏡(extension and coupling prism)(如第 20D 圖所示)。在無需延伸的情況下，該耦合棱鏡 414 可以被直接附接到該

波導件 406，以產生該組裝波導件 417(如第 20D 圖所示)。該波導件 406 的該遠端可以被留下，以允許任何殘余的光從其散射，並且能夠可選地用光吸收材料(諸如黑色塗料)塗裝以最小化諸多雜散反射。

【0135】 第 21A 至 21D 圖是用於創建具有多個交疊的反射面的一波導件的一示例性程序。在第 21A 圖中，被切片後的 2D 波導件 406 被切割，例如：垂直地沿著兩側切割，沿著將成為該波導件的近端的該虛線 420A 切割，並且沿著將成為該波導件的遠端的該虛線 420B 切割。這產生波導件 420，該波導件 420 在各自的近端及遠端處具有多個部分反射面 40a 及 40b。在第 21B 圖中，在此示例中，波導件 426 及 424 分別被附接到波導件 420 的該近端及遠端以及(圖中的 420、424 及 426)的組合被拋光(polished)，以產生在第 21C 圖中的被結合的波導件 428 的多個光滑外部面。在此被結合波導件 428 中，該被附接的波導件 426 及 424 無須具有如波導件 406 精確的一折射指數(refractive index)。

【0136】 這種生產方法也可以應用於不具有多個交疊的反射面波導件，以消除對於精確折射率匹配的需求。

【0137】 在第 21D 圖中，可選地，藉由附接具折射率匹配的外部面 427，該被結合波導件 428 的該外部反射面的平滑度及光學性質可以被改善，以產生波導件 429。

【0138】 注意的是，第 21C 及 21D 圖繪示多個分離構件的邊際(separate components margins)，然而，對於該光(諸如傳入光射線 38)，該邊際是透明的，並且只有該多個外部面及該傾斜的塗覆的內部面反射該光。

【0139】 當前的方法(第 20A 至 21D 圖)可被應用於一 1D 波導件以及一 2D 波導件。

【0140】 為了清楚起見，在本說明書中的各種實施例，諸如變化的反射面間隙、寬度及反射率，已經被分開描述。本領域技術人員將認識到的是，這些實施例可以被結合。例如：在從該波導件的近端到遠端改變反射面的寬度的同時改變反射面間隙為被縮短的。

【0141】 注意的是，上述諸多示例，所使用的數字及示例性計算是有助於對本實施例的描述。不經意的印刷錯誤(Inadvertent typographical errors)、

數學錯誤(mathematical errors)及/或簡化的計算結果(simplified calculations)不會減損本發明的效用及基本的優點。

【0142】 就所附申請專利範圍已被起草而沒有多重依賴性而言，這只是為了適應不允許這種多重依賴性的諸多司法管轄區的諸多形式要求(formal requirements in jurisdictions)。注意的是，藉由使得請求項的多重附屬而被隱喻的特徵的所有可能的組合被顯然地設想並且應該被認為是本發明的一部分。

【0143】 應該理解的是，以上描述僅用作諸多示例，並且本發明在如所附的諸多請求項所限定的範圍內的許多其他實施例是可行的。

方案 1.一種光學裝置，包括：(a)一波導件，具有：(i)至少一對相互平行的表面中的一第一對；(ii)一第一區域，光在該第一區域處被耦入該波導件；及(iii)多個反射面中的一第一序列，包括：(A)一最先的反射面係：(I)位於接近該第一區域處；及(II)在該多個表面中的該第一對之間沿一方向具有一第一寬度；(B)一最後的反射面，係：(I)位於遠離該第一區域的該多個反射面的該第一序列的一遠端處；及(II)在該多個表面中的該第一對之間沿一方向具有一第三寬度；及(C)一個或更多個的中間的反射面，係：(I)位在該最先的反射面與該最後的反射面之間；及(II)在該多個表面中的該第一對之間沿一方向具有一第二寬度；(b)其中該多個反射面中的每一個：(i)寬度是沿該反射面的一平面；(ii)為一個至少部分反射表面；(iii)與該多個表面中的該第一對呈一傾斜角度；(iv)在該反射面的寬度的一近側上具有一反射面起點；及 (v)在該反射面的寬度的一遠側上具有一反射面終點；及(c)其中一幾何投影沿從該波導件耦出的一名義射線的一方向被映射到該多個表面的該第一對中的一個，該名義射線為從該波導件耦出的光中的一條中心射線，(d)該

最後的反射面及該一個或更多個的中間的反射面中的每一個的該幾何投影係與一相鄰的該一個或更多個的中間的反射面及該最先的反射面的一各自的該幾何投影形成交疊，(e)該最後的反射面及該一個或更多個的中間的反射面中的每一個的該反射面起點的該幾何投影係與該一個或更多個的中間的反射面及該最先的反射面的一非相鄰的反射面終點的一各自的該幾何投影形成重合，(f)該重合係沿著該波導件的至少一部分。

方案 2.如方案 1 所述之光學裝置，其中該最先的反射面的該第一寬度小於該一個或更多個的中間的反射面的該第二寬度。

方案 3.如方案 1 所述之光學裝置，其中一數量的該多個反射面被從該波導件耦出的該名義射線橫跨穿越，且對於該多個反射面的該第一序列的全部而言，該多個反射面的該數量是恆定的。

方案 4.如方案 1 所述之光學裝置，其中該光對應於一映像，並且該中心射線為來自該映像的一中心的一中心射線。

方案 5.如方案 1 所述之光學裝置，其中該光對應於一 映像，並且該多個中心射線對應於該映像的一中心像素。

方案 6.如方案 1 所述之光學裝置，其中該最後的反射面具有一反射率，該反射率實質上為一名義反射率的 100%，該名義反射率係存在於該波導件中的一特定位置處所需的全反射。

方案 7.如方案 1 所述之光學裝置，其中該第三寬度小於該第二寬度。

方案 8.如方案 7 所述之光學裝置，其中該第三寬度實質上為該第二寬度的一半。

方案 9.如方案 1 所述之光學裝置，其中該一個或更多個的中間的反射面的一數量係選自於由下列組成的一群組：(a)一個；(b)二個；(c)三個；(d)四個；(e)五個；及(f)多個。

方案 10.如方案 1 所述之光學裝置，其中一恆定數量的該多個反射面沿著朝向該光的一名義觀察點的一視線形成交疊，該光係經由該多個表面的該第一對中的一個耦出該波導件。

方案 11.如方案 1 所述之光學裝置，其中該多個反射面的該第一序列的該多個反射面中的一個的一寬度相對於該 多個反射面的該第一序列的該多個反射面中的一相鄰的一個的一寬度呈單調地變化。

方案 12.如方案 1 所述之光學裝置，其中在該多個反射面的該第一序列的相鄰的多個反射面中的一對之間的一空隙相對於在該多個反射面的該第一序列的相鄰的多個反射面中的另一對之間的一相鄰的空隙進行變化。

方案 13.如方案 12 所述之光學裝置，其中該空隙呈單調地變化。

方案 14.如方案 1 所述之光學裝置，其中來自該第一區域的該光的傳播過程使得該光的至少一部分在遇到該一個或更多個的中間的反射面中的一個前先遇到該最先的反射面。

方案 15.如方案 1 所述之光學裝置，其中在相鄰的多個反射面之間的一空隙大於被耦入該光導件的該光的一同調長度。

方案 16.如方案 1 所述之光學裝置，其中(a)該第一寬度實質上是等於該第二寬度；及(b)該最先的反射面具有一第一區段，該第一區段對應於該最先的反射面的該幾何投影，該最先的反射面與一相鄰的中間的反射面的該幾何投影是非交疊的。

方案 17.如方案 15 所述之光學裝置，其中該第一區段對於該光而言是透光的。

方案 18.如方案 15 所述之光學裝置，其中該第一區段具有一反射率，該反射率實質上為一相鄰的反射面的一反 射率的兩倍。

方案 19.如方案 1 所述之光學裝置，其中該多個反射面中的每一個橫跨穿越該反射面具有一均等的部分反射率。

方案 20.如方案 1 所述之光學裝置，其中該多個反射面中的一個或更多個的一反射率相對於另一個或更多個的反射面的另一反射率進行變化。

方案 21.如方案 1 所述之光學裝置，其中該波導件還具有：(a)多個相互平行的表面中的一第二對，並且該第二對不平行於該多個表面的該第一對；及(b)該多個反射面被配置成使得：當一映像以傾斜於多個表面的該第一對及該第二對的一角度沿傳播的一初始方向在該第一區域處被耦入該波導件時，該映像則沿著該波導件以四重內部反射的方式前進。

方案 22.如方案 19 所述之光學裝置，其中該多個表面中的該第二對垂直於該多個表面中的該第一對。

方案 23.如方案 19 所述之光學裝置，其中該多個反射面中的每一個係相對於該多個表面的該第二對呈一傾斜角度。

【符號說明】

【0144】

2	基板	4	顯示來源
6	準直光學器件	8	第一反射表面
10	第一個光學波導件	11	主要射線
12	第二反射表面	12a	面
12b	面	14	觀看者
14a	面	14b	面
16	第一反射表面	16a	反射表面
16b	反射表面	16L	部分反射表面
16R	部分反射表面	18	準直顯示光射線
18A	光束	18B	光束
20	第二個光學波導件	20a	LOE
20a'	LOE	20b	LOE
20L	基板	20R	基板
22	選擇性反射表面	22a	部分反射表面
22b	選擇性反射表面	22L	反射表面
22R	反射表面	24	眼睛

2515	最後的反射面	2517	最先的反射面
2525	常規的明亮區域	2535	中間的反射面
2540	欠疊區域	2545	明亮區域
2546	射線/輸出光束	2547	射線/輸出光束
2560	內部反射面	2562	反射面
2564	反射面	2568	點
2570	點	2574	點
2576	點	26	下表面
26A	上表面	26a	上表面
28	初始方向	29	膠合表面
30	方向	32	射線
34	反射面	36	射線
38	光光束/射線	38B	名義射線
40	部分反射表面	40a	最先的反射面
40A	最先的反射面	40b	最後的反射面
40c	中間的反射面	41	輸出光
42	射線	44	點
45	部分反射表面	45a	最先的反射面
45b	最後的反射面	46	最後的反射表面
47	觀看者/眼睛	48	邊緣射線
52	基板寬度	52a	第一寬度
52b	第三寬度	52c	第二寬度
54	第一區域	55	遠端
56	反射面	57a	點

57b	點	57m	點
57n	點	58a	點
58b	點	58m	點
58n	點	59a	間隙
59b	間隙	59c	間隙
59d	間隙	59e	間隙
59f	間隙	61a	第一部分
61b	部分	61c	第二部分
61d	部分	61e	部分
90	輸入光束	107	標準眼鏡框架
112	臂部	114	驅動電子器件
116	電源及資料介面	118	引線
155	部分反射表面	400	堆疊
402	對角地切割	404	切片
405	遮蓋透明板	406	2D 波導件
413	透明延伸部分	414	稜鏡
417	組裝波導件	420	波導件
420A	虛線	420B	虛線
424	波導件	426	波導件
427	外部面	428	被結合的波導件
429	波導件	a	光
a’	光	a1	光束
a2	光束	a3	光束
a4	光束	b	光

b’	光	b1	光束
b2	光束	b2’	光束
b10	輸出射線	b20	輸出射線
b30	輸出射線	b40	輸出射線
c	光束	c1	光束
c2	光束	c3	光束
c4	光束	F1	反射面
F2	反射面	F11	反射面
F12	反射面	F13	反射面
F14	最先相鄰的反射面	F15	下個相鄰的反射面
P1	點	P2	點
P11	點	P12	點
P13	點	P14	點

申請專利範圍

【請求項1】 一種用於製造光導光學元件（LOE）的方法，所述方法包括下列步驟：

（a）提供在相接平面處結合在一起並且在所述相接平面處施加部分反射塗層的平行面板的堆疊；

（b）沿著一對平行的主切割平面將所述堆疊切割以形成切片，所述主切割平面不平行於所述相接平面，使得所述切片包括多個所述相接平面的部分，從而在所述切片內提供內部部分反射的反射面；

（c）垂直於所述主切割平面切割所述切片以形成至少一個端面；並且

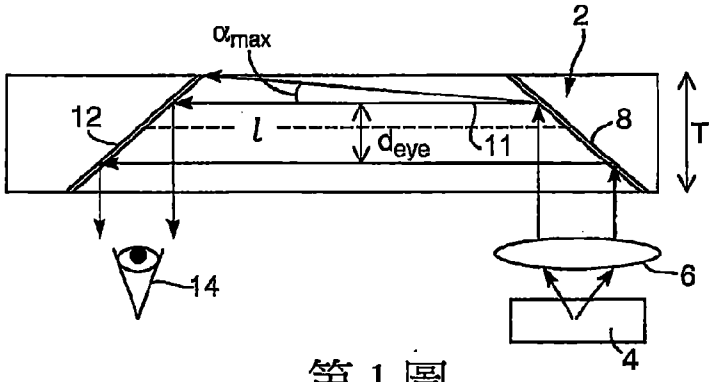
（d）通過將至少一個附加的透明材料塊附接於所述至少一個端面並且將所述切片和所述至少一個附加的透明材料塊夾在兩個面板之間來組裝所述光導光學元件。

【請求項2】 如請求項 1 所述的方法，其中，進行步驟（c）中的所述切割以平分所述內部部分反射的反射面中的一個內部部分反射的反射面，從而形成半反射面。

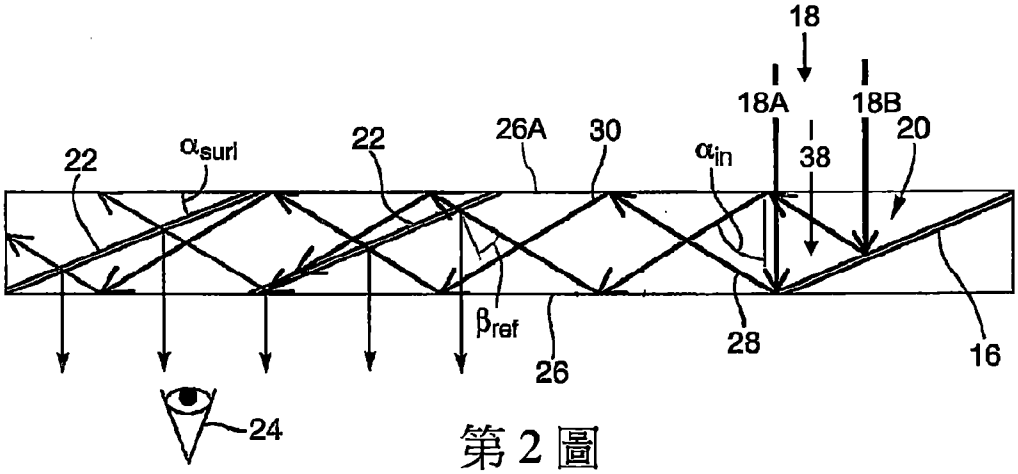
【請求項3】 如請求項 1 所述的方法，其中，進行步驟（c）中的所述切割以形成所述端面中的兩個端面，並且其中，所述組裝通過將所述附加的透明材料塊中的兩個附加的透明材料塊附接到所述兩個端面來進行。

【請求項4】 如請求項 1 所述的方法，其中，步驟（b）中的所述切割是通過沿相互垂直的兩對平行的主切割平面對所述堆疊進行切割以形成矩形切片來進行的，所述兩對主切割平面均不平行於所述相接平面，並且其中，所述端面垂直於所述兩對主切割平面兩者。

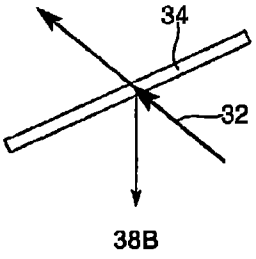
圖　式



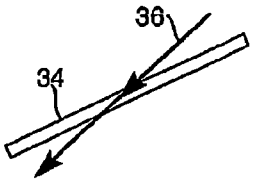
第 1 圖



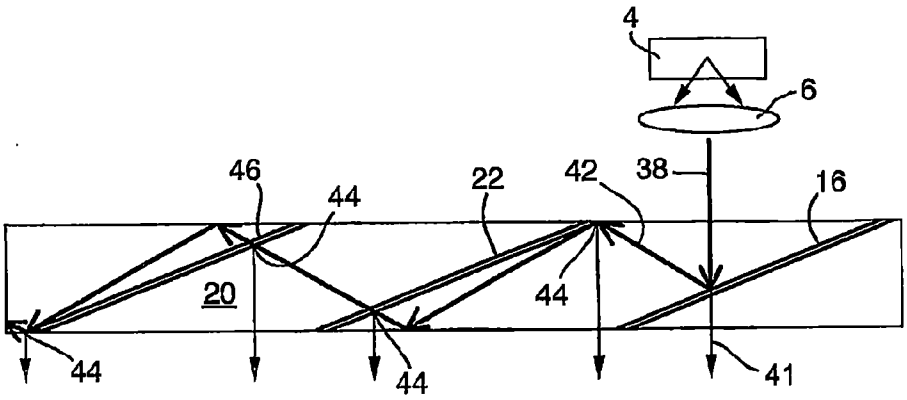
第 2 圖



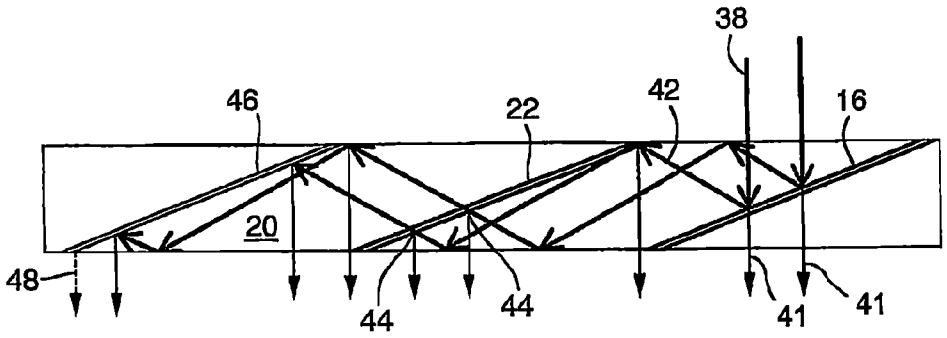
第 3A 圖



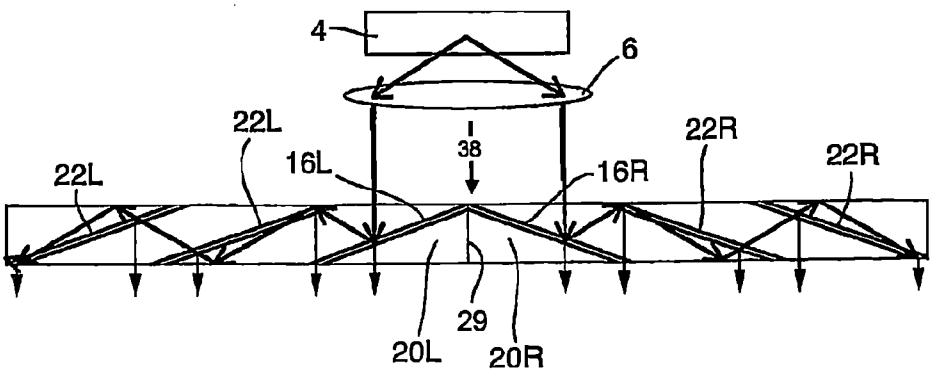
第 3B 圖


4
6
46
44
22
42
38
16
20
44
44
44
41

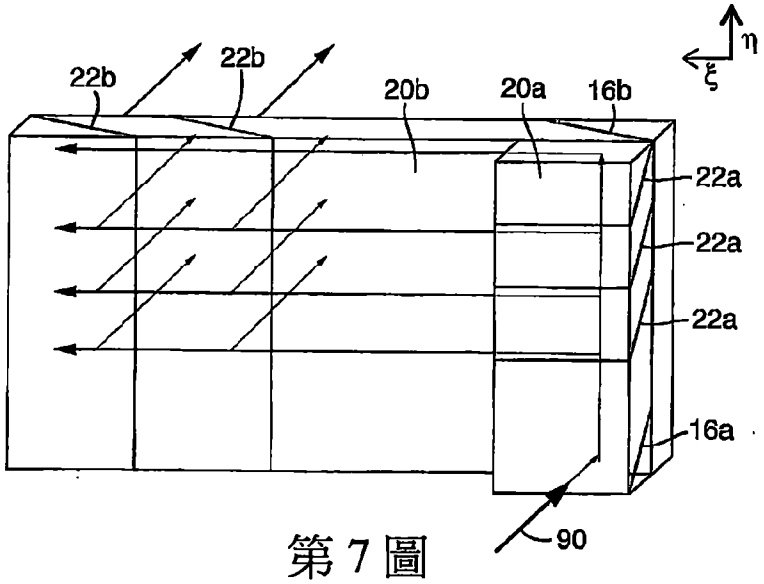
第 4 圖


38
46
22
42
16
20
48
44
44
41
41

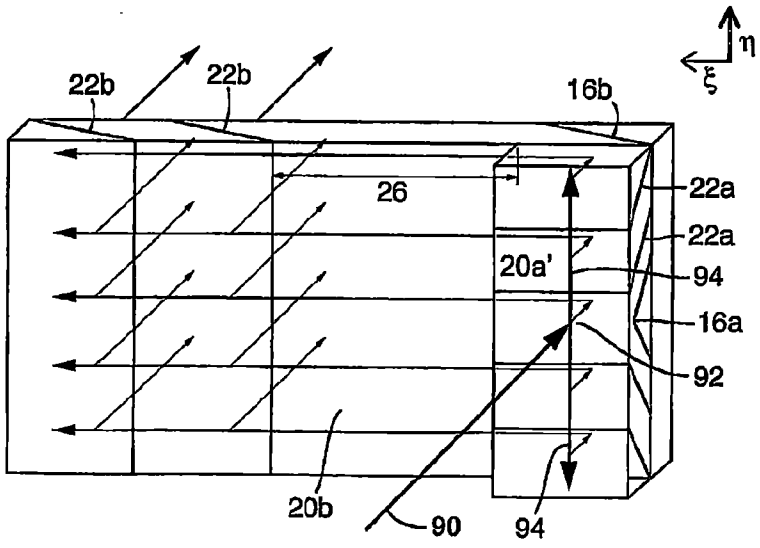
第 5 圖


4
6
22L
38
22R
16L
16R
22L
22R
20L
29
20R

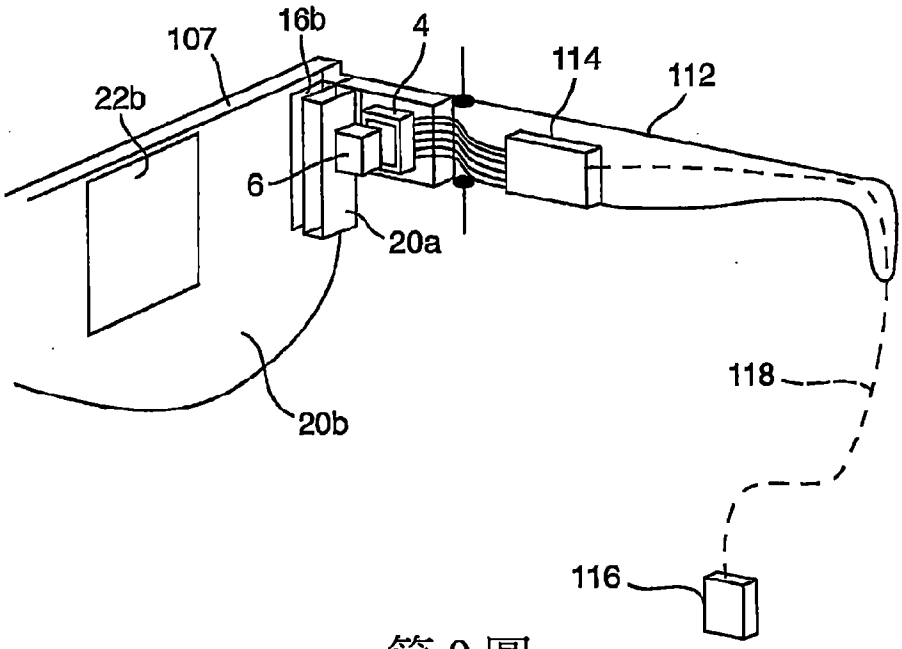
第 6 圖


22b
22b
20b
20a
16b
η
ξ
22a
22a
22a
16a
90

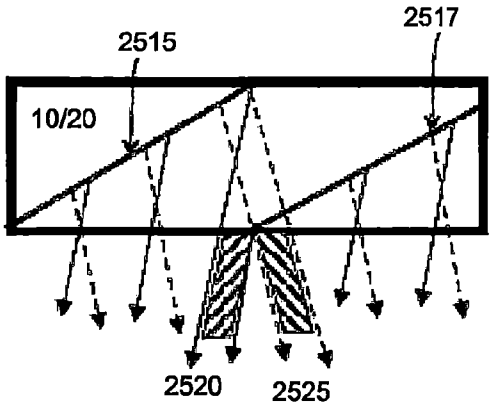
第 7 圖


22b
22b
16b
η
ξ
26
22a
22a
20a'
94
16a
92
20b
90
94

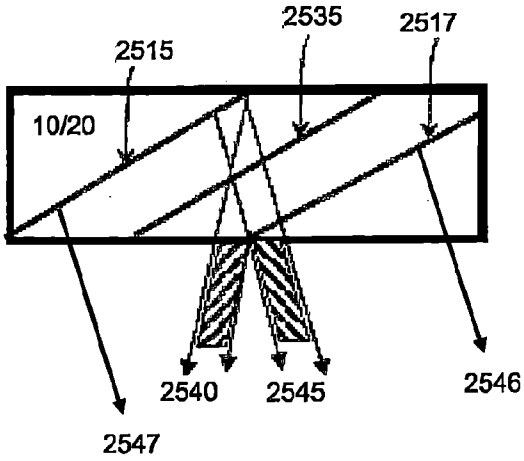
第 8 圖



第 9 圖

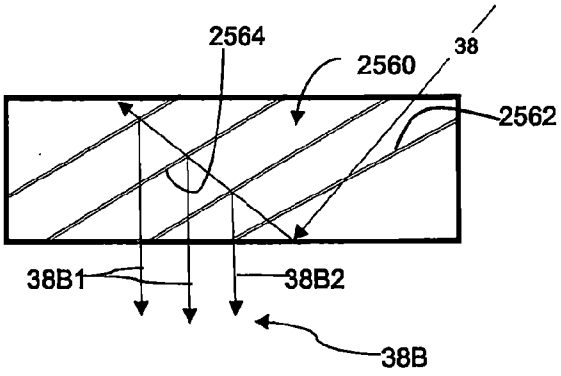


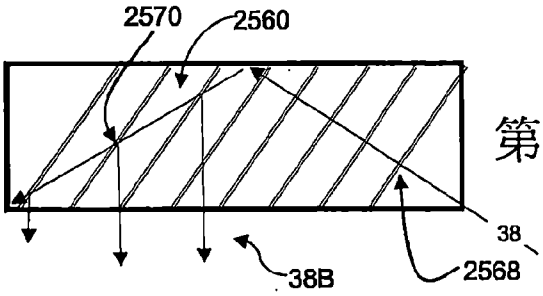
第 10A 圖



第 10B 圖

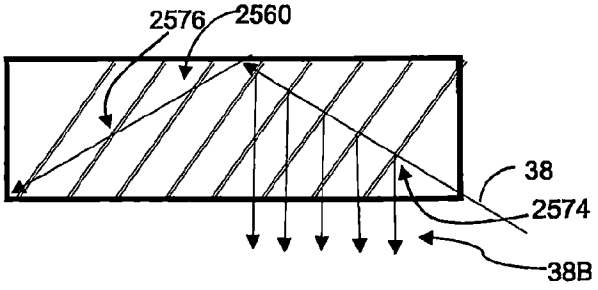
第 11A 圖

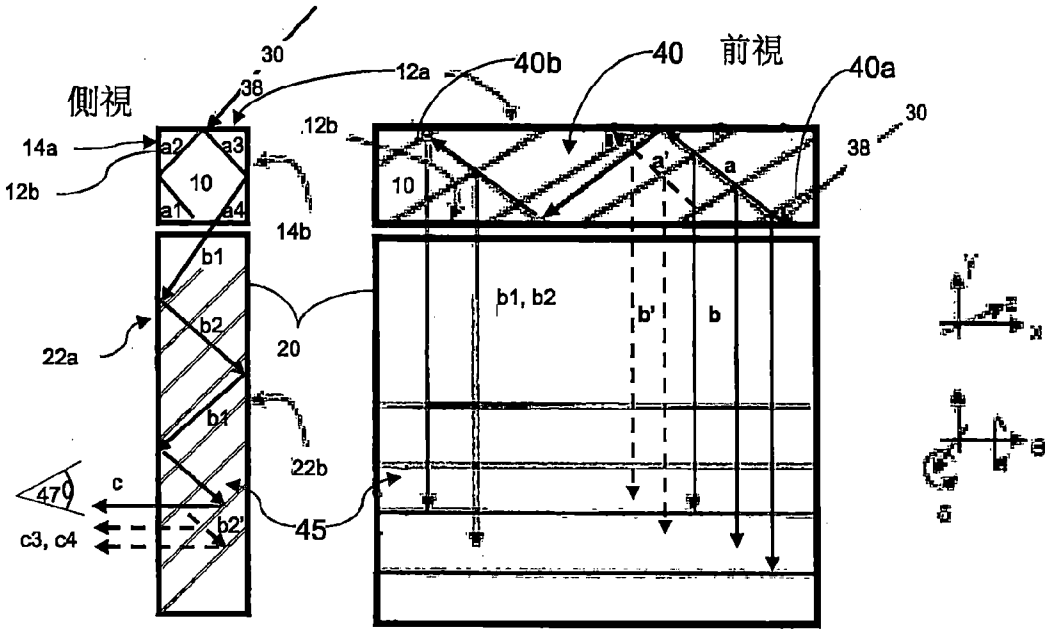




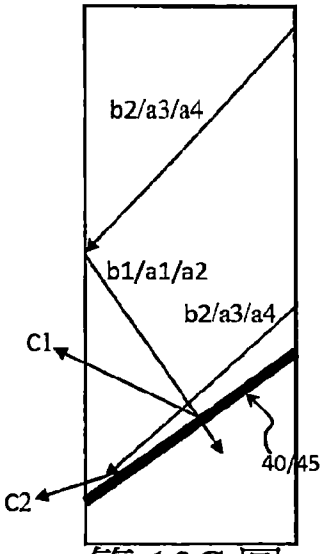
第 11B 圖

第 11C 圖

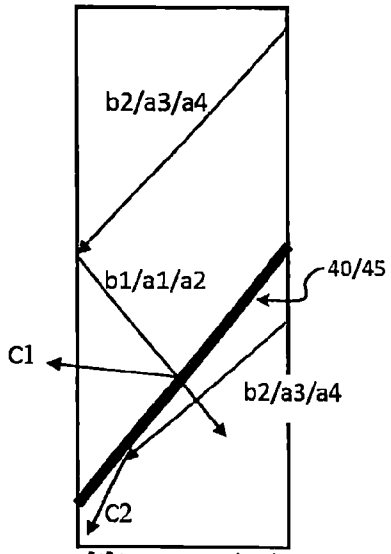




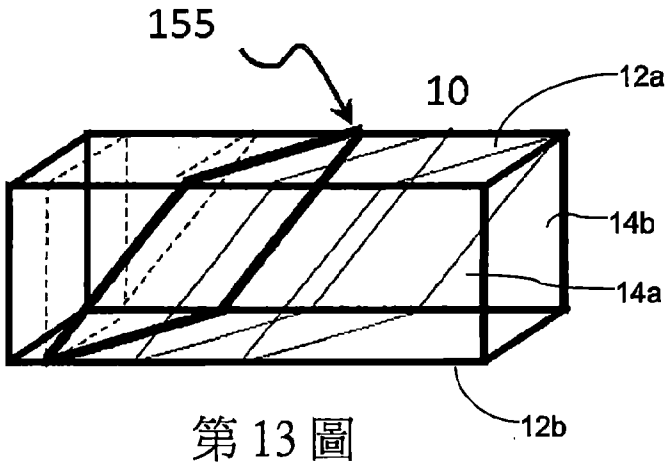
第 12A 圖　　第 12B 圖



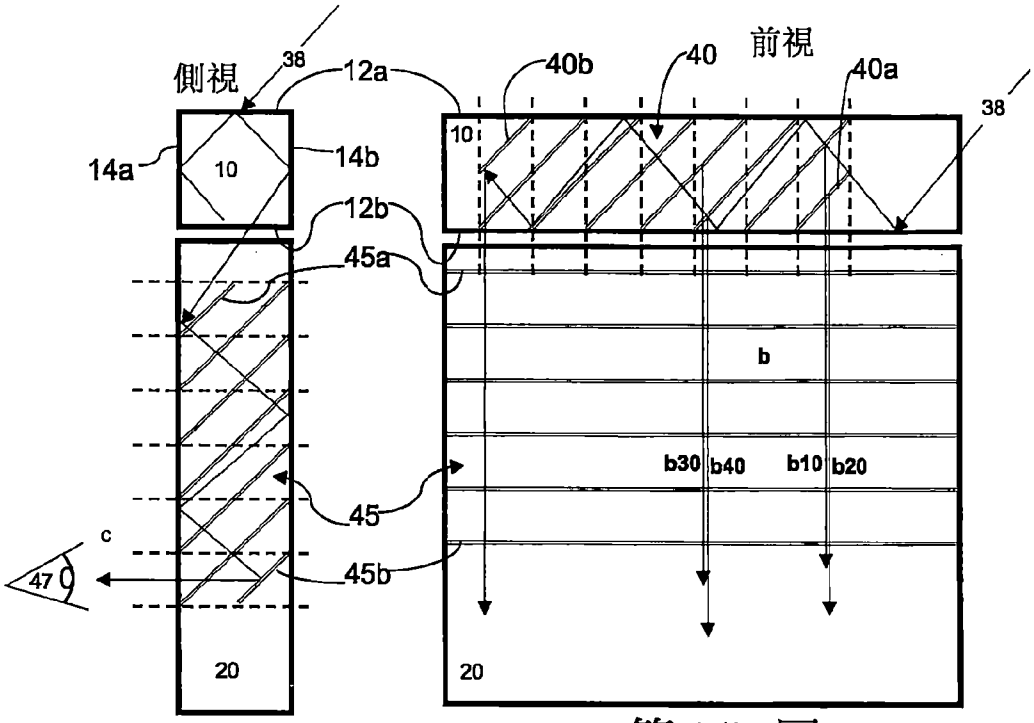
第 12C 圖



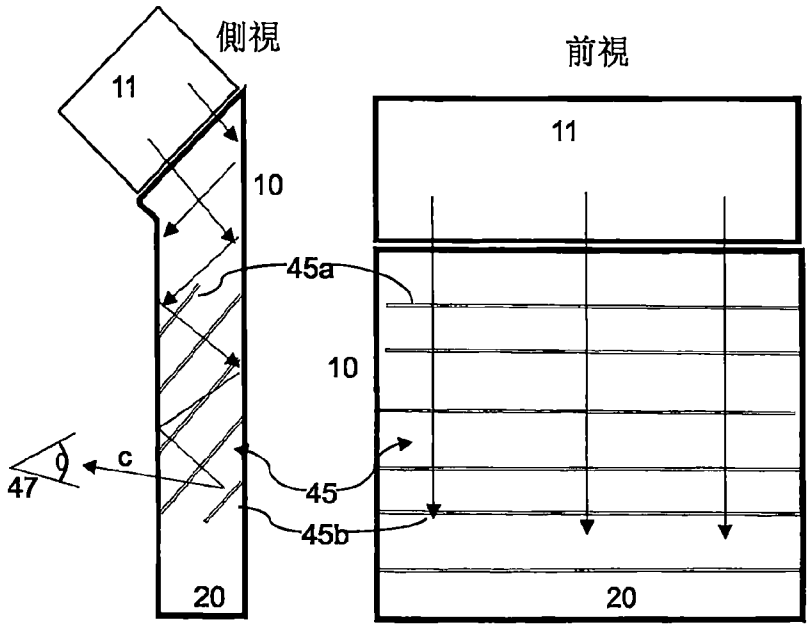
第 12D 圖



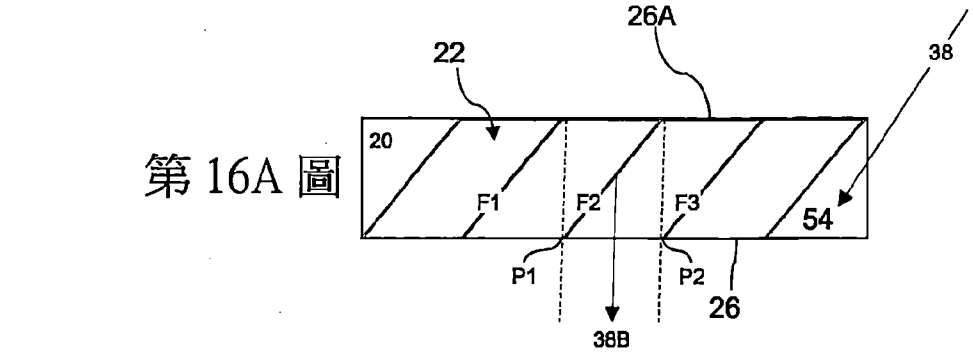
第 13 圖



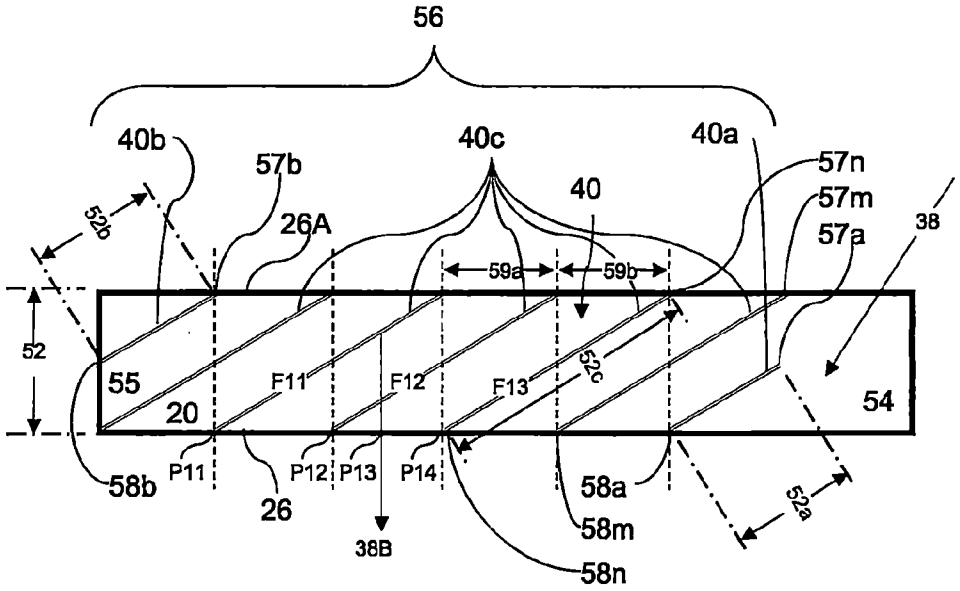
第 14A 圖　　第 14B 圖



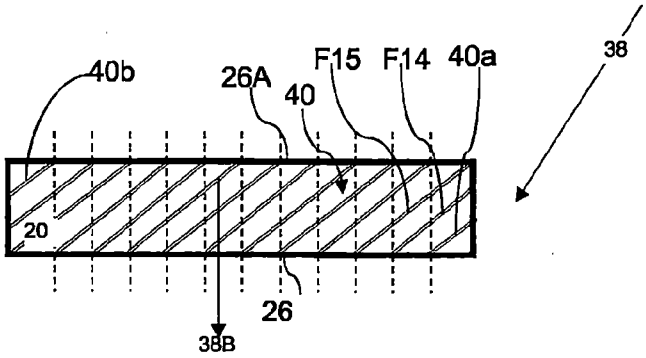
第 15A 圖　　第 15B 圖



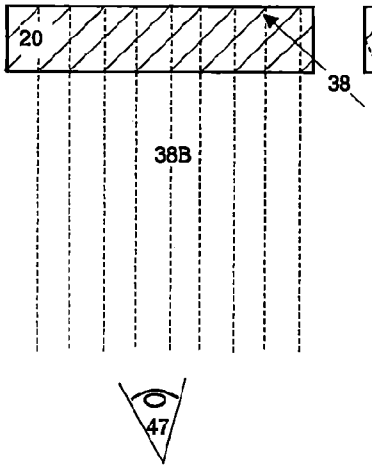
第 16A 圖



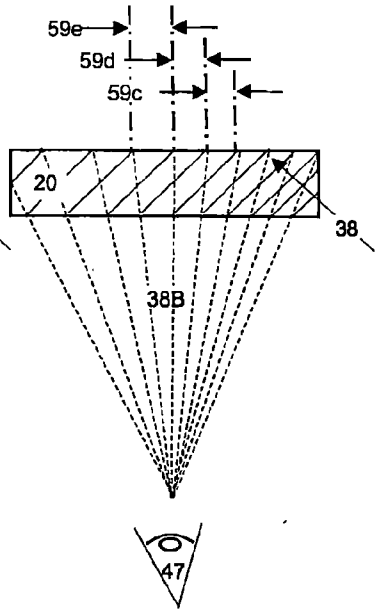
第 16B 圖



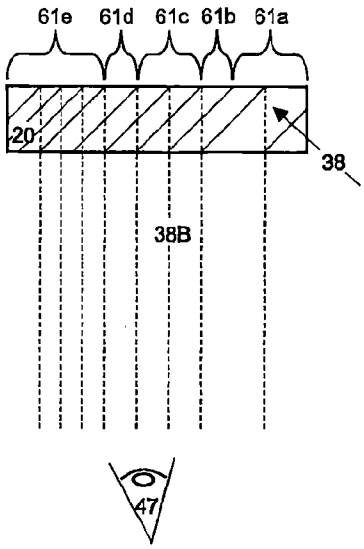
第 16C 圖



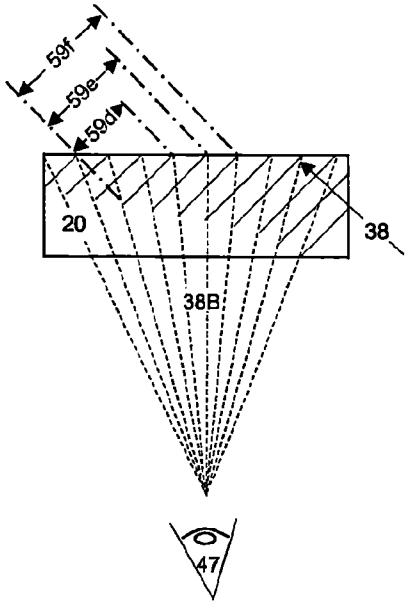
第 17A 圖



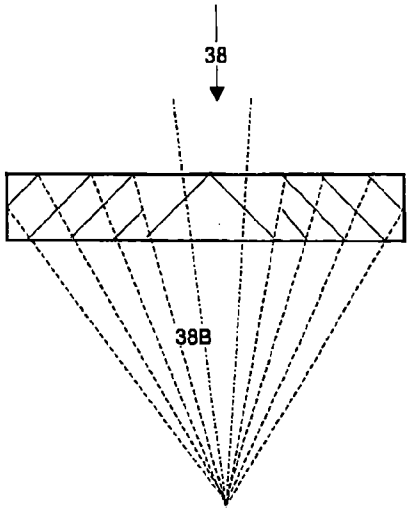
第 17B 圖



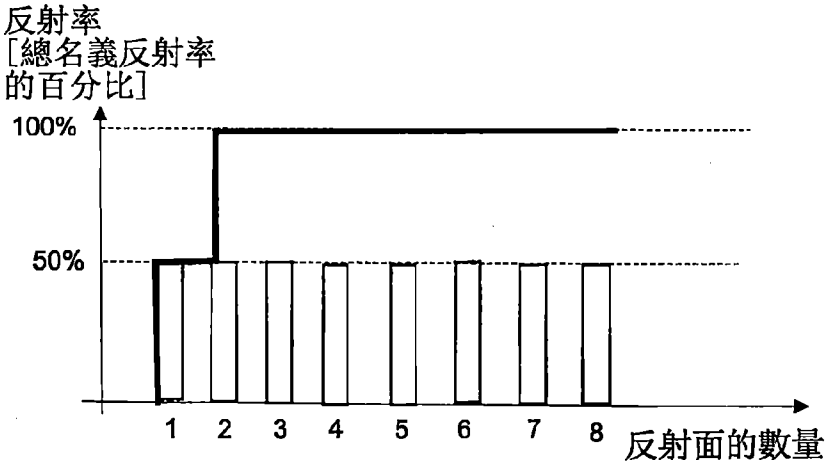
第 17C 圖



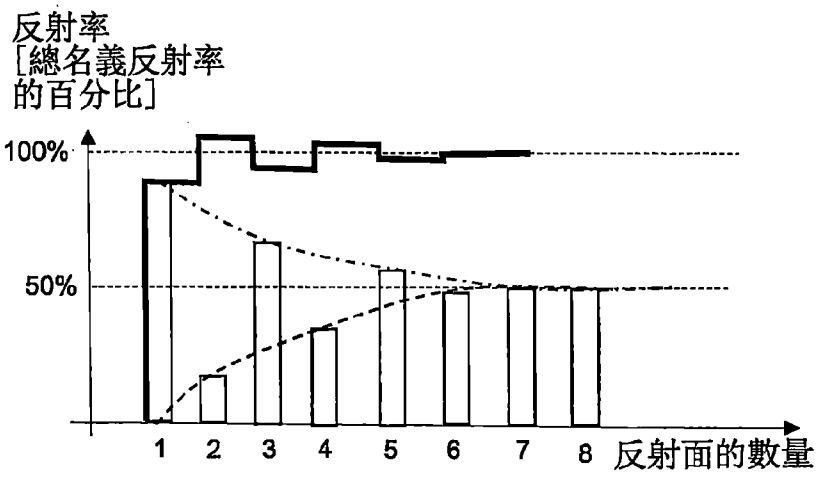
第 17D 圖



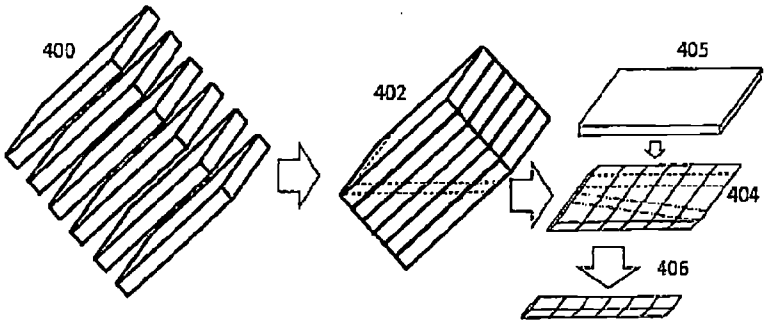
第 18 圖


反射率
[總名義反射率
的百分比]
100%
50%
1
2
3
4
5
6
7
8
反射面的數量

第 19A 圖


反射率
[總名義反射率
的百分比]
100%
50%
1
2
3
4
5
6
7
8
反射面的數量

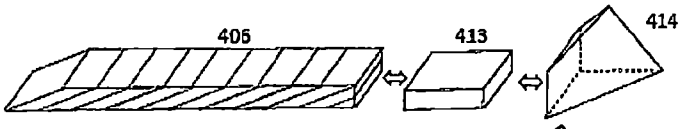
第 19B 圖



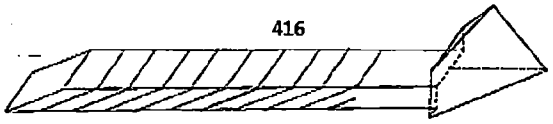
第 20A 圖



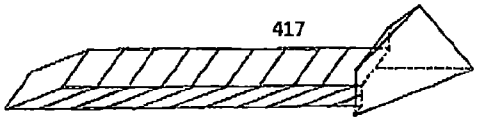
第 20B 圖



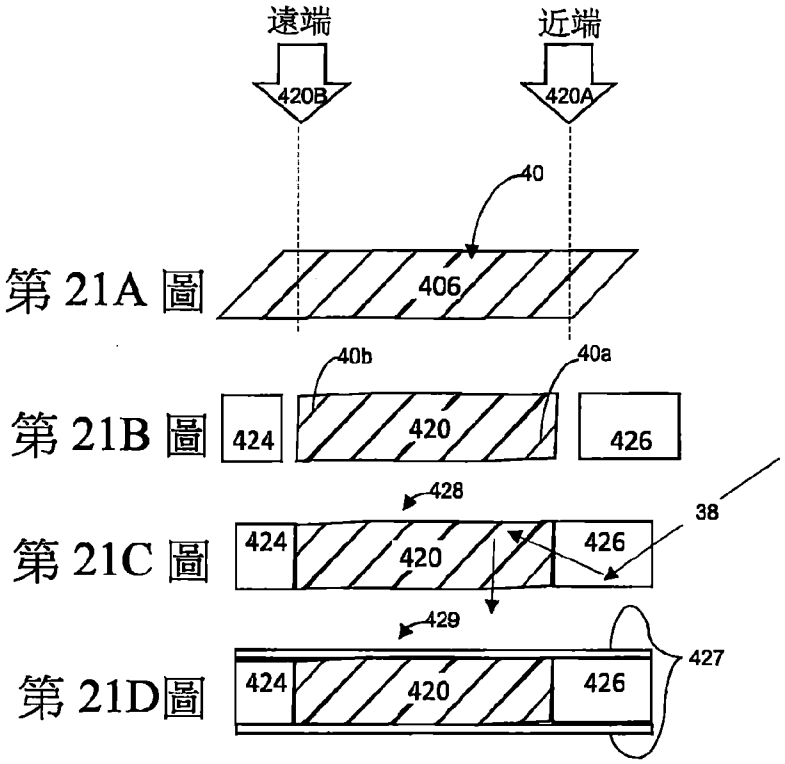
第 20C 圖



第 20D 圖



第 20E 圖


遠端
近端
420B
420A
40
406
第 21A 圖
40b
40a
424
420
426
第 21B 圖
428
38
424
420
426
第 21C 圖
429
427
424
420
426
第 21D圖