



(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 I559034 B

(45) 公告日：中華民國 105 (2016) 年 11 月 21 日

(21) 申請案號：100148695

(22) 申請日：中華民國 100 (2011) 年 12 月 26 日

(51) Int. Cl. : G02B27/01 (2006.01)

(71) 申請人：洛伊馬汀公司 (美國) LOCKHEED MARTIN CORPORATION (US)
美國(72) 發明人：史密斯 大衛 愛倫 SMITH, DAVID ALAN (US)；哈理森 葛雷果瑞 A
HARRISON, GREGORY A. (US)；威斯 蓋瑞 E WIESE, GARY E. (US)

(74) 代理人：陳長文

(56) 參考文獻：

US	5325386	US	6522474B2
US	7119965B1	US	7391575B2
US	2007/0236800A1		

審查人員：蔡志明

申請專利範圍項數：23 項 圖式數：17 共 60 頁

(54) 名稱

使用一或多個反射光學表面之頭戴式顯示裝置

HEAD-MOUNTED DISPLAY APPARATUS EMPLOYING ONE OR MORE REFLECTIVE OPTICAL SURFACES

(57) 摘要

本發明揭示頭戴式顯示器(100)，其包括：一框架(107)；一影像顯示系統(110)，其由該框架(107)支撐；及一反射表面，例如，一自由空間、超寬角度、反射光學表面(一 FS/UWA/RO 表面)(120)，其由該框架(107)支撐。在某些實施例中，該反射表面(120)產生在角度上分離至少 100、150 或 200 度之空間上分離之虛擬影像。亦揭示用於設計用於在頭戴式顯示器(100)中使用之包括 FS/UWA/RO 表面之反射光學表面的方法及裝置。

Head-mounted displays (100) are disclosed which include a frame (107), an image display system (110) supported by the frame (107), and a reflective surface, e.g., a free-space, ultra-wide angle, reflective optical surface (a FS/UWA/RO surface) (120), supported by the frame (107). In certain embodiments, the reflective surface (120) produces spatially-separated virtual images that are angularly separated by at least 100, 150, or 200 degrees. Methods and apparatus for designing reflective optical surfaces, including FS/UWA/RO surfaces, for use in head-mounted displays (100) are also disclosed.

指定代表圖：

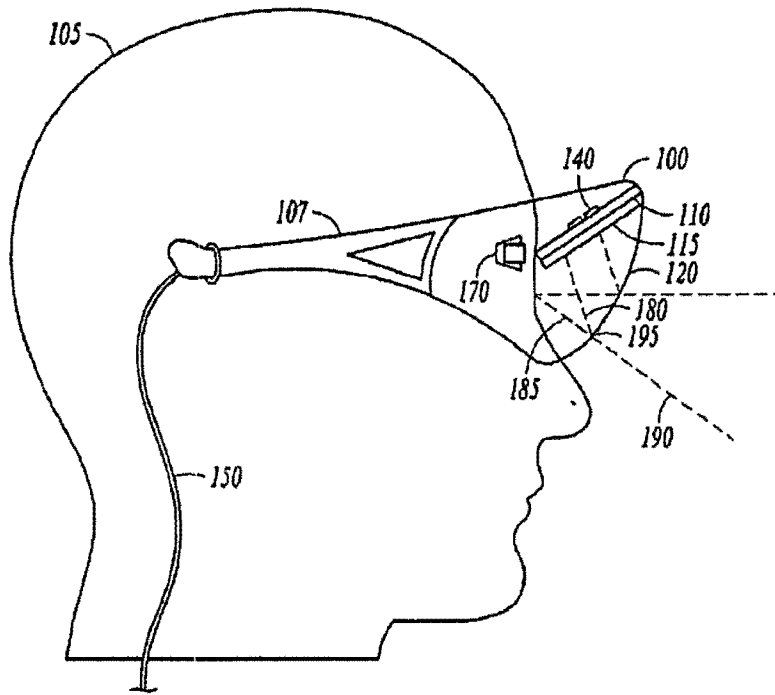


圖2

符號簡單說明：

100 . . . 頭戴式顯示裝置

105 . . . 使用者/使用者之頭部頭部

107 . . . 框架

110 . . . 影像顯示系統

115 . . . 透鏡或透鏡系統

120 . . . 反射光學表面/FS/UWA/RO 表面

140 . . . 電子封裝

150 . . . 傳輸纜線

170 . . . 攝影機

180 . . . 光線

185 . . . 光線

190 . . . 光線

195 . . . 點

發明專利說明書



(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：100148695

※申請日：100.12.26

※IPC 分類：G02B

27/01 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

使用一或多個反射光學表面之頭戴式顯示裝置

HEAD-MOUNTED DISPLAY APPARATUS EMPLOYING ONE OR MORE REFLECTIVE OPTICAL SURFACES

二、中文發明摘要：

本發明揭示頭戴式顯示器(100)，其包括：一框架(107)；一影像顯示系統(110)，其由該框架(107)支撐；及一反射表面，例如，一自由空間、超寬角度、反射光學表面(一FS/UWA/RO表面)(120)，其由該框架(107)支撐。在某些實施例中，該反射表面(120)產生在角度上分離至少100、150或200度之空間上分離之虛擬影像。亦揭示用於設計用於在頭戴式顯示器(100)中使用之包括FS/UWA/RO表面之反射光學表面的方法及裝置。

三、英文發明摘要：

Head-mounted displays (100) are disclosed which include a frame (107), an image display system (110) supported by the frame (107), and a reflective surface, e.g., a free-space, ultra-wide angle, reflective optical surface (a FS/UWA/RO surface) (120), supported by the frame (107). In certain embodiments, the reflective surface (120) produces spatially-separated virtual images that are angularly separated by at least 100, 150, or 200 degrees. Methods and apparatus for designing reflective optical surfaces, including FS/UWA/RO surfaces, for use in head-mounted displays (100) are also disclosed.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(2)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

100	頭戴式顯示裝置
105	使用者/使用者之頭部頭部
107	框架
110	影像顯示系統
115	透鏡或透鏡系統
120	反射光學表面/FS/UWA/RO表面
140	電子封裝
150	傳輸纜線
170	攝影機
180	光線
185	光線
190	光線
195	點

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於使用一或多個反射光學表面(例如，一或多個自由空間、超寬角度、反射光學表面(下文縮寫為「FS/UWA/RO表面」))之頭戴式顯示裝置。更特定言之，本發明係關於使用諸如FS/UWA/RO表面之反射光學表面以顯示來自固持成緊密接近使用者之眼睛之發光顯示系統的影像之頭戴式顯示裝置。

【先前技術】

諸如戴頭盔式顯示器或戴眼鏡式顯示器之頭戴式顯示器(本文中簡寫為「HMD」)為佩戴在個人之頭部上的顯示器件，其具有位於使用者之一個眼睛或(更通常地)兩個眼睛附近之一或多個小的顯示器件。圖1展示一種類型之HMD之基本元件，該HMD包括顯示器11、反射光學表面13及具有旋轉中心17之眼睛15。如在此圖中所展示，來自顯示器11之光19由表面13反射且進入使用者之眼睛15。

一些HMD僅顯示模擬(電腦產生之)影像(如與真實世界影像相反)，且因此常被稱作「虛擬實境」或浸沒式HMD。其他HMD在非模擬之真實世界影像上疊置(組合)模擬影像。非模擬影像與模擬影像之組合允許HMD使用者經由(例如)護目鏡或接目鏡檢視世界，與待執行之任務相關的額外資料在護目鏡或接目鏡上疊置至使用者之前向視野(FOV)上。此疊置有時被稱作「擴增實境」或「混合實境」。

可使用部分反射/部分透射光學表面(「光束分光器」)來達成將非模擬之真實世界視圖與模擬之影像組合，在該情況下，表面之反射率用以將模擬影像作為虛擬影像(在光學意義上)顯示，且表面之透射率用以允許使用者直接檢視真實世界(被稱作「光學透視(see-through)系統」)。亦可藉由接受來自攝影機之真實世界視圖之視訊且使用組合器將其與模擬影像以電子方式混合來以電子方式進行將真實世界視圖與模擬影像組合(被稱作「視訊透視系統」)。接著可借助於反射光學表面(在此情況下，其不需要具有透射屬性)將組合影像作為虛擬影像(在光學意義上)呈現給使用者。

自前述內容可看出，反射光學表面可用於HMD中，HMD向使用者提供：(i)模擬影像與非模擬真實世界影像之組合、(ii)模擬影像與真實世界視訊影像之組合，或(iii)純模擬影像。(最後情況常被稱作「浸沒式」系統。)在此等情況中之每一者下，反射光學表面產生由使用者檢視之虛擬影像(在光學意義上)。歷史上，此等反射光學表面已為出射光瞳已實質上不僅限制使用者可得之動態視野而且限制靜態視野之光學系統的部分。具體言之，為了看到由光學系統產生之影像，使用者需要將其眼睛與光學系統之出射光瞳對準且將其保持為如此對準，且甚至接著，使用者可見之影像將不覆蓋使用者的整個完全靜態之視野，亦即，在已使用反射光學表面之HMD中使用的先前光學系統已為光瞳形成系統之部分，且因此已受到出射光瞳限制。

系統已受如此限制之原因為人類視野顯著大之基本事實。因此，人類眼睛之靜態視野(包括眼睛之視窩視覺及周邊視覺兩者)在水平方向上為大約 $\sim 150^\circ$ 且在垂直方向上為大約 $\sim 130^\circ$ 。(出於本發明之目的， 150° 將用作標稱人類眼睛之直前方靜態視野。)具有能夠容納此大的靜態視野之出射光瞳的良好校正之光學系統稀少，且當其存在時，其昂貴且體積大。

此外，由於眼睛可圍繞其旋轉中心旋轉，亦即，人類大腦可藉由改變眼睛之凝視方向在不同的方向上瞄準人類眼睛之視窩+周邊視野，因此人類眼睛之操作視野(動態視野)甚至更大。對於標稱眼睛，垂直運動範圍為大約向上 $\sim 40^\circ$ 及向下 $\sim 60^\circ$ ，且水平運動範圍為大約自直前方 $\pm 50^\circ$ 。對於由先前在HMD中使用的類型之光學系統產生的大小之出射光瞳，眼睛之甚至小的旋轉亦將實質上減少在眼睛之靜態視野與出射光瞳之間存在的重疊部分，且較大旋轉將使影像完全消失。雖然理論上有可能，但將與使用者之眼睛同步移動之出射光瞳不切實際且將極為昂貴。

鑒於人類眼睛之此等屬性，就提供允許使用者以與其將檢視自然世界之方式相同的方式檢視由影像顯示系統產生之影像的光學系統而言，存在相關的三個視野。三個視野中之最小者為由使用者旋轉其眼睛且因此使其視窩在外部世界上掃描之能力界定的視野。最大旋轉為自直前方大約 $\pm 50^\circ$ ，因此此視野(視窩動態視野)為大約 100° 。三個視野中之中間者為直前方靜態視野，且包括使用者之視窩視覺

及周邊視覺兩者。如上文所論述，此視野(視窩+周邊靜態視野)為大約 150° 。三個視野中之最大者為由使用者旋轉其眼睛且因此使其視窩加其周邊視覺在外部世界上掃描之能力界定的視野。基於大約 $\pm 50^\circ$ 之最大旋轉及大約 150° 之視窩+周邊靜態視野，此最大視野(視窩+周邊動態視野)為大約 200° 。視野自至少 100° 至至少 150° 且接著至至少 200° 之此增加尺度為使用者提供益處(就其以直觀且自然方式檢視由影像顯示系統產生之影像之能力而言)。

因此，存在對具有與人類眼睛之視野(靜態及動態兩者)的改良之相容性的頭戴式顯示器之需求。本發明係有關此需求，且提供使用提供超寬角度視野之反射光學表面之頭戴式顯示器。

定義

在本發明之其餘部分中及在申請專利範圍中，片語「虛擬影像」以其光學意義使用，亦即，虛擬影像為經感知為來自特定處之影像，而事實上，正被感知之光並非源於彼處。

FS/UWA/RO表面在本文中被稱作「自由空間」表面，此係因為其局部空間位置、局部表面曲率及局部表面定向不與特定基板(諸如，x-y平面)有關，而是在表面之設計期間使用在三維空間中適用之基本光學原理(例如，Fermat及Hero最小時間原理)來判定。

FS/UWA/RO表面被稱作「超寬角度」表面，此係因為在使用期間，至少其不限制標稱使用者之眼睛之動態視窩視

野。因而，取決於供「超寬角度」表面使用之可選光學組件(例如，菲涅耳透鏡系統)之光學屬性，HMD之總體光學系統可為非光瞳形成，亦即，與具有限制使用者之視野的出射光瞳之習知光學系統不同，用於本文中揭示之光學系統之各種實施例的操作性光瞳將為使用者之眼睛的入射光瞳，此與相關聯於外部光學系統之光瞳相反。附隨地，對於此等實施例，提供至使用者之視野將比習知光學系統大得多，在習知光學系統之情況下，使用者之眼睛與外部光學系統之出射光瞳的甚至小的對準偏差可實質上減少使用者可得之資訊內容，且較大對準偏差可造成整個影像消失。

貫穿本發明，以下片語/術語應具有以下意義/範圍：

- (1) 片語「反射光學表面」(本文中亦被稱作「反射表面」)應包括僅具反射性之表面以及具反射性及透射性兩者之表面。在任一情況下，反射率可為僅部分的，亦即，入射光之部分可透射穿過該表面。同樣，當表面具反射性及透射性兩者時，反射率及/或透射率可為部分的。如以下所論述，可將單一反射光學表面用於兩個眼睛，或每一眼睛可具有其各自的個別反射光學表面。其他變化包括將多個反射光學表面用於兩個眼睛或個別地用於每一眼睛。亦可使用混合及匹配組合，例如，可將單一反射光學表面用於一個眼睛，且將多個反射光學表面用於另一眼睛。作為另一替代例，可提供一個或多個反射

光學表面用於使用者眼睛中之僅一者。以下陳述之申請專利範圍意欲涵蓋本文中揭示之反射光學表面之此等及其他應用。詳言之，需要反射光學表面之每一技術方案意欲涵蓋包括指定類型之一或多個反射光學表面的頭戴式顯示裝置。

- (2) 片語「具有至少一發光表面之影像顯示系統」一般用以包括具有一表面之任何顯示系統，該表面不管藉由光穿過表面之透射、在表面處之光之產生(例如，藉由LED陣列)、來自另一光源之光之反射遠離表面或其類似者而發射光。影像顯示系統可使用一個或多個影像顯示器件，例如，一個或多個LED及/或LCD陣列。如同反射光學表面，給定頭戴式顯示裝置可併有用於使用者眼睛中之一或兩者之一或多個影像顯示系統。再次，需要影像顯示系統的以下陳述之申請專利範圍中之每一者意欲涵蓋包括指定類型之一或多個影像顯示系統的頭戴式顯示裝置。
- (3) 片語「雙筒檢視器」意謂針對每一眼睛包括至少一單獨光學元件(例如，一顯示器件及/或一反射光學表面)之裝置。
- (4) 片語「視野」及其縮寫FOV指代在影像(眼睛)空間中的「視在」視野，如與在物(亦即，顯示器)空間中的「真實」視野相反。

【發明內容】

根據第一態樣，揭示一種頭戴式顯示裝置(100)，其包括：

(I)一框架(107)，其經調適以安裝於使用者之頭部(105)上；

(II)一影像顯示系統(110)，其由該框架(107)支撐(例如，該框架在於HMD之使用期間處於使用者之視野外的固定位置處支撐影像顯示系統)；及

(III)一反射光學表面(120)，其由該框架(107)支撐，該反射光學表面(120)為不關於三維笛卡爾座標系統之任何座標軸旋轉對稱的連續表面(例如，該反射光學表面可為不關於具有任意原點之三維笛卡爾座標系統之x、y或z軸旋轉對稱的自由空間、超寬角度、反射光學表面(120)(並非迴轉面))；

其中：

(a)該影像顯示系統(110)包括至少一發光表面(81)；

(b)在使用期間，該反射光學表面(120)產生該至少一發光表面(81)之空間上分離之部分的空間上分離之虛擬影像，該等空間上分離之虛擬影像中之至少一者與該等空間上分離之虛擬影像中之至少一其他者在角度上分離至少100度，該角度分離係自標稱使用者之眼睛(15)之旋轉中心(17)來量測；且

(c)在使用期間，該反射光學表面(120)之至少一點與該反射光學表面(120)之至少一其他點在角度上分離至少100度，該角度分離係自標稱使用者之眼睛(15)之該旋轉中心

(17)來量測。

根據第二態樣，揭示一種頭戴式顯示裝置(100)，其包括：

(I)一框架(107)，其經調適以安裝於使用者之頭部(105)上；

(II)一影像顯示系統(110)，其由該框架(107)支撐(例如，該框架在於HMD之使用期間處於使用者之視野外的固定位置處支撐影像顯示系統)；及

(III)一自由空間、超寬角度、反射光學表面(120)，其由該框架(107)支撐；

其中：

(a)該影像顯示系統(110)包括至少一發光表面(81)；

(b)在使用期間，該自由空間、超寬角度、反射光學表面(120)產生該至少一發光表面(81)之空間上分離之部分的空間上分離之虛擬影像，該等空間上分離之虛擬影像中之至少一者與該等空間上分離之虛擬影像中之至少一其他者在角度上分離至少100度，該角度分離係自標稱使用者之眼睛(15)之旋轉中心(17)來量測。

根據第三態樣，揭示一種頭戴式顯示裝置(100)，其包括：

(I)一框架(107)，其經調適以安裝於使用者之頭部(105)上；

(II)一影像顯示系統(110)，其由該框架(107)支撐；及

(III)一反射表面(120)，其由該框架(107)支撐，該反射

表面(120)將至少 200° 之一視野提供至一標稱使用者；

其中：

(a)該影像顯示系統(110)包括至少一發光表面(81)，該至少一發光表面(81)包括分別具有第一及第二資訊內容之至少第一及第二空間上分離之發光區域(82、83)；

(b)該反射表面(120)包含分別具有在不同方向上指向之第一及第二表面法線(85、87)之至少第一及第二空間上分離之反射區域(84、86)；且

(c)該框架(107)支撐該影像顯示系統(110)及該反射表面(120)，使得在由一標稱使用者使用該裝置期間：

(i) 對於該標稱使用者之一眼睛(71)之至少一凝視方向(在圖8中朝向88)，來自該第一發光區域(82)之光自該第一反射區域(84)反射離開且進入該眼睛(71)，以形成該第一資訊內容之可見虛擬影像(88)(亦即，存在標稱使用者可看到第一資訊內容(且視情況，第二資訊內容)之一凝視方向)；

(ii) 對於該眼睛(71)之至少一凝視方向(在圖8中朝向89)，來自該第二發光區域(83)之光自該第二反射區域(86)反射離開且進入該眼睛(71)，以形成該第二資訊內容之可見虛擬影像(89)(亦即，存在標稱使用者可看到第二資訊內容(且視情況，第一資訊內容)之一凝視方向)；且

(iii) 對於該眼睛(71)之至少一凝視方向(在圖8中在88之右邊之凝視方向)，來自該第一發光區域(82)之光自

該第一反射區域(84)反射離開且進入該眼睛(71)，以形成該第一資訊內容之可見虛擬影像(88)，且來自該第二發光區域(83)之光自該第二反射區域(86)反射離開且不進入該眼睛(71)，且不形成該第二資訊內容之可見虛擬影像(亦即，存在標稱使用者可看到第一資訊內容但不能藉由標稱使用者之視窩或周邊視覺看到第二資訊內容之凝視方向)。

根據第四態樣，揭示一種用於設計反射光學表面(120)(其可或可不為FS/UWA/RO表面)之基於電腦之方法，該反射光學表面(120)用於在包括影像顯示系統(110)之頭戴式顯示器(100)中使用，在該頭戴式顯示器(100)之使用期間，該影像顯示系統(110)具有複數個內容區(82、83)(例如，複數個個別像素或個別像素之複數個群組)，該方法包括使用一或多個電腦執行以下步驟：

(a)將該反射光學表面(120)分成複數個局部反射區域(84、86)，每一局部反射區域具有一表面法線(85、87)(例如，在局部反射區域之中心處的表面法線)；

(b)使該反射光學表面(120)之每一局部反射區域(84、86)與該影像顯示系統(110)之一個且僅一個內容區(82、83)相關聯，每一內容區(82、83)與至少一局部反射區域(84、86)相關聯；及

(c)調整該反射光學表面(120)之組態(例如，調整表面之局部空間位置及/或局部曲率)，使得該等表面法線(85、87)中之每一者等分以下兩個向量：

- (1) 自該局部反射區域(84、86)(例如，自局部反射區域之中心)至其相關聯之內容區(82、83)(例如，至其相關聯之內容區之中心)的向量(77、78)；及
- (2) 自該局部反射區域(84、86)(例如，自局部反射區域之中心)至在該頭戴式顯示器之使用期間的標稱使用者之眼睛(71)的旋轉中心(72)之位置的向量(79、80)。

在本發明之以上態樣之某些實施例中，針對使用者之眼睛中之每一者使用單獨反射表面及/或單獨影像顯示系統。在其他實施例中，反射光學表面單獨地或結合其他光學組件(例如，一或多個菲涅耳透鏡)來使來自影像顯示系統之光準直(或實質上準直)，此準直經由表面之局部曲率半徑來達成。

在各種實施例中，HMD裝置可向使用者提供全視窩動態視野、全視窩+周邊靜態視野或全視窩+周邊動態視野。

在各種實施例中，HMD裝置可為雙筒非光瞳形成系統，其中眼睛在其通常可獲得之整個角度範圍上關於其滾動中心自由地移動，而不約束於透過外部光瞳察看。先前HMD器件已宣稱其具有或可提供寬視野，但此等器件已包括眼睛必須透過其察看之外部光瞳。雖然存在提供至眼睛之寬泛的資訊量，但若眼睛轉動，則資訊失去。此為光瞳形成系統之基本問題，此問題在使用反射表面(且詳言之，FS/UWA/RO表面)之本發明之實施例中得以避免。

在本發明之態樣之以上概述中使用的參考數字(該等參

考數字為代表性的且並非全包括性或詳盡的)僅為了讀者方便起見，且並不意欲且不應被解釋為限制本發明之範疇。更一般而言，應理解，前述一般描述及以下詳細描述皆僅例示性說明本發明，且並不意欲提供用於理解本發明之性質及特性的綜述或架構。

本發明之額外特徵及優勢在以下詳細描述中陳述，且自彼描述部分地對熟習此項技術者而言將為易於顯而易見的，或藉由實踐如由本文中之描述例示性說明之本發明來認識。包括隨附圖式以提供對本發明之進一步理解，且將隨附圖式併入且構成此說明書之一部分。應理解，在此說明書中及在圖式中揭示之本發明之各種特徵可以任何或所有組合使用。

【實施方式】

圖2及圖3分別為經展示由使用者105佩戴之頭戴式顯示裝置100的側視圖及前視圖。頭戴式顯示裝置使用FS/UWA/RO表面120。

在一實施例中，頭戴式顯示裝置100可為(例如)光學透視、擴增實境、雙筒檢視器。因為光學透視、擴增實境、雙筒檢視器通常為HMD之最複雜形式，所以本發明將主要地論述此類型之實施例，應理解，本文中論述之原理同等地可適用於光學透視、擴增實境、單筒檢視器；視訊透視、擴增實境、雙筒及單筒檢視器；及雙筒及單筒「虛擬實境」系統。

如圖2及圖3中所展示，頭戴式顯示裝置100包括框架

107，其經調適而由使用者以類似於佩戴眼鏡之方式的方式佩戴且由使用者之鼻子及耳朵支撐。在圖2至圖3之實施例中以及在本文中揭示之其他實施例中，頭戴式顯示裝置可具有多種組態，且可(例如)類似習知眼罩、眼鏡、頭盔及其類似者。在一些實施例中，可使用條帶相對於使用者之眼睛將HMD之框架固持在固定位置中。一般而言，HMD封裝之外表面可呈相對於HMD之顯示器及使用者之眼睛而將光學系統固持於所需定向上之任何形式。

頭戴式顯示裝置100包括至少一影像顯示系統110及包括一反射光學表面之至少一光學系統，如圖2及圖3中所展示，該反射光學表面為自由空間、超寬角度、反射光學表面120(亦即，FS/UWA/RO表面120)，該表面120有必要為彎曲的。在一些實施例中，FS/UWA/RO表面可為整個光學系統。表面120可為純反射性或可具有反射屬性及透射屬性兩者，在具有反射屬性及透射屬性兩者之情況下，可將其視為「光束分光器」類型。

FS/UWA/RO表面120可完全包圍一或兩個眼睛，以及至少一影像顯示系統110。詳言之，表面可圍繞眼睛側且朝向臉部側彎曲以便擴大可得水平視野。在一實施例中，FS/UWA/RO表面120可延伸多達180°度或180°度以上(例如，大於200°)，如最佳地在以下論述之圖6中看出。如在圖3中所說明，HMD可包括由框架及/或鼻脊件210(見以下)分離地支撐的用於使用者之兩個眼睛的兩個單獨FS/UWA/RO表面120R及120L。或者，HMD可使用藉由單

一結構伺服兩個眼睛之單一FS/UWA/RO表面，該結構之一些部分由兩個眼睛檢視且該結構之其他部分僅由一個眼睛檢視。

如緊接上文所指出且如在圖3中所說明，頭戴式顯示裝置100可包括鼻脊件210。鼻脊件可為垂直條或壁，其提供兩個FS/UWA/RO表面(使用者之眼睛中的每一者一個表面)之間的分離。鼻脊件210亦可提供使用者之兩個眼睛的視野之間的分離。以此方式，可藉由經由第一影像顯示器件及第一FS/UWA/RO表面向右眼顯示第一影像來向使用者之右眼展示環境中之三維實境的第一表示，而可經由第二影像顯示器件及第二FS/UWA/RO表面向左眼顯示第二影像來向使用者之左眼展示環境中之三維實境的第二表示。單獨的顯示器件/反射表面組合因此服務使用者之每一眼睛，其中每一眼睛看到針對其相對於環境中之三維實境的位置之正確影像。藉由分離使用者之兩個眼睛，脊件210允許將施加至每一眼睛之影像獨立於另一眼睛而最佳化。在一實施例中，鼻脊件之垂直壁可包括兩個反射器(每一側上一個)，以允許使用者在其以鼻動方式向左或向右轉動其眼睛時看到影像。

至少一影像顯示系統110可安裝於FS/UWA/RO表面120內，且可水平安置或相對於水平線成微小角度。或者，該至少一影像顯示系統可定位成剛好在FS/UWA/RO表面外。一般而言，至少一影像顯示系統110(或更明確而言，其至少一發光表面)之傾斜或角度將依據待自表面120反射之多

個像素、多個影像及/或多筆顯示資訊之位置而變。

在某些實施例中，頭戴式顯示裝置100經組態以創造內部空腔，其中FS/UWA/RO表面向內至空腔中為反射性的。對於具有透射屬性之FS/UWA/RO表面，來自至少一影像顯示系統之影像或顯示資訊自表面反射至空腔中且至使用者之眼睛，而同時，光亦藉由穿過反射表面自外部世界進入空腔及使用者之眼睛。

如以下詳細論述，在某些實施例中，至少一影像顯示系統110提供多個影像及/或多筆顯示資訊，影像及/或顯示資訊在進入使用者之眼睛之前經調整以用於近距離檢視。在一些實施例中，可選透鏡或透鏡系統115可促成此調整。以名稱G. Harrison、D. Smith及G. Wiese而與本專利同時申請之題為「Head-Mounted Display Apparatus Employing One or More Fresnel Lenses」且由代理人案號IS-00307識別的共同讓渡且同在申請中之美國專利申請案第13/211,365號(其內容被以引用的方式併入本文中)描述將一或多個菲涅耳透鏡用於此目的。其他實施例不利用可選透鏡或透鏡系統，而是依賴於FS/UWA/RO表面提供用於由顯示系統形成之影像之焦點對準、近眼檢視的所要光學屬性。

頭戴式顯示裝置可包括電子封裝140以控制由至少一影像顯示系統110顯示之影像。在一實施例中，電子封裝140包括提供使來自至少一影像顯示系統110之影像與使用者活動同步所需之定位、定向及位置資訊的加速度計及迴轉

儀。可經由耦接至電子封裝140之傳輸纜線150或經由無線媒體將電力及視訊提供至頭戴式顯示裝置100及自頭戴式顯示裝置100提供電力及視訊。

一組攝影機170可位於頭戴式顯示裝置100之相對側上以將輸入提供至電子封裝，從而幫助控制(例如)「擴增實境」場景之電腦產生。該組攝影機170可耦接至電子封裝140以接收電力及控制信號且將視訊輸入提供至電子封裝之軟體。

在頭戴式顯示裝置中使用之影像顯示系統可採取現在已知或隨後開發之許多形式。舉例而言，系統可使用小的高解析度液晶顯示器(LCD)、發光二極體(LED)顯示器及/或有機發光二極體(OLED)顯示器(包括可撓性OLED螢幕)。詳言之，影像顯示系統可使用具有高像素密度的高清晰度、小外觀尺寸之顯示器件，其實例可見於蜂巢式電話工業中。光纖束亦可用於影像顯示系統中。在各種實施例中，可將影像顯示系統視為充當小的螢幕電視。若影像顯示系統產生偏振光(例如，在影像顯示系統使用所有色彩在同一方向上線性偏振之液晶顯示器的情況下)，且若與由顯示器發射之光正交地使FS/UWA/RO表面偏振，則光將不會洩漏出FS/UWA/RO表面。顯示之資訊及光源自身將因此在此HMD外不可見。

根據本發明建構之光學系統(具體言之，用於「擴增實境」HMD之光學系統)之例示性實施例的總體操作由圖2之射線追蹤(具體言之，光線180、185及190)說明。在此實施

例中，FS/UWA/RO表面120具有反射屬性及透射屬性兩者。在使用表面120之透射屬性情況下，光線190自環境進入穿過該表面，且朝向使用者之眼睛前進。自表面120之同一區域，光線180由表面反射(使用表面之反射屬性)且接合光線190以創造組合光線185，當使用者在點195之方向上察看時，亦即，當使用者之凝視方向在點195之方向上時，該組合光線185進入使用者之眼睛。當如此察看時，使用者之周邊視覺能力允許使用者再次使用表面之透射屬性看到來自環境中之其他點之穿過表面120的光。

圖4為說明本文中揭示之頭戴式顯示裝置100的例示性實施例之操作之另一射線追蹤圖式。在此實施例中，總體視覺系統包括三個部分：(1)至少一影像顯示系統110，(2)FS/UWA/RO表面120，及(3)使用者之眼睛310。眼睛310藉由內部晶體330表示。自至少一影像顯示系統110之一像素發射之光由射線180表示(如在圖2中)。此光在由表面120反射後將出現在使用者之眼睛之視網膜上的點處，其限制條件為使用者之凝視方向及相關聯之視野(見以下圖7及圖8之論述)包括射線180撞擊表面120之點。更明確而言，如下論述，歸因於涉及等分自FS/UWA/RO表面上之點至眼睛之向量與自FS/UWA/RO表面上之點至像素之向量的法線的光學屬性，像素將僅出現在點195處；亦即，即使光以較寬錐體而自像素輻射，FS/UWA/RO表面亦經工程設計以僅使光來自一個位置。

在圖4中，假定使用者之凝視方向朝向射線180與表面

120之相交點，如由光線185及340說明。然而，眼睛所看到為出現在其前方空間中相距由向量345及350表示之距離(例如，在如由參考數字352展示之無限遠處)的虛擬影像。在圖4中，出於說明之目的來椅子，其中至少一影像顯示系統110產生椅子之真實影像355，在由FS/UWA/RO表面120反射自顯示系統發射之光後，該真實影像355變為虛擬影像360。在「擴增實境」環境中，包括FS/UWA/RO表面之光學系統可(例如)使椅子之虛擬影像360顯得處於與實際上人365在實際環境中之位置相同的位置處。注意，停留於比無限遠近之距離處之射線345包括於圖4中以展示可使該影像以光學方式出現於附近與無限遠之間的任何距離處。舉例而言，人可站在50公尺遠處，且該處為將置放椅子之處。

在圖1至圖4中，至少一影像顯示系統展示為具有平坦發光表面(例如，圖4中之表面111)。顯示系統亦可具有彎曲發光表面。此實施例展示於圖5中，在圖5中，光線405自彎曲顯示幕407(彎曲發光表面)發出。此射線自FS/UWA/RO表面120反射，且進入使用者之眼睛310之光瞳415(見射線410)。在此實施例中，表面120亦接納由來自外部環境之由射線345表示之光，因此允許顯示器產生之影像覆疊外部影像。注意，出於說明之目的，將射線345展示為自射線410移位；對於外部影像之純覆疊，射線345將覆疊射線410。

如上文所論述，在已使用反射光學表面之HMD中使用的

先前光學系統已為光瞳形成，且因此已具有有限的檢視區，典型的視野為~60度或~60度以下。此情形已大大地限制了先前頭戴式顯示裝置之價值及能力。在各種實施例中，本文中揭示之頭戴式顯示器具有寬得多的視野(FOV)，因此與具有較小視野之HMD相比，允許將多得多的光學資訊提供至使用者。寬視野可大於100°、大於150°或大於200°。除了提供更多資訊之外，寬視野亦允許額外資訊可由使用者以更自然方式處理，從而經由所顯示之影像與實境之較好匹配來實現較好的浸沒式及擴增實境體驗。

具體言之，在圖6中說明之例示性實施例中，對於直前方凝視方向，眼睛能夠獲取在圖6中由彎曲FS/UWA/RO表面201及202表示的整個檢視區，對於每一眼睛，該檢視區對應於至少150度之水平視野(FOV)(例如，~168度之水平FOV)。此視野由眼睛之視窩視野及其周邊視野構成。此外，允許眼睛圍繞其旋轉中心自由移動以在不同的凝視方向上瞄準組合之視窩+周邊視野，如當檢視實際世界時眼睛自然地進行。本文中揭示之光學系統因此允許眼睛貫穿運動範圍以與當檢視自然世界時眼睛獲得資訊之方式相同的方式獲得資訊。

更詳細地查閱圖6，此圖為如自頂部看的使用者之頭部200之前部的簡化線表示。其展示置放於使用者之眼睛203及204前方的FS/UWA/RO表面201及202。如上文所論述，FS/UWA/RO表面201及202可擱置於使用者之鼻子205上，

在使用者之鼻子205處，其會合於使用者之頭部200之中前部214處。如以下詳細論述，表面201及202之局部法線及局部空間位置經調整，使得由至少一影像顯示系統(圖6中未圖示)產生之影像針對每一眼睛覆蓋至少 100° (例如，在某些實施例中，至少 150° ，且在其他實施例中，至少 200°)之水平FOV。(視情況，亦如以下所論述，局部曲率半徑亦經調整以在與菲涅耳透鏡組合時提供遠距離虛擬影像。)舉例而言，局部法線及局部空間位置可經調整以針對每一眼睛覆蓋使用者之全部 ~ 168 度直前方水平靜態視野，其中 168 度自FS/UWA/RO表面201或202之邊緣至邊緣延伸，如由視線210、211及212、213展示。視線因此對應於提供至使用者之寬靜態視野(視窩+周邊)。此外，使用者在繼續察看電腦產生之影像的同時圍繞滾動中心215及216自由移動其眼睛。

在圖6中以及在圖4、圖5及圖12中，為了易於呈現，將FS/UWA/RO表面展示為球面之部分。實務上，表面並非球面，而具有更複雜的組態，使得其局部法線及局部空間位置(且視情況，局部曲率半徑)將提供所要靜態及動態視野(且視情況，至虛擬影像之所要距離)。又，在圖6中，頭戴式顯示裝置之右側與左側相同地操作，應理解，視需要，針對特定應用兩個側可不同。。

圖7及圖8進一步說明由本文中揭示之FS/UWA/RO表面提供的靜態及動態視野。圖7展示具有直前方凝視方向73之使用者之標稱右眼71。眼睛之視窩+周邊視野由弧75展

示，該弧 75 具有 $\sim 168^\circ$ 之角度範圍。注意，為了易於呈現，在圖 6 至圖 8 中，如與使用者之光瞳之中心或邊緣相反，相對於使用者之眼睛之旋轉中心展示視野。事實上，由人類眼睛達成之大視野(例如， $\sim 168^\circ$)為允許高度歪斜之射線進入使用者之光瞳且到達視網膜的視網膜之大的角度範圍之結果。

圖 8 示意性地展示圖 7 之視野與 HMD 之相互作用，該 HMD 具有：(a) 影像顯示系統，其至少一發光表面 81 具有第一發光區域 82(說明為正方形)及第二發光區域 83(說明為三角形)，及(b)FS/UWA/RO 表面，其具有具第一局部法線 85 之第一反射區域 84 及具第二局部法線 87 之第二反射區域 86。

如上文所指示，FS/UWA/RO 表面為「自由空間」表面及「超寬角度」表面兩者。此外，如上文所指出且以下更詳細地論述，該表面可參與對進入使用者之眼睛之光的準直(或部分準直)(或為該準直(或部分準直)之唯一來源)。此準直使由 FS/UWA/RO 表面產生之虛擬影像顯得位於距使用者長的距離(例如，30 公尺或 30 公尺以上)處，其准許使用者易於藉由放鬆的眼睛聚焦於虛擬影像。

可藉由調整表面之局部法線來達成 FS/UWA/RO 表面之「自由空間」及「超寬角度」態樣，使得使用者之眼睛將至少一影像顯示系統之發光區域視為來自 FS/UWA/RO 表面之預定區域(表面上之預定位置)。

舉例而言，在圖 8 中，HMD 之設計者可決定當使用者之

凝視方向為直前方時由使用者之視網膜之中心部分檢視到正方形之虛擬影像 88 及當凝視方向在直前方左邊(例如)~50°時由使用者之視網膜之中心部分檢視到三角形之虛擬影像 89 將為有利的。設計者將接著組態至少一影像顯示系統、FS/UWA/RO 表面、菲涅耳透鏡系統及系統之任何其他光學組件(例如，影像顯示系統與FS/UWA/RO 表面之間的一或多個菲涅耳透鏡)，使得在HMD之使用期間，正方形之虛擬影像將為直前方的且三角形之虛擬影像將在直前方左邊50°。

以此方式，當使用者之凝視方向(視線)與FS/UWA/RO 表面直的相交時，將按需要在使用者之眼睛之中心處可見正方形之虛擬影像，且當使用者之凝視方向(視線)與FS/UWA/RO 表面以與直前方向左50度相交時，將亦按需要在使用者之眼睛之中心處可見三角形之虛擬影像。雖然未在圖7及圖8中所說明，但將相同的方法用於垂直視野，以及用於離軸視野。更一般而言，在設計HMD及其光學組件中之每一者時，設計者將顯示器之至少一發光表面「映射」至反射表面，使得當眼睛之凝視在特定方向上時，顯示器之所要部分為使用者之眼睛可見。因此，當眼睛在視野上掃描(水平及垂直兩者)時，FS/UWA/RO 表面將影像顯示系統之至少一發光表面之不同部分照亮至使用者之眼睛內。雖然前述論述已就標稱使用者之視網膜之中心而言來進行，但當然，該設計處理程序可視需要替代地使用標稱使用者之視窩的位置。

應注意，在圖8中，使用者之眼睛向右邊的任何旋轉使三角形之虛擬影像89不再為使用者可見。因此，在圖8中，直前方或直前方左邊之任何凝視方向給使用者提供正方形之虛擬影像及三角形之虛擬影像兩者，而直前方右邊之凝視方向僅提供正方形之虛擬影像。當然，虛擬影像之銳度將取決於虛擬影像是由使用者之視窩視覺感知抑或使用之周邊視覺感知。

若HMD之設計者已將正方形之虛擬影像置放於圖8中右邊較遠處，同時使三角形之虛擬影像在左邊較遠處，則將存在僅正方形之虛擬影像可見之凝視方向及僅三角形之虛擬影像可見之其他凝視方向。同樣地，基於本文中揭示之原理，設計者可配置正方形之虛擬影像及三角形之虛擬影像，使得三角形之虛擬影像始終可見，其中正方形之虛擬影像針對一些凝視方向可見而針對其他凝視方向不可見。作為另一變化，HMD之設計者可將正方形及三角形之虛擬影像置放於對於一或多個凝視方向無影像可為使用者可見之位置處，例如，設計者可將虛擬影像置放成剛好在針對直前方之凝視方向的使用者之靜態視野外。由本發明提供至HMD設計者之靈活性因此易於顯而易見。

在一實施例中，藉由使用Fermat及Hero之原理(光依據其沿著最短(最小時間)光徑行進)達成反射表面之「自由空間」及「超寬角度」態樣。以名稱G. Harrison、D. Smith及G. Wiese而與本專利同時申請之題為「Methods and Systems for Creating Free Space Reflective Optical

Surfaces」且由代理人案號IS-00354識別的共同讓渡且同在申請中之美國專利申請案第13/211,389號(其內容被以引用的方式併入本文中)描述使用Fermat及Hero原理設計適合於在HMD中使用之FS/UWA/RO表面的實施例。

借助於Fermat及Hero最小時間原理，可使影像顯示系統之至少一發光表面之任何「所要部分」(例如，影像顯示系統之任何像素)在FS/UWA/RO表面處具有任何所要反射點，其限制條件為自至少一發光表面之所要部分至FS/UWA/RO表面處之反射點且接著至使用者之眼睛之旋轉中心的光徑處於極值。

光徑之極值意謂光徑長度之一階導數已達到零值，其表示光徑長度之最大值或最小值。可藉由創造反射光學表面之局部區域而在視野中之任何點處插入極值，該局部區域之法線等分(a)自局部區域至使用者之眼睛的向量(例如，自局部區域之中心至使用者之眼睛之中心的向量)與(b)自局部區域至發光表面之「所要部分」的向量(例如，自局部區域之中心至發光表面之「所要部分」之中心的向量)。圖9及圖10說明針對影像顯示系統之至少一發光表面之「所要部分」為像素之情況的處理程序。

具體言之，圖9展示由大體上矩形之像素陣列構成之影像顯示系統的發光表面510，該等像素在光束515之方向上朝向頭戴式顯示裝置之前部發出光。光束515自反射光學表面520彈出，為了易於呈現，反射光學表面520在圖8中展示為扁平的。在反射後，光束515即變為進入使用者之

眼睛 530 的光束 525。

出於判定用於每一像素之反射器之表面法線的目的，僅有必要判定對應於光束 515 及 525 之向量之三維等分線。在圖 9 中，此等分線向量以二維形式展示為線 535。等分向量 535 與反射光學表面在反射點 540 處正交，反射點 540 為表面 520 上發光表面 510 之像素 545 將為 HMD 之使用者可見的位置。

具體言之，在操作中，顯示表面 510 中之像素 545 發射光束 515，光束 515 以由對應於等分向量 535 之表面法線及其垂直平面 550 確定之角度自反射光學表面 520 彈出，從而藉由 Fermat 及 Hero 原理在由眼睛 530 沿著光束 525 看到之反射點 540 處產生反射之像素。為了準確計算反射點 540 處之表面法線，光束 525 可大致穿過使用者之眼睛 530 之中心 555。即使使用者之眼睛旋轉以變為周邊視覺，結果將仍保持大致穩定，直至(如以上結合圖 7 及圖 8 論述)眼睛轉動如此多以致不能藉由使用者之視窩或周邊視覺看到顯示器之區域。

為了計算表面法線之位置，可使用四元數方法之使用，其中

$q1$ = 光束 515 之定向

$q2$ = 光束 525 之定向

且

$q3$ = 所要表面法線 535 之定向 = $(q1 + q2) / 2$

亦可以向量記號來描述表面法線，如在圖 11 中所說明。在

以下等式中且在圖 11 中，點 N 遠離反射光學表面之所關注區域之中心處的點 M 一個單位之距離，且在點 M 處之反射光學表面之切平面的垂直法線之方向上。控制點 M 處之反射光學表面之切平面以滿足用以下等式表達之關係，使得在三維空間中，點 M 處之表面法線等分自點 M 至所關注像素之中心處的點 P 之線與自點 M 至使用者之眼睛之滾動中心處的點 C 之線(為了參考，點 C 自眼睛之前部向後大約 13 mm)。

描述點 M 處之表面法線上的點 N 之等式為：

$$N = \frac{(P-M) + (C-M)}{|(P-M) + (C-M)|} + M$$

其中所有點 N、M、P 及 C 具有指示其在任意笛卡爾座標系統中之三維空間中之位置的分量 $[x, y, z]$ 。

所得法線向量 $N-M$ 具有歐幾里德 (Euclidean) 長度

$$|N-M|=1$$

其中兩個垂直條表示歐幾里德長度，計算如下：

$$|N-M| = \sqrt{(x_N - x_M)^2 + (y_N - y_M)^2 + (z_N - z_M)^2}$$

作為一數值實例，考慮以下 M、P 及 C 值：

$$M = [x_M, y_M, z_M] = [4, 8, 10]$$

$$P = [2, 10, 5]$$

$$C = [6, 10, 5]$$

沿著法線之點 N 計算如下：

$$P - M = [(2-4), (10-8), (5-10)] = [-2, 2, -5]$$

$$C - M = [(6-4), (10-8), (5-10)] = [2, 2, -5]$$

$$(P - M) + (C - M) = [0, 4, -10]$$

且

$$N = \frac{(P - M) + (C - M)}{|(P - M) + (C - M)|} + M$$

$$= \{[-2, 2, -5] + [2, 2, -5]\} / 10.7703296143 + [4, 8, 10]$$

$$= [0, 0.3713806764, -0.928476691] + [4, 8, 10]$$

$$= [4, 8.3713806764, 9.0715233091]$$

幾何圖展示於圖 17 中，其中等分線處於兩個較長向量之間。

當然，前述內容僅為用以展示在判定對於組成意欲向檢視器呈現相鄰虛擬影像之反射區域之自由空間(自由形式)表面流形(manifold)之點場之局部切平面角度約束時使用最小時間之 Fermat 及 Hero 原理的代表性計算。僅有的實常數為使用者之眼睛之中心及眼睛之自然視野。可迭代地更新所有其他分量，直至達到針對給定影像顯示系統及反射光學表面定向之適當解。另一方面，像素影像反射位置 M_1 、 M_2 、...、 M_n 及其相關聯之法線及曲率可被視為矩陣，該矩陣經「變形」(調整)使得 FS/UWA/RO 表面達成對由影像顯示系統形成之電腦產生之影像的所要虛擬影像處理。

在應用 Fermat 及 Hero 原理時，應注意，在一些實施例中，將需要避免調整法線使得使用者在一個以上點處看到相同像素反射之情形。亦應注意，在一些實施例中，反射光學表面之局部區域可非常小，且可甚至對應於反射器上

之點，其中該等點形變(morph)成其他點以形成平滑表面。

為了確保使用者可易於聚焦於至少一發光表面之「所要部分」之虛擬影像(例如，像素之虛擬影像)，控制包圍反射點(反射區)之區域之曲率半徑使得準直(或幾乎準直)之影像到達使用者。準直(或幾乎準直)之影像具有較平行之光射線，就好像影像已起源於距使用者之遠距離(例如，數十至數百公尺)處。為了達成此表面，可將對應於至少一發光表面之「所要部分」(所要發光像素)的反射光學表面之反射區域之曲率半徑保持為接近自反射區域至顯示器上之發光表面之實際「所要部分」(實際像素)的距離之一半的半徑。

因此，在一實施例中，自相關像素至鄰近像素的反射之像素間法線向量滿足一關係，該關係允許該等像素建立大約為自反射表面上之反射之像素的位置至顯示像素之向量之長度之一半的曲率半徑。影響此參數之調整包括至少一發光表面之大小及該至少一發光表面是否彎曲。

圖10說明此實施例。為了控制包圍像素反射之區域之曲率半徑使得準直(或幾乎準直)之影像到達使用者，(諸如)在反射點540處考慮兩個鄰近的像素反射區域。為了達成更好的平衡，可考慮更多區域，但兩個為足夠的。參看圖10，分別相對於顯示表面510上之兩個像素545及615展示兩個像素反射點540及610。在點540及610處之表面法線連同其方向之間的角度一起經計算。在知曉此等角度及點

540與610之間的距離的情況下，計算曲率半徑。具體言之，調整表面組態及(視需要)表面之空間位置，直至曲率半徑等於(或大致等於)光束515及620之長度之平均值的一半。以此方式，可將零或近零屈光度的光提供至使用者之眼睛。此等效於來自本質上無限遠之點的光，且光波前為平的，從而形成與光之波前平行的表面法線。

除了控制局部曲率半徑之外，在某些實施例中，作為使準直(或幾乎準直)之影像進入眼睛之一階點解，至少一發光表面標稱地位於遠離FS/UWA/RO表面一個焦距之距離處，其中該焦距係基於組成FS/UWA/RO表面之各種反射區域之曲率半徑的平均值。

應用Fermat及Hero原理之結果為可組合成平滑反射表面之一組反射區域。一般而言，此表面將不為球面或對稱的。圖12為此FS/UWA/RO表面520之二維表示。如上文所論述，表面520可經建構使得在點710及720處之曲率半徑經設定為如下值：該等值提供對自影像顯示系統之至少一發光表面反射的影像(其正由該表面反射)之放鬆檢視。以此方式，在由線730表示之某一方向上察看將提供準直(或幾乎準直)之視覺影像至眼睛530，將在由線740表示之不同方向上察看亦如此。為了實現在整個視野上之檢視之平滑轉變，FS/UWA/RO表面之區域可平滑地自一控制點轉變至另一控制點，如可藉由將非均勻有理B樣條(NURBS)技術用於樣條化表面來執行，因此創造在反射表面上之平滑轉變。在一些情況下，FS/UWA/RO表面可包括足夠數目個

區域，使得表面在細粒度等級下變得平滑。在一些實施例中，可使用漸變梯度提供用於顯示器之每一部分(例如，每一像素)的不同放大，以允許較好的可製造性、實現及影像品質。

圖 13 及圖 14 自兩個不同透視圖展示使用以上技術創造之 FS/UWA/RO 表面。圖 15 及圖 16 再次自兩個透視圖展示圖 13 及圖 14 之反射表面之另一改進型式。使用以上提及的題為「Methods and Systems for Creating Free Space Reflective Optical Surfaces」之共同讓渡且同在申請中之申請案的基於電腦之技術來設計此等圖之 FS/UWA/RO 表面。

自前述內容可看出，已揭示用於設計頭戴式顯示器之方法，在例示性實施例中，其可包括：判定所要視野，選擇顯示表面大小(例如，寬度及高度尺寸)，選擇顯示表面相對於反射表面之定向，對每一像素在顯示表面上之位置分類，及選擇反射表面上用於顯示來自顯示表面之每一像素的位置。顯示表面可置放於眼睛上方且朝向反射表面傾斜，從而允許反射表面之曲率以將光反射至佩戴者之眼睛。在其他實施例中，顯示表面可置放於其他位置中(諸如，在眼睛側面或在眼睛下方)，其中反射位置及曲率經選擇以適當地反射來自顯示表面之光，或以不同程度傾斜。

在某些實施例中，可創造反射表面之三維具現化或數學表示，其中如上文所論述，反射表面之每一區域為具有等分自彼區域之中心至使用者之眼睛之中心及自彼區域之中

心至顯示表面中之像素之中心的向量之法線的局部區域。亦如上文所論述，可控制包圍像素反射之區域之曲率半徑使得準直(或幾乎準直)之影像在視野上到達使用者。經由基於電腦之迭代，可調整可改變參數(例如，局部法線、局部曲率、局部空間位置)，直至識別參數之在視野上提供所要光學效能等級以及美學上可接受之可製造設計的組合(集合)。

在使用期間，非對稱FS/UWA/RO表面(在某些實施例中，其由具有多個局部焦點區域之樣條化表面建構)形成在寬視野上伸展之影像顯示系統之至少一發光表面的虛擬影像。FS/UWA/RO表面可被視為漸進式鏡或漸進式彎曲光束分光器或自由形式鏡或反射器。當眼睛在視野上掃描(水平及垂直兩者)時，彎曲FS/UWA/RO表面將影像顯示系統之至少一發光表面之不同部分照亮至使用者之眼睛內。在各種實施例中，總體光學系統可以低成本大量製造，同時維持與典型之人類視覺解析度相稱的影像品質。

就HMD之總體結構而言，表1陳述了根據本發明建構之HMD顯示器通常將符合的參數之代表性、非限制性實例。此外，本文中揭示之HMD顯示器通常將具有足夠小以確保在使用者之視覺平面中建立使人信服之影像的像素間距離。

可在本文中揭示之頭戴式顯示裝置中包括之各種特徵包括(但不限於)以下各者，其中之一些已在上文提及：

(1)在一些實施例中，可使用一或多個菲涅耳透鏡修改

自顯示表面發出之光束之屈光度特性。

(2) 在一些實施例中，反射光學表面可為半透明的，從而允許光自外部環境進入。內部顯示器產生之影像可接著覆疊外部影像。可經由使用局部化設備(諸如，迴轉儀、攝影機)及軟體操縱電腦產生之影像來對準兩個影像，使得虛擬影像處於外部環境中之適當位置處。詳言之，可使用攝影機、加速度計及/或迴轉儀輔助裝置註冊其在實境中何處及將其影像疊置於外部視圖上。在此等實施例中，可選擇反射光學表面之相對透射率與反射率之間的平衡以向使用者提供具有適當亮度特性之覆疊影像。又，在此等實施例中，真實世界影像及電腦產生之影像可顯得皆處於大致相同之視距，使得眼睛可同時聚焦於兩個影像。

(3) 在一些實施例中，將反射光學表面保持儘可能薄，以便使對穿過表面之外部光之位置或焦點的影響最小化。

(4) 在一些實施例中，頭戴式顯示裝置將至少100度、至少150度或至少200度之視野提供至每一眼睛。

(5) 在一些實施例中，由頭戴式顯示器提供至每一眼睛之靜態視野並不在任何大的程度上重疊使用者之鼻子。

(6) 在一些實施例中，反射光學表面可使用其光學處方(prescription)在視野上之漸進轉變以維持對可用顯示區之聚焦。

(7) 在一些實施例中，可使用射線追蹤針對特定實施(諸如，軍事訓練、飛行模擬、遊戲及其他商業應用)定製裝置參數。

(8)在一些實施例中，可關於在視網膜及/或視窩處之調變轉移函數(MTF)規格來操縱反射光學表面及/或顯示器之表面以及透鏡(當使用時)之曲率，及顯示器與反射光學表面之間及反射光學表面與眼睛之間的距離。

(9)在一些實施例中，本文中揭示之HMD可實施於諸如(但不限於)狙擊手偵測、商業訓練、軍事訓練及作戰以及CAD製造之應用中。

一旦經設計，即可使用現在已知或隨後開發的多種技術及多種材料生產(例如，大量製造)本文中揭示之反射光學表面(例如，FS/UWA/RO表面)。舉例而言，該等表面可由已金屬化以具有合適反射性之塑膠材料製成。亦可使用拋光之塑膠或玻璃材料。對於「擴增實境」應用，可自具有內嵌小反射器之透射性材料建構反射光學表面，因此反射入射波前之部分，同時允許光透射穿過該材料。

對於原型零件，丙烯酸塑膠(例如，膠質玻璃)可供正藉由金剛石車削形成之零件使用。對於生產零件，丙烯酸或聚碳酸酯可(例如)供正藉由(例如)射出模製技術形成之零件使用。反射光學表面可描述為詳細的電腦輔助製圖(CAD)描述或描述為非均勻有理B樣條NURBS表面(其可轉換成CAD描述)。具有CAD檔案可允許使用3D印刷來製造器件，在該情況下，CAD描述直接產生3D物件而無需機械加工。

以上論述之數學技術可在現在已知或隨後開發之各種程式設計環境中及/或以現在已知或隨後開發之各種程式設

計語言來編碼。當前較佳之程式設計環境為在Eclipse Programmer之介面中執行的Java語言。亦可視需要使用諸如Microsoft Visual C#之其他程式設計環境。亦可使用由PTC(Needham, Massachusetts)市場銷售之Mathcad平台及/或來自MathWorks, Inc.,(Natick, Massachusetts)之Matlab平台執行計算。所得程式可儲存於硬碟機、記憶卡、CD或類似器件上。可使用可購自多個供應商(例如, DELL、HP、TOSHIBA等)之典型桌上型計算設備執行該等程序。或者, 可視需要使用包括「雲端」計算之更強大的計算設備。

一般熟習此項技術者自前述揭示內容將顯而易見不脫離本發明之範疇及精神的多種修改。舉例而言, 雖然向使用者提供大視野(例如, 大於或等於 100° 、 150° 或 200° 之視野)之反射光學表面構成本發明之設計態樣之有利實施例, 但亦可使用用於設計本文中揭示之反射光學表面的基於電腦之方法及系統來創造具有較小視野之表面。以下申請專利範圍意欲涵蓋本文中陳述之特定實施例之此等及其他修改、變化及等效物。

表 1

名稱	描述	單位	最小值	最大值
反射表面距眼睛之距離		mm	10	400
反射表面距顯示器之距離		mm	10	400
顯示器大小	水平	mm	9	100
	垂直	mm	9	100
顯示器解析度	水平	像素	640	1920+
	垂直	像素	480	1080+
HMD重量		公克	1	1000
HMD大小	臉部前方之距離	mm	10	140
人類光瞳大小		mm	3至4	5至9
反射表面之大小	例如，小於頭部之寬度/2	mm	30	78
反射表面之數目		單位	1	3+
對眼睛之最大照度	例如，足夠亮以允許在明亮的晴天檢視	Fc(呎燭光)	5,000	10,000
電池壽命		小時	3	4
光學解析度	最大角度模糊	弧分(RMS模糊直徑)	1	10
	解析度之線對之估計數目		1	5
影像之視在亮度之最大變化		百分比	0	20
最大影像失真		百分比	0	5
亮度之估計最大導數		百分比/度	0	5

【圖式簡單說明】

圖 1 為展示 HMD 之基本組件(亦即，顯示器、反射表面及使用者之眼睛)之示意圖。

圖 2 為根據一實例實施例之頭戴式顯示裝置之側視圖表

示。

圖3為圖2之頭戴式顯示裝置之正視圖表示。

圖4為說明根據一實例實施例之在頭戴式顯示裝置中的自顯示器及外部物件兩者之光路之射線圖。

圖5為說明使用彎曲顯示器及彎曲反射器之一實例實施例之射線圖。

圖6為說明根據一實例實施例之對應於使用者之兩個眼睛的兩個彎曲反射光學表面之使用的頭戴式顯示裝置之俯視圖。

圖7為說明針對直前方凝視方向之標稱人類眼睛的靜態視野之示意圖。

圖8為說明根據一實例實施例之圖7之靜態視野與FS/UWA/RO表面之間的相互作用之示意圖。圖8中之箭頭說明光傳播之方向。

圖9為說明根據一實例實施例之自顯示器上之一給定像素(當其朝向眼睛反射時)的光路之射線圖。

圖10為說明根據一實例實施例之自顯示器上之兩個像素(當其朝向眼睛反射時)的光路之射線圖。

圖11為說明根據一實例實施例之在選擇反射器之局部法線的方向時使用之變數之圖。

圖12為根據一實例實施例之彎曲反射器連同光路之表示。

圖13及圖14自兩個透視圖說明根據一實例實施例之FS/UWA/RO表面。

圖 15 及圖 16 自兩個透視圖說明根據一實例實施例之另一 FS/UWA/RO 表面。

圖 17 為說明根據一實例實施例之用於計算反射表面之局部法線的幾何圖之示意圖。

【主要元件符號說明】

11	顯示器
13	反射光學表面
15	眼睛
17	旋轉中心
19	來自顯示器之光
71	使用者之標稱右眼
72	使用者之眼睛之旋轉中心
73	直前方凝視方向
75	弧
77	向量
78	向量
79	向量
80	向量
81	發光表面
82	第一發光區域
83	第二發光區域
84	第一反射區域
85	第一表面法線/第一局部法線
86	第二反射區域

- 87 第二表面法線/第二局部法線
- 88 正方形之虛擬影像/可見虛擬影像
- 89 三角形之虛擬影像/可見虛擬影像
- 100 頭戴式顯示裝置
- 105 使用者/使用者之頭部
- 107 框架
- 110 影像顯示系統
- 111 表面
- 115 透鏡或透鏡系統
- 120 反射光學表面/FS/UWA/RO表面
- 120L FS/UWA/RO表面
- 120R FS/UWA/RO表面
- 140 電子封裝
- 150 傳輸纜線
- 170 攝影機
- 180 光線
- 185 光線
- 190 光線
- 195 點
- 200 使用者之頭部
- 201 FS/UWA/RO表面
- 202 FS/UWA/RO表面
- 203 使用者之眼睛
- 204 使用者之眼睛

205	使用者之鼻子
210	鼻脊件/視線
211	視線
212	視線
213	視線
214	頭部之中前部
215	滾動中心
216	滾動中心
310	使用者之眼睛
330	內部透鏡
340	光線
345	向量/射線
350	向量
352	參考數字
355	真實影像
360	虛擬影像
365	人
405	光線
407	彎曲顯示幕
410	射線
415	光瞳
510	發光表面
515	光束
520	反射光學表面/FS/UWA/RO表面

525	光束
530	使用者之眼睛
535	線/等分向量/所要表面法線
540	反射點
545	像素
550	垂直平面
555	眼睛之中心
610	像素反射點
615	像素
620	光束
710	點
720	點
730	線
740	線

七、申請專利範圍：

1. 一種頭戴式顯示裝置，其包含：

(I)一框架，其經調適以安裝於一使用者之頭部上；

(II)一影像顯示系統，其由該框架支撐；及

(III)一反射光學表面，其由該框架支撐，該反射光學表面為不關於一三維笛卡爾座標系統之任何座標軸旋轉對稱的一連續表面；

其中：

(a)該影像顯示系統包括至少一發光表面；

(b)在使用期間，該反射光學表面產生該至少一發光表面之空間上分離之部分的空間上分離之虛擬影像，該等空間上分離之虛擬影像中之至少一者與該等空間上分離之虛擬影像中之至少一其他者在角度上分離至少 100 度，該角度分離係自一標稱使用者之眼睛之旋轉中心來量測；且

(c)在使用期間，該反射光學表面之至少一點與該反射光學表面之至少一其他點在角度上分離至少 100 度，該角度分離係自一標稱使用者之眼睛之該旋轉中心來量測。

2. 如請求項 1 之頭戴式顯示裝置，其中：

該等空間上分離之虛擬影像中之至少一者與該等空間上分離之虛擬影像中之至少一其他者在角度上分離至少 150 度；且

該反射光學表面之至少一點與該反射光學表面之至少

一其他點在角度上分離至少150度。

3. 如請求項1之頭戴式顯示裝置，其中：

該等空間上分離之虛擬影像中之至少一者與該等空間上分離之虛擬影像中之至少一其他者在角度上分離至少200度；且

該反射光學表面之至少一點與該反射光學表面之至少一其他點在角度上分離至少200度。

4. 如請求項1之頭戴式顯示裝置，其中在使用期間：

該等空間上分離之虛擬影像中之該至少一者沿著穿過該反射光學表面之該至少一點之一凝視方向而定位；且

該等空間上分離之虛擬影像中之該至少一其他者沿著穿過該反射光學表面之該至少一其他點之一凝視方向而定位。

5. 如請求項1之頭戴式顯示裝置，其中該反射光學表面為半透明的。

6. 如請求項1之頭戴式顯示裝置，其中該裝置具有一個且僅一個反射光學表面。

7. 如請求項1之頭戴式顯示裝置，其中該裝置具有兩個且僅兩個反射光學表面，該使用者之眼睛中之每一者一表面。

8. 一種頭戴式顯示裝置，其包含：

(I)一框架，其經調適以安裝於一使用者之頭部上；

(II)一影像顯示系統，其由該框架支撐；及

(III)一自由空間、超寬角度、反射光學表面，其由該

框架支撐；

其中：

(a)該影像顯示系統包括至少一發光表面；

(b)在使用期間，該自由空間、超寬角度、反射光學表面產生該至少一發光表面之空間上分離之部分的空間上分離之虛擬影像，該等空間上分離之虛擬影像中之至少一者與該等空間上分離之虛擬影像中之至少一其他者在角度上分離至少100度，該角度分離係自一標稱使用者之眼睛之一旋轉中心來量測。

9. 如請求項8之頭戴式顯示裝置，其中該等空間上分離之虛擬影像中之至少一者與該等空間上分離之虛擬影像中之至少一其他者在角度上分離至少150度。
10. 如請求項8之頭戴式顯示裝置，其中該等空間上分離之虛擬影像中之至少一者與該等空間上分離之虛擬影像中之至少一其他者在角度上分離至少200度。
11. 如請求項8之頭戴式顯示裝置，其中該裝置包含一第一影像顯示系統及一第二影像顯示系統以及與該第一影像顯示系統成固定關係之一第一自由空間、超寬角度、反射光學表面及與該第二影像顯示系統成固定關係之一第二自由空間、超寬角度、反射光學表面。
12. 如請求項8之頭戴式顯示裝置，其中該自由空間、超寬角度、反射光學表面為半透明的。
13. 如請求項8之頭戴式顯示裝置，其中該自由空間、超寬角度、反射光學表面經組態以至少部分地使自該影像顯

示系統之至少一發光表面發射之光準直。

14. 一種頭戴式顯示裝置，其包含：

(I)一框架，其經調適以安裝於一使用者之頭部上；

(II)一影像顯示系統，其由該框架支撐；及

(III)一反射表面，其由該框架支撐，該反射表面將至少200°之一視野提供至一標稱使用者；

其中：

(a)該影像顯示系統包括至少一發光表面，該至少一發光表面包括分別具有第一及第二資訊內容之至少第一及第二空間上分離之發光區域；

(b)該反射表面包含分別具有在不同方向上指向之第一及第二表面法線的至少第一及第二空間上分離之反射區域；且

(c)該框架支撐該影像顯示系統及該反射表面，使得在由一標稱使用者使用該裝置期間：

(i) 於該標稱使用者之一眼睛之至少一凝視方向，來自該第一發光區域之光自該第一反射區域反射離開且進入該眼睛以形成該第一資訊內容之一可見虛擬影像；

(ii) 於該眼睛之至少一凝視方向，來自該第二發光區域之光自該第二反射區域反射離開且進入該眼睛以形成該第二資訊內容之一可見虛擬影像；且

(iii) 於該眼睛之至少一凝視方向，來自該第一發光區域之光自該第一反射區域反射離開且進入該眼睛

以形成該第一資訊內容之一可見虛擬影像，且來自該第二發光區域之光自該第二反射區域反射離開且不進入該眼睛，且不形成該第二資訊內容之一可見虛擬影像。

15. 如請求項14之頭戴式顯示裝置，其中該裝置包含一第一影像顯示系統及一第二影像顯示系統以及與該第一影像顯示系統成固定關係之一第一反射表面及與該第二影像顯示系統成固定關係之一第二反射表面。

16. 如請求項14之頭戴式顯示裝置，其中該反射表面為半透明的。

17. 如請求項14之頭戴式顯示裝置，其中該反射表面經組態以至少部分地使自該影像顯示系統之至少一發光表面發射之光準直。

18. 一種用於設計一反射光學表面之基於電腦之方法，該反射光學表面用於在包括一影像顯示系統之一頭戴式顯示器中使用，在該頭戴式顯示器之使用期間，該影像顯示系統具有複數個內容區，該方法包括使用一或多個電腦執行以下步驟：

(a)將該反射光學表面分成複數個局部反射區域，每一局部反射區域具有一表面法線；

(b)使該反射光學表面之每一局部反射區域與該影像顯示系統之一個且僅一個內容區相關聯，每一內容區與至少一局部反射區域相關聯；及

(c)調整該反射光學表面之組態使得該等表面法線中之

每一者等分以下兩個向量：

(1) 該局部反射區域至其相關聯之內容區之一向量；及

(2) 該局部反射區域至在該頭戴式顯示器之使用期間一標稱使用者之眼睛之一旋轉中心之位置之一向量。

19. 如請求項18之方法，其中該反射光學表面之該組態經調整以至少部分地使自該影像顯示系統發射之光準直。

20. 如請求項18之方法，其進一步包含生產該反射光學表面。

21. 一種體現於一有形電腦可讀媒體中之電腦程式，其用於執行如請求項18之方法。

22. 一種電腦系統，其經程式化以執行如請求項18之方法。

23. 一種電腦系統，其包含：

(a) 一處理器；

(b) 一記憶體單元，其耦接至該處理器，該記憶體單元儲存包括用於執行如請求項18之方法之程式化指令之一電腦程式。

八、圖式：

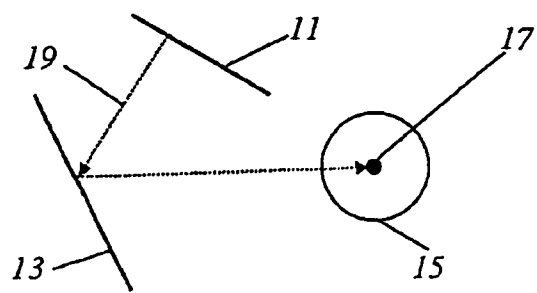


圖1

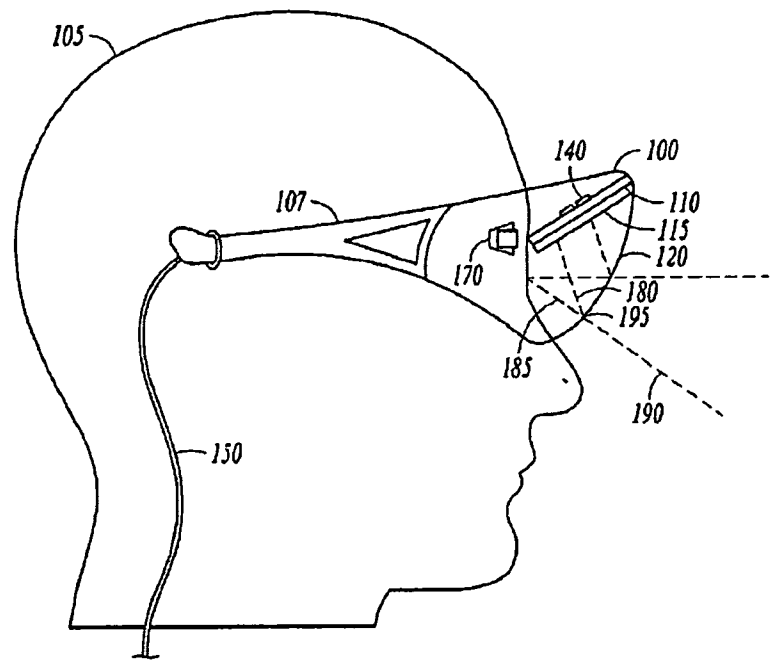


圖2

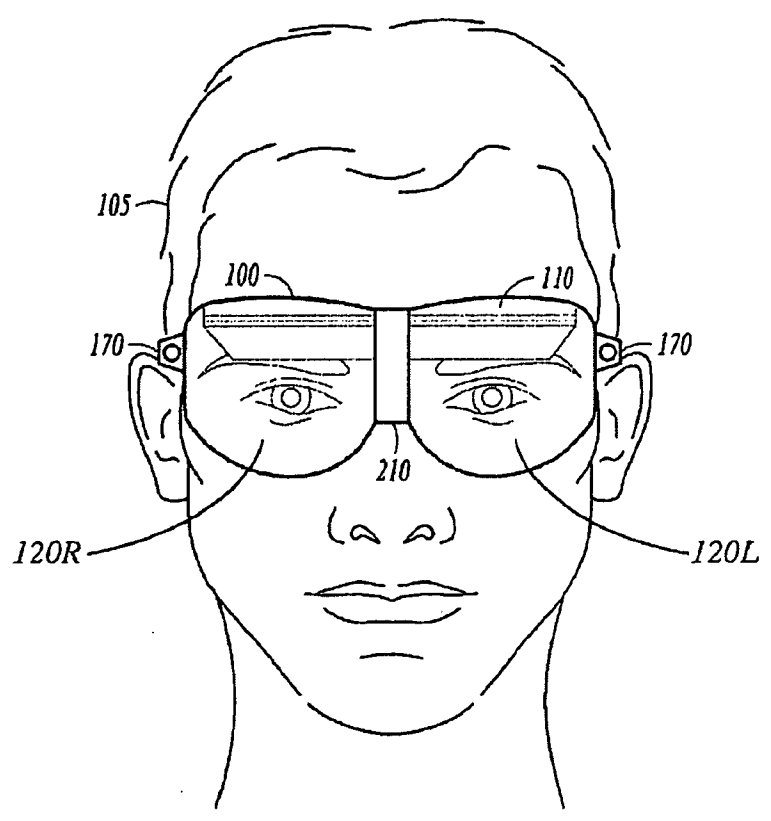


圖3



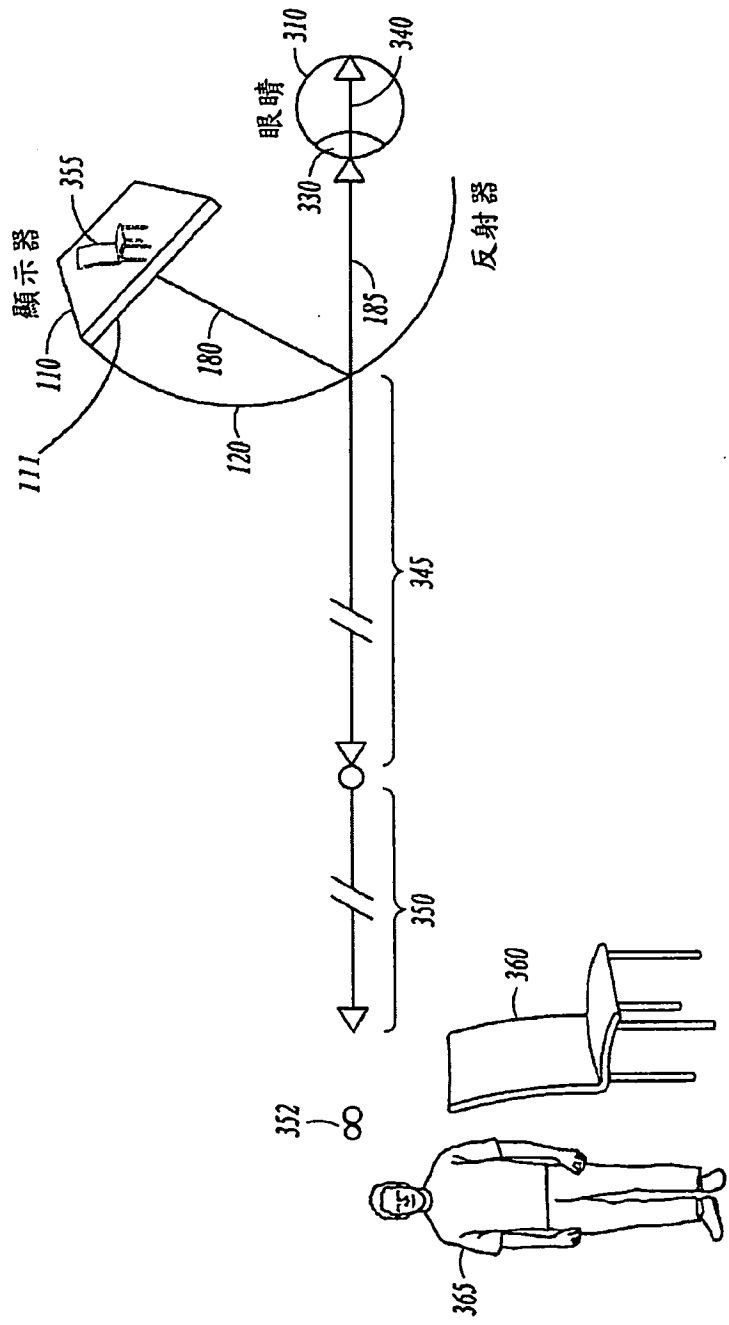


圖4

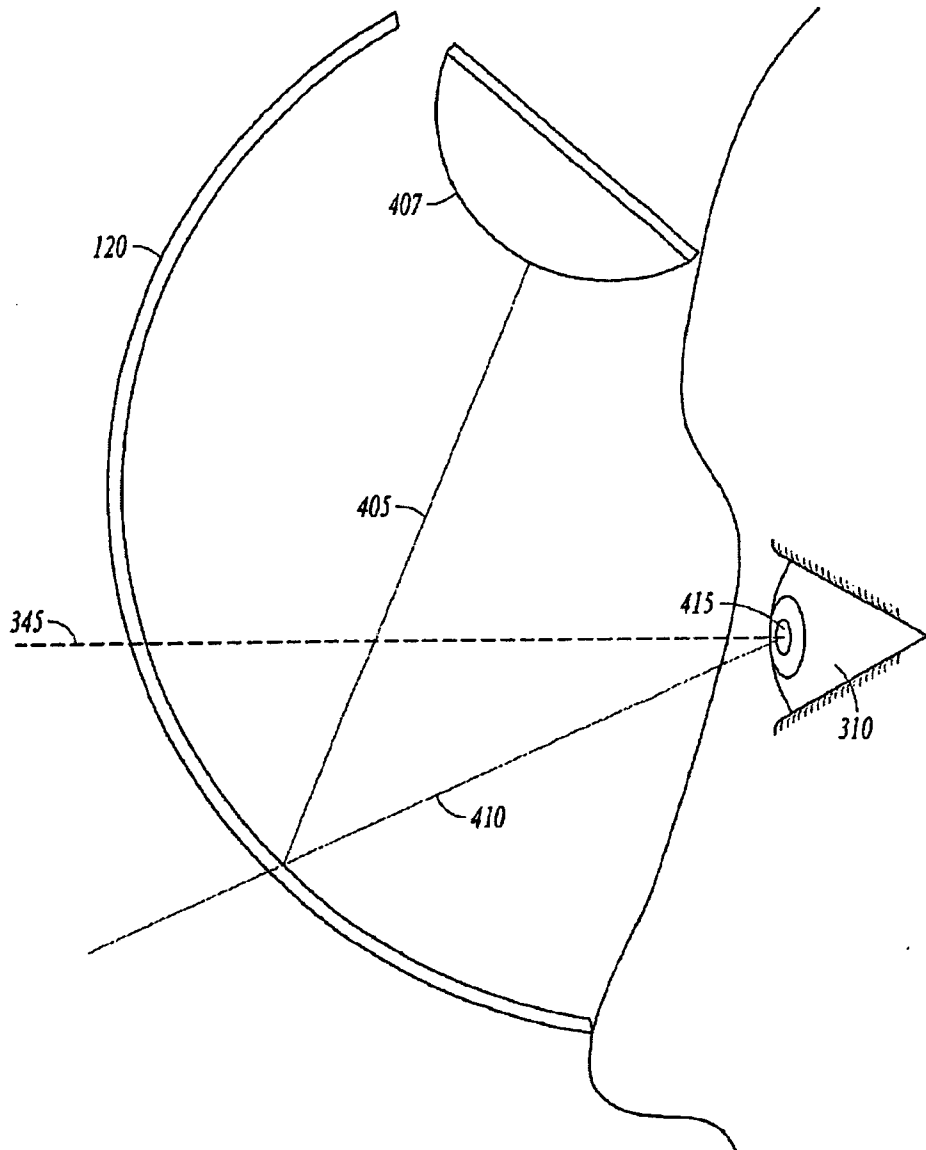


圖5

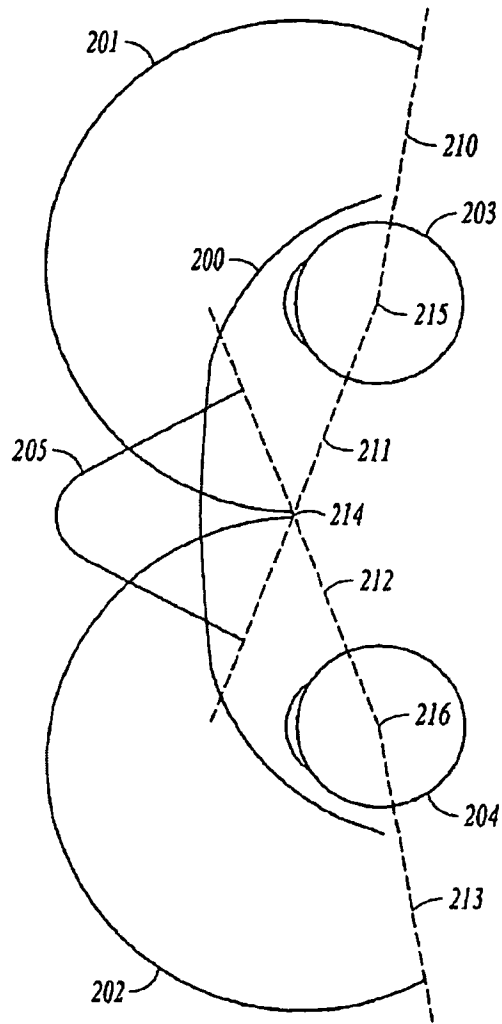


圖6

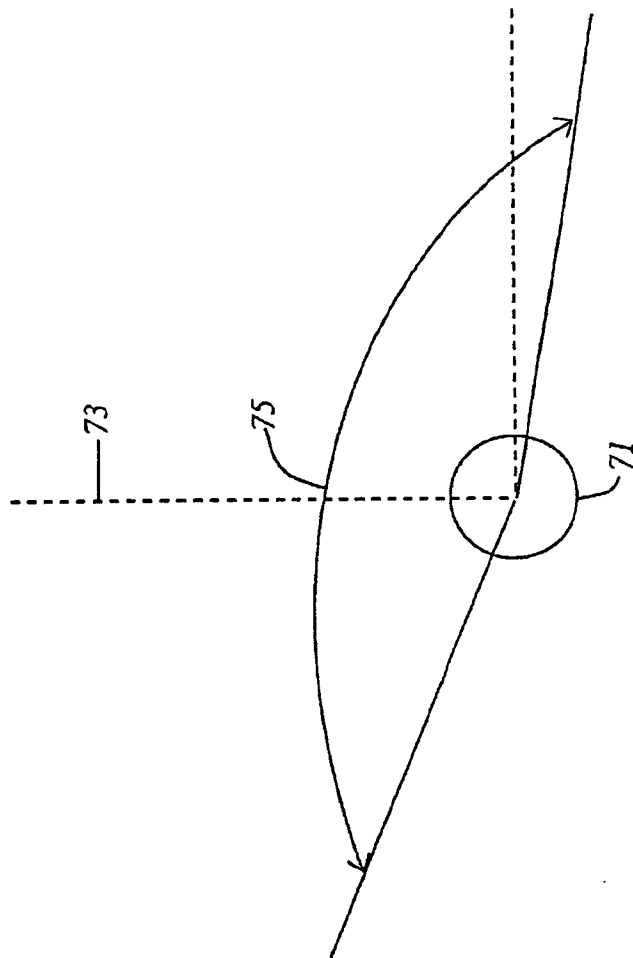


圖7

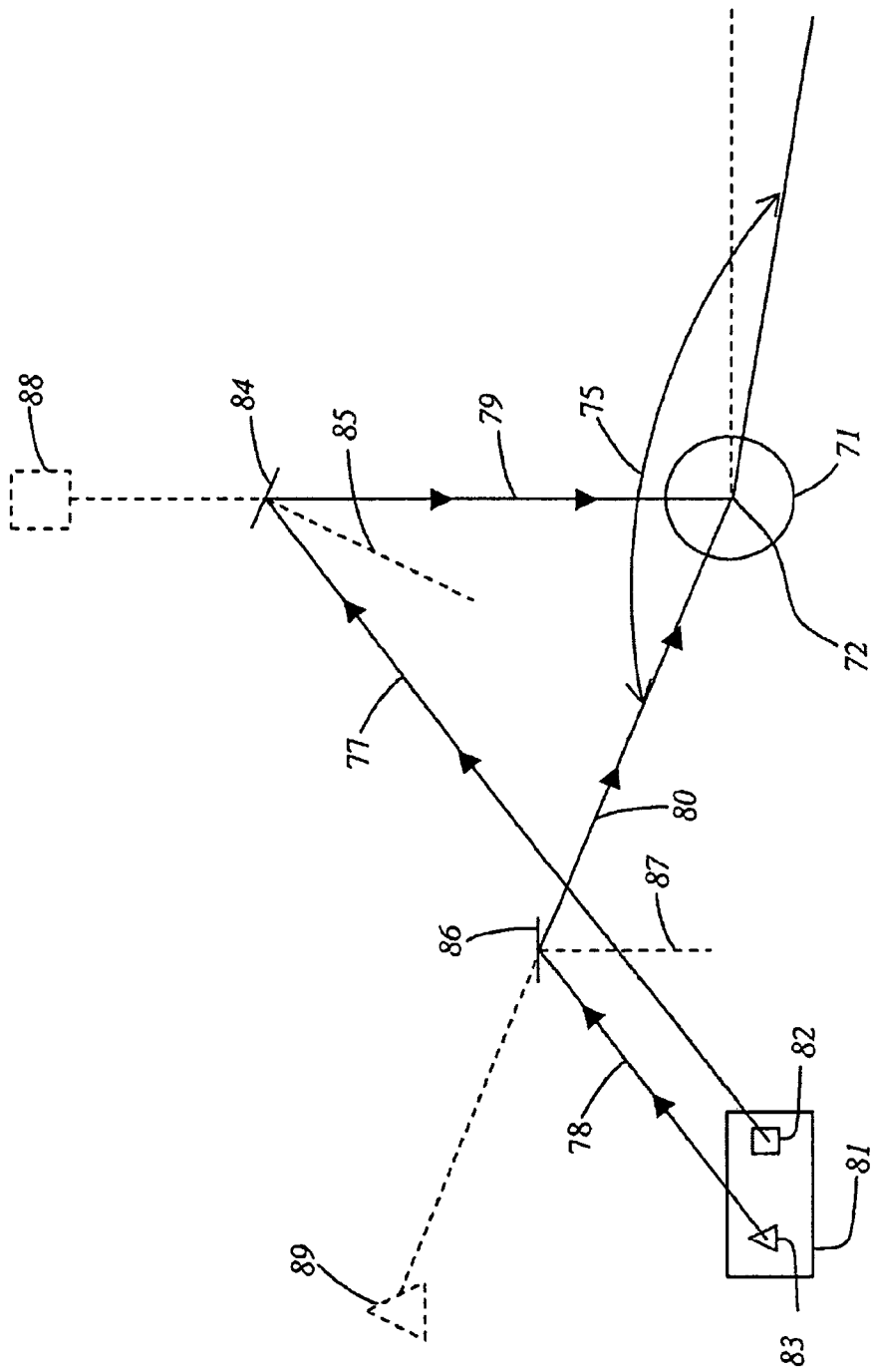


圖 8

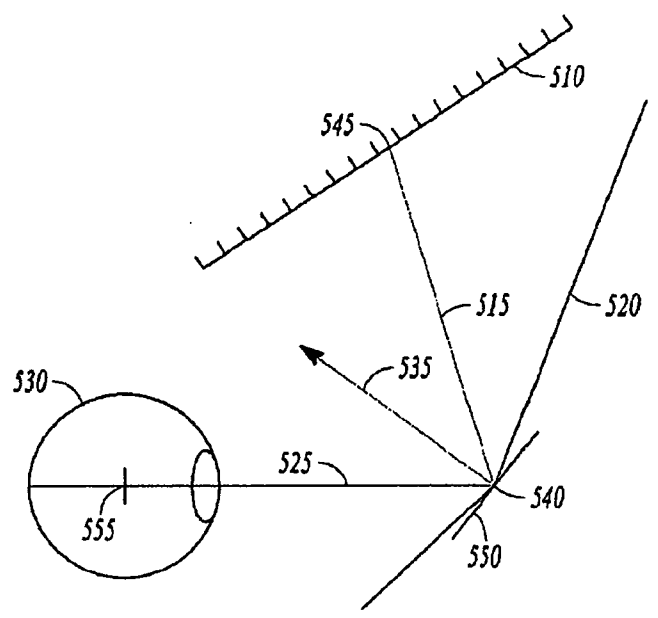


圖9

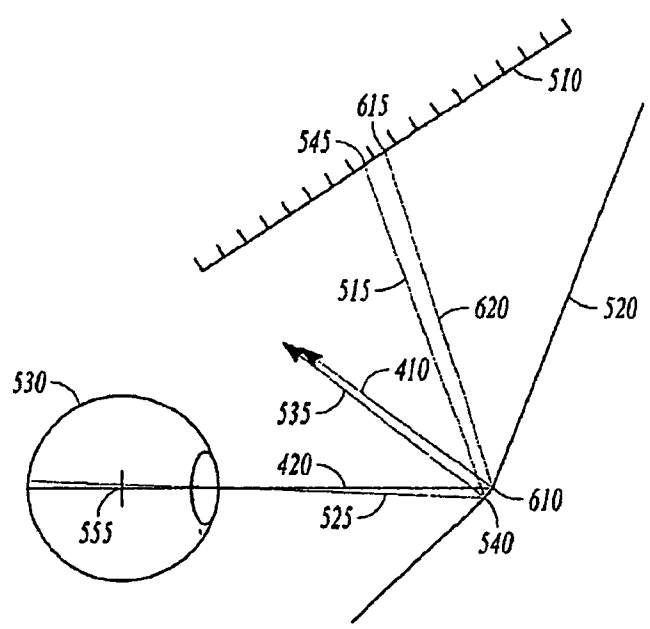


圖10



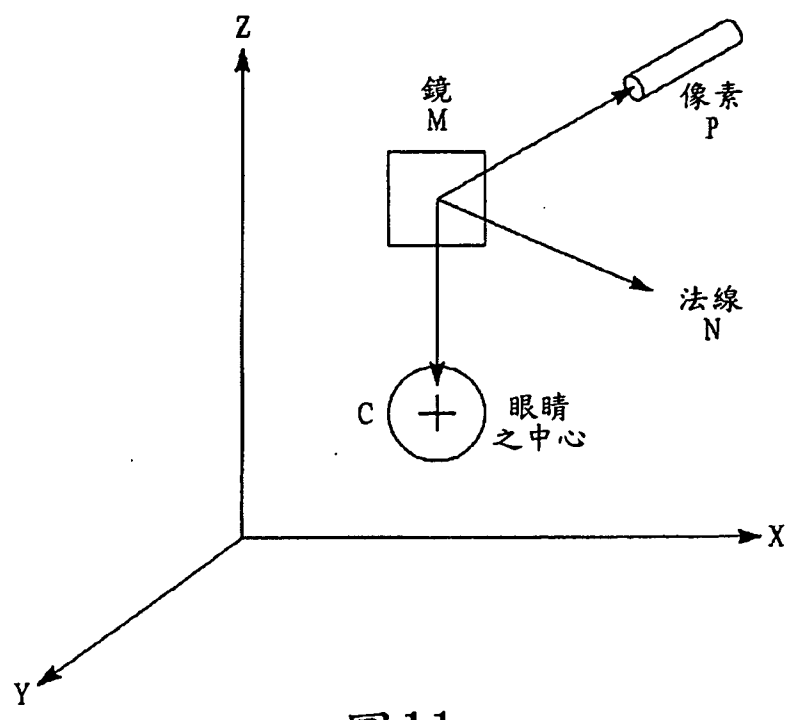


圖 11

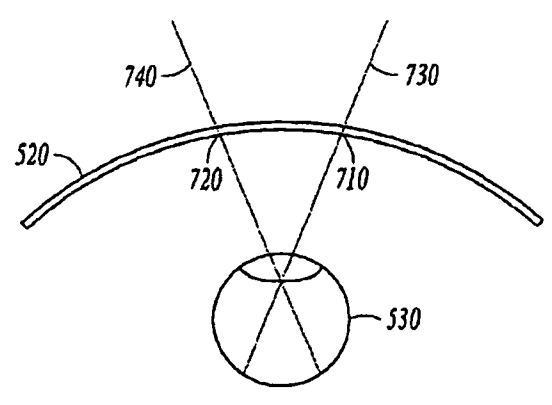


圖 12

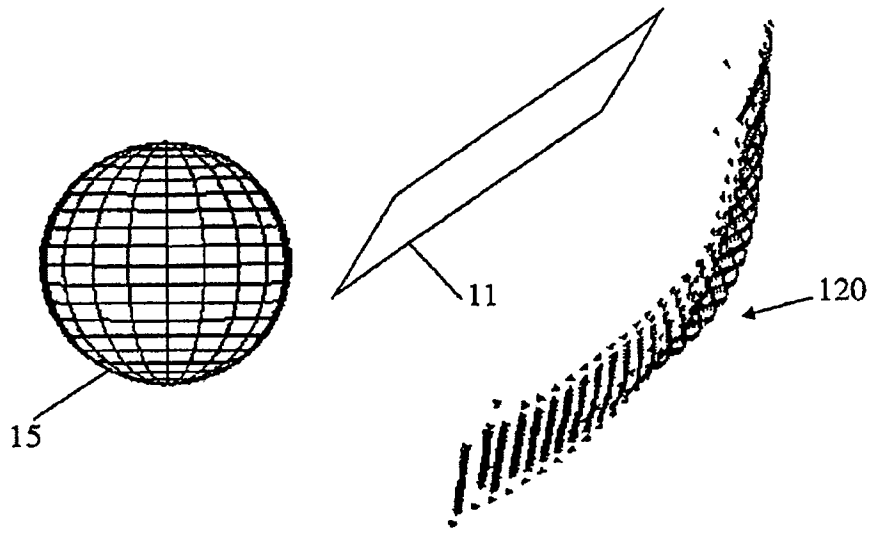


圖13

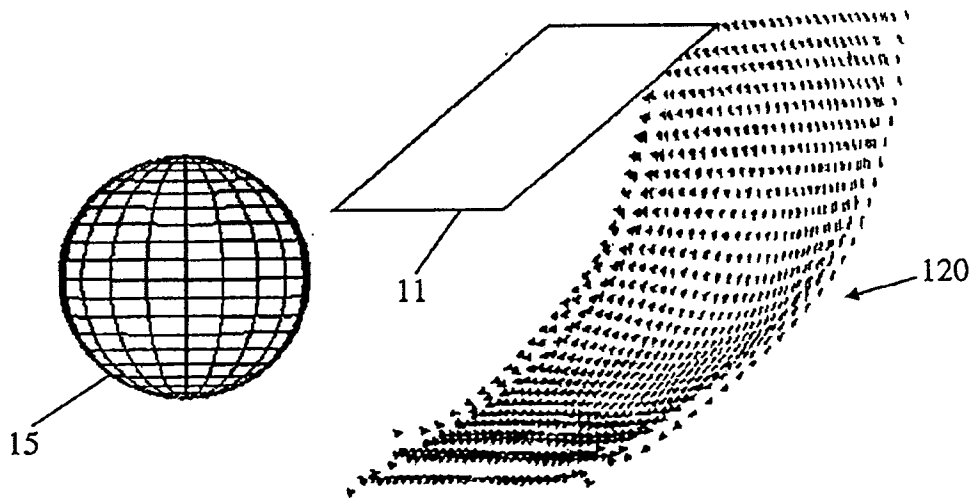


圖14

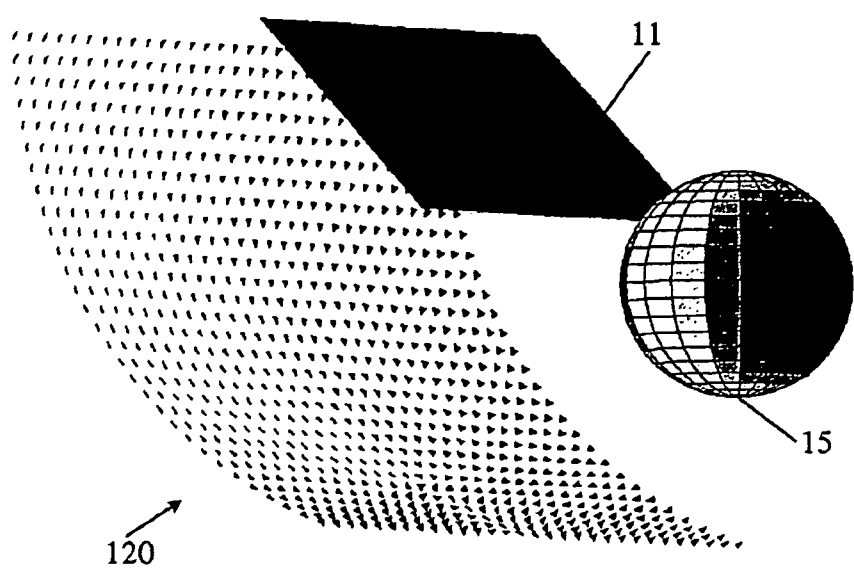


圖 15

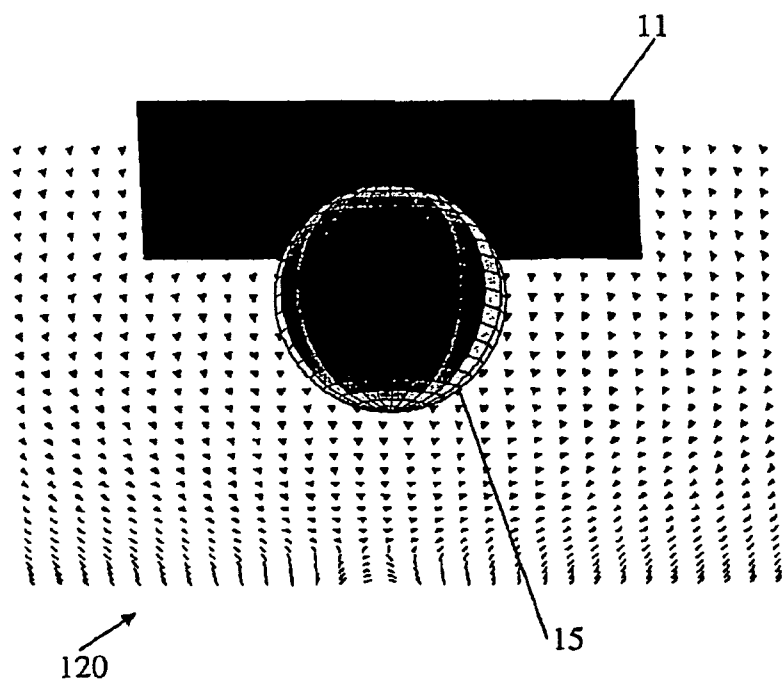


圖 16

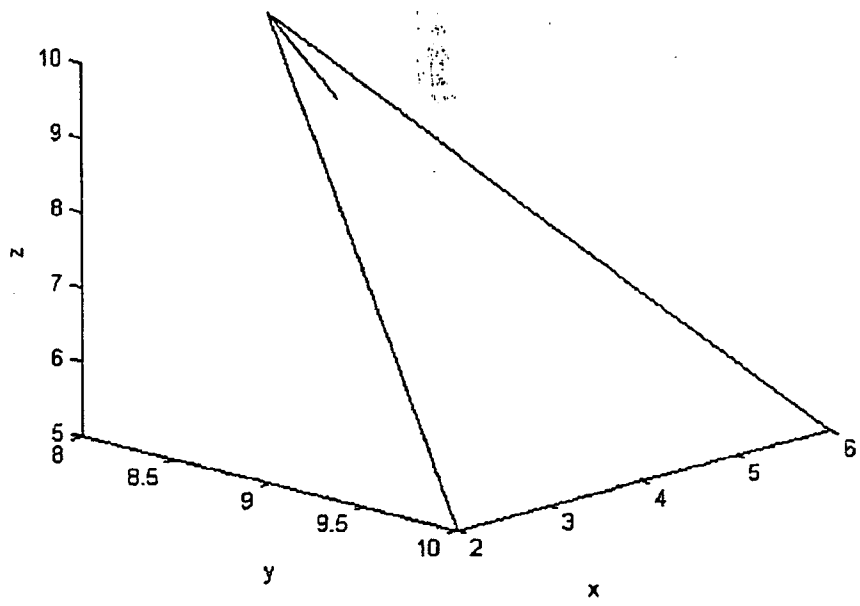


圖 17