202316178

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 202316178 A

(43)公開日： 中華民國 112 (2023) 年 04 月 16 日

(21)申請案號：111125002 (22)申請日： 中華民國 111 (2022) 年 07 月 04 日

(51)Int. Cl.： *G02B27/02 (2006.01)* *G02B27/28 (2006.01)*
G02B6/126 (2006.01)

(30)優先權：2021/07/04 美國 63/218,331

(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：沙爾林 埃拉德 SHARLIN, ELAD (IL)；切里基 羅寧 CHRIKI, RONEN (IL)；丹齊格 尤奇 DANZIGER, YOCHAY (IL)

(74)代理人：廖俊龍

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：30 項 圖式數：11 共 44 頁

(54)名稱

用於近眼顯示器的顏色偏移光學系統

(57)摘要

一種用於在近眼顯示器中生成圖像的方法，該方法可以包括操作光源以發射圖像作為入射光。光源可以被配置成使得由光反射元件接收的入射光補償光反射元件的色彩反射比。該方法可以包括將入射光耦合到光傳輸基板中，從而通過全內反射將光捕獲在光傳輸基板的第一主表面與第二主表面之間，並且通過具有色彩反射比的光反射元件將光耦出基板。

A method for generating an image in a near-eye display may include operating a light source to emit the image as incident light. The light source may be configured such that incident light as received by the light reflecting elements compensates for the chromatic reflectance of the light reflecting elements. The method may include coupling the incident light into a light-transmitting substrate, thereby trapping the light between first and second major surfaces of the light-transmitting substrate by total internal reflection and coupling the light out of the substrate by the light reflecting elements having chromatic reflectance.

指定代表圖：

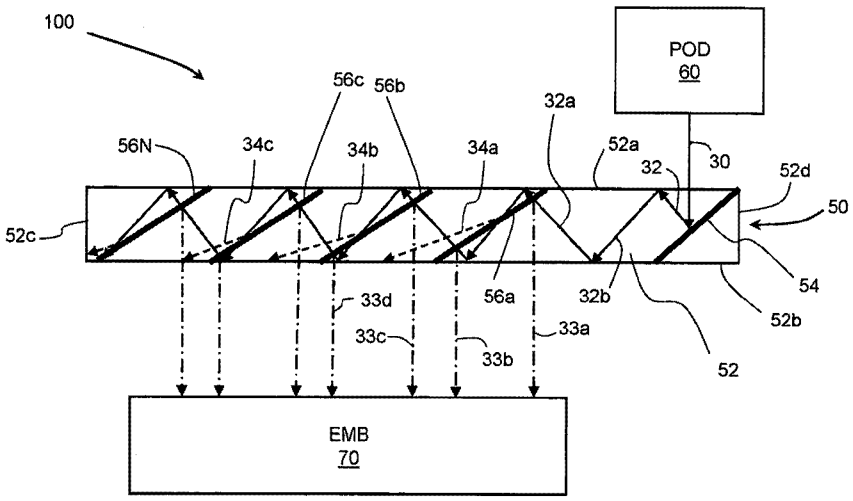

圖1A

符號簡單說明：

100:光學系統

30,32:光線

32a:上行光線

32b:下行光線

33a,33b,33c,33d,34a,34b,34c:反射

50:光導光學元件

52:光傳輸基板

52a:第一主表面

52b:第二主表面

52c,52d:邊緣

54:表面

56b,56c:小平面

56N:表面

60:投影光學裝置

70:眼動框(EMB)

202316178

發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：　　※IPC 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

用於近眼顯示器的顏色偏移光學系統

COLOR SHIFTED OPTICAL SYSTEM FOR NEAR-EYE DISPLAYS

【中文】

一種用於在近眼顯示器中生成圖像的方法，該方法可以包括操作光源以發射圖像作為入射光。光源可以被配置成使得由光反射元件接收的入射光補償光反射元件的色彩反射比。該方法可以包括將入射光耦合到光傳輸基板中，從而通過全內反射將光捕獲在光傳輸基板的第一主表面與第二主表面之間，並且通過具有色彩反射比的光反射元件將光耦出基板。

【英文】

A method for generating an image in a near-eye display may include operating a light source to emit the image as incident light. The light source may be configured such that incident light as received by the light reflecting elements compensates for the chromatic reflectance of the light reflecting elements. The method may include coupling the incident light into a light-transmitting substrate, thereby trapping the light between first and second major surfaces of the light-transmitting substrate by total internal reflection and coupling the light out of the substrate by the light reflecting elements having chromatic reflectance.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1A

【本代表圖之符號簡單說明】：

100: 光學系統

30, 32: 光線

32a: 上行光線

32b: 下行光線

33a, 33b, 33c, 33d, 34a, 34b, 34c: 反射

50: 光導光學元件

52: 光傳輸基板

52a: 第一主表面

52b: 第二主表面

52c, 52d: 邊緣

54: 表面

56b, 56c: 小平面

56N: 表面

60: 投影光學裝置

70: 眼動框（EMB）

發明專利說明書

【發明名稱】

用於近眼顯示器的顏色偏移光學系統

COLOR SHIFTED OPTICAL SYSTEM FOR NEAR-EYE DISPLAYS

【技術領域】

【0001】 近眼顯示器（Near-Eye Display, NED）現在是各種應用中的主要產品。例如，諸如增強現實顯示器的頭戴式顯示器（Head Mounted Displays, HMD）通常包括近眼透明或半透明顯示器，通過近眼透明或半透明顯示器，用戶可以看到周圍環境，同時還看到呈現為周圍環境的一部分和/或疊加在周圍環境上的虛擬物件（例如，文本、圖形、視頻等）。

【0002】 消費者對更好和更舒適的人機介面的需求已經產生了對具有更小形狀因數、更寬視場 FOV（Field Of View）、更長電池壽命、日間清晰的增強圖像等的 HMD 的需求。HMD 通常利用光學波導來再現使用者可能在增強現實環境中看到的所顯示的虛擬影像。消費者的需求已經導致波導幾何形狀越來越複雜，並且導致負責對通過光學波導傳播的光進行反射和透射的小平面塗層越來越複雜。隨著形狀因數、可製造性、強度、消色差和圖像一致性要求的增加，塗層需求對設計和製造變得越來越具有挑戰性。

【0003】 因此，在本領域中需要具有改進的形狀因數、可製造性、強度、消色差和圖像一致性並且減輕塗層需求的 NED。

【發明內容】

【0004】 本公開內容涉及一種用於在 NED 中使用的光學系統，該光學系統採用設計方法，該設計方法使用非白平衡的光源和互補白色規範化的部分反射小平面塗層。操縱光源顏色和匹配小平面反射比的能力使得能夠實現附加的設計自由度，這使得可製造性更好、光通量更高效並且整體形狀因數更小。

【0005】 根據實施方式，一種光學系統可以包括：光導光學元件（Light-guide Optical Element, LOE），該光導光學元件包括光傳輸基板，該光傳輸基板具有：彼此平行的第一主表面和第二主表面；一個或更多個光輸入耦合元件，其被配置成將入射光耦合到光傳輸基板中，從而通過全內反射將光捕獲在第一主表

面與第二主表面之間；以及一個或更多個光反射元件，其被配置成將光耦出基板，一個或更多個光反射元件具有用於將光耦合為進一步沿著基板或將光耦出基板的色彩反射比（chromatic reflectance）。系統還可以包括光源，光源被配置成發射入射光，使得由一個或更多個光反射元件接收的入射光補償一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【0006】 在一個實施方式中，光源包括光投影儀，該光投影儀被配置成色彩地（chromatically）發射入射光，以補償一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【0007】 在另一實施方式中，光源包括光投影儀，該光投影儀被配置成發射入射光，使得組成光投影儀的不同光元件的相對強度補償一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【0008】 在又一實施方式中，光源包括 RGB 投影儀，該 RGB 投影儀被配置成發射入射光，使得組成 RGB 投影儀的紅、綠和藍光源的相對強度補償一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【0009】 在一個實施方式中，光源包括：光投影儀，該光投影儀被配置成消色地發射光；以及鏡，該鏡具有色彩反射比，並且因此被配置成接收來自光投影儀的發射光並且反射發射光，以補償一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【0010】 在另一實施方式中，光源包括：光投影儀，該光投影儀被配置成消色地發射光；以及濾光器，該濾光器具有色彩透射比，並且因此被配置成接收來自光投影儀的發射光並且透射發射光，以補償一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【0011】 在又一實施方式中，光源包括：光投影儀，該光投影儀被配置成色彩地發射光；以及鏡，該鏡具有色彩反射比，並且因此被配置成接收來自光投影儀的發射光並且反射發射光，以補償一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【0012】 在又一實施方式中，光源包括：光投影儀，該光投影儀被配置成色彩地發射光；以及濾光器，該濾光器具有色彩透射比，並且因此被配置成接收來自光投影儀的發射光並且透射發射光，以補償一個或更多個光反射元件的色

彩反射比。

【0013】 在一個實施方式中，光源包括光投影儀，該光投影儀被配置成發射入射光，使得組成光投影儀的不同光元件的相對強度補償一個或更多個光反射元件的色彩反射比，不同光元件的相對強度被選擇成使光投影儀的總體效率最大化。

【0014】 在另一實施方式中，光源包括光投影儀，該光投影儀被配置成發射入射光，使得由光投影儀投射的不同圖元的相對強度補償一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【0015】 在一個實施方式中，一個或更多個光反射元件包括具有色彩反射比的塗層。

【0016】 在另一實施方式中，一個或更多個光反射元件包括具有色彩反射比和消色透射比的塗層。

【0017】 根據另一實施方式，一種用於在近眼顯示器中生成圖像的方法可以包括：操作光源以產生圖像作為入射光；將入射光耦合到光傳輸基板中，從而通過全內反射將光捕獲在光傳輸基板的第一主表面與第二主表面之間；以及通過具有色彩反射比的一個或更多個光反射元件將光耦出基板。光源被配置成色彩地產生入射光，使得由一個或更多個光反射元件接收的入射光補償一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【0018】 在一個實施方式中，光源產生入射光，使得組成光源的不同光元件的相對強度補償一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【0019】 在另一實施方式中，光源產生入射光，使得組成光源的紅、綠和藍光源的相對強度補償一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【0020】 在一個實施方式中，操作光源以產生圖像作為入射光包括：消色地發射光；以及使用具有色彩反射比的鏡來反射所發射的光，以補償一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【0021】 在另一實施方式中，操作光源以產生圖像作為入射光包括：消色

地發射光；以及使用具有色彩透射比的濾光器過濾所發射的光，以補償一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【0022】 在又一實施方式中，操作光源以產生圖像作為入射光包括：色彩地發射光；以及使用具有色彩反射比的鏡來反射所發射的光，以補償一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【0023】 在又一實施方式中，操作光源以產生圖像作為入射光包括：色彩地發射光；以及使用具有色彩透射比的濾光器過濾所發射的光，以補償一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【0024】 在一個實施方式中，光源發射入射光，使得：（a）組成光源的不同光元件的相對強度補償一個或更多個光反射元件的色彩反射比，並且（b）不同光元件的相對強度使光源的總體效率最大化。

【0025】 在另一實施方式中，光源發射入射光，使得由光源投射的不同圖元的相對強度補償一個或更多個光輸出耦合元件的色彩反射比。

【0026】 結合在說明書中並且構成說明書一部分的圖式示出了各種示例系統、方法等，它們示出了本發明的各方面的各種示例實施方式。將理解的是，圖中所示出的元件邊界（例如，框、框的組或其他形狀）表示邊界的一個示例。本領域普通技術人員將理解，可以將一個元件設計為多個元件，或者可以將多個元件設計為一個元件。可以將被示為另一元件的內部部件的元件實現為外部部件，反之亦然。此外，元件可以不按比例繪製。

【圖式簡單說明】

【0027】

圖 1A 示出了用於近眼顯示器（NED）的示例性光學系統的示意圖。

圖 1B 示出了用於近眼顯示器（NED）的另一示例性光學系統的示意圖。

圖 2A 示出了針對 550 nm 波長光的作為入射角的函數的百分率反射比的示例性曲線圖。

圖 2B 示出了示出作為入射角的函數的透射和反射顏色座標的示例性表格。

圖 3A 和圖 3B 示出了用於近眼顯示器（NED）的示例性光學系統的示意圖。

圖 4A 示出了指定對於具有針對反射比的偏移顏色座標和針對透射比的白平衡座標的塗層的要求的示例性表格。

圖 4B 和圖 4C 示出了示出在 42°至 72°的角度範圍內的示例性反射顏色座標和在 74°至 85°的角度範圍內的透射顏色座標的 CIE 1931 XYZ 顏色空間色域的一部分。

圖 5A 和圖 5B 示出了分別示出針對光源的白平衡和顏色偏移的 RGB 源的示例性強度的繪圖。

圖 5C 示出了色彩塗層的作為波長的函數的示例性百分率反射比的曲線圖。

圖 5D 和圖 5E 示出了當分別由白平衡的 RGB 光源和顏色偏移的 RGB 光源照射時，顏色偏移的塗層的所產生的反射光和透射光的示例性顏色空間繪圖。

圖 6 示出了用於 NED 的另一示例性光學系統的示意圖。

圖 7 示出了用於 NED 的又一示例性光學系統的示意圖。

圖 8 示出了用於在 NED 中生成圖像的示例性方法的流程圖。

圖 9 示出了用於設計光導光學元件的小平面的塗層的示例性方法的示意圖。

圖 10 示出了用於設計光導光學元件的小平面的塗層的示例性方法的流程圖。

圖 11A 示出了用於設計光導光學元件的小平面的塗層的示例性方法的示意圖。

圖 11B 和圖 11C 分別示出了 11A 的用於設計光導光學元件的小平面的塗層的示例性方法的作為入射角的函數的對應透射比和反射率。

【實施方式】

【0028】 圖 1A 示出了用於近眼顯示器（NED）的示例性光學系統 100 的示意圖。

【0029】 光學系統 100 包括光導光學元件（LOE）50，也稱為波導或光導。LOE 50 的示例在例如 Amitai 的美國專利第 7,643,214 號和第 7,724,442 號中有相

當詳細的描述。圖 1A 示出了 LOE 50 的截面圖。LOE 50 包括光傳輸基板 52，該光傳輸基板具有彼此平行的第一主表面 52a 和第二主表面 52b 以及邊緣 52c、邊緣 52d。

【0030】 LOE 50 還包括不平行於第一主表面 52a 和第二主表面 52b 的平面表面 54。表面 54 將入射到其上的光（由光線 30 表示）耦合到光傳輸基板 52 中。表面 54 可以是反射或衍射的，並且因此可以反射或衍射光 30（由光線 32 表示的反射），從而通過全內反射將光捕獲在第一主表面 52a 與第二主表面 52b 之間。儘管在所示出的實施方式中，表面 54 用作光輸入耦合元件，但是在其他實施方式中，可以使用不同於諸如表面 54 的反射或衍射表面的光輸入耦合元件或者除了反射或衍射表面之外還使用光輸入耦合元件將光耦合到 LOE 50 中。例如，邊緣 52c、邊緣 52d 可以用作光輸入耦合元件。即，光可以在邊緣 52c、邊緣 52d 中的一個或更多個處或者使用棱鏡或類似結構直接注入到 LOE 50 中。在另一示例中，可以使用折射技術將光耦合到 LOE 50 中，並且因此，光輸入耦合元件可以包括折射元件。

【0031】 LOE 50 還可以包括一個或更多個光反射元件。在所示出的實施方式中，LOE 50 包括多個部分反射表面 56 作為光反射元件，多個部分反射表面不平行於第一主表面 52a 和第二主表面 52b。表面 56 是將光 32 耦出基板 52（由光線 33 表示的輸出光）的光輸出耦合元件。LOE 50 可以包括多組小平面 56，但是為了簡單起見，僅示出一組小平面。本公開內容在光輸出耦合元件 56 的上下文中描述了光反射元件和施加至光反射元件的反射塗層。然而，應當清楚的是，光反射元件可以是 LOE 50 中的將光耦合為進一步沿著 LOE 50 或從 LOE 50 出去的光輸出耦合元件或其他反射或部分反射元件。例如，在本文中描述的光反射元件可以包括第一波導的將光反射到第二波導中的部分反射表面，如公佈為 US 2019/0064518 的美國專利申請第 16/172,897 號中所公開的，該美國專利申請通過引用併入本文中。

【0032】 示例性系統 100 還包括投影光學裝置（Projecting Optical Device, POD）60，投影光學裝置 60 可以包括空間光調變器（Spatial Light Modulator, SLM）例如液晶顯示器（Liquid Crystal Display, LCD）、矽上液晶（Liquid Crystal On

Silicon, LCOS）調變器、或數位光處理（Digital Light Processing, DLP）系統的數位微鏡裝置、有機發光二極體 (Organic Light-Emitting Diode, OLED）陣列、或無機發光二極體(Light-Emitting Diode, LED)陣列。替選地，示例性系統 100 可以包含雷射光束掃描系統（Laser Beam Scanning, LBS）。POD 60 可以生成准直到無限遠的准直圖像，即，每個圖像圖元的光是平行光束，其中角方向對應於圖像內的圖元位置。因此，圖像照明跨越與二維角視場對應的角度範圍，所有圖像照明可以通過內反射被捕獲在 LOE 50 內，並且然後被耦出。POD 60 包括至少一個光源，通常為 LED 或雷射器，至少一個光源可以被部署成對 SLM 例如 LCOS 晶片進行照射。SLM 調變圖像的每個圖元的投射強度，從而生成圖像。

【0033】 系統 100 可以呈現在眼動框（Eye Motion Box, EMB）70 的前面，該眼動框 70 對應於用戶的眼睛相對於其中安裝有系統 100 的 NED 的位置。

【0034】 在操作中，POD 60 投射光（由光線 30 表示）。POD 60 將沿許多方向（視場）上照射光束，但是為了簡化說明，示出了單條光線 30。光 30 被注入到 LOE 50 中並且通過反射表面 54 耦合到 LOE 50 中，反射表面 54 反射要通過全內反射進行引導的圖像 32，圖像 32 由上行光線 32a 和下行光線 32b 表示。當圖像 32 在 LOE 50 內傳播時，它射在部分反射器 56 上。該入射以兩個角度（例如，對應於上行光線 32a 的第一角度和對應於下行光線 32b 的第二角度）進行，從而生成兩種反射。虛線箭頭 34 表示不期望的反射。在一些實施方式中，不期望的反射可以處於淺角度（在該示例中，從頂點起成 74 度至 85 度），而在其他實施方式中，不期望的反射可以處於非淺角度。透射的圖像繼續以不同的角度射在小平面 56 上（在該示例中，從頂點起成 42 度至 72 度），小平面 56 將圖像 33（點劃線箭頭）從 LOE 50 反射出去到達 EMB 70。

【0035】 因此，第一小平面 56a 將圖像 32 的部分從 LOE 50 反射出去，作為到達 EMB 70 的圖像 33a。第一小平面 56a 還透射圖像 32 的部分並且以不期望的角度反射部分 34a。小平面 56b 將圖像 32 的部分從 LOE 50 反射出去，作為到達 EMB 70 的圖像 33b。小平面 56b 還透射圖像 32 的部分並且以不期望的角度反射部分 34b。小平面 56c 將圖像 32 的部分從 LOE 50 反射出去，作為到達 EMB 70 的圖像 33c。小平面 56c 還透射圖像 32 的部分並且以不期望的角度

反射部分 34c，以此類推。

【0036】 儘管本文中在 LOE 50 即具有反射小平面的 1 維擴展波導的上下文中公開了本發明的原理，但是系統 100 也可以使用例如諸如具有全息光柵或衍射光柵的波導、液晶波導、在多於一個維度上擴展 FOV 的波導、或用於 NED 的任何其他方法的其他類型的波導來實現。

【0037】 圖 1B 示出了用於近眼顯示器（NED）的示例性光學系統 150 的示意圖。系統 150 包括類似於 LOE 50 但是具有如下所述的附加/不同元件的光導光學元件（LOE）或波導 51。系統 150 類似於系統 100，並且因此，此處不詳細描述系統 150 的一些部件以及光傳播。

【0038】 在示例性系統 150 中，使用耦合棱鏡 22 代替系統 100 的耦入表面 54（圖 1A），以將來自 POD 60 的圖像耦入到 LOE 51 中。

【0039】 系統 150 還包括光學混合器 14，在這種情況下光學混合器 14 實現為與基板 53 的主外表面 53a、主外表面 53b 平行的半反射表面 14a。混合器 14 分割在波導中傳播的光束，並且將分割的光束引導至未被 POD 60 填充的波導區域。表面 14a 可以實現為非吸收表面，其對於在 LOE 51 內傳播的光具有約 50%的反射率，並且對於從系統 150 外部進入波導的光具有相對低的反射率，使得顯示器透明度不降低。混合器 14 定位在耦入邊緣 53d 與小平面 56 所在的光提取區域之間。

【0040】 通常，諸如混合器 14 的光學混合器對應於具有 n 個內部平面分束器（其中 n 是正整數）的對稱光束倍增器區域。每個分束器在 LOE 51 的內部並且平行於主表面 53a、主表面 53b。n 個分束器將主表面 53a、主表面 53b 之間的 LOE 51 的厚度細分成相等厚度的（n+1）層。LOE 51 和/或圖像投影儀 60 到 LOE 51 的耦合部（例如，棱鏡 22）可以被配置成使得進入對稱光束倍增器區域 14 的圖像照明：（i）在沒有准直圖像的共軛的情況下利用與准直圖像對應的圖像照明填充各層中的至少兩層，或者在沒有准直圖像的情況下利用准直圖像的共軛填充各層中的至少兩層，或者（ii）利用與准直圖像和准直圖像的共軛兩者對應的圖像照明填充各層中的僅一層。在例如 Ronen 等人的美國專利申請第

17/420,675 號（公佈為公佈號 US 2022/0099885）中非常詳細地描述了諸如混合器 14 的光學混合器的示例。因此，此處不額外詳細地描述諸如混合器 14 的光學混合器。

【0041】 射在小平面 56 上的光束可以具有各種角度。來自小平面 56 的反射也可以具有由小平面的塗層規定的各種角度。光束可以被引導或不被引導。

【0042】 應當注意，耦入表面、耦合棱鏡、光學混合器、部分反射耦出小平面等的使用不限於此處描述的任何特定系統，而是實際上也可以併入到本文獻中描述的其他實施方式中。

【0043】 在常規的波導設計中，白平衡的 RGB 或白色 LED 光源被用於 POD 60，並且 POD 60 的輸出光 30 在被注入到 LOE 51 中時是白平衡的。這種常規的設計方法要求所有的光輸出元件（例如，部分反射小平面 56）經塗覆以具有某些角度範圍內的消色反射比和透射比。

【0044】 圖 2A 和圖 2B 示出了在使用嵌入波導內的部分反射小平面的常規系統中對於 550 nm 波長光作為入射角的函數的百分率反射比。如圖 2A 所示，以 42°至 72°的角度入射的光以高比率反射（反射圖像，與上行光線 32a 相關聯）以控制圖像 33 的輸出耦合。以 74°至 85°的角度入射的光以低比率反射（透射圖像，與下行光線 32b 相關聯），目的是使不期望的反射 34 最少化。如圖 2B 所示，在常規方法中，對於 42°至 72°的角度範圍，透射比被限定為在 CIE 1931 XYZ 顏色空間或色域中位於相對於純反射的白色（即，消色）色點（0.333, 0.333）的預定義顏色半徑（例如，0.01、0.02、0.03、0.04、0.05 等）內。對於 74°至 85°的角度範圍，反射比被類似地限定為位於相對於純透射的白色（即，消色）色點（0.333, 0.333）的預定義顏色半徑（例如，0.01、0.02、0.03、0.04、0.05 等）內。

【0045】 然而，如果可能的話，通常難以實現這些要求。因此，可能有益的是以仍然可以由 POD 60 合理地補償的方式放寬對小平面 56 的消色反射比的嚴格要求。在系統 100、150 中，小平面 56 的塗層可以被設計成部分色彩性的，但是仍然允許色域的高效照明。

【0046】 儘管此處主要在部分反射元件 56 的上下文中公開了本發明，但

是本文中描述的技術也適用於其他反射元件，例如光學混合器元件 14。此外，儘管在此處聚焦於嵌入在波導內的反射元件，但是在本文中公開的技術也適用於嵌入在波導內的其他元件。例如，衍射元件可以通過其作為入射角和波長的函數的衍射效率來表徵，並且衍射效率將具有可以以與反射元件類似的方式呈現的色彩屬性。

【0047】 返回至圖 1A，光輸出耦合元件 56 具有用於將光耦出 LOE 50 的色彩反射比（chromatic reflectance）。POD 60 色彩地發射入射光 30，使得由一個或更多個光輸出耦合元件 56 接收的入射光 32 補償光輸出耦合元件 56 的色彩反射比。

【0048】 為了理解本文中公開的技術的基本原理，簡單起見考慮圖 3A 中由 RGB 照明模組 60 照射的單個部分反射表面。如果表面 56 的反射率不依賴於波長，則將塗層稱為是白平衡的，並且塗層保持照明模組 60 的整個色域。具體地，如果照明模組 60 中的紅色 R、綠色 G 和藍色 B 源的相對強度被設置為產生白色圖像，則這樣的系統的輸出（即，從部分反射表面 56 反射的照明）可以是白色的。然而，如果表面 56 的反射率是依賴於波長的（R=R（λ），其中 λ 是波長），則表面 56 不再是消色的或白平衡的，並且它不保持照明模組 60 的色域。即使如此，如果組成照明模組 60 的 RGB 光源的相對強度補償表面 56 的波長相關反射比 R（λ），則可以從表面 56 反射白色圖像。此外，由於不同顏色的光源的效率變化，使用這樣的方法甚至可以改進具有平均反射率<R>的這樣的反射模組。例如，藍色 LED 通常比紅色 LED 或綠色 LED 具有更高的效率，因此，在低波長下具有較低反射比的平均反射率為<R>的表面通常將產生更高的總體效率。

【0049】 如果以不同的入射角照射表面 56，則也感興趣的是反射比與入射角的相關性（R=R(λ, ϑ)，其中 ϑ 是入射角）。如果色彩屬性隨入射角而變化，則可以通過針對不同的入射角調整 RGB 模組 60 的相對強度（例如，通過改變基於 LED 的模組中的 LCOS 的 RGB 反射率或調變鐳射掃描模組中的 RGB 源的強度）來再次補償圖像。然而，這將以較低的效率和/或降低的對比度為代價。為了保持高效率，本發明的一個實施方式假設塗層的色彩屬性不應當依賴於入射

角（或至少在相關光譜和角度範圍內微弱地依賴於入射角）。

【0050】 接下來，考慮圖 3B 的更複雜的情況，一系列若干這樣的部分反射表面 56a 至 56N 是共同平行的並且由 RGB 照明模組 60 照射。從第 N 個表面（其中 N>1）反射的光被第 N-1 個表面 56 透射。如果塗層的反射率是消色的或白平衡的，則透射比也是白平衡的，並且從表面 56 中的任何表面反射的圖像在顏色上（但不一定在強度上）是相同的。如果表面的反射是色彩性的或非白平衡的（R=R（λ）），則從一個表面 56 反射的圖像將在顏色上不同於從另一表面 56 反射的圖像。補償從一個表面 56 反射的光與從另一個表面 56 反射的光的顏色差異的一種方式是對各個表面 56 使用不同的塗層。然而，實際上，如果反射率足夠低，則透射比仍然可以足夠地白平衡，並且從具有相同塗層的表面 56 中的任何表面反射的圖像的顏色將近似相同。在這樣的情況下，如上所述，可以通過調整 RGB 模組 60 的相對強度來補償圖像。每個部分反射表面 56 可能的最大反射比依賴於透射表面 56 的數目和顏色相對於白色的偏移程度。

【0051】 圖 4A 示出了以下表格，該表格指定了對於在 42°至 72°的整個相關反射角度範圍內對偏移的顏色座標小平面 56 的塗層的要求，同時在 74°至 85°的角度範圍內保持足夠的白平衡透射比。所需的透射比被限定為在 CIE 1931 XYZ 顏色空間或色域中位於相對於純透射的白色點（0.333, 0.333）的預定義/可接受的顏色半徑內，而所需的反射比被限定為位於圍繞偏移的顏色中心座標的預定義/可接受的半徑內。在圖 4A 和圖 4B 的示例中，已經將偏移的顏色中心座標設置為（0.250, 0.2825）。

【0052】 圖 4B 示出了示出在 42°至 72°的角度範圍內的反射比顏色座標和在 74°至 85°的角度範圍內的透射比顏色座標的 CIE 1931 XYZ 顏色空間或色域的部分。從圖 4C（圖 4B 的放大的反射比部分）明顯的是，反射比色點大致位於所選擇的偏移的顏色中心座標（0.250, 0.2825）處。

【0053】 圖 5A 和圖 5B 示出了可以如何補償 POD 60 所投影的有色圖像以與圖 4A 至圖 4C 的塗層一起產生作用。圖 5A 示出了白平衡的 RGB 光源的紅色 R、綠色 G 和藍色 B 分量的強度。圖 5B 示出了顏色偏移的 RGB 光源的紅色 R、綠色 G 和藍色 B 分量的強度。在所示出的實施方式中，通過調整 RGB 光源以

相對於紅色 R 強度減小藍色 B 和綠色 G 強度來實現相對於白平衡的顏色偏移。

【0054】 圖 5C 示出了作為波長的函數的百分率反射比的曲線圖，其展示了色彩塗層（chromatic coating）對不同波長的光以不同方式進行反射。因此，例如，塗層將由顏色偏移的 RGB 光源 60 投射的光反射為白色光。

【0055】 實際上，設計者在設計/選擇塗層時獲得自由。塗層的反射比不再需要是嚴格消色的。塗層的反射比在一定範圍內可以是色彩性（chromatic）的，從而放寬了對消色反射比塗層的困難要求。然後，設計者可以調整光源 60 以補償經塗覆小平面 56 的色彩反射比，並在系統級別實現白平衡。

【0056】 圖 5D 和圖 5E 示出了當分別使用白平衡的 RGB 光源和顏色偏移的 RGB 光源時顏色偏移的經塗覆小平面的所得到的反射光和透射光的顏色空間繪圖。對於圖 5D 的白平衡 RGB 光源，由顏色偏移經塗覆小平面反射的光發生顏色偏移，中心居於座標 0.25, 0.2825（藍光）處，而透射光保持消色，中心居於座標 0.333, 0.333 處。對於圖 5E 的顏色偏移經過平衡的 RGB 光源，由顏色偏移經塗覆小平面反射的光發生顏色偏移，並且因此補償顏色偏移經過平衡的 RGB 光源，從而產生以座標 0.333, 0.333 為中心的白平衡反射光。因為經塗覆小平面的反射比通常保持消色，所以透射光對應於 RGB 光源的顏色偏移經過平衡的光（紅光），中心居於座標 0.43, 0.36 處。

【0057】 更一般地，可以以各種方式描述經塗覆表面的顏色屬性。例如，使用 CIE XYZ 形式體系、相對於表面的法線的角度 θ 處的反射比，可以定義顏色三刺激值：

$$X(\theta) = \frac{K}{N}\int_{\lambda} R_n(\theta,\lambda) I_n(\theta,\lambda) x(\lambda) d\lambda$$

$$Y(\theta) = \frac{K}{N}\int_{\lambda} R_n(\theta,\lambda) I_n(\theta,\lambda) y(\lambda) d\lambda$$

$$Z(\theta) = \frac{K}{N}\int_{\lambda} R_n(\theta,\lambda) I_n(\theta,\lambda) z(\lambda) d\lambda$$

其中 K 是歸一化因數，R_n 是所考慮的反射表面 n 的反射率，I_n 是所考慮的入射

在反射表面 n 上的強度，λ 是波長，x、y 和 z 是描述人眼的靈敏度的加權函數（假設人眼的靈敏度在所考慮的視場的角度範圍內是均勻的），並且 N 由下式定義：

$$N(\theta) = \int_{\lambda} I(\theta,\lambda)y(\lambda)d\lambda$$

【0058】 根據 X、Y、Z，定義反射信號在色域上的位置，並且量化期望的白色點與反射光的預期顏色之間的距離。在單個反射表面的情況下，可以通過調整照射強度 I 來補償反射比 R 隨波長的任何色彩不一致行為。

【0059】 折射波導由許多嵌入的部分反射表面（半反射鏡）或小平面組成。因此，光通常在被反射到觀察者的眼睛中之前傳播通過若干部分反射表面。在這種情況下，第 n 個小平面上的入射強度為

$$I_n(\theta,\lambda) = I_0(\theta,\lambda)\prod_{i=1}^{n} T_i(\theta,\lambda)$$

其中，$T_i(\theta,\lambda) = 1 - R_i(\theta,\lambda)$並且 $I_0(\theta,\lambda)$是耦合到波導中的強度。對於波導內部的特定軌跡，原則上可以通過調整強度 $I_0(\theta, \lambda)$來補償小平面的任何色度。可以以若干方式實現強度 $I_0(\theta,\lambda)$的調整。例如，在具有 RGB 源的泛光照明模組中，可以通過改變不同顏色的驅動功率來調整不同顏色之間的比率。對於具有白色源的泛光照明模組，可以通過在源與波導之間放置濾色器來控制不同顏色之間的比率。在這些情況下，可以通過改變圖像的反射率（即，由 POD 60（例如，LCOS）引起的反射率）來調整與角度 θ 的任何差異。在鐳射照明模組中或在基於 OLED 或微 LED 照明源的模組中，可以通過控制不同圖元處的不同顏色的強度來調整光譜和角度屬性。

【0060】 然而，在實際系統中，光的精確軌跡是未知的，並且存在將最終到達眼動框的許多可能光學路徑。因此，$I0(\theta, \lambda)$的調整必須補償所有可能軌跡的色彩屬性。這些要求將對塗層的允許色度設置上界。這意味著，存在在其內允許部分反射塗層中的每一個的色域的特定區域，並且在該區域之外，不能針對所有軌跡和場同時校正色度。

【0061】 如上所述，強度 $I0(\theta, \lambda)$的調整可以逐圖元實現，但是這可能是

不太有利的，因為它必然伴隨著效率和不同顏色的灰度級數量的降低。

【0062】 圖 6 和圖 7 示出了其他可能的實施方式。

【0063】 圖 6 示出了用於 NED 的示例性光學系統 200 的示意圖。光學系統 200 類似於上述光學系統 100，並且因此，本文中不再另外描述與系統 100 的部件相同的部件。示例性系統 200 包括投影光學裝置（POD）60 和濾光器 61。POD 60 可以規則地（不進行調整來補償表面 56 的色度）投射圖像，即白平衡的光。代替調整 POD 60 以補償表面 56 的顏色偏移反射比特性，將濾光器 61 插入在 POD 60 與 LOE 50 之間以補償表面 56 的顏色偏移反射比特性。在一個實施方式中，POD 60 可以色彩地投射圖像，但是所投射的光本身並未完全補償表面 56 的色度。POD 60 和濾光器 61 的組合補償了表面 56 的顏色偏移反射比特性。

【0064】 在操作中，POD 60 投射光（由光線 30 表示）。濾光器 61 被配置成修改從 POD 60 投射的光，使得注入 LOE 50 中的光 31 補償表面 56 的顏色偏移反射比特性。光 31 注入到 LOE 50 中並且通過反射表面 54 耦合到 LOE 50 中，反射表面 54 反射要通過全內反射進行引導的圖像 32，圖像 32 由圖像 32 的上行光線 32a 和下行光線 32b 表示。當圖像 32 在光導 52 內傳播時，它射在部分反射器 56 上。該入射以兩個角度（例如，對應於上行光線 32a 的第一角度和對應於下行光線 32b 的第二角度）進行，從而生成兩種反射。虛線箭頭 34 表示處於淺角度（在該示例中從頂點起成 74 度至 85 度）的不期望的反射。透射圖像繼續以不同的角度射在小平面 56 上（在該示例中從頂點起成 42 度至 72 度），小平面 56 將圖像 33（點劃線箭頭）從 LOE 50 反射出去到達 EMB 70。

【0065】 系統 200 的光輸出耦合元件 56 具有用於將光耦出 LOE 50 的色彩反射比。POD 60 和濾光器 61 的組合產生色彩性的入射光 31，使得由一個或更多個光輸出耦合元件 56 接收的入射光 32 補償光輸出耦合元件 56 的色彩反射比。

【0066】 圖 7 示出了用於 NED 的另一示例性光學系統 300 的示意圖。光學系統 300 類似於上述光學系統 100，並且因此，本文中不再另外描述與系統 100 的部件相同的部件。示例性系統 300 包括投影光學裝置（POD）60 和鏡 63。

POD 60 可以規則地（無需考慮表面 56 的色度而進行調整）投射圖像，即白平衡的光。代替調整 POD 60 以補償表面 56 的顏色偏移反射比特性，將鏡 63 插入在 POD 60 與 LOE 50 之間以補償表面 56 的顏色偏移反射比特性。在一個實施方式中，POD 60 可以色彩地（chromatically）投射圖像，但是其本身所投射的光並未完全補償表面 56 的色度。POD 60 和鏡 63 的組合補償了表面 56 的顏色偏移反射比特性。

【0067】 在操作中，POD 60 投射光（由光線 30 表示）。鏡 63 被配置成修改從 POD 60 投射的光，使得注入到 LOE 50 中的光 31 補償表面 56 的顏色偏移反射比特性。光 31 注入到 LOE 50 並且通過反射表面 54 耦合到 LOE 50 中，反射表面 54 反射要通過全內反射進行引導的圖像 32，圖像 32 由圖像 32 的上行光線 32a 和下行光線 32b 來表示。當圖像 32 在光導 52 內傳播時，它射在部分反射器 56 上。該入射以兩個角度（例如，對應於上行光線 32a 的第一角度和對應於下行光線 32b 的第二角度）進行，從而生成兩種反射。虛線箭頭 34 表示處於淺角度（在該示例中從頂點起成 74 度至 85 度）的不期望的反射。透射圖像繼續以不同的角度射在小平面 56 上（在該示例中從頂點起成 42 度至 72 度），小平面 56 將圖像 33（點劃線箭頭）從 LOE 50 反射出去到達 EMB 70。

【0068】 系統 300 的光輸出耦合元件 56 具有用於將光耦出 LOE 50 的色彩反射比。POD 60 和鏡 63 的組合產生色彩性的入射光 31，使得由一個或更多個光輸出耦合元件 56 接收的入射光 32 補償光輸出耦合元件 56 的色彩反射比。

【0069】 方法

【0070】 參照圖 8 和圖 10 的流程圖可以更好地理解示例性方法。雖然出於簡化說明的目的，所示出的方法被示出和描述為一系列框，但是應當理解，這些方法不受框的順序的限制，因為一些框可以以與所示出和描述的順序不同的順序發生或與其他框同時發生。此外，實現示例性方法可能需要少於所有示出的框。此外，附加方法、替選方法或二者可以採用未示出的附加框。

【0071】 在流程圖中，框表示可以用邏輯實現的“處理框”。處理框可以表示方法步驟或用於執行方法步驟的設備元件。流程圖並未描繪用於任何特定程

式設計語言、方法或樣式（例如，過程式、物件導向）的語法。而是，流程圖示出了本領域技術人員可以用於開發邏輯以執行所示出的處理的功能信息。應當理解，在一些示例中，未示出諸如臨時變數、常式迴圈等的程式元素。還應當理解，電子和軟體應用可以涉及動態和靈活的過程，使得所示出的框可以以不同於所示出的序列的其他序列來執行，或者這些框可以被組合或分離成多個組成部分。應當理解，可以使用各種程式設計方法如機器語言、過程式、物件導向或人工智慧技術來實現這些過程。

【0072】 圖 8 示出了用於在近眼顯示器中生成圖像的示例性方法 700 的流程圖。在 710 處，方法 700 可以包括操作光源以發射圖像作為入射光。光源被配置成色彩地發射入射光，使得由光輸出耦合元件接收的入射光補償光輸出耦合元件的色彩反射比。在 720 處，方法 700 可以包括將入射光耦合到光傳輸基板中，從而通過全內反射將光捕獲在光傳輸基板的第一主表面與第二主表面之間。在 730 處，方法 700 可以包括通過具有色彩反射比的光輸出耦合元件將光耦出基板。所得到的離開基板的光是消色的，並且因此，圖像如最初所期望的那樣被傳送至 NED 的用戶。

【0073】 在一個實施方式中，光源發射入射光，使得組成光源的不同光元件的相對強度補償一個或更多個光輸出耦合元件的色彩反射比。

【0074】 在一個實施方式中，光源發射入射光，使得組成光源的紅、綠和藍光源的相對強度補償一個或更多個光輸出耦合元件的色彩反射比。

【0075】 在一個實施方式中，操作光源以發射圖像作為入射光包括：消色地發射入射光，並且使用具有色彩反射比的鏡來反射入射光以補償一個或更多個光輸出耦合元件的色彩反射比。

【0076】 在一個實施方式中，操作光源以發射圖像作為入射光包括：消色地發射入射光，並且使用具有色彩反射比的鏡來過濾入射光以補償一個或更多個光輸出耦合元件的色彩反射比。

【0077】 在一個實施方式中，操作光源以發射圖像作為入射光包括：色彩地發射入射光，並且使用具有色彩反射比的鏡來反射入射光以補償一個或更多

個光輸出耦合元件的色彩反射比。

【0078】 在一個實施方式中，操作光源以發射圖像作為入射光包括：色彩地發射入射光，並且使用具有色彩反射比的鏡來過濾入射光以補償一個或更多個光輸出耦合元件的色彩反射比。

【0079】 在一個實施方式中，光源發射入射光，使得：(a) 組成光源的不同光元件的相對強度補償一個或更多個光輸出耦合元件的色彩反射比，並且(b) 不同光元件的相對強度使光源的總體效率最大化。

【0080】 在一個實施方式中，光源發射入射光，使得由光源投射的不同圖元的相對強度補償一個或更多個光輸出耦合元件的色彩反射比。

【0081】 如以下詳細討論的，在一個實施方式中，一個或更多個光輸出耦合元件包括塗覆有針對三個角度帶優化的塗層的光輸出耦合元件，該三個角度帶包括兩個完全或接近完全透射的帶以及與兩個完全或接近完全透射的帶中之一相鄰的一個部分反射的帶。在一個實施方式中，優化所有三個角度帶的透射比以保持顏色一致性。

【0082】 圖 9 在顏色 CIE 1931 XYZ 顏色空間或色域空間中示出了在圖 1A 的 LOE 50 內傳播的光束的向量演變。選擇該向量域是為了說明的清楚，但是其他表示也是可能的，例如其中每個維度表示一種顏色的透射比的 3D 歸一化透射比表示。此處 T33a 表示反射 33a 之後的被引導光的顏色向量，而 T34a 表示受反射 34a 影響的被引導光的顏色向量。假設注入光 30 是如顏色向量 15a 所表示的白色的，則每次反射將使被引導光束的顏色移動。這種顏色漂移可以近似為到顏色位置 15b 的向量求和，顏色位置 15b 表示剛好在輸出反射向量 R33d (圖 1A 中的 33d) 之前的被引導圖像的顏色。輸出光束的顏色為 15c，並且 15c 可以被表示為以下向量和：

$$15c = 15a+T33a+T34a+T33b+T33c+T34b+R33d$$

【0083】 因此，通過預偏移 15a (注入圖像 30 的顏色)，可以使輸出圖像顏色 15c (光束 33d) 白平衡。然而，如果顏色漂移 15c 至 15a 太大，則不再可能進行該預補償。

【0084】使被引導圖像的顏色漂移最小化的方式是使由每個小平面 56 中的反射 33 和反射 34 分別貢獻的漂移最小化。由每種反射貢獻的顏色漂移必須根據其相對於相關角度譜(即,哪個小平面將透射什麼角度)的相對概率來加權。此處,假設 N34 是與進一步沿 LOE 50 的小平面相關的角度譜的反射 34(表示 T34a、T34b、……)的概率,並且 N33 是與進一步沿 LOE 50 的小平面相關的角度譜的反射 33(表示 T33a、T33b、……)的概率。還假設 NR33 是作為 R33 被反射輸出到小平面(該小平面將形成 R33 到 EMB 70 的路徑)的相關角度上的能量的分數。然後,可以針對每個小平面使三個過程(兩次透射和一次反射)的以下加權顏色向量求和(每個小平面的平均顏色向量偏移)最小化:

$$N34\times T34 + N33\times T33 + NR33\times R33 \rightarrow 0$$

【0085】在一些配置中,可以有多於一個光束路徑行進穿過 LOE 50。因此,更一般的加權求和將是針對所有相關透射 Ti 和 Ti 的具有適當概率 Ni 的角度譜以及一個反射光束 Tr 和 Tr 的相對概率 Nr 進行:

$$\sum Ni\times Ti + Nr\times Tr \rightarrow 0$$

【0086】可以考慮用於塗層優化但是與顏色優化無關的其他參數。

【0087】圖 10 示出了示例性方法 900 的流程圖,該方法用於針對每個小平面(此處針對第 i 個小平面)分別地設計塗層以使殘餘加權顏色向量最小化,從而使注入圖像 30 的所需顏色預偏移(15a)最小化。

【0088】在 910 處,該方法確定或計算第 i 個小平面將透射的相關角度譜。這降低了優化複雜性,因為沿光導的不同小平面將透射圖像的不同角度譜。例如,靠近 POD 60 的第一小平面 56a 將針對所有圖像角度譜進行透射(並且不引入顏色偏移),而小平面 56c 和距離 POD 60 更遠的小平面將僅對小的角度譜保持顏色一致性。最後的第 n 個小平面可能根本不需要保持所透射圖像的顏色一致性。

【0089】在 920 處,該方法計算射在第 i 個小平面上的光在相關角度譜中反射(光束 33i)的概率 N33 和/或透射(光束 34i)的概率 N34。在 930 處,該方法將透射的標稱顏色向量限定為 T34i(相關角度譜中的透射光束各自由其相應的概率加權),並且向 T34i 分配初始參考值。在一個實施方式中,可以將初始

參考值設置為 T34i=0，但是設計者可以選擇其他初始參考值。在 940 處，該方法針對透射比的標稱顏色向量 T34i 設計小平面塗層（小平面塗層分佈）。在 950 處，該方法根據塗層設計評估反射 T33i 之後的顏色向量透射比。在 960 處，該方法評估加權顏色向量的任何殘餘偏移。如果殘餘偏移是不可接受的（失敗），則在 970 處定義透射比的新偏移標稱顏色向量 T34i 並且返回至 940。即，設計者可以修改其初始假設並且改變初始參考值。然而，如果殘餘偏移是可接受的（通過），則在 980 處，設計完成。通過/失敗標準對於特定的（第 i 個）小平面可以是全域的，或者可以是參數特定的（例如，反射比太低或太高）。

【0090】 在一個實施方式中，可以通過忽略反射之後的顏色向量透射比（設置 N33=0 或 T33=0）並且僅針對 T34→0 對塗層進行優化來簡化該過程。在許多情況下，這種優化將使總殘餘顏色 15c 至 15a 對於預設補償來說很小。

【0091】 圖 11A、圖 11B 和圖 11C 示出了包含兩個透射和一個反射角度譜的上式的示例性實現方式。圖 11A 示出了 LOE 50 的一部分，以示意性地示出光導配置（類似於圖 1A 的配置，但是具有不同角度的反射率）。圖 11B 和圖 11C 分別示出了作為入射角的函數的對應透射比和反射率。粗線表示所需/設計的透射比和反射率，而細線繪圖示出在各種不同波長下的實驗/獲得的結果。

【0092】 這些要求適用於 LOE 50 的中間處的小平面 56b（即，不是第一個並且不是最後一個小平面），在小平面 56b 處一些光被反射 33，並且一些被透射 34 使得光可以沿 LOE 50 到達其他小平面（例如，56c）。如圖 4A 至圖 4C 所示，光束 32 具有低的顏色擴展。此處，光束 32 以某一角度在 1002 處射在小平面 56b 上。在圖 11A 至圖 11C 的示例中，用於該角度的塗層設計應當以下面的規範保持顏色一致性：

60 度至 70 度的角度譜（帶 3）應當以 6%反射（圖 11C 中的 1002R），以 93%透射（圖 11B 中的 1002T2），並且假設損耗為 1%。

42 度至 60 度的角度譜（帶 2）應當至少對於帶的部分（圖 11B 中的 1002T1）完全透射（或幾乎完全透射）。假設實際逐漸下降的透射比部分（圖 11B 中的 1002T3）。

光束應當在 20 度至 40 度（圖 11B 中的帶 1，1004T）處以最小反射穿過小平面（1004）。在該上下文中，接近完全透射意指透射比為 96.5%或更高。如圖 11B 和圖 11C 所示，大體實現塗層設計目標。

【0093】 因此，小平面 56b 塗覆有針對三個角度帶（在圖 11A、圖 11B 和圖 11C 的示例中，帶 1 = 20 度至 40 度，帶 2 = 42 度至 60 度，並且帶 3 = 60 度至 70 度）優化的塗層，該三個角度帶包括具有完全或接近完全透射部分（1004T 和 1002T1）的兩個帶（帶 1 和帶 2）以及具有部分反射部分（1002T2）並且與兩個完全或接近完全透射的帶中之一相鄰（帶 3 與包括完全或接近完全透射的部分 1002T1 的帶 2 相鄰）的一個帶（帶 3）。優化所有三個角度帶（帶 1、帶 2 和帶 3）的透射比以保持系統 100 的顏色一致性。

【0094】 雖然圖式示出了串列發生的各種動作，但是應當理解，示出的各種動作可以基本上並行發生，並且雖然動作可能示出為並行發生，但是應當理解，這些動作可以基本上串列發生。雖然關於所示出的方法描述了多個過程，但是應當理解，可以採用更多或更少數目的過程，並且可以採用羽量級過程、常規過程、執行緒和其他方法。應當理解，在一些情況下，其他示例性方法也可以包括基本上並行發生的動作。所示出的示例性方法和其他實施方式可以即時操作、在軟體或硬體或混合軟體/硬體實現方式中比即時更快地操作、或在軟體或硬體或混合軟體/硬體實現方式中比即時更慢地操作。

【0095】 定義

【0096】 下面包括本文中所採用的所選術語的定義。該定義包括落入術語範圍內並且可以用於實現方式的部件的各種示例或形式。示例不旨在是限制性的。術語的單數形式和複數形式均可以在定義內。

【0097】 “可操作連接”或實體藉以“可操作地連接”的連接是其中可以發送或接收信號、物理通信或邏輯通信的連接。通常，可操作連接包括物理介面、電介面或資料介面，但是應當注意，可操作連接可以包括足以允許可操作控制的這些或其他類型連接的不同組合。例如，兩個實體可以通過能夠彼此直接或通過一個或更多個中間實體（如處理器、作業系統、邏輯、軟體或其他實體）傳遞信號

來可操作地連接。邏輯或物理通信通道可以用於創建可操作連接。

【0098】 就在說明書或請求項書中使用術語“包括（include）”或“包含（including）”而言，其旨在按照將術語“包括（comprising）”用作請求項書中的過渡詞的情況下解釋該術語“包括（comprising）”時的類似的方式為包括性的。此外，就在說明書或請求項中使用術語“或”（例如，A 或 B）而言，其旨在意指“A 或 B 或二者”。當申請人旨在指示“僅 A 或 B 而非二者”時，則將使用術語“僅 A 或 B 而非二者”。因此，本文中術語“或”的使用是包括性的，而不是排他性的使用。參見 Bryan A.Garner 的現代法律用法詞典 624（A Dictionary of Modern Legal Usage 624）（1995 年第二版）。

【0099】 雖然已經通過描述示例示出了示例系統、方法等，並且雖然已經相當詳細地描述了示例，但是申請人的意圖不是限制或以任何方式將範圍限制為這樣的細節。當然，不可能為了描述本文中所描述的系統、方法等而描述部件或方法的每個可想到的組合。另外的優點和修改對本領域技術人員將是明顯的。因此，本發明不限於所示出和描述的具體細節、代表性裝置和說明性示例。因此，本申請旨在包含落入所附請求項的範圍內的變更、修改和變化。此外，先前的描述並不意指限制本發明的範圍。而是，本發明的範圍由所附請求項及其等同物來確定。

【符號說明】

【0100】

100:光學系統

14:光學混合器

14a:平行的半反射表面

150:光學系統

15a:顏色向量

15b:顏色位置

15c:光束顏色

22:棱鏡

30,32,33:光線

33a, 33b, 33c, 33d, 34, 34a, 34b, 34c:反射

33i, 34i:光束

50:光導光學元件

51:波導

52:光傳輸基板

52a:第一主表面

52b:第二主表面

52c, 52d:邊緣

53:基板

53a, 53b:主外表面

53d:邊緣

54:表面

56, 56a, 56b, 56c:小平面

56N:表面

60:投影光學裝置

70:眼動框（EMB）

700:示例性方法

710, 720, 730, 910, 920, 930, 940, 950, 960:流程

900:方法

N33,N34:概率

T33a,T34a:光的顏色向量

申請專利範圍

【請求項1】 一種用於近眼顯示器(NED)的光學系統，所述光學系統包括：

光導光學元件（LOE），包括光傳輸基板，所述光傳輸基板具有：

彼此平行的第一主表面和第二主表面，

一個或更多個光輸入耦合元件，被配置成將入射光耦合到所述光傳輸基板中，從而通過全內反射將光捕獲在所述第一主表面與所述第二主表面之間，以及

一個或更多個光反射元件，被配置成至少部分地反射耦合到所述基板中的光，所述一個或更多個光反射元件具有色彩反射比；以及

光源，被配置成發射所述入射光，使得由所述一個或更多個光反射元件接收的所述入射光補償所述一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【請求項2】 如請求項 1 所述的光學系統，其中，所述一個或更多個光反射元件包括一個或更多個光輸出耦合元件，所述一個或更多個光輸出耦合元件被配置成將光耦出所述基板，所述一個或更多個光輸出耦合元件具有用於將光耦出所述基板的色彩反射比；並且

所述光源被配置成發射入射光，使得由所述一個或更多個光輸出耦合元件接收的所述入射光補償所述一個或更多個光輸出耦合元件的色彩反射比。

【請求項3】 如請求項 1 所述的光學系統，所述光源包括：

光投影儀，被配置成色彩地發射所述入射光以補償所述一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【請求項4】 如請求項 1 所述的光學系統，所述光源包括：

光投影儀，被配置成發射入射光，使得組成所述光投影儀的不同光元件的相對強度補償所述一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【請求項5】 如請求項 1 所述的光學系統，所述光源包括：

RGB 投影儀，被配置成發射入射光，使得組成 RGB 投影儀的紅、綠和藍光源的相對強度補償所述一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【請求項6】 如請求項 1 所述的光學系統，所述光源包括：

鏡，所述鏡具有色彩反射比，並且因此被配置成接收來自所述光投影儀的發射光

並且將所述發射光反射以補償所述一個或更多個光反射元件的色彩反射比，或

濾光器，所述濾光器具有色彩透射比，並且因此被配置成接收來自所述光投影儀的發射光並且將所述發射光透射以補償所述一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【請求項7】 如請求項 1 所述的光學系統，所述光源包括：

光投影儀，被配置成發射入射光，使得組成所述光投影儀的不同光元件的相對強度補償所述一個或更多個光反射元件的色彩反射比，所述不同光元件的相對強度被選擇成使所述光投影儀的總體效率最大化。

【請求項8】 如請求項 1 所述的光學系統，所述光源包括：

光投影儀，被配置成發射入射光，使得由所述光投影儀投射的不同圖元的相對強度補償所述一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【請求項9】 如請求項 1 所述的光學系統，所述 LOE 包括：

對稱光束倍增器區域，所述對稱光束倍增器區域與所述一個或更多個光反射元件所在的耦出區域不同，所述對稱光束倍增器區域具有 n 個內部平面分束器，其中 n 是正整數，每個分束器在所述 LOE 的內部並且平行於所述主表面，所述 n 個分束器將所述主表面之間的 LOE 的厚度細分成相等厚度的（n+1）層。

【請求項10】 如請求項 1 所述的光學系統，其中，所述一個或更多個光反射元件包括塗覆有第一塗層的第一光反射元件和塗覆有第二塗層的第二光反射元件，所述第二塗層不同於所述第一塗層。

【請求項11】 如請求項 10 所述的光學系統，其中，所述第一塗層被設計成用於獲得與所述第一光反射元件對應的透射比的第一標稱顏色向量，並且所述第二塗層被設計成用於獲得與所述第二光反射元件對應的透射比的第二標稱顏色向量，所述透射比的第一標稱顏色向量不同於所述透射比的第二標稱顏色向量。

【請求項12】 如請求項 1 所述的光學系統，其中，所述一個或更多個光反射元件包括塗覆有針對三個角度帶進行優化的塗層的光反射元件，所述三個角度帶包括具有完全或接近完全透射部分的兩個帶和具有部分反射部分的一個帶，所述一個帶與具有所述完全或接近完全透射部分的兩個帶之一相鄰。

【請求項13】 如請求項 12 所述的光學系統，其中，優化所有三個角度帶

的透射以保持顏色一致性。

【請求項14】 一種用於在近眼顯示器中生成圖像的方法，包括：

操作光源以產生圖像作為入射光；

將所述入射光耦合到光傳輸基板中，從而通過全內反射將光捕獲在所述光傳輸基板的第一主表面與第二主表面之間；以及

通過具有色彩反射比的一個或更多個光反射元件將所述光耦出所述基板或將所述光耦合為進一步沿著所述基板，

其中，所述光源被配置成色彩地產生所述入射光，使得由所述一個或更多個光反射元件接收的所述入射光補償所述一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【請求項15】 如請求項 14 所述的方法，其中，所述光源產生所述入射光，使得組成所述光源的不同光元件的相對強度補償所述一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【請求項16】 如請求項 14 所述的方法，其中，所述光源產生所述入射光，使得組成所述光源的紅、綠和藍光源的相對強度補償所述一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【請求項17】 如請求項 14 所述的方法，其中，操作所述光源以產生圖像作為所述入射光包括：

消色地發射光；以及

以下操作中的至少之一：

使用具有色彩反射比的鏡來反射所發射的光，以補償所述一個或更多個光反射元件的色彩反射比，或者

使用具有色彩透射比的濾光器過濾所發射的光，以補償所述一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【請求項18】 如請求項 14 所述的方法，其中，操作光源以產生圖像作為入射光包括：

色彩地發射光；以及

以下操作中的至少之一：

使用具有色彩反射比的鏡來反射所發射的光，以補償所述一個或更多個光反射元件的色彩反射比，或者

使用具有色彩透射比的濾光器過濾所發射的光，以補償所述一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【請求項19】 如請求項 14 所述的方法，其中，所述光源發射所述入射光，使得：(a)組成所述光源的不同光元件的相對強度補償所述一個或更多個光反射元件的色彩反射比，並且（b）所述不同光元件的相對強度使所述光源的總體效率最大化。

【請求項20】 如請求項 14 所述的方法，其中，所述光源發射所述入射光，使得由所述光源投射的不同圖元的相對強度補償所述一個或更多個光反射元件的色彩反射比。

【請求項21】 如請求項 14 所述的方法，其中，將光耦出所述基板包括：使用塗覆有第一塗層的第一光反射元件將所述光中的一些耦出所述基板，以及使用塗覆有第二塗層的第二光反射元件將所述光中的一些耦出所述基板，所述第二塗層不同於所述第一塗層。

【請求項22】 如請求項 21 所述的方法，其中，所述第一塗層被設計成用於獲得與所述第一光反射元件對應的透射比的第一標稱顏色向量，並且所述第二塗層被設計成用於獲得與所述第二光反射元件對應的透射比的第二標稱顏色向量，所述透射比的第一標稱顏色向量不同於所述透射比的第二標稱顏色向量。

【請求項23】 如請求項 14 所述的方法，其中，所述一個或更多個光反射元件包括塗覆有針對三個角度帶進行優化的塗層的光反射元件，所述三個角度帶包括具有各自完全或接近完全透射部分的兩個帶和具有部分反射部分的一個帶，所述一個帶與具有所述完全或接近完全透射部分的兩個帶之一相鄰。

【請求項24】 如請求項 23 所述的方法，其中，優化所有三個角度帶的透射比以保持顏色一致性。

【請求項25】 一種用於為光導光學元件（LOE）的特定小平面設計塗層的方法，所述方法包括：

確定所述特定小平面將發生透射的相關角度譜；

計算射在所述特定小平面上的光成為所述相關角度譜中的透射光束的概率；

限定其中所述相關角度譜中的透射光束各自通過所述概率中的相應概率加權的標稱顏色向量，並且向標稱顏色向量分配初始參考值；

為獲得與所述特定小平面對應的透射比的標稱顏色向量來設計小平面塗層分佈；以及

如所述小平面塗層分佈評估反射之後的加權顏色向量透射比。

【請求項26】 如請求項 25 所述的方法，其中，所述評估包括：確定反射之後的加權顏色向量透射比的殘餘偏移，以及基於所述殘餘偏移向所述標稱顏色向量分配與所述初始參考值不同的後續參考值。

【請求項27】 如請求項 25 所述的方法，其中，所述初始參考值為 0。

【請求項28】 如請求項 25 所述的方法，包括：

將零值分配給所述概率中的至少一個概率，以簡化所述小平面塗層分佈的設計。

【請求項29】 如請求項 25 所述的方法，其中，將所述標稱顏色向量限定為：（a）僅包括與未從所述 LOE 輸出的反射對應的透射光束，或者（b）對與從所述 LOE 輸出的透射光束對應的概率賦予零權重。

【請求項30】 如請求項 25 所述的方法，其中，設計所述小平面塗層分佈包括針對三個角度帶優化顏色一致性，所述三個角度帶包括具有各自完全透射部分的兩個帶和具有部分反射部分的一個帶，所述一個帶與具有各自完全透射部分的兩個帶之一相鄰。

圖　式

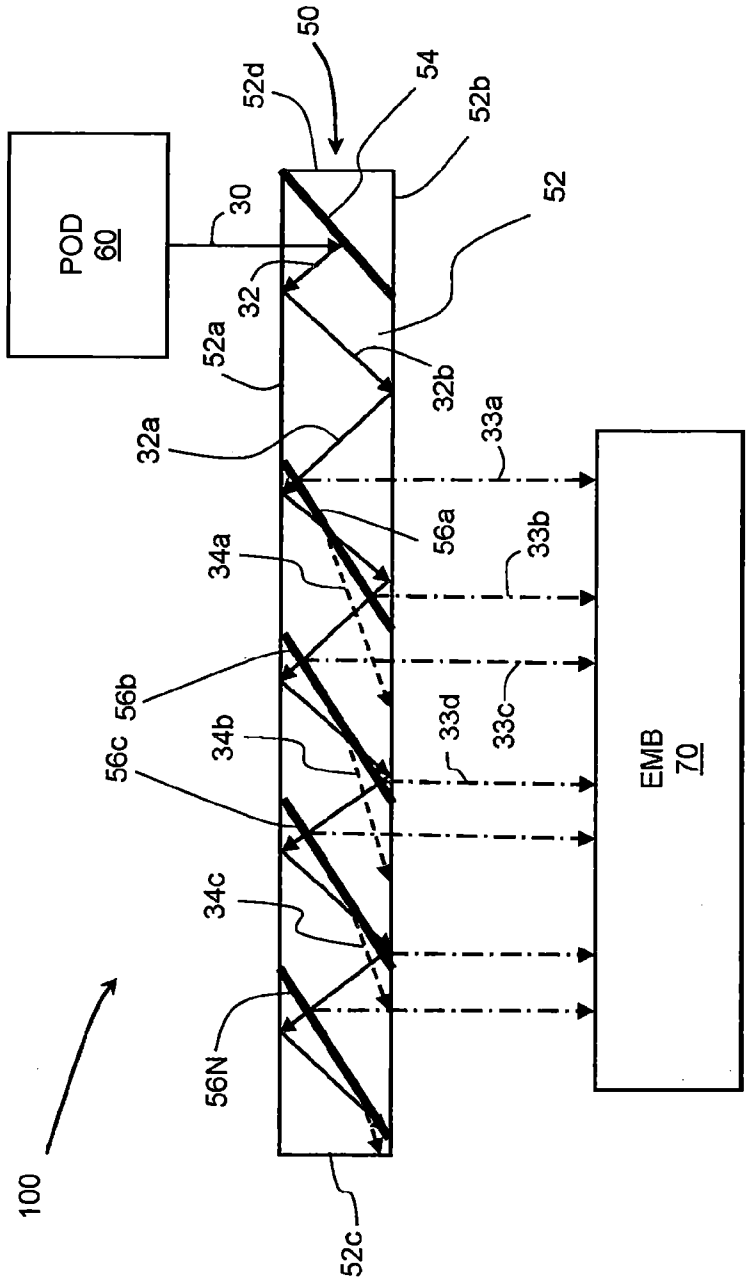
50
52d
54
52b
52
POD
60
30
32
52a
32b
32a
33a
56a
34a
33b
56b
33d
33c
56c
34b
EMB
70
34c
56N
100
52c

圖 1A

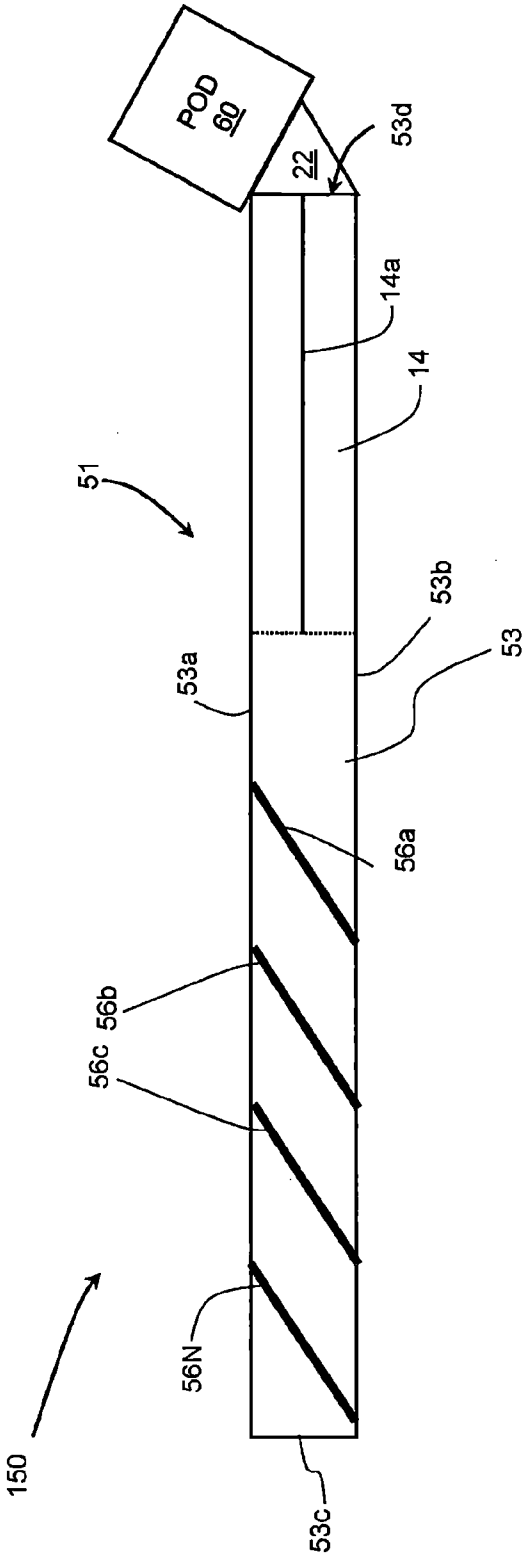

圖 1B

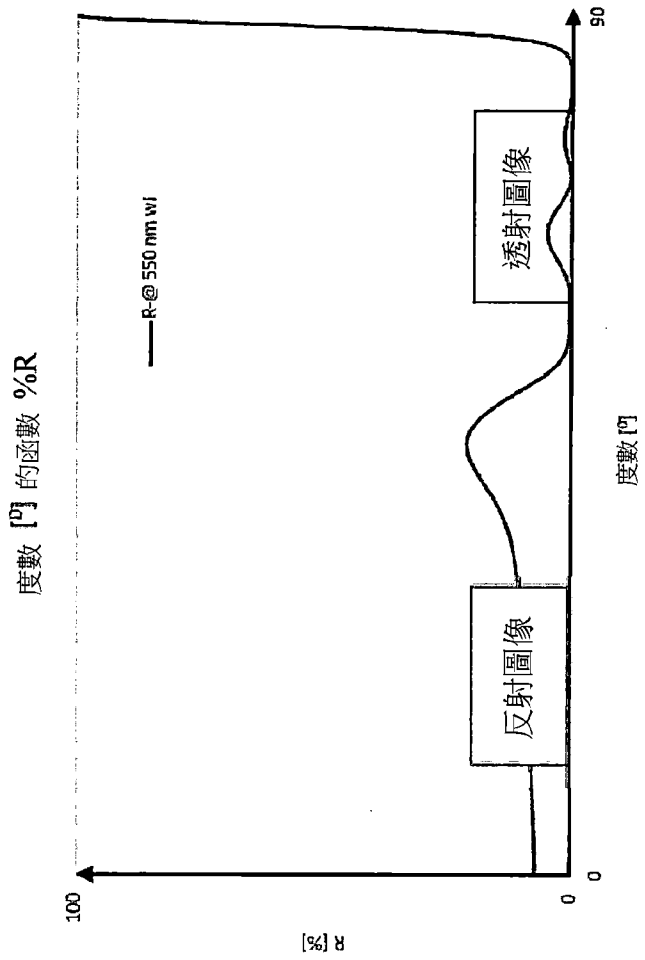

圖 2A

角度範圍 [°]	Ra%	透射比顏色中心	反射比顏色中心
42-72	2.5		0.333, 0.333
74-85	< 5	0.333, 0.333	

圖 2B

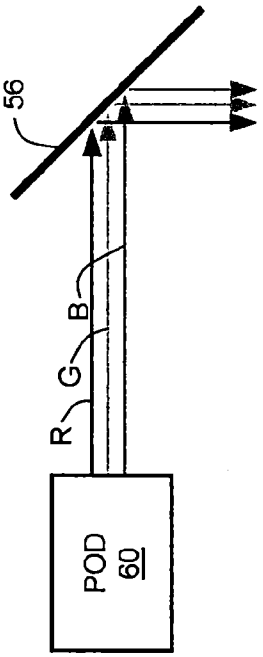

圖 3A

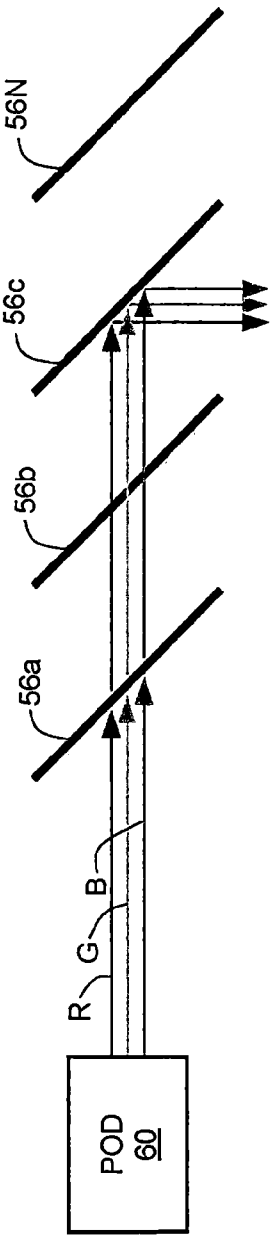

圖 3B

角度範圍 [°]	Ra%	透射比顏色中心	反射比顏色中心
42-72	2.5		0.25, 0.2825
74-85	< 5	0.333, 0.333	

圖 4A

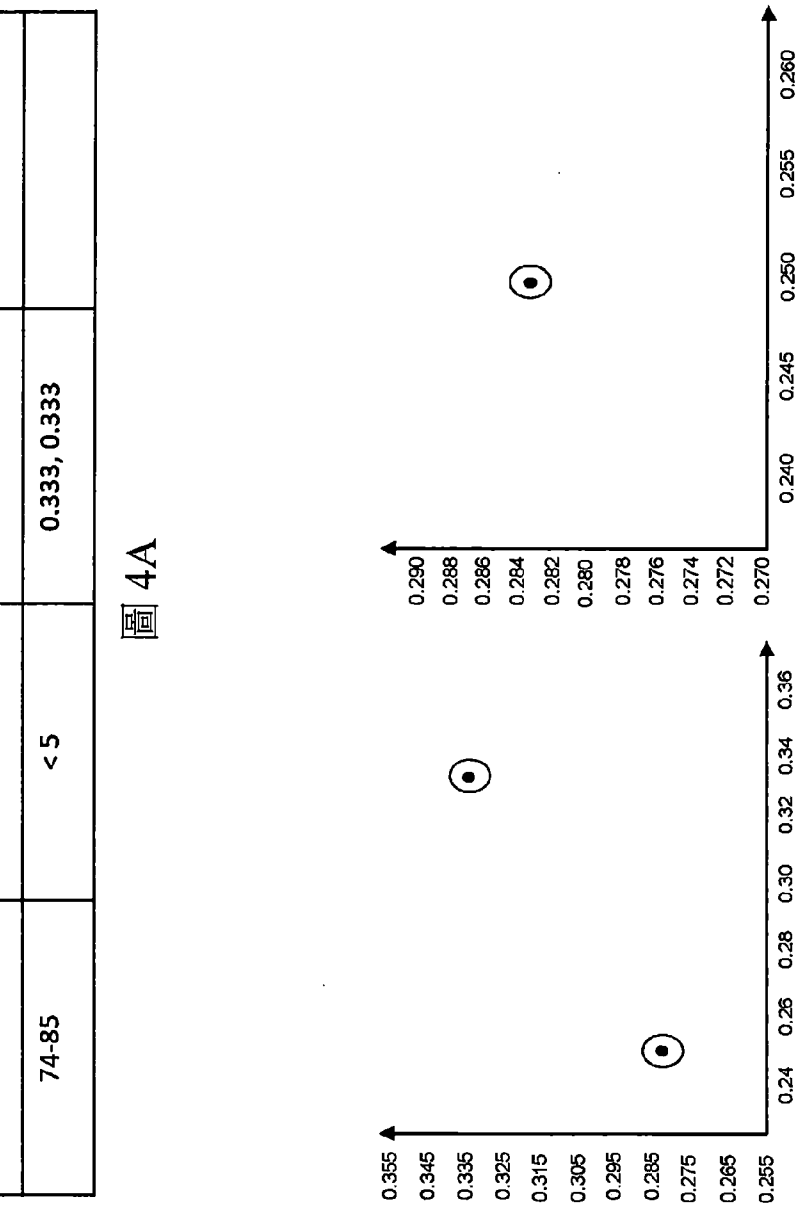

圖 4B

圖 4C

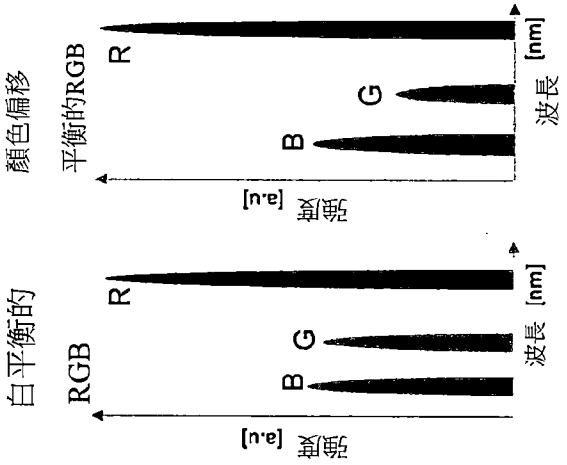
白平衡的
RGB
R
G
B
強度 [a.u]
波長 [nm]
顏色偏移
平衡的RGB
R
G
B
強度 [a.u]
波長 [nm]

圖5A 圖5B

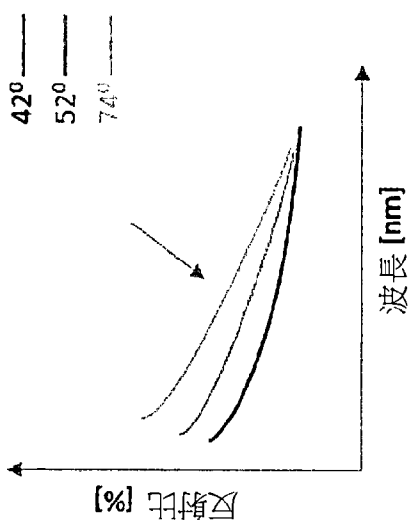
42°
52°
74°
反射比 [%]
波長 [nm]

圖5C

白平衡的
RGB

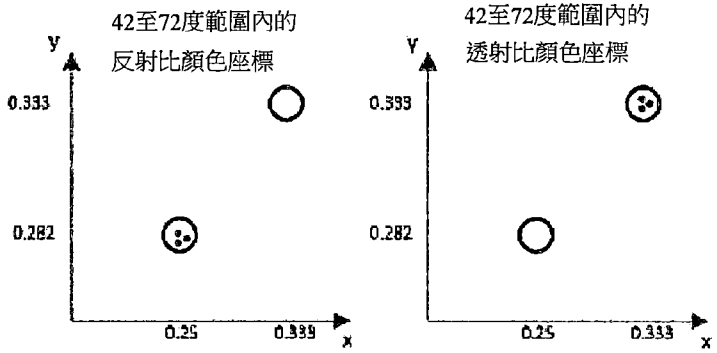

圖 5D

顏色偏移
平衡的RGB

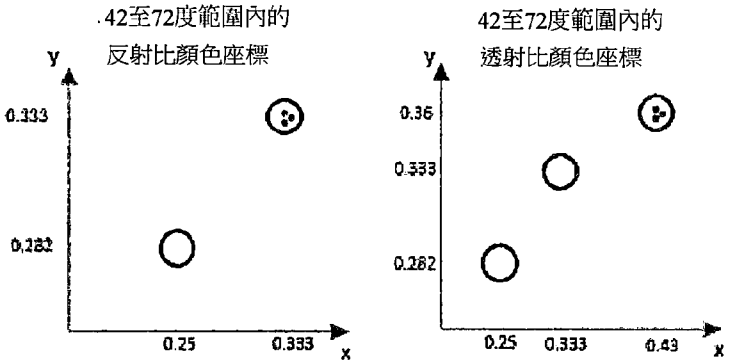

圖 5E

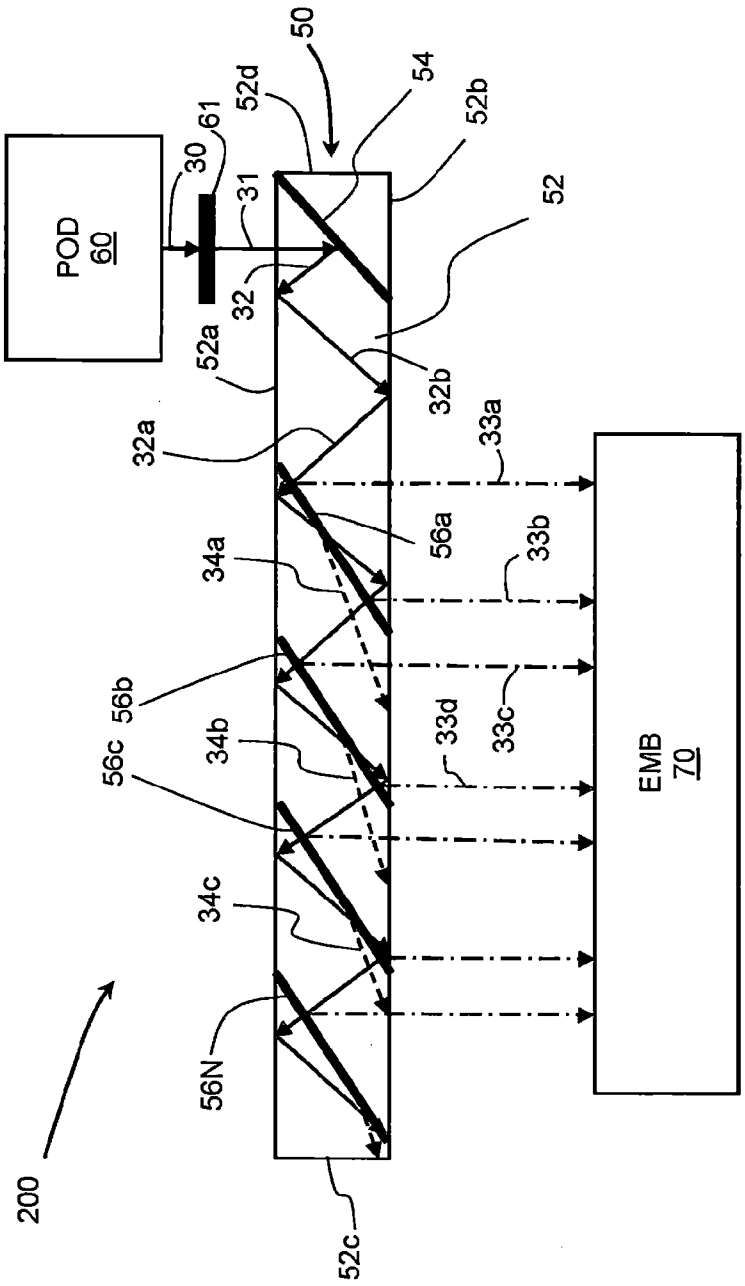
POD
60
EMB
70
200
50
52
52a
52b
52c
52d
54
30
31
32
32a
32b
33a
33b
33c
33d
34a
34b
34c
56a
56b
56c
56N
61

圖 6

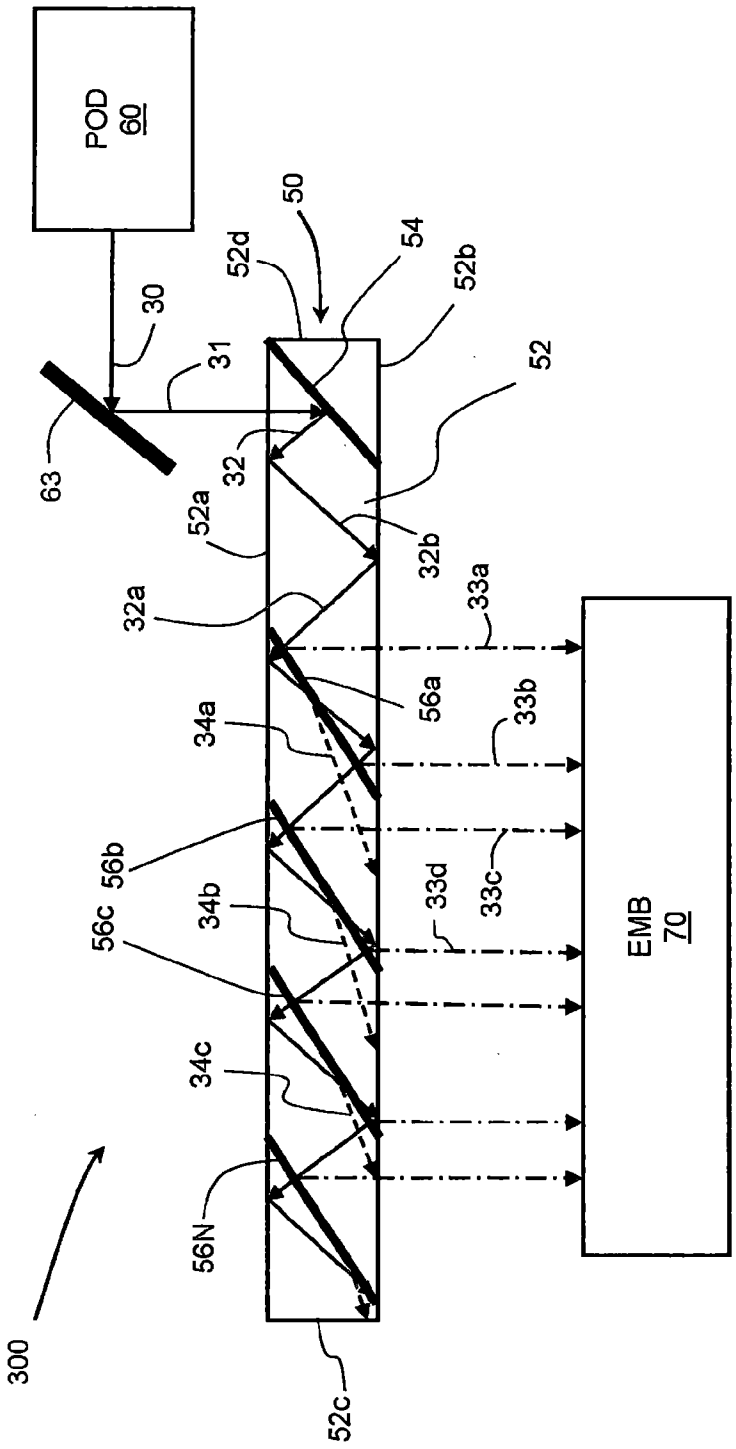
POD
60
50
54
52d
52b
30
31
52
63
32
52a
32b
32a
33a
56a
34a
33b
56b
33d
33c
34b
56c
34c
56N
EMB
70
300
52c

圖 7

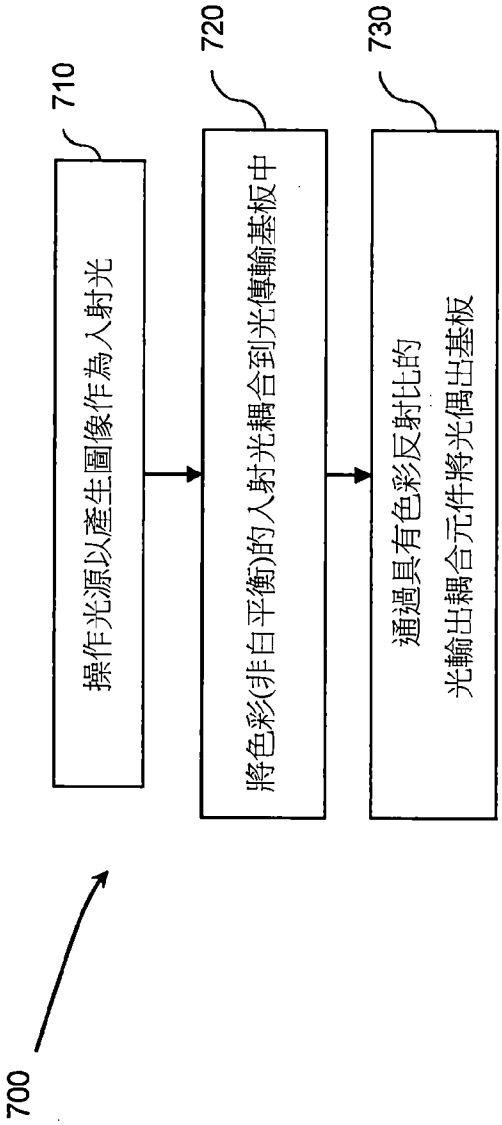
700
710
操作光源以產生圖像作為入射光
720
將色彩(非白平衡)的入射光耦合到光傳輸基板中
730
通過具有色彩反射比的
光輸出耦合元件將光偶出基板

圖 8

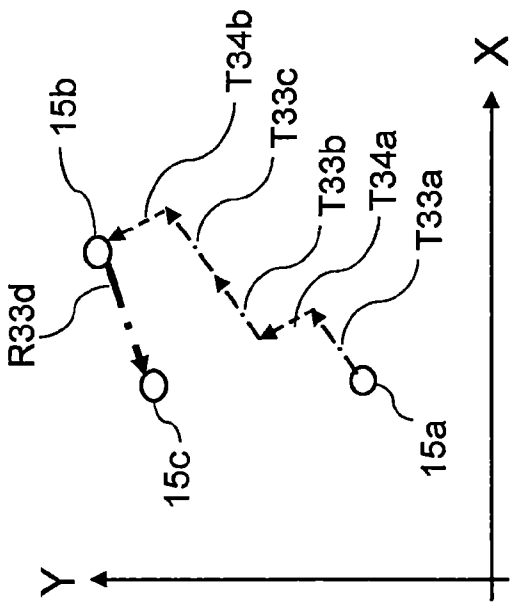

圖 9

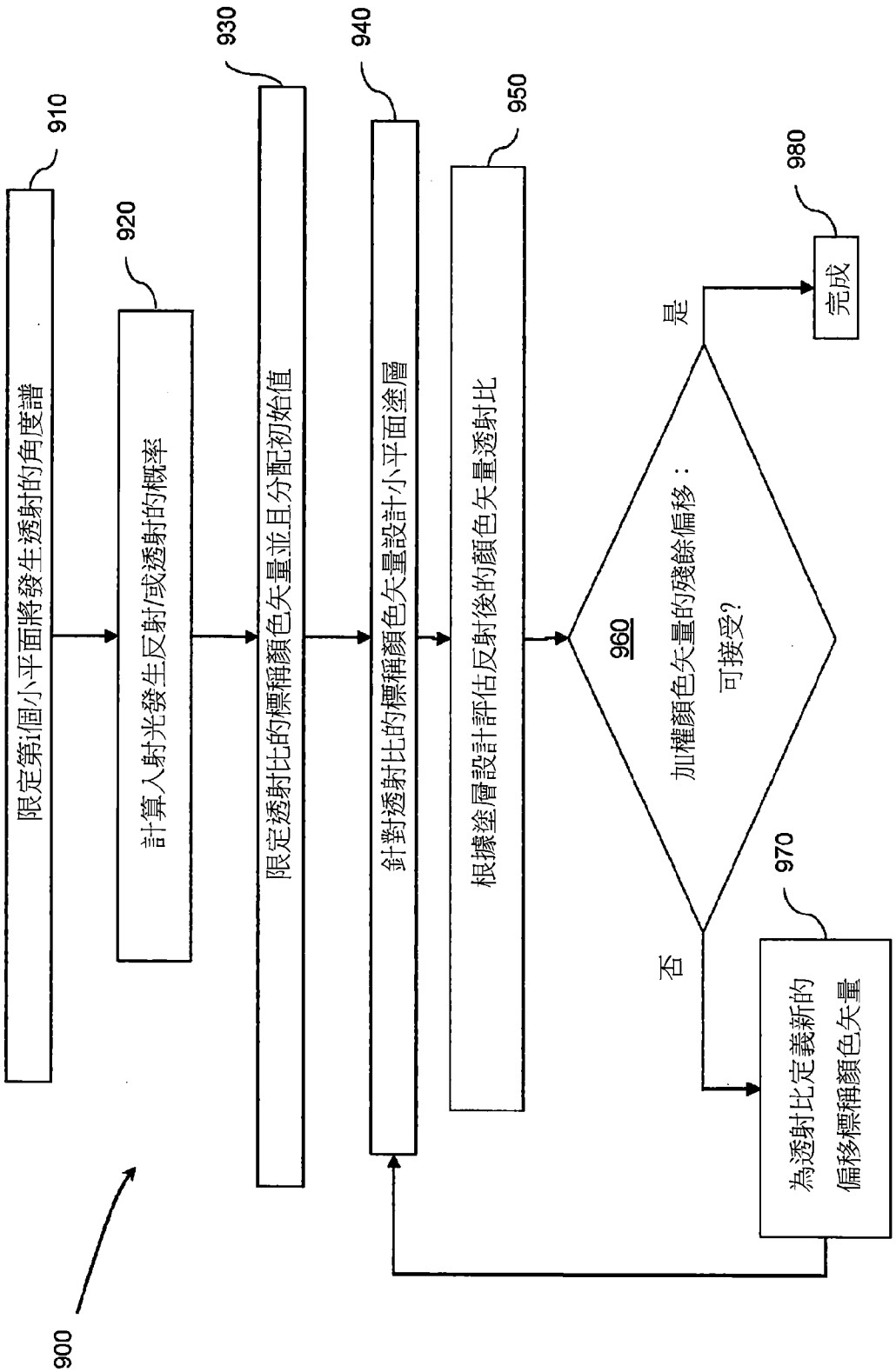
900
910
限定第i個小平面將發生透射的角度譜
920
計算入射光發生反射/或透射的概率
930
限定透射比的標稱顏色矢量並且分配初始值
940
針對透射比的標稱顏色矢量設計小平面塗層
950
根據塗層設計評估反射後的顏色矢量透射比
960
加權顏色矢量的殘餘偏移：
可接受?
是
完成
980
否
970
為透射比定義新的
偏移標稱顏色矢量

圖 10

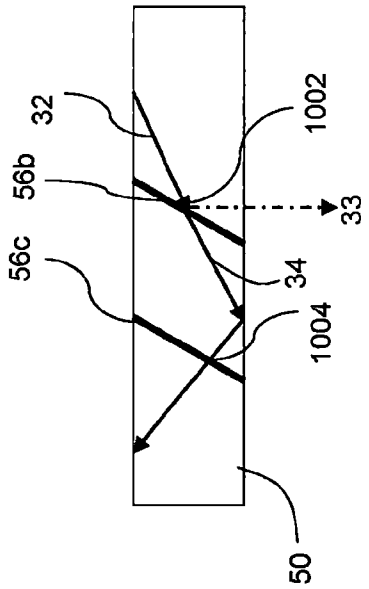

圖11A

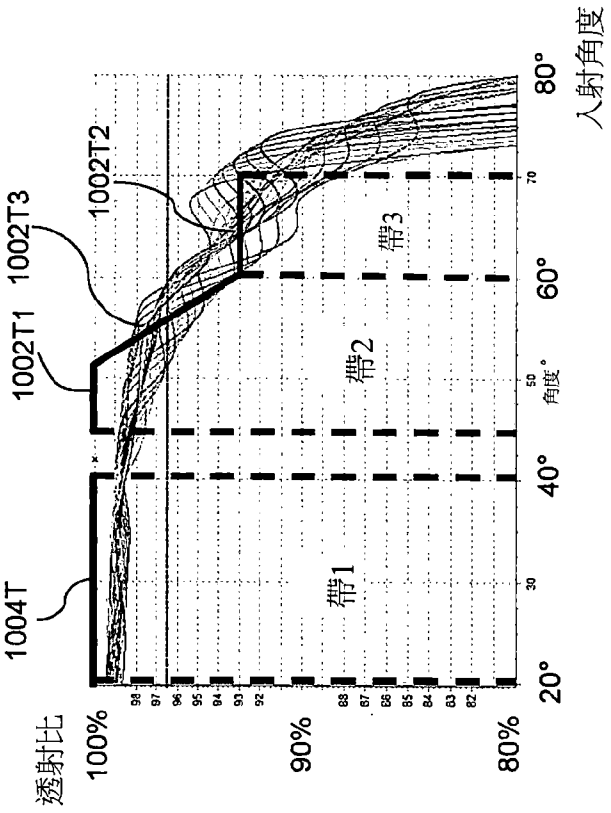
1004T
1002T1
1002T3
1002T2
帶1
帶2
帶3
透射比
100%
90%
80%
20°
40°
60°
80°
角度°
入射角度

圖11B

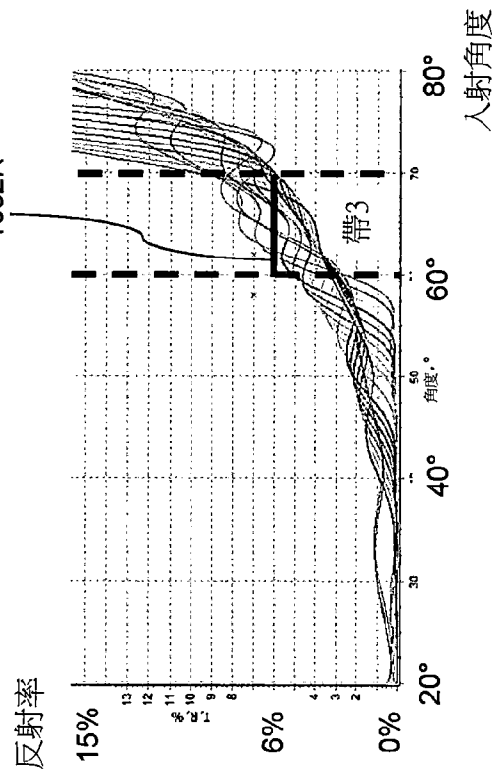

圖11C