



(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 201728959 A

(43) 公開日：中華民國 106 (2017) 年 08 月 16 日

(21) 申請案號：105128344 (22) 申請日：中華民國 105 (2016) 年 09 月 02 日

(51) Int. Cl. : G02B27/01 (2006.01) G02B27/28 (2006.01)

(30) 優先權：2015/09/03 美國 62/214,049

2015/09/25 美國 14/865,017

(71) 申請人：3M 新設資產公司 (美國) 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY (US)
美國

(72) 發明人：奧德科克 安德魯 約翰 OUDERKIRK, ANDREW JOHN (US)；貞 智省 YUN, ZHISHENG (US)；汪 提摩西 路易斯 WONG, TIMOTHY LOUIS (US)；麥克道威爾 艾琳 愛麗斯 MCDOWELL, ERIN ALICE (US)；安柏 桂格 艾倫 AMBUR, GREGG ALAN (US)

(74) 代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：30 項 圖式數：28 共 225 頁

(54) 名稱

光學系統

OPTICAL SYSTEM

(57) 摘要

描述光學系統，其等包括：一影像表面；一光闌表面；一部分反射器，其設置於該影像表面與該光闌表面之間；一反射偏光器，其設置於該光闌表面與該部分反射器之間；及一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該部分反射器之間。該反射偏光器沿著兩個正交軸凸出。該反射偏光器可係一經熱成型之多層反射偏光器。

Optical systems including an image surface, a stop surface, a partial reflector disposed between the image surface and the stop surface, a reflective polarizer disposed between the stop surface and the partial reflector, and a quarter wave retarder disposed between the reflective polarizer and the partial reflector are described. The reflective polarizer is convex along two orthogonal axes. The reflective polarizer may be a thermoformed multilayer reflective polarizer.

指定代表圖：

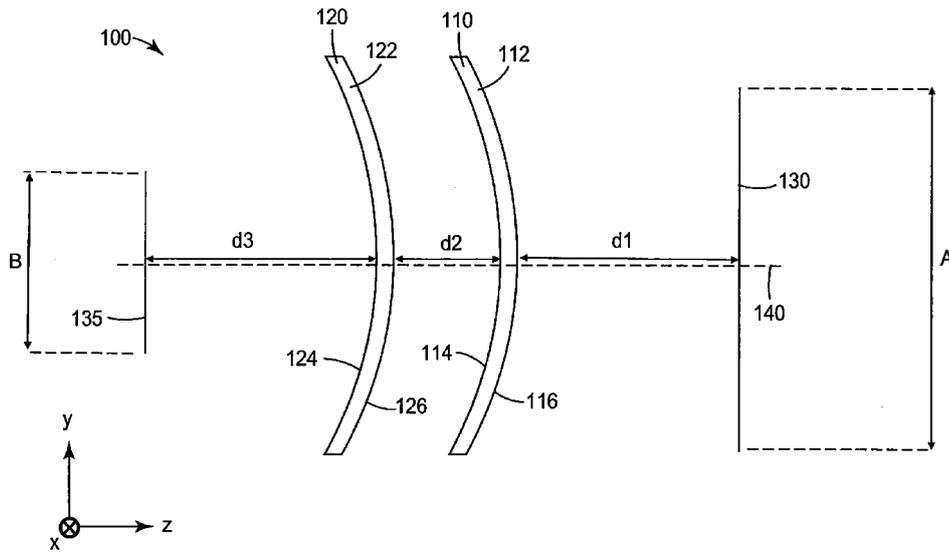


圖1

符號簡單說明：

- 100 . . . 光學系統/
偏光光束分光器
- 110 . . . 第一光學堆
疊/第二光學堆疊
- 112 . . . 第一光學透
鏡
- 114 . . . 第一主表面
- 116 . . . 第二主表面
- 120 . . . 第二光學堆
疊/第二光學透鏡
- 122 . . . 第二光學透
鏡/第二光學堆疊
- 124 . . . 第一主表面
- 126 . . . 第二主表
面/第二表面
- 130 . . . 影像表面
- 135 . . . 光闌表面
- 140 . . . 光軸/折疊
光軸
- A . . . 最大橫向尺
寸
- B . . . 最大橫向尺寸
- d1 . . . 距離
- d2 . . . 距離
- d3 . . . 距離
- x . . . 軸/方向
- y . . . 軸/方向
- z . . . 軸/方向

201728959

發明摘要

※ 申請案號：105128344

※ 申請日：105/09/02 PC 分類：G02B 27/01 (2006.01)
G02B 27/26 (2006.01)

【發明名稱】 光學系統

OPTICAL SYSTEM

【中文】

描述光學系統，其等包括：一影像表面；一光闌表面；一部分反射器，其設置於該影像表面與該光闌表面之間；一反射偏光器，其設置於該光闌表面與該部分反射器之間；及一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該部分反射器之間。該反射偏光器沿著兩個正交軸凸出。該反射偏光器可係一經熱成型之多層反射偏光器。

【英文】

Optical systems including an image surface, a stop surface, a partial reflector disposed between the image surface and the stop surface, a reflective polarizer disposed between the stop surface and the partial reflector, and a quarter wave retarder disposed between the reflective polarizer and the partial reflector are described. The reflective polarizer is convex along two orthogonal axes. The reflective polarizer may be a thermoformed multilayer reflective polarizer.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：

第 1 圖

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 100…光學系統/偏光光束分光器
- 110…第一光學堆疊/第二光學堆疊
- 112…第一光學透鏡
- 114…第一主表面
- 116…第二主表面
- 120…第二光學堆疊/第二光學透鏡
- 122…第二光學透鏡/第二光學堆疊
- 124…第一主表面
- 126…第二主表面/第二表面
- 130…影像表面
- 135…光闌表面
- 140…光軸/折疊光軸
- A…最大橫向尺寸
- B…最大橫向尺寸
- d1…距離
- d2…距離
- d3…距離
- x…軸/方向

y…軸/方向

z…軸/方向

【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】 光學系統

OPTICAL SYSTEM

【技術領域】

【先前技術】

【0001】 顯示系統可包括一光束分光器、一四分之一波延遲器、及一反射偏光器。

【0002】 美國專利第 7,242,525 號(Dike)描述一種光學系統，其投影實像至空間中且包括一或多個沿著光徑定位的一或多個特徵，該等特徵增強實像之可視性。該光學系統包括會聚元件，其用於會聚光源之一部分，以便形成實像。

【0003】 美國專利第 6,271,969 號(Mertz)描述一種光學準直總成，其用於成像來自顯示器之光。該光學總成包括具有彼此正交之偏光方向之第一線性偏光濾光器及第二線性偏光濾光器。折疊成像總成定位於該等偏光濾光器之間，該折疊成像總成包括第一光束分光器、第一 $\frac{1}{4}$ 波長板、及第二光束分光器。

【0004】 美國專利第 8,780,039 號 (Gay 等人) 描述一種光學系統，其用於改變感知顯示裝置所顯示之影像的表面之形狀。該光學系統包含間隔開的第一部分反射器及第二部分反射器，第一部分反射器及第二部分反射器之至少一者可切換於第一非平直形狀與第二不同的形狀之間，該第二不同的形狀可係平直或非平直。反射器與偏光光學

器件一起提供光徑，使得來自顯示器之光至少被第一反射器部分透射、被第二反射器部分反射、被第一反射器部分反射、且被第二反射器部分透射。

【0005】 反射偏光器可係多層光學膜。美國專利第 6,916,440 號 (Jackson 等人) 描述一種用於以單軸方式拉伸多層光學膜之程序。美國專利第 6,788,463 號 (Merrill 等人) 描述經後成型之多層光學膜。

【發明內容】

【0006】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學系統，其包括：一影像表面；一光闌(stop)表面；一第一光學堆疊，其設置於該影像表面與該光闌表面之間；及一第二光學堆疊，其設置於該第一光學堆疊與該光闌表面之間。該第一光學堆疊沿著正交的第一軸及第二軸凸出朝向該影像表面，且包括一第一光學透鏡及一部分反射器，在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率。該第二光學堆疊沿著該第一軸及該第二軸凸出朝向該影像表面，且包括：一第二光學透鏡；一多層反射偏光器，其實質上透射具有一第一偏光狀態之光且實質上反射具有一正交的第二偏光狀態之光；及一第一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該第一光堆疊之間。

【0007】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學系統，其包括：一影像表面；一光闌表面；一第一光學堆疊，其設置於該影像表面與該光闌表面之間；及一第二光學堆疊，其設置於該第一光學堆疊與該光闌表面之間。該第一光學堆疊包括：一第一光學透鏡；及一部分反射器，在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光

學反射率。該第二光學堆疊包括：一第二光學透鏡；一多層反射偏光器，其包括至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離該第二光學堆疊之光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸且在遠離該光軸的至少一個第二位置處係實質上光學單軸；及一第一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該第一光學堆疊之間。行進穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線均以小於約 30 度之入射角入射於該第一光學堆疊及該第二光學堆疊中之各者上。

【0008】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學系統，其包括：一影像源，其發射一無失真影像；一出射光瞳；一部分反射器；及一反射偏光器。該部分反射器具有沿著正交的第一軸及第二軸凸出朝向該影像源的一第一形狀，且在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30%之一平均光學反射率。該反射偏光器具有沿著該第一軸及該第二軸凸出朝向該影像源的一不同的第二形狀，使得該出射光瞳所透射的發射無失真影像之失真小於約 10%。

【0009】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學系統，其包括：一影像源；一出射光瞳；一第一光學堆疊，其設置於該影像源與該出射光瞳之間；及一第二光學堆疊，其設置於該第一光學堆疊與該出射光瞳之間。該第一光學堆疊包括：一第一光學透鏡；及一部分反射器，在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30%之一平均光學反射率。該第二光學堆疊包括一第二光學透鏡、一多層反射偏光器、及一第一四分之一波延遲器，該第一四分之一波延遲器設置於該反射偏光器與該第一光學堆疊之間。在該複數個所欲波長中至少具有相隔

至少 150 nm 之第一波長及第二波長且由該影像源發射並由該出射光瞳透射之實質上任何主光線在該出射光瞳處所具有之分色距離小於在該出射光瞳處之一視野的 1.5 百分比。

【0010】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學系統，其包括：一影像源；一出射光瞳；一第一光學堆疊，其設置於該影像源與該出射光瞳之間；及一第二光學堆疊，其設置於該第一光學堆疊與該出射光瞳之間。該第一光學堆疊包括：一第一光學透鏡；及一部分反射器，在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率。該第二光學堆疊包括一第二光學透鏡、一多層反射偏光器、及一第一四分之一波延遲器，該第一四分之一波延遲器設置於該反射偏光器與該第一光學堆疊之間。在該複數個所欲波長中至少具有相隔至少 150 nm 之第一波長及第二波長且由該影像源發射並由該出射光瞳透射之實質上任何主光線在該出射光瞳處所具有之分色距離小於 20 弧分。

【0011】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學系統，其包括：一影像表面，其具有一最大橫向尺寸 A；一光闌表面，其具有一最大橫向尺寸 B；及一整合式光學堆疊，其設置於該影像表面與該光闌表面之間。A/B 係至少 3。該整合式光學堆疊包括：一第一光學透鏡；一部分反射器，在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率；一多層反射偏光器，其實質上透射具有一第一偏光狀態之光且實質上反射具有一正交的第二偏光狀態之光；及一第一四分之一波延遲器，其係依該複數個預定波長中之至少一個波長。透

射穿過該光闌表面及該影像表面之至少一主光線以至少 40 度之入射角行進穿過該光闌表面。一整合式光學堆疊可描述為例如光學堆疊中之各種組件及層經形成在一起或黏附在一起的一光學堆疊。

【0012】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學系統，其包括：一影像表面；一實質上平坦的光闌表面；以及設置於該影像表面與該光闌表面之間的第一光學透鏡、第二光學透鏡、及第三光學透鏡；一部分反射器，在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率；一多層反射偏光器，其實質上透射具有一第一偏光狀態之光且實質上反射具有一正交的第二偏光狀態之光；及一第一四分之一波延遲器，其依該複數個預定波長中之至少一個波長。該光學系統包括設置於該影像表面與該光闌表面之間的複數個主表面，各主表面沿著正交的第一軸及第二軸凸出朝向該影像表面，且至少六個不同的主表面具有六個不同的凸性。

【0013】 在本說明之一些態樣中，提供一種經熱成型之多層反射偏光器，其係相對於行進穿過該經熱成型之多層反射偏光器之一頂點的一光軸實質上旋轉對稱且沿著正交於該光軸之正交的第一軸及第二軸凸出。該經熱成型之多層反射偏光器具有至少一個內層，其在遠離該頂點之至少一個第一位置處係實質上光學單軸，且該反射偏光器上之至少一個第一位置距該光軸具有一徑向距離 r_1 及距在該頂點處垂直於該光軸的平面具有一位移 s_1 ，其中 s_1/r_1 係至少 0.2。

【0014】 在本說明之一些態樣中，提供一種經熱成型之多層反射偏光器，其係相對於行進穿過該經熱成型之多層反射偏光器之一頂點

的一光軸實質上旋轉對稱且沿著正交於該光軸之正交的第一軸及第二軸凸出。該經熱成型之多層反射偏光器在該反射偏光器上具有的至少一個第一位置距該光軸具有一徑向距離 r_1 及距在該頂點處垂直於該光軸的平面具有一位移 s_1 ，其中 s_1/r_1 係至少 0.2。對於該反射偏光器之由 s_1 及 r_1 所界定之一面積，該反射偏光器之一透射軸之最大變異小於約 2 度。

【0015】 在本說明之一些態樣中，提供一種製作一光學堆疊之方法。該方法包括以下步驟：提供一種熱成型工具，其以一工具軸為中心且具有一外表面，該外表面係相對於該工具軸旋轉不對稱；加熱一光學膜，得到一經軟化之光學膜；使該經軟化之光學膜適形於該外表面，同時至少沿著正交的第一方向及第二方向遠離該工具軸拉伸該經軟化之膜，得到一經適形之光學膜，該經適形之光學膜係相對於該經適形之膜之一光軸旋轉不對稱，其中該光軸與該工具軸重合；冷卻該經適形之光學膜，得到相對於該光軸旋轉對稱的一對稱光學膜；及在該對稱光學膜上模製一光學透鏡，得到該光學堆疊。

【0016】 在本說明之一些態樣中，提供一種製作一所欲光學膜之方法，該光學膜具有一所欲形狀。該方法包括以下步驟：提供一種熱成型工具，其具有一外表面，該外表面具有不同於該所欲形狀之一第一形狀；加熱一光學膜，得到一經軟化之光學膜；使該經軟化之光學膜適形於具有該第一形狀之該外表面，同時至少沿著正交的第一方向及第二方向拉伸該經軟化之膜，得到具有該第一形狀之一經適形之光

學膜；及冷卻該經適形之光學膜，得到具有該所欲形狀之該所欲光學膜。

【0017】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學系統，其包括：一影像表面；一光闌表面；一第一光學堆疊，其設置於該影像表面與該光闌表面之間；及一第二光學堆疊，其設置於該第一光學堆疊與出射光瞳之間。該第一光學堆疊包括：一第一光學透鏡；及一部分反射器，在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率。該第二光學堆疊包括：一第二光學透鏡；一經熱成型之多層反射偏光器，其係相對於該第二光學堆疊之一光軸旋轉對稱且沿著正交於該光軸之正交的第一軸及第二軸凸出朝向影像源；及一第一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該第一光學堆疊之間。該經熱成型之多層反射偏光器具有至少一個第一位置，該至少一個第一位置距行進穿過該經熱成型之多層反射偏光器之一頂點的一光軸具有一徑向距離 r_1 、及距在該頂點處垂直於該光軸的平面具有一位移 s_1 ，其中 s_1/r_1 係至少 0.1。

【0018】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學堆疊。該光學堆疊包括：一第一透鏡；一第二透鏡，其相鄰於該第一透鏡；一四分之一波延遲器，其設置於該第一透鏡與該第二透鏡之間；一反射偏光器，其設置於該第二透鏡上而與該第一透鏡相對；及一部分反射器，其設置於該第一透鏡上而與該第二透鏡相對。該反射偏光器係相對於兩個正交軸彎曲，且該光學堆疊係一整合式光學堆疊。

【0019】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學系統，其包括：一部分反射器；一多層反射偏光器；及一第一四分之一波延遲器，其設置於該部分反射器與該多層反射偏光器之間。在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率。該多層反射偏光器實質上透射具有一第一偏光狀態之光且實質上反射具有一正交的第二偏光狀態之光。該多層反射偏光器沿著正交的第一軸及第二軸凸出，且在該多層反射偏光器上具有至少一個第一位置，該至少一個第一位置距該多層反射偏光器之一光軸具有一徑向距離 r_1 及距在該多層反射偏光器之一頂點處垂直於光軸的平面具有一位移 s_1 ，其中 s_1/r_1 係至少 0.1。該多層反射偏光器包含至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離該光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸。

【0020】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學系統，其包括：一第一光學堆疊；一第二光學堆疊，其設置成相鄰於該第一光學堆疊且沿著正交的第一軸及第二軸凸出；及一第一四分之一波延遲器，其設置於該第二光學堆疊與該第一光學堆疊之間。該第一光學堆疊包括：一第一光學透鏡；及一部分反射器，在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率。該第二光學堆疊包括：一第二光學透鏡；及一多層反射偏光器，其實質上透射具有一第一偏光狀態之光且實質上反射具有一正交的第二偏光狀態之光。該反射偏光器在該多層反射偏光器上包括至少一個第一位置，該至少一個第一位置距該第二光學堆疊之一光軸具有一徑向距離 r_1 及距垂直於該多層

反射偏光器之一頂點處之光軸的平面具有一位移 s_1 ，其中 s_1/r_1 係至少 0.1。該多層反射偏光器包括至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離該光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸。

【0021】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學系統，其包括：
一第一光學堆疊；一第二光學堆疊，其設置成相鄰於該第一光學堆疊且沿著正交的第一軸及第二軸凸出；及一第一四分之一波延遲器，其設置於該第二光學堆疊與該第一光學堆疊之間。該第一光學堆疊包括：一第一光學透鏡；及一部分反射器，在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率。該第二光學堆疊包括：
一第二光學透鏡；一反射偏光器，其實質上透射具有一第一偏光狀態之光且實質上反射具有一正交的第二偏光狀態之光。該反射偏光器在該多層反射偏光器上具有至少一個第一位置，該至少一個第一位置距該第二光學堆疊之一光軸具有一徑向距離 r_1 及距垂直於該反射偏光器之一頂點處之光軸的平面具有一位移 s_1 ，其中 s_1/r_1 係至少 0.1。該光學系統在該光學系統之視野上具有至少 50 之對比率。

【0022】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學系統，其包括：
一第一光學堆疊；一第二光學堆疊，其設置成相鄰於該第一光學堆疊且沿著正交的第一軸及第二軸凸出；及一第一四分之一波延遲器，其設置於該第二光學堆疊與該第一光學堆疊之間。該第一光學堆疊包括：一第一光學透鏡；及一部分反射器，在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率。該第二光學堆疊包括：

一第二光學透鏡；及一反射偏光器，其實質上透射具有一第一偏光狀態之光且實質上反射具有一正交的第二偏光狀態之光。在該反射偏光器上之至少一個第一位置距該第二光學堆疊之一光軸具有一徑向距離 r_1 及距在該反射偏光器之一頂點處垂直於光軸的平面具有一位移 s_1 ，其中 s_1/r_1 係至少 0.1。該光學系統經調適以提供一可調整的屈光度校正。

【0023】 在本說明之一些態樣中，提供一種頭戴顯示器，其包括第一光學系統及第二光學系統。該第一光學系統包括：一第一影像表面；一第一出射光瞳；一第一反射偏光器，其設置於該第一出射光瞳與該第一影像表面之間；及一第一四分之一波延遲器，其設置於該第一反射偏光器與該第一部分反射器之間。該第一反射偏光器係相對於兩個正交軸凸出。該第一部分反射器設置於該第一反射偏光器與該第一影像表面之間，且該第一部分反射器在複數個預定波長內具有至少 30% 之一平均光學反射率。該第二光學系統包括：一第二影像表面；一第二出射光瞳；一第二反射偏光器，其設置於該第二出射光瞳與該第二影像表面之間；一第二部分反射器，其設置於該第二反射偏光器與該第二影像表面之間；及一第二四分之一波延遲器，其設置於該第二反射偏光器與該第二部分反射器之間。該第二反射偏光器係相對於兩個正交軸凸出。在該複數個預定波長中，該第二部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率。

【0024】 在本說明之一些態樣中，提供一種相機，其包括一孔徑及一影像記錄裝置。該相機包括一反射偏光器，其設置於該孔徑與該

影像記錄裝置之間。該反射偏光器係相對於兩個正交軸彎曲。一部分反射器設置於該反射偏光器與該影像記錄裝置之間，在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30%之一平均光學反射率。一四分之一波延遲器設置於該反射偏光器與該部分反射器之間。

【0025】 在本說明之一些態樣中，提供一種光束擴展器。該光束擴展器包括：一部分反射器，在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30%之一平均光學反射率；一反射偏光器，其設置成相鄰於該部分反射器且與該部分反射器間隔開；及一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該部分反射器之間。該反射偏光器係相對於兩個正交軸彎曲。

【0026】 在本說明之一些態樣中，提供一種投影系統，其包括：一光源；一影像形成裝置，其經設置以接收來自該光源之光且發射一會聚的經圖案化之光；及一光束擴展器。該光束擴展器包括：一部分反射器，在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30%之一平均光學反射率；一反射偏光器，其設置成相鄰於該部分反射器且與該部分反射器間隔開；及一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該部分反射器之間。該反射偏光器係相對於兩個正交軸彎曲。該光束擴展器經設置，使得來自該影像形成裝置之該會聚的經圖案化之光入射於該部分反射器上，且該光束擴展器透射一發散的經圖案化之光。

【0027】 在本說明之一些態樣中，提供一種照明器，其包括一光束擴展器、一偏光光束分光器、一光源、及一反射組件。該光束擴展器包括一反射偏光器，其係相對於兩個正交的方向彎曲。

【0028】 該偏光光束分光器包括：一第一稜鏡，其具有一輸入面、一輸出面、及一第一斜邊；一第二稜鏡，其具有一第一面及一第二斜邊，其中該第二斜邊設置成相鄰於該第一斜邊；及一第二反射偏光器，其設置於該第一斜邊與該第二斜邊之間。該光源設置成相鄰於該輸入面，且界定該輸入面上之一輸入有效面積。該反射組件設置成相鄰於該第一面，用於接收發射自該光源之光且發射一會聚的光。該反射組件具有一最大有效面積，其界定該輸出面上之一輸出有效面積。該光束擴展器經設置以接收該會聚的光且透射一發散的光。該輸入有效面積及該輸出有效面積中之一或兩者比該反射組件之該最大有效面積小約一半。

【0029】 在本說明之一些態樣中，提供一種放大裝置，其包括一光學系統。該光學系統包括：一出射光瞳；一反射偏光器，其靠近該出射光瞳且係相對於兩個正交軸彎曲；一部分反射器，其設置成相鄰於該反射偏光器而與該出射光瞳相對且與該反射偏光器間隔開。在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30%之一平均光學反射率。一四分之一波延遲器設置於該反射偏光器與該部分反射器之間。

【圖式簡單說明】

【0030】

圖 1 至圖 2 係光學系統之示意剖面圖；

圖 3A 至圖 4C 係光學堆疊之部分之剖面圖；

圖 5 至圖 9 為光學系統之示意剖面圖；

圖 10 係一反射偏光器之剖面圖；

圖 11 係一反射偏光器之前視圖；

圖 12 係一反射偏光器之剖面圖；

圖 13A 係一反射偏光器之前視圖；

圖 13B 係圖 13A 之反射偏光器之剖面圖；

圖 14 係一光學系統之對比率對該光學系統之偏光準確度之曲線圖；

圖 15 係繪示一種製作具有一所欲形狀之所欲光學膜之方法的示意流程圖；

圖 16 係一熱成型工具之示意剖面圖；

圖 17 係一頭戴顯示器之示意俯視圖；

圖 18 至圖 23 係光學系統之剖面圖；

圖 24A 至圖 24C 係包括一或多個光學系統之裝置之示意俯視圖；

圖 25 係包括一照明器及一光束擴展器之一裝置之示意側視圖；

圖 26 係一光學堆疊之示意剖面圖；

圖 27A 係一頭戴顯示器之一光學系統之側視圖；

圖 27B 至圖 27C 係圖 27A 之光學系統之俯視圖；且

圖 28A 至圖 28B 係一複曲面透鏡在不同平面中之剖面圖。

【實施方式】

【0031】 以下說明係參照所附圖式進行，該等圖式構成本文一部分且在其中係以圖解說明方式展示各種實施例。圖式非必然按比例繪製。應瞭解，可設想出並做出其他實施例而不偏離本揭露的範疇或精神。因此，以下之詳細敘述並非作為限定之用。

【0032】 根據本說明已發現，包括一反射偏光器（其相對於兩個正交軸凸出且設置於光闌表面（例如，出射光瞳或入射光瞳）與影像表面（例如，顯示器面板之表面或影像記錄器之表面）之間）之光學系統可提供一種呈小型組態之形式的具有高視野、高對比、低色像差、低失真、及/或高效率之系統，該系統可實用於各種裝置中，包括例如頭戴顯示器（諸如虛擬實境顯示器）、及相機（諸如包括於手機中之相機）。

【0033】 該光學系統可包括一部分反射器，該部分反射器設置於該反射偏光器與該影像表面之間，且該光學系統可包括至少一個四分之一波延遲器。例如，一第一四分之一波延遲器可設置於該反射偏光器與該部分反射器之間，且在一些情況中，一第二四分之一波延遲器可設置於該部分反射器與該影像表面之間。該等光學系統可經調適以利用在複數個所欲或預定波長中之波長，且在該複數個所欲或預定波長中，該部分反射器可具有至少 30% 之一平均光學反射率，且在該複數個所欲或預定波長中，該部分反射器可具有至少 30% 之一平均光學透射率。四分之一波延遲器可係依該複數個所欲或預定波長中之至少一個波長的四分之一波延遲器。在一些實施例中，該複數個所欲或預定波長可係單一連續波長範圍（例如，400 nm 至 700 nm 之可見範圍），或其可係複數個連續波長範圍。部分反射器可係陷波反射器 (notch reflector)，且該複數個所欲或預定波長可包括一或多個波長範圍，該一或多個波長範圍中之至少一些具有不大於 100 nm 或不大於 50 nm 之半高全寬反射頻帶。反射偏光器可係陷波反射偏光器，且可

具有匹配或實質上匹配部分反射器之反射頻帶的反射頻帶。在一些情況中，光學系統可經調適來搭配一或多個雷射使用，且該複數個所欲或預定波長可包括在雷射波長周圍的窄頻帶（例如，10 nm 的寬度）。

【0034】 反射偏光器、部分反射器、及/或四分之一波延遲器亦可係相對於兩個正交軸彎曲。在一些實施例中，反射偏光器、第一四分之一波延遲器、及部分反射器中之各者係相對於兩個正交軸彎曲，且在一個實施例中，此等層或組件中之各者凸出朝向影像表面。在一些實施例中，提供介於光闌表面與影像表面之間之複數個表面，且反射偏光器、第一四分之一波延遲器、及部分反射器中之各者設置於該等表面中之一者上。此等層或組件可各自設置於不同表面上，或該等層或組件中之二或更多者可設置於單一表面上。在一些實施例中，一個、兩個、三個、或更多個透鏡設置於光闌表面與影像表面之間，且該複數個表面可包括該一或多個透鏡之主表面。該等透鏡中之一或多者可定位於反射偏光器與部分反射器之間，該等透鏡中之一或多者可定位於光闌表面與反射偏光器之間，且該等透鏡中之一或多者可定位於部分反射器與影像表面之間。

【0035】 例如，反射偏光器可係經熱成型之反射偏光器，且可係經熱成型之聚合多層光學膜反射偏光器，或可係經熱成型之線柵偏光器。熱成型係指在高於周圍溫度下進行的成型程序。合併反射偏光器的習知顯示器設計使用平直反射偏光器，或使用設置成相對於單一軸彎曲的圓柱狀彎曲形狀的反射偏光器。使反射偏光器彎曲成圓柱形不

會使該反射偏光器拉伸，且因此實質上不會改變其作為反射偏光器之性能。本說明之反射偏光器可係相對於兩個正交軸彎曲，且可由於使反射偏光器成型成彎曲形狀而被拉伸。根據本說明已發現，儘管反射偏光器被拉伸成複合彎曲的形狀，但是此類複合彎曲的反射偏光器可用於例如顯示器及相機應用之光學系統中，同時促成各種改良的光學性質（例如，分色減小、失真減小、視野改良、對比率改良等）。如本文其他地方進一步討論，已發現當在本說明之光學系統中使用時，由在熱成型之前經單軸定向的熱成型聚合多層光學膜製成之凸形反射偏光器係尤其有利的。在一些實施例中，經單軸定向之多層反射偏光器係 APF（Advanced Polarizing Film，可購自 3M Company, St. Paul, MN）。在一些實施例中，光學系統包括經熱成型之 APF，且光學系統中之入射於經熱成型之 APF 上的任何或實質上任何主光線具有低入射角（例如，小於約 30 度、小於約 25 度、或小於約 20 度）。圖 1 係光學系統 100 之示意剖面圖，光學系統 100 包括：影像表面 130；光闌表面 135；第一光學堆疊 110，其設置於影像表面 130 與光闌表面 135 之間；第二光學堆疊 120，其設置於第一光學堆疊 110 與光闌表面 135 之間。第一光學堆疊 110 及第二光學堆疊 120 中之各者沿著正交的第一軸及第二軸凸出朝向影像表面 130。在圖 1 中提供一 x-y-z 座標系。正交的第一軸及第二軸可分別係 x 軸及 y 軸。影像表面 130 具有最大橫向尺寸 A，且光闌表面 135 具有最大橫向尺寸 B。最大橫向尺寸可係圓形的影像表面或光闌表面之直徑，或可係矩形的影像表面或光闌表面之對角距離。在一些實施例中，A/B 可係至少 2、至少 3、至

少 4、或至少 5。影像表面 130 及/或光闌表面 135 可係實質上平坦或可係彎曲的。

【0036】 第一光學堆疊 110 包括第一光學透鏡 112，第一光學透鏡 112 具有相對的各自第一主表面 114 及第二主表面 116。第一主表面 114 及/或第二主表面 116 可具有設置於其上的一或多個層或塗層。第一光學堆疊 110 亦包括部分反射器，該部分反射器設置於第一主表面 114 及第二主表面 116 中之一者上，如本文其他地方進一步描述（參見例如，圖 2、及圖 3A 至圖 3C）。在複數個所欲或預定波長中，包括在本說明之光學系統中之部分反射器中之任一者可具有至少 30%之一平均光學反射率。該複數個所欲或預定波長可係可見波長範圍（例如，400 nm 至 700 nm）、紅外波長範圍、紫外波長範圍、或可見波長、紅外波長及紫外波長之某一組合。在一些實施例中，該複數個所欲或預定波長可係一窄波長範圍或複數個窄波長範圍，且部分反射器可係陷波反射器，該陷波反射器具有至少一個半高全寬不大於 100 nm 或不大於 50 nm 之反射頻帶。可藉由計算在該複數個所欲或預定波長範圍內的平均反射率來判定平均光學反射率。類似地，可藉由計算在該複數個所欲或預定波長範圍內的平均透射率來判定平均光學透射率。在一些實施例中，在該複數個所欲或預定波長中，部分反射器具有平均光學反射率及平均光學透射率，平均光學反射率及平均光學透射率各自在 30%至 70%之範圍內，或各自在 40%至 60%之範圍內。部分反射器可係例如半鏡。可使用任何合適的部分反射器。例如，可藉由塗佈一金屬（例如，銀或鋁）薄層於一透明基材上來構造

部分反射器。亦可例如藉由沉積薄膜介質塗層至透鏡之表面上，或藉由沉積金屬塗層及介質塗層之組合於透鏡之表面上來形成部分反射器。在一些實施例中，部分反射器可係第二反射偏光器，該第二反射偏光器可係多層聚合反射偏光器（例如，APF 或 DBEF）或可係線柵偏光器。

【0037】 第二光學堆疊包括第二光學透鏡 122，其具有第一主表面 124 及第二主表面 126。第一主表面 124 及/或第二主表面 126 可具有設置於其上的一或多個層或塗層。如本文其他地方進一步描述（參見例如圖 2、及圖 4A 至圖 4C），第二光學堆疊 120 可包括反射偏光器及第一四分之一波延遲器，其等彼此疊加設置（例如，四分之一波延遲器膜（例如，經定向之聚合物膜）層壓至反射偏光器膜，或四分之一波延遲器塗層（例如，液晶聚合物塗層）在反射偏光器膜上）且設置於第一主表面 124 及第二主表面 126 中之一者上，或反射偏光器設置於第一主表面 124 上，且第一四分之一波延遲器設置於第二主表面 126 上。例如，第一四分之一波延遲器可係與第二光學透鏡 122 一起模製之膜，或可係在第二光學透鏡 122 成型之後施加至第二主表面 126 之塗層。用於成型四分之一波延遲器之合適的塗層包括美國專利申請公開案第 US 2002/0180916 號（Schadt 等人）、第 US 2003/028048 號（Cherkaoui 等人）、及第 US 2005/0072959 號（Moia 等人）中所述之線性可光聚合聚合物(LPP)材料及液晶聚合物(LCP)材料。合適的 LPP 材料包括 ROP-131 EXP 306 LPP，且合適的 LCP 材料包括 ROF-5185 EXP 410 LCP，兩者均可購自 Rolic

Technologies, Allschwil, Switzerland。四分之一波延遲器可係依該複數個所欲或預定波長中之至少一個波長的四分之一波長。

【0038】 在一些實施例中，第二光學堆疊 120 在第一主表面 124 及第二主表面 126 中之一者上包括反射偏光器。光學系統 100 包括第一四分之一波延遲器，其設置於第一透鏡 112 與第二透鏡 122 之間。第一四分之一波延遲器可設置於第二光學堆疊 122 之第二表面 126 上（在此情況中，第一四分之一波延遲器可被視為第二光學堆疊 120 之部分，或第一四分之一波延遲器可被視為係設置於第一光學堆疊 110 與第二光學堆疊 120 之間），或可作為分開的組件有間隔地包括於第一光學堆疊 110 與第二光學堆疊 120 之間，或可設置於第一光學堆疊 110 之第一表面 114 上（在此情況下，其可視為第一光學堆疊 110 之部分，或其可視為係設置於第一光學堆疊 110 與第二光學堆疊 120 之間）。

【0039】 該多層反射偏光器實質上透射具有一第一偏光狀態之光且實質上反射具有一正交的第二偏光狀態之光。第一偏光狀態及第二偏光狀態可係線性偏光狀態。第一四分之一波延遲器設置於反射偏光器與第一光學堆疊 110 之間。

【0040】 本說明之光學堆疊可例如藉由以下製成：熱成型任何包括在光學堆疊中之膜，然後使用膜插入模製程序將透鏡射出模製至膜上。如本文其他地方進一步描述，反射偏光器膜可具有各向異性機械性質，若膜係熱成型於旋轉對稱的模具上，則該等各向異性機械性質可使膜在冷卻之後係旋轉不對稱。可能難以將旋轉不對稱的膜射出模

製至旋轉對稱的透鏡上，而不在膜中造成起皺或其他缺陷。已發現，若膜具有各向異性機械性質，則使用旋轉不對稱的熱成型模可在冷卻之後得到旋轉對稱的膜。可將旋轉對稱的透鏡插入模製至所得旋轉對稱的膜中，而不使經熱成型之膜起皺或以其他方式造成損壞。

【0041】 影像表面 130 可係形成影像之任何表面。在一些實施例中，影像源包含影像表面 130，且光闌表面 135 係出射光瞳。例如，影像表面 130 可係影像形成裝置之輸出表面，諸如顯示器面板。光闌表面 135 可係光學系統 100 之出射光瞳，且可經調適以與第二光學系統之入射光瞳重疊，第二光學系統可係例如觀察者之眼睛或相機。第二光學系統之入射光瞳可係例如觀察者之眼睛之入射光瞳。影像源可發射經偏光或未經偏光之光。在一些實施例中，影像表面 130 係孔徑，其經調適以接收從光學系統 100 外部的物體反射之光。

【0042】 光學系統 100 可包括一或多個額外延遲器。例如，第二四分之一波延遲器可包括在第一光學堆疊 110 中，且可設置於第一主表面 114 及第二主表面 116 中之一者上，或可設置於部分反射器上。例如，當影像表面 130 係產生經偏光之光的顯示器面板之表面時，包括第二四分之一波延遲器可係所欲的。顯示器面板可發射經線性偏光、經圓形偏光、或經橢圓偏光之光。例如，顯示器面板可係液晶顯示器(LCD)面板或液晶覆矽(LCoS)顯示器面板，且可發射經線性偏光之光。在一些實施例中，第二四分之一波延遲器設置於部分反射器與影像表面之間，且在一些實施例中，線性偏光器（例如，線性吸收偏光器或第二反射偏光器）設置於第二四分之一波延遲器與影像表面

130 之間。在一些實施例中，顯示器面板係實質上平直。在其他實施例中，使用彎曲的顯示器面板。例如，可使用彎曲的 OLED（有機發光二極體）顯示器。在一些實施例中，可使用透明或半透明的顯示器（例如，透明的 OLED、LCD、或電泳顯示器）。在一些實施例中，影像源包含影像表面，其中影像源可包括顯示器面板且可以可選地包括快門。在一些實施例中，快門（例如，液晶快門或 PDLC（聚合物分散液晶）快門、或光致變色快門、或可作為快門之可實體移除的屏障）可搭配透明或半透明的顯示器面板使用，以選擇性地允許或不允許周圍光行進穿過該透明或半透明的顯示器面板。半透明的顯示器面板在該顯示器面板之至少一個狀態中針對至少一個可見波長可具有至少 25 百分比、或至少 50 百分比之透射率。在一些實施例中，影像源可包含螢光(florescent)材料，其可用非可見光照射來產生可見影像。

【0043】 在一些實施例中，影像記錄器包含影像表面 130，且光闌表面 135 係入射光瞳。例如，在相機應用中，相機之孔徑光闌可係光學系統 100 之入射光瞳，且影像表面 130 可係相機之影像感測器之表面，影像感測器可例如係電荷耦合裝置(CCD)感測器或互補金屬氧化物半導體(CMOS)感測器。

【0044】 光學系統 100 可以折疊光軸 140 為中心，可由透射穿過影像表面 130 之中心光線之光徑來界定折疊光軸 140。光軸 140 係折疊的，因為中心光線之光徑在介於第一光學堆疊 110 與第二光學堆疊 120 之間的一段光徑中在負 z 方向上傳播，且在介於第一光學堆疊 110 與第二光學堆疊 120 之間的另一段光徑中在正 z 方向上傳播。

【0045】 第一光學堆疊 110 及第二光學堆疊 120 可具有實質上相同的形狀，或可具有不同的形狀。類似地，第一光學透鏡 112 及第二光學透鏡 122 可具有實質上相同的形狀，或可具有不同的形狀。反射偏光器、第一四分之一波延遲器、部分反射器、第一光學透鏡 112 之第一主表面 114 及第二主表面 116、以及第二光學透鏡 120 之第一主表面 124 及第二主表面 126 中之任何一或多者可具有非球面多項式垂度方程式(aspheric polynomial sag equation)所述之形狀。各種表面或層可具有相同的形狀，或可具有不同的形狀，且可由相同或不同的非球面多項式垂度方程式描述。非球面多項式垂度方程式可採取以下形式：

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + Dr^4 + Er^6 + Fr^8 + Gr^{10} + Hr^{12} + Ir^{14} \dots \text{ (方程式 1)}$$

其中 c 、 k 、 D 、 E 、 F 、 G 、 H 、及 I 係常數， z 係距頂點之距離（例如，圖 10 中之距離 $s1$ ），且 r 係徑向距離（例如，圖 10 中之距離 $r1$ ）。參數 k 可指代為錐形常數。本說明之任何光學系統可包括一反射偏光器、一或多個四分之一波延遲器、一部分反射器、及複數個主表面，該複數個主表面設置於影像表面與光闌表面之間。該反射偏光器、該一或多個四分之一波延遲器、該部分反射器、及該等主表面中之任何一或多者可具有非球面多項式垂度方程式所述之形狀。

【0046】 第一光學堆疊 110 設置在距影像表面 130 之距離 $d1$ 處，第二光學堆疊 120 設置在距第一光學堆疊 110 之距離 $d2$ 及距光闌

表面 135 之距離 d_3 處。在一些實施例中，距離 d_1 、 d_2 、及/或 d_3 係可調整的。在一些實施例中，介於影像表面 130 與光闌表面 135 之間的距離($d_1+d_2+d_3$)係固定的，且 d_1 及/或 d_3 係可調整的。例如，距離 d_1 、 d_2 、及/或 d_3 可係使用者可調整的，其藉由安裝第一光學堆疊 110 及第二光學堆疊 120 中之一或兩者於一軌道上，從而提供位置之機械調整。

【0047】 相對於第一光學堆疊 110 及/或第二光學堆疊 120 自身或相對於影像表面 130 及/或光闌表面 135 調整第一光學堆疊 110 及/或第二光學堆疊 120 之位置之能力允許光學系統 100 所提供之屈光度校正係可調整的。例如，移動第二光學堆疊 120 同時保持其餘組件固定，允許由影像表面 130 發射且透射穿過光闌表面的光線係可從在光闌表面 135 處係平行的調整成在光闌表面 135 處係會聚或發散的。在一些實施例中，可在機械調整裝置上指示屈光度值，可透過使用硬擋塊、掣子或類似裝置以實體方式來選擇屈光度值，或諸如用步進馬達、或結合電子度量使用馬達或線性致動器以電子方式來調整屈光度值。在一些實施例中，包含影像表面 130 之顯示器面板之影像大小可基於屈光度調整來改變。這可由使用者手動地進行，或經由調整裝置自動地進行。在其他實施例中，可提供一個、兩個、三個或更多個光學透鏡。在部分反射器設置於第一透鏡之表面上且反射偏光器設置於不同的第二透鏡之表面上的任何實施例中，至少部分地，藉由提供第一透鏡及/或第二透鏡之可調整的位置，及/或提供介於第一透鏡與第二透鏡之間的可調整的距離，可提供可改變的屈光度(dioptric power)。

【0048】 在一些實施例中，第一光學透鏡 112 及第二光學透鏡 122 中之一或兩者可經定形狀以提供屈光度值及/或柱鏡屈光度 (cylinder power) (例如，藉由模製具有環形表面之透鏡，環形表面可描述為在兩個正交方向上具有不同的曲率半徑的表面)，使得光學系統 100 可為使用者提供所欲的處方 (prescription) 校正。圖 28A 及圖 28B 中繪示在反射中具有球鏡屈光度及柱鏡屈光度且可用於本說明之光學系統中的複曲面透鏡之實例，該等圖分別係透鏡 2812 以在 $y-z$ 平面及 $x-z$ 平面中穿過透鏡之頂點的剖面之形式的剖面圖。 $y-z$ 平面 (圖 28A) 中之曲率半徑小於 $x-z$ 平面 (圖 28B) 中之曲率半徑。在一些實施例中，可藉由使用可被褶曲的薄塑膠透鏡來產生柱鏡屈光度。類似地，處方校正可藉由向一或多個透鏡提供合適的屈光力 (optical power) 來包括在本文所述之一個、兩個、三個或更多個透鏡光學系統中。在一些實施例中，光學系統可經調適以合併一處方透鏡，其設置於包含影像表面的顯示器面板與光學系統之其他透鏡之間，從而可不提供屈光度校正，或該系統可經調適以合併一處方透鏡，其設置於光闌表面與光學系統之其他透鏡之間，從而可不提供屈光度校正。

【0049】 可移動的光學透鏡之另一用途係最小化立體觀察器中之調節聚散失調 (vergence-accommodation mismatch)。在許多立體頭戴顯示器中，深度之感測係藉由將某些物體之左眼及右眼影像移動得更靠近在一起來產生。左眼及右眼會聚以清楚地看到物體之虛擬影像，且這是給出深度知覺的線索。但是，當眼睛觀察近處的真實物體時，眼睛不僅會聚，而且各眼睛之晶狀體聚焦 (亦稱為調節) 以將近處的

物體帶至視網膜之焦點。因為立體觀察器間存在聚散線索的差異且觀察近處物體虛擬影像時眼睛缺乏調節，許多立體頭戴顯示器之使用者可遭遇視覺不適、眼睛疲勞及/或噁心感。藉由調整第一透鏡及第二透鏡之位置，虛擬影像距離可調整至近點，使得眼睛聚焦以看到物體之虛擬影像。藉由組合聚散線索與調節線索，可調整光學系統中之一或多個透鏡之位置，使得可減小或實質上移除調節聚散失調。

【0050】 在一些實施例中，頭戴顯示器包括本說明之光學系統中之任一者，且亦可包括眼動追蹤(eye-tracking)系統。眼動追蹤系統可經組態以偵測使用者在看虛擬影像的哪個地方，且光學系統可經調適以藉由調整光學系統中之一或多個透鏡來調整虛擬影像距離，以匹配如同立體呈現的物體深度。

【0051】 在一些實施例中，第一光學透鏡 112 及/或第二光學透鏡 122 可經定形狀，以在反射或折射或兩者中具有球鏡屈光度及/或柱鏡屈光度。這可例如藉由使用具有所欲形狀的熱定型模具及膜插入模具來進行。可例如藉由在射出模製程序之後在旋轉對稱的透鏡冷卻時向其施加應力來產生柱鏡屈光度。或者，透鏡可藉由後處理、鑽石切削、磨碎或拋光來彎曲（球狀地、柱狀地或組合）。

【0052】 在一些實施例中，第一光學透鏡 112 及第二光學透鏡 122 中之一或兩者可動態地或靜態地在光學系統中褶曲。靜態褶曲之實例係一或多個固定螺絲或類似機構靜態地施加壓縮力或拉力至一或多個透鏡。在一些實施例中，固定螺絲可以環狀形式提供，以沿著多個軸提供散光校正，解決所有三種類型的散光：循規(with the rule)散

光、逆規(against the rule)散光、及斜射散光。這將提供準確的校正，諸如利用一般以 30 度或 15 度或 10 度的斜度之增量解決散光之眼鏡鏡片。固定螺絲之螺距可與柱鏡屈光度相關，以基於螺絲之匝或部分匝提供校正之測量。在一些實施例中，可使用壓電致動器、音圈致動器、或步進馬達致動器、或其他類型的致動器褶曲一或多個透鏡（例如，基於使用者對裝置的輸入，諸如輸入處方）。

【0053】 在處方透鏡術語中，平透鏡係不具有折射光屈光度之透鏡。在一些實施例中，第一光學透鏡 112 及/或第二光學透鏡 122 可係在透射中具有很少或不具有屈光力之平透鏡，但可在反射中具有屈光力（例如，歸因於透鏡之整體曲率）。第一光學透鏡 112 之第一主表面 114 及第二主表面 116 之曲率可相同的或實質上相同，且第二光學透鏡 122 之第一主表面 124 及第二主表面 126 之曲率可相同的或實質上相同。第一光學透鏡 112 及第二光學透鏡 122 可具有實質上相同的形狀。在一些實施例中，第一光學透鏡 112 及/或第二光學透鏡 122 可在透射中具有屈光力且亦可在反射中具有屈光力。

【0054】 光學系統 100 在第二光學堆疊 120 中包括一反射偏光器及一四分之一波延遲器，且在第一光學堆疊 110 中包括一部分反射器。該反射偏光器、該四分之一波延遲器、及該部分反射器在該等光學堆疊中之配置可存在各種可能性。圖 2 展示一種可能的配置；於圖 3A 至圖 4C 中描述其他配置。

【0055】 圖 2 係光學系統 200 之示意剖面圖，光學系統 200 包括：影像表面 230；光闌表面 235；第一光學堆疊 210，其設置於影像

表面 230 與光闌表面 235 之間；第二光學堆疊 220，其設置於第一光學堆疊 210 與光闌表面 235 之間。第一光學堆疊 210 及第二光學堆疊 220 中之各者沿著正交的第一軸及第二軸凸出朝向影像表面 230。在圖 2 中提供一 x - y - z 座標系。正交的第一軸及第二軸可分別係 x 軸及 y 軸。

【0056】 第一光學堆疊 210 包括第一光學透鏡 212，第一光學透鏡 212 具有相對的各自第一主表面 214 及第二主表面 216。第一光學堆疊 210 包括部分反射器 217，其設置於第一主表面 214 上。在複數個所欲或預定波長中，部分反射器 217 具有至少 30%之一平均光學反射率，且在該複數個所欲或預定波長中，部分反射器 217 可具有至少 30%之一平均光學透射率，該等波長可係本文其他地方所述之任何波長範圍。

【0057】 第二光學堆疊包括第二光學透鏡 222，其具有第一主表面 224 及第二主表面 226。第二光學堆疊 220 包括反射偏光器 227，其設置於第二主表面 226 上，且第二光學堆疊 220 包括四分之一波延遲器 225，其設置於反射偏光器 227 上。四分之一波延遲器 225 可係層壓於反射偏光器 227 上之膜，或可係施加至反射偏光器 227 之塗層。光學系統 200 可包括一或多個額外延遲器。例如，第二四分之一波延遲器可包括在第一光學堆疊 210 中，且可設置於第二主表面 216 上。第一四分之一波延遲器 225 及包括在光學系統 200 中之任何額外的四分之一波延遲器可係依該複數個預定或所欲波長中之至少一個波長的四分之一波延遲器。或者，第二光學堆疊 220 可描述為包括第二

透鏡 222 及設置於第二透鏡 222 上之反射偏光器 227，且第一四分之一波延遲器 225 可視為設置於第二光學堆疊 220 上而非包括在第二光學堆疊 220 中的分開之層或塗層。在此情況中，第一四分之一波延遲器 225 可描述為設置於第一光學堆疊 210 與第二光學堆疊 220 之間。在一些實施例中，第一四分之一波延遲器 225 可不附接至第二光學堆疊 220，且在一些實施例中，第一四分之一波延遲器 225 設置於第一光學堆疊 210 與第二光學堆疊 220 之間且與其等間隔開。在又其他實施例中，第一四分之一波延遲器 225 可設置於部分反射器 217 上，且可描述為包括在第一光學堆疊 210 中，或可描述為設置於第一光學堆疊 210 與第二光學堆疊 220 之間。

【0058】 光線 237 及 238 各自透射穿過影像表面 230 及光闌表面 235。光線 237 及 238 可各自從影像表面 230 透射至光闌表面 235（例如，在頭戴顯示器應用中），或光線 237 及 238 可從光闌表面 235 透射至影像表面 230（例如，在相機應用中）。光線 238 可係中心光線，其光徑界定光學系統 200 之折疊光軸 240，光學系統 200 可以折疊光軸 240 為中心。折疊光軸 240 可對應於折疊光軸 140。

【0059】 在光線 237 從影像表面 230 透射至光闌表面 235 之實施例中，光線 237（且光線 238 類似）依序透射穿過影像表面 230、透射穿過第二主表面 216（及其上之任何塗層或層）、透射穿過第一光學透鏡 212、透射穿過部分反射器 217、透射穿過設置於反射偏光器 227 上之四分之一波延遲器 225、從反射偏光器 227 反射、往回透射穿過四分之一波延遲器 225、從部分反射器 217 反射、透射穿過四分之

一波延遲器 225、透射穿過反射偏光器 227、透射穿過第二透鏡 222、且透射穿過光闌表面 235。光線 237 可在一偏光狀態中從影像表面 230 發射，其在行進穿過四分之一波延遲器 225 之後旋轉至第一偏光狀態。此第一偏光狀態對於反射偏光器 227 而言可係阻斷狀態。在光線 237 行進穿過第一四分之一波延遲器 225、從部分反射器 217 反射、且反向行進穿過四分之一波延遲器 225 之後，其偏光狀態係實質上正交於第一偏光狀態之第二偏光狀態。光線 237 可因此在其第一次入射於反射偏光器 227 上時從反射偏光器 227 反射，且可在其第二次入射於反射偏光器 227 上時透射穿過反射偏光器 227。

【0060】 其他光線（未繪示）當在負 z 方向上入射於部分反射器 217 上時從部分反射器 217 反射，或當在正 z 方向上入射於部分反射器 217 上時由部分反射器 217 透射。此等光線可離開光學系統 200。

【0061】 在一些實施例中，當主光線第一次或每次入射於第一光學堆疊 210 或第二光學堆疊 220 上時，行進穿過影像表面 230 及光闌表面 235 之實質上任何主光線以小於約 30 度、小於約 25 度、或小於約 20 度之入射角入射於第一光學堆疊 210 及第二光學堆疊 220 中之各者上。在本說明之任何光學系統中，當主光線第一次或每次入射於入射於反射偏光器或部分反射器上時，行進穿過影像表面及光闌表面之實質上任何主光線以小於約 30 度、小於約 25 度、或小於約 20 度之入射角入射於反射偏光器及部分反射器中之各者上。若透射穿過光闌表面及影像表面之所有主光線中之大部分（例如，約 90 百分比或更多、

或約 95 百分比或更多、或約 98 百分比或更多) 滿足一條件，則可稱實質上任何主光線均滿足該條件。

【0062】 各種因素可造成在影像表面 230 所發射之光第一次入射於反射偏光器 227 上時，光部分透射穿過反射偏光器 227。這可導致在光闌表面 235 處的非所要的重像或影像模糊。此等因素可包括各種偏光組件在成型期間之性能劣化及光學系統 200 中之非所要的雙折射。此等因素之作用可組合而降低光學系統 200 之對比率及效率。此等因素對對比率之作用可見於例如圖 14 中，該圖展示當藉由影像表面 230 發射時隨著具有通過狀態的偏光之光之百分比而變化的在光闌表面 235 處的對比率，經由光學建模來判定該對比率，該光在行進穿過第一四分之一波延遲器 225 及設置於第一透鏡 212 之第二主表面 216 上之第二四分之一波延遲器（未繪示）之後第一次入射於反射偏光器 227 上時由反射偏光器 227 阻斷。可藉由使用相對較薄的光學透鏡（其例如可減小透鏡中之非所要的雙折射）及使用薄光學膜（其可例如減小由熱成型光學膜引起之光學假影）來最小化此類因素。在一些實施例中，第一光學透鏡 212 及第二光學透鏡 222 各自具有小於 7 mm、小於 5 mm、或小於 3 mm 之厚度，且可具有在例如 1 mm 至 5 mm、或 1 mm 至 7 mm 之範圍內的厚度。在一些實施例中，反射偏光器 227 可具有小於 75 微米、小於 50 微米、或小於 30 微米之厚度。在一些實施例中，在光學系統 200 之視野上，光闌表面 235 處之對比率係至少 40、或至少 50、或至少 60、或至少 80、或至少 100。已發現，相較於使用其他相對於兩個正交軸彎曲的反射偏光器，若反射偏

光器 227 係經熱成型之（使得其係相對於兩個正交軸彎曲）多層光學膜，該膜在熱成型之前經單軸定向（例如，APF），則對比率可係顯著較高的。亦可使用其他反射偏光器，諸如非單軸定向的多層聚合膜反射偏光器或線柵偏光器。

【0063】 已發現，合適地選擇各種主表面（例如，第二主表面 226 及第一主表面 214）之形狀使光學系統可提供足夠低的失真，使得影像不必係預失真的。在一些實施例中，經調適以發射無失真影像的影像源包含影像表面 230。部分反射器 217 及反射偏光器 227 可選擇不同的形狀，使得光闌表面 235 透射之所發射無失真影像之失真小於在光闌表面 235 處之視野之約 10%、或小於約 5%、或小於約 3%。在光闌表面處之視野可例如大於 80 度、大於 90 度、或大於 100 度。

【0064】 圖 3A 至圖 3C 係光學堆疊 310a 至 310c 之部分之剖面圖，其等中之任一者可對應於第二光學堆疊 110。儘管於圖 3A 至圖 3C 中未展示，但是光學堆疊 310a 至 310c 可各自係相對於兩個正交軸彎曲。光學堆疊 310a 至 310c 中之各者包括透鏡 312（其可對應於光學透鏡 112），透鏡 312 具有第一主表面 314 及第二主表面 316。光學堆疊 310a 包括：四分之一波延遲器 315，其可以可選地被省略，設置於第一主表面 314 上；及部分反射器 317，其設置於第二主表面 316 上。光學堆疊 310b 包括：部分反射器 317，其設置於第一主表面 314 上；及四分之一波延遲器 315，其可以可選地被省略，設置於部分反射器 317 上而與光學透鏡 312 相對。光學堆疊 310c 包括四分之一波

延遲器 315，其設置於第二主表面 316 上，且光學堆疊 310c 包括部分反射器 317，其設置於四分之一波延遲器 315 上而與透鏡 312 相對。

【0065】 圖 4A 至圖 4C 係光學堆疊 420a 至 420c 之部分之剖面圖，其等中之任一者可對應於第二光學堆疊 120。光學堆疊 420a 至 420c 可各自係相對於兩個正交軸彎曲。光學堆疊 420a 至 420c 中之各者包括透鏡 422（其可對應於光學透鏡 422），透鏡 422 具有第一主表面 424 及第二主表面 426。光學堆疊 420a 包括：四分之一波延遲器 425，其設置於第一主表面 424 上；及反射偏光器 427，其設置於第二主表面 426 上。光學堆疊 420b 包括反射偏光器 427，其設置於第一主表面 424 上，及四分之一波延遲器 425，其設置於反射偏光器 427 上而與透鏡 422 相對（如在圖 2 中）。光學堆疊 420c 包括：四分之一波延遲器 425，其設置於第二主表面 426 上，且光學堆疊 420c 包括反射偏光器 427，其設置於四分之一波延遲器 425 上而與透鏡 422 相對。

【0066】 於圖 5 中展示一替代實施例，該圖係光學系統 500 之示意剖面圖，光學系統 500 包括影像表面 530、光闌表面 535、及整合式光學堆疊 510，整合式光學堆疊 510 包括光學透鏡 512，其具有第一主表面 514 及第二主表面 516。第一主表面 514 及/或第二主表面 516 可具有設置於其上的一或多個層或塗層。整合式光學堆疊 510 亦包括部分反射器、多層反射偏光器、及第一四分之一波延遲器。此等各種層或組件可設置於第一主表面 514 及第二主表面 516 中之一或多者上。例如，在一些實施例中，部分反射器可設置於第一主表面 514 上，第一四分之一波延遲器可設置於部分反射器上，且反射偏光器可

設置於第一四分之一波延遲器上。在一些實施例中，第二四分之一波延遲器可設置於第二主表面 516 上。在一些實施例中，反射偏光器設置於第二主表面 516 上，四分之一波延遲器設置於反射偏光器上，且部分反射器設置於四分之一波延遲器上。在一些實施例中，第二四分之一波延遲器設置於部分反射器上。在一些實施例中，反射偏光器設置於第一主表面 514 上，且第一四分之一波延遲器設置於第二主表面 516 上，其中部分反射器及可選的第二四分之一波延遲器設置於第一四分之一波延遲器上。在一些實施例中，第一四分之一波延遲器設置於第一主表面 514 上，其中反射偏光器設置於第一四分之一波延遲器上，且部分反射器設置於第二主表面 516 上，其中可選的第二四分之一波延遲器設置於部分反射器上。

【0067】 影像表面 530 具有第一最大橫向尺寸，且光闌表面 535 具有第二最大橫向尺寸。在一些實施例中，第一最大橫向尺寸除以第二最大橫向尺寸可係至少 2、至少 3、至少 4、或至少 5。影像表面 530 及/或光闌表面 635 可係實質上平坦或可係相對於一或多個軸彎曲。

【0068】 在複數個所欲或預定波長中，部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率，且在該複數個所欲或預定波長中，部分反射器可具有至少 30% 之一平均光學透射率，該等波長可係本文其他地方所述之任何波長範圍。包括在光學系統 500 中之四分之一波延遲器可係依該複數個預定或所欲波長中之至少一個波長的四分之一波延遲器。多層反射偏光器實質上透射具有第一偏光狀態（例如，在第一方向上

線性偏光)的光，且實質上反射具有正交的第二偏光狀態(例如，在正交於第一方向的第二方向上線性偏光)的光。如本文其他地方進一步描述，例如，多層反射偏光器可係聚合多層反射偏光器(例如，APF)，或可係線柵偏光器。

【0069】 光學系統 500 可以折疊光軸 540 為中心，可由透射穿過影像表面 530 之中心光線之光徑來界定折疊光軸 540。

【0070】 已發現，使用單一整合式光學堆疊(諸如整合式光學堆疊 510)可在小型系統中提供高視野。透射穿過影像表面 530 之外邊緣的光線 537 係主光線，其以視角 θ 在折疊光軸 540 處與光闌表面 535 相交，該視角可係例如至少 40 度、至少 45 度、或至少 50 度。在光闌表面 535 處之視野係 2θ ，其可例如係至少 80 度、至少 90 度、或至少 100 度。

【0071】 圖 6 係光學系統 600 之示意剖面圖，光學系統 600 可對應於光學系統 500，其包括影像表面 630、光闌表面 635、整合式光學堆疊 610，整合式光學堆疊 610 包括光學透鏡 612，其具有第一主表面 614 及第二主表面 616。第一四分之一波延遲器 625 設置於光學透鏡 612 之第一主表面 614 上，且反射偏光器 627 設置於第一四分之一波延遲器 625 上而與光學透鏡 612 相對。部分反射器 617 設置於光學透鏡 612 之第二主表面 616 上，且第二四分之一波延遲器 615 設置於部分反射器 617 上而與光學透鏡 612 相對。光學系統 600 可以折疊光軸 640 為中心，可由透射穿過影像表面 630 之中心光線之光徑來界定折疊光軸 640。

【0072】 整合式光學堆疊 610 可藉由以下製成：首先形成反射偏光器 627 與塗佈或層壓至反射偏光器 627 之第一四分之一波延遲器 625，然後將所得膜熱成型成所欲形狀。如本文其他地方進一步描述，熱成型工具可具有不同於所欲形狀之形狀，使得膜在冷卻之後獲得所欲形狀。部分反射器 617 及第二四分之一波延遲器 615 可藉由以下製備：塗佈四分之一波延遲器至部分反射膜上，塗佈部分反射器塗層至四分之一波延遲器膜上，將部分反射器膜及四分之一波延遲器膜層壓在一起，或首先在膜插入模製程序中形成透鏡 612（其可形成於包括反射偏光器 627 及第一四分之一波延遲器 625 之膜上），然後塗佈部分反射器 617 於第二主表面 616 上且塗佈四分之一波延遲器 615 於部分反射器 617 上。在一些實施例中，提供第一膜，其包括反射偏光器 627 及第一四分之一波延遲器 625，提供第二膜，其包括部分反射器 617 及第二四分之一波延遲器 615，然後在膜插入模製程序中藉由在第一經熱成型膜與第二經熱成型膜之間射出模製透鏡 612 來形成整合式光學堆疊 610。第一膜及第二膜可在射出模製步驟之前經熱成型。本說明之其他光學堆疊可藉由以下類似地製成：熱成型光學膜，其可係經塗佈之膜或層板；及使用膜插入模製程序製備光學堆疊。膜插入模製程序中可包括第二膜，使得模製程序中所形成之透鏡設置於膜之間。

【0073】 影像源 631 包括影像表面 630，且光闌表面 635 係光學系統 600 之出射光瞳。影像源 631 可係例如顯示器面板。在其他實施例中，顯示器面板不存在，且替代地，影像表面 630 係孔徑，其經調

適以接收從光學系統 600 外部的物體反射之光。具有入射光瞳 634 之第二光學系統 633 設置成靠近光學系統 600，其中光闌表面 635 重疊入射光瞳 634。第二光學系統 633 可係例如相機，其經調適以記錄透射穿過影像表面之影像 637。在一些實施例中，第二光學系統係觀察者之眼睛，且入射光瞳 634 係觀察者之眼睛之瞳孔。在此類實施例中，光學系統 600 可調適用於頭戴顯示器中。

【0074】 在複數個所欲或預定波長中，部分反射器 617 具有至少 30% 之一平均光學反射率，且在該複數個所欲或預定波長中，部分反射器 617 可具有至少 30% 之一平均光學透射率，該等波長可係本文其他地方所述之任何波長範圍。第一四分之一波延遲器 625 及包括在光學系統 600 中之任何額外的四分之一波延遲器可係依該複數個預定或所欲波長中之至少一個波長的四分之一波延遲器。多層反射偏光器 627 實質上透射具有第一偏光狀態（例如，在第一方向上線性偏光）的光，且實質上反射具有正交的第二偏光狀態（例如，在正交於第一方向的第二方向上線性偏光）的光。如本文其他地方進一步描述，例如，多層反射偏光器 627 可係聚合多層反射偏光器（例如，APF），或可係線柵偏光器。

【0075】 光線 637 從影像源 631 發射且透射穿過影像表面 630 及光闌表面 635。光線 637 透射穿過第二四分之一波延遲器 615 及部分反射器 617 至透鏡 612 中且穿過透鏡 612。其他光線（未繪示）在行進穿過第二四分之一波延遲器 615 之後從部分反射器 617 反射，且從光學系統 600 損失。在第一次行進穿過透鏡 612 之後，光線行進穿過

第一四分之一波延遲器 625 且從反射偏光器 627 反射。影像源 631 可經調適以發射具有沿著反射偏光器 627 之通過軸的偏光之光，使得在通過第二四分之一波延遲器 615 及第一四分之一波延遲器 625 兩者之後，其沿著反射偏光器 627 之阻斷軸偏光，且因此當其第一次入射於反射偏光器 627 時從反射偏光器 627 上反射。在一些實施例中，於顯示器面板 631 與第二四分之一波延遲器 617 之間包括線性偏光器，使得入射於第二四分之一波延遲器 615 上之光具有所欲偏光。在光線 637 從反射偏光器 627 反射之後，其反向行進穿過第一四分之一波延遲器 625 及透鏡 612，且隨後從部分反射器 617 反向反射（其他未繪示的光線透射穿過部分反射器 617）穿過透鏡 612，且隨後再次入射於反射偏光器 627 上。在行進穿過第一四分之一波延遲器 625、從部分反射器 617 反射且反向行進穿過第一四分之一波延遲器 625 之後，光線 637 具有沿著反射偏光器 627 之通過軸的偏光。光線 637 因此透射穿過反射偏光器 627，且隨後透射穿過光闌表面 635 至第二光學系統 633 中。

【0076】 在替代實施例中，用如圖 1 至圖 2 中的第一光學堆疊及第二光學堆疊取代整合式光學堆疊 610，或用如圖 8 中的第一光學堆疊、第二光學堆疊、及第三光學堆疊取代整合式光學堆疊 610。

【0077】 圖 7 係光學系統 700 之示意剖面圖，光學系統 700 可對應於光學系統 500，其包括影像表面 730、光闌表面 735、及整合式光學堆疊 710，整合式光學堆疊 710 包括光學透鏡 712，其具有第一主表面 714 及第二主表面 716。第一四分之一波延遲器 725 設置於光學

透鏡 712 上，且反射偏光器 727 設置於第一四分之一波延遲器 725 上。部分反射器 717 設置於第二主表面 716 上。光學系統 700 可以折疊光軸 740 為中心，可由透射穿過影像表面 730 之中心光線之光徑來界定折疊光軸 740。

【0078】 影像記錄器 732 包括影像表面 730，且光闌表面 735 係光學系統 700 之入射光瞳。光闌表面可例如係相機之孔徑光闌。影像記錄器 732 可係例如 CCD 或 CMOS 裝置。光學系統 700 可係相機或相機之組件，且可設置於例如手機中。

【0079】 在複數個所欲或預定波長中，部分反射器 717 具有至少 30% 之一平均光學反射率，且在該複數個所欲或預定波長中，部分反射器 717 可具有至少 30% 之一平均光學透射率，該等波長可係本文其他地方所述之任何波長範圍。第一四分之一波延遲器 725 及包括在光學系統 700 中之任何額外的四分之一波延遲器可係依該複數個預定或所欲波長中之至少一個波長的四分之一波延遲器。多層反射偏光器 727 實質上透射具有第一偏光狀態（例如，在第一方向上線性偏光）的光，且實質上反射具有正交的第二偏光狀態（例如，在正交於第一方向的第二方向上線性偏光）的光。如本文其他地方進一步描述，例如，多層反射偏光器 727 可係聚合多層反射偏光器（例如，APF），或可係線柵偏光器。

【0080】 光線 737 透射穿過光闌表面 735 且透射穿過影像表面 730 至影像記錄器 732 中。光線 737 依序透射穿過反射偏光器 727（其他未繪示之光線可由反射偏光器 727 反射）、透射穿過四分之一

波延遲器 725 及光學透鏡 712、從部分反射器 717 反射，且往回透射穿過透鏡 712 及四分之一波延遲器、從反射偏光器 727 反射、且透射穿過四分之一波延遲器 725、透鏡 712、及部分反射器 717。光線 737 隨後透射穿過影像表面 730 至影像記錄器 732 中。

【0081】 整合式光學堆疊 510、610、及 710 中之任一者可以可選地包括第二透鏡，其相鄰於第一透鏡，其中反射偏光器、四分之一波延遲器、及部分反射器中之一或多者設置於兩個透鏡之間。可使用光學清透黏著劑將兩個透鏡層壓在一起。圖 26 係整合式光學堆疊 2610 之示意剖面圖，其可用於代替分別光學系統 500、600、及 700 中之整合式光學堆疊 510、610、及 710 中之任一者。整合式光學堆疊 2610 包括：第一透鏡 2612；第二透鏡 2622；及四分之一波延遲器 2625，其設置於第一透鏡 2612 與第二透鏡 2622 之間。四分之一波延遲器 2625 可例如塗佈至第二透鏡 2622 之主表面上，且光學清透黏著劑可用於附接四分之一波延遲器 2625 至第一透鏡 2612。或者，四分之一波延遲器 2625 可塗佈至第一透鏡 2612 之主表面上，且光學清透黏著劑可用於附接四分之一波延遲器 2625 至第二光學透鏡 2622。在其他實施例中，四分之一波延遲器 2625 可係分開之膜，其層壓至第一透鏡 2612 及第二透鏡 2622 兩者。光學堆疊包括反射偏光器 2627，其設置於第二透鏡 2622 之主表面上而與第一透鏡 2612 相對，且包括部分反射器 2617，其設置於第一透鏡 2612 之主表面上而與第二透鏡 2622 相對。部分反射器 2617、四分之一波延遲器 2625、及反射偏光

器 2627 可分別對應於在本文其他地方描述之部分反射器、四分之一波延遲器、及反射偏光器中之任一者。

【0082】 第一透鏡 2612 及第二透鏡 2622 可分別由第一材料及第二材料形成，該等材料可相同的或不同。例如，透鏡 2612、2622 之材料可係相同的玻璃、可係不同的玻璃、可係相同的聚合物、可係不同的聚合物，或一者可係玻璃且另一者可係聚合物。選擇用於透鏡之材料將一般表現出相同的分散度（折射率對於波長之相依性）。在一些情況中，可藉由對於不同的透鏡選擇不同的材料來減小分散作用，使得一個透鏡中之分散補償或部分補償另一透鏡中之分散。材料之阿貝數可用於量化材料之分散。阿貝數給出為 $(n_D-1)/(n_F-n_C)$ ，其中 n_D 係在 589.3 nm 的折射率， n_F 係在 486.1 nm 的折射率，且 n_C 係在 656.3 nm 的折射率。在一些實施例中，第一透鏡 2612 及第二透鏡 2622 具有不同的阿貝數。在一些實施例中，第一透鏡 2612 及第二透鏡 2622 之阿貝數之差係在 5 至 50 之範圍內。在一些實施例中，第一透鏡 2612 及第二透鏡 2622 中之一者具有大於 45、或大於 50 之阿貝數，且第一透鏡 2612 及第二透鏡 2622 中之另一者具有小於 45、或小於 40 之阿貝數。這樣可例如藉由針對透鏡中之一者使用玻璃，且針對透鏡中之另一者使用聚合物來達成。

【0083】 本說明之光學系統可包括設置於影像表面與光闌表面之間的一個、兩個、三個、或更多個透鏡。在一些實施例中，複數個主表面設置於影像表面與光闌表面之間，其中各主表面沿著第一軸及第二軸凸出朝向影像表面。在一些實施例中，包括至少六個此類主表

面。在一些實施例中，至少六個不同的主表面具有至少六個不同的凸性。例如當利用具有高解析度的小面板時，光學系統中包括三個或更多個透鏡可係可實用的，此係因為具有三個或更多個透鏡提供六個或更多個主表面，該等主表面之形狀可經選擇以在光學系統之光闌表面處給出所欲光學性質（例如，大視野）。

【0084】 圖 8 係光學系統 800 之示意剖面圖，光學系統 800 包括：第一光學透鏡 812，其具有第一主表面 814 及第二主表面 816；第二光學透鏡 822，其具有第一主表面 824 及第二主表面 826；及第三光學透鏡 862，其具有第一主表面 864 及第二主表面 866，其等各自設置於影像表面 830 與光闌表面 835 之間。影像表面 830 及/或光闌表面 835 可係實質上平坦或可係彎曲的。第一光學表面及第二光學表面中之任一者可在其上包括一或多個層或塗層，如本文其他地方進一步描述。光學系統 800 包括設置於影像表面 830 與光闌表面 835 之間的部分反射器、多層反射偏光器、及第一四分之一波延遲器。此等組件中自各者可設置於主表面 864、866、824、826、814、及 816 中之一者上。在一些實施例中，部分反射器設置於第二光學透鏡 822 之第一主表面 824 上。在一些實施例中，多層反射偏光器設置於第三光學透鏡 862 之第一主表面 864 或第二主表面 866 上。在一些實施例中，第一四分之一波延遲器設置於多層反射偏光器上。在一些實施例中，第一四分之一波延遲器設置於第三光學透鏡 862 之第一主表面 864 上，且多層反射偏光器設置於多層反射偏光器上。在一些實施例中，光學系統 800 中包括第二四分之一波延遲器。第二四分之一波延遲器

可設置於第二光學透鏡 822 之第二主表面 826 上，或可設置於第一光學透鏡 812 之第一主表面 814 及第二主表面 816 中之一者上。

【0085】 影像表面 830 具有第一最大橫向尺寸，且光闌表面 835 具有第二最大橫向尺寸。在一些實施例中，第一最大橫向尺寸除以第二最大橫向尺寸可係至少 2、至少 3、至少 4、或至少 5。

【0086】 光學系統 800 可以折疊光軸 840 為中心，可由透射穿過影像表面 830 之中心光線之光徑來界定折疊光軸 840。

【0087】 可在複數個預定或所欲波長中，部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率，且在該複數個預定或所欲波長中，部分反射器可具有至少 30% 之一平均光學透射率，該等波長可係本文其他地方所述之任何波長範圍。第一四分之一波延遲器及包括在光學系統 800 中之任何額外的四分之一波延遲器可係依該複數個預定或所欲波長中之至少一個波長的四分之一波延遲器。多層反射偏光器可實質上透射具有第一偏光狀態之光（第一偏光狀態可係線性偏光狀態），且實質上反射具有正交的第二偏光狀態之光（正交的第二偏光狀態可係正交的線性偏光狀態）。如本文其他地方進一步描述，例如，多層反射偏光器可係聚合多層反射偏光器（例如，APF），或可係線柵偏光器。

【0088】 在一些實施例中，主表面主表面 864、866、824、826、814、及 816 中之各者具有之凸性不同於其餘主表面中之各者之凸性。換言之，主表面主表面 864、866、824、826、814、及 816 可具有六個不同的凸性。

【0089】 影像源可包含影像表面 830，且光闌表面 835 可係出射光瞳，其可經調適以重疊第二光學系統之入射光瞳。第二光學系統之入射光瞳可係例如觀察者之眼睛之入射光瞳。或者，影像記錄器包含影像表面 830，且光闌表面 835 可係入射光瞳。

【0090】 圖 9 係光學系統 900 之示意剖面圖，光學系統 900 包括第一光學透鏡 912 及第二光學透鏡 922，其等設置於影像表面 930 與光闌表面 935 之間。光學系統 900 可對應於光學系統 100 或 200。如本文其他地方進一步描述，影像表面 930 可係影像源（諸如顯示器面板）之表面，且光闌表面 935 可係出射光瞳。第一透鏡 912 包括第一主表面 914 及第二主表面 916。第一主表面 914 包括設置於其上的一或多個層 914。第二主表面 916 亦可包括設置於其上的一或多個層。第二透鏡 922 包括第一主表面 924 及第二主表面 926。第二主表面 926 包括設置於其上的一或多個層 945。在一些實施例中，第一主表面 924 亦可包括設置於其上的一或多個層。在繪示實施例中，一或多個層 945 包括設置於第二主表面 926 上之反射偏光器，且包括設置於反射偏光器上之第一四分之一波延遲器。在繪示實施例中，一或多個層 943 包括部分反射器。在一些實施例中，如本文其他地方進一步描述，反射偏光器、第一四分之一波延遲器、及部分反射器設置於第一透鏡 912 及第二透鏡 922 之不同表面上。

【0091】 主光線 937 以及包絡光線 939a 及 939b 透射穿過影像表面 930 且穿過光闌表面 935。主光線 937 以及包絡光線 939a 及 939b 自影像表面 930 傳播且穿過光闌表面 935。在其他實施例中，光徑之

方向係逆向的，且影像表面 930 可係影像記錄器之表面。包絡光線 939a 及 939b 在光闌表面 935 之邊界處與光闌表面 935 相交，同時主光線 937 在光軸 940 處與光闌表面 935 相交，可由透射穿過影像表面 930 之中心光線之光徑界定光軸 940。

【0092】 主光線 937 以入射角 θ 在光軸 940 處入射於光闌表面 935 上。光學系統 900 之視野係沿著光軸 940 入射於光闌表面 935 上之主光線在光闌表面 935 上之最大入射角的兩倍。在一些實施例中，光學系統 900 具有低色像差。例如，在一些實施例中，在可見波長範圍內至少具有相隔至少 150 nm 之第一波長及第二波長（例如，第一波長及第二波長分別係 486 nm 及 656 nm）且透射穿過影像表面 930 及光闌表面 935 的實質上任何主光線在光闌表面 935 處所具有之一分色距離小於在光闌表面 935 處之一視野的 1.5 百分比、或小於 1.2 百分比。在一些實施例中，在可見波長範圍內至少具有相隔至少 150 nm 之第一波長及第二波長且透射穿過影像表面 930 及光闌表面 935 的實質上任何主光線在光闌表面 935 處所具有之一分色距離小於 20 弧分、或小於 10 弧分。

【0093】 於圖 18 至圖 23 中繪示本說明之額外光學系統。圖 18 係光學系統 1800 之剖面圖，光學系統 1800 包括光學堆疊 1810、影像表面 1830、及光闌表面 1835。影像表面 1830 係面板 1889 之表面。光學堆疊 1810 包括：透鏡 1812；反射偏光器 1827，其設置於透鏡 1812 之面對光闌表面 1835 的主表面上；及部分反射器 1817，其設置於透鏡 1812 之面對影像表面 1830 的主表面上。四分之一波延遲器包

括在光學堆疊 1810 中，介於反射偏光器與透鏡 1812 之間，或介於部分反射器與透鏡 1812 之間。透鏡 1812 係相對於正交軸（例如，x 軸及 y 軸）凸出朝向影像表面 1830。繪示在影像表面 1830 之三個位置處的三束光線。各束中之光線在光闌表面 1835 處實質上平行。光線可主要從光闌表面 1835 行進至影像表面 1830（例如，在相機應用中），或可主要從影像表面 1830 行進至光闌表面 1835（例如，在顯示器應用中）。面板 1889 可係顯示器面板，或可係影像記錄面板。反射偏光器之反射孔徑可實質上係反射偏光器之整個面積，或可包括除接近反射偏光器之邊界之部分外的反射偏光器之整個面積。在繪示實施例中，反射偏光器 1827 具有反射孔徑 1814，其實質上與透鏡 1812 之面對光闌表面 1835 的主表面之整個面積重合。

【0094】 圖 19 係光學系統 1900 之剖面圖，光學系統 1900 包括第一光學堆疊 1910、第二光學堆疊 1920、影像表面 1930、及光闌表面 1935。影像表面 1930 係面板 1989 之表面。第一光學堆疊 1910 包括：透鏡 1912；及部分反射器，其設置於透鏡 1912 之面對光闌表面 1935 之主表面上。第二光學堆疊 1920 包括透鏡 1922，且包括反射偏光器，其設置於透鏡 1922 之面對影像表面 1930 之主表面上。包括四分之一波延遲器，其設置於面對部分反射器之反射偏光器上，或設置於面對反射偏光器之部分反射器上。透鏡 1912 及透鏡 1922 係相對於正交軸（例如，x 軸及 y 軸）凸出朝向影像表面 1930。繪示在影像表面 1930 之三個位置處的三束光線。各束中之光線在光闌表面 1935 處實質上平行。光線可主要從光闌表面 1935 行進至影像表面 1930（例

如，在相機應用中），或可主要從影像表面 1930 行進至光闌表面 1935（例如，在顯示器應用中）。面板 1989 可係顯示器面板，或可係影像記錄面板。

【0095】 圖 20 係光學系統 2000 之剖面圖，光學系統 2000 包括具有第一透鏡 2012 之光學堆疊 2010、第二透鏡 2022、影像表面 2030、及光闌表面 2035。影像表面 2030 係面板 2089 之表面。光學堆疊 2010 包括反射偏光器，其設置於第一透鏡 2012 之面對光闌表面 2035 的主表面上，且包括部分反射器，該部分反射器設置於第一透鏡 2012 之面對影像表面 2030 的主表面上。四分之一波延遲器包括在光學堆疊 2010 中，介於反射偏光器與第一透鏡 2012 之間，或介於部分反射器與第一透鏡 2012 之間。反射偏光器及部分反射器係相對於正交軸（例如，x 軸及 y 軸）凸出朝向影像表面 2030。繪示在影像表面 2030 之三個位置處的三束光線。各束中之光線在光闌表面 2035 處實質上平行。光線可主要從光闌表面 2035 行進至影像表面 2030（例如，在相機應用中），或可主要從影像表面 2030 行進至光闌表面 2035（例如，在顯示器應用中）。面板 2089 可係顯示器面板，或可係影像記錄面板。

【0096】 圖 21 係光學系統 2100 之剖面圖，光學系統 1900 包括第一光學堆疊 2110、第二光學堆疊 2120、影像表面 2130、及光闌表面 2135。影像表面 2130 係面板 2189 之表面。第一光學堆疊 2110 包括：透鏡 2122；及部分反射器，其設置於透鏡 2112 之面對影像表面 2130 之主表面上。第二光學堆疊 2120 包括透鏡 2122，且包括反射偏

光器，其設置於透鏡 2122 之面對影像表面 2130 之主表面上。光學系統 2100 中包括四分之一波延遲器，其設置於面對部分反射器之反射偏光器上，或設置於面對反射偏光器之部分反射器上，或設置於透鏡 2112 之面對光闌表面 2135 的主表面上。反射偏光器係相對於正交軸（例如，x 軸及 y 軸）凸出朝向影像表面 2130。部分反射器可係實質上平直。繪示在影像表面 2130 之三個位置處的三束光線。各束中之光線在光闌表面 2135 處實質上平行。光線可主要從光闌表面 2135 行進至影像表面 2130（例如，在相機應用中），或可主要從影像表面 2130 行進至光闌表面 2135（例如，在顯示器應用中）。面板 2189 可係顯示器面板，或可係影像記錄面板。

【0097】 圖 22 係光學系統 2200 之剖面圖，光學系統 2200 包括第一透鏡 2212、具有第二透鏡 2222 之光學堆疊 2220、影像表面 2230、及光闌表面 2235。光學堆疊 2220 包括部分反射器，該部分反射器設置於透鏡 2222 之面對影像表面 2230 的主表面上，且光學堆疊 2220 包括反射偏光器，該反射偏光器設置於透鏡 2222 之面對光闌表面 2235 的主表面上。光學系統 2200 中包括四分之一波延遲器，其設置於面對部分反射器之反射偏光器上，或設置於面對反射偏光器之部分反射器上。反射偏光器係相對於正交軸（例如，x 軸及 y 軸）凸出朝向光闌表面 2235。部分反射器可係實質上平直，或可係凸形或凹形。繪示在影像表面 2230 之三個位置處的三束光線。各束中之光線在光闌表面 2235 處係實質上平行的。光線可主要從光闌表面 2235 行進

至影像表面 2230（例如，在相機應用中），或可主要從影像表面 2230 行進至光闌表面 2235（例如，在顯示器應用中）。

【0098】 圖 23 係光學系統 2300 之剖面圖，光學系統 2300 包括第一透鏡 2312、包括第二透鏡 2322 之光學堆疊 2320、包括第三透鏡 2362 之光學堆疊 2360、影像表面 2330、及光闌表面 2335。光學堆疊 2320 包括部分反射器，該部分反射器設置於第二透鏡 2322 之面對光闌表面 2335 的主表面上，且光學堆疊 2320 包括反射偏光器，該反射偏光器設置於第三透鏡 2362 之面對影像表面 2330 的主表面上。光學系統 2300 中包括四分之一波延遲器，其設置於面對部分反射器之反射偏光器上，或設置於面對反射偏光器之部分反射器上。反射偏光器及部分反射器各自係相對於正交軸（例如，x 軸及 y 軸）凸出朝向影像表面 2330。繪示在影像表面 2330 之三個位置處的三束光線。各束中之光線在光闌表面 2335 處實質上平行。光線可主要從光闌表面 2335 行進至影像表面 2330（例如，在相機應用中），或可主要從影像表面 2330 行進至光闌表面 2335（例如，在顯示器應用中）。

【0099】 圖 10 係反射偏光器 1027 之剖面圖，反射偏光器 1027 具有頂點 1057 且係相對於兩個正交軸（例如，x 軸及 y 軸）彎曲。反射偏光器 1027 具有至少一個第一位置 1052，其距行進穿過頂點 1057 之光軸 1040 具有徑向距離 r_1 、及距在頂點 1057 處垂直於光軸 1040 的平面 1057（平行於 x-y 平面）具有位移 s_1 。比率 s_1/r_1 係至少 0.1、或至少 0.2，且可小於 0.8、或小於 0.6。例如，在一些實施例中， s_1/r_1 在 0.2 至 0.8 之範圍內，或在 0.3 至 0.6 之範圍內。反射偏光器

1027 具有至少一個第二位置 1054，其距光軸 1040 具有徑向距離 r_2 及距平面 1047 具有位移 s_2 。在一些實施例中， s_2/r_2 係至少 0.3，且可小於 0.8。反射偏光器 1027 具有直徑 D 及最大垂度 S_m 。

【0100】 在一些實施例中，反射偏光器係相對於光軸 1040 旋轉對稱或實質上旋轉對稱。若膜或組件之形狀之方位變異 (azimuthal variation) 不大於約 10 百分比，則可稱膜或組件係實質上旋轉對稱。在圖 10 及圖 11 之實施例中，方位變異係指隨著相對於穿過頂點 1057 或 1157 之光軸 1040 或 1140 的方位角座標的變異。在一些實施例中，以 s_1/r_1 之形式的方位變異小於 10 百分比、或小於 8 百分比、或小於 6 百分比、或小於 4 百分比、或小於 2 百分比、或小於 1 百分比、或甚至是小於 0.5 百分比。該一或多個位置 1052 可係距光軸 1040 具有共同徑向距離 r_1 的一圈位置，且類似地，該一或多個位置 1054 可係距光軸 1040 具有共同徑向距離 r_2 的一圈位置。若膜之形狀之方位變異足夠小，使膜可模製成旋轉對稱的透鏡而不使膜起皺，則可稱膜係旋轉對稱。若膜或組件之形狀之方位變異不大於約 1 百分比、或不大於約 0.5 百分比，則可稱膜或組件係旋轉對稱。座標 s_1 及 r_1 界定反射偏光器 1027 之面積 A_1 ，其具有距光軸 1040 不大於 r_1 之徑向位置，或具有沿著光軸距頂點 1057 不大於 s_1 之距離。

【0101】 圖 11 係反射偏光器 1127 之前視圖，反射偏光器 1127 可對應於反射偏光器 1027。反射偏光器 1127 係相對於兩個正交軸（例如， x 軸及 y 軸）彎曲，且具有頂點 1157 及行進穿過頂點 1157 之光軸 1140（平行於 z 軸）。反射偏光器 1127 可係聚合多層反射偏

光器，且可具有在頂點 1157 處係實質上單軸定向的至少一個層。例如，該至少一個層之定向可係在 y 方向上，如藉由頂點 1157 處之箭頭所指示。此方向亦可係反射偏光器 1127 之阻斷方向，且正交方向（x 方向）可係反射偏光器之透射軸。反射偏光器 1127 亦包括至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離光軸 1140 的至少一個第一位置 1153 處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置 1152 處係實質上光學單軸。

【0102】 聚合多層光學膜可經熱成型以提供反射偏光器 1127。

光學膜可最初具有以沿著 y 方向的阻斷軸單軸定向的至少一個層。在熱成型期間，光學膜經拉伸以適形於熱成型工具之形狀。因為所欲形狀係相對於兩個正向軸彎曲，所以光學膜經拉伸。與此相反，光學膜將不必經拉伸以適形於僅相對於一個軸彎曲的形狀。熱成型之程序可使光學膜在第二位置 1152 處係實質上單軸定向（因為在熱成型期間在此位置處沿著定向方向拉伸膜），但是導致在第一位置 1153 處係雙軸定向，其歸因於光學膜在其熱成型時受到拉伸。在第一位置 1153 及第二位置 1152 處之阻斷軸由該等位置處之箭頭指示。阻斷軸在第一位置 1153 處移位 α 度。透射軸可正交於阻斷軸，且亦可在第一位置 1153 處移位 α 度。在一些實施例中，在反射偏光器之整個面積上、或在反射偏光器之由 s1 及 r1 所界定之面積上、或在反射偏光器之反射孔徑上，反射偏光器 1127 之透射軸（或阻斷軸）之最大變異係小於約 5 度、或小於約 3 度、或小於約 2 度、或小於約 1.5 度、或小於約 1 度，其中 s1 及 s2 係如針對反射偏光器 1027 所述。反射孔徑係指反射

偏光器之在反射中由光學系統利用之部分。反射孔徑可實質上係反射偏光器之整個面積，或可不包括接近反射偏光器之邊界的反射偏光器之部分。透射軸之最大變異可判定為介於透射軸與固定方向（例如，圖 11 中之 x 方向）之間的最大角度差減介於透射軸與固定方向之間的最小角度差。

【0103】 本文所述之任何光學系統中所用之任何反射偏光器可係線性反射偏光器，其可經調適以反射具有第一線性偏光狀態之光且透射具有正交於第一線性偏光狀態的第二線性偏光狀態之光。

【0104】 本說明之任何光學系統中所用之任何反射偏光器可係經熱成型之反射偏光器，其可係經熱成型之聚合多層光學膜。聚合多層光學膜可包括複數個交替的第一聚合層及第二聚合層。此繪示於圖 12 中，該圖係反射偏光器 1227 之側視圖，反射偏光器 1227 包括交替的第一聚合層 1272 及第二聚合層 1274。於圖中指示平面外的（厚度） z 方向及正交的平面內的 x 方向及 y 方向。合適的聚合多層反射偏光器描述於例如美國專利第 5,882,774 號（Jonza 等人）、及美國專利第 6,609,795 號（Weber 等人）中。

【0105】 在一些實施例中，第一聚合層 1272 及第二聚合層 1274 中之至少一個層可在層中之一些位置處係實質上單軸定向。在一些實施例中，多層光學膜（在熱成型之前）具有至少一個層，其具有在長度方向（例如， x 方向）上及厚度方向（例如， z 方向）上的折射率，該等折射率係實質上相同的，但實質上不同於在寬度方向（例如， y 方向）上的折射率。在一些實施例中，多層光學膜（在熱成型之前）

係實質上單軸拉伸的膜，且具有至少 0.7、或至少 0.8、或至少 0.85 之單軸特性程度 U ，其中 $U = (1/MDDR - 1) / (TDDR^{1/2} - 1)$ ，其中 $MDDR$ 界定為縱向拉伸比率且 $TDDR$ 界定為橫向拉伸比率。此類單軸定向的多層光學膜描述為美國專利第 2010/0254002 號（Merrill 等人）中，該案茲以引用形式且不與本說明牴觸之程度併入本文中。在其他實施例中，多層光學膜（在熱成型之前）不是實質上單軸拉伸的。

【0106】 經單軸定向之多層反射偏光器包括 APF（Advanced Polarizing Film，可購自 3M Company）。APF 包括複數個交替的第一聚合層及第二聚合層，其中第一聚合層具有在長度方向（例如， x 方向）上及厚度方向（例如， z 方向）上的折射率，該等折射率係實質上相同的，但實質上不同於在寬度方向（例如， y 方向）上的折射率。例如，在 x 方向及 z 方向上之折射率之差的絕對值可小於 0.02、或小於 0.01，且在 x 方向及 y 方向上之折射率之差的絕對值可大於 0.05、或大於 0.10。APF 係線性反射偏光器，其中阻斷軸係沿著寬度方向，且通過軸係沿著長度方向。本說明之任何光學系統中所用之任何反射偏光器可係經熱成型之 APF。除非不同地指明，否則折射率係指在 550 nm 之波長的折射率。

【0107】 非單軸定向的折射偏光器係 DBEF（Dual Brightness Enhancement Film，可購自 3M Company, St. Paul, MN）。DBEF 可具有在寬度、長度及厚度方向上之折射率分別係約 1.80、1.62 及 1.50 之第一層，同時 APF 可具有在寬度、長度及厚度方向上之折射率分別

係約 1.80、1.56 及 1.56 之第一層。APF 及 DBEF 兩者可具有實質上各向同性的第二層。在一些實施例中，光學系統可使用 DBEF 作為反射偏光器，且在一些實施例中，光學系統可使用 APF 作為反射偏光器。在又其他實施例中，可使用非為 DBEF 或 APF 之多層聚合反射偏光器膜。意外地發現，當熱成型成相對於兩個正交軸彎曲的形狀時，APF 提供優於 DBEF 的改良。此類改良包括當用於顯示系統中時對比率較高及離軸顏色減小。其他改良包括透射軸及阻斷軸之定向之變異減小。

【0108】 DBEF 及 APF 兩者均係包括交替的聚合層之聚合多層反射偏光器。其他反射偏光器可用於本說明之光學系統中。在一些實施例中，反射偏光器係線柵偏光器。此繪示於圖 13A 至圖 13B 中，其等分別是線柵偏光器 1327 之示意俯視圖及側視圖，線柵偏光器 1327 包括線柵層 1375，其設置於透明基材 1370 上。此類線柵偏光器可熱成型成相對於兩個正交軸（例如，x 軸及 y 軸）彎曲的形狀。線柵層 1375 包括複數個線或金屬跡線 1377，其等經配置成（在熱成型之前）在反射偏光器之阻斷方向（y 方向）上延伸的平行列。

【0109】 在一些實施例中，代替使用在基材層上包括線柵層之線柵偏光器，線柵偏光器係藉由沉積金屬跡線於透鏡之表面上來在透鏡表面上形成。

【0110】 在一些實施例中，光學系統包括：部分反射器；反射偏光器；及第一四分之一波延遲器，其設置於反射偏光器與部分反射器之間。部分反射器及反射偏光器可彼此相鄰且間隔開。光學系統可包

括影像表面及光闌表面，其中部分反射器設置於影像表面與光闌表面之間，且反射偏光器設置於光闌表面與部分反射器之間。影像源可包含影像表面，且光闌表面可係出射光瞳，或影像記錄器可包含影像表面，且光闌表面可係入射光瞳。影像源可包括顯示器面板，該顯示器面板可係透明的或半透明的，且影像源可進一步包括快門。在一些實施例中，影像表面可經調適以接收從光學系統外部的物體反射之光。在複數個所欲或預定波長中，部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率，且在該複數個所欲或預定波長中，部分反射器亦可具有至少 30% 之一平均光學透射率。該複數個所欲或預定波長可包括一或多個連續波長範圍。在一些情況中，該複數個所欲或預定波長可係可見波長範圍（例如，400 nm 至 700 nm）。在該複數個所欲或預定波長中之平均光學反射率及平均光學透射率可例如介於 30% 與 70% 之間、或介於 40% 與 60% 之間。第一四分之一波延遲器、及任何可選的額外的四分之一波延遲器可係依該複數個所欲或預定波長中之至少一個波長的四分之一波延遲器。四分之一波延遲器可經定向使得延遲器之快軸係以相對於反射偏光器之透射軸或阻斷軸 45 度定向。反射偏光器係相對於正交的第一軸及第二軸彎曲。光學系統可包括設置於影像表面與光闌表面之間的複數個表面（例如，一個、兩個、三個、或更多個光學透鏡之主表面，參見例如圖 1、圖 2、圖 5 至圖 9），其等，且反射偏光器、第一四分之一波延遲器、及部分反射器可設置於該複數個表面中之一或多個表面上。該複數個表面中之任一者或所有者均可具有由非球面多項式垂度方程式所述之形狀。光學系統可滿足以下條件中

之任一者、以下條件中之任何 2 個、3 個、4 個、5 個、6 個或 7 個之任何組合、或所有以下條件：

- (i) 反射偏光器及部分反射器中之各者沿著正交的第一軸及第二軸朝向影像表面凸出；
- (ii) 反射偏光器係多層聚合反射偏光器，其包含至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸，且行進穿過影像表面及光闌表面之任何或實質上任何主光線均以小於約 30 度、或小於約 25 度、或小於 20 度之入射角入射於第一光學堆疊及第二光學堆疊中之各者上；
- (iii) 影像源包含影像表面，影像源發射無失真影像，部分反射器具有第一形狀，且反射偏光器具有不同的第二形狀，使得由光闌表面透射之所發射無失真影像之失真小於在光闌表面處之視野之約 10%；
- (iv) 在可見波長範圍內至少具有相隔至少 150 nm 之第一波長及第二波長且透射穿過影像表面及光闌表面的任何或實質上任何主光線在光闌表面處具有一分色距離，其小於在光闌表面處之一視野的 1.5 百分比、或小於 1.2 百分比，或小於 20 弧分、或小於 10 弧分；

- (v) 反射偏光器係經熱成型之多層反射偏光器，其係相對於光軸旋轉對稱。反射偏光器可係 APF、或 DBEF，或可係例如線柵偏光器；
- (vi) 光學系統提供可調整的處方（屈光度）校正。可由可調整的介於反射偏光器與部分反射器之間的距離及/或可調整的介於影像表面與光闌表面之間的透鏡之形狀提供處方校正；
- (vii) 反射偏光器具有至少一個第一位置，其距行進穿過反射偏光器之頂點的光軸具有徑向距離 r_1 、及距在頂點處垂直於光軸的平面具有位移 s_1 。比率 s_1/r_1 係至少 0.1、或至少 0.2，且可小於 0.8、或小於 0.6；而且
- (viii) 影像源包含影像表面，且在光學系統之視野上，光闌表面處之對比率係至少 40、或至少 50、或至少 60、或至少 80、或至少 100。

【0111】 在複數個所欲或預定波長中，本說明之任何光學系統中所用之任何部分反射器可具有至少 30%之一平均光學反射率，及/或在複數個所欲或預定波長中，本說明之任何光學系統中所用之任何部分反射器可具有至少 30%之一平均光學透射率。該複數個所欲或預定波長可係一所欲或預定波長範圍，或可係複數個所欲或預定波長範圍。本說明之任何光學系統可包括一或多個延遲器，其等係依該複數個所欲或預定波長中之至少一個波長的四分之一波延遲器。例如，該複數個所欲或預定波長可係光學系統經設計以在其中工作的任何波長範圍。該複數個預定或所欲波長可係可見範圍，且可例如係從 400 nm 至

700 nm 之波長範圍。在一些實施例中，該複數個所欲或預定波長可係紅外範圍，或可包括紅外波長、可見波長、及紫外波長中之一或多者。在一些實施例中，該複數個所欲或預定波長可係一窄波長頻帶，或複數個窄波長頻帶，且部分反射器可係陷波反射器。在一些實施例中，該複數個所欲或預定波長包括至少一連續波長範圍，其具有不大於 100 nm、或不大於 50 nm 之半高全寬。

【0112】 在本文所述之任何光學系統中，除非上下文不同地明確指示，否則影像源可包含影像表面，且光闌表面可係出射光瞳，其可經調適以重疊第二光學系統之入射光瞳。第二光學系統之入射光瞳可係例如觀察者之眼睛之入射光瞳。在本文所述之任何光學系統中，除非上下文不同地明確指示，否則影像記錄器可包含影像表面，且光闌表面可係入射光瞳。

【0113】 本說明之任何光學系統可具有實質上平坦的影像表面及/或實質上平坦的光闌表面，或此等表面中之一或兩者可係彎曲的。影像表面可具有最大橫向尺寸 A ，且光闌表面可具有最大橫向尺寸 B ，其中 A/B 係至少 2、或至少 3、或至少 4、或至少 5。在一些實施例中， A/B 可在例如 2 至 20、或 3 至 10 之範圍內。

【0114】 本說明之任何光學系統可具有至少 80 度、至少 90 度、或至少 100 度之視野。本說明之任何光學系統可經調適使得透射穿過光闌表面及影像表面之至少一主光線可以至少 40 度、或至少 45 度、或至少 50 度之入射角行進穿過光闌表面。

【0115】 在本說明之一些態樣中，提供一種裝置，其包括本說明之光學系統中之任何一或多者。裝置可係或可包括例如顯示裝置（諸如頭戴顯示器或投影系統）、照明器（其亦可係投影機）、光束擴展器、相機、或放大裝置。放大裝置可係例如望遠鏡、雙眼望遠鏡、或顯微鏡。

【0116】 在一些實施例中，反射偏光器經熱成型。光學膜（諸如反射偏光器）可具有各向異性的機械性質，其使得難以獲得經熱成型之光學膜之所欲形狀，這是歸因於在將膜從熱成型模移除之後的光學膜各向異性收縮。各向異性機械性質可出現在多層聚合反射偏光器中，這是歸因於聚合分子在反射偏光器之至少一些層中之各向異性定向。在聚合膜之表面上包含線之線柵偏光器中之各向異性機械性質可由於可在一個方向上延伸之線之各向異性而出現。根據本說明，已發現用於當光學膜具有各向異性機械性質時提供具有所欲形狀之光學膜的方法。

【0117】 圖 15 係繪示製備具有所欲形狀之所欲光學膜之方法 1580 之示意流程圖，該方法包括以下步驟：(i)（步驟 1582）提供一種熱成型工具，其具有之外表面所具有的第一形狀不同於所欲形狀；(ii)（步驟 1584）加熱光學膜，得到經軟化之光學膜；(iii)（步驟 1586）使經軟化之光學膜適形於具有第一形狀之外表面，同時至少沿著正交的第一方向及第二方向（例如，圖 16 之 x 方向及 y 方向）拉伸經軟化之膜，得到具有第一形狀之經適形之光學膜；及(iv)（步驟 1588）冷卻經適形之光學膜，得到具有所欲形狀之所欲光學膜。冷卻

步驟可包括自工具釋離光學膜。例如，在一些實施例中，將光學膜從工具移除且使其冷卻。在一些實施例中，該方法進一步包括模製（例如，膜插入模製）光學透鏡於光學膜上而得到光學堆疊之步驟。

【0118】 在一些實施例中，所欲光學膜係具有各向異性機械性質之任一光學膜，且可係本文所述之任一反射偏光器。在一些實施例中，所欲光學膜係具有四分之一波塗層之反射偏光器，或層壓的反射偏光器膜及四分之一波延遲器膜。所欲形狀可係相對於光學膜之光軸（例如，平行於圖 16 之 z 軸）旋轉對稱的形狀。光學膜之光軸可與光學堆疊之光軸重合，該光學堆疊包括該光學膜。

【0119】 圖 16 係合適用於熱成型光學膜之熱成型工具 1681 之示意剖面圖。熱成型工具 1681 包括類圓頂的部分 1683，其具有外表面 1685 且設置於基底 1687 上。外表面 1685 可具有例如橢球體之一部分的形狀。橢球體可具有長徑及短徑，且長徑對短徑之比率可例如在 1.01 至 1.1 之範圍內、或在 1.01 至 1.05 之範圍內。已發現，例如根據方法 1580 在此橢圓體工具上熱成型反射偏光器膜可在從工具移除膜且使膜冷卻之後提供旋轉對稱的反射偏光器。

【0120】 本說明之任何反射偏光器（其可包括在本說明之任何光學系統中）可根據程序 1580 及/或使用熱成型工具 1681 來熱成型。反射偏光器，及其他光學膜，可藉由例如在膜插入模製程序中射出模製合適的透鏡材料（例如，聚碳酸酯）至膜上，來整合成包括光學透鏡之光學堆疊。

【0121】 本說明之任何光學堆疊可用於諸如頭戴顯示器（例如，虛擬實境顯示器）或相機（例如，設置於手機中之相機）的裝置中。圖 17 係頭戴顯示器 1790 之示意俯視圖，頭戴顯示器 1790 包括框架 1792、第一顯示器部分 1794a 及第二顯示器部分 1794b、相機 1796、及眼動追蹤單元 1798。第一顯示器部分 1794a 及第二顯示器部分 1794b 包括各自外表面 1782a 及 1782b、及各自內表面 1784a 及 1784b。相機 1796 包括外表面 1786 及內表面 1788。第一顯示器部分 1794a 及第二顯示器部分 1794b 中之各者可包括顯示器面板，其包含本說明之任何光學系統之影像表面，其中光學系統之光闌表面係經調適以重疊使用者之入射光瞳的出射光瞳。例如，第一顯示器部分 1794a（且第二顯示器部分 1794b 類似）可包括光學系統 100 之影像表面 130 及第一光學堆疊 110 及第二光學堆疊 120。影像表面 130 可設置成相鄰於外表面 1782a，且光闌表面 135 可位於第一顯示器部分 1794a 之朝向觀察者（在從內表面 1784a 之負 z 方向上）的外部。在一些實施例中，可使用跨越部分 1794a 及 1794b 之單一顯示器面板代替分離的顯示器面板。

【0122】 相機 1796（其可以可選地被省略）可包括本說明之任何光學系統，其中光闌表面係光學系統之入射光瞳，且其中影像記錄器包含影像表面。例如，相機 1796 可包括光學系統 100 之第一光學堆疊 110 及第二光學堆疊 120。影像表面 130 可係設置成相鄰於內表面 1788 之影像記錄器之表面，且光闌表面 135 可設置成相鄰於外表面

1786，或可位於遠離觀察者（在從外表面 1786 之正 z 方向上）之相機之外部。

【0123】 頭戴顯示器 1790 可包括本說明之光學系統中之三個光學系統。在其他實施例中，僅一個或兩個本說明之光學系統包括在頭戴顯示器中。例如，在一些實施例中，頭戴顯示器可包括單一的本說明之光學系統，以提供影像給使用者之一隻眼睛，同時另一眼睛具有使用者環境之無阻擋的視像。在又其他實施例中，可包括多於三個本說明之光學系統。例如，可包括各自包括本說明之光學系統之兩個相機單元，以提供立體視像或多個視像（例如，畫中畫 (picture in picture)）給使用者，同時利用如圖 17 中之兩個顯示器單元。

【0124】 頭戴顯示器 1790 可包括包含眼動追蹤單元 1798 之眼動追蹤系統，其可以可選地被省略。該系統可利用成像感測器及處理器來監測使用者之瞳孔之直徑及位置。來自包括在第一部分 1798 中之顯示器面板之光可自使用者之瞳孔反射，且自設置於第一部分 1798 中之光學系統之反射偏光器反射至眼動追蹤單元 1798 中。或者，眼動追蹤單元 1798 可包括光源（例如，紅外光源），其朝向第一部分 1794a 中之反射組件發射光，該光朝向觀察者之眼睛反射。該光隨後自第一部分 1794a 中之反射組件往回朝向眼動追蹤單元 1798 反射。

【0125】 眼睛監視系統可偵測的眼睛屬性可包括以下中之一或多者：眼睛之觀看方向、瞳孔之直徑及直徑變化、眼瞼之眨動、眼睛追蹤物體、及眼動運動。眼動追蹤參數可包括眼睛轉動速度及在物體運動與眼睛運動之間的遲滯或相。眼動運動可包括運動之持續時間、速

度、及模式。該系統可基於瞳孔回應考慮到周圍光條件對系統之使用者之疲乏及認知處理負荷進行量化，且可基於歷史資料對使用者予以個人化。

【0126】 在一些實施例中，眼動追蹤單元包括相機（例如，紅-綠-藍(RGB)相機或紅外(IR)相機），其可包括或不包括本說明之光學系統，且其可擷取眼睛之影像。IR 相機可用於判定周圍光條件，此係因為眼睛影像之平均 IR 亮度指示環境光位準。

【0127】 在一些實施例中，頭戴顯示器 1790 包括眼動追蹤系統，其經調適以偵測瞳孔大小的變化且使用該資訊量化使用者疲乏及認知處理負荷。在一些實施例中，頭戴顯示器 1790 經調適（例如，使用在嵌入式處理器上運行的演算法）以實施下列步驟中之一或多者或所有：

步驟 1：擷取眼睛之灰階影像。

步驟 2：濾除雜訊（例如，使用高斯濾波器）。

步驟 3：計算眼睛之影像中之每一像素的梯度量值及方向。

步驟 4：識別具有較高梯度量值的像素（此等可能係物體之邊緣）。

步驟 5：根據人類視知覺之亥姆霍茲原則(Helmholtz Principle)藉由例如連接先前步驟中所識別之像素來識別邊緣。

步驟 6：比較邊緣線區段與橢圓或由多項式方程式界定之其他形狀之方程式。最小的類橢圓形狀可識別為瞳孔。亦可判定虹膜之面

積，且其可用於改良準確度。可剔除可能在影像中的其他橢圓形，諸如閃光。

步驟 7：基於先前進行的線性配適(line fitting)及眼睛與相機之間的距離計算瞳孔大小（例如，直徑或面積）。

步驟 8：判定並應用一調整因子至經計算的瞳孔大小以考量周圍光條件。可使用包括在頭戴系統中的額外感測器或經由擷取影像之亮度分析來判定周圍光條件。

步驟 9：可選地在資料庫中保存經調整之瞳孔大小。瞳孔大小可記錄為隨時間而變動，且可儲存為時間序列（隨時間推移所做出的時間點之序列）。

【0128】 頭戴顯示器 1790 可經調適以基於使用眼動追蹤單元 1798 所判定之瞳孔大小及/或瞳孔方向資訊來改變第一部分 1794a 及第二部分 1794b 中之顯示器面板鎖產生之光強度。眼動追蹤系統可經組態以偵測使用者在看虛擬影像的哪個地方，且光學系統可經調適以藉由調整光學系統中之一或多個透鏡來調整虛擬影像距離，以匹配如同立體呈現的物體深度，如本文其他地方所述。

【0129】 在一些實施例中，頭戴顯示器 1790 經組態使得可相鄰於內表面 1784a 及/或 1784b 附接處方透鏡。

【0130】 在本說明之一些態樣中，提供一種裝置，其包括本說明之光學系統。此類裝置之實例係頭戴顯示器，諸如頭戴顯示器 1790，其包括本說明之光學系統中之一或多者。圖 24A 係裝置 2490 之示意俯視圖，裝置 2490 包括光學系統 2400。光學系統 2400 包括：反射偏

光器 2427；部分反射器 2417；及第一四分之一波延遲器 2425，其設置於反射偏光器 2427 與第一四分之一波延遲器 2425 之間。反射偏光器 2427、部分反射器 2417、及第一四分之一波延遲器 2425 可對應於本文其他地方所述之任何反射偏光器、部分反射器、或四分之一波延遲器。例如，在一些實施例中，反射偏光器 2427 係聚合多層反射偏光器（例如，APF），且在一些實施例中，反射偏光器 2427 係線柵偏光器。反射偏光器 2427 可係相對於正交的第一軸及第二軸彎曲，且可熱成型成所欲形狀。部分反射器 2417 可係相對於正交的第一軸及第二軸彎曲，或可替代地係僅相對於一個軸平直或彎曲。類似地，第一四分之一波延遲器 2425 可係相對於正交的第一軸及第二軸彎曲，或可替代地係僅相對於一個軸平直或彎曲。反射偏光器 2427、部分反射器 2417、及第一四分之一波延遲器 2425 可設置於一或多個透鏡之表面上，如本文其他地方所述。

【0131】 裝置 2490 可係例如顯示裝置、光束擴展器、相機、或放大裝置（望遠鏡、顯微鏡、雙眼望遠鏡或其類似者）。在雙眼望遠鏡或頭戴顯示器之情況中，可包括多於一個光學系統 2400。例如，可包括兩個光學系統 2400（每眼睛一個光學系統）；於圖 24C 中繪示包括兩個光學系統之裝置之實例。在顯示器應用中，光學系統 2400 可經定向而使部分反射器 2417 面對顯示器之影像形成裝置（例如，顯示器面板）。在相機應用中，光學系統 2400 可經定向而使反射偏光器 2427 面對相機之入射光瞳，且部分反射器 2417 面對欲觀察之物體或環境。光學系統 2400 之光闌表面可係孔徑，其經調適以接收反射自光

學系統 2400 外部之物體之光，且光學系統 2400 之影像表面可係影像記錄器之表面。在望遠鏡、顯微鏡、及雙眼望遠鏡應用中，光學系統 2400 可用於物鏡部分裝置中，或可用於裝置之日鏡，其中在任一情況中，反射偏光鏡面對觀察者。光學系統 2400 之影像表面可經調適以接收反射自光學系統 2400 外部之物體之光，且光學系統 2400 之光闌表面可係出射光瞳，其經調適以重疊觀察者之瞳孔。

【0132】 圖 24B 係顯示裝置 2490b 之示意俯視圖，顯示裝置 2490b 包括圖 24A 之光學系統 2400。顯示裝置 2490 包括透明或半透明的顯示器面板 2431 及快門 2493。如本文其他地方所述，透明或半透明的顯示器面板 2431 可係例如 OLED 或 LCD 面板，且快門 2493 可係例如 PDLC 快門。顯示器面板 2431 繪示為凸出朝向反射偏光器 2417。在其他實施例中，顯示器面板 2431 可凸出朝向反射偏光器 2417。在又其他實施例中，顯示器面板 2431 可係平直或實質上平直（且可具有實質上平坦的影像表面）。顯示器面板 2431（及其影像表面）可係相對於兩個正交軸彎曲，或可係僅相對於一個軸彎曲。快門 2493 可具有與顯示器面板 2431 相同的形狀或不同的形狀。快門 2493 可係相對於兩個正交軸彎曲，或僅相對於一個軸彎曲，或可係實質上平直（實質上平坦的）。快門 2493 可用於允許周圍光進入光學系統 2400 或阻斷周圍光進入光學系統 2400。顯示裝置 2490b 可包括可選的額外偏光器 2468，其設置於光學系統 2400 與顯示器面板 2431 之間。可選的額外偏光器 2468 可係線性偏光器，且可係反射偏光器或吸收偏光器。在一些實施例中，不包括可選的額外偏光器 2468，或其可

呈例如顯示器面板 2431 之組件被包括。可選的額外偏光器 2468 可如所繪示係實質上平直，或可係相對於一個軸或兩個正交軸彎曲。

【0133】 圖 24C 係裝置 2490c 之示意俯視圖，裝置 2490c 包括在目鏡部分 2497-1 中之第一光學系統 2400-1，且包括在目鏡部分 2497-2 中之第二光學系統 2400-2。裝置 2490c 可係例如雙眼望遠鏡、或顯微鏡。第一光學系統 2400-1 包括：反射偏光器 2427-1；部分反射器 2417-1；及四分之一波延遲器 2425-1，其設置於反射偏光器 2427-1 與四分之一波延遲器 2425-1 之間。第二光學系統 2400-2 包括：反射偏光器 2427-2；部分反射器 2417-2；及四分之一波延遲器 2425-2，其設置於反射偏光器 2427-2 與四分之一波延遲器 2425-2 之間。反射偏光器 2427-1 及 2427-2、部分反射器 2417-1 及 2417-2、及四分之一波延遲器 2425-1 及 2425-2 可對應於本文其他地方所述之任何反射偏光器、部分反射器、或四分之一波延遲器。反射偏光器 2427-1 及 2427-2 可係相對於正交的第一軸及第二軸彎曲，且可熱成型成所欲狀。部分反射器 2417-1 及 2417-2 亦可以可選地係相對於正交的第一軸及第二軸彎曲，或可係僅相對於一個軸平直（如所繪示）或彎曲。類似地，四分之一波延遲器 2425-1 及 2425-2 可係相對於正交的第一軸及第二軸彎曲，或可係僅相對於一個軸平直（如所繪示）或彎曲。反射偏光器 2427-1 及 2427-2、部分反射器 2417-1 及 2417-2、及四分之一波延遲器 2425-1 及 2425-2 可設置於一或多個透鏡之表面上，如本文其他地方所述。

【0134】 裝置 2490c 包括物鏡部分 2499-1 及物鏡部分 2499-2。物鏡部分 2499-1 及 2499-2 經調適以面對正在觀察之物體，且目鏡部分經調適以面對觀察者之眼睛。光學系統 2400-1 之影像表面（且光學系統 2400-2 類似）可介於部分反射器 2417-1 與物鏡部分 2499-1 之間，可在物鏡部分 2499-1 之內，或可介於目鏡部分 2497-1 與物鏡部分 2499-1 之間。光學系統 2400-1 之光闌表面（且光學系統 2400-2 類似）可係經調適以重疊使用者之瞳孔之出射光瞳。

【0135】 物鏡部分 2499-1 可含有一或多個光學透鏡 2491-1，且物鏡部分 2499-2 可含有一或多個光學透鏡 2491-2。在替代實施例中，提供目鏡部分 2497-1 及物鏡部分 2499-1 而無目鏡部分 2497-2 及物鏡部分 2499-2 來用作望遠鏡或顯微鏡。

【0136】 圖 25 係包括裝置 2590a 之示意側視圖，裝置 2590a 包括：裝置 2590，其可包括本文所述之任何光學系統；及照明器 2502a，其包括偏光光束分光系統 2504a。裝置 2590a 可例如描述為照明器，且可例如係小型投影系統。偏光光束分光系統 2504a 包括偏光光束分光器 2500a 以及第一反射組件 2532a 及第二反射組件 2534a。照明器 2502a 進一步包括光源 2550a。偏光光束分光器 2500a（可對應於偏光光束分光器 100）包括第一稜鏡 2510a 及第二稜鏡 2520a、及反射偏光器 2530a。第一稜鏡 2510a 包括輸入面 2512a、輸出面 2514a、及第一斜邊 2516a。輸入面 2512a 具有輸入有效面積 2513a，且輸出面 2514a 具有輸出有效面積 2515a。裝置 2590 具有最大接收面積 2543a。第二稜鏡 2520a 具有成像器面 2524a 及第二斜邊 2526a。

反射偏光器 2530a 設置於第一斜邊 2516a 與第二斜邊 2526a 之間。光源 2550a 產生光束，光束具有包絡 2552a 及中心光線 2556a，中心光線 2556a 界定折疊光軸 2557a，折疊光軸 2557a 具有第一區段、第二區段、第三區段及第四區段 2557a-1 至 2557a-4。第一反射組件 2532a 設置成相鄰於偏光光束分光器 2500a 而與光源 2550a 相對，且第二反射組件 2534a 設置成相鄰於偏光光束分光器 2500a 而與裝置 2590 相對。

【0137】 在一些實施例中，第一稜鏡 2510a 具有第一體積，第二稜鏡 2520a 具有第二體積，且第一體積不大於第二體積的約一半（或不大於約 60 百分比、或不大於約 40 百分比）。

【0138】 裝置 2590 可係光束擴展器，且可對應於裝置 2490。裝置 2590 可包括：反射偏光器；部分反射器；及第一四分之一波延遲器，其設置於反射偏光器與部分反射器之間。當用作光束擴展器時，裝置 2590 可經調適以接收入射於部分反射器上之輸入光束，且透射經擴展之輸出光束。例如，輸入光束可係會聚的或準直的，且輸出光束可係發散的，或輸入光束可具有第一發散角，且輸出光束可具有較大的第二發散角。裝置 2590 可經定向使得部分反射器面對照明器 2502a。額外偏光器（例如，額外反射偏光器或吸收偏光器）可設置於裝置 2590 及輸出面 2514a 之間，或可包括在裝置 2590 中，靠近部分反射器，與反射偏光器相對。照明器 2502a 可提供小型照明系統，且裝置 2590 可用作光束擴展器以提供較寬的視野。可搭配裝置 2590 使用之其他照明器描述於 2015 年 6 月 30 日提交之標題為

「Illuminator」之美國臨時申請案第 62/186944 號中，該案茲以引用形式且不與本說明牴觸之程度併入本文中。裝置 2590 可係光束擴展器，其包括部分反射器及反射偏光器，其等彼此相鄰且間隔開，且光束擴展器可經調適以接收入射於部分反射器上之會聚光且透射穿過反射偏光器之發散光。

【0139】 第二反射組件 2534a 具有最大有效面積 2536a。第二反射組件 2534a 可係影像形成裝置，且最大有效面積 2536a 可係影像形成裝置之最大影像面積。光以包絡 2554a 之形式自第二反射組件 2534a 發射（例如，藉由反射）。第一反射組件 2532a 及第二反射組件 2534a 中之一或兩者可具有大於 70 百分比、或大於 80 百分比、或大於 90 百分比的單向反射率。第一反射組件 2532a 及/或第二反射組件 2534a 可係平直或可係在一或多個軸上彎曲。

【0140】 在一些實施例中，第二反射組件 2534a 經調適以調變入射於其上的光。例如，第二反射組件 2534a 可係影像形成裝置，其反射具有空間調變偏光狀態的光。第二反射組件 2534a 可經像化且可產生經圖案化之光。以包絡 2554a 之形式自第二反射組件 2534a 反射的光可係會聚的經圖案化之光。可用作第二反射組件 2534a 之合適的影像形成裝置包括液晶覆矽(LCoS)裝置。LCoS 裝置可係平直或可沿一或多個軸彎曲。

【0141】 出於說明之清晰的目的，圖 25 中的各種組件以間隔開的方式展示。然而，應當理解，各種組件可直接接觸或例如透過光學清透黏著劑附接。在一些實施例中，反射偏光器 2530a 使用光學清透

黏著劑層附接至第一稜鏡 2510a 及第二稜鏡 2520a 中之一或兩者。在一些實施例中，裝置 2590 利用光學清透黏著劑附接至輸出面 2514a。在一些實施例中，光源 2550a 可緊鄰輸入面 2512a，或可透過光學清透黏著劑層附接至輸入面 2512a。在一些實施例中，可用光學清透黏著劑將第一反射組件 2532a 及/或第二反射組件 2534a 附接至第二稜鏡 2520a。反射偏光器 2530a 可係本文其他地方所述之任何反射偏光器。在一些實施例中，反射偏光器 2530a 係聚合多層反射偏光器、線柵偏光器、MacNeille 反射偏光器、或膽固醇型反射偏光器。

【0142】 折疊光軸 2557a 包括：第一區段 2557a-1，其在第一方向（正 x 方向）上自光源 2550a 延伸至第一反射組件 2532a；第二區段 2557a-2，其在與第一方向相對的第二方向（負 x 方向）上延伸；第三區段 2557a-3，其在第三方向（負 y 方向）上延伸；及第四區段 2557a-4，其在與第三方向相對的第四方向（正 y 方向）上延伸。第一區段 2557a-1 及第二區段 2557a-2 重疊，儘管出於說明之簡便的目的，其等在圖 25 中展示具有小間隔。類似地，第三區段 2557a-3 及第四區段 2557a-4 重疊，儘管出於說明之簡便的目的，其等在圖 25 中展示具有小間隔。第一方向及第二方向實質上正交於第三方向及第四方向。第一反射組件 2532a 實質上垂直於第一區段 2557a-1，且第二反射組件 2534a 實質上垂直於第三區段 2557a-3。

【0143】 光源 2550a 產生具有包絡 2552a 的光束，且此將輸入有效面積 2513a 界定為輸入面 2512a 之面積，利用來自照明器 2502a 所使用之光源 2550a 之光照射輸入面 2512a。光源 2550a 可實質上不產

生在包絡 2552a 之外的光，或所產生的在此包絡之外任何光以一定角度自照明器離開而不進入裝置 2590。

【0144】 來自光源 2550a 的光之至少一部分依序透射穿過第一稜鏡 2510a、透射穿過反射偏光器 2530a、透射穿過第二稜鏡 2520a、自第一反射組件 2532a 反射、往回透射穿過第二稜鏡 2520a、自反射偏光器 2530a 反射、往回透射穿過第二稜鏡 2520a，且入射於第二反射組件 2534a 上、自第二反射組件 2534a 反射、透射穿過第二稜鏡 2520a 及反射偏光器 2530a 及第一稜鏡 2510a，且最終透過裝置 2590 離開照明器。此針對中心光線 2556a 繪示於圖 25 中。在一些實施例中，第一反射組件 2532a 包括偏光旋轉器，其可係四分之一波延遲器。來自光源 2550a 的具有沿著反射偏光器 2530a 之通過軸的偏光的光將透射穿過反射偏光器 2530a，且隨後自第一反射組件 2532a 往回朝向反射偏光器 2530a 反射。在第一反射組件 2532a 包括四分之一波延遲器的實施例中，此類光當其往回朝向反射偏光器 2530a 反射時行進穿過四分之一波延遲器兩次。此光隨後具有實質上正交於反射偏光器 2530a 之通過軸的偏光，且因此自反射偏光器 2530a 朝向第二反射組件 2534a 反射，第二反射組件 2534a 可往回朝向反射偏光器 2530a 發射（例如，反射）經空間調變之光。經空間調變之光可具有經空間調變的偏光。具有沿著反射偏光器 2530a 之通過軸偏光的經空間調變之光之部分將作為經成像光行進穿過反射偏光器 2530a，透過輸出有效面積 2515a 離開第一稜鏡 2510a 且透過裝置 2590 離開照明器。

【0145】 照明器 2502a 允許藉由透過折疊光徑照明器 2502a 將光束（以包絡 2552a 之形式）導引至影像形成裝置（第二反射組件 2534a）上，且自影像形成裝置反射會聚的經圖案化之光（以包絡 2554a 的形式）來投影影像。透過折疊光徑照明器 2502a 導引光束之步驟包括：透過偏光光束分光器 2500a 將光導引至第一反射組件 2532a；反射至少一些光往回朝向偏光光束分光器 2500a；且自偏光光束分光器 2500a 反射至少一些光朝向影像形成裝置。會聚的經圖案化之光之至少一部分透射穿過偏光光束分光器 2500a 且穿過裝置 2590。

【0146】 來自光源 2550a 的光在光自第一反射組件 2532a 及反射偏光器 2530a 反射之後照明第二反射組件 2534a 之最大面積。此最大面積可等於最大有效面積 2536a。或者，最大有效面積 2536a 可係第二反射組件 2534a 之具反射性的最大面積。例如，第二反射組件 2534a 可係影像形成裝置，其具有最大影像面積。入射於影像形成裝置上之在最大影像面積外的任何光可不反射朝向裝置 2590。在此情況中，最大有效面積 2536a 可係影像形成裝置之最大影像面積。最大有效面積 2536a 界定輸出面 2514a 上之輸出有效面積 2515a 及裝置 2590 之最大接收面積 2543a，此係因為光以包絡 2554a 之形式自最大有效面積 2536a 反射朝向裝置 2590，包絡 2554a 實質上僅以輸出有效面積 2515a 之形式來照明輸出面 2514a，且實質上僅以最大接收面積 2543a 之形式來照明裝置 2590。照明器 2502a 經組態以使得以包絡 2554a 之形式的自第二反射組件 2534a 反射且行進穿過裝置 2590 的光在第二反射組件 2534a 與裝置 2590 之間是會聚的。此得到最大有效面積

2536a，最大有效面積 2536a 小於輸出有效面積 2515a，輸出有效面積 2515a 小於最大有效面積 2536a。

【0147】 在一些實施例中，輸入有效面積 2513a 及/或輸出有效面積 2515a 小於最大有效面積 2536a 之約 60 百分比、或小於約 50 百分比（即，小於約一半）、或小於約 40 百分比、或小於約 35 百分比，最大有效面積 2536a 可係最大影像面積。在一些實施例中，輸入面 2512a 之最大表面積（輸入面 2512a 之總面積）小於最大影像面積之約一半。在一些實施例中，輸出面 2514a 之最大表面積（輸出面 2514a 之總面積）小於最大影像面積之約一半。

【0148】 光源 2550a，或本說明之任何光源，可包括一或多個實質上單色的發光元件。例如，光源 2550a 可包括紅色、綠色及藍色發光二極體(LED)。亦可包括其他顏色，諸如青色及黃色。或者或此外，可利用寬光譜（例如，白色或實質上白色）光源。在一些實施例中，光源 2550a 包括藍色發射體及磷光體。在一些實施例中，光源 2550a 包括積分器，其可用於組合來自離散光源的光（例如，積分器可組合來自紅色、綠色及藍色 LED 的光）。光源 2550a 可包括偏光元件，使得將實質上具有單一偏光狀態的光朝向反射偏光器 2530a 導引至第一稜鏡 2510a 中。在一些實施例中，光源 2550a 可係或可包括 LED、有機發光二極體(OLED)、雷射、雷射二極體、白熾照明元件、及弧光燈中之一或多者。光源 2550a 除了包括發光元件（諸如 LED）外，亦可包括透鏡，諸如聚光透鏡。在一些實施例中，第一稜鏡或第二稜鏡可具有一或多個彎曲的面以提供所欲屈光力。

【0149】 本說明之光學系統可包括具有非均勻的邊緣輪廓之一或多個透鏡，其等可經設計以當用作頭戴顯示器之組件時適形於面部。透鏡可具有適形於平均面部（多種面部形狀）的邊緣輪廓，或可設計用於個別面部。

【0150】 圖 27A 係定位於頭部 10 上之頭戴顯示器之光學系統 2700 之透視圖，其中頭部 10 之垂直輪廓以右眼 12 為中心。光學系統 2700 之透鏡提供距眉毛之間隙或離隙 18 及距頰之間隙或離隙 16。光學系統 2700 包括顯示器面板 2731，且可對應於本說明之任何光學系統，其中顯示器面板可包含光學系統之影像表面。圖 27B 係光學系統 2700 之俯視圖，其中光學系統 2700 之透鏡提供距太陽穴之離隙 26 及距鼻樑之離隙 28。

【0151】 圖 27C 係光學系統 2700 之另一俯視圖。顯示器面板 2731 具有像素 34a、34b、及 34c，其等發射光學系統之透鏡所聚焦之光至頭部之眼睛中。來自像素 34a 之光之主光線 38 以 46 度之入射角行進至眼睛。透鏡總成 36 距太陽穴之較大程度的離隙允許像素 34c 之主光線 40 以 60 度之入射角行進至眼睛。

【0152】 可在組成透鏡總成之透鏡之模製中產生透鏡總成之離隙。或者，透鏡可使用適當的面部之測量來針對個人定製研磨。對於透鏡所提供之離隙可限制使用者可見的顯示器之面積。在一些實施例中，例如，提供離隙資料至控制顯示器面板 2731 之電腦，且電腦可限制使用者可見之區域之顯示器面積，以減少功率消耗及/或以減少重像之可見假影。

【0153】 提供一致量的透鏡距面部之離隙之優勢在於，周圍光可經影像有效地阻斷，同時仍在眼睛附近提供適當的空氣對流。利用光學系統之透鏡之延伸表面可改良視野及使用者之舒適性。

實例

實例 1

【0154】 模製一種類似於光學系統 200 之光學系統。第二四分之一波延遲器設置於第二主表面 216 上。對應於表面 224、226、214、及 216 之表面中之各者均係方程式 1 所述之非球面表面，其中多項式係數 D 、 E 、 F 、 G 、 H 、 I ... 中之各者等於零。錐形常數 k 係 0.042435，且表面半徑 $r = 1/c$ 係 -36.82391 mm。表 1 列出描述此等表面中之各者之參數。

表 1

Surf.	類型	半徑(mm)	厚度(mm)	材料	直徑(mm)	錐形常數
OBJ	STANDARD	無限	無限		0	0
STO	STANDARD	無限	23.8204		15	0
2	EVENASPH	-36.82391	2.19729	POLYCARB	46.22652	0.04243522
3	EVENASPH	-36.82391	10.34174		48.50417	0.04243522
4	EVENASPH	-36.82391	-10.34174	MIRROR	58.17894	0.04243522
5	EVENASPH	-36.82391	10.34174	MIRROR	44.64956	0.04243522
6	EVENASPH	-36.82391	2.19729	E48R	60	0.04243522
7	EVENASPH	-36.82391	2		62	0.04243522
IMA	STANDARD	無限			54.72404	0

【0155】 此表中之表面數計數從光闌表面 235 (Surf. 1)開始並在影像表面 230 (Surf. 8 或 IMA) 處結束之光線入射於表面上的次數。

Surf. 2 對應於第一表面 224，Surf. 3 及 Surf. 5 對應於第二表面 226，Surf. 4 及 Surf. 6 對應於第一表面 214，且 Surf. 7 對應於表面 216。直徑係指表面之淨孔徑，EVANASPH 係指均勻的非球面（僅 r 之偶數幂出現於方程式 1 之展開式中），半徑係方程式 1 之參數 c 之倒數，錐形常數係方程式 1 之參數 k ，且 IMA 係指影像表面 230。

【0156】 第一光學透鏡 212 模製成 Zenon E48R，其具有 1.53 之折射率，且第二光學透鏡 222 模製成聚碳酸酯，其具有 1.585 之折射率。焦距係 32.26271 mm，視野係 90 度，影像高度係 27.14 mm（影像表面 230 之直徑係 54.28 mm），F#係 2.13，鏡目距(eye relief)（光闌表面至第一透鏡表面之距離）係 23.8 mm，且眼動範圍(eye box)（光闌表面 235 之直徑）係 15 mm。

【0157】 由影像表面發射且透射穿過光闌表面之各主光線每次入射於第一光學堆疊或第二光學堆疊上時，均以小於約 20 度之入射角入射於第一光學堆疊及第二光學堆疊中之各者上。

【0158】 光學系統在光闌表面處具有 90 度之視野。透射穿過影像表面及光闌表面、具有 486 nm 及 656 nm 之波長的主光線在光闌表面處具有 3.4 弧分的最大分色，其係在光闌表面處之視野之約 0.12 百分比。

實例 2

【0159】 模製一種類似於光學系統 200 之光學系統。第二四分之一波延遲器設置於第二主表面 216 上。對應於表面 224、226、214、

及 216 之表面中之各者均係方程式 1 所述之非球面表面。表 2 及表 3 列出描述此等表面中之各者之參數。表中之命名法類似於實例 1 中者。表 3 中之非球面多項式係數之單位係 mm 的 1 減多項式冪的次方。

表 2

Surf.	類型	半徑(mm)	厚度(mm)	材料	直徑(mm)	錐形常數
OBJ	STANDARD	無限	-250		500	0
STO	STANDARD	無限	15		6.848	0
2	EVENASPH	-23.17192	2.5	POLYCARB	25	0
3	EVENASPH	-18.85196	4.691073		26.56958	0.5582269
4	EVENASPH	-19.44056	-4.691073	MIRROR	30.63103	-9.582783
5	EVENASPH	-18.85196	4.691073	MIRROR	24.31869	0.5582269
6	EVENASPH	-19.44056	2	E48R	31	-9.582783
7	EVENASPH	-19.44056	0.621		31	-9.582783
8	STANDARD	無限	0.281	PMMA	28.60935	0
9	STANDARD	無限	0.01		28.66299	0
10	STANDARD	無限	0.7	N-BK7	28.66585	0
11	STANDARD	無限	0		28.79723	0
IMA	STANDARD	無限			28.79723	0

表 3

多項式階	係數參數	Surf.3, 5	Surf.4, 6, 7
r ²	D	0.000000E+00	0.000000E+00
r ⁴	E	1.245489E-05	-1.462422E-04
r ⁶	F	1.393604E-07	9.569876E-07
r ⁸	G	-1.860081E-09	-6.019644E-09
r ¹⁰	H	2.407929E-11	2.373262E-11
r ¹²	I	-1.266371E-13	-5.331213E-14
r ¹⁴	J	2.853295E-16	4.901801E-17

【0160】 此等表中之表面數計數從光闌表面 235 (Surf. 1)開始並在影像表面 230 (Surf. 12 或 IMA) 處結束之光線入射於表面上的次數。Surf. 2 對應於第一表面 224, Surf. 3 及 Surf. 5 對應於第二表面

226，Surf. 4 及 Surf. 6 對應於第一表面 214，且 Surf. 7 對應於表面 216。Surf. 8 至 Surf. 11 係指設置於影像表面 230 上之表面層。

【0161】 第一光學透鏡 212 模製成 Zenon E48R，其具有 1.53 之折射率，且第二光學透鏡 222 模製成聚碳酸酯，其具有 1.585 之折射率。焦距係 17.560 mm，視野係 90 度，影像高度係 14.36 mm（影像表面 230 之直徑係 28.72 mm），F#係 2.55，鏡目距係 15 mm，且眼動範圍（光闌表面 235 之直徑）係 10.0 mm。

【0162】 由影像表面發射且透射穿過光闌表面之各主光線每次入射於第一光學堆疊或第二光學堆疊上時，均以小於約 20 度之入射角入射於第一光學堆疊及第二光學堆疊中之各者上。

【0163】 光學系統在光闌表面處具有 90 度之視野。透射穿過影像表面及光闌表面、具有 486 nm 及 656 nm 之波長的主光線在光闌表面處具有 10.8 弧分的最大分色，其係在光闌表面處之視野之約 0.38 百分比。

實例 3

【0164】 模製一種類似於光學系統 600 之光學系統。對應於表面 614、及 616 之表面中之各者均係方程式 1 所述之非球面表面。表 4 及表 5 列出描述此等表面中之各者之參數。表中之命名法類似於實例 1 及實例 2 中者。

表 4

Surf.	類型	半徑(mm)	厚度(mm)	材料	直徑	錐形常數
OBJ	STANDARD	無限	無限		0	0
STO	STANDARD	無限	19.43519		15	0
2	EVENASPH	-32.97361	6.734839	POLYCARB	42.67275	-0.6680006
3	EVENASPH	-32.97361	-6.734839	MIRROR	49.63501	-0.6680006
4	EVENASPH	-32.97361	6.734839	MIRROR	42.06153	-0.6680006
5	EVENASPH	-32.97361	21.79455		46.89222	-0.6680006
IMA	STANDARD	無限			66.72897	0

表 5

多項式階	係數參數	Surf.2,3,4,5
r^2	D	0
r^4	E	-2.231952E-06
r^6	F	-1.907497E-09
r^8	G	1.062720E-12
r^{10}	H	-5.475949E-15
r^{12}	I	6.686581E-18
r^{14}	J	-4.780909E-21

【0165】 此等表中之表面數計數從光闌表面 635 (Surf. 1)開始並在影像表面 630 (Surf. 6 或 IMA) 處結束之光線入射於表面上的次數。Surf. 2 及 Surf. 4 對應於第一表面 614，且 Surf. 3 及 Surf. 5 對應於第二表面 616。

【0166】 焦距係 35.0 mm，視野係 90 度，影像高度係 33.3 mm (影像表面 630 之直徑係 66.6 mm)，F#係 2.3，鏡目距係 19.4 mm，且眼動範圍 (光闌表面 635 之直徑) 係 15 mm。

【0167】 由影像表面發射且透射穿過光闌表面之各主光線每次入射於第一光學堆疊或第二光學堆疊上時，均以小於約 20 度之入射角入射於第一光學堆疊及第二光學堆疊中之各者上。

【0168】 光學系統在光闌表面處具有 90 度之視野。透射穿過影像表面及光闌表面、具有 486 nm 及 656 nm 之波長的主光線在光闌表

面處具有 29.5 弧分的最大分色，其係在光闌表面處之視野之約 0.9 百分比。

實例 4

【0169】 模製一種類似於光學系統 800 之光學系統。反射偏光器設置於第三光學透鏡 862 之第二主表面 866 上，且第一四分之一波延遲器設置於反射偏光器上。部分反射器設置於第二光學透鏡 822 之第一主表面 824 上，且第二四分之一波延遲器設置於第二光學透鏡 822 之第二主表面 826 上。對應於表面 864、866、824、826、814、及 816 之表面中之各者均係方程式 1 所述之非球面表面。表 6 及表 7 列出描述此等表面中之各者之參數。表中之命名法類似於前述實例中者。

表 6

Surf.	類型	半徑(mm)	厚度(mm)	材料	直徑(mm)	錐形常數
OBJ	STANDARD	無限	無限		0	0
STO	STANDARD	無限	11.01475		9	0
2	EVENASPH	-16.25782	2	POLYCARB	21.26634	0
3	EVENASPH	-17.44541	2.513635		23.93589	0.7369043
4	EVENASPH	-16.75009	-2.513635	MIRROR	25.75788	-0.1016067
5	EVENASPH	-17.44541	2.513635	MIRROR	23.35747	0.7369043
6	EVENASPH	-16.75009	5	E48R	24.5425	-0.1016067
7	EVENASPH	-12.77019	1		26.71183	-0.491206
8	EVENASPH	-157.2536	6	E48R	30.82226	-11.8657
9	EVENASPH	-18.4783	6.867862		31.77972	-0.4304748
IMA	STANDARD	無限			32.24099	0

表 7

多項式階	係數參數	Surf. 3, 5	Surf. 9
r^2	D	0.000000E+00	0.000000E+00
r^4	E	3.286842E-05	1.398664E-04
r^6	F	1.861485E-07	-5.794668E-07
r^8	G	-1.944055E-09	1.220044E-09
r^{10}	H	1.540250E-11	-9.383593E-13
r^{12}	I	0.000000E+00	0.000000E+00
r^{14}	J	0.000000E+00	0.000000E+00

【0170】 此等表中之表面數計數從光闌表面 835 (Surf. 1)開始並在影像表面 830 (Surf. 10 或 IMA) 處結束之光線入射於表面上的次數。Surf. 2 對應於第一表面 864，Surf. 3 及 Surf. 5 對應於第二表面 866，Surf. 4 及 Surf. 6 對應於第一表面 824，Surf. 7 對應於表面 266，Surf. 8 對應於表面 814，且 Surf. 9 對應於表面 816。

【0171】 焦距係 19.180 mm，視野係 82 度，影像高度係 15.89 mm (影像表面 830 之直徑係 31.87 mm)，F#係 2.12，鏡目距係 11 mm，且眼動範圍 (光闌表面 835 之直徑) 係 9 mm。

【0172】 由影像表面發射且透射穿過光闌表面之各主光線每次入射於第一光學堆疊或第二光學堆疊上時，均以小於約 20 度之入射角入射於第一光學堆疊及第二光學堆疊中之各者上。

【0173】 光學系統在光闌表面處具有 80 度之視野。透射穿過影像表面及光闌表面、具有 486 nm 及 656 nm 之波長的主光線在光闌表面處具有 14.9 弧分的最大分色，其係在光闌表面處之視野之約 0.52 百分比。

實例 5

【0174】 模製一種類似於光學系統 200 之光學系統。第二四分之一波延遲器設置於第二主表面 216 上。對應於表面 224、226、214、及 216 之表面中之各者均係方程式 1 所述之非球面表面，其中多項式係數 D 、 E 、 F 、 G 、 H 、 I ...中之各者等於零。表 8 列出描述此等表面中之各者之參數，其中命名法類似於前述實例中者。

表 8

Surf.	類型	半徑(mm)	厚度(mm)	材料	直徑(mm)	錐形常數
OBJ	STANDARD	無限	無限		0	0
STO	STANDARD	無限	25		15	0
2	EVENASPH	-40.49115	4.85538	E48R	49.67147	0.7502449
3	EVENASPH	-40.49115	8.498641		54.28738	0.7502449
4	EVENASPH	-40.24456	-8.498641	MIRROR	63	0.2694101
5	EVENASPH	-40.49115	8.498641	MIRROR	50.62275	0.7502449
6	EVENASPH	-40.24456	5.013904	POLYCARB	63	0.2694101
7	EVENASPH	-31.18185	14.48671		67	-3.575525
IMA	STANDARD	無限			102.1176	0

【0175】 此表中之表面數計數從光闌表面 235 (Surf. 1)開始並在影像表面 230 (Surf. 8 或 IMA) 處結束之光線入射於表面上的次數。Surf. 2 對應於第一表面 224，Surf. 3 及 Surf. 5 對應於第二表面 226，Surf. 4 及 Surf. 6 對應於第一表面 214，且 Surf. 7 對應於表面 216。直徑係指表面之淨孔徑，EVANASPH 係指均勻的非球面（僅 r 之偶數幂出現於方程式 1 之展開式中），半徑係方程式 1 之參數 c 之倒數，錐形常數係方程式 1 之參數 k ，且 IMA 係指影像表面 230。

【0176】 第一光學透鏡 212 模製成 Zenon E48R，其具有 1.53 之折射率，且第二光學透鏡 222 模製成聚碳酸酯，其具有 1.585 之折射

率。焦距係 42.7 mm，視野係 100 度，影像高度係 50.94 mm（影像表面 230 之直徑係 101.88 mm），F#係 3.25，鏡目距係 25 mm，且眼動範圍（光闌表面 235 之直徑）係 15 mm。

【0177】 由影像表面發射且透射穿過光闌表面之各主光線每次入射於第一光學堆疊或第二光學堆疊上時，均以小於約 20 度之入射角入射於第一光學堆疊及第二光學堆疊中之各者上。

【0178】 光學系統在光闌表面處具有 100 度之視野。透射穿過影像表面及光闌表面、具有 486 nm 及 656 nm 之波長的主光線在光闌表面處具有 11.9 弧分的最大分色，其係在光闌表面處之視野之約 0.29 百分比。

【0179】 模擬在影像表面 230 處所產生之非失真影像，且判定在光闌表面 235 處之影像之失真係小於 1 百分比。

實例 6 至實例 8

【0180】 DBEF（實例 6）、APF（實例 7）及具有四分之一波延遲器塗層之 APF（實例 8）經熱成型以給予膜匹配於透鏡之外表面之幾何形狀的幾何形狀。膜經修邊以配合射出模製工具透鏡模槽，且放置於透鏡模槽之表面上。經修邊之膜具有 63 mm 之直徑及 87 mm 之曲率半徑。射出模製聚碳酸酯樹脂用於形成透鏡於膜上。當用於本說明之光學系統中時，膜形成於透鏡之面對光闌表面的側面。在實例 7 中，膜形成於透鏡上，使得當用於本說明之光學系統中時，APF 將面對光闌表面，且四分之一波延遲器背對光闌表面。

【0181】 膜之熱成型係在 MAAC 片材供給熱成型系統中進行，其使用真空以將經加熱之膜拉至類似於熱成型工具 1681 之熱成型工具之外表面上。外表面經定形狀為大致橢圓形，其中長軸係短軸之約 1.02 倍，使得所得經熱成型之膜在冷卻及鬆弛之後係旋轉對稱。熱成型程序參數係：片材烘箱溫度= 320°F 至 380°F (160°C 至 193°C)；成型時間= 18 秒；及片材成型溫度= 330°F 至 365°F (156°C 至 185°C)。

【0182】 經熱成型之 DBEF (實例 6) 及 APF (實例 7) 反射偏光器樣本之影像係使用發射光穿過樣本至相機的非偏光近朗伯 (Lambertian) 光源取得，相機包括與分析偏光器之阻斷軸對準之分析偏光器，分析偏光器之阻斷軸與反射偏光器之阻斷軸成變化的角度。在零度下，兩個膜均係實質上透明的，且在較高角度下，DBEF 展現光學假影，該等光學假影不存在於 APF 樣本中。例如，在 70 度之角度下，APF 樣本係實質上均勻的深色，同時 DBEF 樣本展現有色的環。在 Krauss-Maffei (Germany) 所建立之往復螺桿水平夾射出模製系統中進行膜插入射出模製程序。所用之射出模製工具係針對 6 基體透鏡零件 (6 base lens part)，且使用 Bayer MAKROLON 3107-550115 聚碳酸酯樹脂 (可購自 available from Bayer MaterialScience LLC, Pittsburgh, PA) 形成透鏡。射出模製程序參數係：模製溫度= 180°F (82°C)；熔體溫度= 560°F (293°C)；裝填時間= 1.56 秒；保持時間= 5.5 秒；保持壓力= 11,000 psi (75.8 MPa)；冷卻時間= 15 秒。

實例 9 至實例 11

【0183】 大致上如實例 6 至實例 8 中所述將反射偏光器熱成型成凸出的旋轉對稱形狀，該形狀具有 50.8 mm 之直徑及 38.6 mm 之曲率半徑。反射偏光器係 DBEF（實例 9）、APF（實例 10）及線柵偏光器（實例 11）。使用 Axometrics AXOSCAN 偏光計（可購自 Axometrics, Inc., Huntsville, AL）測量各樣本之偏光定向。對於各樣本，識別以膜之頂點為中心且具有 20 mm 直徑圓形孔徑之樣本之面積，且判定孔徑中之樣本之透射軸之最大變異（透射軸自固定方向之最大角度偏差減透射軸自固定方向之最小角度偏差）。DBE 之最大變異係 1.707 度，APF 之最大變異係 0.751 度，且線柵偏光器之最大變異係 0.931 度。在距樣本之旋轉對稱軸 10 mm 之徑向距離處面積之邊界具有 1.32 mm 之垂度。

【0184】 以下為例示性實施例的清單。

【0185】 實施例 1 係一種光學系統，其包含：

一影像表面；

一光闌表面；

一第一光學堆疊，其設置於該影像表面與該光闌表面之間且沿著正交的第一軸及第二軸凸出朝向該影像表面，該第一光學堆疊包含：

一第一光學透鏡；及

一部分反射器，在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率；及

一第二光學堆疊，其設置於該第一光學堆疊與該光闌表面之間且沿著該第一軸及該第二軸凸出朝向該影像表面，該第二光學堆疊包含：

一第二光學透鏡；

一多層反射偏光器，其實質上透射具有一第一偏光狀態之光且實質上反射具有一正交的第二偏光狀態之光；及

一第一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該第一光學堆疊之間。

【0186】 實施例 2 係實施例 1 之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，且該光闌表面係一出射光瞳。

【0187】 實施例 3 係實施例 2 之光學系統，其中該影像源包含一顯示器面板。

【0188】 實施例 4 係實施例 3 之光學系統，其中該顯示器面板係透明或半透明的。

【0189】 實施例 5 係實施例 2 至 4 中任一者之光學系統，其中該影像源包含一快門。

【0190】 實施例 6 係實施例 1 之光學系統，其中該影像源包含一孔徑，其經調適以接收從該光學系統外部之物體反射的光。

【0191】 實施例 7 係實施例 1 之光學系統，其中一影像記錄器包含該影像表面，且該光闌表面係一入射光瞳。

【0192】 實施例 8 係實施例 1 至 7 中任一者之光學系統，其中該光學系統以一折疊光軸為中心，由透射穿過該影像表面之一中心光線之一光徑界定該折疊光軸。

【0193】 實施例 9 係實施例 1 至 8 中任一者之光學系統，其中該光闌表面經調適以重疊一第二光學系統之一入射光瞳。

【0194】 實施例 10 係實施例 9 之光學系統，其中該第二光學系統經調適以記錄在該入射光瞳處接收之影像。

【0195】 實施例 11 係實施例 1 之光學系統，其中該光闌表面經調適以重疊一觀察者之眼睛之一入射光瞳。

【0196】 實施例 12 係實施例 1 之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，該影像源發射未經偏光之光。

【0197】 實施例 13 係實施例 1 至 12 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊進一步包含一第二四分之一波延遲器，該第二四分之一波延遲器設置於該部分反射器與該影像表面之間。

【0198】 實施例 14 係實施例 1 之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，該影像源發射經偏光之光。

【0199】 實施例 15 係實施例 14 之光學系統，其中該經偏光之光係線性偏光的。

【0200】 實施例 16 係實施例 14 之光學系統，其中該經偏光之光係圓形偏光的。

【0201】 實施例 17 係實施例 14 之光學系統，其中該經偏光之光係橢圓偏光的。

【0202】 實施例 18 係實施例 1 至 17 中任一者之光學系統，其中該部分反射器係一第二反射偏光器。

【0203】 實施例 19 係實施例 1 至 18 中任一者之光學系統，其中在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30%之一平均光學透射率。

【0204】 實施例 20 係實施例 1 至 19 中任一者之光學系統，其中該複數個所欲波長包含至少一連續波長範圍。

【0205】 實施例 21 係實施例 1 至 20 中任一者之光學系統，其中該複數個所欲波長包含一可見波長範圍。

【0206】 實施例 22 係實施例 21 之光學系統，其中該可見範圍係從 400 nm 至 700 nm。

【0207】 實施例 23 係實施例 1 至 20 中任一者之光學系統，其中該複數個所欲波長包含一紅外波長範圍。

【0208】 實施例 24 係實施例 1 至 20 中任一者之光學系統，其中該複數個所欲波長包含紅外波長、可見波長、及紫外波長中之一或多者。

【0209】 實施例 25 係實施例 1 至 21 中任一者之光學系統，其中該部分反射器係一陷波反射器。

【0210】 實施例 26 係實施例 25 之光學系統，其中該複數個所欲波長包含一或多個連續波長範圍，且其中該等連續波長範圍中之至少一者具有不大於 100 nm 之一半高全寬。

【0211】 實施例 27 係實施例 26 之光學系統，其中該半高全寬係不大於 50 nm。

【0212】 實施例 28 係實施例 1 至 27 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器具有至少一個第一位置，該至少一個第一位置距行進穿過該多層反射偏光器之一頂點的一光軸具有一徑向距離 r_1 、及距在該頂點處垂直於該光軸的一平面具有一位移 s_1 ， s_1/r_1 係至少 0.1。

【0213】 實施例 29 係實施例 28 之光學系統，其中 $s1/r1$ 係至少 0.2。

【0214】 實施例 30 係實施例 28 之光學系統，其中 $s1/r1$ 係在 0.2 至 0.8 之範圍內。

【0215】 實施例 31 係實施例 28 之光學系統，其中 $s1/r1$ 係在 0.3 至 0.6 之範圍內。

【0216】 實施例 32 係實施例 28 至 31 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器具有一第二位置，該第二位置距該光軸具有一徑向距離 $r2$ 及距該平面具有一位移 $s2$ ， $s2/r2$ 係至少 0.3。

【0217】 實施例 33 係實施例 1 至 27 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器具有至少一個第一位置，該至少一個第一位置距行進穿過該多層反射偏光器之一頂點的一光軸具有一徑向距離 $r1$ 、及距在該頂點處垂直於該光軸的一平面具有一位移 $s1$ ， $s1/r1$ 係至少 0.2，且其中對於該反射偏光器之由 $s1$ 及 $r1$ 界定之一面積，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約 2 度。

【0218】 實施例 34 係實施例 33 之光學系統，其中該反射偏光器之該透射軸之該最大變異小於約 1.5 度。

【0219】 實施例 35 係實施例 1 至 34 中任一者之光學系統，其中在該反射偏光器之一反射孔徑中，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約 1.5 度。

【0220】 實施例 36 係實施例 1 至 34 中任一者之光學系統，其中在該反射偏光器之一反射孔徑中，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約 1 度。

【0221】 實施例 37 係實施例 1 至 36 中任一者之光學系統，其中該影像表面具有一最大橫向尺寸 A，該光闌表面具有一最大橫向尺寸 B，且 A/B 係至少 3。

【0222】 實施例 38 係實施例 1 至 37 中任一者之光學系統，其中該第一光學透鏡具有：一第一主表面，其面對該第二光學透鏡；及一相對的第二主表面，其面對該影像表面，且該第二光學透鏡具有：一第一主表面，其面對該光闌表面；及一相對的第二主表面，其面對該第一光學透鏡。

【0223】 實施例 39 係實施例 38 之光學系統，其中該部分反射器設置於該第一透鏡之該第一主表面或該第二主表面上。

【0224】 實施例 40 係實施例 38 之光學系統，其中該部分反射器設置於該第一透鏡之該第一主表面上，且一第二四分之一波延遲器設置於該第一透鏡之該第二主表面上。

【0225】 實施例 41 係實施例 38 之光學系統，其中該部分反射器設置於該第一透鏡之該第二主表面上，且一第二四分之一波延遲器設置於該部分反射器上而與該第一透鏡之該第二主表面相對。

【0226】 實施例 42 係實施例 38 之光學系統，其中一第二四分之一波延遲器設置於該第一光學透鏡之該第一主表面上，且該部分反射

器設置於該第二四分之一波延遲器上而與該第一光學透鏡之該第一主表面相對。

【0227】 實施例 43 係實施例 38 之光學系統，其中該第一四分之一波延遲器設置於該第二光學透鏡之該第二主表面上，且該多層反射偏光器設置於該第二光學透鏡之該第一主表面上。

【0228】 實施例 44 係實施例 38 之光學系統，其中該多層反射偏光器設置於該第二光學透鏡之該第二主表面上，且該第一四分之一波延遲器設置於該多層反射偏光器上而與該第二光學透鏡之該第二主表面相對。

【0229】 實施例 45 係實施例 1 至 44 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器包含至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離該第二光學堆疊之一光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸。

【0230】 實施例 46 係實施例 1 至 45 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器係一經熱成型之多層反射偏光器，其係相對於該第二光學堆疊之一光軸實質上旋轉對稱。

【0231】 實施例 47 係實施例 1 至 46 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器係一經熱成型之多層反射偏光器，其係相對於該第二光學堆疊之一光軸旋轉對稱。

【0232】 實施例 48 係實施例 1 至 47 中任一者之光學系統，其中行進穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線均以小於約 25 度之一入射角入射於該第一光學堆疊及該第二光學堆疊中之各者上。

【0233】 實施例 49 係實施例 1 至 48 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊及該第二光學堆疊具有實質上相同的形狀。

【0234】 實施例 50 係實施例 1 至 48 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊及該第二光學堆疊具有不同的形狀。

【0235】 實施例 51 係實施例 1 至 50 中任一者之光學系統，其中該第一透鏡及該第二透鏡中之各者係平透鏡。

【0236】 實施例 52 係實施例 1 至 48 中任一者之光學系統，其中該第一光學透鏡及該第二光學透鏡具有實質上相同的形狀。

【0237】 實施例 53 係實施例 1 至 48 中任一者之光學系統，其中該第一光學透鏡及該第二光學透鏡具有不同的形狀。

【0238】 實施例 54 係實施例 1 至 53 中任一者之光學系統，其中該影像表面係實質上平坦。

【0239】 實施例 55 係實施例 1 至 53 中任一者之光學系統，其中該影像表面係彎曲的。

【0240】 實施例 56 係實施例 1 之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，該影像源發射一無失真影像，該部分反射器具有一第一形狀，且該反射偏光器具有一不同的第二形狀，使得由該光闌表面透射之經發射之該無失真影像之失真小於在該光闌表面處之一視野之約 10%。

【0241】 實施例 57 係實施例 56 之光學系統，其中由該光闌表面透射之經發射之該無失真影像之失真小於在該光闌表面處之一視野的 5%。

【0242】 實施例 58 係實施例 56 之光學系統，其中由該光闌表面透射之經發射之該無失真影像之失真小於在該光闌表面處之一視野的 3%。

【0243】 實施例 59 係實施例 1 至 58 中任一者之光學系統，其中在一可見波長範圍中至少具有相隔至少 150 nm 之第一波長及第二波長且透射穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線在該光闌表面處所具有之一分色距離小於在該光闌表面處之一視野的 1.5 百分比。

【0244】 實施例 60 係實施例 59 之光學系統，其中在該光闌表面處之該分色距離小於在該光闌表面處之該視野的 1.2 百分比。

【0245】 實施例 61 係實施例 1 至 60 中任一者之光學系統，其中在一可見波長範圍中至少具有相隔至少 150 nm 之第一波長及第二波長且透射穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線在該光闌表面處所具有之一分色距離小於 20 弧分。

【0246】 實施例 62 係實施例 61 之光學系統，其中在該光闌表面處之該分色距離小於 10 弧分。

【0247】 實施例 63 係實施例 1 至 62 中任一者之光學系統，其中該部分反射器具有一第一形狀，該多層反射偏光器具有一第二形狀，且該第一形狀及該第二形狀中之一或兩者由一非球面多項式垂度方程式描述。

【0248】 實施例 64 係實施例 1 至 63 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器包含交替的聚合層。

【0249】 實施例 65 係實施例 1 至 64 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器係 APF。

【0250】 實施例 66 係實施例 1 至 64 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器係經熱成型之 APF。

【0251】 實施例 67 係實施例 1 至 64 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器包含一線柵偏光器。

【0252】 實施例 68 係實施例 1 至 67 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器係旋轉對稱。

【0253】 實施例 69 係實施例 1 至 68 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊及該第二光學堆疊中之至少一者具有相對於該光闌表面及該影像表面可調整的一位置。

【0254】 實施例 70 係實施例 1 至 69 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊及該第二光學堆疊中之至少一者具有一可調整的形狀。

【0255】 實施例 71 係一種光學系統，其包含：

一影像表面；

一光闌表面；

一第一光學堆疊，其設置於該影像表面與該光闌表面之間，且包含：

一第一光學透鏡；

一部分反射器，在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率；及

一第二光學堆疊，其設置於該第一光學堆疊與該光闌表面之間，且包含：

一第二光學透鏡；

一多層反射偏光器，其包含至少一個層，該至少一個層

在該至少一個層上遠離該第二光學堆疊之一光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，

且在遠離該光軸之至少一個第二位置處

係實質上光學單軸；及

一第一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該第一光學堆疊之間，

其中，行進穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線均以小於約 30 度之入射角入射於該第一光學堆疊及該第二光學堆疊中之各者上。

【0256】 實施例 72 係實施例 71 之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，且該光闌表面係一出射光瞳。

【0257】 實施例 73 係實施例 72 之光學系統，其中該影像源包含一顯示器面板。

【0258】 實施例 74 係實施例 73 之光學系統，其中該顯示器面板係透明或半透明的。

【0259】 實施例 75 係實施例 72 至 74 中任一者之光學系統，其中該影像源包含一快門。

【0260】 實施例 76 係實施例 71 之光學系統，其中該影像源包含一孔徑，其經調適以接收從該光學系統外部之物體反射的光。

【0261】 實施例 77 係實施例 71 之光學系統，其中一影像記錄器包含該影像表面，且該光闌表面係一入射光瞳。

【0262】 實施例 78 係實施例 71 至 77 中任一者之光學系統，其中該光學系統以一折疊光軸為中心，由透射穿過該影像表面之一中心光線之一光徑界定該折疊光軸。

【0263】 實施例 79 係實施例 71 至 78 中任一者之光學系統，其中該光闌表面經調適以重疊一第二光學系統之一入射光瞳。

【0264】 實施例 80 係實施例 79 之光學系統，其中該第二光學系統經調適以記錄在該入射光瞳處接收之影像。

【0265】 實施例 81 係實施例 71 之光學系統，其中該光闌表面經調適以重疊一觀察者之眼睛之一入射光瞳。

【0266】 實施例 82 係實施例 71 之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，該影像源發射未經偏光之光。

【0267】 實施例 83 係實施例 71 至 82 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊進一步包含一第二四分之一波延遲器，該第二四分之一波延遲器設置於該部分反射器與該影像表面之間。

【0268】 實施例 84 係實施例 71 之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，該影像源發射經偏光之光。

【0269】 實施例 85 係實施例 84 之光學系統，其中該經偏光之光係線性偏光的。

【0270】 實施例 86 係實施例 84 之光學系統，其中該經偏光之光係圓形偏光的。

【0271】 實施例 87 係實施例 84 之光學系統，其中該經偏光之光係橢圓偏光的。

【0272】 實施例 88 係實施例 71 至 87 中任一者之光學系統，其中該部分反射器係一第二反射偏光器。

【0273】 實施例 89 係實施例 71 至 88 中任一者之光學系統，其中在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30%之一平均光學透射率。

【0274】 實施例 90 係實施例 71 至 89 中任一者之光學系統，其中該複數個所欲波長包含至少一連續波長範圍。

【0275】 實施例 91 係實施例 71 至 90 中任一者之光學系統，其中該複數個所欲波長包含一可見波長範圍。

【0276】 實施例 92 係實施例 91 之光學系統，其中該可見範圍係從 400 nm 至 700 nm。

【0277】 實施例 93 係實施例 71 至 92 中任一者之光學系統，其中該複數個所欲波長包含一紅外波長範圍。

【0278】 實施例 94 係實施例 71 至 93 中任一者之光學系統，其中該複數個所欲波長包含紅外波長、可見波長、及紫外波長中之一或多者。

【0279】 實施例 95 係實施例 71 至 91 中任一者之光學系統，其中該部分反射器係一陷波反射器。

【0280】 實施例 96 係實施例 95 之光學系統，其中該複數個所欲波長包含一或多個連續波長範圍，且其中該等連續波長範圍中之至少一者具有不大於 100 nm 之一半高全寬。

【0281】 實施例 97 係實施例 96 之光學系統，其中該半高全寬係不大於 50 nm。

【0282】 實施例 98 係實施例 71 至 97 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器具有至少一個第一位置，該至少一個第一位置距行進穿過該多層反射偏光器之一頂點的一光軸具有一徑向距離 r_1 、及距在該頂點處垂直於該光軸的一平面具有一位移 s_1 ， s_1/r_1 係至少 0.1。

【0283】 實施例 99 係實施例 98 之光學系統，其中 s_1/r_1 係至少 0.2。

【0284】 實施例 100 係實施例 98 之光學系統，其中 s_1/r_1 係在 0.2 至 0.8 之範圍內。

【0285】 實施例 101 係實施例 98 之光學系統，其中 s_1/r_1 係在 0.3 至 0.6 之範圍內。

【0286】 實施例 102 係實施例 98 至 101 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器具有一第二位置，該第二位置距該光軸具有一徑向距離 r_2 及距該平面具有一位移 s_2 ， s_2/r_2 係至少 0.3。

【0287】 實施例 103 係實施例 71 至 97 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器在該膜上具有至少一個第一位置，該至少一個第一位置距行進穿過該多層反射偏光器之一頂點的一光軸具有一徑向距

離 r_1 、及距在該頂點處垂直於該光軸的一平面具有一位移 s_1 ， s_1/r_1 係至少 0.2，且其中對於該反射偏光器之由 s_1 及 r_1 界定之一面積，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約 2 度。

【0288】 實施例 104 係實施例 103 之光學系統，其中該反射偏光器之該透射軸之該最大變異小於約 1.5 度。

【0289】 實施例 105 係實施例 71 至 104 中任一者之光學系統，其中在該反射偏光器之一反射孔徑中，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約 1.5 度。

【0290】 實施例 106 係實施例 71 至 104 中任一者之光學系統，其中在該反射偏光器之一反射孔徑中，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約 1 度。

【0291】 實施例 107 係實施例 71 至 106 中任一者之光學系統，其中該第一光學透鏡具有：一第一主表面，其面對該第二光學透鏡；及一相對的第二主表面，其面對該影像表面，且該第二光學透鏡具有：一第一主表面，其面對該光闌表面；及一相對的第二主表面，其面對該第一光學透鏡。

【0292】 實施例 108 係實施例 107 之光學系統，其中該部分反射器設置於該第一透鏡之該第一主表面或該第二主表面上。

【0293】 實施例 109 係實施例 108 之光學系統，其中該部分反射器設置於該第一透鏡之該第一主表面上，且一第二四分之一波延遲器設置於該第一透鏡之該第二主表面上。

【0294】 實施例 110 係實施例 108 之光學系統，其中該部分反射器設置於該第一透鏡之該第二主表面上，且一第二四分之一波延遲器設置於該部分反射器上而與該第一透鏡之該第二主表面相對。

【0295】 實施例 111 係實施例 107 之光學系統，其中一第二四分之一波延遲器設置於該第一光學透鏡之該第一主表面上，且該部分反射器設置於該第二四分之一波延遲器上而與該第一光學透鏡之該第一主表面相對。

【0296】 實施例 112 係實施例 107 之光學系統，其中該第一四分之一波延遲器設置於該第二光學透鏡之該第二主表面上，且該多層反射偏光器設置於該第二光學透鏡之該第一主表面上。

【0297】 實施例 113 係實施例 107 之光學系統，其中該多層反射偏光器設置於該第二光學透鏡之該第二主表面上，且該第一四分之一波延遲器設置於該多層反射偏光器上而與該第二光學透鏡之該第二主表面相對。

【0298】 實施例 114 係實施例 71 至 113 中任一者之光學系統，其中該影像表面具有一最大橫向尺寸 A，該光闌表面具有一最大橫向尺寸 B，且 A/B 係至少 3。

【0299】 實施例 115 係實施例 71 至 114 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器係一經熱成型之多層反射偏光器，其係相對於該第二光學堆疊之一光軸實質上旋轉對稱。

【0300】 實施例 116 係實施例 71 至 115 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器係一經熱成型之多層反射偏光器，其係相對於該第二光學堆疊之一光軸旋轉對稱。

【0301】 實施例 117 係實施例 71 至 116 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊及該第二光學堆疊中之一或兩者沿著正交的第一軸及第二軸凸出朝向該影像表面。

【0302】 實施例 118 係實施例 117 之光學系統，其中該第一光學堆疊及該第二光學堆疊均沿著該第一軸及該第二軸凸出朝向該影像表面。

【0303】 實施例 119 係實施例 71 至 118 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器沿著正交的第一軸及第二軸凸出朝向該影像表面。

【0304】 實施例 120 係實施例 71 至 119 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊及該第二光學堆疊具有實質上相同的形狀。

【0305】 實施例 121 係實施例 71 至 119 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊及該第二光學堆疊具有不同的形狀。

【0306】 實施例 122 係實施例 71 至 121 中任一者之光學系統，其中該第一透鏡及該第二透鏡中之各者係平透鏡。

【0307】 實施例 123 係實施例 71 至 119 中任一者之光學系統，其中該第一光學透鏡及該第二光學透鏡具有實質上相同的形狀。

【0308】 實施例 124 係實施例 71 至 119 中任一者之光學系統，其中該第一光學透鏡及該第二光學透鏡具有不同的形狀。

【0309】 實施例 125 係實施例 71 至 124 中任一者之光學系統，其中該影像表面係實質上平坦。

【0310】 實施例 126 係實施例 71 至 124 中任一者之光學系統，其中該影像表面係彎曲的。

【0311】 實施例 127 係實施例 71 至 126 中任一者之光學系統，其中行進穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線均以小於約 25 度之一入射角入射於該第一光學堆疊及該第二光學堆疊中之各者上。

【0312】 實施例 128 係實施例 71 之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，該影像源發射一無失真影像，該部分反射器具有第一形狀，且該反射偏光器具有不同的第二形狀，使得由該光闌表面透射之經發射之該無失真影像之失真小於在該光闌表面處之一視野之約 10%。

【0313】 實施例 129 係實施例 128 之光學系統，其中由該光闌表面透射之經發射之該無失真影像之失真小於在該光闌表面處之一視野的 5%。

【0314】 實施例 130 係實施例 128 之光學系統，其中由該光闌表面透射之經發射之該無失真影像之失真小於在該光闌表面處之一視野的 3%。

【0315】 實施例 131 係實施例 71 至 130 中任一者之光學系統，其中在一可見波長範圍中至少具有相隔至少 150 nm 之第一波長及第二波長且透射穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線在該光

闌表面處所具有之一分色距離小於在該光闌表面處之一視野的 1.5 百分比。

【0316】 實施例 132 係實施例 131 之光學系統，其中在該光闌表面處之該分色距離小於在該光闌表面處之該視野的 1.2 百分比。

【0317】 實施例 133 係實施例 71 至 132 中任一者之光學系統，其中在一可見波長範圍中至少具有相隔至少 150 nm 之第一波長及第二波長且透射穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線在該光闌表面處所具有之一分色距離小於 20 弧分。

【0318】 實施例 134 係實施例 133 之光學系統，其中在該光闌表面處之該分色距離小於 10 弧分。

【0319】 實施例 135 係實施例 71 至 134 中任一者之光學系統，其中該部分反射器具有一第一形狀，該多層反射偏光器具有一第二形狀，且該第一形狀及該第二形狀中之一或兩者由一非球面多項式垂度方程式描述。

【0320】 實施例 136 係實施例 71 至 135 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器包含交替的聚合層。

【0321】 實施例 137 係實施例 71 至 136 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器係經熱成型之 APF。

【0322】 實施例 138 係實施例 71 至 136 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器包含一線柵偏光器。

【0323】 實施例 139 係實施例 71 至 138 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器係旋轉對稱。

【0324】 實施例 140 係實施例 71 至 139 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊及該第二光學堆疊中之至少一者具有相對於該光闌表面及該影像表面的一使用者可調整的位置。

【0325】 實施例 141 係實施例 71 至 140 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊及該第二光學堆疊中之至少一者具有一使用者可調整的形狀。

【0326】 實施例 142 係一種光學系統，其包含：

一影像源，其發射一無失真影像；

一出射光瞳；

一部分反射器，其具有沿著正交的第一軸及第二軸凸出朝向該影像源的一第一形狀，且在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率；及

一反射偏光器，其具有沿著該第一軸及該第二軸凸出朝向該影像源之一不同的第二形狀，使得由該出射光瞳透射的經發射之該無失真影像之失真小於約 10%。

【0327】 實施例 143 係實施例 142 之光學系統，其中由該出射光瞳透射之經發射之該無失真影像之失真小於約 5%。

【0328】 實施例 144 係實施例 142 之光學系統，其中由該出射光瞳透射之經發射之該無失真影像之失真小於約 3%。

【0329】 實施例 145 係實施例 142 至 144 中任一者之光學系統，其中設置於該影像源與該出射光瞳之間的一整合式光學堆疊包含一第

一光學透鏡、一第一四分之一波延遲器、該部分反射器、及該反射偏光器。

【0330】 實施例 146 係實施例 145 之光學系統，其中該第一四分之一波延遲器設置於該第一光學透鏡之面對該影像源之一第一主表面上，且該部分反射器設置於該四分之一波延遲器上而與該第一光學透鏡相對。

【0331】 實施例 147 係實施例 145 之光學系統，其中該部分反射器設置於該第一光學透鏡之面對該影像源之一第一主表面上。

【0332】 實施例 148 係實施例 147 之光學系統，其中該第一四分之一波延遲器設置於該第一光學透鏡之一第二主表面上而與該第一主表面相對。

【0333】 實施例 149 係實施例 147 之光學系統，其中該反射偏光器設置於該第一四分之一波延遲器上而與該第一光學透鏡相對。

【0334】 實施例 150 係實施例 145 至 149 中任一者之光學系統，其中該整合式光學堆疊進一步包含一第二四分之一波延遲器。

【0335】 實施例 151 係實施例 150 之光學系統，其中該第二四分之一波延遲器設置於該部分反射器之面對該影像源之一主表面上。

【0336】 實施例 152 係實施例 142 至 151 中任一者之光學系統，其中在該複數個預定波長中至少具有相隔至少 150 nm 之第一波長及第二波長且由該影像源發射並由該出射光瞳透射之實質上任何主光線在該出射光瞳處所具有之一分色距離小於在該出射光瞳處之一視野的 1.5 百分比。

【0337】 實施例 153 係實施例 142 至 152 中任一者之光學系統，其中在該複數個預定波長中至少具有相隔至少 150 nm 之第一波長及第二波長且由該影像源發射並由該出射光瞳透射之實質上任何主光線在該出射光瞳處所具有之一分色距離小於 20 弧分。

【0338】 實施例 154 係一種光學系統，其包含：

一影像源；

一出射光瞳；

一第一光學堆疊，其設置於該影像源與該出射光瞳之間，且包含：

一第一光學透鏡；

一部分反射器，在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率；及

一第二光學堆疊，其設置於該第一光學堆疊與該出射光瞳之間，且包含：

一第二光學透鏡；

一多層反射偏光器；及

一第一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該第一光學堆疊之間，

其中在該複數個預定波長中至少具有相隔至少 150 nm 之第一波長及第二波長且由該影像源發射並由該出射光瞳透射之實質上任何主光線在該出射光瞳處所具有之一分色距離小於在該出射光瞳處之一視野的 1.5 百分比，且其中該多層反射偏光器係相對於兩個正交軸凸出。

【0339】 實施例 155 係實施例 154 之光學系統，其中在該出射光瞳處之該分色距離小於在該出射光瞳處之該視野的 1.2 百分比。

【0340】 實施例 156 係實施例 154 或 155 之光學系統，其中在該出射光瞳處之該分色距離小於 20 弧分。

【0341】 實施例 157 係實施例 154 至 155 中任一者之光學系統，其中在該出射光瞳處之該分色距離小於 10 弧分。

【0342】 實施例 158 係一種光學系統，其包含：

一影像源；

一出射光瞳；

一第一光學堆疊，其設置於該影像源與該出射光瞳之間，且包含：

一第一光學透鏡；

一部分反射器，在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率；及

一第二光學堆疊，其設置於該第一光學堆疊與該出射光瞳之間，且包含：

一第二光學透鏡；

一多層反射偏光器；及

一第一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該第一光學堆疊之間，

其中在該複數個預定波長中至少具有相隔至少 150 nm 之第一波長及第二波長且由該影像源發射並由該出射光瞳透射之實質上任何主光線在

該出射光瞳處所具有之一分色距離小於 20 弧分，且其中該多層反射偏光器係相對於兩個正交軸凸出。

【0343】 實施例 159 係實施例 158 之光學系統，其中在該出射光瞳處之該分色距離小於 10 弧分。

【0344】 實施例 160 係實施例 158 或 159 之光學系統，其中在該出射光瞳處之該分色距離小於在該出射光瞳處之一視野的 1.5 百分比。

【0345】 實施例 161 係實施例 158 至 160 中任一者之光學系統，其中在該出射光瞳處之該分色距離小於在該出射光瞳處之一視野的 1.2 百分比。

【0346】 實施例 162 係實施例 154 至 160 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊及該第二光學堆疊中之至少一者具有相對於該光闌表面及該影像表面可調整的一位置。

【0347】 實施例 163 係實施例 154 至 162 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊及該第二光學堆疊中之至少一者具有一可調整的形狀。

【0348】 實施例 164 係實施例 154 至 163 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊沿著正交的第一軸及第二軸凸出朝向該影像源。

【0349】 實施例 165 係實施例 154 至 164 中任一者之光學系統，其中該第二光學堆疊沿著正交的第一軸及第二軸凸出朝向該影像源。

【0350】 實施例 166 係實施例 142 至 165 中任一者之光學系統，其中該影像源具有一最大橫向尺寸 A，該出射光瞳具有一最大橫向尺寸 B，且 A/B 係至少 3。

【0351】 實施例 167 係實施例 142 至 166 中任一者之光學系統，其中該影像源之至少一主光線以至少 40 度之一入射角行進穿過該出射光瞳。

【0352】 實施例 168 係實施例 142 至 167 中任一者之光學系統，其中該光學系統以一折疊光軸為中心，由該影像源所發射之一中心光之一光徑界定該折疊光軸。

【0353】 實施例 169 係實施例 142 至 168 中任一者之光學系統，其中該出射光瞳經調適以重疊一第二光學系統之一入射光瞳。

【0354】 實施例 170 係實施例 169 之光學系統，其中該第二光學系統經調適以記錄在該入射光瞳處接收之影像。

【0355】 實施例 171 係實施例 142 至 169 中任一者之光學系統，其中該出射光瞳經調適以重疊一觀察者之眼睛之一入射光瞳。

【0356】 實施例 172 係實施例 142 至 171 中任一者之光學系統，其中該影像源發射未經偏光之光。

【0357】 實施例 173 係實施例 142 至 171 中任一者之光學系統，其中該影像源發射經偏光之光。

【0358】 實施例 174 係實施例 173 之光學系統，其中該經偏光之光係線性偏光的。

【0359】 實施例 175 係實施例 173 之光學系統，其中該經偏光之光係圓形偏光的。

【0360】 實施例 176 係實施例 173 之光學系統，其中該經偏光之光係橢圓偏光的。

【0361】 實施例 177 係實施例 142 至 176 中任一者之光學系統，其中該部分反射器係一第二反射偏光器。

【0362】 實施例 178 係實施例 142 至 177 中任一者之光學系統，其中在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30%之一平均光學透射率。

【0363】 實施例 179 係實施例 142 至 178 中任一者之光學系統，其中該複數個預定波長包含一或多個預定波長範圍。

【0364】 實施例 180 係實施例 142 至 179 中任一者之光學系統，其中該複數個預定波長包含一可見範圍。

【0365】 實施例 181 係實施例 180 之光學系統，其中該可見範圍係從 400 nm 至 700 nm。

【0366】 實施例 182 係實施例 142 至 179 中任一者之光學系統，其中該複數個預定波長包含一紅外範圍。

【0367】 實施例 183 係實施例 142 至 179 中任一者之光學系統，其中該複數個預定波長包含紅外波長、可見波長、及紫外波長中之一或多者。

【0368】 實施例 184 係實施例 142 至 180 中任一者之光學系統，其中該部分反射器係一陷波反射器。

【0369】 實施例 185 係實施例 184 之光學系統，其中該複數個預定波長包含具有不大於 100 nm 之一半高全寬之至少一波長範圍。

【0370】 實施例 186 係實施例 184 之光學系統，其中該複數個預定波長包含具有不大於 50 nm 之一半高全寬之至少一波長範圍。

【0371】 實施例 187 係實施例 142 至 186 中任一者之光學系統，其中該反射偏光器具有至少一個第一位置，該至少一個第一位置距行進穿過該多層反射偏光器之一頂點的一光軸具有一徑向距離 r_1 、及距在該頂點處垂直於該光軸的一平面具有一位移 s_1 ， s_1/r_1 係至少 0.1。

【0372】 實施例 188 係實施例 187 之光學系統，其中 s_1/r_1 係至少 0.2。

【0373】 實施例 189 係實施例 187 之光學系統，其中 s_1/r_1 係在 0.2 至 0.8 之範圍內。

【0374】 實施例 190 係實施例 187 之光學系統，其中 s_1/r_1 係在 0.3 至 0.6 之範圍內。

【0375】 實施例 191 係實施例 187 至 190 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器具有一第二位置，該第二位置距該光軸具有一徑向距離 r_2 及距該平面具有一位移 s_2 ， s_2/r_2 係至少 0.3。

【0376】 實施例 192 係實施例 142 至 186 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器具有至少一個第一位置，該至少一個第一位置距行進穿過該反射偏光器之一頂點的一光軸具有一徑向距離 r_1 、及距在該頂點處垂直於該光軸的一平面具有一位移 s_1 ， s_1/r_1 係至少 0.2，

且其中對於該反射偏光器之由 s_1 及 r_1 界定之一面積，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約 2 度。

【0377】 實施例 193 係實施例 192 之光學系統，其中該反射偏光器之該透射軸之該最大變異小於約 1.5 度。

【0378】 實施例 194 係實施例 142 至 193 中任一者之光學系統，其中在該反射偏光器之一反射孔徑中，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約 1.5 度。

【0379】 實施例 195 係實施例 142 至 193 中任一者之光學系統，其中在該反射偏光器之一反射孔徑中，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約 1 度。

【0380】 實施例 196 係實施例 142 至 195 中任一者之光學系統，其中該反射偏光器包含至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離該第二光學堆疊之一光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸。

【0381】 實施例 197 係實施例 142 至 196 中任一者之光學系統，其中該反射偏光器係一經熱成型之多層反射偏光器，其係相對於該反射偏光器之一光軸實質上旋轉對稱。

【0382】 實施例 198 係實施例 142 至 197 中任一者之光學系統，其中該反射偏光器係一經熱成型之多層反射偏光器，其係相對於該反射偏光器之一光軸旋轉對稱。

【0383】 實施例 199 係實施例 142 至 198 之光學系統，其中由該影像源發射且透射穿過該出射光瞳之實質上任何主光線以小於約 25 度之一入射角入射於該反射偏光器及該部分反射器中之各者上。

【0384】 實施例 200 係實施例 142 至 202 中任一者之光學系統，其中該部分反射器具有一第一形狀，該反射偏光器具有一第二形狀，且該第一形狀及該第二形狀中之一或兩者由一非球面多項式垂度方程式描述。

【0385】 實施例 201 係實施例 142 至 200 中任一者之光學系統，其中該反射偏光器包含交替的聚合層。

【0386】 實施例 202 係實施例 142 至 201 中任一者之光學系統，其中該反射偏光器係經熱成型之 APF。

【0387】 實施例 203 係實施例 142 至 201 中任一者之光學系統，其中該反射偏光器包含一線柵偏光器。

【0388】 實施例 204 係實施例 142 至 203 中任一者之光學系統，其中該反射偏光器係旋轉對稱。

【0389】 實施例 205 係實施例 142 至 204 中任一者之光學系統，其中該影像源包含一顯示器面板。

【0390】 實施例 206 係實施例 205 之光學系統，其中該顯示器面板係透明或半透明的。

【0391】 實施例 207 係實施例 204 或 205 之光學系統，其中該影像源包含一快門。

【0392】 實施例 208 係一種光學系統，其包含：

一影像表面，其具有一最大橫向尺寸 A；

一光闌表面，其具有一最大橫向尺寸 B，A/B 係至少 3；

一整合式光學堆疊，其設置於該影像表面與該光闌表面之間，且包含：

一第一光學透鏡；

一部分反射器，在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率；

一多層反射偏光器，其實質上透射具有一第一偏光狀態之光且實質上反射具有一正交的第二偏光狀態之光；及

一第一四分之一波延遲器，其依該複數個預定波長中之至少一個波長，其中透射穿過該光闌表面及該影像表面之至少一主光線以至少 40 度之入射角行進穿過該光闌表面。

【0393】 實施例 209 係實施例 208 之光學系統，其中該整合式光學堆疊沿著正交的第一軸及第二軸凸出朝向該影像表面。

【0394】 實施例 210 係實施例 208 至 209 中任一者之光學系統，其中在一可見波長範圍中至少具有相隔至少 150 nm 之第一波長及第二波長且透射穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線在該光闌表面處所具有之一分色距離小於在該光闌表面處之一視野的 1.5 百分比。

【0395】 實施例 211 係實施例 208 至 210 中任一者之光學系統，其中在該光闌表面處之該分色距離小於在該光闌表面處之該視野的 1.2 百分比。

【0396】 實施例 212 係實施例 208 至 211 中任一者之光學系統，其中在一可見波長範圍中至少具有相隔至少 150 nm 之第一波長及第二波長且透射穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線在該光闌表面處所具有之一分色距離小於 20 弧分。

【0397】 實施例 213 係實施例 208 至 212 中任一者之光學系統，其中在該光闌表面處之該分色距離小於 10 弧分。

【0398】 實施例 214 係實施例 208 至 213 中任一者之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，且該光闌表面係一出射光瞳。

【0399】 實施例 215 係實施例 214 之光學系統，其中該影像源包含一顯示器面板。

【0400】 實施例 216 係實施例 215 之光學系統，其中該顯示器面板係透明或半透明的。

【0401】 實施例 217 係實施例 214 至 216 中任一者之光學系統，其中該影像源包含一快門。

【0402】 實施例 218 係實施例 208 之光學系統，其中該影像源包含一孔徑，其經調適以接收從該光學系統外部之物體反射的光。

【0403】 實施例 219 係實施例 208 至 213 中任一者之光學系統，其中一影像記錄器包含該影像表面，且該光闌表面係一入射光瞳。

【0404】 實施例 220 係實施例 208 至 219 中任一者之光學系統，其中該光學系統以一折疊光軸為中心，由透射穿過該影像表面之一中心光線之一光徑界定該折疊光軸。

【0405】 實施例 221 係實施例 208 之光學系統，其中該光闌表面經調適以重疊一第二光學系統之一入射光瞳。

【0406】 實施例 222 係實施例 221 之光學系統，其中該第二光學系統經調適以記錄在該入射光瞳處接收之影像。

【0407】 實施例 223 係實施例 208 之光學系統，其中該光闌表面經調適以重疊一觀察者之眼睛之一入射光瞳。

【0408】 實施例 224 係實施例 208 之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，該影像源發射未經偏光之光。

【0409】 實施例 225 係實施例 208 至 224 中任一者之光學系統，其進一步包含一第二四分之一波延遲器，該第二四分之一波延遲器依該複數個預定波長中之至少一個波長，該第二四分之一波延遲器設置於該部分反射器與該影像表面之間，該第一四分之一波延遲器設置於該多層反射偏光器與該部分反射器之間。

【0410】 實施例 226 係實施例 208 之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，該影像源發射經偏光之光。

【0411】 實施例 227 係實施例 226 之光學系統，其中該經偏光之光係線性偏光的。

【0412】 實施例 228 係實施例 226 之光學系統，其中該經偏光之光係圓形偏光的。

【0413】 實施例 229 係實施例 226 之光學系統，其中該經偏光之光係橢圓偏光的。

【0414】 實施例 230 係實施例 208 至 229 中任一者之光學系統，其中該部分反射器係一第二反射偏光器。

【0415】 實施例 231 係實施例 208 至 230 中任一者之光學系統，其中在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學透射率。

【0416】 實施例 232 係實施例 208 至 231 中任一者之光學系統，其中該複數個預定波長包含至少一連續波長範圍。

【0417】 實施例 233 係實施例 208 至 232 中任一者之光學系統，其中該複數個預定波長包含一可見波長範圍。

【0418】 實施例 234 係實施例 233 之光學系統，其中該可見範圍係從 400 nm 至 700 nm。

【0419】 實施例 235 係實施例 208 至 234 中任一者之光學系統，其中該複數個預定波長包含一紅外波長範圍。

【0420】 實施例 236 係實施例 208 至 235 中任一者之光學系統，其中該複數個預定波長包含紅外波長、可見波長、及紫外波長中之一或多者。

【0421】 實施例 237 係實施例 208 至 236 中任一者之光學系統，其中該部分反射器係一陷波反射器。

【0422】 實施例 238 係實施例 237 之光學系統，其中該複數個預定波長包含一或多個連續波長範圍，且其中該等連續波長範圍中之至少一者具有不大於 100 nm 之一半高全寬。

【0423】 實施例 239 係實施例 238 之光學系統，其中該半高全寬係不大於 50 nm。

【0424】 實施例 240 係實施例 208 至 239 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器具有至少一個第一位置，該至少一個第一位置距行進穿過該多層反射偏光器之一頂點的一光軸具有一徑向距離 r_1 ，及距在該頂點處垂直於該光軸的一平面具有一位移 s_1 ， s_1/r_1 係至少 0.1。

【0425】 實施例 241 係實施例 240 之光學系統，其中 s_1/r_1 係至少 0.2。

【0426】 實施例 242 係實施例 240 之光學系統，其中 s_1/r_1 係在 0.2 至 0.8 之範圍內。

【0427】 實施例 243 係實施例 240 之光學系統，其中 s_1/r_1 係在 0.3 至 0.6 之範圍內。

【0428】 實施例 244 係實施例 240 之光學系統，其中該多層反射偏光器具有第二位置，該第二位置距該光軸具有一徑向距離 r_2 及距該平面具有一位移 s_2 ， s_2/r_2 係至少 0.3。

【0429】 實施例 245 係實施例 208 至 244 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器具有至少一個第一位置，該至少一個第一位置距行進穿過該多層反射偏光器之一頂點的一光軸具有一徑向距離 r_1 ，及距在該頂點處垂直於該光軸的一平面具有一位移 s_1 ， s_1/r_1 係至少 0.2，且其中對於該反射偏光器之由 s_1 及 r_1 界定之一面積，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約 2 度。

【0430】 實施例 246 係實施例 245 之光學系統，其中該反射偏光器之該透射軸之該最大變異小於約 1.5 度。

【0431】 實施例 247 係實施例 208 至 246 中任一者之光學系統，其中在該反射偏光器之一反射孔徑中，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約 1.5 度。

【0432】 實施例 248 係實施例 209 至 246 中任一者之光學系統，其中在該反射偏光器之一反射孔徑中，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約 1 度。

【0433】 實施例 249 係實施例 208 至 248 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器包含至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離該第二光學堆疊之一光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸。

【0434】 實施例 250 係實施例 208 至 249 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器係一經熱成型之多層反射偏光器，其係相對於該第二光學堆疊之一光軸實質上旋轉對稱。

【0435】 實施例 251 係實施例 208 至 250 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器係一經熱成型之多層反射偏光器，其係相對於該第二光學堆疊之一光軸旋轉對稱。

【0436】 實施例 252 係實施例 208 至 251 中任一者之光學系統，其中行進穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線均以小於約 25 度之一入射角入射於該部分反射器、該多層反射偏光器、該第一四分之一波延遲器中之各者上。

【0437】 實施例 253 係實施例 208 之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，該影像源發射一無失真影像，該部分反射器具有第一形狀，且該反射偏光器具有第二形狀，使得由該光闌表面透射之經發射之該無失真影像之失真小於在該光闌表面處之一視野之約 10%。

【0438】 實施例 254 係實施例 253 之光學系統，其中由該光闌表面透射之經發射之該無失真影像之失真小於在該光闌表面處之一視野之約 5%。

【0439】 實施例 255 係實施例 253 之光學系統，其中由該光闌表面透射之經發射之該無失真影像之失真小於在該光闌表面處之一視野之約 3%。

【0440】 實施例 256 係實施例 208 至 255 中任一者之光學系統，其中該部分反射器具有第一形狀，該多層反射偏光器具有第二形狀，且該第一形狀及該第二形狀中之一或兩者由一非球面多項式垂度方程式描述。

【0441】 實施例 257 係實施例 208 至 256 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器包含交替的聚合層。

【0442】 實施例 258 係實施例 208 至 257 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器係經熱成型之 APF。

【0443】 實施例 259 係實施例 208 至 257 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器包含一線柵偏光器。

【0444】 實施例 260 係實施例 208 至 259 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器係旋轉對稱。

【0445】 實施例 261 係實施例 208 至 260 中任一者之光學系統，其中該整合式光學堆疊包含一第二光學透鏡。

【0446】 實施例 262 係實施例 261 之光學系統，其中該第一四分之一波延遲器設置於該第一光學透鏡與該第二光學透鏡之間。

【0447】 實施例 263 係實施例 261 或 262 之光學系統，其中該多層反射偏光器設置於該第二光學透鏡之面對該光闌表面的一主表面上，且該部分反射器設置於該第一光學透鏡之面對該影像表面的一主表面上。

【0448】 實施例 264 係一種光學系統，其包含：
一影像表面；
一實質上平坦的光闌表面；及
設置於該影像表面與該光闌表面之間：

第一光學透鏡、第二光學透鏡、及第三光學透鏡；

一部分反射器，在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率；

一多層反射偏光器，其實質上透射具有一第一偏光狀態之光且實質上反射具有一正交的第二偏光狀態之光；及

一第一四分之一波延遲器，其依該複數個預定波長中之至少一個波長，

其中該光學系統包含設置於該影像表面與該光闌表面之間的複數個主表面，各主表面沿著正交的第一軸及第二軸凸出朝向該影像表面，其中至少六個不同的主表面具有六個不同的凸性。

【0449】 實施例 265 係實施例 264 之光學系統，其中該複數個主表面包括該第一光學透鏡之相對的第一主表面及第二主表面、該第二光學透鏡之相對的第一主表面及第二主表面、及該第三光學透鏡之相對的第一主表面及第二主表面，各第一主表面面對該光闌表面，且各第二主表面面對該影像表面。

【0450】 實施例 266 係實施例 265 之光學系統，其中該第二光學透鏡設置於該第一光學透鏡與該第三光學透鏡之間，且該第三光學透鏡設置於該光闌表面與該第一光學透鏡之間。

【0451】 實施例 267 係實施例 266 之光學系統，其中該部分反射器設置於該第二光學透鏡之該第一主表面上。

【0452】 實施例 268 係實施例 266 或 267 之光學系統，其中該多層反射偏光器設置於該第三光學透鏡之該第二主表面上。

【0453】 實施例 269 係實施例 268 之光學系統，其中該第一四分之一波延遲器設置於該多層反射偏光器上。

【0454】 實施例 270 係實施例 266 至 269 中任一者之光學系統，其進一步包含一第二四分之一波延遲器，該第二四分之一波延遲器依該複數個預定波長中之至少一個波長，該第二四分之一波延遲器設置於該第二光學透鏡之該第二主表面上。

【0455】 實施例 271 係實施例 265 之光學系統，其中該反射偏光器設置於該第三光學透鏡之該第一主表面上，且該第一四分之一波延遲器設置於該第三光學透鏡之該第二主表面上。

【0456】 實施例 272 係實施例 271 之光學系統，其中該部分反射器設置於該第二光學透鏡之該第一主表面或該第二主表面上。

【0457】 實施例 273 係實施例 264 至 272 中任一者之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，且該光闌表面係一出射光瞳。

【0458】 實施例 274 係實施例 273 之光學系統，其中該影像源包含一顯示器面板。

【0459】 實施例 275 係實施例 274 之光學系統，其中該顯示器面板係實質上透明的。

【0460】 實施例 276 係實施例 273 至 275 中任一者之光學系統，其中該影像源包含一快門。

【0461】 實施例 277 係實施例 264 至 272 中任一者之光學系統，其中一影像記錄器包含該影像表面，且該光闌表面係一入射光瞳。

【0462】 實施例 278 係實施例 264 至 277 中任一者之光學系統，其中該光學系統以一折疊光軸為中心，由透射穿過該影像表面之一中心光線之一光徑界定該折疊光軸。

【0463】 實施例 279 係實施例 264 至 278 中任一者之光學系統，其中該光闌表面經調適以重疊一第二光學系統之一入射光瞳。

【0464】 實施例 280 係實施例 279 之光學系統，其中該第二光學系統經調適以記錄在該入射光瞳處接收之影像。

【0465】 實施例 281 係實施例 264 至 272 中任一者之光學系統，其中該光闌表面經調適以重疊一觀察者之眼睛之一入射光瞳。

【0466】 實施例 282 係實施例 264 至 272 中任一者之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，該影像源發射未經偏光之光。

【0467】 實施例 283 係實施例 264 至 269 中任一者之光學系統，其中該光學堆疊系統進一步包含一第二四分之一波延遲器，該第二四分之一波延遲器依該複數個預定波長中之至少一個波長，該第二四分之一波延遲器設置於該部分反射器與該影像表面之間，該第一四分之一波延遲器設置於該多層反射偏光器與該部分反射器之間。

【0468】 實施例 284 係實施例 264 至 272 中任一者之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，該影像源發射經偏光之光。

【0469】 實施例 285 係實施例 284 之光學系統，其中該經偏光之光係線性偏光的。

【0470】 實施例 286 係實施例 284 之光學系統，其中該經偏光之光係圓形偏光的。

【0471】 實施例 287 係實施例 284 之光學系統，其中該經偏光之光係橢圓偏光的。

【0472】 實施例 288 係實施例 264 至 287 中任一者之光學系統，其中該部分反射器係一第二反射偏光器。

【0473】 實施例 289 係實施例 264 至 288 中任一者之光學系統，其中在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30%之一平均光學透射率。

【0474】 實施例 290 係實施例 264 至 289 中任一者之光學系統，其中該複數個預定波長包含至少一連續波長範圍。

【0475】 實施例 291 係實施例 264 至 290 中任一者之光學系統，其中該複數個預定波長包含一可見波長範圍。

【0476】 實施例 292 係實施例 291 之光學系統，其中該可見範圍係從 400 nm 至 700 nm。

【0477】 實施例 293 係實施例 264 至 292 中任一者之光學系統，其中該複數個預定波長包含一紅外波長範圍。

【0478】 實施例 294 係實施例 264 至 293 中任一者之光學系統，其中該複數個預定波長包含紅外波長、可見波長、及紫外波長中之一或多者。

【0479】 實施例 295 係實施例 264 至 294 中任一者之光學系統，其中該部分反射器係一陷波反射器。

【0480】 實施例 296 係實施例 295 之光學系統，其中該複數個預定波長包含一或多個連續波長範圍，且其中該等連續波長範圍中之至少一者具有不大於 100 nm 之一半高全寬。

【0481】 實施例 297 係實施例 296 之光學系統，其中該半高全寬係不大於 50 nm。

【0482】 實施例 298 係實施例 264 至 297 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器具有至少一個第一位置，該至少一個第一位置距行進穿過該多層反射偏光器之一頂點的一光軸具有一徑向距離 r_1 、

及距在該頂點處垂直於該光軸的一平面具有一位移 s_1 ， s_1/r_1 係至少 0.1。

【0483】 實施例 299 係實施例 298 之光學系統，其中 s_1/r_1 係至少 0.2。

【0484】 實施例 300 係實施例 298 之光學系統，其中 s_1/r_1 係在 0.2 至 0.8 之範圍內。

【0485】 實施例 301 係實施例 298 之光學系統，其中 s_1/r_1 係在 0.3 至 0.6 之範圍內。

【0486】 實施例 302 係實施例 298 至 301 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器具有一第二位置，該第二位置距該光軸具有一徑向距離 r_2 及距該平面具有一位移 s_2 ， s_2/r_2 係至少 0.3。

【0487】 實施例 303 係實施例 264 至 297 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器具有至少一個第一位置，該至少一個第一位置距行進穿過該多層反射偏光器之一頂點的一光軸具有一徑向距離 r_1 ，及距在該頂點處垂直於該光軸的一平面具有一位移 s_1 ， s_1/r_1 係至少 0.2，且其中對於該反射偏光器之由 s_1 及 r_1 界定之一面積，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約 2 度。

【0488】 實施例 304 係實施例 303 之光學系統，其中該反射偏光器之該透射軸之該最大變異小於約 1.5 度。

【0489】 實施例 305 係實施例 264 至 304 中任一者之光學系統，其中在該反射偏光器之一反射孔徑中，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約 1.5 度。

【0490】 實施例 306 係實施例 264 至 304 中任一者之光學系統，其中在該反射偏光器之一反射孔徑中，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約 1 度。

【0491】 實施例 307 係實施例 264 至 306 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器包含至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離該第二光學堆疊之一光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸。

【0492】 實施例 308 係實施例 264 至 307 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器係一經熱成型之多層反射偏光器，其係相對於該第二光學堆疊之一光軸實質上旋轉對稱。

【0493】 實施例 309 係實施例 264 至 308 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器係一經熱成型之多層反射偏光器，其係相對於該第二光學堆疊之一光軸旋轉對稱。

【0494】 實施例 310 係實施例 264 至 309 中任一者之光學系統，其中行進穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線均以小於約 25 度之一入射角入射於該部分反射器、該多層反射偏光器、該第一四分之一波延遲器中之各者上。

【0495】 實施例 311 係實施例 264 至 272 中任一者之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，該影像源發射一無失真影像，該部分反射器具有一第一形狀，且該反射偏光器具有一不同的第二形狀，使得由該光闌表面透射之經發射之該無失真影像之失真小於在該光闌表面處之一視野之約 10%。

【0496】 實施例 312 係實施例 311 之光學系統，其中由該光闌表面透射之經發射之該無失真影像之失真小於在該光闌表面處之一視野之約 5%。

【0497】 實施例 313 係實施例 311 之光學系統，其中由該光闌表面透射之經發射之該無失真影像之失真小於在該光闌表面處之一視野之約 3%。

【0498】 實施例 314 係實施例 264 至 313 中任一者之光學系統，其中在一可見波長範圍中至少具有相隔至少 150 nm 之第一波長及第二波長且由該影像表面發射並由該光闌表面透射之實質上任何主光線在該光闌表面處所具有之一分色距離小於在該光闌表面處之一視野的 1.5 百分比。

【0499】 實施例 315 係實施例 314 之光學系統，其中在該光闌表面處之該分色距離小於在該光闌表面處之該視野的 1.2 百分比。

【0500】 實施例 316 係實施例 264 至 315 中任一者之光學系統，其中在一可見波長範圍中至少具有相隔至少 150 nm 之第一波長及第二波長且透射穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線在該光闌表面處所具有之一分色距離小於 20 弧分。

【0501】 實施例 317 係實施例 316 之光學系統，其中在該光闌表面處之該分色距離小於 10 弧分。

【0502】 實施例 318 係實施例 264 至 249 中任一者之光學系統，其中該部分反射器具有一第一形狀，該多層反射偏光器具有一第二形

狀，且該第一形狀及該第二形狀中之一或兩者由一非球面多項式垂度方程式描述。

【0503】 實施例 319 係實施例 264 至 318 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器包含交替的聚合層。

【0504】 實施例 320 係實施例 264 至 319 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器係經熱成型之 APF。

【0505】 實施例 321 係實施例 264 至 319 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器包含一線柵偏光器。

【0506】 實施例 322 係實施例 264 至 321 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器係旋轉對稱。

【0507】 實施例 323 係實施例 264 至 322 中任一者之光學系統，其中該第一光學透鏡、該第二光學透鏡、及該第三光學透鏡中之至少一者具有相對於該光闌表面及該影像表面的一使用者可調整的位置。

【0508】 實施例 324 係實施例 264 至 323 中任一者之光學系統，其中該第一光學透鏡、該第二光學透鏡、及該第三光學透鏡中之至少一者具有一使用者可調整的形狀。

【0509】 實施例 325 係實施例 264 至 324 中任一者之光學系統，其中該影像表面係實質上平坦。

【0510】 實施例 326 係實施例 264 至 324 中任一者之光學系統，其中該影像表面係彎曲的。

【0511】 實施例 327 係實施例 1 至 326 中任一者之光學系統，其在該光學系統之一視野上具有在該光闌表面處至少 40 之一對比率。

【0512】 實施例 328 係實施例 1 至 327 中任一者之光學系統，其在該光學系統之一視野上具有在該光闌表面處至少 50 之一對比率。

【0513】 實施例 329 係實施例 1 至 328 中任一者之光學系統，其在該光學系統之一視野上具有在該光闌表面處至少 60 之一對比率。

【0514】 實施例 330 係實施例 1 至 329 中任一者之光學系統，其在該光學系統之一視野上具有在該光闌表面處至少 80 之一對比率。

【0515】 實施例 331 係實施例 1 至 330 中任一者之光學系統，其在該光學系統之一視野上具有在該光闌表面處至少 100 之一對比率。

【0516】 實施例 332 係實施例 1 至 333 中任一者之光學系統，其中至少一個透鏡具有一非均勻的邊緣輪廓。

【0517】 實施例 333 係實施例 332 之光學系統，其中該邊緣輪廓包含一形狀，該形狀經調適以當該光學系統用於頭戴顯示器中時適形於面部。

【0518】 實施例 334 係一種經熱成型之多層反射偏光器，其係相對於行進穿過該經熱成型之多層反射偏光器之一頂點的一光軸實質上旋轉對稱且沿著正交於該光軸之正交的第一軸及第二軸凸出，該經熱成型之多層反射偏光器具有：

至少一個內層，其在遠離該頂點之至少一個第一位置處係實質上光學單軸；及

在該反射偏光器上之至少一個第一位置，其距該光軸具有一徑向距離 r_1 及距在該頂點處垂直於該光軸的平面具有一位移 s_1 ， s_1/r_1 係至少 0.2。

【0519】 實施例 335 係實施例 334 之經熱成型之多層反射偏光器，其中對於該反射偏光器之由 s_1 及 r_1 所界定之一面積，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約 2 度。

【0520】 實施例 336 係實施例 335 之光學系統，其中該反射偏光器之該透射軸之該最大變異小於約 1.5 度。

【0521】 實施例 337 係實施例 334 至 336 中任一者之光學系統，其中在該反射偏光器之一反射孔徑中，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約 1.5 度。

【0522】 實施例 338 係實施例 334 至 336 中任一者之光學系統，其中在該反射偏光器之一反射孔徑中，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約 1 度。

【0523】 實施例 339 係實施例 334 至 338 中任一者之經熱成型之多層反射偏光器，其中該至少一個內層在該至少一個層上遠離頂點的至少一個第二位置處係實質上光學雙軸。

【0524】 實施例 340 係一種經熱成型之多層反射偏光器，其係相對於行進穿過該經熱成型之多層反射偏光器之一頂點的一光軸實質上旋轉對稱且沿著正交於該光軸之正交的第一軸及第二軸凸出，該經熱成型之多層反射偏光器具有：

在該反射偏光器上之至少一個第一位置，其距該光軸具有一徑向距離 r_1 及距在該頂點處垂直於該光軸的平面具有一位移 s_1 ， s_1/r_1 係至少 0.2，

其中對於該反射偏光器之由 s_1 及 r_1 所界定之一面積，該反射偏光器之一透射軸之最大變異小於約 2 度。

【0525】 實施例 341 係實施例 340 之經熱成型之多層反射偏光器，其中該反射偏光器之該透射軸之該最大變異小於約 1.5 度。

【0526】 實施例 342 係實施例 340 或 341 之經熱成型之多層反射偏光器，其包含至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離該反射偏光器之一光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸。

【0527】 實施例 343 係實施例 334 至 342 中任一者之經熱成型之多層反射偏光器，其中 s_1/r_1 小於約 0.8。

【0528】 實施例 344 係實施例 334 至 343 中任一者之經熱成型之多層反射偏光器，其中該反射偏光器具有一第二位置，該第二位置距該光軸具有一徑向距離 r_2 及距該平面具有一位移 s_2 ， s_2/r_2 係至少 0.3。

【0529】 實施例 345 係實施例 334 至 344 中任一者之經熱成型之多層反射偏光器，其中 s_1/r_1 之方位變異係小於 10 百分比。

【0530】 實施例 346 係實施例 334 至 344 中任一者之經熱成型之多層反射偏光器，其中 s_1/r_1 之方位變異係小於 8 百分比。

【0531】 實施例 347 係實施例 334 至 344 中任一者之經熱成型之多層反射偏光器，其中 s_1/r_1 之方位變異係小於 6 百分比。

【0532】 實施例 348 係實施例 334 至 344 中任一者之經熱成型之多層反射偏光器，其中 s_1/r_1 之方位變異係小於 4 百分比。

【0533】 實施例 349 係實施例 334 至 344 中任一者之經熱成型之多層反射偏光器，其中 $s1/r1$ 之方位變異係小於 2 百分比。

【0534】 實施例 350 係實施例 334 至 344 中任一者之經熱成型之多層反射偏光器，其中 $s1/r1$ 之方位變異係小於 1 百分比。

【0535】 實施例 351 係實施例 334 至 350 中任一者之經熱成型之多層反射偏光器，其包含交替的聚合層。

【0536】 實施例 352 係實施例 334 至 351 中任一者之經熱成型之多層反射偏光器，其係經熱成型之 APF。

【0537】 實施例 353 係實施例 334 至 351 中任一者之經熱成型之多層反射偏光器，其包含一線柵偏光器。

【0538】 實施例 354 係一種透鏡，其具有一相對於兩個正交方向彎曲的表面，且包含設置於該表面上的實施例 334 至 353 中任一者之經熱成型之多層反射偏光器。

【0539】 實施例 355 係一種光學堆疊，其包含：

- 一第一透鏡；
- 一第二透鏡，其相鄰於該第一透鏡；
- 一四分之一波延遲器，其設置於該第一透鏡與該第二透鏡之間；
- 一反射偏光器，其設置於該第二透鏡上，與該第一透鏡相對；及
- 一部分反射器，其設置於該第一透鏡上，與該第二透鏡相對，

其中該反射偏光器係相對於兩個正交軸彎曲，且其中該光學堆疊係一整合式光學堆疊。

【0540】 實施例 356 係實施例 355 之光學堆疊，其中該第一透鏡包含一第一材料，且該第二透鏡包含一第二材料。

【0541】 實施例 357 係實施例 356 之光學堆疊，其中該第一材料及該第二材料係相同的。

【0542】 實施例 358 係實施例 356 之光學堆疊，其中該第一材料及該第二材料係不同的。

【0543】 實施例 359 係實施例 355 之光學堆疊，其中該第一材料及該第二材料中之至少一者係一聚合物。

【0544】 實施例 360 係實施例 359 之光學堆疊，其中該第一材料係一第一聚合物，且該第二材料係一第二聚合物。

【0545】 實施例 361 係實施例 360 之光學堆疊，其中該第一聚合物及該第二聚合物係不同的。

【0546】 實施例 362 係實施例 355、或 356、或 358 至 361 中任一者之光學堆疊，其中該第一透鏡及該第二透鏡具有不同的阿貝數。

【0547】 實施例 363 係實施例 362 之光學堆疊，其中該第一透鏡及該第二透鏡之阿貝數之差係在 5 至 50 之範圍內。

【0548】 實施例 364 係實施例 355 至 363 中任一者之光學堆疊，其中該第一透鏡及該第二透鏡中之一者具有大於 45 之一阿貝數，且該第一透鏡及該第二透鏡中之另一者具有小於 45 之一阿貝數。

【0549】 實施例 365 係實施例 355 至 364 中任一者之光學堆疊，其中該第一透鏡及該第二透鏡中之一者具有大於 50 之一阿貝數，且該第一透鏡及該第二透鏡中之另一者具有小於 40 之一阿貝數。

【0550】 實施例 366 係實施例 355 至 365 中任一者之光學堆疊，其中該反射偏光器係實施例 334 至 353 中任一者之經熱成型之多層反射偏光器。

【0551】 實施例 367 係實施例 355 至 366 中任一者之光學堆疊，其中在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率。

【0552】 實施例 368 係實施例 355 至 367 中任一者之光學堆疊，其中在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學透射率。

【0553】 實施例 369 係實施例 355 至 368 中任一者之光學堆疊，其中該部分反射器係一反射偏光器。

【0554】 實施例 370 係實施例 355 至 369 中任一者之光學堆疊，其中該複數個所欲波長包含至少一連續波長範圍。

【0555】 實施例 371 係實施例 355 至 370 中任一者之光學堆疊，其中該複數個所欲波長包含一可見波長範圍。

【0556】 實施例 372 係實施例 371 之光學堆疊，其中該可見範圍係從 400 nm 至 700 nm。

【0557】 實施例 373 係實施例 355 至 372 中任一者之光學堆疊，其中該複數個所欲波長包含一紅外波長範圍。

【0558】 實施例 374 係實施例 355 至 373 中任一者之光學堆疊，其中該複數個所欲波長包含紅外波長、可見波長、及紫外波長中之一或多者。

【0559】 實施例 375 係實施例 355 至 374 中任一者之光學堆疊，其中該部分反射器係一陷波反射器。

【0560】 實施例 376 係實施例 355 至 375 中任一者之光學堆疊，其中該複數個所欲波長包含一或多個連續波長範圍，且其中該等連續波長範圍中之至少一者具有不大於 100 nm 之一半高全寬。

【0561】 實施例 377 係實施例 355 至 376 中任一者之光學堆疊，其中該半高全寬係不大於 50 nm。

【0562】 實施例 378 係一種光學系統，其包含：一影像表面；一光闌表面；及實施例 355 至 376 中任一者之光學堆疊，其設置於該影像表面與該光闌表面之間。

【0563】 實施例 379 係一種光學系統，其包含：一影像表面；一光闌表面；及實施例 334 至 353 中任一者之經熱成型之多層反射偏光器，其設置於該影像表面與該光闌表面之間。

【0564】 實施例 380 係實施例 379 之光學系統，其進一步包含：一四分之一波延遲器，其設置於該影像表面與該反射偏光器之間；及一部分反射器，其設置於該影像表面與該四分之一波延遲器之間。

【0565】 實施例 381 係實施例 1 至 333 中任一者之光學系統，其中該反射偏光器係一根據實施例 334 至 353 中任一者之經熱成型之多層反射偏光器。

【0566】 實施例 382 係一種製作一種光學堆疊之方法，其包含：提供一熱成型工具，其以一工具軸為中心且具有一外表面，該外表面係相對於該工具軸旋轉不對稱；

加熱一光學膜，得到一經軟化之光學膜；

使該經軟化之光學膜適形於該外表面，同時至少沿著正交的第一方向及第二方向遠離該工具軸拉伸該經軟化之膜，得到一經適形之光學膜，該經適形之光學膜係相對於該經適形之膜之光軸旋轉不對稱，該光軸與該工具軸重合；

冷卻該經適形之光學膜，得到相對於該光軸旋轉對稱的一對稱光學膜；及

在該對稱光學膜上模製一光學透鏡，得到該光學堆疊。

【0567】 實施例 383 係實施例 382 之方法，其中該冷卻步驟進一步包含：自該工具釋離該光學膜。

【0568】 實施例 384 係實施例 382 或 383 之方法，其中該模製一光學透鏡步驟包括：模製一第二膜至該光學透鏡上，與該光學膜相對。

【0569】 實施例 385 係實施例 384 之方法，其中該第二膜包含一部分反射器。

【0570】 實施例 386 係實施例 382 至 385 中任一者之方法，其中該光學膜包含一反射偏光器。

【0571】 實施例 387 係實施例 386 之方法，其中該光學膜進一步包含一四分之一波延遲器。

【0572】 實施例 388 係實施例 386 或 387 之方法，其中該反射偏光器係一多層聚合反射偏光器。

【0573】 實施例 389 係實施例 388 之方法，其中該反射偏光器係 APF。

【0574】 實施例 390 係實施例 386 或 387 之方法，其中該反射偏光器係一線柵偏光器。

【0575】 實施例 391 係一種製作一種具有一所欲形狀之所欲光學膜之方法，其包含：

提供一種熱成型工具，其具有一外表面，該外表面具有不同於該所欲形狀之一第一形狀；

加熱一光學膜，得到一經軟化之光學膜；

使該經軟化之光學膜適形於具有該第一形狀之該外表面，同時至少沿著正交的第一方向及第二方向拉伸該經軟化之膜，得到具有該第一形狀之一經適形之光學膜；及

冷卻該經適形之光學膜，得到具有該所欲形狀之該所欲光學膜。

【0576】 實施例 392 係實施例 391 之方法，其中該冷卻步驟進一步包含：自該工具釋離該經適形之光學膜。

【0577】 實施例 393 係實施例 391 或 392 中任一者之方法，其中該所欲形狀係相對於該所欲光學膜之一光軸旋轉對稱。

【0578】 實施例 394 係實施例 391 至 393 中任一者之方法，其中該熱成型工具以一工具軸為中心，且該外表面係相對於該工具軸旋轉對稱。

【0579】 實施例 395 係實施例 391 至 393 中任一者之方法，其進一步包含：模製一光學透鏡於該所欲光學膜上，得到一光學堆疊。

【0580】 實施例 396 係實施例 395 之方法，其中該模製一光學透鏡步驟包括：模製一第二膜於該光學透鏡上，與該所欲光學膜相對。

【0581】 實施例 397 係實施例 396 之方法，其中該第二膜包含一部分反射器。

【0582】 實施例 398 係實施例 391 至 397 中任一者之方法，其中該所欲光學膜包含一反射偏光器。

【0583】 實施例 399 係實施例 398 之方法，其中該所欲光學膜進一步包含一四分之一波延遲器。

【0584】 實施例 400 係實施例 398 或 399 之方法，其中該反射偏光器係一多層聚合反射偏光器。

【0585】 實施例 401 係實施例 400 之方法，其中該反射偏光器係 APF。

【0586】 實施例 402 係實施例 398 或 399 之方法，其中該反射偏光器係一線柵偏光器。

【0587】 實施例 403 係一種光學系統，其包含：

- 一影像表面；
- 一光闌表面；
- 一第一光學堆疊，其設置於該影像表面與該光闌表面之間，且包含：
 - 一第一光學透鏡；
 - 一部分反射器，在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率；及

一第二光學堆疊，其設置於該第一光學堆疊與該光闌表面之間，且包含：

一第二光學透鏡；

一經熱成型之多層反射偏光器，其係相對於

該第二光學堆疊之一光軸旋轉對稱且沿著正交於該光軸之正交的第一

一軸及第二軸凸出朝向該影像表面，該經熱成型之多層反射偏

光器具有至少一個第一位置，該至少一個第一位置距行進穿過

該經熱成型之多層反射偏光器之一頂點之一光軸具有一徑向距

離 r_1 、及距在該頂點處垂直於該光軸之一平面具有一位移 s_1 ，

s_1/r_1 係至少 0.1；及

一第一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該第一

光學堆疊之間。

【0588】 實施例 404 係實施例 403 之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，且該光闌表面係一出射光瞳。

【0589】 實施例 405 係實施例 404 之光學系統，其中該影像源包含一顯示器面板。

【0590】 實施例 406 係實施例 405 之光學系統，其中該顯示器面板係透明或半透明的。

【0591】 實施例 407 係實施例 404 至 406 中任一者之光學系統，其中該影像源包含一快門。

【0592】 實施例 408 係實施例 403 之光學系統，其中該影像源包含一孔徑，其經調適以接收從該光學系統外部之物體反射的光。

【0593】 實施例 409 係實施例 403 之光學系統，其中一影像記錄器包含該影像表面，且該光闌表面係一入射光瞳。

【0594】 實施例 410 係實施例 403 至 409 中任一者之光學系統，其中該光學系統以一折疊光軸為中心，由透射穿過該影像表面之一中心光線之一光徑界定該折疊光軸。

【0595】 實施例 411 係實施例 403 至 410 中任一者之光學系統，其中該光闌表面經調適以重疊一第二光學系統之一入射光瞳。

【0596】 實施例 412 係實施例 411 之光學系統，其中該第二光學系統經調適以記錄在該入射光瞳處接收之影像。

【0597】 實施例 413 係實施例 403 之光學系統，其中該光闌表面經調適以重疊一觀察者之眼睛之一入射光瞳。

【0598】 實施例 414 係實施例 403 之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，該影像源發射未經偏光之光。

【0599】 實施例 415 係實施例 403 至 414 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊進一步包含一第二四分之一波延遲器，該第二四分之一波延遲器設置於該部分反射器與該影像表面之間。

【0600】 實施例 416 係實施例 403 之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，該影像源發射經偏光之光。

【0601】 實施例 417 係實施例 416 之光學系統，其中該經偏光之光係線性偏光的。

【0602】 實施例 418 係實施例 416 之光學系統，其中該經偏光之光係圓形偏光的。

【0603】 實施例 419 係實施例 416 之光學系統，其中該經偏光之光係橢圓偏光的。

【0604】 實施例 420 係實施例 403 至 419 中任一者之光學系統，其中該部分反射器係一第二反射偏光器。

【0605】 實施例 421 係實施例 403 至 420 中任一者之光學系統，其中在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學透射率。

【0606】 實施例 422 係實施例 403 至 421 中任一者之光學系統，其中該複數個所欲波長包含至少一連續波長範圍。

【0607】 實施例 423 係實施例 403 至 422 中任一者之光學系統，其中該複數個所欲波長包含一可見波長範圍。

【0608】 實施例 424 係實施例 423 之光學系統，其中該可見範圍係從 400 nm 至 700 nm。

【0609】 實施例 425 係實施例 403 至 424 中任一者之光學系統，其中該複數個所欲波長包含一紅外波長範圍。

【0610】 實施例 426 係實施例 403 至 425 中任一者之光學系統，其中該複數個所欲波長包含紅外波長、可見波長、及紫外波長中之一或多者。

【0611】 實施例 427 係實施例 403 至 426 中任一者之光學系統，其中該部分反射器係一陷波反射器。

【0612】 實施例 428 係實施例 427 之光學系統，其中該複數個所欲波長包含一或多個連續波長範圍，且其中該等連續波長範圍中之至少一者具有不大於 100 nm 之一半高全寬。

【0613】 實施例 429 係實施例 428 之光學系統，其中該半高全寬係不大於 50 nm。

【0614】 實施例 430 係實施例 403 至 429 中任一者之光學系統，其中 $s1/r1$ 係至少 0.2。

【0615】 實施例 431 係實施例 403 至 430 中任一者之光學系統，其中 $s1/r1$ 係在 0.2 至 0.8 之範圍內。

【0616】 實施例 432 係實施例 403 至 431 中任一者之光學系統，其中 $s1/r1$ 係在 0.3 至 0.6 之範圍內。

【0617】 實施例 433 係實施例 424 至 432 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器具有一第二位置，該第二位置距該光軸具有一徑向距離 $r2$ 及距該平面具有一位移 $s2$ ， $s2/r2$ 係至少 0.3。

【0618】 實施例 434 係實施例 403 至 433 中任一者之光學系統，其中對於該反射偏光器之由 $s1$ 及 $r1$ 所界定之一面積，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異係小於約 2 度。

【0619】 實施例 435 係實施例 403 至 433 中任一者之光學系統，其中對於該反射偏光器之由 $s1$ 及 $r1$ 所界定之一面積，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異係小於約 1.5 度。

【0620】 實施例 436 係實施例 403 至 433 中任一者之光學系統，其中對於該反射偏光器之由 $s1$ 及 $r1$ 所界定之一面積，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異係小於約 1 度。

【0621】 實施例 437 係實施例 403 至 436 中任一者之光學系統，其中該第一光學透鏡具有：一第一主表面，其面對該第二光學透鏡；及一相對的第二主表面，其面對該影像表面，且該第二光學透鏡具有：一第一主表面，其面對該光闌表面；及一相對的第二主表面，其面對該第一光學透鏡。

【0622】 實施例 438 係實施例 437 之光學系統，其中該部分反射器設置於該第一透鏡之該第一主表面或該第二主表面上。

【0623】 實施例 439 係實施例 437 之光學系統，其中該部分反射器設置於該第一透鏡之該第一主表面上，且一第二四分之一波延遲器設置於該第一透鏡之該第二主表面上。

【0624】 實施例 440 係實施例 437 之光學系統，其中該部分反射器設置於該第一透鏡之該第二主表面上，且一第二四分之一波延遲器設置於該部分反射器上而與該第一透鏡之該第二主表面相對。

【0625】 實施例 441 係實施例 437 之光學系統，其中一第二四分之一波延遲器設置於該第一光學透鏡之該第一主表面上，且該部分反射器設置於該第二四分之一波延遲器上而與該第一光學透鏡之該第一主表面相對。

【0626】 實施例 442 係實施例 437 之光學系統，其中該第一四分之一波延遲器設置於該第二光學透鏡之該第二主表面上，且該多層反射偏光器設置於該第二光學透鏡之該第一主表面上。

【0627】 實施例 443 係實施例 437 之光學系統，其中該多層反射偏光器設置於該第二光學透鏡之該第二主表面上，且該第一四分之一波延遲器設置於該多層反射偏光器上而與該第二光學透鏡之該第二主表面相對。

【0628】 實施例 444 係實施例 403 至 443 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器包含至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離該第二光學堆疊之一光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸。

【0629】 實施例 445 係實施例 403 至 444 中任一者之光學系統，其中行進穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線均以小於約 25 度之一入射角入射於該第一光學堆疊及該第二光學堆疊中之各者上。

【0630】 實施例 446 係實施例 403 至 445 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊及該第二光學堆疊具有實質上相同的形狀。

【0631】 實施例 447 係實施例 403 至 445 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊及該第二光學堆疊具有不同的形狀。

【0632】 實施例 448 係實施例 403 至 447 中任一者之光學系統，其中該第一透鏡及該第二透鏡中之各者係平透鏡。

【0633】 實施例 449 係實施例 403 至 448 中任一者之光學系統，其中該第一光學透鏡及該第二光學透鏡具有實質上相同的形狀。

【0634】 實施例 450 係實施例 403 至 448 中任一者之光學系統，其中該第一光學透鏡及該第二光學透鏡具有不同的形狀。

【0635】 實施例 451 係實施例 403 至 450 中任一者之光學系統，其中該影像表面係實質上平坦。

【0636】 實施例 452 係實施例 403 至 450 中任一者之光學系統，其中該影像表面係實質上彎曲的。

【0637】 實施例 453 係實施例 403 之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，該影像源發射一無失真影像，該部分反射器具有一第一形狀，且該反射偏光器具有一不同的第二形狀，使得由該光闌表面透射之經發射之該無失真影像之失真小於在該光闌表面處之一視野之約 10%。

【0638】 實施例 454 係實施例 453 之光學系統，其中由該光闌表面透射之經發射之該無失真影像之失真小於在該光闌表面處之一視野之約 5%。

【0639】 實施例 455 係實施例 453 之光學系統，其中由該光闌表面透射之經發射之該無失真影像之失真小於在該光闌表面處之一視野之約 3%。

【0640】 實施例 456 係實施例 403 至 455 中任一者之光學系統，其中在一可見波長範圍中至少具有相隔至少 150 nm 之第一波長及第二波長且透射穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線在該光

闌表面處所具有之一分色距離小於在該光闌表面處之一視野的 1.5 百分比。

【0641】 實施例 457 係實施例 456 之光學系統，其中在該光闌表面處之該分色距離小於在該光闌表面處之該視野的 1.2 百分比。

【0642】 實施例 458 係實施例 403 至 457 中任一者之光學系統，其中在一可見波長範圍中至少具有相隔至少 150 nm 之第一波長及第二波長且透射穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線在該光闌表面處所具有之一分色距離小於 20 弧分。

【0643】 實施例 459 係實施例 458 之光學系統，其中在該光闌表面處之該分色距離小於 10 弧分。

【0644】 實施例 460 係實施例 403 至 459 中任一者之光學系統，其中該部分反射器具有一第一形狀，該多層反射偏光器具有一第二形狀，且該第一形狀及該第二形狀中之一或兩者由一非球面多項式垂度方程式描述。

【0645】 實施例 461 係實施例 403 至 460 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器包含交替的聚合層。

【0646】 實施例 462 係實施例 403 至 461 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器係經熱成型之 APF。

【0647】 實施例 463 係實施例 403 至 461 中任一者之光學系統，其中該多層反射偏光器包含一線柵偏光器。

【0648】 實施例 464 係實施例 403 至 463 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊及該第二光學堆疊中之至少一者具有相對於該光闌表面及該影像表面可調整的一位置。

【0649】 實施例 465 係實施例 403 至 464 中任一者之光學系統，其中該第一光學堆疊具有一可調整的形狀。

【0650】 實施例 466 係一種光學系統，其包含：

一 部分反射器，在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率；及

一 多層反射偏光器，其實質上透射具有一第一偏光狀態之光且實質上反射具有一正交的第二偏光狀態之光，該多層反射偏光器沿著正交的第一軸及第二軸凸出，該多層反射偏光器上之至少一個第一位置距該多層反射偏光器之一光軸具有一徑向距離 r_1 及距在該多層反射偏光器之一頂點處垂直於該光軸之一平面具有一位移 s_1 ，

s_1/r_1 係至少 0.1；及

一 第一四分之一波延遲器，其設置於該部分反射器與該多層反射偏光器之間，

其中該多層反射偏光器包含至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離該光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸。

【0651】 實施例 467 係實施例 466 之光學系統，其中該多層反射偏光器設置成相鄰於該部分反射器且與該部分反射器間隔開。

【0652】 實施例 468 係實施例 466 或實施例 467 之光學系統，其中一第一光學堆疊包含一第一光學透鏡及該部分反射器。

【0653】 實施例 469 係實施例 466 至 468 中任一者之光學系統，其中該第二光學堆疊包含一第二光學透鏡及該多層反射偏光器。

【0654】 實施例 470 係一種光學系統，其包含：

一第一光學堆疊，該第一光學堆疊包含：

一第一光學透鏡；及

一部分反射器，在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率；及

一第二光學堆疊，其設置成相鄰於該第一光學堆疊且沿著正交的第一軸及第二軸凸出，該第二光學堆疊包含：

一第二光學透鏡；

一多層反射偏光器，其實質上透射具有一第一

偏光狀態之光且實質上反射具有一正交的第二

偏光狀態之光，該多層反射偏光器上之至少一個第一位置

距該第二光學堆疊之一光軸具有一徑向距離 r_1 及

距在該多層反射偏光器之一頂點處垂直於該光軸之一平面具有一位移 s_1 ，

s_1/r_1 係至少 0.1；及

一第一四分之一波延遲器，其設置於該第二光學堆疊與該第一光學堆疊之間，

其中該多層反射偏光器包含至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離該光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸。

【0655】 實施例 471 係一種光學系統，其包含：

一第一光學堆疊，該第一光學堆疊包含：

一第一光學透鏡；及

一部分反射器，在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率；及

一第二光學堆疊，其設置成相鄰於該第一光學堆疊且沿著正交的第一軸及第二軸凸出，該第二光學堆疊包含：

一第二光學透鏡；

一反射偏光器，其實質上透射具有一第一

偏光狀態之光且實質上反射具有一正交的第二

偏光狀態之光，該反射偏光器上之至少一個第一位置

距該第二光學堆疊之一光軸具有一徑向距離 $r1$ 及

距在該反射偏光器之一頂點處垂直於該光軸之一平面具有一位移 $s1$ ，

$s1/r1$ 係至少 0.1；及

一第一四分之一波延遲器，其設置於該第二光學堆疊與該第一光學堆疊之間，

其中該光學系統在該光學系統之視野上具有至少 50 之對比率。

【0656】 實施例 472 係實施例 471 之光學系統，其中該對比率係至少 60。

【0657】 實施例 473 係實施例 471 之光學系統，其中該對比率係至少 80。

【0658】 實施例 474 係實施例 471 之光學系統，其中該對比率係至少 100。

【0659】 實施例 475 係實施例 469 至 474 中任一者之光學系統，其中該第二光學堆疊與該第一光學堆疊間隔開。

【0660】 實施例 476 係一種光學系統，其包含：

一第一光學堆疊，該第一光學堆疊包含：

一第一光學透鏡；及

一部分反射器，在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率；及

一第二光學堆疊，其設置成相鄰於該第一光學堆疊且沿著正交的第一軸及第二軸凸出，該第二光學堆疊包含：

一第二光學透鏡；

一反射偏光器，其實質上透射具有一第一

偏光狀態之光且實質上反射具有一正交的第二

偏光狀態之光，該反射偏光器上之至少一個第一位置

距該第二光學堆疊之一光軸具有一徑向距離 r_1 及

距在該反射偏光器之一頂點處垂直於該光軸之一平面具有一位移
 s_1 ， s_1/r_1

係至少 0.1；及

一第一四分之一波延遲器，其設置於該第二光學堆疊與該第一光學堆疊之間，

其中該光學系統經調適以提供一可調整的屈光度校正。

【0661】 實施例 477 係實施例 466 至 476 中任一者之光學系統，其中該反射偏光器包含至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離該光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸。

【0662】 實施例 478 係實施例 466 至 476 中任一者之光學系統，其中該反射偏光器係一線柵偏光器。

【0663】 實施例 479 係實施例 476 之光學系統，其中該可調整的屈光度校正係藉由介於該第一光學堆疊與該第二光學堆疊之間的一可調整的距離、該第一光學堆疊之一可調整的形狀、及該第二光學堆疊之一可調整的形狀中之一或多者提供。

【0664】 實施例 480 係實施例 466 至 479 中任一者之光學系統，其進一步包含一影像表面及一光闌表面，該部分反射器設置於該影像表面與該光闌表面之間，該反射偏光器設置於該部分反射器與該光闌表面之間。

【0665】 實施例 481 係實施例 480 之光學系統，其中該反射偏光器係相對於正交的該第一軸及該第二軸凸出朝向該影像表面。

【0666】 實施例 482 係實施例 480 或 481 之光學系統，其中該部分反射器係相對於正交的該第一軸及該第二軸凸出朝向該影像表面。

【0667】 實施例 483 係實施例 480 至 482 中任一者之光學系統，其中行進穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線均以小於約 30 度之一入射角入射於該部分反射器及該反射偏光器中之各者上。

【0668】 實施例 484 係實施例 480 至 482 中任一者之光學系統，其中行進穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線均以小於約 25 度之一入射角入射於該部分反射器及該反射偏光器中之各者上。

【0669】 實施例 485 係實施例 466 至 477、或實施例 479 至 482 中任一者之光學系統，其中該反射偏光器係 APF。

【0670】 實施例 486 係實施例 466 至 477、或實施例 479 至 485 中任一者之光學系統，其中該反射偏光器係經熱成型之 APF。

【0671】 實施例 487 係實施例 466 至 486 中任一者之光學系統，其中該部分反射器係一第二反射偏光器。

【0672】 實施例 488 係實施例 466 至 487 中任一者之光學系統，其中在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少 30%之一平均光學透射率。

【0673】 實施例 489 係實施例 466 至 488 中任一者之光學系統，其中該複數個所欲波長包含至少一連續波長範圍。

【0674】 實施例 490 係實施例 466 至 489 中任一者之光學系統，其中該複數個所欲波長包含一可見波長範圍。

【0675】 實施例 491 係實施例 490 之光學系統，其中該可見範圍係從 400 nm 至 700 nm。

【0676】 實施例 492 係實施例 466 至 491 中任一者之光學系統，其中該複數個所欲波長包含一紅外波長範圍。

【0677】 實施例 493 係實施例 466 至 492 中任一者之光學系統，其中該複數個所欲波長包含紅外波長、可見波長、及紫外波長中之一或多者。

【0678】 實施例 494 係實施例 466 至 493 中任一者之光學系統，其中該部分反射器係一陷波反射器。

【0679】 實施例 495 係實施例 494 之光學系統，其中該複數個所欲波長包含一或多個連續波長範圍，且其中該等連續波長範圍中之至少一者具有不大於 100 nm 之一半高全寬。

【0680】 實施例 496 係實施例 495 之光學系統，其中該半高全寬係不大於 50 nm。

【0681】 實施例 497 係實施例 466 至 496 中任一者之光學系統，其中 $s1/r1$ 係至少 0.2。

【0682】 實施例 498 係實施例 466 至 497 中任一者之光學系統，其中 $s1/r1$ 係在 0.2 至 0.8 之範圍內。

【0683】 實施例 499 係實施例 466 至 498 中任一者之光學系統，其中 $s1/r1$ 係在 0.3 至 0.6 之範圍內。

【0684】 實施例 500 係實施例 466 至 499 中任一者之光學系統，其中該反射偏光器具有一第二位置，該第二位置距該光軸具有一徑向距離 r_2 及距該平面具有一位移 s_2 ， s_2/r_2 係至少 0.3。

【0685】 實施例 501 係實施例 466 至 500 中任一者之光學系統，其中對於該反射偏光器之由 s_1 及 r_1 所界定之一面積，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異係小於約 2 度。

【0686】 實施例 502 係實施例 466 至 501 中任一者之光學系統，其係一光束擴展器。

【0687】 實施例 503 係一種光束擴展器，其包含實施例 466 至 501 中任一者之光學系統。

【0688】 實施例 504 係一種投影系統，其包含實施例 503 之光束擴展器及一影像形成裝置，該影像形成裝置經調適以發射一經圖案化之光，該投影系統經組態以導引該經圖案化之光至該光束擴展器。

【0689】 實施例 505 係實施例 504 之投影系統，其中該光束擴展器之該光學系統經定向而使該部分反射器面對該影像形成裝置。

【0690】 實施例 506 係實施例 504 或 505 之投影系統，其進一步包含一偏光光束分光器，該偏光光束分光器設置於該影像形成裝置與該光束擴展器之間。

【0691】 實施例 507 係實施例 506 之投影系統，其進一步包含一第二反射偏光器，該第二反射偏光器設置於該光束擴展器與該偏光光束分光器之間。

【0692】 實施例 508 係實施例 506 或 507 之投影系統，其中該偏光光束分光器包含第一稜鏡及第二稜鏡、及一平直反射偏光器，該反射偏光器沿著第一稜鏡及第二稜鏡之斜面設置於該第一稜鏡與該第二稜鏡之間。

【0693】 實施例 509 係實施例 508 之投影系統，其中該第一稜鏡設置於該第二稜鏡與該影像形成裝置之間。

【0694】 實施例 510 係實施例 508 或 509 之投影系統，其中該第一稜鏡具有一第一體積，該第二稜鏡具有一第二體積，且該第一體積不大於該第二體積的約一半。

【0695】 實施例 511 係一種投影系統，其包含實施例 503 之該光束擴展器及一照明器，該投影系統經組態以導引一輸出自該照明器之光至該光束擴展器。

【0696】 實施例 512 係實施例 511 之投影系統，其中該照明器包含：

一偏光光束分光器，其包含：

一第一稜鏡，其具有一輸入面、一輸出面及一第一斜邊；

一第二稜鏡，其具有一成像器面及一第二斜邊，該第二

斜邊設置成相鄰於該第一斜邊；及

一第二反射偏光器，其設置於該第一斜邊與該第二

斜邊之間；

一光源，其設置成相鄰於該輸入面且界定

該輸入面上之一輸入有效面積；及

一影像形成裝置，其設置成相鄰於該成像器面，用於接收

自該光源所發射的光且發射一經圖案化之光，該影像形成裝置具有一最大影像面積，該最大影像面積界定該輸出面上之一輸出有效面積；

其中該輸入有效面積及該輸出有效面積中之一或兩者小於該最大影像面積的約一半。

【0697】 實施例 513 係實施例 512 之投影系統，其中該輸入有效面積小於該最大影像面積的約一半。

【0698】 實施例 514 係實施例 512 之投影系統，其中該輸出有效面積小於該最大影像面積的約一半。

【0699】 實施例 515 係實施例 512 之投影系統，其中該輸入有效面積及該輸出有效面積中之每一者小於該最大影像面積的約一半。

【0700】 實施例 516 係實施例 512 之投影系統，其中該輸入面之一最大表面積小於該最大影像面積的約一半。

【0701】 實施例 517 係實施例 512 之投影系統，其中該輸出面之一最大表面積小於該最大影像面積的約一半。

【0702】 實施例 518 係實施例 512 之投影系統，該輸入面之一最大表面積小於該最大影像面積的約一半，且其中該輸出面之一最大表面積小於該最大影像面積的約一半。

【0703】 實施例 519 係實施例 512 之投影系統，其進一步包含一反射組件，該反射組件設置成相鄰於該偏光光束分光器，與該光源相對。

【0704】 實施例 520 係實施例 512 之投影系統，其中該第二反射偏光器係一聚合多層反射偏光器、一線柵偏光器、一 MacNeille 反射偏光器、或一膽固醇型反射偏光器。

【0705】 實施例 521 係實施例 512 之投影系統，其中該第二反射偏光器係一聚合多層反射偏光器。

【0706】 實施例 522 係實施例 1 至 333 中任一者、或實施例 378 至 381 中任一者、或實施例 403 至 475 中任一者之光學系統，其中該光學系統經調適以提供一屈光度校正。

【0707】 實施例 523 係實施例 522 之光學系統，其中屈光度校正係可調整的。

【0708】 實施例 524 係一種裝置，其包含實施例 1 至 333 中任一者、或實施例 378 至 381 中任一者、或實施例 403 至 523 中任一者之光學系統。

【0709】 實施例 525 係實施例 524 之裝置，其係一頭戴顯示器。

【0710】 實施例 526 係實施例 524 之裝置，其係一光束擴展器、一照明器、或一投影機。

【0711】 實施例 527 係實施例 524 之裝置，其係一相機。

【0712】 實施例 528 係實施例 524 之裝置，其係一望遠鏡、一顯微鏡或雙眼望遠鏡。

【0713】 實施例 529 係一種頭戴顯示器，其包含一第一光學系統，該第一光學系統係實施例 1 至 333 中任一者、或實施例 378 至 381 中任一者、或實施例 403 至 523 中任一者之光學系統。

【0714】 實施例 530 係實施例 529 中任一者之頭戴顯示器，其進一步包含一眼動追蹤系統。

【0715】 實施例 531 係實施例 530 之頭戴顯示器，其中該光學系統經調適以回應於從該眼動追蹤系統所接收之信號而調整該反射偏光器之一位置或該部分反射器之一位置。

【0716】 實施例 532 係實施例 529 之頭戴顯示器，其進一步包含一第二光學系統，該第二光學系統係實施例 1 至 333 中任一者、或實施例 378 至 381 中任一者、或實施例 403 至 523 中任一者之光學系統。

【0717】 實施例 533 係實施例 532 之頭戴顯示器，其進一步包含一眼動追蹤系統。

【0718】 實施例 534 係實施例 533 之頭戴顯示器，其中該光學系統經調適以回應於從該眼動追蹤系統所接收之信號而調整該第一光學系統之該反射偏光器之一位置或該第一光學系統之該部分反射器之一位置。

【0719】 實施例 535 係實施例 533 或 534 之頭戴顯示器，其中該光學系統經調適以回應於從該眼動追蹤系統所接收之信號而調整該第二光學系統之該反射偏光器之一位置或該第二光學系統之該部分反射器之一位置。

【0720】 實施例 536 係一種頭戴顯示器，其包含：
一第一光學系統，其包含：

一第一影像表面；

一第一出射光瞳；

一第一反射偏光器，其設置於該第一出射光瞳與該第一影像

表面之間，該第一反射偏光器係相對於兩個正交軸凸出；

一第一部分反射器，其設置於該第一反射偏光器與該第一

影像表面之間，

在複數個預定波長中，該第一部分反射器具有至少 30%之

一平均光學反射率；及

一第一四分之一波延遲器，其設置於該第一反射偏光器與該

第一部分反射器之間；及

一第二光學系統，其設置成靠近該第一光學系統，該第二光學系統包

含：

一第二影像表面；

一第二出射光瞳；

一第二反射偏光器，其設置於該第二出射光瞳與該第二

影像表面之間，該第二反射偏光器係相對於兩個正交軸

凸出；

一第二部分反射器，其設置於該第二反射偏光器與該

第二影像表面之間，

在該複數個預定波長中，該第二部分反射器具有至少 30%

之一平均光學反射率；及

一第二四分之一波延遲器，其設置於該第二反射偏光器

與該第二部分反射器之間。

【0721】 實施例 537 係實施例 536 之頭戴顯示器，其中一影像源包含該第一影像表面及該第二影像表面。

【0722】 實施例 538 係實施例 537 之頭戴顯示器，其中該影像源包含一顯示器面板。

【0723】 實施例 539 係實施例 538 之頭戴顯示器，其中該顯示器面板係透明或半透明的。

【0724】 實施例 540 係實施例 537 至 539 中任一者之頭戴顯示器，其中該影像源包含一快門。

【0725】 實施例 541 係實施例 536 之頭戴顯示器，其中一第一影像源包含該第一影像表面，且一第二影像源包含該第二影像表面。

【0726】 實施例 542 係實施例 536 之頭戴顯示器，其中該第一影像源包含一第一顯示器面板。

【0727】 實施例 543 係實施例 542 之頭戴顯示器，其中該第一顯示器面板係透明或半透明的。

【0728】 實施例 544 係實施例 541 至 543 中任一者之頭戴顯示器，其中該第一影像源包含一第一快門。

【0729】 實施例 545 係實施例 541 至 544 中任一者之頭戴顯示器，其中該第二影像源包含一第二顯示器面板。

【0730】 實施例 546 係實施例 545 之頭戴顯示器，其中該第二顯示器面板係透明或半透明的。

【0731】 實施例 547 係實施例 541 至 546 中任一者之頭戴顯示器，其中該第二影像源包含一第二快門。

【0732】 實施例 548 係實施例 536 至 547 中任一者之頭戴顯示器，其中該第一影像表面及該第二影像表面係實質上平坦。

【0733】 實施例 549 係實施例 536 至 547 中任一者之頭戴顯示器，其中該第一影像表面及該第二影像表面中之一或兩者係彎曲的。

【0734】 實施例 550 係實施例 536 至 549 中任一者之頭戴顯示器，其中該第一光學系統包含一第一光學透鏡。

【0735】 實施例 551 係實施例 550 之頭戴顯示器，其中該第一反射偏光器設置於該第一光學透鏡之一主表面上。

【0736】 實施例 552 係實施例 550 或 551 之頭戴顯示器，其中該第一光學透鏡具有一非均勻的邊緣輪廓。

【0737】 實施例 553 係實施例 536 至 552 中任一者之頭戴顯示器，其中該第二光學系統包含一第二光學透鏡。

【0738】 實施例 554 係實施例 553 之頭戴顯示器，其中該第二反射偏光器設置於該第二光學透鏡之一主表面上。

【0739】 實施例 555 係實施例 553 或 554 之頭戴顯示器，其中該第二光學透鏡具有一非均勻的邊緣輪廓。

【0740】 實施例 556 係實施例 536 至 555 中任一者之頭戴顯示器，其中該第一反射偏光器係實施例 334 至 353 中任一者之經熱成型之多層反射偏光器。

【0741】 實施例 557 係實施例 536 至 556 中任一者之頭戴顯示器，其中該第二反射偏光器係實施例 334 至 353 中任一者之經熱成型之多層反射偏光器。

【0742】 實施例 558 係實施例 536 至 557 中任一者之頭戴顯示器，其進一步包含一眼動追蹤系統。

【0743】 實施例 559 係實施例 558 之頭戴顯示器，其中該第一光學系統經調適以回應於從該眼動追蹤系統所接收之信號而調整介於該第一反射偏光器與該第一部分反射器之間的一距離。

【0744】 實施例 560 係實施例 558 或實施例 559 之頭戴顯示器，其中該第二光學系統經調適以回應於從該眼動追蹤系統所接收之信號而調整介於該第二反射偏光器與該第二部分反射器之間的一距離。

【0745】 實施例 561 係實施例 536 至 560 中任一者之頭戴顯示器，其中該複數個預定波長包含至少一連續波長範圍。

【0746】 實施例 562 係實施例 536 至 561 中任一者之頭戴顯示器，其中該複數個預定波長包含一可見波長範圍。

【0747】 實施例 563 係實施例 562 之頭戴顯示器，其中該可見範圍係從 400 nm 至 700 nm。

【0748】 實施例 564 係實施例 536 至 563 中任一者之頭戴顯示器，其中該複數個預定波長包含一紅外波長範圍。

【0749】 實施例 565 係實施例 536 至 564 中任一者之頭戴顯示器，其中該複數個預定波長包含紅外波長、可見波長、及紫外波長中之一或多者。

【0750】 實施例 566 係實施例 536 至 565 中任一者之頭戴顯示器，其中該部分反射器係一陷波反射器。

【0751】 實施例 567 係實施例 566 之頭戴顯示器，其中該複數個預定波長包含一或多個連續波長範圍，且其中該等連續波長範圍中之至少一者具有不大於 100 nm 之一半高全寬。

【0752】 實施例 568 係實施例 566 之頭戴顯示器，其中該複數個預定波長包含一或多個連續波長範圍，且其中該等連續波長範圍中之至少一者具有不大於 50 nm 之一半高全寬。

【0753】 實施例 569 係實施例 536 至 568 中任一者之頭戴顯示器，其中該第一光學系統係實施例 1 至 333 中任一者、或實施例 378 至 381 中任一者、或實施例 403 至 523 中任一者之光學系統。

【0754】 實施例 570 係實施例 536 至 569 中任一者之頭戴顯示器，其中該第二光學系統係實施例 1 至 333 中任一者、或實施例 378 至 381 中任一者、或實施例 403 至 523 中任一者之光學系統。

【0755】 實施例 571 係實施例 529 至 570 中任一者之頭戴顯示器，其係一虛擬實境顯示器。

【0756】 實施例 572 係一種相機，其包含：

一孔徑；

一影像記錄裝置；

一反射偏光器，其設置於該孔徑與該影像記錄裝置之間，該

反射偏光器係相對於兩個正交軸彎曲；

一部分反射器，其設置於該反射偏光器與該影像記錄裝置之間，

在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30%之一平均光學反射率；及

一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該部分反射器之間。

【0757】 實施例 573 係實施例 572 之相機，其進一步包含一第一光學堆疊，該第一光學堆疊包括一第一透鏡及該部分反射器。

【0758】 實施例 574 係實施例 572 或 573 之相機，其進一步包含一第二光學堆疊，該第二光學堆疊包括一第二透鏡及該反射偏光器。

【0759】 實施例 575 係實施例 572 之相機，其進一步包含一整合式光學堆疊，該整合式光學堆疊包含一第一光學透鏡、該反射偏光器、該部分反射器、及該四分之一波延遲器。

【0760】 實施例 576 係實施例 575 之相機，其中該整合式光學堆疊進一步包含：一第二光學透鏡，其相鄰於該第一光學透鏡；該四分之一波延遲器，其設置於該第一光學透鏡與該第二光學透鏡之間；該部分反射器，其設置於該第一光學透鏡之一主表面上而與該第二光學透鏡相對；及該反射偏光器，其設置於該第二光學透鏡之一主表面上而與該第一光學透鏡相對。

【0761】 實施例 577 係實施例 572 至 576 中任一者之相機，其中在該反射偏光器上之至少一個第一位置距該反射偏光器之一光軸具有一徑向距離 r_1 及距在該反射偏光器之一頂點處垂直於該光軸的一平面具有一位移 s_1 ， s_1/r_1 係至少 0.1。

【0762】 實施例 578 係實施例 577 之相機，其中 $s1/r1$ 係至少 0.2。

【0763】 實施例 579 係實施例 577 至 578 中任一者之相機，其中該反射偏光器包含至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離該光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸。

【0764】 實施例 580 係實施例 572 至 579 中任一者之相機，其中該反射偏光器係經熱成型之 APF。

【0765】 實施例 581 係實施例 572 至 578 中任一者之相機，其中該反射偏光器係一線柵偏光器。

【0766】 實施例 582 係實施例 572 至 581 中任一者之相機，其中該反射偏光器凸出朝向該影像記錄裝置。

【0767】 實施例 583 係實施例 572 之相機，其中該相機包含：一光學系統，該光學系統包括該反射偏光器、該四分之一波延遲器、及該部分反射器；一影像表面；及一光闌表面，該影像表面係該影像記錄裝置之一表面，且該光闌表面係由該孔徑所界定之一表面。

【0768】 實施例 584 係實施例 583 之相機，其中該光學系統進一步特徵為實施例 1 至 333 中任一者、或實施例 378 至 381 中任一者、或實施例 403 至 523 中任一者。

【0769】 實施例 585 係一種光束擴展器，其包含：
一部分反射器，在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率；

一反射偏光器，其設置成相鄰於該部分反射器且與該部分反射器間隔開，該

反射偏光器係相對於兩個正交軸彎曲；及

一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該部分反射器之間。

【0770】 實施例 586 係實施例 585 之光束擴展器，其中該光束擴展器經調適以接收入射於該部分反射器上之會聚光且透射穿過該反射偏光器之發散光。

【0771】 實施例 587 係實施例 585 或 586 之光束擴展器，其進一步包含一第一光學堆疊，該第一光學堆疊包括一第一透鏡及該部分反射器。

【0772】 實施例 588 係實施例 585 至 587 中任一者之光束擴展器，其進一步包含一第二光學堆疊，該第二光學堆疊包括一第二透鏡及該反射偏光器。

【0773】 實施例 589 係實施例 585 或 586 之光束擴展器，其進一步包含一整合式光學堆疊，該整合式光學堆疊包含一第一光學透鏡、該反射偏光器、該部分反射器、及該四分之一波延遲器。

【0774】 實施例 590 係實施例 589 之光束擴展器，其中該整合式光學堆疊進一步包含：一第二光學透鏡，其相鄰於該第一光學透鏡；該四分之一波延遲器，其設置於該第一光學透鏡與該第二光學透鏡之間；該部分反射器，其設置於該第一光學透鏡之一主表面上而與該第

二光學透鏡相對；及該反射偏光器，其設置於該第二光學透鏡之一主表面上而與該第一光學透鏡相對。

【0775】 實施例 591 係實施例 585 至 590 中任一者之光束擴展器，其中在該反射偏光器上之至少一個第一位置距該反射偏光器之一光軸具有一徑向距離 r_1 及距在該反射偏光器之一頂點處垂直於該光軸的一平面具有一位移 s_1 ， s_1/r_1 係至少 0.1。

【0776】 實施例 592 係實施例 591 之光束擴展器，其中 s_1/r_1 係至少 0.2。

【0777】 實施例 593 係實施例 585 至 592 中任一者之光束擴展器，其中該反射偏光器包含至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離該光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸。

【0778】 實施例 594 係實施例 585 至 593 中任一者之光束擴展器，其中該反射偏光器係經熱成型之 APF。

【0779】 實施例 595 係實施例 585 至 592 中任一者之光束擴展器，其中該反射偏光器係一線柵偏光器。

【0780】 實施例 596 係一種投影系統，其包含：一光源；一影像形成裝置，其經設置以接收來自該光源之光且發射一經圖案化之光；及實施例 585 至 595 中任一者之光束擴展器，其經設置使得來自該影像形成裝置之該經圖案化之光入射於該部分反射器上。

【0781】 實施例 597 係實施例 596 之投影系統，其進一步包含一偏光光束分光器，該偏光光束分光器設置於該影像形成裝置與該光束擴展器之間。

【0782】 實施例 598 係一種投影系統，其包含：一光源；一影像形成裝置，其經設置以接收來自該光源之光且發射一會聚的經圖案化之光；及一光束擴展器，該光束擴展器包含：

一部分反射器，在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率；

一反射偏光器，其設置成相鄰於該部分反射器且與該部分反射器間隔開，該

反射偏光器係相對於兩個正交軸彎曲；及

一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該部分反射器之間，

其中該光束擴展器經設置，使得來自該影像形成裝置之該會聚的經圖案化之光入射於該部分反射器上，且該光束擴展器透射一發散的經圖案化之光。

【0783】 實施例 599 係實施例 598 之投影系統，其中該光束擴展器進一步特徵為實施例 586 至 595 中任一者。

【0784】 實施例 600 係實施例 598 或 599 之投影系統，其進一步包含一偏光光束分光器，該偏光光束分光器設置於該影像形成裝置與該光束擴展器之間。

【0785】 實施例 601 是一種照明器，其包含：

一光束擴展器，其包含一反射偏光器，該反射偏光器係相對於兩個正交的方向彎曲的；

一偏光光束分光器，其包含：

一第一稜鏡，其具有一輸入面、一輸出面及一第一斜邊；

一第二稜鏡，其具有一第一面及一第二斜邊，該第二

斜邊設置成相鄰於該第一斜邊；及

一第二反射偏光器，其設置於該第一斜邊與該第二

斜邊之間；

一光源，其設置成相鄰於該輸入面且界定

該輸入面上之一輸入有效面積；及

一反射組件，其設置成相鄰於該第一面，用於接收

自該光源所發射的光且發射一會聚的光，該反射組件具有一最大有

效面積，該最大有效面積界定該輸出面上之一輸出有效面積；

其中該光束擴展器經設置以接收會聚的光且透射一發散的光，且輸入有效面積及輸出有效面積中之一或兩者小於該反射組件之該最大有效面積的約一半。

【0786】 實施例 602 係實施例 601 之照明器，其中該光束擴展器進一步包含一部分反射器，該部分反射器相鄰於該反射偏光器且與該反射偏光器間隔開，在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少 30% 之一平均光學反射率，該部分反射器設置於該偏光光束分光器與該反射偏光器之間。

【0787】 實施例 603 係實施例 602 之照明器，其進一步包含一四分之一波延遲器，該四分之一波延遲器設置於該反射偏光器與該部分反射器之間。

【0788】 實施例 604 係實施例 601 至 603 中任一者之照明器，其中該光束擴展器進一步特徵為實施例 585 至 595 中任一者。

【0789】 實施例 605 係實施例 601 至 604 中任一者之照明器，其中該反射組件係一影像形成裝置。

【0790】 實施例 606 係實施例 601 至 605 中任一者之照明器，其係一影像投影機。

【0791】 實施例 607 係一種放大裝置，其包含一光學系統，該光學系統包含：

一出射光瞳；

一反射偏光器，其靠近該出射光瞳，該反射偏光器係相對於兩個正交軸彎曲的；

一部分反射器，其設置成相鄰於該反射偏光器，與該出射光瞳相對，該

部分反射器與該反射偏光器間隔開；在複數個預定波長中，

該部分反射器具有至少 30%

之一平均光學反射率；及

一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該部分反射器之間。

【0792】 實施例 608 係實施例 607 之放大裝置，其中該光學系統進一步特徵為實施例 1 至 333 中任一者、或實施例 378 至 381 中任一者、或實施例 403 至 523 中任一者。

【0793】 實施例 609 係實施例 607 或 608 之放大裝置，其進一步包含一物鏡部分及一目鏡部分。

【0794】 實施例 610 係實施例 609 之放大裝置，其中該物鏡部分包含該反射偏光器、該部分反射器、及該四分之一波延遲器。

【0795】 實施例 611 係實施例 609 之放大裝置，其中該目鏡部分包含該光學系統。

【0796】 實施例 612 係實施例 607 至 611 中任一者之放大裝置，其中該光學系統進一步包含一第一光學堆疊，該第一光學堆疊包括一第一透鏡及該部分反射器。

【0797】 實施例 613 係實施例 607 至 612 中任一者之放大裝置，其中該光學系統進一步包含一第二光學堆疊，該第二光學堆疊包括一第二透鏡及該反射偏光器。

【0798】 實施例 614 係實施例 607 至 611 中任一者之放大裝置，其中該光學系統進一步包含一整合式光學堆疊，該整合式光學堆疊包含一第一光學透鏡、該反射偏光器、該部分反射器、及該四分之一波延遲器。

【0799】 實施例 615 係實施例 614 之放大裝置，其中該整合式光學堆疊進一步包含：一第二光學透鏡，其相鄰於該第一光學透鏡；該四分之一波延遲器，其設置於該第一光學透鏡與該第二光學透鏡之

間；該部分反射器，其設置於該第一光學透鏡之一主表面上而與該第二光學透鏡相對；及該反射偏光器，其設置於該第二光學透鏡之一主表面上而與該第一光學透鏡相對。

【0800】 實施例 616 係實施例 607 至 615 中任一者之放大裝置，其係雙眼望遠鏡、一望遠鏡或一顯微鏡。

【0801】 實施例 617 係實施例 607 至 616 中任一者之放大裝置，其中在該反射偏光器上之至少一個第一位置距該反射偏光器之一光軸具有一徑向距離 r_1 及距在該反射偏光器之一頂點處垂直於該光軸的一平面具有一位移 s_1 ， s_1/r_1 係至少 0.1。

【0802】 實施例 618 係實施例 617 之放大裝置，其中 s_1/r_1 係至少 0.2。

【0803】 實施例 619 係實施例 607 至 618 中任一者之放大裝置，其中該反射偏光器包含至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離該光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸。

【0804】 實施例 620 係實施例 607 至 619 中任一者之放大裝置，其中該反射偏光器係經熱成型之 APF。

【0805】 實施例 621 係實施例 607 至 618 中任一者之放大裝置，其中該反射偏光器係一線柵偏光器。

【0806】 除非另外指示，否則在說明書與申請專利範圍中所使用之表達數量的全部數字、特性之量度等等皆被理解為以用語「約 (about)」所修飾。因此，除非另有相反的指示，否則在該說明書與申

請專利範圍中所陳述的數值參數係近似值，其係可依據在所屬技術領域中具有通常知識者利用本申請案教示所欲獲得的所欲特性而有所不同。並非意圖限制申請專利範圍的範疇之均等物的應用，每一個數值參數應至少鑑於所報告的有效位數之數目並藉由應用一般捨入技術來加以詮釋。雖然本發明之廣泛範疇內提出之數值範圍及參數係近似值，但盡可能地合理準確地報告在特定實例中提出之任何數值。然而，任何數值可含有與測試或量測限制相關的誤差。

【0807】 除非另有所指或除非上下文另外明確規定，否則對圖式中元件之描述應理解成同樣適用於其他圖式中相對應的元件。雖在本文中是以具體實施例進行說明及描述，但所屬技術領域中具有通常知識者將瞭解可以各種替代及/或均等實施方案來替換所示及所描述的具體實施例，而不偏離本揭露的範疇。本申請案意欲涵括本文所討論之特定具體實施例的任何調適形式或變化形式。因此，本揭露意圖僅受限於申請專利範圍及其均等者。

【符號說明】

【0808】 10...頭部

【0809】 12...右眼

【0810】 16...間隙/離隙

【0811】 18...間隙/離隙

【0812】 26...離隙

【0813】 28...離隙

【0814】 34a...像素

- 【0815】 34b...像素
- 【0816】 34c...像素
- 【0817】 36...透鏡總成
- 【0818】 38...主光線
- 【0819】 40...主光線
- 【0820】 100...光學系統/偏光光束分光器
- 【0821】 110...第一光學堆疊/第二光學堆疊
- 【0822】 112...第一光學透鏡
- 【0823】 114...第一主表面
- 【0824】 116...第二主表面
- 【0825】 120...第二光學堆疊/第二光學透鏡
- 【0826】 122...第二光學透鏡/第二光學堆疊
- 【0827】 124...第一主表面
- 【0828】 126...第二主表面/第二表面
- 【0829】 130...影像表面
- 【0830】 135...光闌表面
- 【0831】 140...光軸/折疊光軸
- 【0832】 200...光學系統
- 【0833】 210...第一光學堆疊
- 【0834】 212...第一光學透鏡
- 【0835】 214...第一主表面/第一表面
- 【0836】 216...第二主表面/表面

- 【0837】 217...部分反射器
- 【0838】 220...第二光學堆疊
- 【0839】 222...第二光學透鏡/第二透鏡
- 【0840】 224...第一主表面/第一表面
- 【0841】 225...四分之一波延遲器/第一四分之一波延遲器
- 【0842】 226...第二主表面
- 【0843】 227...反射偏光器
- 【0844】 230...影像表面
- 【0845】 235...光闌表面
- 【0846】 237...光線
- 【0847】 238...光線
- 【0848】 240...折疊光軸
- 【0849】 310a...光學堆疊
- 【0850】 310b...光學堆疊
- 【0851】 310c...光學堆疊
- 【0852】 312...透鏡
- 【0853】 314...第一主表面
- 【0854】 315...四分之一波延遲器
- 【0855】 316...第二主表面
- 【0856】 317...部分反射器
- 【0857】 420a...光學堆疊
- 【0858】 420b...光學堆疊

- 【0859】 420c...光學堆疊
- 【0860】 422...透鏡/光學透鏡
- 【0861】 424...第一主表面
- 【0862】 425...四分之一波延遲器
- 【0863】 426...第二主表面
- 【0864】 427...反射偏光器
- 【0865】 500...光學系統
- 【0866】 510...整合式光學堆疊
- 【0867】 512...光學透鏡
- 【0868】 514...第一主表面
- 【0869】 516...第二主表面
- 【0870】 530...影像表面
- 【0871】 535...光闌表面
- 【0872】 537...光線
- 【0873】 540...折疊光軸
- 【0874】 600...光學系統
- 【0875】 610...整合式光學堆疊
- 【0876】 612...光學透鏡
- 【0877】 614...第一主表面
- 【0878】 615...第二四分之一波延遲器
- 【0879】 616...第二主表面
- 【0880】 617...部分反射器/第二四分之一波延遲器

- 【0881】 625...第一四分之一波延遲器
- 【0882】 627...反射偏光器
- 【0883】 630...影像表面
- 【0884】 631...影像源/顯示器面板
- 【0885】 633...第二光學系統
- 【0886】 634...入射光瞳
- 【0887】 635...光闌表面
- 【0888】 637...影像/光線
- 【0889】 640...折疊光軸
- 【0890】 700...光學系統
- 【0891】 710...整合式光學堆疊
- 【0892】 712...光學透鏡
- 【0893】 714...第一主表面
- 【0894】 716...第二主表面
- 【0895】 717...部分反射器
- 【0896】 725...第一四分之一波延遲器
- 【0897】 727...反射偏光器
- 【0898】 730...影像表面
- 【0899】 732...影像記錄器
- 【0900】 735...光闌表面
- 【0901】 737...光線
- 【0902】 740...折疊光軸

- 【0903】 800...光學系統
- 【0904】 812...第一光學透鏡
- 【0905】 814...第一主表面
- 【0906】 816...第二主表面
- 【0907】 822...第二光學透鏡
- 【0908】 824...第一主表面
- 【0909】 826...第二主表面
- 【0910】 830...影像表面
- 【0911】 835...光闌表面
- 【0912】 840...折疊光軸
- 【0913】 862...第三光學透鏡
- 【0914】 864...第一主表面
- 【0915】 866...第二主表面
- 【0916】 900...光學系統
- 【0917】 912...第一光學透鏡/第一透鏡
- 【0918】 914...第一主表面/層
- 【0919】 916...第二主表面
- 【0920】 922...第二光學透鏡/第二透鏡
- 【0921】 924...第一主表面
- 【0922】 926...第二主表面
- 【0923】 930...影像表面
- 【0924】 935...光闌表面

- 【0925】 937...主光線
- 【0926】 939a...包絡光線
- 【0927】 939b...包絡光線
- 【0928】 940...光軸
- 【0929】 943...層
- 【0930】 945...層
- 【0931】 1027...反射偏光器
- 【0932】 1040...光軸
- 【0933】 1047...平面
- 【0934】 1052...第一位置/位置
- 【0935】 1054...第二位置/位置
- 【0936】 1057...頂點/平面
- 【0937】 1127...反射偏光器
- 【0938】 1140...光軸
- 【0939】 1152...第二位置
- 【0940】 1153...第一位置
- 【0941】 1157...頂點
- 【0942】 1227...反射偏光器
- 【0943】 1272...第一聚合層
- 【0944】 1274...第二聚合層
- 【0945】 1327...線柵偏光器
- 【0946】 1370...透明基材

- 【0947】 1375...線柵層
- 【0948】 1377...線或金屬跡線
- 【0949】 1580...方法/程序
- 【0950】 1582...步驟
- 【0951】 1584...步驟
- 【0952】 1586...步驟
- 【0953】 1588...步驟
- 【0954】 1681...熱成型工具
- 【0955】 1683...部分
- 【0956】 1685...外表面
- 【0957】 1687...基底
- 【0958】 1782a...外表面
- 【0959】 1782b...外表面
- 【0960】 1784a...內表面
- 【0961】 1784b...內表面
- 【0962】 1786...外表面
- 【0963】 1788...內表面
- 【0964】 1790...頭戴顯示器
- 【0965】 1792...框架
- 【0966】 1794a...第一顯示器部分/第一部分
- 【0967】 1794b...第二顯示器部分/第二部分
- 【0968】 1796...相機

- 【0969】 1798...眼動追蹤單元/第一部分
- 【0970】 1800...光學系統
- 【0971】 1810...光學堆疊
- 【0972】 1812...透鏡
- 【0973】 1814...反射孔徑
- 【0974】 1817...部分反射器
- 【0975】 1827...反射偏光器
- 【0976】 1830...影像表面
- 【0977】 1835...光闌表面
- 【0978】 1889...面板
- 【0979】 1900...光學系統
- 【0980】 1910...第一光學堆疊
- 【0981】 1912...透鏡
- 【0982】 1920...第二光學堆疊
- 【0983】 1922...透鏡
- 【0984】 1930...影像表面
- 【0985】 1935...光闌表面
- 【0986】 1989...面板
- 【0987】 2000...光學系統
- 【0988】 2010...光學堆疊
- 【0989】 2012...第一透鏡
- 【0990】 2022...第二透鏡

- 【0991】 2030...影像表面
- 【0992】 2035...光闌表面
- 【0993】 2089...面板
- 【0994】 2100...光學系統
- 【0995】 2110...第一光學堆疊
- 【0996】 2112...透鏡
- 【0997】 2120...第二光學堆疊
- 【0998】 2122...透鏡
- 【0999】 2130...影像表面
- 【1000】 2135...光闌表面
- 【1001】 2189...面板
- 【1002】 2200...光學系統
- 【1003】 2212...第一透鏡
- 【1004】 2220...光學堆疊
- 【1005】 2222...第二透鏡
- 【1006】 2230...影像表面
- 【1007】 2235...光闌表面
- 【1008】 2300...光學系統
- 【1009】 2312...第一透鏡
- 【1010】 2320...光學堆疊
- 【1011】 2322...第二透鏡
- 【1012】 2330...影像表面

- 【1013】 2335...光闌表面
- 【1014】 2360...光學堆疊
- 【1015】 2362...第三透鏡
- 【1016】 2400...光學系統
- 【1017】 2400-1...第一光學系統/光學系統
- 【1018】 2400-2...第二光學系統/光學系統
- 【1019】 2417...部分反射器/反射偏光器
- 【1020】 2417-1...部分反射器
- 【1021】 2417-2...部分反射器
- 【1022】 2425...第一四分之一波延遲器
- 【1023】 2425-1...四分之一波延遲器
- 【1024】 2425-2...四分之一波延遲器
- 【1025】 2427...反射偏光器
- 【1026】 2427-1...反射偏光器
- 【1027】 2427-2...反射偏光器
- 【1028】 2431...顯示器面板
- 【1029】 2468...可選的額外偏光器
- 【1030】 2490...裝置/顯示裝置
- 【1031】 2490b...顯示裝置
- 【1032】 2490c...裝置
- 【1033】 2491-1...光學透鏡
- 【1034】 2491-2...光學透鏡

- 【1035】 2493...快門
- 【1036】 2497-1...目鏡部分
- 【1037】 2497-2...目鏡部分
- 【1038】 2499-1...物鏡部分
- 【1039】 2499-2...物鏡部分
- 【1040】 2500a...偏光光束分光器
- 【1041】 2502a...照明器/折疊光徑照明器
- 【1042】 2504a...偏光光束分光系統
- 【1043】 2510a...第一稜鏡
- 【1044】 2512a...輸入面
- 【1045】 2513a...輸入有效面積
- 【1046】 2514a...輸出面
- 【1047】 2515a...輸出有效面積
- 【1048】 2516a...第一斜邊
- 【1049】 2520a...第二稜鏡
- 【1050】 2524a...成像器面
- 【1051】 2526a...第二斜邊
- 【1052】 2530a...反射偏光器
- 【1053】 2532a...第一反射組件
- 【1054】 2534a...第二反射組件
- 【1055】 2536a...最大有效面積
- 【1056】 2543a...最大接收面積

- 【1057】 2550a...光源
- 【1058】 2552a...包絡
- 【1059】 2554a...包絡
- 【1060】 2556a...中心光線
- 【1061】 2557a...折疊光軸
- 【1062】 2557a-1...第一區段
- 【1063】 2557a-2...第二區段
- 【1064】 2557a-3...第三區段
- 【1065】 2557a-4...第四區段
- 【1066】 2590a...裝置
- 【1067】 2590...裝置
- 【1068】 2610...整合式光學堆疊
- 【1069】 2612...第一透鏡
- 【1070】 2617...部分反射器
- 【1071】 2622...第二透鏡/第二光學透鏡
- 【1072】 2625...四分之一波延遲器
- 【1073】 2627...反射偏光器
- 【1074】 2700...光學系統
- 【1075】 2731...顯示器面板
- 【1076】 2812...透鏡
- 【1077】 A...最大橫向尺寸
- 【1078】 B...最大橫向尺寸

- 【1079】 d1...距離
- 【1080】 d2...距離
- 【1081】 d3...距離
- 【1082】 x...軸/方向
- 【1083】 y...軸/方向
- 【1084】 z...軸/方向
- 【1085】 θ ...視角/入射角
- 【1086】 D...直徑
- 【1087】 r1...徑向距離/距離
- 【1088】 r2...徑向距離/距離
- 【1089】 A1...面積
- 【1090】 s1...位移/距離/座標
- 【1091】 s2...位移/座標
- 【1092】 S_m ...最大垂度

申請專利範圍

1. 一種光學系統，其包含：
 - 一影像表面；
 - 一光闌表面；
 - 一第一光學堆疊，其設置於該影像表面與該光闌表面之間且沿著正交的第一軸及第二軸凸出朝向該影像表面，該第一光學堆疊包含：
 - 一第一光學透鏡；及
 - 一部分反射器，在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少30%之一平均光學反射率；及
 - 一第二光學堆疊，其設置於該第一光學堆疊與該光闌表面之間且沿著該第一軸及該第二軸凸出朝向該影像表面，該第二光學堆疊包含：
 - 一第二光學透鏡；
 - 一多層反射偏光器，其實質上透射具有一第一偏光狀態之光且實質上反射具有一正交的第二偏光狀態之光；及
 - 一第一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該第一光學堆疊之間。
2. 如請求項1之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，且該光闌表面係一出射光瞳。
3. 如請求項1之光學系統，其中一影像記錄器包含該影像表面，且該光闌表面係一入射光瞳。
4. 如請求項1之光學系統，其中該光學系統以一折疊光軸為中心，由透射穿過該影像表面之一中心光線之一光徑界定該折疊光軸。
5. 如請求項1之光學系統，其中該第一光學堆疊進一步包含一第二四分

之一波延遲器，該第二四分之一波延遲器設置於該部分反射器與該影像表面之間。

6. 如請求項1之光學系統，其中該複數個所欲波長係從400 nm至700 nm之一波長範圍。
7. 如請求項1之光學系統，其中該複數個所欲波長包含一或多個連續波長範圍，且其中該等連續波長範圍中之至少一者具有不大於100 nm之一半高全寬。
8. 如請求項1之光學系統，其中該多層反射偏光器具有至少一個第一位置，該至少一個第一位置距行進穿過該多層反射偏光器之一頂點之一光軸具有一徑向距離 r_1 、及距在該頂點處垂直於該光軸之一平面具有一位移 s_1 ， s_1/r_1 係至少0.2，且其中對於該反射偏光器之由 s_1 及 r_1 界定之一面積，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約2度。
9. 如請求項1之光學系統，其中該多層反射偏光器包含至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離該第二光學堆疊之一光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸。
10. 如請求項9之光學系統，其中由該影像源發射且透射穿過該出射光瞳之實質上任何主光線以小於約25度之一入射角入射於該反射偏光器及該部分反射器中之各者上。
11. 如請求項1之光學系統，其中該多層反射偏光器包含一線柵偏光器。
12. 一種光學系統，其包含：
 - 一影像源；
 - 一出射光瞳；
 - 一第一光學堆疊，其設置於該影像源與該出射光瞳之間，且包含：

一第一光學透鏡；

一部分反射器，在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少30%之一平均光學反射率；及

一第二光學堆疊，其設置於該第一光學堆疊與該出射光瞳之間，且包含：

一第二光學透鏡；

一反射偏光器，其係相對於正交的第一軸及第二軸凸出；及

一第一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該第一光學堆疊之間，

其中在該複數個預定波長中至少具有相隔至少150 nm之第一波長及第二波長且由該影像源發射並由該出射光瞳透射之實質上任何主光線在該出射光瞳處所具有之一分色距離小於在該出射光瞳處之一視野的1.5百分比。

13. 如請求項12之光學系統，其中在該出射光瞳處之該分色距離小於20弧分。
14. 如請求項12之光學系統，其中該反射偏光器具有至少一個第一位置，該至少一個第一位置距行進穿過該反射偏光器之一頂點之一光軸具有一徑向距離 r_1 、及距在該頂點處垂直於該光軸之一平面具有一位移 s_1 ， s_1/r_1 係至少0.2，且其中對於該反射偏光器之由 s_1 及 r_1 界定之一面積，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約2度。
15. 如請求項12之光學系統，其中該反射偏光器包含至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離該第二光學堆疊之一光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸。
16. 如請求項15之光學系統，其中由該影像源發射且透射穿過該出射光瞳之實質上任何主光線以小於約25度之一入射角入射於該反射偏光

器及該部分反射器中之各者上。

17. 一種光學系統，其包含：

一影像表面；

一光闌表面；

一第一光學堆疊，其設置於該影像表面與該光闌表面之間，且包含：

一第一光學透鏡；

一部分反射器，在複數個所欲波長中，該部分反射器具有至少30%之一平均光學反射率；及

一第二光學堆疊，其設置於該第一光學堆疊與該光闌表面之間，且包含：

一第二光學透鏡；

一經熱成型之多層反射偏光器，其係相對於該第二光學堆疊之一光軸旋轉對稱且沿著正交於該光軸之正交的第一軸及第二軸凸出朝向該影像表面，該經熱成型之多層反射偏光器具有至少一個第一位置，該至少一個第一位置距行進穿過該經熱成型之多層反射偏光器之一頂點之一光軸具有一徑向距離 r_1 、及距在該頂點處垂直於該光軸之一平面具有一位移 s_1 ， s_1/r_1 係至少0.1；及

一第一四分之一波延遲器，其設置於該反射偏光器與該第一光學堆疊之間。

18. 如請求項17之光學系統，其中一影像源包含該影像表面，且該光闌表面係一出射光瞳。

19. 如請求項17之光學系統，其中 s_1/r_1 係在0.2至0.8之範圍內。

20. 如請求項17之光學系統，其中對於該反射偏光器之由 s_1 及 r_1 所界定之一面積，該反射偏光器之一透射軸之最大變異小於約2度。

21. 如請求項17之光學系統，其中該反射偏光器包含至少一個層，該至

- 少一個層在該至少一個層上遠離該第二光學堆疊之一光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸。
22. 如請求項21之光學系統，其中行進穿過該影像表面及該光闌表面之實質上任何主光線均以小於約25度之一入射角入射於該第一光學堆疊及該第二光學堆疊中之各者上。
23. 如請求項17之光學系統，其中該經熱成型之多層反射偏光器係經熱成型之APF。
24. 一種光學系統，其包含：
- 一影像源，其發射一無失真影像；
 - 一出射光瞳；
 - 一部分反射器，其具有沿著正交的第一軸及第二軸凸出朝向該影像源之一第一形狀，且在複數個預定波長中，該部分反射器具有至少30%之一平均光學反射率；及
 - 一反射偏光器，其具有沿著該第一軸及該第二軸凸出朝向該影像源之一不同的第二形狀，使得由該出射光瞳透射的經發射之該無失真影像之一失真小於約10%。
25. 如請求項24之光學系統，其進一步包含：一第一光學透鏡，其設置於該影像源與該出射光瞳之間；及一第二光學透鏡，其設置於該第一光學透鏡與該出射光瞳之間，該部分反射器設置於該第一光學透鏡之一表面上，該反射偏光器設置於該第二光學透鏡之一表面上。
26. 如請求項24之光學系統，其進一步包含一四分之一波延遲器，該四分之一波延遲器設置於該部分反射器與該反射偏光器之間。
27. 如請求項24之光學系統，其中由該出射光瞳透射之經發射之該無失真影像之該失真小於約5%。
28. 如請求項24之光學系統，其中該反射偏光器具有至少一個第一位

置，該至少一個第一位置距行進穿過該反射偏光器之一頂點之一光軸具有一徑向距離 r_1 、及距在該頂點處垂直於該光軸之一平面具有一位移 s_1 ， s_1/r_1 係至少0.2，且其中對於該反射偏光器之由 s_1 及 r_1 界定之一面積，該反射偏光器之一透射軸之一最大變異小於約2度。

29. 如請求項24之光學系統，其中該反射偏光器包含至少一個層，該至少一個層在該至少一個層上遠離該第二光學堆疊之一光軸的至少一個第一位置處係實質上光學雙軸，且在遠離該光軸之至少一個第二位置處係實質上光學單軸。
30. 如請求項29之光學系統，其中由該影像源發射且透射穿過該出射光瞳之實質上任何主光線以小於約25度之一入射角入射於該反射偏光器及該部分反射器中之各者上。

圖式

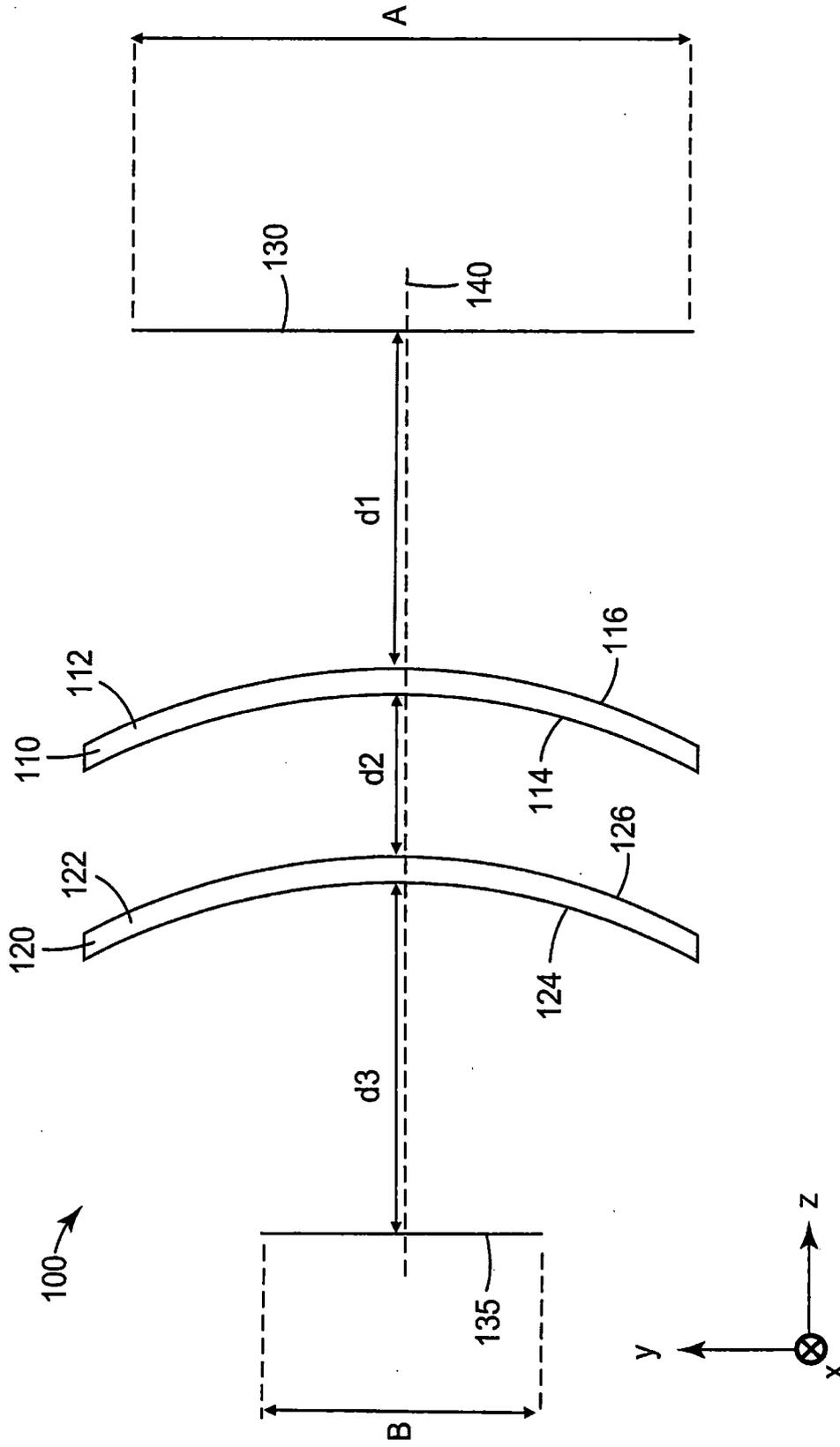


圖1

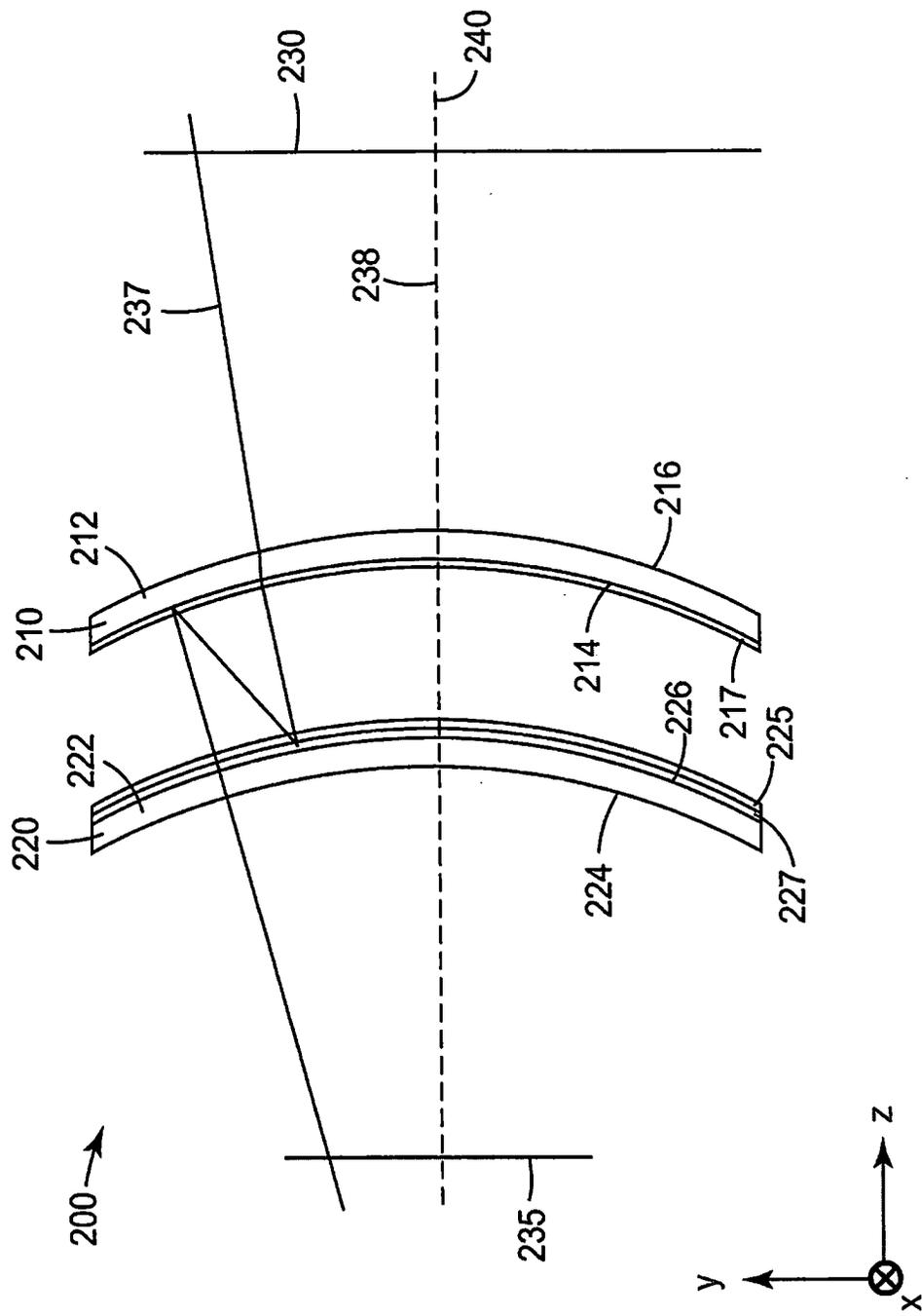


圖12

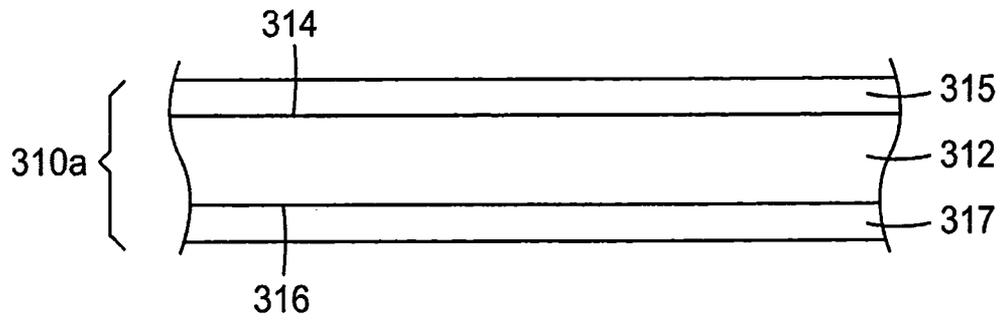


圖3A

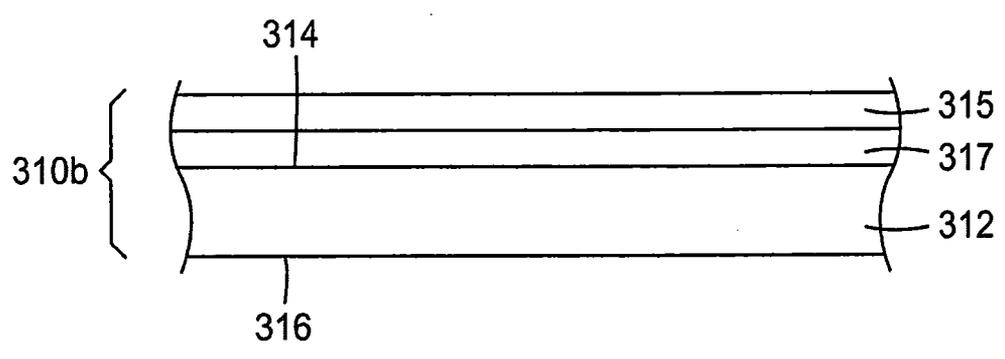


圖3B

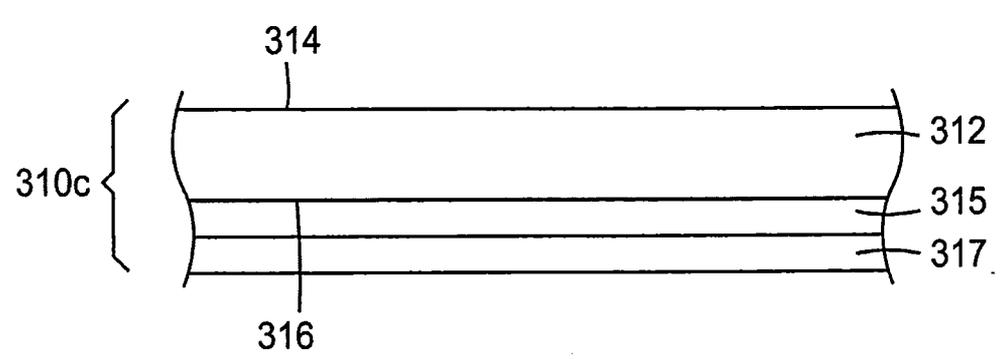


圖3C

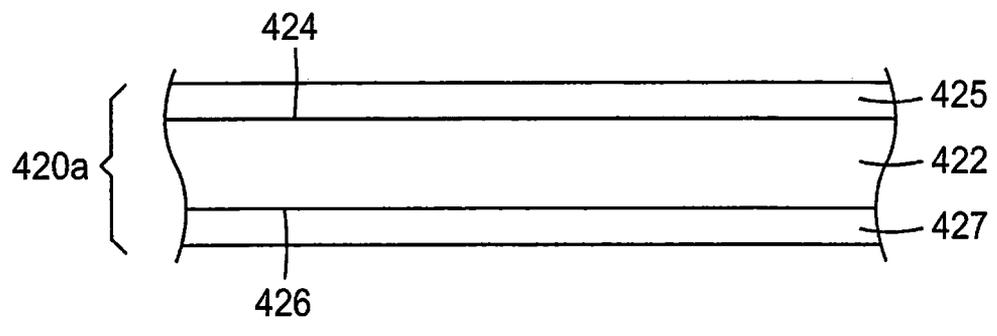


圖4A

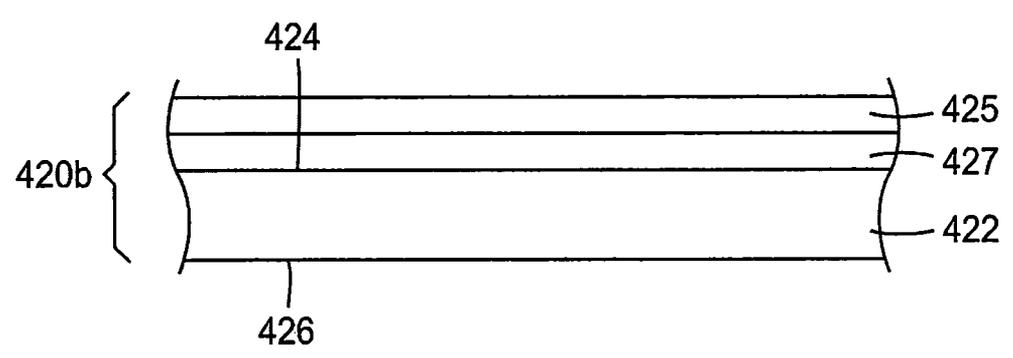


圖4B

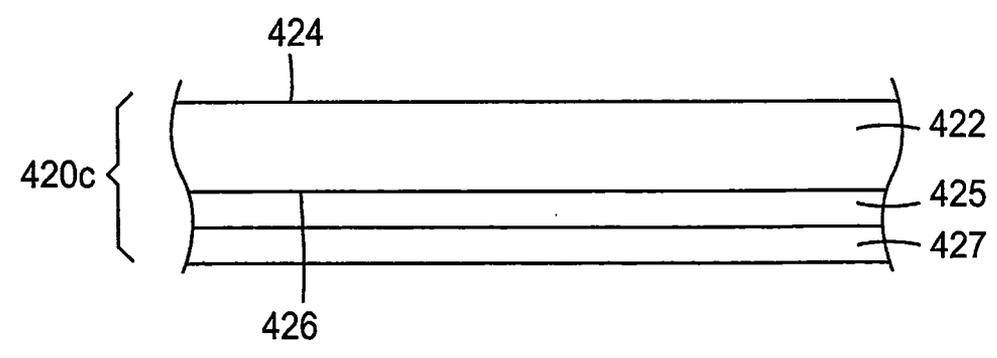


圖4C

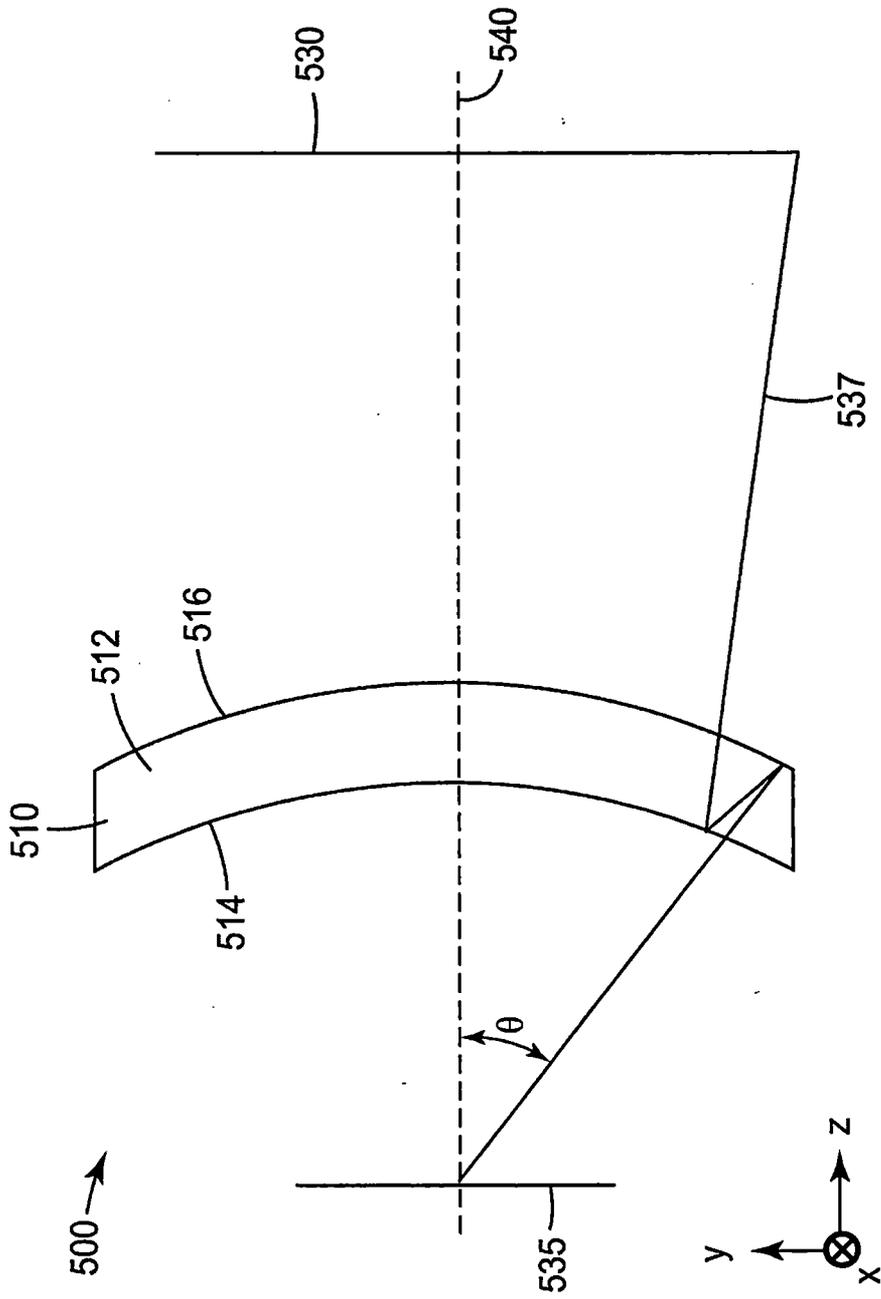


圖5

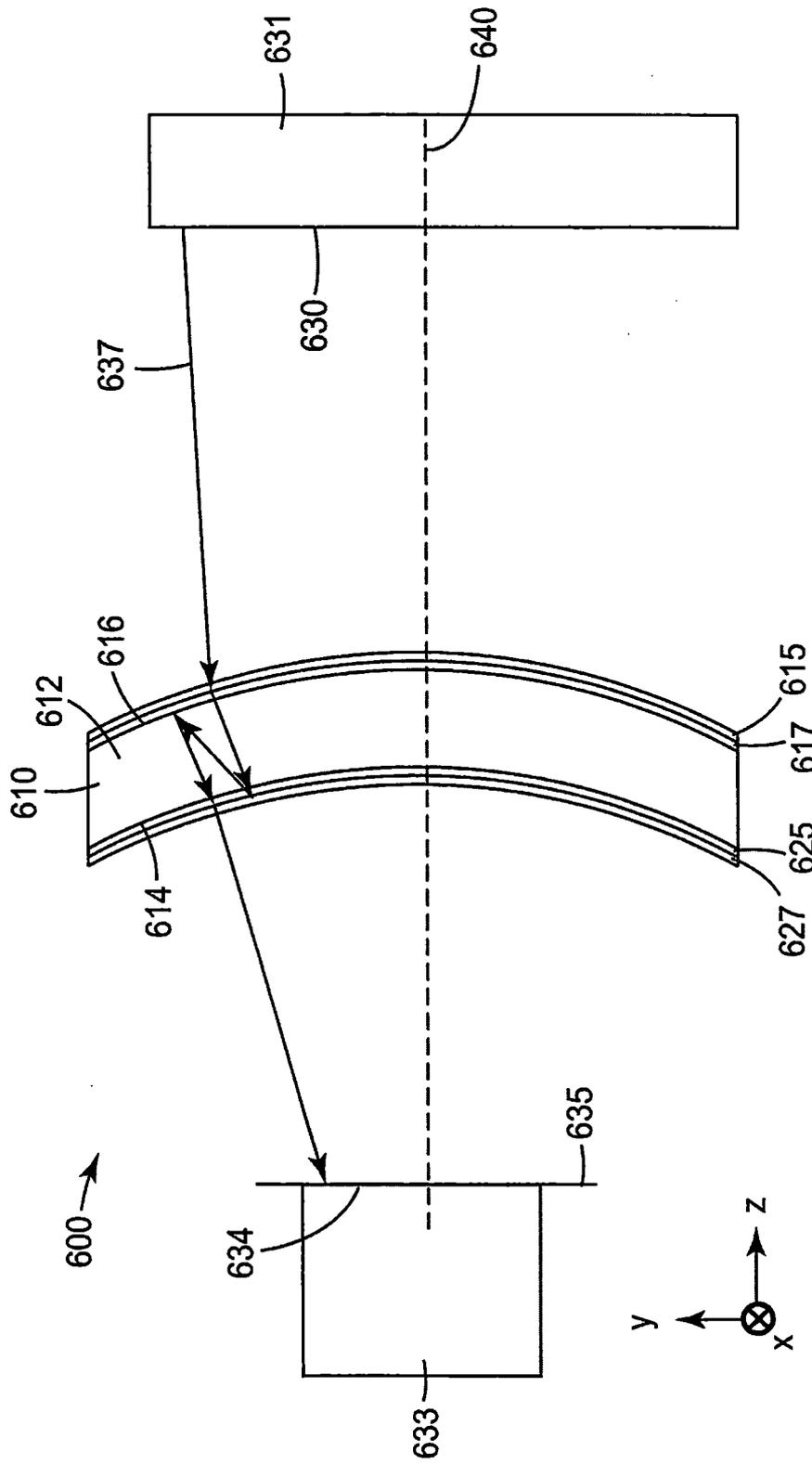


圖6

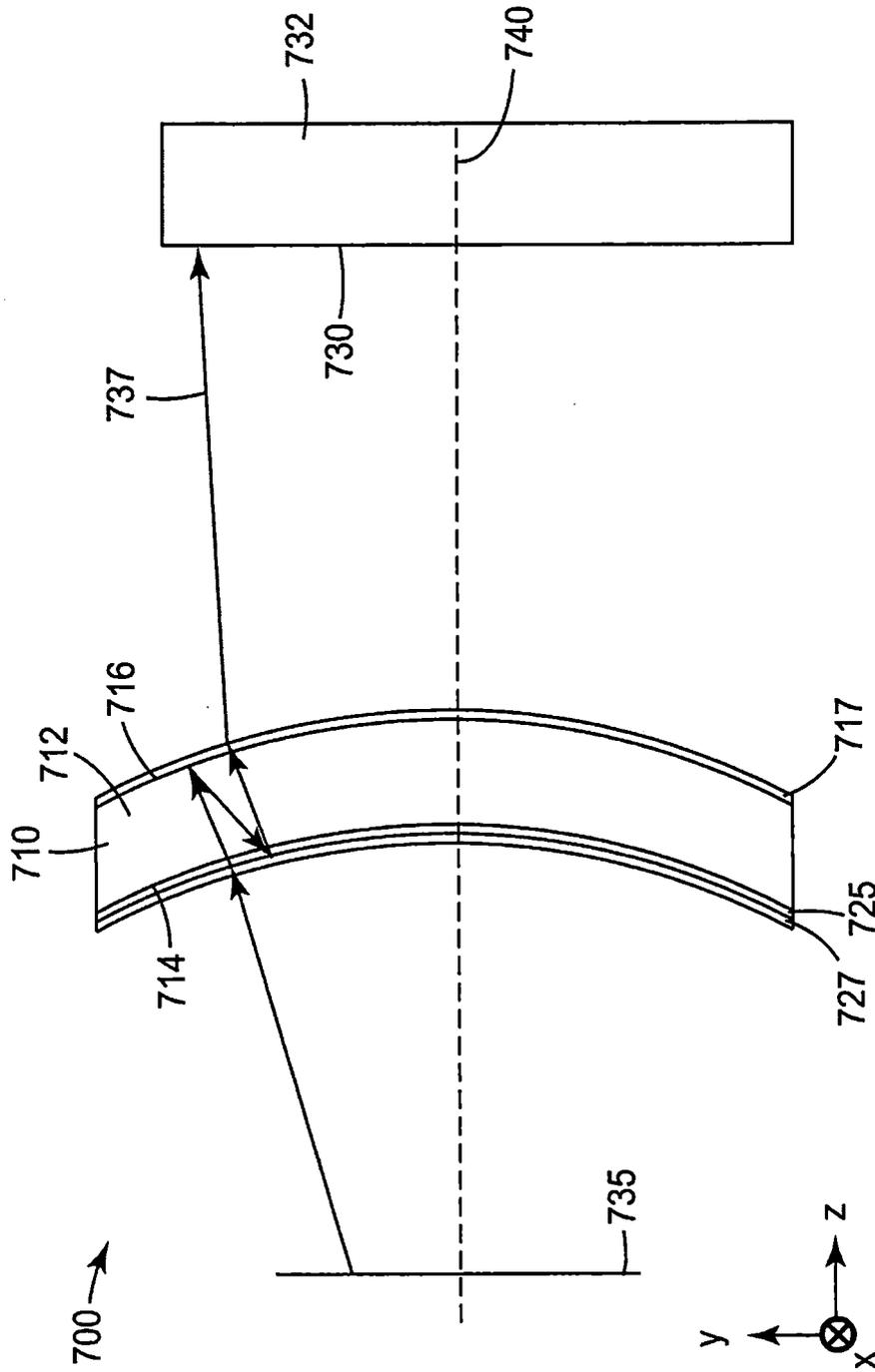


圖7

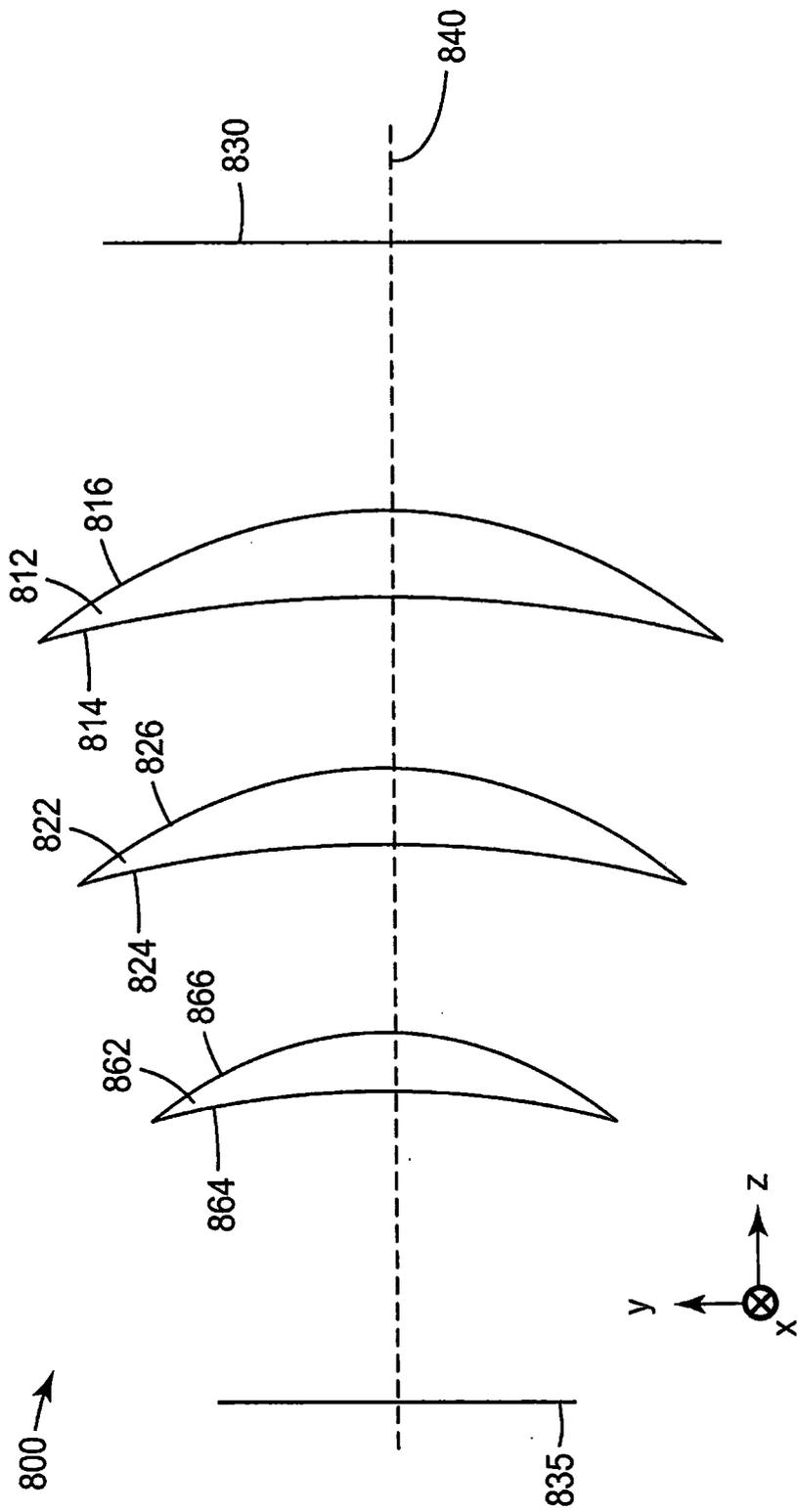


圖8

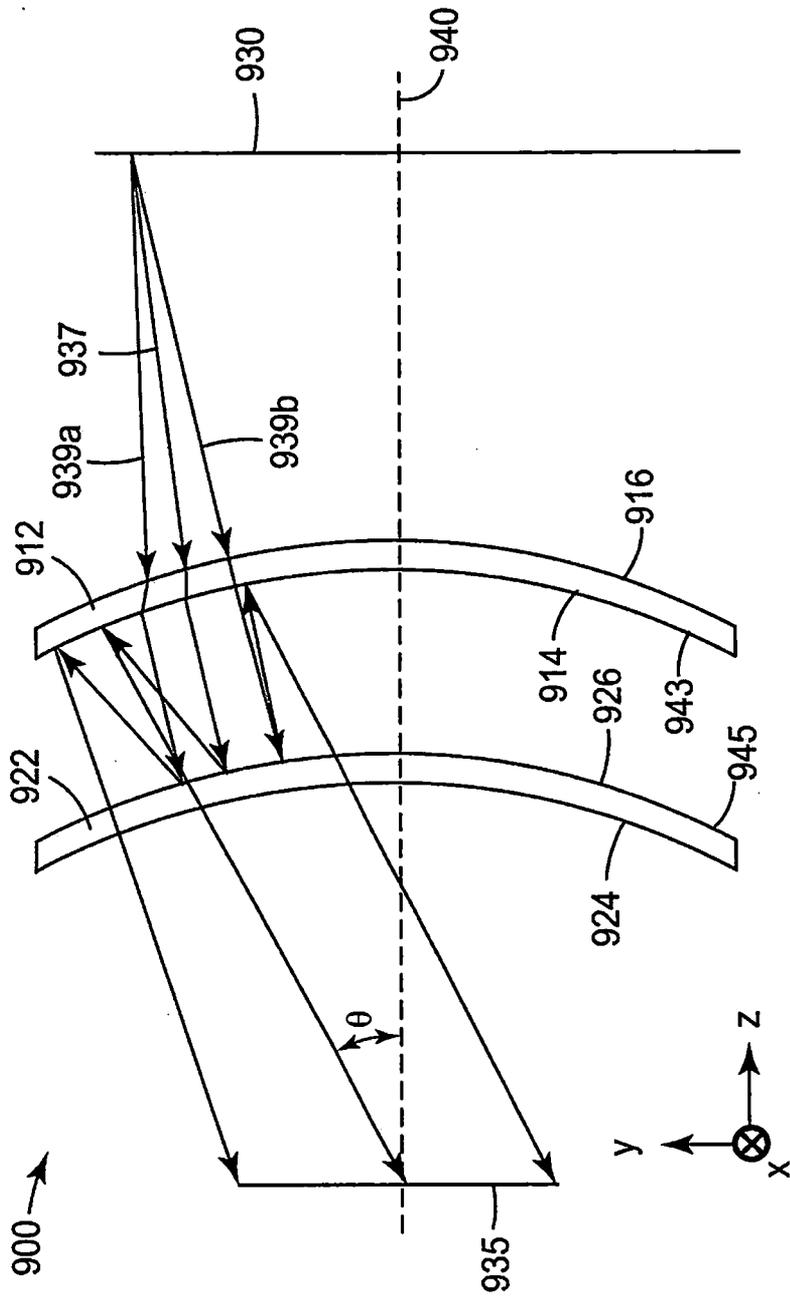


圖9

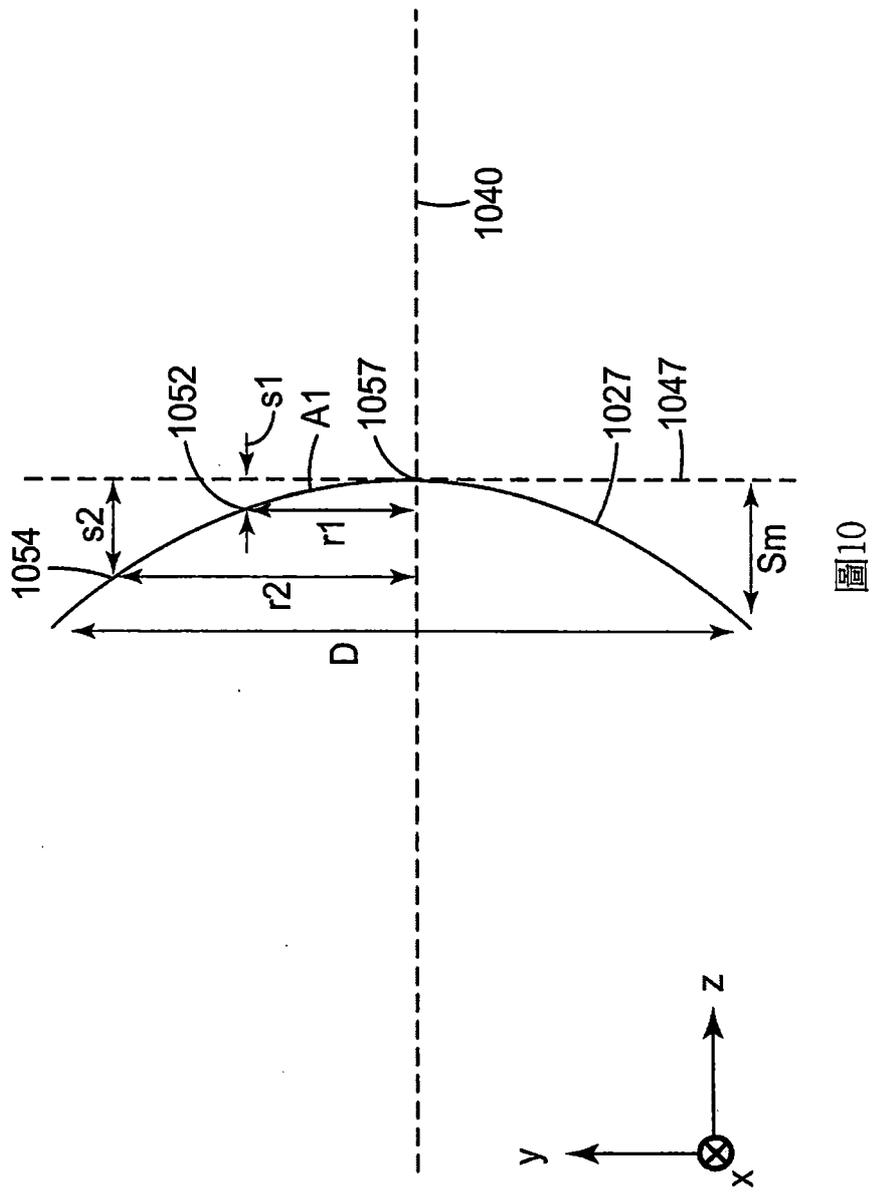


圖10

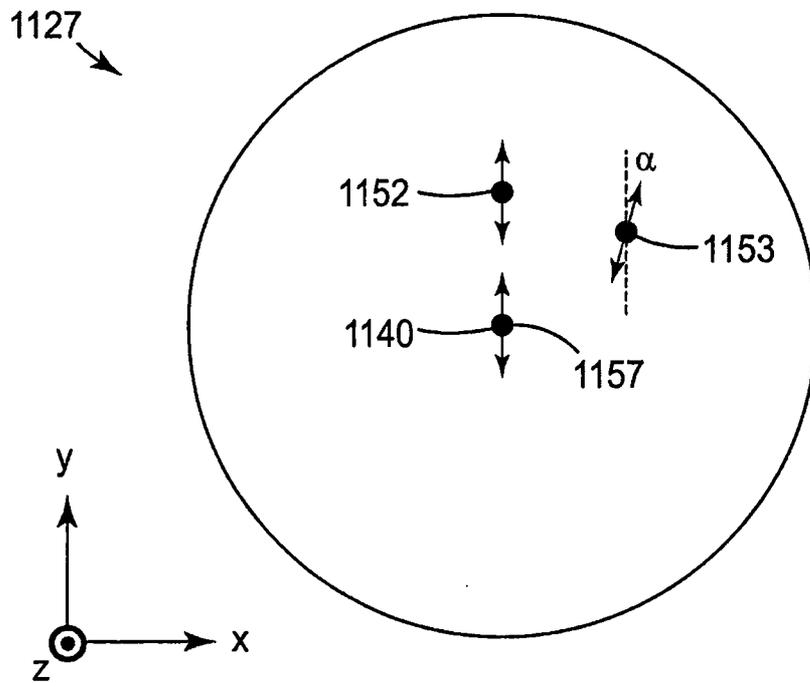


圖11

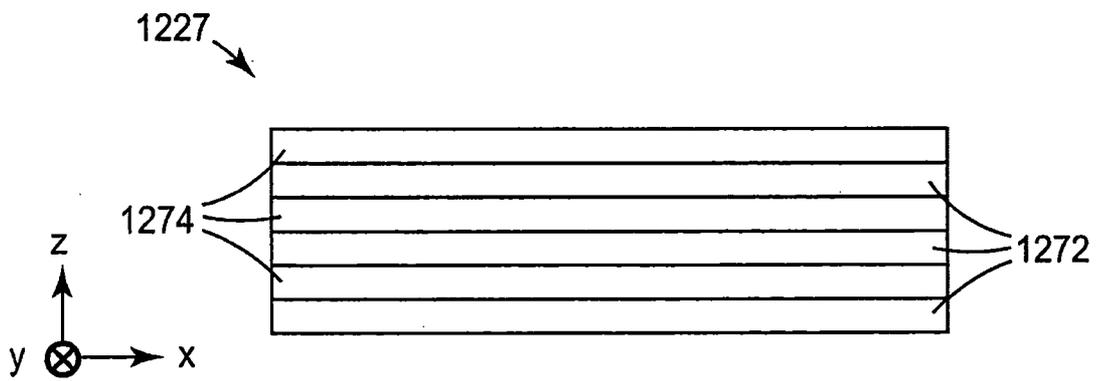


圖12

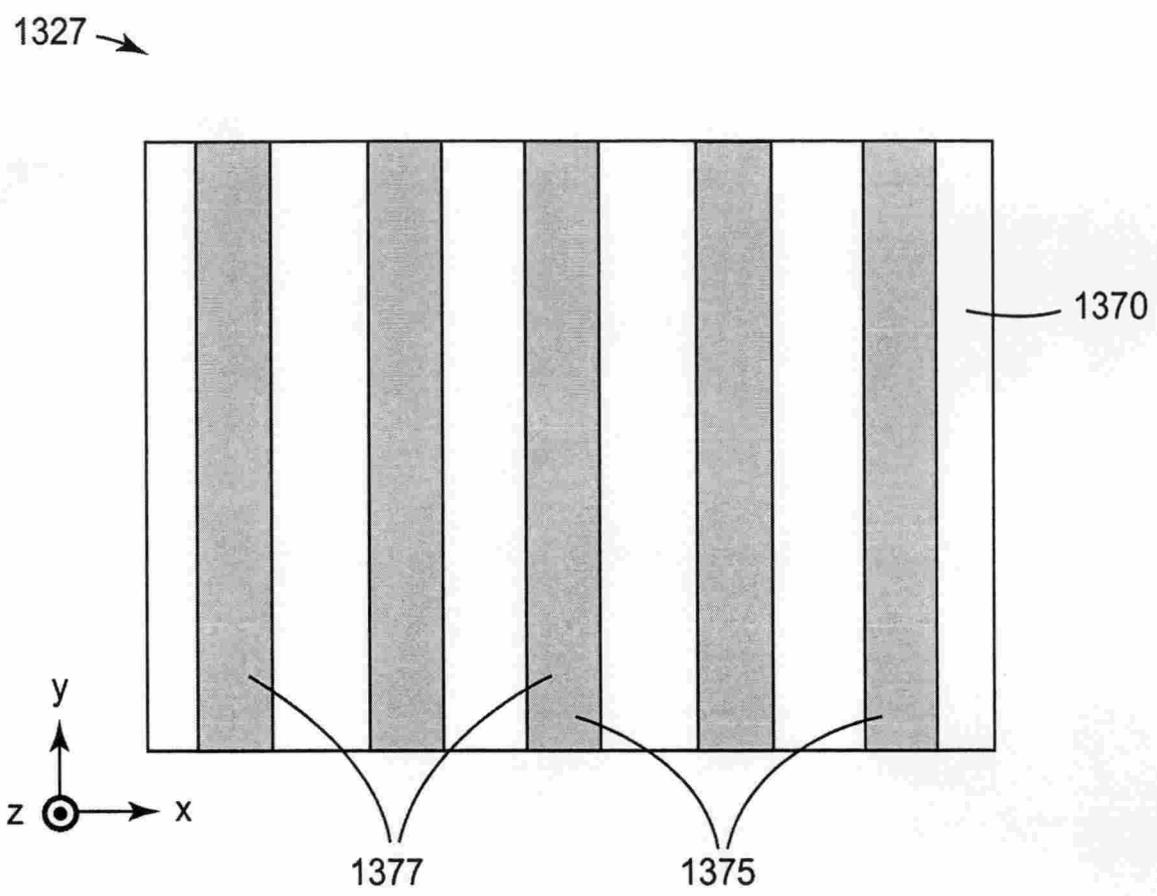


圖13A

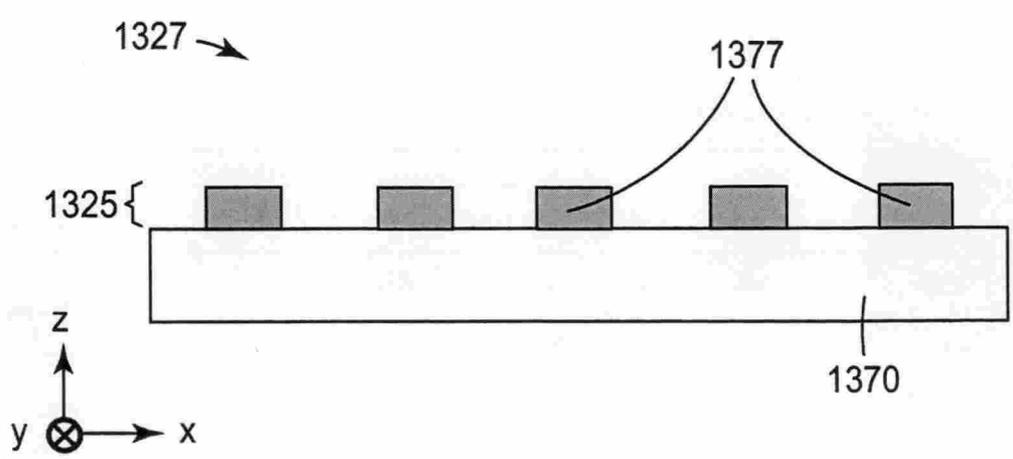


圖13B

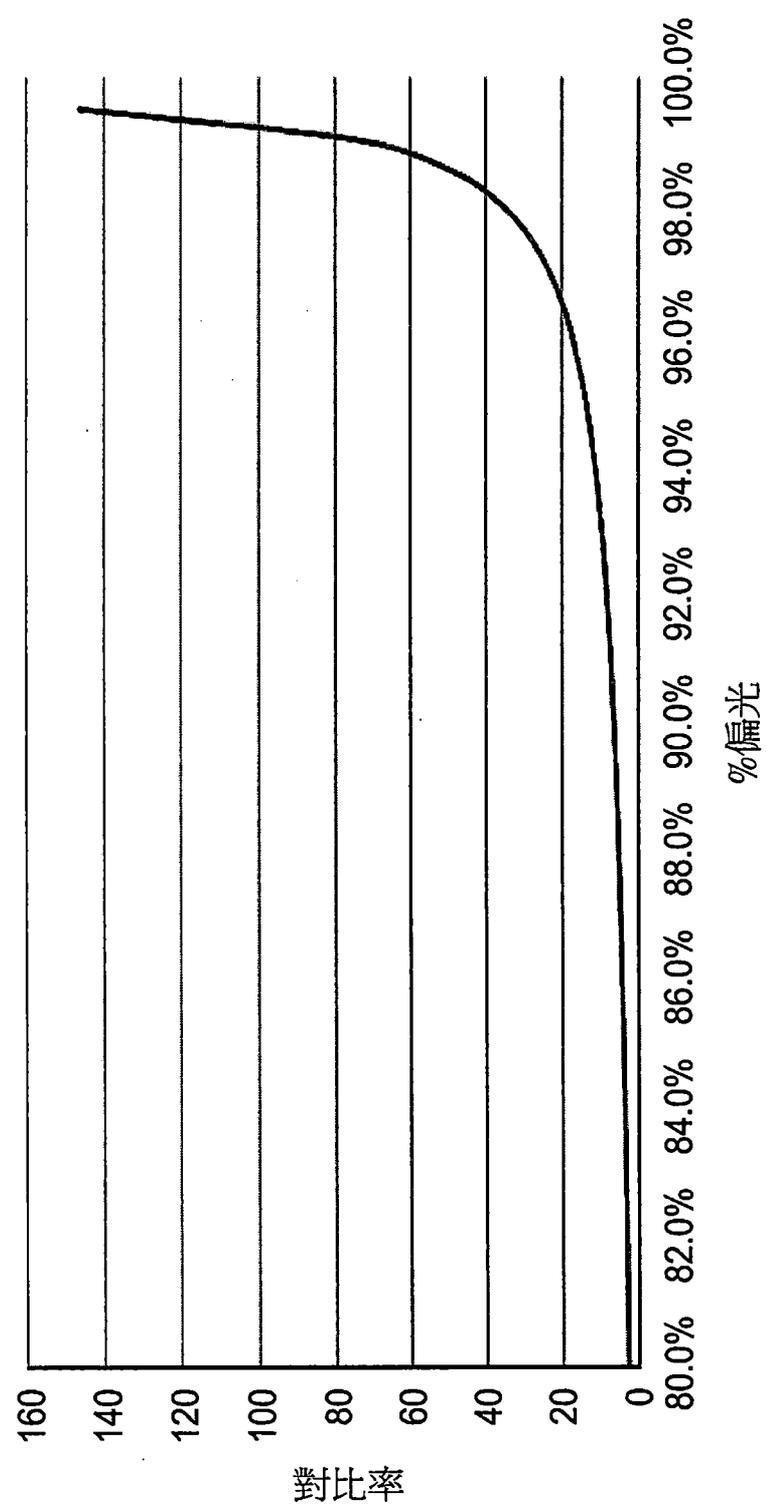


圖14

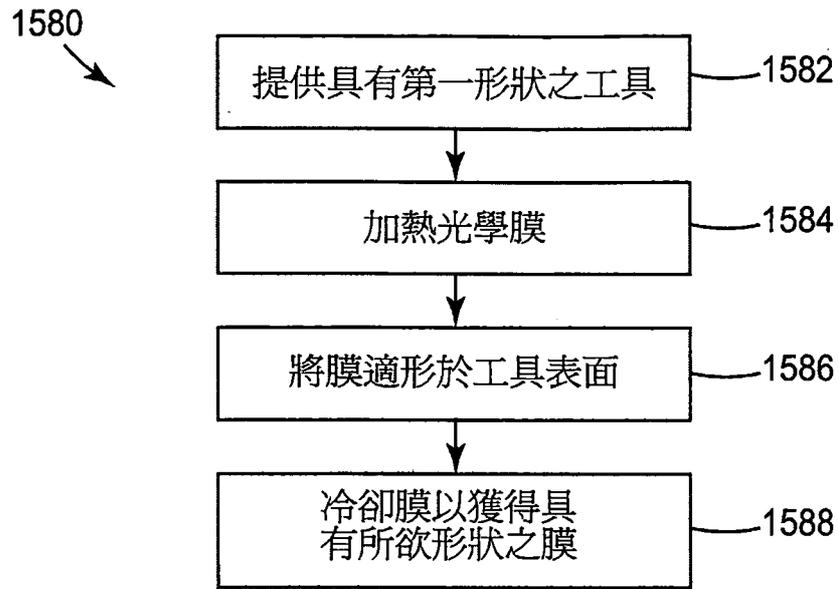


圖15

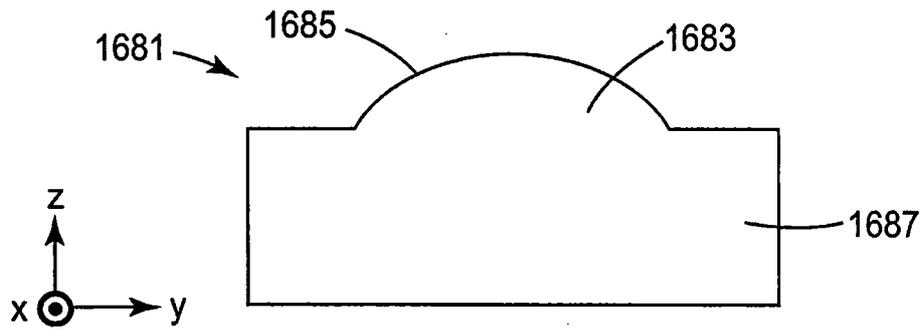


圖16

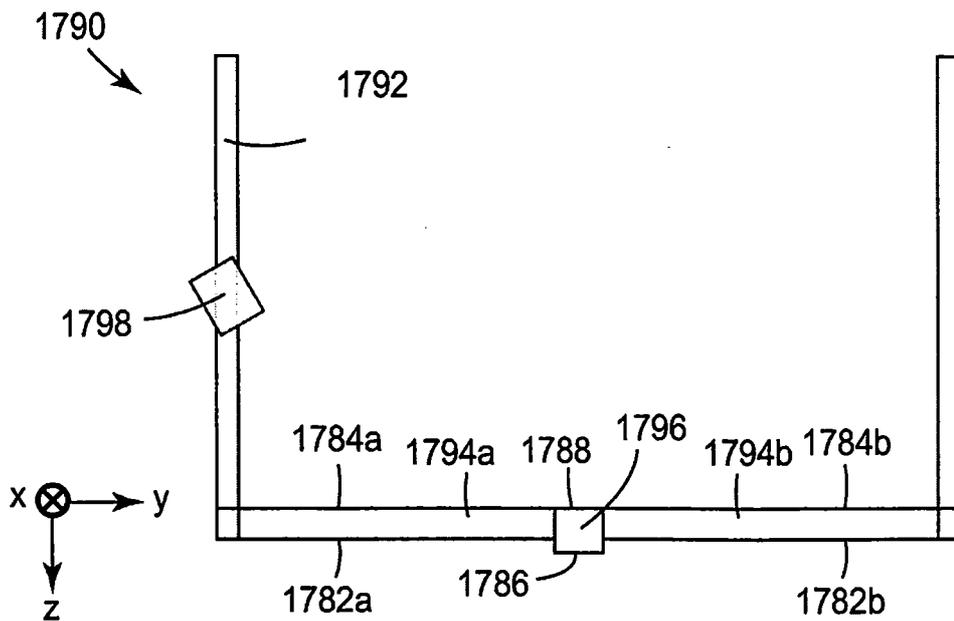


圖17

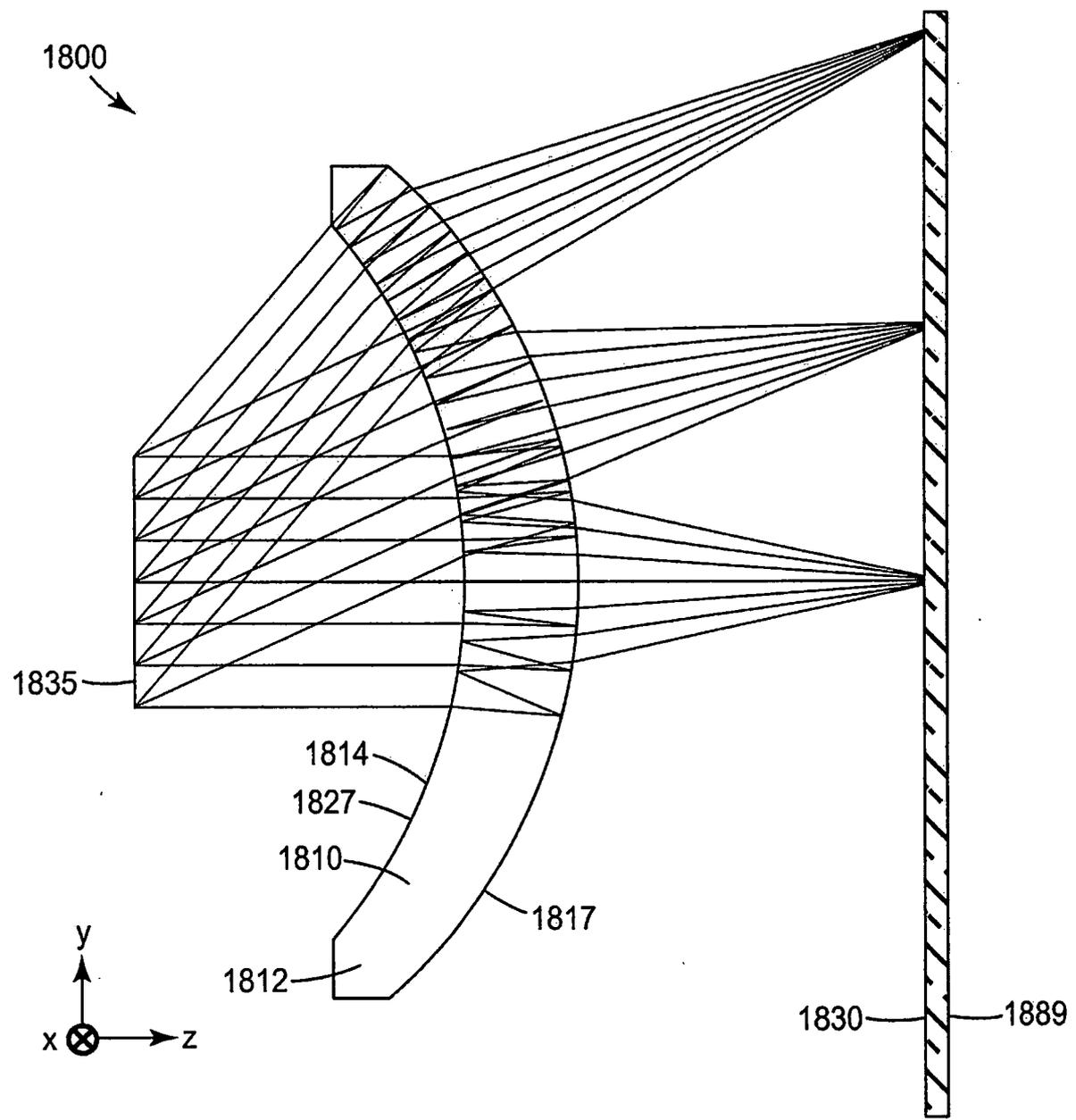


圖18

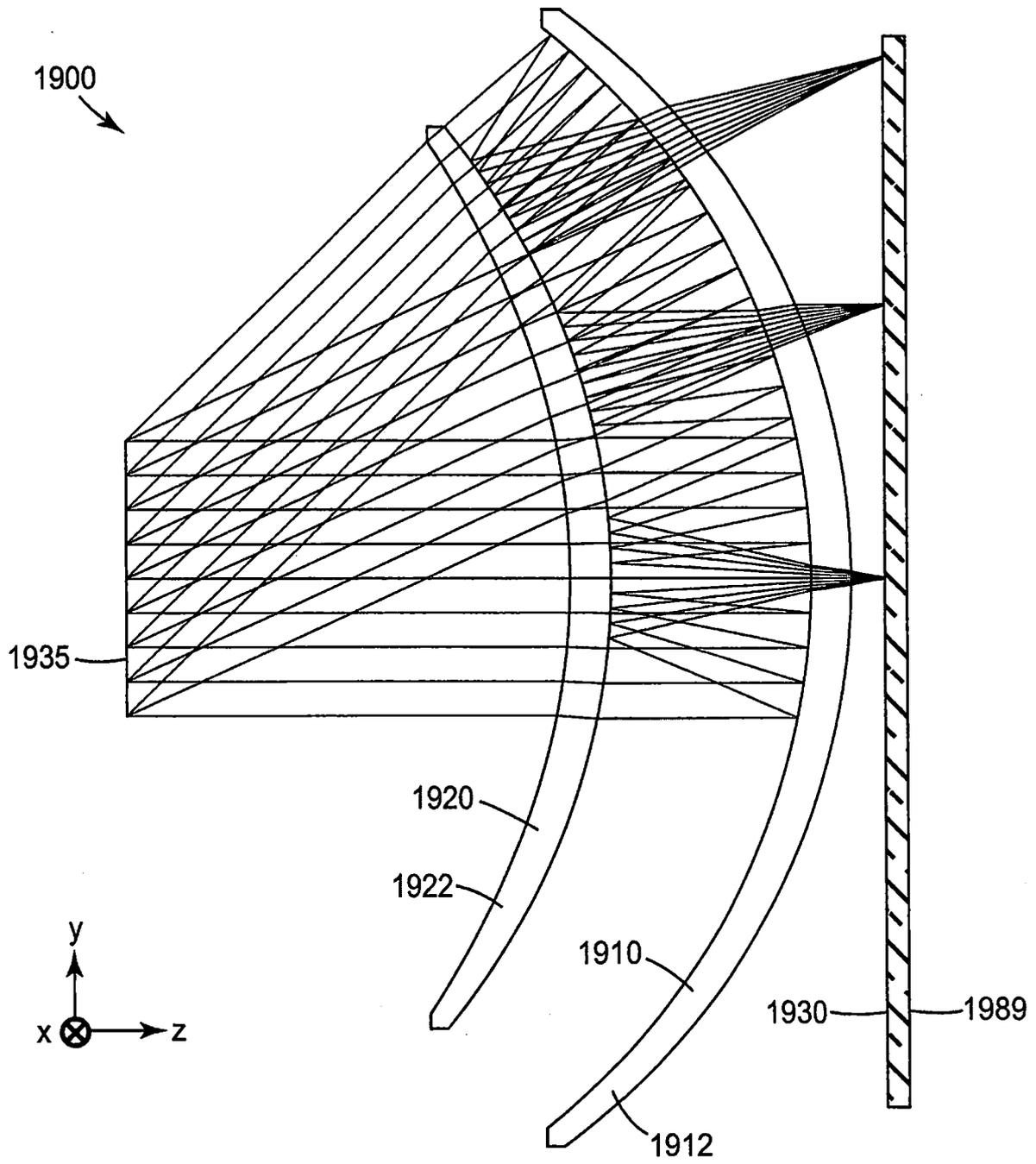


圖19

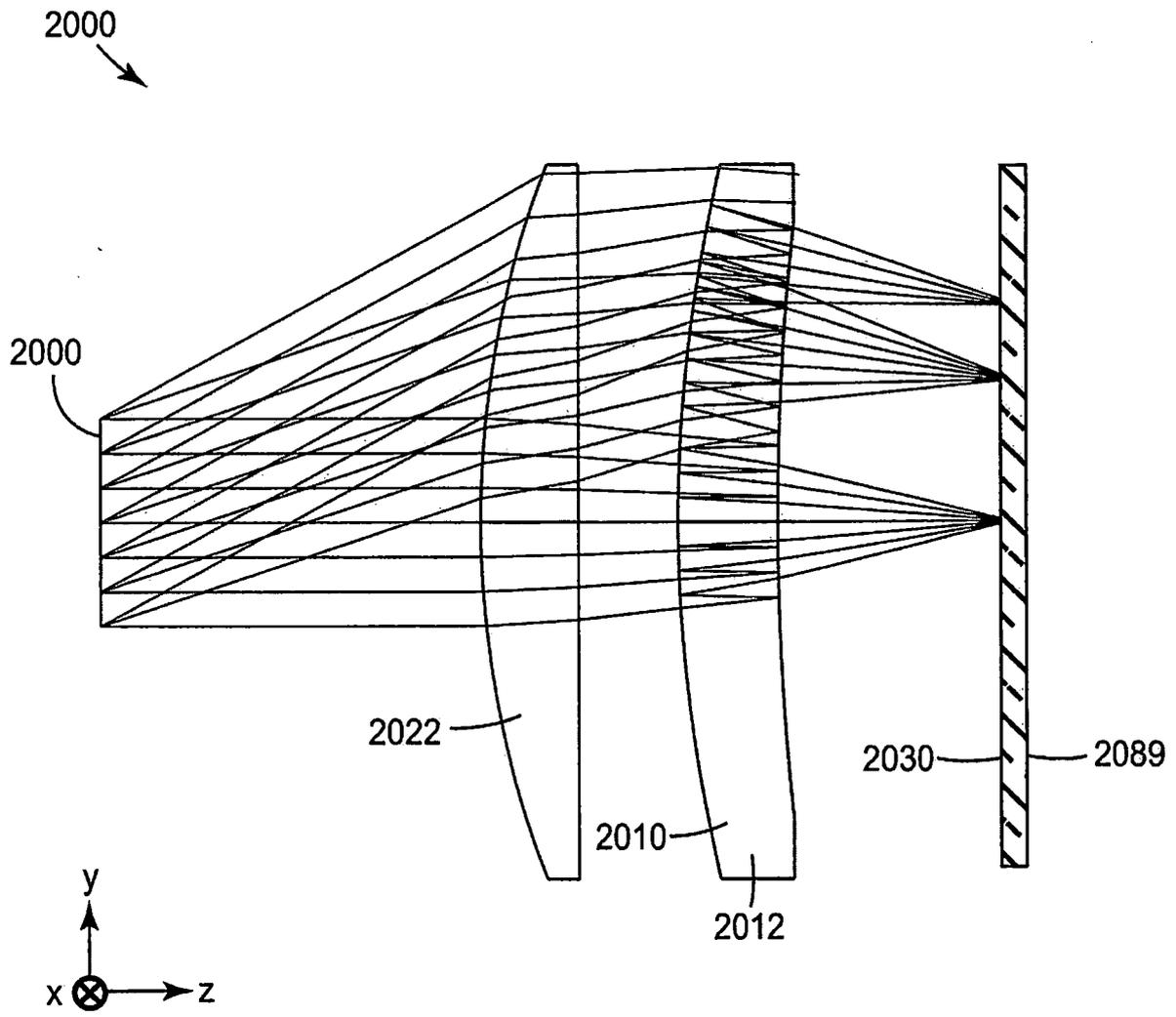


圖20

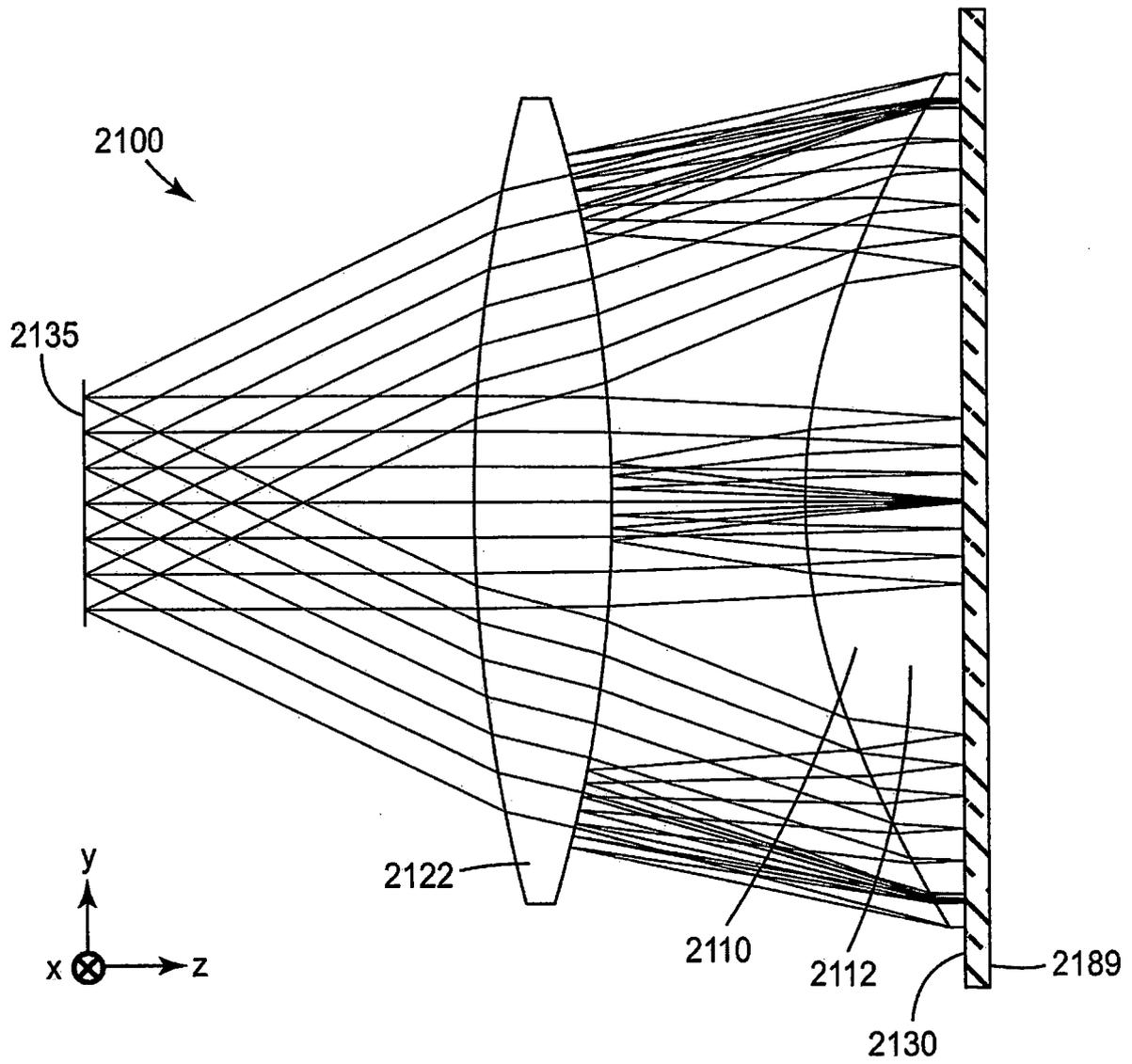


圖21

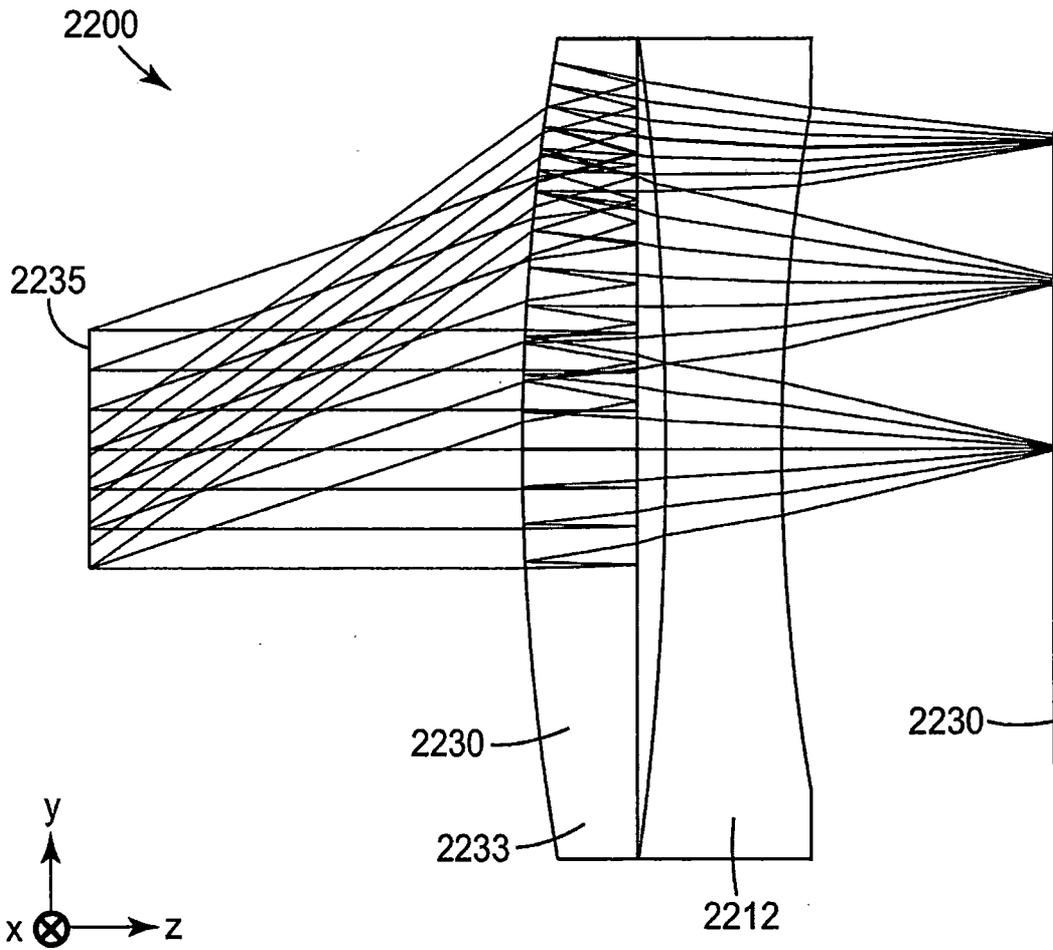


圖22

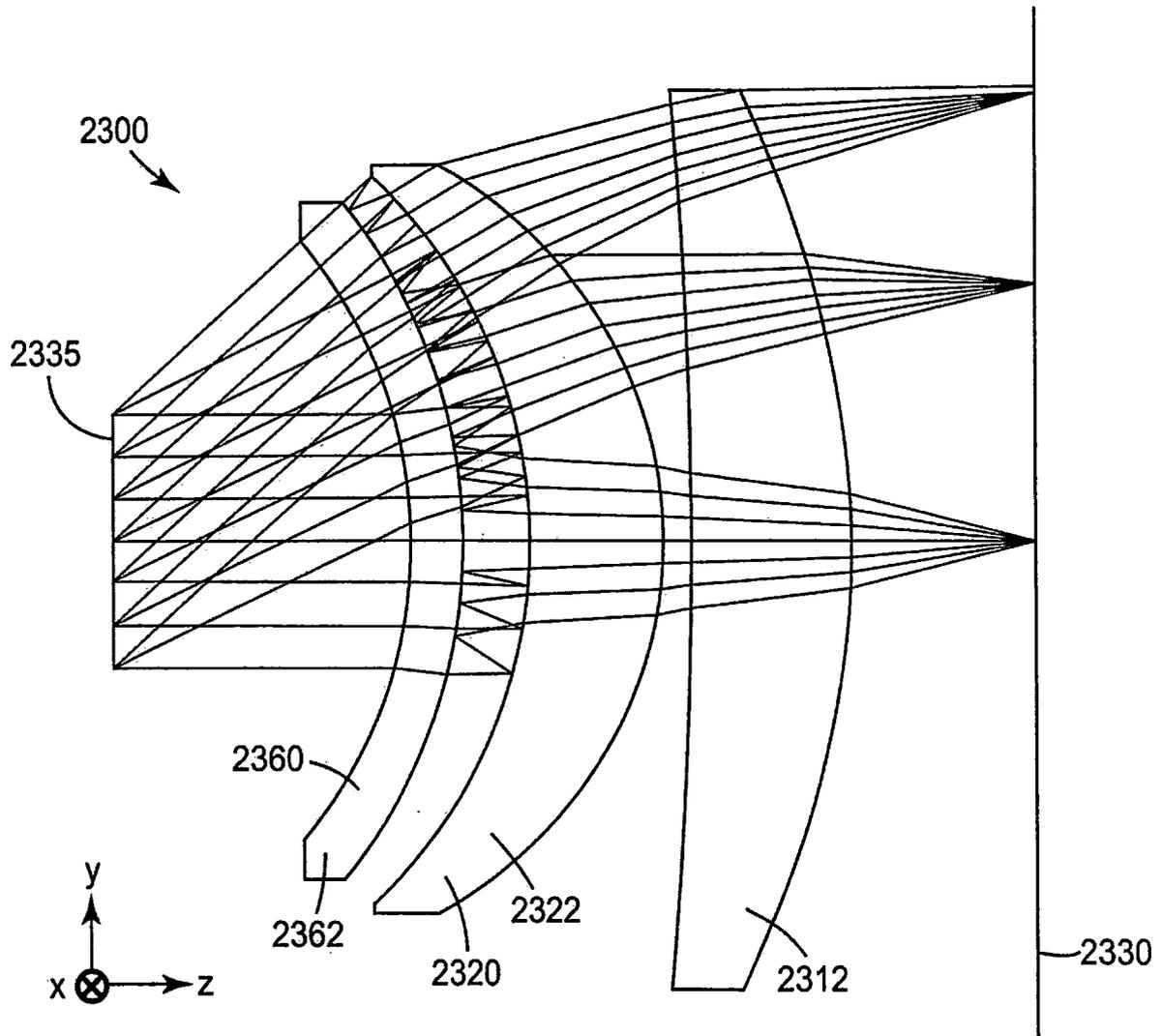


圖23

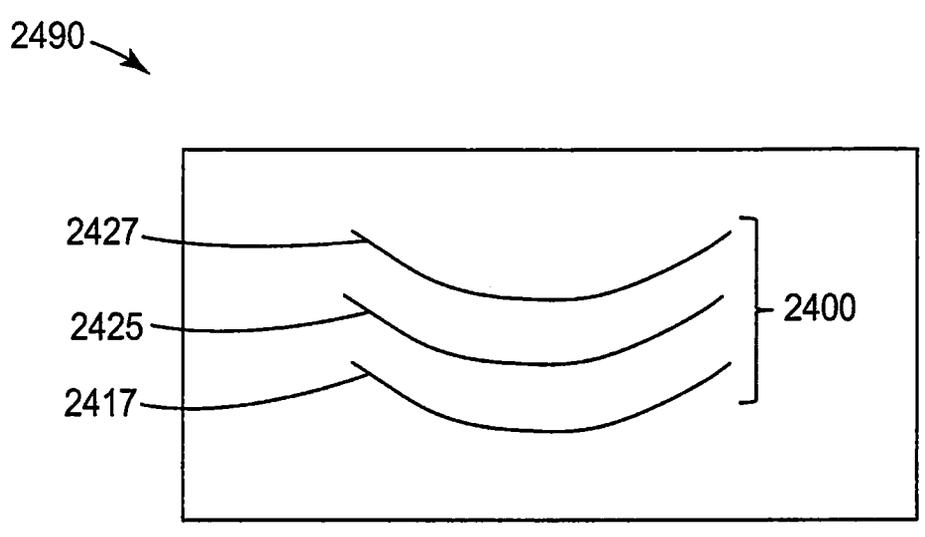


圖24A

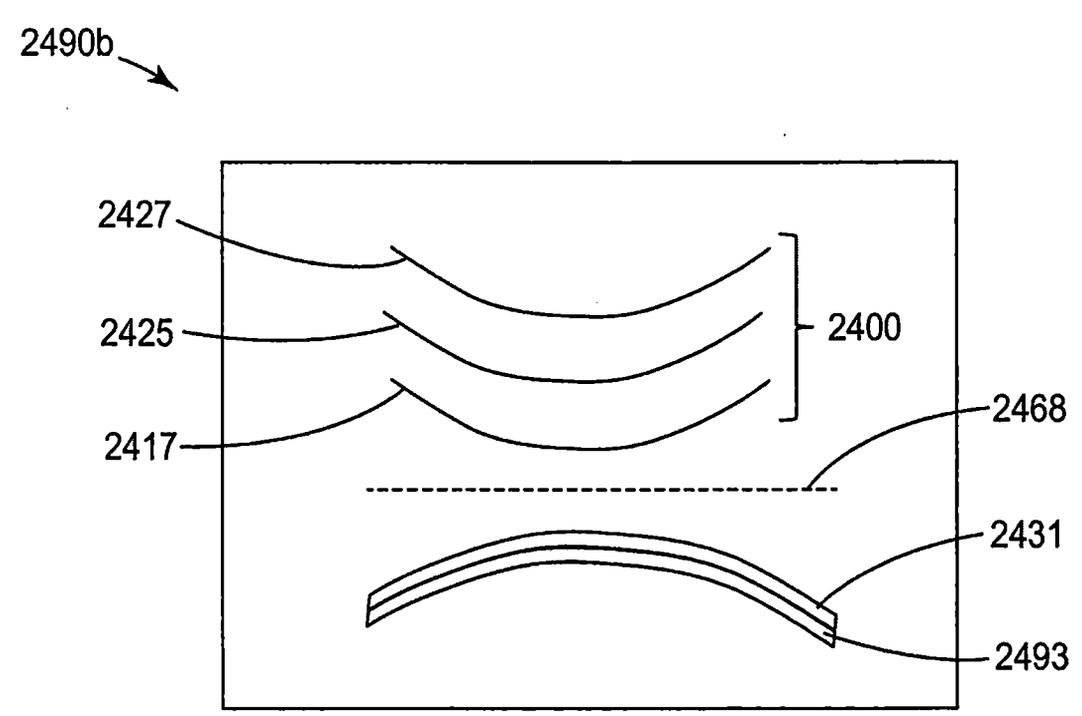


圖24B

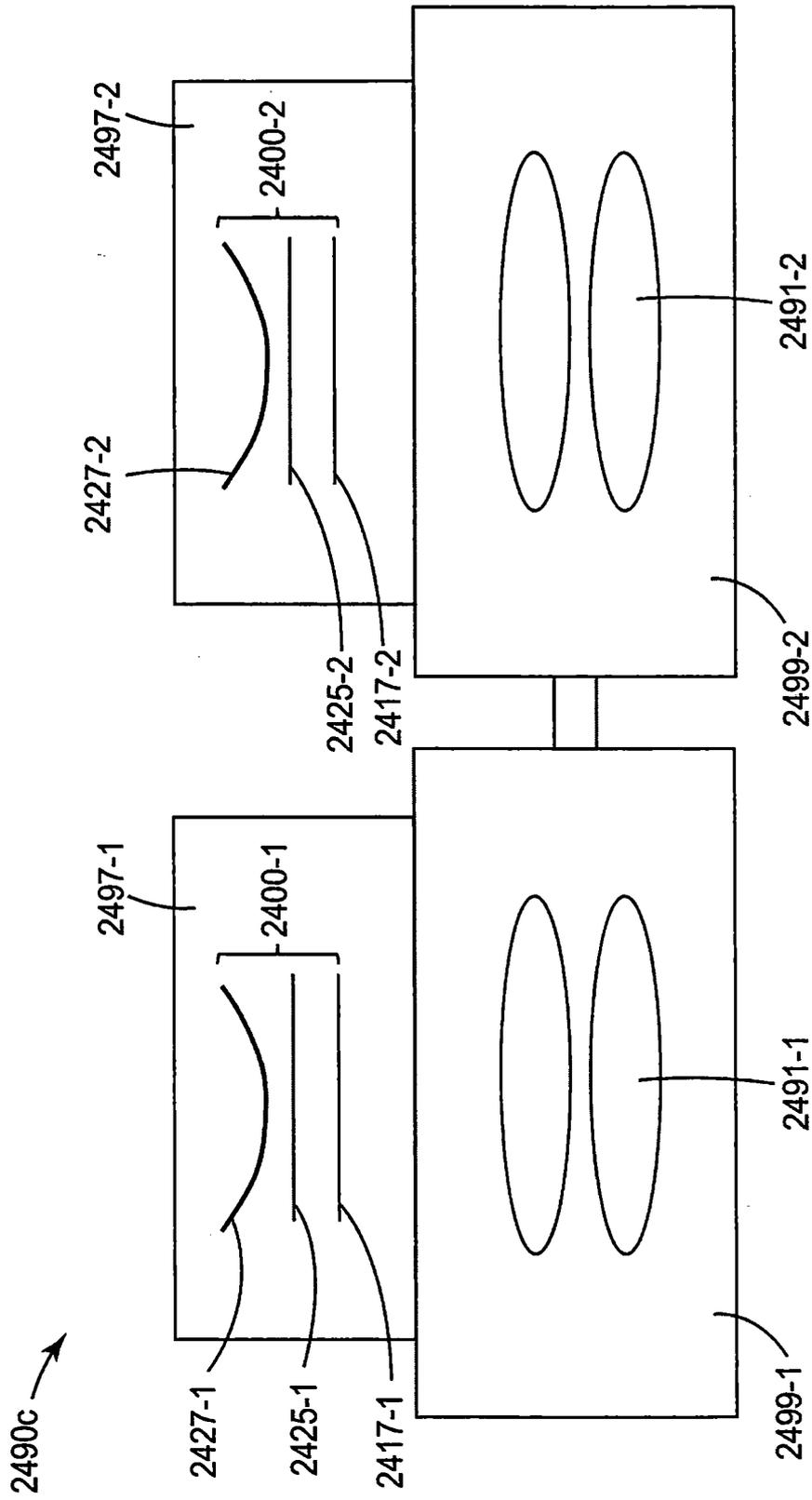


圖24C

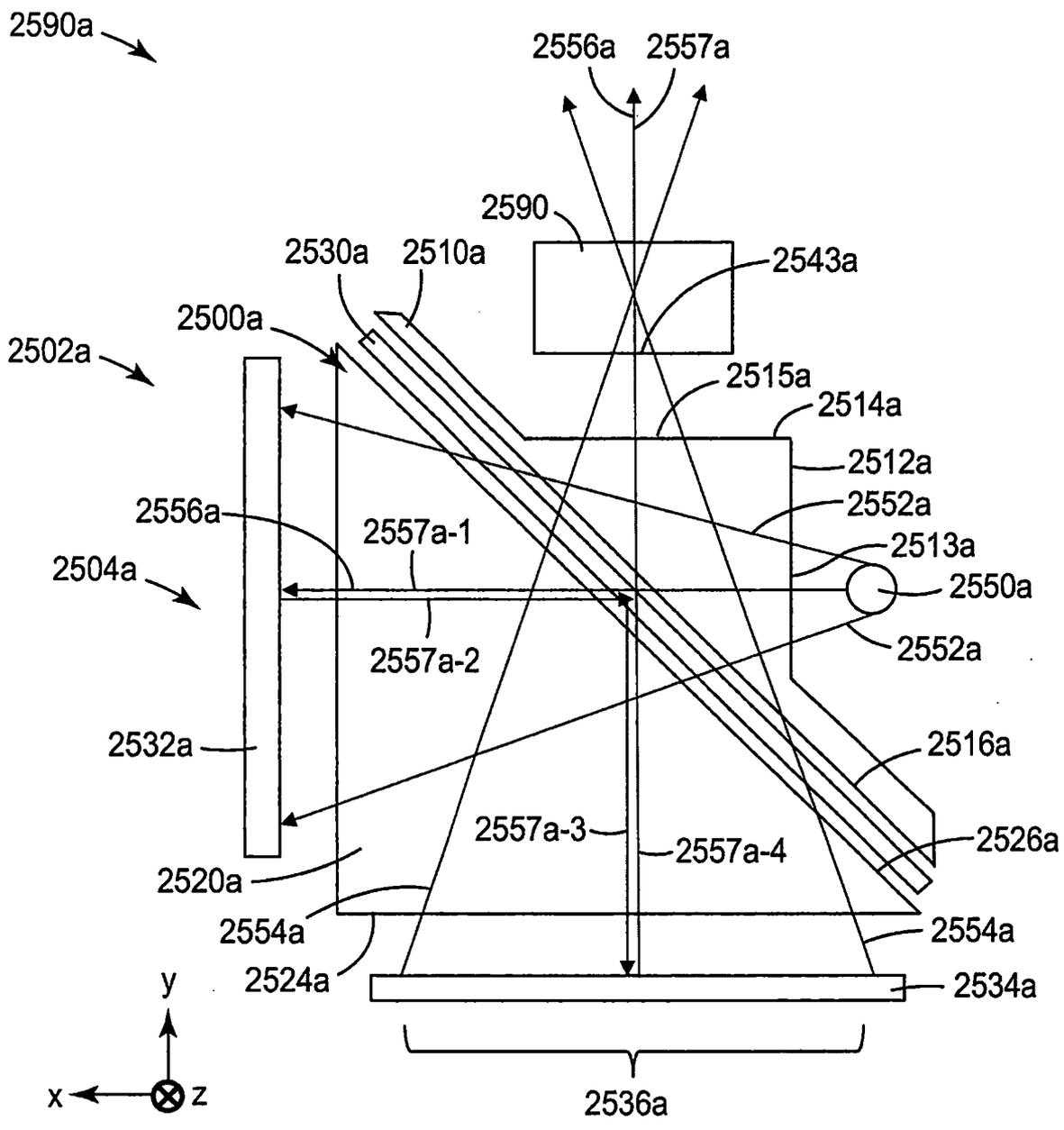


圖25

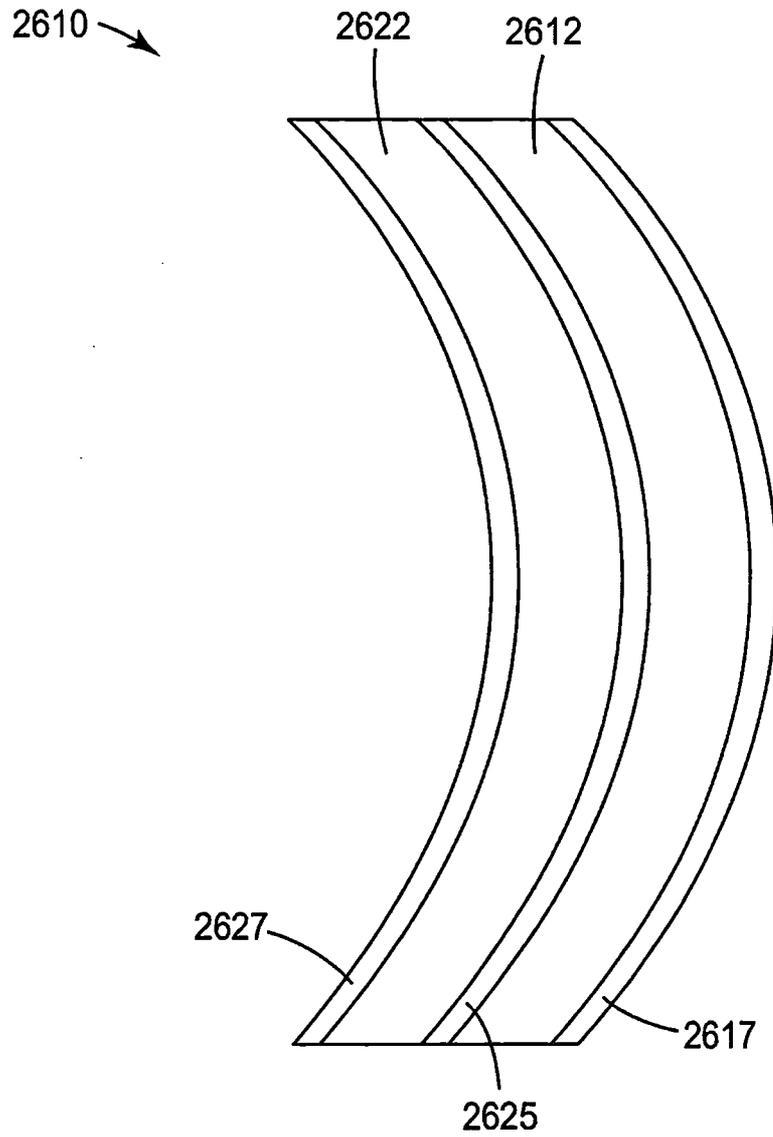


圖26

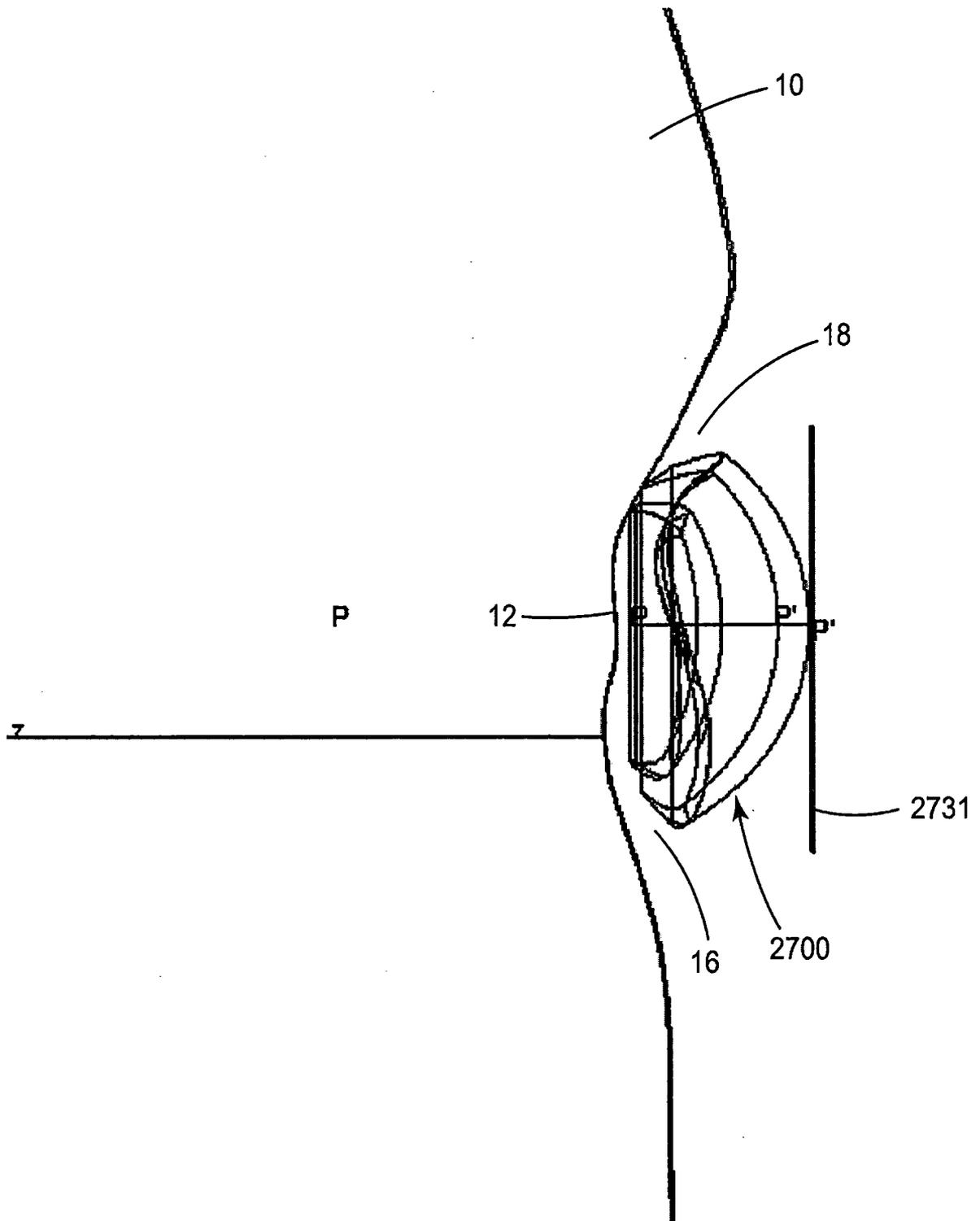


圖27A

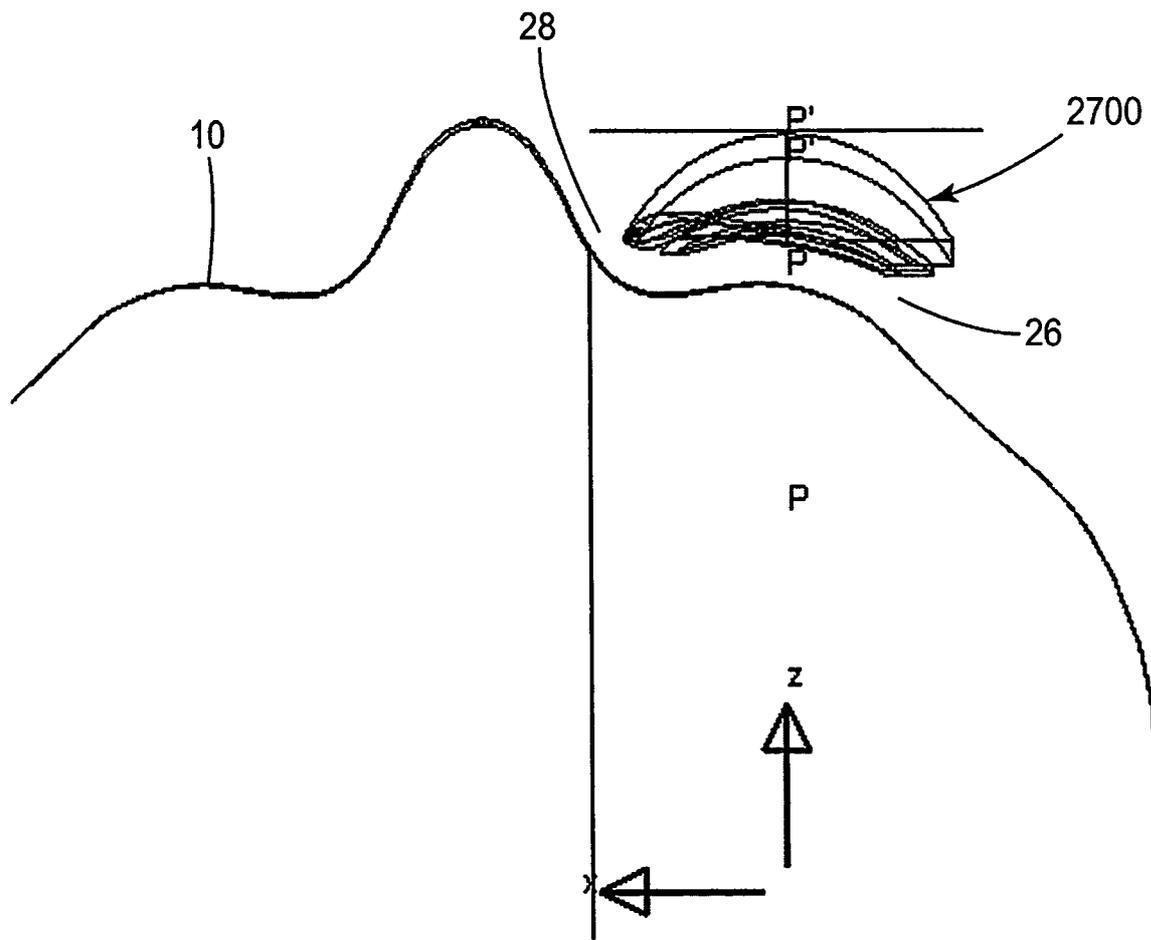


圖27B

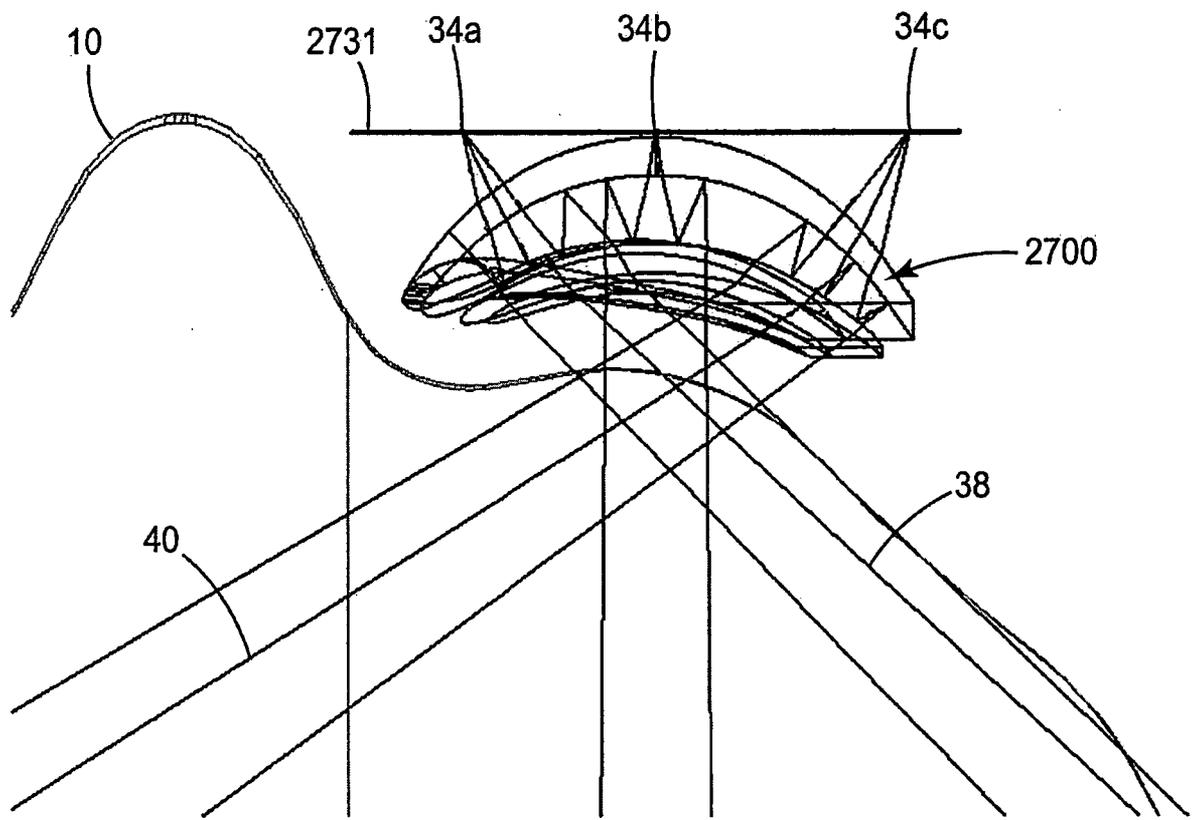


圖27C

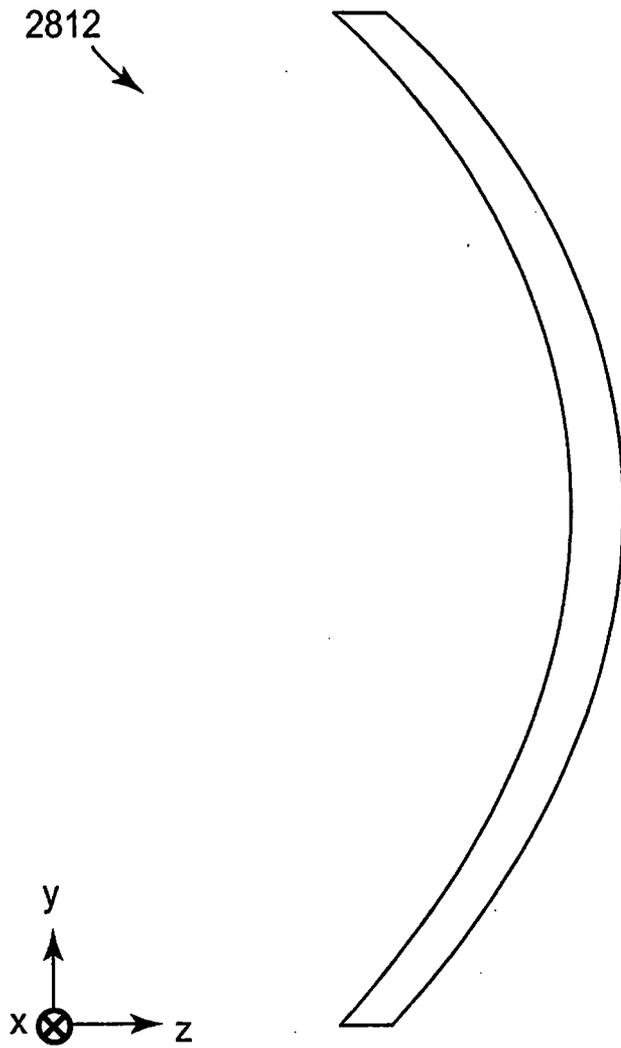


圖28A

2812

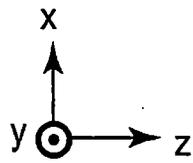


圖28B