



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I575256 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 03 月 21 日

(21)申請案號：100149348

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 12 月 28 日

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

G02B27/12 (2006.01)

H04N9/31 (2006.01)

(30)優先權：2010/12/29 美國

61/428,032

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

(72)發明人：奧德奇爾克 安卓 約翰 OUDERKIRK, ANDREW JOHN (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW M385719

US 7407292B2

US 2003/0058516A1

US 2004/0008932A1

US 2010/0141950A1

審查人員：蔡志明

申請專利範圍項數：22 項 圖式數：6 共 61 頁

(54)名稱

折射偏振轉換器及偏振的彩色組合器

REFRACTIVE POLARIZATION CONVERTER AND POLARIZED COLOR COMBINER

(57)摘要

本發明一般係關於折射偏振轉換器、使用該等折射偏振轉換器的偏振的彩色組合器、及尤其使用可在較小尺寸格式的投影機(諸如口袋型投影機)中 useful 之該等折射偏振轉換器的偏振的彩色組合器。所揭示的折射偏振轉換器包含至少一雙折射稜鏡，其可將一未偏振光束分離為具有正交偏振方向的發散偏振光束。

The disclosure generally relates to refractive polarization converters, polarized color combiners using the refractive polarization converters, and in particular polarized color combiners using the refractive polarization converters that can be useful in small size format projectors such as pocket projectors. The disclosed refractive polarization converters include at least one birefringent prism that can separate an unpolarized light beam into divergent polarized light beams having orthogonal polarization directions.

指定代表圖：

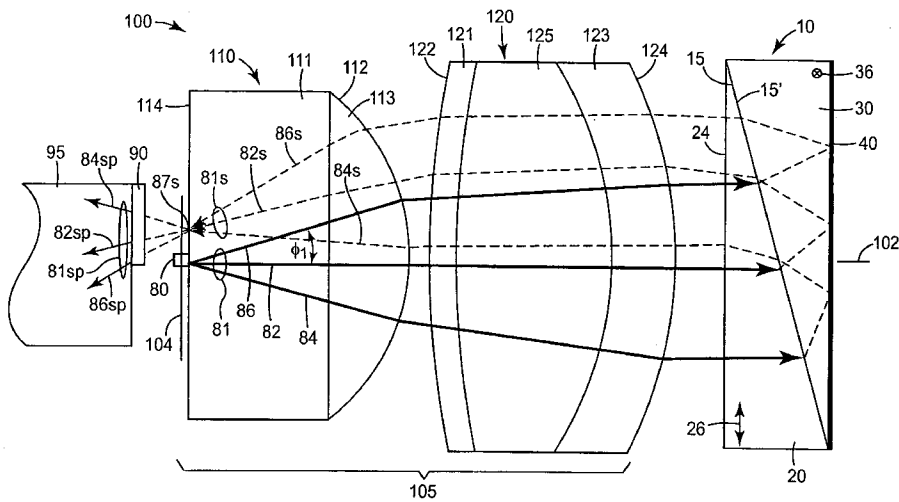


圖 2B

符號簡單說明：

- 10 . . . 光學裝置
- 15 . . . 對角線第一稜鏡表面
- 15' . . . 對角線第二稜鏡表面
- 20 . . . 第一雙折射稜鏡
- 24 . . . 第二稜鏡表面
- 26 . . . 第一偏振方向
- 30 . . . 第二雙折射稜鏡
- 36 . . . 第二偏振方向
- 40 . . . 反射鏡
- 80 . . . 未偏振光源
- 81 . . . 未偏振光
- 81s . . . 第二偏振方向輸出光束
- 81sp . . . 旋轉的第二偏振方向輸出光束
- 82 . . . 第一中央光線
- 82s . . . 第一中央光線的第二偏振分量
- 82sp . . . 旋轉的中央光線
- 84 . . . 第一邊界光線
- 84s . . . 第一邊界光線的第二偏振分量
- 84sp . . . 旋轉的邊界光線
- 86 . . . 第一邊界光線
- 86s . . . 第一邊界光線的第二偏振分量

86sp . . . 旋轉的邊
界光線

87s . . . 第二偏振光
線焦點

90 . . . 半波阻滯器

95 . . . 光整合桿/光
均質化導管

100 . . . 偏振轉換器

102 . . . 光軸

104 . . . 光注入表面

105 . . . 第一光收集
光學器件

110 . . . 第一透鏡元
件

112 . . . 第一凸面

114 . . . 光輸入表面

120 . . . 第二透鏡元
件

122 . . . 第二表面

124 . . . 第三凸面

發明專利說明書

公告本

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：100149348

G02B 27/28 (2006.01)

※申請日：100.12.28

※IPC 分類：G02B 27/12 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

H04N 9/31 (2006.01)

折射偏振轉換器及偏振的彩色組合器

REFRACTIVE POLARIZATION CONVERTER AND POLARIZED
COLOR COMBINER

二、中文發明摘要：

本發明一般係關於折射偏振轉換器、使用該等折射偏振轉換器的偏振的彩色組合器、及尤其使用可在較小尺寸格式的投影機(諸如口袋型投影機)中有用之該等折射偏振轉換器的偏振的彩色組合器。所揭示的折射偏振轉換器包含至少一雙折射稜鏡，其可將一未偏振光束分離為具有正交偏振方向的發散偏振光束。

三、英文發明摘要：

The disclosure generally relates to refractive polarization converters, polarized color combiners using the refractive polarization converters, and in particular polarized color combiners using the refractive polarization converters that can be useful in small size format projectors such as pocket projectors. The disclosed refractive polarization converters include at least one birefringent prism that can separate an unpolarized light beam into divergent polarized light beams having orthogonal polarization directions.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (2B) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

10	光學裝置
15	對角線第一稜鏡表面
15'	對角線第二稜鏡表面
20	第一雙折射稜鏡
24	第二稜鏡表面
26	第一偏振方向
30	第二雙折射稜鏡
36	第二偏振方向
40	反射鏡
80	未偏振光源
81	未偏振光
81s	第二偏振方向輸出光束
81sp	旋轉的第二偏振方向輸出光束
82	第一中央光線
82s	第一中央光線的第二偏振分量
82sp	旋轉的中央光線
84	第一邊界光線
84s	第一邊界光線的第二偏振分量
84sp	旋轉的邊界光線
86	第一邊界光線
86s	第一邊界光線的第二偏振分量

86sp	旋轉的邊界光線
87s	第二偏振光線焦點
90	半波阻滯器
95	光整合桿/光均質化導管
100	偏振轉換器
102	光軸
104	光注入表面
105	第一光收集光學器件
110	第一透鏡元件
112	第一凸面
114	光輸入表面
120	第二透鏡元件
122	第二表面
124	第三凸面

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

六、發明說明：

【先前技術】

用於將一影像投影至一螢幕上的投影系統可使用具有不同色彩的多個彩色光源(諸如發光二極體(LED))以產生照明光。若干光學元件安置於LED與影像顯示單元之間，以將來自該等LED的光組合及傳遞至該影像顯示單元。該影像顯示單元可使用多種方法以將一影像強加於該光上。例如，該影像顯示單元可使用偏振，如同透射性或反射性液晶顯示器的情形。

還有用於將一影像投影於一螢幕上的其他投影系統可使用白光，其經組態以從一數位微鏡面(DMM)陣列反射成影像，DMM陣列諸如使用於德克薩斯儀器(Texas Instruments)的數位光處理器(DLP[®])顯示器中的陣列。在該DLP[®]顯示器中，該數位微鏡面陣列中的個別鏡面表示該投影影像的個別像素。當傾斜對應鏡面時，照明一顯示像素，使得入射光被引導至投影的光路徑中。置於該光路徑中的一旋轉彩色輪對於從該數位微鏡面陣列的光反射而定時，使得反射的白光被過濾，以投影對應於該像素的色彩。該數位微鏡面陣列接著切換至下一期望的像素色彩，且以此一較快速率繼續此程序，使得整個投影的顯示器看起來被持續照明。數位微鏡面投影系統需要更少像素化陣列組件，此可導致一更小尺寸的投影機。

影像亮度係一投影系統的一重要參數。彩色光源的亮度及收集光、組合光、均質化光及將光遞送至該影像顯示單

元的效率均影響亮度。隨著現代投影機系統的尺寸減小，需要維持一足夠位準的輸出亮度，而同時將由該等彩色光源產生的熱保持於可在一較小的投影機系統中消散的一較低位準。需要將多個彩色的光以增加的效率組合的一光組合系統，以在光源不會消耗過多電力之下提供具有一足夠亮度位準的一光輸出。

液晶顯示器通常僅使用一偏振光，且一般使用產生未偏振光的光源。用於將未偏振光轉換為偏振光的若干構件(包含偏振光束分光器)及雙折射陣列或偏振稜鏡已用於產生偏振光。尤其考慮到光收集光學器件及整合的系統，此等系統將需要一實質的體積。若干類型的顯示器，包含手持式裝置、微投影系統及頭戴式顯示器需要小型及高效率兩者。

微型(Pico)及口袋型投影機具有有限的空間可用於有效率的彩色組合器、光整合器及/或均質器。結果，從使用於此等投影機中的光學裝置(諸如彩色組合器及偏振轉換器)輸出的有效率及均勻光將需要小型及有效率的光學設計。

【發明內容】

本發明一般係關於折射偏振轉換器、使用該等折射偏振轉換器的偏振的彩色組合器，及尤其使用可在較小尺寸格式的投影機(諸如口袋型投影機)中 useful 之該等折射偏振轉換器的偏振的彩色組合器。所揭示的折射偏振轉換器包含至少一雙折射稜鏡，其可將一未偏振光束分離為具有正交

偏振方向的發散偏振光束。

在一態樣中，本發明提供一偏振轉換器，其包含具有一光輸入表面及一光軸的一第一光收集光學器件；可將一未偏振光束沿著平行於該光軸的一第一傳播方向注入於該光輸入表面中的一未偏振光源；及一光學裝置，其包括一雙折射稜鏡，該光學裝置面對該第一光收集光學器件且對置於該光輸入表面而安置。該偏振轉換器進一步包含一反射鏡，其經安置以將第一偏振光束及第二偏振光束往回反射通過該光學裝置及該第一光收集光學器件，朝向該光輸入表面。該光學裝置可將該未偏振光束分裂成具有正交偏振狀態的一第一偏振光束及一第二偏振光束，該第一偏振光束及該第二偏振光束的至少一者從該第一傳播方向發散。該第一偏振光束在從該未偏振光源移位的一第一位置處通過該光輸入表面，且該第二偏振光束在從該第一位置及該未偏振光源移位的一第二位置處通過該光輸入表面。在另一態樣中，該偏振轉換包含一半波阻滯器，其鄰近該光輸入表面而安置，且可將該第一偏振光束的一第一偏振狀態轉換為一第二偏振狀態，使得以該第二偏振狀態偏振一組合的偏振輸出光。在又另一態樣中，該偏振轉換器還進一步包含一光學整合器，其經安置以接收該第一偏振光束及該第二偏振光束。

在另一態樣中，本發明提供一偏振轉換彩色組合器，其包含一偏振轉換器。該偏振轉換器包含具有一第一光輸入表面及一光軸的一第一光收集光學器件；可沿著平行於該

光軸的一第一傳播方向而將一未偏振光束注入於該光輸入表面中的一未偏振光源；及一光學裝置，其包括一雙折射稜鏡，該光學裝置面對該第一光收集光學器件且對置於該光輸入表面而安置。該偏振轉換器進一步包含一反射鏡，其經安置以將第一偏振光束及第二偏振光束往回反射通過該光學裝置及該第一光收集光學器件，朝向該光輸入表面。該光學器件可將該未偏振光束分裂成具有正交偏振狀態的一第一偏振光束及一第二偏振光束，該第一偏振光束及該第二偏振光束的至少一者從該第一傳播方向發散。該第一偏振光束在從該未偏振光源移位的一第一位置處通過該光輸入表面，且該第二偏振光束在從該第一位置及該未偏振光源移位的一第二位置處通過該光輸入表面。該未偏振光源包括可發射一第一彩色光的一第一彩色光源，及可發射一第二彩色光的一第二彩色光源，其等之各者從該光軸移位，且該反射鏡包括一個二向色板。在另一態樣中，該偏振轉換器包含一半波阻滯器，其鄰近該光輸入表面而安置，且可將該第一偏振光束的一第一偏振狀態轉換為一第二偏振狀態，使得以該第二偏振狀態偏振一組合的偏振輸出光。在又另一態樣中，該偏振轉換器還進一步包含一光學整合器，其經安置以接收該第一偏振光束及該第二偏振光束。

在又另一態樣中，本發明提供一偏振轉換彩色組合器，其包含一偏振轉換器。該偏振轉換器包含具有一第一光輸入表面及一光軸的一第一光收集光學器件；可沿著平行於

該光軸的一第一傳播方向而將一未偏振光束注入於該光輸入表面中的一未偏振光源；及一光學裝置，其包括一雙折射稜鏡，該光學裝置面對該第一光收集光學器件且對置於該光輸入表面而安置。該偏振轉換器進一步包含一反射鏡，其經安置以將第一偏振光束及第二偏振光束往回反射通過該光學裝置及該第一光收集光學器件，朝向該光輸入表面。該光學器件可將該未偏振光束分裂成具有正交偏振狀態的一第一偏振光束及一第二偏振光束，該第一偏振光束及該第二偏振光束的至少一者從該第一傳播方向發散。該第一偏振光束在從該未偏振光源移位的一第一位置處通過該光輸入表面，且該第二偏振光束在從該第一位置及該未偏振光源移位的一第二位置處通過該光輸入表面。該未偏振光源包括可發射一第一彩色光的一第一彩色光源，及可發射一第二彩色光的一第二彩色光源，其等之各者從該光軸移位，且該反射鏡包括一個二向色板。該偏振轉換器進一步包含從該光軸移位的一第三彩色光源，且經安置以將一第三彩色光注入於該光輸入表面中，其中該二向色板進一步包括一第三反射鏡，其可反射該第三彩色光，以沿著該光軸通過該光輸入表面離開。在另一態樣中，該偏振轉換器包含一半波阻滯器，其鄰近該光輸入表面而安置，且可將該第一偏振光束的一第一偏振狀態轉換為一第二偏振狀態，使得以該第二偏振狀態偏振一組合的偏振輸出光。在又另一態樣中，該偏振轉換器還進一步包含一光學整合器，其經安置以接收該第一偏振光束及該第二偏振光束。

在又另一態樣中，本發明提供一影像投影機，其包含一偏振轉換器；一空間光調變器，其經安置以將一影像賦予該組合的偏振輸出光；及投影光學器件。該偏振轉換器包含具有一第一光輸入表面及一光軸的一第一光收集光學器件；可沿著平行於該光軸的一第一傳播方向而將一未偏振光束注入於該光輸入表面中的一未偏振光源；及一光學裝置，其包括一雙折射稜鏡，該光學裝置面對該第一光收集光學器件且對置於該光輸入表面而安置。該偏振轉換器進一步包含一反射鏡，其經安置以將第一偏振光束及第二偏振光束往回反射通過該光學裝置及該第一光收集光學器件，朝向該光輸入表面。該光學器件可將該未偏振光束分裂成具有正交偏振狀態的一第一偏振光束及一第二偏振光束，該第一偏振光束及該第二偏振光束的至少一者從該第一傳播方向發散。該第一偏振光束在從該未偏振光源移位的一第一位置處通過該光輸入表面，且該第二偏振光束在從該第一位置及該未偏振光源移位的一第二位置處通過該光輸入表面。在另一態樣中，該偏振轉換包含一半波阻滯器，其鄰近該光輸入表面而安置，且可將該第一偏振光束的一第一偏振狀態轉換為一第二偏振狀態，使得以該第二偏振狀態偏振一組合的偏振輸出光。在又另一態樣中，該偏振轉換器還進一步包含一光學整合器，其經安置以接收該第一偏振光束及該第二偏振光束。

在又另一態樣中，本發明提供一影像投影機，其包含一偏振轉換彩色組合器；一空間光調變器，其經安置以將一

影像賦予偏振的第一彩色光、第二彩色光及第三彩色光；及投影光學器件。該偏振轉換彩色組合器包含一偏振轉換器。該偏振轉換器包含具有一第一光輸入表面及一光軸的一第一光收集光學器件；可沿著平行於該光軸的一第一傳播方向而將一未偏振光束注入於該光輸入表面中的一未偏振光源；及一光學裝置，其包括一雙折射稜鏡，該光學裝置面對該第一光收集光學器件且對置於該光輸入表面而安置。該偏振轉換器進一步包含一反射鏡，其經安置以將第一偏振光束及第二偏振光束往回反射通過該光學裝置及該第一光收集光學器件，朝向該光輸入表面。該光學器件可將該未偏振光束分裂成具有正交偏振狀態的一第一偏振光束及一第二偏振光束，該第一偏振光束及該第二偏振光束的至少一者從該第一傳播方向發散。該第一偏振光束在從該未偏振光源移位的一第一位置處通過該光輸入表面，且該第二偏振光束在從該第一位置及該未偏振光源移位的一第二位置處通過該光輸入表面。該未偏振光源包括可發射一第一彩色光的一第一彩色光源，及可發射一第二彩色光的一第二彩色光源，其等之各者從該光軸移位，且該反射鏡包括一個二向色板。該偏振轉換器進一步包含從該光軸移位的一第三彩色光源，且經安置以將一第三彩色光注入於該光輸入表面中，其中該二向色板進一步包括一第三反射鏡，其可反射該第三彩色光，以沿著該光軸通過該光輸入表面離開。在另一態樣中，該偏振轉換包含一半波阻滯器，其鄰近該光輸入表面而安置，且可將該第一偏振光束

的一第一偏振狀態轉換為一第二偏振狀態，使得以該第二偏振狀態偏振一組合的偏振輸出光。在又另一態樣中，該偏振轉換器還進一步包含一光學整合器，其經安置以接收該第一偏振光束及該第二偏振光束。

以上發明內容並不意欲描述本發明的所揭示的每一實施例或每一實施。下文的圖式及詳細描述更特定地例示例證性實施例。

【實施方式】

在本說明書全篇中係參考附圖，其中相同參考數字指示相同元件。

該等圖式並非一定按比例繪製。圖中使用的相同數字指示相同組件。然而應理解，使用一數字指示一給定圖中的一組件並不意欲限制另一圖中標有相同數字的組件。

本發明一般係關於折射偏振轉換器、使用該等折射偏振轉換器的偏振的彩色組合器、及尤其使用可在較小尺寸格式的投影機(諸如口袋型投影機)中有用之該等折射偏振轉換器的偏振的彩色組合器。所揭示的折射偏振轉換器包含至少一雙折射稜鏡，其可將一未偏振光束分離為具有正交偏振方向的發散偏振光束。

許多顯示裝置使用偏振光，包含LCD背光器件、投影機及頭戴式顯示器。在一特定實施例中，本發明提供一小型的偏振轉換器，其提供以一小型格式的一有效率及高亮度源。在一些情況中，一未偏振光源、收集光學器件、一雙折射稜鏡、一第二收集光學器件及一半波阻滯器可用於產

生具有一偏振狀態的一光束。此外，偏振光束可容易地耦合至一光整合器，以改良該光源的光學均質性。

有用雙折射稜鏡的實例包含 Wollaston 稜鏡、Senarmont 稜鏡、Nicol 稜鏡、Rochon 稜鏡、Nomarski 稜鏡及類似物。可使用一單一雙折射稜鏡，以及該等稜鏡的組合。該雙折射稜鏡(諸如一 Wollaston 稜鏡)可藉由使用方解石或另一雙折射礦石的習知方式製造，或可從雙折射聚合物或液晶製造。在一特定實施例中，一適宜設計為從單軸定向的聚對苯二甲酸乙二(醇)酯(PET)、聚萘二甲酸乙二酯(PEN)或另一雙折射聚合物製造該等稜鏡。兩個或多個雙折射材料的組合可用於減小該等稜鏡的色散。在一些情況中，該等個別雙折射稜鏡各可從一單片雙折射材料製造，或其等可從雙折射材料的一結合堆疊層或膜製造。若使用結合層，則該結合層較佳地非常薄，通常是該等雙折射層的厚度的五分之一或更薄。

所描述的偏振轉換器可與一彩色組合器組合，諸如一傾斜二向色板彩色組合器，例如均於2010年9月22日申請的同在申請中的題為「Tilted Dichroic Color Combiner I」(代理人檔案號碼66530US002)的美國專利申請案第61/385237號；題為「Tilted Dichroic Color Combiner II」(代理人檔案號碼66791US002)的美國申請案第61/385241號；或題為「Tilted Dichroic Color Combiner III」(代理人檔案號碼66792US002)的美國申請案第61/385248號中所描述。

影像投影機可通常包含用於光學均質化一光束的一裝置，以改良投影於一螢幕上的光的亮度及色彩均勻度。兩個常用的裝置為一整合導管或整合桿、及一蠅眼陣列(FEA)均質器。蠅眼均質器可為非常小型的，且出於此原因係一常用的裝置。整合導管在均質時可更有效，但一空心導管一般需要通常為高度或寬度(取較大者)五倍的一長度。由於折射效應，實心導管通常比空心導管更長。光整合導管或光整合桿具有任意期望的橫截面，包含例如一矩形、一正方形、一多邊形、一圓形、一橢圓形及類似物。通常，一整合導管或整合桿、或一FEA可用於均質化，但兩種技術一般不會一起使用。整合桿可能對光展量具有一較低影響，但可導致去偏振。FEA可充分地保持偏振(若其等由較低雙折射材料製成)，但可增加光展量。

在一特定實施例中，描述一彩色組合器，其包含至少兩個發光二極體(LED)，每一者具有一不同色彩。從該等兩個LED發射的光被準直為實質上重疊的光束，且來自該等兩個LED的光經組合及引導至一共同區域，所組合之光束比由該等兩個LED發射的光具有一更低光展量及更高的亮度。

該等LED可用於照明投影機。因為LED以一近朗伯角度分佈在一區域上發射光，一投影機的亮度由該源及該投影系統的光展量限制。減小該LED光源之光展量的一方法為使用二向色反射鏡，以使兩個或多個LED色彩在空間上重疊，使得其等看起來從相同區域發射。通常，彩色組合器

以約45度的一角度使用該等二向色反射鏡。此導致一較強的反射帶移，且限制該二向色反射鏡的有用光譜及角度範圍。在一特定實施例中，本發明描述一物品，其使用對於入射光束接近法線的角度的二向色反射鏡組合不同的彩色LED。

在一態樣中，本發明提供將來自不同的彩色未偏振光源的輸出有效組合為具有一單一偏振狀態的一組合色彩的一精簡方法。此對於產生用於限制光展量之小型投影系統的照明器可為尤其有用的。例如，紅色、綠色及藍色LED的一線性陣列(其中每一LED的輸出由一組主光學器件部分準直)經過一折射偏振轉換器，其將未偏振光分離為發散的正交偏振分量，且接著入射於一傾斜反射鏡板總成上，其含有以不同角度反射紅光、綠光及藍光的二向色反射鏡板。反射的偏振光接著由主光學器件聚焦於一孔隙，其形成每一偏振狀態的紅色、綠色及藍色LED的一共同輸出。該共同輸出可耦合至另一組收集光學器件，其準直該光，且旋轉該等偏振狀態之一者，使得均勻的偏振光是由該彩色組合器發射的光。由該共同輸出發射的光亦可耦合至一整合桿，如在別處所描述。出口孔隙可居中於收集光學器件的主軸(例如，該光軸)，或可從該主軸偏移。該出口孔隙可與該等LED對齊、或鄰近於該等LED、或其等之一組合。在一些情況中，該出口孔隙及該等LED可安置於一共同基板上，諸如一可撓性基板，例如描述於與本文同一天申請的題為「LED Color Combiner」(代理人檔案號碼

67010US002)的美國專利申請案中。

此3個LED的組態可擴大為其他色彩，包含黃色及紅外光，如熟習此項技術者所理解。該等光源可包含與LED組合的雷射，且亦可基於一全雷射系統。該等LED可由至少發射紅色、綠色及藍色的較短波長範圍的原色的一組，及發射紅色、綠色及藍色之較長波長範圍的原色的一第二組組成。此外，該孔隙(光在此點處混合)可併入一蠅眼陣列(FEA)，以提供進一步的色彩整合。此可由一維或二維陣列的透鏡組成，至少一維具有2個至約20個透鏡，如別處所描述。

基於LCoS的可攜式投影系統由於低成本及高解析度LCoS面板的可用性而變得很普遍。一LED照明的LCoS投影機中的元件列表可包含一或多個LED光源、選用的彩色組合器、選用的預偏振系統、中繼光學器件、PBS、LCoS面板及投影透鏡單元。對於基於LCoS的投影系統，該投影機的效率及對比度直接與進入該PBS的光的偏振程度有關。偏振轉換光的一挑戰在於其可遭受空間不均勻性，導致顯示的影像中的假影。因此，在具有偏振轉換器的系統中，將需要有一均質化系統，如別處所描述。

在一特定實施例中，偏振光束可通過至一單塊FEA整合器。該單塊FEA整合器可導致該等光束發散，且該等光束接著被引導，以例如藉由使用一空間光調變器而進一步處理，以將一影像賦予該等光束，且投影光學器件將該影像顯示於一螢幕上。

圖1根據本發明之一態樣展示可用於將一未偏振光束分裂分量離的正交偏振狀態的一光學裝置10的一橫截面示意圖。光學裝置10可包含已知的偏振分光器，諸如一Wollaston稜鏡、一Senarmont稜鏡、一Nicol稜鏡、一Rochon稜鏡、一Nomarski稜鏡、一Glan-Thompson稜鏡、一Glan-Foucault稜鏡、或其等之一組合。在每一種情況中，一引入的未偏振光束經分裂使得該等偏振狀態的至少一者從該引入的未偏振光束的傳播方向偏離，如別處所描述。

在一特定實施例中，可將光學裝置10比作一Wollaston稜鏡，其包含具有一第一稜鏡表面22、一第二稜鏡表面24及其等之間的一對角線第一稜鏡表面15的一第一雙折射稜鏡20。光學裝置10進一步包含具有一第三表面32、一第四表面34及其等之間的一對角線第二稜鏡表面15'的一第二雙折射稜鏡30。該第一雙折射稜鏡20之快軸與一第一偏振方向26對準，且該第二雙折射稜鏡30之快軸與一第二偏振方向36對準。第一雙折射稜鏡20及第二雙折射稜鏡30之各者可例如從方解石晶體或如熟習此項技術者所已知的其他雙折射材料製成。

第一雙折射稜鏡20及第二雙折射稜鏡30經定位使得第一偏振方向26及第二偏振方向36分別正交於彼此而對準，且第一雙折射稜鏡20及第二雙折射稜鏡30經定位使得對角線第一稜鏡表面15及對角線第二稜鏡表面15'直接彼此鄰近。在一些情況中，對角線第一稜鏡表面15及對角線第二稜鏡

表面15'可使用一光學黏合劑而彼此黏著。在一特定實施例中，該第四稜鏡表面34可包含一反射鏡40，其經安置以將光束往回反射通過第一雙折射稜鏡20及第二雙折射稜鏡30。該反射鏡40可為任意已知的反射鏡，諸如一寬頻鏡面。該反射鏡可例如為一金屬或一金屬合金鏡面，或一個二向色反射鏡，其包含干涉反射鏡，諸如包含無機或有機多層膜堆疊、或無機及有機多層膜堆疊之一組合的一多層介質反射鏡。該反射鏡40可直接鄰近該第四稜鏡表面34而安置，如圖1中所展示，或其可從該第四稜鏡表面34分離定位，如別處所描述。

沿著一傳播方向52行進的一未偏振的輸入光束50包含隨機偏振狀態51。該未偏振的輸入光束50在進入第二雙折射稜鏡30時，通過第一雙折射稜鏡20的第二稜鏡表面24、及對角線第一稜鏡面15及對角線第二稜鏡面15'。未偏振的輸入光束50的正交偏振分量之各者(第一偏振方向26及第二偏振方向36)在對角線第一稜鏡面15及對角線第二稜鏡面15'處不同地折射。該未偏振的輸入光束50發散為一第一偏振光束53(其具有對於傳播方向52以一第一折射角度 θ_1 傳播的第一偏振方向26)及一第二偏振光束54(其具有對於傳播方向52以一第二折射角度 θ_2 傳播的第二偏振方向36)。第一偏振光束53及第二偏振光束54從反射鏡40反射，再次通過對角線第一稜鏡面15及對角線第二稜鏡面15'折射，且作為第一偏振光束53及第二偏振光束54而從第一稜鏡面24離開，該第一偏振光束及該第二偏振光束以不同於該未偏

振的輸入光束50且從該未偏振的輸入光束50分離的角度及位置前進，即，該等偏振方向之各者是分離且發散的。

在一些情況中，該第一折射角度 θ_1 及該第二折射角度 θ_2 基本上相同(例如，在該對角線第一稜鏡面15在第一稜鏡表面22及第二稜鏡表面24之各者之45度角之一Wollaston稜鏡中)，如圖1中所展示。在一些情況中，該等角度可為不同的，例如在該對角線第一稜鏡面15在不同於45度角(未作圖式)之一Wollaston稜鏡中，或藉由使用上文描述的熟習此項技術者已知的替代雙折射稜鏡的一者。一般而言，該光學裝置10可經設計以適應該等偏振光束的任意期望分離及發散。

圖2A至圖2B展示根據本發明之一態樣的一偏振轉換器100的一橫截面示意圖。圖2A至圖2B中展示之元件15至40之各者對應於圖1中展示的相同數字的元件15至40，其等已在前文描述。在圖2A至圖2B中，該偏振轉換器100包含一第一光收集光學器件105，其包含一第一透鏡元件110及一第二透鏡元件120。該第一光收集光學器件105包含一光輸入表面114及垂直於該光輸入表面114的一光軸102。一未偏振光源80安置於面對該光輸入表面114的一光注入表面104上。展示於圖2A至圖2B中的該未偏振光源80被安置於該光軸102上；然而其可視需要沿著該光注入表面104從該光軸102分離定位。該未偏振光源80經安置以將一期望色彩或波長的一未偏振光81注入於該光輸入表面114中，如別處所描述。

在一特定實施例中，偏振轉換器100進一步包含一光學裝置10，其沿著該光軸102面對該第一光收集光學器件105而安置，使得該第一透鏡元件110及該第二透鏡元件120在該光學裝置10與該光輸入表面114之間。該光學裝置10包含已參考圖1而在別處描述的組件。

在一特定實施例中，第一光收集光學器件105可為一光準直器，其用於準直來自該未偏振光源80的光。第一光收集光學器件105可包含一單透鏡光準直器(未作圖式)、一雙透鏡光準直器(已展示)、一繞射光學元件(未作圖式)或其等之一組合。該雙透鏡光準直器具有第一透鏡元件110，其包含對置於該光輸入表面114而安置的一第一凸面112。第二透鏡元件120包含面對該第一凸面112的一第二表面122，及對置於該第二表面122的一第三凸面124。第二表面122可從一凸面、一平坦表面及一凹面選擇。

轉向圖2A，來自未偏振光源80的未偏振光81的一第一偏振光分量81p之路徑可經偏振轉換器100而追蹤。在一些情況中，第一偏振方向可指定為「p-」偏振，且第二偏振方向可指定為「s-」偏振，如本技術中已知。未偏振光源80包含沿著該光軸102在該光傳播方向上行進的一第一中央光線82，及在未偏振的輸入光準直角度 ϕ_1 內之未偏振光81的一光錐，其之邊界由第一邊界光線84、86表示。該第一中央光線82以大體上平行於該光軸102的一方向從未偏振光源80注入於光輸入表面114中，通過第一透鏡元件110、第二透鏡元件120，且通過第二稜鏡面24進入光學裝置

10。如可從圖2A看到，該第一光收集光學器件105用於準直從該未偏振光源80傳送到該光學裝置10的該未偏振光81。

該第一中央光線82通過第一雙折射稜鏡20，且隨著其通過對角線第一稜鏡面15及對角線第二稜鏡面15'而折射至第二雙折射稜鏡30中。與該第二偏振方向36(即，快軸)正交的中央光線的第一偏振分量82p導致該光從該未偏振光傳播方向(沿著光軸102)偏離，如別處所描述。接著中央光線的第一偏振分量82p從反射鏡40反射。

該等第一邊界光線84、86之各者對於該光軸102大體上以未偏振的輸入光準直角度 ϕ_1 的一方向注入於該光輸入表面114中，通過第一透鏡元件110、第二透鏡元件120，且通過第二稜鏡面24進入光學裝置10。該等第一邊界光線84、86通過第一雙折射稜鏡20，且隨著其等通過對角線第一稜鏡面15及對角線第二稜鏡面15'而折射至第二雙折射稜鏡30中。邊界光線的第一偏振分量84p、86p(與該第二偏振方向36(即，快軸)正交)導致該光從該未偏振光傳播方向(沿著光軸102)偏離，如別處所描述。邊界光線的第一偏振分量84p、86p接著從反射鏡40反射，使得該等反射光束大體上平行於所展示的該光軸102。

中央及邊界光線之第一偏振分量82p、84p、86p之各者從該反射鏡40反射，且行進作為平行於該光軸102的準直光線返回通過該第一光收集光學器件105。中央及邊界光線之第一偏振分量82p、84p、86p共同形成一第一偏振方

向輸出光束81p，其可在一第一偏振光線焦點87p上會聚。該第一偏振方向輸出光束81p可接著藉由引導至一光整合桿95而變得更均勻，如熟習此項技術者所已知。

轉向圖2B，來自未偏振光源80的未偏振光81的一第二偏振光分量81s的路徑可經偏振轉換器100而追跡。來自該未偏振光源80的中央、第一邊界及第二邊界光線82、84、86之路徑已經追跡至該等對角線第一稜鏡面15及對角線第二稜鏡面15'。中央光線的第二偏振分量82s(其平行於該第二偏振方向36(即，快軸))致使該光從該未偏振光傳播方向(沿著光軸102)偏離，如別處所描述。中央光線的第二偏振分量82s接著從反射鏡40反射。

邊界光線的第二偏振分量84s、86s(其等平行於該第二偏振方向36(即，快軸))致使該光從該未偏振光傳播方向(沿著光軸102)偏離，如別處所描述。邊界光線的第二偏振分量84s、86s接著從反射鏡40反射，使得該等反射光束大體上平行於如所展示的該光軸102。

中央及邊界光線之第二偏振分量82s、84s、86s之各者從該反射鏡40往回反射，且行進作為平行於該光軸102的準直光線返回通過該第一光收集光學器件105。中央及邊界光線之第二偏振分量82s、84s、86s共同形成一第二偏振方向輸出光束81s，其可在一第二偏振光線焦點87s上會聚。該第二偏振方向輸出光束81s可接著通過一半波阻滯器90，使得該第二偏振方向輸出光束81s旋轉至該第一偏振方向(即，與第一偏振方向輸出光束81p相同)，且變為旋

轉的第二偏振方向輸出光束81sp，其包含旋轉的中央及邊界光線82sp、84sp、86sp。該旋轉的第二偏振方向輸出光束81sp可接著藉由引導至一光整合桿95而變得更均勻，如熟習此項技術者所已知。

在一特定實施例中，該半波阻滯器90可覆蓋該整合桿95的一半，使得其將該偏振光轉換為與由該整合桿之另一半收集的相同偏振狀態。該半波阻滯器90可由石英或阻滯器板常用的其他材料製造。在一些情況中，該半波阻滯器90係消色差的或複消色差的，且可包含一較寬的接受角度範圍。例如，一適宜較寬角度的阻滯器可由石英及藍寶石製成。在一些情況中，該半波阻滯器90的側壁可經金屬化以反射入射於該阻滯器之側壁上的光。該等側壁亦可經拋光以鏡面反射入射光。

如圖2A至圖2B所展示，未偏振光81變為一第一偏振方向的偏振輸出光束，其包含第一偏振方向輸出光束81p及旋轉的第二偏振方向輸出光束81sp。在一特定實施例中，該半波阻滯器90可經安置使得該第二偏振光線焦點87s定位於該半波阻滯器90處，且可導致該偏振轉換器100之效率上的改良。該第二偏振光線焦點87s可經調整使得該焦點在該半波阻滯器90處，或該半波阻滯器可定位於更接近該光輸入表面114，以攔截該第二偏振光線焦點87s。

圖3A至圖3C根據本發明之一態樣展示垂直於一笛卡爾座標系統的X-Z平面而觀看的一偏振彩色組合器200的一橫截面示意圖。該偏振彩色組合器200包含一系列別處描述

的色彩組合組件，例如同在申請中的題為「Tilted Dichroic Color Combiner I」(代理人檔案號碼66530US002)的美國專利申請案第61/385237號中所描述。應理解，本文中描述的一光學裝置10(其可將未偏振光分裂為偏振的分量)可經調適於任意適宜的彩色組合器，諸如同在申請中的題為「Tilted Dichroic Color Combiner II」(代理人檔案號碼66791US002)的美國專利申請案第61/385241號；及題為「Tilted Dichroic Color Combiner III」(代理人檔案號碼66792US002)的美國申請案第61/385248號中描述的彩色組合器、及類似物。

在該偏振彩色組合器200之X-Z平面視圖中，該偏振分裂並不可見，因為此分裂出現在Y-Z平面中。在圖4A至圖4B中提供的Y-Z平面視圖中，該偏振分裂係可見的，而該彩色組合並不可見。應理解，經圖3A至圖3C及圖4A至圖4B而將該偏振彩色組合器分離分量開觀看的光路徑係僅出於圖解的清楚起見，且同時發生將彩色光束分離成正交的偏振及將彩色光束組合成一組合彩色光束。

在圖3A至圖3C中，該偏振彩色組合器200包含一第一光收集光學器件105，其包含一第一透鏡元件110及一第二透鏡元件120。該第一光收集光學器件105包含一光輸入表面114及垂直於該光輸入表面114的一光軸102。一第一未偏振光源140、一第二未偏振光源150及一選用的第三未偏振光源160各安置於面對該光輸入表面114的一光注入表面104上。一光輸出區域170位於該光軸102上，且安置於該

光注入表面104上。該第一未偏振光源140、該第二未偏振光源150及該選用的第三未偏振光源160之各者從該光軸102移位。該第一未偏振光源140、該第二未偏振光源150及該選用的第三未偏振光源160之各者經安置以分別將一第一彩色光141、一第二彩色光151及一選用的第三彩色光161注入於該光輸入表面114中，如別處所描述。

在一特定實施例中，偏振的彩色組合器200進一步包含沿著該光軸102面對該第一光收集光學器件105而安置的一個二向色板130，使得該第一透鏡元件110及該第二透鏡元件120在該二向色板130與該光輸入表面114之間。該二向色板130可對於該光軸以一傾斜角度 ϕ_2 安置，且包含一第一個二向色反射鏡132，其可反射該第一彩色光141，且透射所有其他彩色光。該二向色板130進一步包含一第二二向色反射鏡134，其可反射該第二彩色光151，且透射所有其他彩色光。該二向色板130還進一步包含一選用的第三二向色反射鏡136，其可反射該選用的第三彩色光161。在一些情況中，例如當僅包含一第一未偏振光源140及一第二未偏振光源150時(即，省略選用的第三未偏振光源160)，第二二向色反射鏡可取而代之為一通用反射鏡，諸如一寬頻鏡面，因為不需要透射其他波長(即，色彩)的光。在一些情況中，例如當包含選用的第三未偏振光源160時，選用的第三二向色反射鏡136亦可為一反射鏡，諸如一寬頻鏡面，因為所有其他彩色光在到達該第三二向色反射鏡136之前已由其他二向色反射鏡反射。

製造該二向色板130，使得該等第一二向色反射鏡132、第二二向色反射鏡134及選用的第三二向色反射鏡136之各者對於該光軸102分別以一第一二向色傾斜角度 α_1 、一第二二向色傾斜角度 α_2 及一第三二向色傾斜角度 α_3 傾斜。在一些情況中，例如圖3A至圖3C中所展示，該第一二向色傾斜角度 α_1 可與二向色板傾斜角度 ϕ_2 相同，但亦可為不同。該等第一二向色傾斜角度 α_1 、第二二向色傾斜角度 α_2 及第三二向色傾斜角度 α_3 之各者可經選擇以將來自該等第一未偏振光源140、第二未偏振光源150及選用的第三未偏振光源160的反射光束引導通過該光輸出區域170，如別處所描述。

在一特定實施例中，偏振的彩色組合器200進一步包含別處所描述的一光學裝置10，其安置於該第一光收集光學器件105與該二向色板130之間。光學裝置10可將一未偏振光束分裂成發散的偏振分量，如別處所描述。在圖3A至圖3C及圖4A至圖4B中展示的一特定實施例中，參考圖1及圖2A至圖2B而描述的該反射鏡40被二向色板130替代，該二向色板130包含本文中描述的該等第一二向色反射鏡132、第二二向色反射鏡134及選用的第三二向色反射鏡136。如圖3A至圖3C及圖4A至圖4B中所展示，該二向色板130可從光學裝置10分離安置，且不需要如圖1及圖2A至圖2B中所展示般直接鄰近於該等雙折射稜鏡而安置。

在一特定實施例中，第一光收集光學器件105可為一光準直器，其用於將從該等第一未偏振光源140、第二未偏

振光源150及選用的第三未偏振光源160發射的光準直。第一光收集光學器件105可包含一單透鏡光準直器(未作圖式)、一雙透鏡光準直器(已展示)、一繞射光學元件(未作圖式)或其等之一組合。該雙透鏡光準直器具有第一透鏡元件110，其包含對置於該光輸入表面114而安置的一第一凸面112。第二透鏡元件120包含面對該第一凸面112的一第二表面122，及對置於該第二表面122的一第三凸面124。第二表面122可從一凸面、一平坦表面及一凹面選擇。

轉向圖3A，來自第一未偏振光源140的第一彩色光141的路徑可經偏振的彩色組合器200而追跡。第一彩色光141包含在第一光傳播方向上行進的一第一彩色中央光線142，及在第一輸入光準直角度 θ_{li} 內的一光錐，其邊界由第一彩色邊界光線144、146表示。該第一彩色中央光線142從第一未偏振光源140以大體上平行於該光軸102的一方向注入於光輸入表面114中，通過第一透鏡元件110、第二透鏡元件120、光學裝置10且從第一二向色反射鏡132反射，使得該反射的光束如所展示與該光軸102重合。該等第一彩色邊界光線144、146之各者對於該光軸102大體上以該第一輸入光準直角度 θ_{li} 的一方向注入於該光輸入表面114中，通過第一透鏡元件110、第二透鏡元件120、光學裝置10，且從第一二向色反射鏡132反射，使得該等反射的光束如所展示般大體上平行於該光軸102。如可從圖3A中看到，該第一光收集光學器件105用於準直從該第一未偏振

光源140傳送到該二向色板130的該第一彩色光141。

該第一彩色中央光線142及該等第一彩色邊界光線144、146之各者從該第一二向色反射鏡132反射，且行進作為平行於且居中於該光軸102的準直光線返回通過該第一光收集光學器件105。在圖3A中展示的一特定實施例中，該等準直的光線會聚，以作為具有一第一輸出準直角度 θ_{1o} 的一第一彩色光束148，通過該光輸出區域170而從該偏振的彩色組合器200離開。該第一彩色光束148可接著藉由引導至一光整合桿95而變得更均勻，如熟習此項技術者所已知。一半波阻滯器90覆蓋該光整合桿95的一部分，以轉換一偏振方向，如將參考圖4A至圖4B而描述。

轉向圖3B，來自第二未偏振光源150的該第二彩色光151的路徑可經偏振的彩色組合器200而追跡。第二彩色光151包含在第二光傳播方向上行進的一第二彩色中央光線152，及在第二輸入光準直角度 θ_{2i} 內的一光錐，其邊界由第二邊界光線154、156表示。該第二中央光線152從第二未偏振光源150以大體上平行於該光軸102的一方向注入於光輸入表面114中，通過第一透鏡元件110、第二透鏡元件120、光學裝置10且從第二二向色反射鏡134反射，使得該反射的光束如所展示與該光軸102重合。該等第二邊界光線154、156之各者對於該光軸102大體上以該第二輸入光準直角度 θ_{2i} 的一方向注入於該光輸入表面114中，通過第一透鏡元件110、第二透鏡元件120、光學裝置10，且從第二二向色反射鏡134反射，使得該等反射的光束如所展示

般大體上平行於該光軸102。如可從圖3B中看到，該第一光收集光學器件105用於準直從該第二未偏振光源150傳送到該二向色板130的該第二彩色光151。

該第二中央光線152及該等第二邊界光線154、156之各者從該第二二向色反射鏡134反射，且行進作為平行於且居中於該光軸102的準直光線返回通過該第一光收集光學器件105。在圖3B中展示的一特定實施例中，該等準直的光線會聚，以作為具有一第二輸出準直角度 θ_{2o} 的一第二彩色光束158，通過該光輸出區域170而從該偏振的彩色組合器200離開。該第二彩色光束158可接著藉由引導至該光整合桿95而變得更均勻，如熟習此項技術者所已知。該半波阻滯器90覆蓋該光整合桿95的一部分，以轉換一偏振方向，如將參考圖4A至圖4B而描述。

轉向圖3C，來自選用的第三未偏振光源160的該選用的第三彩色光161的路徑可經偏振的彩色組合器200而追跡。選用的第三彩色光161包含在第三光傳播方向上行進的一第三中央光線162，及在第三輸入光準直角度 θ_{3i} 內的一光錐，其邊界由第三邊界光線164、166表示。該第三中央光線162從選用的第三未偏振光源160以大體上平行於該光軸102的一方向注入於光輸入表面114中，通過第一透鏡元件110、第二透鏡元件120、光學裝置10且從第三二向色反射鏡136反射，使得該反射的光束如所展示與該光軸102重合。該等第三邊界光線164、166之各者對於該光軸102大體上以該第三輸入光準直角度 θ_{3i} 的一方向注入於該光輸

入表面 114 中，通過第一透鏡元件 110、第二透鏡元件 120、光學裝置 10，且從第三二向色反射鏡 136 反射，使得該等反射的光束如所展示般大體上平行於該光軸 102。如可從圖 3C 中看到，該第一光收集光學器件 105 用於準直從該選用的第三未偏振光源 160 傳送至該二向色板 130 的選用的第三彩色光 161。

該第三中央光線 162 及該等第三邊界光線 164、166 之各者從該第三二向色反射鏡 136 反射，且行進作為平行於且居中於該光軸 102 的準直光線返回通過該第一光收集光學器件 105。在圖 3C 中展示的一特定實施例中，該等準直的光線會聚，以作為具有一第三輸出準直角度 θ_{3o} 的一選用的第三彩色光束 168，通過該光輸出區域 170 而從該偏振的彩色組合器 200 離開。該第三彩色光束 168 可接著藉由引導至該光整合桿 95 而變得更均勻，如熟習此項技術者所已知。該半波阻滯器 90 覆蓋該光整合桿 95 的一部分，以轉換一偏振方向，如將參考圖 4A 至圖 4B 而描述。

在一特定實施例中，該第一輸入準直角度 θ_{1i} 、該第二輸入準直角度 θ_{2i} 及該第三輸入準直角度 θ_{3i} 之各者可為相同的，且與該第一未偏振光源 140、該第二未偏振光源 150 及該選用的第三未偏振光源 160 關聯的注入光學器件(未作圖式)可將此等輸入準直角度限制在約 10 度與約 80 度之間、或約 10 度與約 70 度之間、或約 10 度與約 60 度之間、或約 10 度與約 50 度之間、或約 10 度與約 40 度之間、或約 10 度與約 30 度之間或更小的角度。在一些情況中，該第一光收

集光學器件105及該二向色板130可經製造使得該第一輸出準直角度 θ_{1o} 、該第二輸出準直角度 θ_{2o} 及該第三輸出準直角度 θ_{3o} 之各者可為相同的，且亦實質上等於各自的輸入準直角度。在一特定實施例中，該等輸入準直角度之各者的範圍從約60度至約70度，且該等輸出準直角度之各者的範圍亦從約60度至約70度。

圖4A至圖4B根據本發明之一態樣展示垂直於一笛卡爾座標系統的Y-Z平面而觀看的該偏振的彩色組合器200的一橫截面示意圖。在該偏振的彩色組合器200之Y-Z平面視圖中，色彩組合並不可見，因為此組合出現於X-Z平面中。在圖3A至圖3C中提供的X-Z平面視圖中，該色彩組合係可見的，且該偏振分裂係不可見的。應理解，經圖3A至圖3C及圖4A至圖4B而將該偏振彩色組合器分離分量開觀看的光路徑係僅出於圖解的清楚起見，且同時發生將彩色的未偏振光束分離成正交的偏振及將彩色的未偏振光束組合成一組合彩色光束。為簡潔起見，僅將描述來自該第一未偏振光源140的該第一彩色光141的路徑；然而熟習此項技術者將清楚，其他彩色光的路徑將是類似的。

轉向圖4A，來自第一未偏振光源140的該第一彩色光141的第一彩色光的第一偏振分量148p的路徑可經偏振的彩色組合器200而追跡。如別處所描述，該第一偏振方向可指定為「p-」偏振，且該第二偏振方向可指定為「s-」偏振，如本技術中已知。第一未偏振光源140包含沿著該光軸102而在該光傳播方向上行進的第一彩色中央光線

142，及第一未偏振的輸入光準直角度 θ_{li} 內的第一彩色光141的一光錐，其邊界由第一彩色邊界光線144、146表示。該第一彩色中央光線142從第一未偏振光源140以大體上平行於該光軸102的一方向注入於光輸入表面114中，通過第一透鏡元件110、第二透鏡元件120，且通過第二稜鏡面24進入光學裝置10。如可從圖4A看到，該第一光收集光學器件105用於準直從該第一未偏振光源140傳送到該光學裝置10的該第一彩色光141。

該第一彩色中央光線142通過第一雙折射稜鏡20，且隨著其通過對角線第一稜鏡面15及對角線第二稜鏡面15'進入第二雙折射稜鏡30中而折射。第一彩色中央光線的第一偏振分量142p(其與該第二偏振方向36(即，快軸)正交)導致該光從該未偏振光傳播方向(沿著光軸102)偏離，如別處所描述。第一彩色中央光線的該第一偏振分量142p接著通過第四稜鏡表面34，且從二向色板130的第一二向色反射鏡132反射。

該等第一彩色邊界光線144、146之各者對於該光軸102以大體上該未偏振的輸入光準直角度 θ_{li} 的一方向注入於該光輸入表面114中，通過第一透鏡元件110、第二透鏡元件120，且通過第二稜鏡面24進入光學裝置10。該等第一彩色邊界光線144、146通過第一雙折射稜鏡20，且隨著其等通過對角線第一稜鏡面15及對角線第二稜鏡面15'進入第二雙折射稜鏡30中而折射。第一彩色邊界光線之第一偏振分量144p、146p(其等與該第二偏振方向36(即，快軸)正

交)導致該光從該未偏振光傳播方向(沿著光軸102)偏離，如別處所描述。第一彩色邊界光線的第一偏振分量144p、146p接著通過第四稜鏡表面34，且從二向色板130的第一二向色反射鏡132反射，使得該等反射的光束如所展示般大體上平行於該光軸102。

第一彩色的中央及邊界光線的該等第一偏振分量142p、144p、146p之各者從該第一二向色反射鏡132反射，且行進作為平行於該光軸102的準直光線返回通過該第一光收集光學器件105。第一彩色的中央及邊界光線之該等第一偏振分量142p、144p、146p共同形成一第一偏振方向的第一彩色輸出光束148p，其可會聚於一第一偏振光線焦點147p上。該第一偏振方向的第一彩色輸出光束148p可接著藉由引導至一光整合桿95而變得更均勻，如熟習此項技術者所已知。

轉向圖4B，來自第一未偏振光源140的該第一彩色光141的第一彩色光的一第二偏振分量148s的路徑可經偏振的彩色組合器200而追跡。來自該第一未偏振光源140的該等第一彩色的中央、第一邊界及第二邊界的光線142、144、146之路徑已追跡至該等對角線第一稜鏡面15及對角線第二稜鏡面15'。第一彩色中央光線的第二偏振分量142s(其與該第二偏振方向36(即，快軸)平行)導致該光從該未偏振光傳播方向(沿著光軸102)偏離，如別處所描述。第一彩色中央光線的第二偏振分量142s接著通過第四稜鏡表面34，且從二向色板130的第一二向色反射鏡132反射。

第一彩色邊界光線之第二偏振分量144s、146s(其等與該第二偏振方向36(即，快軸)平行)導致該光從該未偏振光傳播方向(沿著光軸102)偏離，如別處所描述。第一彩色邊界光線的第二偏振分量144s、146s接著通過第四稜鏡表面34，且從二向色板130的第一二向色反射鏡132反射，使得該等反射的光束如所展示般大體上平行於該光軸102。

第一彩色的中央及邊界光線的該等第二偏振分量142s、144s、146s之各者從該第一二向色反射鏡132反射，且行進作為平行於該光軸102的準直光線返回通過該第一光收集光學器件105。第一彩色的中央及邊界光線之該等第二偏振分量142s、144s、146s共同形成一第二偏振方向輸出的第二彩色光束148s，其可會聚於一第二偏振的第一彩色光線焦點147s上。該第二偏振方向的第一彩色輸出光束148s可接著通過一半波阻滯器90，使得該第二偏振方向輸出的第一彩色光束148s旋轉至該第一偏振方向(即，與第一偏振方向輸出的光束81p相同)，且變為旋轉的第二偏振方向的第一彩色輸出光束148sp。該旋轉的第二偏振方向的第一彩色輸出光束148sp可接著藉由引導至一光整合桿95而變得更均勻，如熟習此項技術者所已知。

如由圖4A至圖4B所展示，輸入的第一彩色光束141變為一第一偏振方向偏振的第一彩色輸出光束，其包含第一偏振方向的第一彩色輸出光束148p，及旋轉的第二偏振方向輸出的第一彩色光束148sp。在一特定實施例中，該半波阻滯器90可經安置使得該第二偏振光線焦點147s定位於該

半波阻滯器90處，且可導致該偏振的彩色組合器200之效率上的改良。

圖5展示根據本發明之一態樣的一偏振的彩色組合器系統500的一橫截面示意圖。在圖5中，如參考圖3A至圖3C而描述的一偏振的彩色組合器200與一第二光收集光學器件220搭配，使得該偏振的彩色組合器200的輸出進入一整合桿95(或一光均質化導管95)，其中該等偏振的色彩進一步混合，且輸入至該第二光收集光學器件220中。該第二光收集光學器件220可類似於前文描述的該第一光收集光學器件105，且可用作擴大該組合的偏振彩色光輸出的一光準直器。在一些實施例中，具有如前文所描述的該第一輸出準直角度 θ_{10} 、該第二輸出準直角度 θ_{20} 及該第三輸出準直角度 θ_{30} 的該組合的偏振彩色光輸出可擴大為一色彩組合的準直偏振光280，其已從一選用寬頻鏡面230反射。該色彩組合的準直偏振光280包含具有一較小發散角度的光，該發散角度可小於約20度，或小於約15度，或甚至小於約12度。

圖6展示根據本發明之一態樣的一影像投影機600的一示意圖。影像投影機600包含一偏振的彩色組合器模組12，其可將一部分準直的組合彩色偏振光輸出24注入於一反射鏡230上，以將一部分準直的組合彩色偏振光輸出280引導朝向一選用蠅眼組合器陣列42，其中該部分準直的組合彩色偏振光輸出280變得轉換為一均質化的偏振光45，其進入一影像產生器模組60。該影像產生器模組60輸出一影像

化的光65，其進入一投影模組70，其中該影像化的光65變為一投影的影像化光79。

在一態樣中，彩色組合器模組12包含不同波長光譜的輸入光源，其等經輸入通過一偏振的彩色組合器200，如別處所描述。該偏振的彩色組合器200產生一組合的偏振光輸出，其包含通過一光均質化導管95的不同波長光譜的光。該組合的光輸出通過光均質化導管95，接著通過一第二光收集光學器件220，且作為部分準直的組合彩色偏振光輸出24而從彩色組合器模組12離開，如別處所描述。

在一態樣中，該等輸入光源未偏振，且該部分準直的組合彩色光輸出24被偏振。該部分準直的組合彩色偏振光輸出24可為一多色的組合光，且包括多於一個波長光譜的光。該部分準直的組合彩色偏振光輸出24可為所接收光之各者的一時間序列輸出。在一態樣中，不同波長光譜的光之各者對應於一不同彩色光(例如，紅色、綠色及藍色)，且該組合的光輸出係白光，或一時間序列的紅光、綠光及藍光。出於本文中提供的描述之目的，「彩色光」及「波長光譜光」均意欲意指具有一波長光譜範圍的光，其若對人眼可見，則可與一特定色彩關聯。更一般的術語「波長光譜光」指可見波長光譜及其他波長光譜的光兩者，包含例如紅外光。

根據一態樣，每一輸入光源包括一個或多個發光二極體(LED)。可使用多種光源，諸如雷射、雷射二極體、有機LED(OLED)及非固態光源，諸如具有適當集光器或反射鏡

的超高壓(UHP)燈、鹵素燈或氬氣燈。本發明中有用的光源、光準直器、透鏡及光整合器進一步例如描述於公開的美國專利申請案第US 2008/0285129號中，其揭示內容以其全文包含於本文中。

該選用蠅眼組合器陣列42可包含一單塊陣列的透鏡，諸如別處描述的一選用的單塊蠅眼陣列(FEA)的透鏡，其可均質化及改良該部分準直的組合彩色偏振光輸出280的均勻度。選用的FEA的代表性配置例如描述於同在申請中的題為 FLY EYE INTEGRATOR POLARIZATION CONVERTER (代理人檔案號碼66247US002，2010年5月19日申請)的美國專利第61/346183號；題為 POLARIZED PROJECTION ILLUMINATOR(代理人檔案號碼66249US002，2010年5月19日申請)的美國專利第61/346190號；及題為 COMPACT ILLUMINATOR (代理人檔案號碼66360US002，2010年5月19日申請)的美國專利第61/346193號中。在一些情況中，一整合導管或整合桿(例如，光均質化導管95)或一FEA(例如，蠅眼組合器陣列42)可用於均質化，但兩個技術一般不會一起使用。

在一態樣中，影像產生器模組60包含一偏振光束分光器(PBS)66、代表性的成像光學器件62、64，及一空間光調變器68，其等協作以將均質化的偏振光45轉換為一影像化的光65。適宜的空間光調變器(即，影像產生器)已先前描述於例如美國專利第7,362,507號(Duncan等人)、美國專利第7,529,029號(Duncan等人)、美國公開案第2008-0285129-

A1 號 (Magarill 等人) 中、及還有 PCT 公開案第 WO2007/016015 號 (Duncan 等人) 中。在一特定實施例中，均質化的偏振光 45 係源自該選用 FEA 的每一透鏡的一發散光。在通過成像光學器件 62、64 及 PBS 66 之後，均質化的偏振光 45 變為成像光 61，其均勻地照明該空間光調變器 68。在一特定實施例中，來自該選用 FEA 中的每一透鏡的每一發散光線束照明該空間光調變器 68 的一主要部分，使得個別的發散光線束彼此重疊。

在一態樣中，投影模組 70 包含代表性的投影光學器件 72、74、76，其等可用於投影影像化的光 65 作為投影光 79。適宜的投影光學器件 72、74、76 先前已描述，且對於熟習此項技術者係熟知的。

以下為本發明之實施例的一列表。

項目 1 係一種偏振轉換器，其包括：一第一光收集光學器件，其具有一光輸入表面及一光軸；一未偏振光源，其可將一未偏振光束沿著平行於該光軸的一第一傳播方向注入於該光輸入表面中；一光學裝置，其包括一雙折射稜鏡，該光學裝置面對該第一光收集光學器件且對置於該光輸入表面而安置，其中該光學裝置可將該未偏振光束分裂為具有正交偏振狀態的一第一偏振光束及一第二偏振光束，該第一偏振光束及該第二偏振光束之至少一者從該第一偏振方向發散；一反射鏡，其經安置以將該第一偏振光束及該第二偏振光束往回反射通過該光學裝置及該第一光收集光學器件，朝向該光輸入表面，其中該第一偏振光束

在從該未偏振光源移位的一第一位置處通過該光輸入表面，且該第二偏振光束在從該第一位置及該未偏振光源移位的一第二位置處通過該光輸入表面。

項目2係項目1之偏振轉換器，其進一步包括鄰近該光輸入表面而安置的一半波阻滯器，其可將該第一偏振光束的一第一偏振狀態轉換為一第二偏振狀態，使得一組合的偏振輸出光以該第二偏振狀態偏振。

項目3係項目1之偏振轉換器，其進一步包括一光學整合器，其經安置以接收該第一偏振光束及該第二偏振光束。

項目4係項目1至項目3之偏振轉換器，其中該第一光收集光學器件包括光準直光學器件。

項目5係項目1至項目4之偏振轉換器，其中該光準直光學器件包括一單透鏡設計、一雙透鏡設計、一繞射光學元件或其等之一組合。

項目6係項目1至項目5之偏振轉換器，其中該未偏振光束、該第一偏振光束及該第二偏振光束之各者包含一光發散角度。

項目7係項目1至項目6之偏振轉換器，其中該第一光收集光學器件包括：一第一透鏡，其具有對置於該光輸入表面的一第一凸面；及一第二透鏡，其具有面對該第一凸面的一第二表面，及對置於該第二表面的一第三凸面。

項目8係項目1至項目7之偏振轉換器，其中該光學裝置包括一Wollaston稜鏡、一Senarmont稜鏡、一Nicol稜鏡、一Rochon稜鏡、一Nomarski稜鏡、一Glan-Thompson稜

鏡、一 Glan-Foucault稜鏡、或其等之一組合。

項目9係項目1至項目8之偏振轉換器，其中該反射鏡包括一寬頻鏡面。

項目10係項目2之偏振轉換器，其中該組合的偏振輸出光透射至一第二光收集光學器件，該第二光收集光學器件將該組合的偏振輸出光擴大，以變為具有一較小發散角度的一擴大的偏振光束。

項目11係項目10之偏振轉換器，其中該第二光收集光學器件包括：一第三透鏡，其在該光軸上居中，其具有一第四凸面及對置於該第四凸面的一第二光輸入表面，其可將從該光輸入表面離開的光透射至該第二光輸入表面；及一第四透鏡，其在該光軸上居中，該第四透鏡具有面對該第四凸面的一第五表面，及對置於該第五表面的一第六凸面，其中進入該第二光輸入表面的光作為該擴大的偏振光束而從該第六凸面離開。

項目12係項目10或項目11之偏振轉換器，其中該較小的發散角度包括小於約15度的一角度。

項目13係一種偏振轉換彩色組合器，其包括項目1至項目12之偏振轉換器，其中該未偏振光源包括可發射一第一彩色光的一第一彩色光源及可發射一第二彩色光的一第二彩色光源，每一者從該光軸移位，且該反射鏡包括一二向色板。

項目14係項目13之偏振轉換彩色組合器，其中該二向色板包括：一第一二向色反射鏡，其可反射該第一彩色光，

且透射其他彩色光；及一第二反射鏡，其可反射該第二彩色光，其中該第一二向色反射鏡及該第二反射鏡各經傾斜，使得該第一彩色光及該第二彩色光均被反射，以作為一組合彩色光束沿著該光軸通過該光輸入表面離開。

項目15係項目13或項目14之偏振轉換彩色組合器，其中該第二反射鏡包括一寬頻鏡面。

項目16係項目13或項目14之偏振轉換彩色組合器，其中該第二反射鏡包括一第二二向色反射鏡，其可反射該第二彩色光，且透射其他彩色光。

項目17係項目13至項目16之偏振轉換彩色組合器，其進一步包括從該光軸移位的一第三彩色光源，其經安置以將一第三彩色光注入於該光輸入表面中，其中該二向色板進一步包括一第三反射鏡，其可反射該第三彩色光，以沿著該光軸通過該光輸入表面離開。

項目18係項目17之偏振轉換彩色組合器，其中該第三反射鏡包括一寬頻鏡面。

項目19係項目17之偏振轉換彩色組合器，其中該第三反射鏡包括一第三二向色反射鏡，其可反射該第三彩色光，且透射其他彩色光。

項目20係一種影像投影機，其包括：如項目2至項目12的偏振轉換器；一空間光調變器，其經安置以將一影像賦予組合的偏振輸出光；及投影光學器件。

項目21係一種影像投影機，其包括：如項目17至項目19之偏振轉換彩色組合器；一空間光調變器，其經安置以將

一影像賦予偏振的第一彩色光、第二彩色光及第三彩色光；及投影光學器件。

項目22係項目20或項目21之影像投影機，其中該空間光調變器包括一矽液晶(LCoS)成像器或一透射性液晶顯示器(LCD)。

除非另有指示，否則本說明書及申請專利範圍中所使用的表達特徵部尺寸、數量及實體性質的所有數字應理解為由術語「約」修改。相應地，除非相反地指示，否則前述說明書及隨附申請專利範圍中闡明的數字參數係可取決於由熟習此項技術者利用本文中所揭示之教示尋求獲得的期望性質而改變的近似值。

本文中引證的所有引用及公開案以其等之全文以引用之方式併入本發明中，除了其等可能直接與本發明矛盾的範圍外。儘管已在本文中繪示及描述特殊實施例，熟習此項技術者應瞭解，在未脫離本發明之範圍之下，多種替代及/或等效實施可取代所展示及描述的特殊實施例。此申請案意欲涵蓋本文中討論的特殊實施例的任何調適或變動。因此，本發明意欲僅由申請專利範圍及其等效物限制。

【圖式簡單說明】

圖1展示一光學裝置的一橫截面示意圖；

圖2A至圖2B展示一偏振轉換器的一橫截面示意圖；

圖3A至圖3C展示一彩色組合器的一橫截面示意圖；

圖4A至圖4B展示一彩色組合器的一橫截面示意圖；

圖5展示一彩色組合器系統的一橫截面示意圖；

圖6展示一影像投影機的一示意圖。

【主要元件符號說明】

10	光學裝置
12	彩色組合器模組
15	對角線第一稜鏡表面
15'	對角線第二稜鏡表面
20	第一雙折射稜鏡
22	第一稜鏡表面
24	第二稜鏡表面/部分準直的組合彩色偏振光輸出
26	第一偏振方向
30	第二雙折射稜鏡
32	第三表面
34	第四表面
36	第二偏振方向
40	反射鏡
42	蠅眼組合器陣列
45	均質化的偏振光
50	未偏振的輸入光束
51	隨機偏振狀態
52	傳播方向
53	第一偏振光束
54	第二偏振光束
60	影像產生器模組
61	成像光

62	成像光學器件
64	成像光學器件
65	影像化的光
66	偏振光束分光器
68	空間光調變器
70	投影模組
72	投影光學器件
74	投影光學器件
76	投影光學器件
79	投影的影像化光
80	未偏振光源
81	未偏振光
81p	第一偏振光分量
81s	第二偏振方向輸出光束
81sp	旋轉的第二偏振方向輸出光束
82	第一中央光線
82p	第一中央光線的第一偏振分量
82s	第一中央光線的第二偏振分量
82sp	旋轉的中央光線
84	第一邊界光線
84p	第一邊界光線的第一偏振分量
84s	第一邊界光線的第二偏振分量
84sp	旋轉的邊界光線
86	第一邊界光線

86p	第一邊界光線的第一偏振分量
86s	第一邊界光線的第二偏振分量
86sp	旋轉的邊界光線
87p	第一偏振光線焦點
87s	第二偏振光線焦點
90	半波阻滯器
95	光整合桿/光均質化導管
100	偏振轉換器
102	光軸
104	光注入表面
105	第一光收集光學器件
110	第一透鏡元件
112	第一凸面
114	光輸入表面
120	第二透鏡元件
122	第二表面
124	第三凸面
130	二向色板
132	第一二向色反射鏡
134	第二二向色反射鏡
136	第三二向色反射鏡
140	第一未偏振光源
141	第一彩色光
142	第一彩色中央光線

142p	第一彩色中央光線的第一偏振分量
142s	第一彩色中央光線的第二偏振分量
144	第一彩色邊界光線
144p	第一彩色邊界光線之第一偏振分量
144s	第一彩色邊界光線之第二偏振分量
146	第一彩色邊界光線
146p	第一彩色邊界光線之第一偏振分量
146s	第一彩色邊界光線之第二偏振分量
147p	第一偏振光線焦點
147s	第二偏振的第一彩色光線焦點
148	第一彩色光束
148p	第一彩色光的第一偏振分量/第一偏振方向的 第一彩色輸出光束
148s	第一彩色光的第二偏振分量/第二偏振方向的 第一彩色輸出光束
148sp	旋轉的第二偏振方向的第一彩色輸出光束
150	第二未偏振光源
151	第二彩色光
152	第二彩色中央光線
154	第二邊界光線
156	第二邊界光線
158	第二彩色光束
160	第三未偏振光源
161	第三彩色光

162	第三中央光線
164	第三邊界光線
166	第三邊界光線
168	第三彩色光束
170	光輸出區域
200	偏振的彩色組合器
220	第二光收集光學器件
230	寬頻鏡面
280	色彩組合的準直偏振光
500	偏振的彩色組合器系統
600	影像投影機

七、申請專利範圍：

1. 一種偏振轉換器，其包括：

一第一光收集光學器件，其具有一光輸入表面及一光軸；

一未偏振光源，其可將一未偏振光束沿著平行於該光軸的一第一傳播方向注入於該光輸入表面中；

一光學裝置，其包括一雙折射稜鏡，該光學裝置面對該第一光收集光學器件且對置於該光輸入表面而安置，

其中該光學裝置可將該未偏振光束分裂為具有正交偏振狀態的一第一偏振光束及一第二偏振光束，該第一偏振光束及該第二偏振光束之至少一者從該第一偏振方向發散；及

一反射鏡，其經安置以將該第一偏振光束及該第二偏振光束往回反射通過該光學裝置及該第一光收集光學器件，朝向該光輸入表面，

其中該第一偏振光束在從該未偏振光源移位的一第一位置處通過該光輸入表面，且該第二偏振光束在從該第一位置及該未偏振光源移位的一第二位置處通過該光輸入表面。

2. 如請求項1之偏振轉換器，其進一步包括鄰近該光輸入表面而安置的一半波阻滯器，其可將該第一偏振光束的一第一偏振狀態轉換為一第二偏振狀態，使得一組合的偏振輸出光以該第二偏振狀態偏振。

3. 如請求項1之偏振轉換器，其進一步包括一光學整合

器，其經安置以接收該第一偏振光束及該第二偏振光束。

4. 如請求項1之偏振轉換器，其中該第一光收集光學器件包括光準直光學器件。
5. 如請求項4之偏振轉換器，其中該光準直光學器件包括一單透鏡設計、一雙透鏡設計、一繞射光學元件或其等之一組合。
6. 如請求項1之偏振轉換器，其中該未偏振光束、該第一偏振光束及該第二偏振光束之各者包含一光發散角度。
7. 如請求項1之偏振轉換器，其中該第一光收集光學器件包括：
 - 一第一透鏡，其具有對置於該光輸入表面的一第一凸面；及
 - 一第二透鏡，其具有面對該第一凸面的一第二表面，及對置於該第二表面的一第三凸面。
8. 如請求項1之偏振轉換器，其中該光學裝置包括一Wollaston稜鏡、一Senarmont稜鏡、一Nicol稜鏡、一Rochon稜鏡、一Nomarski稜鏡、一Glan-Thompson稜鏡、一Glan-Foucault稜鏡、或其等之一組合。
9. 如請求項1之偏振轉換器，其中該反射鏡包括一寬頻。
10. 如請求項2之偏振轉換器，其中該組合的偏振輸出光透射至一第二光收集光學器件，該第二光收集光學器件將該組合的偏振輸出光擴大，以變為具有一較小發散角度的一擴大的偏振光束。

11. 如請求項10之偏振轉換器，其中該第二光收集光學器件包括：

一第三透鏡，其在該光軸上居中，其具有一第四凸面及對置於該第四凸面的一第二光輸入表面，其可將從該光輸入表面離開的光透射至該第二光輸入表面；及

一第四透鏡，其在該光軸上居中，該第四透鏡具有面對該第四凸面的一第五表面，及對置於該第五表面的一第六凸面，

其中進入該第二光輸入表面的光作為該擴大的偏振光束而從該第六凸面離開。

12. 如請求項10之偏振轉換器，其中該較小的發散角度包括小於約15度的一角度。

13. 一種偏振轉換彩色組合器，其包括請求項1之偏振轉換器，其中該未偏振光源包括可發射一第一彩色光的一第一彩色光源及可發射一第二彩色光的一第二彩色光源，每一者從該光軸移位，且該反射鏡包括一個二向色板。

14. 如請求項13之偏振轉換彩色組合器，其中該二向色板包括：

一第一二向色反射鏡，其可反射該第一彩色光，且透射其他彩色光；及

一第二反射鏡，其可反射該第二彩色光，

其中該第一二向色反射鏡及該第二反射鏡各經傾斜，使得該第一彩色光及該第二彩色光均被反射，以作為一組合彩色光束沿著該光軸通過該光輸入表面離開。

15. 如請求項14之偏振轉換彩色組合器，其中該第二反射鏡包括一寬頻鏡面。
16. 如請求項14之偏振轉換彩色組合器，其中該第二反射鏡包括一第二二向色反射鏡，其可反射該第二彩色光，且透射其他彩色光。
17. 如請求項13之偏振轉換彩色組合器，其進一步包括從該光軸移位的一第三彩色光源，其經安置以將一第三彩色光注入於該光輸入表面中，其中該二向色板進一步包括一第三反射鏡，其可反射該第三彩色光，以沿著該光軸通過該光輸入表面離開。
18. 如請求項17之偏振轉換彩色組合器，其中該第三反射鏡包括一寬頻鏡面。
19. 如請求項17之偏振轉換彩色組合器，其中該第三反射鏡包括一第三二向色反射鏡，其可反射該第三彩色光，且透射其他彩色光。
20. 一種影像投影機，其包括：
如請求項2的偏振轉換器；
一空間光調變器，其經安置以將一影像賦予組合的偏振輸出光；及
投影光學器件。
21. 一種影像投影機，其包括：
如請求項17之偏振轉換彩色組合器；
一空間光調變器，其經安置以將一影像賦予偏振的第一彩色光、第二彩色光及第三彩色光；及

投影光學器件。

22. 如請求項20或21之影像投影機，其中該空間光調變器包括一矽液晶(LCoS)成像器或一透射性液晶顯示器(LCD)。

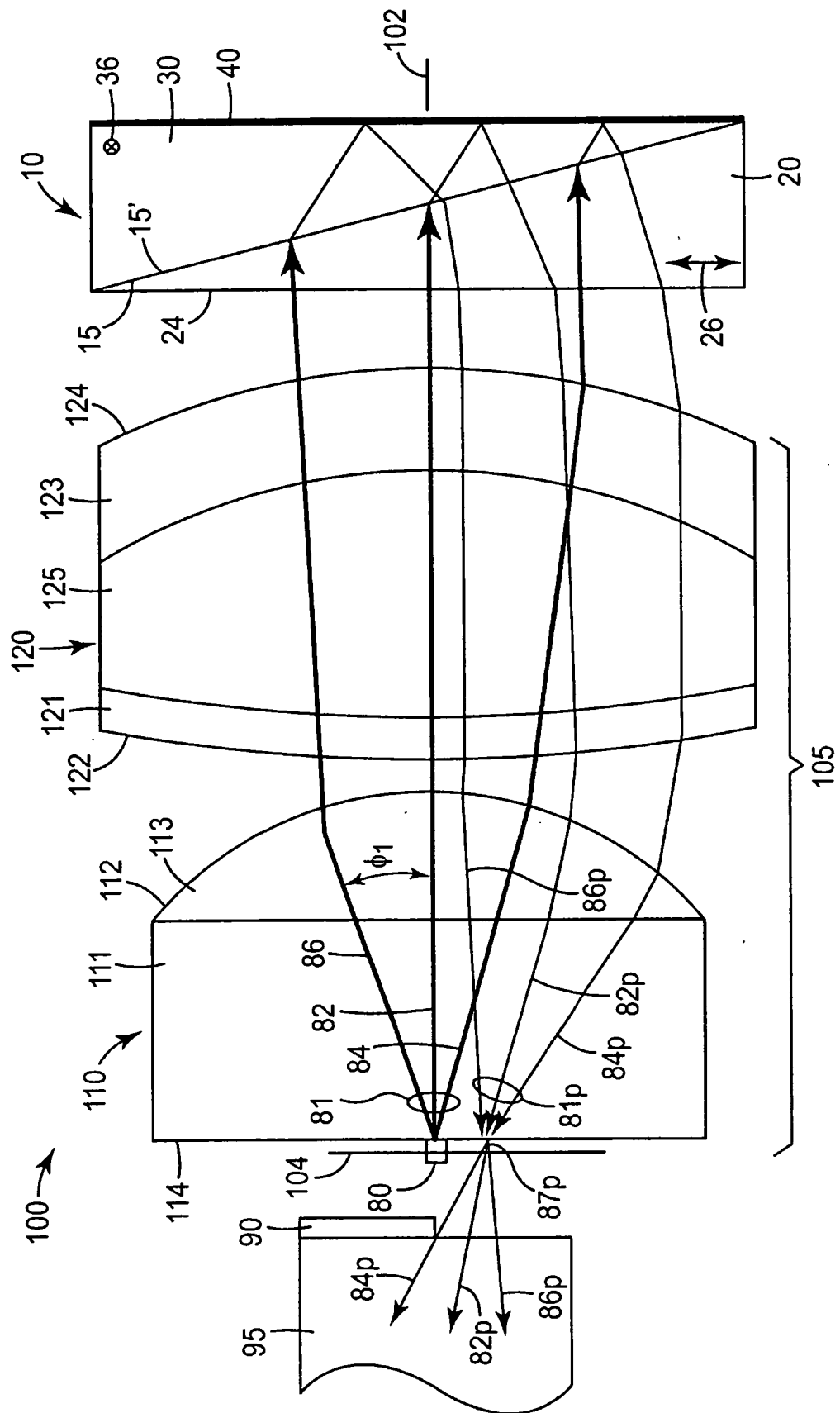


圖 2A

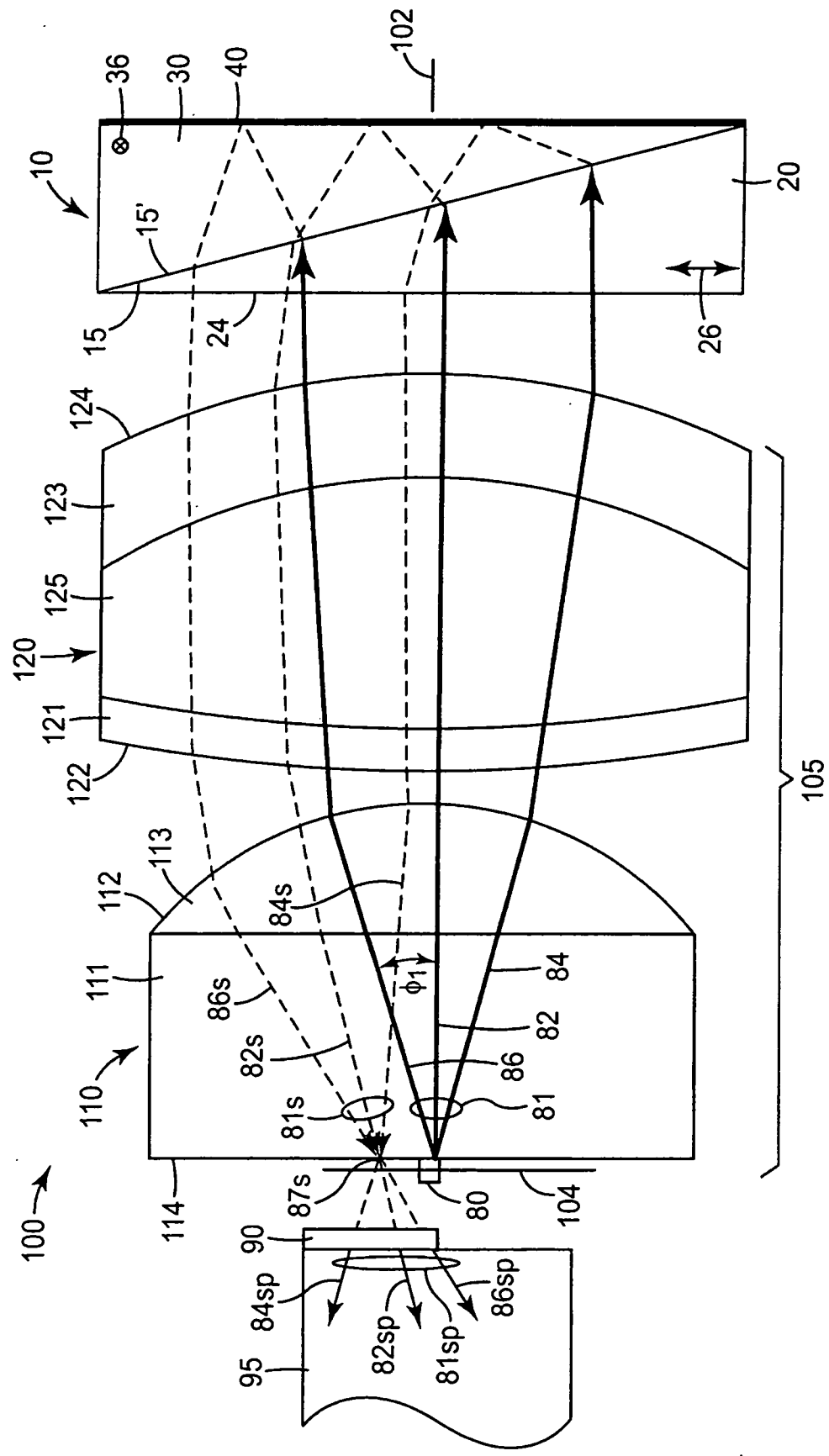


圖 2B

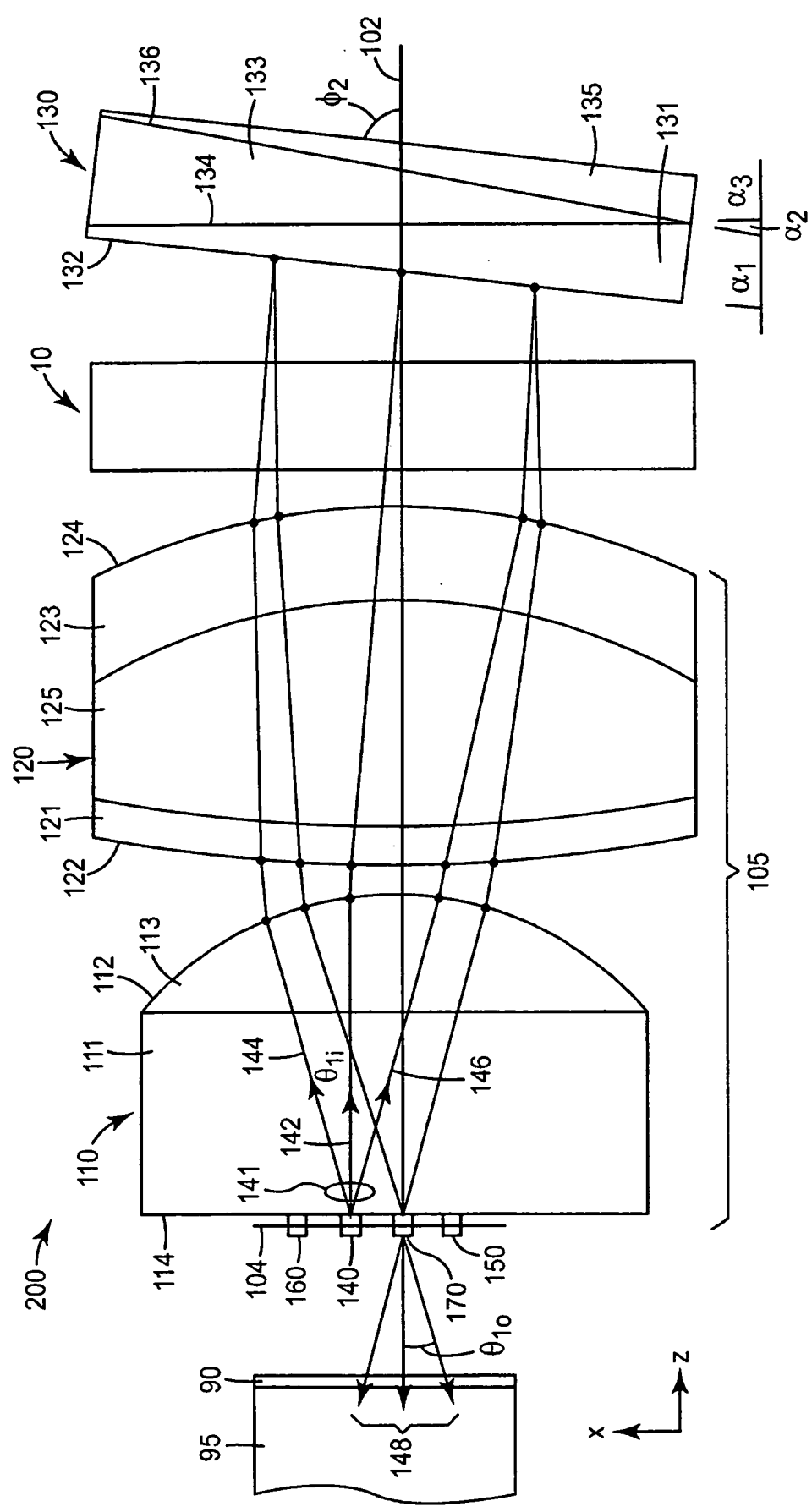


圖 3A

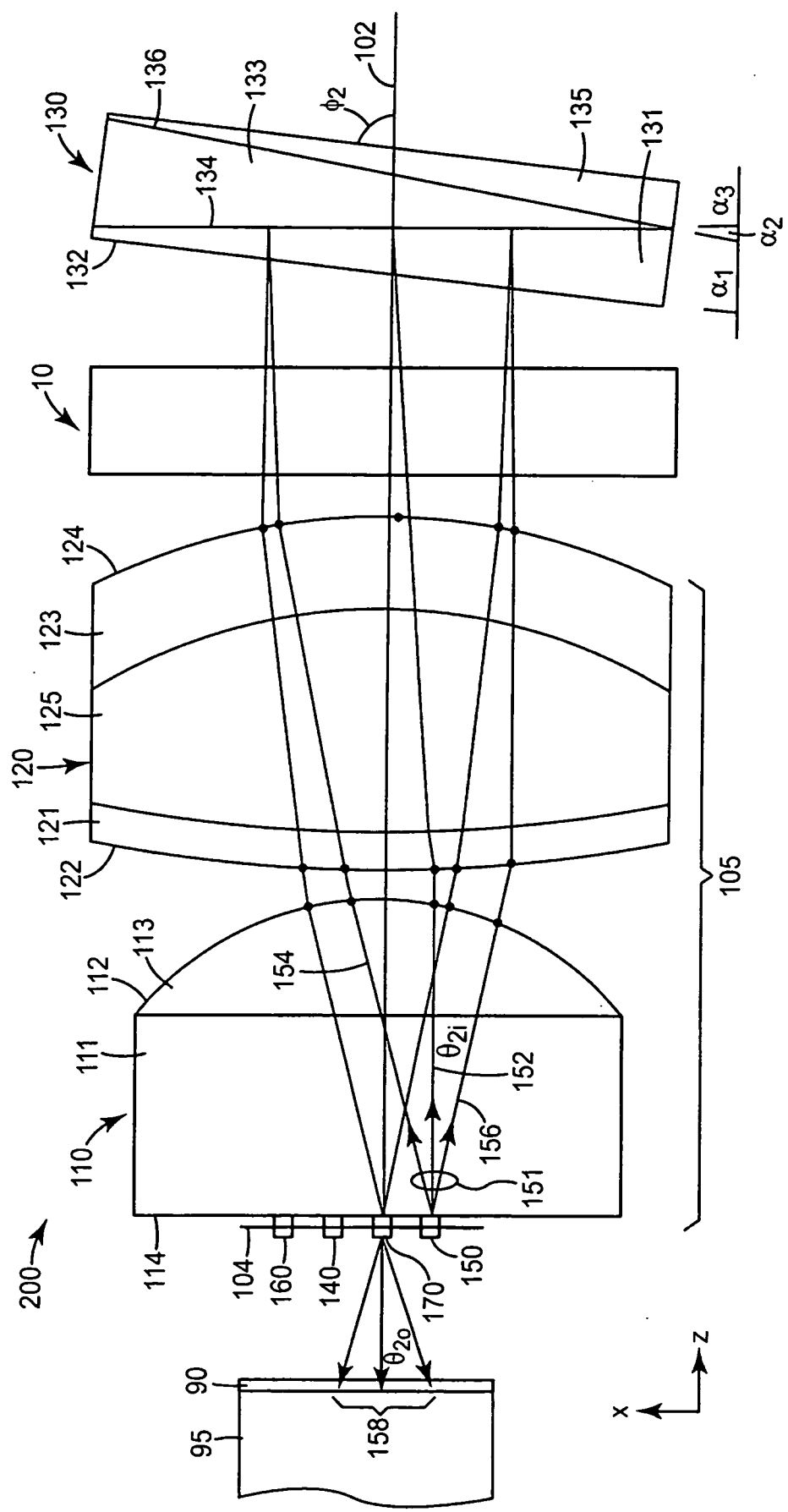


圖 3B

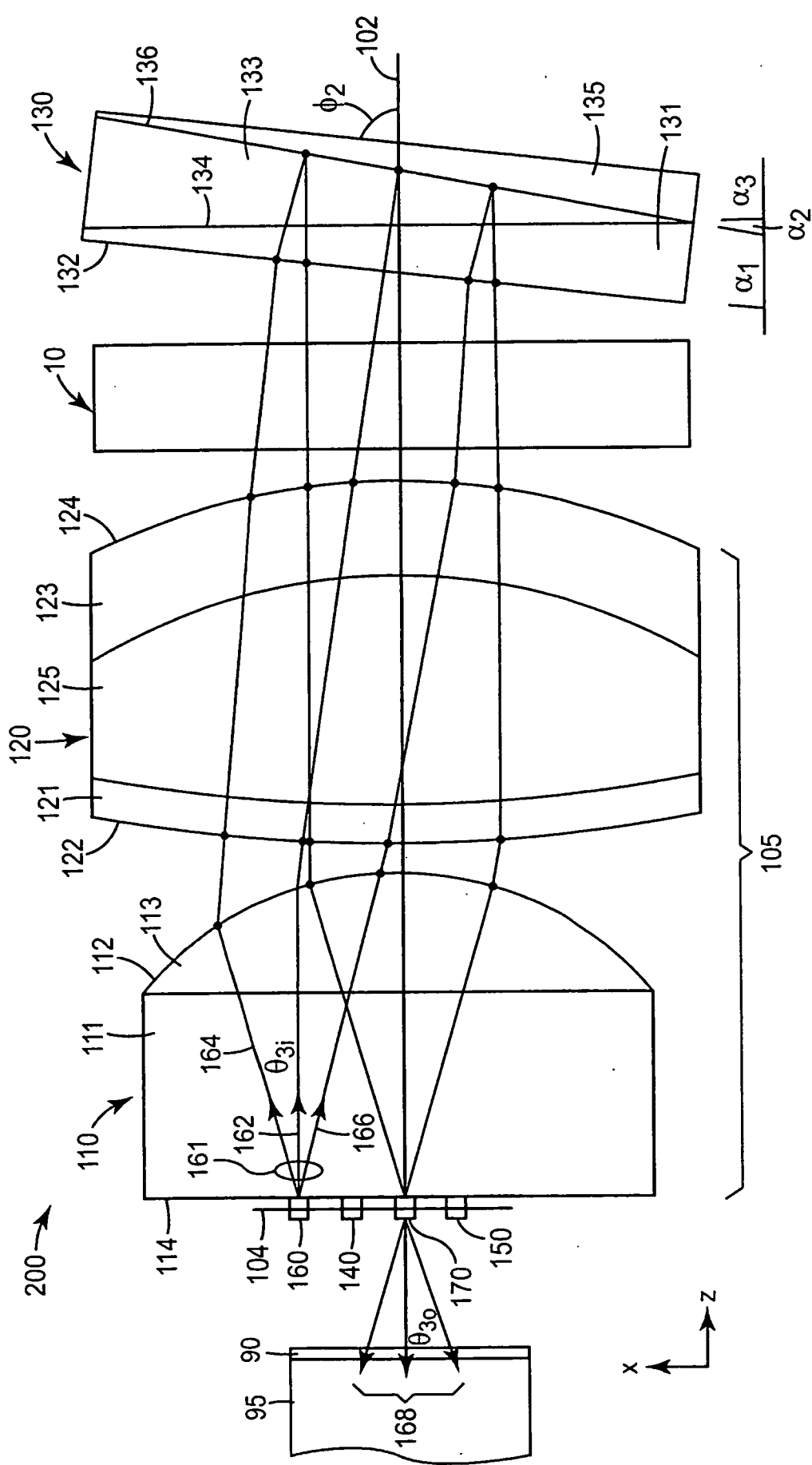


圖 3C

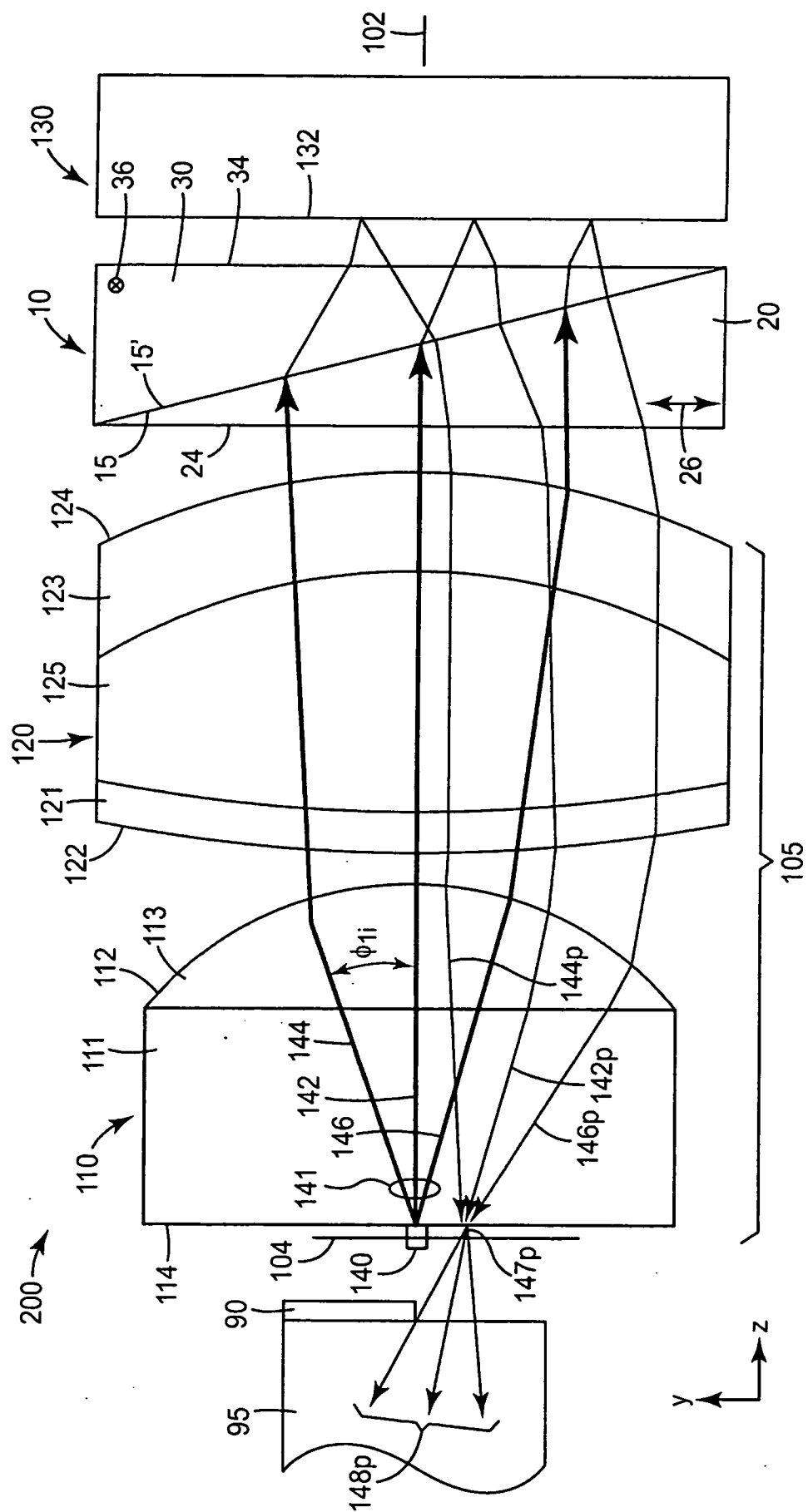
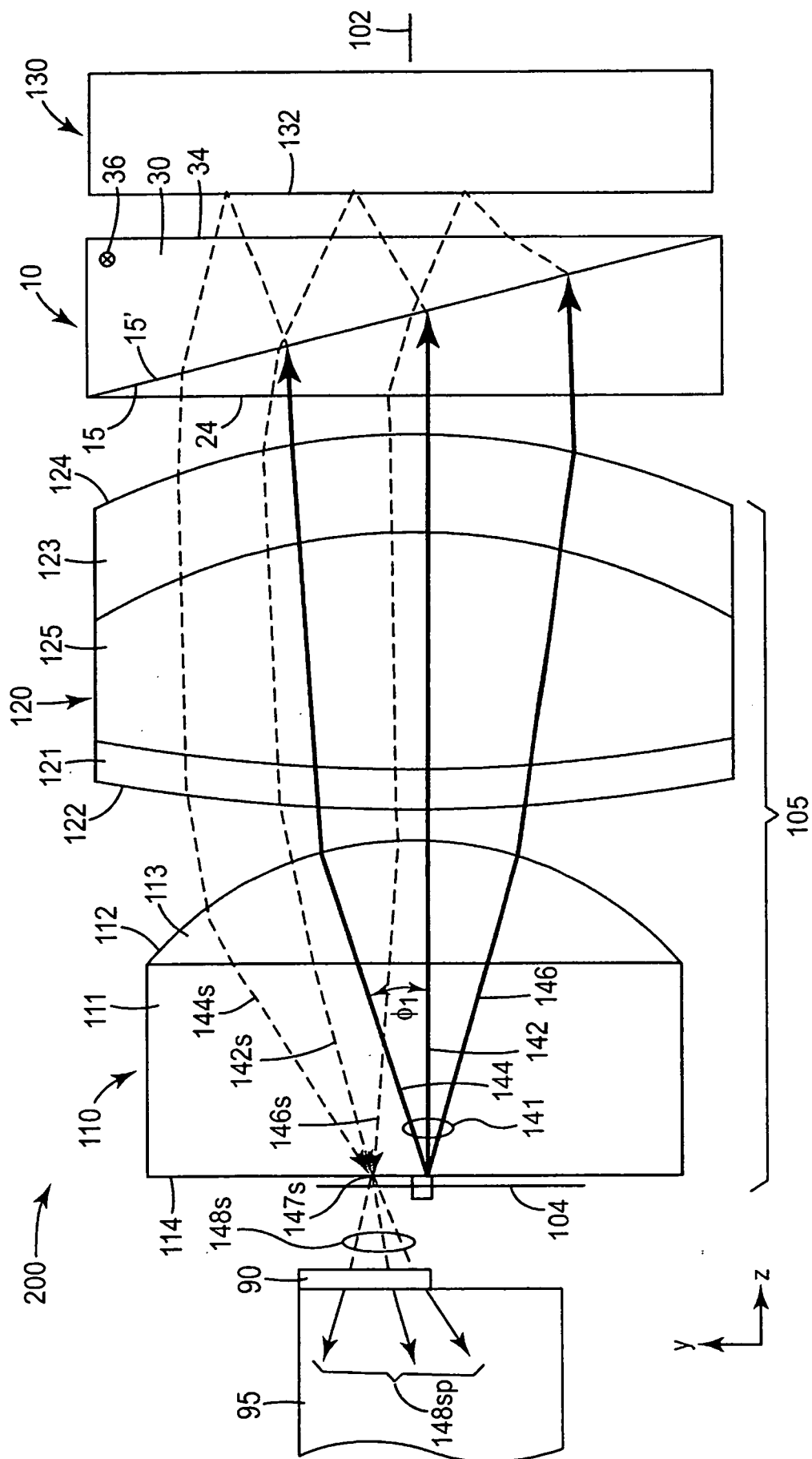


圖 4A

4B
圖

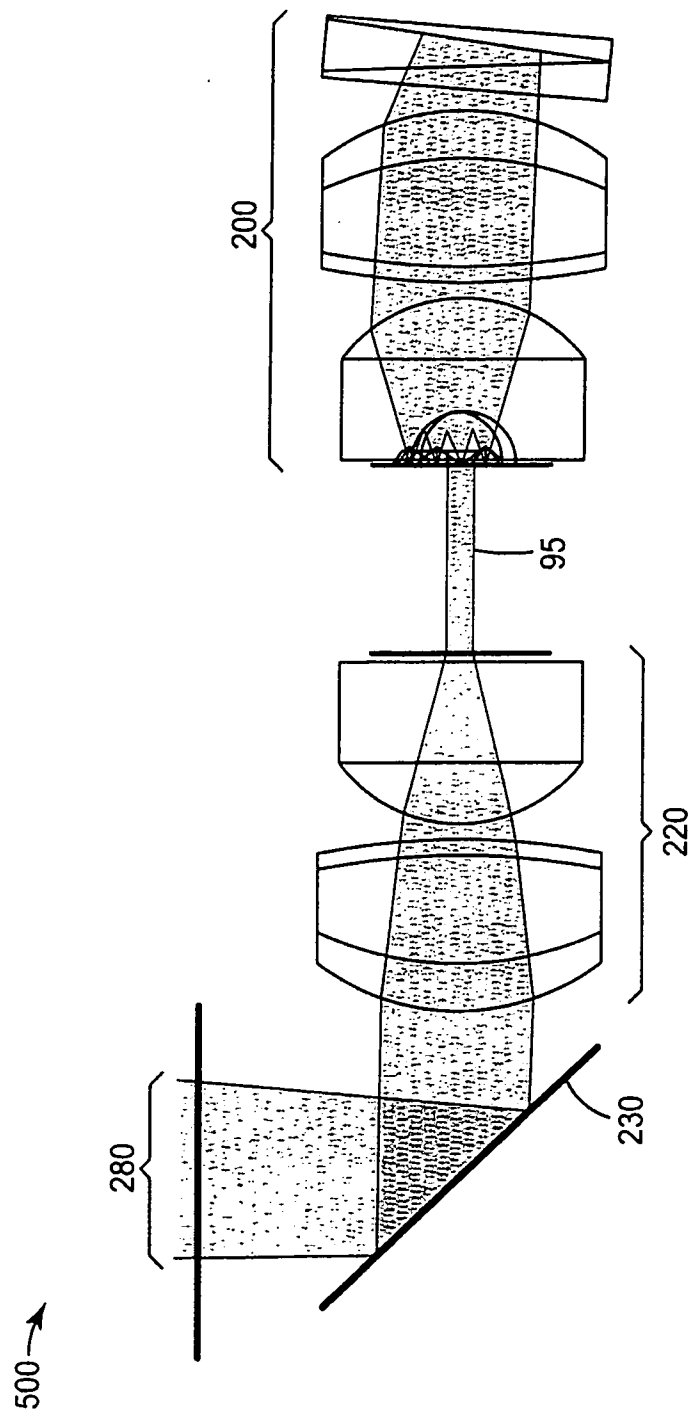


圖 5

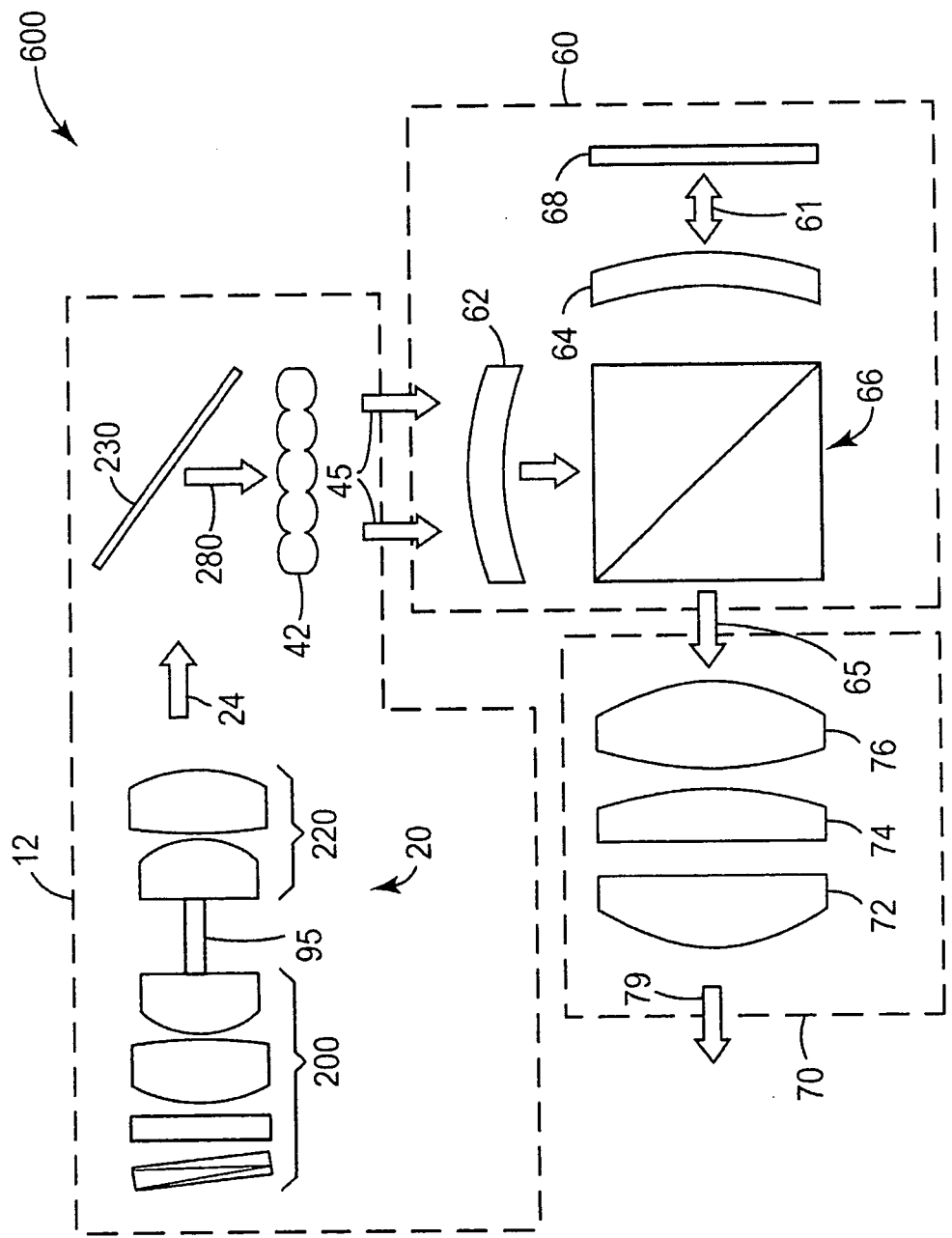


圖 6