I728175

(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 I728175 B**

**(45)公告日： 中華民國 110 (2021) 年 05 月 21 日**

(21)申請案號：106128477　(22)申請日： 中華民國 106 (2017) 年 08 月 22 日

(51)Int. Cl.：　*G02B27/01　(2006.01)*　*G02B5/18　(2006.01)*

(30)優先權：2016/08/22　美國　62/377,831

2017/01/18　美國　62/447,608

2017/01/23　美國　62/449,524

2017/05/23　美國　62/509,969

2017/06/14　美國　62/519,536

2017/06/19　美國　62/521,889

(71)申請人：美商魔法飛躍股份有限公司 (美國) MAGIC LEAP, INC.　(US)
美國

(72)發明人：巴爾嘉瓦　薩馬斯 BHARGAVA, SAMARTH (US)；特克斯特　羅伯D TEKOLSTE, ROBERT D. (US)；劉凱 LIU, VICTOR K. (US)；佩羅茲　克里斯多夫 PEROZ, CHRISTOPHE (FR)；聖西來　皮爾 ST. HILAIRE, PIERRE (US)；波利卡夫　葉夫根 POLIAKOV, EVGENI (US)；雪佛　傑森 SCHAEFER, JASON (US)；米利　毛羅 MELLI, MAURO (IT)；維斯特　梅蘭 WEST, MELANIE (US)；羅康 LUO, KANG (CN)；辛格　維克拉姆杰 SINGH, VIKRAMJIT (IN)；許　毅 XU, FRANK Y. (US)

(74)代理人：李世章；彭國洋

(56)參考文獻：

US　2014/0104665A1　　WO　2008/081070A1

審查人員：劉人維

申請專利範圍項數：18 項　　圖式數：128　　共 520 頁

(54)名稱

用於可穿戴顯示裝置的抖動方法及設備

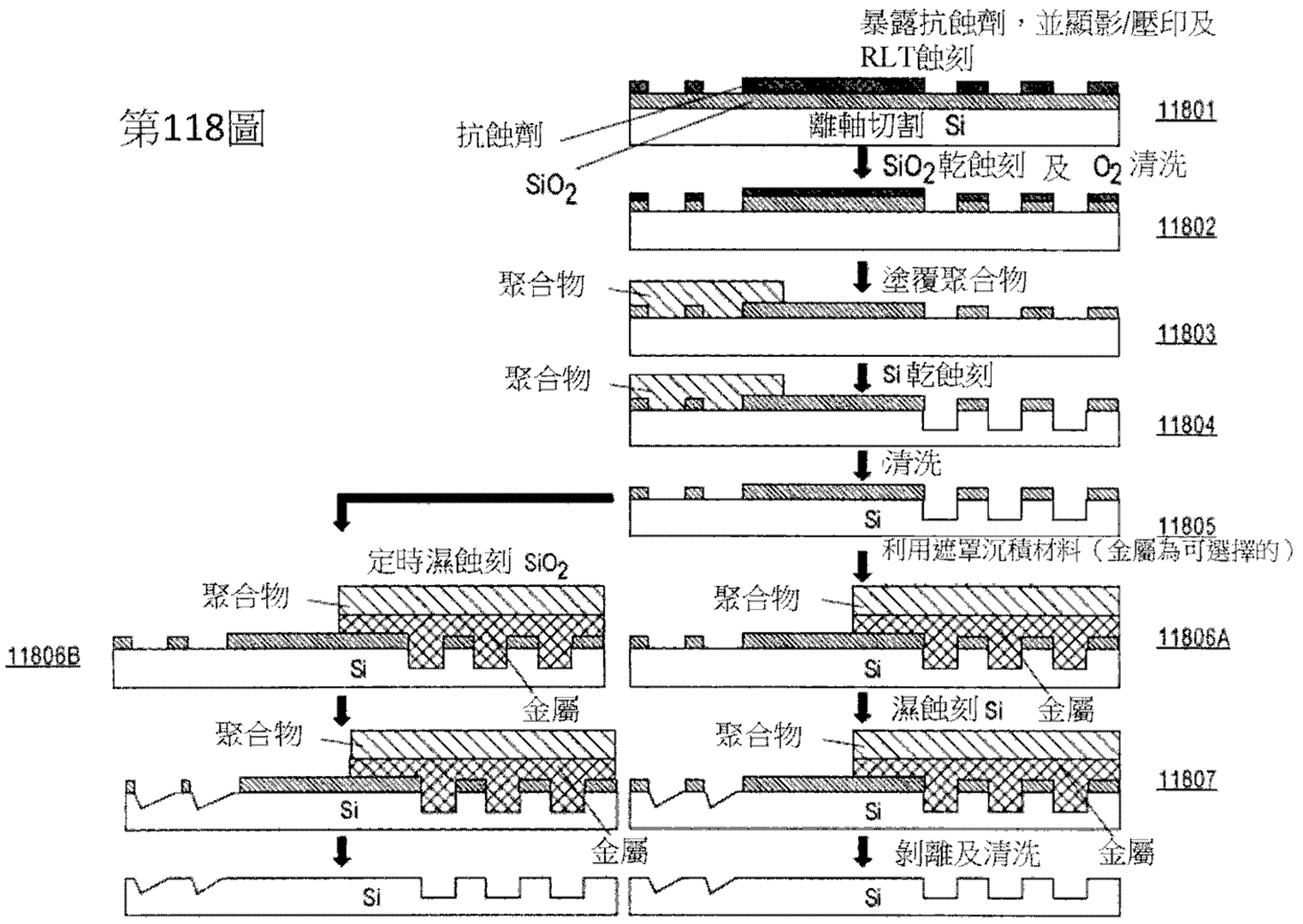
(57)摘要

一種裝置，該裝置包括輸入耦接光柵，輸入耦接光柵具有由第一組光柵參數特徵化的第一光柵結構。輸入耦接光柵經配置以接收來自光源的光。該裝置亦包括延伸光柵，延伸光柵具有由在至少二個維度上變化的第二組光柵參數特徵化的第二光柵結構。第二光柵結構經配置以從輸入耦接光柵接收光。該裝置進一步包括輸出耦接光柵，輸出耦接光柵具有由第三組光柵參數特徵化的第三光柵結構。輸出耦接光柵經配置以從延伸光柵接收光，並將光輸出到觀看者。

A device includes an input coupling grating having a first grating structure characterized by a first set of grating parameters. The input coupling grating is configured to receive light from a light source. The device also includes an expansion grating having a second grating structure characterized by a second set of grating parameters varying in at least two dimensions. The second grating structure is configured to receive light from the input coupling grating. The device further includes an output coupling grating having a third grating structure characterized by a third set of grating parameters. The output coupling grating is configured to receive light from the expansion grating and to output light to a viewer.

指定代表圖：

第118圖




符號簡單說明：

11801・・・步驟

11802・・・步驟

11803・・・步驟

11804・・・步驟

11805・・・步驟

11806A・・・步驟

11806B・・・步驟

11807・・・步驟

申請案號：106128477　公告本　申請日：2017年08月22日

I728175

# 【發明摘要】

【中文發明名稱】用於可穿戴顯示裝置的抖動方法及設備

【英文發明名稱】DITHERING METHODS AND APPARATUS FOR WEARABLE DISPLAY DEVICE

【中文】

一種裝置，該裝置包括輸入耦接光柵，輸入耦接光柵具有由第一組光柵參數特徵化的第一光柵結構。輸入耦接光柵經配置以接收來自光源的光。該裝置亦包括延伸光柵，延伸光柵具有由在至少二個維度上變化的第二組光柵參數特徵化的第二光柵結構。第二光柵結構經配置以從輸入耦接光柵接收光。該裝置進一步包括輸出耦接光柵，輸出耦接光柵具有由第三組光柵參數特徵化的第三光柵結構。輸出耦接光柵經配置以從延伸光柵接收光，並將光輸出到觀看者。

【英文】

A device includes an input coupling grating having a first grating structure characterized by a first set of grating parameters. The input coupling grating is configured to receive light from a light source. The device also includes an expansion grating having a second grating structure characterized by a second set of grating parameters varying in at least two dimensions. The second grating structure is configured to receive light from the input coupling grating. The device further includes an output coupling grating having a third grating structure characterized by a third set of grating parameters. The output coupling grating is configured to receive light from the expansion grating and to output light to a viewer.

申請案號：106128477　　申請日：2017年08月22日

【指定代表圖】第（ 118 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

11801　步驟

11802　步驟

11803　步驟

11804　步驟

11805　步驟

11806A　步驟

11806B　步驟

11807步驟

【特徵化學式】

無

# 【發明說明書】

【中文發明名稱】用於可穿戴顯示裝置的抖動方法及設備

【英文發明名稱】DITHERING METHODS AND APPARATUS FOR WEARABLE DISPLAY DEVICE

【技術領域】

【0001】 本申請案主張2016年8月22日提交的美國臨時專利申請案第62/377831號；2017年1月18日提交的美國臨時專利申請案第62/447,608號；2017年1月23日提交的美國臨時專利申請案第62/449,524號；2017年5月23日提交的美國臨時專利申請案第62/509,969號；2017年6月14日提交的美國臨時專利申請案第62/519,536號；以及2017年6月19日提交的美國臨時專利申請案第62/521,889號的優先權，其全部內容針對所有目的藉由引用併入本文。

【0002】 本揭示係關於虛擬實境與擴增實境的成像及視覺化系統。本揭示一般係關於與包括可穿戴顯示器的投影顯示系統相關的方法及系統。更特定言之，本揭示的實施例提供用於減少投影顯示系統中的光學偽影的方法及系統。本揭示適用於電腦視覺及圖像顯示系統中的各種應用。

【先前技術】

【0003】 現代計算及顯示技術促進用於所謂的「虛擬實境」或「擴增實境」的經驗的系統的發展，其中數位再現的圖像或其部分係以似乎是真實的或可能被認為是真實

的方式呈現給使用者。虛擬實境或「VR」場景通常涉及數位或虛擬圖像資訊的呈現，而對其他實際的真實視覺輸入並不具有透明度；擴增實境或「AR」場景通常涉及數位或虛擬圖像資訊的呈現，而作為對使用者周圍的實際世界的視覺化的擴增。

【0004】 儘管在此等顯示技術取得進展，該領域中存在改善關於擴增實境系統（更特定為顯示系統）的方法及系統的需要。

【發明內容】

【0005】 根據一些實施例，光學裝置包括：框架，定義一對眼睛開口並包括一對臂，該對臂經配置以延伸於光學裝置的使用者的耳朵上；溫度監測系統，經配置以監測框架內的熱分配；顯示組件，經配置以向光學裝置的使用者顯示內容；以及處理器，經配置以從溫度監視系統接收溫度資料，並依據框架內的熱分配的變化來調整顯示組件的輸出。

【0006】 根據一些實施例，光學裝置包括：框架組件，框架組件包括一對臂，該對臂經配置以延伸於光學裝置的使用者的耳朵上，且框架組件定義第一眼開口與第二眼開口；第一與第二投影器，耦接至框架組件；繞射光學裝置，經配置以接收由第一與第二投影器發射的光，並將光定向朝向使用者的眼睛；以及處理器，經配置以根據光學裝置的熱分佈來平移由第一與第二投影器所投影的內容。

【0007】 根據一些實施例，光學裝置包括：框架組件，包括藉由前帶連接在一起的一對臂以及熱分配系統，該對臂經配置以接觸光學裝置的使用者的耳朵，熱分配系統用於將由光學裝置產生的熱引導到光學裝置的散熱區域；電子裝置，藉由熱分配系統與框架組件熱接觸，熱分配系統經配置以將由複數個電子裝置發射的熱分配到該對臂與前帶；顯示組件；以及處理器，經配置以根據複數個電子裝置的溫度改變來調整顯示組件的操作。

【0008】 根據本發明的實施例，提供一種假影減輕系統。假影減輕系統包括投影器組件、與投影器組件光學耦接的一組成像光學裝置，以及與該組成像光學裝置光學耦接的接目鏡。接目鏡包括耦入界面（incoupling interface）。假影減輕系統亦包括設置在該組成像光學裝置與接目鏡之間的假影預防元件。假影預防元件包括線性偏光器、與線性偏光器相鄰設置的第一四分之一波片，以及與第一四分之一波片相鄰設置的顏色選擇部件。

【0009】 根據本發明的另一實施例，提供一種假影減輕系統。假影減輕系統包括投影器組件、與投影器組件光學耦接的一組成像光學裝置，以及與該組成像光學裝置光學耦接的接目鏡。接目鏡包括具有第一組耦入繞射元件與第二組耦入繞射元件的耦入區域。假影減輕系統進一步包括設置在該組成像光學裝置與接目鏡之間的一組濾色器。該組濾色器包括與第一組耦入繞射元件相鄰設置的第一濾波器以及與第二組耦入繞射元件相鄰設置的第二濾波器。

【0010】 根據本發明的具體實施例，提供一種投影器組件。投影器組件包括偏光光束分離器（PBS）、與PBS相鄰設置的一組空間位移光源，以及與PBS相鄰設置的準直器。該組空間位移光源可以包括一組具有不同顏色的三個LED。在一些實施例中，該組空間位移光源相鄰於PBS的第一側。準直器可以相鄰於PBS的第二側，而PBS的第二側相鄰於第一側。

【0011】 投影器組件亦包括與PBS相鄰設置的顯示面板（例如，LCOS面板）、與PBS相鄰設置的圓形偏光器，以及與PBS相鄰設置的一組成像光學裝置。圓形偏光器可以設置於PBS與該組成像光學裝置之間。顯示面板可以與PBS的第三側相鄰設置，其中第三側係與第一側相鄰，並與第二側相對。此外，該組成像光學元件可以與PBS的第四側相鄰設置，其中第四側係與第一側相對。

【0012】 在一個實施例中，該組成像光學裝置在耦入界面處形成顯示面板的圖像。在此實施例中，投影器組件包括位於耦入界面處的接目鏡。該組空間位移光源中的每一光源可以在耦入界面的單獨部分處成像。接目鏡可以包括複數個波導層。

【0013】 本發明的一些實施例提供使用在接目鏡中層疊在一起的一或更多個波導將圖像投影到使用者的眼睛的方法及系統。波導可以包括設置在波導的一或更多個表面內或其上的一個或多個光柵及/或繞射元件。

【0014】 在一些實施例中，提供一種用於觀看投影圖像的波導。波導可以包括用於導引光的基板。波導亦可包括耦入繞射元件，耦入繞射元件係設置在基板內或基板上，並經配置以將與投影圖像相關的耦入光繞射到基板中。波導可以進一步包括第一光柵，第一光柵係設置在基板內或基板上，並經配置以操縱來自耦入繞射元件的繞射耦入光，以放大投影圖像，並將放大的投影圖像引導到第二光柵。在一些實施例中，波導包括第二光柵，第二光柵設置在基板內或基板上，並經配置以將所操縱的繞射耦入光從波導耦出（outcouple）。在一些實施例中，第一光柵與第二光柵佔據波導的相同區域。

【0015】 在一些實施例中，第一光柵與第二光柵係設置在基板的同一側上或基板的同一側內，而使得第一光柵與第二光柵彼此疊加。在一些實施例中，第一光柵與第二光柵係設置在基板的不同側上或基板的不同側內。在一些實施例中，波導可以進一步包括第三光柵，第三光柵係設置在基板內或基板上，並經配置以操縱來自耦入繞射元件的繞射耦入光，以放大投影圖像，並將放大的投影圖像引導到第二光柵。在一些實施例中，第一光柵經配置以在第一方向上將放大的投影圖像引導到第二光柵。在一些實施例中，第三光柵經配置以在第二方向上將放大的投影圖像引導到第二光柵，第二方向係與第一方向相反。在一些實施例中，第一光柵、第二光柵及第三光柵係設置在基板的同一側上或基板的同一側內，而使得第一光柵、第二光柵及

第三光柵彼此疊加。在一些實施例中，第一光柵與第三光柵係設置在基板的同一側上或基板的同一側內，而使得第一光柵與第三光柵彼此疊加。在一些實施例中，第二光柵係設置在基板的相反側上或基板的相反側內。

【0016】 在一些實施例中，提供一種用於觀看投影圖像的接目鏡。接目鏡可以包括以層疊佈置耦接在一起的複數個波導。在一些實施例中，複數個波導的每一波導包括基板、耦入繞射元件、第一光柵及第二光柵。

【0017】 在一些實施例中，提供一種用於觀看投影圖像的波導。波導可以包括用於導引光的基板。波導亦可包括耦入繞射元件，耦入繞射元件係設置在基板內或基板上，並經配置以在至少第一方向與第二方向上將與投影圖像相關的耦入光繞射到基板中。波導可以進一步包括第一光柵，第一光柵係設置在基板內或基板上，並經配置以操縱第一方向上的繞射耦入光，以放大投影圖像，並將第一放大的投影圖像引導到第三光柵。在一些實施例中，波導包括第二光柵，第二光柵係設置在基板內或基板上，並經配置以操縱第二方向上的繞射耦入光，以放大投影圖像，並將第二放大的投影圖像引導到第三光柵。在一些實施例中，第三光柵係設置在基板內或基板上，並經配置以將第一放大的投影圖像的至少一部分從波導耦出，並將第二放大的投影圖像的至少一部分從波導耦出。

【0018】 在一些實施例中，耦入繞射元件經配置以在第三方向上將與投影圖像相關的耦入光繞射到基板中。在一

些實施例中，第三光柵經配置以在第三方向上將繞射耦入光的至少一部分從波導耦出。在一些實施例中，第一方向實質上與第二方向相反。在一些實施例中，第三方向實質上與第一方向及第二方向正交。在一些實施例中，耦入繞射元件包含彼此正交的二個疊加的繞射光柵。在一些實施例中，第一方向係與第二方向形成120度角。在一些實施例中，第三方向係與第一方向及第二方向中之每一者形成60度角。在一些實施例中，耦入繞射元件包含佈置於六邊形柵格中的複數個島狀物。在一些實施例中，複數個波導可以利用分層佈置耦接在一起。

【0019】 一些實施例包括利用分層佈置耦接在一起的複數個波導，其中複數個波導中的每一波導包括用於導引光的基板、耦入繞射元件、第一光柵及第二光柵，耦入繞射元件係設置在基板內或基板上，並經配置以將與投影圖像相關的耦入光繞射到基板中，第一光柵係設置在基板內或基板上，並經配置以操縱來自耦入繞射元件的繞射耦入光，以將投影圖像放大，並將放大的投影圖像引導到第二光柵，第二光柵係設置在基板內或基板上，並經配置以將所操縱的繞射耦入光從波導耦出。

【0020】 根據本發明的實施例，提供一種用於將圖像投影到觀看者的眼睛的接目鏡。接目鏡包括具有前表面與後表面的平面波導，平面波導經配置以傳播第一波長範圍的光。接目鏡亦包括耦接到波導的後表面的光柵，光柵經配置以將在波導中傳播的光的第一部分朝向第一方向繞射

離開波導的平面，並將在波導中傳播的光的第二部分朝向與第一方向相反的第二方向繞射離開波導的平面。接目鏡進一步包括耦接到波導的前表面的波長選擇反射器，波長選擇反射器經配置以反射第一波長範圍內的光，並透射第一波長範圍之外的光，而使得波長選擇反射器將光的第二部分的至少一部分反射而朝向第一方向返回。

【0021】 根據本發明的另一實施例，提供一種用於將圖像投影到觀看者的眼睛的接目鏡。接目鏡包括具有第一前表面與第一後表面的第一平面波導以及實質上平行於第一平面波導並設置於第一平面波導前方的第二平面波導。第一平面波導經配置以傳播在第一波長範圍內的第一光。第二平面波導具有第二前表面與第二後表面，並經配置以傳播在第二波長範圍內的第二光。接目鏡亦包括實質上平行於第二平面波導並設置於第二平面波導前方的第三平面波導。第三平面波導具有第三前表面與第三後表面，並經配置以傳播在第三波長範圍內的第三光。接目鏡進一步包括耦接到第一平面波導的第一後表面的第一光柵，第一光柵經配置以將在第一平面波導中傳播的第一光的第一部分朝向第一方向繞射離開第一平面波導的平面，並將第一光的第二部分朝向與第一方向相反的第二方向繞射離開第一平面波導的平面。接目鏡附加地包括耦接到第二平面波導的第二後表面的第二光柵，第二光柵經配置以將在第二平面波導中傳播的第二光的第一部分朝向第一方向繞射離開第二平面波導的平面，並將第二光的第

二部分朝向第二方向繞射離開第二平面波導的平面。接目鏡亦包括耦接到第三平面波導的第三後表面的第三光柵，第三光柵經配置以將在第三平面波導中傳播的第三光的第一部分朝向第一方向繞射離開第三平面波導的平面，並將第三光的第二部分朝向第二方向繞射離開第三平面波導的平面。

【0022】 接目鏡包括耦接到第一平面波導的第一前表面的第一波長選擇反射器，第一波長選擇反射器經配置以反射第一波長範圍內的光，並透射第一波長範圍之外的光，而使得第一波長選擇反射器將第一光的第二部分的至少一部分反射而朝向第一方向返回。接目鏡亦包括耦接到第二平面波導的第二前表面的第二波長選擇反射器，第二波長選擇反射器經配置以反射第二波長範圍內的光，並透射第二波長範圍之外的光，而使得第二波長選擇反射器將第二光的第二部分的至少一部分反射而朝向第一方向返回。接目鏡進一步包括耦接到第三平面波導的第三前表面的第三波長選擇反射器，第三波長選擇反射器經配置以反射第三波長範圍內的光，並透射第三波長範圍之外的光，而使得第三波長選擇反射器將第三光的第二部分的至少一部分反射而朝向第一方向返回。

【0023】 根據本發明的具體實施例，提供一種用於將圖像投影到觀看者的眼睛的接目鏡。接目鏡包括第一平面波導，第一平面波導具有第一前表面與第一後表面，並經配置以傳播在第一波長範圍內的第一光。接目鏡亦包括實質

上平行於第一平面波導並設置於第一平面波導前方的第二平面波導。第二平面波導具有第二前表面與第二後表面，並經配置以傳播在第二波長範圍內的第二光。接目鏡進一步包括實質上平行於第二平面波導並設置於第二平面波導前方的第三平面波導。第三平面波導具有第三前表面與第三後表面，並經配置以傳播在第三波長範圍內的第三光。

【0024】 附加地，接目鏡包括耦接到第一平面波導的第一前表面的第一光柵，第一光柵經配置以將在第一平面波導中傳播的第一光的第一部分朝向第一方向繞射離開第一平面波導的平面，並將第一光的第二部分朝向與第一方向相反的第二方向繞射離開第一平面波導的平面。接目鏡亦包括耦接到第二平面波導的第二前表面的第二光柵，第二光柵經配置以將在第二平面波導中傳播的第二光的第一部分朝向第一方向繞射離開第二平面波導的平面，並將第二光的第二部分朝向第二方向繞射離開第二平面波導的平面。接目鏡進一步包括耦接到第三波導的第三前表面的第三光柵，第三光柵經配置以將在第三平面波導中傳播的第三光的第一部分朝向第一方向繞射離開第三平面波導的平面，並將第三光的第二部分朝向第二方向繞射離開第三平面波導的平面。

【0025】 此外，接目鏡包括耦接到第二平面波導的第二後表面的第一波長選擇反射器，第一波長選擇反射器經配置以反射第一波長範圍內的光，並透射第一波長範圍之外

的光，而使得第一波長選擇反射器將第一光的第二部分的至少一部分反射而朝向第一方向返回。接目鏡亦包括耦接到第三平面波導的第三後表面的第二波長選擇反射器，第二波長選擇反射器經配置以反射第二波長範圍內的光，並透射第二波長範圍之外的光，而使得第二波長選擇反射器將第二光的第二部分的至少一部分反射而朝向第一方向返回。接目鏡進一步包括實質上平行於第三平面波導並設置於第三平面波導前方的前蓋板以及耦接到前蓋板的表面的第三波長選擇反射器。第三平面波導經配置以反射第三波長範圍內的光，並透射第三波長範圍之外的光，而使得第三波長選擇反射器將第三光的第二部分的至少一部分反射而朝向第一方向返回。

【0026】 本揭示的一些實施例提供用於改善投影顯示系統中的品質及一致性的方法及系統。

【0027】 根據一些實施例，提供一種製造具有二元光柵結構與閃耀光柵結構的組合的波導的方法。該方法包含以下步驟：離軸切割基板。該方法進一步包含以下步驟：在基板上沉積第一層。該方法進一步包含以下步驟：在第一層上沉積抗蝕層，其中抗蝕層包括圖案。該方法進一步包含以下步驟：使用抗蝕層作為遮罩而蝕刻圖案中的第一層，其中圖案包括第一區域與第二區域。該方法進一步包含以下步驟：移除抗蝕層。該方法進一步包含以下步驟：在圖案的第一區域中塗覆第一聚合物層。該方法進一步包含以下步驟：在圖案的第二區域中蝕刻基板，以在第二區

域中的基板中建立二元光柵結構。該方法進一步包含以下步驟：移除第一聚合物層。該方法進一步包含以下步驟：在圖案的第二區域中塗覆第二聚合物層。該方法進一步包含以下步驟：在圖案的第一區域中蝕刻基板，以在第一區域中的基板中建立閃耀光柵結構。該方法進一步包含以下步驟：移除第二聚合物層。該方法進一步包含以下步驟：從基板移除第一層。

【0028】 根據一些實施例，提供一種製造具有多級二元光柵結構的波導的方法。該方法包含以下步驟：在第一基板上塗覆第一蝕刻停止層。該方法進一步包含以下步驟：在第一蝕刻停止層上增加第二基板。該方法進一步包含以下步驟：在第二基板上沉積第一抗蝕層，其中第一抗蝕層包括至少一個第一開口。該方法進一步包含以下步驟：在至少一個第一開口中的第二基板上沉積第二蝕刻停止層。該方法進一步包含以下步驟：從第二基板移除第一抗蝕層。該方法進一步包含以下步驟：在第二基板與第二蝕刻停止層上增加第三基板。該方法進一步包含以下步驟：在第三基板上沉積第二抗蝕層，其中第二抗蝕層包括至少一個第二開口。該方法進一步包含以下步驟：在至少一個第二開口中的第三基板上沉積第三蝕刻停止層。該方法進一步包含以下步驟：從第三基板移除第二抗蝕層。該方法進一步包含以下步驟：蝕刻第二基板與第三基板，以將第一基板、第一蝕刻停止層、第二蝕刻停止層及第二基板留在至少一個第一開口中，並將第三蝕刻停止層與第三基板

留在至少一個第二開口中。該方法進一步包含以下步驟：蝕刻第一蝕刻停止層的暴露部分、第二蝕刻停止層的暴露部分及第三蝕刻停止層，以形成多級二元光柵。

【0029】 根據一些實施例，提供一種製造具有閃耀光柵結構的波導的方法。該方法包含以下步驟：離軸切割基板。該方法進一步包含以下步驟：在基板上沉積抗蝕層，其中抗蝕層包括圖案。該方法進一步包含以下步驟：使用抗蝕層作為遮罩而蝕刻圖案中的基板，以在基板中建立閃耀光柵結構。該方法進一步包含以下步驟：從基板移除抗蝕層。

【0030】 根據一些實施例，提供一種藉由接目鏡層操縱光的方法。該方法包含以下步驟：在具有由第一組光柵參數特徵化的第一光柵結構的輸入耦接光柵處接收來自光源的光。該方法進一步包含以下步驟：在具有由第二組光柵參數特徵化的第二光柵結構的延伸光柵處接收來自輸入耦接光柵的光。該方法進一步包含以下步驟：在具有由第三組光柵參數特徵化的第三光柵結構的輸出耦接光柵處接收來自延伸光柵的光。第一光柵結構、第二光柵結構或第三光柵結構中之至少一者具有漸變的工作循環。

【0031】 本發明的一些實施例提供用於抖動可穿戴顯示裝置的接目鏡層的方法及系統。

【0032】 根據一些實施例，提供一種裝置。該裝置包含輸入耦接光柵，輸入耦接光柵具有由第一組光柵參數特徵化的第一光柵結構。輸入耦接光柵經配置以接收來自光源

的光。該裝置進一步包含延伸光柵，延伸光柵具有由在至少二個維度上變化的第二組光柵參數特徵化的第二光柵結構。第二光柵結構經配置以從輸入耦接光柵接收光。該裝置進一步包含輸出耦接光柵，輸出耦接光柵具有由第三組光柵參數特徵化的第三光柵結構。輸出耦接光柵經配置以從延伸光柵接收光，並將光輸出到觀看者。

【0033】 根據一些實施例，提供一種光學結構。光學結構包含至少部分地位於由第一維度與第二維度定義的平面中的波導層。光學結構進一步包含繞射元件，繞射元件耦接到波導層，並可操作以在平面中繞射光。繞射元件係由至少在第一維度與第二維度上變化的一組繞射參數特徵化。

【0034】 藉由本揭示實現相對於習知技術的許多益處。舉例而言，本發明的實施例提供改善擴增實境顯示系統的可靠性與效能的方法及系統。描述高效熱擴散及散熱裝置，以分配及驅散由於可穿戴裝置的操作而產生的熱。描述用於適應可穿戴裝置的顯示系統的輸出的方法及系統，以解決由於不均勻的熱分配或熱負載的快速增加而導致的光學感測器、投影器及可穿戴顯示光學裝置的相對定位的改變。

【0035】 本揭示的其他實施例提供減少或消除假影(包括投影顯示系統的疊影)的方法及系統。此外，本揭示的實施例減少眼睛疲勞，減少由於雜散光引起的假影，並改

善顯示圖像或視訊的解析度、ANSI對比度及一般訊噪比。

【0036】 舉例而言，本發明的實施例提供藉由減少接目鏡的尺寸及/或增加使用者的視野或是改善遞送給使用者的光的光特性（例如亮度）來改善用於擴增實境應用的接目鏡的可擴展性的方法及系統。當使用者穿戴特定系統時，較小的接目鏡尺寸通常對使用者的舒適度相當重要。由於接目鏡內的光射出點的寬範圍及密度，本發明的實施例亦讓高品質的圖像能夠投影到使用者的眼睛。

【0037】 本揭示的其他實施例提供用於在接目鏡層上提供光柵以改善投影顯示系統中的光通過的方法及系統。此外，本揭示的一些實施例可以增加投影到觀看者的輸出圖像的光強度的一致性。在一些實施例中，可以平衡一致性，而導致改善的可製造性及設計靈活性。本發明的此等及其他實施例以及許多優點及特徵係在下文並結合隨附圖式更詳細地描述。

【0038】 本發明的其他實施例提供改善光照度的一致性、強度的一致性、繞射效率及/或輸出光的亮度的方法及系統，同時減少圖像假影、波干涉及/或反射。

【0039】 本發明的此等及其他實施例以及許多優點及特徵係在下文並結合隨附圖式更詳細地描述。

【圖式簡單說明】

【0040】 第1圖係為圖示根據本文描述的實施例的透過可穿戴AR裝置觀看的擴增實境（AR）場景的圖。

【0041】 第2A圖圖示立體三維（3D）顯示器。

【0042】 第2B圖圖示可變深度平面的調視距離。

【0043】 第3A圖圖示在給定深度平面處的調視聚散度焦點。

【0044】 第3B圖圖示相對於給定深度平面的調視聚散度不匹配。

【0045】 第4圖圖示超過給定深度平面上的二個物件之間的比較性的調視聚散度不匹配。

【0046】 第5圖圖示根據一些實施例的深度平面選擇與調視聚散度不匹配的效應。

【0047】 第6A圖至第6B圖圖示根據一些實施例的給定特定深度平面內的二個物件之間的比較性的調視聚散度不匹配。

【0048】 第7A圖至第7B圖圖示根據一些實施例的通過波導到使用者的眼睛的光投影的橫截面視圖。

【0049】 第8圖圖示根據一些實施例的由波導中的繞射光學元件（DOE）投影到使用者的眼睛的光場。

【0050】 第9圖圖示根據一些實施例的藉由在波導中的複數個DOE投影到使用者的眼睛的寬光場。

【0051】 第10圖圖示根據一些實施例的藉由波導內的DOE而耦出到使用者的眼睛的聚焦的光圖案。

【0052】 第11圖圖示根據一些實施例的入射到使用者的眼睛的複數個次瞳孔的小光束。

【0053】 第12圖圖示根據一些實施例的通過次瞳孔將一些準直小光束聚焦而讓聚集的小光束像是較大直徑的單一光束。

【0054】 第13圖圖示根據一些實施例的波導的堆疊，波導的堆疊將光耦出到使用者的眼睛，同時亦允許環境光通過堆疊滲入到使用者的眼睛。

【0055】 第14圖圖示根據一些實施例的耦入DOE、正交DOE以及射出DOE，經配置以將入射光重新導引進入、通過及離開複數個波導。

【0056】 第15圖圖示根據一些實施例的可穿戴擴增實境顯示系統。

【0057】 第16A圖圖示根據一些實施例的與真實世界環境互動的擴增實境顯示系統的使用者的互動。

【0058】 第16B圖圖示根據一些實施例的觀看光學組件的部件。

【0059】 第17圖圖示根據一些實施例的具有某些部件的頭戴式顯示器的分解視圖。

【0060】 第18圖圖示根據一些實施例的觀看光學組件的分解視圖。

【0061】 第19圖圖示根據一些實施例的環境相機組件。

【0062】 第20圖示意性圖示根據本文描述的實施例的可用於呈現數位或虛擬圖像給觀看者的觀看光學組件（VOA）的光路徑。

【0063】 第21圖圖示根據本發明的實施例的接目鏡的實例。

【0064】 第22圖圖示根據本發明的實施例的用於接目鏡的波導層的實例。

【0065】 第23圖圖示根據本發明的實施例的耦入到接目鏡的波導的光的單一小光束的路徑的實例。

【0066】 第24圖圖示根據本發明的實施例的用於波導的上/下拓撲的實例。

【0067】 第25圖圖示根據本發明的實施例的用於波導的重疊拓撲的實例。

【0068】 第26圖圖示根據本發明的實施例的用於波導的直線拓撲的實例。

【0069】 第27圖圖示根據本發明的實施例的具有不同的繞射效率的區域的OPE的實例。

【0070】 第28圖圖示根據本發明的實施例的用於波導的尖端及夾狀拓撲的實例。

【0071】 第29圖圖示根據本發明的實施例的用於波導的蝶形拓撲的實例。

【0072】 第30A圖圖示根據本發明的實施例的用於波導的蝶形拓撲的實例。

【0073】 第30B圖圖示根據本發明的實施例的用於波導的繞射光學特徵的各種放大視圖。

【0074】 第30C圖圖示根據本發明的實施例的用於波導的OPE區域的光學操作。

【0075】 第31A圖圖示根據本發明的實施例的包括具有二個疊加的繞射光柵的輸入耦接器區域的波導的實例。

【0076】 第31B圖圖示根據本發明的實施例的二個疊加的繞射光柵所組成的輸入耦接器區域的實例的透視圖。

【0077】 第32A圖圖示根據本發明的實施例的具有密集形狀因子的波導的實例。

【0078】 第32B圖圖示根據本發明的實施例的波導的輸入耦接器區域的繞射光學特徵的實例。

【0079】 第32C圖圖示根據本發明的實施例的波導的OPE區域的繞射光學特徵的實例。

【0080】 第33A圖圖示根據本發明的實施例的具有單側配置的組合OPE/EPE區域的波導的實例。

【0081】 第33B圖圖示根據本發明的實施例的藉由SEM拍攝的單側配置的組合OPE/EPE區域的實例。

【0082】 第33C圖圖示根據本發明的實施例的波導內的光路徑的實例。

【0083】 第33D圖圖示根據本發明的實施例的波導內的光路徑的實例的側視圖。

【0084】 第34A圖圖示根據本發明的實施例的具有兩側配置的組合OPE/EPE區域的波導的實例。

【0085】 第34B圖圖示根據本發明的實施例的波導與光路徑的側視圖。

【0086】 第35A圖至第35J圖圖示根據本發明的實施例的用於接目鏡的實施方案的波導的各種設計。

【0087】 第36A圖係為圖示根據本發明的實施例的具有週期性變化折射率的繞射元件的簡化平面圖。

【0088】 第36B圖係為圖示根據本發明的實施例的具有折射率的分散式變化的繞射元件的簡化平面圖。

【0089】 第36C圖係為圖示根據本發明的實施例的具有變化折射率的一組繞射元件的簡化平面圖。

【0090】 第36D圖係為圖示根據本發明的實施例的具有不同的一致折射率的一組繞射元件的簡化平面圖。

【0091】 第36E圖係為圖示根據本發明的實施例的製造具有變化折射率的繞射元件的方法的簡化流程圖。

【0092】 第36F圖係為圖示根據本發明的實施例的抵接平面基板的變化折射率的膜的圖像。

【0093】 第36G圖係為圖示根據本發明的實施例的抵接繞射基板的變化折射率的膜的圖像。

【0094】 第36H圖係為圖示根據本發明的實施例的第一繞射元件中的變化折射率的膜的圖像。

【0095】 第36I圖係為圖示根據本發明的實施例的第二繞射元件中的變化折射率的膜的圖像。

【0096】 第36J圖係為圖示根據本發明的實施例的製造具有變化折射率的繞射元件的方法的簡化流程圖。

【0097】 第36K圖係為圖示根據本發明的實施例的用於繞射元件的可變折射率結構的簡化側視圖。

【0098】 第36L圖係為圖示根據本發明的實施例的用於繞射元件的多層可變折射率結構的簡化側視圖。

【0099】 第37圖係為根據本發明的一些實施例的使用基板上的繞射結構的示例性光學系統的示意圖。

【0100】 第38圖圖示根據本發明的一些實施例的針對波導的不同視野與不同厚度表現波干涉的電場強度的照片。

【0101】 第39A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的未抖動OPE以及其輸出圖像的簡化圖。

【0102】 第39B圖係為圖示根據本發明的一些實施例的正弦抖動OPE以及其輸出圖像的簡化圖。

【0103】 第39C圖係為圖示根據本發明的一些實施例的最佳化2D抖動OPE以及其輸出圖像的簡化圖。

【0104】 第39D圖圖示根據本發明的一些實施例的比較具有許多假影的圖像與較少假影的圖像的照片。

【0105】 第40A圖圖示根據本發明的一些實施例的將連續的相位變化圖案增加到繞射結構的實例。

【0106】 第40B圖圖示根據本發明一些實施例的來自具有包含以及不包含相位變化的繞射結構的光學系統的輸出圖像。

【0107】 第40C圖圖示根據本發明的一些實施例的將離散相位變化圖案增加到繞射結構的實例。

【0108】 第41A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的用於光柵的不同的緩慢變化的抖動圖案的簡化圖。

【0109】 第41B圖至第41C圖圖示根據本發明的一些實施例的可以在繞射結構中實現的離散相位變化圖案的不同類型。

【0110】 第42A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的用於光柵的附加抖動變化圖案的簡化圖。

【0111】 第42B圖圖示根據本發明的一些實施例的一種製造具有變化的光柵高度的繞射光柵的示例性方法，以實現在繞射光柵中的相位擾動。

【0112】 第42C圖係為根據本發明的一些實施例的製作具有相位變化圖案的繞射結構的示例性方法的流程圖。

【0113】 第42D圖係為根據本發明的一些實施例的藉由抖動的接目鏡層操縱光的示例性方法的流程圖。

【0114】 第43圖係為根據本發明的一些實施例的在包括波導中的繞射結構的示例性裝置中所繞射的光的示意圖。

【0115】 第44A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的通過光束倍增器的光路徑的簡化圖。

【0116】 第44B圖係為圖示根據本發明的一些實施例的操縱波干涉的通過光束倍增器的光路徑的簡化圖。

【0117】 第45A圖至第45B圖係為根據本發明的一些實施例的比較通過光柵結構的抖動的光路徑的簡化圖。

【0118】 第46圖係為圖示根據本發明的一些實施例的近眼式顯示裝置中的觀看光學系統的方塊圖。

【0119】 第47A圖係為根據本發明的一些實施例的波導顯示器的方塊圖。

【0120】 第47B圖係為根據本發明的一些實施例的使用波導顯示器而產生的輸出圖像。

【0121】 第48A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的進入波導顯示器的多個輸入的方塊圖。

【0122】 第48B圖係為根據本發明的一些實施例的來自具有多個輸入的波導顯示器的輸出圖像。

【0123】 第48C圖係為圖示根據本發明的一些實施例的使用多個輸入光束的波導顯示器產生多個非相關圖像的方法的簡化流程圖。

【0124】 第49A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的利用繞射光束分離器進入波導顯示器的單一輸入的方塊圖。

【0125】 第49B圖係為圖示根據本發明的一些實施例的使用繞射光束分離器在波導顯示器中產生多個非相關圖像的方法的簡化流程圖。

【0126】 第50A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的利用多個繞射光束分離器進入波導顯示器的單一輸入的方塊圖。

【0127】 第50B圖係為圖示根據本發明的一些實施例的使用多個繞射光束分離器在波導顯示器中產生多個非相關圖像的方法的簡化流程圖。

【0128】 第51A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的遠心投影器系統的方塊圖。

【0129】 第51B圖係為圖示根據本發明的一些實施例的非遠心投影器系統的方塊圖。

【0130】 第52圖係為圖示根據本發明的一些實施例的近眼式顯示裝置中的抑制來自遠心投影器的反射的系統的方塊圖。

【0131】 第53A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的繞射光學元件上的正方形晶格光柵結構的方塊圖。

【0132】 第53B圖係為圖示根據本發明的一些實施例的繞射光學元件上的圓形輪狀元件光柵結構的照片。

【0133】 第54A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的繞射光學元件的二元光柵脊的頂視圖。

【0134】 第54B圖係為圖示根據本發明的一些實施例的繞射光學元件的交叉切割的二元光柵脊的頂視圖。

【0135】 第55圖係為圖示根據本發明的一些實施例的繞射光學元件的交叉切割的偏置光柵脊的頂視圖。

【0136】 第56圖係為圖示根據本發明的一些實施例的繞射光學元件上的三角形元件光柵結構的照片。

【0137】 第57圖係為圖示根據本發明的一些實施例的繞射光學元件上的橢圓形元件光柵結構的照片。

【0138】 第58圖係為圖示根據本發明的一些實施例的在近眼式顯示裝置中抑制來自遠心投影器的反射的方法的簡化流程圖。

【0139】 第59A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的藉由恆定繞射效率特徵化的繞射結構的平面圖的簡化示意圖。

【0140】 第59B圖係為圖示根據本發明的一些實施例的藉由不同繞射效率的區域特徵化的繞射結構的平面圖的簡化示意圖。

【0141】 第59C圖係為圖示根據本發明的一些實施例的藉由不同繞射效率的區域特徵化的繞射結構的平面圖的簡化示意圖。

【0142】 第60A圖至第60H圖係為圖示根據本發明的一些實施例的使用灰階微影製造可變繞射效率的光柵的處理的簡化處理流程圖。

【0143】 第61A圖至第61C圖係為圖示根據本發明的一些實施例的用於製造具有不同表面高度的區域的處理的簡化處理流程圖。

【0144】 第62A圖至第62C圖係為圖示根據本發明的一些實施例的用於製造具有不同繞射效率的光柵的區域的處理的簡化處理流程圖。

【0145】 第63A圖至第63H圖係為圖示根據本發明的一些實施例的使用多級蝕刻處理製造藉由不同繞射效率特徵化的區域的簡化處理流程圖。

【0146】 第64A圖至第64H圖係為圖示根據本發明的一些實施例的使用多級蝕刻處理製造可變繞射效率的光柵的簡化處理流程圖。

【0147】 第65圖係為根據本發明的一些實施例的耦入光柵的簡化橫截面圖。

【0148】 第66圖係為圖示根據本發明的一些實施例的製造具有變化繞射效率的繞射結構的方法的簡化流程圖。

【0149】 第67圖係為圖示根據本發明的一些實施例的製造藉由不同繞射效率的區域特徵化的繞射結構的方法的簡化流程圖。

【0150】 第68A圖至第68D圖係為圖示根據本發明的一些實施例的使用灰階微影製造可變繞射效率的光柵的處理的簡化處理流程圖。

【0151】 第69圖係為圖示根據本發明的一些實施例的製造具有變化繞射效率的繞射結構的方法的簡化流程圖。

【0152】 第70圖示意性圖示根據一些實施例的接目鏡的局部橫截面圖。

【0153】 第71圖圖示根據一些實施例的一些波長選擇反射器的示意性示例性反射光譜。

【0154】 第72圖示意性圖示根據一些其他實施例的接目鏡的局部橫截面圖。

【0155】 第73圖示意性圖示根據一些其他實施例的接目鏡的局部橫截面圖。

【0156】 第74圖圖示根據一些實施例的長通濾波器與短通濾波器的示意性示例性反射光譜。

【0157】 第75圖圖示根據一些實施例的超材料表面的實例。

【0158】 第76圖圖示根據一些實施例的具有第75圖中所示的一般結構的超材料表面的透射及反射光譜的曲線圖。

【0159】 第77A圖與第77B圖分別圖示根據一些實施例的由一維奈米樑形成的超材料表面的頂視圖及側視圖。

【0160】 第77C圖與第77D圖分別圖示根據一些其他實施例的由一維奈米樑形成的超材料表面的平面圖及側視圖。

【0161】 第78A圖與第78B圖分別圖示根據一些實施例的由基板的表面上形成的複數個奈米天線所形成的單層二維超材料表面的頂視圖及側視圖。

【0162】 第78C圖與第78D圖分別圖示根據一些實施例的多層二維超材料表面的平面圖及側視圖。

【0163】 第79圖圖示根據一些實施例的針對TE偏光的第77C圖與第77D圖所示的超材料表面的對應於綠色（實線）的波長與對應於紅色（虛線）的波長的入射角度的模擬反射率的曲線圖。

【0164】 第80圖圖示根據一些實施例的針對TE偏光的第77C圖與第77D圖所示的超材料表面的模擬反射光譜（實線）與模擬透射光譜（虛線）的曲線圖。

【0165】 第81圖圖示根據一些實施例的針對TM偏光的第77C圖與第77D圖所示的超材料表面的對應於綠色（實線）的波長與對應於紅色（虛線）的波長的入射角度的模擬反射率的曲線圖。

【0166】 第82圖圖示根據一些實施例的針對TM偏光的第77C圖與第77D圖所示的超材料表面的模擬反射光譜（實線）與模擬透射光譜（虛線）的曲線圖。

【0167】 第83A圖至第83F圖示意性圖示根據一些實施例的可以如何藉由交疊二個子超材料表面形成複合超材料表面。

【0168】 第84A圖與第84B圖分別圖示根據一些實施例的超材料表面的頂視圖及側視圖。

【0169】 第84C圖示意性圖示根據一些實施例的第84A圖與第84B圖所示的超材料表面的反射光譜與入射角度的函數。

【0170】 第85A圖示意性圖示根據一些實施例的接目鏡8500的局部側視圖。

【0171】 第85B圖示意性圖示根據一些實施例的第85A圖所示的波長選擇反射器的頂視圖。

【0172】 第86A圖示意性圖示根據一些實施例的體積相位立體投影圖的局部橫截面圖。

【0173】 第86B圖示意性圖示根據一些實施例的第86A圖所示的體積相位立體投影圖的反射光譜。

【0174】 第86C圖示意性圖示根據一些實施例的體積相位立體投影圖的局部橫截面圖。

【0175】 第86D圖示意性圖示根據一些實施例的第86C圖所示的體積相位立體投影圖的反射光譜。

【0176】 第86E圖示意性圖示根據一些實施例的複合體積相位立體投影圖的局部橫截面圖。

【0177】 第86F圖示意性圖示根據一些實施例的形成於波導上的複合體積相位立體投影圖的側視圖。

【0178】 第87圖係為圖示根據一個實施例的投影器的實例的示意圖。

【0179】 第88圖係為圖示根據一個實施例的投影器的實例的示意圖。

【0180】 第89圖係為圖示根據一個實施例的使用設置於每一波導中的耦入光柵而耦接進入對應波導的光的多種顏色的示意圖。

【0181】 第90A圖至第90C圖係為根據一個實施例的分散式次瞳孔架構的頂視圖。

【0182】 第91圖係為圖示根據一個實施例的針對多個深度平面的顏色的時間順序編碼的示意圖。

【0183】 第92A圖係為圖示根據一個實施例的投影器組件的示意圖。

【0184】 第92B圖係為圖示第92A圖所示的投影器組件的展開示意圖。

【0185】 第93A圖係為圖示根據一個實施例的投影器組件中的假影形成的示意圖。

【0186】 第93B圖係為圖示第93A圖所示的投影器組件中的假影形成的展開示意圖。

【0187】 第94圖圖示第92A圖所示的投影器組件的場景中的假影的存在。

【0188】 第95A圖係為圖示根據一個實施例的具有假影預防的投影器組件的示意圖。

【0189】 第95B圖係為圖示根據一個實施例的減少光學假影的方法的流程圖。

【0190】 第96圖圖示使用第95A圖所示的投影器組件的假影的強度的降低。

【0191】 第97A圖係為圖示根據一個實施例的由於來自投影顯示系統中的耦入光柵元件的反射而引起的假影形成的示意圖。

【0192】 第97B圖係為圖示由於來自第97A圖所示的投影顯示系統中的耦入光柵的反射而引起的假影形成的展開示意圖。

【0193】 第98圖係為圖示根據一個實施例的來自耦入光柵元件的反射的示意圖。

【0194】 第99A圖係為圖示根據另一實施例的具有假影預防的投影器組件的示意圖。

【0195】 第99B圖係為圖示根據實施例的減少光學系統中的假影的方法的流程圖。

【0196】 第100圖圖示沒有反射預防元件的接目鏡處的光的反射。

【0197】 第101A圖圖示根據一個實施例的使用假影預防元件的反射的阻擋。

【0198】 第101B圖係為圖示根據一個實施例的減少光學系統中的假影的方法的流程圖。

【0199】 第102圖圖示根據一個實施例的使用不同幾何形狀的假影預防元件的反射的阻擋。

【0200】 第103圖係為根據一個實施例的具有多個假影預防元件的投影器組件的示意圖。

【0201】 第104A圖係為圖示根據一個實施例的具有使用濾色器的假影預防的投影器組件的示意圖。

【0202】 第104B圖係為圖示第104A圖所示的投影器組件的展開示意圖。

【0203】 第104C圖係為根據一個實施例的用於青綠色與品紅色的濾色器的透射曲線圖。

【0204】 第104D圖係為圖示根據一個實施例的濾色器與次瞳孔的空間佈置的示意圖。

【0205】 第104E圖係為圖示根據一個實施例的減少光學系統中的假影的方法的流程圖。

【0206】 第105圖係為圖示根據一個實施例的濾色器系統的示意圖。

【0207】 第106圖係為圖示根據一個實施例的引線接合LED的示意圖。

【0208】 第107圖係為圖示根據一個實施例的倒裝晶片接合LED的示意圖。

【0209】 第108圖係為圖示根據一個實施例的與拋物線光束擴展器整合的LED的示意圖。

【0210】 第109圖係為圖示根據一個實施例的包括投影器組件與接目鏡的單一瞳孔系統的示意圖。

【0211】 第110A圖至第110B圖圖示光學裝置的透視圖；

【0212】 第110C圖圖示具有附接到其上的多個電子部件的光學裝置的光學框架的透視圖；

【0213】 第110D圖圖示光學裝置的前帶與感測器外罩的透視圖；

【0214】 第110E圖圖示光學框架與其他相關聯部件的分解透視圖；

【0215】 第111A圖至第111D圖圖示熱如何沿著光學裝置的各種部件分散；

【0216】 第111E圖至第111G圖圖示利用相對於先前實施例所示的被動對流的強制對流的散熱系統的透視圖與側剖視圖；

【0217】 第112A圖圖示描繪熱從PCB通過傳導層到熱擴散層的轉移的橫截面圖；

【0218】 第112B圖圖示列出傳導層的材料特性的圖表；

【0219】 第113A圖至第113D圖圖示覆蓋在光學裝置的部件上的各種熱圖；

【0220】 第114A圖圖示只有一個臂能夠相對於框架移動的光學裝置的透視圖；

【0221】 第114B圖圖示光學裝置相對於彼此變形最多的部分的透明圖；

【0222】 第114C圖圖示光學裝置的頂視圖，以圖示可撓性臂的運動的範圍；以及

【0223】 第114D圖圖示二個臂如何相對於彼此可撓移動的光學裝置的部分的透明圖；

【0224】 第115圖係為圖示根據本發明的一些實施例的觀看光學組件的接目鏡的最佳化的簡化圖。

【0225】 第116A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的EPE的圓頂頂點的場域失真的總厚度變化（TTV）影響的圖。

【0226】 第116B圖係為圖示根據本發明的一些實施例的平板基板的場域失真的TTV影響的圖。

【0227】 第116C圖係為圖示根據本發明的一些實施例的所量測的TTV的圖。

【0228】 第117A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的閃耀光柵結構的製造處理的簡化圖。

【0229】 第117B圖圖示根據本發明的一些實施例的閃耀光柵結構的照片。

【0230】 第117C圖係為根據本發明的一些實施例的比較三角形光柵結構與閃耀光柵結構的製造處理的簡化圖。

【0231】 第117D圖係為圖示根據本發明的一些實施例的比較尖頂ICG結構與平頂ICG結構的簡化圖。

【0232】 第118圖係為圖示根據本發明的一些實施例的閃耀光柵結構的製造處理的簡化處理流程圖。

【0233】 第119A圖圖示根據本發明的一些實施例的閃耀幾何形狀在濕式蝕刻之後看起來如何的照片。

【0234】 第119B圖圖示根據本發明的一些實施例的四個不同的臨界尺寸（CD）的示例性掃描電子顯微鏡（SEM）圖像的照片。

【0235】 第119C圖圖示根據本發明的一些實施例的二氧化矽中的輸入耦接器（IC）的CD的控制，以建立高效率IC。

【0236】 第120圖係為圖示根據本發明的一些實施例的壓印式製造的簡化圖。

【0237】 第121A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的用於波導的圖案化光柵結構的製造處理的簡化處理流程圖。

【0238】 第121B圖係為圖示根據本發明的一些實施例的使用PVD型處理沉積ZrOx膜的折射率的圖。

【0239】 第121C圖係為圖示根據本發明的一些實施例的依據沉積參數與蝕刻輪廓而沉積的材料的變化輪廓的簡化圖。

【0240】 第121D圖圖示根據本發明的一些實施例的在基板的大面積上圖案化的高指標線的照片。

【0241】 第122圖圖示根據本發明的一些實施例的多級二元光柵的照片。

【0242】 第123圖係為圖示根據本發明的一些實施例的使用停止層的堆疊的多級二元光柵結構的製造處理的簡化處理流程圖。

【0243】 第124圖係為圖示根據本發明的一些實施例的使用蝕刻遮罩層的多級二元光柵結構的製造處理的簡化處理流程圖。

【0244】 第125圖圖示根據本發明的一些實施例的由於蝕刻遮罩的不同沉積角度而造成的不同光柵結構的簡化處理流程圖。

【0245】 第126A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的恆定光柵結構的簡化平面圖。

【0246】 第126B圖係為圖示根據本發明的一些實施例的通過恆定光柵結構的光強度的圖。

【0247】 第127A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的具有漸變工作循環的光柵結構的簡化平面圖。

【0248】 第127B圖係為圖示根據本發明的一些實施例的通過具有漸變工作循環的光柵結構的光強度的圖。

【0249】 第127C圖係為圖示根據本發明的一些實施例的具有漸變工作循環的光柵結構的放大簡化圖。

【0250】 第128圖係為根據本發明的一些實施例的藉由具有漸變工作循環的光柵結構的接目鏡層操縱光的示例性方法的流程圖。

【實施方式】

【0251】 第1圖係為圖示根據本文描述的實施例的透過可穿戴AR裝置觀看的擴增實境（AR）場景的圖。參照第1圖，描繪擴增實境場景100，其中AR技術的使用者在背景中觀看具有人、樹、建築物的現實世界公園般的設定106以及實體平台120。除了此等項目之外，AR技術的使用者亦認為他「看到」站在真實世界平台（120）上的機器人雕像（110）以及飛行的卡通式頭像角色（102）（似乎是大黃蜂的擬人化），而此等元素（102、110）在現實世界中並不存在。由於人類視覺感知與神經系統的複雜性極高，所以生產VR或AR技術是有挑戰性的，以促使虛擬圖像元素與其他虛擬或現實世界中的圖像元素之間具有舒適、自然、豐富的表現。

【0252】 第2A圖圖示用於呈現3D圖像給使用者的習知顯示系統。二個不同的圖像5及7（每一者分別針對每一眼睛4及6）係顯示給使用者。圖像5及7以及眼睛4及6係沿著平行於觀看者的視線的光學或z軸間隔距離10。圖像5及7係為平坦的，而眼睛4及6可以藉由假定為單一調視狀態來聚焦在圖像上，以觸發輻輳（vergence）反射來匹配調視狀態。此類系統依賴於人類視覺系統來組合圖像5及7，以提供組合圖像的深度感知。

【0253】 然而，應理解，人類視覺系統非常複雜，而提供真實深度的感知更是具有挑戰性。舉例而言，如第2A圖所示的許多習知3D顯示系統的觀看者發覺此類系統令人感覺不舒服，或者由於調視與輻輳的不匹配而完全無法

察覺深度的感知，亦即視線所看的特定深度平面上的物體可能不是聚焦在同一深度平面上的最佳調視距離。如第2B圖所示，可以在可變或複數個深度平面12處顯示內容的系統可以提供與眼睛的自然功能更類似的調視輻輳狀態。

【0254】 舉例而言，第3A圖描繪眼睛4及6在深度平面14處觀看內容15。如圖所示，內容15係位於深度平面14處，其中深度平面14可以是具有單一深度平面的給定3D系統（例如立體系統）的深度平面。調視距離$A_d$（眼睛4及6聚焦的距離）係與輻輳距離$V_d$（眼睛4及6所看到的距離）相同。然而，在第3B圖中，內容15y意欲被感知得比深度平面14更遠，例如，立體3D系統經配置為在兩公尺處的深度平面，但內容意欲為距離使用者3m。如圖所示，眼睛4及6中之每一者將具有聚焦在深度平面14上的調視距離$A_d$，但是眼睛4及6中之每一者將在深度平面14上具有各別輻輳點15a及15b以及整體的輻輳距離$V_{d1}$。$V_{d1}$與$A_d$的比值可以稱為「調視輻輳不匹配」（AVM），而在某些AVM中，使用者可能不再感知到內容15y的深度，或者隨著視覺與神經系統嘗試校正大的AVM而可能感到不舒服。

【0255】 隨後，應理解，習知3D立體顯示器對抗調視輻輳反射，並誘導調視輻輳不匹配。提供調視與輻輳之間更好匹配的顯示系統可以形成更真實及更舒適的3D圖像模擬。

【0256】 第4圖圖示使用多個深度平面模擬三維圖像的益處。參照第4圖，內容15y與15z係放置在眼睛4及6的各別輻輳距離$V_{d2}$及$V_{d3}$處，但是系統僅具有一個深度平面14，以建立調視距離$A_{d2}$。眼睛4及6假定為特定調視狀態，以讓15y與15z沿著z軸聚焦。因此，為了聚焦在15y上，眼睛4及6假定為深度平面14上的15c及15d的輻輳位置；為了聚焦在15z上，眼睛4及6假定為深度平面14上的15e及15f的輻輳位置。很明顯的是，相較於觀看15y的輻輳姿態15c及15d，眼睛4及6具有更寬的觀看15z的輻輳姿態15e及15f，而對於深度平面14而言，自然觀看將感覺15e及15f係並列在深度平面14上。此種輻輳姿態的差異以及$V_{d3}$對$A_{d2}$及$V_{d2}$對$A_{d2}$的比率都是AVM的說明。

【0257】 為了讓3D體驗儘可能自然，一些實施例實現多個深度平面，並將AVM限制於給定閾值之下，並減少可能由AVM造成的使用者的不適。舉例而言，第5圖描繪一個實施例，其中所承受的AVM係配置為0.333屈光度。此屈光度距離係對應於距離使用者三公尺處，而對於在該深度平面處呈現的內容，AVM將為零。由於屈光度對距離係為反向關係，隨著內容接近光學像無限距，AVM將漸近地接近但不超過0.333屈光度。隨著內容呈現接近於使用者低於3m，可以實現第二深度平面，而使得內容可以在該第二深度平面處顯示，而不會上升到高於0.333屈光度AVM。隨著內容越來越接近第二深度平面，內容

的AVM將會增加，就像物體非常接近眼睛一樣。舉例而言，當手指從手臂長度朝向眼睛移動時，眼睛將越來越難維持眼睛的聚焦的相同品質，而手指可能會看起來在主導眼睛與非主導眼睛的聚焦之間跳躍，或是使用者的視野可能完全分成二個圖像。該領域具有通常知識者將認識到額外的AVM閾值是可能的，並且將引起對應於AVM閾值的不同距離處的深度平面的設置，或者甚至可能有特定AVM閾值內將內容更接近眼睛展示的更多深度平面。第5圖僅圖示具有0.333與1屈光度(分別為3公尺與1公尺)的深度平面的一個實施例，以將所有展示的內容維持在低於0.333屈光度的AVM閾值而在七十六公分以上。

【0258】 第6B圖描繪多個深度平面的益處。第6A圖係為第4圖的副本，為了便於與第6B圖比較而重新顯示。在第6B圖中，在眼睛4及6的調視距離$A_{d3}$處增加第二深度平面16。為了聚焦於內容15z上，如第6A圖所示，眼睛4及6不再需要假定為15e及15f的輻輳姿態，而是可以假定為輻輳姿態15g及15h。相較於第6A圖的$V_{d3}$對$A_{d2}$的比率，$V_{d3}$與$A_{d3}$的比率較低，因此使用者可以利用與聚焦在深度平面14處的較近的內容15y所需幾乎相同的視覺感知而聚焦在深度平面16處的較遠的內容15z。換言之，藉由第6B圖的多個深度平面系統，15g及15h的輻輳位置比輻輳位置15e及15f更小且更加自然，以觀看相同的內容15z。

【0259】 第7A圖圖示用於呈現到人類眼睛的簡化的顯示配置，其中具有能夠被舒適地感知為對物理現實的擴增的外部光圖案，並具有高等級的圖像品質與3D感知，以及讓真實世界光與圖像能夠被感知。如圖所示，單一至少部分透明的波導104接收光圖案106，而波導104內的繞射光柵102將光耦出到眼睛58。在一些實施例中，繞射光柵102經配置以用於特定的深度平面，而使得當透鏡45透過所接收的光圖案上的調視輻輳反射而聚焦時，視網膜54將光圖案處理成位於經配置的深度平面處的圖像。在一些實施例中，光圖案106經配置以用於特定的深度平面，而使得當透鏡45透過所接收的光圖案上的調視輻輳反射而聚焦時，視網膜54將光圖案處理成位於經配置的深度平面處的圖像。

【0260】 如圖所示，僅用於說明之目的，光圖案106係為進入波導104的光子式輻射圖案，但是該領域具有通常知識者將理解，光圖案106可以容易地成為注入到波導104的光的單一光束，並在耦出到眼睛58之前藉由全內部反射傳播到繞射光柵102。該領域具有通常知識者將進一步理解，可以使用多個繞射光柵102以期望方式將光圖案106引導到眼睛58。

【0261】 為了建立用於此種系統的更豐富的視野，第7B圖圖示利用如第6A圖所示的相同方式配置以將光圖案206耦出到眼睛58的至少部分透明的第二波導204。第二波導204藉由繞射光柵202將光圖案206耦出到眼睛

58。眼睛58接收視網膜54上的光圖案206，但是水晶體透過與光圖案106所需的不同的調視輻輳反射而感知在不同深度平面處的光206。舉例而言，光圖案106係利用第一深度感知500聚集於視網膜54的一個部分，而光圖案206係利用第二深度感知502聚集於視網膜54的第二部分。在光圖案106與206對應於相同的呈現擴增實境內容的情況下，深度豐富度能夠比第6A圖所示藉由單一深度平面簡單產生而更逼真及舒適地感知圖像。此外，在一些實施例中，相較於由視網膜54在單一深度平面處感知的窄投影，光圖案106與206的時框順序配置可以利用高頻的時框順序而對眼睛58呈現，以在多個深度及更全面的視野中提供單一相關擴增實境場景或運動中的擴增實境內容的感知。

【0262】 第8圖進一步圖示平面波導216的簡化版本，可包含經配置以在相對於眼睛58的不同深度平面處傳播特定波長的光的至少兩個波導。如圖所示，繞射光柵220（可以是繞射光學元件（DOE））已經嵌入在平面波導216的整個垂直長度內，而使得當光圖案沿著平面波導216完全內部反射時，與DOE 220在多個位置處相交。當光耦出到眼睛58時，其部分可能由於在平面波導216內的DOE 220的繞射效率而繼續傳播。當部分的光繼續通過平面波導216而完全內部反射時，可能會遭遇額外的DOE 220光柵並耦出到眼睛，或者其他部分可以藉由沿著平面波導216的長度的完全內部反射而繼續傳播。

【0263】 較佳地，DOE 220具有相對低的繞射效率，而使得僅有在平面波導216內傳播的光圖案的部分在DOE 220的任何給定交叉點處繞射朝向眼睛58，而其餘者繼續經由完全內部反射移動通過平面波導216。因此，承載任何圖像資訊的光圖案在多個位置處被分成離開平面波導216的多個相關光束，而結果為入射到眼睛58上的耦出光的大圖案，以建立來自單一光圖案的豐富的圖像感知。

【0264】 第9圖圖示複數個耦出光圖案，而圖示當光在z方向耦出而朝向眼睛58之前在x與y方向的波導上傳播時的更豐富的入射到眼睛58上的光場。具有一系列DOE 220的實施例經配置以允許在z方向上耦出的光圖案的部分繞射，並允許其他部分在z方向上耦出而在眼睛58的整個視網膜上建立圖像之前在x或y方向上完全內部反射。

【0265】 第10圖圖示來自從波導106耦出DOE 110的複數個耦出光圖案的視網膜圖案；如圖所示，第10圖圖示可以藉由單一光圖案106開啟的多個視網膜區域，而讓更寬的視野或光圖案的時間順序時框能夠激發視網膜的不同部分，以感知所呈現的擴增實境內容的運動。該領域具有通常知識者將理解，當與第9圖中所示的豐富的視野圖案組合，視網膜可以藉由整個波導106的DOE 110接收大量的光圖案。如圖所示，第10圖圖示在眼睛58的水晶體45中聚焦的所有光。第11圖圖示「次瞳孔」系統，其中多個進入光圖案小光束332通過離散的垂直焦點處

的眼睛58的分開的小出射瞳孔330進入眼睛。藉由此舉，可以將可以更容易投影並繞射通過波導或可以承載特定的光圖案特性（例如波長）的光圖案的較小的小光束聚集，以被感知為更大直徑的光束。舉例而言，第7A圖的光圖案係從光圖案106產生水晶體45中的聚焦點；小光束332可以小得多，並藉由建立複數個次瞳孔330而仍然產生相同的效果。

【0266】 換言之，一組多個窄光束可用於模擬正在發生的具有較大直徑的可變焦距光束；若小光束直徑保持在最大約0.5mm，則維持相對靜止的聚焦等級，並在需要時產生失焦的感知，可以選擇小光束角軌跡以產生非常類似於較大的失焦光束的效應（此類散焦加工可能不會與用於較大光束的高斯模糊加工相同，而是建立可以利用類似於高斯模糊的方式解釋的多峰點擴散函數）。

【0267】 在一些實施例中，小光束並未機械偏轉以形成此聚集焦點效應，而是眼睛在小光束與瞳孔的相交處接收包括多個入射角與多個位置的許多小光束的超集；從特定的觀看距離表示給定像素，包含適當的入射角以及與瞳孔的相交點的來自超集的小光束的子集（如同在空間中從相同的共同原點發射）係藉由顏色與強度匹配，以表示聚集波陣面，而在超集中與共同原點不一致的小光束並不與該顏色與強度匹配，而不被感知。

【0268】 第12圖圖示在眼睛58的視野中的聚集準直光束334所表示的小光束的另一子集。此處，眼睛58調視

到無窮遠，以考慮準直光束334，因此準直光束334內的小光束落在視網膜的相同光點上，而藉由小光束產生的像素被感知為焦點。類似地，準直光束326落在視網膜的不同部分上，以感知視野的該區域中的像素。相較之下，若選擇不同子集的小光束作為射線的散焦扇形進入眼睛，則此等小光束不會落在視網膜的相同位置上，並且不會被感知為焦點，直到眼睛轉移調視到與射線的該扇形的幾何原點匹配的近點。

【0269】 第13圖圖示平面波導的堆疊664，平面波導的堆疊664中之每一者藉由將特定波長的光繞射進入堆疊644的平面波導的耦入DOE 690饋送光圖案。每一波導包含複數個DOE 680、682、684、686及688，經配置以將光繞射通過各別平面波導，並耦出到眼睛58，以在視野或在多個深度平面處建立擴增實境內容的感知。第13圖僅用於說明之目的而圖示堆疊644內的五個波導，較佳地，堆疊664包含六個波導，對應於與紅色、綠色及藍色波長光中之每一者處的深度平面相關聯的二個波導。環境光144亦可以滲透並透射通過堆疊644，因為堆疊644內的每一波導係為至少部分透明，以允許結合現實世界環境的自然感知呈現擴增實境內容。

【0270】 在一些實施例中，並如第14圖中所示，連至擴增實境顯示系統的接目鏡1200可以包含設置在波導上以將具有特定特性的光導引到使用者的眼睛的複數個DOE類型。將複數個光圖案1240、1242及1244注入到

包含波導1210、1220及1230的波導堆疊中。在一些實施例中，複數個光圖案1240、1242及1244從公共光源注入，但是在公共光源內表示不同的波長。在一些實施例中，光圖案1240、1242及1244中之每一者係為特定波長的分離光束，例如紅色、綠色及藍色光。在一些實施例中，光圖案1240、1242及1244中之每一者係藉由耦入DOE 1212、1222及1232注入到各別波導1210、1220及1230中。每一耦入DOE 1212、1222及1232將光圖案1240、1242或1244的特定波長的光的至少一部分繞射到波導1210、1220或1230中之一者，波導1210、1220或1230係經配置以傳播耦入DOE 1212、1222及1232的相同波長的耦入光。在一些實施例中，在耦入之後，光圖案1240、1242及1244分別傳播到OPE 1214、1224及1234中。OPE 1214、1224及1234將一部分的光分別繞射到EPE 1250、1252及1254中，其中光圖案1240、1242及1244在z方向上朝向使用者的眼睛耦出。

【0271】 在一些實施例中，繞射通過一系列波導與複數個的DOE隨後耦出到使用者的眼睛的複數個光圖案的淨效應建立讓使用者舒適地感知的虛擬或擴增實境內容的視野呈現及深度平面放置。

【0272】 第15圖圖示可穿戴顯示系統80的實例。顯示系統80包括頭戴式顯示器62以及支援該顯示器62的功能的各種機械及電子模組與系統。顯示器62可以耦接到

框架64，框架64可由顯示系統使用者或觀看者60穿戴，並經配置以將頭戴式顯示器62定位於使用者60的眼睛的前方。在一些實施例中，喇叭66耦接到框架64，並定位在使用者的耳道附近（在一些實施例中，未圖示的另一喇叭係定位成與使用者的另一耳道相鄰，以提供立體聲/可塑聲音控制）。頭戴式顯示器62可操作地將68耦接（例如藉由有線導線或無線連接）到可以利用各種配置安裝（例如固定地附接至框架64，固定地附接到使用者穿戴的頭盔或帽子，嵌入至耳機中，或以其他方式可移除地附接到使用者60（例如，以背包式配置，以皮帶耦接式配置））的本端資料處理模組70。

【0273】 本端資料處理模組70可以包含處理器以及數位記憶體，例如非揮發性記憶體（例如，快閃記憶體），此兩者都可以用於協助資料的處理、快取及儲存。資料包括a）來自感測器（可以例如可操作地耦接到框架64）的拍攝或以其他方式附接到使用者60（例如圖像拍攝裝置（例如相機）、麥克風、慣性量測單元、加速度計、羅盤、GPS單元、無線電裝置及/或陀螺儀）的資料；及/或b）使用遠端處理模組72及/或遠端資料儲存庫74獲取及/或處理而可能在經過此等處理或檢索之後通過顯示器62的資料。本端資料處理模組70可以藉由通訊鏈路76、78（例如經由有線或無線通訊鏈路）可操作地耦接到遠端處理模組72與遠端資料儲存庫74，而使得此等遠端模組72、74

可操作地彼此耦接，並可作為本端處理及資料模組70的資源。

【0274】 在一些實施例中，本端資料處理模組70可以包含經配置成分析及處理資料及/或圖像資訊的一或更多個處理器。在一些實施例中，遠端資料儲存庫74可以包含可以透過網際網路或「雲端」資源配置中的其他網路配置取得的數位資料儲存設施。在一些實施例中，儲存所有資料，並在本端處理及資料模組中執行所有計算，而允許遠端模組完全自主地使用。

【0275】 在一些實施例中，本端資料處理模組70可操作地耦接到電池82。在一些實施例中，電池82係為可移除的功率源，例如在檯型電池上。在其他實施例中，電池82係為鋰離子電池。在一些實施例中，電池82包含可穿戴顯示系統80的非操作時間期間可由使用者60充電的內部鋰離子電池以及可移除電池，而使得使用者可以在較長時間段內操作可穿戴顯示系統80，而不必連接到功率源來對鋰離子電池充電，或者必須關閉可穿戴顯示系統以更換電池。

【0276】 第16A圖圖示穿戴擴增實境顯示系統的使用者1660隨著使用者1660移動通過真實世界環境1600而呈現擴增實境內容。使用者將擴增實境顯示系統定位在位置1610處，而擴增實境顯示系統記錄相對於位置1610（例如映射特徵或指向音訊輸入的姿態關係）的可通行世界的環境資訊。位置1610係聚集到資料輸入1612，並至

少藉由可通行世界模組1620進行處理，例如在第15圖所示的遠端處理模組72中處理。可通行世界模組1620隨著從輸入1612確定（例如在固定元件1632上（第16A圖所示的桌子））或在尚未位於視野1640內的結構或相對於現實世界1642的映射網格模型來確定在哪裡及如何放置擴增實境內容1630。如圖所示，固定元件1632作為現實世界內可以儲存於可通行世界模組1620中的任何固定元件的代理，而使得使用者1660可以感知桌子1632上的內容，而不必在每次使用者1660看到桌子時映射桌子1632。因此，固定內容1632可以是來自先前建模會話的映射網格模型，或者是由單獨的使用者確定，但是仍然儲存於可通行世界模組1620上，以供複數個使用者將來參考。因此，可通行世界模型可以從先前映射的環境來辨識環境1600，並顯示擴增實境內容，而不需要使用者的裝置先映射環境1600，以節省計算處理及循環，並避免任何呈現擴增實境內容的延遲。

【0277】 類似地，可以藉由擴增實境顯示系統建立真實世界1642的映射網格模型，而用於互動及顯示擴增實境內容1630的適當表面及度量可以映射並儲存在可通行世界模組1620中，以供使用者或其他使用者將來檢索，而不需要重新映射或建模。在一些實施例中，聚集的資料輸入1612係為例如地理位置、使用者識別及當前活動的輸入，以指示可通行世界模組1620哪些固定元件1632為可取得，哪些擴增實境內容1630最後被放置在固定元件

1632上，以及是否顯示相同內容（此種擴增強實境內容係為「永久」內容，而不管使用者是否觀看特定可通行世界模型）。

【0278】 第16B圖圖示觀看光學組件1664以及所附接的部件的示意圖。在一些實施例中，朝向使用者眼睛1666定向，兩個眼睛追蹤相機1662偵測使用者眼睛1666的度量，例如眼睛形狀、眼皮閉合、瞳孔方向及使用者眼睛1666上的閃爍。在一些實施例中，深度感測器1690（例如飛行時間感測器）向世界發射中繼訊號，以確定與給定物件的距離。在一些實施例中，世界相機1650記錄大於周邊的視圖，以映射真實世界環境並偵測可能影響擴增實境內容的輸入。相機1680可以進一步拍攝使用者視野內的真實世界圖像的特定時間戳記。世界相機1650、相機1680及深度感測器1690中之每一者具有各別視野1652、1682及1692，以收集來自真實世界場景並記錄真實世界場景的資料，如第16A圖所示真實世界環境1600。

【0279】 慣性量測單元1670可以確定觀看光學組件1664的運動及定向。在一些實施例中，每一部件可操作地耦接到至少一個其他部件；舉例而言，深度感測器1690可操作地耦接到眼睛追蹤相機1662，以作為使用者眼睛1666正在觀看的實際距離的量測調視的確認。

【0280】 第17圖圖示頭戴式顯示器1700，例如第15圖所示的頭戴式顯示器62。觀看光學組件1702包含剛性

框架1708，投影器1704耦接到剛性框架1708。在一些實施例中，投影器1704包含具有LED照明器及空間光調制器的LCOS機構。在一些實施例中，觀看光學組件1702進一步包含接目鏡1706。在一些實施例中，接目鏡1706包含複數個波導，其經配置以將來自投影器1704的光引導到頭戴式顯示器1700的使用者的眼睛。在一些實施例中，觀看光學組件1702進一步包含眼睛追蹤相機（未圖示），其經配置以收集頭戴式顯示器1700的穿戴者的眼睛追蹤資料，例如眼皮位置或瞳孔方向。

【0281】 在一些實施例中，觀看光學組件1702主控在剛性框架1708上佈置的附加感測器及部件，例如主控制板（PCB）1716。PCB 1716主控各種處理器與電路，以操作在觀看光學組件1702與剛性框架1708內組裝的各種部件。在一些實施例中，世界相機1718在觀看光學組件1702的任一端處附接到剛性框架1708。在一些實施例中，世界相機1718代替地設置於觀看光學組件1702的接目鏡1706之間。在一些實施例中，深度感測器1719係在接目鏡1706之間附接到剛性框架1708。在一些實施例中，深度感測器1719係為垂直空腔表面發射雷射器（VCSEL），在一些實施例中，深度感測器1719係為邊緣發射雷射器或其他飛行時間感測器。該領域具有通常知識者將理解，可以在觀看光學組件1702內主控並且可以藉由主控制板1716可操作地控制的其他感測器與組件

（例如，IMU或照片相機）可以設置在觀看光學組件1702上或附接到剛性框架1708。

【0282】 在一些實施例中，前帶1710耦接到觀看光學組件1702。前帶1710保護觀看光學組件1702的部件免於外部元件的影響，亦可作為頭戴式顯示器1700的使用者與觀看光學組件1702之間的熱屏障。在一些實施例中，感測器外罩1712附接到前帶1710，以進一步保護觀看光學組件1702及其上的部件。

【0283】 在一些實施例中，臂1714係耦接到剛性框架1708，並經配置以跨越頭戴式顯示系統1700的使用者的頭，並維持接目鏡1706在使用者的眼睛的前方。在一些實施例中，臂1714係配置成擱置在使用者的耳朵上；在一些實施例中，框架臂1714係配置成保持向內的張力，以夾緊使用者的頭部，以維持使用者頭部上的固定位置。在一些實施例中，墊片1715附接到臂1714的內側（內側係為與使用者接觸的臂1714的側面）。在一些實施例中，墊片1715包含散熱器，以減輕頭戴式顯示器1700內的熱效應。在一些實施例中，墊片1715係由柔軟的泡沫材料製成，或者利用橡膠界面塗覆，以在受到臂1714的向內張力而壓靠在使用者的頭部上時部分變形，並仍然讓使用者產生舒適的感覺。

【0284】 在一些實施例中，音訊組件1720係耦接到剛性框架1708，並跨越任一臂1714，以將喇叭1722放置於接近頭戴式顯示系統1700的使用者的耳朵。在一些實

施例中，PCB 1716進一步控制音訊輸入以及到音訊組件1720的輸出。在一些實施例中，音訊組件1720包含麥克風，以記錄來自外部世界的聲音，並中繼到主控制板1716。給定此類音訊輸入的主控制板1716可以執行各種功能。舉例而言，給定來自音訊組件1720的麥克風輸入，頭戴式顯示器1700可以將其儲存以供將來檢索（例如在第15圖所示的遠端資料儲存庫74中），回應於給定音訊輸入而切換擴增實境內容效能（例如，語音「關閉」命令可以關閉整個系統），或者將音訊輸入發送到通訊裝置的其他使用者（例如電話呼叫、用於電子遞送的語音訊息）。電纜1724有助於在整個頭戴式顯示器1700的部件之間的通訊，以及與本端資料處理模組（例如第15圖所示的本端資料處理模組70）的通訊。

【0285】 在一些實施例中，內罩1707可以將進一步的光學效果提供給使用者。舉例而言，內罩1707可以包括規定透鏡，以用於將擴增實境內容的光學特性調整到使用者的特定視覺規定。此類規定透鏡將被設置在使用者的眼睛與頭戴式顯示器1700的接目鏡1706之間。在一些實施例中，內罩1707可以包括可拆卸的光修改器，例如用於反射或吸收某些光的偏光透鏡。

【0286】 第18圖圖示觀看光學組件1800的分解視圖。剛性框架1808容納接目鏡1806，接目鏡1806可包含複數個波導，用於將光耦入到觀看光學組件1800為其一部分的頭戴式顯示器1700的使用者（第17圖中的使用

者）的眼睛中。投影器1804（在橫截面視圖中的1804'處圖示為具有偏光光束分離器與複數個透鏡的LCOS系統）在耦入點1806處光學耦接到接目鏡1806。在一些實施例中，耦入點1805係為用於注入到接目鏡1806中的光以及接目鏡1806內的波導的進入點。

【0287】 接目鏡1806係固定到剛性框架1808。剛性框架1808進一步容納安裝結構1811。安裝結構1811可以容納覆蓋透鏡1809，覆蓋透鏡1809係設置在觀看光學組件1800的世界側上，或者設置在觀看光學組件的使用者側上的第17圖所示的內罩1707。在一些實施例中，覆蓋透鏡1809可以包含防刻痕材料或其他保護覆蓋物，以防止接目鏡1806接觸例如來自指尖的油脂或來自外部環境的灰塵及碎屑。在一些實施例中，覆蓋透鏡1809可以包括光修改器，例如用於反射或吸收某些光的偏光透鏡。在一些實施例中，除了複數個波導之外，接目鏡1806進一步包含此種保護覆蓋透鏡。在一些實施例中，眼睛追蹤系統1803耦接到安裝結構1811，以將安裝結構1811的底部處的一對眼睛追蹤相機設置為向上看向使用者的眼睛。

【0288】 第19圖進一步更詳細地圖示可以附接到頭戴式顯示系統的觀看光學組件或剛性框架的各種感測器與部件。深度感測器1903係圖示為完全組裝成可以附接到觀看光學組件或剛性框架的深度感測器。深度感測器1903可以進一步包含深度感測器殼體組件1905、垂直空腔表面發射雷射器（VCSEL）1902及深度成像器1904。

【0289】 六自由度（6DoF）感測器1906係容納在6DoF殼體1907內，並可操作地透過6DoF屈曲1909耦接到觀看光學組件（或第17圖所示的主控制板1716）。6DoF感測器1906可以將慣性量測單元資訊提供到頭戴式顯示器，以將使用者的位置、姿勢及運動的資訊提供到頭戴式顯示器。在一些實施例中，慣性量測係藉由耦接到世界相機組件1918的IMU 1926提供。IMU 1926提供透過加速度計與陀螺儀量測的位置資訊，並在一些實施例中可操作地耦接至6DoF感測器1909，以啟動觀看光學組件內的感測器或部件位置的改變。舉例而言，指示使用者正在旋轉頭部姿勢以往下看的IMU 1926的量測可以提示6DoF感測器1906重新導引深度感測器1902，以與IMU 1926同時或甚至在IMU 1926的前面向下調整深度量測，以避免量測延遲。換言之，若IMU 1926正在偵測運動，則6DoF感測器1906經配置以操縱觀看光學組件內的感測器與部件中的任何一或更多者，以繼續呈現與偵測到的運動相匹配的精確內容，而不會有可由使用者偵測到的擴增實境內容中的延遲。觀看光學顯示器可以主控一或更多個6DoF感測器1906或IMU 1926。

【0290】 第19圖進一步圖示世界相機組件1918。在一些實施例中，世界相機組件1918包含四個世界相機，二個相機相對於使用者的視野被設置為實質向外看，而二個相機被設置為實質傾斜地觀看，以將大於周邊視野的資訊提供到觀看光學組件。額外或是更少的世界相機當然是可

能的。照片相機1928可以耦接到世界相機組件1918，以在使用者或照片相機1928的視野內拍攝即時圖像或視訊。世界相機組件1918可以將視覺資訊提供到量測的感測器資訊或開啟某些感測器。舉例而言，世界相機可以提供感測器上的約束，而僅在世界相機的視野內偵測及收集資訊，或者可以與投影器通訊，而僅使用處理器的能力來呈現視野內的內容。舉例而言，如第15圖所示，本端資料處理模組70內的圖形處理器單元（GPU）可能只有在世界相機將某些物件帶入特定視野時才能開啟以呈現擴增實境內容；而頭戴式顯示器或可穿戴式顯示系統內的深度感測器、加速度計及地理定位器可以記錄關於呈現擴增實境內容的環境的輸入，因此GPU可能不被開啟，直到世界相機實際上將此類輸入帶入到使用者的視野中。

【0291】 舉例而言，世界相機組件1918的大於周邊視野可以開始處理GPU中的擴增實境內容的成像，即使內容並未在使用者的視野內。在其他實施例中，大於周邊視野可以拍攝來自真實世界的資料與圖像，並將提示顯示在使用者的視野中，以提示有活動在世界相機組件1918的視野內但在使用者的視野之外。

【0292】 第20圖示意性圖示根據一個實施例的可用於呈現數位或虛擬圖像給觀看者的觀看光學組件（VOA）的光路徑。VOA包括可以由觀看者穿戴的投影器2001與接目鏡2000。在一些實施例中，投影器2001可以包括一組紅色LED、一組綠色LED及一組藍色LED。舉例而

言，投影器2001可以包括二個紅色LED、二個綠色LED及二個藍色LED。接目鏡2000可以包括一或更多個接目鏡層。在一個實施例中，接目鏡2000包括三個接目鏡層，一個接目鏡層用於三原色（紅色、綠色及藍色）中之每一者。在另一實施例中，接目鏡2000可以包括六個接目鏡層，一組接目鏡層用於經配置以在一個深度平面處形成虛擬圖像的三原色中之每一者，而另一組接目鏡層用於經配置以在另一深度平面處形成虛擬圖像的三原色中之每一者。在另一實施例中，接目鏡2000可以包括三或更多個接目鏡層，以用於三或更多個不同深度平面處的三原色中之每一者。每一接目鏡層包括平面波導，並可包括耦入光柵（ICG）2007、正交瞳孔擴展器（OPE）區域2008及出射瞳孔擴展器（EPE）區域2009。

【0293】 投影器2001將圖像光投影到接目鏡層2000中的ICG 2007。ICG 2007耦接從投影器2001朝向OPE區域2008的方向傳播到平面波導的圖像光。波導藉由完全內部反射（TIR）在水平方向上傳播圖像光。OPE區域2008亦包括繞射元件，以將在波導中從ICG 207傳播的圖像光放大並重新定向為朝向EPE區域2009。換言之，OPE區域2009將正交方向上的遞送到EPE的不同部分的小光束放大。EPE區域2009包括繞射元件，以將在波導中沿著近似垂直於接目鏡層2000的平面的方向傳播的圖像光的一部分耦出並引導朝向觀看者的眼睛2002。

以此方式，可以藉由觀看者的眼睛2002觀看由投影器2001投影的圖像。

【0294】 如上所述，由投影器2001產生的圖像光可以包括三原色中的光，亦即藍色（B）、綠色（G）及紅色（R）。此類圖像光可以分離成組成顏色，而使得每一組成顏色中的圖像光可以耦接到接目鏡中的各別波導。本揭示的實施例並不限於使用所圖示的投影器，可以在本揭示的各種實施例中使用其他類型的投影器。

【0295】 儘管投影器2001包括LED光源2003與矽上液晶（LCOS）空間光調制器（SLM）2004，本揭示的實施例並不限於此投影器技術，並可包括其他投影器技術，包括光纖掃描投影器、可變形鏡裝置、微機械掃描器、使用雷射光源而非LED、光學裝置的其他佈置、波導及包括前照明設計的光束分離器，以及類似者。

【0296】 第21圖圖示根據本發明的實施例的接目鏡2100的實例。接目鏡2100可以包括世界側覆蓋窗2102與眼側覆蓋窗2106，以保護位於世界側覆蓋窗2102與眼側覆蓋窗2106之間的一或更多個波導2104。在一些實施例中，接目鏡2100並不包括世界側覆蓋窗2102與眼側覆蓋窗2106中之一或二者。一或更多個波導2104可以利用分層佈置耦接在一起，而使得每一單獨波導耦接到其相鄰波導中的一或二者。在一些實施例中，一或更多個波導2104經由邊緣密封（例如第22圖所示的邊緣密封2208）

耦接在一起，而使得一或更多個波導2104並不彼此直接接觸。

【0297】 第22圖圖示根據本發明的實施例的用於接目鏡2200的波導層2204的實例。可以看出，每一波導2204可以在彼此的頂部上對準，其間設置空氣間隔或另一材料。在一個說明性實例中，世界側覆蓋窗2202與眼側覆蓋窗2206的厚度可以是0.330mm。在此種實例中，每一波導2204的厚度可以是0.325mm。此外，每一層之間可以是厚度0.027mm的空氣間隔。該領域具有通常知識者將理解尺寸可以不同。第22圖亦圖示每一波導2204可以與顏色及深度平面相關聯。舉例而言，接目鏡2200可以包括用於3m及1m的深度平面的紅色波導。紅色波導可以在指定的深度處中繼紅光，並將紅光耦出到使用者的眼睛。接目鏡可以進一步包括用於3m及1m的深度平面的藍色波導。藍色波導可以在指定的深度處中繼藍光，並將藍光耦出到使用者的眼睛。接目鏡可以進一步包括用於3m及1m的深度平面的綠色波導。綠色波導可以在指定的深度處中繼綠光，並將綠光耦出到使用者的眼睛。該領域具有通常知識者將理解波導可以不同於第22圖所示的次序。深度平面係關於各別波導的光學功率，而使得從該波導的EPE耦出的光將發散，並被使用者感知為距離使用者一定距離：該領域具有通常知識者將理解可以使用替代的指定深度，而本文及第22圖所使用的3m及1m的深度平面僅為說明之目的。

【0298】 第23圖圖示根據本發明的實施例的耦入到接目鏡2300的波導2312的光的單一小光束的路徑的實例。波導2312可以包括ICG 2320、OPE 2330及EPE 2340，其中每一者係設置於由能夠藉由完全內部反射導引光波的材料（通常為具有高介電常數的介電材料）構成的基板2302之上或之內。在一些實施例中，接目鏡2300可以包括三個波導2312、2314及2316，每一波導對應於特定波長的光。額外或更少的波導是可能的。類似於波導2312，波導2314與2316中之每一者可以包括ICG、OPE及EPE。在一些實施例中，注入光2322可以在與第23圖的圖示正交的z方向上的ICG 2320處進入接目鏡2300。注入光2322可以進入ICG 2320，其中ICG 2320內的光柵可以繞射耦入光2322內的某些波長的光，而耦入光2322的其他波長繼續通過接目鏡2310的後續波導層。在一些實施例中，ICG 2320係為專用於特定波長的複數個單獨光柵。

【0299】 耦入光2322可以藉由ICG 2320在波導內的某些方向上繞射，朝向OPE 2330展開的範圍係在例如大致+x方向的扇形圖案2324所示，而遠離OPE 2330展開的範圍係在大致-x方向的扇形圖案2326上。展開其他扇形圖案的其他光路徑當然是可能的，並取決於投影光學裝置以及藉由ICG 2320配置的特定光柵與繞射圖案。亦即，光不會作為發散光束而繞射到波導中，但是在一些實施例中，圖像光的部分的漸進分佈取樣可以產生跨

越接目鏡的小光束的漸進擴大分佈圖案。在所示的扇形圖案2324內繞射的耦入光2322可以大致跟隨光路徑2328而進入OPE 2330，並在+x方向上橫移，其中隨著照射到組成OPE 2330的繞射光柵而通過OPE 2330出現分散式取樣，而其中的部分係週期性地向下引導到EPE 2340，並且在朝向使用者的眼睛的-z方向上耦出之前在-y方向上橫移。

【0300】 如第23圖所示，由於定向損失（如繞射到扇形圖案2326的光）或是由於未適當定位或調整OPE 2330的尺寸拍攝扇形圖案2324內的所有光的拍攝損失，對應於波導2312的波長的更多光可能會損失。

【0301】 第24圖圖示根據本發明的實施例的用於波導2400的上/下拓撲的實例。在一些實施例中，光可以與投影圖像相關聯，或是來自投影圖像。在一些實施例中，接目鏡與波導（例如，波導2400）可以至少部分透明，而使得使用者可以通過接目鏡觀看。在一些實施例中，波導2400可以包括一或更多個區域，每一區域具有特定光柵。舉例而言，波導2400可以包括具有耦入DOE（例如，ICG 2420）的輸入區域。如此說明書所描述，耦入DOE可以從投影器中繼器接收光。光可以進入與波導2400正交的輸入區域。ICG 2420可以將光耦入到波導2400（亦即，進入基板2402）。

【0302】 在一些實施例中，波導2400可以進一步包括：第一區域，亦指稱為具有第一光柵的波導的一部分（例

如，正交瞳孔擴展器2430）。第一光柵可以設置在波導2400的平面表面內或平面表面上，以藉由在利用ICG2420繞射或者耦入到平面波導中之後的完全內部反射來操縱在波導2400中傳播的光。在一些實施例中，第一光柵的週期結構重新引導貫穿第一區域的圖像光。隨著耦入的光束通過第一光柵的週期結構，透過耦入的光束的繞射取樣發生此種重新引導。因此，本文所述的光柵可以藉由將包含投影器瞳孔的光束多次繞射以產生傳播通過波導的複數個小光束，以放大(或複製)投影圖像的觀看瞳孔。在許多情況下，每一小光束承載圖像資料，並且當複數個小光束最終如下所述從波導2400耦出時，使用者眼睛將出現的複數個小光束感知為傳送圖像資訊的放大的取樣瞳孔。在一些實施例中，第一光柵可以將光的至少一部分（例如，複製或取樣的小光束）引導到第二區域（例如，EPE2440）。第二區域或其部分可以具有包含週期結構的第二光柵。在此類實施例中，第一光柵的週期結構的定向可以使得當小光束與其部分相互作用時，以名義上的直角繞射取樣的小光束，以同時將小光束繞射朝向EPE，並將取樣進一步引導跨越OPE，以繼續進行繞射及取樣，並因此重製OPE內的圖像光以及將額外的小光束繞射朝向EPE2440。儘管在一些實施例中的光柵係論述為示例性繞射光學結構，但應理解，本發明並不限於繞射光柵，而其他繞射結構（例如，佈置於六邊形網格中的複數個島狀物）可以包括在本發明的範圍內。

【0303】 因此，應理解，根據一些實施例，光的任何一個部分都可以藉由第一區域的第一光柵（例如，OPE 2430）進行多次繞射，舉例而言，如下面關於第30C圖的更詳細解釋，在第一光柵內的週期結構可以沿著給定方向（例如朝向EPE 2440）繞射圖像光的一部分，同時在第二方向上透射剩餘部分。藉由將光漸近式繞射，光可以視為跨越OPE 2430的「階梯步進」複製小光束（亦即，藉由繞射對圖像光的一部分進行放大或取樣）。舉例而言，每次在實質x方向上行進時，射線都被繞射，一些部分的光可以繞射朝向EPE 2440。經繞射的光的一部分在實質x方向上通過OPE 2430繼續行進，直到在實質y方向上再次繞射朝向EPE 2440，而剩餘部分係在實質x方向上繼續行進。在一些實施例中，光的中心射線可以藉由ICG 2420耦入到波導中，並引導朝向OPE 2430。當在OPE 2430中行進時，中心射線可以藉由OPE 2430以直角繞射，並引導朝向EPE 2440（或者在其他實施例中，以銳角繞射）。

【0304】 在一些實施例中，EPE 2440可以從OPE 2430接收光。在一些實施例中，EPE 2440的第二光柵可以在光係在相對於OPE 2430的實質y方向上行進之後，從波導2400將光耦出。在此類實施例中，光可以引導到使用者的眼睛，而使得耦入到接目鏡的原始投影圖像透過眼箱（eyebox）顯示成與使用者的視野中的投影器

的放大的瞳孔。在一些實施例中，第一區域與第二區域可以佔據波導2400的單獨區域。

【0305】 第25圖圖示根據本發明的實施例的用於波導2500的重疊拓撲的實例。當EPE 2540與OPE 2530可以共享相對於正交視圖的類似區域時，如第25圖所示的重疊佈置允許更小的接目鏡以及更少的取樣實例以分散式的方式將光引導到使用者的眼箱（可以減少光干涉）。該領域具有通常知識者將理解其他優點。波導2500可以類似於波導2400執行。舉例而言，在一些實施例中，波導2500可以包括ICG 2520、OPE 2530及EPE 2540，每一者係耦接到基板2502。在一些實施例中，OPE 2530的第一區域可以佔據不同於EPE 2540的第一區域的波導2500的單獨區域。此外，OPE 2530的第二區域可以佔據波導2500的重疊區域，EPE 2540的第二區域亦佔據該區域。換言之，OPE 2530的區域可以共享EPE 2540所在的波導2500的區域。在一些實施例中，OPE 2530與EPE 2540二者佔據的區域可以在不同的平面上（例如，基板2502的不同側）。在一些實施例中，OPE 2530可以在第一平面上，而EPE 2540可以在第二平面上。在此類實施例中，光的一部分可以在重疊區域中傳播通過OPE 2530，而其他部分的光在相同重疊區域中藉由EPE 2540透射出波導2500。

【0306】 在一些實施例中，從波導2500耦出的光可以沿著傳輸方向傳播。OPE 2530可以設置在沿著傳輸方

向量測的第一位置處。此外，EPE 2540可以設置在沿著傳輸方向量測的第二位置處。在此類實施例中，沿著傳輸方向量測的第二位置可以比沿著傳輸方向量測的第一位置更接近使用者的眼睛。在一些實施例中，OPE 2530的第一位置可以位於波導2500的背側（亦即，更靠近波導2500的世界側），而EPE 2540的第二位置可以位於波導2500的前側（該側更靠近使用者的眼睛）。

【0307】 在一些實施例中，OPE 2530可以在波導2500的前側上，而EPE 2540可以在波導2500的背側上。舉例而言，從波導2500耦出的光可以沿著傳輸方向傳播。OPE 2530可以設置在沿著傳輸方向量測的第一位置處。此外，EPE 2540可以設置在沿著傳輸方向量測的第二位置處。在此類實施例中，沿著傳輸方向量測的第一位置可以比沿著傳輸方向量測的第二位置更接近使用者的眼睛。

【0308】 在一些實施例中，平面波導層可以包括第一瞳孔擴展器（例如，OPE）以及第二瞳孔擴展器（例如，EPE）。在此類實施例中，第一瞳孔擴展器的第一平面可以在z方向上平行於第二瞳孔擴展器的第二平面。在此類實施例中，第一平面的第一區域可以具有設置在第一區域上的第一光柵；以及第二平面的第二區域可以具有設置在第二區域上的第二光柵。在此類實施例中，第一區域經配置以使用第一光柵在x方向及/或y方向上繞射光；以及第二區域經配置以使用第二光柵將光耦出到使用者的眼

睛。在此類實施例中，第一區域可以與第二區域在空間上重疊。

【0309】 在先前段落所描述的實施例中，耦出到使用者的眼睛的光可以沿著傳輸方向傳播。在此種實例中，平面波導層的第一區域可以設置在沿著傳輸方向量測的第一位置處。此外，平面波導層的第二區域可以設置在沿著傳輸方向量測的第二位置處。在此類實施例中，如第25圖所示，沿著傳輸方向量測的第二位置可以比沿著傳輸方向量測的第一位置更接近使用者的眼睛。在其他實施例中，沿著傳輸方向量測的第一位置可以比沿著傳輸方向量測的第二位置更接近使用者的眼睛。

【0310】 在上述實施例中，ICG 2520、OPE 2530及EPE 2540並非為一直線。舉例而言，OPE 2530係沿著第一方向（例如，實質為x方向）從ICG 2520位移，而EPE 2540係沿著第二方向（例如，實質為y方向）從ICG 2520位移，其中第二方向不同於第一方向。

【0311】 第26圖圖示根據本發明的實施例的用於波導2600的直線拓撲的實例。在直線拓撲中，OPE 2630與EPE 2640都可以沿著第一方向從ICG 2620位移。換言之，並非最終在OPE上沿著第一方向以及在EPE上沿著第二方向流動的光，接目鏡可以經建構以使得OPE沿著與藉由ICG將光最初繞射到平面波導中（亦即基板2602）相同的方向饋送EPE。在一些實施例中，如上所述，光仍然可以階梯步進通過OPE 2630。在此類實施例中，EPE

2640可以接收來自與光最初行進相同方向的光，而不是來自相對於光進入OPE的直角的光。

【0312】 在一些實施例中，平面波導層可以包括經配置以接收耦入光的耦入DOE（例如，ICG）。平面波導層可以進一步包括第一瞳孔擴展器與第二瞳孔擴展器。第一瞳孔擴展器可經配置以接收來自耦入DOE的光，並將光繞射朝向第二瞳孔擴展器。第二瞳孔擴展器可以經配置以從第一瞳孔擴展器接收光，並將光耦出朝向使用者的眼睛。在一些實施例中，平面波導層可以經配置以用於讓光沿著第一方向從耦入DOE流向第一瞳孔擴展器。在此類實施例中，平面波導層可以進一步配置以讓光沿著第一方向從第一瞳孔擴展器流向第二瞳孔擴展器。

【0313】 在一些實施例中，OPE 2630的繞射效率可經配置而使得光無法只穿過OPE 2630而沒有任何繞射取樣（階梯步進效果），以及經配置成產生沿著x方向的更均勻分佈的光，而沿著y方向繞射朝向EPE。在一些實施例中，OPE 2630可以依據光柵相對於ICG 2620與OPE 2630的接近度的位置而具有可變的繞射效率。舉例而言，OPE 2630的部分的低繞射效率可以更靠近ICG 2620使用，以將部分的光引導朝向EPE 2640，但允許大部分在更遠離ICG 2620的較高效率的繞射光柵將光引導到EPE 2640之前沿著實質x方向橫越OPE 2630。在此類實例中，繞射效率隨後可以在OPE 2630上變化，以確保平衡，並非ICG 2620繞射到平面波導中的所有光

都立即引導到EPE 2640，或者在光已藉由完全內部反射到達OPE 2630的遠端時，具有與由OPE 2630穿過OPE 2630繞射到EPE 2640大致相同的光量。

【0314】 第27圖圖示根據本發明的實施例的具有不同的繞射效率的區域的OPE 2730的實例。第一區域2732可以具有百分之二十的繞射效率。第二區域2734可以具有百分之二十五的繞射效率。第三區域2736可以具有百分之三十三的繞射效率。第四區域2738可以具有百分之五十的繞射效率。第五區域2739可以具有百分之九十九的繞射效率。隨著光傳播貫穿OPE 2730並進入每一區域，繞射效率將在每一區域中朝向EPE 2740繞射大致相等量的光，而在OPE 2730上形成平衡。若繞射效率太高，例如若第一區域2732與第二區域2734中之每一者具有80%的繞射效率，則很少的光將沿著實質x方向傳播，而用於讓使用者觀看內容的所產生的眼箱相較於OPE將會非常窄，其中OPE具有較低的繞射效率，而由於其寬度在繞射到EPE進行耦出之前允許更多的光傳播。該領域具有通常知識者將理解，EPE的類似變化的繞射效率對於平面波導的耦出光產生類似的期望效果。該領域具有通常知識者將進一步瞭解，所列出的百分比僅為說明性，而也許在到達EPE之前，隨著階梯效應將繼續將光繞射離開ICG，朝向OPE端更靠近ICG的繞射效率可能需要更高。

【0315】 第28圖圖示根據本發明的實施例的用於波導2800的尖端及夾狀拓撲的實例。儘管波導2800可以包括

與本文所述的波導相似的部件，但是波導2800的拓撲可以不同。舉例而言，可以將波導2800的一或更多個部件傾斜，以跟隨光進入平面波導（亦即，基板2802）的扇形的角度，而使得來自耦入光柵2820的光的扇形的邊緣係與第一瞳孔擴展器2830及第二瞳孔擴展器2840的公共界面對準。為了比較，參見描繪耦入光柵2320與所得到的扇形圖案2324的第23圖，正交瞳孔擴展器2330實質上沿著其自身形狀的扇形圖案的邊緣，但留下正交瞳孔擴展器2330與出射瞳孔擴展器2340之間的間隙。在第28圖的尖端及夾狀拓撲中，移除第23圖的間隙，而各別瞳孔擴展器可以佔據更少的空間，而得到更小的形狀因數。在一些實施例中，波導2800的扇形（由ICG2820的光柵所造成）可以是相對於OPE 2830的正或負20度。可以改變波導2800的扇形，而使得扇形可以相對於第一瞳孔擴展器2830（可以對應於第24圖的OPE 2430）的正30度與零度。

【0316】 第一瞳孔擴展器2830可以類似地執行第24圖的OPE 2430。在一些實施例中，設置在與第一瞳孔擴展器2830相關聯的平面波導的平面內或平面上的第一光柵可以使耦入到平面波導中的光以銳角（在xy平面）繞射，而沿著實質y方向朝向第二瞳孔擴展器2840重新引導。該領域具有通常知識者將理解，波導2800的拓撲可以造成由瞳孔擴展器從此種中心射線放大的複數個射線跟隨與第28圖所示的光線實質上類似的路徑。在第28

圖中圖示光路徑2828，以圖示藉由ICG 2820耦入到波導2800的光束的方向，隨後藉由第一瞳孔擴展器2830放大，隨後朝向第二瞳孔擴展器2840繞射。

【0317】 藉由改變波導的部件的拓撲，波導2800可以消除包括在OPE 2430與2440 EPE之間的波導2400中的空間，如第24圖所示。此外，可以移除第一瞳孔擴展器2830的一部分（亦即，移除區域2860）（相較於第24圖的OPE 2430），以相對於來自移除區域2860的邊際光量最大化接目鏡的重量與大小，否則將會繞射到第二瞳孔擴展器2840。

【0318】 在一些實施例中，第二瞳孔擴展器2840亦可以傾斜到一定程度。第二瞳孔擴展器2840可以傾斜一定量，而與ICG 2820及/或第一瞳孔擴展器2830的傾斜量無關。在一些實施例中，第二瞳孔擴展器2840可以包括識別成眼箱的部分。眼箱可以位於應該相對於波導定位的相對於使用者的特定眼睛的使用者的視野。如本說明書先前所述，眼箱在x方向上的尺寸的X軸主要是OPE與沿著實質x方向在平面波導中傳播的光的量的函數，而眼箱在y方向上的尺寸主要是EPE與沿著實質y方向在平面波導中傳播的光的量的函數。該領域具有通常知識者將理解在本說明書中應用於任何所述波導中的眼箱的相關性與幾何形狀。

【0319】 第29圖圖示根據本發明的實施例的用於波導2900的蝶形拓撲的實例。波導2900可以藉由利用通常從

瞳孔擴展器繞射離開的光來減輕存在於其他波導設計中的損耗。藉由將ICG 2920定向而使得所得到的扇形圖案對準y軸及x軸（如第29圖所示），波導2900可以包括第一瞳孔擴展器2930A與第二瞳孔擴展器2930B，以拍攝更多繞射的耦入光。在一些實施例中，第一瞳孔擴展器2930A與第二瞳孔擴展器2930B可以是OPE。在一些實施例中，波導2900可進一步包括第三瞳孔擴展器2940，例如EPE。

【0320】 因為波導2900可以包括二個較小的瞳孔擴展器（例如，第一瞳孔擴展器2930A與第二瞳孔擴展器2930B），所以波導2900可以減少單一OPE（如上述彼等）的大小。在一些實施例中，如上所述，第一瞳孔擴展器2930A與第二瞳孔擴展器2930B可以類似於具有移除部分的OPE（例如，移除區域2932A與2932B）。第一瞳孔擴展器2930A與第二瞳孔擴展器2930B可以放大所接收的光，並將光引導到第三瞳孔擴展器2940（類似於上面所述）。在一些實施例中，如上所述，第一瞳孔擴展器2930A與第二瞳孔擴展器2930B可以利用在xy平面中的角度引導光，而非大致x方向。該角度可以造成第一瞳孔擴展器2930A與2930B將光發送到第三瞳孔擴展器2940，如光路徑2928所示。在一些實施例中，相較於本文所述的其他波導，波導2900可以大約提高效率兩倍。

【0321】 在一些實施例中，波導2900可以進一步包括一或更多個擴散器（例如，擴散器2932A與擴散器

2932B）。一或更多個擴散器可以拍攝從ICG 2920直接透射到第三瞳孔擴展器2940的中心的光。一或更多個擴散器可以包括類似於本文所述的一或更多個OPE的光柵。在一些實施例中，一或更多個擴散器的光柵可以類似地將光以階梯步進到第三瞳孔擴展器2940。

【0322】 在一些實施例中，接目鏡可以包括平面波導層。平面波導層可以包括第一瞳孔擴展器、第二瞳孔擴展器及第三瞳孔擴展器。第一瞳孔擴展器可以配置為接收來自耦入DOE（例如，ICG）的光。在一些實施例中，第一瞳孔擴展器可以具有經配置以將光繞射朝向第三瞳孔擴展器的第一光柵。第二瞳孔擴展器可以配置為接收來自耦入DOE的光。在一些實施例中，第二瞳孔擴展器可以具有將光繞射朝向第三瞳孔擴展器的光柵。第二瞳孔擴展器可以相對於第一瞳孔擴展器位於耦入DOE的相反側。在一些實施例中，第三瞳孔擴展器可以具有第二光柵。第三瞳孔擴展器可經配置以接收來自第一瞳孔擴展器與第二瞳孔擴展器的光。在一些實施例中，第三瞳孔擴展器亦可經配置以使用第二光柵將光耦出到使用者的眼睛。在一些實施例中，平面波導層可以進一步包括擴散器，擴散器經配置以接收來自耦入DOE的光，並將光傳輸到第三瞳孔擴展器的眼箱。在一些實施例中，擴散器可以具有第三光柵，第三光柵經配置以在將光引導到第三瞳孔擴展器之前多次繞射光。在一些實施例中，擴散器可以相對於第一瞳孔擴展器與第二瞳孔擴展器位於耦入DOE的不同側。

【0323】 第30A圖圖示根據本發明的實施例的用於波導3000的蝶形拓撲的實例。波導3000可以包括輸入耦接器區域3010（包括ICG）、上OPE區域3020A、下OPE區域3020B及EPE區域3030。在一些實施例中，波導3000亦可以包括上擴散器區域3040A與下擴散器區域3040B。波導3000可以由至少部分透明的基板材料製成。舉例而言，波導3000可以由玻璃、塑膠、聚碳酸酯、藍寶石等的基板3002製成。所選擇的材料可以具有高於1的折射率，而較佳為高於1.4，或更佳為高於1.6，或最佳為高於1.8的較高折射率，以便於光導引。基板3002的厚度可以是例如325微米或更小。波導3000的所述區域中之每一者可以由在波導基板3002上或其內形成的一或更多個繞射結構製成。特定的繞射結構係隨著區域而變化。

【0324】 如第30A圖中所示，光線3024A與3024B分別圖示沿著將對應於輸入耦接器區域3010的9點鐘位置投影的輸入圖像的四個角的輸入射線重新引導朝向上OPE區域3020A與下OPE區域3020B的路徑。類似地，光線3026A與3026B分別圖示沿著將對應於輸入耦接器區域3010的3點鐘位置投影的輸入圖像的四個角的輸入射線重新引導朝向上OPE區域3020A與下OPE區域3020B的路徑。

【0325】 第30B圖圖示根據本發明的實施例的用於波導3000的繞射光學特徵的各種放大視圖。波導3000的繞

射光學特徵造成在輸入耦接器區域3010處投影到接目鏡的圖像傳播通過波導3000，並從EPE區域3030投影出來而朝向使用者的眼睛。一般而言，圖像係經由大約沿著所示的z軸行進的光線投影到波導3000，並從基板3002的外側入射到輸入耦接器區域3010上。輸入耦接器區域3010包括繞射光學特徵，繞射光學特徵重新引導輸入光線，而使得輸入光線經由完全內部反射在波導3000的基板3002內側傳播。在一些實施例中，輸入耦接器區域3010對稱地位於上與下OPE區域3020之間。輸入耦接器區域3010可以將輸入光分割並重新引導朝向此兩個OPE區域3020。

【0326】 OPE區域3020包括執行至少兩個功能的繞射光學特徵：第一，將光的每一輸入射線分割成複數個許多間隔開的平行射線；第二，將在路徑上的光的該等複數個射線重新引導大致朝向EPE區域3030。EPE區域3030同樣包括繞射光學特徵。EPE區域3030的繞射光學特徵重新引導來自OPE區域3020的光線，而使得其離開波導3000的基板3002，並朝向使用者的眼睛傳播。EPE區域3030的繞射光學特徵亦可以向出射光束賦予一定程度的光學功率，以使他們看起來好像源於所期望的深度平面，如本文其他地方所論述。波導3000具有由EPE區域3030輸出的光線的出射角係與輸入耦接器區域3010處的相應輸入射線的進入角度唯一相關的特性，而藉此允許眼睛忠實再現輸入圖像。

【0327】 現在將更詳細地描述波導3000的光學操作。首先，在輸入耦接器區域3010處將VR/AR/MR圖像從一或更多個輸入裝置投影到波導3000中。輸入裝置可以是例如空間光調制器投影器(相對於使用者的臉部位於波導3000的前方或後方）、光纖掃描投影器或類似者。在一些實施例中，輸入裝置可以使用液晶顯示器（LCD）、矽上液晶（LCoS）或光纖掃描顯示器（FSD）技術，但是亦可以使用其他裝置。輸入裝置可以將一或更多個光線投影到輸入耦接器區域3010的子部分上。

【0328】 輸入耦接器區域3010的不同子部分可以用於針對構成接目鏡的複數個堆疊波導中之每一者的輸入圖像。此可以藉由針對每一波導3000在已設置在用於將圖像輸入到接目鏡的波導3000的一側的輸入耦接器區域3010的子部分處提供適當的繞射光學特徵而實現。此等子部分可以指稱為單獨的瞳孔，以用於在特定波長及/或深度平面處耦入光。舉例而言，一個波導3000可以具有設置於輸入耦接器區域3010的中心的繞射特徵，而其他波導3000可以具有設置在各別輸入耦接器區域的周邊處的繞射特徵，例如在3點鐘或9點鐘位置處。因此，用於每一波導3000的輸入圖像可以藉由投影器在輸入耦接器區域3010的對應部分處瞄準，而使得正確的圖像被引導到正確的波導3000，而不會被引導到其他波導中。

【0329】 投影器可以被設置為使得輸入光線大致沿著所示的z方向接近基板3002的輸入耦接器區域3010（儘

管通常存在一些角度偏差，但考慮到對應於輸入圖像的不同點的光線將以不同的角度投影）。任何給定基板3002的輸入耦接器區域3010包括繞射光學特徵，繞射光學特徵以合適的角度重新引導輸入光線，以經由完全內部反射在波導3000的基板3002內傳播。如放大圖3012所示，在一些實施例中，輸入耦接器區域3010的繞射光學特徵可以形成由許多線組成的繞射光柵，該等線沿著所示的x方向水平延伸，並在所示的y方向上週期性垂直重複。在一些實施例中，線可以被蝕刻到波導3000的基板3002中，及/或可以由沉積到基板3002上的材料形成。舉例而言，輸入耦接器光柵可以包含蝕刻到基板的後表面（與輸入光線進入的一側相對）的線，隨後利用濺射的反射材料（例如金屬）覆蓋。在此類實施例中，輸入耦接器光柵以反射模式工作，儘管其他設計可以使用透射模式。輸入耦接器光柵可以是幾種類型中的任一者，包括表面浮雕光柵、二元表面浮雕結構、體積立體投影圖光學元件（VHOE）、可切換聚合物分散液晶光柵等。可以依據所設計的基板/波導的光的波長、光柵的期望繞射效率及其他因素來選擇線的週期、工作循環、深度、輪廓等。

【0330】 將入射到此輸入耦接器繞射光柵的輸入光分離並重新引導成向上沿著+y方向朝向上OPE區域3020A以及向下沿著-y方向朝向下OPE區域3020B。具體而言，入射到輸入耦接器區域3010的繞射光柵的輸入光被分離成正及負的繞射階數，其中正繞射階數被向上引

導朝向上OPE區域3020A，而負繞射階數被向下引導朝向下OPE區域3020B，反之亦然。在一些實施例中，輸入耦接器區域3010處的繞射光柵係設計成將輸入光主要耦接到+1及-1的繞射階數。（繞射光柵可以設計成減少或消除第零繞射階數以及高於第一繞射階數的更高繞射階數。此可以藉由適當地塑造每條線的輪廓而完成。）

【0331】 上OPE區域3020A與下OPE區域3020B亦包括繞射光學特徵。在一些實施例中，此等繞射光學特徵係為在波導3000的基板3002上或基板3002內形成的線。可以依據所設計的基板/波導的光的波長、光柵的期望繞射效率及其他因素來選擇線的週期、工作循環、深度、輪廓等。OPE區域3020A與3020B的具體形狀可以變化，但是通常可以依據需要適應與輸入圖像的角落對應的光線以及其間的所有光線來確定，以提供輸入圖像的完整視圖。

【0332】 如前所述，在OPE區域3020A與3020B中的此等繞射光柵的一個目的係為將每一輸入光線分成複數組多個間隔開的平行光線。此可以藉由將OPE繞射光柵設計成具有相對低的繞射效率來實現，而使得每一光柵線僅重新引導光線的期望部分，而剩餘部分繼續沿著相同方向傳播。（可用於影響光柵的繞射效率的一個參數係為線的蝕刻深度。）在OPE區域3020A、3020B中的繞射光柵的另一目的係為沿著大致朝向EPE區域3030的路徑引導彼等光線。亦即，每當光線入射到OPE繞射光柵的

線上時，其一部分將偏轉朝向EPE區域3030，而剩餘部分將在OPE區域內繼續透射到下一條線，隨後另一部分偏轉朝向EPE區域，並繼續下去。以此方式，每一輸入光線被分成引導沿著大致朝向EPE區域3030的路徑的多個平行光線。此圖示於第30C圖中。

【0333】 OPE繞射光柵的定向可相對於從輸入耦接器區域3010到達的光線傾斜，以將彼等光線偏轉成大致朝向EPE區域3030。傾斜的特定角度可以取決於波導3000的各種區域的佈局。在第30B圖所示的實施例中，上OPE區域3020A沿著+y方向延伸，而下OPE區域3020B沿著-y方向延伸，使得其互相定向為180°。同時，EPE區域3030相對於OPE區域3020A與3020B的軸線位於90°。因此，為了將來自OPE區域3020A與3020B的光重新引導朝向EPE區域3030，OPE區域的繞射光柵可以相對於所示的x軸定向為約+/-45°。具體而言，如放大視圖3022A所示，上OPE區域3020A的繞射光柵可以由與x軸定向為約+45°的線組成。同時，如放大視圖3022B所示，下OPE區域3020B的繞射光柵可以由與x軸定向為約-45°的線組成。

【0334】 第30C圖圖示根據本發明的實施例的用於波導3000的OPE區域的階梯步進效應的光學操作。第30C圖所示的OPE區域可以對應於第30A圖與第30B圖的OPE區域。如圖所示，輸入射線3011從輸入耦接器區域3010進入上OPE區域3020A。每一輸入射線3011經由

完全內部反射傳播在基板3002的頂表面與底表面之間重複反射而通過波導3000。當輸入射線3011入射到描繪形成於上OPE區域3020A中的繞射光柵的週期結構的線3028中之一者時，一部分的射線引導朝向EPE區域3030，而另一部分的射線繼續沿著相同路徑通過OPE區域3020A。此發生在繞射光柵的每一線處，而導致每一輸入射線3011被取樣成原始光的複數個射線或小光束。此等射線中的一些者的路徑在第30C圖中藉由箭頭表示。

【0335】 返回參照第30B圖，在一些實施例中，輸入耦接器區域3010位於二個OPE區域之間可能是有利的，因為此允許在波導3000有效地利用來自輸入耦接器區域3010的正及負繞射階數的光，其中一個OPE區域接收正繞射階數，而另一OPE區域從輸入耦接器區域3010接收負繞射階數。隨後，可以在EPE區域3030處重新組合來自正及負繞射階數的光，並引導到使用者的眼睛。儘管輸入耦接器區域3010在上OPE區域3020A與下OPE區域3020B之間的位置在此方面是有利的，但是可能導致輸入耦接器區域3010有效地遮蔽EPE區域3030的中心部分。亦即，因為輸入射線係由輸入耦接器分離成正及負繞射階數，並在沿著+x方向重新引導朝向EPE區域3030之前，首先引導朝向+y方向或-y方向，所以較少光線可以到達位於第30A圖與第30B圖中的輸入耦接器區域3010的左側的EPE區域的中心部分。此可能是不期望的，因為若EPE區域3030的中心與使用者的眼睛對準，

則由於在OPE區域3020之間的輸入耦接器區域3010的位置所造成的此陰影效應，可能最終將更少的光線引導到使用者的眼睛。作為此問題的解決方案，波導3000亦可包括上與下擴散器區域3040A與3040B。此等擴散器區域可以重新引導來自OPE區域的光線，以填充EPE區域3030的中心部分。上與下擴散器區域3040A與3040B利用第30B圖所示的繞射特徵來完成此任務。

【0336】 如放大視圖3042A所示，上擴散器區域3040A可以包括繞射光柵，繞射光柵的光柵線形成為相對於x軸約-45°，並垂直於上擴散器區域3040A主要接收光的相鄰的上OPE區域3020A的光柵線。類似於OPE光柵，擴散器區域中的光柵的效率可以設計成使得只有入射到光柵的每一線上的光線的一部分被重新引導。由於上擴散器區域3040A中的繞射光柵線的定向，來自上OPE區域3020A的光線在沿著+x方向繼續朝向EPE區域3030之前被稍微沿著-y方向重新引導。因此，不論輸入耦接器區域3010相對於EPE區域3030的位置造成任何遮蔽，上擴散器區域3040A有助於增加到達EPE區域3030的中心部分的光線數量。類似地，如放大視圖3042B所示，下擴散器區域3040B可以包括光柵線，光柵線係形成為相對於x軸約+45°，並垂直於下擴散器區域3040B主要接收光的相鄰的下OPE區域3020B的光柵線。下擴散器區域3040B中的繞射光柵線造成來自下OPE區域3020B的光線在沿著+x方向繼續朝向EPE區

域3030之前被沿著+y方向稍微重新引導。因此，下擴散器區域3040B亦有助於增加到達EPE區域3030的中心部分的光線的數量。

【0337】 來自OPE區域3020A及3020B與擴散器區域3040A及3040B的光線傳播通過波導3000的基板3002，直到最終到達EPE區域3030。EPE區域3030可以包括繞射光學特徵，繞射光學特徵將光線重新引導離開波導3000，並朝向使用者的眼睛。如放大視圖3032所示，EPE區域3030的繞射光學特徵可以是沿著y方向延伸並沿著x方向呈現週期性的垂直光柵線。可替代地，如第31A圖所示，EPE區域3030中的繞射光柵的線可以稍微彎曲，以將光學功率賦予圖像。可以依據所設計的基板/波導的光的波長、光柵的期望繞射效率及其他因素來選擇線的週期、工作循環、深度、輪廓等。入射到EPE區域3030中的此等光柵線中之每一者上的光線的一部分被重新引導離開波導3000的基板3002。每一輸出光線離開波導3000的EPE區域3030的特定角度係藉由輸入耦接器區域3010處的相應輸入射線的入射角確定。

【0338】 第31A圖圖示根據本發明的實施例的包括具有二個疊加的繞射光柵的輸入耦接器區域3110的波導3100的實例。波導3100係形成為具有基板3102，並包括輸入耦接器區域3110、上OPE區域3120A、下OPE區域3120B及EPE區域3130。除非另有說明，波導3100可以作為類似於第30A圖至第30C圖所示的波導3000。

波導3100的設計代表增加引導朝向EPE區域3130的中心部分（直接位於輸入耦接器區域3110的左側）的光量的另一方式，而不必使用第30A圖至第30C圖所論述的擴散器區域3040A與3040B的類型。

【0339】 相較於第30A圖、第30B圖及第30C圖中的波導3000，第31A圖中的波導3100的主要區別係為輸入耦接器區域3110的設計。在波導3000中，輸入耦接器區域3010係設計成將輸入光主要重新引導到上OPE區域3020A與下OPE區域3020B。對之，第31A圖所示的輸入耦接器區域3110係設計成將輸入光引導到上與下OPE區域3120A與3120B，並直接引導到EPE區域3130。此可以藉由在輸入耦接器區域3110中彼此疊加二個繞射光柵來實現。

【0340】 第31B圖圖示根據本發明的實施例的二個疊加的繞射光柵所組成的輸入耦接器區域3110的實例的透視圖。第一繞射光柵3141可以形成為類似於第30A圖至第30C圖所示的繞射光柵。具體而言，第一繞射光柵3141可以由沿著x方向延伸並在y方向上週期性地重複的線組成，而使得二個疊加的繞射光柵彼此正交。此第一繞射光柵3141將輸入光分成正及負繞射階數，分別引導朝向上與下OPE區域3120A與3120B。第一繞射光柵3141可以具有第一繞射效率，以控制重新引導朝向OPE區域3120A與3120B的輸入光的比例。

【0341】 第二繞射光柵3142可以由沿著y方向延伸並在x方向上週期性地重複的線組成。換言之，第二繞射光柵1342可以相對於第一繞射光柵定向為約90°。第二繞射光柵1342的此定向造成輸入光線重新引導朝向EPE區域3130，而不會首先通過OPE區域，在此實施例中，EPE區域3130係位於與OPE區域3120A與3120B相對於輸入耦接器區域3110所在的方向呈實質90°的方向。（在其他實施例中，取決於EPE區域3130所在的方向，第二繞射光柵3142亦可以具有其他定向。）第二繞射光柵3142可設計成具有與第一繞射效率不同的第二繞射效率。在一些實施例中，第二繞射光柵3142可以設計成比第一繞射光柵3141的效率更低。此可以藉由例如使第二繞射光柵3142的線比第一繞射光柵的線更淺（如第31B圖所示）來實現，而造成大部分的輸入光藉由第一繞射光柵3141重新引導朝向上與下OPE區域3120A與3120B（分別藉由光線3112A與3112B表示），而較少部分的輸入光藉由第二繞射光柵3142（由光線3114代表）直接重新引導朝向EPE區域3130。由於輸入耦接器區域3110將一些輸入光直接重新引導朝向EPE區域3130，所以可以減少由輸入耦接器區域對於EPE區域的中心部分造成的上述遮蔽。

【0342】 第32A圖圖示藉由根據本發明的實施例具有上與下OPE區域朝向EPE區域成角度的密集形狀因子的波導3200的實例。波導3200係形成為具有基板3202，

並包括輸入耦接器區域3210、上OPE區域3220A、下OPE區域3220B及EPE區域3230。除非另有說明，第32A圖所示的波導3200可以作為類似於第30A圖至第30C圖所示的波導。

【0343】 相較於第30A圖至第30C圖中的波導3000，第32A圖中的波導3200的主要區別係為OPE區域3220A及3220B朝向EPE區域3230成角度。在第32A圖所示的實施例中，每一OPE區域從y軸傾斜約30度。因此，並非如第30A圖至第30C圖所示的實施例分開成約180度，上OPE區域3220A與下OPE區域3220B係分開成約120度。舉例而言，輸入耦接器區域3210可以經配置以在多個方向上將與投影圖像相關的耦入光繞射到基板3202中，多個方向包括第一方向（從y軸向上30度）、第二方向（從y軸向下30度）及第三方向（在+x方向上）。在一些實施例中，第一方向係與第二方向形成120度角。在一些實施例中，第三方向係與第一方向及第二方向中之每一者形成60度角。儘管OPE區域3220A與3220B朝向EPE區域3230的精確的傾斜量可以變化，但是通常此類角度可以允許波導3200實現更密集的設計。因為可以使VR/AR/MR系統的頭戴式顯示器製造得不那麼龐大，所以此可能是有利的。

【0344】 可以修改輸入耦接器區域3210的繞射特徵的設計，以匹配輸入光線透射到波導3200的基板3202的角度，而使得該等角度對應於OPE區域3220A與3220B相

對於輸入耦接器區域3210所在的方向。在第32B圖的放大視圖3212中圖示輸入耦接器區域3210的繞射特徵的示例性實施例。

【0345】 第32B圖圖示根據本發明的實施例的第32A圖所示的波導3200的輸入耦接器區域3210的繞射光學特徵的實例。在所示實施例中，輸入耦接器區域3210具有佈置在六邊形網格3216中的複數個島狀物3214（注意，圍繞每一島狀物3214的虛線意欲圖示六邊形網格，而不一定對應於沿著虛線的任何物理結構）。繞射特徵的六邊形網格3216讓入射到輸入耦接器區域3210上的輸入光線以60度的間隔在多個方向上透射到波導3200的基板3202中。因此，如第32A圖所示，第一組輸入射線係以與x軸成約60度朝向上OPE區域3220A發射，第二組輸入射線係以與x軸成約-60度朝向下OPE區域3220B發射，而第三組輸入射線大致沿著x軸直接朝向EPE區域3230發射。

【0346】 亦可使用其他棋盤格狀配置，此取決於波導3200的形狀以及從輸入耦接器區域3210到OPE區域3220的方向。島狀物3214的具體形狀確定光被重新引導到此等方向中之每一者的效率。在說明性實施例中，島狀物3214中之每一者都是菱形，但是其他形狀亦是可能的（例如，圓形、正方形、矩形等）。此外，島狀物3214可以是單層或多層。在一些實施例中，藉由將島狀物3214蝕刻到基板3202的後表面（在輸入射線從輸入裝置進入

基板3202的相反側)上形成輸入耦接器區域3210的繞射特徵。隨後，可以塗覆基板3202的後表面上的經蝕刻島狀物，隨後增加反射材料。以此方式，輸入光線進入基板的前表面，並從後表面上的經蝕刻島狀物反射/繞射到基板的表面，而使得繞射特徵以反射模式操作。上OPE區域3220A與下OPE區域3220B可包括如先前所述的繞射光學特徵。上OPE區域3220A的繞射特徵係圖示於第32C圖的放大視圖3222中。

【0347】 第32C圖圖示根據本發明的實施例的第32A圖所示的波導3200的OPE區域3220A的繞射光學特徵的實例。與波導3000的OPE區域的繞射特徵的情況一樣，第32A圖所示的波導3200的OPE區域3220A與3220B的繞射特徵同樣是形成繞射光柵的線的週期性重複圖案。然而，在此情況下，根據OPE區域3220A的傾斜定向來調整線的定向角度，以仍然將光線重新引導朝向EPE區域3230。具體而言，上OPE區域3220A中的繞射光柵的線係相對於x軸定向為約+30度。類似地，下OPE區域3220B中的繞射光柵的線係相對於x軸定向為約-30度。

【0348】 第33A圖圖示根據本發明的實施例的具有單側配置的組合OPE/EPE區域3350的波導3300的實例。組合OPE/EPE區域3350包括對應於在x方向與y方向上空間重疊的OPE與EPE兩者的光柵。在一些實施例中，對應於OPE與EPE的光柵係位於基板3302的相同側

上，而使得OPE光柵疊加在EPE光柵上，或者EPE光柵疊加在OPE光柵上（或兩者）。在其他實施例中，OPE光柵係位於基板3302與EPE光柵相反的一側，而使得光柵在x方向與y方向上空間重疊，但在z方向上彼此分離（亦即，在不同的平面中）。因此，組合OPE/EPE區域3350可以利用單側配置或雙側配置來實現。參照第34A圖與第34B圖圖示雙側配置的一個實施例。

【0349】 第33B圖圖示根據本發明的實施例的藉由掃描電子顯微鏡（SEM）拍攝的單側配置的組合OPE/EPE區域3350的實例。組合OPE/EPE區域3350可以包括三組光柵：第一OPE光柵3351、第二OPE光柵3352及EPE光柵3353。藉由將三組光柵彼此疊加，三組光柵整合在一起，以形成具有魚脊形的脊的3D光柵奈米結構。第33B圖所示的平行線表示三組光柵的週期性。在一些實施例中，使用干涉微影技術在基板3302上產生三組光柵。在一些情況下，依序產生三組光柵。舉例而言，可以使用干涉微影首先產生第一OPE光柵3351。在第一OPE光柵3351完成之後，可以使用干涉微影直接在完成的第一OPE光柵3351的頂部上產生第二OPE光柵3352。最後，在第二OPE光柵3352完成之後，可以使用干涉微影產生EPE光柵3353。以此方式，三組光柵可以彼此疊加。在一些實施例中，藉由在完成第一OPE光柵3351與第二OPE光柵3352之後產生EPE光柵3353來改善組合

OPE/EPE區域3350的效能，而藉此保留EPE光柵3353的大部分功能。

【0350】 在一些實施例中，同時在單一處理期間使用干涉微影產生全部三組光柵。舉例而言，在進行干涉微影之前，可以使用計算裝置來計算所期望的光柵結構。所期望的光柵結構可以包括三組光柵的總和或平均值。在計算所期望的光柵結構之後，可以使用干涉微影以在基板3302上產生所期望的光柵結構。以此方式，三組光柵可以彼此疊加。在一些實施例中，使用所描述的技術首先產生第一OPE光柵3351與第二OPE光柵3352的組合，隨後在完成組合OPE光柵之後產生EPE光柵3353，以改善組合OPE/EPE區域3350的效能，而藉此保留了EPE光柵3353的大部分功能。在一些實施例中，藉由增加EPE光柵3353朝向組合OPE/EPE區域3350的邊緣的最小值與最大值而改善組合OPE/EPE區域3350的效能，而藉此增加耦出光沿著組合OPE/EPE區域3350的邊緣的可能性。

【0351】 儘管在第33B圖中未圖示，在一些實施例中，組合OPE/EPE區域3350包括沿著組合OPE/EPE區域3350的邊緣（例如，沿著四個側邊）的繞射鏡。繞射鏡可以包括一系列非常精細的節距光柵，以用於將光向後繞射回到組合OPE/EPE區域3350中，造成將離開波導3300的光在波導3300內繼續傳播。包括一或更多個繞射鏡的情況增加波導效率，並藉由產生更隨機的出射瞳孔陣

列來改善相關光假影。該領域具有通常知識者將理解，本發明並不限於三個光柵結構的疊加，例如可以疊加其他數量的光柵或其他繞射結構。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0352】 第33C圖圖示根據本發明的實施例的波導3300內的光路徑3328的實例。光路徑3328包括在ICG 3320處耦接到基板3302中的入射光（表示為3328A）。耦入光（表示為3328B）藉由完全內部反射傳播朝向光柵3351、3352及3353。當此等射線遇到第一OPE光柵3351時，光在+y方向上繞射（表示為3328C），並隨後藉由EPE光柵3353在-z方向上繞射離開波導3300而朝向使用者的眼睛（表示為3328D）。類似地，耦入光（表示為3328B）可以替代地遇到第二OPE光柵3352，並且在-y方向上繞射（表示為3328E）。在-y方向上繞射的光（表示為3328E）可以藉由EPE光柵3353繞射離開波導3300而朝向使用者的眼睛。光在+y方向上（藉由第一OPE光柵3351）或在-y方向上（藉由第二OPE光柵3352）繞射係為概率性的，並由光柵結構控制。一般而言，當耦入光（表示為3328B）具有50%的機率在+y方向或-y方向上繞射時，組合OPE/EPE區域3350的效能得到改善。在一些情況下，此在第一OPE光柵3351與第二OPE光柵3352彼此垂直時實現。

【0353】 儘管波導3300係圖示為僅具有單一ICG 3320，在一些實施例中，可能較佳為波導3300包括在組

合OPE/EPE區域3350上與ICG 3320相反的一側的第二ICG。第二ICG可以與ICG 3320的形式及功能相同，並且可以是ICG 3320的鏡像版本。舉例而言，儘管ICG 3320經配置以將與投影圖像相關的耦入光繞射到基板3302中，但是可以將第二ICG 3320配置為繞射與投影圖像的鏡像版本相關的耦入光（例如，在x方向上翻轉）。相對於與ICG 3320相關聯的光路徑3328，與第二ICG相關聯的光路徑可以包括在第二ICG處耦接到基板3302中的入射光。耦入光藉由完全內部反射傳播朝向光柵3351、3352及3353。當此等射線遇到第一OPE光柵3351時，光在-y方向上繞射，並隨後藉由EPE光柵3353在-z方向上繞射離開波導3300而朝向使用者的眼睛。類似地，耦入光可以替代地遇到第二OPE光柵3352，並且在+y方向上繞射。在+y方向上繞射的光可以藉由EPE光柵3353繞射離開波導3300而朝向使用者的眼睛。

【0354】 第33D圖圖示根據本發明的實施例的第33C圖所示的波導3300內的光路徑3328的實例的側視圖。當耦入光（表示為3328B）傳播朝向光柵3351、3352及3353傳播時，可以多次反射而離開基板3302或其他波導元件的底側與頂側中之一或兩者。

【0355】 第34A圖圖示根據本發明的實施例的具有兩側配置的組合OPE/EPE區域3450的波導3400的實例。波導3400可以與參照第33A圖至第33D圖所示的波導3300不同，而不同之處在於組合OPE/EPE區域3450

中的三組光柵（第一OPE光柵3451、第二OPE光柵3452及EPE光柵3453）係分佈在基板3402的兩側之間。舉例而言，在一些實施例中，組合OPE/EPE區域3450包括OPE部件3450A與EPE部件3450B，而使得OPE部件3450A（包括OPE光柵）係位於基板3402的一側，而EPE部件3450B（包括EPE光柵）係位於基板3402的另一側。類似於參照波導3300所述的技術，可以藉由依序產生兩組OPE光柵（第一OPE光柵3451與第二OPE光柵3452）或藉由同時產生兩組OPE光柵而使用干涉微影產生OPE部件3450A。

【0356】 波導3400內的光路徑3428的實例係參照第34A圖圖示。光路徑3428包括在ICG 3420處耦接到基板3402中的入射光（表示為3428A）。耦入光（表示為3428B）藉由完全內部反射傳播朝向光柵3451、3452及3453。當此等射線遇到第一OPE光柵3451時，光在+y方向上繞射（表示為3428C），並隨後藉由EPE光柵3453在-z方向上繞射離開波導3400而朝向使用者的眼睛（表示為3428D）。類似地，耦入光（表示為3428B）可以替代或附加地遇到第二OPE光柵3452，並且在-y方向上繞射（表示為3428E）。在-y方向上繞射的光（表示為3428E）可以藉由EPE光柵3453繞射離開波導3400而朝向使用者的眼睛。

【0357】 第34B圖圖示根據本發明的實施例的第34A圖所示的波導3400與光路徑3428的側視圖。在一些實施

例中，第一OPE光柵3451與第二OPE光柵3452係設置在基板3402的相同側上或相同側內，而使其彼此疊加，以在基板3402的一側上形成2D光柵。在一些實施例中，EPE光柵3453係設置在基板3402的相反側上，以形成1D光柵。當耦入光（表示為3428B）傳播朝向光柵3451、3452及3453傳播時，可以多次反射而離開基板3402的底側與頂側中之一或兩者。在一些情況下，當藉由第一OPE光柵3451在+y方向上並藉由第二OPE光柵3452在-y方向繞射耦入光的射線時，可以在-z方向上傳播跨越基板3402(如分別由路徑3428C與3428E所示)。

【0358】 第35A圖至第35J圖圖示根據本發明的實施例的用於接目鏡的實施方案的波導3500的各種設計。波導3500中之每一者可以類似於本文所述的一或更多個實施例，並且可以包括例如一或更多個ICG 3520、一或更多個OPE 3530、EPE3540及/或組合OPE/EPE區域3550。舉例而言，波導3500A、3500B及3500C（分別圖示於第35A圖、第35B圖及第35C圖中）中之每一者包括垂直位於EPE 3540的上方及側邊的單一ICG 3520，而使得OPE 3530係以一角度將光繞射朝向EPE 3540。在波導3500A中，OPE 3530A可以部分地與EPE 3540A重疊，而OPE可以不與波導3500B及3500C中的EPE重疊。波導3500D、3500E及3500F（如第35D圖、第35E圖及第35F圖所示）中之每一者包括垂直位於EPE 3540的上方及兩側中之每一者的二個

ICG 3520，且亦包括沿著EPE 3540的兩側定位的二個OPE 3530。OPE 3530中之每一者可以將耦入光向內繞射朝向EPE 3540。波導3500E可以對應於波導3500D的裁切版本。

【0359】 波導3500G（圖示於第35G圖）可以包括橫向定位至組合OPE/EPE區域3550G的側邊的單一ICG 3520G，類似於參照第33A圖至第33D圖描述的波導3300及/或參照第34A圖及第34B圖描述的波導3400。波導3500H及3500I（分別圖示於第35H圖及第35I圖）中之每一者包括垂直位於EPE 3540上方的單一ICG 3520以及垂直位於EPE 3540上方及側邊的二個OPE 3530。波導3500I可以對應於波導3500H的裁切版本。波導3500J（圖示於第35J圖）可以包括垂直定位於組合OPE/EPE區域3550J上方的單一ICG 3520J，類似於旋轉90度的參照第33A圖至第33D圖描述的波導3300及/或參照第34A圖及第34B圖描述的波導3400。

*光學系統*

【0360】 一種圖像投影器係為可以投影使用者所觀看的圖像（或運動圖像）的光學裝置。近來，創新使得頭戴式裝置（亦即，近距離顯示裝置）能夠包括圖像投影器。此類圖像投影器可以將圖像投影到穿戴頭戴式裝置的使用者的眼睛。然而，此種頭戴式裝置可能導致基於波形干擾的圖像假影及圖案。

【0361】 第37圖圖示使用基板（例如波導）上或基板中的繞射結構（例如繞射光柵）的示例性光學系統3700。光學系統3700可以用於虛擬及擴增實境應用。在一些實施方案中，光學系統3700具有接目鏡，接目鏡包括耦入光柵（ICG）元件3702與繞射光學元件（DOE）3704。可以根據2015年5月29日提交的標題為「Methods and systems for generating virtual content display with a virtual or augmented reality apparatus」的美國專利申請案第14/726,424號實現接目鏡，美國專利申請案第14/726,424號之全部內容藉由引用併入本文。

【0362】 ICG 3702與DOE 3704可以在基板3710中或基板3710上實現。基板3710可以由玻璃、聚合物或水晶製成。在一些情況下，基板3710是透明的。在一些情況下，基板3710亦可以是半透明的。在一些實施方案中，基板3710包括平板波導。波導可以由折射率在約1.5至4的範圍內的材料製成。波導可以具有100nm至1mm的厚度。波導可以具有任何合適的二維上視形狀，例如矩形、正方形、圓形或橢圓形。

【0363】 DOE 3704可以具有一或更多個層，而每一層可以包括正交瞳孔擴展（OPE）繞射元件3706以及出射瞳孔擴展（EPE）繞射元件3708。ICG元件3702經配置以接收輸入光束（例如來自投影器），並將輸入光束發射到基板3710中的DOE 3704。如上所述，基板3710

可以包括波導，而ICG元件3702將輸入光束發射到耦接到DOE 3704的波導中。

【0364】 在一些實例中，輸入光束具有以下特性：1）具有FWHM（半鋒全寬）為約200nm至2mm的有限光束；2）在約400nm至2μm範圍內的波長；3）讓輸入光束能夠在波導內側完全內部反射的入射極角。極角可以在約35至89度的範圍內；及/或4）讓輸入光束能夠在波導中從-30度到30度的範圍內傳播的方位角。

【0365】 輸入光束可以藉由完全內部反射（TIR）而在波導中行進。在一層上的OPE繞射元件3706經配置以將一些輸入光束偏轉到EPE繞射元件3708，EPE繞射元件3708經配置以進一步將一些經偏轉的光束偏轉離開基板3710（例如朝向使用者的眼睛）。為了在使用者的眼睛中取得具有均勻光照度的輸出圖像，來自EPE繞射元件3708的多個輸出的經偏轉光束可以具有一致的強度。

【0366】 OPE繞射元件3706與EPE繞射元件3708可以經佈置以在相同層上共面或並排。為了取得離開基板的光束，DOE 3704經配置以將光束繞射跨越DOE 3704（例如，利用繞射的選擇性分佈）。在一些實施例中，經繞射的光的分佈實質上是均勻的。在一些實施例中，經繞射的光的量可以在DOE 3704的輪廓上變化（例如，利用增加的梯度或隨機的方式）。舉例而言，當光束在DOE 3704中傳播並藉由OPE繞射元件3706與EPE繞射元件

3708逐漸偏轉時，光束的強度降低，隨後DOE 3704的繞射效率可經配置以沿著光束的傳播路徑逐漸增加。

【0367】 在一些實施方案中，OPE繞射元件3706包括位於沿著第一方向的第一繞射光柵（例如，從底部到頂部），如第37圖所示。EPE繞射元件3708包括位於沿著第二方向的第二繞射光柵（例如，從左到右），如第37圖所示。第一方向與第二方向之間的角度可以在0到90度的範圍內。在一些情況下，角度係在45度與90度之間。在一些情況下，角度係在80度與90度之間。在特定實例中，第二方向係垂直於第一方向。第一繞射光柵可以是具有沿著第一方向線性變化的深度的繞射光柵，而因此第一繞射光柵可以具有沿著第一方向逐漸增加的繞射效率。第二繞射光柵可以是具有沿著第二方向線性變化的深度的繞射光柵，而因此第二繞射光柵可以具有沿著第二方向逐漸增加的繞射效率。

【0368】 在一些實施方案中，OPE繞射元件3706與EPE繞射元件3708包括線性繞射結構、圓形繞射結構、徑向對稱繞射結構或其任何組合。OPE繞射元件3706與EPE繞射元件3708可以包括線性光柵結構與圓形或徑向對稱繞射元件，以偏轉及聚焦光束。

【0369】 在DOE 3704中的繞射結構可以具有的週期係在約50nm至500nm的範圍內。在一些實例中，繞射結構具有折射率的週期性振盪，其介電率對比度係在0.1與3之間。在一些實例中，繞射結構可以由具有週期性金屬

圖案的介電材料製成。介電材料的折射率可以為約1.5至4。在一些實施例中，包括OPE繞射元件3706與EPE繞射元件3708的繞射光學元件（DOE）3704具有約0.1mm$^2$至1m$^2$的區域面積，其可用於任何合適尺寸的顯示系統（例如較小的顯示系統或較大的顯示系統）。

【0370】 如上所述，為了在使用者的眼睛或其他觀看螢幕中取得具有均勻光照度的輸出圖像，來自EPE繞射元件3708的多個輸出的經偏轉光束可能需要具有均勻的強度。OPE繞射元件3706可以包括具有第一週期結構的第一繞射結構，第一週期結構經配置以將在基板3710中傳播的輸入光束偏轉成複數個輸出光束。在彼此間隔開的各別位置處將輸出光束偏轉離開OPE繞射元件3706。間隔的輸出光束中之每一者可以是由輸入光束產生並藉由第一繞射結構在各別位置處從OPE繞射元件3706偏轉的多個重合光束之間的干涉的結果。來自OPE繞射元件3706的輸出光束彼此間隔開，而因此不會彼此干涉。間隔的輸出光束進入EPE繞射元件3708，並藉由EPE繞射元件3708中的第二繞射結構進一步偏轉，而從亦彼此間隔開的各別位置離開基板3710。因此，來自EPE繞射元件908的輸出光束亦位於空間上的不同位置處，而彼此並不相關。因此，來自EPE繞射元件3708的此等輸出光束之間沒有干涉。因此，來自EPE繞射元件3708的輸出光束的特性實質上可以取決於來自OPE繞射元件3708的輸出光束的特性。

【0371】 在一些實施方案中，OPE繞射元件3706中的繞射結構具有週期結構，週期結構可以操縱輸出繞射光束的幅度，而不操縱輸出繞射光束的相位，如第43圖與第44A圖所示。在此等情況下，對於輸出光束中之每一者，在形成輸出光束的各別多個重合光束之間可能存在相長干涉或相消干涉。

*抖動*

【0372】 繞射波導可以包括在OPE中的均勻光柵。理想的輸出圖像具有恆定的光照度。然而，因為OPE中的光柵是均勻的，所以實際的輸出圖像可能具有不均勻的光照度。

【0373】 第38圖圖示在展示由OPE中的均勻光柵所造成的波干涉的出射瞳孔擴展器（EPE）中所模擬的電場強度。針對設計用於大視野（例如從40度到40度）的薄波導與OPE，觀察到電場強度3805。從電場強度3805可以看出，可以觀察到不良的光照度假影以及強波干涉。針對設計用於大視野的厚波導與OPE，觀察到電場強度3810。厚波導表現出弱波干涉。針對設計用於小視野（例如從5度到5度）的薄波導與OPE，觀察到電場強度3815。薄波導表現出強波干涉。針對設計用於小視野的厚波導與OPE，觀察到電場強度3820。厚波導表現出弱波干涉。

【0374】 第38圖中的模擬結果表明，相較於使用較厚的波導，使用較薄的波導作為基板造成更強的波干涉。第

38圖中的模擬結果亦表明，相較於設計用於較小FOV(例如沿著Y軸的較短寬度）的OPE繞射元件，設計用於較大FOV（例如沿著Y軸的較長寬度）的OPE繞射元件造成更強的波干涉。設計用於具有較薄波導作為基板的較大FOV的OPE造成第38圖所示的四種情況下的最強的波干涉。電場強度中的強波干涉可能造成觀看螢幕（例如使用者的眼睛）上的光照度假影或不均勻性，而可能影響光學系統的效能。換言之，波干涉的問題在大視野及超薄顯示器中是最差的，大視野及超薄顯示器對於透視混合實境顯示器是最理想的。

【0375】 例如藉由在波導上的光柵中產生圖案，可以降低波干涉，並增加輸出圖像的光照度均勻性。此等圖案改善光的擴散，而因此增加輸出圖像的均勻性。舉例而言，可以使用光束分離器將雷射光束分成兩個分量光束，同時保持路徑長度。若重新組合兩個分量光束，則產生相消干涉，兩個光束彼此抵消。此方式可用於建立光照度調制器。然而，藉由造成一個雷射光束相對於另一者的路徑長度的微妙改變，兩個光束可以進入完美相位或相位差90度，而彼此抵消。

【0376】 Mach-Zehnder干涉器操縱一個光束的路徑長度，以改變輸出光束（亦即，重新組合光束）的強度。因為射線階梯步進通過OPE並沿著OPE傳播，所以利用均勻的45度光柵，OPE係作為Mach-Zehnder結構。換言之，建立複數個複製光束，彼此之間具有相位關係，而

全部都來自相同的原始發射器。從OPE向下流入EPE的任意光束實際上係為通過獨立路徑到達該點的多個繞射光束的組合。一些光束階梯步進通過OPE，而一些光束走直線跨越OPE，並以直角向下轉。彼等光束在向下傳播時重新組合。

【0377】 拆開OPE的對稱性的一種方法是抖動OPE結構本身。一個示例性的抖動係為跨越空間的結構的正弦抖動。可以藉由改變OPE的蝕刻深度來建立結構變化，而使得蝕刻深度在低點處將會非常窄，而在高點處將存在完整的蝕刻深度，而因此增加分數效率。

【0378】 僅用於說明之目的，在下文中，藉由將相位變化圖案增加到OPE繞射元件的繞射結構（例如繞射光柵）的相位擾動方法的實例係圖示以改善光學系統的光照度均勻性及/或消除光照度假影。相位變化圖案的週期實質上大於OPE光柵的週期。舉例而言，在一些實施例中，OPE光柵的週期可以在約50nm至500nm的範圍內，而相位變化圖案的週期可以在約100μm至5cm的範圍內。

【0379】 第39A圖圖示未抖動OPE 3905A以及來自未抖動OPE 3905A的輸出圖像3910A。輸出圖像3910A具有包括一些奇數條紋圖案的相當大的不均勻性。理想情況下，輸出圖像應該是均勻的。第39B圖圖示具有正弦抖動的OPE 3905B以及來自抖動OPE 3905B的輸出圖像3910B。輸出圖像3910B具有改善的光照度均勻性。第39C圖圖示具有半隨機（例如，最佳化）2D

抖動的OPE 3905C以及來自抖動OPE 3910C的輸出圖像3910C。輸出圖像3910C亦具有增加的總光照度均勻性。第39D圖圖示若觀看者係位於眼箱內的中心，則觀看者將不會觀看到與抖動相關聯的任何或減少的假影數量。在一些實施例中，可以考慮在圖像的光照度均勻性與最終清晰度以及對比度效率之間的權衡來選擇抖動。

【0380】 第40A圖圖示將連續的相位變化圖案增加到OPE繞射元件（亦即，OPE光柵4000A）的繞射結構（例如，繞射光柵）的實例。OPE光柵4000A具有沿著第一方向縱向延伸的週期結構。圖案4002A係為具有沿著第二方向縱向延伸的週期圖案的示例性連續相位變化圖案。在第一方向與第二方向之間存在一角度。當將相位變化圖案4002A增加到OPE光柵4000A時，OPE光柵4000A成為具有波狀光柵形狀且與OPE光柵4000A不同的光柵4004A。

【0381】 圖案4006A係為具有沿著第三方向縱向延伸的週期圖案的另一示例性連續相位變化圖案。第三方向實質上平行於第一方向。當將相位變化圖案4006A增加到OPE光柵4000A時，OPE光柵4000A成為具有調制光柵結構且與OPE光柵4000A不同的光柵4008A。

【0382】 第40B圖的上半部圖示未抖動OPE 4005B以及來自未抖動OPE 4005B的輸出圖像4010B。未抖動OPE 4005B可以具有例如二元多級光柵。輸出圖像4010B具有強的低頻假影及/或光照度不均勻性。

【0383】 第40B圖的下半部圖示抖動OPE 4015B以及來自抖動OPE 4015B的輸出圖像4020B。抖動OPE 4015B具有光柵角度（亦即，將光柵旋轉成相對傾斜）與節距的低頻空間變化。因此，輸出圖像4020B具有較少的低頻假影，並在光學系統中實現相位調制的抖動OPE 4015B時，光照度均勻性得到顯著改善。

【0384】 第40C圖圖示將離散的相位變化圖案4002C增加到OPE繞射元件（亦即，OPE光柵）的繞射結構（例如，繞射光柵）的實例。當將離散相位變化圖案4002C增加到OPE光柵時，OPE光柵成為具有經改變的結構且與OPE光柵4000A的週期結構不同的光柵4004C。

【0385】 圖像4006C圖示來自具有無相位變化的OPE光柵的光學系統的輸出圖像，而圖像4008C圖示來自具有含相位變化的調制OPE光柵4004C的光學系統的輸出圖像。此兩個圖像顯示藉由將相位變化增加到OPE光柵的週期結構可以實質上移除或消除低頻假影，且亦可以實質上改善光照度均勻性。

【0386】 在一些實施方案中，OPE繞射元件包括相位抖動光柵。EPE繞射元件亦可以包括相位抖動光柵。在一些實施例中，相位擾動或變化方法（例如用於OPE繞射元件的相位擾動或變化方法）亦在EPE繞射元件的繞射結構中實現，以改善光學系統的光照度均勻性及/或消除光學系統的光照度假影。

*示例性相位變化圖案*

【0387】 可以藉由將相位變化圖案實現到繞射結構的繞射區域中而實現繞射結構（例如，繞射光束倍增器或繞射光柵）的繞射區域（例如，週期結構）內的相位變化（或擾動）。如本文進一步詳細論述的，可以依據繞射結構的特性及/或效能來設計或確定相位變化圖案。相位變化圖案的週期實質上可以大於繞射結構的週期。在一些實例中，繞射光柵具有在約50nm至500nm的範圍內的光柵週期，而相位變化圖案具有在約100pm至5cm的範圍內的週期。

【0388】 第41A圖圖示可以根據本發明的一些實施例用於建立光柵結構中的抖動的緩慢變化圖案。緩慢變化可以是例如1mm中的20nm的變化，或是小於0.02%的變化。變化圖案4105A圖示在光柵結構中的週期抖動，其包括在週期結構上造成不同相位變化或擾動的第一與第二部分的交替配對。每一配對具有相同週期。第一與第二部分可以具有相同寬度及/或長度。變化圖案4110A圖示光柵結構中的漸變週期性抖動。相較於變化圖案4105A，變化圖案4110A的相位變化沿著一方向（例如，從左到右）具有增加的週期。變化圖案4115A圖示光柵結構中的計算最佳化的抖動。圖案的不同部分可能造成週期結構上的不同相位變化或擾動。此圖案可以藉由相位歸屬演算法或計算立體投影圖設計及/或產生。在一些實例中，最佳化的相位變化圖案係為計算立體投影圖。變化圖案4120A圖示光柵結構中的隨機抖動。可以藉由隨

機演算法來設計及/或產生隨機圖案。隨機圖案可以作為擴散器。

【0389】 第41B圖至第41C圖圖示不同類型的離散相位變化圖案，可在繞射結構上實現，以造成繞射結構的週期結構的部分上的相位變化或擾動，而藉此影響藉由週期結構的部分繞射的光束的相位平移。與連續相位變化圖案不同，離散相位變化圖案包括在週期結構的一些部分上不造成相位變化或擾動的部分以及在週期結構的另一部分上造成相位擾動的部分。

【0390】 第41B圖圖示示例性離散相位變化圖案4100B，其包括第一圖案部分4102B、第二圖案部分4104B及空白部分4106B。第一圖案部分4102B與第二圖案部分4104B可以造成週期結構上的相位擾動，而空白部分4106B不會造成週期結構上的相位擾動。第一圖案部分4102B中之每一者可以彼此離散或分離，第二圖案部分4104B中之每一者可以彼此離散或分離。第一圖案部分4102B中之每一者可以與第二圖案部分4104B中之每一者分離。

【0391】 第41C圖圖示另一示例性離散相位變化圖案4150C，其包括複數個離散圖案部分4152C與一或更多個空白部分4154C。離散圖案部分4152C可以包括可以造成週期結構上的相位擾動的不同或相同尺寸的圓形或其他形狀。

【0392】 除了將相位變化圖案實施到繞射結構的週期結構之外，繞射結構的週期結構中的相位變化或擾動亦可以藉由其他相位變化方法來實現。此等方法可以單獨使用，或以彼此之間任何合適的組合使用，及/或利用任何合適的相位變化圖案使用，以實現繞射結構的週期結構上的相位變化或擾動。

【0393】 在一些實施方案中，自由形式的繞射透鏡係用於繞射結構，例如，位於繞射構造之前及/或之後或位於繞射構造內。繞射透鏡可以包括小的角度變化（例如高達±1/3度），及/或小的節距變化（例如高達±1%），此可能造成由繞射結構的週期結構所繞射的光束上的相位擾動。

【0394】 在一些實施方案中，繞射結構的週期結構的直接修改係用於在週期結構上產生相位擾動。第42A圖圖示藉由改變示例性繞射光柵的週期結構的各種相位變化方法。由4205A、4210A、4215A、4220A及4225A所參照的繞射光柵可以是二元光柵，而由4230A參照的繞射光柵可以是非二元光柵。

【0395】 變化圖案4205A係圖示光柵工作循環的變化。可以例如根據幾何檔案來建立變化圖案4205A，其中每一條線視為多邊形。在一些實施例中，工作循環的變化可以在1至99%內。變化圖案4210A係圖示光柵高度的變化。在一些實施例中，光柵高度可以在10至200nm之間變化。可以例如藉由在光柵頂部使用可變蝕刻速率、

可變摻雜及/或可變抗蝕高度來建立變化圖案4210A。變化圖案4215A圖示光柵內的折射率的變化。在一些實施例中，折射率可以在1.5至4之間變化。可以例如利用具有不同折射率的材料的連續沉積來建立變化圖案4215A。變化圖案4220A圖示基板上的底部薄膜厚度變化。可以在繞射光柵與基板之間佈置（定位或製造）底部薄膜。薄膜可以具有折射率，例如在1.5至4的範圍內。在一些實施例中，沿著繞射光柵的薄膜的厚度可以在1nm至10μm之間變化。變化圖案4225A圖示基板的背側上的薄膜變化，其中在前方的光柵是均勻的。薄膜可以具有折射率，例如在1.5至4的範圍內。在一些實施例中，沿著繞射光柵的薄膜的厚度可以在1nm至10μm之間變化。可以例如藉由在晶圓上噴射沉積聚合物來建立變化圖案4220A及/或變化圖案4225A。變化圖案4230A圖示光柵的燄形或頂點角度（亦即，將光柵傾斜）、節距及/或寬度的變化。變化圖案4230A可以是非二元光柵。可以例如藉由遮罩晶圓的部分並在晶圓上以各種角度蝕刻剩餘部分來建立變形圖案4230A。在一些實例中，繞射光柵包括週期結構，而繞射光柵的相位變化圖案可以基於週期結構的節距的變化或週期結構的光柵向量角度的變化。

【0396】 第42B圖圖示一種製造具有變化的光柵高度的繞射光柵的示例性方法，以實現在繞射光柵的週期結構中的相位變化或擾動。在一些實例中，製造方法包括多個

高度等級的製造方法。利用$N=2^n$的有限數量（n）的微影步驟可以實現繞射光柵中的大量（N）高度等級（N）。其他方法亦可用於建立多個等級的高度。

【0397】 如第42B圖所示，光柵中的四個不同高度等級可以利用二個微影步驟實現：第一，在基板上形成第一圖案化保護層；第二，將第一層材料選擇性沉積在基板上的未保護區域上，以形成光柵結構；第三，移除第一圖案化保護層；第四，在基板與光柵結構上形成第二圖案化保護層；第五，將第二層材料選擇性沉積在未保護區域上；第六，移除第二圖案化保護層，以取得具有四個高度等級的繞射光柵。

【0398】 第42C圖係為製作具有相位變化圖案的繞射結構的示例性方法的流程圖4200C。繞射結構可以是繞射光柵或繞射光束倍增器。繞射結構可以應用在顯示系統或光學系統中。相位變化圖案可以類似於本文所圖示及描述的相位變化圖案。

【0399】 該方法包含以下步驟：確定繞射結構（4202C）的相位變化圖案。繞射結構可以具有週期結構，經配置以將輸入光束偏轉成複數個輸出光束。每一輸出光束可以是由輸入光束產生並藉由繞射結構偏轉的多個重合光束之間的干涉的結果。相位變化圖案的週期實質上可以大於週期結構的週期。相位變化圖案可以經配置以造成週期結構上的相位擾動，而使得可以針對每一輸出光

束利用多個重合光束之間的干涉，並且至少可以調整輸出光束的光學功率或相位。

【0400】 在一些實施方案中，確定用於繞射結構的相位變化圖案之步驟可以包括以下步驟：依據繞射結構的一或更多個特性來設計相位變化圖案。繞射結構的一或更多個特性可以包括週期結構的週期、工作循環、週期結構的高度、燄形或頂點角度及/或來自週期結構的輸出光束的干涉圖案。藉由相位歸屬演算法或計算立體投影圖，可以設計或確定圖案變化圖案，而使得干涉圖案中的波中的假影（例如低頻假影）可以減輕或消除。

【0401】 在一些實施方案中，繞射結構可以包括第一繞射部以及相鄰於第一繞射部分的第二繞射部分。第一繞射部分可以經配置以使得第一光束利用第一繞射階數以第一相位平移繞射，而第二繞射部分經配置以使得第二光束利用第二繞射階數以第二相位平移繞射。第二繞射階數可以與第一繞射階數相同，但是第二相位平移係與第一相位平移不同。第一相位平移與第二相位平移之間的差可以與相位變化圖案相關聯。

【0402】 在一些實施方案中，第一繞射部分可經配置以利用第一繞射階數將第一光束偏轉成第一繞射光束。第二繞射部分可以經配置以利用第二繞射階數的負階數將第一繞射光束偏轉成第二繞射光束，而第二繞射光束可以具有相較於第一光束的相位改變，相位改變係為第一相位平移減去第二相位平移。

【0403】 在一些實例中，週期結構的週期可以在約50nm至500nm的範圍內，而相位變化圖案的週期可以在約100μm至5cm的範圍內。

【0404】 在一些實例中，相位變化圖案可以設計成是連續相位變化圖案。連續相位變化圖案可以包括週期或漸變週期圖案、啟發式圖案、計算立體投影圖或類似於擴散器的隨機圖案中之至少一者。

【0405】 在一些實例中，相位變化圖案可以設計成是離散相位變化圖案。離散相位變化圖案可以至少包括第一部分與第二部分。第一部分可以經配置以造成週期結構上的相位擾動，而第二部分可以經配置以在週期結構上不會造成相位擾動。

【0406】 在一些實例中，相位變化圖案可以設計成基於下列中之至少一者：週期結構的節距的變化、週期結構的光柵向量角度的變化、週期結構的工作循環的變化、週期結構的高度變化、週期結構的折射率變化或週期結構的錐形或頂點角度變化。

【0407】 該方法進一步包含以下步驟：製造在基板中或基板上具有所確定的相位變化圖案的繞射結構（4204C）。製造方法可以包括微影、立體投影圖、奈米壓印及/或其他合適的方法。

【0408】 在一些實施例中，可以測試所製造的繞射結構。舉例而言，可以將輸入光注入到所製造的繞射結構上，而輸出光束可以顯示在觀看螢幕上。可以依據輸出光

束的干涉圖案的特性（例如，是否存在低頻假影）來重新設計相位變化圖案。在一些實施例中，處理可以返回到步驟4202C。

【0409】 在一些實施方案中，該方法可以包括以下步驟：製造波導，以作為基板。波導可以經配置以將輸入光束經由完全內部反射導引到繞射結構中。波導可以是平板波導，並且可以具有100nm至1mm的範圍內的厚度。波導可以由透明玻璃、聚合物或晶體製成。

【0410】 在一些實施方案中，該方法可以進一步包括以下步驟：製造在基板中或基板上具有第二週期結構的第二繞射結構。第二繞射結構經配置以將來自繞射結構的複數個輸出光束偏轉離開基板。繞射結構可以是OPE繞射元件，而第二繞射結構可以是EPE繞射元件。可以設計或確定繞射結構的相位變化圖案，而使得來自繞射結構而從第二繞射結構離開的複數個輸出光束具有相等的光學功率。

【0411】 在一些情況下，可以測試包括所製造的第一繞射結構與所製造的第二繞射結構的基板，以確定從第二繞射結構離開的輸出光束的實際特性。可以依據實際輸出光束的一或更多個特性來確定用於繞射結構的新的相位變化圖案。

【0412】 第42D圖係為根據本發明的一些實施例的藉由抖動的接目鏡層操縱光的示例性方法的流程圖4200D。該方法包括以下步驟：在具有由輸入耦接光柵

處的第一組光柵參數特徵化的第一光柵結構的輸入耦接光柵處接收來自光源的光（4210D）。

【0413】 該方法進一步包含以下步驟：在具有由在至少二個維度上變化的第二組光柵參數特徵化的第二光柵結構的延伸光柵處接收來自輸入耦接光柵的光（4220D）。在一些實施例中，至少二個維度包括節距、頂點角度、折射率、高度及工作循環中之至少二者。在一些實施例中，第二光柵結構具有相位變化圖案。在一些實施例中，相位變化圖案的週期係在100 $\mu$m至5cm的範圍內。在一些實施例中，相位變化圖案包含連續相位變化圖案，連續相位變化圖案包括週期或漸變週期圖案、啟發式圖案、計算立體投影圖及隨機模式中之至少一者。在一些實施例中，第二光柵結構具有週期結構。在一些實施例中，週期結構的週期係在50nm至500nm的範圍內。在一些實施例中，第二光柵結構包括相位抖動光柵。

【0414】 在一些實施例中，第二光柵結構包含第一繞射部分以及相鄰於第一繞射部分的第二繞射部分，其中第一繞射部分經配置以利用第一繞射階數造成第一光束以第一相位平移繞射，其中第二繞射部分經配置以利用第二繞射階數造成第二光束以第二相位平移繞射，其中第二繞射階數係類似於第一繞射階數，且其中第二相位平移不同於第一相位平移，且其中第一相位平移與第二相位平移之間的差係與相位變化圖案相關聯。在一些實施例中，第一繞射部分經配置以利用第一繞射階數將第一光束偏轉成第

一繞射光束，其中第二繞射部分經配置以利用第二繞射階數的負階數將第一繞射光束偏轉成第二繞射光束，且其中第二繞射光束相較於第一光束具有相位改變，相位改變係為第一相位平移減去第二相位平移。

【0415】 該方法進一步包含以下步驟：在具有由第三組光柵參數特徵化的第三光柵結構的輸出耦接光柵處接收來自延伸光柵的光（4230D）。該方法進一步包含以下步驟：將光輸出到觀看者（4240D）。

【0416】 第43圖至第45圖在高階處進一步解釋本發明的實施例。第43圖係為圖示波導中的繞射光束倍增器的簡化圖。光4310係輸入作為在波導內側完全內部反射的準直光束。輸入光4310進入繞射結構4320，並輸出4330以作為輸入光束的多個複本。輸入角度與輸出角度具有1對1的轉換函數。

【0417】 繞射結構4320具有定義彼此相鄰的複數個部分P1、P2、...、Pn的週期結構。部分S1-Sn可以在繞射光柵4320的縱向方向上具有傾斜角度。在一些實施方案中，波導係由具有高於空氣指數（例如n=1）的指數（例如n=1.5至4）的材料製成。波導可以具有100nm至1mm的厚度。繞射光柵4320可以具有50nm至500nm的週期。

【0418】 第43圖的裝置可以在空氣中操作。輸入光束4310（例如來自雷射源的準直光束）可以從空氣傳播到波導中。輸入光束4310可以例如經由完全內部反射

（TIR）而在波導內行進。當輸入光束4310行進通過繞射光柵4320時，可以藉由繞射光柵4320的部分P1、P2、...、Pn偏轉（例如，分離及繞射）輸入光束4310。在每一部分處，輸入光束4310可被分離並繞射成不同階數的繞射光束（例如，0、+1、+2）。可以藉由沿著縱向方向的連續部分進一步偏轉輸入光4310的第0階的繞射光束。輸入光束的更高階（例如，+1或-1階）的繞射光束可以繞射離開繞射光柵4320的週期結構。

【0419】 第44A圖係為圖示通過操縱繞射效率的光束倍增器的光的路徑的簡化圖。輸入光4410A發送通過操縱振幅的繞射部件4420A，而產生包括輸入光4410A的多個複本的輸出光4430A。

【0420】 第44A圖圖示具有週期結構的繞射光柵4420A如何操縱繞射光束的振幅。在繞射光柵4420A的部分處偏轉輸入光4410A。如第44A圖所示，針對每一單元細胞格（例如，在每一部分處），假設輸入光的電場振幅Ein為1，而光柵的部分具有繞射效率d，則更高階的繞射光束具有振幅$E_{out}=d$，而第0階的繞射光束具有振幅$E_{out}=1-d$。在此類系統中，在產生輸入光束4410A的輸出複本時，不存在波干涉。

【0421】 在本揭示中，呈現可以操縱輸入光的振幅與相位的繞射結構，而藉此操縱輸出光束的波干涉。繞射結構可以在繞射結構的週期結構上具有相位變化圖案。相位變化圖案的週期實質上可以大於週期結構的週期，而使得週

期結構的特性沒有改變或具有微小的改變，但是實質上可以減少或消除波干涉圖案中的假影或不均勻性。

【0422】 第44B圖係為圖示根據本發明的一些實施例的操縱波干涉的通過光束倍增器的光的路徑的簡化圖。輸入光4410B發送通過操縱振幅與相位的繞射部件4420B，而產生包括輸入光的多個複本的輸出光4430B。

【0423】 第44B圖圖示繞射光柵4420B如何操縱繞射光束的振幅與相位。如第44B圖所示，輸入光束4410B可以在繞射光柵4420B的第一子部分處沿著第一方向偏轉（例如，分離及繞射）成第一偏轉（或繞射）光束。第一子部分經配置以在第一偏轉光束之間造成不同的相位平移。隨後，在每一第一子部分處的第一偏轉光束可以在繞射光柵的第二子部分處沿著第二方向進一步偏轉成第二偏轉光束。第二子部分經配置以在第二偏轉光束之間造成不同的相位平移。第二方向可以垂直於第一方向。第二偏轉光束可以在繞射光柵4420B的其他子部分處進一步偏轉。最後，將複數個輸出光束4430B從彼此間隔開的各別位置偏轉離開繞射結構4420B。每一輸出光束4430B可以是由輸入光束4410B產生並藉由繞射光柵4420B偏轉的多個重合光束之間的干涉的結果。亦即，每一輸入光束4430B可以是來自通過光柵4420B中的重複繞射事件的多個路徑的多個重合光束的疊加。

【0424】 第44B圖圖示類似Mach-Zender干涉的一個單元細胞格的光學變換函數，而可以在數學上描述光學

相位可以如何影響輸出光束的振幅。作為第44B圖所示的實例，繞射光柵的各一單元細胞格包括四個子區段S11、S12、S21及S22。每一子區段可以具有相同的光柵節距與角度，但利用不同振幅與相位平移來繞射光。

【0425】 輸入光束在四個子區段S11、S12、S21及S22處偏轉成四個光束。二個光束重合，並形成輸出光束（例如輸出光束）。每一光束經歷不同的光路徑。舉例而言，輸入光束在子區段S11處首先偏轉成第一第0階光束與第一更高階繞射光束。第一第0階光束在子區段S12處進一步偏轉，以形成第二更高階繞射光束，第二更高階繞射光束在子區段S22處進一步偏轉成第三更高階繞射光束與第三第0階光束。第一更高階繞射光束在子區段S21處進一步偏轉，以形成第四更高階繞射光束，第四更高階繞射光束在子區段S22處進一步偏轉成第五第0階光束352與第五更高階繞射光束。

【0426】 假設輸入光的電場具有輸入振幅$E_{in}=1$與輸入相位$\phi_0=0$時，四個輸出光束的電場可以分別為$E_1e^{i\phi1}$、$E_2e^{i\phi2}$、$E_3e^{i\phi3}$及$E_4e^{i\phi4}$，其中$E_1$、$E_2$、$E_3$及$E_4$係為輸出光束的振幅，而$\phi_1$、$\phi_2$、$\phi_3$及$\phi_4$係為輸出光束的相位，此亦是四個不同光路徑的相位改變。包括繞射光束中之二者的第一輸出光具有電場$E_{out}=E_1e^{i\phi1}+E_2e^{i\phi2}$，而包括繞射光束中之另外二者的第二輸出光具有電場$E_{out}=E_3e^{i\phi3}+E_4e^{i\phi4}$。因此，例如藉由操縱繞射光柵的週期結構的相位變化來控制繞射光

柵內的子區段的相位平移，而能夠控制繞射光束的振幅與相位，而因此可以利用重合的多個繞射光束之間的干涉，並可以控制或調整輸出光的光學功率及/或相位。

【0427】 第45A圖到第45B圖圖示一個單元細胞格的簡單相位變化圖案的實例。第45A圖圖示在重合輸出光束之間產生零相對相位差的示例性相位變化圖案。第45B圖圖示產生相互干涉的二個重合輸出光束之間的非零相位差的示例性相位變化圖案。因此，第45B圖圖示光柵結構的相位變化可以如何可控地操縱輸出光束的振幅。

【0428】 相位抖動光柵可能造成具有第0階的繞射光沒有相位平移，具有正階數的繞射光有正相位平移，而具有負階數的繞射光有負相位平移。舉例而言，如第45A圖所示，光柵的一個單元細胞格4500A可以包括第一光柵部分4510A以及相鄰於第一光柵部分4510A的第二光柵部分4520A。第一光柵部分4510A內的子區段經配置以分別造成第0階、正階數及負階數有0、$+\phi_1$、$-\phi_1$的相位平移。第二光柵部分4520A內的子區段經配置以分別造成第0階、正階數及負階數有0、$+\phi_2$、$-\phi_2$的相位平移。由於抖動，第一光柵部分4510A與第二光柵部分4520A具有相位變化，其中相位平移$\phi_1$係與相位平移$\phi_2$不相同。

【0429】 輸入光4501A可以在單元細胞格4500A正常入射，並且可以藉由第一光柵部分4510A的子區段利用第0階偏轉成零相位改變的繞射光束4502A，並利用正

階數偏轉成具有+$\phi_1$相位改變的繞射光束4505A。繞射光束4502A在第一光柵部分4510A的子區段處進一步偏轉，以取得具有+$\phi_1$相位改變的繞射光束4503A。繞射光束4503A在第二光柵部分4510A的子區段處進一步偏轉，以取得具有$\phi_2$相位改變的繞射光束404。假設輸入光4501A具有為0的輸入相位，繞射光束4504A具有相較於輸入光4501A的相位改變$\phi_1 - \phi_2$，而因此具有輸出相位$\phi_1 - \phi_2$。類似地，繞射光束4505A藉由第二光柵部分4520A的子區段偏轉，以取得具有$\phi_2$相位改變的繞射光束4506A。繞射光束4506A藉由子區段偏轉，以取得具有零相位改變的繞射光束4507A。因此，與繞射光束4505A相同，繞射光束4507A亦具有相較於輸入光4501A的相位改變$\phi_1 - \phi_2$，而因此具有輸出相位$\phi_1 - \phi_2$。亦即，繞射光束4504A與4507A之間的相位差$\Delta\phi$為0。

【0430】 第45B圖係為圖示根據本發明的一些實施例的通過正確抖動的光柵結構的光的路徑的簡化圖。在第45B圖中，對稱被破壞，而輸出被改變。輸出係為非零，且為可控的。在此實施例中，繞射區域內的所操縱的相位擾動允許可控的相長或相消干涉，以控制輸出埠的輸出光照度。

【0431】 第45B圖圖示相位抖動光柵的另一單元細胞格4550B。單元細胞格4550B包括二個第一光柵部分4510B以及一個第二光柵部分4520B。第二光柵部分4520B係藉由二個第一光柵部分4510B夾住（或位於其

間）。第一光柵部分4510B內的子區段經配置以分別造成第0階、正階數及負階數有0、$\phi_1$、$\phi_2$的相位平移。第二光柵部分4520B內的子區段經配置以分別造成第0階、正階數及負階數有0、$+\phi_2$、$-\phi_2$的相位平移。

【0432】 輸入光4551B可以入射至具有傾斜角度的單元細胞格4550B。輸入光4551B可以藉由第一光柵部分4510B的子區段利用第0階偏轉成零相位改變的繞射光束4552B，並利用正階數偏轉成具有$+\phi_1$相位改變的繞射光束4555B。繞射光束4552B在第二光柵部分4520B的子區段處進一步偏轉，以取得具有$+\phi_2$相位改變的繞射光束4553B。繞射光束4553B在另一第一光柵部分4510B的子區段處進一步偏轉，以取得具有-fit相位改變的繞射光束4554B。假設輸入光4551B具有為0的輸入相位，繞射光束4554B具有相較於輸入光4551B的相位改變$\phi_2 - \phi_1$，而因此繞射光束4554B具有輸出相位$\phi_2 - \phi_1$。

【0433】 類似地，繞射光束4555B藉由第二光柵部分4520B的子區段偏轉，以取得具有$-\phi_2$相位改變的繞射光束4556B。繞射光束4556B藉由子區段偏轉，以取得具有零相位改變的繞射光束4557B。因此，繞射光束4557B具有相較於輸入光4551B的相位改變$\phi_1 - \phi_2$，而因此具有輸出相位$\phi_1 - \phi_2$。因此，繞射光束4554B與4557B之間的相位差係為$\Delta\phi = 2(\phi_2 - \phi_1)$。亦即，隨著光柵抖動，第一光柵部分4510B造成與第二光柵部分4520B不同的相位平

移。亦即，$\phi_1 \neq \phi_2$。因此，輸出繞射光束4554B與4557B之間存在非零相位差。

【0434】 若$\phi_1$與$\phi_2$之間的相位變化能為可控的，則輸出繞射光束4554B與4557B之間的相位差能為可控的，而相應地輸出繞射光束4554B與4557B之間的干涉亦能為可控的。亦即，在繞射結構的繞射區域內的所操縱的相位變化（或擾動）允許可控的相長或相消干涉，而因此可以控制輸出光照度。

【0435】 本發明的實施例進一步提供產生用於由指定的連續相位函數而擾動的光柵圖案的GDS檔案的方法。具有光柵向量 $\vec{k}$ ($|\vec{k}| = 2\pi/\Lambda$ 且 $\Lambda$ 為光柵節距 ) 的線性光柵可以指定為空間的純量函數的等量線：

公式1： $$\phi_0(\vec{r}) = \vec{k} \cdot \vec{r}$$

【0436】 針對50%工作循環的線性光柵，光柵的線內的點係藉由下者定義：

公式2： $$\bigcup_j \text{line}_j, \text{ 其中 } \quad \text{line}_j = \{\vec{r} : 2\pi j \leq \phi_0(\vec{r}) \leq 2\pi(j + 0.5)\}$$

【0437】 針對一般擾動光柵，線係藉由下者定義：

公式3： $$\bigcup_j \text{line}_j \qquad \text{line}_j = \{\vec{r} : 2\pi j \leq \phi_0(\vec{r}) + \nabla\phi(\vec{r}) \leq 2\pi[j + d(\vec{r})]\}$$ ，

其中 $\phi(\vec{r}) : \mathbb{R}^2 \to \mathbb{R}$ 係為表示擾動的空間的純量函數，而 $d(\vec{r})$ 係為（0,1）範圍內的光柵的工作循環（可能在空間上變化）。

【0438】 由下列形式均勻非球面透鏡函數的擾動來實現出射瞳孔擴展器（EPE）的深度函數：

公式4： $\phi(\vec{r}) = c_1\rho^2 + c_2\rho^4 + \cdots$，

其中 $\rho = |\vec{r}|$，而原點係位於EPE光柵區域的中心。針對每一顏色及深度平面，係數$c_1$、$c_2$、...通常是不同的。

【0439】 正弦抖動函數係藉由下者實現：

公式5： $\phi(\vec{r}) = a\sin\left(\frac{2\pi}{p}\vec{r}\cdot\hat{u}\right)$，

其中a係為抖動函數的振幅，p係為正弦曲線的週期，而 $\hat{u}$ 係為指定正弦曲線變化方向的單位向量。通常，為了不將大量的藍色引入所產生的圖像，週期必須限制在大於~0.1mm。

【0440】 類似於上文，針對啁啾正弦曲線，用於某些原型的函數係為：

公式6： $\phi(\vec{r}) = a\sin\left(\frac{2\pi x}{1+x/43.6}\right)$，

其中x係為以毫米為單位的局部座標系統的x座標，而原點係在距離ICG最遠且最靠近OPE的OPE的角落處。

【0441】 針對任意函數，類似於上文，我們允許 $\phi(\vec{r})$ 作為空間的任意函數。通常，我們要求最高的空間頻率係對應於~0.1mm的週期。實際上，可以透過過濾而從任意函數產生此等「頻帶限制」函數：

公式7： $\phi_{過濾} = \mathcal{F}^{-1}\left\{\mathrm{circ}_{1/p_{min}}\left[\mathcal{F}\phi\right]\right\}$，

其中F表示傅立葉變換，$p_{min}$係為所允許的空間頻率的最小週期。

【0442】 由於光柵脊區域係定義為函數的等效面輪廓，所以無法使用直接的方式來產生圖案。由於假設$|\vec{k}|$係為（到目前為止）最高的空間頻率，所以可以沿著$\vec{k}$的方向進行取樣，以確定每一光柵脊的每一邊緣。一旦確定該組位置，就可以利用垂直於$\vec{k}$的方向的增加量執行取樣，以取得新的一組光柵脊邊緣，而此兩組邊緣座標可以縫合在一起，以形成一組平行四邊形，以藉由大約增加量的長度增長每一脊區域。

【0443】 在取樣中，可以分解出大的恆定線性項，且可以藉由一些牛頓迭代快速確定來自週期的擾動。因為此等擾動的空間變化係假設為慢的，所以此可能附加地從相鄰擾動以預熱啟動。

*多個非相關圖像的產生*

【0444】 本發明的一些實施例係關於用於在波導式近眼式顯示器中產生多個非相關圖像的系統及方法。波導式顯示器可以疊加多個非相關光學圖像，以減少不利地影響波導顯示器的效能的基於波干涉的圖像假影。波導顯示器通常產生分散干涉圖案。然而，根據本發明的一些實施例，提供一種投影許多輸出圖像的波導顯示器，其中每一獨立的輸出圖像具有唯一的干涉圖案，而所有圖案的總和呈現為具有更高光照度均勻性的圖像。此可以藉由（A）具有多個耦入元件(每一者都被所期望輸出圖像的複本照射）的波導顯示器及/或（B）具有單一耦入元件的波導顯示器（以在波導內產生多個非相關複本）來實現。

【0445】 藉由本發明實現相對於習知技術的許多益處。舉例而言，本發明的實施例提供一種用於減少波導顯示器中基於波干涉的圖像假影並在薄波導中實現大視野及高清晰度圖像的方法。減少基於波干涉的圖像假影的其他方法可能與其他重要的近眼式顯示度量有嚴重的權衡。可能從執行正交瞳孔擴展器（OPE）的功能的繞射結構內的光的自干涉發生嚴重的基於波干涉的圖像假影。通常，相對於波導顯示器內的光的彈跳間隔，波干涉的大小係與OPE子元件的尺寸成比例。減少彈跳間隔的OPE尺寸存在以下幾種方式：（1）增加波導厚度，而造成近眼式顯示器過於沉重而不易穿戴，並減少了顯示亮度；（2）減少OPE的空間二維覆蓋區，而減少了波導顯示器所支援的最大視野；及/或（3）大量增加折射率，而此在普通的透明玻璃、聚合物及水晶中是不可能的。由於此等權衡，一些繞射波導顯示器可能很厚，並且僅支援低視野圖像。

【0446】 減少基於波干涉的圖像假影(即使在支援高視野圖像的薄波導顯示器中)更複雜的方法係將擾動增加到繞射結構（通常為利用OPE中的空間上變化的相位或振幅擾動的形式），以努力攪動干涉圖案。此方法可以成功地移除基於波干涉的假影，但是繞射結構中的擾動亦可能造成在波導顯示器內側傳播的光束的失真及波前像差。因此，繞射擾動方法具有圖像清晰度的嚴重權衡，而可以透

過使用此技術的近眼式顯示器觀看的數位物件可能模糊地呈現給使用者。

【0447】 本發明的實施例可以不考慮其他技術的權衡。利用波干涉來干涉的先前技術必然擾動光，而導致其他不希望的圖像假影。本發明的實施例使用許多輸出圖像的疊加，其中每一單獨圖像表現強的非擾動波干涉，但是在使用者的眼睛中，此等圖像的非相關總和偽裝成位於其內的光照度假影。本揭示的一些實施例不僅描述疊加許多非相關輸出圖像的一般策略，亦描述在單一波導顯示器內產生非相關輸出圖像的具體方法。

【0448】 第46圖係為圖示根據一些實施例的VOA系統4600的方塊圖。系統4600可以包括投影器4601與波導顯示元件。波導顯示元件可以包括繞射光學元件4640、正交瞳孔擴展器（OPE）4608及出射瞳孔擴展器（EPE）4609，如本文進一步描述。在一些實施例中，OPE 4608及/或EPE 4609亦可視為繞射光學元件。在一些實施例中，投影器4601與波導顯示元件可以包括在近眼式顯示裝置中。與VOA相關的附加描述係提供為與第20圖相關。

【0449】 第47A圖係為波導顯示器4700A的方塊圖。波導顯示器4700A可以包括OPE 4708與EPE 4709，而一起形成瞳孔擴展裝置。通常可以經由多次複製輸入光束4715（例如，直徑為100 $\mu$m至10mm）來執行波導顯示器4700A中的瞳孔擴展，以建立輸出光束4720的二

維陣列（例如，覆蓋幾個平方公分），以將圖像投影朝向使用者的眼睛。

【0450】 發明者已確定，在波導顯示器（例如波導顯示器4700A）中，輸出光束4720的陣列可能不具有均勻光照度。此外，由於波導顯示器4700A內的干涉效應，輸出光束4720的陣列可能具有類似於隨機干涉圖案的混沌光照度輪廓。第47B圖圖示此類型的示例性干涉圖案，以圖示針對單一特定的光投影角度的離開EPE的光的空間分佈。此空間分佈在本文中可以稱為「近場圖案」。第47B圖是不均勻的，並包括藉由水平方向（亦即實質上沿著光傳播到OPE的方向）上的強度調制特徵化的多個條紋。

【0451】 為了提供大視野，在波導顯示器4700A上的繞射區域可能需要較大的面積。然而，此可能導致波導顯示器4700A內的所投影的光與繞射部件之間更多的相互作用。與繞射部件的更多相互作用可能導致干涉效應的增加。

【0452】 在小視野的波導顯示器（例如，20x20度）中，可能不需要減輕來自波干涉的圖像品質問題，但是在大視野的波導顯示器（例如，40x40度或更大）中，則可能變得重要。因此，可以用於減輕繞射波導顯示器（例如波導顯示器4700A）中的干涉效應的一個方式包括減少視野。減輕干涉的另一方式包括增加波導厚度。然而，在混合實境及/或擴增實境近眼式顯示器應用中，可能期

望實現將低重量結合或補充至大視野。因此，可能並不期望此等方式。

【0453】 減輕干涉的另一方式包括將相位變化增加到繞射區域，而此必然造成光束的波前的相位誤差。此種相位變化可能「攪動」干涉圖案，並移除干涉效應。但是，圖像清晰度可能會降低，而造成輸出圖像呈現為模糊或失焦。

【0454】 本發明的一些實施例並非意欲攪動干涉圖案，而是利用多個非相關輸入饋送波導顯示器。與每一輸入相關聯的輸出圖像仍然可以在輸出圖像中建立干涉圖案。然而，隨著輸入數量的增加，許多唯一的干涉圖案的疊加可能會越來越均勻。

【0455】 第48A圖係為圖示根據一些實施例的進入波導顯示器4800A的多個輸入的方塊圖。波導顯示器4800A可以包括OPE 4808A與EPE 4809A，而一起形成瞳孔擴展裝置。儘管圖示為僅具有OPE 4808A與EPE 4809A，但應理解波導顯示器4800A可以包括任何數量的耦入元件（例如，繞射光柵）（例如二個到二十個之間）。波導顯示器4800A可以接收多個光束4810A、4815A、4820A，以作為輸入。可以從多個光源（例如，多個投影器）接收光束4810A、4815A、4820A。此外，光束4810A、4815A、4820A可以在空間上位移，而可以具有不同的近場圖案。

【0456】可以經由多次複製輸入光束4810A、4815A、4820A來執行波導顯示器4800A中的瞳孔擴展，以建立許多輸出光束4725A，以將圖像投影朝向使用者的眼睛。輸出光束4825A可以在輸出圖像中建立干涉圖案。然而，由許多輸出光束4825A建立的大量唯一干涉圖案的疊加可能呈現為實質上均勻。第48B圖係為根據一些實施例的來自具有多個輸入光束的波導顯示器的輸出圖像。相較於第47B圖，第48B圖更均勻，並表現出較少條紋。

【0457】第48C圖係為圖示根據一些實施例的使用多個輸入光束的波導顯示器產生多個非相關圖像的方法4800C的簡化流程圖。該方法包括以下步驟：投影來自投影器的複數個光束（4810C）。在一些實施例中，相反地，從複數個投影器投影複數個光束。在一些實施例中，從單一投影器內的複數個光源投影複數個光束。

【0458】該方法亦包括以下步驟：在繞射光學元件處接收來自投影器的複數個光束（4820C）。繞射光學元件可以是第46圖的繞射光學元件4640。繞射光學元件可以包括將複數個光束繞射朝向OPE（例如，OPE 4608）的光柵（例如，耦入光柵）。在一些實施例中，光柵可以進一步造成複數個光束的複製，以將大量的光束發送到OPE中。

【0459】該方法進一步包括以下步驟：在OPE處接收來自繞射光學元件的複數個光束（4830C）。OPE亦可

以包括將複數個光束繞射朝向EPE（例如，EPE 4609）的光柵。光柵可以進一步造成複數個光束的複製，以將大量的光束發送到EPE中。此外，該方法包括以下步驟：在EPE處接收來自OPE的複數個光束（4840C）。

【0460】 該方法亦包括以下步驟：投影複數個光束的至少一部分，以作為投影圖像（4850C）。亦可以稱為輸出光束的複數個光束可能在投影圖像中建立干涉圖案。然而，由許多輸出光束建立的大量唯一干涉圖案的疊加可能呈現為實質上均勻。許多輸出光束可以是多個輸入光束與多個輸入光束的複製的結果。

【0461】 應理解，第48C圖所示的具體步驟根據本發明的實施例提供在近眼式顯示裝置中產生多個非相關圖像的特定方法。亦可以根據替代實施例來執行其他步驟序列。舉例而言，本發明的替代實施例可以利用不同順序執行上述步驟。此外，第48C圖所示的單獨步驟可以包括多個子步驟，其可以利用適合於單獨步驟的各種順序執行。此外，可以取決於特定應用增加或移除附加步驟。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0462】 第49A圖係為圖示根據一些實施例的利用繞射光束分離器4915A輸入波導顯示器4900A的單一光束4910A的方塊圖。波導顯示器4900A可以包括OPE 4908A與EPE 4909A，而一起形成瞳孔擴展裝置。儘管圖示為僅具有OPE 4908A與EPE 4909A，但應理解波導顯示器4900A可以包括任何數量的耦入元件。波導

顯示器4900A可以接收單一光束4910A，以作為輸入。可以從單一投影器（未圖示）接收光束4910A，以作為輸入。

【0463】 繞射光束分離器4915A可以放置在耦入元件4907A的下游，並且可以將單一光束4910A分離成多個複本。繞射光束分離器4915A可以產生在空間上分離的單一光束4910A的非相關複本。因此，單一光束4910A的非相關複本可以產生可以非相關地相加在一起的唯一干涉圖案。在一些實施例中，繞射光束分離器4915A可以包括節距為50nm至500nm的週期圖案。

【0464】 第49B圖係為圖示根據一些實施例的使用繞射光束分離器在波導顯示器中產生多個非相關圖像的方法的簡化流程圖4900B。該方法包括以下步驟：投影來自投影器（例如投影器4601）的光輸入（4910B）。在一些實施例中，光輸入可以包括來自單一投影器的單一光束。

【0465】 該方法進一步包括以下步驟：在繞射光束分離器（例如，繞射光束分離器4915A）處接收來自投影器的光輸入（4920B）。該方法進一步包括以下步驟：在繞射光束分離器處將光輸入分離成複數個光束（4930B）。具體而言，繞射光束分離器可以產生在空間上分離的光束的非相關複本。因此，光束的非相關複本可以產生可以非相關地相加在一起的唯一干涉圖案。

【0466】 該方法進一步包括以下步驟：在OPE（例如，OPE 4608）處接收來自繞射光束分離器的複數個光束（4940B）。OPE可以包括將複數個光束繞射朝向EPE（例如，EPE 4609）的光柵。光柵可以進一步造成複數個光束的複製，以將大量的光束發送到EPE中。該方法進一步包括以下步驟：在EPE處接收來自OPE的複數個光束（4950B）。

【0467】 該方法進一步包括以下步驟：投影複數個光束的至少一部分，以作為投影圖像（4960B）。輸出光束可以在投影圖像中建立干涉圖案。然而，由許多輸出光束建立的大量唯一干涉圖案的疊加可能呈現為實質上均勻。許多輸出光束可以是單一輸入光束的分離及複製的結果。

【0468】 應理解，第49B圖所示的具體步驟根據本發明的實施例提供在近眼式顯示裝置中產生多個非相關圖像的特定方法。亦可以根據替代實施例來執行其他步驟序列。舉例而言，本發明的替代實施例可以利用不同順序執行上述步驟。此外，第49B圖所示的單獨步驟可以包括多個子步驟，其可以利用適合於單獨步驟的各種順序執行。此外，可以取決於特定應用增加或移除附加步驟。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0469】 在一些實施例中，波導顯示器可包括多個繞射元件，以分離輸入光束。第50A圖係為圖示根據一些實施例的利用二個繞射光束分離器5015A、5020A輸入波導

顯示器5000A的單一光束5010A的方塊圖。儘管圖示並描述為具有二個繞射光束分離器5015A、5020A，但是應理解根據本文所述的實施例，可以使用任何數量的繞射光束分離器。波導顯示器5000A可以包括OPE 5008A與EPE 5009A，而一起形成瞳孔擴展裝置。儘管圖示為僅具有OPE 5008A與EPE 5009A，但應理解波導顯示器5000A可以包括任何數量的耦入元件。波導顯示器5000A可以接收單一光束5010A，以作為輸入。可以從單一投影器（未圖示）接收光束5010A，以作為輸入。

【0470】 二個繞射光束分離器5015A、5020A可以放置在耦入元件5007A的下游，並且可以分別將單一光束5010A分離成多個複本。繞射光束分離器5015A、5020A可以產生在空間上分離的單一光束5010A的非相關複本。因此，光束5010A的非相關複本可以產生可以非相關地相加在一起的唯一干涉圖案。在一些實施例中，繞射光束分離器5015A、5020A可以包括節距為50nm至500nm的週期圖案。

【0471】 第50B圖係為圖示根據一些實施例的使用多個繞射光束分離器在波導顯示器中產生多個非相關圖像的方法的簡化流程圖5000B。該方法包括以下步驟：投影來自投影器（例如投影器4601）的光輸入（5010B）。在一些實施例中，光輸入可以包括來自單一投影器的單一光束。

【0472】 該方法進一步包括以下步驟：在第一繞射光束分離器（例如，繞射光束分離器5015A）處接收來自投影器的光輸入（5020B）。該方法進一步包括以下步驟：在第一繞射光束分離器處將光輸入分離成複數個第一光束（5030B）。具體而言，第一繞射光束分離器可以產生在空間上分離的光束的非相關複本。因此，光束的非相關複本可以產生可以非相關地相加在一起的唯一干涉圖案。

【0473】 該方法進一步包括以下步驟：在第二繞射光束分離器（例如，繞射光束分離器5020A）處接收來自投影器的光輸入（5040B）。該方法進一步包括以下步驟：在第二繞射光束分離器處將光輸入分離成複數個第二光束（950）。具體而言，第二繞射光束分離器可以產生在空間上分離的光束的非相關複本。因此，光束的非相關複本可以產生可以非相關地相加在一起的唯一干涉圖案。

【0474】 該方法進一步包括以下步驟：分別在OPE（例如，OPE 5008A）處從第一與第二繞射光束分離器接收複數個第一光束與複數個第二光束（5060B）。OPE可以包括將複數個第一光束與複數個第二光束繞射朝向EPE（例如，EPE 5009A）的光柵。光柵可以進一步造成複數個第一光束與複數個第二光束的複製，以將大量的光束發送到EPE中。該方法進一步包括以下步驟：在EPE處接收來自OPE的複數個第一光束與複數個第二光束（5070B）。

【0475】 該方法進一步包括以下步驟：投影複數個第一光束與複數個第二光束的至少一部分，以作為投影圖像（5080B）。輸出光束可以在投影圖像中建立干涉圖案。然而，由許多輸出光束建立的大量唯一干涉圖案的疊加可能呈現為實質上均勻。許多輸出光束可以是單一輸入光束的分離及複製的結果。

【0476】 應理解，第50B圖所示的具體步驟根據本發明的實施例提供在近眼式顯示裝置中產生多個非相關圖像的特定方法。亦可以根據替代實施例來執行其他步驟序列。舉例而言，本發明的替代實施例可以利用不同順序執行上述步驟。此外，第50B圖所示的單獨步驟可以包括多個子步驟，其可以利用適合於單獨步驟的各種順序執行。此外，可以取決於特定應用增加或移除附加步驟。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0477】 應理解，上面描述的各種實施例可以單獨或以任何組合來實現。舉例而言，應理解，多個輸入光束可以與一或更多個繞射光束分離器組合用於波導顯示器中。此外，儘管本文係描述為適用於近眼式顯示器（例如，混合實境、虛擬實境及/或擴增實境可穿戴裝置），但是應理解本發明的實施例可以用於遠眼式顯示器（例如，汽車擋風玻璃）、用於眼睛追蹤的紅外照明器、三維深度感測及/或其他電腦視覺系統。

*抑制遠心投影器的反射*

【0478】 根據一些實施例，提供用於抑制近眼式顯示裝置中的遠心投影器的反射的系統及方法。繞射光學元件可用於將來自遠心投影器的光耦接到波導式近眼式顯示裝置。可以透過各種技術中的一或更多者（例如藉由在繞射光學元件上實現光柵）來防止反射返回而朝向遠心投影器傳播。

【0479】 可以期望遠心投影器作為大視野的近眼式顯示器，但通常因為在投影器與波導顯示器之間來回反射而導致的「鬼影」圖像假影而困擾。存在用於在其他光學系統中移除反射的二種習知技術，但在近眼式顯示器中係為較差的選擇。第一，可以使用非遠心投影器，但此可能增加顯示組件的尺寸及重量，並明顯地限制顯示器的最大視野。第二，可以使用圓形偏光器式的光隔離器。圓形偏光器很好地防止來自沒有奈米圖案化的裝置的背反射（如來自裸玻璃或部分鏡的光的反射）。然而，包含圓形偏光器的光隔離器可能與繞射光學元件（例如在習知近眼式顯示器中使用的1D光柵）的偏光回應並不相容。通常用於波導顯示器的繞射部件（例如，1D光柵）展現高偏光靈敏度，而與沒有奈米圖案化的裸玻璃的偏光回應非常不同。本發明的實施例可以使用具有對稱偏光回應的繞射光學元件，以模擬裸玻璃的偏光回應，而結合圓形偏光器可以成功地移除波導顯示器與投影器之間的反射。此外，在本發明的實施例中使用的唯一繞射光學元件具有不對稱的

耦入效率，而能夠實現光學耦接至波導顯示器內的隨後光學元件的高效率。

【0480】 第51A圖係為圖示根據一些實施例的遠心投影器系統5100A的方塊圖。遠心投影器系統5100A可以包括投影器5101與波導顯示元件5150。如本文進一步描述，波導顯示元件5150可以包括耦入光柵、OPE區域及EPE區域。在一些實施例中，投影器5101與波導顯示元件5150可以包括在近眼式顯示裝置中。

【0481】 第51A圖的投影器5101係為遠心式，其中投影器5101的光軸係與隨後的光操縱裝置（例如，波導顯示元件5150）的光軸重合。舉例而言，在第51A圖中，投影器5101可以在垂直於波導顯示元件5150的平面處投影光5107A。由於遠心定向，所以光5107A的反射5107B可以從波導顯示元件5150傳播回到投影器5101中。當反射5107B再次離開投影器5101時，此可能導致圖像假影。此等圖像假影可能表現為「鬼影」圖像，「鬼影」圖像可能顯示為覆蓋在預期圖像上的預期圖像的平移、鏡像或複本。此等圖像假影可能會分散並降低整個顯示系統的對比度。

【0482】 解決與圖像假影相關聯的問題的一種方式係涉及使用非遠心配置。第51B圖係為圖示根據一些實施例的非遠心投影器系統5110B的方塊圖。非遠心投影器系統5110B可以包括投影器5101與波導顯示元件5150。

在一些實施例中，投影器5101與波導顯示元件5150可以包括在近眼式顯示裝置中。

【0483】 第51B圖的投影器5101係為非遠心式，其中投影器5101的光軸並未與隨後的光操縱裝置（例如，波導顯示元件5150）的光軸對準。舉例而言，在第51B圖中，投影器5101可以與波導顯示元件5150的垂直方向成一角度而定向。由於非遠心定向，所以光5107A的反射5107B可以藉由波導顯示元件5150部分或完全傳播遠離投影器5101。然而，因為像差（例如，色散及場域曲率）可能變得更加顯著，非遠心配置可能讓投影器5101的設計更加複雜。此外，非遠心配置的投影器5101可能需要比遠心配置的投影器更大，並且可能限制接目鏡的視野。

【0484】 因此，需要用於抑制在近眼式顯示裝置中的遠心投影器的反射的系統及方法。本發明的實施例藉由在遠心投影器與隨後的光操縱裝置（例如，耦接元件中的繞射、波導瞳孔擴展器等）之間實現圓形偏光器來滿足此需要及其他需要。此外，本發明的實施例可以實現繞射耦入元件，其以具有極低的效率進入相同方向的特定偏光旋轉度（例如，右旋或順時針、左旋或逆時針）而呈現圓形偏光的反射。

【0485】 第52圖係為圖示根據一些實施例的近眼式顯示裝置中的抑制來自遠心投影器5201的反射的系統5200的方塊圖。系統5200可以包括投影器5201、圓形

偏光器5210、繞射光學元件5240、正交瞳孔擴展器5208及出射瞳孔擴展器5209。如本文進一步描述，繞射光學元件5240可以包括耦入光柵。在一些實施例中，系統5200可以包括在近眼式顯示裝置中，例如頭戴式裝置。儘管係圖示及描述為在投影器5201的外部，但是在一些實施例中，應理解圓形偏光器5210可以位於投影器5201的內部。在一些實施例中，投影器5201可以包括偏光旋轉式的空間光調制器。

【0486】 系統5200可以包括投影器5201，投影器5201係設計成遠心投影，並經由位於正交瞳孔擴展器5208與出射瞳孔擴展器5209的一或更多個表面的繞射光學元件5240而與正交瞳孔擴展器5208及出射瞳孔擴展器5209耦接。如本文進一步描述，此等元件可以是波導顯示元件的元件。儘管第52圖圖示僅位於正交瞳孔擴展器5208與出射瞳孔擴展器5209的一個表面上，但是應理解繞射光學元件5240可以位於正交瞳孔擴展器5208與出射瞳孔擴展器5209的二或更多個表面上。此外，儘管圖示為完全覆蓋正交瞳孔擴展器5208與出射瞳孔擴展器5209的一個表面，但是應理解繞射光學元件5240可以替代或附加地覆蓋正交瞳孔擴展器5208與出射瞳孔擴展器5209的一或更多個表面的部分。

【0487】 投影器5201的光軸可以對準繞射光學元件5240及/或正交瞳孔擴展器5208及出射瞳孔擴展器5209的表面法線。圓形偏光器5210可以插入於繞射光學

元件5240與投影器5201之間。投影器5201可以將光5207投影到圓形偏光器5210。圓形偏光器5210可以接收光5207，將光5207圓形偏光成經圓形偏光的光，並發射以特定旋轉度（例如，右旋或順時針、左旋或逆時針）經圓形偏光的光5215。在一些實施例中，經圓形偏光的光5215可以針對複數個視野方向進行圓形偏光。繞射光學元件5240可以設計成將此經圓形偏光的光5215耦接到正交瞳孔擴展器5208與出射瞳孔擴展器5209的完全內部反射模式中。

【0488】 圓形偏光器5210可以藉由任何具有高消光比的各種部件來實現，並且可以包括透明及/或吸收材料。舉例而言，圓形偏光器5210可以包括線性偏光器以及四分之一波片。在另一實例中，圓形偏光器5210可以包括第零階或更高階二向色偏光器。在另一實例中，圓形偏光器可以包括雙折射材料的薄膜堆疊。假設說，若將正交瞳孔擴展器5208、出射瞳孔擴展器5209及繞射光學元件5240藉由完美平面鏡替代（其表面法線係定向為對準投影器5201的軸線），則從圓形偏光器5210傳出的經圓形偏光的光5215將從鏡子反射，並且傳播返回朝向投影器5201，其中該反射具有與經圓形偏光的光5215相反的偏光旋轉度（例如，順時針與逆時針）。因此，可以選擇或配置圓形偏光器5210，以吸收具有相反的偏光旋轉度的入射光。

【0489】 繞射光學元件5240可以設計成利用以低效率進入相同的偏光旋轉度反射從圓形偏光器5210傳出的經圓形偏光的光5215，而使得若有任何反射，則藉由相反的偏光旋轉度特徵化，並且可以在繞射光學元件5240、正交瞳孔擴展器5208及/或出射瞳孔擴展器5209反射之後，藉由圓形偏光器5210吸收。繞射光學元件5240的幾何結構可以設計成可以達到期望的偏光特性。在一些實施例中，繞射光學元件5240可以包括光柵。舉例而言，如本文進一步描述，具有平坦頂部或底部或交叉光柵結構的閃耀光柵可以在繞射光學元件5240上實現。具有一維週期性的二元層狀或閃耀光柵可以相對於沿著或垂直於光柵凹槽的經線性偏光的光而具有偏光選擇性。

【0490】 在一些實施例中，繞射光學元件5240可以包括偏光不靈敏的晶格對稱。可以利用具有高度對稱的光柵來實現完全的偏光不靈敏度。此等光柵可以包括具有正方形或三角形對稱的晶格，其中單元細胞格係為正方形或正六邊形。每一單元細胞格內的散射元件可以形成為正方形、十字形、八邊形或具有正方形晶格實例中的C4對稱的任何其他形狀。在三角形晶格實例中，散射元件可以具有C6對稱。此等光柵可以具有類似於平坦界面的反射特性。第95A圖及相關描述係提供關於使用圓形偏光器的附加描述。

【0491】 第53A圖係為圖示根據一些實施例的繞射光學元件上的正方形晶格光柵結構的方塊圖。正方形晶格光

柵結構可以包括複數個正方形晶格元件5300A。正方形晶格元件5300A可以具有C4對稱。此外，正方形晶格元件5300A可以在箭頭方向（例如，水平及垂直）上實質上相等地繞射光。

【0492】 第53B圖係為圖示根據一些實施例的繞射光學元件上的圓形輪狀元件光柵結構的照片。圓形輪狀元件光柵結構可以包括複數個圓形晶格元件5300B。圓形晶格元件5300B可以具有C4對稱。此外，圓形晶格元件5300B可以在箭頭方向（例如，水平及垂直）上實質上相等地繞射光。

【0493】 在一些實施例中，繞射光學元件可以包括二元、多級或閃耀光柵。光柵可以是「交叉」或「交叉切割」。舉例而言，閃耀光柵可以具有垂直於燄狀凹槽蝕刻的凹槽。為了最佳化繞射效率，垂直凹槽的週期可以低於光的波長，以抑制沿著垂直方向的繞射。週期的精確值可以取決於近眼式顯示裝置的設計視野，但是可以小於主光柵節距。

【0494】 第54A圖係為圖示根據一些實施例的繞射光學元件5410A的二元光柵脊5420A的頂視圖。二元光柵脊5420A可以在箭頭方向上相等地繞射光5430A。第54B圖係為圖示根據一些實施例的繞射光學元件5410B的交叉切割的二元光柵脊5420B的頂視圖。可以藉由將細線對第54A圖的二元光柵脊5420A切割來產生第54B圖的交叉切割的二元光柵脊5420B。交叉切割的二元光

柵脊5420B可以具有降低的偏光靈敏度，但是仍然沿著箭頭方向相等地繞射光5430B。此外，交叉切割的二元光柵脊5420B可以抑制繞射，同時將反射減少到與注入的光相同的偏光狀態。第54A圖與第54B圖所示的光柵可以僅對兩個方向相等地繞射，而不是具有高對稱的晶格的四個或六個。

【0495】 在一些實施例中，繞射光學元件可以具有設計成在一個方向比其他方向具有更強的繞射的光柵。此可能排除了使用具有高度晶格對稱的光柵，因為存在大量繞射到不期望的方向而損耗的光。第55圖係為圖示根據一些實施例的繞射光學元件5510的交叉切割的偏置光柵脊5520的頂視圖。在第55圖中，藉由最佳化構成光柵的散射元件的形狀，光柵5520已精製成將偏置引入朝向二個方向中之一者（例如，與右側方向5530B相對的左側方向5530A）。舉例而言，第54B圖的矩形元件可以由三角形元件代替，以產生在一個方向上更強烈地繞射的光柵。第56圖係為圖示根據一些實施例的繞射光學元件5610上的三角形元件光柵結構5620的照片。第56圖可以表示如所製造的第55圖所示的光柵結構。第57圖係為圖示根據一些實施例的繞射光學元件5710上的橢圓形元件光柵結構5720的照片。

【0496】 各種處理可以用於製造本文所述的光柵。舉例而言，可以使用電子光束微影。根據電子光束微影，在晶圓上旋塗電子光束抗蝕劑，在圖案區域上掃描電子光束，

而顯影抗蝕劑，隨後可以使用蝕刻處理將圖案轉移到晶圓。可替代地，抗蝕劑可以直接作為表面浮雕圖案。抗蝕劑可以是正的或負的（亦即，暴露的區域可以是凹坑或台地）。蝕刻處理可以是乾式（例如，活性離子蝕刻、化學輔助離子光束蝕刻等）或濕式（例如，氫氧化鉀浴）。此處理可能產生高解析度圖案，所以可能產生尖銳的幾何特徵（例如，解析度低至20nm）。

【0497】 在另一實例中，可以使用具有分劃板光遮罩的掃描紫外線（UV）微影。分劃板光遮罩可以由週期光柵圖案製成，並且在一些實施例中，具有放大因子（例如，四倍或五倍）。分劃板可以作為UV微影系統中的遮罩，以暴露已經在晶圓上旋塗的光抗蝕劑。如上面所述，可以顯影抗蝕劑，並可以經由蝕刻處理將圖案轉移到晶圓。此處理可以將解析度限制於數十奈米。如本文進一步描述，亦可以採用多重暴露。

【0498】 在另一實例中，可以使用雙光子聚合。可以將液相抗蝕劑旋塗到基板上，並且將非共線低能量（亦即，低於聚合閾值能量的一半的能量）光子的二個光束引導至圖案位置。當光束相交時，雙光子化學處理將抗蝕劑聚合，並將其轉變為交叉聯結的固體。可以顯影抗蝕劑，並且可以保留聚合的圖案化區域。如上面所述，可以直接使用圖案，或使用蝕刻處理將圖案轉移到基板。此處理可能很慢，但是能夠得到很高的解析度。

【0499】 在另一實例中，可以使用多個暴露干涉微影。可以將非共線相關光的二個光束引導到塗覆抗蝕劑的基板。當光束為相長干涉時，可以將抗蝕劑暴露，而當光束為相消干涉時，抗蝕劑可以不暴露。光束可以是在相同方向上偏光的近似平面波，而造成由線的週期陣列組成的干涉圖案。此處理可用於由線組成的一維週期光柵。可以藉由執行多個暴露來延伸此處理，其中例如彼此並不垂直的線定義具有正方形或六邊形單元細胞格的二維週期光柵。

【0500】 在另一實例中，可以使用聚焦的離子光束研磨。可以加速例如鎵離子的光束，以撞擊基板，並讓材料物理濺射或脫落。可能會從基板「挖出」圖案。此處理可能很慢，但具有高解析度。然而，脫落的材料可能傾向於重新沉積。

【0501】 在另一實例中，可以使用自組裝遮罩。可以將懸浮液中的一組（例如，聚苯乙烯）珠粒或顆粒放置在基板上。透過蒸發，由於表面張力，顆粒可能傾向於自組裝成規則的週期陣列。此等自組裝圖案可以具有正確的週期性，以作為繞射結構本身或用於圖案轉移的物理蝕刻遮罩。此等自組裝結構亦可能需要固定，以防止拆卸。

【0502】 亦可大量生產光柵。可以使用各種技術以大量生產光柵。舉例而言，可以使用奈米壓印微影。主模板表面浮雕圖案可以用於戳印複製品。此主模板可以是剛性的（例如直接使用蝕刻的矽晶圓來戳印附加的晶圓），或者柔性的（例如在聚合物基板的輥上的表面浮雕圖案）。此

外，可以照射一些繞射結構，以產生可用於微影暴露新圖案的近場或空間繞射圖案。

【0503】 第58圖係為圖示根據本發明的實施例的在近眼式顯示裝置中抑制來自遠心投影器的反射的方法的簡化流程圖5800。該方法包括以下步驟：投影來自投影器的光（5810）。舉例而言，投影器可以是本文所述的任何投影器。投影器可以經配置以投影垂直於繞射光學元件的光。投影器可以包括偏光旋轉式的空間光調制器。

【0504】 該方法進一步包括在圓形偏光器處接收所投影的光（5820）。在一些實施例中，圓形偏光器可以包括線性偏光器以及四分之一波片。在一些實施例中，圓形偏光器可以包括第零階或更高階二向色偏光器。在一些實施例中，圓形偏光器可以包括薄膜堆疊或雙折射材料。舉例而言，圓形偏光器可以是本文所述的任何圓形偏光器。

【0505】 該方法進一步包括以下步驟：將所投影的光圓形偏光成以第一偏光旋轉度特徵化的經圓形偏光的光（5830）。第一偏光旋轉度可以是右旋（亦即順時針）或左旋（亦即逆時針）。經圓形偏光的光可以針對複數個視野方向進行圓形偏光。

【0506】 該方法進一步包括以下步驟：在繞射光學元件處接收來自圓形偏光器的經圓形偏光的光（5840）。舉例而言，繞射光學元件可以是本文所述的任何繞射光學元件。繞射光學元件可以包括光柵，例如耦入光柵。光柵可以包括二元光柵、多級光柵或閃耀光柵中之至少一者。光

柵可以包括偏光不靈敏的晶格對稱。偏光不靈敏的晶格對稱可以包括正方形晶格對稱或三角形對稱中之至少一者。

【0507】 該方法進一步包括以下步驟：在正交瞳孔擴展器處接收來自繞射光學元件的經圓形偏光的光（5850）。舉例而言，正交瞳孔擴展器可以是本文所述的任何OPE。在一些實施例中，繞射光學元件及/或正交瞳孔擴展器可以利用與第一偏光旋轉度相反的第二偏光旋轉度反射經圓形偏光的光的反射（亦即，第一旋轉度可以是右旋，而第二旋轉度可以是左旋，反之亦然）。繞射光學元件可以經配置以抑制第一偏光旋轉度的經圓形偏光的光的任何反射，同時使第二偏光旋轉度的經圓形偏光的光的反射通過圓形偏光器。在此等實施例中，圓形偏光器可以吸收第二偏光旋轉度的經圓形偏光的光的反射。該方法進一步包括以下步驟：在出射瞳孔擴展器處接收來自正交瞳孔擴展器的經圓形偏光的光（5860）。該方法進一步包含以下步驟：投影經圓形偏光的光的至少一部分，以作為投影圖像（5870）。

【0508】 應理解，第58圖所示的具體步驟根據本發明的實施例提供在近眼式顯示裝置中抑制遠心投影器的反射的特定方法。亦可以根據替代實施例來執行其他步驟序列。舉例而言，本發明的替代實施例可以利用不同順序執行上述步驟。此外，第58圖所示的單獨步驟可以包括多個子步驟，其可以利用適合於單獨步驟的各種順序執行。

此外，可以取決於特定應用增加或移除附加步驟。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

*可變幾何繞射光學元件*

【0509】 根據本發明的一些實施例，提供藉由調制經由二元光柵高度的空間調制的繞射結構（例如，繞射光柵區域）的繞射效率及/或光學相位而改善光場波導顯示器的圖像品質的方法及系統。利用光柵高度調制，本發明的實施例減輕不利地影響波導顯示器效能的一或更多個圖像假影：A）通常在輸出圖像中表現為暗帶或條紋的基於干涉的圖像假影，以及B）相對於眼睛位置的圖像亮度的變化。如本文所述，製造光學結構的方法可以包括使用灰階微影，使用多次微影暴露與蝕刻處理，及類似者。

【0510】 藉由本發明實現相對於習知技術的許多益處。舉例而言，本發明的一些實施例提供藉由調制經由光柵高度的空間調制的光柵區域的繞射效率及/或光學相位而改善光場波導顯示器的圖像品質的方法及系統。在用於光柵的通常自上而下的製造處理中，無法在微影中指定光柵高度，因此本發明的實施例提供適合於產生光柵高度的空間變化的進階後處理技術。因此，利用光柵的通常光場波導顯示器在設計上限制為僅具有一個或少量的光柵高度。期望在波導顯示器中的不同光柵區域之間改變繞射效率及/或光學相位，以產生具有高亮度、高光照度均勻性、高色彩均勻性、高銳度及低的基於干涉的圖像假影的圖像。與本文所述的實施例相反，通常的波導顯示器僅藉由

改變光柵工作循環、節距及角度來操縱不同光柵區域之間的繞射效率及/或光學相位。可變光柵工作循環允許繞射效率與光學相位的非常小的調諧範圍。改變光柵節距與角度允許光學相位的大調諧範圍，但卻是以波導顯示器中的失真及模糊為代價。改變光柵高度允許繞射效率與光學相位的大調諧範圍，而具有可忽略的失真及模糊。

【0511】 本發明的一些實施例藉由調制繞射效率及/或隨機化多個傳播路徑的相對相位以減少或消除此等干涉效應來減少圖像假影。如本文所述，隨機化可以藉由調制光柵高度與位置的函數來實現，而此導致繞射效率根據需要而變化。舉例而言，OPE的每一區域或子區段中的光柵高度的可變分佈將擾動光學相位，並隨著OPE中所有可能的光學路徑中的相關性降低，而將減少輸出圖像的基於干涉的圖像假影。此外，EPE中的光柵的高度的漸變變化將增加輸出圖像中的視野的亮度均勻性以及不同眼睛位置之間的亮度均勻性。

【0512】 第59A圖係為圖示根據本發明的實施例的藉由恆定繞射效率特徵化的繞射結構的平面圖的簡化示意圖。在第59A圖中，繞射結構5930（可以是本文所述的OPE或EPE的元件）或耦入光柵（ICG）（將來自投影器的光耦接到接目鏡層中）在繞射效率與橫向（亦即平行於接目鏡層的平面）位置的函數是一致的。作為實例，具有一致的光柵深度與位置的函數的OPE可以導致OPE的恆定繞射效率。

【0513】 第59B圖係為圖示根據本發明的實施例的藉由不同繞射效率的區域特徵化的繞射結構的平面圖的簡化示意圖。與第59A圖所示的恆定繞射效率與位置的函數相反，第59B圖圖示不同繞射效率與位置的函數。在第59B圖所示的實例中，由四個不同灰階色度（亦即，白色（5942）、淡灰色（5944）、深灰色（5946）及黑色（5948））表示的區域圖示四種不同的繞射效率。作為實例，白色區域5942可以表示最低的繞射效率，而黑色區域5948可以表示最高的繞射效率，其中淺灰色5944及深灰色5946區域表示中間的繞射效率。

【0514】 區域之間的繞射效率的差異可以恆定，或取決於特定應用而變化。此外，儘管第59B圖圖示利用不同繞射效率特徵化的四個區域，但是此並非本發明的一些實施例所必需，而可以使用更多數量的區域或更少數量的區域。如本文更全面地描述，在特定實施例中，第一區域（例如，白色區域5942）具有第一光柵深度，而第二區域（例如，黑色區域5948）具有大於第一光柵深度的第二光柵深度，而藉此為黑色區域提供比白色區域更高的繞射效率。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0515】 在第59B圖所示的實施例中，在每一區域中，繞射效率是恆定的。區域的尺寸可以取決於特定應用而變化，例如，尺寸為10 $\mu$m至毫米級。作為實例，若OPE的尺寸在一側為3mm級，而區域的尺寸在一側為0.3mm級，則OPE可以包括~100個區域。在第59B圖所示的實

例中，以不同的繞射效率特徵化的區域係為隨機分佈，而此並非本發明所必需。在其他實施方案中，相鄰區域之間的繞射效率的差可以設定為低於預定閾值、遵循正弦曲線圖案、單調增加或減少、單調增加或減少函數上的隨機出現、藉由計算立體投影圖設計而確定、藉由自由形狀的透鏡設計而確定，或類似者。

【0516】 因此，如第59B圖所示，本發明的一些實施例將光柵結構的高度等級與橫向位置的函數在空間上變化，以修改繞射效率與位置的函數。如本文更全面地描述，可以使用幾種不同的製造方式以在空間上控制繞射效率及/或光學相位，以改善波導顯示器的圖像品質。作為實例，在波導顯示器中，OPE及/或EPE光柵區域可以劃分成許多區域，其中每一區域具有與構成OPE及/或EPE的一或更多個其他區域不同的光柵高度。

【0517】 第59C圖係為圖示根據本發明的實施例的藉由不同繞射效率的區域特徵化的繞射結構的平面圖的簡化示意圖。在第59C圖所示的實施例中，區域尺寸小於第59B圖所示的尺寸，而導致數量較為增加的區域。舉例而言，針對OPE在一側為3mm級，而區域尺寸為0.1mm級，則OPE可以包括~900個區域。該領域具有通常知識者應理解，可以取決於特定應用來選擇特定區域尺寸。不同繞射效率的數量可以是如第59B圖所示的四種不同的繞射效率，或者可以更大或更小。在第59C圖所示的實施例中，每一區域中的繞射效率是恆定的，其中區域之間的

差提供繞射效率與位置的函數的變化。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0518】 第60A圖至第60H圖係為圖示根據本發明的一些實施例的使用灰階微影製造可變繞射效率的光柵的處理的簡化處理流程圖。

【0519】 如第60A圖至第60H圖所示，灰階微影係用於形成具有變化的繞射效率與位置的函數的繞射結構(例如，繞射光柵)。該領域具有通常知識者應理解，灰階微影係為微影技術，其中顯影後的光抗蝕劑(亦即，抗蝕劑)的厚度係藉由局部暴露劑量確定。可以藉由透射率在不同區域變化的光遮罩來實現劑量的空間分佈。參照第60A圖，遮罩6007係暴露於入射光6005。遮罩6007具有透射率與位置的漸變函數，例如在第一側(例如，左側)上的高透射率以及在第二側(例如，右側)上的低透射率。透射率可以是線性或非線性漸變。除了灰階微影之外，可以使用其他直接寫入技術(例如電光束微影或雷射寫入)以在空間上控制劑量分佈，並且可應用於本發明的實施例。

【0520】 利用硬遮罩層6012及抗蝕層6014塗覆基板6010(例如，矽、氧化矽或類似者)。在實施例中，硬遮罩層係使用$SiO_2$或其他合適的材料而形成。在一些實施例中，硬遮罩層可以使用氧化處理而形成，因此，術語「塗覆」的使用係包括沉積以外的處理。在使用遮罩6007暴露之後，與具有高透射率(例如，左側)的遮罩的部分

相鄰的抗蝕劑比與具有較低透射率（例如，右側）的遮罩的部分相鄰的抗蝕劑接收更高的劑量。

【0521】 第60B圖圖示暴露及顯影之後的抗蝕劑輪廓。由於在與具有高透射率的遮罩的部分相鄰處接收到較高的劑量，所以抗蝕層6014的高度與位置的函數係從薄值到較厚的值成錐形。隨後，進行抗蝕/硬遮罩層的蝕刻。

【0522】 第60C圖圖示使用第60B圖所示的抗蝕劑輪廓蝕刻之後的蝕刻輪廓。在此實施例中，抗蝕劑輪廓係藉由「比例RIE」轉移到硬遮罩層。在此處理中，抗蝕劑將延遲底部材料的蝕刻，而延遲係與蝕刻厚度成比例。抗蝕劑的蝕刻速率與底部材料的蝕刻速率之間的比率確定抗蝕劑輪廓與蝕刻輪廓之間的垂直比例。如第60C圖所示，抗蝕劑輪廓中存在的高度差已轉移到硬遮罩層6025，而導致硬遮罩層具有錐形輪廓，其中硬遮罩層的厚度係隨著位置而變化。第60D圖圖示在錐形硬遮罩層6025上的抗蝕層6030中定義的繞射結構的形成。舉例而言，該領域具有通常知識者應理解，可以藉由抗蝕劑的旋塗及圖案化來形成圖案化的抗蝕層。應注意，可以使用包括UV、EBL或奈米壓印的微影處理來利用期望的繞射結構圖案化硬遮罩層。

【0523】 第60E圖圖示硬遮罩層中的繞射結構的形成，此將提供隨後用於在基板中形成光柵結構的錐形蝕刻遮罩。在第60E圖中，使用蝕刻處理，而藉由硬遮罩材料（例如，$SiO_2$）中的高蝕刻速率以及用於基板材料（例

如，矽）的低蝕刻速率特徵化。此蝕刻處理形成錐形蝕刻遮罩，而包括錐形蝕刻遮罩材料中的光柵結構的週期性，其中厚度隨著位置而變化。

【0524】 第60F圖圖示使用錐形蝕刻遮罩與成比例的蝕刻處理的抗蝕層6030的移除以及基板的初始蝕刻。第60G圖圖示使用第60F圖所示的錐形蝕刻遮罩蝕刻之後的主板6045與蝕刻輪廓。如第60G圖所示，錐形蝕刻遮罩中存在的高度差已轉移到基板，區域6050（與灰階遮罩的較高透射率區域相關聯）中具有較淺的蝕刻（亦即，較低的光柵高度），而區域6052中具有較深的蝕刻（亦即，較高的光柵高度）。作為實例，光柵齒之間的高度變化可以在預定範圍內變化，例如從5nm到500nm。因此，如第60G圖所示，本發明的實施例利用灰階微影處理來形成具有繞射結構的主板，其中光柵高度隨著位置而變化，而因此繞射效率亦隨著位置變化。儘管第60G圖所示的光柵高度的線性增加導致灰階遮罩中的線性透射率變化，但是本發明並不限於此線性輪廓，而在本發明的範圍內包括具有預定高度變化的其他輪廓。應注意，儘管在第60G圖中圖示單一可變高度區域，但是應參考第59B圖來考慮此單一區域，第59B圖圖示具有不同繞射效率的複數個區域。因此，光柵高度的成錐形可以組合與特定區域相關聯的預定光柵高度，以提供區域內以及區域間的繞射效率的變化。此外，如本文所述，使用長度尺度上比第60G圖所示的可變高度區域的尺寸更小的透射率變化的灰階遮罩

導致在光柵齒的週期性的尺度上通過不同光量的灰階遮罩能夠使用，而導致基於齒與齒之間的光柵高度輪廓的變化。因此，除了離散區域之外，本發明的實施例包括連續變化的實施方案。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0525】 第60H圖圖示使用主板6045製造的次主板6060，其可在複製處理中用於壓印額外的複本。如次主板6060所示，將與存在於主板中的預定圖案化結構互補。舉例而言，由於第60G圖所示的主板具有與光柵結構的底部對準的平坦表面6062，次主板6060具有與平坦表面6064對準的光柵結構的頂部。

【0526】 在第60H圖所示的實施例中，繞射光學元件係藉由平坦頂表面6062特徵化，其中繞射結構延伸到基板中的不同距離。換言之，光柵線的頂部是共面的。相反地，在第62C圖所示的實施例中，繞射光學元件在基板中延伸到恆定的深度，而繞射元件高度相對於恆定深度平面的差異導致繞射效率的差異。換言之，光柵線的底部是共面的。

【0527】 應注意，複製處理可以將光柵的頂部是共面的繞射結構轉換成光柵的底部是共面的繞射結構。額外的複製處理可以提供相反的轉換。參照第60G圖與第60H圖，在第60G圖中，光柵線的底部係與平面6061共面。若複製第60G圖所示的結構，則產生第60H圖所示的結構，其中光柵線的頂部係與頂表面6062共面。該領域具有通常知識者將理解，第60H圖所示的結構的複製將導致

第60G圖所示的結構的產生。因此，二個複製處理可以產生原始模具的複本。

【0528】 第61A圖至第61C圖係為圖示根據本發明的實施例的用於製造具有不同表面高度的區域的處理的簡化處理流程圖。如本文所述，灰階微影可以用於形成具有不同表面高度的區域。參照第61A圖，遮罩6110係暴露於入射光6105。遮罩6110具有藉由第一透射率特徵化的第一區域6112以及藉由第二透射率特徵化的第二區域6114，第二透射率大於第一透射率。利用抗蝕層6122塗覆基板6120。在使用遮罩6110暴露之後，相鄰於第二區域6114的抗蝕劑比相鄰於第一區域6112的抗蝕劑接收更高的劑量。

【0529】 第61B圖圖示暴露及顯影之後的抗蝕劑輪廓。由於相鄰於第二區域6114處所接收的較高劑量，區域6132中的抗蝕劑的高度小於區域6130中的抗蝕劑的高度。

【0530】 第61C圖圖示使用第61B圖所示的抗蝕劑輪廓蝕刻之後的蝕刻輪廓。如第61C圖所示，抗蝕劑輪廓中存在的高度差已轉移到基板，區域6142中具有較深的蝕刻（亦即，較低的表面高度），而區域6140中具有較淺的蝕刻（亦即，較高的表面高度）。因此，本發明的實施例利用灰階微影處理來形成高度隨著灰階遮罩中存在的灰階圖案變化的表面輪廓。

【0531】 第62A圖至第62C圖係為圖示根據本發明的實施例的用於製造具有不同繞射效率的光柵的區域的處理的簡化處理流程圖。在第62A圖至第62C圖所示的實施例中，基板6210包括經處理以形成繞射光學元件的一部分的光柵結構6215。

【0532】 在第62A圖中，製造處理係開始於藉由平坦及平行的頂部與底部表面（亦即，頂表面並未相對於底表面傾斜）特徵化的基板。將繞射結構蝕刻到基板中，而使得光柵線的頂部是平坦的，而光柵高度的變化係與光柵元件延伸到基板中的距離差異相關聯。

【0533】 基板6210包括支撐表面6201以及相對於支撐表面的光柵表面6203。在此實施例中，光柵表面6203係與光柵結構的頂部對準，光柵表面6203係藉由一致的光柵高度特徵化。儘管光柵結構6215係圖示為在第62A圖的基板材料中製造，但此並非本發明所必需，而光柵結構可以由不同於第63A圖與第64A圖所示的基板的材料製成，而在一些實施例中作為遮罩。

【0534】 參照第62A圖，遮罩6207係暴露於入射光6205。遮罩6207具有藉由第一透射率特徵化的第一區域6212以及藉由第二透射率特徵化的第二區域6214，第二透射率大於第一透射率。利用抗蝕層6220塗覆基板6210。在使用遮罩6207暴露之後，相鄰於第二區域6214的抗蝕劑比相鄰於第一區域6212的抗蝕劑接收更高的劑量。

【0535】 第62B圖圖示暴露及顯影之後的抗蝕劑輪廓。由於相鄰於第二區域6214處所接收的較高劑量，區域6232中的抗蝕劑的高度小於區域6230中的抗蝕劑的高度。

【0536】 第62C圖圖示使用第62B圖所示的抗蝕劑輪廓蝕刻之後的蝕刻輪廓。如第62C圖所示，抗蝕劑輪廓中存在的高度差已轉移到光柵結構6215，在區域6242中移除光柵結構的部分，而在區域6240中保留原始光柵結構。光柵齒之間的抗蝕劑的存在讓光柵結構的頂部能夠蝕刻，同時防止光柵結構的底部的蝕刻。因此，如第62C圖所示，區域6242中的光柵的高度小於區域6240中的光柵的高度，而導致在多個區域中，光柵具有不同的繞射效率。

【0537】 在第62C圖所示的實施例中，圖示具有不同光柵高度的二個區域6240與6242，但是本發明並不限於二個區域，並且可以製造具有不同高度的額外的區域。參照第59B圖，四個不同類型的區域係圖示為隨機分佈在繞射結構上。在一些實施例中，利用少於或多於四個不同的區域。使用單次暴露，可以實現形成具有隨著位置變化的高度的抗蝕劑區域，其中抗蝕劑的變化轉移到光柵的高度及對應的繞射效率的變化。如本文所述，區域之間的繞射效率的變化可以隨機、單調增加或減少、單調增加或減少函數上的隨機出現、正弦圖案、藉由計算立體投影圖設計而確定、藉由自由形狀的透鏡設計而確定，或類似者。

【0538】 應注意，儘管第62C圖所示的區域在每一區域6240與6242內具有一致的光柵高度，但此並非本發明所必需。利用在長度尺度上小於區域尺寸的變化的灰階遮罩，可以實現區域內的光柵高度的變化以及區域之間的光柵高度的變化。在最普遍的情況下，可以使用在光柵齒的週期性的尺度上通過不同光量的灰階遮罩，而導致基於齒與齒之間的光柵高度輪廓的變化。因此，除了離散區域之外，本發明的實施例包括連續變化的實施方案。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0539】 第63A圖至第63H圖係為圖示根據本發明的實施例的使用多級蝕刻處理製造藉由不同繞射效率特徵化的區域的簡化處理流程圖。參照第63A圖，利用其上存在圖案化硬遮罩6304（例如，$SiO_2$硬遮罩）的基板6302開始製造處理。作為實例，圖案化硬遮罩6304可以具有與繞射光學元件相關聯的圖案，而可以具有是預定週期性（例如，200nm至400nm級）與高度（例如，10μm至500μm級）的繞射光柵。如下所述，使用具有不同特性（包括蝕刻速率）的材料能夠使用圖案化硬遮罩作為遮罩材料。基板6302與圖案化硬遮罩6304的組合可以指稱為基板結構6306。第63B圖圖示具有抗蝕層6310的基板結構6306的塗覆。第63C圖圖示第一微影處理，以定義由抗蝕層6310覆蓋的區域6312以及抗蝕劑被移除的區域6314，以暴露圖案化硬遮罩6304的部分。應理解，儘管在第63C圖中僅圖示二個區域，但本發明並非僅限於二個

區域，而可以根據特定應用適當地提供額外的區域。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0540】 第63D圖圖示用於將暴露部分中的光柵特徵延伸到基板第一距離$D_1$的第一蝕刻處理（第1級的蝕刻）。如本文所示，由於多次蝕刻處理步驟，通常期望使用選擇性蝕刻處理，以在圖案化硬遮罩與基板之間提供選擇性。

【0541】 第63E圖圖示第二微影處理，以定義由抗蝕劑覆蓋的區域6322（利用用於此第二微影處理的抗蝕劑的塗覆為方便起見並未圖示）以及抗蝕劑被移除的區域6324，以暴露不同於第一微影處理期間暴露的部分的圖案化硬遮罩6304的部分。第63F圖圖示用於將暴露部分中的光柵特徵延伸到基板第二距離$D_2$的第二蝕刻處理（第2級的蝕刻）。參照第63C圖與第63F圖，在區域6314與6324所重疊的基板的區域係在第一與第二蝕刻處理中被蝕刻，而導致光柵特徵延伸$D_1+D_2$的距離。

【0542】 第63G圖圖示抗蝕劑的移除，而第63H圖圖示圖案化硬遮罩的移除，以提供具有預定圖案結構的主板。

【0543】 本發明的實施例能夠使用最初一致的光柵結構進行預定輪廓的轉移，以形成包括預定高度變化與繞射效率的光柵輪廓。此處理可以利用布林邏輯術語視為有效執行「AND」運算，其中與灰階遮罩相關聯的輪廓係與光柵結構組合為「AND」運算。

【0544】 在一些實施例中，在執行抗蝕劑塗覆（未圖示）與N個額外的微影處理（未圖示）之後，執行額外的蝕刻處理，以形成延伸到基板N個附加距離（亦即，$D_3$、$D_4$、...、$D_N$）的光柵特徵。在此等實施例中，N可以大於或等於3。因此，本發明的實施例提供了N級蝕刻處理，其中光柵特徵的深度係隨著用於定義蝕刻區域的蝕刻等級與微影處理的數量而變化。

【0545】 可以在複製處理中使用主板，以壓印複本。此等複本將與預定圖案化結構互補。舉例而言，由於第63H圖所示的主板具有與圖案化結構的頂部對準的平坦表面，複本將具有經對準的圖案化結構的底部。

【0546】 作為實例，複製處理可以用於建立次主板（具有互補的圖案化結構），隨後可以用於建立從主板重新產生的預定圖案化結構的複本。

【0547】 第64A圖至第64H圖係為圖示根據本發明的實施例的使用多級蝕刻處理製造可變繞射效率的光柵的簡化處理流程圖。

【0548】 參照第64A圖，利用其上存在圖案化硬遮罩6404（例如，$SiO_2$硬遮罩）的基板6402開始製造處理。作為實例，圖案化硬遮罩6404可以具有與繞射光學元件相關聯的圖案，而可以具有是預定週期性（例如，200nm至400nm級）與高度（例如，10μm至500μm級）的繞射光柵。如下所述，使用具有不同特性（包括蝕刻速率）的材料能夠使用圖案化硬遮罩作為遮罩材料。基板6402

與圖案化硬遮罩6404的組合可以指稱為基板結構6406。第64B圖圖示具有抗蝕層6410的基板結構6406的塗覆。第64C圖圖示第一微影處理，以定義由抗蝕層6410覆蓋的區域6412以及抗蝕劑被移除的區域6414，以暴露圖案化硬遮罩6404的部分。

【0549】 第64D圖圖示用於將暴露部分中的光柵特徵延伸到基板第一距離$D_1$的第一蝕刻處理（第1級的蝕刻）。如本文所示，由於多次蝕刻處理步驟，通常期望使用選擇性蝕刻處理，以在圖案化硬遮罩與基板之間提供選擇性。第64E圖圖示第二微影處理，以定義由抗蝕劑覆蓋的區域6422（利用用於此第二微影處理的抗蝕劑的塗覆為方便起見並未圖示）以及抗蝕劑被移除的區域6424，以暴露不同於第一微影處理期間暴露的部分的圖案化硬遮罩6404的部分。第64F圖圖示用於將暴露部分中的光柵特徵延伸到基板第二距離$D_2$的第二蝕刻處理（第2級的蝕刻）。參照第64F圖，在區域6414與6424所重疊的基板的區域係在第一與第二蝕刻處理中被蝕刻，而導致光柵特徵延伸$D_1+D_2$的距離。

【0550】 第64G圖圖示第三蝕刻處理的完成，以在執行抗蝕劑塗層（未圖示）與第三微影處理（第3級的蝕刻，未圖示）之後，形成在基板中延伸額外距離$D_3$的光柵特徵。第64H圖圖示圖案化硬遮罩6404的移除，以提供具有預定圖案化結構的主板。因此，本發明的實施例提供了

N級蝕刻處理，其中光柵特徵的深度係隨著用於定義蝕刻區域的蝕刻等級與微影處理的數量而變化。

【0551】 可以在複製處理中使用主板，以壓印複本。此等複本將與預定圖案化結構互補。舉例而言，由於第64H圖所示的主板具有與圖案化結構的頂部對準的平坦表面，複本將具有經對準的圖案化結構的底部。

【0552】 作為實例，複製處理可以用於建立次主板（具有互補的圖案化結構），隨後可以用於建立從主板重新產生的預定圖案化結構的複本。

【0553】 針對一致的繞射效率，繞射光學元件在空間上是不變的。本發明的實施例藉由引入隨著橫向位置而不同的繞射效率來破壞空間不變性。因此，可以減少可能導致不期望的影響的空間相關性。換言之，藉由引入在空間中不一致的繞射效率，光經歷的干涉效應在不同區域中將會不同，而藉此修改干涉效應，並降低空間相關性。

【0554】 藉由調整光柵的深度，能夠調整繞射效率，並產生藉由繞射效率以預定的方式隨著位置變化來特徵化的繞射光學元件。本發明的實施例可以利用振幅變化或相位變化來產生繞射效率的差異。

【0555】 在一個實施例中，繞射效率與位置的函數係為單調變化，例如，隨著光進一步傳播到繞射光學元件而增加的繞射效率。在此實施例中，由於在繞射光學元件中傳播的光的強度係隨著藉由繞射光學元件繞射的光的位置的函數而減少，所以繞射效率的增加可以導致輸出一致性

的改善。因此，取決於特定應用，本發明的實施例提供單調變化或非單調變化。作為特定實例，隨機變化可以出現在單調增加的繞射效率輪廓上。因此，儘管繞射效率通常隨著光傳播到繞射光學元件而增加，但隨機變化將導致非單調的繞射效率輪廓。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0556】 在一些實施例中，繞射效率的變化係以預定方式實現，而使得繞射效率的變化（例如，區域尺寸）係位於光在平面波導中傳播的彈跳間隔的數量級上。因此，在一些實施例中，對於0.3mm級的波導厚度，彈跳間隔將在0.6mm量級。因此，若區域尺寸為0.6mm級，則在傳播約二個彈跳間隔的距離之後，光將經歷不同的繞射效率。隨著光傳播通過平面波導並在傳播期間部分地繞射離開繞射光學元件，變化的繞射效率將隨著傳播發生而導致藉由結構所繞射的不同強度。使用本發明的實施例產生的空間非均勻性可以是隨機的，而因此減少不希望的相關效應。

【0557】 第65圖係為根據本發明的實施例的耦入光柵的簡化橫截面圖。如本文所論述的，ICG將來自投影器的圖像光耦接到平面波導中。在第65圖所示的實施例中，光從ICG朝向OPE傳播。如第65圖所示，用於ICG的光柵結構係藉由繞射效率隨著位置變化而特徵化（例如，區域6520中的較低繞射效率以及區域6522中的較高繞射效率），以提供具有跨越ICG的漸變繞射效率的ICG。

【0558】 參照第65圖，考慮ICG離OPE最遠的一側（亦即，區域6522）入射的光。如波導射線6530所示，在此區域入射的光在離開光柵區域之前多次重新遭遇ICG。如射線6532所示，此光每次重新遭遇ICG，則一些部分的光被ICG繞射，並離開波導。此效應將降低傳播朝向OPE的光量，並最終減少給使用者的光量。

【0559】 因此，本發明的實施例利用具有不同的繞射效率的ICG，例如，ICG靠近OPE的該側（亦即，區域6520）上的較低繞射效率，以及ICG離OPE最遠的該側（亦即，區域6522）上的較高繞射效率。隨著光在波導中從區域6522朝向OPE傳播，ICG的降低的繞射效率隨著光接近區域6520將導致更少的光被繞射出光柵區域。除了OPE的較高吞吐量之外，隨著某些入射角度將經歷更高的淨耦入效率，一些實施例亦可以提供增加的一致性。隨著耦入隨著入射角度而變化，ICG的總體一致性將改善。在一個實施方案中，光柵高度（或深度）將為漸變，其中靠近OPE的區域6520具有較低光柵高度，而離OPE最遠的區域6522具有較高光柵深度。

【0560】 第66圖係為圖示根據本發明的實施例的製造具有變化繞射效率的繞射結構的方法的簡化流程圖。該方法係與利用硬遮罩層與抗蝕層塗覆的基板結合使用。方法6600包括以下步驟：透過漸變透射遮罩將抗蝕層暴露至入射光（6610）。遮罩具有透射率與位置的漸變函數，例如在第一側（例如，左側）上的高透射率以及在第二側

（例如，右側）上的低透射率。透射率可以是線性或非線性漸變。

【0561】 應注意，除了灰階微影之外，可以使用其他直接寫入技術（例如電光束微影或雷射寫入）以在空間上控制劑量分佈，並且可應用於本發明的實施例。在此等替代方法中，6610可以藉由適當的技術代替，以提供具有漸變輪廓的抗蝕層。

【0562】 該方法亦包括以下步驟：顯影抗蝕層（6612）。作為使用漸變透射遮罩的暴露的結果，暴露及顯影之後的抗蝕劑輪廓將藉由高度隨著位置從薄值到厚值成錐形而特徵化。該方法進一步包括以下步驟：抗蝕/硬遮罩層的蝕刻（6614）。在此實施例中，成錐形的抗蝕劑輪廓係藉由「比例RIE」轉移到硬遮罩層。在此處理中，抗蝕劑將延遲底部材料的蝕刻，而延遲係與蝕刻厚度成比例。抗蝕劑的蝕刻速率與底部材料的蝕刻速率之間的比率確定抗蝕劑輪廓與蝕刻輪廓之間的垂直比例。因此，抗蝕劑輪廓中存在的高度差將轉移到硬遮罩層，而導致硬遮罩層具有錐形輪廓，其中硬遮罩層的厚度係隨著位置而變化。

【0563】 該方法亦包括以下步驟：形成在錐形硬遮罩層上沉積的第二抗蝕層中定義的繞射結構（6616）。該方法進一步包括以下步驟：形成包括光柵結構的週期性的錐形蝕刻遮罩（6618）。此錐形蝕刻遮罩材料的厚度將隨著位置而變化。該方法包括以下步驟：使用錐形蝕刻遮罩

蝕刻基板（6620）。該領域具有通常知識者將理解，可以在蝕刻基板之前移除抗蝕層。因此，使用本發明的實施例，藉由將存在於錐形蝕刻遮罩中的高度差轉移到基板來形成主板，其中一個區域（例如，與灰階遮罩的較高透射率區域相關聯）具有較淺蝕刻（亦即，較低的光柵高度），而第二區域（與灰階遮罩的較低透射率區域相關聯）具有較深蝕刻（亦即，較高的光柵高度）。

【0564】 因此，例如第60G圖所示，本發明的實施例利用灰階微影處理來形成具有繞射結構的主板，其中光柵高度隨著位置而變化，而因此繞射效率亦隨著位置變化。

【0565】 在替代實施例中，主板用於製造次主板（6622），其可以在複製處理中用於壓印複本。

【0566】 應理解，第66圖所示的具體步驟根據本發明的實施例提供製造具有變化繞射效率的繞射結構的特定方法。亦可以根據替代實施例來執行其他步驟序列。舉例而言，本發明的替代實施例可以利用不同順序執行上述步驟。此外，第66圖所示的單獨步驟可以包括多個子步驟，其可以利用適合於單獨步驟的各種順序執行。此外，可以取決於特定應用增加或移除附加步驟。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0567】 第67圖係為圖示根據本發明的實施例的製造藉由不同繞射效率的區域特徵化的繞射結構的方法的簡化流程圖。方法6700包括以下步驟：提供具有圖案化硬遮罩的基板（6710），其可以指稱為基板結構。作為實

例，圖案化硬遮罩可以具有與繞射光學元件相關聯的圖案，而可以具有是預定週期性（例如，200nm至400nm級）與高度（例如，10μm至500μm級）的繞射光柵。在實施例中，圖案化硬遮罩包括$SiO_2$。該方法亦包括以下步驟：執行第一微影處理，第一微影處理包含利用抗蝕層塗覆基板結構，並移除抗蝕層的至少一部分，以形成圖案化硬遮罩的暴露部分（6712）。

【0568】 該方法進一步包括以下步驟：執行第一蝕刻處理，以將光柵特徵延伸到基板的暴露部分一第一預定距離（6714）。由於如下文所述而使用的多次蝕刻處理步驟，通常期望使用選擇性蝕刻處理，以在圖案化硬遮罩與基板之間提供選擇性。

【0569】 該方法包括以下步驟：執行第二微影處理，以暴露與第一微影處理期間所暴露的部分不同的圖案化硬遮罩的部分（6716）。此等暴露部分並不相同，但可以共享公共區域。該方法亦包括以下步驟：執行第二蝕刻處理，以將光柵特徵延伸到基板的暴露部分一第二預定距離（6718）。在第一微影處理所暴露的部分與第二微影處理所暴露的部分重疊的基板的區域中，光柵特徵延伸一距離，該距離等於第一預定距離與第二預定距離之總和。

【0570】 在一些實施例中，該方法進一步包括以下步驟：執行第三微影處理，以暴露與第二微影處理（及/或第一微影處理）期間所暴露的部分不同的圖案化硬遮罩的

部分（6720），以及執行第三蝕刻處理，將光柵特徵延伸到基板的暴露部分一第三預定距離（6722）。

【0571】 圖案化硬遮罩的移除提供具有預定圖案化結構的主板（6724）。因此，本發明的實施例提供了N級蝕刻處理，其中光柵特徵的深度係隨著用於定義蝕刻區域的蝕刻等級與微影處理的數量而變化。

【0572】 應理解，第67圖所示的具體步驟根據本發明的實施例提供製造藉由不同繞射效率的區域特徵化的繞射結構的特定方法。亦可以根據替代實施例來執行其他步驟序列。舉例而言，本發明的替代實施例可以利用不同順序執行上述步驟。此外，第67圖所示的單獨步驟可以包括多個子步驟，其可以利用適合於單獨步驟的各種順序執行。此外，可以取決於特定應用增加或移除附加步驟。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0573】 第68A圖至第68D圖係為圖示根據本發明的另一實施例的使用灰階微影製造可變繞射效率的光柵的處理的簡化處理流程圖。如第68A圖至第68D圖所示，灰階微影係用於形成具有變化的繞射效率與位置的函數的繞射結構（例如，繞射光柵）。參照第68A圖，遮罩6807係暴露於入射光6805。遮罩6807具有透射率與位置的漸變函數，例如在第一側（例如，左側）上的高透射率以及在第二側（例如，右側）上的低透射率。透射率可以是線性或非線性漸變。除了灰階微影之外，可以使用其

他直接寫入技術（例如電光束微影或雷射寫入）以在空間上控制劑量分佈，並且可應用於本發明的實施例。

【0574】 參照第68A圖，基板6810與圖案化硬遮罩6820（例如，$SiO_2$硬遮罩）形成基板結構。作為實例，圖案化硬遮罩6820可以具有與繞射光學元件相關聯的圖案，而可以具有是預定週期性（例如，200nm至400nm級）與高度（例如，10μm至500μm級）的繞射光柵。如下所述，使用具有不同特性（包括蝕刻速率）的材料能夠使用圖案化硬遮罩作為遮罩材料。利用抗蝕層6814塗覆基板結構。

【0575】 在使用遮罩6807暴露之後，與具有高透射率（例如，左側）的遮罩的部分相鄰的抗蝕劑比與具有較低透射率（例如，右側）的遮罩的部分相鄰的抗蝕劑接收更高的劑量。第68B圖圖示暴露及顯影之後的抗蝕劑輪廓6816。由於在與具有高透射率的遮罩的部分相鄰處接收到較高的劑量，所以抗蝕層6816的高度與位置的函數係從薄值到較厚的值成錐形。隨後，進行抗蝕/圖案化硬遮罩層的蝕刻。

【0576】 第68C圖圖示使用第68B圖所示的抗蝕劑輪廓蝕刻之後的蝕刻輪廓。在此實施例中，抗蝕劑輪廓係藉由「比例RIE」轉移到圖案化硬遮罩層。在此處理中，抗蝕劑將延遲底部材料的蝕刻，而延遲係與蝕刻厚度成比例。抗蝕劑的蝕刻速率與底部材料的蝕刻速率之間的比率確定抗蝕劑輪廓與蝕刻輪廓之間的垂直比例。如第68C

圖所示，抗蝕劑輪廓中存在的高度差已轉移到圖案化硬遮罩層，而產生錐形硬遮罩層（亦即，具有錐形輪廓的硬遮罩層），其中硬遮罩層的厚度係隨著位置而變化。

【0577】 第68D圖圖示經由使用錐形硬遮罩層的比例蝕刻處理在基板6845中形成繞射結構。此蝕刻處理形成錐形蝕刻遮罩，而包括錐形蝕刻遮罩材料中的光柵結構的週期性，其中厚度隨著位置而變化。如第68D圖所示，錐形硬遮罩層中存在的高度差已轉移到基板，區域6850(與灰階遮罩的較高透射率區域相關聯）中具有較淺的蝕刻（亦即，較低的光柵高度），而區域6852中具有較深的蝕刻（亦即，較高的光柵高度）。作為實例，光柵齒之間的高度變化可以在預定範圍內變化，例如從5nm到500nm。因此，如第68D圖所示，本發明的實施例利用灰階微影處理來形成具有繞射結構的主板，其中光柵高度隨著位置而變化，而因此繞射效率亦隨著位置變化。儘管第68D圖所示的光柵高度的線性增加導致灰階遮罩中的線性透射率變化，但是本發明並不限於此線性輪廓，而在本發明的範圍內包括具有預定高度變化的其他輪廓。

【0578】 應注意，儘管在第68D圖中圖示單一可變高度區域，但是應參考第59B圖來考慮此單一區域，第59B圖圖示具有不同繞射效率的複數個區域。因此，光柵高度的成錐形可以組合與特定區域相關聯的預定光柵高度，以提供區域內以及區域間的繞射效率的變化。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0579】 參照第68D圖，光柵線的底部係與平面6861共面。因此，可以使用第68D圖所示的主板來製造次主板，而次主板將與存在於主板中的光柵線互補。因此，可以建立具有與光柵結構的頂部對準的平坦表面的次主板。

【0580】 第69圖係為圖示根據本發明的另一實施例的製造具有變化繞射效率的繞射結構的方法的簡化流程圖。方法6900包括以下步驟：提供具有圖案化硬遮罩的基板（6910），其可以指稱為基板結構。作為實例，圖案化硬遮罩可以具有與繞射光學元件相關聯的圖案，而可以具有是預定週期性（例如，200nm至400nm級）與高度（例如，10μm至500μm級）的繞射光柵。在實施例中，圖案化硬遮罩包括$SiO_2$。

【0581】 方法6600亦包括以下步驟：透過漸變透射遮罩將抗蝕層暴露至入射光（6912）。遮罩具有透射率與位置的漸變函數，例如在第一側（例如，左側）上的高透射率以及在第二側（例如，右側）上的低透射率。透射率可以是線性或非線性漸變。

【0582】 應注意，除了灰階微影之外，可以使用其他直接寫入技術（例如電光束微影或雷射寫入）以在空間上控制劑量分佈，並且可應用於本發明的實施例。在此等替代方法中，6912可以藉由適當的技術代替，以提供具有漸變輪廓的抗蝕層。

【0583】 該方法亦包括以下步驟：顯影抗蝕層（6914）。作為使用漸變透射遮罩的暴露的結果，暴露

及顯影之後的抗蝕劑輪廓將藉由高度隨著位置從薄值到厚值成錐形而特徵化。該方法進一步包括以下步驟：抗蝕/圖案化硬遮罩層的蝕刻（6916）。在此實施例中，錐形抗蝕劑輪廓係藉由「比例RIE」轉移到圖案化硬遮罩層。在此處理中，抗蝕劑將延遲底部材料的蝕刻，而延遲係與蝕刻厚度成比例。抗蝕劑的蝕刻速率與底部材料的蝕刻速率之間的比率確定抗蝕劑輪廓與蝕刻輪廓之間的垂直比例。因此，抗蝕劑輪廓中存在的高度差將轉移到圖案化硬遮罩層，而導致圖案化硬遮罩層具有錐形輪廓，其中硬遮罩層的厚度係隨著位置而變化。

【0584】 該方法進一步包括以下步驟：使用錐形硬遮罩層蝕刻基板（6918）。因此，使用本發明的實施例，藉由將存在於錐形圖案化硬遮罩層中的高度差轉移到基板來形成主板，其中一個區域（例如，與灰階遮罩的較高透射率區域相關聯）具有較淺蝕刻（亦即，較低的光柵高度），而第二區域（與灰階遮罩的較低透射率區域相關聯）具有較深蝕刻（亦即，較高的光柵高度）。

【0585】 因此，例如第68D圖所示，本發明的實施例利用灰階微影處理來形成具有繞射結構的主板，其中光柵高度隨著位置而變化，而因此繞射效率亦隨著位置變化。

【0586】 在替代實施例中，主板用於製造次主板（6920），其可以在複製處理中用於壓印複本。

【0587】 應理解，第69圖所示的具體步驟根據本發明的另一實施例提供製造具有變化繞射效率的繞射結構的

特定方法。亦可以根據替代實施例來執行其他步驟序列。舉例而言，本發明的替代實施例可以利用不同順序執行上述步驟。此外，第69圖所示的單獨步驟可以包括多個子步驟，其可以利用適合於單獨步驟的各種順序執行。此外，可以取決於特定應用增加或移除附加步驟。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

*變化的折射率*

【0588】 根據本發明的一些實施例，使用按需供應處理（例如，液體噴墨印刷，如UV可固化的有機聚合物，例如使用噴射及閃光壓印微影（J-FIL）處理）形成具有變化的折射率的膜（如本文所述適合於與繞射元件一起使用）。可以藉由以2D陣列的形式在空間上分配液體，隨後利用繞射結構（例如繞射光柵結構）進行圖案化，以形成具有變化的折射率的此等膜，並可以指稱為浮雕特徵。本文所示的實施例提供可藉由主模板定義的藉由利用組合不同指數及受控體積的壓印材料與所期望波導繞射結構圖案來調制通過繞射結構傳播的光的振幅與相位的靈活性。

【0589】 在一個實施例中，液體被分配，以作為通常具有2-100皮升的體積，而直徑在約10μm至約500μm的範圍內的液滴。隨後，將此等液滴擴散到幾百微米的區域，並產生厚度在~5nm至~5 $\mu$ m的範圍內的膜。在一些實施例中，可以將一種以上的液體選擇性滴加到基板上。舉例而言，如本文中進一步詳細描述，可以使用具有不同

折射率的多種不同液體。如本文所論述，隨著光利用因此形成的不同折射率行進通過膜，與繞射結構的相互作用（例如，在通過高指數波導層的TIR期間）可能造成光在振幅與相位上進行調制。折射率的此抖動有助於光耦出繞射結構時的光的擴散，而藉此可控地形成具有增加的相關性的虛擬圖像。應注意，本文所述的實現具有變化的折射率的膜的方法及系統能夠對折射率進行空間控制。在不同的區域的折射率的選擇性變化可以減少繞射結構的其他光學特性上的相位與振幅調制的潛在負面影響(包括所顯示圖像的對比度），同時改善整體的一致性及亮度。

【0590】 第36A圖係為圖示根據本發明的實施例的具有週期性變化折射率的繞射元件的簡化平面圖。在第36A圖中，繞射元件3602可以是包括ICG 3601與EPE 3603的接目鏡的OPE。如第36A圖所示，繞射元件3602的不同區域係藉由不同折射率來特徵化，而造成通過繞射元件3602的光的經調制振幅。區域3605係藉由高指數（例如，n=1.65）特徵化，而區域3606係藉由低指數（例如，n=1.52）特徵化。可以藉由以2D空間圖案分配具有高及低指數的材料的受控體積液滴形成此等區域，以形成隨後利用繞射結構(例如，繞射光柵圖案)壓印的層。在壓印之後，在一些實施例中，變化的折射率的層將具有~5nm至~5 $\mu$m的範圍內的預定殘留層厚度（RLT）。

【0591】 在第36A圖，可以藉由使用按需供應處理放置高指數材料的液滴以形成區域3605，而使得在壓印之

後，區域3605的邊界係形成大致矩形的佈局。可以藉由以類似的方式使用按需供應處理放置低指數材料以形成區域3606。由較高指數材料（例如，n=1.65）組成的液滴陣列可以具有直徑為~10μm至~100μm的液滴尺寸，並可排列成使得區域3605的尺寸係為0.5mm至5毫米級。較低指數材料區域（例如，n=1.52）的陣列係以類似的方式形成。當壓印時，多組陣列中的液滴擴散並結合到相鄰陣列的邊界，以形成具有變化的折射率的區域的連續膜。按需供應處理能夠控制壓印繞射結構的體積及膜厚度。儘管本發明的實施例係論述在變化的指數的膜中的壓印繞射結構，但應注意，本發明並非限於此設計，而平坦表面可以抵接變化的指數的膜，如第36E圖所述。繞射結構可包括奈米特徵，包括光柵、孔洞、柱體及類似者。

【0592】 儘管繞射元件3602的實例係為OPE，折射率的變化可以用於構成接目鏡的額外的繞射元件，包括ICG與EPE或其他繞射元件。舉例而言，在OPE中，變化可以是隨機的，而在EPE中，特定區域可以指定為折射變化。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。此外，儘管本實施例及其他實施例僅圖示二個折射率材料，但是本發明並非限於僅使用二個材料，而是可以使用具有變化的折射率的額外數量的材料。作為實例，在一些實施例中可以使用三或四種不同的材料。通常，所使用材料的實施例的折射率範圍為約1.49至約1.7。

【0593】 第36K圖係為圖示根據本發明的實施例的用於繞射元件的可變折射率結構的簡化側視圖。如第36K圖所示，高折射率的複數個區域3605與相對於高折射率的區域的低折射率的複數個區域3606散置在基板3609上。可以包括例如複數個繞射元件3608（例如，光柵元件）的繞射結構3607係設置為相鄰於區域3605與3606。在一些實施例中，如第36A圖所論述，用於壓印繞射結構的模板將區域3605與3606平坦化，以提供數奈米到數千奈米級的在基板的位置上為一致厚度的函數的膜T（例如5nm至1000nm，例如10nm至100nm）。

【0594】 該領域具有通常知識者將理解，圖式並非按比例，因為區域3605與3606的寬度W可以是0.5mm至5mm級，而光柵元件3608的節距可以是300nm至1500nm級。此外，該領域具有通常知識者將理解，本發明的實施例並非限於二個不同的折射率，並且不同折射率的區域可以由三或更多個不同的折射率組成。此外，儘管繞射結構係壓印在不同折射率的區域上，但可以利用平面結構代替繞射結構。在二個實施方案中，本發明的實施例提供具有可控膜厚度的變化的折射率的預定幾何形狀。如本發明的其他實施例所述，繞射結構的節距可以隨著位置而變化。

【0595】 第36B圖係為圖示根據本發明的實施例的具有折射率的分散式變化的繞射元件的簡化平面圖。與第36A圖中的排列區域相反，所示實施例包括繞射元件

3610，繞射元件3610具有散置在低折射率材料3612背景內的一組高折射率島狀物3611。如上所述，可以藉由在位置上的一致厚度的函數特徵化該組高折射率島狀物3611與周圍的低折射率材料3612，以提供一致厚度的膜，但是折射率隨著位置而變化。可以藉由一致分佈（例如，藉由高折射率島狀物3611的一致間隔）或不一致分佈（例如，藉由高折射率島狀物3611的隨機或半隨機間隔）特徵化折射率的變化。如上所述，儘管本實施例僅圖示二個折射率材料，但是本發明並非限於僅使用二個材料，而是可以使用具有變化的折射率的額外數量的材料。作為實例，可以使用二或更多個不同的材料來形成分散在周圍材料中的島狀物。

【0596】 根據一些實施例，在圖式的平面中量測的高折射率島狀物3611的橫向尺寸係為幾十微米到幾千微米級，例如0.5mm至5mm。如第36K圖所論述，高折射率島狀物3611與周圍的低折射率材料3612的厚度T係為幾奈米到幾千奈米級（例如5nm到1000nm，例如10nm至100nm）。

【0597】 第36C圖係為圖示根據本發明的實施例的具有變化折射率的一組繞射元件的簡化平面圖。利用與第36B圖所示類似的方式，繞射元件3610包括散置在周圍的低折射率材料3612中的一組高折射率島狀物3611。除了存在於繞射元件3610中的折射率的變化之外，額外的繞射元件3615可以包括具有不同折射率的區域。舉例而

言，第36C圖圖示額外的繞射元件2615，額外的繞射元件2615包括低折射率中心區域3616以及一組高折射率周邊區域3617。作為實例，繞射元件3610可以是OPE，額外的繞射元件3615可以是接目鏡的EPE。

【0598】 在一些繞射元件的設計中，光在元件的邊緣或角落處耦出的強度可以小於在元件的中心部分處耦出的強度，而藉此影響圖像品質。藉由高折射率特徵化的該組周邊區域3617相對於中心部分增加繞射結構的耦接係數，而導致此等周邊區域3617中的耦出增加，而可以改善圖像一致性。在一些實施例中，具有高指數或折射的區域可以是不對稱的。舉例而言，在一些實施例中，可以使用在離光源最遠的繞射元件的區域中具有高折射率的較大或不同形狀的區域。

【0599】 可以在同一時間壓印繞射元件3610與額外的繞射元件3615，且繞射元件3610與額外的繞射元件3615可以具有不同的繞射結構（例如，具有不同的週期及定向的繞射光柵）。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0600】 第36D圖係為圖示根據本發明的實施例的具有不同的一致折射率的一組繞射元件的簡化平面圖。在此實施例中，第一繞射元件3620（例如，ICG）可以具有一致的高折射率，而第二與第三繞射元件3621與3622（例如，分別為OPE與EPE）具有一致的低折射率。在此設計中，包括此三個繞射元件的接目鏡將在相同平面中

具有不同折射率的繞射元件，而具有不同的耦接係數。在此實例中，ICG中的高折射率材料將提供從投影器到接目鏡的高耦接效率以及針對OPE與EPE的不同（例如，較低）耦接效率。由於所有三個繞射元件可以同時壓印，所以膜厚度可以在位置上為一致的，而提供使用習知技術所無法取得的不同折射率的獨特優點（包括高亮度）。

【0601】 應注意，本發明的實施例提供本文所述的技術的組合。作為實例，可以在ICG中提供具有在位置上為一致的空間輪廓的高折射率材料以增加繞射耦接，可以在OPE中提供在位置上變化的折射率的空間輪廓以提供抖動效應，以及可以在EPE中提供在位置上為一致的空間輪廓。其他組合亦包括在本發明的範圍內。因此，可以使用本發明的實施例最佳化接目鏡的每一元件的特定功能。

【0602】 第36E圖係為圖示根據本發明的實施例的製造具有變化折射率的繞射元件的方法的簡化流程圖3630。該方法包括以下步驟：提供基板（3632）。該方法進一步包括以下步驟：在基板上定義至少一個第一區域與至少一個第二區域（3634）。

【0603】 該方法進一步包括以下步驟：讓第一材料下降到第一區域上（3636）。該方法進一步包括以下步驟：讓第二材料下降到第二區域上（3638）。在一些實施例中，第一材料與第二材料可以作為受控體積的小液滴而下降。第二材料可以具有比第一材料更低的折射率。舉例而言，第一材料可以具有n=1.65的折射率，而第二材料可

以具有n=1.52的折射率。在一些實施例中，第一材料與第二材料可以具有比基板更低的折射率。

【0604】 該方法進一步包括以下步驟：利用繞射結構壓印第一材料與第二材料，以形成繞射元件（3639）。繞射元件可以是或包括例如OPE、EPE及/或ICG。然而，對於不同的繞射元件而言，折射率的變化可以不同。舉例而言，在OPE中，變化可以是隨機的，而在EPE中，特定區域可以指定為折射變化。在一些實施例中，可以在單一處理中製造一個以上的繞射元件。

【0605】 繞射結構可以包括例如一或更多個光柵圖案、孔洞及/或柱體圖案（亦即，恆定、變化或隨機圖案）。當壓印時，第一材料的液滴與第二材料的液滴可以擴散並結合到相鄰液滴的邊界，以形成具有變化的折射率的區域的連續膜。在壓印之後，在一些實施例中，第一材料與第二材料可以具有~5nm至~5 $\mu$m的範圍內的預定殘留層厚度（RLT）。

【0606】 根據相對於流程圖3630描述的方法，可以得到具有變化的折射率的繞射元件。藉由實現變化的折射率，可以得到通過繞射元件的光的更一致擴散，而能夠在期望的視野上控制圖像相關性。此外，此製造方法可能比接觸奈米壓印微影處理更便宜且耗時更少。

【0607】 應理解，第36E圖所示的具體步驟根據本發明的實施例提供製造具有變化的折射率的繞射元件的特定方法。亦可以根據替代實施例來執行其他步驟序列。舉例

而言，本發明的替代實施例可以利用不同順序執行上述步驟。此外，第36E圖所示的單獨步驟可以包括多個子步驟，其可以利用適合於單獨步驟的各種順序執行。此外，可以取決於特定應用增加或移除附加步驟。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0608】 本文揭示形成可變折射率膜的另一方法。具有奈米顆粒的液體抗蝕劑可以下降到基板上。抗蝕劑的液體成分可以具有比奈米顆粒成分更低的黏度，以在壓印發生時允許抗蝕劑成分之間的不同擴散速率。

【0609】 第36F圖係為圖示根據本發明的實施例的抵接平面基板的變化折射率的膜的圖像。第36F圖所示的膜包括高及低折射率材料的複數個區域。為了製造此膜，提供包括變化的折射率成分的高指數液體。作為實例，可以使用流體（例如，光抗蝕劑），流體包括奈米顆粒（例如，氧化鈦、氧化鋯或類似者），奈米顆粒具有比流體的折射率更高的折射率。舉例而言，流體可以是折射率為1.50的光抗蝕劑，而流體中的奈米顆粒可以具有2.0的折射率。高指數奈米顆粒較佳地均勻分佈在流體中，而具有最小的聚集，以利於噴墨分配以及隨後利用繞射結構壓印。高折射率奈米顆粒的存在導致流體/奈米顆粒混合物具有比單獨的流體成分更高的折射率。可替代地，可以使用具有不同構成的流體。在一些實施例中，成分可以包括具有高折射率的長分子鏈聚合物或高功能化聚合物，並且可以使用具有較低折射率的較短分子鏈聚合物或輕度功能化

聚合物。在一些實施例中，改變材料的表面張力以導致不同的折射率。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0610】 在按需供應處理的初始沉積之後，最初可具有直徑為10 $\mu$m至100μm的液滴將會擴散，以形成具有在數百奈米或更少的範圍內的膜。隨著液滴擴散，而產生折射率的變化，此可能相關於與液相色譜處理類似的液相擴散處理，但並不限制本發明。換言之，隨著液滴擴散到薄膜（相較於橫向尺寸（例如，微米尺度）的較小厚度（例如，奈米尺度）），發生材料的相分離，而使得初始液滴的中心藉由在擴散之後奈米顆粒的濃度高於液滴的周邊部分而特徵化。因此，周邊部分係藉由較低的奈米顆粒濃度而特徵化。作為體積分數的奈米顆粒的不均勻分佈導致在擴散後的液滴中的位置上為不一致的折射率。當膜中的材料固化時，由此形成具有變化的折射率的固體圖案化膜。繞射結構可以壓印在如本文所述的固體圖案化膜上。

【0611】 參照第36F圖，圖像係與在厚度90nm的膜相關聯。中心部分3642係與液滴最初沉積的位置相關聯，而周邊部分3644係與液滴擴散的位置相關聯。作為液相擴散處理的結果，包括高濃度的奈米顆粒的中心部分3642的折射率係為1.69，而在合併相鄰液滴及奈米顆粒的濃度較低的周邊部分3644中，折射率為1.61。最初，液滴的折射率為1.64。抵接變化的折射率膜的平坦基板導致液滴大致均勻地擴散，而在擴散之後形狀係為大致圓

形。該領域具有通常知識者將理解，由於繞射結構上的週期性係為亞微米尺度，所以壓印在膜的頂部的繞射結構在圖像尺度是不可見的。

【0612】 藉由受控體積的液滴的預定放置提供變化的折射率的區域的位置的控制。位置可以利用適用於特定應用的隨機或半隨機方式均勻排列或變化。在一些實施例中，可以組合均勻排列及隨機或半隨機分佈，以提供在位置上的折射率的期望變化。將液滴放置在彼此靠近處可能導致合併的區域，其中組合幾個液滴，而能夠達成預定尺寸的區域。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0613】 第36G圖係為圖示根據本發明的實施例的抵接繞射基板的變化折射率的膜的圖像。在第36G圖中，ICG係圖示為具有在一側已經擴散到幾百微米的區域的液滴。與最初沉積的液滴的位置相關聯的中心部分3646係藉由高折射率特徵化，而與液滴擴散及相鄰液滴合併的位置相關聯的周邊部分3648係藉由較低折射率特徵化。由於繞射結構上的週期性係為亞微米尺度，所以壓印在膜的頂部的繞射結構在圖像尺度是不可見的。然而，因為相對於垂直於繞射元件（例如，光柵線）的流體流動，繞射元件（例如，光柵線）優先支撐平行於繞射元件（例如，光柵線）的方向的流體流動，所以繞射結構的存在係藉由擴散之後的液滴的大致橢圓形狀而圖示。在所示實施例

中，繞射結構具有沿著大致垂直方向排列的繞射元件，而能夠在垂直方向上比在水平方向上具有更多的流體流動。

【0614】 第36H圖係為圖示根據本發明的實施例的第一繞射元件中的變化折射率的膜的圖像。在第36H圖中，OPE係圖示為具有在一側已經擴散到幾百微米的區域的液滴。與最初沉積的液滴的位置相關聯的中心部分3652係藉由高折射率特徵化，而與液滴擴散及相鄰液滴合併的位置相關聯的周邊部分3654係藉由較低折射率特徵化。因為相對於垂直於光柵線的流體流動，繞射元件（例如，光柵線）優先支撐平行於光柵線的方向的流體流動，所以繞射結構的存在係藉由擴散之後的液滴的大致橢圓形狀而圖示。在所示實施例中，繞射結構具有相對於垂直方向成約45度的角度排列的繞射元件，而能夠在沿著相對於垂直方向成~45度的方向具有更多的流體流動。

【0615】 第36I圖係為圖示根據本發明的實施例的第二繞射元件中的變化折射率的膜的圖像。在第36H圖中，EPE係圖示為具有在一側已經擴散到幾百微米的區域的液滴。與最初沉積的液滴的位置相關聯的中心部分3656係藉由高折射率特徵化，而與液滴擴散及相鄰液滴合併的位置相關聯的周邊部分3658係藉由較低折射率特徵化。因為相對於垂直於光柵線的流體流動，繞射元件（例如，光柵線）優先支撐平行於光柵線的方向的流體流動，所以繞射結構的存在係藉由擴散之後的液滴的大致橢圓形狀而圖示。在所示實施例中，繞射結構具有沿著大致水平方

向排列的繞射元件，而能夠在水平方向上比在垂直方向上具有更多的流體流動。

【0616】 第36J圖係為圖示根據本發明的實施例的製造具有變化折射率的繞射元件的方法的簡化流程圖3660。該方法包括以下步驟：提供基板（3662）。在一些實施例中，基板可以具有高或低折射率（例如，n=1.8或n=1.5）。該方法進一步包括以下步驟：在基板上定義至少一個區域（3664）。

【0617】 所述方法進一步包括以下步驟：提供液體抗蝕劑材料（3666）。該方法進一步包括以下步驟：將顆粒分散到液體抗蝕劑材料中，以形成溶液（3668）。顆粒可以均勻分佈在液體抗蝕劑材料中，並且可能不會在液體抗蝕劑材料內聚集。在一些實施例中，溶液可以具有n=1.65或更高的折射率。顆粒可以是例如奈米顆粒，例如氧化鈦奈米顆粒。

【0618】 該方法進一步包括以下步驟：將溶液下降到基板上的至少一個區域（3670）。在一些實施例中，溶液可以作為受控體積的小液滴而下降。液滴可以是例如4pL（~10μm直徑）的液滴。在一些實施例中，溶液可具有高於基板的折射率。

【0619】 該方法進一步包括以下步驟：利用繞射結構壓印溶液，以形成繞射元件（3672）。在一些實施例中，溶液的液滴可以壓印到一定的殘留層厚度（例如，100nm），而造成相分離。此壓印處理可能造成溶液經

歷液體色譜，而使得溶液分離出分離的區域。因為擴散期間每一液滴內的折射率變化，單獨區域可能比其他區域更富含奈米顆粒。

【0620】 繞射元件可以是或包括例如OPE、EPE及/或ICG。然而，對於不同的繞射元件而言，折射率的變化可以不同。舉例而言，在OPE中，變化可以是隨機的，而在EPE中，特定區域可以指定為折射變化。在一些實施例中，可以在單一處理中製造一個以上的繞射元件。

【0621】 繞射結構可以包括例如一或更多個光柵圖案（亦即，恆定、變化或隨機圖案）。當壓印時，溶液的液滴可以擴散並結合到相鄰液滴的邊界，以形成具有變化的折射率的區域的連續膜。

【0622】 根據相對於流程圖3660描述的方法，可以得到具有變化的折射率的繞射元件。可以針對通過繞射元件的表面離開或與繞射元件的表面相互作用的光建立相位變化圖案。藉由實現變化的折射率，可以得到通過繞射元件的光的更一致擴散，而能夠在期望的視野上控制圖像相關性。此外，此製造方法可能比接觸奈米壓印微影處理更便宜且耗時更少。

【0623】 應理解，第36J圖所示的具體步驟根據本發明的實施例提供製造具有變化的折射率的繞射元件的特定方法。亦可以根據替代實施例來執行其他步驟序列。舉例而言，本發明的替代實施例可以利用不同順序執行上述步驟。此外，第36J圖所示的單獨步驟可以包括多個子步

驟，其可以利用適合於單獨步驟的各種順序執行。此外，可以取決於特定應用增加或移除附加步驟。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0624】 第36L圖係為圖示根據本發明的實施例的用於繞射元件的多層可變折射率結構的簡化側視圖。參照第36L圖，高折射率材料的複數個區域3682係設置在基板3680上。可以使用本文所述的按需供應處理來形成高折射率材料的複數個區域。在高折射率材料的複數個區域3682上沉積低折射率材料的額外的層3684。在低折射率材料的額外的層中壓印繞射結構3686。在一些實施例中，高折射率材料的複數個區域的厚度被控制到預定厚度，例如藉由使用抵接液滴的平坦表面擴散初始液滴以形成膜。在其他實施例中，單一壓印處理係用於控制高折射率材料的複數個區域與低折射率材料的額外的層的厚度。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0625】 第70圖示意性圖示根據本發明的一些實施例的接目鏡7000的結構的局部橫截面圖。橫截面圖所示的區域係對應於第20圖所示的接目鏡2000的EPE區域2009。如第70圖所示，接目鏡7000可以包括第一平面波導7020、第二平面波導7030及第三平面波導7040。每一波導7020、7030或7040可以位於Cartesian座標系統的XY平面中，如第70圖所示（Y軸指向頁面）。每一波導7020、7030或7040具有面向觀看者的眼睛7002

的後表面以及面向相反方向的前表面。接目鏡7000亦可包括後罩7010與前罩7050。

【0626】 接目鏡7000亦可包括設置在第一波導7020的後表面上的第一光柵7024、設置在第二波導7030的後表面上的第二光柵7034及設置在第三波導7040的後表面上的第三光柵7044。第一光柵7024可以經配置以將在第一波導7020中傳播的光的第一部分繞射朝向觀看者的眼睛7002（例如，實質上沿著正Z軸）。類似地，第二光柵7034可以經配置以將在第二波導7030中傳播的光的第一部分繞射朝向觀看者的眼睛7002，而第三光柵7044可以經配置以將在第三波導7040中傳播的光的第一部分繞射朝向觀看者的眼睛7002。在此配置中，因為引導朝向觀看者的眼睛的透射繞射順序，第一光柵7024、第二光柵7034、第三光柵7044中之每一者可以稱為在透射模式下操作。

【0627】 第一光柵7024亦可以將在第一波導7020中傳播的光的第二部分繞射（亦即，反射繞射順序）遠離觀看者的眼睛7002（例如，實質上沿著負Z軸）。類似地，第二光柵7034可以將在第二波導7030中傳播的光的第二部分繞射遠離觀看者的眼睛7002，而第三光柵7044可以將在第三波導7040中傳播的光的第二部分繞射遠離觀看者的眼睛7002。

【0628】 儘管第70圖圖示分別在波導7020、7030及7040的後表面上形成的光柵7024、7034及7044，但此

並非本發明所必需。在一些實施例中，包括繞射光學元件的光柵或其他繞射結構係形成於後表面的內側、後表面的外側，或者設置在波導內部並位於離後表面一預定距離處。因此，當參照形成在後表面上的繞射結構時，應理解為包括形成於波導內部並靠近後表面的繞射結構。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0629】 在一些實施例中，每一波導7020、7030或7040以及每一光柵7024、7034或7044可以是波長選擇性，而在給定波長範圍內選擇性傳播或繞射光。在一些實施例中，每一波導7020、7030及7040可經配置以用於各別原色。舉例而言，第一波導7020可經配置以傳播紅色（R）光，第二波導7030可經配置以傳播綠色（G）光，而第三波導7040可經配置以傳播藍色（B）光。應理解，如上所述，針對不同深度平面，接目鏡7000可以包括用於紅光的二或更多個波導、用於綠光的二或更多個波導及用於藍光的二或更多個波導。在一些其他實施例中，可以在紅色、綠色或藍色中之一或更多者之外使用包括品紅色及青色的其他顏色，或使用包括品紅色及青色的其他顏色替代紅色、綠色或藍色中之一或更多者。該領域具有通常知識者亦應理解波導7020、7030及7040的替代順序。

【0630】 應理解，參照本揭示中的光的給定顏色將理解為包含由觀看者感知為該給定顏色的波長的範圍內一或更多個波長的光。舉例而言，紅色光可以包括約620-780nm的波長範圍內的光；綠色光可以包括約

492-577nm的波長範圍內的光，而藍色光可以包括約435-493nm的波長範圍內的光。

【0631】 在一些實施例中，每一光柵7024、7034或7044可包含表面浮雕光柵（例如二元或二級超材料表面相位光柵）或類似者。對於二級相位光柵而言，透射順序中的繞射效率可以與反射順序中的繞射效率實質上相同。因此，大約相等量的虛擬圖像光可以從每一波導7020、7030或7040耦出朝向觀看者的眼睛7002以及遠離觀看者的眼睛7002。即使對於閃耀光柵（例如，三級超材料表面相位光柵）而言，大量虛擬圖像光仍然可以耦出遠離觀看者的眼睛7002。因此，為了增強虛擬圖像的亮度，可能期望將引導遠離觀看者的眼睛7002的虛擬圖像光的至少一些重新引導返回朝向觀看者的眼睛7002。同時，可能期望從世界將儘可能多的自然光透射朝向觀看者的眼睛7002。

【0632】 根據一些實施例，接目鏡7000可以包括第一波長選擇反射器7026，第一波長選擇反射器7026係設置在第一波導7020的前表面處，以用於將由第一光柵7024所繞射而遠離觀看者的眼睛7002的虛擬圖像光的至少一部分反射返回朝向觀看者的眼睛。類似地，接目鏡7000可以包括設置在第二波導7030的前表面處的第二波長選擇反射器7036以及設置在第三波導7040的前表面處的第三波長選擇反射器7046。

【0633】 每一波長選擇反射器7026、7036或7046可經配置以反射給定顏色的光，並透射其他波長的光。舉例而言，第一波長選擇反射器7026可以經配置以反射紅色光；第二波長選擇反射器7036可以經配置以反射綠色光；以及第三波長選擇反射器7046可以經配置以反射藍色光。因此，由第一光柵7024所繞射而遠離觀看者的眼睛7002（亦即，實質上沿著負Z軸）的紅色光的虛擬圖像的一部分可以藉由第一波長選擇反射器7026反射返回朝向觀看者的眼睛眼7002（亦即，實質上沿著正Z軸）。類似地，由第二光柵7034所繞射而遠離觀看者的眼睛7002的綠色光的虛擬圖像的一部分可以藉由第二波長選擇反射器7036反射返回朝向觀看者的眼睛7002，而由第三光柵7044所繞射而遠離觀看者的眼睛7002的藍色光的虛擬圖像的一部分可以藉由第三波長選擇反射器7046反射返回朝向觀看者的眼睛7002。

【0634】 如上所述，若波長選擇反射器7026、7036及7046適當地對準光柵7024、7034及7044（若每一波導7020、7030及7040的前表面與後表面彼此平行則可以達成），則可以避免鬼影圖像，並且可以增強虛擬圖像的亮度。

【0635】 第71圖示意性圖示根據本發明的一些實施例的第一波長選擇反射器7026、第二波長選擇反射器7036及第三波長選擇反射器7046的一些示例性反射光譜。如圖所示，第一波長選擇反射器7026可以藉由具有紅色波

長區域中的反射峰值的第一反射光譜7122特徵化，第二波長選擇反射器7036可以藉由具有綠色波長區域中的反射峰值的第二反射光譜7132特徵化，而第三波長選擇反射器7046可以藉由具有藍色波長區域中的反射峰值的第三反射光譜7142特徵化。

【0636】 由於波長選擇反射器7026、7036及7046的相對窄的反射帶，接目鏡7000可能強烈反射所選擇的波長範圍中的虛擬圖像光，並透射所有其他波長範圍的光。因此，波長選擇反射器的反射帶之外的來自世界的自然光仍然可以到達觀看者的眼睛。舉例而言，第一波長選擇反射器7026可以強烈反射紅色波長範圍內的虛擬圖像光，並透射其他波長的光(包括來自世界的其他波長的自然光以及分別由第二光柵7034與第三光柵7044所繞射的綠色及藍色虛擬圖像光）。類似地，第二波長選擇反射器7036可以強烈反射綠色波長範圍內的虛擬圖像光，並透射其他波長的光(包括來自世界的其他波長的自然光以及由第三光柵7044所繞射的藍色虛擬圖像光）；以及第三波長選擇反射器7046可以強烈反射藍色波長範圍內的虛擬圖像光，並透射其他波長的光（包括來自世界的其他波長的自然光）。

【0637】 在一些實施例中，可以在所選擇的光譜帶內實現高達100%的反射。因此，沒有反射器的虛擬圖像的強度幾乎可以增加一倍。此外，由於虛擬圖像的波長範圍內

的世界光被反射遠離觀看者的眼睛7002，所以觀看者可以利用較高對比度感知虛擬圖像。

【0638】 在一些實施例中，每一波長選擇反射器7026、7036或7046可被有利地設計成使得反射光譜的頻帶寬度實質上匹配第20圖所示的投影器2001中的對應LED的光譜寬度。在一些其他實施例中，投影器2001可以使用雷射源，而不是LED。雷射源可能具有比LED更窄的發射帶。在此等情況下，每一波長選擇反射器7026、7036或7046可以經配置以具有較窄的帶寬，例如由第71圖所示的反射曲線7124、7134或7144所表示。

【0639】 因為波長選擇反射器的反射光譜可以隨著入射角度的函數而平移，可能存在波長光譜寬度與角度光譜寬度之間的權衡。在一些實施例中，每一波長選擇反射器7026、7036或7046可以經配置以具有更寬的帶寬，以適應更寬的視野。

【0640】 第72圖示意性圖示根據本發明的一些其他實施例的接目鏡7200的結構的局部橫截面圖。類似於接目鏡7000，接目鏡7200可以包括第一波導7220、第二波導7230及第三波導7240，以及後罩7210及前罩7250。

【0641】 接目鏡7200可進一步包括設置在第一波導7220的前表面上的第一光柵7224、設置在第二波導7230的前表面上的第二光柵7234及設置在第三波導7240的前表面上的第三光柵7244。在此配置中，因為引

導朝向觀看者的眼睛的反射繞射順序，第一光柵7224、第二光柵7234、第三光柵7244中之每一者可以稱為在反射模式下操作。

【0642】 接目鏡7200可進一步包括設置在第二波導7230的後表面上的第一波長選擇反射器7226。第一波長選擇反射器7226可以針對紅色光進行最佳化，而使得由第一光柵7224所繞射而遠離觀看者的眼睛7202的紅色光的虛擬圖像的部分可以藉由第一波長選擇反射器7226反射返回朝向觀看者的眼睛7202。類似地，接目鏡7200可以進一步包括設置在第三波導7240的後表面上而針對綠色光進行最佳化的第二波長選擇反射器7236以及設置在前罩7250的後表面上而針對藍色光進行最佳化的第三波長選擇反射器7246。該領域具有通常知識者將理解在特定波導或罩上的波長選擇反射器的替代配對或組合。

【0643】 在此配置中，確保波長選擇反射器7226、7236及7246分別適當地對準光柵7224、7234及7244可能更重要，以避免鬼影圖像。

【0644】 第73圖示意性圖示根據本發明的一些其他實施例的接目鏡7300的結構的橫截面圖。類似於接目鏡7000，接目鏡7300可以包括第一波導7320、第二波導7330及第三波導7340，以及後罩7310及前罩。接目鏡7300可進一步包括設置在第一波導7320的後表面上的第一光柵7324、設置在第二波導7330的後表面上的第二

光柵7334及設置在第三波導7340的後表面上的第三光柵7344。

【0645】 此處，代替在每一波導7320、7330及7340具有波長選擇反射器，接目鏡7300可以包括設置在前罩7350的後表面處的波長選擇反射器7356。波長選擇反射器7356可以經配置以具有在對應於紅色光、綠色光及藍色光的波長範圍內呈現三個反射峰值的反射光譜，如第71圖所示。可替代地，波長選擇反射器7356可以設置在第三波導7340的前表面上。

【0646】 在一些其他實施例中，長通濾波器與短通濾波器係用於代替窄帶反射器。第74圖圖示長通濾波器與短通濾波器的示意性示例性反射光譜。反射曲線7450表示反射大部分的低於約470nm的光並透射大部分的高於約470nm的光的長通濾波器。因此，長通濾波器可以反射藍色光，並透射綠色及紅色光。反射曲線7452表示反射大部分的高於約590nm的光並透射大部分的低於約590nm的光的短通濾波器。因此，短通濾波器可以反射紅色光，並透射綠色及藍色光。長通濾波器與短通濾波器可以設置在合適的波導7320、7330及7340及/或前罩7350上，以實現期望的波長選擇性。該領域具有通常知識者將理解用於反射或透射通過長通或短通濾波器的各種組合或替代波長閾值。

【0647】 在一些實施例中，每一波長選擇反射器7026、7036或7046（如第70圖所示）、7226、7236

或7246（如第72圖所示）或7356（如第73圖所示）可以表現出取決於偏光的反射光譜。在由投影器2001中的LED或雷射提供的光為實質上線性偏光或圓形偏光的情況下，波長選擇反射器可以設計成針對該偏光狀態的光具有高反射，並透射正交偏光狀態的光，而因此允許來自世界的正交偏光狀態的自然光通過接目鏡7000、7200或7300。

【0648】 根據各種實施例，第70圖、第72圖及第73圖的每一波長選擇反射器可包含多層薄膜或超材料表面。多層薄膜可以包含由二種材料（一種具有高折射率，而另一種具有低折射率）組成的週期層系統。此週期系統可以設計成顯著增強所期望波長範圍內的反射率，其寬度僅藉由二個指數的比率確定，而最大反射率可以隨著堆疊層數的增加而增加到接近100%。層的厚度通常為四分之一波長，而設計成使得反射光束彼此相長干涉，以最大化反射並最小化透射。

【0649】 超材料表面係為光學的薄的次波長結構化界面。通常藉由組裝微型且各向異性光散射體（亦即諧振器（例如光學天線））的陣列而產生超材料表面。天線之間的間距及其尺寸遠小於波長。考慮Huygens原理的超材料表面能夠藉由在光散射體的光學回應中引入空間變化以將光學波前模製到具有亞波長解析度的任意形狀中。超材料表面可以允許控制光的偏光、相位及振幅。可用於操

縱光的波前的因素包括奈米結構的材料、尺寸、幾何形狀及定向。

【0650】 超材料表面的諧振波長可以藉由改變其組成的奈米結構的幾何尺寸來設計，而藉此提供波長選擇性。舉例而言，可以將超材料表面設計成在重新引導光時具有高度波長選擇性。因此，超材料表面可以作為波長選擇耦入光學元件與耦出光學元件。類似地，超材料表面亦可以設計成具有在可見波長區域中呈現尖銳反射峰值的反射光譜。

【0651】 在習知光學元件（例如透鏡及波片）中，波前係經由在遠比波長厚的介質中的傳播階段進行控制。與習知光學元件不同，代替的超材料表面使用亞波長尺寸的諧振器作為相位平移元件以引起光的相位改變。因為超材料表面係由厚度相對薄且一致的特徵形成，所以可以使用薄膜處理技術(例如半導體處理技術)以及直接印刷技術(例如奈米壓印技術）在表面上圖案化。

【0652】 第75圖圖示根據一些實施例的超材料表面的實例，如在美國專利申請案第2017/0131460號中更詳細描述，其內容在此整體併入本文以用於所有目的。基板7500具有表面7500a，超材料表面7510係設置於表面7500a上。超材料表面7510包括複數個等級的光學透射材料。如圖所示，在一些實施例中，超材料表面係為具有第一級7512與第二級7514的雙級結構。第一級7512包括由第一光學透射材料形成的複數個突起7520以及在突

起之間的第二光學透射材料的質量塊（mass）7530a。第二級7514係位於突起上（間隔開並藉由第一級與基板分離），以及包括在突起7520上形成的第二光學透射材料的第二級質量塊7530b。突起7520可以是脊（或奈米線），其橫向伸進及伸出頁面，並定義相鄰突起之間的溝道。如圖所示，在第二級7514上，第二光學透射材料的質量塊7530b可以定位在突起7520的表面上，以形成與第二光學透射材料的其他局部沉積物（或平台）間隔開的材料的平台。

【0653】 較佳地，形成質量塊7530a、7530b的第二光學透射材料的折射率高於形成突起7520的第一光學透射材料與形成基板7500的材料二者的折射率。在一些實施例中，第一光學透射材料的折射率低於或類似於形成基板7500的材料的折射率。應理解，基板7500可以是波導，並且可以對應於波導7020、7030、7040（第70圖）、7220、7230、7240（第72圖）及/或波導7320、7330及7340（第73圖）。在此種應用中，基板較佳地具有相對高的折射率，例如高於1.5、1.6、1.7、1.8或1.9，此可以提供有益於增加從該基板7500輸出光以形成圖像的顯示器的視野。在一些實施例中，基板7500係由玻璃（例如，摻雜玻璃），鈮酸鋰、塑膠、聚合物、藍寶石或其他光學透射材料形成。較佳地，玻璃、塑膠、聚合物、藍寶石或其他光學透射材料具有高折射率，例如高於1.5、1.6、1.7、1.8或1.9的折射率。

【0654】 繼續參照第75圖，突出7520的第一光學透射材料較佳為可以是經圖案化（例如藉由微影及蝕刻處理）的材料。更佳地，第一光學透射材料係為可以藉由奈米壓印圖案化的奈米壓印抗蝕劑。如本文所述，形成質量塊7530a、7530b的第二光學透射材料具有高於突起7520的第一光學透射材料與形成基板7500的材料二者的折射率。在一些實施例中，第二光學透射材料的折射率高於1.6、1.7、1.8或1.9。用於第二光學透射材料的材料的實例包括半導體材料，半導體材料包括含矽材料與氧化物。含矽材料的實例包括氮化矽與碳化矽。氧化物的實例包括氧化鈦、氧化鋯及氧化鋅。在一些實施例中，第二光學透射材料可以具有較低的光學透明度。舉例而言，第二光學透射材料可以是矽或其衍生物。在一些實施例中，第一與第二光學透射材料7520、7530係為非晶固態材料或結晶固態材料。由於相較於一些結晶材料而可以在較低溫度及更寬範圍的表面上形成，在一些應用中可能期望非晶材料。在一些實施例中，形成特徵7520、7530a、7530b的第一及第二光學透射材料中之每一者可以是非晶或結晶半導體材料中之一者。

【0655】 繼續參照第75圖，突起具有節距7540。如本文所使用的，節距係指稱二個緊鄰結構的類似點之間的距離。應理解，類似點係為在實質上相同的結構的類似部分（例如，左或右邊緣）處類似。舉例而言，突起7520的節距等於由突起7520以及該突起與緊鄰類似突起7520

之間的緊鄰間隔所定義的總寬度。換言之，節距可以理解成由此等突起7520形成的特徵陣列的重複單元的寬度（例如，突起7520與質量塊7530a的寬度之總和）所對應的週期。

【0656】 如圖所示，不同波長（對應於不同顏色）的光可能照射在超材料表面上，而如本文所論述，超材料表面係對於重新引導特定波長的光具有高度選擇性。如本文所論述，可以依據第一與第二級7512、7514的特徵的節距及物理參數來實現此選擇性。在一些實施例中，突起7520的節距小於零階反射的光重新引導所期望的光的波長。在一些實施例中，幾何尺寸與週期性隨著波長變長而增加，而突起7520與質量塊7530a、7530b中之一或二者的高度或厚度亦隨著波長變長而增加。在一些實施例中，所圖示之光線7550a、7550b及7550c係對應於不同波長及顏色的光。在所示實施例中，超材料表面具有造成光線7550b反射的節距，而光線7550a與7550c傳播通過基板7500與超材料表面7510。

【0657】 有利的是，多級超材料表面係針對特定波長的光具有高度選擇性。第76圖圖示根據一些實施例的具有第75圖中所示的一般結構的超材料表面的透射及反射光譜的曲線圖。在此實例中，突起7520的寬度為125nm，厚度為25nm，並由抗蝕劑形成；材料的質量塊7530a與7530b的厚度為75nm，並由氮化矽形成；節距為340nm；以及空氣間隙將質量塊7530b分開。水平軸表

示波長，而垂直軸表示垂直入射（亦即，零度的入射角度）的透射（在0-1.00的尺度，從無反射到完全反射）。應注意，對於窄帶波長而言，在透射其他波長時，觀察到反射$R_0$（在517nm處）的尖銳峰值以及伴隨的透射率$T_0$的降低。當波長與諧振波長（在該實例中為約517nm）匹配時，光被反射。突起7520與覆蓋結構7530係以亞波長間隔佈置，並僅存在零階反射及透射。如第76圖所示，反射光譜表現出可見光波長區域的尖銳峰值，而此是光學共振的特徵。

【0658】 超材料表面可以形成於一維（1D）奈米結構或二維（2D）奈米結構中。第77A圖與第77B圖分別圖示根據一些實施例的由一維奈米樑7714形成的超材料表面7710的頂視圖及側視圖。如圖所示，在基板7712（例如，波導）的表面上形成複數個奈米樑7714。每一奈米樑7714沿著Y軸橫向延伸，並沿著負Z方向從基板7712的表面突出。複數個奈米樑7714沿著X軸佈置為週期性陣列。在一些實施例中，奈米樑7714可以包含矽（例如，非晶矽）、$TiO_2$、$Si_3N_4$或類似者。因為包括形成在基板7712上的單層奈米結構，所以超材料表面7710可以指稱為單層超材料表面。

【0659】 第77C圖與第77D圖分別圖示根據一些其他實施例的由一維奈米樑7724形成的超材料表面7720的平面圖及側視圖。在基板7722（例如，波導）的表面上形成複數個奈米樑7724。每一奈米樑7724沿著Y軸橫向

延伸，並沿著負Z方向從基板7722的表面突出。複數個奈米樑7724沿著X軸佈置為週期性陣列。在一些實施例中，奈米樑7724可以包含矽（例如，非晶矽）、$TiO_2$、$Si_3N_4$或類似者。

【0660】 超材料表面7720可以進一步包括填充於奈米樑7724之間的區域並覆蓋奈米樑7724的第一介電層7725、設置在第一介電層7725上的第二介電層7726、設置在第二介電層7726上的第三介電層7727及設置在第三介電層7727上的第四介電層7728。在一些實施例中，奈米樑7724可以包含矽（例如，非晶矽）；第一介電層7725與第三介電層7727可以包含光抗蝕劑或類似者；第二介電層7726與第四介電層7728可以包含$TiO_2$或類似者。在一些實施例中，第一介電層7725與第三介電層7727可以包含折射率在1.4與1.5之間的材料。第二介電層7726與第四介電層7728可以用於增加超材料表面7720的反射率。在一些實施例中，第二介電層7726與第四介電層7728中之每一者可以具有約160nm的厚度；第一介電層7725可以具有約60nm的厚度。因為包括形成在基板7722上的多個層，所以超材料表面7720可以指稱為多層超材料表面。

【0661】 第78A圖與第78B圖分別圖示根據一些實施例的由基板7812（例如，波導）的表面上形成的奈米天線7814所形成的單層二維超材料表面7810的頂視圖及側視圖。複數個奈米天線7814在XY平面中佈置為二維

陣列。在一些實施例中，每一奈米天線7814可以具有如第78A圖所示的矩形形狀。根據各種其他實施例，奈米天線7814可以具有其他形狀，例如圓形、橢圓形及類似者。

【0662】 第78C圖與第78D圖分別圖示根據一些實施例的多層二維超材料表面7820的平面圖及側視圖。複數個奈米天線7824在XY平面中及在基板7822（例如，波導）的表面上佈置為二維陣列。超材料表面7820可以進一步包括填充於奈米天線7824之間的區域並覆蓋奈米天線7824的第一介電層7825、設置在第一介電層7825上的第二介電層7826、設置在第二介電層7826上的第三介電層7827及設置在第三介電層7827上的第四介電層7828。在一些實施例中，奈米天線7824可以包含矽（例如，非晶矽）；第一介電層7825與第三介電層7827可以包含光抗蝕劑或類似者；第二介電層7826與第四介電層7828可以包含$TiO_2$或類似者。第二介電層7826與第四介電層7828可以用於增加超材料表面7820的反射率。

【0663】 類似於第76圖所示，第77A圖與第77B圖所示的單層一維超材料表面7710可以呈現針對給定入射角度在特定波長的尖銳反射峰值。然而，隨著入射角度變化，峰值波長可能平移。此角度依賴性可以限制視野的有效角度。在奈米結構的頂部上增加介電材料的額外的層可以給予另外的調諧反射光譜的自由度。舉例而言，第77C圖與第77D圖所示的多層一維超材料表面7720可以經配置以具有實質上不受入射角度範圍的角度影響的反射光

譜，如下文進一步論述。第78C圖與第78D圖所示的多層二維超材料表面7820亦可提供額外的調諧反射光譜的自由度。

【0664】 第79圖圖示根據一些實施例的針對TE偏光的第77C圖與第77D圖所示的多層一維超材料表面7720的對應於綠色（實線）的波長（例如，約520nm）與對應於紅色（虛線）的波長（例如，約650nm）的入射角度的模擬反射率的曲線圖。如圖所示，對於約-30度至約30度的角度範圍而言，綠色波長的反射率保持相當平坦（例如，約70%）。在相同的角度範圍內，紅色波長的反射率保持為相當低（例如，低於約10%）。

【0665】 第80圖圖示根據一些實施例的針對TE偏光的第77C圖與第77D圖所示的多層一維超材料表面7720的模擬反射光譜（實線）與模擬透射光譜（虛線）的曲線圖。如圖所示，反射光譜顯示約480nm至約570nm的寬峰。相應地，透射光譜顯示相同波長範圍的寬谷。因此，可以利用反射光譜中較寬的帶寬為代價來實現角度不敏感性。對於擴增實境系統而言，更寬的反射帶寬意味著來自世界的更多自然光可以藉由波長選擇反射器反射，而因此可能不會到達觀看者的眼睛。

【0666】 第81圖圖示根據一些實施例的針對TM偏光的第77C圖與第77D圖所示的多層一維超材料表面7720的對應於綠色（實線）的波長（例如，約520nm）與對應於紅色（虛線）的波長（例如，約650nm）的入射角

度的模擬反射率的曲線圖。如圖所示，對於約-30度至約30度的角度範圍而言，綠色波長的反射率保持相當平坦（例如，約75%）。在相同的角度範圍內，紅色波長的反射率保持為相當低（例如，低於約5%）。相較於第79圖，TM偏光的綠色波長的峰值反射率值（例如，約75%）略高於TE偏光的對應者（例如，約70%）。

【0667】 第82圖圖示根據一些實施例的針對TM偏光的第77C圖與第77D圖所示的多層一維超材料表面7720的模擬反射光譜（實線）與模擬透射光譜（虛線）的曲線圖。如圖所示，反射光譜顯示約480nm至約570nm的寬峰。相應地，透射光譜顯示相同波長範圍的寬谷。相較於第80圖，TM偏光的反射光譜比TE偏光所對應者表現更圓的峰值。此外，TM偏光的透射光譜比TE偏光所對應者在反射帶外側表現更高的值。通常，諧振波長（例如，發生反射峰值處的波長）可能平移到更長的波長，以增加奈米結構的幾何尺寸。為了減少奈米結構的高寬比，反射光譜的帶寬與角度光譜的角度寬度可能增加。

【0668】 在一些實施例中，多個超材料表面可以交疊，以形成複合超材料表面，以實現期望的光譜特性。第83A圖至第83F圖示意性圖示根據一些實施例的可以如何藉由交疊二個子超材料表面形成複合超材料表面。

【0669】 第83A圖圖示第一子超材料表面8310的頂視圖，包括形成在基板8302上的複數個第一奈米天線8314。每一第一奈米天線8314具有第一高寬比的矩形形

狀。第83B圖示意性圖示入射角度與第一子超材料表面8310的反射光譜。如圖所示，第一奈米天線8314的幾何形狀可以設計成使得反射光譜在第一入射角度處呈現峰值。

【0670】 第83C圖圖示第二子超材料表面8320的頂視圖，包括形成在基板8304上的複數個第二奈米天線8324。每一第二奈米天線8324具有第二高寬比的矩形形狀，第二高寬比大於第一高寬比（例如，更細長）。第83D圖示意性圖示入射角度與第二子超材料表面8320的反射光譜。如圖所示，第二奈米天線8324的幾何形狀可以設計成使得反射光譜在不同於第一入射角度的第二入射角度處呈現峰值。

【0671】 第83E圖圖示複合超材料表面8330的頂視圖，其包括形成在基板8306上的複數個第一奈米天線8314、複數個第二奈米天線8324、複數個第三奈米天線8334、複數個第四奈米天線8344及複數個第五奈米天線8354。複合超材料表面8330可以視為第一子超材料表面8310、第二子超材料表面8320等的組合。每一子超材料表面的奈米天線可以彼此隨機交疊。第83F圖示意性圖示入射角度與複合超材料表面8330的反射光譜。如圖所示，複合超材料表面8330可以藉由複數個入射角度的複數個反射峰值8316、8326、8336、8346及8356特徵化，每一反射峰值係對應於各別構成的子超材料表面。根據各種實施例，複合超材料表面8330可以包括多於或少

於五個子超材料表面。在一些實施例中，每一子超材料表面的波長的反射光譜可以呈現具有相對窄的帶寬的反射峰值，而複數個子超材料表面可以經配置以在大約相同的波長範圍處呈現反射峰值。

【0672】 可以將多個超材料表面作成多工，以形成具有期望的光譜特性的複合超材料表面。第84A圖與第84B圖分別圖示根據一些實施例的超材料表面8400的頂視圖及側視圖。超材料表面8400可以包括佈置在基板8402的表面上的第一橫向區域中的第一奈米天線的第一陣列8410、佈置在第一橫向區域旁邊的第二橫向區域中的第二奈米天線的第二陣列8420、佈置在第二橫向區域旁邊的第三橫向區域中的第三奈米天線的第三陣列8430、佈置在第三橫向區域旁邊的第四橫向區域中的第四奈米天線的第四陣列8440、佈置在第四橫向區域旁邊的第五橫向區域中的第五奈米天線的第五陣列8450及佈置在第五橫向區域旁邊的第六橫向區域中的第六奈米天線的第六陣列8460。

【0673】 如第84C圖所示，每一第一奈米天線8410可以具有第一高寬比的矩形形狀，經設計而使得第一奈米天線的第一陣列8410係藉由在第一入射角度8412處具有峰值的第一反射光譜8412特徵化，每一第二奈米天線8420可以具有第二高寬比的矩形形狀，經設計而使得第二奈米天線的第二陣列8420係藉由在第二入射角度8422處具有峰值的第二反射光譜8422特徵化，並依此類

推。以此方式，如第84B圖所示，奈米天線的每一陣列8410、8420、8430、8440、8450或8460係針對可能到達觀看者的眼睛8401的光線進行最佳化。

【0674】 第85A圖示意性圖示根據一些實施例的接目鏡8500的局部側視圖。接目鏡包括波導8510、形成在波導8510的後表面上的光柵8520及形成在波導8510的前表面上的波長選擇反射器8530。第85B圖示意性圖示根據一些實施例的波長選擇反射器8530的頂視圖。波長選擇反射器8530可以包括複數個重疊區域8532。每一區域8532可以包含超材料表面，其經最佳化以在對應於光線可以橫向（例如，沿著Y軸）及垂直（例如，沿著X軸，如第85A圖所示）到達觀看者的眼睛8501的各別入射角度處具有反射峰值。舉例而言，如第84A圖所示，每一區域8532可以包括具有各別高寬比的奈米天線的陣列，類似於第一天線的第一陣列8410、第二天線的第二陣列8420、第三天線的第三陣列8430、第四天線的第四陣列8440、第五天線的第五陣列8450或第六天線的第六陣列8460。在一些實施例中，可以有利地設計每一區域8532的尺寸，以匹配觀看者的眼睛8501的瞳孔的直徑加上預定的餘量。

【0675】 在一些實施例中，波長選擇反射器可以包含體積相位立體投影圖（亦可以指稱為體積相位光柵）。體積相位立體投影圖係在透射介質層（通常是二色明膠或立體投影光聚合物）中形成的週期相位結構，其通常在二色明

膠的情況下密封在兩層透明玻璃或熔融二氧化矽之間。當入射光通過具有週期折射率的光學厚膜時，調制入射光的相位，而因此稱為「體積相位」。此舉係相對於表面浮雕圖案的深度調制入射光的相位的傳統光柵。可以藉由調整介質的折射率調制週期與折射率調制深度（亦即，高與低指數值之間的差）來設計在不同波長下工作的體積相位立體投影圖。藉由記錄雷射的波長與所記錄的幾何形狀確定反射體積相位立體投影圖的週期。可以藉由所記錄的介質的材料特性與總暴露（通常表示為$mJ/cm^2$）來確定調制深度（影響繞射效率與有效光譜帶寬）。可以藉由所記錄的介質的厚度來確定體積相位立體投影圖的光譜與角度選擇性。所有此等參數之間的關係係由Kogelnik的耦接波方程表示，此可以從文獻中取得（參見例如H.Kogelnik，BellSyst.Tech.J. 48, 2909, 1969）。體積相位立體投影圖的角度與波長特性在文獻中通常稱為「Bragg選擇性」。由於Bragg選擇性，而可以將體積相位立體投影圖設計成在期望的入射角度處具有所期望波長的高反射效率。在美國臨時專利申請第62/384,552號中提供關於可用於擴增實境系統的接目鏡中的體積相位立體投影圖的更多細節，其內容全部併入本文以用於所有目的。

【0676】 第86A圖示意性圖示根據一些實施例的形成在基板8602（例如，波導）上的第一體積相位立體投影圖8610的局部橫截面圖。如第86B圖示意性圖示，第一

體積相位立體投影圖8610可以具有第一調制指數圖案8612，第一調制指數圖案8612係設計成在第一入射角度處產生高反射峰值。舉例而言，第一調制指數圖案8612可以包含相對於Z軸以第一傾斜角度傾斜的週期指數條紋，以將預定角度範圍上的特定波長範圍內的光反射返回朝向觀看者。在此情況下，反射光的角度範圍係與指數調制平面的傾斜相關。藉由選擇適當的材料厚度，可以讓體積相位立體投影圖非常有選擇性。在一些實施例中，中等厚度可以在約8微米至約50微米的範圍內，以取得所期望的角度與光譜選擇性。

【0677】 第86C圖示意性圖示根據一些實施例的第二體積相位立體投影圖8620的局部橫截面圖。如第86D圖示意性圖示，第二體積相位立體投影圖8620可以具有第二調制指數圖案8622，第二調制指數圖案8622係設計成在不同於第一入射角度的第二入射角度處產生高反射峰值。舉例而言，如第86A圖及第86C圖所示，第二調制指數圖案8622可以包含相對於Z軸以大於第一傾斜角度的第二傾斜角度傾斜的週期指數條紋。

【0678】 第86E圖示意性圖示根據一些實施例的複合體積相位立體投影圖8630的局部橫截面圖。第86F圖示意性圖示根據一些實施例的形成於波導8602的表面上的複合體積相位立體投影圖8630的側視圖。（注意第86E圖與第86F圖具有沿著Z軸的不同尺度）。複合體積相位立體投影圖8630可以包括複數個區域8631-8637。如第

86F圖所示，可以針對對應於可能到達觀看者的眼睛8601的光線的各別入射角度而最佳化每一區域8631-8637。舉例而言，如第86E圖所示，每一區域8631-8637可以包含相對於Z軸以各別傾斜角度傾斜的週期指數條紋，其中複數個區域8631-8637的傾斜角度彼此不同。

【0679】 在一些實施例中，亦可能將相同體積相位立體投影圖內的多個指數調制輪廓作成多工。可以藉由選擇合適的暴露波長來設計每一單獨的調制輪廓，以在立體投影圖記錄期間反射在窄波長範圍內的光。較佳地，同時進行對應的暴露（使用單獨的雷射）。亦可能依次記錄光柵。此種作成多工的體積相位立體投影圖可以用於第73圖所示的波長選擇反射器7356。

【0680】 類似於第85A圖與第85B圖所示的超材料表面，複合體積相位立體投影圖可以包含在一些實施例中佈置為二維陣列的重疊區域。每一區域可以經最佳化以在對應於光線可以橫向（例如，沿著Y軸）及垂直（例如，沿著X軸）到達觀看者的眼睛的各別入射角度處呈現峰值的反射光譜。

【0681】 第87圖係為圖示根據一個實施例的投影器8700的示意圖。投影器8700包括一組空間位移的光源8705（例如，LED、雷射等），其利用預定分佈的特定定向定位，如下文關於第90A圖至第90C圖所述。光源8705可以藉由其本身或利用次瞳孔以形成收集光學裝置

（例如光管或鏡子），以收集更多的光並在光管或收集鏡的端部處形成次瞳孔。為了清楚起見，僅圖示三個光源。在一些實施例中，半準直光學裝置8725係用於對從光源8705發射的光進行半準直，而使得光以更準直的方式進入偏光光束分離器（PBS）8710，以使得更多的光到達顯示面板8707。在其他實施例中，準直元件（未圖示）係用於準直從光源發射的傳播通過PBS 8710的一部分之後的光。在一些實施例中，預偏光器可以在半準直光學裝置8725與PBS 8710之間，以對進入PBS 8710的光進行偏光。預偏光器亦可以用於重新循環一些光。進入PBS 8710的光經反射而入射到形成場景的顯示面板8707上。在一些實施例中，可以使用時間順序彩色顯示，以形成彩色圖像。

【0682】 從顯示面板8707反射的光通過PBS 8710，並使用投影器透鏡8715（亦指稱為成像光學裝置或一組成像光學裝置）成像，以形成遠場的場景的圖像。投影器透鏡8715大致地形成接目鏡8720上或者進入接目鏡8720的顯示面板8707的傅立葉變換。投影器8700在接目鏡中提供次瞳孔，次瞳孔係為藉由光源8705與收集光學裝置形成的次瞳孔的反轉圖像。如第87圖所示，接目鏡8720包括多個層。舉例而言，接目鏡8720包括六個層或波導，每一者係與顏色（例如，三種顏色）與深度平面（例如，每一顏色的二個深度平面）相關聯。藉由切換打開哪個光源來執行顏色與深度層的「切換」。因此，在所

示系統中並不使用快門或開關來在顏色與深度平面之間切換。

【0683】 本文係論述與投影器8700相關的附加論述以及投影器8700的架構的變化。

【0684】 第88圖係為圖示根據另一實施例的投影器8800的示意圖。在第88圖所示的實施例中，顯示面板8820係為LCOS面板，但是本揭示並不限於此實施方案。在其他實施例中，可以使用包括前照式LCOS（FLCOS）、DLP及類似者的其他顯示面板。在一些實施例中，如關於第91圖論述的時間順序編碼係論述為使用色彩順序LCOS設計，但是可以實現同時顯示所有顏色（例如，RGB）的其他設計。隨著濾色器效能的改善及像素尺寸的降低，系統效能將得到改善，而本揭示的實施例將受益於此種改善。因此，可以結合本文所述的分散式次瞳孔架構來利用多個反射或透射顯示面板。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0685】 光係由光源8810（在一些實施例中，包括收集光學裝置）發射，並藉由預偏光器8825進行偏光而傳播通過偏光光束分離器（PBS）8830，穿過四分之一波片8827，並照射到準直器8832（可以實現為例如鏡像透鏡、反射透鏡或彎曲反射器）。光源8810之間的空間分離實現分散式次瞳孔架構。準直器8832（在一些實施例中係為反射準直器）半準直或收集由光源8810發射的光束，並將準直光束引導再次返回通過四分之一波片8827

而進入PBS 8830，其中偏光狀態經改變以將光引導到顯示面板8820。

【0686】 隨著準直光束傳播通過PBS 8830，而在界面8831處反射並引導朝向顯示面板8820。顯示面板8820形成可以隨後在接目鏡上成像的場景或一系列場景。在一些實施例中，藉由結合顯示面板的操作順序地操作光源8810來實現用於不同顏色與深度平面的時間順序圖像形成。在一些實施例中，將補償元件放置在PBS 8830處或附接到顯示面板8820，以改善顯示面板8820的效能。在從顯示面板8820反射之後，光傳播通過界面8831，並在側面8804處離開PBS 8830。隨後，光學透鏡8840（亦稱為投影器透鏡8840）係用於形成顯示器的傅立葉變換，並與準直器8832一起形成在接目鏡處或進入接目鏡的光源8810的次瞳孔的反轉圖像。界面8831可以使用偏光膜、線柵偏光器、介電堆疊塗層、其組合及類似者來實現。

【0687】 根據一些實施例，提供一種投影器組件。投影器組件包括PBS（例如，PBS 8830）。投影器組件亦包括相鄰於PBS 8830的一組空間位移光源（例如，光源8810）。光源8810可以是不同顏色的LED、雷射或類似者。在一些實施例中，空間位移光源8810係相鄰於PBS 8830的第一側8801。PBS 8830在第一次通行期間讓由光源8810發射的光通過。

【0688】 準直器8832（可以是反射鏡）係設置為相鄰於PBS 8830，並接收第一次通過PBS 8830的光。準直器8832係相鄰於PBS 8830的第二側8802，第二側8802係與相鄰空間位移光源8810的第一側8801相對。準直器8832準直並收集所發射的光，並將準直光引導返回進入PBS 8830的第二側8802。

【0689】 投影器組件亦包括相鄰於PBS 8830的第三側8803的顯示面板8820，第三側8803係位於第一側8801與第二側8802之間。顯示面板可以是LCOS面板。在第二次通過PBS 8830期間，準直光從PBS 8830中的內部界面反射，並由於二次通過四分之一波片8827而造成的偏光狀態的改變而引導朝向顯示面板。

【0690】 投影器組件進一步包括相鄰於PBS 8830的第四側8804的投影器透鏡8840，第四側8804係位於第一側8801與第二側8802之間，並與第三側8803相對。在PBS 8830與由投影顯示組件形成的最終圖像之間的投影器透鏡8840的位置係表示所示系統係在投影器組件的背側使用PBS 8830。

【0691】 投影器組件形成次瞳孔的圖像以及圖像位置處的顯示面板8820的傅立葉變換。對接目鏡的耦入界面係位於圖像位置附近。因為由空間位移光源8810發射的光傳播通過投影器組件中的不同路徑，所以與光源8810的每一光源相關聯的圖像係在系統的圖像平面處空間位移，而能夠耦接到組成接目鏡的不同波導。

【0692】 第89圖係為圖示根據一個實施例的使用設置於每一波導中的耦入元件而耦接進入對應波導的光的多種顏色的示意圖。第一波導8910、第二波導8920及第三波導8930係以並聯方式彼此相鄰定位。在一個實例中，第一波導8910可以設計成接收及傳播第一波長範圍8901（例如，紅色波長）的光，第二波導8920可以設計成接收及傳播第二波長範圍8902（例如，綠色波長）的光，而第三波導8930可以設計成接收及傳播第三波長範圍8903（例如，藍色波長）的光。

【0693】 所有三個波長範圍8901、8902及8903中的光係由於投影器透鏡8940的傅立葉變換功率而聚焦到大致相同的平面上，但大致藉由顯示光模組中的次瞳孔的間隔與光學系統的放大倍數（若有的話）而顯示在平面中。各別層8910、8920及8930的耦入光柵8912、8922及8932係放置在對應於正確顏色次瞳孔的路徑中，以拍攝並造成一部分的光束耦接到各別波導層。

【0694】 耦入元件（可以是耦入光柵）可以是耦入繞射光學元件（DOE）的元件。當打開給定光源時，來自該光源的光在對應的光源處成像（例如，紅色LED#1，第一深度平面處的第一波導8910）。此舉能夠僅藉由關閉及打開光源來切換顏色。

【0695】 為了減少假影（亦稱為鬼影圖像或其他反射）的發生及/或影響，本揭示的實施例利用特定的偏光濾波器及/或濾色器。濾波器可用於單一瞳孔系統。

【0696】 第90A圖至第90C圖係為根據一些實施例的分散式次瞳孔架構的頂視圖。分散的次瞳孔可以與不同的次瞳孔相關聯，並與在不同波長及不同位置處操作的不同光源（例如，LED或雷射）相關聯。參照第90A圖，此第一實施例或佈置具有與二個深度平面及每一深度平面的三個顏色相關聯的六個次瞳孔。舉例而言，二個次瞳孔9010與9012與第一顏色相關聯（例如，紅色次瞳孔），二個次瞳孔9020與9022與第二顏色相關聯（例如，綠色次瞳孔），二個次瞳孔9030與9032與第三顏色相關聯（例如，藍色次瞳孔）。此等次瞳孔對應於在發射平面中空間偏移的六個光源。所圖示的六個次瞳孔實施例可適用於三色雙深度平面架構。關於分散式次瞳孔架構的附加描述係在2016年11月10日公開的美國專利申請公開號2016/0327789中提供，其全部內容藉由引用併入本文以用於所有目的。

【0697】 作為實例，若二個光源相對於光軸彼此相對定位，則可能來自光源中之一者（亦即，第一光源）的光可以傳播通過光學系統，反射離開接目鏡（例如，耦入光柵或接目鏡的其他表面），並傳播返回通過光學系統，隨後再次在顯示面板處反射，以重新出現在該位置處。由於光最初係藉由第一光源發射，出現在另一次瞳孔的位置的此雙重反射將產生鬼影圖像。在第90A圖所示的佈置中，由於次瞳孔9010/9012、9020/9022及9030/9032係相對於光軸的中心與次瞳孔分佈而彼此相對定位，所以來自

次瞳孔9010的光可以耦接到次瞳孔9012，從9020到9022，以及從9030到9032。在此情況下，亦可以在光學系統中形成假影（亦稱為鬼影圖像）。應注意，在替代佈置中，光源可以定位成使得不同顏色的次瞳孔相對於光軸彼此相對定位。

【0698】 參照第90B圖，圖示九個次瞳孔的實施例，此將適用於三色三深度平面架構。在此實施例中，包括與第一顏色相關聯的次瞳孔9040、9042及9044（例如，紅色次瞳孔）的第一組次瞳孔相對於彼此以120°定位。包括與第二顏色(例如，綠色)相關聯的次瞳孔9050、9052及9054的第二組次瞳孔相對於彼此以120°定位，而分佈係從第一顏色旋轉60°。因此，若來自次瞳孔9040的光在系統中反射，並在與次瞳孔9040相對的次瞳孔9054處再次出現，則不存在顏色重疊。包括與第三顏色(例如，藍色）相關聯的次瞳孔9060、9062及9064的第三組次瞳孔係位於第一與第二次瞳孔的分佈內側，並相對於彼此以120°定位。

【0699】 第90C圖圖示六個次瞳孔佈置，其中與第一顏色（例如，紅色）相關聯的次瞳孔9070與9072係定位在次瞳孔分佈的二個角落，與第二顏色（例如，綠色）相關聯的次瞳孔9080與9082係定位於次瞳孔分佈的其他二個角落，而與第三顏色（例如，藍色）相關聯的次瞳孔9090與9092係沿著矩形次瞳孔分佈的側邊定位。因此，如第90B圖至第90C圖所示，次瞳孔佈置可用於減少來自

鬼影圖像的影響。亦可以使用替代的次瞳孔佈置，例如不同顏色的次瞳孔跨越光軸彼此相對的次瞳孔佈置。可以藉由在每一各別耦入光柵處使用顏色選擇元件（例如，顏色選擇旋轉器）或濾色器來減少鬼影。

【0700】 第91圖係為圖示根據一個實施例的針對多個深度平面的顏色的時間順序編碼的示意圖。如第91圖所示，經由著色器將深度平面（在此圖示為三個）編碼到每像素的最低有效位元（LSB）。本文所述的投影器組件提供用於所期望的深度平面中的每一顏色的像素的精確放置。針對每一深度平面（平面0的R0、G0、B0）9102、（平面1的R1、G1、B1）9104及（平面2的R2、G2、B2）9106依序編碼三種顏色。1.39ms的每一顏色的照明係提供720Hz的照明時框速率9108，以及用於所有三種顏色與三個深度平面9110（基於12.5ms以刷新所有顏色及平面）的80Hz的時框速率。在一些實施例中，藉由僅使用與該特定深度平面的該特定顏色相關聯的光源，可以使用用於每一時框的單一深度平面的單一顏色。

【0701】 在一些實施例中，可以透過使用接收經順序編碼顏色的可變焦距透鏡實現多個深度平面。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0702】 第92A圖係為圖示根據一個實施例的投影器組件的示意圖。第92B圖係為圖示第92A圖所示的投影器組件的展開示意圖。如第92A圖所示，投影器架構9200包括照明源9210，照明源9210可以發射一組準直光束，

例如雷射。在此實施例中，由於系統的光已經準直，所以可以從光學設計中省略準直器。照明源9210可以發射偏光的、非偏光的或部分偏光的光。在所示實施例中，照明源9210發射利用p偏光來偏光的光9212。對準第一光學元件9215（例如，預偏光器），以讓具有p偏光的光通過偏光光束分離器(PBS)9220。最初，光通過PBS 9220的界面9222（例如，偏光界面），並照射空間光調制器（SLM）9230。SLM 9230讓訊號上出現空間調制，以提供圖像。在導通狀態下，SLM 9230將輸入光從第一偏光狀態（例如，p偏光狀態）調制成第二偏光狀態（例如，s偏光狀態），而展現明亮狀態（例如，白色像素）。第二偏光狀態可以是調制（例如，平移）90°的第一偏光狀態。在導通狀態下，具有第二偏光狀態的光藉由界面9222反射，並向下游行進到投影器透鏡9240。在關閉狀態下，SLM 9230並未將輸入光從第一偏光狀態旋轉，因此展現陰暗狀態（例如，黑色像素）。在關閉狀態下，具有第一偏光狀態的光透射通過界面9222，並向上游行進到照明源9210。在中間狀態下，SLM 9230將輸入光從第一偏光調制到特定橢圓偏光狀態。在中間狀態下，具有橢圓偏光狀態（例如，p偏光狀態）的一些光藉由界面9222反射，並向上游行進到照明源9210，而具有橢圓偏光狀態(例如，s偏光狀態)的一些光透射通過界面9222，並向下游行進到投影器透鏡9240。

【0703】 在從SLM 9230反射之後，反射光9214從界面9222反射，並離開PBS 9220。所發射的光通過投影器透鏡9240，並在接目鏡（未圖示）的耦入光柵9250上成像。

【0704】 第92B圖圖示與照明源9210的第一次瞳孔9211相關聯的光在接目鏡的耦入光柵9250上成像。光在進入PBS 9220之前被收集，從SLM 9230反射，通過投影器透鏡9240，並中繼到耦入光柵9250上。在第92B圖中圖示光軸9205。

【0705】 第93A圖係為圖示投影器組件中的背反射的示意圖。為了清楚起見，用於第92A圖的元件符號亦用於第93A圖。參照第93A圖，以類似於第92A圖的投影器組件9200的操作的方式，來自空間光調制器（SLM）9230（亦稱為顯示面板）的s偏光的光在PBS 9220內側的界面9222處被反射。應注意，為了清楚起見，僅提供從界面9222反射之後的射線的傾斜。從PBS 9220發射的大部分光通過投影器透鏡9240，並藉由投影器透鏡9240中繼，以在接目鏡的耦入光柵9250處提供次瞳孔的圖像。

【0706】 從PBS 9220發射的光的一部分在投影器透鏡9240的一或更多個表面9242處反射，並傳播返回朝向PBS 9220。此反射光9302第二次從界面9222、SLM 9230、界面9222反射離開，通過投影器透鏡9240，並藉由投影器透鏡9240中繼，以在接目鏡的第二耦入光柵

9252處提供次瞳孔的圖像，第二耦入光柵9252橫向偏移並相對於光軸定位成與耦入光柵9250相對。由於二個耦入光柵9250與9252處的光源相同，所以耦入光柵9252處的光呈現為源自SLM 9230，而藉此產生假影或鬼影圖像。

【0707】 第93B圖係為圖示第93A圖所示的投影器組件中的假影形成的展開示意圖。來自照明源9210的第一次瞳孔9211的光係藉由第一光學元件9215收集，傳播通過PBS 9220，反射離開SLM 9230，而讓另一者通過PBS 9220，反射離開界面9222（未圖示），並通過投影器透鏡9240，以在IG 9250（未圖示）處對光源的次瞳孔進行成像。

【0708】 從投影透鏡9240的一或更多個表面反射的光通過PBS 9220，並反射離開SLM 9230。在PBS 9220的反射之後，光沿著下游路徑傳播通過投影器透鏡9240，並藉由投影器透鏡9240中繼，以在接目鏡的第二耦入光柵9252處提供次瞳孔的散焦圖像，第二耦入光柵9252橫向偏移並相對於光軸定位成與第一耦入光柵9250相對。在此情況下，由於二個耦入光柵9250與9252處的光源相同，所以耦入光柵9252處的光呈現為源自SLM 9230，而藉此產生假影或鬼影圖像。

【0709】 第94圖圖示第93A圖所示的投影器組件的場景中的假影的存在。如第94圖所示，文本「9:45 AM」意欲用於藉由投影器顯示。除了預期文本9410之外，亦

顯示假影9420。假影9420亦具有文本「9:45 AM」，但強度降低，並相對於預期文本9410翻轉。

【0710】 第95A圖係為圖示根據一個實施例的假影預防9500(亦稱為鬼影圖像預防)的投影器組件的示意圖。第95A圖所示的投影器組件與第92A圖所示的投影器組件共享一些共同元件，而第92A圖中提供的描述在適合的情況下係適用於第95A圖的投影器組件。如本文所述，具有假影預防9500的投影器組件包括圓形偏光器9510，其能夠衰減或阻擋可以從投影器透鏡9240反射的沿著上游路徑傳播的特定偏光的光。

【0711】 來自投影器組件的光在圖像平面(例如，接目鏡的耦入光柵9250，其中接目鏡被定位）處建立圖像。來自投影器組件的一些光可以從投影器透鏡9240的元件9242反射，並且朝向投影器組件返回上游。若反射光9502沒有被阻擋，則可以行進到SLM 9230並反射離開SLM 9230，而向下游朝向例如耦入光柵9252，而導致在接目鏡中產生假影或鬼影圖像。為了防止或減少此等鬼影圖像的強度，本揭示的實施例阻擋大部分或全部的反射光，並防止大部分或全部的反射光照射在SLM 9230上。

【0712】 具有假影預防的投影器組件9500包括結合線性偏光器9512與四分之一波片9514的圓形偏光器9510。圓形偏光器9510係位於PBS 9220與投影器透鏡9240之間。如第95A圖中的插圖所示，圓形偏光器9510係從PBS 9220接收s偏光的光，並在下游路徑中

產生圓形偏光的光(例如，向左圓形偏光(LHCP)的光)。圓形偏光器9510的一個優點係作為投影器組件9500的清潔偏光器，以改善對比度。

【0713】 如第95A圖所示，下游的光係為LHCP偏光，而來自投影器透鏡9240的一或更多個表面9242的反射將引入相位平移，而使得反射光係為相對方向的圓形偏光（例如，向右圓形偏光（RHCP））。參照插圖，RHCP光藉由四分之一波片9514轉換成線性偏光的光。隨著線性偏光的光通過四分之一波片9514，而在與線性偏光器9512的透射軸正交的方向上偏光，因此被線性偏光器9512阻擋。因此，從投影器透鏡9240反射的光被阻擋，並被防止照射在SLM 9230上。因此，本揭示的實施例透過使用圓形偏光器9510來防止或減少此等不想要的假影或鬼影圖像的強度。在一些實施例中，反射光的一部分9504可以從四分之一波片9514反射。從四分之一波片9514反射的光的此部分9504將傳播離開四分之一波片朝向該組成像光學裝置9240。

【0714】 第95B圖係為圖示根據一個實施例的減少光學假影的方法9550的流程圖。方法9550包括以下步驟：將藉由照明源產生的光束注入到偏光光束分離器（PBS）（9552），以及反射來自顯示面板的光束的空間定義部分（9554）。光束可以是一組光束中之一者。作為實例，該組光束可以包括一組空間位移光源，例如LED。

【0715】 該方法9550亦包括以下步驟：在PBS的界面處，將光束的空間定義部分反射朝向投影器透鏡（9556），以及讓光束的空間定義部分的至少一部分通過設置在PBS與投影器透鏡之間的圓形偏光器（9558）。光束的空間定義部分可以藉由線性偏光而特徵化。該方法9550進一步包括以下步驟：藉由投影器透鏡的一或更多個元件反射光束的空間定義部分的返回部分（9560），以及在圓形偏光器處，衰減光束的空間定義部分的返回部分的返回部分（9562）。光束的空間定義部分的返回部分可以藉由圓性偏光而特徵化。

【0716】 應理解，第95B圖所示的具體步驟提供根據一個實施例的減少光學假影的特定方法。亦可以根據替代實施例來執行其他步驟序列。舉例而言，本揭示的替代實施例可以利用不同順序執行上述步驟。此外，第95B圖所示的單獨步驟可以包括多個子步驟，其可以利用適合於單獨步驟的各種順序執行。此外，可以取決於特定應用增加或移除附加步驟。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0717】 第96圖圖示使用第95A圖所示的投影器組件的假影的強度的降低。第94圖所示的假影9420的強度降低（例如消除）係證明反射減少系統的有效性。

【0718】 第97A圖係為圖示根據一個實施例的由於來自投影顯示系統中的耦入光柵元件或接目鏡的基板表面的反射而引起的假影形成的示意圖。第97B圖係為圖示由

於來自第97A圖所示的投影顯示系統中的耦入光柵或接目鏡的基板表面的反射而引起的假影形成的展開示意圖。第97A圖與第97B圖所示的投影器組件與第93A圖與第93B圖所示的投影器組件共享一些共同元件，而第93A圖與第93B圖中提供的描述在適合的情況下係適用於第97A圖與第97B圖的投影器組件。在一些實施例中，第97A圖所示的投影器組件可以包括在PBS 9220與投影器透鏡9240之間的圓形偏光器（例如，第95A圖的圓形偏光器9510）。

【0719】 為了清楚起見，用於第93A圖的元件符號亦用於第97A圖。參照第97A圖，以類似於第92A圖的投影器組件9200的操作的方式，來自SLM 9230（亦稱為顯示面板）的s偏光的光9702在PBS 9220內側的界面9222處被反射。應注意，為了清楚起見，僅提供從界面9222反射之後的射線的傾斜。從PBS 9220發射的大部分光穿過投影器透鏡9240，並藉由投影器透鏡9240中繼，以在接目鏡的耦入光柵9250處提供次瞳孔的圖像。

【0720】 在耦入光柵9250上入射的光的一部分係藉由耦入光柵9250反射。如第97A圖所示，儘管在耦入光柵9250上入射的光可以單一偏光（例如，s偏光），但是從耦入光柵9250反射的光可以具有偏光的混合物（A*s+B*p）9704，其中A與B係為零與一之間的係數。對於在接目鏡的平面中具有步驟的繞射光學耦入光柵而言，反射主要是翻轉圓形偏光。然而，若耦入光柵傾斜

離開接目鏡的平面，則將會反射其他偏光狀態。反射光9704通過投影器透鏡9240，並且隨著傳播返回朝向PBS 9220而以偏光的混合物（C*s+D*p）9706出現，其中C與D係為零與一之間的係數。通常，由於耦入光柵9250的特性，A>C且B>D。

【0721】 在適當地與界面的偏光（C*s）對準的上游路徑中的光9708係從界面9222、SLM 9230、界面9222反射，通過投影器透鏡9240，並藉由投影透鏡9240成像，以提供在接目鏡（E*s）9712的第二耦入光柵9252處的圖像。由於二個耦入光柵9250與9252處的光源相同，所以耦入光柵9252處的光呈現為源自SLM 9230，而藉此產生假影或鬼影圖像。

【0722】 參照第97B圖，藉由在第一次通過PBS 9220與投影器透鏡9240之後的耦入光柵9250處的成像以及在第二次反射光9704從SLM 9230反射之後的耦入光柵9252處的成像證實環繞光軸9205的對稱。

【0723】 第98圖係為圖示根據一個實施例的來自耦入光柵元件的反射的示意圖。接目鏡可以包括外罩玻璃9810與耦入光柵9820。進入的光係圖示為LHCP輸入光9801。儘管圖示具有圓形偏光的輸入光，但是本揭示的實施例並不限於圓形偏光的光，而輸入光可以利用具有預定長軸及短軸的橢圓偏光。來自接目鏡的反射可以包括來自外罩玻璃9810的前表面9812的反射9803以及來自外罩玻璃9810的後表面9814的反射9805。此外，圖示來

自耦入光柵9820的反射9807。在此實例中，反射9803與9805係為RHCP，而反射9807係為LHCP。此等反射的總和導致朝向PBS 9220上游傳播的混合偏光狀態。因此，在第97A圖中，來自耦入光柵9250的反射係圖示為A*s+B*p，但是該領域具有通常知識者應理解，反射光的偏光狀態並不限於線性偏光的組合，亦可以包括橢圓偏光。更特定言之，當耦入光柵9250的繞射元件包括閃耀光柵特徵時，反射光的偏光狀態係藉由複雜的橢圓偏光特徵化。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0724】 第99A圖係為圖示根據一個實施例的假影預防（亦稱為鬼影圖像預防）的投影器組件的示意圖。第99A圖所示的投影器組件與第92A圖所示的投影器組件共享一些共同元件，而第92A圖中提供的描述在適合的情況下係適用於第99A圖的投影器組件。

【0725】 如上所述，來自投影器組件的光在圖像平面（例如，接目鏡的耦入光柵，其中接目鏡被定位）處建立圖像。來自投影器組件的一些光可以從包括耦入光柵的接目鏡的元件反射，並且朝向投影器組件返回上游。若反射光沒有被阻擋，則可以行進到顯示面板並反射離開顯示面板，而導致在接目鏡中產生假影或鬼影圖像。為了防止或減少此等鬼影圖像的強度，本揭示的實施例阻擋大部分或全部的反射光，並防止大部分或全部的反射光照射在顯示面板上。

【0726】 具有假影預防9900的投影器組件包括照明源9910，照明源9910可以是一組準直光束。照明源9910可以發射偏光的、非偏光的或部分偏光的光。在所示實施例中，照明源9910發射利用p偏光來偏光的光。對準第一光學元件9915（例如，預偏光器），以讓具有p偏光的光通過偏光光束分離器（PBS）9920。最初，光通過PBS 9920的界面9922，並照射空間光調制器（SLM）9930。在從SLM 9930反射並將偏光改變為s偏光之後，反射光從界面9922反射，並離開PBS 9920。所發射的光通過投影器透鏡9940，並在接目鏡（未圖示）的耦入光柵9950上成像。

【0727】 如反射射線9902所示，入射光的一部分將反射離開耦入光柵9950，並傳播返回朝向投影器組件。具有假影預防的投影器組件包括假影預防元件9960，以衰減及較佳地防止從耦入光柵9950返回到投影器組件的反射。如第99A圖所示，來自耦入光柵9950的反射通過在下游路徑中的假影預防元件9960，但在上游路徑中被衰減或阻擋。關於第101圖與第102圖之描述係描述與假影預防元件9960相關的附加描述。

【0728】 第99B圖係為圖示根據一個實施例的減少光學系統中的假影的方法9951的流程圖。方法9951包括以下步驟：將藉由照明源產生的光束注入到偏光光束分離器（PBS）（9952），以及反射來自顯示面板的光束的空間定義部分（9954）。該方法（9951）亦包括以下步驟：

在PBS的界面處，將光束的空間定義部分反射朝向投影器透鏡（9956），以及讓光束的空間定義部分的至少一部分通過投影器透鏡（9958）。

【0729】 該方法（9951）進一步包括以下步驟：藉由投影器透鏡在接目鏡的耦入光柵處形成圖像（9960），以及藉由接目鏡的耦入光柵反射光束的空間定義部分的返回部分（9962）。在一些實施例中，接目鏡的一或更多層可以利用不同的強度反射光束的空間定義部分的返回部分。從接目鏡的一或更多層反射的光的強度通常低於藉由接目鏡的耦入光柵反射的光束的空間定義部分的返回部分的強度。以及在假影預防元件處衰減光束的空間定義部分的返回部分（9964）。形成圖像之步驟可以包括以下步驟：讓光束的空間定義部分的至少一部分向下游通過假影預防元件。在一個實施例中，假影預防元件係設置在投影器透鏡與耦入光柵之間。

【0730】 假影預防元件可以包括第一四分之一波片、與第一四分之一波片相鄰設置的線性偏光器、與線性偏光器相鄰設置的第二四分之一波片，以及與第二四分之一波片相鄰設置的顏色選擇部件。作為實例，第一四分之一波片可以包括無色四分之一波片，其可操作以將光束的空間定義部分轉換成線性偏光的光。此外，線性偏光器可以讓線性偏光的光向下游通過第二四分之一波片。

【0731】 在實施例中，第二四分之一波片可操作以將線性偏光的光轉換為橢圓偏光的光。顏色選擇部件可操作以

將橢圓偏光的光轉換成取決於波長的橢圓偏光的光。舉例而言，光束的空間定義部分的返回部分可以照射到顏色選擇部件上。在此情況下，顏色選擇部件可操作以將光束的空間定義部分的返回部分轉換成橢圓偏光的返回部分。第二四分之一波片可操作以將橢圓偏光的返回部分轉換成線性偏光的返回部分。在此情況下，線性偏光器衰減垂直於定義偏光的線性偏光的返回部分。

【0732】 在一些實施例中，假影預防元件可以不包括第一四分之一波片，但可以包括線性偏光器、與線性偏光器相鄰設置的第二四分之一波片，以及與第二四分之一波片相鄰設置的顏色選擇部件。

【0733】 應理解，第99B圖所示的具體步驟提供根據一個實施例的減少光學系統中的假影的特定方法。亦可以根據替代實施例來執行其他步驟序列。舉例而言，本揭示的替代實施例可以利用不同順序執行上述步驟。此外，第99B圖所示的單獨步驟可以包括多個子步驟，其可以利用適合於單獨步驟的各種順序執行。此外，可以取決於特定應用增加或移除附加步驟。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0734】 在一些實施例中，接目鏡包括用於每一次瞳孔的耦入光柵，其每一者係與第90A圖至第90C圖所示的空間擴散光源相關聯。在一些實施方案中，耦入光柵可以金屬化，此可以導致反射返回朝向投影顯示組件。此外，來自多層接目鏡內的表面的反射可能有助於返回反射。

【0735】 具有PBS式投影器組件的分離次瞳孔照明系統的整合實現比習知設計更小更輕的密集設計。因此，由本揭示的實施例提供的PBS式投影器組件利用適於整合到可穿戴裝置中的密集設計。

【0736】 在利用發光顯示面板（例如，OLED顯示器面板）的實施例中，介電濾波器可以用在波導上，以選擇適合給定波導的顏色。作為實例，來自OLED顯示器的發射將在波導上成像，其中用於每一波導的光通過濾波器進入波導，而與其他波導相關聯的波長將被反射。

【0737】 在一些實施例中，圖像解析度隨著圖像變化的注視點顯示器（foveated display）係用於顯示平面。關於注視點顯示器的附加描述係在美國專利申請公開號2014/0218468中提供，其全部內容藉由引用併入本文以用於所有目的。

【0738】 根據本揭示的實施例，可以在所期望的深度平面處且亦以所期望的解析度呈現內容。作為實例，可以利用較低（或較高）解析度及較接近的深度平面顯示圖像的周邊部分，且可以利用較高（或較低）解析度及較遠的深度平面顯示圖像的中心部分，以強調較高解析度的中心（或周邊）部分的清晰度。因此，因為可以利用三維提供注視點圖像，實施例提供僅在單一平面中具有不同解析度的注視點顯示器的改善。由於本文所述的實施例係利用多個深度平面來表示場景，所以注視點顯示器可以在每一深

度平面處提供注視點圖像，而導致使用單一平面中的注視點圖像無法取得三維注視點。

【0739】 本揭示的實施例提供非常快的切換速度（例如，720Hz的場域速率的更新），其顯著降低或消除色亂效應。作為實例，顯示器能夠以120Hz的時框速率實現多達兩個同步深度平面以及以80Hz的時框速率實現多達三個深度平面。在其他實施例中，可以利用此等速率或更高或更低速率實現額外的深度平面。此外，本揭示的實施例提供用於64個虛擬深度平面的深度調合及支援。在其他實施例中，可以實現大於或小於64個虛擬深度平面。支援線性及非線性調合模式，以及經由查找表進行調整。除了深度調合之外，提供縮放器支援，包括由於光學裝置而導致的深度平面失真/放大改變的尺度調整。

【0740】 關於水平/垂直平移支援，本文所述的實施例實現每層及每時框的H/V平移支援，以允許由於頭部移動及角膜位置的視差效應的改變。此外，實施例提供每一顏色及每層的透鏡失真校正。第一列時框更新允許第一列中每一時框的顯示資料與參數的改變以及時間戳記資訊的通訊。此外，提供垂直同步可視性，以允許往返量測及光子對光子量測。

【0741】 第100圖圖示沒有反射預防元件的接目鏡的耦入光柵處的光的反射。對於具有包括耦入光柵的波導的接目鏡，引導到耦入光柵的一些光將被發射到波導中，而一些光將被反射（例如，鏡面反射）。取決於耦入光柵中

的光柵的設計、製造及製造靈敏度，反射光可能無法完美地逆轉光的方向。在一些情況下，可能完全不會改變方向。因此，若多個元件存在於波導與繞射元件的堆疊中，則反射返回投影器的光可能包含一組混合偏光狀態。

【0742】 參照第100圖，圓形偏光的光（例如，RHCP）10010從接目鏡的耦入光柵10005反射，並藉由旋轉的橢圓返回狀態特徵化。若耦入光柵10005附接到波導，則可能存在狀態的混合（來自耦入光柵10005與波導），並可能處於狀態的混合佔主要的狀態。在僅考慮來自耦入光柵10005的反射的實例中，第一波長的反射光10020可以具有左向橢圓偏光狀態，其具有以負斜率傾斜的長軸。第二波長的反射光10030可以具有左向橢圓偏光狀態，其具有以正斜率傾斜的長軸。因此，耦入光柵10005的特徵值將輸入光的變換定義成隨著波長的函數而不同的預定橢圓偏光狀態。

【0743】 因此，本發明的實施例解決具有反射光的偏光狀態的耦入光柵10005的光柵結構（例如，閃耀光柵）的特徵值的影響。如第100圖所示，與僅翻轉輸入光的方向的平面反射表面相反，閃耀光柵將不同波長的輸入光轉換成預定橢圓偏光狀態。如第98圖所述，由於構成接目鏡的各種光學元件以及包括利用閃耀光柵的ICG的特性而導致的來自接目鏡的反射，反射光的偏光並不容易特徵化。相反地，反射光的偏光狀態可以藉由複雜的橢圓偏光而特徵化。

【0744】 第101A圖圖示根據一個實施例的使用假影預防元件的反射的阻擋。光係照射在假影預防元件10100上。在一個實施例中，在PBS（例如，PBS 9220）與投影器透鏡（例如，投影器透鏡9240）之間可以存在圓形偏光器（例如，圓形偏光器9510）。在此實施例中，如第101A圖所示，照射假影預防元件10100的光係經圓形偏光。由於圓形偏光的光10010照射在假影預防元件10100上，所以無色四分之一波片10112將圓形偏光的光10010轉換成線性偏光的光10011。無色四分之一波片10112將所有顏色轉換成線性偏光的光10111，以透過線性偏光器10114實現高透射效率。在另一實施例中，在PBS（例如，PBS 9220）與投影器透鏡（例如，投影器透鏡9240）之間可以不存在圓形偏光器（例如，圓形偏光器9510）。在此實施例中，照射在假影預防元件10100上的光係經線性偏光，而假影預防元件10100並不包括無色四分之一波片10112。線性偏光的光10111通過線性偏光器10114，並藉由第二四分之一波片10116轉換成橢圓偏光的光10118。第二四分之一波片10116（不需要為無色）利用預定的橢圓偏光輸出橢圓偏光的光10118。當顏色選擇部件10122隨著波長的函數旋轉偏光時，顏色選擇部件10122將橢圓偏光的光10118的各種波長特定分量轉換成不同的橢圓偏光狀態。換言之，顏色選擇部件10122藉由波長的函數的變化量來延遲相位。舉例而言，顏色選擇部件10122將第

一色帶的偏光狀態旋轉90度，而互補的第二色帶保持其輸入偏光狀態。示例性顏色選擇部件係為顏色選擇旋轉器。

【0745】 如第101A圖所示，第一波長的光10130從橢圓偏光的光10118轉換成向右的具有負斜率的長軸的橢圓偏光的光。第二波長的光10140從橢圓偏光的光10118轉換成向右的具有稍微正斜率的長軸的橢圓偏光的光。在來自耦入光柵10005的反射之後，第一波長的光10130係利用正斜率長軸（10132）進行向左的橢圓偏光，而第二波長的光10140係以稍微負的長軸（10142）進行向左的橢圓偏光。

【0746】 給定耦入光柵10005的特徵值，而確定從10130到10132的偏光狀態的轉換。因此，確定顏色選擇部件10122的特性，以提供給定橢圓偏光的光10118的期望偏光狀態10130。顏色選擇部件10122提供從橢圓偏光的光10118到第一/第二波長的光10130/10140的預定轉換，而使得在給定耦入光柵10005的特徵值以及由耦入光柵10005的反射產生的變換的情況下，反射偏光狀態（用於每一顏色）將轉換成與橢圓偏光的光10118匹配的橢圓偏光的光10120，但具有相反的方向。

【0747】 在通過顏色選擇部件10122之後，二個波長的光轉換成與橢圓偏光的光10118匹配（方向之外）的向左的圓形偏光的光的橢圓偏光的光10120。第二四分之一波片10116將橢圓偏光的光10120轉換成線性偏光

的光10113，線性偏光的光10113相對於線性偏光的光10111正交旋轉，而因此被線性偏光器10114阻擋。

【0748】 儘管為了解釋之目的已在第101A圖中論述橢圓的長軸的特定方向與旋轉角度，但是本揭示的實施例並不限於此等特定實施方案，其他方向與橢圓特性係包括在本揭示之範圍內。此外，儘管僅圖示兩種顏色，但是實施例係適用於特定應用的三或更多種顏色。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0749】 換言之，在從接目鏡（具體而言，耦入光柵10005）反射之後，光通過顏色選擇部件10122，並藉由第二四分之一波片10116轉換回到線性偏光的光。由於方向在反射時旋轉，所以線性偏光的光在上游通過時旋轉，並被線性偏光器10114阻擋，而藉此防止顯示面板上的鬼影圖像。

【0750】 第101B圖係為圖示根據一個實施例的減少光學系統中的假影的方法10150的流程圖。方法10150包括以下步驟：將藉由照明源產生的光束注入到偏光光束分離器（PBS）（10152），以及反射來自顯示面板的光束的空間定義部分（10154）。該方法10150亦包括以下步驟：在PBS的界面處，將光束的空間定義部分反射朝向投影器透鏡（10156），以及讓光束的空間定義部分的至少一部分通過投影器透鏡（10158）。

【0751】 該方法10150進一步包括以下步驟：藉由投影器透鏡在接目鏡的耦入光柵處形成圖像（10160），

以及藉由接目鏡的耦入光柵反射光束的空間定義部分的返回部分（10162）。該方法10150亦包括以下步驟：藉由第一光學元件讓光束的空間定義部分的返回部分傳遞到第二光學元件（10164）。第一光學元件可操作以將返回部分轉換成第一偏光（例如，圓形偏光）。第一光學元件可以包括顏色選擇部件。該方法10150進一步包括以下步驟：藉由第二光學元件讓光束的空間定義部分的返回部分傳遞到第三光學元件（10166）。第二光學元件可操作以將返回部分轉換成第二偏光（例如，線性偏光）。此外，該方法10150包括以下步驟：在第三光學元件處衰減與第二偏光相關聯的光束的空間定義部分的返回部分（10168）。

【0752】 應理解，第101B圖所示的具體步驟提供根據一個實施例的減少光學系統中的假影的特定方法。亦可以根據替代實施例來執行其他步驟序列。舉例而言，本揭示的替代實施例可以利用不同順序執行上述步驟。此外，第101B圖所示的單獨步驟可以包括多個子步驟，其可以利用適合於單獨步驟的各種順序執行。此外，可以取決於特定應用增加或移除附加步驟。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0753】 第102圖圖示根據另一實施例的使用假影預防元件10200的反射的阻擋。在此實施方案中，第二四分之一波片10116與顏色選擇部件10122的位置係以類似於可以互換操作順序的線性系統的方式切換。顏色選擇

部件10122隨著波長的函數將線性偏光的光10111轉換成不同的線性偏光10210與10220。隨後，如第101A圖所述，第二四分之一波片10116將此等不同的線性偏光轉換成所期望的偏光狀態10130/10140。第二四分之一波片10116將不同波長的反射的橢圓偏光的光轉換成線性偏光的光10212/10222，線性偏光的光10212/10222係與線性偏光的光10210/10220正交旋轉。如圖所示，如第101A圖所述實現類似的結果，反射光被線性偏光器10114阻擋。

【0754】 第103圖係為根據一個實施例的具有多個假影預防元件的投影器組件的示意圖。圓形偏光器10320（在此實施例中包括線性偏光器10321與無色波片10323）係位於PBS 10310與投影器透鏡10330之間，以阻擋或減少來自投影器透鏡10330的反射。第103圖所示的圓形偏光器10320亦可阻擋或減少來自耦入光柵10352的反射。在替代實施例中，圓形偏光器10320係位於投影器透鏡10330與接目鏡10350之間，以阻擋或減少來自耦入光柵10352的反射。若投影器透鏡10330具有足夠的抗反射塗層，則可以使用替代實施例。

【0755】 此外，第二假影預防元件10360係定位為相鄰於接目鏡10350（具體而言，接目鏡10350的耦入光柵10352）。第二假影預防元件10360阻擋或減少來自耦入光柵10352的反射。第二假影預防元件10360包括無色四分之一波片10361、線性偏光器10363、第二四

分之一波片10365及顏色選擇部件10367，如第101A圖所述，顏色選擇部件10367係匹配於與特定耦入光柵10352及相關聯波導（未圖示）相關聯的顏色。

【0756】 第104A圖係為圖示根據一個實施例的具有使用濾色器的假影預防的投影器組件的示意圖。第104A圖所示的投影器組件與第99A圖所示的投影器組件共享一些共同元件，而第99A圖中提供的描述在適合的情況下係適用於第104A圖的投影器組件。

【0757】 具有假影預防10400的投影器組件包括照明源9910，照明源9910可以是一組準直光束。照明源9910可以發射偏光的、非偏光的或部分偏光的光。在所示實施例中，照明源9910發射利用p偏光來偏光的光。對準第一光學元件9915（例如，預偏光器），以讓具有p偏光的光通過偏光光束分離器（PBS）9920。最初，光通過PBS 9920的界面9922，並照射空間光調制器（SLM）9930。在從SLM 9930反射並將偏光改變為s偏光之後，反射光從界面9922反射，並離開PBS 9920。所發射的光通過投影器透鏡9940，並在接目鏡（未圖示）的耦入光柵9950上成像。

【0758】 一組延遲器堆疊膜（RSF）濾波器10410、10412分別設置為相鄰於耦入光柵9950與耦入光柵9960。RSF濾波器10410與10412包括放置在偏光器之間的多層聚合物膜，以提供包括隨著波長的函數變化的光譜特性。第104C圖提供關於RSF濾波器的附加論述。

【0759】 如第104D圖所示，RSF濾波器可以是具有讓第一組波長通過的第一區域與讓第二組波長通過的第二區域的分離濾波器。在下游路徑中，引導朝向耦入光柵9950的光通過RSF濾波器10410，並照射到耦入光柵9950上。

【0760】 入射光的一部分將反射離開耦入光柵9950，並傳播返回朝向投影器組件。如第104A圖所示，儘管在耦入光柵9950上入射的光可以單一偏光(例如，s偏光)，但是從耦入光柵9950反射的光可以具有偏光的混合物（A*s+B*p）10402，其中A與B係為零與一之間的係數。反射光通過投影器透鏡9940，並且隨著傳播返回朝向PBS 9920而以偏光的混合物（C*s+D*p）10404出現，其中C與D係為零與一之間的係數。通常，由於投影器透鏡9940的特性，A>C且B>D。

【0761】 在適當地與界面的偏光（C*s）對準的上游路徑中的光10406係從界面9922、SLM 9930、界面9922反射，並通過投影器透鏡9940。在沒有RSF濾波器10410、10412的情況下，通過投影器透鏡9940的光（E*s）10408將在接目鏡的第二耦入光柵9960處成像。然而，RSF濾波器10412的存在衰減或消除第二耦接光柵10452處的圖像，而藉此減少或預防假影或鬼影圖像的形成。

【0762】 第104B圖係為圖示第104A圖所示的投影器組件的展開示意圖。來自照明源9910的光係藉由第一光

學元件9915進行準直，傳播通過PBS 9920，反射離開SLM 9930，而讓另一者通過PBS 9920，反射離開界面9922（未圖示），並通過投影器透鏡9940。下游路徑中的光通過RSF濾波器10410，並在耦入光柵9950處成像。

【0763】 反射光通過RSF濾波器10410，通過投影器透鏡9940，通過並進入PBS 9920，反射離開界面9922（未圖示），並反射離開SLM 9930。光通過並進入PBS 9920，反射離開界面9922，在下游路徑中傳播通過投影器透鏡9940，並被RSF濾波器10412阻擋或衰減。

【0764】 第104C圖係為根據一個實施例的用於青綠色與品紅色的濾色器的透射曲線圖。青綠色濾色器10410的透射值對於藍色與綠色波長為高（例如為接近100%或100%），並對於紅色波長較為減少（例如減少到接近零或零）。相反地，品紅色濾光器10412的透射值對於藍色波長為高（例如為接近100%或100%），對於綠色波長較為減少（例如減少到接近零或零），並對於紅色波長為高（例如為接近100%或100%）。

【0765】 第104D圖係為圖示根據一個實施例的濾色器與次瞳孔的空間佈置的示意圖。如第104D圖所示，預期用於綠色耦入光柵10470的光將在紅色耦入光柵10472處顯示為假影，紅色耦入光柵10472係相對於光軸而設置為與綠色耦入光柵10470相對。類似地，預期用於綠色耦入光柵10474的光將在紅色耦入光柵10476

處顯示為假影，紅色耦入光柵10476係相對於光軸而設置為與綠色耦入光柵10474相對。由於青綠色濾光器10410對於綠色波長具有高透射率，所以在從投影器透鏡到接目鏡的初始通過期間，預期用於綠色耦入光柵10470的光將通過青綠色濾光器10410。然而，假影將被對於綠色波長具有低透射率的品紅色濾光器10412阻擋或衰減。因此，預期用於綠色耦入光柵10470的光將通過，但是會照射在紅色耦入光柵10472上的相關聯假影將被阻擋或衰減。類似的論述係適用於包括綠色耦入光柵10474與紅色耦入光柵10476的配對。

【0766】 考慮預期用於紅色耦入光柵10472的光，品紅色濾光器10412將通過所預期的光，而假影將被青綠色濾光器10410阻擋。因為利用吸收處理並且能夠客製化截止波長以改善色彩平衡及增加產量，使用RSF濾波器的本揭示的實施例減少反射。此外，一些實施例保留遞送到耦入光柵的光的偏光（較佳為線性偏光），以最大程度地將光耦接到耦入光柵中。在一些實施例中，第104D圖中的六個次瞳孔（紅色耦入光柵10476與10472、綠色耦入10470與10474，及藍色耦入光柵10480與10482）可以位於相同平面（例如，耦入光柵平面10484）上或附近。耦入光柵平面可以位於接目鏡的平面上。RSF濾光器、青綠色濾光器10410及品紅色濾光器10412可以位於投影器透鏡與耦入光柵平面10484之間的平面上。

【0767】 第104E圖係為圖示根據一個實施例的減少光學系統中的假影的方法10450的流程圖。方法10450包括以下步驟：將藉由照明源產生的光束注入到偏光光束分離器（PBS）（10452），以及反射來自顯示面板的光束的空間定義部分（10454）。該方法10450亦包括以下步驟：在PBS的界面處，將光束的空間定義部分反射朝向投影器透鏡（10456），以及讓光束的空間定義部分的至少一部分通過投影器透鏡（10458）。

【0768】 該方法10450進一步包括以下步驟：讓光束的空間定義部分的至少一部分通過RSF濾波器的第一區域（10460），並藉由投影器透鏡在接目鏡的耦入光柵處形成圖像（10462），以及藉由接目鏡的耦入光柵反射光束的空間定義部分的返回部分（10464）。該方法10450亦包括以下步驟：在RSF濾波器的第二區域處衰減返回部分的至少一部分（10468）。

【0769】 應理解，第104E圖所示的具體步驟提供根據一個實施例的減少光學系統中的假影的特定方法。亦可以根據替代實施例來執行其他步驟序列。舉例而言，本揭示的替代實施例可以利用不同順序執行上述步驟。此外，第104E圖所示的單獨步驟可以包括多個子步驟，其可以利用適合於單獨步驟的各種順序執行。此外，可以取決於特定應用增加或移除附加步驟。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0770】 第105圖係為圖示根據一個實施例的濾色器系統10500的示意圖。如第105圖所示，濾色器系統10500包括外罩玻璃10510（可包括防反射塗層）、線性偏光器10512、雙色RSF濾波器10410/10412及雙偏光器10516。線性偏光器10512係對準以通過從PBS 9920與透鏡9940接收的第一偏光（例如s偏光的光）。第104C圖與第104D圖更詳細地描述雙濾色器10514。雙偏光器10516包括第一區域10517與第二區域10518。第一區域10517係設置為相鄰於青綠色濾光器10410，並讓第一偏光的光（例如，s偏光的光）通過。第二區域10518係設置為相鄰於品紅色濾光器10412，並讓與第一偏光正交的第二偏光的光（例如，p偏光的光）通過。如第105圖所示，通過青綠色濾光器10410的光將亦通過第一區域10517，以達到綠色耦入光柵10470、10474與藍色耦入光柵10480。通過品紅色濾光器10412的光將亦通過第二區域10518，以達到紅色耦入光柵10472、10476與藍色耦入光柵10482。

【0771】 在一些實施例中，例如第89圖與第90圖所示，使用次瞳孔在空間上橫向（例如，在x、y方向上）以及縱向（例如，在z方向上）分離的多瞳孔系統。在其他實施例中，如第109圖所示，使用單一瞳孔系統。第109圖係為圖示根據一個實施例的包括投影器組件與接目鏡的單一瞳孔系統的示意圖。假影預防元件10100係圖示為設置在投影器透鏡10930與接目鏡10910之間。

【0772】 如第109圖所示，瞳孔橫向（例如，在x、y方向上）重疊，並且只在空間上縱向（例如，在z方向上）分離。投影器透鏡10930將光引導朝向接目鏡10910，在此實例中包括分別用於紅色、綠色及藍色波長的三個波導層10920、10922、10924。應理解，其他順序係包括在本揭示的範圍內，包括綠色、藍色、紅色。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。用於每一波導層的耦入光柵在平行於波導平面的方向上重疊，而導致單一瞳孔系統。該領域具有通常知識者應理解，當光移動通過波導時，光的聚焦並不會縮放。

【0773】 因此，本文所述的本揭示的實施例係適用於多瞳孔與單一瞳孔系統二者。在瞳孔橫向重疊的實施例中，當光傳播通過光學系統而朝向接目鏡時，本文所述的假影預防系統將減少或消除此等單一瞳孔系統的假影。因此，本揭示的實施例可應用於單一瞳孔及多瞳孔系統。

【0774】 儘管本揭示的實施例已經描述利用顯示面板的投影顯示系統，但是本揭示的實施例並不限於此等特定的投影顯示系統，並且適用於利用纖維掃描器作為投影器的部件的纖維掃描系統。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0775】 在一些實施例中，可以藉由光源設計影響藉由投影器組件收集及利用由光源（例如，LED源）發射的光的收集效率。更特定言之，對於一些LED光源而言，

將準直光學裝置儘可能靠近LED光源的發射平面放置是有益的。

【0776】 第106圖係為圖示根據一個實施例的引線接合LED的示意圖。引線接合LED封裝10600包括可與金屬反射器10620整合的藍寶石基板10610。GaN LED 10630在發射表面的一部分上設置透明電極10640，而引線接合10650在另一部分上附接到接合盤10660。圖示通過藍寶石基板10610的散熱10670以及通過透明電極10640的光發射10690。由LED發射的光的一部分照射到引線接合10650及/或引線接合所接合的接合盤10660，並被引線接合10650及/或引線接合所接合的接合盤10660阻擋10680，而隨著引線接合遮蔽照明表面產生不均勻的照明圖案。除了不均勻的照明之外，回應於投影器組件的移動，引線接合結構可以呈現與引線接合的潛在運動/振動相關聯的可靠性問題。此外，環境劣化也是一個問題。儘管引線接合的包覆可以阻止運動/振動，但也可能不利地影響所發射的光的強度。

【0777】 第107圖係為圖示根據一個實施例的倒裝晶片接合LED 10700的示意圖。在此實施方案中，GaN LED 10710係設置在反射結構10720（可以是銀反射器）上，並利用藍寶石蓋10730密封。圖示通過基板10750的散熱10740以及通過藍寶石蓋10730的光發射。相較於引線接合結構，倒裝晶片幾何形狀讓光學裝置（包括準直或光束成形光學裝置(例如複合拋物線聚光器

（CPC））能夠更靠近發射表面放置，而藉此增加光收集效率及系統亮度。如第107圖所示安裝的倒裝晶片LED適合用於第88圖所示的位移光源。

【0778】 第108圖係為圖示根據本文所述的實施例的與拋物線光束擴展器整合的LED的示意圖。如第108圖所示，倒裝晶片接合LED 10810係定位在用於光束擴展器配置中的CPC 10820的入口孔隙10822處。來自LED的光係藉由偏離的光束輪廓（藉由CPC 10820收集及擴展）而特徵化。因此，由於移除引線接合以及將CPC定位在更靠近LED封裝的發射表面的位置處的能力，如第107圖所示結合使用CPC 10820與倒裝晶片LED設計改善了LED的發光效率。

【0779】 第110A圖至第110B圖圖示光學裝置11000的透視圖。第110A圖圖示完全組裝狀態的光學裝置11000。光學裝置11000定義二個開口，在二個開口內二個接目鏡11001可以相對於彼此以及相對於光學裝置11000的其他部件精確配合。為了實現此一點，使用剛性內部框架來維持精確的配合。隨後，內部框架可以耦接到更具可撓性的前帶11004，而有助於將光學裝置11000固定到使用者的頭部。

【0780】 第110B圖圖示光學裝置11000的選擇部件的分解圖。該領域具有通常知識者將理解，為了理解本發明之目的，任何特定部件的附加部件及/或替代位置當然是可能的，但並非必需。光學裝置11000係圖示為具有

臂11002，經配置以延伸經過使用者的耳朵，並且至少部分圍繞使用者的頭部纏繞。應理解，在一些實施例中，類似於光學裝置11000的光學裝置可以具有更多習知的臂或鏡腳11002。如圖所示，臂11002與前帶11004配合，以將光學裝置11000固定到使用者的頭部。前帶11004可以由能夠變形的材料形成，而使得前帶11004能夠至少部分地符合使用者的臉部，而不會使光學框架11008變形。散熱器11006可用於在前帶11004與光學框架11008之間形成牢固的熱界面。散熱器11006可以建立牢固的導熱路徑，以將安裝到光學框架11008的電子部件所產生的熱轉移到前帶11004。以此方式，前帶11004（可以由鋁合金形成）可以作為吸熱設備，以接收由光學裝置11000的至少一些電子部件所產生的熱。

【0781】 第110B圖亦圖示投影器11010以及相對於光學框架11008的位置，但是投影器11010的其他配置是可能的。舉例而言，投影器11010可以定位於接目鏡11001之間。光學框架11008可以由比用於形成更具可撓性的前帶11004的材料更強健且具有更高彈性模量的材料製成，而使得在一些實施例中，外部因素可能使前帶11004變形，而不會使光學框架11008變形。在此類實施例中，前帶11004可以隨著吸收此等外部因素（例如溫度效應或負載效應）而特徵化，以保持光學框架11008的材料狀態及其所容納部件的穩定性。舉例而言，前帶11004可以由經加工的鋁合金形成，而光學框架11008

可以由鎂或鈦合金形成。在一些實施例中，前帶11004可以耦接到二個臂11002，並附接到光學框架11008的中心區域。為了此理由，施加到前帶11004或臂11002的任何對稱力可以導致光學框架11008很少或不會變形。此配置基本上允許光學框架11008漂浮在前帶11004及臂11002內，並由前帶11004及臂11002保護。

【0782】 第110B圖的分解圖亦圖示投影器11010，其固定到光學框架11008，並配置為通過由接目鏡11001佔據的眼睛開口中之每一者投影圖像。感測器外罩11012可以與光學框架11008耦接，並配置成覆蓋分佈在觀看光學裝置11012周圍或附近的感測器。感測器外罩11012可以由與前帶11004不同類型的材料構成。在一些實施例中，感測器外罩11012可以由聚合物或具有低熱膨脹係數的另一材料形成，而不會因為從光學框架11008接收的任何熱而出現實質變形。在一些實施例中，感測器外罩11012可以與前帶11004實際上分離一間隙，以避免過度加熱感測器外罩11012。儘管其餘圖式中之每一者將圖示多框架實施例，但是應注意，具有單一框架的實施例亦是可能的。代替具有可變形的前帶，剛性光學框架11008可以具有可撓性地耦接到一對臂。臂可以是鉸鏈式及/或包括彈簧及/或軌道，以用於將臂更遠地移動到使用者的頭部，而不會彎曲剛性光學框架。以此方式，可以避免單一框架的扭曲，而不用使用分離的前帶。

【0783】 第110C圖圖示具有附接到其上的多個電子部件的光學框架11008的透視圖。電子部件包括固定到光學框架11008的橋接區域的中心印刷電路板（PCB）11014。在一些實施例中，中心PCB 11014可以包括經配置以執行用於操作光學裝置11000的指令的一或更多個處理器。舉例而言，處理器可以經配置以將指令提供到投影器11010。許多其他電子裝置亦可以耦接到光學框架11008。更特定言之，因為在光學裝置11000的操作期間光學框架11008的剛性能夠維持感測器與其他感測器或接目鏡11001精確對準的位置，感測器可以受益於耦接到光學框架11008。感測器可以包括但不限於深度感測器11016、前向的世界相機11018、橫向的世界相機11020及照片相機11022。在一些實施例中，世界相機係為向外觀看視訊相機，經配置以幫助特徵化光學裝置11000的使用者周圍的區域，而使得透過接目鏡11001投影的擴增實境圖像可以更真實地顯示，並在一些情況下與周圍的真實世界相互作用。因此，特徵化外部世界的感測器的任何未對準可能導致由投影器11010所投影的擴增實境圖像明顯地平移出相對於對應真實世界物件的位置。此外，在使用期間，接目鏡11001彼此之間的前後搖動、左右搖動或滾動的任何改變可能嚴重地降低雙目校準，而導致嚴重的成像問題。

【0784】 在一些實施例中，各種溫度感測器與應變感測器可以分佈在光學框架11008、前帶11004及/或臂

11002上。溫度及應變感測器可以配置為承載多種功能。舉例而言，溫度感測器可以經配置以在光學裝置11000超過預定溫度舒適等級時觸發警告。此外，應變感測器及溫度感測器都可以配置成確定一或更多個感測器何時被平移出對準。舉例而言，PCB 11014上的處理器可以包括指示針對給定溫度變化而期望熱膨脹或收縮為多少的查找表。在一些實施例中，當溫度或應變讀數確實指示在對準條件之外時，可以引導投影器11010以調整訊號輸出，或者在一些情況下臨時重新校正光學裝置11000，以適應平移。

【0785】 一個常見的情況係為在可穿戴裝置已經停止使用足夠長的時間而冷卻到室溫之後，在可穿戴裝置的啟動期間通常會發生大的溫度改變。考慮到大的溫度改變的一個方式係為將投影器配置成平移其內容以適應投影器的輸出，以解決啟動期間以及在電子裝置有機會將裝置的溫度提高到與正常操作相關聯的穩態溫度之前存在於框架中的實質上較冷的溫度。在一些實施例中，啟動時的溫度改變可以夠大，而造成剛性框架的變形，並導致投影器與剛性框架之間的對準問題。由於剛性框架固定投影器的區域可以包括與繞射光學裝置相關聯的輸入耦接光柵，而將由投影器發射的光重新定向成朝向使用者眼睛，所導致的投影器與輸入耦接光柵之間的未對準可能造成正在呈現的圖像實質失真。因此，可以由於變形而平移投影器的內容輸出。隨著溫度接近穩態，可以降低溫度感測器取樣

頻率。在一些實施例中，當可穿戴裝置處於大量使用或是可以預期溫度增加到高於可穿戴裝置的正常穩態溫度的任何時間時，可以增加溫度感測器取樣頻率。

【0786】 其他電子部件亦描述於第110C圖中。舉例而言，一些電路板與可撓性電路係描述為從光學框架11008的每一側延伸，並佈置成配合由臂11002的各別者所定義的內部體積內。

【0787】 如第110D圖所示，在光學裝置11000的使用期間，熱可以藉由散熱器11006從PCB 11014消散。散熱器11006能夠將耦接到光學框架11008的各種電子裝置所發射的熱傳導到前帶11004。散熱器11006可以由具有特別高導熱性的材料片形成。在一些實施例中，可以使用熱解石墨片（PGS），而由於其優異的平面內傳熱特性，可以特別有效率地散熱。由高導熱性材料形成的其他材料亦是可能的。第110D圖亦圖示包括各種開口的感測器外罩11012，前向觀看感測器可以透過開口監測使用者視線中的物件。舉例而言，開口11024與11026可以經配置以允許深度感測器11016與前向世界相機11018特徵化感測器外罩11012前方的視野。當感測器外罩11012直接耦接到光學框架11008時，用於接收安裝到光學框架11008上的部件所產生的大部分熱的前帶11004的任何熱誘導膨脹或收縮都可能對感測器外罩11012具有最小影響。

【0788】 第110E圖圖示光學框架11008的透視圖。更特定地，以全視圖描繪投影器11010以及接目鏡11001。接目鏡11001與投影器11010形成光學裝置11000的顯示組件的至少一部分。接目鏡11001經配置以從投影器11010接收光，並將由投影器11010所發射的圖像重新引導到光學裝置11000的使用者的眼睛中。

【0789】 第111A圖至第111D圖顯示熱如何沿著光學裝置11000散開。第111A圖圖示投影器11010的較後部分與周圍電路的透視圖。更特定言之，散熱器11102的一端係圖示為固定在投影器11010的背向表面上。以此方式定位，散熱器11102經配置以從投影器11010的光源接收熱。散熱器11102可以採用熱解石墨片的形式，而位於投影器11010下方，隨後沿著光學裝置11000的帶或鏡腳的內部表面佈置（參見下面的第111C圖的描述）。當散熱器11102係由導電材料形成時，投影器11010可以藉由電絕緣圓盤11104與散熱器11102電絕緣。在一些實施例中，電絕緣圓盤11104可以由氮化鋁或具有良好導熱性的其他電絕緣材料形成。

【0790】 第111B圖圖示投影器11010的較後部分與周圍電路的另一透視圖。更特定言之，散熱器11106的第一端係圖示並定位成接收由位於投影器11010頂部的驅動器板以及投影器11010的光源所產生的熱。隨後，散熱器11106的第二端係沿著臂11002（未圖示）相對於散熱器11102的相反側佈置。以此方式，臂11002的

內側及外側可用於分配由投影器11010產生的熱。以此方式，臂11002亦可以作為接收及分配由光學裝置11000產生的熱的吸熱設備。

【0791】 第111C圖圖示光學裝置11000的一側的透視圖。更特定言之，此視圖圖示散熱器11102如何延伸臂的長度。以此方式，實質上整個臂11002可以作為吸收由光學裝置11000的部件（例如投影器11010）所產生的熱的吸熱設備。

【0792】 第111D圖圖示光學裝置11000的前透視圖。傳導層11108係圖示為重疊在PCB 11014的表面上，並配置成將熱從分佈在PCB 11014上的各種熱產生部件轉移到散熱器11006，而如上所述將熱分配於前帶11004上。在一些實施例中，可以藉由橡膠墊片至少部分熱隔離前帶11004與臂11002，而使得臂內的散熱主要限制於從投影器11010接收的熱，而前帶11004負責耗散由光學裝置11000的其他電子部件所產生的其餘的熱。應注意，隨著橡膠墊圈的加熱，熱可以在臂11002與帶11004之間更容易地轉移。在一些實施例中，可以藉由各種傳熱部件在前帶11004與臂11002之間建立傳熱路徑。舉例而言，可以使用類似於散熱器11102的熱管或附加散熱器以重新分配受到大量熱負荷的光學裝置11000的部分的熱。在一些實施例中，將熱直接轉移到臂11002可以較佳地將熱散發到前帶11004，特別是當臂11002所包括的電子部件比附接到光學框架11008的

電子部件更不容易受到熱損傷時。所論述的各種傳熱機構可配置為耗散約7W的總功率輸出。

【0793】 第111E圖至第111G圖圖示利用相對於先前實施例所示的被動對流的強制對流的散熱系統的透視圖與側剖視圖。第111E圖圖示經配置以將熱從安裝在PCB 11014上的各種熱產生部件11168（參見第111G圖）吸走的散熱系統11150。熱產生部件11162可以包括例如電子部件（例如邏輯晶片），並可以涉及電腦視覺或其他高需求及高功率處理。為了防止熱產生部件11168的過熱，第一散熱器11152可以熱耦接到一或更多個熱產生部件11168。在一些實施例中，熱界面11170（參見第111G圖）（例如金屬遮蔽或熱黏合劑）可以設置在熱產生部件11162與第一散熱器11152之間，以促進更有效的熱轉移。亦可以使用該領域已知的其他類型的熱界面或傳導層，並且可以結合使用各種熱界面。

【0794】 由於散熱系統11150的部分上的溫度梯度的存在，來自熱產生部件11162的熱藉由傳導跨越熱界面11164移動到第一散熱器11152。可以使用熱管11154，以促使來自第一散熱器11152的熱傳導到位於熱管11154的相對端的第二散熱器11156。當熱管11154的暴露金屬部分或其他傳導材料部分藉由熱黏合劑熱耦接到第一散熱器11152時，可以將熱從第一散熱器11152引導到熱管11154中。熱管11154可以包括內部毛細結構，其將來自熱管11154與第一散熱器11152

之間的熱界面的工作流體循環到熱管11154的端部之間的熱界面（其中熱管11154係與第二散熱器11156接合）。第二散熱器11156可以類似地在熱管11154的相對端處熱耦接到熱管11154。第二散熱器11156可以熱耦接到吸熱設備或強制對流裝置（例如風扇11158）。在一些實施例中，散熱器11156可以包括散熱片的陣列，以增加風扇11158強制冷卻空氣的有效表面區域。

【0795】 第111F圖圖示合併到可穿戴裝置11160的散熱系統11150的透視圖。已移除頭戴式臂11102的向內的壁，以顯示頭戴式臂11102內的簡化內部視圖。在一些實施例中，如第111F圖所示，可以通過由頭戴式臂11102定義的通風口11164而將冷卻空氣11162拉入頭戴式臂11102。當頭戴式臂的端部包括附加的出風口時，一旦冷卻空氣11162從第二散熱器11156對流散熱，則冷卻空氣11162可以行進到頭戴式臂11102的端部。以此方式，可以透過頭戴式臂11102建立牢固的空氣流動，而讓被加熱的冷卻空氣具有牢固的離開頭戴式臂11102的路線。在其他實施例中，通風口11160可替代地提供用於讓被加熱的空氣離開頭戴式臂11102的排氣路線。

【0796】 在一些實施例中，熱管11154可以由可撓性材料（例如聚合物材料）製成。可撓性熱管材料可以經配置以吸收系統中的機械應變或振動，而讓最小或零負載轉移到熱產生部件11162或轉移到耦接到PCB11014或前

帶11004的其他部件。所示的熱管11154具有扁平的橫截面；然而，可以使用任何其他橫截面形狀（例如圓形、球形、橢圓形或細長形）來促進熱轉移及應變減輕。在一些實施例中，熱管的部分上的橫截面形狀或尺寸可以變化，以實現期望的熱轉移特性。

【0797】 讓熱管11154固定到前帶11004的定位點11166（可以採用緊固件的形式）可以配置成容納熱管11154的撓曲。舉例而言，可能期望最小化定位點11166的數量，以避免過度約束熱管11154。允許熱管11154回應於應變而撓曲可能減少轉移到電子部件的負載。除了定位點的數量之外，亦可以考慮定位點的位置。舉例而言，沿著熱管11154將定位點放置在回應於預期的框架負載條件而可能發生最小撓曲的位置可能是有利的。沿著框架的最剛性部分佈置熱管11154亦可能是有利的，以進一步減少對框架邊上的靈敏部件的力矩負載。此外，服務迴路11167（採取U形彎曲形式）可以佈置在熱管11154中，以最小化由於頭戴式臂相對於前帶11004彎曲及撓曲而產生的應力的任何傳輸。應注意，儘管圖示將熱分配到二個頭戴式臂11102的雙風扇實施例，但是應理解，在一些實施例中，熱管11156僅能延伸到頭戴式臂11102中之一者。

【0798】 第111G圖圖示熱分配系統11150的側視圖，並特定圖示熱管11152如何藉由熱界面11170與散熱器11152而熱接觸熱產生部件11168與PCB

11014。以此方式，熱管11154能夠有效地從熱產生部件11168卸載熱，而允許可穿戴裝置11160的更高效能。

【0799】 第112A圖圖示描繪熱從PCB 11014通過傳導層11108到散熱器11006的轉移的橫截面圖。傳導層11108可以由設置在聚對苯二甲酸乙二酯（PET）袋內的半密封材料形成。半密封材料係為具有非常低的接觸熱阻的熱塑性樹脂，並能夠變形以適應複雜的幾何形狀。傳導層11108填充散熱器11006與PCB 11014之間的任何間隙（由於安裝到PCB 11014的不同電子部件的不同高度而導致）。以此方式，熱傳導層11108產生牢固的熱轉移路徑，以用於有效地從安裝到PCB 11014的每一晶片與PCB 11014本身移除熱。第112A圖亦圖示傳導層11108的表面如何定義用於適應沿著PCB 11014佈置的各種形狀的電子部件的區域。第112B圖圖示一個特定類型的傳導層11108的各種厚度的材料特性。

【0800】 第113A圖至第113D圖圖示覆蓋在光學裝置11000的部件上的各種熱圖。熱圖識別在光學裝置11000的操作期間具有較高熱負載的區域。將熱圖編碼，而使得較淺的顏色係對應於較高的溫度。在每一熱圖上的側邊圖示用於識別每一指示區域的攝氏度數的範圍的圖例。在環境溫度為攝氏30度的室內分析熱負載。第113A圖至第113B圖圖示光學框架11008的熱圖。第113A圖圖示光學框架11008，並圖示光學框架11008的中心處的熱負載最強。此主要是由於PCB 11014所產

生的熱而造成。在第113B圖中，使用熱圖將光學框架11008與PCB 11014特徵化，以識別光學框架11008與PCB 11014內的熱分配。PCB 11014的最熱部分通常對應於可以包括一或更多個處理器的C形區域11301。應理解，儘管本文描述熱的特定分配，但是光學裝置11000的熱分配可以根據不同的使用類型、使用持續時間及其他環境因素而改變。

【0801】 如第113A圖至第113B圖所示的光學框架11008內的熱分配可以利用許多方式來控制。在一些實施例中，光學框架11008的厚度可以變化。舉例而言，可以增厚通常受到高於平均熱負載量的光學框架11008的部分，以增加光學框架11008的此部分吸收及消散熱的能力。在一些實施例中，因為可以減少光學框架11008與前帶11004之間的任何空氣間隙的尺寸，所以光學框架11008的增厚部分亦是有益的。亦可以在圍繞熱靈敏部件的光學框架11008的區域上進行此等類型的調整，而使得熱靈敏部件可以操作更長的時間週期，而不必進入減少功能的過熱保護模式。在一些實施例中，光學框架11008可以採用結合不同材料的熱分配系統的形式，而有助於在框架上讓熱擴散。舉例而言，由於銅合金具有實質上大於大部分鎂或鈦合金的導熱率，利用銅合金或另一高導熱材料鍍覆光學框架11008的外部表面亦可以有助於更均勻地分配熱。在一些實施例中，熱解石墨片可以黏附到光學框架11008的兩側，以在光學框架11008上更

均勻地分配熱。其他解決方案可能涉及將導熱複合物（如AlSiC）結合到光學框架11008。AlSiC的一個優點係為可以調整其合金，而使其熱膨脹特性可以匹配於其他材料的熱。

【0802】 第113C圖至第113D圖圖示將前帶11004的前與後表面的熱分配特徵化的熱圖。第113C圖圖示前帶11004的橋接區域11302如何僅達到約攝氏65度的溫度，其實質上低於與光學框架11004的部分相關聯的90度以上的溫度。第113D圖圖示前帶11004可以保持比光學框架11008更冷卻多少。由於光學裝置11000的使用者最可能與前帶11004與臂11002的部分直接接觸，所以此大量降低溫度對於使用者的舒適度及光學裝置11000的長時間使用而言相當重要。此特定圖示亦圖示前帶11004如何藉由結構構件11304耦接到光學框架11008，結構構件11304係圖示為圓柱形突起。結構構件11304可以採取任何合適的機械連接器的形式。舉例而言，突起可以採用凸起結構的形式來接收螺釘。結構構件11304的中心位置防止任何實質的彎曲力矩轉移到光學框架11008，而藉此允許前帶11004在與臂11002的互連附近彎曲及撓曲，而實質上不會影響光學框架11008。

【0803】 第114A圖圖示光學裝置14000的透視圖。光學裝置14000具有臂14002，臂14002經配置以沿著箭頭14003的方向旋轉，以適應具有較大頭部的使用者，

而臂14004可以固定地耦接到前帶14006。第140B圖至第140C圖圖示光學裝置14000的頂部透視圖與頂視圖。第140B圖圖示光學裝置14000的哪個部分具有最大變形的覆蓋圖。藉由限制臂14002的變形，當使用光學裝置14000時，臂14004相對於前帶14006的位置可以實質上保持不變。在一些實施例中，此類型的配置可以允許將各種光學感測器整合到臂14004中，而不需要擔心由於臂撓曲而導致的該感測器的定向的實質平移。第140C圖圖示光學裝置14000的頂視圖以及臂14002的運動範圍。第140D圖係提供以用於與第140B圖進行比較，並圖示當允許二個臂14002與14004彎曲及/或撓曲時產生多少相對運動。

*光柵結構*

【0804】 一些實施例可以使用奈米光柵接目鏡層（例如，ICG、OPE及/或EPE），以將圖像傳遞到觀看者的眼睛。第115圖係為描述根據本發明的一些實施例的觀看光學組件的接目鏡的最佳化的簡化圖。該圖圖示多級階段式EPE 11500，相較於二元「頂帽」結構具有增加的繞射效率。在一些實施例中，階段式結構包括類似於鋸齒結構的閃耀光柵。在一些實施例中，該結構結合與二元光柵及閃耀光柵相關聯的特徵。二元光柵在二個方向上相等地繞射光。閃耀光柵可能會破壞接目鏡的對稱，所以光沿著所期望方向行進，而增加效率及整體亮度。第115圖所示的多級階段式結構減少向外朝向世界(與觀看者的眼睛相

對）行進的光，而由於其選擇性，抑制從現實世界到接目鏡的光耦接。

【0805】 亦可以藉由調整空間的蝕刻深度而增加EPE光柵結構的繞射效率、亮度及一致性。因此，可以實現圖像的良好一致性。此外，藉由對實際上將要到達瞳孔的光進行優先排序，可以增加接目鏡的效率。亦可以藉由更好地匹配放置在接目鏡結構中的玻璃基板的頂部上的光抗蝕劑來實現效率的增加。通常，可以增加抗蝕劑的折射率，以匹配基板的高n，而因為沒有來自抗蝕劑的界面的反射而導致更好的效率。

【0806】 儘管係描述為針對EPE，但是預期本文所述的最佳化的光柵結構可以類似地實現於OPE及/或ICG上。舉例而言，亦可以藉由最小化光必須反彈的機會，而減少ICG中的反彈解耦來增加效率。

*接目鏡層的特性*

【0807】 可以根據本發明的一些實施例而變化觀看光學組件的接目鏡的基板特性。在一些實施例中，可以使用具有非常低的粗糙度及低總厚度變化（TTV）的非常平坦的玻璃基板。低粗糙度可以使散射最小化，而因此維持圖像對比度。低TTV可以允許具有OPE抖動的預測效能（在本文進一步描述）。低TTV亦可以減少需要在具有計算的軟體中校正的虛擬圖像失真及解析度損失費用。

【0808】 在一些實施例中，接目鏡層（包括基板）的厚度亦可最佳化。舉例而言，在一個實施例中，每一接目鏡

層的厚度可以在300至340um之間。足夠的耦出射線取樣可以提供人類眼睛所需的密度。此外，接目鏡層的厚度可以減少接目鏡的彈跳總數。足夠的完全內部反射(TIR)彈跳間隔(以及足夠的耦出射線間隔)可能以在觀看者的瞳孔內建立一致的光分配。此外，接目鏡層的厚度可能影響接目鏡的剛性。

【0809】 第116A圖係為圖示根據一些實施例的EPE的圓頂頂點的場域失真的總厚度變化(TTV)影響的圖。第116B圖係為圖示根據一些實施例的平板基板的場域失真的TTV影響的圖。第116C圖係為圖示根據一些實施例的所量測的TTV的圖。

*閃耀光柵的製造處理*

【0810】 在一些實施例中，製造處理可以用於在輸入耦接光柵(ICG)上實現光柵。儘管係描述為針對ICG，但是預期類似的方法可用於在OPE及/或EPE上實現類似的光柵。在一些實施例中，組合閃耀及二元光柵係用於ICG。舉例而言，3-1-1切割矽晶圓可以用於濕蝕刻處理，以用於產生燄形。在其他實例中，可以使用離子光束研磨，及/或具有二元階梯步進式輪廓的分段的燄形輪廓。

【0811】 第117A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的閃耀光柵結構的製造處理的簡化圖。本文所述的閃耀光柵結構可以用於例如ICG、OPE及/或EPE。如第117A圖所示，可以在一角度下將矽晶圓或其他合適的材料切片，隨後利用蝕刻遮罩(例如，$SiO_2$)沉積。隨後可以

例如利用KOH蝕刻晶圓。由於在一角度下將晶圓切片，而所發生的各向異性蝕刻導致矽晶圓中的閃耀光柵（例如，在一個實例中，矽晶圓中的三角形開口具有70.5度的開口）。第117B圖圖示說明根據本發明的一些實施例的例如藉由第117A圖的處理而產生的例如用於ICG的閃耀光柵的照片。如第117B圖所示，可以部分藉由所刻蝕的基板的晶體確定與光柵相關聯的角度，例如，具有一個表面相對於基板表面30度傾斜的70.5度的角度的閃耀光柵。在一些實施例中，<211>及/或<311>晶面係用於例如矽基板，而藉此讓可用基板的數量能夠增加。

【0812】 第117C圖係為根據本發明的一些實施例的比較三角形光柵結構與閃耀光柵結構的製造處理的簡化圖。如圖所示，在二個處理中，基板及蝕刻遮罩開始於11701C。若在蝕刻之前並未將晶圓切片，則將以三角形方式刻蝕晶圓，如11702C所示。若在蝕刻之前將晶圓切片，則將利用閃耀光柵刻蝕晶圓，如11703C所示。因此，以預定角度將基板切片導致矽基板的<111>平面相對於基板表面以45度以外的角度成角度，而導致閃耀光柵結構。

【0813】 第117D圖係為圖示根據本發明的一些實施例的比較尖頂ICG結構11720D與平頂ICG結構11710D的簡化圖。閃耀ICG平均提供約50%的一階輸入耦接效率，而二元ICG提供約20%。此外，相對於如尖頂ICG結構11720D所示的具有尖銳頂部的真實燄

型，平頂ICG結構4410給出更高的一階繞射效率。儘管在一些實施例中係描述關於ICG的閃耀光柵，但是本發明的實施例亦可應用於包括EPE與OPE的其他繞射結構。該領域具有通常知識者將理解許多變化、修改及替代。

【0814】 第118圖係為圖示根據本發明的一些實施例的閃耀光柵結構的製造處理的簡化處理流程圖。第118圖圖示製造受控及最佳化幾何形狀以在矽基板中實現高效率波導裝置模板所涉及的步驟。在一個實施例中，矽基板可以是離軸切割的矽。舉例而言，此模板可以用於製造ICG、OPE及/或EPE。

【0815】 第118圖的製造方法能夠利用針對每一單獨場的預定（例如，最佳化）奈米或微米結構圖案化波導裝置的不同部件（亦即，場域），而實現任何大或小的晶圓尺度格式的裝置的高效率。製造方法組合使用濕式及乾式電漿蝕刻步驟，以將各種奈米及微米圖案（例如正方形、矩形或閃耀光柵）圖案轉移到期望的基板或材料層。犧牲虛擬場(具有相同臨界尺寸及更大節距或是具有相同節距及更小臨界尺寸)的包含及使用改善濕式及乾式處理中的臨界蝕刻時間的精確度。控制頂部平坦臨界尺寸的此態樣係為控制閃耀光柵深度以避免光捕捉的方式，並且為了實現波導圖案的預定（例如，最大）量的效率而被完成。隨後，所蝕刻的基板可以作為在裝置製造處理中使用壓印微影的用於圖案轉移的模板。

【0816】 光波導裝置可以使用針對各種功能的不同奈米及微米圖案。本發明的一些實施例提供在各種場域內及各種場域之間變化圖案的能力，以作為裝置製造處理的特徵。製造步驟亦利用習知處理裝備，以在用於生產足夠數量的大晶圓尺度上實現此目的。標準材料、圖案、處理工具及裝備通常不允許自行製造此類裝置。然而，製造可以結合使用某些材料與某些處理、犧牲圖案及處理順序。

【0817】 根據本文所述的製造方法，在步驟11801處，使用微影處理（例如，微影、壓印微影等）在具有或不具有黏合層以及小於一個程度的相對於所期望的矽晶格軸的圖案對準的矽上的二氧化矽的主圖案。在步驟11802處，使用電漿處理以移除壓印的殘餘層厚度（RLT）（若最初使用壓印微影），及/或隨後使用乾蝕刻以將圖案轉移到二氧化矽層中。在步驟11803處，在輸入耦接器(IC)場域上塗覆聚合物(厚)層，並在11804處將基板乾蝕刻，以透過其他場域將圖案轉移到矽中。可以使用聚合物，如聚（乙烯醇）、PMMA、PAAc等。此聚合物層防止通過IC場域的蝕刻轉移。

【0818】 在步驟11805處，剝離及清洗蝕刻圖案，並在步驟11806A與11806B處，利用金屬鈦及使用遮罩的第二聚合物層覆蓋其他場域（非IC）。使用PVD型處理沉積鈦層，同時陰影遮蔽其他場域。基於IC與其他圖案場域的接近度及場域尺寸，可以避免鈦金屬層沉積。第二聚合物層可以是PVA、PMMA、PAAc等。

【0819】 在步驟11807處，濕蝕刻步驟（例如，KOH）利用暴露的IC場域矽沿著矽晶格平面{111}產生所期望的閃耀幾何形狀。濕蝕刻速率可能由於變化的圖案密度（如節距變化）、矽摻雜等而變化。可以例如藉由使用不同濃度的KOH來控制蝕刻速率。

【0820】 第六，在步驟11808處，為了取得所期望的（例如，最佳）IC效率，可以在臨界尺寸（CD）的寬度中修整蝕刻成二氧化矽的IC光柵，以促進更寬且更深的燄形圖案。第119A圖圖示濕蝕刻之後的此燄形幾何形狀的特徵。第119C圖圖示在產生高效率IC時二氧化矽中IC的CD的控制。第119B圖圖示四種不同CD的示例性SEM。控制頂部平坦CD的此態樣係作為控制燄形深度以避免光捕捉的方式，並且為了實現波導圖案的預定（例如，最大）量的效率而被完成。可以使用適當稀釋的BOE溶液在IC場域中產生所期望CD的濕蝕刻。可以選擇稀釋比，以控制二氧化矽的蝕刻。舉例而言，藉由從6：1切換為20：1的BOE溶液，可以將35秒的濕蝕刻處理窗口增加到2分鐘。當實現IC場域中所期望的CD時，上述第五步驟產生針對波導裝置的適當的高效率燄形輪廓。對於晶圓濕蝕刻處理控制，具有較小CD及相同IC節距或相同CD及較大IC節距的虛擬場可以存在於裝置圖案區域的外部，以用於濕蝕刻定時目的。舉例而言，若在濕蝕刻期間繞射圖形可見性從虛擬場中消失，則可以通知濕蝕刻的

完成，以在二氧化矽中打開適當的CD，以進行隨後的矽濕蝕刻。

【0821】 遮罩及圖案化步驟可以交替及重複，以實現任何晶圓格式上的場域對場域的圖案轉移輪廓的變化。第八，在11808處，剝離剩餘的聚合物及/或金屬層，並清洗基板，以準備好作為模板，其中在大區域上以高產量複製此圖案。

*壓印式製造及剝離*

【0822】 根據一些實施例，可以實現壓印式製造。此種類型的製造可能導致較低的殘留層厚度以及更高的接目鏡效率。可以使用噴射及閃光壓印，並可快速複製。可以實現能夠以高均勻性噴射的抗蝕劑配方。可以在各種基板（包括聚合物及玻璃基板）上實現壓印式製造。

【0823】 第120圖係為圖示根據本發明的一些實施例的壓印式製造的簡化圖。在步驟12005處，將精確的流體抗蝕劑液滴放置在基板上。在步驟12010處，將遮罩放置在基板上，而與流體抗蝕劑液滴接觸。在步驟12015處，使用紫外光源將流體抗蝕劑聚合。在步驟12020處，遮罩係與基板分離，而由於強的基板黏著，使得聚合的抗蝕劑留在基板上。所得到的表面係圖示為表面12025，具有50nm的線以及線之間的50nm的空間。

【0824】 第121A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的用於波導的圖案化光柵結構的製造處理的簡化處理流程圖。本文所述的圖案化光柵結構可以用於例如OPE

及/或EPE。在一些實施例中，圖案化光柵結構係由使用壓印及剝離的高指數無機材料構成。高指數無機材料可能難以經由目前工業中使用的電漿蝕刻處理進行蝕刻。因此，本發明的一些實施例實現避免蝕刻難以蝕刻的材料（例如Cu與Ag）的處理。使用剝離處理，其中僅使用所期望的基板（例如高指數玻璃或塑膠）上的預先圖案化剝離（溶劑可溶）層沉積（PVD）及圖案化高指數無機材料。

【0825】 第121A圖圖示剝離處理，剝離處理使無機高指數材料（如$TiO_2$、ZnO、$HfO_2$、$ZrO_2$等）（亦即，金屬氧化物或具有n>1.6的無機材料）能夠圖案化。使用習知離子電漿蝕刻工具會非常難以蝕刻此種材料。在步驟12101A處，在基板上塗覆可溶解層。在一個實施例中，可溶解層可以是水溶性聚合物層。水溶性層在用於大規模製造的生產線中可以更符合規範，並且可以使用聚合物基板，其中溶劑可以與聚合物基板反應，除了水之外。

【0826】 在步驟12102A處，在可溶解層中壓印圖案。在一個實施例中，可以使用J-FIL在沉積的聚合物層上使用單次大面積的圖案化。此避免使用黏著層，並克服在較小區域上的微影技術的限制，並且需要使用活性溶劑來開發微影抗蝕劑。

【0827】 在步驟12103A處，蝕刻藉由穿過及進入可溶解層而完成。利用單一蝕刻化學成分以不同的速率蝕刻底部犧牲聚合物層上的壓印固化聚合物。此舉可以產生剝離

處理所需的底部切割。此舉亦避免使用次級硬遮罩來產生蝕刻輪廓。

【0828】 在步驟12104A處，高指數材料係沉積在可溶解層及基板上。可以使用允許斷開存在的氣相沉積技術（例如PVD）來沉積高指數材料，以形成不連續的高指數層。如第121C圖所示，在一些實施例中，可以控制沉積參數以及蝕刻輪廓，以取得梯形或三角形輪廓。第121C圖係為圖示根據本發明的一些實施例的依據沉積參數與蝕刻輪廓而沉積的材料的變化輪廓的簡化圖。舉例而言，三角形輪廓可以減少通過圖案及基板的透射光的霧度。

【0829】 回到第121A圖，在步驟12105A處，剝離可溶解層以及可溶解層上的高指數材料，而在基板上留下圖案化的高指數材料。此處理允許不容易圖案化的材料（像高指數金屬氧化物、無機物、金屬氧化物聚合物混合物、金屬等）在例如玻璃或聚合物基板上以高精度在100nm尺度上進行圖案化。第121D圖圖示在a>50mm×50mm的圖案區域上的聚碳酸酯膜上圖案化的100nm至200nm的Ag線。

【0830】 換言之，可能藉由蝕刻可溶解犧牲層，隨後使用沉積技術來沉積高指數材料而完成圖案化。第121A圖的照片12106A、12110A、12115A係為顯示藉由上述處理所形成的圖案化的寬度190nm及高度280nm的Ag線的SEM圖像。第121B圖係為圖示根據本發明的一些實

施例的使用PVD型處理沉積ZrOx膜的折射率的圖。端部圖案化高指數材料可以在結合到基板上時作為功能波導的元件。

*多級光柵*

【0831】 根據一些實施例，多級二元光柵可以用於波導的光柵結構。本文所述的多級二元光柵結構可以用於例如ICG、OPE及/或EPE。多級（亦即，3-D）微米或奈米結構的製造可以使用一些微影步驟，並因為可能依賴於低於100nm的圖案以及非常高的覆蓋精度，所以具有挑戰性。例如第122圖所示者，本發明的一些實施例提供製造具有多個二元步驟的高解析度多級微米或奈米結構以及繞射光柵的方法。本發明的此等實施例簡化多級結構的整體製造處理，並可用於直接製造光學部件或建立奈米壓印模具。

【0832】 針對光學裝置，由於操縱光的能力而可以期望三角形光柵。在奈米層級，難以實現三角形圖案；因此，可以建立一系列階段式光柵以模擬三角形圖案。每一階段的高度以及階段的數量可以依據當前的製造技術來確定。然而，根據本發明的一些實施例，可以增加階段的數量，並且可以在階段之間改變高度，以產生更類似並且模擬所期望三角形圖案的所期望光柵圖案。

【0833】 通常可以藉由具有高對準精度的多個微影步驟實現多級二元光柵的製作。通常，利用n個微影步驟可以產生的最大級數（m）係給定為$m=2^n$。處理受到微影

工具的對準精度與蝕刻處理的限制。當特徵的尺寸小於100nm時，二者都具有挑戰性，並且通常導致用於光學應用的多級二元光柵的低品質。

【0834】 無論在側壁及蝕刻深度方面，本發明的一些實施例提供製造具有高品質的多級光柵的處理。根據一些實施例，「停止層」的堆疊係用於產生多級光柵。在一些實施例中，第一停止層是可選擇的。其他二個停止層允許光柵中每一階段的深度的精確定義，增加角落的品質，並將蝕刻處理簡化成一個步驟，及允許高垂直輪廓。換言之，一些實施例允許精確控制每一子光柵的輪廓及深度，並且僅使用一個蝕刻處理。

【0835】 第123圖圖示迭代處理，其中在每一循環中，依序沉積基板的層以及遮罩。每一循環產生一級。在第123圖中，圖示二個循環處理（循環1：步驟12303、12304、12305；循環2：步驟12306、12307、12308）。在一些實施例中，在步驟12302中進行最終蝕刻停止層的沉積。在3D蝕刻遮罩的建立之後，可以在3D處理中進行單一蝕刻處理（步驟12309）。在一些實施例中，最終蝕刻停止層可以選擇性地蝕刻掉（步驟12310）。步驟12301中所示的起始基板可以是例如矽、石英或任何其他材料。

【0836】 循環（例如，循環1及2）包括：（I）沉積增加的基板層（步驟12303與12306），（II）沉積蝕刻停止層（步驟12304與12307），及（III）進行剝離（步

驟12305與12308）。在步驟12303與12306處，可以沉積增加的基板層。此層可以藉由各種方法（例如，濺射、蒸發、ALD等）沉積，並且可以包含具有良好蝕刻選擇性的材料的膜以及停止層。在一些實施例中，可以使用矽、二氧化矽、氮化矽及類似者。轉移層的厚度可以對應於子光柵的高度。

【0837】 在步驟12304及12307處，可以完成微影，且可以沉積遮罩（亦即，停止蝕刻層）。微影可以利用UV、電光束微影、NIL或其他技術進行。停止蝕刻層可以藉由各種方法（例如，濺射、蒸發、ALD等）沉積。停止蝕刻層可以包含金屬（例如，Au、Al、Ag、Ni、Cr等）或金屬氧化物（例如，$SiO_2$、$TiO_2$等），或其他材料（例如，矽、氮化矽及類似者）。在一些實施例中，停止蝕刻層的厚度係在2nm及40nm之間。

【0838】 在步驟12305與12308處，進行剝離。取決於用於微影處理的抗蝕劑，特定的溶劑可以溶解抗蝕劑，而僅留下停止蝕刻層。在一些實施例中，此步驟可以藉由沉積及蝕刻代替。

【0839】 在一些實施例中，如第124圖所示，蝕刻遮罩的「陰影」沉積係用於建立的多級光柵。此等實施例允許具有減少數量的微影步驟的處理。舉例而言，如第124圖所示，僅使用一個微影步驟來建立三級結構。在步驟12401處，起始結構係為二元光柵（可以藉由任何已知處理來製造，例如微影及蝕刻）。在步驟12402處，金

屬或介電遮罩層可以在一角度下沉積在光柵上，而沉積的方向以及金屬膜的光柵的陰影將部分覆蓋溝道的底部。在一些實施例中，濺射、蒸發或任何其他定向沉積技術可以用於沉積遮罩層。在一些實施例中，ALD並不用於沉積遮罩層。清潔區域w係由等式$w = \frac{h}{\tan(\theta)}$給定，其中h係為溝道的高度，而$\theta$係為沉積角度。相同的等式允許找到任何期望寬度的沉積角度。由於對於溝道高度的依賴性，此方式的控制及再現性隨高寬比而降低。隨後，如步驟12403所示，可以使用遮罩層作為遮罩，以蝕刻該結構，並且可以移除遮罩層，以形成多級二元光柵結構。可以迭代處理，以產生多個層。

【0840】 第125圖圖示不同的沉積角度如何導致第二階段的不同寬度。舉例而言，在處理A中，在步驟12501A中使用55度沉積角度，而在步驟12502A中導致70%的清潔區域，以及在步驟12503A中的窄的第二階段。在處理B中，在步驟12501B中使用65度沉積角度，而在步驟12502B中導致47%的清潔區域，以及在步驟12503B中的中間寬度的第二階段。在處理C中，在步驟12501C中使用80度沉積角度，而在步驟12502C中導致18%的清潔區域，以及在步驟12503C中的寬的第二階段。

*漸變光柵工作循環*

【0841】 在一些實施例中，本文所述的光柵可以具有漸變工作循環，以利用漸變方式反射光。此可能導致從接目鏡輸出的圖像上的一致強度。如本文進一步描述，接目鏡

可以接收來自ICG的輸入光。光可以耦接到OPE，擴展並傳播到EPE，而反射到觀看者的眼睛。隨著光傳播通過此等繞射元件中之一或更多者的光柵區域，由於繞射的結果，隨著光藉由光柵耦出，強度通常會降低。因此，藉由繞射元件（例如，EPE）輸出的圖像可以藉由亮度梯度與位置的函數而特徵化。

【0842】 根據一些實施例，光柵的工作循環可以隨著位置的函數而調整。此可能導致接目鏡層中的光具有較大強度的區域中的減少的光繞射，並導致接目鏡層中的光具有降低的強度的區域中的增加的光繞射。因此，可以透過使用漸變工作循環光柵結構而導致具有一致亮度的圖像。

【0843】 第126A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的恆定光柵結構的簡化平面圖。根據第126A圖，光12610可以沿著縱向方向（亦即，z方向）輸入到接目鏡層12620中。接目鏡層12620可以是例如ICG、OPE及/或EPE，如本文進一步描述。接目鏡層12620可以具有沿著縱向方向排列的複數個光柵12630。在實心且沿著縱向方向相對於彼此均勻間隔的情況下，光柵12630可以恆定。

【0844】 第126B圖係為圖示根據本發明的一些實施例的從第126A圖所示的恆定光柵結構輸出的光強度的圖。如第126B圖所示，隨著光傳播通過光柵，恆定光柵12630可以導致接目鏡層12620的頂表面12602與接目鏡層12620的底表面12604之間的光強度的連續減少。

此可能導致來自與較大縱向位置（亦即，較大的z值）相關聯的光柵結構的部分的可用於投影到觀看者的光減少。

【0845】 第127A圖係為圖示根據本發明的一些實施例的具有漸變工作循環的光柵結構的簡化平面圖。根據第127A圖，光12710可以輸入到接目鏡層12720中，並沿著縱向方向（亦即，z方向）傳播。接目鏡層12720可以是例如ICG、OPE及/或EPE，如本文進一步描述。接目鏡層12720可以具有沿著縱向方向排列的複數個光柵12730。在每一光柵12730的單獨部分可以在橫向方向（亦即，y方向）上間隔開的情況下，光柵12730可以具有漸變工作循環。工作循環可以從低工作循環（亦即，光柵材料與光柵部分之間的間隔的低比率）到高工作循環（亦即，光柵材料與光柵部分之間的間隔的高比率）逐漸變化。在一些實施例中，可以使用允許在接目鏡層12720中精確寫入的掃描工具來製造光柵12730。如第127B圖所示，接目鏡層12720可以藉由入口表面12702與終結表面12704而特徵化。

【0846】 第127C圖圖示接目鏡層12720的放大。如第127A圖與第127C圖所示，每一光柵12730的部分12732之間在橫向方向上的間隔12734可以取決於縱向位置（例如，相對於接目鏡層12720的入口表面12702與終結表面12704的光柵12730的位置）。因此，相較於第126A圖，光柵12730可能在橫向方向上並非實心，並可以在單獨部分12732之間具有不同的間隔12734。

在第127A圖所示的實施例中，可以沿著光12710傳播的路徑（亦即，沿著縱向方向）以增加的工作循環佈置光柵12730。換言之，光柵12730的部分12732的橫向尺寸與相鄰部分之間的間隔12734的比率可以隨著從入口表面12702到終結表面12704的縱向位置的函數而增加。

【0847】 可以實現隨著縱向位置而變化的工作循環，而使得由接目鏡層12720發射的強度在整個接目鏡層12720的縱向位置上為一致或實質一致。在一些實施例中，工作循環可以從接目鏡層12720的入口表面12702到終結表面12704而從0%變化到100%。在一些實施例中，工作循環可以從接目鏡層12720的入口表面12702到終結表面12704而從50%變化到90%。在接目鏡層12720係為EPE的一些實施例中，入口表面12702可以是最靠近OPE的表面，而終結表面12704可以是最遠離OPE的表面。

【0848】 在一些實施例中，如第127A圖所示，光柵12730可以均勻地沿著縱向方向相對於彼此間隔開。然而，在其他實施例中，光柵12730可以沿著縱向方向相對於彼此可變化地間隔開。在一些實施例中，本文所述的抖動技術可以與第127A圖所示的漸變工作循環組合，以增加輸出到觀看者的光強度的一致性。

【0849】 第127B圖係為圖示根據本發明的一些實施例的從第127A圖所示的具有漸變工作循環的光柵結構輸出的光強度的圖。如第127B圖所示，漸變工作循環光

柵12730可能導致接目鏡層12720的入口表面12702與接目鏡層12720的終結表面12704之間的恆定光強度輸出。此恆定強度輸出可以導致更一致的光輪廓，隨後可以進一步沿著光路徑投影到觀看者。

【0850】 第128圖係為根據本發明的一些實施例的藉由具有漸變工作循環的光柵結構的接目鏡層操縱光的示例性方法的流程圖12800。該方法包括以下步驟：在具有由第一組光柵參數特徵化的第一光柵結構的輸入耦接光柵處接收來自光源的光（12810）。

【0851】 該方法進一步包含以下步驟：在具有由第二組光柵參數特徵化的第二光柵結構的延伸光柵處接收來自輸入耦接光柵的光（12820）。該方法進一步包含以下步驟：在具有由第三組光柵參數特徵化的第三光柵結構的輸出耦接光柵處接收來自延伸光柵的光（12830）。第一光柵結構、第二光柵結構及第三光柵結構中之至少一者具有漸變的工作循環。光柵結構的工作循環可以從接收光的接目鏡層的表面到輸出光的接目鏡層的表面逐漸增加。第一組光柵參數、第二組光柵參數及/或第三組光柵參數可以指定工作循環以及接目鏡層上的工作循環的漸變。通過接目鏡層的光強度可以是恆定的。該方法進一步包含以下步驟：將光輸出到觀看者（12840）。

【0852】 亦應理解，本文所述的實例及實施例僅用於說明之目的，該領域具有通常知識者將建議各種修改或改

變，並包括在本申請案的精神與範疇以及申請專利範圍內。

【符號說明】

【0853】

4 眼睛

5 圖像

6 眼睛

7 圖像

10 間隔距離

12 深度平面

14 深度平面

15 內容

15a 輻輳點

15b 輻輳點

15c 輻輳姿態

15d 輻輳姿態

15e 輻輳姿態

15f 輻輳姿態

15g 輻輳姿態

15h 輻輳姿態

15y 內容

15z 內容

45 透鏡

54 視網膜

58 眼睛

60 觀看者

62 頭戴式顯示器

64 框架

66 喇叭

70 本端資料處理模組

72 遠端處理模組

74 遠端處理模組

76 通訊鏈路

78 通訊鏈路

80 可穿戴顯示系統

82 電池

100 擴增實境場景

102 卡通式頭像角色

104 波導

106 光圖案

110 機器人雕像

120 平台

144 環境光

204 第二波導

206 光圖案

216 平面波導

220 繞射光柵

326 準直光束

330 瞳孔

332 小光束

334 準直光束

500 第一深度感知

502 第二深度感知

644 堆疊

664 堆疊

680 DOE

682 DOE

684 DOE

686 DOE

688 DOE

690 耦入DOE

1200 接目鏡

1210 波導

1212 DOE

1214 OPE

1220 波導

1222 DOE

1224 OPE

1230 波導

1232 DOE

1234 OPE

1240 光圖案

1242 光圖案

1244 光圖案

1250 EPE

1252 EPE

1254 EPE

1600 真實世界環境

1610 位置

1612 資料輸入

1620 可通行世界模組

1630 擴增實境內容

1632 固定元件

1640 視野

1642 現實世界

1650 世界相機

1652 視野

1660 使用者

1662 眼睛追蹤相機

1664 觀看光學組件

1666 使用者眼睛

1670 慣性量測單元

1680 相機

1682 視野

1690 深度感測器

1692 視野

1700 頭戴式顯示器

1702 觀看光學組件

1704 投影器

1706 接目鏡

1707 內罩

1708 剛性框架

1710 前帶

1712 感測器外罩

1714 臂

1715 墊片

1716 PCB

1718 世界相機

1719 深度感測器

1720 音訊組件

1722 喇叭

1724 電纜

1800 觀看光學組件

1803 眼睛追蹤系統

1804 投影器

1805 耦入點

1806 接目鏡

1808 剛性框架

1809 覆蓋透鏡

1811 安裝結構

1902 垂直空腔表面發射雷射器

1903 深度感測器

1904 深度成像器

1905 深度感測器殼體組件

1906 6DoF感測器

1907 6DoF殼體

1909 6DoF屈曲

1918 世界相機組件

1926 IMU

1928 照片相機

2000 接目鏡

2001 投影器

2002 觀看者的眼睛

2003 LED光源

2004 矽上液晶（LCOS）空間光調制器（SLM）

2007 ICG

2008 OPE區域

2009 OPE區域

2100 接目鏡

2102 世界側覆蓋窗

2104 波導

2106 眼側覆蓋窗

2200 接目鏡

2202 世界側覆蓋窗

2204 波導層

2206 眼側覆蓋窗

2208 邊緣密封

2300 接目鏡

2302 基板

2312 波導

2314 波導

2316 波導

2320 ICG

2322 注入光

2324 扇形圖案

2326 扇形圖案

2328 光路徑

2330 OPE

2340 EPE

2400 波導

2402 基板

2420 ICG

2430 OPE

2440 EPE

2500 波導

2502 基板

2520 ICG

2530 OPE

2540 EPE

2600 波導

2602 基板

2620 ICG

2630 OPE

2640 EPE

2730 OPE

2732 第一區域

2734 第二區域

2736 第三區域

2738 第四區域

2739 第五區域

2740 EPE

2800 波導

2802 基板

2820 ICG

2828 光路徑

2830 第一瞳孔擴展器

2840 第二瞳孔擴展器

2860 移除區域

2900 波導

2902 基板

2920 ICG

2928 光路徑

2930A 第一瞳孔擴展器

2930B 第二瞳孔擴展器

2932A 移除區域

2932B 移除區域

2940 第三瞳孔擴展器

3000 波導

3002 基板

3010 輸入耦接器區域

3011 輸入射線

3012 放大圖

3020A 上OPE區域

3020B 下OPE區域

3022A 放大視圖

3022B 放大視圖

3024A 光線

3024B 光線

3026A 光線

3026B 光線

3028 線

3030 EPE區域

3032 放大視圖

3040A 上擴散器區域

3040B 下擴散器區域

3042A 放大視圖

3042B 放大視圖

3100 波導

3102 基板

3110 輸入耦接器區域

3112A 光線

3112B 光線

3114 光線

3120A 上OPE區域

3120B 下OPE區域

3130 EPE區域

3141 第一繞射光柵

3142 第二繞射光柵

3200 波導

3202 基板

3210 輸入耦接器區域

3212 放大視圖

3214 島狀物

3216 六邊形網格

3220A 上OPE區域

3220B 下OPE區域

3222 放大視圖

3230 EPE區域

3300 波導

3302 基板

3320 ICG

3328 光路徑

3350 組合OPE/EPE區域

3351 第一OPE光柵

3352 第二OPE光柵

3353 EPE光柵

3400 波導

3402 基板

3420 ICG

3428 光路徑

3450 組合OPE/EPE區域

3450A OPE部件

3450B EPE部件

3451 第一OPE光柵

3452 第二OPE光柵

3453 EPE光柵

3500A 波導

3500B 波導

3500C 波導

3500D 波導

3500E 波導

3500F 波導

3500G 波導

3500H 波導

3500I 波導

3500J 波導

3520 ICG

3520G ICG

3520J ICG

3530 OPE

3530A OPE

3540 EPE

3540A EPE

3601 ICG

3602 繞射元件

3603 EPE

3605 區域

3606 區域

3607 繞射結構

3608 光柵元件

3609 基板

3610 繞射元件

3611 高折射率島狀物

3612 低折射率材料

3615 繞射元件

3616 低折射率中心區域

3617 高折射率周邊區域

3620 第一繞射元件

3621 第二繞射元件

3622 第三繞射元件

3630 流程圖

3632 步驟

3634 步驟

3636 步驟

3638 步驟

3639 步驟

3642 中心部分

3644 周邊部分

3646 中心部分

3648 周邊部分

3652 中心部分

3654 周邊部分

3656 中心部分

3658 周邊部分

3660 流程圖

3662 步驟

3664 步驟

3666 步驟

3668 步驟

3670 步驟

3672 步驟

3680 基板

3682 區域

3684 層

3686 繞射結構

3700 光學系統

3702 ICG

3704 DOE

3706 OPE繞射元件

3708 EPE繞射元件

3710 基板

3805 電場強度

3810 電場強度

3815 電場強度

3820 電場強度

3905A 未抖動OPE

3905B 抖動OPE

3905C 抖動OPE

3910A 輸出圖像

3910B 輸出圖像

3910C 輸出圖像

4000A OPE光柵

4002A 圖案

4002C 圖案

4004A 光柵

4004C 光柵

4005B 未抖動OPE

4006A 圖案

4006C 圖案

4008A 圖像

4008C 圖像

4010B 輸出圖像

4015B 抖動OPE

4020B 輸出圖像

4100B 圖案

4102B 第一圖案部分

4104B 第二圖案部分

4105A 圖案

4106B 空白部分

4110A 圖案

4115A 圖案

4120A 圖案

4150C 圖案

4152C 離散圖案部分

4154C 空白部分

4200C 流程圖

4200D 流程圖

4205A 繞射光柵

4210A 繞射光柵

4210D 步驟

4215A 繞射光柵

4220A 繞射光柵

4220D 步驟

4225A 繞射光柵

4230A 繞射光柵

4230D 步驟

4240D 步驟

4310 光

4320 繞射結構

4330 輸出

4410A 輸入光

4410B 輸入光

4420A 繞射部件

4420B 繞射部件

4430A 輸出光

4430B 輸出光

4500A 單元細胞格

4501A 輸入光

4502A 繞射光束

4503A 繞射光束

4504A 繞射光束

4505A 繞射光束

4506A 繞射光束

4507A 繞射光束

4510A 第一光柵部分

4510B 第一光柵部分

4520A 第二光柵部分

4520B 第二光柵部分

4550B 單元細胞格

4551B 輸入光

4552B 繞射光束

4553B 繞射光束

4554B 繞射光束

4555B 繞射光束

4556B 繞射光束

4557B 繞射光束

4600 系統

4601 投影器

4608 OPE

4609 EPE

4640 繞射光學元件

4700A 波導顯示器

4708 OPE

4709 EPE

4715 輸入光束

4720 輸出光束

4800A 波導顯示器

4800C 方法

4808A OPE

4809A EPE

4810A 光束

4810C 步驟

4815A 光束

4820A 光束

4820C 步驟

4825A 輸出光束

4830C 步驟

4840C 步驟

4850C 步驟

4900A 波導顯示器

4900B 流程圖

4907A 耦入元件

4908A OPE

4909A EPE

4910A 單一光束

4910B 步驟

4915A 繞射光束分離器

4920B 步驟

4930B 步驟

4940B 步驟

4950B 步驟

4960B 步驟

5000A 波導顯示器

5000B 流程圖

5007A 耦入元件

5008A OPE

5009A EPE

5010A 光束

5010B 步驟

5015A 繞射光束分離器

5020A 繞射光束分離器

5020B 步驟

5030B 步驟

5040B 步驟

5050B 步驟

5060B 步驟

5070B 步驟

5080B 步驟

5100A 遠心投影器系統

5101 投影器

5107A 光

5107B 反射

5110B 非遠心投影器系統

5150 波導顯示元件

5200 系統

5201 投影器

5208 正交瞳孔擴展器

5209 出射瞳孔擴展器

5210 圓形偏光器

5215 經圓形偏光的光

5240 繞射光學元件

5300A 正方形晶格元件

5300B 圓形晶格元件

5410A 繞射光學元件

5410B 繞射光學元件

5420A 二元光柵脊

5420B 二元光柵脊

5430A 光

5430B 光

5510 繞射光學元件

5520 偏置光柵脊

5530A 左側方向

5530B 右側方向

5610 繞射光學元件

5620 三角形元件光柵結構

5710 繞射光學元件

5720 橢圓形元件光柵結構

5800 流程圖

5810 步驟

5820 步驟

5830 步驟

5840 步驟

5850 步驟

5860 步驟

5870 步驟

5930 繞射結構

5942 白色區域

5944 淺灰色區域

5946 深灰色區域

5948 黑色區域

6005 入射光

6007 遮罩

6010 基板

6012 硬遮罩層

6014 抗蝕層

6025 硬遮罩層

6030 抗蝕層

6045 主板

6050 區域

6052 區域

6060 次主板

6061 平面

6062 平坦表面

6105 入射光

6110 遮罩

6112 第一區域

6114 第二區域

6120 基板

6122 抗蝕層

6130 區域

6132 區域

6140 區域

6142 區域

6201 支撐表面

6203 光柵表面

6205 入射光

6207 遮罩

6210 基板

6212 第一區域

6214 第二區域

6215 光柵結構

6220 抗蝕層

6230 區域

6232 區域

6240 區域

6242 區域

6302 基板

6304 圖案化硬遮罩

6306 基板結構

6310 抗蝕層

6312 區域

6314 區域

6322 區域

6324 區域

6402 基板

6404 圖案化硬遮罩

6406 基板結構

6410 抗蝕層

6412 區域

6414 區域

6422 區域

6424 區域

6520 區域

6522 區域

6530 波導射線

6532 射線

6600 方法

6610 步驟

6612 步驟

6614 步驟

6616 步驟

6618 步驟

6620 步驟

6622 步驟

6700 方法

6710 步驟

6712 步驟

6714 步驟

6716 步驟

6718 步驟

6720 步驟

6722 步驟

6724 步驟

6805 入射光

6807 遮罩

6810 基板

6814 抗蝕層

6816 抗蝕劑輪廓

6820 圖案化硬遮罩

6845 基板

6850 區域

6852 區域

6861 平面

6900 方法

6910 步驟

6912 步驟

6914 步驟

6916 步驟

6918 步驟

6920 步驟

7000 接目鏡

7002 觀看者的眼睛

7010 後罩

7020 波導

7024 光柵

7026 波長選擇反射器

7030 波導

7034 光柵

7036 波長選擇反射器

7040 波導

7044 光柵

7046 波長選擇反射器

7050 前罩

7122 第一反射光譜

7124 反射曲線

7132 第二反射光譜

7134 反射曲線

7142 第三反射光譜

7144 反射曲線

7200 接目鏡

7202 觀看者的眼睛

7210 後罩

7220 第一波導

7224 第一光柵

7226 第一波長選擇反射器

7230 第二波導

7234 第二光柵

7236 第二波長選擇反射器

7240 第三波導

7244 第三光柵

7246 第三波長選擇反射器

7250 前罩

7300 接目鏡

7310 後罩

7320 第一波導

7324 第一光柵

7330 第二波導

7334 第二光柵

7340 第三波導

7344 第三光柵

7350 前罩

7356 波長選擇反射器

7450 反射曲線

7452 反射曲線

7500 基板

7500a 表面

7510 超材料表面

7512 第一級

7514 第二級

7520 突起

7530a 質量塊

7530b 質量塊

7540 節距

7550a 光線

7550b 光線

7550c 光線

7710 超材料表面

7712 基板

7714 一維奈米樑

7720 超材料表面

7722 基板

7724 一維奈米樑

7725 第一介電層

7726 第二介電層

7727 第三介電層

7728 第四介電層

7810 單層二維超材料表面

7812 基板

7814 奈米天線

7820 多層二維超材料表面

7822 基板

7824 奈米天線

7825 第一介電層

7826 第二介電層

7827 第三介電層

7828 第四介電層

8302 基板

8304 基板

8306 基板

8310 第一子超材料表面

8314 第一奈米天線

8316 反射峰值

8320 第二子超材料表面

8324 第二奈米天線

8326 反射峰值

8330 複合超材料表面

8334 第三奈米天線

8336 反射峰值

8344 第四奈米天線

8346 反射峰值

8354 第五奈米天線

8356 反射峰值

8401 觀看者的眼睛

8402 基板

8410 第一陣列

8412 第一反射光譜

8420 第二陣列

8422 第二反射光譜

8430 第三陣列

8440 第四陣列

8450 第五陣列

8460 第六陣列

8500 接目鏡

8501 觀看者的眼睛

8510 波導

8520 光柵

8530 波長選擇反射器

8532 重疊區域

8601 觀看者的眼睛

8602 波導

8610 第一體積相位立體投影圖

8612 第一調制指數圖案

8620 第二體積相位立體投影圖

8622 第二調制指數圖案

8630 複合體積相位立體投影圖

8631 區域

8632 區域

8633 區域

8634 區域

8635 區域

8636 區域

8637 區域

8700 投影器

8705 光源

8707 顯示面板

8710 PBS

8715 投影器透鏡

8720 接目鏡

8725 半準直光學裝置

8800 投影器

8801 第一側

8802 第二側

8803 第三側

8804 第四側

8810 空間位移光源

8820 顯示面板

8825 預偏光器

8827 四分之一波片

8830 PBS

8831 界面

8832 準直器

8840 投影器透鏡

8901 波長範圍

8902 波長範圍

8903 波長範圍

8910 第一波導

8912 耦入光柵

8920 第二波導

8922 耦入光柵

8930 第三波導

8932 耦入光柵

8940 投影器透鏡

9010 次瞳孔

9012 次瞳孔

9020 次瞳孔

9022 次瞳孔

9030 次瞳孔

9032 次瞳孔

9040 次瞳孔

9042 次瞳孔

9044 次瞳孔

9050 次瞳孔

9052 次瞳孔

9054 次瞳孔

9060 次瞳孔

9062 次瞳孔

9064 次瞳孔

9070 次瞳孔

9072 次瞳孔

9080 次瞳孔

9082 次瞳孔

9090 次瞳孔

9092 次瞳孔

9102 深度平面

9104 深度平面

9106 深度平面

9108 照明時框速率

9110 深度平面

9200 投影器架構

9205 光軸

9210 照明源

9211 第一次瞳孔

9212 光

9214 反射光

9215 第一光學元件

9220 PBS

9222 界面

9230 SLM

9240 投影器透鏡

9242 表面

9250 耦入光柵

9252 耦入光柵

9302 反射光

9410 預期文本

9420 假影

9500 假影預防

9502 反射光

9504 反射光的一部分

9510 圓形偏光器

9512 線性偏光器

9514 四分之一波片

9550 方法

9552 步驟

9554 步驟

9556 步驟

9558 步驟

9560 步驟

9562 步驟

9702 s偏光的光

9704 偏光的混合物

9706 偏光的混合物

9708 光

9712 接目鏡

9801 LHCP輸入光

9803 反射

9805 反射

9807 反射

9810 外罩玻璃

9812 前表面

9814 後表面

9820 耦入光柵

9900 假影預防

9902 反射射線

9910 照明源

9915 第一光學元件

9920 PBS

9922 界面

9930 SLM

9940 投影器透鏡

9950 耦入光柵

9951 方法

9952 步驟

9954 步驟

9956 步驟

9958 步驟

9960 步驟

9962 步驟

9964 步驟

10005 耦入光柵

10010 圓形偏光的光

10020 第一波長的反射光

10030 第二波長的反射光

10100 假影預防元件

10111 線性偏光的光

10112 無色四分之一波片

10113 線性偏光的光

10114 線性偏光器

10116 第二四分之一波片

10118 橢圓偏光的光

10120 橢圓偏光的光

10122 顏色選擇部件

10130 偏光狀態

10132 正斜率長軸

10140 偏光狀態

10142 稍微負的長軸

10150 方法

10152 步驟

10154 步驟

10156 步驟

10158 步驟

10160 步驟

10162 步驟

10164 步驟

10166 步驟

10168 步驟

10200 假影預防元件

10210 線性偏光的光

10212 線性偏光的光

10220 線性偏光的光

10222 線性偏光的光

10310 PBS

10320 圓形偏光器

10321 線性偏光器

10323 無色波片

10330 投影器透鏡

10350 接目鏡

10352 耦入光柵

10360 第二假影預防元件

10361 無色四分之一波片

10363 線性偏光器

10365 第二四分之一波片

10367 顏色選擇部件

10400 假影預防

10402 偏光的混合物

10404 偏光的混合物

10406 光

10408 光

10410 RSF濾波器

10412 RSF濾波器

10450 方法

10452 步驟

10454 步驟

10456 步驟

10458 步驟

10460 步驟

10462 步驟

10464 步驟

10466 步驟

10470 綠色耦入光柵

10472 紅色耦入光柵

10474 綠色耦入光柵

10476 紅色耦入光柵

10480 藍色耦入光柵

10482 藍色耦入光柵

10484 耦入光柵平面

10500 濾色器系統

10510 外罩玻璃

10512 線性偏光器

10516 雙偏光器

10517 第一區域

10518 第二區域

10600 引線接合LED封裝

10610 藍寶石基板

10620 金屬反射器

10630 GaN LED

10640 透明電極

10650 引線接合

10660 接合盤

10670 散熱

10680 阻擋

10690 光發射

10700 倒裝晶片接合LED

10710 GaN LED

10720 反射結構

10730 藍寶石蓋

10740 散熱

10750 基板

10810 倒裝晶片接合LED

10820 CPC

10822 入口孔隙

10910 接目鏡

10920 波導層

10922 波導層

10924 波導層

10930 投影器透鏡

11000 光學裝置

11001 接目鏡

11002 臂

11004 前帶

11006 散熱器

11008 光學框架

11010 投影器

11012 觀看光學裝置

11014 中心PCB

11016 深度感測器

11018 前向的世界相機

11020 橫向的世界相機

11022 照片相機

11024 開口

11026 開口

11102 散熱

11104 電絕緣圓盤

11106 散熱器

11108 傳導層

11150 散熱系統

11152 第一散熱器

11154 熱管

11156 第二散熱器

11158 風扇

11160 可穿戴裝置

11162 熱產生部件

11164 通風口

11166 定位點

11168 熱產生部件

11170 熱界面

11301 C形區域

11302 橋接區域

11304 結構構件

11500 多級階段式EPE

11701C 步驟

11702C 步驟

11703C 步驟

11710D 平頂ICG結構

11720D 尖頂ICG結構

11801 步驟

11802 步驟

11803 步驟

11804 步驟

11805 步驟

11806A 步驟

11806B 步驟

11807 步驟

12005 步驟

12010 步驟

12015 步驟

12020 步驟

12025 表面

12101A 步驟

12102A 步驟

12103A 步驟

12104A 步驟

12105A 步驟

12106A 照片

12110A 照片

12115A 照片

12301 步驟

12302 步驟

12303 步驟

12304 步驟

12305 步驟

12306 步驟

12307 步驟

12308 步驟

12309 步驟

12310 步驟

12401 步驟

12402 步驟

12403 步驟

12501A 步驟

12501B 步驟

12501C 步驟

12502A 步驟

12502B 步驟

12502C 步驟

12503A 步驟

12503B 步驟

12503C 步驟

12602 頂表面

12604 底表面

12610 光

12620 接目鏡層

12630 光柵

12702 入口表面

12704 終結表面

12710 光

12720 接目鏡層

12730 光柵

12732 部分

12734 間隔

12800 流程圖

12810 步驟

12820 步驟

12830 步驟

12840 步驟

【生物材料寄存】

【0854】 國內寄存資訊(請依寄存機構、日期、號碼順序註記)

無

【0855】 國外寄存資訊(請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記)

無

# 【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種裝置，包含：

一輸入耦接光柵，該輸入耦接光柵具有由一第一組光柵參數特徵化的一第一光柵結構，其中該輸入耦接光柵經配置以接收來自一光源的光；

一延伸光柵，該延伸光柵具有由在至少二個維度上變化的一第二組光柵參數特徵化的一第二光柵結構，其中該第二光柵結構經配置以從該輸入耦接光柵接收光，且其中該第二光柵結構具有一相位變化圖案，該相位變化圖案造成光束沿著該第二光柵結構在不同部分處利用不同相位繞射；以及

一輸出耦接光柵，該輸出耦接光柵具有由一第三組光柵參數特徵化的一第三光柵結構，其中該輸出耦接光柵經配置以從該延伸光柵接收光，並將光輸出到一觀看者。

【第2項】 如請求項 1 所述之裝置，其中該至少二個維度包括節距、角度、頂點角度、折射率、高度及工作循環中之至少二者。

【第3項】 如請求項 1 所述之裝置，其中該第二光柵結構包括一膜，該膜具有藉由一第一折射率特徵化的複數個第一區域以及藉由一第二折射率特徵化的複數個第二區域，且其中該第二折射率低於該第一折射率。

【第4項】 如請求項 1 所述之裝置，其中該相位變化圖案包含一連續相位變化圖案，該連續相位變化圖案包括一週期或漸變週期圖案、一啟發式圖案、一計算立體投影圖或一隨機圖案中之至少一者。

【第5項】 如請求項 1 所述之裝置，其中該第二光柵結構具有一週期結構。

【第6項】 如請求項 1 所述之裝置，其中該第二光柵結構包括由具有一第二折射率的一層所覆蓋的具有一第一折射率的複數個區域，且其中該第二折射率低於該第一折射率。

【第7項】 如請求項 1 所述之裝置，其中該第二光柵結構包含一第一繞射部分以及相鄰於該第一繞射部分的一第二繞射部分，其中該第一繞射部分經配置以利用一第一繞射階數造成一第一光束以一第一相位平移繞射，其中該第二繞射部分經配置以利用一第二繞射階數造成一第二光束以一第二相位平移繞射，其中該第二繞射階數係類似於該第一繞射階數，且其中該第二相位平移不同於該第一相位平移，且其中該第一相位平移與該第二相位平移之間的一差係與該相位變化圖案相關聯。

【第8項】 如請求項 7 所述之裝置，其中該第一繞射部分經配置以利用該第一繞射階數將該第一光束偏轉成

一第一繞射光束，其中該第二繞射部分經配置以利用該第二繞射階數的一負階數將該第一繞射光束偏轉成一第二繞射光束，且其中該第二繞射光束相較於該第一光束具有一相位改變，該相位改變係為該第一相位平移減去該第二相位平移。

【第9項】 一種光學結構，包含：

一波導層，至少部分地位於由一第一維度與一第二維度定義的一平面中；以及

一繞射元件，耦接至該波導層，並可操作地在該平面中繞射光，其中該繞射元件係由至少在該第一維度與該第二維度上變化的一組繞射參數特徵化，且其中該繞射元件具有一相位變化圖案，該相位變化圖案造成光束沿著該繞射元件在不同部分處利用不同相位繞射。

【第10項】 如請求項9所述之光學結構，其中該組繞射參數係至少在該第一維度與該第二維度上連續變化。

【第11項】 如請求項9所述之光學結構，其中該組繞射參數包含節距、光柵向量角度、工作循環、高度變化、折射率變化或燄形或頂點角度中之至少一者。

【第12項】 如請求項9所述之光學結構，其中該繞射元件係藉由沿著與第一維度及第二維度正交的第三維

度延伸的投影的高度與間隔的隨機變化而特徵化。

【第13項】 如請求項9所述之光學結構，其中該繞射元件包括一膜，該膜具有藉由一第一折射率特徵化的複數個第一區域以及藉由一第二折射率特徵化的複數個第二區域，且其中該第二折射率低於該第一折射率。

【第14項】 如請求項9所述之光學結構，其中該相位變化圖案的一週期係在100μm至5cm的一範圍內。

【第15項】 如請求項9所述之光學結構，其中該相位變化圖案包含一連續相位變化圖案，該連續相位變化圖案包括一週期或漸變週期圖案、一啟發式圖案、一計算立體投影圖或一隨機圖案中之至少一者。

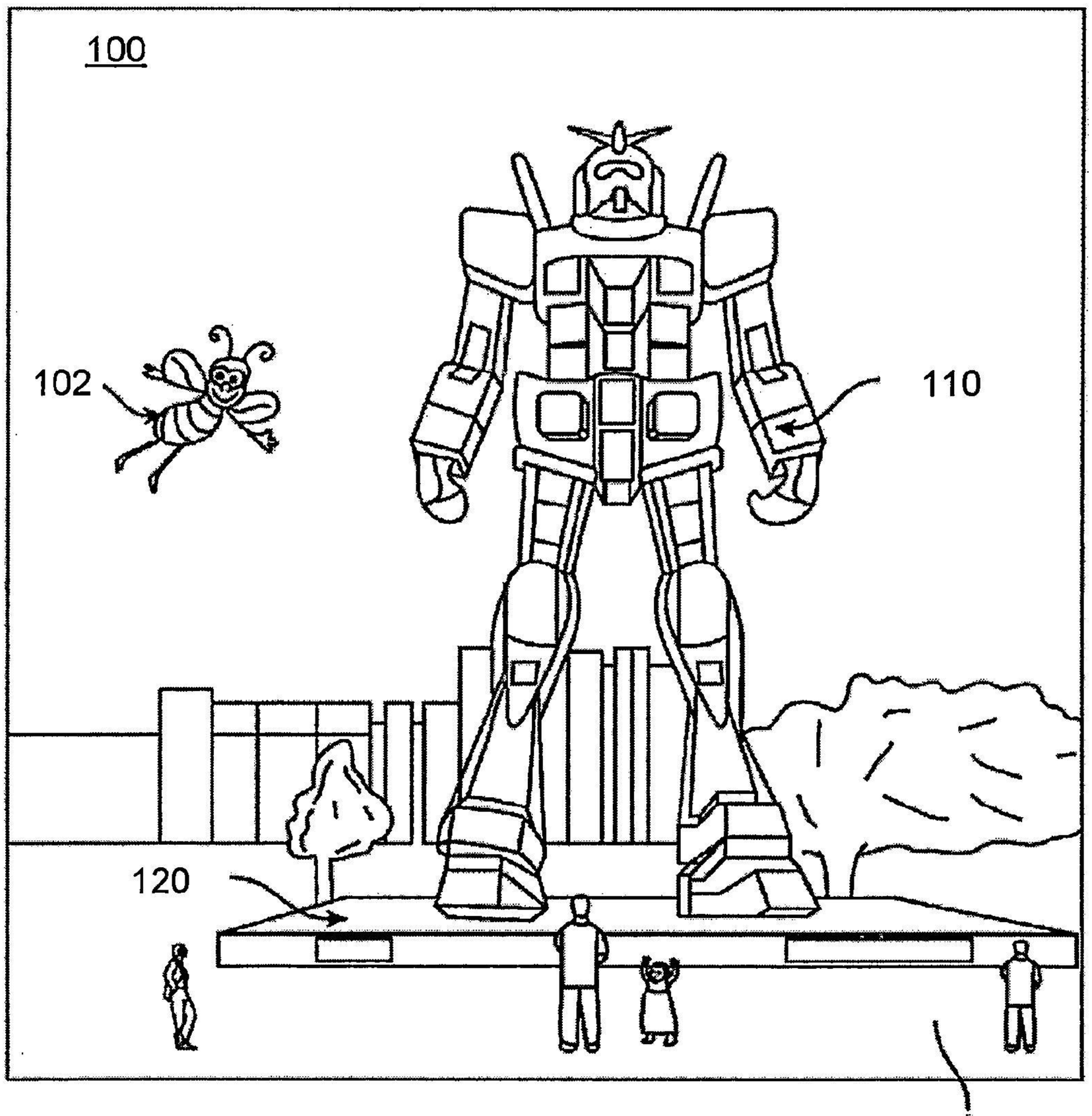
【第16項】 如請求項9所述之光學結構，其中該繞射元件包括由具有一第二折射率的一層所覆蓋的具有一第一折射率的複數個區域，且其中該第二折射率低於該第一折射率。

【第17項】 如請求項9所述之光學結構，其中該繞射元件包含一第一繞射部分以及相鄰於該第一繞射部分的一第二繞射部分，其中該第一繞射部分經配置以利用一第一繞射階數造成一第一光束以一第一相位平移繞射，其中該第二繞射部分經配置以利用一第二繞射階數造成一第二光束以一第二相位平移繞射，其中該

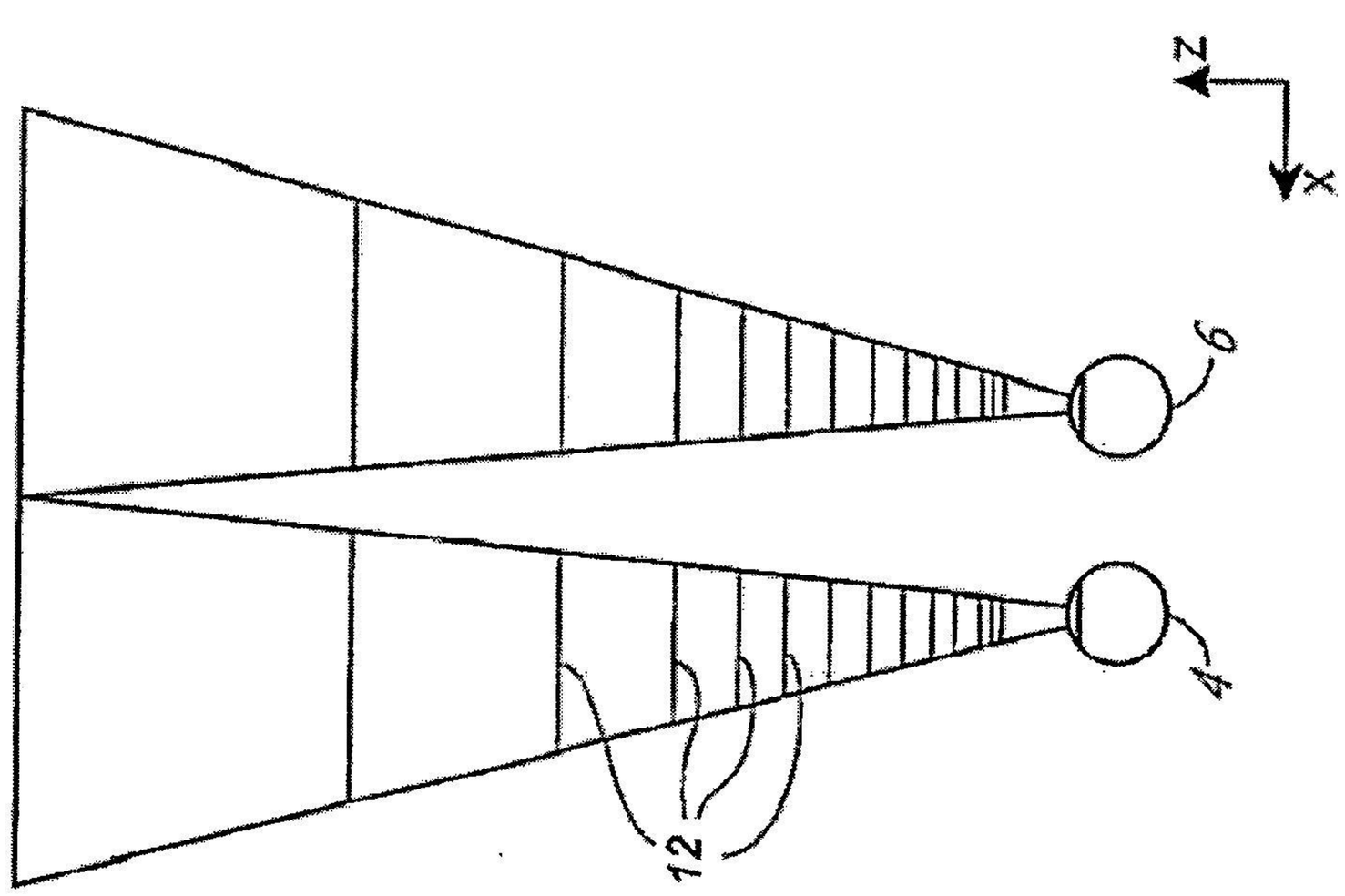
第二繞射階數係類似於該第一繞射階數，且其中該第二相位平移不同於該第一相位平移，且其中該第一相位平移與該第二相位平移之間的一差係與該相位變化圖案相關聯。

【第18項】 如請求項17所述之光學結構，其中該第一繞射部分經配置以利用該第一繞射階數將該第一光束偏轉成一第一繞射光束，其中該第二繞射部分經配置以利用該第二繞射階數的一負階數將該第一繞射光束偏轉成一第二繞射光束，且其中該第二繞射光束相較於該第一光束具有一相位改變，該相位改變係為該第一相位平移減去該第二相位平移。

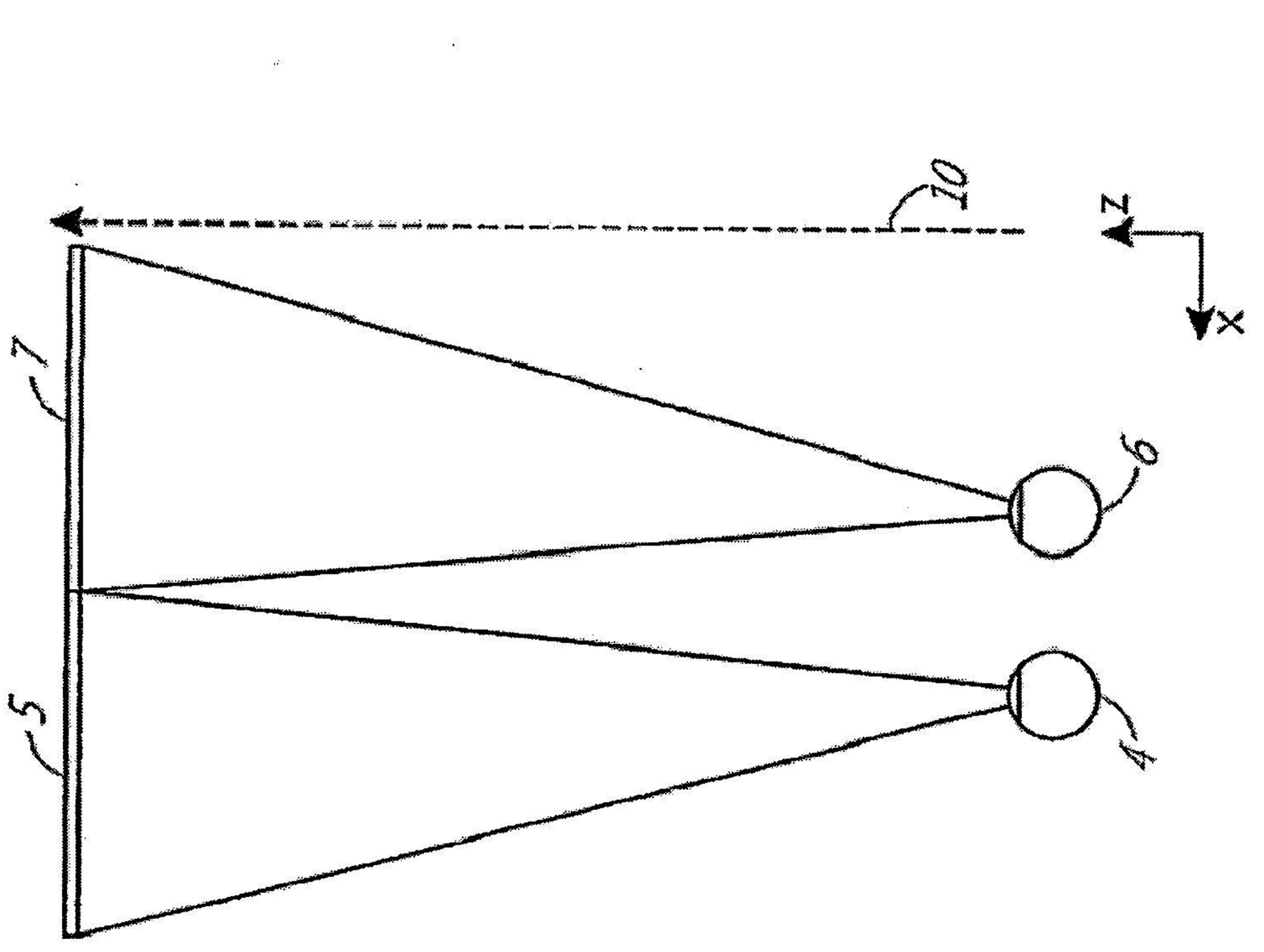
# 【發明圖式】



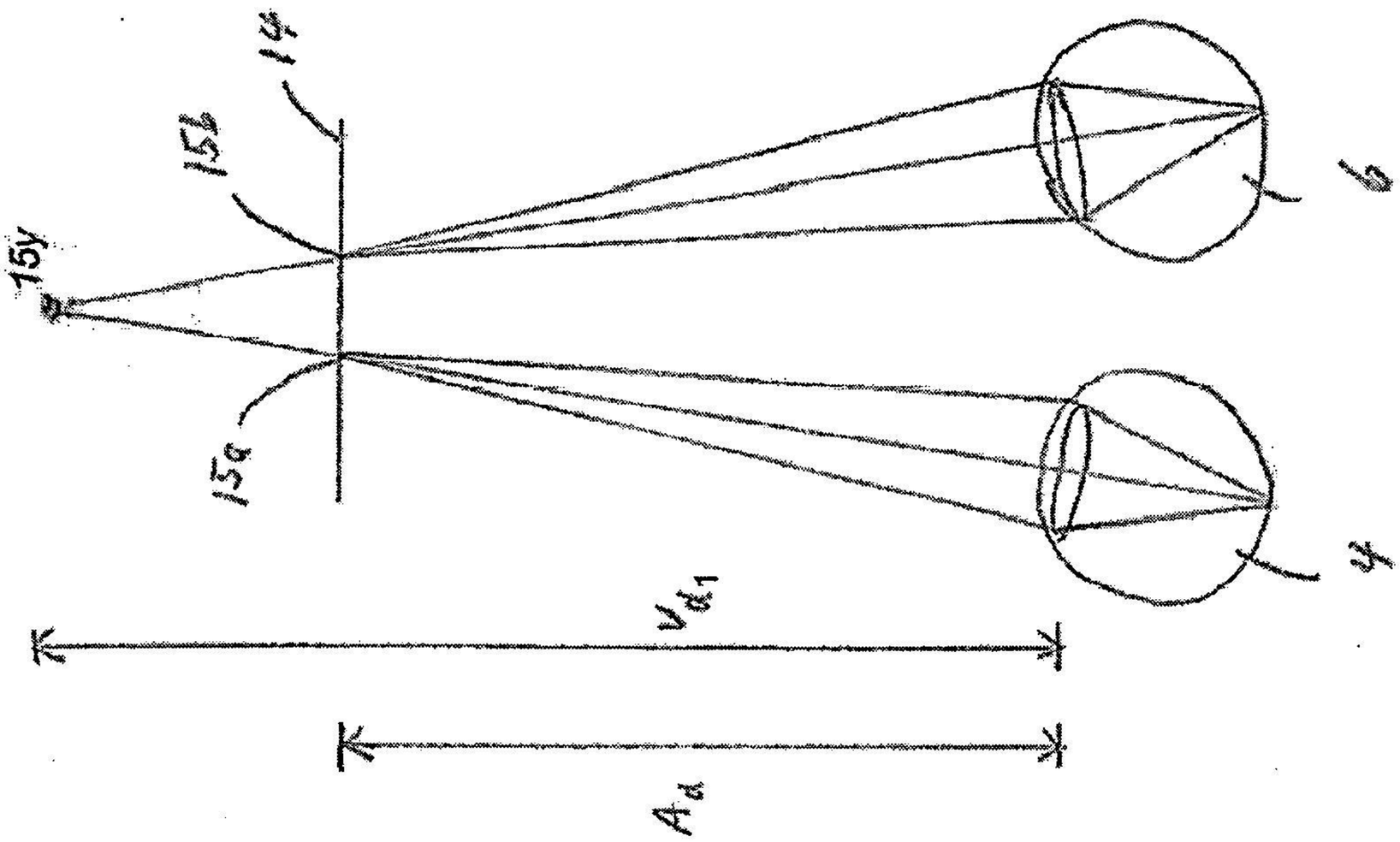

第1圖



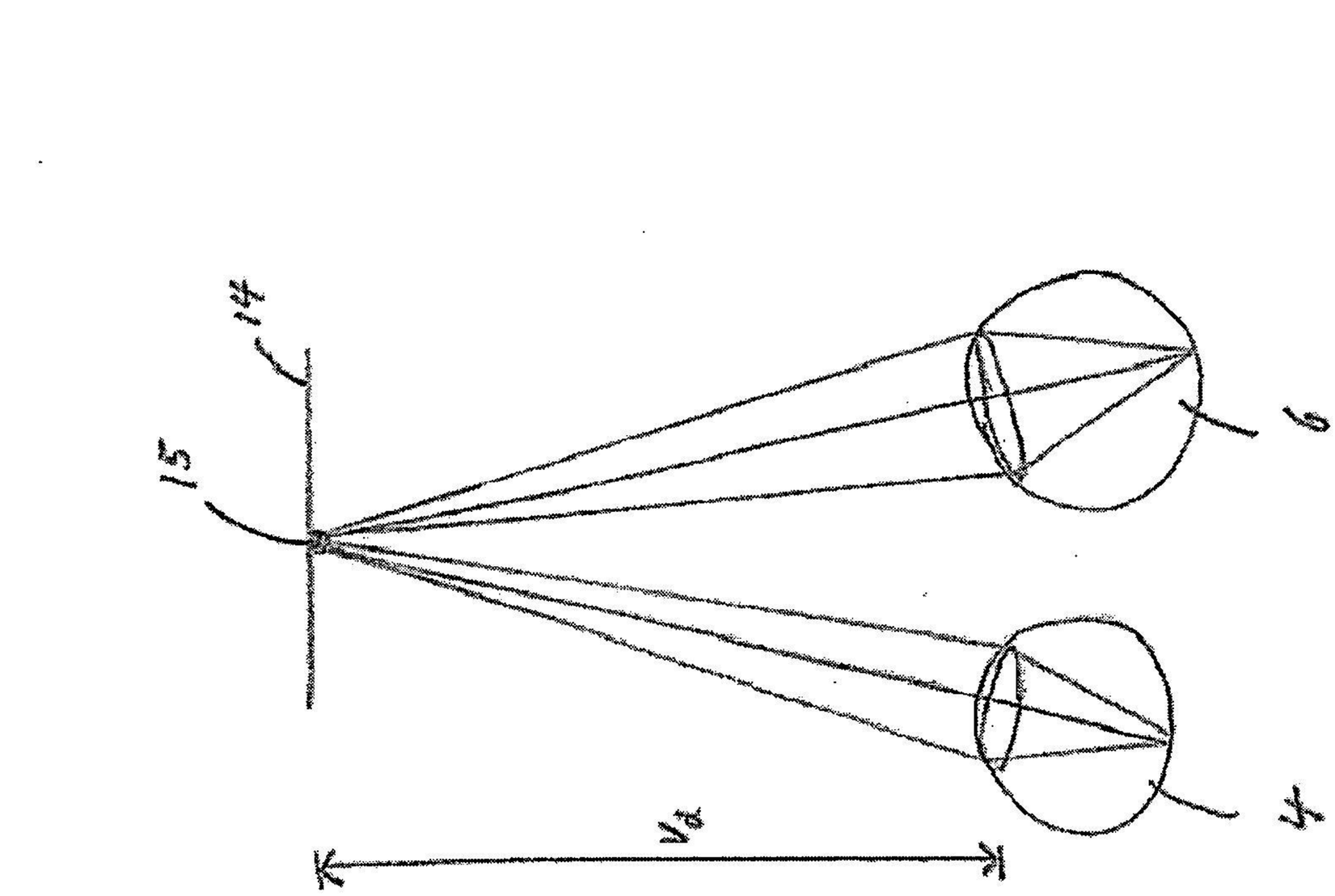

第2B圖



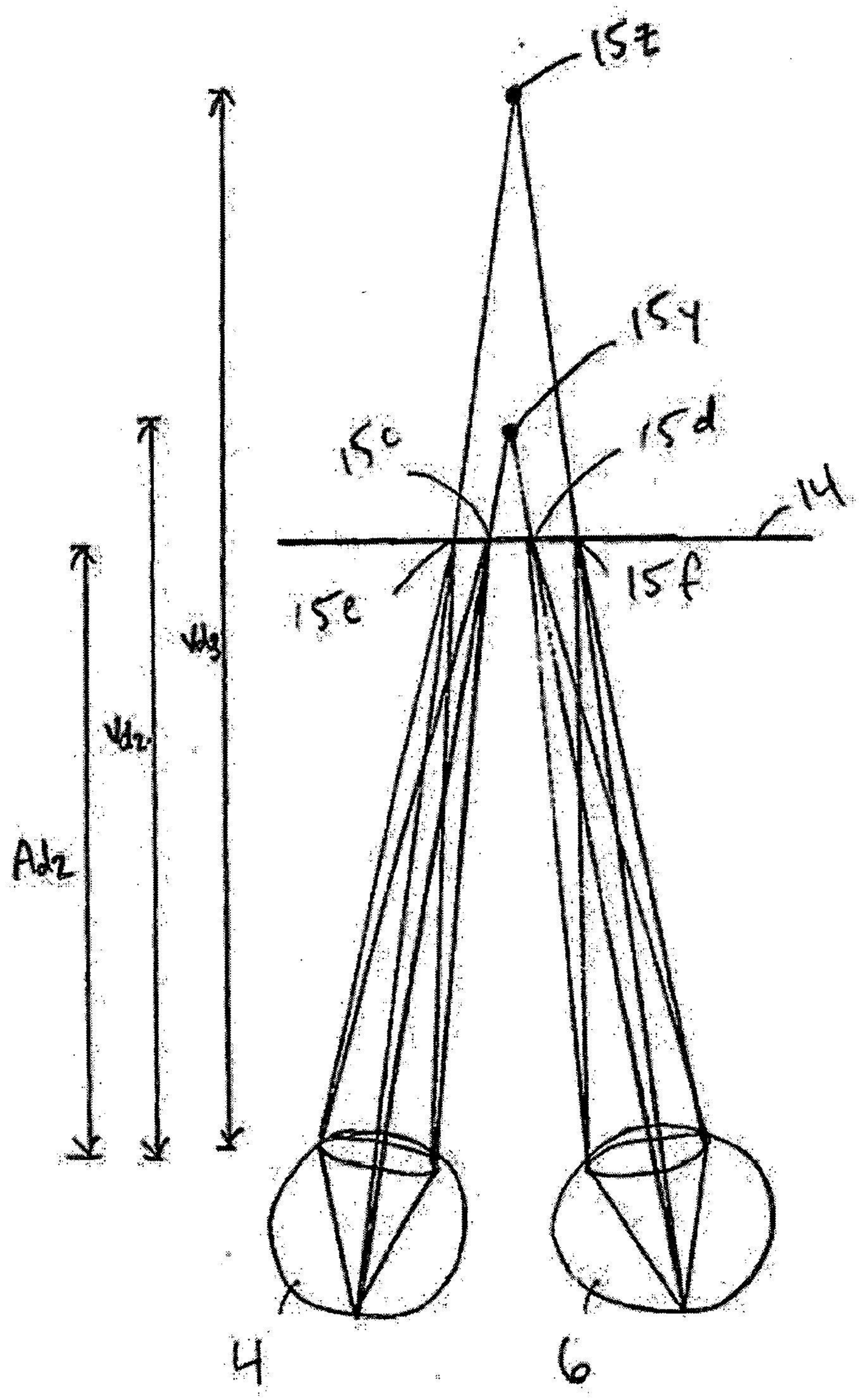

第2A圖



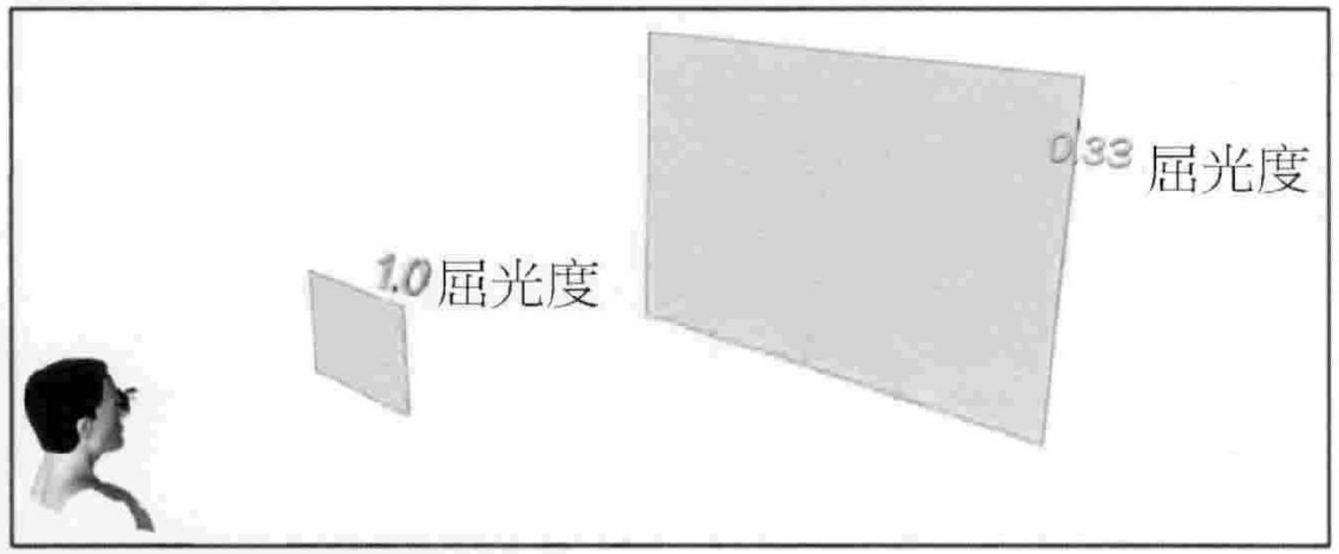

第3A圖

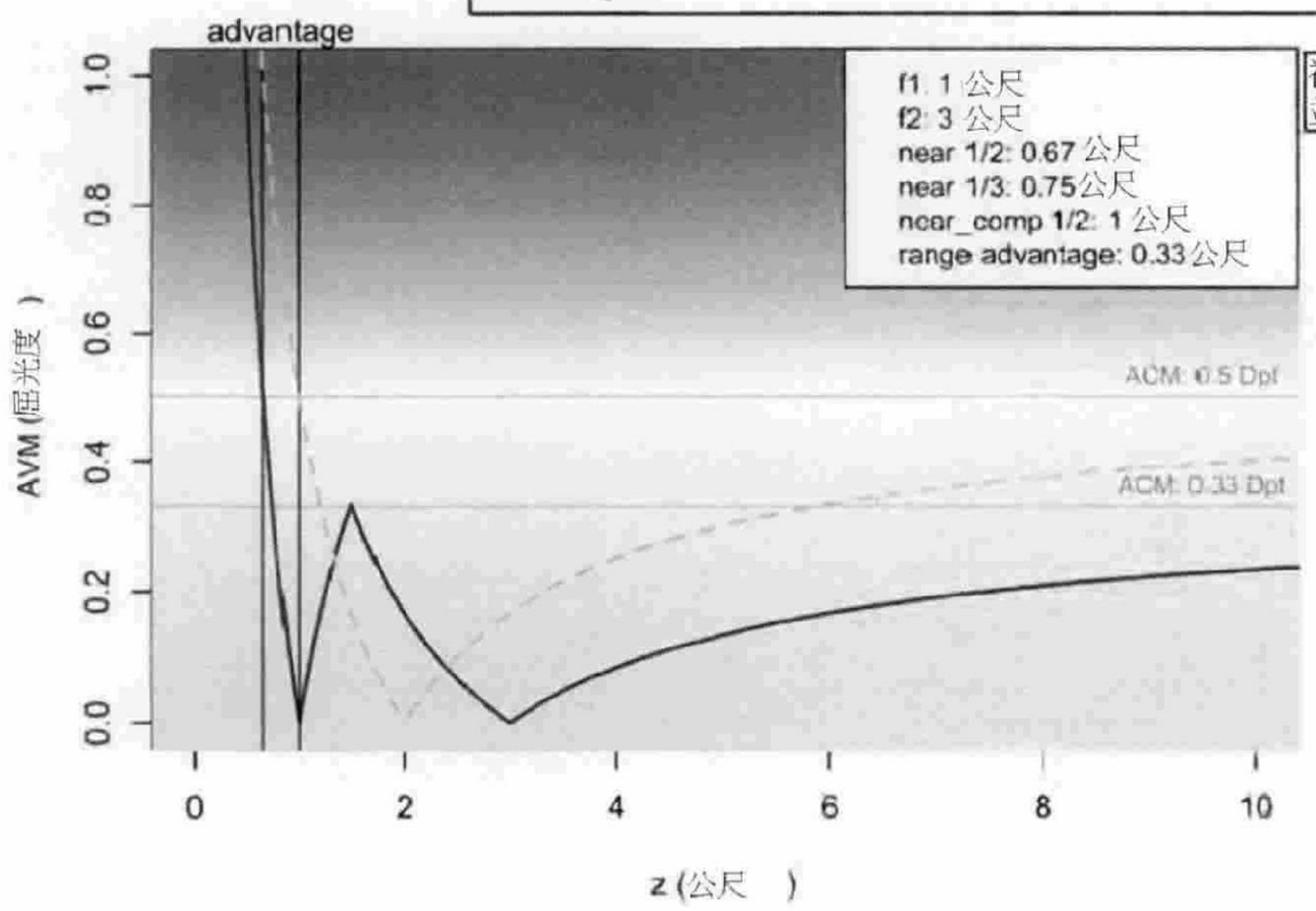


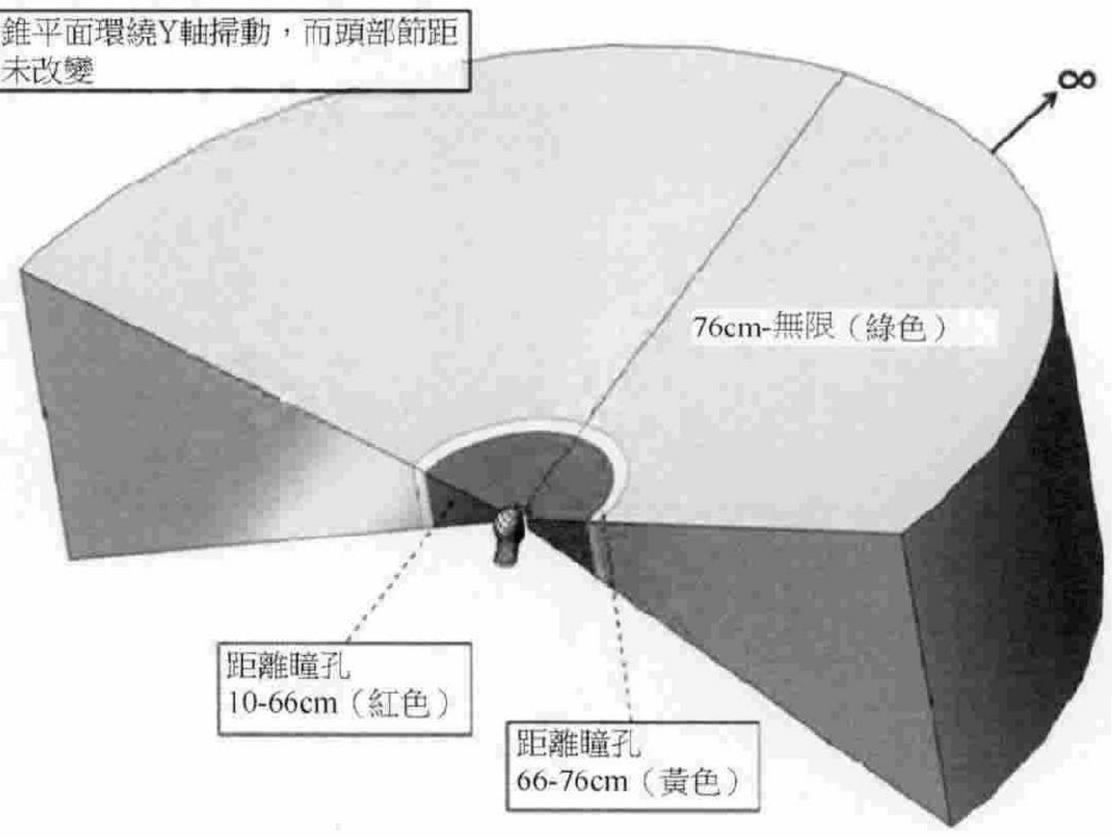

第3B圖



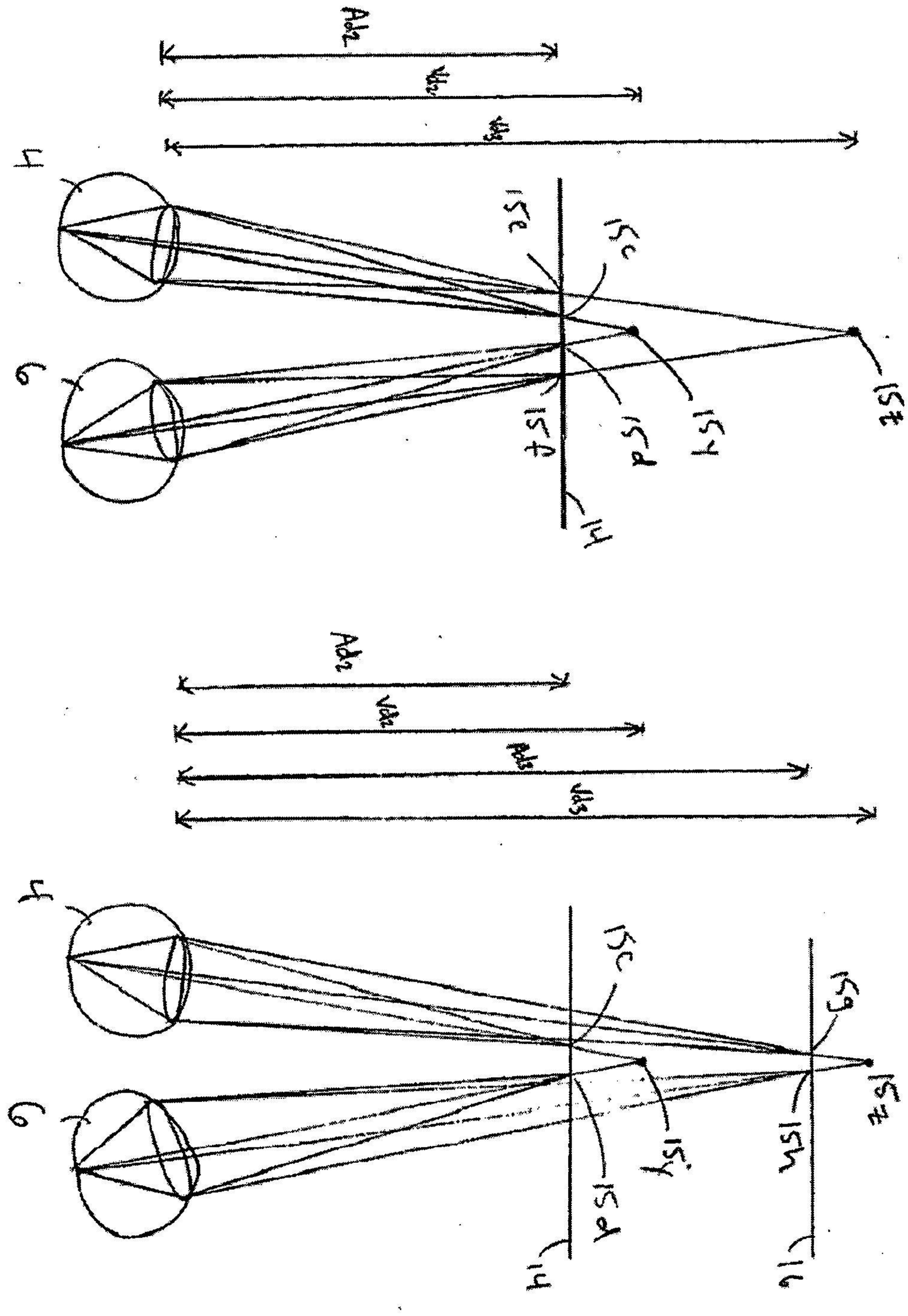

第4圖


1.0 屈光度
0.33 屈光度


advantage
f1: 1 公尺
f2: 3 公尺
near 1/2: 0.67 公尺
near 1/3: 0.75公尺
near_comp 1/2: 1 公尺
range advantage: 0.33公尺
ACM: 0.5 Dpt
ACM: 0.33 Dpt
AVM (屈光度 )
z (公尺 )

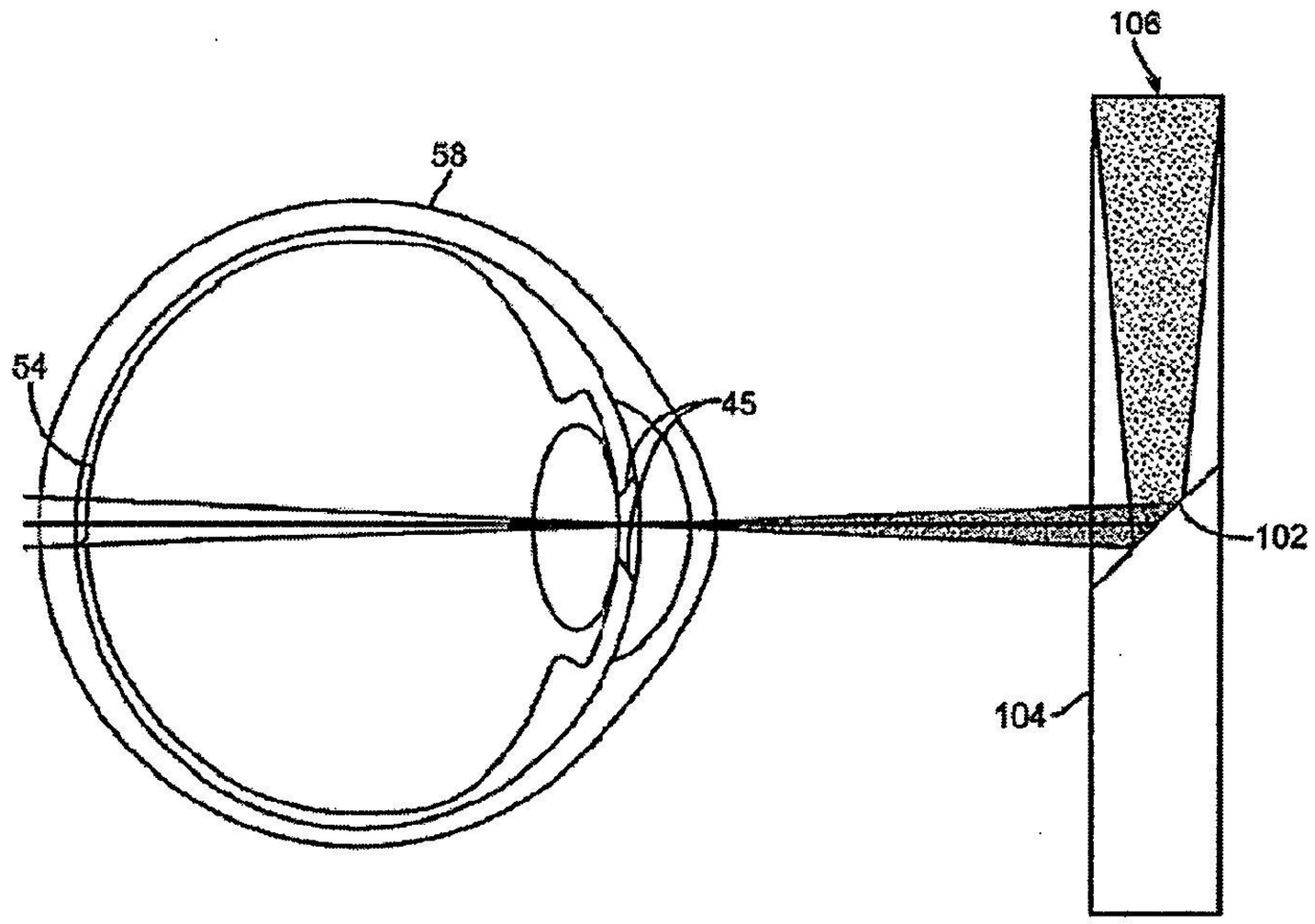

視錐平面環繞Y軸掃動，而頭部節距並未改變
8
76cm-無限（綠色）
距離瞳孔
10-66cm（紅色）
距離瞳孔
66-76cm（黃色）

第5圖

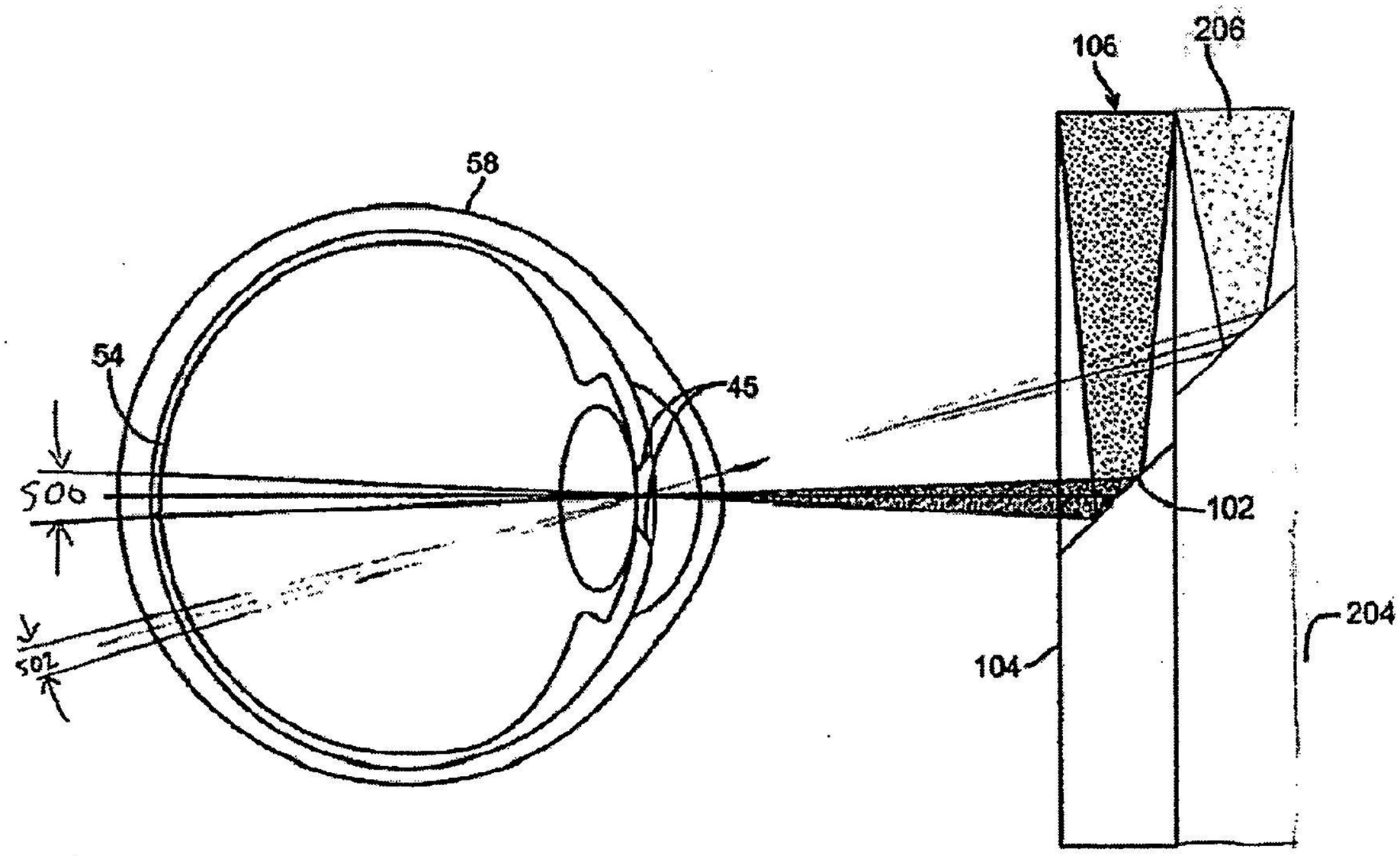

$Ad_2$
$Vd_2$
$Ad_3$
$Vd_3$
6
15a1
15c
15d1
15b1
15f1
15e1
4
15c
15g
15e1
15'
15d
15h1
1

第6A圖

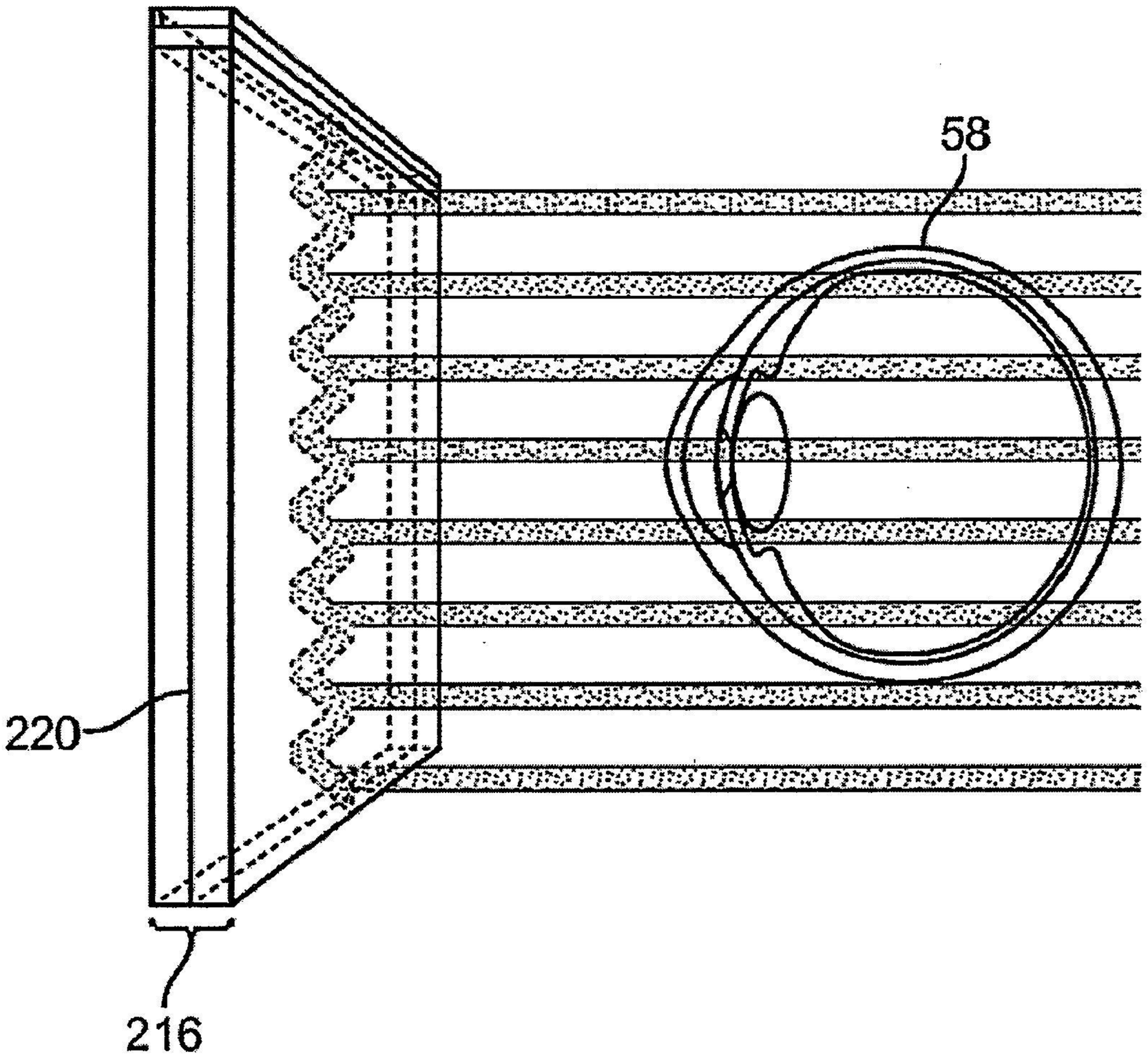
第6B圖



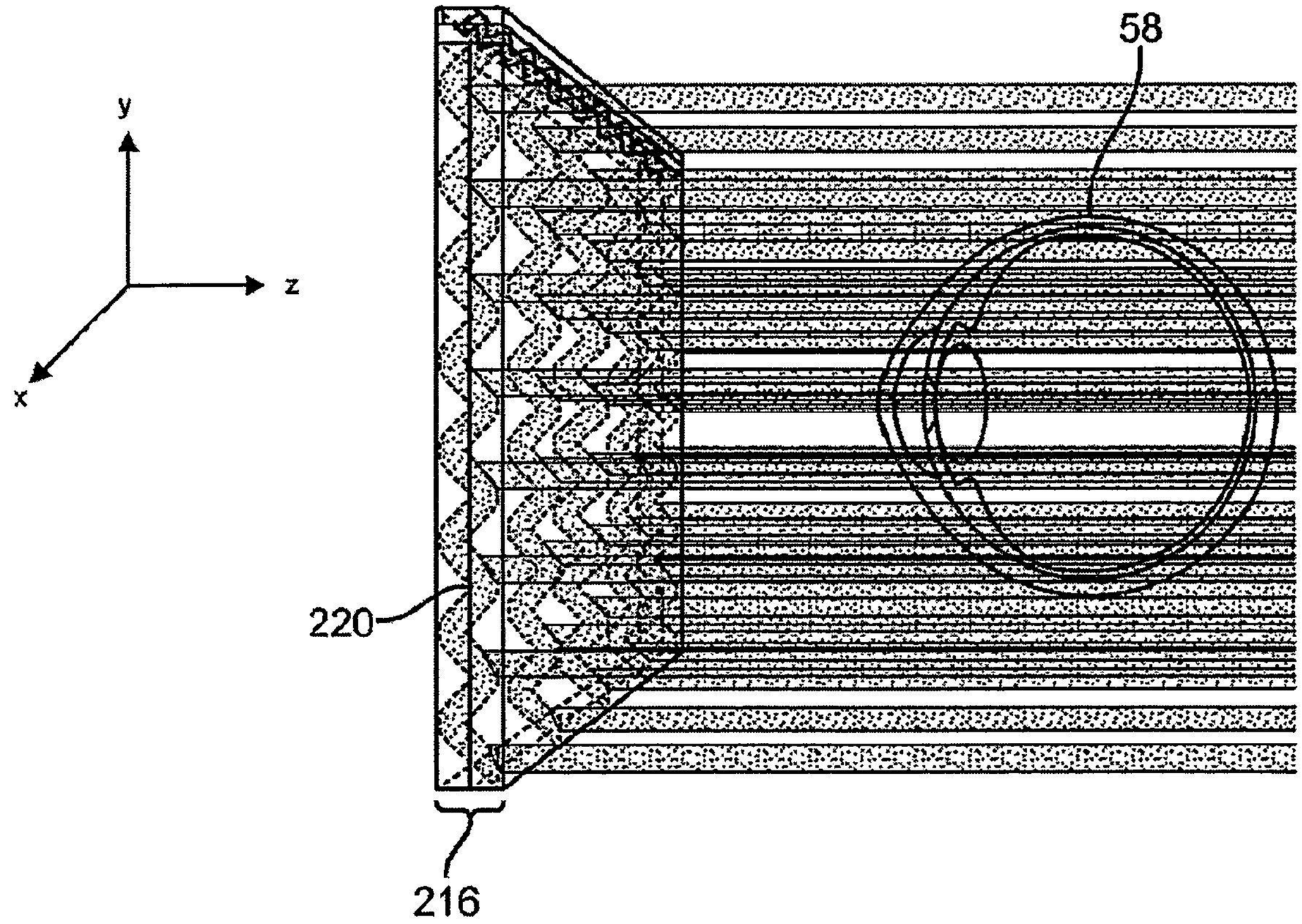

第7A圖



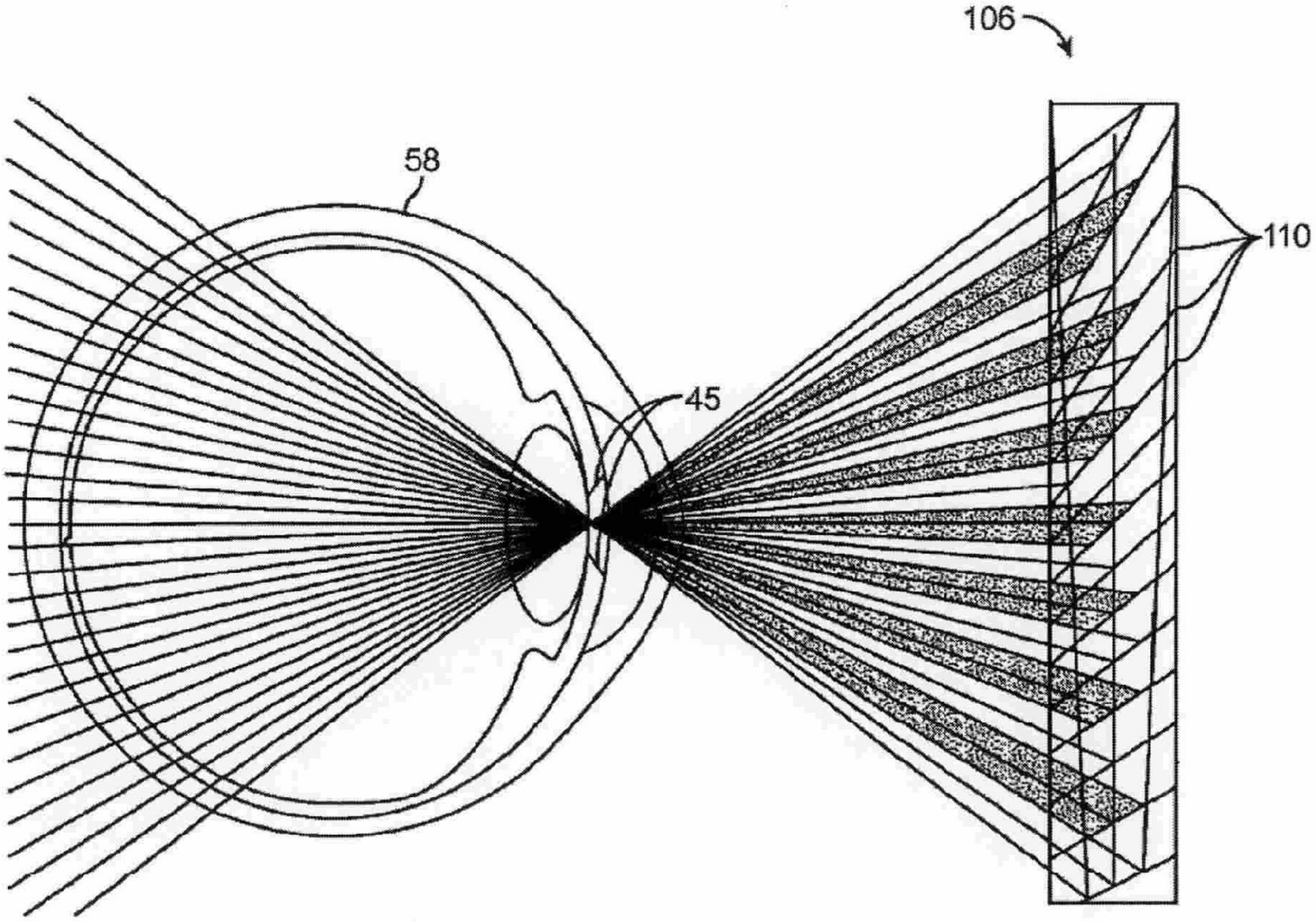

第7B圖



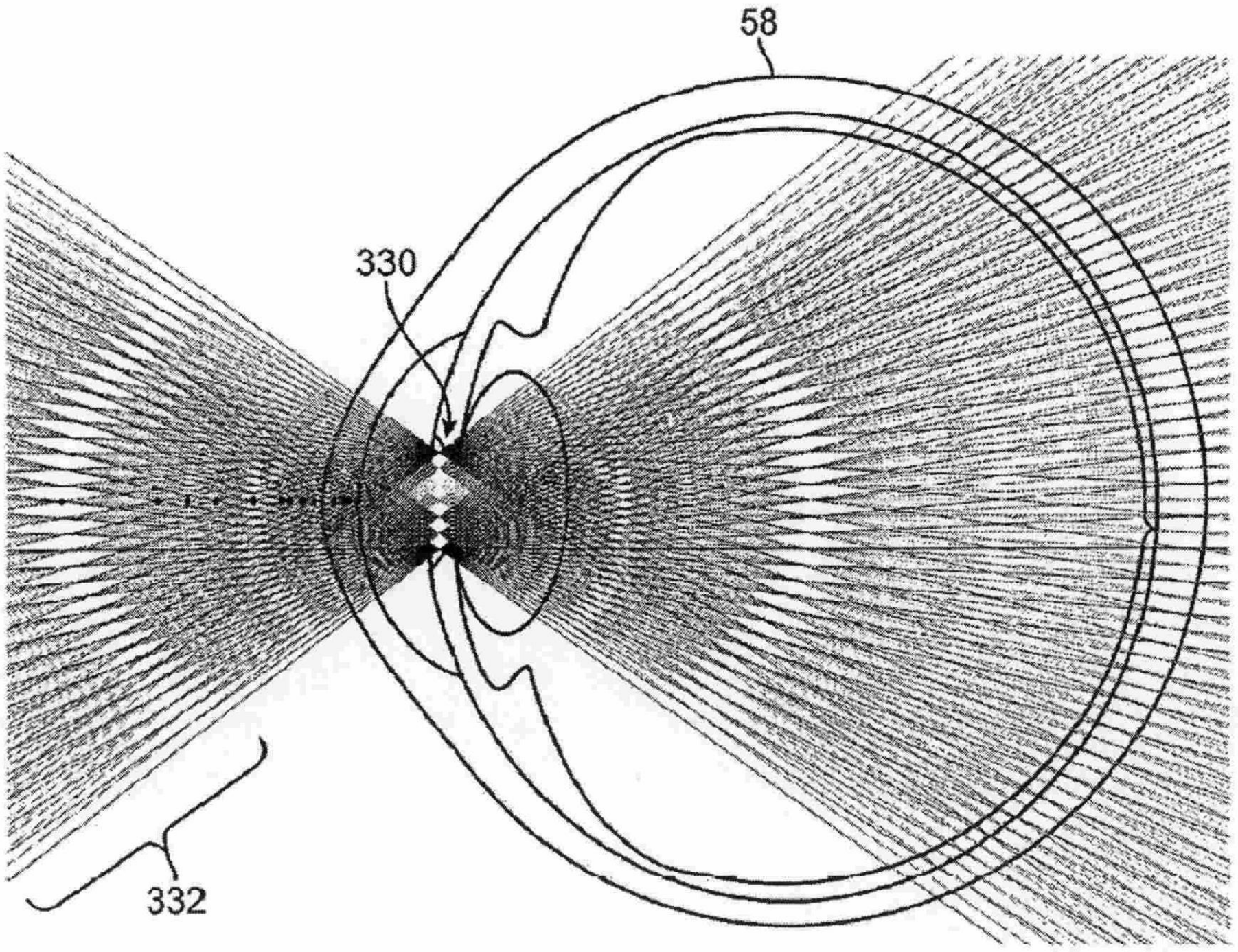

第8圖



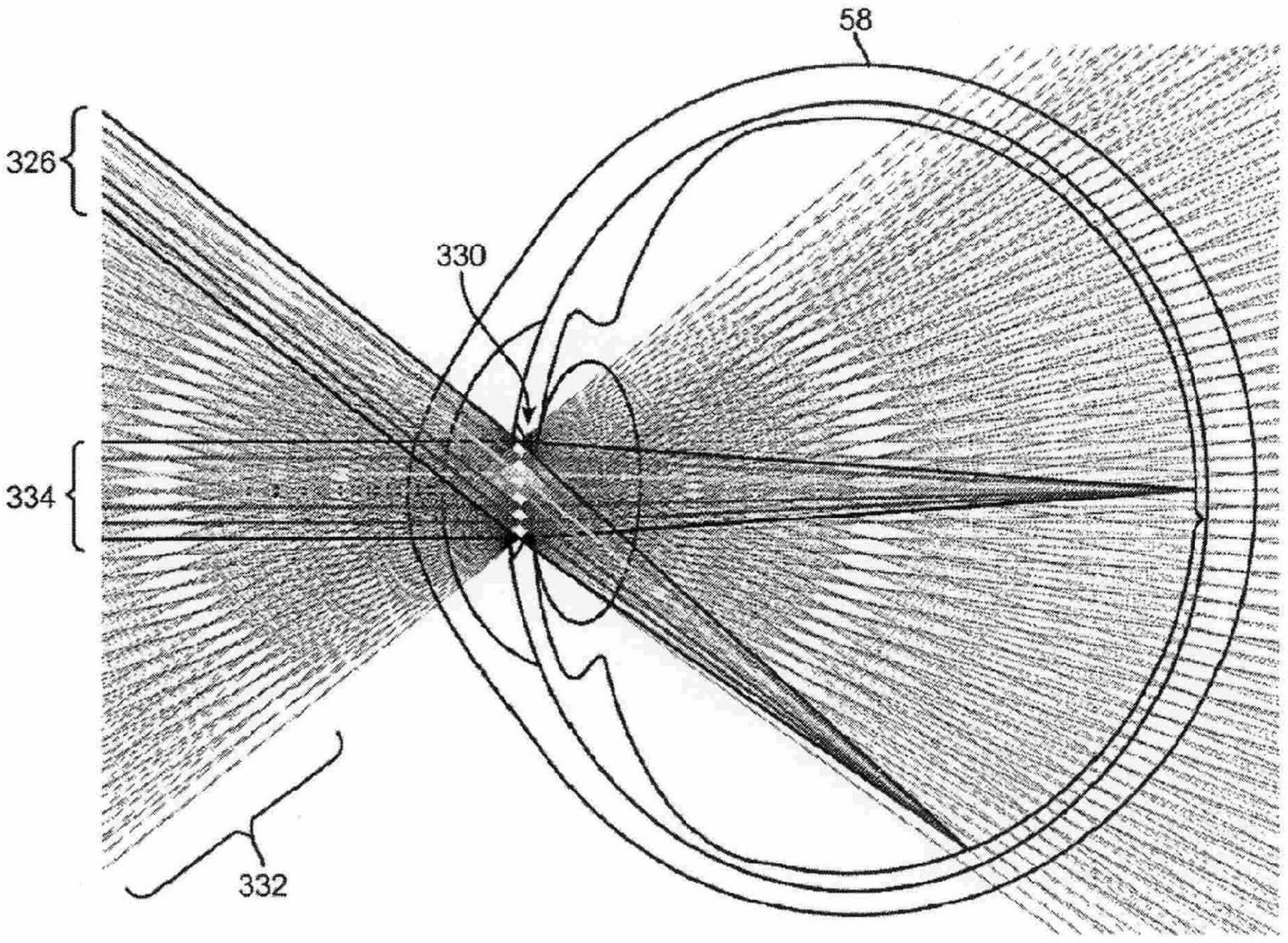

第9圖



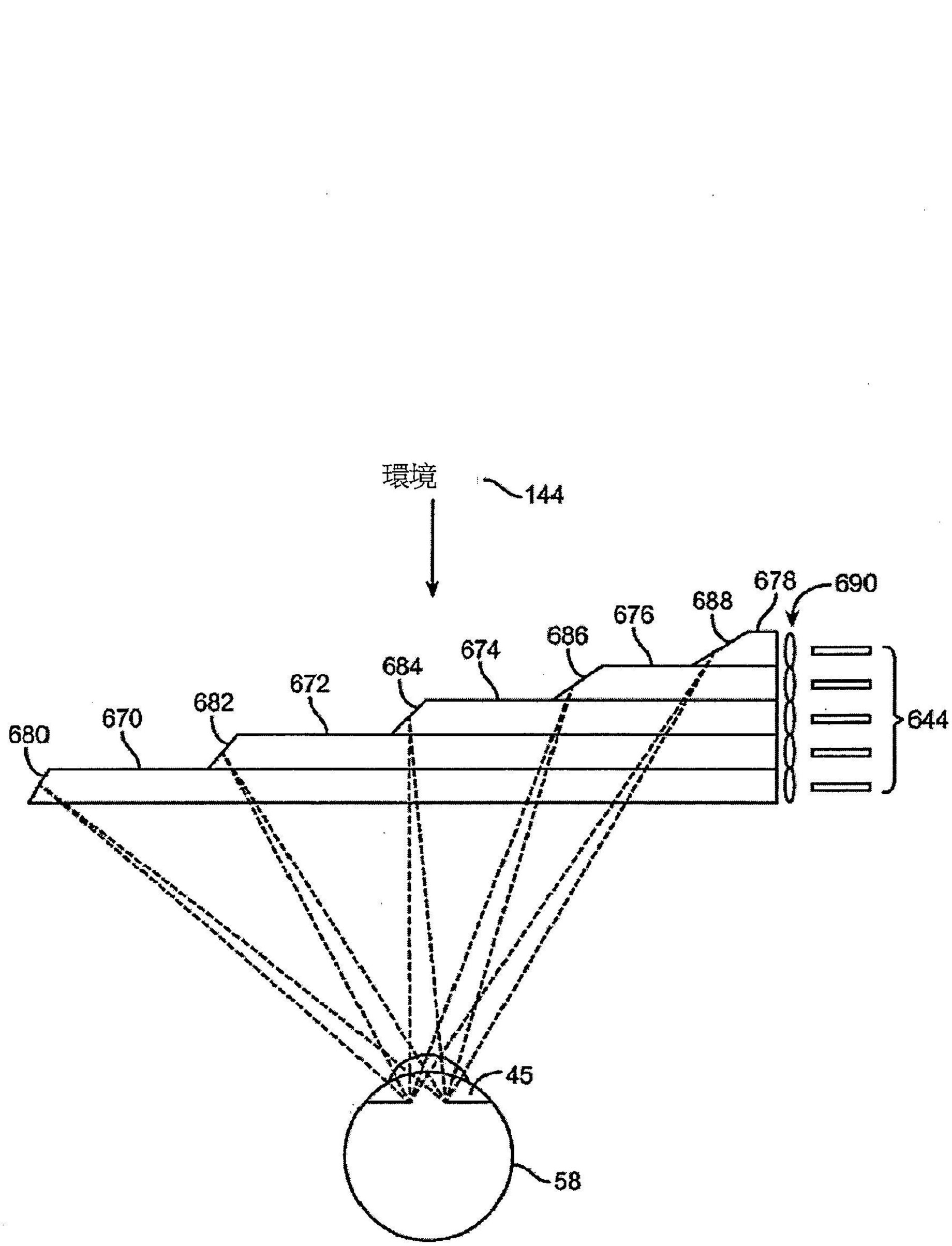

第10圖



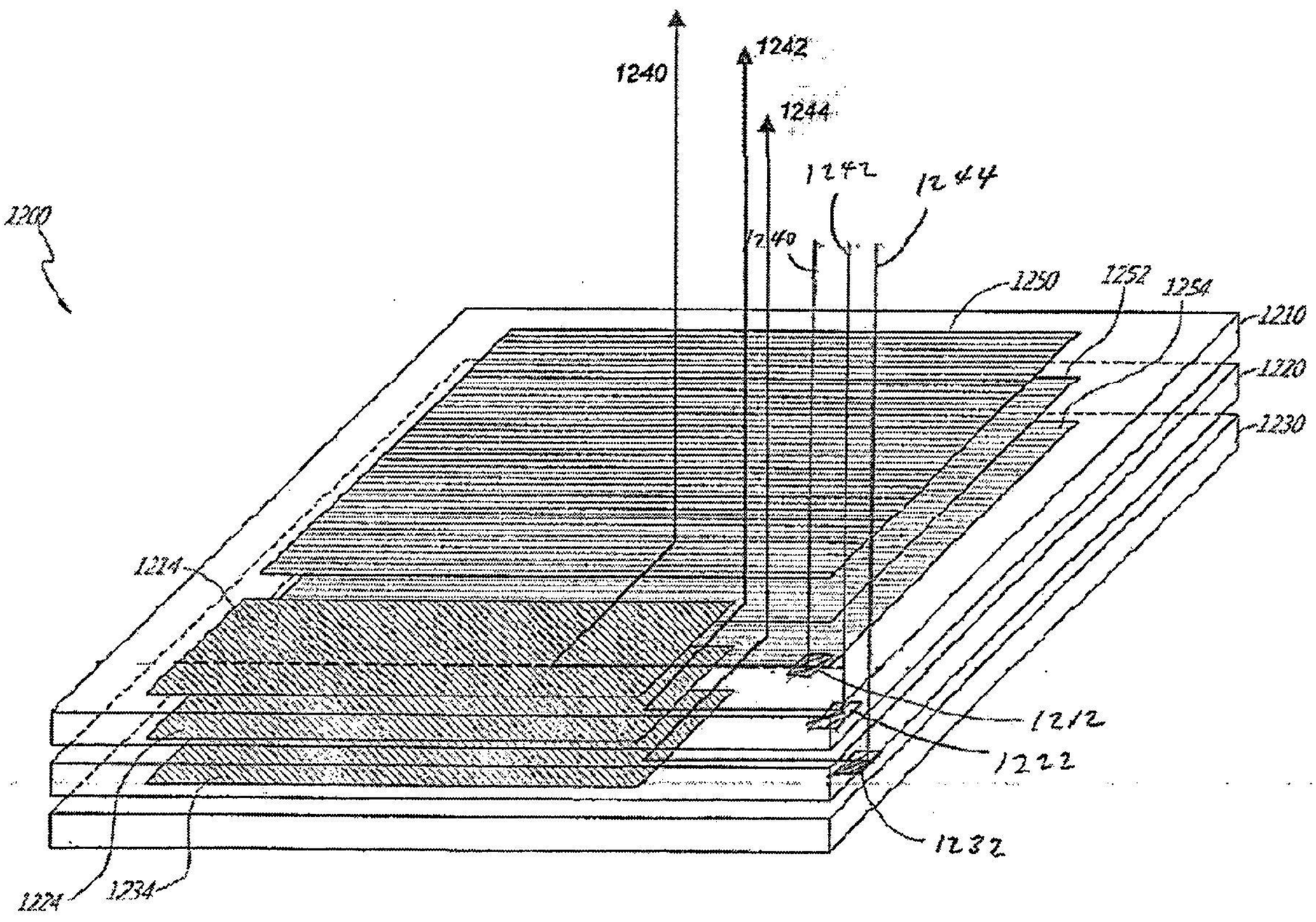

第11圖



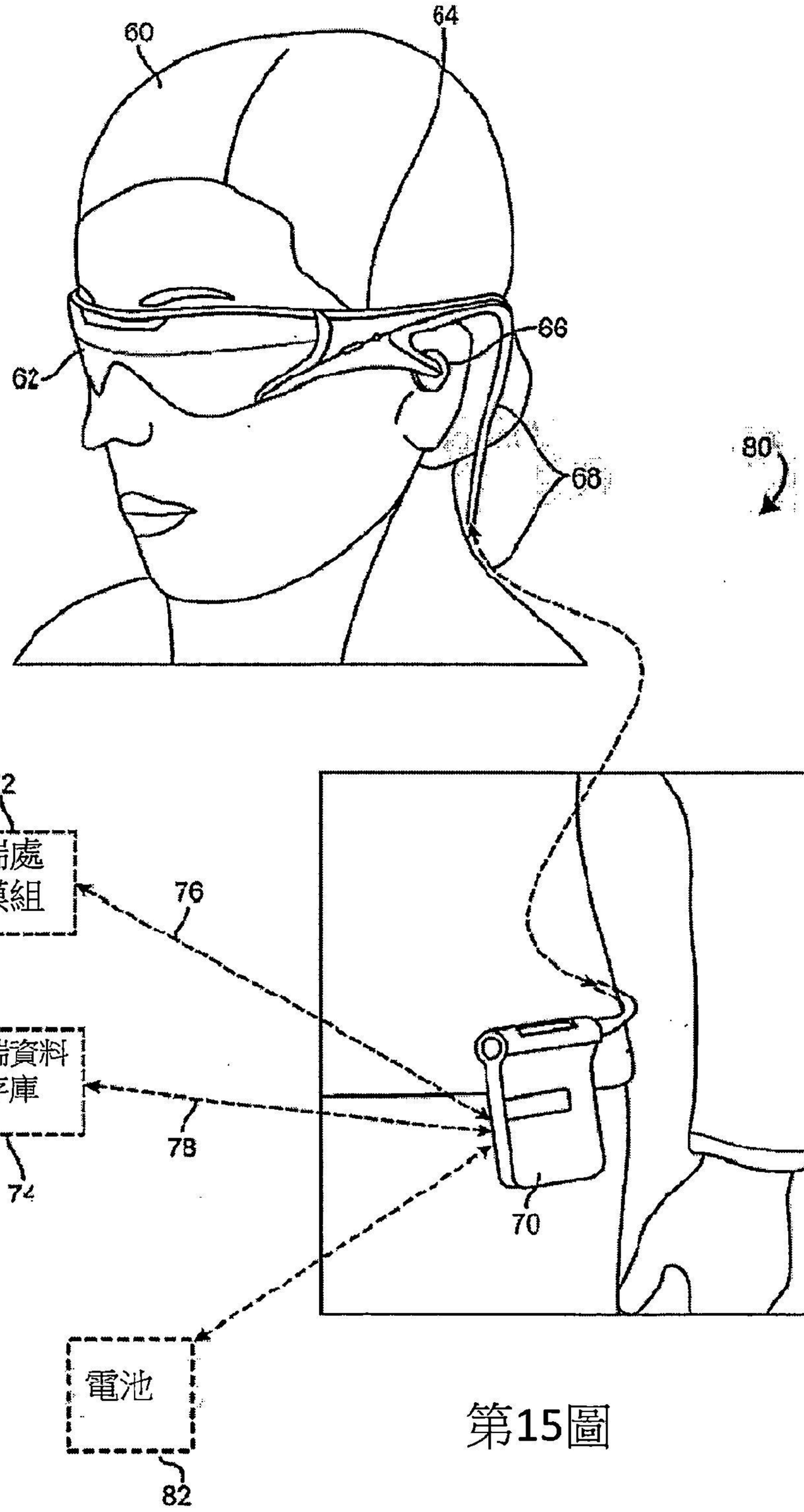

第12圖



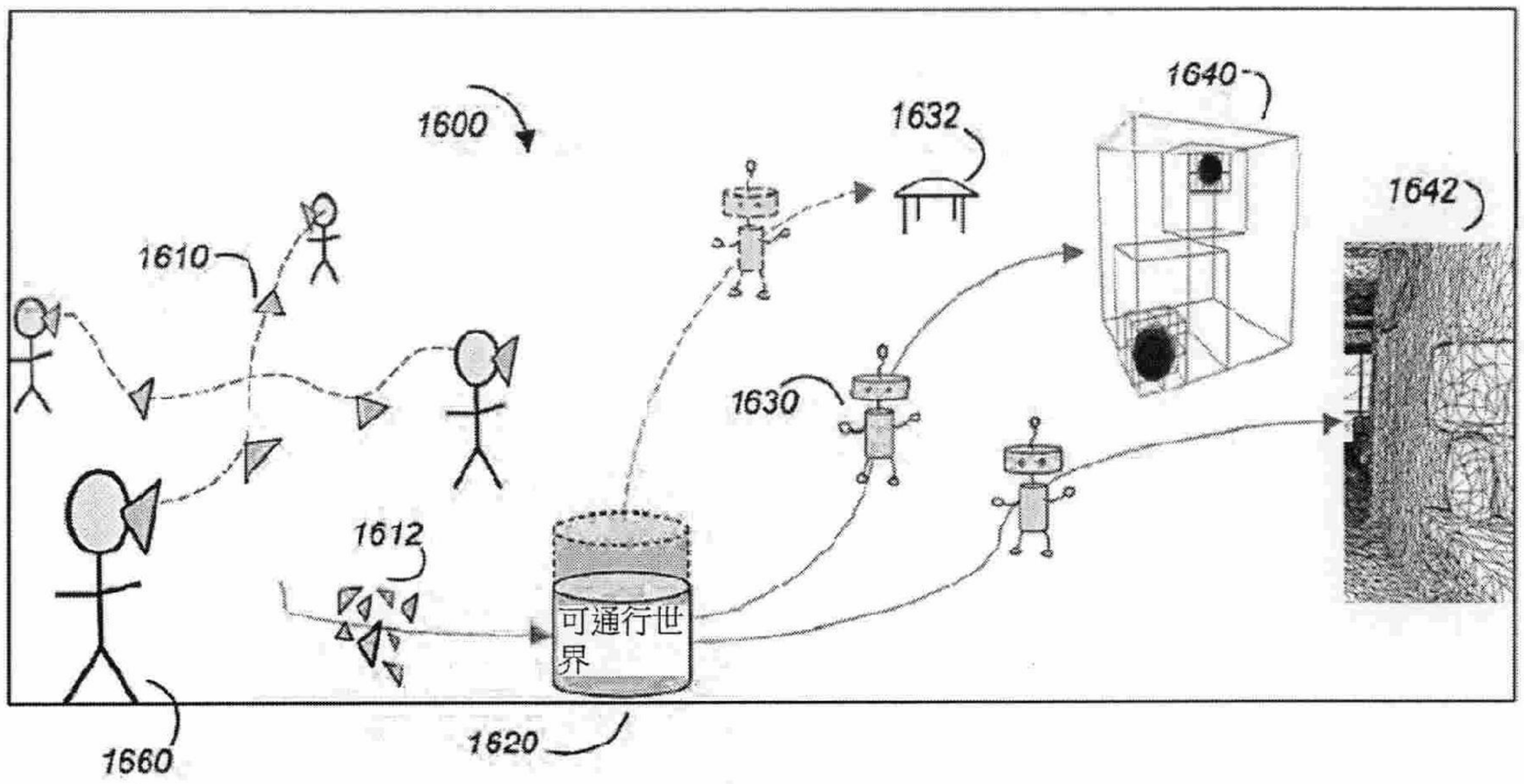

第13圖


1200
1240
1242
1244
1242
1244
1240
1250
1252
1254
1210
1220
1230
1214
1212
1222
1232
1224
1234

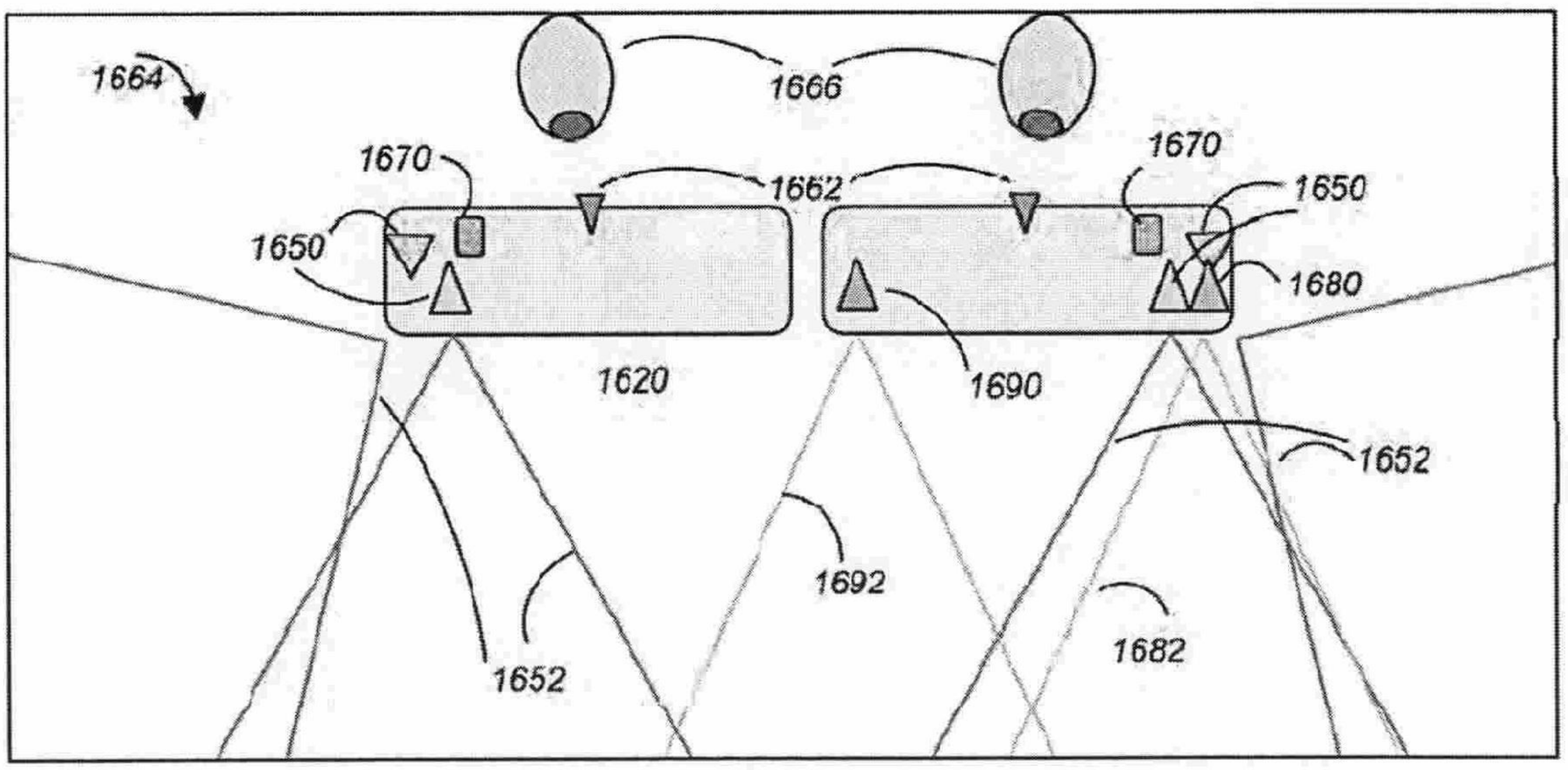
第14圖



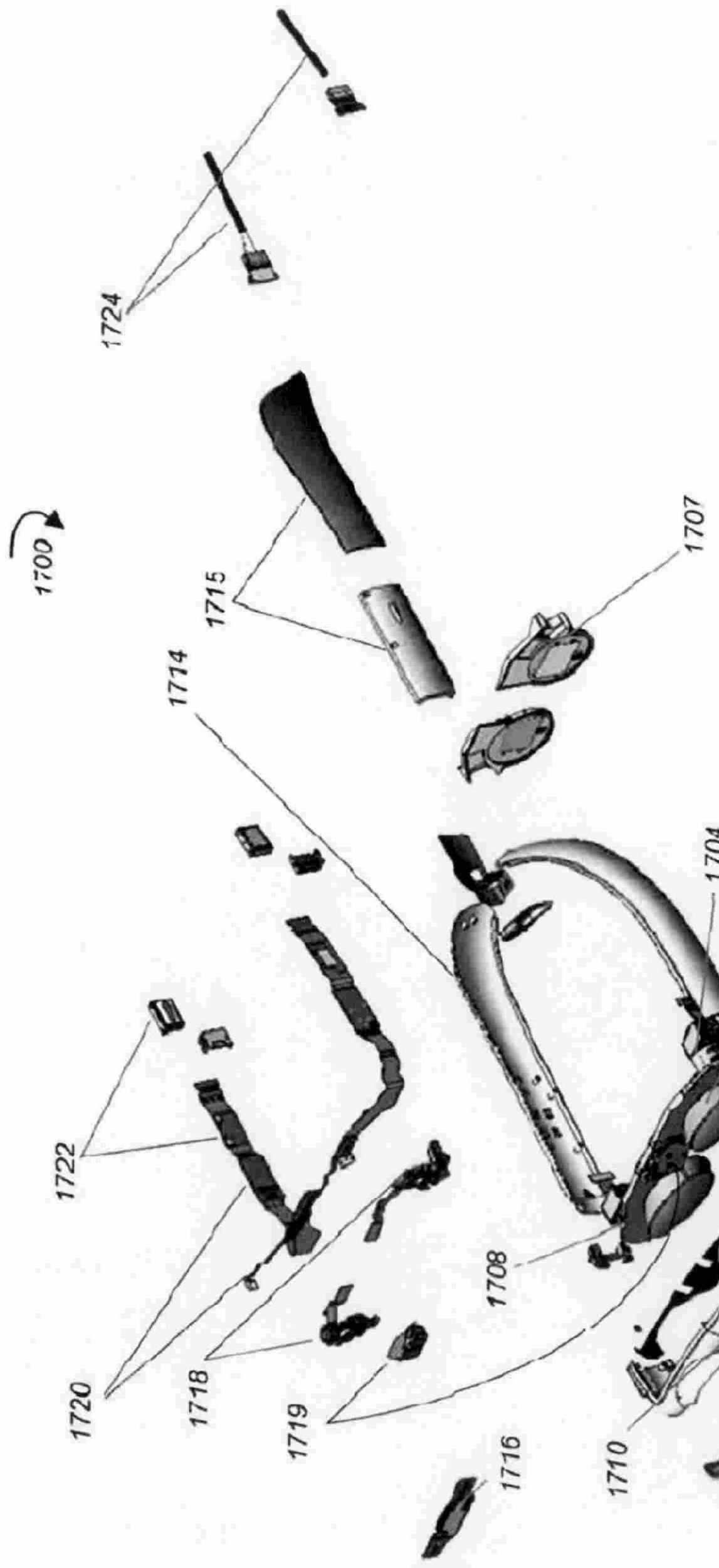

第15圖


1600
1610
1612
1620
1630
1632
1640
1642
1660
可通行世界

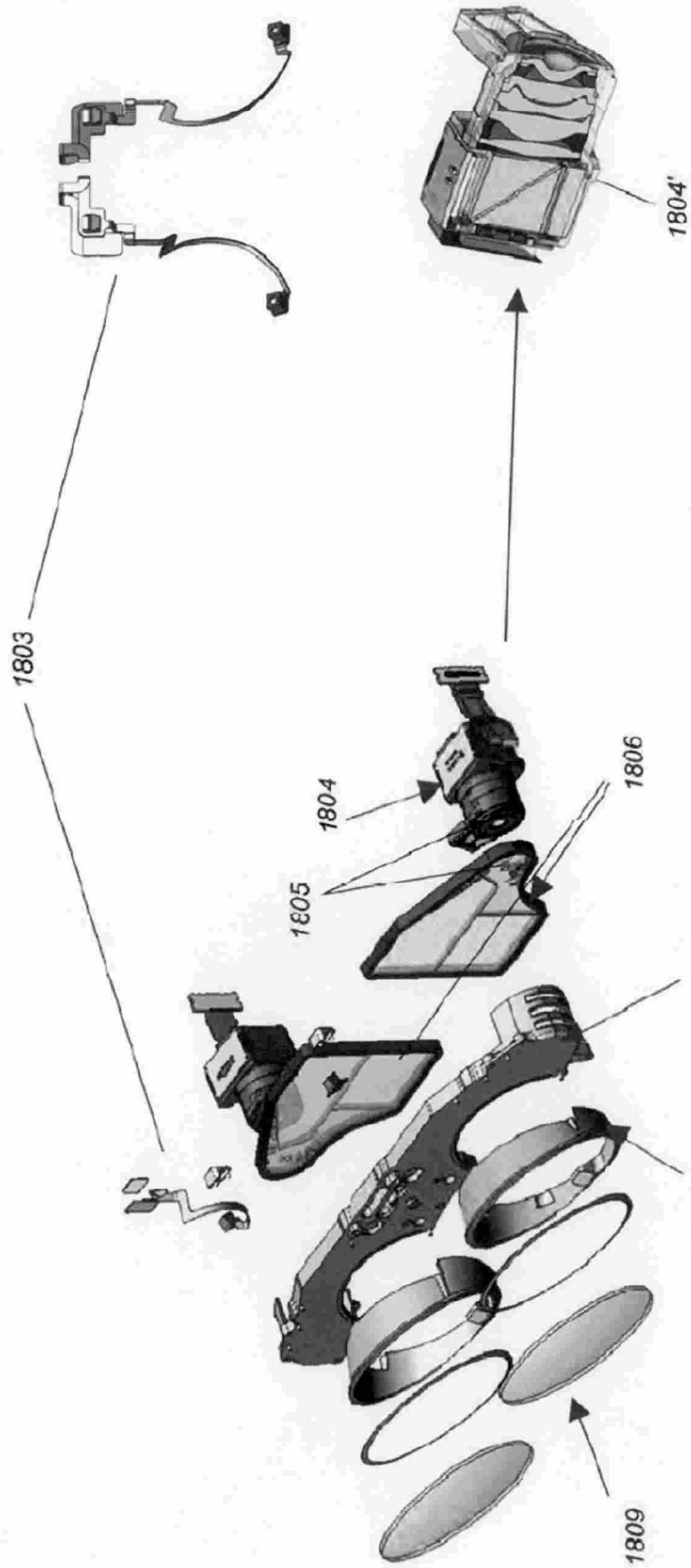
第16A圖


1664
1666
1670
1650
1662
1620
1690
1680
1652
1692
1682

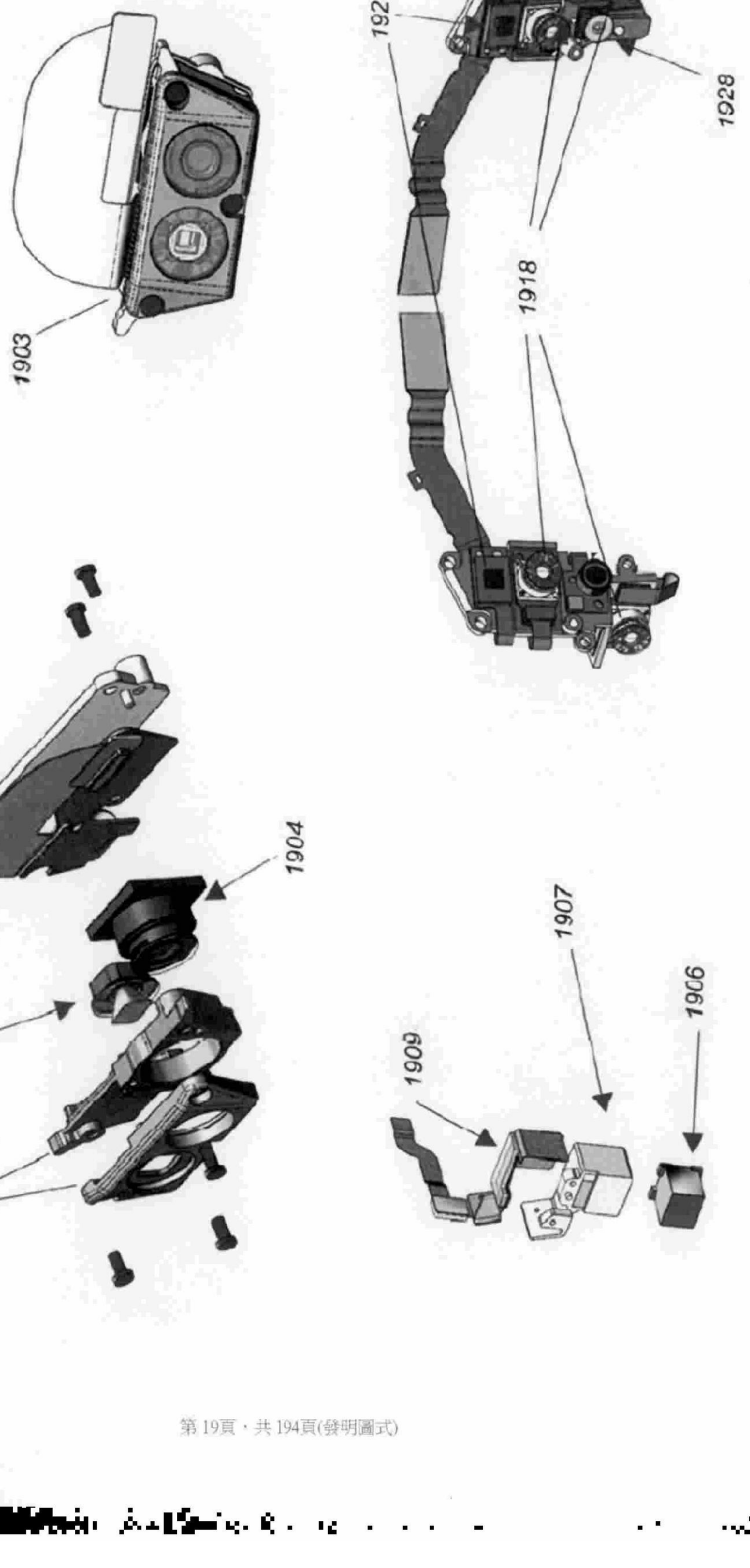
第16B圖


1700
1724
1715
1714
1707
1722
1720
1718
1719
1716
1708
1704
1702
1706
1712
1710

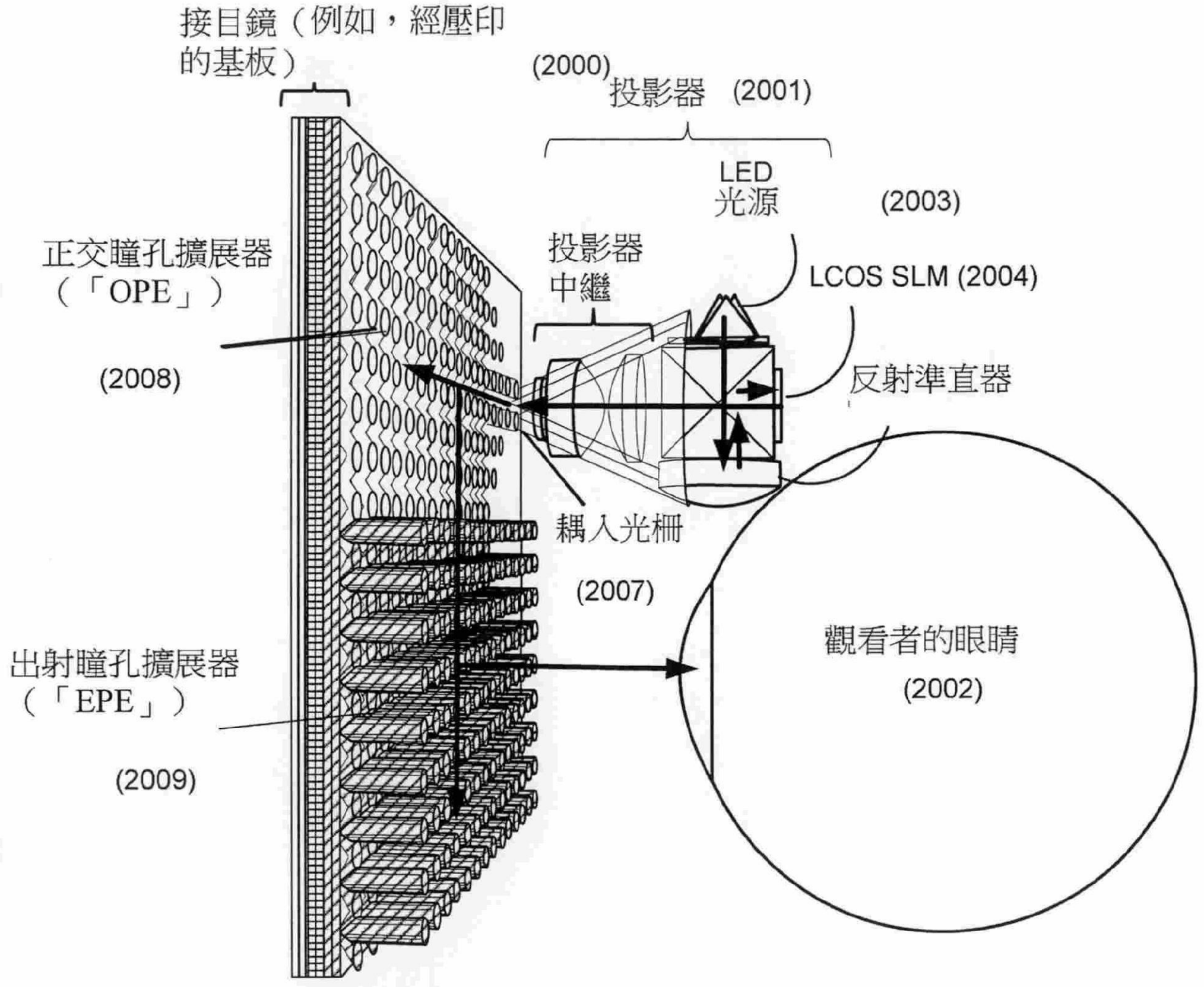
第17圖



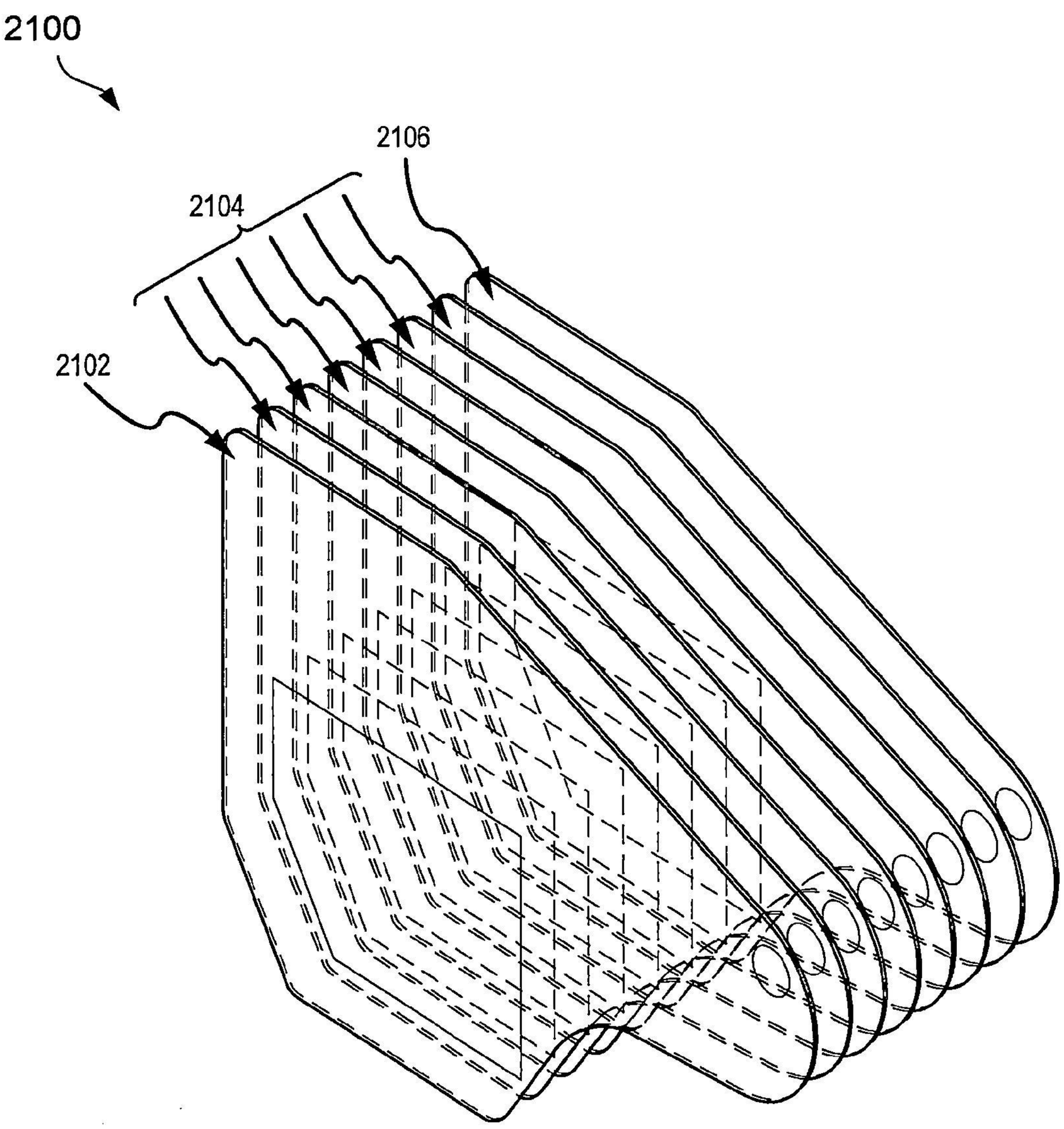

第18圖



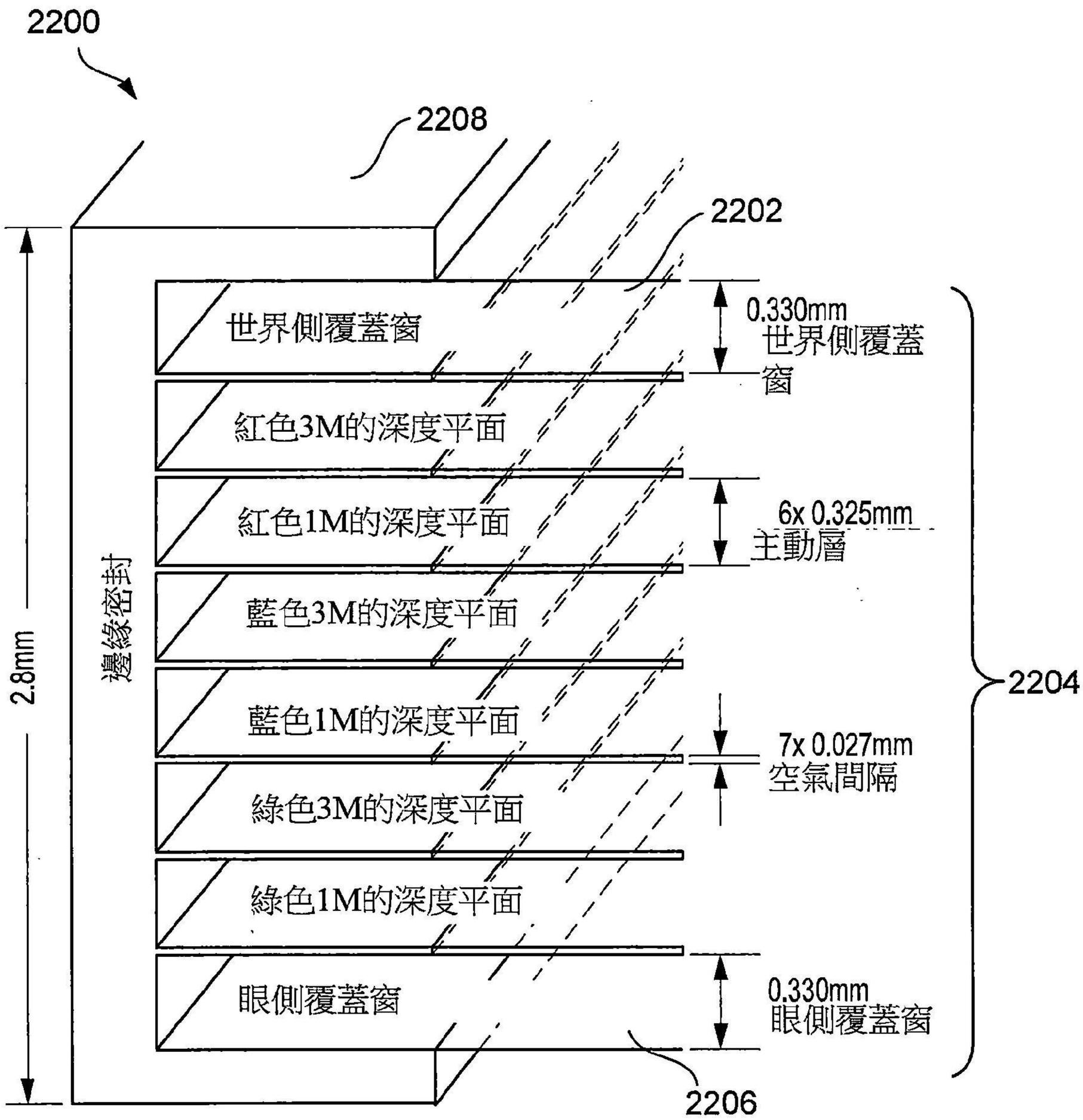

第19圖


接目鏡（例如，經壓印
的基板）
(2000)
投影器 (2001)
LED
光源
(2003)
正交瞳孔擴展器
（「OPE」）
投影器
中繼
LCOS SLM (2004)
(2008)
反射準直器
耦入光柵
(2007)
出射瞳孔擴展器
（「EPE」）
(2009)
觀看者的眼睛
(2002)

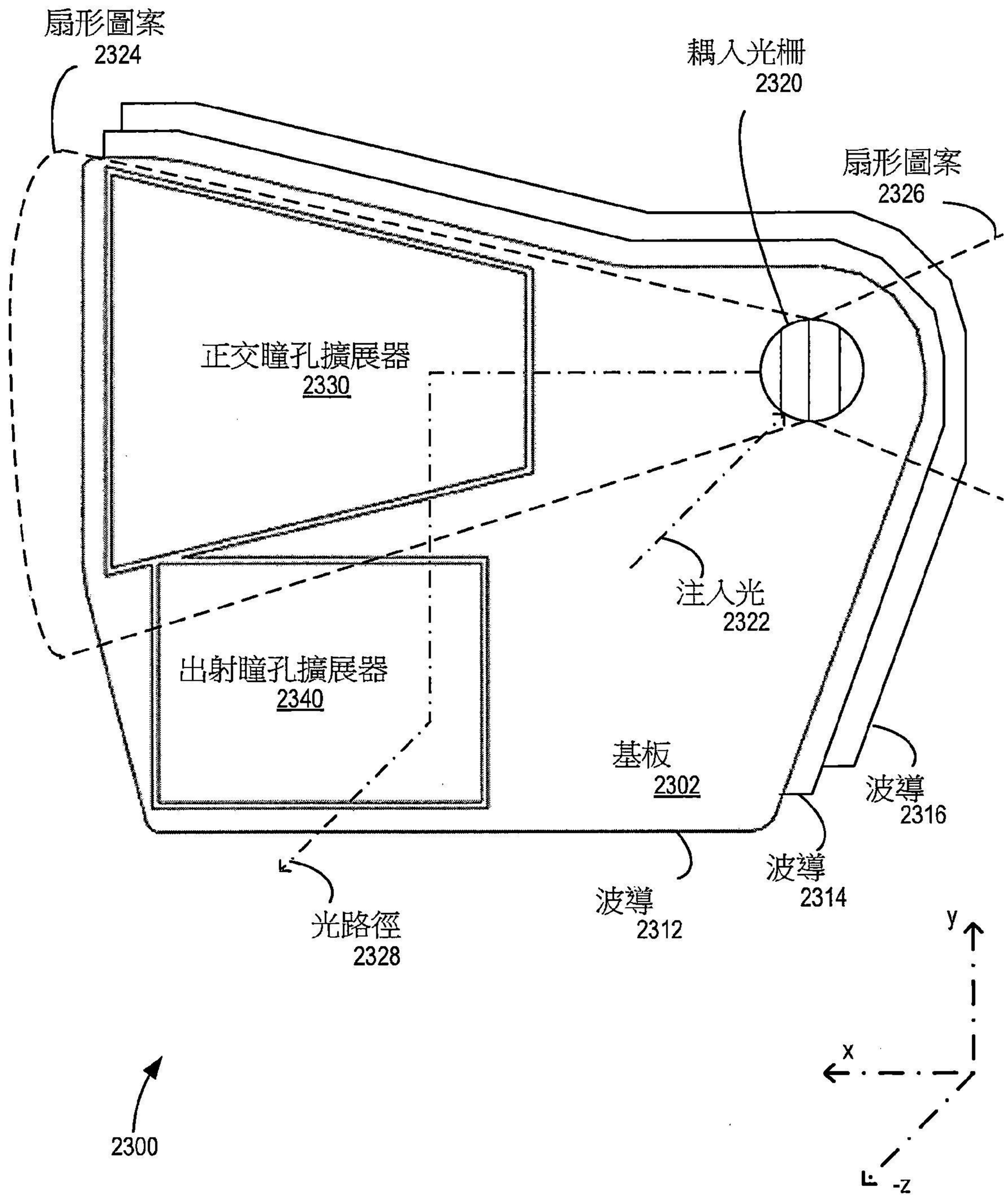
第20圖



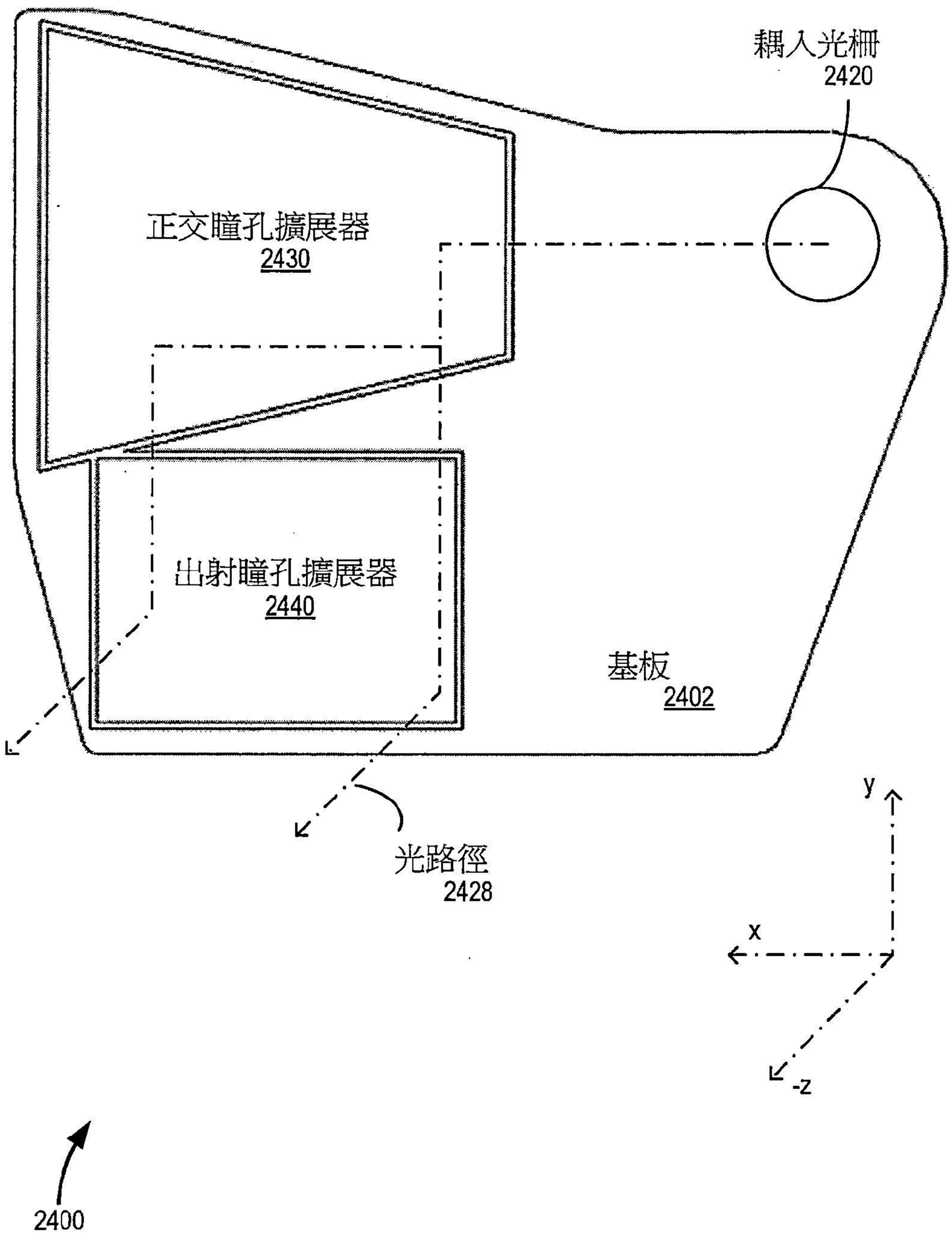

第21圖


2200
2208
2202
世界側覆蓋窗
0.330mm
世界側覆蓋窗
紅色3M的深度平面
紅色1M的深度平面
6x 0.325mm
主動層
藍色3M的深度平面
藍色1M的深度平面
7x 0.027mm
空氣間隔
綠色3M的深度平面
綠色1M的深度平面
眼側覆蓋窗
0.330mm
眼側覆蓋窗
2204
2.8mm
邊緣密封
2206

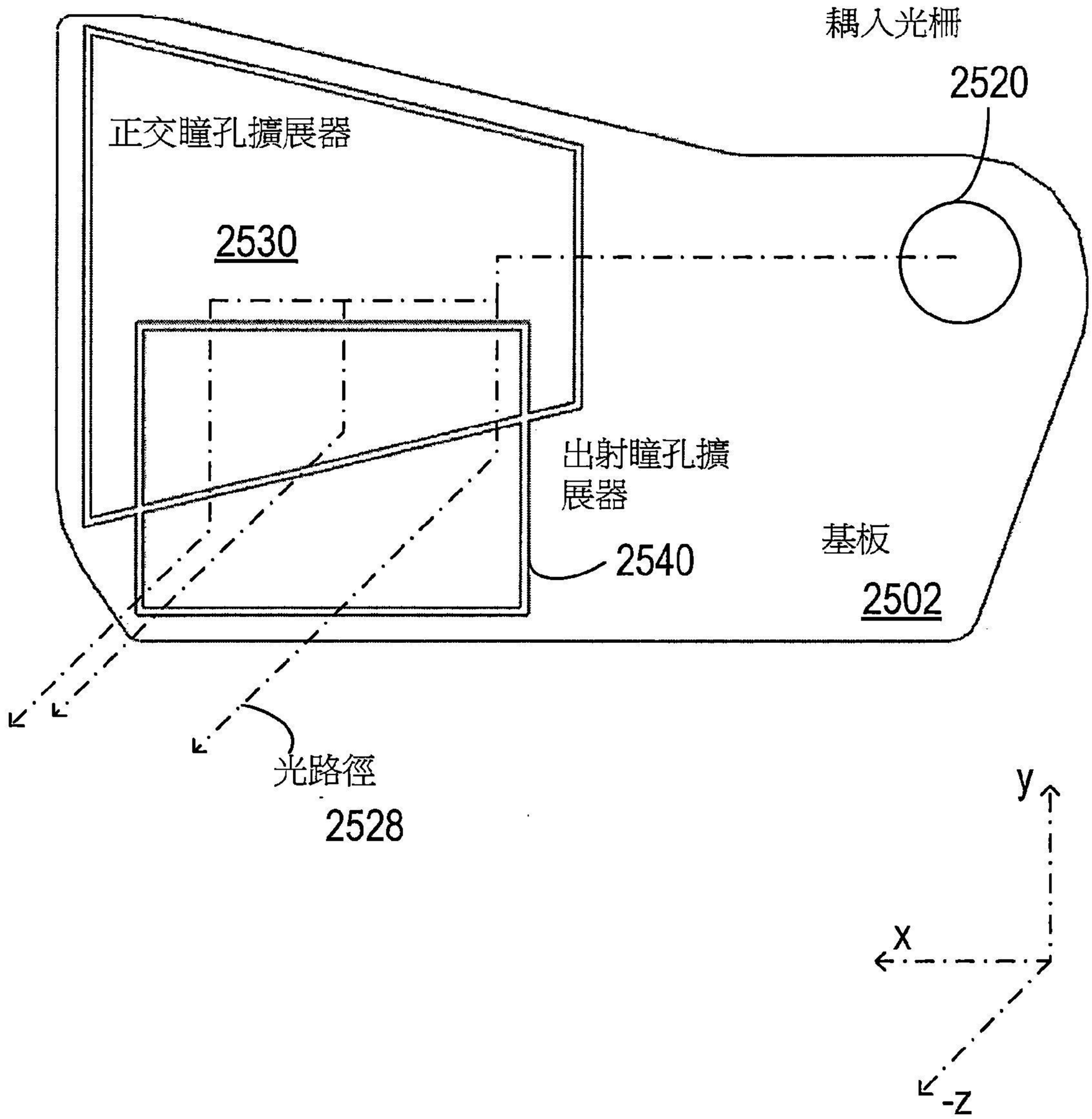
第22圖


扇形圖案
2324
耦入光柵
2320
扇形圖案
2326
正交瞳孔擴展器
2330
注入光
2322
出射瞳孔擴展器
2340
基板
2302
波導
2316
波導
2314
光路徑
2328
波導
2312
y
x
z
2300

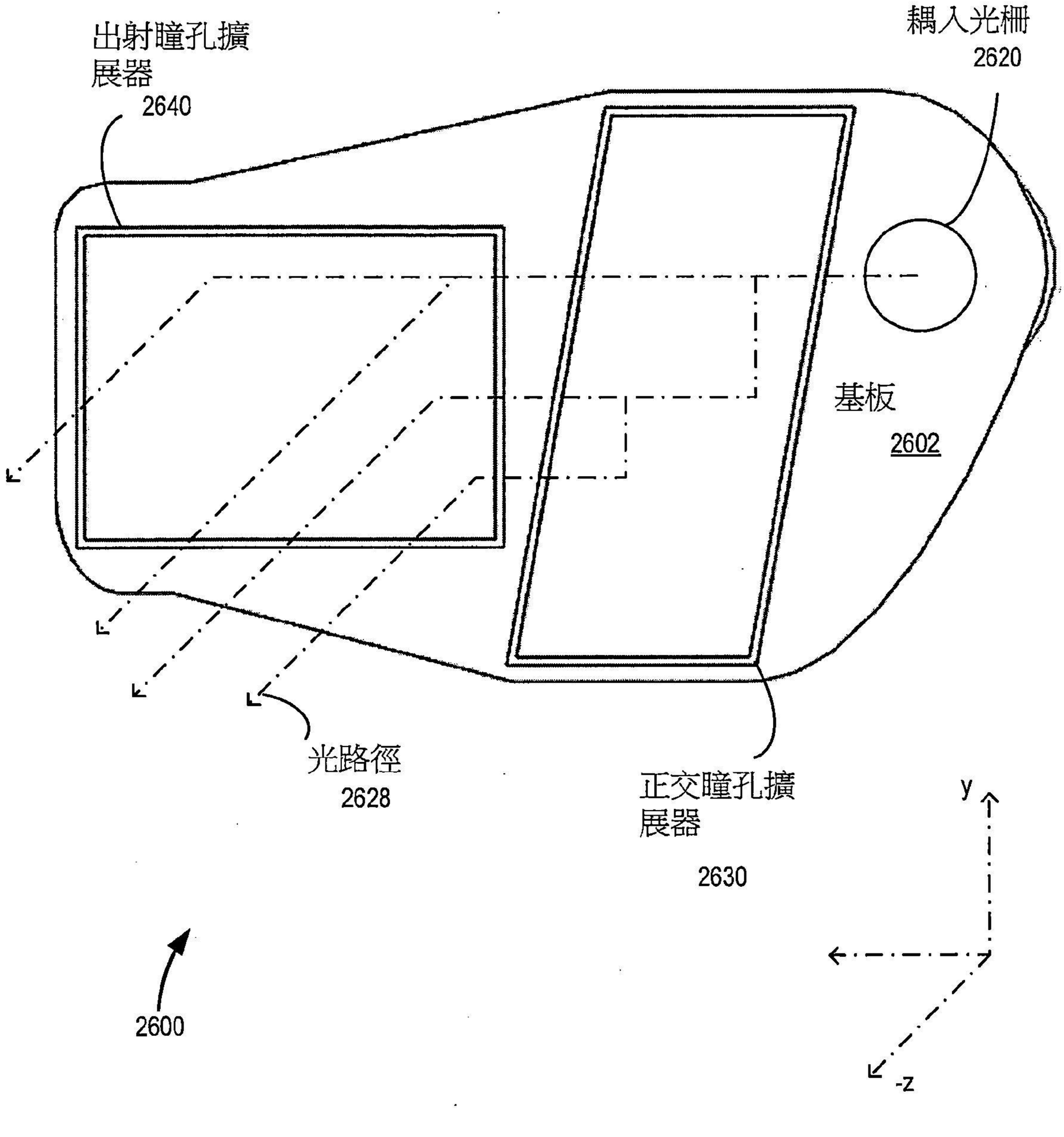
第23圖


耦入光柵
2420
正交瞳孔擴展器
2430
出射瞳孔擴展器
2440
基板
2402
光路徑
2428
y
x
-z
2400

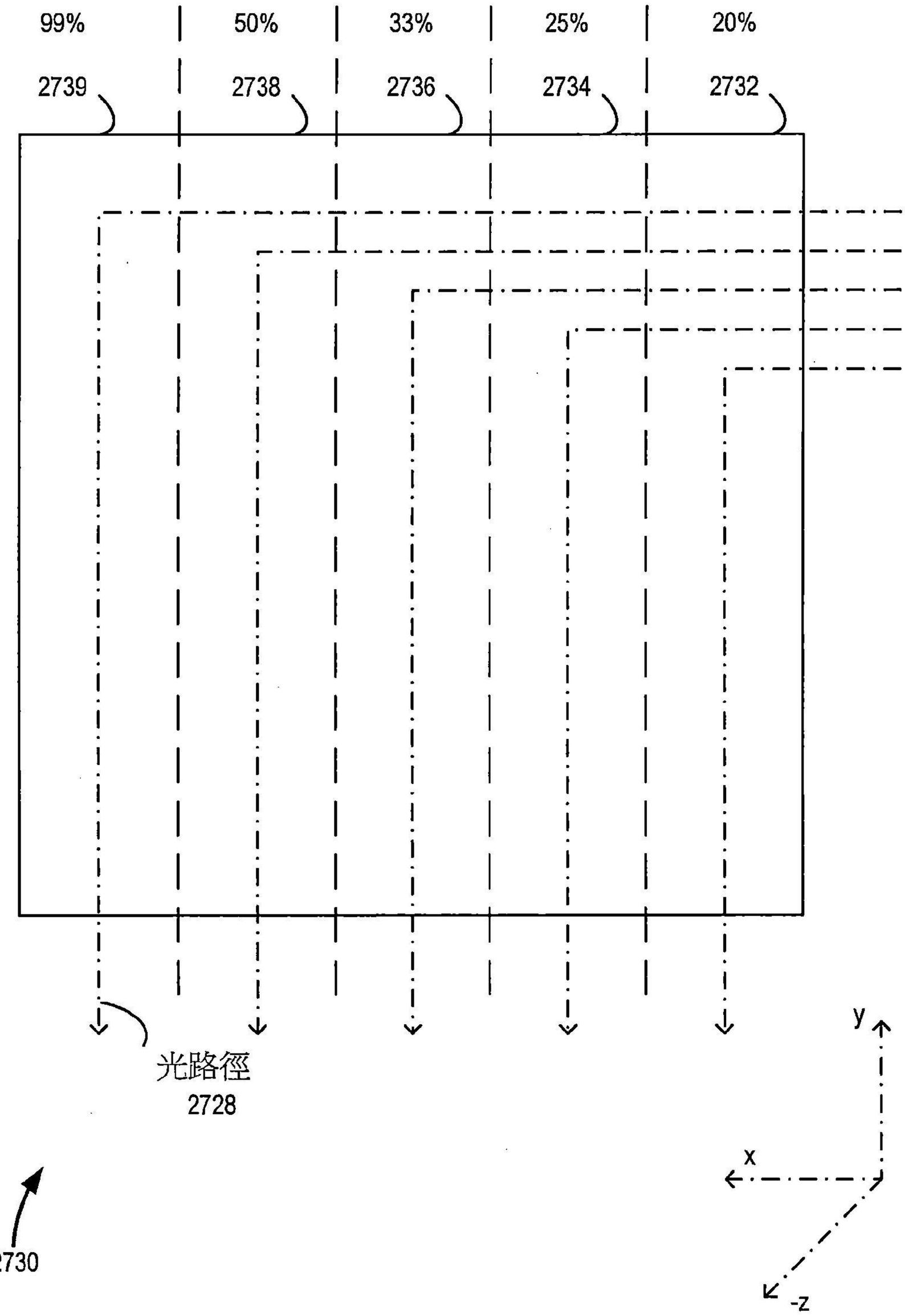
第24圖


耦入光柵
2520
正交瞳孔擴展器
2530
出射瞳孔擴
展器
2540
基板
2502
光路徑
2528
y
x
-z
2500

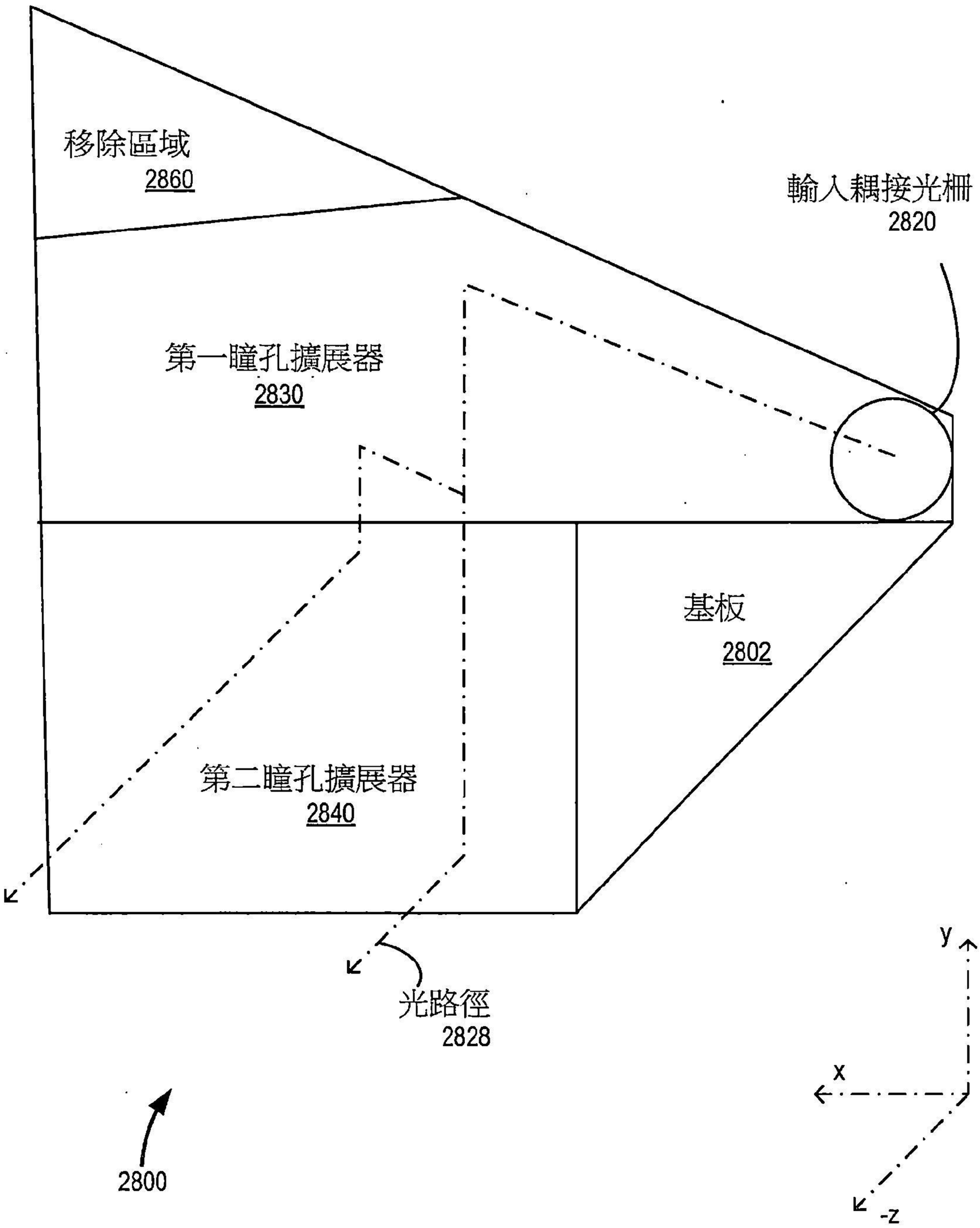
第25圖



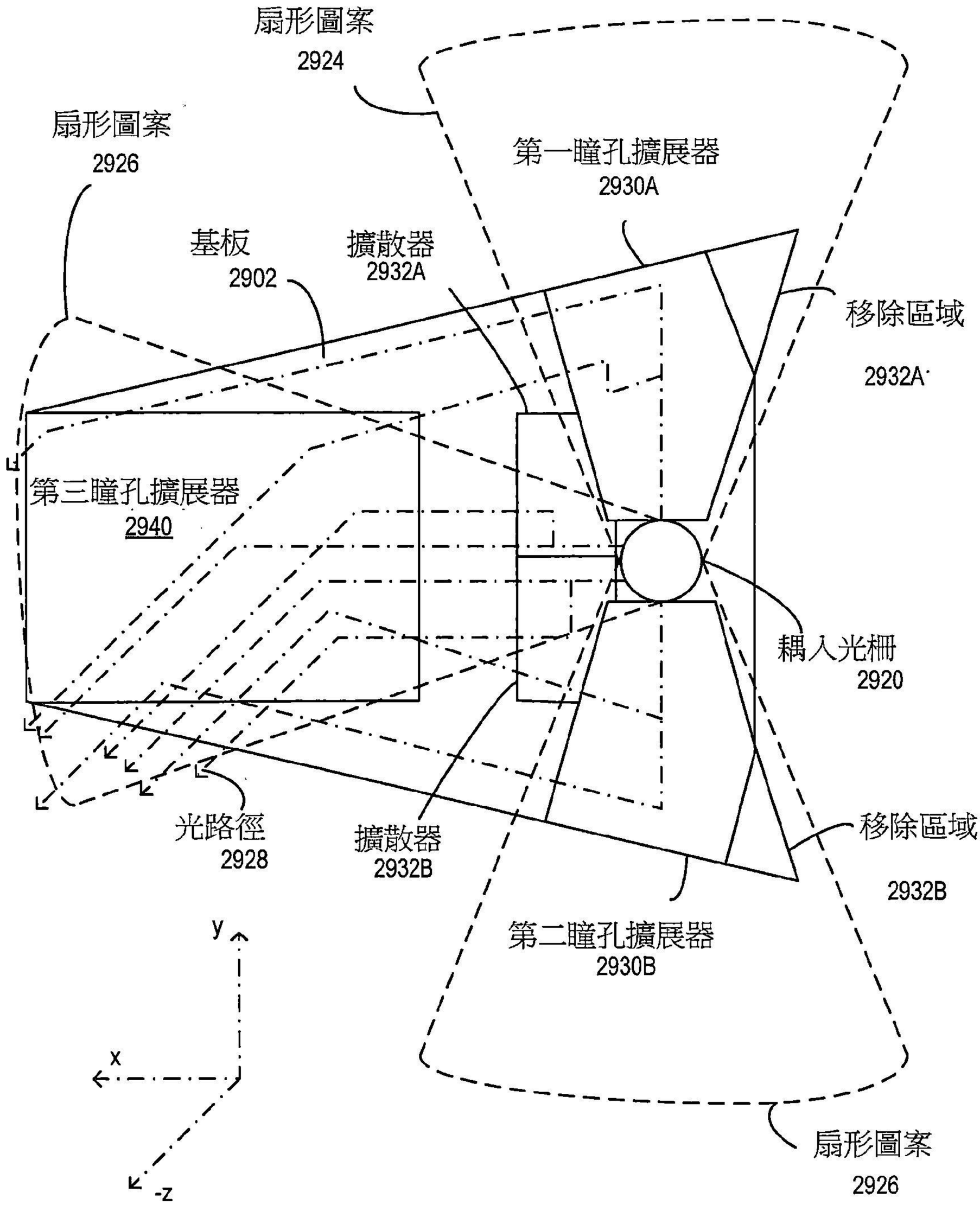

第26圖



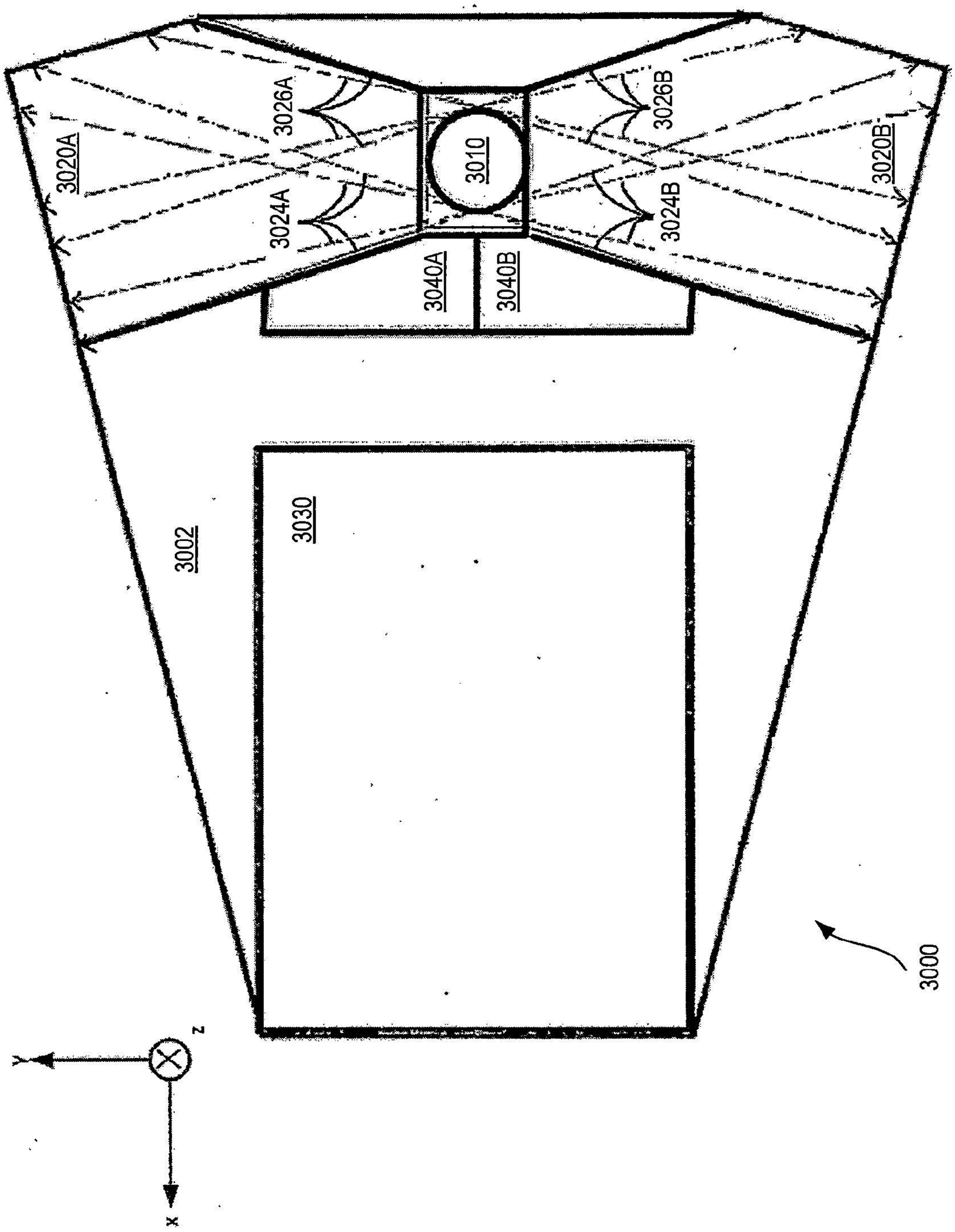

第27圖


移除區域
2860
輸入耦接光柵
2820
第一瞳孔擴展器
2830
基板
2802
第二瞳孔擴展器
2840
光路徑
2828
2800
y
x
-z

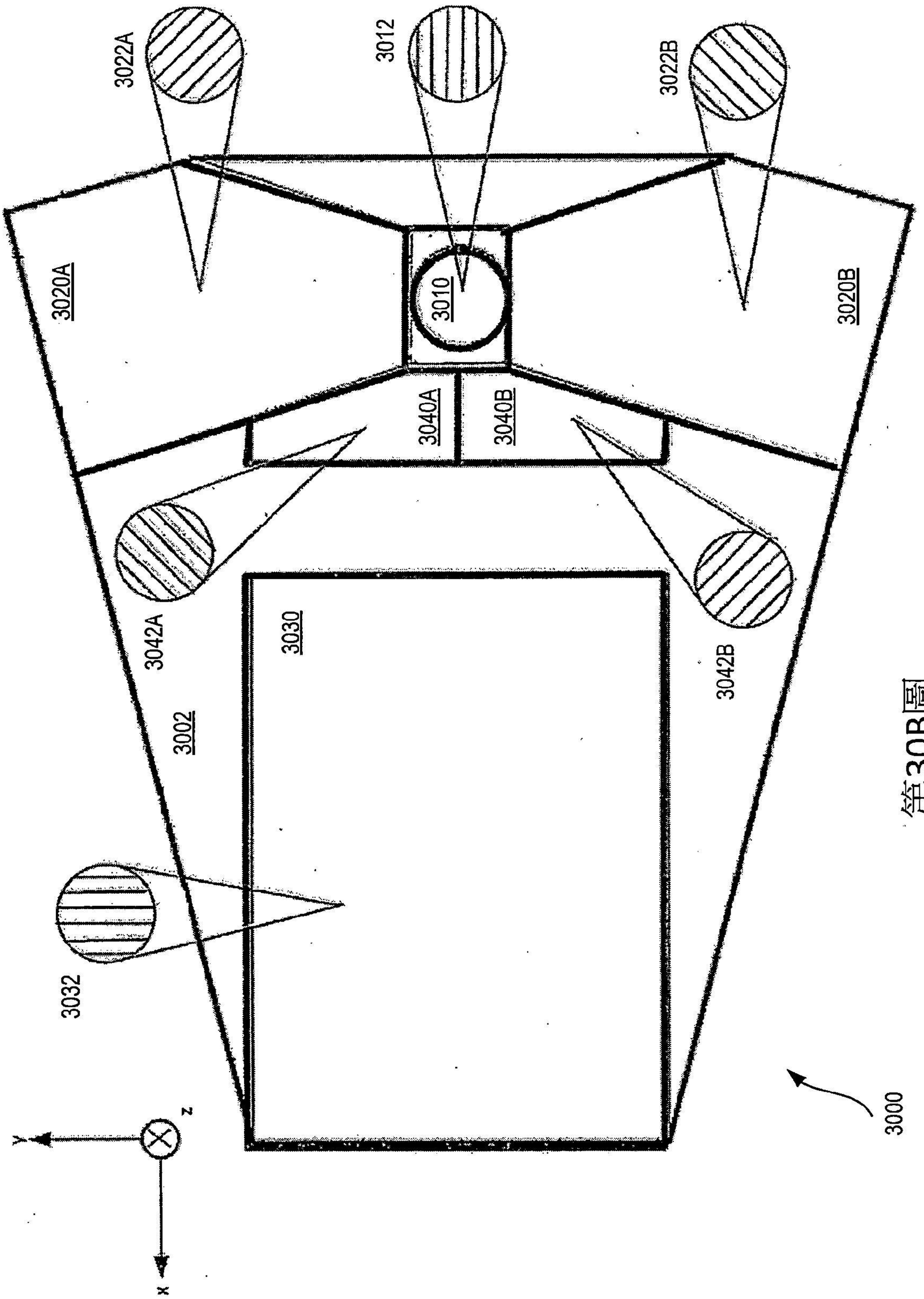
第28圖


扇形圖案
2924
扇形圖案
2926
第一瞳孔擴展器
2930A
基板
2902
擴散器
2932A
移除區域
2932A'
第三瞳孔擴展器
2940
耦入光柵
2920
光路徑
2928
擴散器
2932B
移除區域
2932B
第二瞳孔擴展器
2930B
扇形圖案
2926
y
x
-z
2900

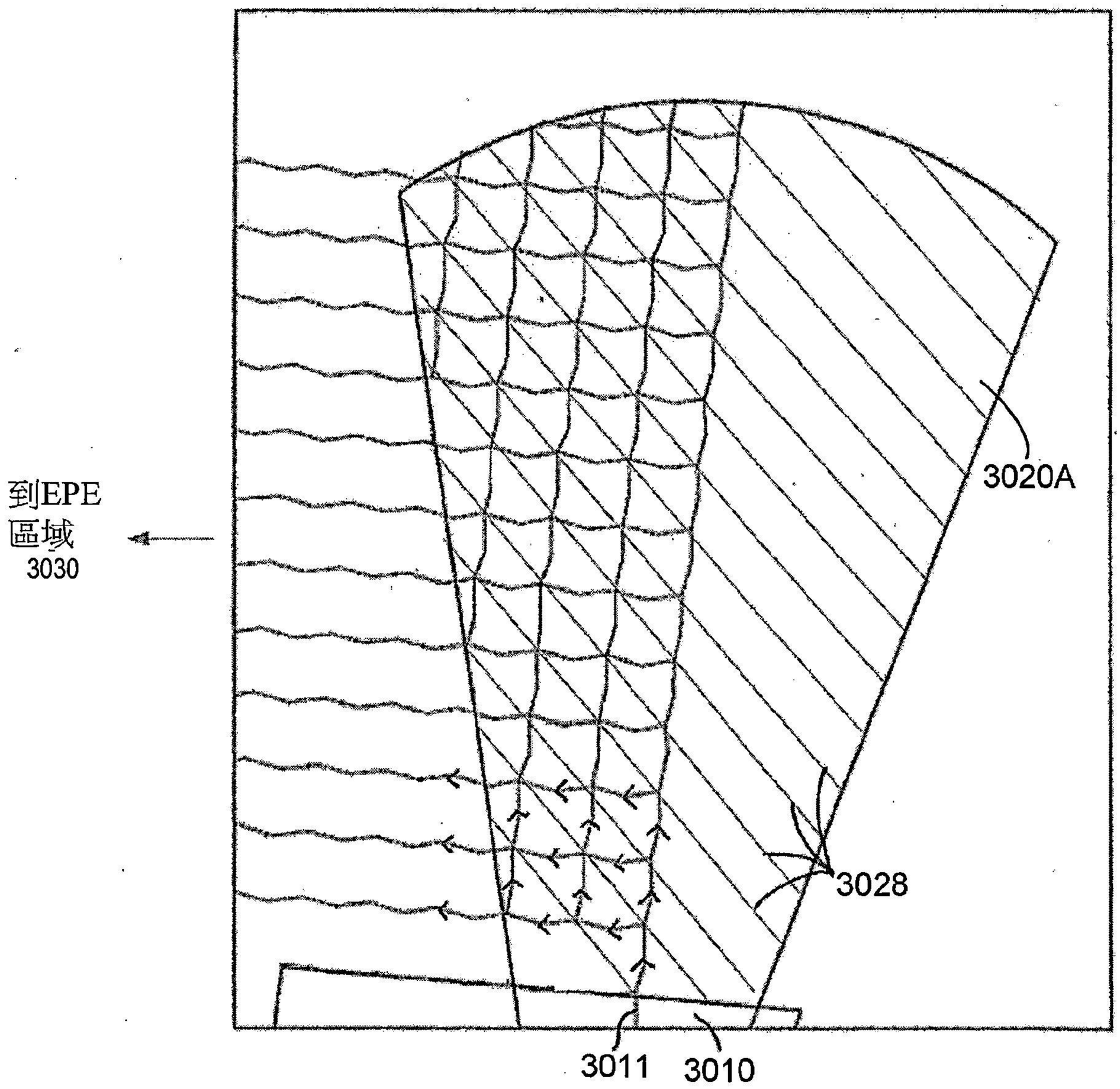
第29圖


3020A
3026A
3024A
3010
3026B
3020B
3024B
3040A
3040B
3030
3002
3000
Z
Y
X

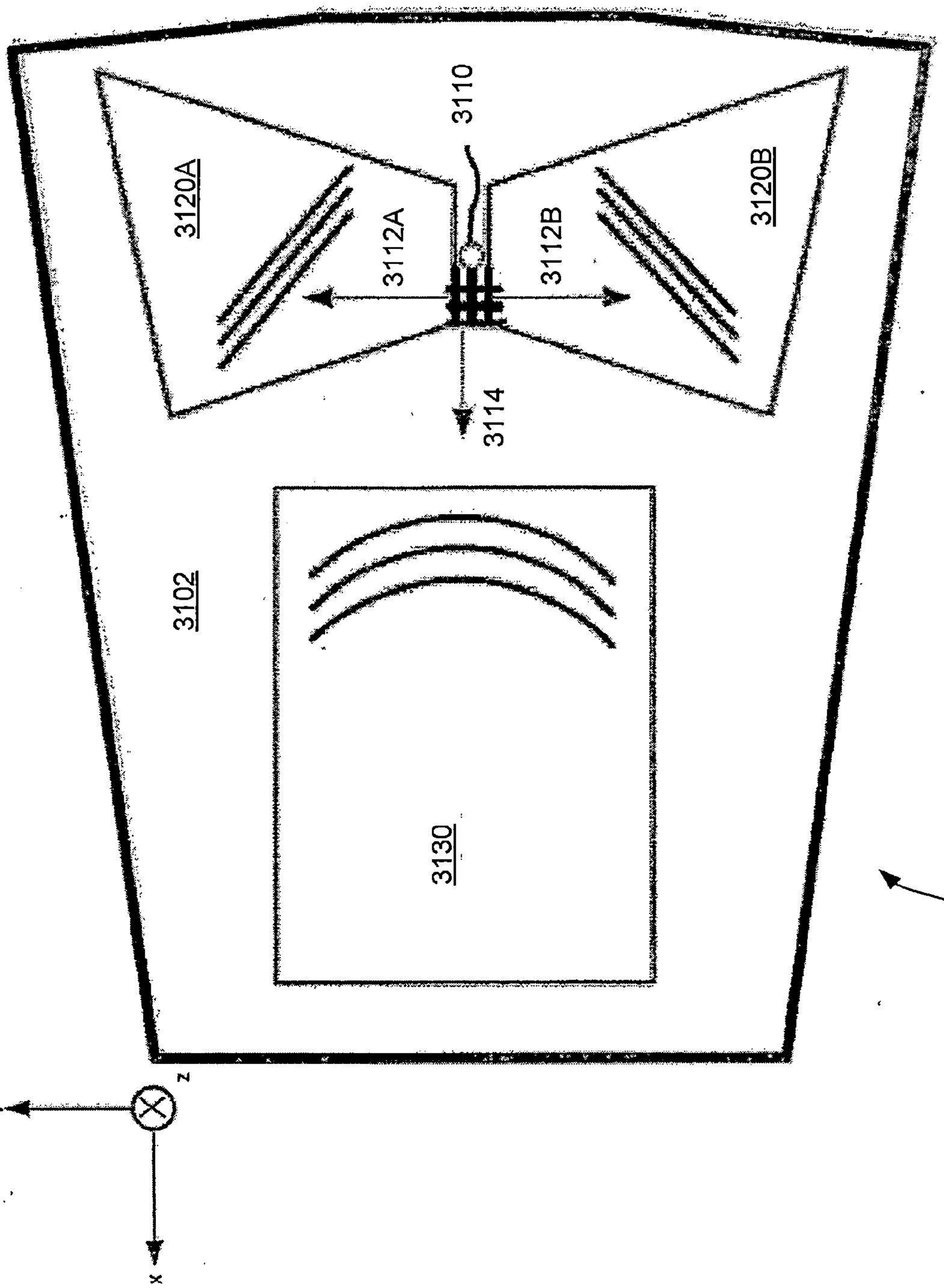
第30A圖


3022A
3012
3022B
3020A
3010
3020B
3040A
3040B
3042A
3030
3042B
3002
3032
z
y
x
3000

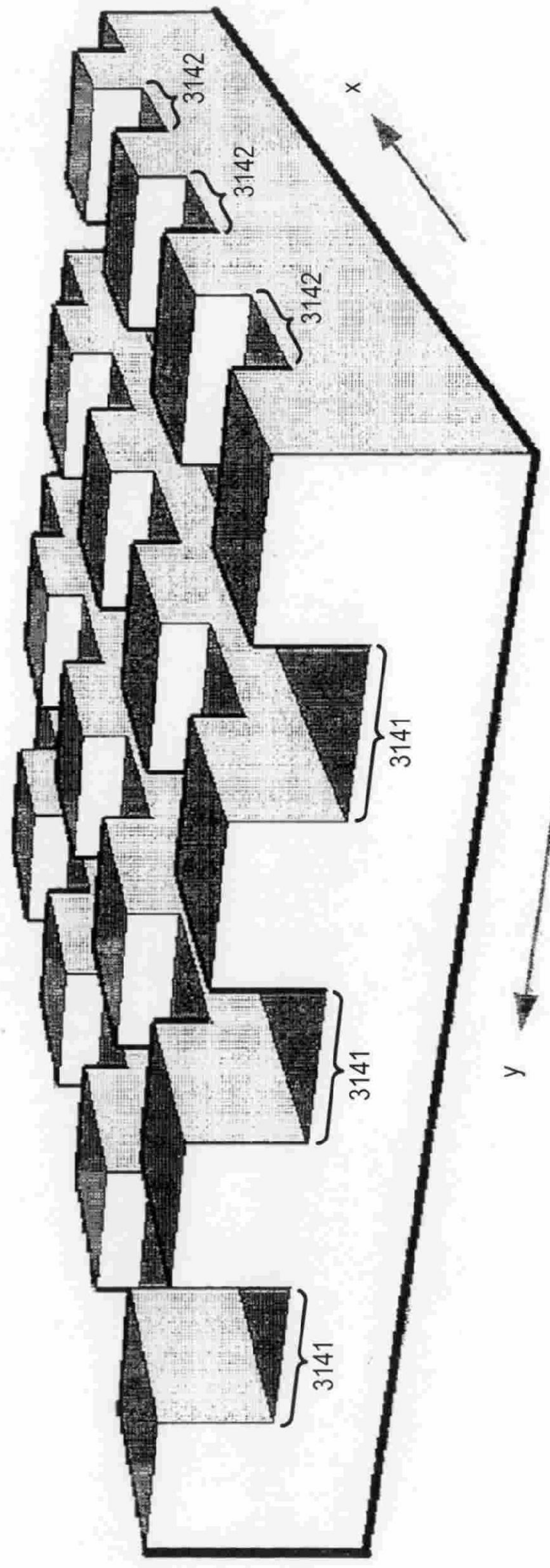
第30B圖



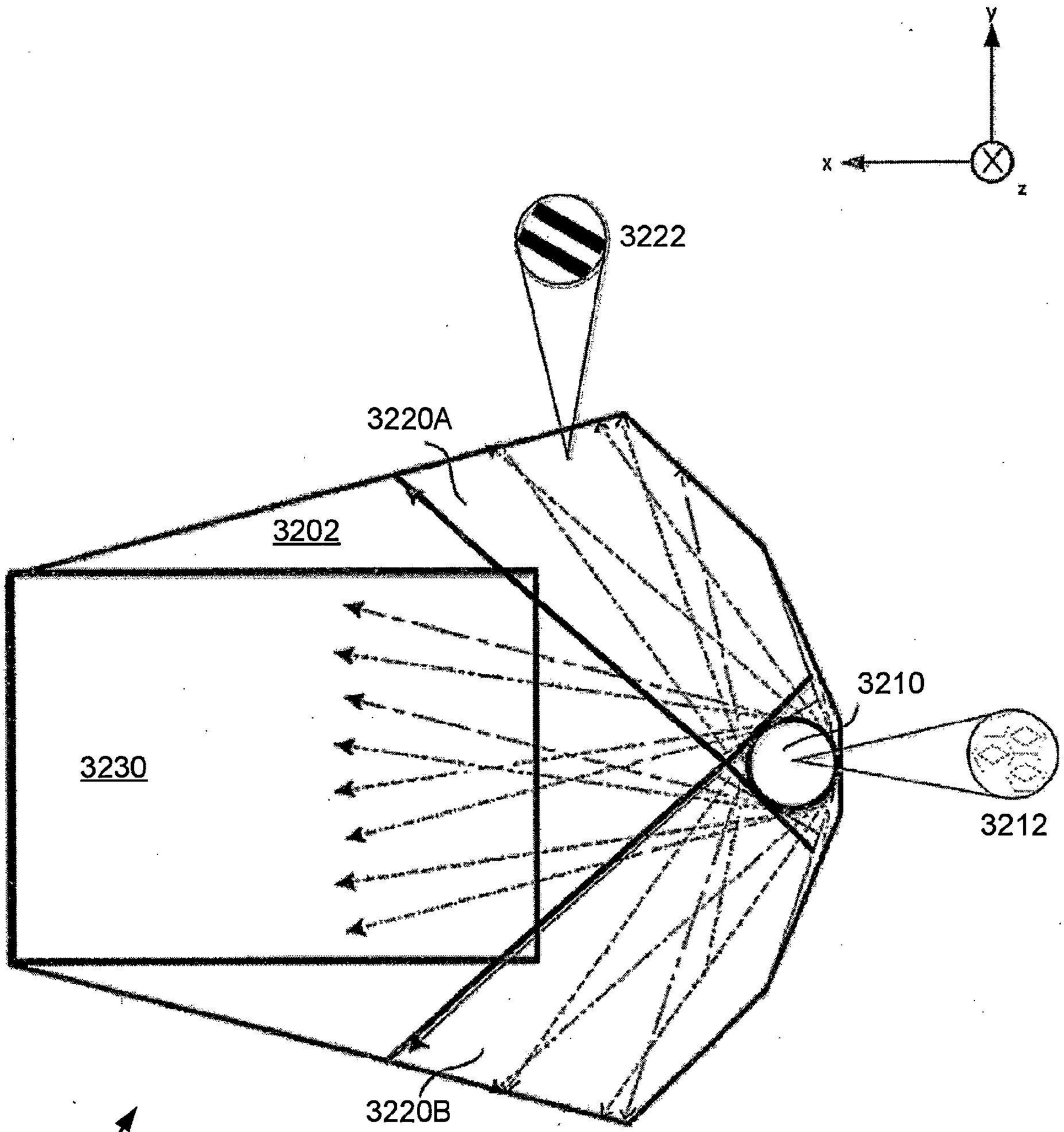

第30C圖



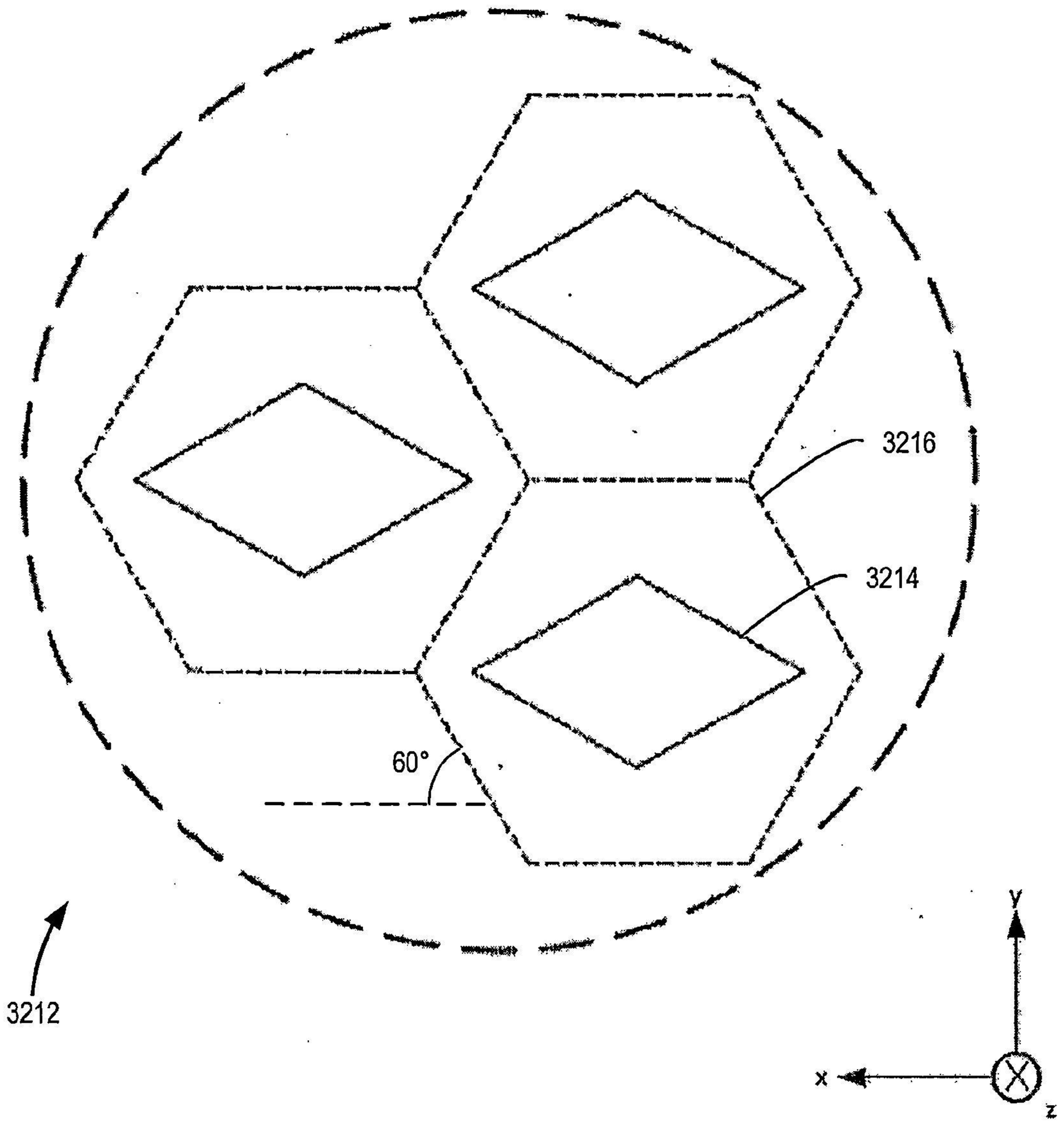

第31A圖



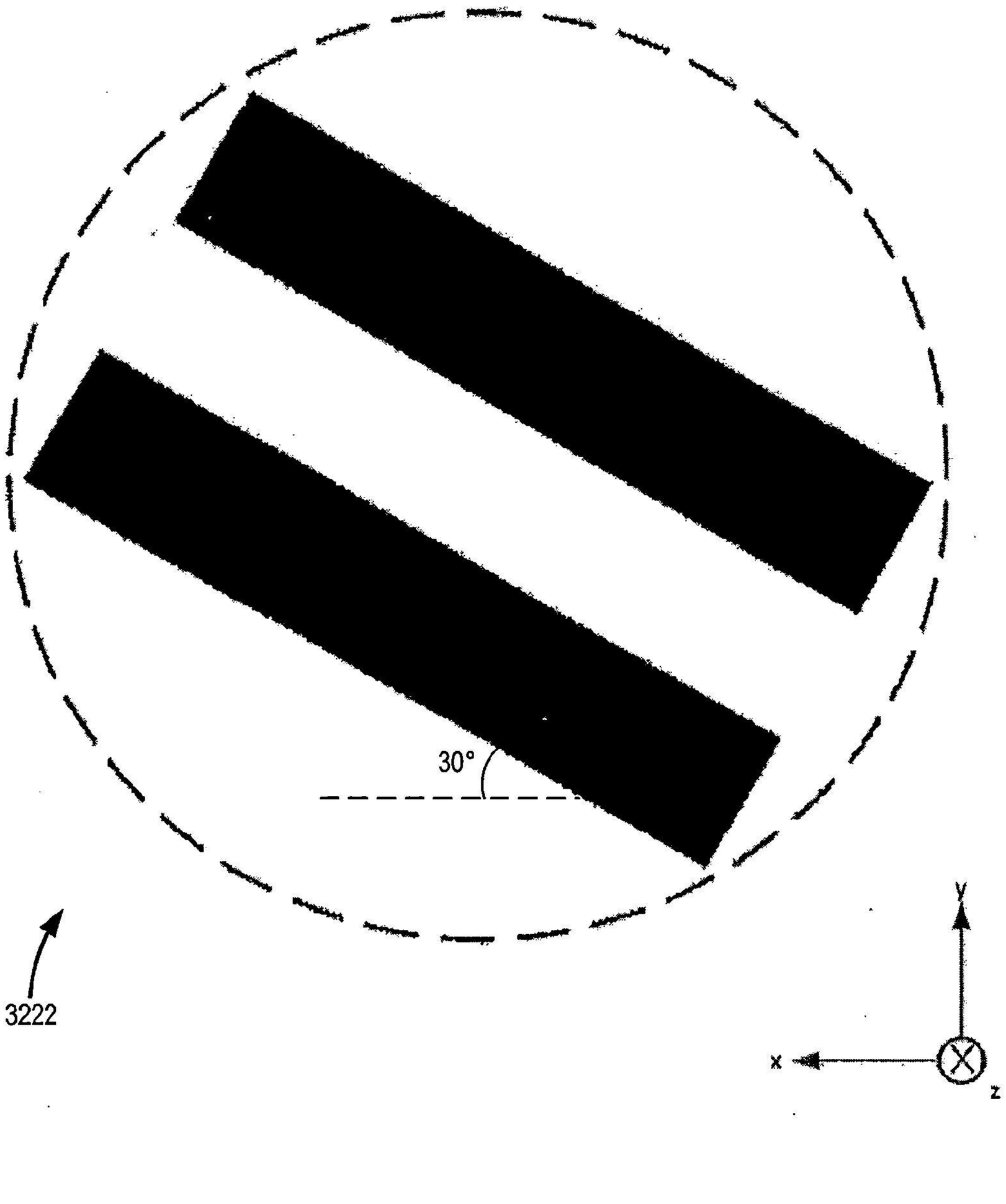

第31B圖



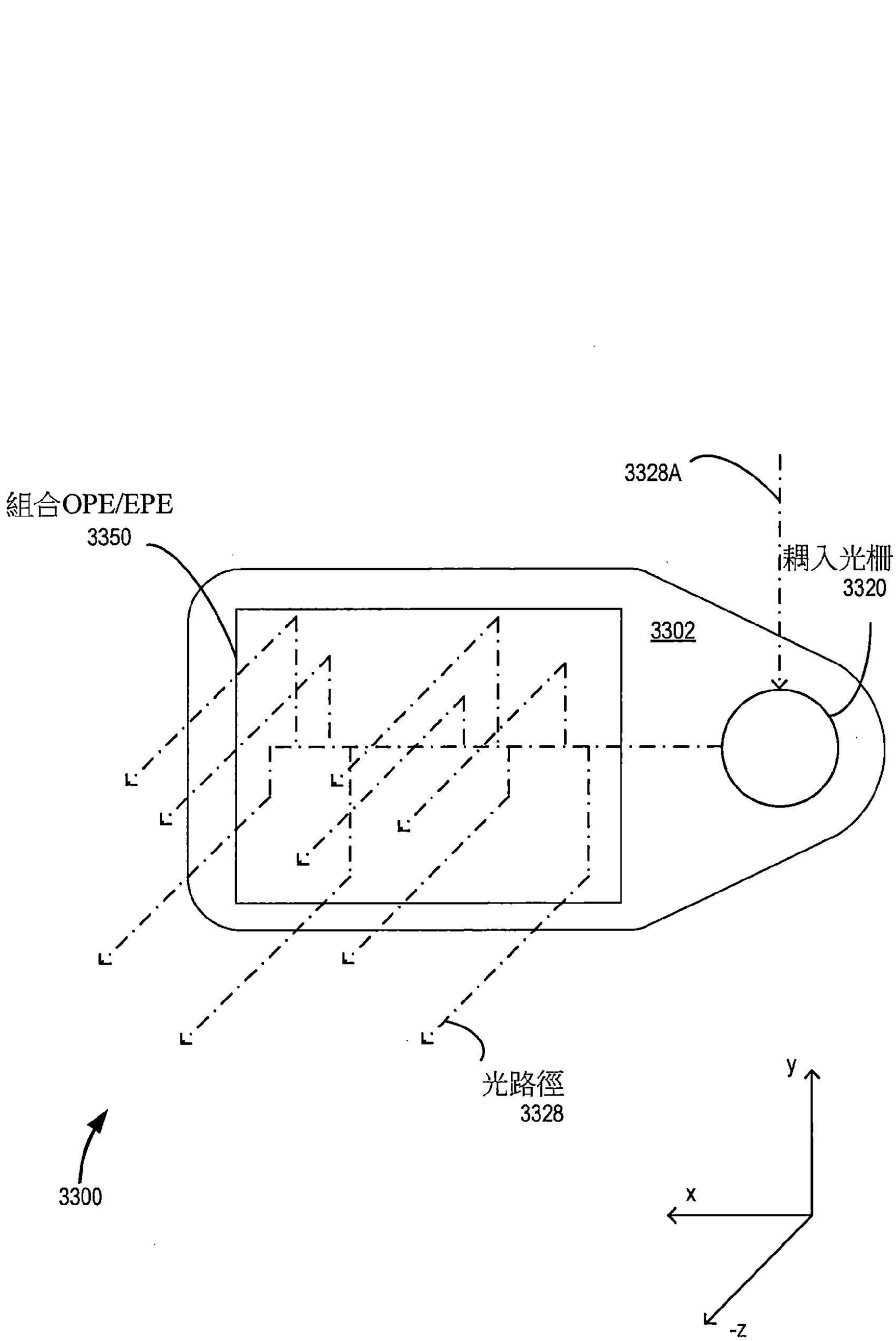

第32A圖



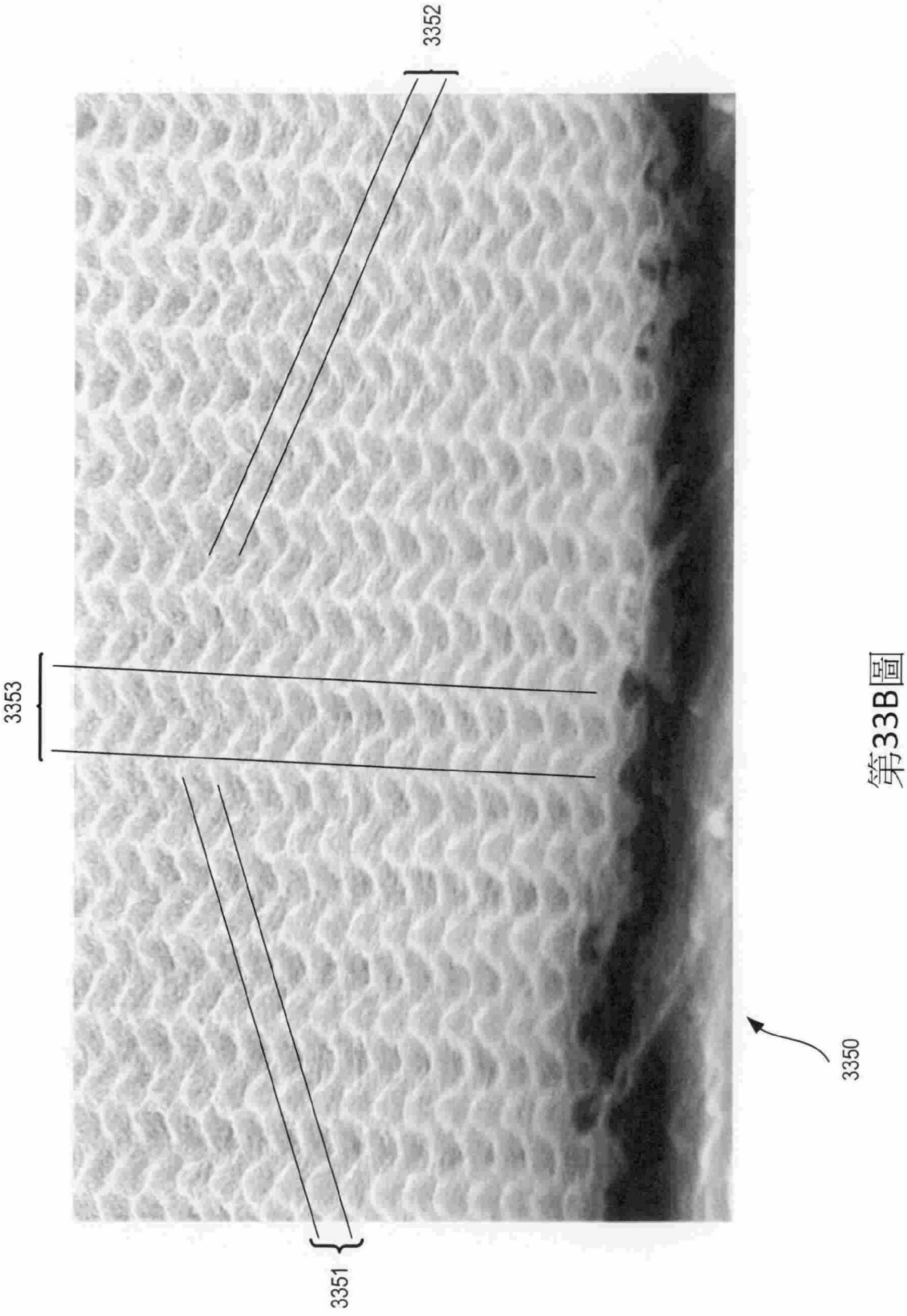

第32B圖



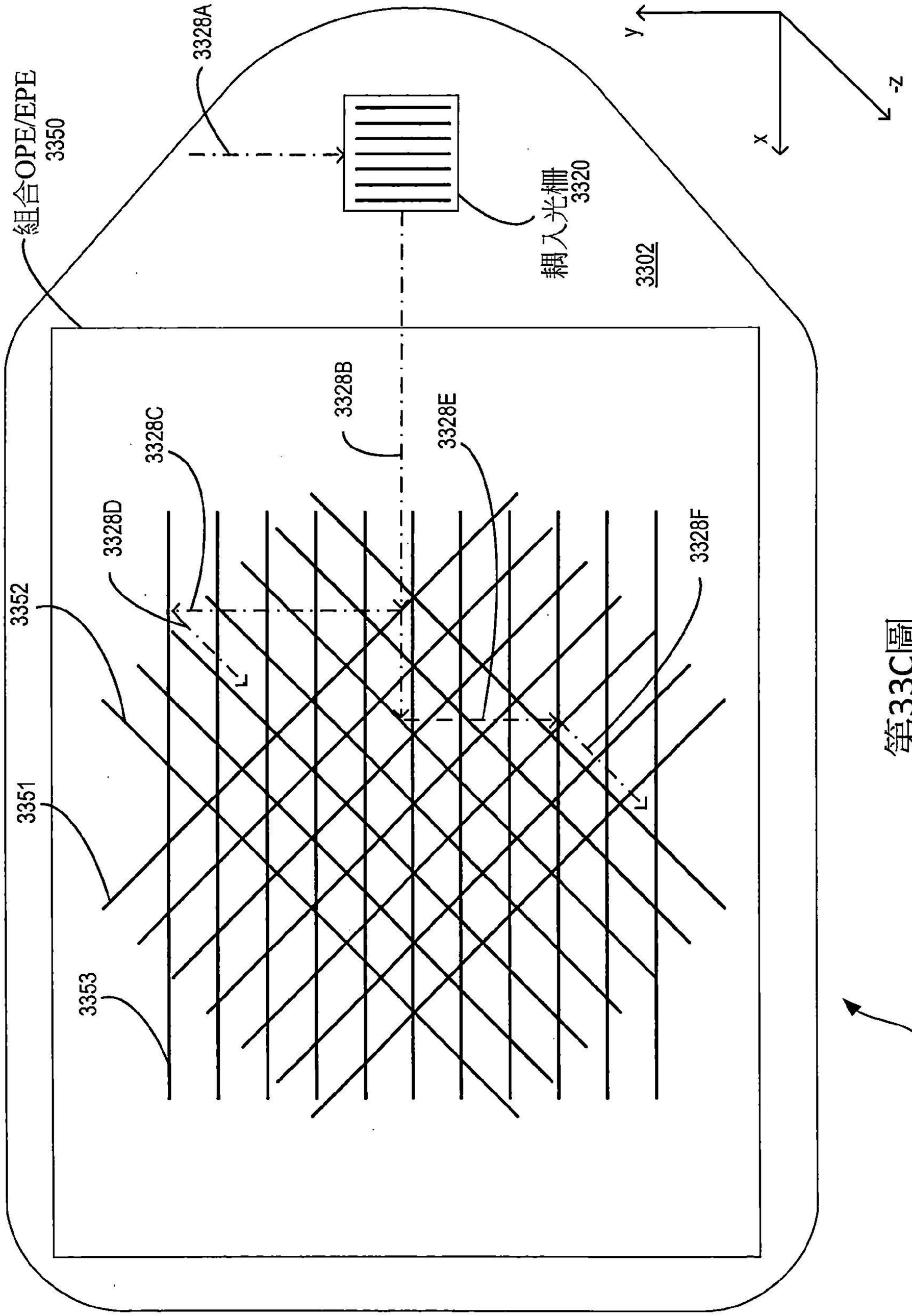

第32C圖



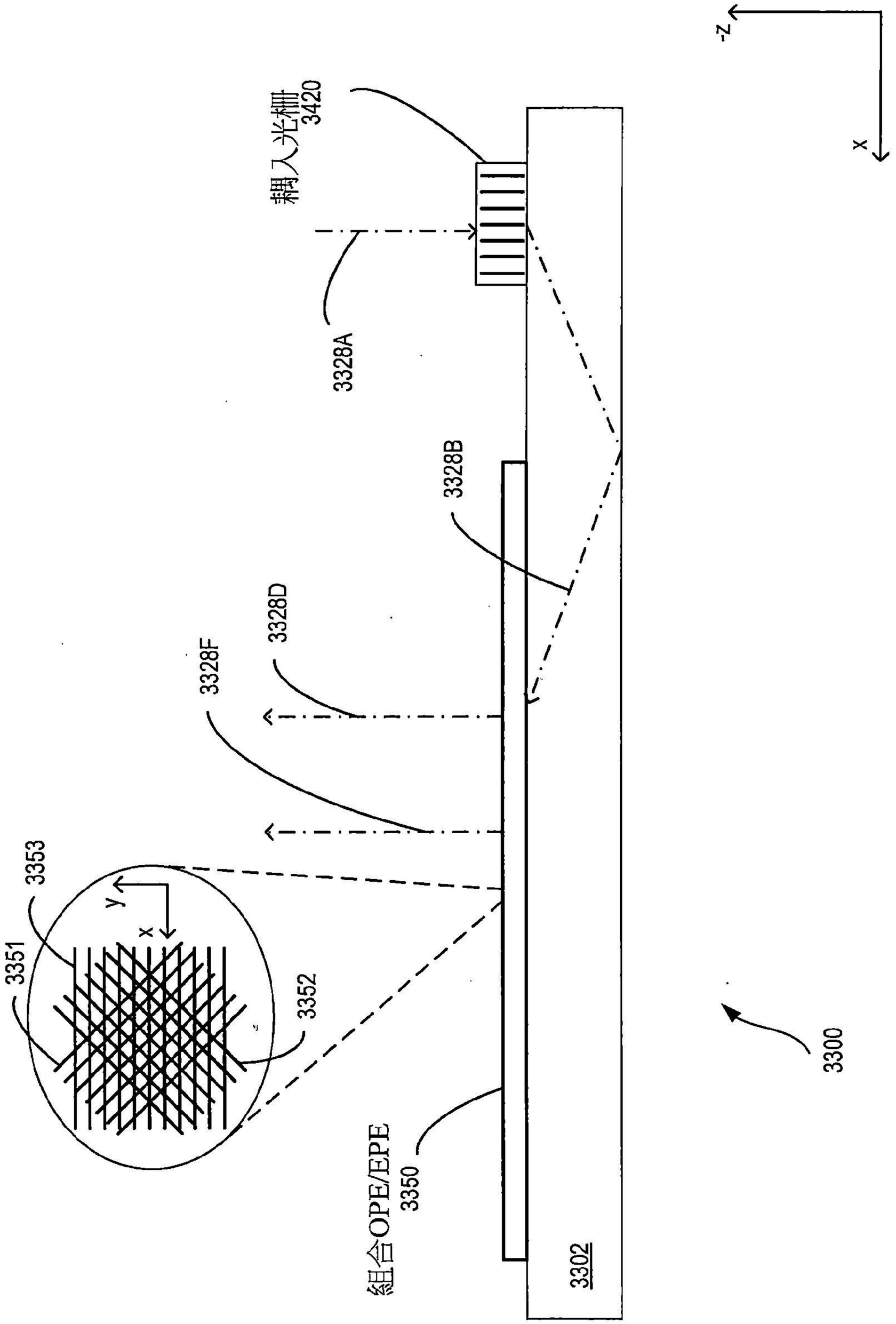

第33A圖



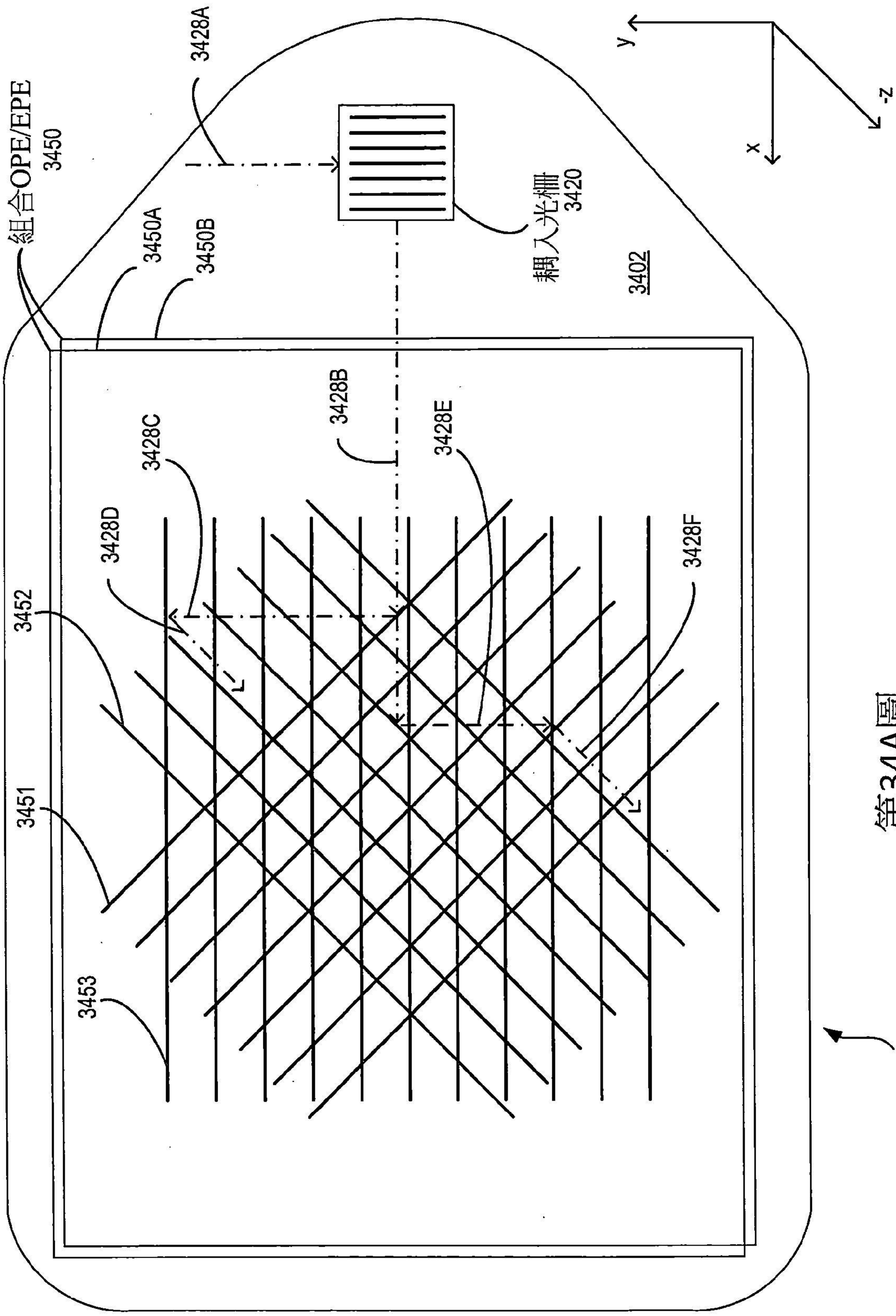

第33B圖


組合OPE/EPE
3350
3328A
耦入光柵
3320
3302
3328B
3328C
3328D
3328E
3328F
3352
3351
3353
L'
y
x
-z
3300

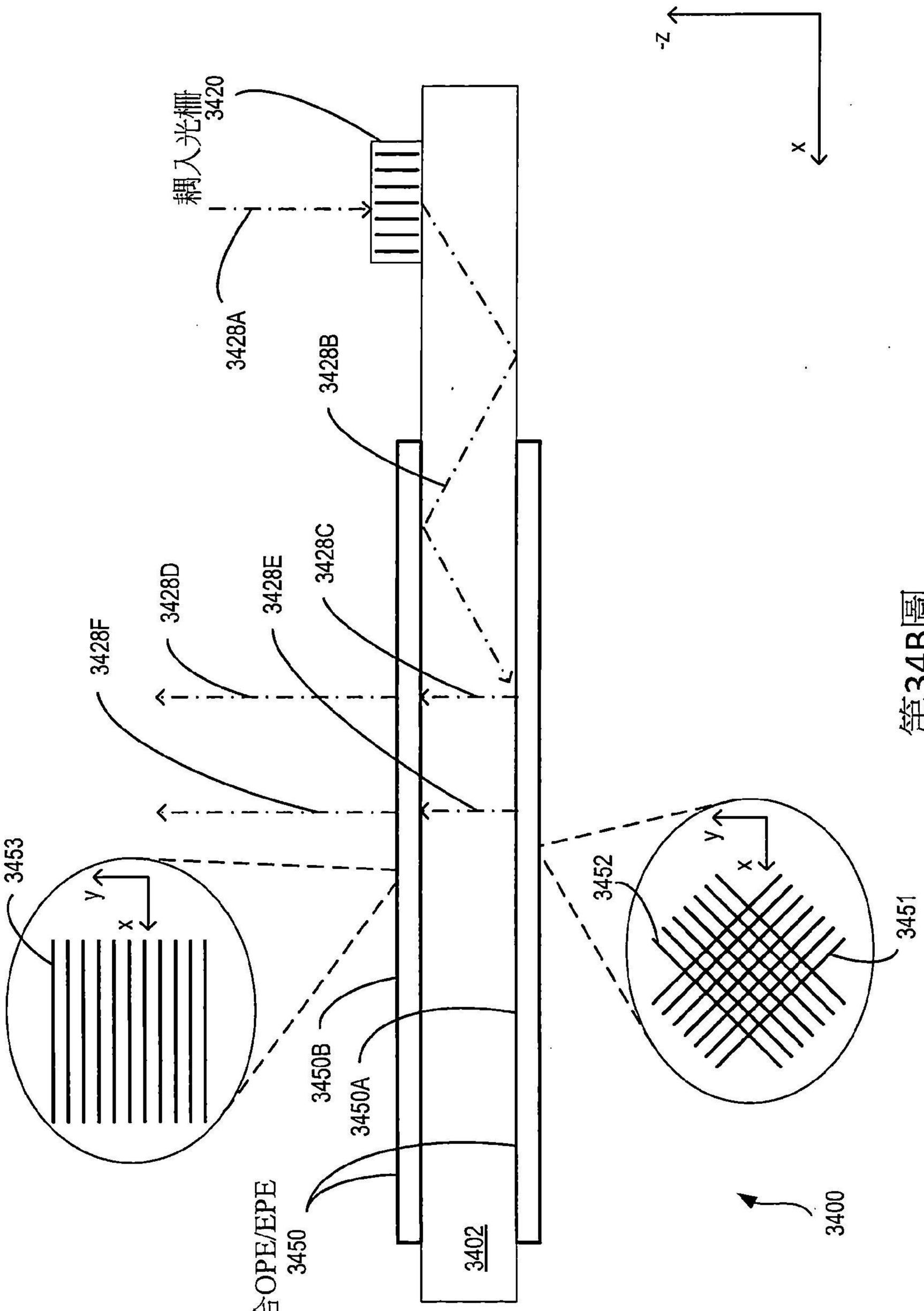
第33C圖


-z
x
耦入光柵
3420
3328A
3328B
3328D
3328F
y
x
3353
3351
3352
組合OPE/EPE
3350
3300
3302

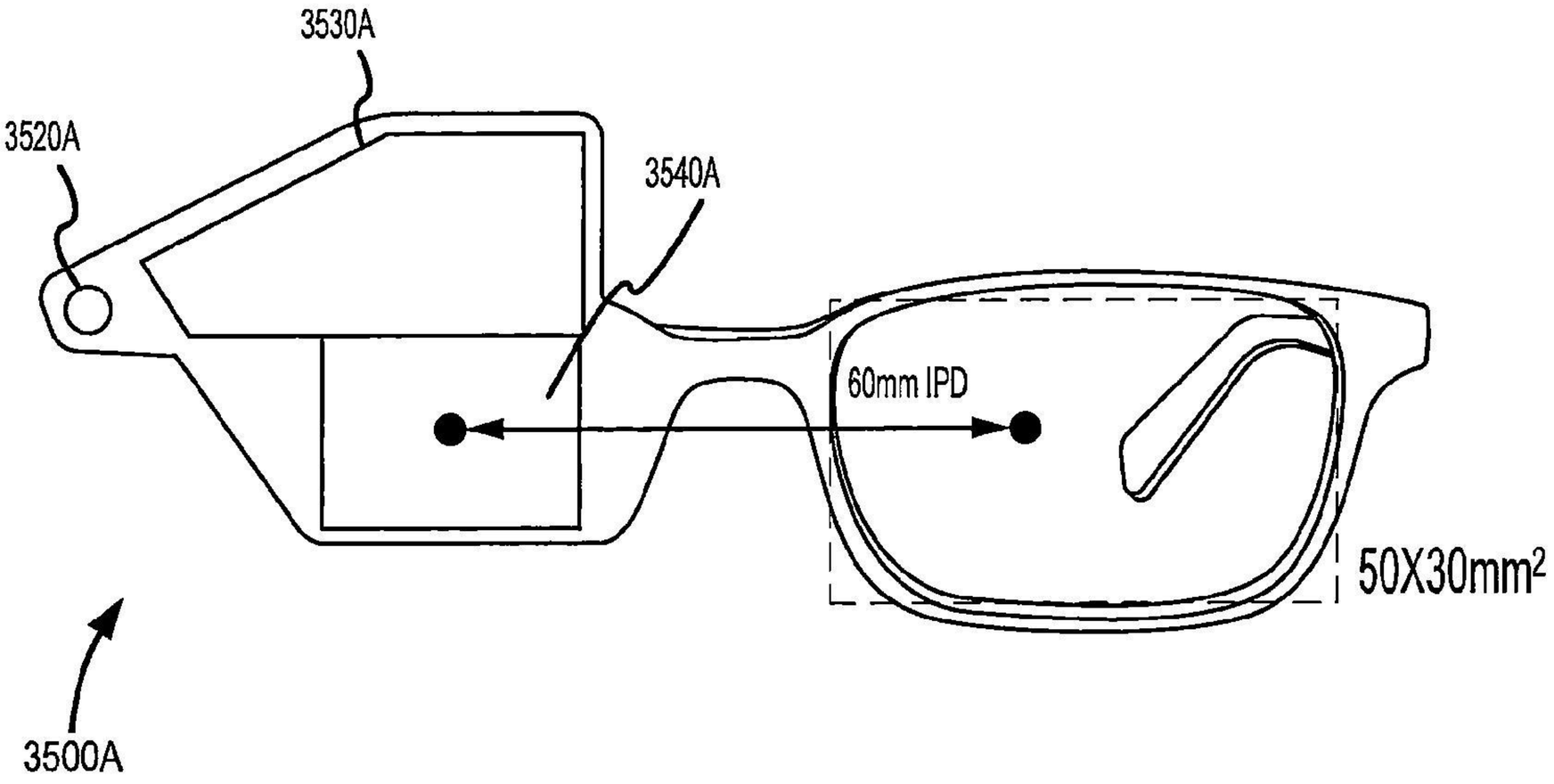
第33D圖


組合OPE/EPE
3450
3428A
3450A
3450B
耦入光柵
3420
3402
y
x
-z
3428B
3428C
3428D
3428E
3428F
3452
3451
3453
3400

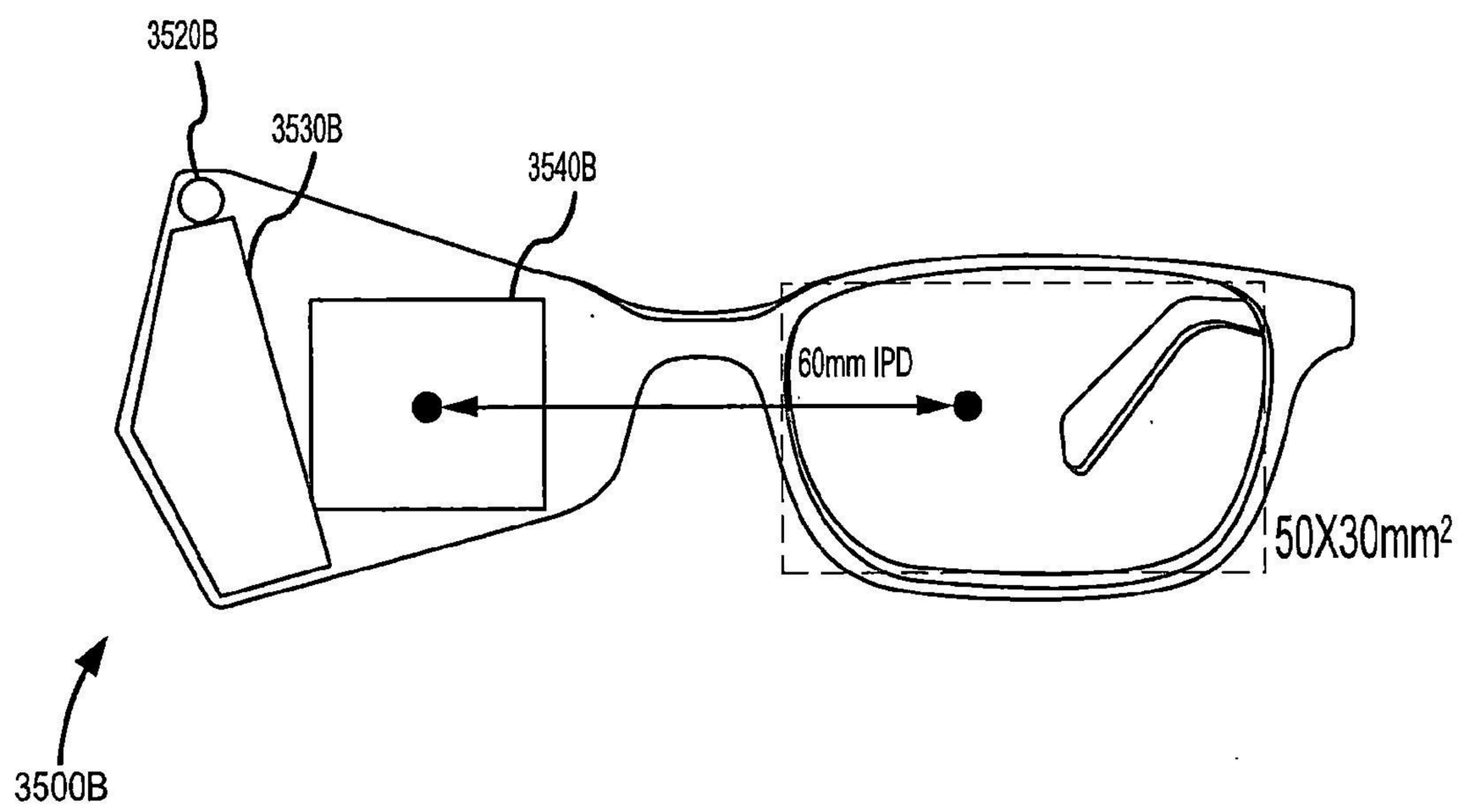
第34A圖


-z
x
耦入光柵
3420
3428A
3428B
3428C
3428D
3428E
3428F
3453
y
x
3450B
3450A
3450
組合OPE/EPE
3402
3452
y
x
3451
3400

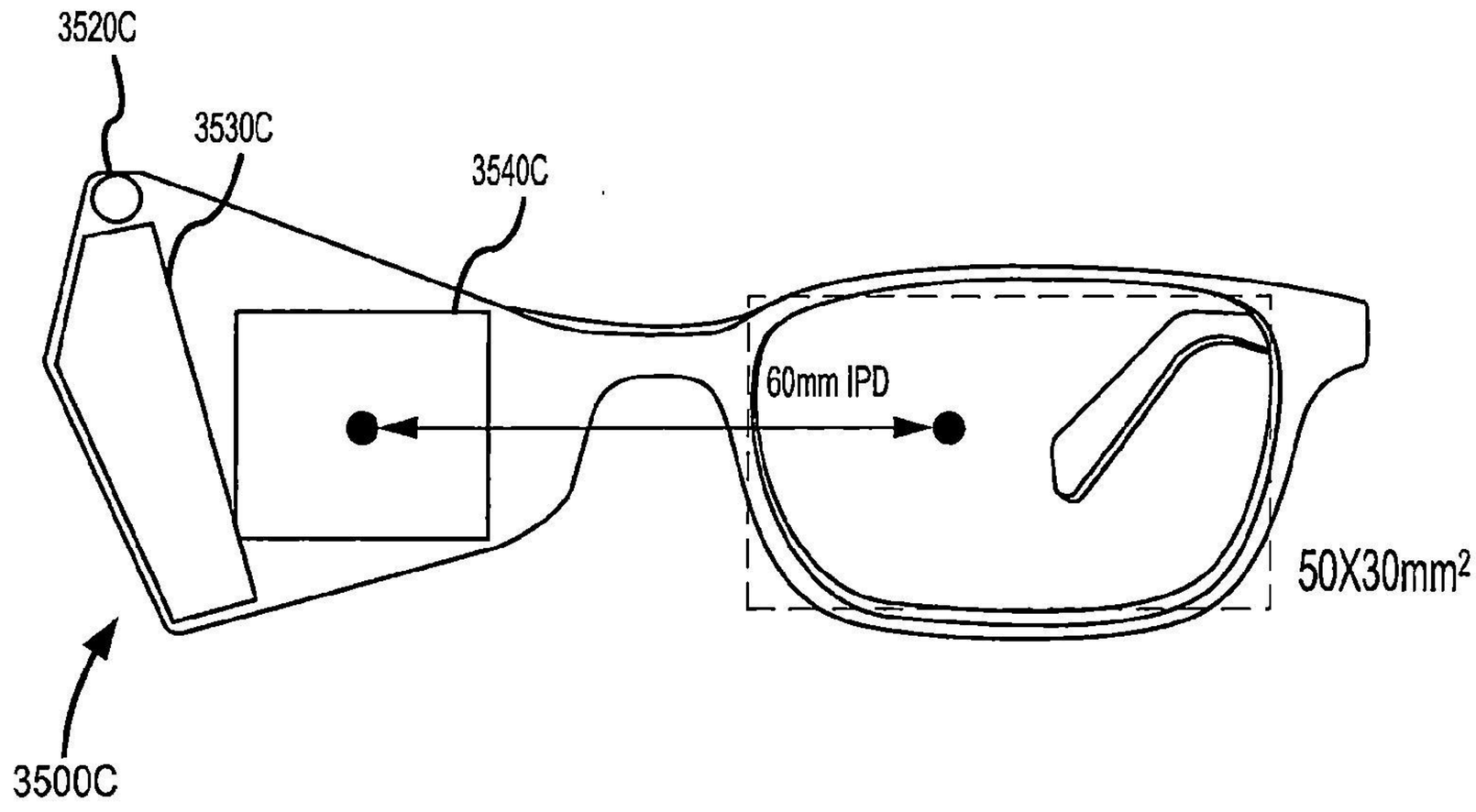
第34B圖


3530A
3520A
3540A
60mm IPD
50X30mm²
3500A

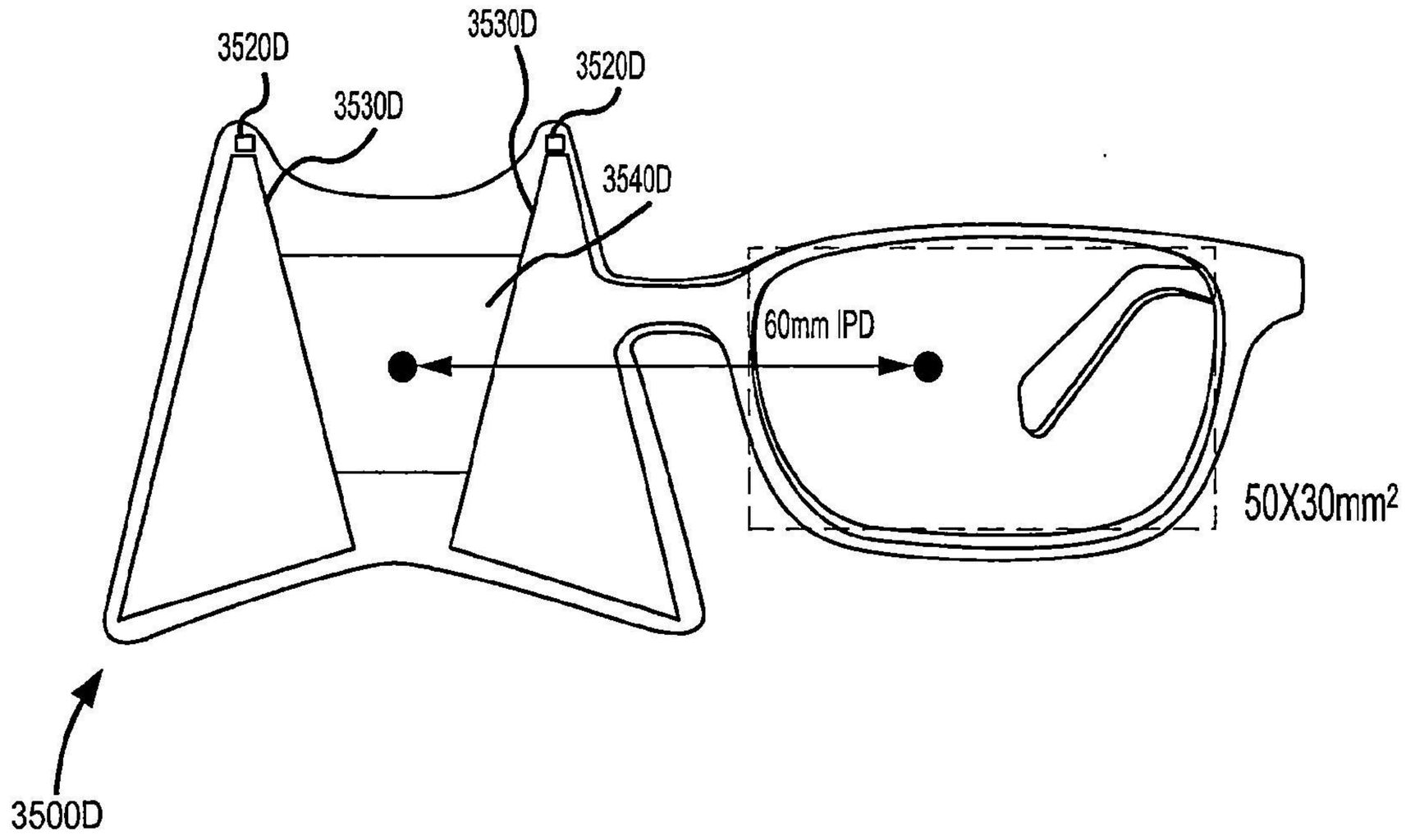
第35A圖


3520B
3530B
3540B
60mm IPD
50X30mm²
3500B

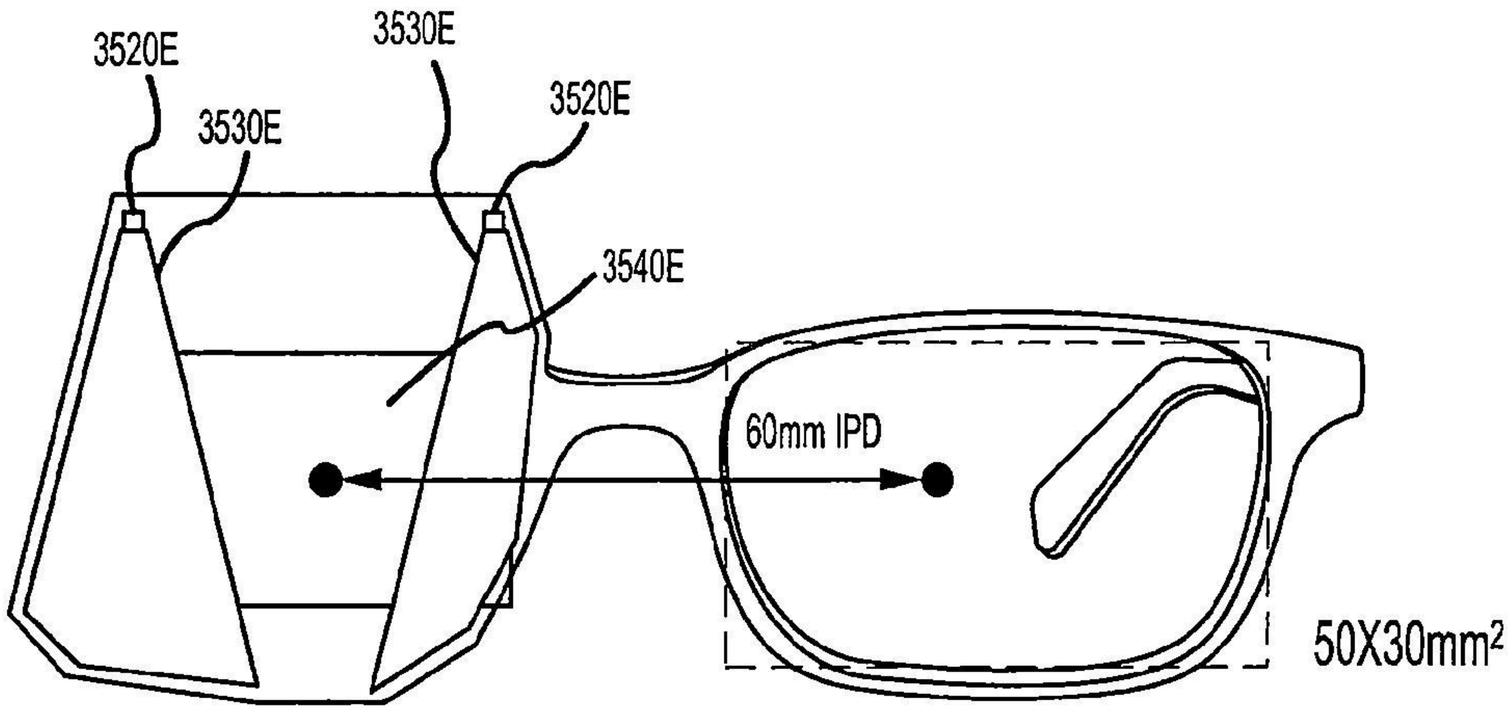
第35B圖


3520C
3530C
3540C
60mm IPD
50X30mm²
3500C

第35C圖

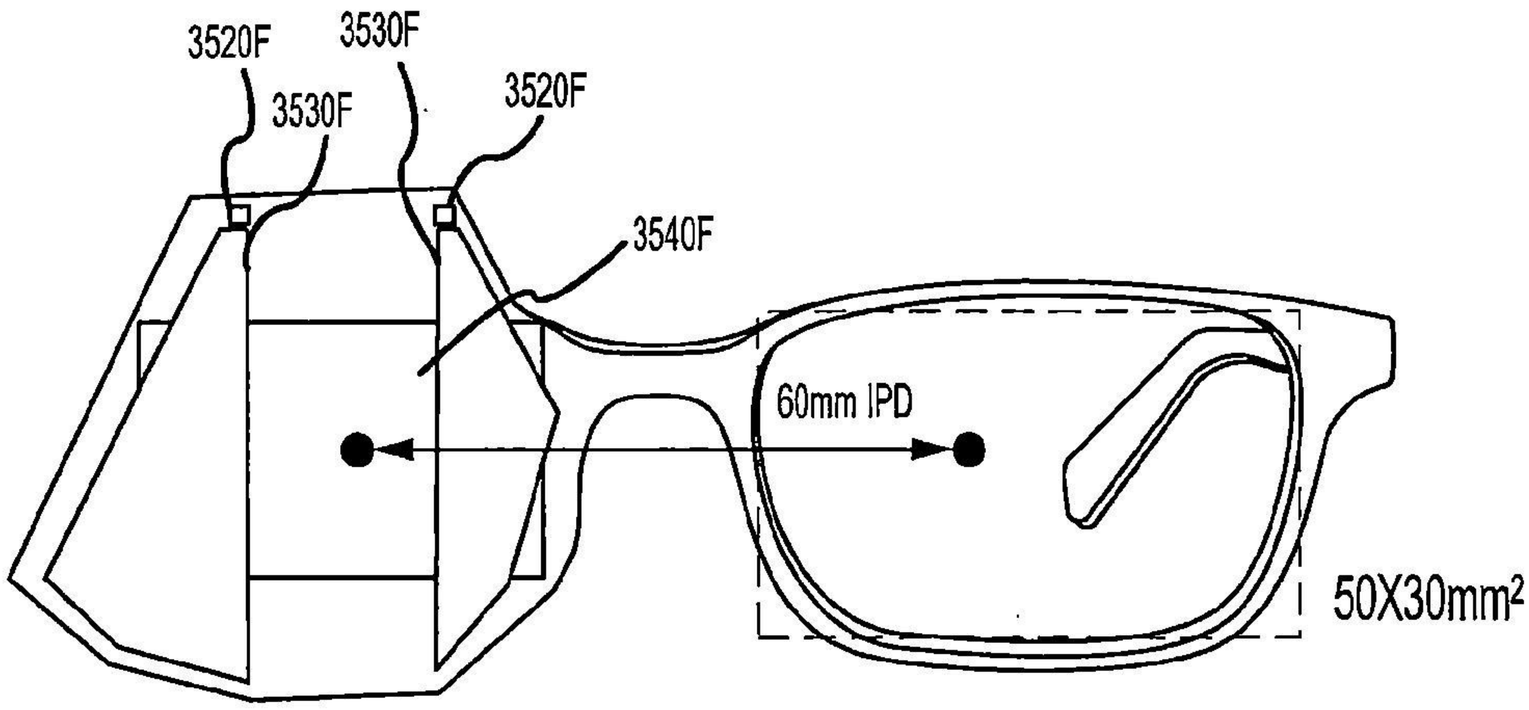

3520D
3530D
3530D
3520D
3540D
60mm IPD
50X30mm²
3500D

第35D圖



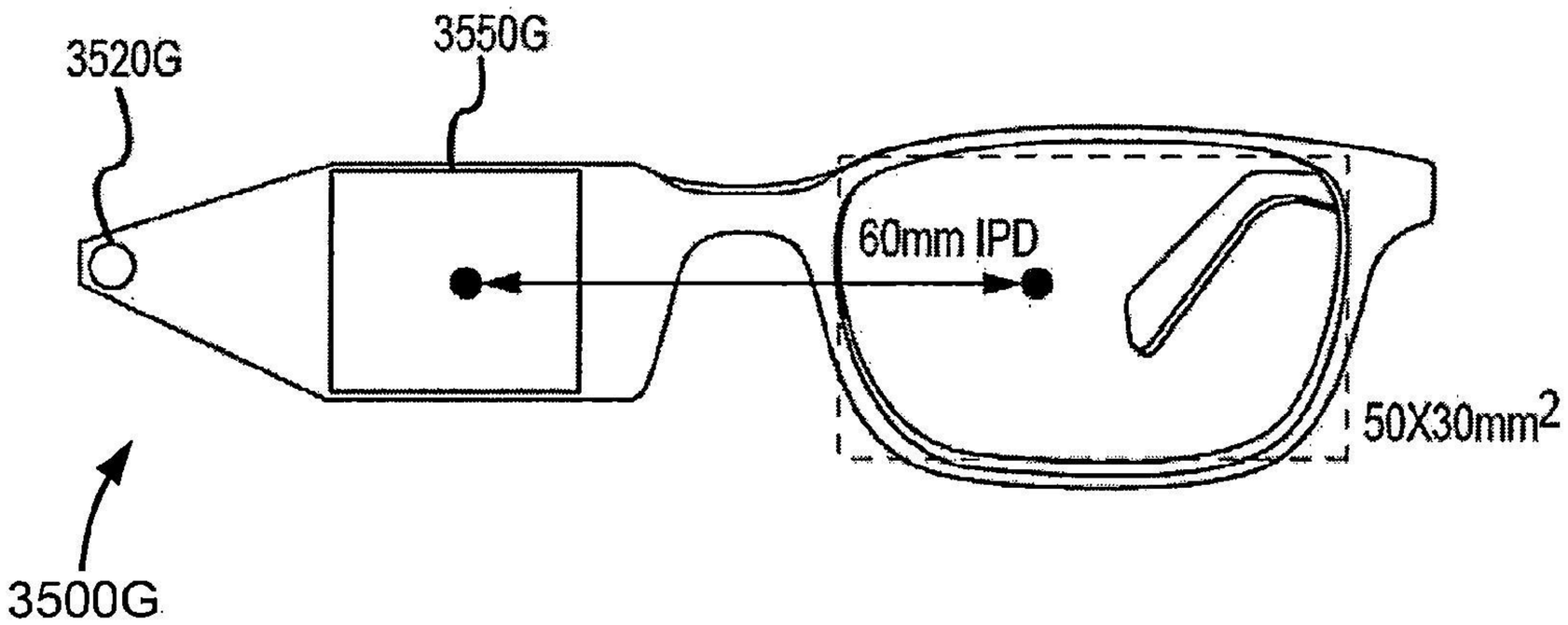

3500E

第35E圖

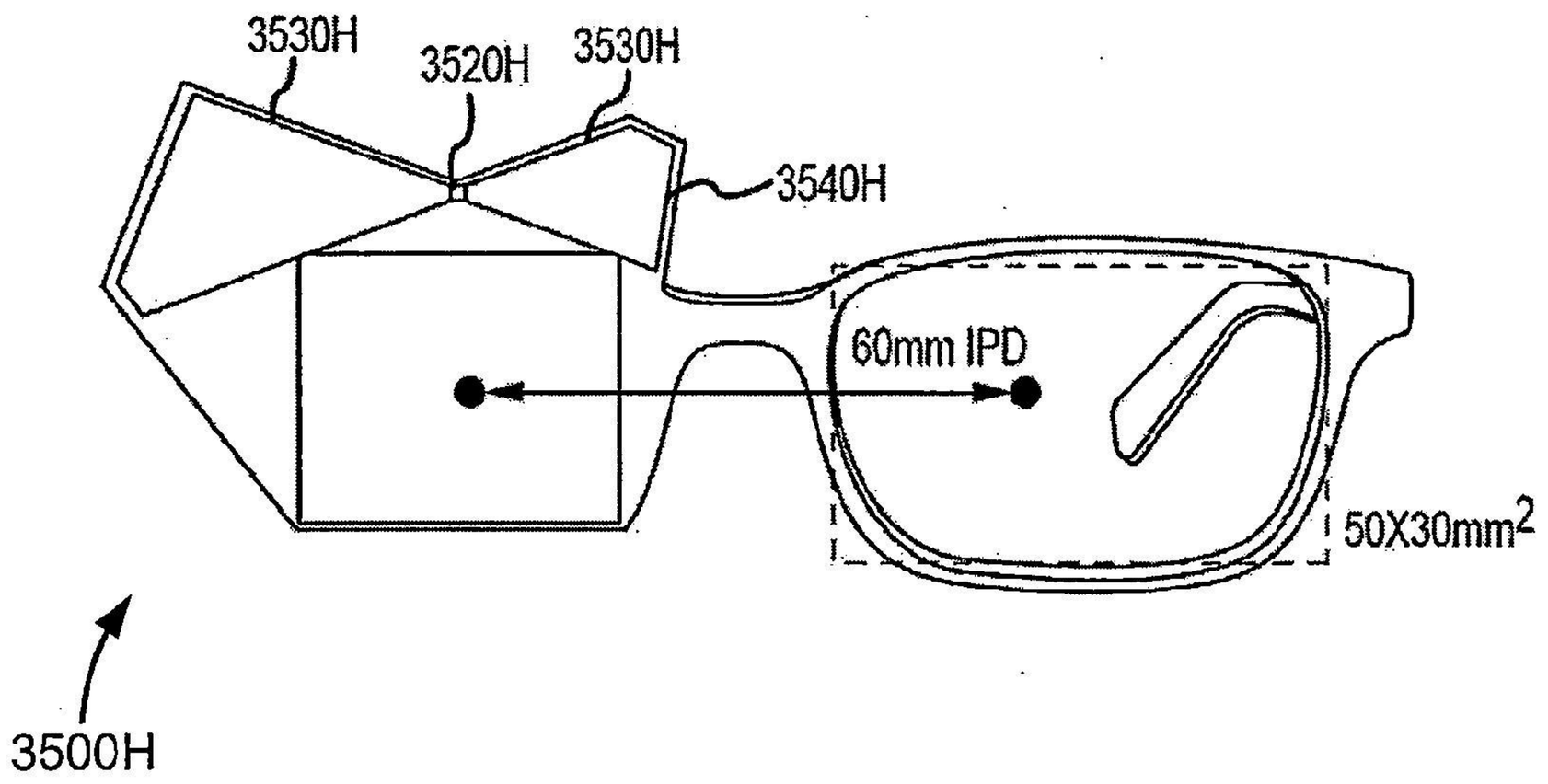



3500F

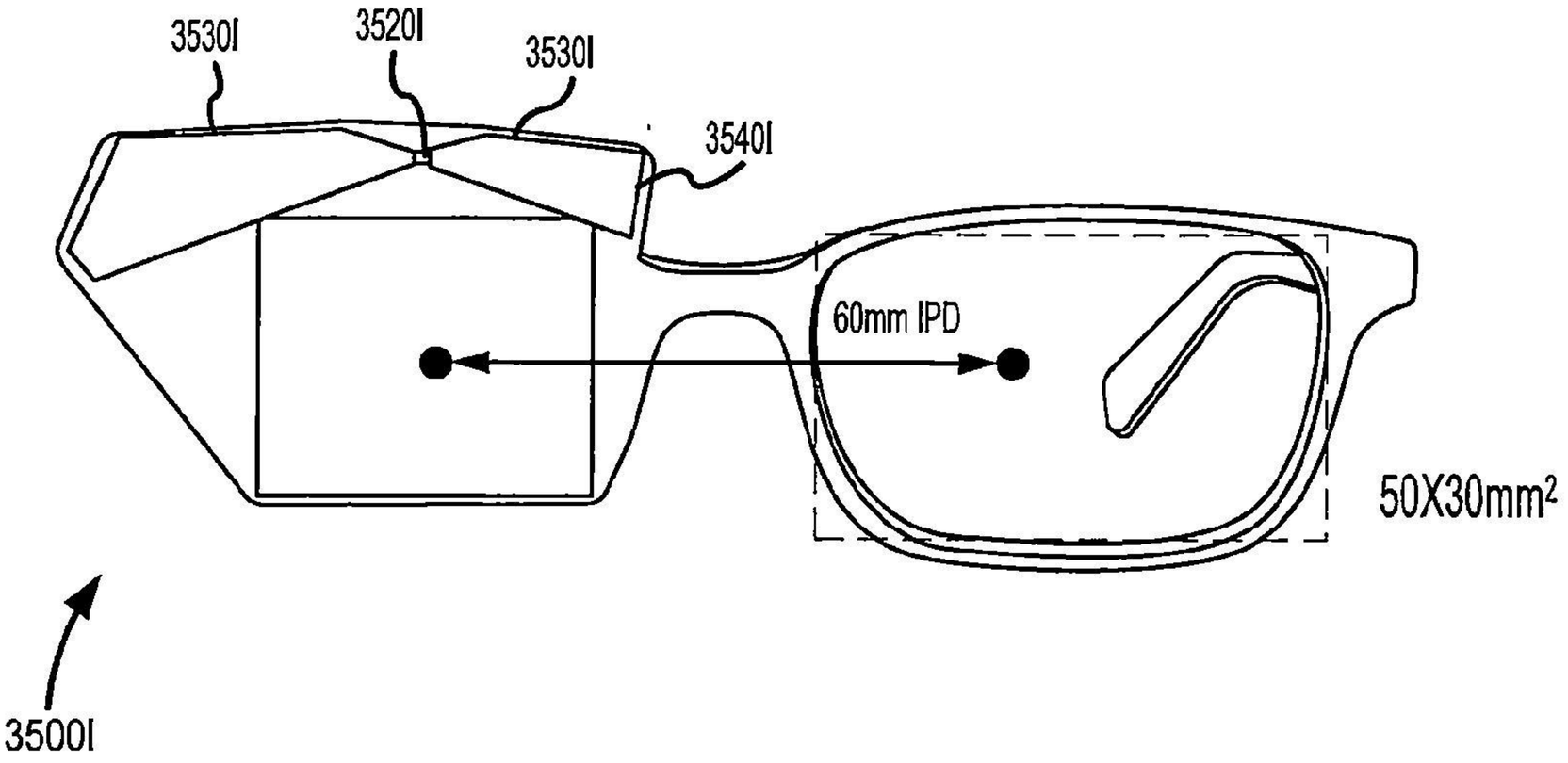
第35F圖


3520G
3550G
60mm IPD
50X30mm2
3500G

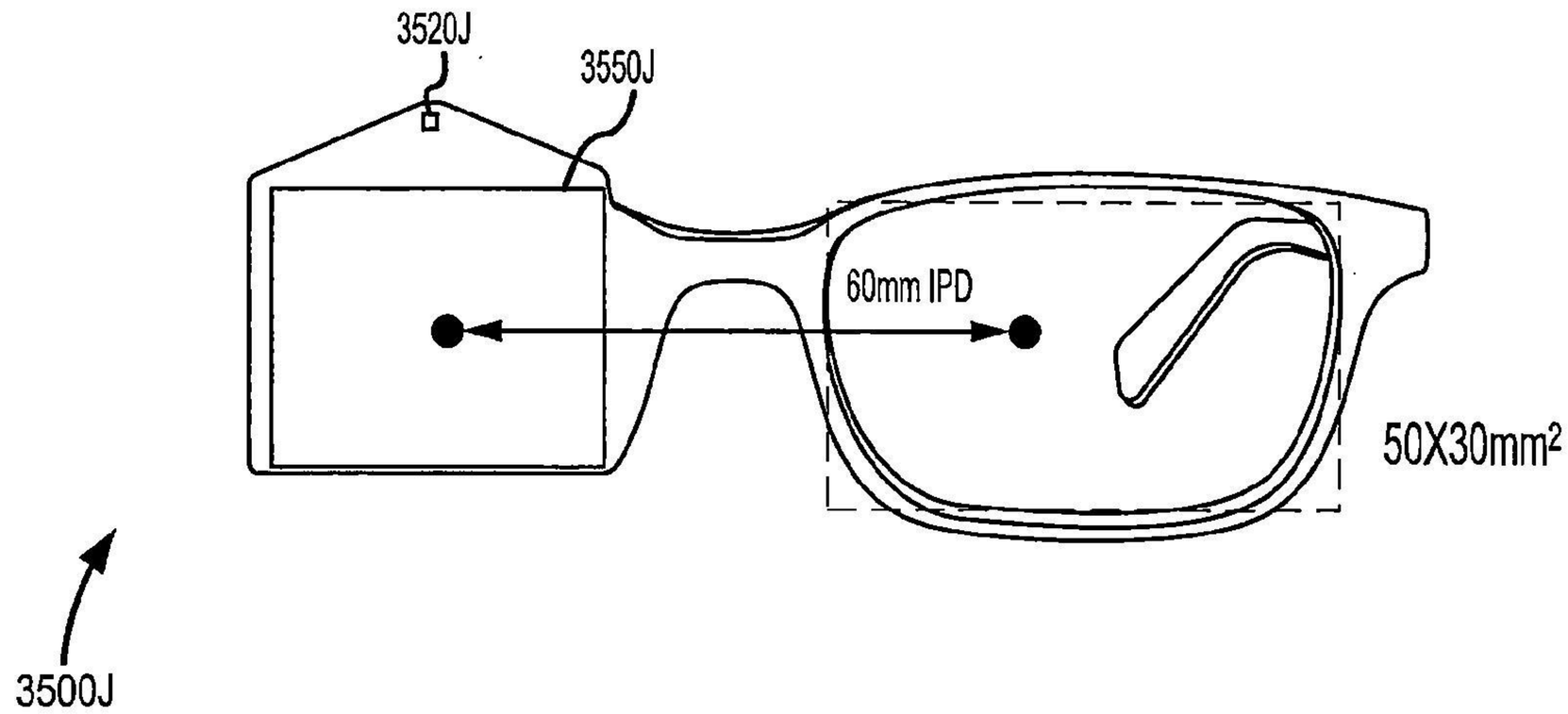
第35G圖


3530H
3520H
3530H
3540H
60mm IPD
50X30mm2
3500H

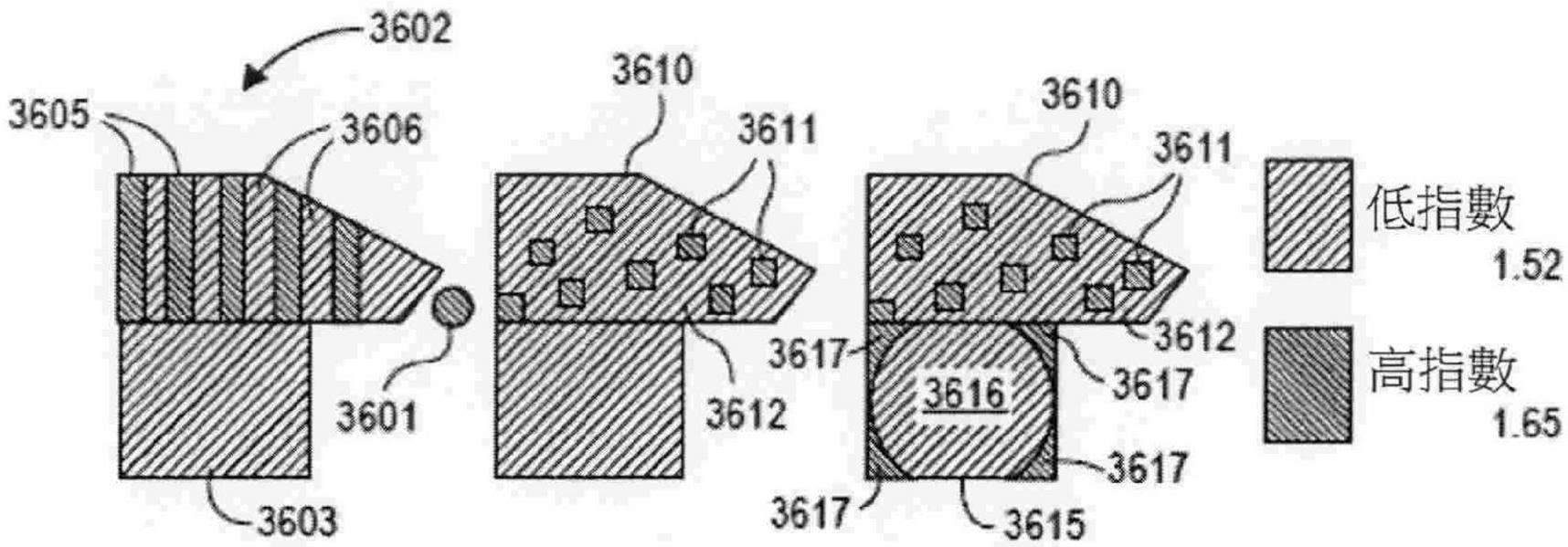
第35H圖


3530I
3520I
3530I
3540I
60mm IPD
50X30mm²
3500I

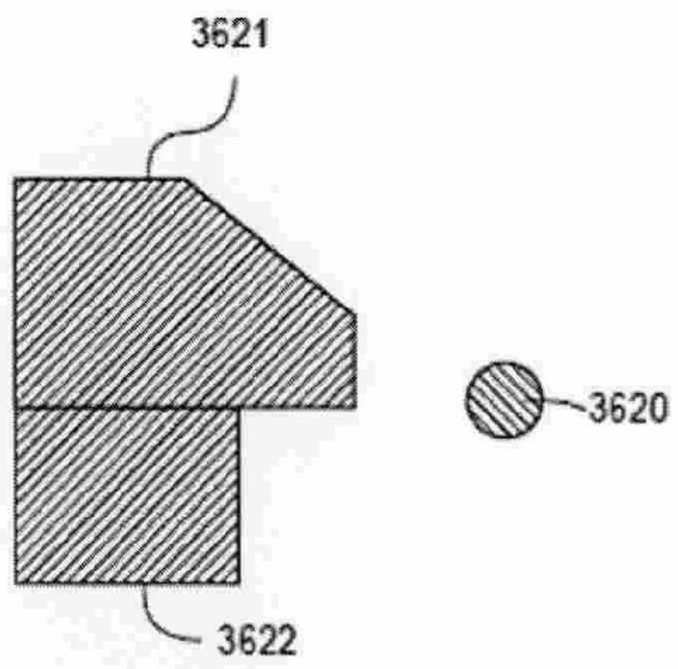
第35I圖


3520J
3550J
60mm IPD
50X30mm²
3500J

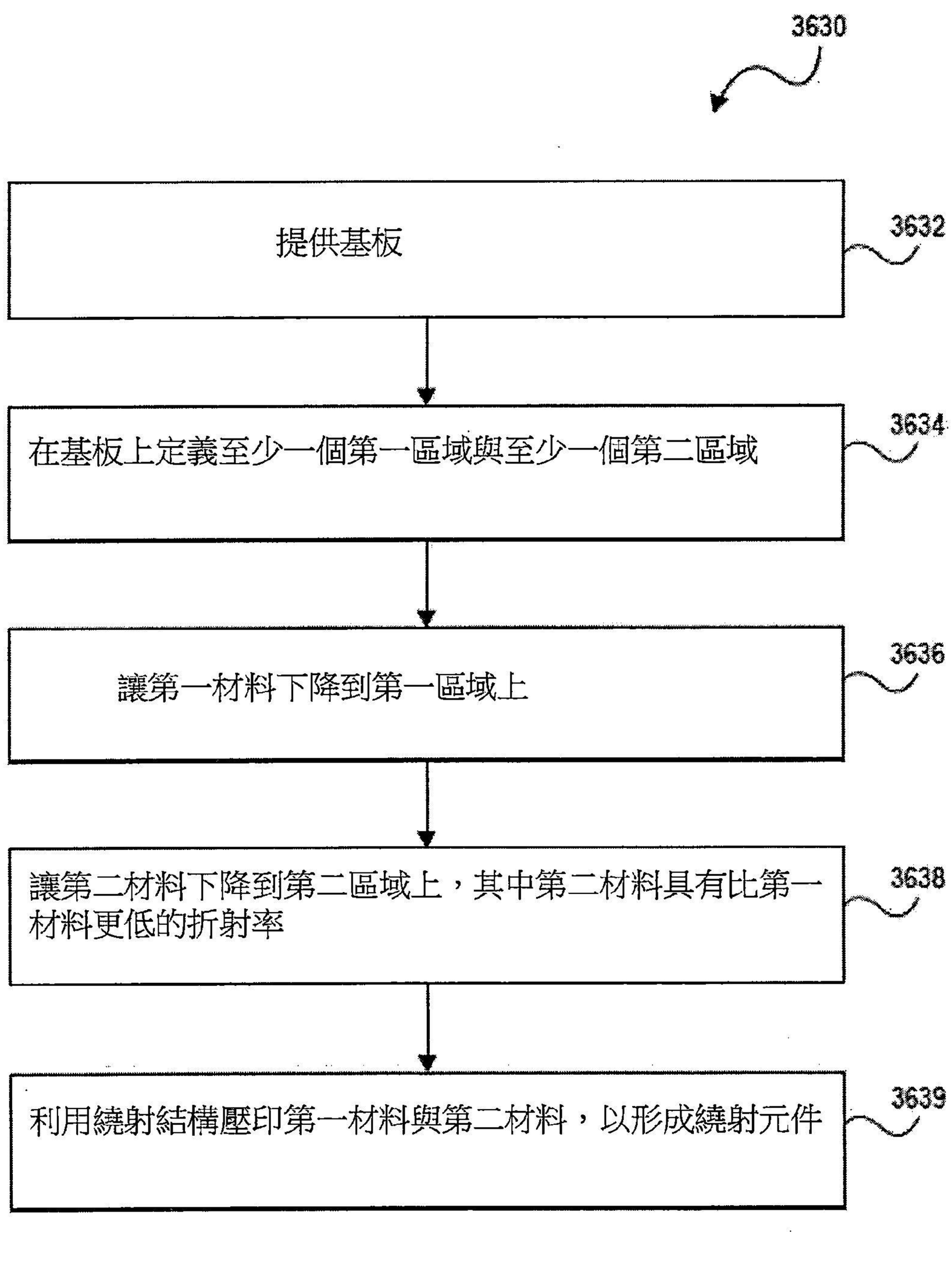
第35J圖



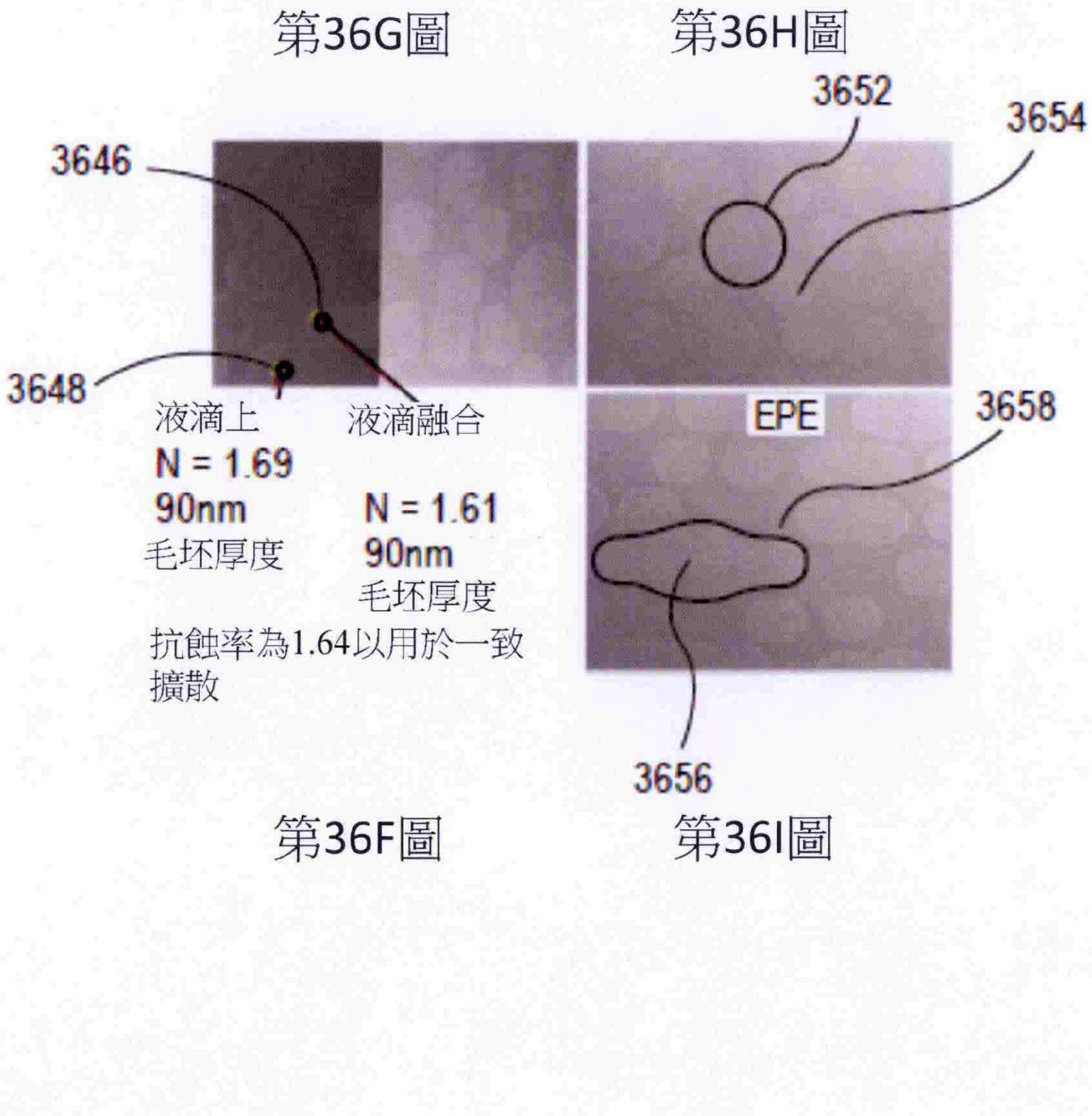

第36A圖　第36B圖　第36C圖




第36D圖

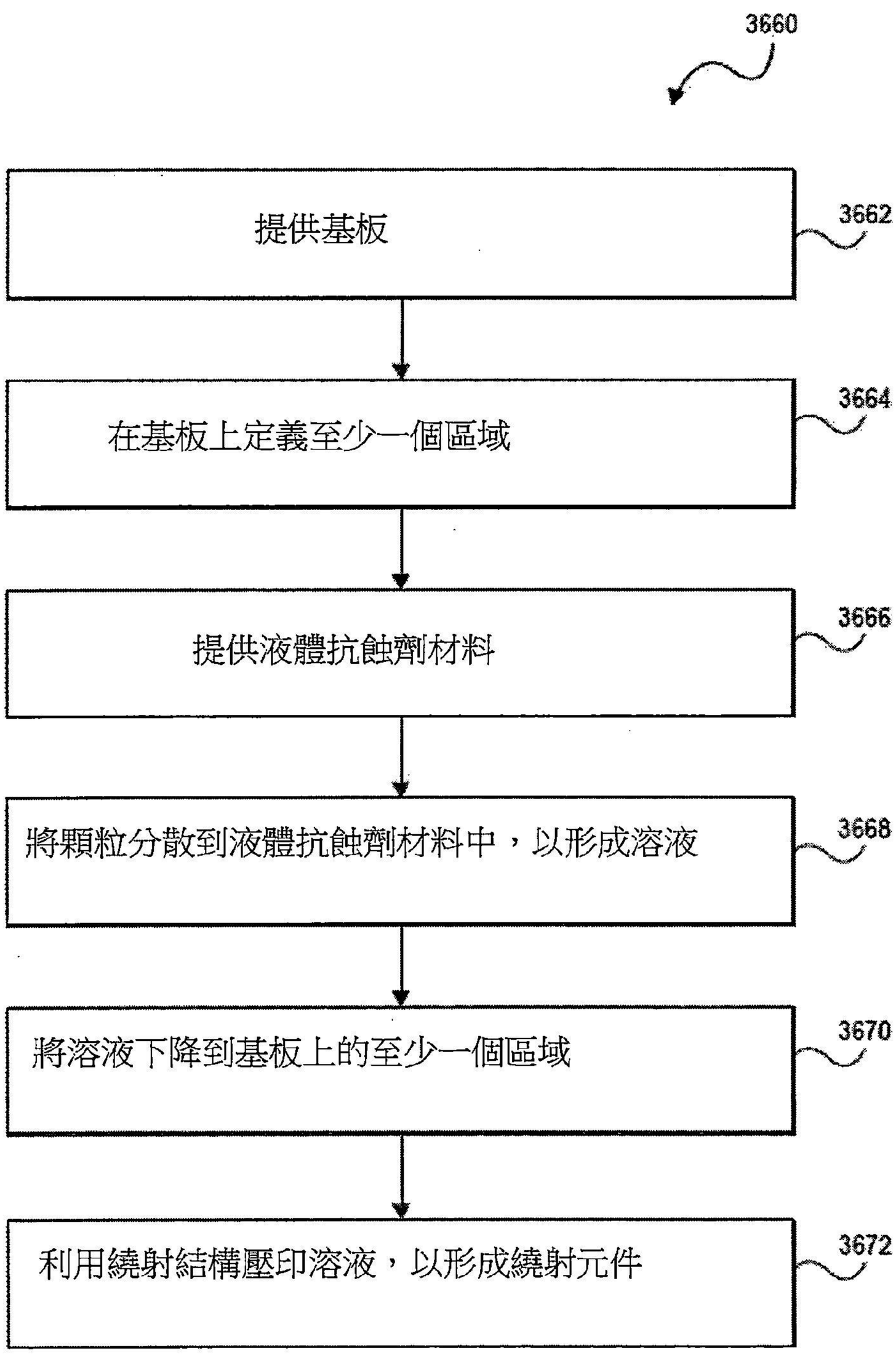

3630
提供基板
3632
在基板上定義至少一個第一區域與至少一個第二區域
3634
讓第一材料下降到第一區域上
3636
讓第二材料下降到第二區域上，其中第二材料具有比第一材料更低的折射率
3638
利用繞射結構壓印第一材料與第二材料，以形成繞射元件
3639

第36E圖

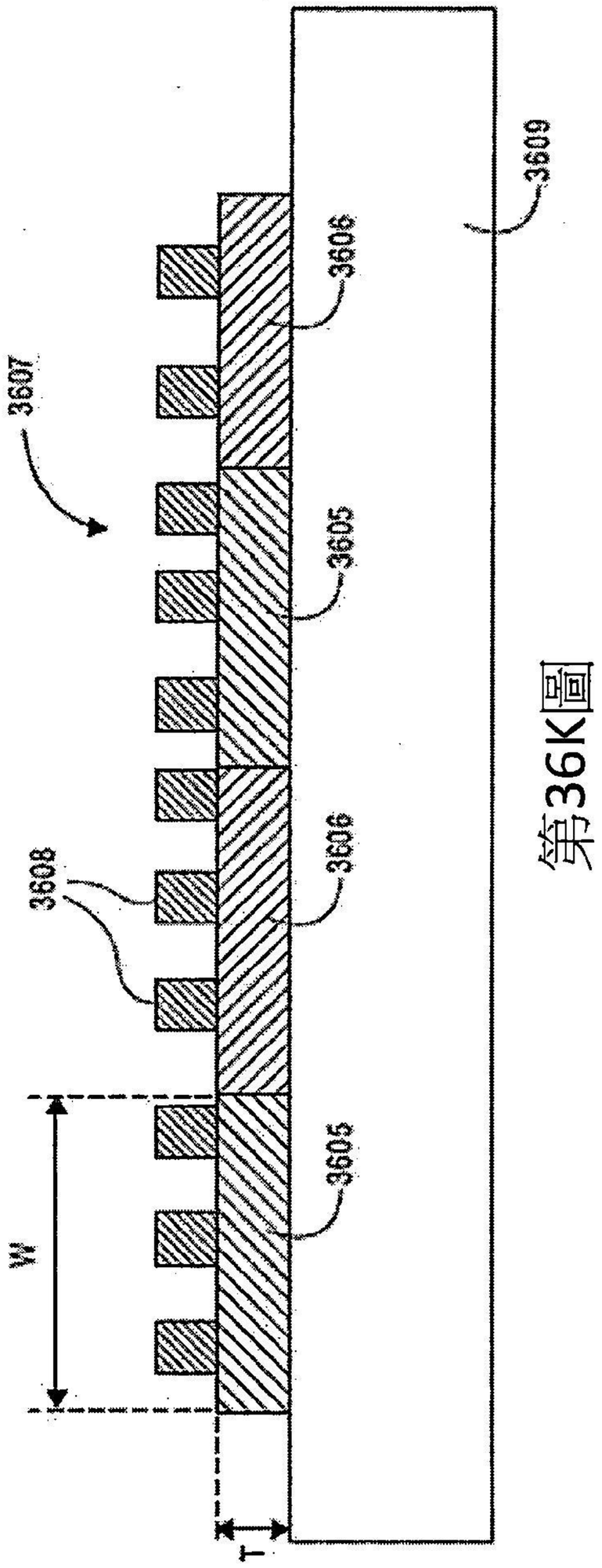



第36G圖　第36H圖

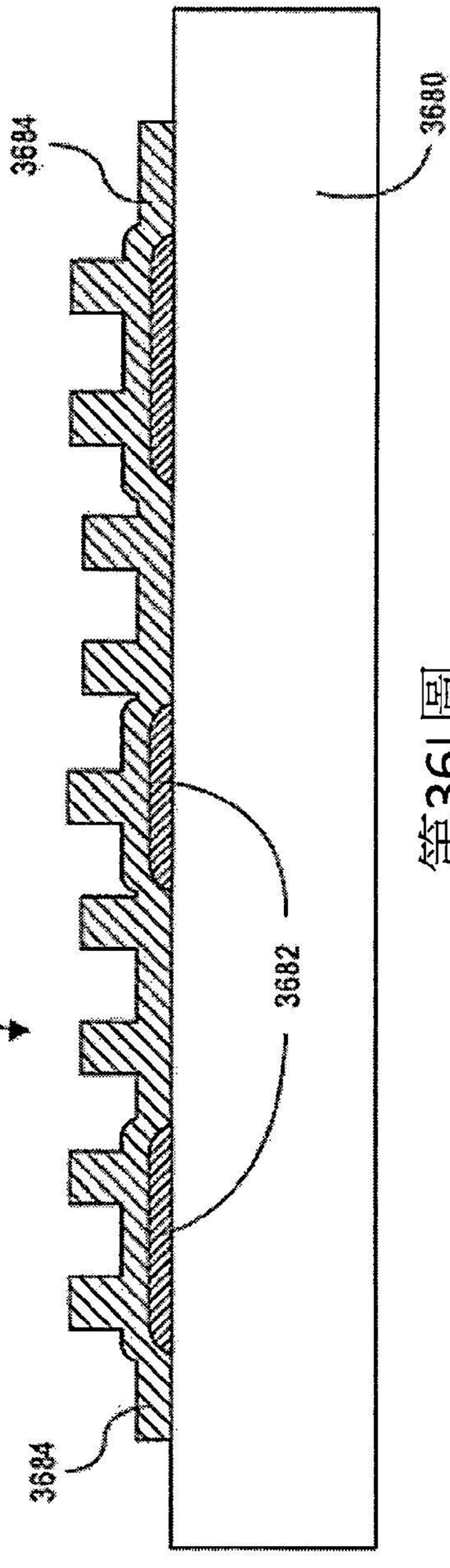
第36F圖　第36I圖


3660
提供基板
3662
在基板上定義至少一個區域
3664
提供液體抗蝕劑材料
3666
將顆粒分散到液體抗蝕劑材料中，以形成溶液
3668
將溶液下降到基板上的至少一個區域
3670
利用繞射結構壓印溶液，以形成繞射元件
3672

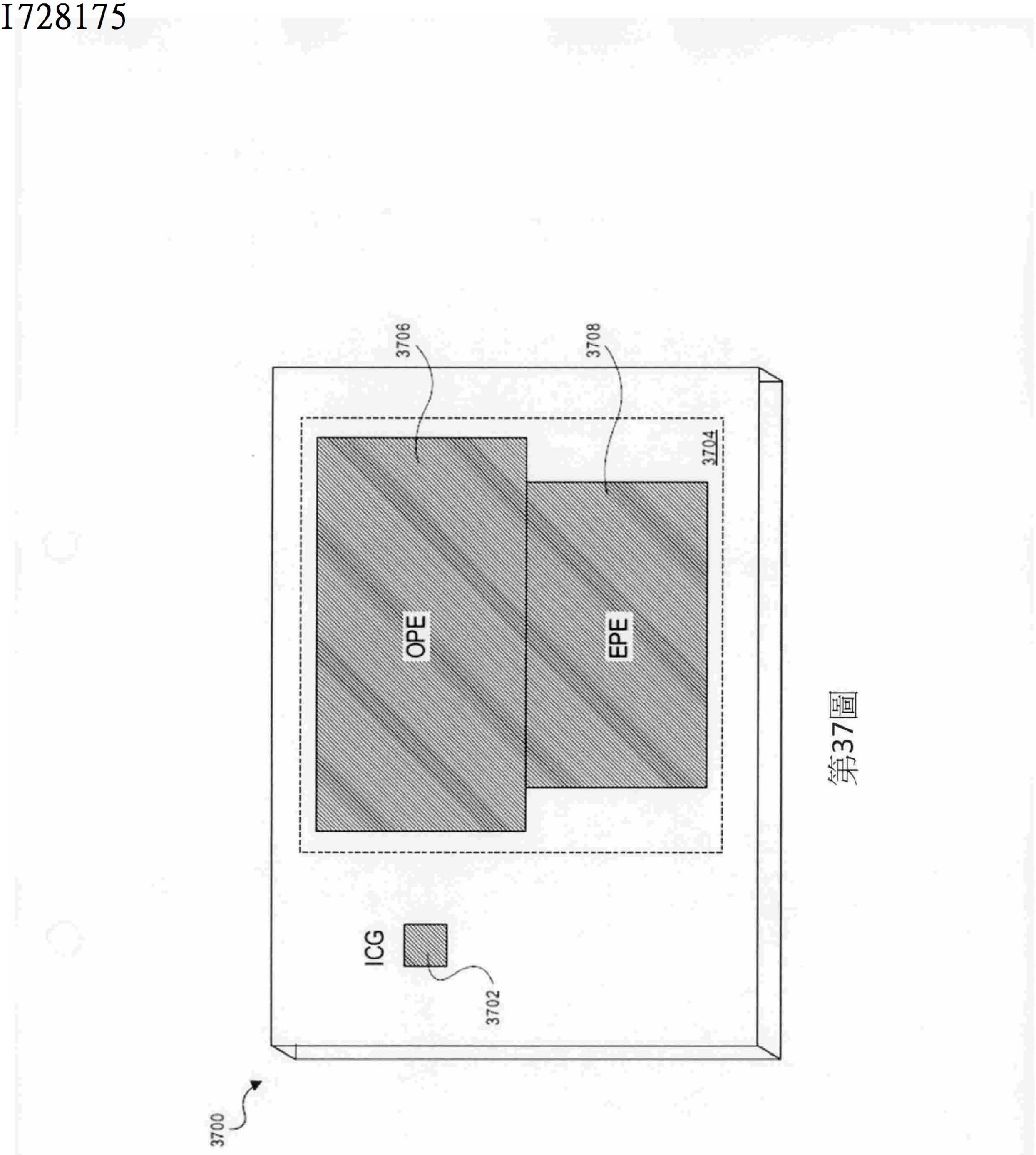
第36J圖


3607
3609
3606
3605
3608
3606
3605
W
T

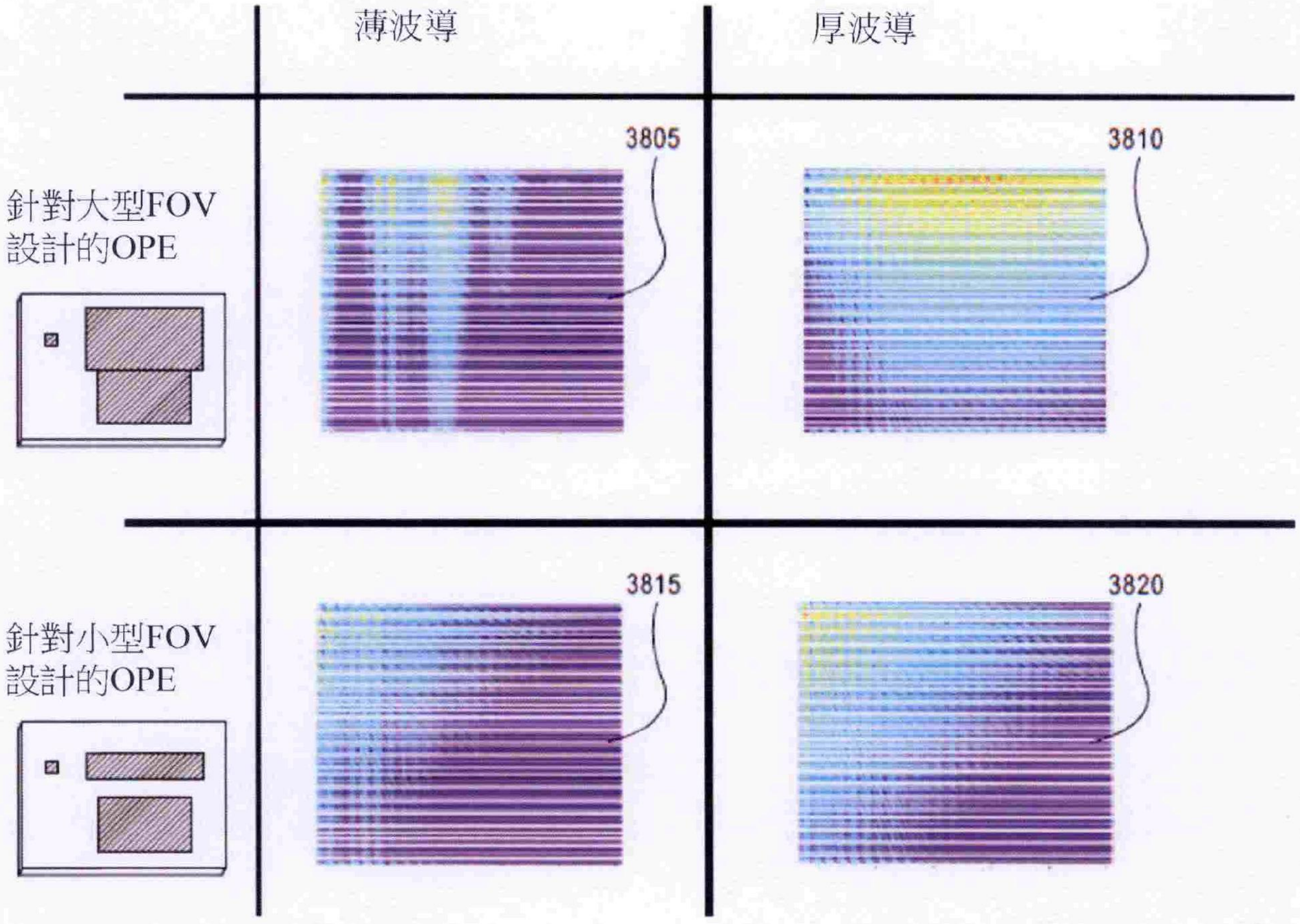
第36K圖


3684
3680
3686
3682
3684

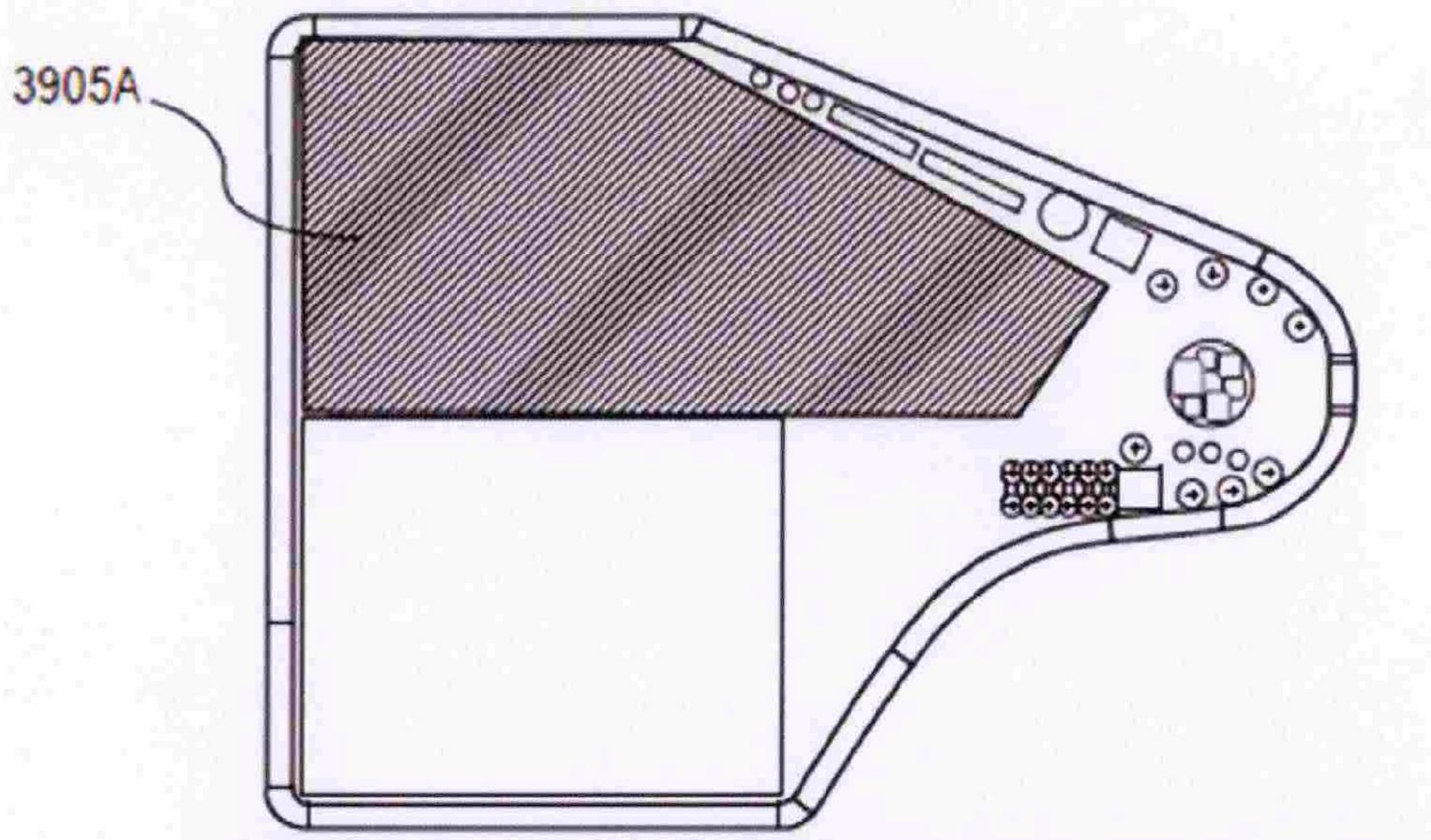
第36L圖



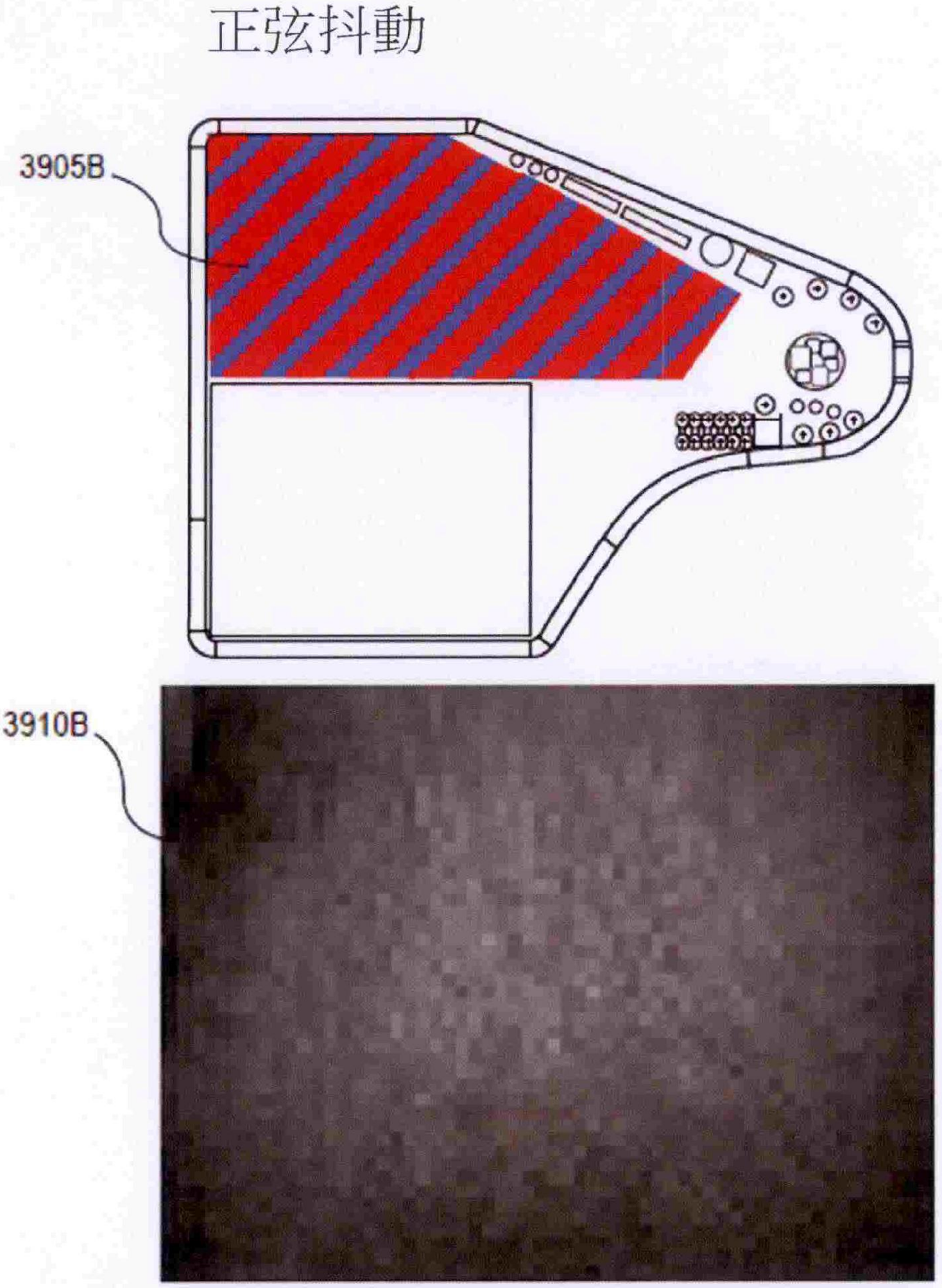

第37圖



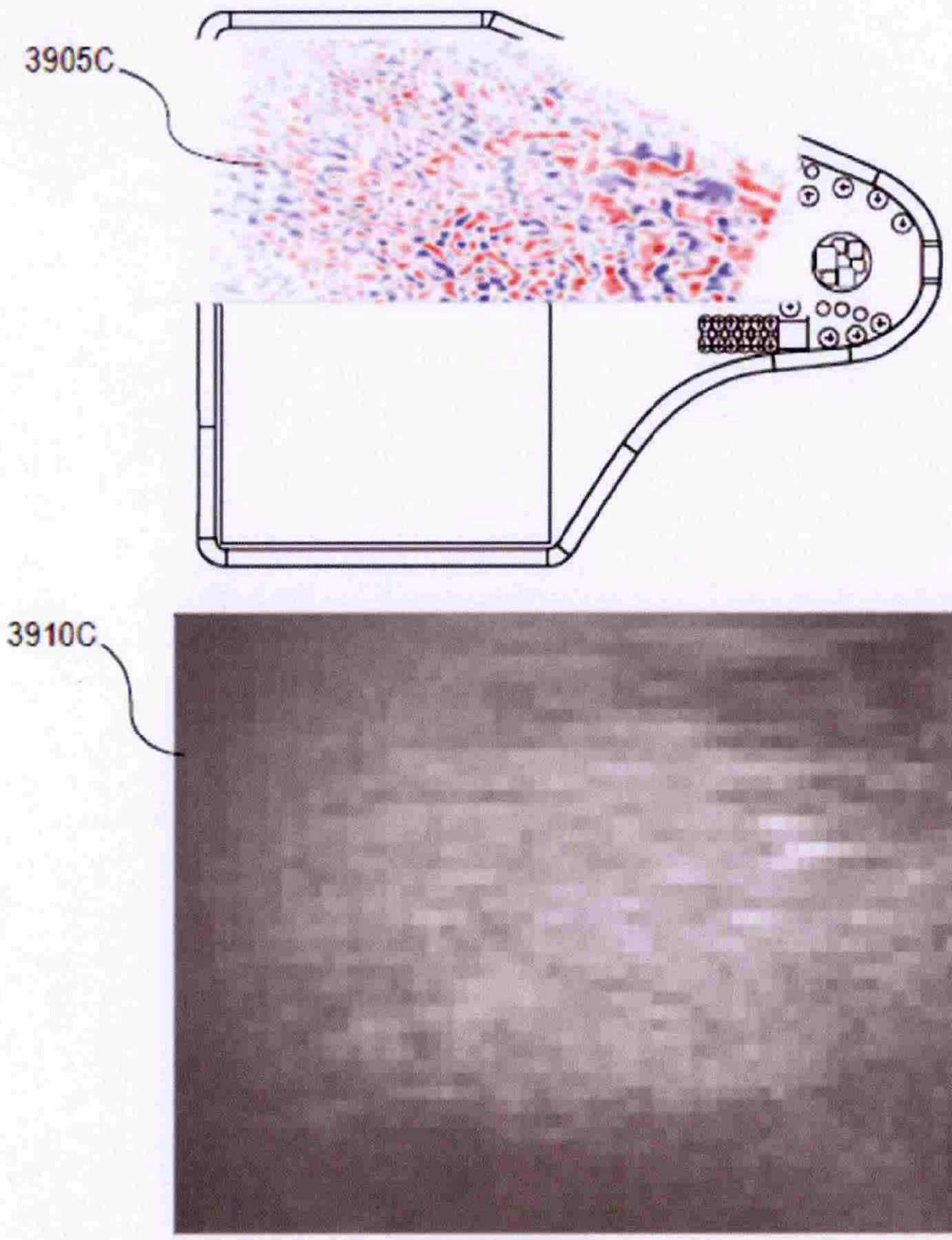

第38圖



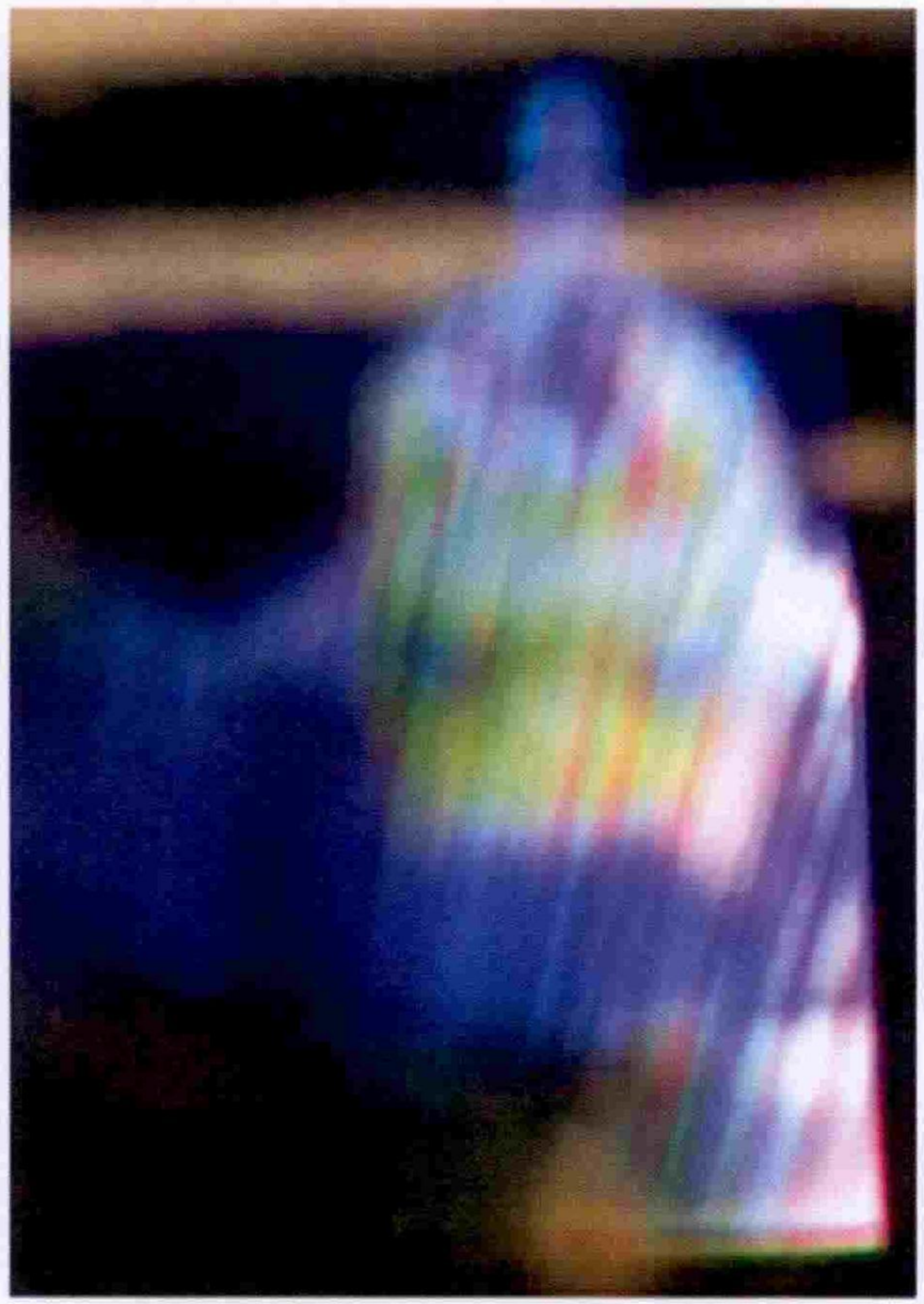

第39A圖



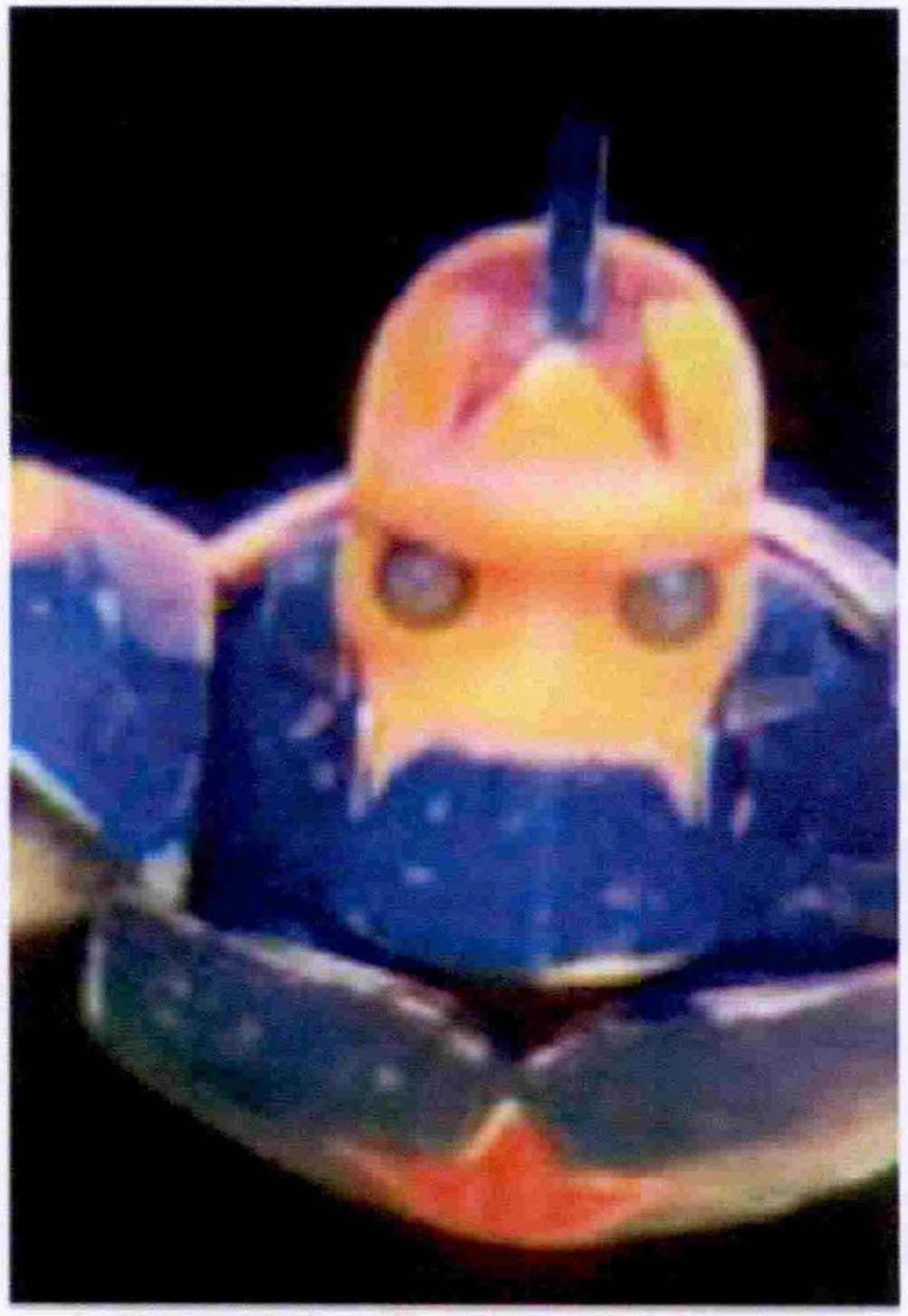

第39B圖




第39C圖

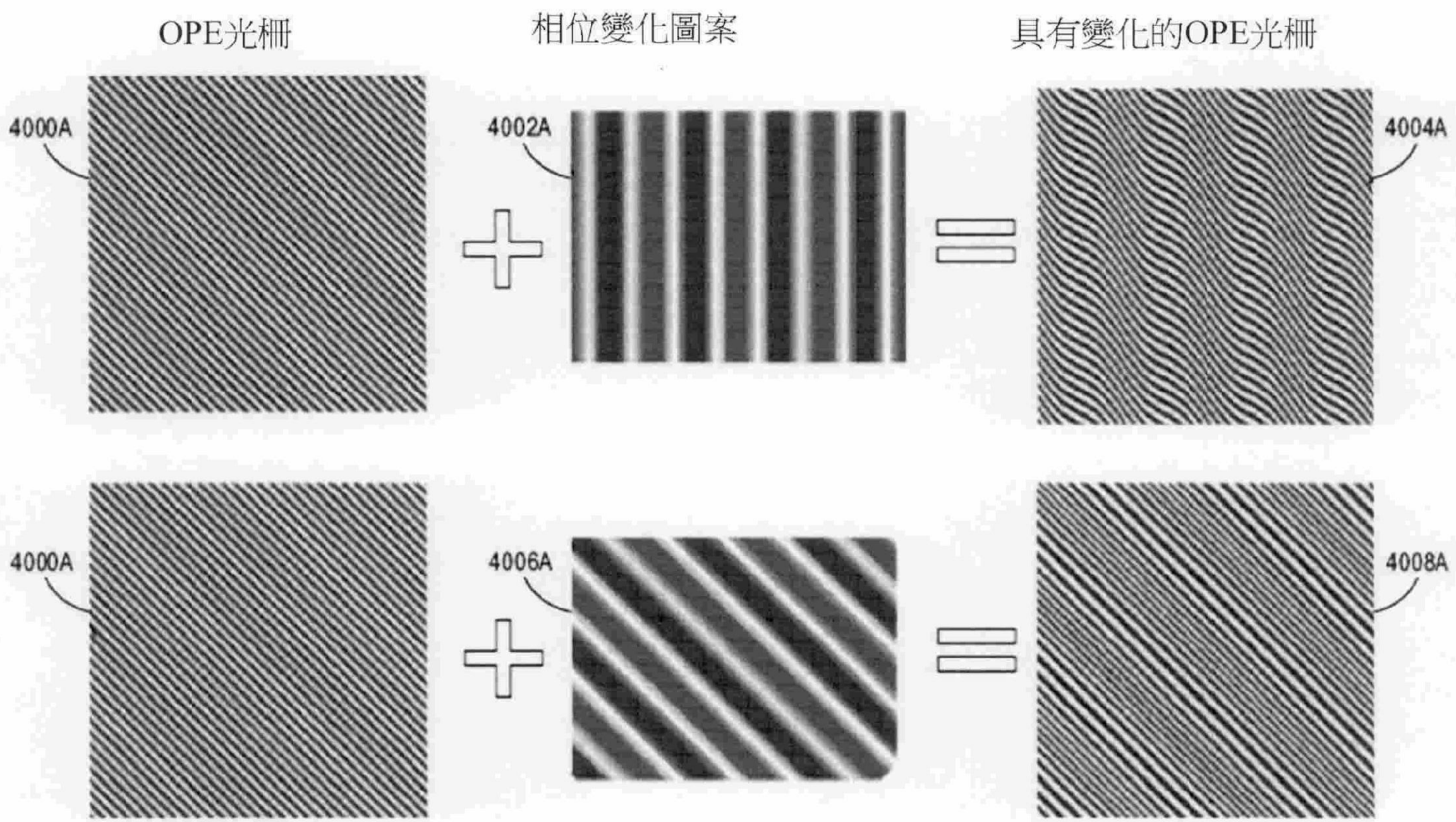


由OPE抖動造成的瞳孔
光照度分散

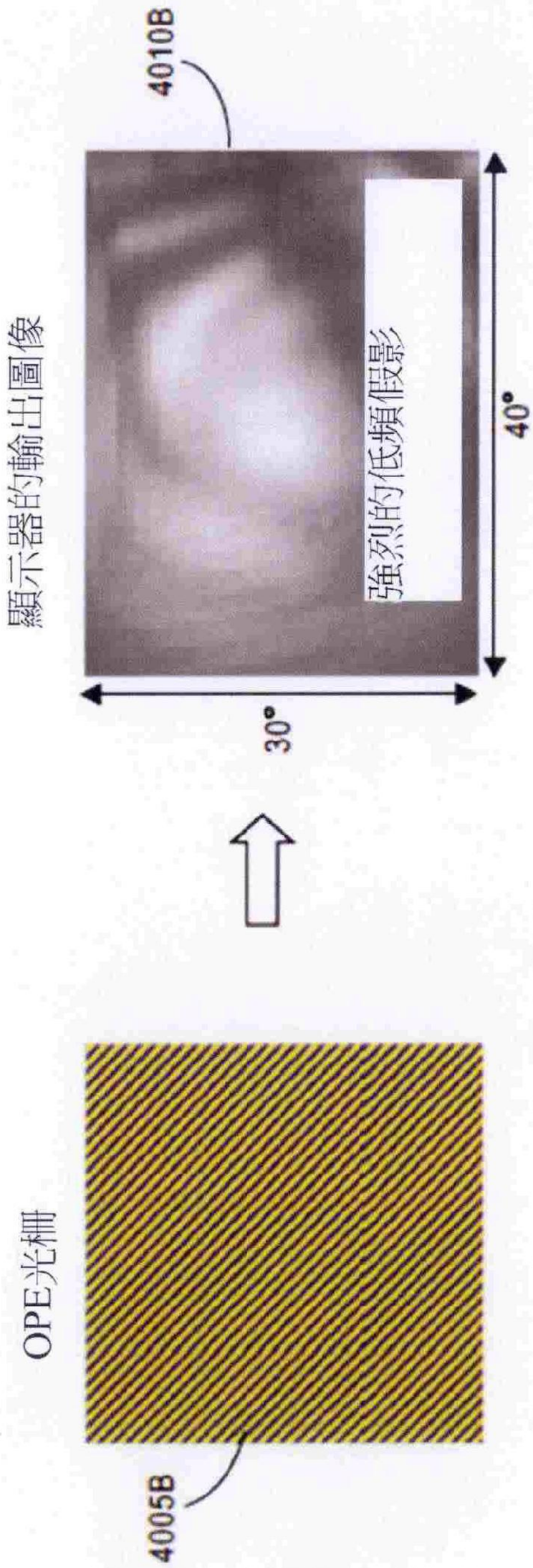


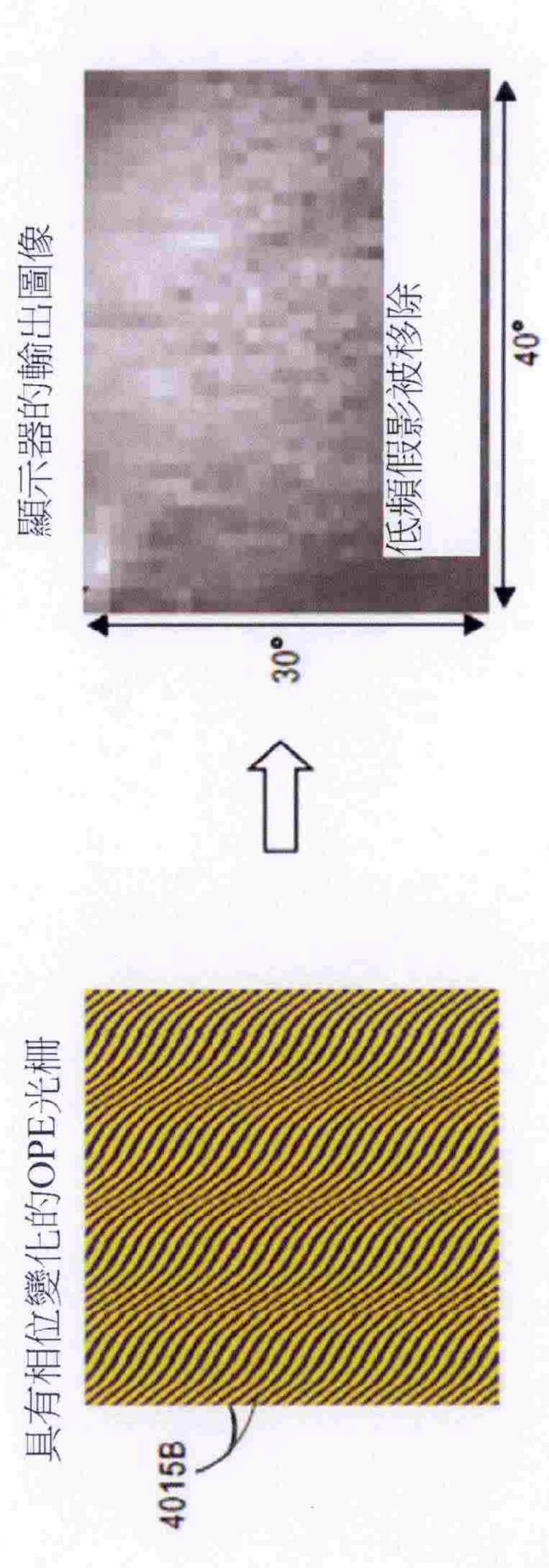
在觀看者的瞳孔在眼箱內時所
感知者

第39D圖

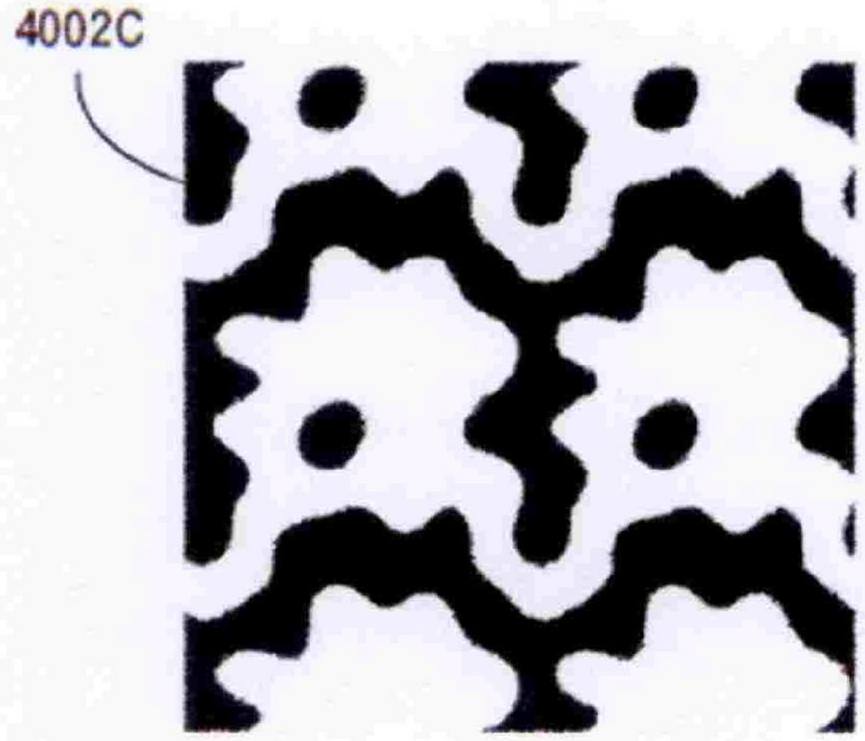

OPE光柵
相位變化圖案
具有變化的OPE光柵
4000A
4002A
4004A
4000A
4006A
4008A

第40A圖

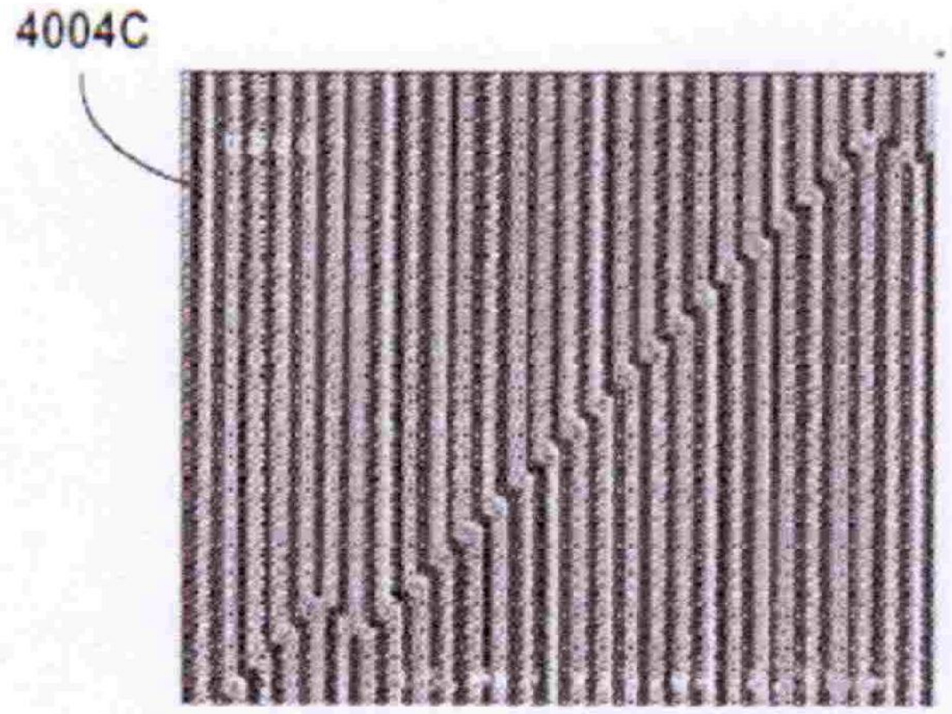

顯示器的輸出圖像
強烈的低頻假影
40°
30°
OPE光柵
4005B


顯示器的輸出圖像
低頻假影被移除
40°
30°
具有相位變化的OPE光柵
4015B

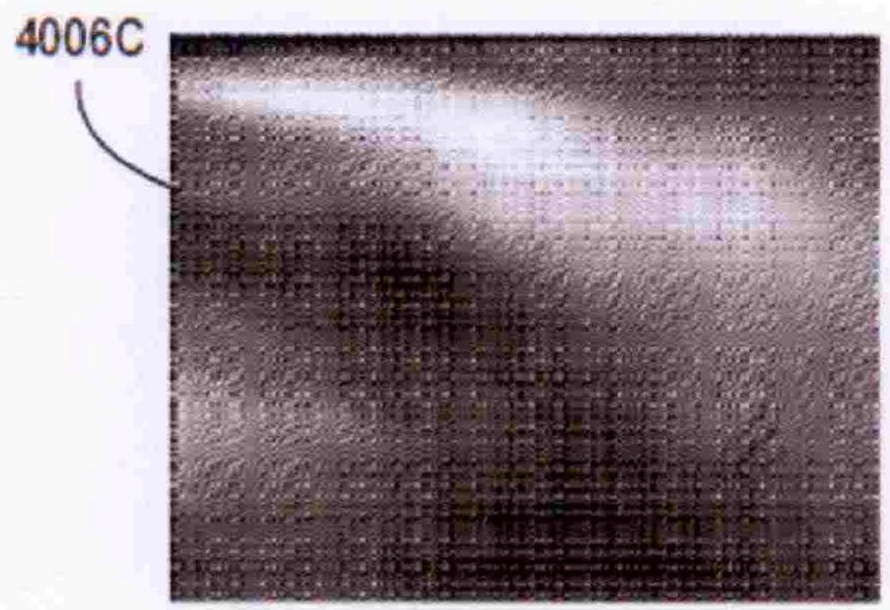
第40B圖

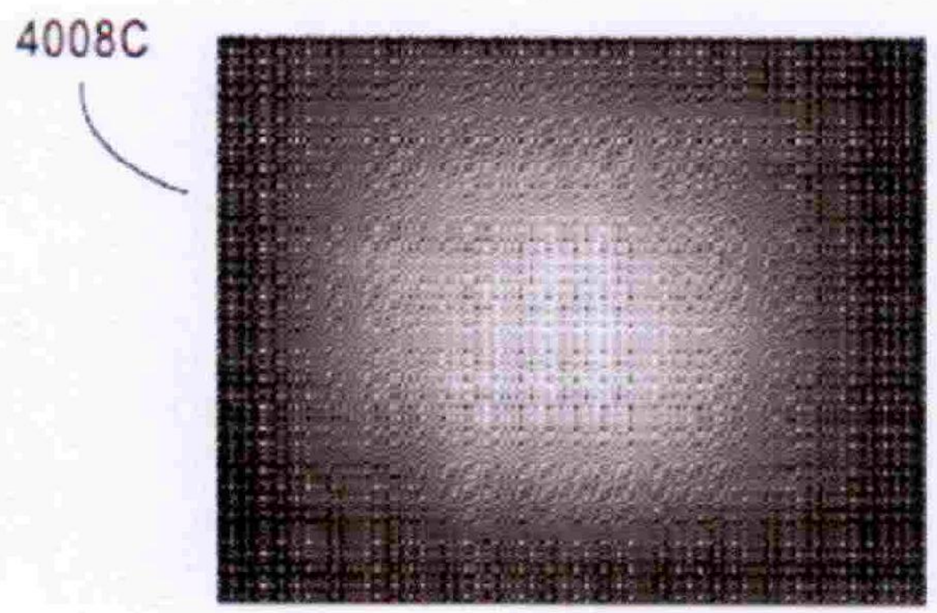



沒有OPE相位變化的顯示器的輸出圖像

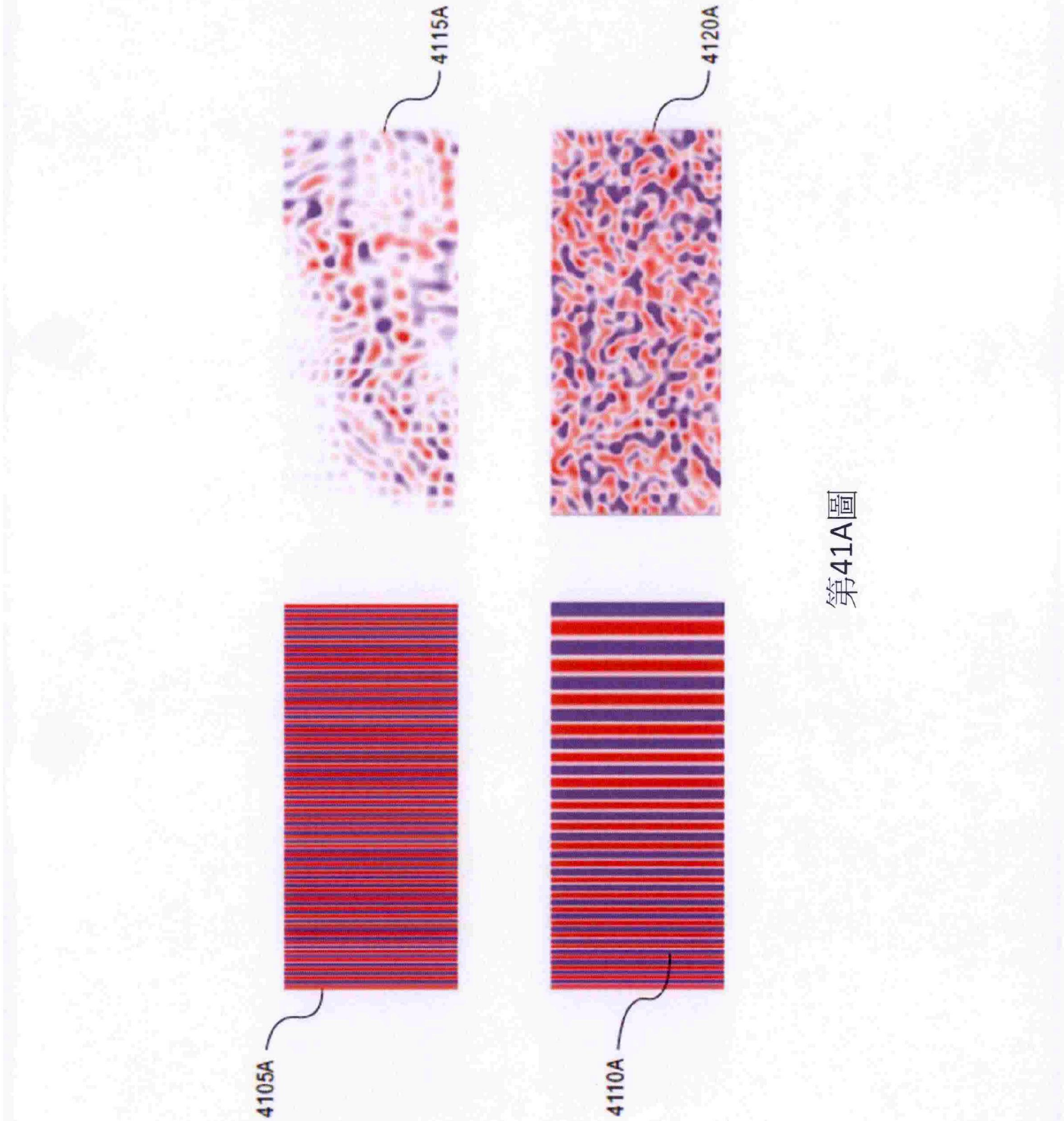



具有OPE相位變化的顯示器的輸出圖像

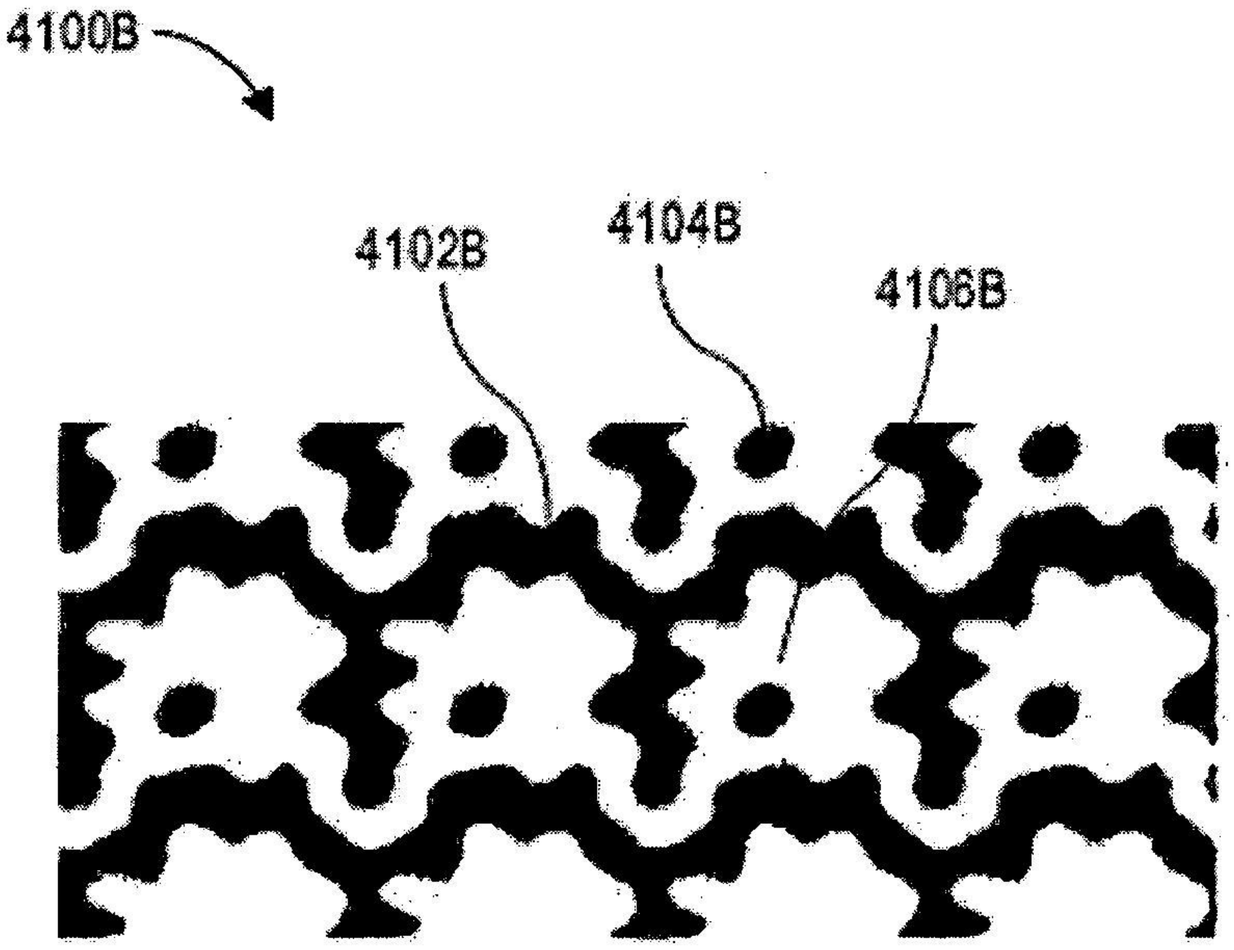


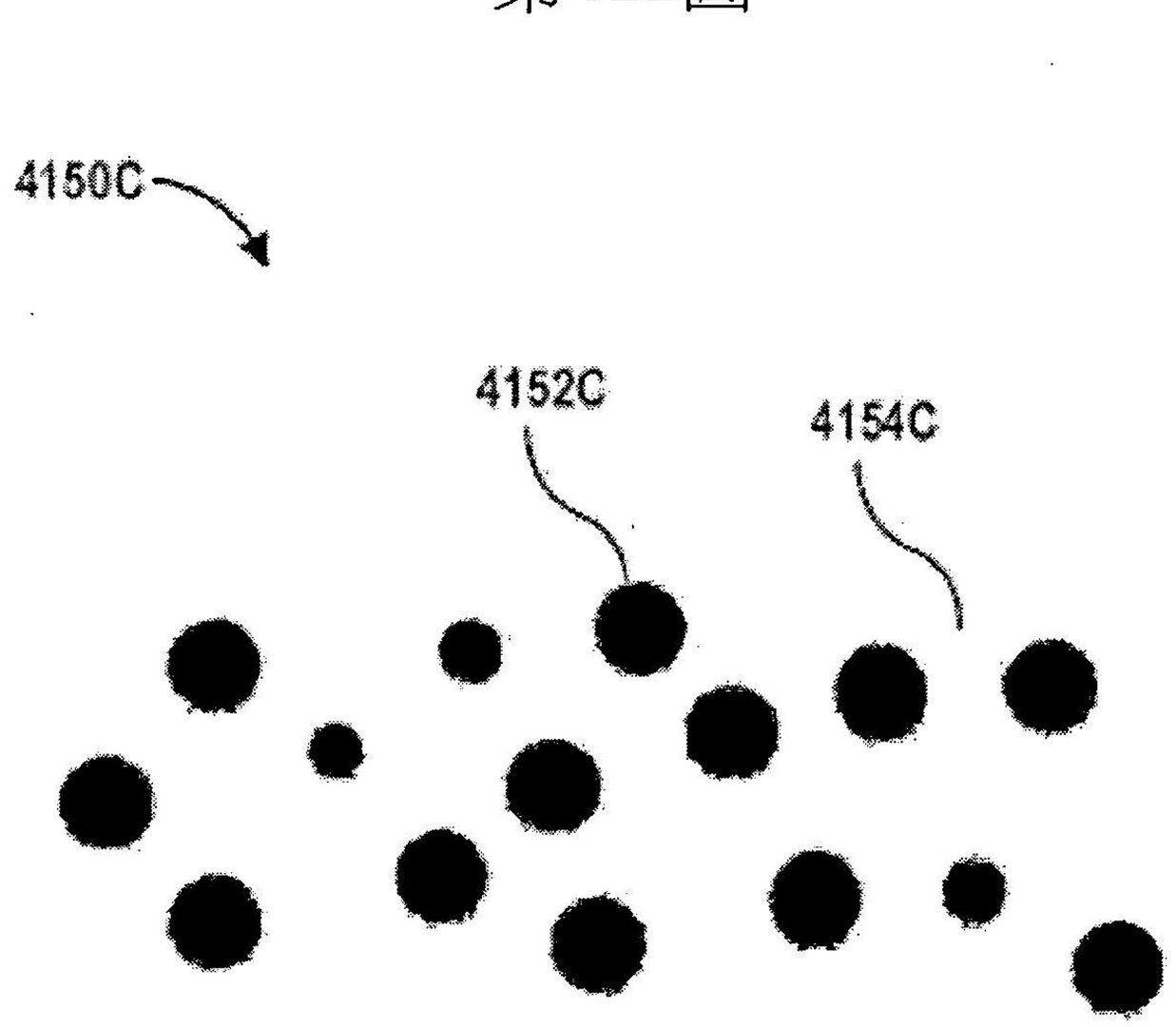

第40C圖



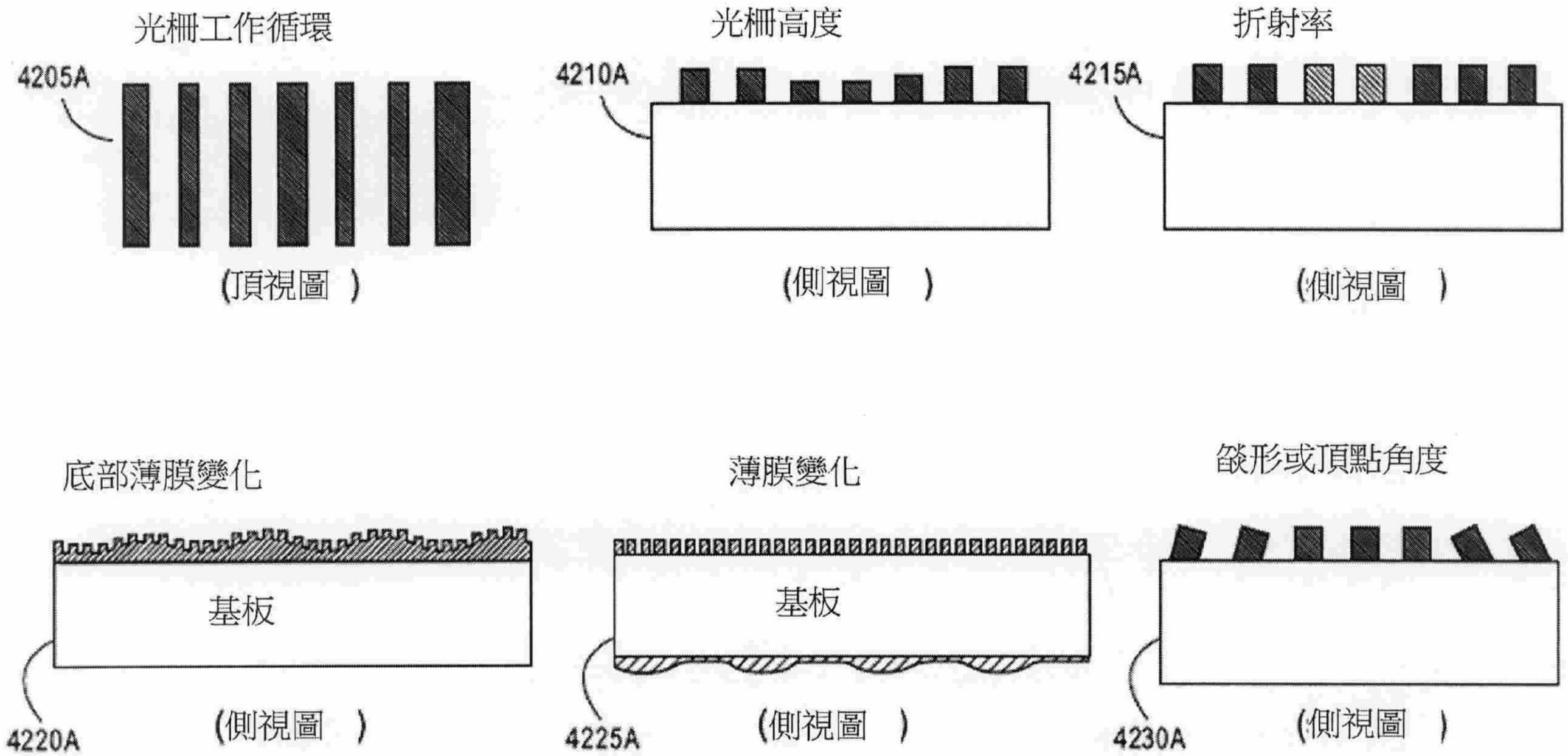

第41A圖



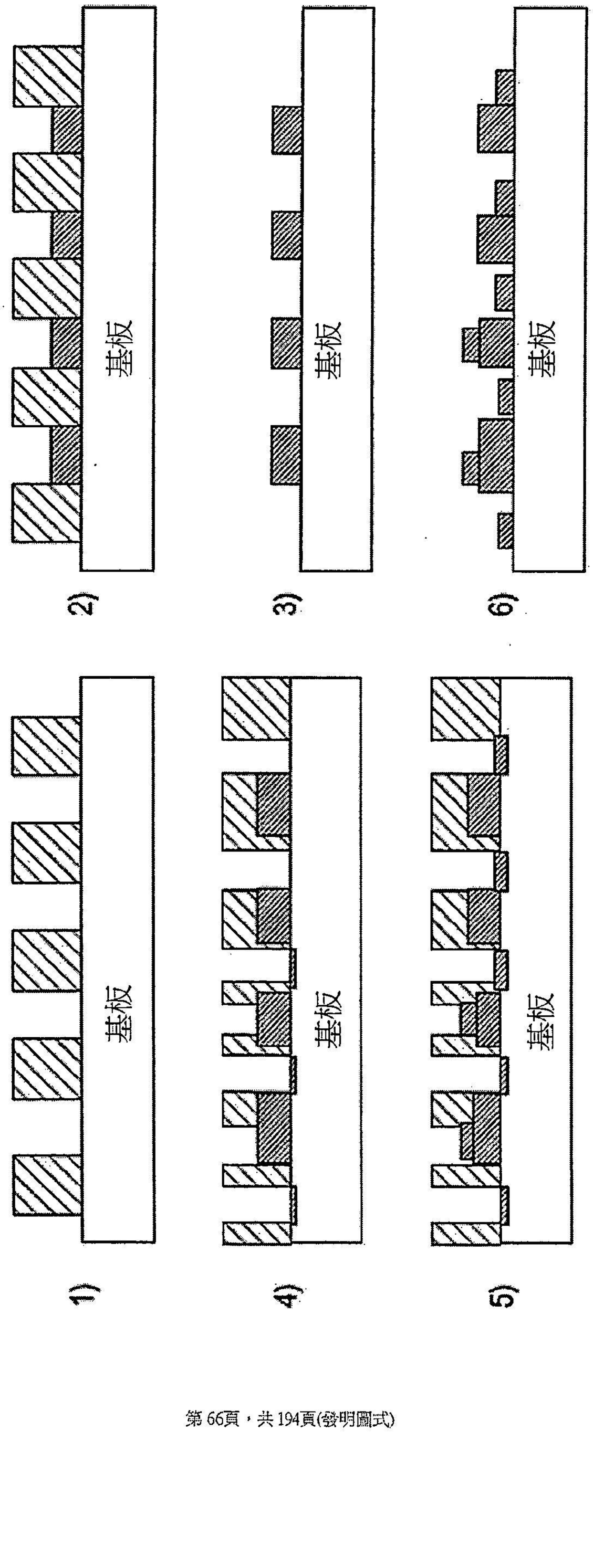

第41B圖



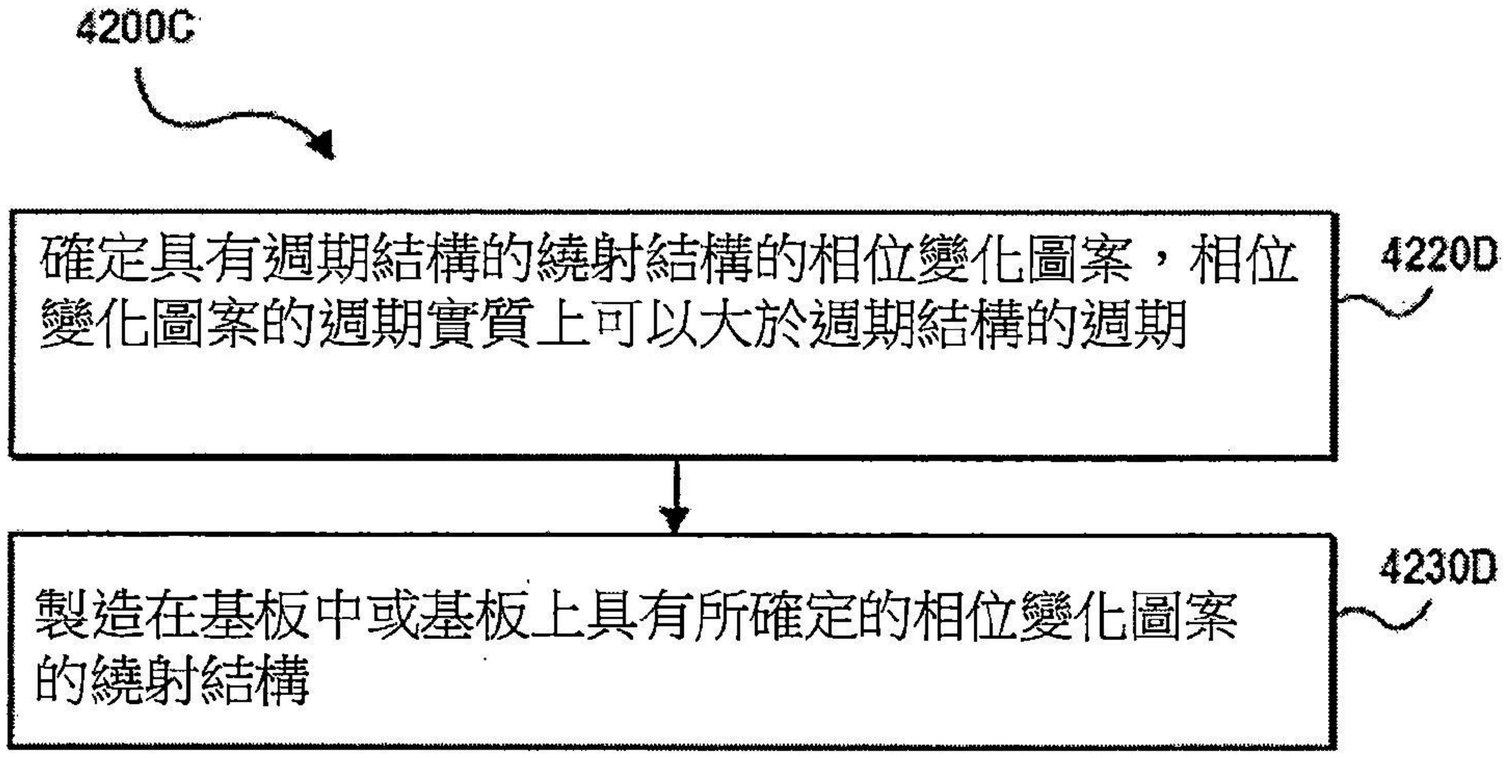

第41C圖


光柵工作循環
4205A
(頂視圖 )
光柵高度
4210A
(側視圖 )
折射率
4215A
(側視圖 )
底部薄膜變化
基板
4220A
(側視圖 )
薄膜變化
基板
4225A
(側視圖 )
燄形或頂點角度
4230A
(側視圖 )

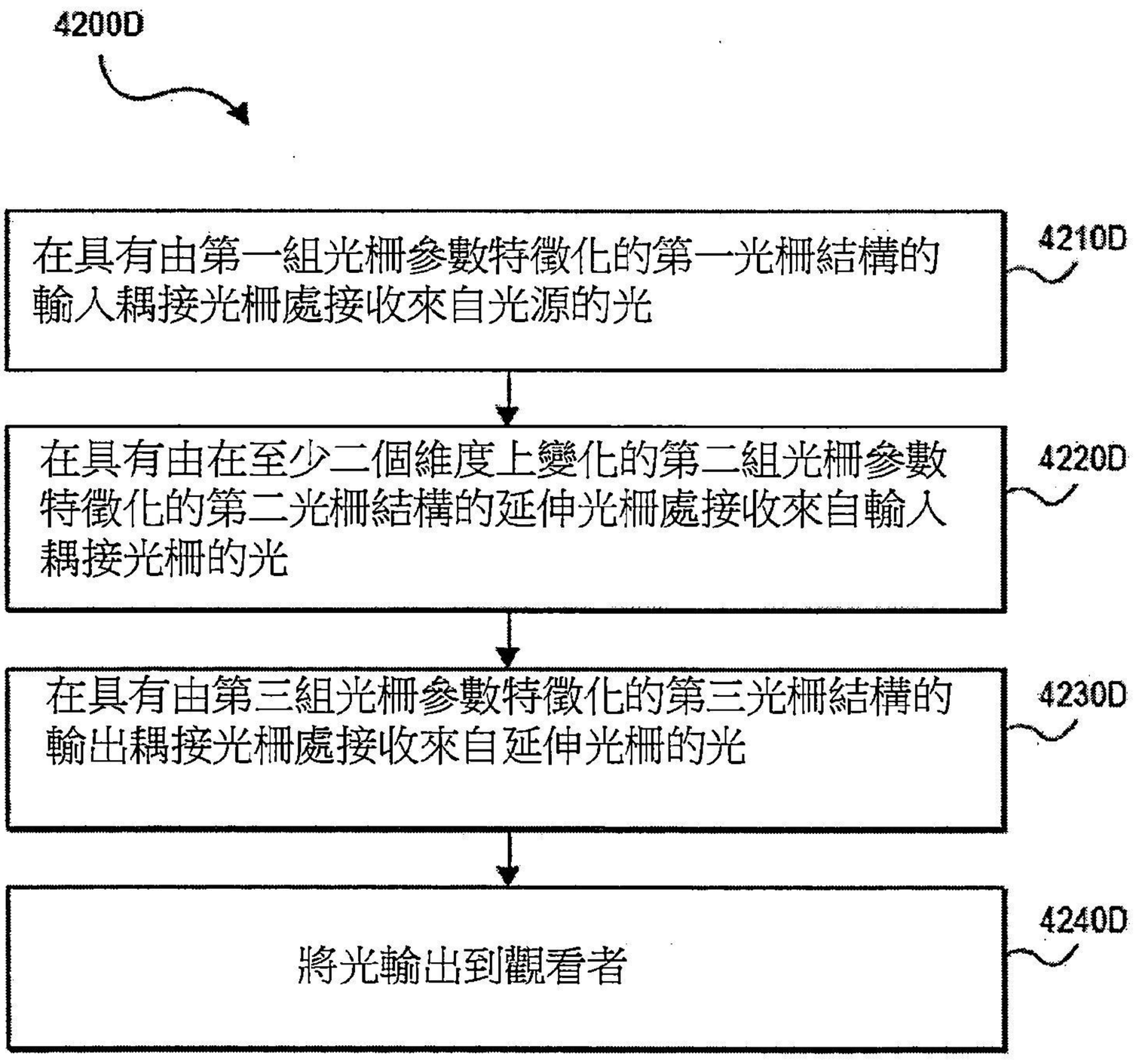
第42A圖



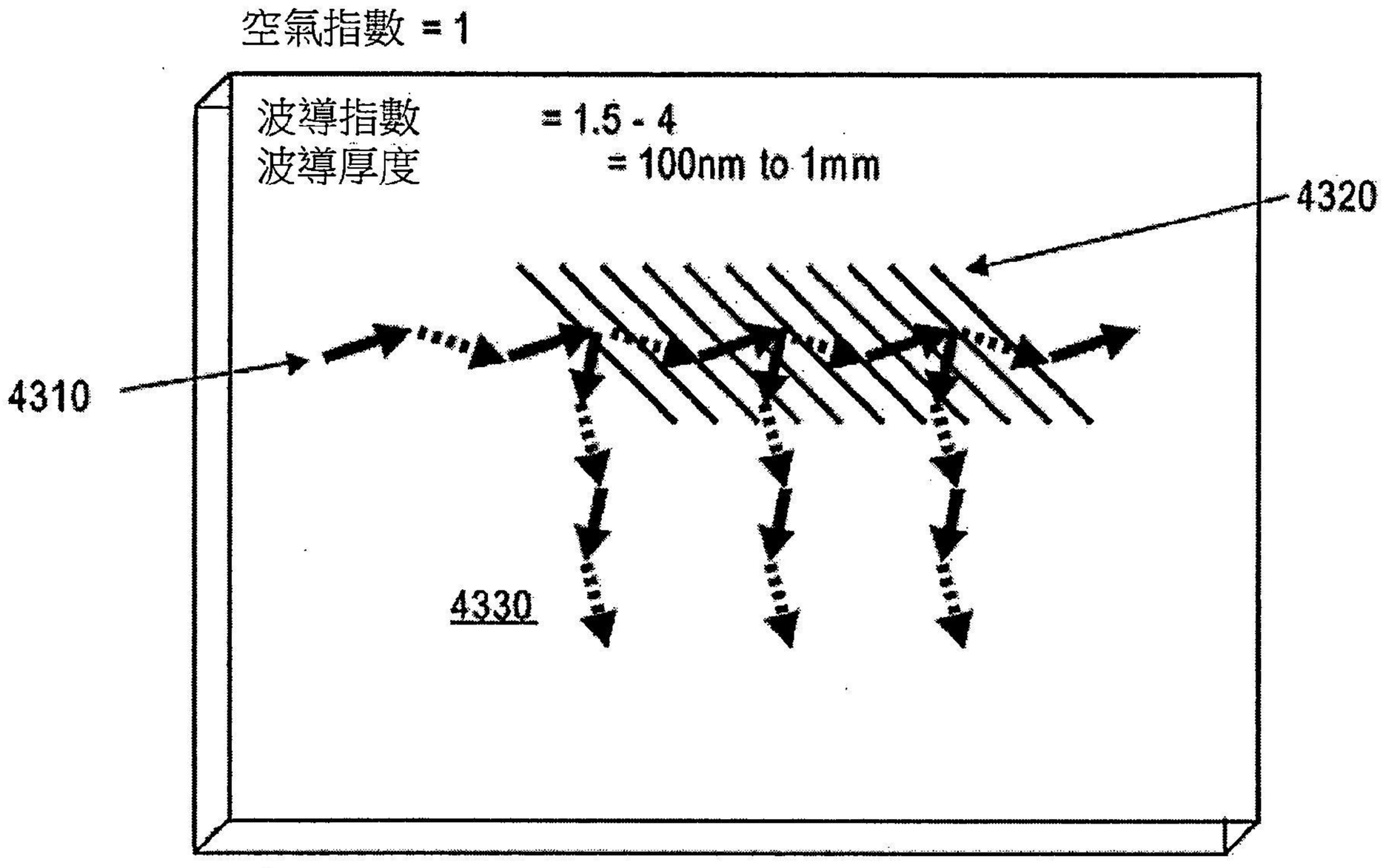

第42B圖


4200C
確定具有週期結構的繞射結構的相位變化圖案，相位變化圖案的週期實質上可以大於週期結構的週期
4220D
製造在基板中或基板上具有所確定的相位變化圖案的繞射結構
4230D

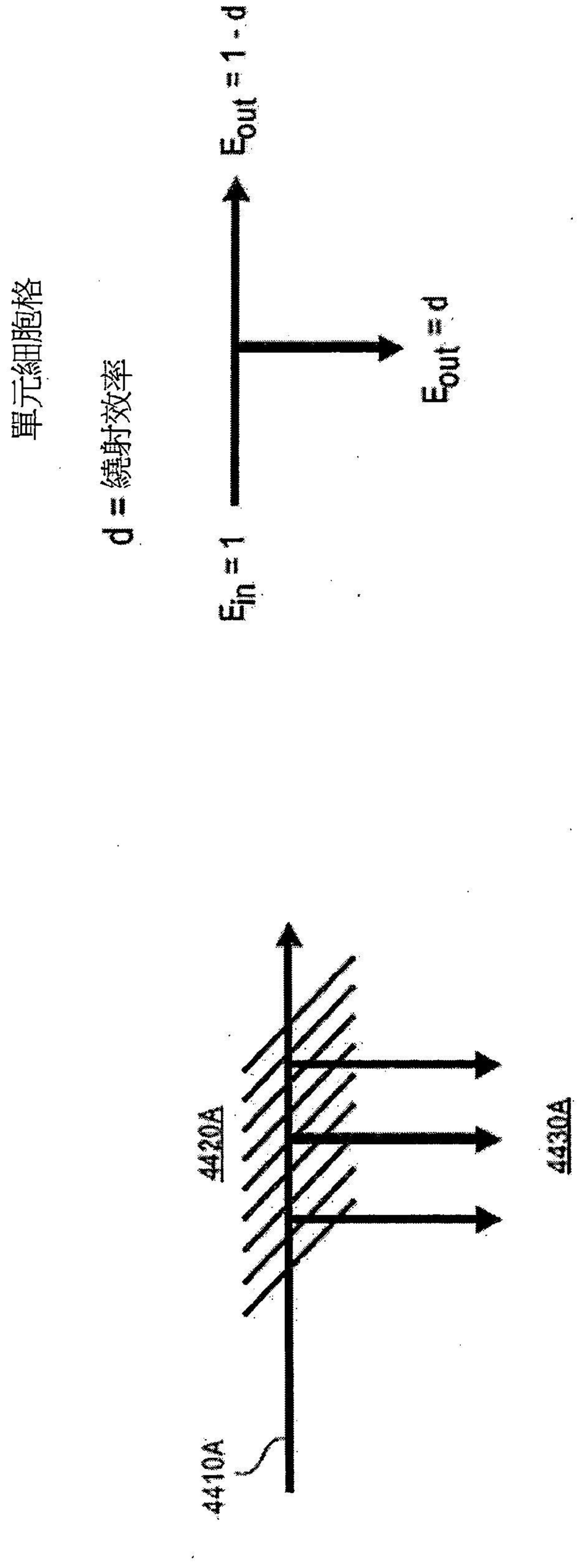
第42C圖


4200D
在具有由第一組光柵參數特徵化的第一光柵結構的輸入耦接光柵處接收來自光源的光
4210D
在具有由在至少二個維度上變化的第二組光柵參數特徵化的第二光柵結構的延伸光柵處接收來自輸入耦接光柵的光
4220D
在具有由第三組光柵參數特徵化的第三光柵結構的輸出耦接光柵處接收來自延伸光柵的光
4230D
將光輸出到觀看者
4240D

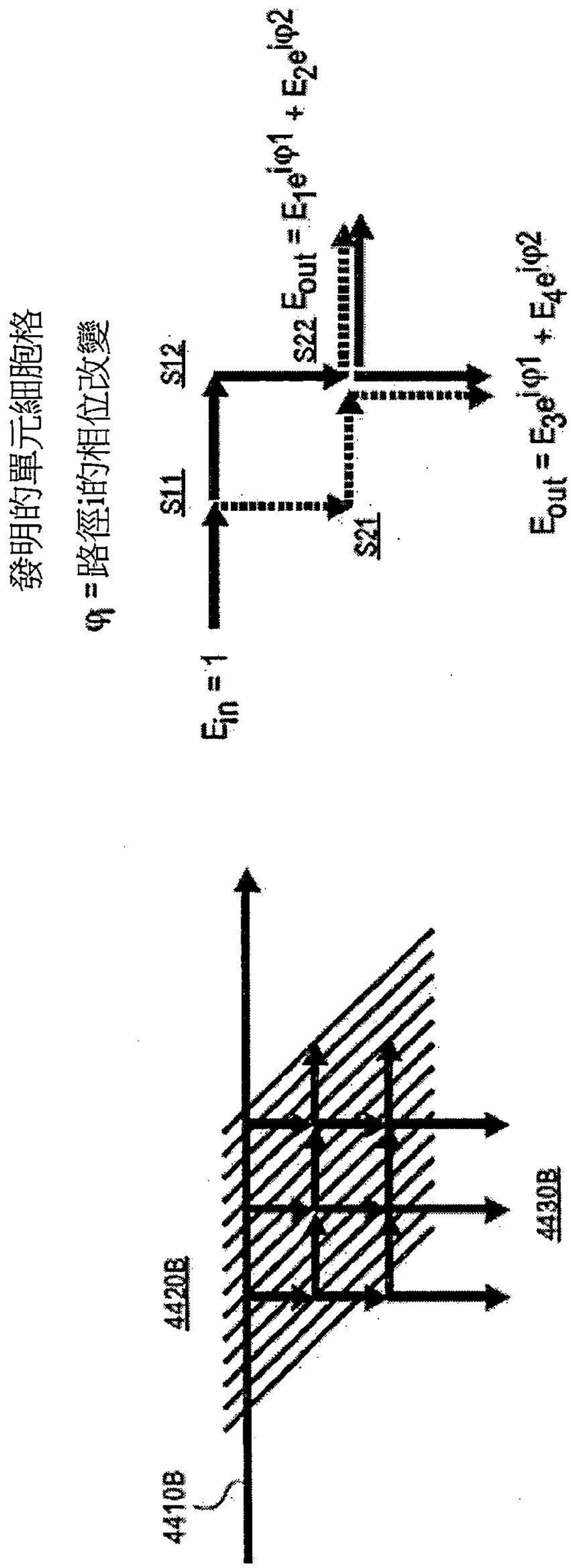
第42D圖



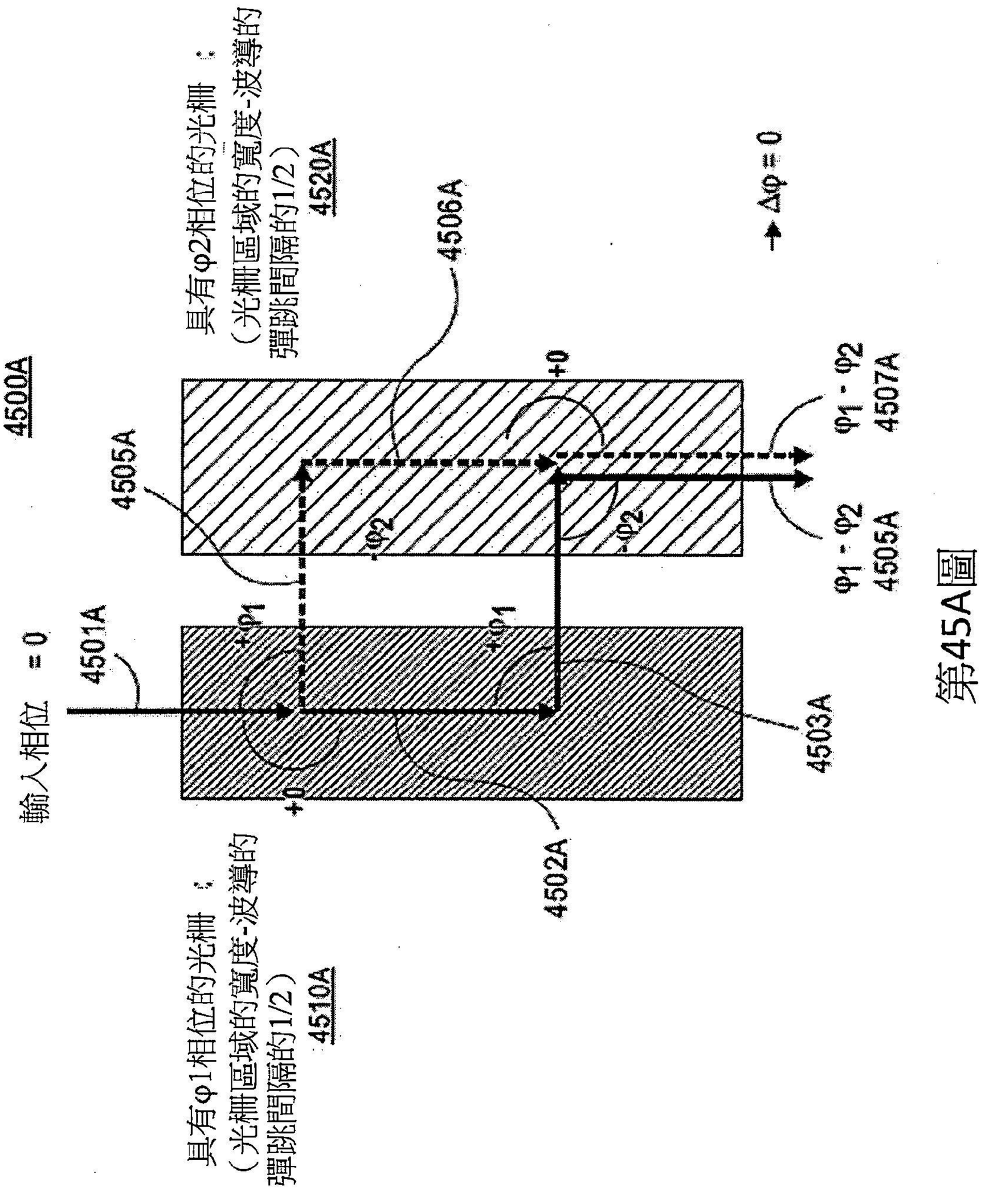

第43圖



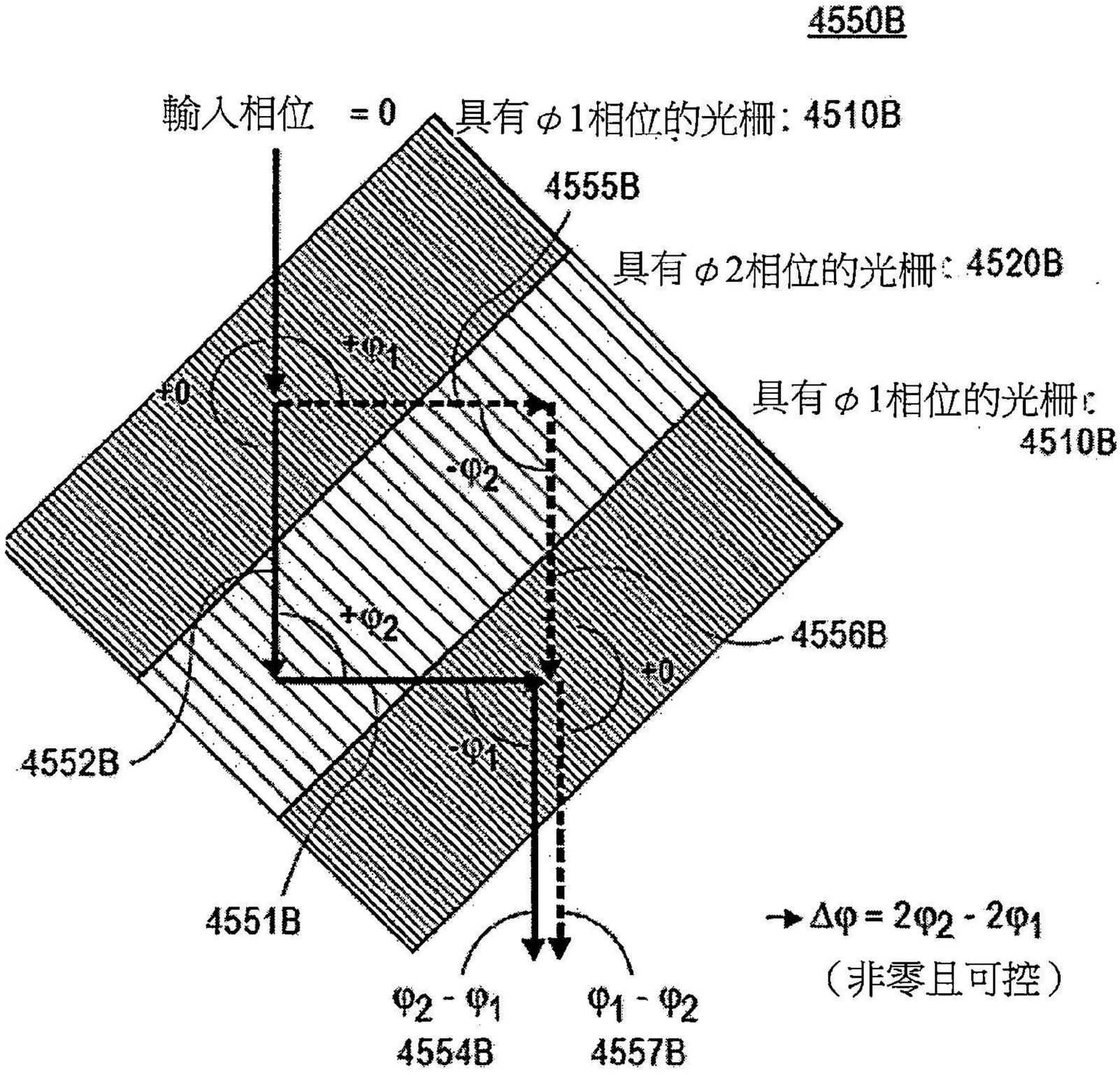

第4A圖


發明的單元細胞格
φi = 路徑i的相位改變
S11
S12
S22
S21
$E_{in} = 1$
$E_{out} = E_3 e^{i\varphi 1} + E_4 e^{i\varphi 2}$
$E_{out} = E_1 e^{i\varphi 1} + E_2 e^{i\varphi 2}$
4420B
4430B
4410B

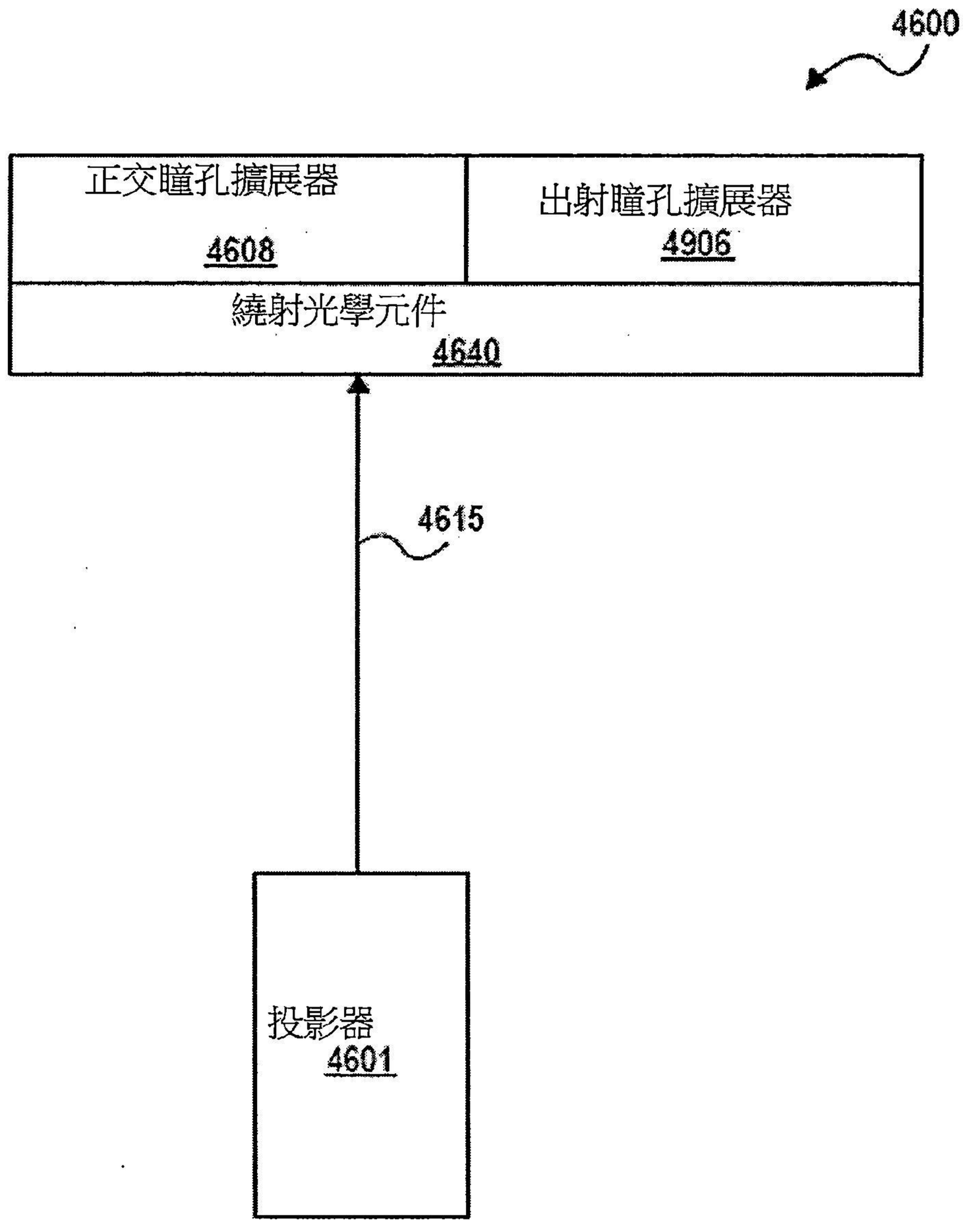
第4B圖


4500A
輸入相位 = 0
4501A
具有φ1相位的光柵
（光柵區域的寬度-波導的彈跳間隔的1/2）
4510A
具有φ2相位的光柵
（光柵區域的寬度-波導的彈跳間隔的1/2）
4520A
4505A
4506A
4502A
4503A
+0
+φ1
+φ2
-φ2
φ1 - φ2
4505A
φ1 - φ2
4507A
Δφ = 0

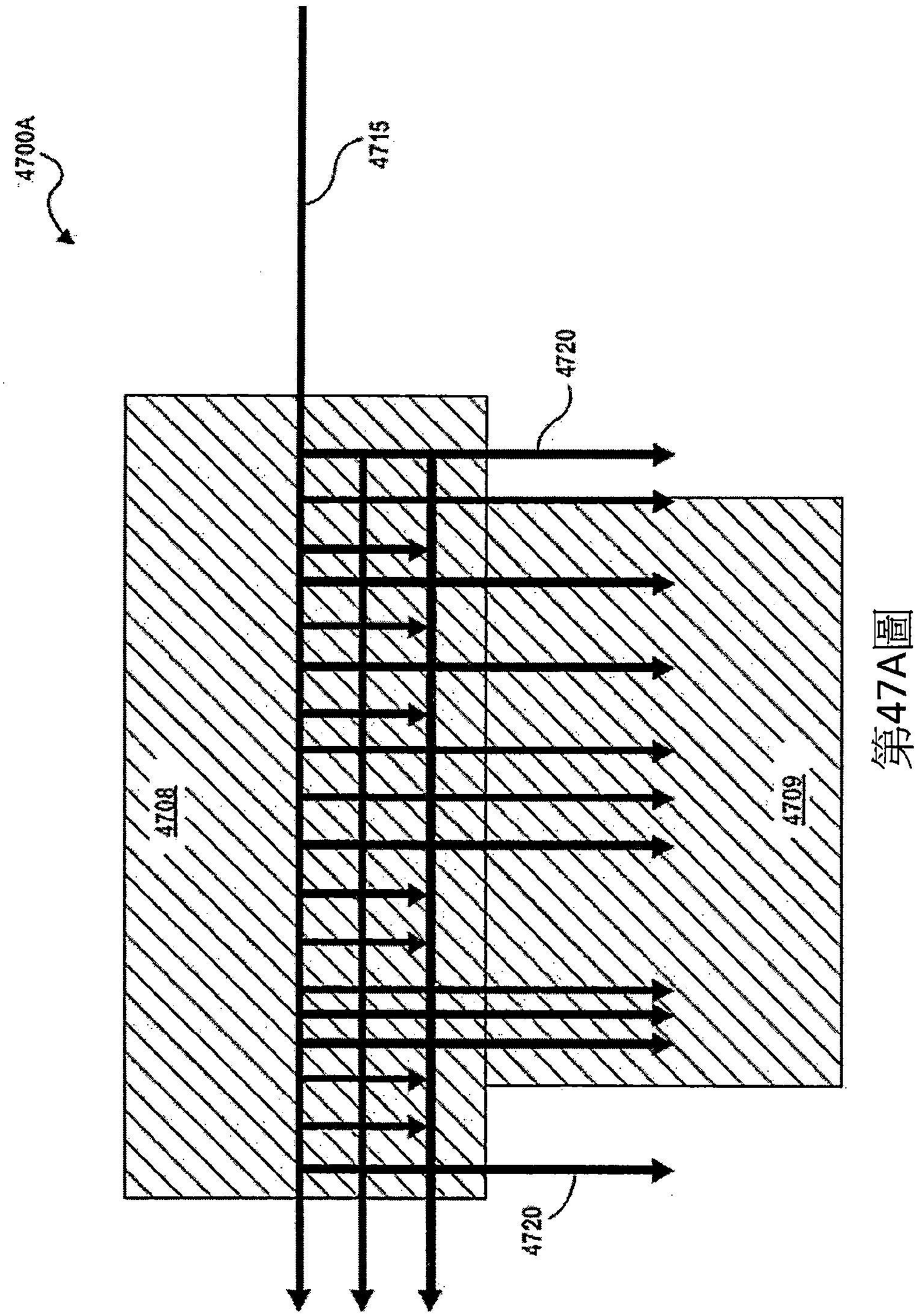
第45A圖


4550B
輸入相位 =0
具有φ1相位的光柵：4510B
4555B
具有φ2相位的光柵：4520B
+φ1
+0
具有φ1相位的光柵：
4510B
-φ2
+φ2
4556B
+0
-φ1
4552B
4551B
→Δφ = 2φ2 - 2φ1
（非零且可控）
φ2 - φ1
4554B
φ1 - φ2
4557B

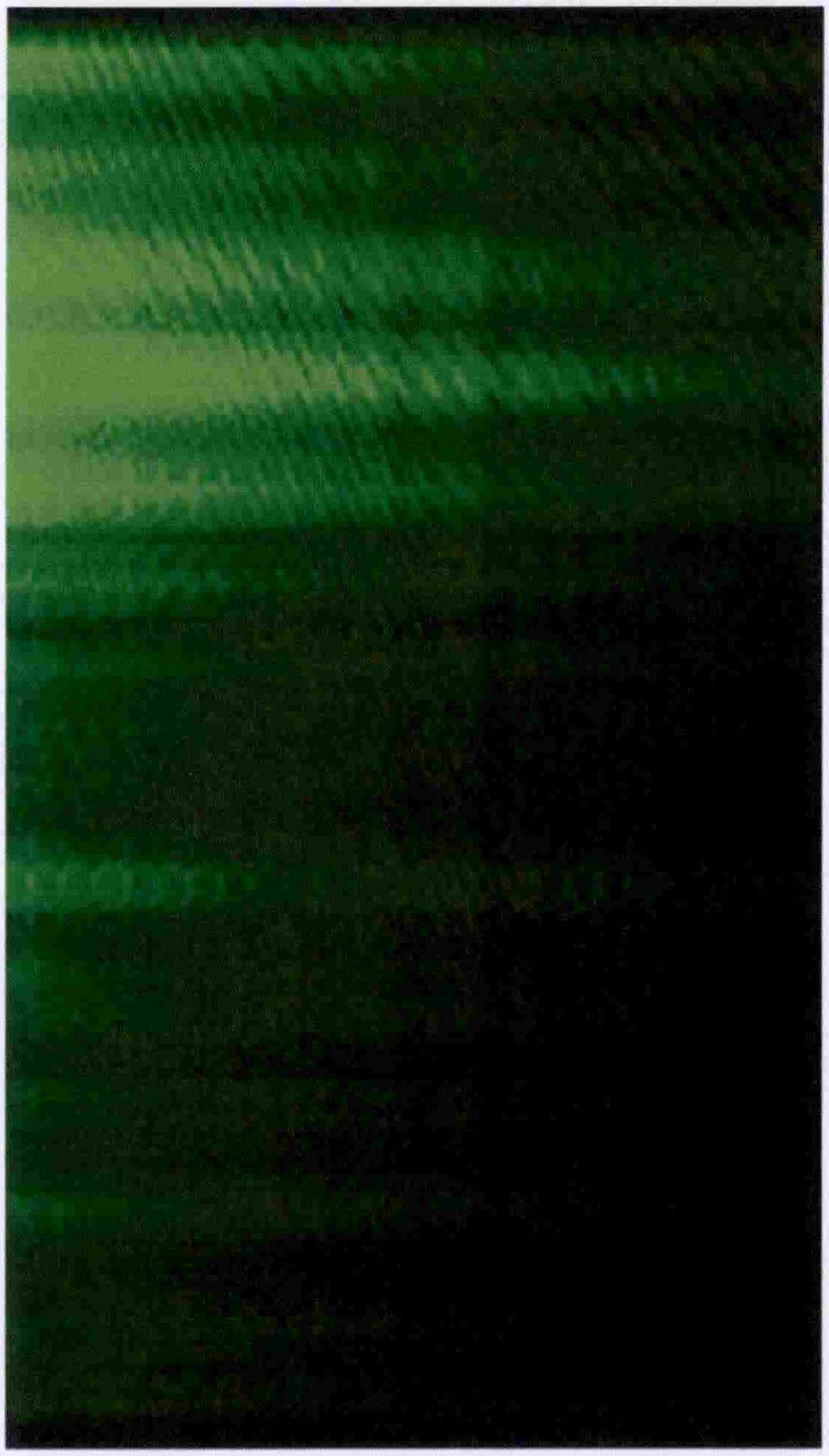
第45B圖



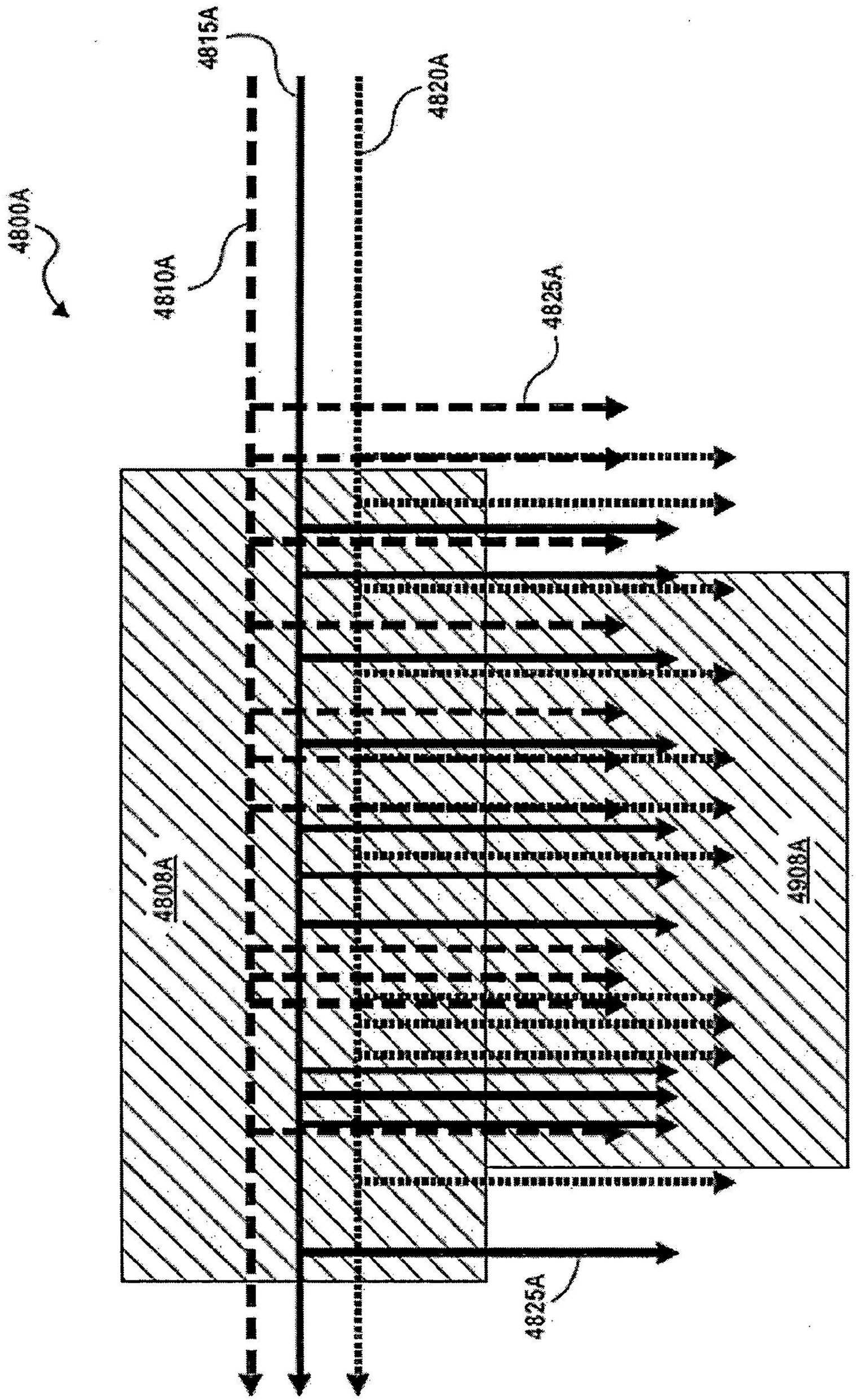

第46圖



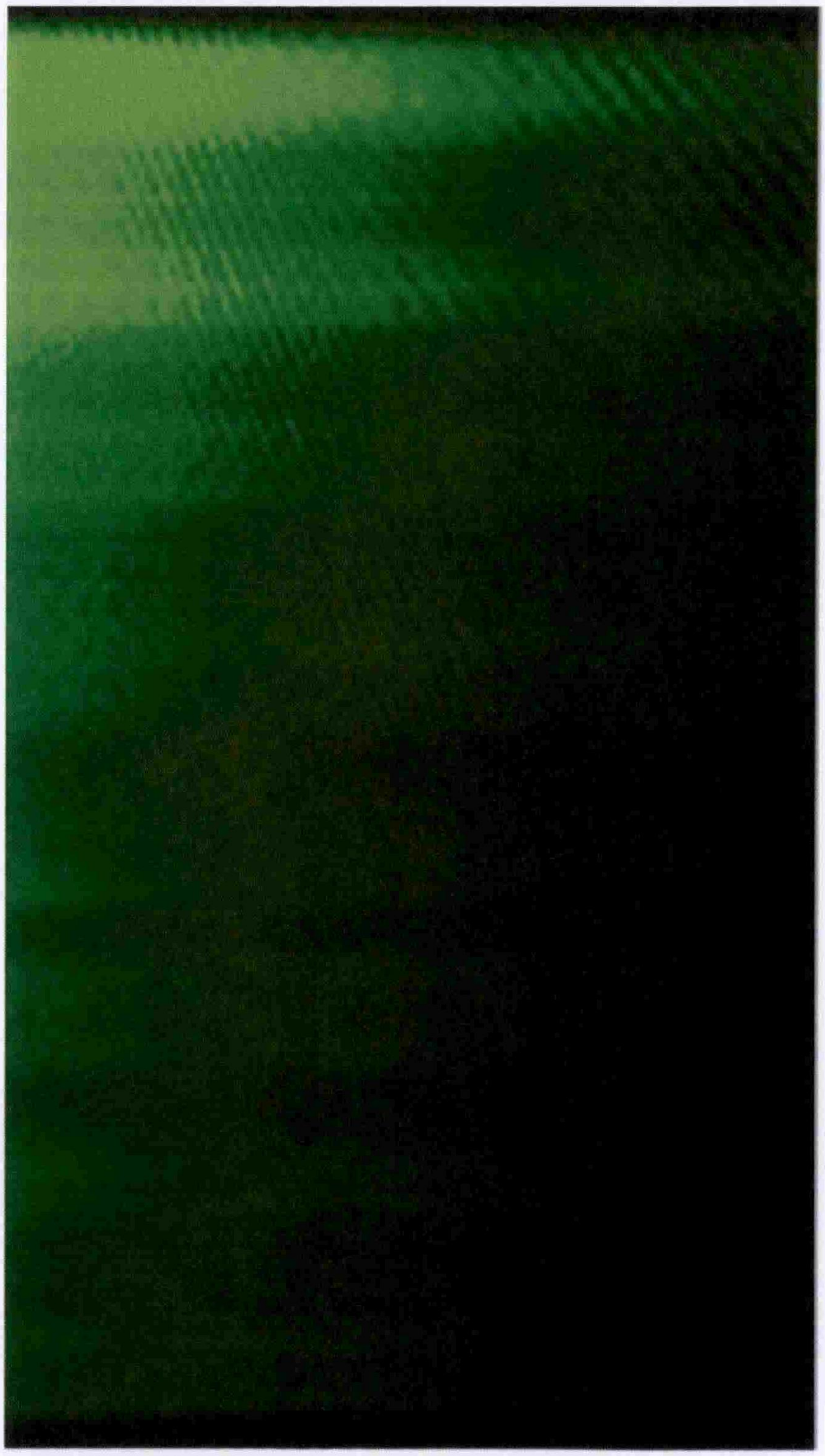

第47A圖



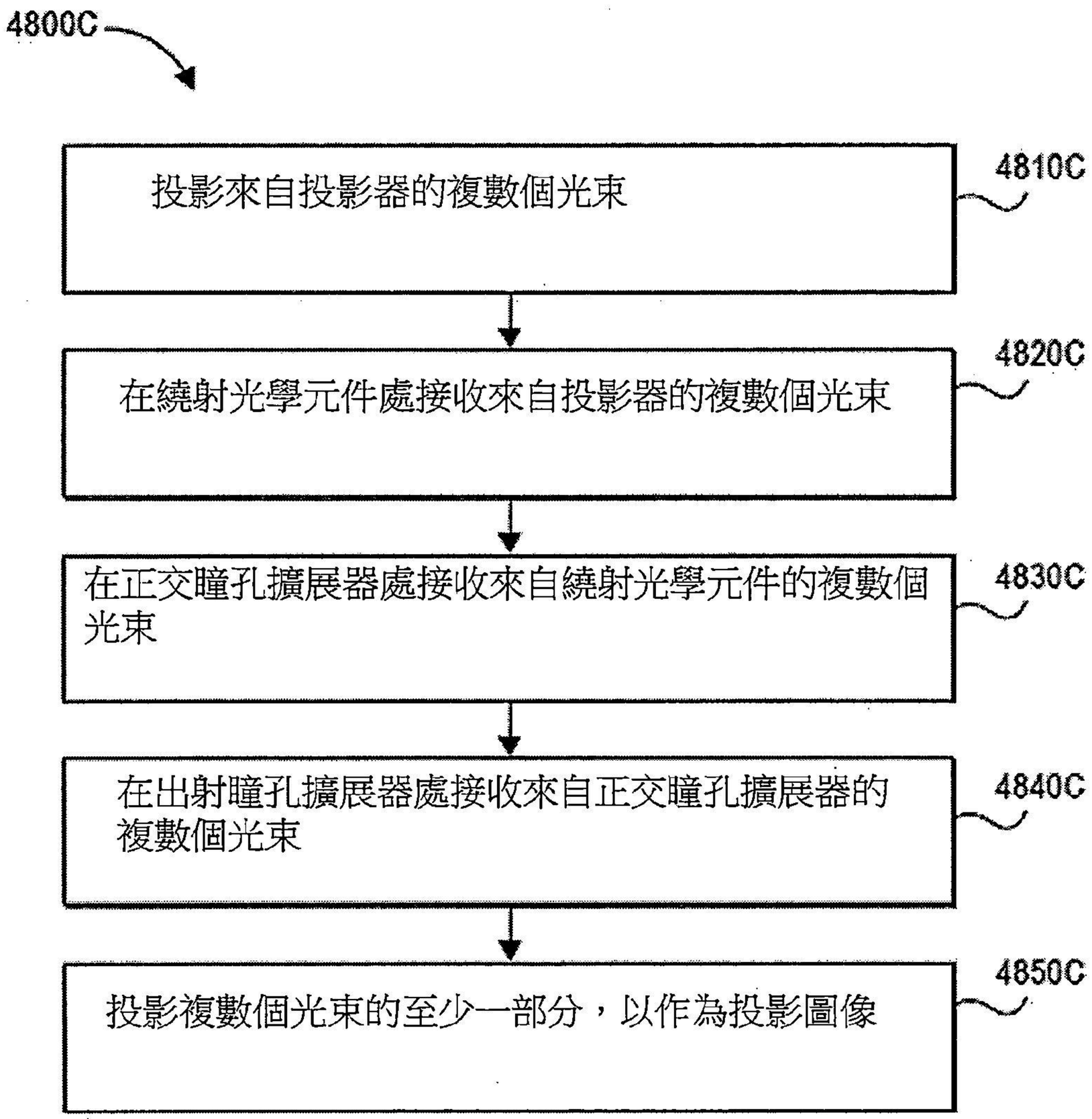
第47B圖



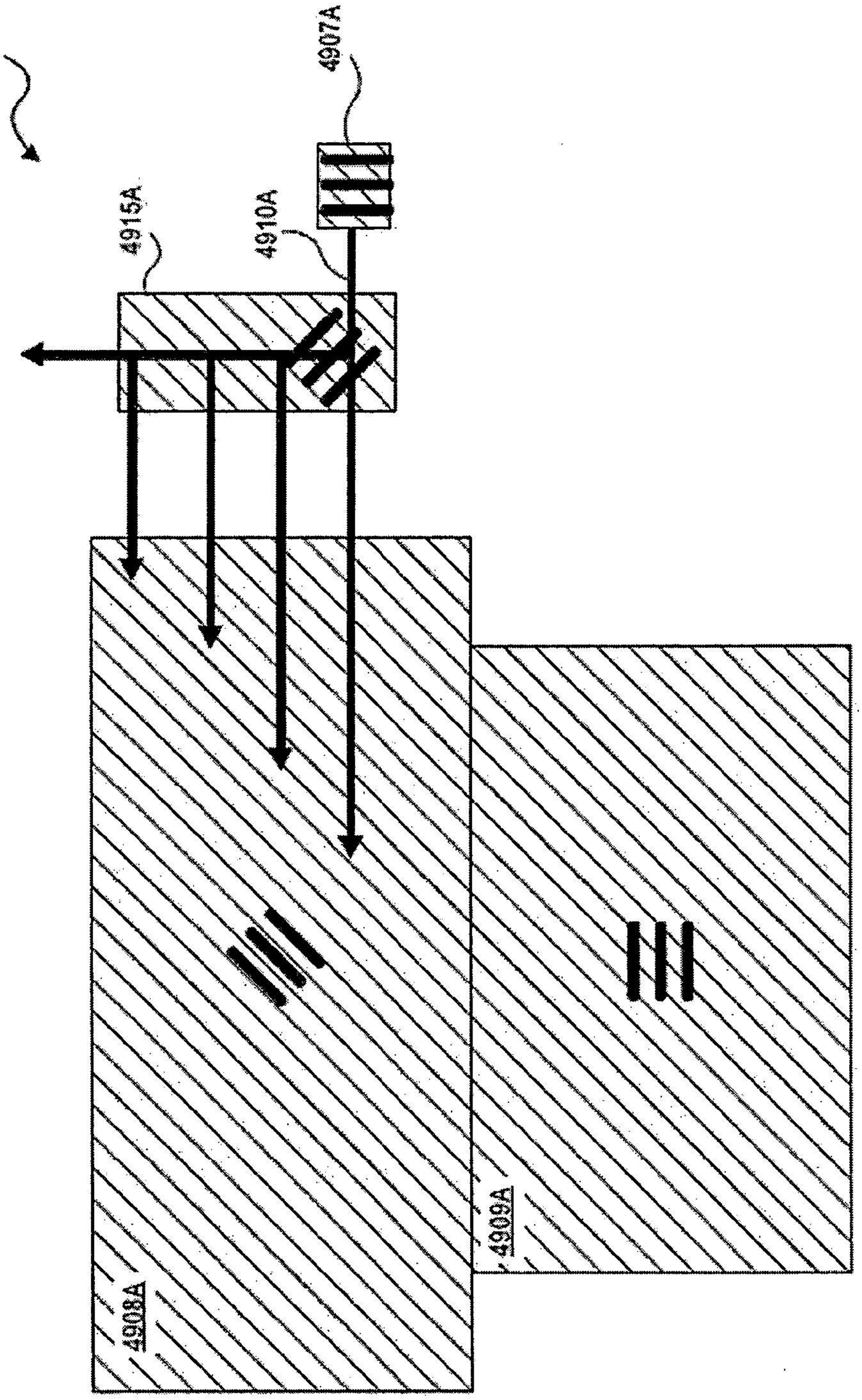

第48A圖



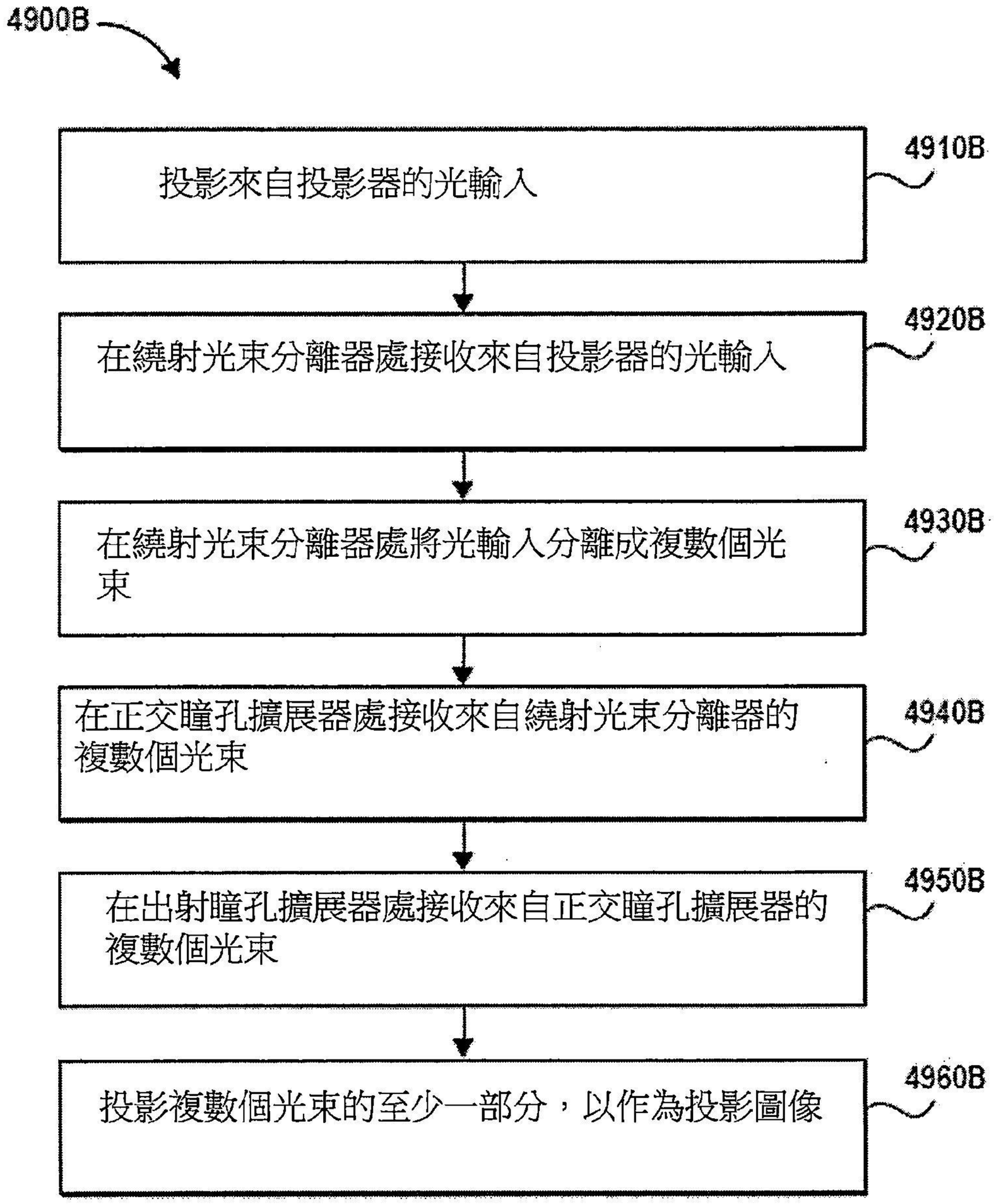
第48B圖


4800C
投影來自投影器的複數個光束
4810C
在繞射光學元件處接收來自投影器的複數個光束
4820C
在正交瞳孔擴展器處接收來自繞射光學元件的複數個光束
4830C
在出射瞳孔擴展器處接收來自正交瞳孔擴展器的複數個光束
4840C
投影複數個光束的至少一部分，以作為投影圖像
4850C

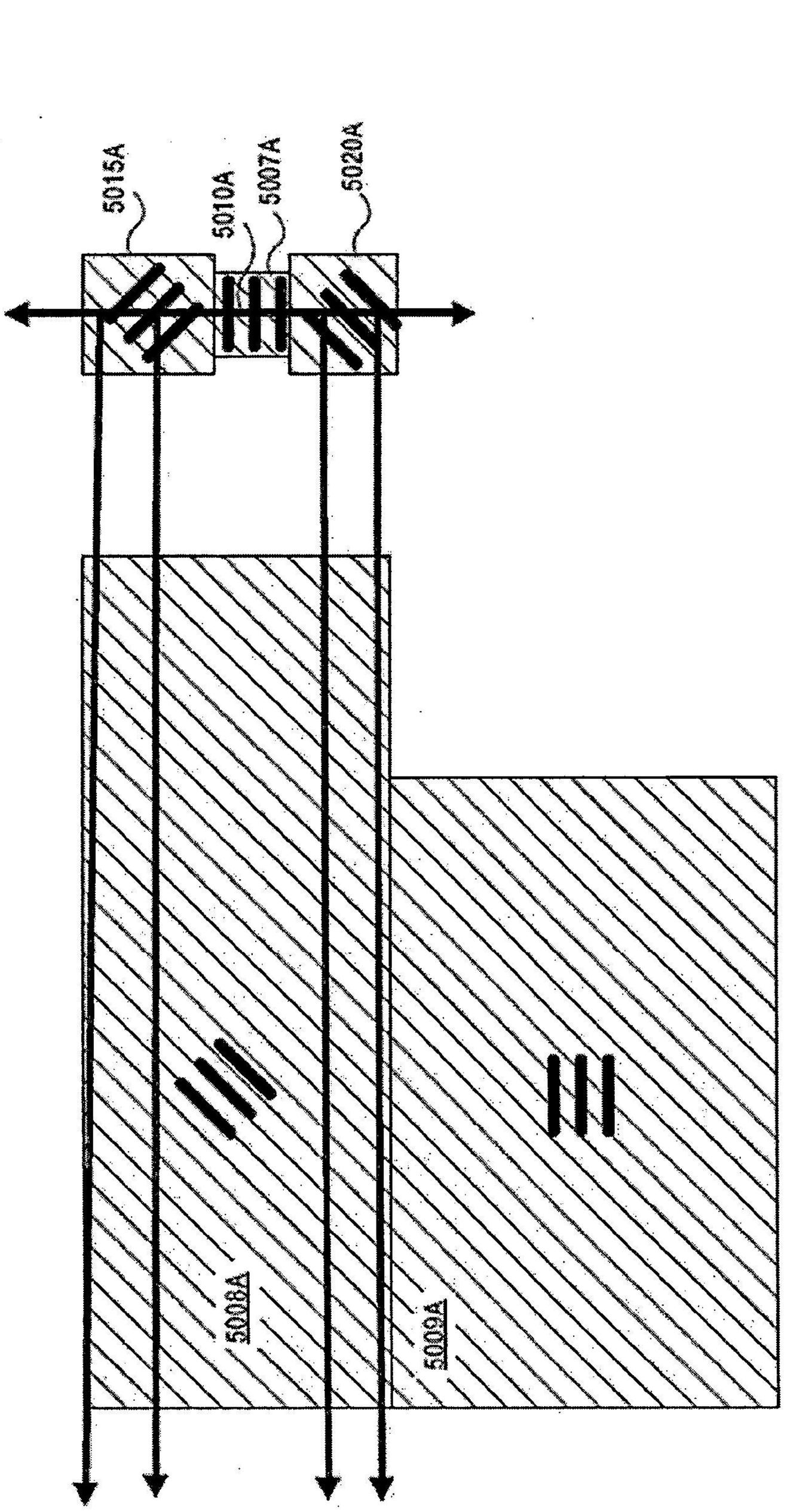
第48C圖



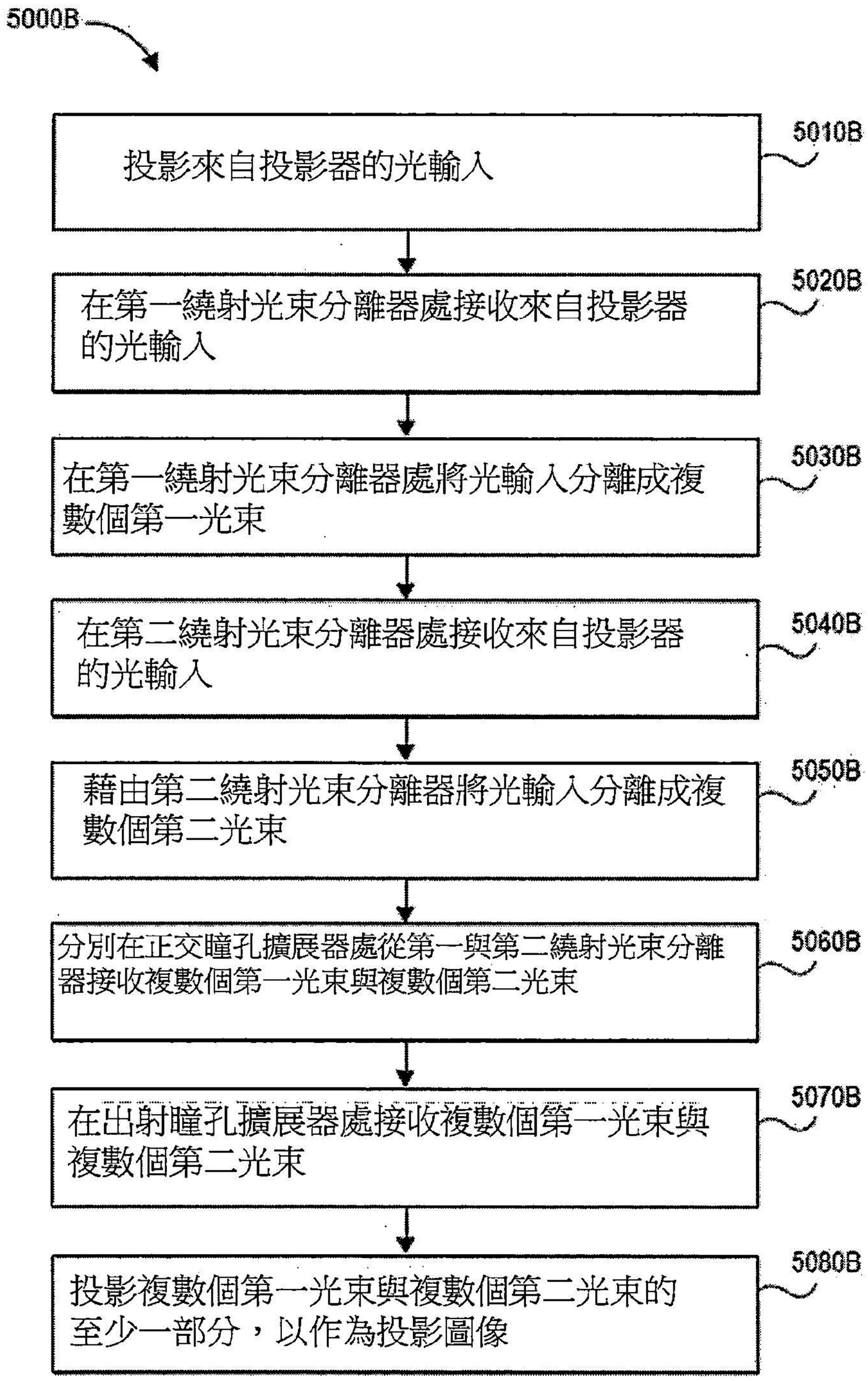

第49A圖


4900B
投影來自投影器的光輸入
4910B
在繞射光束分離器處接收來自投影器的光輸入
4920B
在繞射光束分離器處將光輸入分離成複數個光束
4930B
在正交瞳孔擴展器處接收來自繞射光束分離器的複數個光束
4940B
在出射瞳孔擴展器處接收來自正交瞳孔擴展器的複數個光束
4950B
投影複數個光束的至少一部分，以作為投影圖像
4960B

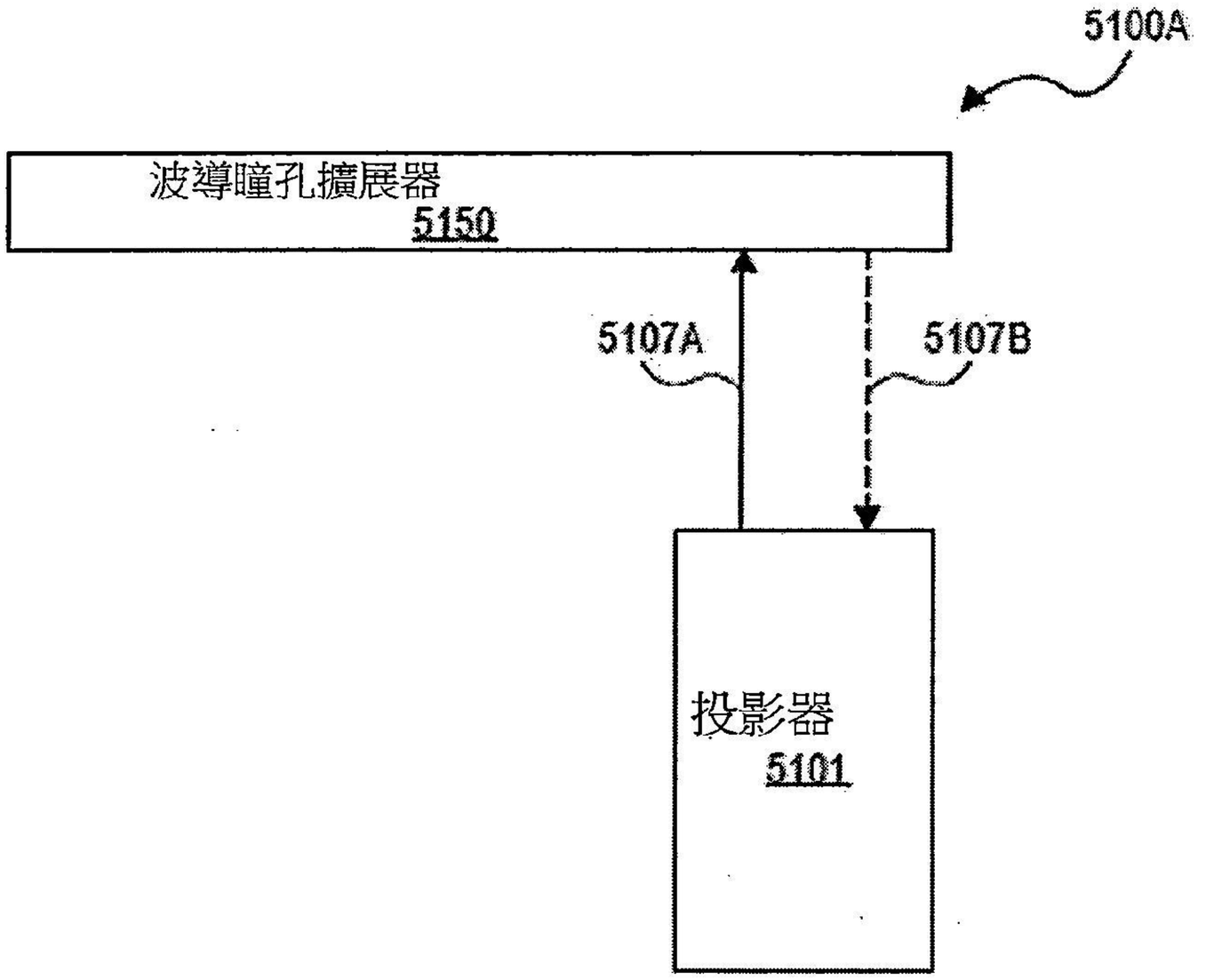
第49B圖



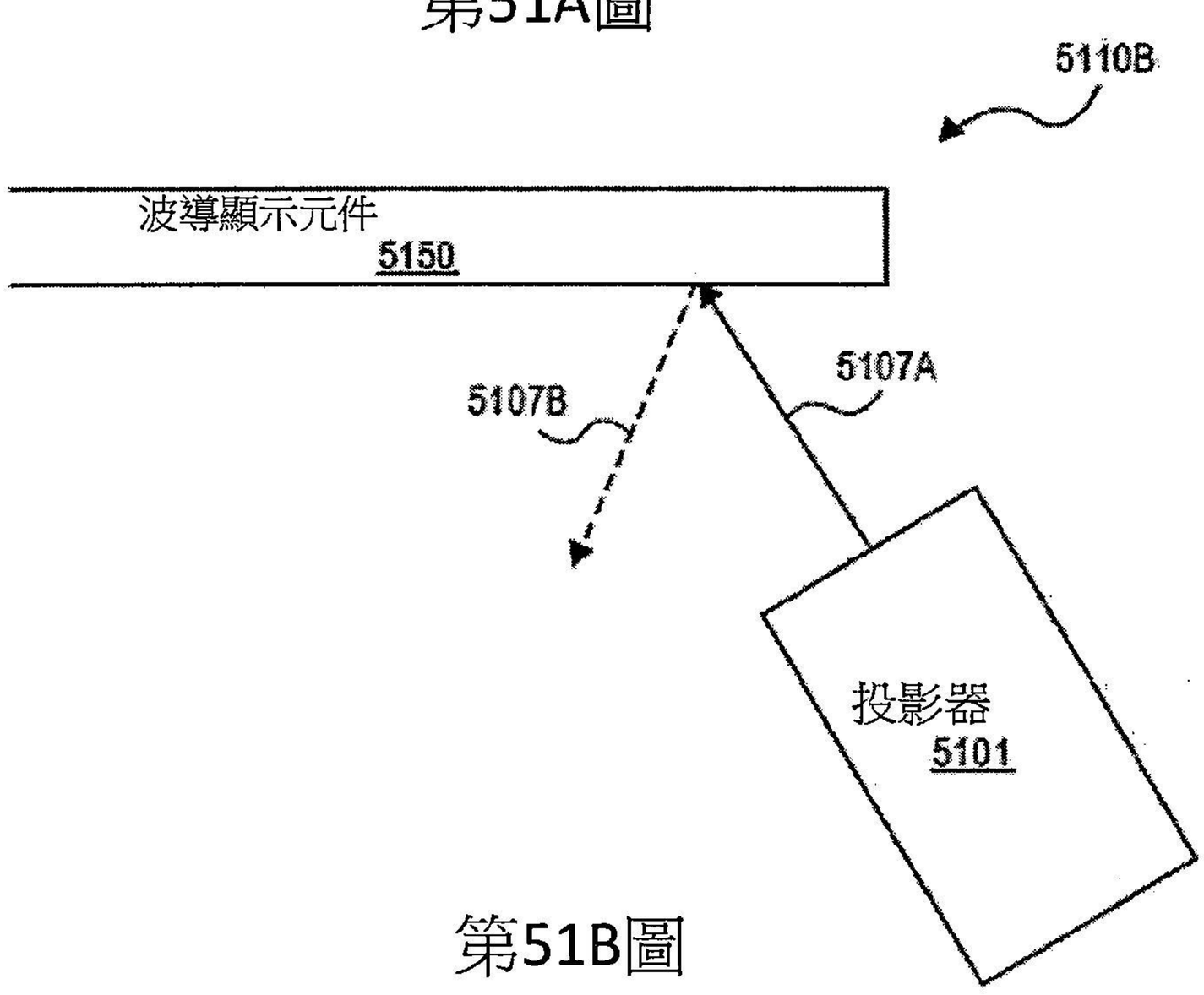

第50A圖


5000B
投影來自投影器的光輸入
5010B
在第一繞射光束分離器處接收來自投影器的光輸入
5020B
在第一繞射光束分離器處將光輸入分離成複數個第一光束
5030B
在第二繞射光束分離器處接收來自投影器的光輸入
5040B
藉由第二繞射光束分離器將光輸入分離成複數個第二光束
5050B
分別在正交瞳孔擴展器處從第一與第二繞射光束分離器接收複數個第一光束與複數個第二光束
5060B
在出射瞳孔擴展器處接收複數個第一光束與複數個第二光束
5070B
投影複數個第一光束與複數個第二光束的至少一部分，以作為投影圖像
5080B

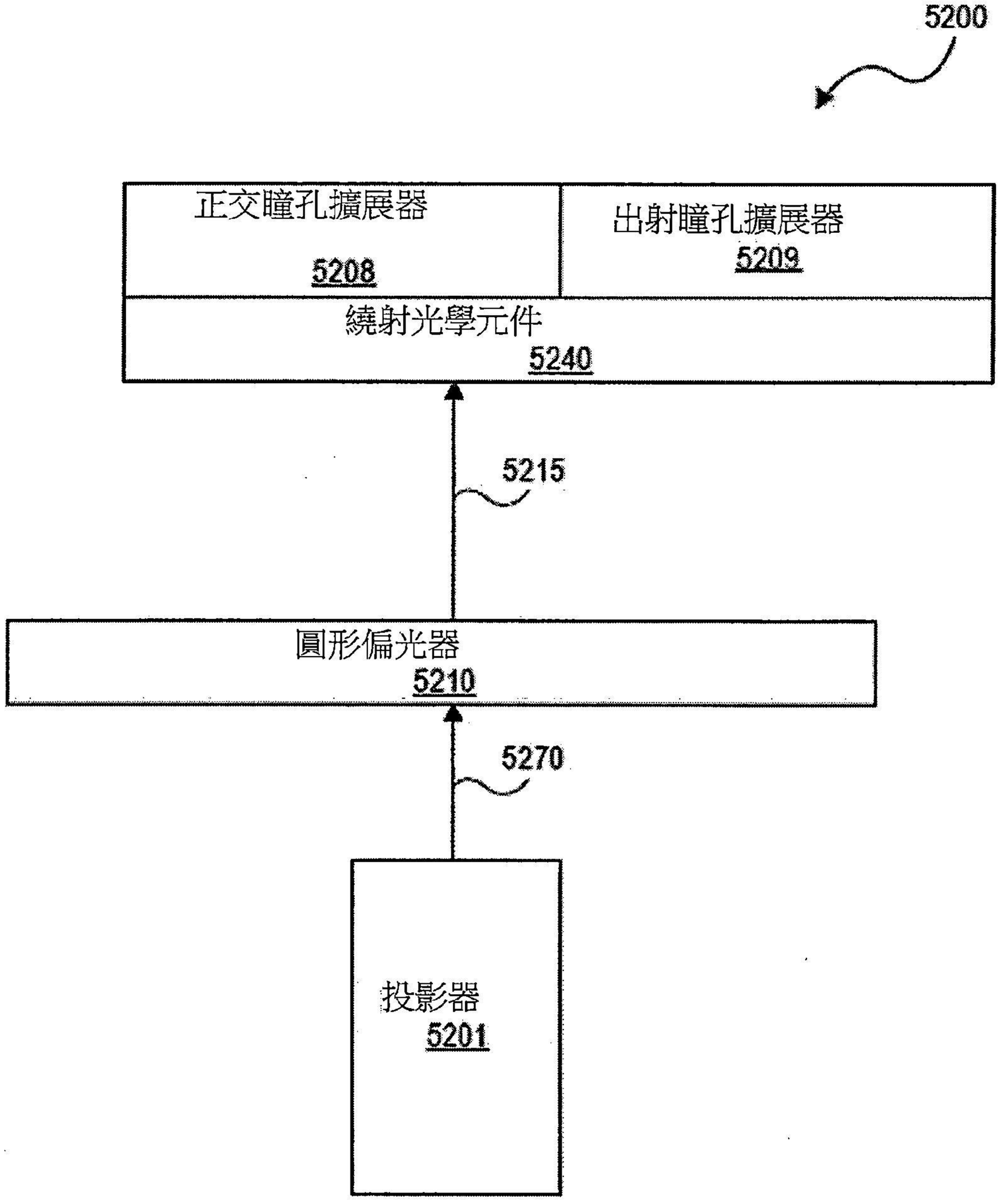
第50B圖


5100A
波導瞳孔擴展器
5150
5107A
5107B
投影器
5101

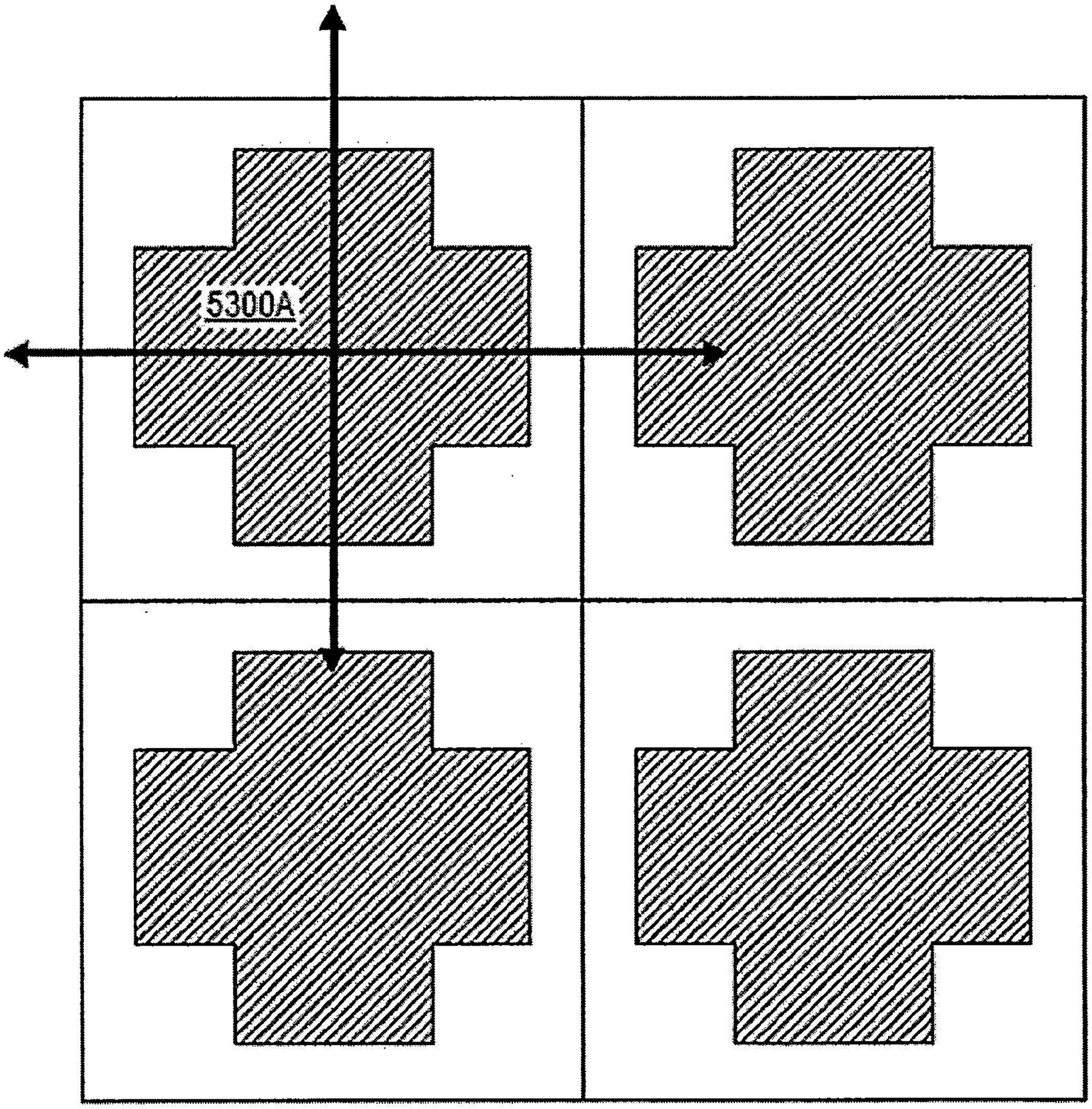
第51A圖


5110B
波導顯示元件
5150
5107B
5107A
投影器
5101

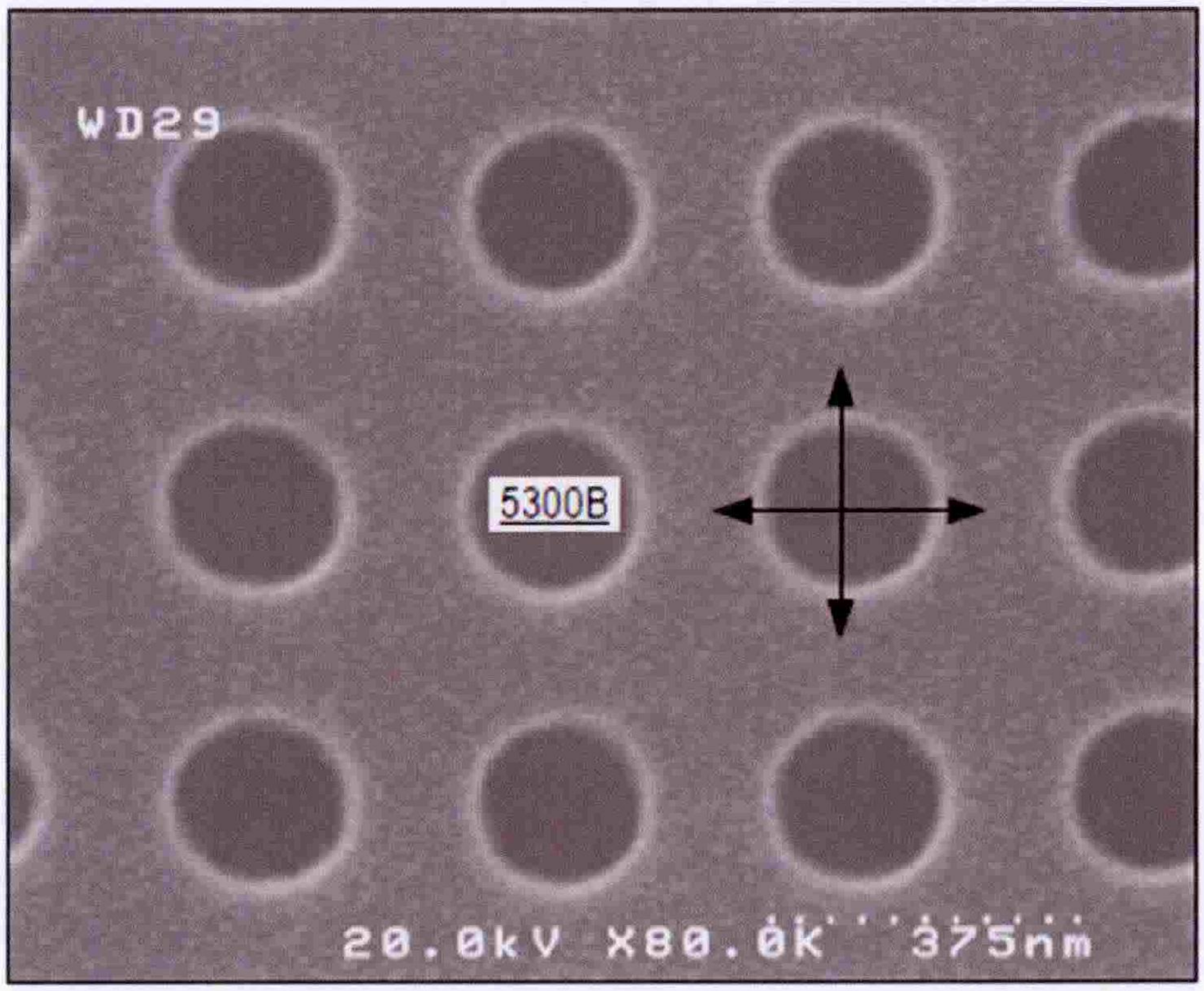
第51B圖


5200
正交瞳孔擴展器
5208
出射瞳孔擴展器
5209
繞射光學元件
5240
5215
圓形偏光器
5210
5270
投影器
5201

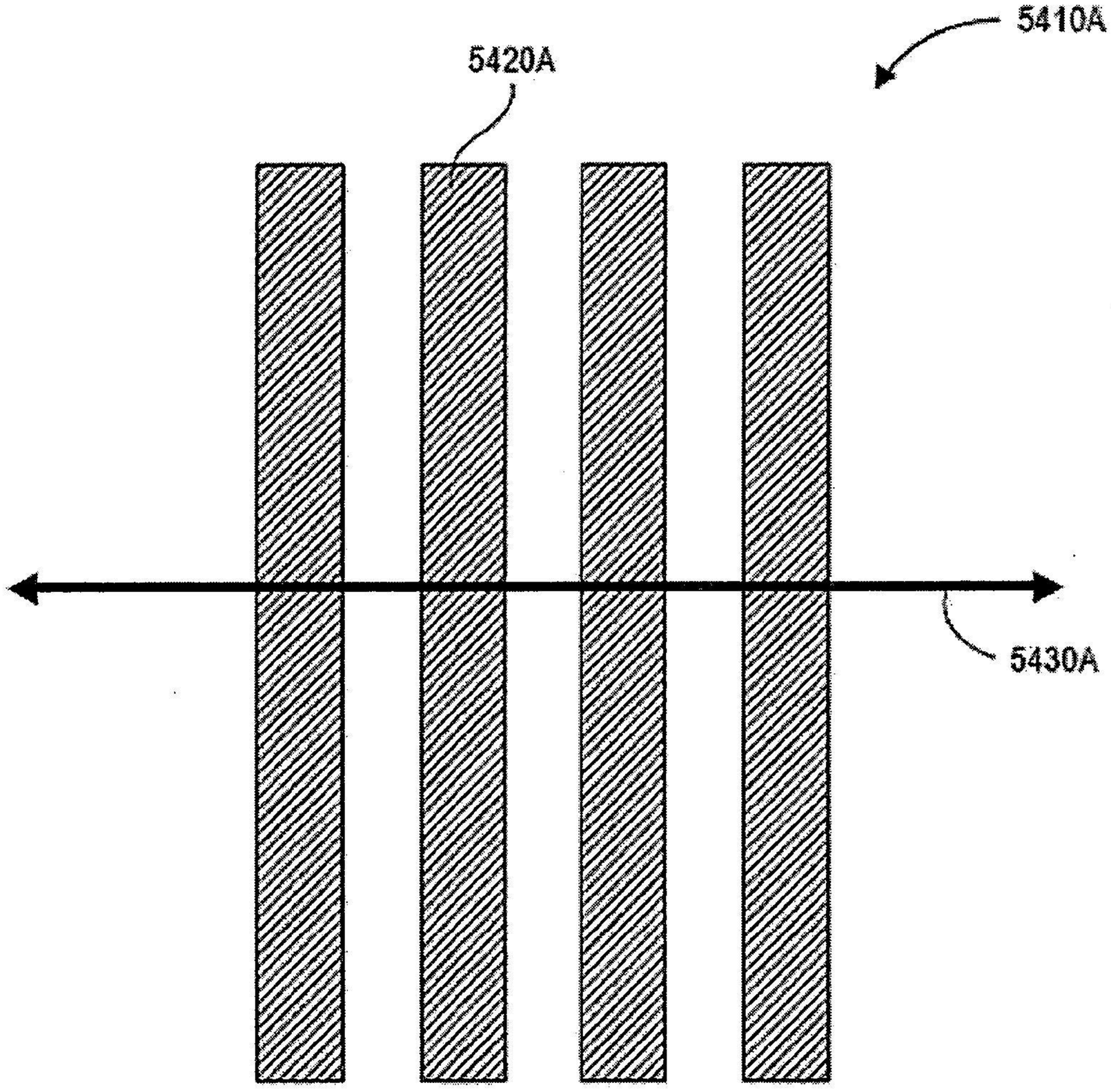
第52圖



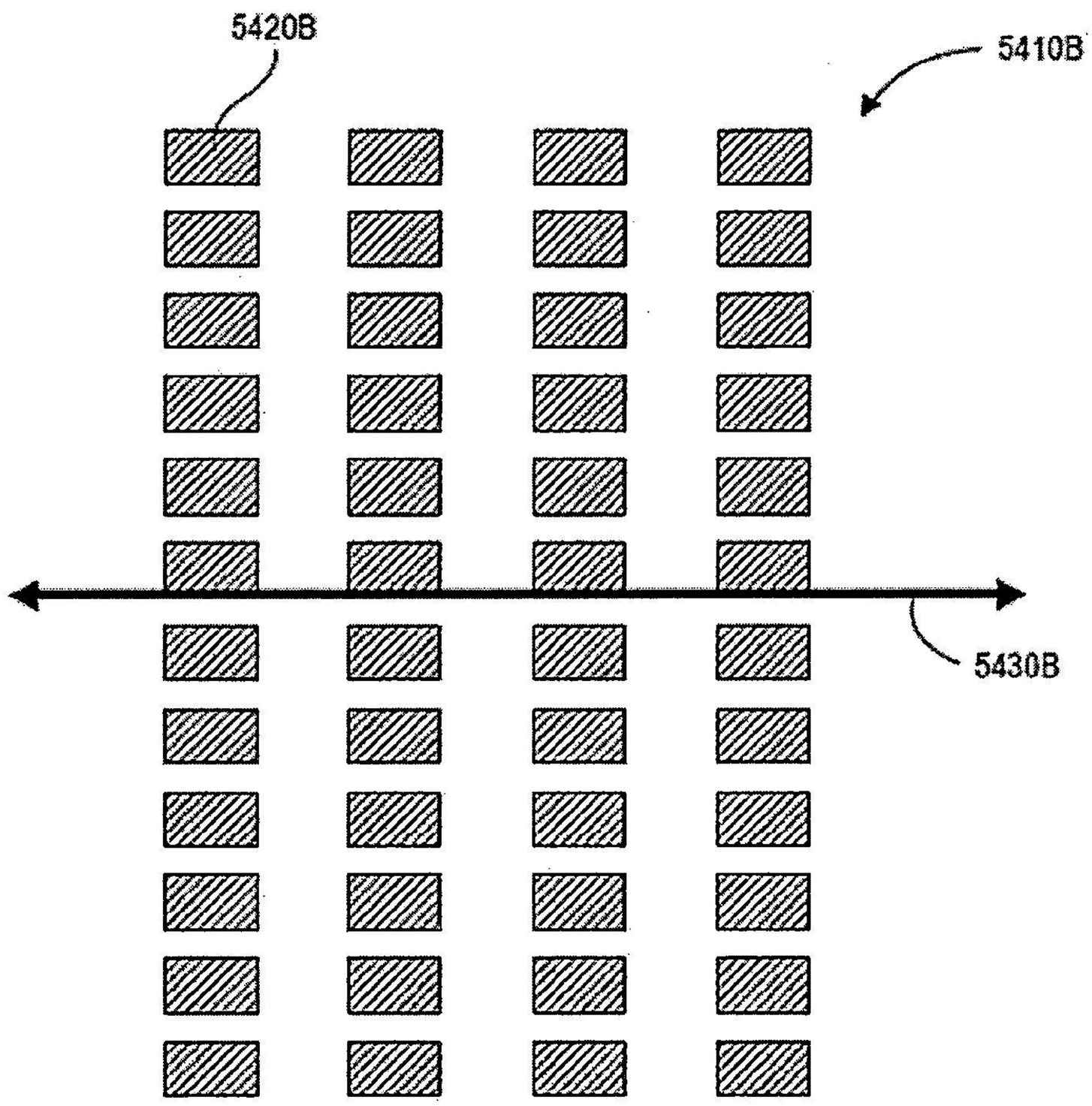

第53A圖



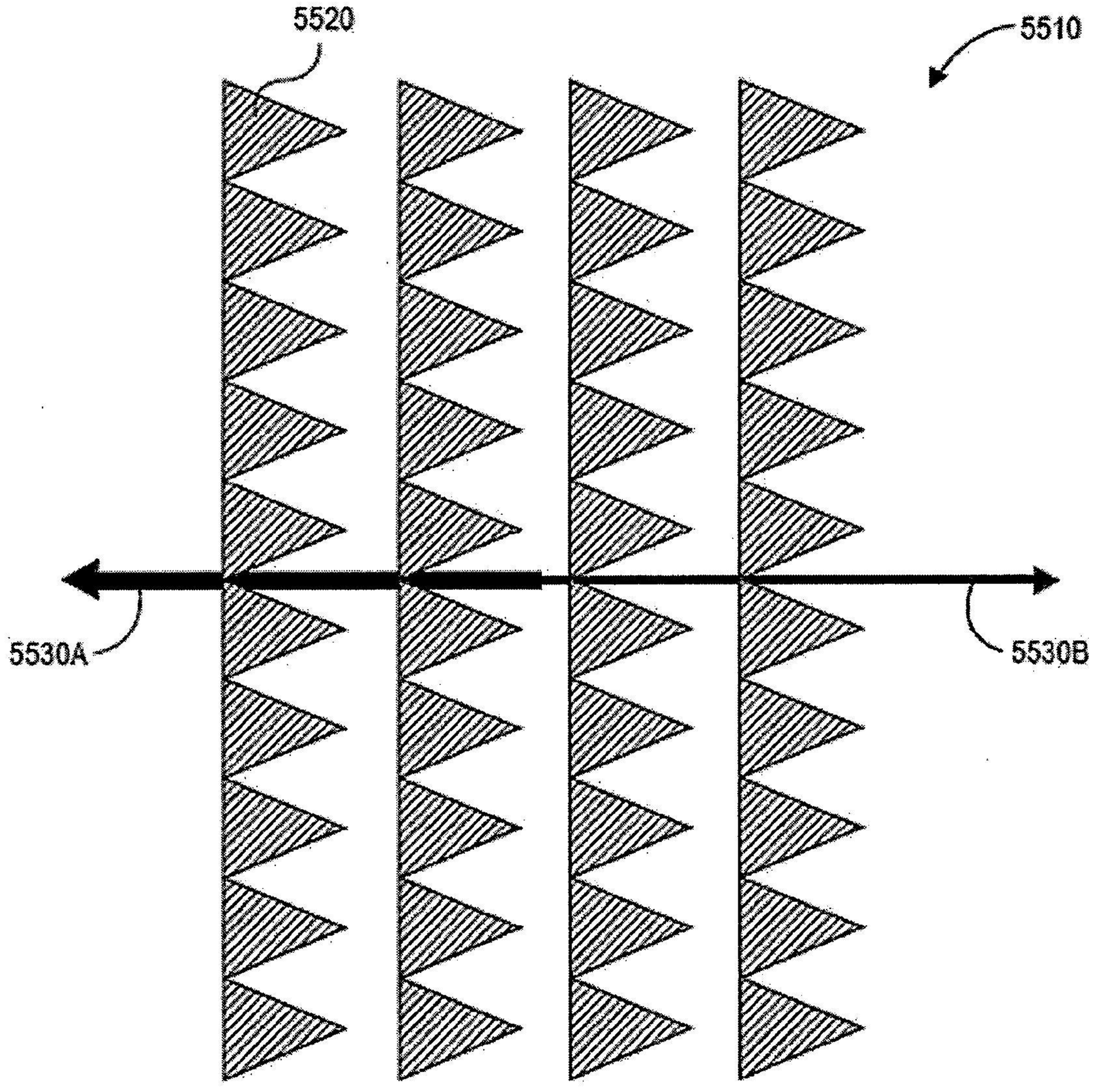

第53B圖



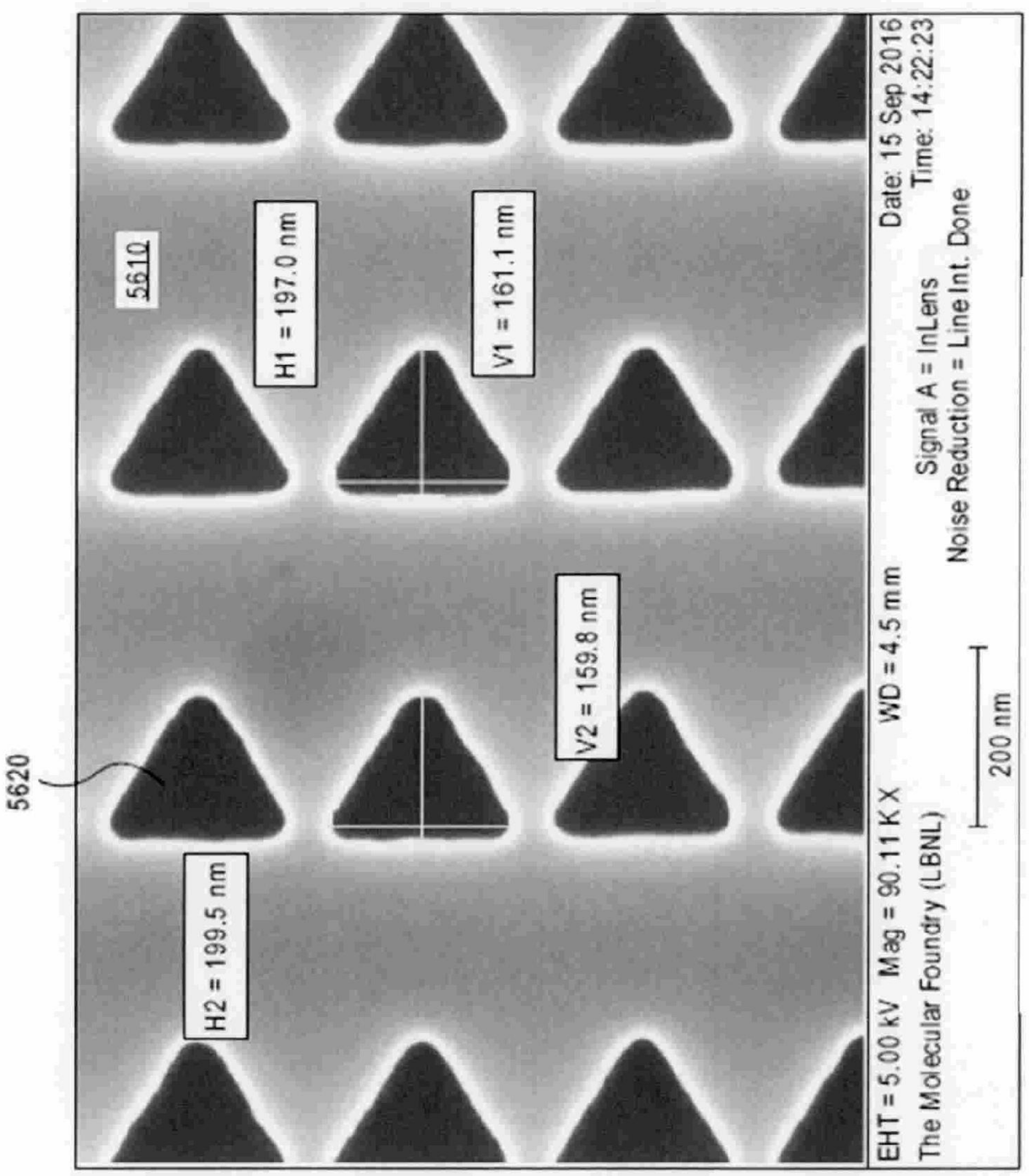

第54A圖



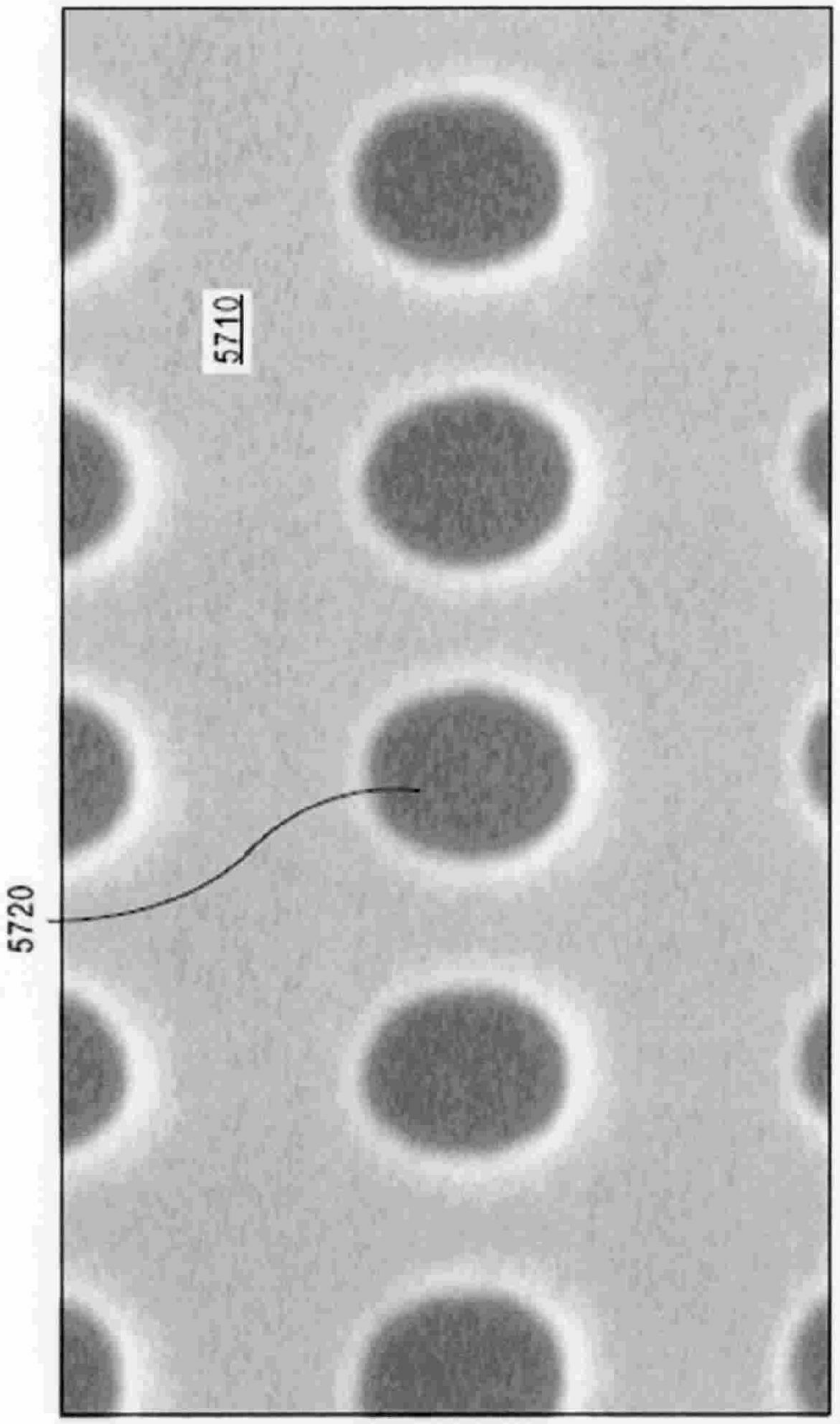

第54B圖



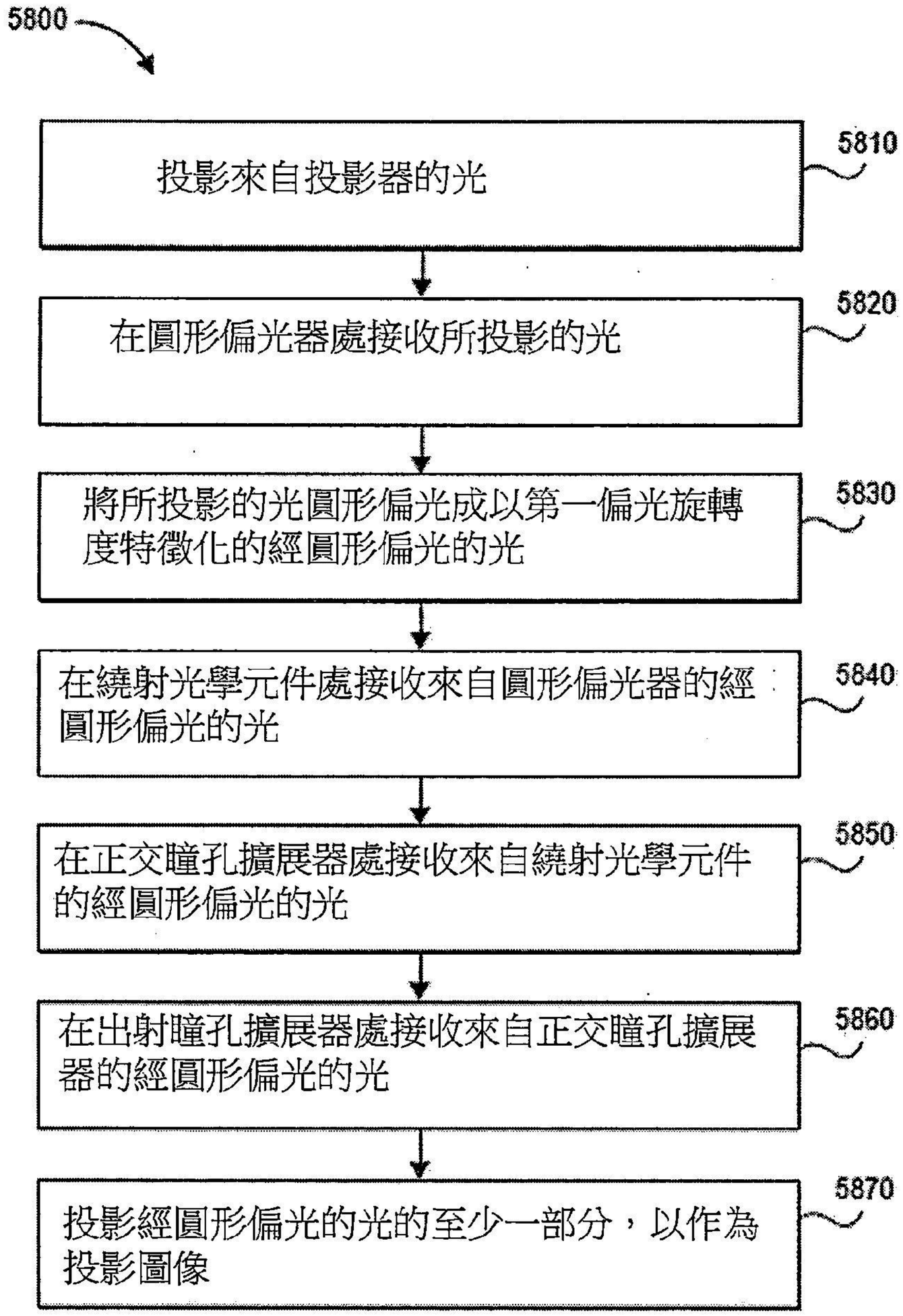

第55圖


5610
H1 = 197.0 nm
V1 = 161.1 nm
5620
H2 = 199.5 nm
V2 = 159.8 nm
Date: 15 Sep 2016
Time: 14:22:23
Signal A = InLens
Noise Reduction = Line Int. Done
EHT = 5.00 kV
Mag = 90.11 K X
WD = 4.5 mm
The Molecular Foundry (LBNL)
200 nm

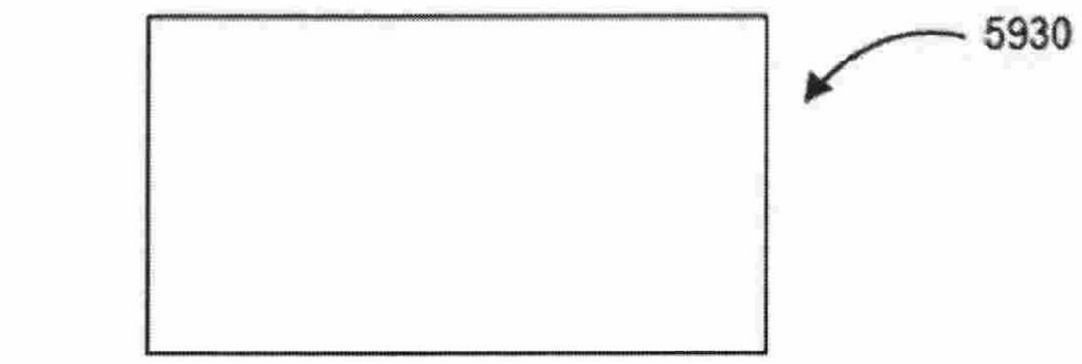
第56圖



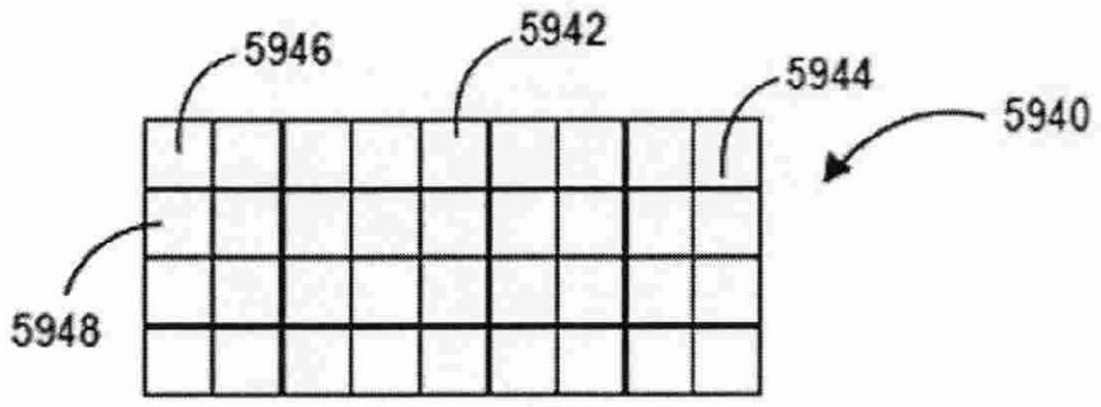

第57圖


5800
投影來自投影器的光
5810
在圓形偏光器處接收所投影的光
5820
將所投影的光圓形偏光成以第一偏光旋轉度特徵化的經圓形偏光的光
5830
在繞射光學元件處接收來自圓形偏光器的經圓形偏光的光
5840
在正交瞳孔擴展器處接收來自繞射光學元件的經圓形偏光的光
5850
在出射瞳孔擴展器處接收來自正交瞳孔擴展器的經圓形偏光的光
5860
投影經圓形偏光的光的至少一部分，以作為投影圖像
5870

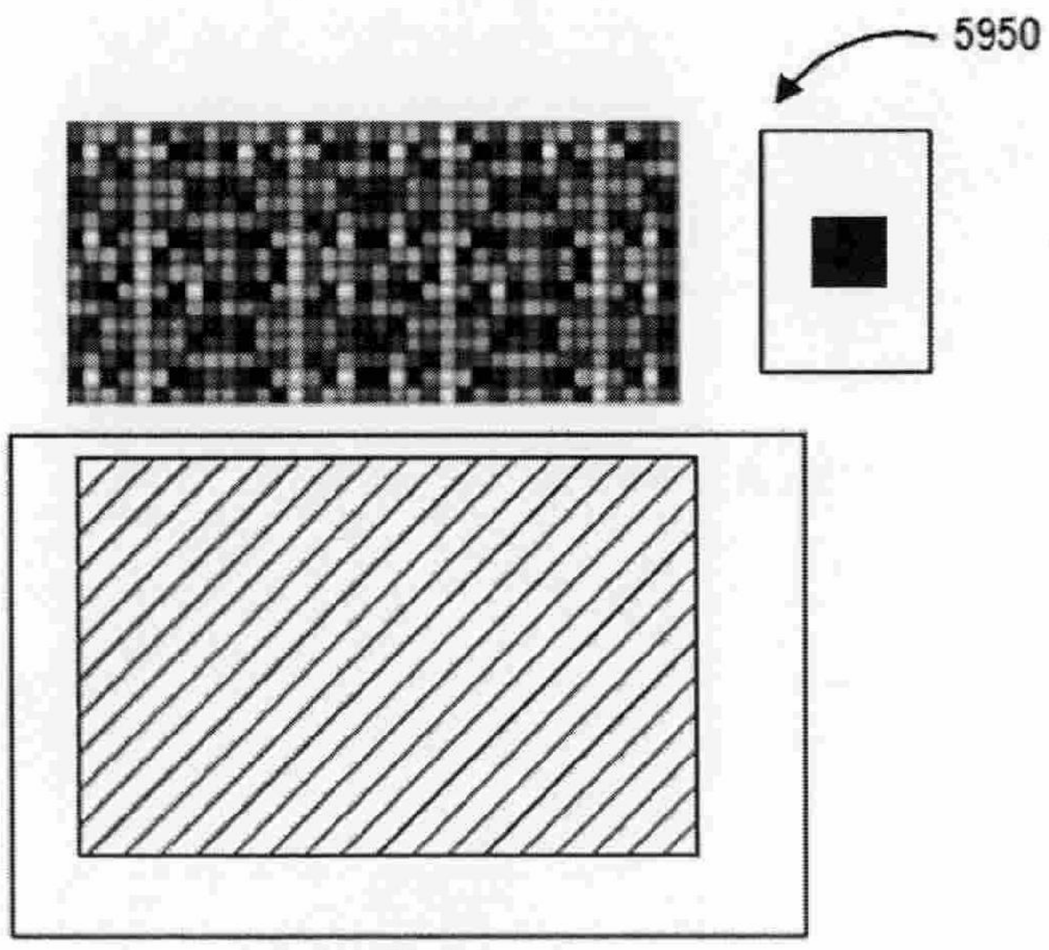
第58圖



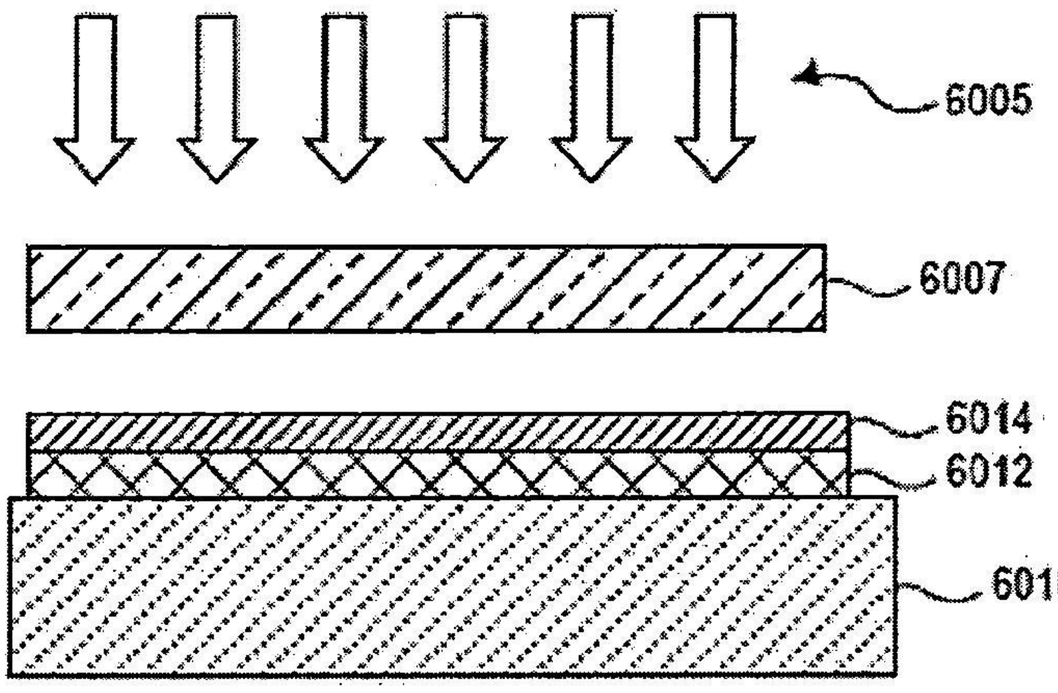

第59A圖



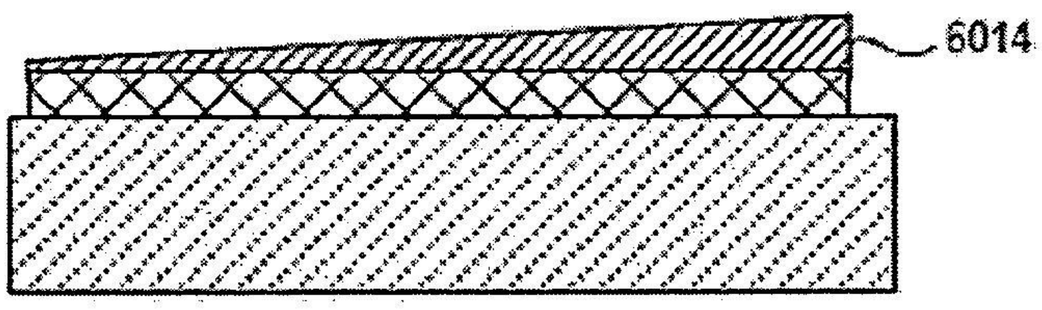

第59B圖



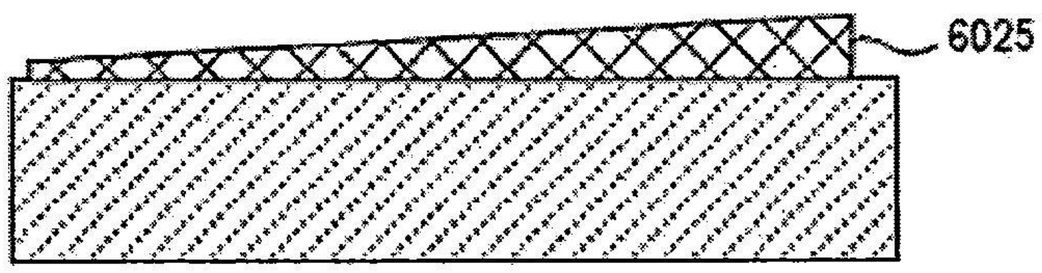

第59C圖



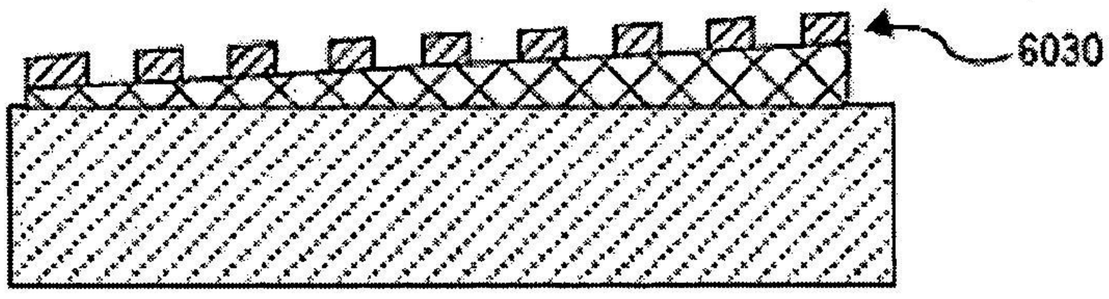

第60A圖



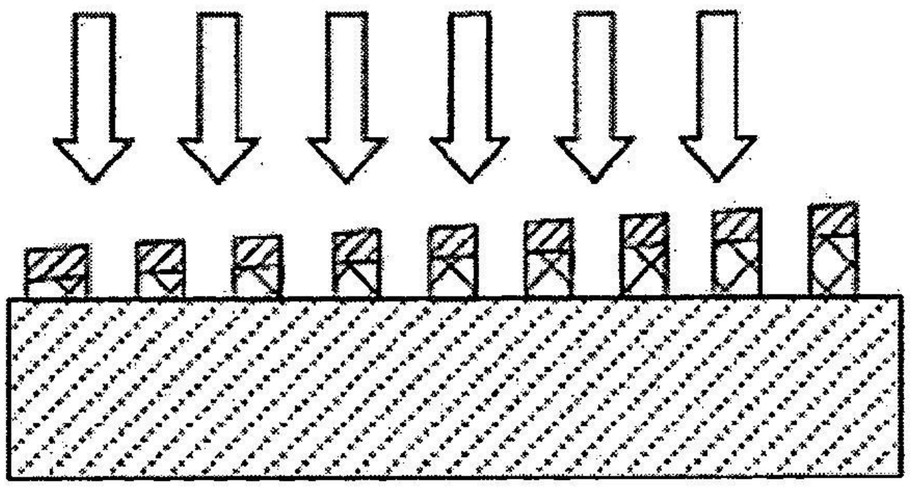

第60B圖



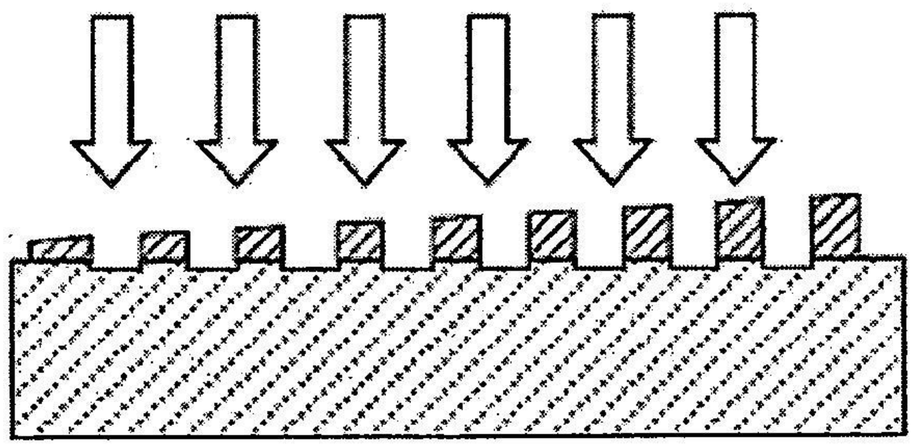

第60C圖



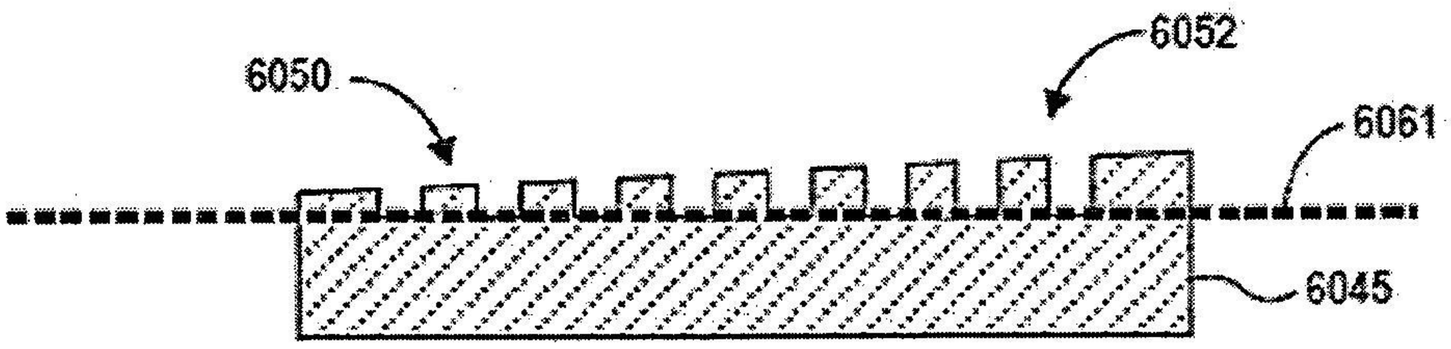

第60D圖



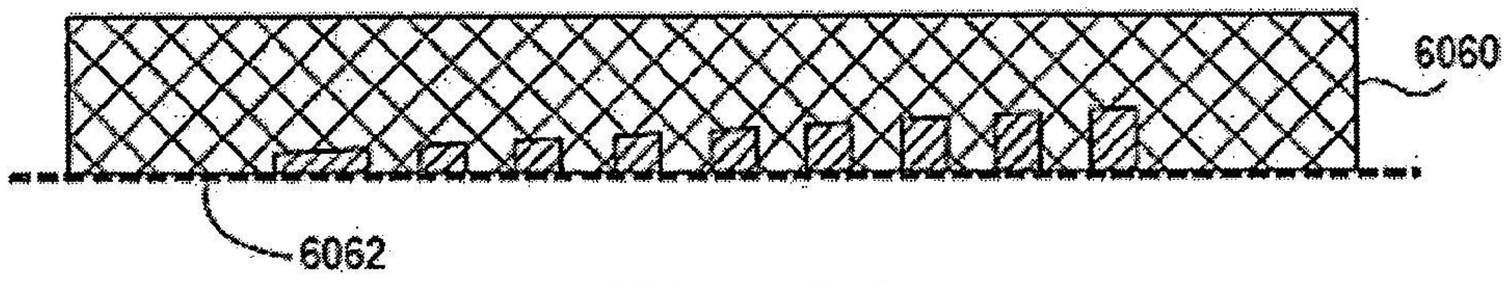
第60E圖



第60F圖

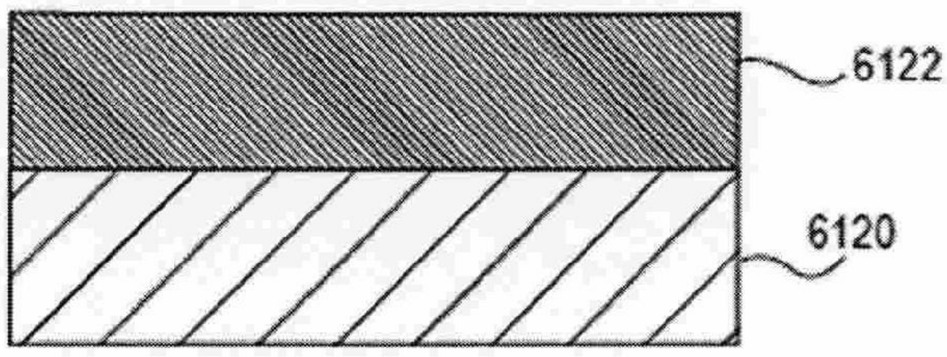


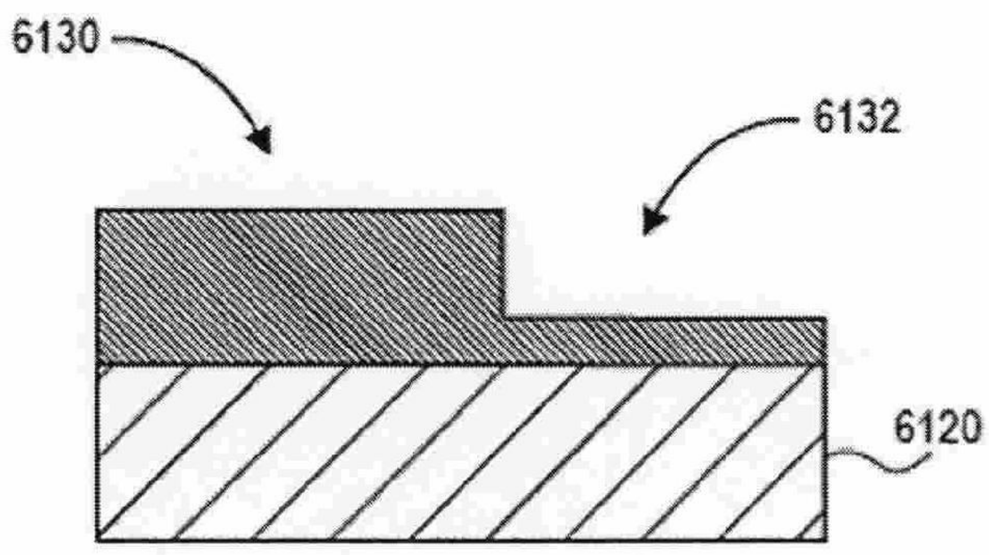

第60G圖



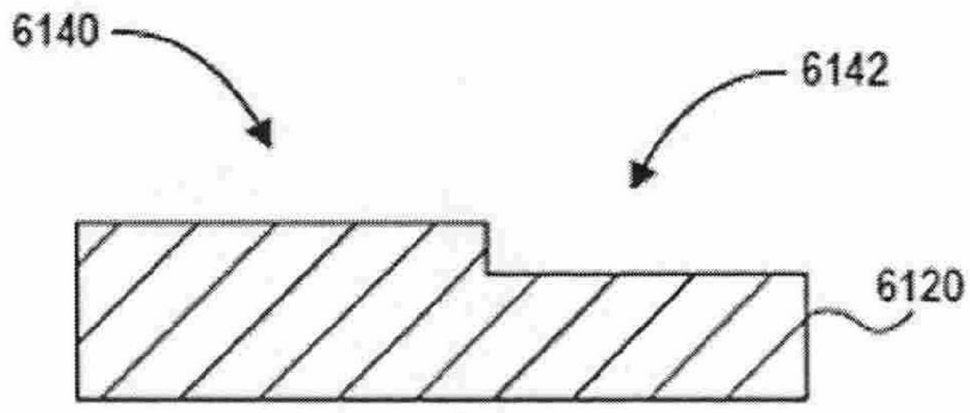

第60H圖

第61A圖

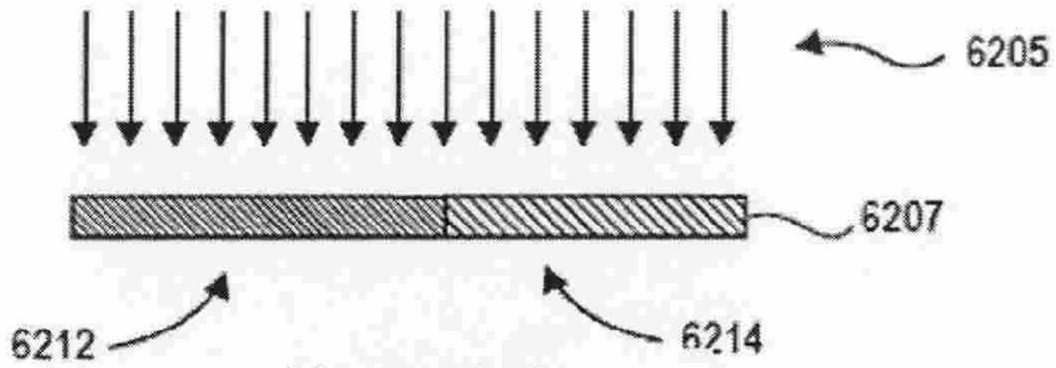


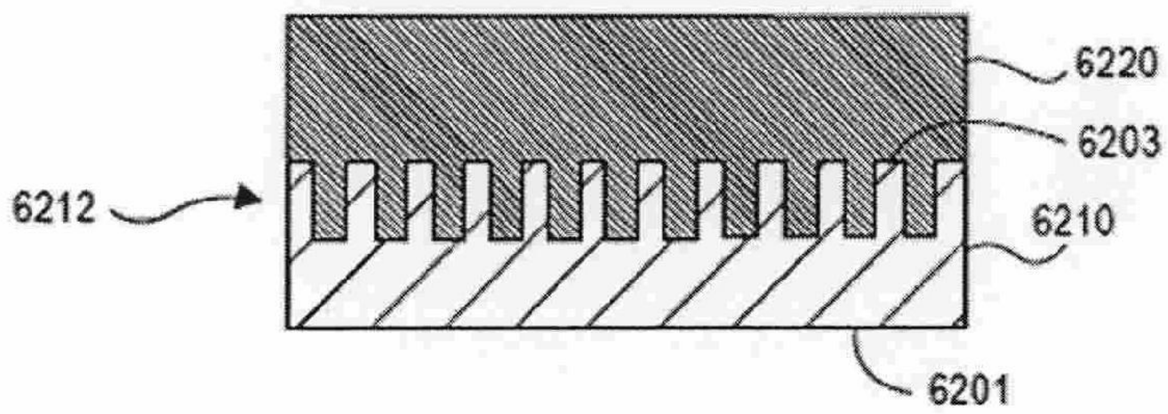

第61B圖

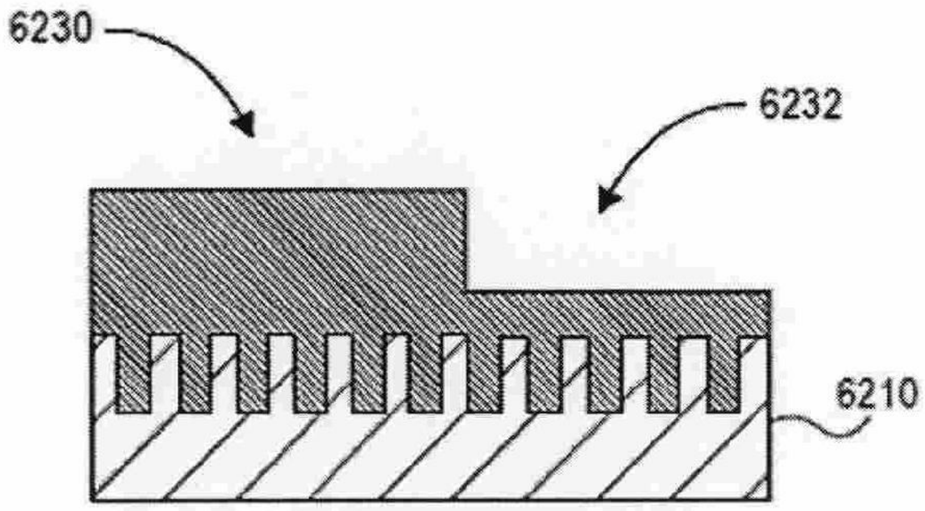



第61C圖

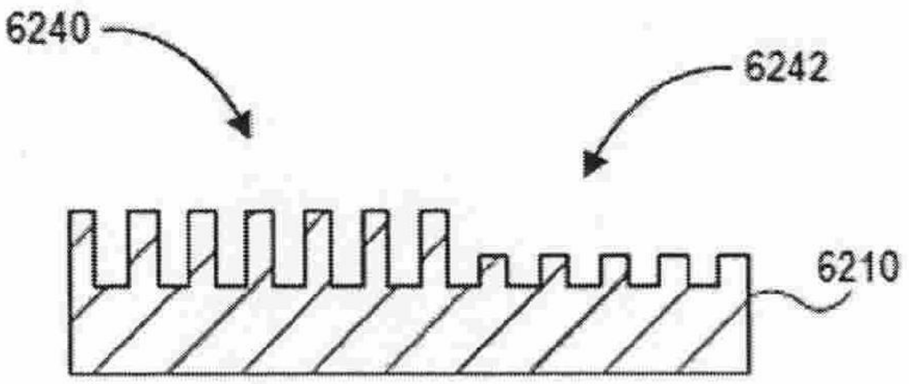



第62A圖

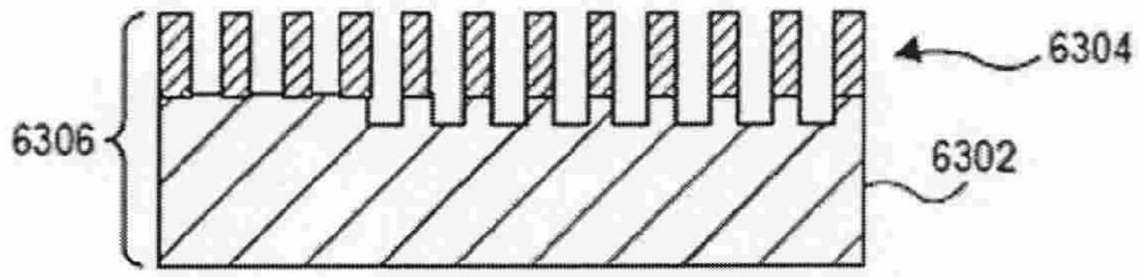


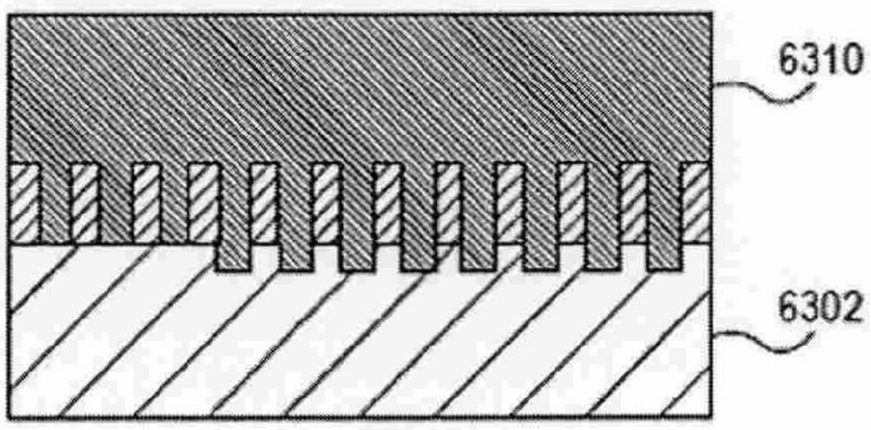

第62B圖



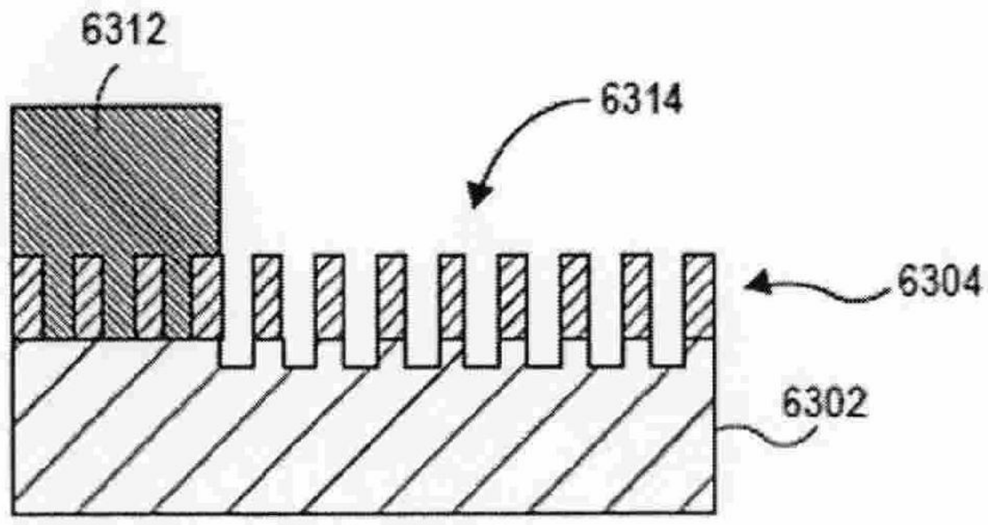

第62C圖



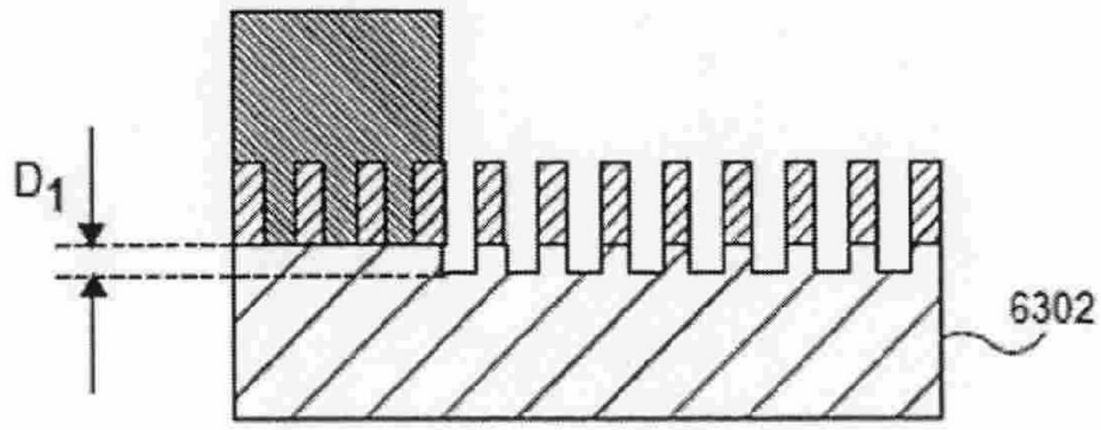

第63A圖



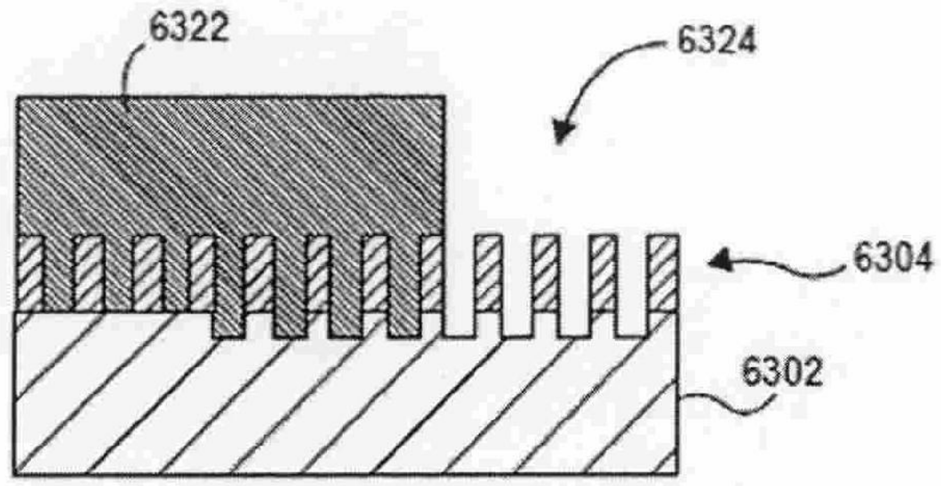

第63B圖



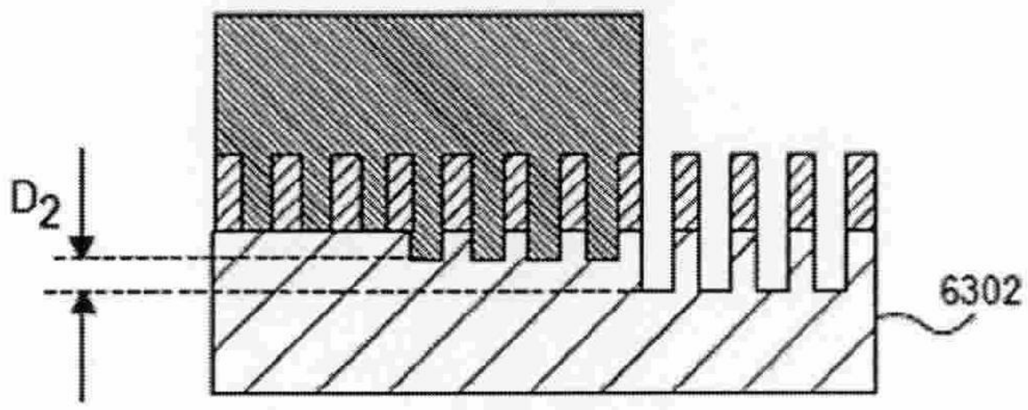

第63C圖



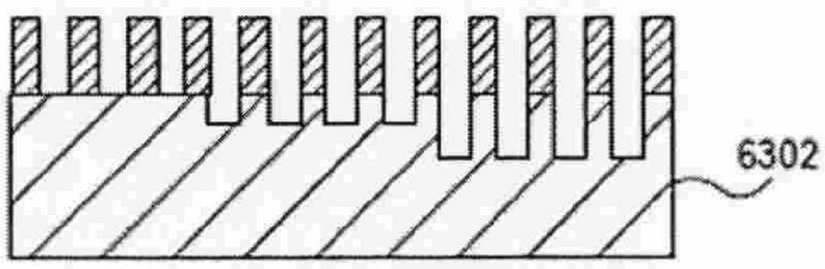

第63D圖



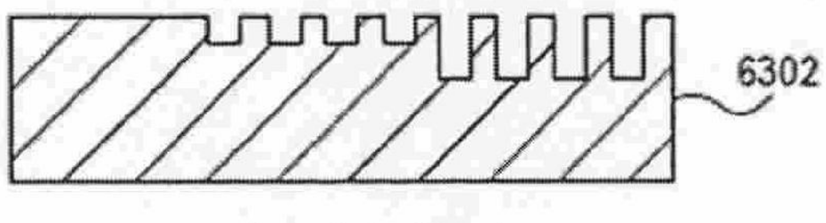

第63E圖



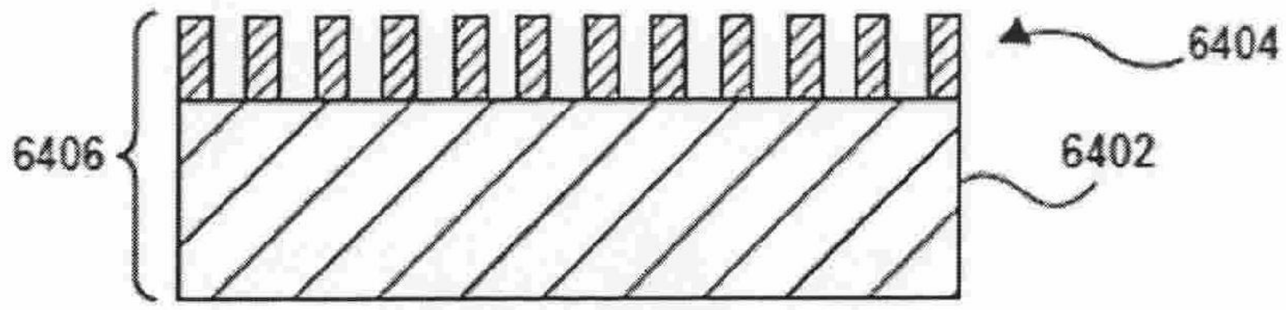

第63F圖



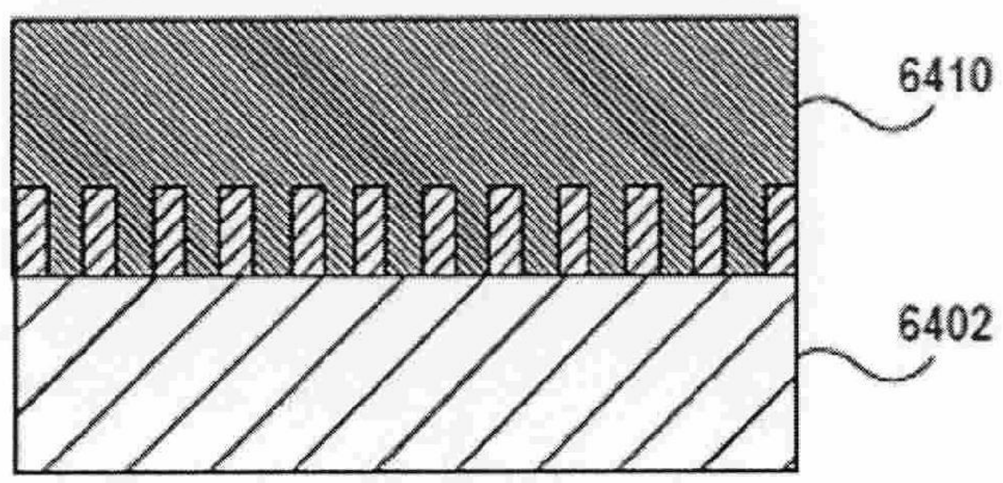

第63G圖



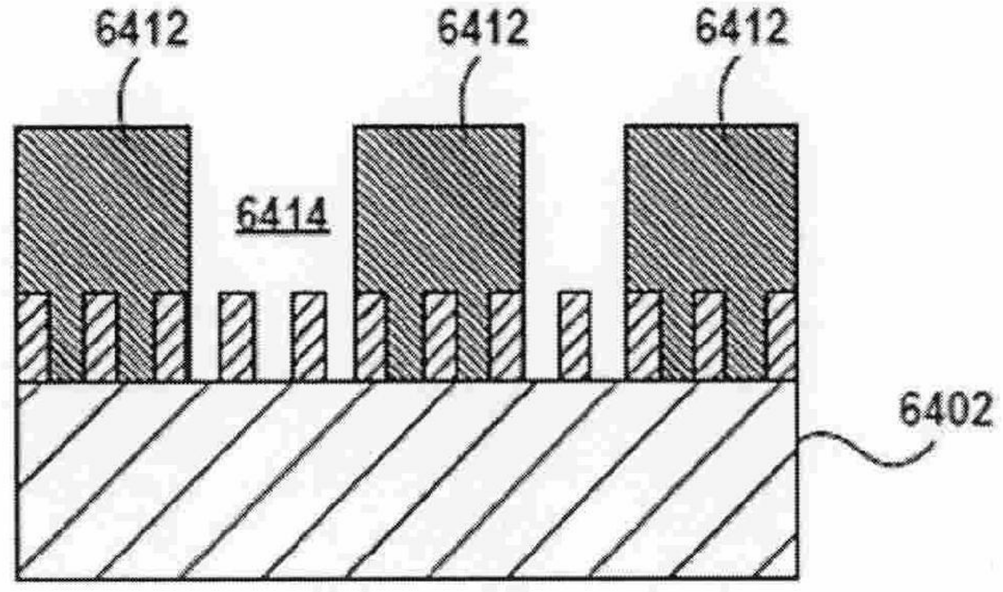

第63H圖



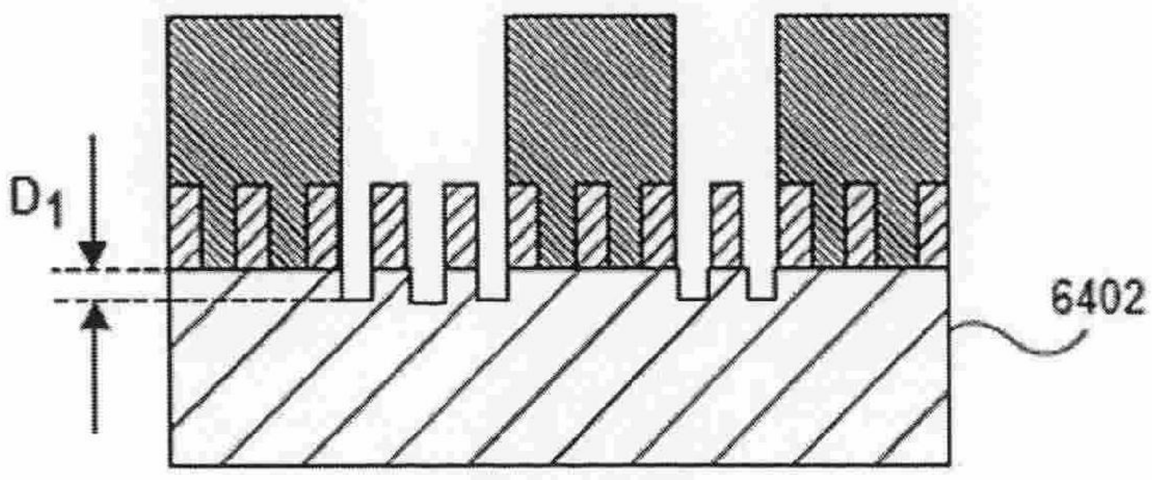

第64A圖



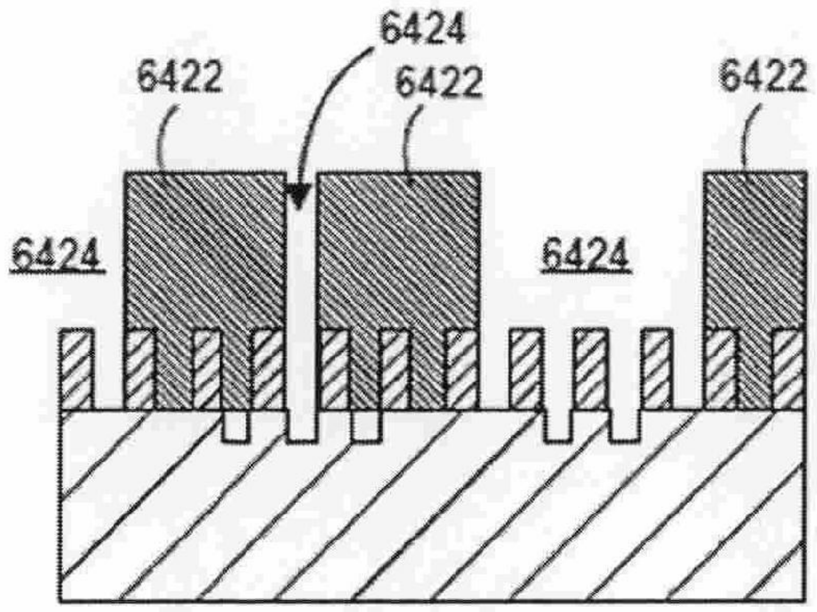

第64B圖



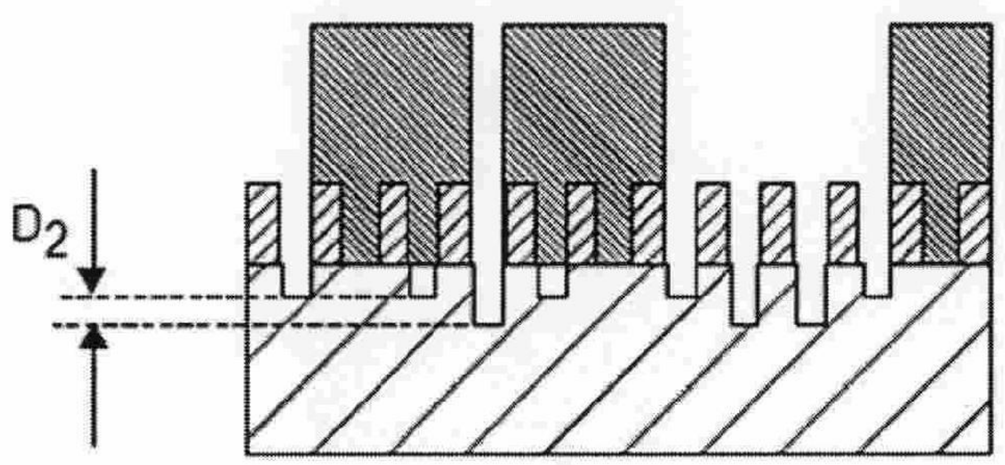

第64C圖



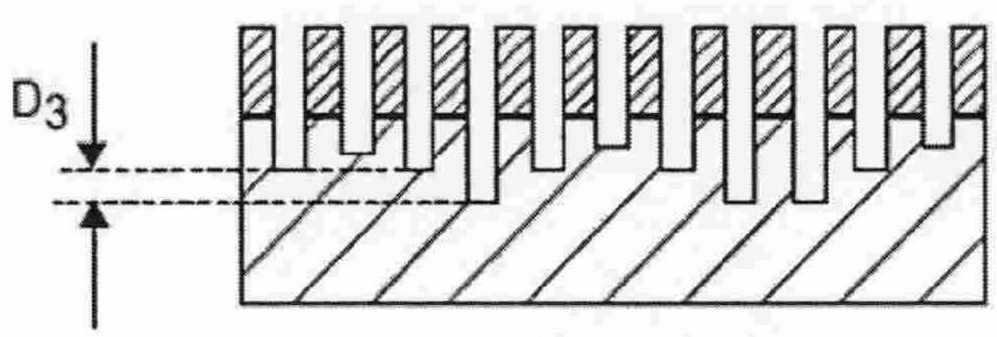

第64D圖



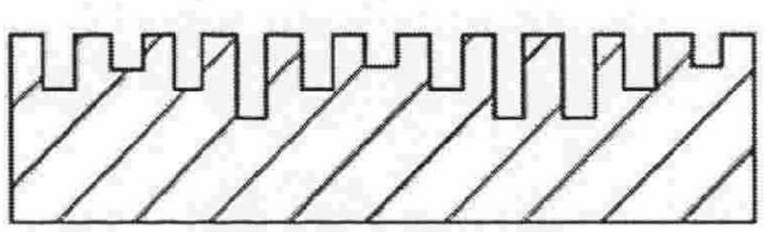

第64E圖



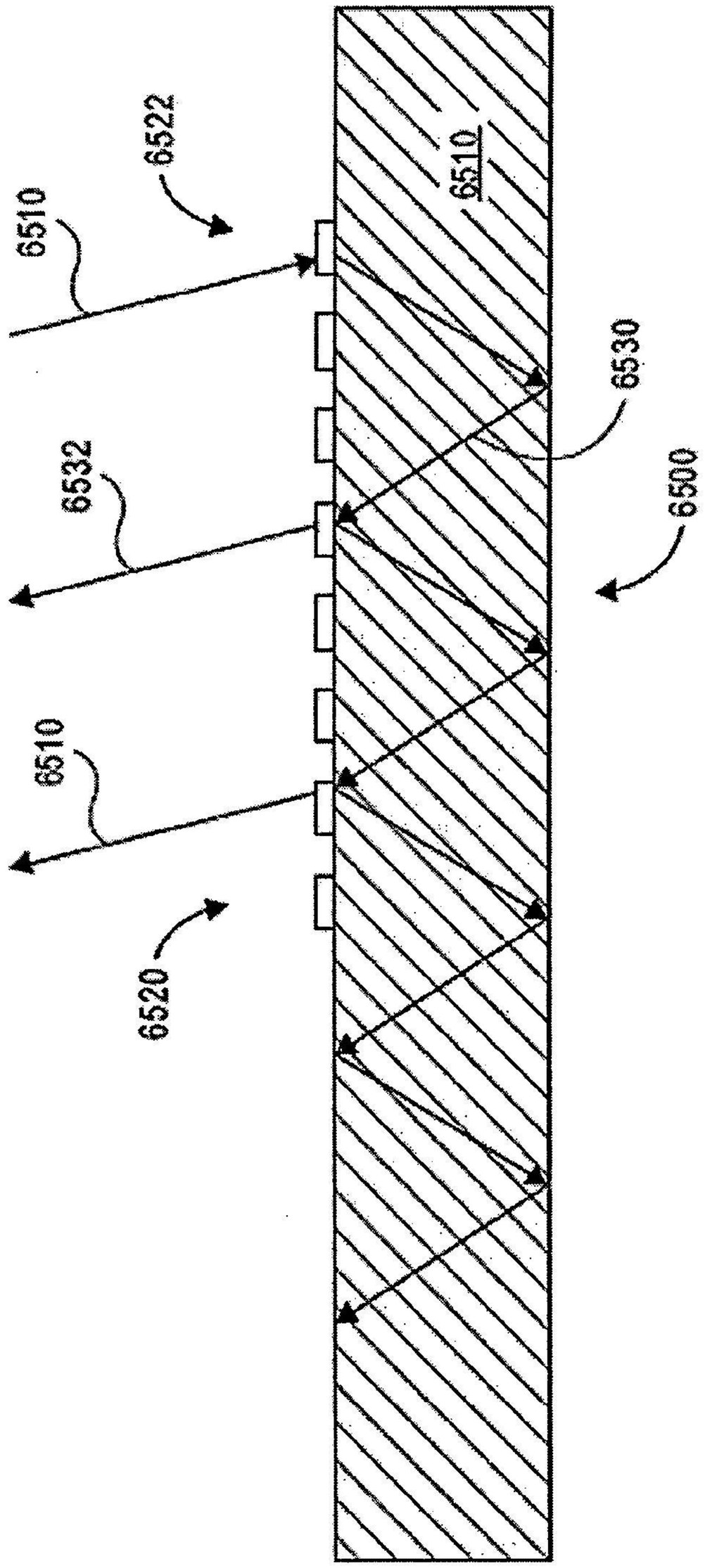

第64F圖



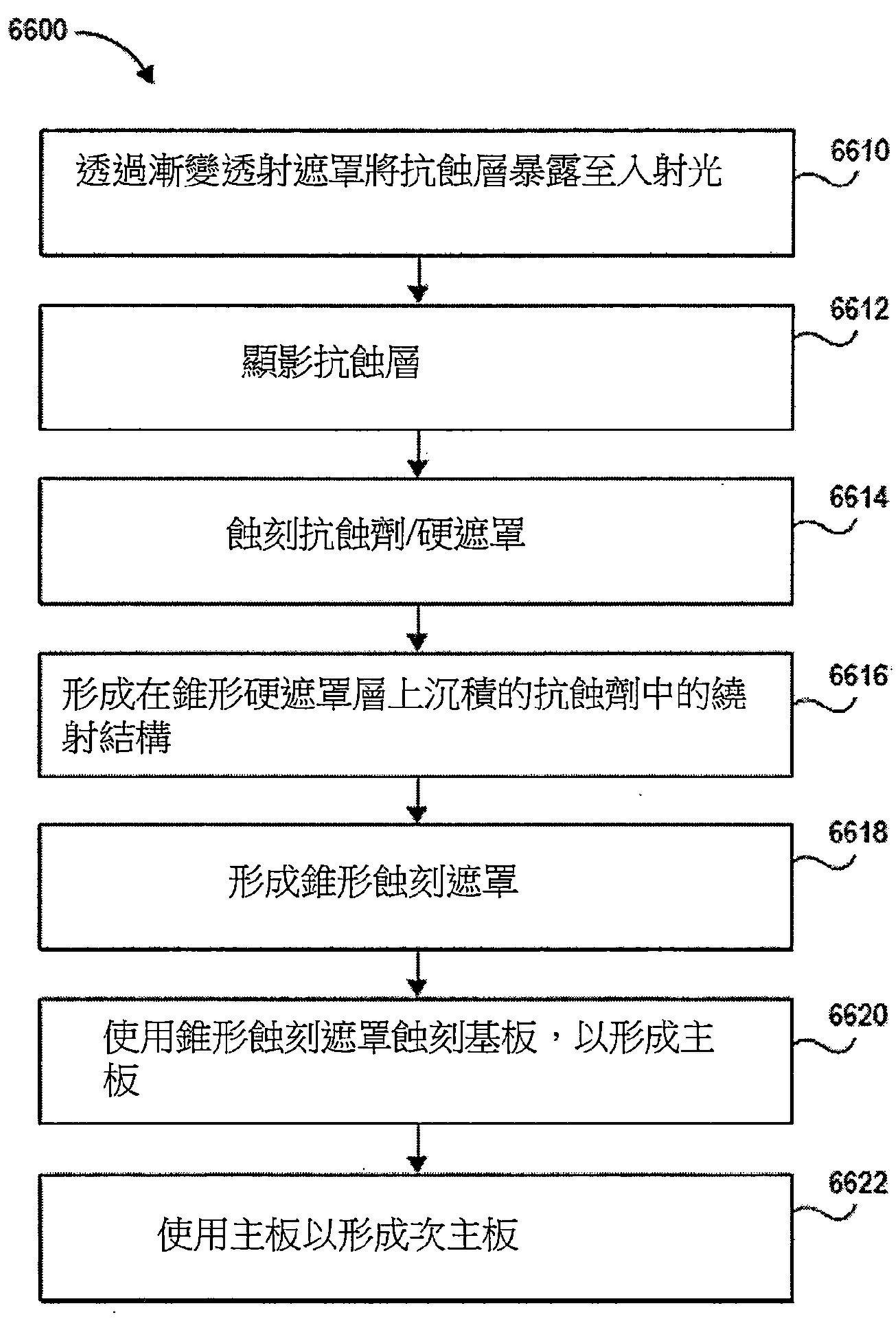

第64G圖



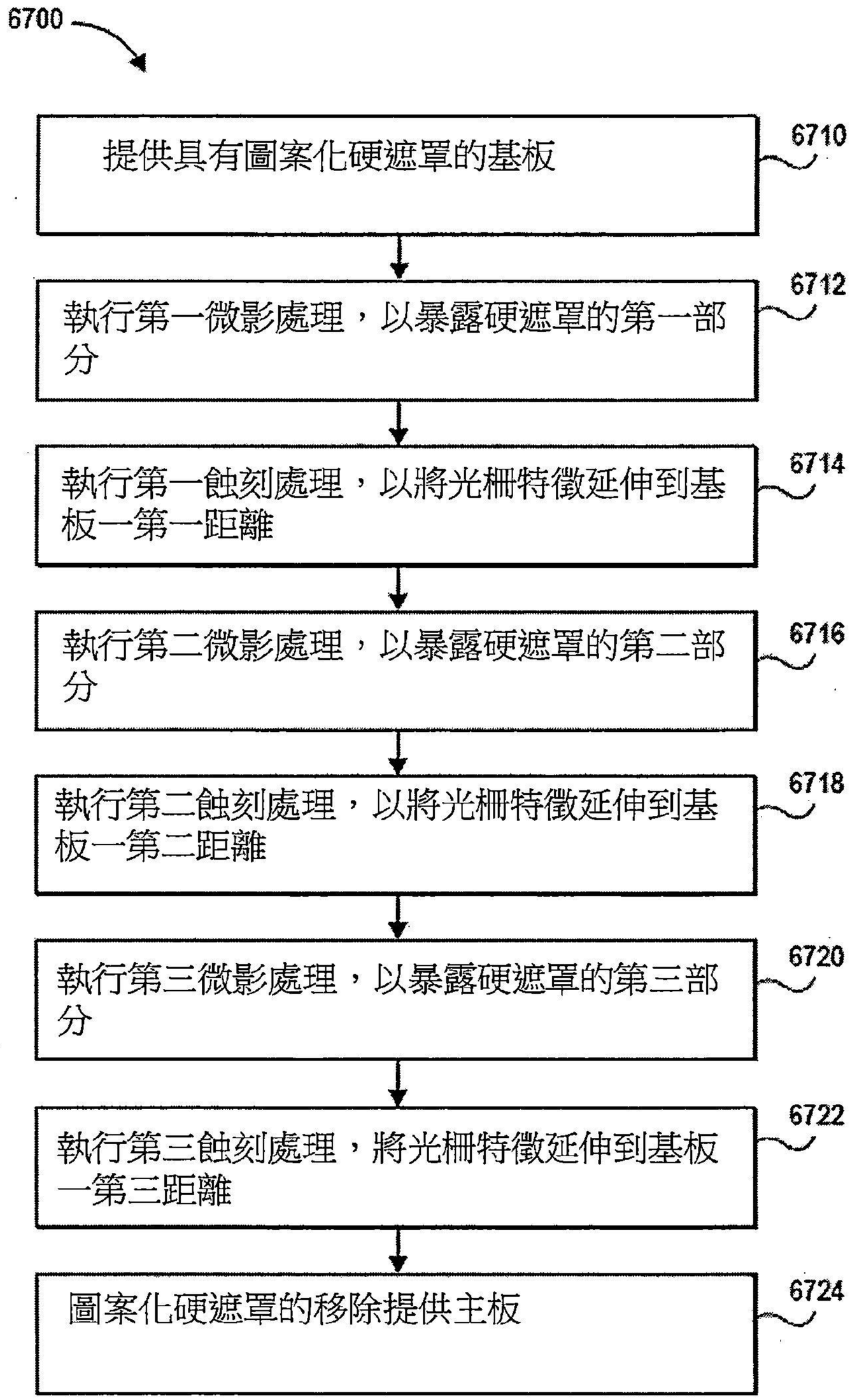
第64H圖



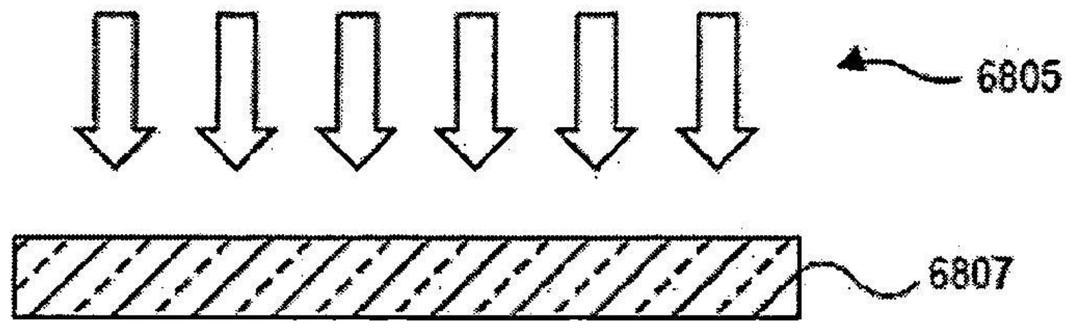

第65圖

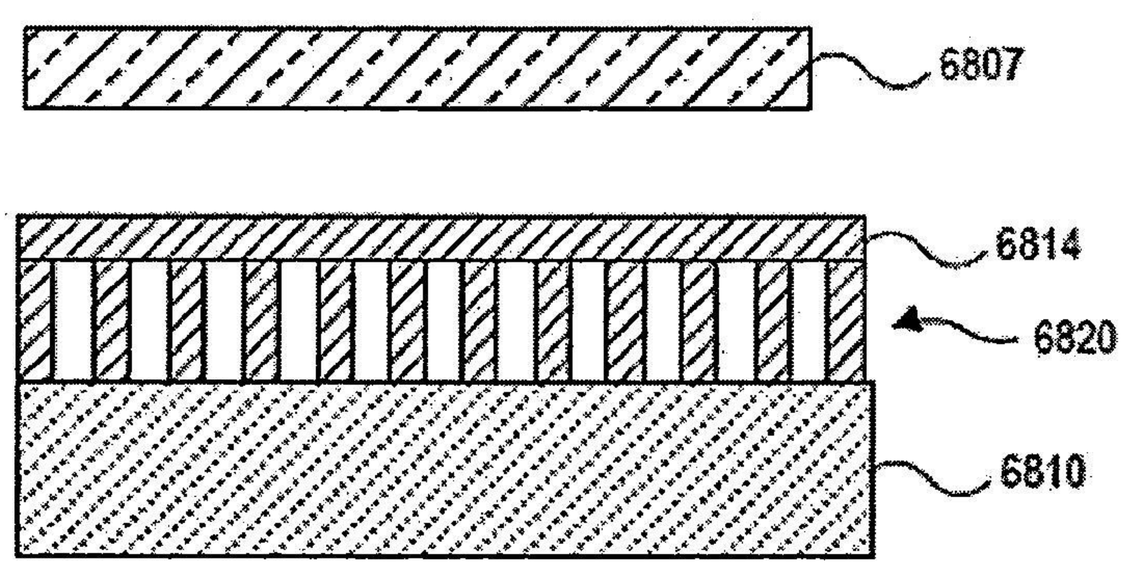

6600
透過漸變透射遮罩將抗蝕層暴露至入射光
6610
顯影抗蝕層
6612
蝕刻抗蝕劑/硬遮罩
6614
形成在錐形硬遮罩層上沉積的抗蝕劑中的繞射結構
6616
形成錐形蝕刻遮罩
6618
使用錐形蝕刻遮罩蝕刻基板，以形成主板
6620
使用主板以形成次主板
6622

第66圖

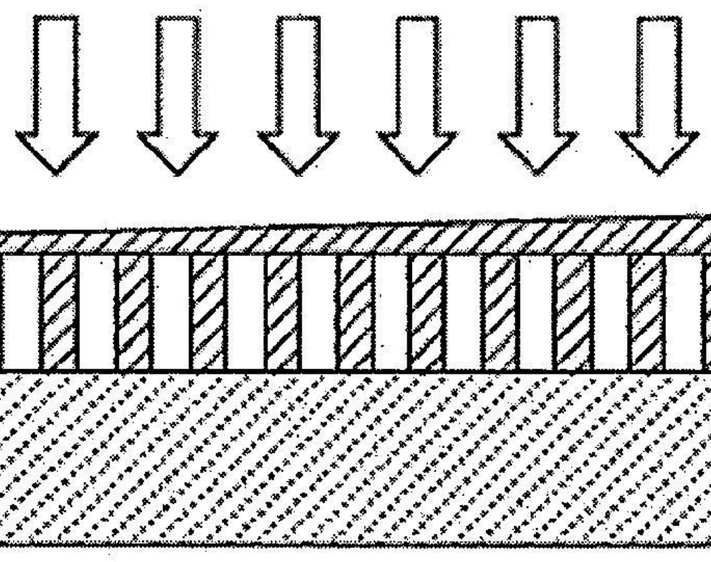

6700
提供具有圖案化硬遮罩的基板
6710
執行第一微影處理，以暴露硬遮罩的第一部分
6712
執行第一蝕刻處理，以將光柵特徵延伸到基板一第一距離
6714
執行第二微影處理，以暴露硬遮罩的第二部分
6716
執行第二蝕刻處理，以將光柵特徵延伸到基板一第二距離
6718
執行第三微影處理，以暴露硬遮罩的第三部分
6720
執行第三蝕刻處理，將光柵特徵延伸到基板一第三距離
6722
圖案化硬遮罩的移除提供主板
6724

第67圖

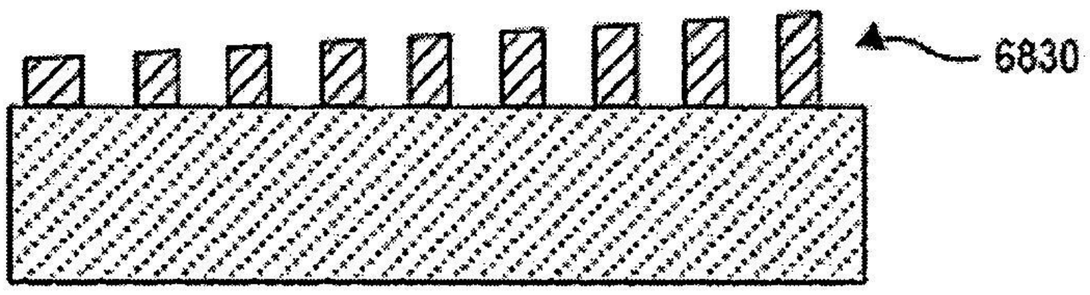


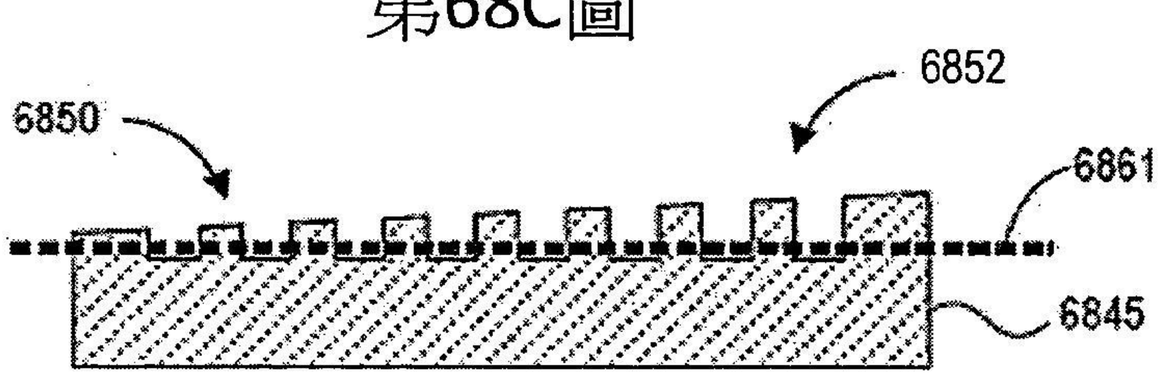

第68A圖



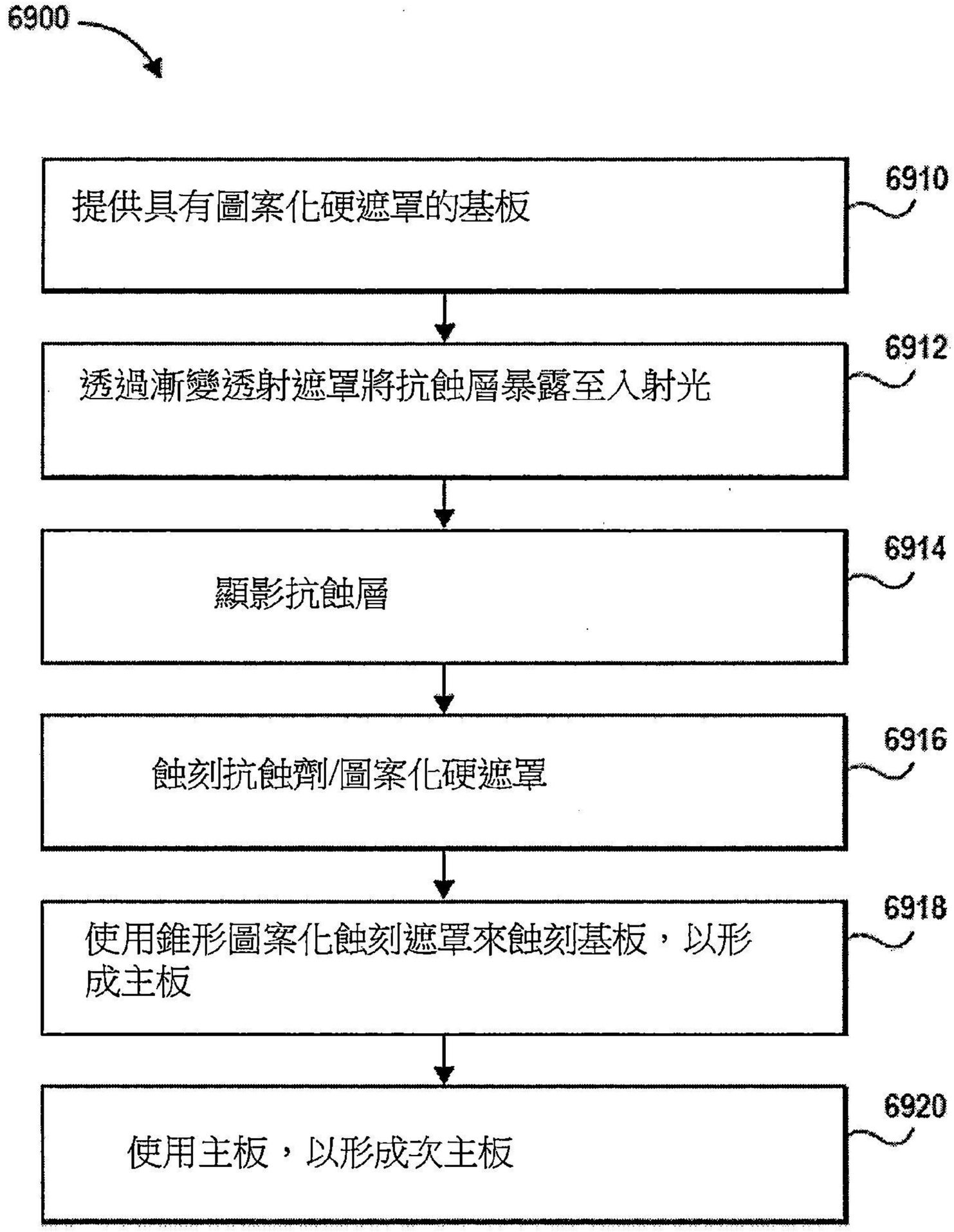

第68B圖



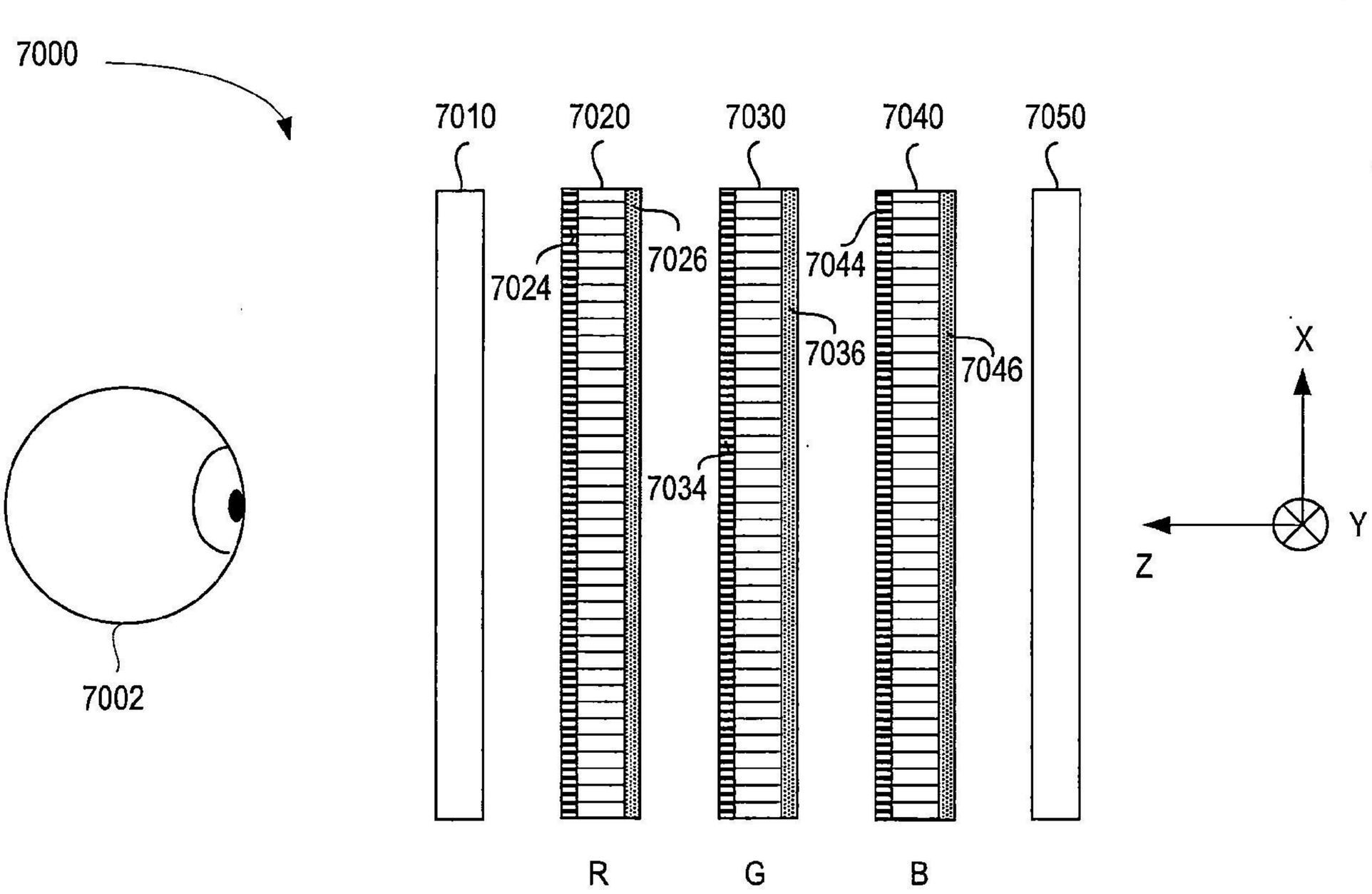

第68C圖



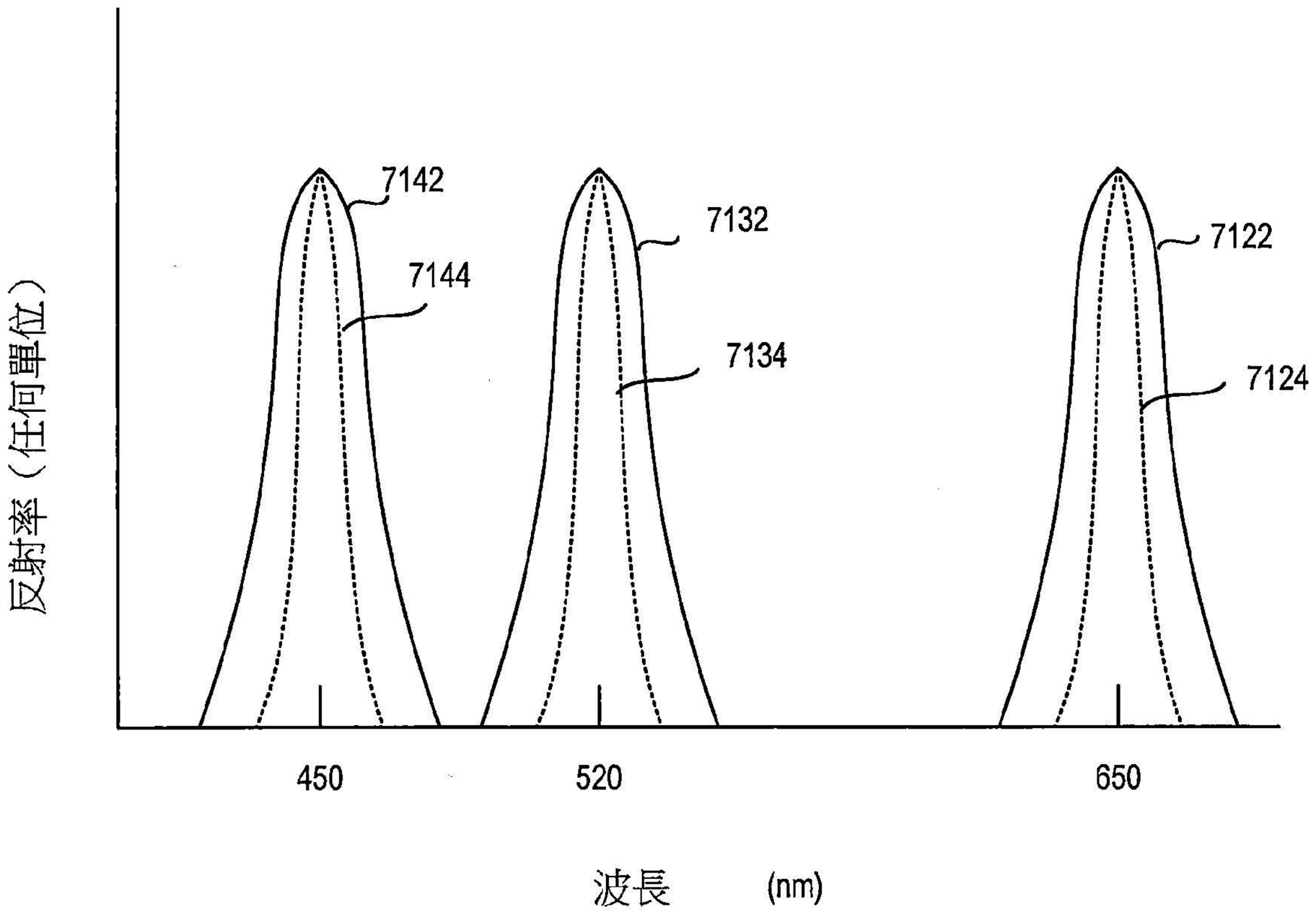

第68D圖


6900
提供具有圖案化硬遮罩的基板
6910
透過漸變透射遮罩將抗蝕層暴露至入射光
6912
顯影抗蝕層
6914
蝕刻抗蝕劑/圖案化硬遮罩
6916
使用錐形圖案化蝕刻遮罩來蝕刻基板，以形成主板
6918
使用主板，以形成次主板
6920

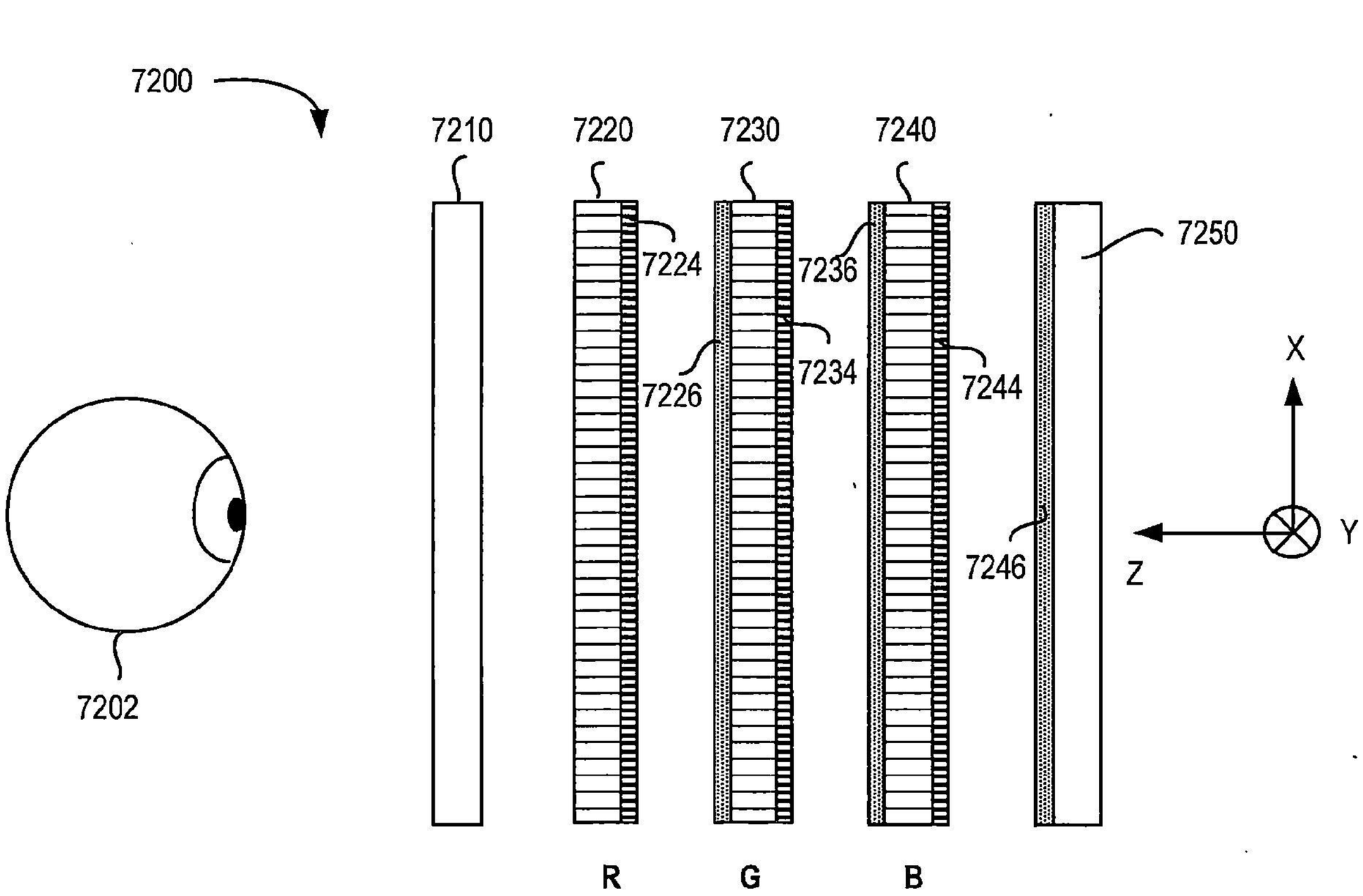
第69圖


7000
7002
7010
7020
7030
7040
7050
7024
7026
7034
7036
7044
7046
X
Y
Z
R
G
B

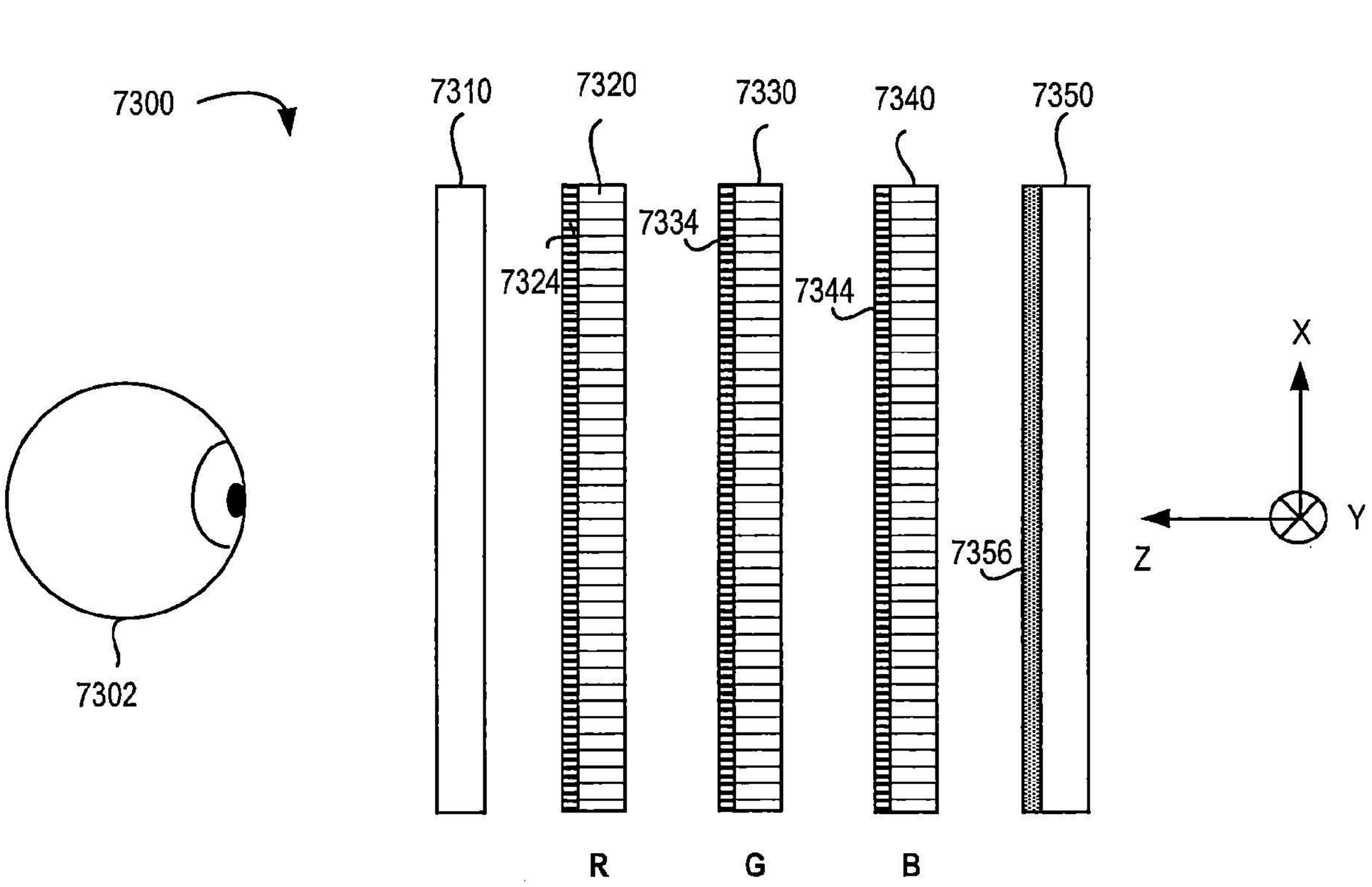
第70圖



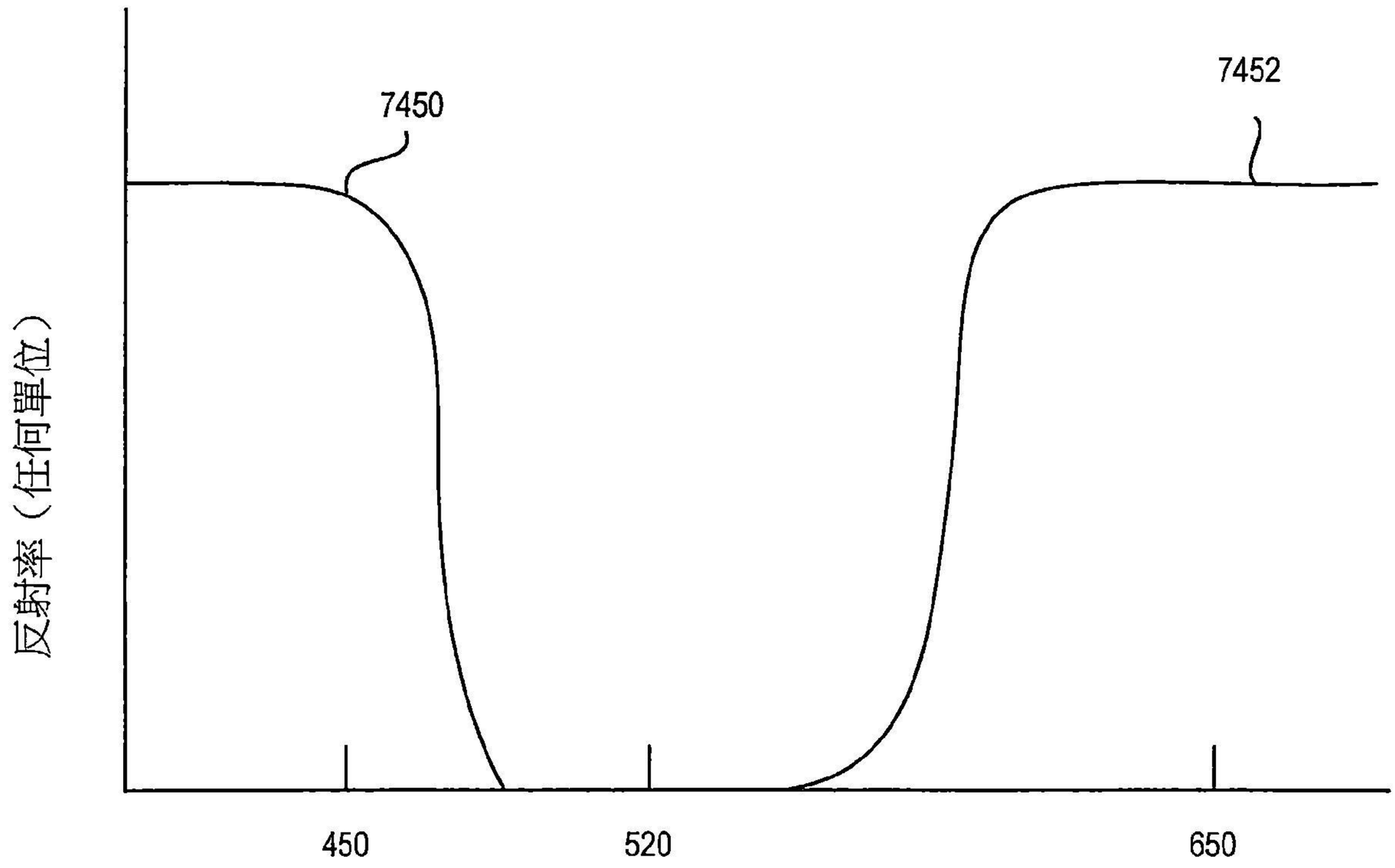

第71圖


7200
7202
7210
7220
7230
7240
7224
7226
7236
7234
7244
7246
7250
X
Y
Z
R
G
B

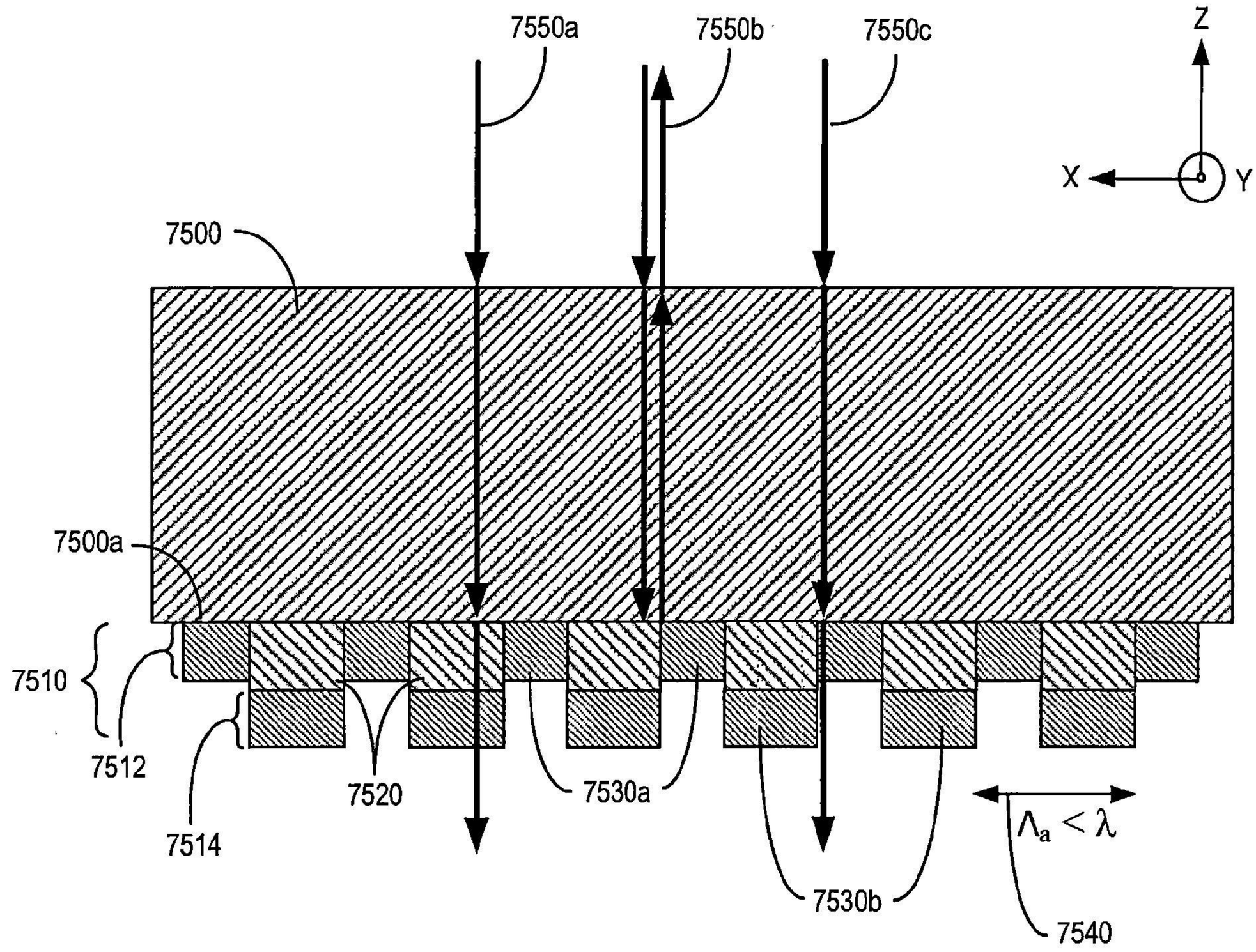
第72圖


7300
7302
7310
7320
7330
7340
7350
7324
7334
7344
7356
X
Y
Z
R
G
B

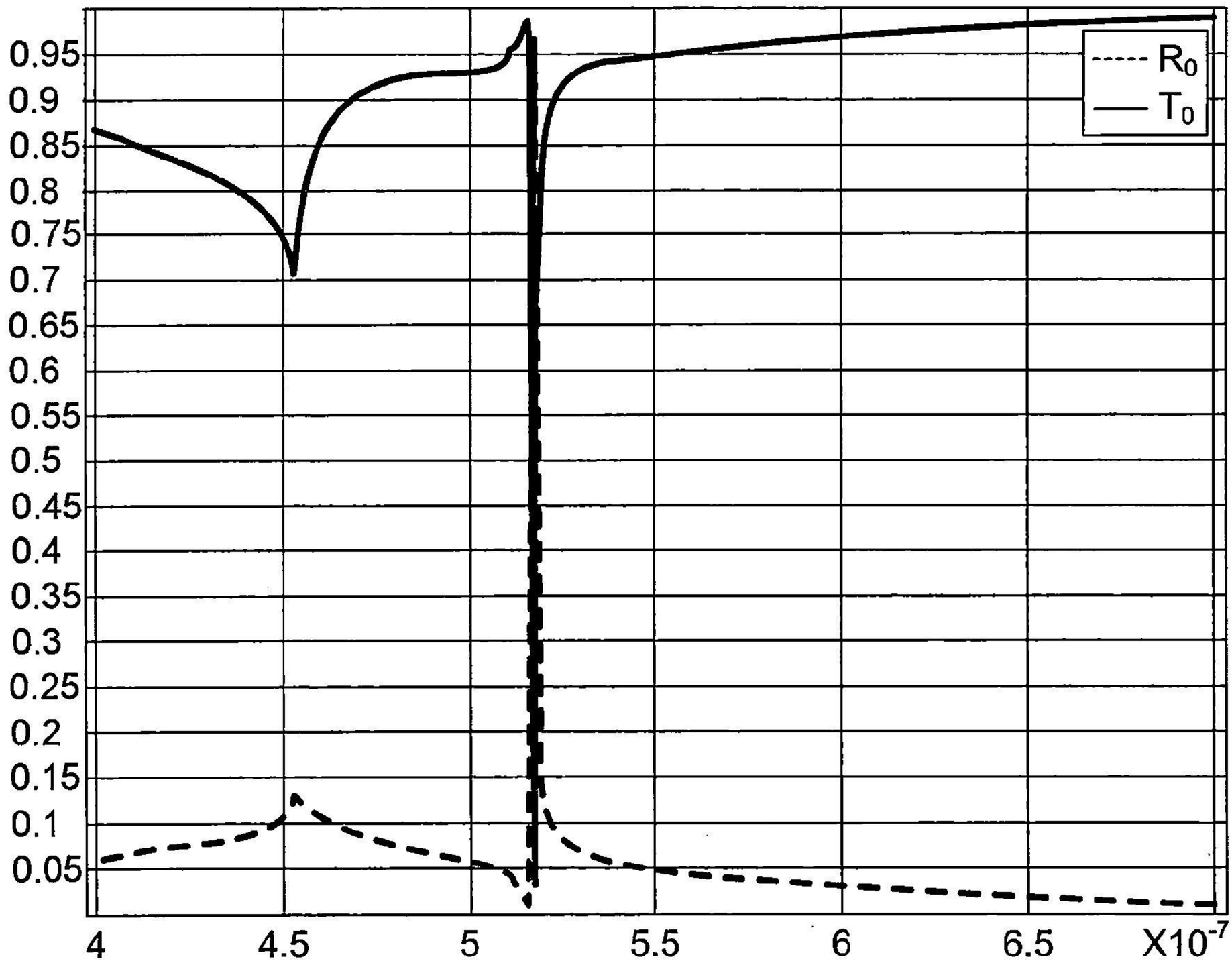
第73圖



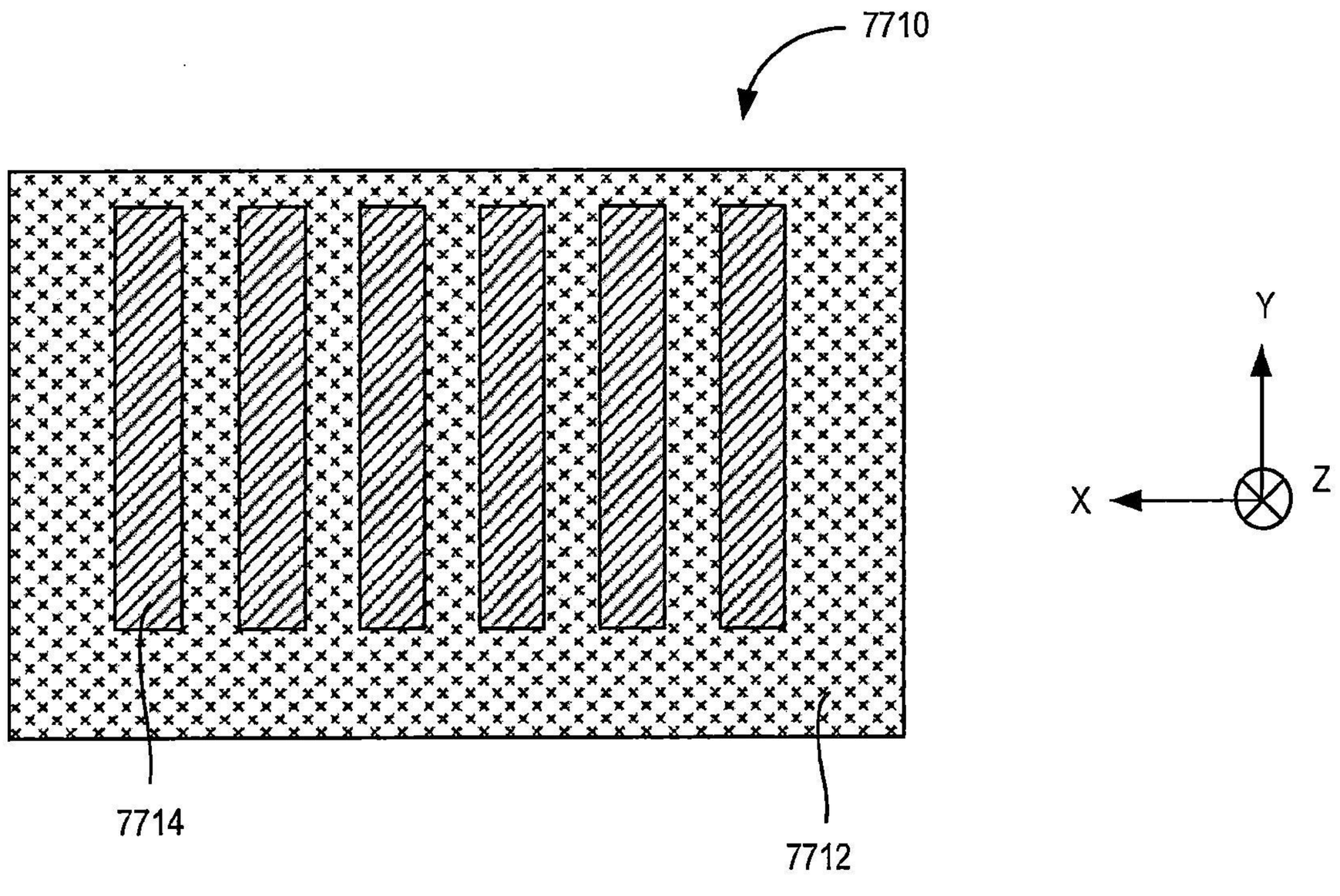

第74圖


7550a
7550b
7550c
Z
X
Y
7500
7500a
7510
7512
7514
7520
7530a
7530b
$\Lambda_a < \lambda$
7540

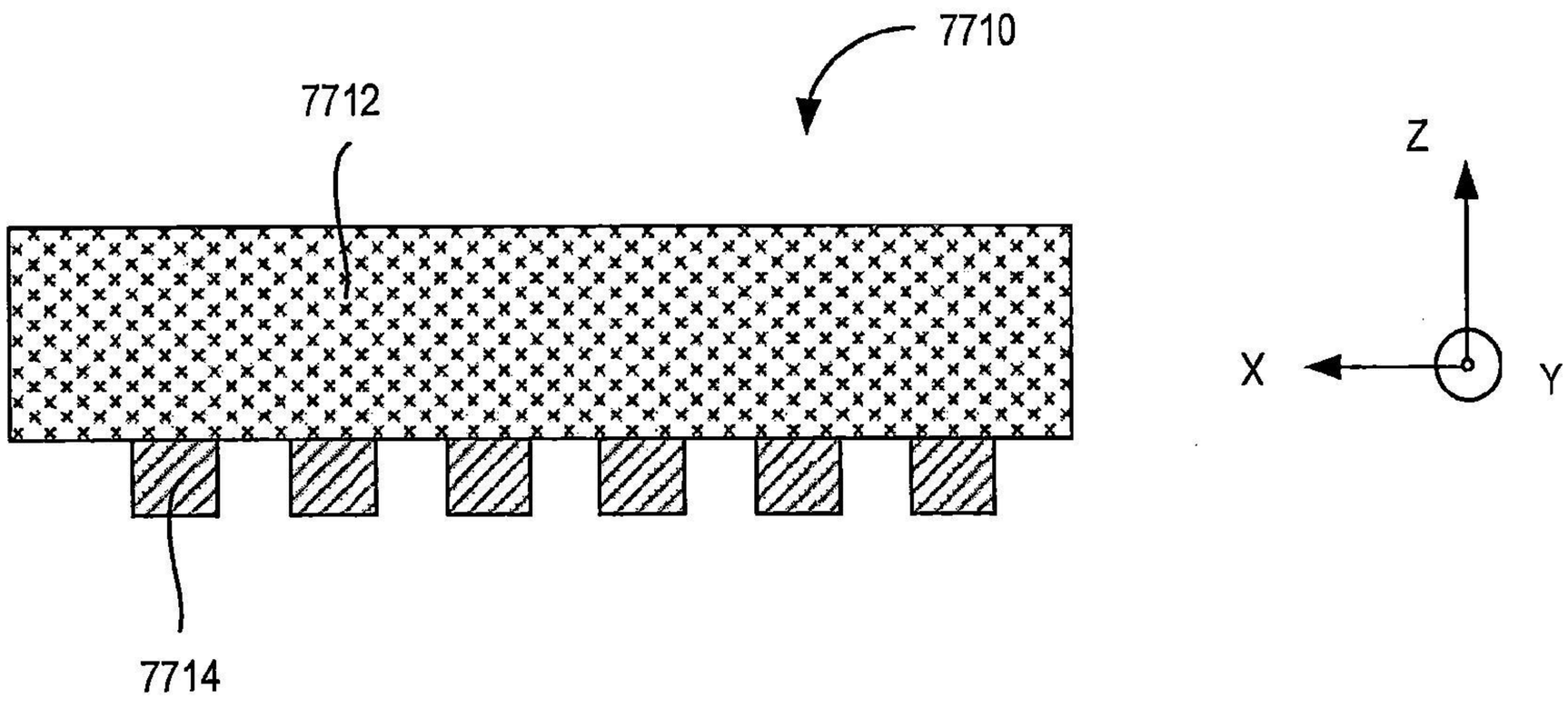
第75圖


0.95
0.9
0.85
0.8
0.75
0.7
0.65
0.6
0.55
0.5
0.45
0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
4
4.5
5
5.5
6
6.5
X10-7
R0
T0

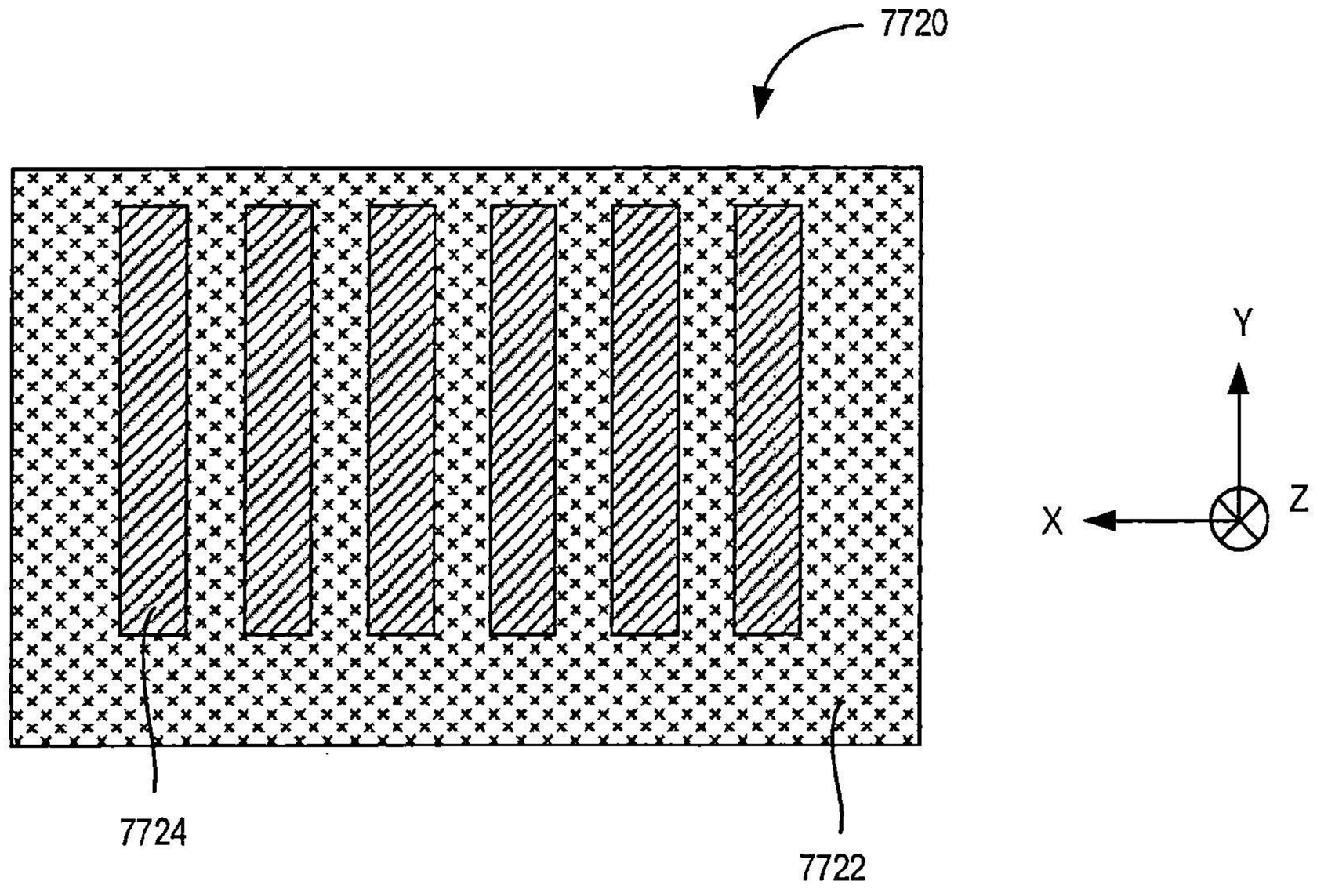
第76圖



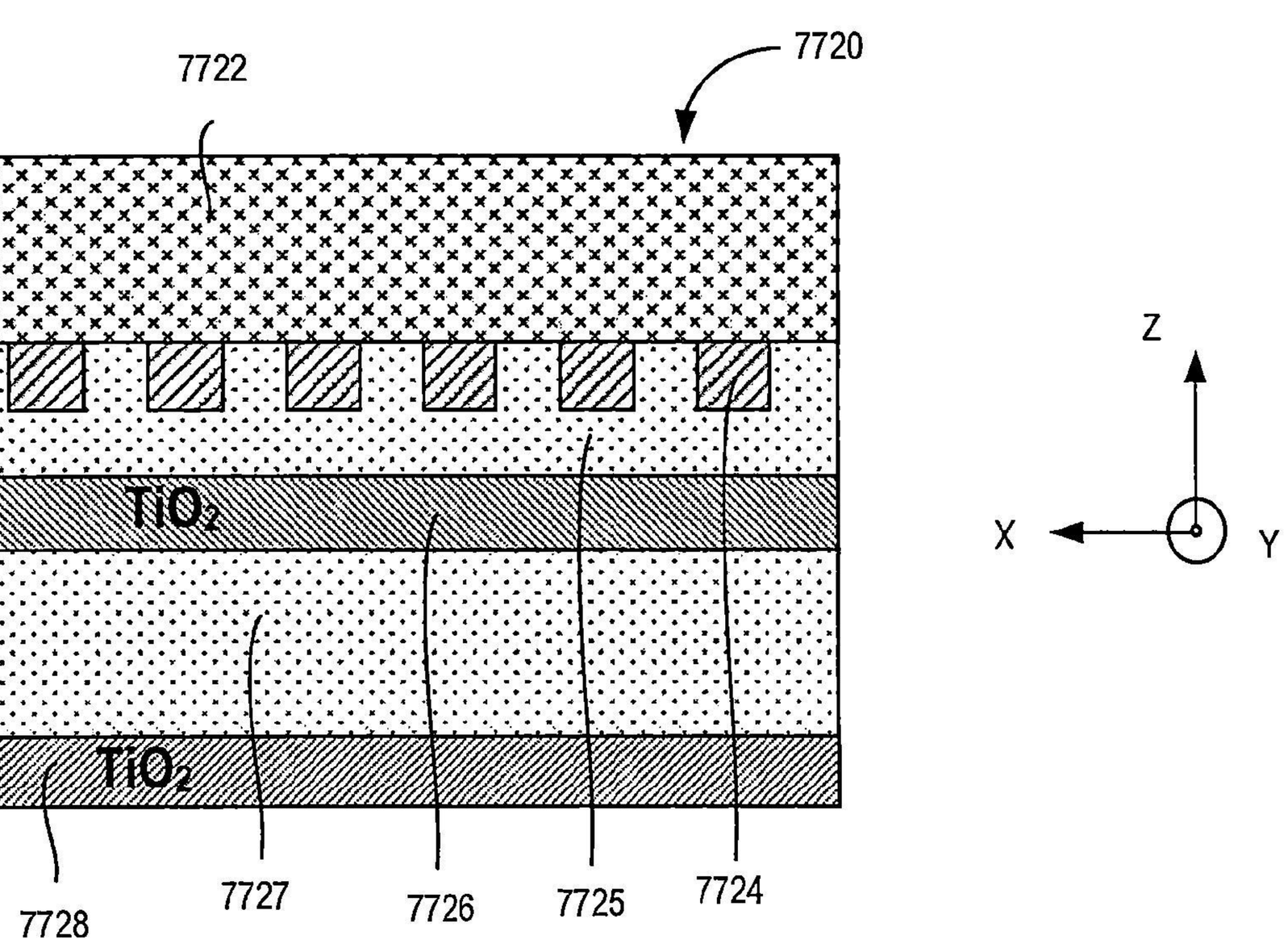

第77A圖



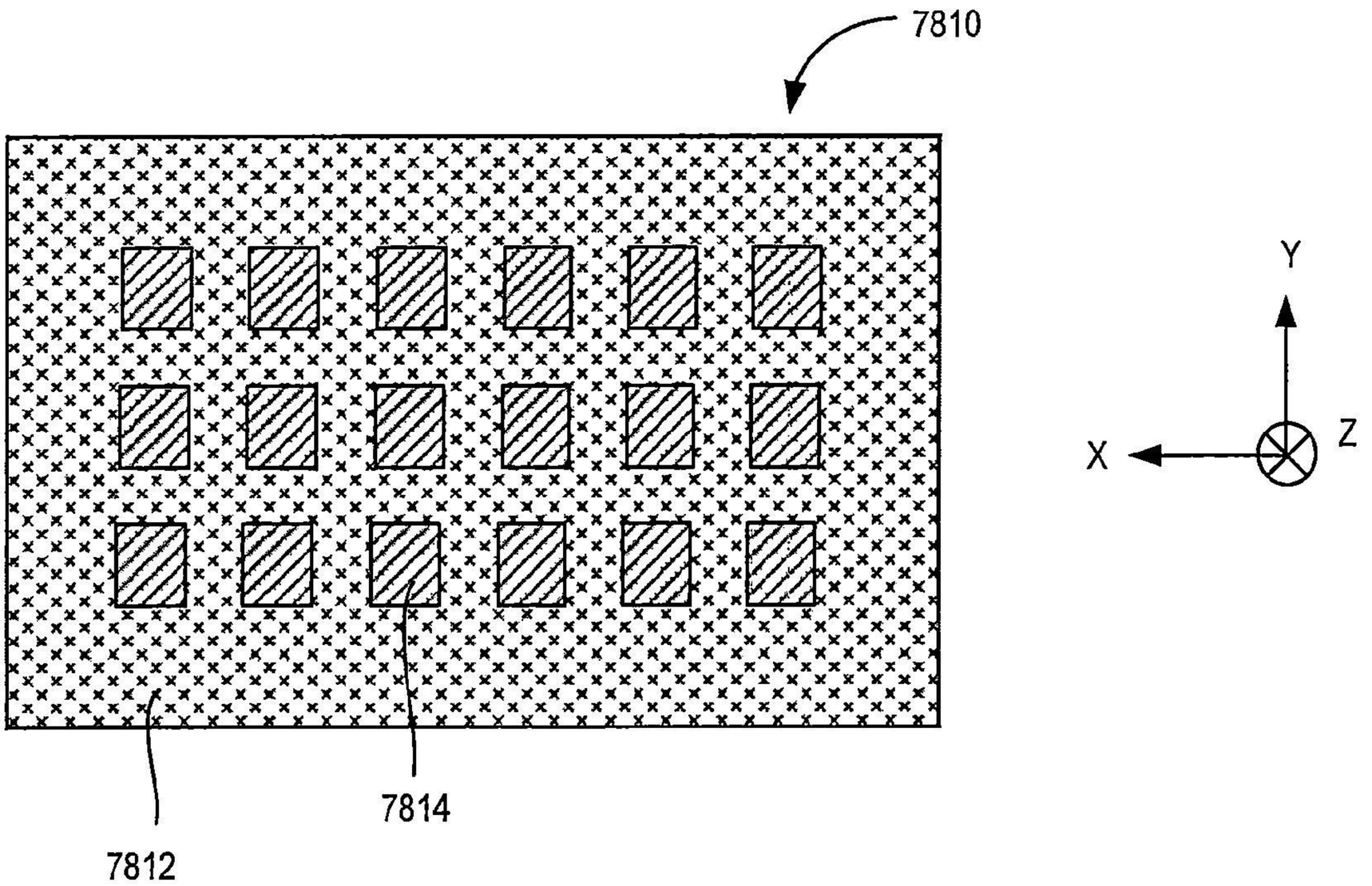

第77B圖


7720
7724
7722
Y
X
Z

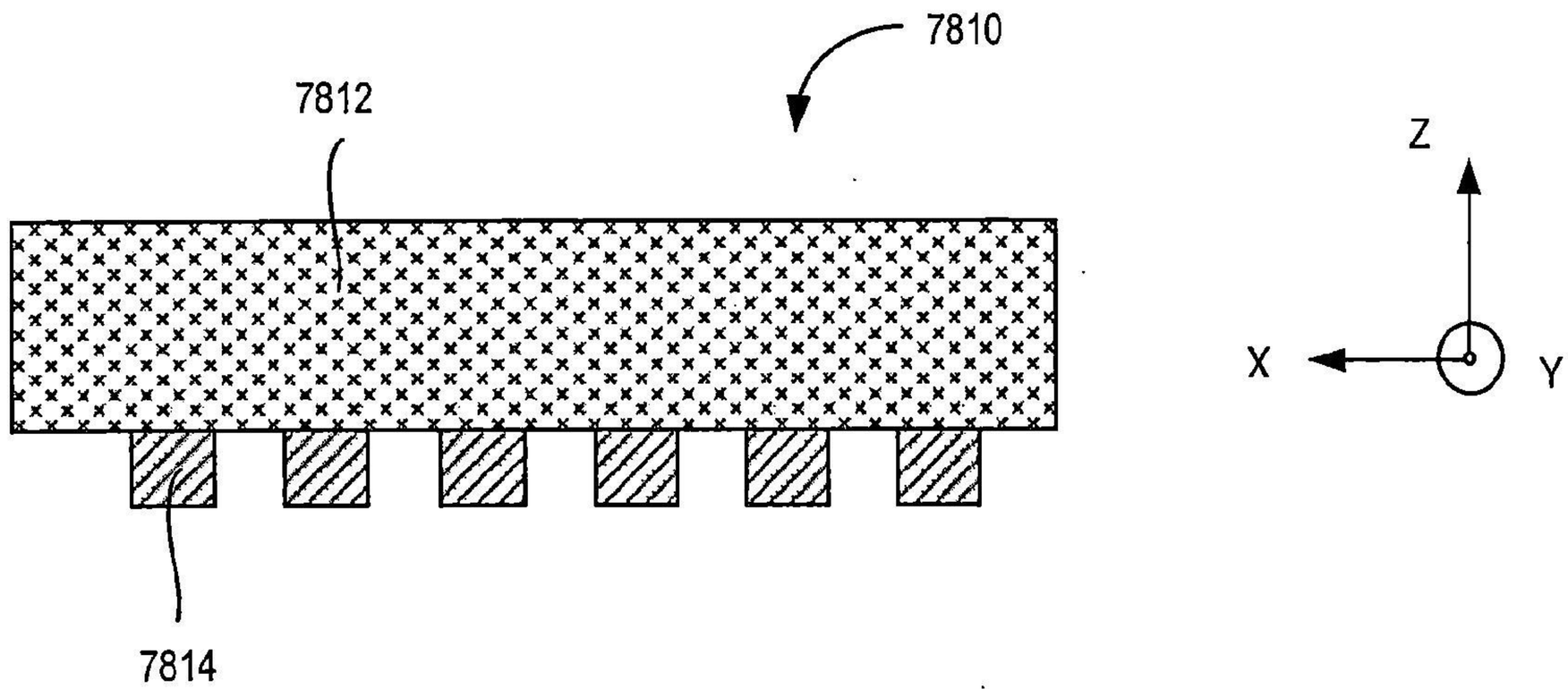
第77C圖


7722
7720
TiO2
TiO2
7728
7727
7726
7725
7724
Z
X
Y

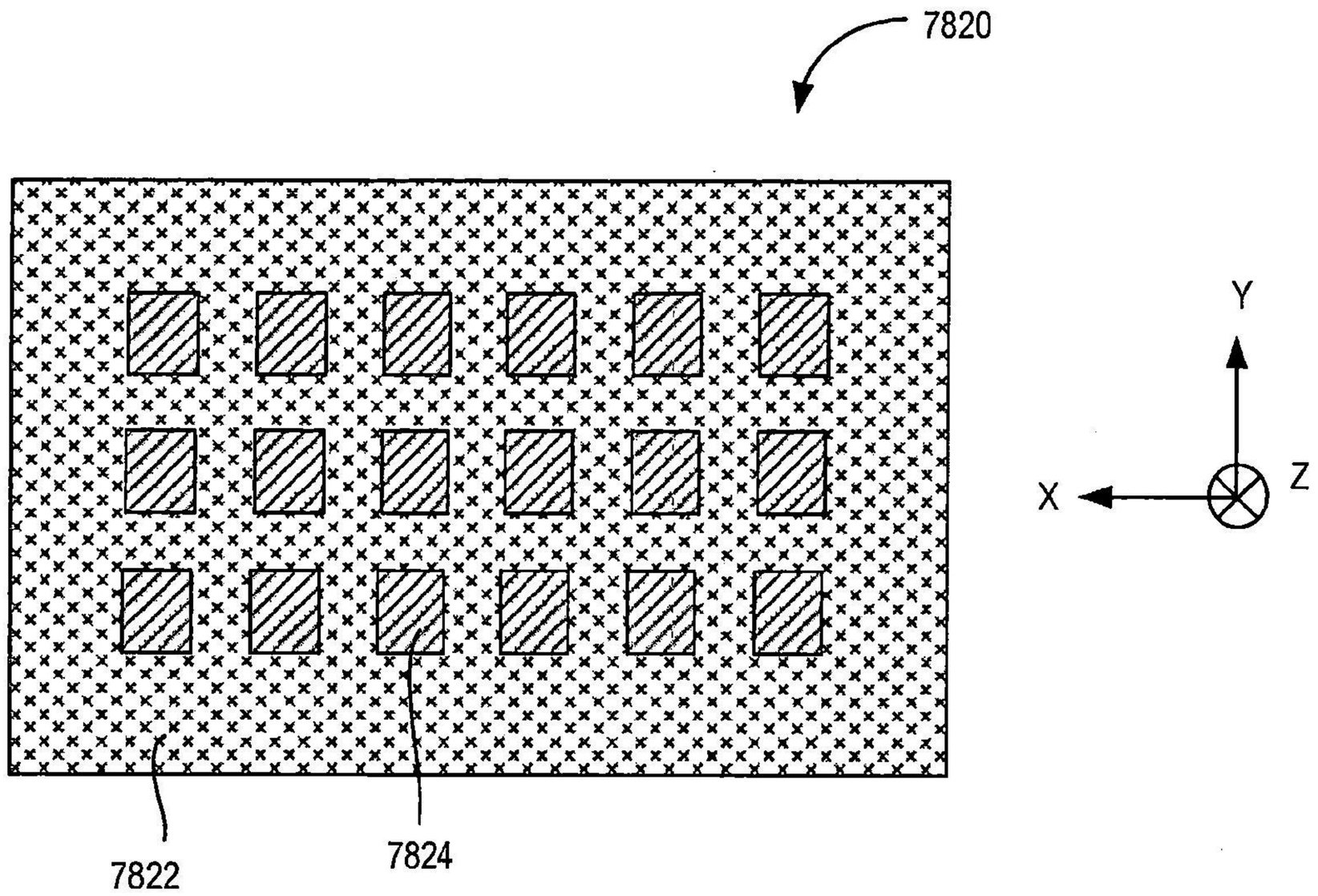
第77D圖



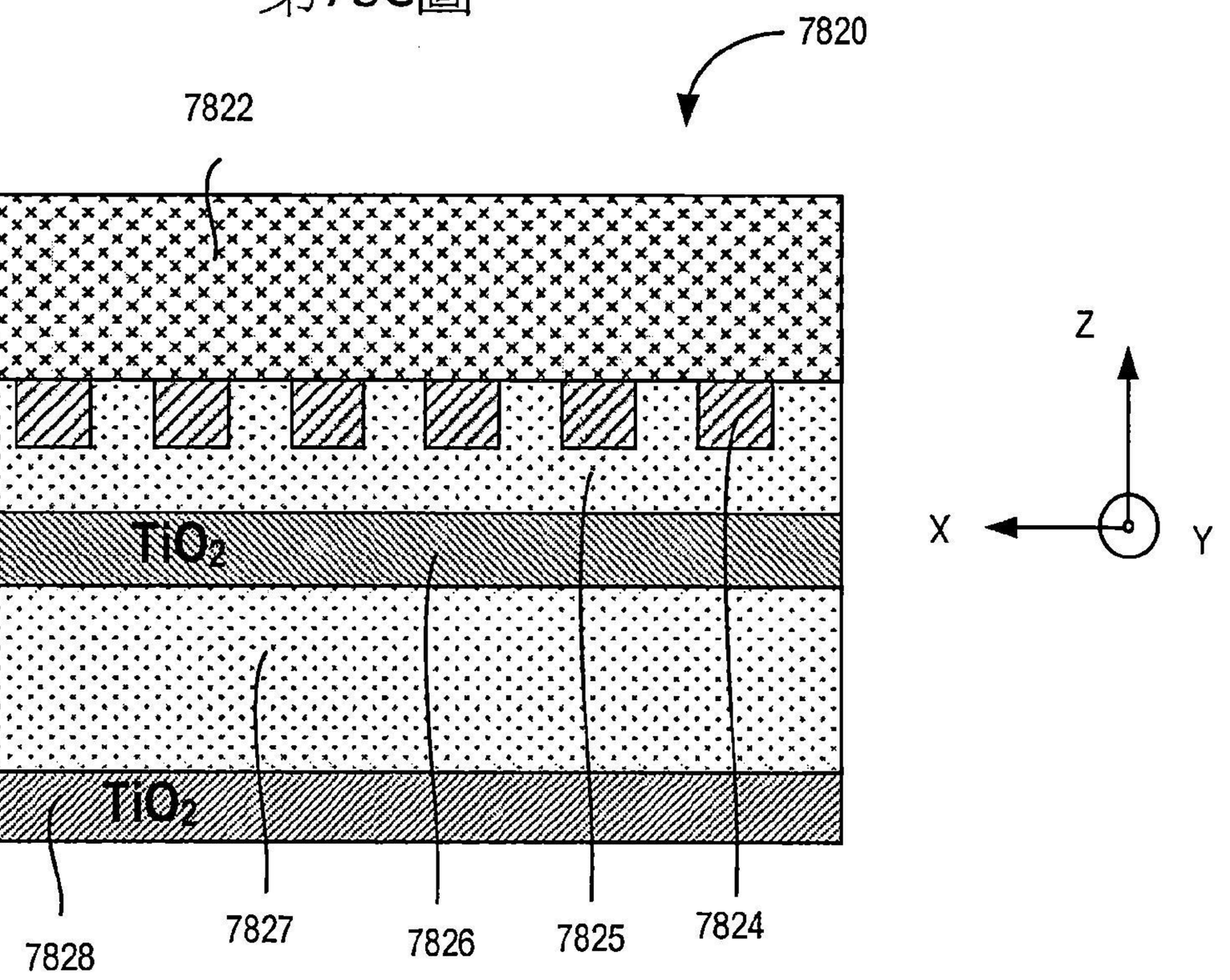

第78A圖



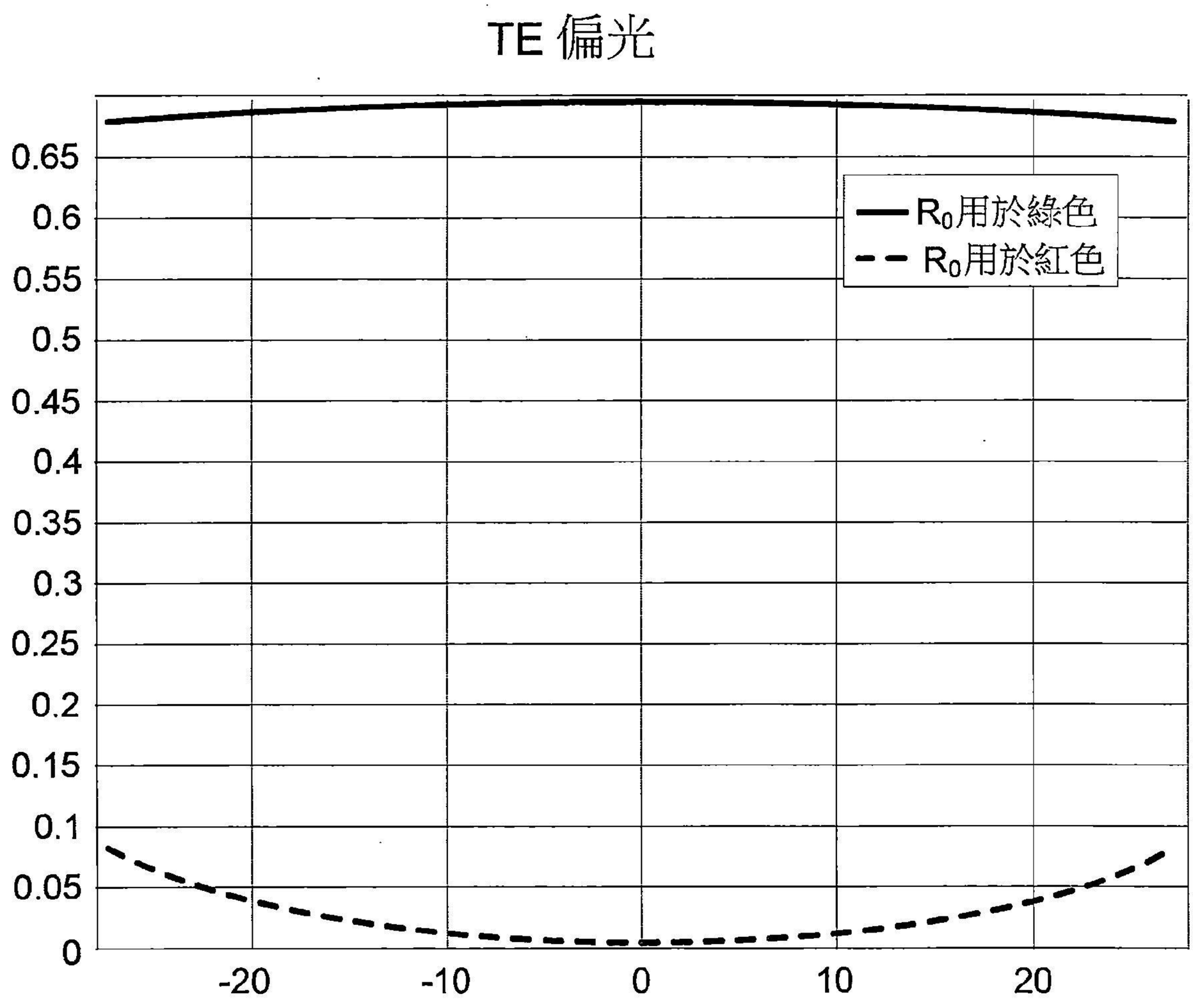

第78B圖


7820
Y
X
Z
7822
7824

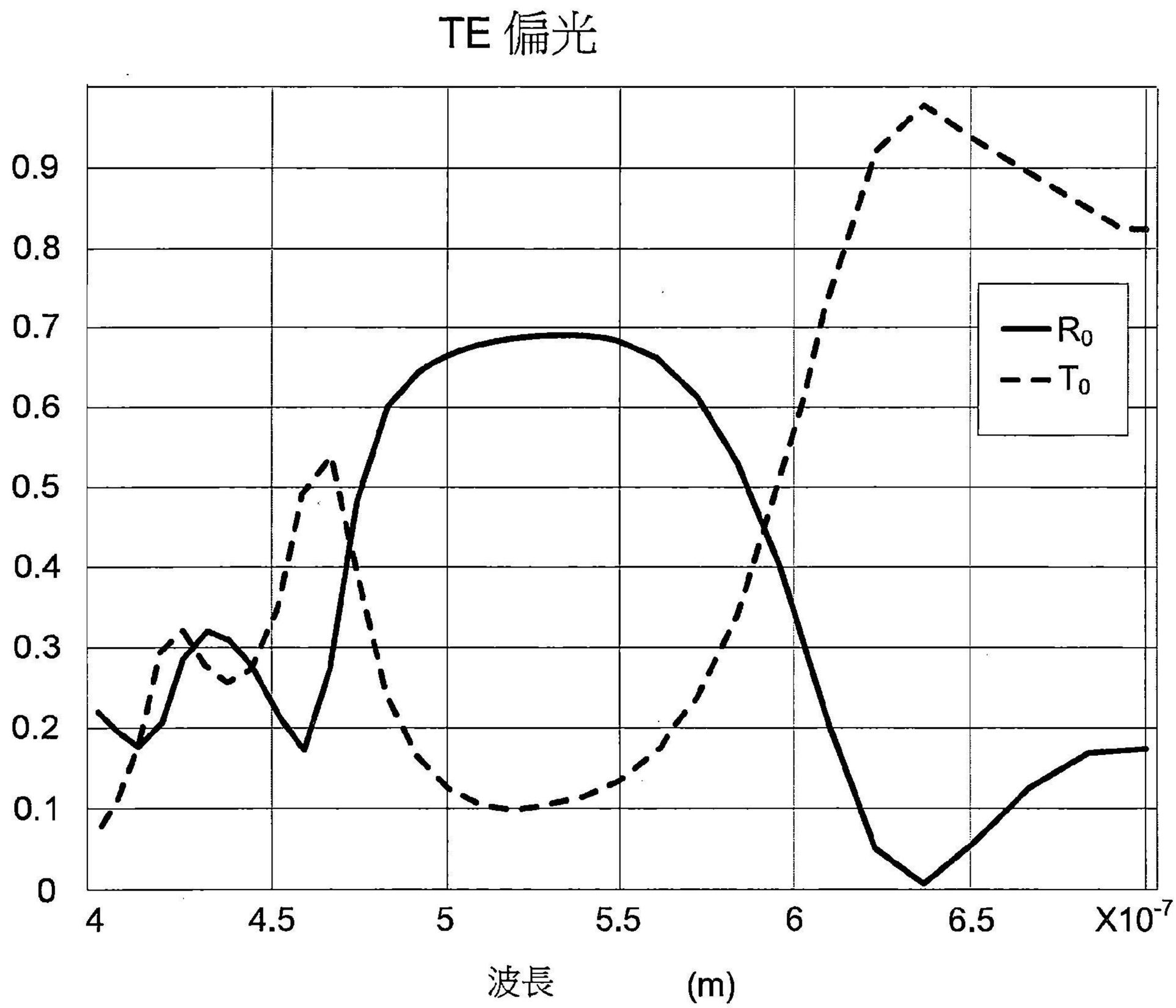
第78C圖


7820
7822
Z
X
Y
$TiO_2$
$TiO_2$
7828
7827
7826
7825
7824

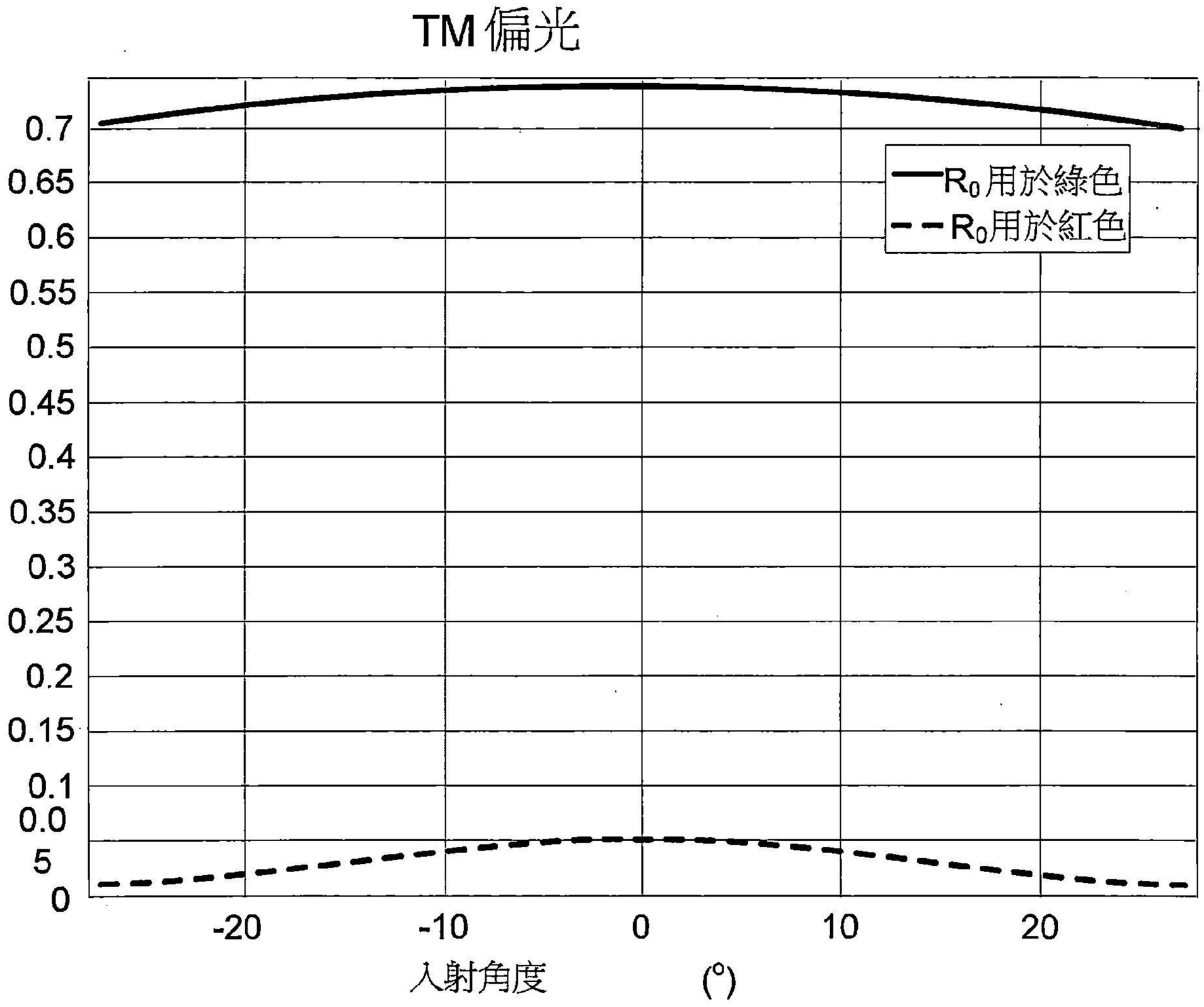
第78D圖


TE 偏光
0.65
0.6
0.55
0.5
0.45
0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
-20
-10
0
10
20
R0用於綠色
R0用於紅色
入射角度 (°)

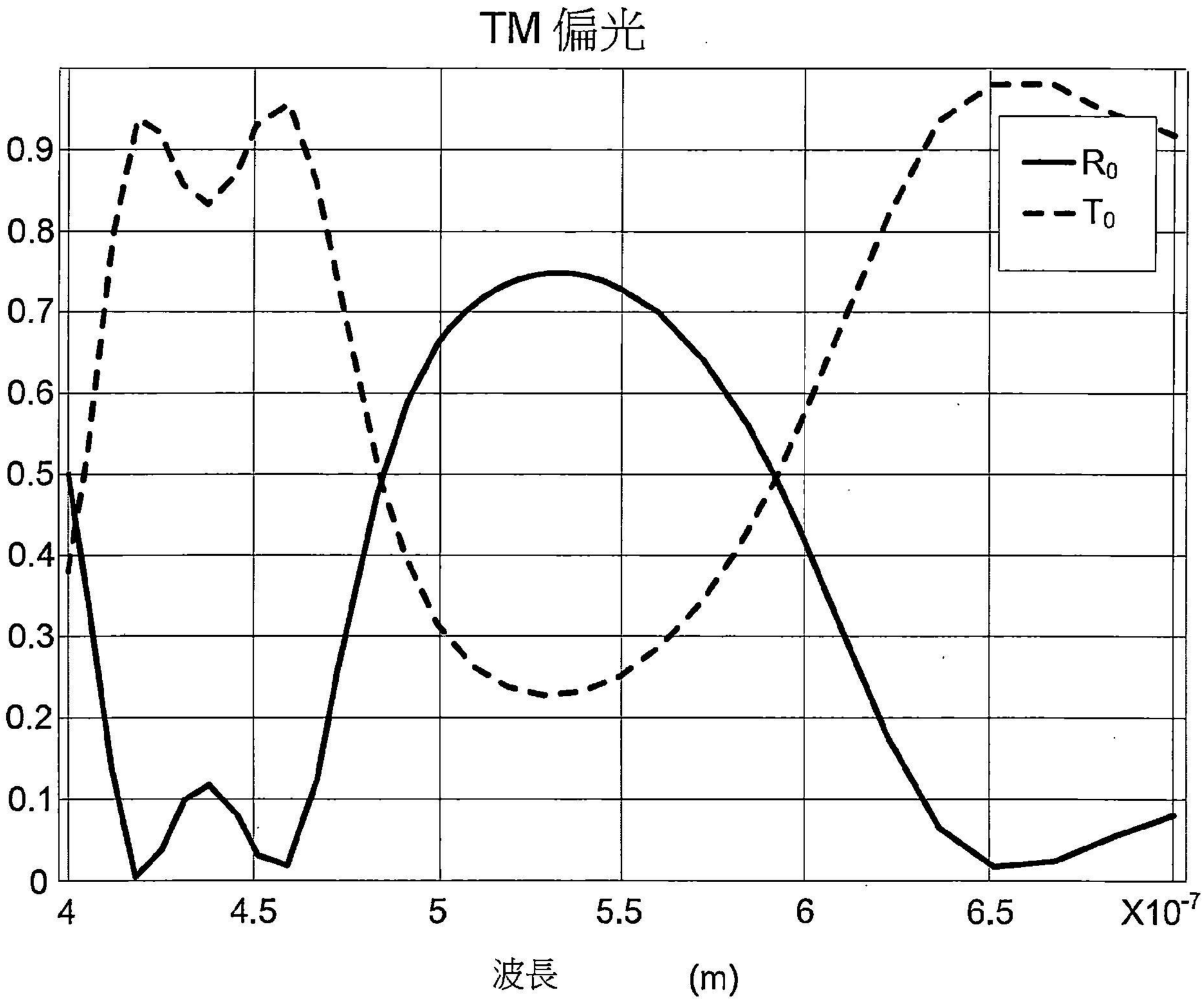
第79圖



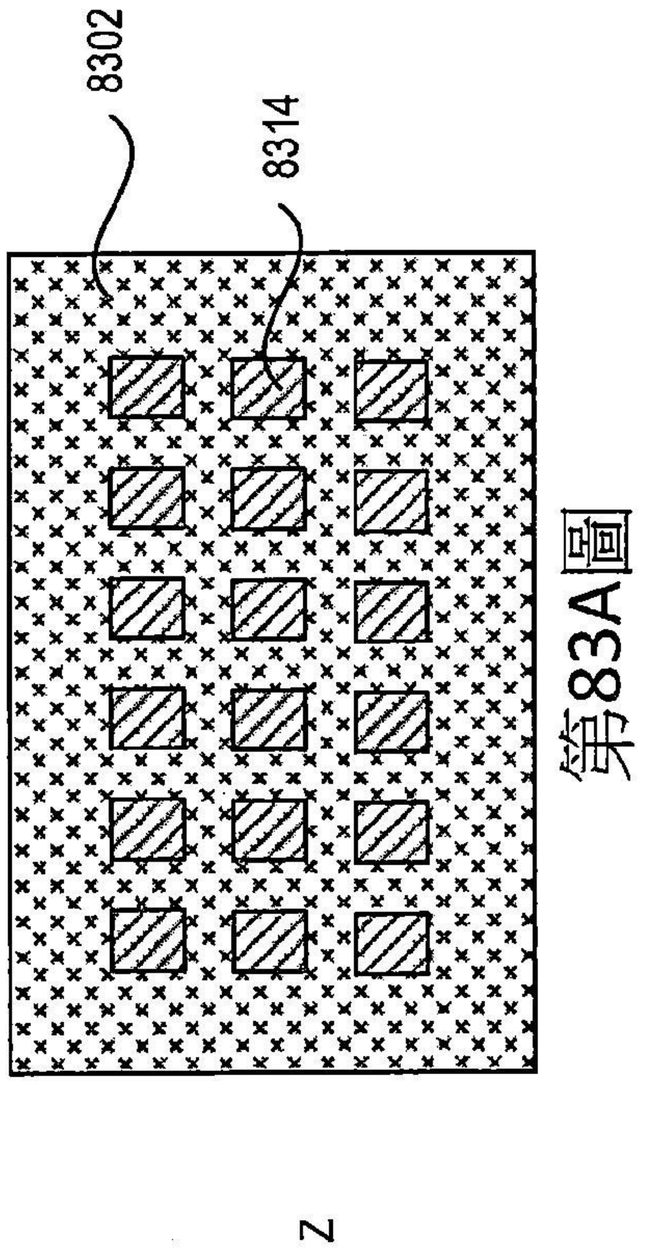

第80圖


TM 偏光
0.7
0.65
0.6
0.55
0.5
0.45
0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
0.15
0.1
0.0
5
0
-20
-10
0
10
20
入射角度
(°)
R0用於綠色
R0用於紅色

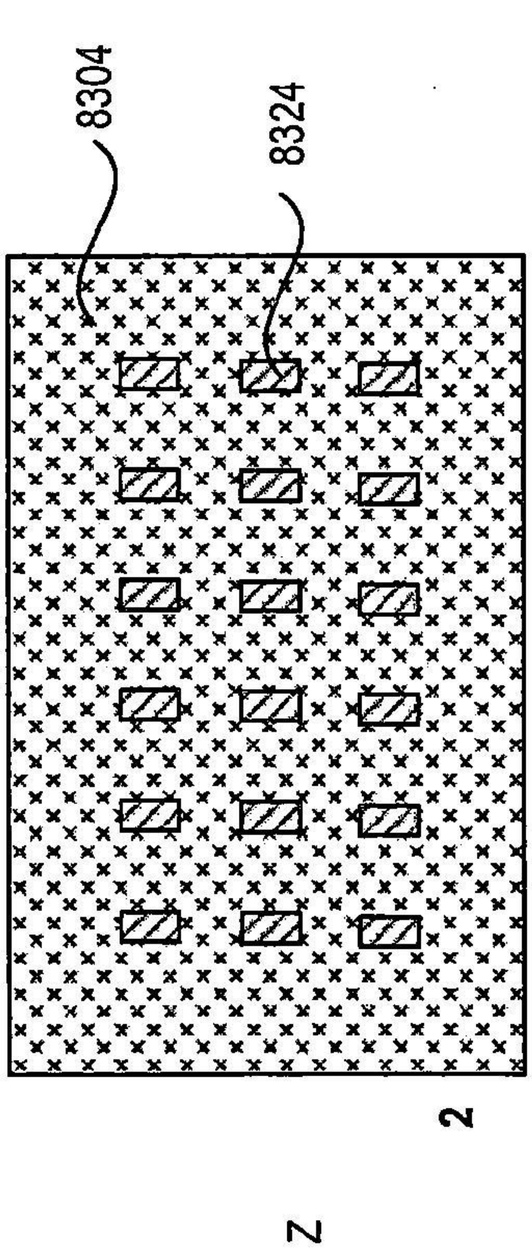
第81圖



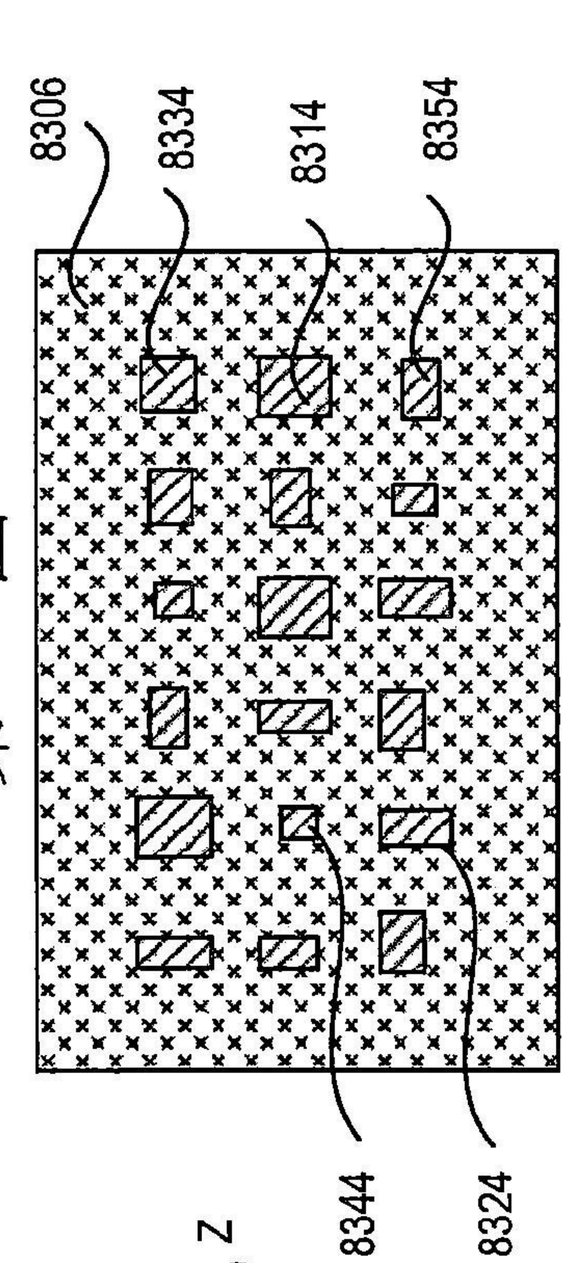

第82圖



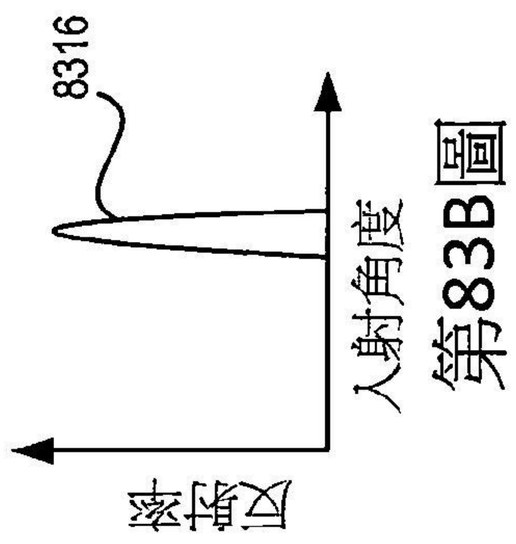

第83A圖



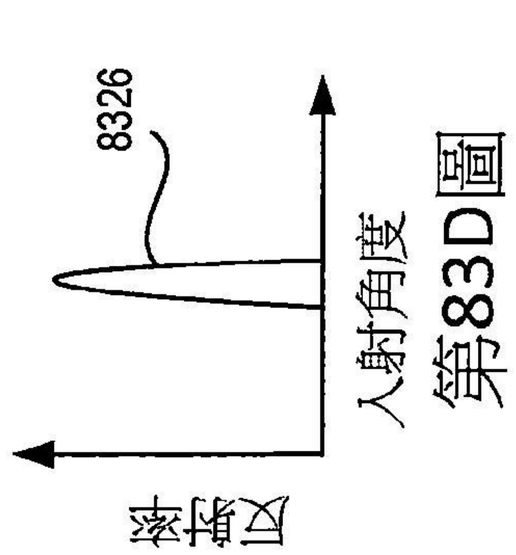

第83C圖



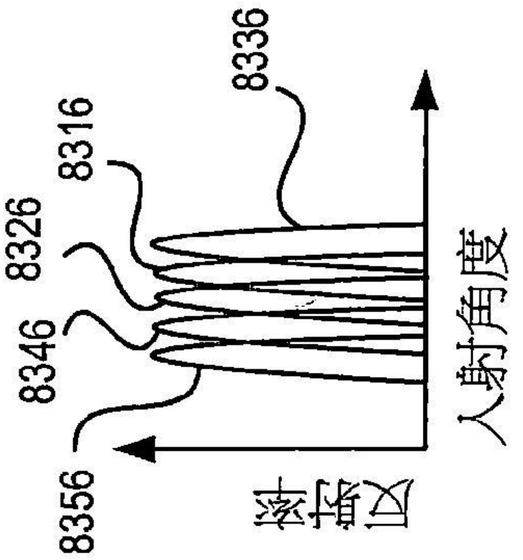

第83E圖



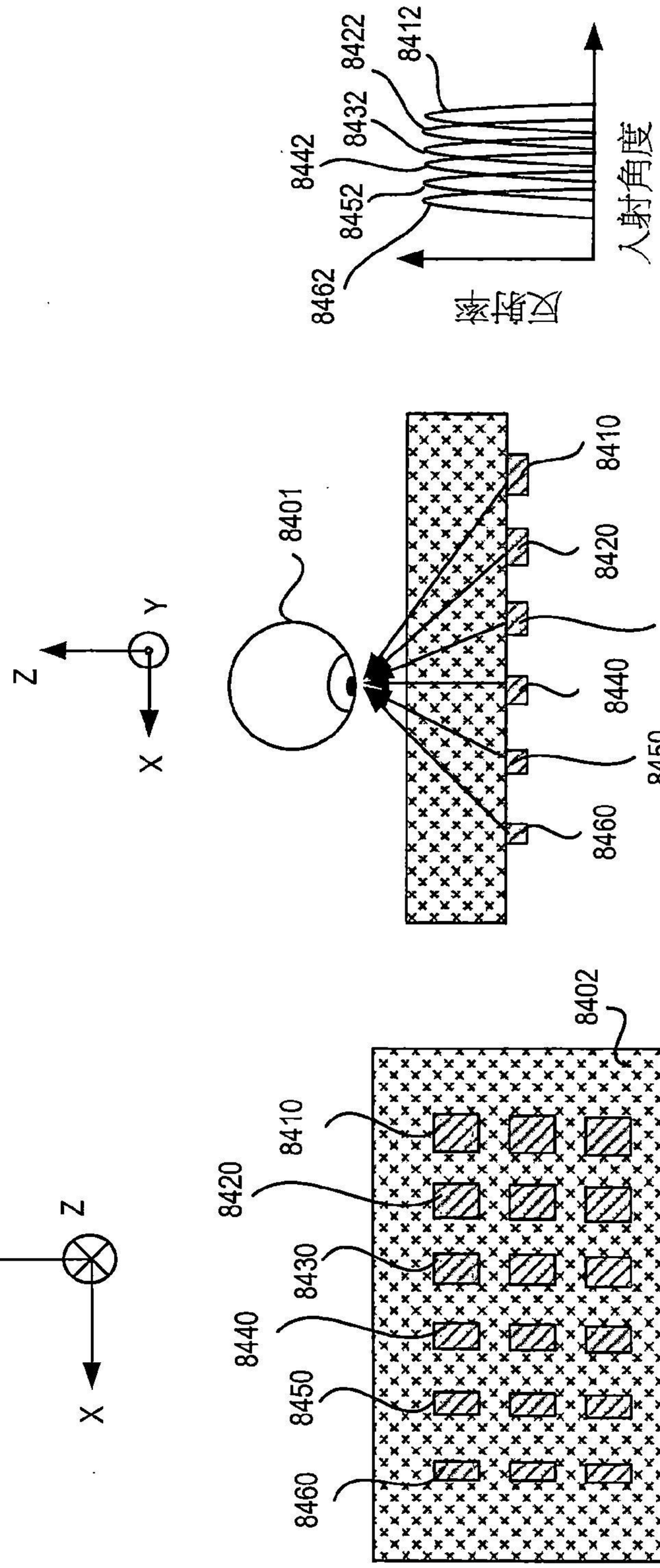

第83B圖




第83D圖



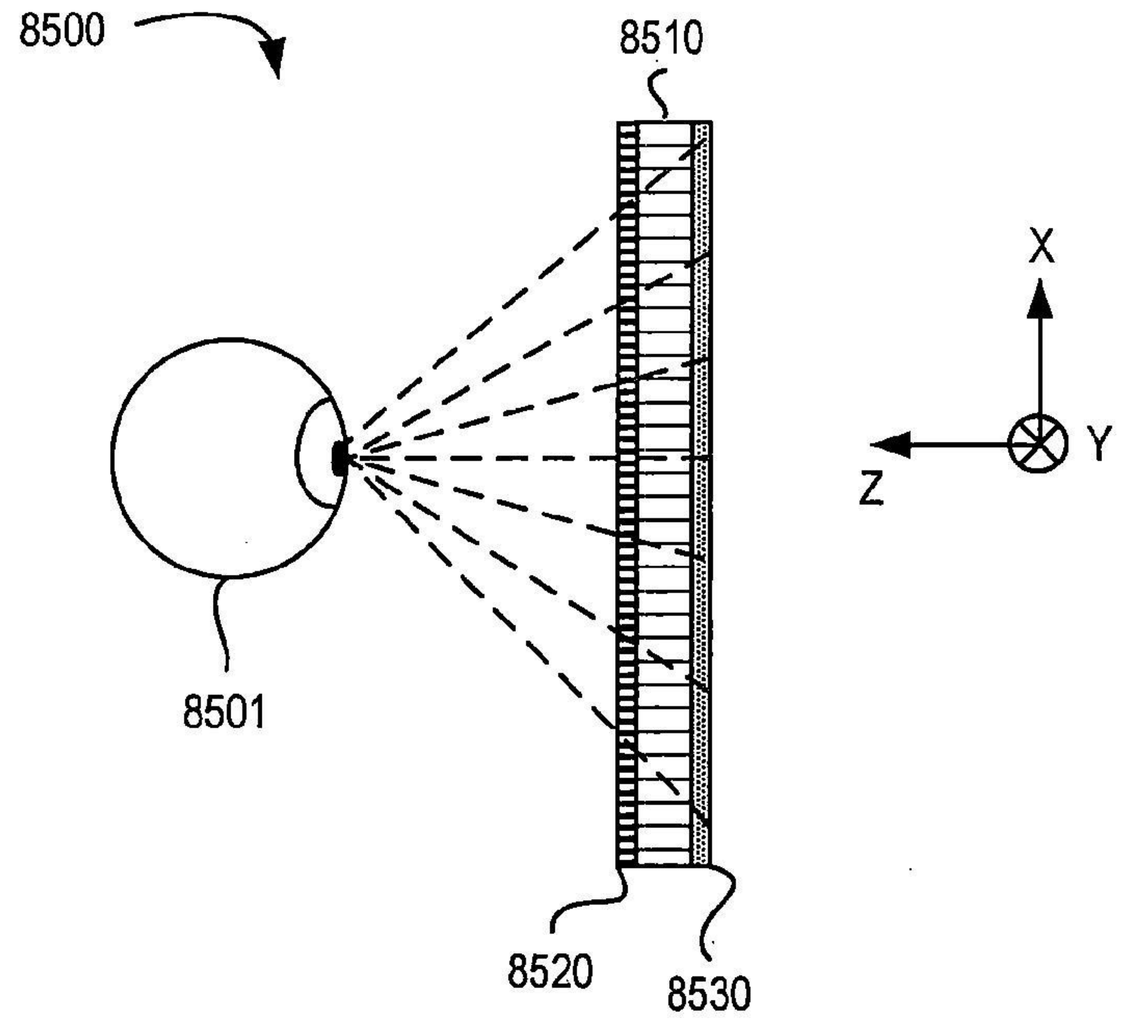

第83F圖



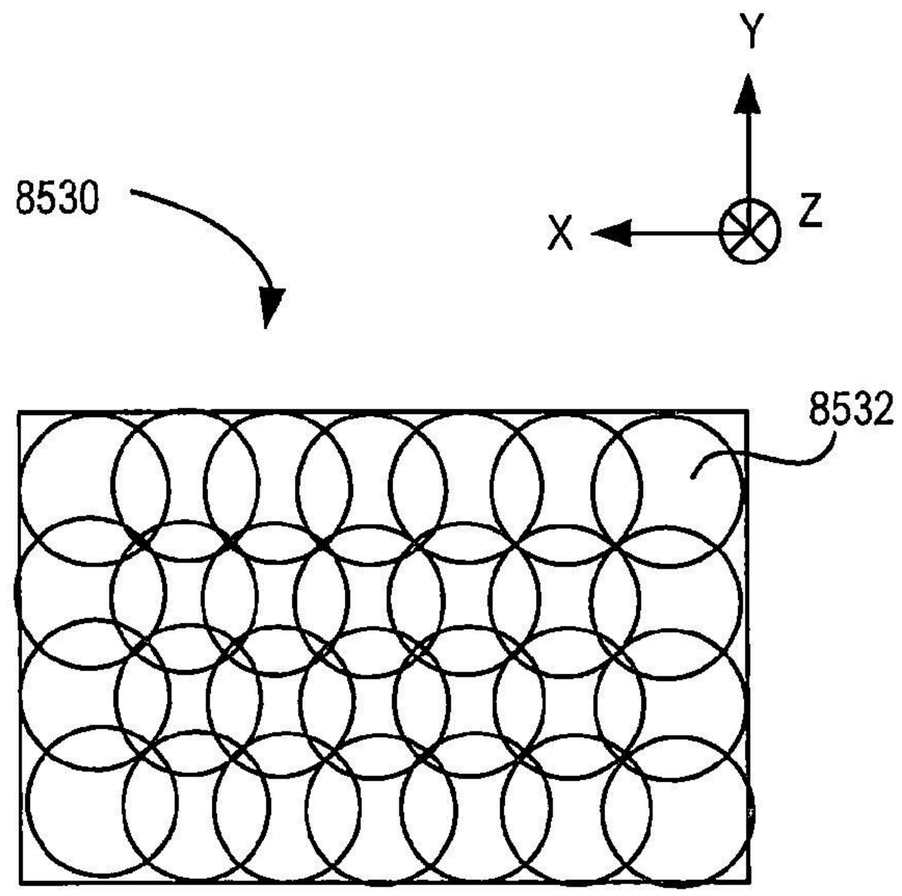

第84C圖

第84B圖

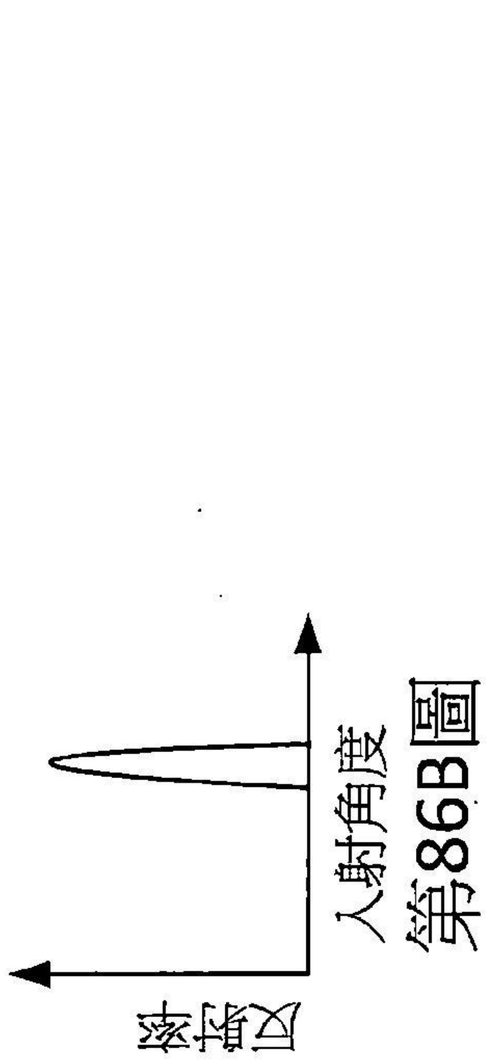
第84A圖



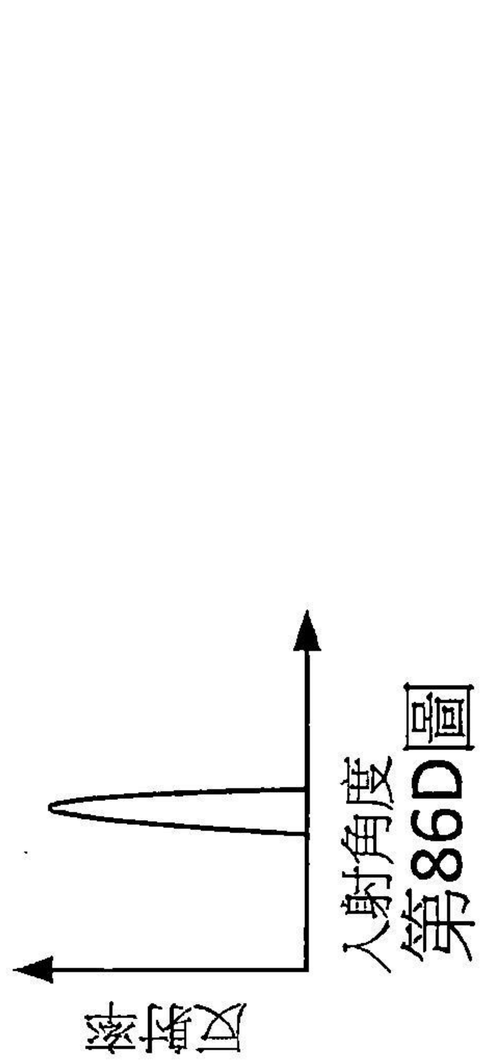

第85A圖



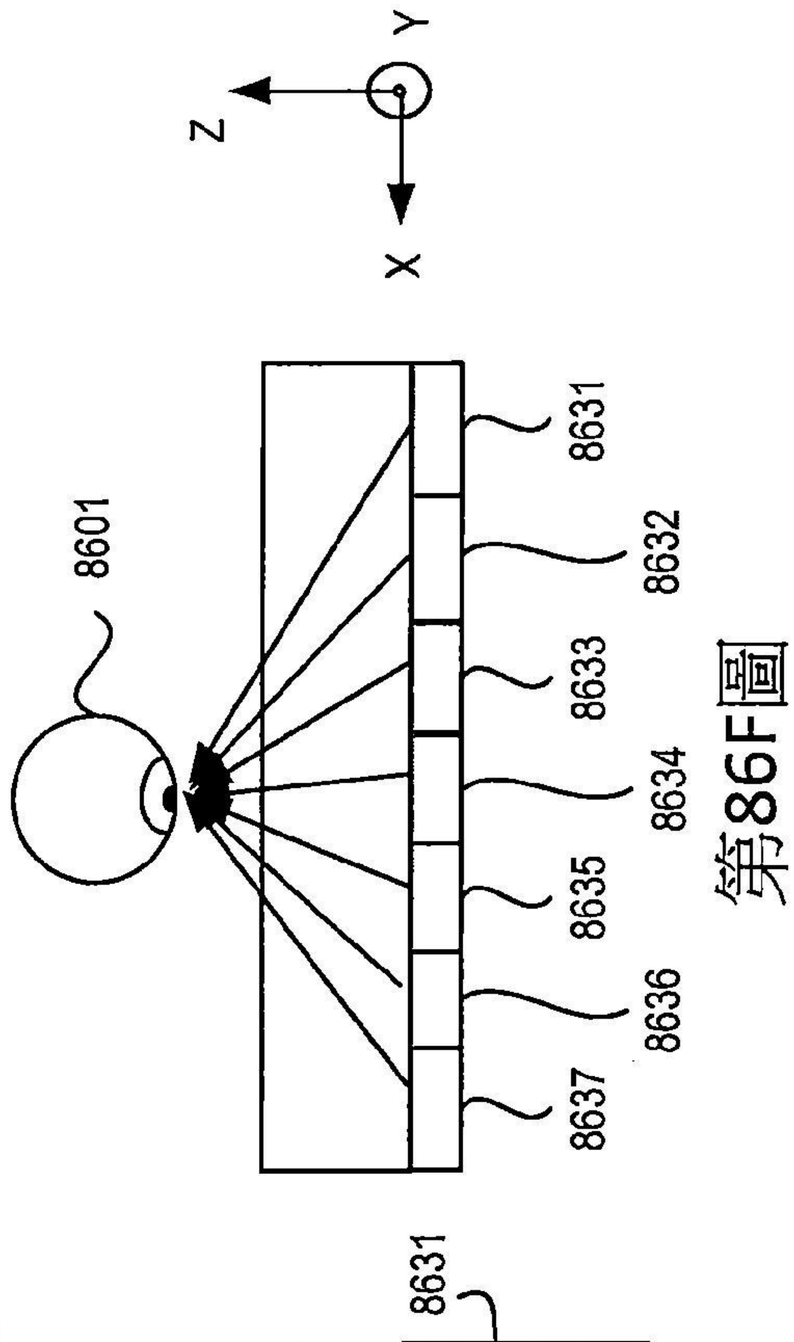

第85B圖



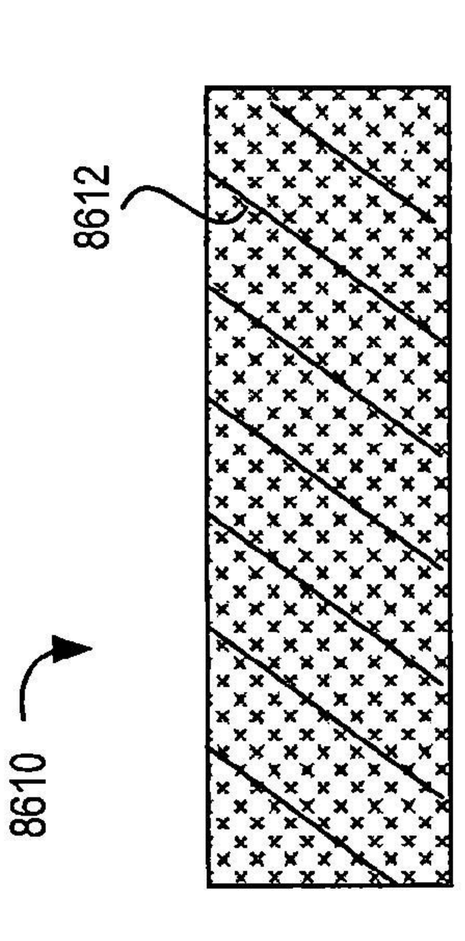

第86B圖



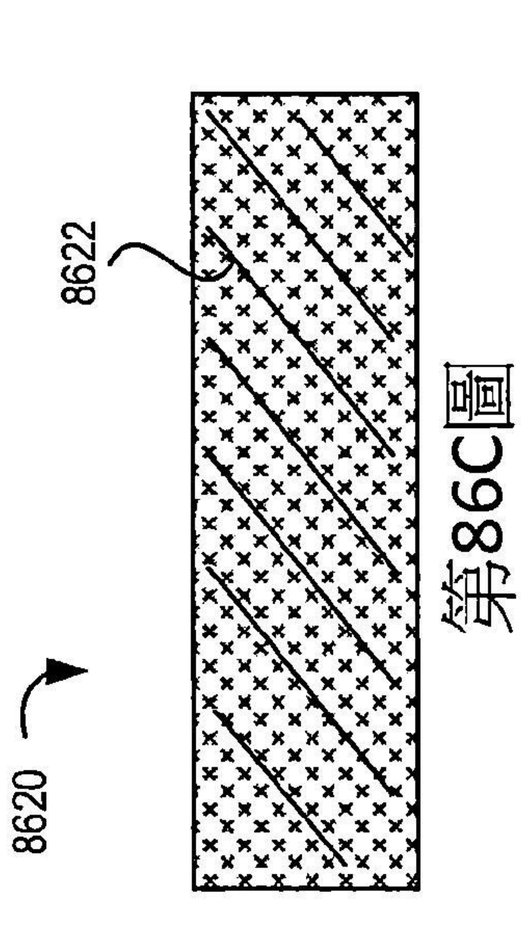

第86D圖



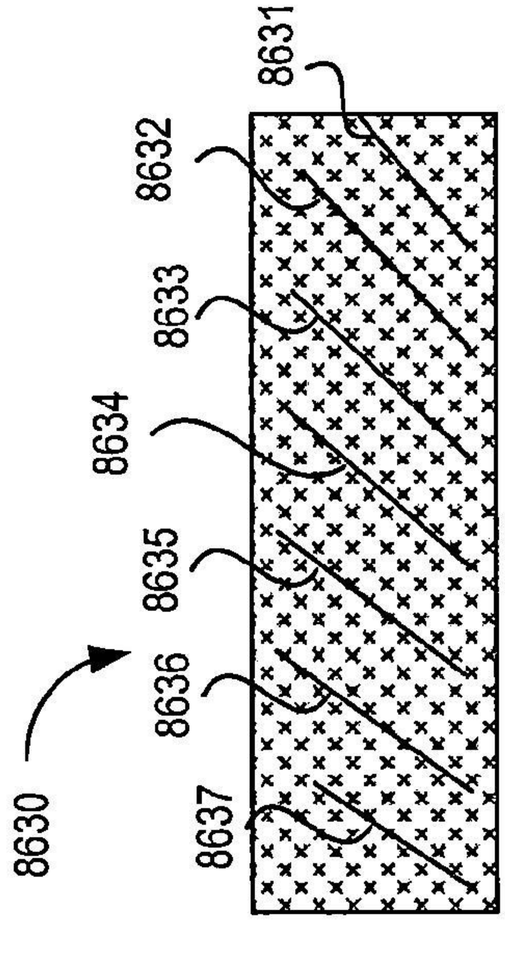

第86F圖



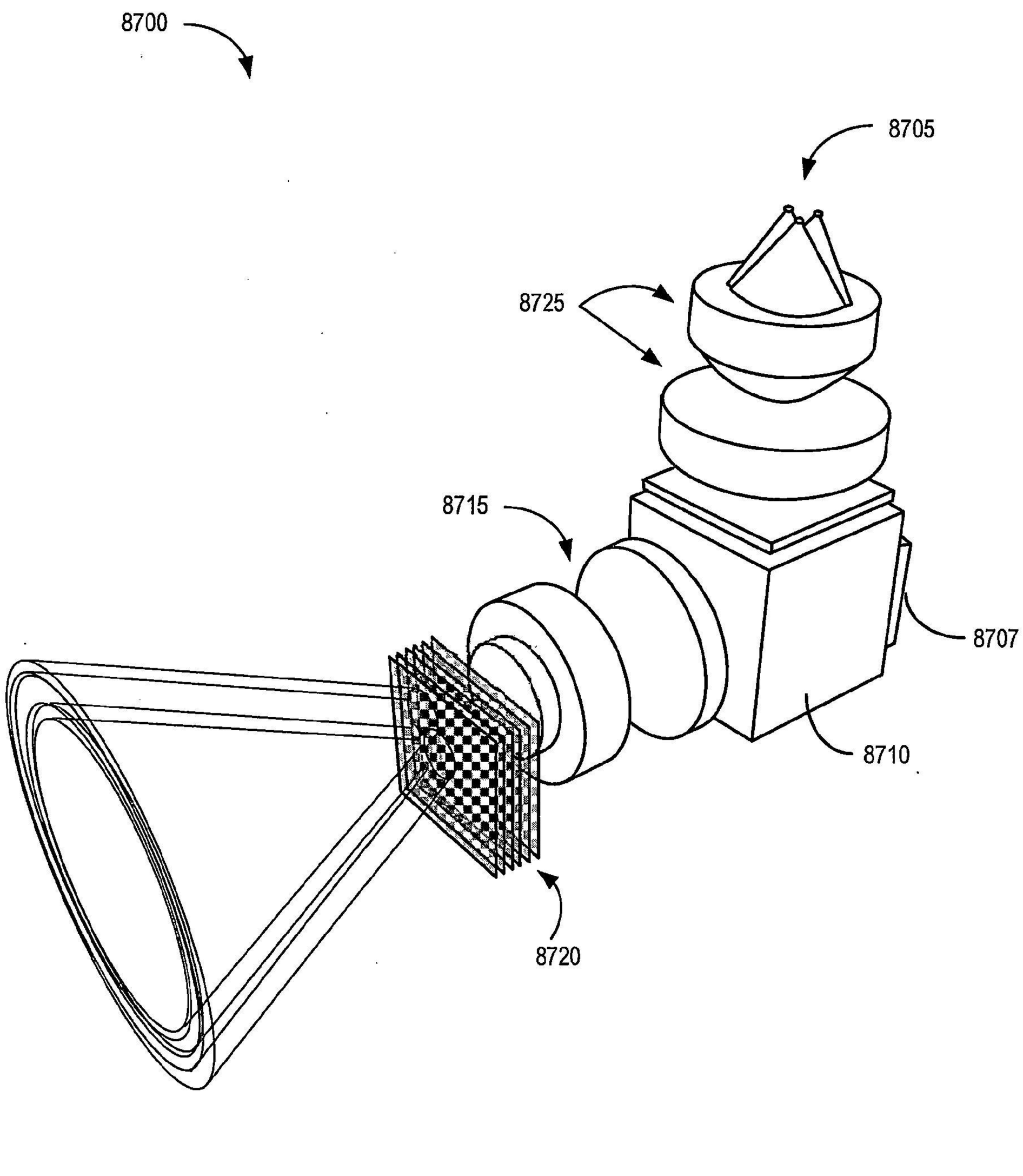

第86A圖



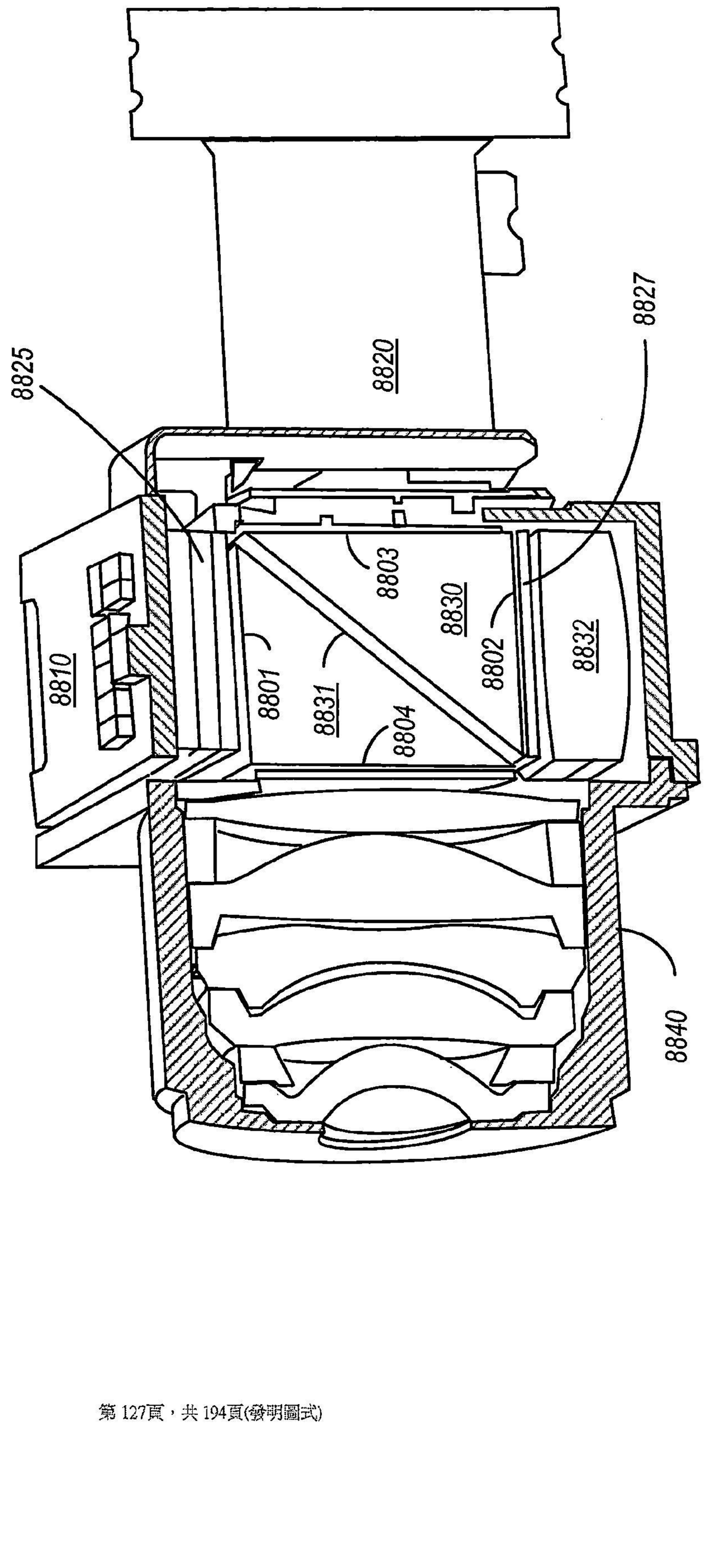

第86C圖



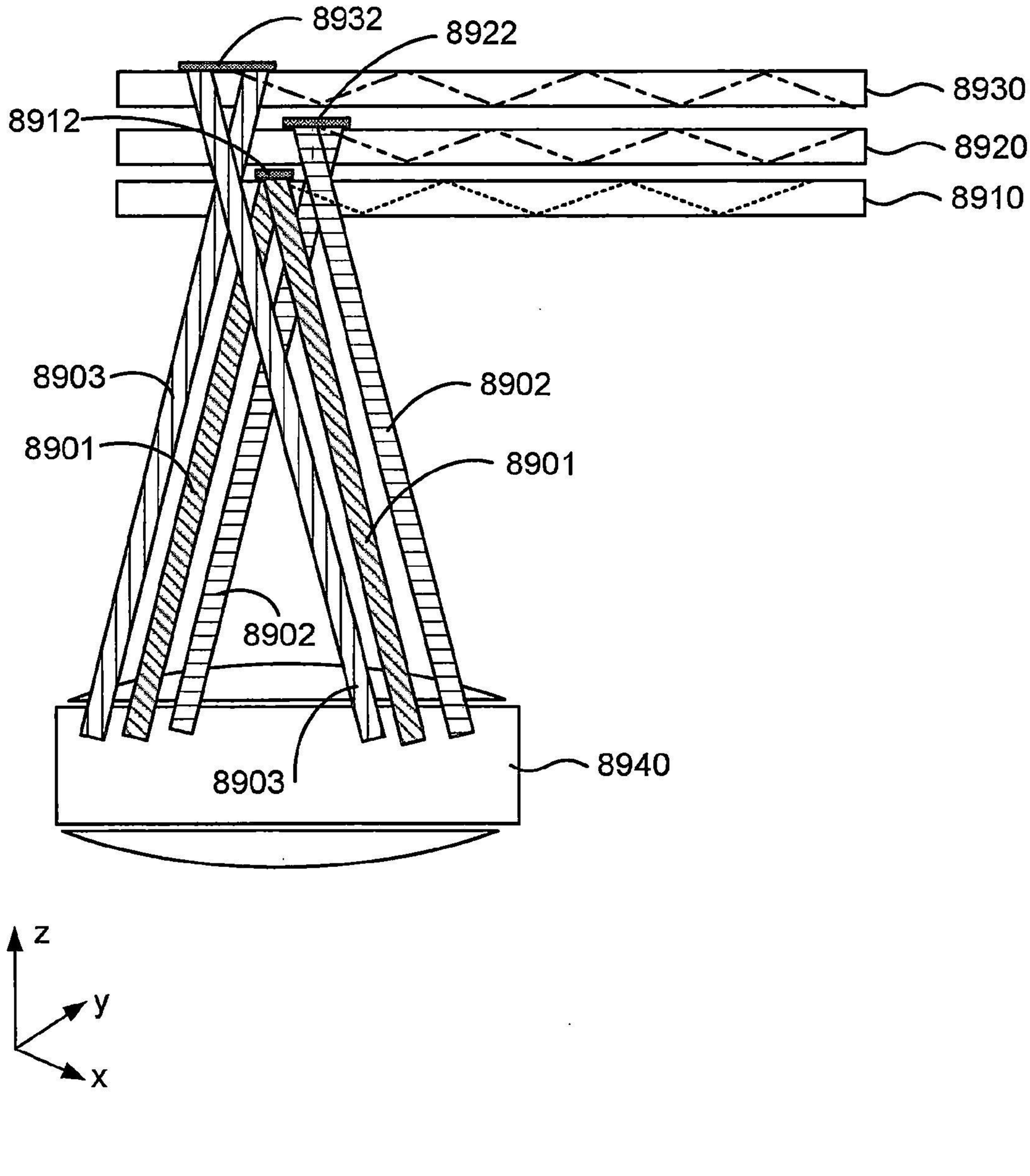

第86E圖



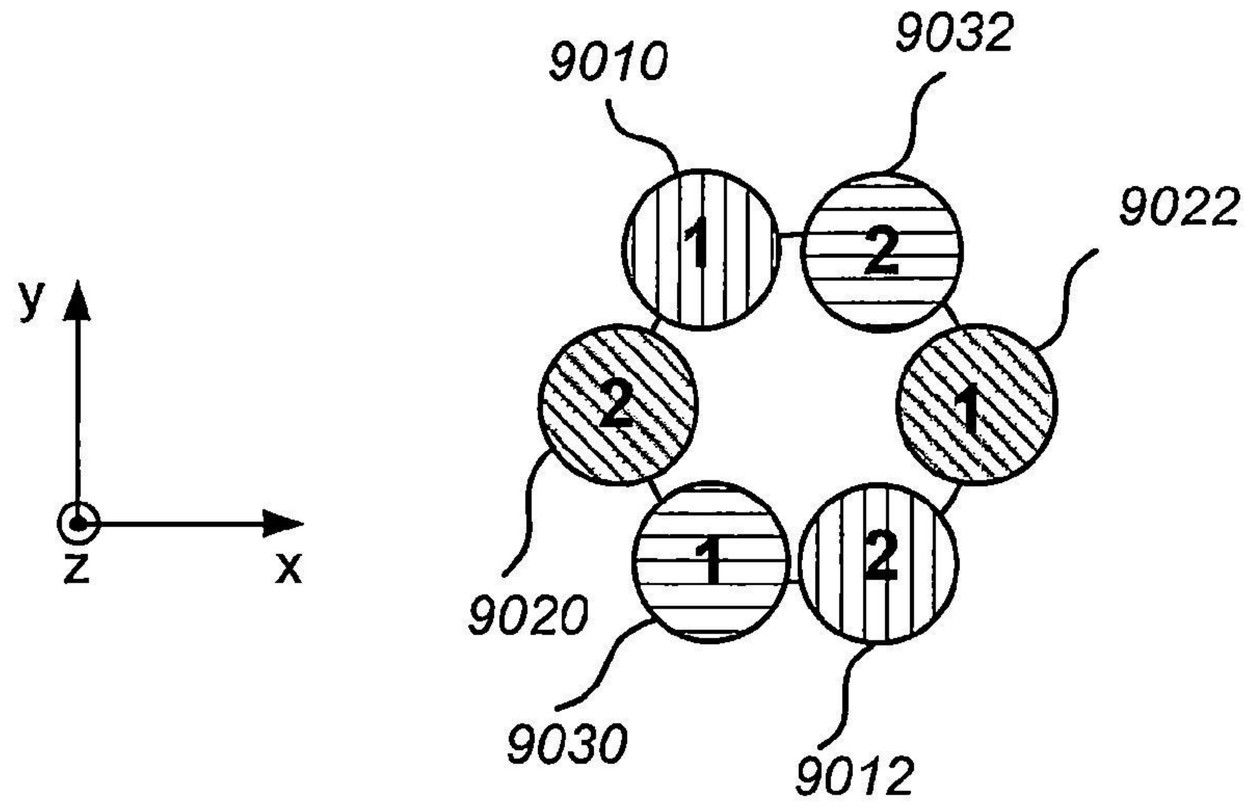

第87圖


8800
8810
8820
8825
8827
8801
8831
8803
8830
8802
8832
8804
8840

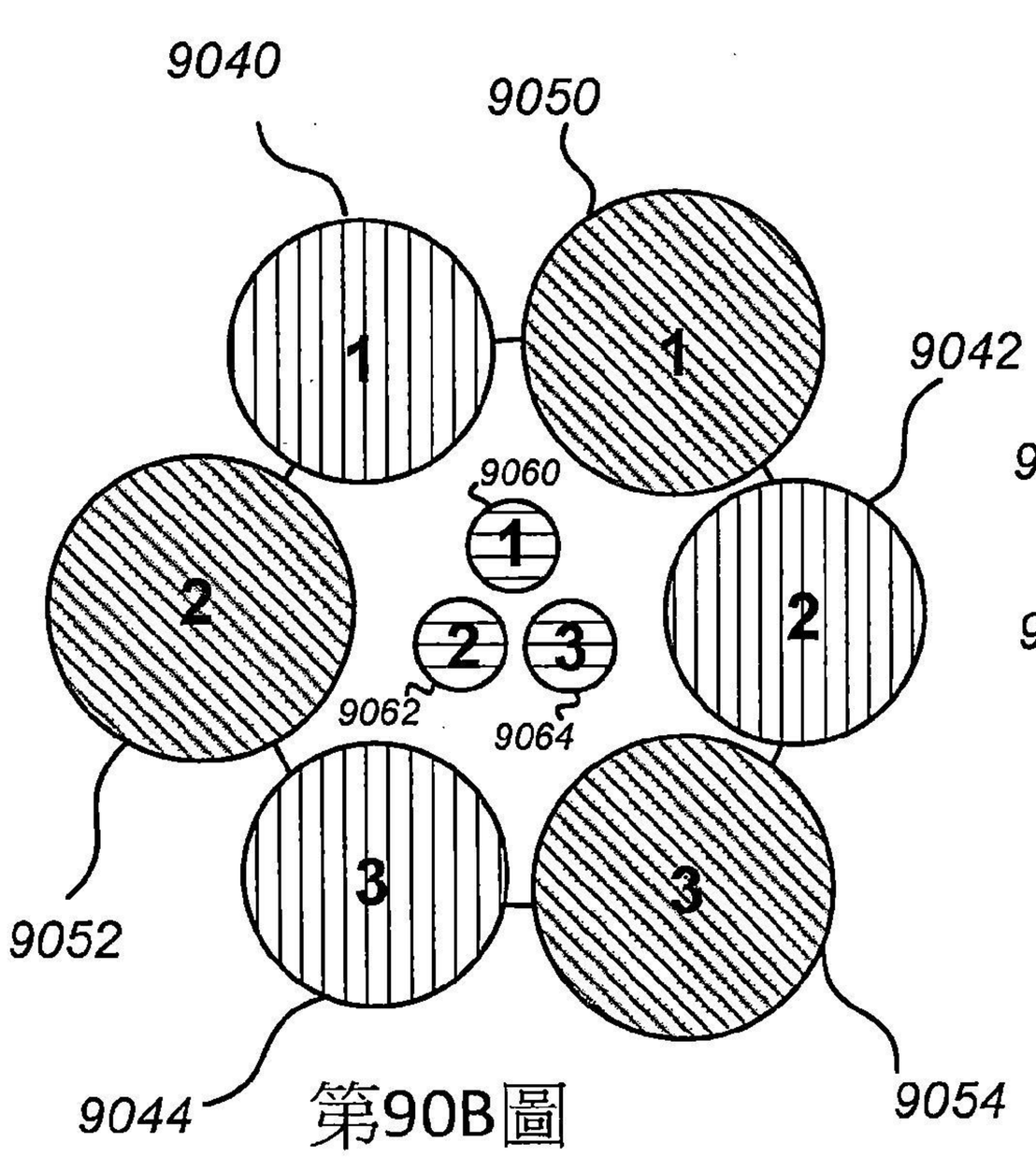
第88圖


8932
8922
8930
8912
8920
8910
8903
8902
8901
8901
8902
8903
8940
z
y
x

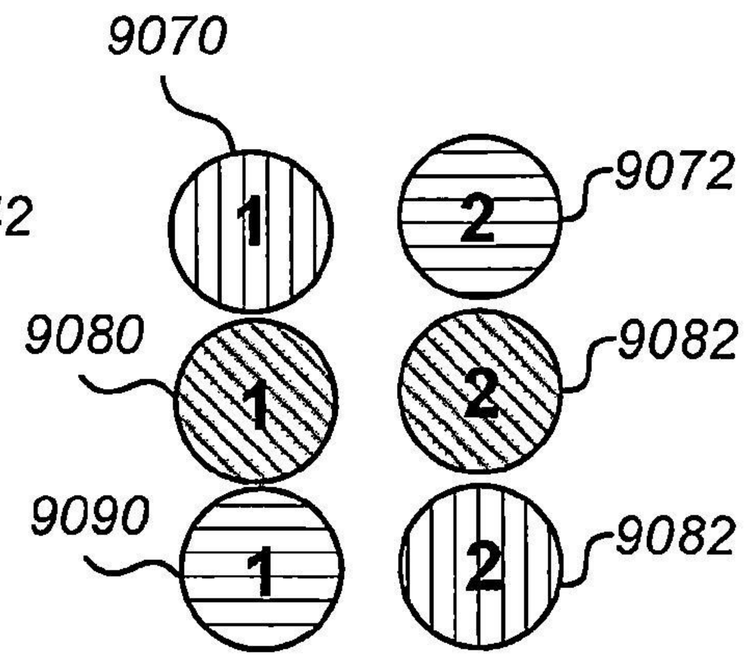
第89圖



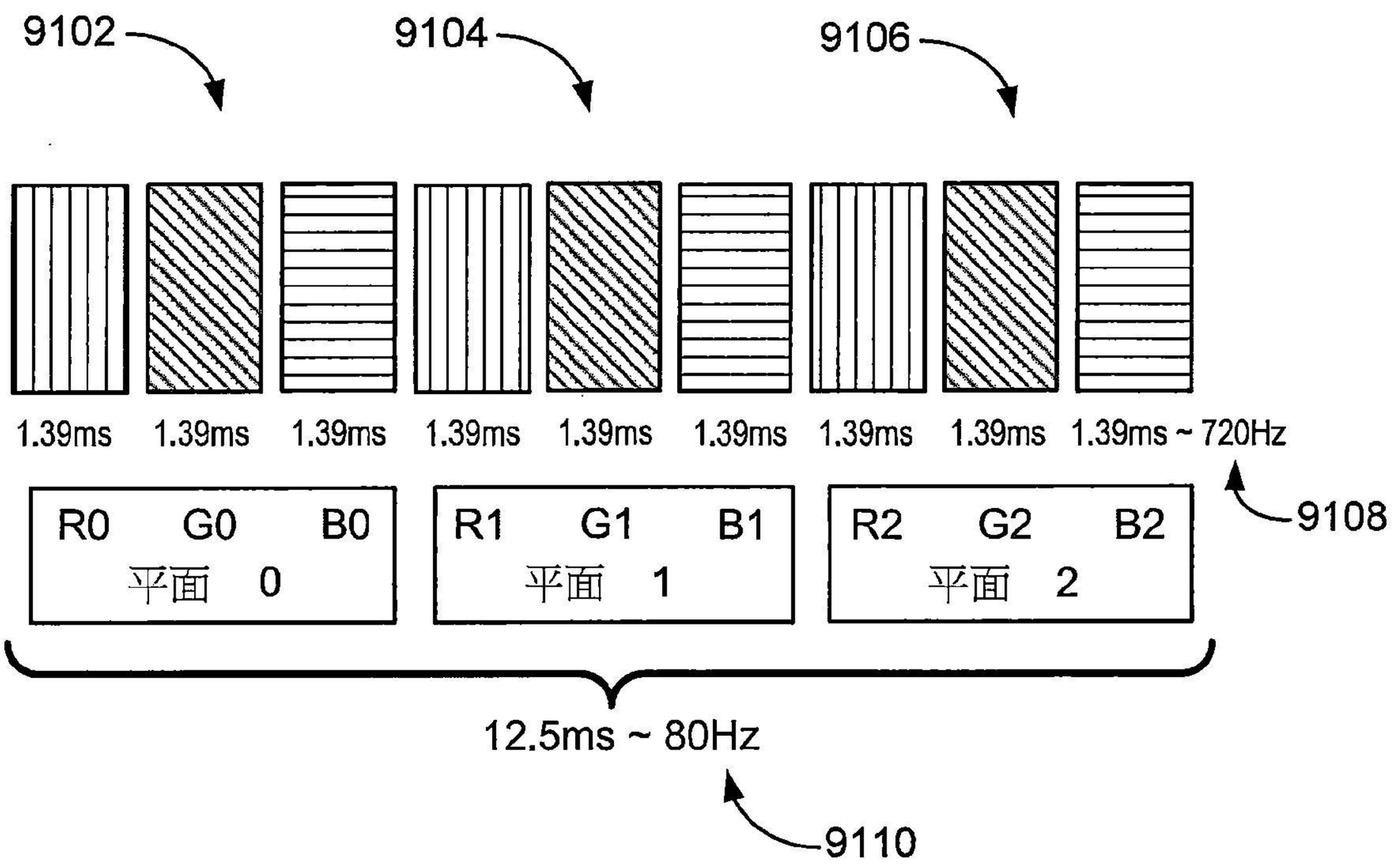

第90A圖



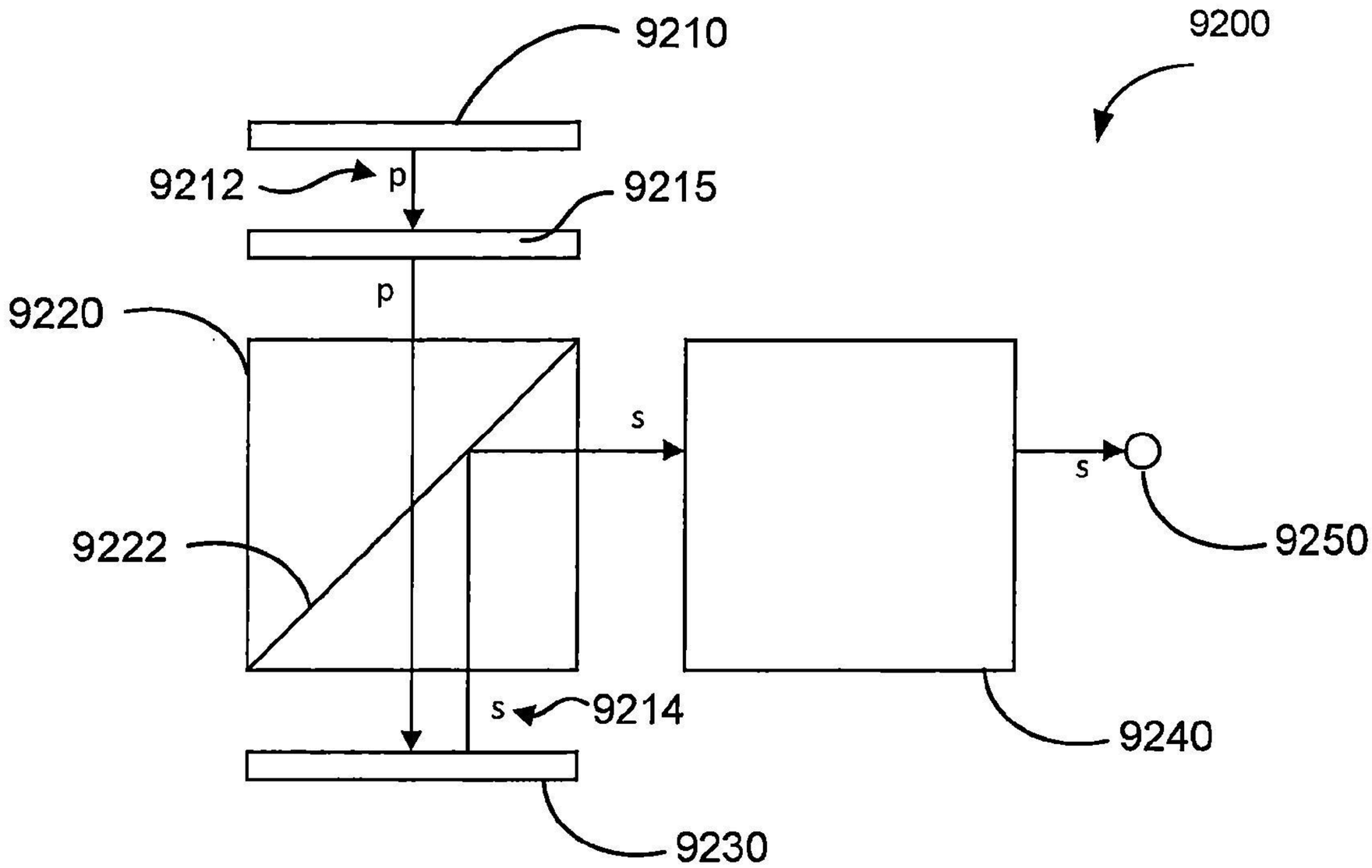

第90B圖



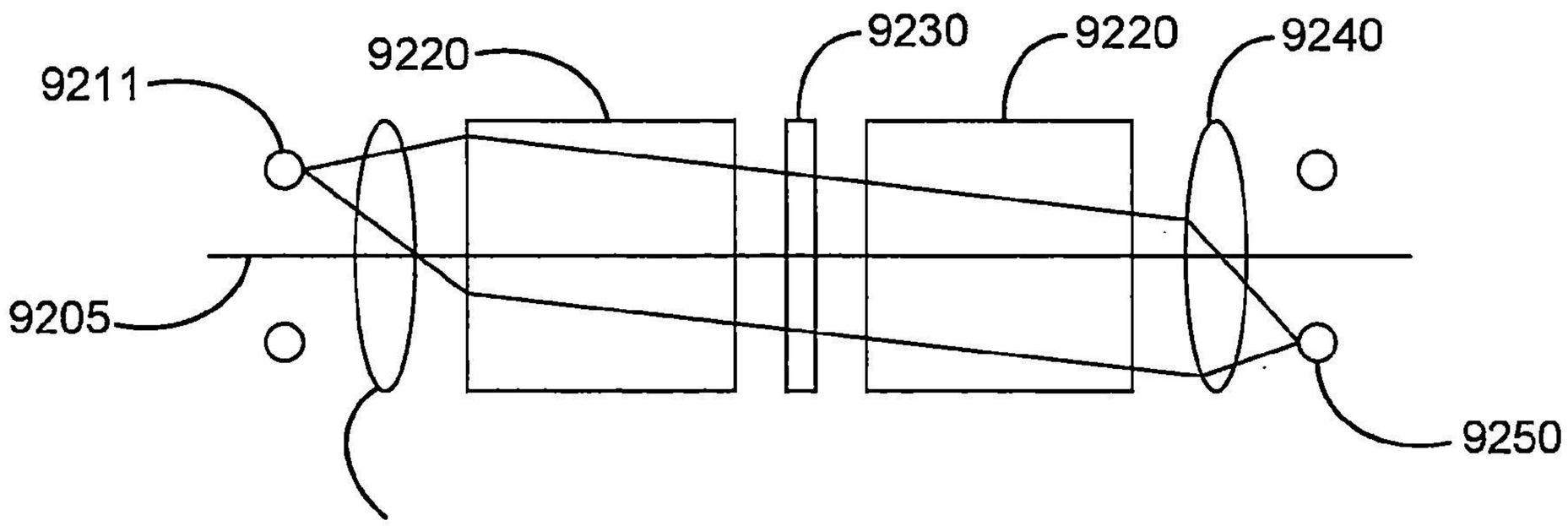

第90C圖


9102
9104
9106
1.39ms
1.39ms
1.39ms
1.39ms
1.39ms
1.39ms
1.39ms
1.39ms
1.39ms ~ 720Hz
9108
R0 G0 B0
平面 0
R1 G1 B1
平面 1
R2 G2 B2
平面 2
12.5ms ~ 80Hz
9110

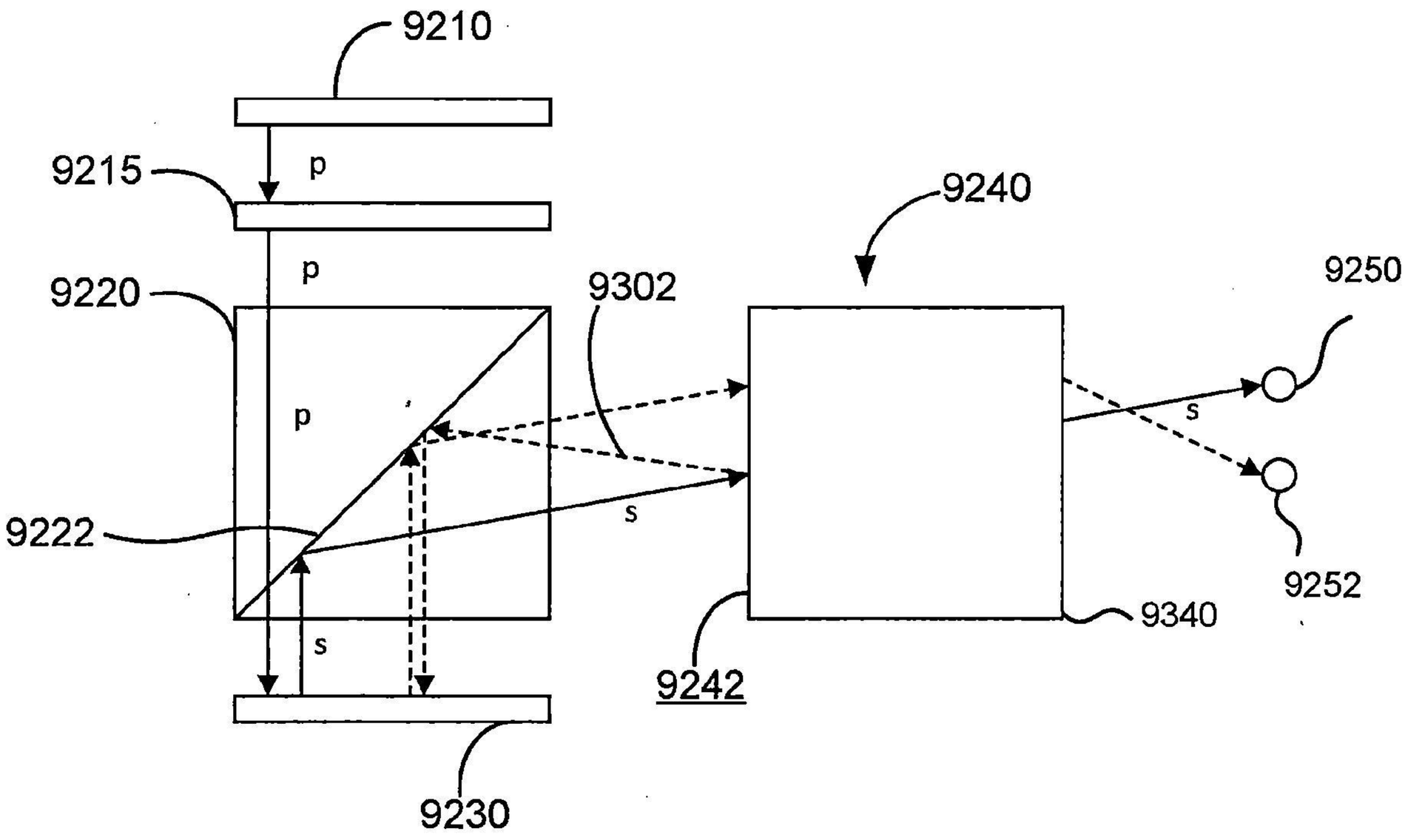
第91圖


9210
9200
9212
p
9215
p
9220
s
9222
s
9250
s
9214
9240
9230

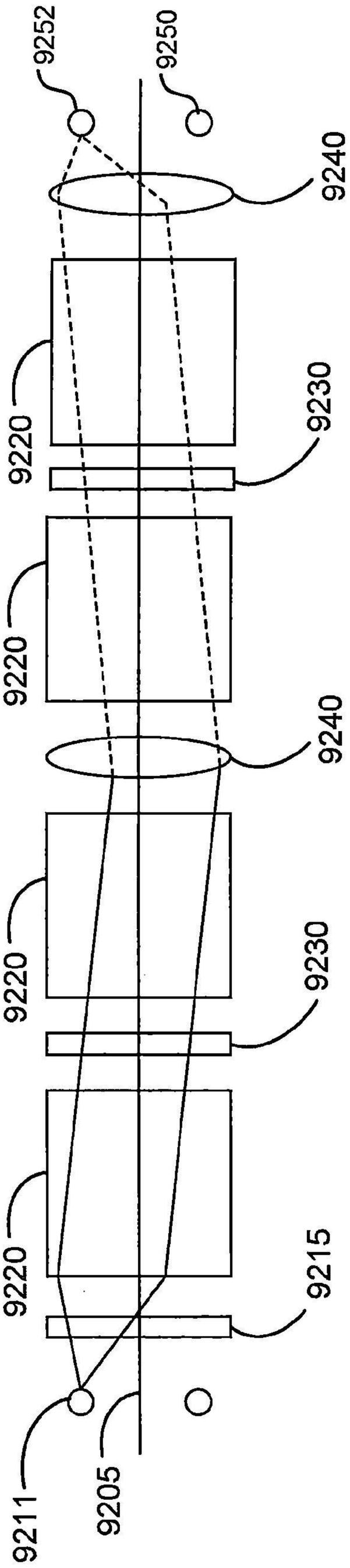
第92A圖


9211
9220
9230
9220
9240
9205
9250
9215

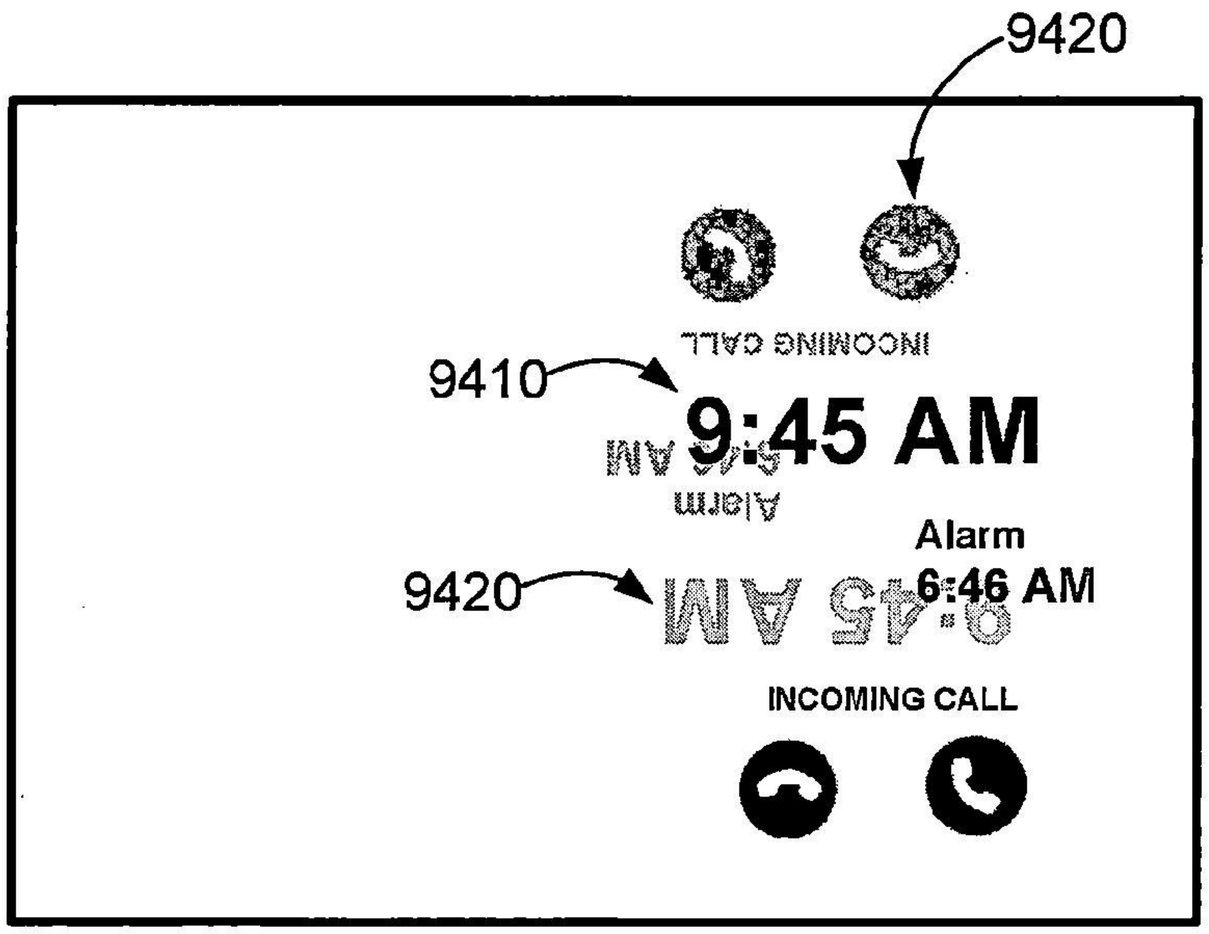
第92B圖


9210
9215
p
p
9220
p
9222
s
9230
9302
9240
9242
s
9250
s
9252
9340

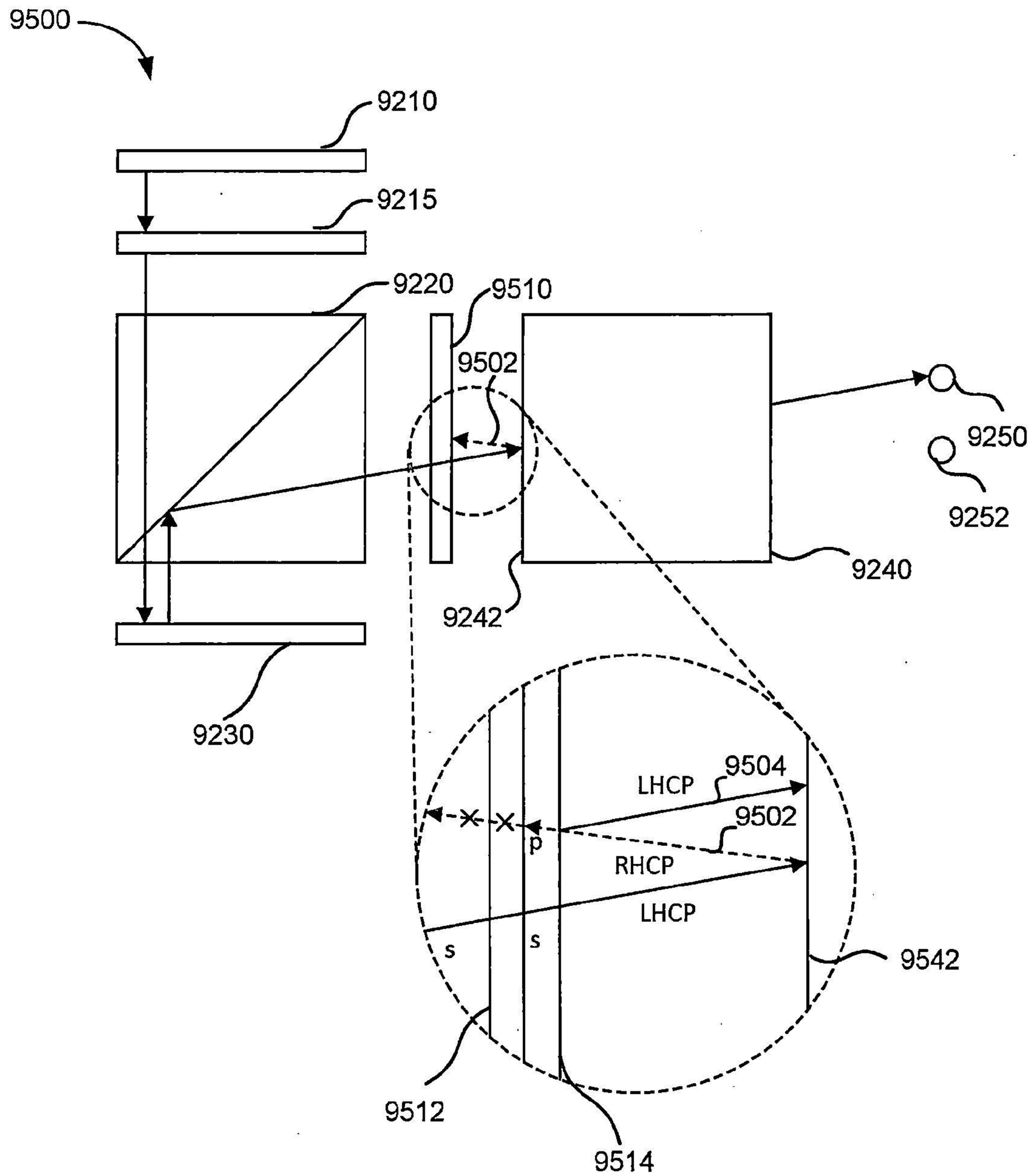
第93A圖


9252
9250
9240
9220
9230
9220
9240
9220
9230
9220
9215
9211
9205

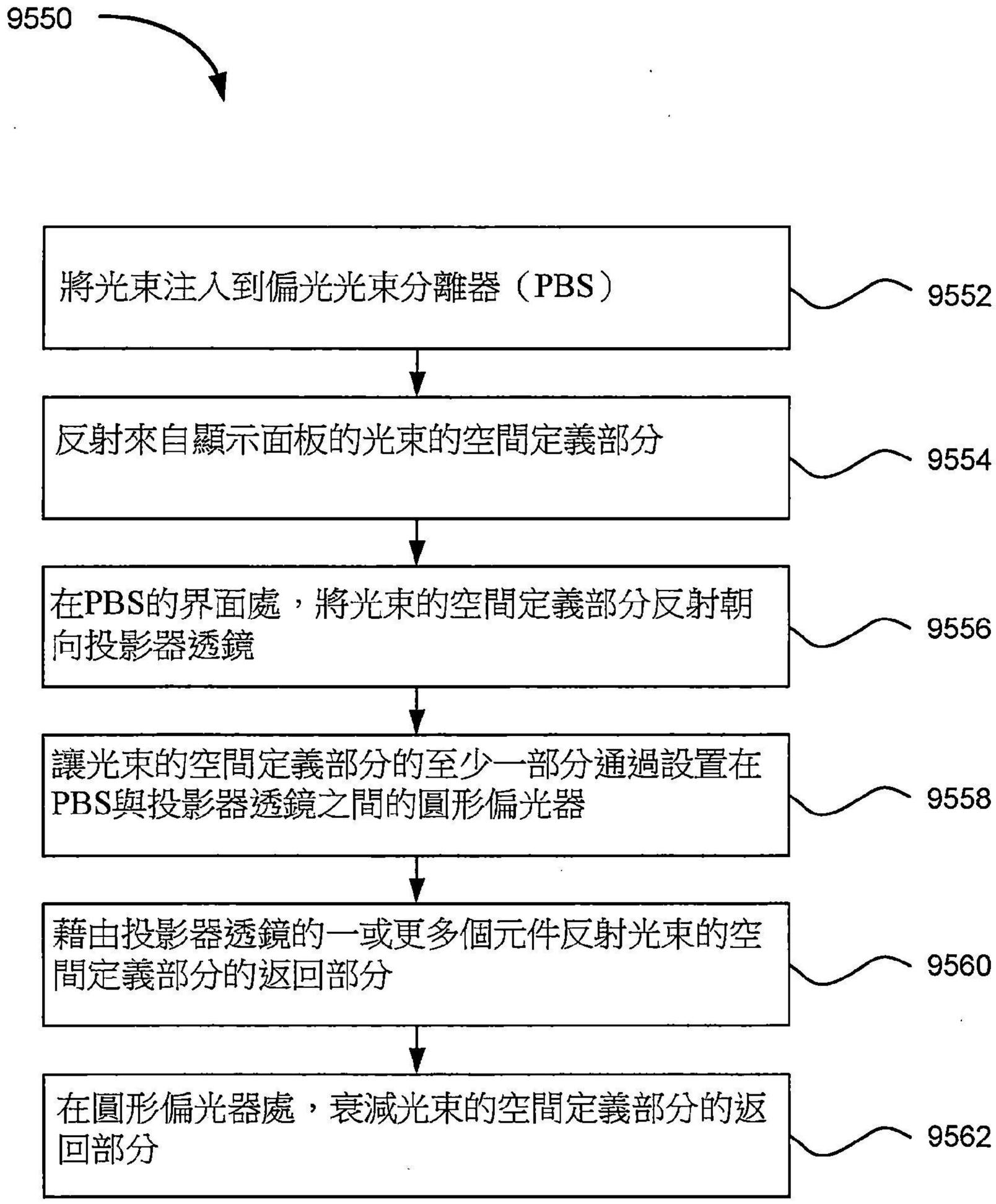
第93B圖



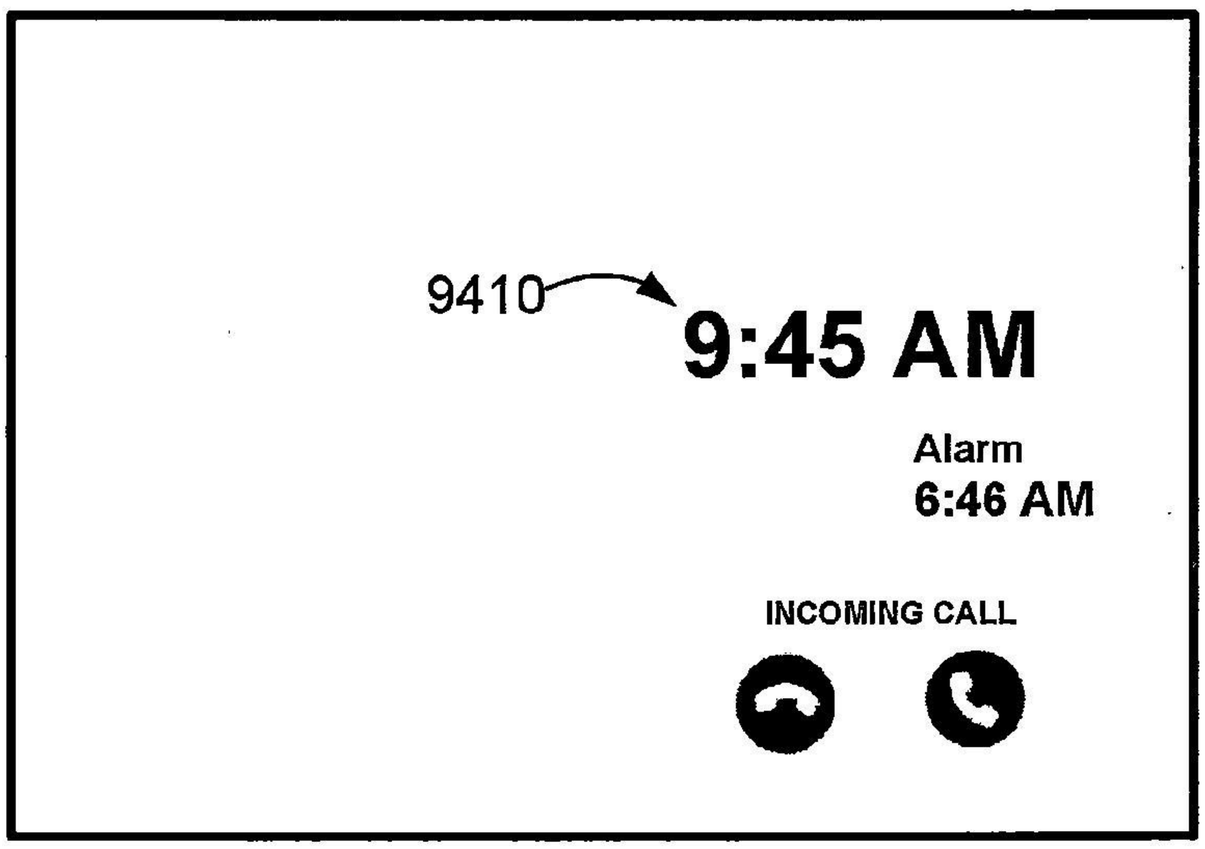

第94圖


9500
9210
9215
9220
9510
9502
9250
9252
9240
9242
9230
9504
LHCP
9502
RHCP
LHCP
p
s
s
9542
9512
9514

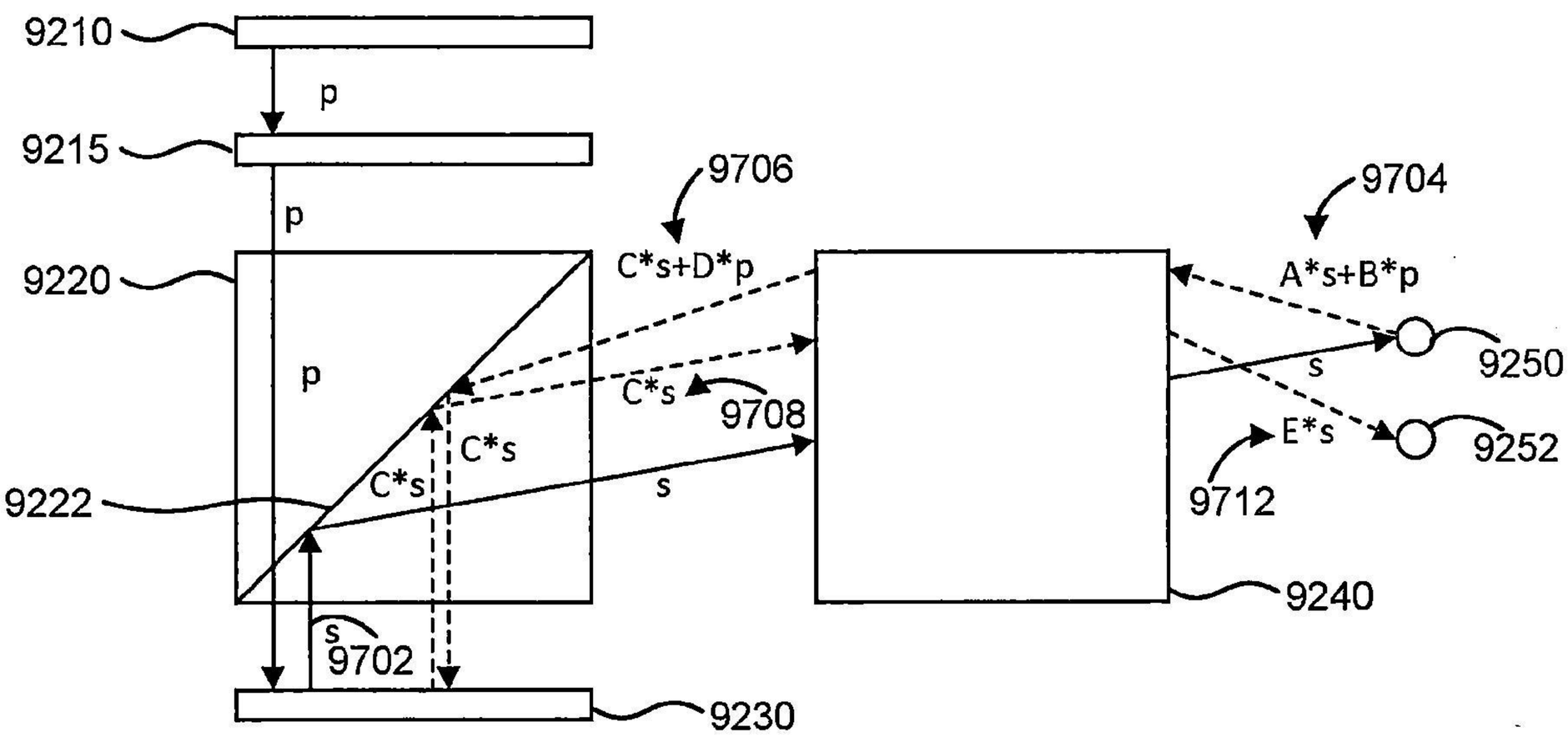
第95A圖


9550
將光束注入到偏光光束分離器（PBS）
9552
反射來自顯示面板的光束的空間定義部分
9554
在PBS的界面處，將光束的空間定義部分反射朝向投影器透鏡
9556
讓光束的空間定義部分的至少一部分通過設置在PBS與投影器透鏡之間的圓形偏光器
9558
藉由投影器透鏡的一或更多個元件反射光束的空間定義部分的返回部分
9560
在圓形偏光器處，衰減光束的空間定義部分的返回部分
9562

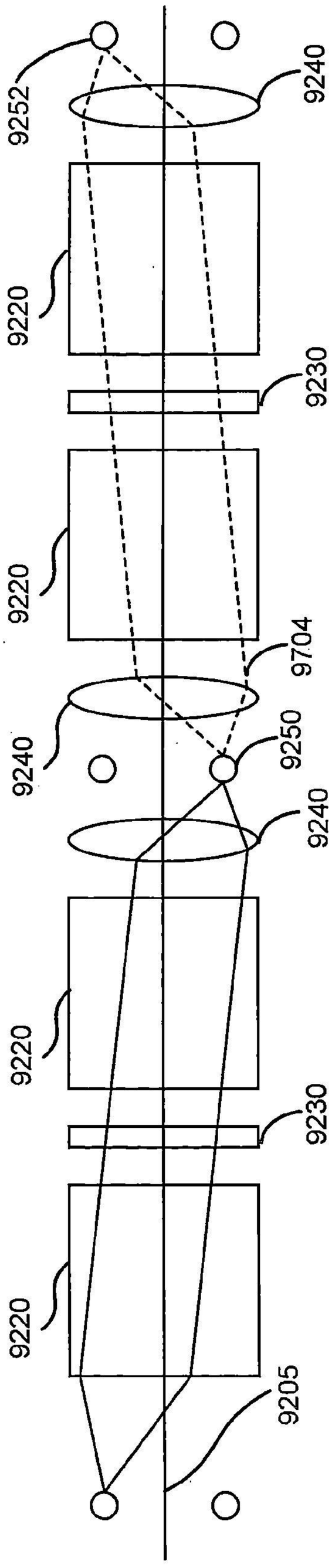
第95B圖



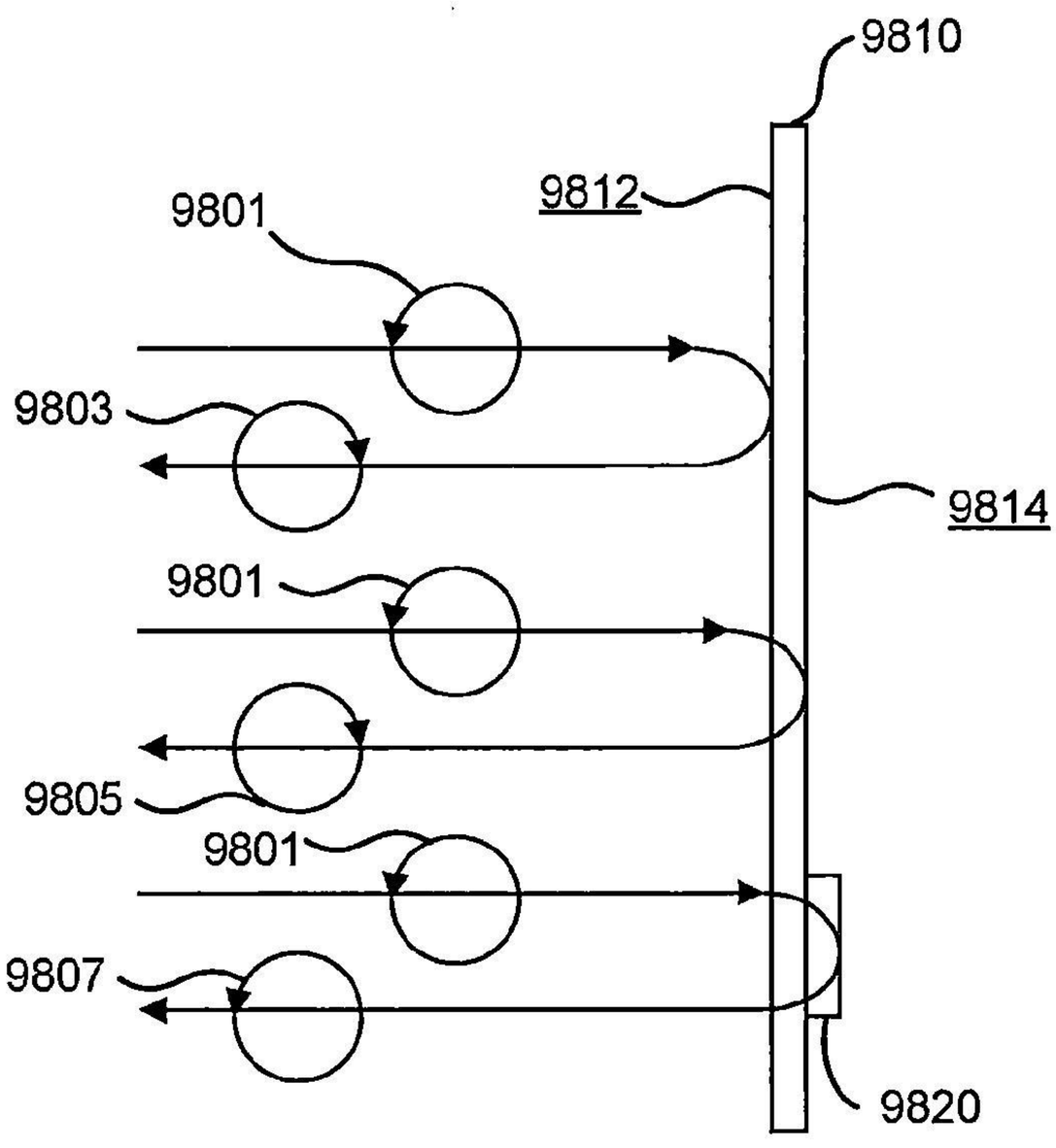

第96圖


9210
p
9215
p
9220
p
9222
C*s
C*s
C*s
s
9702
9706
C*s+D*p
C*s
9708
s
9704
A*s+B*p
s
9250
E*s
9252
9712
9240
9230

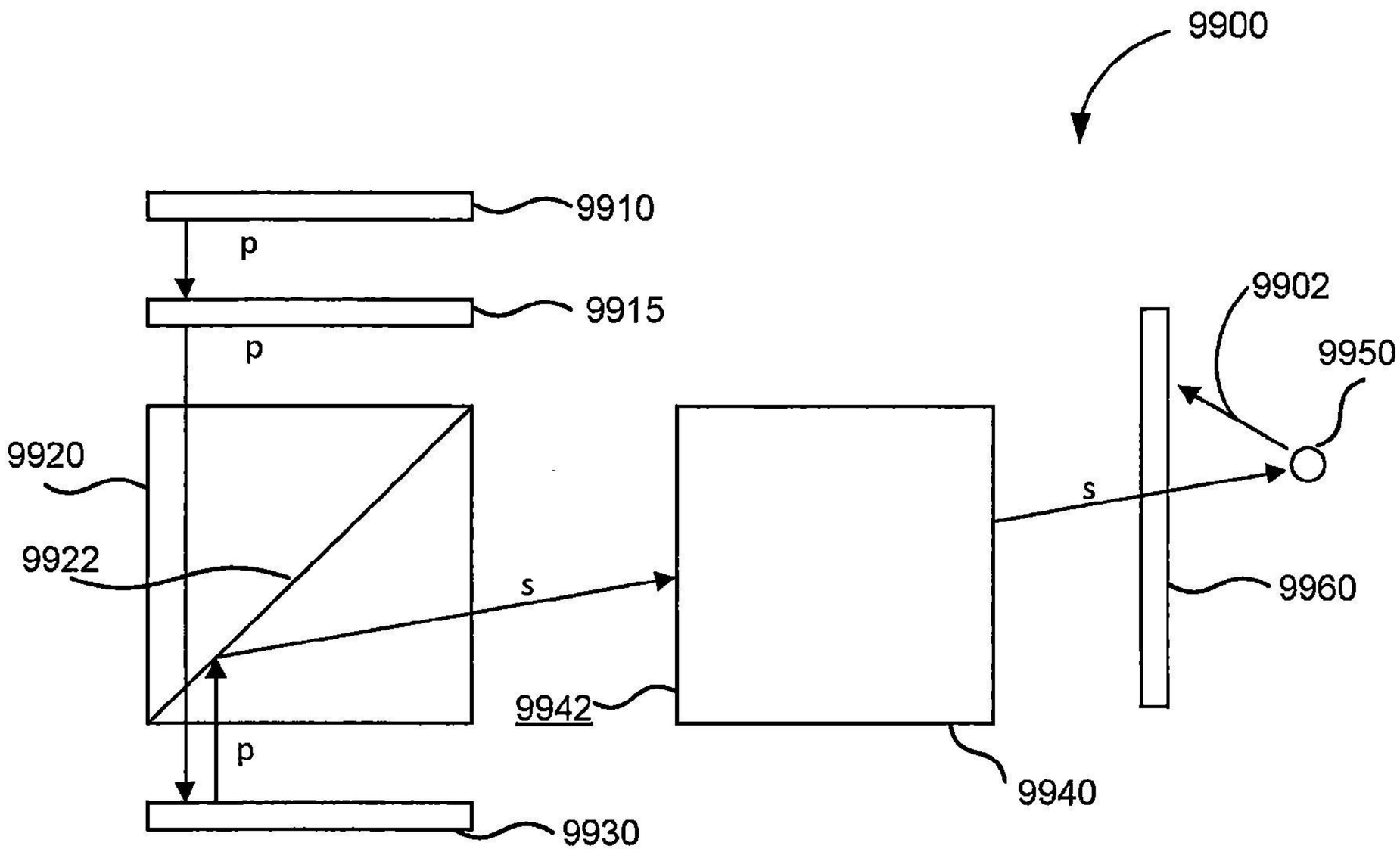
第97A圖


9252
9240
9220
9230
9220
9704
9240
9250
9240
9220
9230
9220
9205

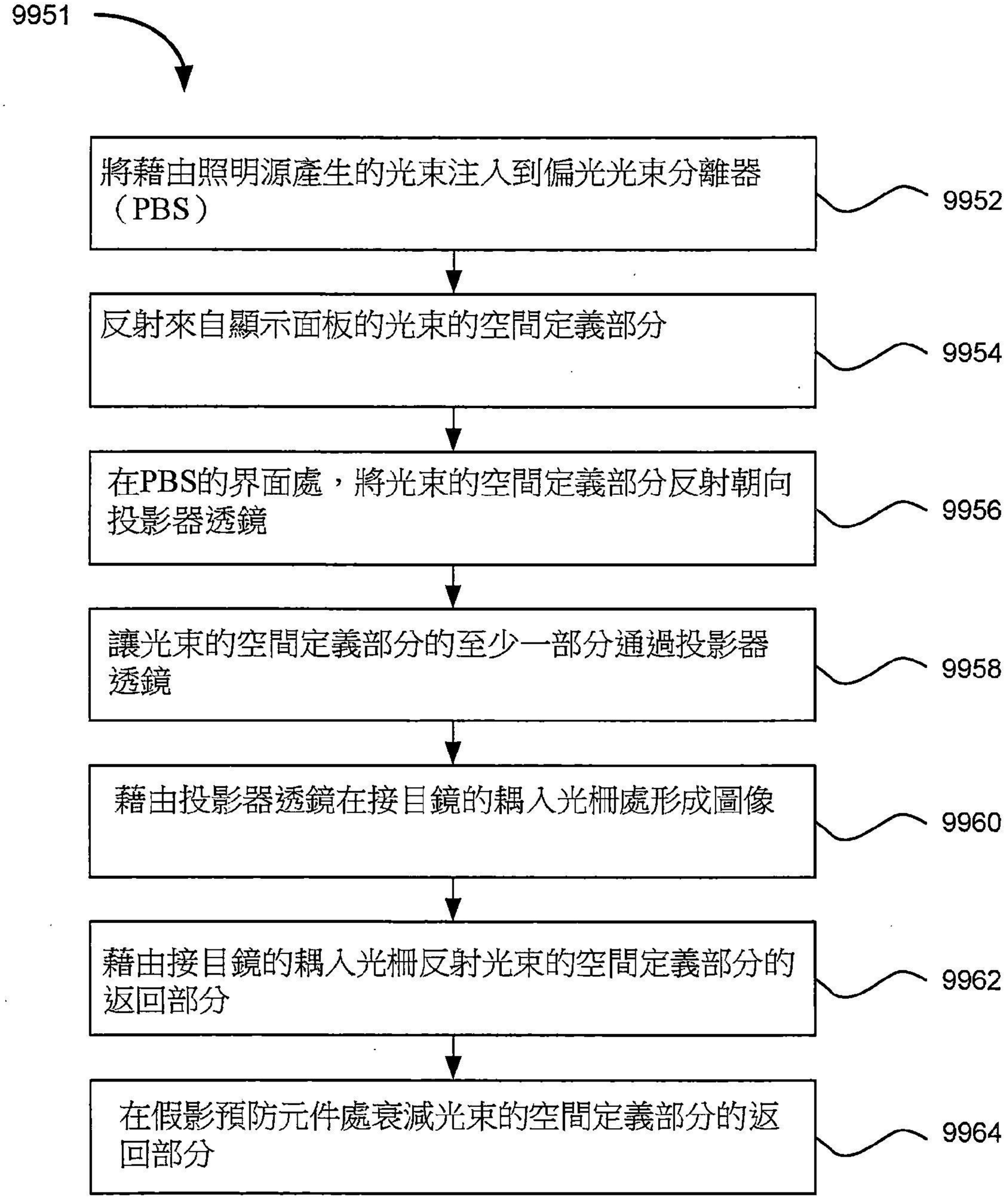
第97B圖



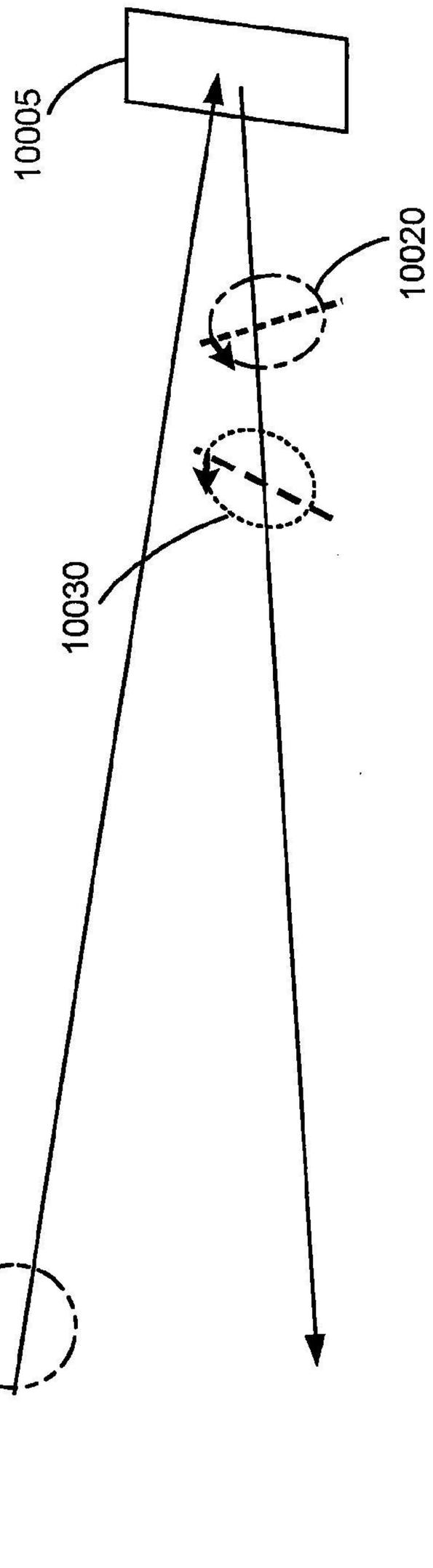

第98圖



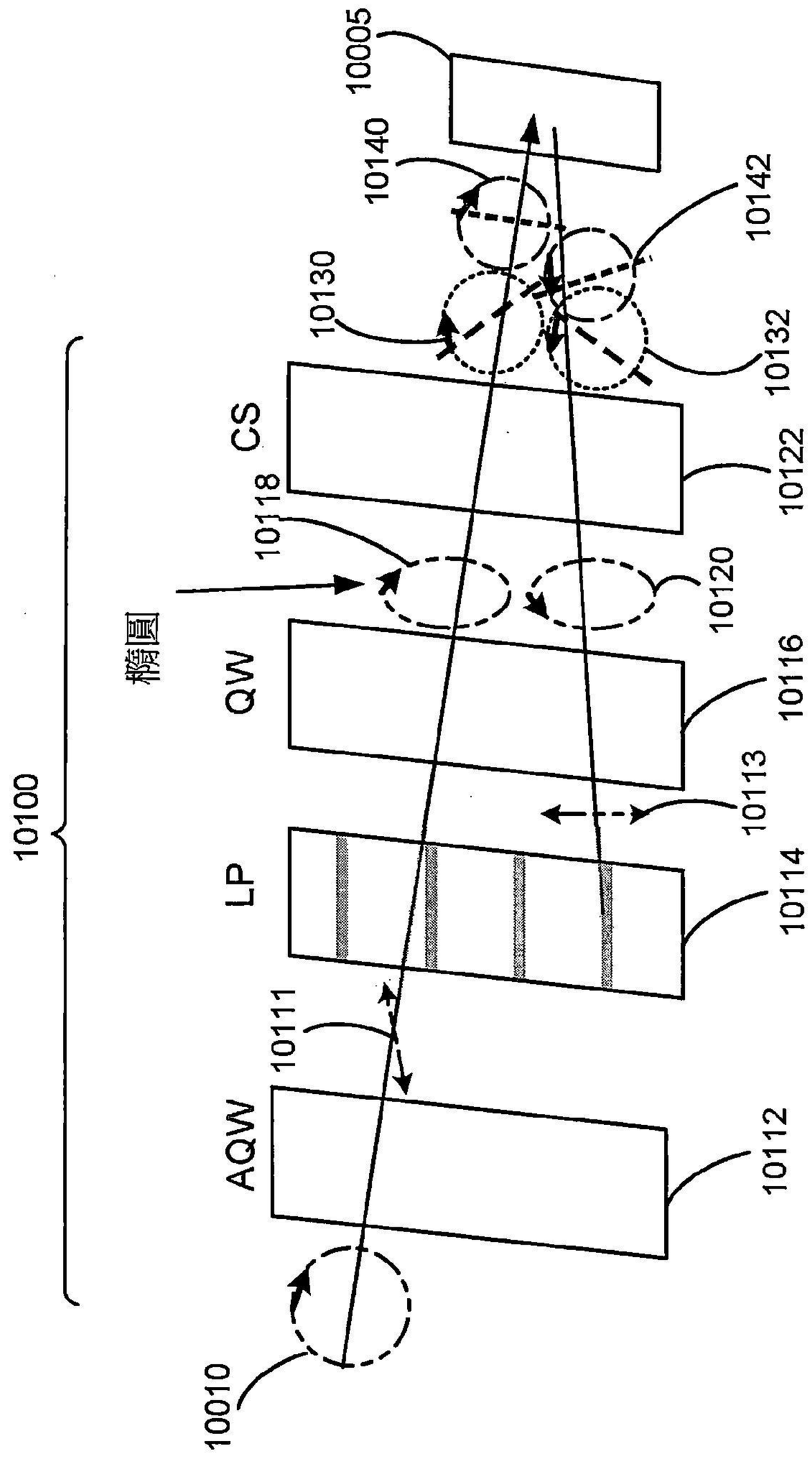

第99A圖


9951
將藉由照明源產生的光束注入到偏光光束分離器（PBS）
9952
反射來自顯示面板的光束的空間定義部分
9954
在PBS的界面處，將光束的空間定義部分反射朝向投影器透鏡
9956
讓光束的空間定義部分的至少一部分通過投影器透鏡
9958
藉由投影器透鏡在接目鏡的耦入光柵處形成圖像
9960
藉由接目鏡的耦入光柵反射光束的空間定義部分的返回部分
9962
在假影預防元件處衰減光束的空間定義部分的返回部分
9964

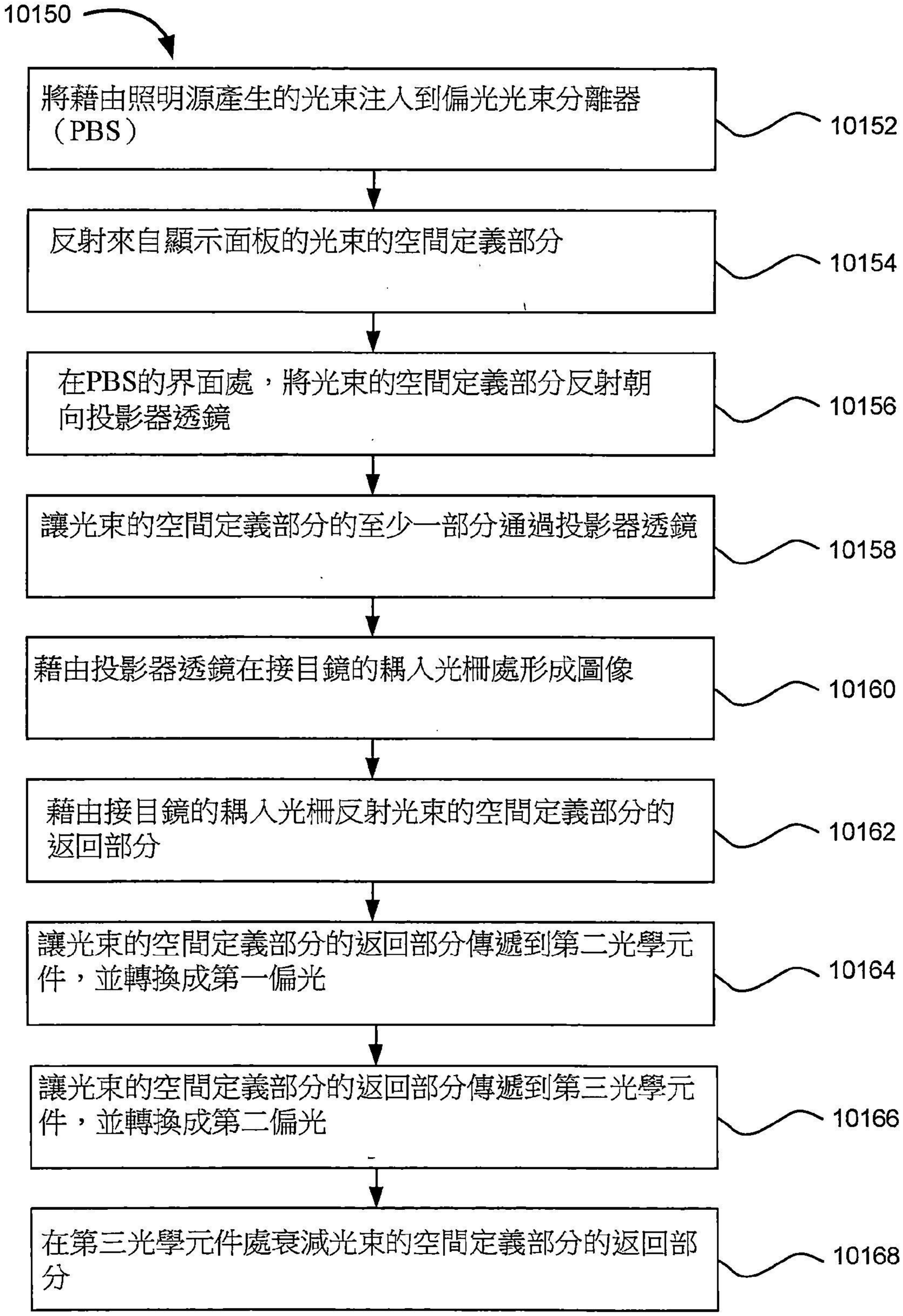
第99B圖



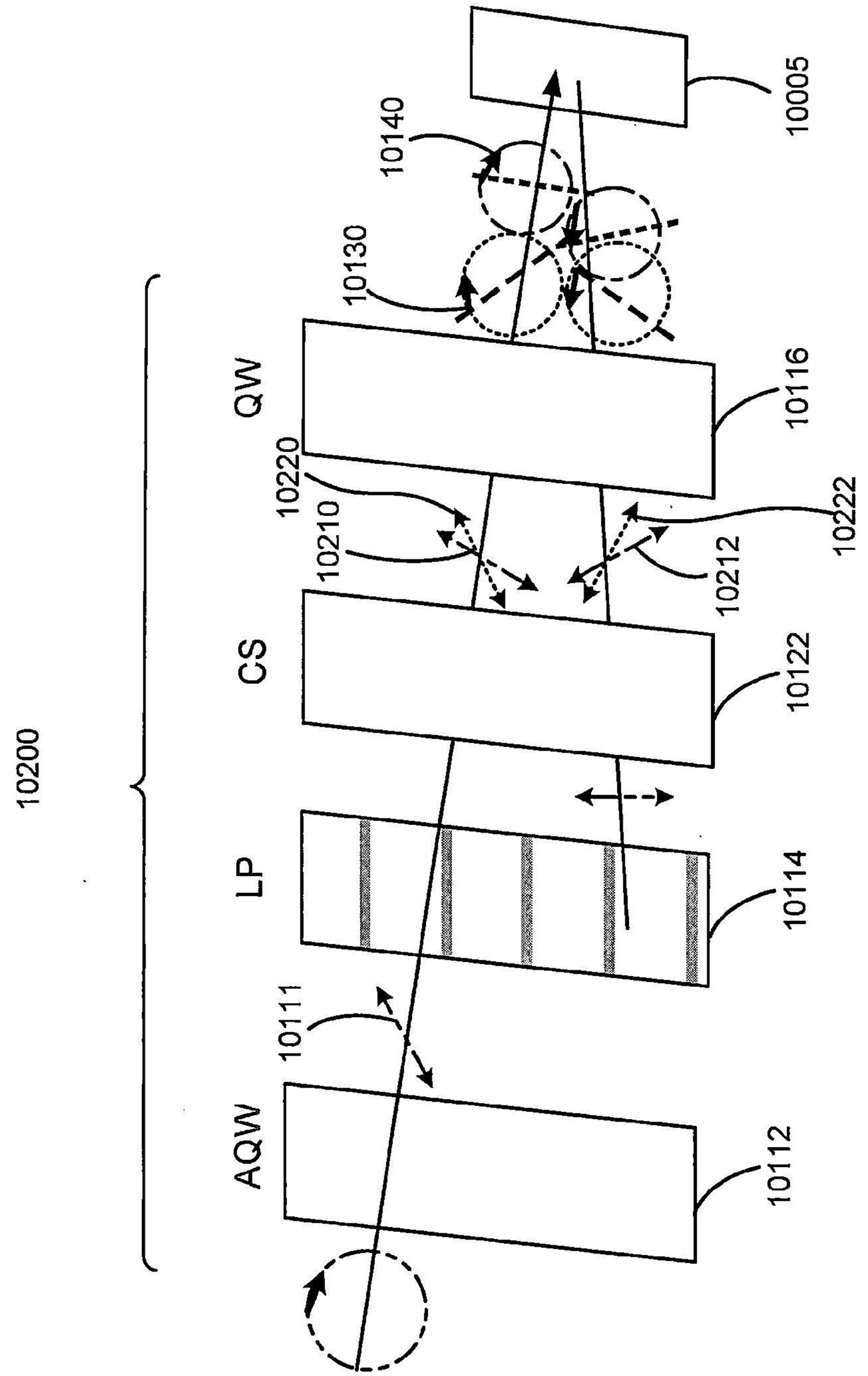

第100圖


10100
10105
橢圓
QW
CS
AQW
LP
10110
10111
10112
10113
10114
10116
10118
10120
10122
10130
10132
10140
10142

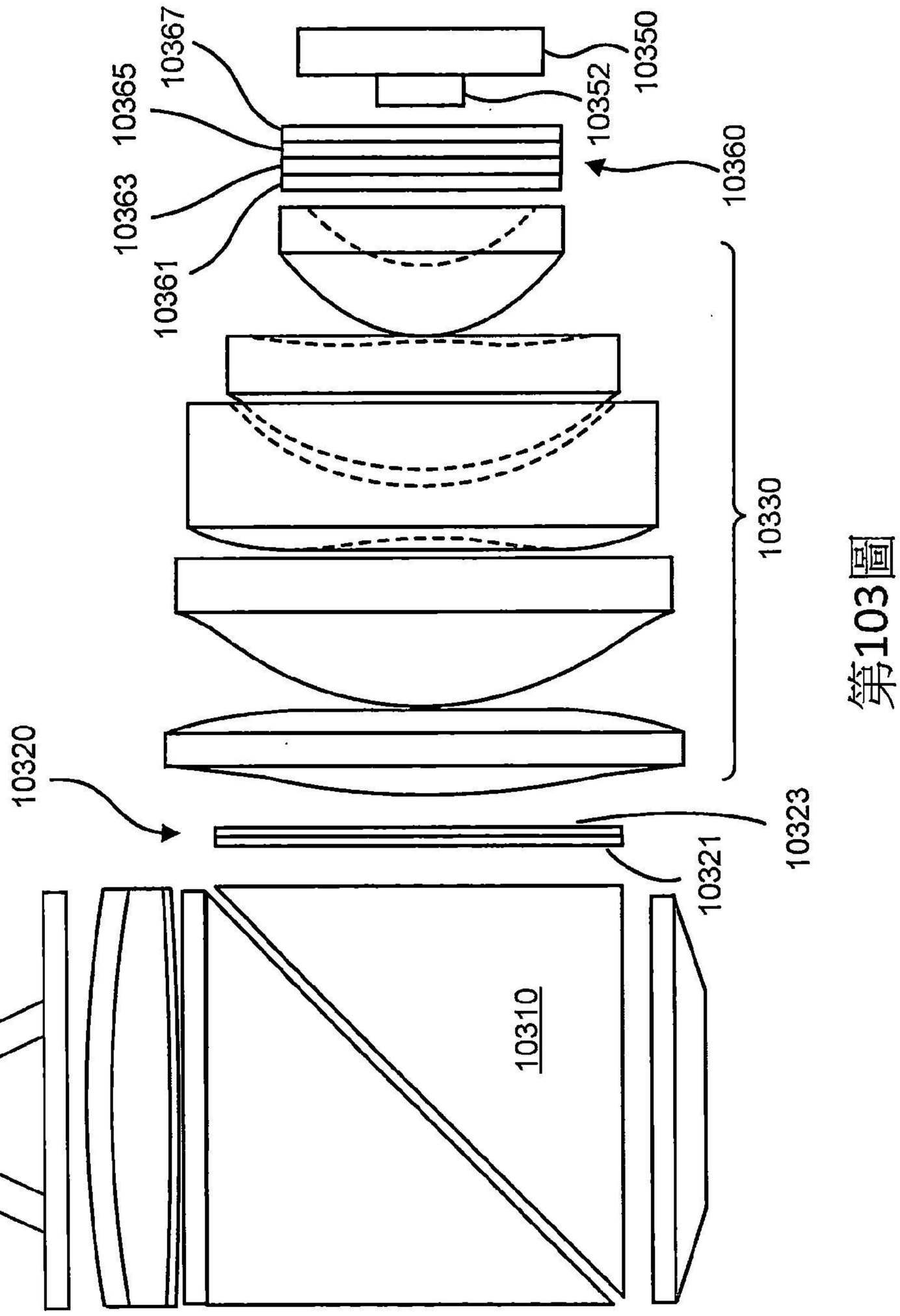
第101A圖


10150
將藉由照明源產生的光束注入到偏光光束分離器（PBS）
10152
反射來自顯示面板的光束的空間定義部分
10154
在PBS的界面處，將光束的空間定義部分反射朝向投影器透鏡
10156
讓光束的空間定義部分的至少一部分通過投影器透鏡
10158
藉由投影器透鏡在接目鏡的耦入光柵處形成圖像
10160
藉由接目鏡的耦入光柵反射光束的空間定義部分的返回部分
10162
讓光束的空間定義部分的返回部分傳遞到第二光學元件，並轉換成第一偏光
10164
讓光束的空間定義部分的返回部分傳遞到第三光學元件，並轉換成第二偏光
10166
在第三光學元件處衰減光束的空間定義部分的返回部分
10168

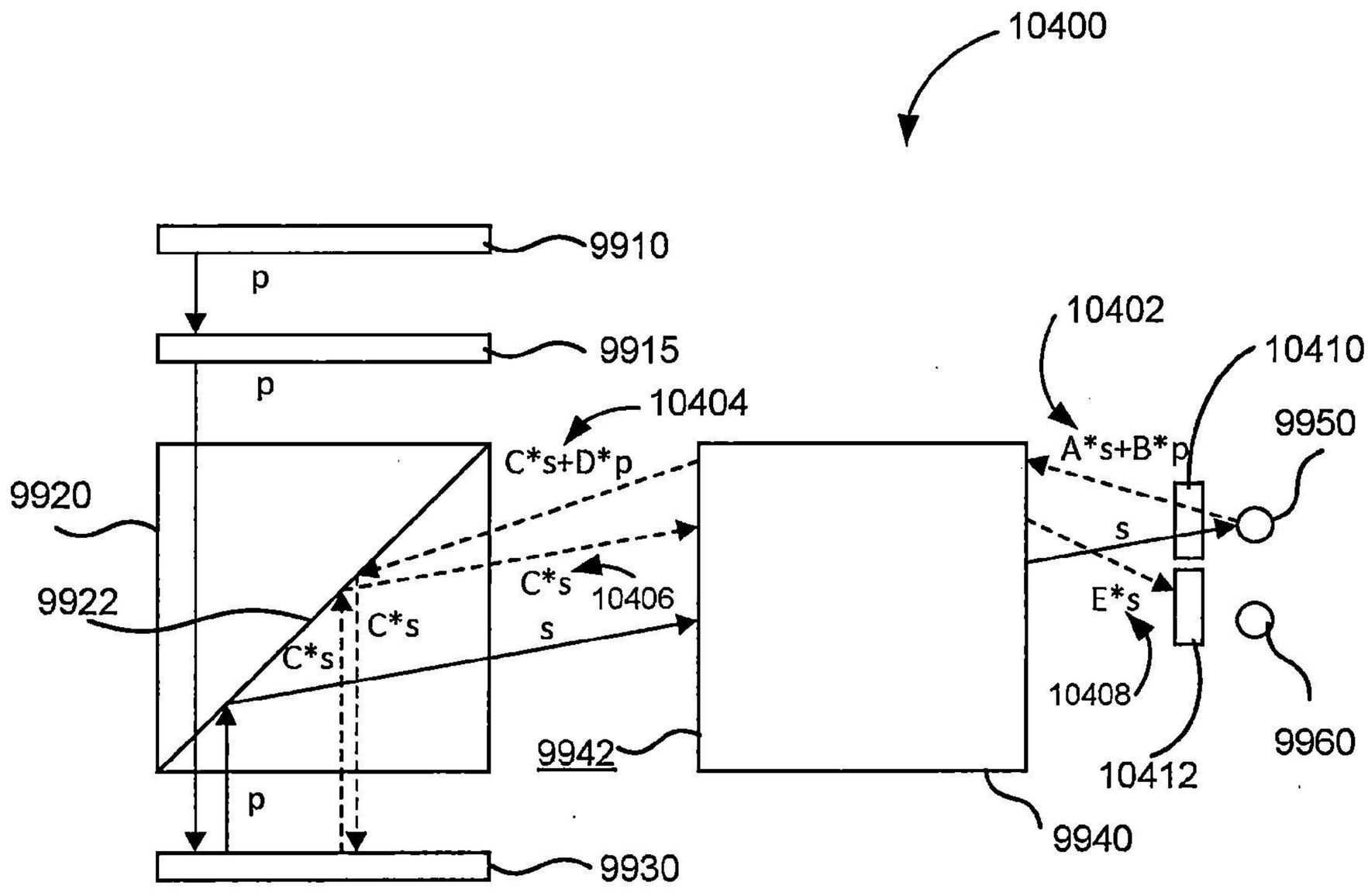
第101B圖


10200
CS
QW
LP
AQW
10220
10210
10212
10222
10116
10122
10130
10140
10005
10114
10111
10112

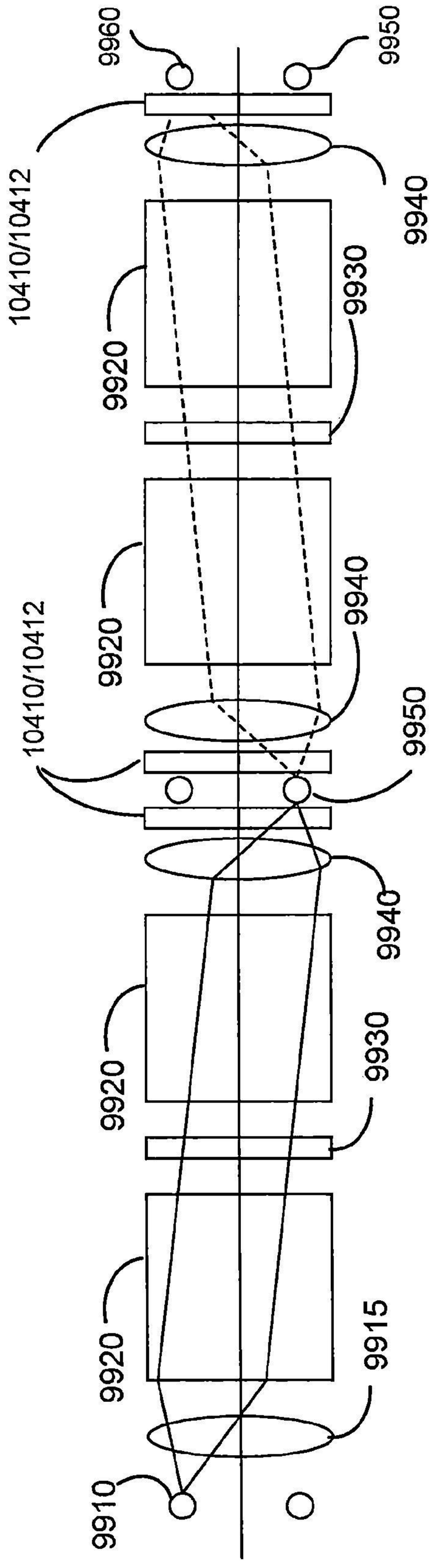
第102圖


10367
10365
10363
10361
10350
10352
10360
10330
10320
10323
10321
10310

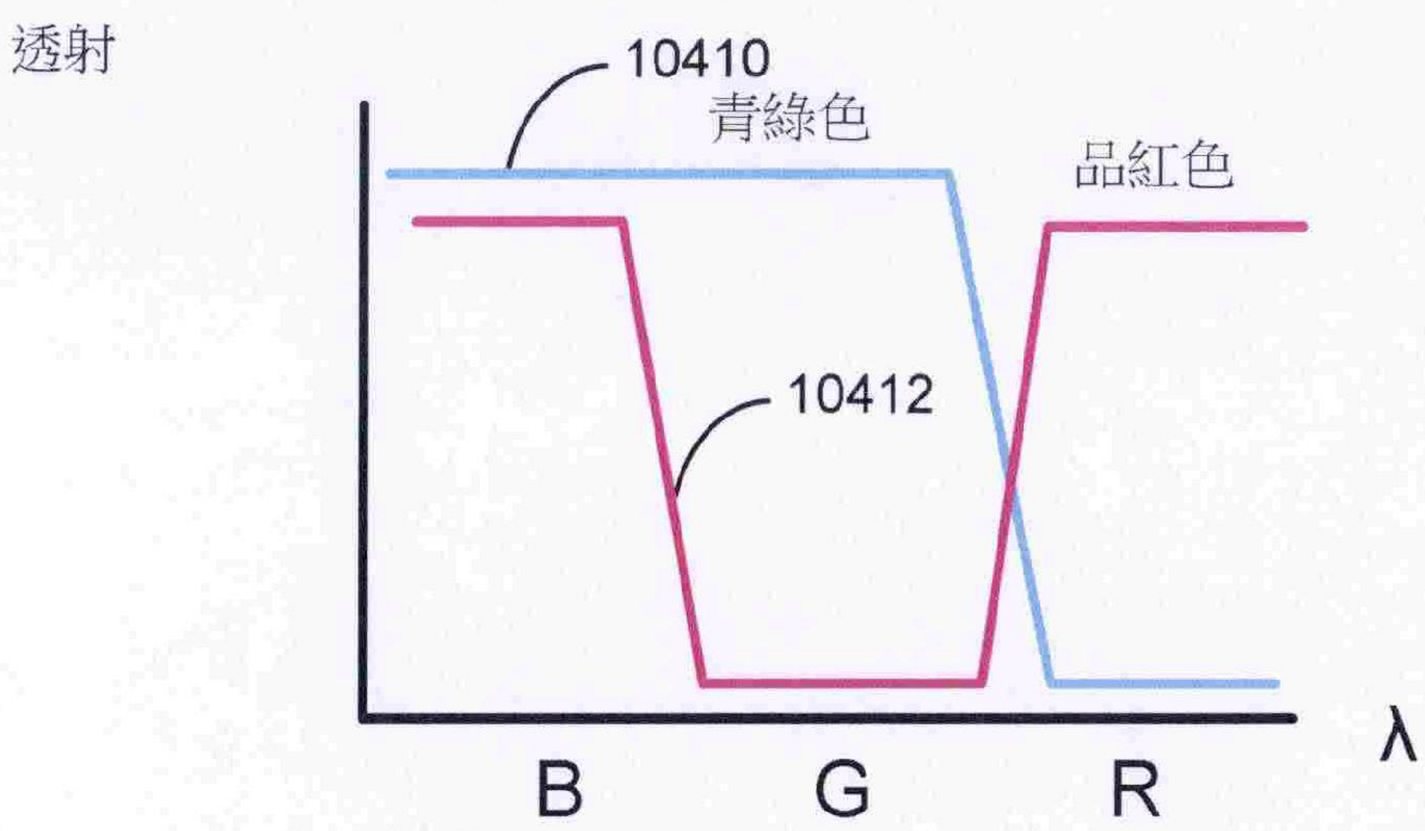
第103圖


10400
9910
p
9915
p
10404
C*s+D*p
9920
9922
C*s
C*s
C*s
10406
s
9942
p
9930
10402
A*s+B*p
10410
9950
s
E*s
10408
10412
9960
9940

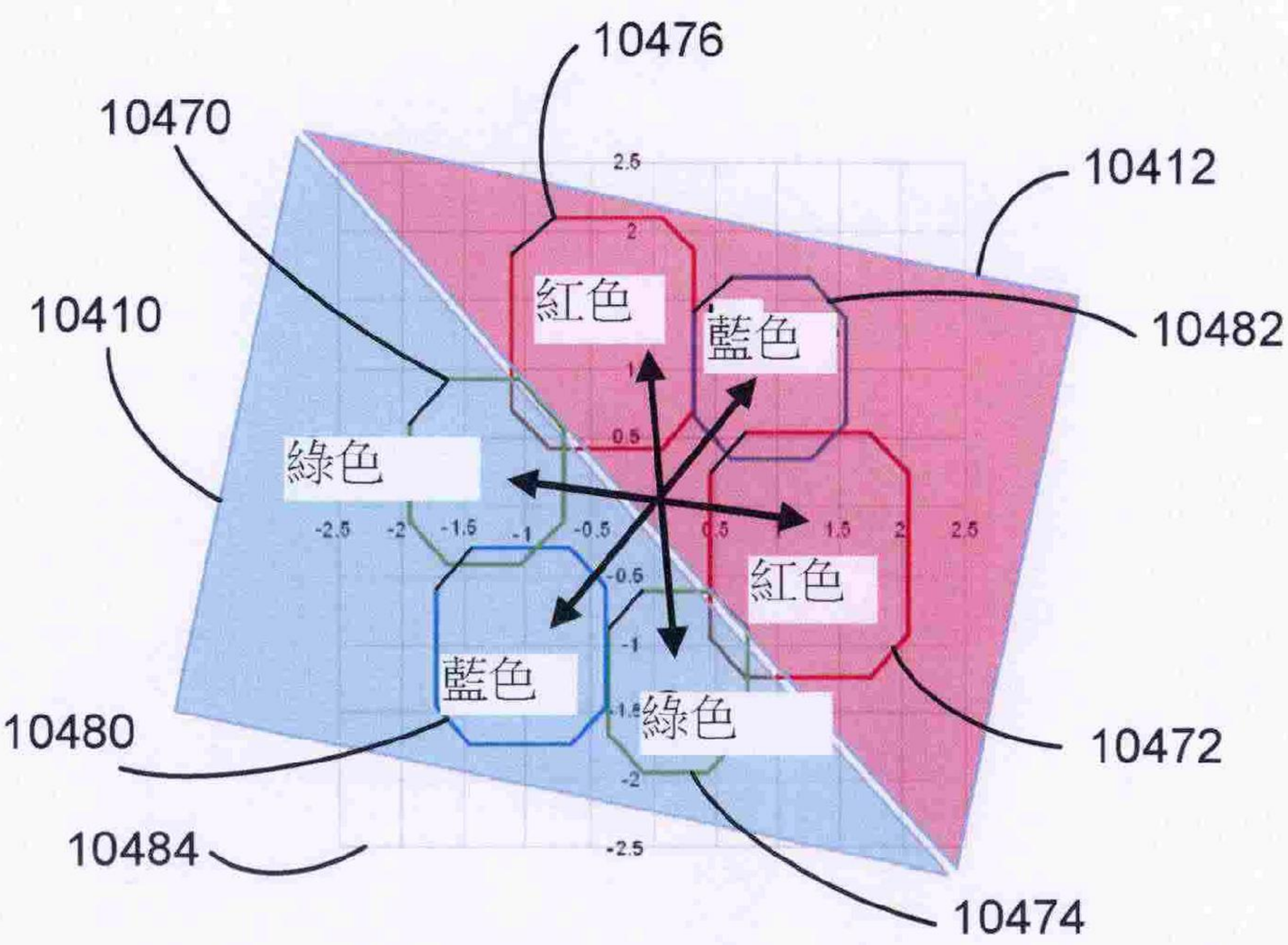
第104A圖


9960
9950
10410/10412
9940
9920
9930
9920
9940
10410/10412
9950
9940
9930
9920
9920
9915
9910

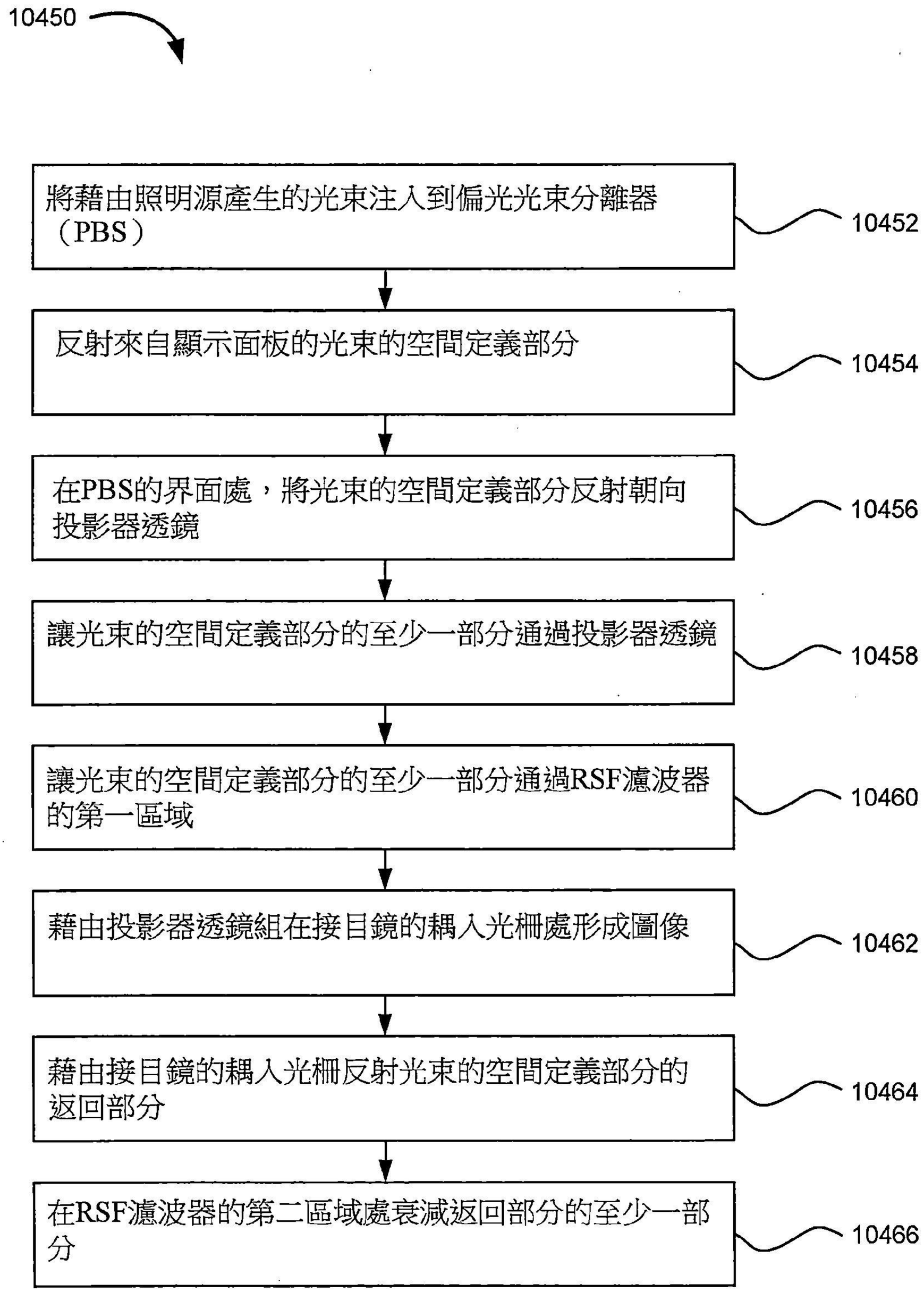
第104B圖



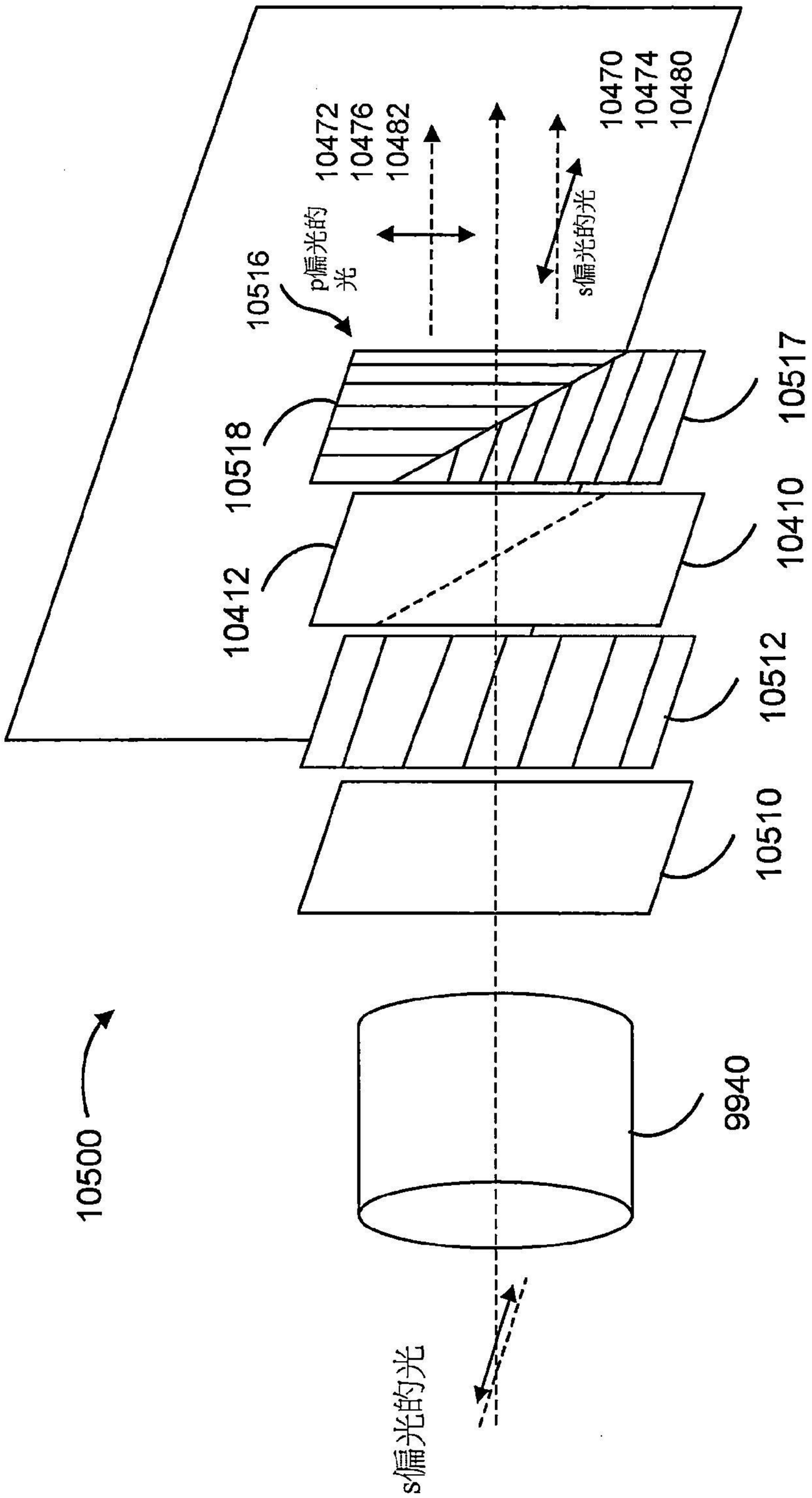

第104C圖



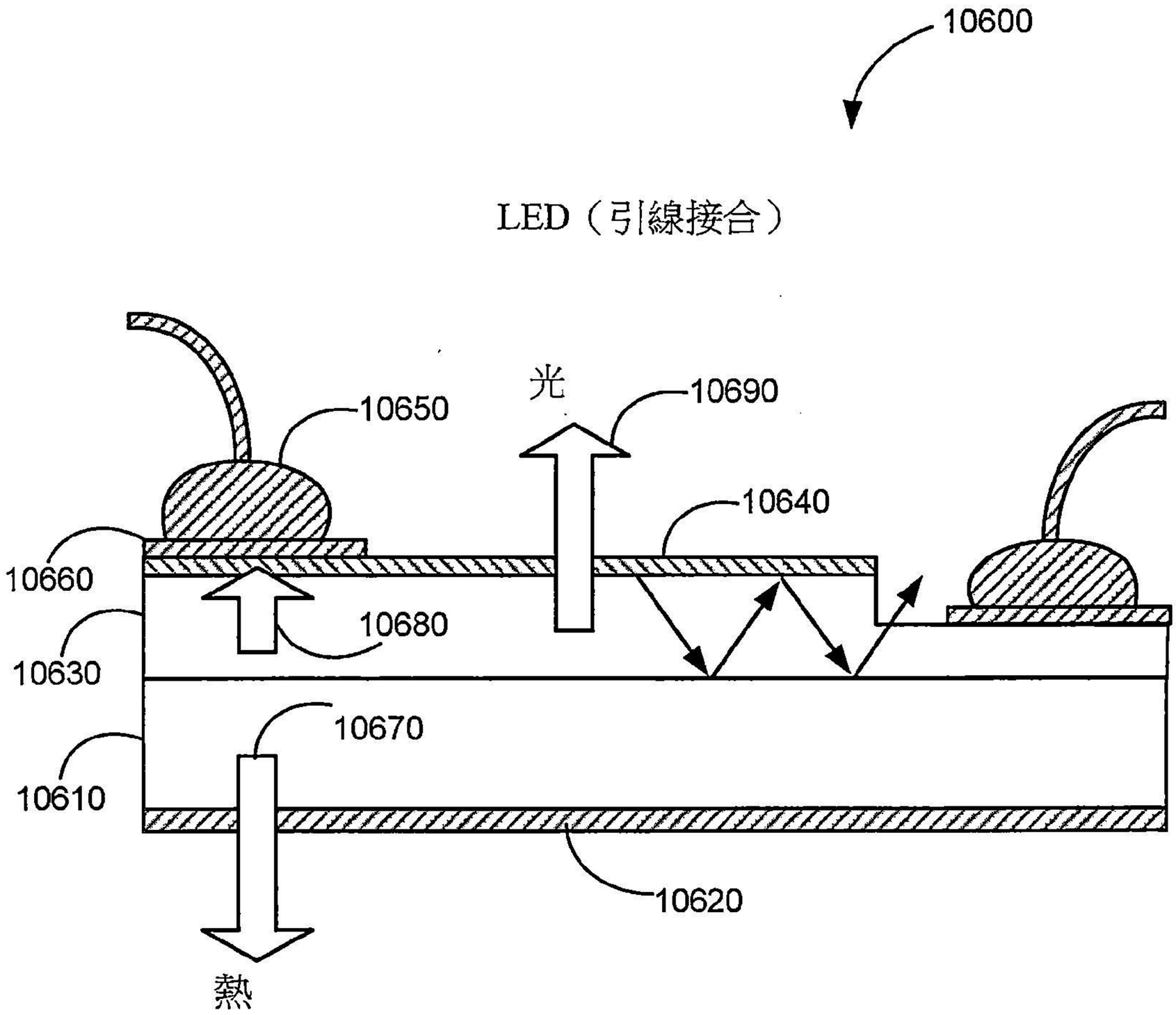

第104D圖


10450
將藉由照明源產生的光束注入到偏光光束分離器（PBS）
10452
反射來自顯示面板的光束的空間定義部分
10454
在PBS的界面處，將光束的空間定義部分反射朝向投影器透鏡
10456
讓光束的空間定義部分的至少一部分通過投影器透鏡
10458
讓光束的空間定義部分的至少一部分通過RSF濾波器的第一區域
10460
藉由投影器透鏡組在接目鏡的耦入光柵處形成圖像
10462
藉由接目鏡的耦入光柵反射光束的空間定義部分的返回部分
10464
在RSF濾波器的第二區域處衰減返回部分的至少一部分
10466

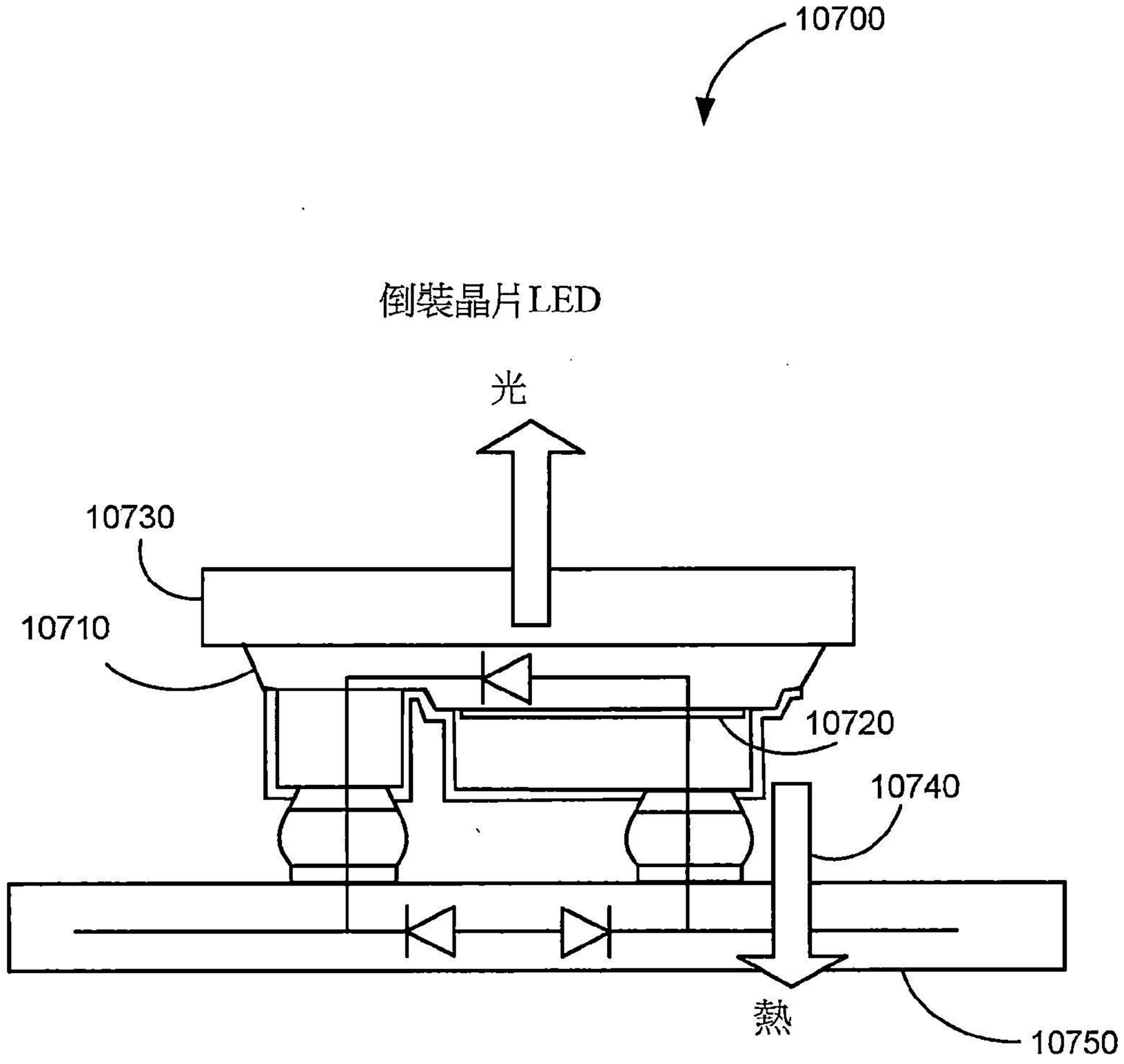
第104E圖


10500
9940
10510
10512
10410
10412
10518
10516
10517
p偏光的光
s偏光的光
10472
10476
10482
10470
10474
10480
s偏光的光

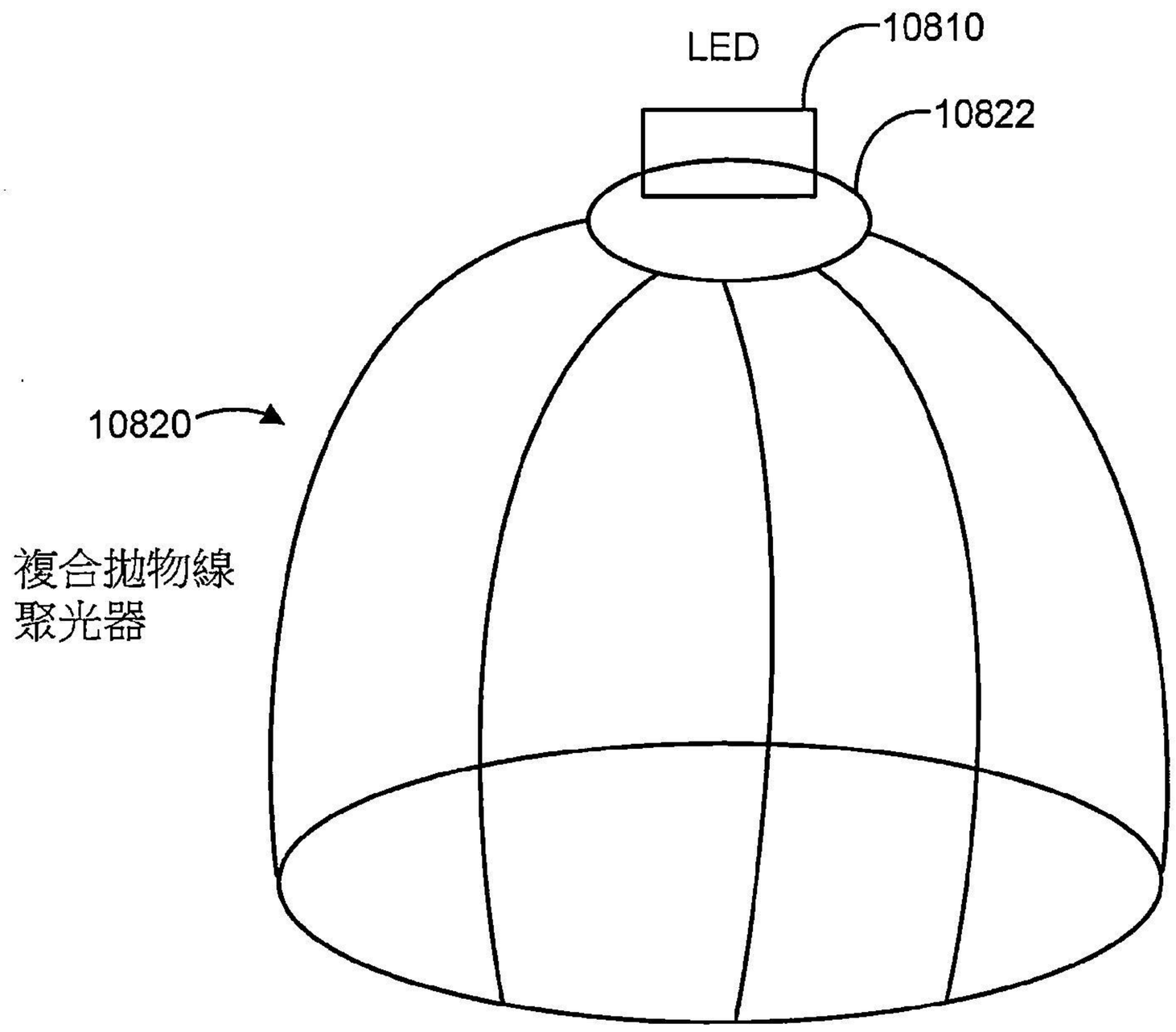
第105圖


10600
LED（引線接合）
光
10650
10690
10640
10660
10680
10630
10670
10610
10620
熱

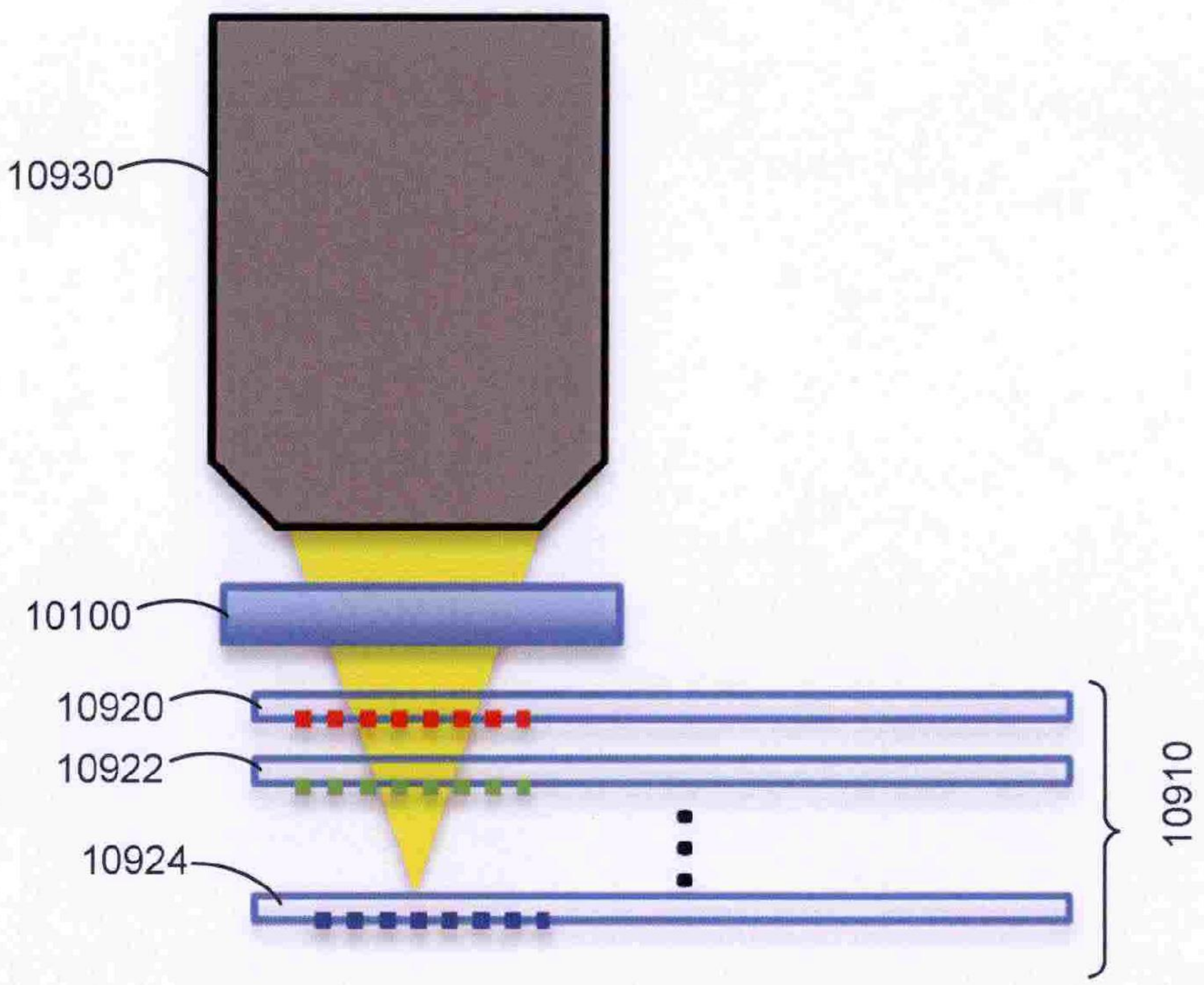
第106圖



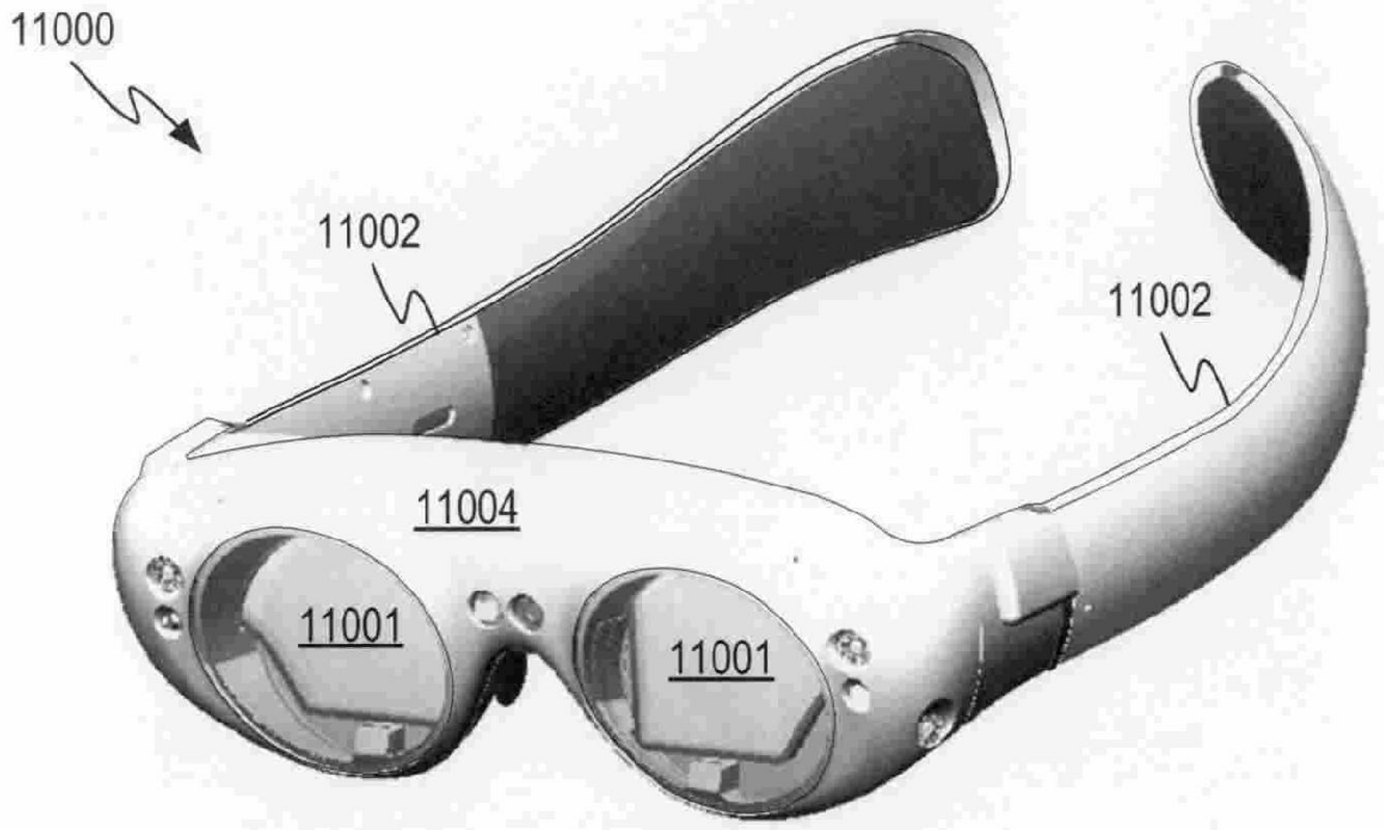

第107圖



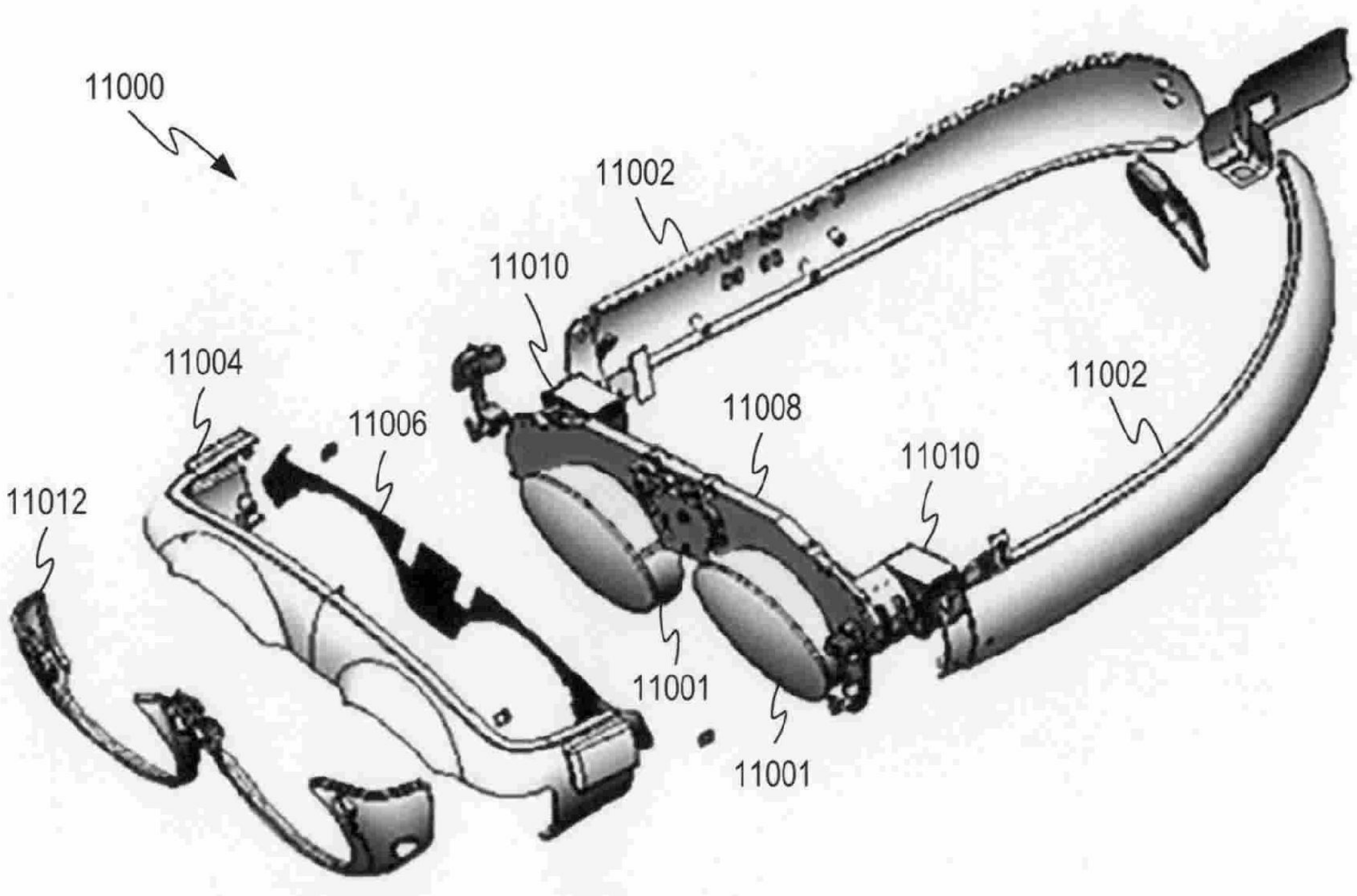

第108圖



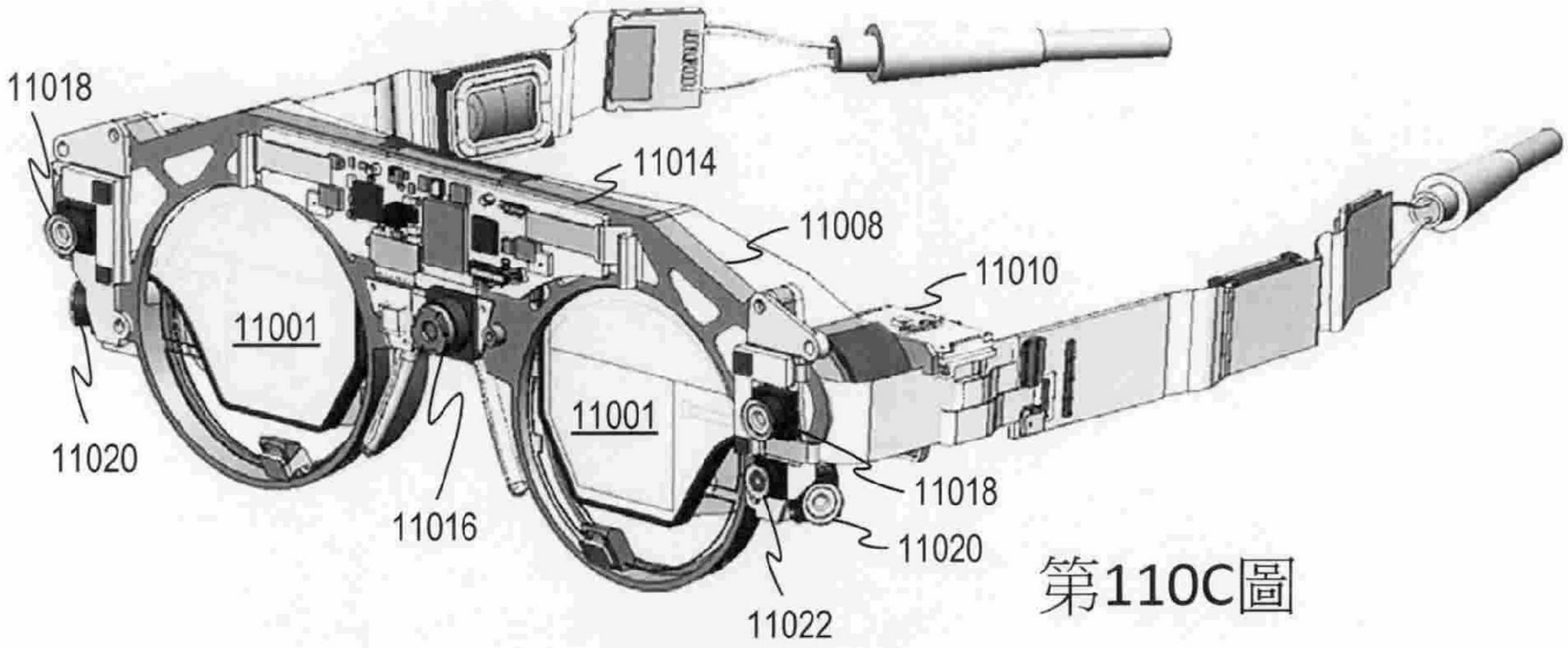

第109圖



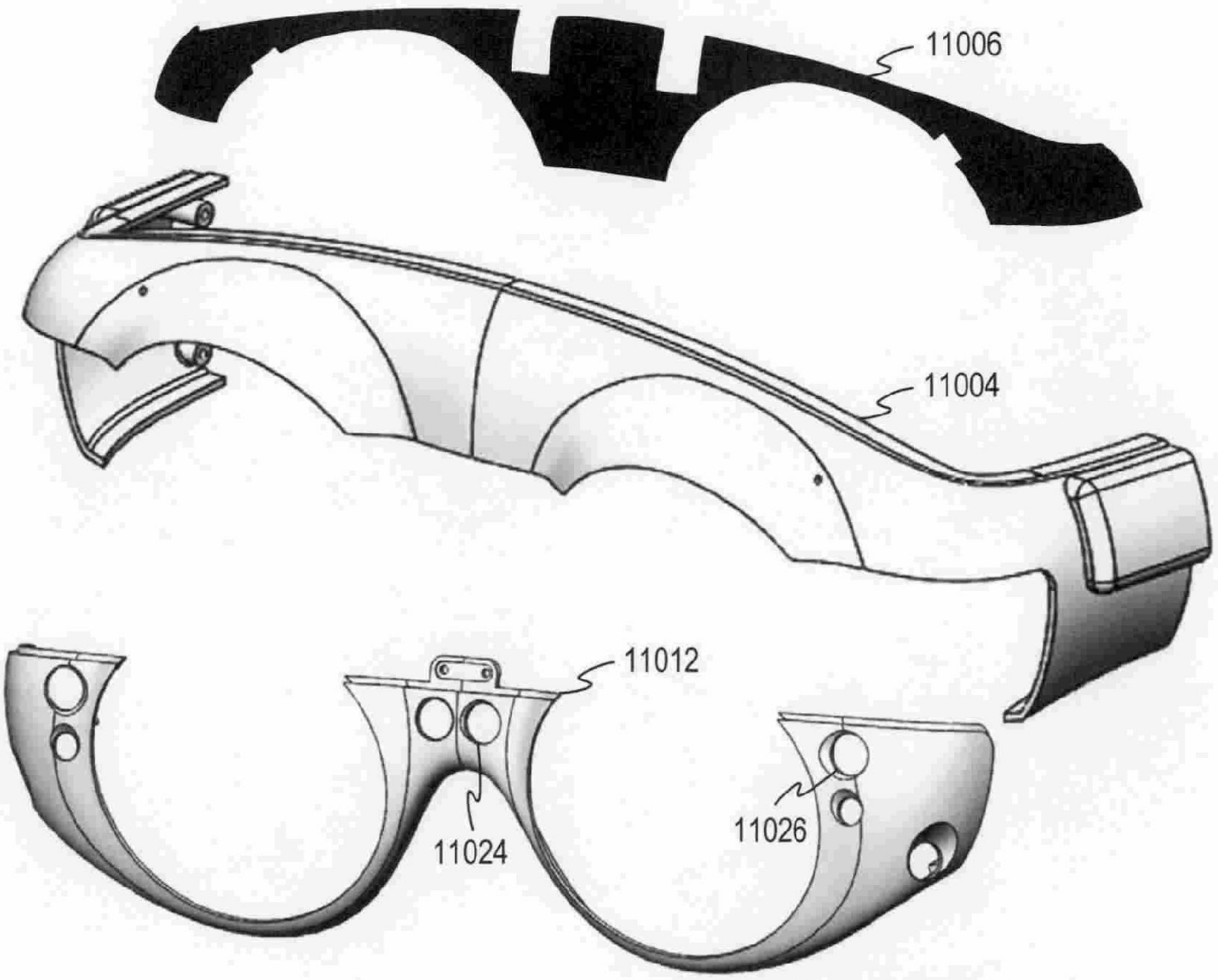

第110A圖



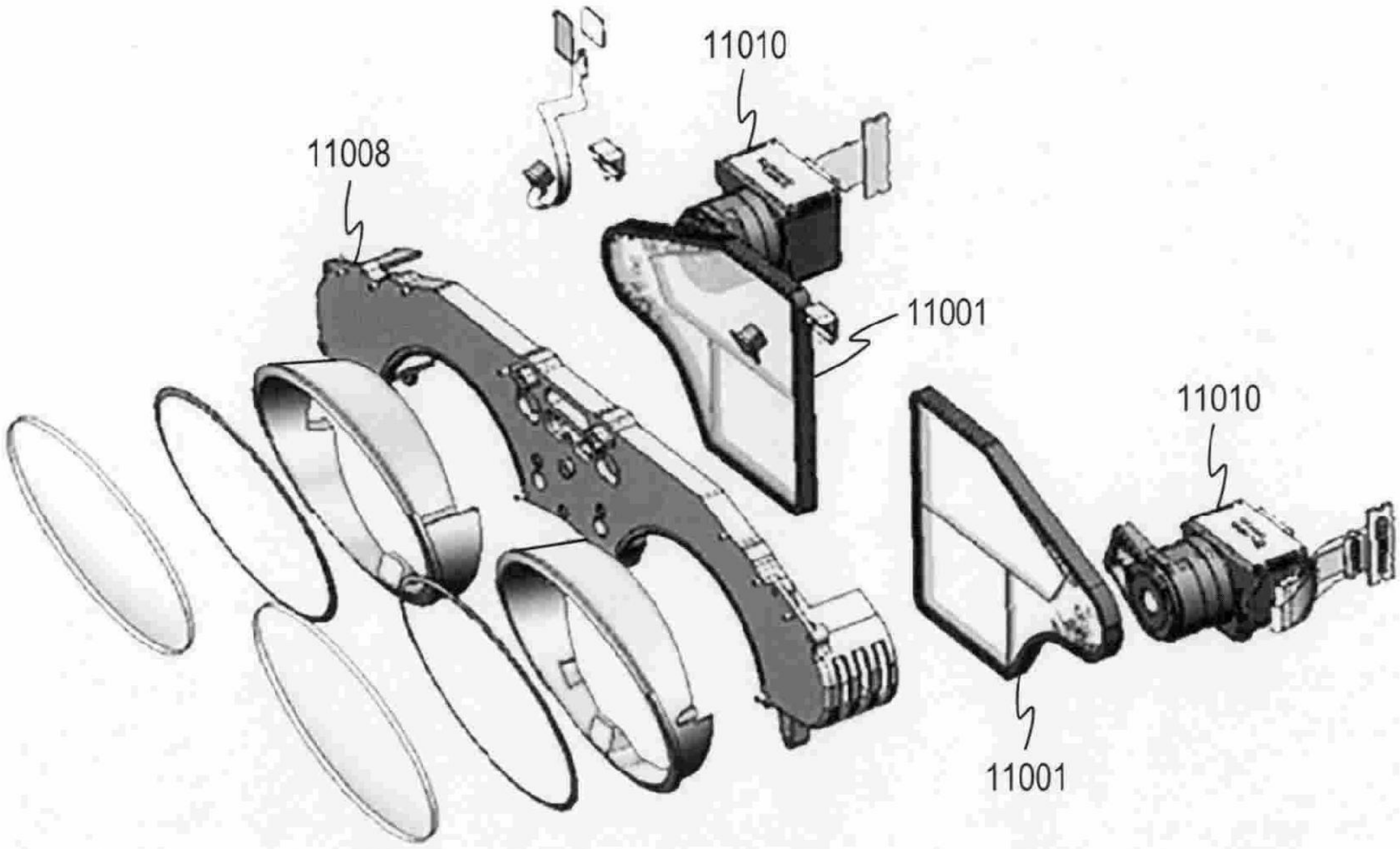

第110B圖



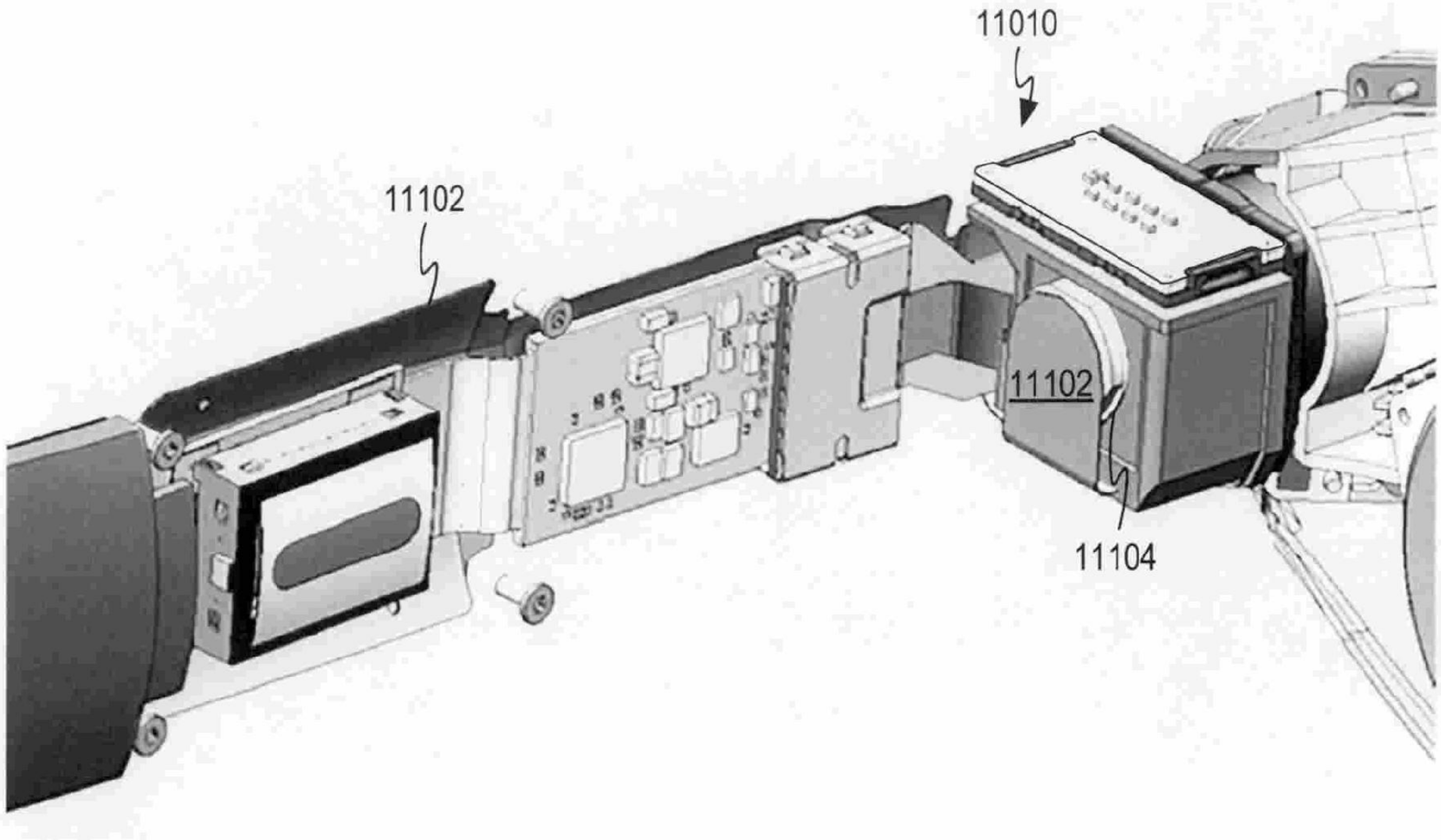

第110C圖



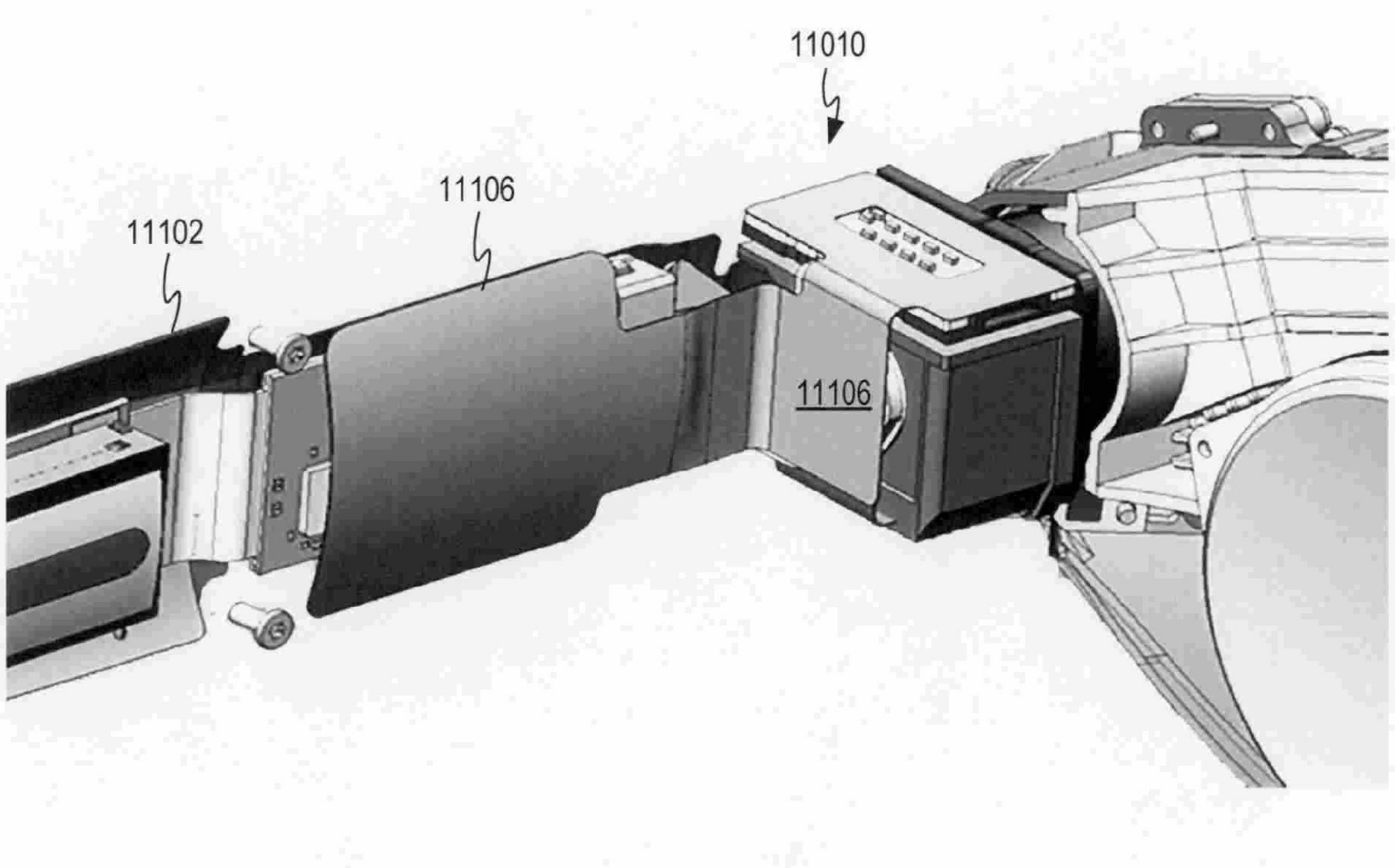

第110D圖



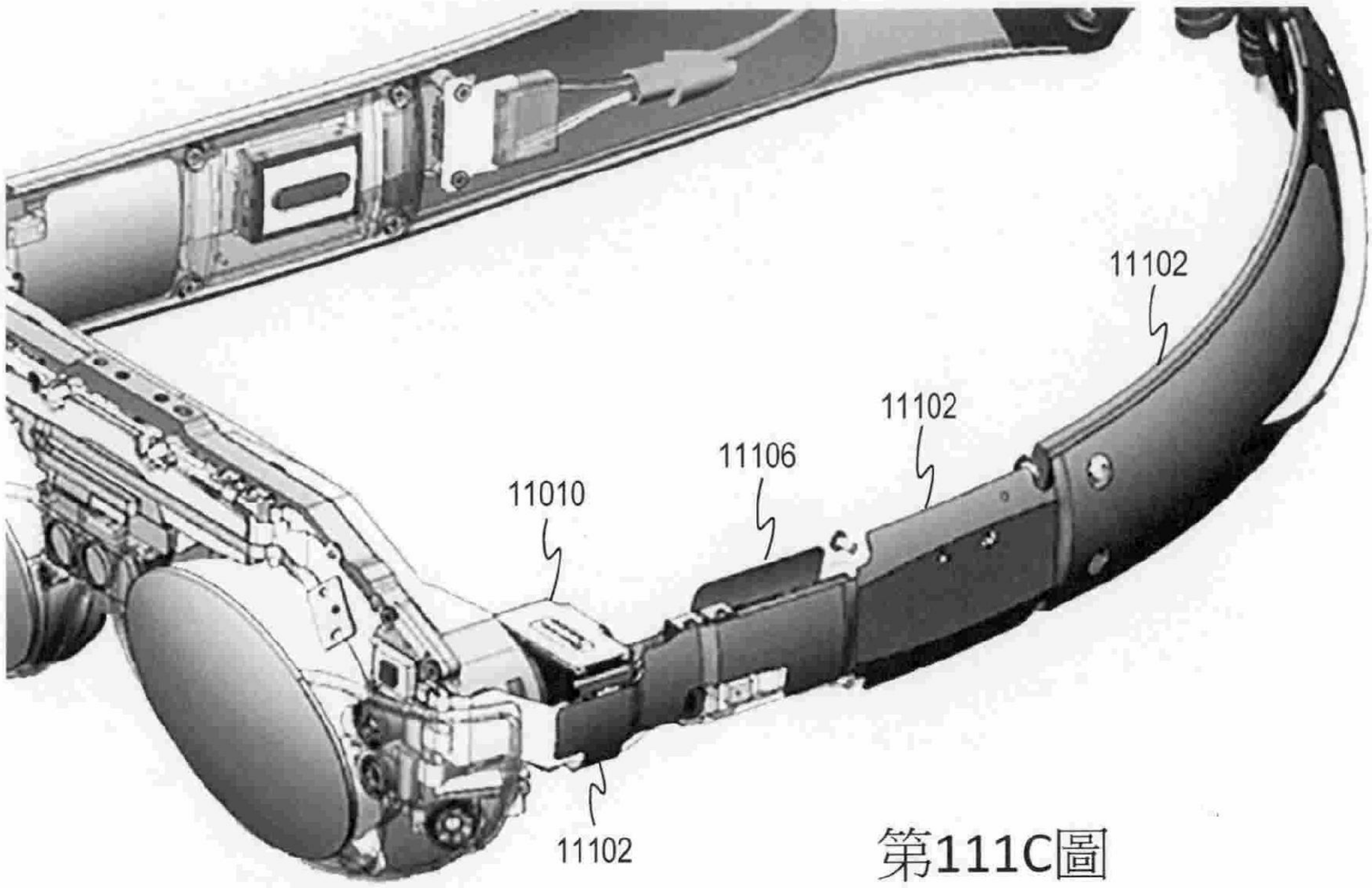

第110E圖



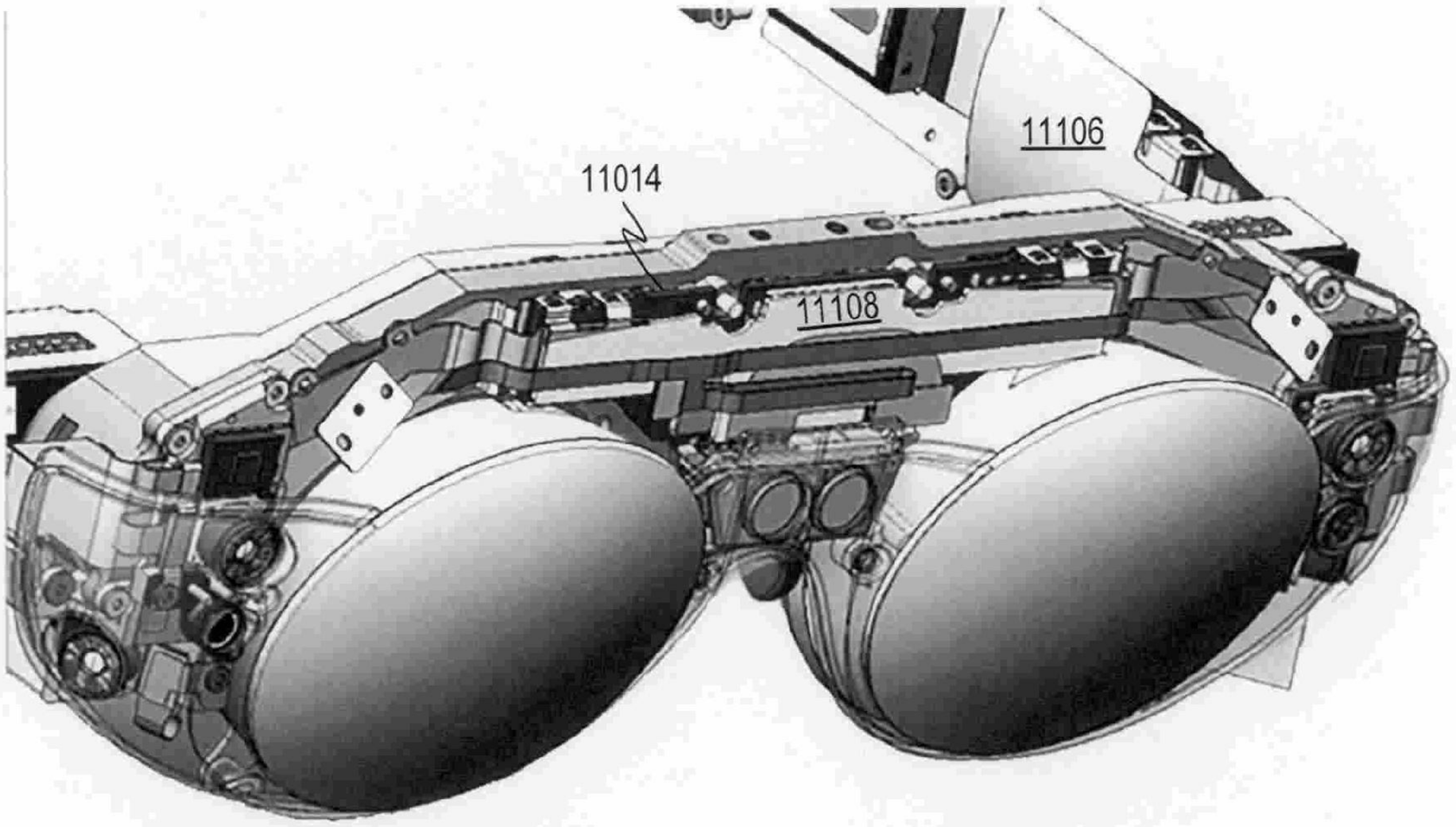

第111A圖



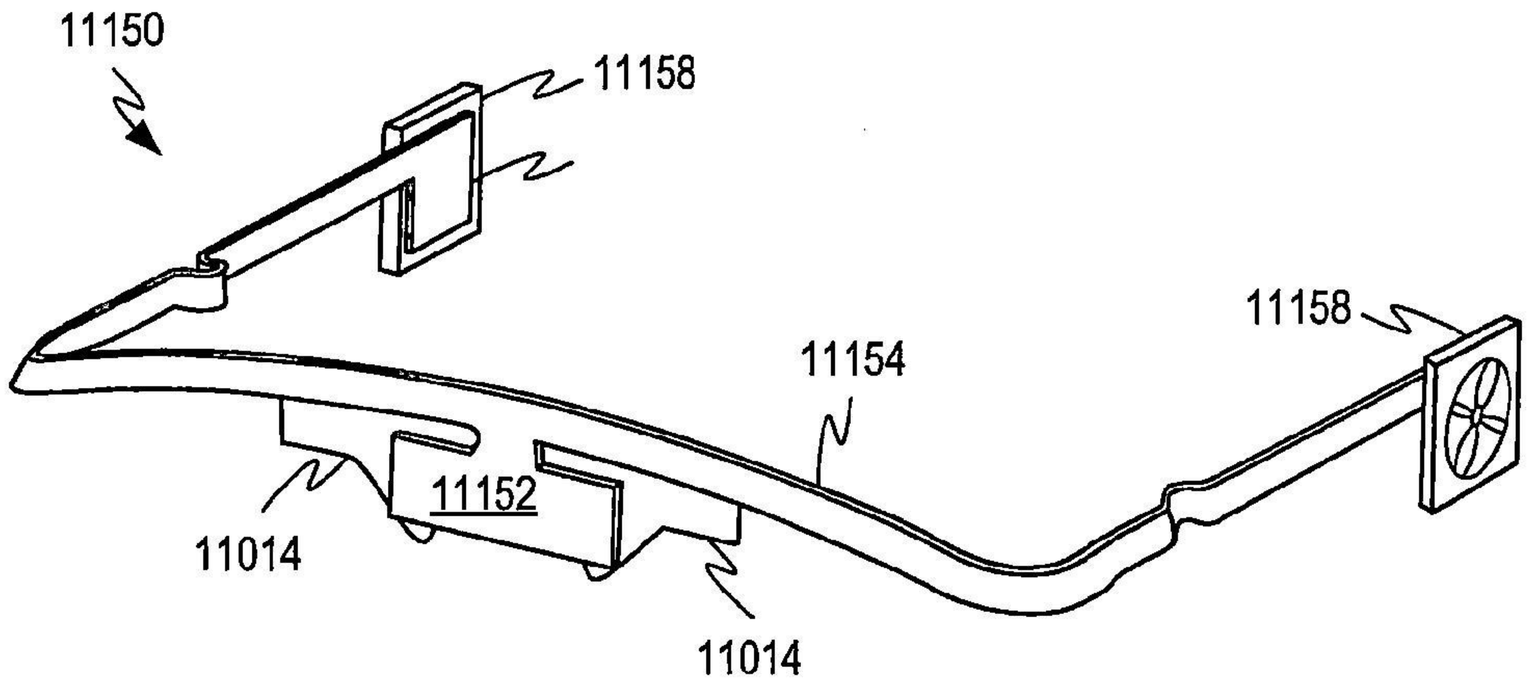

第111B圖



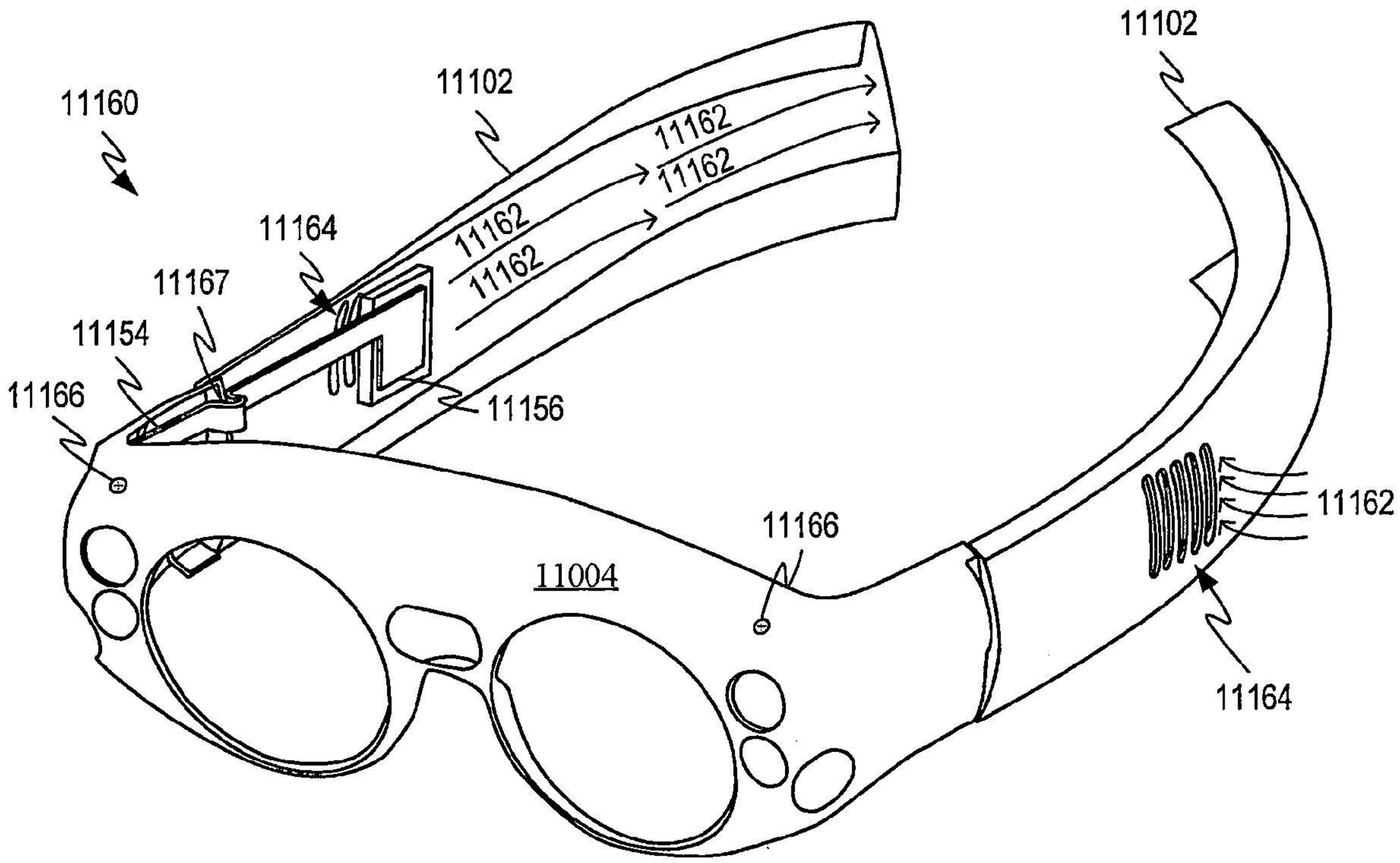

第111C圖



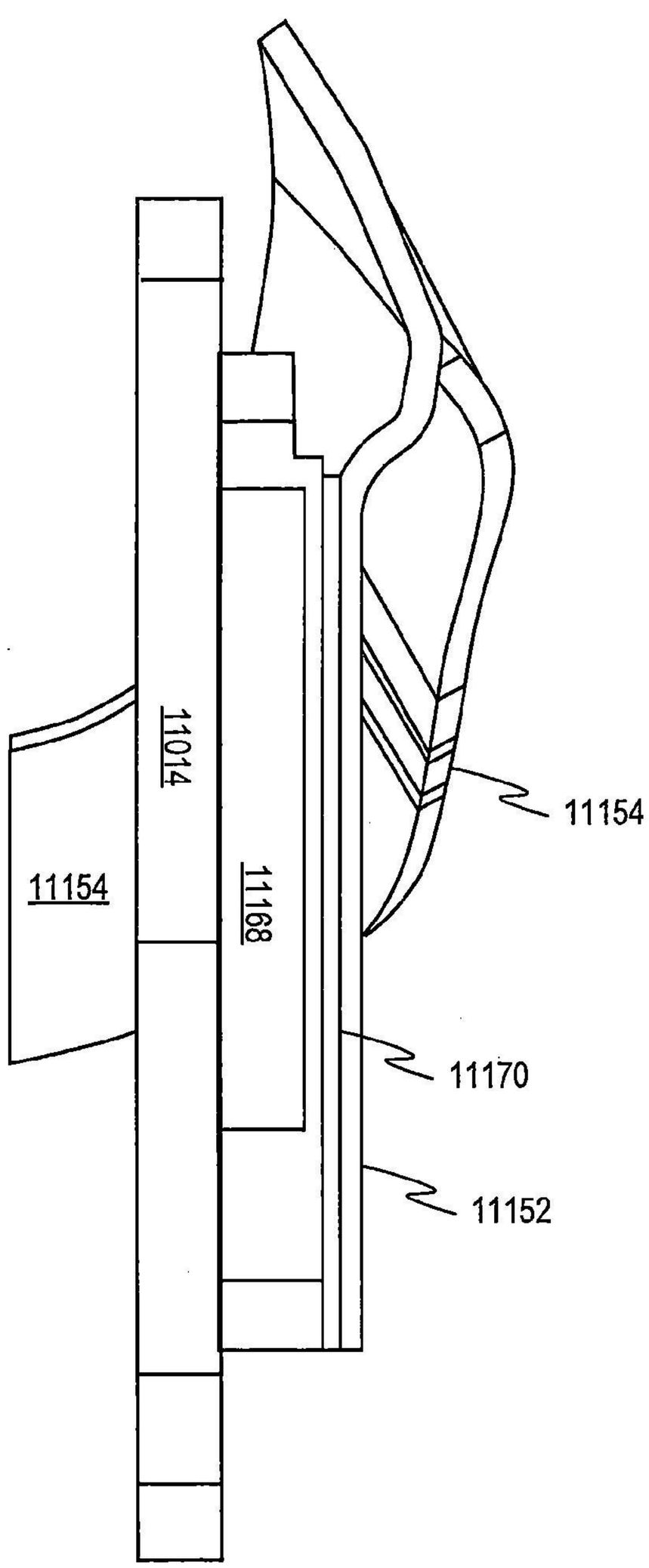

第111D圖



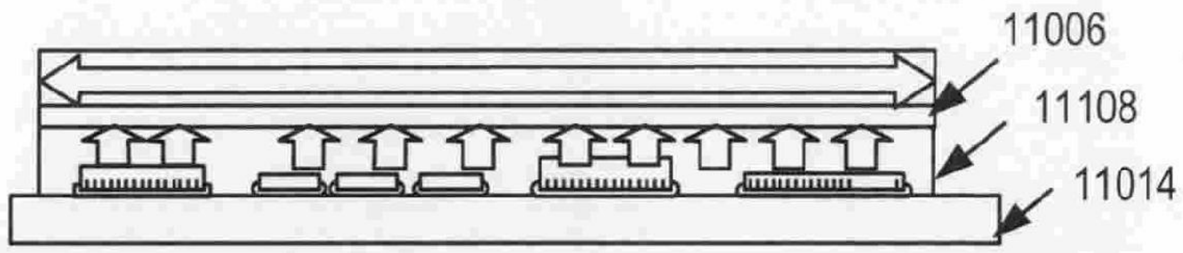

第111E圖

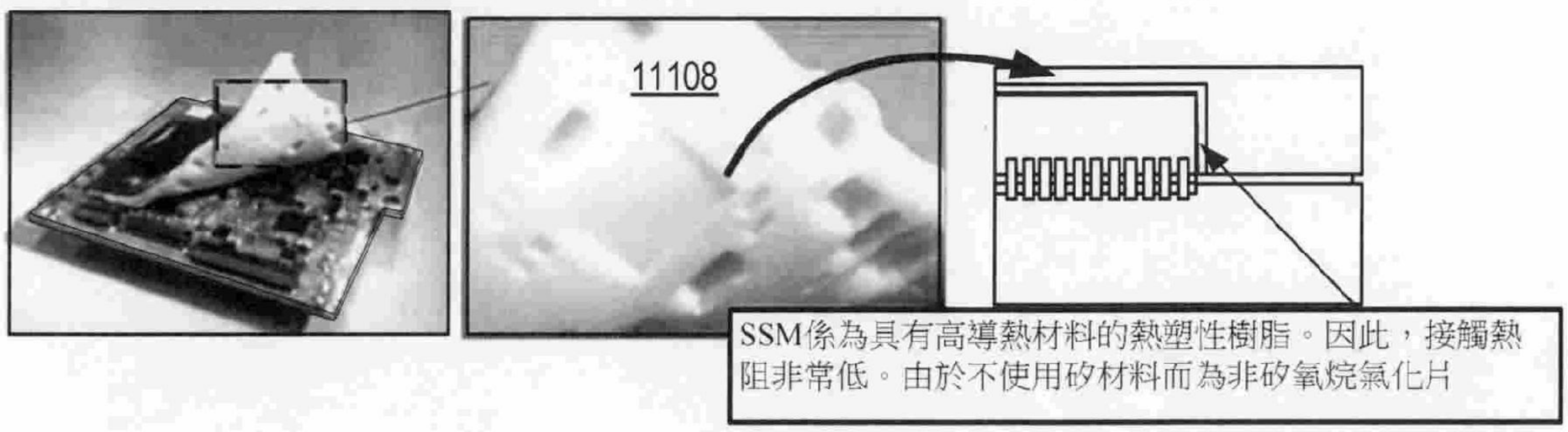



第111F圖




第111G圖

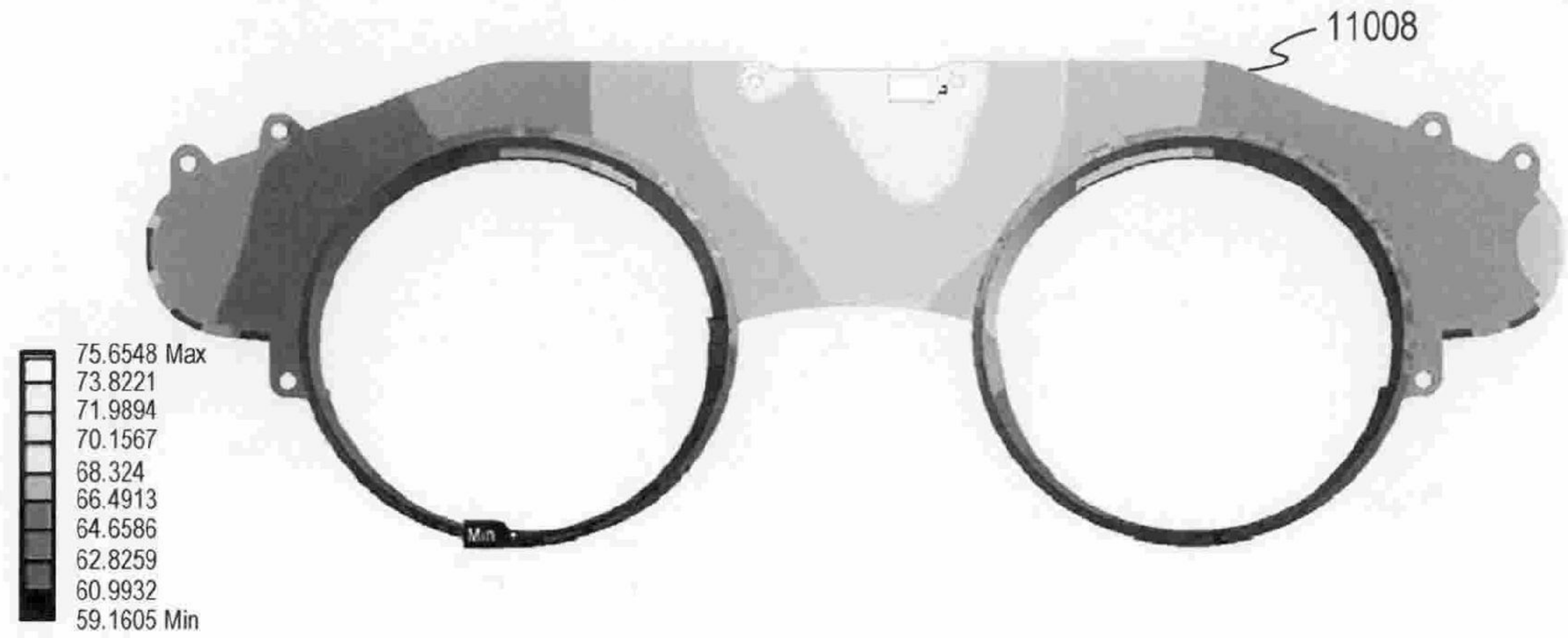


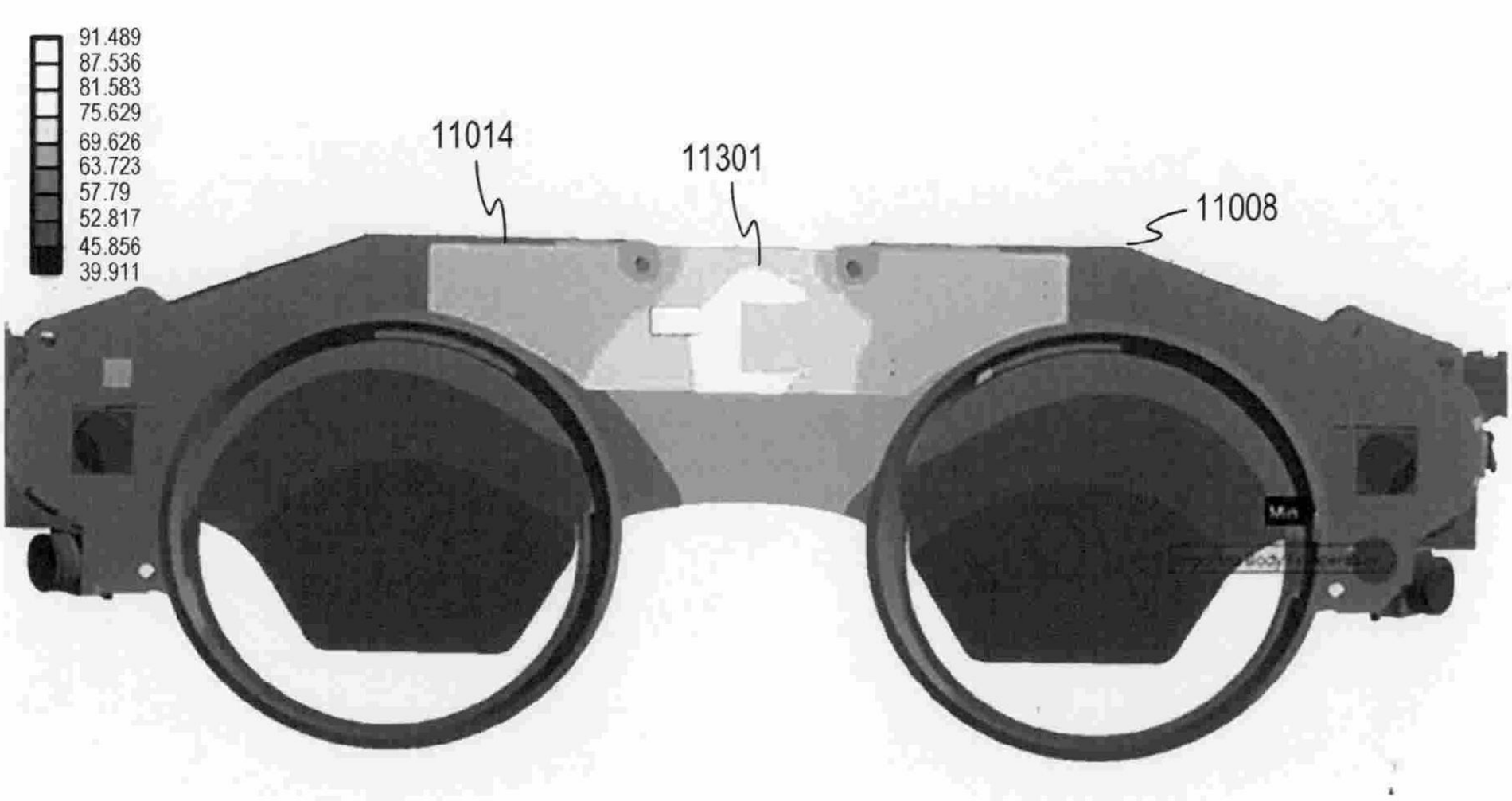

第112A圖

| | | 測試方法 | 條件 | 資料 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1.0mm | 2.0mm | 3.0mm |
| 厚度 | (mm) | 微米 | | 1.054 | 2.101 | 2.934 |
| 熱阻 | (C cm^2W) | TIM 測試器 | 100 (kPa)<br>200 (kPa)<br>300 (kPa) | 7.53<br>6.71<br>5.90 | 14.82<br>13.71<br>10.73 | 19.48<br>16.01<br>11.38 |
| 壓縮率 | (%) | TIM 測試器 | 100 (kPa)<br>200 (kPa)<br>300 (kPa) | 4.93<br>9.58<br>18.41 | 4.05<br>8.66<br>22.13 | 4.43<br>14.04<br>40.49 |
| 熱傳導率 | (W/m K) | (ASTM D5470) | 100 (kPa) | 1.6 | | |
| 比熱 | (J/g C) | DSC | | 1.4 | | |
| 密度 | (g/cm^2) | (JIS K 7112 ) | | 1.88 | | |
| 體積電阻 | (Ω cm) | (JIS K 6911) | | >10^14 | | |
| 介電強度 | (KVac/mm) | (JIS K 6249) | | 17 | | |
| 硬度 | (Type E) | (JIS K 6253) | | 39 | | |
| 黏著度 | (mN/cm) | | SUS<br>Al<br>玻璃 | 39<br>31<br>38 | | |
| 易燃性等級 | | | UL94 | V.0 | | |

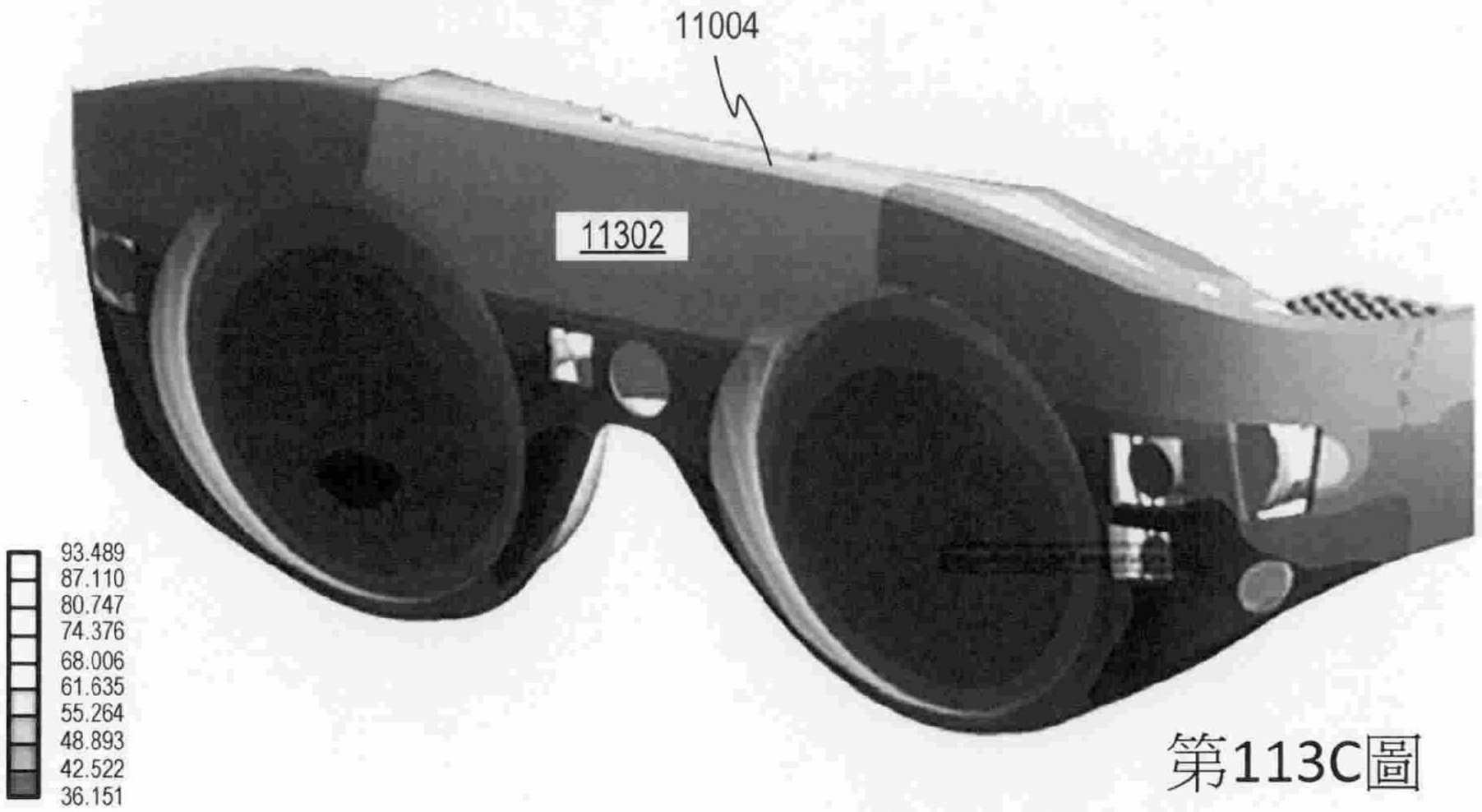
第112B圖



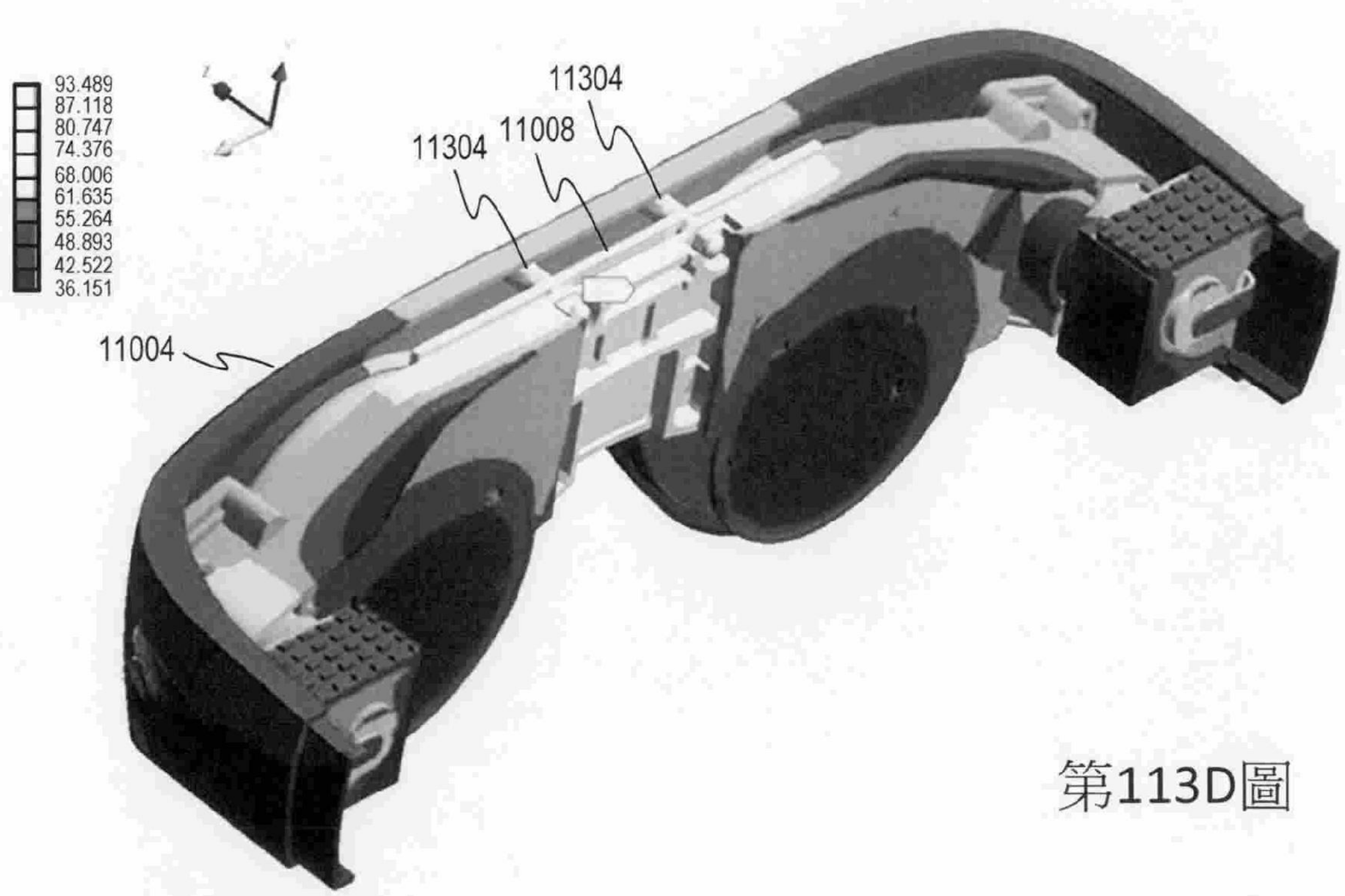

第113A圖



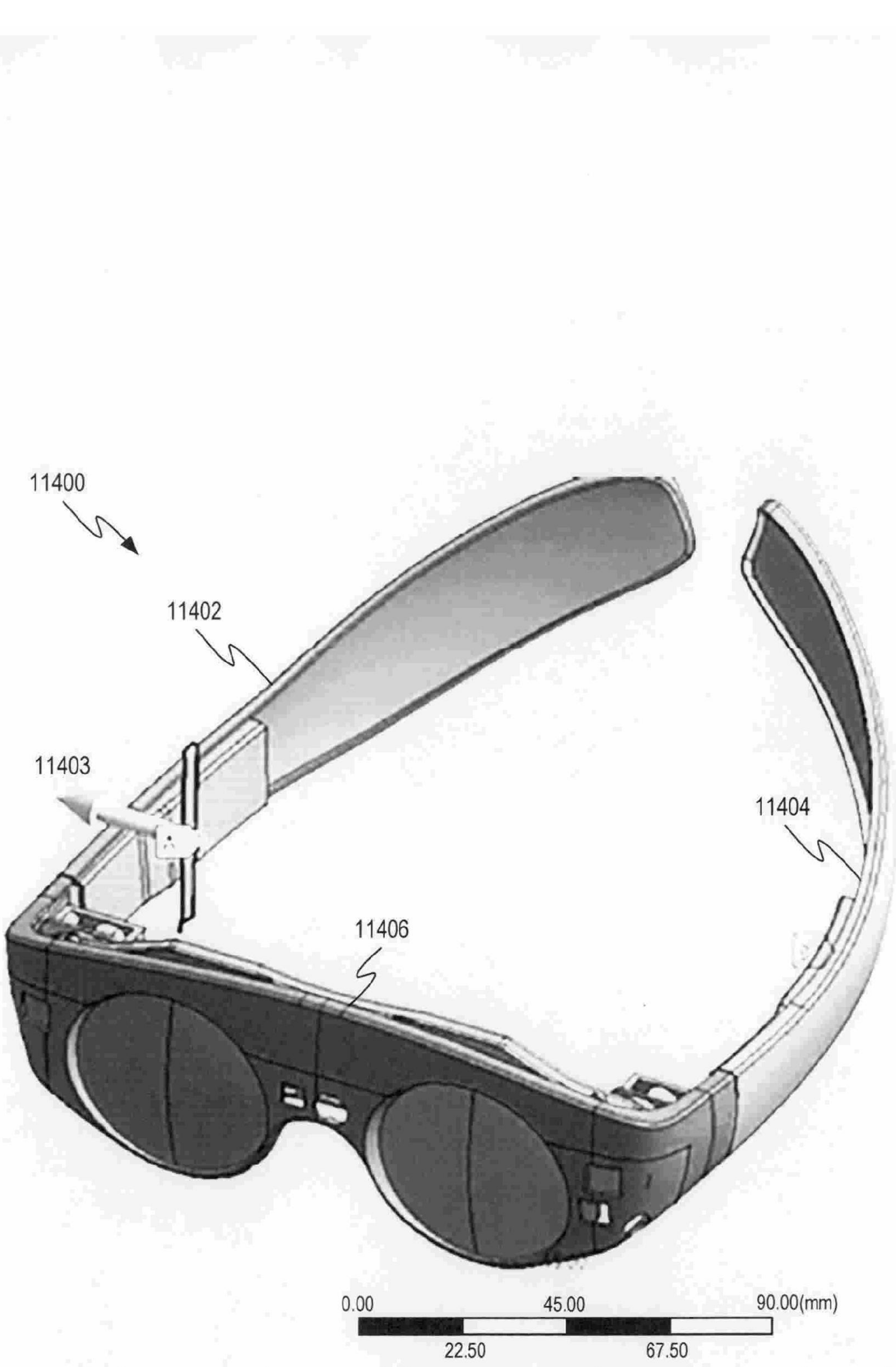

第113B圖



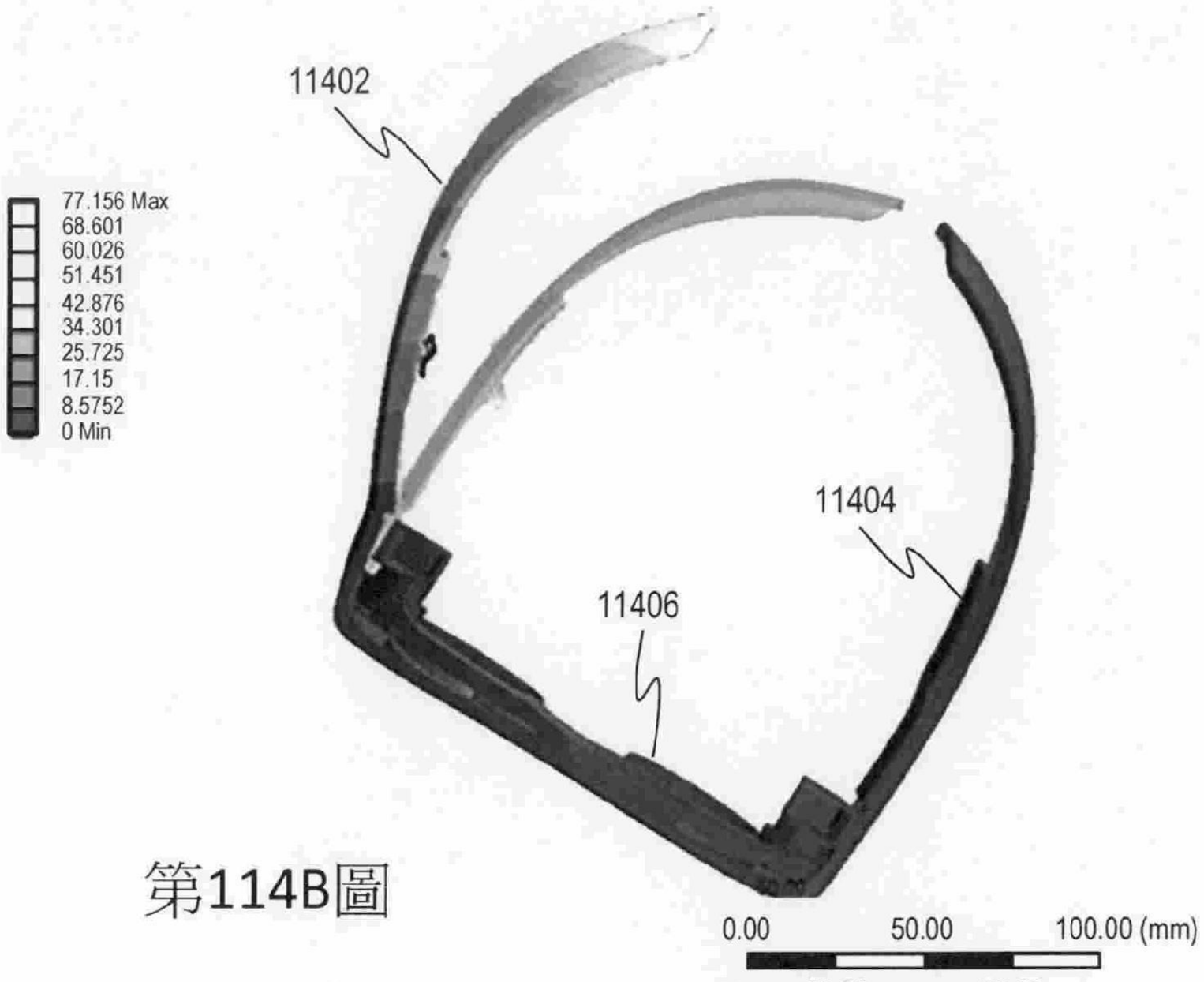

第113C圖



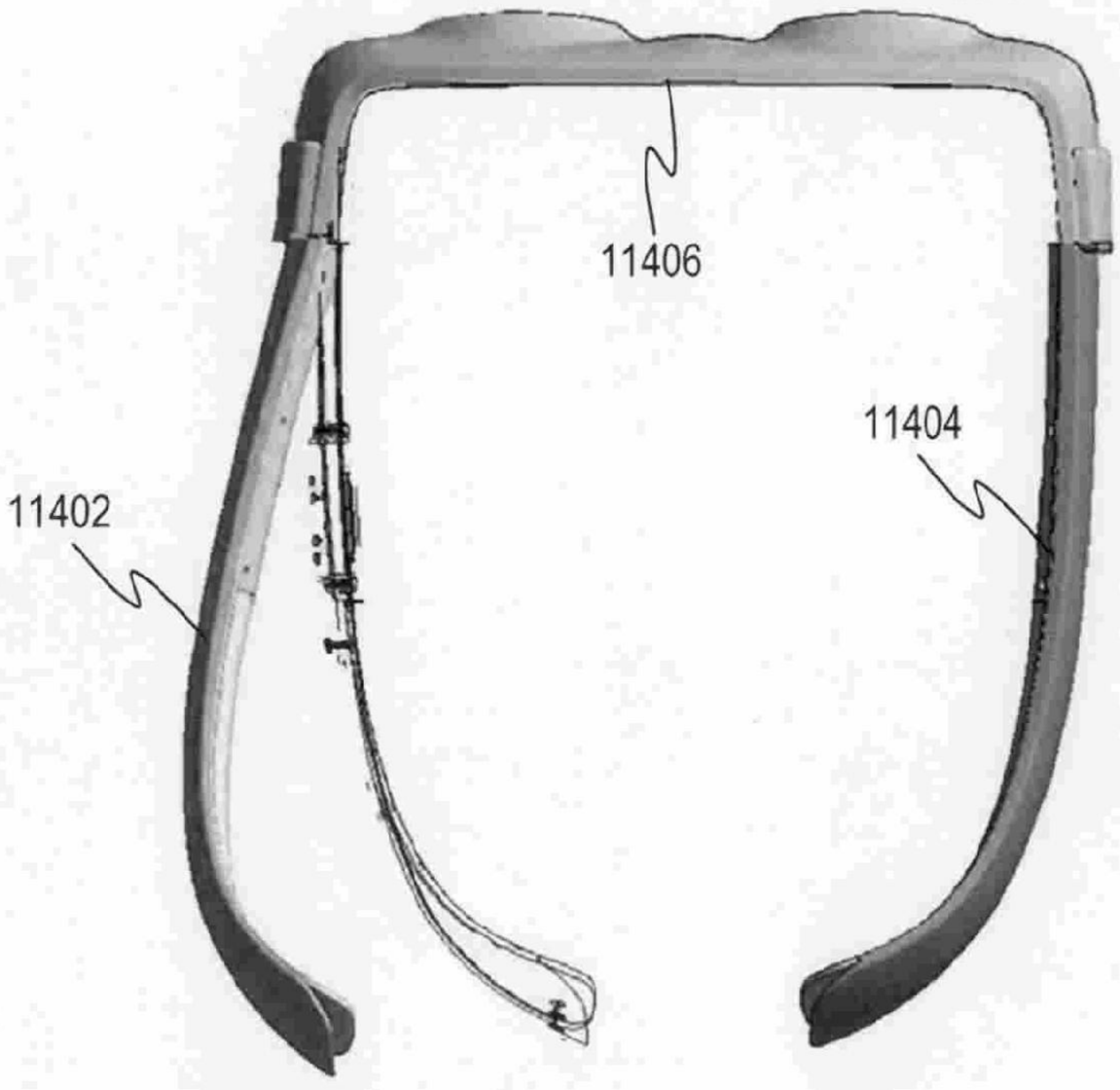

第113D圖



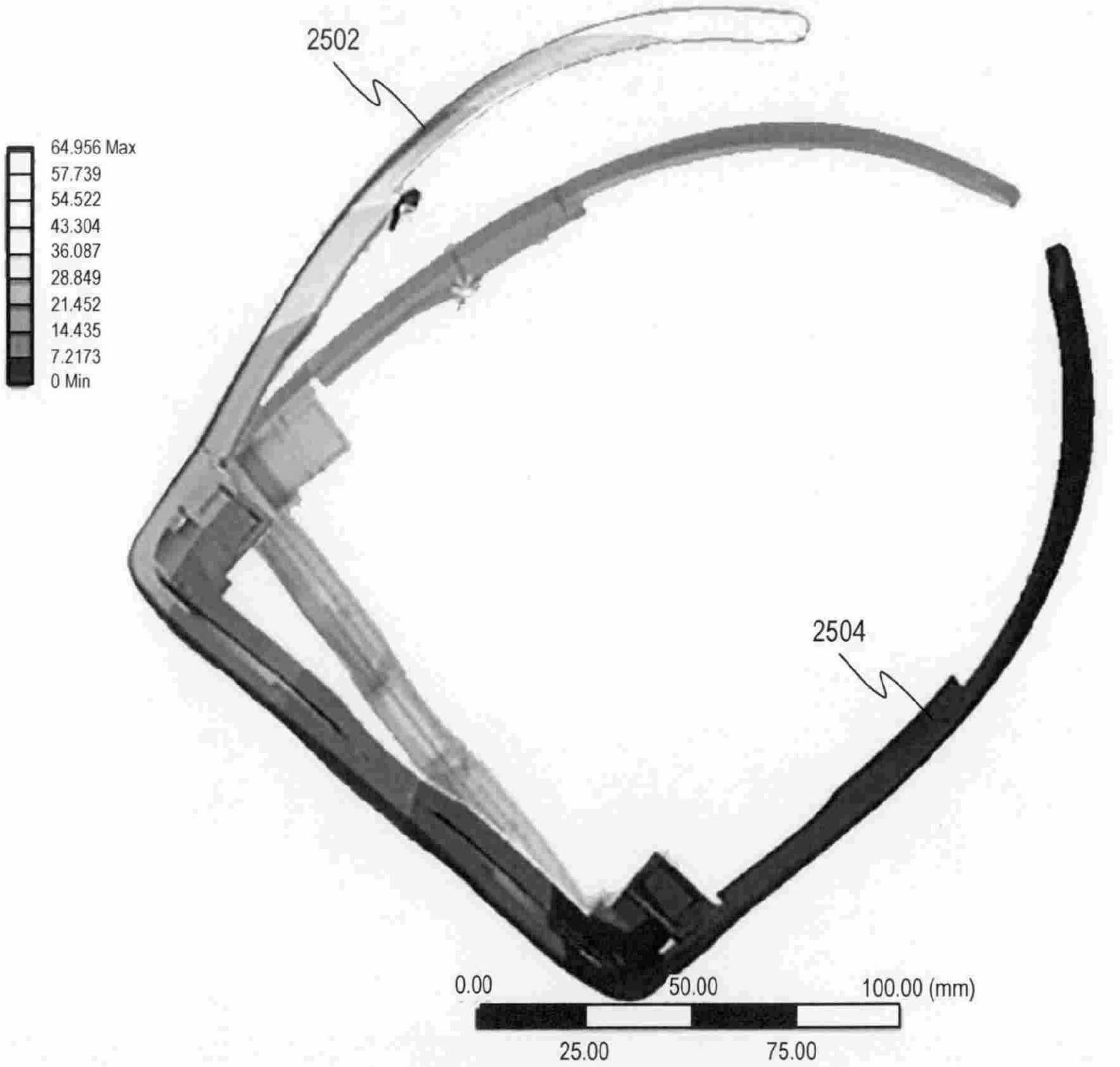

第114A圖



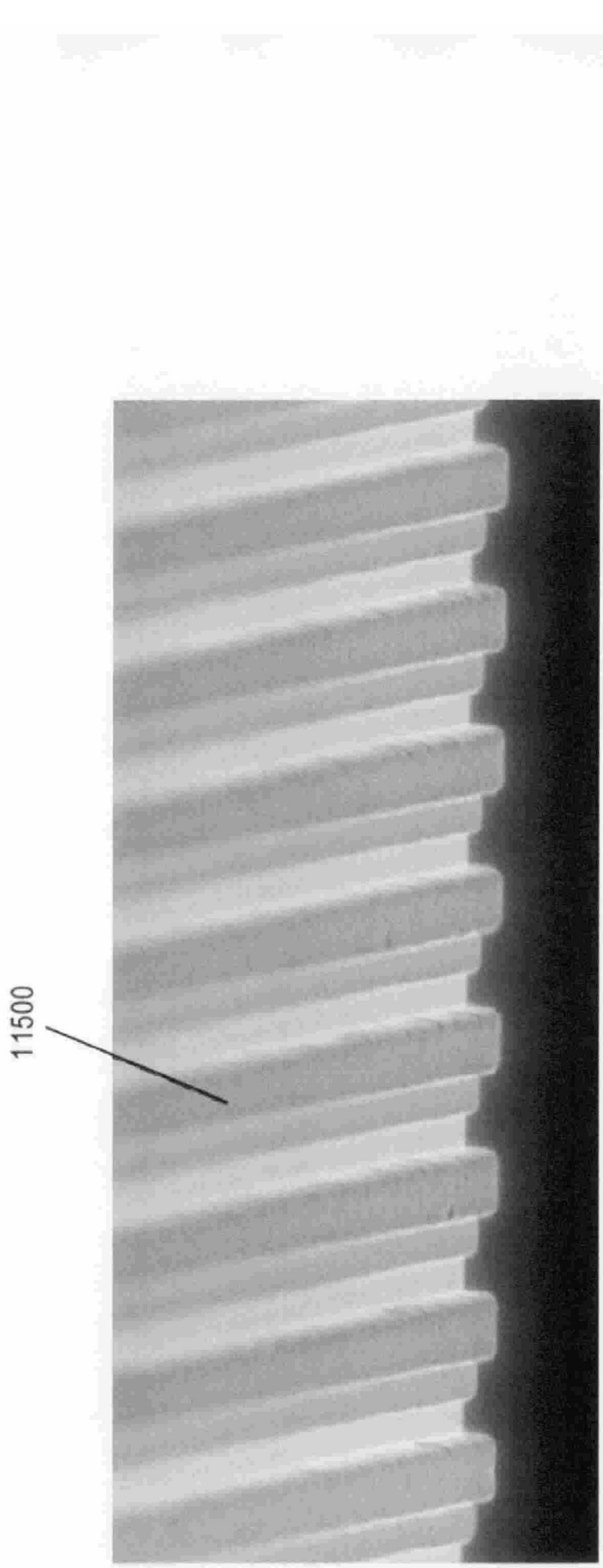

第114B圖



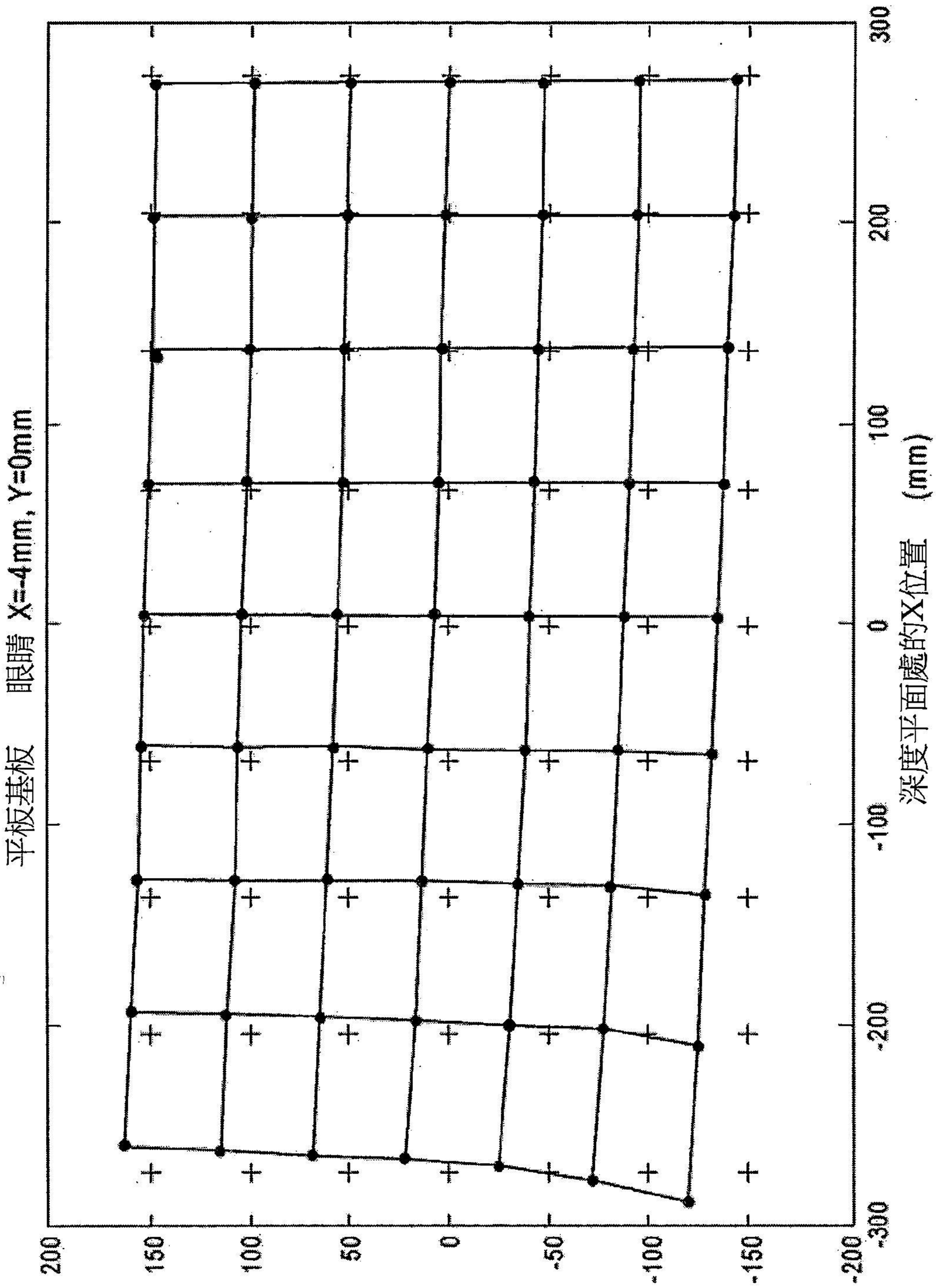

第114C圖


2502
64.956 Max
57.739
54.522
43.304
36.087
28.849
21.452
14.435
7.2173
0 Min
2504
0.00
50.00
100.00 (mm)
25.00
75.00

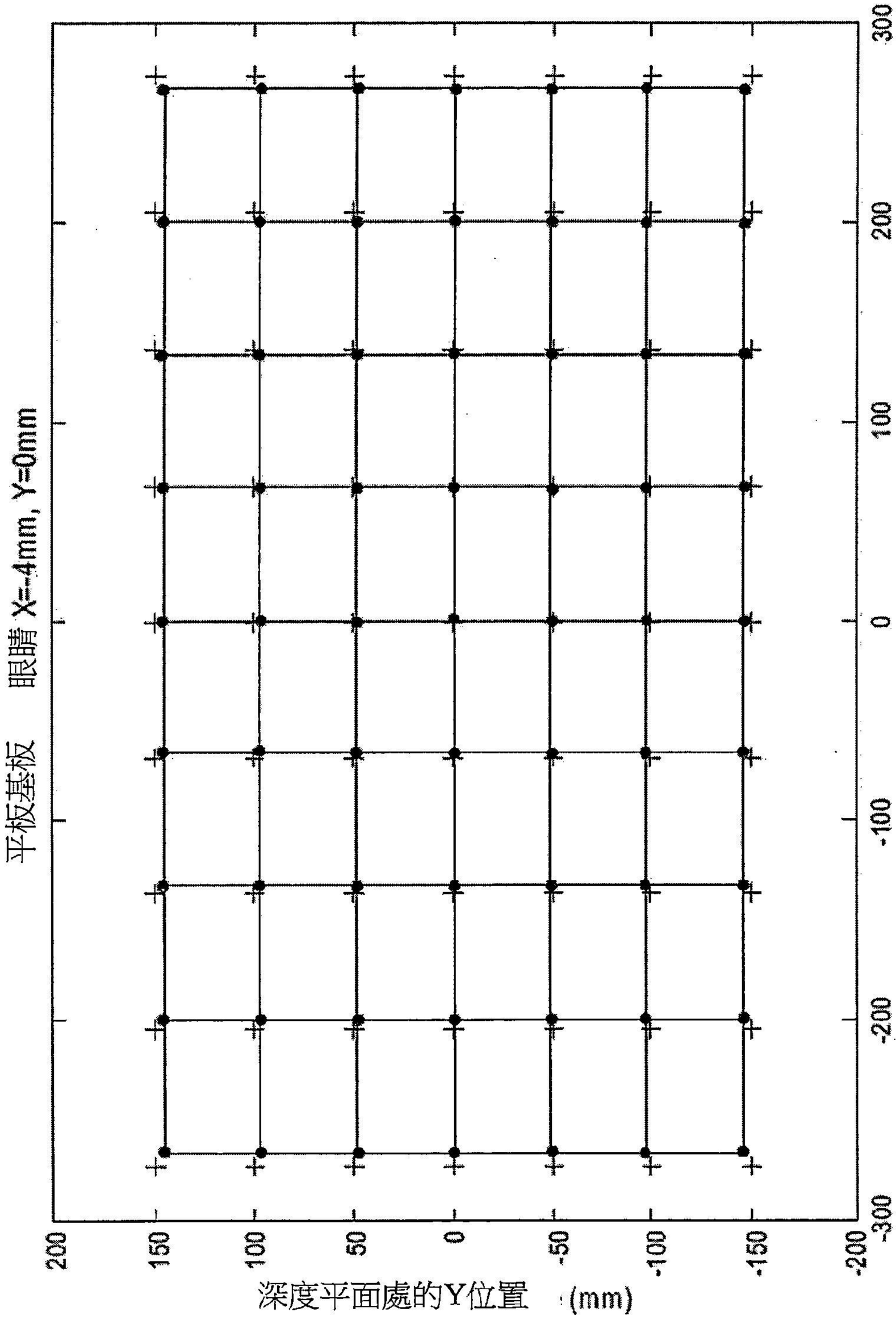
第114D圖



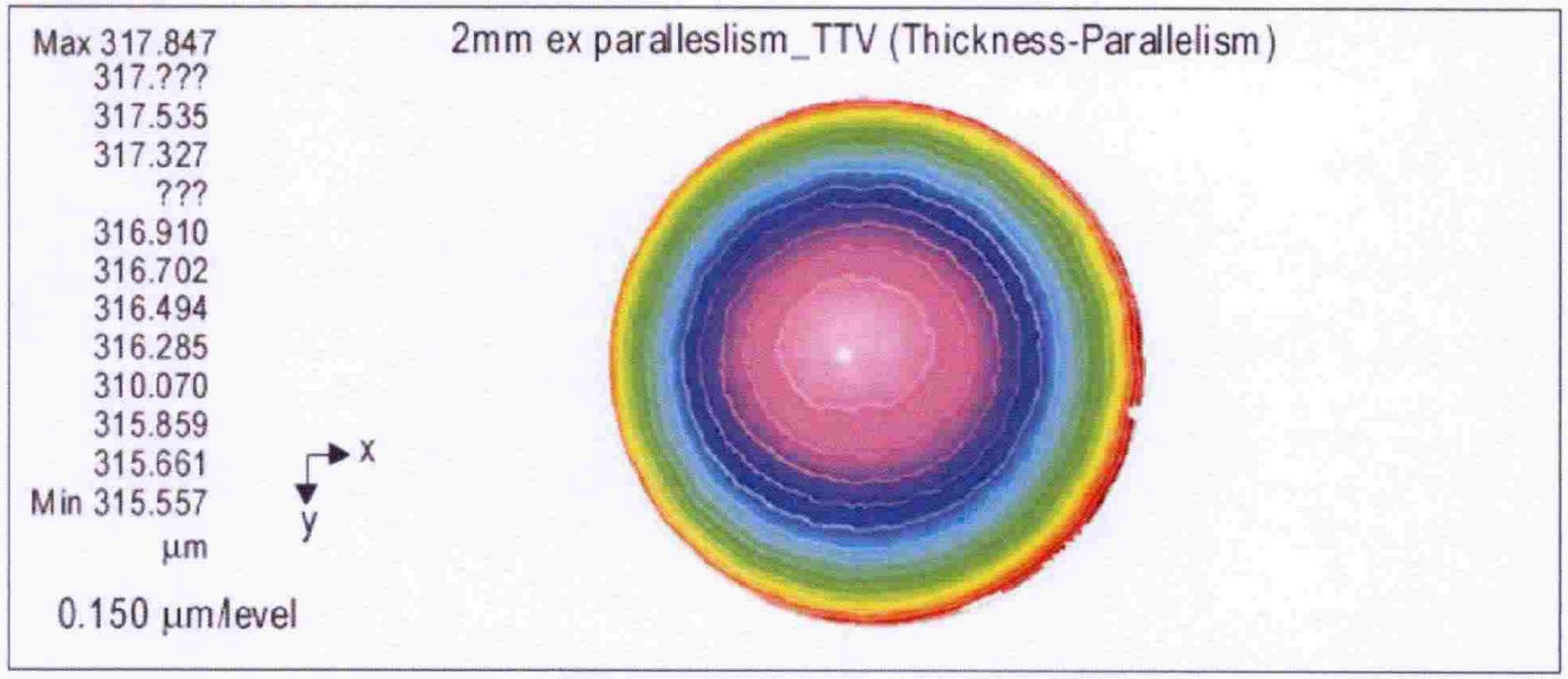

第115圖

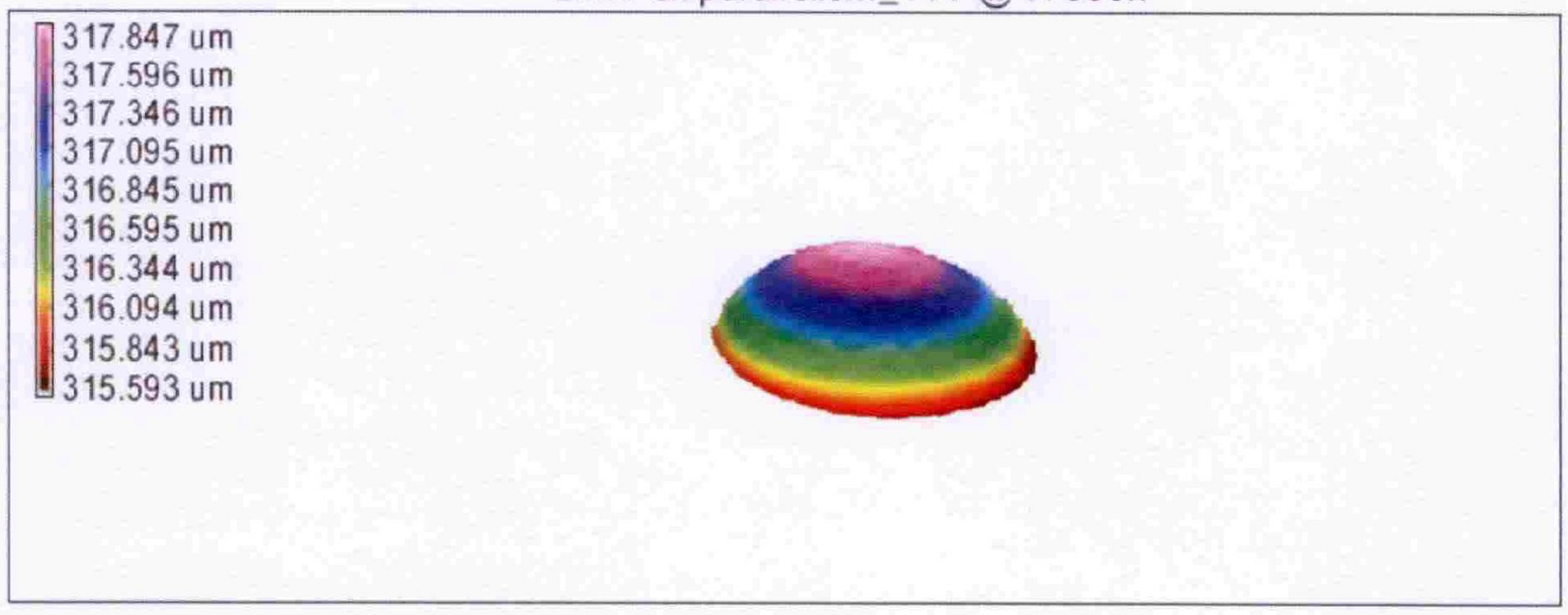

平板基板 眼睛 X=-4mm, Y=0mm
200
150
100
50
0
-50
-100
-150
-200
-300
深度平面處的Y位置 (mm)
300
200
100
0
-100
-200
-300
深度平面處的X位置 (mm)

第116A圖


眼睛 X=-4mm, Y=0mm
平板基板
300
200
100
0
-100
-200
-300
200
150
100
50
0
-50
-100
-150
-200
深度平面處的X位置 (mm)
深度平面處的Y位置 (mm)

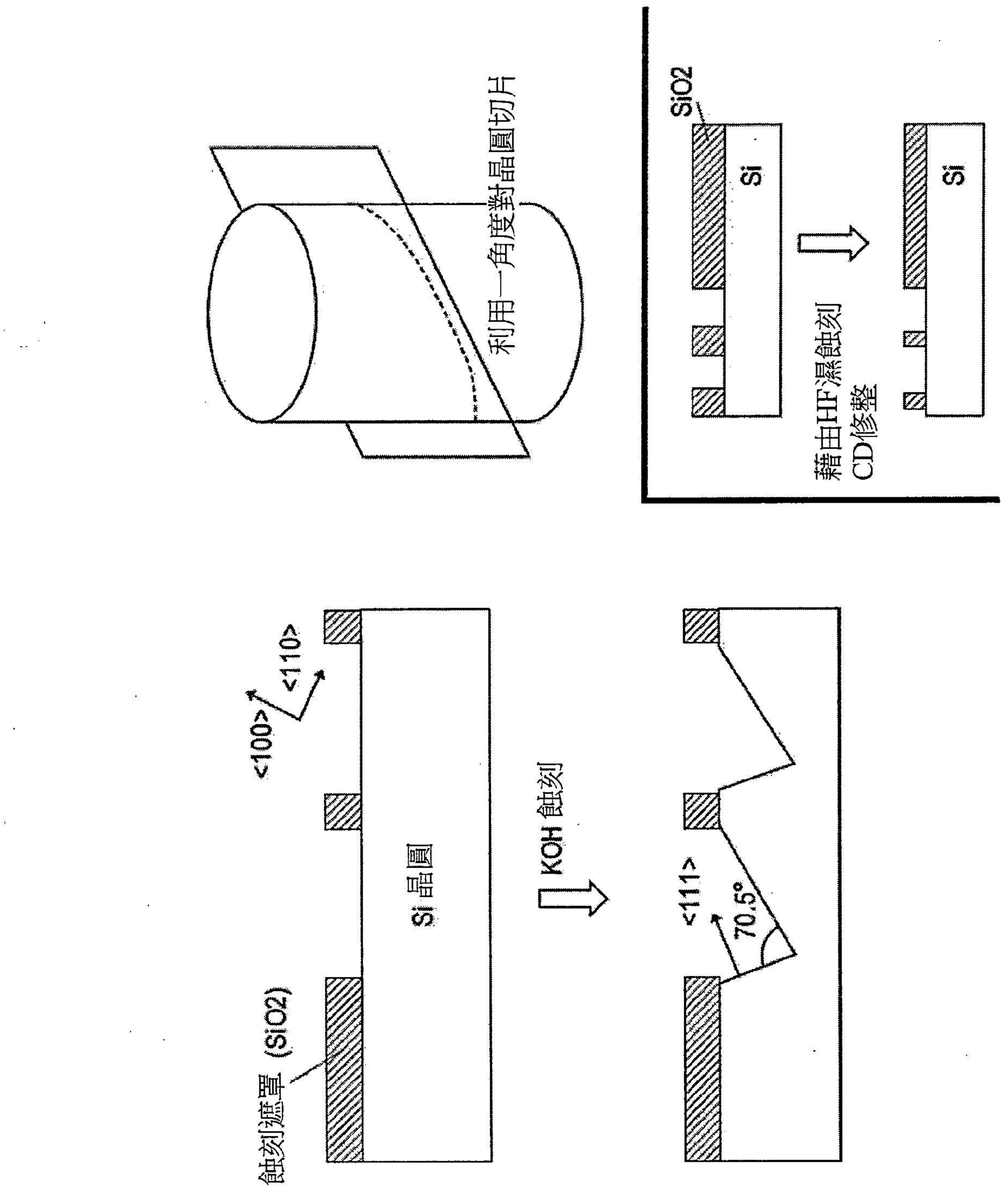
第116B圖



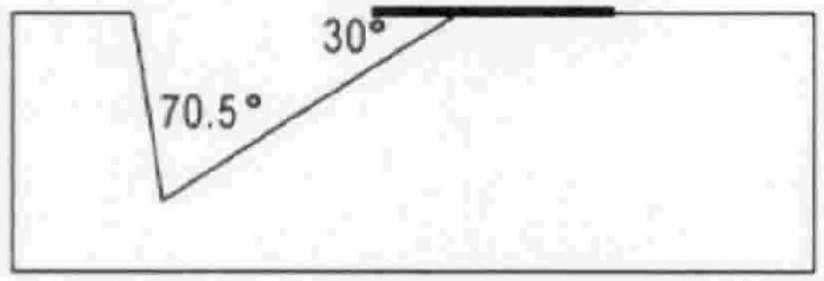




第116C圖

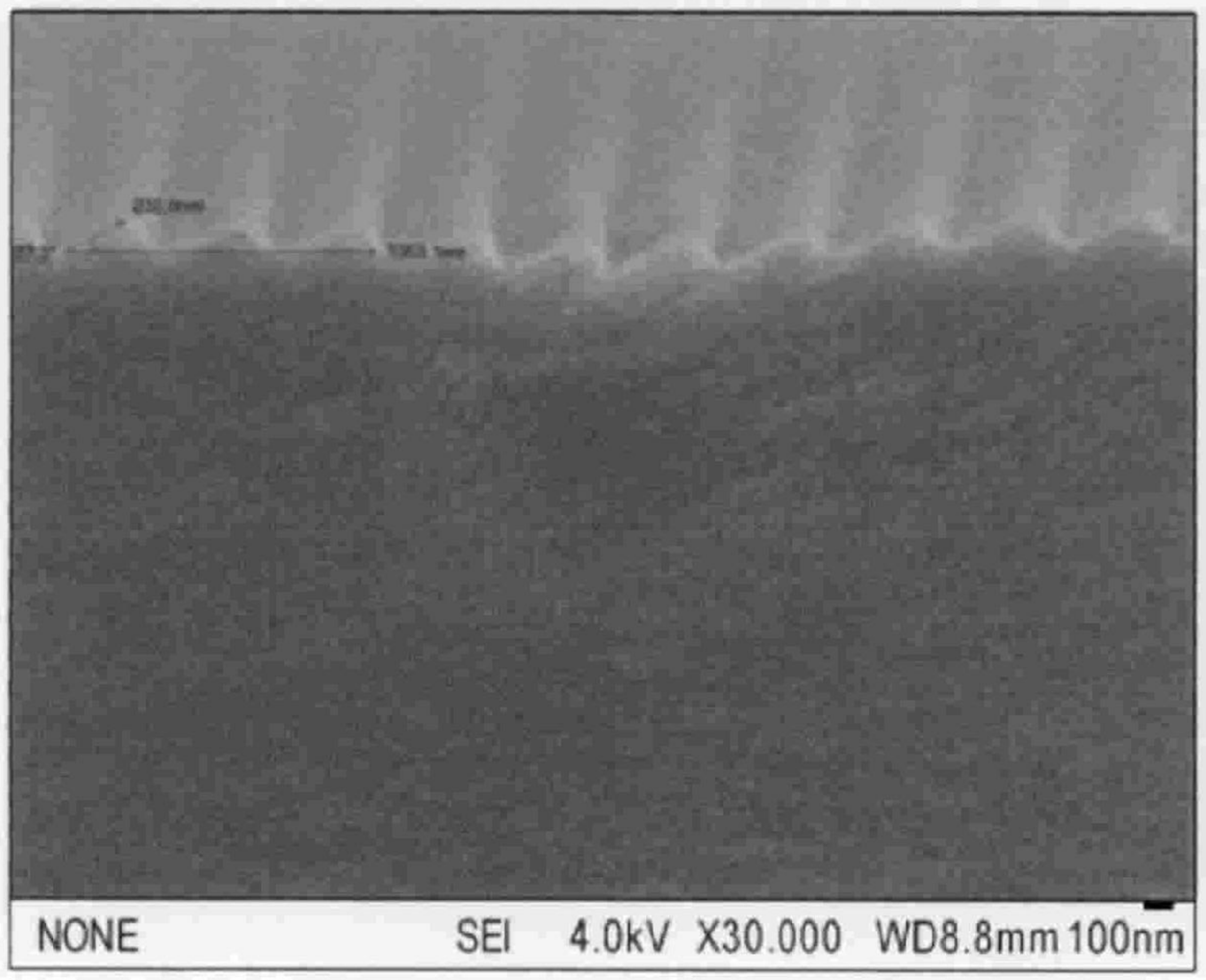
第173頁，共194頁(發明圖式)

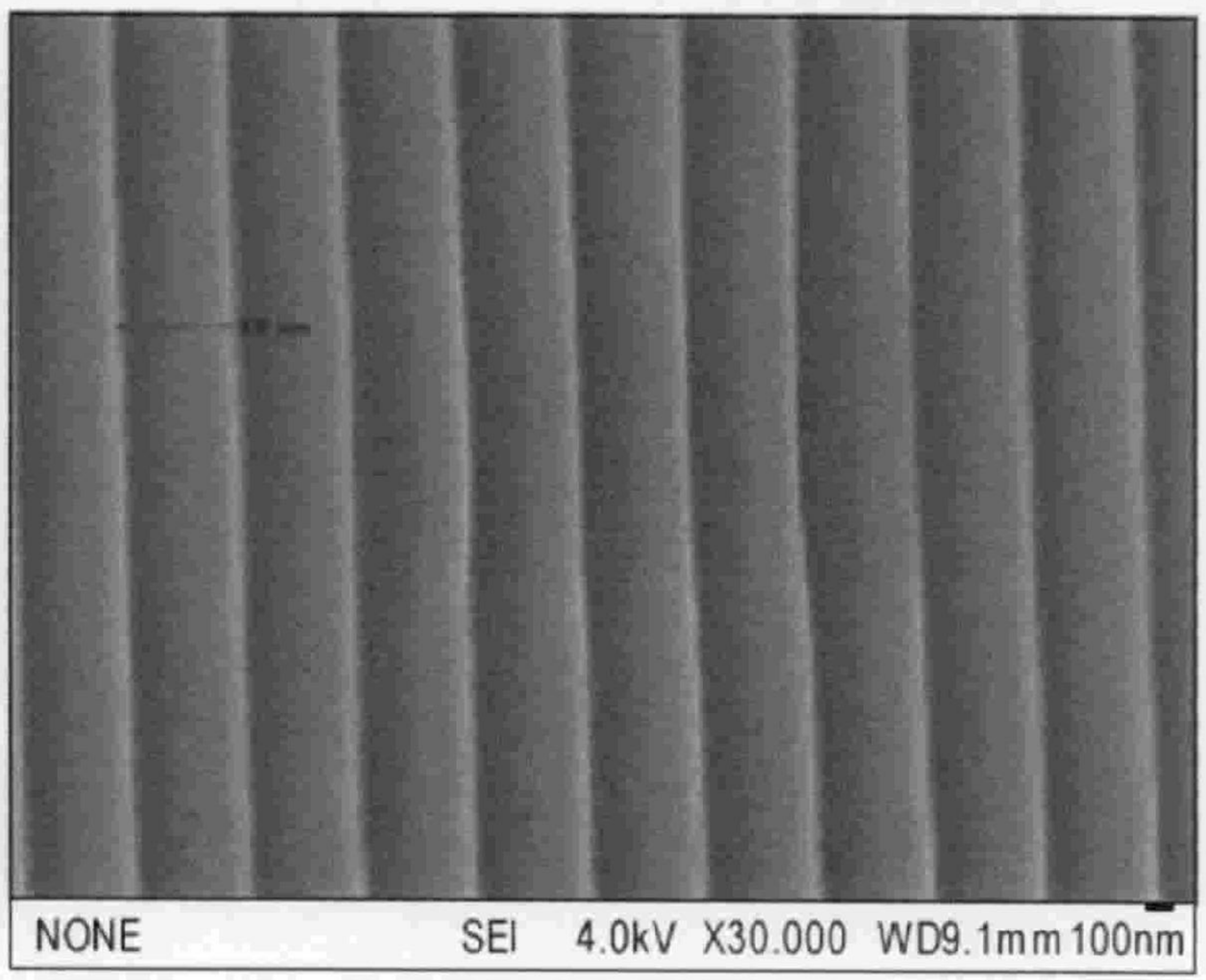

利用一角度對晶圓切片
SiO2
Si
藉由HF濕蝕刻
CD修整
Si
蝕刻遮罩 (SiO2)
<100>
<110>
Si 晶圓
KOH 蝕刻
<111>
70.5°

第17A圖

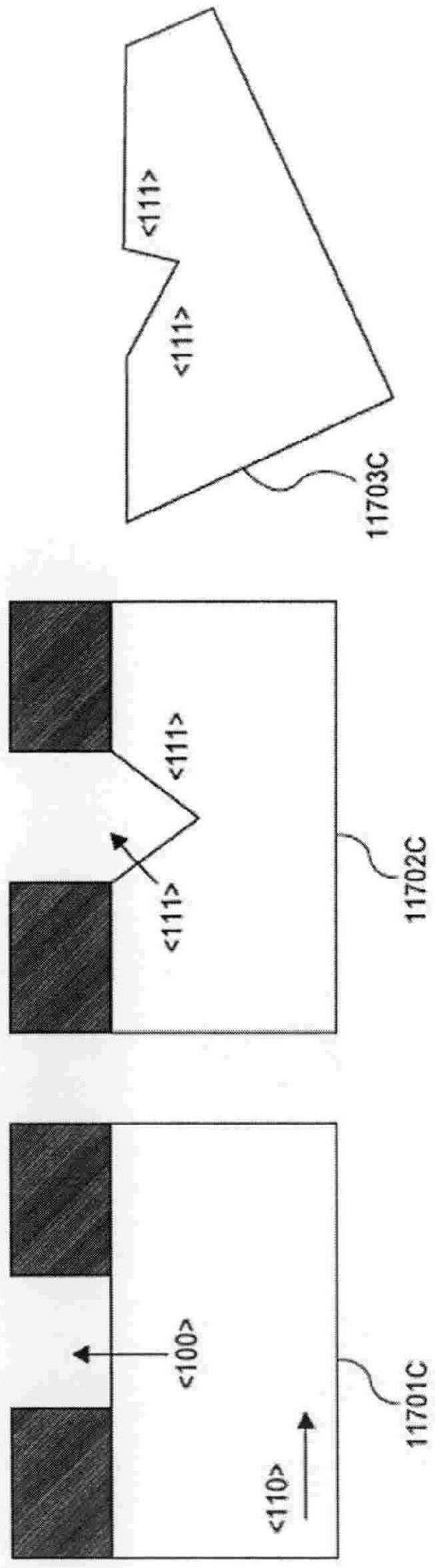



<311> Si閃耀光柵

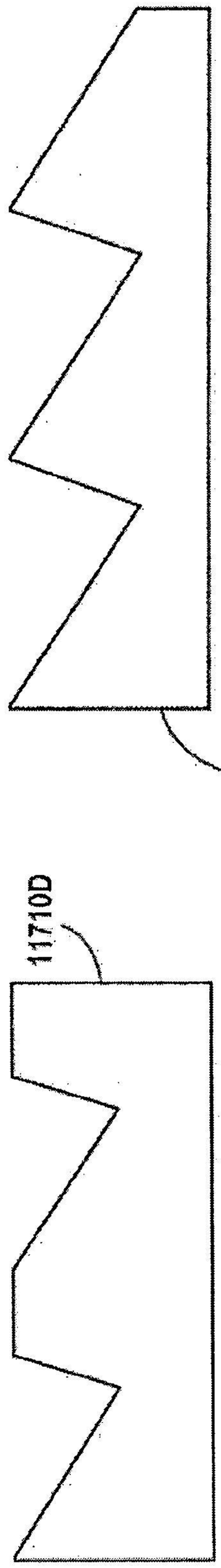


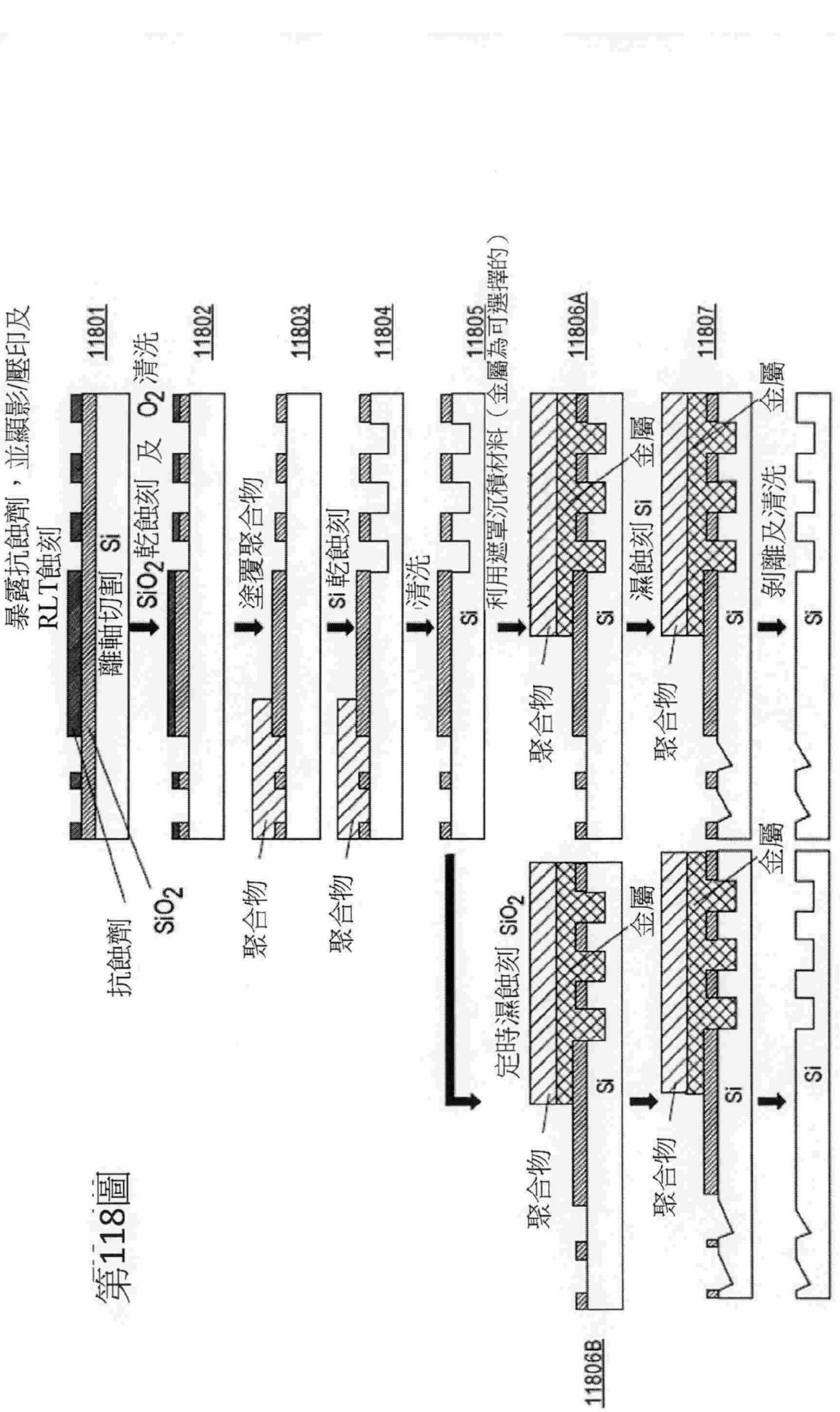

第117B圖



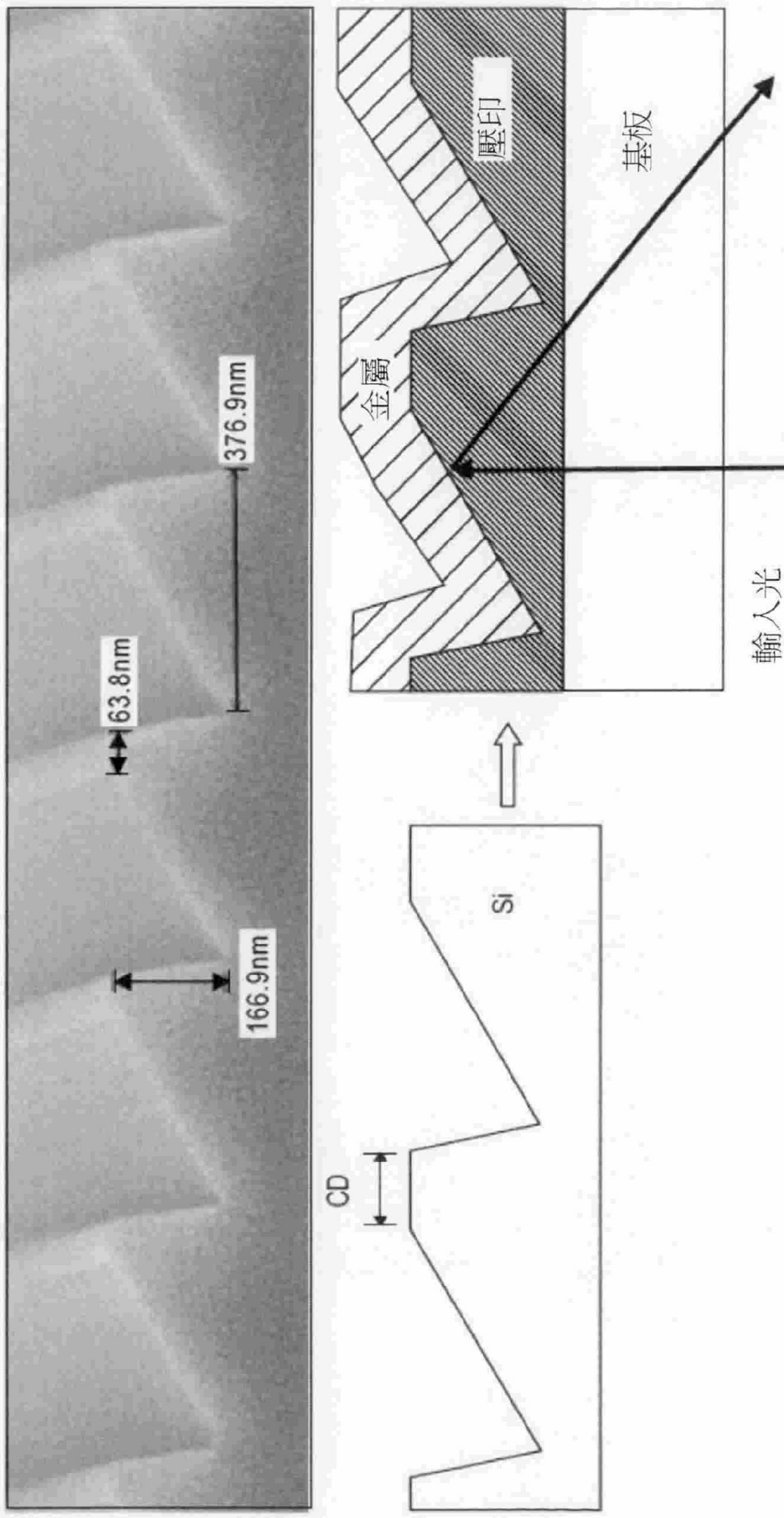

第117C圖



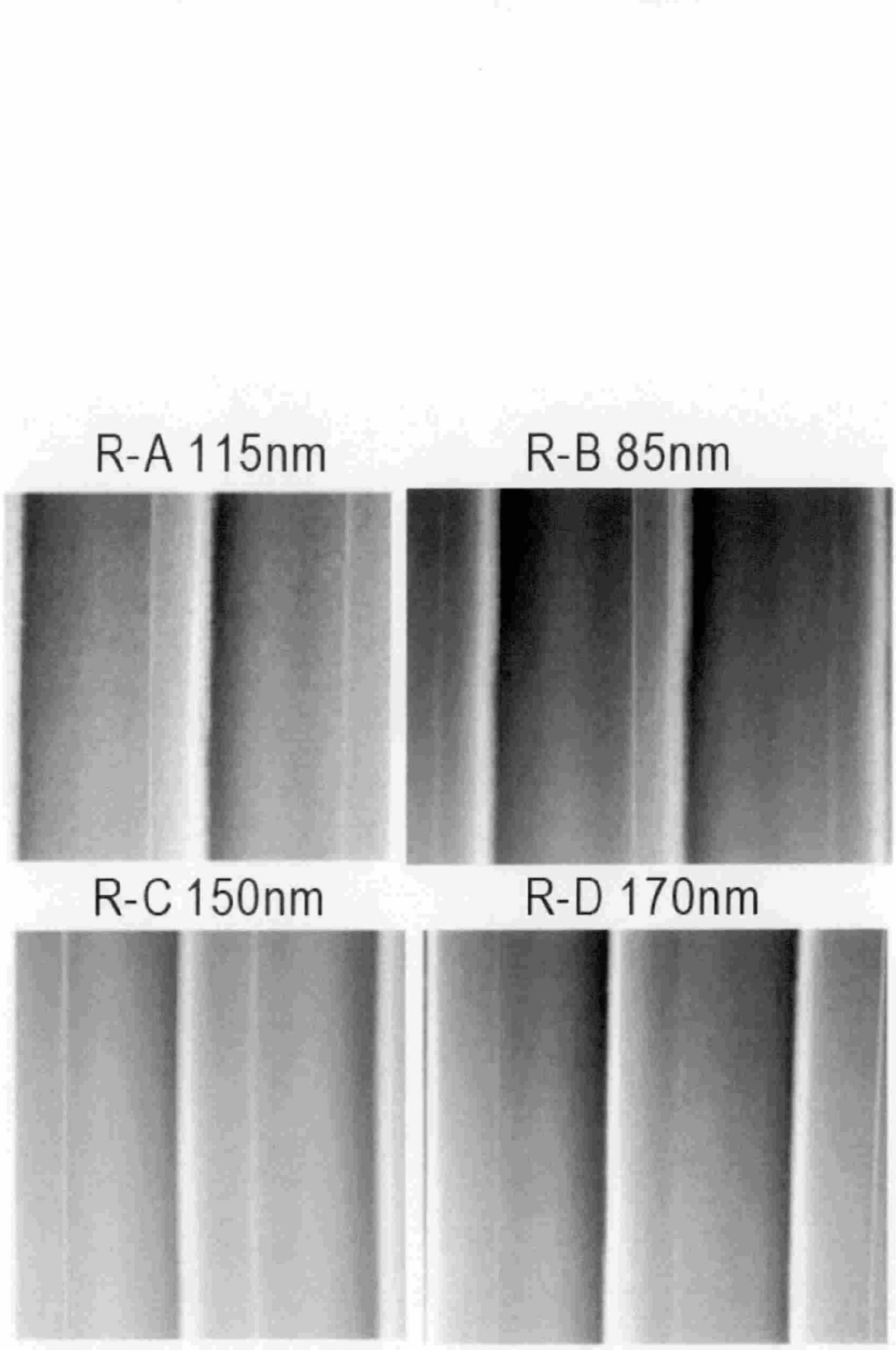

第117D圖


暴露抗蝕劑，並顯影/壓印及
RLT蝕刻
11801
離軸切割 Si
抗蝕劑
SiO2
11802
SiO2乾蝕刻 及 O2 清洗
11803
塗覆聚合物
聚合物
11804
Si 乾蝕刻
聚合物
11805
清洗
Si
利用遮罩沉積材料（金屬為可選擇的）
11806A
聚合物
Si
11807
濕蝕刻Si 金屬
聚合物
Si
剝離及清洗 金屬
Si
定時濕蝕刻 SiO2
聚合物
Si
金屬
聚合物
Si
金屬
Si
11806B

第118圖



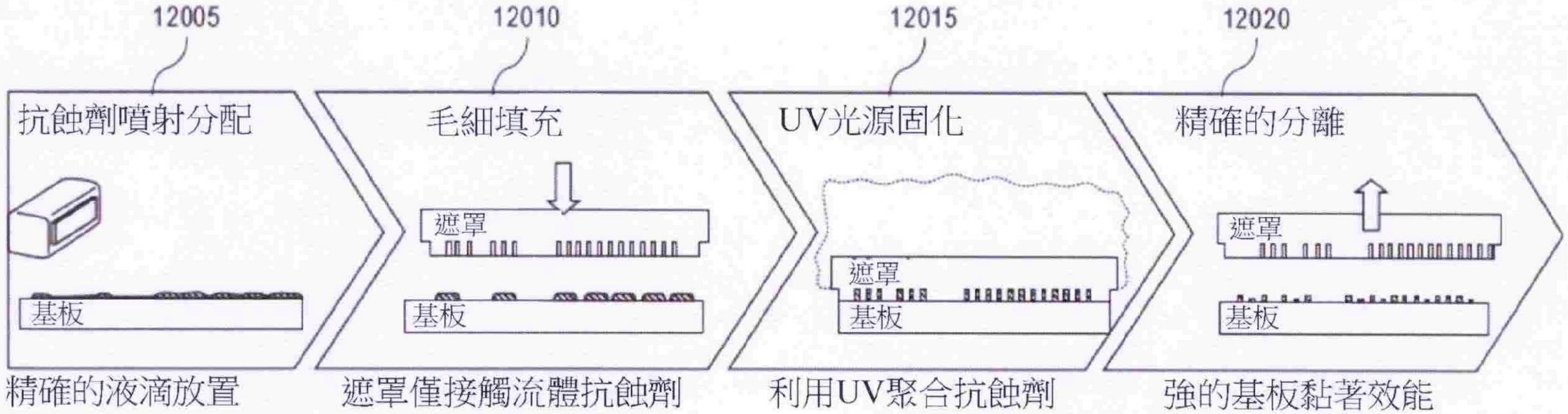

第119A圖

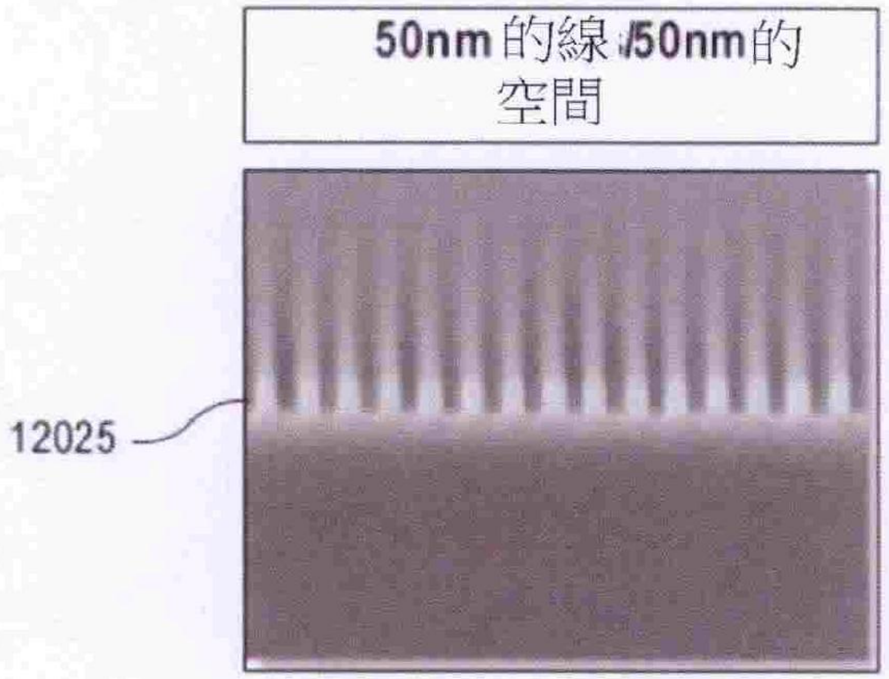


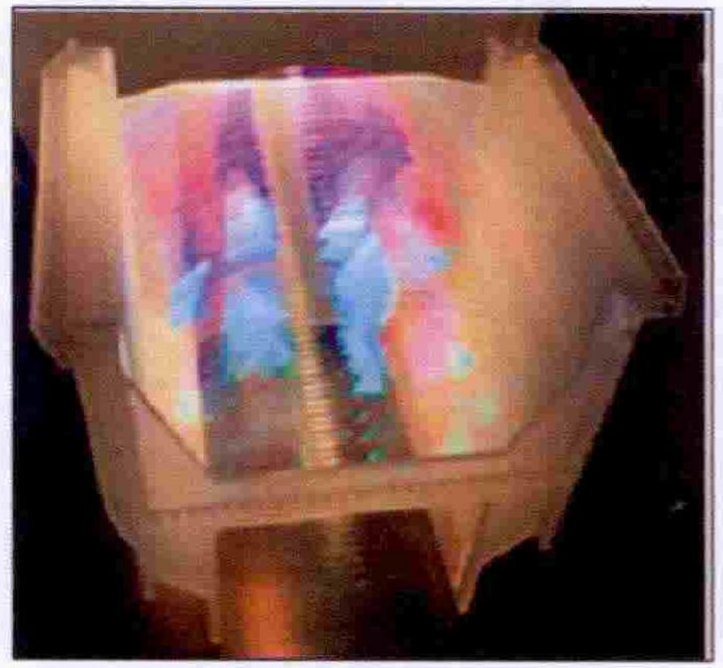

第119B圖

| 取樣 | 節距 (nm) | CD頂部 (nm) | 0度處的效率% |
|---|---|---|---|
| G-A | 380 | 61 | 46.6 |
| G-B | 380 | 38 | 32 |
| G-C | 380 | 68 | 45.9 |
| G-D | 380 | 33 | 38 |
| G-E | 380 | 80 | 51 |
| R-A | 430 | 115 | 52.4 |
| R-B | 430 | 85 | 51.3 |
| R-C | 430 | 150 | 50.8 |
| R-D | 430 | 170 | 47 |

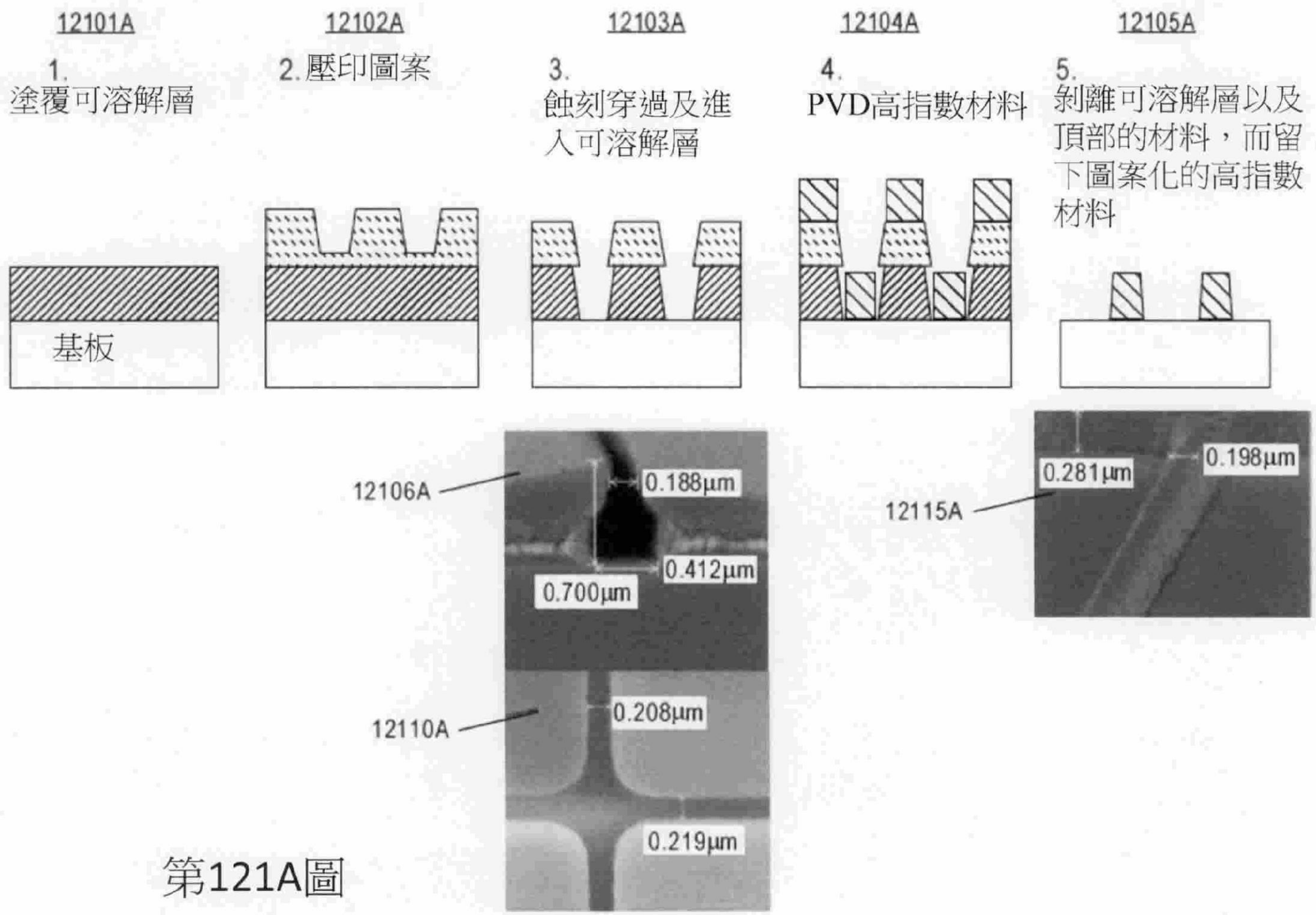
第119C圖


12005
12010
12015
12020
抗蝕劑噴射分配
毛細填充
UV光源固化
精確的分離
遮罩
基板
精確的液滴放置
遮罩僅接觸流體抗蝕劑
利用UV聚合抗蝕劑
強的基板黏著效能

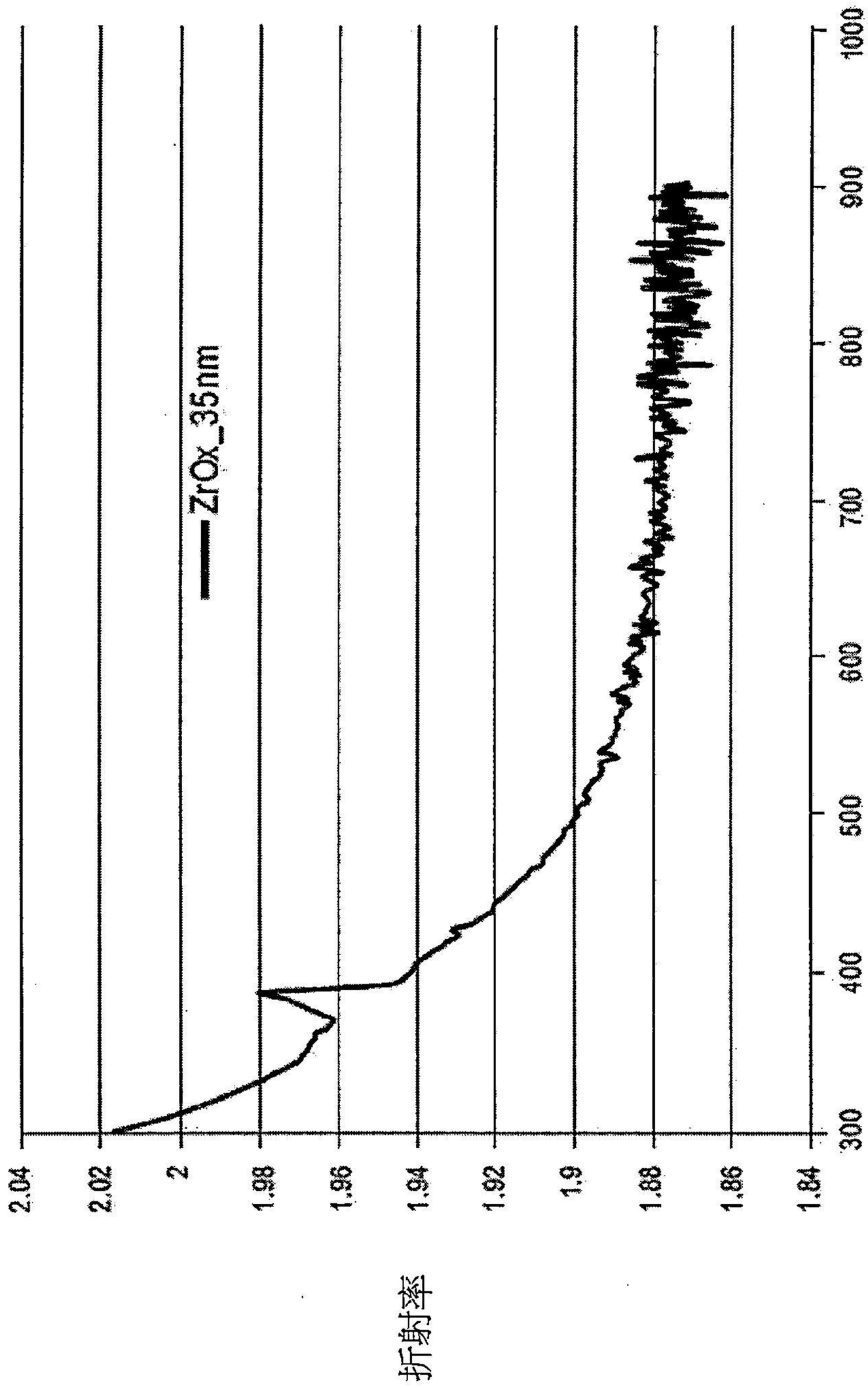

50nm的線/50nm的
空間
12025



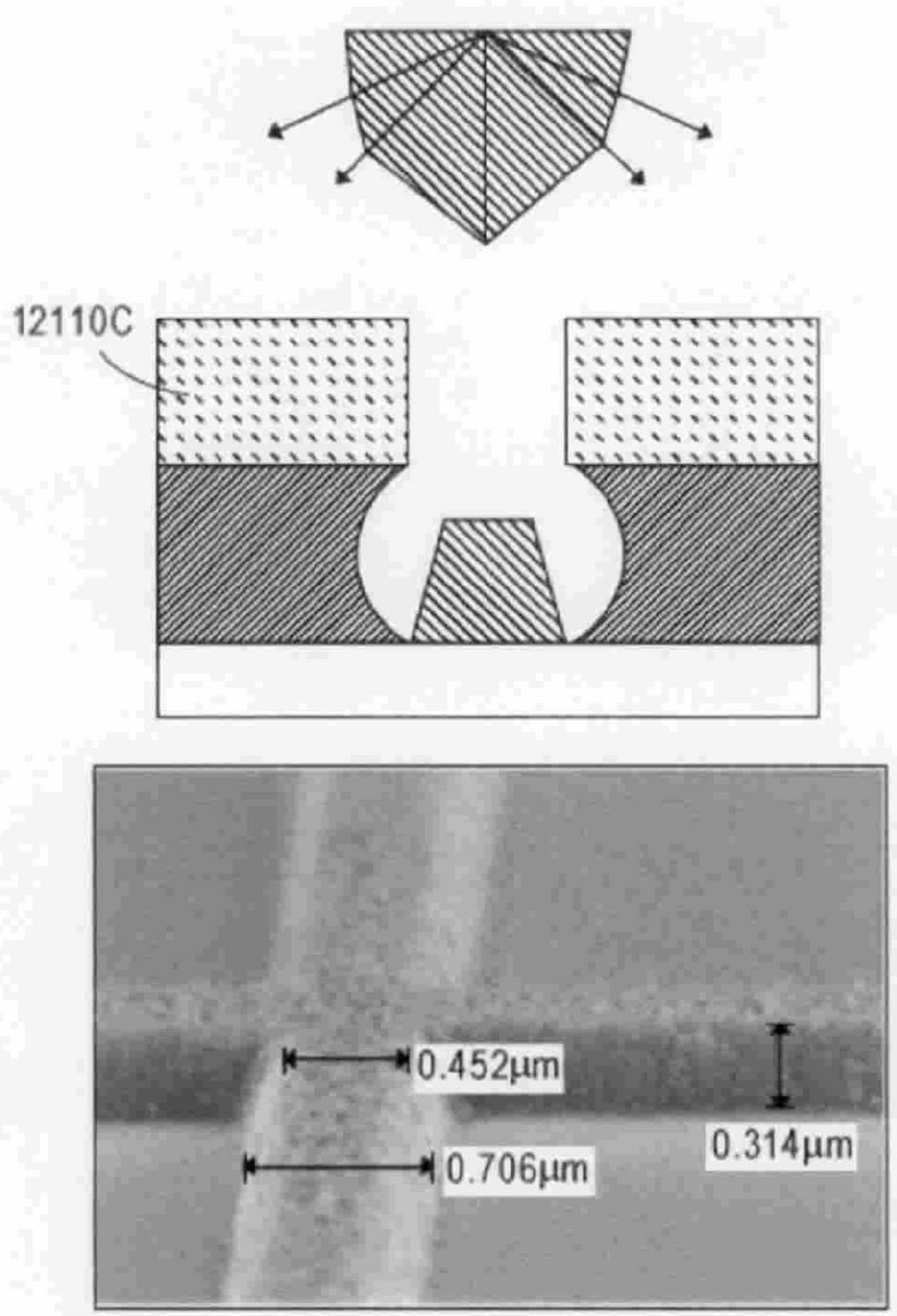
第120圖

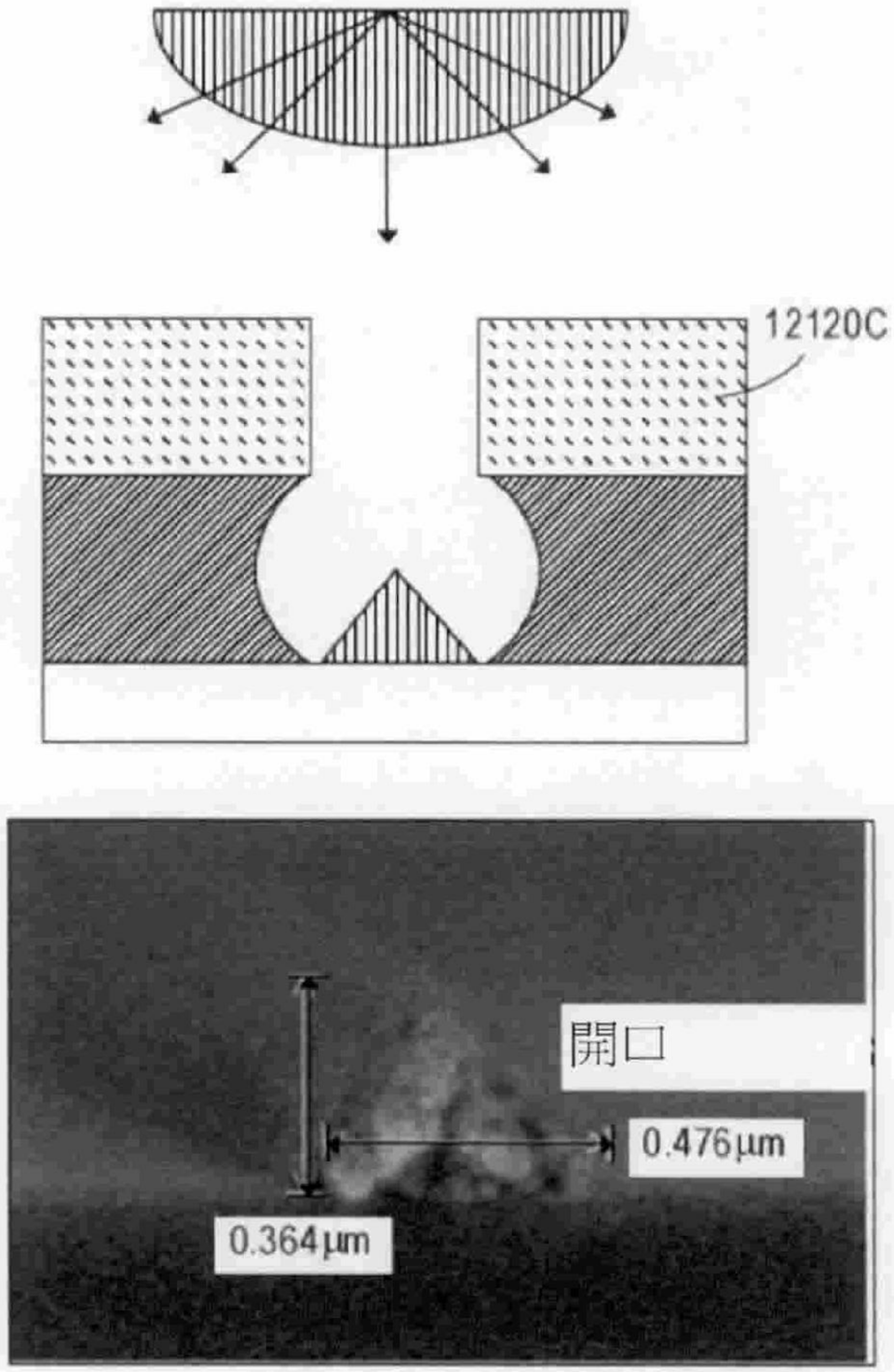

12101A
1.
塗覆可溶解層
基板
12102A
2. 壓印圖案
12103A
3.
蝕刻穿過及進入可溶解層
12104A
4.
PVD高指數材料
12105A
5.
剝離可溶解層以及頂部的材料，而留下圖案化的高指數材料
12106A
0.188μm
0.412μm
0.700μm
12110A
0.208μm
0.219μm
12115A
0.281μm
0.198μm

第121A圖

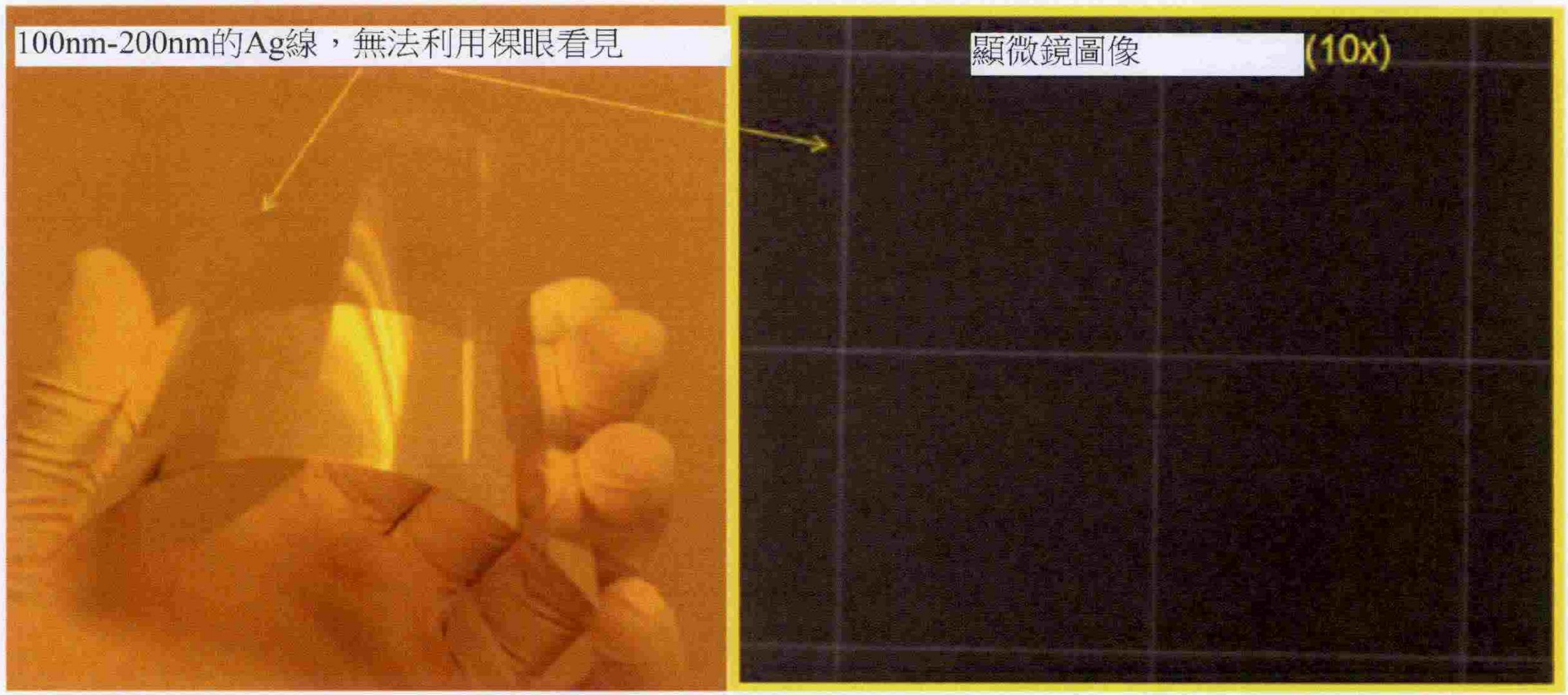

ZrOx_35nm
折射率
波長 (nm)
2.04
2.02
2
1.98
1.96
1.94
1.92
1.9
1.88
1.86
1.84
300
400
500
600
700
800
900
1000

第121B圖

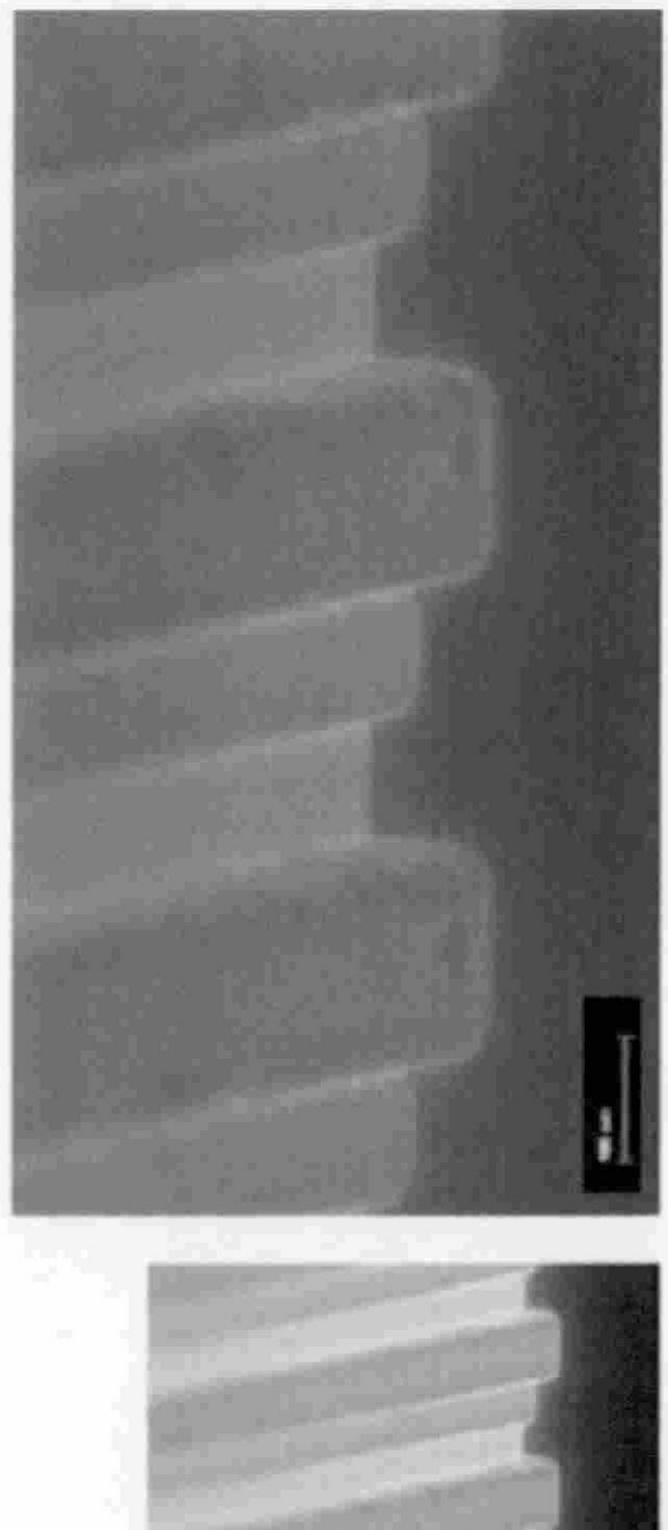


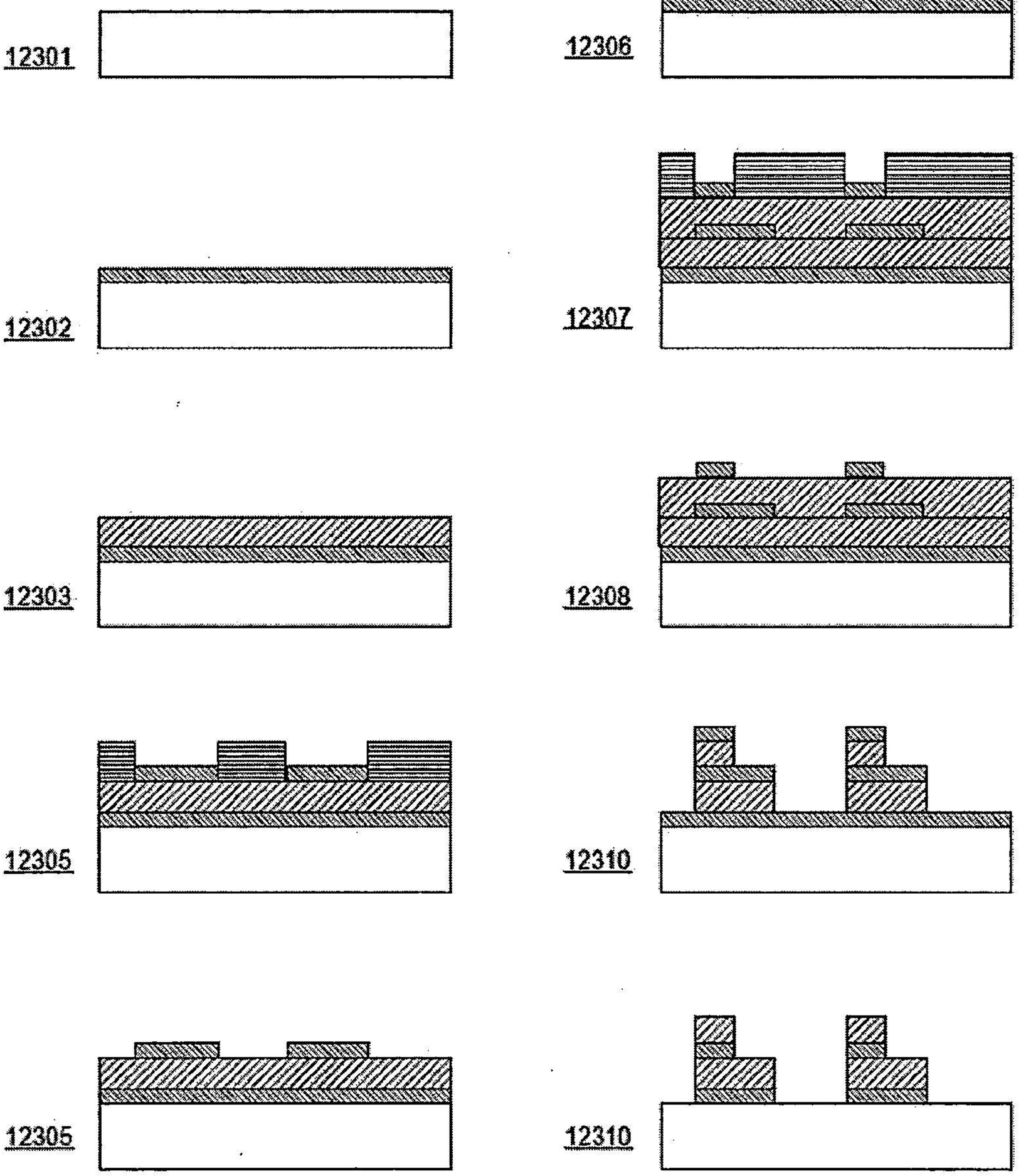

第121C圖




第121D圖

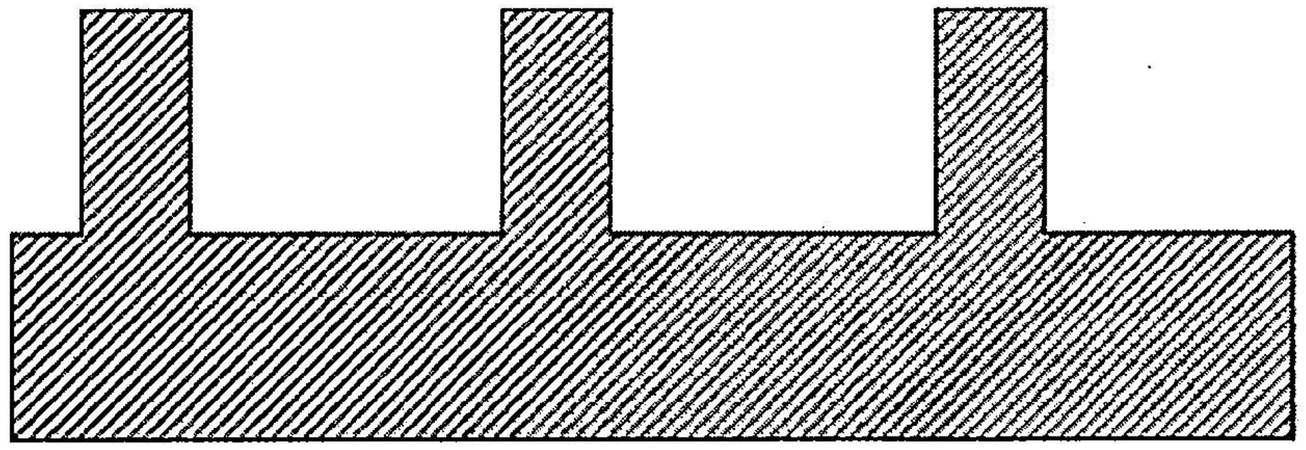


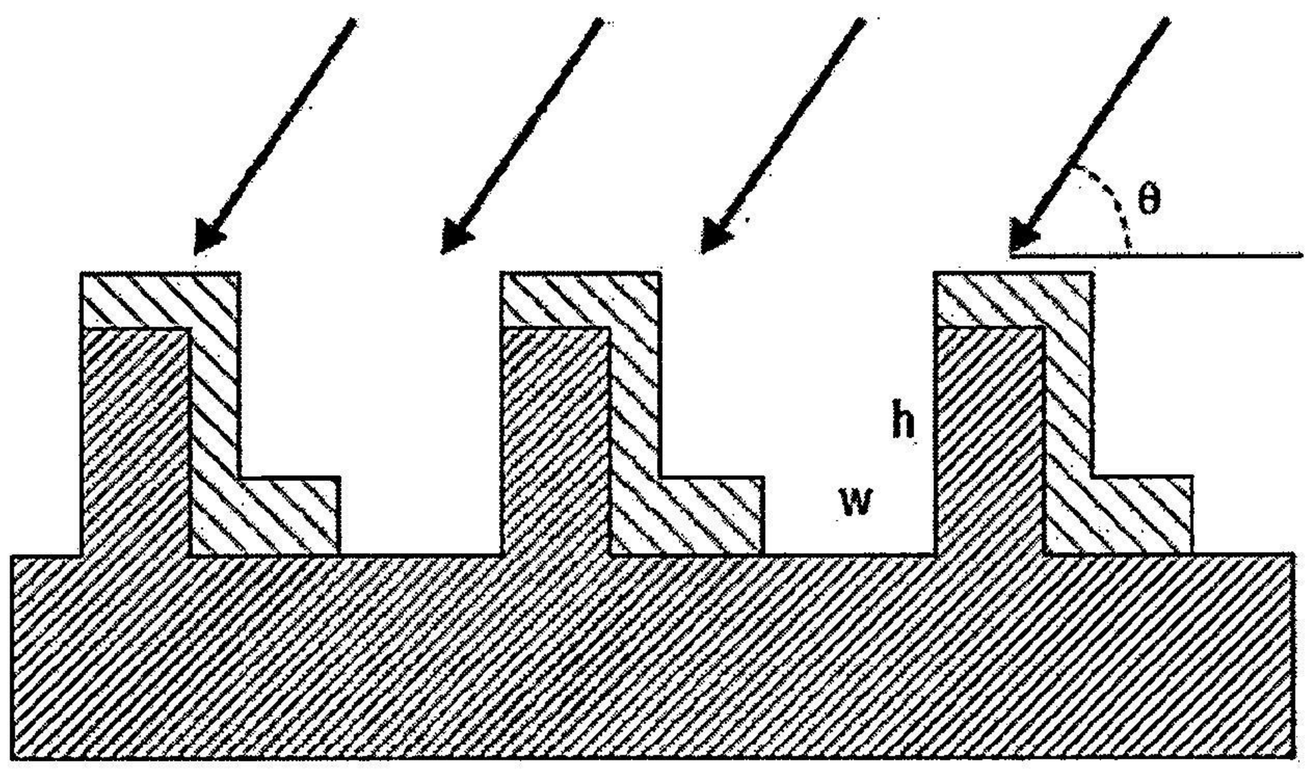
第22圖


12301
12306
12302
12307
12303
12308
12305
12310
12305
12310

第123圖

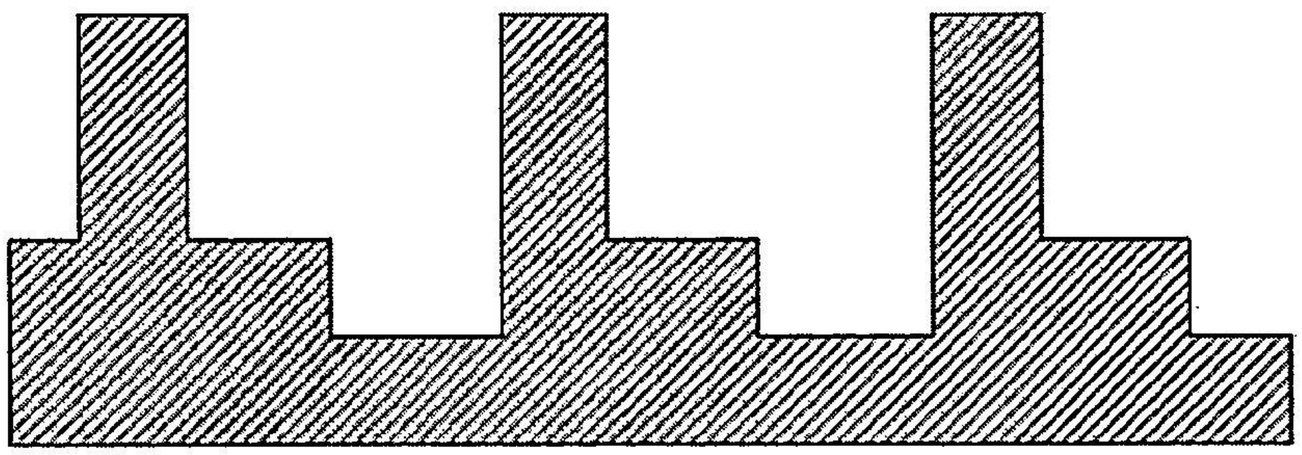
12401



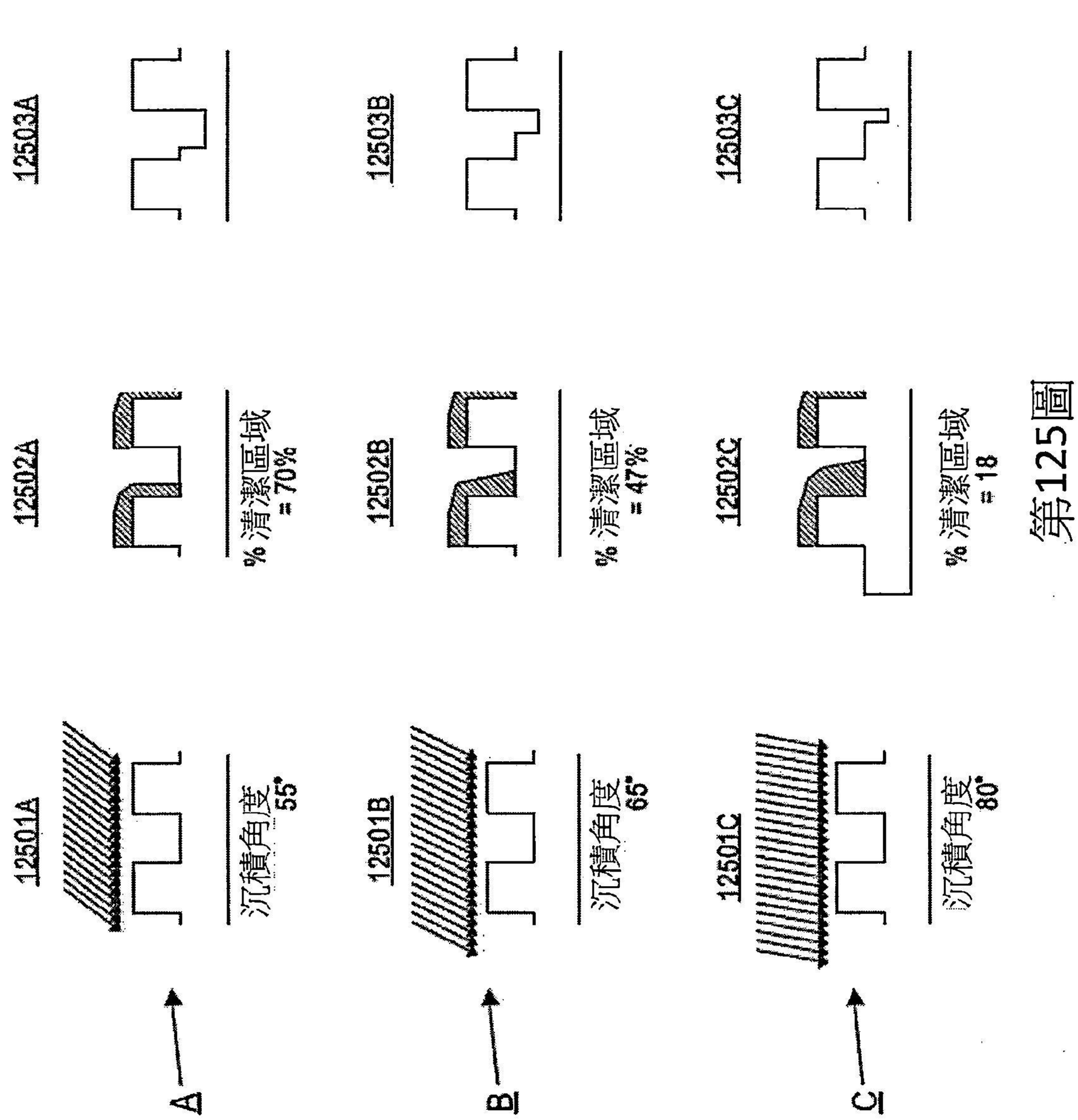



12402

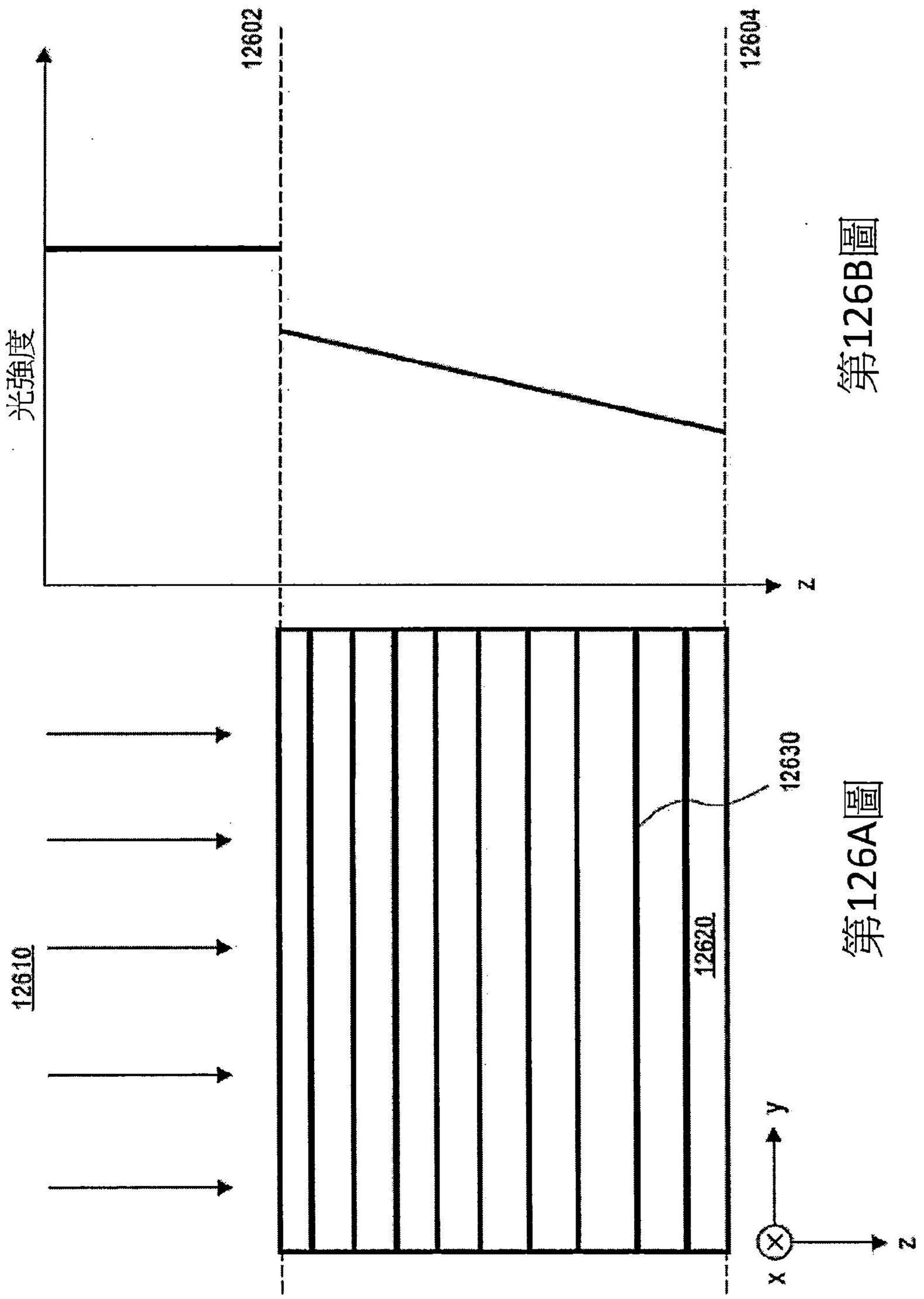
12403



第124圖


12503A
12503B
12503C
12502A
% 清潔區域 = 70%
12502B
% 清潔區域 = 47%
12502C
% 清潔區域 = 18
12501A
沉積角度 55°
12501B
沉積角度 65°
12501C
沉積角度 80°
A
B
C

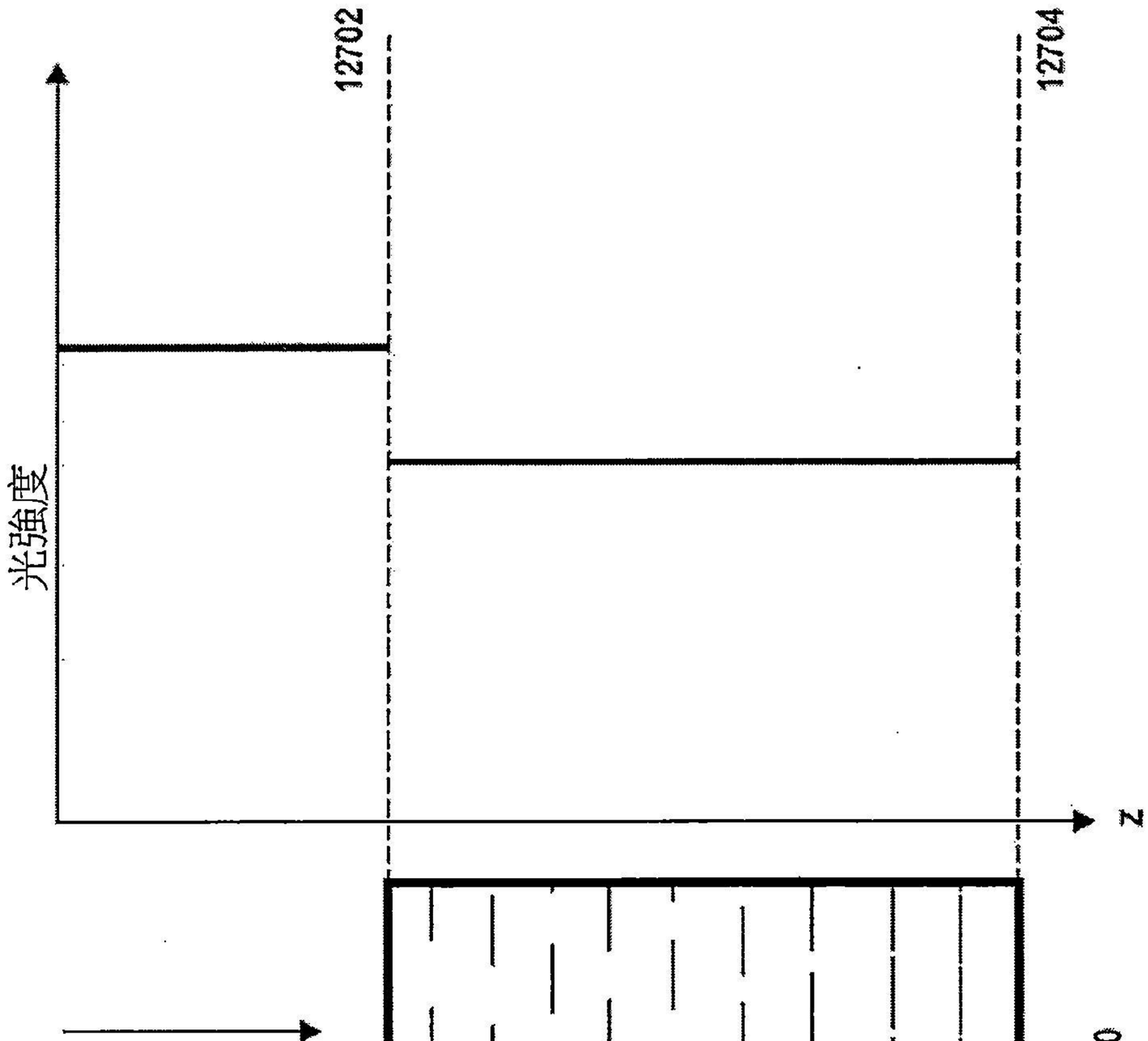
第125圖



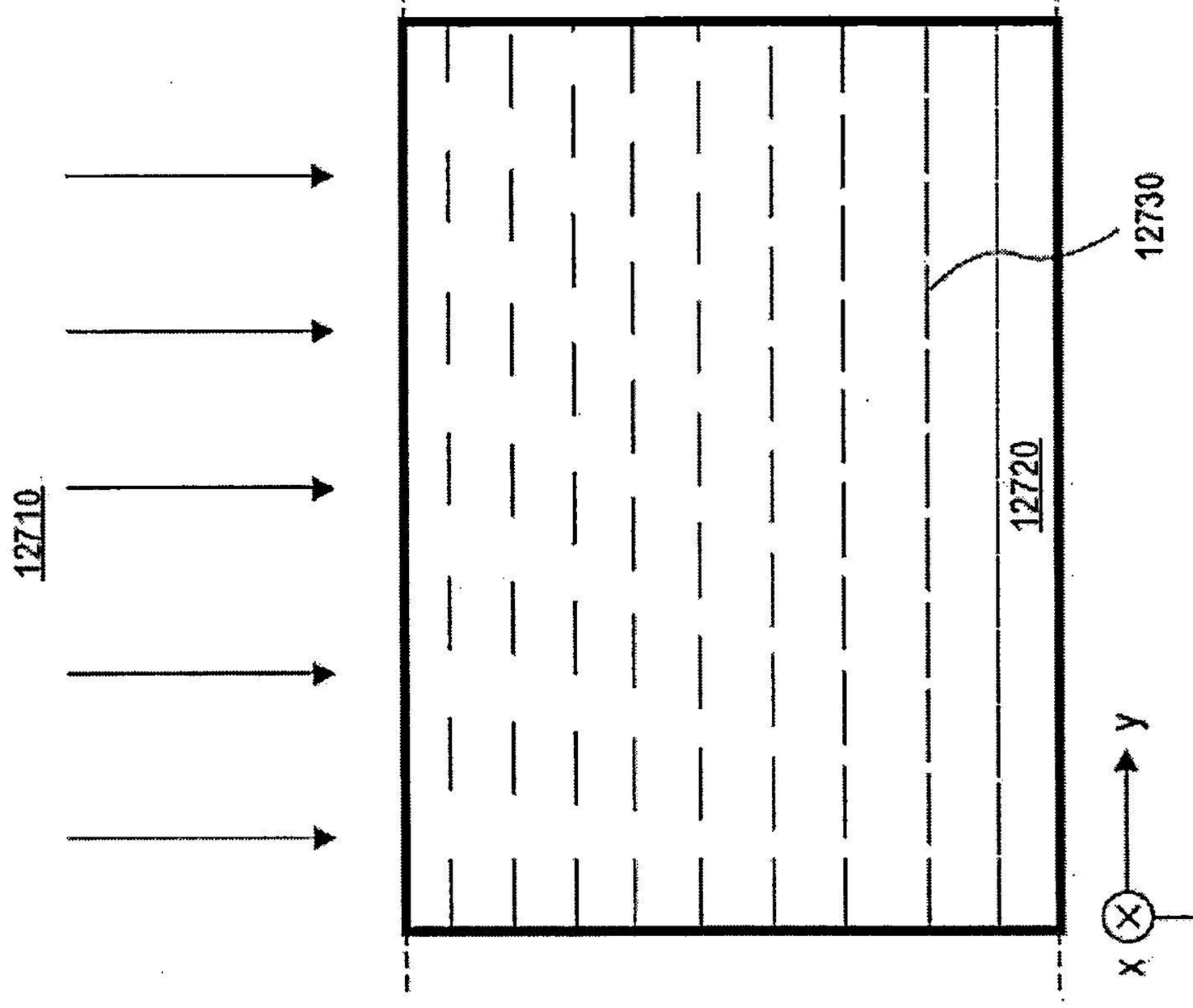

第126A圖



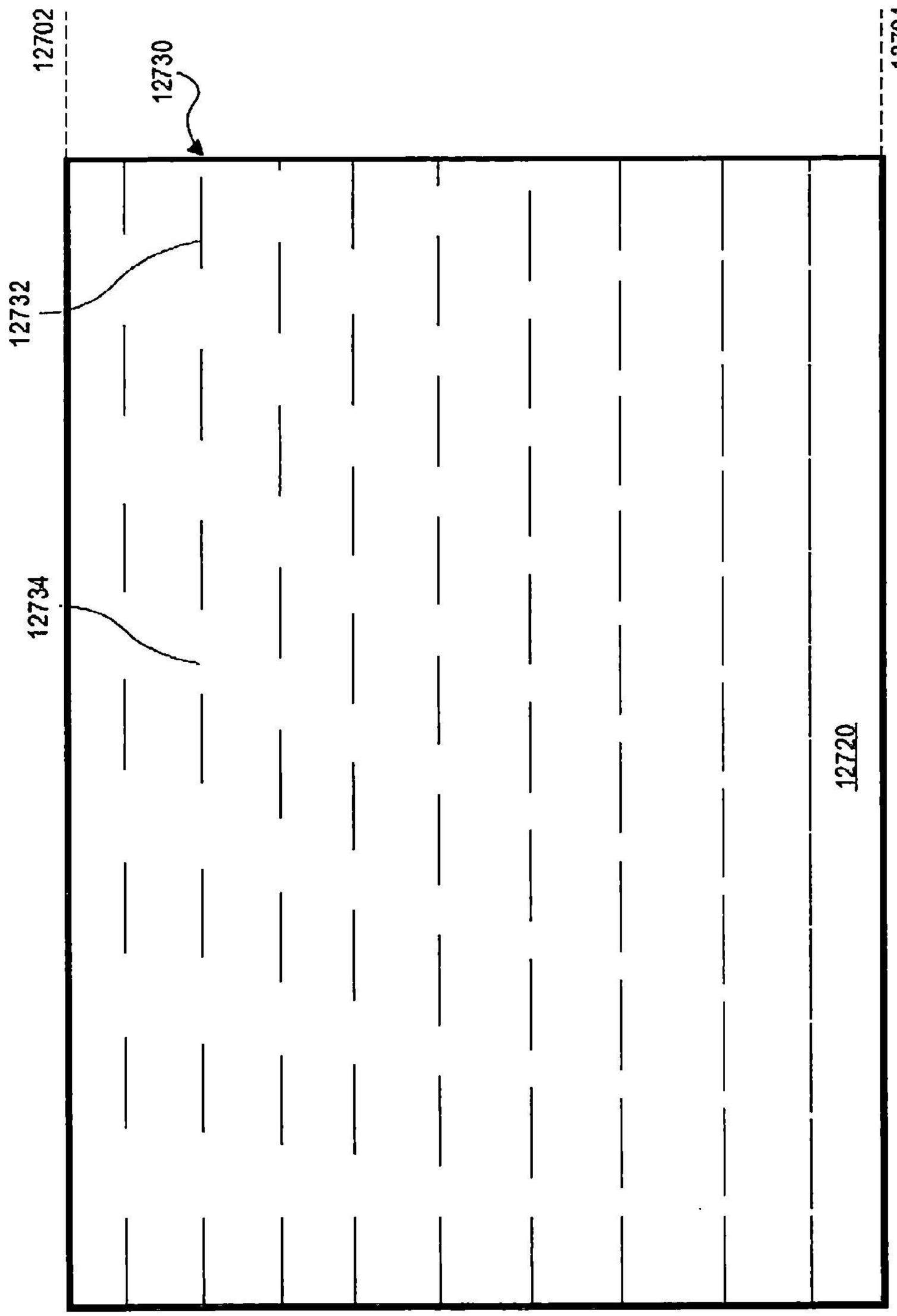

第126B圖



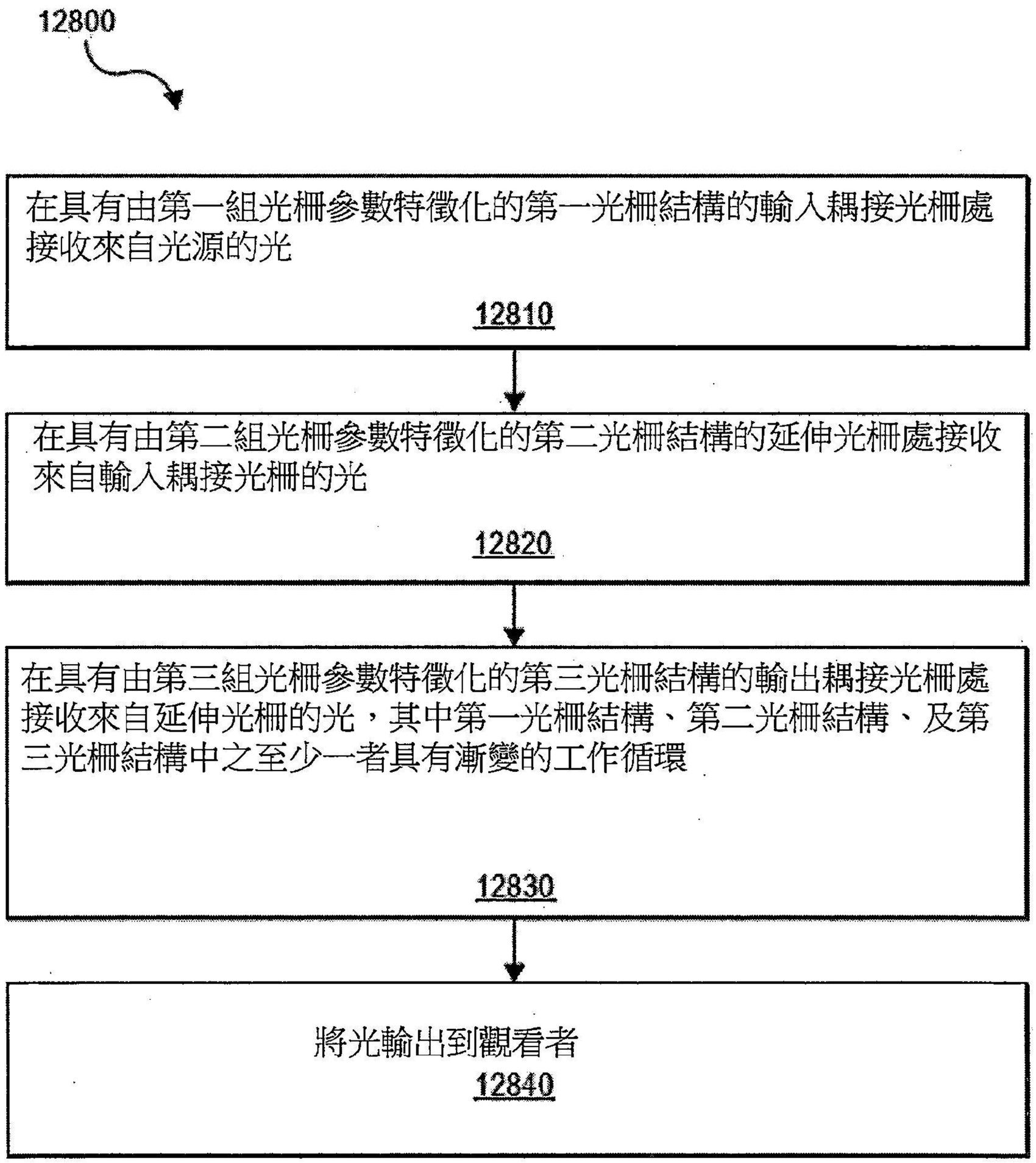

第127B圖




第127A圖




第127C圖


12800
在具有由第一組光柵參數特徵化的第一光柵結構的輸入耦接光柵處接收來自光源的光
12810
在具有由第二組光柵參數特徵化的第二光柵結構的延伸光柵處接收來自輸入耦接光柵的光
12820
在具有由第三組光柵參數特徵化的第三光柵結構的輸出耦接光柵處接收來自延伸光柵的光，其中第一光柵結構、第二光柵結構、及第三光柵結構中之至少一者具有漸變的工作循環
12830
將光輸出到觀看者
12840

第128圖