



(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 I827663 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：108132206

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 09 月 06 日

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

G02B6/10 (2006.01)

G02F1/01 (2006.01)

(30)優先權：2018/09/06 美國

62/727,581

(71)申請人：以色列商魯姆斯有限公司 (以色列) LUMUS LTD (IL)

以色列

(72)發明人：丹齊格 尤奇 DANZIGER, YOCHAY (IL) ; 切里基 羅寧 CHRIKI, RONEN (IL) ;

利夫內 尼燦 LIVNEH, NITZAN (IL)

(74)代理人：廖俊龍

(56)參考文獻：

TW I631368B

TW 201827891A

US 7379651B2

US 7736006B2

US 8390933B2

審查人員：洪紹軒

申請專利範圍項數：13 項 圖式數：7 共 28 頁

(54)名稱

具有雷射二極體照明的近眼顯示器

(57)摘要

近眼顯示器具有光導光學元件(LOE, Light-guide Optical Element), 該光導光學元件具有兩個平行的主外表面。圖像投射儀將圖像照明引入 LOE 中, 以便通過內反射傳播。圖像投射儀包括由控制器操作的一個或更多個發光雷射二極體。耦出裝置包括用於朝向觀察者的眼睛將照明耦出 LOE 的、與主外表面成傾斜角度的與 LOE 相關聯的一組相互平行的部分反射表面。發光雷射二極體具有作為二極體啟動功率的函數的、生成光的相干長度的特徵變化。控制器以生成具有下述相干長度的光的二極體啟動功率水準來啟動雷射二極體, 該相干長度小於耦出裝置的相鄰部分反射表面之間間隔的二倍。

指定代表圖：

符號簡單說明：

60 . . . 近眼顯示器

62 . . . LOE(波導)

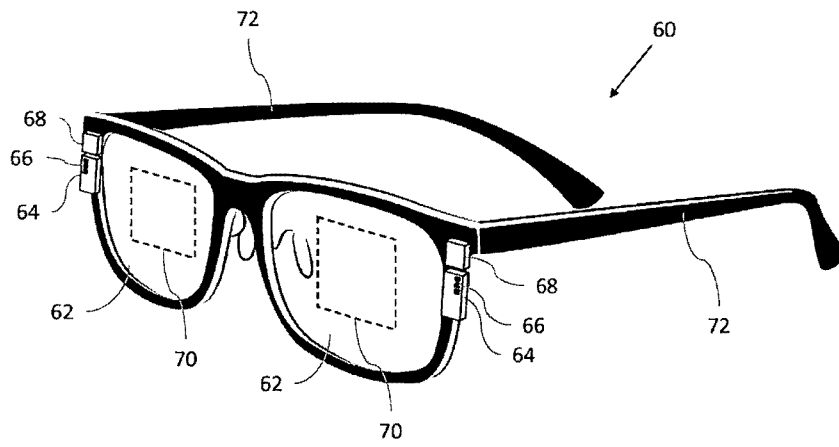
64 . . . 圖像投射儀

66 . . . 雷射二極體

68 . . . 控制器

70 . . . 虛線矩形

72 . . . 側



第 1 圖

## 發明摘要

※ 申請案號：108132206

※ 申請日：108年9月6日

※IPC 分類：G02B 27/01 (2006.01)

G02B 6/10 (2006.01)

G02F 1/01 (2006.01)

**【發明名稱】(中文/英文)**

具有雷射二極體照明的近眼顯示器

**【中文】**

近眼顯示器具有光導光學元件 (LOE, Light-guide Optical Element), 該光導光學元件具有兩個平行的主外表面。圖像投射儀將圖像照明引入 LOE 中, 以便通過內反射傳播。圖像投射儀包括由控制器操作的一個或更多個發光雷射二極體。耦出裝置包括用於朝向觀察者的眼睛將照明耦出 LOE 的、與主外表面成傾斜角度的與 LOE 相關聯的一組相互平行的部分反射表面。發光雷射二極體具有作為二極體啟動功率的函數的、生成光的相干長度的特徵變化。控制器以生成具有下述相干長度的光的二極體啟動功率水準來啟動雷射二極體, 該相干長度小於耦出裝置的相鄰部分反射表面之間間隔的二倍。

**【英文】**

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第 1 圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

近眼顯示器	60
LOE(波導)	62
圖像投射儀	64
雷射二極體	66
控制器	68
虛線矩形	70
側	72

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】(中文/英文)

具有雷射二極體照明的近眼顯示器

## 【技術領域】

【0001】 本發明涉及近眼顯示器，並且特別地涉及一個或更多個雷射二極體用作照明源的近眼顯示器。

## 【先前技術】

【0002】 已知提供了採用放置在用戶的眼睛之前的透明光導光學元件 (LOE, Light-guide Optical Element) 或“波導”的近眼顯示器。來自圖像投射儀的圖像被引入 LOE 中並且在 LOE 內通過內反射傳送到使用者眼睛前方的區域，其中通過合適的輸出耦合機制朝向使用者的眼睛將該圖像耦出 LOE。輸出耦合機制可以基於通常嵌入在 LOE 中的呈傾斜角度的部分反射器或“小平面”的陣列，或者可以採用衍射圖案。

【0003】 圖像投射儀通常採用兩種方法中的一種。根據第一種方法，照明源照明空間光調變器(例如，矽基液晶(LCOS, Liquid Crystal on Silicon)晶片)的表面，空間光調變器調變透射的每個像素的照明強度。替選地，可以將精細照明光束的強度調變為精細照明光束被引導以掃描圖像像素以提供每個像素所需的照明水準，從而形成圖像。

【0004】 通過按順序組合每種是由不同的光源生成的三種顏色——紅色、綠色和藍色 (RGB) ——形成彩色顯示器，從而生成 RGB 彩色圖像的視覺印象。彩色雷射器的相對功率通常被設置成提供白色的感知。系統的最大功率定義為最大白色功率。

【0005】 由於具有小形狀因數和高輸出，雷射二極體是用於在近眼顯示器的圖像投射儀中使用的潛在有利的照明源。然而，已經發現，由雷射二極體生成的光的相干性往往引起與干涉相關的偽像，例如，生成被稱為“斑點”的可觀察到的偽像，其影響觀察到的圖像品質。

**【發明內容】**

**【0006】** 本發明是近眼顯示器。

**【0007】** 根據本發明的實施方式的教導，提供了一種用於將圖像投射到觀察者的眼睛的近眼顯示器，該近眼顯示器包括：(a)光導光學元件(LOE)，該光導光學元件具有為平面的且相互平行的第一主外表面和第二主外表面；(b)圖像投射儀，該圖像投射儀用於投射與圖像對應的照明，該圖像投射儀光學耦合至該 LOE，以將照明引入該 LOE 中，以便通過在該第一主外表面和該第二主外表面處的內反射而在該 LOE 內傳播，該圖像投射儀包括：(i)至少一個發光雷射二極體，以及(ii)控制器，該控制器用於啟動該雷射二極體以生成光；以及(c)耦出裝置，該耦出裝置包括用於朝向觀察者的眼睛將照明耦出該 LOE 的、與第一主外表面成傾斜角度的與該 LOE 相關聯的多個相互平行的部分反射表面，該耦出裝置在多個部分反射表面的相鄰表面之間具有間隔，其中，該發光雷射二極體具有作為二極體啟動功率的函數的、生成光的相干長度的特徵變化，並且其中，該控制器被配置成以生成具有小於該間隔的二倍的相干長度的光的二極體啟動功率水準來啟動該雷射二極體。

**【0008】** 根據本發明的實施方式的另一特徵，該控制器被配置成使該二極體啟動功率水準在不包括與所述函數的最大值對應的至少一個二極體啟動功率水準的至少一個值範圍內變化。

**【0009】** 根據本發明的實施方式的另一特徵，該控制器被配置成使該二極體啟動功率水準在使得該相干長度低於閾值的至少一個值範圍內變化。

**【0010】** 根據本發明的實施方式的另一特徵，該二極體啟動功率水準接近該函數的最小值。

**【0011】** 根據本發明的實施方式的另一特徵，該二極體啟動功率水準大於該雷射二極體的最大標稱功率額定值。

**【0012】** 根據本發明的實施方式的另一特徵，多個部分反射表面被內部地安置在該 LOE 內。

**【0013】** 根據本發明的實施方式的另一特徵，該至少一個發光雷射二極體被實現為生成不同顏色的可見光的至少三個發光雷射二極體。

【0014】 根據本發明的實施方式的另一特徵，該至少一個發光雷射二極體被部署為照明部署在該圖像投射儀的圖像平面中的空間光調變器的至少一部分。

【0015】 根據本發明的實施方式的另一特徵，該控制器被配置成實現亮度調節，並且其中，該亮度調節的至少一部分是使用由該雷射二極體生成的光的脈衝的脈衝寬度調變來實現的。

【0016】 根據本發明的實施方式的另一特徵，該圖像投射儀還包括掃描裝置，該掃描裝置被配置用於跨該投射儀的圖像平面掃描來自該雷射二極體的照明。

【0017】 根據本發明的實施方式的另一特徵，該圖像投射儀還包括電可切換光衰減器，該電可切換光衰減器被部署用於使從該圖像投射儀輸出的來自該雷射二極體的光的輸出強度與掃描同步地變化。

【0018】 根據本發明的實施方式的另一特徵，該圖像投射儀還包括位於由該雷射二極體生成的光的路徑中的路徑倍增反射器裝置，該路徑倍增反射器裝置包括全反射器和至少一個部分反射器，該至少一個部分反射器被部署成平行於該全反射器並且與該全反射器間隔超過該相干長度的一半。

【0019】 根據本發明的實施方式的另一特徵，該圖像投射儀還包括位於由該雷射二極體生成的光的路徑中的路徑倍增漫射器裝置，該路徑倍增漫射器裝置包括反射器和漫射器層，該漫射器層被部署成平行於該反射器並且與該反射器間隔超過該相干長度的一半，使得由該雷射二極體生成的光通過該漫射器層、從該反射器反射並且再次通過該漫射器層。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0020】

本文中僅通過示例的方式參照圖式描述了本發明，在圖式中：

第 1 圖是根據本發明的實施方式的採用多個雷射二極體作為照明源而構造和操作的近眼顯示器的示意性等距視圖；

第 2A 圖是示意性地示出針對來自第 1 圖的近眼顯示器的雷射二極體的、作為輸出功率的函數的相干長度的變化的圖；

第 2B 圖是針對輸出光束的不同相干程度的雷射二極體輸出的空間照

明分佈的示意性表示；

第 2C 圖是與第 2A 圖類似的示出了應用最大相干長度閾值來限定針對第 1 圖的近眼顯示器中的雷射二極體的操作的允許的啟動功率水準的圖；

第 3A 圖是示出了針對使用相等持續週期時間以實現白平衡的三個不同顏色的雷射二極體的、作為時間的函數的相對啟動功率水準的圖；

第 3B 圖是與第 3A 圖類似的示出了針對每個雷射二極體使用全功率以及針對每個顏色使用相應週期的不同持續時間的對應的白平衡的圖；

第 3C 圖是與第 3B 圖類似的示出了使用相對於最大標稱功率額定值的 150% 功率水準以實現與第 3B 圖相同的感知輸出照明的圖；

第 3D 圖是與第 3B 圖類似的示出了通過脈衝寬度調變獲得的 50% 感知照明水準的圖；

第 3E 圖是與第 3D 圖類似的示出了通過將針對每個雷射二極體的離散優選功率水準的選擇與脈衝寬度調變結合在一起而獲得的 50% 感知照明的實現的圖；

第 4A 圖是基於空間光調變器的用於第 1 圖的近眼顯示器的圖像投射儀的示例性光學配置的側視圖；

第 4B 圖和第 4C 圖分別是來自第 4A 圖的示出了使用部分反射器以在雷射二極體與空間光調變器之間生成多個光路的稜鏡反射器和反射透鏡的放大表示；

第 5A 圖是與第 4B 圖類似的示出了在兩個反射器之間注入來自雷射二極體的光的圖；

第 5B 圖是與第 4B 圖類似的示出了使用多個部分反射器的第 4B 圖的修改的圖；

第 6 圖是與第 4B 圖類似的部署有漫射器層以生成多路徑效果的圖；以及

第 7 圖是第 1 圖的近眼顯示器的實現的光學部件的示意性側視圖，其示出了基於窄掃描光束的調變的圖像投射儀。



## 【實施方式】

【0021】 本發明是近眼顯示器。

【0022】 參考圖式和所附說明書，可以更好地理解根據本發明的近眼顯示器的原理和操作。

### 介紹-相干長度變化

【0023】 原則上，非相干照明將是近眼顯示應用的優選替選方案，因為非相干照明產生平滑的圖像而沒有稱為“斑點”的非均勻性。通過利用空間和時間上不相關的波前來實現非相干性。

【0024】 雷射器中的內部波前被稱為從雷射器向外輻射作為輸出光束或波前的“模”。雷射器中特定的模的存在取決於雷射功率（功率越大，模越多）和雷射器長度（每個模以特定長度週期性地存在）。這些模通常具有多個橫向空間分佈和波長。雷射器中活躍的模越多，輸出光束的相干性越小。

【0025】 可以使用被稱為輻射的“相干長度”的參數來量化雷射（或其他）輻射的相干程度。相干長度是相干波保持特定相干程度的傳播距離。當所有干涉波所採用的路徑相差小於相干長度時，波干涉強。相反，如果隨後組合的不同光路的路徑長度的差異相差大於相干長度，則干涉效應通常小。

【0026】 針對可以通過實驗評估的可測量參數，可以使用邁克爾遜干涉儀來測量相干長度，並且相干長度是自干涉雷射光束的光路長度差，其對應於  $1/e=37\%$  條紋可見度，其中條紋可見度  $V$  定義為：

$$V = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

其中  $I$  是跨條紋圖案的強度的最大值或最小值。

【0027】 雷射二極體往往具有相對短的腔和很少的活躍模，並且活躍模的實際數量根據操作條件而變化。因此，二極體雷射器中的相干長度通常從幾毫米（或甚至幾釐米）低至小於一毫米來變化。

【0028】 通過使所提供的電流變化而使施加到雷射二極體的泵功率變化改變了有效的雷射相干長度。第 2A 圖示出了作為輸出功率（其與輸入

的泵功率單調相關)的函數的相干長度的示例。

**【0029】** 相干長度與雷射器中的活躍模的數量成反比地相關。在低功率(區域 10)下,雷射器接近單模(縱向和橫向)操作,並且相干長度最大。隨著功率增加,更多模變得活躍,從而提供了隨著增加的功率相干長度減小的總體趨勢。高階模週期性地變得活躍,從而生成疊加在相干長度減小的總體趨勢上的起伏函數,如圖中所示。如果條件對於高階模而言有利,則高階模變得活躍,導致如功率水準點 14 所示的相干長度的局部最小值。在有效腔長度變得不太利於這些模的情況下,這些模變得不活躍並且相干長度朝向局部最大值功率水準 12 增加。該過程週期性地持續直到最高雷射額定功率(功率水準點 16)。作為二極體啟動功率的函數的、由雷射二極體生成的生成光的相干長度的總體特徵變化可以如第 2A 圖所示是連續的,或者可以具有不連續性。

#### 系統概述

**【0030】** 第 1 圖示意性地示出了用於將圖像投射到觀察者的眼睛(未示出)的近眼顯示器 60 的概述。近眼顯示器包括具有為平面的且相互平行的第一主外表面和第二主外表面的光導光學元件(LOE)或“波導”62。投射與圖像對應的照明的圖像投射儀 64 光學耦合至 LOE 62,以將照明引入 LOE 中,以便通過在第一主外表面和第二主外表面處的內反射而在 LOE 內傳播。例如,圖像投射儀 64 與 LOE 62 的光學耦合可以通過任何合適的光學耦合(例如,經由具有傾斜角度的輸入表面的耦合稜鏡、或者經由反射耦合裝置、經由 LOE 的主外表面的側邊緣和/或一個主外表面)來實現。耦入裝置的細節對於本發明並不重要,並且未在該示意性表示中示出。

**【0031】** 圖像投射儀 64 包括至少一個發光雷射二極體 66 以及用於啟動雷射二極體以生成光的控制器 68,控制器 68 優選地採用來自小型車載電池(未示出)或一些其他合適電源的電力。圖像投射儀 64 通常還包括空間光調變器(例如,LCOS 晶片),該空間光調變器被部署在圖像投射儀的圖像平面中,以便被來自發光雷射二極體的光至少部分地照明。(如果僅部分地照明,則通過使用額外的雷射二極體或通過引入跨 LCOS 的照明區域的掃描運動來實現 LCOS 晶片的完全照明,例如共同轉讓的 PCT 專利申請

公佈第 WO2019/111237 A1 號中所描述的。) 空間光調變器調變圖像的每個像素的投射強度，從而生成圖像。替選地，圖像投射儀可以包括掃描裝置，該掃描裝置通常使用快速掃描鏡實現，該快速掃描鏡掃描來自雷射二極體的跨投射儀的圖像平面的照明，同時光束的強度逐像素與運動同步地變化，從而為每個像素投射期望的強度。在兩種情況下，提供準直光學器件以生成準直到無限遠的輸出投射圖像。如本領域所公知的，上述部件中的一些或全部通常佈置在一個或更多個 PBS(偏振分束器，Polarization Beam Splitter)立方體或其他稜鏡裝置的表面上。

【0032】 應當理解，控制器 68 包括電子部件（例如至少一個處理器或處理電路系統）用於與 LCOS 或其他圖像發生器的啟動同步地驅動雷射二極體，或者在下面討論的掃描雷射器實現中，用於與掃描機構和任何衰減器同步地驅動雷射二極體，所有這些都是本領域已知的。因此，如本領域普通技術人員容易地理解的那樣，控制器將包括無論是被實現為專用硬體、ASIC、在合適軟體的控制下操作的通用處理器還是被實現為任何硬體/軟體/固件組合的所有相關的驅動器電路系統。

【0033】 如上所述，用於將圖像耦入到 LOE 中——例如通過使用耦入反射器或通過呈合適角度的耦合稜鏡——的合適的耦入配置在本領域中是公知的。圖像投射儀與 LOE 之間的耦合可以是直接的，或者可以是經由附加的孔徑擴展裝置，該孔徑擴展裝置用於擴展圖像跨其被注入 LOE 的平面的孔徑的尺寸。除非另有說明，否則投射儀和耦入配置兩者的細節通常類似於可從魯姆斯有限公司 (LUMUS Ltd.) (以色列) 商購獲得的已知配置，並且為了簡明呈現，這裡僅對其示意性地表示。

【0034】 近眼顯示器還包括耦出裝置(由虛線矩形 70 示意性地表示)，耦出裝置被部署用於朝向觀察者的眼睛將照明耦出 LOE 以由觀察者觀察。將在下面參照第 7 圖進一步討論的耦出裝置通常實現為部署在 LOE 62 內、與主外表面成傾斜角度的多個相互平行的部分反射表面(或“小平面”)。耦出裝置在多個部分反射表面的相鄰表面之間具有間隔。小平面的通常具有角度相關塗層，以在某些角度提供高透光率以及在其他角度提供部分反射，以僅耦出所需圖像(而不是其共軛圖像)。包括這樣的小平面的 LOE 的各種實

現方式可從魯姆斯有限公司（以色列）商購獲得。

【0035】 本發明的近眼顯示器 60 通常是頭戴式顯示器，因此優選地包括支承裝置，該支承裝置被配置用於在第二主外表面與觀察者的眼睛呈面向關係的情況下相對於觀察者的頭部支承 LOE 62。支承裝置在第 1 圖中示意性地示出為眼鏡框架結構，其包括用於相對於觀察者的耳朵支承顯示器的側 72。這只是還包括頭帶安裝結構和與頭盔相關聯的顯示器的多個選項中的一個。支承裝置本身的細節對於本發明並不重要，並且本文不再詳細描述。本文的描述始終涉及適合於向用戶或“觀察者”的一隻眼睛提供圖像的顯示器的部件，但是如本領域已知的那樣優選地是以立體視覺裝置向使用者的每只眼睛提供，其中顯示給每只眼睛合適的圖像。其他硬體部件（例如電源、通信子系統、感測器、輸入裝置等）都根據設備設計和預期應用通常被添加到近眼顯示器，這對於本領域普通技術人員來說將是清楚的。

#### 雷射器啟動的選擇性功率水準

【0036】 根據本發明的某些實施方式的一個方面，控制器 68 被配置成以二極體啟動功率的水準啟動一個或更多個雷射二極體 66，該二極體啟動功率生成具有足夠小到減少或消除使用者觀察到的圖像中可見的干涉相關偽像的相干長度的光。因此，根據一個特別優選的選項，控制器 68 以與在作為每個雷射二極體的二極體啟動功率的函數的、生成光的相干長度的特徵變化中的一個或更多個功率水準極小值 14 或功率水準全域最小值 18（例如，如第 2A 圖所示）對應的離散功率水準來操作每個雷射二極體 66，從而使干涉相關效應最小化。局部極小值和/或全域最小值可能優於最大輸出功率水準 16。在這些最小相干長度點處，圖像相對於角度擴展 20（與功率水準 10 和功率水準 12 的操作相關聯）具有較小的斑點雜訊並且空間照明分佈較寬，如第 2B 圖中的角度擴展 22（與功率水準 14 和功率水準 18 相關聯）所示。通過調節系統的其他部件或參數（例如，通過在 LCOS 上縮放圖像資料、通過脈衝寬度調變或通過使用外部衰減器（如參照下面第 7 圖中的衰減器 113 描述的））來實現中間亮度功率水準（在優選的離散功率水準之間）。

【0037】 在一些情況下，通過啟動未被特別選擇以對應於相干長度函

數的極小值而是接近函數的最小值的選擇性功率水準，可以消除或充分減少干涉相關效應的可見性。在該上下文中，“接近最小值”優選地定義為位於與函數的最小值與相鄰最大值之間的相干長度範圍的下半部分對應的範圍內。

【0038】 在某些優選實現方式中，有利的是實現控制器 68 使得雷射二極體的功率水準可以在一個或更多個允許的值範圍內連續地變化（即，通過多個緊密間隔的水準），該範圍不包括與所述函數的最大值對應的至少一個二極體啟動功率水準。

【0039】 替選地，可以由使得相干長度低於特定閾值的值範圍來有利地限定允許的值範圍。第 2C 圖示出了相干長度閾值應用於第 2A 圖的相干長度函數。低於閾值的區域被加陰影，並且根據該方法來限定控制器 68 可以操作雷射二極體 66 的允許的功率水準的範圍。

【0040】 以一個特別優選的示例的方式，如果相干長度保持小於耦出配置的相鄰部分反射表面之間間隔的二倍，則通常消除諸如斑點的干涉效應，或者將干涉效應至少降低到其不打擾用戶的可接受的水準。

【0041】 第 2A 圖的圖可能由於雷射器熱沉溫度而變化。在某些情況下，針對典型的操作溫度來校準系統可能就足夠了。在一些特別優選的實現方式中，採用溫度感測器來向控制器提供輸入，並且根據溫度校準圖表（參數定義的或查閱資料表）來確定優選的功率水準或允許的功率水準範圍。

【0042】 替選地，空間感測器可以用於感測雷射器的實際空間雜訊並將驅動功率設置成最小的空間雜訊。在特定示例性實現方式中用於這樣的感測器的合適位置的示例被示出為第 4A 圖中的元件 23A 和元件 23B 以及第 7 圖中的元件 115。

【0043】 應注意，諸如第 2A 圖中的相干長度對功率函數對於每個雷射二極體是特定的，並且可以在值和形式兩者方面顯著變化。因此，當處理具有多個源（例如，RGB 彩色顯示器）的系統時，根據雷射二極體的特定特性對每個雷射二極體執行功率水準管理。在一些情況下，二極體中的一個或更多個可以在不需要施加限制的功率水準的整個操作範圍內具有足夠短的相干長度，而另一個二極體可能需要在功率水準的非常有限的範圍內操

作。在某些情況下，特別是在相干長度超過正常功率水準操作範圍內的期望閾值的情況下，可能優選在大於雷射二極體的最大標稱功率額定值的功率下（例如，以 150% 的功率）操作雷射二極體中的一個或更多個，以達到降低的相干長度條件。只要時間平均功率輸出保持低於額定值，通常可以在短時段內超過最大功率額定值而不損壞雷射二極體。

#### 空間光調變器實現方式

【0044】 在實現方式的第一子集中，雷射二極體泛光照明用作圖像生成器的空間光調變器，例如 LCOS 晶片。雷射平均功率決定了觀察者所感知的 LCOS 的最亮像素的整體亮度。通過使用不同顏色的順序照明來生成顏色。

【0045】 到目前為止用於避免斑點的、關於每個雷射二極體的操作功率所描述的限制必須與實現來自所有雷射顏色（紅色、綠色和藍色）的連續灰度級水準的需要相協調，並且光源的功率必須被校準以便獲得在最大投射功率下進入觀察者的白色照明。

【0046】 為了實現白平衡，如第 3A 圖所示，通常在不同的相對功率下啟動按順序操作的顏色源。在許多情況下，紅色源具有低的最大功率，因此在最大功率  $R1$  下操作，而其他光源（ $G1$ ， $B1$ ）在較低功率下啟動以實現白平衡。當以這種方式操作時，相對於每個源在全功率下的操作減小系統的最大輸出功率。（這只是示例，並且根據光學系統的源功率和光譜透射率，紅色以外的顏色可能是白色輸出功率的“瓶頸”）。

【0047】 作為優選的替選方案，可以通過如第 3B 圖所示修改每個顏色源的時隙在顏色序列操作中實現白平衡。在該示例中，紅色時隙基本上是較大功率  $R2$  並且其他顏色源被適當地修改（ $G2$ ， $B2$ ），所以它們各自在最大輸出功率下操作。

【0048】 例如，如果在相等的時間段序列（第 3A 圖）中，在  $R1$ \_功率=100%、 $R2$ \_功率=66%和  $B1$ \_功率=33%下實現白平衡，那麼在經修改時隙下，定時將是  $R2$ \_定時=50%、 $G2$ \_定時=33%和  $B2$ \_定時=16%。因此，總輸出功率將增加 50%。

【0049】 雷射器的平均總輸出功率受限。超過此限制將導致雷射器損

壞。第 3C 圖示出了根據本發明的實施方式的一個方面的啟動方案，在該啟動方案中，峰值強度增加到 150%，而通過將脈衝持續時間縮短 2/3 來保持最大平均功率。因此，未超過雷射器最大功率但是在操作期間，根據需要啟動更多模並且輸出光束不那麼相干。在這個過程中，犧牲了一些效率，因為雷射二極體中的高階模往往具有更多的內部損耗。雷射功率限制在峰值功率與脈衝持續時間之間可以是非線性的，並且該限制不應被超過。

【0050】 為了在不損害對用於操作雷射二極體的允許的功率水準的上述限制的情況下使整體圖像亮度變化，可以使用脈衝寬度調變（PWM，Pulse Width Modulation）有利地實現功率減少。對於簡單的系統管理，白平衡的時隙設置為常量。第 3D 圖示出了通過減少每個時隙內的照明時間的降低的照明水準。在該示例中，源的啟動時間減少一半，以便生成一半系統亮度（相對於第 3B 圖），同時通過採用與第 2A 圖中的最小相干長度功率水準點 18 對應的照明功率來保持照明品質。

【0051】 第 3E 圖示出了該方法的修改，其中，PWM 方法與可用於與每個雷射二極體的多個優選離散功率水準的使用相結合。在該圖中，顏色順序化的輸出被設置成為如第 3D 圖中的 50%。在該示例中，點劃線表示雷射器的優選功率水準（根據經驗確定，針對每個雷射器而不同，並且針對每個雷射二極體優選地對應於諸如第 2A 圖的功率水準點 14 和功率水準點 18 的點）。所選擇的功率水準是在通過每個彩色雷射器的照明時間實現精細功率調節時盡可能最低的。

#### 相干多路徑減少

【0052】 即使在如上所述採取預防措施來減小相干長度的情況下，在多個光路具有比相干長度短的路徑差的任何地方仍可能發生干涉效應。例如，這可能發生在漫射器和（偏振分束器中的偏振管理所需的）諸如波片的其他薄光學元件中，其中從薄元件的前表面與後表面兩者反射照明。根據本發明的某些實現方式的另一個優選特徵，通過將雷射波前分裂為非相干子波前來進一步減小這些干涉圖案。這些子波前中的每一個子波前具有相差大於波前的相干長度的不同光路。

【0053】 第 4A 圖示出了具有單獨的照明和成像光路的光學圖像投射

儀。具有照明和成像的交疊光路的其他類似系統也是相關的，但為了清楚起見，選擇這種空間分離的配置用於說明。

**【0054】** 雷射器 30 將發散光線透射到稜鏡 32 上。反射光線穿過漫射器 34，該漫射器 34 分散光線以照明圖像發生器 (LCOS) 42 的全部 (為清楚起見未示出分散的光線)。在漫射器 34 之後，PBS (偏振分束器) 36 將透射的光線轉移到反射光學器件 38 上，反射光學器件 38 將光線聚焦到 LCOS 42 上。反射的光線穿過 PBS 40 和 PBS 44 以被反射器 46 準直到入口 48 上到達波導 (未示出)。這個入口是光學系統的終止。優選地，通過使漫射器光瞳 34 為入口 48 的共軛圖像平面來優選地優化照明效率。如在本領域已知的，在反射光學器件 38 和反射器 46 的前面提供四分之一波片以轉換偏振以便實現通過 PBS 的所需反射或透射。可以通過將空間感測器 (像素感測器) 放置在具有照明殘餘的光路上來執行非均勻性感測。例如放置在元件 23A 上或優選地在元件 23B 上，其中漫射器 34 的相位圖案被轉換成強度圖案。

**【0055】** 根據本發明的某些實施方式的一個方面，通過在照明光學部分 (從雷射二極體到 LCOS 限定) 中生成多個路徑來減少斑點。第 4B 圖示出了一個實現方式，在該實現方式中，稜鏡 32 包括兩個反射表面：50A 是部分反射器，以及 50B 優選是全 (100%) 反射器。如該圖中的箭頭所示，部分光被部分反射器 50A 反射，部分光被全反射器 50B 反射，部分光在兩個表面之間的多重反射之後被反射。優選地，這些反射器之間來回的光路 (考慮折射率和傳播角) 大於如前所述的照明雷射器的相干長度。在某些情況下，這將要求部分反射器 50A 與全反射器 50B 之間間隔為至少約 1 mm。少數相互非相干反射照明漫射器和其他部件以生成不同的非均勻性圖案。這些圖案是非相干組合的，因此提供了與作為各個反射的平方根加權平均的隨機非均勻性的平均值對應的視覺印象。通過向部分反射器 50A 引入更多部分反射平面，生成更多反射並且進一步減少斑點雜訊。第 4C 圖示出了該概念的替選實現方式，其中包括與反射光學器件 38 的彎曲 (凹入) 全反射器 52B 平行的彎曲 (凹入) 部分反射器 52A。這通過與第 4B 圖相同的原理操作，但是當從部分反射器 52A 的後表面反射時多個內反射經歷相反 (凸



起)光學功率，從而確保施加到所有反射的淨光學功率與來自凹表面之一的單個反射保持相同。

【0056】 第 5A 圖示出了第 4B 圖的變型，其中在外部 100%反射平面 50B 與內部部分反射平面 54 之間引入來自雷射器 30 的光。在這種配置中，平面 54 的反射率高，從而生成更多的非相干反射。注入光可以是準直的，並且平面 54 和平面 50B 可以不平行，從而改善生成的波前均勻性。來自層 54 與層 50B 之間的輸出耦合可以通過使用稱為“小平面”的平行部分反射器實現。

【0057】 第 5B 圖示出了第 4B 圖的另一變型，其中包括更多平面。平面 50B 是全(100%)反射器，而其他平面是部分反射的（部分反射器 50A 和部分反射器 50C）。更多的反射平面能夠生成更多的非相干波前，從而進一步減少斑點雜訊。

【0058】 所描述的中間反射器的部分反射率可以通過適當的塗層設計被設計成波長選擇性和角度選擇性。斑點最可能在較長波長中可見，因此在紅色時較高的反射率是優選的。如果橫向擴展是極限，則反射率可以被設計成在較高角度時較低。

【0059】 第 6 圖示出了減少斑點雜訊的另一配置。在這種配置中，漫射器 34 重新定位為靠近全(100%)反射器 50B 的漫射器 55。漫射器 55 的角度擴展應使得兩次通過它生成作為漫射器 34 的等效的光擴展（實際上是擴展的平方根上的一個）。漫射器 55 與反射面 50B 之間的距離應大於相干長度。優選地，修改反射光學器件 38（第 4A 圖）以在反射器平面 50B 上生成終止入口 48 的圖像。該配置生成非均勻性和斑點的非相干平均，從而改善圖像品質。

### 掃描雷射照明

【0060】 如上所述，生成用於近眼顯示器的圖像的替選方法採用掃描窄光束以生成圖像的雷射掃描配置。在這種情況下，需要雷射功率的連續變化。優選在保持短相干長度時實現該連續變化。第 7 圖示出了可以如何實現該連續變化的方法。

【0061】 第 7 圖描述了由透鏡 112 準直以生成準直光束的雷射源 110。

這裡，光束示意性地示出為兩個相互相干的（具有相同相位）光束 La1 和光束 Lb1。根據本發明的一個方面的某些特別優選的實現方式，光束通過可變衰減器 113。在某些實現方式中，光束還通過分束器 109，其中，優選具有低比例反射的部分反射分束器，並且轉移的光束傳遞到功率感測器 115 上。然後，由通常使用 MEMS(微機電系統，Micro Electro Mechanical System)技術實現的高速掃描鏡 117 反射透射的光束，然後透射的光束進入波導 114 以通過全內反射反射。反射光束被標記為光束 La2 和光束 Lb2。當這兩條光線照射在部分反射器平面 116a 上時，這兩條光線被部分地反射為光線 La3 和光線 Lb3。由於表面 116a 是平面的，因此這兩條光線繼續相對於彼此相干。因此，透鏡 118（表示觀察者眼睛）將光線聚焦到斑點 120（視網膜）上。由於光線 La3 和光線 Lb3 彼此相干而不是在斑點 120 中，因此光線 La3 和光線 Lb3 將生成相長干涉。

【0062】 光線 Lb2 的一部分由部分反射器平面 116a 透射，並繼續從小平面 116b 反射為光線 Lb4。該光線也被透鏡 118 聚焦到斑點 120 上。小平面 116a 與小平面 116b 之間的距離未精確地設定在波長的一部分內。因此，光線 Lb4 與光線 Lb3 和光線 La3 的干涉是未定義的。光線 Lb4 和光線 Lb3 的光程差標記為 DL，但是對於一系列不同的場，光線 Lb4 和光線 Lb3 的光程差 DL 可以粗略地近似為部分反射表面之間間隔的兩倍。根據如上所述的本發明的實現方式的原理，雷射器的啟動功率水準優選地被選擇為確保相干長度將小於光程差 DL。因此，實現了最大可能的雷射效率，而不在從各個小平面反射的光之間生成干涉。

【0063】 在第 7 圖的描述中，為了簡化呈現起見，僅示出了兩個部分反射表面 116a 和 116b。通常，在實際的實現方式中，使用更多的小平面，所有小平面都是平面的且平行的。在使用非均勻間隔的情況下，優選地根據部分反射表面間隔的最小值來設定相干長度的閾值。

【0064】 在雷射器的掃描期間可以採用多種方法來實現光束的功率調變。在足夠高速的衰減器 113（例如，某些干涉式高速可切換衰減器）可用的情況下，雷射源 110 的功率可以被設置成與第 2A 圖中的功率水準點 14 或功率水準點 18 對應的離散值之一，或者可以在這些值之間被快速地切換，

並且高速光衰減器可以用於提供中間光功率水準。在如第 2C 圖所示雷射二極體啟動功率水準的連續範圍可用的情況下，優選地針對快速變化的像素強度值使用雷射二極體啟動功率水準的變化，同時可以使用衰減器 113 針對整個圖像或者針對圖像內的像素區域將允許的強度範圍轉置到輸出強度範圍的較低部分。在這種情況下，可以使用 LCD(液晶顯示器，Liquid-Crystal Display)元件實現合適的可變光衰減器。

【0065】 附加地或替選地，在某個像素所需的像素強度值落入啟動功率水準的禁止（即，高於閾值的相干長度）區域的情況下，可以通過用低於和高於“正確”水準的允許的功率水準在（相關顏色的）連續幀中交替地照明該像素來實現可接受的視覺效果，使得由觀察者的眼睛融合的總像素強度近似於所需的像素強度。在一些情況下，低於正確水準的強度可以是零，這意味著可以在一幀中用更高強度照明該像素，然後在下一幀中保持為暗。

【0066】 來自雷射器的功率優選地由功率感測器 115 監控，功率感測器 115 將感測到的強度提供給控制器（這裡未示出）以進行校準。這種佈置的結果是具有低相干長度和連續變化功率的高效雷射掃描圖像投射儀。

【0067】 就在沒有多項引用的情況下撰寫所附申請專利範圍來說，這樣做僅是為了適應不允許這樣的多項引用的司法管轄區的形式要求。應當注意，通過使申請專利範圍多項引用而隱含的特徵的所有可能組合被明確地設想並且應該被認為是本發明的一部分。

【0068】 應當理解，以上描述僅旨在用作示例，並且在所附申請專利範圍中限定的本發明的範圍內，許多其他實施方式是可能的。

## 【符號說明】

### 【0069】

功率水準(區域)	10	控制器	68
功率水準	12、14、16、18	虛線矩形	70
角度擴展	20、22	側	72
元件	23A、23B、115	分束器	109
雷射器	30	雷射源	110
稜鏡	32	透鏡	112

漫射器(光瞳)	34	衰减器	113
漫射器	55	波導	114
PBS (偏振分束器)	36、40、44	功率感測器	115
反射光學器件	38	平(表)面	116a、116b
圖像發生器(LCOS)	42	高速掃描鏡	117
反射器	46	透鏡	118
入口	48	斑點	120
部分反射器	50A、50C、52A	光源	B1、B2、B3、B4、B5、 G1、G2、G3、G4、G5
平面(層)	50B、54	光程差	DL
全(100%)反射器	52B	光束	La1、Lb1
近眼顯示器	60	光束(線)	La2、Lb2
LOE(波導)	62	光線	La3、Lb3、Lb4
圖像投射儀	64	功率	R1、R2、R3、R4、R5
雷射二極體	66		

## 申請專利範圍

1. 一種用於將圖像投射到觀察者的眼睛的近眼顯示器 (60)，所述近眼顯示器包括：

(a) 光導光學元件 (LOE) (62, 114)，所述光導光學元件 (62, 114) 具有為平面的且相互平行的第一主外表面和第二主外表面；

(b) 圖像投射儀 (64)，所述圖像投射儀 (64) 用於投射與圖像對應的照明，所述圖像投射儀 (64) 光學耦合至所述 LOE (62, 114)，以將照明引入所述 LOE (62, 114) 中，以便通過在所述第一主外表面和所述第二主外表面處的內反射而在所述 LOE (62, 114) 內傳播，所述圖像投射儀 (64) 包括：

(i) 至少一個發光雷射二極體 (66, 110)，以及

(ii) 控制器 (68)，所述控制器用於啟動所述雷射二極體 (66, 110) 以生成光；以及

(c) 耦出裝置 (70)，所述耦出裝置 (70) 包括用於朝向所述觀察者的眼睛將照明耦出所述 LOE (62, 114) 的、與所述第一主外表面成傾斜角度的與所述 LOE (62, 114) 相關聯的多個相互平行的部分反射表面 (116a, 116b)，所述耦出裝置 (70) 在所述多個部分反射表面 (116a, 116b) 的相鄰表面之間具有間隔，

其中，所述發光雷射二極體 (66, 110) 具有作為二極體啟動功率的函數的、生成光的相干長度的特徵變化，

其特徵在於，

所述照明通過在所述第一主外表面和所述第二主外表面處的全內反射而在所述 LOE (62, 114) 內傳播，並且

所述控制器 (68) 被配置成以生成具有小於所述多個部分反射表面 (116a, 116b) 的相鄰表面之間的所述間隔的二倍的相干長度的光的二極體啟動功率水準來啟動所述雷射二極體 (66, 110)。

2. 根據申請專利範圍第 1 項所述的近眼顯示器，其中，所述控制器 (68) 被配置成使所述二極體啟動功率水準在不包括與所述函數的最大值對應的

至少一個二極體啟動功率水準的至少一個值範圍內變化。

3. 根據申請專利範圍第 1 項所述的近眼顯示器，其中，所述控制器(68)被配置成使所述二極體啟動功率水準在使得所述相干長度低於閾值的至少一個值範圍內變化。

4. 根據申請專利範圍第 1 項所述的近眼顯示器，其中，所述二極體啟動功率水準對應於接近所述函數的最小值。

5. 根據申請專利範圍第 1 項所述的近眼顯示器，其中，所述二極體啟動功率水準大於所述雷射二極體(66, 110)的最大標稱功率額定值。

6. 根據申請專利範圍第 1 項所述的近眼顯示器，其中，所述多個部分反射表面(116a, 116b)被內部地安置在所述 LOE(62, 114)內。

7. 根據申請專利範圍第 1 項所述的近眼顯示器，其中，所述至少一個發光雷射二極體(66, 110)被實現為生成不同顏色的可見光的至少三個發光雷射二極體。

8. 根據申請專利範圍第 1 項所述的近眼顯示器，其中，所述至少一個發光雷射二極體(66, 110)被部署為照明部署在所述圖像投射儀(64)的圖像平面中的空間光調變器的至少一部分。

9. 根據申請專利範圍第 1 項所述的近眼顯示器，其中，所述控制器(68)被配置成實現亮度調節，並且其中，所述亮度調節的至少一部分是使用由所述雷射二極體(66, 110)生成的光的脈衝的脈衝寬度調變來實現的。

10. 根據申請專利範圍第 1 項所述的近眼顯示器，其中，所述圖像投射儀(64)還包括掃描裝置，所述掃描裝置被配置用於跨所述圖像投射儀(64)的圖像平面掃描來自所述雷射二極體(66, 110)的照明。

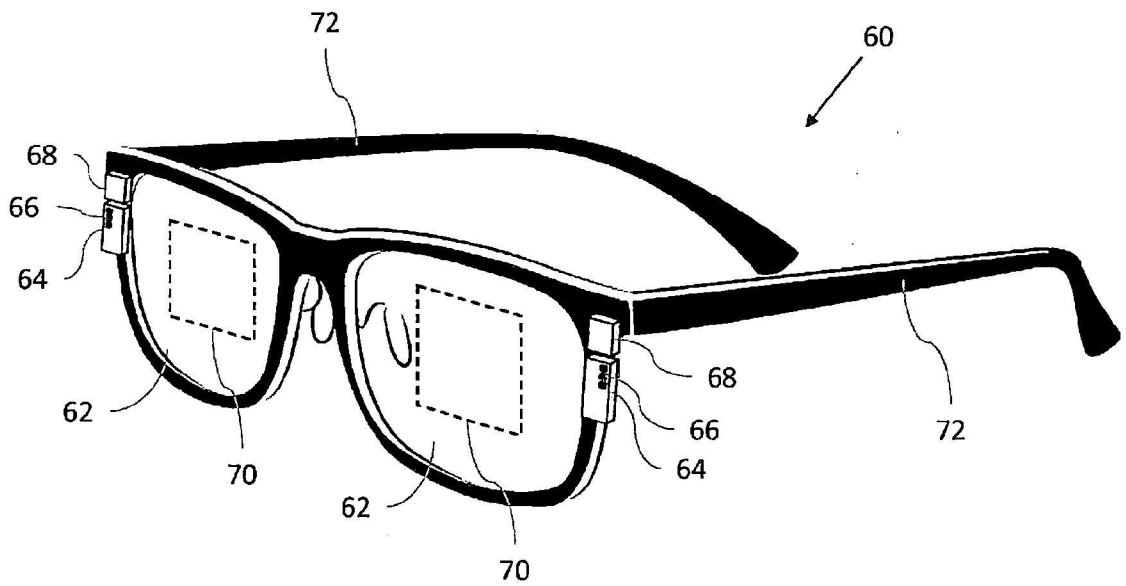
11. 根據申請專利範圍第 10 項所述的近眼顯示器，其中，所述圖像投射儀(64)還包括電可切換光衰减器，所述電可切換光衰减器被部署用於使從所述圖像投射儀(64)輸出的來自所述雷射二極體(66, 110)的光的輸出強度與所述掃描同步地變化。

12. 根據申請專利範圍第 1 項所述的近眼顯示器，其中，所述圖像投射儀(64)還包括位於由所述雷射二極體(66, 110)生成的光的路徑中的路徑倍增反射器裝置，所述路徑倍增反射器裝置包括全反射器(52B)和至少

一個部分反射器 (52A)，所述至少一個部分反射器 (52A) 被部署成平行於所述全反射器 (52B) 並且與所述全反射器 (52B) 間隔超過所述相干長度的一半。

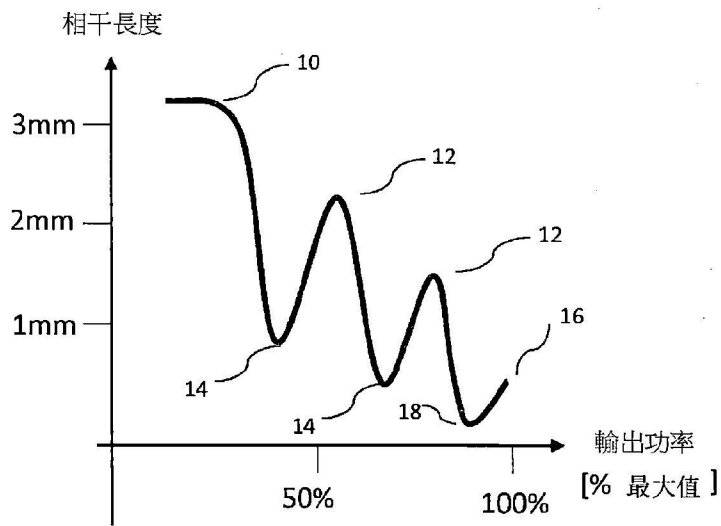
13. 根據申請專利範圍第 1 項所述的近眼顯示器，其中，所述圖像投射儀 (64) 還包括位於由所述雷射二極體 (66, 110) 生成的光的路徑中的路徑倍增漫射器裝置，所述路徑倍增漫射器裝置包括反射器 (50B) 和漫射器層 (55)，所述漫射器層 (55) 被部署成平行於所述反射器 (50B) 並且與所述反射器 (50B) 間隔超過所述相干長度，使得由所述雷射二極體 (66, 110) 生成的光通過所述漫射器層 (55)、從所述反射器 (50B) 反射並且再次通過所述漫射器層 (55)。

圖 式

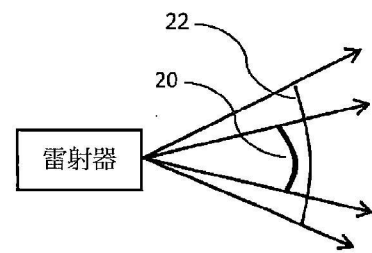


第 1 圖

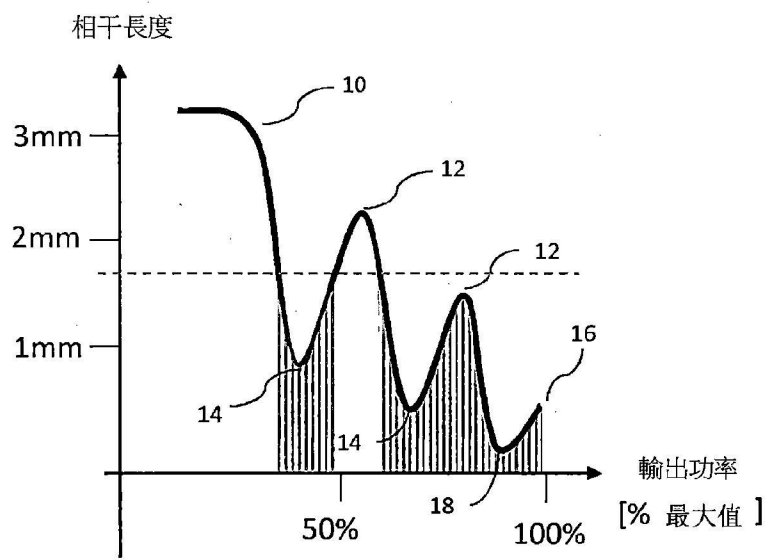




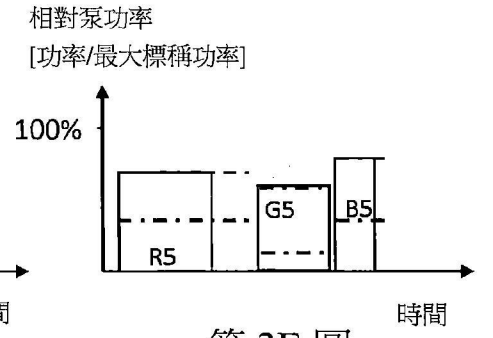
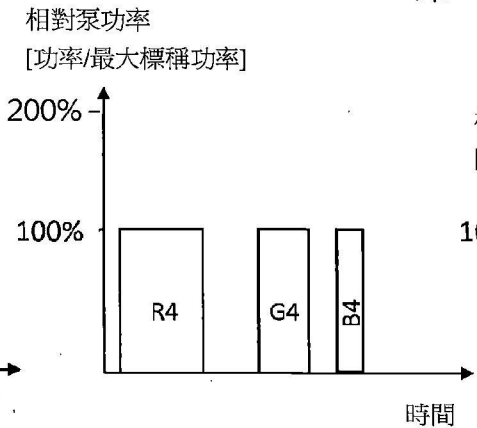
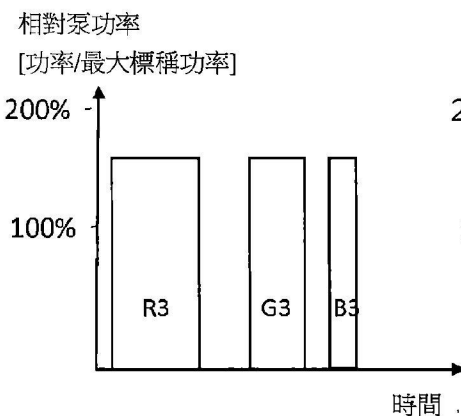
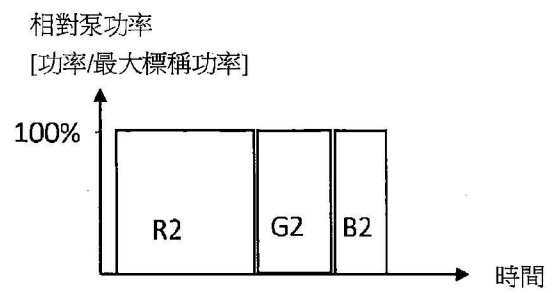
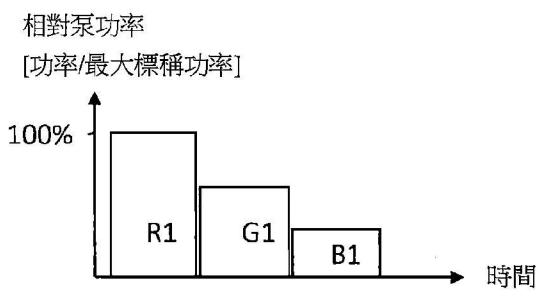
第 2A 圖

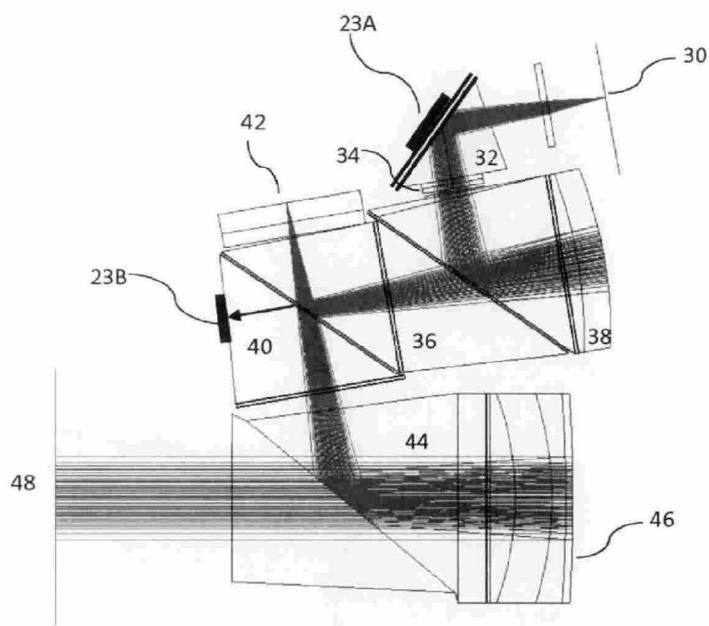


第 2B 圖

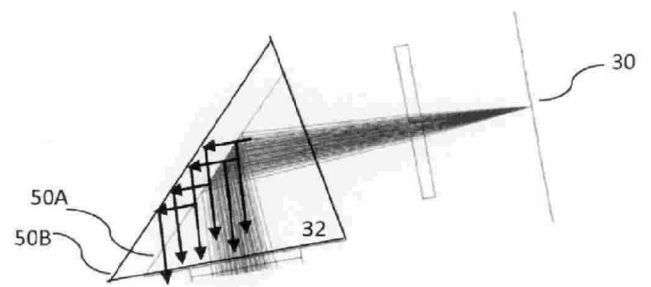


第 2C 圖

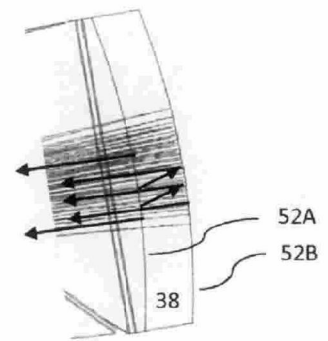




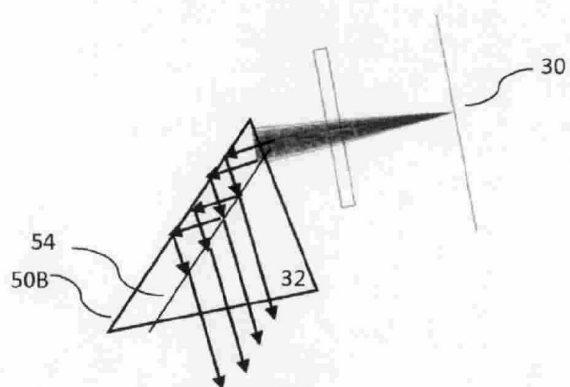
第4A圖



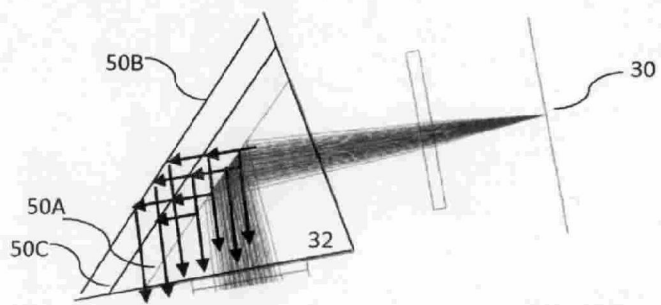
第4B圖



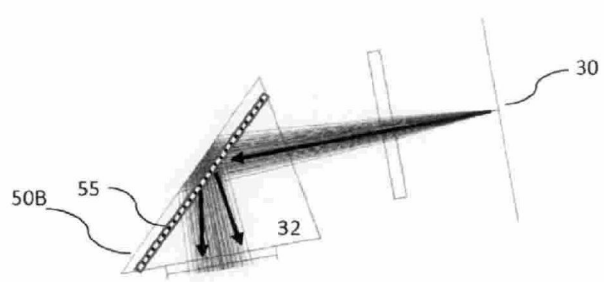
第4C圖



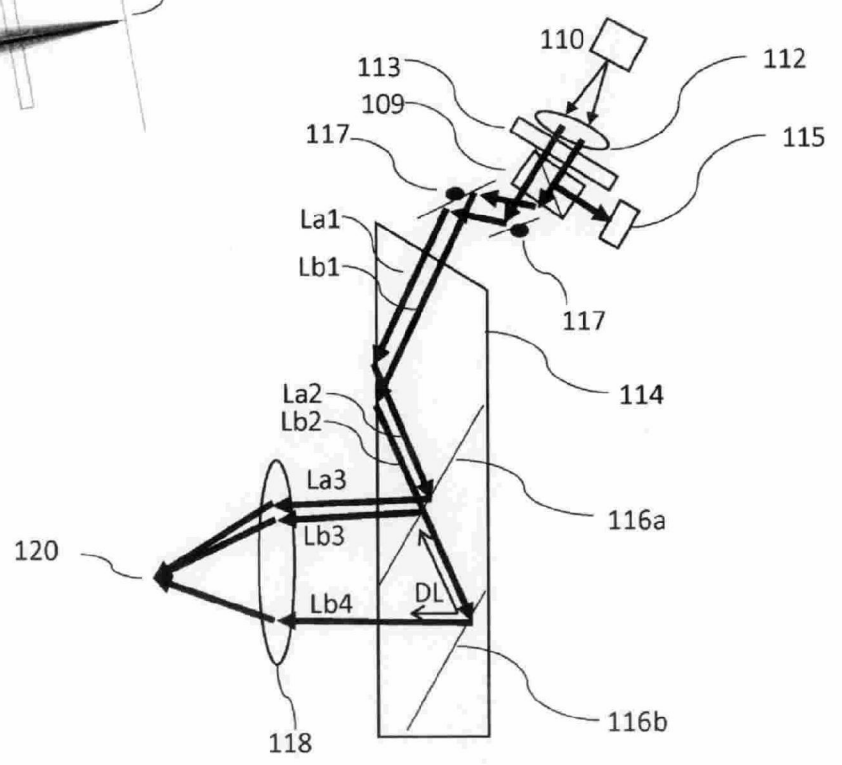
第 5A 圖



第 5B 圖



第 6 圖



第 7 圖