



(21) 申請案號：112117827

(22) 申請日：中華民國 112 (2023) 年 05 月 12 日

(51) Int. Cl. : **G02B27/01 (2006.01)** **G02B6/10 (2006.01)**

(30) 優先權：2022/05/12 美國 63/341,004

2022/11/15 美國 63/425,329

2023/01/02 美國 63/436,634

(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)；拉索夫斯基 凱倫 RASSOVSKY, KEREN (IL)；沙皮拉 阿米爾 SHAPIRA, AMIR (IL)；福斯 伊多 FUCHS, IDO (IL)；希爾伯斯坦 埃利亞夫 SILBERSTEIN, ELIAV (IL)；沙爾林 埃拉德 SHARLIN, ELAD (IL)

(74) 代理人：廖俊龍

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：32 項 圖式數：12 共 39 頁

## (54) 名稱

用於光導的複合聚合物

## (57) 摘要

描述了包括光學結構的光學系統以及形成光學結構的方法。光學結構可以包括具有兩個主表面的光導。光學結構還可以包括透明板、第一聚合物層和第二聚合物層。第一聚合物層可以佈置在光導的兩個主表面之一上。第一聚合物層的材料可以保持光導處的全內反射，並且第一聚合物層的折射率可以小於光導的折射率。第二聚合物層可以佈置在第一聚合物層與透明板之間。第二聚合物層的材料可以具有比第一聚合物層的楊氏模量低的楊氏模量，並且可以具有比第一聚合物層的折射率大的折射率。

Optical systems including an optical structure, and methods for forming the optical structure, are described. The optical structure can include a lightguide having two major surfaces. The optical structure can further include a transparent plate, a first polymer later, and a second polymer layer.

The first polymer layer can be arranged on one of the two major surfaces of the lightguide. A material of the first polymer layer can maintain total internal reflectance at the lightguide, and a refractive index of the first polymer layer can be less than a refractive index of the lightguide. The second polymer layer can be arranged between the first polymer layer and the transparent plate. A material of the second polymer layer can have a Young's modulus lower than a Young's modulus of the first polymer layer, and can have a refractive index greater than the refractive index of the first polymer layer.

指定代表圖：

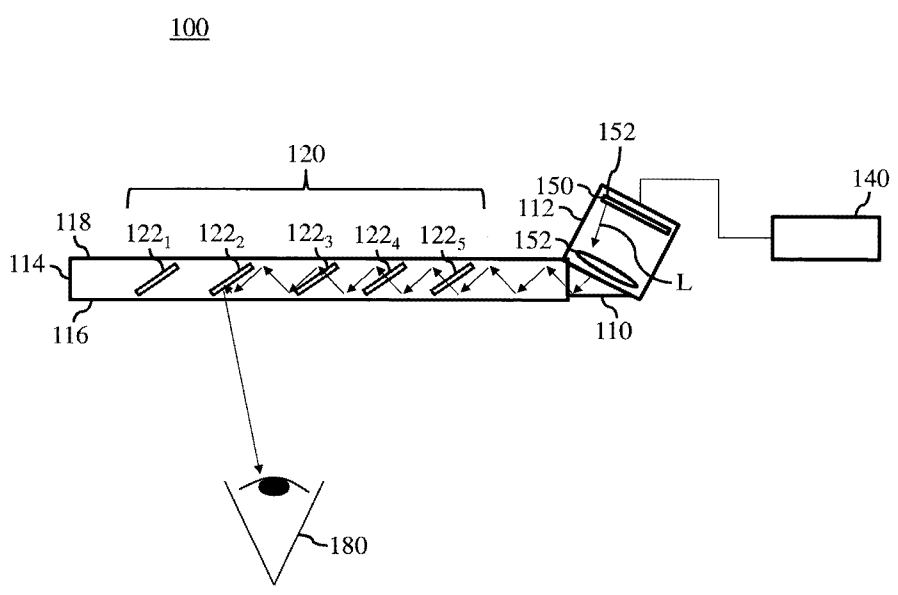


圖1

- 符號簡單說明：
- 100:光學系統
  - 110:圖像投影組件
  - 112:投影光學器件 (POD)
  - 114:光導光學元件 (LOE)
  - 116,118:主 LOE 表面
  - 120:耦出裝置
  - 122<sub>1</sub>,122<sub>2</sub>,122<sub>3</sub>,122<sub>4</sub>,122<sub>5</sub>:嵌入式部分反射器
  - 140:控制器
  - 150:圖像生成器
  - 152:準直光學器件
  - 180:眼睛
  - L:光束

## 發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日：

※IPC 分類：

### 【發明名稱】(中文/英文)

用於光導的複合聚合物

COMPOUND POLYMER FOR LIGHTGUIDE

### 【中文】

描述了包括光學結構的光學系統以及形成光學結構的方法。光學結構可以包括具有兩個主表面的光導。光學結構還可以包括透明板、第一聚合物層和第二聚合物層。第一聚合物層可以佈置在光導的兩個主表面之一上。第一聚合物層的材料可以保持光導處的全內反射，並且第一聚合物層的折射率可以小於光導的折射率。第二聚合物層可以佈置在第一聚合物層與透明板之間。第二聚合物層的材料可以具有比第一聚合物層的楊氏模量低的楊氏模量，並且可以具有比第一聚合物層的折射率大的折射率。

### 【英文】

Optical systems including an optical structure, and methods for forming the optical structure, are described. The optical structure can include a lightguide having two major surfaces. The optical structure can further include a transparent plate, a first polymer later, and a second polymer layer.

The first polymer layer can be arranged on one of the two major surfaces of the lightguide. A material of the first polymer layer can maintain total internal reflectance at the lightguide, and a refractive index of the first polymer layer can be less than a refractive index of the lightguide. The second polymer layer can be arranged between the first polymer layer and the transparent plate. A material of the second polymer layer can have a Young's modulus lower than a Young's modulus of the first polymer layer, and can have a refractive index greater than the refractive index of the first polymer layer.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】：**圖 1

**【本代表圖之符號簡單說明】：**

- 100: 光學系統
- 110: 圖像投影組件
- 112: 投影光學器件 (POD)
- 114: 光導光學元件 (LOE)
- 116, 118: 主 LOE 表面
- 120: 耦出裝置
- 122<sub>1</sub>, 122<sub>2</sub>, 122<sub>3</sub>, 122<sub>4</sub>, 122<sub>5</sub>: 嵌入式部分反射器
- 140: 控制器
- 150: 圖像生成器
- 152: 準直光學器件
- 180: 眼睛
- L: 光束

# 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)

用於光導的複合聚合物

COMPOUND POLYMER FOR LIGHTGUIDE

## 【技術領域】

【0001】本發明內容總體上涉及裝置和方法，裝置包括但不限於光學系統、光導光學元件和光學結構，方法包括但不限於製造光導光學元件的方法和製造光學結構的方法。

## 【先前技術】

相關申請的交叉引用

【0002】本發明要求於 2023 年 1 月 2 日提交的美國臨時專利申請第 US 63/436,634 號、於 2022 年 11 月 15 日提交的美國臨時專利申請第 US 63/425,329 號以及於 2022 年 5 月 12 日提交的美國臨時專利申請第 US 63/341,004 號的權益。美國臨時專利申請第 US 63/436,634 號、美國臨時專利申請第 US 63/425,329 號和美國臨時專利申請第 US 63/341,004 號的發明內容通過該引用併入。

【0003】用於近視眼或平視顯示器的光導通過全內反射 (Total Internal Reflection, TIR) 傳播光。為了防止光導的面上的污染干擾 TIR，在光導的外部上應用低折射率材料 (例如，聚合物)。不幸的是，這樣的低折射率材料對人類污染敏感，並且由於其相對於光導的低熱膨脹係數引起的應力而趨向於遭受疲勞。將硬透明板直接附接至光導不僅有利於出於安全原因保護低折射率材料，而且還使得能夠在需要時附接光學塑膠透鏡。然而，與光導玻璃相比，硬聚合物具有相對大的熱膨脹常數 (Constant of Thermal Expansion, CTE)。

## 【發明內容】

【0004】在一個實施方式中，總體上描述了光學系統。光學系統可以包括投影光學器件，該投影光學器件被配置成生成光束。光學系統還可以包括光導光學元件。光導光學元件可以包括具有兩個主表面的光導。由投影光學器件生成並耦入到光導中的光束可以通過反射離開兩個主表面而行進通過光導。光導光學元

件還可以包括透明板。光導光學元件還可以包括第一聚合物層，該第一聚合物層佈置在光導的兩個主表面之一上。第一聚合物層的材料可以被選擇成保持光導處的全內反射，並且第一聚合物層的折射率可以小於光導的折射率。光導光學元件還可以包括第二聚合物層，該第二聚合物層佈置在第一聚合物層與透明板之間。第二聚合物層的材料可以被選擇成具有可以比第一聚合物層的楊氏模量低的楊氏模量，並且第二聚合物層的折射率可以大於第一聚合物層的折射率。

**【0005】** 在一個實施方式中，總體上描述了光導光學元件。光導光學元件可以包括具有兩個主表面的光導。由投影光學器件生成並耦入到光導中的光束通過可以反射離開兩個主表面而行進通過光導。光導光學元件還可以包括透明板。光導光學元件還可以包括第一聚合物層，該第一聚合物層佈置在光導的兩個主表面中的一個主表面上。第一聚合物層的材料可以被選擇成保持光導處的全內反射，並且第一聚合物層的折射率可以小於光導的折射率。光導光學元件還可以包括第二聚合物層，該第二聚合物層佈置在第一聚合物層與透明板之間。第二聚合物層的材料可以被選擇成具有可以比第一聚合物層的楊氏模量低的楊氏模量，並且第二聚合物層的折射率可以大於第一聚合物層的折射率。

**【0006】** 在一個實施方式中，總體上描述了製造光導光學元件的方法。該方法可以包括提供包括兩個主表面的光導。光導可以被配置成允許由投影光學器件生成並耦入到光導中的光束通過反射離開兩個主表面而行進通過光導。該方法還可以包括提供透明板。該方法還包括將第一聚合物層佈置在光導的兩個主表面中的一個主表面上。第一聚合物層的材料可以被選擇成保持光導處的全內反射，並且第一聚合物層的折射率可以小於光導的折射率。該方法還可以包括將第二聚合物層佈置在第一聚合物層與透明板之間。第二層的材料可以被選擇成具有可以比第一聚合物層的楊氏模量低的楊氏模量，並且第二聚合物層的折射率可以大於第一聚合物層的折射率。

**【0007】** 在一個實施方式中，總體上描述了光學系統中的光學結構。該光學結構可以包括具有兩個主表面的光導。由投影光學器件生成並耦入到光導中的光束可以通過反射離開兩個主表面而行進通過光導。該光學結構還可以包括佈置在光導的兩個主表面中的一個主表面上的第一聚合物層。第一聚合物層的材料可以被選擇成保持光導處的全內反射，並且第一聚合物層的折射率可以小於

光導的折射率。該光學結構還可以包括佈置在第一聚合物層上的第二聚合物層。第二層的材料可以被選擇成具有可以比第一聚合物層的楊氏模量低的楊氏模量，並且第二聚合物層的折射率可以大於第一聚合物層的折射率。

**【0008】** 在一個實施方式中，總體上描述了製造光學結構的方法。該方法可以包括提供具有兩個主表面的光導。光導可以被配置成允許由投影光學器件生成並耦入到光導中的光束通過反射離開兩個主表面而行進通過光導。該方法還可以包括將第一聚合物層佈置在光導的兩個主表面中的一個主表面上。第一聚合物層的材料可以被選擇成保持光導處的全內反射，並且第一聚合物層的折射率可以小於光導的折射率。該方法還可以包括將第二聚合物層佈置在第一聚合物層上。第二層的材料可以被選擇成具有可以比第一聚合物層的楊氏模量低的楊氏模量，並且第二聚合物層的折射率可以大於第一聚合物層的折射率。

**【0009】** 下面將參照圖式詳細描述進一步特徵以及各種實施方式的結構和操作。在圖式中，相似的圖式標記指示相同或功能相似的元件。

#### **【圖式簡單說明】**

**【0010】** 圖 1 是根據實施方式的示例光學系統的示意圖。

圖 2 是示出被用於將材料層附接至光導的黏合劑層的圖。

圖 3 是示出一個實施方式中的包括被用於將材料層附接至光導的多於一個聚合物層的結構的圖。

圖 4A 是示出一個實施方式中的多個聚合物層的預集成的圖。

圖 4B 是示出一個實施方式中的通過對圖 4A 所示的部件進行集成而形成的結構的圖。

圖 5A 是示出一個實施方式中的使用箔作為保護表面的預堆疊構造的圖。

圖 5B 是示出一個實施方式中的使用箔作為保護表面的堆疊構造的圖。

圖 6A 是示出具有塗覆有抗反射 (Anti-Reflection, AR) 塗層的非光滑表面的光導的圖。

圖 6B 是示出一個實施方式中的堆疊在光導的非光滑表面上的低折射率聚合物層的圖。

圖 7 是示出在光導中經歷全內反射的光束的示例的圖。

圖 8 是示出一個實施方式中的將聚合物層堆疊在光導上以抑制可能由於表面

偏差而散射的光束的示例的圖。

圖 9 是示出一個實施方式中的將聚合物層附接在光導上以抑制可能由於表面偏差而散射的光束並過濾散射的示例的圖。

圖 10 是示出一個實施方式中的對非引導光束進行預防以離開光導的圖。

圖 11 是示出一個實施方式中的製造光導束光學元件的過程的流程圖。

圖 12 是示出一個實施方式中的製造光學結構的過程的流程圖。

### 【實施方式】

【0011】 在以下描述中，闡述了諸如特定結構、部件、材料、尺寸、處理步驟和技術的許多具體細節，以提供對本發明的各種實施方式的理解。然而，本領域的普通技術人員將理解的是，可以在沒有這些具體細節的情況下實踐本發明的各種實施方式。在其他情況下，未詳細描述公知的結構或處理步驟，以避免使本發明變得模糊不清。

【0012】 圖 1 是根據實施方式的示例光學系統 100 的示意圖。光學系統 100 可以包括至少圖像投影組件 110 和控制器 140。控制器 140 可以包括具有一個或更多個處理設備、記憶體或其他部件的計算設備。例如，控制器 140 可以包括中央處理器（Central Processing Unit，CPU）、現場可程式邏輯閘陣列（Field-Programmable Gate Array，FPGA）、微控制器、專用電路或任何其他部件。控制器 140 可以被配置成控制投影光學器件（將在下文中描述）以生成圖像並將圖像輸出至光導光學元件（Light-guide Optical Element，LOE）（將在下文中描述）以投影至眼睛 180。

【0013】 在一些實施方式中，控制器 140 可以集成到圖像投影組件 110 中或者集成到包括圖像投影組件 110 的設備（例如眼鏡、頭戴式顯示器或另一設備）中。在一些實施方式中，控制器 140 可以位於遠離圖像投影組件 110 的位置。例如，圖像投影組件 110 可以包括被配置成與控制器 140 通信的有線或無線通訊設備。作為示例，控制器 140 可以被包括作為以下設備的一部分：移動設備；或者與圖像投影組件 110 分離的其他計算設備；或者包括圖像投影組件 110 的設備。

【0014】 圖像投影組件 110 可以包括投影光學器件（Projection Optics Device，POD）112 和光導光學元件（LOE）114，並且被配置成將圖像投影到用戶的眼睛

180 上。POD 112 可以包括圖像生成器 150、準直光學器件 152 或可以包括在圖像投影組件中的其他部件(例如空間光調變器(Spatial Light Modulator, SLM))。在一些實施方式中,可以將這些部件中的一些或全部佈置在一個或更多個偏振分束器(Polarizing Beam Splitter, PBS)立方體或其他稜鏡裝置的表面上。圖像生成器 150 包括提供照射(例如光束、雷射光束或其他形式的照射)的一個或更多個部件,該照射與要投影到用戶的眼睛 180 上的圖像對應。例如,圖像生成器 150 包括發光二極體(Light Emitting Diodes, LED)顯示器、有機發光二極體(Organic Light Emitting Diode, OLED)顯示器、背光液晶顯示器(Liquid Crystal display, LCD)面板、微 LED 顯示器、數位光處理(Digital Light Processing, DLP)晶片、矽基液晶(Liquid Crystal On Silicon, LCOS)晶片或其他部件。

**【0015】** 替選地,POD 112 可以包括諸如快速掃描鏡的掃描裝置,該掃描裝置跨 POD 112 的圖像平面掃描來自光源的照射,同時照射的強度與基於逐像素的運動同步變化,以針對每個像素投影期望的強度。POD 112 還可以可選地包括用於將圖像的照射注入 LOE 114 的耦入裝置,例如耦入反射器、成角度的耦合稜鏡或任何其他耦入裝置。在一些實施方式中,POD 112 與 LOE 114 之間的耦合可以包括直接耦合,例如 POD 112 可以與 LOE 114 的一部分接觸;或者可以包括經由附加的孔徑擴展裝置的耦合,該附加的孔徑擴展裝置用於擴展在 LOE 114 的平面中通過其注入圖像的孔徑的尺寸。

**【0016】** LOE 114 可以包括光導,該光導包括不具有光學活性的邊緣以及平行的第一主 LOE 表面 116 和第二主 LOE 表面 118。在說明性的實施方式中,本文中描述各種光導可以包括幾何光導、衍射光導或任何其他類型的光導。LOE 114 還包括耦出裝置 120,該耦出裝置 120 被配置成將照射引導出 LOE 114 以投影到用戶的眼睛 180 上。在一些實施方式中,耦出裝置 120 被示為多個嵌入式部分反射器(也稱為小平面)即嵌入式部分反射器 122<sub>1</sub>、嵌入式部分反射器 122<sub>2</sub>、嵌入式部分反射器 122<sub>3</sub>、嵌入式部分反射器 122<sub>4</sub> 和嵌入式部分反射器 122<sub>5</sub>,多個嵌入式部分反射器相對於 LOE 114 的主 LOE 表面 116 和主 LOE 表面 118 以傾斜角度佈置在 LOE 114 內。在說明性實施方式中,雖然圖 1 中示出了五個嵌入式部分反射器即嵌入式部分反射器 122<sub>1</sub>、嵌入式部分反射器 122<sub>2</sub>、嵌入式部分反射器 122<sub>3</sub>、嵌入式部分反射器 122<sub>4</sub> 和嵌入式部分反射器 122<sub>5</sub>,但是在其他

實施方式中 LOE 114 可以替選地包括更多數目的嵌入式部分反射器或更少數目的嵌入式部分反射器。

**【0017】** 在一些實施方式中，每個嵌入式部分反射器被配置成將在 LOE 114 中具有特定傳播角度的光束耦出至眼睛 180。例如，在一些實施方式中，每個嵌入式部分反射器被配置成將在 LOE 114 中具有不同傳播角度的光束耦出。在一些實施方式中，控制器 140 可以在嵌入式部分反射器具有高的光透射率的狀態與嵌入式部分反射器具有高的光反射率的狀態之間可選擇性地啟動嵌入式部分反射器中的一個或更多個。孔徑擴展或倍增也可以是二維的，其中另一組小平面橫向地反射以執行孔徑倍增。

**【0018】** 如圖 1 所示，例如，光束 L 通過反射離開主 LOE 表面 116 和主 LOE 表面 118 而通過 LOE 114 朝向嵌入式部分反射器行進。例如，主 LOE 表面 116 和主 LOE 表面 118 可以為行進通過 LOE 114 的任何光束提供 TIR。當光束 L 以直角遇到嵌入式部分反射器或者遇到活性嵌入式部分反射器時，光束 L 被嵌入式部分反射器重定向。遇到嵌入式部分反射器的光例如朝向眼睛 180 被重定向出 LOE 114。

**【0019】** 圖 2 是示出被用於將材料層附接至光導的黏合劑層的圖。在圖 2 所示的示例中，可以使用黏合劑 206 的層將諸如聚碳酸酯板 204 的材料層（例如透明板）佈置在光導 202 上。在一個或更多個實施方式中，示出為聚碳酸酯板 204 的材料層可以是聚合物、玻璃或形成透明板或透明材料層的其他材料。黏合劑 206 可以用於將光導 202 的表面附接至聚碳酸酯板 204 的表面。光導 202 可以是諸如圖 1 中所示的 LOE 114 的光導光學元件。在圖 2 所示的示例中，虛線箭頭表示由光導 202 內的反射器反射的（TIR）引導光。聚碳酸酯板 204 被示為具有平坦的頂表面，然而，聚碳酸酯板 204 的頂表面也可以是彎曲的。在一個方面，黏合劑 206 對於熱膨脹可以具有足夠的柔性，同時相對於光導 202 具有較低的折射率，使得光導 202 內的 TIR 得以保留。

**【0020】** 聚碳酸酯板 204 和光導 202 可以膨脹，例如在 $\pm x$ 方向上水平地膨脹。由於聚碳酸酯板 204 與光導 202 之間的 CTE 不同，因此附接至聚碳酸酯板 204 的黏合劑 206 的表面可以比附接至光導 202 的黏合劑 206 的表面更快地膨脹。例如，如果聚碳酸酯板 204 和光導 202 都暴露在 30 攝氏度的溫度變化下，

光導 202 可以橫向（沿 x 軸）膨脹約 3 微米，並且聚碳酸酯板 204 可以橫向膨脹約 32 微米。因此，聚碳酸酯板 204 與光導 202 之間的膨脹差或相對膨脹約為 29 微米（如圖 2 中的相對膨脹 228 所示）。

**【0021】** 相對膨脹 228 可以拉伸黏合劑 206 的頂表面，並且使得黏合劑 206 的側面在對角線方向（例如 xy 方向和 -xy 方向）上延伸和變形（如延伸部分 232 所示）。在一個方面，特定類型的聚合物在橫向（例如，沿 x 軸）拉伸了約聚合物厚度（例如，沿 y 軸）的 18% 之後可能顯示出疲勞跡象。因此，如果延伸部分 232 的長度比黏合劑 206 的厚度 230 大特定閾值（例如，聚合物厚度的 18%），則黏合劑 206 可能斷裂，並且聚碳酸酯板 204 可能朝向光導 202 掉落，這可能降低光導 202 的透明度，並且可能致使不期望的材料（例如，灰塵）附接至光導 202。通過示例的方式，如果相對膨脹 228 約為 29 微米，則黏合劑的厚度 230 需要約為 45 微米，以使 29 微米的相對膨脹（例如延伸部分 232）不比厚度 230 大多於 18%。因此，較厚的黏合劑層可以適應聚碳酸酯板 204 的較大量的橫向膨脹。

**【0022】** 然而，較厚的黏合劑層可能顯著增加裝置大小，並且穿過較厚的黏合劑層的光可能不穩定。例如，隨著黏合劑層的厚度增加，內部和外部散射的發生可能增加。由較厚的黏合劑層引起的散射光也可能干擾光導 202 內部的 TIR。減少黏合劑 206 的厚度可以是有益的，因為這可以減少散射和干擾的風險，並且保持光導 202 內的 TIR。然而，簡單地減小黏合劑 206 的厚度可能增加斷裂的風險（例如，較小的厚度可能使得更容易通過 18% 的閾值或其他類型聚合物的其他閾值）。因此，需要優化被用作黏合劑的聚合物的厚度，以將聚碳酸酯板 204 附接至光導 202 同時防止黏合劑斷裂，並且通過使黏合劑 206 的材料的折射率相對於光導 202 來說相對低來保持光導 202 內的 TIR，因此 TIR 得以保留。此外，難以使用可以提供以下兩者的單一材料：1) 用於適應聚碳酸酯板 204 與光導 202 之間的 CTE 差異的黏附性和機械柔性，以及 2) 用於保持 TIR 的相對於光導 202 的低折射率。

**【0023】** 圖 3 是示出一個實施方式中的包括被用於將材料層（例如，聚碳酸酯板 204）附接至光導（例如，光導 202）的多於一個聚合物層的結構 300 的圖。為了保持光導 202 內的 TIR，並且減小被用於附接聚碳酸酯板 204 和光導 202 的

黏合劑的厚度，可以使用多於一個聚合物層來替換圖 2 中的黏合劑 206。在圖 3 所示的結構 300 中，聚合物的層 308（或聚合物層 308）直接附接至光導 202，並且另一聚合物的層 310（或聚合物層 310）直接附接至聚合物層 308 和聚碳酸酯板 204。在一個實施方式中，聚合物層 308、聚合物層 310 可以由不同類型的黏合劑材料構成。在另一實施方式中，聚合物層 308、聚合物層 310 中的至少一個的至少一個表面可以預塗覆有黏合劑。

**【0024】** 聚合物層 308 可以是保留光導 202 中的 TIR 的相對薄的低折射率聚合物層。聚合物層 308 的厚度可以例如小於 10 微米（例如 1 微米至 2 微米厚）。在一個實施方式中，聚合物層 308 的折射率可以小於光導 202 的折射率，以保持光導 202 中的 TIR。聚合物層 310 可以是柔性聚合物層，具有斷裂之前例如 140%的伸長率（例如，140%的伸長率與圖 3 中所示的延伸部分 324 在相同的方向上）。聚碳酸酯板 204 可以佈置在聚合物層 310 之上。在一個實施方式中，聚合物層 310 可以用作聚碳酸酯板 204 與光導 202 之間的傾倒擋塊(dump chock)，並且可以吸收結構 300 所經歷的振動。在一個實施方式中，聚合物層 310 的厚度可以約為 13 微米，這顯著薄於圖 2 中所示的黏合劑層 206 可以約為 45 微米的示例。聚合物層 310 可以用作用於附接聚碳酸酯板 204 的黏合劑層。以上描述的參數和尺寸僅用於說明，並且其他尺寸是可能的。

**【0025】** 為了防止對聚合物層 308 的損壞，聚合物層 310 可以相對於聚合物層 308 具有較低的肖氏（Shore）硬度。替選地，聚合物層 310 的材料的楊氏模量可以比聚合物層 308 的材料的楊氏模量低。具有比聚合物層 308 低的肖氏硬度和楊氏模量的聚合物層 310 可以適應聚碳酸酯板 204 和光導 202 的不同膨脹率。在一個實施方式中，與聚碳酸酯板 204 和光導 202 的 CTE 相比，可以忽略柔性聚合物層 308、柔性聚合物層 310 的 CTE。通過示例的方式，當聚碳酸酯板 204 和光導 202 回應於溫度變化而膨脹時，聚碳酸酯板 204 的膨脹可以以與聚碳酸酯板 204 的 CTE 成比例的第一速率拉伸聚合物層 310 的頂（例如，+x 方向）表面，並且光導 202 可以以低於第一速率並與光導 202 的 CTE 成比例的第二速率拉伸底（例如，-x 方向）表面聚合物層 308。

**【0026】** 通過示例的方式，圖 3 中示出了聚碳酸酯板 204 與聚合物層 308 之間的相對膨脹 320。由於聚合物層 308、聚合物層 310 的獨立拉伸，因此相對膨

脹 320 可以小於聚碳酸酯板 204 與光導 202 之間的相對膨脹。代替聚碳酸酯板 204 與光導 202 之間的相對膨脹，圖 3 中的相對膨脹 320 可以控制延伸部分 324 的大小或長度。當相比於聚碳酸酯板 204 與光導 202 之間的單層聚合物的配置（例如圖 2）時，延伸部分 324 可以根據聚合物層 308 的表面來測量，而不是根據光導 202 的表面來測量。因此，與圖 2 所示的配置相比，延伸部分 324 可以減小。減小的延伸部分可以延遲黏合劑層（例如，聚合物層 310）的斷裂。如圖 3 所示，在聚碳酸酯板 204 與光導 202 之間使用多於一個聚合物層可以提供功能分離，因為聚合物層 308 可以提供用於保持 TIR 的低折射率，而聚合物層 310 可以提供用於適應聚碳酸酯板 204 與光導 202 之間的 CTE 差異的黏附性和機械柔性。

**【0027】** 在一個實施方式中，為了製造結構 300，在結合之前，光導 202 可以經歷物理和化學預處理（例如，等離子體/電暈或者其他使用矽烷或類似物的預處理），以引起聚合物層 308 對光導 202 的高黏附性。聚合物層 308 可以通過例如旋塗並在露天環境中固化而施加至光導 202 的表面。

**【0028】** 在實施方式的變型中，聚合物層 308 的聚合物在其配方中不包括將抑制氧抑制作用的任何成分。在該實施方式下，在聚合物層 308 的表面層（例如，約 1 微米至 2 微米的厚度）上發生氧抑制，使得當聚合物層 308 的聚合物的大部分經歷完全固化時，聚合物層 308 的上層保持未固化。

**【0029】** 聚碳酸酯板 204 與聚合物層 308 的結合可以包括：將聚合物層 310 的聚合物作為具有特定 CTE 和伸長率的中間黏合劑施加在聚合物層 308 的濕的未固化表面上。聚碳酸酯板 204 與光導 202 之間的在暴露於固化條件（例如，紫外線（Ultraviolet ray, UV）、熱等）時進行同化、擴散、相互作用和交叉結合的兩個單獨的黏合劑層（例如，聚合物層 308、聚合物層 310）的單獨結合可以實現高結合強度，而無需進行額外的預處理。

**【0030】** 圖 4A 是示出一個實施方式中的多個聚合物層的預集成的圖。在圖 4A 所示的一個實施方式中，聚碳酸酯板 402 可以經由聚合物結構 401 附接至光導 202 的底表面，並且另一聚碳酸酯板 404 可以經由聚合物結構 403 附接至光導 202 的頂表面。聚合物結構 401 可以是包括聚合物層 308L、聚合物層 410L、聚合物層 412L 的聚合物層的堆疊。聚合物結構 403 可以是包括聚合物層 308U、

聚合物層 410U、聚合物層 412U 的聚合物層的堆疊。

【0031】 參照圖 3，聚合物結構 401、聚合物結構 403 中的聚合物層 308U、聚合物層 308L 可以由與圖 3 中所示的聚合物層 308 相同的材料構成。此外，聚合物結構 401、聚合物結構 403 中的聚合物層 410U、聚合物層 410L 可以由與圖 3 中所示的聚合物層 310 相同的材料構成。此外，圖 3 中的聚合物層 310 和圖 4A 中的聚合物層 410U、聚合物層 410L 可以由相同的材料（例如，具有比聚合物層 308 低的肖氏硬度和比聚合物層 308 低的楊氏模量的柔性聚合物）構成。在一個實施方式中，聚合物層 412U、聚合物層 412L 可以由與聚合物層 308U、聚合物層 308L、聚合物層 410L、聚合物層 410U 的材料不同的聚合物材料構成。聚合物層 412U 可以用作用於將聚合物層 410U 黏附至聚碳酸酯板 404 的黏合劑，並且聚合物層 412L 可以用作用於將聚合物層 410L 黏附至聚碳酸酯板 402 的黏合劑。聚合物層 412U、聚合物層 412L 可以是光學透明的，可以具有在聚合物層 410U 的折射率與聚碳酸酯板 404 的折射率之間的折射率或者在聚合物層 410L 的折射率與聚碳酸酯板 402 的折射率之間的折射率，可以包括 AR 塗層，並且/或者具有機械柔性。

【0032】 在一個實施方式中，聚合物結構 401 可以通過以下操作來形成或構造：將聚合物層 410L 堆疊在聚合物層 412L 上，並且此後將聚合物層 308L 堆疊在聚合物層 410L 上。在另一實施方式中，聚合物結構 401 可以通過以下操作來形成或構造：將聚合物層 410L 堆疊在聚合物層 308L 上，然後將聚合物層 412L 堆疊在聚合物層 410L 上，並且此後翻轉整個堆疊結構以完成聚合物結構 401 的形成。

【0033】 在一個實施方式中，聚合物結構 403 可以通過以下操作來形成或構造：將聚合物層 410U 堆疊在聚合物層 412U 上，並且此後將聚合物層 308U 堆疊在聚合物層 410U 上。在另一實施方式中，聚合物結構 403 可以通過以下操作來形成或構造：將聚合物層 410U 堆疊在聚合物層 308U 上，然後將聚合物層 412U 堆疊在聚合物層 410U 上，並且此後翻轉整個堆疊結構以完成聚合物結構 403 的形成。

【0034】 聚合物層 410L、聚合物層 410U（例如，柔性聚合物層）中的每一個可以單獨製造為箔（有時被稱為“層壓”）。例如，可以將聚合物層 308U 直接

施加至該箔的一個表面（例如，頂表面或底表面），並且可以將附加層（例如聚合物層 412U）施加在該箔的相對表面（例如，底表面或頂表面）上。聚合物層 410L、聚合物層 410U 中的每一個也可以用作保護層，以在光導 202 斷裂的情況下保持光導 202 的殘餘物，從而提高對用戶的安全性。

**【0035】** 聚合物結構 401、聚合物結構 403 可以在與光導 202 和聚碳酸酯板 402、聚碳酸酯板 404 集成以形成圖 4B 中所示的結構 420 之前單獨製造。在圖 4B 中，聚合物結構 401 可以位於光導 202 的底表面與聚碳酸酯板 402 之間。聚合物結構 403 可以位於光導 202 的頂表面與聚碳酸酯板 404 之間。在一個實施方式中，結構 420 可以通過以下操作來形成：聚合物結構 401 堆疊在聚碳酸酯板 402 的頂部上，然後光導 202 可以堆疊在聚合物結構 401 的頂部上，然後聚合物結構 403 可以堆疊在光導 202 的頂部上，然後聚碳酸酯板 404 可以堆疊在聚合物結構 404 的頂部上。

**【0036】** 圖 5A 是示出一個實施方式中的使用箔作為保護表面的預堆疊構造的圖。在圖 5A 所示的實施方式中，聚合物層 410L 可以附接至聚合物層 308 以形成第一保護結構 501，並且聚合物層 410U 可以附接至另一聚合物層 308 以形成第二保護結構 503。聚合物層 410L、聚合物層 410U 可以用作在斷裂的情況下保護用戶的箔。在形成第一保護結構 501 和第二保護結構 503 之後，第一保護結構 501 和第二保護結構 503 可以附接至光導 202 並與光導 202 堆疊，以形成圖 5B 中所示的堆疊結構 510。在一個實施方式中，由於聚合物層 410U、聚合物層 410L 是柔性的，因此聚合物層 410U、聚合物層 410L 也可以是可拉伸的，從而減輕了由熱膨脹引起的挑戰。

**【0037】** 圖 6A 是示出具有塗覆有抗反射（AR）塗層的非光滑表面的光導的圖。在圖 6A 所示的示例中，光導 202 可以具有塗覆有抗反射（AR）塗層 657A 的非光滑表面。形成非光滑表面的光滑度偏差可能是由於例如：光導 202 中的部件 650 引起偏差 652 或者嵌入式部分反射器 654 產生偏差 656。偏差 652、偏差 656 在圖 6A 中示出為凸起，然而，偏差 652、偏差 656 也可以是光導 202 的表面的凹陷。圖 6A 中的反射 658 示出了最佳反射，其中光束被 TIR 反射，並且當從表面頂點 620（豎直虛線）局部測量時，反射角等於入射角。透射 660 表示未受干擾的透射光束。在一個方面，未受干擾的透射光束也可以通過來自嵌入式

部分反射器 654 的反射產生。

【0038】 偏差 652 的表面處的內部反射 662 可以使光束以稍微不同的角度偏離（如由另一表面頂點 622（傾斜的虛線）所示），並且被散射，從而使光導 202 內的 TIR 引導光和圖像的品質劣化。傳輸光束 664 也可以內部地在光導 202 中散射並且外部地在光導 202 表面外散射，因此使 TIR 引導圖像品質劣化。AR 塗層 657A 固有地遵循表面圖案，因此可能不會抑制這些散射，並且可能造成進一步的散射和圖像劣化。

【0039】 圖 6B 是示出一個實施方式中的堆疊在光導的非光滑表面上的低折射率聚合物層的圖。圖 6B 示出了通過將聚合物層 603 堆疊在光導 202 的表面上可以基本上抑制傳輸光束 664 的散射。聚合物層 603 可以是低折射率層，並且可以與圖 3 中所示的聚合物層 308 相同或相似。聚合物層 603 可以具有折射率  $n_2$ ，並且  $n_2$  可以小於光導 202 的折射率  $n_1$ 。折射率  $n_2$  可以小於折射率  $n_1$ ，以保持光導 202 內的 TIR。可以拋光聚合物層 603 的外表面（例如，類似於部件 650 或部分反射器 654 的物體不被嵌入在聚合物層 603 中），使得可以在聚合物層 603 的頂部上實現最佳且光滑的 AR 塗層 657B。

【0040】 圖 7 是示出在光導中經歷全內反射的光束的示例的圖。圖 7 中示出了在光導 202 中經歷 TIR 的光束的相位改變的曲線，其中光導 202 可以具有光滑表面。圖 7 中的 x 軸表示光導 202 內經歷 TIR 的光束的入射角，並且 y 軸表示 TIR 光束的以度為單位（例如，360 度相當於  $2\pi$ ）的相位改變。圖 7 還示出了具有光滑或平坦表面（例如，理想情況）的光導 202 的三種不同配置，其可以引導受限角度範圍 769 下的圖像。

【0041】 第一曲線 770 對應於其中光束在光導 202 的與空氣交界的表面處被折射的第一種情況。第一曲線 770 表示光束的相位改變相對於從光導 202 的表面與空氣交界的頂點得到的入射角的變化。光導 202 的折射率  $n_1$  可以是例如 1.52。曲線 770 中的範圍 779 表示第一種情況中的 TIR 的角度範圍，並且在第一種情況下，以低於約 41 度的臨界角的入射角折射的光束將不經歷 TIR，並且將可能不保留在光導 202 內。

【0042】 第二曲線 772 對應於其中光束在聚合物層 603 的與空氣交界的表面處被折射（參見圖 3）的第二種情況。第二曲線 772 表示光束的相位改變相對

於從聚合物層 603 的表面與空氣交界的頂點得到的入射角的變化。聚合物層 603 的折射率  $n_2$  可以是例如 1.35。曲線 770 中的範圍 778 表示第二種情況中的 TIR 的角度範圍，並且在第二種情況下，以低於約 48 度的臨界角的入射角折射的光束將不經歷 TIR，並且將可能不保留在聚合物層 603 內。

【0043】 第三曲線 774 對應於其中光束在光導 202 的與聚合物層 603 交界的表面處被折射的第三種情況。第三曲線 774 表示光束的相位改變相對於從光導 202 的表面與聚合物層 603 交界的頂點得到的入射角的變化。曲線 770 中的範圍 777 表示第三種情況中的 TIR 的角度範圍，並且在第三種情況下，以低於約 63 度的臨界角的入射角折射光束將不經歷 TIR，並且將可能不保留在光導 202 內。在一個實施方式中，可以選擇  $n_2$  的值或構成聚合物層 603 的材料以使其適合於範圍 777，從而引導受限角度範圍 769 下的光束。

【0044】 圖 8 是示出一個實施方式中的將聚合物層堆疊在光導上以抑制可能由於表面偏差而散射的光束的示例的圖。圖 8 中示出了在光導 202 中經歷 TIR 的光的相位改變的曲線，其中光導 202 可以具有非光滑表面。圖 8 中的 x 軸表示光導 202 內經歷 TIR 的光束的入射角，並且 y 軸表示 TIR 光束的以度為單位（例如，360 度相當於  $2\pi$ ）的相位改變。圖 8 還示出了具有非光滑表面的光導 202 的兩種不同配置。

【0045】 在圖 8 所示的示例中，光導 202 的非光滑表面可以引起約 5 度的頂點偏差 879。在第一種情況 880 中，其中頂點偏差 879 與空氣交界，光束的相位改變約為 8 度。在第二種情況 882 中，其中聚合物層 603 堆疊在光導 202 的非光滑表面上，光束在頂點偏差 879 處的相位改變約為 2 度。因此，在光導 202 的非光滑表面上添加聚合物層 603 可以抑制光束在光導 202 的非光滑部分處的散射並保持光導 202 中的 TIR。

【0046】 圖 9 是示出一個實施方式中的將聚合物層附接在光導上以抑制可能由於表面偏差而散射的光束並過濾散射的示例的圖。在第一種情況 902 中，圖 9 示出了在光導 202 的表面的光滑部分上的最佳 TIR 984，以及在光導 202 的表面的非光滑部分上的受干擾 TIR 990。受干擾 TIR 990 中的反射光束與最佳 TIR 984 中的反射光束的角度不同，但是繼續被引導，因此干擾了光束。

【0047】 在第二種情況 904 中，具有折射率  $n_2$  的不同聚合物層 603A、聚合

物層 603B 附接至光導 202 的兩個表面(例如,頂表面和底表面)。聚合物層 603A、聚合物層 603B 可以由與圖 6 中的聚合物層 603 和圖 3 中的聚合物層 308 相同的材料構成。具有折射率  $n_3$  的介質 910 附接至聚合物層 603B 下面的底表面。在第二種情況 904 下,反射 992 (可以與受干擾 TIR 990 相同) 可以發生在與聚合物層 603A 交界的光導 202 的表面的非光滑部分。反射 992 可以使偏離光束以另一角度反射,這使得偏離光束在光導 202 與聚合物層 603B 交界的點 993 處離開光導 202。在 993 點處離開的偏離光束可以耦出,可能到達介質 910,或者可以淺淺地沿著聚合物層 603B 引導。在任一情況下,如圖 9 所示光導 202 中的光束變形可以減小,其中在光導 202 中被引導的原始光束角度 986 被干擾反射為角度 988、989,角度 988、989 在光導 202 的引導範圍之外。

【0048】圖 10 是示出一個實施方式中的對非引導光束進行預防以離開光導的圖。在第一種情況 1002 中,非引導光束 1106 (例如,來自景物或由小平面反射) 被示出為在塗覆有 AR 塗層 657A 的光導 202 的表面的光滑部分處穿出或離開光導 202。在光導 202 的表面的非光滑部分處,干擾 1108 可以使該光束被引導。

【0049】在第二種情況 1004 中,聚合物層 603 直接堆疊在光導 202 上,並且聚合物層 603 的表面塗覆有 AR 塗層 657B。在第二種情況 1004 中,干擾 1108 可以使光束偏轉但不保持在光導 202 中進行引導。偏轉的光束可以由於光滑的 AR 塗層 657B 或另一介質而從聚合物層 603 耦出,或者在聚合物層 603 內以非常淺的角度偏轉。受干擾的光束在光導 202 中不被引導,並且因此如圖 10 所示圖像劣化減小,其中非引導光束 1100 被轉移至光束 1102 或 1104,光束 1102 或 1104 在第一情況 1002 下被引導但在第二情況 1004 下不被引導。

【0050】圖 11 是示出一個實施方式中的製造光導光學元件的過程的流程圖。過程 1100 可以包括如由塊 1102、塊 1104、塊 1106 和/或塊 1108 中的一個或更多個所示出的一個或更多個操作、動作或功能。儘管被示出為離散的塊,但是各種塊可以被劃分成另外的塊、被組合成較少的塊、被取消、或並存執行以及/或者以不同的順序執行,這取決於所需的實現方式。

【0051】可以執行過程 1100 以製造諸如圖 3 中的結構 300、圖 4B 中的結構 420 的光導光學元件。過程 1100 可以開始於塊 1102。在塊 1102 處,可以提供光

導，其中光導可以包括兩個主表面。光導可以被配置成允許由投影光學器件生成並耦入到光導中的光束通過反射離開兩個主表面而行進通過光導。在一個實施方式中，可以在光導中提供耦出裝置，其中，耦出裝置可以被配置成將被光導引導的光引導出光導。在一個實施方式中，耦出裝置可以包括以相對於主光導表面的一個或更多個斜角佈置在光導內的多個表面。

**【0052】** 過程 1100 可以從塊 1102 進行至塊 1104。在塊 1104 處，可以提供透明板。在一個實施方式中，透明板相對於光導可以具有更大的熱膨脹常數。

**【0053】** 過程 1100 可以從塊 1104 進行至塊 1106。在塊 1106 處，可以將第一聚合物層佈置在光導的兩個主表面之一上。第一聚合物層的材料可以被選擇成保持光導處的全內反射，並且第一聚合物層的折射率可以小於光導的折射率。在一個實施方式中，可以通過將第一聚合物層黏附在光導的兩個主表面中的一個主表面上而將第一聚合物層佈置在兩個主表面中的該一個主表面上。在一個實施方式中，第一聚合物層的材料可以被選擇成允許在第一聚合物層的不與光導的兩個主表面中的該一個主表面接觸的表面層上發生氧抑制。

**【0054】** 過程 1100 可以從塊 1106 進行至塊 1108。在塊 1108 處，可以將第二聚合物層佈置在第一聚合物層與透明板之間。第二層的材料可以被選擇成具有比第一聚合物層的楊氏模量低的楊氏模量，並且第二聚合物層的折射率可以大於第一聚合物層的折射率。在一個實施方式中，第二聚合物層的肖氏硬度可以被選擇成低於第一聚合物層的肖氏硬度。在一個實施方式中，第一聚合物層的一部分可以經歷固化同時第一聚合物層的表面層保持未固化，並且可以將第二聚合物層施加至第一聚合物層的未固化表面層。

**【0055】** 在一個實施方式中，可以提供第三層，並且將第三層佈置在第二聚合物層與透明板之間。在一個實施方式中，在將第一聚合物層佈置在光導的兩個主表面之一上並將透明板佈置在第三層上之前，第一聚合物層、第二聚合物層和第三層可以形成為層壓結構。

**【0056】** 圖 12 是示出一個實施方式中的製造光學結構的過程的流程圖。過程 1200 可以包括如由塊 1202、塊 1204 和/或塊 1206 中的一個或更多個所示出的一個或更多個操作、動作或功能。儘管被示出為離散的塊，但是各種塊可以被劃分成另外的塊、被組合成較少的塊、被取消、或並存執行以及/或者以不同的

順序執行，這取決於所需的實現方式。

【0057】可以執行過程 1200 以製造諸如圖 5B 中的結構 510 的光導光學元件。過程 1200 可以開始於塊 1202。在塊 1202 處，可以提供光導，其中，光導可以包括兩個主表面。光導可以被配置成允許由投影光學器件生成並耦入到光導中的光束通過反射離開兩個主表面而行進通過光導。在一個實施方式中，可以在光導中提供耦出裝置，其中，耦出裝置可以被配置成將被光導引導的光引導出光導。在一個實施方式中，耦出裝置可以包括以相對於主光導表面的一個或更多個斜角佈置在光導內的多個表面。

【0058】過程 1200 可以從塊 1202 進行至塊 1204。在塊 1204 處，可以將第一聚合物層佈置在光導的兩個主表面之一上。第一聚合物層的材料可以被選擇成保持光導處的全內反射，並且第一聚合物層的折射率可以小於光導的折射率。在一個實施方式中，可以通過將第一聚合物層黏附在光導的兩個主表面中的一個主表面上而將第一聚合物層佈置在兩個主表面中的該一個主表面上。在一個實施方式中，第一聚合物層的材料可以被選擇成允許在第一聚合物層的不與光導的兩個主表面中的該一個主表面接觸的表面層上發生氧抑制。

【0059】過程 1200 可以從塊 1204 進行至塊 1206。在塊 1206 處，可以將第二聚合物層佈置在第一聚合物層上。第二層的材料可以被選擇成具有比第一聚合物層的楊氏模量低的楊氏模量，並且第二聚合物層的折射率可以大於第一聚合物層的折射率。在一個實施方式中，第二聚合物層的肖氏硬度可以被選擇成低於第一聚合物層的肖氏硬度。在一個實施方式中，第一聚合物層的一部分可以經歷固化同時第一聚合物層的表面層保持未固化，並且可以將第二聚合物層施加至第一聚合物層的未固化的表面層。

【0060】圖式中的流程圖和框圖示出了根據本發明的各種實施方式的系統、方法以及電腦程式產品的可能實現方式的操作、功能和架構。在這方面，流程圖或框圖中的每個塊可以表示模組、段或部分指令，該模組、段或部分指令包括用於實現特定邏輯功能的一個或更多個可執行指令。在一些替選實現方式中，塊中說明的功能可以不按照圖中說明的順序出現。例如，事實上，連續示出的兩個塊可以基本上同時執行，或者有時塊可以按照相反的順序執行，這取決於所涉及的功能。還應當注意，框圖和/或流程圖圖式中的每個塊以及框圖和/或流程圖圖式

中的塊的組合可以通過基於硬體的專用系統來實現，該專用系統執行特定功能或動作或實現專用硬體和電腦指令的組合。

**【0061】** 本文中使用的術語僅用於描述特定實施方式的目的，並且不旨在限制本發明。如本文中所使用的，除非上下文另有明確指示，否則單數形式和“該”也旨在包括複數形式。還將理解的是，當在本說明書中使用術語“包括”和/或“包含”時，其指定了所述特徵、整體、步驟、操作、元件和/或部件的存在，但是並不排除存在或添加一個或更多個其他特徵、整體、步驟、操作、元件、部件和/或他們的組。

**【0062】** 所附請求項中的所有裝置或步驟加功能元件（如果有的話）的相應結構、材料、動作和等同物旨在包括用於與具體要求保護的其他要求保護的元件結合執行功能的任何結構、材料或動作。已經出於圖示和說明的目的給出了對本發明的說明，但是並非旨在窮盡或者以所公開的形式限制本發明。在不脫離本發明的範圍和主旨的情況下，許多修改和變型對於本領域的普通技術人員將是明顯的。選擇和描述這些實施方式是為了最好地說明本發明的原理和實際應用，並且使得本領域的其他普通技術人員能夠理解本發明的具有適合於所考慮的特定用途的各種修改的各種實施方式。

### **【符號說明】**

#### **【0063】**

- 100: 光學系統
- 110: 圖像投影組件
- 1100: 非引導光束/過程
- 1102, 1104: 光束/塊
- 1106: 非引導光束/塊
- 1108: 干擾/塊
- 112: 投影光學器件 (POD)
- 114: 光導光學元件 (LOE)
- 116, 118: 主 LOE 表面
- 120: 耦出裝置
- 1200: 過程

1202, 1204, 1206: 塊  
122<sub>1</sub>, 122<sub>2</sub>, 122<sub>3</sub>, 122<sub>4</sub>, 122<sub>5</sub>: 嵌入式部分反射器  
140: 控制器  
150: 圖像生成器  
152: 準直光學器件  
180: 眼睛  
2, 202: 光導  
204, 402, 404: 聚碳酸酯板  
206: 黏合劑  
228, 320: 相對膨脹  
230: 厚度  
232, 324: 延伸部分  
300, 420, 510: 結構  
308, 308L, 308U, 310, 410L, 410U, 412L, 412U, 603, 603A, 603B: 層 (聚合物層)  
401, 403: 聚合物結構  
501: 第一保護結構  
503: 第二保護結構  
620, 622: 表面頂點  
650: 部件  
652, 656: 偏差  
654: 部分反射器  
657A, 657B: 抗反射 (AR) 塗層  
658, 662, 992: 反射  
660: 透射  
664: 傳輸光束  
769: 受限角度範圍  
770, 772, 774: 曲線  
777, 778, 779: 範圍  
879: 頂點偏差

880, 882, 902, 904, 1002, 1004: 情況

910: 介質

984: 最佳 TIR

986: 原始光束角度

988, 989: 角度

990: 受干擾 TIR

993: 點

L: 光束

n1, n2: 折射率

x, y: 軸

+x, -x, xy, -xy: 方向

## 申請專利範圍

**【請求項1】** 一種光學系統，包括：

投影光學器件，所述投影光學器件被配置成生成光束；以及

光導光學元件，包括：

光導，所述光導包括兩個主表面，其中，由所述投影光學器件生成並耦合入到所述光導中的光束通過反射離開所述兩個主表面而行進通過所述光導；

透明板；

第一聚合物層，所述第一聚合物層佈置在所述光導的兩個主表面中的一個主表面上，其中，所述第一聚合物層的材料被選擇成保持所述光導處的全內反射，並且所述第一聚合物層的折射率小於所述光導的折射率；以及

第二聚合物層，所述第二聚合物層佈置在所述第一聚合物層與所述透明板之間，其中，所述第二聚合物層的材料被選擇成具有比所述第一聚合物層的楊氏模量低的楊氏模量，並且所述第二聚合物層的折射率大於所述第一聚合物層的折射率。

**【請求項2】** 如請求項1所述的光學系統，

其中，所述第二聚合物層的肖氏硬度低於所述第一聚合物層的肖氏硬度。

**【請求項3】** 如請求項1所述的光學系統，

其中，所述透明板相對於所述光導具有更大的熱膨脹常數。

**【請求項4】** 如請求項1所述的光學系統，

其中，所述光導光學元件還包括佈置在所述第二聚合物層與所述透明板之間的第三層。

**【請求項5】** 如請求項1所述的光學系統，

其中，所述光導包括耦出裝置，所述耦出裝置被配置成將由所述光導引導的光引出所述光導。

**【請求項6】** 如請求項5所述的光學系統，

其中，所述耦出裝置包括與所述光導的兩個主表面成一個或更多個斜角佈置在所述光導內的多個表面。

**【請求項7】** 一種光導光學元件，包括：

光導，所述光導包括兩個主表面，其中，由投影光學器件生成並耦入到所述光導中的光束通過反射離開所述兩個主表面而行進通過所述光導；

透明板；

第一聚合物層，所述第一聚合物層佈置在所述光導的兩個主表面中的一個主表面上，其中，所述第一聚合物層的材料被選擇成保持所述光導處的全內反射，並且所述第一聚合物層的折射率小於所述光導的折射率；以及

第二聚合物層，所述第二聚合物層佈置在所述第一聚合物層與所述透明板之間，其中，所述第二聚合物層的材料被選擇成具有比所述第一聚合物層的楊氏模量低的楊氏模量，並且所述第二聚合物層的折射率大於所述第一聚合物層的折射率。

**【請求項8】** 如請求項 7 所述的光導光學元件，

其中，所述第二聚合物層的肖氏硬度低於所述第一聚合物層的肖氏硬度。

**【請求項9】** 如請求項 7 所述的光導光學元件，

其中，所述透明板相對於所述光導具有更大的熱膨脹常數。

**【請求項10】** 如請求項 7 所述的光導光學元件，

其中，所述光導光學元件還包括佈置在所述第二聚合物層與所述透明板之間的第三層。

**【請求項11】** 如請求項 7 所述的光導光學元件，

其中，所述光導包括耦出裝置，所述耦出裝置被配置成將由所述光導引導的光引出所述光導。

**【請求項12】** 如請求項 11 所述的光導光學元件，

其中，所述耦出裝置包括與所述光導的兩個主表面成一個或更多個斜角佈置在所述光導內的多個表面。

**【請求項13】** 一種製造光導光學元件的方法，所述方法包括：

提供包括兩個主表面的光導，其中，所述光導被配置成允許由投影光學器件生成並耦入到所述光導中的光束通過反射離開所述兩個主表面而行進通過所述光導；

提供透明板；

將第一聚合物層佈置在所述光導的兩個主表面中的一個主表面上，其中，

所述第一聚合物層的材料被選擇成保持所述光導處的全內反射，並且所述第一聚合物層的折射率小於所述光導的折射率；以及

將第二聚合物層佈置在所述第一聚合物層與所述透明板之間，其中，所述第二聚合物層的材料被選成具有比所述第一聚合物層的楊氏模量低的楊氏模量，並且所述第二聚合物層的折射率大於所述第一聚合物層的折射率。

**【請求項14】** 如請求項 13 所述的方法，

其中，所述第二聚合物層的肖氏硬度被選擇成低於所述第一聚合物層的肖氏硬度。

**【請求項15】** 如請求項 13 所述的方法，

其中，所述透明板相對於所述光導具有更大的熱膨脹常數。

**【請求項16】** 如請求項 13 所述的方法，還包括：

提供佈置在所述第二聚合物層與所述透明板之間的第三層。

**【請求項17】** 如請求項 16 所述的方法，

其中，在將所述第一聚合物層佈置在所述光導的兩個主表面中的所述一個主表面上並將所述透明板佈置在所述第三層上之前，所述第一聚合物層、所述第二聚合物層和所述第三層形成為層壓結構。

**【請求項18】** 如請求項 13 所述的方法，還包括：

在所述光導中提供耦出裝置，所述耦出裝置被配置成將由所述光導引導的光引出所述光導。

**【請求項19】** 如請求項 18 所述的方法，

其中，所述耦出裝置包括與所述光導的兩個主表面成一個或更多個斜角佈置在所述光導內的多個表面。

**【請求項20】** 如請求項 13 所述的方法，

其中，將所述第一聚合物層佈置在所述兩個主表面中的所述一個主表面上包括：將所述第一聚合物層黏附在所述光導的兩個主表面中的所述一個主表面上。

**【請求項21】** 如請求項 20 所述的方法，

其中，所述第一聚合物層的材料被選擇成允許在所述第一聚合物層的不與所述光導的兩個主表面中的所述一個主表面接觸的表面層上發生氧抑制，

其中，所述方法還包括：

對所述第一聚合物層的一部分進行固化以使該部分經歷固化，同時使所述第一聚合物層的表面層保持未固化；以及將所述第二聚合物層施加至所述第一聚合物層的未固化的表面層。

**【請求項22】** 一種光學結構，包括：

包括兩個主表面的光導，其中，由投影光學器件生成並耦入到所述光導中的光束通過反射離開所述兩個主表面而行進通過所述光導；

佈置在所述光導的兩個主表面中的一個主表面上的第一聚合物層，其中，所述第一聚合物層的材料被選擇成保持所述光導處的全內反射，並且所述第一聚合物層的折射率小於所述光導的折射率；以及

佈置在所述第一聚合物層上的第二聚合物層，其中，所述第二聚合物層的材料被選擇成具有比所述第一聚合物層的楊氏模量低的楊氏模量，並且所述第二聚合物層的折射率大於所述第一聚合物層的折射率。

**【請求項23】** 如請求項 22 所述的光學結構，

其中，所述第二聚合物層的肖氏硬度低於所述第一聚合物層的肖氏硬度。

**【請求項24】** 如請求項 22 所述的光學結構，

其中，所述光導包括耦出裝置，所述耦出裝置被配置成將由所述光導引導的光引出所述光導。

**【請求項25】** 如請求項 24 所述的光學結構，

其中，所述耦出裝置包括與所述光導的兩個主表面成一個或更多個斜角佈置在所述光導內的多個表面。

**【請求項26】** 一種製造光學結構的方法，所述方法包括：

提供包括兩個主表面的光導，其中，所述光導被配置成允許由投影光學器件生成並耦入到所述光導中的光束通過反射離開所述兩個主表面而行進通過所述光導；

將第一聚合物層佈置在所述光導的兩個主表面中的一個主表面上，其中，所述第一聚合物層的材料被選擇成保持所述光導處的全內反射，並且所述第一聚合物層的折射率小於所述光導的折射率；以及

將第二聚合物層佈置在所述第一聚合物層上，其中，所述第二聚合物層的材料

料被選成具有比所述第一聚合物層的楊氏模量低的楊氏模量，並且所述第二聚合物層的折射率大於所述第一聚合物層的折射率。

**【請求項27】** 如請求項 26 所述的方法，

其中，所述第二聚合物層的肖氏硬度被選擇成低於所述第一聚合物層的肖氏硬度。

**【請求項28】** 如請求項 26 所述的方法，還包括：

其中，在將所述第一聚合物層佈置在所述光導的兩個主表面中的所述一個主表面上之前，所述第一聚合物層和所述第二聚合物層形成為層壓結構。

**【請求項29】** 如請求項 26 所述的方法，還包括：

在所述光導中提供耦出裝置，所述耦出裝置被配置成將由所述光導引導的光引出所述光導。

**【請求項30】** 如請求項 29 所述的方法，

其中，所述耦出裝置包括與所述光導的兩個主表面成一個或更多個斜角佈置在所述光導內的多個表面。

**【請求項31】** 如請求項 26 所述的方法，

其中，將所述第一聚合物層佈置在所述兩個主表面中的所述一個主表面上包括：將所述第一聚合物層黏附在所述光導的兩個主表面中的所述一個主表面上。

**【請求項32】** 如請求項 26 所述的方法，

其中，所述第一聚合物層的材料被選擇成允許在所述第一聚合物層的不與所述光導的兩個主表面中的所述一個主表面接觸的表面層上發生氧抑制，

其中，所述方法還包括：

對所述第一聚合物層的一部分進行固化以使該部分經歷固化，同時使所述第一聚合物層的表面層保持未固化；以及

將所述第二聚合物層施加至所述第一聚合物層的未固化表面層。

圖式

100

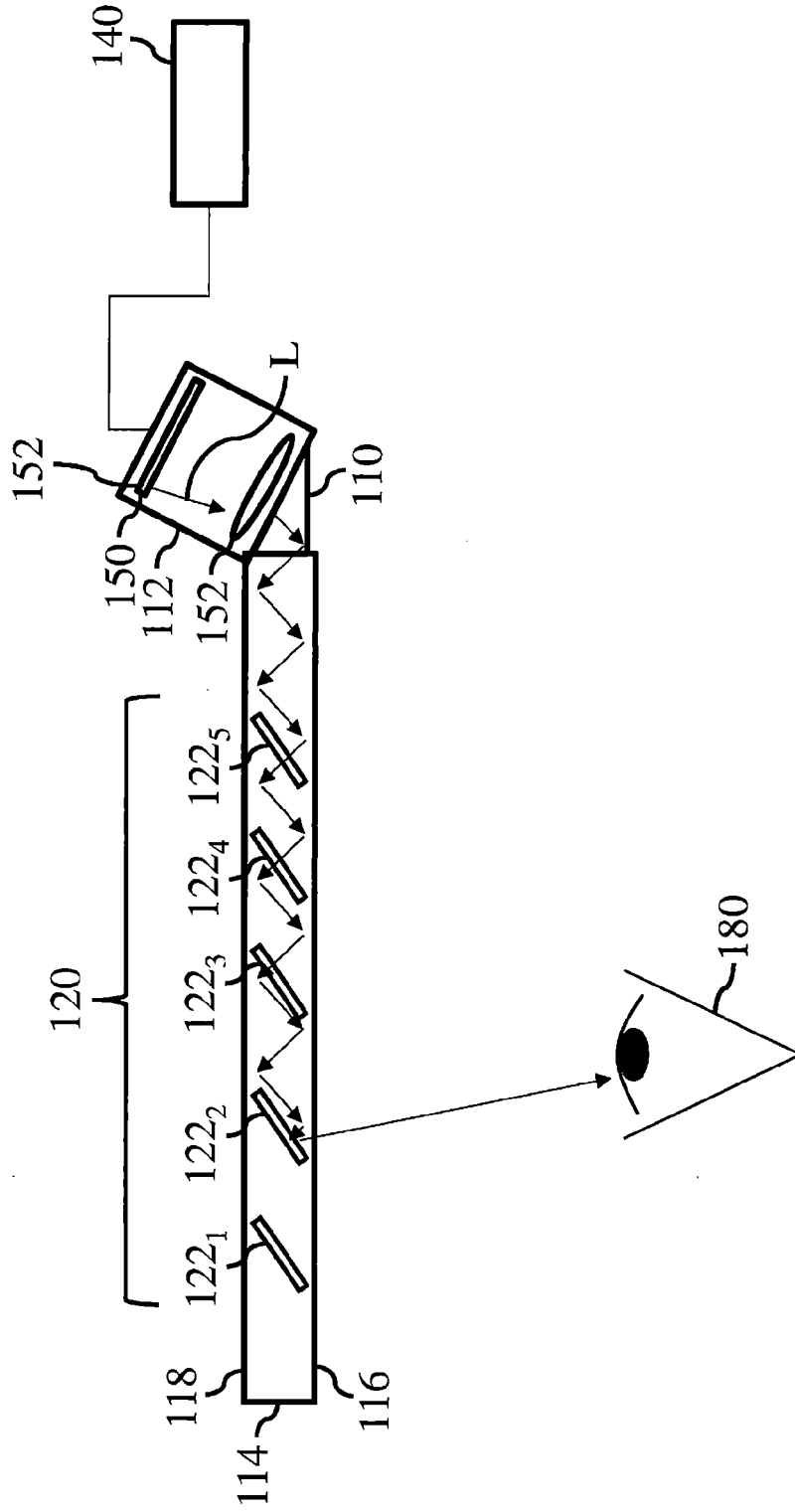


圖1

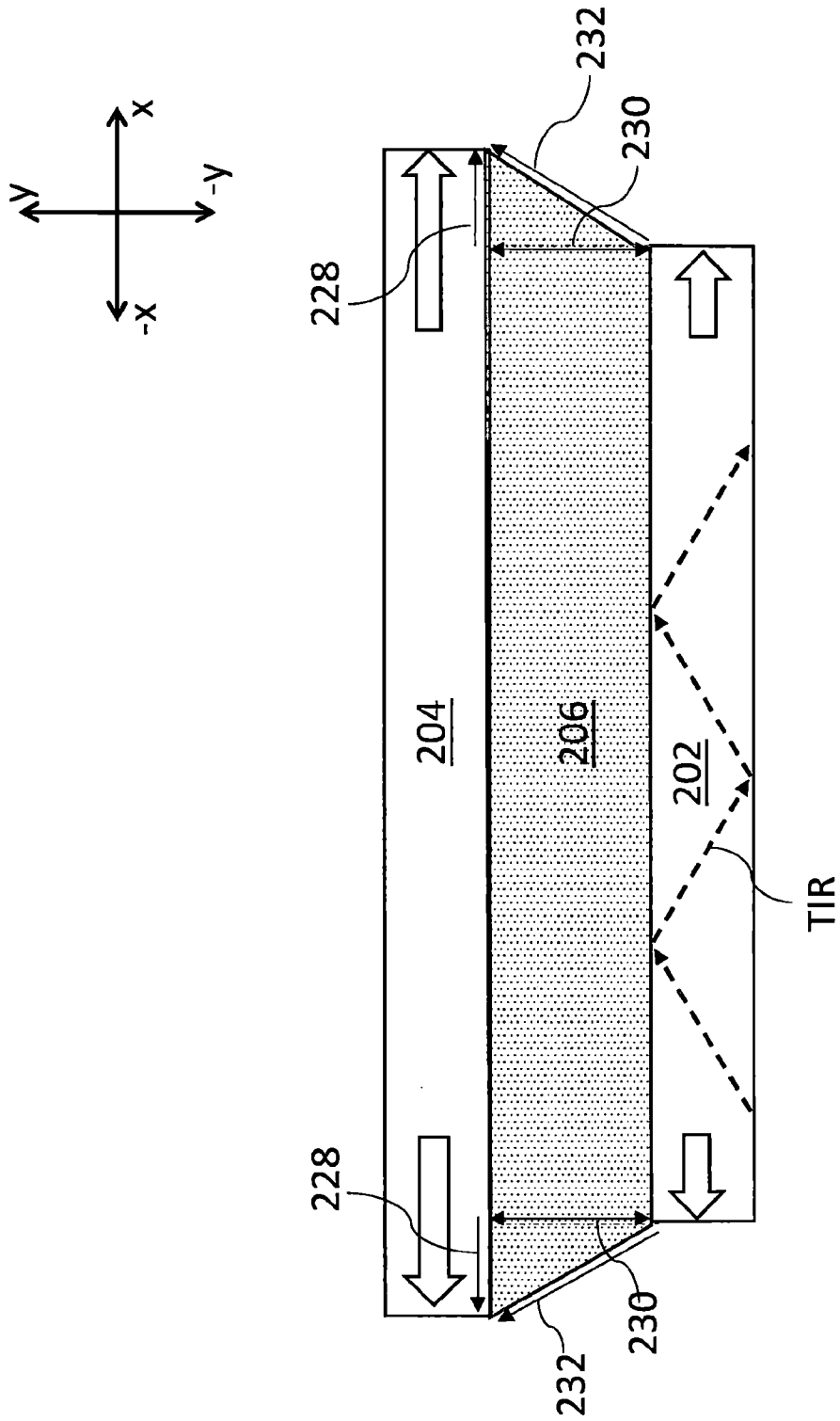


圖 2

300

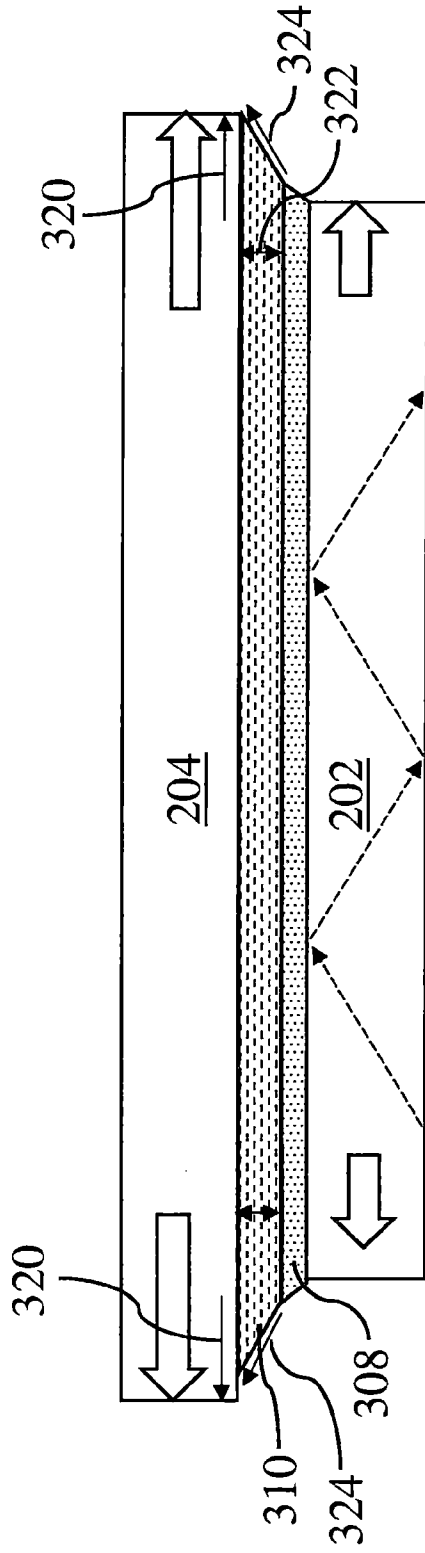


圖3

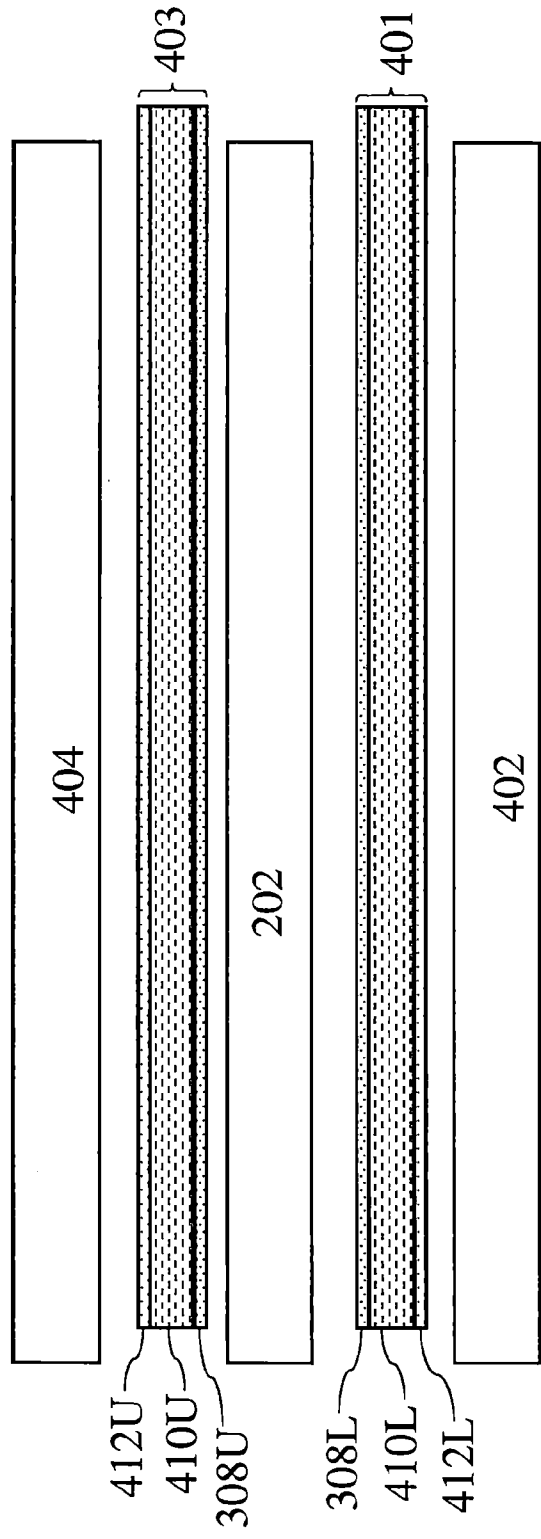


圖 4A

420

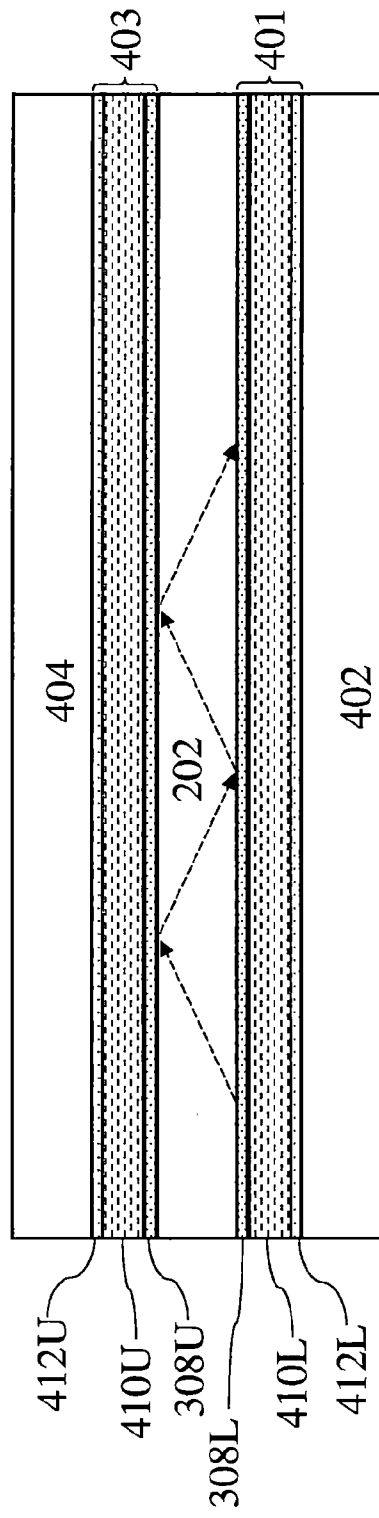


圖 4B

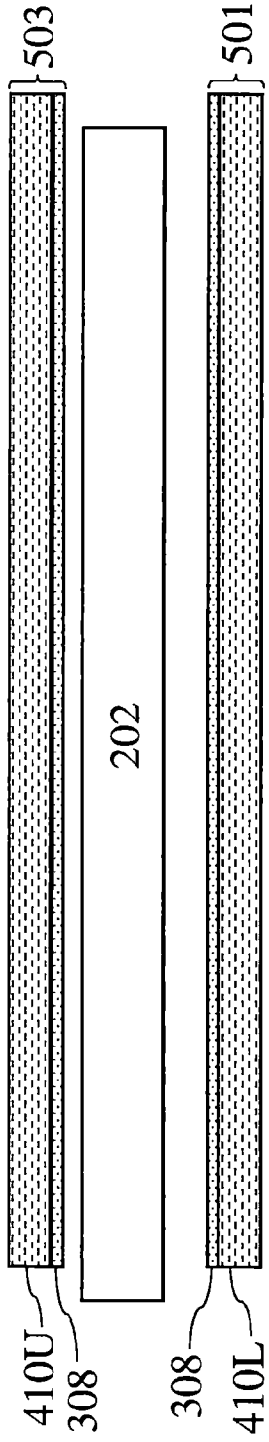


圖 5A

510

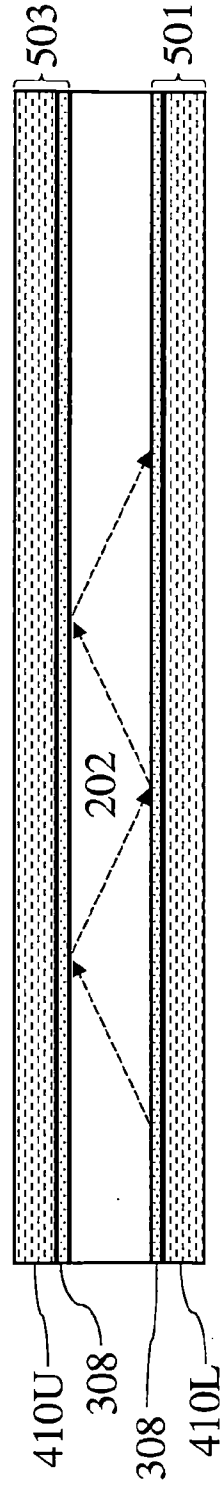


圖 5B

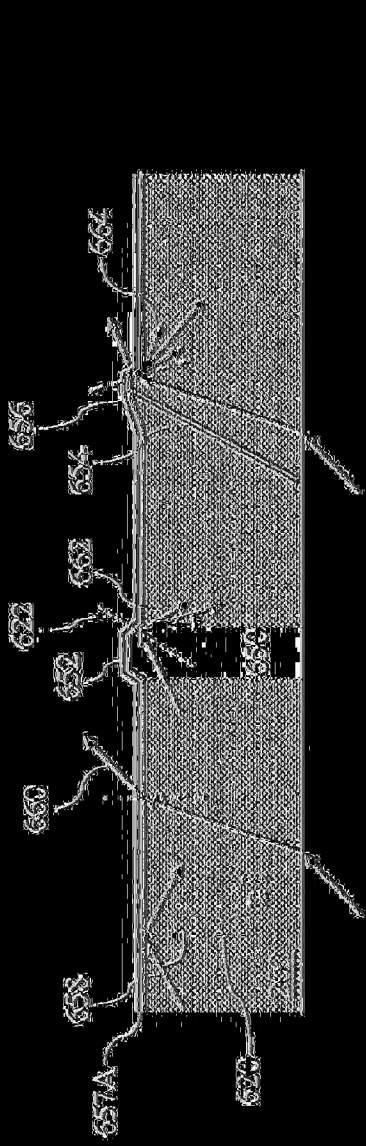


FIG. 6A

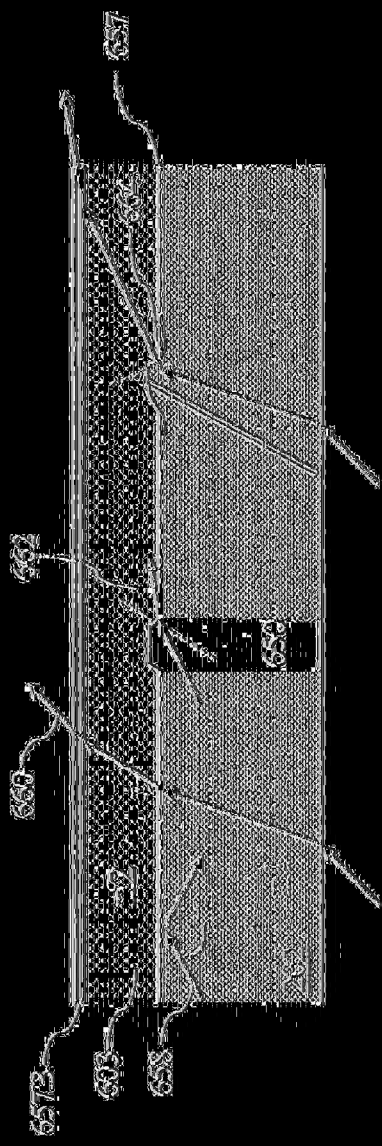


FIG. 6B

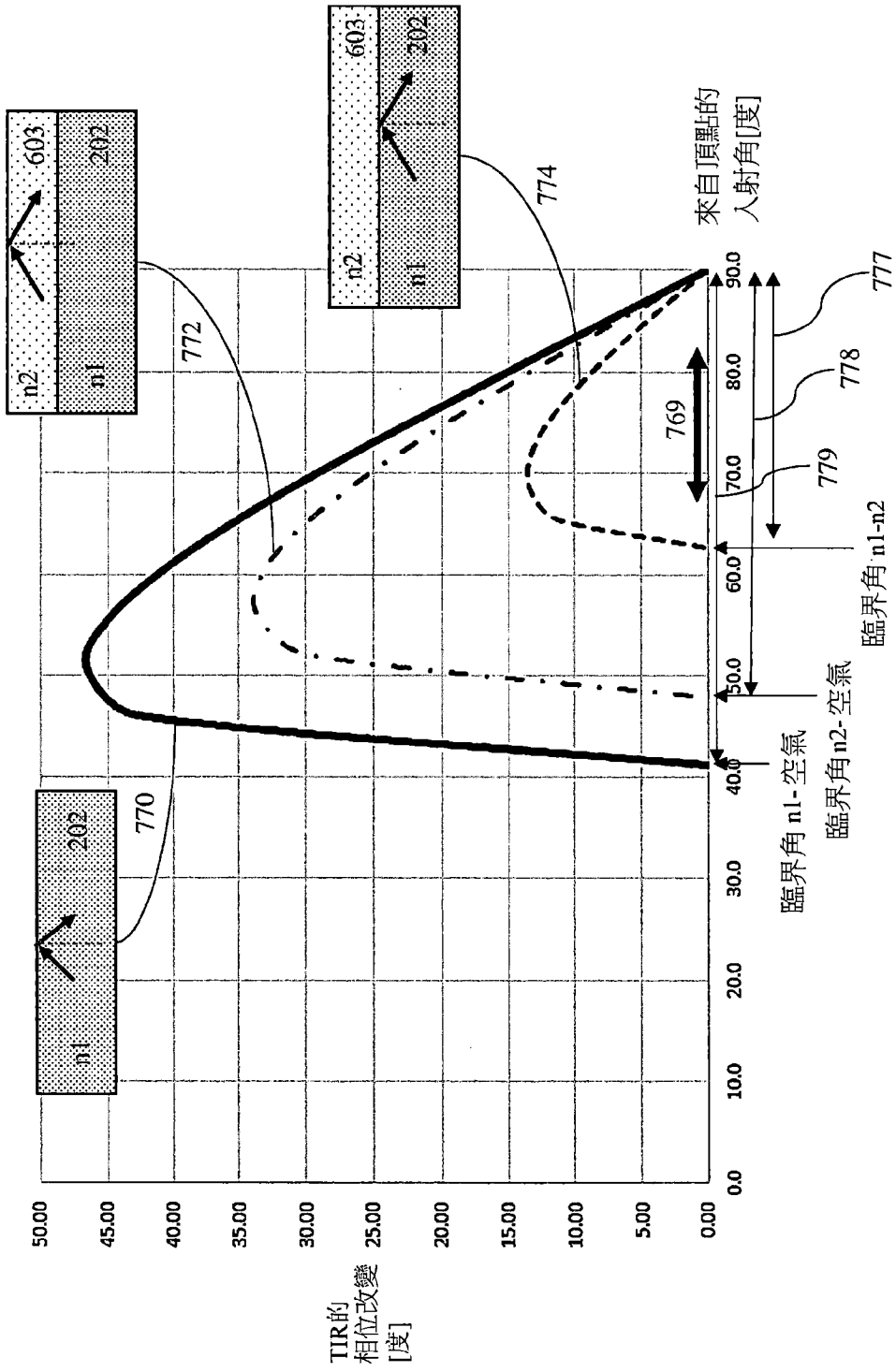


圖7

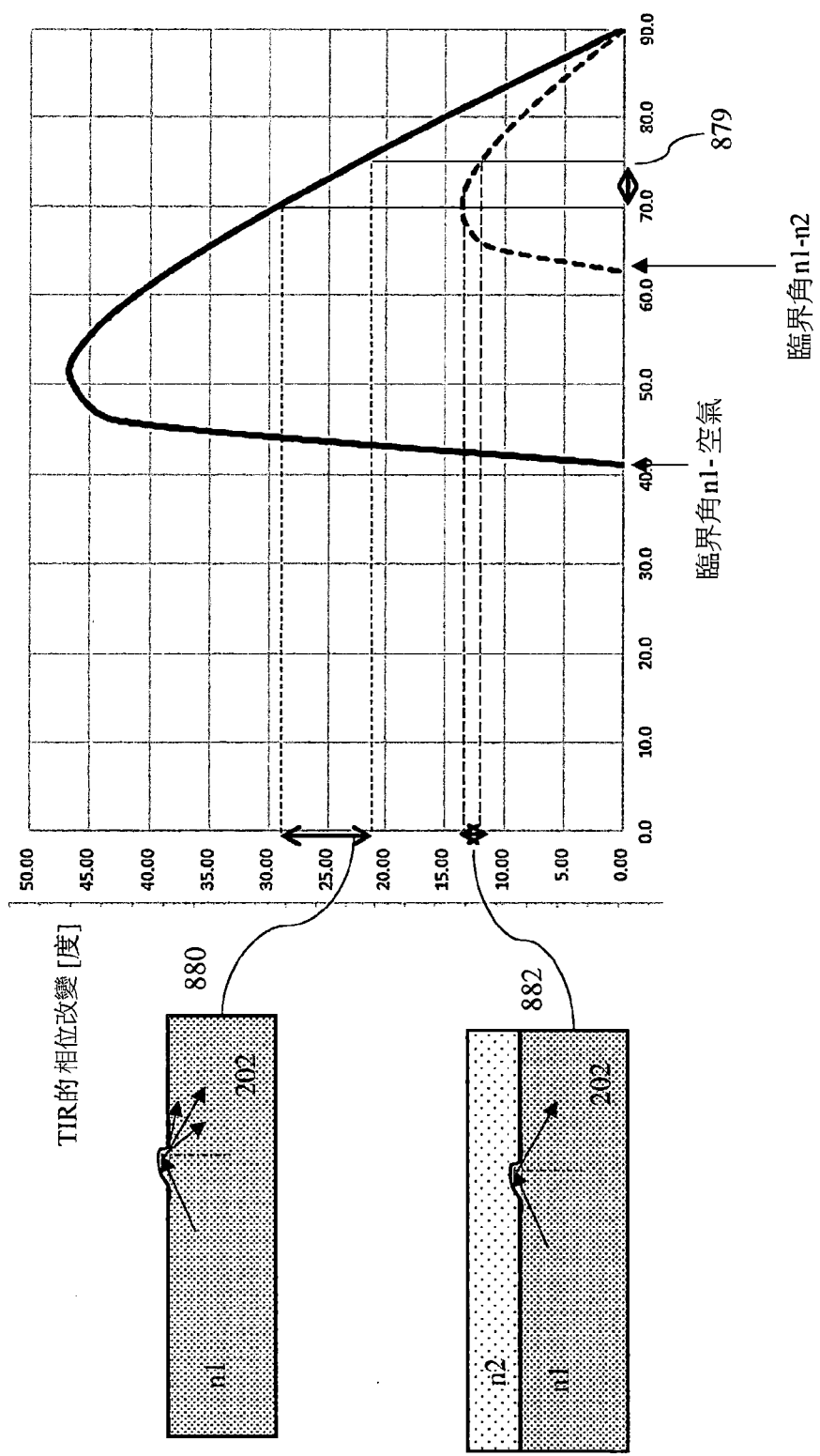


圖 8

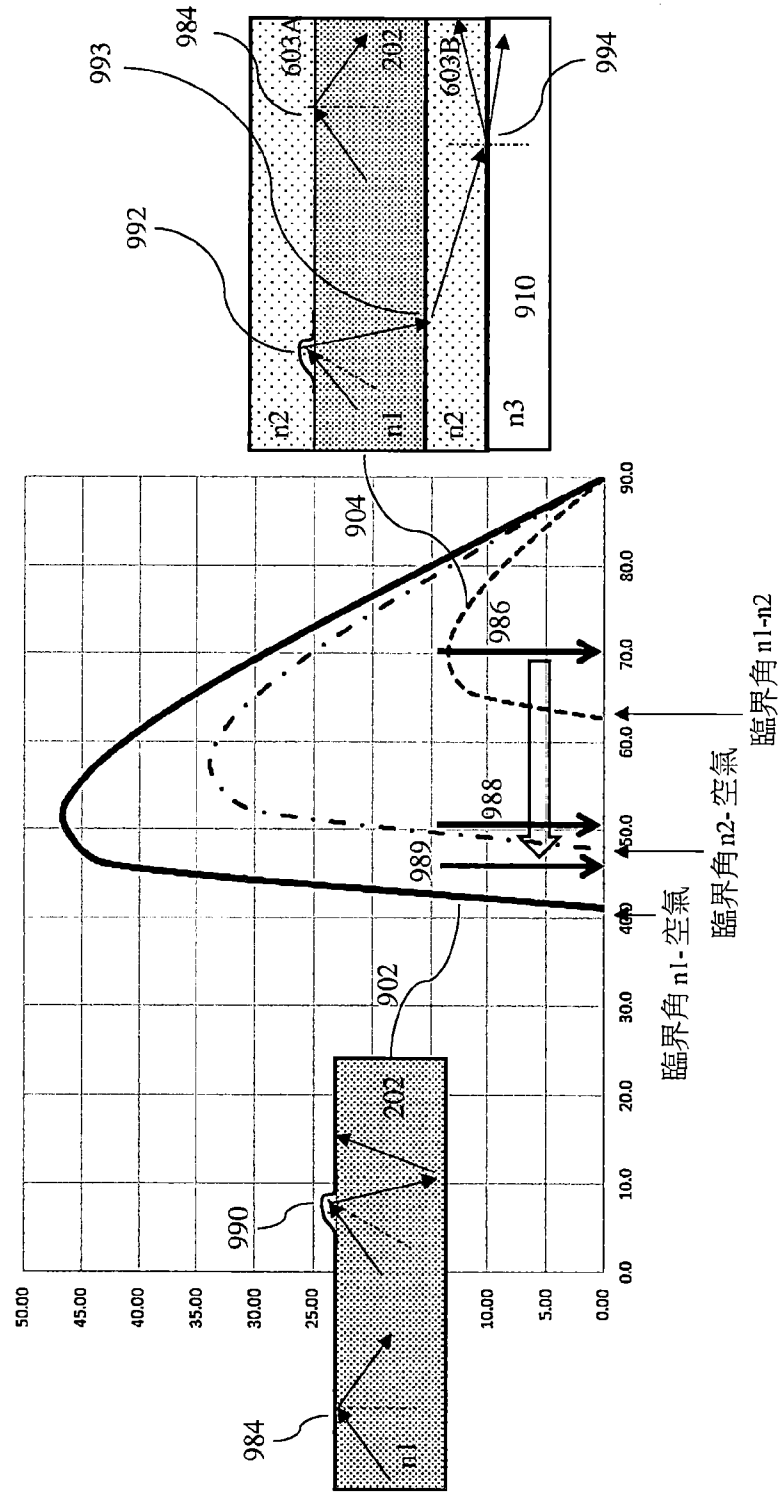


圖 9

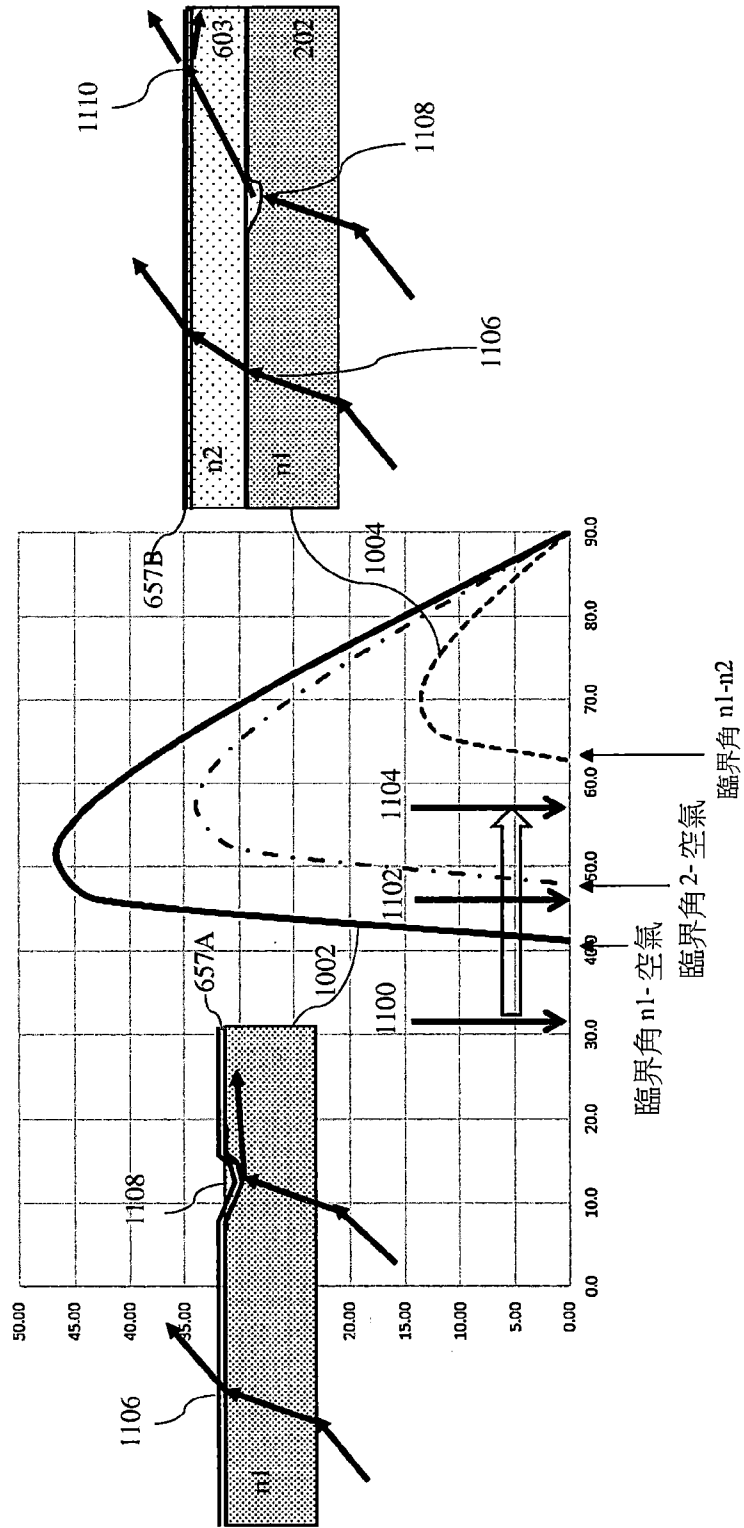


圖 10

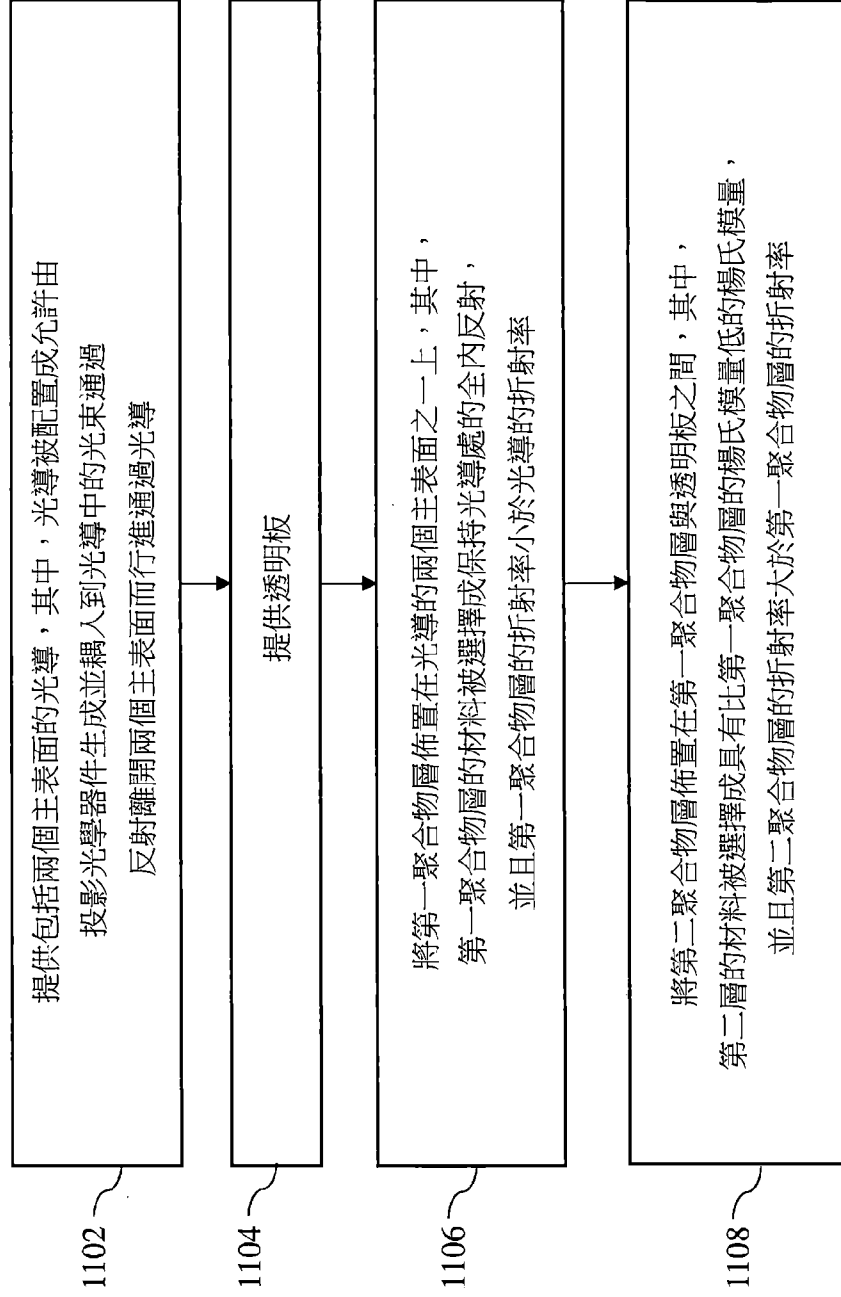
1100

圖 11

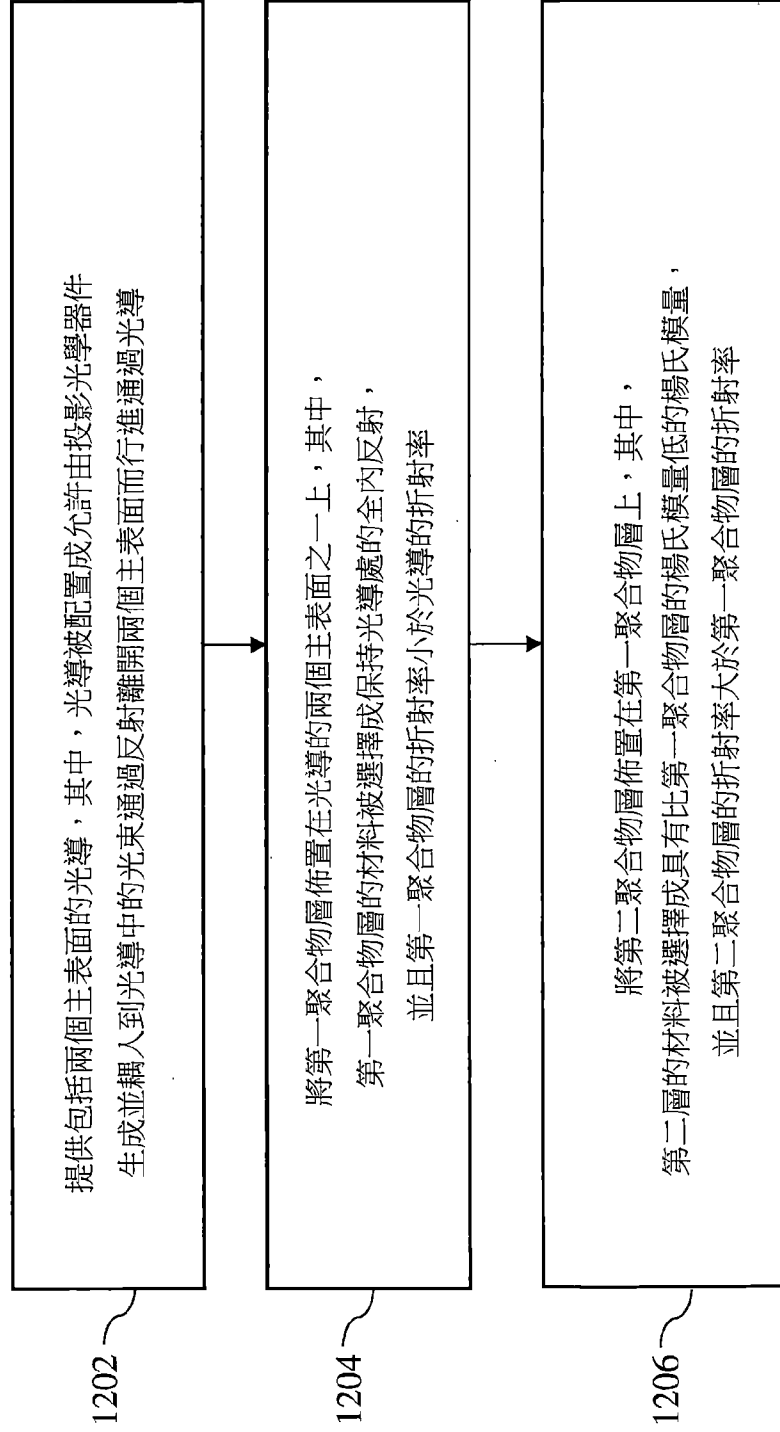
1200

圖12