



(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 I769191 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：106139880

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 11 月 17 日

(51)Int. Cl. : **G02F1/1347 (2006.01)**

(30)優先權：2016/11/18 美國 62/424,341

2017/10/26 美國 15/795,067

(71)申請人：美商麥吉克利普公司 (美國) MAGIC LEAP, INC. (US)

美國

(72)發明人：後補後補 OH, CHULWOO (KR)；梅里 毛羅 MELLI, MAURO (IT)；辛 維克洛姆吉特 SINGH, VIKRAMJIT (IN)；卑路斯 克里斯托弗 PEROZ, CHRISTOPHE (FR)；後補 後補 XU, FRANK (US)；克盧格 麥克 安東尼 KLUG, MICHAEL ANTHONY (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW	200834190A	CN	1690783A
JP	2014-528597A	US	6040885A
US	2013/321747A1	US	2005/0270461A1
US	2015/0301249A1		

審查人員：林君濤

申請專利範圍項數：25 項 圖式數：18 共 100 頁

(54)名稱

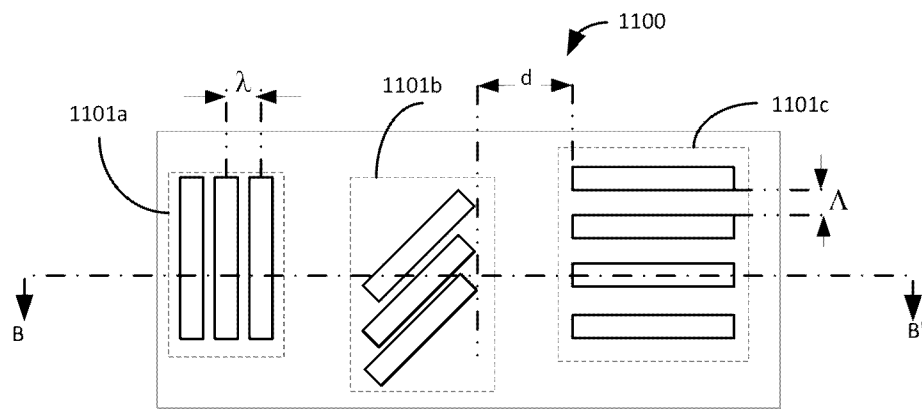
具有奈米尺度圖案之液晶繞射裝置及其製造方法

(57)摘要

本發明揭示一種光學裝置，其包含一液晶層，該液晶層具有依一第一圖案配置之第一複數個液晶分子及依一第二圖案配置之第二複數個液晶分子。該第一圖案及該第二圖案沿該液晶層之一縱軸或一橫軸間隔達約 20 nm 至約 100 nm 之一距離。該第一複數個液晶分子及該第二複數個液晶分子經組態為可使可見或紅外波長光重定向之第一光柵結構及第二光柵結構。

An optical device includes a liquid crystal layer having a first plurality of liquid crystal molecules arranged in a first pattern and a second plurality of liquid crystal molecules arranged in a second pattern. The first and the second pattern are separated from each other by a distance of about 20 nm and about 100 nm along a longitudinal or a transverse axis of the liquid crystal layer. The first and the second plurality of liquid crystal molecules are configured as first and second grating structures that can redirect light of visible or infrared wavelengths.

指定代表圖：



【圖11A】

- 符號簡單說明：
- 1100 . . . 壓印模板
 - 1101a . . . 域
 - 1101b . . . 域
 - 1101c . . . 域
 - d . . . 域間隙
 - λ . . . 寬度
 - Λ . . . 間隙



I769191

【發明摘要】

【中文發明名稱】

具有奈米尺度圖案之液晶繞射裝置及其製造方法

【英文發明名稱】

LIQUID CRYSTAL DIFFRACTIVE DEVICES WITH NANO-SCALE
PATTERN AND METHODS OF MANUFACTURING THE SAME

【中文】

本發明揭示一種光學裝置，其包含一液晶層，該液晶層具有依一第一圖案配置之第一複數個液晶分子及依一第二圖案配置之第二複數個液晶分子。該第一圖案及該第二圖案沿該液晶層之一縱軸或一橫軸間隔達約20 nm至約100 nm之一距離。該第一複數個液晶分子及該第二複數個液晶分子經組態為可使可見或紅外波長光重定向之第一光柵結構及第二光柵結構。

【英文】

An optical device includes a liquid crystal layer having a first plurality of liquid crystal molecules arranged in a first pattern and a second plurality of liquid crystal molecules arranged in a second pattern. The first and the second pattern are separated from each other by a distance of about 20 nm and about 100 nm along a longitudinal or a transverse axis of the liquid crystal layer. The first and the second plurality of liquid crystal molecules are configured as first and second grating structures that can redirect light of visible or infrared wavelengths.

【指定代表圖】

圖11A

【代表圖之符號簡單說明】

1100	壓印模板
1101a	域
1101b	域
1101c	域
d	域間隙
λ	寬度
Λ	間隙

【發明說明書】

【中文發明名稱】

具有奈米尺度圖案之液晶繞射裝置及其製造方法

【英文發明名稱】

LIQUID CRYSTAL DIFFRACTIVE DEVICES WITH NANO-SCALE PATTERN AND METHODS OF MANUFACTURING THE SAME

【技術領域】

本發明係關於包含虛擬實境及擴增實境成像及視覺化系統之光學裝置。

【先前技術】

現代計算及顯示技術已促進系統發展所謂之「虛擬實境」或「擴增實境」體驗，其中數位再現影像或其部分依其似乎為或可被感知為真實存在之一方式呈現給一使用者。一虛擬實境或「VR」情境通常涉及呈現對其他現實真實世界視覺輸入不透明之數位或虛擬影像資訊；一擴增實境或「AR」情境通常涉及將數位或虛擬影像資訊呈現為擴增至使用者周圍之現實世界之視覺化。一混合實境或「MR」情境係一類型之AR情境且通常涉及整合至自然世界中且對自然世界作出回應之虛擬物件。例如，在一MR情境中，AR影像內容會被真實世界中之物件阻擋或否則被感知為與真實世界中之物件相互作用。

參考圖1，其描繪一擴增實境場景10，其中一AR技術之使用者看見以人、樹、背景建築及混凝土平台30為特徵之一似真實世界公園背景20。除此等項目之外，AR技術之使用者亦感知到其「看見」「虛擬內容」(諸如，一機器人塑像40站立於真實世界平台30上且看似為一擬人化

大黃蜂之一卡通類化身角色50飛過)，即使真實世界中不存在此等元素40、50。由於人類視覺感知系統較複雜，所以產生促進在其他虛擬或真實世界成像元素中舒適、自然、豐富地呈現虛擬影像元素之一AR技術存在挑戰。

本文中所揭示之系統及方法解決與AR及VR技術相關之各種挑戰。

【發明內容】

本發明之系統、方法及裝置各具有若干創新態樣，其等之單一者不單獨負責本文中所揭示之所要屬性。

本申請案之標的之一創新態樣體現為一種光學裝置，其包括具有一第一主表面、一第二主表面及一厚度之一液晶層，該第一主表面及該第二主表面跨一橫向方向延伸且該厚度沿平行於該第一主表面或該第二主表面之一表面法線的一方向延伸，該液晶層包括跨該液晶層之該厚度分佈之複數個子層，該複數個子層之各者包括液晶分子之一單層，該等液晶分子之各者具有一縱軸。各子層包括：一第一域，其中該等液晶分子之複數者之縱軸經配置以形成一第一圖案；及一第二域，其中該等液晶分子之複數者之縱軸經配置以形成一第二圖案。藉由具有約10 nm至約50 nm之間的一距離D之一域間隙使該第一域沿該橫向方向而與該第二域側向間隔開。該域間隙中之該等液晶分子之縱軸自該第一圖案逐漸轉變至該第二圖案。

在該裝置之各種實施例中，一子層之該第一域之分子之縱軸可相對於一相鄰子層之該第一域之分子之縱軸扭轉。該裝置之各種實施例可進一步包括一第二液晶層，其中該第二液晶層之液晶分子經組態以分別自對準於該第一域及該第二域中之第一方向及第二方向。該液晶層或該第二液晶層可包括一可聚合液晶材料。該裝置之各種實施例可進一步包括該第二液

晶層上方之一第三液晶層，其中該第三液晶之複數個液晶分子可沿一第三方向配置。該裝置之各種實施例可進一步包括該第三液晶層上方之一第四液晶層，其中該第四液晶層之複數個液晶可經組態以自對準於該第三方向。在各種實施例中，該第二液晶層及/或該第四液晶層可安置於一波導上方。該第二液晶層及/或該第四液晶層可包括入光耦合(in-coupling)光學元件，其等經組態以將一入射光束入光耦合至該波導中，使得該入射光束藉由全內反射傳播穿過該波導。該裝置之各種實施例可包括一光調變裝置，其經組態以經由該等入光耦合光學元件將光導引至該波導中。該第二液晶層及/或該第四液晶層可包括出光耦合(out-coupling)光學元件，其等經組態以出光耦合藉由全內反射傳播穿過該波導之一入射光束。

在各種實施例中，該第二液晶層及/或該第四液晶層可包括正交光瞳擴張器，其等經組態以使藉由全內反射傳播穿過該波導之光重定向，其中該經重定向之光繼續藉由全內反射傳播穿過該波導。在該裝置之各種實施例中，該液晶層可包括入光耦合光學元件，其等經組態以將一入射光束入光耦合至一波導中，使得一入射光束藉由全內反射傳播穿過該波導。在該裝置之各種實施例中，該液晶層可包括出光耦合光學元件，其等經組態以出光耦合藉由全內反射傳播穿過一波導之光束。該第一域中之該複數個液晶分子之縱軸可沿一第一方向對準且該第二域中之該複數個液晶分子之縱軸可沿一第二方向對準。該域間隙中之該等液晶分子之縱軸可自該第一方向逐漸轉變至該第二方向。

本申請案之標的之另一創新態樣包含一種用於製造一光學裝置之方法，該方法包括：將一可聚合液晶層設置於一基板上方；圖案化該可聚合液晶層；及將一液晶層沈積於該經圖案化之可聚合液晶層上。使該經沈積

液晶層之分子自對準於該經圖案化可聚合液晶層。圖案化該可聚合液晶層包括：藉由一壓印模板來壓印該可聚合液晶層，該壓印模板具有包括第一複數個特徵之一第一域及包括第二複數個特徵之一第二域，藉由一無特徵區域使該第一域與該第二域間隔開，該無特徵區域之一尺寸具有約20 nm至約100 nm之間的一值。該尺寸可包括一長度或一寬度之至少一者。該第一複數個特徵之一寬度可大於或等於約20 nm且小於或等於約100 nm。該第二複數個特徵之一寬度可大於或等於約20 nm且小於或等於約100 nm。該第一複數個特徵之兩個連續特徵之中心之間的一距離可大於或等於約20 nm且小於或等於約100 nm。該第一複數個特徵之一高度可大於或等於約10 nm且小於或等於約100 nm。該第二複數個特徵之兩個連續特徵之中心之間的一距離可大於或等於約20 nm且小於或等於約100 nm。該第二複數個特徵之一高度可大於或等於約10 nm且小於或等於約100 nm。

該第一域之該第一複數個特徵可經配置以形成一第一圖案，且該第二域之該第二複數個特徵可經配置以形成一第二圖案。該第一圖案可不同於該第二圖案。該第一複數個特徵可沿一第一方向定向且該第二域之該第二複數個特徵可沿一第二方向定向。該第一方向可不同於該第二方向。該第一複數個特徵可包括線性凹槽、曲線凹槽、線性面或曲線面之至少一者。該第二複數個特徵可包括線性凹槽、曲線凹槽、線性面或曲線面之至少一者。該壓印模板可包括一半導體材料。在各種實施例中，可使用光學微影、奈米壓印或離子束及電子束微影來製造該壓印模板。

本申請案之標的之另一創新態樣包含一種製造一液晶裝置之方法。該方法包括：將一液晶材料層沈積於一基板上；及使用包括一圖案之一壓印模板來將一圖案壓印於該液晶材料層上，使得該液晶材料之分子自對準

於該圖案。該圖案包括：一第一域，其具有經配置以形成一第一圖案之第一複數個特徵；及一第二域，其具有經配置以形成一第二圖案之第二複數個特徵。藉由一無特徵區域使該第一域與該第二域間隔開。該無特徵區域之一寬度或一長度之至少一者介於約20 nm至約100 nm之間。

在各種實施例中，該方法進一步包括：沈積具有低於該液晶材料之折射率之一材料層。可使用一平坦化模板來將該低折射率材料層組態為一平坦化層。該第一複數個特徵或該第二複數個特徵可包含表面壓紋特徵。該第一複數個特徵或該第二複數個特徵之長度、寬度或高度之至少一者可介於約10 nm至約100 nm之間。該第一域或該第二域可包含PBPE結構。該液晶裝置可包括一超穎表面(metasurface)及/或一超穎材料(metamaterial)。該第一域或該第二域包含一光柵陣列。在各種實施例中，該第一域或該第二域可包括曲線凹槽或弧。

在該方法之各種實施例中，沈積一液晶材料層可包含：噴射沈積該液晶材料層。該方法進一步包括：將一額外液晶材料層沈積於該液晶材料層上方。可使該額外液晶材料層自對準於該液晶材料層之圖案。可將一圖案壓印於該額外液晶材料層上。壓印於該額外液晶材料層上之圖案可不同於壓印於該液晶材料層上之圖案。在各種實施例中，壓印於該液晶材料層上之圖案可經組態以對一第一波長起作用，且壓印於該額外液晶材料層上之圖案可經組態以對一第二波長起作用。

本申請案之標的之又一創新態樣包含一種製造一液晶裝置之方法。該方法包括：將一可聚合液晶材料層沈積於一基板上；使用一壓印模板來將一圖案壓印於該可聚合液晶材料上；及將一液晶材料層沈積於該經圖案化之可聚合液晶材料上，使得該液晶材料之分子自對準於該圖案。

該壓印模板包括一壓印圖案，其包含：一第一域，其具有經配置以形成一第一圖案之第一複數個特徵；及一第二域，其具有經配置以形成一第二圖案之第二複數個特徵。藉由一無特徵之域間隙區域使該第一域與該第二域間隔開。該域間隙區域之一寬度或一長度之至少一者介於約20 nm至約100 nm之間。

在該方法之各種實施例中，沈積一可聚合液晶材料層可包含：噴射沈積該可聚合液晶材料。該第一複數個特徵或該第二複數個特徵可包括表面壓紋特徵。該第一複數個特徵或該第二複數個特徵可具有約10 nm至約100 nm之間的一大小。該第一域或該第二域可包含PBPE結構。該液晶裝置可包括一超穎表面及/或一超穎材料。該第一域或該第二域可包含一光柵陣列。該第一複數個特徵或該第二複數個特徵可包含曲線凹槽或弧。在該方法之各種實施例中，沈積一液晶材料層可包含：噴射沈積該液晶材料層。

該方法可進一步包括：將一額外液晶材料層沈積於該液晶材料層上方。可使該額外液晶材料層自對準於該液晶材料層之圖案。可將一圖案壓印於該額外液晶材料層上。壓印於該額外液晶材料層上之圖案可不同於壓印於該液晶材料層上之圖案。壓印於該液晶材料層上之圖案可經組態以對一第一波長起作用，且壓印於該額外液晶材料層上之圖案可經組態以對一第二波長起作用。

本申請案之標的之又一創新態樣包含一種製造一液晶裝置之方法。該方法包括：將一層沈積於一基板上；使用包括一壓印圖案之一壓印模板來將一圖案壓印於該層上；及將一液晶材料層沈積於該經圖案化層上，使得該液晶材料之分子自對準於該圖案。該壓印圖案包括：一第一域，其具

有經配置以形成一第一圖案之第一複數個特徵；及一第二域，其具有經配置以形成一第二圖案之第二複數個特徵。藉由一無特徵之域間隙區域使該第一域與該第二域間隔開，且該域間隙區域之一寬度或一長度之至少一者介於約20 nm至約100 nm之間。

該層可包括一可聚合液晶材料。在該方法之各種實施例中，沈積一層包含：噴射沈積該層。該第一複數個特徵或該第二複數個特徵可包含表面壓紋特徵。該第一複數個特徵或該第二複數個特徵可具有約10 nm至約100 nm之間的一大小。該第一域或該第二域可包含PBPE結構或一超穎表面。該第一域或該第二域可包含一光柵陣列。該第一複數個特徵或該第二複數個特徵可包含曲線凹槽或弧。在各種實施例中，沈積一液晶材料層可包含：噴射沈積該液晶材料層。

該方法之各種實施例可進一步包括：將一額外液晶材料層沈積於該液晶材料層上方。可使該額外液晶材料層自對準於該液晶材料層之圖案。可將一圖案壓印於該額外液晶材料層上。壓印於該額外液晶材料層上之圖案可不同於壓印於該液晶材料層上之圖案。壓印於該液晶材料層上之圖案可經組態以對一第一波長起作用，且壓印於該額外液晶材料層上之圖案可經組態以對一第二波長起作用。

本申請案之標的之另一創新態樣包含一種液晶裝置，其包括：一基板；及一液晶材料層，其具有相鄰於該基板之一第一表面及與該第一表面對置之一第二表面。該第二表面上之該液晶材料層之第一複數個分子經配置以形成一第一圖案，且該第二表面上之該液晶材料層之第二複數個分子經配置以形成一第二圖案。藉由具有約20 nm至約100 nm之間的一距離之一間隙使該第一複數個分子與該第二複數個分子間隔開，且其中該間隙中

之該液晶材料層之分子經配置以自該第一圖案逐漸轉變至該第二圖案。在各種實施例中，該液晶材料層經組態為一偏振光柵。

本申請案之標的之另一創新態樣包含一種液晶裝置，其包括：一基板；一材料，其具有相鄰於該基板之一第一表面及與該第一表面對置之一第二表面；及一液晶材料，其位於該材料之該第二表面上。該材料包括該第二表面上之一第一圖案及該第二表面上之一第二圖案。藉由具有約20 nm至約100 nm之間的一距離之一間隙使該第一圖案與該第二圖案間隔開。在該裝置之各種實施例中，該材料可包括一可聚合液晶材料。

本申請案之標的之一創新態樣實施為一種用於製造一液晶透鏡之方法。該方法包括：將一壓印層設置於一基板上方。該壓印層包括：至少一第一區，其包括沿一第一方向定向之第一複數個特徵；及一第二區，其包括沿一第二方向定向之第二複數個特徵。該第二方向可相對於該第一方向旋轉約1度至約45度之間的一角度。該方法進一步包括：將一液晶層沈積於該壓印層上，其中使該經沈積液晶層之分子自對準於該第一複數個特徵及該第二複數個特徵。在各種實施方案中，該壓印層可包括約5個至約30個區。由小於或等於約10 nm之一間隙使該第一區及該第二區可間隔開藉。例如，藉由小於或等於約5 nm、小於或等於約2 nm及/或小於或等於約1 nm之一間隙使該第一區及該第二區可間隔開。

該第一複數個特徵或該第二複數個特徵可包括諸如(例如)凹槽之奈米特徵。該第一複數個特徵及該第二複數個特徵之一長度或一寬度可小於或等於約200 nm。例如，該第一複數個特徵及該第二複數個特徵之該長度或該寬度可小於或等於約100 nm。該第一複數個特徵及該第二複數個特徵之一高度或一深度可小於或等於約200 nm。例如，該第一複數個特徵

及該第二複數個特徵之該高度或該深度可小於或等於約100 nm。

該壓印層可包括一半導體材料。該液晶層可包括一可聚合液晶材料。該方法進一步包括：在使該可聚合液晶材料之分子自對準於該第一複數個特徵及該第二複數個特徵之後聚合該可聚合液晶材料。聚合該可聚合液晶材料可包括：將該可聚合液晶材料曝露於紫外光。該液晶透鏡可包括一繞射透鏡。將一液晶層沈積於該壓印層上可包括：噴射沈積該液晶。

本申請案之標的之一創新態樣實施為一種液晶透鏡。該液晶透鏡包括一經圖案化基板，該基板包括：至少一第一區，其包括沿一第一方向定向之第一複數個特徵；及一第二區，其包括沿一第二方向定向之第二複數個特徵。該第一複數個特徵及該第二複數個特徵具有小於或等於約100 nm之一尺寸。該透鏡包括該經圖案化基板上之一液晶層，其中該液晶層之分子自對準於該第一複數個特徵及該第二複數個特徵。該尺寸可包括該特徵之一長度、一高度、一深度或一寬度。該液晶可包括一可聚合液晶。

該經圖案化基板可包括一基板，其具有安置於其上之一經圖案化層。該第一區及該第二區可包括同心環形區。該透鏡可包括約3個至約30個區。例如，該透鏡可包括至少5個區。該等區之一寬度可隨與該經圖案化基板之一中心之距離而逐漸減小。在各種實施方案中，該等區之間可不具有間隙。在一些實施方案中，該等區之間的一間隙可小於或等於5 nm。例如，該等區之間的該間隙可小於或等於1 nm。該透鏡可經組態為一繞射透鏡。該透鏡可經組態以提供正或負光功率。

本文中所描述之液晶裝置之各種實施例可包含於一顯示系統之一波導中。本文中所描述之液晶裝置之實施例可經組態以選擇性地將來自一多

工光流之至少一光流入光耦合至該波導中且透射來自該多工光流之一或多個其他光流。本文中所描述之液晶裝置之各種實施例可包含於一頭戴式顯示器之一目鏡中。

附圖及下列描述中闡述本說明書中所描述之標的之一或多項實施例之細節。將自[實施方式]、圖式及申請專利範圍明白其他特徵、態樣及優點。應注意，下列圖之相對尺寸可不按比例繪製。

【圖式簡單說明】

圖1繪示一使用者透過一AR裝置之擴增實境(AR)之一視圖。

圖2繪示一頭戴式顯示系統之一實例。

圖3繪示用於模擬一使用者之三維成像之一習知顯示系統。

圖4繪示使用多個深度平面模擬三維成像之一方法之態樣。

圖5A至圖5C繪示曲率半徑與焦半徑之間的關係。

圖6繪示用於對一使用者輸出影像資訊之一波導堆疊之一實例。

圖7繪示由一波導輸出之出射光束之一實例。

圖8繪示一堆疊波導總成之一實例，其中各深度平面包含使用多種不同組成色所形成之影像。

圖9A繪示一組堆疊波導之一實例之一橫截面側視圖，該等堆疊波導各包含一入光耦合光學元件。

圖9B繪示圖9A之複數個堆疊波導之一實例之一透視圖。

圖9C繪示圖9A及圖9B之複數個堆疊波導之一實例之一俯視平面圖。

圖10A繪示包括複數個液晶分子域之一液晶層之一實例之一俯視圖。

圖10B繪示圖10A中所描繪之液晶層之一放大俯視圖，其展示各域中之液晶分子之定向。圖10C、圖10D、圖10E及圖10F繪示圖10A中所描繪之液

晶層之各種實施例之側視圖。

圖11A繪示包含複數個表面特徵之一壓印模板之一俯視圖，該等表面特徵經組態以製造圖10A中所描繪之液晶層。

圖11B繪示圖11A中所描繪之壓印模板之一側視圖。

圖12A至圖12D繪示製造一液晶層之一方法之一實施例，該液晶層包含依不同圖案配置之複數個液晶分子。圖12E繪示包括複數個液晶層之一堆疊液晶裝置之一實施例。

圖13A繪示一壓印模板之一實施例之一掃描式電子顯微鏡(SEM)影像。圖13B係使用圖13A之壓印模板及上文參考圖12A至圖12C所討論之方法所製造之一經圖案化PLC層之一SEM影像。圖13C係圖13B中所展示之經圖案化PLC層之一偏振顯微鏡影像。

圖14繪示一電可控液晶裝置之一實施例。

圖15A至圖15C繪示製造本文中所描述之各種液晶裝置之一方法之一實例。

圖16A繪示包括一液晶材料之一繞射透鏡之一實施方案之一俯視圖。

圖16B繪示交叉偏振器之間的透鏡之一實施方案之一顯微鏡影像。圖16B-1及圖16B-2描繪展示壓印層之圖案的一掃描式電子顯微鏡(SEM)影像，該圖案達成液晶透鏡之各種區域中之縱軸之所要對準。

圖17A至圖17C繪示製造一液晶透鏡之一方法之一實例。

圖18A繪示用於製造一液晶透鏡之一實施方案之一壓印層之一掃描式電子顯微鏡(SEM)影像。圖18B繪示安置於圖18A之壓印層上方之一液晶層之一掃描式電子顯微鏡(SEM)影像。

各種圖式中之相同元件符號及名稱指示相同元件。

【實施方式】**優先權主張**

本申請案主張2017年10月26日申請之美國非臨時申請案第15/795,067號及2016年11月18日申請之美國臨時專利申請案第62/424,341號之優先權利，該兩個申請案之全文以引用之方式併入本文中。

引用併入

本申請案以引用之方式併入下列專利申請案之各者之全文：2014年11月27日申請之美國申請案第14/555,585號、2015年4月18日申請之美國申請案第14/690,401號、2014年3月14日申請之美國申請案第14/212,961號、2014年7月14日申請之美國申請案第14/331,218號及2016年3月16日申請之美國申請案第15/072,290號。

液晶(LC)包括具有在特定條件下任意定向之一縱軸的液晶分子。然而，在其他特定條件下，LC分子可經排序使得縱軸沿一平均方向(本文中指稱導向器)定向。一些液晶分子可圍繞縱軸對稱。LC係一各向異性材料，其可取決於光傳播穿過LC之方向及光相對於LC分子之大體定向方向之偏振而具有針對光之不同波長或偏振之不同光學性質。例如，LC分子展現雙折射率，其中沿LC分子之縱軸之大體定向之一方向偏振之光具有不同於沿垂直於LC分子之縱軸之大體定向之一方向偏振之光之折射率的一折射率。由於LC材料之雙折射性質，其廣泛用於包含顯示器、光學通信、光學資料儲存、感測器等等之各種系統中。一LC材料之折射率會隨LC材料之分子之縱軸之定向變動而變動。據此，LC材料可經組態為相位光柵。LC光柵結構可用於基於波長及/或偏振來沿不同方向選擇性地繞射光。

製造LC光柵結構之一方式包含諸如一摩擦程序(其中藉由使用一機械物件(例如金屬物件、布、原子力顯微鏡之尖端等等)摩擦或刮擦一對準層(例如聚合物)之表面來在該對準層上產生表面特徵)之一機械方法。沈積於對準層上之一LC材料層之分子對準於對準層上之表面特徵以形成一光柵圖案。然而，摩擦程序會引起對準層之表面受機械損傷及/或將靜電電荷或雜質引入至對準層之表面上，此會降低液晶光柵結構之繞射效率。此外，使用摩擦方法來製造複雜光柵結構(例如包括具有不同LC分子定向之圖案之LC光柵)可能是不實際的。另外，製造可用於調處入射光之相位、振幅及/或偏振的液晶材料之空變奈米尺度圖案可能是不實際的。相比而言，本文中所描述之各種實施方案可用於製造可用於調處入射光之相位、振幅及/或偏振的液晶材料之空變奈米尺度圖案。具有空變奈米尺度圖案之一液晶材料之一些實施例包含一液晶超穎表面。具有空變奈米尺度圖案之一液晶材料之其他實施例可包含一液晶，其包括複數個相鄰域，其中各域中之液晶分子可經配置以形成一奈米尺度圖案。

在一些實施例中，LC光柵結構可用作一顯示系統之組成部分。該顯示系統可包含一波導及經組態以將一光束導引至該波導中之一影像注入裝置。LC光柵結構可用作一入光耦合光學元件、一出光耦合光學元件及一光學元件(其用於接收在波導中傳播之入射光且用於使該入射光重定向使得經重定向光繼續藉由全內反射傳播穿過波導)之一或多者。後一類型之光學元件之實例包含諸如正交光瞳擴張器(OPE)之光瞳擴張器。

在一些實施例中，LC光柵結構可用於入光耦合、出光耦合及/或重定向在波導內傳播之光。光可為一單一波長或一單一波長範圍之光。在一些其他實施例中，光可為作為一多工光流之部分的一光流，該多工光流包含

具有不同光性質之複數個光流(例如，各光流可具有一不同波長)。例如，波導可包含LC光柵結構，其可經組態以選擇性地使由具有一特定光性質(例如一第一波長)之光形成之一光束重定向，同時實質上透射一或多個其他光流(例如，具有不同於第一波長之波長)。在一些實施例中，波導係一波導堆疊之部分，該波導堆疊可包含一第二波導，該第二波導包含經組態以選擇性地使光流之一第二者轉向且透射一或多個其他光流之入光耦合光學元件。在一些實施例中，波導之入光耦合LC光柵結構經組態以將光流之至少一者透射至第二波導之入光耦合LC光柵結構。

現將參考圖式，其中所有圖中之相同元件符號係指相同部件。應瞭解，本文中所揭示之實施例包含光學系統，其一般包含顯示系統。在一些實施例中，顯示系統係頭戴式的，此可有利地提供一更沉浸式VR或AR體驗。例如，含有一或多個波導(例如一波導堆疊)之顯示器可經組態以戴在一使用者、穿戴者及/或觀看者之眼前位置中。在一些實施例中，可利用兩個波導堆疊(一觀看者之每隻眼睛一個波導堆疊)來對每隻眼睛提供不同影像。

實例性顯示系統

圖2繪示頭戴式顯示系統60之一實例。顯示系統60包含一顯示器70及用於支援顯示器70運行之各種機械及電子模組及系統。顯示器70可耦合至一框架80，其可由一顯示系統使用者或觀看者90穿戴且經組態以將顯示器70定位於使用者90之眼前。在一些實施例中，顯示器70可被視為眼鏡。在一些實施例中，一揚聲器100耦合至框架80且經組態以定位於使用者90之耳道之相鄰處(在一些實施例中，另一揚聲器(圖中未展示)定位於使用者之另一耳道之相鄰處以提供立體聲/環繞聲控制)。在一些實施例

中，顯示系統亦可包含一或多個麥克風110或偵測聲音之其他裝置。在一些實施例中，麥克風經組態以允許使用者將輸入或命令提供至系統60（例如，語音選單命令之選擇、自然語言問題等等）及/或可允許與其他人（例如類似顯示系統之其他使用者）進行音頻通信。麥克風可進一步經組態為用於收集音頻資料（例如來自使用者及/或環境之聲音）之一周邊感測器。在一些實施例中，顯示系統亦可包含一周邊感測器120a，其可與框架80分離且附接至使用者90之身體（例如使用者90之頭部、軀幹、四肢等等）。在一些實施例中，周邊感測器120a可經組態以獲取描述使用者90之生理狀態特徵的資料。例如，感測器120a可為一電極。

繼續參考圖2，顯示器70藉由通信鏈路130（諸如，藉由一有線引線或無線連接）來可操作地耦合至一本端資料處理模組140，本端資料處理模組140可依各種組態安裝，諸如，固定地附接至框架80，固定地附接至由使用者穿戴之一頭盔或帽子，嵌入耳機中，或依其他方式可移除地附接至使用者90（例如，呈一背包式組態、一皮帶連結式組態）。類似地，感測器120a可藉由通信鏈路120b（例如一有線引線或無線連接）來可操作地耦合至本端處理器及資料模組140。本端處理及資料模組140可包括一硬體處理器及諸如非揮發性記憶體（例如快閃記憶體或硬碟機）之數位記憶體，其等兩者可用於促進資料之處理、快取及儲存。資料包含：a)自感測器（其可（例如）可操作地耦合至框架80或依其他方式附接至使用者90）（諸如影像捕捉裝置（諸如攝影機）、麥克風、慣性量測單元、加速度計、羅盤、GPS單元、無線電裝置、陀螺儀及/或本文中所揭示之其他感測器）捕捉之資料；及/或b)使用遠端處理模組150及/或遠端資料儲存庫160（其包含與虛擬內容相關之資料）所獲取及/或處理之資料，其可在此處理或擷取之後傳

至顯示器70。本端處理及資料模組140可藉由通信鏈路170、180 (諸如，經由一有線或無線通信鏈路)來可操作地耦合至遠端處理模組150及遠端資料儲存庫160，使得此等遠端模組150、160彼此可操作地耦合且可用作本端處理及資料模組140之資源。在一些實施例中，本端處理及資料模組140可包含下列之一或多者：影像捕捉裝置、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。在一些其他實施例中，此等感測器之一或多者可附接至框架80或可為藉由有線或無線通信路徑與本端處理及資料模組140通信之獨立結構。

繼續參考圖2，在一些實施例中，遠端處理模組150可包括經組態以分析及處理資料及/或影像資訊之一或多個處理器。在一些實施例中，遠端資料儲存庫160可包括可透過網際網路或一「雲端」資源組態中之其他網路組態獲得之一數位資料儲存設施。在一些實施例中，遠端資料儲存庫160可包含將資訊(例如用於產生擴增實境內容之資訊)提供至本端處理及資料模組140及/或遠端處理模組150之一或多個遠端伺服器。在一些實施例中，將所有資料儲存於本端處理及資料模組中且在本端處理及資料模組中執行所有計算以允許由一遠端模組完全自主使用。

可藉由對觀看者之每隻眼睛提供略微不同之影像呈現來達成將一影像感知為「三維的」或「3D的」。圖3繪示用於模擬一使用者之三維成像之一習知顯示系統。兩個不同影像190、200 (每隻眼睛210、220一個影像)輸出至使用者。影像190、200與眼睛210、220沿平行於觀看者之視線之一光軸或z軸間隔開達一距離230。影像190、200係平面的且眼睛210、220可藉由採取一單一調節狀態來聚焦於影像上。此3D顯示系統依賴於人類視覺系統來組合影像190、200以對組合影像提供一深度及/或尺度感

知。

然而，應瞭解，人類視覺系統係更複雜的且提供一現實深度感知係更具挑戰性的。例如，習知「3D」顯示系統之諸多觀看者發現此等系統會令人不適且可完全無法感知一深度感。在不受理論限制之情況下，可認為一物件之觀看者可歸因於輻輳及調節之一組合而將物件感知為「三維的」。雙眼相對於彼此之輻輳移動(即，轉動眼睛，使得瞳孔朝向或遠離彼此移動以使眼睛之視線會聚以注視一物件)與眼球之晶狀體及瞳孔之聚焦(或「調節」)緊密相關聯。在正常條件下，改變眼球之晶狀體之焦點或調節眼球以將焦點自一物件改變至一不同距離處之另一物件將自動引起與該距離匹配之一輻輳變化(呈稱為「調節-輻輳反射」之一關係)及瞳孔放大或縮小。相同地，在正常條件下，一輻輳變化將引發晶狀體形狀及瞳孔大小之一匹配調節變化。如本文中所提及，諸多立體或「3D」顯示系統使用對每隻眼睛略微不同之呈現(且因此略微不同之影像)來顯示一場景，使得人類視覺系統感知到三維透視。然而，此等系統使諸多觀看者感到不適，此係因為其尤其僅提供一場景之一不同呈現，且眼睛在一單一調節狀態中觀看所有影像資訊，且不利於「調節-輻輳反射」。提供調節與輻輳之間的一較佳匹配之顯示系統可形成三維成像之更現實且更舒適模擬以促成穿戴持續時間延長且繼而符合診斷及治療計劃。

圖4繪示使用多個深度平面模擬三維成像之一方法之態樣。參考圖4，z軸上與眼睛210、220相距不同距離之物件由眼睛210、220調節，使得該等物件係在焦點上。眼睛210、220採取特定調節狀態來使沿z軸之不同距離之物件集中於焦點上。因此，可認為一特定調節狀態與深度平面240之一特定者(其具有一相關聯焦距)相關聯，使得當眼睛處於針對一特

定深度平面之調節狀態中時，該深度平面中之物件或物件部分係在焦點上。在一些實施例中，可藉由對各眼睛210、220提供一影像之不同呈現且亦藉由提供對應於各深度平面之不同影像呈現來模擬三維成像。儘管為繪示清楚，圖中將眼睛210、220之視域展示為分離的，但應瞭解，其可(例如)隨沿z軸之距離增大而重疊。另外，儘管為便於繪示，將一深度平面之輪廓展示為平面的，但應瞭解，其在實體空間中可為彎曲的，使得當眼睛處於一特定調節狀態中時，一深度平面中之所有特徵係在焦點上。

一物件與眼睛210或220之間的距離亦可改變來自該物件之光之發散量，如由該眼睛所觀看。圖5A至圖5C繪示距離與光線發散度之間的關係。物件與眼睛210之間的距離由依序遞減之R1、R2及R3表示。如圖5A至圖5C中所展示，光線隨與物件之距離減小而變得更發散。光線隨距離增大而變得更準直。換言之，可認為由一點(物件或物件之一部分)產生之光場具有依據該點與使用者之眼睛的遠離程度而變化之一球面波前曲率。曲率隨物件與眼睛210之間的距離減小而增大。因此，在不同深度平面處，光線之發散度亦為不同的，其中發散度隨深度平面與觀看者之眼睛210之間的距離減小而增大。儘管為繪示清楚，圖5A至圖5C及本文其他圖中僅繪示一單一眼睛210，但應瞭解，關於眼睛210之討論可應用於一觀看者之兩隻眼睛210及220。

在不受理論限制之情況下，可認為人眼通常可解譯有限數目個深度平面以提供深度感知。因此，可藉由對眼睛提供對應於此等有限數目個深度平面之各者之一影像之不同呈現來達成感知深度之一高度可信模擬。不同呈現可由觀看者之眼睛單獨聚焦，藉此有助於基於使定位於不同深度平面上之場景之不同影像特徵集中於焦點上所需之眼睛調節及/或基於觀察

不同深度平面上之不同影像特徵係失焦的來對使用者提供深度提示。

圖6繪示用於對一使用者輸出影像資訊之一波導堆疊之一實例。一顯示系統250包含一波導堆疊或堆疊波導總成260，其可用於使用複數個波導270、280、290、300、310來對眼睛/大腦提供三維感知。在一些實施例中，顯示系統250係圖2之系統60，其中圖6示意性地更詳細展示系統60之一些部分。例如，波導總成260可為圖2之顯示器70之部分。應瞭解，在一些實施例中，顯示系統250可被視為一光場顯示器。

繼續參考圖6，波導總成260亦可包含位於波導之間的複數個特徵320、330、340、350。在一些實施例中，特徵320、330、340、350可為一或多個透鏡。波導270、280、290、300、310及/或複數個透鏡320、330、340、350可經組態以將具有波前曲率或光線發散度之各種位準之影像資訊發送至眼睛。各波前位準可與一特定深度平面相關聯且可經組態以輸出對應於該深度平面之影像資訊。影像注入裝置360、370、380、390、400可用作波導之一光源且可用於將影像資訊注入至波導270、280、290、300、310中，如本文中所描述，波導270、280、290、300、310之各者可經組態以跨各自波導分佈入射光以使其朝向眼睛210輸出。光自影像注入裝置360、370、380、390、400之一輸出表面410、420、430、440、450射出且注入至波導270、280、290、300、310之一對應輸入表面460、470、480、490、500。在一些實施例中，輸入表面460、470、480、490、500之各者可為一對應波導之一邊緣或可為對應波導之一主表面之部分(即，直接面向外界510或觀看者之眼睛210之波導表面之一者)。在一些實施例中，可將一單一光束(例如一準直光束)注入至各波導中以輸出依對應於與一特定波導相關聯之深度平面之特定角度(及發散

量)朝向眼睛210導引之複製準直光束之整個場。在一些實施例中，影像注入裝置360、370、380、390、400之一單一者可與複數個(例如3個)波導270、280、290、300、310相關聯且將光注入該等波導中。

在一些實施例中，影像注入裝置360、370、380、390、400係離散顯示器，其等各分別產生用於注入至一對應波導270、280、290、300、310中之影像資訊。在一些其他實施例中，影像注入裝置360、370、380、390、400係一單一多工顯示器之輸出端，其等可(例如)經由一或多個光學導管(諸如光纖電纜)來將影像資訊傳輸至影像注入裝置360、370、380、390、400之各者。應瞭解，由影像注入裝置360、370、380、390、400提供之影像資訊可包含不同波長或色彩(例如本文中所討論之不同組成色)之光。

在一些實施例中，注入至波導270、280、290、300、310中之光由一光投射器系統520提供，光投射器系統520包括一光模組530，其可包含諸如一發光二極體(LED)之一光發射器。來自光模組530之光可經由一分束器550導引至一光調變器540 (諸如一空間光調變器)且由該光調變器修改。光調變器540可經組態以改變注入至波導270、280、290、300、310中之光之感知強度。空間光調變器之實例包含液晶顯示器(LCD)，其包含一矽上液晶(LCOS)顯示器。

在一些實施例中，顯示系統250可為一掃描光纖顯示器，其包括經組態以依各種圖案(例如光柵掃描、螺旋掃描、李沙育(Lissajous)圖案等等)將光投射至一或多個波導270、280、290、300、310中且最終投射至觀看者之眼睛210的一或多個掃描光纖。在一些實施例中，所繪示之影像注入裝置360、370、380、390、400可示意性地表示一單一掃描光纖或一束掃

描光纖，其經組態以將光注入至一或複數個波導270、280、290、300、310中。在一些其他實施例中，所繪示之影像注入裝置360、370、380、390、400可示意性地表示複數個掃描光纖或複數束掃描光纖，其等之各者經組態以將光注入至波導270、280、290、300、310之一相關聯者中。應瞭解，一或多個光纖可經組態以將光自光模組530傳輸至一或多個波導270、280、290、300、310。應瞭解，一或多個介入光學結構可設置於該或該等掃描光纖與一或多個波導270、280、290、300、310之間以(例如)使自掃描光纖射出之光重定向至一或多個波導270、280、290、300、310中。

一控制器560控制堆疊波導總成260之一或多者之操作，其包含影像注入裝置360、370、380、390、400、光源530及光調變器540之操作。在一些實施例中，控制器560係本端資料處理模組140之部分。控制器560包含根據(例如)本文中所揭示之各種方案之任何者來調節影像資訊至波導270、280、290、300、310之時序及供應的程式(例如一非暫時性媒體中之指令)。在一些實施例中，控制器可為一單一積體裝置或由有線或無線通信通道連接之一分佈式系統。在一些實施例中，控制器560可為處理模組140或150 (圖2)之部分。

繼續參考圖6，波導270、280、290、300、310可經組態以使光藉由全內反射(TIR)來傳播於各自波導內。波導270、280、290、300、310可各為平坦的或具有另一形狀(例如彎曲的)，其具有頂部主表面及底部主表面及延伸於該等頂部主表面與底部主表面之間的邊緣。在所繪示之組態中，波導270、280、290、300、310可各包含出光耦合光學元件570、580、590、600、610，其等經組態以藉由使在各自波導內傳播之光重定

向至波導外來自一波導提取出光以將影像資訊輸出至眼睛210。所提取之光亦可指稱出光耦合光且出光耦合光學元件亦可指稱光提取光學元件。可由波導在傳播於波導中之光撞擊一光提取光學元件之位置處輸出一提取光束。出光耦合光學元件570、580、590、600、610可為(例如)包含繞射光學特徵之光柵，如本文中將進一步討論。儘管為便於描述及圖式清楚起見，圖中將出光耦合光學元件570、580、590、600、610繪示為安置於波導270、280、290、300、310之底部主表面處，但在一些實施例中，出光耦合光學元件570、580、590、600、610可安置於頂部及/或底部主表面處及/或可直接安置於波導270、280、290、300、310之容積中，如本文中將進一步討論。在一些實施例中，出光耦合光學元件570、580、590、600、610可形成於附接至一透明基板以形成波導270、280、290、300、310之一材料層中。在一些其他實施例中，波導270、280、290、300、310可為一單塊材料件且出光耦合光學元件570、580、590、600、610可形成於該材料件之一表面上及/或該材料件之內部中。

繼續參考圖6，如本文中所討論，各波導270、280、290、300、310經組態以輸出光而形成對應於一特定深度平面之一影像。例如，最靠近眼睛之波導270可經組態以將準直光(其被注入至此波導270中)傳送至眼睛210。準直光可表示光學無窮遠焦平面。第二上波導280可經組態以發出準直光，該準直光在其可到達眼睛210之前穿過第一透鏡350(例如一負透鏡)；此第一透鏡350可經組態以產生一略凸波前曲率，使得眼睛/大腦將來自第二上波導280之光解譯為來自一第一焦平面，該第一焦平面自光學無窮遠向內較靠近眼睛。類似地，第三上波導290使其輸出光在到達眼睛210之前穿過第一透鏡350及第二透鏡340兩者；第一透鏡350及第二透鏡

340之組合光功率可經組態以產生波前曲率之另一增量，使得眼睛/大腦將來自第三波導290之光解譯為來自一第二焦平面，該第二焦平面甚至比來自第二上波導280之光自光學無窮遠向內更靠近人。

其他波導層300、310及透鏡330、320經類似組態，其中堆疊中之最上波導310使其輸出發射穿過其與眼睛之間的所有透鏡以使一總焦度表示最靠近人之焦平面。為在堆疊波導總成260之另一側上觀看/解譯來自外界510之光時補償透鏡320、330、340、350之堆疊，可將一補償透鏡層620安置於堆疊之頂部處以補償下方透鏡堆疊320、330、340、350之總功率。此一組態提供與可用波導/透鏡對一樣多之感知焦平面。波導之出光耦合光學元件及透鏡之聚焦態樣兩者可為靜態的(即，非動態或電活性的)。在一些替代實施例中，可使用電活性特徵來使任一或兩者呈動態的。

在一些實施例中，波導270、280、290、300、310之兩者或兩者以上可具有相同相關聯深度平面。例如，多個波導270、280、290、300、310可經組態以將影像集輸出至相同深度平面，或波導270、280、290、300、310之多個子集可經組態以將影像集輸出至相同複數個深度平面，其中各深度平面一個集。此可有利於形成一拼接影像以在該等深度平面處提供一擴大視域。

繼續參考圖6，出光耦合光學元件570、580、590、600、610可經組態以使光重定向至其各自波導外且針對與波導相關聯之一特定深度平面輸出具有適當發散或準直量之光。因此，具有不同相關聯深度平面之波導可具有不同組態之出光耦合光學元件570、580、590、600、610，其等取決於相關聯深度平面而輸出具有不同發散量之光。在一些實施例中，光提取

光學元件570、580、590、600、610可為可經組態以依特定角度輸出光之體積或表面特徵。例如，光提取光學元件570、580、590、600、610可為體積全息圖、表面全息圖及/或繞射光柵。在一些實施例中，特徵320、330、340、350可不是透鏡；相反地，其可僅為間隔物(例如用於形成氣隙之包覆層及/或結構)。

在一些實施例中，出光耦合光學元件570、580、590、600、610係形成一繞射圖案或「繞射光學元件」(本文中亦指稱一「DOE」)之繞射特徵。較佳地，DOE具有一足夠低之繞射效率，使得光束之僅一部分藉由DOE之各相交來偏離朝向眼睛210，而剩餘部分繼續經由TIR移動穿過一波導。因此，載送影像資訊之光被分成在多個位置處自波導射出之若干個相關出射光束且結果係在一波導內來回反彈之此特定準直光束朝向眼睛210發出一相當均勻圖案。

在一些實施例中，一或多個DOE可切換於其中DOE積極繞射之「接通」狀態與其中DOE明顯繞射之「切斷」狀態之間。例如，一可切換DOE可包括一聚合物分散液晶層，其中微液滴包括一主體介質中之一繞射圖案，且微液滴之折射率可經切換以實質上匹配主體材料之折射率(在該情況中，圖案不明顯繞射入射光)或微液滴可切換至不匹配主體介質之折射率之一折射率(在該情況中，圖案積極繞射入射光)。

在一些實施例中，可提供一攝影機總成630 (例如包含可見光及紅外光攝影機之一數位攝影機)來捕捉眼睛210及/或眼睛210周圍之組織之影像以(例如)偵測使用者輸入及/或監測使用者之生理狀態。如本文中所使用，一攝影機可為任何影像捕捉裝置。在一些實施例中，攝影機總成630可包含一影像捕捉裝置及將光(例如紅外光)投射至眼睛之一光源，光可接著由

眼睛反射且由影像捕捉裝置偵測。在一些實施例中，攝影機總成630可附接至框架80 (圖2)且可與處理模組140及/或150電連通，處理模組140及/或150可處理來自攝影機總成630之影像資訊以作出關於(例如)使用者之生理狀態之各種判定，如本文中所討論。應瞭解，關於使用者之生理狀態之資訊可用於判定使用者之行為或情緒狀態。此資訊之實例包含使用者之移動及/或使用者之面部表情。接著，使用者之行為或情緒狀態可與所收集之環境及/或虛擬內容資料形成三角以判定行為或情緒狀態、生理狀態及環境或虛擬內容資料之間的關係。在一些實施例中，一攝影機總成630可用於每隻眼睛以單獨監測每隻眼睛。

現參考圖7，其展示由一波導輸出之出射光束之一實例。儘管圖中僅繪示一個波導，但應瞭解，波導總成260 (圖6)中之其他波導可類似地運行，其中波導總成260包含多個波導。光640在波導270之輸入表面460處注入至波導270中且藉由TIR來傳播於波導270內。在其中光640照射DOE 570之點處，光之一部分作為出射光束650自波導射出。儘管圖中將出射光束650繪示為實質上平行的，但如本文中所討論，其亦可取決於與波導270相關聯之深度平面而重定向以依一角度傳播至眼睛210 (例如，形成發散出射光束)。應瞭解，實質上平行之出射光束可指示具有出光耦合光學元件之一波導，該等出光耦合光學元件出光耦合光以形成似乎設定於與眼睛210相距一大距離(例如光學無窮遠)之一深度平面處之影像。其他波導或其他出光耦合光學元件組可輸出更發散之一出射光束圖案，其將需要眼睛210調節至一更近距離以使其聚焦於視網膜上且將被大腦解譯為來自比光學無窮遠更靠近眼睛210之一距離之光。

在一些實施例中，可藉由重疊組成色(例如三種或三種以上組成色)之

各者之影像來使一全色影像形成於各深度平面處。圖8繪示一堆疊波導總成之一實例，其中各深度平面包含使用多種不同組成色所形成之影像。所繪示之實施例展示深度平面240a至240f，但亦可考量更多或更少深度。各深度平面可具有與其相關聯之三個或三個以上組成色影像，其包含一第一色彩G之一第一影像、一第二色彩R之一第二影像及一第三色彩B之一第三影像。圖中由字母G、R及B後面之不同屈光度(dpt)數值指示不同深度平面。僅舉例而言，此等字母之各者後面之數字指示屈光度(1/m)或深度平面與一觀看者之距離之倒數，且圖中之各方框表示一個別組成色影像。在一些實施例中，考慮到眼睛聚焦不同波長光時之差異，針對不同組成色之深度平面之確切放置可變動。例如，一給定深度平面之不同組成色影像可放置於對應於相距於使用者之不同距離之深度平面上。此一配置可提高視覺敏銳度及使用者舒適度及/或可減小色差。

在一些實施例中，各組成色之光可由一單一專用波導輸出且各深度平面因此可具有與其相關聯之多個波導。在此等實施例中，包含字母G、R或B之圖中之各方框可被理解為表示一個別波導，且每個深度平面可設置三個波導，其中每個深度平面設置三個組成色影像。儘管為便於描述，此圖式中將與各深度平面相關聯之波導展示為彼此相鄰，但應瞭解，在一實體裝置中，所有波導可配置成一堆疊，其中每個層級一個波導。在一些其他實施例中，多種組成色可由相同波導輸出，使得(例如)每個深度平面可僅設置一單一波導。

繼續參考圖8，在一些實施例中，G係綠色，R係紅色，且B係藍色。在一些其他實施例中，除紅色、綠色或藍色之外，亦可使用與其他光波長相關聯之其他色彩(其包含洋紅色及青色)，或該等其他色彩可替換紅色、

綠色或藍色之一或多者。在一些實施例中，特徵320、330、340及350可為主動或被動光學濾波器，其經組態以阻擋來自周圍環境之光或選擇性地將來自周圍環境之光透射至觀看者之眼睛。

應瞭解，本發明中之一給定色彩光之指涉物應被理解為涵蓋由一觀看者感知之光之一波長範圍內之一或多個波長之光屬於該給定色彩。例如，紅光可包含約620 nm至約780 nm之範圍內之一或多個波長之光，綠光可包含約492 nm至約577 nm之範圍內之一或多個波長之光，且藍光可包含約435 nm至約493 nm之範圍內之一或多個波長之光。

在一些實施例中，光源530 (圖6)可經組態以發射觀看者之視覺感知範圍外之一或多個波長之光，例如紅外及/或紫外波長。另外，顯示器250之波導之入光耦合、出光耦合及其他光重定向結構可經組態以將此光導引至顯示器外且使此光朝向使用者之眼睛210發射以(例如)用於成像及/或使用刺激施加。

現參考圖9A，在一些實施例中，照射一波導之光需要經重定向以將該光入光耦合至波導中。一入光耦合光學元件可用於重定向光且將其入光耦合至其對應波導中。圖9A繪示複數個堆疊波導或一堆疊波導組660之一實例之一橫截面側視圖，該等波導各包含一入光耦合光學元件。波導可各經組態以輸出一或多個不同波長或一或多個不同波長範圍之光。應瞭解，除來自影像注入裝置360、370、380、390、400之一或多者之光自需要使光重定向以用於入光耦合之一位置注入至波導中之外，堆疊660可對應於堆疊260 (圖6)且堆疊660之所繪示波導可對應於複數個波導270、280、290、300、310之部分。

所繪示之堆疊波導組660包含波導670、680及690。各波導包含一相

關聯之入光耦合光學元件(其亦可指稱波導上之一光輸入區域)，其中(例如)入光耦合光學元件700安置於波導670之一主表面(例如一上主表面)上，入光耦合光學元件710安置於波導680之一主表面(例如一上主表面)上，且入光耦合光學元件720安置於波導690之一主表面(例如一上主表面)上。在一些實施例中，入光耦合光學元件700、710、720之一或多者可安置於各自波導670、680、690之底部主平面上(尤其當一或多個入光耦合元件係反射型偏轉光學元件時)。如圖中所繪示，入光耦合光學元件700、710、720可安置於其各自波導670、680、690之上主平面(或下一波導之頂部)上，尤其當該等入光耦合元件係透射型偏轉光學元件時。在一些實施例中，入光耦合光學元件700、710、720可安置於各自波導670、680、690之本體中。在一些實施例中，如本文中所討論，入光耦合光學元件700、710、720具波長選擇性，使得其等選擇性地使光之一或多個波長重定向，同時透射光之其他波長。儘管圖中將入光耦合光學元件700、710、720繪示為位於其各自波導670、680、690之一側或角隅上，但應瞭解，在一些實施例中，入光耦合光學元件700、710、720可安置於其各自波導670、680、690之其他區域中。

如圖中所繪示，入光耦合光學元件700、710、720可彼此側向偏移。在一些實施例中，各入光耦合光學元件可經偏移使得其接收光且該光不穿過另一入光耦合光學元件。例如，各入光耦合光學元件700、710、720可經組態以自圖6中所展示之一不同影像注入裝置360、370、380、390及400接收光，且可與其他入光耦合光學元件700、710、720分離(例如，側向間隔開)，使得其實質上不接收來自入光耦合光學元件700、710、720之其他者之光。

各波導亦包含相關聯之光分佈元件，其中(例如)光分佈元件730安置於波導670之一主表面(例如一頂部主表面)上，光分佈元件740安置於波導680之一主表面(例如一頂部主表面)上，且光分佈元件750安置於波導690之一主表面(例如一頂部主表面)上。在一些其他實施例中，光分佈元件730、740、750可分別安置於相關聯波導670、680、690之一底部主表面上。在一些其他實施例中，光分佈元件730、740、750可分別安置於相關聯波導670、680、690之頂部主表面及底部主表面兩者上；或光分佈元件730、740、750可分別安置於不同相關聯波導670、680、690中之頂部主表面及底部主表面之不同者上。

可藉由(例如)氣體、液體及/或固體材料層使波導670、680、690間隔開及分離。例如圖中所繪示，層760a可使波導670及680分離且層760b可使波導680及690分離。在一些實施例中，層760a及760b係由低折射率材料(即，具有比形成波導670、680、690之直接相鄰者之材料低之一折射率之材料)形成。較佳地，形成層760a、760b之材料之折射率係0.05或更大、或0.10或小於形成波導670、680、690之材料之折射率。有利地，較低折射率層760a、760b可用作促進穿過波導670、680、690之光之TIR(例如各波導之頂部主表面與底部主表面之間的TIR)的包覆層。在一些實施例中，層760a、760b係由空氣形成。儘管圖中未繪示，但應瞭解，所繪示之波導組660之頂部及底部可包含直接相鄰包覆層。

較佳地，為便於製造及出於其他考量，形成波導670、680、690之材料係類似或相同的，且形成層760a、760b之材料係類似或相同的。在一些實施例中，形成波導670、680、690之材料在一或多個波導之間可為不同的，及/或形成層760a、760b之材料可為不同的，同時仍保持上文所提

及之各種折射率關係。

繼續參考圖9A，光線770、780、790入射於波導組660上。應瞭解，光線770、780、790可由一或多個影像注入裝置360、370、380、390、400 (圖6)注入至波導670、680、690中。

在一些實施例中，光線770、780、790具有可對應於不同色彩之不同性質，例如不同波長或不同波長範圍。入光耦合光學元件700、710、720各使入射光偏轉，使得光藉由TIR傳播穿過波導670、680、690之一各自者。

例如，入光耦合光學元件700可經組態以使具有一第一波長或波長範圍之光線770偏轉。類似地，透射光線780照射入光耦合光學元件710且由入光耦合光學元件710偏轉，入光耦合光學元件710經組態以使一第二波長或波長範圍之光偏轉。相同地，光線790由入光耦合光學元件720偏轉，入光耦合光學元件720經組態以選擇性地使第三波長或波長範圍之光偏轉。

繼續參考圖9A，經偏轉光線770、780、790經偏轉使得其等傳播穿過一對應波導670、680、690；即，各波導之入光耦合光學元件700、710、720使光偏轉至對應波導670、680、690中以將光入光耦合至對應波導中。光線770、780、790依引起光藉由TIR傳播穿過各自波導670、680、690之角度偏轉。光線770、780、790藉由TIR傳播穿過各自波導670、680、690，直至照射波導之對應光分佈元件730、740、750。

現參考圖9B，其繪示圖9A之複數個堆疊波導之一實例之一透視圖。如上文所提及，入光耦合光線770、780、790分別由入光耦合光學元件700、710、720偏轉，且接著藉由TIR來分別傳播於波導670、680、690

內。接著，光線770、780、790分別照射光分佈元件730、740、750。光分佈元件730、740、750使光線770、780、790偏轉，使得其等分別朝向出光耦合光學元件800、810、820傳播。

在一些實施例中，光分佈元件730、740、750係正交光瞳擴張器(OPE)。在一些實施例中，OPE不僅使光偏轉或分佈至出光耦合光學元件800、810、820，且亦隨此光傳播至出光耦合光學元件而增大其光束或光點大小。在一些實施例(例如，其中光束大小已為一所要大小)中，可省略光分佈元件730、740、750，且入光耦合光學元件700、710、720可經組態以使光直接偏轉至出光耦合光學元件800、810、820。例如，參考圖9A，可分別使用出光耦合光學元件800、810、820來替換光分佈元件730、740、750。在一些實施例中，出光耦合光學元件800、810、820係將光導引至一觀看者之眼睛210 (圖7)中之出射光瞳(EP)或出射光瞳擴張器(EPE)。應瞭解，OPE可經組態以增大眼眶在至少一軸上之尺寸，且EPE可經組態以增大與OPE之軸交叉(例如，正交)之一軸上之眼眶。

據此，參考圖9A及圖9B，在一些實施例中，波導組660針對各組成色包含波導670、680、690、入光耦合光學元件700、710、720、光分佈元件(例如OPE) 730、740、750及出光耦合光學元件(例如EP) 800、810、820。波導670、680、690可經堆疊以在各者之間具有一氣隙/包覆層。入光耦合光學元件700、710、720使入射光重定向或偏轉至其波導中(藉由接收不同波長光之不同入光耦合光學元件)。接著，光依將導致TIR之一角度傳播於各自波導670、680、690內。在所展示之實例中，依早先所描述之一方式，光線770 (例如藍光)由第一入光耦合光學元件700偏轉，且接著繼續沿波導一路反彈以與光分佈元件(例如OPE) 730及接著出

光耦合光學元件(例如EP) 800相互作用。光線780及790 (例如，分別為綠光及紅光)將穿過波導670，其中光線780照射入光耦合光學元件710且由其偏轉。接著，光線780經由TIR沿波導680一路反彈以前進至其光分佈元件(例如OPE) 740及接著出光耦合光學元件(例如EP) 810。最後，光線790 (例如紅光)穿過波導690以照射波導690之光入光耦合光學元件720。光入光耦合光學元件720使光線790偏轉，使得光線藉由TIR傳播至光分佈元件(例如OPE) 750且接著藉由TIR傳播至出光耦合光學元件(例如EP) 820。接著，出光耦合光學元件820最終將光線790出光耦合至觀看者，觀看者亦自其他波導670、680接收出光耦合光。

圖9C繪示圖9A及圖9B之複數個堆疊波導之一實例之一俯視平面圖。如圖中所繪示，可使波導670、680、690及各波導之相關聯光分佈元件730、740、750及相關聯出光耦合光學元件800、810、820垂直對準。然而，如本文中所討論，入光耦合光學元件700、710、720未垂直對準；相反地，入光耦合光學元件較佳地不重疊(例如，如俯視圖中所見般側向間隔開)。如本文中將進一步討論，此不重疊空間配置促進來自不同資源之光一對一地注入至不同波導中，藉此允許一特定光源唯一地耦合至一特定波導。在一些實施例中，包含不重疊空間分離之入光耦合光學元件之配置可指稱一移位光瞳系統且此等配置中之入光耦合光學元件可對應於子光瞳。

液晶光柵

液晶係其分子通常形如可沿一特定方向對準之棒或板之部分有序材料。可藉由使用與分子相互作用(例如，透過空間及/或錨定能相互作用)之一模板圖案來調處使液晶之分子定向時所沿之方向及圖案。另外，液晶材

料可包括對掌性摻雜劑及/或反應性液晶原(RM)。對掌性摻雜劑可引起液晶分子在液晶分子材料之整個厚度內旋轉，且反應性液晶原可允許液晶分子之定向及位置透過聚合固定。旋轉可對應於諸如圖10C中所展示之一扭轉角(Φ)遞增。

如本文中所描述，上文參考圖9A及圖9B所討論之入光耦合光學元件700、710、720、光分佈元件(例如OPE) 730、740、750及出光耦合光學元件(例如EP) 800、810、820可包含用於將光導入至波導670、680、690中及/或將光自波導670、680、690導出之液晶光柵結構。較佳地，液晶光柵結構可使光依相對於光柵之一法線之大角度繞射或重定向以(例如)促進將光入光耦合至一波導中，使得光藉由TIR傳播穿過波導。另外，液晶光柵結構可較佳地具有針對一大入射角範圍之高繞射效率。一些類型之液晶光柵(即，偏振光柵)可在一大入射角範圍內展現大繞射角處之高繞射效率，其可藉由TIR將光引導至一波導中。然而，習知對準方法(其包含光對準及微摩擦技術)存在針對量產製造之規模及LC材料之立體圖案之基本限制的挑戰。LC與具有亞波長特徵(例如奈米尺度圖案)之壓印模板之對準可允許量產製造及/或提供產生任意立體圖案之靈活性。

習知繞射光柵之各種實施例可僅針對一小波長範圍達成高繞射效率。因此，其無法實現寬頻操作。吾人已發現，包括亞波長特徵之超穎表面能夠藉由改變一入射光之相位、振幅及/或偏振來使光學波前成形。其中使用具有形成一超穎表面之奈米尺度特徵之一壓印模板來使LC分子對準之LC材料可用於獲得一液晶超穎表面，其可具有不同於一液晶塊狀材料之光學性質的光學性質。例如，一液晶超穎表面可為寬頻的且具有高效繞射在一大入射角範圍內入射之一大波長範圍內之入射光的能力。例如，

一LC超穎表面能夠依大致相同之繞射效率沿一所要方向繞射紅色、綠色及藍色波長之入射光。LC超穎表面之實例可包含液晶超穎材料及/或基於液晶之帕沙拉特南-貝里(Pancharatnam-Berry)相位光學元件(PBPE)。

使用本文中所討論之奈米壓印技術來使液晶分子對準可用於製造具有複數個不同對準圖案之液晶材料，其中液晶分子導向器在相鄰對準圖案之間逐漸轉變(例如連續轉變)。在各種實施例中，光柵週期可係指具有沿相同方向定向之縱軸之一光柵結構之兩個連續液晶分子之中心之間的距離。在具有複數個相鄰對準圖案之液晶材料之一些實施例中，光柵週期可係指各對準圖案之連續液晶分子之中心之間的距離。

有利地，本文中所討論之各種液晶光柵結構經較佳地組態以針對一大入射角範圍(例如，介於相對於表面法線之至少約 ± 20 度之間、介於相對於表面法線之至少約 ± 30 度之間、介於相對於表面法線之至少約 ± 45 度之間等等)提供高繞射效率。例如，液晶光柵結構可經組態以針對依相對於一表面法線之約 ± 50 度之間的一角度入射之波長在約400 nm至700 nm之間之光提供至少約10% (例如至少20%、30%、40%、50%、60%或75%)之一繞射效率。據此，本文中所描述之液晶光柵結構可有利地具有針對光之入射角之低敏感性。在一些實施例中，本文中所討論之液晶光柵結構經組態為窄頻的。例如，本文中所討論之液晶光柵結構可經組態以繞射下列可見光譜範圍內之波長：約400 nm至約450 nm之間、約450 nm至約500 nm之間、約500 nm至約550 nm之間、約550 nm至約600 nm之間、約600 nm至約650 nm之間、約650 nm至約700 nm之間。在一些其他實施例中，本文中所討論之液晶光柵結構經組態為寬頻的。例如，本文中所討論之液晶光柵結構可經組態以繞射約400 nm至約700 nm之間的可見光譜範圍內

之波長。再如，本文中所討論之液晶光柵結構可經組態以繞射約250 nm至約400 nm之間的紫外光譜範圍內之波長。又如，本文中所討論之液晶光柵結構可經組態以繞射諸如(例如)下列紅外光譜範圍內之波長：約700 nm至約1微米之間、約1微米至約3微米之間、約1.5微米至約5微米之間、約3微米至約10微米之間或此等範圍之任何組合或此等範圍內之任何子範圍或子範圍之組合。再如，光柵結構可經組態以繞射具有約300 nm至約10 μm 之間的一範圍內之一波長之入射光。較佳地，當本文中所討論之液晶光柵結構用於顯示器應用中時，光柵結構經組態以繞射可見光(例如，在紅色、綠色及/或藍色光譜範圍內)。在各種實施例中，液晶光柵結構可繞射可見光(諸如，在紅色、綠色及/或藍色光譜範圍內)，使得光依大繞射角度(例如適合於光柵結構可形成於其上之一波導內之TIR的角度)遠離光柵結構傳播。取決於光柵結構經組態以操作之波長範圍，本文中所討論之液晶光柵結構可具有約100 nm至約100 μm 之間的範圍內之一光柵週期。例如，光柵結構之週期數可為約10 nm至約50 nm之間、約20 nm至約60 nm之間、約30 nm至約70 nm之間、約40 nm至約80 nm之間、約50 nm至約90 nm之間、約60 nm至約100 nm之間、約100 nm至約200 nm之間、約200 nm至約350 nm之間、約330 nm至約410 nm之間、約370 nm至約480 nm之間、約450 nm至約510 nm之間、約500 nm至約570 nm之間、約550 nm至約700 nm之間、約650 nm至約1 μm 之間、約980 nm至約3 μm 之間、約1.3 μm 至約3.2 μm 之間、約2.3 μm 至約5 μm 之間、約5 μm 至約10 μm 之間、約5 μm 至約20 μm 之間、約15 μm 至約45 μm 之間、約25 μm 至約60 μm 之間、約35 μm 至約75 μm 之間、約45 μm 至約100 μm 之間或此等範圍之任何組合或此等範圍內之任何子範圍或子範圍之組合。

可使用各種方法來製造光柵結構，其包含(但不限於)：使用可位於液晶材料下方之一圖案化對準層來使一可聚合液晶材料層中之液晶分子對準。可使用壓印技術或藉由使用光學方法來圖案化對準層。

如上文所討論，在一些實施例中，液晶光柵結構可形成波導堆疊260 (圖6)或660 (圖9A至圖9C)之各種波導之光重定向元件。例如，可有利地應用此等液晶光柵結構來形成入光耦合光學元件700、710、710、光分佈元件730、740、750及/或出光耦合光學元件800、810、820 (圖9A至圖9C)。除AR顯示系統之外，液晶光柵結構亦可應用於其中利用繞射光學元件之其他應用中。例如，液晶光柵結構可用於將光導入至包含VR顯示系統、平板電腦監視器或電視、照明標誌、成像系統等等之其他光學系統中。

圖10A繪示包括彼此相鄰之複數個域(例如域1001a、1001b、1001c、1001d、1001e及1001f)之一液晶層1000之一實例之一俯視透視圖。各域中之液晶分子之縱軸可大體上沿相同方向定向。相鄰域中之液晶分子之縱軸無需沿相同方向定向。例如，相鄰於域1001a之各域1001b及1001d中之液晶分子之縱軸沿不同於使域1001a之液晶分子之縱軸定向時所沿之方向之一方向定向。儘管圖10A所繪示之實施例中僅繪示9個域，但其他實施例可具有少於或多於9個域。此外，儘管圖10A中僅展示液晶分子之縱軸之3個不同定向，但其他實施例可包括具有大於或小於3個不同定向之域。另外，在液晶層之各種實施例中，不同域可具有不同形狀及/或大小。在各種實施例中，不同域可具有不同形狀(例如正方形、矩形、六邊形、八邊形、橢圓形、圓形等等)。在各種實施例中，不同域可具有不規則形狀。

圖10B繪示圖10A中所繪示之液晶層1000之一放大俯視圖。圖10B之此俯視圖展示液晶層1000之頂部(其在本文中可指稱頂部子層)上之液晶分子。頂部或最上液晶分子下方(例如頂部或最上子層下方)之液晶分子可具有不同定向，如圖10C中所展示。圖10C至圖10F繪示液晶層1000沿軸線X-X'之一橫截面圖。液晶層1000具有兩個主表面1002a及1002b，如圖10C至圖10F所描繪之橫截面圖中所見。兩個主表面1002a及1002b與一表面法線1003相交。兩個主表面1002a及1002b在x-y平面中延伸且表面法線1003平行於z軸延伸。如由圖10B中所描繪之放大俯視圖所提及，第一域1001a中之最上液晶分子之縱軸大體上平行於y軸定向。第二域1001b中之液晶分子之縱軸大體上依相對於y軸之一角度(例如，介於約30度至約60度之間)定向。第三域1001c中之液晶分子之縱軸大體上垂直於y軸及z軸定向。

可認為液晶層1000具有複數個子層，諸如(例如)子層1010a、1010b、1010c及1010d。各子層(例如1010a、1010b、1010c或1010d)可由配置於一共同平面中之複數個液晶分子界定，因而，各子層可僅為一單一液晶分子厚。子層形成具有一厚度T之一液晶材料集合層，厚度T可等於所有子層之總厚度。儘管圖中已繪示3個/4個子層，但應瞭解，液晶層1000可包含更多或更少子層。

在各種實施例中，液晶層1000可包括一對掌性向列液晶材料。例如，複數個液晶材料子層可包括一膽固醇液晶材料。在包括對掌性材料之液晶層1000之實施例中，液晶分子可具有由液晶層1000之一子層(例如1010a)之一液晶分子(例如1005a)之縱軸與一相鄰子層(例如1010b)之一下伏液晶分子(例如1005b)之縱軸之間的角旋轉界定之間一扭轉角 Φ ，如圖

10C中所展示。液晶材料亦可為可聚合的。如本文中所討論，液晶材料可包括諸如(例如)液晶二丙烯酸酯之一反應性液晶原(RM)。亦如本文中所討論，液晶層1000可包含對掌性摻雜劑。對掌性摻雜劑之實例包含苯甲酸膽固醇酯、壬酸膽固醇酯、氯化膽固醇及膽固醇油醯基碳酸酯。

然而，液晶未必為對掌性液晶材料。如圖10D至圖10F中所展示，子層1010a之分子之縱軸不相對於下伏子層1010b或1010c之分子扭轉。液晶分子之縱軸可沿x軸、y軸或z軸之任何者對準。例如，如圖10D中所展示，液晶分子之縱軸平行於y軸對準。再如，如圖10E中所展示，液晶分子之縱軸平行於x軸對準。又如，如圖10F中所展示，液晶分子之縱軸平行於z軸對準。圖10C至圖10F中所展示之側視圖可同樣地對應於圖10A或圖10B。

參考圖10A及圖10B，可期望引入具有不同對準圖案之相鄰域之間的一小域間隙「d」。具有不同對準圖案之相鄰域之間存在小間隙可有利地減少在液晶層1000之製造期間發生沿域邊界之錯向或其他表面缺陷。減少沿液晶層1000之域邊界之錯向或其他表面缺陷可減少無用光散射或其他非所要光學效應。域間隙「d」可係指一對相鄰域之最近邊緣之間的最短距離。例如，在所繪示之實施例中，域1001e與域1001b之間的域間隙係 d_1 ，域1001e與域1001d之間的域間隙係 d_2 ，域1001e與域1001f之間的域間隙係 d_3 。具有不同對準圖案之相鄰域之間的域間隙「d」可經組態以達成液晶分子之縱軸在具有不同對準圖案之相鄰域之間的逐漸轉變且減少沿域邊界之錯向或其他表面缺陷之發生。例如，具有不同對準圖案之相鄰域之間的域間隙「d」可經組態以達成液晶分子之縱軸在具有不同對準圖案之相鄰域之間的連續轉變。經組態以達成液晶分子之連續轉變的具有不

同對準圖案之相鄰域之間的域間隙可小於200 nm。例如，具有不同對準圖案之相鄰域之間的域間隙可為約1 nm至約20 nm之間、約5 nm至約30 nm之間、約10 nm至約50 nm之間、約25 nm至約75 nm之間、約45 nm至約100 nm之間、約60 nm至約120 nm之間、約80 nm至約150 nm之間、約100 nm至約200 nm之間或此等範圍之任何組合或此等範圍內之任何子範圍或子範圍之組合。如上文所討論，域間隙經組態使得當各域中之液晶分子之縱軸根據各圖案中之對準圖案來對準時，相鄰域之間的間隙中之液晶分子之縱軸經定向以提供一梯度或分級轉變，諸如相鄰域之間的液晶分子之縱軸之大體平滑或連續轉變。

可使用包括表面壓紋特徵之一對準層來製造液晶層1000。對準層之表面壓紋特徵可誘發沈積於對準層上之一液晶材料之分子之對準。在特定條件下，由一對準層之表面壓紋結構提供之錨定能(W)由方程式 $W = 2\pi^3 K \frac{D^2}{\Lambda^3}$ 給出，其中K係液晶材料之變形常數，D係對準層之表面壓紋特徵之深度，且 Λ 係表面壓紋特徵之寬度或節距(兩個連續表面壓紋特徵之間的距離)。在不失一般性之情況下，上文所討論之錨定能(W)可提供在液晶表面之平面中使LC分子之縱軸自一初始方向改變至所要方向所需之能量之一量測。可自上述方程式注意到，隨著表面壓紋結構之寬度或節距(Λ)減小(假定圖案之縱橫比相同，即，寬度/週期 $\left(\frac{D}{\Lambda}\right)$ 係一常數)，由表面壓紋特徵提供之錨定能增大。

據此，包括表面壓紋特徵之一對準層可用於製造其中使液晶分子對準於由表面壓紋特徵形成之圖案的液晶裝置。對準層之表面壓紋特徵可包括各種凹槽幾何結構，其寬度、節距及/或方向可沿約數奈米、數百奈米及/或數微米之長度尺度變動。由於上文所討論之錨定能與表面壓紋特徵

之寬度或節距之立方成反比，所以可藉由使表面壓紋特徵之寬度或節距發生小變動來獲得跨液晶之表面之錨定能之大變動。例如，考量包含一第一域之一對準層之一實施例，該第一域包含經配置以形成一第一圖案之一第一組表面壓紋特徵，藉由不包含表面壓紋特徵之一區域來使該第一域與一第二域間隔開，該第二域包含經配置以形成一第一圖案之一第二組表面壓紋特徵。對準層之此一實施例可用於製造一液晶裝置，其具有其中液晶分子之縱軸沿第一組表面壓紋特徵之方向對準的一第一域及其中液晶分子之縱軸沿第二組表面壓紋特徵之方向對準的一第二域。第一域與第二域之間的液晶裝置之區域中之液晶分子之縱軸可自第一組表面壓紋特徵之方向逐漸轉變至第二組表面壓紋特徵之方向。域間隙可經選擇使得第一域之液晶分子之縱軸之定向與第二域之液晶分子之縱軸之定向之間的轉變不突然或非不連續，而是大體上平滑的。例如，對應於不包含表面壓紋特徵之對準層之區域的域間隙可經選擇使得第一域之液晶分子之縱軸之定向與第二域之液晶分子之縱軸之定向之間的轉變係連續的。

在製造一液晶裝置之一方法之一實施例(其中使液晶分子對準於各種凹槽幾何結構，該等凹槽幾何結構之寬度或週期及/或方向可沿約數奈米、約數百奈米及/或約數微米之長度尺度變動)中，對準層可包括一可聚合液晶(PLC)，亦稱為反應性液晶原(RM)。可藉由使一PLC材料層與包括各種凹槽之一壓印模板接觸來製造對準層，該等凹槽之寬度或週期及方向可沿約數奈米、約數百奈米及/或約數微米之長度尺度變動。可允許PLC層之分子之縱軸自對準於壓印模板之凹槽。例如，PLC層之分子之縱軸可在施加熱之後、使用UV光照射之後及/或流逝足夠時間之後自對準於壓印模板之凹槽。一旦PLC層之分子之縱軸自對準於壓印模板之凹槽，則(例

如)藉由熱及/或使用UV照明照射來聚合PLC層。聚合有利地固定PLC層之分子之縱軸，使得即使在PLC層與壓印模板分離之後，PLC層之分子之定向仍被維持。

使用一壓印模板來製造包括具有約數奈米、數百奈米及/或數微米之尺寸(例如長度、寬度及/或深度)之表面壓紋特徵及/或經配置以形成複雜幾何圖案(其中連續特徵之間的方向及/或週期沿約數奈米、數百奈米及/或數微米之長度尺度變動)之表面壓紋特徵的對準層可優於諸如(例如)摩擦方法或光對準方法之其他液晶製造方法。例如，如上文所討論，使用一些微摩擦方法(其係低解析度方法)來產生具有約數奈米、數百奈米之尺寸(例如長度、寬度及/或深度)之表面壓紋特徵可能是不實際的。另外，使用一些摩擦方法來製造具有達成量產製造所需之產出率之對準層或許是不可能的。儘管可使用一光對準方法來製造具有均勻及非均勻對準之液晶分子之對準層，但在一些例項中，使用光對準方法來產生具有複雜立體圖案之對準層可能是不實際的。類似於摩擦方法，使用一些光對準方法來實現達成複雜立體LC圖案之量產製造所需之產出率係較困難的。

圖11A繪示一壓印模板1100之一實施例之一平面圖，壓印模板1100包括可用於製造一液晶層1000 (諸如(例如)圖10A中所展示之層1000)之複數個特徵。圖11B繪示壓印模板1100沿軸線B-B'之一橫截面圖。壓印模板1100包括複數個域(例如1101a、1101b及1101c)。複數個域之各者包含複數個表面壓紋特徵。表面壓紋特徵可包含線性或曲線長形凹槽及/或突起、稜柱、弧、凸塊或凹陷。複數個域之各者中之表面壓紋特徵可經配置以形成一簡單或複雜幾何圖案。表面壓紋特徵之配置可經組態以調處入射光之振幅、相位及/或偏振以達成一所要光學效應。

在各種實施例中，各域可包含亞波長特徵。在此等實施例中，表面壓紋特徵之一大小或相鄰表面壓紋特徵之間的一間隙可具有約數奈米、約數百奈米或約數微米之短長度尺度。例如，複數個域之各者中之各表面壓紋特徵之一寬度「 λ 」可為約20 nm至約100 nm之間、約30 nm至約90 nm之間、約40 nm至約80 nm之間、約50 nm至約75 nm之間、約60 nm至約70 nm之間或此等範圍之任何組合或此等範圍內之任何子範圍或子範圍之組合。再如，複數個域之各者中之連續特徵之間的一間隙「 Λ 」可為約20 nm至約100 nm之間、約30 nm至約90 nm之間、約40 nm至約80 nm之間、約50 nm至約75 nm之間、約60 nm至約70 nm之間或此等範圍之任何組合或此等範圍內之任何子範圍或子範圍之組合。在不失一般性之情況下，連續特徵之間的間隙「 Λ 」可對應於節距。又如，複數個域之各者中之特徵之一深度(或高度)「 D 」可為約10 nm至約100 nm之間、約20 nm至約90 nm之間、約30 nm至約80 nm之間、約40 nm至約75 nm之間、約50 nm至約70 nm之間或此等範圍之任何組合或此等範圍內之任何子範圍或子範圍之組合。

在各種實施例中，相鄰域之間的域間隙「 d 」可為約10 nm至約100 nm之間、約20 nm至約90 nm之間、約30 nm至約80 nm之間、約40 nm至約75 nm之間、約50 nm至約70 nm之間或此等範圍之任何組合或此等範圍內之任何子範圍或子範圍之組合。在各種實施例中，包括表面壓紋特徵之複數個域可配置為跨壓印模板1100之表面之一方格網，使得各對相鄰域之間的域間隙「 d 」係均勻的。在其他實施例中，包括表面壓紋特徵之複數個域可不規則地配置於壓印模板1100之整個表面上，使得不同對之相鄰域之間的域間隙「 d 」係不均勻的。如上文所討論，相鄰域之間所引入

之域間隙可有助於減少可在液晶之製造期間沿域邊界發生之錯向或其他表面缺陷。

製造一液晶裝置之實例性方法

圖12A至圖12D繪示製造本文中所描述之各種液晶裝置之一方法之一實例。參考圖12A，將一聚合物液晶(PLC)層1203安置於一基板1201上方。基板1201較佳為可透光的。適合於基板1201之材料之實例包含玻璃、石英、藍寶石、氧化銦錫(ITO)或聚合材料(其包含聚碳酸酯、聚乙酸酯及丙烯酸酯)。在一些實施例中，基板1201可透射可見波長或紅外波長之至少一者之光。基板可包含一對主表面及周圍邊緣。主表面可為基板之最大面積表面或可為各具有大於其他表面之面積之一對類似大小對置表面之一者。液晶裝置可經組態以反射、折射、繞射或依其他方式重定向入射於基板之主表面上或相對於基板之主表面入射之光。

在一些實施例中，PLC層1203經組態為一對準層，例如，歸因於與液晶分子之空間相互作用及/或由光對準層施加於隨後將沈積之液晶分子上之錨定能，該對準層引起液晶分子採取一特定定向或圖案。PLC層1203可包含可聚合液晶材料(反應性液晶原)。在一些實施例中，PLC層1203可包含含偶氮聚合物。PLC層1203可(例如)藉由一旋轉塗佈程序或噴射沈積來安置於基板之主表面之一者上。PLC層1203可具有約10 nm至約10微米之間的一厚度。

藉由使PLC層之一曝露表面與一壓印模板1205接觸來使PLC層1203壓印有複數個表面壓紋特徵，如圖12A及圖12B中所描繪。壓印模板1205可包含與壓印於PLC層之曝露表面上之特徵相反之特徵。在各種實施例中，壓印模板1205可包含具有亞波長尺寸之特徵。例如，壓印模板1205

可包含具有約數奈米、約數百奈米及/或約數微米之尺寸(例如長度、寬度及/或深度)之特徵。例如，壓印模板1205可包含具有大於或等於約20 nm且小於或等於約100 nm之一長度之特徵。再如，壓印模板1205可包含具有大於或等於約20 nm且小於或等於約100 nm之一寬度之特徵。又如，壓印模板1205可包含具有大於或等於約10 nm且小於或等於約100 nm之一深度之特徵。在各種實施例中，特徵之長度及/或寬度可大於特徵之深度。然而，在一些實施例中，深度可大致等於特徵之長度及/或寬度。壓印模板1205之各域之特徵可經組態以在各域內形成複雜幾何圖案，其中連續特徵之間的方向及/或週期沿約數奈米、約數百奈米及/或約數微米之長度尺度變動。在各種實施例中，壓印模板1205可包含複數個間隔開之域。各域可包含具有亞波長尺寸之複數個特徵。可藉由一域間隙使各域與一相鄰域間隔開。域間隙可具有下列值：約10 nm至約100 nm之間、約20 nm至約90 nm之間、約30 nm至約80 nm之間、約40 nm至約75 nm之間、約50 nm至約70 nm之間或此等範圍之任何組合或此等範圍內之任何子範圍或子範圍之組合。在各種實施方案中，域間隙可小於或等於10 nm及/或大於或等於100 nm。例如，域間隙可小於或等於5 nm、小於或等於2 nm、小於或等於1 nm或為大於或等於0 nm且小於或等於10 nm之一值。壓印模板1205可具有類似於上文參考圖11A及圖11B所討論之壓印模板1100之特性。例如，壓印模板1205之複數個域可配置為跨壓印模板1205之表面之一方格網，使得相鄰域之間的域間隙係均勻的。再如，壓印模板1205之複數個域可配置為同心圓形或橢圓形區域。在其他實施例中，複數個域可不規則地配置於壓印模板1205之整個表面上，使得相鄰域之間的域間隙係不均勻的。

可使用包含光學微影、奈米壓印及離子束及電子束微影之奈米圖案化技術來設計及製造具有亞波長特徵之壓印模板1205。在各種實施例中，壓印模板可包括一半導體材料(諸如矽)或一玻璃材料。

當PLC層1203與壓印模板1205之特徵直接接觸時，使PLC層1203之液晶分子之縱軸對準於壓印模板之特徵。依此方式，使PLC層之曝露表面壓印有對應於或互補於壓印模板之圖案的圖案。在藉由壓印模板1205來圖案化PLC層1203之曝露表面之後，使PLC層1203聚合。可藉由包含(但不限於)曝露於紫外線(UV)輻射(如圖12B中所展示)、施加熱、時間流逝等等之各種方法來達成PLC層1203之聚合。即使在PLC層與壓印模板分離之後，PLC層1203之聚合仍可有利地固定PLC層1203之液晶分子之縱軸之定向，如圖12C中所展示。

在使經圖案化之PLC層1203聚合之後，將一液晶材料層1207安置於經聚合之圖案化PLC層1203上方。可藉由旋轉塗佈、狹縫塗佈、棒式塗佈或噴射沈積來將液晶層沈積於PLC層1203上方。液晶材料層1207可具有約10 nm至約10微米之間的一厚度。液晶材料層1207可包含一經摻雜或未經摻雜液晶材料。在各種實施例中，液晶材料層1207可為可聚合液晶材料、聚合物穩定液晶材料或不可聚合液晶材料。

液晶材料層1207之分子之縱軸使自身對準於壓印於PLC層1203上之圖案。據此，PLC層1203用作液晶材料層1207之一對準層。在一些實施例中，可藉由施加熱及/或流逝足夠時間來促進液晶材料層1207之分子之縱軸之對準。將PLC層1203用作液晶材料層1207之一對準層可具有若干優點。一第一優點在於：與不包括一可聚合液晶材料之對準層相比，PLC層1203可對液晶材料層1207提供更有力對準條件。一第二優點在於：當

PLC層1203之材料具有類似於液晶材料層1207之材料之光學性質時，可達成一均質界面。此可有利地減少來自PLC層1203與液晶材料層1207之間的邊界之折射/繞射。

如圖12E中所展示，可藉由重複圖12A至圖12D之程序來將用作額外液晶層1211及1215之對準層的額外PLC層1209及1213相繼沈積於經對準之液晶材料層1207上方。例如，將第二PLC層1209安置於液晶材料層1207上方且隨後藉由一壓印模板來圖案化第二PLC層1209且使其聚合。將一第二液晶材料層1211安置於經圖案化且經聚合之PLC層1209上方且允許第二液晶材料層1211自組織，使得第二液晶材料層1211之分子對準於壓印於第二PLC層1209上之圖案。將第三PLC層1213安置於液晶材料層1209上方且隨後藉由一壓印模板來圖案化第三PLC層1213且使其聚合。將一第三液晶材料層1215安置於經圖案化且經聚合之PLC層1213上方且允許第三液晶材料層1215自組織，使得第三液晶材料層1215之分子對準於壓印於第三PLC層1213上之圖案。可針對另外液晶層重複此序列。較佳地，額外PLC層1209及1213可包括可聚合液晶材料(反應性液晶原)。較佳地，液晶材料1207、1211及1215可包括可聚合液晶材料(反應性液晶原)。壓印於PLC層1209及/或1213上之圖案可不同於壓印於PLC層1203上之圖案。然而，在一些實施例中，壓印於PLC層1209及/或1213上之圖案可相同於壓印於PLC層1203上之圖案。在各種實施例中，可在設置額外PLC層之前將諸如薄氧化物膜之一隔離層(其具有自數奈米至數百奈米之範圍內之一厚度)沈積於液晶材料層(例如層1207或層1211)上方以減少圖案對下方液晶層(例如層1207或層1211)之影響。在一些實施例中，可在設置額外PLC層之前使用一平坦化模板來使液晶材料層(例如層1207、層

1211或層1215)之曝露表面平坦化。

圖13A繪示一壓印模板之一實施例之一掃描式電子顯微鏡(SEM)影像。壓印模板包括藉由一域間隙彼此間隔開之三個域1301、1303及1305。第一域1301與第二域1303之間的域間隙係 d_1 且第二域1303與第三域1305之間的域間隙係 d_2 。三個域1301、1303及1305之各者包括複數個特徵。複數個特徵之各者之一尺寸(例如長度、寬度或深度)小於100 nm。域間隙 d_1 及 d_2 小於或等於100 nm。圖13B係使用圖13A之壓印模板及上文參考圖12A至圖12C所討論之方法所製造之一經圖案化PLC層之一SEM影像。圖13C係圖13B中所展示之經圖案化PLC層之一偏振顯微鏡影像。圖13C描繪指示相對於一偏振顯微鏡之偏振器/分析器之相對LC定向的一灰階圖案。可自圖13C注意到，偏振顯微鏡影像展現一均勻圖案，此指示LC對準實質上無對準缺陷(即，錯向)。

本文中所描述之方法可用於製造包含具有亞波長特徵之一液晶層之電可控液晶裝置。圖14繪示一電可控液晶裝置之一實施例，其中其分子對準於一圖案化對準層1403之一液晶層1407夾置於兩個電極層1420與1425之間。在一些實施例中，對準層1403可包括一圖案化可聚合液晶層。在一些實施例中，對準層1403可包含使LC材料與奈米尺度表面結構直接對準之一圖案化聚合物層。兩個電極層1420及1425可包括可透射可見光譜範圍內(例如約400 nm至約700 nm之間)之光之一材料(例如氧化銦錫(ITO))。在各種實施例中，兩個電極層1420及1425可各包括分別塗佈有一ITO層1404a及1404b之一基板1401a及1401b。在各種實施例中，可藉由建構包括兩個電極層及圖案化對準層1403之一液晶單元結構來製造電可控液晶裝置。可將形成層1407之液晶材料注入單元結構中以製造電可

控液晶裝置。對準層1403可具有約20 nm至約10微米之間的一厚度。液晶層1407可具有約100 nm至約10微米之間的一厚度。可使用包括類似於上文所討論之模板1100及/或1205之複數個亞波長特徵之一壓印模板來圖案化對準層1403。例如，用於圖案化對準層1403之壓印模板可包含複數個間隔開之域。各域可包含具有約數奈米、約數百奈米或約數微米之一尺寸(例如長度、寬度及/或深度)之複數個特徵。如上文所討論，可在圖案化之後使對準層1403聚合以固定對準層1403之分子之縱軸。可允許液晶層1407之分子自組織至壓印於對準層1403上之圖案。在自組織之後，液晶層1407之分子形成對應於壓印模板之不同域的不同域且各域中之液晶分子之縱軸沿對應域中之個別特徵之方向對準。相鄰域之間間隙中之液晶分子之縱軸可無任何突然間斷地自一域中之分子之縱軸之定向逐漸轉變至相鄰域之縱軸之定向。例如，相鄰域之間間隙中之液晶分子之縱軸可實質上連續地自一域中之分子之縱軸之定向逐漸轉變至相鄰域之縱軸之定向。在各種實施例中，液晶層1407可包括複雜空變奈米尺度圖案。

可藉由跨電極層1420及1425施加一電壓來變動一或多個域中之液晶分子之縱軸之定向。例如，在特定條件下，LC分子沿跨電極層1420及1425之電場之方向對準。據此，可藉由跨電極層1420及1425施加一電壓來接通或切斷液晶層1407中之光柵結構。

圖15A至圖15C繪示製造本文中所描述之各種液晶裝置之一方法之一實例。該方法包括：將一壓印層1505設置於一基板1501上方。壓印層1505及基板1501之各種物理及/或化學特性可分別類似於上文所討論之壓印模板1205及基板1201。例如，在諸多情況中，基板1501係可透光的。適合於基板1501之材料之實例包含玻璃、石英、藍寶石、氧化銦錫(ITO)

或聚合材料(其包含聚碳酸酯、聚乙酸酯及丙烯酸酯)。在一些實施方案中，基板1501可透射可見波長或紅外波長之至少一者之光。基板可包含一對主表面及周圍邊緣。主表面可為基板之最大面積表面或可為各具有大於其他表面(例如邊緣)之面積之一對類似大小對置表面之一者。液晶裝置可經組態以反射、折射、繞射或依其他方式重定向入射於基板之主表面上或相對於基板之主表面入射之光。

壓印層1505可安置於基板1501之一主表面上方。如上文所討論，壓印層1505可包含具有亞波長尺寸之特徵。例如，壓印層1505可包含具有約數奈米、約數百奈米及/或約數微米之尺寸(例如長度、寬度及/或深度)之特徵。再如，壓印層1505可包含具有大於或等於約20 nm且小於或等於約100 nm之一長度之特徵。又如，壓印層1505可包含具有大於或等於約20 nm且小於或等於約100 nm之一寬度之特徵。又如，壓印層1505可包含具有大於或等於約10 nm且小於或等於約100 nm之一深度之特徵。在各種實施例中，特徵之長度及/或寬度可大於特徵之深度。然而，在一些實施例中，深度可大致等於特徵之長度及/或寬度。然而，具有此等範圍外之尺寸之特徵亦係可行的。

壓印層1505之各域之特徵可經組態以在各域內形成複雜幾何圖案，其中連續特徵之間的方向及/或週期沿約數奈米、約數百奈米及/或約數微米之長度尺度改變。在各種實施例中，壓印層1505可包含複數個間隔開之域。各域可包含具有亞波長尺寸之複數個特徵。可藉由一域間隙使各域與一相鄰域間隔開。域間隙可具有下列值：約10 nm至約100 nm之間、約20 nm至約90 nm之間、約30 nm至約80 nm之間、約40 nm至約75 nm之間、約50 nm至約70 nm之間或此等範圍之任何組合或此等範圍內之任何

子範圍或子範圍之組合。在各種實施方案中，域間隙可小於或等於10 nm及/或大於或等於100 nm。例如，域間隙可小於或等於5 nm、小於或等於2 nm、小於或等於1 nm或為大於或等於0 nm且小於或等於10 nm之一值。在一些實施方案中，壓印模板1505之複數個域可配置為跨壓印模板1505之表面之一方格網，使得相鄰域之間的域間隙係均勻的。在一些實施方案中，壓印模板1505之複數個域可配置為同心圓形或橢圓形區域。複數個域可不規則地配置於壓印模板1505之整個表面上，使得相鄰域之間的域間隙係不均勻的。壓印層1505可具有類似於上文所討論之壓印模板1100及/或壓印模板1205之特性。

可使用包含光學微影、奈米壓印及離子束及電子束微影之奈米圖案化技術來設計及製造具有亞波長特徵之壓印層1505。在各種實施例中，壓印層1505可包括一半導體材料(諸如光阻劑、矽)或一玻璃材料。

將一可聚合液晶(PLC)層1503安置於壓印層1505上方。可藉由一旋轉塗佈程序或噴射沈積來將PLC層1503安置於壓印層1505上。PLC層1503可具有約10 nm至約10微米之間的一厚度。PLC層1503可包含可聚合液晶材料(例如反應性液晶原)及/或含偶氮聚合物。壓印層1505充當引起PLC層1503之液晶分子對準於壓印層1505之圖案的一對準層。當PLC層1503與壓印層1505之特徵接觸時，可使PLC層1203之液晶分子之縱軸對準於壓印層1505之特徵。依此方式，使PLC層之表面壓印有對應於壓印層1503之圖案的圖案。PLC層之液晶分子對準於壓印層1505之圖案可歸因於與液晶分子之空間相互作用及/或由壓印層1505施加於沈積液晶分子上之錨定能。PLC層1503可在沈積於壓印層1505上之後聚合。可藉由包含(但不限於)曝露於紫外線(UV)輻射、施加熱、時間流逝或其等之組合之各

種方法來達成PLC層1503之聚合。PLC層1503之聚合可有利地固定PLC層1503之液晶分子之縱軸之定向。

在使經圖案化之PLC層1503聚合之後，將另一液晶材料層1520安置於經聚合圖案化PLC層1503上方。可藉由旋轉塗佈、狹縫塗佈、棒式塗佈、刮刀塗佈、噴射沈積或其他可行方法來將液晶材料層1520沈積於PLC層1503上方。液晶材料層1520可具有約10 nm至約10微米之間的一厚度。液晶材料層1520可包含一經摻雜或未經摻雜液晶材料。在各種實施例中，液晶材料層1520可為可聚合液晶材料、聚合物穩定液晶材料或不可聚合液晶材料。

液晶材料層1520之分子之縱軸使自身對準於壓印於PLC層1503上之圖案。在各種實施方案中，僅與壓印層1505接觸之液晶材料層1520之子層之分子可使其縱軸對準於壓印層1505之圖案。液晶材料層1520之其他子層可具有上文參考圖10C所討論之不同定向。據此，PLC層1503用作液晶材料層1520之一對準層。在一些實施例中，可藉由施加熱及/或流逝足夠時間來促進液晶材料層1520之分子之縱軸之對準。

如上文所討論，將PLC層1503用作液晶材料層1520之一對準層可具有若干優點。一第一優點在於：與不包括一可聚合液晶材料之對準層相比，PLC層1503可對液晶材料層1520提供更有力對準條件。一第二優點在於：當PLC層1503之材料具有類似於液晶材料層1520之材料之光學性質時，可達成一均質界面。此可有利地減少來自PLC層1503與液晶材料層1520之間的邊界之折射/繞射。

本文中所討論之方法可用於製造液晶超穎材料或液晶超穎表面。包括不同間隔開之域(域包含複數個亞波長尺度圖案)之液晶層之各種實施例

可形成於一基板上，該基板可相鄰於一透射波導或波導本身可作為一基板。在此等實施例中，具有亞波長尺度圖案之液晶層可經組態以(例如)繞射依相對於波導之一法線之約 ± 30 度之間的一角度入射之光，使得經繞射光可耦合至安置於液晶層相鄰處之一波導之一引導模式中。在一些實施例中，波導可直接安置於液晶層相鄰處且無任何介入層。在一些其他實施例中，介入層可安置於波導與相鄰於波導之液晶層之間。在一些此等實施例中，具有亞波長尺度圖案之液晶層亦可經組態以出光耦合傳播穿過波導之光。具有亞波長尺度圖案之液晶層可經組態為窄頻的以可使其具波長選擇性或寬頻的以可使其高效繞射一大波長範圍內之光(例如可見光譜之紅色/綠色/藍色光譜範圍內之波長)。本文中所討論之方法可用於製造其他液晶裝置。例如，本文中所討論之方法可用於製造下文將討論之繞射液晶透鏡之實施方案。

繞射液晶透鏡

圖16A繪示包括一液晶材料之一繞射透鏡1600之一實施方案之一俯視圖。透鏡1600包括複數個區，諸如(例如) x-y平面中之區1605及1610。複數個區之數目可為2至約50之間。例如，複數個區之數目可大於或等於3、大於或等於5、大於或等於8、大於或等於10、大於或等於15、大於或等於18、大於或等於22、小於或等於50、小於或等於42、小於或等於30、小於或等於20或為由此等值界定之範圍/子範圍內之任何數目。透鏡1600之複數個區之各者中之液晶材料之分子沿一特定定向或其附近範圍定向。相鄰區中之液晶材料之分子之定向可為不同的。例如，在透鏡1600中，區1605中之液晶分子之縱軸可平行於y軸對準，而區1610中之液晶分子之縱軸可相對於y軸沿一順時針方向旋轉約18度角。在圖16A所描

繪之透鏡1600中，連續區之各者中之分子之縱軸可相對於前一區之液晶分子之縱軸沿一順時針方向旋轉約18度角。在其他透鏡實施方案中，一區中之液晶分子之縱軸與前一區中之液晶分子之縱軸之間的角度可並非為18度。例如，一區中之液晶分子之縱軸與前一區中之液晶分子之縱軸之間的角度可小於或等於約45度。例如，一區中之液晶分子之縱軸與前一區中之液晶分子之縱軸之間的角度可大於或等於約1度、大於或等於約2度、大於或等於約5度、小於或等於約10度、小於或等於約17度、小於或等於約20度、小於或等於約25度、小於或等於約30度、小於或等於約35度、小於或等於約40度及/或小於或等於約45度或為由此等值之任何者界定之任何範圍內之任何角度。

在圖16A所描繪之透鏡1600之實施方案中，液晶分子之縱軸之方向與y軸之間的角度依一固定數量(例如18度)遞增，使得第十區1655中之液晶分子具有相同於第一區1605中之液晶分子之定向。然而，相鄰域中之液晶分子之縱軸之定向之角度差無需為固定或恆定的。相反地，相鄰域之間的液晶分子之縱軸之定向角之差值可跨透鏡變動。例如，兩個相鄰域之間的液晶分子之縱軸之定向之角度差可為35度，而兩個其他相鄰域之間的液晶分子之縱軸之定向之角度差可為10度。據此，在液晶透鏡之各種實施方案中，連續區之間的液晶分子之縱軸之定向之角度差可為可變的、非恆定的及/或隨機的。

複數個區可為環形或圓環形的。複數個區可為同心的。例如，在圖16A中，第一區1605經組態為由其他複數個區包圍之一中心區。複數個區可為同心環或同心圓環，如圖16A中所描繪。然而，在其他實施方案中，複數個區可為橢圓形的或可具有其他形狀。複數個區無需為閉合曲線。相

反地，複數個區之若干者可為開口曲線(例如弧)。在各種實施方案中，複數個區之寬度可隨與第一(或中心)區之距離增大而減小。據此，第一(或中心)區之寬度可為最大的且各連續區之寬度可遞減。複數個區之寬度可隨與中心區及/或透鏡之中心之距離增大而線性或非線性減小。在一些情況中，複數個區之寬度可由一數學方程式決定。

在各種實施方案中，區域及其內所含之特徵經組態以(例如)具有形狀、大小、定向等等，使得複數個區形成一光學元件，諸如具有光功率之一透鏡。此功率可為正的或負的。光功率之正負亦可取決於入射光之偏振。例如，對於右旋圓形偏振光，光功率係正的，而對於左旋圓形偏振光，光功率係負的，且反之亦然。此光學元件(例如透鏡)可為諸如一繞射透鏡之一繞射光學元件。

複數個區之各者可被視為上文所討論之一域。可藉由約1 nm至約200 nm之間的一間隙(其對應於域間隙)使複數個區彼此間隔開。然而，在各種實施方案中，複數個區可經配置使得其等藉由小於5.0 nm或小於1.0 nm之一間隙而間隔開。例如，在一些實施方案中，複數個區之間不存在間隙。換言之，相鄰區之間間隙可為0。域間隙可取決於相鄰區中之液晶分子之縱軸之定向之角度差而變動。據此，取決於相鄰區之間的液晶分子之縱軸之定向差，間隙可為0 nm至約200 nm之間。

圖16B繪示安置於透鏡1600之兩側上之交叉偏振器之間的透鏡1600之一顯微鏡影像。交叉偏振器可為將其等之偏振軸安置成彼此正交之線性偏振器。交叉偏振器會將旋轉偏振不同數量之不同區域展示為具有取決於光之偏振與偏振器定向之匹配程度之不同強度。光之偏振與偏振器越匹配，光越亮，且反之亦然。透射穿過兩個交叉偏振器之一者之圓形偏振光

入射於透鏡1600上以獲得透鏡1600之顯微鏡影像。透鏡1600之輸出透射穿過兩個交叉偏振器之另一者且透過一顯微鏡觀察。圖16B中所描繪之影像之暗區域(例如區域1660)中之液晶分子之縱軸之定向平行於或垂直於偏振器之光軸。圖16B中所描繪之影像之亮區域(例如區域1662)中之液晶分子之縱軸之定向相對於偏振器之光軸成約 ± 45 度。較亮區域與較暗區域之間的變動與偏振定向之變動相關聯，偏振定向之變動係由特定區域中之液晶分子之不同定向及雙折射之光軸引起。

可藉由使用上文所討論之一壓印層來達成複數個區中之複數個液晶之縱軸之對準。圖16B-1描繪展示壓印層1670之圖案的一掃描式電子顯微鏡(SEM)影像，該圖案達成包括區1605及1610之區域1664中之複數個液晶之縱軸之所要對準。圖16B-2中之SEM影像展示壓印層1670之圖案，其達成區域1666中之複數個液晶之縱軸之所要對準。壓印層1670之區域1672包括平行於y軸之特徵(例如凹槽)。因此，與壓印層1670之區域1672重疊之液晶分子之縱軸平行於y軸對準以形成區1605。壓印層1670之區域1674包括相對於y軸順時針旋轉一角度(例如約18度)之特徵(例如凹槽)。據此，與壓印層1670之區域1674重疊之液晶分子之縱軸相對於y軸順時針旋轉一角度(例如約18度)以形成區1610。壓印層1670之區域1680、1682、1684、1686及1688展示特徵(例如凹槽)之不同配置。與壓印層1670之區域1680、1682、1684、1686及1688重疊之液晶分子之縱軸將平行於各自區域1680、1682、1684、1686及1688中之凹槽對準。

壓印層1670之各種區域1672、1674、1680、1682、1684、1686及1688中之特徵可為亞波長大小。例如，壓印層1670之各種區域1672、1674、1680、1682、1684、1686及1688中之特徵之一長度、一高度、一

寬度及/或一深度可為約數奈米、約數百奈米或約數微米。再如，壓印層1670之各種區域1672、1674、1680、1682、1684、1686及1688中之特徵之一長度、一高度、一寬度及/或一深度可為約20 nm至約100 nm之間、約30 nm至約90 nm之間、約40 nm至約80 nm之間、約50 nm至約75 nm之間、約60 nm至約70 nm之間或此等範圍之任何組合或此等範圍內之任何子範圍或子範圍之組合。在各種實施方案中，壓印層1670之各種區域1672、1674、1680、1682、1684、1686及1688中之特徵之一長度、一高度、一寬度及/或一深度可小於或等於約20 nm或大於或等於100 nm。例如，壓印層1670之各種區域1672、1674、1680、1682、1684、1686及1688中之特徵之一長度、一高度、一寬度及/或一深度可大於或等於1 nm、大於或等於5 nm、大於或等於10 nm、大於或等於15 nm、小於或等於100 nm、小於或等於125 nm、小於或等於150 nm、小於或等於200 nm、小於或等於250 nm、小於或等於1微米或為由此等值界定之任何範圍/子範圍內之一值。

圖17A至圖17C繪示製造透鏡1600之一方法之一實例。該方法包括：將一壓印層1670設置於一基板1701上方。壓印層1670及基板1701之各種物理及/或化學特性可分別類似於上文所討論之液晶層1203及基板1201。例如，在各種情況中，基板1701係可透光及/或透明的。適合於基板1701之材料之實例包含玻璃、石英、藍寶石、氧化銦錫(ITO)或聚合物材料(其包含聚碳酸酯、聚乙酸酯及丙烯酸酯)。在一些實施例中，基板1701可透射可見波長或紅外波長之至少一者之光。基板可包含一對主表面及周圍邊緣。主表面可為基板之最大面積表面或可為各具有大於其他表面(例如邊緣)之面積之一對類似大小對置表面之一者。液晶裝置可經組態以反射、

折射、繞射或依其他方式重定向入射於基板之主表面上或相對於基板之主表面入射之光。

壓印層1670可安置於基板1701之一主表面上方。如上文所討論，壓印層1670包括複數個區，其等包括特徵(例如凹槽)。特徵可具有亞波長尺寸。例如，壓印層1670可包含具有約數奈米、約數百奈米及/或約數微米之尺寸(例如長度、寬度及/或深度)之特徵。再如，壓印層1670可包含具有大於或等於約20 nm且小於或等於約100 nm之一長度之特徵。又如，壓印層1670可包含具有大於或等於約20 nm且小於或等於約100 nm之一寬度之特徵。又如，壓印層1670可包含具有大於或等於約10 nm且小於或等於約100 nm之一深度之特徵。在各種實施例中，特徵之長度及/或寬度可大於特徵之深度。然而，在一些實施例中，深度可大致等於特徵之長度及/或寬度。此等範圍外之其他尺寸亦係可行的。

在各種實施方案中，複數個區之各者中之特徵沿相同方向定向。使複數個區之一者中之特徵定向時所沿之方向可相對於使相鄰於複數個區之一者之一區中之特徵定向時所沿之方向旋轉一角度。可藉由具有下列值之一間隙使複數個區彼此間隔開：約1 nm至約100 nm之間、約20 nm至約90 nm之間、約30 nm至約80 nm之間、約40 nm至約75 nm之間、約50 nm至約70 nm之間或此等範圍之任何組合或此等範圍內之任何子範圍或子範圍之組合。在一些實施方案中，可藉由小於約5 nm或約1 nm之一間隙使複數個區間隔開。在一些實施方案中，複數個區可無間隙間隔(或藉由0 nm之一間隙而間隔開)。複數個區可為環形的且可經同心配置。複數個區之寬度可隨與壓印層1670之中心之距離增大而減小。

可使用包含光學微影、奈米壓印及離子束及電子束微影之奈米圖案

化技術來製造具有亞波長特徵之壓印層1670。在各種實施例中，壓印層1670可包括一半導體材料(諸如光阻劑、矽)或一玻璃材料。

將一液晶(LC)層1703安置於壓印層1670上方。液晶層1703可為一可聚合液晶層。可藉由旋轉塗佈程序、狹縫模具塗佈程序、棒式塗佈程序、刮刀模具塗佈程序或噴射沈積來將LC層1703安置於壓印層1670上方。LC層1703可具有約10 nm至約10微米之間的一厚度。LC層1703可包含可聚合液晶材料(例如反應性液晶原)及/或含偶氮聚合物。壓印層1670充當引起LC層1703之液晶分子對準於壓印層1670之圖案的一對準層。當LC層1703與壓印層1670之特徵接觸時，LC層1703之液晶分子之縱軸可與壓印層1670之特徵對準。依此方式，使LC層1703之表面壓印有對應於壓印層1670之圖案的圖案。LC層1703可在沈積於壓印層1670上之後聚合。可藉由包含(但不限於)曝露於紫外線(UV)輻射1710 (諸如圖17C中所示意性繪示)、施加熱、時間流逝或其等之組合之各種方法來達成LC層1703之聚合。LC層1703之聚合可有利地固定PLC層1703之液晶分子之縱軸之定向。

圖18A繪示設置於包括矽(Si)之一基板上之一壓印層1670之一掃描式電子顯微鏡(SEM)影像。如圖18A中所描繪，壓印層1670包括：一第一區，其具有沿一第一方向定向之第一複數個特徵；及一第二區，其包括沿不同於第一方向之一第二方向定向之第二複數個特徵。藉由小於1 nm之一間隙(例如，無間隙)使第一區及第二區間隔開。

圖18B繪示安置於壓印層1670上方之一液晶層1703之一掃描式電子顯微鏡(SEM)影像。與第一區重疊之液晶層1703之部分中之液晶分子之縱軸沿第一方向對準，且與第二區重疊之液晶層1703之部分中之液晶分子

之縱軸沿第二方向對準。

可預期，各種實施例可實施於諸如下列各者之各種應用中或與該等應用相關聯：成像系統及裝置、顯示系統及裝置、空間光調變器、基於液晶之裝置、偏振器、波導板等等。吾人可發現，本文中所描述之結構、裝置及方法可尤其用於顯示器，諸如可用於擴增及/或虛擬實境之穿戴式顯示器(例如頭戴式顯示器)。更一般而言，所描述之實施例可實施於可經組態以顯示一影像(無論是否為動態(諸如視訊)或靜態(諸如靜止影像)且無論是否為文字、圖形或圖片)之任何裝置、設備或系統中。然而，可預期，所描述之實施例可包含於諸如(但不限於)下列各者之各種電子裝置中或與該等電子裝置相關聯：行動電話、多媒體網際網路允用蜂巢式電話、行動電視接收器、無線裝置、智慧型電話、Bluetooth[®]裝置、個人資料助理(PDA)、無線電子郵件接收器、手持式或可攜式電腦、小筆電、筆記型電腦、智慧型筆記型電腦、平板電腦、印表機、影印機、掃描器、傳真裝置、全球定位系統(GPS)接收器/導航器、相機、數位媒體播放器(諸如MP3播放器)、攝錄影機、遊戲機、腕錶、時鐘、計算器、電視監視器、平板顯示器、電子閱讀裝置(例如電子閱讀器)、電腦監視器、汽車顯示器(其包含里程表及速度計顯示器等等)、駕駛艙控制及/或顯示器、攝影機視域顯示器(諸如車輛後視攝影機之顯示器)、電子相片、電子廣告牌或標誌、投影儀、建築結構、微波爐、冰箱、立體聲系統、卡帶錄影機或播放器、DVD播放器、CD播放器、VCR、收音機、可攜式記憶體晶片、洗衣機、乾衣機、洗衣/乾衣機、停車計時器、頭戴式顯示器及各種成像系統。因此，教示不意欲受限於僅圖中所描繪之實施例，而是具有一般技術者易於明白之廣泛適用性。

熟習技術者可易於明白本發明中所描述之實施例之各種修改，且可在不背離本發明之精神或範疇之情況下將本文中所界定之一般原理應用於其他實施例。可在不背離本發明之真實精神及範疇之情況下對本發明作出各種改變且可置換等效物。另外，可作出諸多修改以使一特定情形、材料、組合物、程序、(若干)程序動作或步驟適應本發明之(若干)目的、精神或範疇。所有此等修改意欲落於與本發明相關聯之申請專利範圍之範疇內。

用語「例示性」在本文中僅用於意謂「用作一實例、例項或說明」。在本文中描述為「例示性」之任何實施例未必被解釋為好於或優於其他實施例。另外，一般技術者將易於瞭解，術語「上」及「下」、「上方」及「下方」等等有時用於使圖式描述較便利且指示對應於一適當定向頁上之圖式之定向的相對位置且可不反映本文中所描述之結構在被實施時之定向。

本說明書之單獨實施例之內文中所描述之特定特徵亦可組合地實施於一單一實施例中。相反地，一單一實施例之內文中所描述之各種特徵亦可單獨或依任何適合子組合實施於多項實施例中。此外，儘管特徵在上文中可描述為作用於特定組合中且甚至最初本身被主張，但在一些情況中，來自一主張組合之一或多個特徵可自該組合刪去，且該主張組合可針對一子組合或一子組合之變動。

類似地，儘管圖式中依一特定順序描繪操作，但此不應被理解為要求依所展示之特定順序或依循序順序執行此等操作或執行所有繪示操作以達成所要結果。此外，圖式可示意性地描繪呈一流程圖形式之一或多個實例性程序。然而，圖中未描繪之其他操作可併入圖中已示意性地繪示之實

例性程序中。例如，可在所繪示操作之任何者之前、在所繪示操作之任何者之後、與在所繪示操作之任何者同時地或在所繪示操作之任何者期間執行一或多個額外操作。在特定情況中，多任務及並行處理可為有利的。此外，上文所描述之實施例中之各種系統組件之分離不應被理解為在所有實施例中需要此分離，而是應瞭解，所描述之程式組件及系統一般可一起整合於一單一軟體產品中或封裝至多個軟體產品中。另外，其他實施例係在下列申請專利範圍之範疇內。在一些情況中，申請專利範圍中之所敘述之動作可依一不同順序執行且仍達成所要結果。

本發明包含可使用本發明裝置來執行之方法。方法可包括提供此一適合裝置之動作。此設置可由最終使用者執行。換言之，「提供」動作僅需要最終使用者獲得、存取、解決、定位、設置、啟動、通電或其他動作以提供本發明方法中之所需裝置。本文中所敘述之方法可依邏輯上可行之敘述事件之任何順序及依事件之敘述順序實施。

上文已闡述本發明之實例性態樣及與材料選擇及製造相關之細節。關於本發明之其他細節，其可結合上文所引用之專利及公開案來理解且一般已為熟習技術者所知或理解。上述內容同樣適用於與本發明之基於方法之態樣相關之額外常用或邏輯上所採用之動作。

另外，儘管已參考視情況併入各種特徵之若干實例來描述本發明，但本發明不受限於描述或指示為相對於本發明之各變體所考量之內容。可在不背離本發明之真實精神及範疇之情況下對本發明作出各種改變且置換等效物(無論是否為本文中所敘述或為簡潔起見，未被包含)。另外，當提供一值範圍時，應瞭解，該範圍之上限與下限之間的每個中間值及該規定範圍內之任何其他規定或中間值係涵蓋於本發明內。

此外，可預期，可獨立地或與本文中所描述之特徵之任何一或多者組合地闡述及主張所描述之發明變型之任何選用特徵。參考一單數項包含存在複數個相同項之可能性。更明確而言，如本文及其相關聯之申請專利範圍中所使用，除非另外明確規定，否則單數形式「一」、及「該」包含複數指涉項。換言之，在以上描述及與本發明相關聯之申請專利範圍中，使用冠詞將標的項之「至少一者」考量在內。應進一步注意，此申請專利範圍可經制定以排除任何選用元件。因而，此陳述意欲用作結合主張元件之敘述來使用諸如「僅」、「只」及其類似者之排他性術語或使用一「否定」限制的前置基礎。

在未使用此等排他性術語之情況中，與本發明相關聯之請求項中之術語「包括」應允許包含任何額外元件(不論此等請求項中是否已列舉給定數目個元件)，或新增一特徵可被視為變換此等請求項中所闡述之一元件之性質。除非本文中明確界定，否則本文中所使用之所有科技術語應儘可能被給予一通常所理解之廣義含義，同時維持請求項有效性。

本發明之廣度不受限於所提供之實例及/或本說明書，而是僅受限於與本發明相關聯之申請專利範圍之範疇。

【符號說明】

10	擴增實境場景
20	似真實世界公園背景
30	混凝土平台
40	機器人塑像
50	卡通類化身角色
60	頭戴式顯示系統

70	顯示器
80	框架
90	使用者/觀看者
100	揚聲器
110	麥克風
120a	感測器
120b	通信鏈路
130	通信鏈路
140	本端資料處理模組
150	遠端處理模組
160	遠端資料儲存庫
170	通信鏈路
180	通信鏈路
190	影像
200	影像
210	眼睛
220	眼睛
230	距離
240	深度平面
240a至240f	深度平面
250	顯示系統
260	堆疊波導總成
270	波導

280	波導
290	波導
300	波導
310	波導
320	特徵/透鏡
330	特徵/透鏡
340	特徵/透鏡
350	特徵/透鏡
360	影像注入裝置
370	影像注入裝置
380	影像注入裝置
390	影像注入裝置
400	影像注入裝置
410	輸出表面
420	輸出表面
430	輸出表面
440	輸出表面
450	輸出表面
460	輸入表面
470	輸入表面
480	輸入表面
490	輸入表面
500	輸入表面

510	外界
520	光投射器系統
530	光模組/光源
540	光調變器
550	分束器
560	控制器
570	出光耦合光學元件
580	出光耦合光學元件
590	出光耦合光學元件
600	出光耦合光學元件
610	出光耦合光學元件
620	補償透鏡層
630	攝影機總成
640	光
650	出射光束
660	波導組
670	波導
680	波導
690	波導
700	入光耦合元件
710	入光耦合元件
720	入光耦合元件
730	光分佈元件

740	光分佈元件
750	光分佈元件
760a	層
760b	層
770	光線
780	光線
790	光線
800	出光耦合光學元件
810	出光耦合光學元件
820	出光耦合光學元件
1000	液晶層
1001a	域
1001b	域
1001c	域
1001d	域
1001e	域
1001f	域
1002a	主表面
1002b	主表面
1003	表面法線
1005a	液晶分子
1005b	液晶分子
1010a	子層

1010b	子層
1010c	子層
1010d	子層
1100	壓印模板
1101a	域
1101b	域
1101c	域
1201	基板
1203	聚合物液晶(PLC)層
1205	壓印模板
1207	液晶材料層
1209	第二PLC層
1211	第二液晶材料層
1213	第三PLC層
1215	第三液晶材料層
1301	第一域
1303	第二域
1305	第三域
1401a	基板
1401b	基板
1403	對準層
1404a	氧化銦錫(ITO)層
1404b	ITO層

1407	液晶層
1420	電極層
1425	電極層
1501	基板
1503	PLC層
1505	壓印層/壓印模板
1520	液晶材料層
1600	繞射透鏡
1605	第一區
1610	區
1655	第十區
1660	區域
1662	區域
1664	區域
1666	區域
1670	壓印層
1672	區域
1674	區域
1680	區域
1682	區域
1684	區域
1686	區域
1688	區域

1701	基板
1703	液晶(LC)層
1710	紫外線(UV)輻射
d	域間隙
d ₁	域間隙
d ₂	域間隙
d ₃	域間隙
D	深度
R1	距離
R2	距離
R3	距離
T	厚度
λ	寬度
Λ	間隙
Φ	扭轉角

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種光學裝置，其包括具有一第一主表面、一第二主表面及一厚度之一液晶層，該第一主表面及該第二主表面跨一橫向方向延伸且該厚度沿平行於該第一主表面或該第二主表面之一表面法線之一方向延伸，該液晶層包括跨該液晶層之該厚度所分佈之複數個子層，該複數個子層之各者包括液晶分子之一單層，該等液晶分子之各者具有一縱軸，

各子層包括：

一第一域，其中該等液晶分子之複數者之該等縱軸經配置以形成一第一圖案；及

一第二域，其中該等液晶分子之複數者之該等縱軸經配置以形成一第二圖案；

其中藉由具有約10 nm至約50 nm之間的一距離D之一域間隙使該第一域沿該橫向方向而與該第二域側向間隔開，其中該域間隙中之該等液晶分子之該等縱軸自該第一圖案逐漸轉變至該第二圖案。

【第2項】

如請求項1之裝置，其中該複數個子層之一子層之該第一域之該等分子之該等縱軸相對於相鄰於該子層之一子層之該第一域之該等分子之該等縱軸扭轉。

【第3項】

如請求項1之裝置，其進一步包括一第二液晶層，其中該第二液晶層之液晶分子經組態以分別在該第一域及該第二域中自對準於該第一方向及該第二方向。

【第4項】

如請求項3之裝置，其中該液晶層或該第二液晶層包括可聚合液晶材料。

【第5項】

如請求項3之裝置，其進一步包括該第二液晶層上方之一第三液晶層，其中該第三液晶之複數個液晶分子沿一第三方向配置。

【第6項】

如請求項5之裝置，其進一步包括該第三液晶層上方之一第四液晶層，其中該第四液晶層之複數個液晶經組態以自對準於該第三方向。

【第7項】

如請求項6之裝置，其中該液晶層、該第二液晶層或該第四液晶層之至少一者安置於一波導上方。

【第8項】

如請求項7之裝置，其中該第二液晶層及/或該第四液晶層包括數個入光耦合光學元件，該等入光耦合光學元件經組態以將一入射光束入光耦合至該波導中，使得該入射光束藉由全內反射來傳播穿過該波導。

【第9項】

如請求項8之裝置，其進一步包括經組態以經由該等入光耦合光學元件將光導引至該波導中之一光調變裝置。

【第10項】

如請求項7之裝置，其中該液晶層、該第二液晶層或該第四液晶層之至少一者包括經組態以出光耦合藉由全內反射來傳播穿過該波導之一入射光束之數個出光耦合光學元件。

【第11項】

如請求項7之裝置，其中該液晶層、該第二液晶層或該第四液晶層之至少一者包括經組態以使藉由全內反射來傳播穿過該波導之光重定向之數個正交光瞳擴張器，其中該經重定向之光繼續藉由全內反射來傳播穿過該波導。

【第12項】

如請求項1之裝置，其中該液晶層包括數個入光耦合光學元件，該等入光耦合光學元件經組態以將一入射光束入光耦合至一波導中，使得一入射光束藉由全內反射來傳播穿過該波導。

【第13項】

如請求項1之裝置，其中該液晶層可包括經組態以出光耦合藉由全內反射來傳播穿過一波導之光束之數個出光耦合光學元件。

【第14項】

如請求項1之裝置，其中該第一域中之該複數個液晶分子之該等縱軸沿一第一方向對準且該第二域中之該複數個液晶分子之該等縱軸沿一第二方向對準，且

其中該域間隙中之該等液晶分子之該等縱軸自該第一方向逐漸轉變至該第二方向。

【第15項】

一種液晶裝置，其包括：

一基板；及

一液晶材料層，其具有相鄰於該基板之一第一表面及與該第一表面對置之一第二表面，

其中該第二表面上之該液晶材料層之第一複數個分子經配置以形成一第一圖案且該第二表面上之該液晶材料層之第二複數個分子經配置以形成一第二圖案，其中藉由具有約20 nm至約100 nm之間的一距離之一間隙使該第一複數個分子與該第二複數個分子間隔開，且其中該間隙中之該液晶材料層之分子經配置以自該第一圖案逐漸轉變至該第二圖案。

【第16項】

如請求項15之液晶裝置，其包含於一顯示系統之一波導中，且經組態以選擇性地將來自一多工光流之至少一光流入光耦合至該波導中且透射來自該多工光流之一或多個其他光流。

【第17項】

一種液晶裝置，其包括：

一基板；

一材料，其具有相鄰於該基板之一第一表面及與該第一表面對置 (opposite)之一第二表面，該材料包括：

一第一圖案，其位於該第二表面上；及

一第二圖案，其不同於該第一圖案且位於該第二表面上，

其中藉由具有約20 nm至約100 nm之間的一距離之一間隙使該第一圖案與該第二圖案間隔開；及

一液晶材料層，其位於該材料之該第二表面上，其中在該間隙中之液晶材料分子經配置以自對應於該第一圖案之一圖案逐漸轉變至對應於該第二圖案之一圖案，其中對應於該第一圖案之該圖案及對應於該第二圖案之該圖案傳播穿過該液晶材料層之一厚度。

【第18項】

如請求項17之液晶裝置，其包含於一頭戴式顯示器之一目鏡中，且經組態以選擇性地將來自一多工光流(multiplexed light stream)之至少一光流入光耦合該目鏡之一波導中且透射來自該多工光流之一或多個其他光流。

【第19項】

一種液晶透鏡，其包括：

一經圖案化基板，其包括：至少一第一區，其包括沿一第一方向定向之第一複數個特徵；及一第二區，其包括沿一第二方向定向之第二複數個特徵，其中該第一複數個特徵及該第二複數個特徵具有小於或等於約100 nm之一尺寸；及

一液晶層，其位於該經圖案化基板上方；

其中使該液晶層之分子自對準於該第一複數個特徵及該第二複數個特徵，

其中該至少第一區及該第二區包括數個同心環形區(concentric ring-shaped zones)。

【第20項】

如請求項19之液晶透鏡，其中該經圖案化基板包括一基板，該基板具有安置於其上之一經圖案化層。

【第21項】

如請求項19之液晶透鏡，其中該等區之一寬度隨與該經圖案化基板之一中心之距離而逐漸減小。

【第22項】

如請求項19之液晶透鏡，其中該等區之間無間隙。

【第23項】

如請求項19之液晶透鏡，其中該等區之間的一間隙小於或等於5 nm。

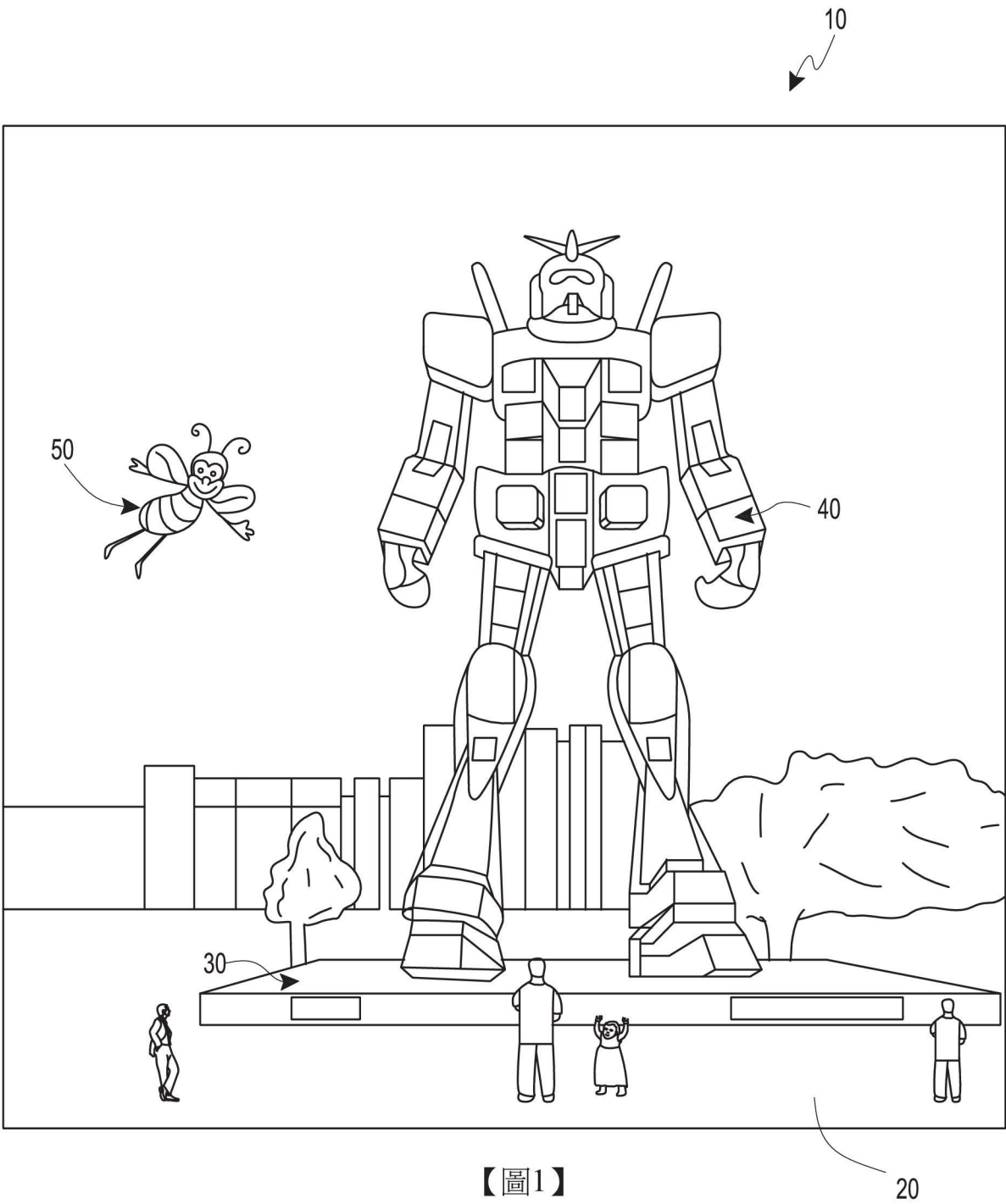
【第24項】

如請求項19之液晶透鏡，其中該透鏡包括一繞射透鏡。

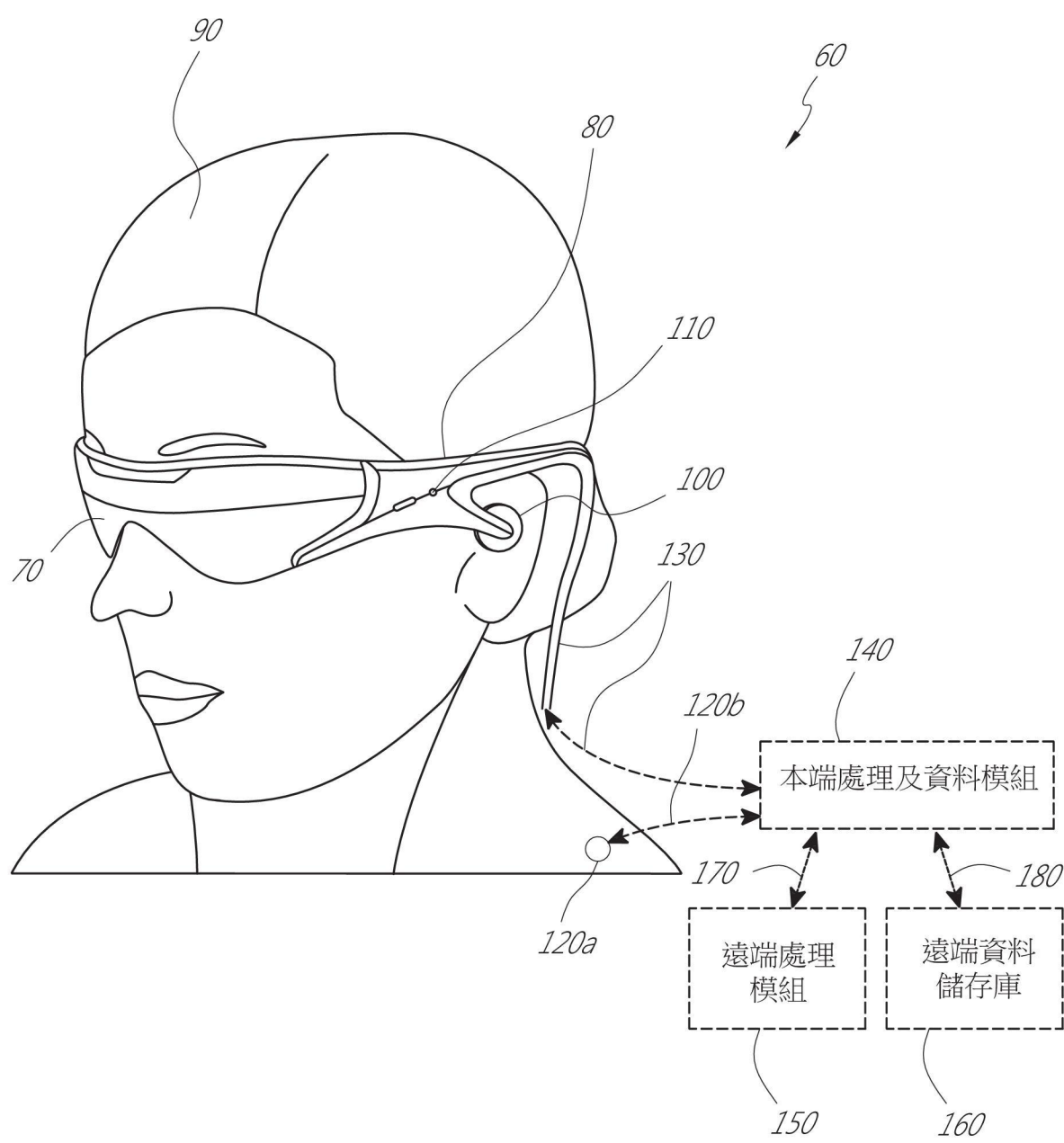
【第25項】

如請求項19之液晶透鏡，其經組態以提供光功率。

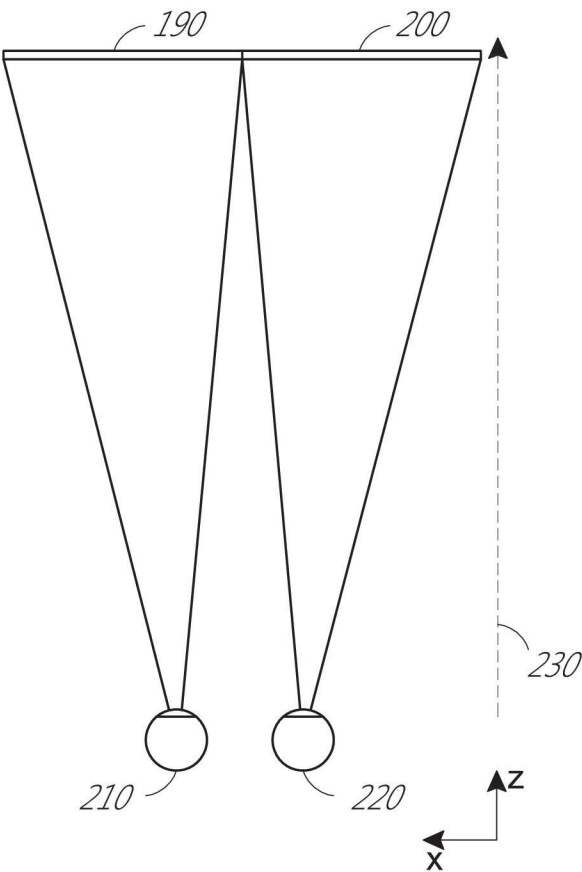
【發明圖式】



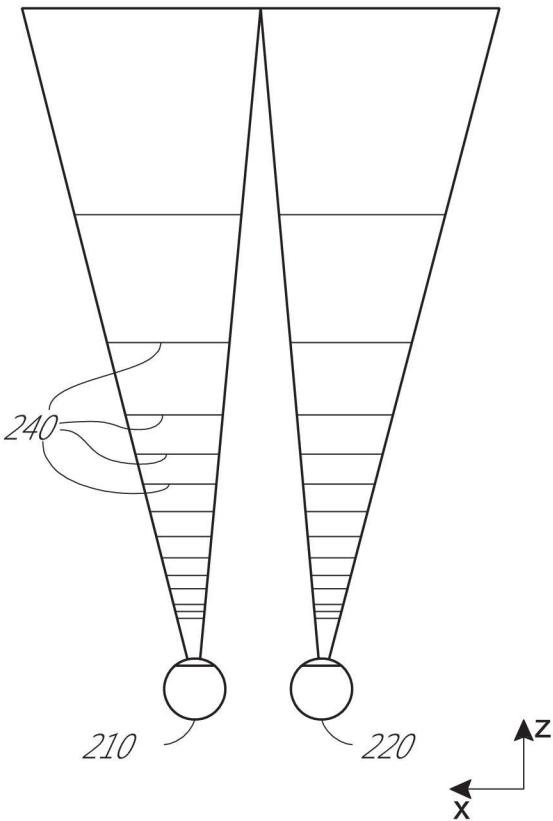
【圖1】



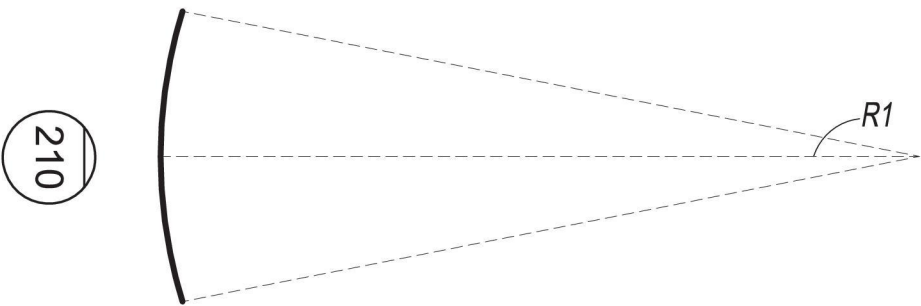
【圖2】



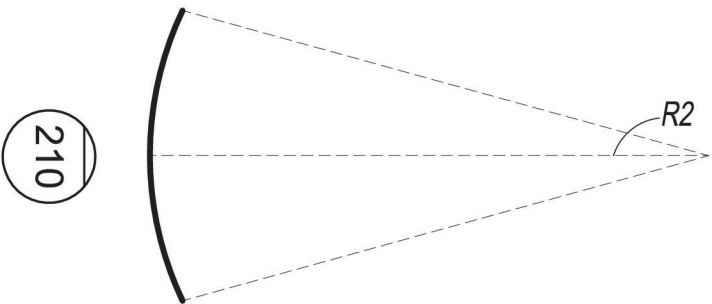
【圖3】



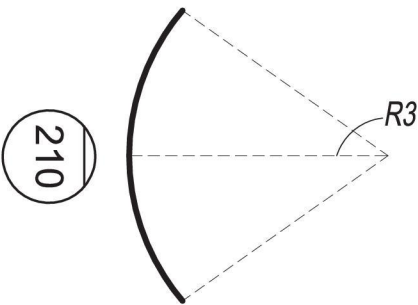
【圖4】



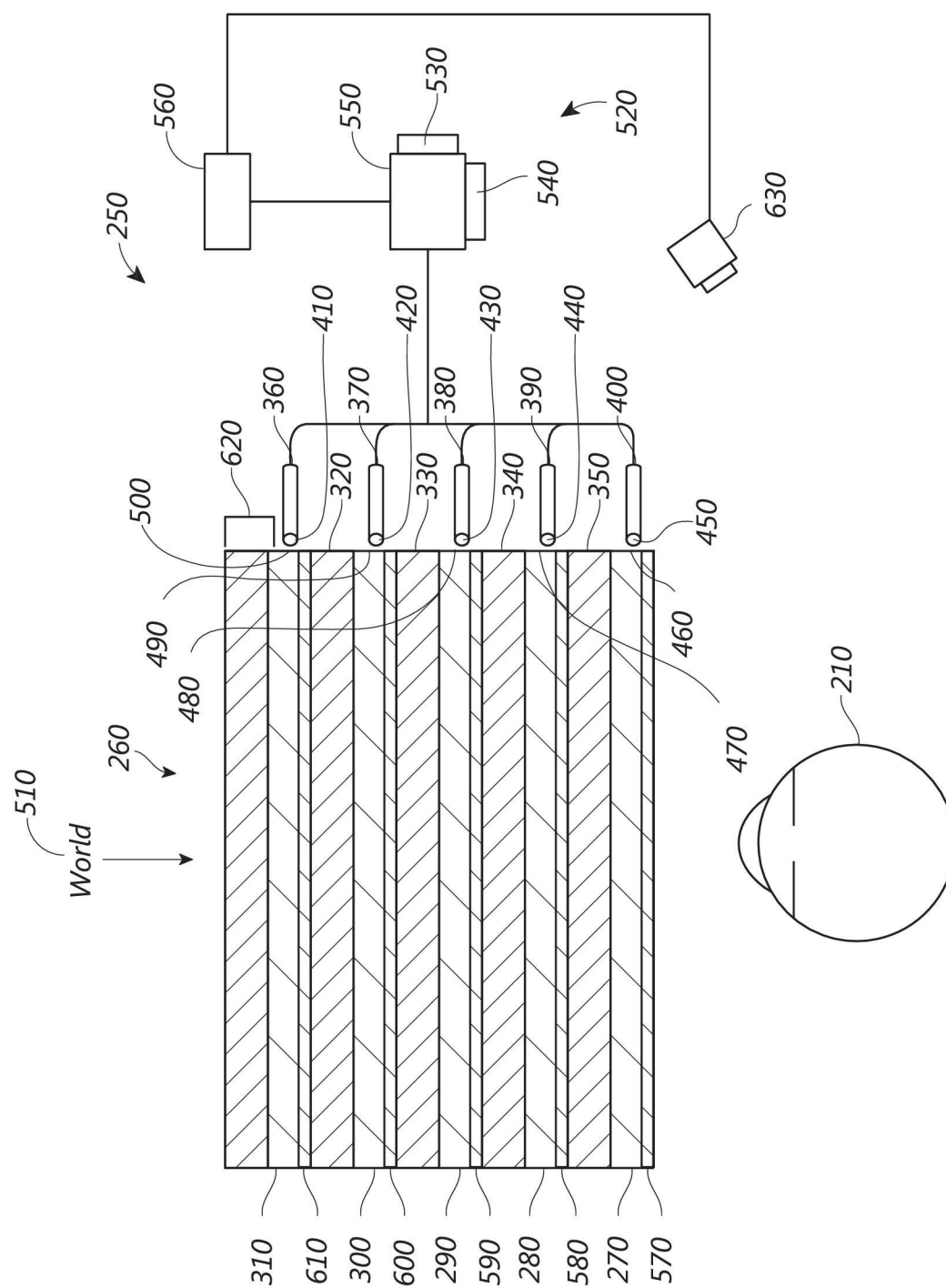
【圖5A】



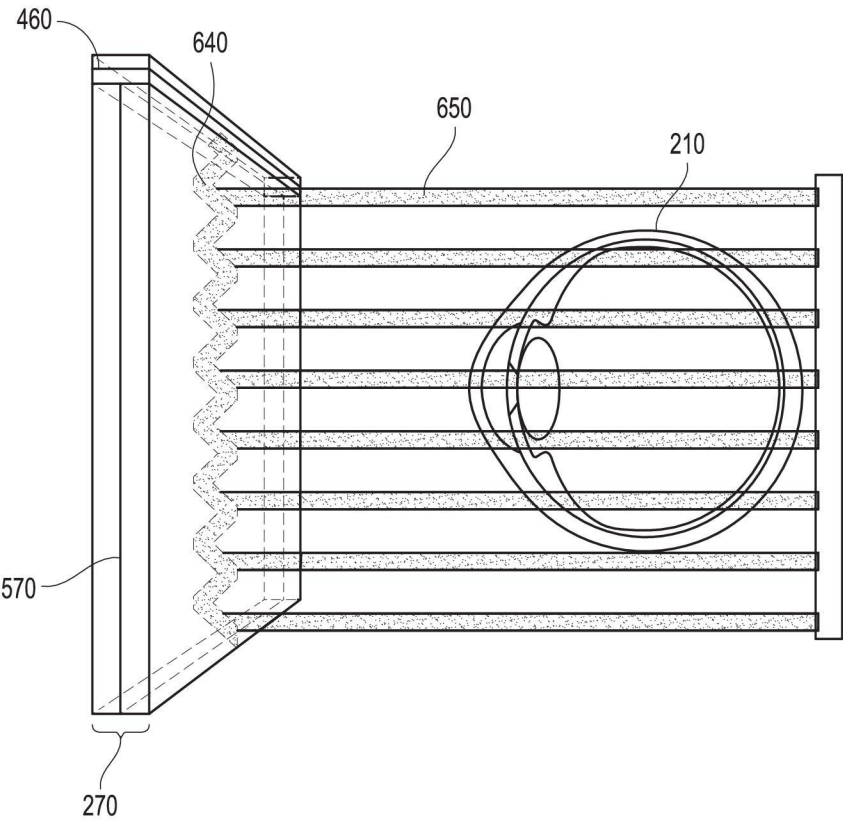
【圖5B】



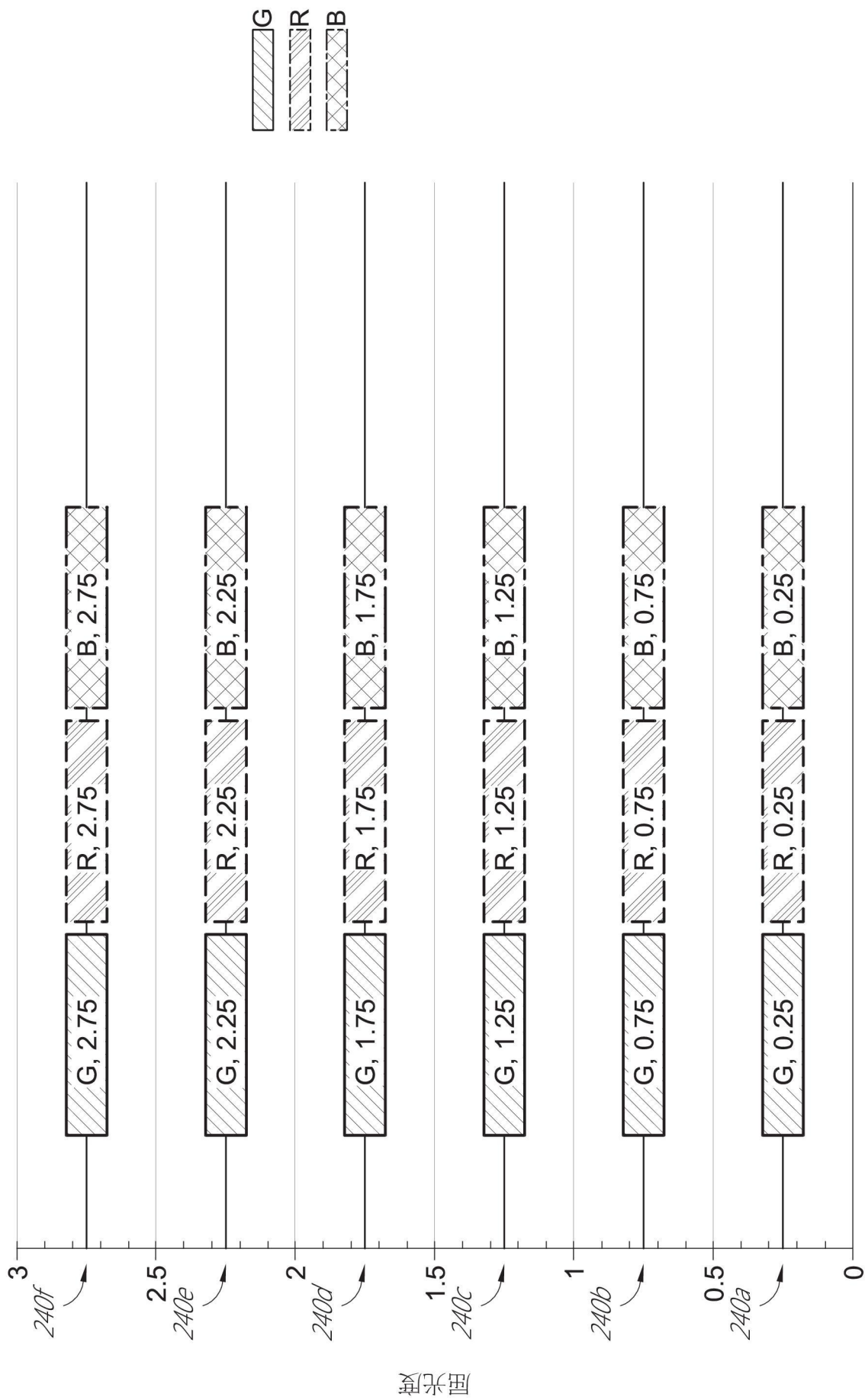
【圖5C】



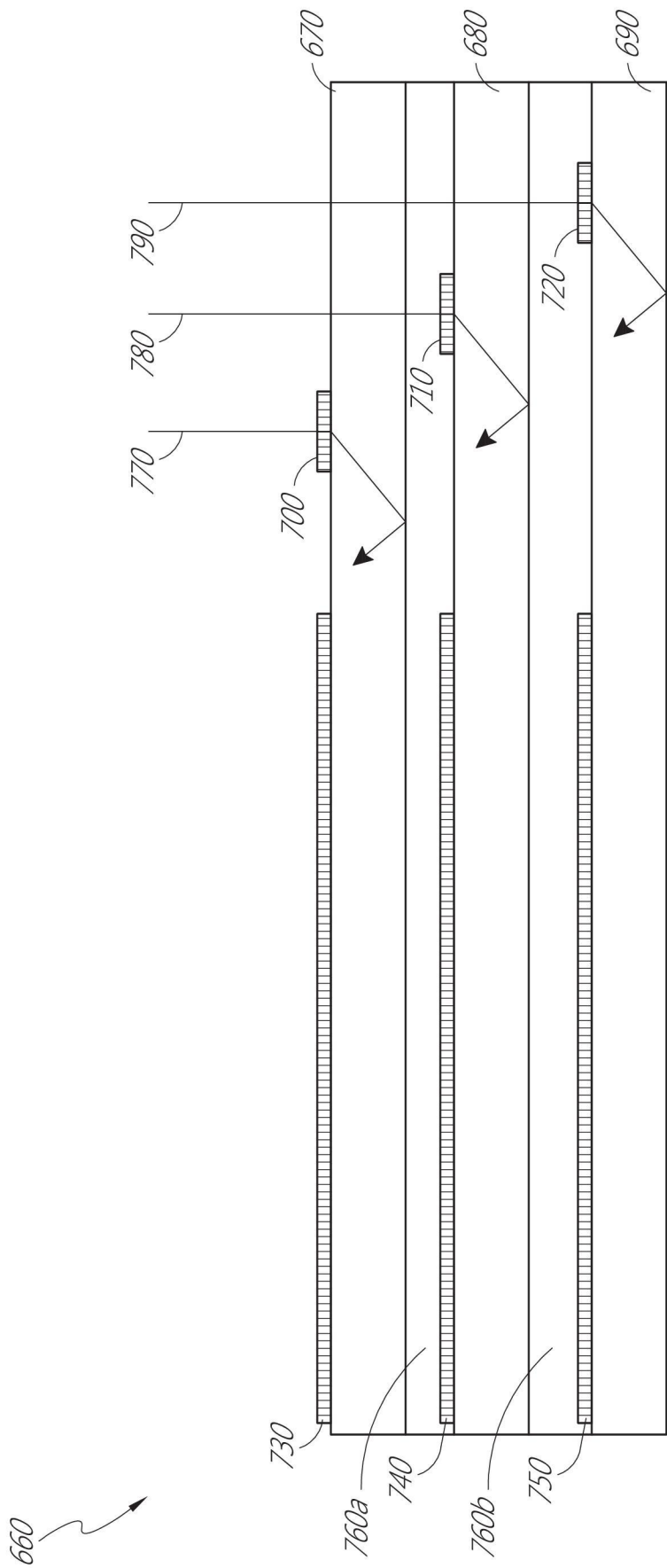
【6回】



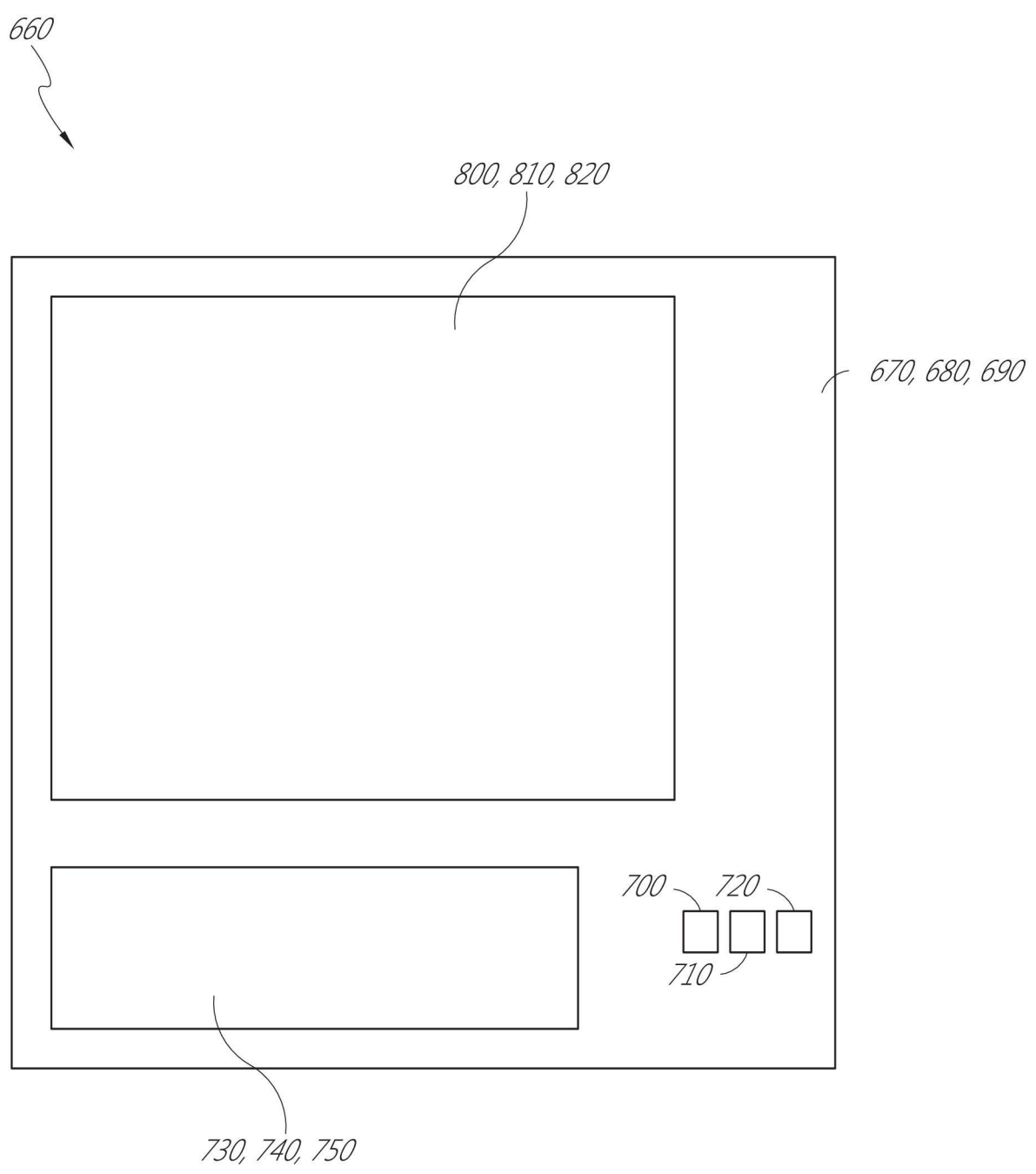
【圖7】



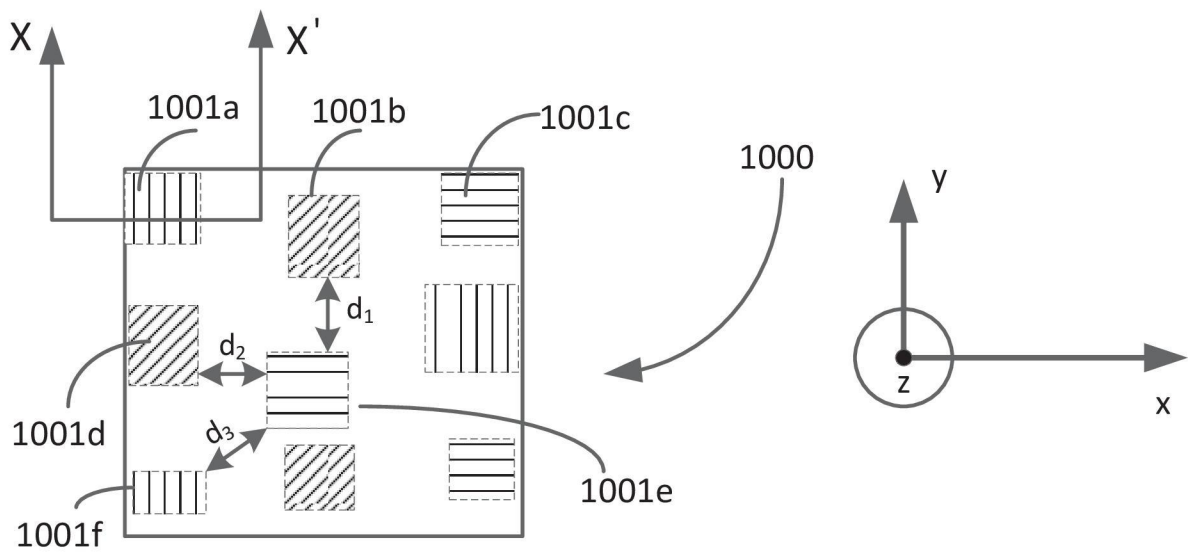
【圖8】



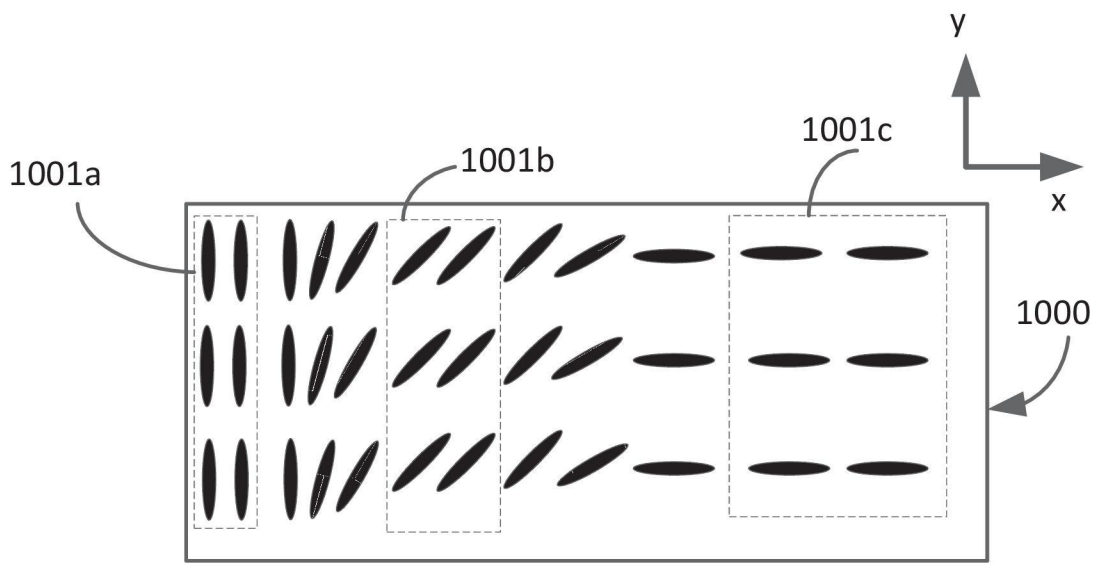
【圖9A】



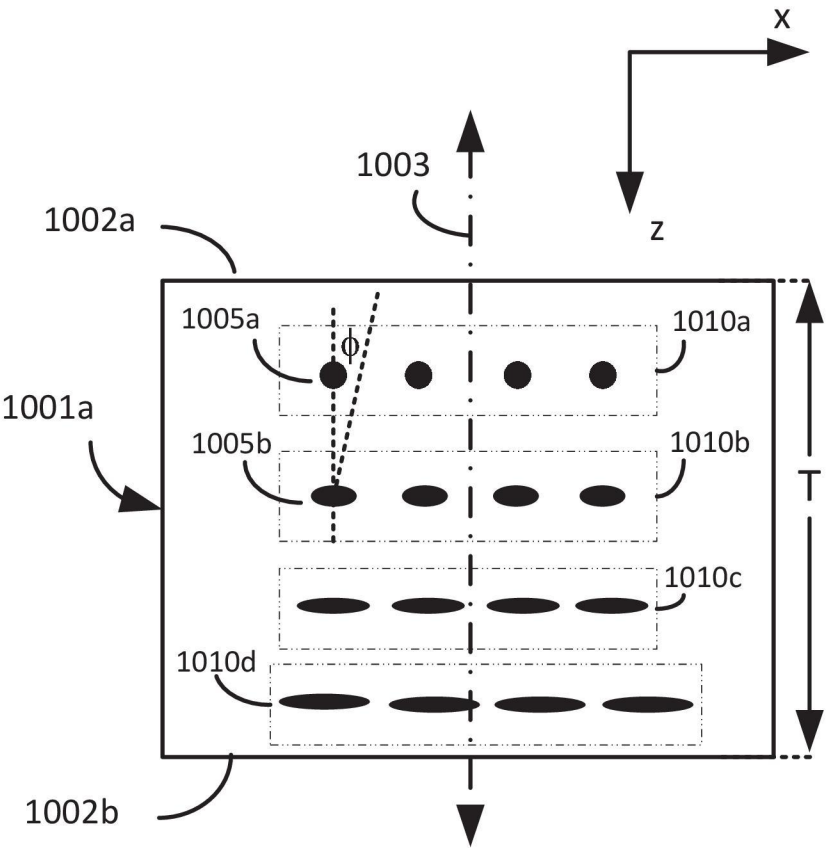
【圖9C】



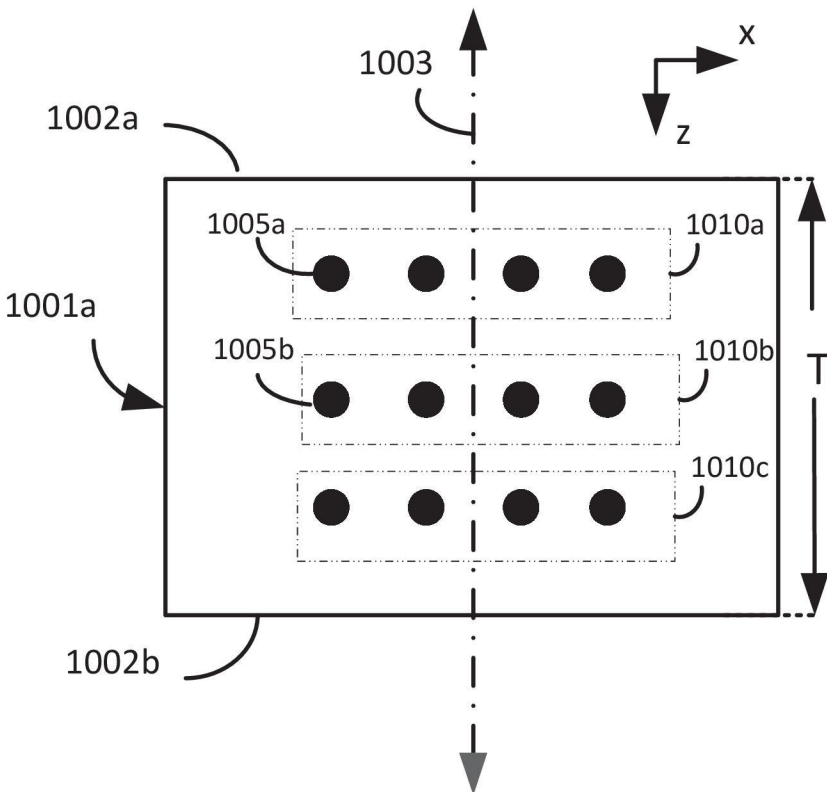
【圖10A】



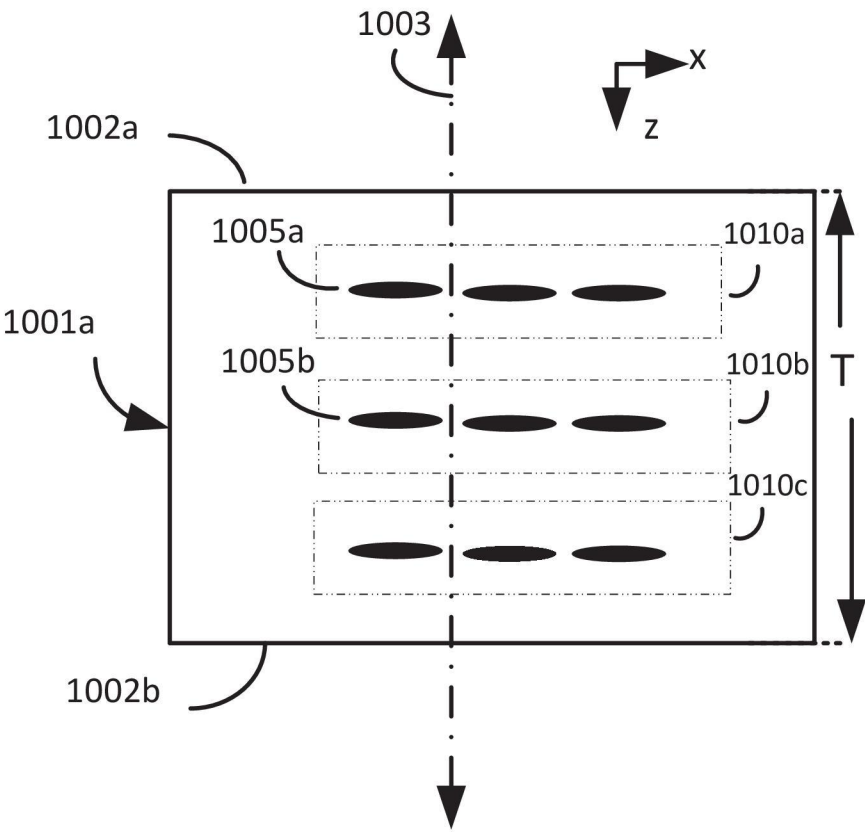
【圖10B】



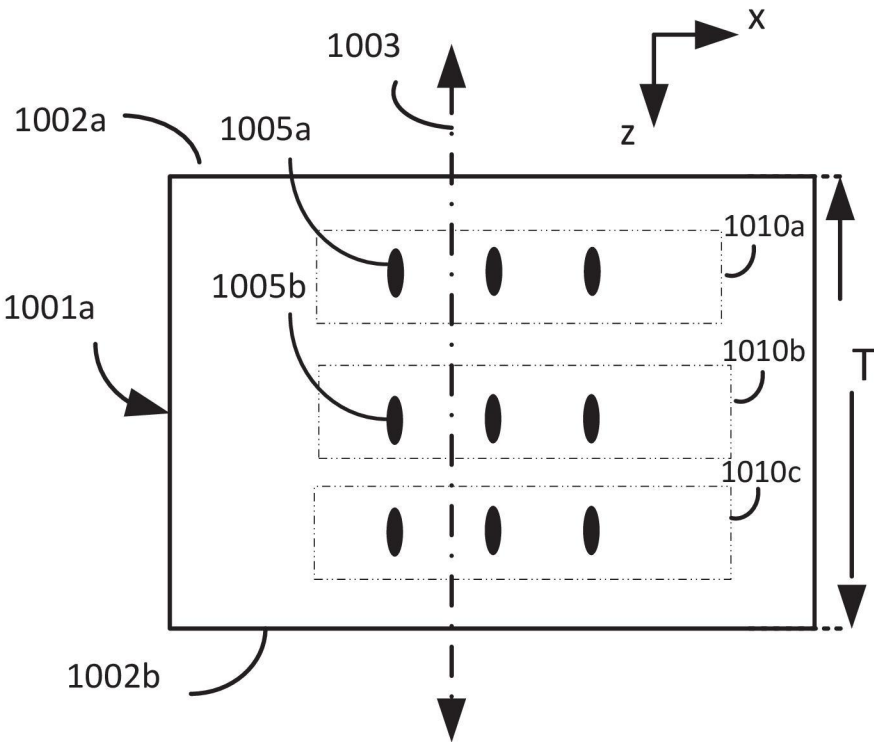
【圖10C】



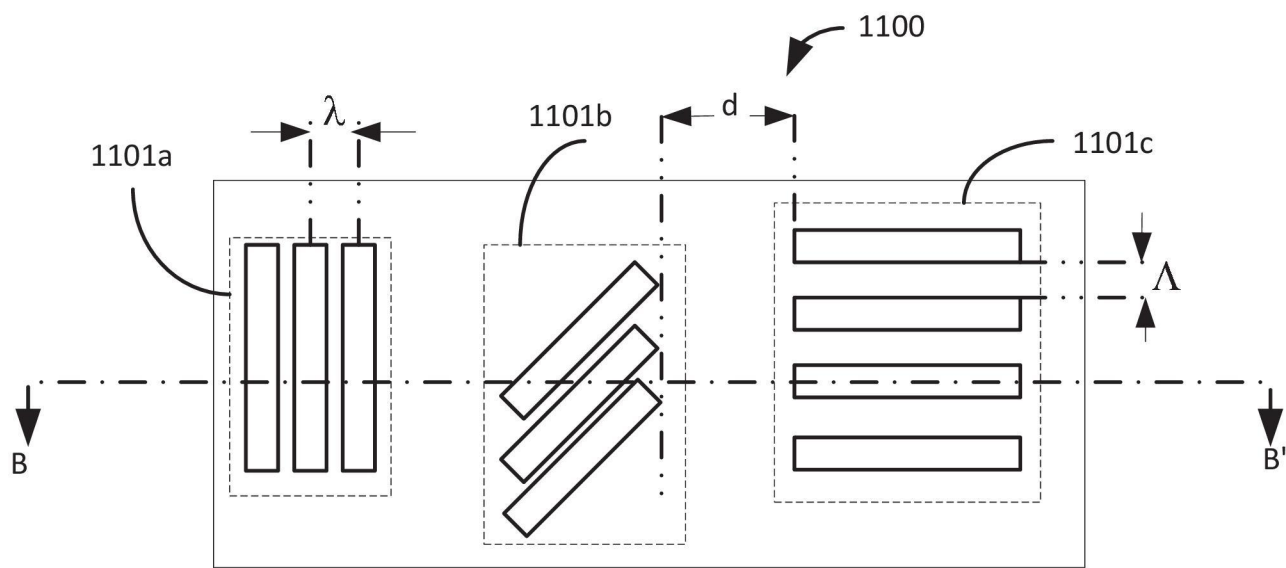
【圖10D】



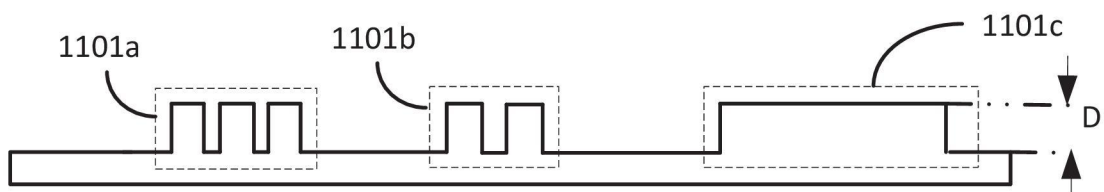
【圖10E】



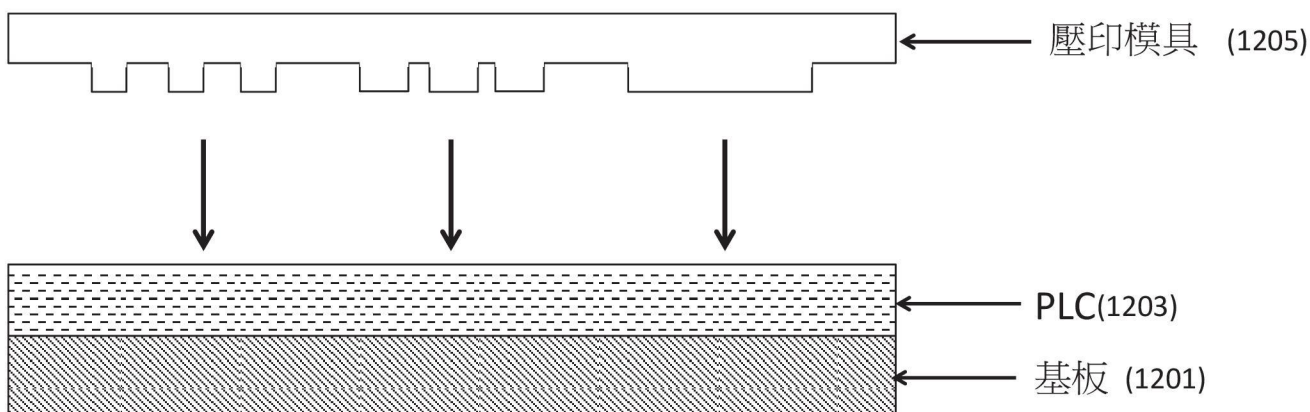
【圖10F】



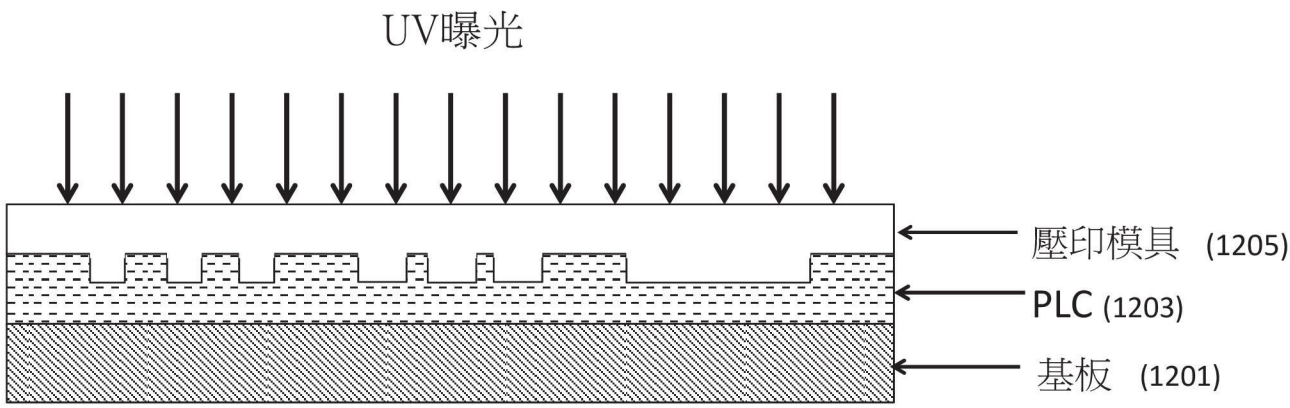
【圖11A】



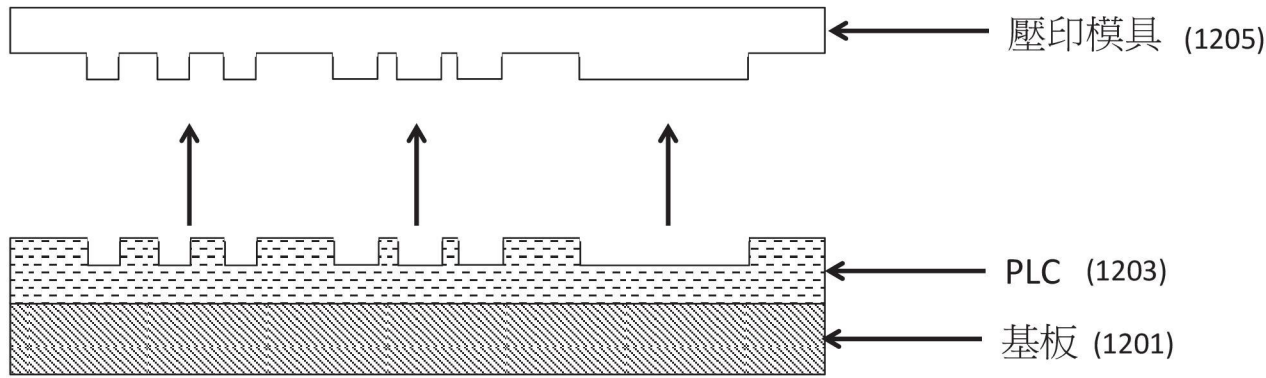
【圖11B】



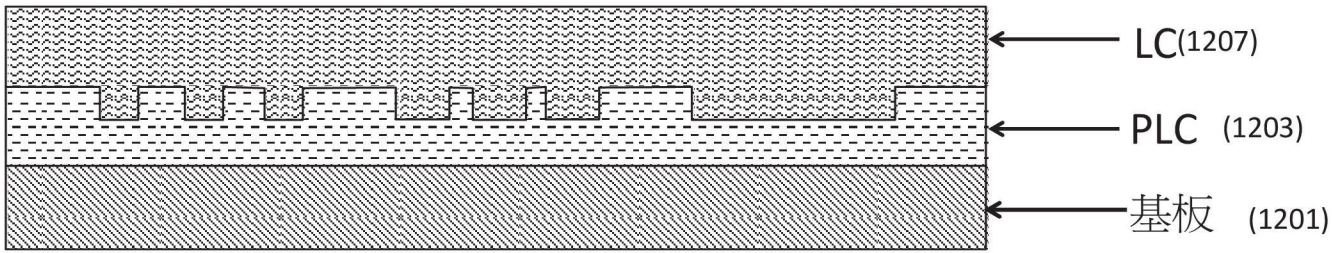
【圖12A】



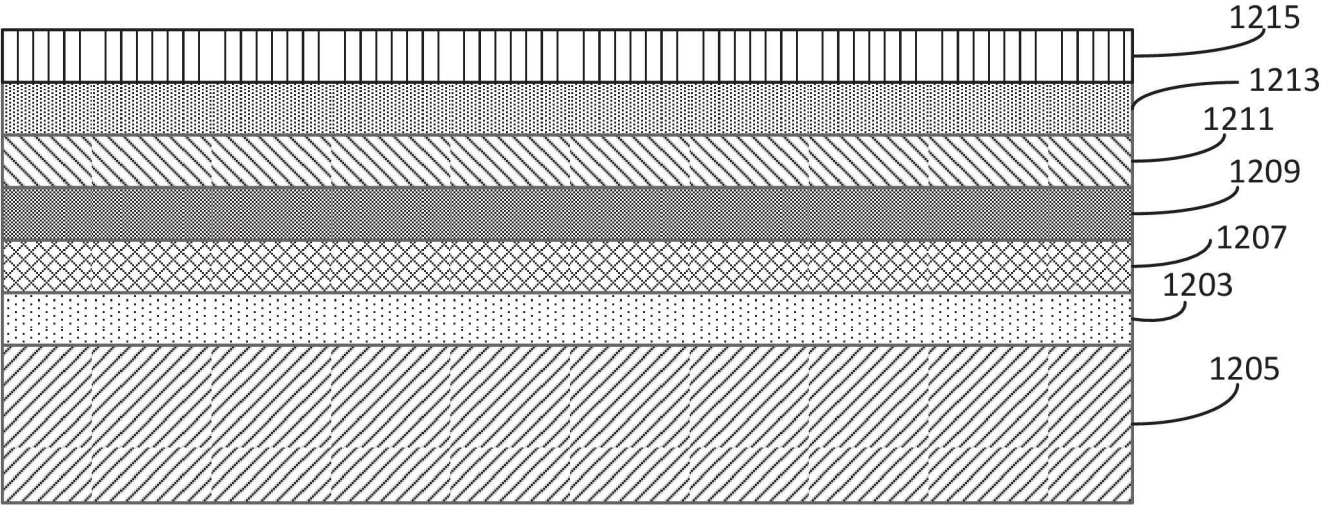
【圖12B】



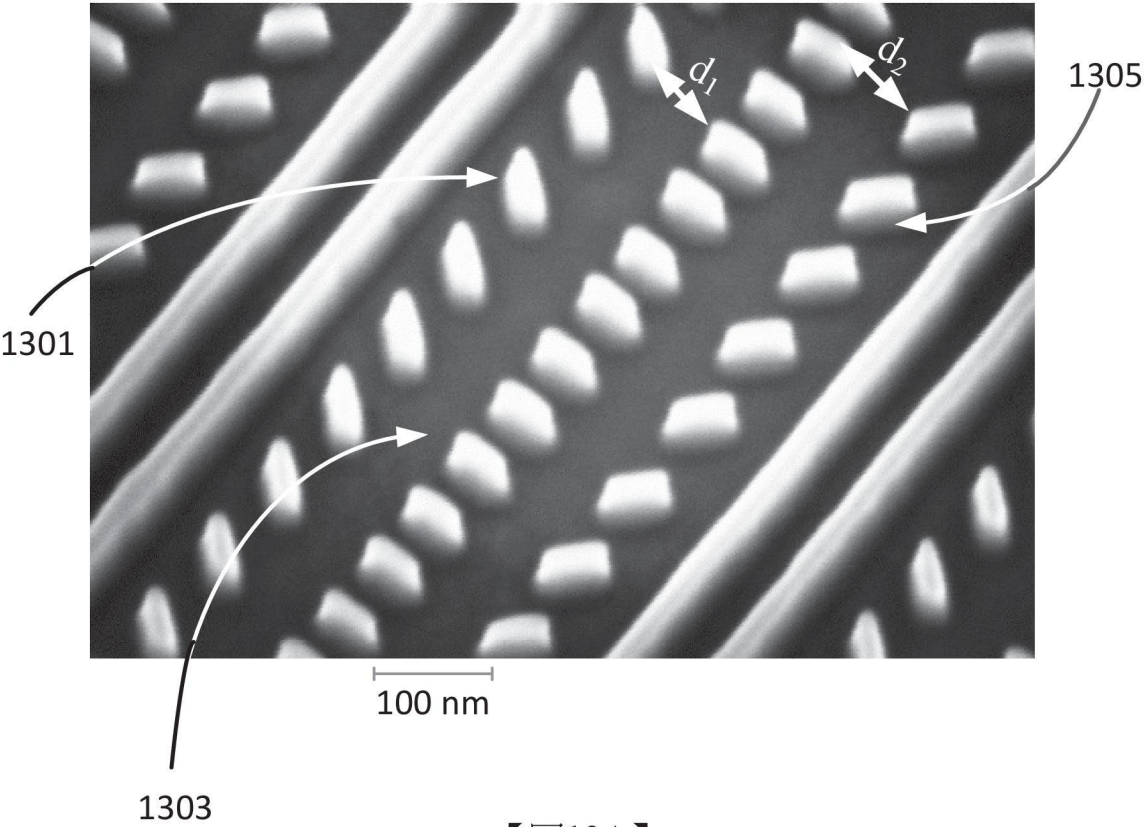
【圖12C】



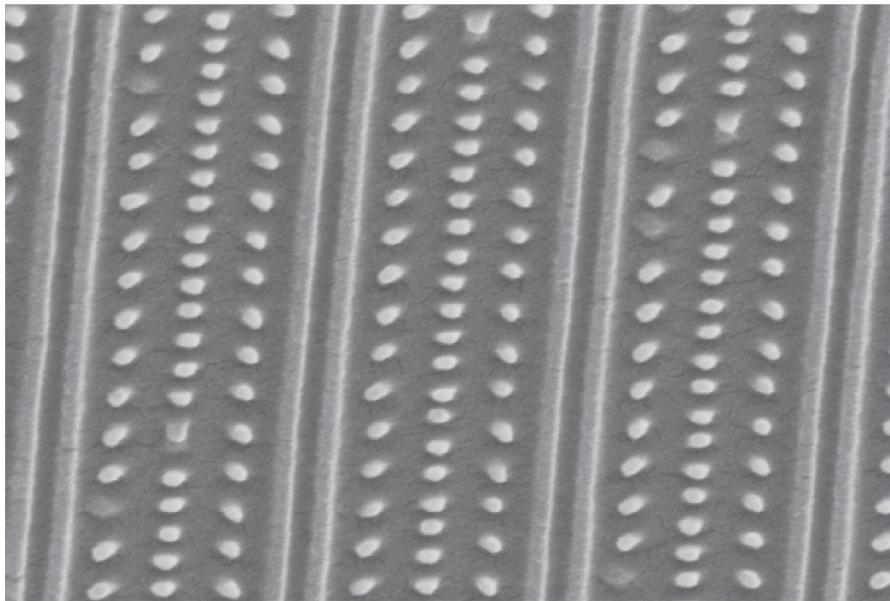
【圖12D】



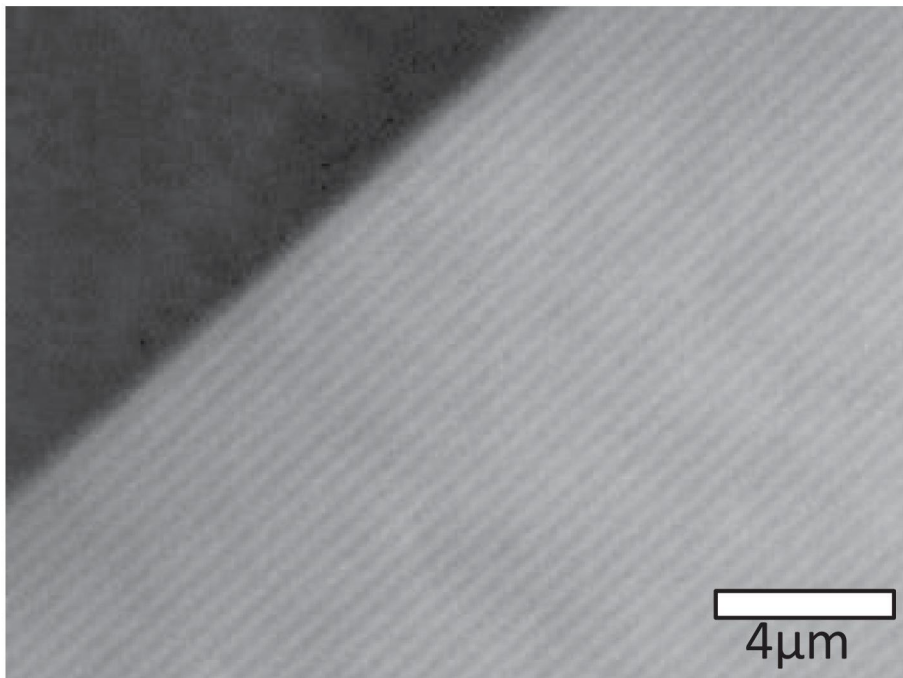
【圖12E】



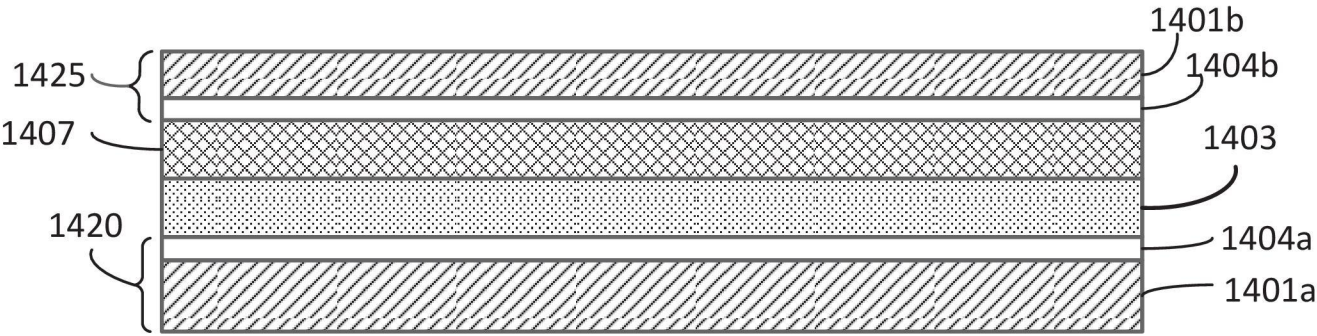
【圖13A】



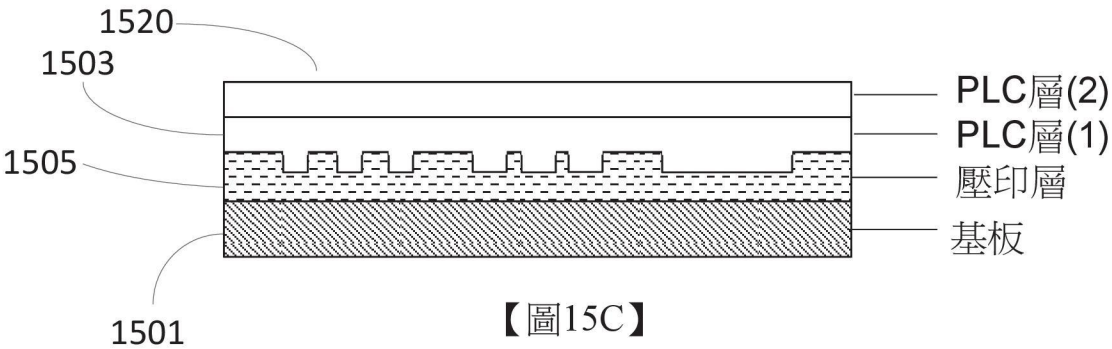
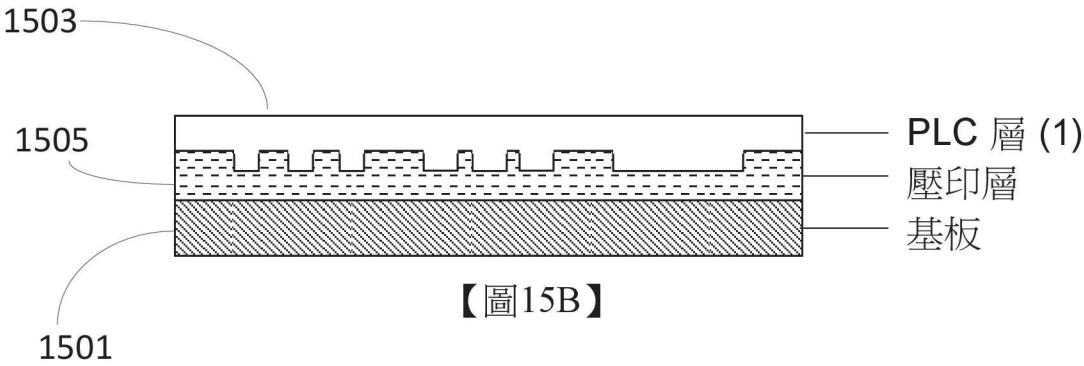
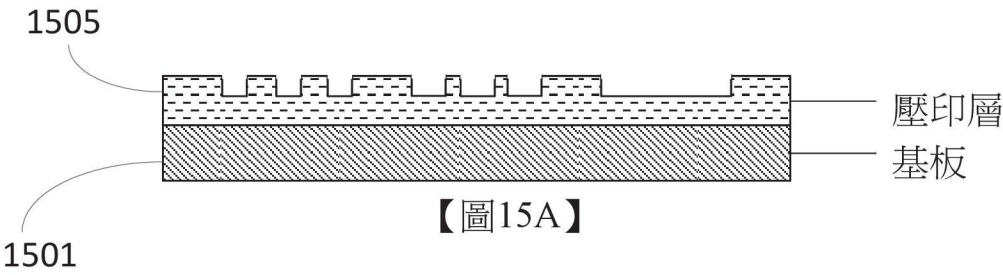
【圖13B】

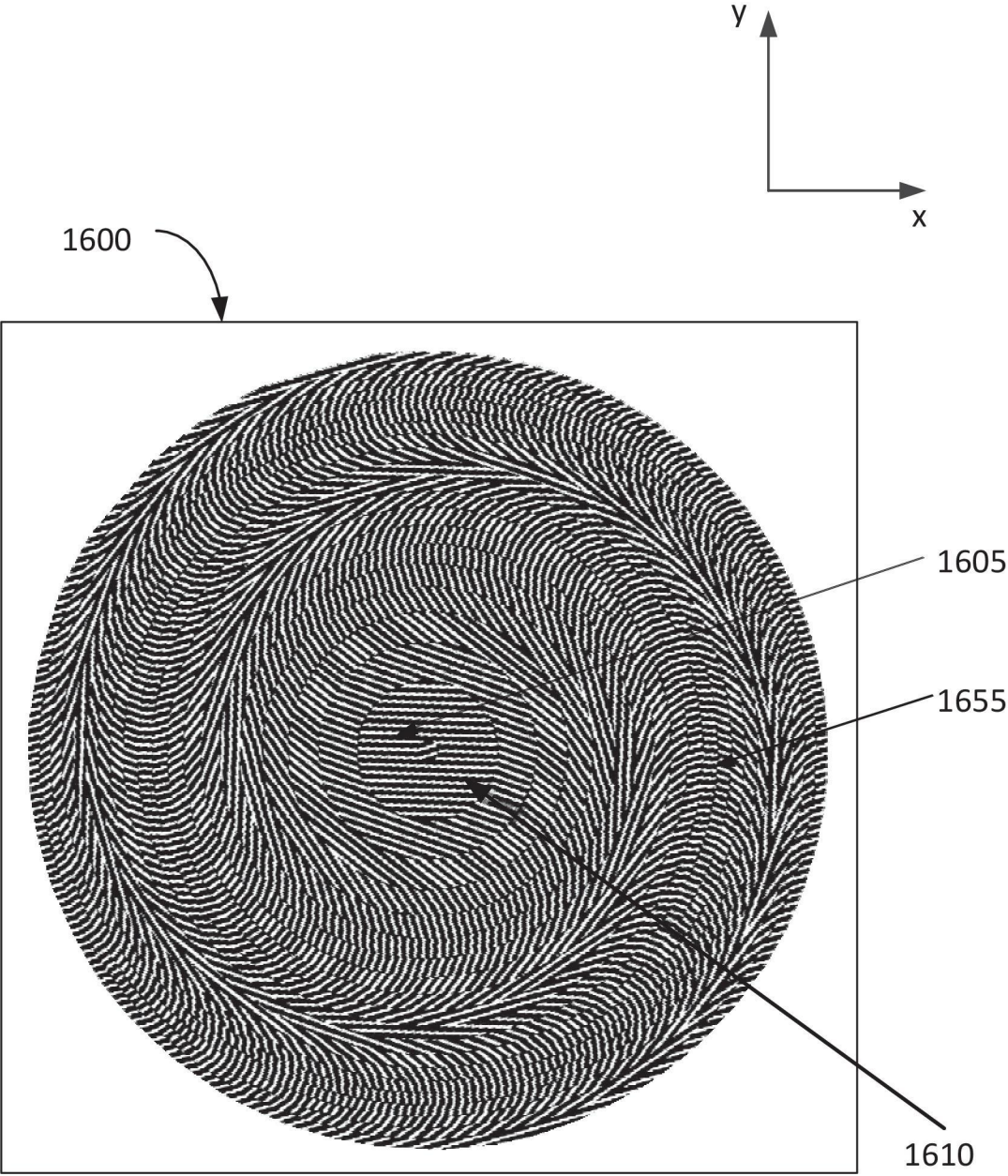


【圖13C】



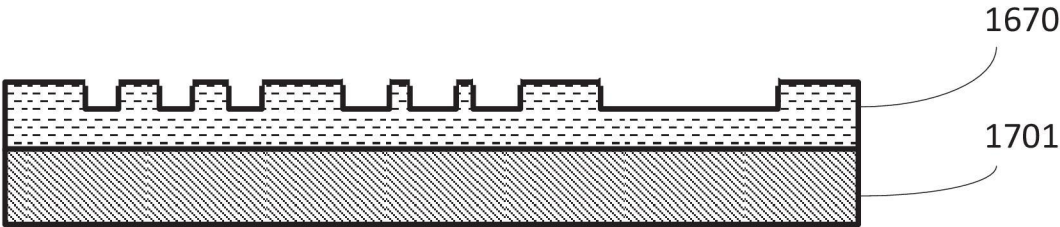
【圖14】



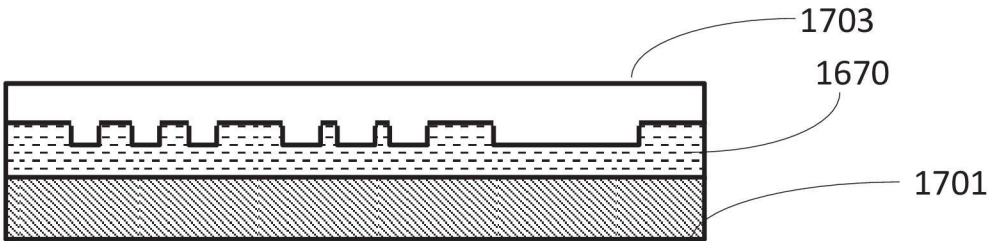


【圖16A】

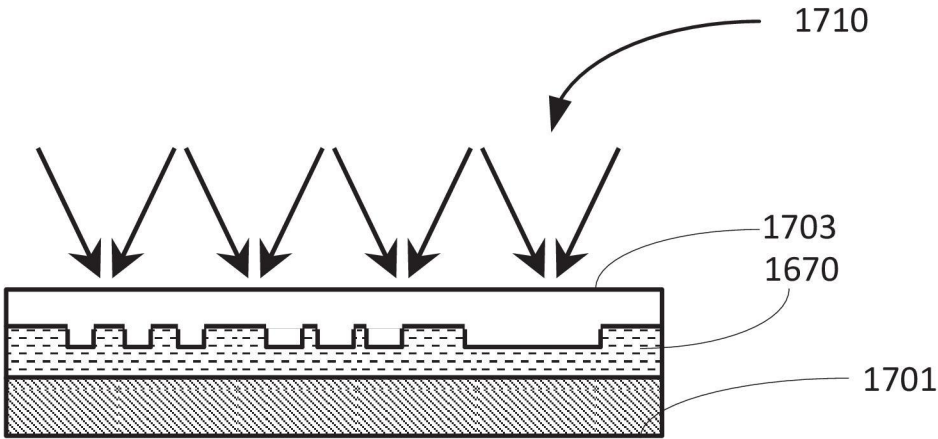




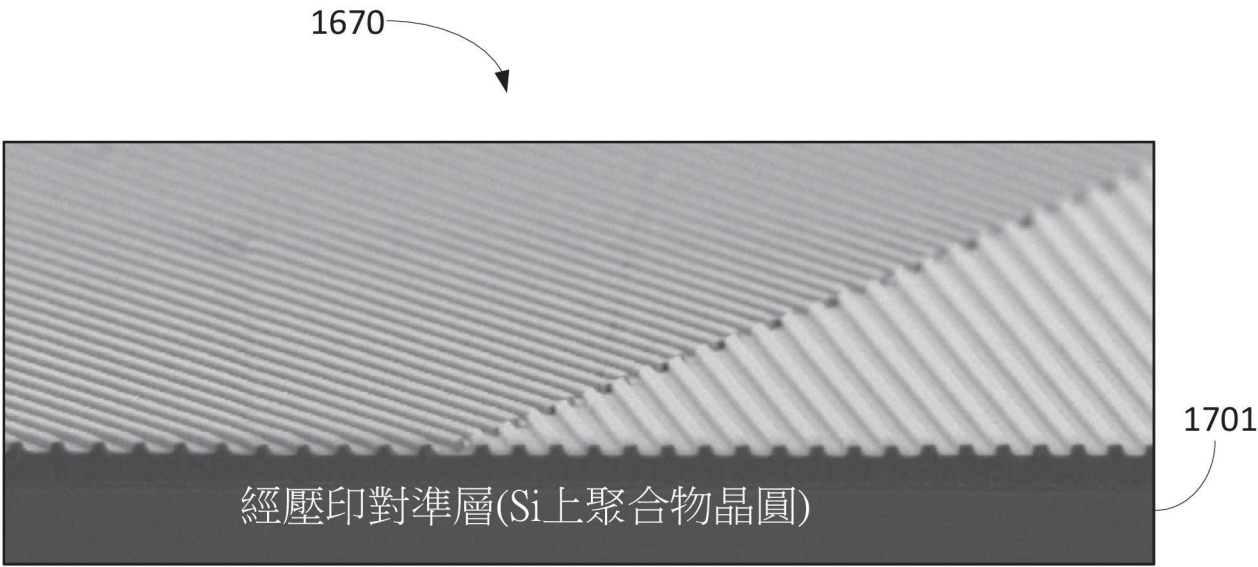
【圖17A】



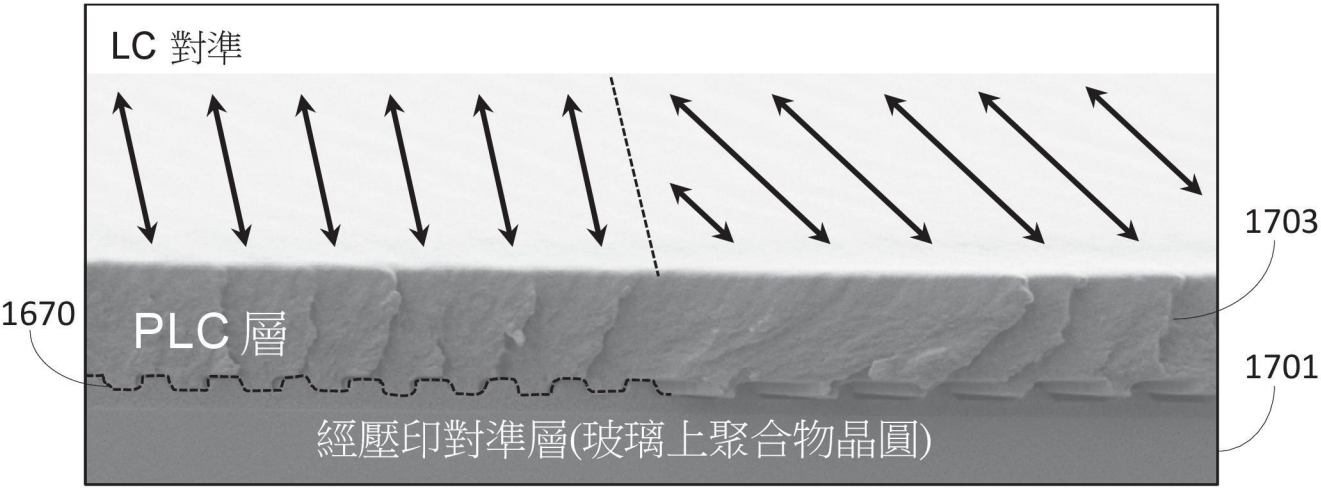
【圖17B】



【圖17C】



【圖18A】



【圖18B】