(19)中華民國智慧財產局
(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 201219868 A1
(43)公開日： 中華民國 101 (2012) 年 05 月 16 日

(21)申請案號：100124833 (22)申請日： 中華民國 100 (2011) 年 07 月 13 日
(51)Int. Cl.： *G02B6/13 (2006.01)* *G02B6/12 (2006.01)*
(30)優先權：2010/08/06 美國 12/852,371
(71)申請人：ＬＳＩ公司 (美國) LSI CORPORATION (US)
美國
(72)發明人：德魯卡 約翰 DELUCCA, JOHN (US)；卡格 詹母士 CARGO, JAMES (US)
(74)代理人：陳長文
申請實體審查：有 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：14 共 46 頁

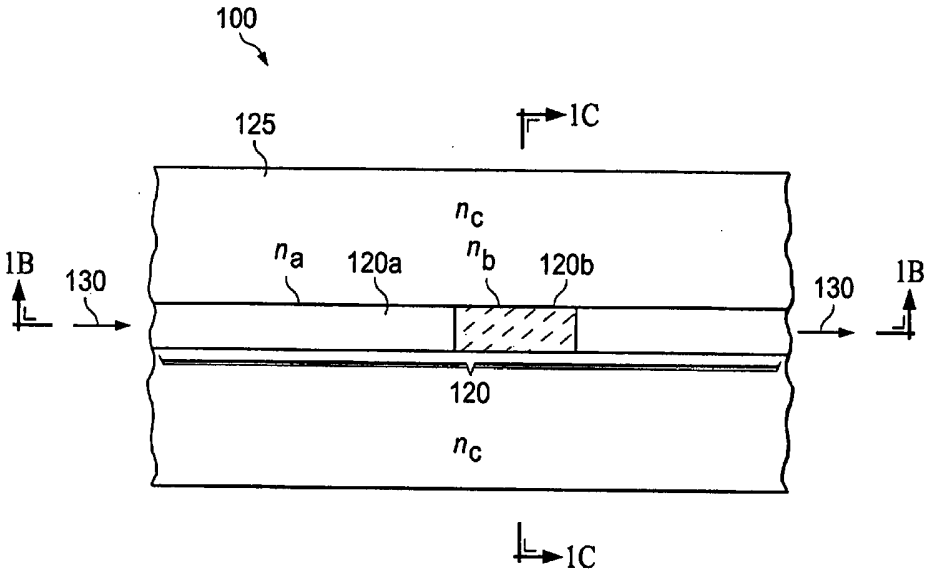
(54)名稱

藉由形態操控之半導體光學路徑之修改

MODIFICATION OF SEMICONDUCTOR OPTICAL PATHS BY MORPHOLOGICAL MANIPULATION

(57)摘要

本發明揭示一種光學裝置，其包含一基板及定位於該基板上之一光學路徑。光學路徑包含一半導體層，該半導體層進一步包含一波導核心區域。該核心區域包含具有一第一類型及一第一折射率之一形態的一第一半導體區域。該第一半導體區域經定位相鄰於一第二半導體區域，該第二半導體區域具有一第二類型及不同於該第一折射率之一第二不同折射率的一形態。



100：光學裝置
110：基板
120：核心區域
120a：區域
120b：區域
125：披覆層區域
130：光學信號
140：介電層
n_a：第一折射率
n_b：第二折射率

圖 1A

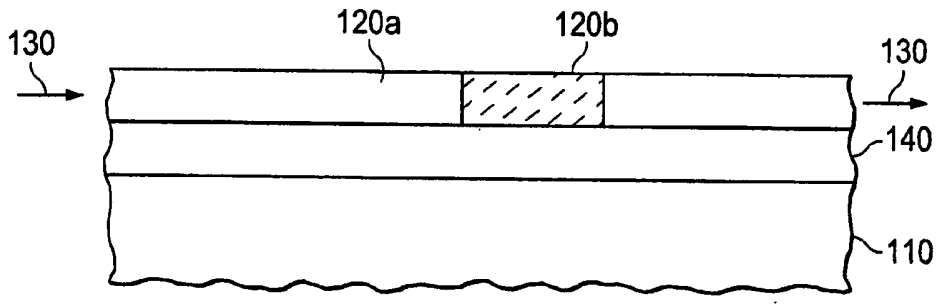


圖 1B

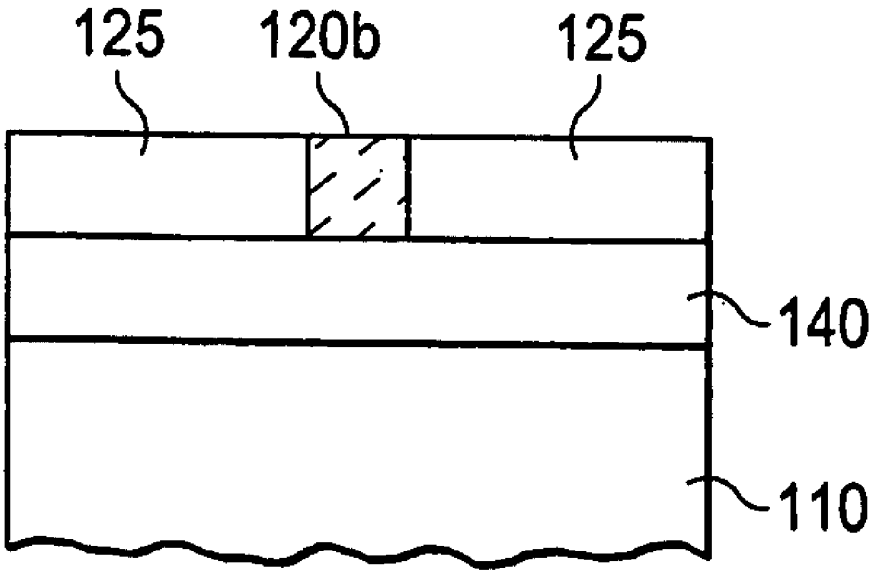


圖 1C

(19)中華民國智慧財產局
(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 201219868 A1
(43)公開日： 中華民國 101 (2012) 年 05 月 16 日

(21)申請案號：100124833 (22)申請日： 中華民國 100 (2011) 年 07 月 13 日
(51)Int. Cl.： *G02B6/13 (2006.01)* *G02B6/12 (2006.01)*
(30)優先權：2010/08/06 美國 12/852,371
(71)申請人：ＬＳＩ公司 (美國) LSI CORPORATION (US)
美國
(72)發明人：德魯卡 約翰 DELUCCA, JOHN (US)；卡格 詹母士 CARGO, JAMES (US)
(74)代理人：陳長文
申請實體審查：有 申請專利範圍項數：10 項 圖式數：14 共 46 頁

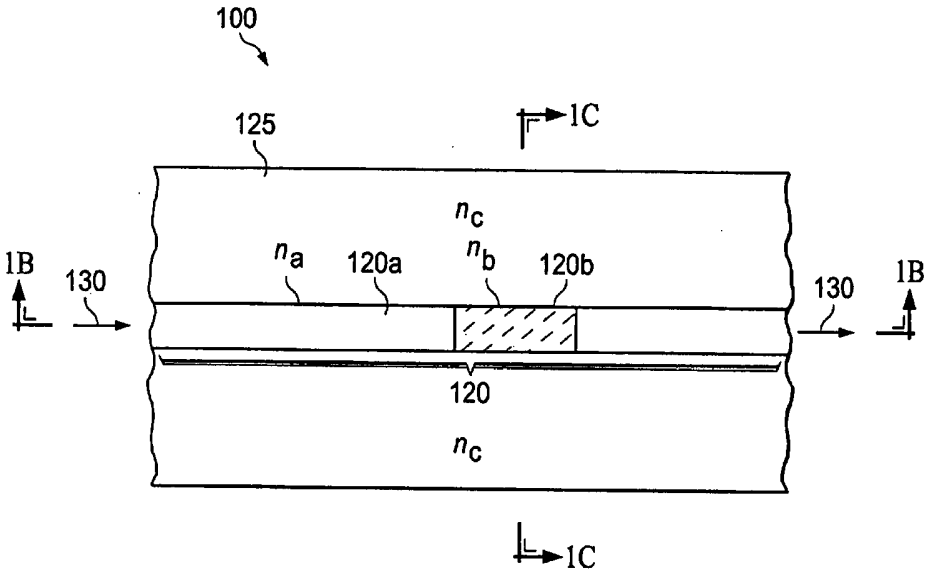
(54)名稱

藉由形態操控之半導體光學路徑之修改

MODIFICATION OF SEMICONDUCTOR OPTICAL PATHS BY MORPHOLOGICAL MANIPULATION

(57)摘要

本發明揭示一種光學裝置，其包含一基板及定位於該基板上之一光學路徑。光學路徑包含一半導體層，該半導體層進一步包含一波導核心區域。該核心區域包含具有一第一類型及一第一折射率之一形態的一第一半導體區域。該第一半導體區域經定位相鄰於一第二半導體區域，該第二半導體區域具有一第二類型及不同於該第一折射率之一第二不同折射率的一形態。



100：光學裝置
110：基板
120：核心區域
120a：區域
120b：區域
125：披覆層區域
130：光學信號
140：介電層
n_a：第一折射率
n_b：第二折射率

圖 1A

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

此申請案一般係針對光學裝置，更特定言之係針對組態光學路徑。

此申請案係關於標題為「由用於積體電路之電阻調諧之電磁輻射誘發之矽中的同素異形改變(Allotropic Change in Silicon Induced by Electromagnetic Radiation for Resistance Tuning of Integrated Circuits)」於2008年9月19日由Frank A. Baiocchi等人申請之PCT申請案第PCT/US08/76976號，共同讓與此申請案且以引用方式併入本文中；及標題為「一半導體電阻元件之形態操控之邏輯的修改(Modification of Logic by Morphological Manipulation of a Semiconductor Resistive Element)」由John DeLucca等人申請之共同待審之美國專利申請案第12/852,378號(代理人檔案號碼L09-0675US1)，共同讓與此申請案且以引用方式併入本文中。

【先前技術】

光電及光子裝置包含光學信號通過其行進之光學路徑。此等路徑之光學特性(包含折射率(n)及消光係數(k))決定信號傳播的速度及起因於傳播的損耗。裝置之效能特性繼而取決於傳播速度及損耗。

【發明內容】

一實施例提供一種光學裝置，其包含一基板及定位於該基板上之一光學路徑。該光學路徑包含一半導體層，該半

導體層包含一波導核心區域。該核心區域具有一第一半導體區域，該第一半導體區域具有一第一類型及一第一折射率之一形態。該第一半導體區域經定位相鄰於該半導體層之一第二半導體區域，該第二半導體區域具有一第二類型及不同於該第一折射率之一第二不同折射率的一形態。

另一實施例提供一種形成一光學裝置的方法。該方法包含提供具有定位於其上之一半導體材料層的一基板，該半導體材料層可經組態以接收一輸入光學信號。該半導體材料層包含具有一第一類型之一形態之該半導體材料的一區域。將該區域轉換成不同於該第一類型之一第二類型的一形態。該轉換改變包含該區域之一光學路徑的一傳播特性。

【實施方式】

現在參考下述說明及附圖。

此揭示內容得益於認識到，可修改半導體波導結構的光學性質以改變包含該波導結構之光學裝置的操作。已修改(例如使用雷射曝露)若干類型波導以形成一光學元件，諸如一布拉格(Bragg)光柵。然而，此修改通常限制於非半導體光學波導，諸如光纖、$LiNbO_3$及玻璃。如本文各種實施例中所描述之修改半導體波導結構的能力提供用以(例如)修訂、修補或調諧包含該半導體波導之光學裝置的操作特性之手段。

本揭示內容呈現採用用於光學波導之半導體材料之光學裝置的各種實施例。實施例可指代各種半導體形態：塊體

結晶半導體，例如結晶半導體晶格之部分或擴展，或一磊晶層；非晶半導體，例如具有週期性小於若干半導體鍵結長度；及多晶半導體，例如具有橫跨大於具有相互任意定向之數十個(例如約50)半導體鍵結長度的多晶域。

本揭示內容涵蓋所實踐之實施例，具有任意元素或化合物半導體之形態類型之各者包含但不限於Si、Ge、GaAs、InP、SiC、InGaP、InGaAs及InAlGaP。該半導體可為摻雜半導體或純質半導體。使用矽作為一實例半導體材料而描述各種實施例。矽作為一實例材料之此使用不將該所描述之實施例限制於矽。各種實施例可將非晶矽稱為a-Si、結晶矽稱為c-Si及多晶矽稱為p-Si。熟習相關技術者將瞭解藉由參考此等形式的矽而描述本原理可擴展至在本揭示內容之範疇內的其他半導體。

如本文所使用，同素異形體指代特徵為一般鍵結特性之一半導體材料形式。因此，塊體結晶及多晶形態兩者係相同同素異形體，此係因為半導體原子以多晶配置鍵結。非晶形態係一不同的同素異形體，因為半導體鍵結一般係非有序的，如半導體鍵結在一晶體中一般。第一及第二類型之同素異形體相互排斥。因此，第一類型之同素異形體可指代結晶形態(塊體結晶或多晶)或非晶形態，而第二類型之同素異形體指代不是第一類型之同素異形體的同素異形體。

本文所描述之各種實施例包含具有選自非晶、多晶及塊體結晶之一形態的一半導體層之一或多個區域。例如(但

不限於)一矽層之區域可為非晶矽(a-Si)、多晶矽(p-Si)或塊體結晶矽(c-Si)。說明及申請專利範圍可指代第一類型之形態、第二類型之形態及第三類型之形態。第一、第二及第三形態之類型的各者可為非晶、多晶或塊體結晶之任意一者。當在一單一實施例或申請專利範圍內，僅上述之形態的一者，例如非晶、多晶或塊體結晶，可單獨分配至第一、第二及第三類型之各者。因此，例如，第一類型之形態可為非晶、多晶或塊體結晶之任意一者。第二類型之形態可為兩個剩餘形態類型之任意一者。第三類型之形態可為剩餘未分配之形態類型。

如本文及申請專利範圍所使用，一半導體層包含一基板上之任意均質半導體層，及衍生自均質層之半導體特徵。該半導體層明確排除形成於該半導體層上之任意額外材料層，而不管該額外層是否是半導體或其他材料。因此，例如，一處置晶圓上之磊晶層係一半導體層，這係自該磊晶層上形成之半導體特徵，即使該等特徵具有不同形態或係非連續。然而，在均質層上之半導體區域或衍生自該均質層之特徵不包含於該半導體層中。此一經排除之區域通常由介於該區域與該基本均質層或特徵的一離散界面識別。所以，在自該半導體層形成一隔離半導體特徵後，從半導體層排除係所添加之任意半導體或其他特徵。因此，例如，若自一半導體層形成一隔離特徵(諸如一波導核心)，則沈積於該波導核心上之材料或與該波導核心相鄰之材料不是該半導體層的一部分，即使定位於與該波導核心相同

層級。

關注作為一圖解說明性半導體材料之矽，在一矽光子網路的操作中，電磁輻射傳播通過該網路之各種元件。矽具有一透射比特性，該透射比特性對在約1.3微米至約6微米的波長範圍內之EM輻射(例如約大於50%透射比)開放。因此，此等波長一般在矽光子中採用。然而，在若干環境中，短於1.3微米之波長可具有效用，諸如在衰減器或短傳播距離的情況下。

上述形態之各者一般可具有取決於波長之的複雜折射率特性(折射率n及消光係數k)。此外，電特性(諸如電阻係數)對於該等形態之各者可不同。例如，在1.12微米波長，在公開文獻中c-Si及a-Si之折射率分別報告為3.54及4.09。因為介質中的光速取決於介質的折射率，預期一光學信號行進通過a-Si比通過c-Si更慢。如以下所進一步描述，折射率的差異可藉由操控材料形態而用於形成一波導，以修改一波導的光學路徑或兩者。

圖1A至圖1C圖解說明一般指定為100之光學裝置的平面圖(圖1A)及截面圖(圖1B及圖1C)。裝置100可為一光子裝置，例如履行光學信號130之光學處理的裝置。裝置100可為或包含(但不限於)一光多工器、解多工器、一光學濾光器、一光學諧振器、一光學處理器、一光學波導、一光學MEM(微機電系統)裝置，諸如一鏡陣列或其他類似光學組件。所圖解說明之實施例呈現為可在各種實施例中出現之一光學裝置之元件的非限制性實例。

一基板110具有定位於其上之一核心區域120。核心區域120可組態以接收光學信號130。基板110可為任意合適基板，例如一晶圓。基板110材料可為一半導體，諸如矽或鍺，但未必是。例如，可使用玻璃、石英或藍寶石基板。

核心區域120可自一均質半導體層形成。例如，具有均勻性質之初始連續層的一層(未展示)可初始定位於基板110上。在若干實施例中，均質層可藉由選擇移除其部分而圖案化以形成核心區域120。在其他實施例中，核心區域120可憑藉藉由本揭示內容之範疇內的方法而改變均質層之一部分的形態及/或光學性質而形成。核心區域120可經組態操作作為一光學路徑之組件(例如作為一平面波導核心)。一披覆層區域125定位於與核心區域120相鄰。

本文，一光學路徑係經組態以侷限一光學信號(諸如光學信號130)之固體介質以在基板110的平面上傳播。該光學路徑包含一核心(例如光學區域120)及一披覆層(例如披覆層區域125)。該光學信號一般藉由介於該核心與該披覆層之間的界面之內部總反射而在該核心之方向上導向。然而，本揭示內容涵蓋實施例，其中該披覆層具有大於該核心之折射率的折射率。此實施例可包含其中例如該光學路徑經組態以使該光學信號衰減之情況。

披覆層區域125不限於任意特定材料。披覆層區域125可為或包含例如空氣、氧化矽或半導體材料。當披覆層區域125係半導體材料時，其可為形成核心區域120之相同材料層的一部分。

在若干情況下，在核心區域120所有側上相鄰於核心區域120的介質之折射率小於核心區域120的折射率以最小化來自核心區域120之光學能量損耗。因此，具有小於核心區域120之折射率的一介電層140可定位於基板110與核心區域120之間，因此作為核心區域120的下披覆層。介電層140(若存在)可為與一絕緣體上覆半導體(SOI)的基板、一熱氧化物或一CVD氧化物相關聯之氧化物層或可為基板110，例如一藍寶石基板。

核心區域120包含具有一第一類型及第一折射率n_a之一形態之區域120a及具有一第二類型及第二折射率n_b之一形態之區域120b。考慮(但不限於)n_b大於n_a之實施例。光學信號130以通過區域120a比通過區域120b大的速度傳播。通過核心區域120之光學信號130的傳播時間取決於沿核心區域120的光學路徑之區域120a及120b的相對長度，諸如在信號傳播的方向上。一或多個區域120a、120b之各者(任意所要長度組合)可定位於沿通過核心區域120之光學信號130的路徑。

在各種實施例中可可控制地修改用以形成核心區域120之半導體材料層的形態。履行修改以改變核心區域120之光學特性。如下述進一步所描述，在各種實施例中，改變傳播特性可包含改變傳播方向或速度，或改變核心區域120所產生之光學信號130的衰減。改變核心區域120之傳播特性可包含改變與核心區域120相鄰之材料形態。例如，可改變與核心區域120相鄰之一半導體層之一部分(披

覆層區域125)的折射率，以增加或減少從核心區域120至相鄰披覆層區域125的損耗之光學信號130之量。

圖2A至圖2C圖解說明一般指定為200之光學裝置之實例的平面圖(圖2A)及截面圖(圖2B及圖2C)。裝置200包含一波導210，該波導繼而包含一核心區域215及披覆層區域220a、220b。一介質225可為例如空氣、氧化物或半導體材料。在若干實施例中，介質225係形成於基板110上之一連續半導體材料層之一部分，其中核心區域215及披覆層區域220a及220b形成於基板110上。在所圖解說明之裝置200中，核心區域215及介質225具有一n_1。披覆層區域220a、220b具有折射率$n_2<n_1$，因此將光學信號130之一部分侷限於波導210內。

先前以引用方式併入之Baiocchi等人的PCT申請案第PCT/US08/76976號(下文稱為「'976申請案」)揭示改變半導體層的同素異形及/或形態類型的方法。在本文所說明之各種實施例中，同調(雷射)能量可聚集於一半導體層之一部分上，而導致所圖解說明之部分的部分熔化。例如，能量劑量與持續時間、聚焦及履行多次曝露之時間週期可決定引起所圖解說明之半導體之非晶或多晶同素異形體的形成之時間溫度量變曲線圖。因此，如在「'976申請案」中所描述，一半導體(例如矽)的塊體結晶或多晶部分可控制地轉變成一非晶同素異形體，然後可控制的變成一多晶同素異形體。可進行該轉換而不損壞周圍介電層或下伏基板。

圖3圖解說明一單晶矽基板310，藉由使用一第一脈衝圖案及/或照射條件用雷射光照射基板310而將基板310的一部分轉換成一非晶區域320。繼而藉由使用一第二脈衝圖案及/或照射條件用雷射光照射基板310將非晶區域320的一部分轉換成一多晶區域330。一般而言，未經改變之基板310、非晶區域320及多晶區域330各者具有不同的光學性質，尤其是不同的折射率。

本揭示內容認識到亦可藉由使用具有合適特性的電刺激而對正被轉換之半導體材料之一部分加熱來實行將半導體材料從一形態類型轉換成另一形態類型。該刺激可為例如具有一時間量變曲線之電流，該量變曲線圖經組態以將一所要能量數量沈積入一目標區域，其中在一所要時間週期期間需要該轉換。因此，返回圖2A，舉例而言，藉由將半導體材料的折射率從一第一、較高值可控制地修改至一第二、較低值，可從一連續半導體材料層上形成披覆層220a、220b。除了'976申請案中所描述之加熱照射外，在若干實施例中，亦可藉由電刺激而修改半導體材料的光學性質，例如經組態以加熱該材料之一部分的電流。

圖4圖解說明一電子熔絲410。電子熔絲410曝露至一電脈衝，典型的為裝置充電模型(Charged Device Model；CDM)靜電放電(ESD)事件。例如，此一事件特徵為藉由將500 V電壓、10^6 A/cm^{2}級電流密度施加約1奈秒的時間週期。電子熔絲410不顯示程式化的明顯證據，但該電性質與程式化一致，例如電阻增加。因此，電子熔絲410可在

物理上及電氣上修改而其本身或周圍結構無明顯損害。

圖5A及圖5B呈現一電子熔絲510結構之TEM顯微圖500A(低放大率)及500B(高放大率)，該電子熔絲510結構類似於在如上文所描述之電應力之後電子熔絲410的顯微圖。氧化物層520定位於電子熔絲510上。最初從p-Si形成之電子熔絲510現在包含一p-Si部分530及一a-Si部分540。對電子熔絲510略微或無尺寸改變係明顯的，而不管a-Si部分540之形態從結晶改變成非晶。注意到無損害氧化物層520之證據。

所觀察之性質的改變，例如具有對電子熔絲410或周圍材料層略微或無可觀察損害之電氣電阻的改變，在各種實施例中可自程式化脈衝特性之廣闊範圍獲得。例如，脈衝電壓可具有在數十伏特至數千伏特之間的範圍之一值。同樣，該脈衝可具有介於次奈秒與微秒之間的範圍的一持續時間。預期電壓及脈衝持續時間的有效組合取決於該結構的具體佈局，其中脈衝施加至該結構可由熟習相關技術者決定。在各種實施例中，可具優勢地考慮該程式化結構的電阻、電容及電感。預期程式化電子熔絲之最後性質將與沈積入該電子熔絲之總能量有關。因此，一般而言，預期隨著程式化脈衝電壓的增加，該脈衝的持續時間將增加，反之亦然。

在各種實施例中，圖6A及圖6B中所表明之形態的電感改變可運用於半導體光子裝置及網路。電極可放置於光學元件中以施加一經合適地修整的電脈衝，以將光學元件之

全部或一部分從結晶或多晶形態轉換成非晶形態，或從非晶形態轉換成多晶形態。預期該轉換提供一手段以按一所要方式改變該半導體光子元件的光及電性質，提供用於電路設計、修訂或修整的方式。

例如，圖6圖解說明一般指定為600的標繪圖，其圖解說明介於c-Si、a-Si及p-Si的折射率之間的關係，作為用於光子之半導體材料之形態的非限制性實例。該等折射率呈現為依通過該材料傳播之光波長而變化。此等資料可自公開文獻中之折射率資料推知，且呈現(但非限制)為矽之此等形態的光學行為實例。

在圖6中，c-Si視為具有大於用於所顯示波長範圍之所有波長的a-Si及p-Si大的一折射率。此外，低於約1.58微米a-Si視為具有大於p-Si之的折射率，高於1.58微米，則p-Si視為具有大於a-Si之的折射率。

可依若干方式運用圖6中所圖解說明之關係，例如：

•初始包含一c-Si區段之一光學路徑可藉由將c-Si區段之一部分轉換成a-Si及/或p-Si而改變，以具有一較短光學路徑長度。

•初始包含一a-Si區段之一光學路徑可藉由將a-Si區段之一部分轉換成p-Si而改變，以具有用於少於約1.58微米之波長的一較短光學路徑長度。高於約1.58微米，預期該區段具有一較長光學路徑長度。

•初始包含一p-Si區段之一光學路徑可藉由將p-Si區段之一部分轉換成a-Si而改變，以具有用於少於約1.58微米之

波長的一較長光學路徑長度。高於約1.58微米，預期該區段具有一較短光學路徑長度。

•初始為塊體結晶(例如一埋入式氧化物層上的一磊晶層)之一矽層可藉由將與意欲核心區域相鄰之結晶層之一部分轉換成a-Si及/或p-Si而具有本文所界定之一光學路徑。

下述表I使用從圖6導出之值比較a-Si相對於c-Si、p-Si相對於c-Si及a-Si相對於p-Si之反射率的按比例差異。對於所展示之所有波長，a-Si與p-Si兩者之折射率相對於c-Si之差異超過1%，，及對於1.55微米波長及以上，a-Si與p-Si兩者之折射率相對於c-Si之差異超過10%。預期此折射率之相對差異在使用此等材料建構波導中引起穩健限制光學信號。

表I

波長 (微米)	(α-c)/c	(p-c)/c	(α-p)/p
1.3	-1.7%	-5.2%	3.7%
1.4	-5.0%	-7.3%	2.5%
1.5	-8.5%	-9.5%	1.1%
1.55	-10.2%	-10.6%	0.4%
1.6	-12.0%	-11.7%	-0.3%
1.65	-13.8%	-12.9%	-1.0%

下述實施例圖解說明各種方式，其中可使用本文所揭示之實施例而修改光學性質，以將一半導體層之形態從第一形態轉換成第二形態。熟習相關技術者將認識到其他光學裝置將同樣得益於半導體形態之轉換，及此類其他裝置係在此揭示內容的範疇內。此外，儘管下述實施例可對各種

矽的形態進行描述，然使用替代半導體材料之其他實施例亦在此揭示內容的範疇內。

圖7圖解說明一般指定為700的諧振器，其包含一諧振器環710及一相鄰波導720，各者初始可習知從p-Si形成。波導720經定位使得光學能量可自波導720耦合至環710，及自環710耦合至波導720。在各種實施例中，可採用諧振器700作為邏輯電路元件的一部分，諸如邏輯「及(AND)」及邏輯「非及(NAND)」閘。熟習相關技術者熟習使用一光學諧振器之此等及類似裝置的習知實施方案。

環710具有一諧振頻率，其中包含諧振器700之電路之操作頻率部分取決於該諧振頻率。預期諧振頻率由若干因數決定，該等因數包含環710的尺寸、環710介質(例如p-Si)的折射率、介質中載子濃度及入射光學信號730的強度或功率。

本文各種實施例提供一手段以調整環710的諧振波長。在若干實施例中，如'976申請案中所描述，使用同調光源或一強烈非同調光源進行調整。環710初始具有約等於圓周C(此實例中，π*直徑)與折射率之積的一光學路徑長度(OPL)，即

$$OPL=nC$$

可藉由將區段740從p-Si轉換成a-Si而調整該OPL。在此情況下，預期環710之OPL增加，引起環710之一較大諧振波長，從λ_1至λ_2。在另一實例中，諧振器700初始從一c-Si層(諸如一磊晶層)形成。區段740可自c-Si轉換成p-Si以降低

環710之OPL，因此將諧振器700之諧振波長從初始值λ_3降低至第二值λ_4。然後，區段740之一部分可轉換成a-Si，藉此增加該OPL及將諧振波長自λ_4增加至另一中間值λ_5。

在此方式中，環710之諧振波長可修整(調諧)至一具體所要值。可履行此修整同時操作諧振器為光學電路之一部分。預期在若干情況下可藉由將該材料從一形態轉換成另一形態而影響半導體材料的遷移性及載子濃度。作為實踐問題，預測從此材料性質相互作用引起的精確諧振頻率係困難的。調諧諧振器700之能力提供一手段以補充材料特性中的此類改變以引起所要諧振波長的精確值。

圖8圖解說明經組態以調諧之諧振器800的一實施例，使用電氣熔絲結構作為加熱元件。一諧振器環810包含若干電子熔絲結構820。熔絲結構820經組態以將環810之部分加熱。藉此誘發該經加熱之部分之形態的改變。

在圖8之實施例中，環810包含八個未修改之電子熔絲結構820a，及三個經修改之電子熔絲結構820b。各經修改之電子熔絲結構820b具有環810之光學路徑的一相關聯部分830，將該相關聯部分830從如所形成之環810之第一形態修改成具有不同折射率之一第二形態。如關於諧振器環710所描述，在各種實施例中，環810及部分830之形態可經組態以提供環810之諧振波長的可調諧性。

圖9圖解說明一實施例，其中電子熔絲910與具有一交叉區域930之一諧振結構920。諧振結構920可為例如一諧振器環。在所圖解說明之實施例中，電子熔絲910與諧振結

構920形成於一相同半導體層，例如多晶矽。以比包含區域930之諧振結構920大的摻雜物濃度摻雜區域930外之電子熔絲910的部分。該較大摻雜將大於諧振結構920之導電性賦予在區域930外之電子熔絲910。在電子熔絲910程式化期間，例如交叉部分930之形態的改變，預期此組態局域化電子熔絲910至區域930的加熱，藉此將區域930作為用於從一形態轉換成另一形態之目標。局域化加熱可具優勢地增加將意欲目標層從一形態轉換成另一形態的可能性，及亦可降低沈積入裝置100之總功率，藉此降低其損害的可能性。

在一替代實施例中，一加熱元件(諸如該區域930)可包含一或多個流道，例如經組態以路由電流至該區域930之導電跡線。在此類實施例中，該等流道取代在區域930外之電子熔絲910。該等流道之厚度及/或寬度及/或組合物可經選擇以限制該等流道之電阻低於一值，在該值處該等流道之大幅加熱發生。該等流道由未金屬化或金屬化半導體(諸如矽，例如合金化多晶矽)構成，或由合理的耐火金屬材料(諸如W、Ti、TiN、Ta及TaN)構成。預期限制該等流道加熱限制該等流道之任意化學反應或從該等流道向外擴散至一無足輕重的程度。此處，無足輕重的反應或擴散意謂著對於程式化過程所得之裝置性質無不可接受有害影響。該等流道可連接至從該側加熱之區域(例如區域930)，例如與該目標區域之層級相同，或可定位於該目標區域之上及之下，及藉由一低電阻連接(諸如一或多個接觸件或

導通體)而連接。

圖10圖解說明以Mach-Zehnder組態(但非限制)呈現之一干涉儀1010。干涉儀1010接收一輸入光學信號1020，該輸入光學信號1020在第一路徑1030及第二路徑1040之間被分割。通過路徑1030、1040之信號部分經重新組合以產生一輸出信號1050。輸出信號1050之強度與相位特性取決於通過路徑1030、1040傳播之信號部分的相對相位延遲。通過路徑1030、1040之相位延遲繼而部分取決於形成路徑1030、1040之介質之反射率。

根據本文所描述之各種實施例，第一路徑1030之一區段1060可從初始第一反射率修改為第二反射率。該修改可由曝露至同調或高強度光而產生，例如，在一實施例中，區段1060自p-Si轉換成a-Si，藉此降低區段1060的折射率。藉此降低第一路徑1030之OPL，繼而降低通過第一路徑1030傳播之輸入光學信號1020之部分所賦予的相位延遲。因此，預期改變輸出信號1050之相位及強度特性。

圖11圖解說明經組態以藉由電氣電子熔絲結構1120而調諧之干涉儀1110的一實施例。該干涉儀包含兩個未經修改之電子熔絲1120a。已操作三個經修改之電子熔絲1120b以修改第一路徑1030之區段1130的形態。例如，該形態從結晶改變成非晶。如上述，預期該修改改變輸出信號1050之相位及強度特性。

儘管本文各種實施例係描述為包含具有不同折射率之兩個區域，然本揭示內容之實施例不限於此。所涵蓋之實施

例包含具有不同折射率之三個或三個以上區域。結晶區域、非晶區域或多晶區域可形成為具有經決定以提供各區域之一所要平均折射率的厚度。因此，例如，一或多個區域可形成為具有c-Si及a-Si之折射率的加權平均值的折射率。可藉由該區域中c-Si及a-Si之相對比例而決定此區域之折射率的加權。

返回圖12A至12E，所圖解說明係藉由控制半導體層1220之部分形態而界定基板1210上的光學路徑之方法1200的一實施例。額外過程資訊於'976申請案描述。層1220係該半導體的第一形態(例如p-Si)；及該基板1210可為例如二氧化矽。圖12A圖解說明如初始所形成之該層1220，該層1220中無所界定之波導。

圖12B圖解說明於層1220中形成一核心區域1230。一光源1240(例如一雷射)跨層1220掃描。可控制強度、聚焦、作用時間循環及照射週期以將層1220之所照射部分轉換成半導體之第二不同的同素異形體，由此形成層1220。因此，例如，該所照射部分可轉換成a-Si。然後，該所照射部分具有比未經照射之層1220高的折射率。藉此可將該所照射部分操作為一波導之核心區域1230，該相鄰未經照射之層1220操作為一披覆層區域。

圖12D圖解說明藉由光源1240之隨後照射而修改核心區域1230。可用經決定以將核心區域1230之照射部分轉換成p-Si之一強度、聚焦、作用時間循環及照射週期操作光源1240。因為層1220亦為p-Si，核心區域1230之照射部分具

有與層1220約相同之折射率且停止操作以侷限光學信號1250。換言之，核心區域1230之照射部分基本上被擦除。

圖12E圖解說明層1220之額外照射之後的核心區域1230，藉此形成核心區域1230之一新部分。因此，核心區域1230已被修改或修訂以具有一不同路徑。修改一光子裝置中之一光學路徑之方向的能力提供一獨特且創新能力以修訂一光子裝置，用於例如客製化功能、校正佈局錯誤或修複該裝置的一損害部分。

圖13A至圖13C圖解說明包含形成於一基板1310上之一光學路徑的一光學裝置1300的一實施例。首先考慮圖13A，在所圖解說明之實施例中，一半導體層1320定位於基板1310上及一介電層1330可視情況定位於其間。半導體層1320具有一初始折射率。一介電層1340亦定位於半導體層1320上。在若干實施例中，較佳的是將氧化物層定位於半導體層1320以保護半導體層1320以防當加熱以引起一形態變化氧化時。例如，半導體層1320係作為一磊晶層之c-Si，而介電層1330為一埋入式氧化物層。介電層1340可為一互連介電堆疊之一或多個層，或形成於半導體層1320上尤其以保護半導體層1320之氧化物層。

圖13B圖解說明藉由將半導體層1320之一部分轉換成具有低於初始折射率之一經修改之折射率的一形態而形成一光學路徑。一光源1350將半導體層1320之一部分加熱，藉此將加熱部分轉換成具有較低折射率之一形態。如所圖解說明，已經成一披覆層區域1360a，且正在形成另一披覆

層區域1360b。披覆層區域1360a及1360b可將一光學信號侷限於其間的一核心區域。

圖13C圖解說明形成部分1360b之後的光學裝置1300。部分1360a、1360b定界核心區域1370的邊界，其中憑藉作為披覆層區域之部分1360a、1360b的較低折射率而導引光學信號1380。

儘管上述各種實施例對一般複折射率之實部分n進行描述，然而亦請注意，對於特定半導體之不同形態，複折射率之虛部分或消光係數k一般不同。消光係數表示該光學信號之一部分的損耗。因此，可藉由將該光學路徑之一部分自一形態轉換成另一形態而修改一光學路徑中之光學信號的損耗或衰減度。

可依至少兩個方式實施修改由一光學路徑提供之衰減。在一第一方法中，一光學路徑之一部分(諸如核心區域120(圖1))自具有一第一消光係數k_1之一形態轉換成具有一第二消光係數k_2之另一形態。在第二方法中，修改一半導體之一部分，例如與一光學路徑(例如波導210)相鄰之披覆層區域220b(圖2)。該修改改變光學信號侷限於該波導內的程度。例如，若波導210係c-Si及披覆層區域220a、220b係p-Si，則預期光學信號130能被很好地侷限於波導210內。若披覆層區域220b之子部分轉換成a-Si，則該子部分及波導210之折射率將相差僅約2%(參見表I)。因此，預期光學信號130較不佳地受侷限且預期該信號之一部分損耗至披覆層區域220b。在若干情況下，此第二方法優於第一方法

在於，相較於核心區域120之傳播特性，預期波導210之波長相依之傳播特性較少擾動。

在本揭示內容之範疇內，本文所描述之實施例不排除光學元件及裝置的實施例。熟習相關技術者將瞭解由所描述之實施例表明之原理可應用於其他半導體光子裝置。藉由將一半導體轉換成一較高或較低折射率同素異形體或形態而形成光網路組建組塊，諸如衰減器、波導及光電調變器。具體而言(但非限制)，預期光電調變器實現從使用同素異形轉換或形態轉換而調諧或改變其部分的能力中獲得顯著利益，因為通常使用類似於Fabry-Perot微腔之一精確地調諧結構而製作此類裝置。熟習相關技術者將瞭解Fabry-Perot微腔的諧振波長及該微腔的透射率強烈依賴腔介質的折射率。藉由將腔之一部分自一矽同素異形體轉換成另一者，該腔的諧振頻率可經修整以與入射輻射之具體波長匹配。

返回圖14，所圖解說明係形成一光學裝置的一方法，一般指定為1400。在一步驟1410中，提供具有定位於其上之一半導體材料層的基板。本文及申請專利範圍中，「提供」意謂著由履行所揭示之方法的個人或企業實體製造或藉此從不同於個人或實體(包含另一個人或企業實體)獲得的裝置、基板、結構元件等。該材料層係可經組態以接收一輸入光學信號，且該材料層包含具有一第一類型之形態之半導體材料的一區域。

在一步驟1420中，將該半導體材料之區域轉換成不同於

該第一類型之一第二類型的形態。藉由例如用電磁輻射之照射或電加熱而進行轉換。該轉換改變包含該區域之一光學路徑的傳播特性。如本文各種實施例中所描述，該形態之轉換可係關於波導核心區域之半導體材料的一部分或與該核心區域相鄰的一波導披覆層區域。

熟習關於此應用之此項技術者將瞭解對所描述之實施例可作出其他及進一步附加、刪除、替代及修改。

【圖式簡單說明】

圖1A至圖1C圖解說明包含半導體材料之第一及第二形態的一光學路徑實施例；

圖2A至圖2C圖解說明一半導體層實施例，其中波導核心區域具有一第一形態及一第一折射率，及波導披覆層區域具有一第二不同形態及一低折射率；

圖3係光學照明之後的一半導體層顯微圖；

圖4係遭受電應力之後的一電子熔絲顯微圖；

圖5A及圖5B係曝露至類似於圖4之電子熔絲所經歷的電應力之後的分段式電子熔絲顯微圖；

圖6圖解說明依據波長而變化之c-Si、a-Si及p-Si的折射率；

圖7圖解說明具有藉由光加熱而修改其一部分的一光學諧振器；

圖8圖解說明具有經組態以藉由電加熱而修改其一部分之電子熔絲的一光學諧振器；

圖9圖解說明一電子熔絲、一光學路徑及經組態以加熱

之一交叉部分；

圖10圖解說明具有藉由光加熱而修改其一部分的一干涉儀；

圖11圖解說明具有經組態以藉由電加熱而修改其一部分之電子熔絲的一干涉儀；

圖12A至圖12E圖解說明藉由控制一半導體層之部分形態以形成一波導核心區域而在一基板上界定一光學路徑；

圖13A至圖13C圖解說明藉由控制一半導體層之部分形態以形成波導披覆層區域而在一基板上界定一光學路徑；及

圖14係一種用於形成一光學裝置之揭示內容的方法，該光學裝置例如圖1A至圖1C之光學裝置或圖2A至圖2C之光學裝置200。

【主要元件符號說明】

100	光學裝置
110	基板
120	核心區域
120a	區域
120b	區域
125	披覆層區域
130	光學信號
140	介電層
200	光學裝置
210	波導

215	核心區域
220a	披覆層區域
220b	披覆層區域
225	介質
310	單晶矽基板
320	非晶區域
330	多晶區域
410	電子熔絲
500A	顯微圖
500B	顯微圖
510	電子熔絲
520	氧化物層
530	多晶矽部分
540	非晶矽部分
600	標繪圖
700	諧振器
710	諧振器環
720	波導
730	入射光學信號
740	區段
800	諧振器
810	諧振器環
820a	未經修改之電子熔絲結構
820b	經修改之電子熔絲結構

830	相關聯部分
910	電子熔絲
920	諧振結構
930	交叉區域
1010	干涉儀
1020	輸入光學信號
1030	第一路徑
1040	第二路徑
1050	輸出信號
1060	區段
1120a	未經修改之電子熔絲結構
1120b	經修改之電子熔絲結構
1210	基板
1220	半導體層
1230	核心區域
1240	光源
1250	光學信號
1300	光學裝置
1310	基板
1320	半導體層
1330	介電層
1340	介電層
1350	光源
1360a	披覆層區域

1360b	披覆層區域
1370	核心區域
1380	光學信號
n_1	折射率
n_a	第一折射率
n_b	第二折射率

201219868

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：100124833

※ 申請日：100.7.13　　※IPC 分類：G02B 6/13 (2006.01)
G02B 6/12 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

藉由形態操控之半導體光學路徑之修改

MODIFICATION OF SEMICONDUCTOR OPTICAL PATHS BY MORPHOLOGICAL MANIPULATION

二、中文發明摘要：

本發明揭示一種光學裝置，其包含一基板及定位於該基板上之一光學路徑。光學路徑包含一半導體層，該半導體層進一步包含一波導核心區域。該核心區域包含具有一第一類型及一第一折射率之一形態的一第一半導體區域。該第一半導體區域經定位相鄰於一第二半導體區域，該第二半導體區域具有一第二類型及不同於該第一折射率之一第二不同折射率的一形態。

三、英文發明摘要：

An optical device includes a substrate and an optical path located over the substrate. The optical path includes a semiconductor layer that further includes a waveguide core region. The core region includes a first semiconductor region with a morphology of a first type and a first refractive index. The first semiconductor region is located adjacent a second semiconductor region that has a morphology of a second type and a second refractive index that is different from the first refractive index.

七、申請專利範圍：

1. 一種光學裝置，其包括：

一基板；

一光學路徑，其定位於該基板上，該光學路徑包含一半導體層，該半導體層包含一波導核心區域，該核心區域具有一第一半導體區域，該第一半導體區域具有一第一類型及一第一折射率之一形態，該第一半導體區域經定位相鄰於該半導體層之一第二半導體區域，該第二半導體區域具有一第二類型及不同於該第一折射率之一第二不同折射率的一形態。

2. 如請求項1之光學裝置，其中該第一半導體區域具有一第一同素異形狀態，及該第二半導體區域具有不同於該第一同素異形狀態之一第二同素異形狀態。

3. 如請求項1之光學裝置，其中一第一類型之該形態係非晶及一第二類型之該形態係多晶。

4. 如請求項1之光學裝置，其中該波導核心區域係一諧振光學路徑的一部分。

5. 如請求項1之光學裝置，其進一步包括經組態以將該波導核心區域加熱之一加熱元件。

6. 一種形成一光學裝置的方法，其包括：

提供具有定位於其上之一半導體材料層的一基板，該半導體材料層可經組態以接收一輸入光學信號，該半導體材料層包含具有一第一類型之一形態之該半導體材料的一區域；

將該區域轉換成不同於該第一類型之一第二類型的一形態，藉此改變包含該區域之一光學路徑的一傳播特性。

7. 如請求項6之方法，其中一第一類型之該形態係該半導體材料之一第一同素異形體，及一第二類型之該形態係不同於該第一同素異形體之該半導體材料之一第二同素異形體。

8. 如請求項6之方法，其中一第一類型之該形態係非晶及一第二類型之該形態係多晶。

9. 如請求項6之方法，其中該區域定位於一波導環之一光學路徑內。

10. 如請求項6之方法，其中該轉換起因於該區域之光學照射。

八、圖式：

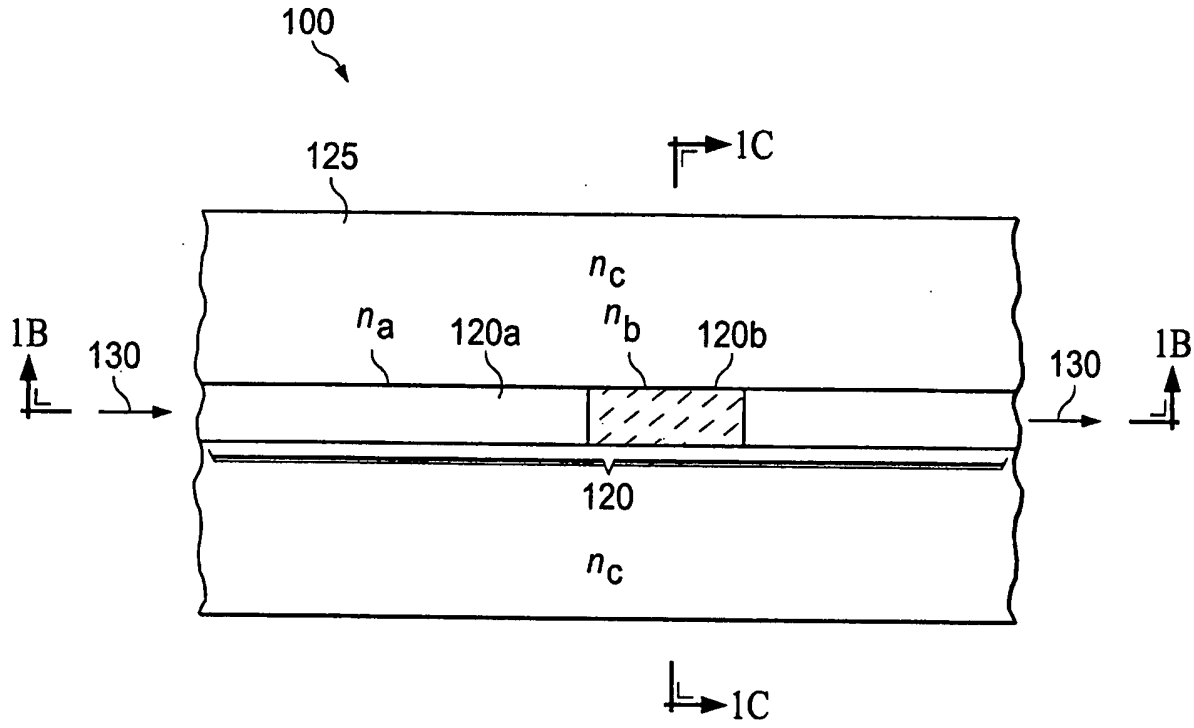


圖 1A

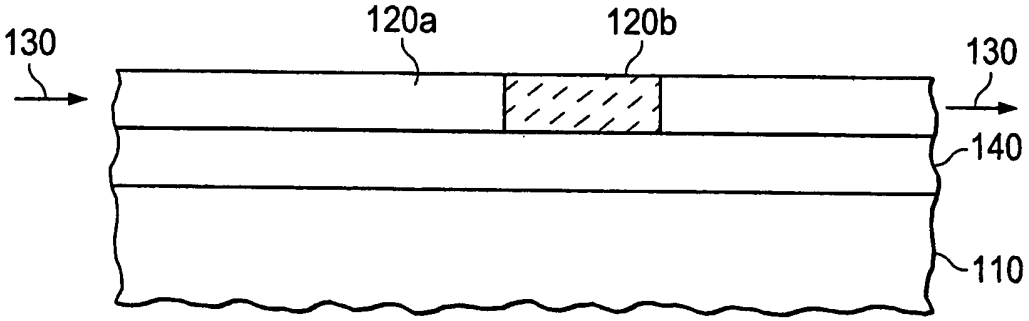


圖 1B

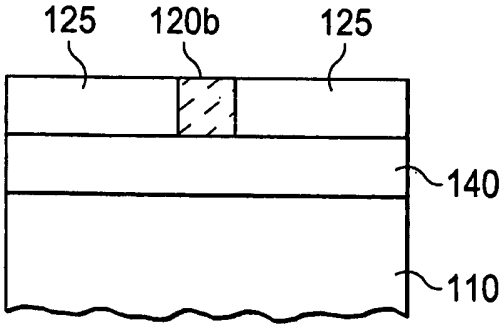


圖 1C

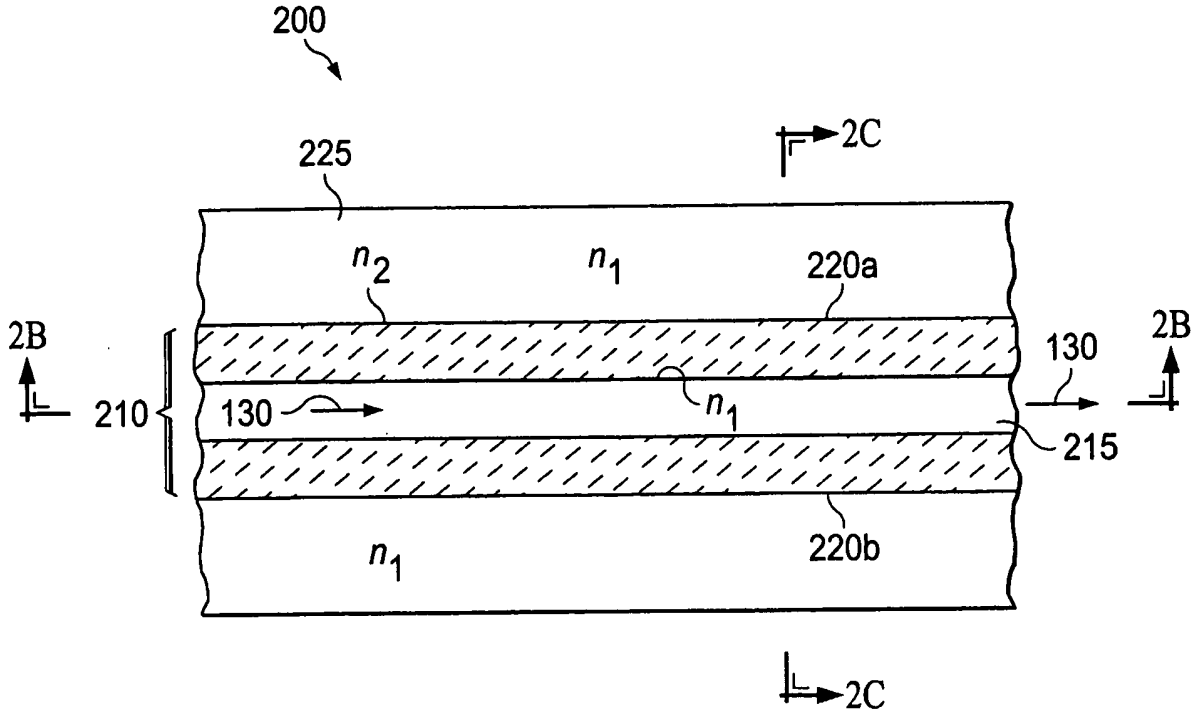

200
225
2C
n_2
n_1
220a
2B
130
2B
210
130
n_1
215
n_1
220b
2C

圖 2A

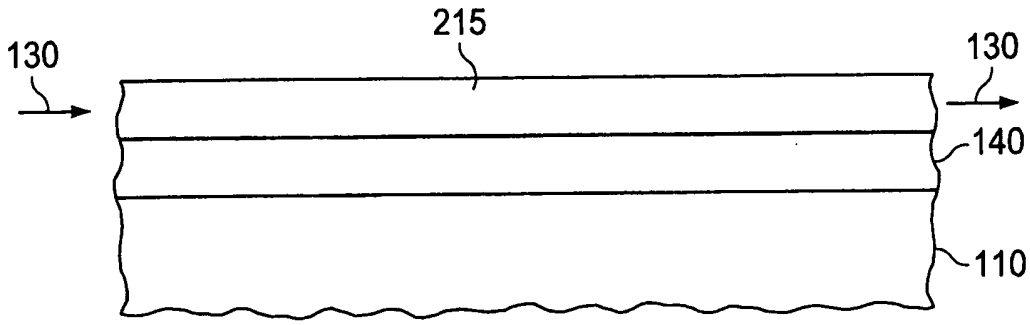

215
130
130
140
110

圖 2B

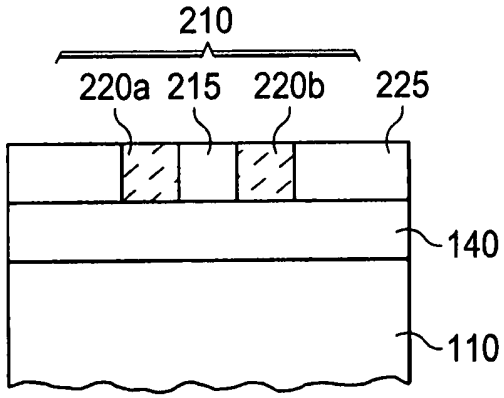

210
220a
215
220b
225
140
110

圖 2C

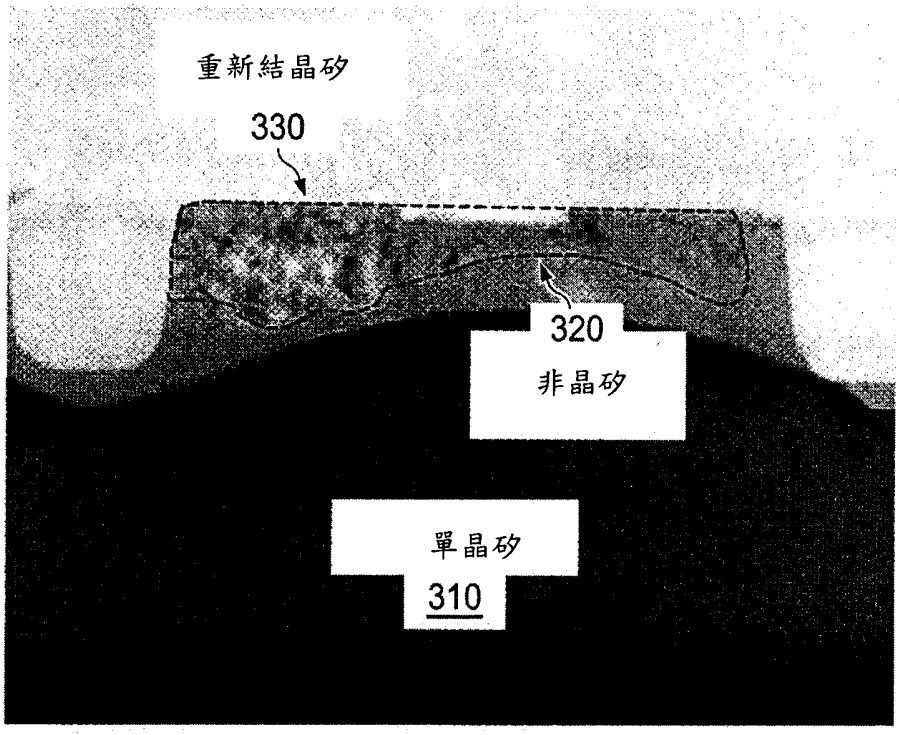


圖 3

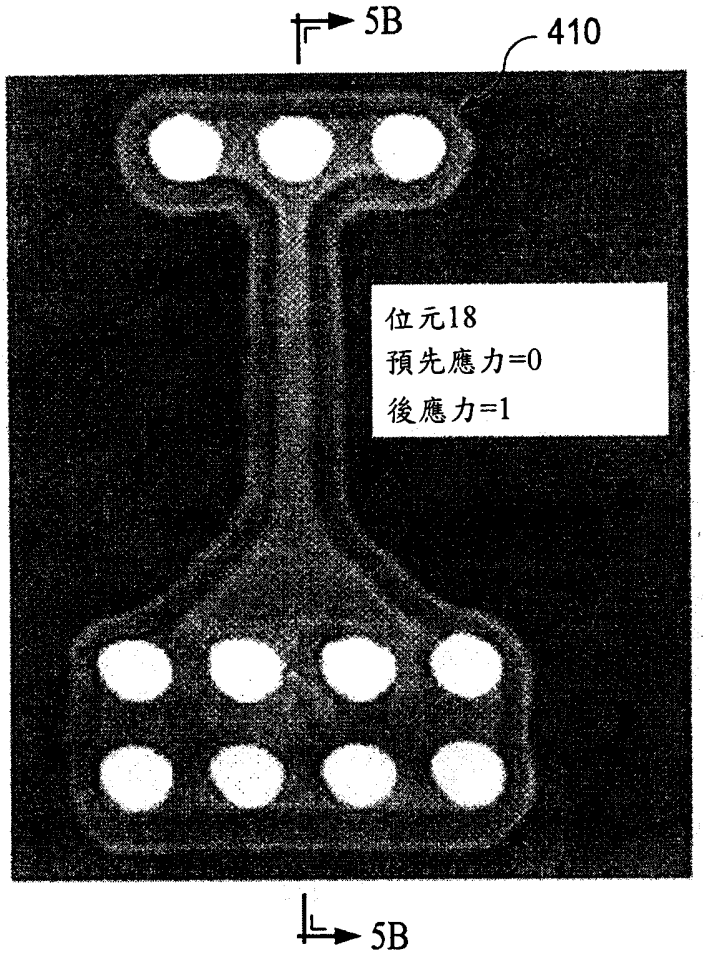


圖 4

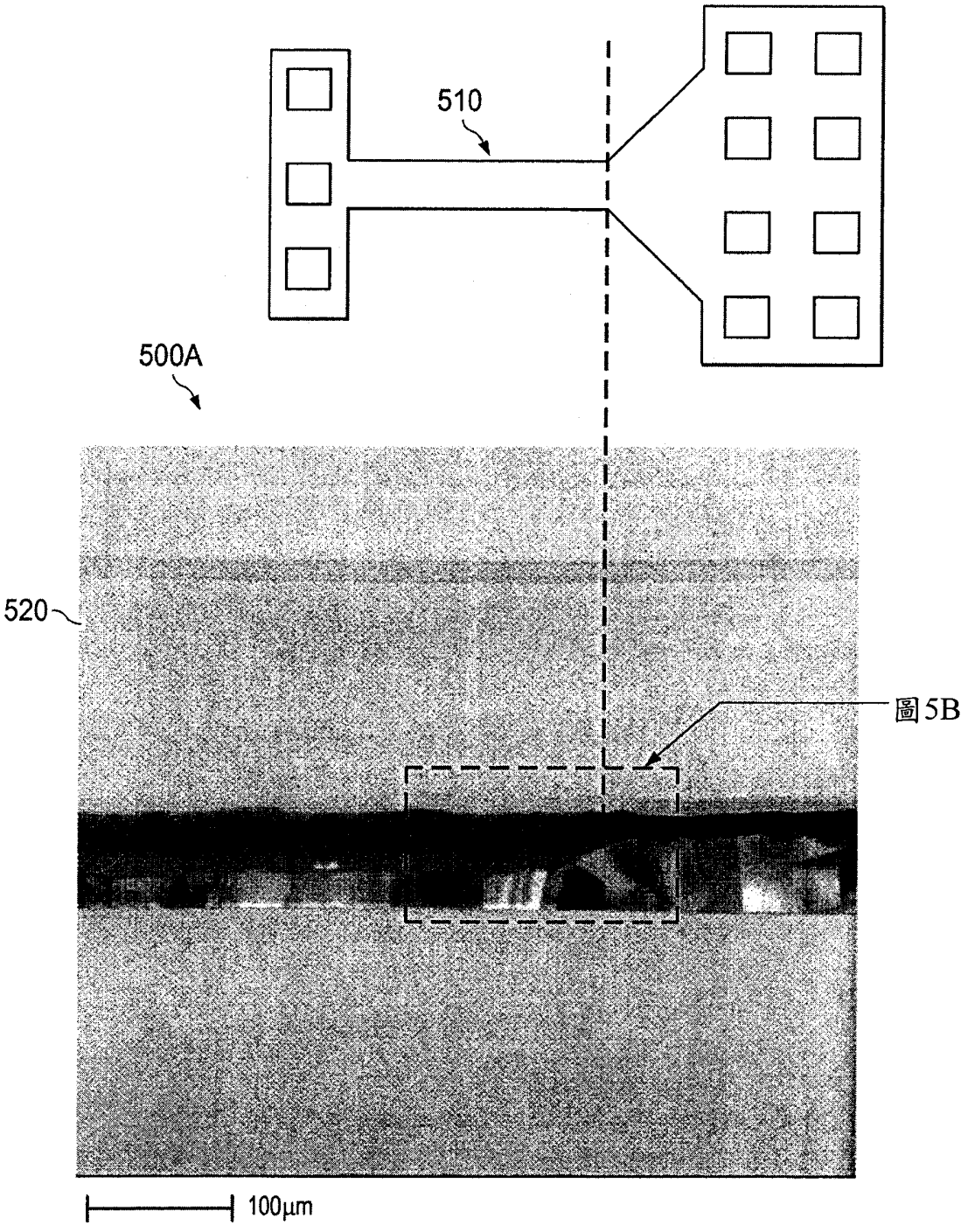


圖 5A

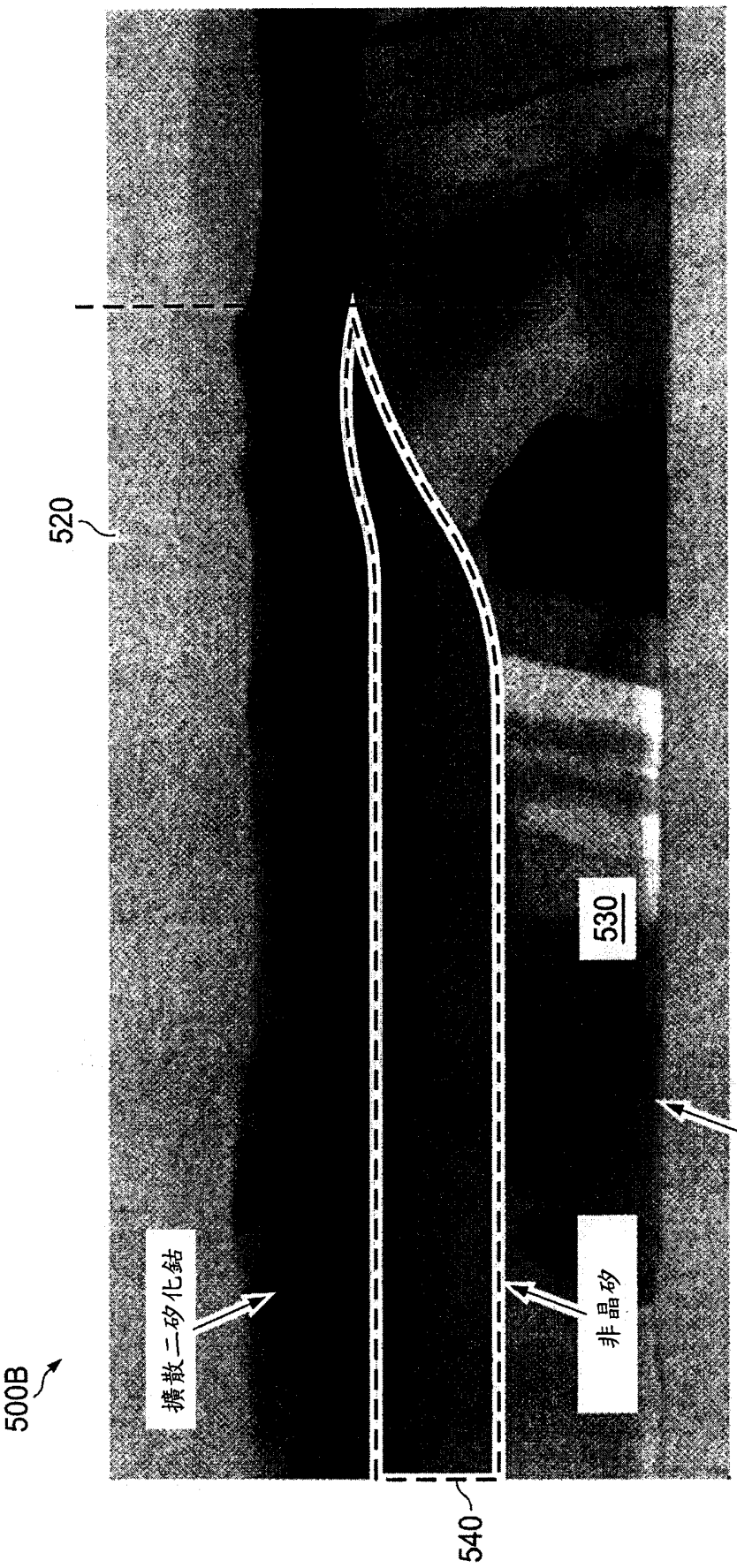


圖 5B

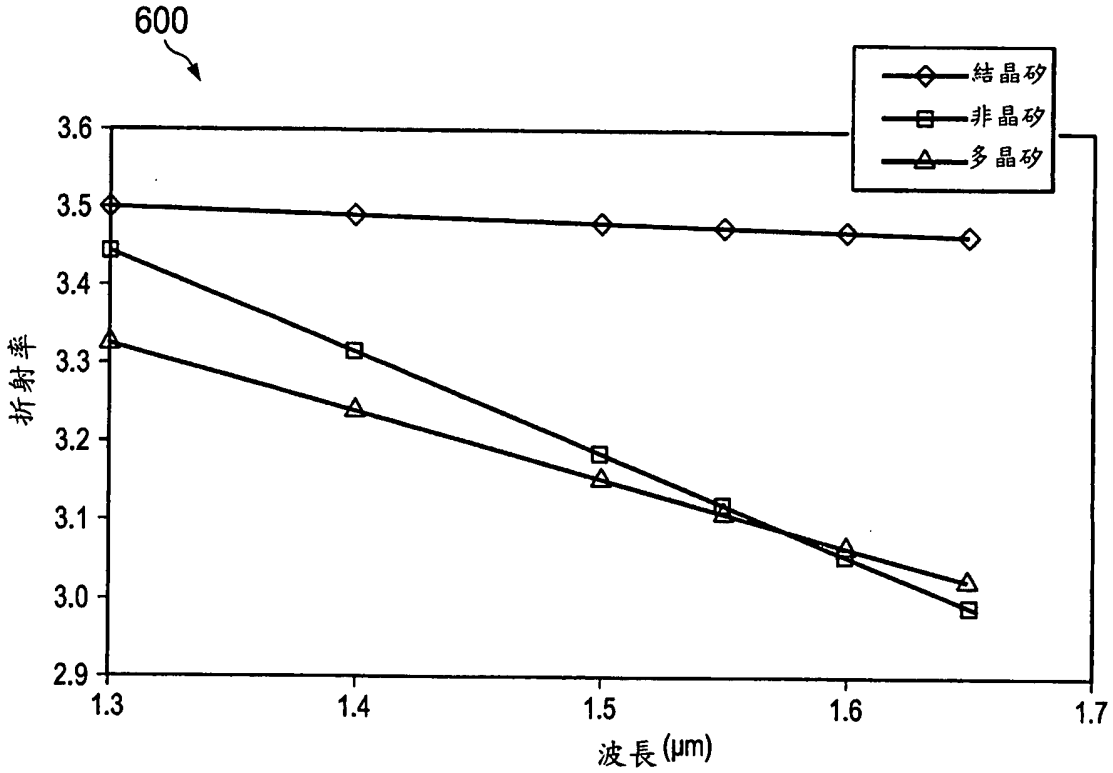

600
結晶矽
非晶矽
多晶矽
3.6
3.5
3.4
3.3
3.2
3.1
3.0
2.9
折射率
1.3
1.4
1.5
1.6
1.7
波長(μm)

圖 6

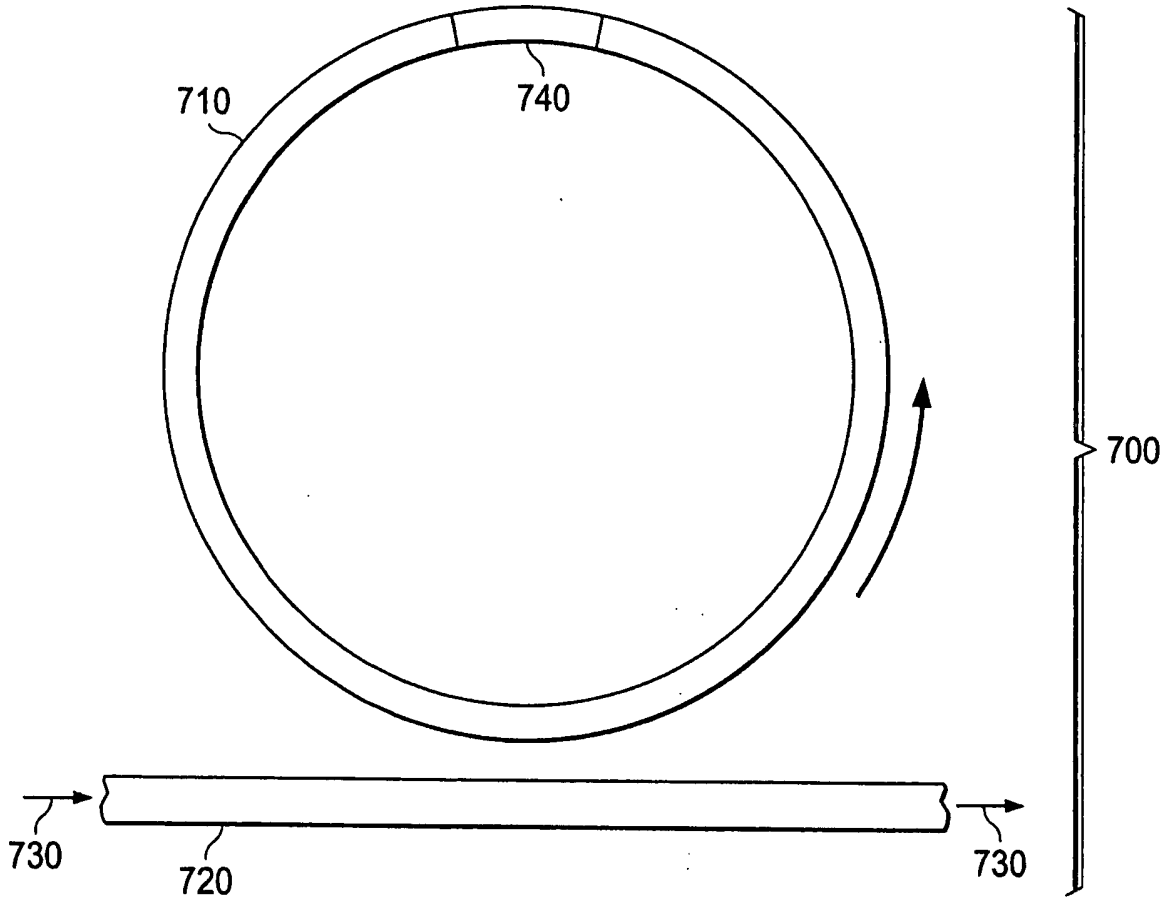

710
740
700
730
720
730

圖 7

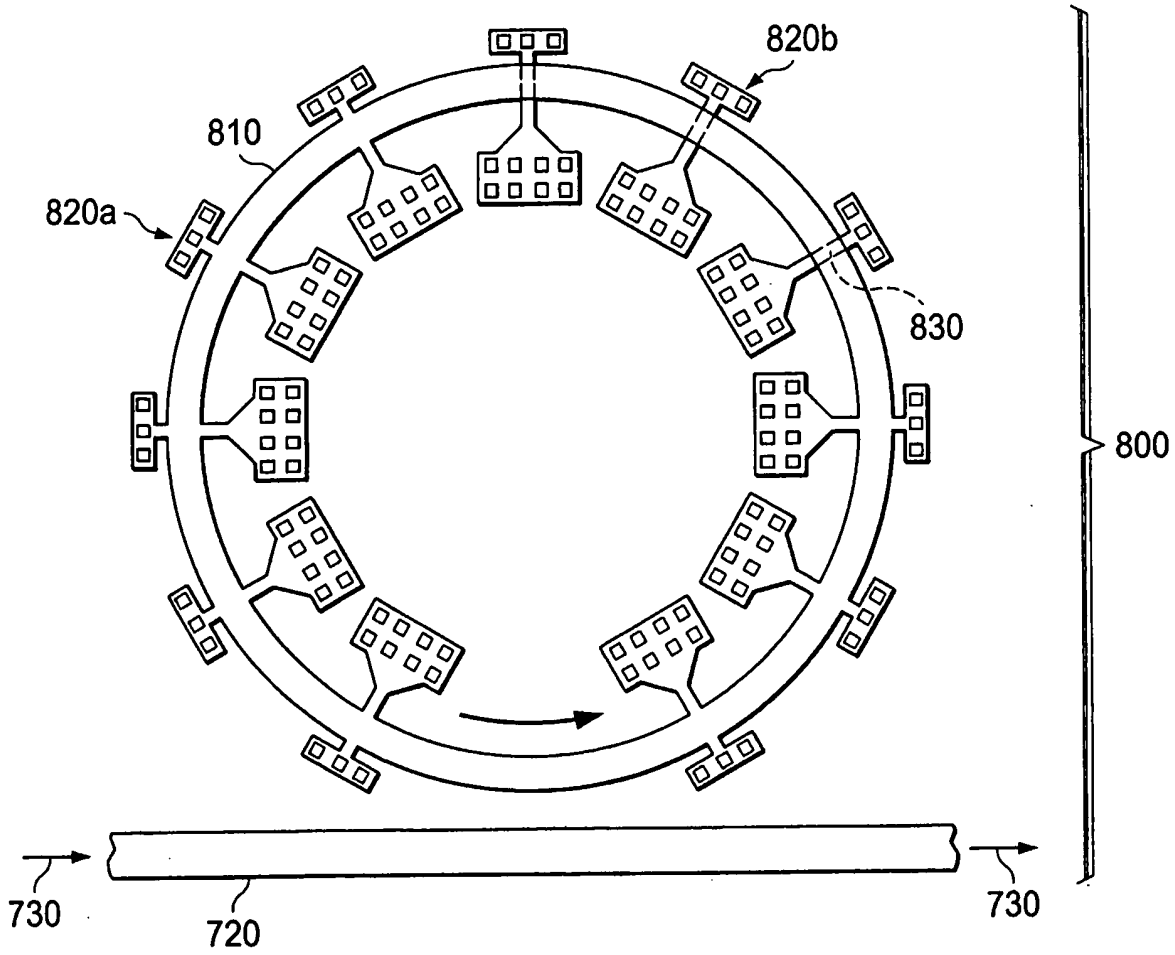


圖 8

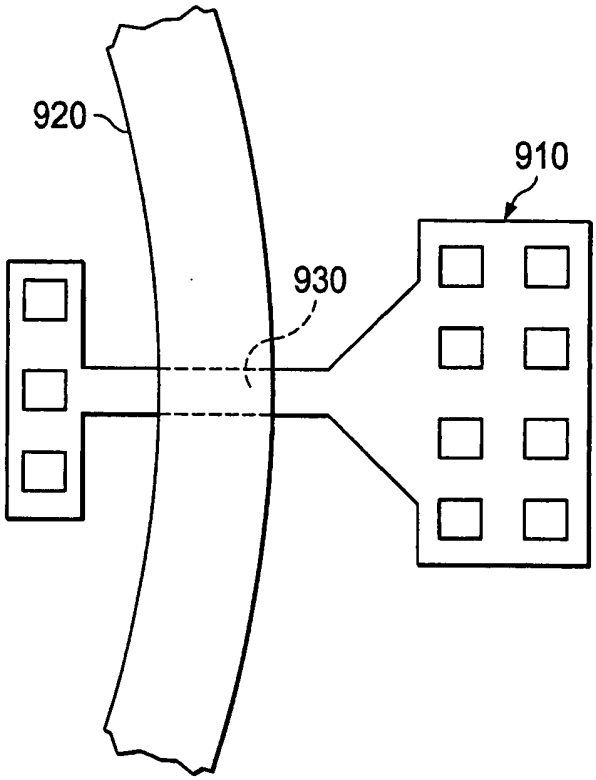

920
910
930

圖 9

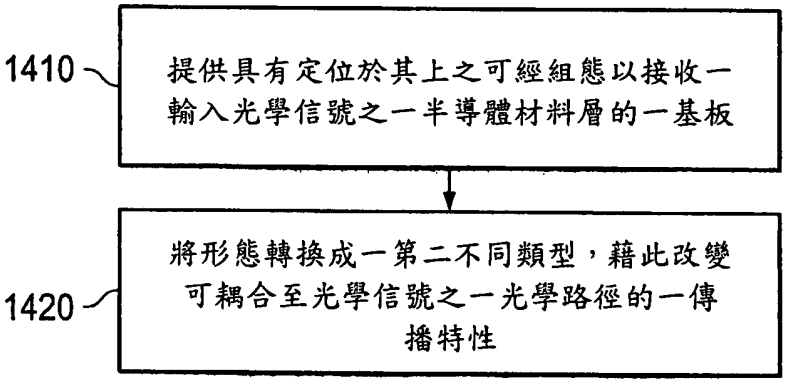

1410
提供具有定位於其上之可經組態以接收一輸入光學信號之一半導體材料層的一基板
1420
將形態轉換成一第二不同類型，藉此改變可耦合至光學信號之一光學路徑的一傳播特性

圖 14

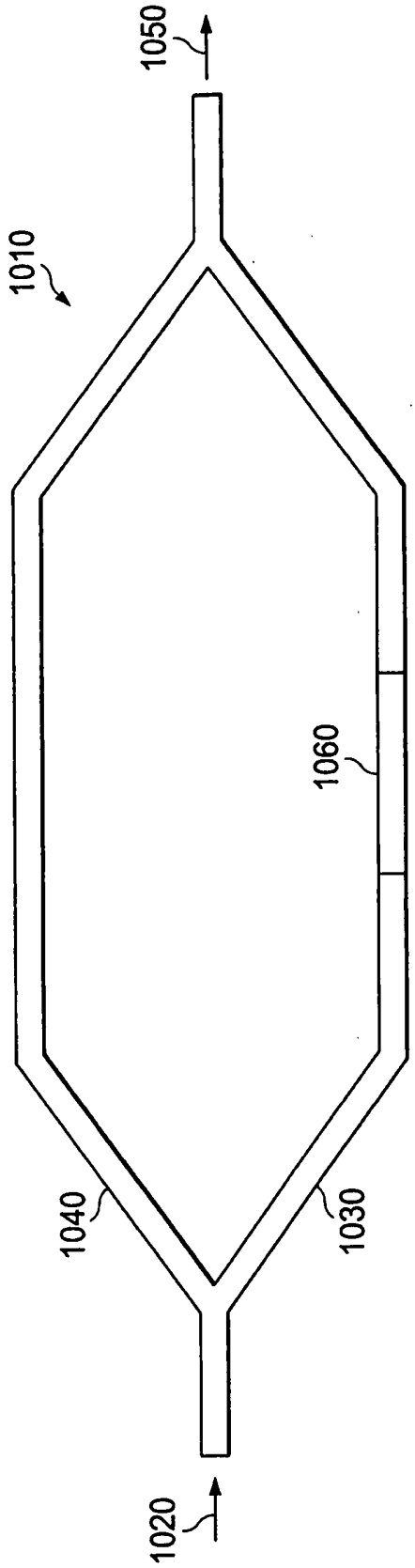

1050
1010
1060
1040
1030
1020

圖 10

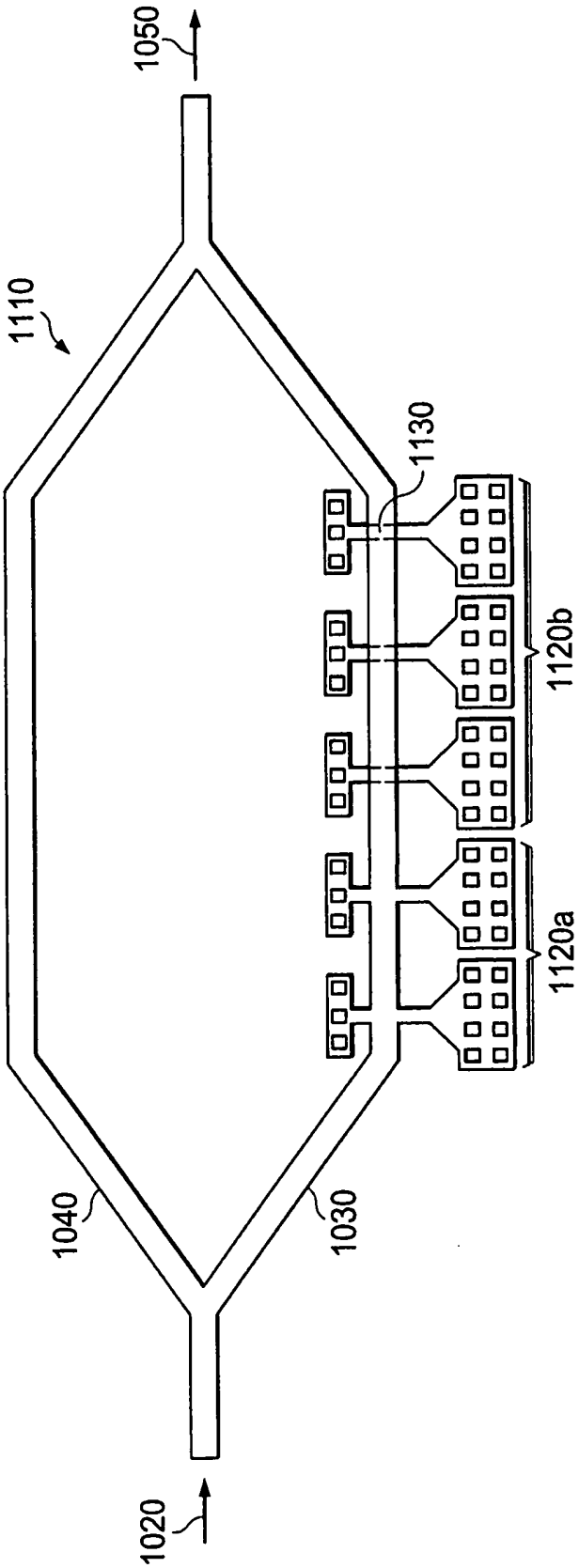

1050
1110
1130
1120b
1120a
1040
1030
1020

圖 11

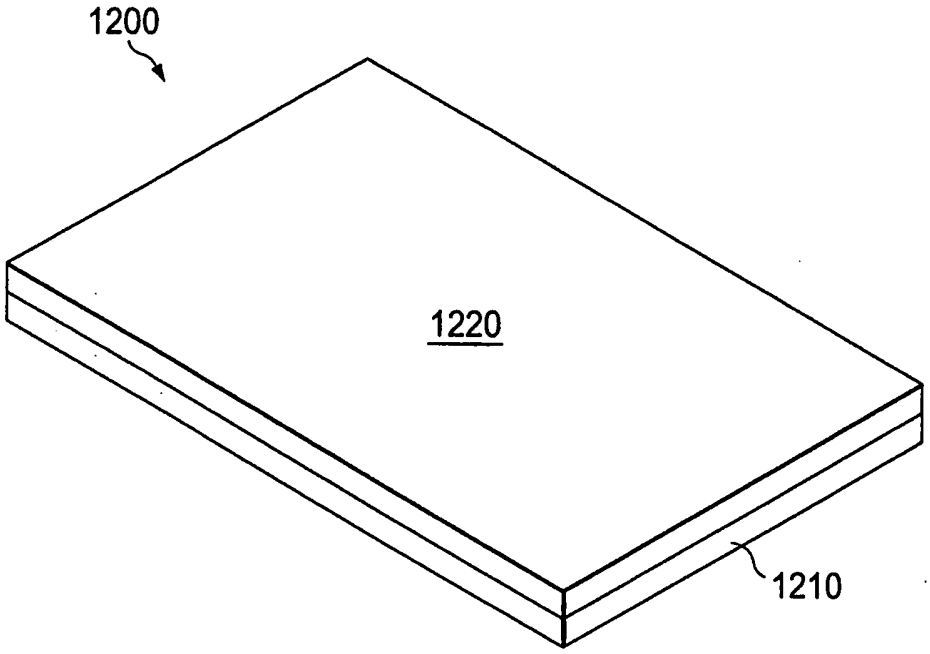


圖 12A

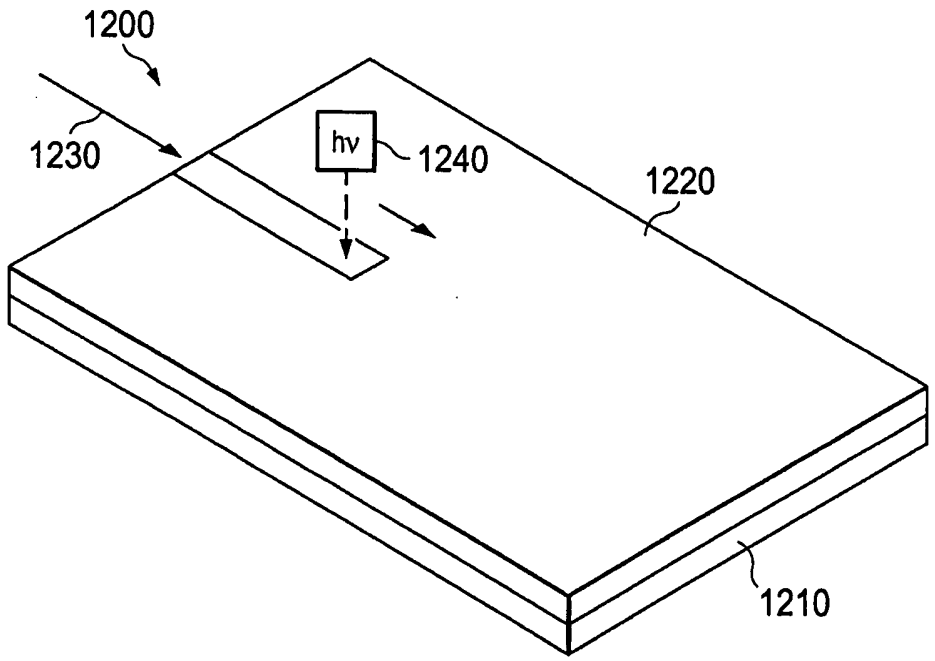


圖 12B

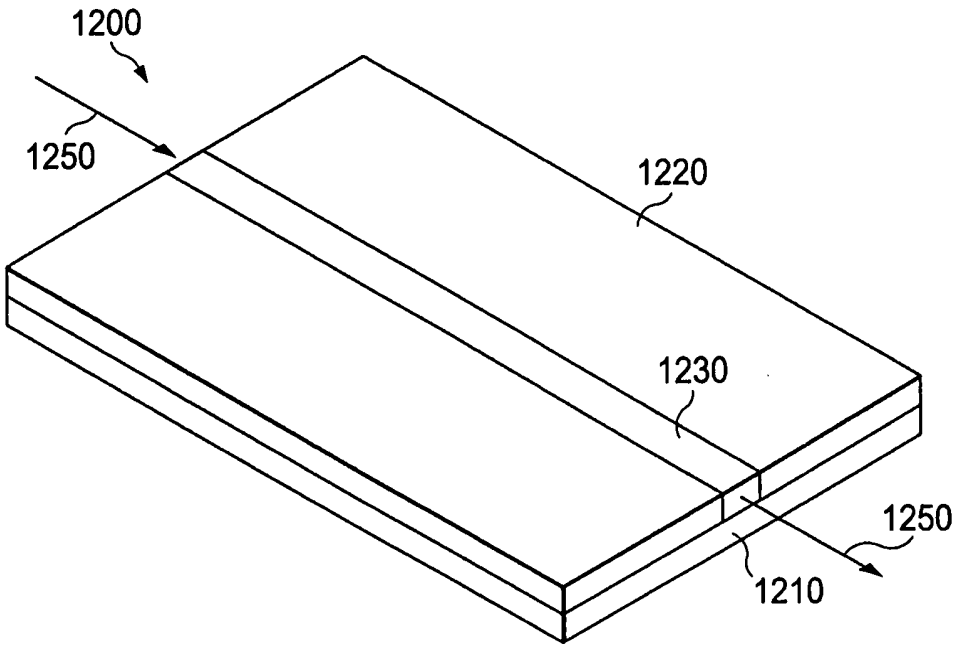


圖 12C

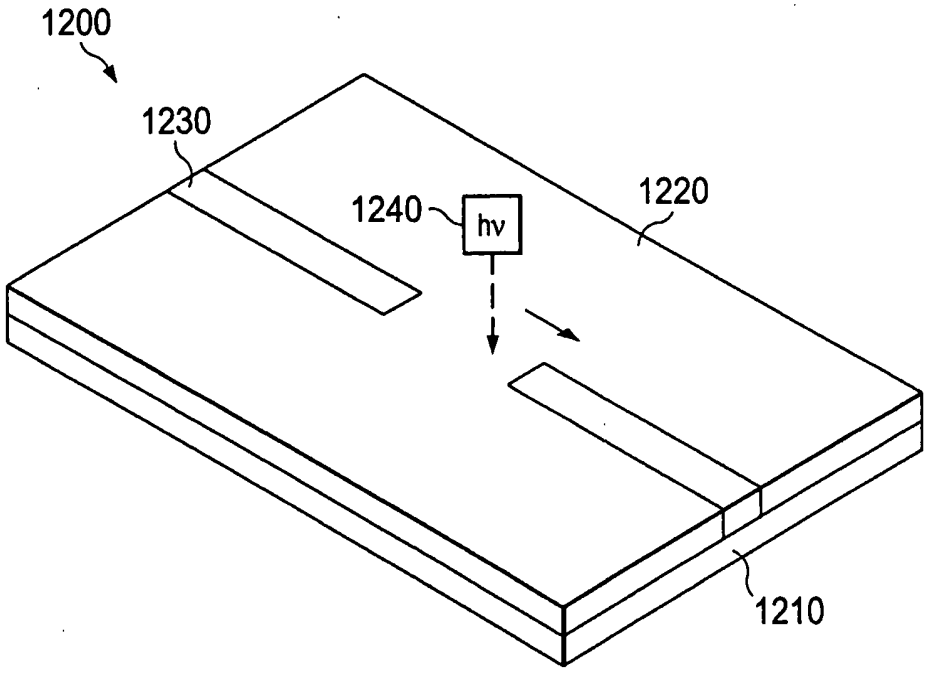


圖 12D

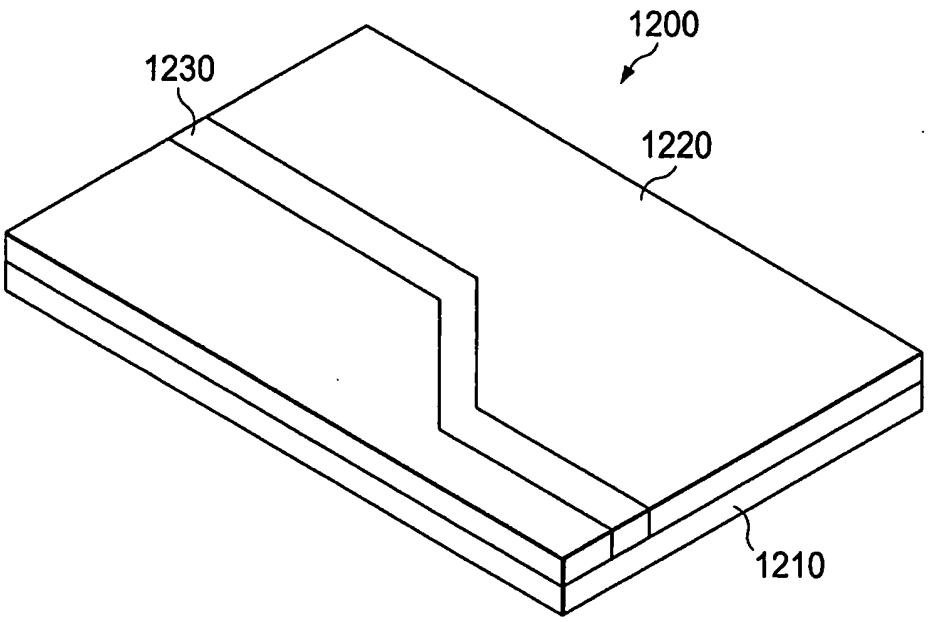


圖 12E

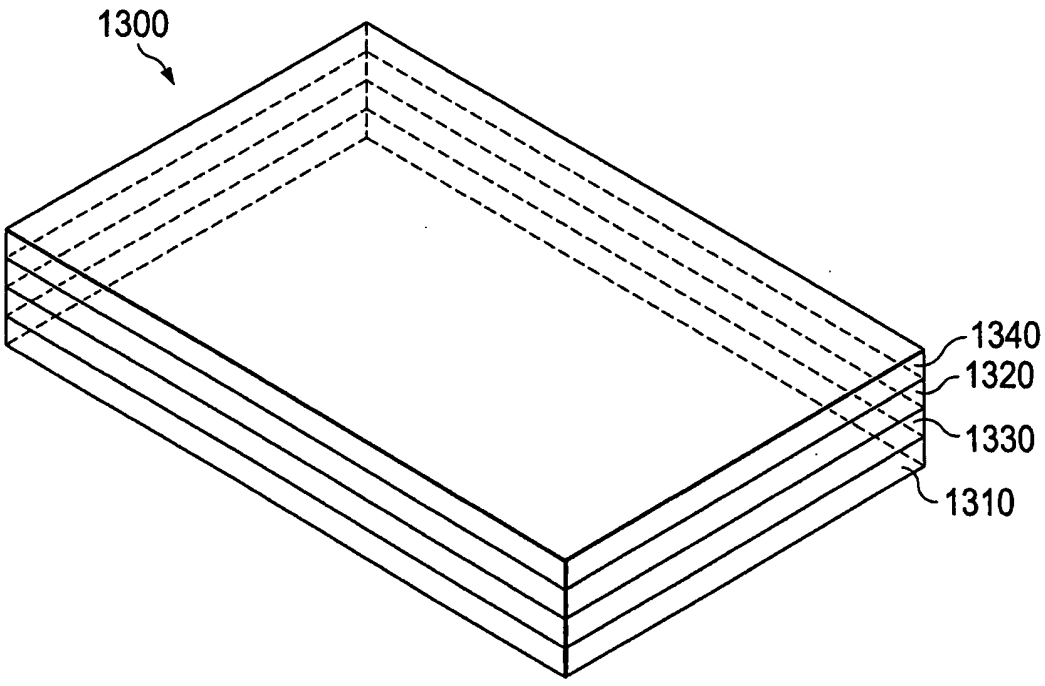


圖 13A

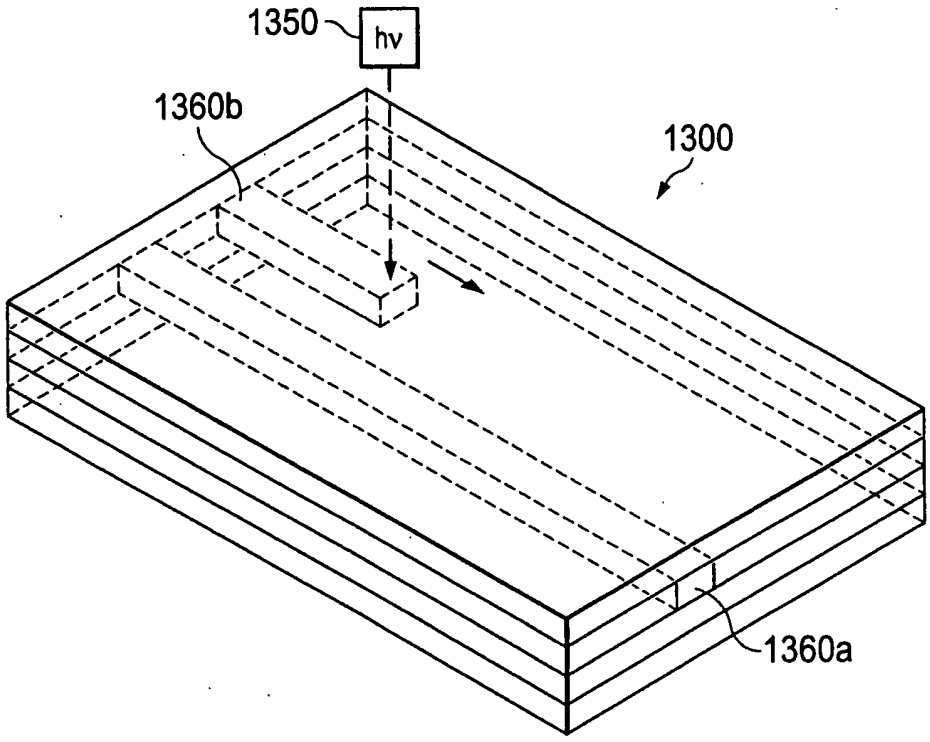


圖 13B

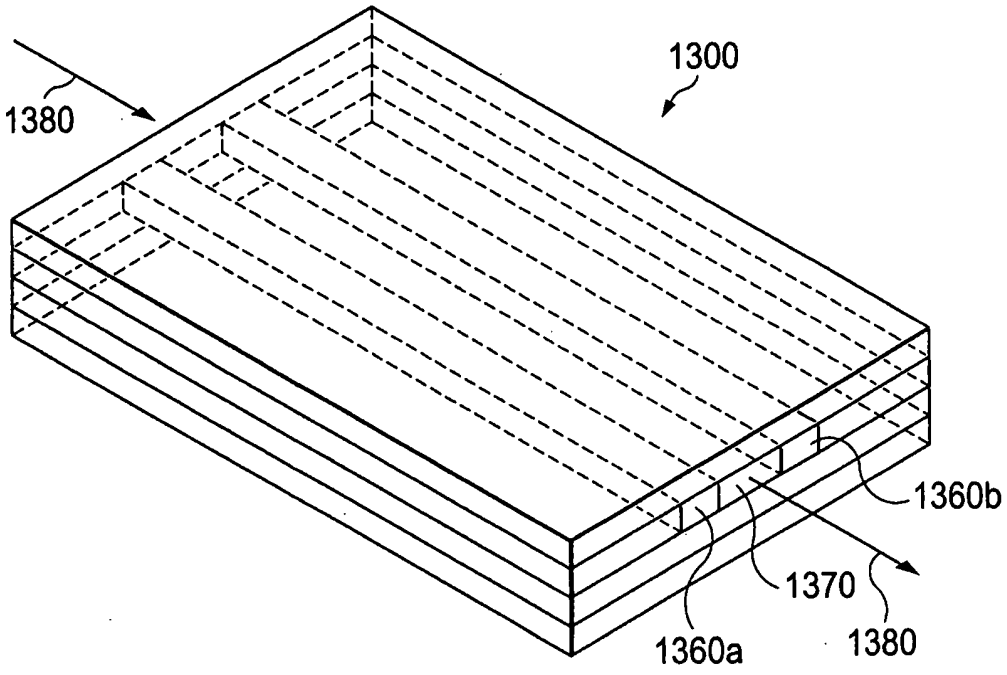


圖 13C

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（1）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

100	光學裝置
110	基板
120	核心區域
120a	區域
120b	區域
125	披覆層區域
130	光學信號
140	介電層
n_a	第一折射率
n_b	第二折射率

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)