

(21)申請案號：099137497

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 11 月 01 日

(51)Int. Cl. : **G02B6/35 (2006.01)**

(30)優先權：2009/11/02 美國 12/610,420

(71)申請人：賀利實公司 (美國) HARRIS CORPORATION (US)

美國

(72)發明人：夏克雷特 羅倫斯 偉恩 SHACKLETTE, LAWRENCE WAYNE (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：28 共 64 頁

(54)名稱

包含指數匹配之彈性固體層的光纖轉換器及相關方法

OPTICAL FIBER SWITCH INCLUDING AN INDEX MATCHING ELASTOMERIC SOLID LAYER AND RELATED METHODS

(57)摘要

本發明係關於一種光纖轉換器(230)，其可包括分別具有第一端面及第二端面(203，204)之第一成角度光纖及第二成角度光纖(231，232)。第一成角度光纖及第二成角度光纖(231，232)各自可包括具有核心折射率(n_1)之核心(235，236)及圍繞該核心且具有小於核心折射率之包覆層折射率(n_2)的包覆層(237，238)。光纖轉換器(230)可進一步包括第一指數匹配彈性固體層(240)，其具有耦合至第一端面(203)之近端面及與該近端面相對以便可重覆光學耦合至第二端面(204)之遠端面。第一指數匹配彈性固體層(240)可具有至少與核心(235，236)之折射率匹配的折射率。光纖轉換器(230)亦可包括至少一個致動器(255)以用於在耦合位置與非耦合位置之間相對移動第一成角度光纖及第二成角度光纖(231，232)。

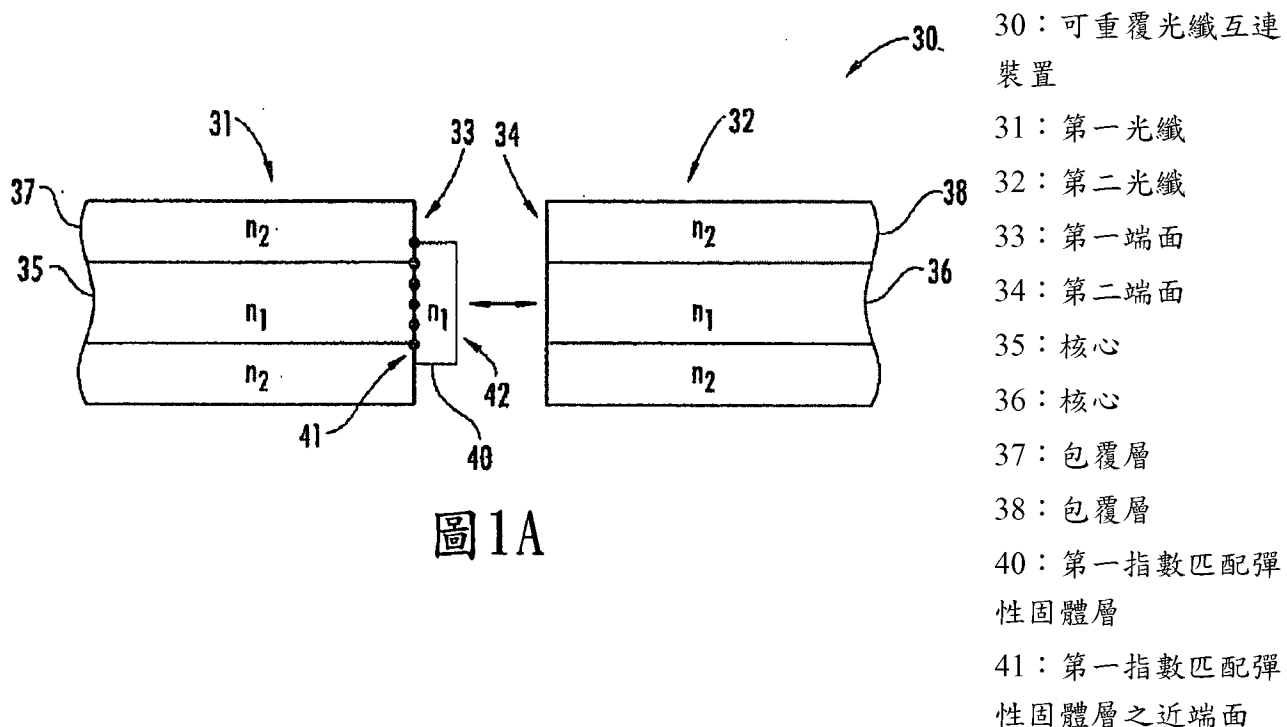
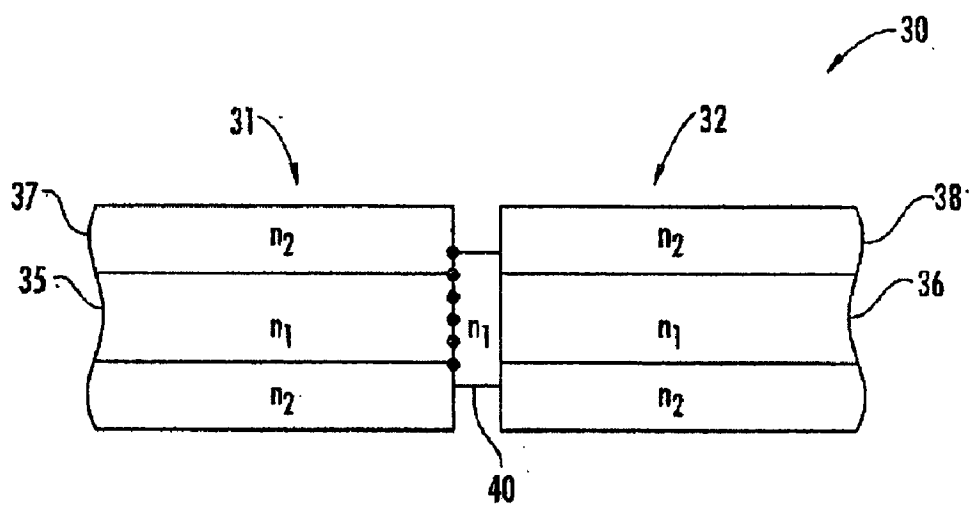


圖 1A



42：第一指數匹配彈性固體層之低黏性遠端面

圖1B

(21)申請案號：099137497

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 11 月 01 日

(51)Int. Cl. : **G02B6/35 (2006.01)**

(30)優先權：2009/11/02 美國 12/610,420

(71)申請人：賀利寶公司(美國) HARRIS CORPORATION (US)
美國

(72)發明人：夏克雷特 羅倫斯 偉恩 SHACKLETTE, LAWRENCE WAYNE (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：28 共 64 頁

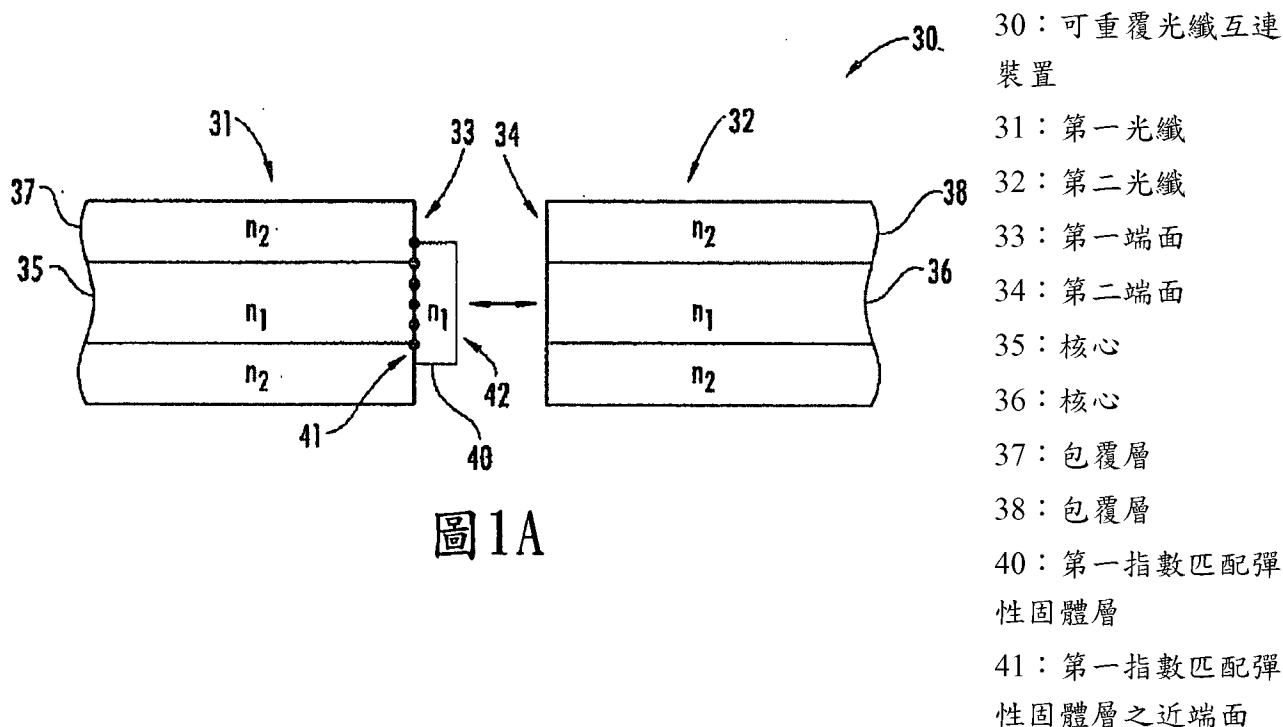
(54)名稱

包含指數匹配之彈性固體層的光纖轉換器及相關方法

OPTICAL FIBER SWITCH INCLUDING AN INDEX MATCHING ELASTOMERIC SOLID LAYER
AND RELATED METHODS

(57)摘要

本發明係關於一種光纖轉換器(230)，其可包括分別具有第一端面及第二端面(203，204)之第一成角度光纖及第二成角度光纖(231，232)。第一成角度光纖及第二成角度光纖(231，232)各自可包括具有核心折射率(n_1)之核心(235，236)及圍繞該核心且具有小於核心折射率之包覆層折射率(n_2)的包覆層(237，238)。光纖轉換器(230)可進一步包括第一指數匹配彈性固體層(240)，其具有耦合至第一端面(203)之近端面及與該近端面對以便可重覆光學耦合至第二端面(204)之遠端面。第一指數匹配彈性固體層(240)可具有至少與核心(235，236)之折射率匹配的折射率。光纖轉換器(230)亦可包括至少一個致動器(255)以用於在耦合位置與非耦合位置之間相對移動第一成角度光纖及第二成角度光纖(231，232)。



六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於光波導及光纖領域，且更特定言之，係關於光纖連接器、波導裝置及相關方法。

【先前技術】

光纖通常在電信中用於短距離及長距離傳送資料信號。與其他通信媒體(諸如金屬線)相比，光纖之優點在於信號以較低損耗沿其傳播，且信號亦較少受到電磁干擾。光纖亦具有極高帶寬(亦即資料傳輸率)。光纖亦可用於照明，且可包裹成束狀且在(諸如)光纖相機中用於載運影像。光纖亦可用於其他應用中，諸如感應器及雷射。

然而，光纖之一缺點在於與導線導體相比其較難耦合在一起，原因在於連接點處之不連續可導致光反射及光損耗，從而顯著降低信號品質。一種接合光纖之方法為使用機械熔接機，其將兩個光纖末端對準且熔合在一起。雖然此方法在光纖之間提供損耗極低的連接，但熔合耦合器通常極為昂貴，且因此對於許多實施而言不實用。熔接機形成永久性連接且較不適用於臨時拼接或將要成為臨時或動態之其他連接。

另一種用於一些光學界面中之方法係應用指數匹配材料，諸如液體或凝膠。雖然該等材料一般可經調配以匹配光學介質之折射率，但可因指數匹配材料之遷移及非所要區域之污染而出現問題。此外，該等材料有吸引塵埃之傾向，且一旦污染，通常難以清除。

Gilliand等人之美國專利第5,778,127號揭示一種光學收發裝置，其具有一外殼，該外殼包括與透鏡對準之二極體封裝且具有注入其中之光學填料組合物。光學填料組合物包含可用作指數匹配元件之聚矽氧彈性體作為定位及鎖定構件，或光學衰減器。光纖連接器或終端之其他例示性方法闡述於以下參考文獻中：King等人之美國專利第5,619,610號；Olin等人之美國專利第5,515,465號；Aloisio, Jr.等人之美國專利第6,501,900號；Filas等人之美國專利第6,097,873號；及Corke等人之美國專利第5,058,983號。

【發明內容】

因此，鑒於以上先前技術，本發明之一目標為提供一種提供增強之光學互連之光纖轉換器及相關方法。

藉由光纖轉換器提供此目標及其他目標、特徵及優點，該光纖轉換器可包括分別具有第一端面及第二端面之第一成角度光纖及第二成角度光纖。第一成角度光纖及第二成角度光纖各自可包括具有核心折射率之核心及圍繞該核心且具有不同於核心折射率之包覆層折射率的包覆層。光纖轉換器可進一步包括第一指數匹配彈性固體層，其具有耦合至第一端面之近端面，及與近端面相對以便可重覆光學耦合至第二端面之遠端面。第一指數匹配彈性固體層可具有至少匹配核心折射率之折射率。光纖轉換器亦可包括至少一個致動器以用於在耦合位置與非耦合位置之間相對移動第一成角度光纖及第二成角度光纖。因此，光纖轉換器

提供具有所要光學耦合特性之相對較持久之光纖轉換器。

更特定言之，近端面可以化學方式結合至第一端面，且遠端面可具有低黏性以便以機械方式直接可重覆耦合至該第二端面。此外，第一指數匹配彈性固體層之低黏性遠端面與第二端面相對擠壓時其表面性質可界定缺少氣穴的濕潤界面。另外，光纖轉換器可進一步包括第二指數匹配彈性固體層，其具有以化學方式結合至第二端面之近端面，及與近端面相對以便以機械方式可重覆光學耦合至第一指數匹配彈性固體層之低黏性遠端面的低黏性遠端面。

第一成角度光纖可包括接合在一起之第一對橫向光纖末端，且第二成角度光纖可包括接合在一起之第二對橫向光纖末端。舉例而言，第一指數匹配彈性固體層可包含丙烯酸酯聚合物。此外，第一端面可與第一光纖之軸線的垂直線成傾斜角度，且第一指數匹配彈性固體層可具有均勻厚度且匹配該傾斜角度。

另外，第一指數匹配彈性固體層可具有在所需工作波長下匹配核心之徑向均勻折射率。第一光纖及第二光纖各自可包含例如玻璃。亦舉例而言，第一光纖及第二光纖各自可包含多模光纖且至少一個致動器可包含至少一個壓電致動器。

製造光纖轉換器之相關方法可包括形成分別具有第一端面及第二端面之第一成角度光纖及第二成角度光纖。第一成角度光纖及第二成角度光纖各自可包括具有核心折射率之核心及圍繞該核心且具有不同於核心折射率之包覆層折

射率的包覆層。該方法可進一步包括形成具有耦合至第一端面之近端面及與近端面相對以便可重覆光學耦合至第二端面之遠端面的第一指數匹配彈性固體層，其中第一指數匹配彈性固體層之折射率至少匹配核心或其部分之折射率。該方法亦可包括定位至少一個致動器以用於在耦合位置與非耦合位置之間相對移動第一成角度光纖及第二成角度光纖。

【實施方式】

現將參考附圖在下文中更充分地描述本發明，其中展示本發明之較佳實施例。然而，本發明可以許多不同形式實施且不應視為受限於本文所述之實施例。更確切地說，提供此等實施例係為了使本發明更全面及完整，且將向熟習此項技術者充分傳達本發明之範疇。本文通篇中的相同數字係指相同元件，且撇號標記係用以指示替代實施例中之相似元件。

最先參看圖1A及1B，可重覆光纖互連裝置30說明性地包括第一光纖及第二光纖31，32，其分別具有第一端面及第二端面33，34。第一光纖及第二光纖31，32各自說明性地包括具有核心折射率 n_1 之各別核心35，36(例如經摻雜之矽石玻璃核心)，及圍繞核心且具有小於核心折射率之包覆層折射率 n_2 的各別包覆層37，38(例如塑料)。可重覆光纖互連裝置30進一步說明性地包括第一指數匹配彈性固體層40，其具有以化學方式結合至第一端面33之近端面41，如說明性實施例中以點表示。如熟習此項技術者所瞭

解，可藉由適當選擇指數匹配材料及/或對端面33進行各種類型的表面處理(諸如以矽烷化合物處理)獲得化學鍵結。此外，第一指數匹配彈性固體層40亦說明性地包括與近端面41相對之低黏性遠端面42，其宜如所示可重覆光學耦合至第二光纖32之第二端面34上。亦如熟習此項技術者所瞭解，可藉由適當選擇指數匹配材料(考慮其後固化特性)及/或添加表面塗層獲得低黏性遠端面。如本文中所用，「低黏性」表面允許配合的第一光纖及第二光纖在指數匹配材料之表面不產生永久變形及在每單位面積上無需過多用力之情況下失去配合(de-mate)。舉例而言，當第二配合物件之材料為熔融矽石時，該力可小於 10 g/mm^2 ，且更特定言之小於 1 g/mm^2 。

第一指數匹配彈性固體層40之折射率 n_1 亦宜至少與核心35，36之折射率 n_1 匹配。亦即，選擇第一指數匹配彈性固體層40之折射率實質上與欲耦合在一起之核心35，36之折射率相同。此第一指數匹配彈性固體層40宜提供指數匹配液體或凝膠之光學功能，但不會有該等材料之上述缺點(例如不易受污染等等)。此外，藉由將第一指數匹配彈性固體層40化學鍵結至第一端面41上，該層可由此永久地保持在適當位置，同時重覆地與第二配合端面34形成臨時連接。

由於層40之指數匹配彈性固體特性及與第一端面33之化學鍵結，所以其宜提供降低之透射損耗及背反射。此外，層40亦無限期地保持在適當位置，且不像指數匹配凝膠及

液體一樣遷移。加之，層 40 更耐塵埃及污染物且可被清潔，其維持光學平滑表面，可經鑄造或成形為所需形狀，且其可適應於多種折射率值及彈性特性(例如模數、可撓性等)，如熟習此項技術者將瞭解。舉例而言，第一指數匹配彈性固體層 40 可包含丙烯酸酯聚合物。因為丙烯酸酯可使用例如微影術加以圖案化，所以其能夠形成精確層狀結構，該等層狀結構係以相對較高精度成型及定位。有關可用於層 40 之例示性彈性調配物之更多細節將在下文中進一步論述。

在一些實施例中，低黏性遠端面 42 可直接以機械方式可重覆耦合至第二端面。舉例而言，第一指數匹配彈性固體層之低黏性遠端面與第二端面相對擠壓時其表面性質可界定缺少氣穴的濕潤界面，由此部分提供與第二光纖 32 之第二配合端面 34 的機械吸吮式耦合，如熟習此項技術者將瞭解。

在說明性實施例中，光纖 31，32 為多模光纖。亦即，與支持單一模式或傳播路徑之單模光纖相比，光纖 31，32 可以支持許多傳播路徑或橫向模式。多模光纖一般核心直徑較大，且用於短距離通信鏈路及需要大功率傳輸之應用，諸如在局部網路中或在建築之間。就此而言，因為添加或替換光纖在使用多模光纖之局部區域中更為普遍，所以可重覆光學(且視情況以機械方式)耦合多模光纖之能力可為重要優點。然而，熟習此項技術者應瞭解如本文中所述之指數匹配彈性固體層亦可與通常用於相對較長之通信鏈路

的單模光纖一起使用。

現另參看圖2，可重覆光纖互連裝置30'之一替代性實施例說明性地包括第二指數匹配彈性固體層43'。第二層43'與第一層40'的相似之處係在於其具有以化學方式結合至第二光纖32'之第二端面34'的近端面44'，及與近端面相對以便以機械方式可重覆光學耦合至第一指數匹配彈性固體層40'之低黏性遠端面42'的低黏性遠端面45'。

如圖3中所示，在一些實施例中，第一端面34''可與第一光纖31''之軸線46''之垂直線成傾斜角度。在該等實施例中，第一指數匹配彈性固體層40''可具有均勻厚度且匹配該傾斜角度，如圖4中所示。因此，互連裝置不僅宜可用於使用垂直光纖端面之應用中，而且可用於成角度光纖端面需要可重覆光學耦合之應用中，諸如在光學轉換器中，將在下文中對此作進一步論述。

層40''適合於形成光纖31''之延伸部，且符合光纖端面的角度。由於有層40''，故宜可在兩個光纖31''，32''之間維持較高程度之光透射，而在無該層之情況下，光纖之間幾乎無光或無光透射。此外，層40''之彈性性質宜使得配合端面中小的不連續得以均勻填充，由此減少在界面處因反射及散射而產生的光損耗，如熟習此項技術者所瞭解。

現參看圖5A及5B描述可重覆光纖互連裝置30'''之又一實施例。在說明性實例中，提供用於第一光纖之第一套圈座架50'''，連同用於第二光纖之第二套圈座架51'''。如彼等熟習此項技術者所瞭解，在光纖終端中，有時需要精密

套圈的協助以將兩個光纖連接在一起。在圖5B中展示第一光纖31'''與第二光纖32'''經光學耦合在一起。

現參看圖6描述製造第一光纖31與第二光纖32之間的可重覆光纖互連裝置之相關方法。由步驟60開始，該方法在步驟61說明性地包括形成具有以化學方式結合至第一光纖31之第一端面33的近端面41及與該近端面相對之低黏性遠端面42的第一指數匹配彈性固體層40。如上所述，低黏性遠端面42欲可重覆光學耦合至第二光纖32之第二端面34，由此結束該說明性方法(步驟62)。

現參看圖7A，7B及8，可重覆光纖連接裝置130之另一實施例說明性地包括指數匹配彈性固體層140，其具有與核心135及包覆層137之折射率相匹配之折射率型態。更特定言之，層140說明性地包括具有匹配核心135之折射率的折射率 n_1 之第一部分148，及具有匹配包覆層149之折射率的折射率 n_2 之第二部分149。如同上述結構一樣，層140化學鍵結至光纖131。層140進而提供光導結構，亦即光波導。亦即，層140宜可適合於形成光纖131之延伸部，以供保存傳播中之光模。此外，層140之彈性性質使得配合端面131，132中的小的不連續得以均勻填充，進而防止在界面處因反射及散射而產生的光損耗。模式匹配導向結構因此宜經提供而具有減少的損耗及背反射。

亦如上所述，丙烯酸酯及丙烯酸酯與聚胺基甲酸酯及硫醇烯之共聚物為用於形成層140之有利材料，因為其可提供所需光學匹配且可使用諸如微影術或成形技術以相對較

高精度精確地加以圖案化。此外，此等材料宜可用以建構第一部分148之不同指數型態。更特定言之，圖9中展示層140'之一替代性實施例，其中與具有在所需工作波長下匹配核心135'之徑向均勻折射率的圖8之第一部分148相對，第一部分148'具有梯度折射率，如熟習此項技術者所瞭解。梯度部分148'可尤其適用於GRIN透鏡應用中，下文將對此作進一步論述。

現參看圖10描述製造第一光纖131與第二光纖132之間的可重覆光纖互連裝置之另一方法。由步驟60'開始，該方法在步驟61'說明性地包括形成具有以化學方式結合至第一光纖131之第一端面133的近端面141及與該近端面相對之低黏性遠端面142的第一指數匹配彈性固體層140。如上所述，低黏性遠端面142可重覆光學耦合至第二光纖132之第二端面134，由此結束該說明性方法(步驟62')。

現參看圖11論述用於形成具有第一部分及第二部分148，149之層140的例示性方法。形成層140之第一部分148的操作最初涉及在基板109(諸如矽基板)上旋轉核心調配物之後進行核心材料之圖案化曝光，其宜可經由玻璃遮罩近接式曝光而實現(步驟110)。在一些實施例中，核心調配物可直接形成於光纖131之末端而非基板109上。接觸曝光可用於液體單體填充遮罩與基板109之間的區域之情況中。第一部分140可隨後在步驟111經圖案化及顯影，繼之在步驟112注入包覆層調配物。如圖所示，包覆層可僅限於使用蓋板113形成於核心側面，且讓包覆層單體藉由滲

透力填充基板與玻璃蓋板113之間的間隙。

若需要梯度指數，則核心或第一部分148可經部分固化至足以界定核心之程度，且在步驟114，可藉由將總成浸於某一高溫下(例如40至60℃，但在不同實施例中可使用其他溫度)使液體包覆層調配物之單體與核心交換。如熟習此項技術者所瞭解，階梯度將視時間、溫度及圖案化核心中之固化百分比而定。一般而言，對於梯度指數導向結構而言，各調配物中之單體最好包括兩種或兩種以上具有相對較寬間隔之折射率及不同固化速率之單體，使得具有不同折射率之單體易於擴散至核心區域中及/或自核心區域中擴散出，亦如熟習此項技術者所瞭解。

若不使用熱浸來提供梯度指數，則注入之包覆層調配物可僅在室溫下維持足以使包覆層部分149散佈至核心部分148的時間。可在步驟115執行第二UV曝光，之後在步驟116，層140可保持鍵結於基板上以便封裝或處理，或在步驟117自基板116移除以提供耦合至光纖131之獨立式層。根據一例示性實施例，層140可自基板109剝離，而仍附著於玻璃蓋板113上。直徑為62.5微米之遮罩尺寸係用於一例示性實施例中，且此直徑基本上在核心尺寸中再現。如熟習此項技術者所瞭解，若需要，則直徑之偏差宜因曝光不足或過度曝光或顯影不足而產生。

圖12-14中說明可使用上述方法之變化形式製造的額外組態。具有傾斜端面之光纖131'及具有均勻厚度且匹配傾斜端面之傾斜角度的相應指數匹配彈性固體層140'展示於

圖 12 中。類似於圖 5A 及 5B 中所說明之實施例，亦可提供具有套圈座架 150' 及指數匹配彈性固體層 140'' 之另一例示性實施例，該 140'' 具有第一(核心匹配)及第二(包覆層匹配)部分 148''，149''，如圖 13 中所示。在圖 14 中所說明之實施例中，指數匹配彈性固體層 140' 包括具有梯度折射率之第一(核心)部分 148'''，其中層係位於第一光纖 131''' 與第二光纖 132''' 之間，由此提供安裝於套圈 150''' 上之整體式 GRIN 透鏡，如熟習此項技術者所瞭解。

現參看圖 15A 及 15B，包括指數匹配彈性固體層 240 之例示性光纖轉換器 230 說明性地包括第一成角度光纖及第二成角度光纖 201，202，其可為多模光纖或單模光纖。更特定言之，轉換器 230 在圖 15A 中以耦合或閉合位置(轉換狀態 1)展示，且在圖 15B 中以非耦合或開啟位置(轉換狀態 2)展示。在耦合位置中，光沿路徑 A-A'(亦即兩個核心 235 與 237 之間)透射，且在非耦合位置中，其沿路徑 A-B(亦即在第一光纖 231 內)及/或路徑 B'-A'(亦即在第二光纖 232 內)透射。

第一成角度光纖及第二成角度光纖 201，202 各自說明性地包括各別第一端面及第二端面 203，204。如同上述實施例一樣，包括指數匹配彈性固體層 240 且其具有耦合至第一端面 203 之近端面及與該近端面相對以便可重覆光學耦合至第二端面 204 之遠端面。此處，指數匹配彈性固體層 240 同樣具有與核心折射率匹配的折射率，如圖 1A 及 1B 中所示。如熟習此項技術者所瞭解，光纖轉換器 200 亦可包

括一或多個致動器 255(例如壓電致動器)以用於在耦合與非耦合位置之間相對移動第一成角度光纖及第二成角度光纖 231, 232。

製造光纖轉換器 230之相關方法係在圖 16 中說明。由步驟 160 開始，形成各自分別具有第一端面及第二端面之第一成角度光纖及第二成角度光纖 231, 232(步驟 161)。如上所述，第一成角度光纖及第二成角度光纖 231, 232 各自說明性地包括具有核心折射率 n_1 之核心 235, 237, 及圍繞該核心且具有不同於核心折射率之包覆層折射率 n_2 的包覆層 236, 238。該方法在步驟 162 進一步說明性地包括形成指數匹配彈性固體層 140，其具有耦合至第一端面 203 之近端面及與該近端面相對以便可重覆光學耦合至第二端面 204 之遠端面。此處，指數匹配彈性固體層 204 之折射率同樣至少匹配核心 235 之折射率 n_1 。該方法亦在步驟 163 說明性地包括定位一或多個致動器 255 以用於在耦合位置(圖 15A)與非耦合位置(圖 15B)之間相對移動第一成角度光纖及第二成角度光纖 231, 232，由此結束該說明性方法(步驟 164)。

在一些實施例中，光學轉換器可包括匹配核心與包覆層之指數匹配彈性固體層，如以上參看圖 7A 及 7B 所論述。製造該光學轉換器之相關方法係在圖 17 中說明，其中在步驟 162' 形成折射率匹配核心及包覆層折射率的指數匹配彈性固體層。亦應注意在一些光纖轉換器實施例中，類似於上文參看圖 2A 及 2B 所論述，第二指數匹配彈性固體層可

以化學方式鍵結至第二光纖232之第二端面204上，如熟習此項技術者所瞭解。

一般而言，多模轉換器之所要特徵包括實現以下嚴格要求：低插入損耗、低回程損耗及快速切換時間。然而，該等特徵一般難以在多模轉換器中實現。多模轉換器通常為利用移動光纖或移動光學元件(例如鏡面)之機械型轉換器。實現快速切換時間需要微機電系統(MEMS)規模組件以減少移動質量(moving mass)。亦需要降低所要運動程度之設計。此外，通常亦需要呈耦合轉換狀態之轉換器的精確對準，波導面之成角度及/或在導向結構之間的界面內之精細指數匹配。減少任何非導向光路亦有顯著意義。

此等特徵宜用轉換器200實現，轉換器200係根據受抑全內反射(FTIR)原理來操作。轉換器200僅需要第一端面203與第二端面204之間的短程運動。一般而言，所要位移僅需約3個波長(例如4微米)或3個波長以下以便操作轉換器200。可以45度或更大角度(α)界面來設計轉換器以便呈狀態1(耦合位置)之背反射強烈受到抑制。如上所述，轉換器200可實現兩種轉換狀態，亦即(1)A至A'(亦即耦合)及(2)A至B及/或B'至A'(非耦合)。如熟習此項技術者所瞭解，轉換器200可以2×2交叉轉換器之一半來構建，或其可由兩個1×2轉換器來組裝。

現將參考圖18-24描述例示性光纖轉換器實施例。在以下實例中，指數匹配彈性固體層係稱為彈性指數匹配介質(EIMM)。在以光導形式建構EIMM之情況中，其核心可以

與薄膜平面呈45度或更大角度定向且尺寸經調整以匹配光纖之核心(例如, 50或62.5 μm)。如圖15A及15B中所示, 核心與安裝了EIMM之光纖對準。

在EIMM之核心區域**148**亦可在指數上呈梯度之彼等實施例中, 宜允許光經由EIMM傳播, 正如光經由光纖本身傳播一樣。此舉提供降低的損耗, 且允許EIMM需要時具有不同厚度以滿足既定設計之機械態樣。在狀態2(亦即非耦合)下, 大部分光在EIMM與空氣之間的界面處反射。如熟習此項技術者所瞭解, 展示於圖15A及15B中的基本設計之變化形式係可能的。一些潛在變化形式將包括(例如)使用固定的鏡面或透鏡以收集光或將光插入路徑**B**及**B'**。此外亦可使用其他類型之致動器。

各種EIMM聚合物調配物可用於上文所論述之可重覆光纖互連裝置及光纖轉換器中。一般而言, EIMM聚合物可經由丙烯酸酯及/或甲基丙烯酸酯之UV固化而形成。聚合物之製備可由液體丙烯酸酯及/或甲基丙烯酸酯(在本文中縮寫為(甲基)丙烯酸酯)單體與少量光引發劑及抗氧化劑之調配開始。由製造商提供單體在589.3 nm下之折射率(鈉D線)。對於光纖應用而言, 聚合物在1310 nm及/或850 nm下之指數尤其受關注。如熟習此項技術者所瞭解, 用不同單體調配物製成的聚合物將具有不同指數及不同色散(dispersion)。

初步估算可用以測定隨單體在起始調配物中之相對量而變化的折射率。此經估算調配物可用作起始點, 且隨後可

基於實際量測結果添加少量特定單體以改進所要聚合物之目標折射率調配物。圖18提供一例示性表集合，其可用以計算液體單體調配物之起始組成。因為光引發劑及抗氧化劑在總體積中佔較低分數，所以在計算中忽略不計。

表18.1提供描述液體單體之特徵及作為目標使用的各單體之體積百分比的輸入值。表18.3之最先兩行中的經驗參數給出因聚合作用所致的預期變化之量測值(δ)，及指數因色散而自589 nm變化為1310或850 nm之預期偏移(ξ)。藉由液體單體與固化聚合物在589.3 nm下之指數比來估算 δ 。色散因數 ξ 為聚合物在目標波長(850或1310 nm)下之指數與在589.3 nm下之指數的比率。由對密切關聯之丙烯酸酯聚合物的量測獲得此等參數。計算值在表18.3之最後三行中突出顯示。在說明性實例中，Corning InfiniCor SX 50- μ m光纖之NA為0.200，因此各種單體之體積百分比經調整以達到此值。用以下方程式(1)計算預期折射率，在方程式中 Vf_i 表示第*i*種組份之體積分數， δ 為聚合因數，且 ξ 為在1310或850 nm下之色散因數：

$$n_{\text{聚合物}} = (n_A * Vf_A + n_B * Vf_B + n_C * Vf_C + n_D * Vf_D + n_E * Vf_E) * \delta * \xi \quad (1)$$

圍繞以下兩種梯度指數光纖類型設計例示性轉換器：來自Corning, NY之Corning, Inc.的InfiniCor SX(50 μ m)及Corning InfiniCor CL-1000(62.5 μ m)。在850 nm下操作之系統將傾向於使用InfiniCor SX，而彼等在約1310 nm下操作之系統將傾向於使用InfiniCor CL-1000，但任一光纖類型可在任一波長區域內使用。因為EIMM經設計以提供指

數匹配，所以表徵各別光纖在相關波長下之折射率有重要意義，且於展示 Infinicor 光纖之實測及指定參數的下表中提供其概述。

光纖類型	波長 (nm)	峰值		Δn	Δ	指定 之 Δ	峰值 NA	指定之 NA
		核心 指數	包覆層 指數					
InfiniCor SX	850	1.46735	1.4525	0.01485	1.01%	1.00%	0.208	0.200
InfiniCor CL 1000	1322	1.4753	1.4467	0.0286	1.92%	2.00%	0.289	0.275

如上所論述，彈性指數匹配介質可為藉由UV固化自丙烯酸酯及甲基丙烯酸酯單體合成之(甲基)丙烯酸酯聚合物。如彼等熟習此項技術者所瞭解，基於多種標準選擇單體，包括聚合物之所要特性，諸如折射率、硬度、模數、韌性及澄清度。亦偏好具有較低健康風險或毒性之單體。一般亦需要低硬度至中等硬度之聚合物，以便當轉換器在閉合或耦合(A至A')位置時易於有效潤濕光學接觸表面。模數決定用於獲得覆蓋光纖之整個核心(及視情況可選之包覆層)區域的濕潤點所必需之力。

丙烯酸酯單體之一例示性選擇展示於圖19中。各單體提供獨特屬性。氟化物、F8DA及TFPM係用於降低調配物之折射率以匹配光纖核心及包覆層之折射率。芳族化合物、EBDA-10由於存在苯基而提供較高之核心指數。藉助於長的乙氧基側鏈，其亦賦予可撓性、韌性且降低硬度。脂族二丙烯酸酯PNGDA亦具有中等折射率以及所要機械可撓性，且與F8DA或EBDA-10組合時，允許包覆層及/或核心之指數上下調整。單官能單體TFPM、IBA及IOA允許交聯

密度得以調整，其影響硬度及韌性。此等單體亦可用以上下調整聚合物之玻璃轉移溫度(T_g)，因為IBA之均聚物具有相對較高 $T_g(90^{\circ}\text{C})$ 且IOA之均聚物具有相對較低 $T_g(-54^{\circ}\text{C})$ 。一般而言，可使用此等或其他適當單體之組合，該等單體可混溶且在聚合時不會經歷相分離。下表提供若干例示性單體之物理特徵的列表：

材料	MW	黏度	密度	均聚物之 T_g	液體在589 nm下之RI	表面張力	在1310下之估計液體損耗
		(cp)	(kg/L)	($^{\circ}\text{C}$)		(dyn/cm)	dB/cm
EBDA-10	776	610	1.126	2	1.5142	37.6	0.20
EBDM-30	2156	610	1.122	-43	1.4906	43.8	0.17
PNGDA	328	15	1.005	32	1.4500	32.0	0.20
IOA	184	5	0.88	-54	1.4346	28.0	0.22
F8DA	370	0.46	1.383		1.3937	24.2	0.09
TFPM	200		1.215	68	1.3730	20.6	0.11

上述單體包括單官能及雙官能單體兩者，亦即其含有一或兩個(甲基)丙烯酸酯基。此等基團經歷自由基聚合機制，從而產生具有彈性特性之高度交聯固體。為了用UV光引發聚合，使UV-敏感性光引發劑包括於調配物中。同時，為了降低因老化而發黃之傾向，添加抗氧化劑。此等組份各自僅佔調配物較低百分比，例如2%或較低含量。如上所述，調配物之一所要態樣在於構成組份可混溶，且當發生聚合反應時保持原樣。相分離可導致霧的生成，且因此發生光散射損耗。下表中列出例示性調配物：

彈性指數匹配材料調配物

材料	縮寫	EIMM 200核心 調配物 (重量%)	EIMM 200包覆層 調配物 (重量%)	EIMM 401核心 調配物 (重量%)	EIMM 401包覆層 調配物 (重量%)
丙烯酸異辛酯	IOA		28.3%		
全氟己二醇二丙烯酸酯	F8DA	79.0%	26.4%	26.6%	35.1%
丙氧基化新戊二醇二丙烯酸酯	PNGDA	21.0%	26.0%	21.3%	15.6%
甲基丙烯酸四氟丙酯	TFPM		19.3%	25.6%	32.8%
乙氧基化(10)雙酚A二丙烯酸酯	EBDA-10			26.6%	16.6%
添加劑 ⁽¹⁾					
二乙氧基苯乙酮(光引發劑)	DEAP	2.0%	2.0%		
Daracur 4265(光引發劑)	D-4265			2.0%	2.0%
Irganox 1010(抗氧化劑)	I-1010	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%

添加劑係以佔所列全部材料之百分比形式呈現

舉例而言，來自 Ciba of Basel, Switzerland 之 Irganox 1010 可用作適合抗氧化劑。此外，兩種適合液體光引發劑展示於圖 20 及 21 中。兩種所說明之光引發劑對來自汞燈 (I-線) 之 UV 光具有所要反應。D4265 具有最強反應，但其亦包括對藍光 (H-線) 之一定敏感度，因此其可能需要在具有濾光 (黃光) 照明之區域中儲存及使用，如熟習此項技術者所瞭解。

就折射率及色散特徵來表徵若干用上述單體及光引發劑製成的材料調配物。將核心及包覆層樣品塗佈於矽基板上且曝露於劑量為 1500 mJ 之來自高壓汞燈光源之 UV 光下，該高壓汞燈光源輸出約 35 mW/cm²。隨後在流動氮氣下，

在125℃下使固化樣品退火1小時。退火程序可能會使任何低分子量物質(諸如剩餘未固化單體及光引發劑)昇華掉。藉由在薄膜(通常10至50微米厚)上之稜鏡耦合測量法來量測折射率。來自圖18之稱為EIMM-200之調配物的結果展示於圖7中。此等結果係針對EIMM-200核心及包覆層之調配物，該結果與針對以上所列InfiniCor SX光纖之值一致(且在圖18之圖中以黑色方格繪製)。

如上所述，需要設計EIMM之機械特性以匹配既定轉換器所需之特徵。舉例而言，可使用差示掃描熱量計(DSC)對所調配材料進行量測以測定玻璃轉移溫度(T_g)，且使用動態機械分析器(DMA)測定儲存模數。將此等值連同折射率一起記錄於下表中。數據證明機械特性及熱特性可因選擇單體調配物之不同配方而在極大範圍內變化。

丙烯酸酯聚合物薄膜之實測特徵⁽¹⁾

調配物	在1322 nm 下之RI	在850 nm 下之RI	T _g ⁽²⁾ (°C)	在30°C下 之模數 ⁽³⁾ (kpsi)	估計 固體密度 (g/cm ³)
1a核心	1.4895		7.44	0.3	1.08
1b核心	1.4904		11.6	14.5	1.08
1a包覆層	1.4703		37.3	143.8	1.04
1b包覆層	1.4685		32.7	137.5	1.08
2核心		1.4669		9.3至60 ⁽⁴⁾	
2包覆層		1.4525		2	

(1)在氮氣下，在125℃下退火1小時之後的固體聚合物

(2)T_g係在差示掃描熱量計(DSC)中由第一次加熱來測定

(3)模數係由動態機械分析器(DMA)獲得

(4)範圍視固化歷程及熱歷程而定

選定彈性固體之單體調配物

調配物	F8DA	PNGDA	EBDA-10	TFPM	IOA	DEAP	D-4265	I-1010
	(wt%)	(wt%)	(wt%)	(wt%)	(wt%)	(wt%)	(wt%)	(wt%)
1a核心		59.4	38.3			2		0.3
1b核心		59.4	38.3				2	0.3
1a包覆層	2.8	94.9				2		0.3
1b包覆層	10.7	82.3	4.7			2		0.3
2核心		77.2		20.5		1	1	0.3

EIMM結構或層可呈各種形式，其中之一為指數等於光纖之有效指數的材料層。再者，EIMM在諸如圖15A及15B中所示之應用中優於液體指數匹配材料，因為由有刻面(成角度)的光纖末端獲得全內反射將需要空氣界面。一旦轉換器開始循環工作，則需要清潔地移除液體。固體EIMM在一或兩個面上達到此要求，且若保留於光纖末端刻面之一者上時，可視情況在轉換狀態2(非耦合)下形成平面反射表面。EIMM可以獨立式薄膜形式製備且隨後對準且施加於光纖端面上，或其可直接在光纖末端或拋光套圈上製造，如以上參看圖11所論述。在前一情況下，EIMM生長於玻璃或矽上且在固化之後剝離。在後一情況下，可將助黏劑施加於光纖末端上，且EIMM隨後將保持剛性附著，如熟習此項技術者所瞭解。

為了在光纖末端上製造波導，50微米核心光纖可成51度以在光纖末端提供支撐光線之全內反射。波導可與光纖同軸。一種用於產生此幾何形狀之例示性夾具300展示於圖23中。舉例而言，光纖331可安裝於矽V形槽區塊301中且

在51度角下經拋光。在EIMM層340製造步驟期間光纖331可保留於區塊301中。線隔板302可用以建立EIMM層340之厚度(t)且遮罩303可用以界定匹配光纖331之核心335的卵形核心部分348，如圖24中所示。一旦遮罩303與光纖331之核心335適當對準，則夾具300將如所示對來自垂直準直光源之UV曝光以51度角定向。耦合稜鏡304可附著至遮罩303上以允許UV光束以51度角傳播穿過遮罩及液體EIMM單體，如熟習此項技術者所瞭解。遮罩303及稜鏡304均可由石英(矽石)製成且折射率類似於EIMM或與EIMM相同。當EIMM固化時，其指數將提高，因此如在UV光束路徑之實線與虛線之間所示UV光束仍有一些折射。

在核心曝光之後，可例如使用甲醇與異丙醇之溶劑混合物顯影該結構。包括包覆層結構之第二遮罩(圖23中未展示)可用以界定緊跟著光纖331之包覆層337的包覆層部分349，如以上參看圖11所論述。此又將在光纖331之末端上產生幾何形狀與光纖本身相同(末端呈51度角)的EIMM層340，當端面在空氣中時EIMM層將橫向反射光，且當配合光纖與EIMM層340接觸時，其將同軸透射光。

可用於光纖轉換器及互連裝置應用中的EIMM層340之例示性厚度可例如在約25 μm 至75 μm 之範圍內，但亦可使用其他厚度。對於該等厚度而言，層340在轉換器閉合之後之1- μm 變形將導致分別介於約4%與1.3%之間的應變。應注意到層340之有效硬度將與厚度有關，因為對於該等薄膜而言，基板之硬度影響聚合物之有效硬度。

EIMM層 340 宜與兩種臨時接合光纖之界面處的不規則性一致以減少反射或散射損耗。對在45度角下拋光之光纖對執行測試，其驗證此項功能。對於該測試，EIMM聚合物生長於覆蓋光纖末端的形狀為1 mm×1 mm襯墊的光纖拋光區塊之表面上。亦固持於拋光區塊上而非由EIMM覆蓋的第二光纖接著用於與第一光纖光學連接。經由主動對準實現此連接，且記錄下用光時域反射計(OTDR)測得的最小透射損耗及最大反射損耗。該測試使用 Corning InfiniCor CL 1000 62.5- μ m光纖。對於該測試而言，EIMM層中無導向結構，僅有匹配梯度指數光纖之峰值指數的EIMM材料之連續塗佈，如熟習此項技術者所瞭解。

下表中呈現由各種厚度之EIMM所獲得之數據：

**1310-nm光透射穿過以EIMM填充
之間隙的實測及計算損耗**

間隔	62.5光纖之計算損耗值	在1310下之數據*	RL
(μ m)	(dB)	(dB)	(dB)
5	0.034		
10	0.068		
25	0.173	0.175	59
50	0.353	0.306	71
100	0.738	1.037	75

* 使用EIMM-12核心厚度之襯墊

如表中所見，可實現所要回程損耗(例如大於70 dB)。對於最薄樣品而言，在理論上(不欲受此理論之限制)該等區塊不必充分平行以允許RL之完全接近及優化。亦應注意透

射損耗亦基本上與理論上允許的一樣低，只要不存在導向結構。對於具有既定NA及半徑a之梯度指數光纖而言，因在由指數 n_0 之材料填充的間隙s中傳播而發生預期光纖間損耗，以下方程式表示預期間隙損耗關係式：

$$\text{間隙損耗} = -10 \cdot \log \left\{ 1 - \frac{s \cdot \text{NA}}{4 \cdot a \cdot n_0} \right\}$$

在圖24中呈現來自以上關係式之數據以供對比。注意到即使在EIMM中不存在波導結構，小於約15 μm 之間隔也可導致透射損耗小於0.1 dB。因此，如彼等熟習此項技術者所瞭解，EIMM層340為抑制背反射及增強透射之有效指數匹配介質。

另參看圖25及26，現描述一種製造諸如上述互連裝置130之光學裝置的方法。然而，應注意到如下所述技術亦可應用於其他光纖裝置，諸如光纖轉換器230、光波導等。由步驟400開始，在步驟401將可固化指數匹配彈性固體層140之第一前驅體施加於光導裝置(諸如光纖131)之一端面133上。其他光導裝置可包括例如作為平面光電路，諸如雷射之光學晶片、調變器或其他光學組件之一部分的波導。應注意到可在施加第一前驅體之前執行一或多個表面處理操作(例如化學及/或機械拋光)(步驟407')。此外，若需要，則助黏劑(諸如烷氧基矽烷或氯矽烷)可最初施加於光纖131之端面133上。

如上所論述，第一前驅體可包括一或多個經部分氟化之丙烯酸酯單體，其有助於矽石之指數匹配。此外，為了獲

得維持所要形狀之所要彈性結構，亦可包括至少某一部分之多官能單體。另外，為了獲得相對較低模數，在例如兩種光纖配合期間需要模數較低以允許填充間隙及表面不規則性，某一部分前驅體可為包括相對可撓之側鏈及/或在官能性丙烯酸酯基之間的鍵之單體(例如一般反映在均聚物具有相對較低玻璃轉移溫度，諸如小於25°C且更特定言之小於0°C)。此外，亦希望以實現上述屬性所必需之比例存在於前驅體中之單體可混溶，且一或多種單體在室溫下可為液體。一般而言，前驅體中所包括之光引發劑可具有相對較高活性且在單體之液體調配物中之可溶性可達至少1%，且更特定言之約2%。同樣，該等單體及光引發劑之適當實例在上文中參看圖19-21進行論述。

該方法進一步在步驟402說明性地包括選擇性固化第一前驅體以在端面133上形成指數匹配彈性固體層140之核心部分148，該核心部分之折射率 n_1 匹配核心135之折射率。如上所論述，可使用電磁(EM)輻射，諸如UV光來完成此步驟(步驟402')。該方法亦在步驟403包括移除第一前驅體之未固化部分，及在步驟404將可固化指數匹配彈性固體層140之第二前驅體圍繞指數匹配彈性固體層之核心部分148施加於光纖131之端面133上。第二前驅體可包括與上文所論述相似但經調整可得到包覆層137之不同折射率 n_2 之組份。若要產生梯度指數，則可使用具有不同聚合(或交聯)率及/或不同折射率的不同單體之集合(步驟404')，如熟習此項技術者所瞭解。如上所述，執行諸如浸於高溫下

之操作可用以提供梯度指數結構(步驟408')。

該方法進一步在步驟405說明性地包括固化第二前驅體以在端面133上形成指數匹配彈性固體層140之包覆層部分149，該包覆層部分具有匹配包覆層折射率的折射率 n_2 ，由此結束圖25中所說明之方法。此處，又可使用EM輻射(例如，具有適當波長之UV光)固化以活化光引發劑。

在彈性固體層140用於相異光纖或波導之互連裝置中的情況下，其中各別核心及包覆層之折射率在所連接之光纖及/或波導之間可不同，核心及包覆層指數宜介於互連光纖或波導之指數之間。舉例而言，選擇彈性固體層之核心的折射率為一中間值，互連波導之核心的平均折射率可減少在互連裝置中損耗的光功率。同樣，選擇彈性固體層之包覆層以及核心折射率為一中間值可進一步減少互連裝置中之損耗。產生多個彈性固體層(其中核心及包覆層之折射率在兩種相異光纖或波導之值之間逐步漸進地變化)可甚至使損耗進一步減少。如熟習此項技術者所瞭解。

現參看圖27描述用於使得指數匹配彈性固體層140定位於光纖131之端面133上的相關方法。此方法與參看圖25及26所述之方法相似，但在此例示性實施例中，如上文參看圖11所述，第一前驅體施加於基板109上(步驟401'')。在第二前驅體固化之後，指數匹配彈性固體層140可自基板109中移除(步驟410'')，以便(例如)隨後安置於光纖上，如上文進一步論述。

現參看圖28描述一種用於製造光纖裝置(諸如互連裝置

30)之相似方法。由步驟420開始，該方法在步驟421說明性地包括將可固化指數匹配彈性固體層40之至少一個前驅體施加於光纖31之端面33上。在步驟422，隨後固化至少一個前驅體以在端面33上形成指數匹配彈性固體層40，該指數匹配彈性固體層40之折射率 n_1 至少匹配核心35之折射率，由此結束該說明性方法(步驟423)。在一些實施例中，可固化指數匹配彈性固體層40亦可匹配包覆層37之折射率 n_2 ，如以上所論述。

【圖式簡單說明】

圖1A及1B為可重覆光纖互連裝置之剖面示意圖(分別以耦合及非耦合位置展示)，其包括提供根據本發明可匹配之核心折射率的指數匹配彈性固體層。

圖2A及2B為包括第一指數匹配彈性固體層及第二指數匹配彈性固體層的圖1A及1B之可重覆光纖互連裝置之一替代性實施例的剖面示意圖。

圖3及4為用於圖1A及1B之互連裝置之一替代性實施例中的具有成角度末端之光纖的剖面示意圖，分別以有及無相應指數匹配彈性固體層展示。

圖5A及5B為包括用於光纖之套圈座架的圖1A及1B之可重覆光纖互連裝置之一替代性實施例的剖面示意圖。

圖6為說明用於製造圖1A及1B之互連裝置的方法態樣之流程圖。

圖7A及7B為可重覆光纖互連裝置之剖面示意圖(分別以耦合及非耦合位置展示)，其包括提供根據本發明可匹配

之核心及包覆層折射率的指數匹配彈性固體層。

圖8為圖7A及7B之指數匹配彈性固體層之端視圖。

圖9為具有梯度折射率的圖8之指數匹配彈性固體層之一替代性實施例之端視圖。

圖10為說明用於製造圖7A及7B之互連裝置的方法態樣之流程圖。

圖11為說明用於製造圖8之指數匹配彈性固體層之方法的一系列示意圖。

圖12為用於圖7A及7B之互連裝置之一替代性實施例中的具有成角度末端及相應指數匹配彈性固體層之光纖的剖面示意圖。

圖13為用於圖7A及7B之互連裝置之一替代性實施例中的光纖及相應套圈座架之剖面示意圖。

圖14為圖7A及7B之互連裝置之一替代性實施例的剖面示意圖，其中第一光纖及第二光纖具有不同核心尺寸，且指數匹配彈性固體層具有梯度核心部分，由此提供GRIN透鏡互連結構。

圖15A及15B為包括根據本發明之指數匹配彈性固體層的光纖轉換器(分別以耦合及非耦合位置展示)之剖面示意圖。

圖16為說明用於製造圖15A及15B之光纖轉換器的方法之流程圖。

圖17為說明用於製造圖15A及15B之光纖轉換器之一替代性實施例的方法之流程圖，該光纖轉換器包括提供核心

及包覆層可匹配折射率之指數匹配彈性固體層。

圖18為一系列表格，其可用以計算適用於根據本發明之互連裝置及光纖轉換器的指數匹配彈性固體層之起始組成。

圖19為可用於形成適用於根據本發明之互連裝置及光纖轉換器的指數匹配彈性固體層的例示性丙烯酸酯單體之一系列化學式。

圖20及21為例示性光引發劑之化學式，該等光引發劑可包括於適用於根據本發明之互連裝置及光纖轉換器之指數匹配彈性固體材料調配物中。

圖22為適用於根據本發明之互連裝置及光纖轉換器的指數匹配彈性固體核心及包覆層材料的折射率之實測色散曲線圖。

圖23為用於產生適用於圖15A及15B之光纖轉換器中的成角度光纖之夾具的示意圖。

圖24為適用於根據本發明之互連裝置及光纖轉換器中的例示性指數匹配彈性固體材料調配物之實測相對於預期光纖間損耗的曲線圖。

圖25-28為說明用於製造根據本發明之光纖裝置及指數匹配彈性固體層的額外方法態樣之流程圖。

【主要元件符號說明】

30	可重覆光纖互連裝置
30'	可重覆光纖互連裝置
30''	可重覆光纖互連裝置

31	第一光纖
31'	第一光纖
31''	第一光纖
31'''	第一光纖
32	第二光纖
32'	第二光纖
32'''	第二光纖
33	第一端面
33'	第一端面
34	第二端面
34'	第二端面
34''	第一端面
35	核心
35'	核心
36	核心
36'	核心
37	包覆層
37'	包覆層
38	包覆層
38'	包覆層
40	第一指數匹配彈性固體層
40'	第一指數匹配彈性固體層
40''	第一指數匹配彈性固體層
41	第一指數匹配彈性固體層之近端面

41'	第一指數匹配彈性固體層之近端面
42	第一指數匹配彈性固體層之低黏性遠端面
42'	第一指數匹配彈性固體層之低黏性遠端面
43'	第二指數匹配彈性固體層
44'	第二指數匹配彈性固體層之近端面
45'	第二指數匹配彈性固體層之低黏性遠端面
46''	第一光纖31''之軸線
50'''	第一套圈座架
51'''	第二套圈座架
109	基板
113	蓋板
130	可重覆光纖連接裝置
131	光纖/配合端面
131'	具有傾斜端面之光纖
132	光纖/配合端面
133	第一端面
134	第二端面
135	核心
135'	核心
137	包覆層
137'	包覆層
140	指數匹配彈性固體層
140'	指數匹配彈性固體層
140''	指數匹配彈性固體層

141	近端面
142	低黏性遠端面
148	第一部分/核心區域
149	第二部分
148'	第一部分
148''	第一(核心匹配)部分
148'''	第一(核心)部分
149'	第二部分
149''	第二(包覆層匹配)部分
150'	套圈座架
150'''	套圈
200	光纖轉換器
201	第一成角度光纖
202	第二成角度光纖
203	第一端面
204	第二端面
230	光纖轉換器
231	第一光纖/第一成角度光纖
232	第二光纖/第二成角度光纖
235	核心
236	包覆層
237	核心
238	包覆層
240	指數匹配彈性固體層

300	夾具
301	矽V形槽區塊
302	線隔板
303	遮罩
304	耦合稜鏡
331	光纖
335	核心
337	包覆層
340	EIMM層

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： 99137499

※申請日：

※IPC 分類：G02B 6/35 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

包含指數匹配之彈性固體層的光纖轉換器及相關方法

OPTICAL FIBER SWITCH INCLUDING AN INDEX MATCHING
ELASTOMERIC SOLID LAYER AND RELATED METHODS

二、中文發明摘要：

本發明係關於一種光纖轉換器(230)，其可包括分別具有第一端面及第二端面(203，204)之第一成角度光纖及第二成角度光纖(231，232)。第一成角度光纖及第二成角度光纖(231，232)各自可包括具有核心折射率(n_1)之核心(235，236)及圍繞該核心且具有小於核心折射率之包覆層折射率(n_2)的包覆層(237，238)。光纖轉換器(230)可進一步包括第一指數匹配彈性固體層(240)，其具有耦合至第一端面(203)之近端面及與該近端面相對以便可重覆光學耦合至第二端面(204)之遠端面。第一指數匹配彈性固體層(240)可具有至少與核心(235，236)之折射率匹配的折射率。光纖轉換器(230)亦可包括至少一個致動器(255)以用於在耦合位置與非耦合位置之間相對移動第一成角度光纖及第二成角度光纖(231，232)。

三、英文發明摘要：

An optical fiber switch (230) which may include first and second angled optical fibers (231, 232) having respective first and second end faces (203, 204). Each of the first and second angled optical fibers (231, 232) may include a core (235, 236) having a core index of refraction (n_1), and a cladding (237, 238) surrounding the core and having a cladding index of refraction (n_2) less than the core index of refraction. The optical fiber switch (230) may further include a first index matching elastomeric solid layer (240) having a proximal face coupled to the first end face (203), and a distal face opposite the proximal face to be repeatably optically coupled to the second end face (204). The first index matching elastomeric solid layer (240) may have an index of refraction matching at least the index of refraction of the core (235, 236). The optical fiber switch (230) may also include at least one actuator (255) for relatively moving the first and second angled optical fibers (231, 232) between a coupled position and an uncoupled position.

七、申請專利範圍：

1. 一種光纖轉換器，其包含：

分別具有第一端面及第二端面之第一成角度光纖及第二成角度光纖，該第一成角度光纖及該第二成角度光纖各自包含

具有核心折射率之核心，及

圍繞該核心且具有不同於該核心折射率之包覆層折射率的包覆層；

第一指數匹配彈性固體層，其具有耦合至該第一端面之近端面及與該近端面相對以便可重覆光學耦合至該第二端面之遠端面，該第一指數匹配彈性固體層具有至少匹配該核心之折射率的折射率；及

至少一個致動器，其用於在耦合位置與非耦合位置之間相對移動該第一成角度光纖及該第二成角度光纖。

2. 如請求項1之光纖轉換器，其中該近端面係以化學方式結合至該第一端面；且其中該遠端面具有低黏性以便可以機械方式直接重覆耦合至該第二端面。

3. 如請求項2之光纖轉換器，其中該第一指數匹配彈性固體層之該低黏性遠端面與該第二端面相對擠壓時其表面性質界定缺少氣穴的濕潤界面。

4. 如請求項2之光纖轉換器，其進一步包含第二指數匹配彈性固體層，該第二指數匹配彈性固體層具有以化學方式結合至該第二端面之近端面及與該近端面相對以便可以機械方式重覆光學耦合至該第一指數匹配彈性固體層

之該低黏性遠端面的低黏性遠端面。

5. 如請求項1之光纖轉換器，其中該第一成角度光纖包含接合在一起之第一對橫向光纖末端；且其中該第二成角度光纖包含接合在一起之第二對橫向光纖末端。
6. 一種製造光纖轉換器之方法，其包含：

形成分別具有第一端面及第二端面之第一成角度光纖及第二成角度光纖，該第一成角度光纖及該第二成角度光纖各自包含

具有核心折射率之核心，及

圍繞該核心且具有不同於該核心折射率之包覆層折射率的包覆層；

形成具有耦合至該第一端面之近端面及與該近端面相對以便可重覆光學耦合至該第二端面之遠端面的第一指數匹配彈性固體層，該第一指數匹配彈性固體層具有至少匹配該核心折射率之折射率；及

定位個致動器以用於在耦合位置與非耦合位置之間相對移動該第一成角度光纖及該第二成角度光纖。

7. 如請求項6之方法，其中該近端面係以化學方式結合至該第一端面；且其中該遠端面具有低黏性以便可以機械方式直接重覆耦合至該第二端面。
8. 如請求項7之方法，其中該第一指數匹配彈性固體層之該低黏性遠端面與該第二端面相對擠壓時其表面性質界定缺少氣穴的濕潤界面。
9. 如請求項7之方法，其進一步包含形成第二指數匹配彈

性固體層，該第二指數匹配彈性固體層具有以化學方式結合至該第二端面之近端面及與該近端面相對以便可以機械方式重覆光學耦合至該第一指數匹配彈性固體層之該低黏性遠端面的低黏性遠端面。

10. 如請求項6之方法，其中形成該第一成角度光纖包含形成接合在一起之第一對橫向光纖末端；且其中形成該第二成角度光纖包含形成接合在一起之第二對橫向光纖末端。

八、圖式：

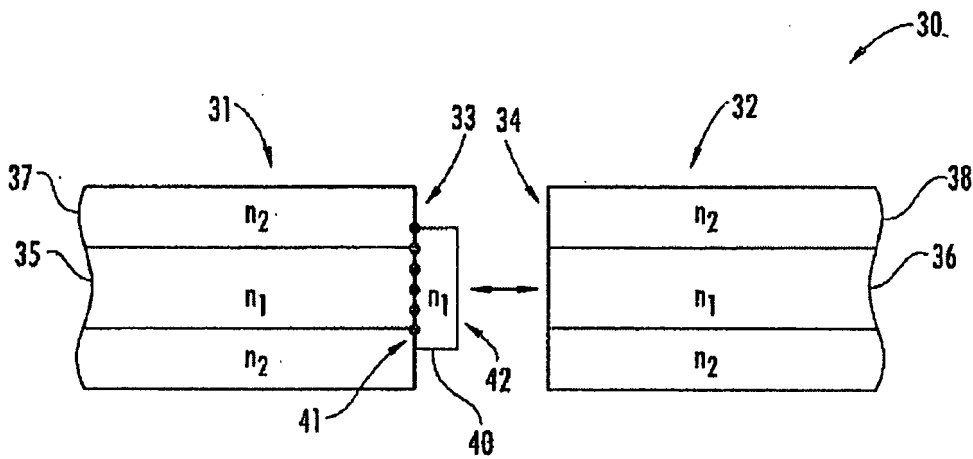


圖 1A

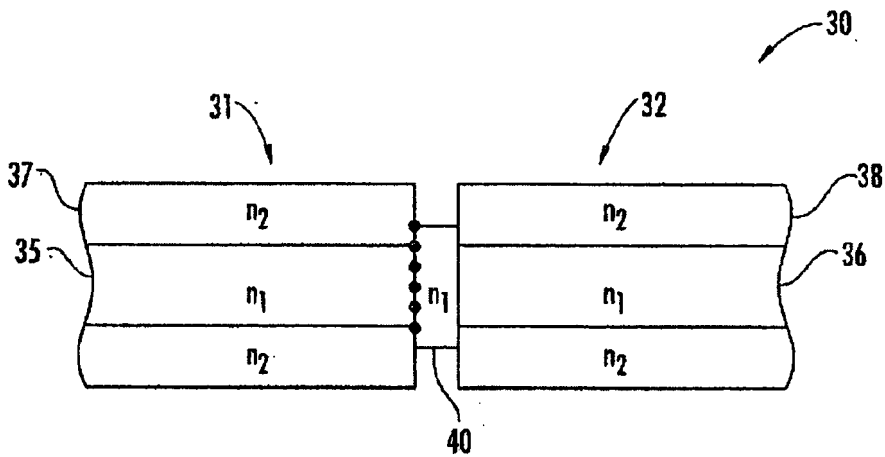


圖 1B

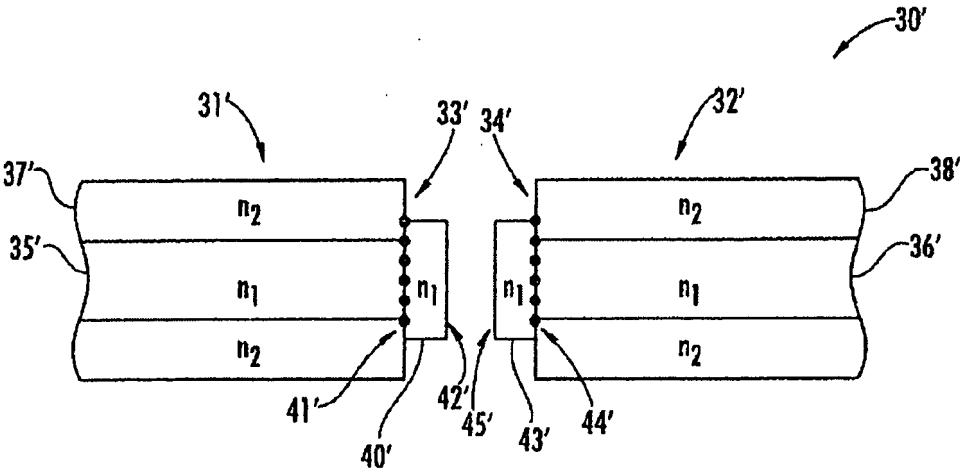


圖 2A

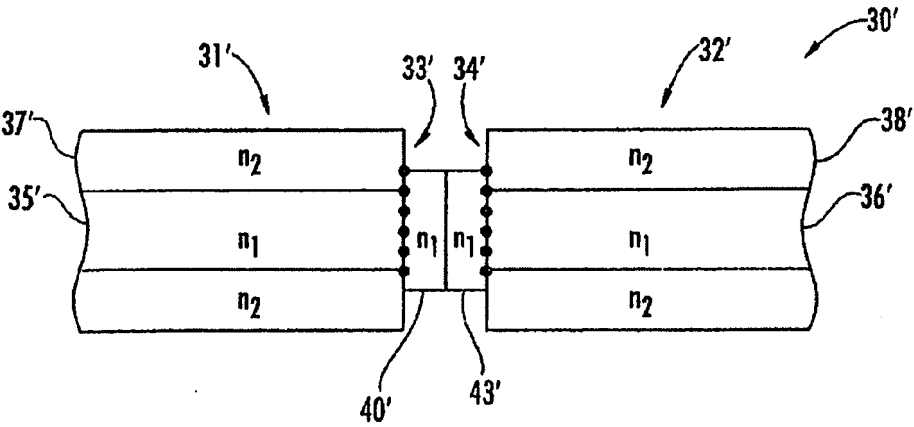


圖 2B

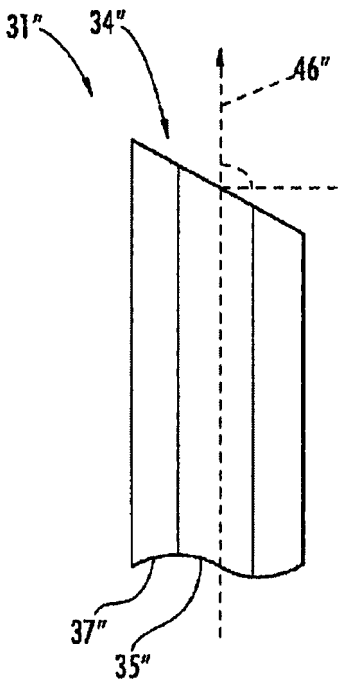


圖 3

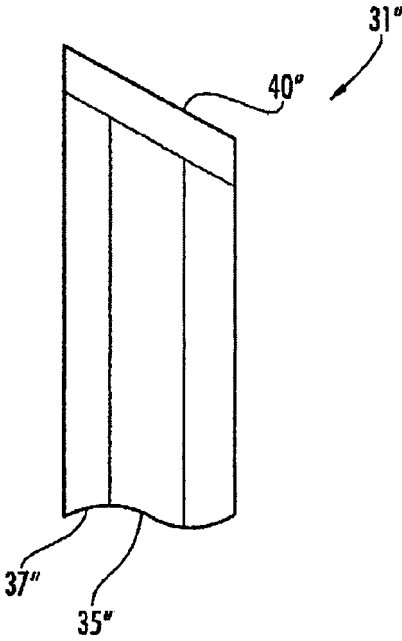


圖 4

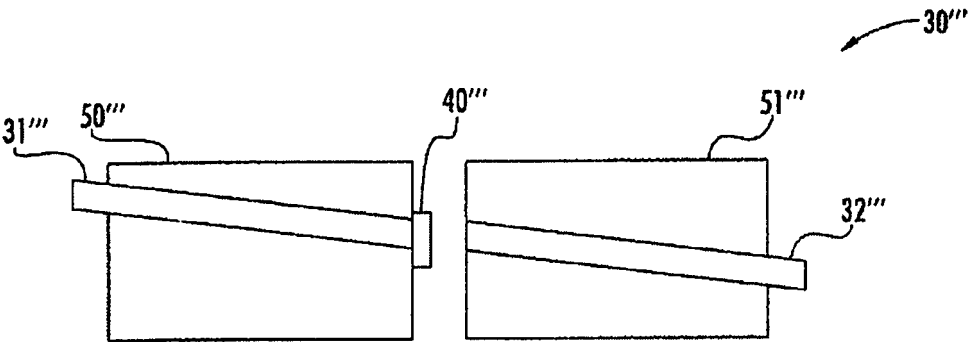


圖 5A

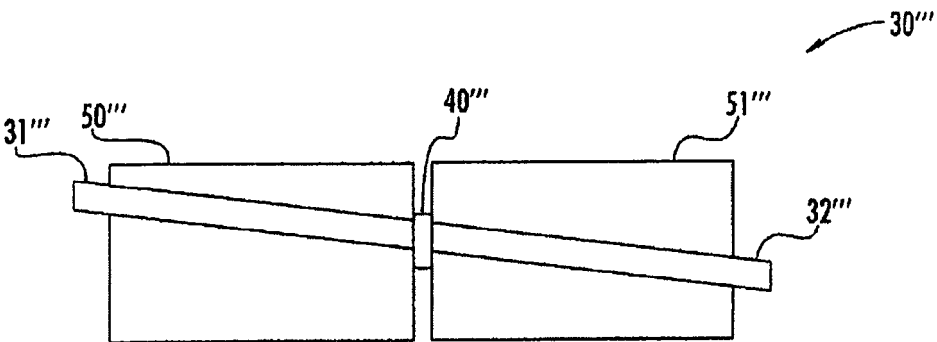


圖 5B

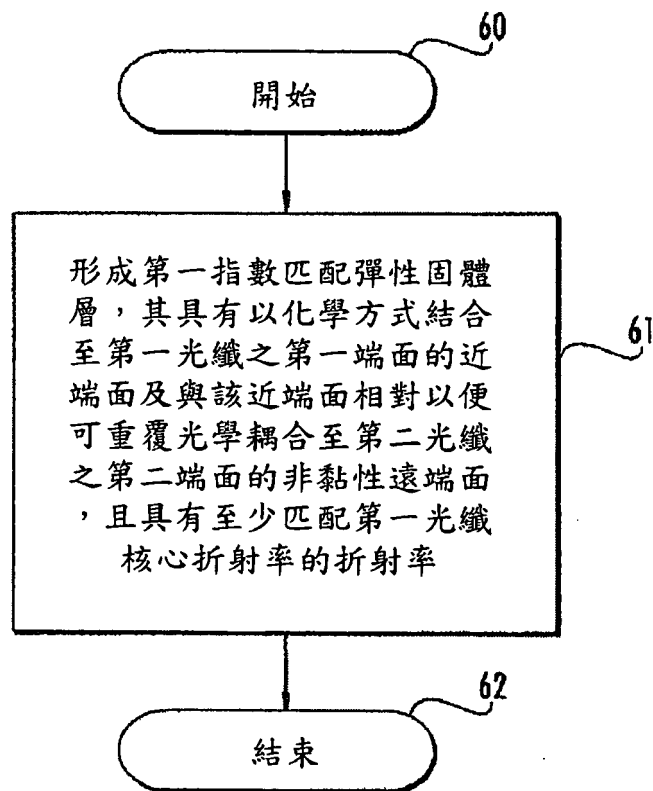


圖6

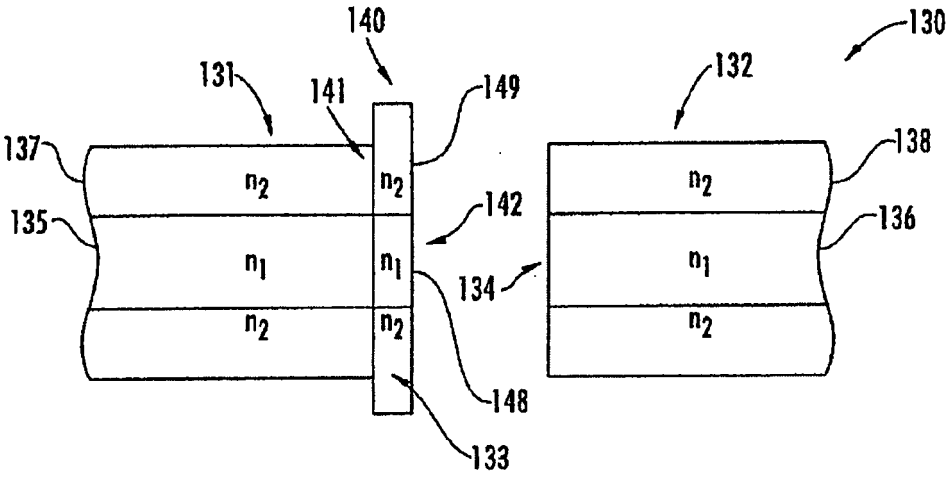


圖 7A

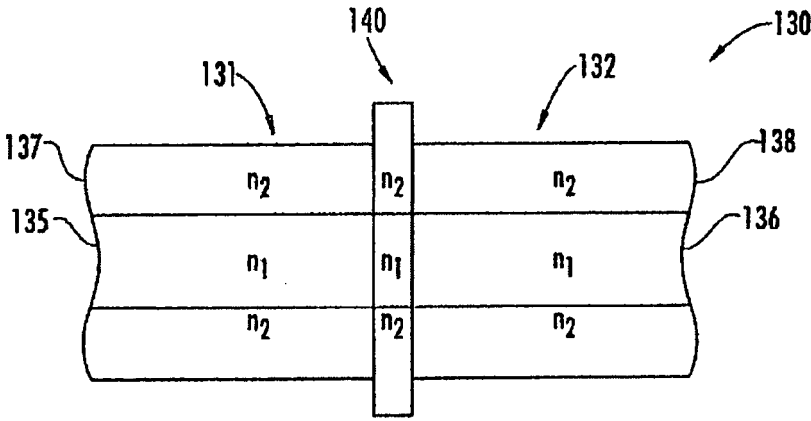


圖 7B

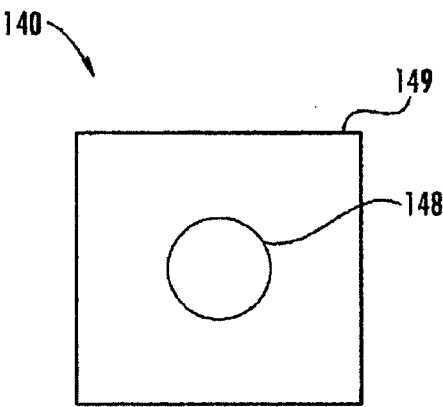


圖 8

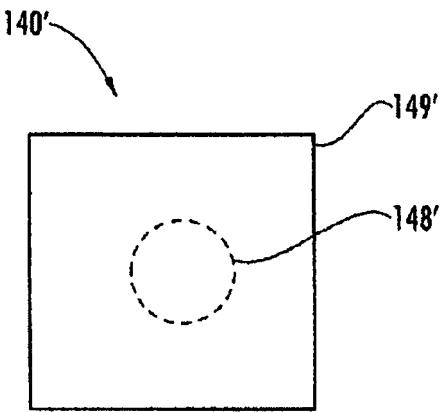


圖 9

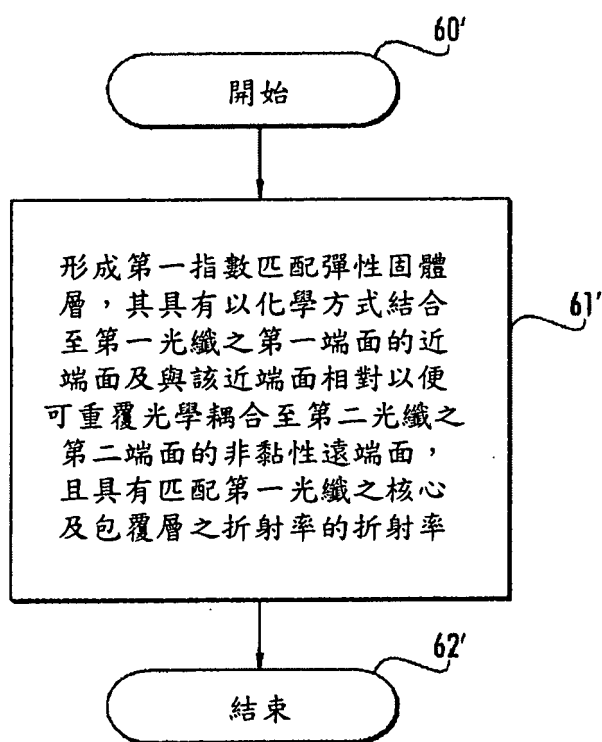


圖 10

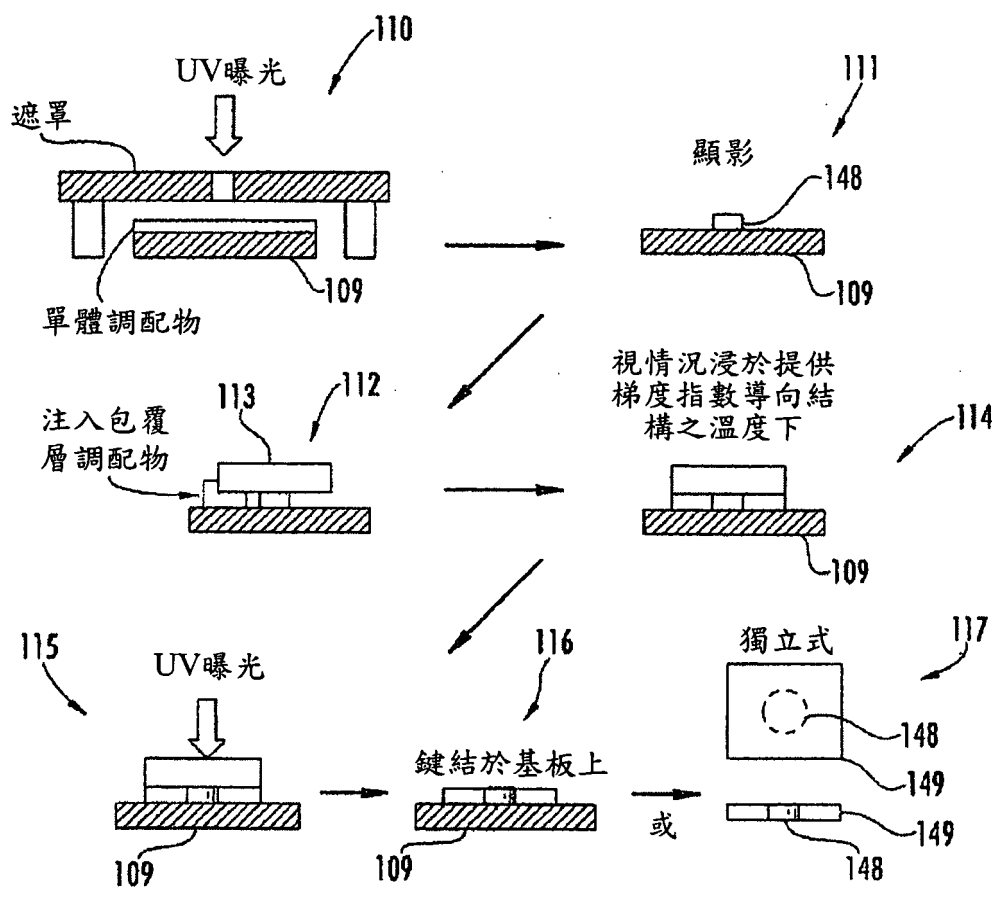


圖11

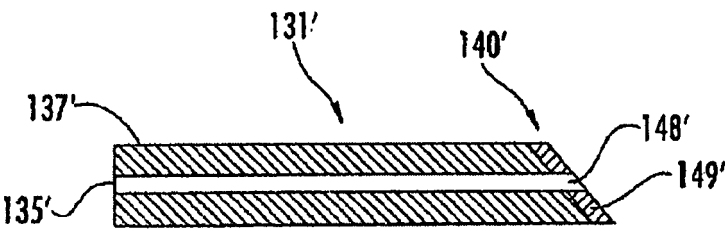


圖 12

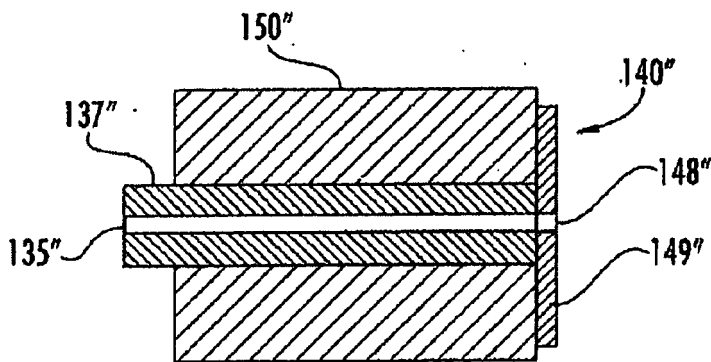


圖 13

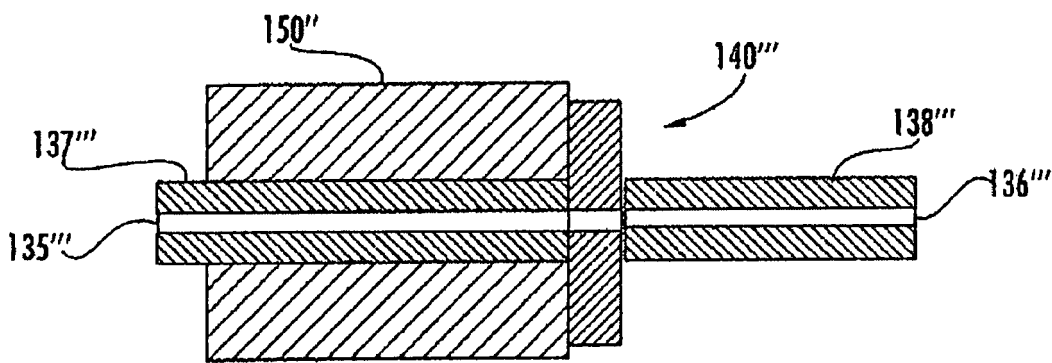


圖 14

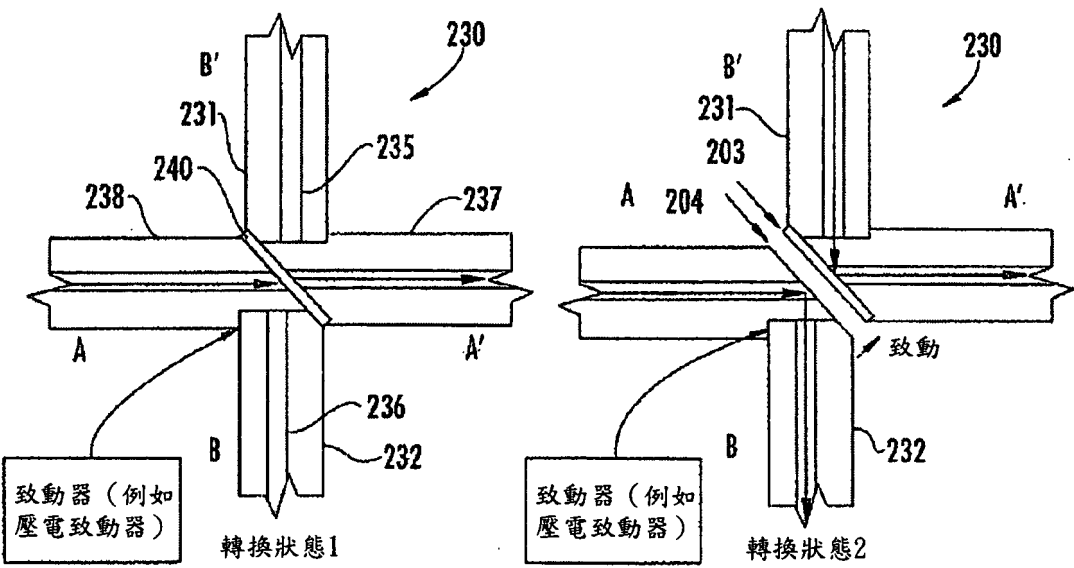


圖15A

圖15B

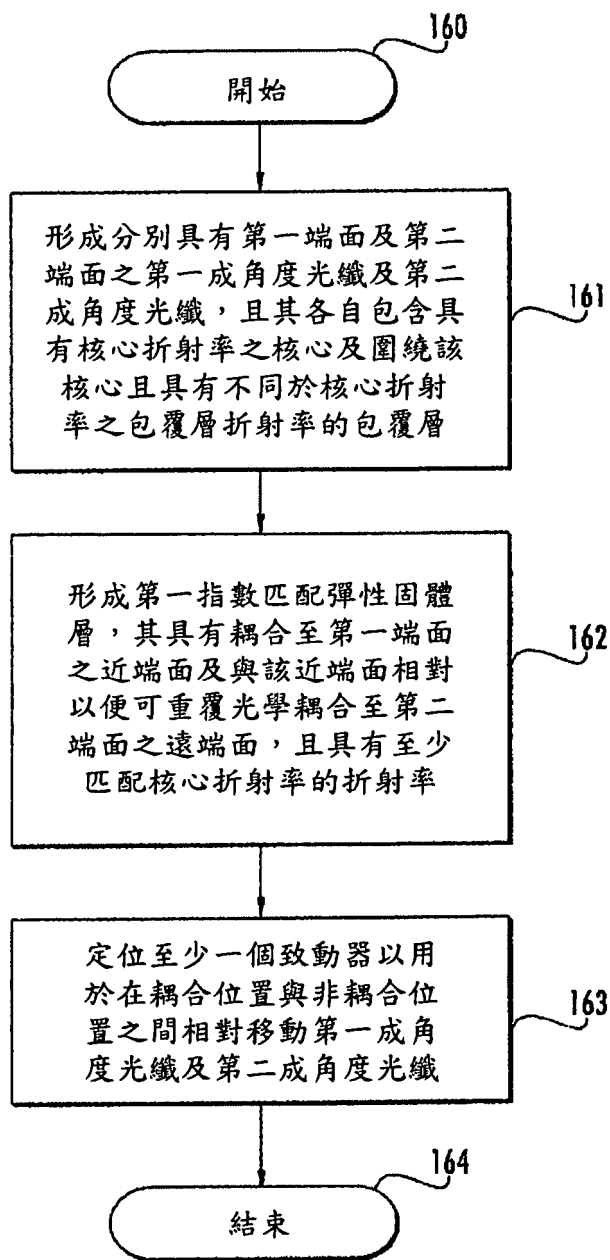


圖 16

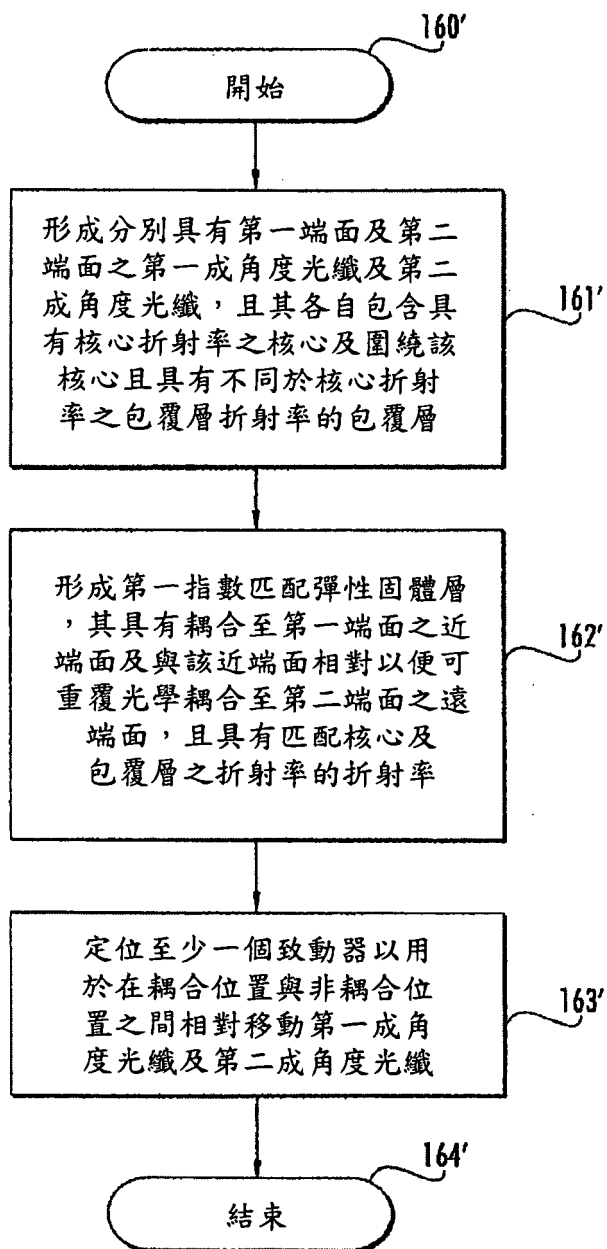


圖17

	單體	組份密度 (kg/L)	組份RI (在589 nm下之液體)
組份 A:	F8DA	1.43	1.3937
組份 B:	PNGDA	1.005	1.45
組份 C:	TFPM	1.215	1.373
組份 D:	IOA	0.88	1.4346
組份 E:	EBDA-10	1.126	1.5142

表 18.1

EIMM-200	F8DA (體積%)	PNGDA (體積%)	TFPM (體積%)	IOA (體積%)	EBDA-10 (體積%)
核心:		82	18		
包覆層:	20	28	17.2	34.8	

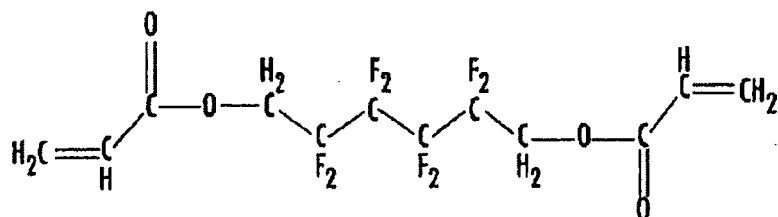
表 18.2

固化後濃度 (δ)	色散因數 (δ)	在850下之RI	Δn	NA
1.0261	0.9957	1.4673	0.0147	0.207
1.0268	0.9962	1.4526		

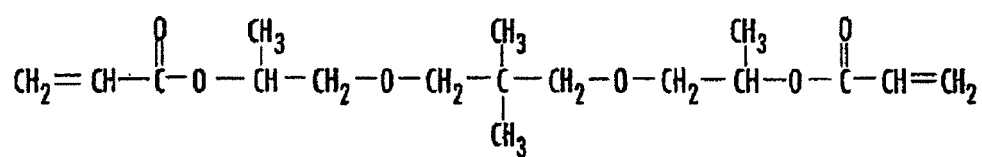
表 18.3

圖 18

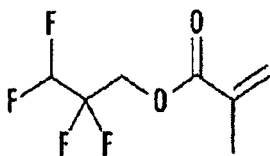
F8DA-氟化己二醇二丙烯酸酯



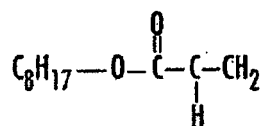
PNGDA-丙氧基化新戊二醇二丙烯酸酯



TFPM-甲基丙烯酸四氟丙酯



IOA-丙烯酸異辛酯



EBDA10-乙氧基化(10)雙酚A二丙烯酸酯

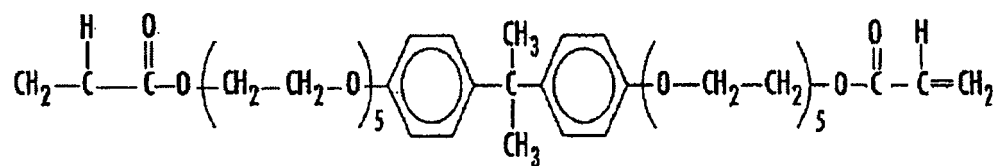


圖 19

DEAP-二乙氧基苯乙酮

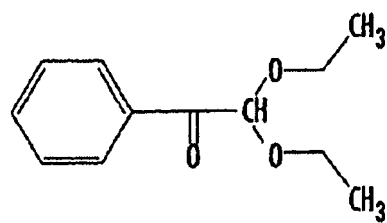


圖20

D4265-Darocur 4265 (Darocur TPO與1173之混合物)

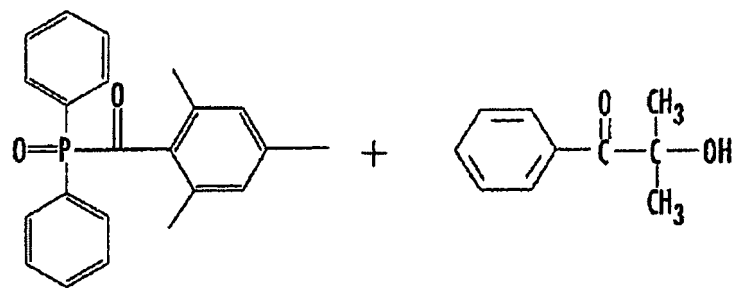


圖21

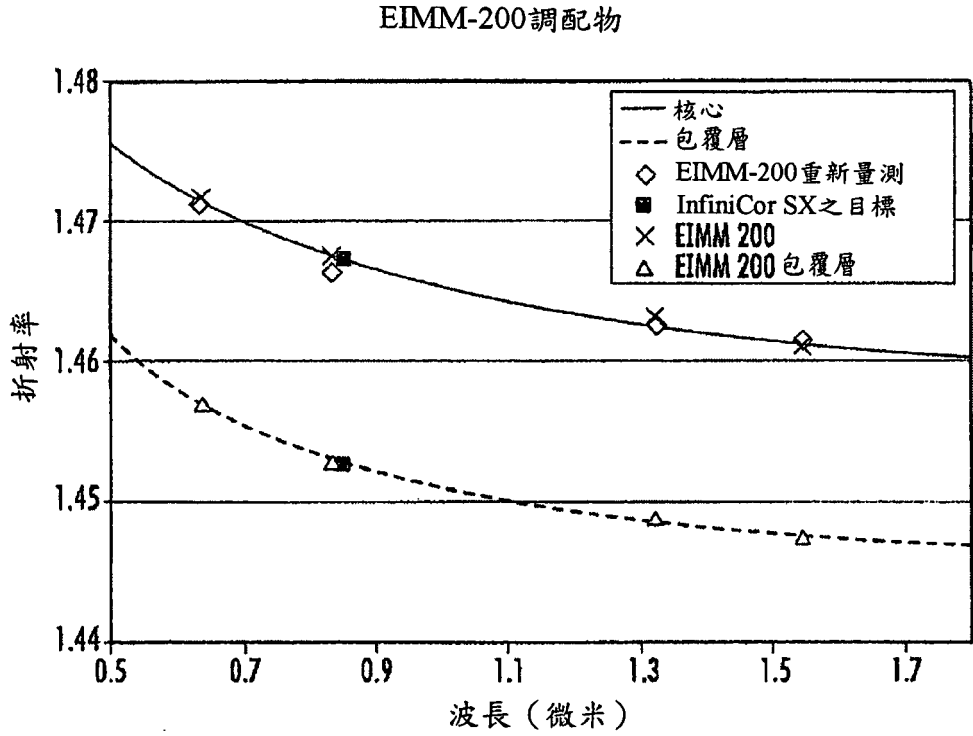


圖22

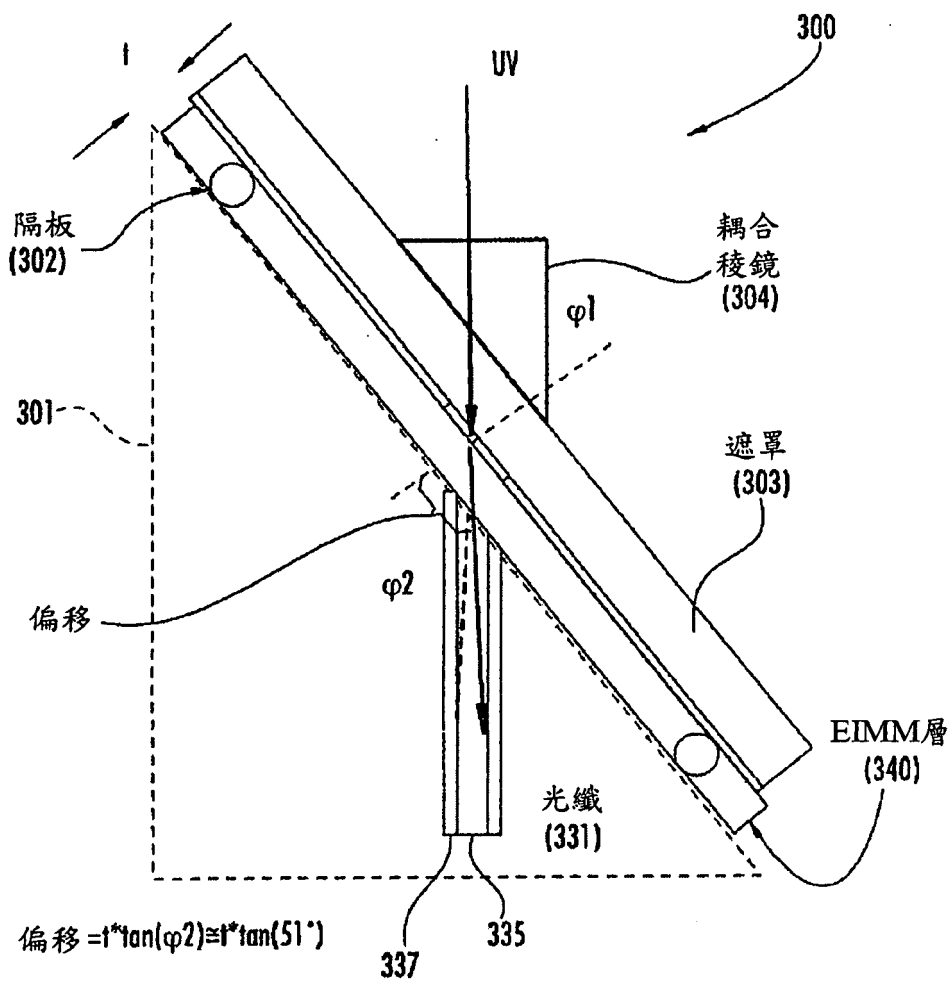


圖23

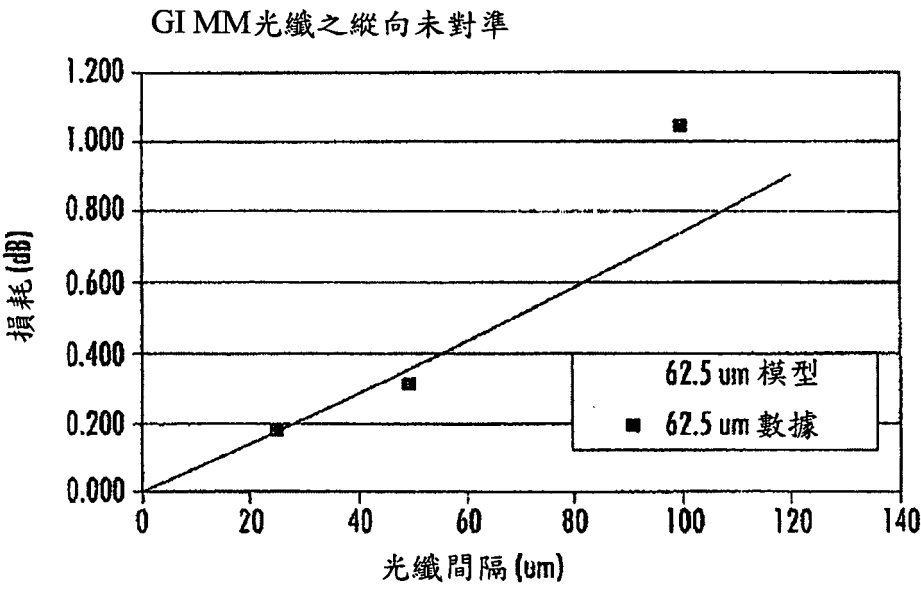


圖 24

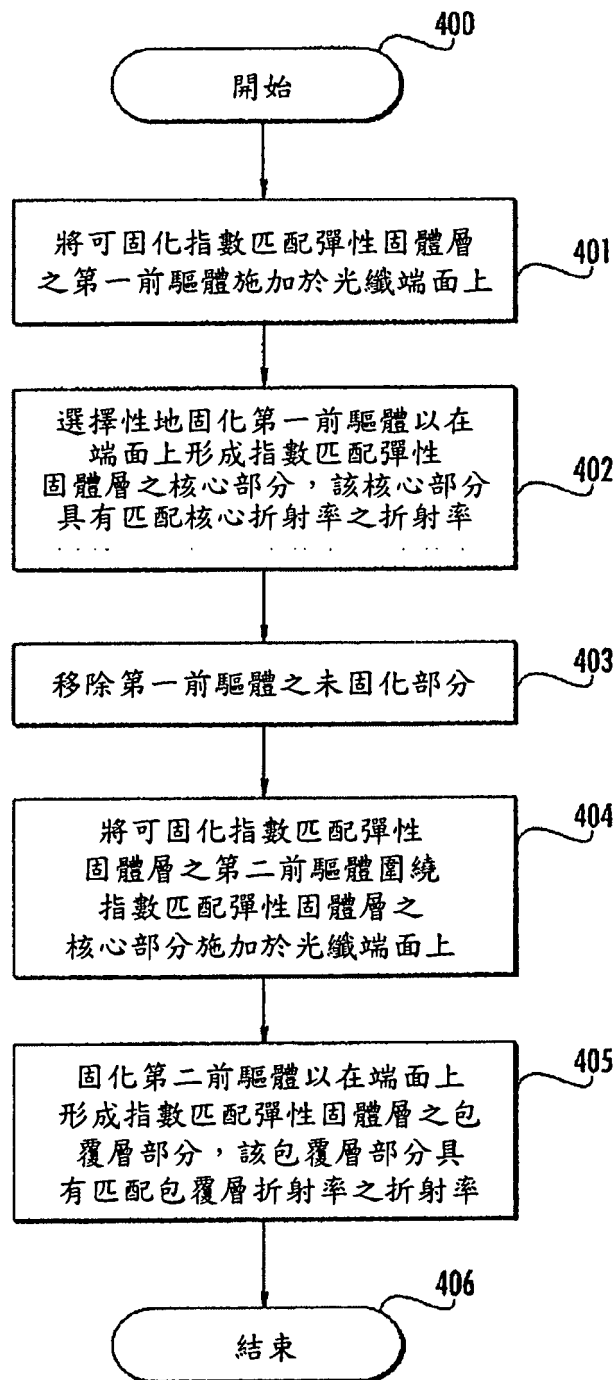


圖 25

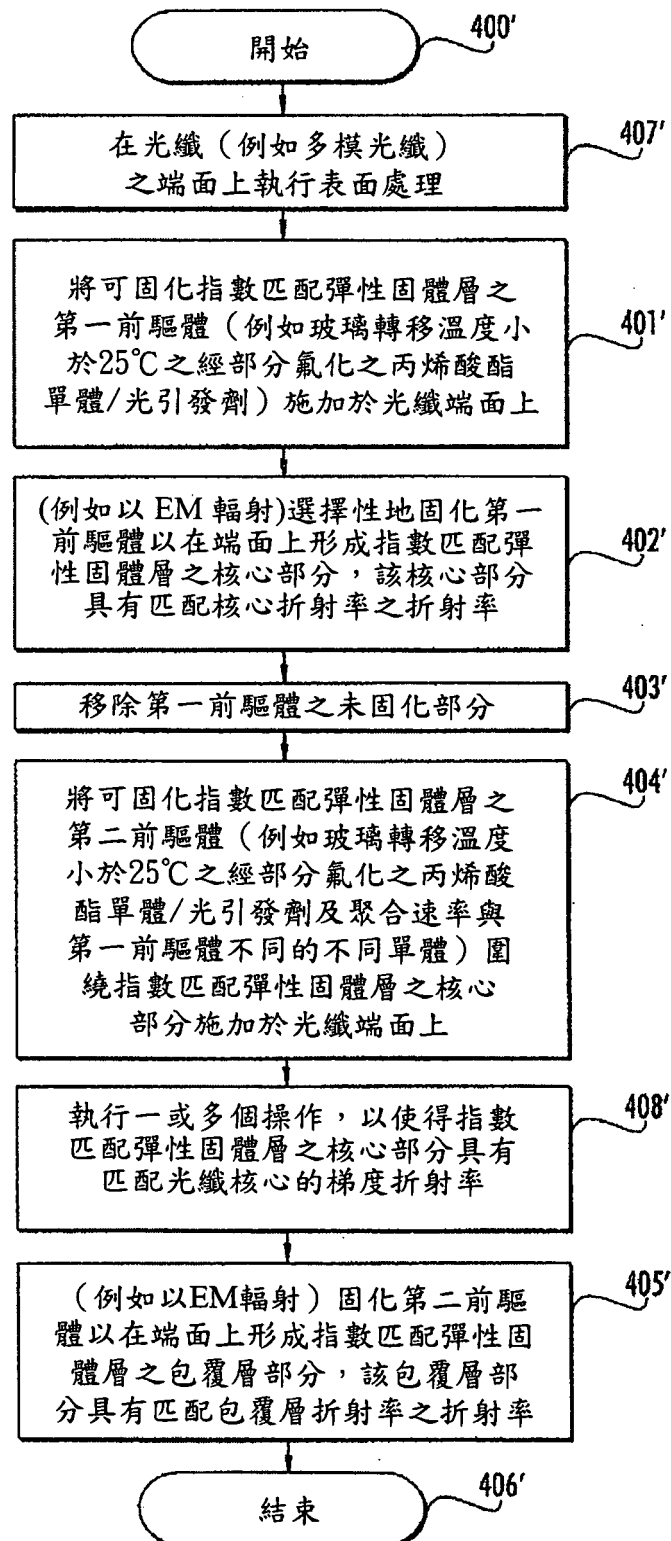


圖26

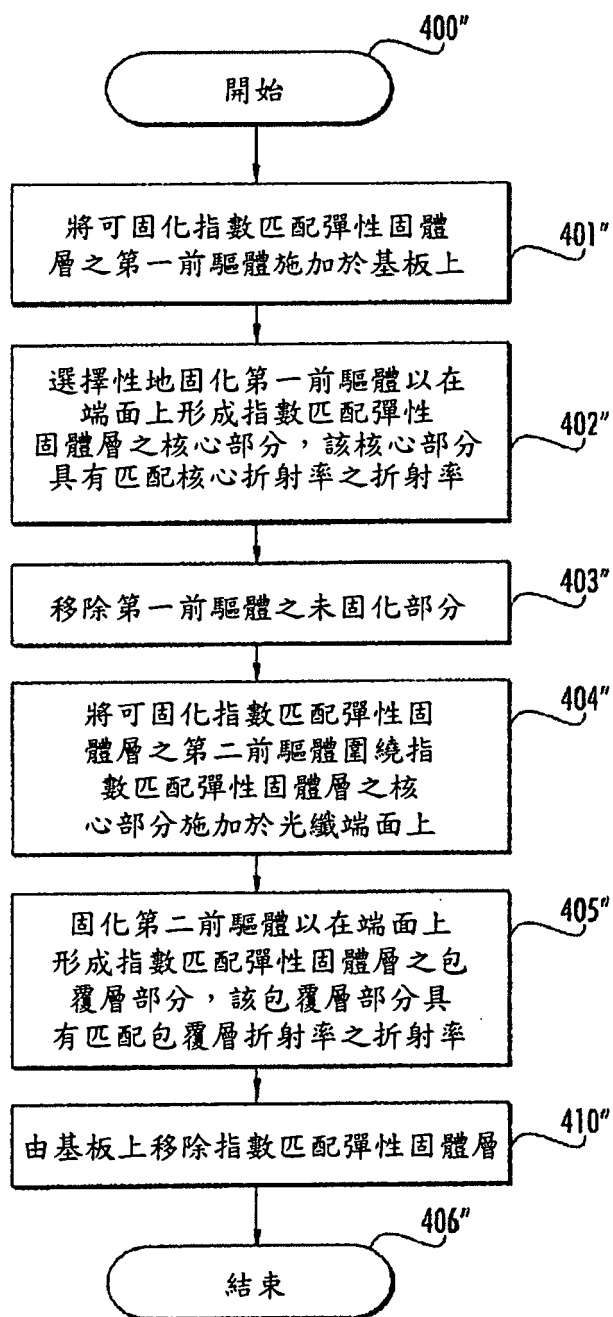


圖27

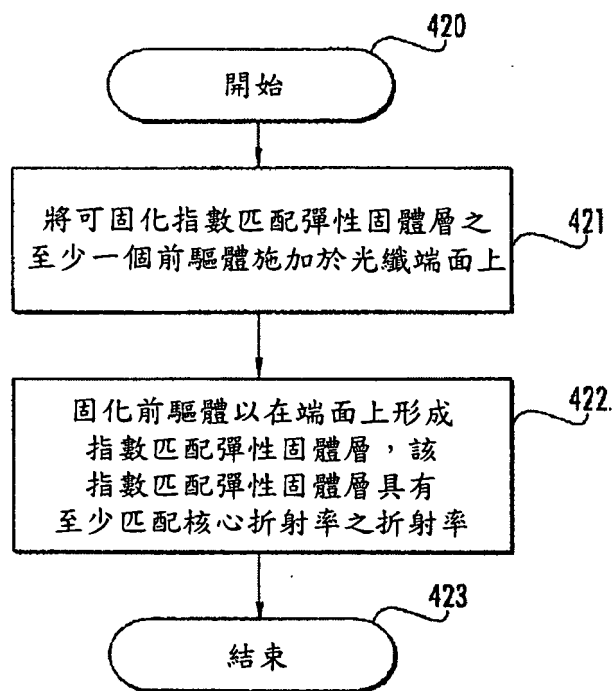


圖 28

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (1A、1B) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

30	可重覆光纖互連裝置
31	第一光纖
32	第二光纖
33	第一端面
34	第二端面
35	核心
36	核心
37	包覆層
38	包覆層
40	第一指數匹配彈性固體層
41	第一指數匹配彈性固體層之近端面
42	第一指數匹配彈性固體層之低黏性遠端面

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)