



發明專利說明書

LP557-7

(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：94115916

※申請日期：94.5.17

※IPC 分類：G02B 6/10, 5/18

一、發明名稱：(中文/英文)

即時側向繞射監控光纖位置之布拉格光纖連續寫入方法

METHOD FOR SEQUENTIAL UV-WRITING FIBER BRAGG GRATING BY REAL-TIME INTERFEROMETRIC SIDE-DIFFRACTION POSITION MONITORING

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

國立交通大學

NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY

代表人：(中文/英文)

張俊彥/CHANG, CHUN-YEN

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹市大學路 1001 號

1001 Ta-Hsueh Rd., Hsinchu, Taiwan R.O.C.

國籍：(中文/英文)

中華民國/R.O.C

三、發明人：(共 5 人)

姓名：(中文/英文)

1. 徐桂珠/HSU, KUEI-CHU

2. 許立根/SHEU, LIH-GEN

3. 莊凱評/CHUANG KAI-PING

4. 張淑惠 / CHANG SHU-HUI

5. 賴暎杰 / LAI, YIN-CHIEH

國 籍：(中文/英文)

1. ~ 5. 中華民國 / R.O.C

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項 第一款或 第二款規定之事實，其事實發生日期為：93年12月19日。

申請前已向下列國家(地區)申請專利：

【格式請依：受理國家(地區)、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

4. 張淑惠 / CHANG SHU-HUI

5. 賴暎杰 / LAI, YIN-CHIEH

國 籍：(中文/英文)

1. ~ 5. 中華民國 / R.O.C

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項 第一款或 第二款規定之事實，其事實發生日期為：93年12月19日。

申請前已向下列國家(地區)申請專利：

【格式請依：受理國家(地區)、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

本發明關於即時監控光纖位置之布拉格光纖連續寫入方法，其特徵在於藉由側向繞射干涉法，以決定每個定位點之光纖光柵及寫入干涉光束之的相對相位，然後逐次寫入，其透過減低或避免因監測光纖位置之長期掃描所生累積誤差，或經由相似之設定製作所需參考布拉格光纖光柵手段，可增加製造長度較長且複雜的光纖光柵結構時的準確性。

六、英文發明摘要：

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 3(a) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

SL	球面透鏡
BC	光束結合器
PBS	偏光分光器
HWP	半波板
01	偵測光束 (632.8 nm)
02	鏡面
03	UV 寫入光束 (244 nm)
04	待曝照光纖
05	移動平台
06	參考光纖光柵

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明關於新的製造布拉格光纖光柵的方法，其可增加製造長度較長且複雜的光纖光柵結構時的準確性，特別是對於具有複雜的折射率變化形狀以及任意相位移結構之布拉格光纖光柵而言係一種很重要的光通訊元件。

本發明可應用在密波長分波多工系統（DWDM）內對窄頻濾波器的需求，以及相位移布拉格光纖光柵在DFB雷射系統中。

【先前技術】

近年來很多製造長度較長且結構複雜的光纖光柵的方法持續被提出，包含移動光纖掃瞄光束法，以及連續寫入法。在使用這兩種方法執行紫外光寫入時，都需要使用到氦氬雷射干涉儀來追蹤光纖之位置。然而，在製造長度較長的光纖光柵時，因為干涉儀的干涉條紋的漂移以及對光柵週期估計的不準確，造成在曝照時光纖位置產生累積性誤差，因而對製程之影響甚鉅。

例如，中華民國專利第434,431號曾揭示一種用於波導上寫入任意折射率擾動之方法，其直接用光束寫入移動之波導且以單點寫入方式，係純粹藉由控制波導移動速度以改變折射率沿著波導作變化，惟此方法僅適用在長週期光纖光柵，而不適用在週期較小的布拉格光纖光柵。

再者，美國專利第6,834,977號及第6,813,079號係揭

示使用連續的紫外光逐段重疊曝照之方式，經由相位光罩寫入光纖中，並且使用干涉儀監控移動平台每個定位點的位置；然而使用干涉儀監控寫入光纖位置的方法會有前述累積性誤差之問題產生，同時也需要針對寫入光束之週期事先作精準的校正動作。

再者，美國專利第 5,945,261 號係利用紫外光曝照在光纖上會產生螢光的原理，預先曝照一小段光柵，用偵測螢光強度作回授系統，針對此預曝段之螢光反應來修正移動平台位置，以接續成很長且沒有相位不連續之光柵。然而此方法並不能任意插入相位移。美國專利第 6,753,118 號和第 6,801,689 號都是利用回授系統補償逐段重複曝照之方式所寫入光柵之缺陷，藉由寫入後的光柵頻譜響應來作修正量計算。然而此方法不容易作即時監控，適用於寫入之後再修補光柵。美國專利第 5,830,622 號是利用紫外光額外在指定位置曝照以調整折射率，引進額外的相位移。然而這也是需要二度掃描，較費時且不易逐段得到欲引入的相位移。

M.J.Coke, et al., 所發表之論文 'Moving Fibre/Phase Mask-scanning Beam Technique for Enhanced Flexibility in Producing Fibre Gratings with Uniform Phase Mask' (ELECTRONICS LETTERS, Vol.31, No.17, 1488(1995) 1490) ,係使用移動光纖或相位光柵之方式寫入光纖。然而此方法所製作的光纖光柵長度會受限於相位光柵長度，而且因移動速度的限制會影響寫入圖形的清晰度。

Adel Asseh, Heleg Storoy, et al., 所發表之論文 'A

Writing Technique for Long Fiber Bragg Grating with Complex Reflectivity Profile' (JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, Vol.15, No.8, 1419 (1997) 1423) , 係使用逐段重複曝照之方式寫入光柵, 並且使用干涉儀監控移動平台每個定位點的位置, 然而其所寫入之光束為脈衝紫外光, 脈衝雷射且會引進額外噪音問題。

Ingemar Petermann et al., 所發表之論文 'Fabrication of Advanced Fiber Bragg Gratings by use of Sequential Writing with a Continuous-wave Ultraviolet Laser Source' (APPLIED OPTICS, Vol.41, No.6, 1051 (2002) 1056) 係使用逐段重複曝照之方式寫入光柵, 並且使用干涉儀監控移動平台每個定位點的位置, 雖其所寫入之光束為連續紫外光, 然而使用干涉儀監控寫入光纖位置的方法會有累積性誤差的問題, 也需要針對寫入光束之週期事先作校正的動作。

【發明內容】

本發明提出一種即時監控光纖位置之布拉格光纖連續寫入方法, 其特徵在於藉由側向繞射干涉法, 以決定每個定位點之光纖光柵及寫入干涉光束之的相對相位, 然後逐次寫入。其中, 透過減低或避免因監測光纖位置之長期掃描所生累積誤差, 或經由相似之設定製作所需參考布拉格光纖光柵手段, 可增加製造長度較長且複雜的光纖光柵結構時的準確性, 特別是對於具有複雜的折射率變化形狀以及任意相位移結構之布拉格光纖光柵。在本發明中同時提出兩種類似裝置之即時監控光纖位置之架構。其中, 第一架構僅用於製造單

一週期均勻折射率分布之布拉格光纖光柵，第二架構可製作具有任意折射率分佈形狀和任意相位移之布拉格光纖光柵。

本發明之其中一目的為製造單一週期均勻折射率分布之布拉格光纖光柵之方法，其特徵在於藉偵測已曝照光柵區段以作為下一段寫入時之相位參考，步驟至少包括：

(1) 偵測一段已曝照之光纖光柵區段；

(2) 使偵測光束聚焦在該已曝照光纖之中，在相位匹配布拉格條件下產生第一階布拉格繞射；

(3) 採用光束結合器而使該繞射偵測光束與另一偵測光束產生干涉及使用 CCD 攝影機記錄該干涉圖形；

(4) 將雷射 UV 光束分成兩道強度相同的光束進行干涉形成週期性的 UV 強度圖形，將之寫入待曝照光纖而形成單一 FBG 光柵區段；

(5) 移動夾持待曝照光纖之移動平台，以一個給定之距離移動，然後根據已曝照光柵區段之光柵相位測量結果，微調壓電轉換器 (PZT) 平台；以及

(6) 重複前述步驟以逐次連接而形成長的布拉格光纖光柵。

其中，步驟 (2) 之偵測光束係由 He-Ne 雷射光束透過兩個球面透鏡 (SL) 而放大至約略 3 mm 之光束直徑，然後經由一偏光光束分光器將其分割為偵測光束 A 及另一偵測光束 B；步驟 (3) 之最佳化干涉圖形係藉由調整兩個半波板求得，又繞射偵測光束與另一偵測光束，係經由一光束結合器將其結合，透過第一半波板控制該兩道光束之強度比率 (intensity ratio) 及第二半波板旋轉偵測光束 B 相對於偵

測光束 A 的偏振方向；步驟（4）之雷射 UV 光束波長較佳為 244 nm，另外半波板置於兩個干涉光束其中之一的路徑上，亦可獲得供最後 FBG 之純粹波形調制（平坦化的 DC-折射率調制）；步驟（5）係以一倍頻（frequency doubled）之氬氣離子雷射發出一道 CW 244-nm 單一偏光紫外光束（UV）進入兩道光束干涉儀中，形成具有 6.5 mm 半高寬之週期性強度分布之 UV 光束，將之寫入光纖中形成單一 FBG 光柵區段。連接許多有部分重疊的、等間隔的、以及高斯型態的 FBG 光柵區段，將可獲得具有精確之光柵相位準之長布拉格光纖光柵；步驟（6）中最後 FBG 之產生可達 80 個光柵區段之連續寫入，光纖之掃描間距約 1 mm，以使總光柵長度達 80 mm 以上。

其中，實務上所有之順序係由 LabVIEW 軟體所完成以自動地控制所有的曝照過程。

關於上述之側向繞射位置監測方法，其偵測已曝照光柵區段，可被應用在製備單一週期之具有強折射率調制之光纖光柵。我們利用即時側向繞射位置監測方法，發展出此單一週期之具有強折射率調制之光纖光柵的製作方式，將可有助於做為下一個本發明之另一目的中所述之所需要的參考光纖光柵之使用。

本發明之又一目的係藉偵測參考光柵以獲得即時側向繞射位置之監控，其特徵在於藉由偵測另一參考光柵以作為每一段寫入時之相位參考，其中，此裝置中所需之參考光柵可由上一步驟製得或由借用相位光罩寫入的方式製得。本發

明即時側向繞射位置之監控架構步驟至少包括：

(1) 將一參考布拉格光纖光柵與一待曝照光纖平行排列，此參考布拉格光纖光柵之折射率調變量較強且是均勻的；

(2) 在決定每一紫外光重疊曝照的定位點時，將一偵測光沿此參考光柵的布拉格角入射，此時會產生第一階布拉格繞射光，將此第一階布拉格繞射光與另一參考光束進行干涉產生干涉條紋；

(3) 將移動平台移動一段預定的距離到下一個定位點附近之後，使用一回授系統將移動平台移動前後的干涉條紋相位分佈做比較來微調移動平台在此定位點的最後位置，直到相位分佈在給定的誤差範圍內為止；

(4) 將紫外光曝照開關打開，曝照給定的時間之後將開關關閉；以及

(5) 將移動平台移動至下一定位點，並重複步驟(3)到(4)。

其中，步驟(1)之參考布拉格光纖光柵，係使用遮斷連續紫外光雷射的方式來逐段接續光柵，而非習知之逐段重複曝照之方式寫入光柵及使用干涉儀監控移動平台每個定位點的位置，故其不需以脈衝紫外光作為寫入之光束及誘發額外噪音問題，亦沒有累積性誤差的問題；再者，步驟(3)係利用一回授系統偵測在每一定位點之參考布拉格光纖光柵的相位分佈，使得每一小段已寫入之光柵的相位銜接可以連續，因此得以製作長度較長且沒有相位不連續狀況存在的布拉格光纖光柵；並且在製作複雜折射率分佈形狀及有相位移的布拉格光纖光柵時亦提供一很簡單的方式執行紫外光

寫入動作。其較諸習知技術或已知文獻所揭示之方法有容易誘發累積性位置誤差的狀況，或是必須另外進行第二次曝照以補償已存在之相位誤差的問題而言，顯然具有顯著的進步與突破。

接續上述之發明目的，本發明之最後一目的係有關製作參考光柵之方法，其特徵在於係透過類同於本發明製造單一週期均勻折射率分布之布拉格光纖光柵之方法，藉由偵測已曝照光柵區段以作為下一段寫入時之相位參考而進行，其中 PZT 平台被微調直至該已曝照光纖光柵在此步驟中係相同於前一步驟之相位分布狀態。

【實施方式】

有關本發明之技術內容及實施手段概以下列之具體實施例描述之。

實施例 1— 藉偵測已曝照光柵區段以獲得即時側向繞射位置之監控

關於即時側向繞射位置之監控在實施例 1 中，係透過偵測一段已曝照之光纖光柵光柵區段來進行的。第一個實施例之流程圖如第 1 (a) 圖所表示著。首先，發出 5-mW 之線偏振 He-Ne 雷射光束 (01) ，透過兩個球面透鏡 (SL) 放大至光束直徑約 3mm 左右；然後，經由一偏光光束分光器 (PBS) 將其分割為偵測光束 A 及 B。第一半波板 (HWP) 之功能為控制該兩道光束之強度比率 (intensity ratio) ；第二半波板 (HWP) 旋轉偵測光束 B 相對偵測光束 A 的偏振方向。接著，偵測光束 A 被具有 20cm 焦距之球面透鏡 (SL) 聚焦在已曝

照光纖(04)之中。偵測光束 A 之第一階布拉格繞射產生在當相位匹配布拉格條件 $\sin \theta_1 = Nb \times \lambda / \lambda_B$ ，其中 θ_1 為空氣中偵測光束(01)之進入角度， λ_B 為布拉格波長 λ_B 下已曝照光纖(04)之有效折射率，及 λ 為偵測光束(01)之波長。繞射偵測光束 A 及 B 於光束結合器(BC)中以干涉角度 θ_2 結合。一部 440×480 之單色光 CCD 攝影機，其具有畫素寬度 7.15 μ m，用來紀錄由偵測光束 A 及 B 所產生之干涉圖形。藉由調整此兩個半波板(HWP)可最佳化干涉圖形之可見度(visibility)。一倍頻(frequency doubled)之氬氣離子雷射發出一道 CW 244-nm 線偏振紫外光束(UV)進入干涉儀中。該干涉 UV 光束是具 6.5 mm 半高寬的週期性強度分布高斯光束，將其寫入待曝照光纖而形成單一 FBG 光柵區段。此長布拉格光纖光柵之獲得係連接許多有部分重疊的，等間隔的(equally-spaced)，及高斯型態的 FBG 光柵區段，其具有精確之光柵相位準。半波板(HWP)置於兩個干涉光束其中之一的路徑上以獲得供最後 FBG 之純粹波形調制(平坦性 DC-折射率調制)。移動平台(05)(translation stage)包括一線性馬達平台及一具有次奈米級位置解析度的壓電轉換器(PZT)平台。此精準之光纖位置對位之達成係透過移動該移動平台(05)，以一個給定之距離移動，然後根據已曝照光柵光柵區段之光柵相位測量結果，仔細地微調該壓電轉換器(PZT)平台。

第一階繞射偵測光束 A 之強度註記為 I_A ，及偵測光束 B 之強度註記為 I_B 。在 CCD 之 x-軸方向之干涉波紋強度分布

，其垂直於兩道干涉光束之平分線，表示為：

$$I_{int} = I_A + I_B + 2\sqrt{I_A I_B} \cdot \cos[kx \cdot 2\sin(\frac{\theta_2}{2}) + \delta] \quad \text{式(1)}$$

其中， $k = 2\pi / \lambda$ 係波之向量， θ_2 為干涉角度及 δ 為此兩道干涉光束間之相位差 (phase difference)。干涉圖形 I_{int} 係由傅利葉轉換 (Fourier transform) 而成，用以獲得相對之空間性頻率頻譜。此頻譜然後被過濾以維持僅有正頻率部分及為逆傅利葉轉換 (inverse-Fourier transform) 回到原始之空間。偵測光纖光柵位置之相位 δ 之分佈可由將處理之數據取其相位角而得到。第 1(b) 圖顯示一典型的藉由 CCD 攝影機及所得之相位分布取得週期性的圖形之結果。為了產生單一週期性 FBG，PZT 平台被微調直至該已曝照光纖 (04) 光柵在此一步驟中係相同於前一步驟之相位分布狀態。此時將 UV 光束之開關打開，以寫入一預定時間之光柵區段。實務上，所有之順序係由 LabVIEW 軟體所完成以自動地控制所有的曝照過程。

舉例而言，此側向繞射位置監控方法，其偵測已曝照光柵區段，已被應用在製備單一週期之具有強折射率調制之光纖光柵。所用之光纖為具光感性光纖 (Fibercore PS1500) 於室溫下 1900 par 之載氫約數日後。

UV 光束之半高寬約 6.5 mm 且光纖之寫入的步距約 1 mm。最後 FBG 之產生約經 80 個光柵區段連續寫入以使總光柵長度約達 80 mm。相同之側向繞射方法被用以測量製成之光纖光柵沿著光纖軸心的折射率分佈圖形。第 2 圖中顯示此

測量結果。由圖可知該製成之光纖光柵之折射率調變之分佈是很均勻的。第 2 圖內插圖顯示光反射頻譜，其布拉格波長為 $1.546 \mu\text{m}$ 且並無明顯之相位誤差。如此之 FBG 可當作參考光柵以利下一實施例之進行。

實施例 2—藉偵測參考光柵以獲得即時側向繞射位置之監控

即時側向繞射位置監控之第 2 個實施例如第二個流程圖所表示，其實驗設定條件包括一個參考光纖光柵及一待曝照光纖，其係在移動平台 (05) 上平行地被夾持。第 3 (a) 圖係描述此系統之流程圖。比較第一個流程圖而言，其需預先製備一個具有強而均勻折射率調制之參考光柵。該探側之參考光纖光柵係適度地均勻地且具有一正弦折射率調制圖形 $n(x)$ 如式 (2) 之沿著其光纖軸向：

$$n(x) = n_0 + \Delta n \cdot \cos\left(\frac{2\pi x}{\Lambda} + \phi(x)\right) \quad \text{式 (2)}$$

其中 n_0 為平均折射率， Δn_0 為折射率調制之調幅， Λ 為光柵之週期，及 $\phi(x)$ 敘述空間性的光柵相位。該 UV 干涉週期可加以微調以匹配參考光纖光柵之週期，而且 UV 干涉週期與參考光纖光柵之週期的微小差距只會造成中心波長漂移。此光纖位置正確對位之達成係透過移動該移動平台 (05)，依一個給定距離而移動，然後根據已曝照光柵區段之光柵相測量結果，仔細地微調該壓電轉換器 (PZT) 平台。

當 UV 光束之開關打開時，即可將目前定位點所在的光柵區段寫入持續一預定時間。第 3 (b) 圖顯示此所有操作順序之方塊圖。此方法主要的優點是即使當折射率調制小的時

候，此方法亦能製作長光纖布拉格光柵，及提供能輕易將任一相位移插入之選擇性。

有關上述藉偵測參考光柵以獲得即時側向繞射位置之監控方法，我們可透過兩個實例以映證其可行性。第一個實例係製作一個窄頻 (narrowband)，高斯波形調制 (Gaussian apodized) 的 FBG，其具有沿著光纖軸心有平坦化之 DC 折射率調制。在此架構下，一具有均勻且強的折射率調制之參考光纖將被偵測用以確認關於光柵相位之資訊。此 UV 光束之半高寬約 6.5 mm 及此寫入光纖的步距約 1.2 mm。其經過約 58 個光柵區段連續寫入而達到總光柵長度約 70 mm 之後即產生最後之 FBG。第 4 (a) 圖表示已曝照 FBG 之反射及透射光頻譜。此反射光頻譜具平頂狀且其側葉位準 (side-lobe) 低於 -20dB 以下。此反射頻譜之 3 dB 頻寬約僅 0.07 nm。這樣一個 70 mm 長之高斯波形調制 FBG 的折射率調制之峯值，經由模擬分析結果估計約 2.5×10^{-5} 。

此實例證明即使在對側向繞射側量法其寫入之折射率調制低於臨界值 (threshold) 之情形下，此架構亦具備製作不具明顯相位誤差之長光纖布拉格光柵之可行性。

第二個實例係用以製作一個 40 mm 長，單一 π 相位移之高斯波形調制 FBG，其具有一個平坦化的 DC 折射率調制。曝照期間寫入光束之步距約 0.6 mm 及最後 FBG 係可連接 70 個 FBG 光柵區段而成。在製作過程中，在光纖光柵之中心點插入 π 的相位移。第 4 (b) 圖表示曝照光纖之反射及透射頻譜。如預期的，因為 π 相位移發生共振現象，在禁止頻帶

(stop-band) 間存在一窄的透射峯值。此簡單之實施例證實了以新的流程製作相位移 FBG 之可行性。

雖然本發明已以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟悉本技藝之人士，在不脫離本發明之精神與範圍內，當可做些許之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

第 1 (a) 圖表示藉偵測已曝照光柵區段以獲得即時側向繞射位置之監控裝置架構圖。

第 1 (b) 圖表示根據第 1 (a) 圖實施，藉由 CCD 攝影機所獲之典型干涉圖形及計算而得之相位分布。

第 2 圖表示根據該架構圖實施之折射率圖形及均勻的光纖光柵之布拉格波長。

第 3 (a) 圖表示藉偵測參考光柵以獲得即時側向繞射位置之監控裝置架構圖。

第 3 (b) 圖表示根據第 3 (a) 圖實施之方法流程圖。

第 4 (a) 圖表示實施藉偵測參考光柵以獲得即時側向繞射位置之監控，其一個 0.07-nm 高斯波形調制，長度為 70mm 長 FBG 之反射及透射波頻譜。

第 4 (b) 圖表示實施藉偵測參考光柵以獲得即時側向繞射位置之監控，其一個 40mm 長， π 相位移之高斯波形調制 FBG 之反射及透射波頻譜。

主要元件代表符號

I258024

SL	球面透鏡
BC	光束結合器
PBS	偏光分光器
HWP	半波板
01	偵測光束 (632.8 nm)
02	鏡面
03	UV 寫入光束 (244 nm)
04	待曝照光纖
05	移動平台
06	參考光纖光柵

十、申請專利範圍：

1. 一種即時監控光纖位置之布拉格光纖光柵連續寫入方法，其特徵在於藉由側向繞射干涉法，以決定每個定位點之光纖光柵及寫入干涉光束之間的相對相位，然後逐次寫入。
2. 如申請專利範圍第 1 項之方法，更包括透過減低或避免因監測光纖位置之長期掃描所生累積誤差，或經由相似之設定製作所需參考布拉格光纖光柵手段為步驟。
3. 一種利用紫外光連續寫入法製造單一週期均勻折射率分布之布拉格光纖光柵之方法，其特徵在於藉偵測已曝照光柵區段以作為下一段光柵寫入時之相位參考，步驟至少包括：
 - (1) 形成一段已曝照之光纖光柵區段之後，將移動平台(05)移動一段預定的距離到下一個定位點附近；
 - (2) 在決定下一個紫外光重疊曝照的定位點時，將一偵測光沿此已曝照之光纖光柵區段的布拉格角入射，此時會產生第一階布拉格繞射光，將此第一階布拉格繞射光與另一參考光束進行干涉產生干涉條紋；
 - (3) 使用一回授系統將移動平台(05)移動前後的干涉條紋相位分佈做比較來微調移動平台(05)在此定位點的最後位置，直到相位分佈在給定的誤差範圍內為止；
 - (4) 將紫外光曝照開關打開，曝照給定的時間之後將開

關關閉；以及

(5) 將移動平台(05)移動至下一定位點，並重複步驟(3)到(4)。

4. 如申請專利範圍第 3 項之方法，其中步驟(3)之最佳化干涉圖形係藉由調整兩個半波板(HWP)求得，透過第一半波板控制該兩道光束之強度比率及第二半波板旋轉偵測光束 B 相對於偵測光束 A 的偏振方向。
5. 如申請專利範圍第 3 項之方法，其中待寫入之光纖為一光感性光纖，最後 FBG 之產生可藉著多個光柵區段之連續寫入，以達成較長的總光柵長度。
6. 如申請專利範圍第 3 項之方法，所有之順序係由 LabVIEW 軟體所完成以自動地控制所有的曝照過程。
7. 一種利用紫外光連續寫入法製造複雜的布拉格光纖光柵之方法，其特徵在於藉由偵測另一參考光柵以作為每一段光柵寫入時之相位參考，步驟至少包括：
 - (1) 將一參考布拉格光纖光柵與一待曝照光纖平行排列，此參考布拉格光纖光柵之折射率調變量較強且是均勻的；
 - (2) 在決定每一紫外光重疊曝照的定位點時，將一偵測光沿此參考光柵的布拉格角入射，此時會產生第一階布拉

格繞射光，將此第一階布拉格繞射光與另一參考光束進行干涉產生干涉條紋；

(3) 將移動平台(05)移動一段預定的距離到下一個定位點附近之後，使用一回授系統將移動平台(05)移動前後的干涉條紋相位分佈做比較來微調移動平台(05)在此定位點的最後位置，直到相位分佈在給定的誤差範圍內為止；

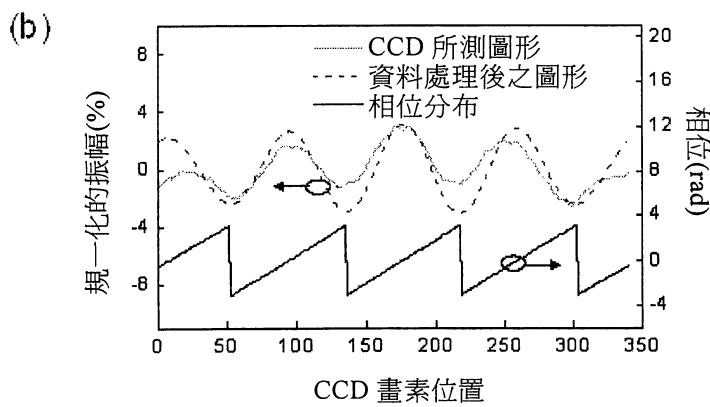
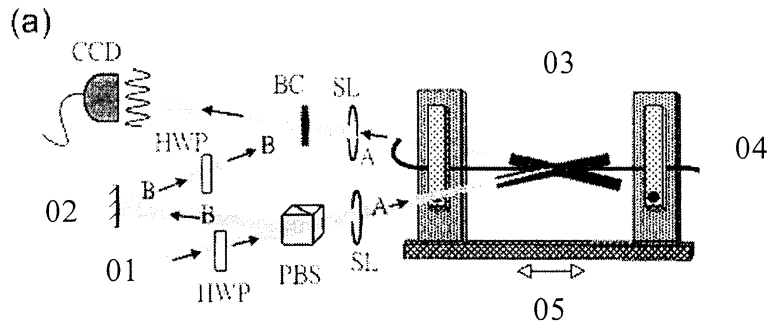
(4) 將紫外光曝照開關打開，曝照給定的時間之後將開關關閉；以及

(5) 將移動平台(05)移動至下一定位點，並重複步驟(3)到(4)。

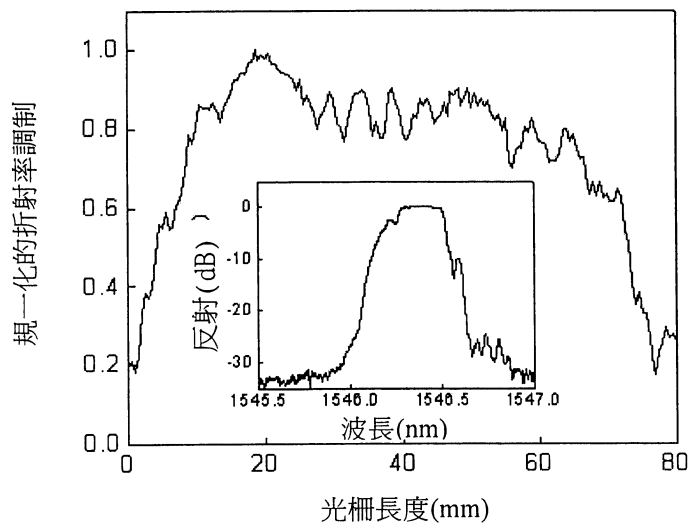
8. 如申請專利範圍第 7 項之方法，其中步驟 (3) 係利用一回授系統偵測在每一定位點之參考布拉格光纖光柵的相位分佈，使得每一小段已寫入之光柵的相位銜接可以連續。
9. 如申請專利範圍第 7 項之方法，其可用以製作一個具有任意折射率分布形狀和任意相位移的布拉格光纖光柵。
10. 如申請專利範圍第 7 項之方法，其中待寫入之光纖為一光感性光纖，且其寫入之光源為一紫外光。
11. 如申請專利範圍第 10 項之方法，其中紫外光波長較佳為 244 nm。

12. 一種製造如申請專利範圍第 7 項參考光柵之方法，其特徵在於係透過如申請專利範圍第 3 項之製造單一週期均勻折射率分布之布拉格光纖光柵之方法，藉由偵測已曝照光柵區段以作為下一段寫入時之相位參考而進行，其中 PZT 平台被微調直至該已曝照光纖(04)光柵在此一步驟中係相同於前一步驟之相位分布狀態。

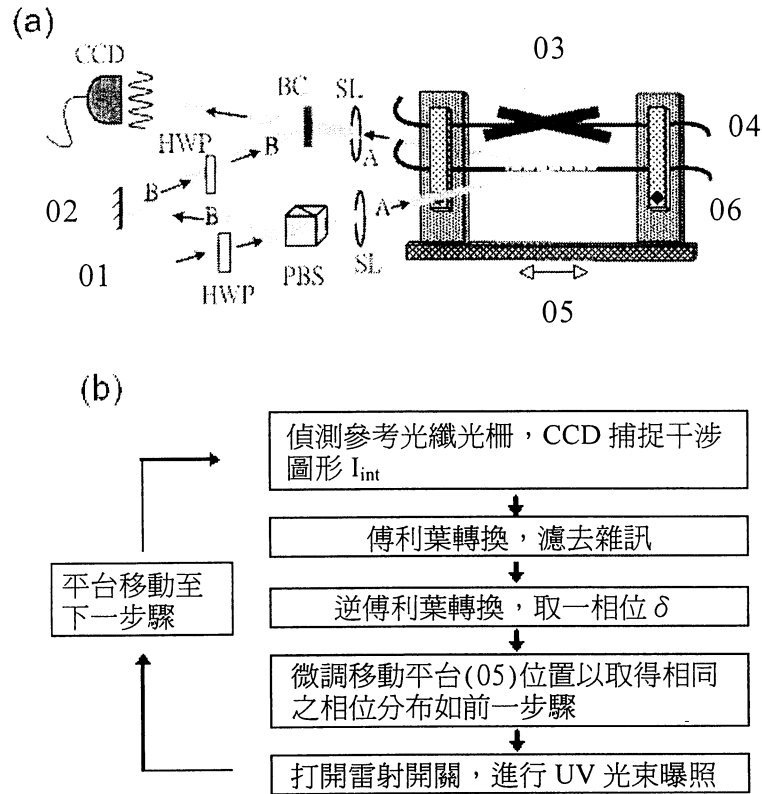
十一、圖式：



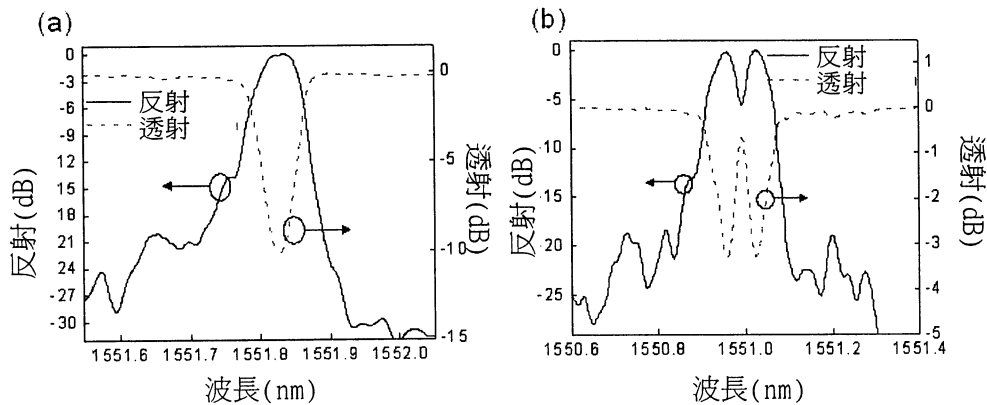
第 1 (a)、(b) 圖



第 2 圖



第 3 (a)、(b) 圖



第 4 (a)、(b) 圖