

發明專利說明書

97年3月12日 修正
補充

(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：97105548

※ 申請日期：97.2.18

※IPC 分類：G02B 6/34 (2006.01)
G02B 5/18 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

製造長度較長且有複雜結構之布拉格光纖光柵以及用接續的方式來連接比相位光罩更長的光纖光柵的方法

/Long-Length Fiber Bragg gratings sequential UV writing by probing phase mask

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) 吳重雨 / WU, CHUNG YU

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹市大學路 1001 號 / No.1001, Ta-Hsueh Rd., Hsinchu City 300, Taiwan (R.O.C.)

國籍：(中文/英文) 中華民國 / R.O.C

三、發明人：(共3人)

姓名：(中文/英文)

1. 徐桂珠

2. 賴暎杰

3. 辛宸璋

國籍：(中文/英文)

1~3 皆中華民國 / 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，其實發生日為：2007 年 12 月 5 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：

本案提出利用一種紫外光接續寫入與位置監控的技術來達到製作光纖光柵的方法，並利用相位光罩做為位置監控的元件。因為相位光罩的週期與紫外光寫入週期的相位誤差在5%以內，使紫外光寫入的精準度提升，光柵的頻譜響應也不至於劣化。並且由於相位光罩比起之前利用參考光纖光柵做為位置監控元件的專利有更好的繞射效率，容易作光學調準，而能達到更精準的監控技術。

六、英文發明摘要：

A new fiber position monitoring method for sequential FBG UV-writing processes by a reference phase mask as the phase reference is proposed. The period mismatch between the probing and written grating has to be less than 5% in order to avoid spectral distortion. Also, the new method by probing a reference phase mask can overcome the optical alignment difficulties for using reference fiber as well as provide more signal power for achieving better monitoring accuracy.

七、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第(2)圖。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

紫外光	1 0
偵測用之氦氖雷射光	2 0
偏振片	3 0
半波片	4 0
偏振光分光鏡	5 0
反射鏡	6 0
分光鏡	7 0
半反射半穿透之光束耦合鏡	8 0
影像擷取裝置 A	9 2
影像擷取裝置 B	9 4
移動平台	1 0 0
相位光罩	1 1 0
紫外光干涉條紋	1 2 0
光纖	1 3 0
第一偵測光	1 4 0
第二偵測光	1 5 0
第一參考光束	1 6 0
第二參考光束	1 7 0

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種利用偵測相位光罩繞設法製作複雜的光纖光柵結構的方法，特指一種製造長度較長且有複雜結構之布拉格光纖光柵及製造用接續的方式來連接比相位光罩更長的光纖光柵的方法，用以減少製造光纖光柵上的誤差，本方法並且進一步提出用接續的方式來連接比相位光罩更長的光纖光柵的方法。

【先前技術】

近年來有很多製造長度較長且結構複雜的光纖光柵的方法被提出，包含移動光纖掃描光束法，以及連續寫入法。在使用這兩種方法執行紫外光寫入時，需要使用氦氖雷射干涉儀來追蹤光纖位置。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飄移以及對光柵週期估計的不準確，造成在曝照時光纖位置有累積性誤差產生，這對製程有很大的影響。而且具有複雜的折射率變化及相位移結構之布拉格光纖光柵在製作上也不容易。

過去本案發明人等曾有提出一種布拉格光纖光柵製造方法的專利（台灣專利申請案號：094115916，申請日：2005/05/17），即在每次執行紫外光重疊曝光之前，會先偵測另一參考光纖光柵的相位分佈。此方法是利用一回授系統偵測在每一定位點之參考光柵的相位分佈，

藉由控制參考光柵在位移前後的相位分佈一致的情況下，以達到控制每一小段已寫入之光柵的相位銜接可以與上一段光柵之相位互相連續。

然而由於參考光柵的光纖核心半徑太小以及其微弱的一階繞射效率，使在位置監控的校準精準度方面仍然感到困難。另外，由數值模擬分析得知當作位置監控的光柵之週期與紫外光干涉條紋寫入之週期誤差需在 5 % 以內才能使得接續之後的光纖光柵之頻譜達到預期的品質。因此，先前技術實難滿足上述之需求。為求對比，有關首段所述及之先前技術，發明人等謹將之整理羅列如下，俾利與本發明清楚比較優劣：

(1) 與中華民國專利 4 3 4 4 3 1 號之比較：

前案是直接用光束寫入移動之波導，而且不使用相位光罩及干涉方式寫入，而是單點寫入且純粹藉由控制波導移動速度改變折射率沿著波導作變化，此方法僅適用在長週期光纖光柵，並不適用在週期較小的布拉格光纖光柵。

(2) 與美國專利 6 8 3 4 9 7 7 號和 6 8 1 3 0 7 9 號之比較：

此兩前案亦皆是使用連續的紫外光逐段重疊曝光之方式，經由相位光罩寫入光纖中，並且使用干涉儀監控位移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累積性誤差的問題，也需要針對寫入光束之週期事

先作精準的校正動作，本案使用偵測另一參考光纖光柵相位的方式來逐段接續光柵，提供了一個標準的相位分佈做為寫入參考，於是沒有累積性誤差的問題，週期決定的精準度也不會對製作上有很大的影響。

(3) 與美國專利 5 9 4 5 2 6 1 號之比較：

前案是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位移平台位置，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；本案則可輕易在任意位置加入任意相位移。

(4) 與美國專利 6 7 5 3 1 1 8 號和 6 8 0 1 6 8 9 號之比較：

此兩前案都是利用回授系統補償逐段重複曝光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。本案可在每一個定位點作即時調整相位分佈，亦即用紫外光寫入一次即可完成。

(5) 與美國專利 5 8 3 0 6 2 2 號之比較：

前案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瞄，較費時且不易逐段得到欲引入的相位移。本案可輕易在任意位置加入任意相位移，而且並不需額外再用紫外光寫入。

(6) 與 1 9 9 5 年 在 E L E C T R O N I C S L E T T E R S 第 1 4 9 0 頁 所 發 表 之 論 文 之 比 較 :

此 論 文 是 使 用 移 動 光 纖 或 相 位 光 罩 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 罩 長 度 ， 而 且 因 移 動 速 度 的 限 制 會 影 響 寫 入 圖 案 的 清 晰 度 ， 本 案 使 用 偵 測 另 一 參 考 光 纖 光 柵 相 位 的 方 式 來 逐 段 接 續 光 柵 ， 長 度 不 受 相 位 光 罩 之 限 制 ， 而 且 寫 入 圖 案 之 清 晰 度 是 由 寫 入 時 間 所 控 制 。

(7) 與 1 9 9 7 年 在 J O U R N A L O F L I G H T W A V E T E C H N O L O G Y 第 1 4 1 9 頁 所 發 表 之 論 文 之 比 較 :

此 前 案 亦 皆 是 使 用 逐 段 重 複 曝 光 之 方 式 寫 入 光 柵 ， 並 且 使 用 干 涉 儀 監 控 位 移 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 會 引 進 額 外 噪 音 問 題 。 本 案 使 用 連 續 紫 外 光 開 關 的 方 式 來 逐 段 接 續 光 柵 ， 沒 有 額 外 噪 音 的 問 題 。

(8) 與 2 0 0 2 年 在 A P P L I E D O P T I C S 第 1 0 5 1 頁 所 發 表 之 論 文 之 比 較 :

此 前 案 亦 皆 是 使 用 逐 段 重 複 曝 光 之 方 式 寫 入 光 柵 ， 並 且 使 用 干 涉 儀 監 控 位 移 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，本案使用偵測另一參考光纖光柵相位的方式來逐段接續光柵，沒有累積性誤差的問題。

【發明內容】

綜上，有鑑於被設計來作為紫外光寫入光纖光柵之相位光罩，具備有週期準確度高、繞射效率高、容易作光學調準，以及具有在與寫入之光纖光柵之週期成整數倍的優點。於是，本發明進一步朝此方向進行改良。有別於先前技術的不足與缺點，本案提出一種利用偵測週期為紫外光干涉條紋週期整數倍之相位光罩來作為達成相位連續的位置監控寫入法。由於相位光罩一階繞射效率比起之前提出的參考布拉格光纖光柵元件要大很多，而且作光學調準更為容易，因此使得在位置監控的校準精準度方面能更精準。

另外，由數值模擬分析得知當位置監控的週期與紫外光接續寫入週期誤差需在 5 % 以內才能達到其光柵品質。相位光罩在製造出廠時精準度要求已相當高，本身誤差極小；而以往使用的參考布拉格光纖光柵元件是在之前提出的製造系統上被製造出來，因此參考光柵本身累積誤差已無可避免，但相位光罩本身誤差已被減少，而能夠減少光柵製造的誤差來源，進而增加製造上的良率。

本發明主要有兩個目的，第一個發明目的在提出一種製造長度較長且有複雜結構之布拉格光纖光柵的方法，此方法包含以下步驟：

(1) 將一參考相位光罩與一待曝照光纖平行排列，此參考

相位光罩之週期為欲寫入之紫外光條紋週期之整數倍；

(2) 在決定每一紫外光重疊曝光的定位點時，將一偵測光沿此參考相位光罩正向入射，此時會產生一階繞射光，將此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；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，直到相位分佈在我們給定的誤差範圍內為止，其中係利用一影像擷取裝置 (C C D) 來觀察干涉條紋；

(3) 將紫外光曝照開關打開，曝照給定的時間之後將開關閉閉；

(4) 將移動平台移動至下一定位點，重複步驟 (1) 到 (3) 。

本發明第二個發明目的在提出一種製造用接續的方式來連接比相位光罩更長的光纖光柵的方法，此方法包含以下步驟：

(1) 將一參考相位光罩與一待曝照光纖平行排列，此參考相位光罩之週期為欲寫入之紫外光條紋週期之整數倍；

(2) 在參考相位光罩的兩端各正向入射一偵測光 (分別是 第一偵測光與第二偵測光) ，並各自形成一階繞射光，並各自在和參考用偵測光在兩影像擷取裝置 (C C D) (影像擷取裝置 A 和影像擷取裝置 B) 上形成干涉條紋；

(3) 在決定每一紫外光重疊曝光的定位點時，使用影像擷取裝置 A 的干涉條紋作相位分析的即時位置監控來接續每一小段光柵；

(4) 直到偵測光束位移到參考相位光罩另一端時，校正影像擷取裝置 A 和影像擷取裝置 B 上的干涉條紋之相位差，並記錄為 $\Delta \theta$ 。接下來使用影像擷取裝置 B 的干涉條紋作相位分析的即時位置監控來接續每一小段光柵，並將 $\Delta \theta$ 加入每一小段曝光之光柵當成額外的相位移。

【實施方式】

為使此領域中具通常知識者可充分瞭解本發明之精神並據以實施，以下謹提供兩個較佳實施例配合附圖加以說明。首先，圖一(a)是本發明第一實施例利用干涉法偵測相位光罩 110 來作即時位置監控的架構圖，用以說明製造長度較長且有複雜結構之布拉格光纖光柵的方法。如圖所示，其具有用來寫入光柵之紫外光 10 (UV writing beam, 244 nm)、偵測用之氦氖雷射光 20 (probe beam, 632.8 nm)、偏振片 (polarizer) 30、半波片 (HWP: Half-wave plate) 40、偏振光分光鏡 (PBS) 50、反射鏡 60、半反射半穿透之光束耦合鏡 80 (BC, beam combiner)、影像擷取裝置 (CCD) 90、移動平台 (translation stage) 100、相位光罩 (phase mask) 110、紫外光干涉條紋 (UV fringe) 120、光纖 (fiber) 130、第一偵測光 140、參考光束 160，圖上主要顯示，偵測用之相位光罩 110 與待曝照光纖 130 一

起架設在移動平台 1 0 0 上。根據上述元件之模擬結果，當充當位置監控光柵之相位光罩 1 1 0 的週期與紫外光 1 0 接續寫入週期誤差需在 5 % 以內才能達到其光柵品質，而相位光罩 1 1 0 的週期是 $1.07 \mu\text{m}$ ，正好接近待曝照光纖 1 3 0 光柵週期之兩倍，上述充當監控光柵之相位光罩 1 1 0 之功用是，利用偵測用之氦氖雷射光 2 0 入射相位光罩 1 1 0，並利用訊號處理技術，取得其在目前位置呈現的干涉相位資訊，以反推出其奈米級準確之位置資訊。此相位光罩 1 1 0 對偵測用之氦氖雷射光 2 0（即 633 nm 之 He - Ne 雷射）的一階繞射效率為 21.2% 。又相位光罩 1 1 0 作光學調準非常的容易，因此非常適用在作為位置監控的方法上。本發明將波長為 244 nm 且 $1/e^2$ 的光束寬度為 6.4 mm 高斯波形之紫外光干涉條紋 1 2 0 曝照在光感性光纖 1 3 0 上，光纖 1 3 0 預先使用一紫外光處理過以確保折射率變化正比於寫入紫外光量的線性關係。在這裡本發明使用逐段曝照的方式，以 244 nm 的紫外光 1 0 部分重複曝光照射在光感性光纖 1 3 0 上，在長距離內一步步移動移動平台 1 0 0，因為紫外光 1 0 是等間距（ 0.8 mm ）寫入，所以平均折射率得以維持定值，但折射率調變量會依照預定高斯形狀的光柵結構之形狀局部做調變。本發明利用部分重疊的方式連接多個高斯形狀的小段光柵，製作出大約長度 2 公分的布拉格光纖光柵，並使用側向繞射法偵測寫入光柵之結構。

具體而言，第一實施例之製造長度較長且有複雜結構之布

拉格光纖光柵的方法可表示為下列步驟：

(1) 將一參考相位光罩 1 1 0 與一待曝照光纖 1 3 0 平行排列，此參考相位光罩 1 1 0 之週期為欲寫入之紫外光干涉條紋週期之整數倍；

(2) 在決定每一紫外光 1 0 重疊曝光的定位點時，將一偵測用之氦氖雷射光 2 0 沿此參考相位光罩 1 1 0 正向入射一第一偵測光 1 4 0，此時將產生一階繞射光，將此一階布拉格繞射光與另一參考光束 1 6 0 進行干涉在影像擷取裝置 9 0 上產生干涉條紋；使用一回授系統(圖中未示)將一移動平台 1 0 0 移動前後的干涉條紋相位分佈做比較來微調移動平台 1 0 0 在此定位點的最後位置，直到相位分佈在欲給定的誤差範圍內為止；

(3) 將紫外光 1 0 曝照開啓，曝照給定的時間之後關閉；

(4) 將該移動平台 1 0 0 移動至下一定位點，重複步驟 (1) 到 (3)。

圖一 (b) 是用 (a) 方法以實驗連接小段光柵形成的光纖光柵折射率調變之形狀，是量測寫入光柵之結構的設計以及實驗的結果。圖中顯示了利用側向繞射法得到的沿著光纖 1 3 0 軸心的折射率變化曲線，其與設計欲達成之高斯形狀非常類似。由實驗結果顯示，本發明所提之方法對於製作第一實施例中的複雜光纖光柵相當有實用性，也證明了本發明之方法的可行性。

本案第二實施例進一步提出用接續的方式來連接比相位光

罩更長的光纖光柵的方法。圖二為本發明第二實施例實驗架構圖，其元件計有：用來寫入光柵之紫外光 10 (UV writing beam 244 nm)、偵測用之氦氖雷射光 (probe beam) (632.8 nm) 20、偏振片 (polarizer) 30、半波片 (HWP) 40、偏振光分光鏡 50、反射鏡 60、分光鏡 (BS) 70、半反射半穿透之光束耦合鏡 (BC) 80、影像擷取裝置 A 92、影像擷取裝置 B 94、移動平台 (translation stage) 100、相位光罩 (phase mask) 110、紫外光干涉條紋 120、光纖 (fiber) 130、第一偵測光 (1st beam) 140、第二偵測光 (2nd beam) 150、參考光束 160。圖中係顯示，首先將一參考相位光罩 110 與一待曝照光纖 130 平行排列，此參考相位光罩 110 之週期為欲寫入之紫外光干涉條紋 120 週期之整數倍。在參考相位光罩 110 的兩端各正向入射一第一偵測光 140 與一第二偵測光 150，並各自形成一階繞射光，並各自和第一參考光束 160 及第二參考光束 170 在影像擷取裝置 A 92、影像擷取裝置 B 94 上形成干涉條紋，其中本案所述之影像擷取裝置 90、影像擷取裝置 A 92 與影像擷取裝置 B 94 為電荷耦合元件 (CCD, Charge-coupled Device)。在決定每一紫外光 10 重疊曝光的定位點時，使用影像擷取裝置 A 92 的干涉條紋作相位分析的即時位置監控 (real time posit

i o n m o n i t o r i n g) 來接續每一小段光柵。直到第一偵測光束 1 4 0 位移到參考相位光罩 1 1 0 另一端時，校正影像擷取裝置 A 9 2 和影像擷取裝置 B 9 4 上的干涉條紋之相位差，並記錄為 $\Delta \theta$ 。接下來使用第二偵測光 1 5 0 與參考光束 1 7 0 在影像擷取裝置 B 9 4 的干涉條紋作相位分析的即時位置監控來接續每一小段光柵，並將 $\Delta \theta$ 加入每一小段曝光之光柵當成額外的相位移。如此即可利用此接續的方式來連接比相位光罩更長的光纖光柵。

【圖式簡單說明】

圖一 (a) 為利用干涉法偵測相位光罩來作即時位置監控的架構圖。圖一 (b) 是用 (a) 方法以實驗連接小段光柵形成的光纖光柵折射率調變之形狀。

圖二為用接續的方式來連接比相位光罩更長的光纖光柵的方法之架構圖。

【主要元件符號說明】

紫外光	1 0
偵測用之氦氖雷射光	2 0
偏振片	3 0
半波片	4 0
偏振光分光鏡	5 0
反射鏡	6 0
分光鏡	7 0
半反射半穿透之光束耦合鏡	8 0

影像擷取裝置	9 0
影像擷取裝置 A	9 2
影像擷取裝置 B	9 4
移動平台	1 0 0
相位光罩	1 1 0
紫外光干涉條紋	1 2 0
光纖	1 3 0
第一偵測光	1 4 0
第二偵測光	1 5 0
第一參考光束	1 6 0
第二參考光束	1 7 0

十、申請專利範圍：

1．一種製造長度較長且有複雜結構之布拉格光纖光柵的方法，此方法包含以下步驟：

(1) 將一參考相位光罩與一待曝照光纖平行排列，此參考相位光罩之週期為欲寫入之紫外光干涉條紋週期之整數倍；

(2) 在決定每一紫外光重疊曝光的定位點時，將一第一偵測光沿此參考相位光罩正向入射，此時將產生一階繞射光，將此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；使用一回授系統將一位移平台移動前後的干涉條紋相位分佈做比較來微調位移平台在此定位點的最後位置，直到相位分佈在欲給定的誤差範圍內為止；

(3) 將紫外光曝照開啓，曝照給定的時間之後關閉；

(4) 將該位移平台移動至下一定位點，重複步驟(1)到(3)。

2．一種製造用接續的方式來連接比相位光罩更長的光纖光柵的方法，此方法包含以下步驟：

(1) 將一參考相位光罩與一待曝照光纖平行排列，此參考相位光罩之週期為欲寫入之紫外光條紋週期之整數倍；

(2) 在參考相位光罩的兩端各正向入射一第一偵測光與一第二偵測光，並各自形成一階繞射光，並各自在參考用之偵測光束在兩影像擷取裝置(影像擷取裝置A和影像擷取裝置B)上形成干涉條紋；

(3) 在決定每一紫外光重疊曝光的定位點時，使用影像擷取裝置 A 的干涉條紋作相位分析的即時位置監控來接續每一小段光柵；

(4) 直到第一偵測光位移到參考相位光罩另一端時，校正影像擷取裝置 A 和影像擷取裝置 B 上的干涉條紋之相位差，並記錄為 $\Delta \theta$ ；接下來使用第一偵測光和另一參考光束在影像擷取裝置 B 的干涉條紋作相位分析的即時位置監控來接續每一小段光柵，並將 $\Delta \theta$ 加入每一小段曝光之光柵當成額外的相位移。

3 · 如申請專利範圍第 1 項之製造長度較長且有複雜結構之布拉格光纖光柵的方法，其中該第一偵測光與參考光束，是一種與曝照在光纖上的紫外光波長不相同的雷射光，比如是 633 nm 的氦氖雷射光。

4 · 如申請專利範圍第 2 項之製造用接續的方式來連接比相位光罩更長的光纖光柵的方法，其中該第一偵測光、第二偵測光與第一參考光束、第二參考光束，是一種與曝照在光纖上的紫外光波長不相同的雷射光，比如是 633 nm 的氦氖雷射光。

5 · 如申請專利範圍第 3 項之製造長度較長且有複雜結構之布拉格光纖光柵的方法，其中該相位光罩對偵測用之氦氖雷射光（即 633 nm 之 He - Ne 雷射）的一階繞射效率必須夠強才能在影像擷取裝置上產生清晰之干涉條紋，比如為 21.2%。

6 · 如申請專利範圍第 4 項之製造用接續的方式來連接比

相位光罩更長的光纖光柵的方法，其中該相位光罩對偵測用之氦氖雷射光（即 633 nm 之 He - Ne 雷射）的一階繞射效率必須夠強才能在影像擷取裝置上產生清晰之干涉條紋，比如為 21.2%。

7. 如申請專利範圍第 1 項之製造長度較長且有複雜結構之布拉格光纖光柵的方法，其中該相位光罩的週期必須為曝照在光纖上的紫外光干涉條紋之整數倍，比如紫外光干涉條紋週期為 0.535 μ m 時，光罩的週期是 1.07 μ m。

8. 如申請專利範圍第 2 項之製造用接續的方式來連接比相位光罩更長的光纖光柵的方法，其中該相位光罩的週期必須為曝照在光纖上的紫外光干涉條紋之整數倍，比如紫外光干涉條紋週期為 0.535 μ m 時，光罩的週期是 1.07 μ m。

9. 如申請專利範圍第 1 項之製造長度較長且有複雜結構之布拉格光纖光柵的方法，其中曝照在光纖上的是波長為 244 nm 的連續波雷射光源（continuous wave），且光束形狀呈高斯波形之紫外光干涉條紋。

10. 如申請專利範圍第 2 項之製造用接續的方式來連接比相位光罩更長的光纖光柵的方法，其中曝照在光纖上的是波長為 244 nm 的連續波雷射光源（continuous wave），且光束形狀呈高斯波形之紫外光干涉條紋。

11. 如申請專利範圍第 1 項之製造長度較長且有複雜結

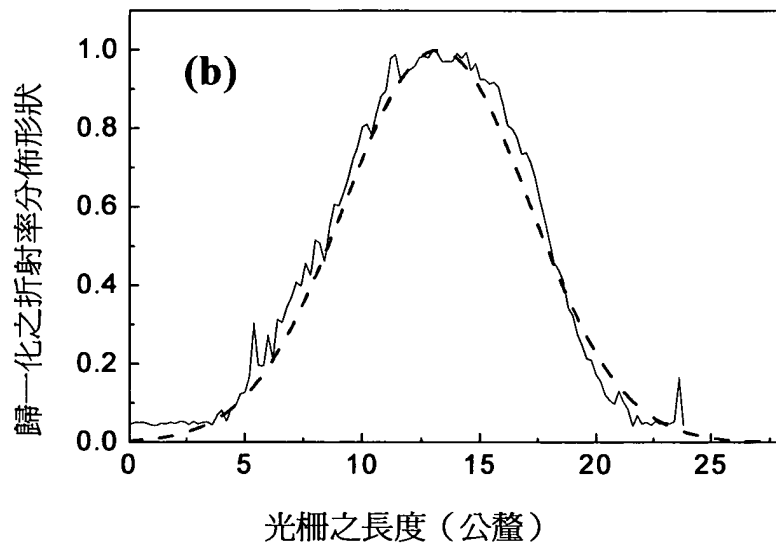
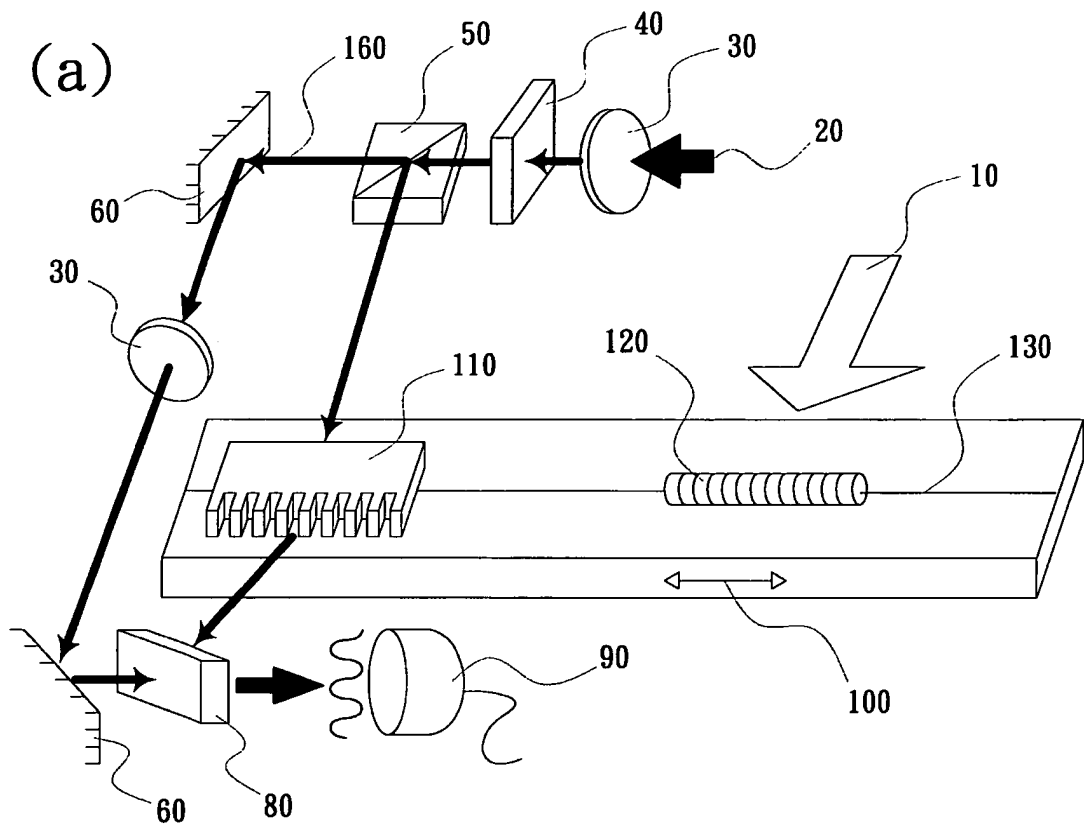
構之布拉格光纖光柵的方法，其中係用逐段曝照的方式，以 244 nm 的紫外光部分重複曝光照射在光纖上，在長距離內一步步移動移動平台，因紫外光是等間距寫入，其間距之大小必須小於紫外光 $1/e^2$ 的光束寬度，所以平均折射率得以維持定值。

1 2 · 如申請專利範圍第 1 項之製造長度較長且有複雜結構之布拉格光纖光柵的方法，其中係利用部分重疊的方式連接多個高斯形狀的小段光柵，製作出總長度大於一個高斯形狀的小段光柵的布拉格光纖光柵。

1 3 · 如申請專利範圍第 1 項之製造長度較長且有複雜結構之布拉格光纖光柵的方法，其中該影像擷取裝置為電荷耦合元件 (CCD, Charge-coupled Device)。

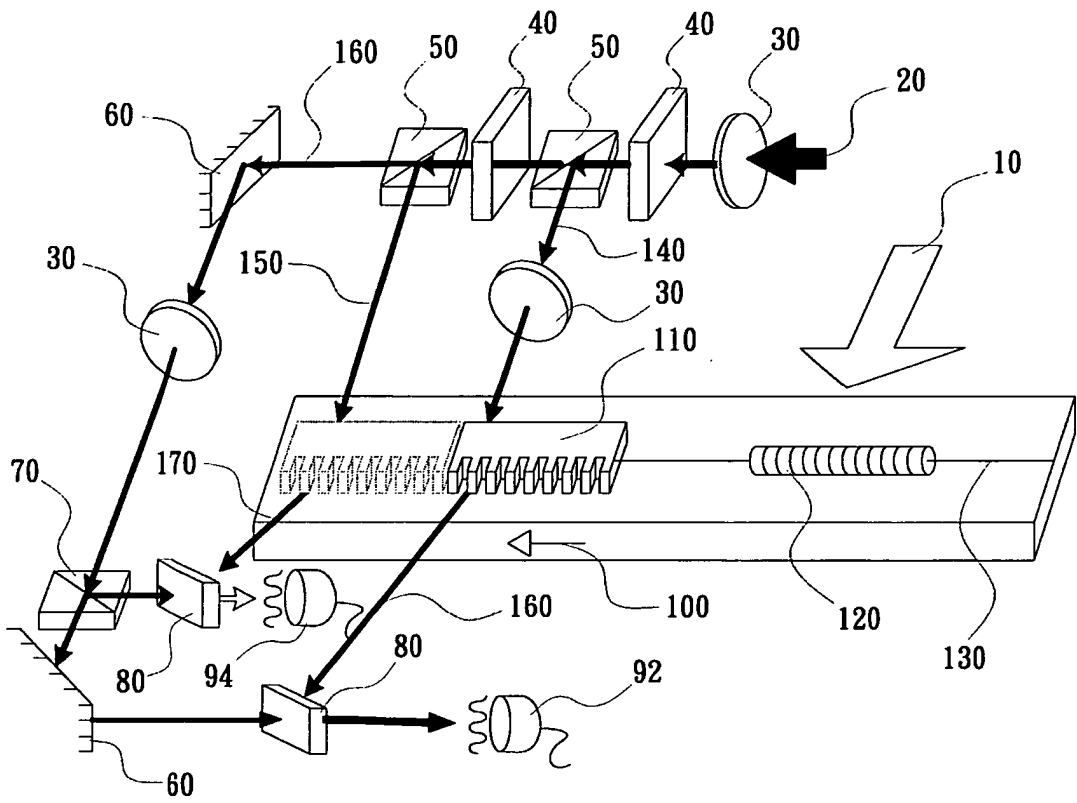
1 4 · 如申請專利範圍第 2 項之製造用接續的方式來連接比相位光罩更長的光纖光柵的方法，其中該影像擷取裝置 A 與影像擷取裝置 B 為電荷耦合元件 (CCD, Charge-coupled Device)。

十一、圖式：



實線：實驗所掃描得到之折射率分佈形狀
 虛線：設計欲達成之折射率分佈形狀

圖一 (a) (b)



圖二