

發明專利說明書

公告本

(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：96140396

※申請日期：96.10.26

※IPC分類：G02B 6/34 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

調變光纖光柵之折射率的方法

二、申請人：(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)

國立交通大學

代表人：(中文/英文) 吳妍華

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹市大學路1001號

國籍：(中文/英文) 中華民國 TW

三、發明人：(共2人)

姓名：(中文/英文)

徐桂珠

賴暎杰

國籍：(中文/英文)

中華民國 TW (皆同)

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：96年7月11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：

本發明係一種調變光纖光柵之折射率的方法，係對於光纖光柵之至少一定位點之紫外光曝照強度，分成兩次曝照，以藉由控制兩先後進行曝照的紫外光強度及相位，使定位點的總曝光量維持定值，且疊加後的紫外光干涉條紋強度可調而相位則維持定值，如此即可讓光纖光柵之 dc 折射率維持定值，而 ac 折射率可獨立調變。

六、英文發明摘要：

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(三(a))圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

無

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】

本發明係有關一種光纖光柵技術，特別係一種調變光纖光柵之折射率的方法。

【先前技術】

按，布拉格光纖光柵 (FBG) 乃光纖通訊領域之關鍵元件，可廣泛應用在分多工(WDM)系統、高分多工(DWDM)系統、光纖感測技術或光纖雷射技術上，係作為濾波器，將滿足布拉格條件的入射光波長反射，而讓其餘波長的光通過光柵。

其中，在製作光纖光柵時，纖核折射率之變化量乃關係著產品製作成本與品質良好與否的重要因素，而近年來亦提出了許多光纖光柵的製作技術，如我國之專利申請號 200515020，係直接用兩道偏振方向互相垂直的光束，其中一道光束係寫入光纖作為折射率調變，另一道光束作補償總光量為定值，由於此方法需作偏振的控制，故需要如半波片、偏振分光鏡和鏡片等額外的光學元件，所以會增加製造成本；我國之專利申請號 200515021 主要是控制雙光束干涉法中其中一道光的偏振方向，使總光量為定值，但干涉條紋強度可藉由兩光束相對之偏振方向來調整，而此方法只能適用在雙光束干涉法，且其藉由偏振的控制，亦需額外的光學元件才能達到偏振效果，故會增加製造成本； J. B. Jensen 等人在 Optics Letters 之 2002 年 - 第 1004 頁所發表之論文係用控制相位光柵法中光的偏振方向，使總光量為定值但干涉條紋強度可藉由分成兩不同偏振光束之光量相對來調整，此方法只能適用在相位光柵法，且亦需作偏振的控制而使用額外的光學元

件，如半波片和偏光片，因而增加製造成本。

美國專利號 5,830,622 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，且需要二度掃瞄，所以不但較費時又不易逐段得到欲引入的相位移；J.Albert 等人在 ELECTRONICS LETTERS 之 1995 年第 223 頁所發表之論文係使用特殊設計之相位光柵之方式寫入光纖，惟，此方法所製作的光纖光柵長度會受限於相位光柵長度，且特殊相位光柵製作會增加成本，且所曝照之光纖光柵固定而缺乏製作其它光纖光柵規格時的彈性；M. J. Cole 等人在 ELECTRONICS LETTERS 之第 1995 年-第 1488 頁所發表之論文係使用模糊化造成折射率調變，而此方法所製作的光纖光柵長度係容易引進擾動誤差，以及平均折射率 (dc index) 並沒有保持固定而是有所微幅擾動。

有鑑於此，本發明提供一種創新的調變光纖光柵之折射率的方法，以克服上述之缺失。

【發明內容】

本發明之一目的係在提供一種調變光纖光柵之折射率的方法，其藉由兩可調變相位與光量強度的紫外光，先後曝照在光纖光柵上之同一定位點上，以達到 dc 折射率保持固定、ac 折射率可獨立調變，而無須額外的光學元件，可以降低製作成本。

本發明之另一目的係在提供一種調變光纖光柵之折射率的方法，其可使光纖光柵之 ac 折射率呈任意形狀。

本發明之再一目的係在提供一種調變光纖光柵之折射率的方法，其可在光纖光柵之任意位置上，作折射率調變。

根據本發明所揭示調變光纖光柵之折射率方法，係提供兩紫外光分別先後曝照一光纖光柵上之至少一定位點，且為使定位點所受的兩紫外光之總曝光量係定值，藉由控制兩紫外光之光量大小與相位，即可使光纖光柵之 dc 折射率保持固定，並使 ac 折射率可受到調變。再者，本發明可讓光纖光柵之 ac 折射率呈任意形狀，藉由兩紫外光分別先後逐段地曝照光纖光柵之複數定位點，且兩紫外光都是以等間距且部分重疊方式逐段曝照著定位點，並同時透過控制兩紫外光之光量大小與相位，即可使沿著光纖光柵之 dc 折射率保持固定，且 ac 折射率調變成任意形狀。

本發明之此些目的或其他目的對於此技藝之通常知識者而言，閱讀以下實施例之詳細內容後係顯而易知的。

先前的概述與接下來的詳細敘述都是範例，以便能進一步解釋本發明之專利請求項。

【實施方式】

請同時參照第一圖至第二圖，分別係本發明調變光纖光柵之折射率的方法流程示意圖。如第一圖所示，本發明係提供一光纖光柵 10，並在光纖光柵上 10 設複數個等間距排列的定位點 $X_1 \sim X_N$ 以將光纖光柵 10 分成複數個光纖光柵片段，且為了將每一定位點 $X_1 \sim X_N$ 欲曝照的總光量分成兩次寫入，則提供兩相位、光量強度可調並且是高斯波形的紫外光 1、紫外光 2，分別先後逐段地曝照定位點 $X_1 \sim X_N$ ，即紫外光 1、2 先後曝照定位點 X_1 後，接著以同樣方式依序曝照定位點 $X_2 \sim X_N$ ，且每個定位點 $X_1 \sim X_N$ 所受的紫外光 1、2 之總曝光量皆相同，紫外光 1 與紫外光 2 並係以等間距且部分重疊方式逐段曝照著定位點 $X_1 \sim X_N$ ，如第二圖所示，且高斯波形紫外光 1 與紫外光

2 對這些光纖光柵片段之相位必須是連續的，才能以建設性疊加連接成預定折射率形狀的布拉格光纖光柵，再者，由於紫外光 1、2 係等間距地曝照定位點 $x_1 \sim x_N$ ，所以沿著光纖光柵 10 的 dc 折射率 (dc index) 係保持固定，ac 折射率 (ac index) 則可藉由控制紫外光 1 與紫外光 2 之光量大小與相位而作調變。

以下係揭示如何藉由控制紫外光 1 與紫外光 2 之光量大小及相位來調變 ac 折射率，其中方法一係假設每個定位點 $x_1 \sim x_N$ 所受的光量曝照強度都是 $2I_0$ ，高斯波形紫外光 1 與紫外光 2 以相等光量 I_0 分別曝照此等定位點 $x_1 \sim x_N$ ，且紫外光 1 與紫外光 2 於光纖光柵 10 的曝照位置相對於每一定位點 $x_1 \sim x_N$ 之相位差分別為 $\Delta\theta$ 和 $-\Delta\theta$ ，即對稱相位移，如此疊加後的紫外光 1、2 之紫外光條紋分佈相對於所欲形成之光纖光柵片段之相位差為零，就可透過調變相位差 $\Delta\theta$ 、 $-\Delta\theta$ 而使光纖光柵之 ac 折射率受到調變，且因為光纖光柵之 ac 折射率 (n_{ac}) 可隨紫外光量作線性變化，所以 ac 折射率正比於疊加後紫外光條紋分佈，即如第三(a)圖所示，顯示紫外光 1 與紫外光 2 以相等光量 I_0 ，而不同的 $\Delta\theta$ 曝照某一定位點的 ac 折射率調變情形，其中當 $\Delta\theta = \pi/2$ ，紫外光 1 與 2 係完全破壞性干涉、疊加振幅完全抵消，所以 n_{ac} 最小； $\Delta\theta = \pi/3$ ，紫外光 1 與 2 之疊加振幅則部分抵消； $\Delta\theta = 0$ ，紫外光 1 與 2 係完全建設性干涉，產生最大振幅，故 n_{ac} 最大；並請同時參照第四圖，分別係紫外光 1 與紫外光 2 之條紋分佈之振幅及相位示意圖，且紫外光 1、2 分別可用下列公式(1)、(2)表示：

$$I(x) = I_1 e^{i(kx + \theta_1)} \quad (1)$$

$$I(x) = I_2 e^{i(kx + \theta_2)} \quad (2)$$

其中 I_1 和 I_2 分別係紫外光 1、2 之光量強度， θ_1 、 θ_2 分別係紫外光 1、2 相對於定位點的相位差，因此疊加於光纖光柵的紫外光干涉條紋分佈之振幅與相位關係就如下列公式 (3) 所示：

$$I(x) = I_1 e^{i(kx + \theta_1)} + I_2 e^{i(kx + \theta_2)} \quad (3)$$

其中由於紫外光 1 與紫外光 2 以相等光量 I_0 曝照定位點，且相對於定位點的相位差係 $\Delta\theta$ 、 $-\Delta\theta$ ，所以公式 (3) 可推衍成如下列公式 (4) 所示：

$$I(x) = 2I_0 e^{ikx} \cos(\Delta\theta) \propto n_{ac} \quad (4)$$

其中 ac 折射率正比於疊加後紫外光條紋分佈，並可參照表格一及配合第三 (a) 圖，揭示數個相位差 $\Delta\theta$ 值 (0 ， $\pi/3$ ， $\pi/2$) 所對應的歸一化 ac 折射率值，以及參照第五 (a) 圖、第五 (b) 圖，分別係上述方法一之對稱相位移下的歸一化 ac 折射率形狀，以及歸一化 ac 折射率與相位差的關係圖。

方法二亦是假設每個定位點 $X_1 \sim X_N$ 所受的光量曝照強度都是 $2I_0$ ，且紫外光、紫外光係以不同光量曝照定位點，即紫外光 1 係以光量強度 mI_0 、紫外光 2 係以光量強度 $(2-m)I_0$ 先後曝照定位點，且紫外光 1 與紫外光 2 於光纖光柵 10 的曝照位置相對於每一定位點之相位差分別為 0 和 π ，如此疊加後的紫外光 1、2 之紫外光條紋分佈相對於所欲形成之光纖光柵片段之相位差為零，就可透過改變紫外光 1 與紫外光 2 之光量來調變光纖光柵 ac 折射率，即如第三 (b) 圖所示，顯示以不同光量強度的紫外光 1 與紫外光 2 曝照某一定位點，且紫外光 1 對於定位點之相位差係 0 、紫外光 2 對於定位點之相位差係 π ，其中當紫外光 1 與紫外光 2 之強度皆為 I_0 時，兩疊加振幅

完全抵消，故 n_{ac} 最小；當紫外光 1 之強度係 $1.5I_0$ 、紫外光 2 之強度係 $0.5I_0$ ，兩疊加振幅部分抵消；當紫外光 1 之強度係 $2I_0$ 、紫外光 2 之強度係 0，兩疊加振幅大小完全由紫外光 1 所貢獻，故 n_{ac} 最大；疊加於光纖光柵 10 的紫外光干涉條紋分佈之振幅與相位關係，就如下列公式 (5) 所示：

$$I(x) = 2I_0 e^{ikx} (m-1) \propto n_{ac} \quad (5)$$

可參照表格一及配合第三(b)圖，揭示在方法二之控制不同光量大小下所對應的 ac 折射率，以及參照第六(a)圖、第六 (b) 圖，分別係上述方法二之相位移為 π 下的 ac 折射率形狀，以及歸一化 ac 折射率與改變紫外光曝照強度比的關係圖。

表格一

參數條件 歸一化的 n_{ac}	方法一： $\theta_1 = -\theta_2 = \Delta\theta$ $I_1 = I_2 = I_0$	方法二： $\theta_1 = 0, \theta_2 = \pi$ $I_1 = mI_0, I_1 + I_2 = 2I_0$
$n_{ac} = 1$	$\Delta\theta = 0$	$m=2$
$n_{ac} = 0.5$	$\Delta\theta = \pi/3$	$m=1.5$
$n_{ac} = 0$	$\Delta\theta = \pi/2$	$m=1$

因此，從第五(a)圖與第六 (a) 圖，即可知悉透過控制兩紫外光之光量強度、相位得到折射率鐘形化的光纖光柵。同理，本發明之調變光纖光柵之折射率的方法，可用於光纖光柵之任意一欲作折射率調變的位置上，例如只欲對光纖光柵之某一區段作折射率調變，可於此區段設定一定位點，對此定位點曝照兩次紫外光，選擇方法一之改變紫外光相位或方法二之改變紫外光之光量大小，就可調變此區段的折射率，故藉由本發明確實

可使 ac 折射率調變成任意所需形狀。

由此可知，本發明所提出調變光纖光柵之折射率的方法，透過控制前後曝照的紫外光之強度與相位，即可讓 dc 折射率維持固定，ac 折射率可獨立調變，故並無須任何額外的光學元件，方式簡單又可降低成本，並且可應用於相位光罩或雙光束干涉之任一種方式。

以上所述之實施例僅係為說明本發明之技術思想及特點，其目的在使熟習此項技藝之人士能夠瞭解本發明之內容並據以實施，當不能以之限定本發明之專利範圍，即大凡依本發明所揭示之精神所作之均等變化或修飾，仍應涵蓋在本發明之專利範圍內。

【圖式簡單說明】

第一圖至第二圖為本發明之調變光纖光柵之折射率的方法流程示意圖。

第三(a)圖為本發明之控制兩紫外光之光量大小，所產生的振幅疊加結果示意圖。

第三(b)圖為本發明之控制兩紫外光之相位差，所產生的振幅疊加結果示意圖。

第四圖為本發明之紫外光1與紫外光2的條紋分佈之振幅及相位示意圖。

第五(a)圖為本發明之對稱相位移下的歸一化 ac 折射率形狀示意圖。

第五(b)圖為本發明之對稱相位移下的歸一化 ac 折射率與相位差的關係圖。

第六(a)圖為本發明之相位移為 π 下的 ac 折射率形狀示意圖。

第六(b)圖為本發明之相位移為 π 下的歸一化 ac 折射率與改變紫外光曝照強度比的關係圖。

【主要元件符號說明】

10 光纖光柵

十、申請專利範圍：

1. 一種調變光纖光柵之折射率的方法，包括以下步驟：

提供一光纖光柵，其具有複數定位點；

提供一第一紫外光與一第二紫外光分別先後逐段地曝照該等定位點；及

為使該等定位點所受的該第一、第二紫外光之總曝光量皆定值，控制該第一紫外光與該第二紫外光的光量大小與相位，藉此使該光纖光柵折射率受到調變，其中該第一紫外光與該第二紫外光係以相等光量分別曝照該等定位點，且於該光纖光柵的曝照位置相對於每一該定位點之相位差分別為 $\Delta\theta$ 和 $-\Delta\theta$ ，以藉由改變該相位差 $\Delta\theta$ 、 $-\Delta\theta$ 來調變該光纖光柵折射率。

2. 如申請專利範圍第1項所述之調變光纖光柵之折射率的方法，其中該第一紫外光係連續紫外光，且以等間距且部分重疊方式逐段曝照該等定位點。

3. 如申請專利範圍第1項所述之調變光纖光柵之折射率的方法，其中該第二紫外光係連續紫外光，以等間距且部分重疊方式逐段曝照該等定位點。

4. 如申請專利範圍第1項所述之調變光纖光柵之折射率的方法，其中該等定位點係等間距排列。

5. 如申請專利範圍第1項所述之調變光纖光柵之折射率的方法，其中該第一紫外光與第二紫外光疊加於該光纖光柵上的紫外光干涉條紋分佈之振幅與相位關係為：

$$I(x) = 2I_0 e^{ikx} \cos(\Delta\theta), \text{ 其中 } I_0 \text{ 為該第一紫外光與該第二紫外光之光量}$$

強度。

6. 如申請專利範圍第1項所述之調變光纖光柵之折射率的方法，其中該第一紫外光與該第二紫外光係以不同光量分別曝照該等定位點，且於該光纖

光柵之曝照位置相對於每一該定位點之相位差分別為 0 和 π ，以藉由改變該第一紫外光與該第二紫外光之光量來調變該光纖光柵折射率。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述之調變光纖光柵之折射率的方法，其中該第一紫外光與第二紫外光疊加於該光纖光柵上的紫外光干涉條紋分佈之振幅與相位關係為：

$I(x) = 2I_0 e^{ikx}(m-1)$ ，其中該第一紫外光的光量強度為 mI_0 與該第二紫外光之光量強度為 $(2-m)I_0$ 。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之調變光纖光柵之折射率的方法，其中該光纖光柵折射率係 ac 折射率。

9. 一種調變光纖光柵之折射率的方法，包括以下步驟：

提供一光纖光柵，其具至少一定位點；

提供一第一紫外光與一第二紫外光分別先後曝照該定位點；及

為使該定位點所受的該第一、第二紫外光之總曝光量係定值，控制該第一紫外光與該第二紫外光的光量大小與相位，藉此使該光纖光柵折射率受到調變，其中該第一紫外光與該第二紫外光係以相等光量分別曝照該定位點，且於該光纖光柵的曝照位置相對於該定位點之相位差分別為 $\Delta\theta$ 和 $-\Delta\theta$ ，以藉由改變該相位差 $\Delta\theta$ 、 $-\Delta\theta$ 來調變該光纖光柵折射率。

10. 如申請專利範圍第 9 項所述之調變光纖光柵之折射率的方法，其中該第一紫外光與第二紫外光係連續紫外光。

11. 如申請專利範圍第 9 項所述之調變光纖光柵之折射率的方法，其中該第一紫外光與第二紫外光疊加於該光纖光柵上的紫外光干涉條紋分佈之振幅

與相位關係為：

$$I(x) = 2I_0 e^{ikx} \cos(\Delta\theta), \text{ 其中 } I_0 \text{ 為該第一紫外光與該第二紫外光之光量}$$

強度。

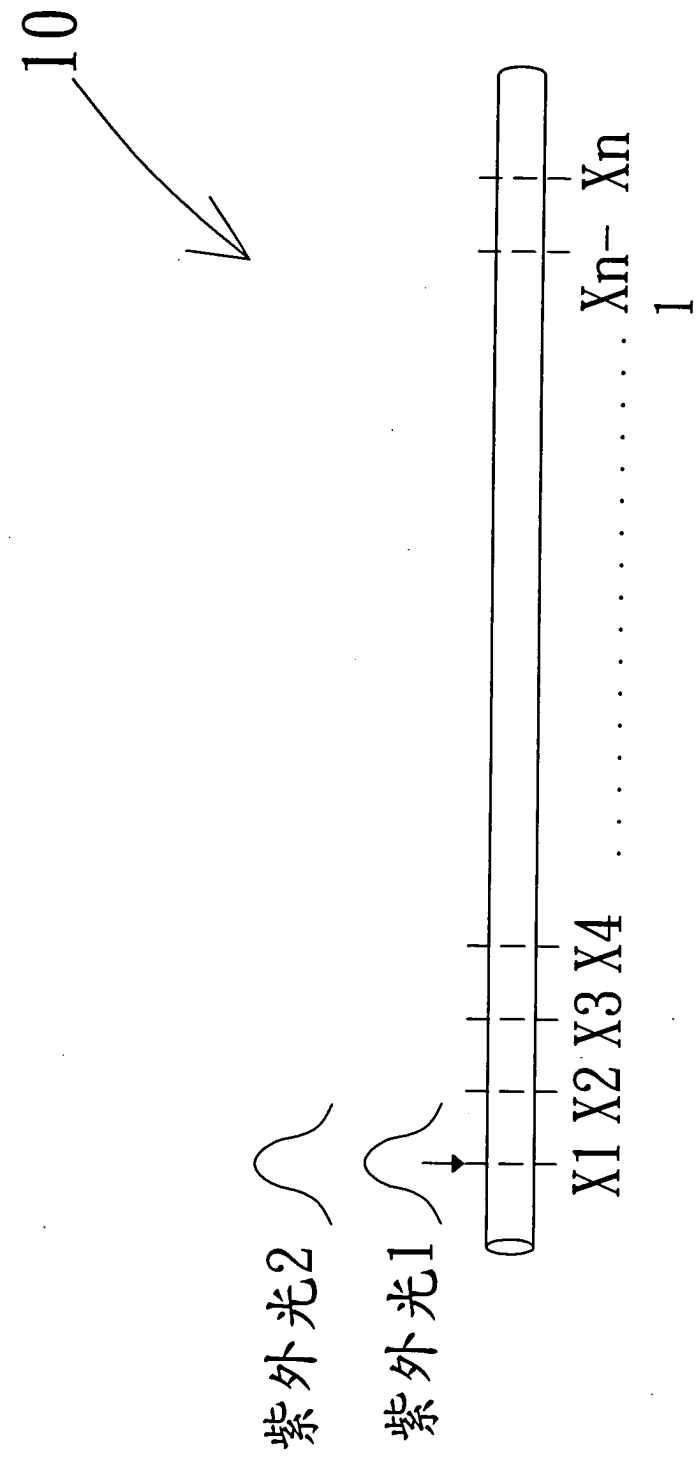
12. 如申請專利範圍第 9 項所述之調變光纖光柵之折射率的方法，其中該第一紫外光與該第二紫外光係以不同光量分別曝照該定位點，且於該光纖光柵之曝照位置相對於該定位點之相位差分別為 0 和 π ，以藉由改變該第一紫外光與該第二紫外光之光量來調變該光纖光柵折射率。

13. 如申請專利範圍第 12 項所述之調變光纖光柵之折射率的方法，其中該第一紫外光與第二紫外光疊加於該光纖光柵上的紫外光干涉條紋分佈之振幅與相位關係為：

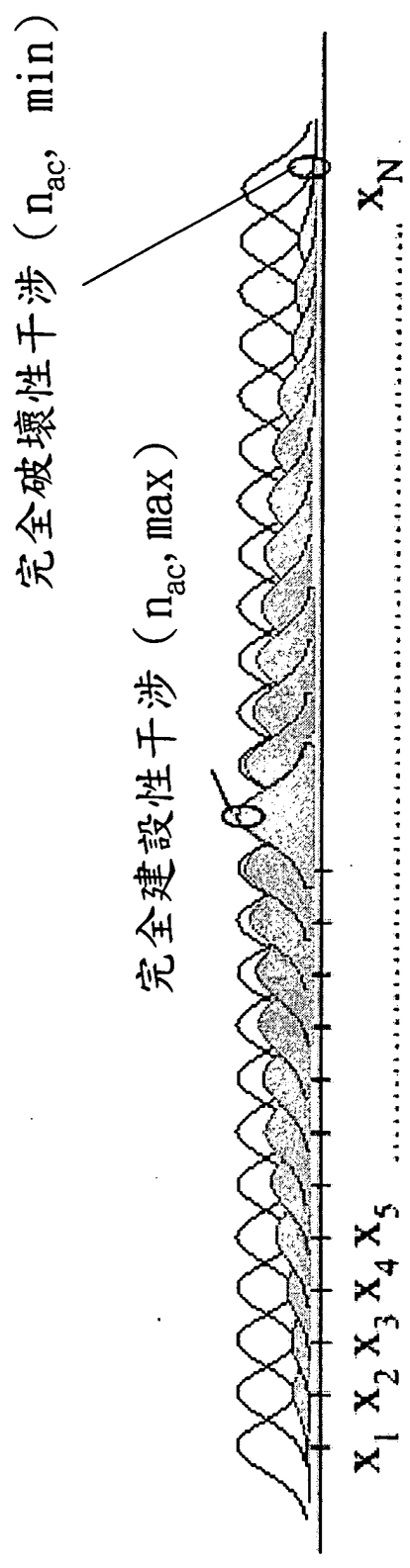
$$I(x) = 2I_0 e^{ikx} (m-1), \text{ 其中該第一紫外光的光量強度為 } mI_0 \text{ 與該第二紫}$$

外光之光量強度為 $(2-m)I_0$ 。

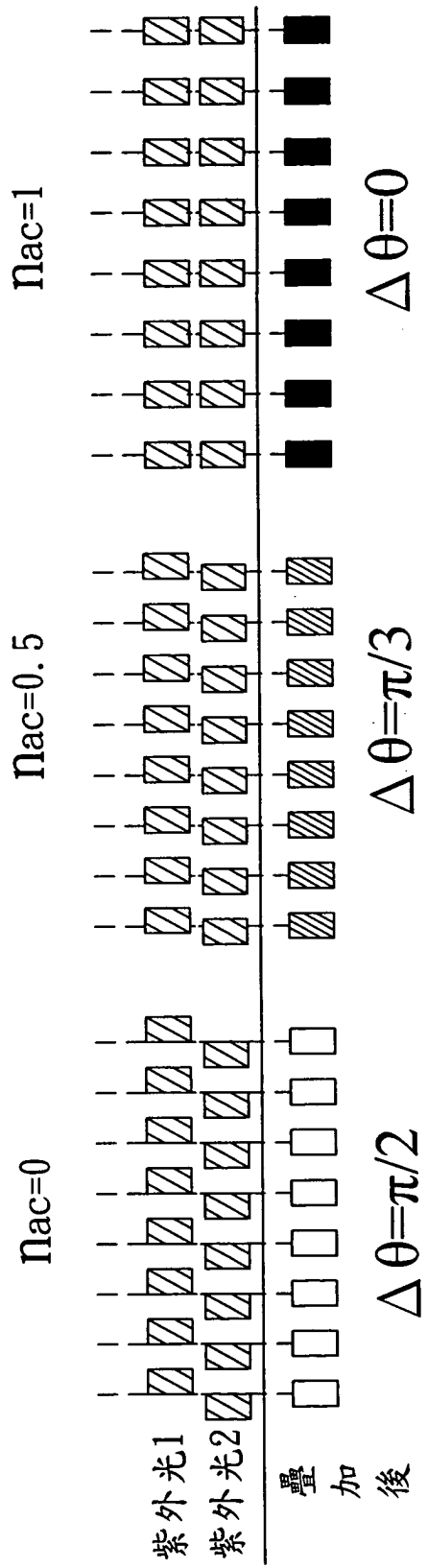
14. 如申請專利範圍第 9 項所述之調變光纖光柵之折射率的方法，其中該光纖光柵折射率係 ac 折射率。



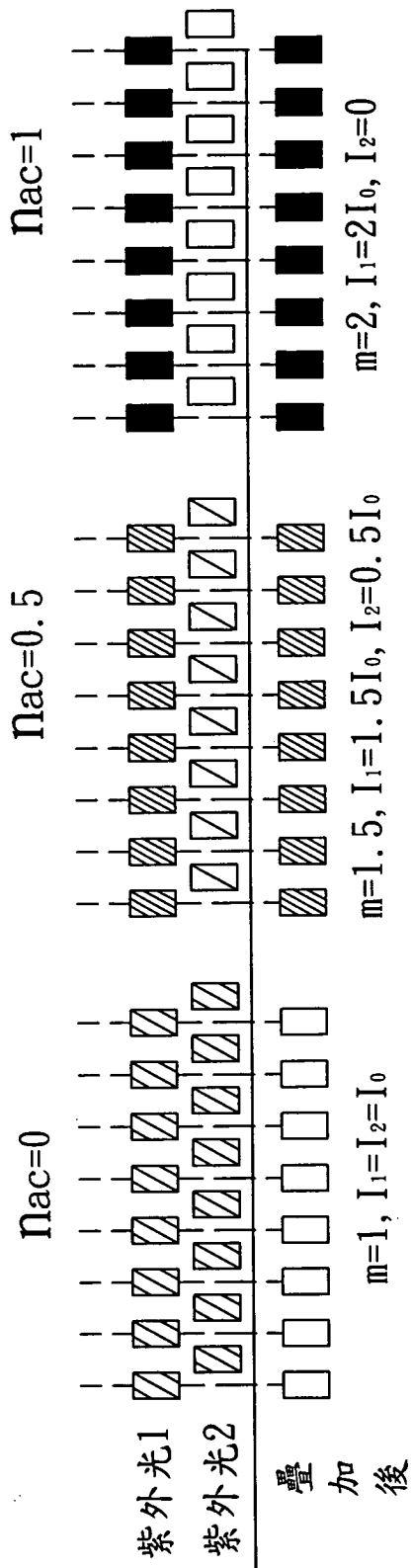
第一圖



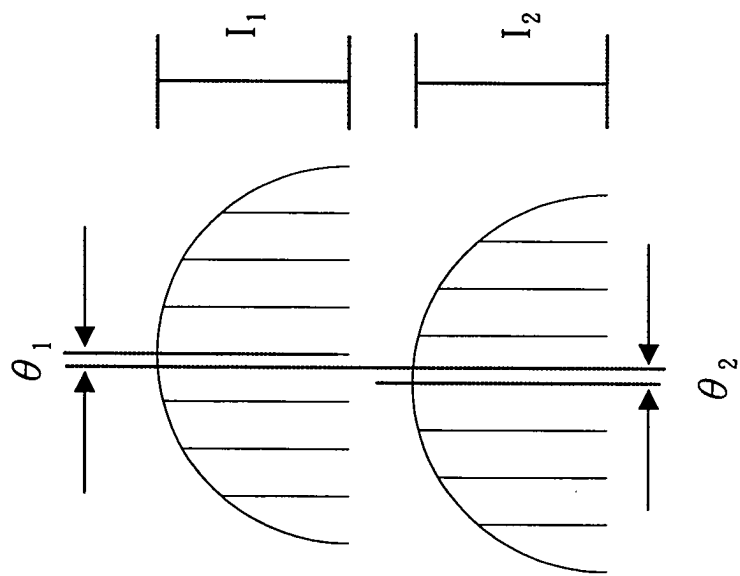
第二圖



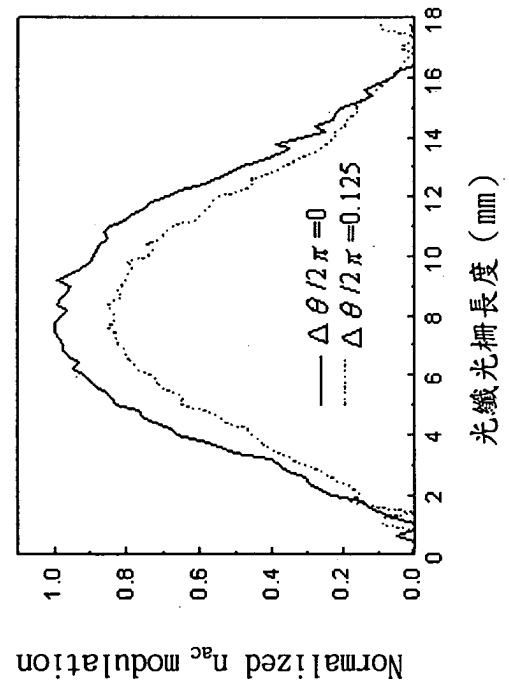
第三 (a) 圖



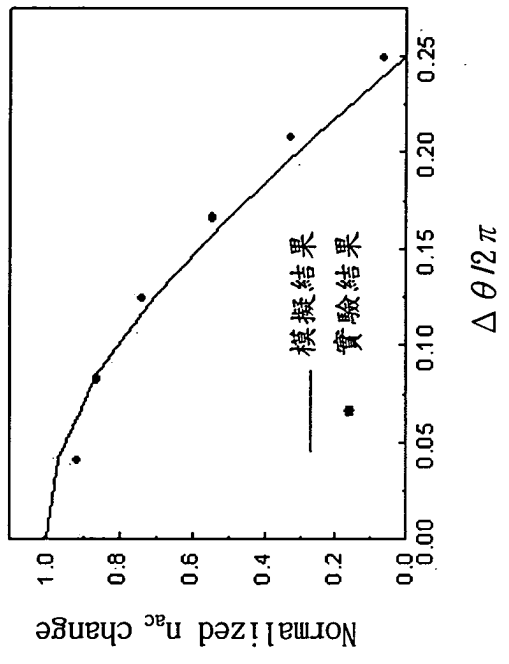
第三 (b) 圖



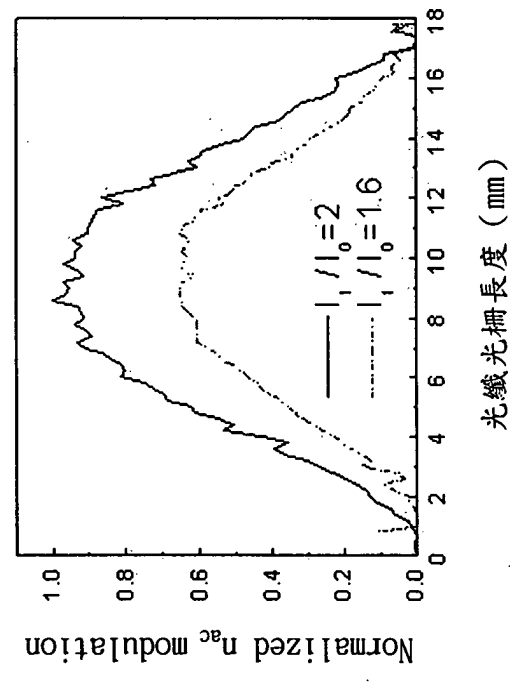
第四圖



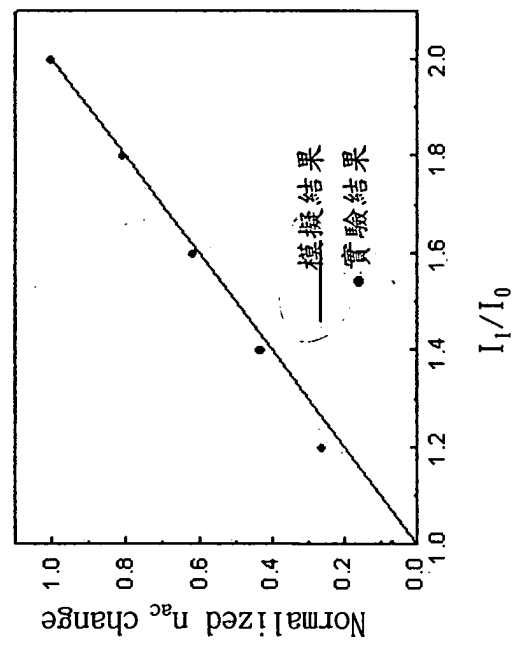
第五(a)圖



第五(b)圖



第六(a)圖



第六(b)圖