

發明專利說明書 200420924

(填寫本書件時請先行詳閱申請書後之申請須知，作※記號部分請勿填寫)

※申請案號：92107970 ※IPC分類：G02B 6/10, H04J 14/00※申請日期：92.4.-8

壹、發明名稱

(中文) 一種利用馬赫任德干涉器(Mach-Zehnder Interferometer) 改良結構來架構光被動元件的方法及其裝置

(英文) _____

貳、發明人(共 2 人)發明人 1 (如發明人超過一人，請填說明書發明人續頁)姓名：(中文) 李 三 良

(英文) _____

住居所地址：(中文) 台北市文山區樟新街48巷7號4樓

(英文) _____

國籍：(中文) 中 華 民 國 (英文) _____參、申請人(共 1 人)申請人 1 (如發明人超過一人，請填說明書申請人續頁)姓名或名稱：(中文) 國立臺灣科技大學

(英文) _____

住居所或營業所地址：(中文) 台北市基隆路四段43號

(英文) _____

國籍：(中文) 中 華 民 國 (英文) _____代表人：(中文) 陳 舜 田

(英文) _____

☐ 續發明人或申請人續頁 (發明人或申請人欄位不敷使用時，請註記並使用續頁)

發明人 2

姓名：(中文) 林 晏 瑞

(英文)

住居所地址：(中文) 台北市信義路六段 31 號 2 樓之 1

(英文)

國籍：(中文) 中 華 民 國 (英文)

發明人 3

姓名：(中文)

(英文)

住居所地址：(中文)

(英文)

國籍：(中文) (英文)

發明人 4

姓名：(中文)

(英文)

住居所地址：(中文)

(英文)

國籍：(中文) (英文)

發明人 5

姓名：(中文)

(英文)

住居所地址：(中文)

(英文)

國籍：(中文) (英文)

發明人 6

姓名：(中文)

(英文)

住居所地址：(中文)

(英文)

國籍：(中文) (英文)

捌、聲明事項

☐ 本案係符合專利法第二十條第一項□第一款但書或□第二款但書規定之期間，其日期為：_____

☐ 本案已向下列國家（地區）申請專利，申請日期及案號資料如下：

【格式請依：申請國家（地區）；申請日期；申請案號 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

☐ 主張專利法第二十四條第一項優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；日期；案號 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____

☐ 主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

【格式請依：申請日；申請案號 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

☐ 主張專利法第二十六條微生物：

☐ 國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

☐ 國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

☐ 熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

玖、發明說明

(發明說明應敘明：發明所屬之技術領域、先前技術、內容、實施方式及圖式簡單說明)

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於光通訊元件的平面波導技術，並且特別是有關於適用一種利用馬赫任德干涉器改良結構來架構光被動元件的方法及其裝置。

【先前技術】

隨著資訊的蓬勃發展以及網際網路應用的急速增長，利用光纖作為傳輸介質的光學網路將成為必要的選擇。10Giga 位元的乙太網路規格已經在 2002 年訂定，在其實體層選擇使用寬間隔波長分波多工器(CWDM)是非常適合的。目前市面上的寬間隔波長分波多工器大都使用薄膜濾波技術，因為其模組尺寸大，且需要精確組裝，所以量產可能性低。為了降低成本，改採用平面波導技術將有助於大量生產。若使用方向耦合器(directional coupler)之平面波導做串接，雖可達到波長分波多工目的，但因元件長度過長，將會限制通道的數目。為了克服此問題，使用馬赫任德干涉器來做串接成為新的選擇。最近 SOI (silicon-on-insulator) 及二氧化矽(silica)材料受到廣泛矚目，因為用這些材料來做光波導可具有極低的傳播損耗，然而其波導之有效折射率差較小，若做成馬赫任德干涉器將遭遇尺寸大與彎曲損耗的問題。

一般用來架構馬赫任德干涉器的分光元件大都使用方向耦合器，方向耦合器雖然可以實現任意分光比輸出，然而其波導間隙大小會嚴重影響元件之輸出特性，這個間隙在製程上很難控制，因此造成良率降低。由於有一些波導材料之有效折射率差(Δn)較小，造成馬赫任德干涉器之二臂的長度差要很大才能達到所要的波長濾波功能。一般的解決方式是將彎曲臂的曲率半徑要加大，但這會造成彎曲損耗，若要降低此彎曲損耗只好增加直臂的長度。

【內容】

本發明的主要目的係在於提供一種以多模干涉分光器與週期性區塊波導組合而成的馬赫任德干涉器改良結構，俾能夠達到在使用任何材料的情況下，能夠同時達成縮短元件尺寸、降低彎曲耗損和提高製程誤差容忍度的目標。

本發明的次要目的係在於提供一種在單一多模干涉波導中嵌入週期性區塊波導的改良結構，因部分區域的有效折射率差改變，造成光傳播相位改變，而改變光輸出的分光比，俾能夠增加製程容忍度。

本發明的又一目的係在於提供一種以週期性區塊波導來取代直臂的改良結構，俾能夠刻意造成二臂之等效折射率不對稱，如此馬赫任德干涉器之二臂的長度差不用很大，依然能達到所要的波長濾波功能，以降低彎曲損耗並縮短元件長度。

本發明的又一目的係在於提供一種以馬赫任德干涉器改良結構來架構光被動元件的方法，俾能夠解決使用 SOI 及二氧化矽來做為光波導時，因為其波導之有效折射率差較小，做成馬赫任德干涉器時所遭遇到尺寸大與彎曲損耗的問題。

本發明係提出一種利用馬赫任德干涉器改良結構來架構光被動元件的方法。此馬赫任德干涉器改良結構由二個多模干涉分光器與一個彎曲型通道波導和一個週期性區塊波導所組成，分別當作馬赫任德干涉器之分光元件與彎曲臂和直臂。在本發明之多模干涉分光器中，其多模干涉波導內之一子區域亦為具有複數個區塊之週期性區塊波導；藉由調整多模干涉波導內之週期性區塊波導的區塊數目，即可任意調整此多模干涉分光器的分光比。而藉由調整馬赫任德干涉器之直臂的區塊週期和比例常數，可有效縮短所需之直臂長度。

【實施方式】

在本發明中，我們提出使用週期性區塊波導 10 來架構新型的任意比例多模干涉分光器 30 和雙埠馬赫任德干涉器 50，並以此二種器件為基礎，組成光被動元件。

請參考第一圖所示，第一圖係本發明之週期性區塊波導示意圖。由理論得知週期性區塊波導 10 可等效看成一同樣截面高度和寬度之連續性通道波導，而其連續性通道波導的有效折射率差則變成 $\eta \times \Delta n$ 。其中 η 為週期性區塊波導的比例常數， Δn 為脊型波導之有效折射率差。使用此種技術，我們僅需使用一道光罩微影製程，即可在一個平面上製作出許多不同折射率的光波導，如此可降低製程複雜度和製作成本。

我們使用光束傳播法(BPM)來分析並量化區塊波導的損耗，以 SOI 材料為例，其輻射損耗與週期及比例常數的關係如第二圖所示，第二圖係本發明之區塊波導的比例常數及週期變化對輻射損耗的影響之實驗數據圖。週期性區塊波導的損耗可以是非常低的(每公分小於 0.2dB)，只要將比例常數設計在大於 0.5，而週期設計成大於或等於 10 μm 。我們選擇最佳值為比例常數等於 0.6 和週期等於 10 μm ，如此可以兼顧最小的損耗和獲得最大的有效折射率不對稱性。

請參考第三圖所示，第三圖係本發明之多模干涉分光器示意圖。多模干涉波導 31 已被證實具有增加製程容忍度、小型化、對入射光的波長變動和偏極化不敏感。因此我們根據這個特性設計新型的任意比例多模干涉分光器 30。多模干涉分光器 30 包括有表示多模干涉波導母區域的多模干涉波導 31 與表示為多模干涉波導子區域的自由傳播區域 32。我們可將單一多模干涉波導 31 分成三個區域，其中第一和第三個區域為自由傳播區域 32，而在第二個區域中嵌入週期性區塊波導 10，因部分區域的有效折射率差改變，造成光傳播相位改變，而改變光輸出的分光比。設 M 為區塊的數目。我們以 SOI 材料為例，設計區塊波導之週期為 5 μm ，而比例常數為 0.6。

第四圖顯示此新型任意比例多模干涉分光器的分光比和存取損耗對區塊數目 M 的關係。圖中共有二條實驗數據線，功率分光比數據線 40 與耗損數據線 41。若 $M=26$ 即可製造出 70% 的耦合器，而 $M=59$ 則為 10% 耦合器。存取損耗可以小於 0.3dB。由圖四發現即使因製程誤差造成區塊波導的比例常數稍微變動，上述的分光特性也能保持穩定。

第五圖係本發明之雙埠馬赫任德干涉器示意圖。在一個雙埠馬赫任德干涉器 50 中，波長變動與入射光功率及輸出光功率間的關係可如下表示：

$$P_{o1} = P_1 \sin^2(\pi n_{eff} \Delta L / \lambda_0) + P_2 \cos^2(\pi n_{eff} \Delta L / \lambda_0), \quad (1)$$

$$P_{o2} = P_1 \cos^2(\pi n_{eff} \Delta L / \lambda_0) + P_2 \sin^2(\pi n_{eff} \Delta L / \lambda_0), \quad (2)$$

其中 P_{o1} 和 P_{o2} 為輸出光功率，而 P_1 和 P_2 分別為埠 1 和埠 2 的入射光功率。 n_{eff} 為脊型波導的等效折射率。 ΔL 為馬赫任德干涉器雙臂之光程差。由馬赫任德干涉器的理論得知兩個相鄰通道的波長間隔 $\Delta\lambda$ 會與 ΔL 成反比關係。

在我們的設計中，若要有窄的通道波長間隔，就要有較大的雙臂長度不對稱性，即加大 ΔL 。然而在低折射率差的波導材料中，如 SOI 材料，其所需的彎曲臂曲率半徑要很大，才能滿足設計要求，但如此伴隨而來的彎曲損耗及元件尺寸變大等缺點將限制長度不對稱性的發展。我們提出利用週期性區塊波導來取代直臂，刻意造成二臂之等效折射率不對稱，如此馬赫任德干涉器之二臂的長度差不用很大，依然能達到所要的波長濾波功能。好處是降低彎曲損耗並縮短元件長度。

在引入週期性區塊波導後，我們可將馬赫任德干涉器關係式(1)(2)改寫成下式：

$$P_{o1} = P_1 \sin^2(\pi(n_s + \eta\Delta n)\Delta L / \lambda_0) + P_2 \cos^2(\pi(n_s + \eta\Delta n)\Delta L / \lambda_0), \quad (3)$$

$$P_{o2} = P_1 \cos^2(\pi(n_s + \eta\Delta n)\Delta L / \lambda_0) + P_2 \sin^2(\pi(n_s + \eta\Delta n)\Delta L / \lambda_0). \quad (4)$$

第六圖為雙埠馬赫任德干涉器的光傳輸特性圖。此元件由二個 3dB 多

模干涉分光器 30 和一個週期性區塊波導直臂 10 所組成。模擬結果顯示入射光偏極化所造成的損耗是非常小的(小於 0.1dB)，即使比例常數變動，僅會改變弦波的週期和位移，不會因光偏極而有太大損耗。

第七圖係本發明實施例之四通道寬間隔波長分波解多工器示意圖。本發明之設計實例係利用馬赫任德干涉器改良結構在 SOI 波導材料上串接成四通道寬間隔波長分波解多工器。此馬赫任德干涉器改良結構結合了週期性區塊波導和新型任意比例多模干涉分光器。它適合應用在都會型光纖通訊網路之訊號多工存取，因為其具有低價、容易製作、尺寸小和好的輸出效能等優點。

此四通道寬間隔波長分波解多工器是由三級馬赫任德干涉器改良結構所組成，第八圖係本發明實施例之馬赫任德濾波器改良結構的光傳輸特性實驗數據圖。此元件之波長通道間隔為 24.5nm 可應用在 10Giga 位元乙太網路及都會型存取網路上，四個通道的中心波長分別落在 1275.7nm、1300.2nm、1324.7nm 和 1349.2nm。

第九圖係本發明實施例之四通道寬間隔波長分波解多工器輸出特性實驗數據圖。結果顯示此波長分波解多工器的通道具有小於 2.3dB 的低插入損耗和高於 18dB 的串音。1dB 的帶通頻寬為 18nm。18dB 的截止頻寬為 12nm。

本發明所應用之光被動元件不限於寬間隔波長分波解多工器，舉凡濾波器、光開關及光塞取多工器，皆可以利用本發明而得到縮短元件尺寸、降低彎曲耗損和提高製程誤差容忍度的目標。

雖然本發明已參考其較佳實施例而被特別地表示並說明，惟熟習本技藝之人士應瞭解地是各種在形式上及細節上的改變可在不背離本發明之精神與範疇下為之。

【圖式簡單說明】

根據本發明之方法的特徵與優點將由下列配合附圖的說明而更清楚地被瞭解，包括有：

第一圖係本發明之週期性區塊波導示意圖。

第二圖係本發明之區塊波導的比例常數及週期變化對輻射損耗的影響之實驗數據圖。

第三圖係本發明之多模干涉分光器示意圖。

第四圖係本發明之區塊數目及比例常數變動對分光比及損耗的影響之實驗數據圖。

第五圖係本發明之雙埠馬赫任德干涉器示意圖。

第六圖係本發明之雙埠馬赫任德干涉器的光傳輸特性之實驗數據圖。

第七圖係本發明實施例之四通道寬間隔波長分波解多工器示意圖。

第八圖係本發明實施例之馬赫任德濾波器改良結構的光傳輸特性實驗數據圖。

第九圖係本發明實施例之四通道寬間隔波長分波解多工器輸出特性實驗數據圖。

【圖號對照說明】

10 週期性區塊波導

30 多模干涉分光器

32 自由傳播區域

34 輸出端

40 功率分光比數據線

50 雙埠馬赫任德干涉器

51 彎曲型通道波導

31 多模干涉波導

33 輸入端

41 耗損數據線

☐ 續次頁 （發明說明頁不敷使用時，請註記並使用續頁）

肆、中文發明摘要

本發明係提出一種利用馬赫任德干涉器改良結構來架構光被動元件的方法。此馬赫任德干涉器改良結構由二個多模干涉分光器與一個彎曲型通道波導和一個週期性區塊波導所組成，分別當作馬赫任德干涉器之分光元件與彎曲臂和直臂。在本發明之多模干涉分光器中，其多模干涉波導內之一子區域亦為具有複數個區塊之週期性區塊波導；藉由調整多模干涉波導內之週期性區塊波導的區塊數目，即可任意調整此多模干涉分光器的分光比。而藉由調整馬赫任德干涉器之直臂的區塊週期和比例常數，可有效縮短所需之直臂長度。

伍、英文發明摘要

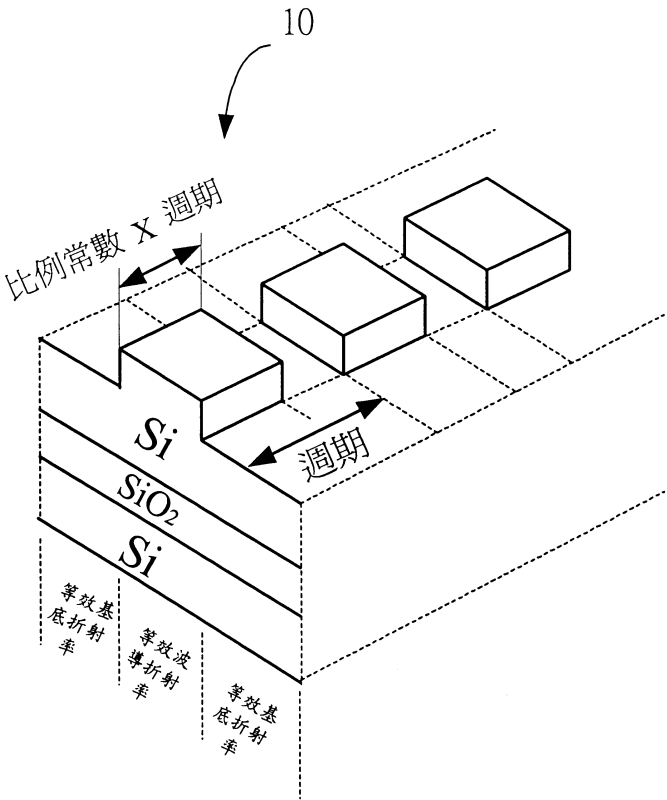
申請專利範圍

1. 一種馬赫任德干涉器改良結構，其包括：
至少二多模干涉分光器，其中每一該多模干涉分光器包括：
至少二輸入端；
至少二輸出端；以及
一多模干涉波導母區域，其中該多模干涉波導母區域區分為複數個多模干涉波導子區域，其中該至少一多模干涉波導子區域為一具有複數個區塊之一第一週期性區塊波導；
一彎曲臂，其連接該多模干涉分光器之間的該輸出端與該輸入端，係為一彎曲型通道波導；以及
一直臂，其連接該多模干涉分光器之間的另一該輸出端與另一該輸入端，係為一第二週期性區塊波導。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之改良結構，其中該第一週期性區塊波導係以傳播耗損低於 0.2dB 的低傳播耗損材質所製成。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之改良結構，其中該第二週期性區塊波導係以傳播耗損低於 0.2dB 的低傳播耗損材質所製成。
4. 如申請專利範圍第 2 或 3 項所述之改良結構，其中該低傳播耗損材質係為絕緣層上覆矽（SOI）。
5. 如申請專利範圍第 2 或 3 項所述之改良結構，其中該低傳播耗損材質係為二氧化矽。
6. 如申請專利範圍第 1 項所述之改良結構，其中該多模干涉分光器藉由

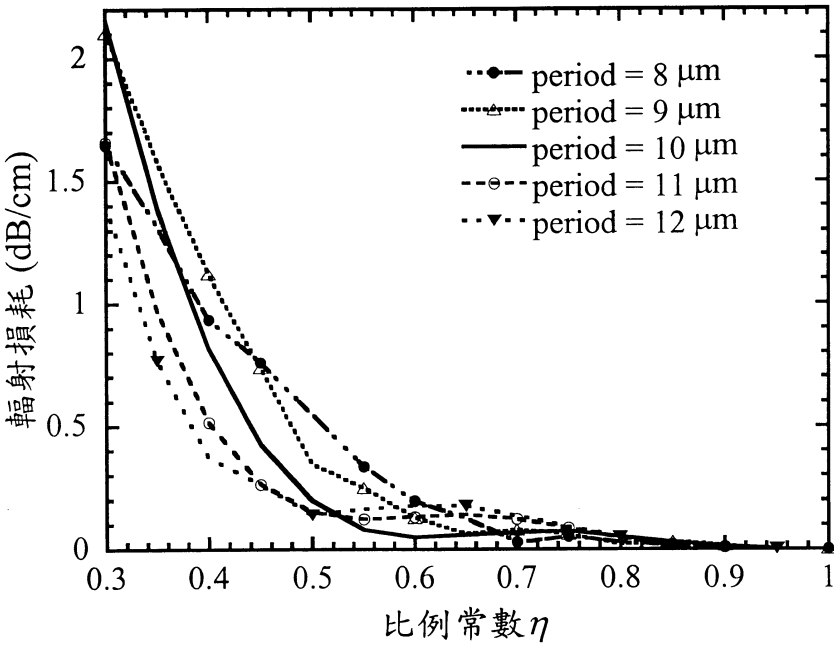
改變該第一週期性區塊波導之區塊數目來調整分光比。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之改良結構，其中該直臂的該第二週期性區塊波導為一可調變等效折射率之週期性區塊波導。
8. 如申請專利範圍第 7 項所述之改良結構，其中該直臂藉由設定該第二週期性區塊波導的等效折射率的差值來減少該直臂的長度。
9. 如申請專利範圍第 1、7 或 8 項所述之改良結構，其中該週期性區塊波導的等效折射率為一比例常數乘以一有效折射率差再加上等效基底折射率。
10. 一種利用如申請專利範圍第 1 項所述之馬赫任德干涉器改良結構來架構光被動元件的方法，包括下列步驟：
 - 提供一光被動元件；
 - 提供一馬赫任德干涉器改良結構；
 - 以及利用該該馬赫任德干涉器改良結構來架構該光被動元件。
11. 如申請專利範圍第 10 項所述之方法，其中該光被動元件為一寬間隔波長分波解多工器(CWDM)。
12. 如申請專利範圍第 10 項所述之方法，其中該光被動元件為一濾波器(filter)。
13. 如申請專利範圍第 10 項所述之方法，其中該光被動元件為一光開關(switch)。
14. 如申請專利範圍第 10 項所述之方法，其中該光被動元件為一光塞取多工器(OADM)。

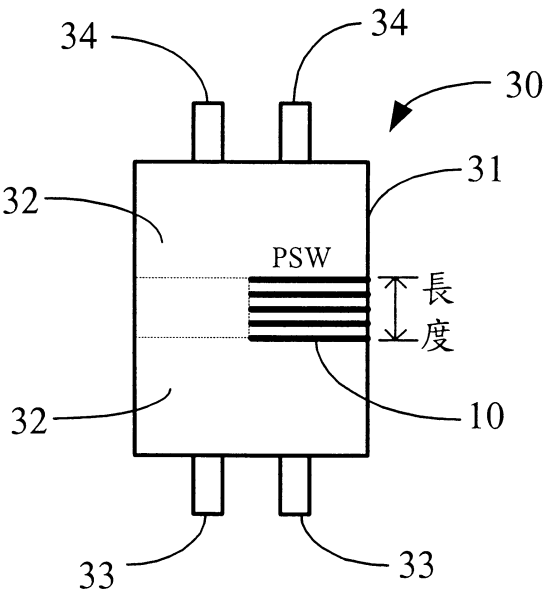
☐ 續次頁 (申請專利範圍頁不敷使用時，請註記並使用續頁)



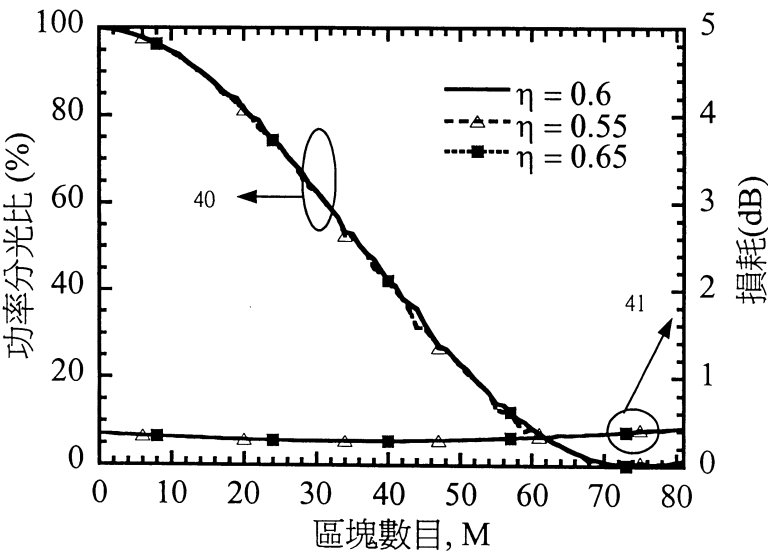
第一圖



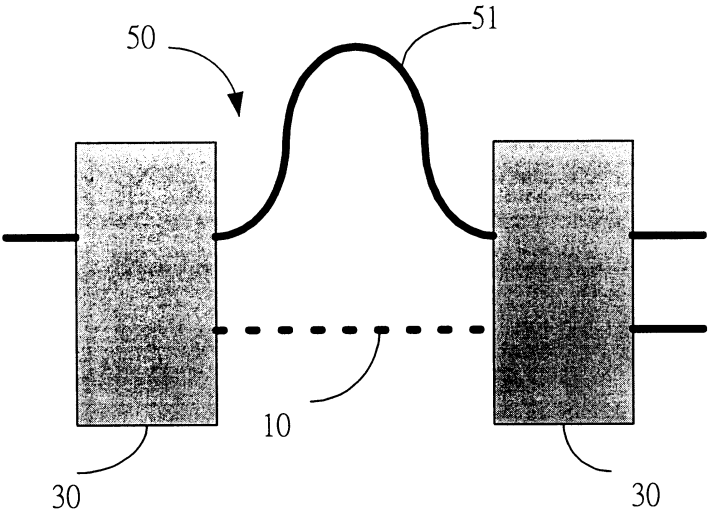
第二圖



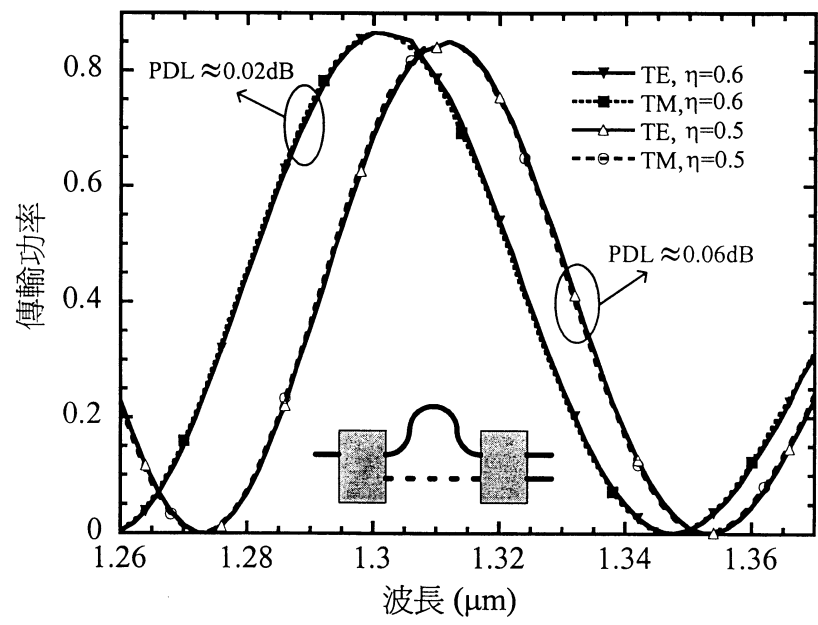
第三圖



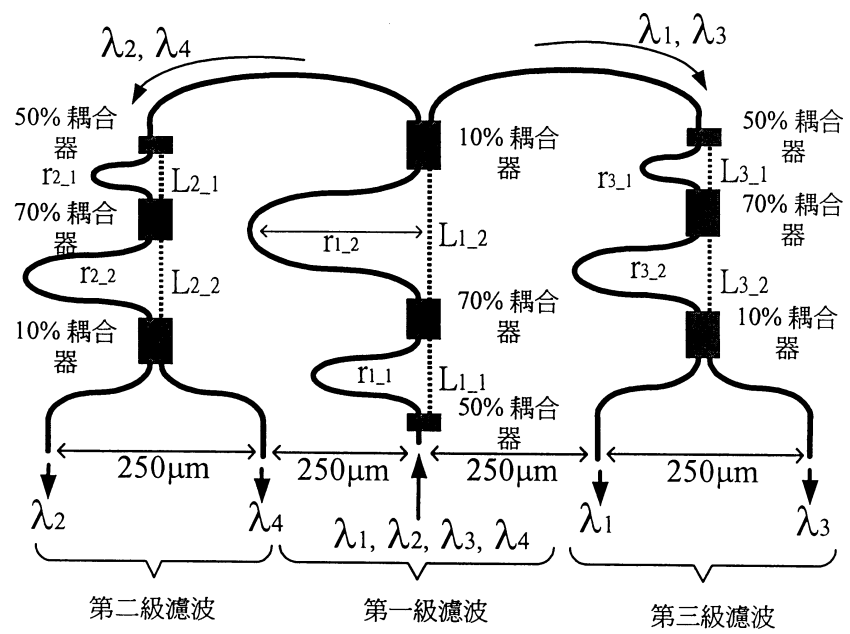
第四圖



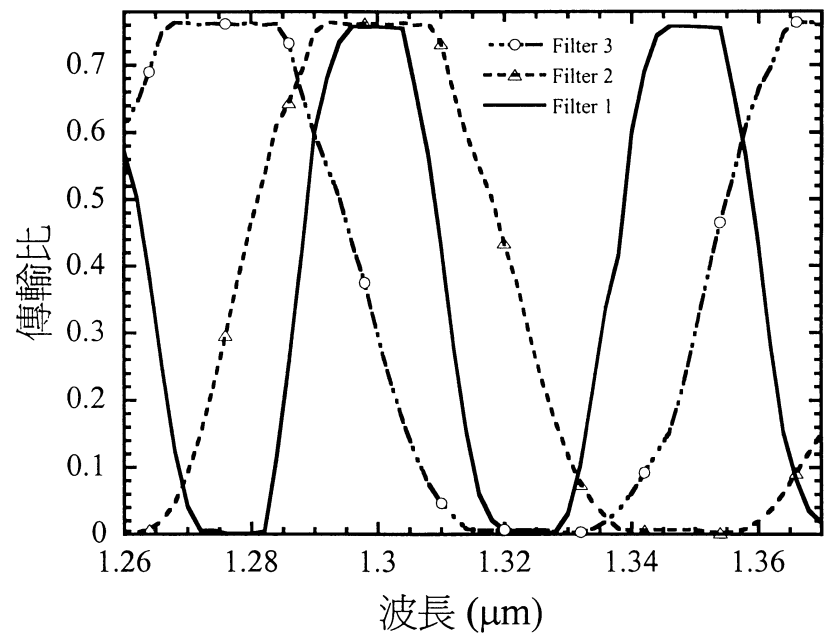
第五圖



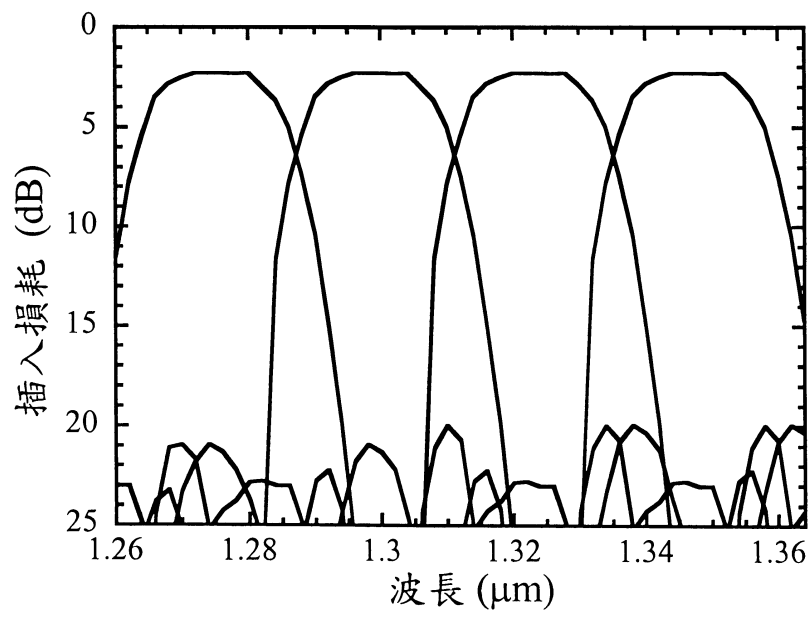
第六圖



第七圖



第八圖



第九圖

陸、(一)、本案指定代表圖爲：第五圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

- 10 週期性區塊波導
- 30 多模干涉分光器
- 50 雙埠馬赫任德干涉器
- 51 彎曲型通道波導

柒、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：