

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：94121301

※申請日期：94.6.24

※IPC 分類：G02B 6/00

一、發明名稱：(中文/英文)

寬頻可調式光纖濾波器

WIDE-RAND ADJUSTABLE FIBER FILTER

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 / Chun-Yen Chang

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, Taiwan, R.O.C.

國籍：(中文/英文)

中華民國 / Taiwan, R.O.C.

三、發明人：(共 3 人)

姓名：(中文/英文)

1. 祁姓 / Sien Chi

2. 陳南光 / Nan-Kuang Chen

3. 曾孝明 / SHIAO-MIN TSENGN

國籍：(中文/英文)

1~3. 中華民國 / Taiwan, 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： 年 月 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】

申請日：93.06.30；申請案號數：93119776

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：

本案係指一種寬頻可調式光纖濾波器，係利用具有不同色散係數的高分子聚合物及側磨通訊用光纖的結合製作寬頻可調式光纖帶通 (band-pass)、帶阻 (band-rejection)、短通 (short-wavelength-pass)、或長通 (long-wavelength-pass) 濾波器，這種可調式光纖帶通濾波器可以使用在光纖到家 (fiber to the home, FTTH) 的 Tri-band (1310/1490/1550-nm) 系統網路，此外，亦可作為高靈敏度的溫度感測器、光纖液體折射率計、增益平坦化濾波器、光纖模態濾波器、以及光纖模場擴展/壓縮器之用。

六、英文發明摘要：

A wide-band adjustable fiber filter is provided. High polymers with different dispersion factors and side-polished fibers are used to form wide-band adjustable band-pass filters, band-rejection filters, short-wavelength-pass filters or long-wavelength-pass filters. This kind of wide-band adjustable fiber filters can be used in the applications of fiber-to-the-home (FTTH) system networks. It also can be used in the applications of sensitive thermo-detectors, fiber-liquid-refractive-index meters, gain-smoothed filters, fiber-mode-filters and fiber-mode-expanders / condensers.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第五圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

50 矽晶片 V 型凹槽

51 光芯

52 光殼

53 消逝場裸露面

54 聚合物

55 間距元件

56 電熱致冷器

57 輸入光

58 輸出光

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】

本發明係指一種光纖濾波器，尤指一種可以使用在光纖到家(FTTH)網路 Tri-band 系統的寬頻可調式光纖濾波器。

【先前技術】

(1)在美國專利 US6636684B1(Dispersive optical fiber using binary component silica)之中，其做法是利用光纖的光芯(core)與光殼(cladding)具有不同的材料色散(material dispersion)做成光纖濾波器，而在美國專利 US5673342(Communication system comprising a low cost optical filter)之中的做法是利用光纖的光芯與內層薄光殼(depressed cladding)形成波導色散(waveguide dispersion)。然而，這兩種方法都必須製作特殊光纖，因此不但成本極高，且光學損耗大。

(2)在學術期刊 K. McCallion, W. Johnstone, and G. Fawcett, "Tunable in-line fiber-optic bandpass filter," Opt. Lett. 19, 542-544 (1994)中，是利用在側磨光纖上置放一光學薄膜做出光纖帶通濾波器，而另一學術期刊 G. Raizada and B. P. Pal, "Refractometers and tunable components based on side-polished fibers with multimode overlay waveguides: role of the superstrate," Opt. Lett. 21, 399-401 (1996)則是採取類似的方法製作光纖折射率計，但其精準度不夠高。

(3)在學術期提到刊 M. Tammer, R. W. T. Higgins, and A. P. Monkman, “High optical anisotropy in thin film of polyfluorene and its affect on the outcoupling of light in typical polymer light emitting diode structures,” J. Appl. Phys. 91, 4010-4013 (2002)中，提到了共軛聚合物(conjugated polymer)在光學強吸收處具有高度色散的特性，若高分子聚合物的折射率色散斜率較光纖的為陡，則可以用來製作光纖長通(long-wavelength-pass)濾波器，反之，色散斜率較光纖的為平緩的光學聚合物(optical polymer)則可應用於光纖短通(short-wavelength-pass)濾波器；結合長通及短通濾波器即可實現光纖帶通濾波器，當然也可以直接使用色散曲線較奇特的聚合物直接製作光纖帶通(band-pass)或帶阻(band-rejection or notch filter)濾波器。

(4)引用學術期刊 H. R. Stuart, “Dispersive multiplexing in multimode optical fiber,” Science 289, 281-283 (2000)中所說明的多模光纖內的諸多模態可用作信號多工用途，因此，元件若使用多模光纖，則可實現光纖模態濾波器，因為光纖內各階傳輸模態的有效折射率並不相同。

(5)引用學術期刊 Y. Miyamori, Y. Ashi, E. Sato, and M. Takano, “PON-based all fiber-optic access system,” Hitachi Review 47, 63-66 (1998)中提到日本目前光纖到家的 WDM-PON 網路已經改成採用三頻帶

(Tri-band 1310/1490/1550-nm)的技術以取代以往雙向 (bi-direction 1310/1550-nm)的技術。

(6)此外，在下述之諸多學術期刊中，皆使用相同於前述之美國專利中所提出色散光纖的製作方法及其諸多應用，但其缺點是皆須製作昂貴的特殊光纖，使得成本不易降低，導致技術無法普及。

職是之故，本創作鑑於習知技術之缺失，乃經悉心試驗與研究，並一本鍥而不捨之精神，終創作出本案「光纖帶通濾波器」。以下為本案之簡要說明。

【發明內容】

本案之主要目的係提供一種光纖帶通濾波器，係利用結合不同材料色散的高分子聚合物及消逝場光纖元件以製作寬頻可調式光纖短通、長通或帶通濾波器，這種元件可以使用在光纖到家(FTTH)的最後一哩(last mile)網路，此外，亦可作為高靈敏度的溫度感測器、液體折射率計、增益平坦化濾波器、光纖模態濾波器以及光纖模場擴展/壓縮器使用。

本案提供一種成本低廉、製作簡單且又係寬頻可調的光纖濾波器的製作方法，相較於以往製作光纖的濾波器所必須製作特殊光纖預制棒且抽成光纖絲的高昂成本，本案所製作的光纖元件僅需使用一般極為便宜的通訊光纖即可，本案的光纖元件還具有低光學損耗、寬頻可調、高消光比(extinction ratio)、高靈敏度、以及體積小等特點，這種寬頻可調濾波器是使用高分

子聚合物貼附於側磨光纖研磨面上來達成，元件整體封裝後的體積約 25 mm(長) * 2 mm(直徑)的圓柱型鋼管，波長可調範圍至少達 400nm 以上，足以完全涵蓋所有光纖通訊的頻段(1250~1650nm)且價格便宜。因此，這種價格便宜的濾波器非常適用於光纖到家的網路使用。

本案得藉由下列圖式及詳細說明，俾得一更深入之了解：

【實施方式】

本案所使用光纖導波的機制是根據全內反射原理，即光纖光芯(core)的折射率必須高於光殼(cladding)的折射率才能使信號光被限制在光芯中傳導，然而，當光芯與光殼的折射率關係隨著波長改變而變化的話，我們便可以得到四種主要的情況，如第一圖至第四圖示，其分別為可以實現的光纖帶通、帶阻、短通、以及長通濾波器。

要達到這樣的情形，並不需要像日本或南韓的研究團隊一樣去特別製作光芯及光殼分別摻雜特殊成分做成的色散光纖；本案的做法如第五圖所示，先將一般的通訊光纖固定於一矽晶片 V 型凹槽 50 內，再針對光纖裸露於矽晶片表面之上的光殼 52 加以研磨，使其產生光消逝場裸露面(evanescent field)53，再於消逝場裸露面 53 上貼覆不同種類的高分子聚合物 54、並使用間距元件 55 對聚合物 54 加以固定，再於聚合物 54

的上方設置電熱致冷器(TE cooler)56。

於是，藉由不同的聚合物 54 所具有之不同的光學色散特性，再對聚合物 54 施加溫度或電場等外力，使得聚合物 54 的折射率發生改變，便能夠使得傳輸於光芯 51 的輸入光 57 經由消逝場裸露面 53 產生色散濾波的效應，而導致長波長部分的光傳輸基態模發生截止(fundamental mode cutoff)現象，故使得輸出光 58 成為濾波波長可調，而實現寬頻可調濾波器，如第六圖所示。

在第七圖中，我們考慮使用康寧生產的 SMF-28 光纖的折射率色散曲線及 Cargille 折射率匹配油及 Nye 生產的光學聚合物(OCK-433)的柯西色散方程式(Cauchy's equation)來做比較，我們發現這可以製作一個光纖短通濾波器。

第八圖及第九圖是利用 Cargille index-matching liquids 來分別 calibrate 側磨 GF4A 光纖及 SMF-28 光纖，其中因為 GF4A 含有高濃度的硼(Boron)，所以它的光芯色散曲線較陡，因此，每間隔 0.002 折射率的下降曲線(falling curves)的間距較 SMF-28 的來得窄。

在第九圖中，折射率 1.458 與 1.460 的 falling curves 間距約 200nm，因此，若考慮光譜分析儀(Optical spectrum analyzer)的解析度為 1nm 時，便可以校正出外加物體的折射率變化精準到 1×10^{-5} ；這尤其可以用來作為量測液體折射率的精密折射率計，而液體的折射率是眾所皆知非常難以精準量測的。

第十圖是利用 OCK-433 塗覆於側磨 SMF-28 光纖上，然後利用電熱致冷器 (TE-cooler) 加熱的方式來改變 OCK-433 的折射率，因此得到一個寬頻可調的光纖短通濾波器，其調動範圍高達 400nm (1250~1650 nm)，這也可用來做一個靈敏的溫度偵測器，可以精準到 0.02°C。

此處所舉的例子雖然係用以證明光纖短通濾波器的可行性，然而光纖長通濾波器可利用高度色散的聚合物 polymer (e.g. conjugated polymer) 來達成，同樣地，帶通及帶阻濾波器的製作方式也是類似的。

由以上之說明可知，本案係寬頻可調濾波器是使用高分子聚合物貼附於側磨光纖研磨面上來達成，元件整體封裝完體積約 25 mm(長) * 2 mm(直徑)的圓柱型鋼管，波長可調範圍高達 400nm，足以完全涵蓋所有光纖通訊的頻段(1250~1650nm，因此，這種價格便宜的濾波器非常適用於光纖到家的網路使用，尤其是日本現今使用的三頻 (Tri-band)(1310/1490/1550) WDM-PON 光纖到家系統，其中 1310 負責語音資料傳送而 1490 及 1550 則負責數據及影音資料的傳送，當資料下傳到家裡或上傳到網路機房時，在光接收器之前必須有一個可調式濾波器將所需要的特定頻帶篩選出來，而要滿足 Tri-band WDM-PON 系統的使用，很明顯地此濾波器可調範圍至少必須涵蓋 1310-1550nm 的範圍，再者，光纖傳輸網路中又有 1625nm 的頻帶供光時域反射計 (OTDR) 偵測光纖網路是否有斷掉或

耗損點，此訊號也必須在光接收器之前濾掉。因此，事實上，可調式濾波器的調動範圍必須涵蓋1310-1625nm 的幅度，這樣寬頻可調的濾波器除了Fabry-Perot 濾波器之外可以說是沒有其他的方法了，但 Fabry-Perot 濾波器價格極其昂貴，故不可能於光纖到家網路中裝設。然而，本案的元件可以輕易地達到這樣的需求並且極其便宜，應該可以率先使用在日本的 Tri-band WDM-PON 光纖到家實驗計畫中測試。

綜上所述，本案之光纖濾波器具有下列優點：

(1)低成本；(2)低光學損耗；(3)可調範圍大；以及(4)帶阻效率良好，實為一兼具實用性、新穎性、以及進步性之發明。

本案得由熟悉本技藝之人士任施匠思而為諸般修飾，然皆不脫如附申請專利範圍所欲保護者。

【圖式簡單說明】

第一圖：光芯與光殼的折射率相對於光波長的改變而變化之曲線圖(帶通濾波器)；

第二圖：光芯與光殼的折射率相對於光波長的改變而變化之曲線圖(帶阻濾波器)；

第三圖：光芯與光殼的折射率相對於光波長的改變而變化之曲線圖(短通濾波器)；

第四圖：光芯與光殼的折射率相對於光波長的改變而變化之曲線圖(長通濾波器)；

第五圖：本案所述光纖濾波器第一實施例之側視

圖；

第六圖：第五圖之可調短通濾波器的光芯與光殼折射率關相對於光波長之曲線圖；

第七圖：本案第二實施例之光纖與聚合物的折射率相對於光波長的改變而變化之曲線圖；

第八圖：本案第三實施例之波長響應(wavelength response)圖(重摻雜硼之側磨 GF4A 光纖)；

第九圖：本案第四實施例之波長響應(wavelength response)圖(側磨 SMF-28 光纖)；以及

第十圖：本案第五實施例之波長響應(wavelength response)圖(經由熱調整之側磨 SMF-28 光纖)。

【主要元件符號說明】

50 矽晶片 V 型凹槽

51 光芯

52 光殼

53 消逝場裸露面

54 聚合物

55 間距元件

56 電熱致冷器

57 輸入光

58 輸出光

【參考之相關文獻及論文】

1. J. W. Yu and K. Oh, "New in-line fiber band pass filters using high silica dispersive optical fibres," *Opt. Commun.* 204, 111-118 (2002).
2. K. Morishita, "Optical fiber devices using dispersive materials," *J. Lightwave Technol.* 7, 198-201 (1989).
3. K. Morishita, "Bandpass and band-rejection filters using dispersive fibers," *J. Lightwave Technol.* 7, 816-819 (1989).
4. K. Morishita, M. S. Yataki, and W. A. Gambling, "In-line optical fibre filters using dispersive materials," *Electron. Lett.* 23, 319-321 (1987).
5. J. Nishimura, Y. Ueda, and K. Morishita, "Fabrication of dispersive fibers and their application to long wavelength-pass filters," *Electronics and Communications in Japan*, 79, 9-15 (1996).
6. K. Morishita and S. Yutani, "Wavelength-insensitive couplers made of annealed dispersive fibers," *J. Lightwave Technol.* 17, 2356-2360 (1999).
7. J. Nishimura and K. Morishita, "Mode-field expansion and reduction in dispersive fibers by local heat treatments," *J. Select. Topics Quantum Electron.* 5, 1260-1265 (1999).

十、申請專利範圍：

1.一種光纖濾波器，包括：

至少一光纖，具有一光芯及一光殼，該光殼之一側具有一消逝場(evanescent field)裸露面；以及

至少一光學色散物質(dispersive material)，位於該消逝場裸露面上；

其中，藉由不同的該光學色散物質所具有之不同的光學色散特性，配合該光學色散物質之折射率的改變，使得傳輸於該光芯的光經由該消逝場裸露面時發生濾波。

2.如申請專利範圍第 1 項之光纖濾波器，其中該光纖濾波器為一帶通濾波器(band-pass filter)。

3.如申請專利範圍第 1 項之光纖濾波器，其中該光纖濾波器為一帶阻濾波器(band-rejection filter)。

4.如申請專利範圍第 1 項之光纖濾波器，其中該光纖濾波器為一短通濾波器(short-wavelength-pass filter)。

5.如申請專利範圍第 1 項之光纖濾波器，其中該光纖濾波器為一長通濾波器(long-wavelength-pass filter)。

6.如申請專利範圍第 2 項所述之光纖濾波器，其中該帶通濾波器係由短通濾波器及長通濾波器所組成。

7.如申請專利範圍第 1 項之光纖濾波器，其中該消逝場裸露面為一機械側磨面。

8.如申請專利範圍第 1 項之光纖濾波器，其中該消逝場裸露面為一雷射切削面。

9.如申請專利範圍第 1 項之光纖濾波器，其中該消逝

場裸露面為加熱拉伸該光纖所形成。

10.如申請專利範圍第 9 項所述之光纖濾波器，其中該光纖之加熱源係為火焰、電熱絲、電磁波或電弧放電的其中一種。

11.如申請專利範圍第 1 項之光纖濾波器，其中該光纖裸露面更埋置於一基板凹槽內。

12.如申請專利範圍第 11 項之光纖濾波器，其中該基板凹槽係為矽晶片凹槽或石英玻璃凹槽其中之一。

13.如申請專利範圍第 1 項之光纖濾波器，其中該光學色散物質相對於該消逝場裸露面的另一側具有一發熱元件及一溫度感測元件。

14.如申請專利範圍第 13 項之光纖濾波器，其中該發熱元件係為電熱致冷器(TE cooler)、電熱絲或超導電熱片的其中一種。

15.如申請專利範圍第 1 項之光纖濾波器，其中該光學色散物質之折射率的改變係藉由施加溫度或電場而達成。

16.如申請專利範圍第 1 項之光纖濾波器，其中該光學色散物質為高分子聚合物。

17.如申請專利範圍第 1 項之光纖濾波器，其中該光學色散物質係由不同之光學色散物質以層狀結構交錯排列而成。

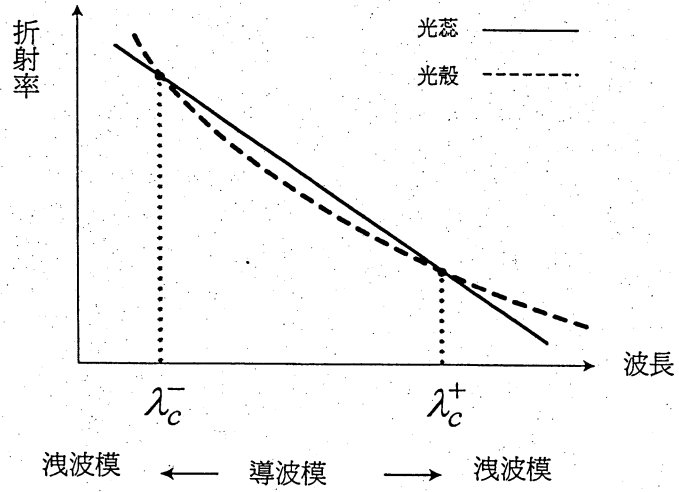
18.如申請專利範圍第 1 項之光纖濾波器，其中該光學色散物質具有光學雙折射特性。

19.如申請專利範圍第 1 項之光纖濾波器，其中該光學

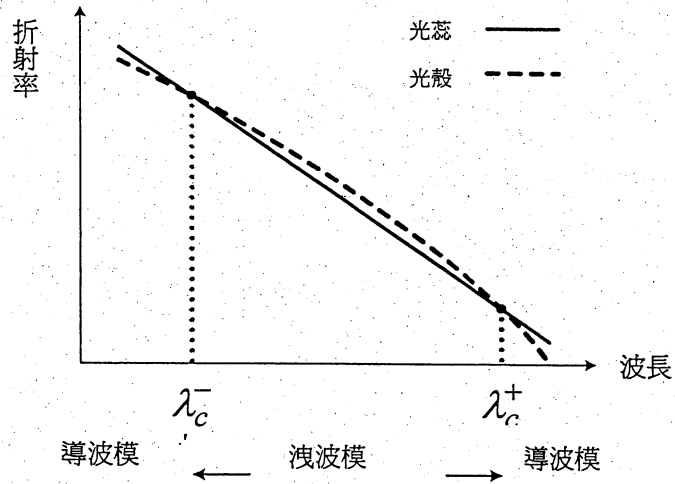
色散物質具有光子晶體能隙。

20.如申請專利範圍第 1 項之光纖濾波器，其中該光纖為微結構光纖(micro-structure fiber)。

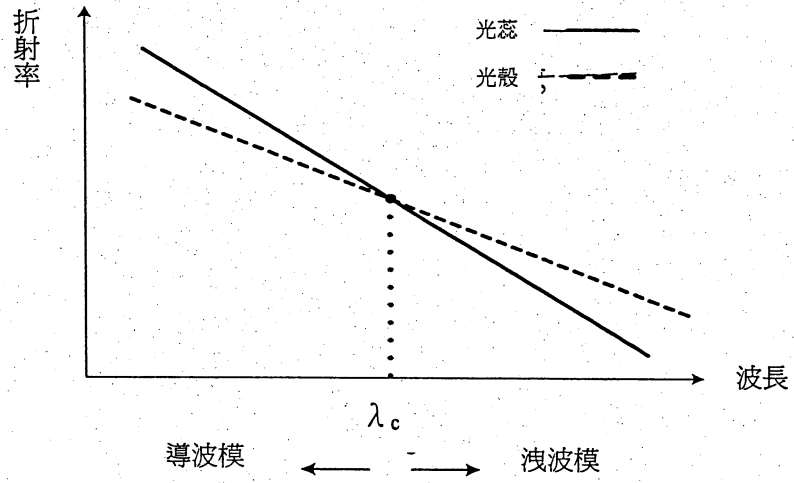
十一、圖示：



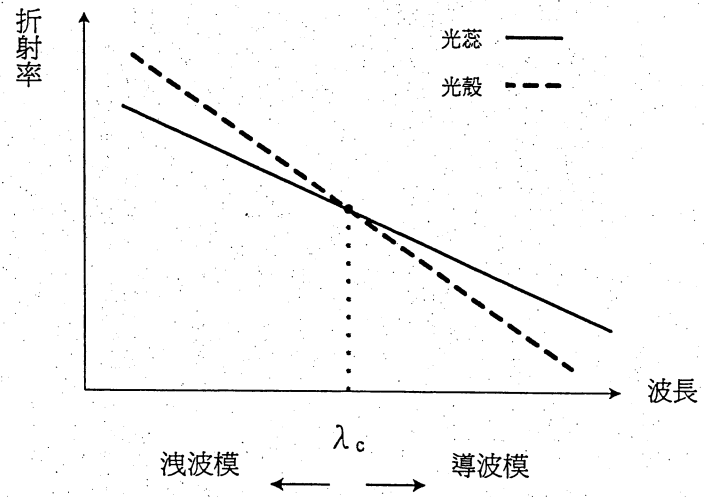
第一圖



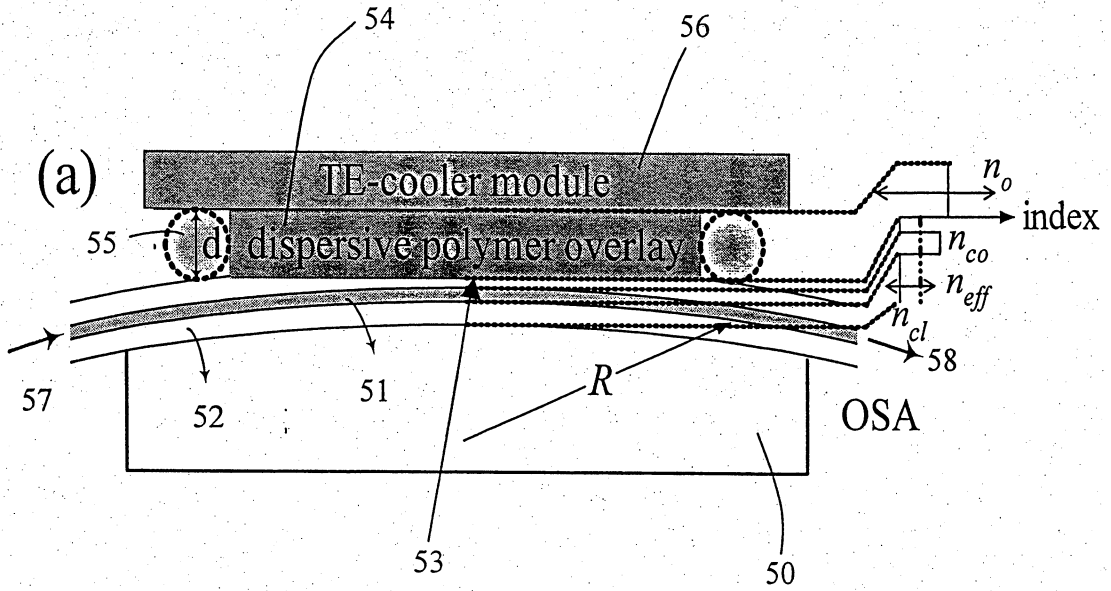
第二圖



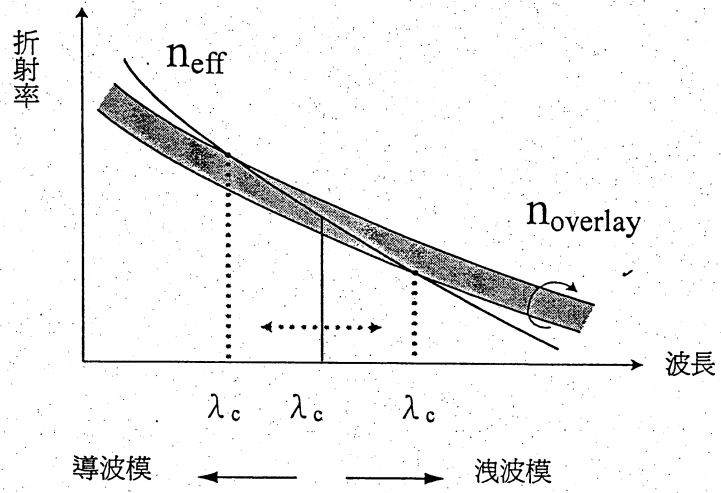
第三圖



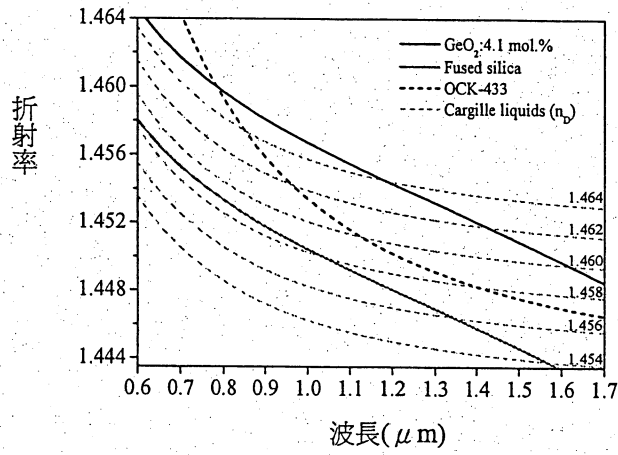
第四圖



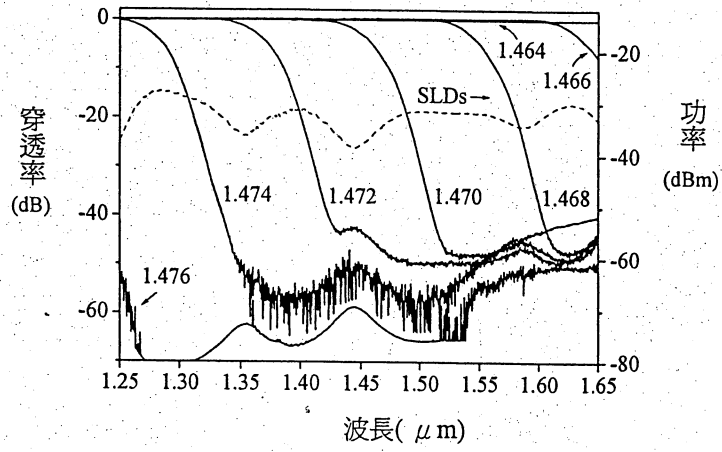
第五圖



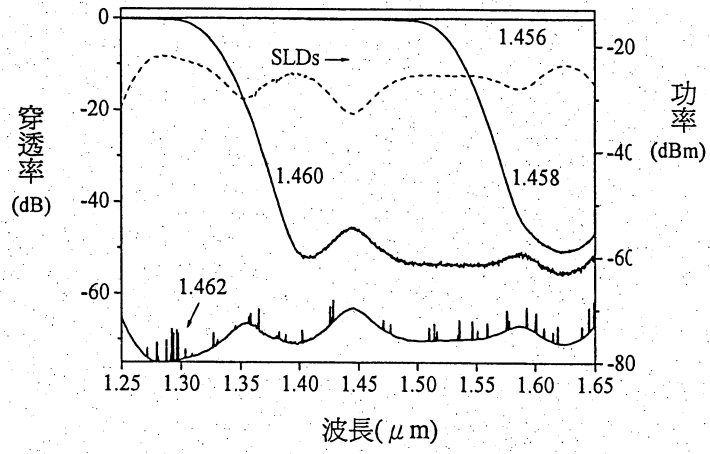
第六圖



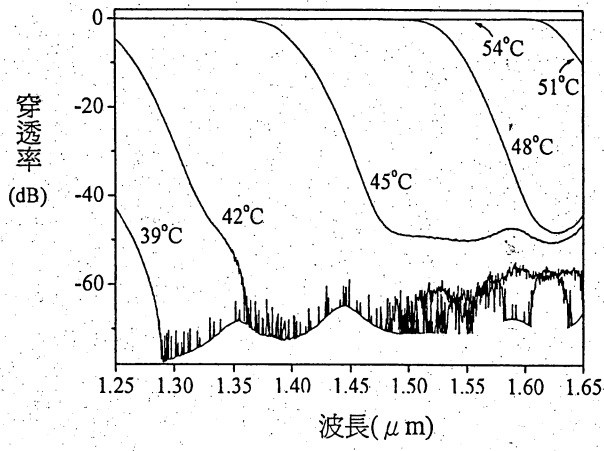
第七圖



第八圖



第九圖



第十圖