

公告本

382845

申請日期	86. 12. 4
案 號	86-18264
類 別	H01S 3/0

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

382845

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	結合光譜過濾的穩定纖維ASE源
	英 文	
二、發明人 創作	姓 名	1. 傑弗遜·瓦格納 2. 葛拉格·哈吉森 3. 費奎爾·達里歐
	國 籍	美 國
	住、居所	1. 美國維吉尼亞22901夏洛特維耶葛萊德巷341號 2. 美國加州91362千橡21木樹環道2436號 3. 美國加州94025曼露園中央大道1026號
三、申請人	姓 名 (名稱)	里蘭史丹佛初級大學信託理事會
	國 籍	美 國
	住、居所 (事務所)	美國加州94305史丹佛
	代 表 人 姓 名	谷凱瑟琳

裝

訂

線

382845

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大 類：
I P C 分類：

A6
B6

本案已向：

美 國 (地 區) 申 請 專 利 , 申 請 日 期 : 1996.12.13 案 號 : 08/764,577 , ☒ 有 ☐ 無 主 張 優 先 權

有 關 微 生 物 已 寄 存 於 :

, 寄 存 日 期 :

, 寄 存 號 碼 :

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

五、發明說明 (1)

發明領域

本發明是關於纖維放大自然發射(ASE)光源。

相關習知技術說明

纖維ASE光源為本領域技藝之人所熟知。ASE源已經有效地使用於提供多種應用之寬頻(如10-30nm)，單一空間模式光束。例如，ASE源已用於提供纖維光學迴轉儀輸入之雷射光束。關於超螢光纖維源實例的描述請參考1989年五月由IEEE出版之"Journal of Lightwave Technology"vol.7,No.5中Emmanuel Desurvire 及J.R.Simpson發表之名為"Amplification of Spontaneous Emission in Erbium Doped Single-Mode Fibers"的論文。

ASE光源一般包括一段單模(single-mode)纖維，具有被摻雜離子的核，三價稀土元素。如釹(Nd^{3+})及鉕(Er^{3+})是可用以摻雜單模核的稀土元素，因此其核可當成雷射介質使用。

此纖維的一端吸收幫浦輸入訊號。此幫浦訊號一般具有特定的波長 λ_p 。纖維核內的離子吸收波長 λ_p 的雷射放射而使這些離子外層的電子被激發至較高的離子能量狀態。當足夠的幫浦能量被輸入至纖維的一端時，產生群體逆轉(即離子內處於激態的離子數大於基態(ground state)的離子數)，並沿著纖維的長度產生大量的螢光。

五、發明說明(2)

如眾所已知，螢光(即光子在不同波長 λ_s 的輻射)是由電子從激態到基態的任意迴轉所造成，因此在從激態回到基態的轉換中放射出波長為 λ_s 的光子。

從纖維發射出之波長 λ_s 的光是高方向性光，如習知的雷射光。然而，令此發射與習知雷射(即結合光子的共鳴體)不同的的主要特徵在於從超螢光性纖維源發射的光的光譜內容很廣(在10-30nm之間)。因此，由纖維放射出的光訊號一般將具有 $\lambda_s \pm 15\text{nm}$ 的波長。此理論在雷射物理中係屬已知，並且已在摻雜釹及鉬的纖維，及摻雜其它稀土元素的纖維中有多年的實驗及理論的研究。

從ASE源發射的光有多種的應用，例如，ASE源的輸出被輸入纖維光學迴轉儀中。由於本技藝之人士所熟知的一些理由，纖維光學迴轉儀應該在較穩定的寬頻源內運作。在現存的多種寬頻源中，超螢光纖維源，特別是摻雜有鉬的纖維，因而成為符合慣性導航級纖維光學迴轉儀之緊迫需求的唯一光學源。摻雜鉬的纖維源所產生的光的寬頻寬以及低幫浦能量需求及摻雜鉬的纖維源的優良波長穩定性是纖維光學迴轉儀使用這種光源的主要理由。

在摻雜鉬的纖維中，超螢光纖維源的發射是雙向的。也就是說，鉬離子中電子返回基態所發射的光一般是由纖維的二端發射出來。如Kalman等的美國第5,185,749號專利所述，為了足夠長度的鉬纖維，逆向(即與幫浦訊號傳播方向相反的方向)傳播的光具有極高的量子效率。因此，

五、發明說明 (3)

使用源是有益的，所以從ASE鉕族摻雜源所發射的光從纖維的幫浦輸入端發射(即傳播方向的逆向)。

ASE源一般於二種結構中實施。第一種結構稱為單通(single-pass)ASE源，超螢光源輸出能量從二方向發射，其中一方向的發射不使用。第二種結構稱為雙通(double-pass)ASE源，在纖維的一端放置一反射鏡以反射超螢光訊號因此超螢光訊號經由纖維被傳送二次。因為纖維的訊號波長顯示增益，此訊號被放大。雙通ASE源結構也只有在一埠(即一方向)產生輸出。這種結構的缺點在於必需維持十分低的回饋(如光隔離器的使用)以便防止雷射。

以纖維光學迴轉儀的應用而言，光源性能的重要標準是光源平均波長的穩定性(例如Kim等的美國第5,355,216號專利)。如本領域中所已知，光源平均波長直接導致感測尺寸因子誤差的穩定性。此尺寸因子誤差在決定準確的迴轉儀旋轉測量的精確值時具有絕對性的影響。目前，在假設系統參數如幫浦波長、幫浦功率、溫度、回饋等等合理穩定性的情況下，平均波長穩定性在數百萬分之幾以下的光源是存在的。然而，在一些應用中仍需要低於百萬分之一的穩定性的平均波長。

發明綜合說明

五、發明說明(4)

本發明之一實施例是一種穩定，放大的自然發射(ASE)源，其包括摻雜有稀土族元素的光傳播纖維。幫浦光源注入能量至纖維中而從纖維激勵光訊號的發射。此光訊號具有光譜形狀及平均波長。一光譜濾波器被放置在沿纖維的位置以便修正光訊號的光譜形狀以便使光訊號的平均波長在操作參數下穩定。在一實施例中，此操作參數為幫浦波長。次一例下的操作參數是幫浦功率。在另一例中的操作參數是回饋。在又一例中的操作參數是溫度。

本發明之另一種形式是產生穩定放大自然發射源的方法。此方法包括從幫浦光源注射幫浦光至摻雜稀土族元素的光纖維中的步驟。幫浦光源在纖維中傳播並且激勵來自纖維的光訊號發射。此光訊號具有光譜形狀及平均波長。此方法也包括使用位於沿纖維方向之位置的光譜濾波器以修正光譜形狀以便在操作參數下穩定平均波長的步驟。在一實施例中，此操作參數為幫浦波長。次一例下的操作參數是幫浦功率。在另一例中的操作參數是回饋。在又一例中的操作參數是溫度。

圖式簡要說明

圖1是表示習知ASE源發射之光的功率光譜密度對發射光波長的圖。

(請先閱讀背面之注意事項再填此頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (5)

圖 2 A 表示放置光譜濾波器在靠近 ASE 源遠端處的效果。

圖 2 B 表示放置光譜濾波器在靠近 ASE 源中間處的效果。

圖 2 C 表示放置光譜濾波器在靠近 ASE 源輸入端的效果。

圖 3 表示被用以修正 ASE 源發射之輸出訊號的光譜特性之光譜濾波器特性的形態。

圖 4 A , 4 B 表示平均輸出波長的穩定特性對幫浦功率的曲線，其中包含未使用光譜濾波器 (4 A) 與使用具有較佳實施例特性之光譜濾波器 (4 B) 。

圖 5 A , 5 B 表示平均輸出波長之穩定特性對幫浦波長的曲線，其中包含未使用光譜濾波器 (5 A) 與使用具有較佳實施例特性之光譜濾波器 (5 B) 。

圖 6 A , 6 B 表示平均輸出波長之穩定特性相對回饋的曲線，其中包含未使用光譜濾波器 (6 A) 與使用具有較佳實施例特性之光譜濾波器 (6 B) 。

圖 7 A 表示本發明之一較佳實施例，為使用位於 ASE 源及纖維光學迴轉儀感測系統之間的隔離器的單通結構。

圖 7 B 表示本發明之一較佳實施例，為使用位於光源及纖維光學迴轉儀感測系統之間的隔離器的雙通 ASE 源結構。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (6)

圖 7C 表示本發明之一較佳實施例，為不使用隔離器的單通 ASE 源結構。

圖 7D 表示本發明之一較佳實施例，其中單通 ASE 源提供輸入至纖維光學迴轉儀感測系統，而系統輸出在 ASE 源的遠端獲得。

圖 8 表示溫度補償可以藉由合適的濾波器特性選擇而達成。

圖 9 表示本發明一較佳實施例中所使用的光譜濾波器的濾波特性詳細圖形。

較佳實施例詳細說明

依據本發明較佳實施例，本發明提供一種在平均波長相對決定性系統參數中達到低於百萬分之幾的穩定性的 ASE 源。為得到百萬分之幾的穩定性的測量，與波長相關的操作參數的曲線被正規化（即除以穩定度受測點的參數操作點的測量值），並乘以一百萬。此新源結合用以穩定 ASE 源的全纖維光譜濾波器。在較佳實施例中，光譜濾波器是纖維，長週期光柵。長週期光柵有選擇性地將來自於纖維的主要模式傳輸光耦合至纖維的包被（cladding）模式的光。這些光柵具高度的波長從屬性，因此可當做光譜濾波器。

（請先閱讀背面之注意事項再
訂本頁）

裝

訂

線

五、發明說明(7)

藉由調整濾波器特性及ASE纖維的長度及濾波器沿纖維的位置，可以產生相對於幫浦功率及回饋的穩定平均波長操作點(例如從纖維迴轉儀)。相對於幫浦波長也可以達成增加的平均波長穩定性。依據本發明之較佳實施例，這些穩定點可以對應合理的操作點而被設定(如合理的幫浦功率，合理的幫浦波長，合理的回饋準位等等)。

圖1及圖3表示本發明較佳實施例藉由調整濾波特性穩定輸出訊號平均波長之方法，而圖2A-2C說明沿ASE纖維的長度調整濾波器位置的結果。

圖1說明典型的ASE，摻雜鉕之纖維源之功率光譜密度對應波長的圖。如圖1所示，從該源所發出之光的功率頻譜密度具有二顯著的峰點。第一峰點100在大約1560nm之處產生，而第二峰點110則在大約1535nm處產生。可以發現具有如圖1之輸出特性的ASE，摻雜鉕之纖維源在數百萬分之一的平均波長內(如 $\lambda_s \pm \lambda_s \cdot 3 \cdot 10^{-6}$)相當穩定。

本發明的發明人察覺藉由不強調摻雜鉕之ASE輸出訊號(即位於1535nm的波峰或是位於1560nm的波峰)中的一個波峰，輸出訊號之平均波長的穩定性可以顯著地改善(例如穩定性是以前ASE源的十倍)。這種穩定性增加的可能原因是因為藉由不強調數個波峰中的一個(較佳者是位於1535nm的波峰)，波峰100,110不相互對抗。也就是說，由ASE纖維源產生及放大的光子自然地傾向於在接近二波峰中的一個波峰處被放射。決定性的操作參數中的變化可

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(8)

以影響光子於較接近其中一個波峰處被放射，因此可以在功率光譜密度上觀察到從一波峰到另一波峰的位移。此位移使輸出訊號的平均波長不穩定。因此，藉由不強調波峰100,110中的一個而留存一個單一波峰。在單一波峰頻譜分佈的狀態，在功率頻譜密度中不會產生從一頻譜到另一頻譜的顯著偏移。因此，當波峰100,110中有一者不被強調時，大多數的光子在剩存的單一波峰附近維持穩定。

圖3表示藉由使用階度濾波器(notch filter)使1535nm處的波峰被而不被強調而達到較穩定的ASE源輸出。第一曲線300表示ASE源在濾波之前的輸出的方法。此曲線300實質上與圖1所示之曲線相似。曲線310表示沿纖維ASE源之長度的一些點放置的階度濾波器的光譜特性。需注意的是Y軸代表負分貝(db)的衰減。也就是說，沿Y軸的較小位移表示較多的衰減(見圖9)。曲線310的精確光譜形狀可因不同的應用而變化，而圖9精確定義及描述一例示的光譜形狀。ASE纖維源(如被階度濾波器修正者)的最終光譜輸出在圖3中以曲線320表示。從圖3中應該注意曲線320在1560nm處具有一主要波峰，而在1535nm處的波峰已經被階度濾波器310明顯地衰減了。

圖2A-2C表示當光譜濾波器被放置於沿ASE纖維源之長度的不同位置時在ASE纖維的光譜輸出中所能達到的結果。在第一種情況中，如圖2A所描述，ASE源200由具有端點210,215的纖維205組成，包括靠近纖維205之端點

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(9)

215之光譜濾波器220。幫浦光從幫浦源225進入與光譜濾波器220相對端點之纖維的端點210之內。既然ASE纖維源200包含足夠長度之摻雜鉕的纖維以便利用逆向傳播訊號的量子效率，從ASE纖維源200輸出的大多數訊號是從纖維205的幫浦輸入端210提供。

光譜密度相對ASE源200輸出的波長是以圖2A的曲線228表示。如曲線228的特性所示，從ASE纖維源200輸出的訊號存在少量的功率損失以及微小的光譜改變。也就是說，曲線228的光譜特性曲線實質上與圖1的曲線及圖3的曲線300相同，其中顯著的波峰出現在波長1535nm及1560nm之處。因此，由圖2可以看出將光譜濾波器220朝向纖維205之端點215移動並不會產生ASE源200之輸出訊號的穩定性的實質改善。

圖2C顯示的ASE源260由具有二端270,275的纖維265所組成，包括接近纖維265之端點270的光譜濾波器280。幫浦光從幫浦源285進入纖維之端點270之內，大約在光譜濾波器280的位置。既然ASE纖維源260包含足夠長度的摻雜鉕的纖維以便利用逆向傳播的訊號的量子效率，ASE纖維源260的大多數輸出訊號由纖維265的幫浦輸入端270提供。

圖2C的曲線288表示ASE纖維源260之輸出訊號的功率密度對波長的關係。從曲線288的特性可以看見，雖然ASE源260的光譜輸出明顯地被改變以便不強調在1535nm

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(10)

波長的波峰，輸出訊號內所有的功率也由於靠近纖維265之幫浦輸入端270的光譜濾波器280的位移而明顯地降低。因此，與重大的光譜改變相關的穩定性利益藉由輸出訊號功率之明顯降低而受到補償。

圖2B顯示的ASE源230由具有二端240, 245的纖維235所組成，並包含一大約位於纖維235中央之光譜濾波器250。幫浦光從幫浦源255輸入纖維235的端點240。既然ASE纖維源230包含足夠長度的摻雜鉕的纖維以便利用逆向傳播的訊號的量子效率，ASE纖維源230的大多數輸出訊號由纖維235的幫浦輸入端240提供。

曲線258表示ASE訊號源230輸出訊號之功率光譜密度相對波長的關係。如圖2的曲線258所示，具有放置於朝向中央位置之光譜濾波器250之纖維235的輸出訊號表現光譜改變但沒有功率損失。因此，在1535nm處的波峰大幅衰減，而輸出訊號的所有功率幾乎維持相同。因此，具有放置於朝向中央位置之光譜濾波器250之纖維235對於穩定ASE纖維源230的輸出的平均波長有極大的益處。

在光譜濾波器250位於朝向纖維235中央的實施例中功率損失小的原因在於靠近1535nm波長的波峰的光被衰減，因此永遠不會使纖維235中濾波器250之後的增益飽和，並允許1560nm波長的波峰經歷較大的增益。也就是說，較少的離子被模擬從靠近1535nm波峰處發射光，而在纖維235中濾波器250之後較多的離子被模擬從靠近1535nm波峰發

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (11)

射光。也就是說，接近1535nm波峰的衰減光的集體逆轉的耗盡不會比1535nm波長處之波峰的光未被濾波及衰減時大，因此存在較多的離子可以在靠近1560nm波峰處產生光子。因此，依據本發明之一較佳實施例，ASE纖維源230之端點240所提供的輸出訊號在1560nm波長處被放大得更強，並在靠近1535nm波長處被衰減。應該注意的是，相同的情況適用於順向傳播訊號（為簡化起見並未表示於本實施例中）。這說明了本發明的重要概念。換句話說，衰減具有光譜濾波器之多個波長波峰中的一個降低靠近該波長波峰的損失，但也增加在其它波長波峰的增益（因此也增加了功率）。

可以理解的是，光譜濾波器250的最適當位置是數個參數的函數。例如，平均波長相對回饋準位對濾波器的位置十分敏感。當光譜濾波器250朝向纖維235的幫浦端240移動時，表現穩定操作點的回饋準位增加。如果濾波器太靠近纖維端240，不會有相對回饋準位的穩定操作點存在。這是決定濾波器的合適位置的一種方式。同時，將濾波器250朝向纖維235的幫浦端240移動可能由於低幫浦功率（240dB的全部纖維小訊號衰減時為10-20mW）的幫浦功率波動而降低平均波長的穩定性。在實際上，濾波器250的位置應該位於纖維235的30與120dB小訊號衰減點之間，在特定的應用中可以要求將濾波器250放置在纖維235的0與200dB小訊號衰減點之間。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (12)

爲了決定所謂的纖維235的小訊號衰減特性，有許多技術被使用。其中一種技術是傳輸一個低功率，光訊號至纖維的一端。如果此測試訊號的波長接近幫浦吸收或訊號吸收頻帶（此處所討論的結果是以鈔的1.53nm發射波長爲測試訊號的基礎）。在測試的階段中，低功率測試訊號是穿過纖維的唯一訊號（即沒有幫浦訊號被引入纖維內）。此外，訊號的功率應該足以確保使訊號不飽和（即，如此則實際上沒有集體逆轉）。

以摻雜鈔的纖維爲例，可以發現小訊號的衰減直接與纖維的長度成正比，所以只需測量一米之後的衰減。例如，如果測試訊號的衰減是3dB/米，則100米的纖維將定義300dB長的纖維。

此處應該注意的是，雖然測試訊號可能沿纖維被選擇的長度衰減，實際上，正常運作功率（20mW左右）下的幫浦訊號一般不會被衰減到與測試訊號沿相同長度纖維衰減的程度。這是因爲幫浦訊號承載較大的功率並傾向於在纖維的朝向幫浦輸入端的區域飽和，因此纖維端點的幫浦訊號的實際衰減可能只有25或30dB的程度。這種衰減情況下的幫浦訊號就發射的相關訊號光 λ_s 而言是有意義的因爲從纖維之較遠端點發射的光子一般將顯示20-40dB的增益。因此，即使纖維製造得夠長，例如，300dB衰減的測試訊號，明顯此長度短的長度可以對濾波器250產生效用因爲與幫浦功率有關的效果比測試訊號功率高許多。

（請先閱讀背面之注意事項再行裝訂）

裝

訂

線

五、發明說明 (13)

依據放置濾波器250在合適位置的方法，一個固定的小訊號衰減點(即指使用低功率測試訊號測量的點)被指定為所有在必需長度下的纖維的合適點。

在一較佳實施例中，具有3dB/米(在1530nm)小訊號衰減的77米長的單一模式纖維包含放置於36.75dB點(即距離輸出端12.25米之處)的濾波器。此濾波器的光譜特性對應圖9所表示的內容。以此纖維為例，較佳幫浦功率的理想穩定操作點大約是15mW，較佳回饋的理想穩定操作點大約是-20dB，而較佳波長的理想穩定操作點大約是1470nm。這些操作點的每一個對大多數的ASE源應用而言都是合理的操作點。理想纖維的中心直徑是3-4微米。在實驗結果中，當這種纖維被當作ASE源時，這種ASE源的穩定性相對於習知的ASE源增加許多。

圖4A, 4B說明本發明較佳實施例藉由增加相對幫浦功率的平均波長穩定性所能得到的利益。如圖4A所示，曲線400代表平均波長(以nm為單位)相對幫浦功率的變化(以mW為單位)。曲線400代表在光浦濾波器未被放置於ASE源之內(因此輸出光譜不需被過濾，如圖1所示)時在平均波長內所觀察到的情形。如圖4A之曲線400所示，幫浦功率中5mW的變化可以在平均波長內產生將近0.1nm的變化，甚至於接近未濾波之ASE源的穩定操作點。此外，幫浦功率之曲線400在15mW操作點的切線斜率對應至每mW百萬分之十三的穩定性。

(請先閱讀背面之注意事項再寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (14)

依據本發明較佳實施例，藉由沿著纖維235插入一具有合適特性之光濾波器在合適位置，相對幫浦功率的平均波長穩定性可以輕易加強。例如，圖4B中的曲線450代表纖維源230內平均波長相對幫浦功率的變化，其中光譜濾波器250大約沿纖維235的長度放置（如放置於36.75 dB點）。從圖4B可見，相對曲線450之穩定點之約5 mW的功率變化產生比0.1 nm還小的平均波長變化。

除了藉由本發明所能得到的穩定性的增加，很明顯地，產生穩定平均波長點的操作點可以藉由改變特定的設計參數而有變化。這和只存在單一個可能或沒有發生在合理的操作點的穩定操作點的習知未濾波源相反。例如，如果在100 mW幫浦功率之處產生一個穩定操作點，此穩定操作點在大多數的應用中是無用的因為這樣的幫浦功率相當高。在決定平均波長相對幫浦功率的穩定點的情況中，改變纖維235的長度使得穩定點改變，因此可以藉由調整纖維長度設定想要的穩定點。

在相同的方式中，平均波長相對幫浦功率的穩定點可以藉由改變濾波器光譜的形狀而調整，而平均波長相對回饋準位的穩定點可以藉由改變濾波器沿纖維長度235的位置而調整。溫度的穩定性也可以藉由改變濾波器光譜形狀而調整。例如，在實施例中，濾波器特性被調整因此階度（notch）的最深部份是位於波長比1535 nm之波峰稍微高一點的地方。因此，當濾波器250沿伸時（藉此移動階度離

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (15)

開較高的波長)，階度的波峰(即在1535nm)增加。當鉬在增加的溫度中擴散時這有助於平衡傾向於偏移至較長波長的波峰。

圖5A, 5B說明了藉由引進光譜濾波器250至ASE源230中而增加平均波長相對幫浦波長穩定性。圖5A中的第一曲線500表示在沒有光譜濾波器250的情況下平均輸出訊號波長相對幫浦波長的變化。在1470nm的操作幫浦波長， $\pm 1\text{nm}$ (即從1469nm-1471nm)的幫浦波長變化產生大約0.07nm(大約相當於每nm百萬分之23)的平均波長變化。圖5B的曲線550表示存在光譜濾波器250的情況下平均輸出訊號波長相對幫浦波長的變化。如圖5B所示，1469nm-1471nm的幫浦波長變化並未造成平均波長的改變。這是因為1470nm的幫浦波長已經被設定(藉由合適地修正的光譜)因此在1470nm每邊相等的變化在平均波長中沒有實質差異。當然，很明顯地，1470nm與1471nm之間的變化造成平均波長一些微小變化，這些變化由於1470nm點附近的平坦形狀而幾乎可以忽略。因此，可以看見的是藉由加入具有合適預定光譜特性的光譜濾波器250，可以達成平均波長相對幫浦波長的極度穩定性。

圖6A, 6B表示藉由在沿纖維235之長度插入光譜濾波器250而增加相對於回饋準位的平均波長穩定性。如圖6A所示，曲線600代表輸出訊號的平均波長相對ASE源中由於纖維光學迴轉儀或其它產生回饋的光學裝置所造成的回饋

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (16)

準位的平均波長變化。在 -20 dB 回饋的較佳操作點， $\pm 5\text{ dB}$ 的變化（即從 -25 dB 到 -15 dB ）產生大約 0.7 nm （ $\Delta\lambda$ ）的平均波長變化。此外，曲線600在 -20 dB 操作點的切線斜率對應大約每 dB 百萬分之四十五的穩定性。圖6B的曲線650代表插入濾波器250時相對回饋準位的平均波長變化。如圖6B所示，從 -25 至 -15 dB 的回饋變化沒有產生最終平均波長的改變。這是因為 -20 dB 點已經被設定（即藉由適當地修正濾波器250沿纖維235的長度的位置）所以在 -20 dB 二邊相同的變化不造成平均波長的實質差異。當然，可以了解的是 -25 dB 與 -20 dB 之間的變化造成一些平均波長的微小變化，此變化由於曲線上 -20 dB 點附近的平坦形狀而幾乎可以忽略。因此，可以發現藉由使用放置於沿纖維235長度合適位置的光譜濾波器250，可以達成相對於回饋的平均波長的極高度穩定性。

圖4A, 4B, 5A, 5B, 6A, 6B所描述的結果是以電腦模擬為基礎，並可以藉由確實的實驗驗證以確保電腦模擬的精確性。於一較佳實施例中，習知由Lucent Technologies提供的OASIX模型演算法可用以執行特定應用中達到最佳纖維長度，濾波器特性及濾波器位置的模擬。此模型及實驗所產生之增加的穩定性如以下的表I所示。

表 I 穩定性比較

五、發明說明 (17)

	未濾波	已濾波
幫浦功率	13 ppm/mW	0 ppm/mW
幫浦波長	23 ppm/nm	0 ppm/nm
回饋	45 ppm/dB	0 ppm/dB

並沒有相對於溫度的平均波長穩定性的電腦實驗被執行；然而，品質分析顯示藉由調整濾波器250光譜特性的相似方法可以增加相對於溫度的平均波長穩定性。尤其是，當溫度增加時，纖維235內的擴張導致定義濾波器的長週期光柵增大，因此濾波器250的光譜特性相對溫度而變化。相對的改變發生在ASE源230所提供之輸出訊號的光譜特性中，所以可以設定濾波器特性以便使濾波器特性的改變與ASE源230之光譜特性改變平衡。

例如，當溫度變化時常觀察到的影響是在大約1560nm處的波峰偏移至較長的平均波長，因此當溫度增加時平均波長有增加的傾向。然而，如果濾波器設定合適，濾波特性的偏移造成未強調波峰110的較小衰減。因此，即使波峰100的波長增加(向右偏移)，波峰100的強度增加不造成最終平均波長的變化。此效應說明於圖8。

如圖8所示，曲線810代表從使用較佳實施例之階度濾波器的ASE源輸出之光的光譜分佈。曲線820表示當溫度增加時相同的ASE源的光譜分佈。如上所述，當溫度增加時，濾波光柵與纖維一起擴張。所以，濾波器可以衰減較

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (18)

長波長光。這允許在1535nm波峰的光增加因為階度濾波器的光的最深部份已經從1535nm被移動。此時，1560nm波峰移動到較長波長，因此純粹的效應是平均波長的平衡。藉由謹慎地選擇階度濾波器的光譜形狀，1535nm波峰成長的速度可以被精確控制以維持平均波長於實質固定的值。此濾波器的選擇可依特殊溫度參數而定以便偏移摻雜鉕的纖維的溫度係數。參照，例如Justin Judkins,等人於1996年2月Optical Fiber Communications, PD1-1.發表的"Temperature Insensitive Long-Period Fiber Gratings,"。

圖9說明本發明較佳實施例之濾波器250之光譜特性。圖9的曲線900圖示濾波器的衰減(以dB為單位)相對波長(以nm為單位)之間的關係。如從圖9的曲線900所見，最大的濾波器衰減發生在大約1533nm之處，有-20dB的衰減。階度(notch)的頻帶從大約1515nm延伸至1555nm，全部有40nm的頻帶。具有如同圖9所示之光譜特性之濾波器有效地不強調中心位於大約1535nm之處的波峰100，但並不明顯地衰減在1560nm的波峰。因此，具有圖9所示之曲線900所定義之特性的濾波器250產生來自ASE源230之實質上一個波峰的輸出。

圖7A-7D說明四個可以藉由加入平衡ASE源用之光譜濾波器而獲得改善之ASE源。圖7A表示具有一隔離器的單通(single-pass)源結構；圖7A表示具有一隔離器的雙通(double-pass)源結構；圖7C表示不具有隔離器但具

(請先閱讀背面之注意事項再寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (19)

有來自感測器(即纖維光學迴轉儀)之回饋的單通源結構；圖7D表示一纖維放大源(FAS)。圖7D之纖維放大源與具有回饋的單通源相同，除了感測器回饋訊號被ASE源放大以產生感測訊號之外。

尤其是，圖7A表示的ASE源700包括一摻雜鉕的纖維705，其內放置長週期光柵710做為光譜濾波器。幫浦源715經由輸入端720輸入幫浦光至纖維705之內。纖維705的第二端725被磨成不具反射的角度以便形成單通結構的ASE源700。光線在ASE源700內的逆方向被放大並從纖維705的第一端720發射。此光線經過隔離器730並成為纖維光學迴轉儀感測器系統732的輸入。纖維光學迴轉儀732的輸出經由耦合器734在一感測器的輸出被偵測。很明顯地，由於隔離器730的存在，回饋準位明顯降低所以一般不需要相對此參數的平均波長穩定。因此，此結構比不使用隔離器的結構提供較大的設計彈性。

圖7B表示的ASE源735包含具有長週期光柵740之摻雜鉕的纖維738，長週期光柵740是做為摻雜鉕的纖維738內的光譜濾波器。幫浦源742經由輸入端或埠744耦合幫浦光至鉕纖維738之內。纖維738的第二端745包含一反射鏡用以反射來自雙通結構ASE源735的訊號光。光從ASE源735經由埠744發射並通過隔離器747至纖維光學迴轉儀感測器系統749的輸入。感測器系統749的輸出經由耦合器750耦合至一輸出偵測器。在一實施例中，此結構的使用

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (20)

產生較淺階度濾波器的需求而濾波器740的位置從輸出端744被移開。應該了解的是，由於隔離器747的存在，回饋準位明顯降低因此一般不需要穩定相對此參數的平均波長。因此，此結構比不使用隔離器的結構提供較大的設計彈性。

圖7C表示的ASE源755包括一摻雜鉕的纖維758，其內放置長週期光柵760做為光譜濾波器。幫浦源762經由輸入端764輸入幫浦光至纖維758之內。纖維758的第二端765被磨成不具反射的角度以便形成單通結構的ASE源755。光線在ASE源755內的逆方向被放大並從纖維758的第一端764發射。此光線不經過隔離器730而被輸入纖維光學迴轉儀感測器系統732。因此，來自纖維光學迴轉儀的回饋在ASE源755內被經歷，而光譜濾波器760協助穩定ASE源755相對感測系統回饋的平均波長。此感測器輸出經由耦合器722而被偵測，如圖7C所示。

圖7D圖表示的ASE源755包括一摻雜鉕的纖維778，纖維778內放置長週期光柵780做為光譜濾波器，沿纖維778的長度放置。幫浦源782輸入幫浦光至纖維778之第一端784。纖維778的第二端785被磨成不具反射的角度。因此ASE源775形成單通結構，ASE源775的光線在逆傳播方向輸出(即從纖維778的端點784)而成為纖維光學迴轉儀感測器系統790的輸入。感測器的輸出從ASE源775的端點785被取得，因此ASE源775形成FAS結構所以來自感測系

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (21)

統的光沿摻雜鉬的纖維778被放大。當然，可以了解的是，從感測系統790被放大的光產生有意義的回饋，而濾波器780的位置及光譜特性則用以有意義地在存在例如FAS結構中所經驗之高回饋的情況下穩定ASE源775的平均波長。

雖然對本發明較佳實施例做如上之詳細描述，熟悉本技藝之人士應了解在不悖離本發明精神及實質特徵的情況下可有顯而易見的修飾。例如，有不同長度及濃度的稀土族摻雜纖維可應用於ASE源。此外，所使用的光譜濾波器除了長週期光柵濾波器之外可以包含形成於纖維本身之內的其它型態的光譜濾波器。因此本發明的範圍將由以下的申請專利範圍界定。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

四、中文發明摘要(發明之名稱：)

結合光譜過濾的穩定ASE源



結合光譜濾波器的纖維放大自然放射源顯現相對數種操作因子，包含幫浦波長，幫浦功率，回饋及溫度的平均波長的改良；藉由調整濾波器的光浦特性，濾波器沿纖維的位置以及摻雜稀土族的纖維的長度可以設計穩定的ASE源，以便提供相對於所欲之參數的平均波長的穩定操作點；在許多情況下此源在平均波長中比目前的源表現巨大的穩定性。

英文發明摘要(發明之名稱：)

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

1. 一種穩定及被放大的自然發射(ASE)源，包括：

一光學導引纖維，被摻雜以稀土元素；

一幫浦光源，注入光能量至該纖維內以便同時自該纖維發射光訊號，該光訊號具有一光譜形狀及一平均波長；

一光譜濾波器沿該纖維放置以修正該光譜訊號之光譜形狀以便穩定該光訊號相對一操作參數之平均波長。

2. 如申請專利範圍第1項之穩定的~~ASE~~源，其中該操作參數係幫浦波長。
~~反被放大的自然發射~~

3. 如申請專利範圍第1項之穩定的~~ASE~~源，其中該操作參數係幫浦功率。
~~反被放大的自然發射~~

4. 如申請專利範圍第1項之穩定的~~ASE~~源，其中該操作參數係回饋。
~~反被放大的自然發射~~

5. 如申請專利範圍第1項之穩定的~~ASE~~源，其中該操作參數係溫度。
~~反被放大的自然發射~~

6. 如申請專利範圍第1項之穩定的~~ASE~~源，其中該操作參數包括幫浦波長及幫浦功率。
~~反被放大的自然發射~~

7. 如申請專利範圍第1項之穩定的~~ASE~~源，其中該操作參數包括幫浦波長及回饋。
~~反被放大的自然發射~~

8. 如申請專利範圍第1項之穩定的~~ASE~~源，其中該操作參數包括幫浦功率及回饋。
~~反被放大的自然發射~~

9. 如申請專利範圍第1項之穩定的~~ASE~~源，其中該操作參數包括幫浦波長，幫浦功率及回饋。
~~反被放大的自然發射~~

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

~~及被激發的自然發射~~
~~穩定之ASE源~~

10. 如申請專利範圍第1項之穩定之ASE源，其中該操作參數包括幫浦波長，幫浦功率，回饋及溫度。

11. 一種產生穩定的放大的自然發射的方法，包括下列步驟：

從一幫浦光源注入幫浦光至一摻雜稀土族元素的纖維，該幫浦光於該纖維內傳播並同時自該纖維發射一光訊號，該光訊號具有一光譜形狀及一平均波長；

使用一位於沿該纖維之位置的光譜濾波器以修正該光譜訊號之光譜形狀以便穩定該光訊號相對一操作參數之平均波長。

12. 如申請專利範圍第11項之方法，其中該操作參數係幫浦波長。

13. 如申請專利範圍第11項之方法，其中該操作參數係幫浦功率。

14. 如申請專利範圍第11項之方法，其中該操作參數係回饋。

15. 如申請專利範圍第11項之方法，其中該操作參數係溫度。

16. 如申請專利範圍第11項之方法，其中該操作參數包括幫浦波長及幫浦功率。

17. 如申請專利範圍第11項之方法，其中該操作參數包括幫浦波長及回饋。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

18. 如申請專利範圍第11項之方法，其中該操作參數包括幫浦功率及回饋。

19. 如申請專利範圍第11項之方法，其中該操作參數包括幫浦波長，幫浦功率及回饋。

20. 如申請專利範圍第11項之方法，其中該操作參數包括幫浦波長，幫浦功率，回饋及溫度。

21. 如申請專利範圍第11項之方法，其中沿該纖維之該位置的選擇是爲了提供該平均波長相對該參數之最佳穩定性。

22. 一種提供纖維放大自然發射源之穩定操作點的方法，該方法包括下列步驟：

從一幫浦光源注入幫浦光至一摻雜稀土族元素的纖維，該幫浦光於該纖維內傳播並同時自該纖維發射一光訊號，該光訊號具有一光譜形狀及一平均波長；

選擇一光譜濾波器之一衰減特性；以及

放置該光譜濾波器於該纖維上之一位置，該位置之選擇提供來自該纖維之該光訊號之該平均波長相對一被選擇的參數的一個穩定操作點。

23. 如申請專利範圍第22項之方法，其中該操作參數係幫浦波長。

24. 如申請專利範圍第22項之方法，其中該操作參數係幫浦功率。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

25. 如申請專利範圍第22項之方法，其中該操作參數係回饋。
26. 如申請專利範圍第22項之方法，其中該操作參數係溫度。
27. 如申請專利範圍第22項之方法，其中該操作參數包括幫浦波長及幫浦功率。
28. 如申請專利範圍第22項之方法，其中該操作參數包括幫浦波長及回饋。
29. 如申請專利範圍第22項之方法，其中該操作參數包括幫浦功率及回饋。
30. 如申請專利範圍第22項之方法，其中該操作參數包括幫浦波長，幫浦功率及回饋。
31. 如申請專利範圍第22項之方法，其中該操作參數包括幫浦波長，幫浦功率，回饋及溫度。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

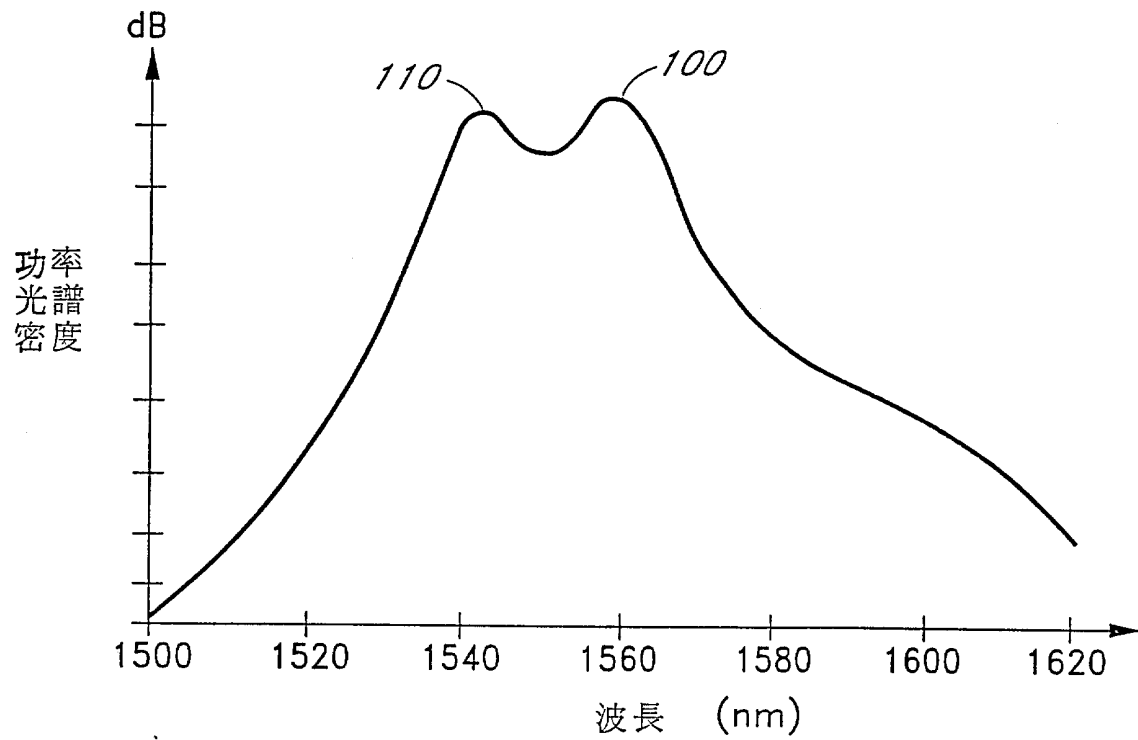
訂

線

86118264

A9
B9
C9
D9

圖式



第 1 圖

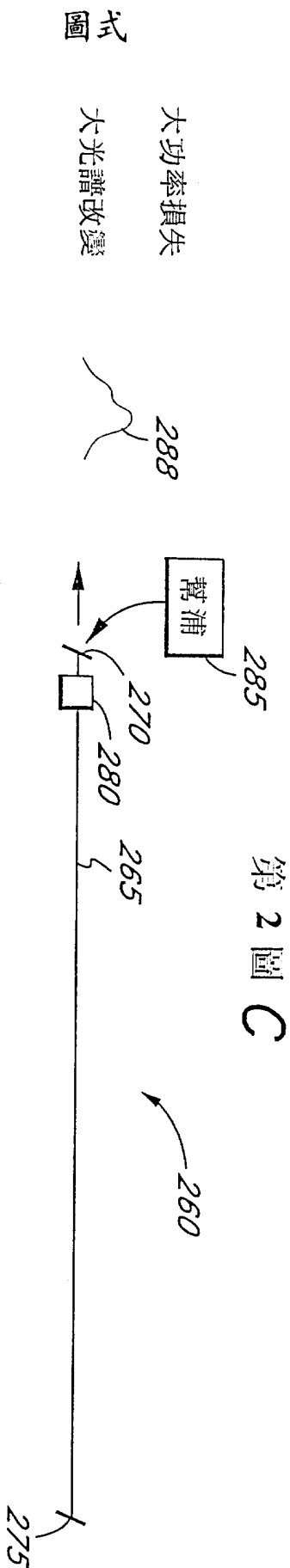
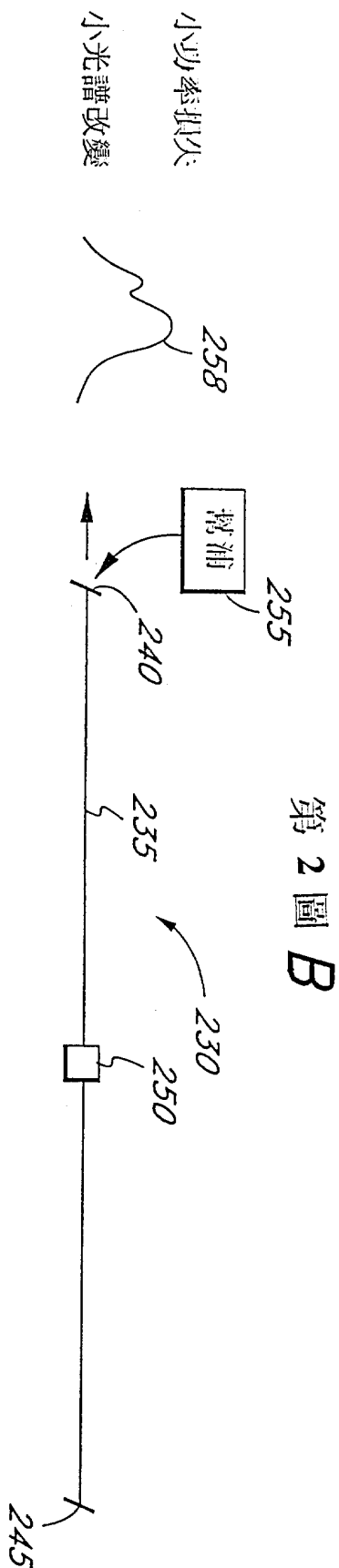
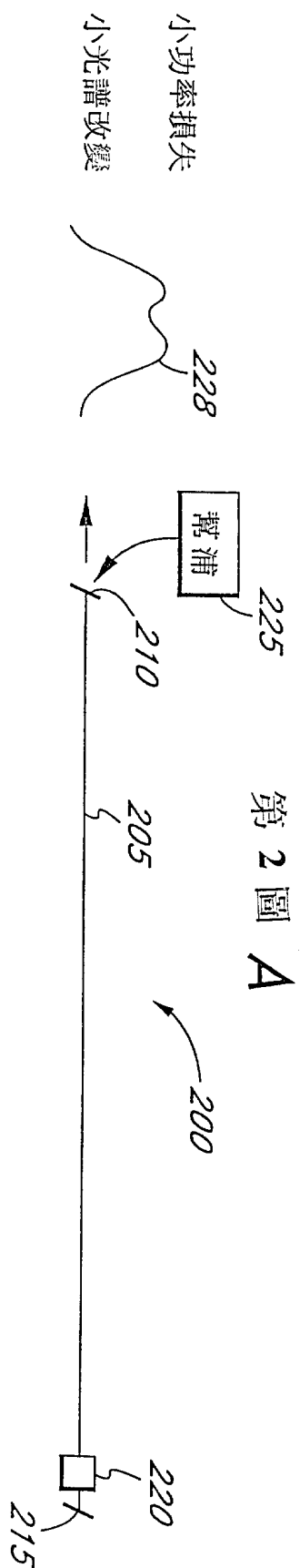
(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線

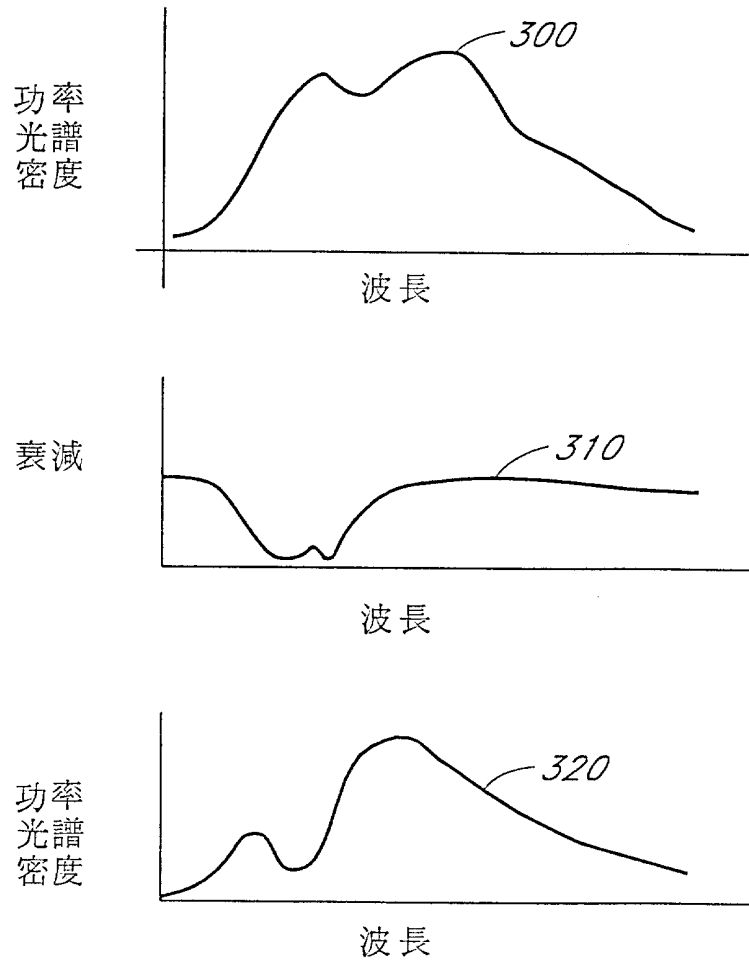
(請先閱讀背面之注意事項再行編製)



圖式

A9
B9
C9
D9

圖式



第 3 圖

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

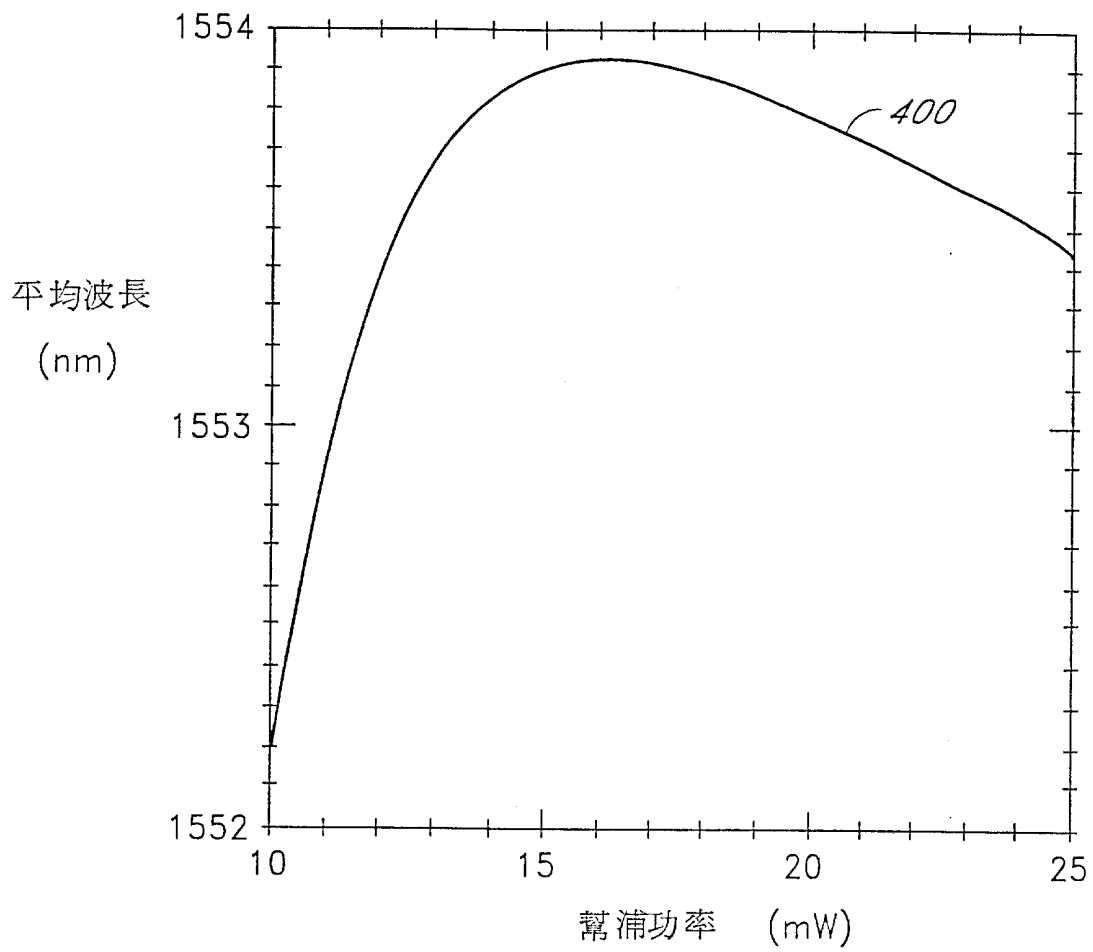
裝

訂

線

圖式

第 4 圖 A



(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

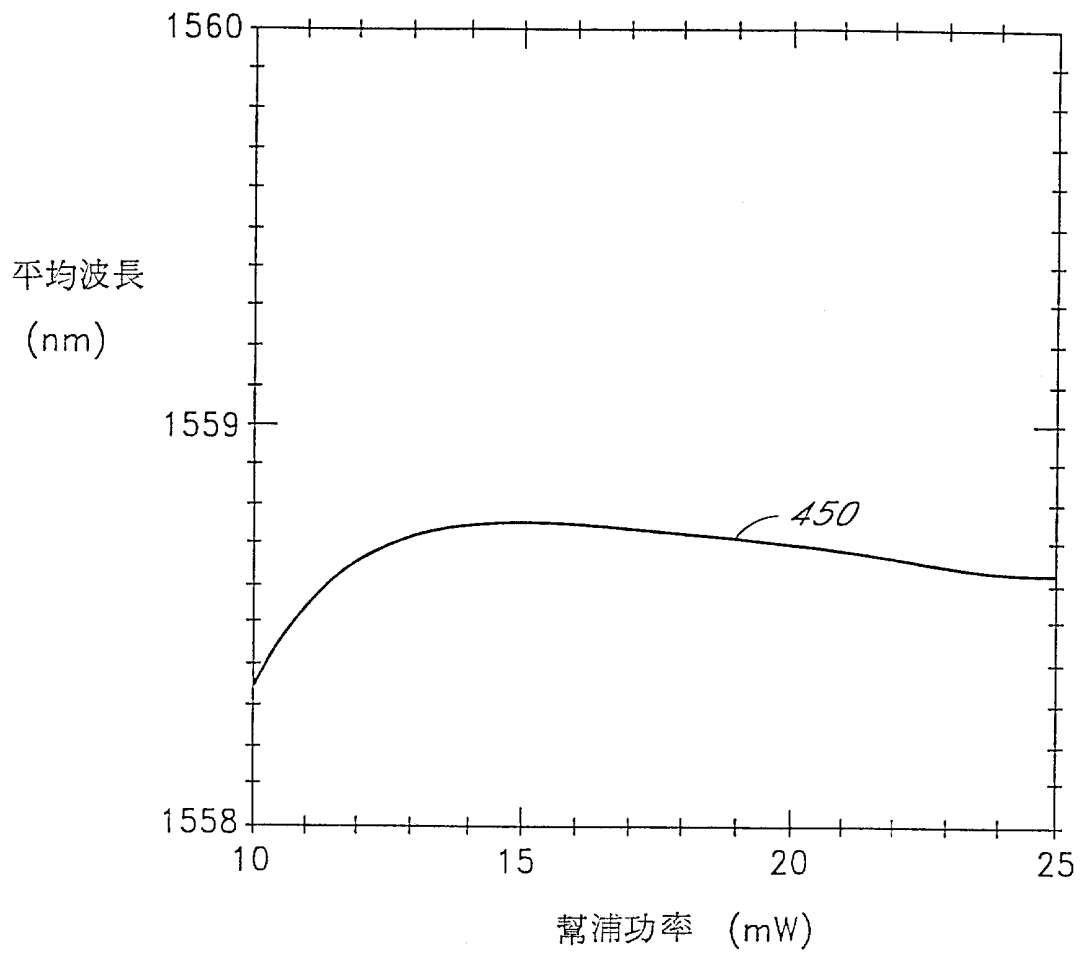
裝

訂

線

圖式

第 4 圖 B



(請先閱讀請背面之注意事項再行繪製)

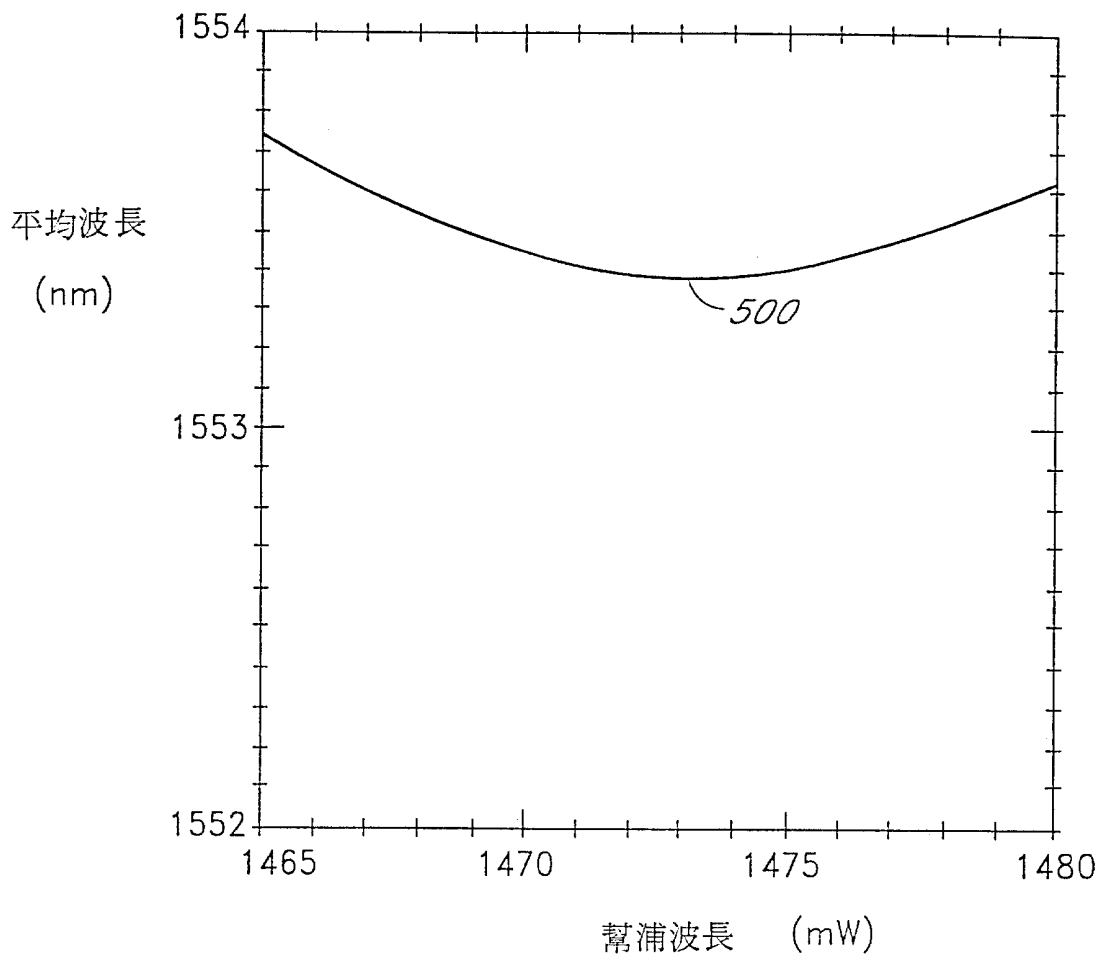
裝

訂

線

圖式

第 5 圖 A



(請先閱讀背面之注意事項再繪製)

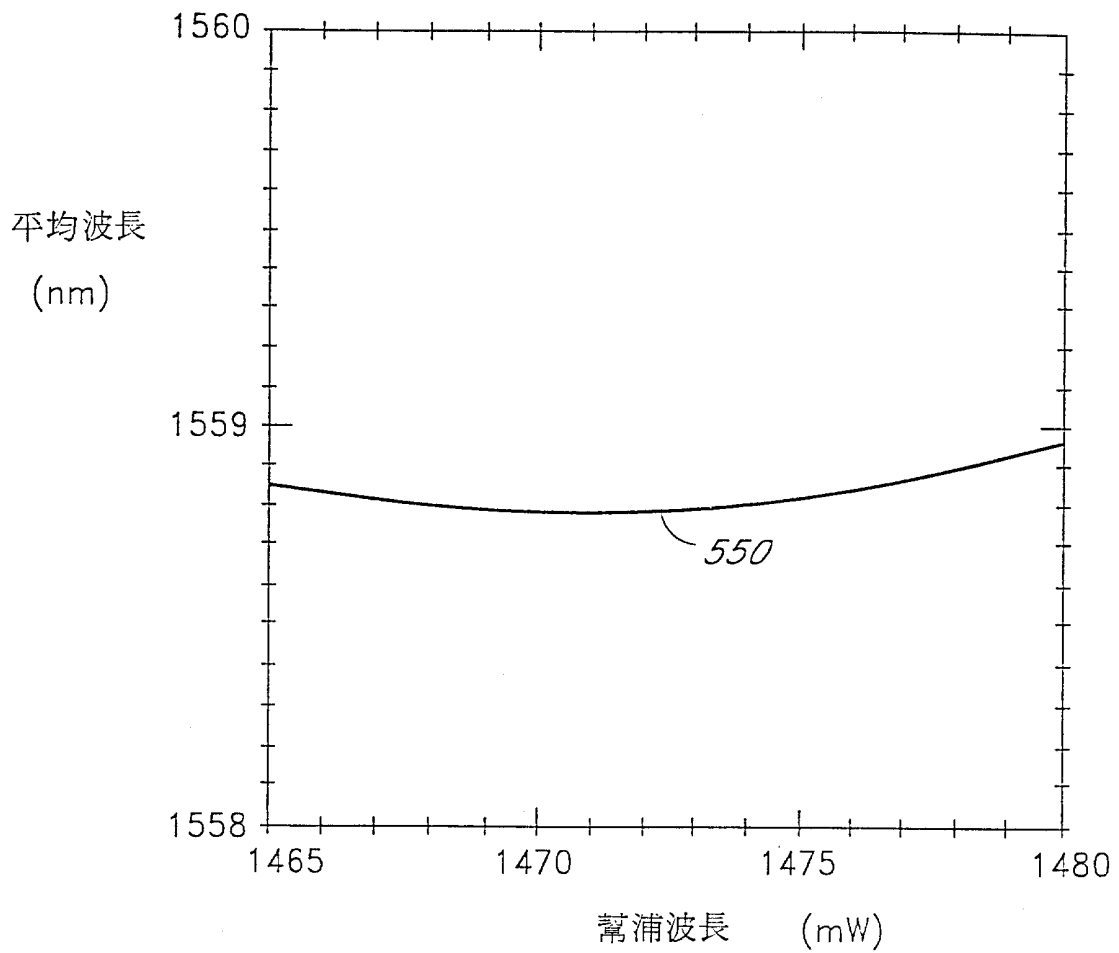
裝

訂

線

圖式

第 5 圖 B



(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

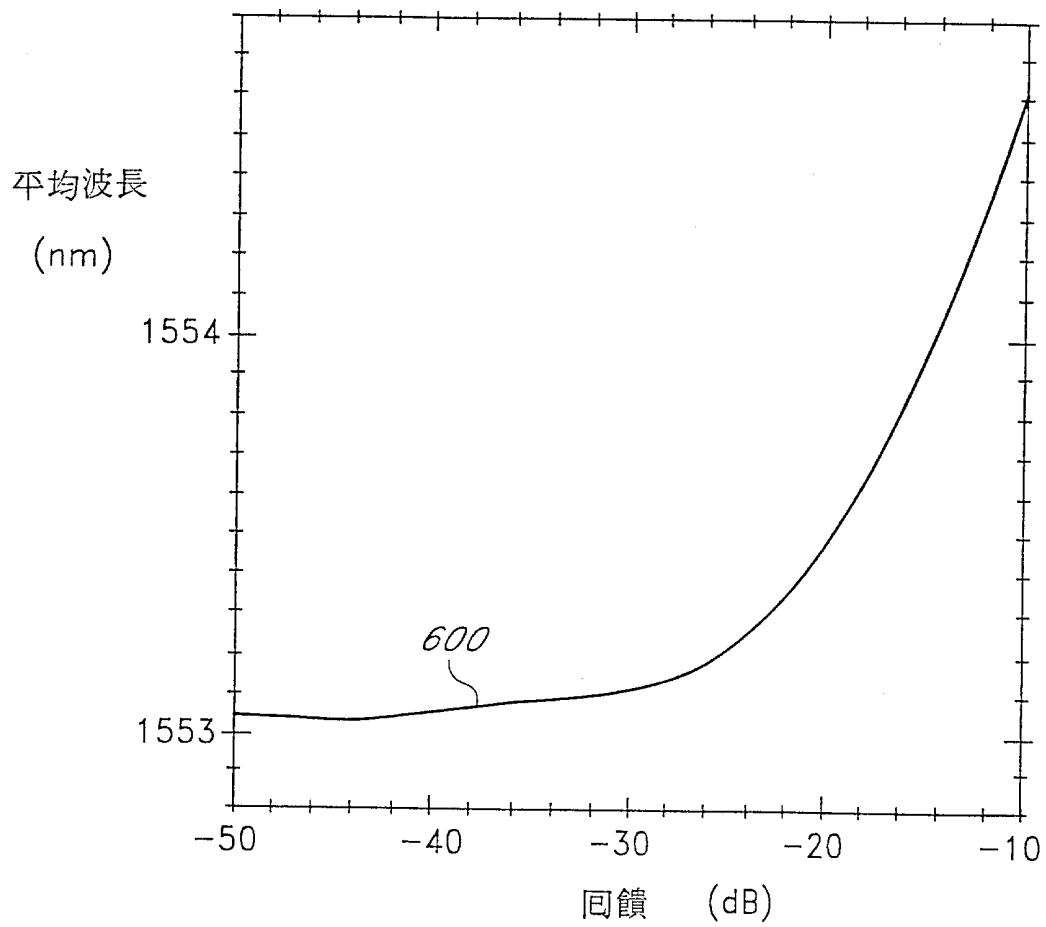
裝

訂

線

圖式

第 6 圖 A



(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

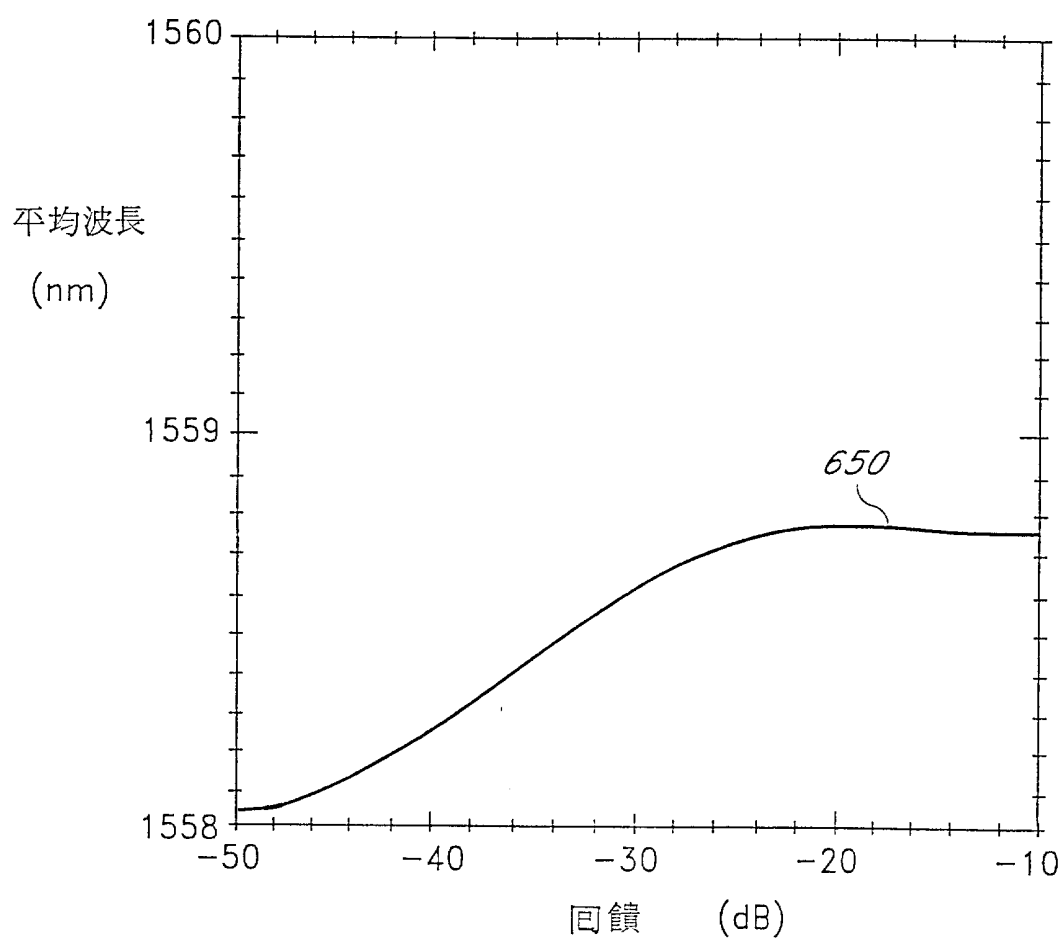
裝

訂

線

圖式

第 6 圖 B



(請先閱讀背面之注意事項再行製)

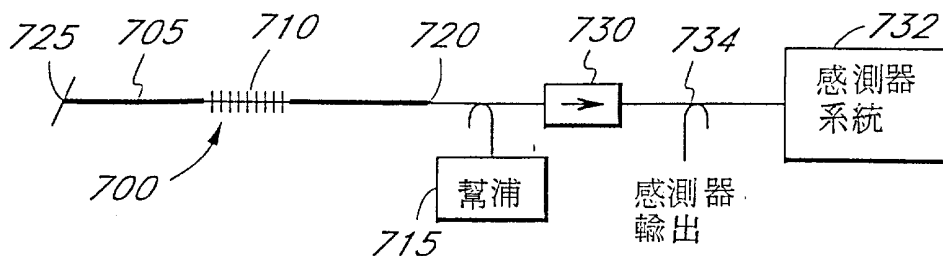
裝

訂

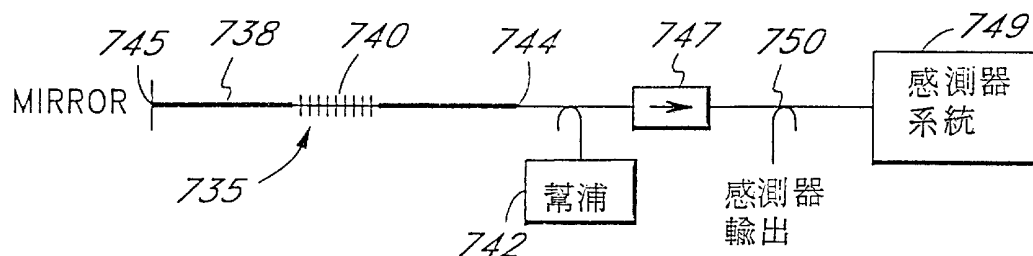
線

圖式

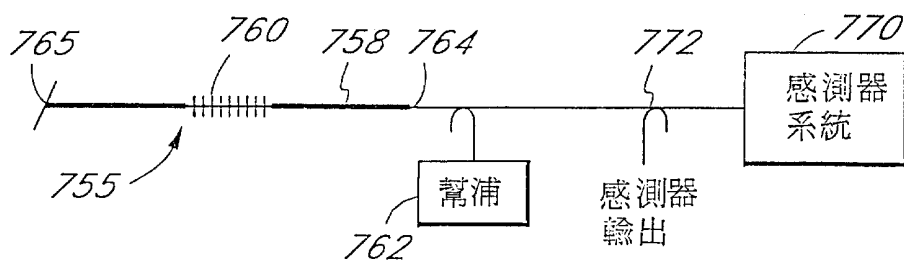
第 7 圖 A



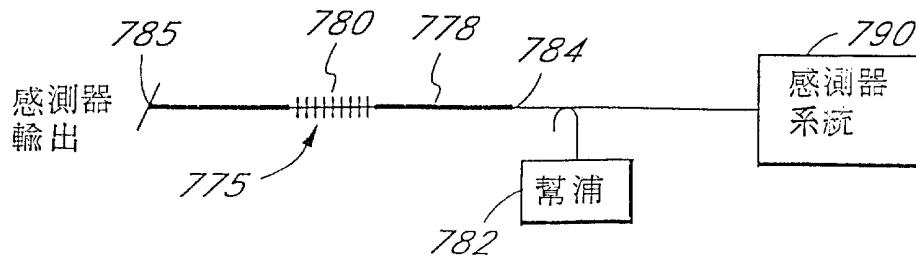
第 7 圖 B



第 7 圖 C



第 7 圖 D



(請先閱讀背面之注意事項)

裝

訂

線

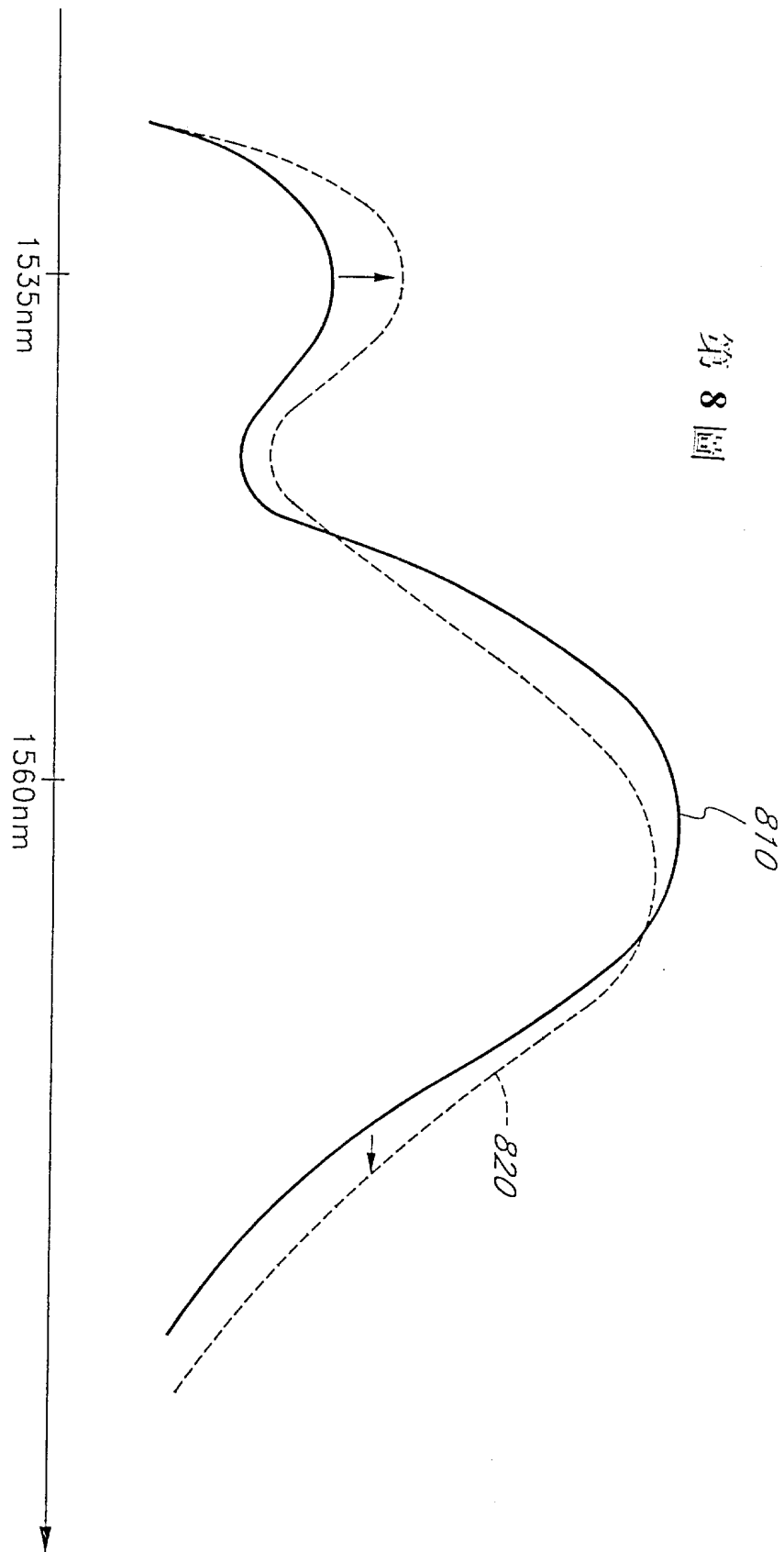
(請先閱讀背面之注意事項再予繪製)

裝

訂

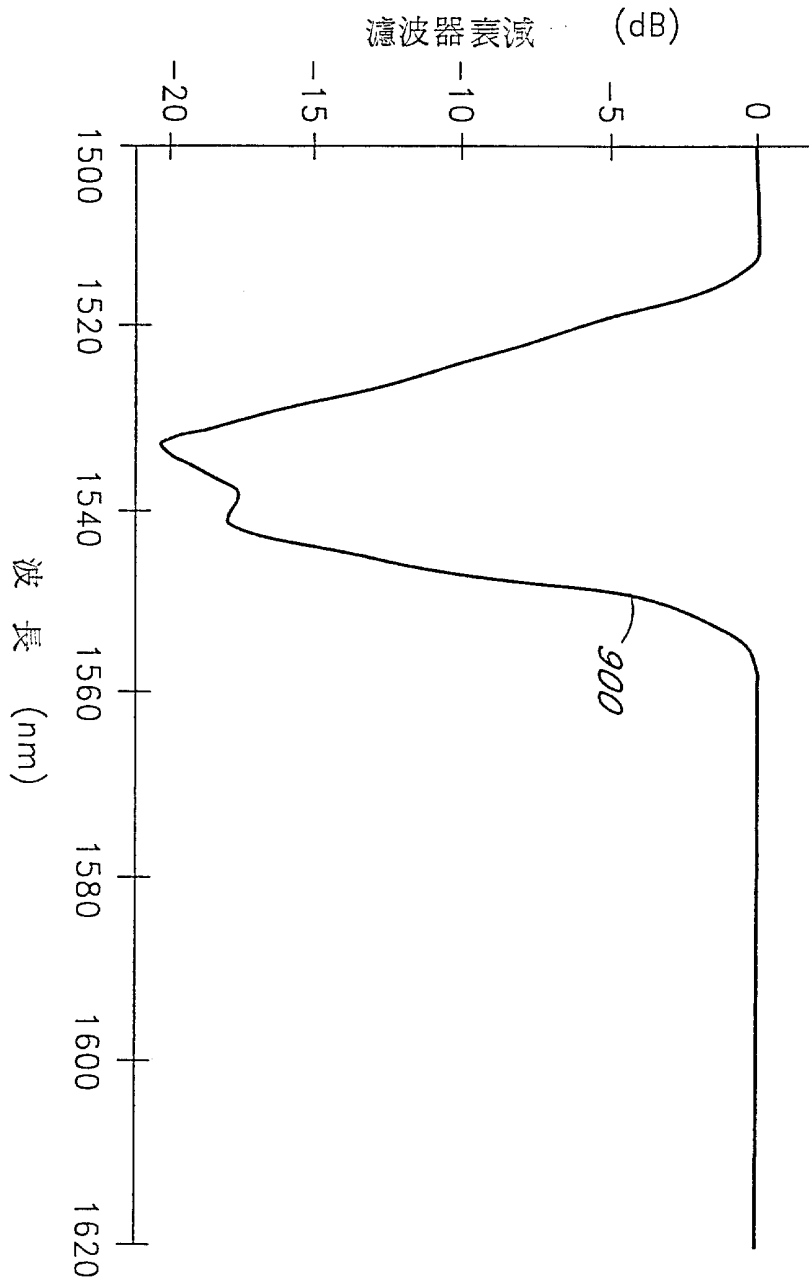
線

圖式



第 8 圖

圖式



第 9 圖

(請先閱讀背面之注意事項再行繪製)

裝

訂

線