



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I448024 B

(45) 公告日：中華民國 103 (2014) 年 08 月 01 日

(21) 申請案號：099131832

(22) 申請日：中華民國 99 (2010) 年 09 月 20 日

(51) Int. Cl. : **H01S3/08 (2006.01)**

(71) 申請人：財團法人工業技術研究院 (中華民國) INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE (TW)

新竹縣竹東鎮中興路 4 段 195 號

(72) 發明人：林士廷 LIN, SHIH TING (TW)；蔡宗祐 TSAI, TZONG YOW (TW)；曹宏熙 CAO, HONG XI (TW)；王芷琳 WANG, CHIH LIN (TW)

(74) 代理人：詹銘文；葉璟宗

(56) 參考文獻：

TW 200924329A

審查人員：謝靜旻

申請專利範圍項數：17 項 圖式數：6 共 0 頁

(54) 名稱

環形迴路光學系統及全光纖式 Q-開關雷射

CIRCULAR LOOP OPTICAL SYSTEM AND ALL-FIBER BASED Q-SWITCHED LASER USING THE SAME

(57) 摘要

一種全光纖式 Q-開關雷射，其包括一雷射共振腔及一環形迴路光學系統。環形迴路光學系統配置於雷射共振腔內，而全光纖式 Q-開關雷射藉由環形迴路光學系統產生一脈衝雷射。環形迴路光學系統包括多個分光元件及一飽和吸收體。藉由對應的第一銜接光纖，分光元件的其中之一與其中之另一耦接。飽和吸收體之兩端分別耦接至分光元件的第二銜接光纖，其中飽和吸收體與分光元件形成一環形迴路，以使另一輔助不飽和光源於環形迴路中傳輸。

An all-fiber based Q-switched laser including a laser resonator and a circular loop optical system is provided. The circular loop optical system is disposed inside the laser resonator, and the all-fiber based Q-switched laser generates a pulse laser by the circular loop optical system. The circular loop optical system includes a plurality of wavelength-division elements and a saturable absorber. By first connecting fibers, one of the wavelength-division elements is connected with another one. Two ends of the saturable absorber are respectively connected to second connecting fibers of the wavelength-division elements, wherein the saturable absorber and the two wavelength-division elements forms a circular loop to restrict an auxiliary unsaturated source in circular loop.

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號： P P 1 3 1 P 3 2

※申請日： 99. 9. 20

※IPC 分類：H01S 3/08 (2006.01)

一、發明名稱：

環形迴路光學系統及全光纖式 Q-開關雷射
CIRCULAR LOOP OPTICAL SYSTEM AND ALL-FIBER
BASED Q-SWITCHED LASER USING THE SAME

二、中文發明摘要：

一種全光纖式 Q-開關雷射，其包括一雷射共振腔及一環形迴路光學系統。環形迴路光學系統配置於雷射共振腔內，而全光纖式 Q-開關雷射藉由環形迴路光學系統產生一脈衝雷射。環形迴路光學系統包括多個分光元件及一飽和吸收體。藉由對應的第一銜接光纖，分光元件的其中之一與其中之另一耦接。飽和吸收體之兩端分別耦接至分光元件的第二銜接光纖，其中飽和吸收體與分光元件形成一環形迴路，以使另一輔助不飽和光源於環形迴路中傳輸。

三、英文發明摘要：

An all-fiber based Q-switched laser including a laser resonator and a circular loop optical system is provided. The circular loop optical system is disposed inside the laser resonator, and the all-fiber based Q-switched laser generates a pulse laser by the circular loop optical system. The

circular loop optical system includes a plurality of wavelength-division elements and a saturable absorber. By first connecting fibers, one of the wavelength-division elements is connected with another one. Two ends of the saturable absorber are respectively connected to second connecting fibers of the wavelength-division elements, wherein the saturable absorber and the two wavelength-division elements forms a circular loop to restrict an auxiliary unsaturated source in circular loop.

四、指定代表圖：

(一) 本案之指定代表圖：圖 1(b)

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：

100：環形迴路光學系統

110、120：分光元件

130：飽和吸收體

112a、122a：第一銜接光纖

112b、122b：第二銜接光纖

112c、122c：第三銜接光纖

λ_1 ：第一波長光束

λ_2 ：第二波長光束

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種 Q-開關雷射(Q-switched laser)，且特別是有關於一種全光纖式 Q-開關雷射及其環形迴路光學系統。

【先前技術】

所謂 Q-開關雷射即是高功率脈衝雷射，而 Q-開關則是產生高功率脈衝光的技術。Q-開關的技術又分主動式和被動式。被動式 Q-開關技術是使用一可飽和吸收的材料，放置於雷射共振腔內，雷射一經激發即可自動產生高功率脈衝光，因此被動式 Q-開關雷射又稱飽和吸收 Q-開關雷射。相較於主動式 Q-開關雷射，飽和吸收 Q-開關雷射結構簡單、體積小、成本低。

由於光纖的諸多優點，光纖式脈衝雷射是一新興熱門的研究主題。惟目前市面上常見的光纖式雷射仍存在著部份缺失，諸如傳統光纖雷射種子源為半導體雷射可承受之功率較低，易遭受破壞，以及傳統光纖雷射種子源具有使用壽命等問題。此外，在習知技術中，傳統光纖雷射種子源為耦光系統，需人力耦光，且需要抗反射鍍膜等製程，其成本不易降低。

因此，習知的光纖式脈衝雷射技術仍存有許多缺失，而有待改進，且提供一穩定度高、低成本的全光纖式 Q-開關雷射，實有其必要性。

【發明內容】

本發明提供一種環形迴路光學系統，其適於一全光纖式 Q-開關雷射。所述環形迴路光學系統包括多個分光元件以及一飽和吸收體。每一分光元件包括一第一銜接光纖及一第二銜接光纖。藉由對應的第一銜接光纖，所述分光元件的其中之一與其中之另一耦接。飽和吸收體之兩端分別耦接至藉由對應的第一銜接光纖彼此耦接的分光元件的第二銜接光纖，其中飽和吸收體與藉由對應的第一銜接光纖彼此耦接的分光元件形成一環形迴路，以產生一輔助不飽和光源。

本發明提供一種全光纖式 Q-開關雷射，其包括一雷射共振腔以及上述環形迴路光學系統。環形迴路光學系統配置於雷射共振腔內，而全光纖式 Q-開關雷射藉由環形迴路光學系統產生一脈衝雷射。

為讓本發明之上述特徵能更明顯易懂，下文特舉實施例，並配合所附圖式作詳細說明如下。

【實施方式】

在本發明之範例實施例中，環形迴路光學系統為一加快飽和吸收體快速恢復到不飽和的裝置，其利用一輔助不飽和光源，使飽和吸收體快速達到不飽和狀態，有助於提升 Q-開關雷射之能力，並可達成全光纖式脈衝雷射。

在底下的實施例中，將以摻鉕光纖作為飽和吸收體的範例實施例，任何所屬技術領域中具有通常知識者當知摻

鉅光纖並非用以限定本發明的飽和吸收體。

同時，本發明亦不限定分光元件的型態及種類，舉凡任何可用以分光的光學元件皆為本發明所欲保護之範疇。而為了搭配摻鉅光纖，在本發明之範例實施例中，係選用 1530/1570nm 的分波多工器 (Wavelength-Division Multiplexing, WDM) 作為分光元件，但本發明並不限於此。其中，1530/1570nm WDM 係指適於使波長 1530nm (奈米) 的光源穿透，並反射波長 1570nm 的光源之分波多工器。

圖 1 繪示本發明一實施例之分波多工器及環形迴路光學系統，其中圖 1(a) 為本發明一實施例之分波多工器，而圖 1(b) 為分波多工器與飽和吸收體所形成的環形迴路光學系統。請參考圖 1，在本實施例中，環形迴路光學系統 100 例如包括分光元件 110、120 及一飽和吸收體 130。在此，分光元件 110、120 例如各為一 1530/1570nm WDM，而飽和吸收體 130 例如是一摻鉅光纖，但本發明並不限於此。

圖 1(a) 即繪示圖 1(b) 之分光元件 110。在本實施例中，分光元件 110 包括一第一銜接光纖 112a、一第二銜接光纖 112b 及一第三銜接光纖 112c。在此，分光元件 110 適於使一第一波長光束 λ_1 穿透，並反射一第二波長光束 λ_2 ，如圖 1(a) 所示。類似地，本實施例之分光元件 120 與分光元件 110 具有相同或相似的技術特徵，在此便不再贅述。

在本實施例中，分光元件 110、120 分別藉由其第一銜接光纖 112a、122a 彼此耦接。並且，飽和吸收體 130 之兩端分別耦接至第二銜接光纖 112b、122b，以形成環形

迴路光學系統 100。換句話說，飽和吸收體 130 與藉由第一銜接光纖 112a、122a 彼此耦接的分光元件 110、120 形成一環形迴路，以產生一輔助不飽和光源，即第二波長光束 $\lambda 2$ 。

在本實施例中，若將環形迴路光學系統 100 應用於一全光纖式 Q-開關雷射，則該全光纖式 Q-開關雷射所產生之一雷射光源例如為一具有波長 $\lambda 1$ 的脈衝雷射，而環形迴路光學系統 100 所產生的輔助不飽和光源例如具有波長 $\lambda 2$ 。以摻鉕光纖及 1530/1570nm WDM 為例，波長 $\lambda 1$ 例如是 1530nm，而波長 $\lambda 2$ 例如是 1570nm。換句話說，在本實施例中，全光纖式 Q-開關雷射所產生的雷射光源之波長 $\lambda 1$ 係短於環形迴路光學系統 100 所產生的輔助不飽和光源之波長 $\lambda 2$ 。

詳細而言，圖 2 為本發明一實施例之全光纖式 Q-開關雷射。請參考圖 1 及圖 2，在本實施例中，全光纖式 Q-開關雷射 200 例如包括由兩個光纖光柵 210、220(Fiber Bragg Grating, FBG)所形成的一雷射共振腔、一光結合器 230 (combiner)及圖 1(b)所繪示的環形迴路光學系統 100，其中環形迴路光學系統 100 係配置於雷射共振腔內。

在本實施例中，環形迴路光學系統 100 分別藉由分光元件 110、120 之第三銜接光纖 112c、122c 與光纖光柵 210 及光結合器 230 連接，而光結合器 230 藉由一增益光纖 240 (gain fiber)與光纖光柵 220 連接，其中增益光纖 240 可用以產生雷射。因此，當光結合器 230 接收一激發光源時，

增益光纖 240 之增益介質可獲得能量而產生雷射。在此，光纖光柵 210 是雷射共振腔的反射鏡，可全反射雷射光波之波長 λ_1 ，而光纖光柵 220 則提供一定比例的雷射光波之波長反射，而剩餘比例為雷射輸出 250。

在全光纖式 Q-開關雷射 200 系統中，雷射輸出 250 的光學性質係由兩個光纖光柵 210、220 所形成的共振腔及激發光源所決定。例如，若光結合器 230 所接收的激發光源係由一 980nm 雷射二極體幫浦所產生的能量，則全光纖式 Q-開關雷射 200 系統所產生的雷射之波長例如是 1530nm。

此外，雷射能量累積用的 Q-開關，其目的在於控制雷射光源在共振腔內的能量損耗。藉由能量損耗的控制，在全光纖式 Q-開關雷射 200 的系統輸出端，可產生一脈衝式的雷射輸出 250。

須特別說明的是，在本實施例中，全光纖式 Q-開關雷射 200 係以全光纖式架構及環形迴路光學系統 100 來產生脈衝雷射，而環形迴路光學系統 100 可使飽和吸收體所產生的輔助不飽和光源 λ_2 於環形架構中傳輸，以使飽和吸收體具有快速不飽和之特性，以達到快速關閉的功能。因此，本實施例之全光纖式 Q-開關雷射具有可穩定度高、低成本的良好特性。

進一步而言，以飽和吸收體為摻鉍光纖為例，圖 3 為其吸收及放射光譜圖，而圖 4 為鉍離子的部分能階示意圖。請參照圖 1 至圖 4，在本實施例中，作為飽和吸收體

130 的摻鉕光纖，其吸收波長為 1530nm 的雷射光源(即第一波長 λ_1)並放射波長為 1570nm 的輔助不飽和光源(即第二波長 λ_2)。因此，由圖 1 可知，本實施例之雷射光源可在共振腔中自由穿透，而輔助不飽和光源則被限制在光學系統 100 的環形迴路中。

詳細而言，在全光纖式 Q-開關雷射 200 接收 980nm 的激發光源後，經過一特定時間(例如幾毫秒)，飽和吸收體 130 會吸收雷射光源，使其無法通過環形迴路光學系統 100。之後，飽和吸收體 130 會快速達到飽和，而飽和後，雷射光源即可在環形迴路光學系統 100 中自由穿透，使全光纖式 Q-開關雷射 200 可產生一波長為 1530nm 的脈衝雷射。在此，稱為「開關打開」步驟。

接著，當飽和吸收體 130 因吸收大量雷射光源而達到飽和後，會自發性地放射出多波長的能量光源，而波長 1570nm 的能量光源則為其中之一。是以，在本實施例的系統架構之下，波長 1570nm 的能量光源會被限制在光學系統 100 的環形迴路中，以作為輔助不飽和光源，幫助雷射系統調制，產生波長為 1530nm 的脈衝雷射。在此，稱為「輔助光源產生」步驟。

在上述「開關打開」步驟中，波長 1530nm 的雷射光源之電子數例如可表示為 $N_{a1530}=(N_1-N_2/g)$ ，其中 N_1 、 N_2 分別代表鉕離子能階 $^4I_{15/2}$ 的電子數(底下簡稱為下能階電子數 N_1)及鉕離子能階 $^4I_{13/2}$ 的電子數(底下簡稱為上能階電子數 N_2)，而 g 值則代表圖 3 的光譜圖中吸收值與放射值

的比值。例如，在波長 1530nm 處，其吸收值與放射值相等，即 $g=1$ 。

當飽和吸收體 130 因吸收大量雷射光源而達到飽和後，開關係處於打開狀態，此時 $N_{a1530}=(N_1-N_2/g)$ 會等於 0，而可得到 $N_1/N_2=g=1$ 。另外，由於鉕離子能階系統中上能階電子數 N_2 及下能階電子數 N_1 的總電子數不變，因此 $N_1+N_2=N_T$ ，其中 N_T 代表總電子數。是以，由上述兩關係式 $N_1/N_2=g=1$ 及 $N_1+N_2=N_T$ ，可得到 $N_1=N_2=N_T/2$ 。

在上述「輔助光源產生」步驟中，波長 1570nm 的輔助不飽和光源之電子數例如可表示為 $N_{a1570}=(N_1-N_2/g)$ 。其中，在圖 3 的光譜圖中波長 1570nm 處，其吸收值約為放射值得一半，即 $g=0.5$ 。進而，將 $N_1=N_2=N_T/2$ 及 $g=0.5$ 代入 $N_{a1570}=(N_1-N_2/g)$ 式中，可得到 $N_{a1570}=(N_1-N_2/g)=-N_T/2$ ，其負值代表系統是處於產生光源的增益形式，即代表波長 1570nm 的輔助不飽和光源被產生。

另一方面，當 1570nm 輔助不飽和光源產生經過一段時間後達到 $N_{a1570}=(N_1-N_2/g)=0$ 時，若滿足 $g=0.5$ 及 $N_1+N_2=N_T$ ，則可得到 $N_1=N_T/3$ 、 $N_2=2N_T/3$ 。之後，將上述 $N_1=N_T/3$ 、 $N_2=2N_T/3$ 之關係重新代入 $N_{a1530}=(N_1-N_2/g)$ 式中，則可得到 $N_{a1530}=(N_1-N_2/g)=N_T/3$ 。值得注意的是，此時 N_{a1530} 值不為 0 而為一正值，代表系統開關並非處於打開狀態，而是處於吸收光源的狀態。換句話說，此時飽和吸收體 130 再次進入不飽和狀態，進而吸收雷射光源。在此，稱為「開關關閉」步驟。

換句話說，在全光纖式 Q-開關雷射 200 接收 980nm 的激發光源後，在環形迴路光學系統 100 中，上述「開關打開」步驟、「輔助光源產生」步驟及「開關關閉」步驟會反覆進行，以使全光纖式 Q-開關雷射 200 可產生一波長為 1530nm 的連續脈衝雷射，如圖 5 所示。

須特別說明的是，一般而言，在物質的能階系統中，單一的能階通常會展開為多個子能階。例如，在鉕離子的能階系統中，其上能階 $^4I_{15/2}$ 及下能階 $^4I_{13/2}$ 由物理角度來看，通常會展開成多個子能階(未繪示)。是以，在圖 4 中，電子由鉕離子的上能階 $^4I_{15/2}$ 落至下能階 $^4I_{13/2}$ 時所自發性地放射出的多波長能量光源，可以 15XX nm 表示。該表示方式係代表波長 1530nm 的雷射光源與波長 1570nm 的輔助不飽和光源具有相同數量的上能階電子數 N_1 及相同數量的下能階電子數 N_2 。

換句話說，在本實施例中，環形迴路光學系統 100 為滿足上述「開關打開」步驟、「輔助光源產生」步驟及「開關關閉」步驟的操作，其雷射光源與輔助不飽和光源必須具有相同的上能階電子數及相同的下能階電子數。

圖 5 繪示本發明一實施例之全光纖式 Q-開關雷射所產生的雷射光源之訊號波形圖。請參考圖 5，圖 5(a)所繪示者係該全光纖式 Q-開關雷射藉由環形迴路光學系統 100 經過「開關打開」步驟、「輔助光源產生」步驟及「開關關閉」步驟的循環操作而產生的連續脈衝雷射。而圖 5(b)所繪示者係該等連續脈衝雷射其中之一的訊號波形。

由圖 5 所繪示的雷射光源之訊號波形圖可知，本實施例之全光纖式 Q-開關雷射所產生的雷射光源之波長為 1530nm，且具有良好光學品質。此外，藉由環形迴路光學系統 100 所產生的輔助不飽和光源，飽和吸收體具有快速不飽和之特性，可達到快速關閉的功能。

一般而言，飽和吸收體的材料必須滿足一個先決條件，即是飽和吸收材料的 absorption cross section (σ_a)，必須大於增益介質材料的 stimulated emission cross section (σ_g)，即 $\sigma_a/\sigma_g > 1$ 。而且，兩者的比值 σ_a/σ_g 愈大，飽和吸收 Q-開關的效率愈好。在本發明之範例實施例中，可藉由提高增益光纖內核心面積 A_g 和飽和吸收光纖內核心面積 A_a 的比值，調整此一先決條件為：

$$\frac{\sigma_a A_g}{\sigma_g A_a} > 1$$

由於雷射光源被侷限在光纖內的光纖核心(Fiber Core)中傳輸。藉由提高 A_g ，可降低光束在增益光纖核心內的強度密度。反之，藉由降低 A_g ，可提高光束在飽和吸收光纖核心內的強度密度。因此可加速飽和吸收光纖達到飽和狀態，進而產生雷射脈衝。所以，若飽和吸收材料的 σ_a 小於雷射增益介質的 σ_g ，在本發明之範例實施例中，可藉由提高增益光纖內核心面積 A_g 和飽和吸收光纖內核心面積 A_a 的比值，使全光纖式 Q-開關雷射滿足上述調整後的先決條件。因此，在本發明之範例實施例中，相同的材料可同時作為飽和吸收體與增益介質，並解決材料取得不易的問題。

為達到上述目的，在圖 1 的環形迴路光學系統 100

中，當飽和吸收體 130 以一飽和吸收光纖實施時，飽和吸收光纖之核心面積或直徑可設計為小於第二銜接光纖 112b、122b 之核心面積或直徑，並且當第三銜接光纖 112c、122c 連接至增益光纖 240 時，增益光纖 240 之核心面積或直徑可設計為大於第三銜接光纖 112c、122c 之核心面積或直徑。舉例而言，飽和吸收體 130 之核心直徑例如可設計為 3~20 微米(μm)，第二銜接光纖 112b、122b 之核心直徑例如可設計為 3~30 微米(μm)，而增益光纖之核心直徑例如可設計為 5~30 微米(μm)。

此外，在圖 1 的環形迴路光學系統 100 中，第一銜接光纖 112a、122a、第二銜接光纖 112b、122b 及第三銜接光纖 112c、122c 之核心面積或直徑例如可設計為相同，且系統中每一光纖之連結可使用例如是融接或是對光等方式連結，此連結方式可根據系統之需求決定。

另外，在本發明之範例實施例中，全光纖式 Q-開關雷射亦不侷限於圖 2 之設計架構，圖 6 即繪示本發明其他實施例之全光纖式 Q-開關雷射。在圖 6 中，全光纖式 Q-開關雷射 200'、200'' 皆可產生波長為 1530nm 的連續脈衝雷射，且利用環形迴路光學系統 100，可使飽和吸收體具有快速不飽和之特性，以達到快速關閉的功能，相同或相似之處在此便不再贅述。此外，圖 1 之環形迴路光學系統 100 例如適於應用在 1020nm 至 1600nm 的波長範圍之雷射系統，但本發明並不限於此。

綜上所述，在本發明之範例實施例中，全光纖式 Q-

開關雷射利用環形迴路光學系統，以飽和吸收體所產生的一輔助不飽和光源，使其於環形架構中傳輸，並利用輔助不飽和光源與雷射具有相同上下能階電子數之特性，以使飽和吸收體具有快速不飽和之特性，以達到快速關閉的功能。

雖然本發明已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，故本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

圖 1 繪示本發明一實施例之分波多工器及環形迴路光學系統。

圖 2 為本發明一實施例之全光纖式 Q-開關雷射。

圖 3 為摻鉕光纖之吸收及放射光譜圖。

圖 4 為鉕離子的部分能階示意圖。

圖 5 繪示本發明一實施例之全光纖式 Q-開關雷射所產生的雷射光源之訊號波形圖。

圖 6 繪示本發明其他實施例之全光纖式 Q-開關雷射。

【主要元件符號說明】

100：環形迴路光學系統

110、120：分光元件

130：飽和吸收體

- 112a、122a：第一銜接光纖
- 112b、122b：第二銜接光纖
- 112c、122c：第三銜接光纖
- λ_1 ：第一波長光束
- λ_2 ：第二波長光束
- 200、200'、200''：全光纖式 Q-開關雷射
- 210、220：光纖光柵
- 230：結合器
- 240：增益光纖
- 250：雷射輸出

103年5月16日 修正 對線 頁本

七、申請專利範圍：

1. 一種環形迴路光學系統，適於一全光纖式 Q-開關雷射，該環形迴路光學系統包括：

多個分光元件，每一分光元件包括一第一銜接光纖及一第二銜接光纖，藉由對應的該些第一銜接光纖，該些分光元件的其中之一與其中之另一耦接；以及

一飽和吸收體，該飽和吸收體之兩端分別耦接至藉由對應的該些第一銜接光纖彼此耦接的該些分光元件的該些第二銜接光纖，

其中該飽和吸收體與藉由對應的該些第一銜接光纖彼此耦接的該些分光元件形成一環形迴路，以產生一輔助不飽和光源，

其中該些分光元件適於使一第一波長光束穿透，並反射一第二波長光束，其中該全光纖式 Q-開關雷射所產生之一雷射光源具有該第一波長，而該輔助不飽和光源具有該第二波長，

其中該雷射光源之該第一波長短於該輔助不飽和光源之該第二波長。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之環形迴路光學系統，其中該些分光元件包括：

一第一分光元件；

一第二分光元件，該第二分光元件之該第一銜接光纖耦接至該第一分光元件之該第一銜接光纖，

其中該飽和吸收體之兩端分別耦接至該第一分光元

件之該第二銜接光纖與該第二分光元件之該第二銜接光纖，以與該第一及該第二分光元件形成該環形迴路。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之環形迴路光學系統，其中該飽和吸收體之能階系統具有一上能階及一下能階，該雷射光源與該輔助不飽和光源係由該上能階之電子數落至該下能階而產生，其中該雷射光源與該輔助不飽和光源具有相同數量的該上能階之電子數及相同數量的該下能階之電子數。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之環形迴路光學系統，其中該飽和吸收體吸收該雷射光源並放射該輔助不飽和光源。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之環形迴路光學系統，其中該飽和吸收體為一飽和吸收光纖，該飽和吸收光纖之核心面積或直徑小於該第二銜接光纖之核心面積或直徑。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述之環形迴路光學系統，其中該飽和吸收體之核心直徑為 3~20 微米(μm)。

7. 如申請專利範圍第 5 項所述之環形迴路光學系統，其中該第二銜接光纖之核心直徑為 3~30 微米(μm)。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之環形迴路光學系統，其中每一分光元件包括一第三銜接光纖，該第三銜接光纖適於耦接至該全光纖式 Q-開關雷射中之一增益光纖。

9. 如申請專利範圍第 8 項所述之環形迴路光學系統，其中該增益光纖之核心面積或直徑大於該第三銜接光

纖之核心面積或直徑。

10. 如申請專利範圍第 9 項所述之環形迴路光學系統，其中該增益光纖之核心直徑為 5~30 微米(μm)。

11. 如申請專利範圍第 9 項所述之環形迴路光學系統，其中該飽和吸收體為一飽和吸收光纖，該飽和吸收光纖之核心直徑為 3~30 微米(μm)。

12. 如申請專利範圍第 8 項所述之環形迴路光學系統，其中該第一銜接光纖、該第二銜接光纖及該第三銜接光纖之核心面積或直徑相同。

13. 如申請專利範圍第 8 項所述之環形迴路光學系統，其中該飽和吸收體為一飽和吸收光纖，該第一銜接光纖、該第二銜接光纖、該第三銜接光纖、該增益光纖及該飽和吸收光纖以熔接或對光方式連結。

14. 如申請專利範圍第 1 項所述之環形迴路光學系統，其中該飽和吸收體為一摻鉕光纖。

15. 如申請專利範圍第 1 項所述之環形迴路光學系統，其中該些分光元件為分光多工器。

16. 如申請專利範圍第 1 項所述之環形迴路光學系統，其中該環形迴路光學系統適於應用在 1020 奈米(nm)至 1600 奈米(nm)波長範圍之雷射系統。

17. 一種全光纖式 Q-開關雷射，包括：

一雷射共振腔；以及

一如申請專利範圍第 1 項所述之環形迴路光學系統，該環形迴路光學系統配置於該雷射共振腔內，其中該全光

纖式 Q-開關雷射藉由該環形迴路光學系統產生一脈衝雷射。

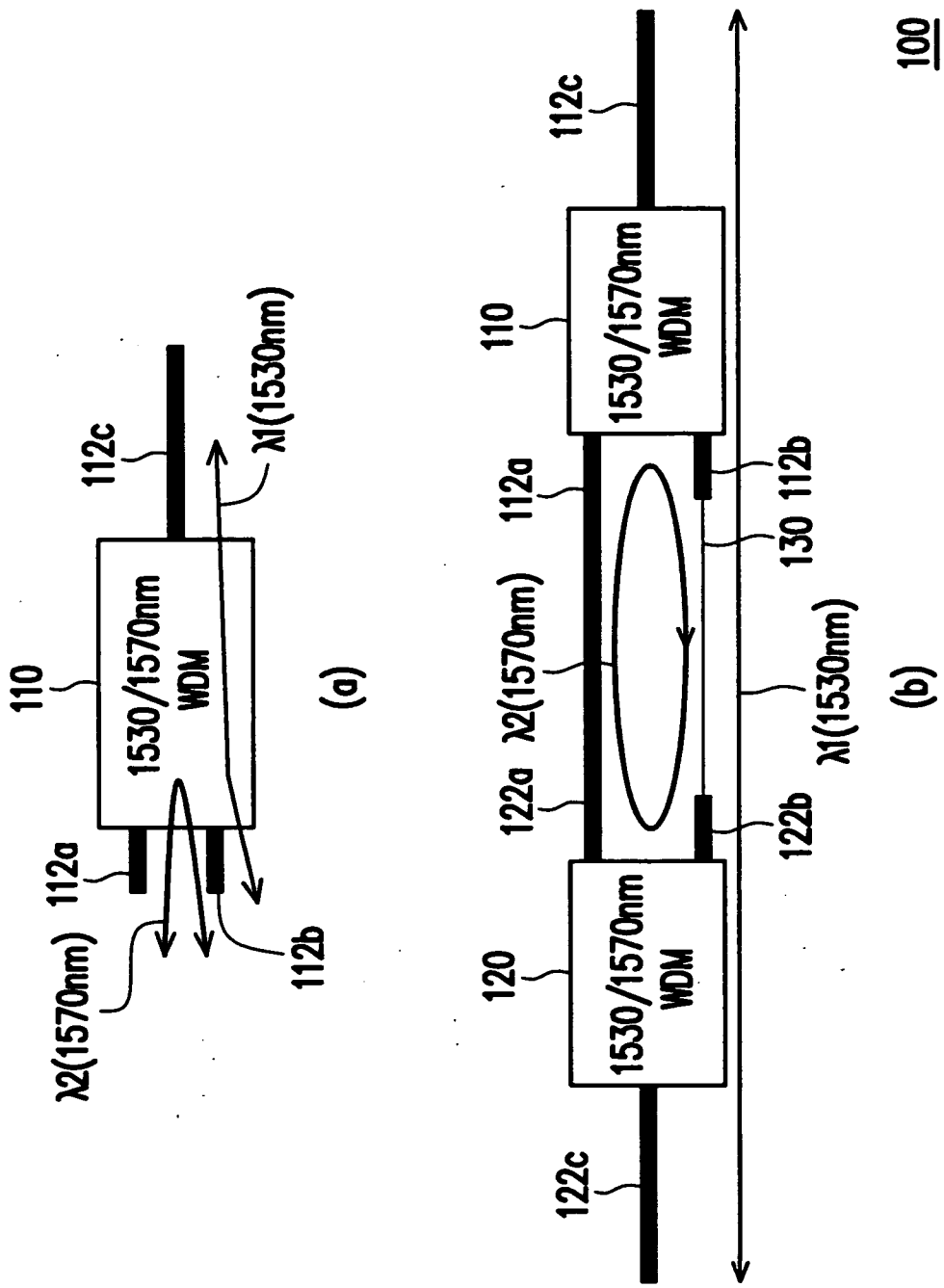


圖 1

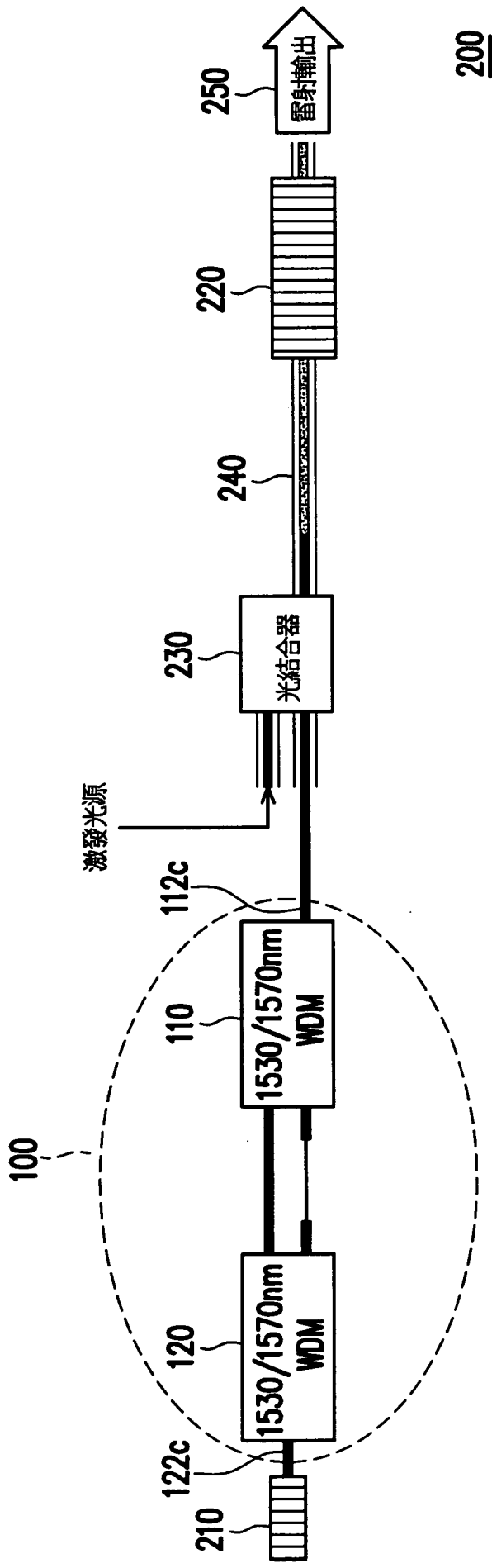


圖 2

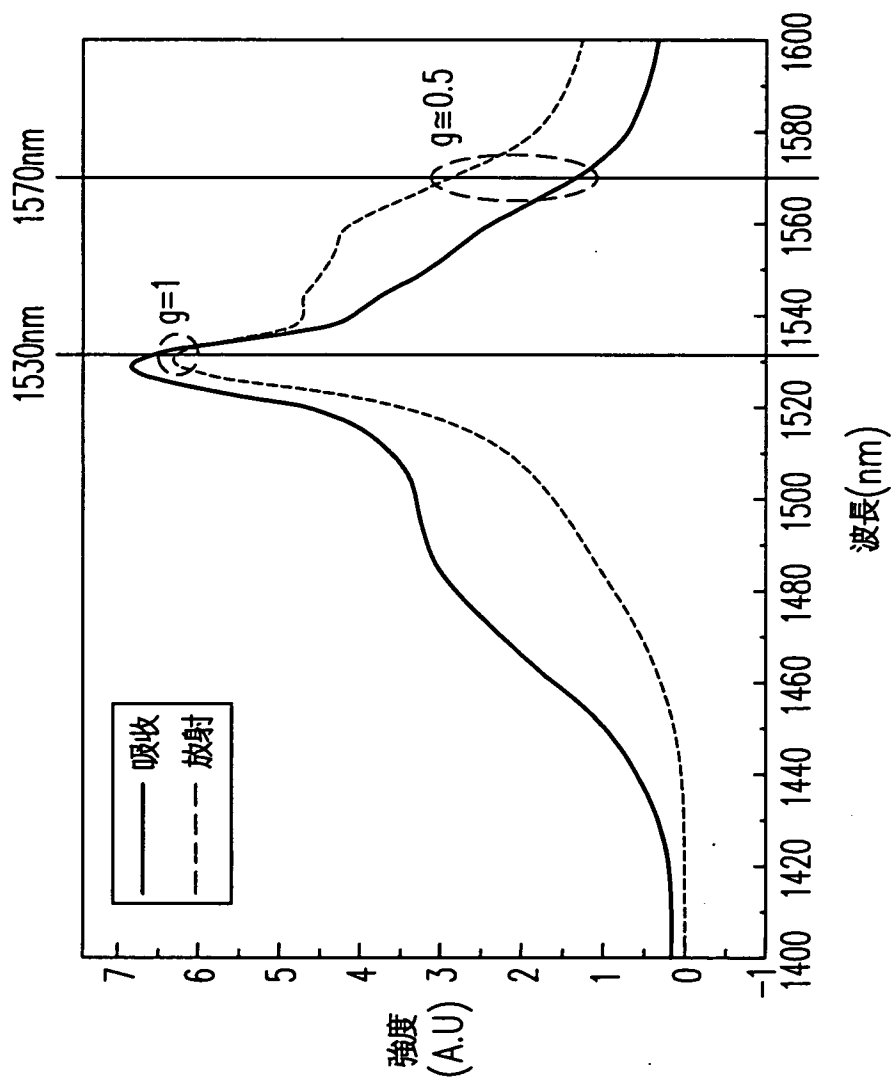


圖 3

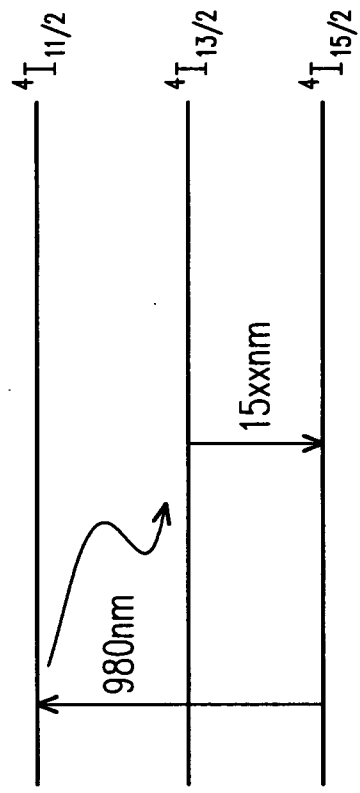
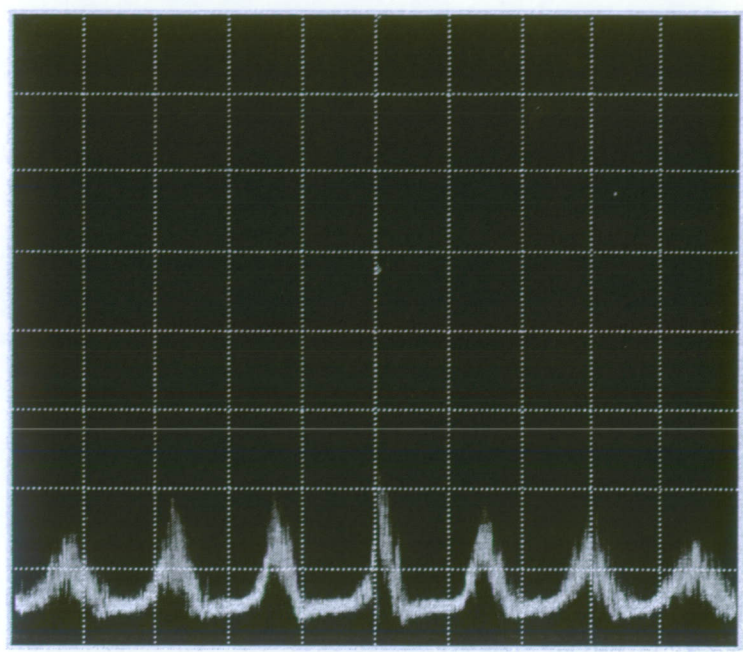


圖 4

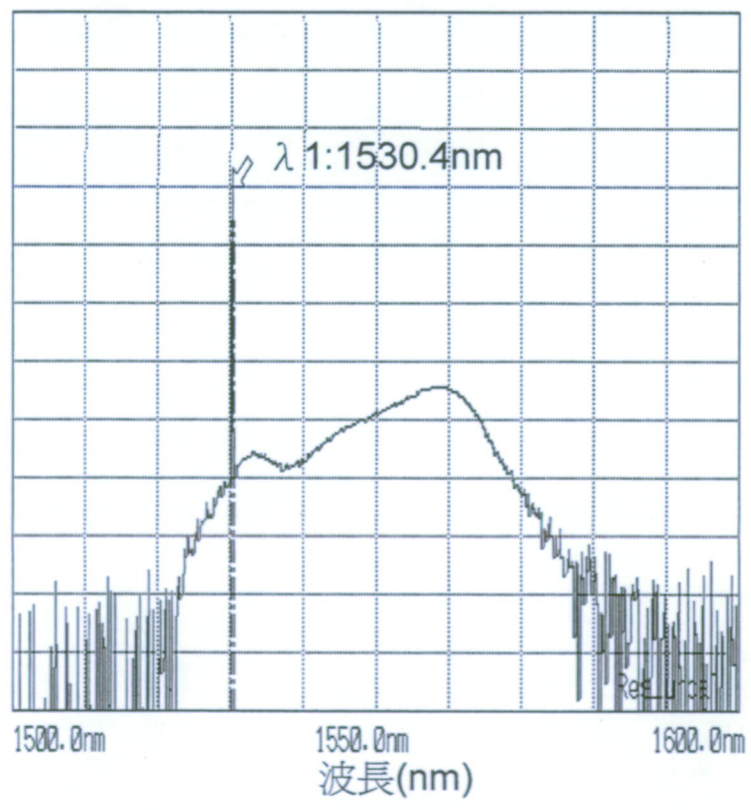
強度
(A.U.)



時間(ms)

(a)

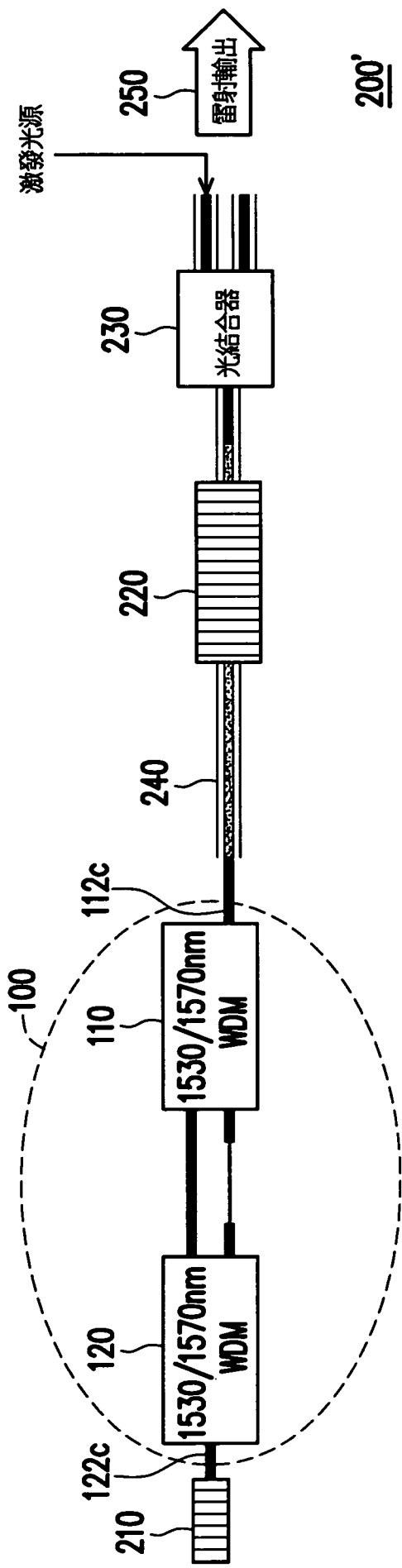
強度
(dBm)



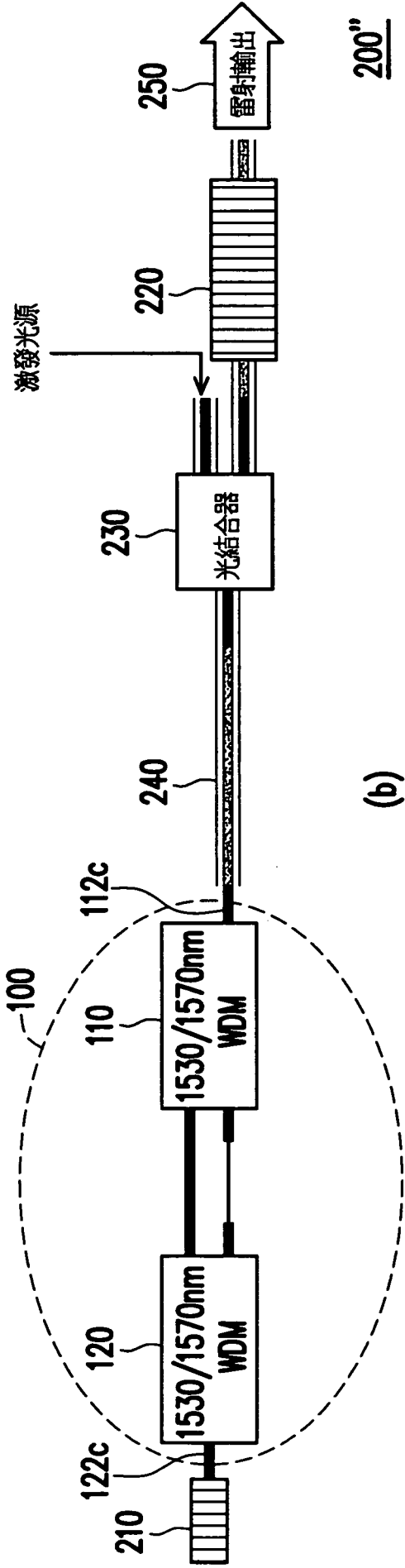
波長(nm)

(b)

圖5



(a)



(b)

圖 6