

**發明專利說明書**

200529522

(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： 93103854

※ 申請日期： 930218

※IPC 分類：H01S 3/098

**壹、發明名稱：**(中文/英文)

利用法布里-珀羅(Fabry-Perot)雷射二極體之快速波長可調雷射系統

FAST WAVELENGTH-TUNABLE LASER SYSTEM USING FABRY-

PEROT LASER DIODE

**貳、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

國 籍：(中文/英文)

中華民國/R.O.C

**參、發明人：**(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 祁甦/CHI SIEN

2. 李健仲/LEE CHIEN-CHUNG

3. 葉建宏/YEH CHIEN-HUNG

住居所地址：(中文/英文)

1. 新竹市建中一路 25 號 9 樓之 1

2. 花蓮縣花蓮市裕祥路 40 號

3. 台北縣板橋市縣民大道 3 段 79 巷 9 弄 6 號 1 樓

國 籍：(中文/英文)

中華民國/R.O.C

肆、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： 年 月 日。

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利  主張國際優先權：  
【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 本案未在國外申請專利
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

主張國內優先權（專利法第二十五條之一）：  
【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

- 1.
- 2.

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】

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

### 伍、中文發明摘要：

本發明揭示一種以多模波長輸出的法布里-珀羅 (Fabry-Perot) 雷射二極體作為外部注入光源及共振腔來達成快速波長可調之雷射系統，其中波長可調之功能可藉由改變控制外注入式多模法布里-珀羅 (Fabry-Perot) 雷射二極體最大光增益的偏壓而取得波長的反覆切換，藉此系統，可在 3.5 奈米 (nm) 波長範圍內選取 3 個不同的波長，且其旁模壓抑比 (Side-Mode Suppression Ratio) 可大於 19 dB，其波長切換時間亦可達到奈秒 (ns) 的等級。

### 陸、英文發明摘要：

The invention relates to a wavelength-tunable laser system for fast wavelength switching by employing two Fabry-Perot (F-P) lasers with multi-longitudinal-mode wavelength acts as inter-injection light sources and gain cavity. The tuning wavelength is obtained by varying the bias current of two F-P lasers to provide the largest optical gain at the multi-wavelength of the inter-injected sources. The behaviors of 3.5nm tuning range with three wavelengths, the side mode suppression ratio (SMSR) > 19 dB, the variation of output powers are smaller than 0.9 dB and a switching time is approaching at a few nanosecond in this system.

**柒、指定代表圖：**

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

1,1'	法布里-珀羅雷射二極體
2	旋光器
3,3',3'	光耦合器
4	偏光控制器
5	可調式光學濾波器
6	頻譜分析儀
8	摻鉬光纖放大器
9,9'	解多功器
10,10'	光電轉換器
11	數位示波器

**捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：**

## 玖、發明說明：

### 1.發明所屬之技術領域

本發明有關一種快速波長可調雷射系統，且特別地有關一種利用多模波長輸出之法布里-珀羅 (Fabry-Perot) 雷射二極體當作外部注入光源及增益共振腔來達成快速波長可調之雷射系統。

### 2.先前技術

習知地，快速波長可調光源在波分多工 (WDM) 系統及光切換應用上常扮演高速及寬帶光源之角色，且在光纖通訊的應用上已相當地廣泛。

近年來，已有若干致力於快速波長可調光源之研究及發展，例如 H. Lin 等人於 2002 年 4 月 16 日所獲准公告之美國專利第 US6373867 B1 號，命名為 "以被動模式鎖定為主，在波導增益介質中之波長可調雷射振盪的產生方法 (Generation of a wavelength-tunable laser oscillation in a wave-guiding gain medium based on passive mode lock)"，Y.-H. Lo 等人於 2002 年 10 月 1 日所獲准公告之美國專利第 US6459709 B1 號，命名為 "波長可調之半導體雷射二極體 (wavelength-tunable semiconductor laser diode)"，及 Y. Sakata 等人於 1994 年 2 月 8 日所獲准公告之美國專利第 US5284791 號，命名為 "可調半導體雷射之製作方法 (Method of making tunable semiconductor laser)"。然而，在上述專利上，均需根據應用來設計複雜的結構，因為該等雷射光源的波段會受限於不同的多模雷射二極體之輸出。

大致地，所謂波分多工(WDM)系統，係指在光學通訊系統內，將幾種分離的已調光波信號在一根光纖中同時傳輸的過程，因每一信號的光譜均移一適當的量，故不同信號的光譜間不會疊加，它靠具有不同中心頻率的若干光源進行傳輸，而在接收時又用濾光器將不同信號分離出來。而所使用之光源一般均使用法布里-珀羅雷射二極體(Fabry-Perot Laser Diode)，其中該雷射二極體係利用法布里-珀羅干擾原理，亦即，利用在二鏡片間相互反射之電磁波因干擾產生駐波，此二鏡片間會形成一諧振腔，對某些頻率，有加強之作用，對某些頻率則衰減。此項結構，為雷射之基本元件。但是，目前的缺點是此雷射的波段會受限於不同的多模態法布里-珀羅雷射二極體的輸出，因此，若是要得到不同的頻率輸出，則必須要置放不同中心波長的波布里-珀羅(Fabry-Perot)雷射二極體於此架構中。

所以有必要發展出一種雷射系統，其除了具有簡易之波長可調特性之技術外，無須依靠半導體製程的方式來達成此技術，並且可以依不同波長的需求進而選取不同的法布里-珀羅雷射二極體置於系統中，以達不同頻率的波長快速切換，同時對於波分多工(WDM)系統，可使波長之旁模壓抑比(SMSR)及調諧範圍完全匹配於光纖放大器之有效增益帶寬(available gain bandwidth)。

### 3.發明內容

因此，為了克服上述問題，本發明之目的在於提供一種快速波長可調雷射系統，其係利用多模波長輸出之法布里-

珀羅 (Fabry-Perot) 雷射二極體當作外部注入光源及增益共振腔來達成快速波長可調之雷射系統，藉此，可改變及控制外部注入之多模法布里-珀羅雷射二極體最大光學增益的偏壓，以達到波長之反覆快速切換。

為達成上述目的，根據本發明之一觀點，提供一種快速波長可調雷射系統，用於波分多工網路 (WDM) 中，該系統包含：大於或等於兩個之複數個多模波長輸出的法布里-珀羅 (Fabry-Perot) 二極體，其中該等二極體之一為注入光源，該光源將注入至該等二極體之其餘二極體中；光耦合器，用於耦合該等二極體間之光線，及與該等二極體形成一增益共振腔；一旋波器，其係一反射透射鏡結構，用於傳輸該光源至該等二極體之其餘二極體及輸出該增益共振腔所產生之光線至外部；偏光控制器，用於控制該光線之偏振狀態，使該輸出光線之能量穩定；以及可調式光學濾波器，可調整以用於濾波所不欲波長之光線，及輸出預定波長之光線，其中係藉改變該等二極體之最大光學增益的偏壓來切換波長。

進一步地，根據本發明之上述觀點，該系統尚包含一預定長度之摻鉬光纖，連接於該旋光器，用於輸出該系統預定波長之光線，其中該預定長度係以獲得該光線之最大增益為主；一摻鉬光纖放大器，用於放大該摻鉬光纖之輸出光線及傳輸該放大之輸出光線至一光電轉換器；及光電轉換器，用於接收該放大之輸出光線，利用光電轉換原理將該放大之輸出光線轉換為電性信號供監測分析用。

如上述，根據本發明之系統，可藉由改變注入光源之偏壓來取得波長之反覆切換，而在 3.5 奈米 (nm) 之波長操作範圍中取得三個不同的波長，其旁模壓抑比 (SMSR) 可大於 19 dB 及其波長切換時間可在奈秒 (ns) 之等級。

#### 4. 實施方式

本發明為光纖通訊上的快速可調波長雷射源，利用多模波長輸出的法布里-珀羅 (Fabry-Perot (F-P)) 雷射二極體當作外部注入的光源及增益共振腔來達成一快速可調波長雷射的架構，該可調波長雷射的作用可以藉改變及控制外部注入之多模 F-P 雷射最大光學增益的偏壓以達到波長的反覆快速切換。在本發明的雷射系統架構內，可在 3.5 奈米 (nm) 範圍內選擇出 3 個不同的波長、旁模壓抑比 (Side-Mode Suppression Ratio: SMSR) 大於 19 dB、不同的波長切換時間也可以達到低於次奈秒 (ns) 的等級。在下文中，將以若干實施例予以詳細說明，其中相同元件將以相同符號表示。

實施例：

在系統架構中，發明人提出並證實一種新的可調波長之機制，以此簡單結構來達到快速切換波長的目的，其中係藉改變系統結構上 F-P 雷射二極體的偏壓電流，擇一當作外注光源以達到選取不同波長的功能，藉由調整不同偏壓電流的動作，但是最大的光增益並不一定是出現在 F-P 雷射二極體之中心波長的位置。因此，可以藉此得到 F-P 雷射上縱模波長的最大光增益，並且能夠鎖定住某頻譜之峰值，當成可選擇不同的波段。此調變不同波長的雷射技術



，具有比較簡單結構，直接調變功能，與快速波長切換等優點。

第 1 圖係根據本發明一實施例之利用法布里-珀羅 (F-P) 雷射二極體之快速波長可調雷射系統的概略示意圖，其中包含兩個 F-P 雷射二極體 1, 1'、一旋光器 (Optical Circulator: OC) 2、兩個 1×4 光耦合器 (Coupler) 3, 3'、三個偏光控制器 (Polarization Controller: PC) 4、以及三個可調式光學濾波器 (Optical Tunable Filter: OTF) 5。如第 1 圖中所示，左邊的 F-P 雷射二極體 (LD#1) 1 當作外部注入的光源，並且以注入的 DC 電流與 AC 切換信號來驅動，而 LD#1 的輸出經過旋光器 2、三個偏光控制器 4 及兩個 1×4 光耦合器 3, 3' 後注入右端的 F-P 雷射二極體 (LD#2) 1'。因為此全光纖外部共振腔與主動增益介質是由 LD#2 1' 以及兩個 1×4 光耦合器 3, 3' 所組成，因此需要偏光控制器 4 來控制外部注入光源的偏振狀態以期達到穩定的輸出。此處，所使用的法布里-珀羅雷射二極體 (FP-LD) 1, 1' 有 1.12 nm 的波長間隔模態，且其 20 dB 的頻寬的 10 nm，對此兩個雷射二極體 (LD#2) 而言，當中心波長分別為 1539.12 nm 的連續波 (CW) 輸出時，其操作電流分別為 11 毫安培 (mA) 與 12 mA，而 LD#1 多模波長輸出的光源到 LD#2 之後形成外部共振腔，我們可以在第 1 圖中的 "a" 點上，藉由頻譜分析儀 (OSA) 6 上讀出此些波長可調雷射的頻譜輸出。

為了測量各個波長切換的時間，此雷射系統的輸出需經過一預定長度之摻鉬光纖 7 及摻鉬光纖放大器 (Erbium-

Doped Fiber Amplifier: EDFA)8 後，經由一  $1 \times 2$  光耦合器 3"後，再分別連接到兩個解多功器 (DWDM)上，將此系統架構上所選取到的波長濾出，最後將以光電 (O/E)轉換器 10, 10'，將光信號轉成電信號，然後，將兩個不同波長切換的電信號送入頻寬為 20GHz 的數位示波器 11 以觀察切換的時間 (如圖所示)。其中該摻鉬光纖之預定長度係以獲得該光線之最大增益為主，而該摻鉬光纖放大器則用於掃描不同增益頻譜以監測該系統之光線輸出功率。

第 2 圖係顯示第 1 圖中之法布里-珀羅雷射二極體在不同偏壓電流操作下之光波譜的輸出，藉調整此雷射二極體 1, 1'不同的偏壓電流，可以藉此獲得三個不同的單一縱模光波輸出。由於此二 F-P 雷射二極體 1, 1'的多模輸出頻寬約為 1.12nm，因此可將三個輸出波頻分別設為  $\lambda_1=1538.74\text{nm}$ 、 $\lambda_2=1541.00\text{nm}$ 、 $\lambda_3=1542.08\text{nm}$ ，從第 2 圖中可以看出，輸出的最大增益波長並不是任一 F-P 雷射二極體 1, 1'的操作電流下之中心波段位置，而是由兩個雷射二極體所形成的主動增益介質所決定。由第 3 圖中所示，第 3 圖係顯示第 1 圖系統結構中所選擇出之三個波長的頻譜圖，可以由此系統中選出三個不同波長  $\lambda_1$  至  $\lambda_3$ ，而此兩個雷射二極體操作的偏壓電流如下。 $\lambda_1$ ：  $I_{dc1}=19\text{mA}$ 、 $I_{dc2}=23\text{mA}$ 。 $\lambda_2$ ： $I_{dc1}=20\text{mA}$ 、 $I_{dc2}=23\text{mA}$ 。 $\lambda_3$ ： $I_{dc1}=25\text{mA}$ 、 $I_{dc2}=23\text{mA}$ 。 $\lambda_1 \sim \lambda_3$  的輸出功率分別是 -11.11、-10.9、-10.85dBm，三個波長個別差的功率不到 1dB，且其旁模壓抑比 (SMSR)大於 19dB。以此方法可以架構出一個功率變動小於 0.2dB 且維持穩

定單模波長的輸出，也就是說系統可以在 3.5nm 的操作範圍做快速的切換。

同時也觀察光功率注入量與旁模壓抑比的關係，也就是在不同注入功率下觀察旁模壓抑比的變化情形(而  $\lambda_1 \sim \lambda_3$  分別測量之)。事實上，利用第 1 圖中所示之可調光衰減器 (Variable Optical Attenuator: VOA) 12 衰減外部注入 (LD#1) 的功率來達到此功效，進而測量系統的輸出功率與旁模壓抑比 (SMSR)。第 4 圖顯示第 1 圖系統結構之 SMSR 值相對於不同的外部注入光功率之圖形(而  $\lambda_1 \sim \lambda_3$  分別測量)。藉由觀察得知，SMSR 值在較低注入功率時的值會比較低，但是由於注入的功率足以到影響且重組外部 F-P 雷射二極體共振腔的增益選取，所以可達到旁模壓抑比的功效，也就是說，較低的功率注入常會造成 SMSR 值的減小。F-P 雷射二極體共振腔的輸出波長功率在飽和點過後反而會造成 SMSR 值的衰減，且太低的注入功率不能使雷射提供穩定的輸出。應理解的是，要使三個波長的 SMSR 值比 15 dB 大的話，此結構下的注入功率至少要在 -16.25 dB 以上。

第 5 圖係根據本發明之快速可調雷射結構所調變出的波長切換時間示意圖。我們以 2.5 MHz 的方波訊號且責務週期 (Duty Cycle) 為 97% 下操作，而切換的電流分別在 19 與 25 mA 間來調制 LD#1，也就是說，輸出的波長是在  $\lambda_1$  與  $\lambda_3$  間做切換，從圖中我們也可以清楚看見切換時間小於奈秒 (ns) 的時間。

第 6 圖及第 7 圖分別顯示根據本發明之快速波長可調雷

射系統之其他實施例的結構，其操作的方式與上述之方式相同。其中在第 6 圖中係顯示使用 3 個 F-P 雷射二極體 1, 1', 1''，而去除偏光控制器及光學濾波器，以及在第 7 圖中顯示取代第 1 圖結構中之旋光器之光耦合器 3'' 等效結構。

綜上所述，可瞭解的是，根據本發明之技術可使波長可調之雷射的架構簡易，研製方便。只需選取成本低廉且不同中心波長分佈的 (Fabry-Perot) 雷射二極體來架設即可，此快速波長切換雷射源的輸出波長與光功率街相當的穩定，可以直接應用於光通訊網路中作為光源。此外，根據本發明之此雷射源具備了不同波長的選取、其切換時間可以達到低於次奈秒 (ns) 的等級、架構簡單易於架設、成本經濟化。

惟以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，當不能以此限定本發明實施例之範圍，即大凡依本發明申請專利範圍及說明書內容所作之簡單的等效變化與修正，皆應仍屬本發明專利涵蓋之範圍。

## 5. 圖式簡單說明

本發明之上述及其他目的、特性及優點已在下文結合附圖之詳細說明中呈更明顯，其中相同的元件係以相同的參考符號表示，在圖式中：

第 1 圖係示意圖，顯示根據本發明一實施例之利用法布里-珀羅雷射二極體之快速波長可調雷射系統的概略結構；

第 2 圖係圖形，顯示第 1 圖中之法布里-珀羅雷射二極體在不同偏壓電流操作下之光波頻譜的輸出；

第 3 圖係圖形，顯示在第 1 圖系統結構中所選擇出之三個波長的頻譜圖；

第 4 圖係圖形，顯示第 1 圖系統結構之 SMSR 值相對於不同的外部注入光功率之圖形；

第 5 圖係波形圖，顯示第 1 圖系統結構所調變之波長切換時間；

第 6 圖係示意圖，顯示根據本發明另一實施例之利用法布里-珀羅雷射二極體之快速波長可調雷射系統的概略結構；

第 7 圖係示意圖，顯示根據本發明又一實施例之利用法布里-珀羅雷射二極體之快速波長可調雷射系統的概略結構。

#### 主要部分之代表符號說明

- |         |             |
|---------|-------------|
| 1,1'    | 法布里-珀羅雷射二極體 |
| 2       | 旋光器         |
| 3,3',3' | 光耦合器        |
| 4       | 偏光控制器       |
| 5       | 可調式光學濾波器    |
| 6       | 頻譜分析儀       |
| 7       | 摻鉬光纖        |
| 8       | 摻鉬光纖放大器     |
| 9,9'    | 解多功器        |
| 10,10'  | 光電轉換器       |
| 11      | 數位示波器       |
| 12      | 可調光衰減器      |

**拾、申請專利範圍：**

1. 一種快速波長可調雷射系統，用於波分多工網路(WDM)中，該系統包含：

大於或等於兩個之複數個多模波長輸出的法布里-珀羅(Fabry-Perot)二極體，其中該等二極體之一為注入光源，該光源將注入至該等二極體之其餘二極體中；

光耦合器，用於分光及合光以耦合該等二極體間之光線，及與該等二極體形成一增益共振腔；

一旋波器，其係一反射透射鏡結構，用於傳輸該光源至該等二極體之其餘二極體及用於輸出該增益共振腔所產生之光線至外部；

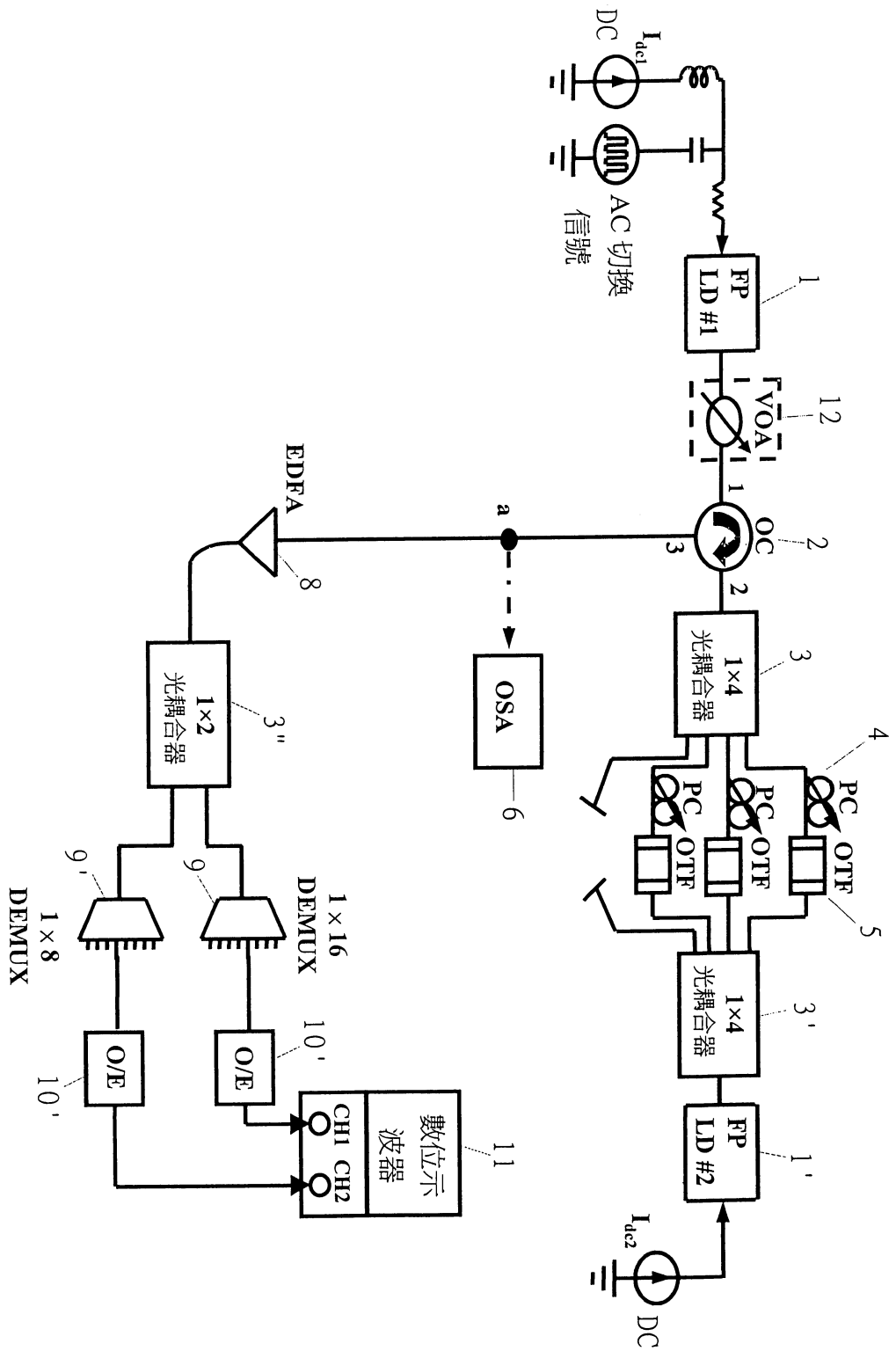
偏光控制器，用於控制該光線之偏振狀態，使該輸出光線之能量穩定；以及

可調式光學濾波器，可調整以用於濾波所不欲波長之光線，及輸出一預定波長之光線。

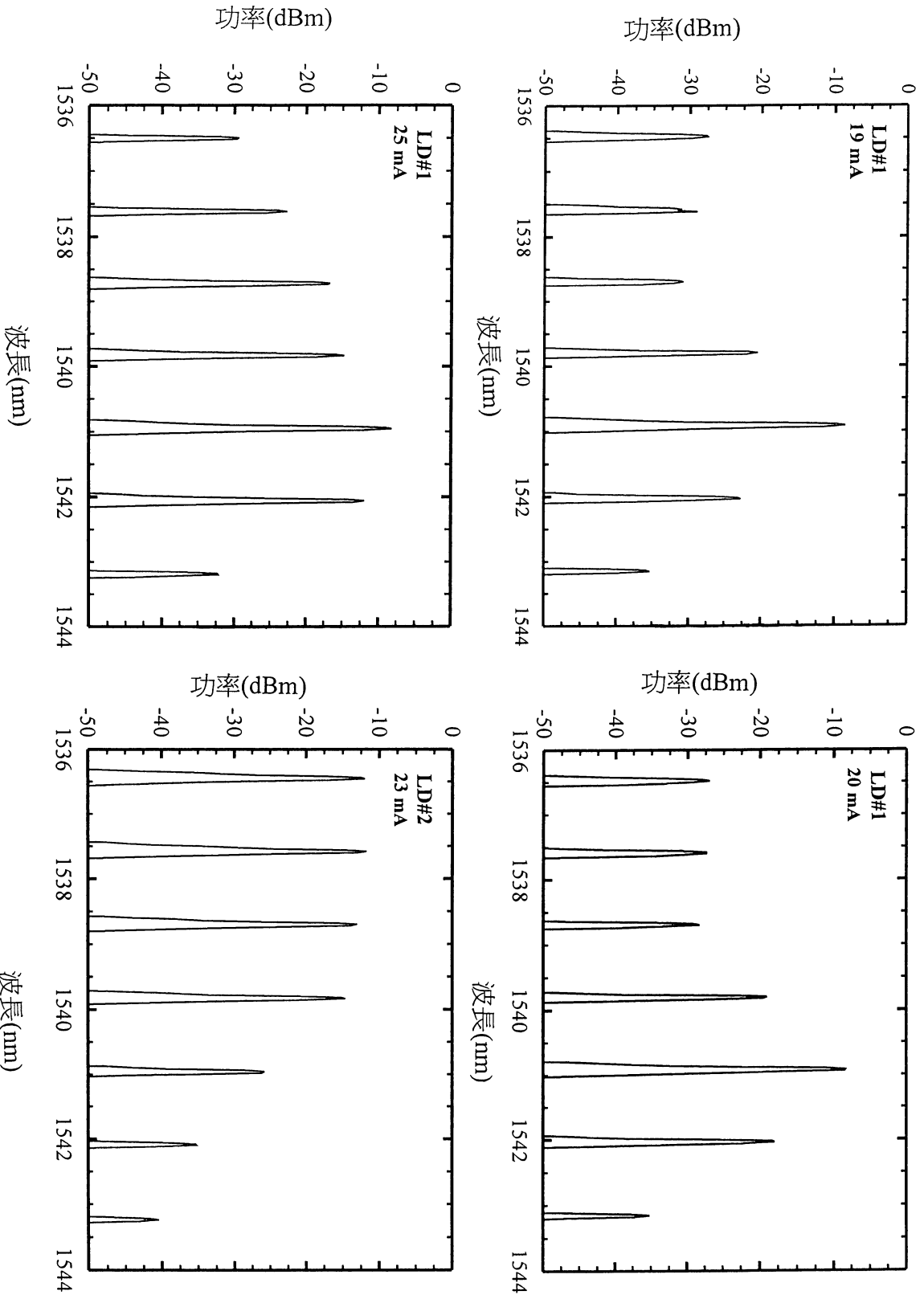
2. 如申請專利範圍第1項之系統，進一步包含一預定長度之摻鉬光纖，連接於該旋光器，用於輸出該系統預定波長之光線，其中該預定長度係以獲得該光線之最大增益為主；一摻鉬光纖放大器，用於放大該摻鉬光纖之輸出光線及傳輸該光線至一光電轉換器；及光電轉換器，用於接收該放大之輸出光線，利用用光電轉換原理將該放大之輸出光線轉換為電性信號供監測分析用。

3. 如申請專利範圍第1或2項之系統，其中該輸出光線含三個不同的波長，該等波長之範圍在3.5奈米(nm)內。

拾壹、圖式：

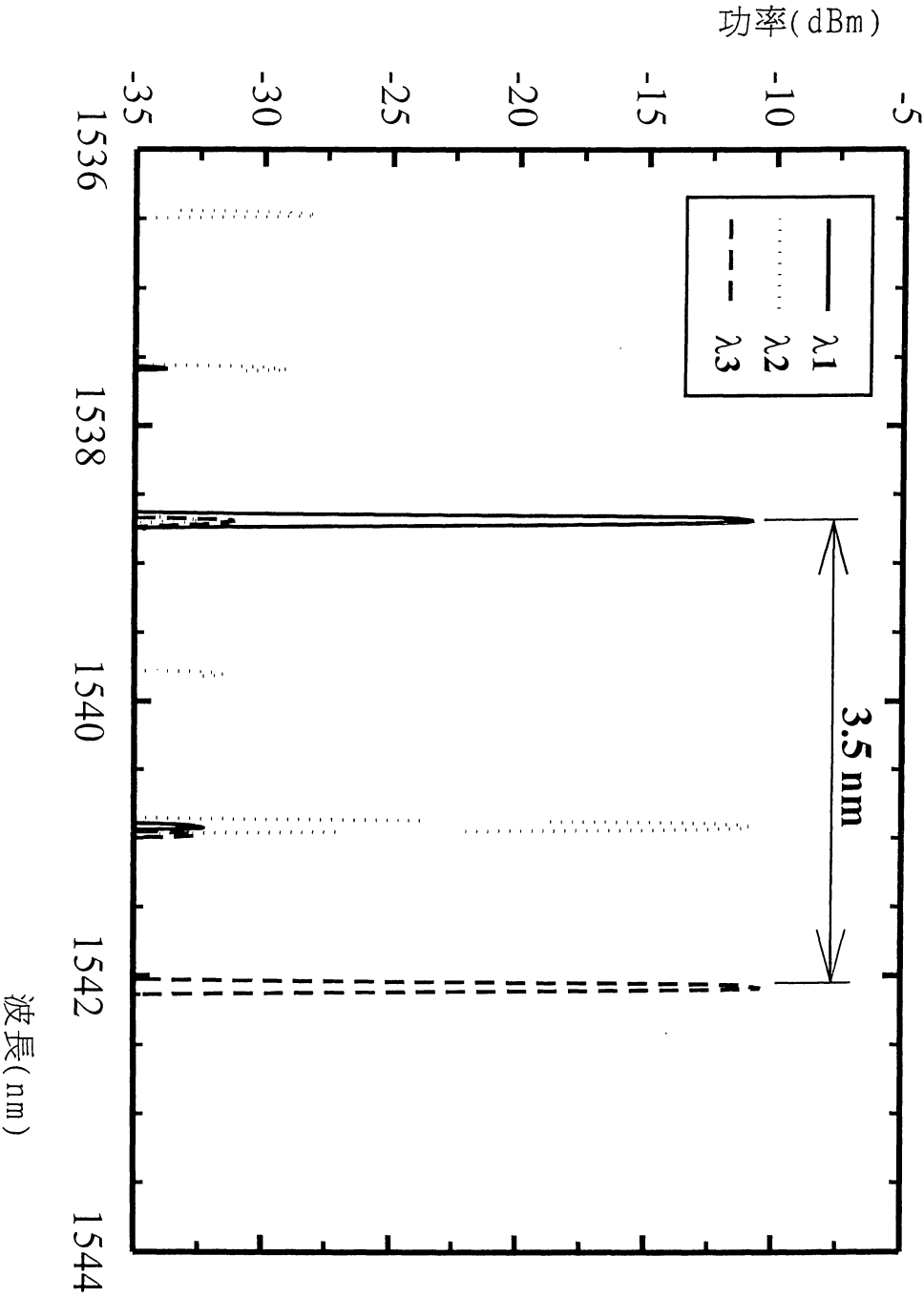


第 1 圖

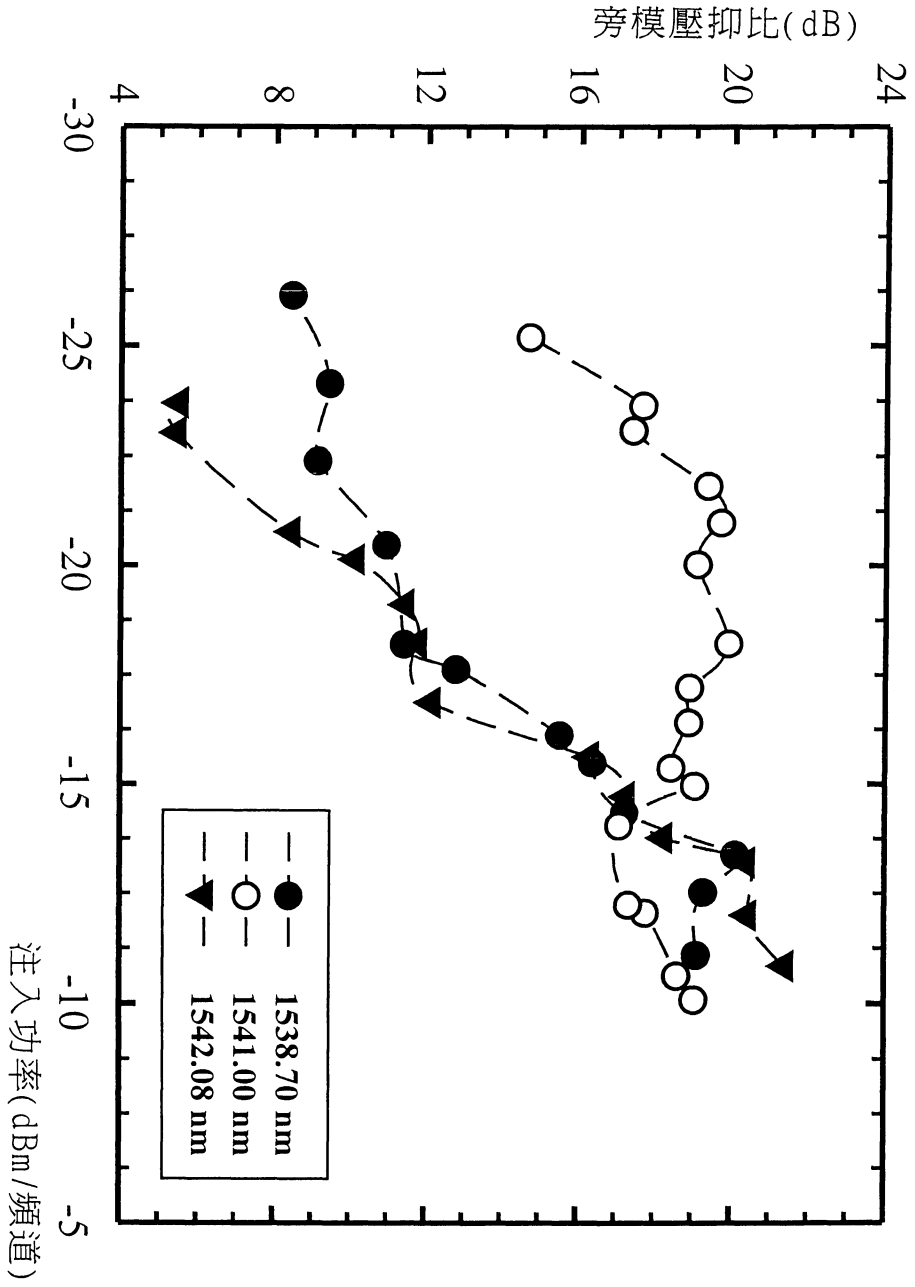


第 2 圖

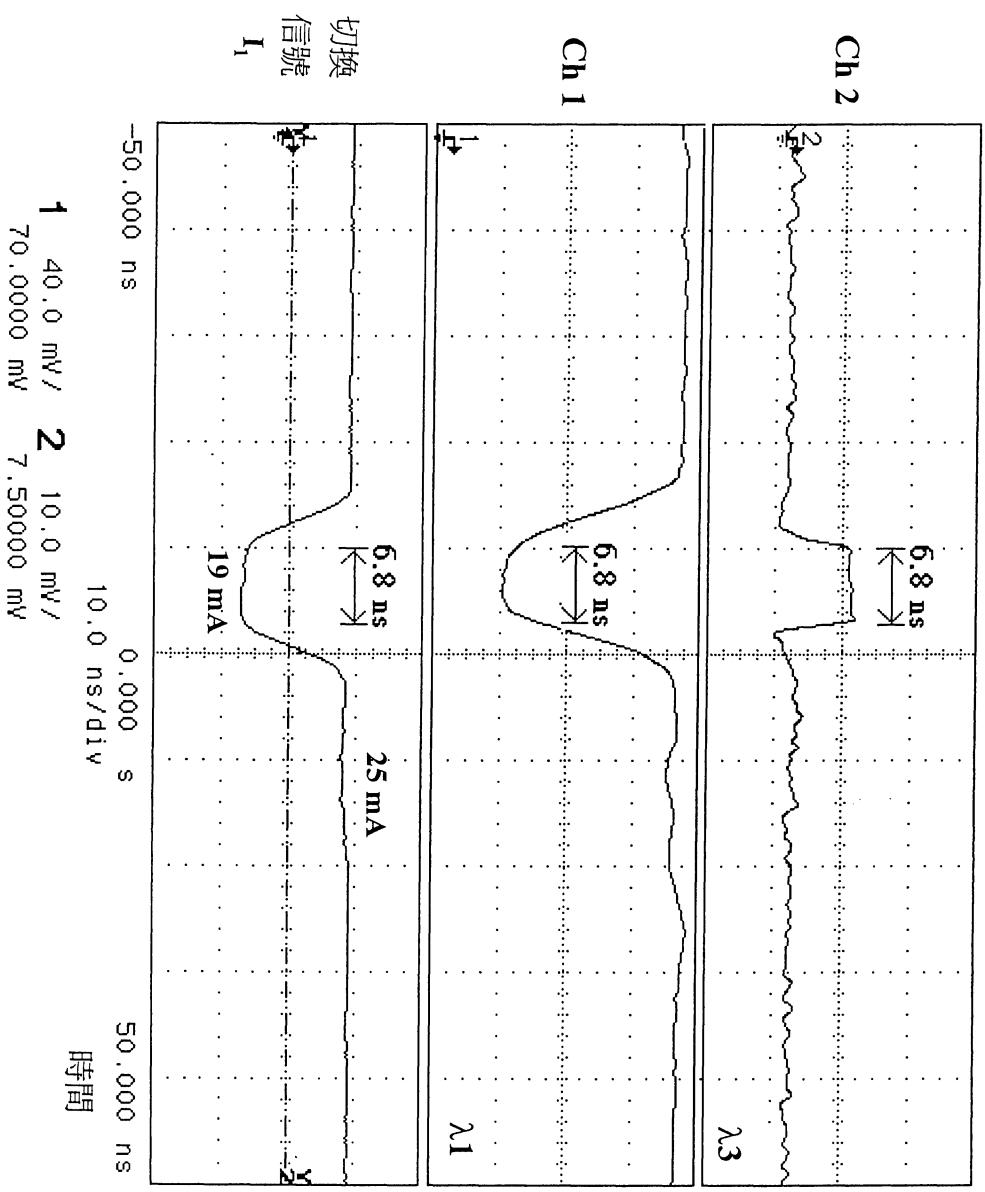




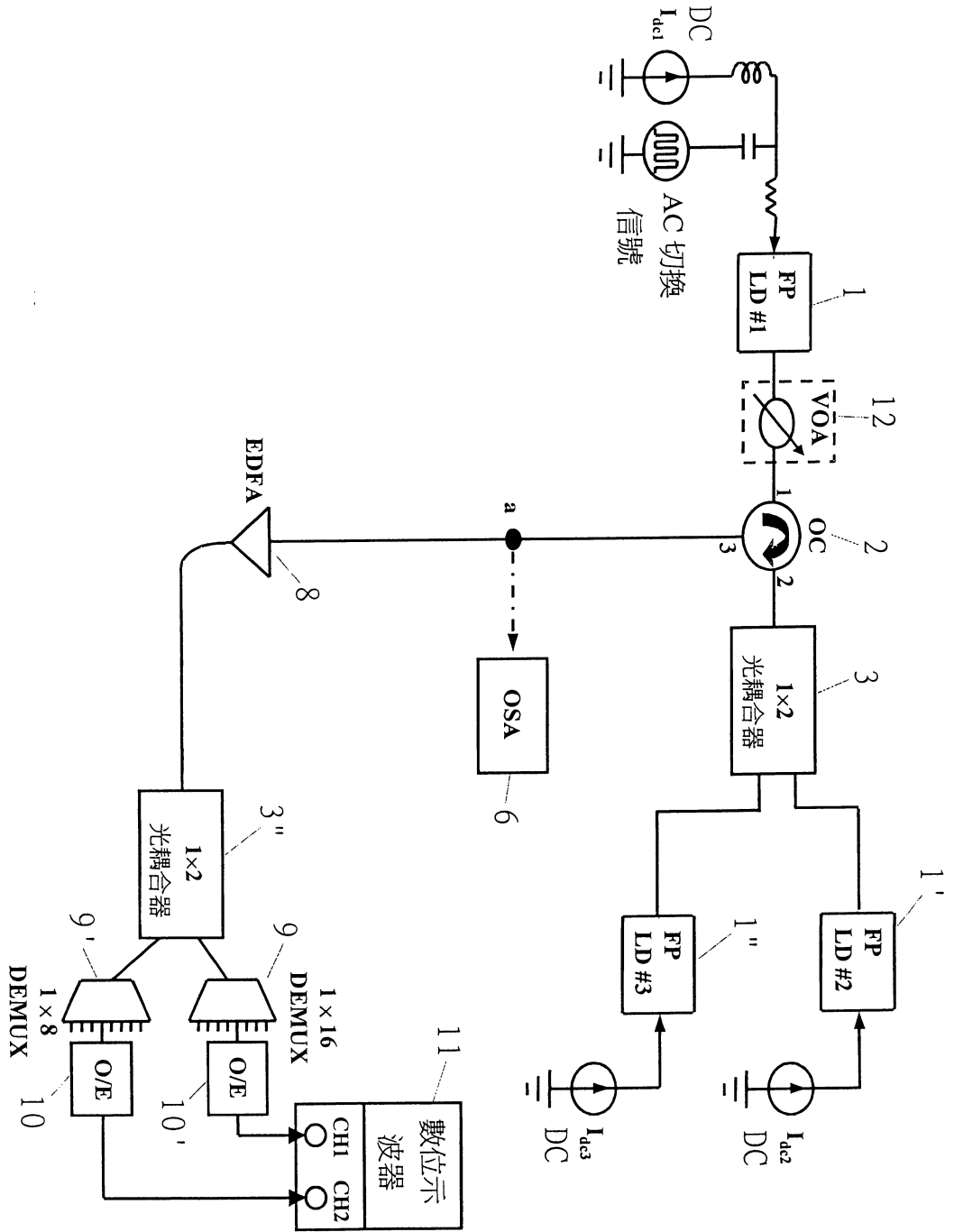
第 3 圖



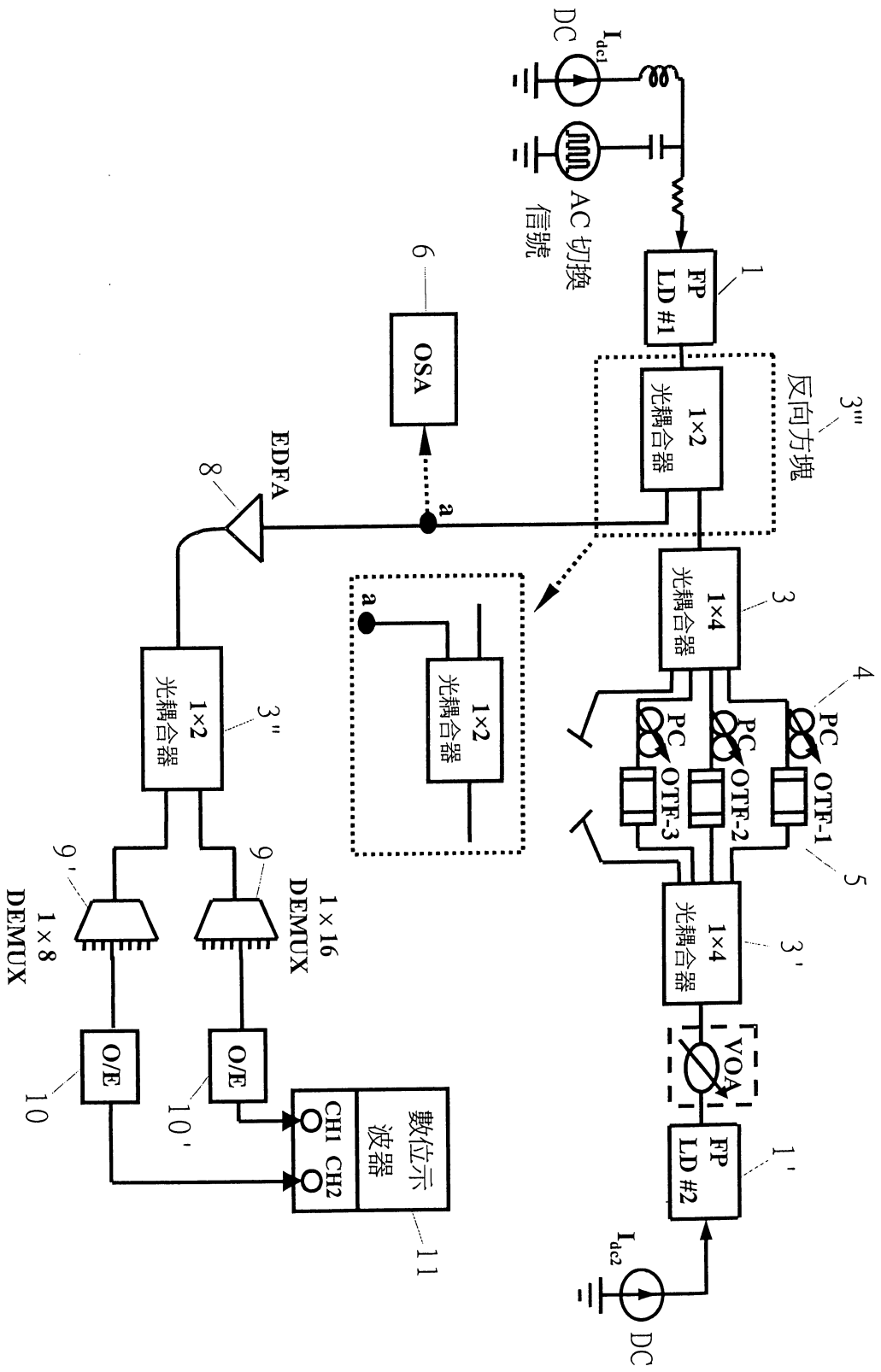
第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖