



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201037379 A1

(43)公開日：中華民國 99 (2010) 年 10 月 16 日

(21)申請案號：098111422

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 04 月 06 日

(51)Int. Cl.:

G02B6/00 (2006.01)

G02F1/365 (2006.01)

(71)申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)

新竹市大學路 1001 號

(72)發明人：陳南光 CHEN, NAN KUANG (TW)；賴映杰 LAI, YINCHIEH (TW)；祁甦 CHI, SIEN (TW)

(74)代理人：蔡清福

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：27 項 圖式數：4 共 21 頁

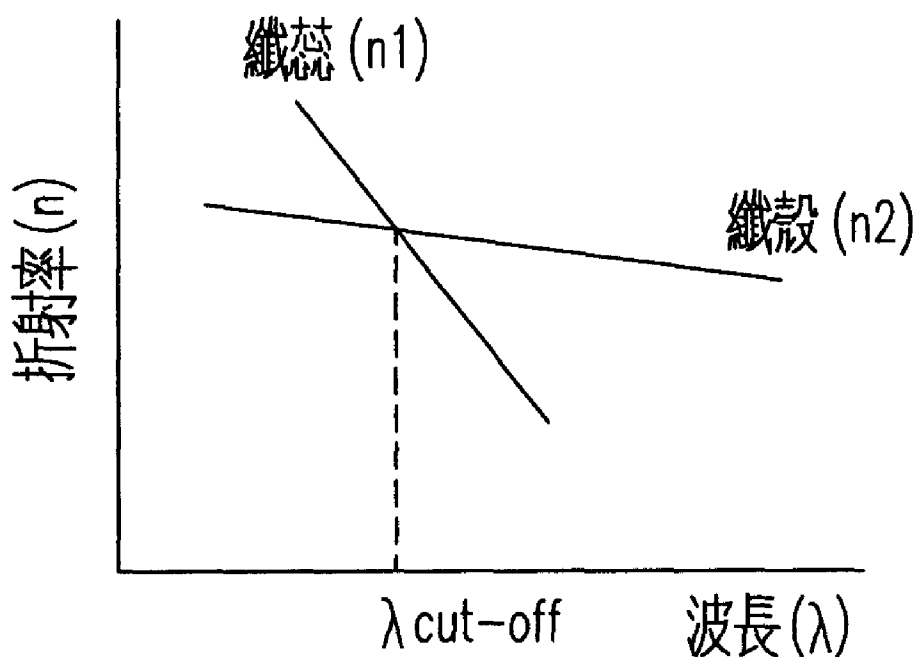
(54)名稱

色散式增益導引光纖、色散式增益導引光纖放大器及色散式增益導引光纖雷射

DISPERSION GAIN GUIDED OPTICAL FIBER、DISPERSION GAIN GUIDED OPTICAL AMPLIFIER AND DISPERSION GAIN GUIDED OPTICAL LASER

(57)摘要

本發明提供一種色散式增益導引光纖，其包含一纖芯，至少含有一光增益摻雜；以及複數個纖殼，包覆該纖芯，其中，因該纖芯與該等纖殼之折射率色散不相同而取得一基態模截止波長；並使得泵浦光利用全內反射機制之折射率導引模式在光纖中傳遞而信號光或雷射光則是依靠折射率反導引及增益導引方式傳遞。再者，基於前述所提及的色散式增益導引光纖，本發明另提出一種色散式增益導引光纖放大器及一種色散式增益導引雷射。



# 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： 98111422

※ 申請日期： 98-04-06

G02B 6/00 (2006.01)

※ IPC 分類：

G02F 3/65 (2006.01)

## 一、發明名稱：

色散式增益導引光纖、色散式增益導引光纖放大器  
及色散式增益導引光纖雷射

## 二、中文發明摘要

本發明提供一種色散式增益導引光纖，其包含一纖芯，至少含有一光增益摻雜；以及複數個纖殼，包覆該纖芯，其中，因該纖芯與該等纖殼之折射率色散不相同而取得一基態模截止波長；並使得泵浦光利用全內反射機制之折射率導引模式在光纖中傳遞而信號光或雷射光則是依靠折射率反導引及增益導引方式傳遞。再者，基於前述所提及的色散式增益導引光纖，本發明另提出一種色散式增益導引光纖放大器及一種色散式增益導引雷射。

## 三、英文發明摘要

The present invention provides a dispersion gain guided optical fiber, comprising a core with an optical gain and a plurality of the claddings surrounding the core, wherein a fundamental cut-off wavelength is obtained since dispersions of

the refractive index of the core are different. The pump light is propagated in fiber based on index-guiding mechanism whereas the signal or laser light is propagated in fiber based on the index-antiguinding, gain-guiding mechanism.

Based on the above-mentioned dispersion gain guided optical fiber, the invention by a dispersion gain guided optical amplifier and a dispersion gain guided optical laser are disclosed.

四、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第(2)圖

(二)、本案代表圖之元件符號簡單說明

無

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種增益光纖，尤指一種色散式增益導引光纖及其運用。

### 【先前技術】

光導纖維或簡作光纖，是一種利用光在玻璃或塑料製成的纖維中的全反射原理而達成的光傳導工具。微細的光纖封裝在塑料護套中，使得它能夠彎曲而不至於斷裂。通常，光纖的一端的發射裝置使用發光二極管(light emitting diode, LED)或一束激光將光脈衝傳送至光纖，光纖的另一端的接收裝置使用光敏元件檢測脈衝。包含光纖的線纜稱為光纜。在日常生活中，由於光在光導纖維的傳導損耗比電在電線傳導的損耗低得多，光纖被用作長距離的信息傳遞。隨著光纖的價格日漸降低，光纖也被用於醫療和娛樂的用途。

光纖的結構為圓形且細如髮絲之玻璃纖維，主要分為兩部分，裏層稱「纖芯(Core)」，通常以玻璃做成；外層稱為「纖殼(Clad)」。因為「光纖」是屬於介質波導之一種，故只要條件許可，也可使用特殊的塑膠材料或液體材料。由於「光纖」的「核心」的直徑只有數個「微米」(百萬分之一米)至數十「微米」，而「纖殼」的直徑也僅在一百至兩百「微

米」之間，其本身相當微弱。因此，在一般應用中，會於外層再鍍上一層塑膠，並再加一層尼龍，以免受到外界化學物質侵蝕。

對於其他光纖的應用方面，已有史丹佛大學揭露一種 High-Power Gain-Guided Fiber Lasers，當光纖摻雜某特定如鉕(erbium)稀土元素(rare-earth elements)作為雷射或導引光纖的增益介質。對於包覆該纖芯之外層纖殼摻雜某特定如鉕(erbium)稀土元素，基於纖芯折射率低於纖殼折射率條件下，需透過纏繞在該光纖上的閃光燈的激發脈衝以進行居量反轉而產生雷射光束。

可惜地是，閃光燈所產生的光為任意方向放射光束，且無法有效地在核心被激發，也就是量子效率(quantum efficiency)不佳。

基於前述增益光纖的技術已有美國專利 6,844,962B2 揭露出一種關於摻鉕光纖，其中此光纖有色散結構，纖芯也有增益介質，但纖芯非多模。

美國專利 6,636,684 B2，揭露出一種在光纖內的纖芯及纖殼具有不同的反射係數，此光纖有色散結構，但纖芯沒有增益介質。

美國專利 6,751,388 B2 揭露出一種增益導引光纖，但光纖沒有色散結構。

美國專利 7,155,089 B1 可調式濾波器(tunable filter)，其中在光纖有色散結構，但纖芯沒有增益介

質。

是故，綜合前述光纖的缺陋，職是之故，發明人鑑於習知技術之設計缺失，乃經悉心試驗與研究，並一本鍥而不捨之精神，發明出本案「色散式增益導引光纖」，用以改善上述習用手段之缺失。

### 【發明內容】

本發明之目的在於提供一種色散式增益導引光纖，主要在該光纖內的纖芯摻雜一光增益摻雜，是故，因該纖芯與該等纖殼之折射率色散不相同而取得一基態模截止波長。其中，因該纖芯與該等纖殼之折射率色散不相同而取得一基態模截止波長；並使得泵浦光利用全內反射機制之折射率導引模式在光纖中傳遞而信號光或雷射光則是依靠折射率反導引及增益導引方式傳遞。

如前述本發明之色散式增益導引光纖之優勢，本發明另提出一種色散式增益導引光纖放大器及一種色散式增益導引雷射，得藉由下列實施例及圖示說明，俾得本領域具一般知識者更深入之了解其實施方式與優點。

### 【實施方式】

以下詳細地討論目前較佳的實施例。然而應被理解的是，本發明提供許多可適用的發明觀念，而

這些觀念能被體現於很寬廣多樣的特定具體背景中。所討論的特定具體的實施例僅是說明使用本發明的特定方式，而不會限制本發明的範圍。

光纖傳遞光線的基本原理是利用光的全反射原理，也就是當行進於折射率較高的介質內的光線將進入到另一折射率較低的介質的時候，在一定的入射角度範圍之內將出現全反射的現象。換句話說，只有當光從折射率較高的介質射向折射率較低的介質的情況才可能有全反射的現象；反之，則必然有部分光線從折射率較低的介質射入折射率較高的介質。所以，最簡單的光纖結構就是讓一種折射率較高的光芯材料被另一種折射率較低的光殼材料所包覆，傳遞於光芯內的信號光會因為全反射現象而被約束於光殼之內。

根據先前史丹佛大學 High-Power Gain-Guided Fiber Lasers 所揭露的缺失。為了能產生光增益，本領域專業人士提出一種色散式增益導引光纖，如第 1a 圖及第 1b 圖所示，該二圖為色散式增益導引光纖之結構之側視圖及正視圖，由圖中可知，該色散式增益導引光纖 1 包含一纖芯 11，至少含有一光增益摻雜；以及複數個纖殼 12，其包覆該纖芯 11。而對於纖芯 11 所摻雜的光增益摻雜較佳的說明為：該光增益摻雜包含一稀土族元素、該稀土族元素為鉕、鐿、鐳、鈳、鈹、鈦或其任意組合或光增益摻雜包

含如鉻或錳此類型的一過渡元素。一個明顯的現象是，摻雜的濃度越高，光增益的效果越好，而同時其介質的折射率也會相對地提高。

再者，如第 2 圖所示，此圖說明依據波長而所繪示的纖芯 11 與纖殼 12 之間的反射係數  $n_1$  及  $n_2$ 。需說明地，其中以在該色散式增益導引光纖內的纖芯與纖殼的反射係數由於折射率色散不相同，兩折射率係數會交構成一點，亦代表兩反射係數在一特定波長相等。

如第 2 圖所示，此一特定波長稱為一基態模截止波長  $\lambda_{\text{cut-off}}$ 。所以經摻雜光增益摻雜的纖芯 11 與纖殼 12 之間的關係為當一波長小於該基態模截止波長  $\lambda_{\text{cut-off}}$  時，該纖芯 11 之折射率  $n_1$  大於該纖殼  $n_2$  之折射率。當一波長大於該基態模截止波長  $\lambda_{\text{cut-off}}$  時，該纖芯  $n_1$  之折射率小於該纖殼  $n_2$  之折射率。

如第 2 圖所示，當纖芯  $n_1$  之折射率大於該纖殼  $n_2$  之折射率時，在該色散式增益導引光纖 1，一泵浦光在內層之纖芯 11 及外層之纖殼 12 形成全內反射機制而進行折射率導引模式(index-guiding)，而當纖殼  $n_2$  折射率大於該纖芯  $n_1$  之折射率時，則一信號光或一雷射光在該色散式增益導引光纖 1 進行是依靠折射率反導引及增益導引方式傳遞。

基於前述色散式增益導引光纖，本發明提供一



種色散式增益導引光纖放大器 2，如第 3 圖所示，此圖為色散式增益導引光纖放大器之示意圖。其系統架構包含：已摻雜如稀土族元素(例如鉺或鐿，以鉺( $\text{Er}^{+3}$ )為例)或是過渡元素(例如鉻或錳)此類型的一光增益摻雜之一纖芯 21、由一泵浦光源所產生的一泵浦光 22、包覆該纖芯之一纖殼 23 及一信號光 24。

### 實驗原理

色散式增益導引光纖放大器 2 的物理結構和一般單模光纖相似，鉺離子摻雜在色散式增益導引光纖內中央纖芯 21 的部分，而此色散式增益導引光纖的纖芯 21 的直徑約 3~6 微米，此即表示泵浦光 22 和該信號光 24 發生能量交換的地方。其工作原理如下：鉺離子受到外加泵浦光 22 的激發從基態能階躍遷到較高的能階，當入射光進入到色散式增益導引光纖的纖芯 21 中與激態的鉺離子相遇，就會引起受激性輻射(Stimulated Emission)的發生，產生和入射光同相位及極化方向的光子，達成光信號的放大的作用，也就是說，已摻雜鉺的該纖芯 21 用於放大及傳導該信號光 24 及該泵浦光 22，由泵浦光源所產生的泵浦光 22 係用於激發被摻雜在纖芯 21 內的該光增益摻雜以提供光增益至該信號光 24 而產生一具有光增益之信號光 25。最後，由包覆該纖芯 21 之纖殼 23 反射該泵浦光 22、該信號光 24 及該具有

光增益之信號光 25。

承上所述，依前述色散式增益導引光纖內部結構，本發明所提出的色散式增益導引光纖放大器 2 內纖芯 21 與纖殼 23 之間的反射係數與波長的關係如先前第 2 圖所示，在該色散式增益導引光纖內的纖芯 21 與纖殼 23 的反射係數由於折射率色散不相同，兩折射率係數會交構成一點，亦代表兩反射係數在一特定波長相等。(稱為一基態模截止波長  $\lambda_{\text{cut-off}}$ )，所以經摻雜光增益摻雜的纖芯 21 與纖殼 23 之間的關係為當一波長小於該基態模截止波長  $\lambda_{\text{cut-off}}$  時，該纖芯 21 之折射率  $n_1$  大於該纖殼 23 之折射率  $n_2$ 。而當一波長大於該基態模截止波長  $\lambda_{\text{cut-off}}$  時，該纖芯 21 之折射率  $n_1$  小於該纖殼 23 之折射率  $n_2$ 。

延續第 2 圖所示，而對於此色散式增益導引光纖放大器 2 中該纖芯 21 之折射率  $n_1$  於該泵浦光 22 之波長處係大於該纖殼 23 之折射率及該信號光 24 之波長大於該基態模截止波長  $\lambda_{\text{cut-off}}$  及纖芯 21 之折射率  $n_1$  於該信號光 24 之波長處而小於該纖殼 23 之折射率  $n_2$ 。

基於前述色散式增益導引光纖及摻鉍光纖的增益特性與傳統的雷射做結合而發展出摻鉍光纖雷射，本發明亦提供一種色散式增益導引光纖雷射 3，如第 4 圖。由圖中可知，色散式增益導引光纖雷

射 3 之系統架構包含已摻雜如稀土族元素(例如鉺或鏡，以鉺( $\text{Er}^{+3}$ )為例)或是過渡元素(例如鉻或錳)之一纖芯 31、由一泵浦光源所產生的一泵浦光 32、一光學共振腔 33 及包覆該纖芯 31 之一纖殼 34。目前的光纖雷射大多是使用稀土元素作為雷射介質，普遍來說有鉺、鏡、釹、銩等離子。使用鉺元素時，除了其放大的波段與光纖通訊使用的波段一致外，還能進行高效率的放大。

### 實驗原理

在色散式增益導引光纖內的纖芯 31 的一端設置光學共振腔 33，其中該光學共振腔 33 可為一反射鏡、一光纖光柵、或一微光環。之後，用波長 980nm 或 1480nm 之雷射二極體當泵浦雷射光 35(泵浦光)激發，在纖芯 31 內的鉺離子就會產生增益放大而形成光纖雷射以產生一具有光增益之雷射光 32。而該具有光增益之雷射光在該光學共振腔 33 內進行多次來回振盪以產生一具能量較強的雷射光；以及包覆該纖芯 31 之纖殼 34，用於反射該泵浦光 35、該雷射光及該具能量較強的雷射光 32。至此，本發明所提出的光學共振腔之共振波長為可調。

承上所述，依前述色散式增益導引光纖內部結構，本發明所提出的色散式增益導引光纖雷射 3 內纖芯 31 與纖殼 34 之間的反射係數與波長的關係如先前第 2 圖所示，以在該色散式增益導引光纖內的

纖維芯與纖維殼的反射係數由於折射率色散不相同，兩折射率係數會交構成一點，亦代表兩反射係數在一特定波長相等。該色散式增益導引光纖內的纖維芯 31 與纖維殼 34 的反射係數在一特定波長相等(稱為一基態模截止波長  $\lambda_{\text{cut-off}}$ )，所以經摻雜光增益摻雜的纖維芯 31 與纖維殼 34 之間的關係為當一波長小於該基態模截止波長  $\lambda_{\text{cut-off}}$  時，該纖維芯 31 之折射率大於該纖維殼之折射率。當一波長大於該基態模截止波長  $\lambda_{\text{cut-off}}$  時，該纖維芯 31 之折射率小於該纖維殼 34 之折射率。

延續第 2 圖所示，而對於此色散式增益導引光纖雷射 3 中纖維芯 31 與纖維殼 34 之折射率關係為，當該纖維芯 31 之折射率  $n_1$  於該泵浦光 35 之波長處係大於該纖維殼 34 之折射率，當該纖維芯 31 之折射率  $n_1$  於該雷射光之波長處係小於該纖維殼 34 之折射率  $n_2$ 。

雖然本發明已以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作各種更動與潤飾，因此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】

第 1a 圖：色散式增益導引光纖之結構之側視圖。

第 1b 圖：色散式增益導引光纖之結構之正視圖。

第 2 圖：色散式增益導引光纖依據波長而繪示的纖

芯與纖殼之間的反射係數示意圖。

第 3 圖：色散式增益導引光纖放大器之示意圖。

第 4 圖：色散式增益導引光纖雷射之示意圖。

【主要元件符號說明】

- 1 色散式增益導引光纖
- 11 纖芯
- 12 纖殼
- 2 色散式增益導引光纖放大器
- 21 纖芯
- 22 泵浦光
- 23 纖殼
- 24 信號光
- 25 具有光增益之信號光
- 3 色散式增益導引光纖雷射
- 31 纖芯
- 32 泵浦光
- 33 光學共振腔
- 34 纖殼
- 35 泵浦光

## 七、申請專利範圍：

1.一種色散式增益導引光纖，包含：

一纖芯，至少含有一光增益摻雜；以及  
複數個纖殼，包覆該纖芯，其中，因該纖芯與  
該等纖殼之折射率色散不相同而取得一基態模截止  
波長。

2.如申請專利範圍第 1 項之色散式增益導引光纖，  
其中當一波長小於該基態模截止波長時，該纖芯之  
折射率大於該纖殼之折射率。

3.如申請專利範圍第 1 項之增益導引光纖，其中當  
一波長大於該基態模截止波長時，該纖芯之折射率  
小於該纖殼之折射率。

4. 如申請專利範圍第 1 項之色散式增益導引光  
纖，其中該光增益摻雜包含一稀土族元素。

5. 如申請專利範圍第 4 項之色散式增益導引光  
纖，其中該稀土族元素為鉕、鐿、鐳、銩、釷或其  
任意組合。

6.如申請專利範圍第 1 項之色散式增益導引光纖，  
其中該光增益摻雜包含一過渡元素。

7.如申請專利範圍第 6 項之色散式增益導引光纖，  
其中該過渡元素為鉻或錳。

8.一種色散式增益導引光纖放大器，包含：

一纖芯，至少含有一光增益摻雜，用於放大及傳  
導一信號光；

一泵浦光，用於激發該光增益摻雜，提供光增益至該信號光以產生一具有光增益之信號光；以及

一纖殼，包覆該纖芯，用於反射該泵浦光、該信號光及該具有光增益之信號光，其中，因該纖芯與該纖殼之折射率色散不相同而取得一基態模截止波長。

9.如申請專利範圍第 8 項之色散式增益導引光纖放大器，其中該泵浦光之波長短於該基態模截止波長。

10.如申請專利範圍第 9 項之色散式增益導引光纖放大器，其中當該纖芯之折射率於該泵浦光之波長處大於該纖殼之折射率。

11. 如申請專利範圍第 8 項之色散式增益導引光纖放大器，其中該信號光之波長大於該基態模截止波長。

12.如申請專利範圍第 11 項之增益導引光纖放大器，其中當該纖芯之折射率於該信號光之波長處小於該纖殼之折射率。

13.如申請專利範圍第 8 項之色散式增益導引光纖放大器，其中該光增益摻雜包含一稀土族元素。

14.如申請專利範圍第 13 項之色散式增益導引光纖放大器，其中該稀土族元素為鉕、鐿、鐳、銩、釷或其任意組合。

15.如申請專利範圍第 8 項之色散式增益導引光纖放大器，其中該光增益摻雜包含一過渡元素。

16.如申請專利範圍第 15 項之色散式增益導引光纖放大器，其中該過渡元素為鉻或錳。

17.一種色散式增益導引光纖雷射，包含：

一纖芯，至少含有一光增益摻雜，用於放大及傳導一雷射光；

一泵浦光，用於激發該光增益摻雜，提供光增益至該雷射光以產生一具有光增益之雷射光；

一光學共振腔，其中該具有光增益之雷射光在該光學共振腔內進行多次來回振盪以產生一具能量較強的雷射光；以及

一纖殼，包覆該纖芯，用於反射該泵浦光、該雷射光及該具能量較強的雷射光，其中，因該纖芯與該纖殼之折射率色散不相同而取得一基態模截止波長。

18.如申請專利範圍第 17 項之色散式增益導引光纖雷射，其中該泵浦光之波長小於該基態模截止波長。

19.如申請專利範圍第 18 項之色散式增益導引光纖雷射，其中當該纖芯之折射率於該泵浦光之波長處係大於該纖殼之折射率。

20. 如申請專利範圍第 17 項之色散式增益導引光纖雷射，其中該雷射光之波長大於該基態模截止波長。

21.如申請專利範圍第 20 項之色散式增益導引光纖雷射，其中當該纖芯之折射率於該雷射光之波長處



係小於該纖殼之折射率。

22.如申請專利範圍第 17 項之色散式增益導引光纖雷射，其中該光增益摻雜包含一稀土族元素。

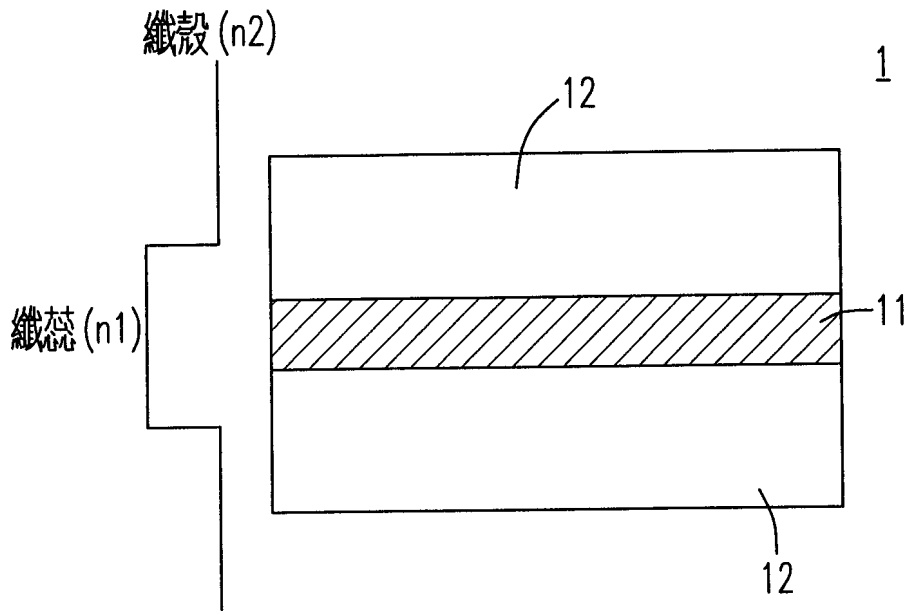
23.如申請專利範圍第 22 項之色散式增益導引光纖雷射，其中該稀土族元素為鉕、鐿、鐳、鈳或其任意組合。

24.如申請專利範圍第 17 項之色散式增益導引光纖雷射，其中該光增益摻雜包含一過渡元素。

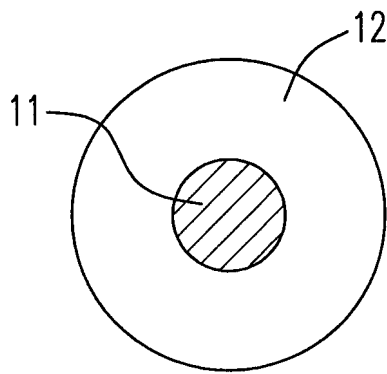
25.如申請專利範圍第 24 項之色散式增益導引光纖雷射，其中該過渡元素為鉻或錳。

26.如申請專利範圍第 17 項之色散式增益導引光纖雷射，其中該光學共振腔為一反射鏡、一光纖光柵、或一微光環。

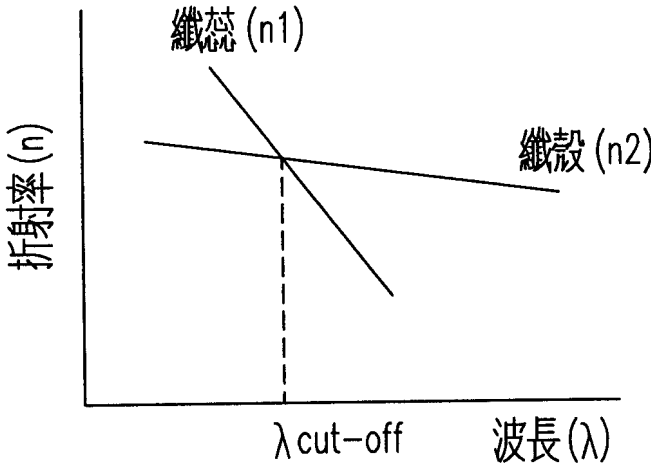
27.如申請專利範圍第 17 項之色散式增益導引光纖雷射，其中該光學共振腔之共振波長為可調。



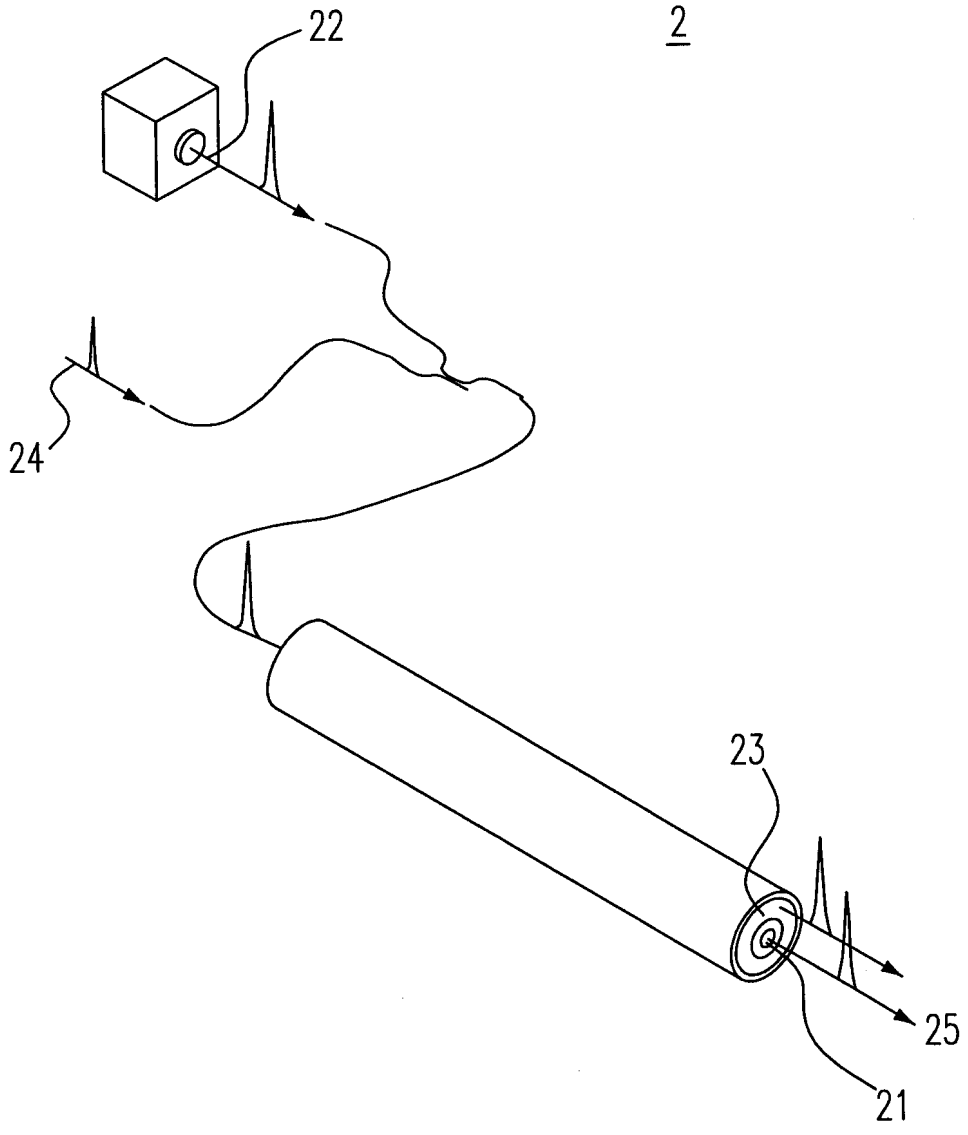
第1a圖



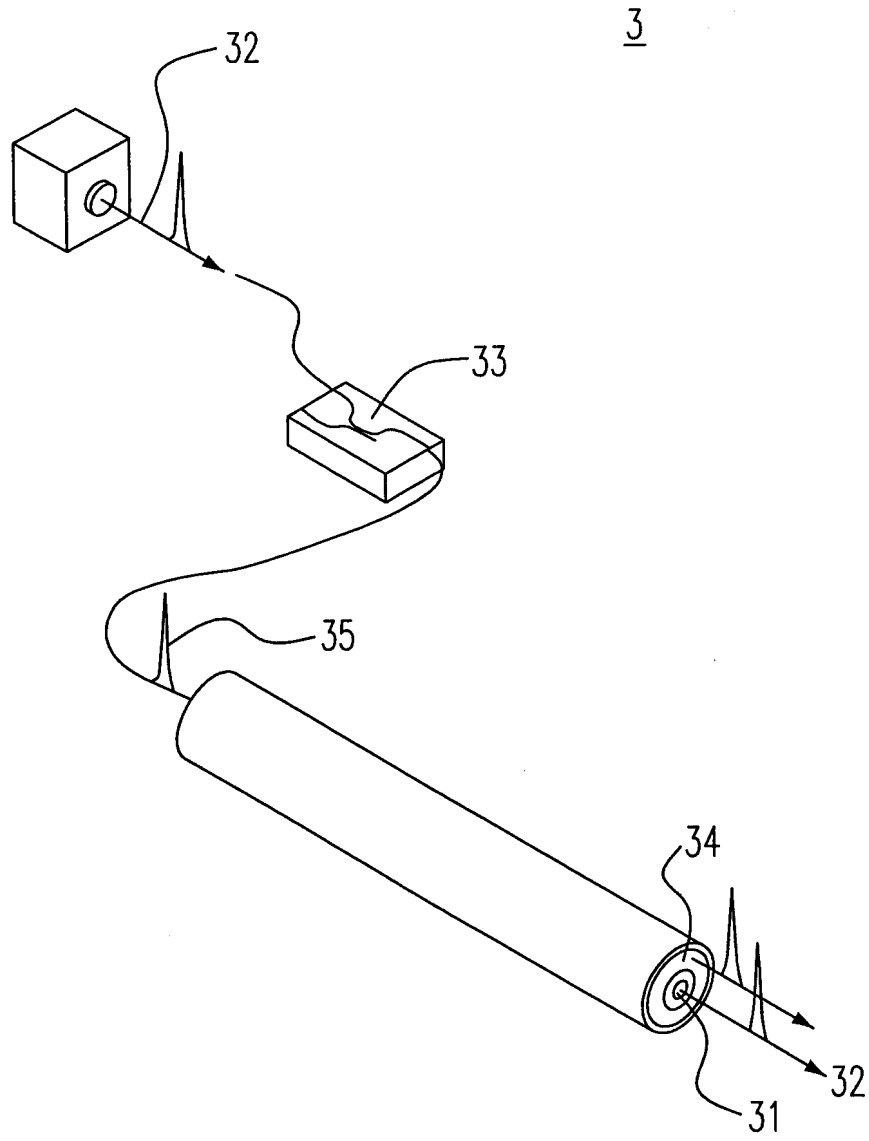
第1b圖



第 2 圖



第3圖



第4圖

# 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：98111422

※申請日期：98. 9. 6

G02B 6/00 (2006.01)

※IPC 分類：

G02F 1/365 (2006.01)

## 一、發明名稱：

色散式增益導引光纖、色散式增益導引光纖放大器及色散式增益導引光纖雷射/dispersion gain guided optical fiber, dispersion gain guided optical amplifier and dispersion gain guided optical laser

## 二、中文發明摘要

本發明提供一種色散式增益導引光纖，其包含一纖芯，至少含有一光增益摻雜；以及複數個纖殼，包覆該纖芯，其中，因該纖芯與該等纖殼之折射率色散不相同而取得一基態模截止波長；並使得泵浦光利用全內反射機制之折射率導引模式在光纖中傳遞而信號光或雷射光則是依靠折射率反導引及增益導引方式傳遞。再者，基於前述所提及的色散式增益導引光纖，本發明另提出一種色散式增益導引光纖放大器及一種色散式增益導引雷射。

## 三、英文發明摘要

The present invention provides a dispersion gain guided optical fiber, comprising a core with an optical gain and a plurality of the claddings surrounding the core, wherein a fundamental cut-off wavelength is obtained since dispersions of