



(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 I408481B1

(45) 公告日：中華民國 102 (2013) 年 09 月 11 日

(21) 申請案號：098132171

(22) 申請日：中華民國 98 (2009) 年 09 月 23 日

(51) Int. Cl. : G02F1/35 (2006.01)

G02F1/37 (2006.01)

H01S3/109 (2006.01)

(71) 申請人：國立台灣大學 (中華民國) NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY (TW)

臺北市大安區羅斯福路 4 段 1 號

(72) 發明人：林彥穎 LIN, YEN YIN (TW)；曾彥偉 TZENG, YAN WEI (TW)；黃貞翰 HUANG, CHEN HAN (TW)；劉建民 LIU, JIAN MING (TW)；朱士維 CHU, SHI WEI (TW)

(74) 代理人：蔡清福

(56) 參考文獻：

TW 200922059A

US 2005/0238070A1

審查人員：葉耀中

申請專利範圍項數：13 項 圖式數：1 共 0 頁

(54) 名稱

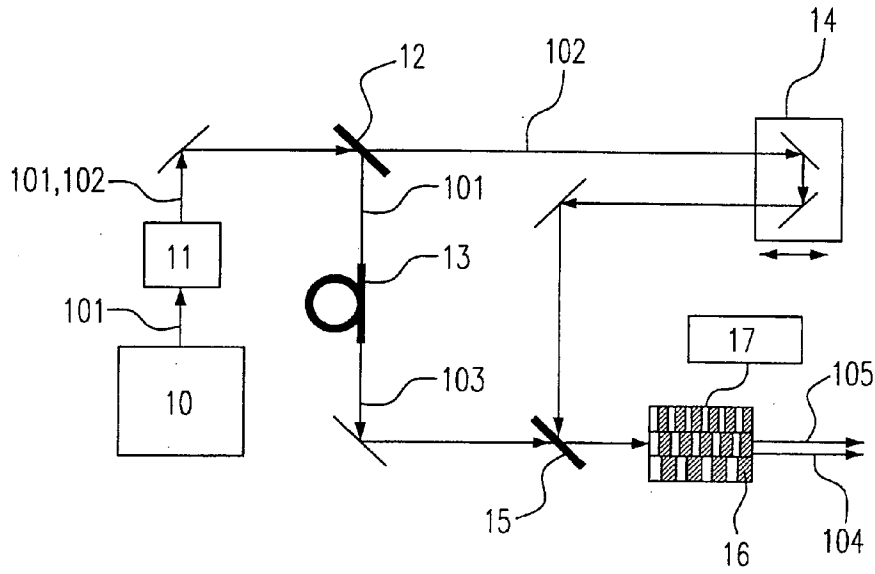
波長可調單程光學參數放大器

WAVELENGTH TUNABLE SINGLE PASS OPTICAL PARAMETRIC AMPLIFIER

(57) 摘要

本發明係提出一種波長可調單程光學參數放大器，其包括一雷射光源，其發出一基頻波；一非線性材料，其中當該基頻波通過後形成倍頻波；一分光鏡，其將該基頻波與該倍頻波分離；一超連續光譜產生器，其擴大該基頻波的波長範圍成為超寬頻種子光源；一光學平移台，其調控該倍頻波的光程；以及一光參數波長轉換器，當該倍頻波通過該光參數波長轉換器時，被轉換為一訊號光與一閒置光。

The present invention provides a wavelength tunable single pass optical parametric amplifier, which comprises a laser source emitting a fundamental wave; a first nonlinear material, wherein when the fundamental wave passes therethrough, a second harmonic generation wave is formed; a dichroic mirror, which separates the fundamental wave and the second harmonic generation wave; a supercontinuum generator, which extends the wavelength range of the fundamental wave; a translational stage, which controls optical path of the second harmonic generation wave; and an optical parametric wavelength converter, when the second harmonic generation wave pass through the parametric wavelength converter, it is converted into a signal and a idler.



第一圖

- 10 . . . 雷射光源
- 101 . . . 基頻波
- 102 . . . 倍頻波
- 103 . . . 超寬頻種子光源
- 104 . . . 訊號光
- 105 . . . 閒置光
- 11 . . . 非線性材料
- 12 . . . 分光鏡
- 13 . . . 超連續光譜產生器
- 14 . . . 光學平移台
- 15 . . . 冷鏡
- 16 . . . 光參數波長轉換器
- 17 . . . 溫度控制器

# 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： 98132171

※ 申請日： 98.9.23

※IPC 分類： G02F 1/35(2006.01)  
G02F 1/37(2006.01)

H01S 3/109 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

波長可調單程光學參數放大器 / Wavelength Tunable Single  
Pass Optical Parametric Amplifier

## 二、中文發明摘要：

本發明係提出一種波長可調單程光學參數放大器，其包括一雷射光源，其發出一基頻波；一非線性材料，其中當該基頻波通過後形成倍頻波；一分光鏡，其將該基頻波與該倍頻波分離；一超連續光譜產生器，其擴大該基頻波的波長範圍成為超寬頻種子光源；一光學平移台，其調控該倍頻波的光程；以及一光參數波長轉換器，當該倍頻波通過該光參數波長轉換器時，被轉換為一訊號光與一閒置光。

## 三、英文發明摘要：

The present invention provides a wavelength tunable single pass optical parametric amplifier, which comprises a laser source emitting a fundamental wave; a first nonlinear material, wherein when the fundamental wave passes therethrough, a second harmonic generation wave is formed; a dichroic mirror, which separates the fundamental wave and the second harmonic generation wave; a supercontinuum generator, which extends the wavelength range of the fundamental wave; a translational stage, which controls optical path of the second harmonic generation wave; and an optical parametric wavelength

converter, when the second harmonic generation wave pass through the parametric wavelength converter, it is converted into a signal and a idler.

#### 四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 ( 1 ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- |             |             |
|-------------|-------------|
| 10 雷射光源     | 12 分光鏡      |
| 101 基頻波     | 13 超連續光譜產生器 |
| 102 倍頻波     | 14 光學平移台    |
| 103 超寬頻種子光源 | 15 冷鏡       |
| 104 訊號光     | 16 光參數波長轉換器 |
| 105 閒置光     | 17 溫度控制器    |
| 11 非線性材料    |             |

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】

本發明是關於一種波長可調單程光學參數放大器，特別是指一種利用單一脈衝雷射同時提供光學參數放大所需之泵激光源及種子光源的波長可調式單程光學參數放大器。

### 【先前技術】

目前在許多不同的尖端科學應用及研究上波長可調式的超快光源為十分重要的關鍵技術，舉例來說泵探針光譜學(Pump-probe Spectroscopy)、螢光生命週期成像顯微鏡(Fluorescence Lifetime Imaging Microscopy, FLIM)、多光子光譜/顯微鏡、生物醫學與高分子材料機轉研究等領域的發展，皆仰賴有一優良的波長可調式的超快光源作為發展核心，所以波長可調式的超快光源對於這些先進研究可謂至關重要。目前的應用上，光源的使用基頻上皆為克爾透鏡鎖模鈦參雜藍寶石雷射(Kerr-lens Mode-locked Ti:Sapphire Laser)，然而由於鈦參雜藍寶石雷射晶體的增益頻寬受限於其原子能階的限制，其波長可調範圍只在 700nm 至 1000nm 之間，故於實務使用上仍有其無法涵蓋之處。因此為了擴展超快雷射的波長範圍，目前發展中的新式技術包括了使用超連續光譜產生(Supercontinuum Generation)以及光學參數放大(Optical Parametric Amplification)的技術。

所謂的超連續光譜是一種具有極寬頻寬的光源，而超連續光譜產生則可以將雷射的波長，在光譜上往短波與長波的方向擴展

數百奈米之範圍，因而實現擴大波長範圍之目的。然而，由於波長的擴展，分布在每個波長範圍的能量強度則會相應的降低，因此由於較低的峰值能量以及較差的時間脈衝特性，超連續光譜產生的應用仍未臻理想。

而光學參數放大的原理是當一泵激光源(Pump)射入非線性光學材料時，在同時滿足能量守恆與相位匹配的情況下，會被轉換為一訊號光(Signal)與一閒置光(Idler)。若再給予一與該訊號光或該閒置光的波長相同波長的種子光源(Seed)，則此轉換會因為被激發而提高發生的機率，輸出的該訊號光及該閒置光的強度因此被放大。且由於輸出的該訊號光與該閒置光的波長會不同於該泵激光源的波長，故可因此達到擴展波長之目的，並藉由改變相位匹配的條件，來調整波長，但是一般而言難以尋找單一的寬頻種子光源，因此以光參數放大原理來進行設計的系統多半十分的複雜及龐大。而在習知的實例中，這樣系統的轉換效率仍然很低，因此只能試著提高泵激光源的能量，或者降低脈衝雷射的重複率；或是外加共振腔以一種光學參數振盪器模式，使訊號光與閒置光因共振來回震盪而累積增益，而降低光學參數轉換過程的泵浦閾值，以提高轉換效率。

但是前述的這些方法，無論是提高雷射能量、降低重複率、或者共振腔的增設等，不但成本高昂、系統複雜度高，且對於某些產業來說，低重複率的雷射不足以應付使用上的需求。然而若非如此，轉換的效率卻又無法有效的提高，故對於本領域的人員來說，實處於一個兩難的境地。

爰是之故，申請人有鑑於習知技術之缺失，乃經悉心地推論

與研究，創作出本發明「波長可調單程光學參數放大器」。

### 【發明內容】

本案之主要目的係提供一種波長可調單程光學參數放大器，藉由改善習用方法所造成的缺失與不足，進而達到降低成本、提高轉換效率、增進產業利用性之目的。

根據本發明的構想，提出一種單程光學參數放大器，其包括一雷射光源，其發出一基頻波；一非線性材料，其中當該基頻波通過後，因倍頻作用而形成倍頻波；一分光鏡，其將該基頻波與該倍頻波分離；一超連續光譜產生器，其擴大該基頻波的波長範圍成為一超寬頻種子光源；一光學平移台，其調控該倍頻波的光程；以及一光參數波長轉換器，當該倍頻波與該超寬頻種子光源共同通過該光參數波長轉換器時，被轉換為一訊號光與一閒置光，其中該超寬頻種子光源的波長包括該訊號光及該閒置光的波長的其中之一。

根據上述的構想，更包括一冷鏡，其位在該倍頻波與該超寬頻種子光源的行進路線上，並使兩者回到同一光路以通過該光參數波長轉換器；以及一溫度控制器，其控制該光參數波長轉換器的溫度。

根據上述的構想，其中該雷射光源為 50MHz 重複率、脈衝能量 100nJ 以及脈衝寬度 1 皮秒的單一鎖模鏡光纖雷射裝置。

根據上述的構想，其中該非線性材料為三硼酸鋰。

根據上述的構想，其中該超連續光譜產生器為光子晶體光纖。

根據上述的構想，其中該光參數波長轉換器為一非線性晶體。

根據上述的構想，其中該非線性晶體為多通道氧化鎂摻雜週期性極化鈮酸鋰晶體。

根據上述的構想，其中該基頻波通過該超連續光譜產生器時，其波長範圍因超連續光譜產生機制而被擴大，其擴大的波長範圍為 550nm 至 1900nm。

根據上述的構想，其中該超連續光的波長範圍涵蓋該訊號光與該閒置光兩者的波長。

根據本發明的另一構想，提出一種轉換一雷射光的方法，其步驟包括提供具有一基頻波之該雷射光；倍頻該雷射光以形成倍頻波；分離該基頻波與該倍頻波；擴大該基頻波的波長範圍成為一超寬頻種子光源；以及調整該倍頻波的光程，並使該倍頻波以準相位匹配的方式，轉換為一訊號光與一閒置光。

根據上述的構想，其中該雷射光為 50MHz 重複率、脈衝能量 100nJ 以及脈衝寬度 1 皮秒的單一鎖模鏡光纖雷射。

根據上述的構想，其中該基頻波因超連續光譜產生機制而擴大波長範圍，其波長範圍為 550nm 至 1900nm。

根據上述的構想，其中該基頻波的波長範圍包括該訊號光及該閒置光的波長的至少其中之一。

根據本發明的又一構想，提出一種單程光學參數放大器，其包括一雷射光源，其發出一基頻波；一非線性材料，其中當該雷射光源通過後，因倍頻作用而形成倍頻波；一分光鏡，其將該基頻波與該倍頻波分離；一超連續光譜產生器，其擴大該基頻波的波長範圍成為一超寬頻種子光源；以及一光參數波長轉換器，當該倍頻波通過該光參數波長轉換器時，轉換為一訊號光與一閒置



光，其中該超寬頻種子光源亦通過該光參數波長轉換器，並且該基頻波的波長包括該訊號光及該閒置光的波長的其中之一。

### 【實施方式】

本案將可由以下的實施例說明而得到充分了解，使得熟習本技藝之人士可以據以完成之，然本案之實施並非可由下列實施案例而被限制其實施型態。

首先請參閱第一圖，其為本案所提出之波長可調單程光學參數放大器之系統配置示意圖。雷射光源 10 為一單一鎖模鐳光纖雷射(Mode-locked Yb: Laser)的裝置，其可發出一脈衝寬度 1ps、中心波長 1040nm、平均能量 5W、50MHz 重複率以及脈衝能量 100nJ 的脈衝式雷射光。該雷射光具有一基頻波 101，其經過一非線性材料 11 時，在 I 型非臨界相位匹配的情況下，會因為倍頻作用而形成一個波長 520nm 的倍頻波 102，該被頻波的重複率同基頻波為 50MHz，脈衝能量則約為 10nJ。在本實施例中，該非線性材料 11 使用一種三硼酸鋰(LBO)的非線性光學晶體。

而在通過該非線性材料 11 後，此時該倍頻波 102 仍和該基頻波 101 混合在一起，當經過一分光鏡 12 時，則可分別將倍頻波 102 與基頻波 101 分離開來。接著該基頻波 101 則通過一超連續光譜產生器 13，該超連續光譜產生器 13 為一種光子晶體光纖(Photonic Crystal Fiber)，當基頻波 101 與超連續光譜產生器 13 耦合之後，則會形成超連續光譜產生的機制，而大幅擴大基頻波 101 的波長範圍成為超寬頻種子光源 103，此時該基頻波 101 擴大後的波長範圍約從 550nm 至 1900nm。

另一方面，該倍頻波 102 則透過一光學平移台 14 來調控光程。由於基頻波 101 與倍頻波 102 本身各自的波長不同，並且路程中通過的介質也不同，因此基頻波 101 與倍頻波 102 之間可能會有光程差。故為了能讓兩道光中的脈衝得以同時進入一光學晶體，本系統透過光學平移台 14 來進行光程差的調控。

接著經過超連續光譜產生的超寬頻種子光源 103，以及通過光學平移台 14 的倍頻波 102，則匯聚於一冷鏡 15 上，並使兩者回到同一光路以通過一多通道氧化鎂摻雜週期性極化鈮酸鋰晶體 (MgO:PPLN)，其可視為一種光參數波長轉換器 16。該倍頻波 102 做為一泵激光源打入該光參數波長轉換器 16 後，其會轉換為波長不同於倍頻波 102 的一訊號光 104 與一閒置光 105 來輸出，分別為 800nm 與 1600nm。而此時該超寬頻種子光源 103 則做為一種子光源，由於光學參數放大的原理，故輸出的訊號光 104 與閒置光 105 強度將可被放大。並且，由於週期性極化晶體的特性，當超寬頻種子光源 103 與倍頻波 102 通過該光參數波長轉換器 16 時，會以準相位匹配的方式，大幅提高轉換效率。

此外，本發明中作為種子光源的超寬頻種子光源 103，是基頻波 101 經過超連續產生後，波長範圍擴大到 550nm 至 1900nm，故其涵蓋了訊號光 104 與閒置光 105 的波長範圍。也就是說，超寬頻種子光源 103 分別為訊號光 104 與閒置光 105 提供了一種雙重種子的效果，如此一來，光學參數放大的轉換效率更能夠獲得一飛躍性的提升。

由於本發明的目的，在於提出一種利用單一脈衝雷射提供光學參數放大所需之泵激光源及種子光源的波長可調式單程光學參

數放大器。因此，透過改變泵激光源及種子光源準相位匹配的條件，能夠調整輸出的波長。也就是說，藉由選擇週期性極化晶體上，不同光柵週期的通道來提供泵激光源輸入，轉換出的訊號光 104 與閒置光 105 的波長即可隨之調整。並且，波長轉換器 16 本身的晶體溫度，則可透過一溫度控制器 17，約在攝氏 30 度至 200 度的範圍內來進行操控。如此一來，則可以達到精確的細部波長調整。本發明所提出的波長可調單程光學參數放大器，可調整的波長範圍可涵蓋 700nm 至 1900nm 的範圍。

另外，由於本發明的雷射光源來自於一道單一的雷射光，因此其分為提供光學參數放大所需之泵激光源及種子光源後，可以避免泵激光源及種子光源之間的時序顛動(Timing Jitter)的現象，因此能夠有效提升系統的穩定性。基本上，本發明的系統設計，在無需光學共振腔的情況下，以脈衝重複率高達 50MHz，且作為泵激光源的倍頻波之脈衝能量僅需 10nJ 的條件，轉換效率即可超過 30%到 50%的效果，可見本發明之先進與卓越。

本發明所使用的光學材料，基本上並不限定於實施例中所提及的晶體、雷射或光學設備，在此僅為一實施之範例而已，其他具有相同功效者亦可改替之。

綜上所述，本發明不但能夠提供一大範圍之波長可調式的雷射裝置，並且無需光學共振腔，在節省成本的情況下，仍可有效解決習知技術中使用高重複率、低能量所造成的低轉換效率之問題，更能避免傳統上在光學參數放大時兩光源所產生的時間差或不穩定等現象。因此對於實務上的應用將更為廣闊，並勢必對現有之技術產生革命性的影響。

本案實為一難得一見、值得珍惜的罕見發明，惟以上所述者，僅為本發明之較佳實施例，當不能以之限定本發明所實施之範圍。即大凡本發明申請專利範圍所作之均等變化與修飾，皆應仍屬於本發明專利涵蓋之範疇。

## 【圖式簡單說明】

第一圖：本案的單程光學參數放大器之系統配置示意圖。

## 【主要元件符號說明】

- |             |             |
|-------------|-------------|
| 10 雷射光源     | 12 分光鏡      |
| 101 基頻波     | 13 超連續光譜產生器 |
| 102 倍頻波     | 14 光學平移台    |
| 103 超寬頻種子光源 | 15 冷鏡       |
| 104 訊號光     | 16 光參數波長轉換器 |
| 105 閒置光     | 17 溫度控制器    |
| 11 非線性材料    |             |

## 七、申請專利範圍：

### 1. 一種單程光學參數放大器，其包括：

一雷射光源，其發出一基頻波，該基頻波具有一波長範圍；

一非線性材料，其中當該基頻波通過後形成一倍頻波，該倍頻波具有一光程；

一分光鏡，其將該基頻波與該倍頻波分離；

一超連續光譜產生器，其擴大該基頻波的該波長範圍成為一起寬頻種子光源；

一光學平移台，其調控該倍頻波的該光程；

一光參數波長轉換器，當該倍頻波與該超寬頻種子光源共同通過該光參數波長轉換器時，被轉換為一訊號光與一閒置光；

一冷鏡，其位在該倍頻波與該超寬頻種子光源的行進路線上，並使兩者回到同一光路以通過該光參數波長轉換器；以及

一溫度控制器，其控制該光參數波長轉換器的溫度。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之單程光學參數放大器，其中該雷射光源為 50MHz 重複率、脈衝能量 100nJ 以及脈衝寬度 1 皮秒的單一鎖模鏡光纖雷射裝置。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之單程光學參數放大器，其中該非線性材料為三硼酸鋰。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之單程光學參數放大器，其中該超連續光譜產生器為光子晶體光纖。

5. 如申請專利範圍第 1 項所述之單程光學參數放大器，其中該光參數波長轉換器為一非線性晶體。

6. 如申請專利範圍第 6 項所述之單程光學參數放大器，其中該非

線性晶體為多通道氧化鎂摻雜週期性極化鈮酸鋰晶體。

7. 如申請專利範圍第 1 項所述之單程光學參數放大器，其中該基頻波通過該超連續光譜產生器時，其波長範圍因超連續光譜產生機制而被擴大成為該超寬頻種子光源，其擴大的波長範圍為 550nm 至 1900nm。

8. 如申請專利範圍第 1 項所述之單程光學參數放大器，其中該超寬頻種子光源的波長範圍涵蓋該訊號光及該閒置光兩者的波長。

9. 一種轉換一雷射光的方法，其步驟包括：

提供具有一基頻波之該雷射光；

倍頻該雷射光以形成一倍頻波；

分離該基頻波與該倍頻波；

擴大該基頻波的波長範圍成為一超寬頻種子光源；

調整該倍頻波的光程；

使該基頻波與該倍頻波回到同一光路；以及

使該倍頻波與該超寬頻種子光源以準相位匹配的方式，轉換為一訊號光與一閒置光。

10. 如申請專利範圍第 9 項所述之方法，其中該雷射光為 50MHz 重複率、脈衝能量 100nJ 以及脈衝寬度 1 皮秒的單一鎖模鏡光纖雷射。

11. 如申請專利範圍第 9 項所述之方法，其中該基頻波因超連續光譜產生機制而擴大波長範圍成為該超寬頻種子光源，其波長範圍為 550nm 至 1900nm。

12. 如申請專利範圍第 9 項所述之方法，其中該基頻波的波長範圍包括該訊號光及該閒置光的波長的至少其中之一。13. 一種單程光

學參數放大器，其包括：

一雷射，其提供一基頻波，該基頻波具有一波長範圍；

一非線性材料，其中當該基頻波通過後，因倍頻作用而形成一倍頻波；

一分光鏡，其將該基頻波與該倍頻波分離；

一超連續光譜產生器，其擴大該基頻波的該波長範圍成為一超寬頻種子光源；

一光學平移台，其調控該倍頻波的光程；

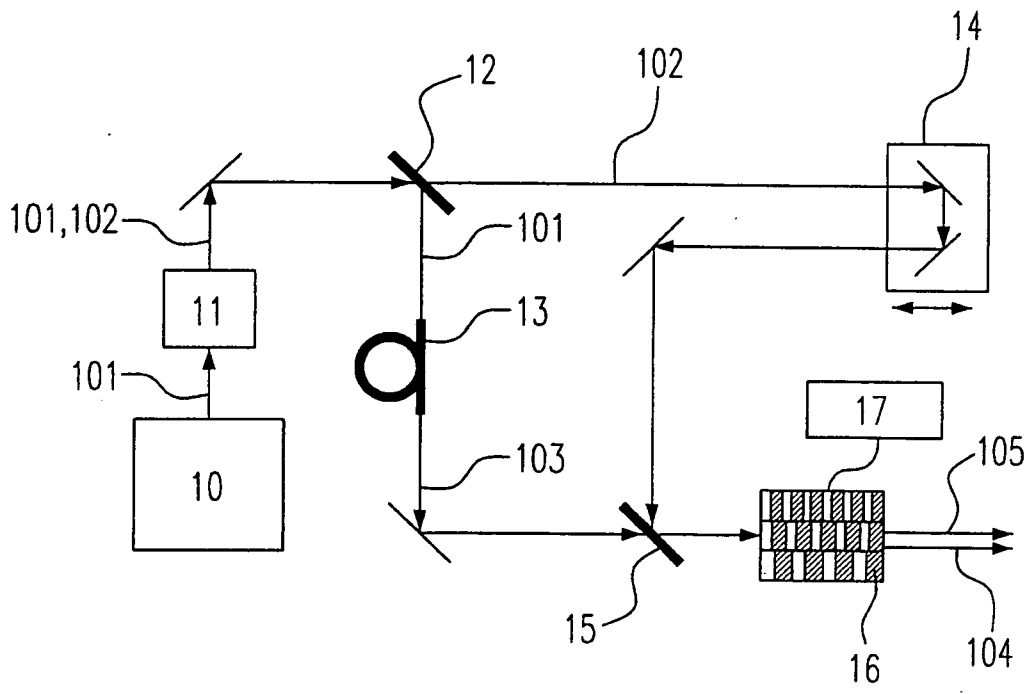
一光參數波長轉換器，其轉換該超寬頻種子光源及該倍頻波；

一冷鏡，其位在該倍頻波與該超寬頻種子光源的行進路線上，並使兩者回到同一光路以通過該光參數波長轉換器；以及

一溫度控制器，其控制該光參數波長轉換器的溫度。



八、圖式：



第一圖