

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3668108号

(P3668108)

(45) 発行日 平成17年7月6日(2005.7.6)

(24) 登録日 平成17年4月15日(2005.4.15)

(51) Int. Cl.⁷

F I

H O 1 S 3/10

H O 1 S 3/10

Z

G O 1 C 19/72

G O 1 C 19/72

M

請求項の数 7 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2000-239401 (P2000-239401)	(73) 特許権者	596092698
(22) 出願日	平成12年8月8日(2000.8.8)		ルーセント テクノロジーズ インコーポ
(65) 公開番号	特開2001-94182 (P2001-94182A)		レーテッド
(43) 公開日	平成13年4月6日(2001.4.6)		アメリカ合衆国, 07974-0636
審査請求日	平成13年11月16日(2001.11.16)		ニュージャージー, マレイ ヒル, マウン
(31) 優先権主張番号	09/383700		テン アヴェニュー 600
(32) 優先日	平成11年8月26日(1999.8.26)	(74) 代理人	100064447
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 岡部 正夫
		(74) 代理人	100085176
			弁理士 加藤 伸晃
		(74) 代理人	100106703
			弁理士 産形 和央
		(74) 代理人	100096943
			弁理士 臼井 伸一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバ光源を有する物品

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光ファイバ光源を有する物品において、該光ファイバ光源は、

a) 光ファイバからの誘導放出に適した1種もしくはそれより多くの希土類元素(以下「SE-RE」という)をドープした、第1の長さの光ファイバから第2の長さの光ファイバに光を軸方向に伝送することができるように配置された、第1および第2の長さのSE-REドープ光ファイバと、

b) 第1のポンプ光の光源と、

c) 該第1ポンプ光を該第1の長さのSE-REドープ光ファイバに、下流方向に結合するカプラと、

d) 第2のポンプ光の光源と、

e) 該第2のポンプ光を前記第2の長さのSE-REドープ光ファイバに、上流方向に結合するカプラと、

f) 該第2のSE-REドープ光ファイバから上流方向に伝搬する光が該第1のSE-REドープ光ファイバにほとんど到達しないように、該第1のSE-REドープ光ファイバと該第2の長さのSE-REドープ光ファイバの間に配置された光アイソレータとを有し、

g) 該光ファイバ光源は、前記第1のSE-REドープ光ファイバで長波長増幅自然放出光を生成することが可能であり、該長波長増幅自然放出光は、該光アイソレータを通して該第2のSE-REドープ光ファイバに伝搬されることにより、結果として得られる広

10

20

帯域自然放出光が、下流方向の利用手段に提供され、さらに

h) 該第1の長さのSE-REドープ光ファイバから上流方向に軸方向に伝搬する光を受け取り、該光の少なくとも一部を下流方向に該第1の長さのSE-REドープ光ファイバへと反射するように配置されたりフレクタであって、これにより、長波長増幅自然放出光の生成を容易にするリフレクタを有し、

i) 該第1ポンプ光の光源は、前記第2ポンプ光の光源とは異なることを特徴とする光ファイバ光源を有する物品

【請求項2】

前記リフレクタは、4ないし100%の範囲の反射率を有する広帯域リフレクタである請求項1に記載の物品。

【請求項3】

前記第1の長さのSE-REドープ光ファイバおよび前記第2の長さのSE-REドープ光ファイバは、Er、YbおよびNdからなる群のうちの1種もしくはそれより多くの元素をドープされている請求項1に記載の物品。

【請求項4】

利用手段に提供される広帯域自然放出光の±3dB帯域幅は40nmより大きく、全パワーは10mWより大きい請求項1に記載の物品。

【請求項5】

前記物品は、

前記光ファイバ光源から検査対象物へ広帯域自然放出光を提供するための第1の光ファイバパスと、

可動基準ミラーから光検出器に光を導くことが可能な第2の光ファイバパスと、

前記第1の光ファイバパスと前記第2の光ファイバパスの間で光を結合するファイバコプラとを有する光トモグラフィシステムである請求項1に記載の物品。

【請求項6】

前記物品は、

多波長送信機と、

多波長受信機と、

前記多波長送信機と前記多波長受信機を接続する光ファイバ伝送路とを有するスライススペクトル光ファイバ通信システムであり、

前記多波長送信機は、

広帯域自然放出光をスペクトルスライサに供給する前記光ファイバ光源と、

前記スペクトルスライサの出力を受け取り変調する変調器とを有し、

前記スペクトルスライサの出力を変調したものが、前記光ファイバ伝送路に送られる請求項4に記載の物品。

【請求項7】

前記物品は、前記光ファイバ光源と、偏光子と、ファイバジャイロスコープとを有する位置検知システムであり、

前記光ファイバ光源の出力は、前記偏光子に供給され、前記偏光子の出力は、前記ファイバジャイロスコープに供給される請求項4に記載の物品。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、広スペクトル光ファイバ光源、および、このような光源を有する物品に関する。

【0002】

【従来の技術】

広帯域（ブロードバンド）光ファイバ光源は、光センサシステムから光ファイバジャイロスコープおよび低コヒーレンストモグラフィにいたるまでの、EDFA（Erドープファイバ増幅器）測定システムにおけるスライススペクトル光源から光ノイズ光源までの広範

10

20

30

40

50

囲のアプリケーションにとって、重要である。特に、Erドープファイバからの増幅自然放出 (ASE: amplified spontaneous emission) を用いた超蛍光ファイバ光源 (SFS: superfluorescent fiber source) が重要である。

【0003】

米国特許第5,668,821号には、長周期グレーティングを用いてSFSの出力をスペクトル平坦化することが記載され、米国特許第5,701,318号には、超蛍光ファイバ内に配置された偏光子を有する偏光SFSが記載されている。S. P. Parry et al., "Optical Amplifiers and Their Applications" Conference, TuD3, 1998、には、1本の長い(51m)Erドープファイバを使用する高パワー・広帯域SFSが記載され、J. H. Lee et al., *Optics Letters*, Vol.24(5), p.279, March 1, 1999、には、2本のポンピングされたErドープファイバを使用する従来の高パワー・広帯域SFSと、1本のポンピングされたErドープファイバおよび1本のポンピングされないErドープファイバを増幅器段の前で使用する新規な光源が記載されている。

10

【0004】

上記の文献は単なる例示である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

従来、さまざまなSFS構成が報告されているが、二重パス後方 (DPB: double pass backward) 構成は、最大の帯域幅および最高の変換効率を提供することが示されている。しかし、DPB構成を使用しても、高パワー (例えば、10mW以上) および広帯域幅 (例えば、 ± 3 dB点間で40nm以上) を有するSFSを構成することは困難である。

20

【0006】

高パワーおよび広帯域幅を達成する際の主な問題点は、高ポンプパワーでSFSが受ける帯域幅ナローイングである (例えば、S. P. Parry et al.の前掲文献を参照)。この帯域幅ナローイングは、Erドープファイバの波長依存利得係数の結果である。高パワー・広帯域幅SFSの多大な有用性を考慮すると、高パワー (例えば、10mW以上) を提供することが可能な広帯域SFS (例えば、 ± 3 dB点間で40nm以上) を利用可能にすることが好ましい。その理由は、SFS帯域幅が増大すると、通常、例えば光トモグラフィシステムにおける分解能が増大し、また、パワー (スペクトル密度) が増大すると、通常、信号対ノイズ比が増大するからである。本願は、このような広帯域・高パワーSFSを開示する。

30

【0007】

[用語の定義および説明]

「光」は、本明細書では、SFSに関連する波長の電磁放射 (一般に、スペクトルの赤外部分) を意味する。

【0008】

「希土類」(RE) は、原子番号57~71の元素であり、シリカ系ファイバでの誘導放出に適した希土類を「SE-RE」ということにする。好ましいSE-REは、Er、YbおよびNdである。

【0009】

【課題を解決するための手段】

一般に、本発明は、新規な設計のSFSとして、および、そのSFSを含む物品 (例えば、通信システム、測定システム、光センサシステム、光ファイバジャイロスコープ、低コヒーレンストモグラフィシステム) として実現される。

40

【0010】

具体的には、本発明は、光ファイバ光源を有する物品として実現される。光源は、第1および第2のSE-REドープ光ファイバを有する。これらの光ファイバは、光が第1のファイバから第2のファイバに軸方向に伝搬することができるように配置される。また、光源は、第1ポンプ光の光源を含み、さらに、第1ポンプ光を第1のSE-REドープ光ファイバに、下流方向に結合するカブラを有する。

50

【 0 0 1 1 】

重要な点であるが、光源は、さらに、第2ポンプ光の光源と、第2ポンプ光を第2のSE-REDROP光ファイバに上流方向に結合するカップラと、第2のSE-REDROP光ファイバから上流方向に伝搬する光が第1のSE-REDROP光ファイバにほとんど到達しないように第1のSE-REDROP光ファイバと第2のSE-REDROP光ファイバの間に配置された光アイソレータとを有する。好ましい実施例では、光源は、さらに、少なくとも一部の上流方向に伝搬する光を下流方向に第1のSE-REDROP光ファイバへと反射するように配置されたリフレクタを有することにより、長波長ASEの生成を容易にする。長波長ASEは、光アイソレータを通して第1のSE-REDROP光ファイバから第2のSE-REDROP光ファイバに伝搬し、そこで広帯域ASEが生成される。広帯域ASEは、第2のSE-REDROP光ファイバから利用手段へ下流方向に伝搬する。

10

【 0 0 1 2 】

【 発明の実施の形態 】

図1は、本発明によるSFS10の実施例の概略図である。符号11および12はそれぞれ、第1および第2のSE-REDROP光ファイバを表し、13は、第1のSE-REDROP光ファイバと第2のSE-REDROP光ファイバの間に配置された光アイソレータを表し、14および15はそれぞれ、第1および第2ポンプ光の光源を表し、16は、オプションの広帯域リフレクタを表す。符号17および18は通常のカプラを表し、19は光アイソレータを表し、矢印20は下流方向を示す。

20

【 0 0 1 3 】

この例示的なSFSは、必要な長波長ASEを第1段11で生成し、生成されたASEを第2段12で増幅するように設計される。第2段は、また、従来の単一パス後方ASE光源と同様に短波長ASEを生成するようにも作用する。第1段から第2段に注入される長波長ASEの量と、第2段のポンプパワーは、通常、所望の広帯域幅が得られるようにバランスがとられる。

【 0 0 1 4 】

例として、第1および第2の光ファイバの長さはそれぞれ50mおよび10mであり、1530nmで16dB/mのピーク吸収を有するシリカ系ERDOPファイバである。第1のポンプ光源は例えば、下流方向に伝搬する100mWの980nmポンプ光を提供し、第2のポンプ光源は例えば、上流方向に伝搬する120mWの1480nmポンプ光を提供する。オプションの広帯域リフレクタは例えば、第1段の入力端の平坦劈開面である。この劈開面は、4%の広帯域反射を提供し、これは、下流方向に伝搬する長波長ASEを効率的に生成するのに十分である。別の実施例では、リフレクタは、ポンプ効率を増大するように選択された、90%Auリフレクタである。原理的には、反射率は、光源の特性に応じて、0~100%の任意の値をとることが可能である。

30

【 0 0 1 5 】

図2に、上記の例示的なSFSの出力スペクトルを示す。全出力パワーは、25mW以上であると測定された。図2のプロットは、3つの曲線を示している。曲線23は、両方のポンプダイオードがオンのときのSFSの出力スペクトルである。曲線22は、1480nmのポンプダイオードのみがオンのときの第2段の出力スペクトルである。この場合の出力スペクトルは、単一パス後方ASE光源から得られるスペクトルと同様である。この場合の帯域幅は約30nmにすぎない。曲線21は、980nmのポンプダイオードのみがオンのときの第1段の出力スペクトルである。図からわかるように、第1段は、ほぼ長波長ASEのみを生成する。曲線23からわかるように、本発明による例示的なSFSの帯域幅は、±3dB点の間で75nm以上である。本発明によるSFSの通常最適化により、さらに大きいパワーあるいは帯域幅が得られることが期待される。

40

【 0 0 1 6 】

本発明による例示的な最適化されていないSFSで得られる例示的な結果は、パワーが約10mWで帯域幅が約70nm(-10dB点で測定した場合、±3dB点間で約35nmに対応する)の市販の従来のエルビウムSFS(蛍光ファイバ)に比べてすぐれている

50

。

【 0 0 1 7 】

認識されるように、本発明により開示される S F S は単なる例示であり、この基本設計のさまざまな変形が可能である。例えば、単一のポンプ光源が、第 1 段および第 2 段の両方にパワーを供給することも可能である。E r 以外の S E - R E をドープしたファイバの場合、ポンプ波長およびその他のシステムパラメータ（例えば、ドープングレベル、ファイバ長）は通常、上記の例示的なシステムとは異なる。通常、少しの普通の実験で、受け入れ可能なシステムが得られる。

【 0 0 1 8 】

本発明による光源の放出スペクトルは通常比較的なめらかであるが（図 2 を参照）、アプリケーションによっては、光源の出力をさらになめらかにすることが好ましい場合がある。これは、従来のフィルタリング手段により（例えば、1 個または複数の長周期グレーティングにより）実現可能である。

【 0 0 1 9 】

本発明による S F S を装置で使用すれば、その装置の性能は、帯域幅あるいは光源のパワーの増大とともに改善される。このような装置としては、光コヒーレントトモグラフィシステム、スライススペクトル光通信システム、および、光ジャイロスコープを有する位置検知システムがある。

【 0 0 2 0 】

図 3 は、例示的な光コヒーレントトモグラフィシステム 3 0 の概略図である。参照符号 3 1 は、本発明による S F S を表し、符号 3 2 0 および 3 2 1 は、光ファイバを表し、符号 3 3 は、従来のファイバカプラを表し、3 4 は、基準ミラーを表し、3 5 は、検査（観察）対象物を表し、3 6 は、光検出器を表す。S F S 光は、ファイバ 3 2 0 を通ってカプラ 3 3 に送られ、そこで 2 つのアームに分割される。通常の光学系 3 7 が、一方のアームからの光の焦点を観察対象物上に合わせ、光学系 3 8 が、他方のアームからの光の焦点を基準ミラー 3 4 上に合わせる。観察対象物および基準ミラーから反射された光は、従来の光学系 3 7 および 3 8 によって、それぞれのアームに集められてカプラに導かれ、そこで、2 つのアームからの光が干渉する。干渉信号は検出器に送られる。ミラー位置を操作することによって、干渉信号は、観察対象物に関する情報を提供する。システムの分解能は、S F S の帯域幅に比例する。さらに詳細には、E. A. Swanson et al., *Optics Letters*, Vol.18(21), pp.1864-1868 (1993)、を参照。

【 0 0 2 1 】

図 4 は、本発明による例示的なスライススペクトル光ファイバ通信システム 4 0 の概略図である。符号 4 1 ~ 4 6 はそれぞれ、多波長送信機、多波長受信機、光ファイバ、光増幅器、スペクトルスライサ、変調器、および本発明による S F S である。動作中、S F S の出力は、スペクトルスライサ 4 5 によって、既知の方法で複数の波長チャンネルにスペクトルがスライスされる。チャンネル数およびチャンネルのスペクトル幅は、スペクトルスライサの調節によって選択可能である。その後、チャンネルは、変調器 4 6 によってデータで符号化され、変調されたチャンネルは光ファイバに送られ、光増幅器および受信機へ伝搬する。さらに詳細には、例えば、J. H. Han et al., *Electronics Letters*, Vol.31(12), pp.989-991 (1995)、を参照。

【 0 0 2 2 】

図 5 は、例示的な光位置検知システム 5 0 の概略図である。光位置検知システム 5 0 は、本発明による S F S 5 1 と、偏光子 5 2 と、ファイバジャイロスコープ 5 3 とを有する。本発明による S F S を使用することにより、一般に、位置検知システムの性能が改善される。広い帯域幅の光源を使用することにより、一般に、分解能が改善されるからである。さらに詳細には、例えば、R. A. Bergh et al., *Optics Letters*, Vol.6, pp.502-504 (1981)、を参照。

【 0 0 2 3 】

理解されるように、本発明による S F S の使用法は、上記の応用例には限定されず、本発

10

20

30

40

50

明による高パワー広帯域幅 S F S の使用から利益が得られるさまざまな使用法が考えられる。

【 0 0 2 4 】

【 発明の効果 】

以上述べたごとく、本発明によれば、高パワー（例えば、10 mW 以上）を提供することが可能な広帯域 S F S（例えば、 ± 3 dB 点間で 40 nm 以上）が実現される。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明による例示的な光源の概略図である。

【 図 2 】 本発明による例示的な光源の出力スペクトルを示す図である。

【 図 3 】 本発明による例示的な光コヒーレントトモグラフィシステムの概略図である。

10

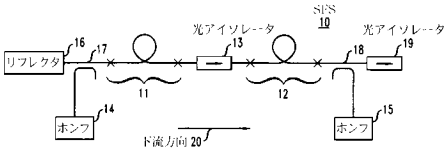
【 図 4 】 本発明による例示的なスライススペクトル光ファイバ通信システムの概略図である。

【 図 5 】 本発明による例示的な光位置検知システムの概略図である。

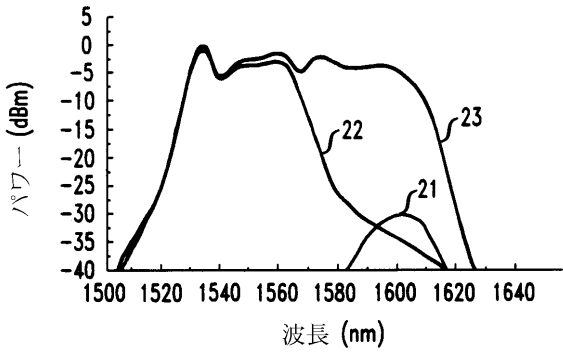
【 符号の説明 】

1 0	S F S	
1 1	第 1 の S E - R E ドープ光ファイバ	
1 2	第 2 の S E - R E ドープ光ファイバ	
1 3	光アイソレータ	
1 4	第 1 ポンプ光源	
1 5	第 2 ポンプ光源	20
1 6	広帯域リフレクタ	
1 7	カプラ	
1 8	カプラ	
1 9	光アイソレータ	
3 0	光コヒーレントトモグラフィシステム	
3 1	S F S	
3 2 0	光ファイバ	
3 2 1	光ファイバ	
3 3	ファイバカプラ	
3 4	基準ミラー	30
3 5	検査（観察）対象物	
3 6	光検出器	
3 7	光学系	
3 8	光学系	
4 0	スライススペクトル光ファイバ通信システム	
4 1	多波長送信機	
4 2	多波長受信機	
4 3	光ファイバ	
4 4	光増幅器	
4 5	スペクトルスライサ	40
4 6	変調器	
4 7	S F S	
5 0	光位置検知システム	
5 1	S F S	
5 2	偏光子	
5 3	ファイバジャイロスコープ	

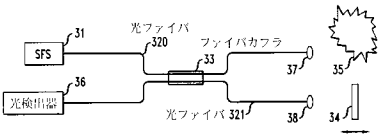
【 図 1 】



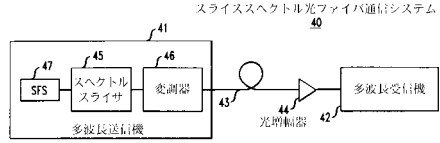
【 図 2 】



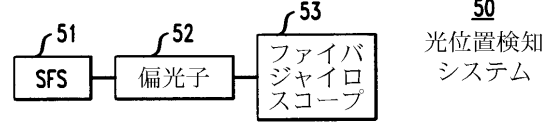
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100091889
弁理士 藤野 育男
- (74)代理人 100101498
弁理士 越智 隆夫
- (74)代理人 100096688
弁理士 本宮 照久
- (74)代理人 100102808
弁理士 高梨 憲通
- (74)代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光
- (74)代理人 100107401
弁理士 高橋 誠一郎
- (74)代理人 100106183
弁理士 吉澤 弘司
- (74)代理人 100081053
弁理士 三俣 弘文
- (72)発明者 ガエリー アレス
アメリカ合衆国、07901 ニュージャージー、サミット、ディバリー プレイス 34
- (72)発明者 ロランド パトリシオ エスピンドラ
アメリカ合衆国、07928 ニュージャージー、チャットハム、ノース パサイック アベニュー 37
- (72)発明者 トーマス アンドリュー ストラッサー
アメリカ合衆国、07060 ニュージャージー、ウォレン、ハーモニー ロード 6

審査官 河原 正

- (56)参考文献 特開平07-273724(JP,A)
特開平09-237930(JP,A)
特開平09-138432(JP,A)
Journal of Lightwave Technology, Vol.17 No.8(1999) p.1415-1422
OFC'97 Technical Digest, TuH1 p.28-29
Electronics Letters, Vol.29 No.4(1993) p.365-367
Electronics Letters, Vol.33 No.16(1997) p.1382-1383

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
H01S 3/00-4/00
G01C 19/72