

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-260077

(P2004-260077A)

(43) 公開日 平成16年9月16日(2004.9.16)

(51) Int. Cl.⁷

H01S 3/098

H01S 3/06

F I

H01S 3/098

H01S 3/06

テーマコード (参考)

5F072

B

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2003-51175 (P2003-51175)

(22) 出願日 平成15年2月27日 (2003.2.27)

(71) 出願人 000000011

アイシン精機株式会社

愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地

(74) 代理人 100097009

弁理士 富澤 孝

(74) 代理人 100098431

弁理士 山中 郁生

(74) 代理人 100105751

弁理士 岡戸 昭佳

(72) 発明者 太田 道春

愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内

Fターム(参考) 5F072 AB09 AK06 FF08 JJ05 KK01

KK03 KK06 KK11 KK15 KK30

MM08 PP07 SS06

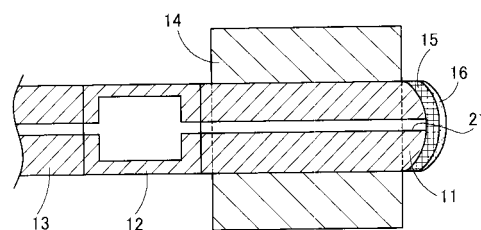
(54) 【発明の名称】 モードロックファイバーレーザー

(57) 【要約】

【課題】 光軸調整を伴うことなく過飽和吸収体のモード同期機能を十分に発揮させることができるモードロックファイバーレーザーを提供すること。

【解決手段】 金ミラー16に対しEDF11の一端側の方面で固着された過飽和吸収体15で、EDF11の一端側の端面(導波路21の端面を含む)を掩覆させることにより、光軸調整が必要なレンズを使用することなく、密度の大きなビームを過飽和吸収体15に入射させることができ、さらに、過飽和吸収体15を通過したビームの殆どをEDF11の導波路21に戻ることができる

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一対の反射鏡と、前記反射鏡の間にレーザ媒質として設置されるとともに導波路が設けられた増幅ファイバーと、前記反射鏡の一方に対し前記増幅ファイバーの一端側の方面で固着された過飽和吸収体と、を有するモードロックファイバーレーザーにおいて、前記過飽和吸収体で、少なくとも、前記増幅ファイバーの一端側の導波路の端面を掩覆させたこと、を特徴とするモードロックファイバーレーザー。

【請求項 2】

一対の反射鏡と、前記反射鏡の間にレーザ媒質として設置されるとともに導波路が設けられた増幅ファイバーと、前記反射鏡の一方と前記増幅ファイバーの一端との間に設置された過飽和吸収体と、を有するモードロックファイバーレーザーにおいて、前記過飽和吸収体で、少なくとも、前記増幅ファイバーの一端側の導波路の端面を掩覆させ、前記反射鏡の一方は、前記増幅ファイバーの一端側の導波路の端面上に集光点を合わせた形状をなすとともに、前記過飽和吸収体を内在させつつ前記増幅ファイバーの一端側に固定されたこと、を特徴とするモードロックファイバーレーザー。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載するモードロックファイバーレーザーであって、前記増幅ファイバーに一体化されたインラインファイバーファラデーローテーターを備えたこと、を特徴とするモードロックファイバーレーザー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、増幅ファイバーをレーザ媒質とするモードロックファイバーレーザーに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、例えば、図 11 に示すように、モードロックファイバーレーザー 100 は、一対の反射鏡 106, 111 及び、レーザ媒質としての Er (エルビウム) が添加されたシングルモードの増幅ファイバー (以下、「EDF」という) 101、励起源としてのレーザーダイオード 119、モード同期させるための過飽和吸収体 105 などから構成されている。この点、過飽和吸収体 105 は、その厚みが 1 μ m 以下でも十分なため、金ミラーである反射鏡 106 に蒸着されている。

【0003】

そして、従来技術のモードロックファイバーレーザー 100 では、レーザーダイオード 119 からのポンプ光が、波長分割多重化カップラー (以下、「WDM」という) 118 を介して、EDF 101 に供給されると、一対の反射鏡 106, 111 の間を往復するうちに増幅されて定常波となる。このとき、過飽和吸収体 105 は、モードロックされた定常波を作り出すスタータである。

【0004】

但し、過飽和吸収体 105 において、強い光に対して吸収を小さくするとともに弱い光に対して吸収を大きくする働きを顕著にするには、密度の大きな光を入射させる必要がある。そこで、従来技術のモードロックファイバーレーザー 100 では、EDF 101 から空間に取り出したパルス光をレンズ 102 でコリメートし、さらに、レンズ 104 で集光させたパルス光を過飽和吸収体 105 に照射させている。

【0005】

また、従来技術のモードロックファイバーレーザー 100 では、モードロックを安定させるために、例えば、反射鏡 111 としてファラデーローテーターを使用するとともに、レンズ 102, 104 の間にファラデーローテーター 103 を設置している (例えば、特許文献 1 参照)。

10

20

30

40

50

【0006】

【特許文献1】

特開平8-51246号公報

【0007】

そして、WDM118と反射鏡111の間において、シングルモードのファイバー117及び、レンズ116、1/4波長板115、1/2波長板114、偏光ビームスプリッタ113、レンズ112を設置することにより、偏光ビームスプリッタ113を介して、レーザ出力させることができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

10

しかしながら、EDF101から空間に取り出されたパルス光を、一対の反射鏡106、111の間で往復させるためには、反射鏡106で反射した後に、レンズ104、102を介して、EDF101に再び戻す必要があり、この点、EDF101の導波路の径は10 μ m程度と非常に小さいため、熱的又は機械的な変動でレンズ104、102の保持部が移動し、光軸が少しでもずれてしまうと、レーザ出力の光量変動することがあった。

【0009】

そこで、本発明は、上述した点を鑑みてなされたものであり、光軸調整を伴うことなく過飽和吸収体のモード同期機能を十分に発揮させることができるモードロックファイバーレーザを提供することを課題とする。

【0010】

20

【課題を解決するための手段】

この課題を解決するために成された請求項1に係る発明は、一対の反射鏡と、前記反射鏡の間にレーザ媒質として設置されるとともに導波路が設けられた増幅ファイバーと、前記反射鏡の一方に対し前記増幅ファイバーの一端側の方面で固着された過飽和吸収体と、を有するモードロックファイバーレーザにおいて、前記過飽和吸収体で、少なくとも、前記増幅ファイバーの一端側の導波路の端面を掩覆させたこと、を特徴としている。

【0011】

このような特徴を有する本発明のモードロックファイバーレーザでは、過飽和吸収体により、少なくとも、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面が被せ隠されている。この点、増幅ファイバーの導波路の径は、例えば、シングルモードのもので10 μ m程度であり、よって、増幅ファイバーの導波路を伝搬中のビーム又は、増幅ファイバーの導波路から出射した直後のビームは、その径が非常に小さく、レンズで集光すると同程度の光密度を有する。従って、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面を被せ隠している過飽和吸収体に対して、密度の大きなビームを入射させることができる。

30

【0012】

そして、過飽和吸収体を透過したビームは、過飽和吸収体に固着された反射鏡の一方で反射し、過飽和吸収体を再び透過した後に、増幅ファイバーの導波路に戻ることになる。この点、過飽和吸収体は、モード同期機能を十分に発揮させるためには、例えば、1 μ m以下の厚みで足りる。よって、増幅ファイバーの導波路から出射したビームは、非常に薄い過飽和吸収体を往復して通過するので、殆ど広がることなく、増幅ファイバーの導波路に入射する。従って、過飽和吸収体を通過したビームの殆どは、増幅ファイバーの導波路に戻る事ができる。

40

【0013】

尚、「掩覆」とは、上述したように、少なくとも増幅ファイバーの一端側の導波路の端面を過飽和吸収体で被せ隠すことをいう。そのためには、例えば、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面に過飽和吸収体を機械的に接触させてもよいし、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面に過飽和吸収体を蒸着させてもよい。また、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面のみを過飽和吸収体で被せ隠してもよいし、増幅ファイバーの一端側の端面（導波路の端面を含む）を過飽和吸収体で被せ隠してもよい。

【0014】

50

すなわち、本発明のモードロックファイバーレーザーでは、反射鏡の一方に対し増幅ファイバーの一端側の方面で固着された過飽和吸収体で、少なくとも、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面を掩覆させることにより、光軸調整が必要なレンズを使用することなく、密度の大きなビームを過飽和吸収体に入射させることができ、さらに、過飽和吸収体を通過したビームの殆どを増幅ファイバーの導波路に戻すことができるので、光軸調整を伴うことなく過飽和吸収体のモード同期機能を十分に発揮させることが可能となる。

【0015】

また、請求項2に係る発明は、一对の反射鏡と、前記反射鏡の間にレーザ媒質として設置されるとともに導波路が設けられた増幅ファイバーと、前記反射鏡の一方と前記増幅ファイバーの一端との間に設置された過飽和吸収体と、を有するモードロックファイバーレーザーにおいて、前記過飽和吸収体で、少なくとも、前記増幅ファイバーの一端側の導波路の端面を掩覆させ、前記反射鏡の一方は、前記増幅ファイバーの一端側の導波路の端面上に集光点を合わせた形状をなすとともに、前記過飽和吸収体を内在させつつ前記増幅ファイバーの一端側に固定されたこと、を特徴としている。

10

【0016】

このような特徴を有する本発明のモードロックファイバーレーザーでは、過飽和吸収体により、少なくとも、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面が被せ隠されている。この点、増幅ファイバーの導波路の径は、例えば、シングルモードのもので10 μ m程度であり、よって、増幅ファイバーの導波路を伝搬中又は、増幅ファイバーの導波路から出射した直後のビームは、その径が非常に小さく、レンズで集光するのと同程度の光密度を有する。従って、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面を被せ隠している過飽和吸収体に対して、密度の大きなビームを入射させることができる。

20

【0017】

そして、過飽和吸収体を透過したビームは、増幅ファイバーの一端側に固定された反射鏡の一方で反射し、過飽和吸収体を再び透過した後に、増幅ファイバーの導波路に戻るようになる。この点、反射鏡の一方は、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面上に集光点を合わせた形状をなしている。よって、増幅ファイバーの導波路から出射したビームは、反射鏡の一方での反射により、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面上の焦光点に進むことになる。従って、過飽和吸収体を通過したビームの全ては、増幅ファイバーの導波路に戻るができる。

30

【0018】

尚、過飽和吸収体が、モード同期機能を十分に発揮させるためには、例えば、1 μ m以下の厚みで足りることを考慮すれば、過飽和吸収体中でモード同期機能を発揮する程度の光密度を有し、十分な量の光が再び導波路に戻る限りにおいて、反射鏡の一方の形状における集光点は、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面上から過飽和吸収体の側、もしくはその反対側（導波路の側）に多少ずれていてもよい。尚、反射鏡の一方が、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面上に集光点を合わせた形状をなすようにするには、反射鏡として、反射面が凹面形状あるいは球面形状となるものを使用すればよい。

【0019】

また、「掩覆」とは、上述したように、少なくとも増幅ファイバーの一端側の導波路の端面を過飽和吸収体で被せ隠すことをいう。そのためには、例えば、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面に過飽和吸収体を機械的に接触させてもよいし、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面に過飽和吸収体を蒸着させてもよい。また、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面のみを過飽和吸収体で被せ隠してもよいし、増幅ファイバーの一端側の端面（導波路の端面を含む）を過飽和吸収体で被せ隠してもよい。

40

【0020】

すなわち、本発明のモードロックファイバーレーザーでは、増幅ファイバーの一端側に固定された反射鏡の一方に内在する過飽和吸収体で、少なくとも、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面を掩覆させることにより、光軸調整が必要なレンズを使用することなく、密度の大きなビームを過飽和吸収体に入射させることができ、さらに、反射鏡の一方が、

50

増幅ファイバーの一端側の導波路の端面上に集光点を合わせた形状をなすことにより、光軸調整が必要なレンズを使用することなく、過飽和吸収体を通過したビームの全てを増幅ファイバーの導波路に戻すことができるので、光軸調整を伴うことなく過飽和吸収体のモード同期機能を十分に発揮させることが可能となる。

【0021】

また、請求項3に係る発明は、請求項1又は請求項2に記載するモードロックファイバーレーザーであって、前記増幅ファイバーに一体化されたインラインファイバーファラデーローテーターを備えたこと、を特徴としている。

【0022】

すなわち、本発明のモードロックファイバーレーザーでは、光軸調整が必要なレンズを使用することなく、過飽和吸収体のモード同期機能を十分に発揮させることが可能となるので、かかるレンズの設置スペースが省略でき、省スペース化などのファイバーレーザーの長所を向上させることができるが、この点、本発明のモードロックファイバーレーザーにおいて、増幅ファイバーに一体化されたインラインファイバーファラデーローテーターを備えれば、モードロックの安定化を図るとともに、例えば、モードロックの安定化のためのファラデーローテーター（の設置スペース）を省略することができるので、省スペース化などのファイバーレーザーの長所をより向上させることができる。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照にして説明する。本実施の形態のモードロックファイバーレーザーは、「従来技術」の欄で述べたモードロックファイバーレーザー100（図11参照）に対して、図10に示した、EDF101から反射鏡106までの間を変更したものである。そこで、本欄では、その変更点について詳細に説明する。

【0024】

本実施の形態のモードロックファイバーレーザーでは、図1に示すように、PCフェルル14に装着させたシングルモードのEDF11の一端側の端面に対し、片側が金コートされた過飽和吸収体15（その厚みが1 μ m以下のもの）を接触させている。

【0025】

この点、シングルモードのEDF11の一端側の端面の全部が過飽和吸収体15で覆われているので、EDF11の一端側の導波路21の端面も過飽和吸収体15で覆われている。また、過飽和吸収体15の片側に金コートされた部分は、金ミラー16であり、従来技術における反射鏡106（図10、図11参照）に相当するものである。さらに、過飽和吸収体15をEDF11の一端側の端面に接触させることについては、金ミラー16が既に固着された過飽和吸収体15をEDF11の一端側の端面に機械的に押し付けてもよいし、EDF11の一端側の端面において過飽和吸収体15と金ミラー16を順に真空蒸着させてもよい。

【0026】

また、本実施の形態のモードロックファイバーレーザーでは、図1に示すように、PCフェルル14に装着させたEDF11の他端側に対し、インラインファイバーファラデーローテーター12の一端側を融着させるとともに、さらに、インラインファイバーファラデーローテーター12の他端側に対し、シングルモードのEDF13の一端側を融着させている。そして、EDF13の他端側は、図11のWDM118に接続されており、これにより、上述した構成以外は、「従来技術」の欄で述べたモードロックファイバーレーザー100（図11参照）と同じ構成をなしている。特に、図11の反射鏡111は、ファラデーローテーターミラーである。

【0027】

ここで、本実施の形態のモードロックファイバーレーザーにおいて、出力レーザの波長成分を図8に示すとともに、発振モードを図9に示す。図8及び図9により、本実施の形態のモードロックファイバーレーザーでは、モードロックされたレーザー出力が安定に行われていることがわかる。

【0028】

以上より、図1に示した本実施の形態のモードロックファイバーレーザーでは、過飽和吸収体15により、EDF11の一端側の端面（導波路21の端面を含む）が被せ隠されている。この点、EDF11の導波路21の径は10 μ m程度であり、よって、EDF11の導波路21を伝搬中のビーム又は、EDF11の導波路21から出射した直後のビームは、その径が非常に小さく、レンズで集光するのと同程度の光密度を有する。従って、EDF11の一端側の導波路21の端面を被せ隠している過飽和吸収体15に対して、密度の大きなビームを入射させることができる。

【0029】

そして、過飽和吸収体15を透過したビームは、過飽和吸収体15に金コートされた金ミラー16で反射し、過飽和吸収体15を再び透過した後に、EDF11の導波路21に戻るようになる。この点、過飽和吸収体15は、モード同期機能を十分に発揮させるためのものであり、1 μ m以下の厚みである。よって、EDF11の導波路21から出射したビームは、非常に薄い過飽和吸収体15を往復して通過するので、殆ど広がることなく、EDF11の導波路21に入射する。従って、過飽和吸収体15を通過したビームの殆どは、EDF11の導波路21に戻るることができる。

【0030】

すなわち、図1の本実施の形態のモードロックファイバーレーザーでは、金ミラー16に対しEDF11の一端側の方面で固着された過飽和吸収体15で、EDF11の一端側の端面（導波路21の端面を含む）を掩覆させることにより、光軸調整が必要なレンズ（図10、図11のレンズ102、104）を使用することなく、密度の大きなビームを過飽和吸収体15に入射させることができ、さらに、過飽和吸収体15を通過したビームの殆どをEDF11の導波路21に戻すことができるので、光軸調整を伴うことなく過飽和吸収体15のモード同期機能を十分に発揮させることが可能となる。

【0031】

また、図1の本実施の形態のモードロックファイバーレーザーでは、光軸調整が必要なレンズ（図10、図11のレンズ102、104）を使用することなく、過飽和吸収体15のモード同期機能を十分に発揮させることが可能となるので、かかるレンズ（図10、図11のレンズ102、104）の設置スペースが省略でき、省スペース化などのファイバーレーザーの長所を向上させることができる。この点、本実施の形態のモードロックファイバーレーザーにおいては、EDF11に一体化されたインラインファイバーファラデーローテーター12を備えており、モードロックの安定化を図るとともに、モードロックの安定化のための従来技術におけるファラデーローテーター103（図11参照）の省略、つまり、その設置スペースを省略することができるので、省スペース化などのファイバーレーザーの長所をより向上させることができる。

【0032】

また、図1の本実施の形態のモードロックファイバーレーザーでは、過飽和吸収体15で掩覆されているEDF11の一端側の端面が凸状になっているが、この点、図3に示すように、平面状になっていてもよい。さらに、図4に示すように、過飽和吸収体15で掩覆されているEDF11の一端側の導波路21にコア拡大部分22が設けられていてもよい。

【0033】

また、図4では、EDF11の一端側の端面の全部を過飽和吸収体15で掩覆しているが、この点、EDF11の一端側の導波路21の端面のみを過飽和吸収体15で掩覆してもよい。例えば、図5に示すように、EDF11の一端側の導波路21の端面のみを過飽和吸収体15で覆い、さらに、EDF11の一端側の端面及び過飽和吸収体15を金ミラー16で覆ってもよい。また、図6に示すように、EDF11の一端側の導波路21の一部を過飽和吸収体15とし、さらに、EDF11の一端側の端面及び過飽和吸収体15を金ミラー16で覆ってもよい。また、図7に示すように、EDF11の一端側の導波路21の一部を過飽和吸収体15とし、さらに、過飽和吸収体15をEDF11の一端側から突

10

20

30

40

50

出させた後に、E D F 1 1 の一端側の端面及び過飽和吸収体 1 5 を金ミラー 1 6 で覆ってもよい。

【0034】

また、図 5, 図 6, 図 7 においては、過飽和吸収体 1 5 の露出部分のみを金ミラー 1 6 で覆ってもよい。また、図 6 においては、E D F 1 1 の一端側の導波路 2 1 の一部を空洞とし、粉末状の過飽和吸収体 1 5 (例えば、カーボンナノチューブ等)を入れて製造することもできる。

【0035】

また、図 1 の本実施の形態のモードロックファイバーレーザーでは、過飽和吸収体 1 5 に金コートされている金ミラー 1 6 が凹状になっているが、この点、凹状の金ミラー 1 6 の曲率を最適化すれば、過飽和吸収体 1 5 を通過したビームの全部を、E D F 1 1 の導波路 2 1 に戻すことができる。

10

【0036】

例えば、図 2 には、過飽和吸収体 1 5 で掩覆されている E D F 1 1 の一端側の端面が平面状になっているものを示しているが、この点、E D F 1 1 の一端側にバルク状の金ミラー 1 6 を固定し、金ミラー 1 6 の形状として、E D F 1 1 の一端側の導波路 2 1 の端面上の中心点を中心とする半円形状のものを採用すれば、E D F 1 1 の一端側の導波路 2 1 の端面上の中心点を金ミラー 1 6 の集光点 P とすることができるので、過飽和吸収体 1 5 を通過したビームの全部を、E D F 1 1 の導波路 2 1 に戻すことができる。

【0037】

以上より、図 2 に示した本実施の形態のモードロックファイバーレーザーでは、過飽和吸収体 1 5 により、E D F 1 1 の一端側の端面(導波路 2 1 の端面を含む)が被せ隠されている。この点、E D F 1 1 の導波路 2 1 の径は $10\text{ }\mu\text{m}$ 程度であり、よって、E D F 1 1 の導波路 2 1 を伝搬中のビーム又は、E D F 1 1 の導波路 2 1 から出射した直後のビームは、その径が非常に小さく、レンズで集光するのと同程度の光密度を有する。従って、E D F 1 1 の一端側の導波路 2 1 の端面を被せ隠している過飽和吸収体 1 5 に対して、密度の大きなビームを入射させることができる。

20

【0038】

そして、過飽和吸収体 1 5 を透過したビームは、E D F 1 1 の一端側に固定された金ミラー 1 6 で反射し、過飽和吸収体 1 5 を再び透過した後に、E D F 1 1 の導波路 2 1 に戻ることになる。この点、金ミラー 1 6 は、E D F 1 1 の一端側の導波路 2 1 の端面上の中心に集光点 P を合わせた半円形状をなしている。よって、E D F 1 1 の導波路 2 1 から出射したビームは、金ミラー 1 6 での反射により、E D F 1 1 の一端側の導波路 2 1 の端面上の集光点 P に進むことになる。従って、過飽和吸収体 1 5 を通過したビームの全ては、E D F 1 1 の導波路 2 1 に戻ることができる。

30

【0039】

もっとも、金ミラー 1 6 の半円形状における集光点 P は、E D F 1 1 の一端側の導波路 2 1 の端面上にあればよく、また、過飽和吸収体 1 5 が、モード同期機能を十分に発揮させるためには、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下の厚みで足りることを考慮すれば、過飽和吸収体 1 5 中でモード同期機能を発揮する程度の光密度を有し、十分な量の光が再び E D F 1 1 の導波路 2 1 に戻る限りにおいて、E D F 1 1 の一端側の導波路 2 1 の端面上から過飽和吸収体 1 5 の側、もしくはその反対側(導波路 2 1 の側)に多少ずれていてもよい。また、金ミラー 1 6 の形状は、半円形状に限るものではない。

40

【0040】

すなわち、図 2 の本実施の形態のモードロックファイバーレーザーでは、E D F 1 1 の一端側に固定された金ミラー 1 6 に内在する過飽和吸収体 1 5 で、E D F 1 1 の一端側の端面(導波路 2 1 の端面を含む)を掩覆させることにより、光軸調整が必要なレンズ(図 10, 図 11 のレンズ 102, 104)を使用することなく、密度の大きなビームを過飽和吸収体 1 5 に入射させることができ、さらに、金ミラー 1 6 が、E D F 1 1 の一端側の導波路 2 1 の端面上に集光点 P を合わせた形状をなすことにより、光軸調整が必要なレンズ

50

(図10, 図11のレンズ102, 104)を使用することなく、過飽和吸収体15を通過したビームの全てをEDF11の導波路21に戻すことができるので、光軸調整を伴うことなく過飽和吸収体15のモード同期機能を十分に発揮させることが可能となる。

【0041】

また、図2では、EDF11の一端側の端面の全部を過飽和吸収体15で掩覆しているが、この点、EDF11の一端側の導波路21の端面のみを過飽和吸収体15で掩覆してもよい。

【0042】

尚、本発明は上記実施の形態に限定されるものでなく、その趣旨を逸脱しない範囲で様々な変更が可能である。

例えば、本実施の形態のモードロックファイバーレーザーでは、EDF11については、シングルモードの単なるファイバーであってもよい。

また、PCフェノール14は、取り扱いの便宜上使用するものであって、使用しないケースもある。

【0043】

【発明の効果】

本発明のモードロックファイバーレーザーでは、反射鏡の一方に対し増幅ファイバーの一端側の方面で固着された過飽和吸収体で、少なくとも、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面を掩覆させることにより、光軸調整が必要なレンズを使用することなく、密度の大きなビームを過飽和吸収体に入射させることができ、さらに、過飽和吸収体を通過したビームの殆どを増幅ファイバーの導波路に戻すことができるので、光軸調整を伴うことなく過飽和吸収体のモード同期機能を十分に発揮させることが可能となる。

【0044】

また、本発明のモードロックファイバーレーザーでは、増幅ファイバーの一端側に固定された反射鏡の一方に内在する過飽和吸収体で、少なくとも、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面を掩覆させることにより、光軸調整が必要なレンズを使用することなく、密度の大きなビームを過飽和吸収体に入射させることができ、さらに、反射鏡の一方が、増幅ファイバーの一端側の導波路の端面上に集光点を合わせた形状をなすことにより、光軸調整が必要なレンズを使用することなく、過飽和吸収体を通過したビームの全てを増幅ファイバーの導波路に戻すことができるので、光軸調整を伴うことなく過飽和吸収体のモード同期機能を十分に発揮させることが可能となる。

【0045】

また、本発明のモードロックファイバーレーザーでは、光軸調整が必要なレンズを使用することなく、過飽和吸収体のモード同期機能を十分に発揮させることが可能となるので、かかるレンズの設置スペースが省略でき、省スペース化などのファイバーレーザーの長所を向上させることができるが、この点、本発明のモードロックファイバーレーザーにおいて、増幅ファイバーに一体化されたインラインファイバーファラデーローテーターを備えれば、モードロックの安定化を図るとともに、例えば、モードロックの安定化のためのファラデーローテーター(の設置スペース)を省略することができるので、省スペース化などのファイバーレーザーの長所をより向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態によるモードロックファイバーレーザーの一部の概要を示した図である。

【図2】本発明の一実施形態によるモードロックファイバーレーザーの変形例を示した図である。

【図3】本発明の一実施形態によるモードロックファイバーレーザーの変形例を示した図である。

【図4】本発明の一実施形態によるモードロックファイバーレーザーの変形例を示した図である。

【図5】本発明の一実施形態によるモードロックファイバーレーザーの変形例を示した図

10

20

30

40

50

である。

【図 6】本発明の一実施形態によるモードロックファイバーレーザーの変形例を示した図である。

【図 7】本発明の一実施形態によるモードロックファイバーレーザーの変形例を示した図である。

【図 8】本発明の一実施形態によるモードロックファイバーレーザーの出力レーザーの波長成分を示した図である。

【図 9】本発明の一実施形態によるモードロックファイバーレーザーの発振モードを示した図である。

【図 10】本発明の一実施形態によるモードロックファイバーレーザーに関し、図 11 に示したモードロックファイバーレーザーの改良箇所を示した図である。 10

【図 11】従来技術のモードロックファイバーレーザーの概要を示した図である。

【符号の説明】

11, 13 EDF (増幅ファイバー)

12 インラインファイバーファラデーローテーター

15 過飽和吸収体

16 金ミラー (反射鏡の一方)

21 EDF の導波路

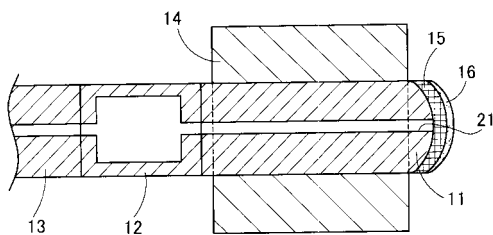
100 モードロックファイバーレーザー

111 反射鏡

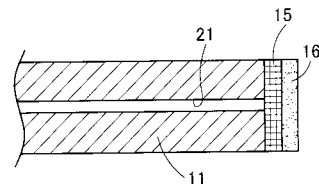
P 金ミラーの集光点

20

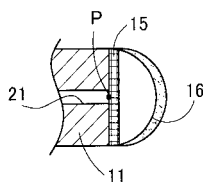
【図 1】



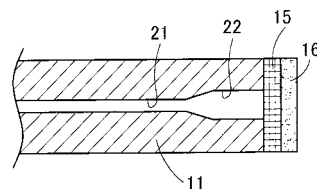
【図 3】



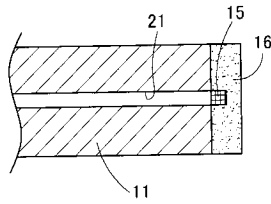
【図 2】



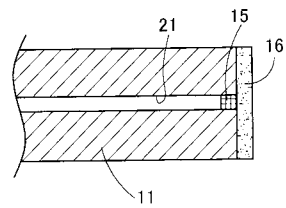
【図 4】



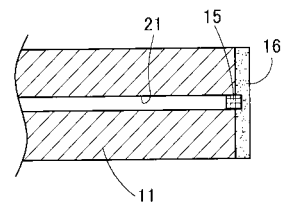
【図 5】



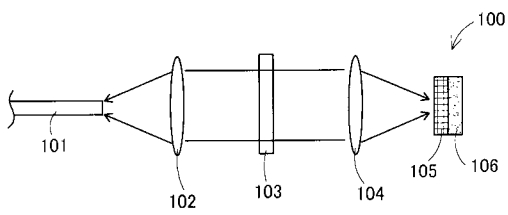
【図 6】



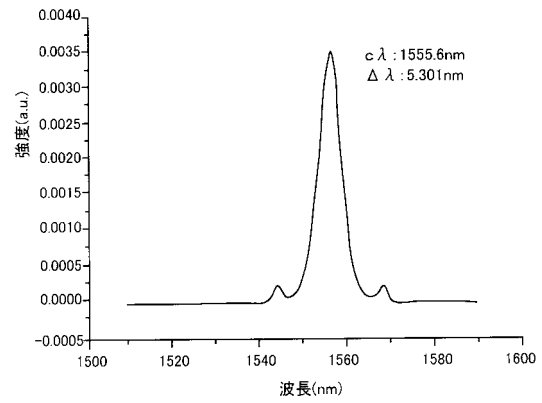
【図 7】



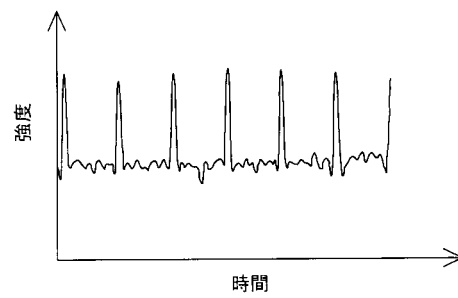
【図 10】



【図 8】



【図 9】



【図 11】

