

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6090780号  
(P6090780)

(45) 発行日 平成29年3月8日(2017.3.8)

(24) 登録日 平成29年2月17日(2017.2.17)

(51) Int.Cl. F I  
H O 1 S 5/50 (2006.01) H O 1 S 5/50 6 1 0

請求項の数 4 (全 8 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2013-11378 (P2013-11378)                  (22) 出願日 平成25年1月24日 (2013.1.24)                  (65) 公開番号 特開2014-143320 (P2014-143320A)                  (43) 公開日 平成26年8月7日 (2014.8.7)                  審査請求日 平成27年10月16日 (2015.10.16)</p>	<p>(73) 特許権者 301021533                  国立研究開発法人産業技術総合研究所                  東京都千代田区霞が関1-3-1                  (72) 発明者 高見澤 昭文                  茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内                  (72) 発明者 柳町 真也                  茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内                  (72) 発明者 池上 健                  茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内                  審査官 佐藤 俊彦</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高パワーインコヒーレント光発生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

スーパーluminescentダイオード(SLD)光源、半導体レーザ光源を有する高パワーインコヒーレント光発生装置であって、

半導体レーザ光源の出力側に、その出力側の内部に偏光ビームスプリッタ(PBS)を有する第1の光アイソレータを配置し、

SLD光源の出力側に第2の光アイソレータ、光ファイバを順に配置して、

前記SLD光源からのインコヒーレント光を前記光ファイバの出力端から、第1の光アイソレータ内部のPBSにs偏光で照射して反射させ、前記半導体レーザ光源に注入して同期させることにより、

該半導体レーザ光源からインコヒーレント光を出射させ、PBSの透過光としてそのスペクトル線幅が拡張されて前記半導体レーザ光源のレーザ媒質の発光スペクトル線幅と略一致するインコヒーレント光を取り出し得ることを特徴とする高パワーインコヒーレント光発生装置。

【請求項2】

前記PBSを透過するインコヒーレント光のパワーは、前記半導体レーザ光源からのコヒーレント光のパワーと略同等であることを特徴とする請求項1に記載の高パワーインコヒーレント光発生装置。

【請求項3】

前記PBSを透過するインコヒーレント光のスペクトル線幅は、

前記半導体レーザー媒質のスペクトル線幅とS L Dのスペクトル線幅のいずれか小さいスペクトル線幅と略同等であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 2 のいずれか 1 項に記載の高パワーインコヒーレント光発生装置。

【請求項 4】

前記照射されるインコヒーレント光の入力がゼロの時には P B S の透過光がコヒーレント光となり、

前記照射されるインコヒーレント光の入力を所定のパワーまで増加すると P B S の透過光がインコヒーレント光となり得ることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の高パワーインコヒーレント光発生装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は半導体レーザー光源とスーパーミネッセントダイオード(S L D)光源を備えた、高パワーインコヒーレント光を発生するための装置に関する。

【背景技術】

【0002】

共振器内での誘導放出による光増幅を利用することにより、パワーの強いコヒーレント光(レーザー光)を発生させることができる。干渉計などではその高い干渉性が重要な役割を果たす一方で、光コヒーレンストモグラフィーのように干渉性が邪魔になる用途もある。そうした用途のために、高輝度なインコヒーレント光を発生させる S L D の開発が近年進められてきた。

20

【0003】

例えば、活性層を備えた光導波路を用いて光を増幅しつつ、光導波路の片方の端面の反射率を低くすることによりレーザー発振を抑制して、高輝度なインコヒーレント光を生成する S L D が提案されている(特許文献 1)。

また、光導波路に工夫をすることにより高輝度化を図っている S L D の提案がある(特許文献 2)。すなわち、支流光導波路が光出射端面に設けた出射開口に向かって主導波路と合流する構造にし、光導波路の少なくとも一部が出射端面の法線方向に対して傾きを有している。また、少なくともいずれかの光導波路が所定の曲率を有する曲線状に形成されている。

30

【0004】

S L D の発光体として自己組織化によって形成された量子ドットを用いることにより、注入電流 1400mA でスペクトル線幅 60nm かつパワー 200mW のインコヒーレント光を生成する S L D の提案もある(非特許文献 1)。

さらに、S L D 部とテーパアンプ部を有するデバイスを作製し、スペクトル線幅 50nm かつパワー 380mW でパルス動作するインコヒーレント光を生成する S L D の提案もある(非特許文献 2)。

【0005】

しかしながら、インコヒーレント光の発生には共振器を用いた光増幅を利用することができないため、高価なテーパアンプ等を用いない限りレーザーと同程度の高パワーを得ることが難しい。実際、現時点において市販の S L D の出力パワーは大きいものでも 30mW 程度である。

40

また、コヒーレント光源をインコヒーレント光源にすることは困難である。もしこれができるれば、一つの用途に対してコヒーレント光とインコヒーレント光を使い分けることが容易になる。

また、インコヒーレント光源の高出力化は半導体光デバイスの開発に依存している。そのため、微細構造を有する半導体を作製する技術と設備を持たない限り、高パワーインコヒーレント光源の開発は困難である。

【0006】

その一方で、インコヒーレント光を半導体レーザーに注入して同期させることにより、複

50

数のレーザモードのうちの一つを増幅させる提案がある(特許文献3 - 5)。

これらの提案は、特定のレーザモードを選択する手法を与えるものであり、スペクトル線幅の広いインコヒーレント光を生成するものではない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2011-187581

【特許文献2】特開2007-165689

【特許文献3】特開2006-339993

【特許文献4】特開2006-25427

【特許文献5】特開2004-350280

10

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】Z.Y. Zhang et al., "High-Performance Quantum-Dot Superluminescent Diodes," IEEE Photonics Technology Letters, 16, 27 (2004).

【非特許文献2】Z. C. Wang et al., "High-power quantum dot superluminescent diode with integrated optical amplifier section," Electronics Letters, 47, 1191 (2011).

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0009】

従って、レーザと同程度の高パワーのインコヒーレント光を発生し、またコヒーレント光もインコヒーレント光も発生し得る安価な高パワーインコヒーレント光発生装置の作製が課題となる。

【課題を解決するための手段】

【0010】

スペクトル線幅の広いインコヒーレント光をレーザ素子に注入して同期させることによりレーザのスペクトル線幅を広げ、コヒーレント光をインコヒーレント光にする。

【0011】

インコヒーレント光をレーザ素子に注入して同期させるという点で特許文献3 - 5とよく似ているが、我々はこの手法によりレーザモードの特定ではなくレーザモードにない波長の光を増幅し、スペクトル線幅の広い高パワーのインコヒーレント光を生成できることを発見した。

30

具体的には、

【0012】

(1) スーパーluminescentダイオード(SLD)光源、半導体レーザ光源を有する高パワーインコヒーレント光発生装置であって、半導体レーザ光源の出力側に、その出力側の内部に偏光ビームスプリッタ(PBS)を有する第1の光アイソレータを配置し、SLD光源の出力側に第2の光アイソレータ、光ファイバを順に配置して、前記SLD光源からのインコヒーレント光を前記光ファイバの出力端から、第1の光アイソレータ内部のPBSにs偏光で照射して反射させ、前記半導体レーザ光源に注入して同期させることにより、該半導体レーザ光源からインコヒーレント光を出射させ、かつ該PBSの透過光としてそのスペクトル線幅が拡張されて前記半導体レーザ光源のレーザ媒質の発光スペクトル線幅と略一致するインコヒーレント光を取り出し得ることを特徴とする高パワーインコヒーレント光発生装置を提供する。

40

【0013】

次に、

(2) 前記PBSを透過するインコヒーレント光のパワーは、前記半導体レーザ光源からのコヒーレント光のパワーと略同等であることを特徴とする(1)に記載の高パワーインコヒーレント光発生装置を提供する。

50

## 【 0 0 1 4 】

また、

( 3 ) 前記 P B S を透過するインコヒーレント光のスペクトル線幅は、前記半導体レーザー媒質のスペクトル線幅と S L D のスペクトル線幅のいずれか小さいスペクトル線幅と略同等であることを特徴とする ( 1 ) 乃至 ( 2 ) のいずれかに記載の高パワーインコヒーレント光発生装置を提供する。

## 【 0 0 1 5 】

最後に、

( 4 ) 前記照射されるインコヒーレント光の入力がゼロの時には P B S の透過光がコヒーレント光となり、前記照射されるインコヒーレント光の入力を所定のパワーまで増加すると P B S の透過光がインコヒーレント光となり得ることを特徴とする ( 1 ) 乃至 ( 3 ) のいずれかに記載された高パワーインコヒーレント光発生装置を提供する。

10

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 6 】

テーパアンプなどの光アンプを用いてインコヒーレント光を増幅することが可能であるが、通常テーパアンプは半導体レーザーよりも高価であるうえ、より大きな注入電流を必要とする。したがって本方法は、インコヒーレント光増幅の低コスト化と低電力化に寄与するものと期待される。

## 【 0 0 1 7 】

また、何らかの方法で S L D からのインコヒーレント光の注入を止めれば、レーザー素子からの光はコヒーレント光に戻る。従って、光軸を保ったままコヒーレント インコヒーレント変換を行うことができ、コヒーレンスが実験結果に与える影響を容易に調べることが可能となる。

20

## 【 0 0 1 8 】

加えて、新規の半導体光デバイスの開発に依ることなく、既存の S L D と半導体レーザー素子を用いて高出力インコヒーレント光を発生させることが可能となる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 図 1 は本願の全体的な構成をあらわす実験配置(上からみた図)である。

【 図 2 】 図 2 は注入光パワーの関数として示した、本装置からの出射光(すなわち P B S の透過光)のパワーに対するインコヒーレント光のパワーの比(インコヒーレント比)である。

30

【 図 3 】 図 3 は注入光パワーの関数として示した本装置からの出射光(すなわち P B S の透過光)のスペクトル線幅(半値全幅)である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 2 0 】

スペクトル線幅の広いインコヒーレント光をレーザー素子に注入して同期させることによりレーザーのスペクトル線幅を広げ、コヒーレント光をインコヒーレント光にする。

## 【 0 0 2 1 】

具体的には、図 1 に示す実験配置を用いて、波長 854nm、線幅 0.3nm 以下で連続発振するレーザー光を出力する半導体レーザー素子に、S L D によって生成される中心波長 850nm、スペクトル線幅 50nm およびパワー 2.8mW のインコヒーレント光を注入することにより、パワー 150mW および線幅 8nm、もしくはパワー 51mW および線幅 11nm のインコヒーレント光を生成した。

40

## 【 0 0 2 2 】

前者の場合、レーザー光の線幅は 2.6 倍以上に広がり、出力光のインコヒーレント光のパワーは入力インコヒーレント光の約 50 倍に増幅された。後者の場合、レーザー光の線幅は 3.7 倍以上に広がり、出力光のインコヒーレント光のパワーは入力インコヒーレント光の約 20 倍に増幅された。

## 【 0 0 2 3 】

50

また、不透明な板などを光軸上に挿入するか、SLDの注入電流をオフにすることによりインコヒーレント光の注入を遮断すると、半導体レーザー素子からの出力はすぐにコヒーレント光に戻った。

【0024】

ここで、出力光のパワーは、注入光の有無にはよらなかった。すなわち、パワーを保ったままコヒーレント インコヒーレント変換が行われた。

【0025】

また、SLDおよびレーザー素子への注入電流はともに最大で200mAであった。

【実施例1】

【0026】

図1に実験配置を示す。SLDからの出力をレンズで平行光にして、戻り光抑制のための光アイソレータに通す。その後光ファイバに結合させ、出射光をもう一つの光アイソレータ内の出力側の偏光ビームスプリッタ(PBS)にs偏光で照射する。

【0027】

PBSによって反射された光は、レンズを介して半導体レーザー素子内に注入される。その一方で、半導体レーザーからの出力はレンズで平行光にされて光アイソレータを通過する。

【0028】

ここで、光アイソレータの出力側のPBSにおいて若干の反射光が生じて光ファイバに向かうが、光軸を調整してこの反射光の光ファイバへの結合効率を最大化する。これにより、注入同期のための光軸調整も同時に最適化することができる。

【0029】

生成されるインコヒーレント光は半導体レーザーそのものがもつ出力パワーを有する。また、スペクトル線幅の上限はSLDと半導体レーザー媒質のうちのどちらか小さい方のスペクトル線幅によって決まると考えられる。

【0030】

したがって、より出力パワーが大きい半導体レーザー素子を選べばインコヒーレント光をハイパワー化することができ、発光線幅の広い媒質を持つ半導体レーザーを用いればSLDと同等のスペクトル線幅をもつインコヒーレント光を発生させることができるだろう。

【0031】

次に図2を用いて、インコヒーレント注入光パワーが十分に大きければ、生成されるインコヒーレント光のパワーが半導体レーザー素子単体での出力パワーと同程度になることを説明する。

ただし、図2の横軸はインコヒーレント注入光パワーを示し、縦軸は本装置からの出射光のパワー(注入光パワーゼロにおける出射光パワー)に対するインコヒーレント光のパワーの比、インコヒーレント比を示す。図中の円、四角および三角はそれぞれ出射光パワーが150mW、99mWおよび51mWの場合を示す。出射光パワーの調整は、半導体レーザー素子への注入電流を調節することによって行った。

【0032】

出射光パワー150mW、99mWおよび51mWの場合において、それぞれ注入光パワー1.1mW、0.8mWおよび0.4mWでインコヒーレント比は0.8に達した。また、注入光パワーが2.8mWの場合には、3つ全ての出射光パワーの場合においてインコヒーレント比は0.9に達した。

【0033】

次に図3を用いて、注入光パワーによるインコヒーレント光のスペクトル線幅の変化を説明する。ただし、図3の横軸はインコヒーレント注入光パワーを示し、縦軸は出射光のスペクトル線幅(半値全幅)を示す。図中の円、四角および三角はそれぞれ出射光パワーが150mW、99mWおよび51mWの場合を示す。

【0034】

注入光パワーが0.5mWより大きいときには、スペクトル線幅は注入光パワーとともに増加し、同じ注入光パワーに対しては出射光パワーが大きいほどスペクトル線幅が小さい。

10

20

30

40

50

従って、パワーよりもスペクトル線幅を広げることが重視する場合には、半導体レーザー素子への注入電流を小さくして出射光パワーを下げるのが有効である。注入光パワー2.8mWの場合において、出射光パワーが150mWのときにはスペクトル線幅が8nmである一方、出射光パワーが51mWのときにはスペクトル線幅が11nmとなった。

【0035】

ここで、注入電流がレーザー発振のしきい値以下のときの半導体レーザーからの出射光のスペクトルを取ることによりレーザー媒質の発光スペクトル線幅を見積もると、約10nmであった。これは注入同期により得られたインコヒーレント光のスペクトル線幅とほぼ一致している。

【0036】

本発明の実施例では、光アイソレータと光ファイバを用いて、SLDからの光を半導体レーザー光源に注入して同期させたが、半導体レーザー光源をSLDに同期できる構成であれば、他の同期の構成または他の同期の方法であってもよいのは言うまでもない。

【産業上の利用可能性】

【0037】

本発明に係る高パワーインコヒーレント光発生装置は、光ファイバジャイロ、光カプラ信号伝送装置、測長器、広帯域な分光用光源、光コヒーレンストモグラフィー技術、表面断層検査などへの利用が可能である。

【符号の説明】

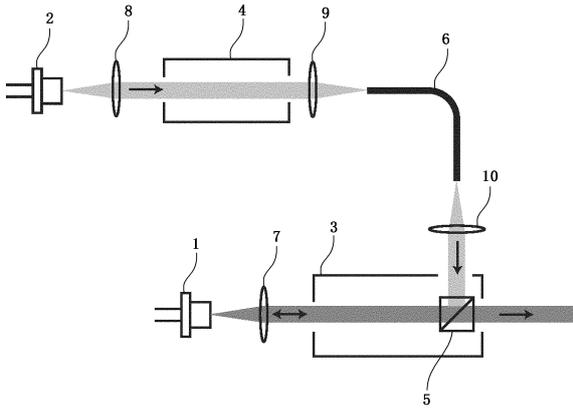
【0038】

- 1 半導体レーザー源
- 2 スーパーluminescentダイオード(SLD)光源
- 3 光アイソレータ
- 4 (第2の)光アイソレータ
- 5 偏光ビームスプリッタ(PBS)
- 6 光ファイバ
- 7 ~ 10 レンズ

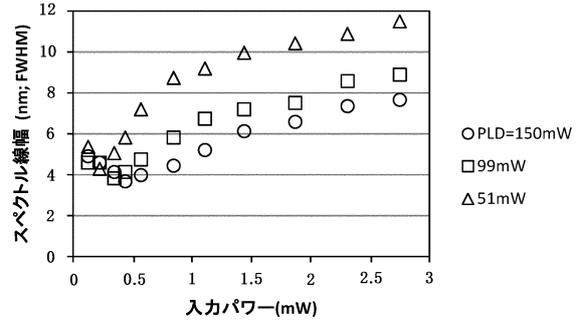
10

20

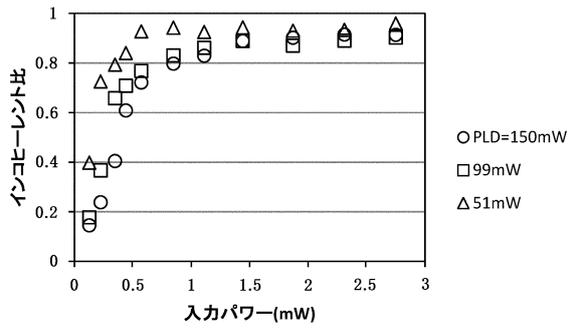
【図1】



【図3】



【図2】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-350280(JP,A)  
特表2006-511074(JP,A)  
特開平11-017262(JP,A)  
特表2008-509403(JP,A)  
特表2010-539491(JP,A)  
特表2009-536785(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00 - 33/64  
H01S 5/00 - 5/50