

(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2009-26834  
(P2009-26834A)

(43) 公開日 平成21年2月5日(2009.2.5)

(51) Int.Cl.  
H01S 5/14 (2006.01)

F I  
H01S 5/14

テーマコード(参考)  
5F173

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2007-186400 (P2007-186400)  
(22) 出願日 平成19年7月18日 (2007.7.18)

(71) 出願人 000006507  
横河電機株式会社  
東京都武蔵野市中町2丁目9番32号  
(72) 発明者 伊藤 昭成  
東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横  
河電機株式会社内  
(72) 発明者 浅見 圭助  
東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横  
河電機株式会社内  
(72) 発明者 鈴木 泰幸  
東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横  
河電機株式会社内  
Fターム(参考) 5F173 AB33 AB45 AB46 MF02 MF13  
MF27 MF28 MF39

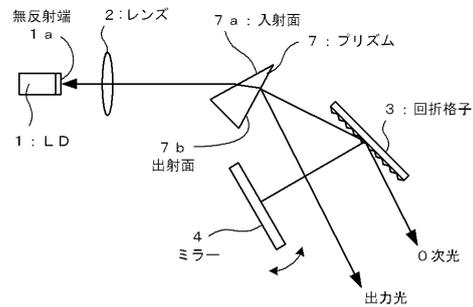
(54) 【発明の名称】 外部共振器型の波長可変光源

(57) 【要約】

【課題】 波長選択性を改善するとともに出力光を効率よく出力する外部共振器型の波長可変光源を実現することにある。

【解決手段】 半導体レーザからの光を回折格子を用いて波長選択する外部共振器型の波長可変光源に改良を加えたものである。本装置は、半導体レーザと回折格子との間に設けられ、半導体レーザからのビーム形状を回折格子の溝の配列方向に拡大して回折格子に出射し、回折格子からの回折光を反射して出力光とするプリズムを設けたことを特徴とするものである。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

半導体レーザからの光を回折格子を用いて波長選択する外部共振器型の波長可変光源において、

前記半導体レーザと前記回折格子との間に設けられ、前記半導体レーザからのビーム形状を前記回折格子の溝の配列方向に拡大して前記回折格子に出射し、前記回折格子からの回折光を反射して出力光とするプリズムを設けたことを特徴とする外部共振器型の波長可変光源。

## 【請求項 2】

前記回折格子からの回折光を前記回折格子に反射するミラーを設け、

プリズムは、前記回折格子と前記ミラーの間から前記出力光を出力することを特徴とする請求項 1 記載の外部共振器型の波長可変光源。

## 【請求項 3】

プリズムは、前記回折格子の 0 次光に対して略平行に前記出力光を出力することを特徴とする請求項 2 記載の外部共振器型の波長可変光源。

## 【請求項 4】

プリズムは、温度上昇によって前記回折格子への入射角を小さくすることを特徴とする請求項 1 記載の外部共振器型の波長可変光源。

## 【請求項 5】

プリズムは、前記半導体レーザからの光がブリュースター角で入射されることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の外部共振器型の波長可変光源。

## 【請求項 6】

前記プリズムは、アナモルフィックプリズムであることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の外部共振器型の波長可変光源。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、半導体レーザからの光を回折格子を用いて波長選択する外部共振器型の波長可変光源（例えば、リトロ配置、リットマン配置等）に関し、詳しくは、波長選択性を改善するとともに出力光を効率よく出力する外部共振器型の波長可変光源に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

外部共振器型の波長可変光源は、半導体レーザからの光を回折格子で波長分散・波長選択し、波長選択した光を半導体レーザに帰還させ、所望の波長でレーザ発振させる。外部共振器型の波長可変光源としては、例えば、リトロ配置の波長可変光源、リットマン配置の波長可変光源等がある。

## 【0003】

半導体レーザから出射される光のファーフィールドパターンは、楕円状の平行光であり、回折格子の溝の配列方向（波長の分散方向であり、以下、水平方向と呼ぶ）に対して短く、溝方向に対して長いビーム形状をしている。

## 【0004】

一方、回折格子の波長分散は、回折格子の水平方向に対する光の照射幅が大きい（照射される溝本数が多い）ほど大きくなり、波長選択性も高くなる。そこで、半導体レーザから出射された光のビーム形状を楕円状から円形に整形し、回折格子の波長選択性を改善している。

## 【0005】

図 4 は、従来 of 外部共振器型の波長可変光源の構成を示した図である（例えば、特許文献 1 参照）。図 4 において、半導体レーザ 1 は、一方の端面 1 a が無反射処理（例えば、AR コート）され、この AR コートされた端面 1 a から光が出射される。

10

20

30

40

50

## 【0006】

レンズ2は、半導体レーザ1からの光を平行光にして出射したり、帰還された光（以下、戻り光とも呼ぶ）を半導体レーザ1のARコートされた端面1aに集光させる。

## 【0007】

回折格子3は、レンズ2からの光を波長分散してミラー4に出射したり、ミラー4からの反射光を再度波長分散してレンズ2に出射する。

## 【0008】

ミラー4は、回折格子3で波長分散された回折光のうち所望の波長の光を選択して回折格子3に反射する。また、ミラー4は、リットマン配置となるように所定の点を中心に回転する。

10

## 【0009】

ビームスプリッタ5は、レンズ2と回折格子3の間に設けられ、回折格子3からの戻り光の一部を分岐して出力光として出力し、他方をレンズ2を介して半導体レーザ1に帰還する。

## 【0010】

ビーム拡大器6は、アナモルフィックプリズムペア（アナモルフィックプリズム6a、6b）を有し、ビームスプリッタ5と回折格子3の間に設けられ、半導体レーザ1からの光のビーム形状を円形に整形して回折格子3に出射する。

## 【0011】

このような装置の動作を説明する。

20

半導体レーザ1の一方の端面1aから出射された光が、レンズ2によって平行光になり、ビームスプリッタ5を透過してビーム拡大器6によってビーム整形（水平方向にビーム形状を拡大）される。そして、ビーム整形された光を、回折格子3が波長分散してミラー4に出射する。さらに、ミラー4で所望の波長の光のみが回折格子3に反射され、この反射光を再度回折格子3が波長選択する。

## 【0012】

そして、波長選択が2回行なわれた光がビーム拡大器6、ビームスプリッタ5、レンズ2を介して半導体レーザ1に帰還され、半導体レーザ1の他方の端面とミラー4とで外部共振器が形成されレーザ発振する。また、ミラー4を回転移動させることにより、共振器長・反射波長も変わり、所望の波長で安定したシングルモード発振を行なう。

30

## 【0013】

さらに、ビームスプリッタ5が、半導体レーザ1に帰還される光（つまり、2回波長選択された戻り光）を分岐し、一部を出力光とする。これにより、半導体レーザ1自身で発生する自然放出光が除去された極めて単一性の高いレーザ光が出力光として出力される。

## 【0014】

【特許文献1】特開平5-198881号公報

## 【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【0015】

このように、ビーム拡大器6を半導体レーザ1と回折格子3との間に設けることにより、回折格子3への水平方向の照射幅が改善され、波長選択性が高くなる。また、ビームスプリッタ5を半導体レーザ1と回折格子3との間に設けることにより、半導体レーザ1自身で発生する自然放出光を除去でき極めて単一性の高い出力光になる。

40

## 【0016】

しかしながら、ビームスプリッタ5、ビーム拡大器6のアナモルフィックプリズム6a、6bそれぞれは、空気よりも屈折率の大きい屈折媒体（ガラス等）である。そのため、光路中にこれらの屈折媒体5、6a、6bを設けることにより、外部共振器長が増加し、モード間隔が狭くなり、波長選択性が悪くなるという問題があった。

## 【0017】

また、外部共振器内の光路上の部品点数が多くなることにより、外部共振器内の光パワ

50

一の損失が増大し、光パワーの効率が悪化するという問題があった。

【0018】

そこで本発明の目的は、波長選択性を改善するとともに出力光を効率よく出力する外部共振器型の波長可変光源を実現することにある。

【課題を解決するための手段】

【0019】

請求項1記載の発明は、

半導体レーザからの光を回折格子を用いて波長選択する外部共振器型の波長可変光源において、

前記半導体レーザと前記回折格子との間に設けられ、前記半導体レーザからの光束形状を前記回折格子の溝の配列方向に拡大して前記回折格子に出射し、前記回折格子からの回折光を反射して出力光とするプリズムを設けたことを特徴とするものである。

10

請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明において、

前記回折格子からの回折光を前記回折格子に反射するミラーを設け、

プリズムは、前記回折格子と前記ミラーの間から前記出力光を出力することを特徴とするものである。

請求項3記載の発明は、請求項2記載の発明において、

プリズムは、前記回折格子の0次光に対して略平行に前記出力光を出力することを特徴とするものである。

請求項4記載の発明は、請求項1記載の発明において、

プリズムは、温度上昇によって前記回折格子への入射角を小さくすることを特徴とするものである。

20

請求項5記載の発明は、請求項1～4のいずれかに記載の発明において、

プリズムは、前記半導体レーザからの光がプリュースター角で入射されることを特徴とするものである。

請求項6記載の発明は、請求項1～5のいずれかに記載の発明において、

前記プリズムは、アナモルフィックプリズムであることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば以下の効果がある。

30

半導体レーザと回折格子との間（外部共振器内の光路上）に設けられた単一のプリズムが、半導体レーザからの光を光束整形し、かつ、回折格子からの回折光の一部を反射して出力光として出力するので、外部共振器内の屈折媒体の部品点数を減少させることができる。これにより、外部共振器長の増加を少なくすることができ、モード間隔が狭くなることを抑えられ、波長選択性を向上することができる。さらに、屈折媒体の部品点数の減少により、光パワーの損失を抑えることができる。従って、波長選択性を改善するとともに出力光を効率よく出力することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下図面を用いて本発明の実施の形態を説明する。

40

[第1の実施例]

図1は、本発明の第1の実施例を示した構成図である。ここで、図4と同一のものには同一符号を付し、説明を省略する。図1において、光束スプリッタ5、光束拡大器6の代わりに、プリズム7が設けられる。

【0022】

プリズム7は、略くさび形の単体のアナモルフィックプリズムであり、レンズ2と回折格子3の光路上に設けられる。プリズム7の屈折率は、空気よりも高く、例えば、屈折率1.6以上のものがよい。プリズム7は、例えば、ガラス（クラウンガラス、フリントガラス等）、合成樹脂等である。

【0023】

50

ここで、プリズム 7 は、半導体レーザ 1 からの光が入射する面を入射面 7 a とし、この入射面 7 a からの入射光を回折格子 3 に出射する面（つまり、回折格子 3 からの戻り光が入射する面）を出射面 7 b とする。

【0024】

そして、入射面 7 a は、反射防止膜（例えば、AR コート）がコーティングされ、出射面 7 b は、反射防止膜や所望の反射率となる部分反射膜はコーティングされない。なお、半導体レーザ 1 から入射面 7 a に入射する光の入射角をブリュースター角に設定した場合には、反射防止膜をコーティングしなくてもよい。すなわち、半導体レーザ 1 からの光は直線偏光なので、半導体レーザ 1 から入射面 7 a への入射光は入射面 7 a で反射することが無く全透過する。

10

【0025】

また、半導体レーザ 1、回折格子 3、ミラー 4 等は、リットマン配置となるように構成される。もちろん、プリズム 7、レンズ 2 等の屈折媒体が外部共振器内に存在するので、ミラー 4 の回転移動の基準となる位置は、これらの屈折媒体が無い場合の位置とは異なる。

【0026】

このような装置の動作を説明する。

半導体レーザ 1 の一方の端面（無反射端）1 a から出射された光が、レンズ 2 によってコリメートされて平行光になり、プリズム 7 に入射する。この際、レンズ 2 からのコリメート光が、プリズム 7 の入射面 7 a で反射されることなくプリズム 7 に入射する。

20

【0027】

そして、コリメート光が、プリズム 7 によってビーム整形（水平方向にビーム形状を拡大）され出射面 7 b から回折格子 3 に出射される。さらに回折格子 3 が、ビーム整形された光を 1 回目の波長分散してミラー 4 に出射する。そして、ミラー 4 で所望の波長の光のみが波長選択されて回折格子 3 に反射され、この反射光を回折格子 3 が再度波長分散させて波長選択してプリズム 7 に出射する。

【0028】

そして、波長選択が 2 回行なわれた戻り光が、プリズム 7 の出射面 7 b に入射する。この際、プリズム 7 の屈折率と空気の屈折率との屈折率差によって一部の戻り光が出射面 7 b で反射され、大部分の戻り光が、出射面 7 b で反射されることなくプリズム 7 に入射する。

30

【0029】

そして、プリズム 7 に入射した戻り光が、入射面 7 a から出射されてレンズ 2 を介して半導体レーザ 1 に帰還され、半導体レーザ 1 の他方の端面とミラー 4 とで外部共振器が形成されレーザ発振する。また、ミラー 4 を回転移動させることにより、共振器長・反射波長も変わり、所望の波長で安定したシングルモード発振を行なう。

【0030】

一方、回折格子 3 からの戻り光のうちプリズム 7 の出射面 7 b で反射された光が出力光として取り出されて出力される。この際、出力光が、回折格子 3 での 0 次光と略平行（0 次光の光軸と、プリズム 7 の反射光の光軸とが平行）に出力されるようにプリズム 7 の出射面 7 b を設定しておくことよい。なお、回折格子 3 の 0 次光には、プリズム 7 から回折格子 3 に入射する光によるものと、ミラー 4 の反射光によるものの 2 種類があるが、ここで 0 次光は、プリズム 7 から回折格子 3 に入射する光に対するものである。

40

【0031】

このように、半導体レーザ 1 と回折格子 3 との間に設けられた単一のプリズム 7 が、コリメート光のビーム整形および 2 回目の回折光からの出力光の取り出しとを兼ねるので、図 4 に示す装置に比べて外部共振器内の屈折媒体の部品点数を減少させることができる。これにより、外部共振器長の増加を少なくすることができ、モード間隔が狭くなることを抑えられ、波長選択性を向上することができる。さらに、屈折媒体の部品点数の減少により、光パワーの損失を抑えることができる。従って、波長選択性を改善するとともに出力

50

光を効率よく出力することができる。

【0032】

また、図4に示す装置に比べて部品点数を減少することができるので、コストの削減および小型化できる。さらに、各部品間で平行平面になる部分がなくなり、多重反射による干渉や迷光の影響を抑えることができる。

【0033】

また、プリズム7は、入射面7a側にのみ防止反射膜をコーティングするので、プリズム7の製造コストを抑えることができる。そして、入射面7aに入射する光の入射角をブリースター角に設定した場合には、入射面7a側の反射防止膜もコーティングする必要が無いので、さらに製造コストを抑えることができる。

10

【0034】

また、プリズム7が、半導体レーザに帰還される光(つまり、2回波長選択された戻り光)の一部を出射面7bで反射して出力光とするので、半導体レーザ1自身で発生する自然放出光が除去された極めて単一性の高いレーザ光を出力光として出力できる。

【0035】

そして、例えば、回折格子3の0次光も波長可変光源の光パワーのモニタ用等として出力光にする場合、プリズム7が、回折格子3の0次光と略平行に出射面7bでの反射光を出力するので、光ファイバ(図示せず)にカップリングさせるのが容易となり、構造上の簡略化および小型化を図ることができる。

【0036】

以下図面を用いて本発明の実施の形態を説明する。

20

[第2の実施例]

図2は、本発明の第2の実施例を示した構成図であり、周囲温度が変動しても、選択される波長の変動を抑えた実施例を示している。ここで、図1と同一のものには同一符号を付し、説明を省略する。

【0037】

図2において、プリズム7の代わりに、プリズム7の向きを反対にしたプリズム8が設けられる。つまり図1では、プリズム7の入射面7a、出射面7bで形成される頂角が光軸に対して回折格子3側であったが、図2では、プリズム8の入射面8a、8bで形成される頂角がミラー4側に設けられる。

30

【0038】

このような装置の動作を説明する。

半導体レーザ1、ミラー4で外部共振器を形成してレーザ発振したり、プリズム8でビーム整形する点は図1に示す装置とほぼ同様なので説明を省略し、異なる点を主に説明する。

【0039】

プリズム8が回折格子3からの戻り光の一部を出射面8bで反射して出力光とするが、出射面8bでの反射方向(出力光の出力方向)が、回折格子3とミラー4の間でなく、回折格子3の裏面側の方向に出射する。

【0040】

続いて、周囲温度が変動した場合を説明する。

40

回折格子3に入射した光の波長分散の関係は、下記式(1)で表される。

【0041】

$$\sin \theta \pm \sin \theta' = N \cdot m \cdot \lambda \quad \dots \quad (1)$$

【0042】

ここで、各パラメータは以下である。

θ : プリズム8から回折格子3への入射角

θ' : 回折格子3からの出射角

N : 1 [mm]あたりのスリット数(つまり、回折格子3の溝本数であり、回折格子周期の逆数)

50

m : 回折光の次数 (  $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$  )

: 波長

【 0 0 4 3 】

例えば、周囲温度が高くなった場合、回折格子 3 が膨張し、回折格子 3 の溝間隔が広がる。そのため、回折格子 3、ミラー 4 の位置関係が変動しない場合、回折格子 3、ミラー 4 で選択される波長は、長波長側にシフトする。

【 0 0 4 4 】

一方、周囲温度の上昇により、プリズム 8 の屈折率が大きくなり、屈折角も大きくなる。そのため、プリズム 8 から回折格子 3 への入射角 が小さくなる。そのため、回折格子 3、ミラー 4 の位置関係が変動しない場合、回折格子 3、ミラー 4 で選択される波長は、短波長側にシフトする。

10

【 0 0 4 5 】

すなわち、プリズム 8 が、温度上昇に伴って回折格子 3 への入射角 を小さくするので、回折格子 3 の溝間隔の膨張による波長シフトを補償することができる。これにより、周囲温度が変動しても、選択される波長の変動を抑えることができる。

【 0 0 4 6 】

なお、本発明はこれに限定されるものではなく、以下に示すようなものでもよい。

( 1 ) プリズム 7 の出射面 7 b には、反射防止膜、部分反射膜を設けない構成を示したが、プリズム 7 の出射面 7 b が戻り光を反射する割合は、プリズム 7 の屈折率と空気の屈折率との屈折率差、戻り光の出射面 7 b への入射角等に影響される。

20

【 0 0 4 7 】

従って、プリズム 7 で出力光を取り出す割合を増減する場合、プリズム 7 の材質や入射角を変更するとよい。例えば、取り出す割合を大きくする場合 ( 出力光を高出力化する場合 )、プリズム 7 の屈折率を大きくする ( 例えば、1.6 以上 )。また、大きな出力光を取り出す場合、出射面 7 b に部分反射膜をコーティングしてもよい

【 0 0 4 8 】

( 2 ) リットマン配置の外部共振器型の波長可変光源の構成を示したが、回折格子 3 を用いて波長選択を行なう外部共振器型の波長可変光源であれば本発明を適用してもよい。ここで、図 3 は、リトロ配置に本発明を適用した例を示した構成図であり、図 1 と同一のものには同一符号を付し説明を省略する。図 3 において、ミラー 4 が取り外され、回折格子 3 が回転移動する。そして、回折格子 3 の回折光のうち所望の波長の光が半導体レーザー 1 に帰還するように回折格子 3 への入射角が設定される。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 9 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施例を示した構成図である。

【 図 2 】 本発明の第 2 の実施例を示した構成図である。

【 図 3 】 本発明の第 3 の実施例を示した構成図である。

【 図 4 】 従来の外部共振器型の波長可変光源の構成を示した図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 0 】

1 半導体レーザー

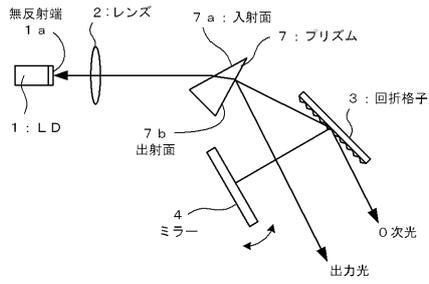
3 回折格子

4 ミラー

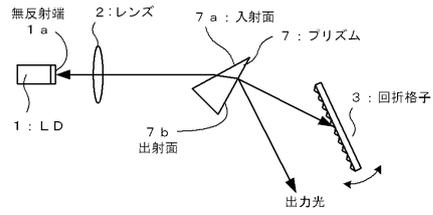
7、8 プリズム

40

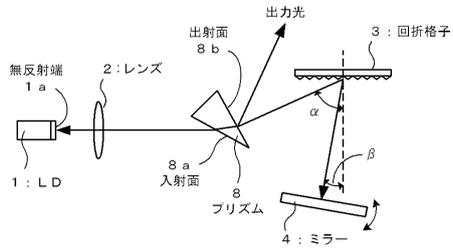
【 図 1 】



【 図 3 】



【 図 2 】



【 図 4 】

