(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5154581号
(P5154581)
(45)発行日　平成25年2月27日(2013.2.27)　(24)登録日　平成24年12月14日(2012.12.14)

(51)Int.Cl.　　F I
H01S 5/0625 (2006.01)　　H01S 5/0625
H01S 5/125 (2006.01)　　H01S 5/125

請求項の数 7　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願2009-552469 (P2009-552469)
(86)(22)出願日　平成21年2月3日(2009.2.3)
(86)国際出願番号　PCT/JP2009/051763
(87)国際公開番号　WO2009/099050
(87)国際公開日　平成21年8月13日(2009.8.13)
審査請求日　平成22年9月17日(2010.9.17)
(31)優先権主張番号　特願2008-25410 (P2008-25410)
(32)優先日　平成20年2月5日(2008.2.5)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000154325
住友電工デバイス・イノベーション株式会社
神奈川県横浜市栄区金井町１番地
(74)代理人　100087480
弁理士　片山　修平
(72)発明者　田中　宏和
神奈川県横浜市栄区金井町１番地　住友電工デバイス・イノベーション株式会社内
(72)発明者　石川　務
神奈川県横浜市栄区金井町１番地　住友電工デバイス・イノベーション株式会社内
(72)発明者　町田　豊稔
神奈川県横浜市栄区金井町１番地　住友電工デバイス・イノベーション株式会社内
最終頁に続く

(54)【発明の名称】レーザ装置およびレーザ装置の制御データ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
利得部と、波長特性に周期的なピークを有する第１波長選択手段と、発振波長の可変帯域よりも狭い帯域に制限された波長範囲において前記第１波長選択手段とは異なる周期で波長特性にピークを有し、屈折率変化によってピーク波長がシフトする第２波長選択手段と、を備え、同じ波長範囲において前記第２波長選択手段の一方向の屈折率変化によって選択される前記発振波長が一方向に変化する複数のレンジを備える共振器と、
前記発振波長を選択するための前記第２波長選択手段の屈折率の設定値として、前記複数のレンジのうち隣接する２つのレンジにまたがった範囲の中から選択された値が格納された記憶部と、
前記記憶部に格納された前記設定値を前記共振器に与えるコントローラと、を備えることを特徴とするレーザ装置。
【請求項２】
前記記憶部は、前記第２波長選択手段に対して屈折率変化を与えない状態で選択される発振波長を起点とし、前記隣接するレンジにおいて当該起点となる発振波長が再度選択されるまでの範囲において選択された値を格納していることを特徴とする請求項１記載のレーザ装置。
【請求項３】
前記記憶部は、前記第２波長選択手段に対して屈折率変化を与えない状態で選択される発振波長に隣接する発振波長を起点とし、前記隣接するレンジにおいて当該起点となる発

振波長が再度選択されるまでの範囲において選択された値を格納していることを特徴とする請求項１記載のレーザ装置。
【請求項４】
前記第２波長選択手段の屈折率の設定値は、前記第２波長選択手段の温度または前記第２波長選択手段への電流注入量であることを特徴とする請求項１記載のレーザ装置。
【請求項５】
前記記憶部は、前記第２波長選択手段の屈折率の設定値を、所望の波長ごとに格納することを特徴とする請求項１～４のいずれかに記載のレーザ装置。
【請求項６】
利得部と、波長特性に周期的なピークを有する第１波長選択手段と、発振波長の可変帯域よりも狭い帯域に制限された波長範囲において前記第１波長選択手段とは異なる周期で波長特性にピークを有し、屈折率変化によってピーク波長がシフトする第２波長選択手段と、を備えた共振器を有し、同じ波長範囲において前記第２波長選択手段の一方向の屈折率変化によって選択される前記発振波長が一方向に変化する複数のレンジを備えるレーザ装置の制御データであって、
前記制御データには、前記第２波長選択手段の屈折率を決定するための設定値が、実現するべき発振波長に対応させて、かつ、前記屈折率の最大値と最小値の範囲が前記複数のレンジにまたがった範囲で格納されてなることを特徴とするレーザ装置の制御データ。
【請求項７】
前記第２波長選択手段の屈折率の設定値は、前記第２波長選択手段の温度または前記第２波長選択手段への電流注入量であることを特徴とする請求項６記載のレーザ装置の制御データ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、レーザ装置およびレーザ装置の制御データに関する。
【背景技術】
【０００２】
共振器内部に波長選択手段を備えることで、複数の出力波長を選択することが可能なチューナブルレーザが知られている。例えば、ＣＳＧ－ＤＢＲ（Ｃｈｉｒｐｅｄ Ｓａｍｐｌｅｄ Ｇｒａｔｉｎｇ Ｄｉｓｔｒｉｂｕｔｅｄ Ｂｒａｇｇ Ｒｅｆｌｅｃｔｏｒ）領域およびＳＧ－ＤＦＢ（Ｓａｍｐｌｅｄ Ｇｒａｔｉｎｇ Ｄｉｔｒｉｂｕｔｅｄ Ｆｅｅｄｂａｃｋ）領域を備えるチューナブルレーザが開示されている（例えば、特許文献１参照）。
【０００３】
ＣＳＧ－ＤＢＲ領域においては、限られた波長帯域でのみ、反射スペクトルに周期的なピークが生じる。ＳＧ－ＤＦＢ領域とＣＳＧ－ＤＢＲ領域それぞれに生じる反射スペクトルのピークは、互いに異なる周期を有している。それにより、バーニア効果が生じる。すなわち、ピーク同士が重なり合う波長のうち、もっとも強度の大きい波長が発振波長として選択される。
【０００４】
【特許文献１】特開２００７－０４８９８８号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
図１は、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域の屈折率変化と発振波長との関係の一例を示す図である。図１は、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域上に設けられた複数のヒータの温度差の関係を維持したまま各ヒータの温度を変化させた場合の特性を示している。具体的には、図１は、各ヒータの温度変化量が等しくＣＳＧ－ＤＢＲ領域の各ヒータに対応した部分の屈折率変化量が等しい場合の特性を示している。

【０００６】
以下の説明では、特に言及しない限り、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域の屈折率を変化させる場合は、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域の各ヒータに対応した部分の屈折率変化量が等しい場合であるとする。
【０００７】
図１において平坦なテラス部分は、このチューナブルレーザの発振可能な波長を示している。各テラスの幅は、ＳＧ－ＤＦＢ領域の波長特性のピーク間隔に相当している。発振波長は、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域の屈折率変化に対して一方向に変化する。図１においては、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域の屈折率の増加に伴って、発振波長が長波長側に変化する。
【０００８】
ＣＳＧ－ＤＢＲ領域の反射スペクトルのピーク間隔を狭くすると、小さい屈折率変化で隣接する波長を選択可能になる。しかしながら、この場合、バーニア効果によって同時に選択される波長ピークの間隔も狭くなってしまう。そこで、前述したように、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域の反射スペクトルの周期的なピークを、所定の波長帯域に制限する。それにより、所望の発振波長以外の波長が排除される。
【０００９】
また、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域の反射スペクトルの周期的なピークが所定の波長帯域に制限されると、例えば、波長選択の範囲がλ１～λ７に制限される。バーニア効果による波長選択は回帰性を持っていることから、λ１～λ７の波長選択レンジが周期的に連続して複数発生する。なお、図１のような特性は、ＳＧ－ＤＦＢ領域とＣＳＧ－ＤＢＲ領域との組合せだけではなく、波長特性の周期が異なる複数の波長選択手段と発振波長帯域を制限する手段とが設けられている場合に生じるものである。
【００１０】
このようなチューナブルレーザは、ルックアップテーブルから呼び出した設定値に基づいて動作する。このルックアップテーブルは、出荷試験時に高精度の波長計によって所望の出力波長を確認しつつ設定値を取得することによって作成される。通常、この設定値を取得する作業においては、図１のレンジ１，２，３等の、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域の屈折率変化に対して選択波長が一方向に変化するレンジが１つ選択され、このレンジ内でλ１～λ７に対応する設定値の取得がなされる。
【００１１】
ところで、このようなチューナブルレーザについては、消費電力を小さくすることが求められている。しかしながら、これまでのチューナブルレーザでは、消費電力を抑えることが困難であった。
【００１２】
本発明の目的は、消費電力を抑制することが可能なレーザ装置およびレーザ装置の制御データを提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【００１３】
本発明に係るレーザ装置は、利得部と、波長特性に周期的なピークを有する第１波長選択手段と、発振波長の可変帯域よりも狭い帯域に制限された波長範囲において第１波長選択手段とは異なる周期で波長特性にピークを有し、屈折率変化によってピーク波長がシフトする第２波長選択手段と、を備え、同じ波長範囲において第２波長選択手段の一方向の屈折率変化によって選択される発振波長が一方向に変化する複数のレンジを備える共振器と、発振波長を選択するための第２波長選択手段の屈折率の設定値として、複数のレンジのうち隣接する２つのレンジにまたがった範囲の中から選択された値が格納された記憶部と、記憶部に格納された設定値を共振器に与えるコントローラと、を備えることを特徴とするものである。本発明に係るレーザ装置においては、隣接する２つのレンジから第２波長選択手段の屈折率の設定値が選択されることから、第２波長選択手段の屈折率を変化させるための消費電力が抑制される。
【００１４】

記憶部は、第２波長選択手段に対して屈折率変化を与えない状態で選択される発振波長を起点とし、隣接するレンジにおいて当該起点となる発振波長が再度選択されるまでの範囲において選択された値を格納していてもよい。この場合、各レンジの範囲内で設定値を選択する場合に比較して、第２波長選択手段の屈折率を変化させるための消費電力が抑制される。

【００１５】

記憶部は、第２波長選択手段に対して屈折率変化を与えない状態で選択される発振波長に隣接する発振波長を起点とし、隣接するレンジにおいて当該起点となる発振波長が再度選択されるまでの範囲において選択された値を格納していてもよい。この場合、各レンジの範囲内で設定値を選択する場合に比較して、第２波長選択手段の屈折率を変化させるための消費電力が抑制される。

【００１６】

第２波長選択手段の屈折率の設定値は、第２波長選択手段の温度または第２波長選択手段への電流注入量であってもよい。記憶部は、第２波長選択手段の屈折率の設定値を、所望の波長ごとに格納してもよい。

【００１７】

本発明に係る制御データは、利得部と、波長特性に周期的なピークを有する第１波長選択手段と、発振波長の可変帯域よりも狭い帯域に制限された波長範囲において第１波長選択手段とは異なる周期で波長特性にピークを有し、屈折率変化によってピーク波長がシフトする第２波長選択手段と、を備えた共振器を有し、同じ波長範囲において第２波長選択手段の一方向の屈折率変化によって選択される発振波長が一方向に変化する複数のレンジを備えるレーザ装置の制御データであって、制御データには、第２波長選択手段の屈折率を決定するための設定値が、実現するべき発振波長に対応させて、かつ、屈折率の最大値と最小値の範囲が複数のレンジにまたがった範囲で格納されてなることを特徴とするものである。

【００１８】

第２波長選択手段の屈折率の設定値は、第２波長選択手段の温度または第２波長選択手段への電流注入量であってもよい。

【発明の効果】

【００１９】

本発明によれば、消費電力を抑制することが可能なレーザ装置およびレーザ装置の制御データを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【００２０】

【図１】ＣＳＧ－ＤＢＲ領域の屈折率変化と発振波長との関係の一例を示す図である。

【図２】本発明の第１実施例に係るチューナブルレーザおよびそれを備えたレーザ装置の全体構成を示す模式図である。

【図３】ルックアップテーブル５１の例を示す図である。

【図４】ＣＳＧ－ＤＢＲ領域の屈折率変化に対する発振波長を示す図である。

【図５】本発明の第２実施例に係るチューナブルレーザを示す模式図である。

【図６】本発明の第３実施例に係るチューナブルレーザを説明するための模式図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２１】

以下、本発明を実施するための最良の形態を説明する。

【実施例１】

【００２２】

図２は、本発明の第１実施例に係るチューナブルレーザ１０およびそれを備えたレーザ装置１００の全体構成を示す模式図である。図２に示すように、レーザ装置１００は、チューナブルレーザ１０、温度制御装置２０、出力検知部３０、波長検知部４０およびコントローラ５０を備える。チューナブルレーザ１０は、温度制御装置２０上に配置されてい

る。次に、各部の詳細を説明する。

【００２３】

チューナブルレーザ１０は、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１、ＳＧ－ＤＦＢ領域１２および半導体光増幅（ＳＯＡ：Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ　Ｏｐｔｉｃａｌ　Ａｍｐｌｉｆｉｅｒ）領域１３が順に連結した構造を有する。

【００２４】

ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１は、回折格子を有する第１の領域と第１の領域に連結されかつスペース部となる第２の領域とが設けられたセグメントが複数設けられた光導波路を含む。この光導波路は、吸収端波長がレーザ発振波長よりも短波長側にある半導体結晶からなる。また、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１においては、各第２の領域の長さが異なっている。ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１の表面には、光導波路に沿ってヒータ１４ａ～１４ｃが順に設けられている。ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１は、限られた波長帯域でのみ波長特性に周期的なピークを有する。本実施例においては、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１は、限られた波長帯域でのみ、反射スペクトルに周期的なピークを有する。

【００２５】

ＳＧ－ＤＦＢ領域１２は、回折格子を有する第１の領域とこの第１の領域に連結されかつスペース部となる第２の領域とが設けられたセグメントが複数設けられた光導波路を含む。この光導波路は、目的とする波長でのレーザ発振に対して利得を有する半導体結晶からなる。また、ＳＧ－ＤＦＢ領域１２においては、各第２の領域は同じ長さを有している。ＳＧ－ＤＦＢ領域１２上には、電極１５が設けられている。ＳＧ－ＤＦＢ領域１２は、波長特性に周期的なピークを有する。本実施例においては、ＳＧ－ＤＦＢ領域１２においては、利得スペクトルのピークが周期的に分布する。

【００２６】

ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１およびＳＧ－ＤＦＢ領域１２は、それぞれ異なる周期で波長特性にピークを有し、波長選択部として機能する。ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１およびＳＧ－ＤＦＢ領域１２の波長特性を変化させることによって、バーニア効果が生じる。すなわち、ピーク同士が重なり合う波長のうち、もっとも強度の大きい波長が発振波長として選択される。

【００２７】

ＳＯＡ領域１３は、電流制御もしくは電圧制御によって光に利得を与える、または光を吸収するための半導体結晶からなる光導波路を含む。ＳＯＡ領域１３上には、電極１６が設けられている。なお、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１、ＳＧ－ＤＦＢ領域１２およびＳＯＡ領域１３の各光導波路は、互いに光結合している。

【００２８】

チューナブルレーザ１０は、温度制御装置２０上に搭載されている。また、温度制御装置２０上には、温度制御装置２０の温度を測定するためのサーミスタ（図示せず）が設けられている。

【００２９】

出力検知部３０は、ＳＯＡ領域１３を通過したレーザ出力光の強度を測定する受光素子を含む。波長検知部４０は、レーザ出力光の強度を測定する受光素子とエタロンを透過することによって波長特性を含んだレーザ出力光の強度を測定する受光素子とを含む。なお、図２では、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１側に波長検知部４０が配置されＳＯＡ領域１３側に出力検知部３０が配置されているが、それに限られない。例えば、各検知部が逆に配置されていてもよい。

【００３０】

コントローラ５０は、ＣＰＵ（中央演算処理装置）、ＲＡＭ（ランダムアクセスメモリ）、ＲＯＭ（リードオンリメモリ）等の制御部、電源等から構成される。コントローラ５０のＲＯＭには、チューナブルレーザ１０の制御情報、制御プログラム等が格納されている。制御情報は、例えば、ルックアップテーブル５１に記録されている。図３にルックアップテーブル５１の例を示す。

【００３１】
図３に示すように、ルックアップテーブル５１は、各チャネルごとに、初期設定値およびフィードバック制御目標値を含む。初期設定値には、ＳＧ－ＤＦＢ領域１２の初期電流値I_{LD}、ＳＯＡ領域１３の初期電流値I_{SOA}、ヒータ１４ａ～１４ｃの初期電流値Ia_{Heater}～Ic_{Heater}および温度制御装置２０の初期温度値T_{LD}が含まれる。フィードバック制御目標値は、出力検知部３０のフィードバック制御目標値Ｉｍ１、波長検知部４０のフィードバック制御目標値Ｉｍ３／Ｉｍ２およびヒータ１４ａ～１４ｃの電力のフィードバック制御目標値Pa_{Heater}～Pc_{Heater}を含む。フィードバック制御目標値Ｉｍ１は、出力検知部３０の受光素子の目標検出値を示す。フィードバック制御目標値Ｉｍ３／Ｉｍ２は、波長検知部４０の二つの受光素子の検出値の比の目標値を示す。
【００３２】
続いて、レーザ装置１００の起動時の動作について説明する。まず、コントローラ５０は、ルックアップテーブル５１を参照し、設定されたチャネルに対応する初期電流値I_{LD}、初期電流値I_{SOA}、初期電流値Ia_{Heater}～Ic_{Heater}および初期温度値T_{LD}を取得する。
【００３３】
次に、コントローラ５０は、温度制御装置２０の温度が初期温度値T_{LD}になるように温度制御装置２０を制御する。それにより、チューナブルレーザ１０の温度が初期温度値T_{LD}近傍の一定温度に制御される。その結果、ＳＧ－ＤＦＢ領域１２の光導波路の等価屈折率が制御される。次に、コントローラ５０は、初期電流値I_{LD}の大きさを持つ電流を電極１５に供給する。それにより、ＳＧ－ＤＦＢ領域１２の光導波路において光が発生する。その結果、ＳＧ－ＤＦＢ領域１２で発生した光は、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１およびＳＧ－ＤＦＢ領域１２の光導波路を繰返し反射および増幅されてレーザ発振する。
【００３４】
次に、コントローラ５０は、初期電流値Ia_{Heater}～Ic_{Heater}の大きさを持つ電流をそれぞれヒータ１４ａ～ヒータ１４ｃに供給する。それにより、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１の光導波路の等価屈折率が所定の値に制御される。次いで、コントローラ５０は、初期電流値I_{SOA}の大きさを持つ電流を電極１６に供給する。以上の制御によって、チューナブルレーザ１０は、設定されたチャネルに対応する初期波長でレーザ光を外部に出射する。
【００３５】
また、コントローラ５０は、出力検知部３０の受光素子の検出結果がフィードバック制御目標値Ｉｍ１になるように、ＳＯＡ領域１３への供給電流もしくは電圧をフィードバック制御する。それにより、レーザ光の強度を規定範囲内に制御することができる。
【００３６】
また、コントローラ５０は、波長検知部４０の二つの受光素子の検出値の比がフィードバック制御目標値Ｉｍ３／Ｉｍ２になるように、温度制御装置２０の温度をフィードバック制御する。それにより、発振波長を規定範囲内に制御することができる。
【００３７】
さらに、コントローラ５０は、ヒータ１４ａ～１４ｃへの供給電力がそれぞれフィードバック制御目標値Pa_{Heater}～Pc_{Heater}になるように、フィードバック制御する。以上の動作により、チューナブルレーザ１０は、所望の波長で発振する。
【００３８】
続いて、ルックアップテーブル５１の初期設定値Ia_{Heater}～Ic_{Heater}の作成手順について説明する。図４は、図１と同じく、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１の屈折率変化に対する発振波長を示す図である。本実施例においては、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１の屈折率は、ヒータ１４ａ～１４ｃの温度によって制御される。なお、本実施例においてはヒータが３つ設けられているが、図４の特性は各ヒータが同じ温度を有している場合を示している。

【００３９】
例えば、図４に示すように、ヒータ１４ａ～１４ｃに電力が供給されていない（発熱量がゼロ）場合にチューナブルレーザ１０の発振波長としてレンジ０における波長λ５が選択されるとする。この場合、ヒータ温度が最低の場合に選択される発振波長がλ１ではない。
【００４０】
通常であれば、レンジ１のλ１～λ７が発振波長として選択されるように初期設定値Ｉａ$_{Heater}$～Ｉｃ$_{Heater}$が作成される。しかしながら、本実施例においては、隣接する２つのレンジにまたがった範囲の中から発振波長が選択されるように、初期設定値Ｉａ$_{Heater}$～Ｉｃ$_{Heater}$が作成される。例えば、レンジ０のλ５からレンジ１のλ４までの波長範囲が波長選択範囲となるように、初期設定値Ｉａ$_{Heater}$～Ｉｃ$_{Heater}$が作成される。
【００４１】
この場合、λ１を発振波長として用いる場合には、波長選択範囲としてレンジ１を採用する場合とヒータの消費電力は同じになる。しかしながら、λ５～λ７を発振波長として用いる場合には、レンジ０が用いられるので、ヒータ１４ａ～１４ｃにおける消費電力を小さくすることができる。したがって、レンジ１のλ１～λ７を用いる場合に比較して、ヒータ１４ａ～１４ｃの温度を低くすることができる。その結果、ヒータ１４ａ～１４ｃの消費電力を小さくすることができる。なお、レンジ０とレンジ１とにまたがって発振波長を選択しても、レンジ１のλ１～λ７を用いても、選択可能な発振波長は同じである。本実施例の初期設定値Ｉａ$_{Heater}$～Ｉｃ$_{Heater}$は、あらかじめ所望の波長ごとに、その設定値をルックアップテーブル５１に記憶させておくことで、必要な設定値を高速に得ることができる。
【００４２】
図４の波長特性は、ヒータ１４ａ～１４ｃへの供給電力を変化させてＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１の屈折率を変化させつつ、波長計を用いて高精度に発振波長を測定することによって取得することができる。このような波長特性は、レーザ装置１００の出荷試験時に取得されることが好ましい。
【００４３】
なお、本実施例においてはレンジ０のλ５から波長選択範囲を区切ったが、それに限られない。λ５での発振が不安定である場合等には、隣接するλ６を起点に波長選択範囲を区切ってもよい。この場合、レンジ０のλ６からレンジ１のλ５までが波長選択範囲となる。また、レンジ１のλ１，２を用いることができない場合、レンジ１のλ３からレンジ２のλ２までの範囲を波長選択範囲としてもよい。この場合においても、レンジ２のλ３～λ７を用いる必要がないので、ヒータ１４ａ～１４ｃの消費電力を抑制することができる。
【００４４】
なお、以上の説明においては、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１全体の屈折率を等しく変化させた場合について説明した。しかしながら、本実施例のようにヒータが複数分割して設けられている場合には、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１において各ヒータに対応する部分の屈折率を個別に制御してもよい。この場合、ヒータの平均温度を一定に維持しつつ各ヒータの温度を異ならせた場合には、選択可能波長は、図４に示す選択可能波長から短波長側もしくは長波長側にシフトする。
【００４５】
また、チューナブルレーザ１０において広い波長可変帯域を実現するためには、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１全体の温度を変化させるだけではなく、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１の温度を部分的に異ならせることによって選択可能波長をシフトさせる。この場合においても、隣接する２つのレンジにまたがった範囲の中から発振波長を選択することによって、ヒータにおける消費電力を抑制することができる。
【００４６】

また、以上の説明においてはＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１の屈折率制御手段としてヒータを用いたが、それに限られない。例えば、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１に対して電流を注入して屈折率を変化させてもよい。この場合においても、隣接する２つのレンジにまたがった範囲の中から発振波長を選択することによって、注入電流量を抑制することができる。

【００４７】

本実施例においては、ＳＧ－ＤＦＢ領域１２が第１波長選択手段および利得部に相当し、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１が第２波長選択手段に相当し、コントローラ５０が記憶部に相当し、チューナブルレーザ１０が共振器に相当する。

【実施例２】

【００４８】

図５は、本発明の第２実施例に係るチューナブルレーザ１０ａを示す模式図である。チューナブルレーザ１０ａは、リング共振器型レーザである。図５に示すように、チューナブルレーザ１０ａは、互いに光結合するリング共振器６１，６２，６３と、リング共振器６１，６２，６３と光結合するＳＯＡ領域６４と、を備える。ＳＯＡ領域６４側から順に、リング共振器６１、リング共振器６２およびリング共振器６３が光結合している。リング共振器６１側の端面には、ＡＲ（Ａｎｔｉ　Ｒｅｆｌｅｃｔｉｏｎ）膜６６が、リング共振器６３側の端面にはＨＲ（Ｈｉｇｈ　Ｒｅｆｌｅｃｔｉｏｎ）膜６７が形成されている。

【００４９】

リング共振器６１は、波長特性に周期的なピークを持つ共振器であり、所定の波長間隔で周期的に反射スペクトルのピークを持つフィルタとして機能する。リング共振器６１は、実施例１に係るチューナブルレーザ１０のＳＧ－ＤＦＢ領域１２が有する波長特性と同等の波長特性を有し、チューナブルレーザ１０ａの発振可能波長を決定する機能を有する。

【００５０】

リング共振器６２，６３は、波長特性に周期的なピークを有する共振器であり、所定の波長間隔で周期的に反射スペクトルのピークを持つフィルタとして機能する。リング共振器６２，６３のいずれもリング共振器６１と異なる半径を有する。また、リング共振器６２は、リング共振器６３と異なる半径を有する。リング共振器６２，６３が設けられていることにより、所定の波長帯域にのみ、周期的な反射スペクトルのピークが実現される。したがって、リング共振器６２，６３は、実施例１に係るチューナブルレーザ１０ａのＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１が有する波長特性と同等の波長特性を有する。

【００５１】

リング共振器６２，６３には、リングの上部または下部にそれぞれヒータ（図示せず）が設けられている。それぞれのヒータは、リング共振器６２，６３の屈折率を制御する機能を有する。したがって、それぞれのヒータの温度を制御することによって、チューナブルレーザ１０ａの発振波長を制御することができる。

【００５２】

チューナブルレーザ１０ａにおいては、リング共振器６１の反射スペクトルのピークとリング共振器６２，６３の反射スペクトルのピークとの重ね合わせによりバーニア効果が生じ、発振可能な波長が選択される。ＳＯＡ領域６４は、これらの共振器に利得を与える半導体光増幅器である。

【００５３】

本実施例に係るチューナブルレーザ１０ａにおいても、図４で説明した波長特性が現れる。したがって、隣接する２つのレンジにまたがった範囲の中から発振波長を選択することによって、ヒータの消費電力を抑制することができる。

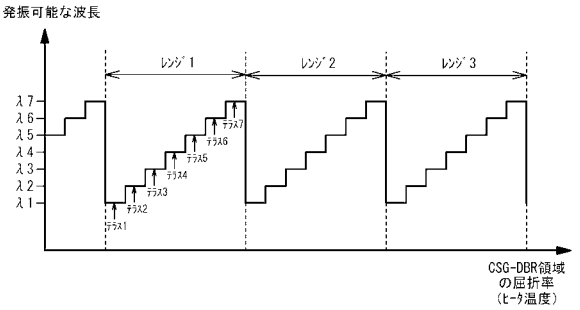
【００５４】

本実施例においては、リング共振器６１が第１波長選択手段に相当し、リング共振器６２，６３が第２波長選択手段に相当し、チューナブルレーザ１０ａが共振器に相当する。

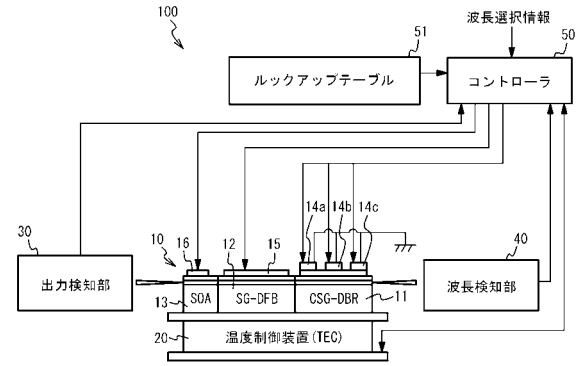
【実施例３】

【００５５】
図６は、本発明の第３実施例に係るチューナブルレーザ１０ｂを説明するための模式図である。チューナブルレーザ１０ｂは、ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１、ＰＳ（Ｐｈａｓｅ Ｓｈｆｔ）領域７１、ゲイン領域１７およびＳＧ－ＤＢＲ（Ｓａｍｐｌｅｄ Ｇｒａｔｉｎｇ Ｒｅｆｌｅｃｔｏｒ）領域７２が順に連結した構造を有する。ＰＳ領域７１上には、電極７３が設けられている。ＰＳ領域７１は、縦モードを制御するための位相シフト部である。
【００５６】
ＰＳ領域７１は、電極７３に与えられる電気信号に基づいて縦モードを制御するための位相シフト部である。ＳＧ－ＤＢＲ領域７２は、回折格子を有する第１の領域と第１の領域に連結されかつスペース部となる第２の領域とが設けられたセグメントが複数設けられた光導波路を含む。この光導波路は、吸収端波長がレーザ発振波長よりも短波長側にある半導体結晶からなる。また、ＳＧ－ＤＢＲ領域７２においては、各第２の領域の長さが等しくなっている。ＳＧ－ＤＢＲ領域７２は、波長特性に周期的なピークを有し、反射スペクトルに周期的なピークを有する。
【００５７】
本実施例においては、ゲイン領域１７、ＰＳ領域７１およびＳＧ－ＤＢＲ領域７２が図２のＳＧ－ＤＦＢ領域１２に相当する機能を有する。ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１およびＳＧ－ＤＢＲ領域７２は、それぞれ異なる周期で波長特性にピークを有し、波長選択部として機能する。ＣＳＧ－ＤＢＲ領域１１およびＳＧ－ＤＢＲ領域７２の波長特性を変化させることによって、バーニア効果が生じる。すなわち、ピーク同士が重なり合う波長のうち、もっとも強度の大きい波長が発振波長として選択される。
【００５８】
本実施例に係るチューナブルレーザ１０ｂにおいても、図４で説明した波長特性が現れる。したがって、隣接する２つのレンジにまたがった範囲の中から発振波長を選択することによって、ヒータ１４ａ～１４ｃの消費電力を抑制することができる。
【００５９】
本実施例においては、ゲイン領域１７が利得部に相当し、ＳＧ－ＤＢＲ領域７２が第１波長選択手段に相当し、チューナブルレーザ１０ｂが共振器に相当する。

【図１】



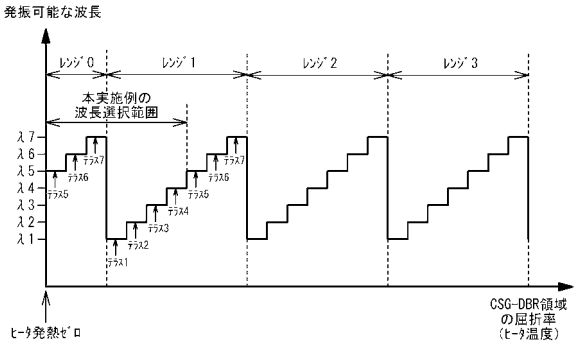
【図２】



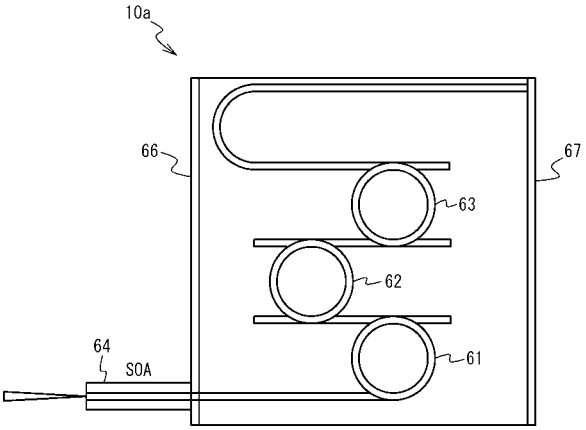
【図３】

	初期設定値						フィードバック制御目標値				
Ch	I_{SOA}[mA]	I_{SOA}[mA]	I_{Phase}[mA]	I_{Gain}[mA]	$I_{CSG-DBR}$[mA]	T_{TEC}[deg.C]	I_{SOA}[mA]	I_{SOA}[mA]	P_{Phase}[mW]	P_{Phase}[mW]	P_{Phase}[mW]
1	100	51.0	31.8	20.5	12.0	21.23	2.23	1.50	104.18	43.2	15.6
2	100	49.0	32.1	25.3	16.7	30.52	2.70	1.23	106.20	65.0	27.2
3	100	48.5	34.2	32.2	30.8	32.54	1.85	1.45	121.47	105.6	93.0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	100	50.0	32.2	37.5	45.6	33.33	2.14	1.41	106.95	140.6	207.0

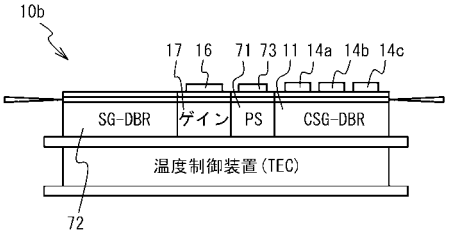
【図４】



【図５】



【図６】



フロントページの続き

審査官　瀬川　勝久

(56)参考文献　特開平１１－８７８２７（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－４８９８８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01S　5/00-5/50