

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4068566号
(P4068566)

(45) 発行日 平成20年3月26日(2008.3.26)

(24) 登録日 平成20年1月18日(2008.1.18)

(51) Int.Cl. F I
H O I S 3/081 (2006.01) H O I S 3/081

請求項の数 32 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2003-553673 (P2003-553673)	(73) 特許権者	399117121
(86) (22) 出願日	平成14年2月12日(2002.2.12)		アジレント・テクノロジーズ・インク
(65) 公表番号	特表2005-513791 (P2005-513791A)		AGILENT TECHNOLOGIES, INC.
(43) 公表日	平成17年5月12日(2005.5.12)		アメリカ合衆国カリフォルニア州サンタクララ スティーブンス・クリーク・ブルーバード 5301
(86) 国際出願番号	PCT/EP2002/001433		
(87) 国際公開番号	W02003/052883	(74) 代理人	100087642
(87) 国際公開日	平成15年6月26日(2003.6.26)		弁理士 古谷 聡
審査請求日	平成16年12月7日(2004.12.7)	(74) 代理人	100076680
(31) 優先権主張番号	01129781.9		弁理士 溝部 孝彦
(32) 優先日	平成13年12月14日(2001.12.14)	(74) 代理人	100121061
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)		弁理士 西山 清春

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 特に波長可変レーザのための再帰反射デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザが波長調整可能に提供されるよう構成された外部キャビティ(5)であって、
波長フィルタ(40、530)と、
前記波長フィルタ(40、530)によって波長がフィルタリングされた入射ビーム(70A)の少なくとも一部分を、該波長フィルタ(40、530)に戻すように(70B)再帰反射するために構成された再帰反射器(100、400)とを備え、

前記再帰反射器(100、400)が、3枚の反射プレート(110)を含み、それらの中の2枚(110A、110B)が平行に配置され、1枚(110C)が該平行プレート(110A、110B)に対して垂直に配置されており、これにより再帰反射ビーム(70B、430、440)は、前記入射ビーム(70A)に対して平行であるが、反対の伝搬方向となることによって特徴付けられており、

ビームのモードホップの無い調整を提供するため、波長フィルタリングに従って、該再帰反射器内において有効光路長を調整するために前記再帰反射器(100、400)が提供されることからなる、外部キャビティ。

【請求項 2】

前記再帰反射器内の前記プレート(110)の内側が、部分的に反射性を有するか、又は完全に反射性を有するように提供されている、請求項 1 に記載の外部キャビティ。

【請求項 3】

10

20

前記 2 枚の平行プレート (1 1 0 A、1 1 0 B) のうちの少なくとも 1 枚は、前記垂直プレート (1 1 0 C) に接し、従って、この前記平行プレートの一側面と、前記垂直プレートの一側面との間に、交点又は交差線を提供する、請求項 1 又は 2 に記載の外部キャビティ。

【請求項 4】

前記入射ビーム (7 0 A) を受光するための及び / 又は前記再帰反射ビーム (7 0 B、4 3 0、4 4 0) を放出するためのより広いビーム開口部 (1 2 0) を提供するために、前記平行プレート (1 1 0 A、1 1 0 B) のうちの 1 枚の長さが、他方よりも短い、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の外部キャビティ。

【請求項 5】

前記 3 枚の反射プレート (1 1 0) は、3 枚の組み立てられた平面ミラーによって提供されるか、又は、エタロンもしくはスラブ導波管のような固体デバイスによって提供される、請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の外部キャビティ。

【請求項 6】

前記再帰反射器 (1 0 0) 内の前記有効光路長は、前記再帰反射器内の反射の数を増やすために、前記平行プレートの長さ、及び / 又は、前記垂直プレートの長さを変更することによって変更可能である、請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の外部キャビティ。

【請求項 7】

前記再帰反射器内の前記有効光路は、前記再帰反射器の材料の屈折率を変更することによって変更可能である、請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の外部キャビティ。

【請求項 8】

前記再帰反射器の材料の電気・光学的効果を適用するために、前記平行プレート間に電界を印加するためのユニット (1 5 0) を含む、請求項 7 に記載の外部キャビティ。

【請求項 9】

前記再帰反射器 (4 0 0) 内を伝搬する前記光ビームの光路内に配置されたビームスプリッタ (4 1 0) を更に含む、請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の外部キャビティ。

【請求項 10】

前記ビームスプリッタ (4 1 0) は、

前記ビームスプリッタ (4 1 0) を通して透過される部分ビーム (4 1 0 A) と、前記ビームスプリッタ (4 1 0) によって反射される部分ビーム (4 1 0 B) とが、前記再帰反射器内において同じ光路であるが反対方向に伝搬し、

前記入射ビーム (7 0 A) が前記ビームスプリッタ (4 1 0) に衝突する位置と実質的に同じ位置 (4 2 0) で合わさるように、前記入射ビーム (7 0 A) に関連して配置されることからなる、請求項 9 に記載の外部キャビティ。

【請求項 11】

前記ビームスプリッタ (4 1 0) は、前記平行プレート (1 1 0 A 及び 1 1 0 B) に対して実質的に平行に配置されるか、又は前記ビームスプリッタ (4 1 0) 領域に対する垂直線は、前記垂直プレート (1 1 0 C) と平行であることからなる、請求項 9 又は 10 に記載の外部キャビティ。

【請求項 12】

前記ビームスプリッタ (4 1 0) は、

前記反射された部分が前記透過された部分とは異なるように、ある分割比を提供し、該ビームスプリッタ (4 1 0) で合わさる前記部分ビームが第 1 の出力ビーム (4 3 0) 及び第 2 の出力ビーム (4 4 0) に干渉するように、配置されていることからなる、請求項 9 乃至 11 のいずれかに記載の外部キャビティ。

【請求項 13】

前記第 1 の出力ビーム (4 3 0) は、前記入射ビーム (7 0 A) とは実質的に同じ光路であるが反対の伝搬方向に伝搬し、前記第 2 の出力ビーム (4 4 0) は、前記第 1 の出力ビームに垂直に伝搬する、請求項 12 に記載の外部キャビティ。

【請求項 14】

10

20

30

40

50

前記第2の出力ビーム(440)は、前記第1の出力ビームと平行に前記再帰反射器から出て行くように更に再方向付けられる、請求項13に記載の外部キャビティ。

【請求項15】

前記ビームスプリッタ(410)は、

前記反射された部分が前記透過された部分と実質的に同じであるように、ある分割比を提供し、

該ビームスプリッタ(410)で合わさる前記部分ビームが、前記入射ビーム(70A)と実質的に同じ光路であるが反対の伝搬方向に伝搬する第1の出力ビーム(430)に干渉し、前記第1の出力ビームに垂直な第2の出力ビーム(440)が、弱め合い干渉によって実質的に打ち消されるように、配置されていることからなる、請求項9乃至11のいずれかに記載の外部キャビティ。

10

【請求項16】

前記キャビティ(5)内におけるレーザビームのモードホップのない調整を提供するために、前記再帰反射器(100、400)の有効光路長を修正するための制御ユニットを更に備える、請求項1に記載の外部キャビティ。

【請求項17】

前記第1の出力ビーム(430)は、前記波長フィルタ(530)へと戻すように再帰反射され、前記第2の出力ビーム(440)は、前記キャビティ(5)から出ていくことからなる、請求項12に記載の外部キャビティ。

【請求項18】

前記第2の出力ビーム(440)は、前記波長フィルタ(530)によって更に波長フィルタリングされる、請求項17に記載の外部キャビティ。

20

【請求項19】

前記波長フィルタ(530)は、回折素子を含む、請求項17又は18に記載の外部キャビティ。

【請求項20】

波長調整可能なレーザ源であって、

レーザビーム(30)を放出するレーザ媒質(500)と、

前記レーザビーム(30)の波長を調整するために構成された、請求項1乃至19のいずれかに記載の外部キャビティ(5)

30

とを備える、レーザ源。

【請求項21】

再帰反射器(100)を有する外部キャビティ(5)内においてレーザビーム(30)の波長を調整するための方法であって、

(a)前記レーザビーム(30)の波長フィルタリングを変更し、

(b)レーザビーム(30)のモードホップの無い調整を提供するために、ステップ(a)の波長フィルタリングに従って、前記再帰反射器(100)の有効光路長を調整するといった各ステップを含み、

前記(a)ステップは、(b)ステップによって特徴付けられており、

前記再帰反射器(100)は、3枚の反射プレート(110)を含み、それらのうちの2枚(110A、110B)が平行に配置され、1枚(110C)が該平行プレート(110A、110B)に垂直に配置されており、これにより再帰反射ビーム(70B、430、440)は、入射ビーム(70A)と平行であるが、反対の伝搬方向となることからなる、方法。

40

【請求項22】

前記ステップ(b)は、

前記再帰反射器内の反射の数を増やすために、前記再帰反射器(100)の前記平行プレートの長さ及び/又は前記垂直プレートの長さを変更し、及び/又は、

前記再帰反射器の材料の屈折率を変更する

といった各ステップのうちの、少なくとも1つのステップを含むことからなる、請求項2

50

1に記載の方法。

【請求項23】

入射ビーム(70A)の少なくとも一部分(70B、430、440)を再帰反射するために構成された再帰反射器(100、400)であって、

前記再帰反射器は、3枚の反射プレート(110)を備え、それらのうちの2枚(110A、110B)が平行に配置され、1枚(110C)が該平行プレート(110A、110B)に垂直に配置されており、これにより前記再帰反射ビーム(70B、430、440)は、前記入射ビーム(70A)と平行であるが、反対の伝搬方向となり、

前記再帰反射器内の前記有効光路は、前記再帰反射器の材料の屈折率を変更することによって変更可能であり、

、前記再帰反射器の材料の電気・光学的効果を提供するために、前記平行プレート間に電界を印加するためのユニット(150)を、該再帰反射器が更に含むことからなる、再帰反射器。

10

【請求項24】

入射ビーム(70A)の少なくとも一部分(70B、430、440)を再帰反射するために構成された再帰反射器(100、400)であって、

前記再帰反射器は、3枚の反射プレート(110)を備え、それらのうちの2枚(110A、110B)が平行に配置され、1枚(110C)が該平行プレート(110A、110B)に垂直に配置されており、これにより前記再帰反射ビーム(70B、430、440)は、前記入射ビーム(70A)と平行であるが、反対の伝搬方向となり、

前記再帰反射器(400)内を伝搬する前記光ビームの光路内に配置されたビームスプリッタ(410)を、該再帰反射器が更に含むことからなる、再帰反射器。

20

【請求項25】

前記ビームスプリッタ(410)は、

前記ビームスプリッタ(410)を通して透過される部分ビーム(410A)と、前記ビームスプリッタ(410)によって反射される部分ビーム(410B)とが、前記再帰反射器内において同じ光路であるが反対方向に伝搬し、

前記入射ビーム(70A)が前記ビームスプリッタ(410)に衝突する位置と実質的に同じ位置(420)で合わさるように、前記入射ビーム(70A)に関連して配置されることからなる、請求項24に記載の再帰反射器。

30

【請求項26】

前記ビームスプリッタ(410)は、前記平行プレート(110A及び110B)に対して実質的に平行に配置されるか、又は前記ビームスプリッタ(410)領域に対する垂直線は、前記垂直プレート(110C)と平行であることからなる、請求項24又は25に記載の再帰反射器。

【請求項27】

前記ビームスプリッタ(410)は、

前記反射された部分が前記透過された部分とは異なるように、ある分割比を提供し、該ビームスプリッタ(410)で合わさる前記部分ビームが第1の出力ビーム(430)及び第2の出力ビーム(440)に干渉するように、配置されていることからなる、請求項24乃至26のいずれかに記載の再帰反射器。

40

【請求項28】

前記第1の出力ビーム(430)は、前記入射ビーム(70A)とは実質的に同じ光路であるが反対の伝搬方向に伝搬し、前記第2の出力ビーム(440)は、前記第1の出力ビームに垂直に伝搬する、請求項27に記載の再帰反射器。

【請求項29】

前記第2の出力ビーム(440)は、前記第1の出力ビームと平行に前記再帰反射器から出て行くように更に再方向付けられる、請求項27に記載の再帰反射器。

【請求項30】

前記ビームスプリッタ(410)は、

50

前記反射された部分が前記透過された部分と実質的に同じであるように、ある分割比を提供し、

該ビームスプリッタ(410)で合わさる前記部分ビームが、前記入射ビーム(70A)と実質的に同じ光路であるが反対の伝搬方向に伝搬する第1の出力ビーム(430)に干渉し、前記第1の出力ビームに垂直な第2の出力ビーム(440)が、弱め合い干渉によって実質的に打ち消されるように、配置されていることからなる、請求項24乃至29のいずれかに記載の再帰反射器。

【請求項31】

レーザが波長調整可能に提供されるよう構成された外部キャビティ(5)であって、波長フィルタ(40、530)と、

前記波長フィルタ(40、530)によって波長がフィルタリングされた入射ビーム(70A)の少なくとも一部分(70B、430、440)を、該波長フィルタ(40、530)に戻すように(70B)再帰反射するために構成された再帰反射器(100、400)であって、該再帰反射器が、3枚の反射プレート(110)を備え、それらのうちの2枚(110A、110B)が平行に配置され、1枚(110C)が該平行プレート(110A、110B)に垂直に配置されており、これにより前記再帰反射ビーム(70B、430、440)は、前記入射ビーム(70A)と平行であるが、反対の伝搬方向となることからなる、再帰反射器

とを備え、

前記再帰反射器内を伝搬する前記光ビームの光路内にビームスプリッタ(410)が配置され、

前記ビームスプリッタは、

前記反射された部分が前記透過された部分とは異なるように、ある分割比を提供し、

該ビームスプリッタ(410)で合わさる前記部分ビームが第1の出力ビーム(430)及び第2の出力ビーム(440)に干渉するように、配置されており、

前記第1の出力ビーム(430)は、前記波長フィルタ(530)へと戻すように再帰反射され、前記第2の出力ビーム(440)は、前記キャビティ(5)から出ていくことからなる、外部キャビティ。

【請求項32】

前記第2の出力ビーム(440)は、前記波長フィルタ(530)によって更に波長フィルタリングされる、請求項31に記載の外部キャビティ。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

波長が調整可能な外部キャビティレーザは、良く知られた技術である。モードホップ(mode-hop)の無いレイジングを達成するための基本的なアプローチは、Karen Liu、及びMichael G.Littman著、「Novel Geometry for Single for Scanning of Tunable Laser」、Optics Letters、第6巻、3号、1981年3月、によって開示されており、これは一般に「リットマンのアーキテクチャ(Littman Architecture)」と呼ばれる。レーザの外部キャビティでは、レーザビームは、波長フィルタリングのために回折格子へと方向付けられている。調整ミラーは、光を回折格子へと戻し、外部キャビティの一方の端部を提供する。正しい条件下では、調整エレメントの回転は、連続的な単一モード走査に対する要求に合わせて、キャビティの長さと同折角とを同時に変化させることができる。

【0002】

波長フィルタビームから放出される光は、調整ミラーによって再帰反射されなければならないので、望んでない角度の変更の影響を一般に受けやすい平面ミラーの代わりに、二平面素子を使用することが知られている。こうした二平面素子(例えば、特開昭56-90642(株式会社京都技研)、又は米国特許第5,594,744号明細書(Photonetics)に開示されている)は一般に、正確に90°の角度をなす2枚の平面ミラーから構成される。こうした再帰反射直交二面体を、組み立てられた2枚の平面ミラーから構成するか、又は二等辺

10

20

30

40

50

直角三角形の斜辺に対応する入力面が反射防止処理を施されている二等辺の直角プリズムとして構成することができる。

【0003】

【特許文献1】特開昭56-90642(株式会社京都技研)

【特許文献2】欧州特許第01121408.7号明細書

【特許文献3】米国特許第5,594,744号明細書

【非特許文献1】Karen Liu及びMichael G.Littman著、「Novel Geometry for Single for Scanning of Tunable Laser」、Optics Letters、第6巻、3号、1981年3月。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0004】

本発明の目的は、特に、例えば分散性のデバイスを有する外部キャビティレーザのアプリケーションのための改善された再帰反射デバイスを提供することである。この目的は、特許請求の範囲の独立請求項によって解決される。好適な実施形態は、特許請求の範囲の従属請求項によって示される。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明による再帰反射器は、3枚の反射プレートを備え、そのうちの2枚は平行に配置されており、1枚は平行なプレートに垂直に配置されている。「プレート」という用語は、少なくとも定義された領域内に1つの平面を実質的に提供するデバイスを意味するものとする。プレートの内側(再帰反射器内)は、少なくとも部分的に反射性を有し、好ましくは完全に反射性を有するように提供される。2枚の平行プレートのうちの少なくとも1枚は、好ましくは垂直プレートに接しており、従って、この平行プレートの一側面と、垂直プレートの一側面との間に交点又は交差線を提供している。

20

【0006】

動作時、再帰反射器によって受光された光ビームは、第1の平行プレートにより、第2の平行プレート、垂直プレート、又は第2の平行プレートと垂直プレートとの間の交点/交差線へと、方向付けられる。再帰反射器の寸法と、入力ビームに対する第1のプレートの角度とに依存して、ビームは、合計で少なくとも4回、再帰反射器内で再方向付けされるが、最終的には入射ビームと平行に、しかしながら反対の伝搬方向に出力される。従って再帰反射器は、入射光ビームと平行に、反対方向に光ビームを戻す。第2の平行プレートと垂直プレートとの間の交点/交差線における反射は、ビームが一般に特定の径を有するため、2つの反射として数えられる。

30

【0007】

好適な実施形態では、波長調整可能なレーザは、回折素子を有する外部キャビティと、再帰反射器とを備える。再帰反射器は好適には、回折素子によって波長をフィルタリングされたビームを回折素子に戻すように再帰反射するために配置される。従って再帰反射器は、キャビティの一端部を提供する。外部キャビティの構成は従って、上記のリットマンのアーキテクチャに実質的に対応する。

【0008】

40

こうした外部キャビティのアプリケーションに関しては、本発明は小型の構造を提供することを可能にする。単に平行プレートの長さを拡張するだけで(垂直プレートの法線ベクトルと平行な方向に)、キャビティの長さを、事実上無制限に拡張することができ、追加の構成要素を必要としない。したがって、レーザ線の信号の純度を、キャビティの長さを増加させることで改善することができる。

【0009】

より一般的な用語では、外部レーザのアプリケーションに限らず、本発明の再帰反射器は、追加の光学構成要素を必要とすることなく(例えば、キャビティの)光学特性を修正又は変更することを可能にする。具体的には、光路長は、(例えば、キャビティの)重要な特性を提供し、再帰反射器によって修正されることができる。光路長を修正するための

50

第1の選択肢は、前述の通り、再帰反射器内の反射の数を増やすために、平行プレートの長さを変更するものである。光路長を修正するための第2の選択肢は、外壁部の内側の面により提供されている反射プレートを備えた固体デバイスとして再帰反射器を具現化する時に適用されることができる。したがって、再帰反射器の材料の屈折率を変更することにより、光路の長さを変更することができる。

【0010】

好適な実施形態では、再帰反射器の材料の屈折率を、材料の電氣的 - 光学的効果を利用して、例えば好ましくは平行プレート間に電界を印加することによって、変更することができる。しかしながら、(例えば機械的なストレスをかけることにより)機械的效果のような、屈折率を変更するためのその他の効果を、状況に応じて適用することができる。

10

【0011】

本発明の再帰反射器の更なる利点は、偏光消光比 (polarization extinction ratio) が全反射 (TIR (total internal reflection)) ごとに増加されることである。何故ならば、TIRは、より高効率に優先的な偏光状態で、光を反射するからである。この効果を、例えばTIRが発生する表面に適切なコーティングを適用するか、又は適切な屈折率を有する材料を選択することによって、高めることができる。

【0012】

平行プレート (垂直プレートの法線ベクトルと平行な方向における) の長さ、及び再帰反射器の奥行きもまた、再帰反射器内の光路長の制御に対する設計の自由度を提供する。

20

【0013】

2枚の平行プレートを、同じ長さを有するように提供することができる。しかしながら、好適な実施形態では、入射ビームを受光するため、及び/又は、再帰反射されたビームを放出するためのより広いビーム開口部を提供するために、平行プレートのうちの1枚の長さは他方よりも短い。

【0014】

再帰反射器を、例えば、組み立てられた3枚の平面ミラーによって、又はエタロンもしくはスラブ導波管 (slab waveguide) などの固体デバイスとして、提供することができる。固体デバイスに関しては、ビーム伝搬方向の反射を最小限にするために、ビーム開口部は、反射防止処理を施されることも可能であり、及び/又は、ビーム方向に関してわずかに傾斜させられる、すなわち傾けられることも可能である。

30

【0015】

好適なアプリケーションでは、再帰反射器の有効光路長は、レーザビームのモードホップの無い調整を提供するために、波長フィルタリングに従って調整される。こうした有効光路長の調整に関する更なる詳細は、同じ出願人の同時継続中の欧州特許出願第01121408.7号に詳細に記載されており、有効光路長の調整に関するこの出願の教示を、参照により本明細書において組み込むこととする。

【0016】

本発明の他の好適な実施形態では、再帰反射器は、再帰反射器内を移動する光ビームの光路内に配置されたビームスプリッタを更に備える。このビームスプリッタは、好ましくは、ビームスプリッタを通して透過された一方の部分ビーム、及びビームスプリッタにより反射されたもう一方の部分ビームが、再帰反射器内で同一光路 (但し、反対方向に) を移動し、最終的に、入射ビームがビームスプリッタに「衝突する」位置と実質的に同じ位置で合わさるように、入射ビームに関連して配置される。この目的のために、ビームスプリッタは平行プレートと実質的に平行に配置されることが好ましく、すなわち言い換えると、ビームスプリッタ領域に対する垂直線は垂直プレートと平行であることが好ましい。

40

【0017】

動作時、再帰反射器によって受光された入射光ビームは、ビームスプリッタによって、ビームスプリッタを通して透過された一方の部分ビームと、ビームスプリッタにより反射された他方の1つの部分ビームとに、分割される。透過された部分ビームは、第1の平行

50

プレートに方向付けられるが、透過された部分ビームは、第2の平行プレートにも方向付けられる。再帰反射器の寸法に依存して、各々の部分ビームは、再びビームスプリッタに到達する前に、再帰反射器内で少なくとも他に2回、更に再方向付けられる。部分ビームが、入射ビームと実質的に同じ位置においてビームスプリッタと合わさる場合、部分ビームは互いに干渉する。

【0018】

好適な実施形態では、ビームスプリッタは、50:50とは異なる分割比を有するように、すなわち反射させられた部分は、透過された部分とは異なるように選択される。この場合、ビームスプリッタで合わさる部分ビームは、第1の及び第2の出力ビームに干渉する。第1の出力ビームは、入射ビームと実質的に同じ光路を、しかしながら反対方向の伝搬方向へと移動する。第2の出力ビームは、第1の出力ビームに対して垂直に移動する。第2の出力ビームは、好ましくは、第1の平行プレートによって更に再方向付けされ、第1の出力ビームに対して平行に再帰反射器を出て行く。

10

【0019】

もう1つの好適な実施形態では、ビームスプリッタは、実質的に50:50の分割比を有するように、すなわち反射させられた部分と透過させられた部分とが実質的に等しくなるように選択される。この場合、ビームスプリッタにおいて合わさる部分ビームは、第1の出力ビームに構成上、干渉し、一方で第2の出力ビームは弱め合い干渉によって実質的に打ち消される。50:50の分割比からずれることは、前述の第2の出力ビームを生じさせる。従って、アプリケーションによっては、ごくわずかなずれから生じる第2の出力ビームは無視することができる。

20

【0020】

再帰反射器（組み込まれたビームスプリッタを有する）のアプリケーションの場合には、波長調整可能なレーザの外部キャビティでは、再帰反射器は、好ましくは波長フィルタ（好ましくは格子のような回折素子）からの入射ビームを受光するように配置される。第1の出力ビームは、好ましくは再帰反射器に入射するビームと同じ光路で波長フィルタに戻るよう再帰反射され、第2の出力ビームは、ビームをキャビティから出でいくように、適用されることができる。このような出ていくビームは、好ましくは、やはり第2の出力ビームを波長フィルタに方向付けることにより、更に波長フィルタリングされることが可能である。

30

【0021】

組み込まれたビームスプリッタを有する再帰反射器は、固体デバイスとしてガラス製であることが好ましい。しかしながら、3枚の組み立てられた平面ミラー、及び適切な方法で調整されたビームスプリッタもまた、再帰反射デバイスを提供することができる。固体バージョンは、全反射を利用することができる。反射器がミラーとビームスプリッタとにより組み立てられるバージョンでは、ミラープレートは、高い反射率を有するように処理されることが好ましい。

【0022】

再帰反射器の全ての前述の（例えば、光路長の調節/変更のための）変更又は修正は、ビームスプリッタの有無に関わらず、再帰反射器に従って適用されることは明白である。

40

【0023】

本発明は、1つ又はそれ以上の適切なソフトウェアプログラムによって、部分的に又は全体的にサポートされることが可能で、そのソフトウェアプログラムは、任意の種類データ媒体に記憶されるか、さもなければ任意の種類データ媒体により、提供されることが可能であり、任意の適切なデータ処理ユニット内で、又は任意の適切なデータ処理ユニットによって実行されることが可能である。こうしたソフトウェアプログラムを、好ましくは再帰反射器の屈折率を制御及び/又は変更するために、例えば制御システムに適用することができる。このソフトウェアプログラムを、例えば、波長掃引中のモードホップを補償することを可能にするために、共振器のキャビティ長を制御するために使用することができる。

50

【 0 0 2 4 】

本発明のその他の目的、及び付随する多くの利点は、添付の図面に関連して考えた場合に、以下の詳細な説明を参照することによって容易に認識され、より良く理解されるであろう。実質的に、又は機能的に等しいか、又は類似する特徴は、同じ参照符号で示される。

【実施例】

【 0 0 2 5 】

図1では、キャビティ5は、第1の面(ファセット)10と、第2の面(ファセット)20との間に提供される。光ビーム30は、キャビティ5内の第1の面(ファセット)10と、第2の面(ファセット)20との間を移動する。回折格子40は、光ビーム30の波長フィルタリングのために提供される。(回折格子40の平面の法線に対する)角度は、選択される波長を決定する。格子40からのビーム70Aは、ビーム7Bとして格子40に向かって戻す方向に再帰反射される。理想的なリットマンの幾何学形状(Littman Geometry)では、第1の面(ファセット)10及び第2の面(ファセット)20、並びに回折格子40の平面は、ピボットポイント50に関連して配置される。リットマンの幾何学形状に関する詳細は、前述の文献から容易に明らかになる。

10

【 0 0 2 6 】

ビーム30を生成して維持するための光学的に活性な媒質は、キャビティ5内に配置されるか、又は、例えば第1の面(ファセット)10(部分的に透過性である)を通して、キャビティ5内へと結合される。

20

【 0 0 2 7 】

図1に示されるような第2の面(ファセット)20を提供する平面ミラー60の代わりに、本発明は、図2A~図2Cに関連して概要が示されている再帰反射器100を使用する。再帰反射器100は、3枚のプレート110A、110B及び110Cから構成される。プレート110Aと、110Bとは互いに平行に配置されるが、第3のプレート110Cは、2枚の平行プレート110Aと110Bとに垂直に配置され、平行プレート110Aと110Bとの側部に接して配置される。

【 0 0 2 8 】

図2A~図2Cの実施形態では、平行プレート110Aと110Bとで、異なる長さのプレートが提供され、ここでのプレート110Bは、プレート110Aよりも短い。2枚の平行プレート110Aと110Bとの間の長さの違いは、平行プレート110A及び110Bの外側の側部130Aと130Bとの間の(垂直プレート110Cに接している側部の反対側の側部に接する)平面として、開口部120の長さを設計することができる。

30

【 0 0 2 9 】

動作時、入射ビーム70A(例えば、図1の格子40から生じる)は、第1の平行プレート110Aにおいて第2の平行プレート110Bに反射され、そこから垂直プレート110Cに反射される。垂直プレート110Cは、ビームを戻すように第1の平行プレート110Aに向かって反射し、最終的にビーム70Bを再帰反射器100の外へ戻す(例えば、戻すように格子40に向かって)。3枚のプレート110A~110Cが互いに90°の向き関係にあるため、2つのビーム70A及び70Bは、常に互いに平行であるが、反対の伝搬方向となる。言い換えると、入射ビーム70Aは、出力ビーム70Bと同じ入射角(開口部120の平面に対して)を提供する。

40

【 0 0 3 0 】

図2Bは、第1の平行プレート110Aで最初に反射されたビームが、プレート110Bと110Cとの間の隅110BCに直接衝突する特殊な場合を示す。この場合、ビームはそれ自体で再帰反射されるため、再帰反射器100から抜け出てくる光ビーム70Bは、入射ビーム70Aと正確に同じ位置となる。しかしながら、再帰反射器100の幾何学形状により、再帰反射器100内を移動するビームの光路長(すなわち、開口部120を通過した後のビーム70Aと、開口部120を通過する前のビーム70Bとの間の光路長)は、入射位置(第1の平行プレート110Aにおける)に関係なく、同じ角度で再帰反

50

射器 100 に入射する任意のビームについても正確に同じである。このことは、再帰反射器 100 内の光路長は、図 2A 内並びに図 2B 内におけるビームの伝搬と正確に同じであることを意味する。しかしながら、入射角 を変更することはまた、再帰反射器 100 内の光路長を変更することでもある。

【0031】

図 2C は、再帰反射器 100 が更に長く伸びた形状を有する場合の光路を示す。図 2A 及び図 2B では、ビーム 70A は、ビーム 70B として戻される前に、第 1 の平行プレート 110A において 1 回のみ反射されるが、図 2C のビーム 70A では、ビーム 70B として戻される前に、第 1 の平行プレート 110A において 2 回反射される。このことは、図 2A 及び図 2B の実施形態の再帰反射器 100 内では、合計 4 回の反射があるが、図 2C の実施形態の再帰反射器 100 内では、合計 8 回の反射があることを意味する。このように平行プレート 110A 及び 110B の長さを増加させることで、再帰反射器 100 内の光路長を増加させることを可能にさせることが、従って、例えば外部キャビティの長さを増加させることが可能なことが、容易に明らかである。

10

【0032】

図 3A 及び図 3B は、3次元表現の再帰反射器 100 と、図 2A に示された例に従ったビーム 70A 及び 70B の光路とを示す。図 3A の実施形態は、3枚の個別のプレート 110A ~ 110C と共に、開いた形態で提供されるが、図 3B は、閉じられた固体バージョンにおける再帰反射器 100 の他の実施形態を示す。

20

【0033】

開いた形態での 3枚の個別のプレート (図 3A) は、一般に、高い反射性を有するように処理される必要があるが、一方で固体バージョン (図 3B) は、全反射を利用する。固体の反射器は、約 45° 未満の角度でスラブを切断、及び / 又は、研磨して製造されても良い。表面 120 は、好ましくは反射防止処理を施され、そしてまた、ビーム伝搬方向における反射を最小限にするために、ビーム伝搬方向に対してわずかに傾けられても良い。図 3A の開いた形態の利点は、反射器内を伝搬する光がどのような分散の影響も受けないことである。

【0034】

再び図 2C に戻ると、再帰反射器 100 内の光路長を変更するための好適な実施形態が示されている。その目的のため、再帰反射器 100 は、図 3B に示されるような固体デバイスとして具現化されることとする。各々の平行プレート 110A 及び 110B には、電極 150A 及び 150B が提供される。電極 150A と 150B との間に電界を印加すると、再帰反射器の材料の屈折率が変化する。アプリケーションに依存して、再帰反射器 100 の定義された有効屈折率を設定するための静的な場か、又は再帰反射器 100 の有効屈折率を動的に変更するための動的な場かのどちらかを適用することができる。再帰反射器 100 の有効屈折率を変更し、従って、再帰反射器 100 (従って、例えば外部キャビティ 5 の) の有効光路長を変更することは、波長のモードホップの無い調整を提供するために、キャビティ (図 1 のキャビティ 5 のような) 内の有効光路長を調整するために、特に有利である。

30

【0035】

好適な実施形態では、モードホップのない調整のために必要な有効光路長は、複数の異なる波長に対して決定される。必要とされる有効光路長を導き出すために、電極 150A と 150B との間に印加される電圧値は、複数の異なる波長ごとに決定され、例えば校正用のテーブル内に記憶される。異なる波長間における外部キャビティレーザの調整動作時には、記憶された電圧値を、各々の波長ごとに設定されるため、従って、モードホップの無いレイジングを可能にする。代替として、制御信号は、波長掃引中のレーザによって放出された光の光学特性から導き出されても良く、閉じられたフィードバックループ内のキャビティの長さを補償するために使用されても良い。

40

【0036】

図 4A 及び図 4B は、本発明の異なる実施形態を示し、再帰反射器 400 は、ビームス

50

プリッタ 410 を更に備える。ビームスプリッタ 410 は、ビームスプリッタ 410 を通して透過された 1 つの部分ビーム 410 A と、ビームスプリッタ 410 によって反射された他の部分ビーム 410 B とが、再帰反射器 400 内の同一光路（但し、反対方向で）を移動し、入射ビーム 70 A がビームスプリッタ 410 に衝突する位置と同じ位置 420 で最終的に合わさるように、入射ビーム 70 A に関連して配置される。したがって、ビームスプリッタ 410 は、平行プレート 110 A と 110 B とに実質的に平行に配置される。

【0037】

動作時、再帰反射器 400 によって受光された入射光ビーム 70 A は、ビームスプリッタ 410 により、ビームスプリッタ 410 を通して透過された部分ビーム 410 A と、ビームスプリッタ 410 によって反射された部分ビーム 410 B とに、分割される。透過された部分ビーム 410 A は、第 1 の平行プレート 110 A、垂直プレート 110 C、及び第 2 の平行プレート 110 B によって反射され、最終的に再び位置 420 に到達する。したがって、透過された部分ビーム 410 B は、第 2 の平行プレート 110 B、垂直プレート 110 C、及び第 1 の平行プレート 110 A によって反射され、最終的にまた再び位置 420 に到達する。両方の部分ビーム 410 A と 410 B とは、実質的に同じ光路を移動して、同じ位置 420 で合わさるため、部分ビーム 410 A と、410 B とは互いに干渉する。

10

【0038】

図 4 A の例では、ビームスプリッタ 410 は、50 : 50 とは異なる分割比、この例では例えば 30 : 70 の分割比を有するため、入射ビーム 70 A の 30 % は反射され、70 % は透過される。この場合、部分ビーム 410 A 及び 410 B は、第 1 の出力ビーム 430 及び第 2 の出力ビーム 440 に干渉する。第 1 の出力ビーム 430 は、入射ビーム 70 A と実質的に同じ光路であるが、反対の伝搬方向に移動する。第 2 の出力ビーム 440 は、先ず第 1 の出力ビーム 430 に対して垂直に移動するが、次に、第 1 の平行プレート 110 A によって再方向付けられて、第 1 の出力ビーム 430 と平行に再帰反射器を出て行く。

20

【0039】

図 4 B の例では、ビームスプリッタ 410 は 50 : 50 の分割比を有するため、入射ビーム 70 A の 50 % は反射され、50 % は透過される。この場合、部分ビーム 410 A 及び 410 B は、第 1 の出力ビーム 430 に構成上干渉し、第 2 の出力ビーム 440 は弱め合い干渉によって打ち消される。

30

【0040】

図 5 は、波長調整可能なレーザ 500 の外部キャビティ 5 内における再帰反射器 400 のアプリケーションの概要を示す。図 5 A は光路を示すが、図 5 B は光路の 3 次元構成を示す。平行化構成 520（好ましくはレンズ）によって平行にされたレーザチップ 500 からの光ビーム 510 は、回折素子 530（好ましくは格子）によって波長フィルタリングされ、再帰反射器 400 に向けられる。この例では、図 4 A の再帰反射器 400 が選択される。再帰反射器 400 は、部分ビームを第 1 の出力ビーム 430 として回折素子 530 に向けて戻すように再帰反射し、したがって、共振キャビティ 5 を提供する。第 2 の出力ビーム 440 もまた、回折素子 530 に向けて送られるが、第 1 の出力ビーム 430 と平行であり、且つ、再帰反射器 400 から空間的に分離される。

40

【0041】

回折素子 530 により 2 回波長フィルタリングされた第 2 の出力ビーム 440 は、例えば図 5 の例のミラー 540 により、必要に応じて適切に再方向付けされることが可能で、キャビティから出て行く（又は外部で結合される）。

【図面の簡単な説明】

【0042】

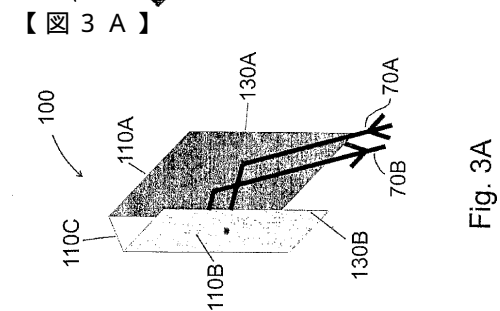
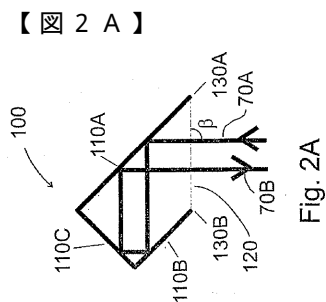
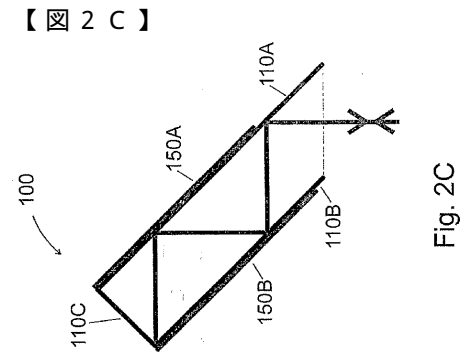
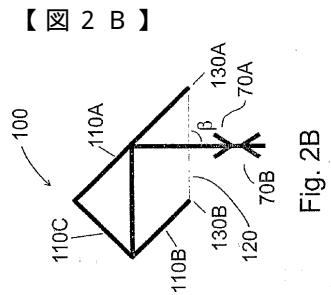
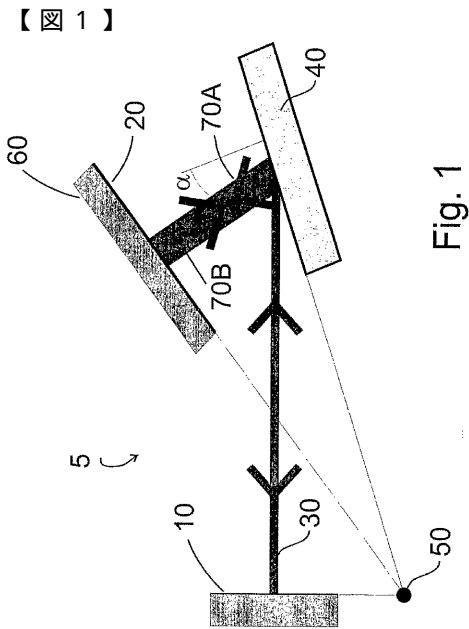
【図 1】好適には本発明に関連して利用されるリットマンの幾何学形状の概要を示す。

【図 2 A】本発明による、再帰反射器の実施形態及びアプリケーションを示す。

【図 2 B】本発明による、再帰反射器の実施形態及びアプリケーションを示す。

50

- 【図 2 C】本発明による、再帰反射器の実施形態及びアプリケーションを示す。
- 【図 3 A】本発明による、再帰反射器の実施形態及びアプリケーションを示す。
- 【図 3 B】本発明による、再帰反射器の実施形態及びアプリケーションを示す。
- 【図 4 A】本発明による、再帰反射器の実施形態及びアプリケーションを示す。
- 【図 4 B】本発明による、再帰反射器の実施形態及びアプリケーションを示す。
- 【図 5 A】本発明による、再帰反射器の実施形態及びアプリケーションを示す。
- 【図 5 B】本発明による、再帰反射器の実施形態及びアプリケーションを示す。



【 図 3 B 】

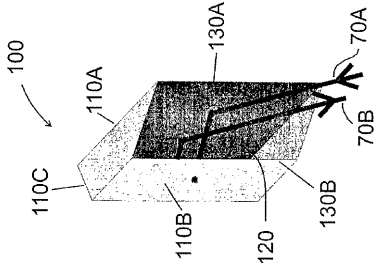


Fig. 3B

【 図 4 A 】

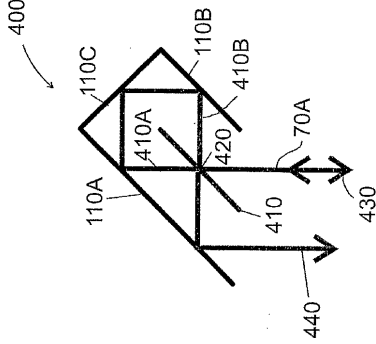


Fig. 4A

【 図 4 B 】

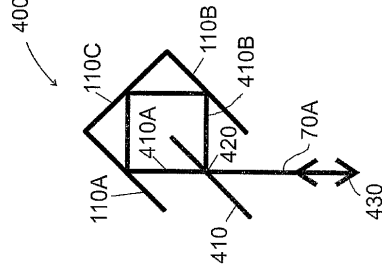


Fig. 4B

【 図 5 A 】

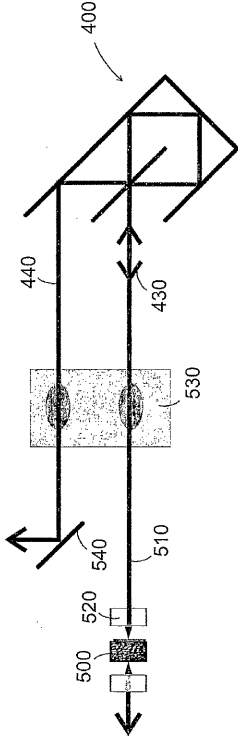


Fig. 5A

【 図 5 B 】

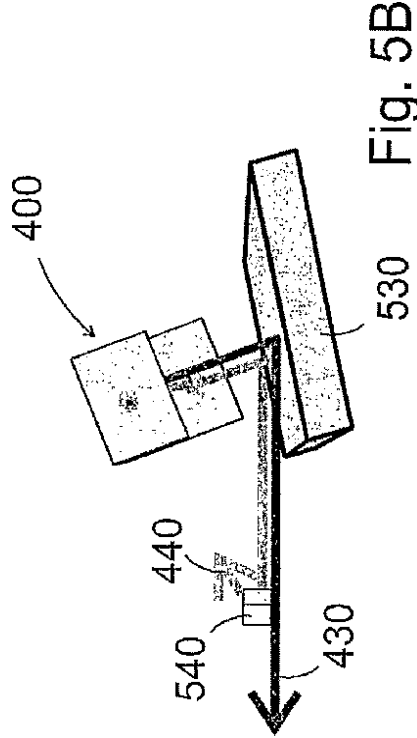


Fig. 5B

フロントページの続き

- (72)発明者 ステフェンズ, ヴォルフ
ドイツ国71083ヘレンベルク, シュヴァルツヴァルトシュトラッセ・84
- (72)発明者 カルマン, ウルリッヒ
ドイツ国72070チュービンゲン, ハーグガッセ・17
- (72)発明者 ミューラー, エンメリッヒ
ドイツ国71134アイドリンゲン, フィンケンヴェーク・7

審査官 傍島 正朗

- (56)参考文献 特開平05-173075(JP, A)
特開2001-208988(JP, A)
独国特許出願公開第04304178(DE, A1)
米国特許第05594744(US, A)
特表平09-508217(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01S 3/00- 3/30
JSTPlus(JDream2)