

(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2007-12981
(P2007-12981A)

(43) 公開日 平成19年1月18日(2007.1.18)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 S 3/083 (2006.01)	HO 1 S 3/083	5 F 1 7 2
HO 1 S 3/10 (2006.01)	HO 1 S 3/10 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2005-193637 (P2005-193637)	(71) 出願人	301022471 独立行政法人情報通信研究機構 東京都小金井市貫井北町4-2-1
(22) 出願日	平成17年7月1日(2005.7.1)	(74) 代理人	100082669 弁理士 福田 賢三
		(74) 代理人	100095337 弁理士 福田 伸一
		(74) 代理人	100061642 弁理士 福田 武通
		(72) 発明者	石津 美津雄 東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立 行政法人情報通信研究機構内
		Fターム(参考)	5F172 BB33 CC04 EE14 NN01 NN06 NN28 ZZ11

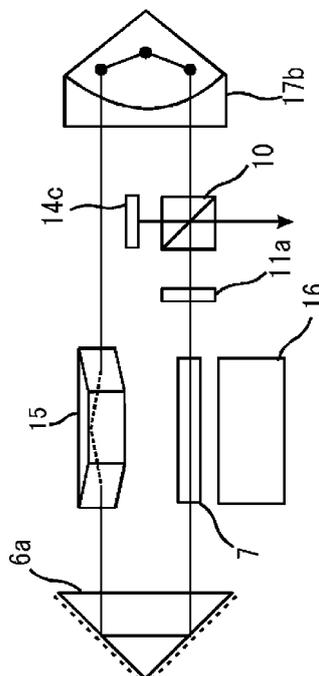
(54) 【発明の名称】 光学素子の内部全反射面に高反射コーティングを施したレーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 従来の光学プリズムでは、内部反射に全反射を利用してため、入射光の偏光状態が変化する欠点があった。

【解決手段】 レーザ装置に、光学ガラスや光学結晶や固体レーザ媒質を材料とするプリズム（光学素子）において、全反射や内部高反射を利用する反射面に高反射誘電体多層膜を蒸着した素子を用いる。これにより、上記の素子の内部反射は誘電体膜の反射になり、この反射でのP波とS波の間に位相差は付かなくなり、入射光の偏光状態は保存される。誘電体多層反射膜には狭帯域高反射膜でも、広帯域高反射膜であってもよい。反射膜を通過したわずかな光は空気との界面で通常の全反射を受けるが、反射膜の反射率が上げれば、プリズムの反射率は完全反射のままで、P波とS波の位相差はほとんど発生しない。

【選択図】 図15



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザ共振器と、レーザ媒体と、レーザ媒体を励起する励起光源とを含むレーザ装置であって、

少なくとも1つの全反射面よる反射を用いてレーザ共振器の光路を形成したレーザ装置の前記の全反射面を、

前記の全反射面に誘電体多層反射膜を設けて、上記全反射面での誘電体多層反射膜による反射光割合を全反射による反射光割合よりも大きくし、上記の全反射面での反射の偏光状態変化を抑制した全反射面で置き換えた光路に等価な光路を有することを特徴とする光学素子の内部全反射面に高反射コーティングを施したレーザ装置。

10

【請求項 2】

上記の全反射面は、面 A、B、C と 2 つの側面を有する 2 等辺直角プリズムの直角を挟む等しい 2 面 A と B、であって、面 A および B に誘電体多層反射膜をつけ、面 C に反射防止膜を設け、面 C において光の入出射を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の光学素子の内部全反射面に高反射コーティングを施したレーザ装置。

【請求項 3】

上記の全反射面は、面 A、B、C と 2 つの側面を有する 2 等辺直角プリズムの直角を挟む等しい 2 面、A と B、を除いた面 C であって、面 C に誘電体多層反射膜をつけ、面 A と B に反射防止膜を設け、面 A あるいは面 B において光の入射あるいは出射を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の光学素子の内部全反射面に高反射コーティングを施したレーザ装置。

20

【請求項 4】

上記の全反射面は、光学像を回転する光学素子にある全反射面であることを特徴とする請求項 1 に記載の光学素子の内部全反射面に高反射コーティングを施したレーザ装置。

【請求項 5】

上記の全反射面は、固体レーザ媒体に設けられた全反射面であることを特徴とする請求項 1 に記載の光学素子の内部全反射面に高反射コーティングを施したレーザ装置。

【請求項 6】

上記の全反射面は、非線形光学媒体に設けられた全反射面であることを特徴とする請求項 1 に記載の光学素子の内部全反射面に高反射コーティングを施したレーザ装置。

30

【請求項 7】

上記の全反射面は、光路を折り返す光学素子に設けられた全反射面であることを特徴とする請求項 1 に記載の光学素子の内部全反射面に高反射コーティングを施したレーザ装置。

【請求項 8】

上記の全反射面には、光路を折り曲げる光学素子が設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の光学素子の内部全反射面に高反射コーティングを施したレーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

この発明は、入射光の偏光状態が変わることなく出射され、レーザ光に対して損傷しにくいプリズムをレーザ共振器の反射器に用いて、光学系を簡単な構成にしつつ出力強度や横モード成分を改善した出力光を得ることができる光学素子の内部全反射面に高反射コーティングを施したレーザ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

たとえば直角プリズムやジグザグスラブ型の固体レーザロッドのように、光学ガラスや光学結晶などの表面を研磨して製作され、これらの1つ以上の面で全反射を利用する光学素子は反射損失が極めて小さいため、レーザ装置の光学系に用いてレーザ光の損失を小さくできる。しかし、全反射面での反射ではその光の S 波成分と P 波成分に位相差が発生す

50

る。ここで、S（あるいはP）波成分とは、反射面の法線と入射光線を含む平面である入射面（つまり反射法則の入射面）に垂直（あるいは平行）に電界ベクトルが直線偏光した光である。このため、直線偏光した光を直角プリズムに入射すると、一般に楕円偏光になって出射する。

【0003】

これを防ぐには、図1の直角プリズムの場合で示すように、全反射面での反射2a、および2bをS波成分だけか、あるいはP波成分だけの反射にしなければならない。それには、全反射における入射光線を含む面である入射面に対して、偏光方向5が垂直か、あるいは平行になるように、入射光の偏光方向を向ける必要がある。または、複数の全反射面を内部に有するプリズムでは、入射した直線偏光の光がP波の反射とS波の反射を行う回数を等しくするように、プリズムの形状を工夫する必要があった。

10

【0004】

このようにすると、プリズムの形状に対して入射光の偏光方向が、ある特定の方向に制限される。あるいは、プリズムの形状が複雑になり高い形状精度が要求され、製造コストが増大する欠点があった。

【0005】

従来の技術でこの位相差の発生を防ぐには、プリズムの全反射を行う表面に高反射率の金属膜を蒸着し、内部反射を金属反射に置き換えることが行われてきた。しかし、金属反射には反射損失があり、レーザー光のような高い強度の光を入射させると金属膜が損傷するので、強力なレーザー光には使用できないという欠点があった。

20

【0006】

本発明は、これらの欠点を解決して、内部に全反射を含む光学素子、たとえば直角プリズムやダブリズムやコーナーキューブリフレクタやジグザグスラブ型固体レーザーロッドなどに入射した光について、その偏光状態が変わることなく出射され、かつ、上記の光学素子は高い強度の光にも損傷しにくくして、これを用いて簡単な構成のレーザー装置で出力強度や横モードを改善したものを実現することを目的とする。

【0007】

第1の例としてナイフエッジ直角プリズム（ポロプリズム）を用いた、特許文献1、および特許文献2に記載されているレーザー発振器を図2に示す。このレーザー発振器は基本的には、駆動回路9によって駆動された半導体レーザー8で光励起される固体レーザー媒体7と、上記のポロプリズム6aおよび6bと偏光子10とで構成される光共振器からなる。

30

【0008】

直角プリズム6aの稜線は、L字型の共振器の光路を含む平面（光路面）に平行、あるいは垂直にならないように、入射光軸のまわりに回転させてある。直角プリズム6bの稜線は光路面に垂直か平行である。直角プリズム6aの入射面の前には半波長位相板11aがある。この半波長位相板の調節では、はじめに直角プリズムを通る光の偏光方向が、その稜線に垂直かあるいは平行になるようになるように調整される。次に偏光子10から最適レーザー出力が得られるように、この半波長板をさらに光軸のまわりに回転させる。

【0009】

レーザー光が共振器を往復するたびに、その横モードパターンは、光学的に光軸に沿って見た2つの稜線のなす角度の2倍の角度で一方向に回転しながら、偏光方向は維持される。このため、この共振器は像回転型共振器といえる。この横モードパターンの回転角を調節することにより、すべての高次横モードが抑制され、良好な基本横モードか、あるいは一様で平坦な強度分布の横モードを得ることができることがこのレーザーの特徴である。たとえレーザー媒体7が側面一方向から励起されていても、この効果に変わりはない。このようなプリズム内部の全反射2a、2bを用いた光学素子は、反射膜を蒸着する必要がなく、光学研磨だけで素子が完成し、反射損失が極めて小さい利点がある。

40

【0010】

しかし、よく知られているように全反射では、入射光がP偏光かS偏光であるかによって、反射の際のこれらの光波のそれぞれの位相遅延量 p と s とが異なる。たとえば、

50

屈折率約 1.5 の光学ガラス BK7 と空気の界面で、ガラス中から空気の方向へ光が進行する場合の全反射を考える。横軸に界面に対する入射角をとり、縦軸に位相遅延量 p と s を描くと図 3 のようになる。P 偏光と S 偏光との両者の位相遅延は、臨界角の 41.5 度と 90 度の入射角の場合には一致するが、その間の入射角では差が生じる。このため、反射面に対する入射光が全反射面において、P 波と S 波の合成になるような直線偏光であると、反射波の両者の位相にずれが生じる。これによって、反射波は楕円偏光になる。

【0011】

したがって、図 1 に示す直角プリズムでは、2 つの全反射面の交線である稜線 1 に対して、偏光方向 5 が平行か垂直であるとともに、入射光 3 が稜線 1 に直角に入射する場合は、入射光 3 の偏光が変化することなく出射光 4 となる。しかし、それ以外では入射した直線偏光は楕円偏光になって出射する。2 回の全反射による位相差は光の波長が 1064 nm の時、BK7 ガラスと熔融石英で、それぞれ、 0.42 と 0.27 になる。このため、これらのプリズムはそれぞれ、ほぼ $1/4$ 波長板と $1/8$ 波長板として機能できるほどである。

10

【0012】

この P 波と S 波の位相差を発生させずに、また出射光の偏光状態を変化させないで、光路を 180 度折り返すプリズムとして、図 4 に示す偏波保存プリズムが知られている。これは稜線 1 をもつ 180 度折返し直角プリズムと 90 度折り曲げ直角プリズムを組み合わせた構造で、入射光 3 は 45 度入射角の全反射 $2a \sim 2d$ を 4 回繰り返して出射する。反射はすべて全反射なので強力なレーザー光にも耐えることができる。入射光が最初に全反射される面で、光を P 波成分と S 波成分に分けて考える。

20

【0013】

この P (または S) 波成分の光は、次の反射面以降では、S (または P) 波、S (または P) 波、P (または S) 波として全反射され出射光となる。入射光のいずれの光成分も、同数の S 波と P 波としての全反射を受けるので、全体として両者に位相差は付かない。従って、任意の方向に直線偏光した入射光 3 は、偏光方向の回転はあるが、直線偏光のまま出射光 4 となる。

【0014】

直角プリズムには 3 面の光学研磨面があり、そのうち 2 面の全反射面の交差する角度精度で性能が決まる。これに対し、この偏波保存プリズムでは 4 面の光学研磨面があり、そのうち 3 面の全反射面が相互に交差する角度精度で性能が決まる。このために、このプリズムの製造には高精度が要求され、高価でもある。

30

【0015】

しかし、図 2 のレーザー発振器の直角プリズム 6a をこのような偏波保存プリズムに置き換えれば、半波長位相板 11a を省くことができる。その結果としてこのレーザーの構成が単純になり、その発振の調整は直角プリズムの回転だけになる。その調節は容易であり、直角プリズムの角度を最適出力が得られるように回転させ、さらにその角度付近で横モードが基本モード、あるいは平坦な強度分布になるように微調整すればよい。

【0016】

また図 5 に示した光学像を回転させるために用いられるダブリズムでは、入射面と出射面がブリュースター入射角の屈折面であり、内部に全反射 $2a$ が 1 回ある。入射光 3 が全反射面の法線の方向に偏光した直線偏光ならば、損失なしにプリズムを透過して直線偏光のままの出射光 4 となる。しかし、これ以外の方向に偏光した光は入射面で反射損失を受ける。また、偏光方向が全反射面に垂直か平行以外の光は楕円偏光となって出射する。

40

【0017】

従って、直線偏光を発生させるレーザー装置にこれらのプリズムを用いるには、1 個、あるいは 2 個の半波長位相板と組み合わせる必要があり、装置の構成と調整が複雑になる欠点があった。さらに、図 2 に示したレーザー発振器では、直角プリズム 6a を回転させると、最適出力を得るための半波長位相板 11 の調整をやり直す必要があった。

50

【0018】

光が入射した方向を逆にたどり光路を折り返す光学素子として、例えば、図6に示したコーナーキューブプリズムが用いられる。このため、この反射器を2個対向させれば共振器となる。これらの反射器の向きがずれても光軸は保たれるので、このような光軸ずれに対してきわめて安定な共振器となる。出射光の像と偏光は入射光のそれらから180度回転している。これには1つの入射面と3つの全反射面があり、反射面は相互に直角に接している。直線偏光の入射光3は、これらの全反射面で3回の全反射2a~2cを受けて出射光4となる。しかし、最初の全反射面にS波、あるいはP波として直線偏光の光線が入射しても、次の反射面では反射法則の入射面に対して斜めに偏光した光線となって入射する。このため、直線偏光の光がこのプリズムに入射すると、必ず楕円偏光の光となって出射する。このため、偏光を維持する必要があるレーザ共振器に、この反射器を用いることは従来できなかった。

10

【0019】

このプリズムを逆反射器として利用しつつ偏光も保存するには、全反射2a~2cの反射面に高反射金属膜を蒸着して、全反射を金属反射に置き換えればよい。しかし、金属反射には光の吸収があり、プリズムとしての反射率が低下する欠点がある。さらに、これに強力なレーザ光を入射させると、レーザ光の吸収のため金属膜が損傷する。このため、このプリズムに強力なレーザ光を入射したり、レーザ装置内で用いたりすることはできなかった。

【0020】

図7にジグザグスラブ固体レーザロッドを示す。レーザロッドの側面でレーザ光は全反射する。ロッド内部では励起光が吸収され、励起された活性元素の誘導放出によりロッド内部は発熱する。この熱はロッド表面から放熱される。従って、ロッドの発熱と放熱が空間的につりあわずに、熱膨張による応力場がロッド内部に発生する。これがロッドの屈折率分布をひずませ、さらに複屈折を発生させる。レーザ媒質が一樣であっても、このように不均一な屈折率分布が生じるので、直線偏光したレーザ光が入射してロッド中を進行するにつれて、偏光面の回転や楕円偏光へレーザ光が変換される。このような光がロッド側面で全反射されると、P波成分とS波成分に位相差が生じるため、偏光の楕円率がさらに増大する。これによって、レーザ光の偏波状態は大きく乱されることになり、レーザ発振器では横モードが劣化する大きな原因となる。

20

30

【特許文献1】特開2003-198015号公報

【特許文献2】米国特許6,816,533B2号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0021】

金属反射膜は各金属の伝導電子状態に由来する特有の光の吸収スペクトルがあるため、金属反射膜を蒸着したプリズムなどの光学素子に強力なレーザ光を照射すると、そのエネルギーを吸収して損傷される。そのため、これらの光学素子に強力なパルスレーザ光を入射させたり、レーザ共振器内で用いたりすることは不可能であった。

【0022】

さらに、光学ガラスや溶融石英製のプリズムでは、その全反射面を清掃するために、これらの面を清掃紙や布で摩擦すると摩擦静電気が発生して、表面が1000V以上に容易に帯電する。このため、逆にほこりを吸着し易くなってしまふことがある。

40

【0023】

従来の光学プリズムでは、内部反射に全反射を利用していたため、入射光の偏光状態が変化する欠点があった。偏光状態を保存して、たとえば、直線偏光の入射光がそのまま直線偏光の出射光になるためには、特殊な形状のプリズムにするか、金属反射膜を蒸着して全反射を金属反射に置き換える必要があった。

【発明の効果】

【0024】

50

本発明では、この反射膜を高反射誘電体多層膜にすることで、レーザ光に対しても従来のもものに比べて、はるかに損傷しにくい光学素子とすることができる。

【0025】

また、本発明で用いる誘電体反射膜は、一般に光学ガラスより摩擦静電気の発生が小さいので、この静電気の発生を防止し、反射面の清掃を容易にする効果がある。

【0026】

また、本発明は、従来のプリズム形状を変えることなく、その全反射面に高反射誘電体多層膜を蒸着することにより、従来のプリズムの光学機能はそのまま、入射する光の偏光状態を変化させずに射出させる機能を追加することができる。

【0027】

入射光に対し全反射を生じる面であっても、これに誘電体反射膜を蒸着すれば通常の反射になることは、図8に示した光学配置の反射を考えれば容易に理解できる。空間に一樣に広がった光学ガラスのような光学媒質12の中に、高反射誘電体多層膜13aがあるとす。この膜に入射した光は、当然反射膜によって反射され、膜の裏面には到達しない。従って、膜の裏面側の光学媒質はあってもなくても、この膜による反射は影響されない。高反射率の誘電体多層膜の通常の設計では、最大反射率の波長でP波とS波の反射位相差はゼロになる。従って、反射膜はこれへの入射角が光学媒質の臨界角から90度までの光を、全反射から通常の反射に変える。これにより、入射角が0度から90度までのすべての角度で、光は通常の反射を受けることになり、すべての入射角度範囲でP波とS波の位相差が発生しない。あるいは発生しても、全反射の場合のような大きな位相差は発生しない。

10

20

【課題を解決するための手段】

【0028】

本発明は、光学ガラスや光学結晶や固体レーザ媒質を材料とするプリズム（光学素子）において、全反射や内部高反射を利用する反射面に高反射誘電体多層膜を蒸着した素子を用いたレーザ装置である。これにより、上記の素子の内部反射は誘電体膜の反射になり、この反射でのP波とS波の間に位相差は付かなくなる。したがって、直線偏光の入射光はその偏光方向が全反射面に対してどのような方向であっても、直線偏光のまま射出する。また、楕円偏光の入射光は、楕円率を変化させることなく射出する。このように入射光の偏光状態は保存されることになる。誘電体多層反射膜にはレーザ光反射膜のような狭帯域高反射膜でも、可視光域の広い波長領域の光を反射する広帯域高反射膜であってもよい。反射膜を通過したわずかな光は空気との界面で通常どおり全反射する。この光の成分のP波とS波の間には位相差が発生し、反射膜の反射成分と重ねあわされる。したがって、反射膜の反射率が高ければ、プリズムの反射率は完全反射のままで、P波とS波の位相差はほとんど発生しない。

30

【0029】

このため、本発明のレーザ装置は、レーザ共振器と、レーザ媒体と、レーザ媒体を励起する励起光源とを含むレーザ装置であって、少なくとも1つの全反射面による反射を用いてレーザ共振器の光路を形成したレーザ装置の前記の全反射面を、前記の全反射面に誘電体多層反射膜を設けて、上記全反射面での誘電体多層反射膜による反射光割合を全反射による反射光割合よりも大きくし、上記の全反射面での反射の偏光状態変化を抑制した全反射面で置き換えた光路に等価な光路を有するものとする。

40

【0030】

また、上記の全反射面は、面A、B、Cと2つの側面を有する2等辺直角プリズムの直角を挟む等しい2面AとB、であって、面AおよびBに誘電体多層反射膜をつけ、面Cに反射防止膜を設け、面Cにおいて光の入射を行う。

【0031】

また、上記の全反射面は、面A、B、Cと2つの側面を有する2等辺直角プリズムの直角を挟む等しい2面、AとB、を除いた面Cであって、面Cに誘電体多層反射膜をつけ、面AとBに反射防止膜を設け、面Aあるいは面Bにおいて光の入射あるいは射出を行う。

50

【0032】

また、上記の全反射面は、光学像を回転する光学素子にある全反射面である。

【0033】

また、上記の全反射面は、固体レーザ媒体に設けられた全反射面である。

【0034】

また、上記の全反射面は、非線形光学媒体に設けられた全反射面である。

【0035】

あるいは、上記の全反射面は、光路を折り返す光学素子に設けられた全反射面である。

【0036】

あるいは、上記の全反射面には、光路を折り曲げる光学素子が設けられているものである。 10

【発明を実施するための最良の形態】

【0037】

以下に、この発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。以下の説明においては、レーザ装置の反射器に注目して説明する。また、以下の説明に於いては、同じ機能あるいは類似の機能をもった装置に、特別な理由がない場合には、同じ符号を用いるものとする。

【実施例1】

【0038】

図9にレーザ共振器の反射器に用いる偏波保存180度折り返し直角プリズムを示す。2つの全反射面であった光学研磨面に高反射誘電体多層膜13a、13bが蒸着されている。直線偏光の入射光の偏光方向が、プリズムの稜線に対してどのような角度であっても、出射光は直線偏光のままである。このプリズムを利用する光の波長帯域に一致させて、高反射率の誘電体多層膜を蒸着すればよい。 20

【0039】

図2に示したレーザ発振器のプリズム6aをこのプリズムに置き換えれば、このプリズムの回転角の調節だけで、最適出力と最適なモードパターンが容易に得られる。それには直角プリズムの角度を最適出力が得られるように回転させ、さらにその角度付近で横モードが基本モード、あるいは平坦な強度分布になるように微調整すればよい。

【0040】

図10には同じくレーザ共振器に用いることができ、光路を90度折り曲げる偏波保存直角プリズムを示す。高反射率の誘電体多層膜13aが全反射面に施され、直線偏光した入射光3の偏光方向が反射法則の入射面に対してどのような方向にあっても、出射光4は直線偏光のままである。 30

【実施例2】

【0041】

図11にレーザ共振器中において光路を回転するための偏波保存ダブリズムを示す。全反射面であった光学研磨面に高反射誘電体多層膜13aが蒸着され、プリズムの入出射面での入射角はブリュースター角より小さくて、これらの面に誘電体無反射膜が蒸着されていてよい。直線偏光の入射光の偏光方向が、プリズムの反射面の垂線に対してどのような角度であっても、出射光は直線偏光のままである。プリズムの回転により光学像が回転し、これにあわせて偏光方向も回転する。このプリズムを利用する光の波長帯域に一致させて、高反射率の誘電体多層膜を蒸着すればよい。 40

【0042】

図12に通常のダブリズムを用いたリング型レーザ発振器を示す。これは、励起装置16によって励起されるレーザ媒体7と、偏光子10と反射鏡14a、および14bによるリング型光共振器でレーザ発振器が構成される。共振器は偶数回の反射によって光路が形成されている。反射鏡14cは左回りのレーザ光を、共振器の中に、右回りのレーザ光として戻して、右回りだけの発振をこのレーザから得るためである。共振器の光路上には、ダブリズム15と半波長位相板11aおよび11bがある。このダブリズムによっ 50

て共振器を周回するレーザ光は、その横モードパターンが一定方向に回転していく。この共振器一周あたりのモードパターンの回転角を最適に調節すると、図2に示したレーザ発振器と同様に基本横モードか、あるいは一様で平坦な強度分布の横モードパターンのレーザ発振が得られる。半波長位相板11aはレーザ光の偏光方向をダブリズムの反射面に垂直にするために用いており、半波長位相板11bは偏光子10から最適出力を得るように調節される。

【0043】

図12のダブリズムを高反射誘電体多層膜付の図11のプリズムに置き換えることにより、二つの半波長位相板が不要になる。この場合は、所定の横モードを得るための光学調節は容易である。それには最適出力が得られるようにダブリズムを回転し、その付近で最適なモードパターンが得られるようにさらに回転角度を微調整すればよい。

【実施例3】

【0044】

図13にレーザ共振器の反射器に用いることができる偏波保存コーナーキューブプリズムを示す。3つの全反射面であった光学研磨面に高反射誘電体多層膜13a~13cが蒸着されている。直線偏光の入射光3の偏光方向が、リフレクタの稜線に対してどのような角度であっても、出射光4は入射光と同じ方向に偏光した直線偏光のままである。このプリズムを利用する光の波長帯域に一致させて、高反射率の誘電体多層膜を蒸着すればよい。

【0045】

図14にこの偏波保存コーナーキューブプリズムを2個対向させて用いた、リング型レーザ発振器を示す。2個のコーナーキューブプリズム17a、および17bが対向してリング共振器を形成する。その光路上に、励起装置16で励起されるレーザ媒体7がある。さらに、光路上で出力光を取り出すために半波長位相板11aと偏光子10がある。レーザ出力光は、共振器を左回りに周回するレーザ光が、半波長位相板によって偏光方向が変えられ、その成分が偏光子で反射して取り出される。反射鏡14cは、図12のレーザと同じく右回りのレーザ光の発振を抑制して、単一方向の発振を得るためである。

【0046】

図15に示したリング型レーザ発振器は、上記の共振器を像回転型共振器とするために、片方の偏波保存コーナーキューブプリズム17aを偏波保存直角プリズム6aに置き換え、光学像回転素子である偏波保存ダブリズム15を光路上に挿入したものである。

【実施例4】

【0047】

図16に、光路を平行移動させるために用いる偏波保存ロンボイドプリズムを示す。これは、2個の90度折り曲げ直角プリズムを結合した形状をしている。上下端面に高反射誘電体多層膜13a、13bを蒸着することで、直線偏光が偏光方向によらずに直線偏光のまま出射する。このプリズムを利用する光の波長帯域に一致させて、高反射率の誘電体多層膜を蒸着すればよい。

【実施例5】

【0048】

図17にレーザ共振器中の光路を90度折り曲げる偏波保存ペンタプリズムを示す。このプリズムは2回の内部反射を用いているが、これらは全反射ではなく、高反射膜による反射である。このため、このプリズムでは、もともと直線偏光が楕円偏光になることはない。従来は、反射面に金属膜を蒸着していたが、これを高反射誘電体多層膜13a、13bに置き換えることで、強力なレーザ光に対して使用できるプリズムとすることができる。

【実施例6】

【0049】

図18に、レーザ光を増幅するための偏波保存ジグザグスラブレザロッドを用いたレーザ発振器を示す。反射鏡14aと出力鏡19で構成される光共振器の中に、励起光源1

10

20

30

40

50

6で励起されるジグザグスラブレザロッド18がある。Qスイッチ発振を行わせるために、駆動回路22で駆動されるポッケルスセル21と1/4波長板20と偏光子10を光路上に配置する。従来のレーザロッドでは、ロッドの側面でレーザ光を全反射していた。この側面に高反射誘電体多層膜13a、13bを蒸着することにより、全反射は通常の反射に置き換わる。レーザロッド内部を進行するレーザ光がロッド内部の屈折率不均一により楕円偏光化しても、側面反射で楕円偏光がさらに増大することがなくなり、レーザ光の横モードが劣化することを抑えられる。

【実施例7】

【0050】

図19に、レーザ光を増幅するための、偏波保存固体レーザロッド7を用いた4重光路のレーザ増幅器を示す。レーザロッドの片方の端面はレーザ光を180度折り返すように、ナイフエッジ直角プリズムの形状に加工されている。この端面には高反射誘電体多層膜13aと13bが蒸着され、全反射ではなく通常の反射でレーザ光が反射される。このプリズム端面の稜線は、実際には、ロッドの光軸のまわりに紙面から45度の角度をなすように回転させてある。

【0051】

紙面に平行な面内に直線偏光した入射レーザ光3は、偏光子10を通過して、レーザロッド7の内部を増幅されながら進み、プリズム状の端面で180度折り返される。このとき、レーザ光は紙面に垂直方向に偏光した直線偏光になる。レーザロッドを出射したレーザ光は偏光子10と反射鏡14cとで反射され、再びレーザロッドに入射する。この光はレーザロッド端面で反射され、偏光方向が再び紙面に平行に変えられる。この光はレーザロッドと偏光子を通過して出射光4となる。増幅器に入射したレーザ光は、これを出射するまでに4回レーザロッドを通過することになり、大きく増幅されることになる。

【0052】

このロッドの特徴は、レーザ光がレーザロッドの反射端で反射されるごとに、偏光成分の紙面に垂直な成分と平行な成分とが入れ替わることである。レーザロッド内に複屈折があっても、最初に、紙面について、平行方向と垂直方向に直線偏光した光成分を感じる複屈折は同等になるので、複屈折が補償されることになる。もう1つの利点は、これにより、複屈折の影響が小さいレーザ増幅器を作ることができる点にある。

【産業上の利用可能性】

【0053】

高反射誘電体多層膜でも、ごく僅かな光は反射膜を透過することがある。反射膜を透過した僅かな光は、空気あるいは真空などの外界と多層膜との境界で全反射を生じるか、あるいはその一部が空気中へ透過され、残りは反射される。前者の全反射の場合には、反射成分のP波とS波の間に位相差が付く。あるいは後者の反射のばあいには、反射成分のP波はブリュースター角の入射角を境に位相が増加することはよく知られている。しかし、高反射誘電体多層膜の反射率を99.5%以上にするには、きわめて容易である。そのため、光学素子の内部反射面に入射した直線偏光は、ほとんどそのまま直線偏光の反射光となり、楕円偏光に変化したり、あるいは偏光方向が変わったりする光の割合は、0.5%以下に極めて小さくすることができる。

【0054】

また、レーザ装置の出力を僅かに改善することが目的である場合は、上記のような高反射率とする必要は無く、例えば、誘電体多層反射膜の反射率を80%以上とし、残りを全反射とすることによっても、上記の目的を達成することができる。

【0055】

レーザ装置の反射器は、種々の材料で作成することが可能である。例えば、石英ガラス、光学結晶、レーザ結晶、光学用透明プラスチック、などを用いることができる。例えばLiNbO₃などの非線形光学媒体を用いて作成した反射器を用いると、従来のレーザ装置の光共振器内に非線形光学媒体を配置した場合と同様に、非線形光学媒体に大強度のレーザ光を入力することができ、非線形光学効果を容易に発生させることができる。また、

反射器と非線形光学媒体を別に設ける場合に比べて、装置の構成部品を少なくすることができる。また、図1、図4あるいは図6に示した光路から明らかなように、本発明では、特定の結晶軸の一つに限って用いるのではなく、他の結晶軸も用いることになる。このように、複数の結晶軸も活用したい場合には、特に本発明は適していると言える。また、誘電体多層反射膜を用いているので、光路を決めるに当たって、設計上の自由度は大きく、非線形光学媒体に合わせて設計することができる。

【0056】

また、誘電体多層反射膜としては、 Ta_2O_5 や TiO_2 や Al_2O_3 や MgF_2 や SiO_2 などの無機材料の他に、フッ素樹脂、アクリル樹脂やシリコン樹脂などの有機材料を用いることができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図1】直角プリズムでの全反射を示す図である。

【図2】従来例のレーザ発振器を示す図である。

【図3】石英ガラスと空気の界面で起こる反射の入射角に対する位相遅延を示す図である。

【図4】偏波保存プリズムによる反射を示す図である。

【図5】ダブリズムによる反射を示す図である。

【図6】コーナーキューブプリズムでの反射を示す図である。

【図7】ジグザグスラブ固体レーザロッドでの反射を示す図である。

20

【図8】誘電体反射膜による反射を説明するための図である。

【図9】偏波保存180度折返し直角プリズムでの反射を示す図である。

【図10】偏波保存直角プリズムでの反射を示す図である。

【図11】偏波保存ダブリズムでの反射を示す図である。

【図12】通常のダブリズムを用いたリング型レーザ発振器を示す図である。

【図13】偏波保存コーナーキューブプリズムでの反射を示す図である。

【図14】偏波保存コーナーキューブプリズムを2個対向させて用いた、リング型レーザ発振器を示す図である。

【図15】図14の共振器を像回転型共振器としたリング型レーザ発振器を示す図である。

30

【図16】偏波保存ロンボイドプリズムでの反射を示す図である。

【図17】偏波保存ペンタプリズムでの反射を示す図である。

【図18】偏波保存ジグザグスラブレーザロッドを用いたレーザ発振器を示す図である。

【図19】偏波保存固体レーザロッドを用いた4重光路のレーザ増幅器を示す図である。

【符号の説明】

【0058】

1 直角プリズム

2 a、2 b、2 c、2 d 全反射面での反射

3 入射光

4 出射光

40

5 偏光方向

6 a、6 b 偏波保存直角プリズム

7 レーザ媒体

8 半導体レーザ

9 駆動回路

10 偏光子

11 a、11 b 半波長位相板

12 光学媒質

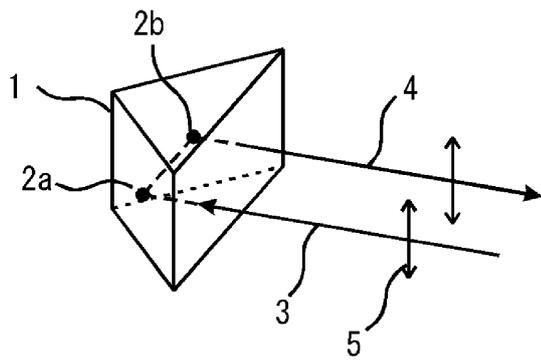
13 a、13 b 高反射誘電体多層膜

14 a、14 b、14 c 反射鏡

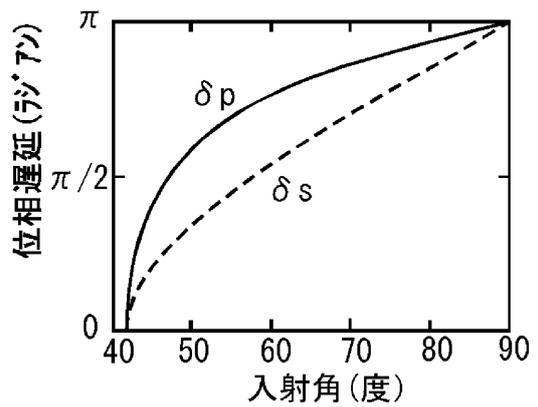
50

- 15 ダブルプリズム
- 16 励起装置
- 17 a、17 b、17 c 偏波保存コーナークューブプリズム
- 18 ジグザグスラブレーザロッド
- 19 出力鏡
- 20 1/4波長板

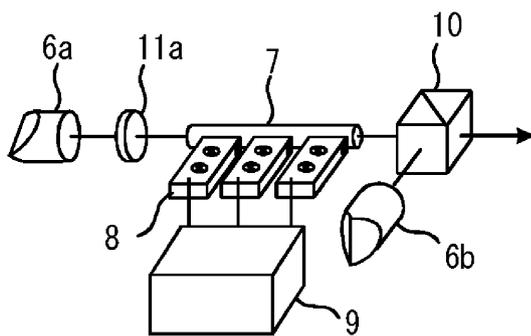
【図1】



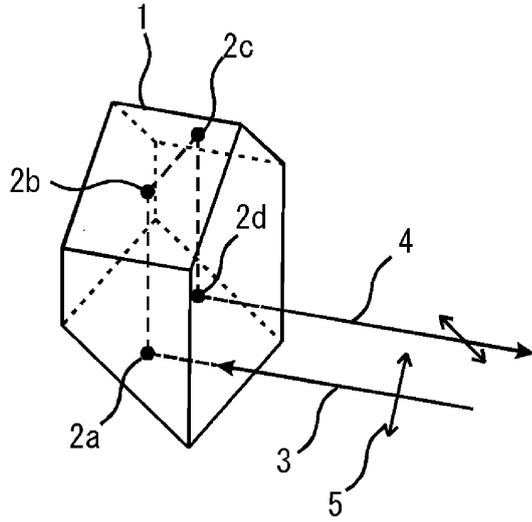
【図3】



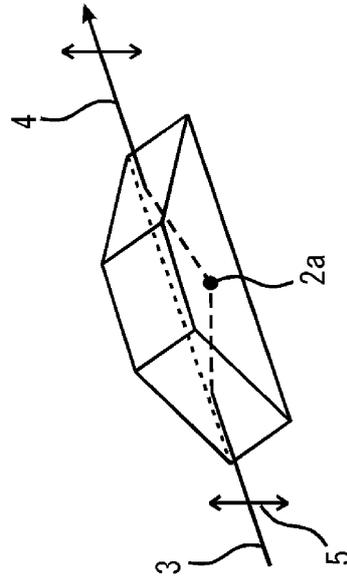
【図2】



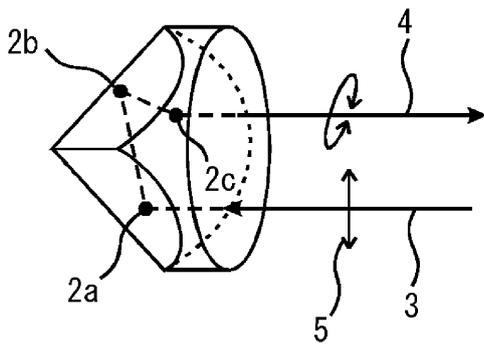
【 図 4 】



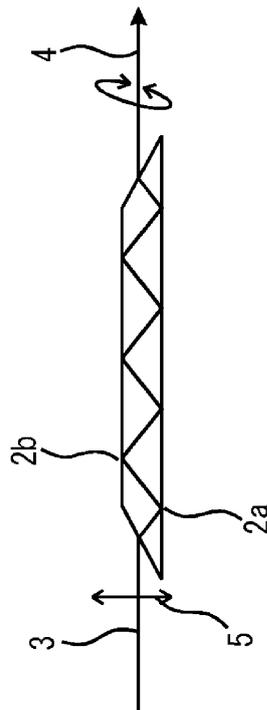
【 図 5 】



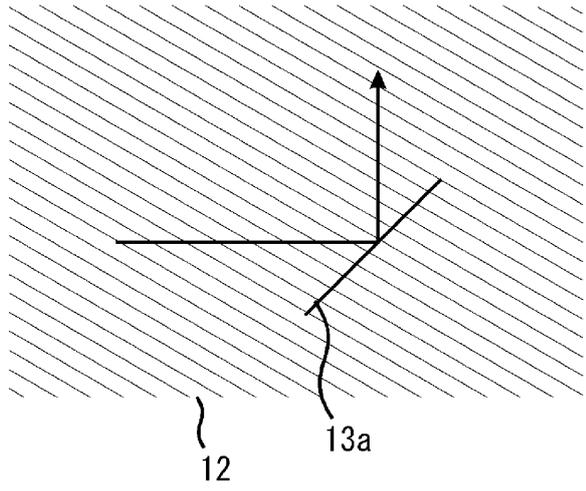
【 図 6 】



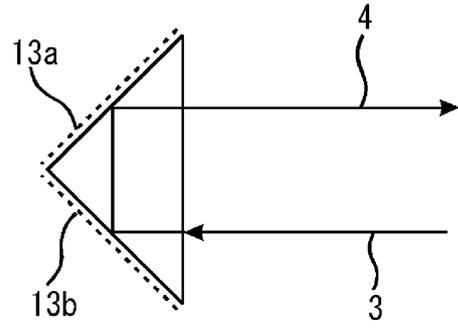
【 図 7 】



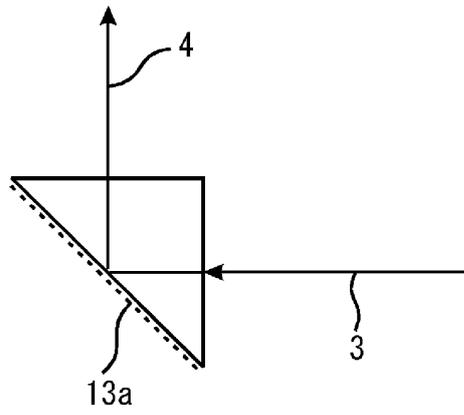
【 図 8 】



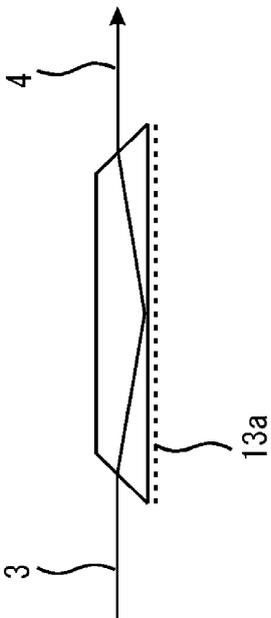
【 図 9 】



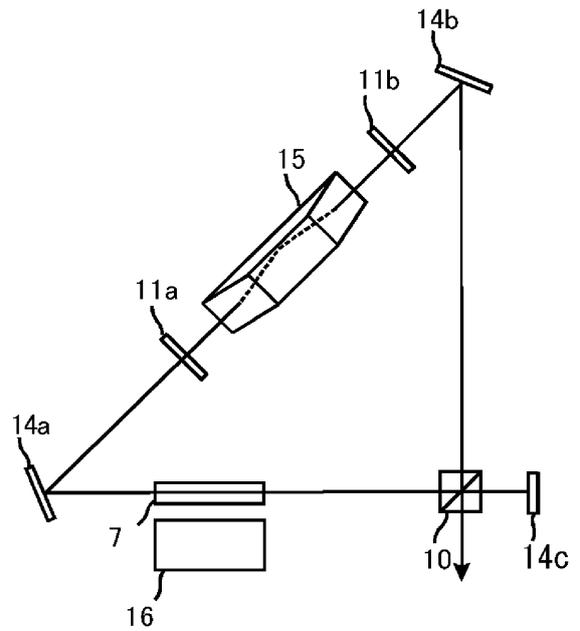
【 図 10 】



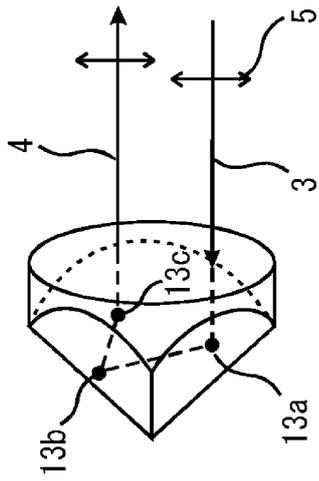
【 図 11 】



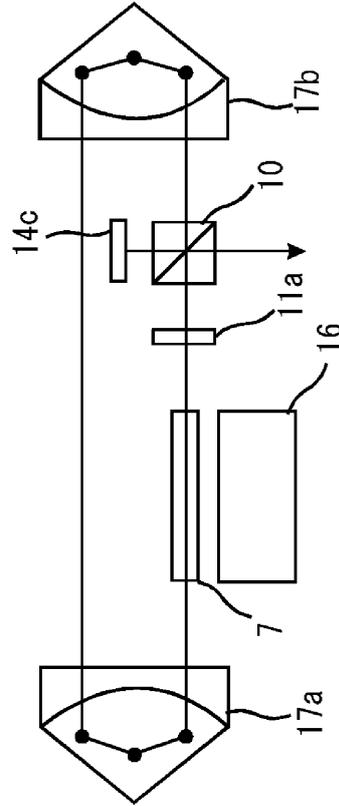
【 図 12 】



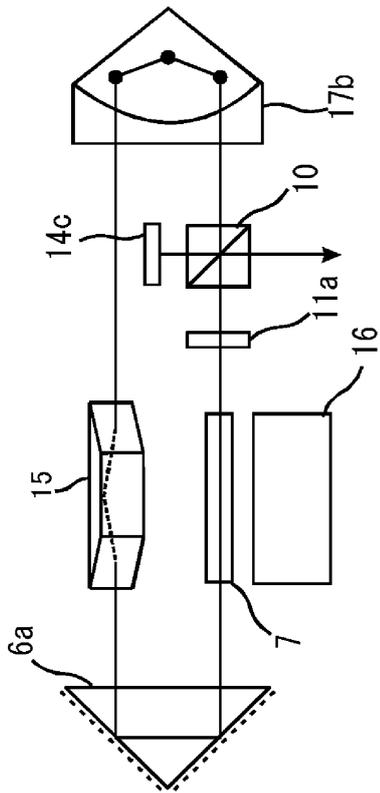
【 図 1 3 】



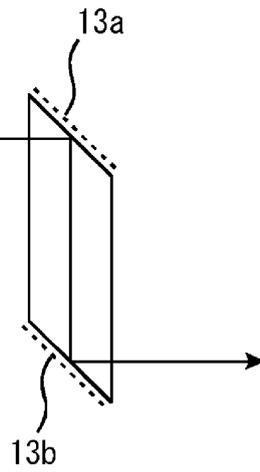
【 図 1 4 】



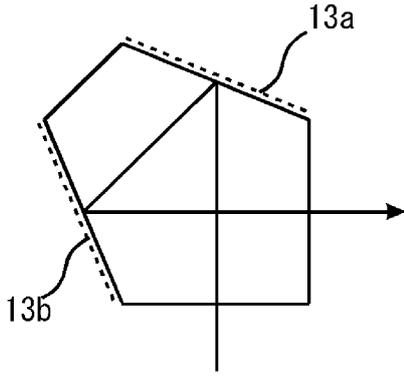
【 図 1 5 】



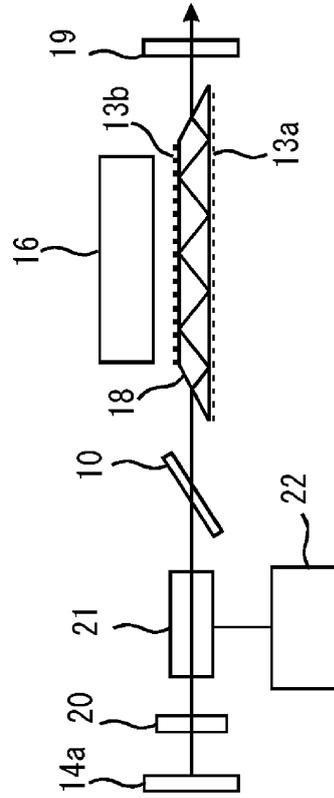
【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】

