

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年9月15日(15.09.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/142980 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 5/50 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/006443
- (22) 国際出願日: 2015年12月24日(24.12.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-048985 2015年3月12日(12.03.2015) JP
- (71) 出願人: ソニー株式会社 (SONY CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 福本 敦 (FUKUMOTO, Atsushi); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 植田 充紀 (UEDA, Mitsunori); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 吉田 浩 (YOSHIDA, Hiroshi); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 松井 健 (MATSUI, Takeshi); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 大森 純一 (OMORI, Junichi); 〒1070052 東京都港区赤坂7-5-47 U&M赤坂ビル2F Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

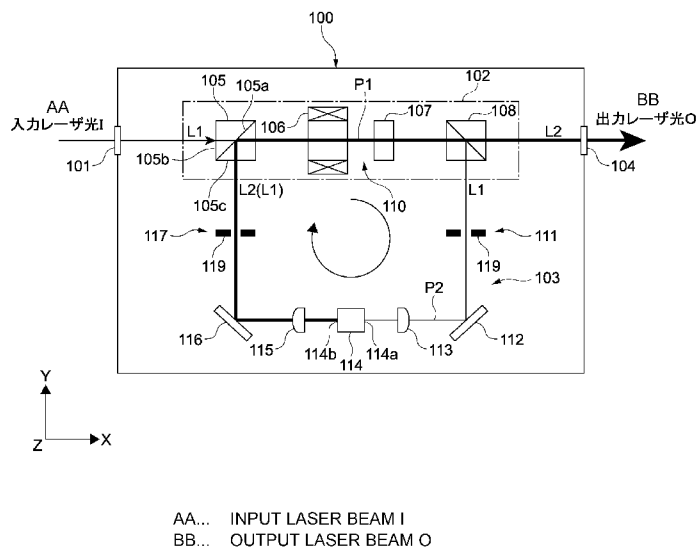
添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: OPTICAL AMPLIFICATION DEVICE AND LIGHT SOURCE DEVICE

(54) 発明の名称: 光増幅装置、及び光源装置

[図2]



(57) Abstract: This optical amplification device is provided with: a conversion unit capable of converting polarization state; a first optical element, which has first and second incident ports, and which outputs, toward the conversion unit, a first laser beam inputted to the first incident port, said first laser beam being in a first polarization state, and a second laser beam inputted to the second incident port, said second laser beam being in a second polarization state; a second optical element, which is capable of outputting, as a laser beam in the second polarization state, the first laser beam the polarization state of which has been converted, and which is capable of outputting, toward an output unit to the outside, the second laser beam the polarization state of which has been converted; and an optical amplification unit, which amplifies the first laser beam outputted as the laser beam in the second polarization state by means of the second optical element, and which inputs, as the second laser beam, the amplified first laser beam to the second incident port of the first optical element.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/142980 A1

本光増幅装置は、偏光状態を変換可能な変換部、第1及び第2の入射口を有し第1の入射口に入射する第1の偏光状態の第1のレーザー光と第2の入射口に入射する第2の偏光状態の第2のレーザー光とを変換部に向けてそれぞれ出射する第1の光学素子、偏光状態が変換された第1のレーザー光を第2の偏光状態のレーザー光として出射可能であり偏光状態が変換された第2のレーザー光を外部への出力部に向けて出射可能である第2の光学素子、及び第2の光学素子により第2の偏光状態のレーザー光として出射された第1のレーザー光を増幅し、増幅された第1のレーザー光を第1の光学素子の第2の入射口に第2のレーザー光として入射させる光増幅部とを具備する。

明 細 書

発明の名称：光増幅装置、及び光源装置

技術分野

[0001] 本技術は、光増幅装置、及びこれを用いた光源装置に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、MLLD (Mode Locked Laser Diode: モードロックレーザ) とSOA (Semiconductor Optical Amp: 半導体光増幅器) とを組み合わせたMOPA (Master Oscillator Power Amplifier) 型の光源を、記録用光源として備えた光記録システムについて記載されている。特許文献1の図2等にも示されるように、MLLD部とSOAとの間には、1/4波長板と偏光ビームスプリッタとの組み合わせによるアイソレータが配置される。このアイソレータにより、SOAの入射端から発生され、反射等により再びSOAに戻ってくる不要な戻り光(自己入射成分)が除去されている(特許文献1の明細書段落[0006][0044]等)。

[0003] 特許文献2には、LPP (Laser Produced Plasma: レーザ励起プラズマ) 方式のEUV (Extreme Ultraviolet) 光生成装置用のレーザ装置について記載されている。特許文献2の図5等にも示されるように、レーザ装置は、マスタオシレータ(MO)と複数の増幅器(PA)と、複数のファラデーアイソレータとを有する。各増幅器を挟み込むように、ファラデーアイソレータがそれぞれ配置される。これにより下流側(出射端側)に配置された増幅器から発生するASE (Amplified Spontaneous Emission: 自然放出光)や、ターゲットからの戻り光が、増幅器に入射することが防止されている(特許文献2の明細書段落[0038][0062])

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1: 特開2012-243336号公報

特許文献2: 特開2013-218286号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] このように光増幅装置においては、不要な戻り光が入射してしまうことを防止することが要求される。そのために例えばSOA等の前後に光アイソレータを配置することが考えられるが、高価な光アイソレータを2つ用いる場合、装置が高価になるとともに小型化も困難である。

[0006] 以上のような事情に鑑み、本技術の目的は、光増幅素子への戻り光の入射を防止可能であり、小型化及び低コスト化を実現可能とする光増幅装置、及びこれを用いた光源装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するため、本技術の一形態に係る光増幅装置は、変換部と、第1の光学素子と、第2の光学素子と、光増幅部とを具備する。

前記変換部は、レーザ光の偏光状態を変換可能なファラデー回転子を含む。

前記第1の光学素子は、第1の入射口と、前記第1の入射口とは異なる第2の入射口とを有し、前記第1の入射口に入射する第1の偏光状態のレーザ光である第1のレーザ光、及び前記第2の入射口に入射する前記第1の偏光状態とは異なる第2の偏光状態のレーザ光である第2のレーザ光を、前記変換部に向けてそれぞれ出射する。

前記第2の光学素子は、前記変換部により偏光状態が変換された前記第1のレーザ光を前記第2の偏光状態のレーザ光として出射可能であり、前記変換部により偏光状態が変換された前記第2のレーザ光を外部への出力部に向けて出射可能である。

前記光増幅部は、前記第2の光学素子により前記第2の偏光状態のレーザ光として出射された前記第1のレーザ光を増幅する光増幅素子を有し、前記増幅された前記第1のレーザ光を前記第1の光学素子の前記第2の入射口に前記第2のレーザ光として入射させる。

[0008] この光増幅装置では、第1の光学素子に入射する第1のレーザ光が増幅さ

れ、第2のレーザ光として再び第1の光学素子に入射される。そして当該第2のレーザ光が、第1の光学素子、変換部、及び第2の光学素子を介して、外部への出力部に出射される。これにより例えば単体の光アイソレータにより上記の構成を実現させることができる。従って光増幅素子への戻り光の入射を防止しつつ、装置の小型化及び低コスト化を実現することが可能となる。

[0009] 前記変換部は、前記ファラデー回転子により偏光状態が変換された前記第1のレーザ光を前記第2の偏光状態のレーザ光に変換する変換素子を有してもよい。この場合、前記第2の光学素子は、前記変換素子により前記第2の偏光状態のレーザ光に変換された前記第1のレーザ光を出射してもよい。

変換部により第1のレーザ光の偏光状態が第2の偏光状態に変換されるので、第2の光学素子の配置構成等をシンプルにすることができる。

[0010] 前記第2の光学素子は、前記ファラデー回転子により偏光状態が変換された前記第1のレーザ光を前記第2の偏光状態のレーザ光に変換して出射してもよい。

これにより変換部の構成をシンプルにすることが可能となり、装置の小型化等を図ることができる。

[0011] 前記変換素子は、旋光性を有する光学結晶である結晶旋光子、又は1/2波長板であってもよい。

変換素子としてこれらの部材を用いることで、簡単に変換部を実現することができる。

[0012] 前記光増幅素子は、前記第2の光学素子により出射された前記第1のレーザ光が入射する入射部と、増幅された前記第1のレーザ光が出射する出射部とを有してもよい。この場合、前記光増幅部は、前記第2の光学素子及び前記入射部の間に配置され前記第2の光学素子から前記入射部に進む第1の不要光を規制する第1のフィルタ部と、前記第1の光学素子及び前記出射部の間に配置され前記第1の光学素子から前記出射部に進む第2の不要光を規制する第2のフィルタ部とを有してもよい。

これにより光増幅素子への不要光の入射を十分に防止することができる。

[0013] 前記変換素子は、旋光性を有する光学結晶である結晶旋光子であってもよい。この場合、前記光増幅部は、前記第2の光学素子により出射された前記第1のレーザ光を波長ごとに複数の分離レーザ光に分離可能な分離部と、前記分離された複数の分離レーザ光の各々を増幅する複数の光増幅素子と、前記複数の光増幅素子により増幅された前記複数の分離光を合成可能な合成部とを有してもよい。

これにより複数の波長のレーザ光を含む広帯域のレーザ光を増幅することが可能となる。

[0014] 前記光増幅部は、前記第2の光学素子及び前記分離部の間に配置され前記第2の光学素子から前記分離部に進む第1の不要光を規制する第1のフィルタ部と、前記第1の光学素子及び前記合成部の間に配置され前記第1の光学素子から前記合成部に進む第2の不要光を規制する第2のフィルタ部とを有してもよい。

これにより複数の光増幅素子への不要光の入射を十分に防止することができる。

[0015] 前記第1のフィルタ部は、前記第1の不要光を空間的にフィルタリングしてもよい。また前記第2のフィルタ部は、前記第2の不要光を空間的にフィルタリングしてもよい。

空間フィルタを用いることで簡単な構成で不要光の入射を防止することができる。

[0016] 前記第1の光学素子は、前記第1の入射口に入射する前記第1のレーザ光を前記変換部に向かう所定の光路上に透過させ、前記第2の入射口に入射する前記第2のレーザ光を前記所定の光路から所定の角度で斜めに進むように前記変換部に向けて反射させてもよい。

これにより第1及び第2のフィルタ部による各フィルタリングが十分に実行され、光増幅素子への不要光の入射を十分に防止することができる。

[0017] 前記所定の角度は、 -2 度以上 $+2$ 度以下の範囲に含まれてもよい。

これによりレーザ光の増幅及び不要光の規制が高い精度で実現される。

[0018] 前記第1の光学素子は、前記第1の入射口に入射するパルスレーザ光を、前記第1のレーザ光として前記変換部に向けて出射してもよい。この場合、前記光増幅素子は、前記第2の光学素子により出射された前記第1のレーザ光が入射する入射部と、増幅された前記第1のレーザ光が出射する出射部とを有してもよい。また前記光増幅部は、前記出射部から、前記第1の光学素子、前記変換部、及び前記第2の光学素子を介した前記入射部までの周回光路の光路長が、当該光路長を光の速度で割った値が前記パルスレーザ光のパルス周期の整数倍の値と異なるように設定されてもよい。

これにより仮に増幅されたレーザ光の一部が不要光として周回光路を通過して入射部に入射したとしても、その入射のタイミングと光増幅素子による光増幅の動作タイミングとをずらすことができる。この結果、不要光の入射による影響を十分に抑えることができる。

[0019] 上記目的を達成するため、本技術の一形態に係る光源装置は、光源部と、変換部と、第1の光学素子と、第2の光学素子と、光増幅部とを具備する。

前記光源部は、レーザ光を出射する。

前記変換部は、レーザ光の偏光状態を変換可能なファラデー回転子を含む。

前記第1の光学素子は、第1の入射口と、前記第1の入射口とは異なる第2の入射口とを有し、前記光源部から前記第1の入射口に向けて出射された第1の偏光状態のレーザ光である第1のレーザ光、及び前記第2の入射口に入射する前記第1の偏光状態とは異なる第2の偏光状態のレーザ光である第2のレーザ光を、前記変換部に向けてそれぞれ出射する。

前記第2の光学素子は、前記変換部により偏光状態が変換された前記第1のレーザ光を前記第2の偏光状態のレーザ光として出射可能であり、前記変換部により偏光状態が変換された前記第2のレーザ光を外部への出力部に向けて出射可能である。

前記光増幅部は、前記第2の光学素子により前記第2の偏光状態のレーザ

光として出射された前記第 1 のレーザ光を増幅する光増幅素子を有し、前記増幅された前記第 1 のレーザ光を前記第 1 の光学素子の前記第 2 の入射口に前記第 2 のレーザ光として入射させる。

発明の効果

[0020] 以上のように、本技術によれば、光増幅素子への戻り光の入射を防止可能であり、小型化及び低コスト化が実現可能となる。なお、ここに記載された効果は必ずしも限定されるものではなく、本開示中に記載されたいずれかの効果であってもよい。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]第 1 の実施形態に係る顕微鏡システムの構成例を模式的に示す図である。

[図2]本実施形態に係る光増幅装置の構成例を示す概略図である。

[図3]図 2 に示す第 1 及び第 2 のフィルタ部の変形例を示す図である。

[図4]第 2 の実施形態に係る光増幅装置の構成例を示す概略図である。

[図5]第 3 の実施形態に係る光増幅装置の構成例を示す概略図である。

[図6]第 4 の実施形態に係る光増幅装置の構成例を示す概略図である。

[図7]第 5 の実施形態に係る光増幅装置を説明するための図であり、入力されるパルスレーザ光の波形を示す図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、本技術に係る実施形態を、図面を参照しながら説明する。

[0023] <第 1 の実施形態>

[顕微鏡システム]

図 1 は、本技術の第 1 の実施形態に係る顕微鏡システムの構成例を模式的に示すブロック図である。顕微鏡システム 1000 として、例えば生体解析用のレーザ走査型顕微鏡が用いられる。その他の用途に用いられる種々の顕微鏡にも、本技術は適用可能である。

[0024] 図 1 に示すように、顕微鏡システム 1000 は、顕微鏡本体 10 と、制御部 20 と、本技術に係る光源装置 30 とを有する。顕微鏡本体 10 は、光源

装置30から出射されたレーザ光をサンプル（試料）上にスポット集光し、これを3次元で走査する。当該走査により得られたサンプルの拡大像がデジタル化され、サンプルの画像データ群が生成される。

[0025] 顕微鏡本体10は、例えばサンプルが載置されるステージ、レーザ光を走査する走査光学系、サンプルの拡大像を生成する拡大光学系、及びデジタルカメラ等を有する（いずれも図示なし）。顕微鏡本体10の具体的な構成や、レーザ光を走査する方法等は限定されない。

[0026] 制御部20は、顕微鏡本体10及び光源装置30の各々の動作を制御する。制御部20の具体的な構成は限定されず、周知の技術が適宜用いられてもよい。

[0027] 光源装置30は、レーザ光源部40と、2つのISO部（光アイソレータ部）50と、SOA部60と、波長変換部70と、本実施形態に係る光増幅装置100とを有する。レーザ光源部40は、レーザ光を出射する。レーザ光源部40として、例えばパルスレーザ光を出射するMLLD等が用いられる。その他、連続レーザ光を出射するレーザ光源等、種々のレーザ光源が用いられてよい。

[0028] SOA部60は、図示しないSOAを有する。SOAは、印加される制御電流に応じて、レーザ光源部40から出射されたレーザ光を増幅する。図1に示すようにSOA部60の前段及び後段に、ISO部50がそれぞれ配置される。ISO部50は、順方向のレーザ光の通過のみを可能とする。これら2つのISO部50により、SOA部60のSOAに不要な戻り光が入射することが防止されている。

[0029] 波長変換部70は、SOA部50により増幅されたレーザ光の波長を変換する。波長変換部70として、例えばLBOを有する波長変換モジュール（Optical Parametric Oscillation：OPO）等が用いられる。その他の波長変換モジュールが用いられてもよい。

[0030] 例えば光源装置30が、二光子励起の光源として用いられる場合、レーザ光源部40から波長が約405nmのレーザ光が出射される。そして波長変

換部70により、高い密度で二光子の効果を生じさせる波長（約900nm－1300nm程度）に波長が変換される。なおレーザ光源部40から出射されるレーザ光の波長や、変換可能な波長の範囲等は限定されない。

[0031] 本技術に係る光増幅装置100は、波長変換部70により波長が変換されたレーザ光を増幅する。レーザ光源部40、及び以下に示す光増幅装置100を備えた光源装置であれば、図1に例示する構成に限定されず、本技術に係る光源装置として実施可能である。

[0032] [光増幅装置]

図2は、本実施形態に係る光増幅装置の構成例を示す概略図である。なお以下の説明では、光増幅装置100内を進むレーザ光の進行方向を基準として、前段、後段、下流側、上流側等の文言を用いる。すなわちレーザ光が入射してくる側が前段及び上流側となり、レーザ光が出射していく側が後段及び下流側となる。

[0033] 光増幅装置100は、入力レーザ光Iが入力される入力部101と、アイソレータ部102と、光増幅部103と、増幅されたレーザ光を外部へ出力する出力部104とを有する。出力部104から出力されるレーザ光が、出力レーザ光Oとなる。

[0034] 図2に示すように、アイソレータ部102は、入力部101から入力された入力レーザ光Iを受光する。アイソレータ部102は、図中のx方向に沿って略直線状に配置された第1のPBS（偏光ビームスプリッタ）105、ファラデー回転子106、結晶旋光子107、及び第2のPBS108を有する。これらの部材は、上流から下流にかけて、この順番で配置される。以下、第1のPBS105から第2のPBS108までの直線状の光路を直線光路P1と記載する。

[0035] 第1のPBS105は、分離面105aに対するP偏光を透過させ、S偏光を反射する。図2に示すように、第1のPBS105の第1の入射面105bがx方向に直交する向きで配置され、当該第1の入射面105bに入射するP偏光が、そのまま直線光路P1上に透過される。

- [0036] 第1の入射面105bとは異なる向きの面であり、図中のy方向に直交する向きとなる面が、第1のPBS105の第2の入射面105cとなる。y方向に沿って第2の入射面105cに入射するS偏光は、直線光路P1上に反射される。
- [0037] 第1のPBS105は、本実施形態において、第1の光学素子に相当する。第1の出射面105bに入射するP偏光は、第1の入射口に入射する第1の偏光状態のレーザ光である第1のレーザ光L1に相当する。また第2の出射面105cに入射するS偏光は、第2の入射口に入射する第2の偏光状態のレーザ光である第2のレーザ光L2に相当する。
- [0038] なお本実施形態では、入力レーザ光Iが、第1のレーザ光L1として第1の入射面105bに入射する。また第1のPBS105の分離面105aに対するP偏光及びS偏光と同じ偏光状態のレーザ光については、そのままP偏光及びS偏光と記載して説明を行う。
- [0039] ファラデー回転子106は、磁性体の光学結晶であり、磁界が与えられることで第1のPBS105から出射されたレーザ光の偏光方向を45度回転させる。結晶旋光子107は、水晶や石英等の自然旋光性を有する光学結晶であり、ファラデー回転子から出射されたレーザ光の偏光方向を、同じ方向に45度回転させる。従って上流側からファラデー回転子106及び結晶旋光子107を通るレーザ光の偏光方向は、90度回転される。すなわちP偏光はS偏光に変換され、S偏光はP偏光に変換される。
- [0040] ファラデー回転子106及び結晶旋光子107により、本実施形態に係る変換部110が構成される。また結晶旋光子107は、ファラデー回転子106により偏光状態が変換された第1のレーザ光L1を、S偏光に変換する変換素子に相当する。なお偏光方向の回転は、偏光状態の変換に相当する。
- [0041] 偏光方向を45度回転させる変換素子として、結晶旋光子に代えて、1/2波長板が用いられてもよい。いずれにせよこれらの部材を用いることで、シンプルな構成で変換部110を実現可能である。
- [0042] 第2のPBS108は、変換部110により偏光状態が変換されS偏光と

なった第1のレーザ光L1を所定の方向（図中ではy方向）に沿って反射させる。また第2のPBS108は、変換部110により偏光状態が変換されP偏光となった第2のレーザ光L2を、出力部104に向けて透過させる。第2のPBS108は、本実施形態において、第2の光学素子に相当する。

[0043] 第1のPBS105、ファラデー回転子106、結晶旋光子107、1/2波長板、第2のPBS108の具体的な構成は限定されず、同様の機能を有する他の光学素子が用いられてもよい。例えばPBSに代えてグラントムソンプリズム等の結晶型偏光分離素子が用いられてもよい。また後段にある部材等にレーザ光を出射する方法は限定されず、透過や反射等が適宜実行されてよい。

[0044] 光増幅部103は、第2のPBS108により反射された第1のレーザ光L1を増幅し、第1のPBS105の第2の入射面105cに入射させる。第1のレーザ光L1はS偏光に変換されている。従って第1のPBS105から見ると、第1のレーザ光L1は、第2のレーザ光L2として入射されることになる。

[0045] 図2に示すように光増幅部103は、第1のフィルタ部111と、第1のミラー112と、第1のレンズ113と、光増幅素子としてのSOA114と、第2のレンズ115と、第2のミラー116と、第2のフィルタ部117とを有する。第1のミラー112は、第1のフィルタ部111を通った第1のレーザ光L1を第1のレンズ113に向けて反射する。第1のレンズ113は、第1のレーザ光L1を、SOA114の入射端（入射部）114aに集光する。

[0046] SOA114は、外部からの電流注入により第1のレーザ光L1を増幅する。第2のレンズ115は、SOA114の出射端（出射部）114bから出射された第1のレーザ光L1を平行化する。第2のミラー116は、平行化された第1のレーザ光L1を、第1のPBS105の第2の入射面105cに向けて反射する。反射された第1のレーザ光L1は、第2のレーザ光L2として、第2のフィルタ部117を通過して第2の入射面105cに入射す

る。

[0047] 第2の入射面105cに入射した第2のレーザ光L2（増幅された第1のレーザ光L1）は、変換部110によりP偏光に変換され、第2のPBS108を介して出力部104から外部に出力される。これにより本技術に係るレーザ光の増幅方法が終了する。

[0048] ここでSOA114の出射端114bから、第1のPBS105、変換部110、第2のPBS108を介したSOA114の入射端114aまでの光路を、周回光路P2と記載する。この周回光路P2により、アイソレータ部102に入射する入力レーザ光I（第1のレーザ光L1）が、光増幅部114により増幅された後、第2のレーザ光L2として再びアイソレータ部102に導かれる。従って単体の光アイソレータにより、本技術に係る光増幅装置100を実現可能である。

[0049] また2つの光アイソレータを用いる場合と同様の性能を発揮させることが可能であり、光増幅装置100の外部からの不要な戻り光を遮蔽することができる。この結果、SOA114による安定した光増幅が可能となり、また装置の小型化及び低コスト化を実現することが可能となる。

[0050] 第1及び第2のフィルタ部111及び117について説明する。SOA114により第1のレーザ光L1が増幅される場合、増幅レーザ光が出射端114bから放射される（前方放射）。また電流注入により発生するASEが、出射端114b及び入射端114aから放射される（前後方放射）。これらの増幅レーザ光やASEの一部が不要光として、周回光路P2を回って他方の端部に入射する場合が起こり得る。

[0051] そこで本実施形態では、第2のPBS118及びSOA114の入射端114aの間に、第2のPBS118から入射端114aに進む第1の不要光を規制する第1のフィルタ部111が配置される。また第1のPBS105及びSOA114の出射端114bの間に、第1のPBS105から出射端114bに進む第2の不要光を規制する第2のフィルタ部117が配置される。

[0052] 第1及び第2のフィルタ部111及び117は、各不要光を空間的にフィルタリングすることが可能な空間フィルタである。例えば図2に示すように、第1及び第2のフィルタ部111及び117として、光学スリット119が用いられる。光学スリット119のスリット部分を周回光路P2上に配置することで、周回光路P2からずれて進む不要光を規制することができる。その他、ピンホール等が用いられてもよい。

[0053] 例えば図3に示すように、第1及び第2のフィルタ部111'及び117'として、光学スリット119と、これを挟み込む入射側レンズ120a及び出射側レンズ120bとが用いられてもよい。入射側レンズ120a及び出射側レンズ120bは、互いに略等しい構成のレンズであり、互いの焦点位置が光学スリット119の位置に合わせられる。このようなレンズ機構を加えることで、光学スリット119の小型化を図ることができる。また不要光を分離するために必要な光路の長さを短くすることができる。この結果、装置の小型化を実現することができる。

[0054] なお出射側レンズ120bを適宜設計することで、出射側レンズ120bから出射されるレーザ光の光束の大きさが調整されてもよい。その他、第1及び第2のフィルタ部111及び117を実現するために、種々の構成が採用されてよい。また第1及び第2のフィルタ部111及び117が、互いに異なる構成となってもよい。

[0055] <第2の実施形態>

本技術の第2の実施形態に係る光増幅装置について説明する。これ以降の説明では、上記の実施形態で説明した光増幅装置100における構成及び作用と同様な部分については、その説明を省略又は簡略化する。

[0056] 図4は、本実施形態に係る光増幅装置の構成例を示す概略図である。この光増幅装置200では、図2に示す光増幅装置100と比べて、第1のPBS205の配置の仕方が異なる。直線光路P1の延在方向をx方向とし、第1のPBS205の第2の入射面205cに向かって進む第2のレーザ光L2（増幅された第1のレーザ光L1）の進行方向をy方向とする。

- [0057] 第1のPBS205は、 x y 平面内で角度 θ 回転されて配置される。すなわち x 方向及び y 方向のいずれにも直交する方向を z 方向とすると、 z 方向を回転軸方向として、 z 方向から見て左回りに角度 θ 回転される。従って第1のPBS205の第1及び第2の入射面205b及び205cや分離面205aも x y 平面内にて角度 θ 回転される。
- [0058] 入力部201に入力された入力レーザ光I（第1のレーザ光L1）は、第1のPBS205の回転の影響をうけず、直線光路P1上に出射される。そして周回光路P2に入り増幅され、第2のレーザ光L2として y 方向に沿って第1のPBS205に入射する。第1のPBS205の分離面205aは角度 θ 回転しているため、第2のレーザ光L2は、分離面205aにより直線光路P1から角度 2θ 分斜めに進むように、変換部210に向けて反射される。例えばこの直線光路P1に対する角度 2θ を所定の角度とするために、第1のPBS205の回転角度 θ が設定される。
- [0059] 図4に示すように、SOA214から出射される増幅レーザ光の一部が第1の不要光L3として第2のPBS208からSOA214の入射部214aに向けて進むとする。増幅レーザ光は、直線光路P1から角度 2θ 斜めに進むので、第2のPBS208により反射された不要光L3は、周回光路P2に対して角度 2θ 分斜めに進む。この結果、第1のフィルタ部211により、第1の不要光L3を容易に分離することができ、SOA214への入射を高い精度で規制することができる。
- [0060] またSOA214の入射端214aから放射されるASEの一部が第2の不要光L4として、周回光路P2を逆流して第1のPBS205に入射したとする。この場合、第2の不要光L4は、直線光路P1上を進んで第1のPBS205に入射する。第1のPBS205の分離面205aは角度 θ 回転しているため、分離面205aにより反射された第2の不要光L4は、周回光路P2に対して角度 2θ 分斜めに進む。この結果、第2のフィルタ部217により、第2の不要光L4を容易に分離することができ、SOA214への入射を高い精度で規制することができる。

[0061] 増幅された第2のレーザ光L2が、直線光路P1から角度 2θ 分斜めに進むことにより、例えば変換部210の変換特性や、出力部204からの出力等に影響が発生しないように、直線光路P1からの角度 2θ が適宜調整されてよい。例えば角度 2θ を -2 度以上 $+2$ 度以下の範囲内に設定することで、問題なく増幅レーザ光を出力部204から出力することが可能である。

[0062] 角度 2θ が -2 度以上 $+2$ 度以下の範囲内ということは、第1のPBS205の回転角度 θ が -1 度以上 $+1$ 度以下の範囲内ということに相当する。なお回転方向の正負をどのように設定するかは限定されない。いずれにせよ第1のPBS205をz方向から見て、左右のどちらの方向に回転させてもよい。

[0063] もちろん直線光路P1からの角度 2θ （第1のPBS205の回転角度 θ ）が上記の範囲に限定されるわけではない。例えばファラデー回転子や結晶旋光子、その他の部材の各々の構成や配置位置等を適宜設定することで、角度 2θ （角度 θ ）を調整することが可能である。

[0064] <第3の実施形態>

図5は、第3の実施形態に係る光増幅装置の構成例を示す概略図である。この光増幅装置300は、複数の波長のレーザ光を含む広帯域のレーザ光を増幅することが可能である。以下、波長 λ_1 及び波長 λ_2 の各々のレーザ光を、レーザ光 λ_1 及びレーザ光 λ_2 と記載する。入力部301からレーザ光 λ_1 及 λ_2 を含む入力レーザ光Iが入力され、第1のレーザ光L1としてアイソレータ部302に入射する。

[0065] ファラデー回転子306の後段に配置される変換素子としては、自然旋光性を有する結晶旋光子307が用いられる。ファラデー回転子306による回転角は、入射するレーザ光の波長に依存する。このファラデー回転子306の回転角の波長依存性を、結晶旋光子307による回転角の波長依存性で補償することができる。その結果、ファラデー回転子306及び結晶旋光子307により、レーザ光 λ_1 及び λ_2 の両方ともP偏光からS偏光に変換される。

- [0066] 図5に示すように、光増幅部303は、波長分離ミラー320と、反射ミラー321と、複数のSOA314a及び314bと、反射ミラー322と、合波ミラー323とを有する。波長分離ミラー320は、第2のPBS308から周回光路P2に出射された第1のレーザ光L1のうちレーザ光 λ_1 をSOA314aに向けて反射し、レーザ光 λ_2 を透過させる。反射ミラー321は、波長分離ミラー320を透過したレーザ光 λ_2 をSOA314bに向けて反射する。
- [0067] 波長分離ミラー320及び反射ミラー321により、本実施形態に係る、第1のレーザ光L1を波長ごとに複数の分離レーザ光に分離する分離部が構成される。レーザ光 λ_1 及び λ_2 が、複数の分離レーザ光に相当する。なお第1のフィルタ部311は、第2のPBS308と分離部との間に配置される。
- [0068] SOA314a及び314bは、レーザ光 λ_1 及び λ_2 を増幅する。レーザ光の波長 λ_1 及び λ_2 に応じて、異なる光増幅特性を有する複数のSOA314a及び314bを用いることで、高精度の光増幅が可能となる。
- [0069] 反射ミラー322は、SOA314bにより増幅されたレーザ光 λ_2 をy方向に沿って、合波ミラー323に向けて反射する。合波ミラー323は、SOA314aにより増幅されたレーザ光 λ_1 と、反射ミラー322により反射されたレーザ光 λ_2 とを合成して、y方向に沿って出射する。増幅されたレーザ光 λ_1 及び λ_2 は、第2のレーザ光L2として、第1のPBS305に入射する。そして第2のレーザ光L2は、アイソレータ部302を介して出力部304に出射される。
- [0070] 反射ミラー322及び合波ミラー323により、本実施形態に係る、複数のSOA314a及び314bにより増幅されたレーザ光 λ_1 及び λ_2 を合成可能な合成部が構成される。なお第2のフィルタ部317は、第1のPBS305と合成部との間に配置される。
- [0071] なお複数の波長のレーザ光 λ_1 及び λ_2 の波長や、入力レーザ光Iに含まれる複数のレーザ光の数等は限定されない。互いに異なる波長のレーザ光の

各々に応じて、同数のSOAが配置されればよい。また複数の波長のレーザー光の各々が、所定のタイミングで個別に光増幅装置300に入力されて増幅されてもよい。

[0072] 例えば複数の蛍光物質で染色されたサンプルに対して、互いに異なる波長のレーザー光が複数の励起光として照射される場合等において、各々の励起光を増幅することが可能である。もちろん実施態様がこれに限定されるわけではない。

[0073] <第4の実施形態>

図6は、第4の実施形態に係る光増幅装置の構成例を示す概略図である。図6Aは、光増幅層装置400の全体を示す概略図である。図6Bは、光増幅部403内に構成されるミラー部430をx方向からみた模式図である。

[0074] この光増幅装置400では、変換部410として、ファラデー回転子406のみが用いられる。従って第1のPBS405を透過する第1のレーザー光L1は、ファラデー回転子406により偏光方向が45度回転される。この第1のレーザー光L1を周回光路P2上に出射するために、第2のPBS408は、光学軸を45度回転させて配置される。すなわち図2に示す第2のPBS108が、第1のレーザー光L1の光軸方向(x方向)を回転軸として、紙面奥側に45度傾けられる構成となる。

[0075] そうすると図6Bに示すように、第2のPBS408により反射された第1のレーザー光L1は、xy平面方向から上方(z方向)に45度の角度で出射される。ミラー部430は、この第1のレーザー光L1を、周回光路P2が構成されているxy平面内に戻すために構成される。

[0076] 本実施形態では、第2のPBS408から出射された第1のレーザー光L1が、第1のミラー431により第2のミラー432に向けて反射される。第2のミラー423はxy平面内に配置され、第1のミラー431により反射された第1のレーザー光L1を、y方向に沿って第1のフィルタ部411に向けて反射する。なお、ミラー部430内の光路も周回光路P2の一部ともいえる。

[0077] 本実施形態のように、変換部410としてファラデー回転子406のみの構成でも本技術に係る光増幅方法は実現可能である。ファラデー回転子406のみを用いることで、変換部410の構成をシンプルにすることができ、装置の小型化を図ることができる。

[0078] なお本実施形態では、変換部410による偏光方向の回転は45度のみであるので、P偏光の第1のレーザ光L1はS偏光に変換されない。図6Bに示すように、第2のPBS408により反射されることで、第1のレーザ光L1がS偏光に変換される。従って第2のPBS408は、ファラデー回転子406により偏光状態が変換された第1のレーザ光L1をS偏光に変換して出射する。

[0079] <第5の実施形態>

本技術の第5の実施形態に係る光増幅装置として、入力レーザ光としてパルスレーザ光が入力される場合を説明する。図7は、その説明のための模式的な図であり、パルスレーザ光の波形を示す図である。

[0080] 本実施形態では、パルスレーザ光のパルス周期 T_p と同じ周期でSOAによる増幅動作 A_{mp} が実行される。すなわちSOAにパルスが入射するタイミングに応じて増幅動作 A_{mp} が実行される。そして略等しいタイミングで、SOAの出射端から増幅レーザ光が出射される。

[0081] SOAの出射端から出射される増幅レーザ光の一部が不要光として、周回光路を回ってSOAの入射端に入射するとする。その場合、当該不要光が周回光路を1周する時間 T_1 （秒）は以下の式で表される。

$$T_1 = L / C$$

L…周回光路の光路長（m）

C…光速（空气中： 3×10^8 m/s）

[0082] この値 T_1 が、パルス周期 T_p の整数倍の値と異なるように、すなわち以下の式が満たされるように、周回回路の光路長Lが設定される。

$$T_1 \neq m T_p \quad (m \text{は整数})$$

[0083] これにより周回光路を1周して入射部に不要光が入射するタイミングと、

S O Aの光増幅 A m pの動作タイミングとをずらすことができる。この結果、不要光の入射による光増幅 A m pへの影響を十分に抑えることができる。

[0084] <その他の実施形態>

本技術は、以上説明した実施形態に限定されず、他の種々の実施形態を実現することができる。

[0085] 上記では、本技術に係る光増幅装置及び光源装置を、顕微鏡システムに適用する場合について説明した。その他内視鏡システム等、医療・生物分野における種々のシステムに、本技術に係る光増幅装置及び光源装置を適用可能である。その他、光記録システムや半導体の露光装置等の、種々の分野におけるシステムやデバイスにも本技術は適用可能である。

[0086] 以上説明した本技術に係る特徴部分のうち、少なくとも2つの特徴部分が任意に組み合わせられてもよい。すなわち各実施形態で説明した種々の特徴部分は、各実施形態の区別なく、任意に組み合わせられてもよい。

[0087] 例えば図3に示す第1及び第2のフィルタ部111'及び117'の構成、図4に示す第1のPBS205を面内方向で回転させる技術、図5に示す複数の波長のレーザ光 λ_1 及び λ_2 をそれぞれ増幅させるための構成等が、他の実施形態に係る光増幅装置に任意に適用されてよい。また第5の実施形態で説明したようにパルスレーザ光が増幅される場合に、第1-第4の実施形態で説明した種々の技術や構成が採用されてよい。

[0088] また上記で記載した種々の効果は、あくまで例示であって限定されるものではなく、また他の効果が発揮されてもよい。

[0089] なお、本技術は以下のような構成も採ることができる。

(1) レーザ光の偏光状態を変換可能なファラデー回転子を含む変換部と、第1の入射口と、前記第1の入射口とは異なる第2の入射口とを有し、前記第1の入射口に入射する第1の偏光状態のレーザ光である第1のレーザ光、及び前記第2の入射口に入射する前記第1の偏光状態とは異なる第2の偏光状態のレーザ光である第2のレーザ光を、前記変換部に向けてそれぞれ出射する第1の光学素子と、

前記変換部により偏光状態が変換された前記第1のレーザ光を前記第2の偏光状態のレーザ光として出射可能であり、前記変換部により偏光状態が変換された前記第2のレーザ光を外部への出力部に向けて出射可能である第2の光学素子と、

前記第2の光学素子により前記第2の偏光状態のレーザ光として出射された前記第1のレーザ光を増幅する光増幅素子を有し、前記増幅された前記第1のレーザ光を前記第1の光学素子の前記第2の入射口に前記第2のレーザ光として入射させる光増幅部と

を具備する光増幅装置。

(2) (1)に記載の光増幅装置であって、

前記変換部は、前記ファラデー回転子により偏光状態が変換された前記第1のレーザ光を前記第2の偏光状態のレーザ光に変換する変換素子を有し、

前記第2の光学素子は、前記変換素子により前記第2の偏光状態のレーザ光に変換された前記第1のレーザ光を出射する

光増幅装置。

(3) (1)に記載の光増幅装置であって、

前記第2の光学素子は、前記ファラデー回転子により偏光状態が変換された前記第1のレーザ光を前記第2の偏光状態のレーザ光に変換して出射する

光増幅装置。

(4) (2)に記載の光増幅装置であって、

前記変換素子は、旋光性を有する光学結晶である結晶旋光子、又は1/2波長板である

光増幅装置。

(5) (1)から(4)のうちいずれか1つに記載の光増幅装置であって、

前記光増幅素子は、前記第2の光学素子により出射された前記第1のレーザ光が入射する入射部と、増幅された前記第1のレーザ光が出射する出射部とを有し、

前記光増幅部は、前記第2の光学素子及び前記入射部の間に配置され前記

第2の光学素子から前記入射部に進む第1の不要光を規制する第1のフィルタ部と、前記第1の光学素子及び前記出射部の間に配置され前記第1の光学素子から前記出射部に進む第2の不要光を規制する第2のフィルタ部とを有する

光増幅装置。

(6) (2) 又は (4) に記載の光増幅装置であって、

前記変換素子は、旋光性を有する光学結晶である結晶旋光子であり、

前記光増幅部は、前記第2の光学素子により出射された前記第1のレーザー光を波長ごとに複数の分離レーザー光に分離可能な分離部と、前記分離された複数の分離レーザー光の各々を増幅する複数の光増幅素子と、前記複数の光増幅素子により増幅された前記複数の分離光を合成可能な合成部とを有する

光増幅装置。

(7) (6) に記載の光増幅装置であって、

前記光増幅部は、前記第2の光学素子及び前記分離部の間に配置され前記第2の光学素子から前記分離部に進む第1の不要光を規制する第1のフィルタ部と、前記第1の光学素子及び前記合成部の間に配置され前記第1の光学素子から前記合成部に進む第2の不要光を規制する第2のフィルタ部とを有する

光増幅装置。

(8) (5) 又は (7) に記載の光増幅装置であって、

前記第1のフィルタ部は、前記第1の不要光を空間的にフィルタリングし、
前記第2のフィルタ部は、前記第2の不要光を空間的にフィルタリングする

光増幅装置。

(9) (8) に記載の光増幅装置であって、

前記第1の光学素子は、前記第1の入射口に入射する前記第1のレーザー光を前記変換部に向かう所定の光路上に透過させ、前記第2の入射口に入射す

る前記第2のレーザ光を前記所定の光路から所定の角度で斜めに進むように前記変換部に向けて反射させる

光増幅装置。

(10) (9)に記載の光増幅装置であって、

前記所定の角度は、 -2 度以上 $+2$ 度以下の範囲に含まれる

光増幅装置。

(11) (1) から (10) のうちいずれか1つに記載の光増幅装置であって、

前記第1の光学素子は、前記第1の入射口に入射するパルスレーザ光を、前記第1のレーザ光として前記変換部に向けて出射し、

前記光増幅素子は、前記第2の光学素子により出射された前記第1のレーザ光が入射する入射部と、増幅された前記第1のレーザ光が出射する出射部とを有し、

前記光増幅部は、前記出射部から、前記第1の光学素子、前記変換部、及び前記第2の光学素子を介した前記入射部までの周回光路の光路長が、当該光路長を光の速度で割った値が前記パルスレーザ光のパルス周期の整数倍の値と異なるように設定される

光増幅装置。

符号の説明

- [0090] L 1…第1のレーザ光
L 2…第2のレーザ光
L 3…第1の不要光
L 4…第2の不要光
P 1…直線光路
P 2…周回光路
3 0…光源装置3 0
4 0…レーザ光源部
1 0 0、2 0 0、3 0 0、4 0 0…光増幅装置

- 103、303、403…光増幅部
- 105、205、305、405…第1のPBS（偏光ビームスプリッタ）
- 105b、205b…第1の入射面
- 105c、205c…第2の入射面
- 106、306、406…ファラデー回転子
- 107、307…結晶旋光子
- 108、208、308、408…第2のPBS
- 110、210、410…変換部
- 111、211、311、411…第1のフィルタ部
- 114、214、314a、314b…SOA
- 114a、214a…入射端
- 114b、214b…出射端
- 117、217、317…第2のフィルタ部
- 1000…顕微鏡システム

請求の範囲

- [請求項1] レーザ光の偏光状態を変換可能なファラデー回転子を含む変換部と、
- 、
- 第1の入射口と、前記第1の入射口とは異なる第2の入射口とを有し、前記第1の入射口に入射する第1の偏光状態のレーザ光である第1のレーザ光、及び前記第2の入射口に入射する前記第1の偏光状態とは異なる第2の偏光状態のレーザ光である第2のレーザ光を、前記変換部に向けてそれぞれ出射する第1の光学素子と、
- 前記変換部により偏光状態が変換された前記第1のレーザ光を前記第2の偏光状態のレーザ光として出射可能であり、前記変換部により偏光状態が変換された前記第2のレーザ光を外部への出力部に向けて出射可能である第2の光学素子と、
- 前記第2の光学素子により前記第2の偏光状態のレーザ光として出射された前記第1のレーザ光を増幅する光増幅素子を有し、前記増幅された前記第1のレーザ光を前記第1の光学素子の前記第2の入射口に前記第2のレーザ光として入射させる光増幅部と
- を具備する光増幅装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の光増幅装置であって、
- 前記変換部は、前記ファラデー回転子により偏光状態が変換された前記第1のレーザ光を前記第2の偏光状態のレーザ光に変換する変換素子を有し、
- 前記第2の光学素子は、前記変換素子により前記第2の偏光状態のレーザ光に変換された前記第1のレーザ光を出射する
- 光増幅装置。
- [請求項3] 請求項1に記載の光増幅装置であって、
- 前記第2の光学素子は、前記ファラデー回転子により偏光状態が変換された前記第1のレーザ光を前記第2の偏光状態のレーザ光に変換して出射する

光増幅装置。

[請求項4]

請求項2に記載の光増幅装置であって、

前記変換素子は、旋光性を有する光学結晶である結晶旋光子、又は
1 / 2 波長板である

光増幅装置。

[請求項5]

請求項1に記載の光増幅装置であって、

前記光増幅素子は、前記第2の光学素子により出射された前記第1
のレーザ光が入射する入射部と、増幅された前記第1のレーザ光が出
射する出射部とを有し、

前記光増幅部は、前記第2の光学素子及び前記入射部の間に配置さ
れ前記第2の光学素子から前記入射部に進む第1の不要光を規制する
第1のフィルタ部と、前記第1の光学素子及び前記出射部の間に配置
され前記第1の光学素子から前記出射部に進む第2の不要光を規制す
る第2のフィルタ部とを有する

光増幅装置。

[請求項6]

請求項2に記載の光増幅装置であって、

前記変換素子は、旋光性を有する光学結晶である結晶旋光子であり
、

前記光増幅部は、前記第2の光学素子により出射された前記第1の
レーザ光を波長ごとに複数の分離レーザ光に分離可能な分離部と、前
記分離された複数の分離レーザ光の各々を増幅する複数の光増幅素子
と、前記複数の光増幅素子により増幅された前記複数の分離光を合成
可能な合成部とを有する

光増幅装置。

[請求項7]

請求項6に記載の光増幅装置であって、

前記光増幅部は、前記第2の光学素子及び前記分離部の間に配置さ
れ前記第2の光学素子から前記分離部に進む第1の不要光を規制する
第1のフィルタ部と、前記第1の光学素子及び前記合成部の間に配置

され前記第1の光学素子から前記合成部に進む第2の不要光を規制する第2のフィルタ部とを有する

光増幅装置。

[請求項8]

請求項5に記載の光増幅装置であって、

前記第1のフィルタ部は、前記第1の不要光を空間的にフィルタリングし、

前記第2のフィルタ部は、前記第2の不要光を空間的にフィルタリングする

光増幅装置。

[請求項9]

請求項8に記載の光増幅装置であって、

前記第1の光学素子は、前記第1の入射口に入射する前記第1のレーザー光を前記変換部に向かう所定の光路上に透過させ、前記第2の入射口に入射する前記第2のレーザー光を前記所定の光路から所定の角度で斜めに進むように前記変換部に向けて反射させる

光増幅装置。

[請求項10]

請求項9に記載の光増幅装置であって、

前記所定の角度は、 -2 度以上 $+2$ 度以下の範囲に含まれる

光増幅装置。

[請求項11]

請求項1に記載の光増幅装置であって、

前記第1の光学素子は、前記第1の入射口に入射するパルスレーザー光を、前記第1のレーザー光として前記変換部に向けて出射し、

前記光増幅素子は、前記第2の光学素子により出射された前記第1のレーザー光が入射する入射部と、増幅された前記第1のレーザー光が出射する出射部とを有し、

前記光増幅部は、前記出射部から、前記第1の光学素子、前記変換部、及び前記第2の光学素子を介した前記入射部までの周回光路の光路長が、当該光路長を光の速度で割った値が前記パルスレーザー光のパルス周期の整数倍の値と異なるように設定される

光増幅装置。

[請求項12]

レーザ光を出射する光源部と、

レーザ光の偏光状態を変換可能なファラデー回転子を含む変換部と

、

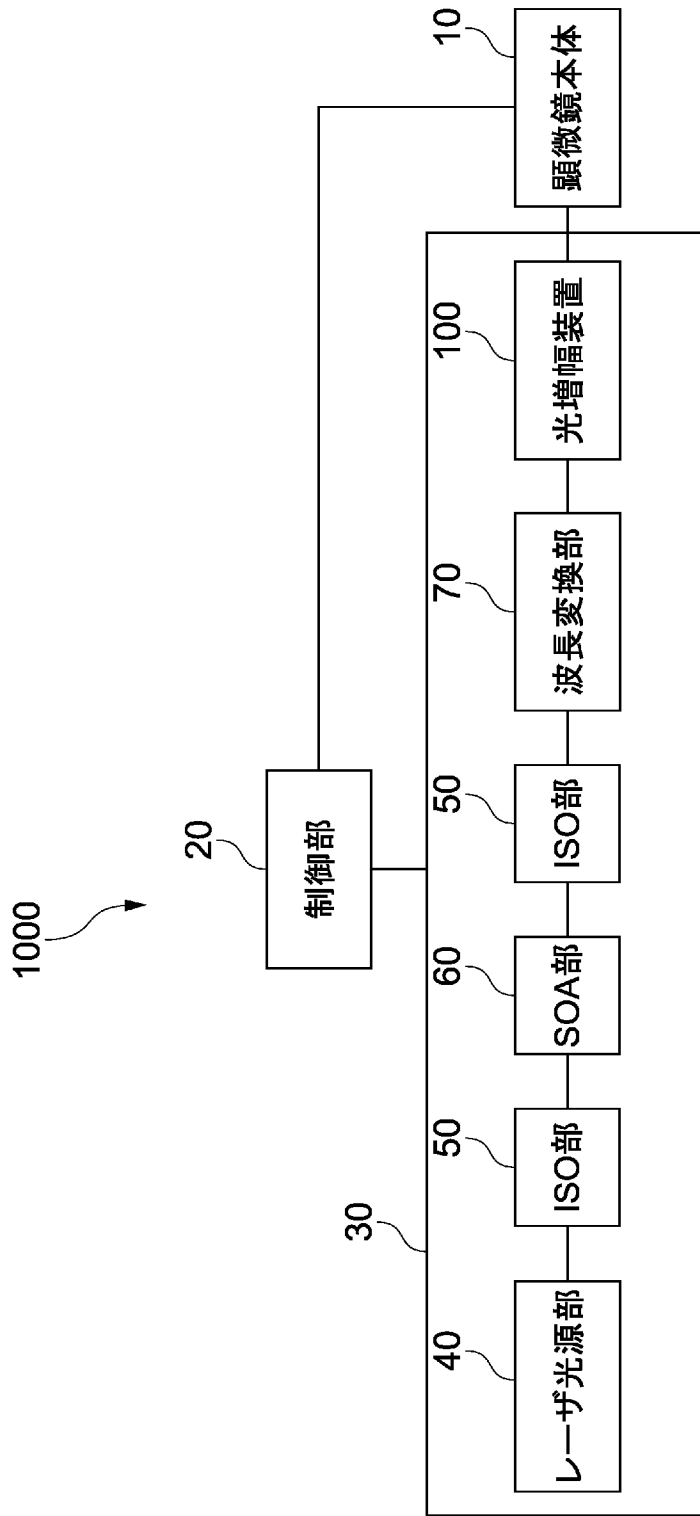
第1の入射口と、前記第1の入射口とは異なる第2の入射口とを有し、前記光源部から前記第1の入射口に向けて出射された第1の偏光状態のレーザ光である第1のレーザ光、及び前記第2の入射口に入射する前記第1の偏光状態とは異なる第2の偏光状態のレーザ光である第2のレーザ光を、前記変換部に向けてそれぞれ出射する第1の光学素子と、

前記変換部により偏光状態が変換された前記第1のレーザ光を前記第2の偏光状態のレーザ光として出射可能であり、前記変換部により偏光状態が変換された前記第2のレーザ光を外部への出力部に向けて出射可能である第2の光学素子と、

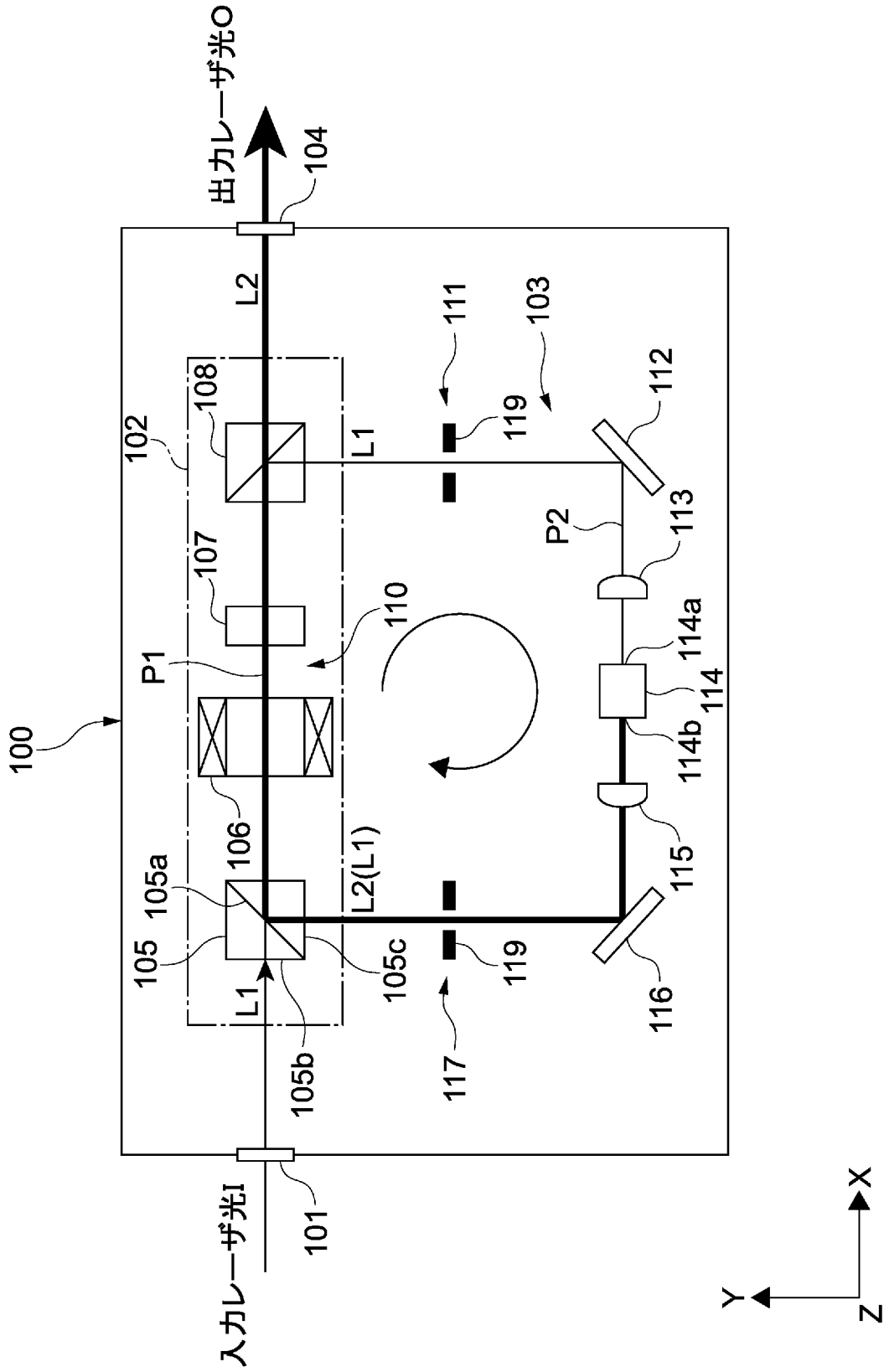
前記第2の光学素子により前記第2の偏光状態のレーザ光として出射された前記第1のレーザ光を増幅する光増幅素子を有し、前記増幅された前記第1のレーザ光を前記第1の光学素子の前記第2の入射口に前記第2のレーザ光として入射させる光増幅部と

を具備する光増幅装置。

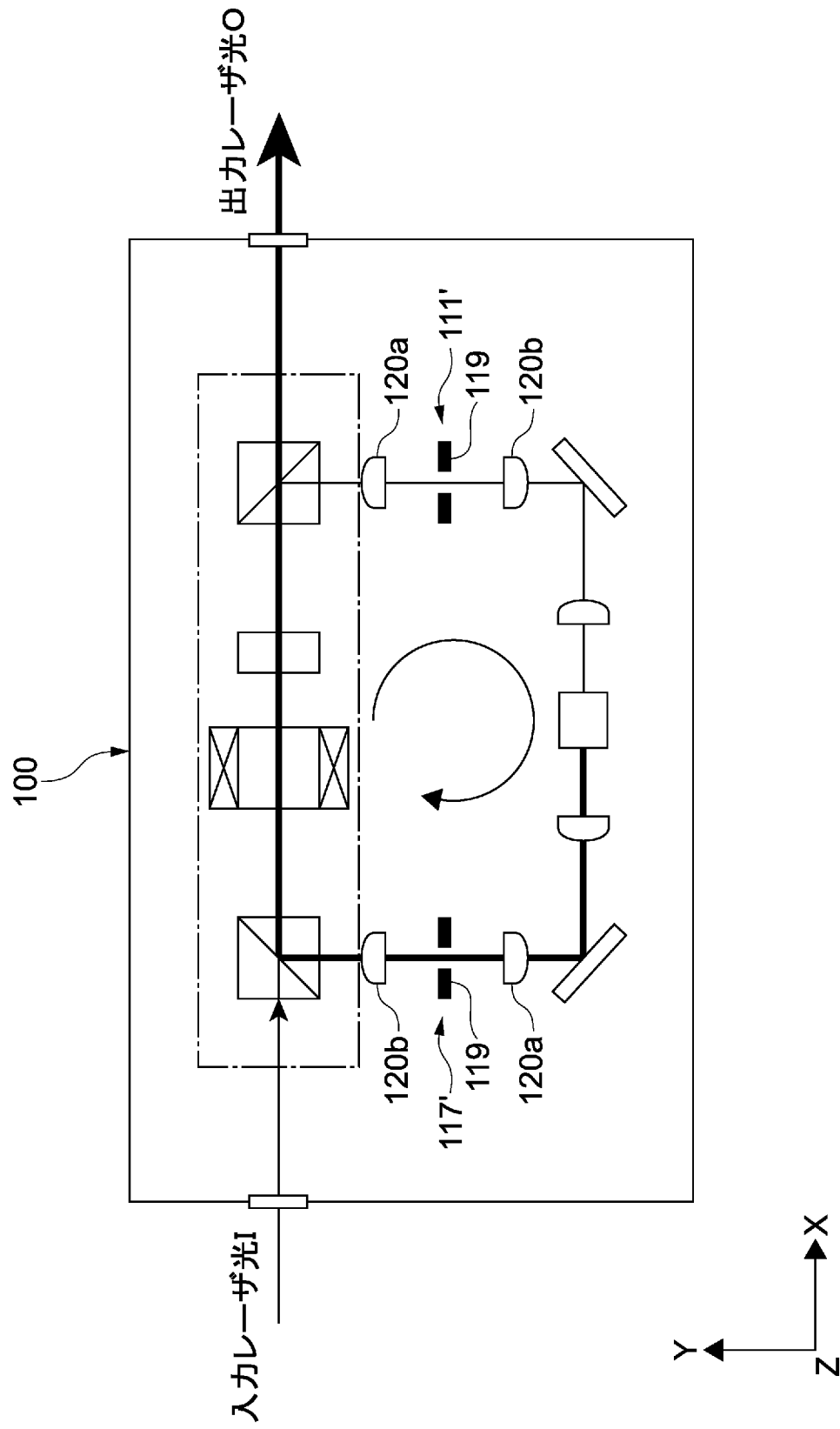
[図1]



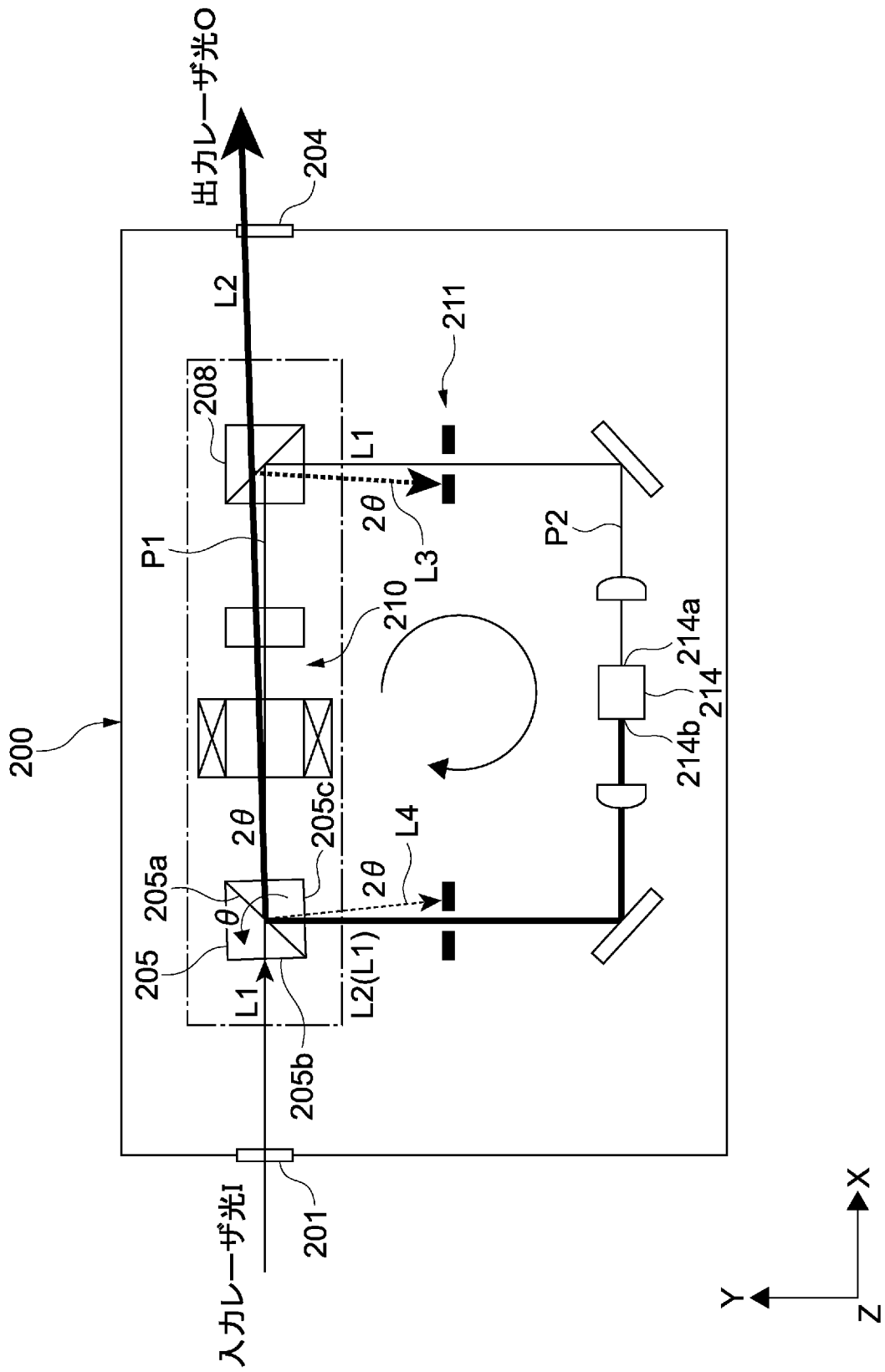
[図2]



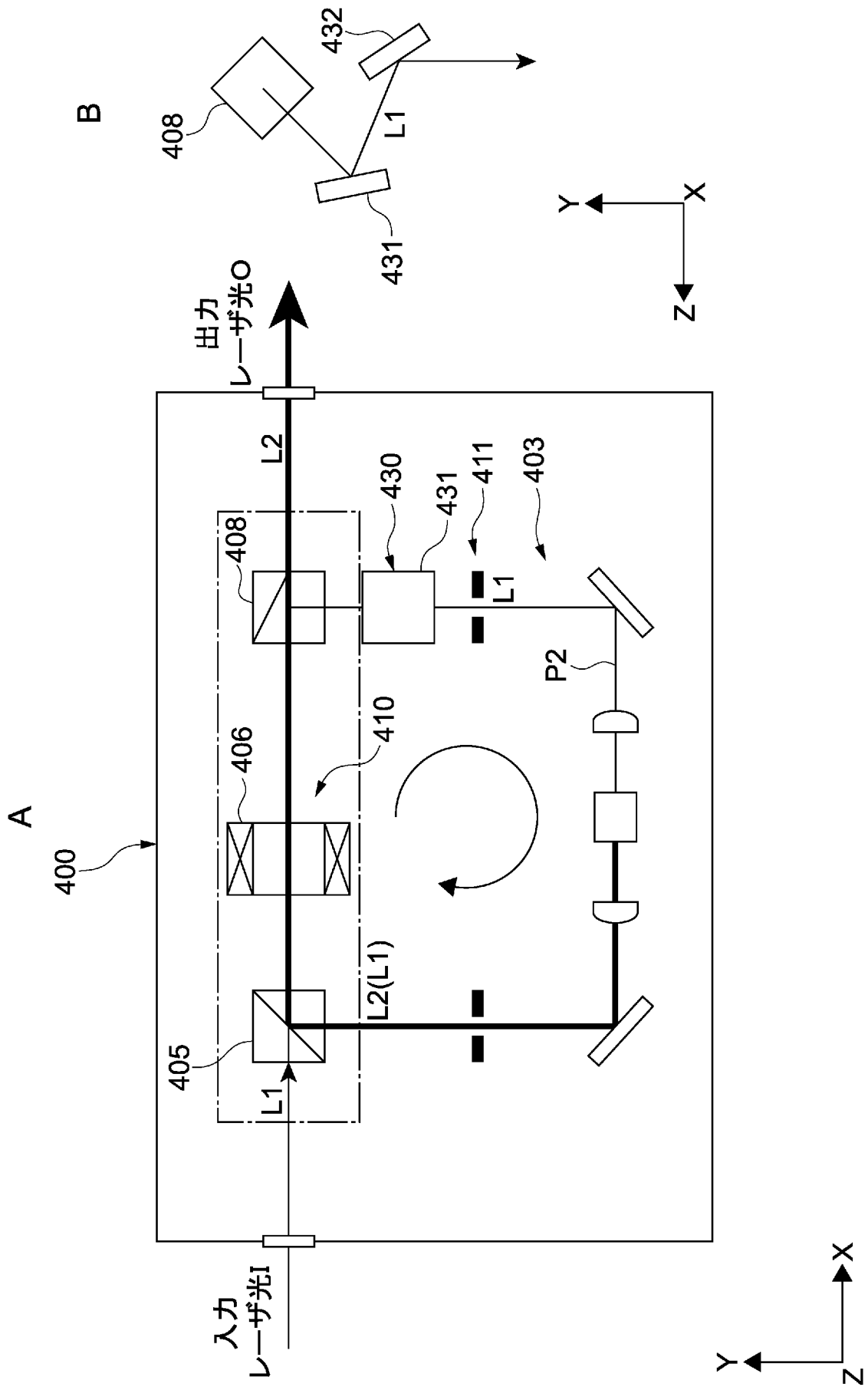
[図3]



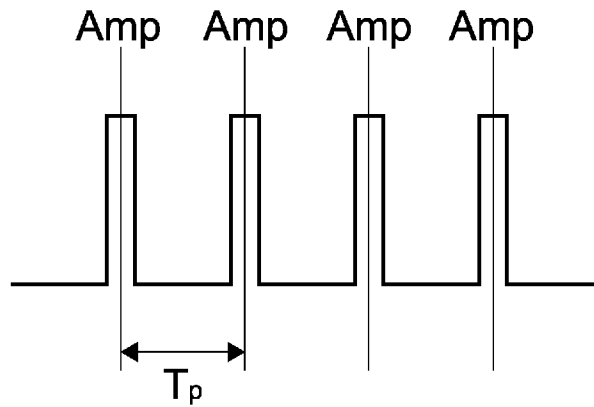
[図4]



[図6]



[図7]



$$T_1 (s) \neq m \times T_p (s)$$

$$\left(T_1 (s) = \frac{L (m)}{C (m/s)} \right)$$

Amp : SOAによる光増幅動作

T_p : パルス周期

L : 周回光路の光路長

C : 光速 = 3×10^8 m/s (空气中)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/006443

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01S5/50(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01S3/00-5/00, G02B27/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-270781 A (Sony Corp.), 09 October 1998 (09.10.1998), paragraphs [0076] to [0083]; fig. 3 (Family: none)	1-12
Y	JP 2013-504216 A (Axsun Technologies, Inc.), 04 February 2013 (04.02.2013), paragraphs [0184] to [0187]; fig. 16 & WO 2011/028999 A2 paragraphs [0209] to [0212] & US 2011/0051148 A1 & US 2011/0051143 A1 & US 2013/0215432 A1 & US 2013/0321820 A1 & EP 2473838 A2 & CN 102695951 A	1-12

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 09 March 2016 (09.03.16)	Date of mailing of the international search report 22 March 2016 (22.03.16)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/006443

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 3850866 B2 (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 29 November 2006 (29.11.2006), paragraphs [0069] to [0086]; fig. 14 to 16 & JP 2006-295210 A & US 2006/0024066 A1 paragraphs [0078] to [0095] & US 2007/0127113 A1 & WO 2004/113998 A1 & EP 1635211 A1 & EP 2253991 A2 & EP 2253992 A2 & CN 1705905 A & CN 101067687 A	6-7
Y	JP 03-135514 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 10 June 1991 (10.06.1991), claim 1 (Family: none)	5,7-10
Y	JP 03-111807 A (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.), 13 May 1991 (13.05.1991), page 2, upper right column, line 16 to lower left column, line 6 (Family: none)	9-10
Y	JP 01-232543 A (Hitachi, Ltd.), 18 September 1989 (18.09.1989), claim 1 (Family: none)	11
A	JP 2011-517066 A (Electro Scientific Industries, Inc.), 26 May 2011 (26.05.2011), fig. 11, 13 & US 2009/0245304 A1 fig. 11, 13 & WO 2009/145971 A1 & KR 10-2010-0135772 A & CN 101981769 A & TW 200952298 A	1-12
A	JP 2003-524889 A (JMAR Research, Inc.), 19 August 2003 (19.08.2003), paragraph [0039] & US 2002/0018288 A1 paragraphs [0079] to [0080] & WO 2001/029941 A1 & EP 1226636 A1	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01S5/50(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01S3/00-5/00, G02B27/28		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2016年 日本国実用新案登録公報 1996-2016年 日本国登録実用新案公報 1994-2016年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 10-270781 A（ソニー株式会社）1998.10.09, [0076] - [0083]、図3 （ファミリーなし）	1-12
Y	JP 2013-504216 A（アクサン・テクノロジーズ・インコーポレーテ ッド）2013.02.04, [0184] - [0187]、図16 & WO 2011/028999 A2, [0209]-[0212] & US 2011/0051148 A1 & US 2011/0051143 A1 & US 2013/0215432 A1 & US 2013/0321820 A1	1-12
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 09.03.2016	国際調査報告の発送日 22.03.2016	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 佐藤 秀樹 電話番号 03-3581-1101 内線 3294	2 X 3 1 5 4

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
	& EP 2473838 A2 & CN 102695951 A	
Y	JP 3850866 B2 (日本電信電話株式会社) 2006. 11. 29, [0069] - [0086]、図14-16 & JP 2006-295210 A & US 2006/0024066 A1, [0078]-[0095] & US 2007/0127113 A1 & WO 2004/113998 A1 & EP 1635211 A1 & EP 2253991 A2 & EP 2253992 A2 & CN 1705905 A & CN 101067687 A	6-7
Y	JP 03-135514 A (松下電器産業株式会社) 1991. 06. 10, 請求項1 (ファミリーなし)	5, 7-10
Y	JP 03-111807 A (信越化学工業株式会社) 1991. 05. 13, 第2ページ右上欄第16行から同ページ左下欄第6行 (ファミリーなし)	9-10
Y	JP 01-232543 A (株式会社日立製作所) 1989. 09. 18, 請求項1 (ファミリーなし)	11
A	JP 2011-517066 A (エレクトロ サイエンティフィック インダス トリーズ インコーポレーテッド) 2011. 05. 26, 図11、13 & US 2009/0245304 A1, Fig. 11, 13 & WO 2009/145971 A1 & KR 10-2010-0135772 A & CN 101981769 A & TW 200952298 A	1-12
A	JP 2003-524889 A (ジェイ エム エー アール リサーチ、イン ク) 2003. 08. 19, [0039] & US 2002/0018288 A1, [0079]-[0080] & WO 2001/029941 A1 & EP 1226636 A1	1-12