

(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
2022年1月27日(27.01.2022)



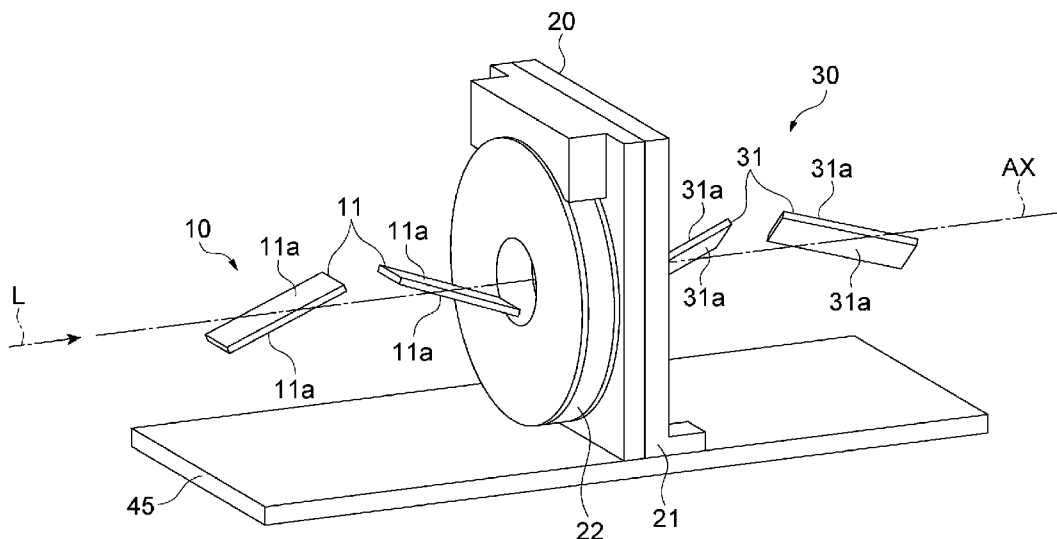
(10) 国際公開番号

WO 2022/018917 A1

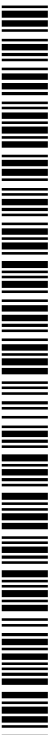
- (51) 国際特許分類:
G02B 26/02 (2006.01) *G02B 27/28* (2006.01)
B23K 26/00 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/015881
- (22) 国際出願日: 2021年4月19日(19.04.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-124684 2020年7月21日(21.07.2020) JP
- (71) 出願人: 浜松 ホ ト ニ ク ス 株 式 会 社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) [JP/JP];
- (72) 発明者: 伊藤 晴康 (ITO Haruyasu); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町1 1 2 6 番地の1 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 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, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: ATTENUATOR DEVICE AND LASER PROCESSING APPARATUS

(54) 発明の名称: アッテネータ装置及びレーザ加工装置



(57) Abstract: This attenuator device comprises: a first window pair that has a pair of first windows including a pair of first surfaces extending so as to form a Brewster angle with a light axis; a rotation holding part that holds the first window pair rotatably about the light axis; a second window pair that has a pair of second windows including a pair of second surfaces extending so as to form a Brewster angle with the light axis; and a $\lambda/4$ phase element that, when the wavelength of laser light is represented by λ , gives a phase difference of $\lambda/4$ between a polarization component parallel to an optical axis and a polarization component orthogonal to the optical axis. The second window pair is disposed such that the vibration direction of a p polarization component passing through the second window pair is inclined at 45 degrees with respect to the optical axis of the $\lambda/4$ phase element when viewed from a direction parallel to the light axis.



WO 2022/018917 A1

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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), ユーラシア (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:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: アッテネータ装置は、光軸とブリュースタ角を成すように延在する一対の第1表面を含む一対の第1ウィンドウを有する第1ウィンドウ対と、光軸周りに回転可能となるように第1ウィンドウ対を保持する回転保持部と、光軸とブリュースタ角を成すように延在する一対の第2表面を含む一対の第2ウィンドウを有する第2ウィンドウ対と、レーザー光の波長を λ とすると、光学軸に平行な偏光成分と直交する偏光成分との間に $\lambda/4$ の位相差を与える $\lambda/4$ 位相素子とを備える。第2ウィンドウ対は、光軸に平行な方向から見た場合に、第2ウィンドウ対を透過するP偏光成分の振動方向が $\lambda/4$ 位相素子の光学軸に対して45度傾くように、配置されている。

明 細 書

発明の名称：アッテネータ装置及びレーザ加工装置

技術分野

[0001] 本開示の一側面は、アッテネータ装置及びレーザ加工装置に関する。

背景技術

[0002] レーザ光を減衰させるアッテネータとして、例えば特許文献1に記載されたものがある。特許文献1に記載されたアッテネータは、光軸とブリュースタ角を成すようにV字状に配置された一对のウィンドウを備えている。このように配置されたウィンドウの表面では、P偏光成分が略100%透過する一方、S偏光成分は50%程度のみが透過する。そのため、一对のウィンドウが有する計4つの表面をレーザ光に通過させることで、S偏光成分の大部分を除去してレーザ光を減衰させることができる。また、一对のウィンドウを光軸周りに回転させることで、透過成分の割合を変化させ、レーザ光の減衰率を変化させることができる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許3655268号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述したようなアッテネータを、例えばレーザ加工装置に適用することが考えられる。レーザ加工装置においては、加工対象物で反射されたレーザ光が伝送経路を逆行してレーザ発振器に戻ると、発振器の破損又は発振出力の不安定化の原因となり得る。そのため、そのような戻り光を抑制することが求められる。

[0005] 本開示の一側面は、レーザ光を好適に減衰させることができると共に、戻り光を抑制することができるアッテネータ装置、及びそのようなアッテネータ装置を備えたレーザ加工装置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

[0006] 本開示の一側面に係るアッテネータ装置は、光軸に沿ってレーザ光が入射する一对の第1ウィンドウを有する第1ウィンドウ対であって、一对の第1ウィンドウの各々は、光軸とブリュースタ角を成すように延在する一对の第1表面を含み、一对の第1ウィンドウの一方の一对の第1表面は、光軸に対して、一对の第1ウィンドウの他方の一对の第1表面とは反対側に傾いている、第1ウィンドウ対と、第1ウィンドウ対が光軸周りに回転可能となるように第1ウィンドウ対を保持する回転保持部と、一对の第2ウィンドウを有する第2ウィンドウ対であって、一对の第2ウィンドウの各々は、光軸とブリュースタ角を成すように延在する一对の第2表面を含み、一对の第2ウィンドウの一方の一对の第2表面は、光軸に対して、一对の第2ウィンドウの他方の一对の第2表面とは反対側に傾いている、第2ウィンドウ対と、第1ウィンドウ対及び第2ウィンドウ対をこの順に通過した後にレーザ光が入射するように配置され、レーザ光の波長を λ とすると、光学軸に平行な偏光成分と光学軸に直交する偏光成分との間に $\lambda/4$ の位相差を与える $\lambda/4$ 位相素子と、を備え、第2ウィンドウ対は、光軸に平行な方向から見た場合に、第2ウィンドウ対を透過するP偏光成分の振動方向が $\lambda/4$ 位相素子の光学軸に対して45度傾くように、配置されている。

[0007] このアッテネータ装置では、レーザ光が、一对の第1ウィンドウ及び一对の第2ウィンドウを通過する。各第1ウィンドウは、光軸とブリュースタ角を成すように延在する一对の第1表面を含んでおり、各第2ウィンドウは、光軸とブリュースタ角を成すように延在する一对の第2表面を含んでいる。したがって、レーザ光は、光軸とブリュースタ角を成すように延在する計8つの表面を通過する。これにより、レーザ光を減衰させることができる。また、回転保持部により、第1ウィンドウ対が光軸周りに回転可能に保持されている。これにより、第1ウィンドウ対を回転させることで、レーザ光の減衰率を変化させることができる。特に、このアッテネータ装置では、レーザ光が計8つの表面において減衰されるため、減衰範囲を大きく確保すること

ができ、減衰率を大きく変化させることができる。また、第1ウィンドウ対及び第2ウィンドウ対をこの順に通過したレーザ光が、光学軸に平行な偏光成分と光学軸に直交する偏光成分との間に $\lambda/4$ の位相差を与える $\lambda/4$ 位相素子に入射する。ここで、第2ウィンドウ対は、光軸に平行な方向から見た場合に、第2ウィンドウ対を透過するP偏光成分の振動方向が $\lambda/4$ 位相素子の光学軸に対して45度傾くように、配置されている。これにより、第2ウィンドウ対及び $\lambda/4$ 位相素子がアイソレータとして機能し、戻り光を除去することができる。よって、このアッテネータ装置によれば、レーザ光を好適に減衰させることができると共に、戻り光を抑制することができる。

[0008] 第1ウィンドウ対、回転保持部及び第2ウィンドウ対は、互いに固定され、1つのユニットを構成していてもよい。この場合、アッテネータ装置の取り扱いを容易化することができる。

[0009] 第1ウィンドウ対及び第2ウィンドウ対は、1つの筐体内に配置されていてもよい。この場合、アッテネータ装置の取り扱いを一層容易化することができる。また、第1ウィンドウ対及び第2ウィンドウ対で反射されたレーザ光を筐体内に留めることができる。

[0010] 筐体には、放熱構造が設けられていてもよい。この場合、第1ウィンドウ対及び第2ウィンドウ対で反射されたレーザ光により生じる熱を効果的に放熱することができる。

[0011] 本開示の一側面に係るアッテネータ装置は、第1ウィンドウ対の回転角度が目標強度に応じた回転角度となるように回転保持部を制御する制御部を更に備えてもよい。この場合、レーザ光の減衰率を目標強度に応じた減衰率に調整することができる。

[0012] 制御部は、第1ウィンドウ対の回転角度と第1ウィンドウ対及び第2ウィンドウ対によるレーザ光の減衰率との関係に基づいて、第1ウィンドウ対の回転角度が目標強度に応じた回転角度となるように回転保持部を制御してもよい。この場合、レーザ光の減衰率を目標強度に応じた減衰率に確実に調整することができる。

[0013] 本開示の一側面に係るレーザ加工装置は、レーザ光を出力する光源と、上記アッテネータ装置と、を備える。このレーザ加工装置によれば、上述した理由により、レーザ光を好適に減衰させることができると共に、戻り光を抑制することができる。

発明の効果

[0014] 本開示の一側面によれば、レーザ光を好適に減衰させることができると共に、戻り光を抑制することができるアッテネータ装置及びレーザ加工装置を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]実施形態のレーザ加工装置を示す構成図である。

[図2]アッテネータ装置の外観を示す斜視図である。

[図3]アッテネータ装置の内部を示す斜視図である。

[図4]ブリュースタ面における光の減衰を説明するための斜視図である。

[図5] (a) ~ (c) は、第1ウィンドウ対を回転させた場合の透過成分の割合の変化を示す図である。

[図6] $\lambda/4$ 位相素子を説明するための図である。

[図7] (a) 及び (b) は、アイソレータ機能を説明するための図である。

[図8]回転保持部に入力されたパルス数と透過率との関係の例を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本開示の一実施形態について、図面を参照しつつ詳細に説明する。

以下の説明において、同一又は相当要素には同一符号を用い、重複する説明を省略する。

[0017] 図1に示されるレーザ加工装置1は、加工対象物（ワーク）にレーザ光Lを照射して加工対象物を加工するための加工エンジンである。図1に示されるように、レーザ加工装置1は、光源2と、ミラー3、4と、アッテネータ装置5と、制御部6と、を備えている。アッテネータ装置5は、アッテネータユニット7及び $\lambda/4$ 位相素子8を有している。ミラー3、4、アッテ

ータユニット7及び $\lambda/4$ 位相素子8は、例えば矩形板状のステージ9上に配置されている。

[0018] 光源2は、例えば、炭酸ガスレーザー発振器であり、円偏光のレーザー光Lを出力する。ミラー3は、例えば、円偏光ミラーであり、光源2から出射されたレーザー光Lを反射させると共に、レーザー光Lの偏光状態を円偏光から直線偏光に変化させる。ミラー4は、ミラー3からのレーザー光Lをアッテネータユニット7に向かって反射させる。

[0019] アッテネータユニット7は、レーザー光Lの強度を減衰させる。 $\lambda/4$ 位相素子8は、アッテネータユニット7を通過したレーザー光Lを反射する。 $\lambda/4$ 位相素子8により反射されたレーザー光Lは、加工対象物に入射する。制御部6は、例えば、プロセッサ(CPU)、記録媒体であるRAM及びROM(記憶部)を含むコンピュータによって構成されている。制御部6は、レーザー加工装置1の各部の動作を制御する。

[0020] 図2及び図3に示されるように、アッテネータユニット7は、第1ウィンドウ対10と、回転保持部20と、第2ウィンドウ対30と、筐体40と、を備えている。第1ウィンドウ対10及び第2ウィンドウ対30は、共通の筐体40内に配置されている。第1ウィンドウ対10、回転保持部20及び第2ウィンドウ対30は、筐体40に対して固定されており、筐体40と共に1つのユニットを構成している。

[0021] 筐体40は、第1ウィンドウ対10を収容する箱状の第1部分41と、第2ウィンドウ対30を収容する箱状の第2部分42と、を有している。第1部分41には、レーザー光Lが入射する入射部43が形成されており、第2部分42には、レーザー光Lが出射する出射部44が形成されている。回転保持部20は、第1部分41と第2部分42との間に配置されている。回転保持部20により筐体40の一部が構成されているとみなすこともできる。

[0022] 第1部分41、第2部分42及び回転保持部20は、板部材45上に配置されている。第1部分41及び第2部分42の外面には、放熱構造46が設けられている。この例では、放熱構造46は、光軸AXに平行な方向に沿っ

て並ぶ複数の板状の放熱フィン（ダンパー）46aによって構成されており、第1部分41の外表面及び第2部分42の外表面に設けられている。

[0023] 第1ウィンドウ対10は、光軸AX上において互いに向かい合う一対の第1ウィンドウ11を有している。各第1ウィンドウ11には、入射部43を通過したレーザ光Lが光軸AXに沿って入射する。各第1ウィンドウ11は、例えば、セレン化亜鉛（ZnSe）により矩形板状に形成されている。

[0024] 各第1ウィンドウ11は、互いに平行な一対の第1表面11aを含んでいる。一対の第1ウィンドウ11の一方の一対の第1表面11aは、光軸AXに対して、一対の第1ウィンドウ11の他方の一対の第1表面11aとは反対側に傾いている。すなわち、一対の第1ウィンドウ11は、略逆V字状に配置されている。この例では、一対の第1ウィンドウ11は、光軸AXに直交する平面に関して面対称に配置されている。

[0025] 各第1表面11aは、光軸AXとブリュースタ角を成すように延在している。ブリュースタ角は、屈折率が互いに異なる物質の界面においてP偏光成分の反射率が0となる入射角である。P偏光は、反射面の法線と光軸AXとが含まれる面に対して振動方向が平行な偏光である。光が入射する物質の屈折率をnとすると、ブリュースタ角は $\tan^{-1}n$ で表される。入射角がブリュースタ角となるように配置された面をブリュースタ面という。ブリュースタ面における光の減衰については後述する。

[0026] 回転保持部20は、ベース21と、回転ステージ22と、を有している。回転ステージ22は、光軸AX周りに回転可能となるようにベース21に固定されている。一対の第1ウィンドウ11は、回転ステージ22に固定されており、光軸AX周りに回転可能となっている。すなわち、回転保持部20は、第1ウィンドウ対10が光軸AX周りに回転可能となるように、第1ウィンドウ対10を保持している。一対の第1ウィンドウ11間の位置関係は固定されており、一対の第1ウィンドウ11は一体的に回転する。回転保持部20の動作は、制御部6により制御される。ベース21及び回転ステージ22には、ベース21及び回転ステージ22を光軸AXに沿って貫通する開

口が形成されており、レーザ光Lは当該開口を通過する。

[0027] 第2ウィンドウ対30は、光軸AX上において互いに向かい合う一対の第2ウィンドウ31を有している。各第2ウィンドウ31には、第1ウィンドウ対10を透過したレーザ光Lが光軸AXに沿って入射する。各第2ウィンドウ31は、例えば、第1ウィンドウ11と同一の材料により、矩形板状に形成されている。

[0028] 各第2ウィンドウ31は、互いに平行な一対の第2表面31aを含んでいる。一対の第2ウィンドウ31の一方の一対の第2表面31aは、光軸AXに対して、一対の第2ウィンドウ31の他方の一対の第2表面31aとは反対側に傾いている。すなわち、一対の第2ウィンドウ31は、略逆V字状に配置されている。この例では、一対の第2ウィンドウ31は、光軸AXに直交する平面に関して面対称に配置されている。各第2表面31aは、光軸AXとブリュースタ角を成すように延在している。一対の第2ウィンドウ31の位置は、筐体40内において固定されている。

[0029] 図4を参照しつつ、ブリュースタ面における光の減衰について説明する。図4に示されるように、入射角 θ がブリュースタ角となるブリュースタ面Bでは、入射光のP偏光成分が略100%透過する一方、S偏光成分は50.33%のみが透過して残りは反射する。したがって、第1ウィンドウ対10の4つの第1表面11aをレーザ光Lに通過させることで、P偏光成分を略100%透過させつつ、S偏光成分を6.4%程度にまで減衰させることができる。同様に、第2ウィンドウ対30の4つの第2表面31aをレーザ光Lに通過させることで、P偏光成分を略100%透過させつつ、S偏光成分を6.4%程度にまで減衰させることができる。

[0030] レーザ光Lが第1ウィンドウ11を透過する際には屈折により光路にずれが生じるが、アッテネータ装置5では一対の第1ウィンドウ11が互いに反対側に傾くように配置されているため、一方の第1ウィンドウ11において生じた光路のずれが、他方の第1ウィンドウ11を通過する際に補正される。その結果、一対の第1ウィンドウ11を通過する前後で光軸AXの位置に

ずれが生じることがない。同様に、一对の第2ウィンドウ31を通過する前後で光軸AXの位置にずれが生じることがない。

[0031] 図5を参照しつつ、第1ウィンドウ対10を回転させた場合の透過成分の割合の変化について説明する。図5では、第1ウィンドウ対10が1つの要素として簡略化して示されている。図5(a)に示されるように、P偏光成分のみを有する光が第1ウィンドウ対10に入射すると、光の100%が透過する。この状態から、図5(b)に示されるように第1ウィンドウ対10を光軸AX周りに45度回転させると、入射光がP偏光成分とS偏光成分とに均等に分割される。すなわち、図5(a)におけるP偏光成分を1とすると、図5(b)ではP偏光成分及びS偏光成分が0.5ずつとなる。P偏光成分は略100%透過されるが、S偏光成分は6.4%に減衰されるため、図5(c)に示されるように、P偏光成分が0.5透過する一方、S偏光成分は0.032のみが透過する。

[0032] このように、第1ウィンドウ対10にP偏光成分のみが入射している状態から第1ウィンドウ対10を光軸AX周りに回転させると、P偏光成分が減少してS偏光成分が増加する。その結果、S偏光成分の大部分は反射されるため、透過光の強度を変化させることができる。すなわち、第1ウィンドウ対10を光軸AX周りに例えば0度から90度まで回転させることで、透過成分の割合を変化させ、透過光の強度を100%から6.4%まで連続的に変化させることができる。

[0033] 一方、図5(c)に示されるように、S偏光成分の大部分が反射されるものの、残りの一部は反射されずに透過する。したがって、光が第1ウィンドウ対10を透過する際には、強度が減衰されると共に、偏光方向が回転する。

[0034] 再び図1を参照して、 $\lambda/4$ 位相素子8は、第1ウィンドウ対10及び第2ウィンドウ対30をこの順に通過した後にレーザ光Lが入射するように配置されている。すなわち、 $\lambda/4$ 位相素子8は、レーザ光Lの進行方向において第2ウィンドウ対30の下流側に配置されている。 $\lambda/4$ 位相素子8は

、レーザ光Lの波長を λ とすると、光学軸に平行な偏光成分と光学軸に直交する偏光成分との間に $\lambda/4$ の位相差を与える。 $\lambda/4$ 位相素子8は、例えば円偏光ミラーであり、入射したレーザ光Lを反射させつつ、レーザ光Lに $\lambda/4$ の位相差を与える。

[0035] 図6に示されるように、 $\lambda/4$ 位相素子8は、直線偏光の光が入射した場合に、入射した光を円偏光に変化させる。より具体的には、 $\lambda/4$ 位相素子8は、光軸AXに平行な方向から見た場合に $\lambda/4$ 位相素子8の光学軸OAに対して45度傾いた直線偏光の光が入射した場合に、入射した光を円偏光に変化させる。

[0036] アッテネータ装置5では、第2ウィンドウ対30及び $\lambda/4$ 位相素子8により、加工対象物で反射したレーザ光Lである戻り光を抑制するアイソレータが構成されている。図7を参照しつつ、当該アイソレータについて説明する。図7では、第2ウィンドウ対30が1つの要素として簡略化して示されている。図7(a)では、レーザ光Lが第2ウィンドウ対30及び $\lambda/4$ 位相素子8をこの順に通過した後、加工対象物Wに照射される様子が示されている。図7(b)では、加工対象物Wで反射された戻り光Rが $\lambda/4$ 位相素子8を通過した後、第2ウィンドウ対30により反射されて除去される様子が示されている。なお、上記実施形態では $\lambda/4$ 位相素子8が反射型の素子であったが、図7では、 $\lambda/4$ 位相素子8が透過型の素子である例が示されている。いずれの場合においても、アイソレータとしての動作原理は共通である。

[0037] 図7(a)に示されるように、第2ウィンドウ対30はP偏光成分を100%透過させてS偏光成分の大部分を反射させることから、第2ウィンドウ対30を透過したレーザ光Lは、P偏光成分のみを有する直線偏光状態であるとみなすことができる。ここで、第2ウィンドウ対30は、光軸AXに平行な方向から見た場合に、第2ウィンドウ対30を通過するP偏光成分の振動方向が $\lambda/4$ 位相素子8の光学軸OAに対して45度傾くように、配置されている。すなわち、光軸AXに平行な方向から見た場合に、各第2ウィン

ドウ31の法線（各第2表面31aの法線）と光学軸OAとの間の角度は、45度となっている。これにより、レーザ光Lが $\lambda/4$ 位相素子8により直線偏光から円偏光に変換され、円偏光のレーザ光Lが加工対象物Wに照射される。円偏光のレーザ光Lを加工対象物Wに照射することで、加工精度を高めることができる。

[0038] 図7(b)に示されるように、加工対象物Wに照射されたレーザ光Lの一部は加工対象物Wで反射され、位相差が180度変化した円偏光の戻り光Rとなる。戻り光Rには $\lambda/4$ 位相素子8により90度の位相差が与えられる。 $\lambda/4$ 位相素子8を透過した戻り光Rは、S偏光成分のみを有する直線偏光状態であるとみなすことができる。 $\lambda/4$ 位相素子8を透過した戻り光Rは、第2ウィンドウ対30に入射する。第2ウィンドウ対30はS偏光成分の大部分を反射させるため、戻り光Rは第2ウィンドウ対30により反射され、光源2側へは戻らない。このように、第2ウィンドウ対30及び $\lambda/4$ 位相素子8は、戻り光Rを除去するアイソレータを構成している。戻り光Rの遮断は、加工対象物Wの反射率が高い場合に特に重要となる。

[0039] 図8は、回転保持部20に入力されたパルス数と透過率との関係の例を示すグラフである。図8に示されるように、回転保持部20の回転ステージ22を駆動する駆動部にパルスが入力されて回転ステージ22が回転し、第1ウィンドウ対10が光軸AX周りに回転すると、アッテネータ装置5によるレーザ光Lの透過率が変化する。

[0040] 図8の例では、パルス数が19100である時点において、透過率が96%で最大となった。透過率が最大となる状態は、第1ウィンドウ対10の回転角度が第2ウィンドウ対30の回転角度と同一である状態、すなわち、第1ウィンドウ対10と第2ウィンドウ対30とが光軸AXに直交する平面に関して面対称に位置する状態に相当する。一方、第1ウィンドウ対10の回転角度が第2ウィンドウ対30の回転角度と90度異なる場合に、透過率は最小となる。なお、第1ウィンドウ対10の回転範囲は、60度程度の範囲内であってもよい。この場合、第1ウィンドウ対10の回転角度が第2ウィ

ンドウ対30の回転角度と60度異なる場合に、透過率が最小となってもよい。

[0041] 上述したとおり、レーザ加工装置1では、ミラー3により直線偏光に変換されたレーザ光Lが第1ウィンドウ対10に入射する。第1ウィンドウ対10に入射する直線偏光のレーザ光Lの偏光方向は、光軸AXに平行な方向から見た場合に、各第2ウィンドウ31の法線方向と一致している。すなわち、第1ウィンドウ対10に入射する直線偏光のレーザ光Lの偏光方向は、光軸AXに平行な方向から見た場合に、 $\lambda/4$ 位相素子8の光学軸OAに対して45度傾いている。

[0042] 制御部6は、第1ウィンドウ対10の回転角度が目標強度に応じた回転角度となるように回転保持部20を制御する。この例では、制御部6は、図8のグラフに基づくテーブルを記憶部に記憶している。当該テーブルは、第1ウィンドウ対10の回転角度と第1ウィンドウ対10及び第2ウィンドウ対30によるレーザ光Lの減衰率との関係を表す。制御部6は、当該テーブルに基づいて、第1ウィンドウ対10の回転角度が目標強度に応じた回転角度となるように回転保持部20を制御する。

[0043] レーザ加工装置1は、光源2とアッテネータ装置5との間に配置され、アッテネータ装置5に入射するレーザ光Lの強度を検出するパワーメータを更に備えている。制御部6は、パワーメータにより検出されたレーザ光Lの検出強度、目標強度及び上記テーブルに基づいて、第1ウィンドウ対10の回転角度を決定する。目標強度は、例えば加工対象物Wに対するレーザ光Lの照射強度であり、ユーザにより設定される。

[作用及び効果]

[0044] アッテネータ装置5では、レーザ光Lが、一对の第1ウィンドウ11及び一对の第2ウィンドウ31を通過する。各第1ウィンドウ11は、光軸AXとブリュースタ角を成すように延在する一对の第1表面11aを含んでおり、各第2ウィンドウ31は、光軸AXとブリュースタ角を成すように延在する一对の第2表面31aを含んでいる。したがって、レーザ光Lは、光軸A

Xとブリュースタ角を成すように延在する計8つの表面を通過する。これにより、レーザ光Lを減衰させることができる。また、回転保持部20により、第1ウィンドウ対10が光軸AX周りに回転可能に保持されている。これにより、第1ウィンドウ対10を回転させることで、レーザ光Lの減衰率を変化させることができる。特に、アッテネータ装置5では、レーザ光Lが計8つの表面において減衰されるため、減衰範囲を大きく確保することができ、減衰率を大きく変化させることができる。

[0045] また、第1ウィンドウ対10及び第2ウィンドウ対30をこの順に通過したレーザ光Lが、光学軸OAに平行な偏光成分と光学軸OAに直交する偏光成分との間に $\lambda/4$ の位相差を与える $\lambda/4$ 位相素子8に入射する。ここで、第2ウィンドウ対30は、光軸AXに平行な方向から見た場合に、第2ウィンドウ対30を透過するP偏光成分の振動方向が $\lambda/4$ 位相素子8の光学軸OAに対して45度傾くように、配置されている。これにより、第2ウィンドウ対30及び $\lambda/4$ 位相素子8がアイソレータとして機能し、戻り光Rを除去することができる。よって、アッテネータ装置5によれば、レーザ光Lを好適に減衰させることができると共に、戻り光Rを抑制することができる。また、第2ウィンドウ対30に代えて例えば波長板等の他の偏光素子をポラライザとして用いてアイソレータを構成する場合と比べて、レーザ光Lの利用効率を高めることが可能となる。また、第2ウィンドウ対30を省略し、第1ウィンドウ対10のみによってレーザ光Lを減衰させる場合、第1ウィンドウ対10の回転角度によってはアイソレータ機能を実現することができないが、アッテネータ装置5では、第1ウィンドウ対10及び第2ウィンドウ対30の2つのウィンドウ対を備えることで、アイソレータ機能を実実に実現することができる。また、他の減光手段として、波長板と偏光素子を用いるものがあるが、波長板の精度のばらつきが大きい、波長板のコーティングに損傷が生じ易いといった問題がある。これに対し、アッテネータ装置5では、そのような事態を回避することができる。

[0046] 第1ウィンドウ対10、回転保持部20及び第2ウィンドウ対30が、互

いに固定され、1つのユニットを構成している。これにより、アッテネータ装置5の取り扱いを容易化することができる。

[0047] 第1ウィンドウ対10及び第2ウィンドウ対30が、共通の筐体40内に配置されている。これにより、アッテネータ装置5の取り扱いを一層容易化することができる。また、第1ウィンドウ対10及び第2ウィンドウ対30で反射されたレーザ光Lを筐体40内に留めることができる。

[0048] 筐体40には、放熱構造46が設けられている。これにより、第1ウィンドウ対10及び第2ウィンドウ対30で反射されたレーザ光Lにより生じる熱を効果的に放熱することができる。

[0049] 制御部6が、第1ウィンドウ対10の回転角度と第1ウィンドウ対10及び第2ウィンドウ対30によるレーザ光Lの減衰率との関係に基づいて、第1ウィンドウ対10の回転角度が目標強度に応じた回転角度となるように回転保持部20を制御する。これにより、レーザ光Lの減衰率を目標強度に応じた減衰率に確実に調整することができる。また、例えばユーザが第1ウィンドウ対10の回転角度を手動で調整する場合と比べて、操作性及び再現性を向上することができる。

[0050] 本開示は、上記実施形態に限られない。例えば、各構成の材料及び形状には、上述した材料及び形状に限らず、様々な材料及び形状を採用することができる。

符号の説明

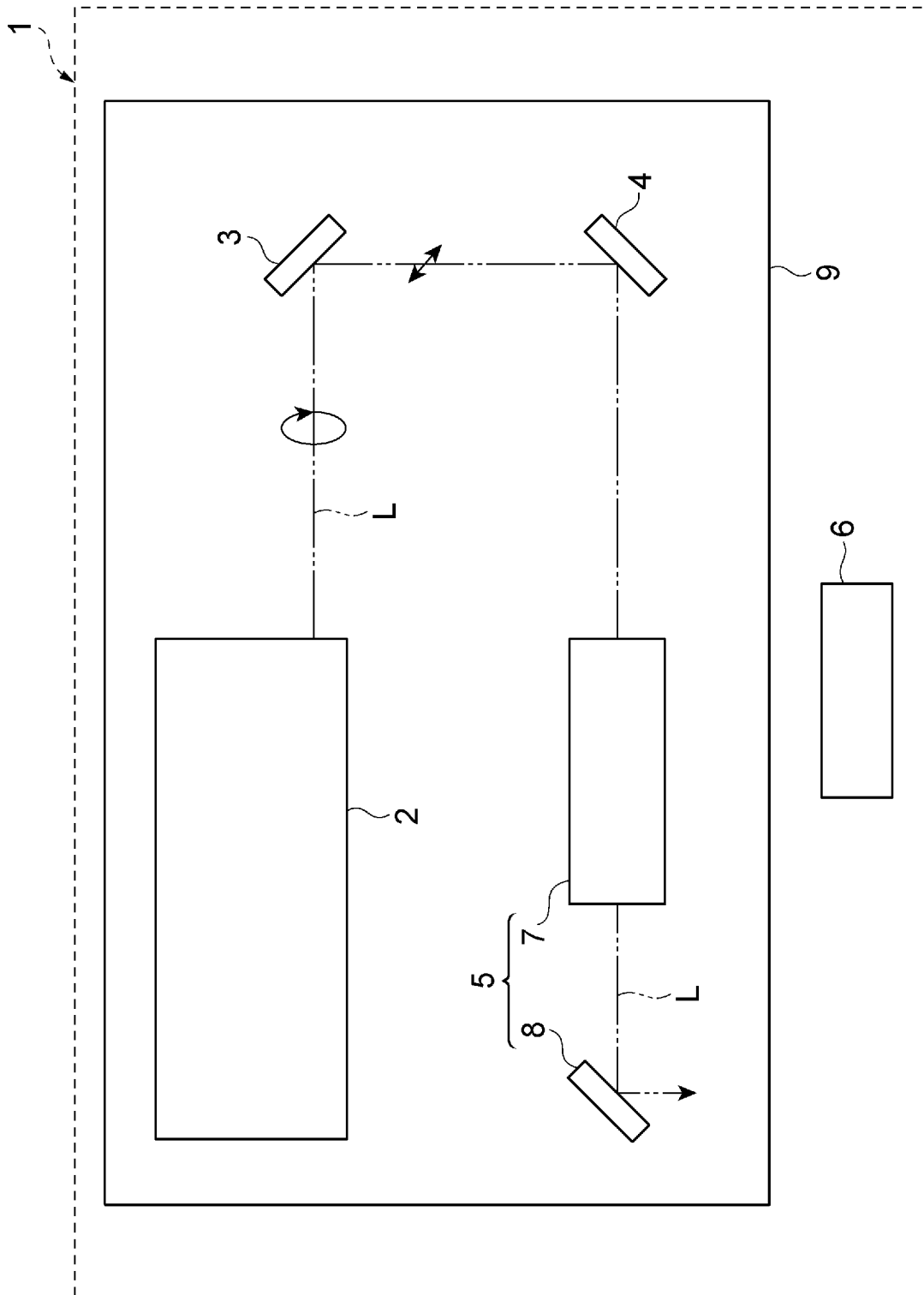
[0051] 1…レーザ加工装置、2…光源、5…アッテネータ装置、6…制御部、8… $\lambda/4$ 位相素子、10…第1ウィンドウ対、11…第1ウィンドウ、11a…第1表面、20…回転保持部、30…第2ウィンドウ対、31…第2ウィンドウ、31a…第2表面、40…筐体、46…放熱構造、AX…光軸、L…レーザ光、OA…光学軸。

請求の範囲

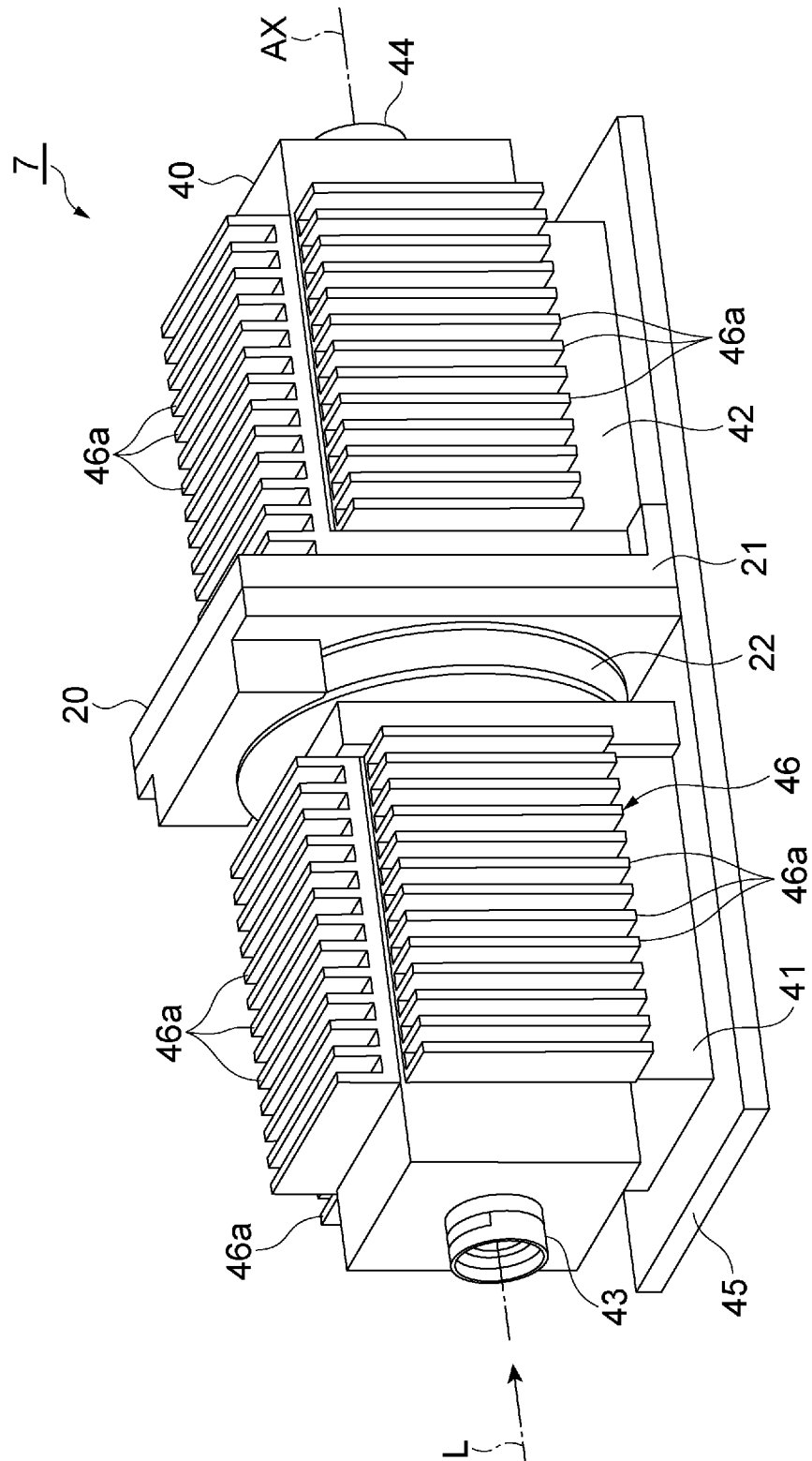
- [請求項1] 光軸に沿ってレーザ光が入射する一対の第1ウィンドウを有する第1ウィンドウ対であって、前記一対の第1ウィンドウの各々は、前記光軸とブリュースタ角を成すように延在する一対の第1表面を含み、前記一対の第1ウィンドウの一方の前記一対の第1表面は、前記光軸に対して、前記一対の第1ウィンドウの他方の前記一対の第1表面とは反対側に傾いている、前記第1ウィンドウ対と、
- 前記第1ウィンドウ対が前記光軸周りに回転可能となるように前記第1ウィンドウ対を保持する回転保持部と、
- 一対の第2ウィンドウを有する第2ウィンドウ対であって、前記一対の第2ウィンドウの各々は、前記光軸とブリュースタ角を成すように延在する一対の第2表面を含み、前記一対の第2ウィンドウの一方の前記一対の第2表面は、前記光軸に対して、前記一対の第2ウィンドウの他方の前記一対の第2表面とは反対側に傾いている、前記第2ウィンドウ対と、
- 前記第1ウィンドウ対及び前記第2ウィンドウ対をこの順に通過した後前記レーザ光が入射するように配置され、前記レーザ光の波長を λ とすると、光学軸に平行な偏光成分と前記光学軸に直交する偏光成分との間に $\lambda/4$ の位相差を与える $\lambda/4$ 位相素子と、を備え、
- 前記第2ウィンドウ対は、前記光軸に平行な方向から見た場合に、前記第2ウィンドウ対を透過するP偏光成分の振動方向が前記 $\lambda/4$ 位相素子の前記光学軸に対して45度傾くように、配置されている、アッテネータ装置。
- [請求項2] 前記第1ウィンドウ対、前記回転保持部及び前記第2ウィンドウ対は、互いに固定され、1つのユニットを構成している、請求項1に記載のアッテネータ装置。
- [請求項3] 前記第1ウィンドウ対及び前記第2ウィンドウ対は、共通の筐体内に配置されている、請求項1又は2に記載のアッテネータ装置。

- [請求項4] 前記筐体には、放熱構造が設けられている、請求項3に記載のアッテネータ装置。
- [請求項5] 前記第1ウィンドウ対の回転角度が目標強度に応じた回転角度となるように前記回転保持部を制御する制御部を更に備える、請求項1～4のいずれか一項に記載のアッテネータ装置。
- [請求項6] 前記制御部は、前記第1ウィンドウ対の回転角度と前記第1ウィンドウ対及び前記第2ウィンドウ対による前記レーザ光の減衰率との関係に基づいて、前記第1ウィンドウ対の回転角度が目標強度に応じた回転角度となるように前記回転保持部を制御する、請求項5に記載のアッテネータ装置。
- [請求項7] 前記レーザ光を出力する光源と、
請求項1～6のいずれか一項に記載のアッテネータ装置と、を備えるレーザ加工装置。

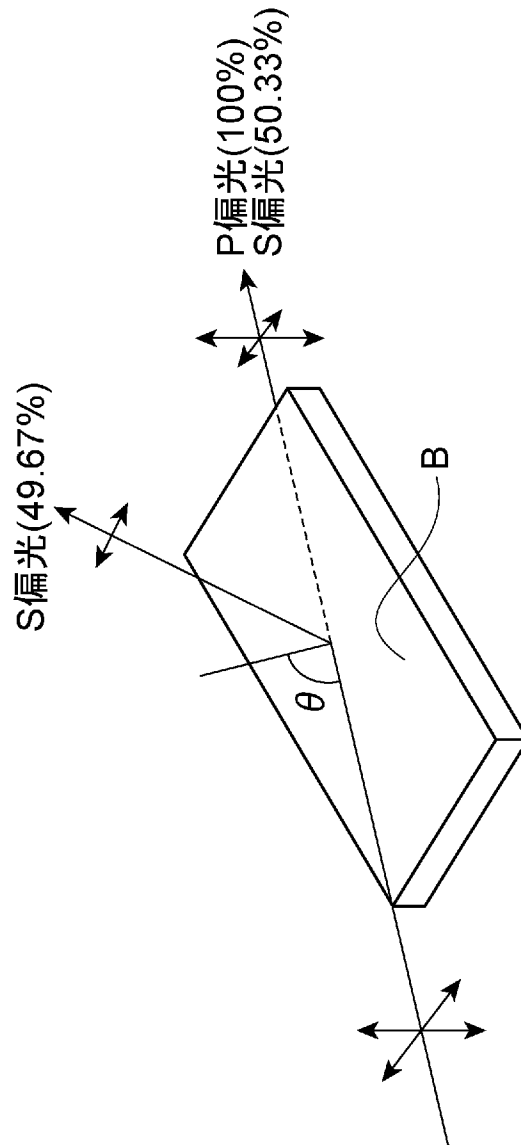
[図1]



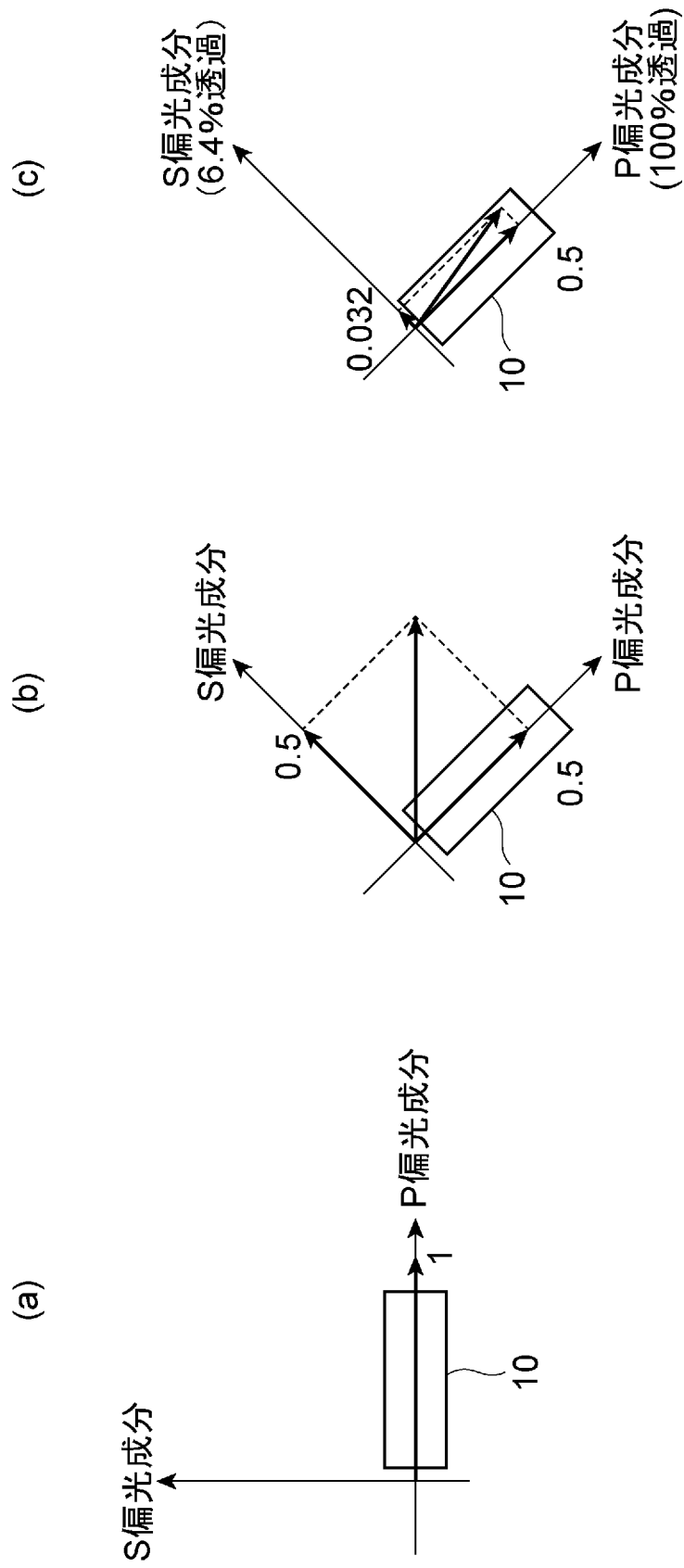
[図2]



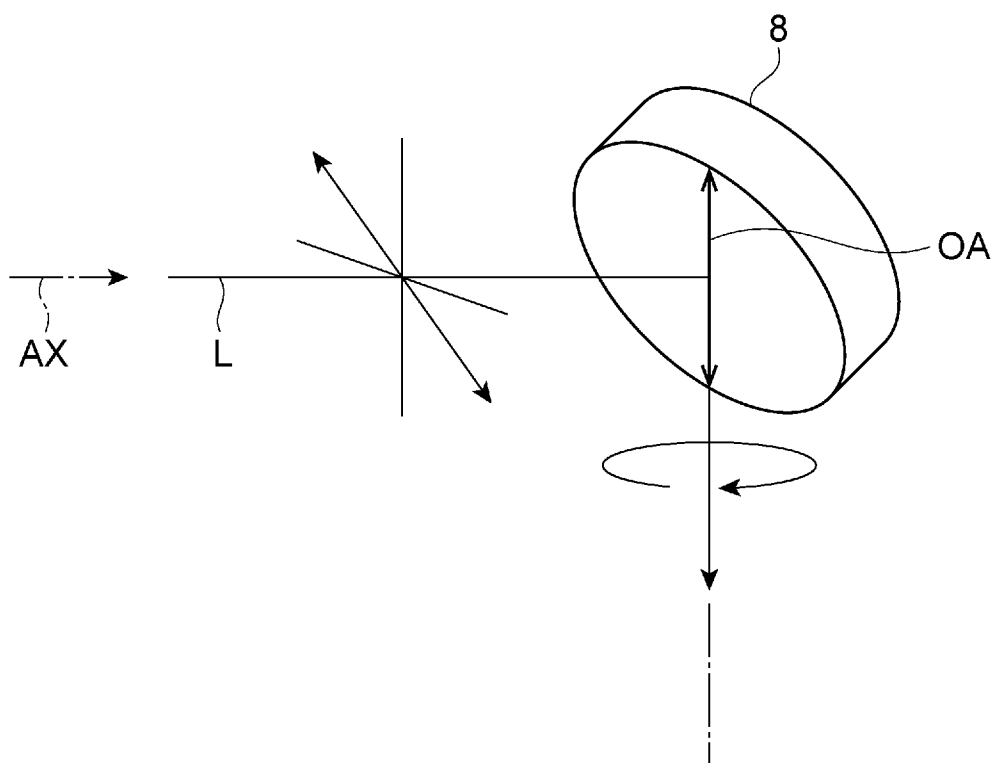
[図4]



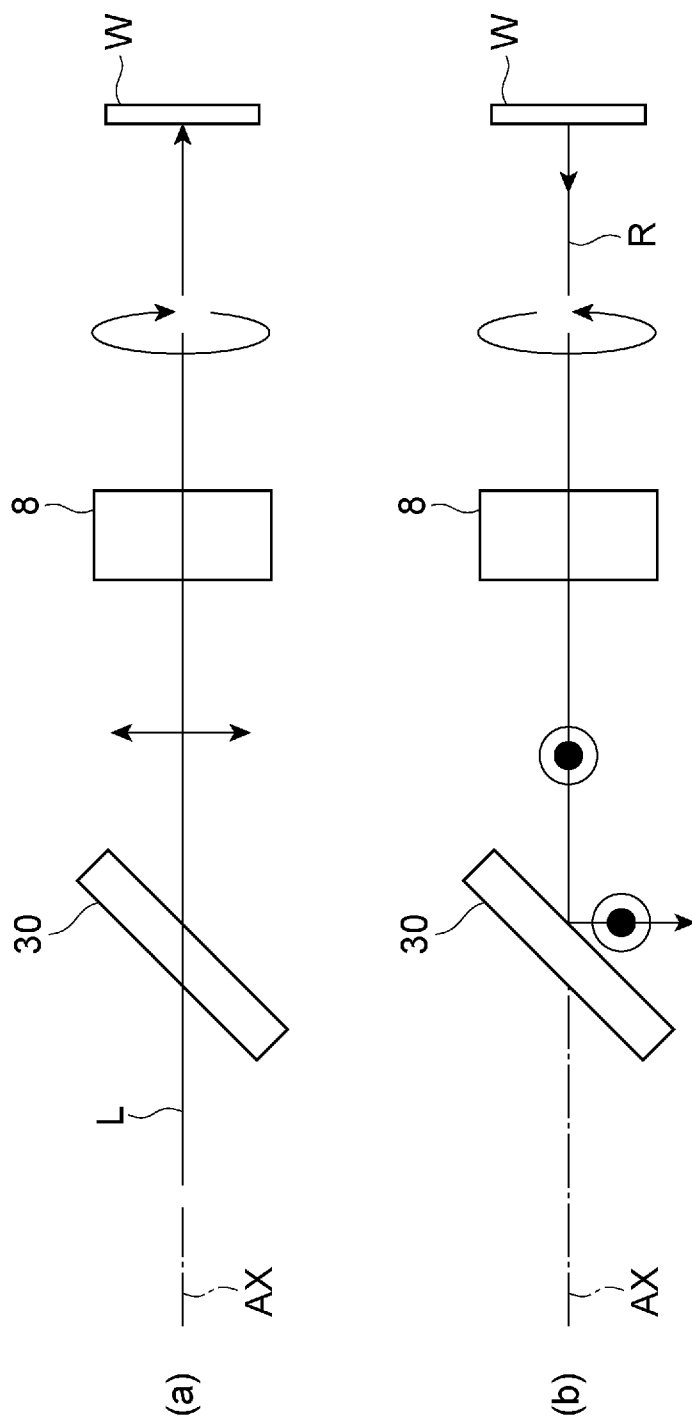
[図5]



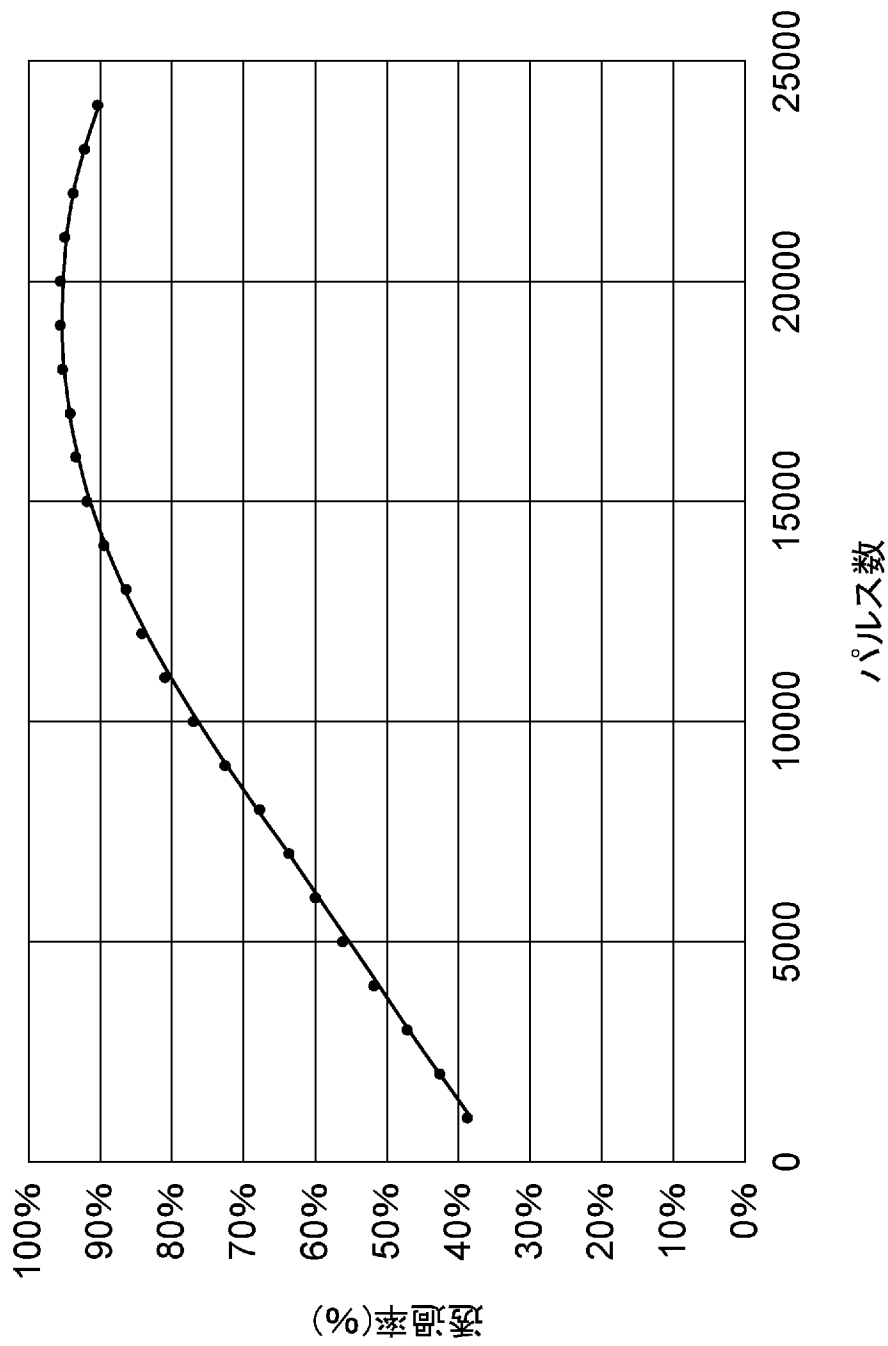
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/015881

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G02B 26/02</i> (2006.01)i; <i>B23K 26/00</i> (2014.01)i; <i>G02B 27/28</i> (2006.01)i FI: G02B26/02 G; B23K26/00 N; G02B27/28 A		
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) G02B26/00-26/08; G02B27/28		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021		
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	CN 103984112 A (HAN'S LASER TECHNOLOGY CO., LTD.) 13 August 2014 (2014-08-13) paragraphs [0041]-[0046], [0064]-[0075], fig. 1, 12-14, 16-18	1-7
Y	JP 49-16000 Y1 (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO., LTD.) 22 April 1974 (1974-04-22) column 2, line 10 to column 4, line 11, fig. 1-5	1-7
Y	JP 11-258526 A (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) 24 September 1999 (1999-09-24) paragraphs [0011]-[0017], fig. 1, 4	1-7
Y	JP 59-228207 A (MERGENTHALER LINOTYPE GMBH) 21 December 1984 (1984-12-21) page 3, lower left column, line 9 to page 4, upper left column, line 9, fig. 2	1-7
Y	JP 2007-225905 A (ASAHI GLASS CO., LTD.) 06 September 2007 (2007-09-06) paragraphs [0028]-[0039], fig. 4	1-7
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "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) "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 "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 "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 "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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 23 June 2021		Date of mailing of the international search report 06 July 2021
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/015881

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	103984112	A	13 August 2014	(Family: none)	
JP	49-16000	Y1	22 April 1974	(Family: none)	
JP	11-258526	A	24 September 1999	(Family: none)	
JP	59-228207	A	21 December 1984	US 4632512 A column 3, line 38 to column 4, line 10, fig. 2	
				EP 129688 A1	
				DE 3319151 A1	
				JP 6-15022 U	
JP	2007-225905	A	06 September 2007	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 26/02(2006.01)i; B23K 26/00(2014.01)i; G02B 27/28(2006.01)i FI: G02B26/02 G; B23K26/00 N; G02B27/28 A		
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）） G02B26/00-26/08; 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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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	CN 103984112 A (HAN'S LASER TECHNOLOGY CO., LTD.) 13.08.2014 (2014-08-13) 段落[0041]-[0046], [0064]-[0075], 図1, 12-14, 16-18	1-7
Y	JP 49-16000 Y1 (東京芝浦電気株式会社) 22.04.1974 (1974-04-22) 第2欄第10行-第4欄第11行, 第1-5図	1-7
Y	JP 11-258526 A (浜松ホトニクス株式会社) 24.09.1999 (1999-09-24) 段落[0011]-[0017], 図1, 4	1-7
Y	JP 59-228207 A (メルゲンターラー・リノテイプ・ゲゼルシャフト・ミット・ベシ ユレンクター・ハフツング) 21.12.1984 (1984-12-21) 第3頁左下欄第9行-第4頁左上欄第9行, 第2図	1-7
Y	JP 2007-225905 A (旭硝子株式会社) 06.09.2007 (2007-09-06) 段落[0028]-[0039], 図4	1-7
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" 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の日の 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抵 触するものではなく、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 23.06.2021	国際調査報告の発送日 06.07.2021	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 廣崎 拓登 2L 5263 電話番号 03-3581-1101 内線 3295	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
 PCT/JP2021/015881

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
CN 103984112 A	13.08.2014	(ファミリーなし)	
JP 49-16000 Y1	22.04.1974	(ファミリーなし)	
JP 11-258526 A	24.09.1999	(ファミリーなし)	
JP 59-228207 A	21.12.1984	US 4632512 A 第3欄第38行-第4欄第10行, 第2図 EP 129688 A1 DE 3319151 A1 JP 6-15022 U	
JP 2007-225905 A	06.09.2007	(ファミリーなし)	