

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 12 月 15 日 (15.12.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/118207 A1

- (51) 国際特許分類: **B23K 26/067**, G02B 26/10, 27/28
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/007893
(22) 国際出願日: 2004 年 6 月 1 日 (01.06.2004)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP).
(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 京藤 友博 (KYOTO, Tomohiro) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸

の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 黒岩 忠 (KUROIWA, Tadashi) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 小林 信高 (KOBAYASHI, Nobutaka) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

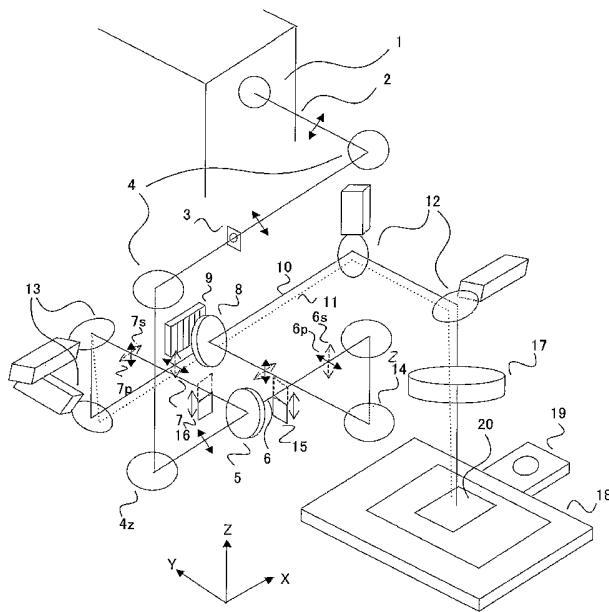
(74) 代理人: 高橋 省吾, 外 (TAKAHASHI, Shogo et al.); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社 知的財産センター内 Tokyo (JP).

(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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,

[続葉有]

(54) Title: LASER BEAM APPARATUS

(54) 発明の名称: レーザ加工装置



(57) Abstract: A laser beam apparatus for processing a workpiece (20), comprising an optical system consisting of optical components for guiding a laser beam emitted from a laser oscillator (1) to the workpiece (20), wherein one laser beam is split by a first polarization splitting means (5) into two laser beams, one of the beams is passed through a mirror (14) while the other is used by a first galvano scan mirror (13) for scanning in two axial directions, the two laser beams are guided to a second polarization splitting means (8) and used by a second galvano scan mirror (12) for scanning. The first and second polarization splitting means are arranged at 45° relative to the optical axis of the laser light.

(57) 要約: レーザ発振器 (1) より出射されたレーザ光を被加工物 (20) まで導く複数の光学部品からなる光学系を有し、1つのレーザ光を第一の偏光分離手段 (5) で2つのレーザ光に分光し、一方はミラー (14) を經由し、他方は第一のガルバノスキャンミラー (13) で2軸方向に走査し、2つのレーザ光を第二の

[続葉有]



WO 2005/118207 A1



LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,
NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

偏光分離手段（８）へ導いた後、第二のガルバノスキャンミラー（１２）で走査し、被加工物（２０）を加工するレーザ装置において、前記第一および第二の偏光分離手段をレーザ光の光軸に対して４５°に配置したことを特徴とするレーザ加工装置。

明 細 書

レーザ加工装置

5 技術分野

この発明は、プリント基板等の被加工物に対して穴あけ加工を主目的としたレーザ加工装置に関するものであり、特にその生産性、及び加工品質向上を図るものである。

10 背景技術

従来のプリント基板等の被加工物に対して穴あけ加工を主目的としたレーザ加工装置の中で、特に2箇所同時に加工を実施することができるレーザ加工装置は、例えば国際公開番号WO 03 / 04 1904号公報において第9図で示すような構成となっている。

- 15 第9図において、1はレーザ発振器、2はレーザ光、3は加工穴を所望の大きさ、形状にするために入射するレーザ光から必要な部分のレーザ光を切り取るマスク、4はレーザ光2を反射して光路を導く複数のミラーである。24はレーザ光2を2つのレーザ光に分光する第一の偏光ビームスプリッタ、6は第一の偏光ビームスプリッタ24で分光された
- 20 一方のレーザ光、6pはレーザ光6の偏光方向、7は第一の偏光ビームスプリッタで分光されたもう一方のレーザ光、7sはレーザ光7の偏光方向、25はレーザ光6を反射しレーザ光7を透過し第二のガルバノスキャンミラー12に導くための第二の偏光ビームスプリッタである。10は第二の偏光ビームスプリッタにて反射されたレーザ光、11は第二
- 25 の偏光ビームスプリッタにて透過されたレーザ光、14はレーザ光6を第二の偏光ビームスプリッタ25に導くためのミラー、17はレーザ光

10、11を被加工物20上に集光させるための $f\theta$ レンズ、13はレーザー光7を2軸方向に走査し、第二の偏光ビームスプリッタ25に導くための第一のガルバノスキャンミラー、12はレーザー光10とレーザー光11を2軸方向に走査し被加工物20に導くための第二のガルバノスキャンミラーである。18は被加工物20をXY方向に移動させるためのXYテーブル、19は $f\theta$ レンズ17から出射されるレーザー光のエネルギーを測定するパワーセンサ、15はレーザー光6を遮る第一のシャッター、16はレーザー光7を遮る第二のシャッターである。尚、パワーセンサ19は、XYテーブル18に固定されており、レーザー光のエネルギーを測定する際は、パワーセンサ19の受光部にレーザー光が当たる位置に移動可能となっている。

第9図に示される如く、1つのレーザー光を偏光ビームスプリッタで2つのレーザー光に分光し、2つのレーザー光を独立に走査することにより、2箇所同時に加工を実施することができる穴あけ加工用レーザー加工装置では、レーザー発振器1より直線偏光にて発振されたレーザー光2は、マスク3、ミラー4を経由して第一の偏光ビームスプリッタ24に導かれる。

そして、第一の偏光ビームスプリッタ24にて、レーザー光2のP波成分は偏光ビームスプリッタ24を透過しレーザー光6となり、S波成分は偏光ビームスプリッタ24で反射しレーザー光7に分光される。

第一の偏光ビームスプリッタ24を透過したレーザー光6は、ミラー14を経由して、第二の偏光ビームスプリッタ25に導かれる。

一方、第一のビームスプリッタ24で反射したレーザー光7は、第一のガルバノスキャンミラー13により2軸方向に走査された後、第二の偏光ビームスプリッタ25に導かれる。

尚、レーザー光6はいつも同じ位置で第二の偏光ビームスプリッタ25に導かれるが、レーザー光7は第一のガルバノスキャンミラー13の振り

角を制御することにより第二の偏光ビームスプリッタ 25 に入射する位置、角度を調整することができる。

その後、レーザ光 10、11 は第二のガルバノスキャンミラー 12 により 2 軸方向に走査された後、 $f\theta$ レンズ 17 に導かれ、それぞれ被加工物 20 の所定位置に集光される。

このときレーザ光 11 は、第一のガルバノスキャンミラー 13 を走査することにより、レーザ光 10 の光軸に対してある設定範囲内、例えば 4 mm 角の範囲内で振ることを可能としている。これにより例えば、50 mm 四方等加工可能な範囲で振れる第二のガルバノスキャンミラー 12 を介して、被加工物 20 上の任意の異なる 2 点に同時にレーザ光を照射することを可能としている。

第 10 図は、偏光ビームスプリッタ 24 の原理を説明するための模式図を示し、正面図を中央に、その左右に側面図、上部に上面図を示している。

第 10 図において、26 は偏光ビームスプリッタのウィンドウ部分で炭酸ガスレーザの場合、ZnSe や Ge が使用される。27 はレーザ光を 90° に折り返すためのミラーである。

偏光ビームスプリッタ 24 は、偏光分離をするために入射ビームに対して、ブリュースター角となる構造となっている。

したがって、この偏光ビームスプリッタ 24 にレーザ光 28 を入射すると偏光方向 28 p の成分（P 波成分）は透過し、偏光方向 28 s の成分（S 波成分）は反射する性質を持っている。

また、あらゆる偏光方向が均質に存在する円偏光や、P 波、S 波に 45° の角度をなす偏光方向であればレーザ光は等分され、レーザ光 29 とレーザ光 30 のエネルギーは等しくなるという性質を持っている。

したがって、第一の偏光ビームスプリッタ 24 への入射ビーム 2 は、

円偏光、或いはP波、S波に 45° の角度をなすようにすることにより、エネルギーを等しく分離する構成になっている。

また、当然、偏光ビームスプリッタ24に入射するレーザ光の偏光方向がP波成分のみであれば全て透過し、S波成分のみであれば全て反射するという性質を持っている。

したがって、第二の偏光ビームスプリッタ25への入射ビームは、レーザ光7がP波成分のみを、レーザ光6がS波成分のみになるようにすることで、エネルギーロスなく第二のガルバノスキャンミラー12に導く構成となっている。

10

上記のような従来のレーザ加工装置では、第一の偏光ビームスプリッタ24、第二の偏光ビームスプリッタ25ともに、レーザ光のウィンドウ部分26への入射角がブリュースター角になるようウィンドウを配置することによりレーザ光2をS波、P波成分に分光しているが、例えば、炭酸ガスレーザの分光にZnSeを材質としたウィンドウを使用した場合、ブリュースター角は 67.5° とウィンドウへの入射角が大きくなり、偏光ビームスプリッタに導かれるレーザ光の径が $\phi 35\text{ mm}$ とすると、ウィンドウ上のレーザ光径は長軸方向で 94 mm となってしまう。よって、ウィンドウは上記レーザ光径の2.5倍以上の有効径が必要となり、製作精度の維持が困難であるという問題点があった。

20

また、第一の偏光ビームスプリッタ24をP波成分として透過したレーザ光6は第二の偏光ビームスプリッタ25において、S波成分として反射させる必要があり、第一の偏光ビームスプリッタ24をS波成分として反射したレーザ光7は第二の偏光ビームスプリッタ25において、P波成分として透過させる必要があるため、第一、第二の偏光ビームスプリッタにはそれぞれレーザ光を 90° に折り返すためのミラー27を

25

備える必要があり、また、ウィンドウ部分 26 とミラー 27 の相対位置関係は偏光ビームスプリッタ後の光路の精度に大きな影響を及ぼすため、ウィンドウ部分 26 とミラー 27 の相対位置関係に注意し、偏光ビームスプリッタを製作する必要もあったため、偏光ビームスプリッタがより
5 高価な光学部品となるという問題点もあった。

また、 $f\theta$ レンズ 17 の特性を考慮し、より安定した加工品質を得るため、第一の偏光ビームスプリッタ 24 から $f\theta$ レンズ 17 間の光路長を極力短くする必要があり、偏光ビームスプリッタの有効径を大きくする必要があった。しかし、偏光ビームスプリッタの有効径を十分大きく
10 設計することが困難なため、実際は偏光ビームスプリッタの有効径が十分でなく、 $f\theta$ レンズ 17 へ導かれるレーザ光の径が所望の径よりも小さく制約されると、 $f\theta$ レンズの焦点距離が一定の場合、被加工物上のレーザ光の径は所望の径よりも大きく制約され、より小さい穴加工に適した光路を構成することができなくなり、要求される加工品質を得るこ
15 とができないという問題点もあった。

また、光学系に使用される個々の光学部品は製作工程上必ず歪み（収差）を持ち、平面度については要求精度を小さくすればするほど、歩留まりが悪化し、コストが高くなるため、一般的にはレーザ波長 λ の $1/10 \sim 1/20$ 程度の光学歪みで製作される。この程度の光学部品を何
20 も考慮せずに複数枚組み合わせた光学系を構築すると、個々の収差が積み重なり、非点収差等が発生し、要求される加工品質を得ることができない場合があるという問題点もあった。

また、それぞれの表面形状が平面の光学部品は一般的には表面と裏面を製作する製作工程は同じであるため、表面と裏面の表面形状は共に凸
25 形状、或いは凹形状となる傾向が強く、透過型の光学部品では光学歪み（収差）を増大するという問題点もあった。

この発明は、かかる問題点を解決するためになされたもので、偏光分離手段により、分光したレーザ光を用いて加工を行うレーザ加工装置において、偏光分離手段として安価な光学部品を使用することができ、また被加工物上のレーザ光の径をより小さくできるレーザ加工装置を得ることを第1の目的としている。

また、光学部品の表面形状による収差を低減し加工品質を向上できるレーザ加工装置を得ることを第2の目的としている。

10 発明の開示

上記目的を達成するために、第1の発明に係るレーザ加工装置においては、レーザ発振器より出射されたレーザ光を被加工物まで導く複数の光学部品からなる光学系を有し、1つのレーザ光を第一の偏光分離手段で2つのレーザ光に分光し、一方はミラーを経由し、他方は第一のガルバノスキャンミラーで2軸方向に走査し、2つのレーザ光を第二の偏光分離手段へ導いた後、第二のガルバノスキャンミラーで走査し、被加工物を加工するレーザ加工装置において、前記第一および第二の偏光分離手段をレーザ光の光軸に対して45°に配置したものである。

第2の発明に係るレーザ加工装置においては、第一および第二の偏光分離手段は、表面に誘電体多層膜コーティングが形成された偏光ビームスプリッタである。

第3の発明に係るレーザ加工装置においては、前記第一および第二の偏光分離手段は、片方の面が凹形状、その裏面が凸形状である。

第4の発明に係るレーザ加工装置においては、前記第一の偏光分離手段は、レーザ光を反射する側の面を凸形状、その裏面を凹形状とし、該第一の偏光分離手段において反射されたレーザ光を表面形状が凹形状の

前記第一のガルバノスキャンミラーに導き、前記第二の偏光分離手段は、レーザ光を反射する側の面を凹形状、その裏面を凸形状としたものである。

5 第5の発明に係るレーザ加工装置においては、前記第一の偏光分離手段は、レーザ光を反射する側の面を凹形状、その裏面を凸形状とし、該第一の偏光分離手段において反射されたレーザ光を表面形状が凸形状の前記第一のガルバノスキャンミラーに導き、前記第二の偏光分離手段は、レーザ光を反射する側の面を凸形状、その裏面を凹形状としたものである。

10 第6の発明に係るレーザ加工装置においては、前記第一および第二の偏光分離手段の表面の凹または凸形状は、前記レーザ光の波長を λ とした場合、 $\lambda/20$ 以下の精度で形成されているものである。

15 第7の発明に係るレーザ加工装置においては、前記光学系において、略同一表面形状である1組の光学部品を、一方の光学部品のビーム入射面が他方の光学部品のビーム入射面に対し垂直で、かつ一方の光学部品へのビーム入射角が他方の光学部品へのビーム入射角と同一となるように配置するものである。

20 第8の発明に係るレーザ加工装置においては、前記レーザ発振器から出射されたレーザ光が前記第1の偏光分離手段に至るまでのレーザ光路中にマスクを設け、このマスクと前記被加工物との間に前記1組の光学部品を配置したものである。

25 第9の発明に係るレーザ加工装置においては、前記1組の光学部品を個々に固定するホルダーを有し、前記ホルダーに方向性がある場合、この方向性を示す軸を、それぞれの光学部品の入射面に対して同じ方向に配置したものである。

第10の発明に係るレーザ加工装置においては、前記1組の光学部品

の表面形状は、前記レーザ光の波長を λ とした場合、 $\lambda/10 \sim \lambda/20$ の精度で形成されているものである。

第11の発明に係るレーザ加工装置においては、前記第一および第二の偏光分離手段は、レーザ光の進行方向に垂直で、かつ互いに直交する
5 2軸方向に角度調整可能な機構を備えたものである。

第12の発明に係るレーザ加工装置においては、前記第二の偏光分離手段からエネルギーロスとして漏れるレーザ光を吸収するためにダンパーを備えたものである。

10 この発明によれば、偏光分離手段として入射角が 45° の偏光ビームスプリッタを用いたことにより、 $f\theta$ レンズにより大きい径のレーザ光を入射させることができ、被加工物上のレーザ光の径をより小さくでき、より微細な加工を実施することができる。また、偏光分離手段が安価となりコスト低減ができる。

15

図面の簡単な説明

第1図は、この発明の実施の形態1を示すレーザ加工装置の構成図である。

第2図は、この発明の実施の形態1を示す偏光ビームスプリッタを固
20 定するホルダー部分の概略図である。

第3図は、この発明の実施の形態2を示すレーザ加工装置の構成図である。

第4図は、この発明の実施の形態2であるレーザ加工装置の光学部品表面形状と屈折力との関係を説明するための模式図である。

25 第5図は、この発明の実施の形態2であるレーザ加工装置の光学部品の配置を説明するための模式図である。

第 6 図は、この発明の実施の形態 2 であるレーザ加工装置の方向性を持った光学部品ホルダーの配置と屈折力との関係を説明するための模式図である。

第 7 図は、この発明の実施の形態 3 を示すレーザ加工装置の構成図である。

第 8 図は、この発明の実施の形態 3 であるレーザ加工装置の光学部品表面形状と屈折力との関係を説明するための模式図である。

第 9 図は、この発明に係る従来技術を示すレーザ加工装置の構成図である。

第 10 図は、この発明に係る従来技術を示すレーザ加工装置の偏光ビームスプリッタを説明するための模式図である。

発明を実施するための最良の形態

実施の形態 1.

第 1 図はこの発明の実施の形態 1 に係り、偏光分離手段として入射角 45° の偏光ビームスプリッタを用い、1つのレーザ光を2つのレーザ光に分光し、2つのレーザ光を独立に走査することにより、2箇所同時に加工を実施することができる穴あけ用レーザ加工装置を示す構成図である。従来技術の第 9 図と同一構成については同一番号を付与し、詳細な説明は省略する。

第 1 図において、5 は第一の偏光ビームスプリッタ、6 は第一の偏光ビームスプリッタ 5 を透過したレーザ光、6 p はレーザ 6 の第一の偏光ビームスプリッタにとって P 波成分となる偏光方向、6 s はレーザ光 6 の第一の偏光ビームスプリッタにとって S 波成分となる偏光方向、7 は第一の偏光ビームスプリッタ 5 を反射したレーザ光、7 s はレーザ光 7 の第一の偏光ビームスプリッタにとって S 波成分となる偏光方向、7 p

はレーザ光 7 の第一の偏光ビームスプリッタにとって P 波成分となる偏光方向、8 は第二の偏光ビームスプリッタ、9 はエネルギーロスとして発生するレーザ光を受け止めるダンパー、10 はレーザ光 6 のうち第二の偏光ビームスプリッタ 8 で反射したレーザ光、11 はレーザ光 7 のうち第二の偏光ビームスプリッタ 8 で透過したレーザ光である。

従来技術においてレーザ光を偏光分離する場合は、入射角をブリュースター角としたウィンドウを用い、P 波成分、S 波成分を等しく含むレーザ光を偏光分離することにより、透過する P 波成分と反射する S 波成分を等分配し、レーザ光のエネルギーを等しく分割している。

10 しかしながら、本実施の形態においては、反射面に例えば誘電体多層膜のコーティングを施した偏光ビームスプリッタを用いることにより、入射角をブリュースター角ではなく光軸に対し 45° の配置として、一定の精度で P 波を透過し、かつある一定の精度で S 波を反射させ、レーザ光のエネルギーを等しく分割する。

15 一例として、P 波の 95% と S 波の 5% を透過し、S 波の 95% と P 波の 5% を反射するようにコーティングされた偏光ビームスプリッタを使用した場合について説明する。第一の偏光ビームスプリッタ 5 に入射するレーザ光のエネルギーを 100% とすると、第一の偏光ビームスプリッタ 5 を透過したレーザ光 6 は P 波成分を 47.5%、S 波成分を 2.5% 含むことになる。その後、第二の偏光ビームスプリッタ 8 には、47.5% の S 波成分と 2.5% の P 波成分を含むレーザ光が入射され、第二の偏光ビームスプリッタ 8 を反射するレーザ光は 45.125% の S 波成分と 0.125% の P 波成分を含み、第二のガルバノスキャンミラー 12 へ導かれるレーザ光 10 のエネルギーは最終的に 45.25% となる。第二の偏光ビームスプリッタ 8 を透過するエネルギーロスとなるレーザ光は 2.375% の S 波成分と 2.375% の P 波成分を含む

こととなる。

一方、第一の偏光ビームスプリッタ 5 を反射したレーザ光 7 についても同様の過程を経て、45.25%のエネルギーが第二のガルバノスキャンミラー 12 へ導かれ、4.75%のエネルギーがロスとなる。

- 5 よって、計9.5%がエネルギーロスとして第二のガルバノスキャンミラー 12 に導かれることはないが、本実施の形態による光路を構成した場合、レーザ光 6 のロス分は第二の偏光ビームスプリッタを透過し、レーザ光 7 のロス分は反射するので、このエネルギーロスとなるレーザ光は、ダンパー 9 の部分に全て集めることができ、ロス分のレーザ光による光学部品等の損傷を防止することができる。

- 15 上記偏光ビームスプリッタは、入射角 45° で P 波の 95% と S 波の 5% を透過し、S 波の 95% と P 波の 5% を反射するとしたが、入射角が 45° からずれた場合は、透過する P 波と反射する S 波の割合が減少し、エネルギーロスが増加することとなるので、入射角 45° で配置することが望ましい。

- 20 上記では、P 波の 95% と S 波の 5% を透過し、S 波の 95% と P 波の 5% を反射する偏光ビームスプリッタのエネルギーロスが 9.5%であることを説明したが、P 波の透過率および S 波の反射率を 95% より高くすれば、エネルギーロスは 9.5% より小さくなることは明らかである。

- 25 また、本実施の形態による偏光ビームスプリッタは、レーザ光の入射角を 45° で配置するため、偏光ビームスプリッタに導かれるレーザ光の径を $\phi 35\text{ mm}$ とすると、ウィンドウ上のレーザ光径は長軸方向で 52 mm と前記レーザ光径の 1.5 倍程度となり、入射角がブリュースター角の従来の偏光ビームスプリッタのウィンドウ有効径が入射レーザ光径の 2.5 倍以上必要であるのに比較し、より小さい形状で製作するこ

とができる。ウィンドウの面積で比較すると、短軸方向はいずれも35 mmでよいので、入射角45°の偏光ビームスプリッタは従来の偏光ビームスプリッタに比べ44.6%の面積の削減ができる。これにより、加工装置の小型化が可能となる。

- 5 また、同じ径のウィンドウ、例えば53 mmの場合、従来の偏光ビームスプリッタではブリュースター角が67.5°の関係上、分光可能なレーザ光径はφ20 mm程度であるが、入射角45°の偏光ビームスプリッタではφ35 mmであり、よりレーザ光の径が大きい光路を構成することが可能になる。ここで、ビーム径Dのレーザ光を焦点距離fのf
- 10 θレンズに入射し、このとき被加工物上で集光されるビームスポット径をdとすると、ビームスポット径dとfθレンズの焦点距離f、入射ビーム径Dの関係は次式で表すことができる。

$$d \propto f / D \quad (1)$$

15

(1)式は、焦点距離fのfθレンズにより、ワーク上で集光されるビームスポット径dは、fθレンズに入射するレーザ光のビーム径Dに反比例することを示している。

- よって、同じ径のウィンドウで偏光ビームスプリッタを構成すること
- 20 を考えた場合、上記のように入射角が45°の偏光ビームスプリッタはより有効にレーザ光の有効径を確保でき、同じfθレンズを使う場合、fθレンズに入射するビーム径Dを大きくすることができるため、さらにビームスポット径の小さい加工を実施することを可能にしている。

- また、光路を90°に折り返すミラーは不要となるため、偏光ビーム
- 25 スプリッタがより安価となり加工装置のコスト削減が可能となる。

尚、この発明の実施形態では、レーザ光を90°に折り返す光路を構

成しているため、入射角が 45° の偏光ビームスプリッタを適用している。この構成にすることによりXYテーブル18上で2軸のガルバノスキャンミラーのスキャン方向が直行するので、第1図のように、この直行する方向をXY方向に合わせることで、X方向、Y方向をそれぞれガルバノスキャンミラーに1対1に対応させることができ、加工に際するガルバノスキャンミラーの制御が分かりやすくシンプルな構成とすることができる。

偏光ビームスプリッタでの、レーザ光の折り返し角度を 90° より鋭角にした場合、偏光ビームスプリッタの有効径を大きくし、さらにビームスポット径の小さい加工を実施することが可能となる。ただし、この場合はXYテーブル上で2軸のガルバノスキャンミラーのスキャン方向が直行しないので、例えば一方のガルバノスキャンミラーのスキャン方向をX方向に合わせても、Y方向は他方のガルバノスキャンミラーとX方向のガルバノスキャンミラーとの合成でしかスキャンできないため、加工に際するガルバノスキャンミラーの制御が上記レーザ光を 90° に折り返す光路に比べて複雑になる。

実施の形態2.

分光した2つのレーザ光は共に第二の偏光ビームスプリッタを経た後、第1図のX方向の軸に平行でかつ、第二のガルバノスキャンミラー12の中心に導かれる必要があるため、分光されたレーザ光6、7は独立して光軸の調整を実施する必要がある。

レーザ光10、11を精度よく第二のガルバノスキャンミラー12に導くためには、第一の偏光ビームスプリッタ5の直前に設けられたミラー4を以降の光路中において、光路の進行方向に対して垂直で、互いに直交する2軸方向に角度調整が可能なミラーがそれぞれ最低2枚必要で

あるが、本実施の形態では、レーザ光 10 は第一の偏光ビームスプリッタ 5 直前のミラー 4 z と第二の偏光ビームスプリッタ 8 により光軸を調整可能とし、一方レーザ光 11 は第一の偏光ビームスプリッタ 5 と第一のガルバノスキャンミラー 13 により光軸を調整可能としている。ここで、第一のガルバノスキャンミラー 13 は互いにねじれの方に角度調整可能なミラーを 2 枚有し、互いに直交する 2 軸方向に角度調整可能な 1 枚のミラーと同じ機能を持つとみなせる。

第 2 図は、この発明の実施の形態 2 に係り、偏光ビームスプリッタをレーザ光の進行方向に対して垂直で、互いに直交する 2 軸方向に角度調整が可能な機構を示した図である。第 2 図において、偏光ビームスプリッタ 5 または 8 は固定ホルダー 31 により支持されており、固定ホルダー 31 はホルダー支え 32 に第一の回転軸 35 a を介して回転自在に支持されている。また、ホルダー支え 32 は光学系を支持する光学基台 36 に第一の回転軸 35 a に直交した第二の回転軸 35 b を介して回転自在に支持されている。これにより、偏光ビームスプリッタは光路の進行方向に対して垂直で、互いに直交する 2 軸方向に角度調整が可能となっている。また、ホルダー支え 32 の固定ホルダー 31 との接合部には固定ホルダー 31 の回転方向に長い第一の調整穴 34 a が設けられ、第一の固定ねじ 33 a が貫通し固定ホルダー 31 にねじ込まれており、回転調整後、第一の固定ねじ 33 a を締め付けることで固定ホルダー 31 をホルダー支え 32 に固定できる構造となっている。ホルダー支え 32 と光学基台 36 との接合部も同様に、第二の調整穴 34 b と第二の固定ねじ 33 b により回転調整後固定可能な構造となっている。

一方、偏光ビームスプリッタの角度調整による偏光ビームスプリッタを透過するレーザ光の光軸の変化量は反射するレーザ光に比べ極度に小さく、無視できる程度であるので、第一の偏光ビームスプリッタ 5 によ

り反射するレーザ光 7、11 の光軸を調整しても透過するレーザ光 6、10 の光軸にはほとんど影響を与えず、第二の偏光ビームスプリッタ 8 により反射するレーザ光 6、10 の光軸を調整しても透過するレーザ光 7、11 の光軸にはほとんど影響を与えないので、それぞれ独立して調整することができる。

また、ミラー 4 z や第一および第二の偏光ビームスプリッタ 5、8 の角度を調整した場合、偏光ビームスプリッタへの入射角が 45° からずれる場合もあり、このときレーザ光のエネルギーロスが増加するが、通常角度調整は微小でありエネルギーロスも微小である。また、レーザ発振器の出力による補正も可能なので、光軸調整による加工精度の向上を優先する事が望ましい。

次に、上記調整機構を備えた偏光ビームスプリッタ等による光軸の調整について説明する。

第一の偏光ビームスプリッタ 5 直前のミラー 4 z の角度調整を実施すると、レーザ光 10、11 は第二のガルバノスキャンミラー 13 上で同じ方向に移動する。そのため、光軸調整方向の順序としては、まず 2 つのレーザ光に作用するミラー 4 z を用いたレーザ光 10 の光軸の調整完了後、レーザ光 11 の光軸調整を実施する必要がある。また、一度光軸の調整が完了していれば、第一の偏光ビームスプリッタ 5 直前のミラー 4 z の角度調整を実施することにより、第二のガルバノスキャンミラー 12 上での 2 つレーザ光の相対位置関係を保ったままレーザ光 10、11 の光軸調整を実施することができ、精度よく第二のガルバノスキャンミラー 12 の中心に 2 つのレーザ光を導くための光軸調整を容易にしている。

第3図はこの発明の実施の形態3に係り、1つのレーザ光を2つのレーザ光に分光し、2つのレーザ光を独立に走査することにより、2箇所同時に加工を実施することができる穴あけ用レーザ加工装置において、マスク転写を行う光学系を有し、特にマスク後に配置する略同一表面形状を有した1組の光学部品であるミラー4a、4bもしくは14a、14bを、一方のミラーのビーム入射面が他方のミラーのビーム入射面に対し垂直で、かつ一方のミラーへのビーム入射角が他方のミラーへのビーム入射角と同一（例えば 45° ）となるように配置（例えば、一方のミラーでX方向から入射したレーザ光をZ方向に反射し、その後他方のミラーでY方向に反射するように配置）した構成を示す構成図である。

第3図において、4a、4bはレーザ光2をマスク3から第一の偏光ビームスプリッタ5へ導くための略同一表面形状であるミラー、14a、14bは第一の偏光ビームスプリッタ5から第二の偏光ビームスプリッタ8へ導くための略同一表面形状であるミラーである。

本実施の形態3は、実施の形態1と偏光ビームスプリッタに関しては同一であるが、ミラー4、14の配置もしくは表面形状が異なるので、この発明の特徴である光学部品の配置について第4図を用いて説明する。

第4図において、 $P_{ru}(\alpha)$ 、 $P_{rv}(\alpha)$ はビーム入射角 α で入射された入射ビームがミラーにより反射された反射ビームに係るu方向、v方向の屈折力であり、 $P_{tu}(\alpha)$ 、 $P_{tv}(\alpha)$ はビーム入射角 α で入射された入射ビームがミラーを透過する透過ビームに係るu方向、v方向の屈折力である。ここで、u方向は各ビームの進行方向に垂直でかつビーム入射面（入射ビームと反射ビームにより形成される面）に平行な方向であり、v方向は各ビームの進行方向に垂直でかつビーム入射面に垂直な方向である。

ここで、屈折力（Power）は光学部品の屈折させる性能を表すパ

ラメータの一つであり、屈折面の状態を示し、一般的に表面曲率半径 R に反比例、屈折率 n に比例する。第4図において、表面曲率半径 R が同心円状に均一であり、かつ光学系に対し十分に大きく（光学部品の表面形状を略平面であるとしたとき）、屈折率を n とすると、屈折力 P_{ru}
 5 (α) 、 $P_{rv}(\alpha)$ は次式で与えられる。

$$P_{ru}(\alpha) = \frac{2}{\cos \alpha} \frac{1}{R} \quad (2)$$

$$P_{rv}(\alpha) = 2 \cos \alpha \frac{1}{R} \quad (3)$$

一般的に光学部品は表面形状を平面として製作しても、製作工程の中
 10 で僅かに歪みを持ち、 $\lambda/10 \sim \lambda/20$ 程度が一般的な加工精度であり、 $\lambda/20$ より高精度で表面形状を仕上げるためには莫大な時間とコストを必要とする。したがって、一般的な光学部品は $\lambda/10 \sim \lambda/20$ 程度の表面曲率半径 R を持つといえる。例えば $ZnSe$ ($n=2.41$) に誘電体多層膜コーティングを施したビーム入射角 45° の偏光ビ
 15 ームスプリッタの場合、(2) (3) 式より、それぞれ次式が得られる。

$$P_{ru}(45^\circ) = 2.8 \times \frac{1}{R} \quad (4)$$

$$P_{rv}(45^\circ) = 1.4 \times \frac{1}{R} \quad (5)$$

(4) (5) 式より明らかなように、ビーム入射角 45° では、反射
 20 時に u 方向のほうが v 方向の屈折力よりも大きくなる。この u 方向と v 方向の屈折力の差が加工点にまで伝播すると、非点収差となるので、安定した加工品質を得ることが困難となる可能性がある。

これに対しこの発明では、光学系を構築するにあたり複数枚の光学部品のうち略同一表面形状である1組の光学部品を、一方の光学部品のビーム入射面が他方の光学部品のビーム入射面に対し垂直で、かつ一方の光学部品へのビーム入射角が他方の光学部品へのビーム入射角と同一となるように配置する。

ここで、ミラー14a、14bを用いて構成を説明する。第5図において、ミラー14aはX方向から入射したレーザ光をZ方向に反射し、ミラー14bはミラー14aに反射されたレーザ光をY方向に反射するように配置されている。また、ミラー14aのミラー表面曲率半径をR_aとし、ミラー14bのミラー表面曲率半径をR_bとする。ミラー14aのu方向の屈折力をP_{aru}(45°)、v方向の屈折力をP_{arv}(45°)とし、ミラー14bのu方向の屈折力をP_{bru}(45°)、v方向の屈折力をP_{brv}(45°)とすると、ミラー14bによって反射されたレーザ光のミラー14aおよびミラー14bの合成されたu方向の屈折力P_{ru}、v方向の屈折力P_{rv}は以下のとおりとなる。

$$P_{ru} = P_{aru}(45^\circ) + P_{bru}(45^\circ) = 1.4 \times \frac{1}{R_a} + 2.8 \times \frac{1}{R_b} \quad (6)$$

$$P_{rv} = P_{aru}(45^\circ) + P_{brv}(45^\circ) = 2.8 \times \frac{1}{R_a} + 1.4 \times \frac{1}{R_b} \quad (7)$$

ここで、ミラー14aとミラー14bは略同一表面形状であるので、R_a ≒ R_bとなり上記P_{ru}とP_{rv}は略等しくなり、これによりu方向とv方向の屈折力の差をキャンセルし、結果として加工点での非点収差を低減でき、安定した加工品質を得ることができる。ミラー4a、ミラー4bについても同様な構成となっているので、同様な効果が得られる。

上記は $\alpha = 45^\circ$ で検討したが一般的な角度では以下ようになる。

$$P_{ru} = P_{aru}(\alpha) + P_{bru}(\alpha) = 2\cos\alpha \frac{1}{R_a} + \frac{2}{\cos\alpha} \frac{1}{R_b} \quad (8)$$

$$P_{rv} = P_{aru}(\alpha) + P_{brv}(\alpha) = \frac{2}{\cos\alpha} \frac{1}{R_a} + 2\cos\alpha \frac{1}{R_b} \quad (9)$$

- 5 $R_a \doteq R_b$ の場合、(8) (9) 式より明らかなように、 P_{ru} と P_{rv} は略等しくなり、これにより u 方向と v 方向の屈折力の差をキャンセルし、 $\alpha = 45^\circ$ の時と同様に、加工点での非点収差を低減でき、安定した加工品質を得ることができる。

- 10 ところで、光学部品を固定するホルダー部材が方向性を持つ構造となっており、このホルダーに支持されたミラーの表面曲率半径がその方向性に沿って変化してしまい非点収差が発生する場合、1組の前記ホルダーに支持されたミラーを、ホルダーの方向性を各入射面に対して同じ方向に合わせるとともに、一方の光学部品のビーム入射面が他方の光学部品のビーム入射面に対し垂直で、かつ一方の光学部品へのビーム入射角が他方の光学部品へのビーム入射角と同一となるように配置する。

- 15 第6図に一例を示す。第6図において第一の光学部品37aと第二の光学部品37bは同一表面形状の光学部品、第一のホルダー部材38aと第二のホルダー部材38bは同一形状の光学部品固定部材である。A、Bはそれぞれホルダー部材の持つ方向軸を示し、このホルダーにミラー等20 の光学部品を取り付けると、ミラー表面の曲率半径が、A方向には R_A となり、B方向には R_B となる。

第6図のように、第一の光学部品37aと第二の光学部品37bとを、第一の光学部品37aのビーム入射面が第二の光学部品37bのビーム入射面に対し垂直で、かつ第一の光学部品37aへのビーム入射角が第

二の光学部品 37b へのビーム入射角と同一（例えば 45° ）となるように配置し、ホルダー部材の方向性を合わせるために A 方向を入射面に平行にした場合、第二の光学部品 37b の反射時の u 方向、v 方向の屈折力 P_{ru} 、 P_{rv} は以下ようになる。

5

$$P_{ru} = P_{rua}(45^\circ) + P_{rub}(45^\circ) = 1.4 \times \frac{1}{R_B} + 2.8 \times \frac{1}{R_A} \quad (10)$$

$$P_{rv} = P_{rua}(45^\circ) + P_{rvb}(45^\circ) = 2.8 \times \frac{1}{R_A} + 1.4 \times \frac{1}{R_B} \quad (11)$$

(10) (11) 式より明らかなように P_{ru} と P_{rv} は等しくなり、方向性を持ったホルダーによる非点収差をキャンセルすることができる。

- 10 これにより、加工点における非点収差を低減することができ、安定した加工品質を得ることができる。入射角が 45° 以外のときも非点収差をキャンセルできることは上述したように明らかである。

また、方向性を持った安価なホルダー部材を使用することができ、加工装置のコスト低減になるという効果がある。

- 15 なお、本実施の形態ではマスク転写を行う光学系において、マスク後に配置される複数枚の光学部品について説明を行った。これは、マスク転写においては、主にマスク後の光学部品の収差が加工点でのビーム品質に影響を与えるという理由からである。更に、マスク前の複数枚の光学部品についても同様の考え方で配置を行うとより効果が得られること
- 20 は言うまでもない。

また、マスク転写を行う光学系だけでなく、同様の考え方で光学部品の配置を行うことにより光学的な収差を低減する効果がある。

実施の形態 4.

第7図は、この発明の実施の形態4に係り、第一の偏光分離手段として表面が凸形状、裏面が凹形状である偏光ビームスプリッタと、第二の偏光分離手段として、表面が凹形状、裏面が凸形状である偏光ビームスプリッタを用い、1つのレーザ光を2つのレーザ光に分光し、2つのレーザ光を独立に走査することにより、2箇所同時に加工を実施することができる穴あけ用レーザ加工装置を示す構成図である。

第7図において、22は表面が凸形状、裏面が凹形状である偏光ビームスプリッタ（第8図（a）参照）、23は表面が凹形状、裏面が凸形状である偏光ビームスプリッタ（第8図（b）参照）である。ここで、それぞれの表面形状は製作機械である研磨機の形状等によって決められるので、制作方法を制御することによって、所望の加工精度の平面度で凹形状か凸形状のどちらかを選択し、製作することができる。

本実施の形態4は、実施の形態1と偏光ビームスプリッタの表面形状の構成が異なっており、この発明の特徴である偏光ビームスプリッタの形状について説明する。

第4図において、 $P_{tu}(\alpha)$ 、 $P_{tv}(\alpha)$ はビーム入射角 α で入射された入射ビームが光学部品を透過する透過ビームに係るu方向、v方向の屈折力であり、表面曲率半径Rが同心円状に均一であり、かつ光学系に対し十分に大きく（光学部品の表面形状を略平面であるとしたとき）、屈折率をnとすると、屈折力 $P_{tu}(\alpha)$ 、 $P_{tv}(\alpha)$ は次式で与えられる。

$$P_{tu}(\alpha) = \frac{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} - \cos \alpha}{\cos^2 \alpha} \frac{1}{R} \quad (12)$$

$$P_{tv}(\alpha) = \left(\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} - \cos \alpha \right) \frac{1}{R} \quad (13)$$

例えば $ZnSe$ ($n = 2.41$) に誘電体多層膜コーティングを施したビーム入射角 45° の偏光ビームスプリッタの場合、(12) (13) 式より、それぞれ次式が得られる。

$$5 \quad P_{tu}(45^\circ) = 3.2 \times \frac{1}{R} \quad (14)$$

$$P_{tv}(45^\circ) = 1.6 \times \frac{1}{R} \quad (15)$$

(4) (5) (14) (15) 式より明らかなように、ビーム入射角 45° では、反射時だけではなく透過時も u 方向のほうが v 方向の屈折力よりも大きくなる。この u 方向と v 方向の屈折力の差が加工点にまで
10 伝播すると、非点収差となるので、安定した加工品質を得ることが困難となる可能性がある。

ここで、偏光ビームスプリッタの透過時の屈折力に着目する。透過時の屈折力は偏光ビームスプリッタ表面での屈折力に加え、裏面での屈折力が加算される。すなわち、(14)、(15) 式より透過時の u 方向、
15 v 方向の屈折力 $P_{tua}(45^\circ)$ 、 $P_{tva}(45^\circ)$ は、表面、裏面をそれぞれ 1、2 の添字で示すと以下のようなになる。

$$P_{tua}(45^\circ) = P_{atu1} + P_{atu2} = 3.2 \times \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (16)$$

$$P_{tva}(45^\circ) = P_{av1} + P_{av2} = 1.6 \times \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (17)$$

20 したがって、第 8 図 (a) に示すように表面が凸形状 ($R_1 > 0$)、裏面が凹形状 ($R_2 < 0$) であると、表面と裏面の屈折力が打ち消すため、透過時の屈折力は小さくなる。結果として、 u 方向と v 方向の屈折

力の差が小さくなるので、非点収差を低減する効果がある。

また、第8図(b)に示すような表面が凹形状($R_1 < 0$)、裏面が凸形状($R_2 > 0$)であるときも同様に表面と裏面の屈折力が打ち消すため、透過時の屈折力は小さくなり、結果として、u方向とv方向の屈折力の差が小さくなるので、非点収差を低減する効果がある。

この発明における偏光ビームスプリッタの表面形状は、表面と裏面の曲率半径の絶対値を同等にする必要があるので、加工精度を通常よりも良くすることが望ましく、 $\lambda/20$ 以下が望ましい。

次に光学系全体における第一の偏光ビームスプリッタ、並びに第二の偏光ビームスプリッタの最適形状について説明する。

先までの屈折力の議論と同様、光学系全体においても個々の光学部品の屈折力が加算され、結果として収差が大きい小さいかが決定される。そこで、第7図の光学系において使用している第一の偏光ビームスプリッタ22から第二の偏光ビームスプリッタ23の間の光学部品について、第一の偏光ビームスプリッタを透過するレーザ光6の光路Aと反射するレーザ光7の光路Bとに分けて説明する。

光路Aでは、第一の偏光ビームスプリッタ22を透過したレーザ光6がミラー14aと14bにより第二の偏光ビームスプリッタ23に導かれる。ミラー14aと14bは、比較的製作が容易であるため、仕上げられる平面度の精度は $\lambda/10 \sim \lambda/20$ 程度のものが得られる。ただし、以下に示すようにガルバノスキャンミラーの平面度が比較的悪くなる傾向があるので、 $\lambda/15 \sim \lambda/20$ 程度の精度で仕上げることを望ましい。

これに対し、光路Bでは、第一の偏光ビームスプリッタ22を反射したレーザ光7が第一のガルバノスキャンミラー13aと13bにより位置決めされ、第二の偏光ビームスプリッタ23に導かれる。第一のガル

バノスキャンミラー 13a と 13b は、高速に動かすために非常に軽い
必要があり、また、(1) 式で説明したように加工品質を劣化させない
ようにするためには面積を大きくする必要があるため、薄くて広い形状
となり製作が非常に困難であり、仕上げられる平面度は上記ミラーと比
5 較して悪いものになる傾向が強く、 $\lambda/10 \sim \lambda/15$ 程度である。ま
た、表面形状としては、より強く製作機械に依存してしまい、例えば強
い凹形状となる。

光路 A と光路 B で個々の平面度が異なると加算される屈折力に差が発
生する可能性がある。この屈折力の差は、光路 A と光路 B による焦点差
10 となる可能性がある。

この発明では、第一のガルバノスキャンミラー 13a と 13b の表面
形状が強い凹形状の場合、第一の偏光ビームスプリッタ 22 の表面形状
を凸形状、裏面形状を凹形状とし、第二の偏光ビームスプリッタ 23 の
表面形状を凹形状、裏面形状を凸形状としている。

15 このような構成にすることで、光路 A では、第一の偏光ビームスプリ
ッタ 22 の透過時にはほとんど屈折力を発生することがなく、ミラー 1
4a、14b では表面形状の僅かな凹形状から僅かに収束方向の屈折力
を持ち、第二の偏光ビームスプリッタ 23 に導かれ、第二の偏光ビーム
スプリッタ 23 の反射時に表面形状の僅かな凹形状から僅かに収束方向
20 の屈折力が加算される。結果として僅かに収束方向の屈折力を持つレー
ザ光となる。

これに対し、光路 B では、第一の偏光ビームスプリッタ 22 の反射時
に表面の凸形状から僅かに発散方向の屈折力を持って、第一のガルバノ
スキャンミラー 13a、13b に導かれる。第一のガルバノスキャンミ
25 ラー 13a、13b は強い凹形状であるため、強い収束方向の屈折力が
加算され、結果として僅かに収束方向の屈折力を持つレーザー光 7 が第二

の偏光ビームスプリッタ 23 をほぼ同じ屈折力のまま透過する。

上記では、ミラー 14 a、14 b の表面形状を僅かな凹形状としたが、僅かな凸形状の場合でも、第一のガルバノスキャンミラー 13 a と 13 b の表面形状を強い凹形状のときに、第一の偏光ビームスプリッタ 22 の表面形状を凸形状、裏面形状を凹形状とし、第二の偏光ビームスプリッタ 23 の表面形状を凹形状、裏面形状を凸形状とすることで、光路 A と光路 B の屈折力の差を低減することができる。しかし、ミラー 14 a、14 b の表面形状を僅かな凹形状とした方が低減する効果が高いので、凹形状が望ましい。

10 以上のように、この発明によれば、個々の光学部品が持つ収差成分を光学系の中でキャンセルし、結果として、非点収差や焦点差などの光学的な収差の少ない光学系を得るという効果がある。

また、本実施の形態では、第一の偏光分離手段として表面が凸形状、裏面が凹形状である偏光ビームスプリッタと、第二の偏光分離手段として、表面が凹形状、裏面が凸形状である偏光ビームスプリッタとしたが、第一のガルバノスキャンミラー 13 a、13 b が強い凸形状の場合は、第一の偏光分離手段として表面が凹形状、裏面が凸形状である偏光ビームスプリッタと、第二の偏光分離手段として、表面が凸形状、裏面が凹形状である偏光ビームスプリッタとした上記と逆の配置とすれば、個々の光学部品が持つ収差成分を光学系の中でキャンセルすることができる。

上記説明からも明らかなように、光学系、或いは光学系に使用する光学部品によっては、形状、並びに平面度の最適値が異なることは言うまでもない。

また、本実施の形態では、第一、第二の偏光分離手段の形状に着目したが、上記説明からも明らかなように他の光学部品においても同様の考え方により最適値があることは言うまでもない。

また、実施の形態を 1、2、3 と分けて説明したが、これらを組み合わせることが可能であることは言うまでもない。

産業上の利用可能性

- 5 この発明に係るレーザ加工装置は、1つのレーザ光を2つ以上のレーザ光に分光し、同時に2箇所以上のレーザ加工を行う場合において、製作上の困難さやコストを低減する一方で加工品質を向上するのに適している。

請求の範囲

1. レーザ発振器より出射されたレーザ光を被加工物まで導く複数の光学部品からなる光学系を有し、1つのレーザ光を第一の偏光分離手段
5 で2つのレーザ光に分光し、一方はミラーを経由し、他方は第一のガルバノスキャンミラーで2軸方向に走査し、2つのレーザ光を第二の偏光分離手段へ導いた後、第二のガルバノスキャンミラーで走査し、被加工物を加工するレーザ加工装置において、

前記第一および第二の偏光分離手段をレーザ光の光軸に対して45°
10 に配置したことを特徴とするレーザ加工装置。

2. 前記第一および第二の偏光分離手段は、表面に誘電体多層膜コーティングが形成された偏光ビームスプリッタであることを特徴とする請求
15 の範囲1に記載のレーザ加工装置。

3. 前記第一および第二の偏光分離手段は、片方の面が凹形状、その裏面が凸形状であることを特徴とする請求の範囲1に記載のレーザ加工装置。

20 4. 前記第一の偏光分離手段は、レーザ光を反射する側の面を凸形状、その裏面を凹形状とし、

該第一の偏光分離手段において反射されたレーザ光を表面形状が凹形状の前記第一のガルバノスキャンミラーに導き、

前記第二の偏光分離手段は、レーザ光を反射する側の面を凹形状、その裏面を凸形状としたことを特徴とする請求の範囲3に記載のレーザ加工装置。
25

5. 前記第一の偏光分離手段は、レーザ光を反射する側の面を凹形状、その裏面を凸形状とし、

該第一の偏光分離手段において反射されたレーザ光を表面形状が凸形状の前記第一のガルバノスキャンミラーに導き、

前記第二の偏光分離手段は、レーザ光を反射する側の面を凸形状、その裏面を凹形状としたことを特徴とする請求の範囲3に記載のレーザ加工装置。

6. 前記第一および第二の偏光分離手段の表面の凹または凸形状は、前記レーザ光の波長を λ とした場合、 $\lambda/20$ 以下の精度で形成されていることを特徴とする請求の範囲3から5のいずれかに記載のレーザ加工装置。

7. 前記光学系において、略同一表面形状である1組の光学部品を、一方の光学部品のビーム入射面が他方の光学部品のビーム入射面に対し垂直で、かつ一方の光学部品へのビーム入射角が他方の光学部品へのビーム入射角と同一となるように配置することを特徴とする請求の範囲1から6のいずれかに記載のレーザ加工装置。

8. 前記レーザ発振器から出射されたレーザ光が前記第1の偏光分離手段に至るまでのレーザ光路中にマスクを設け、

このマスクと前記被加工物との間に前記1組の光学部品を配置したことを特徴とする請求の範囲7に記載のレーザ加工装置。

9. 前記1組の光学部品を個々に固定するホルダーを有し、

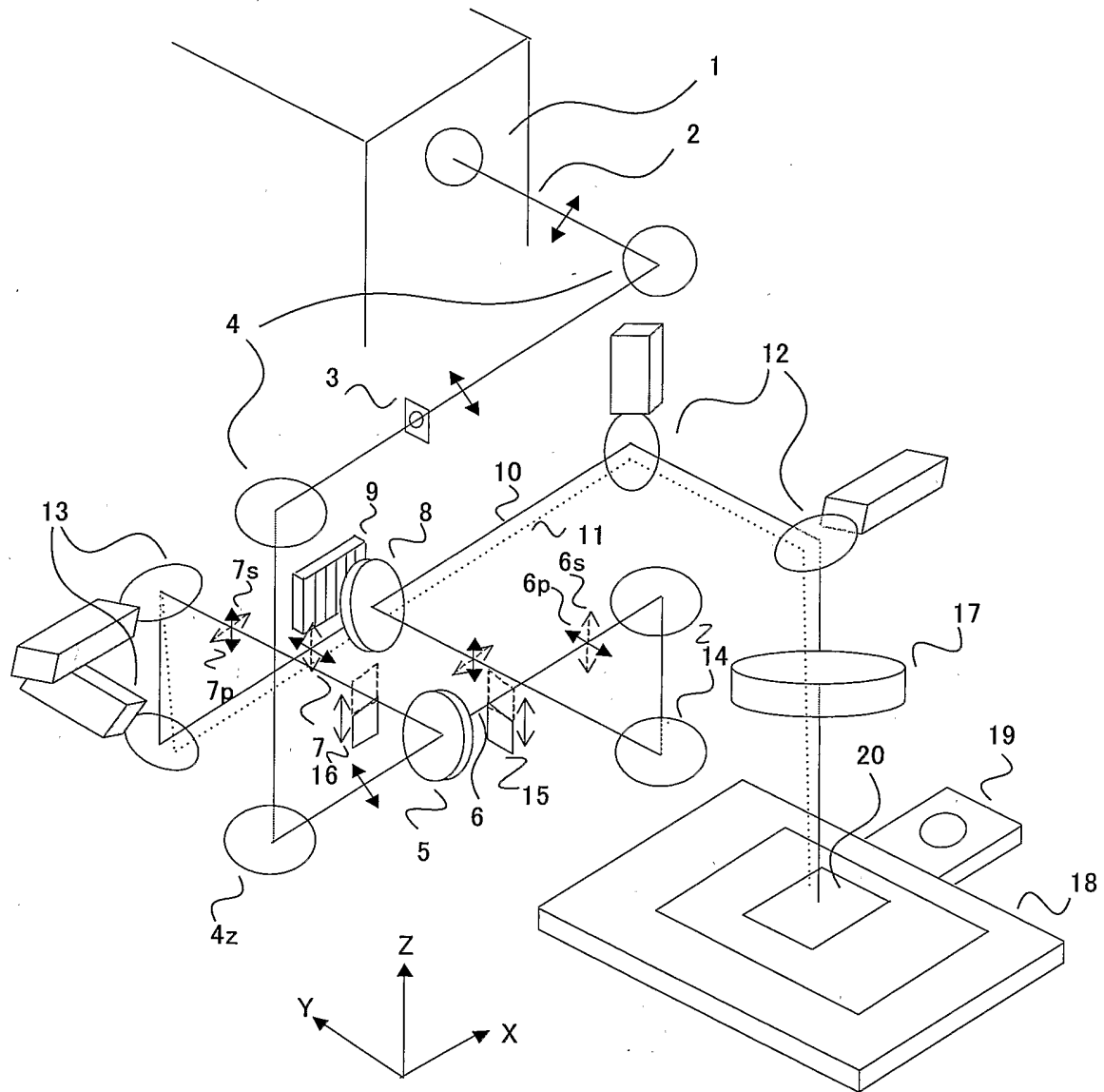
前記ホルダーに方向性がある場合、この方向をそれぞれの光学部品の入射面に対して同じ方向に配置したことを特徴とする請求の範囲7に記載のレーザ加工装置。

- 5 10. 前記1組の光学部品の表面形状は、前記レーザ光の波長を λ とした場合、 $\lambda/10 \sim \lambda/20$ の精度で形成されていることを特徴とする請求の範囲6から8のいずれかに記載のレーザ加工装置。

- 10 11. 前記第一および第二の偏光分離手段は、レーザ光の進行方向に垂直で、かつ互いに直交する2軸方向に角度調整可能な機構を備えたものであることを特徴とする請求の範囲1に記載のレーザ加工装置。

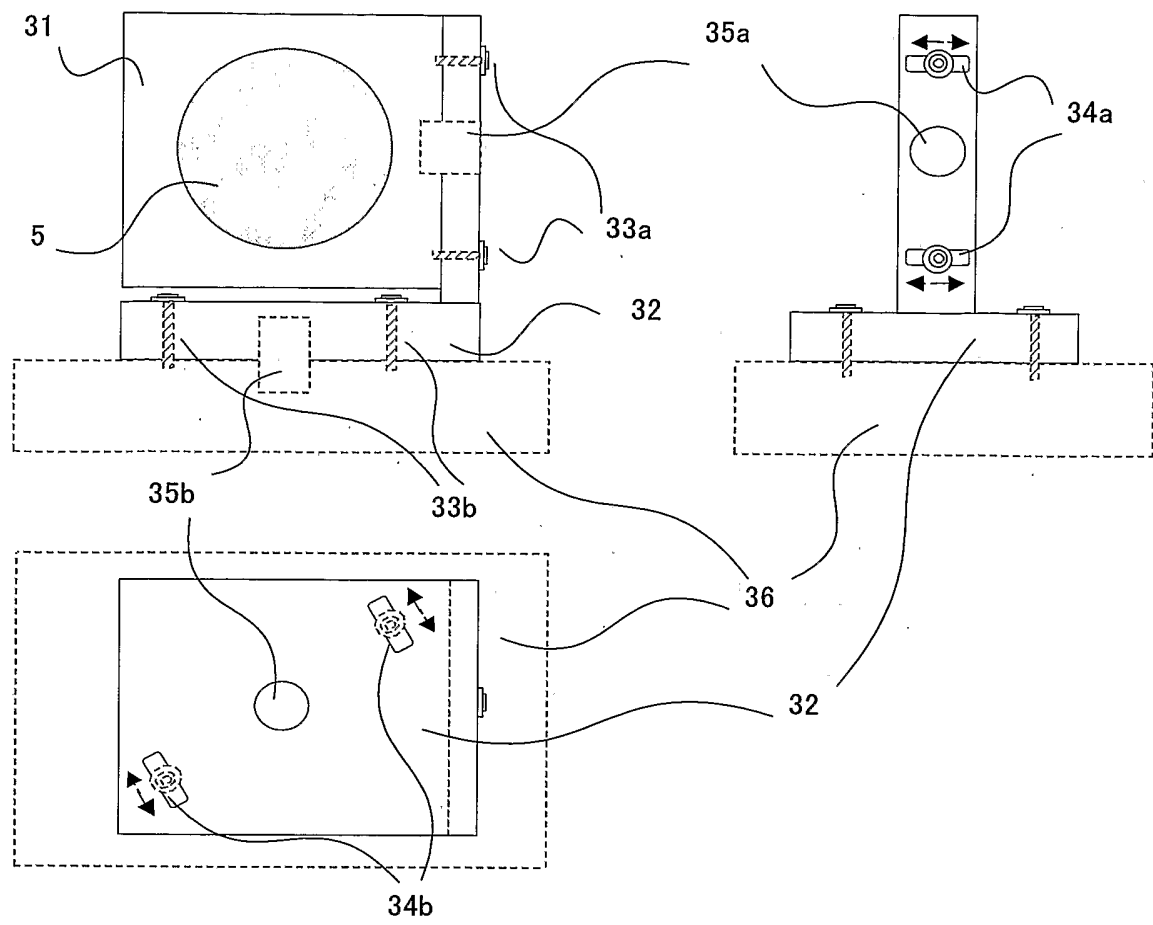
- 15 12. 前記第二の偏光分離手段からエネルギーロスとして漏れるレーザ光を吸収するためにダンパーを備えたことを特徴とする請求の範囲1に記載のレーザ加工装置。

第 1 図

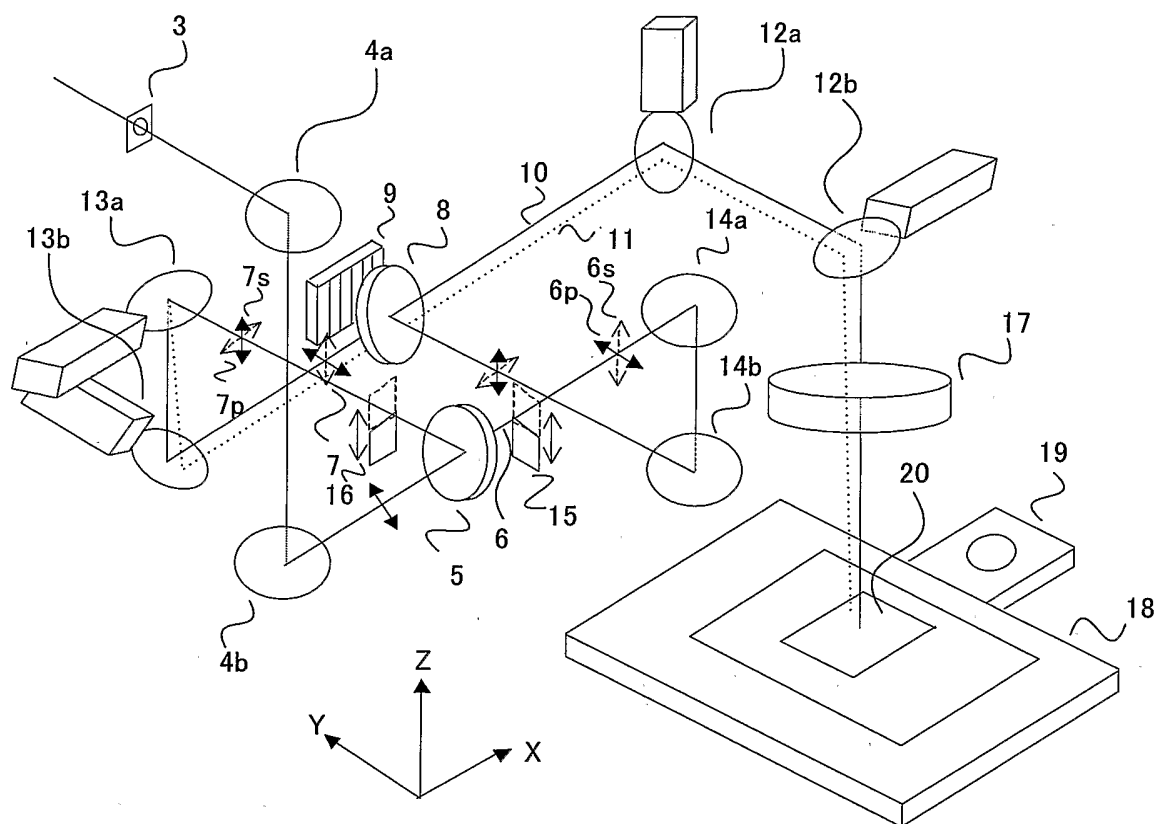


2 / 8

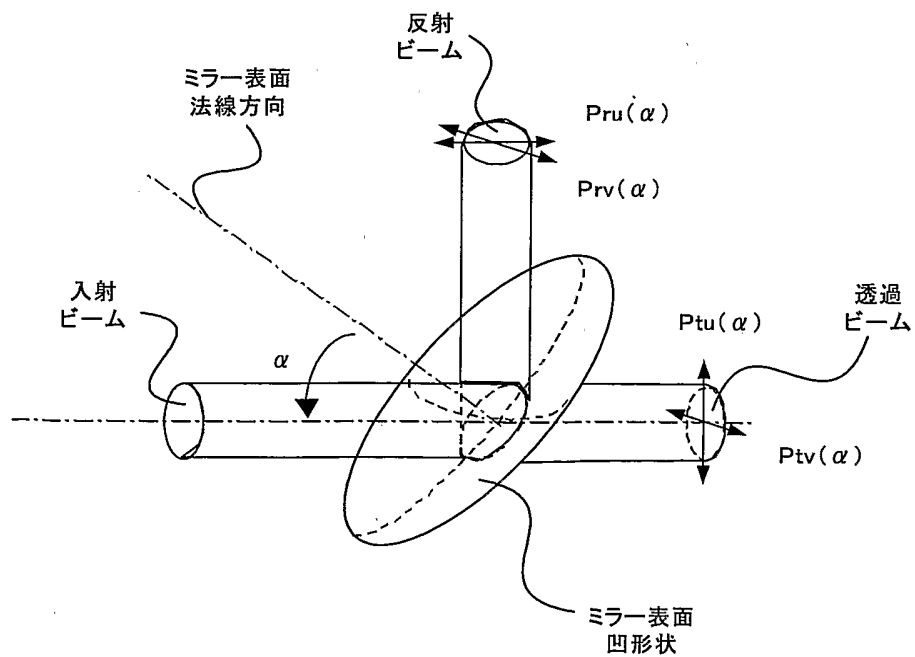
第 2 図



第 3 図

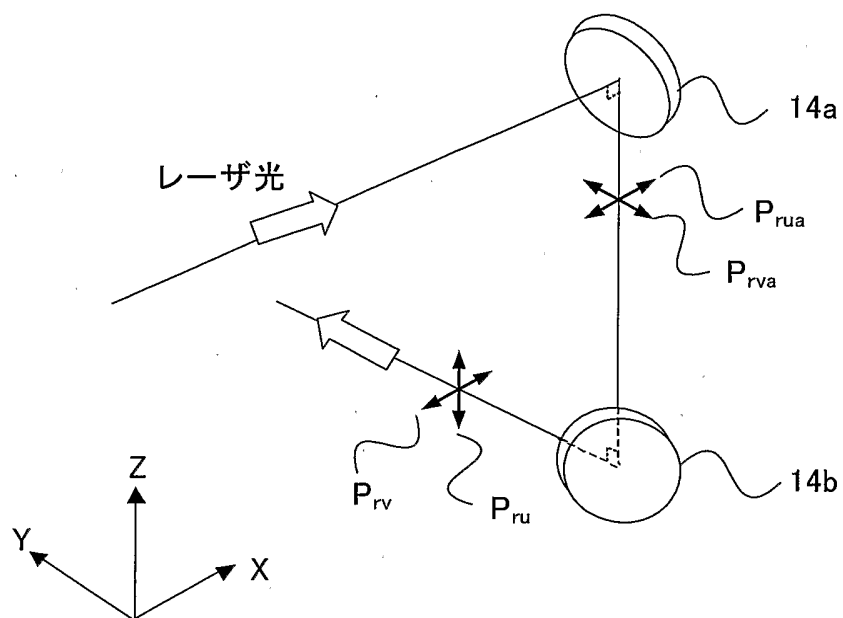


第 4 図

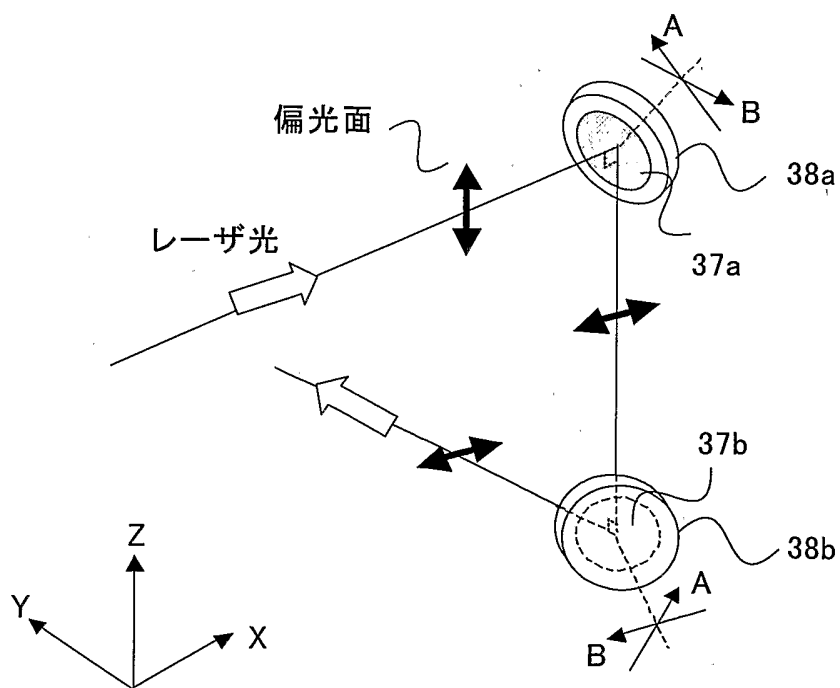


4 / 8

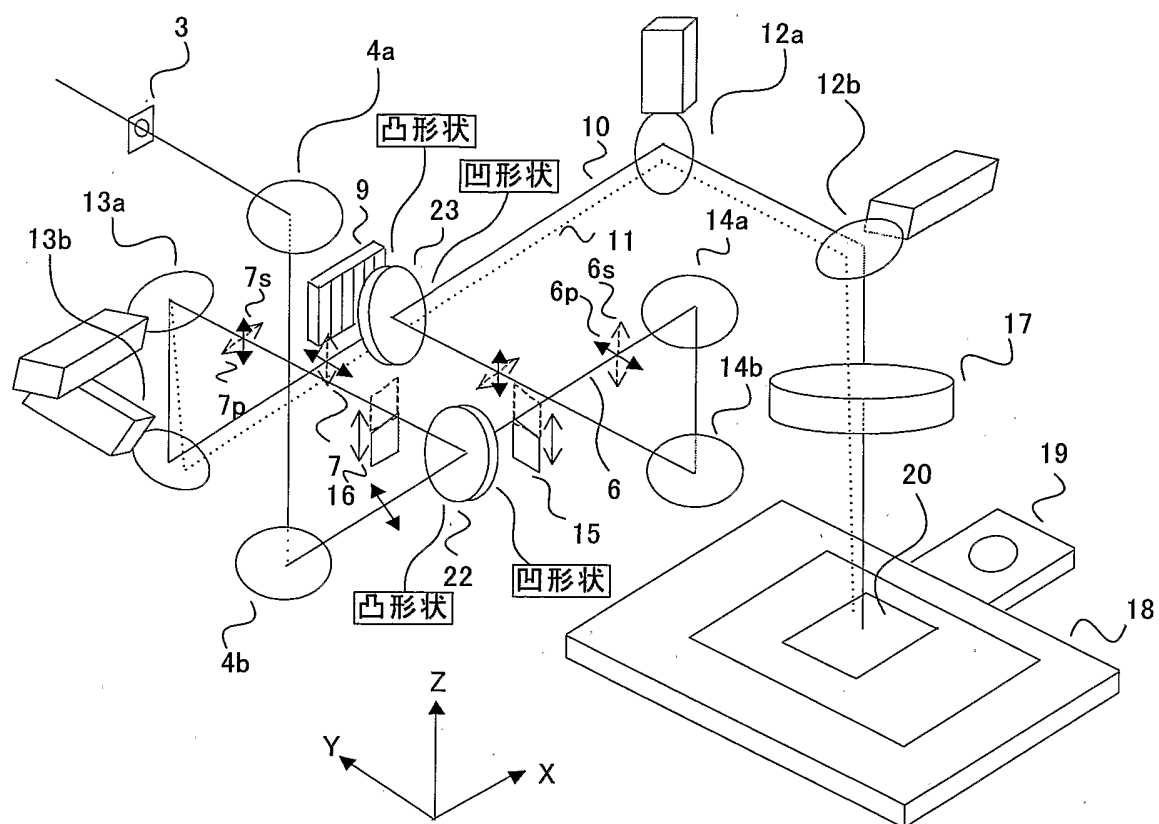
第 5 図



第 6 図



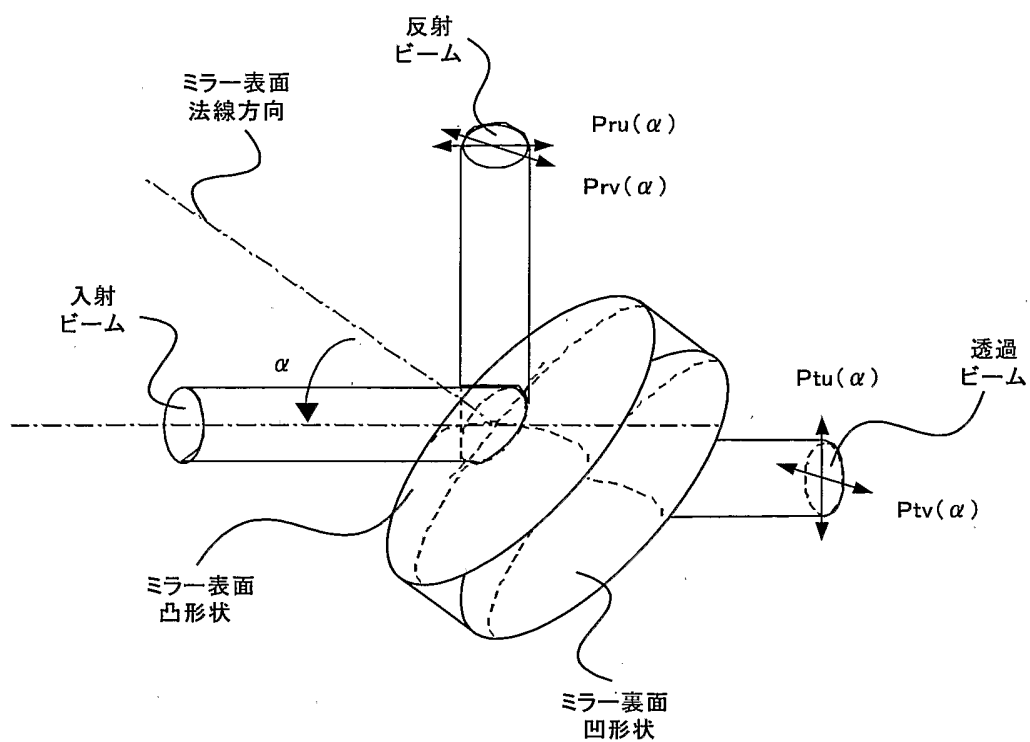
第 7 図



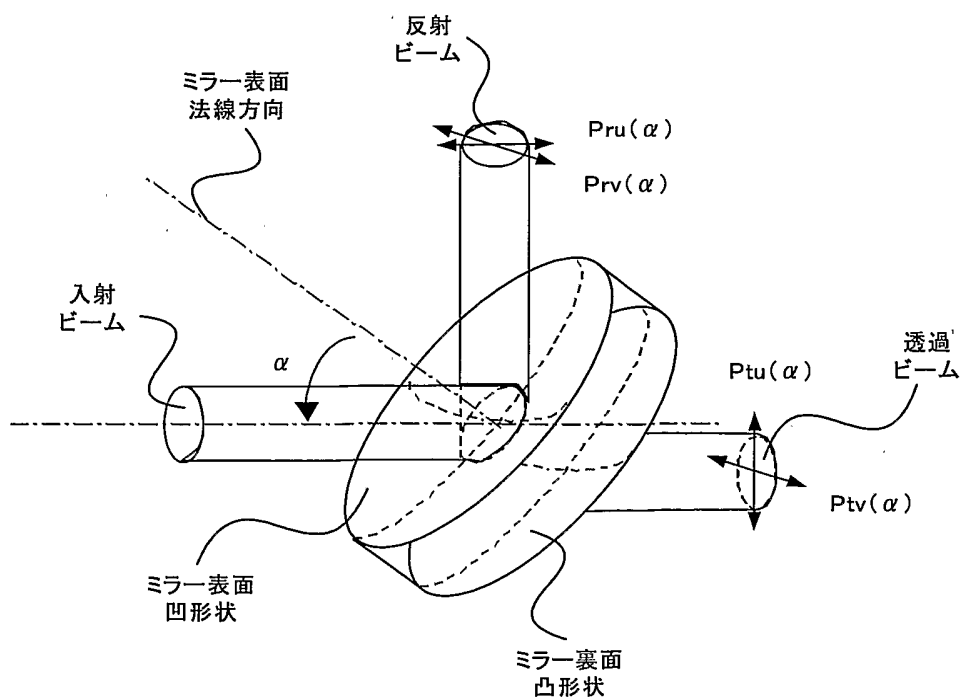
6 / 8

第 8 図

(a)

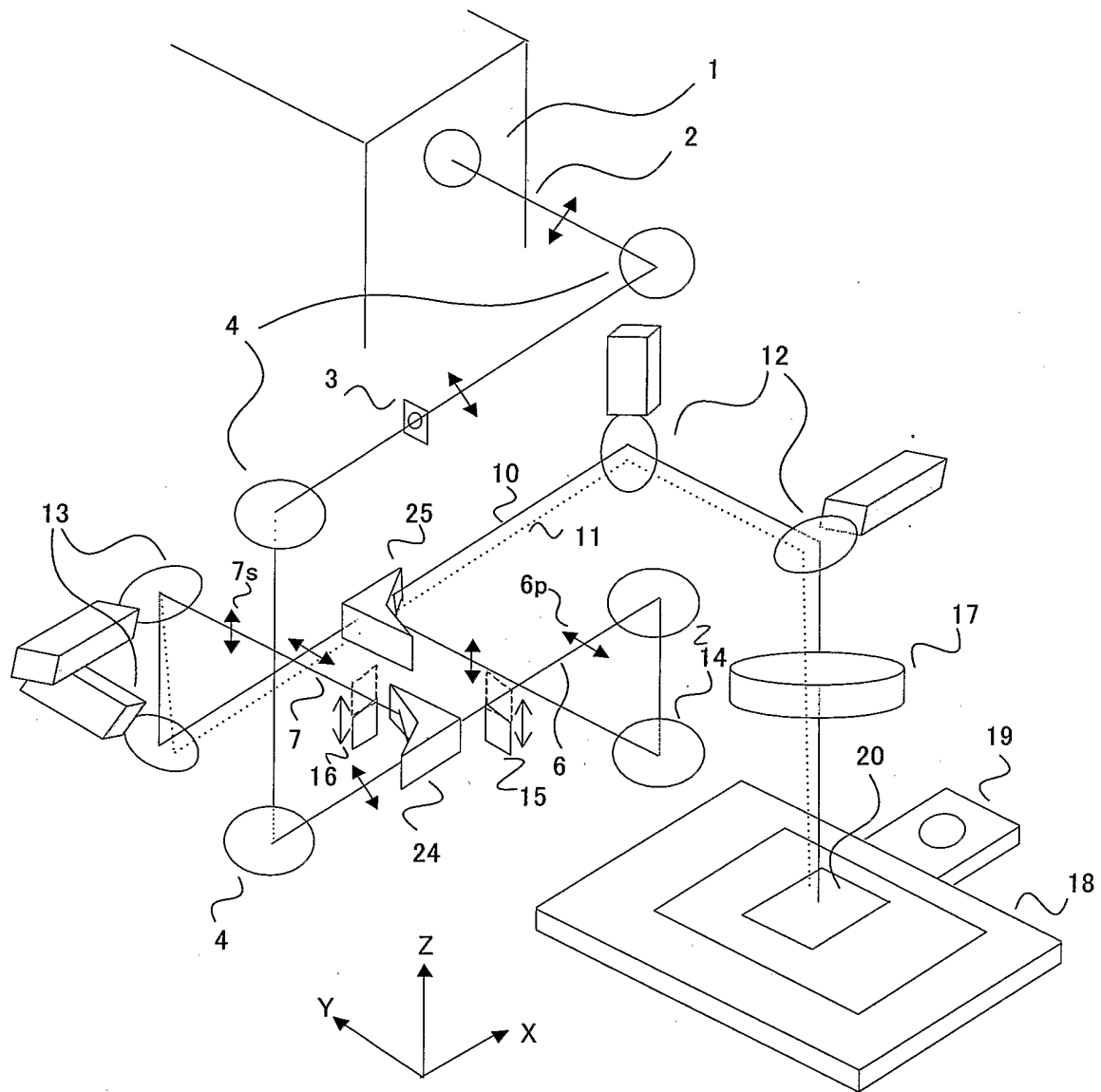


(b)

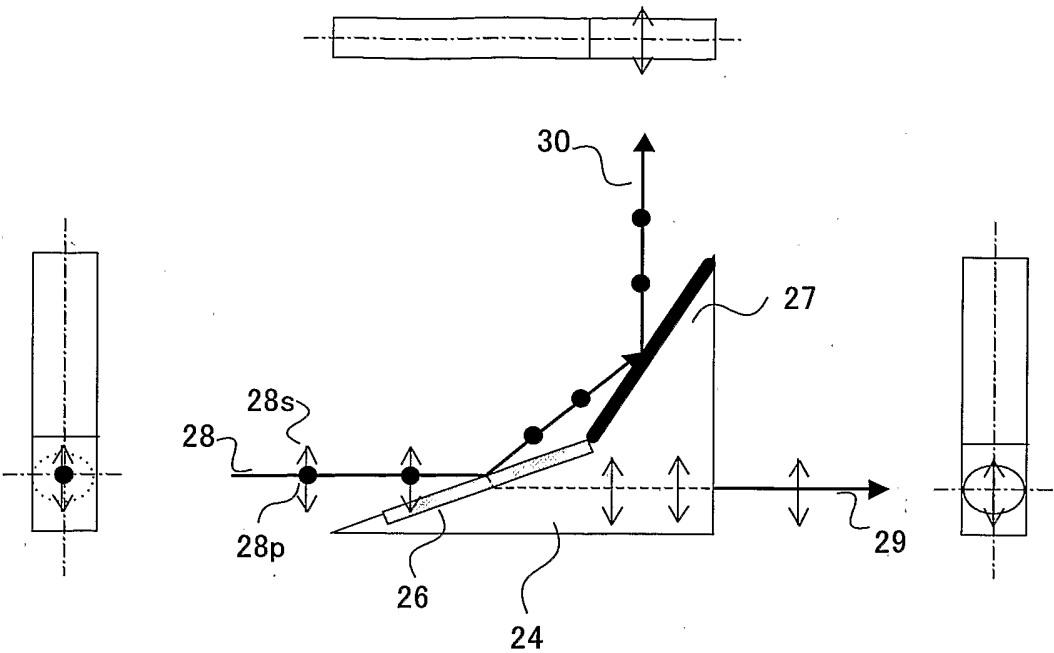


7 / 8

第 9 図



第 10 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/007893

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ B23K26/067, G02B26/10, G02B27/28

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)

Int.Cl.⁷ B23K26/067, G02B26/10, 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 1996-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

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.
<u>Y</u> <u>A</u>	WO 03/041904 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 22 May, 2003 (22.05.03), Full text; all drawings (Family: none)	<u>1-2</u> <u>3-12</u>
<u>Y</u> <u>A</u>	JP 2003-279337 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 02 October, 2003 (02.10.03), "Detailed Explanation of The Invention", Par. Nos. [0088], [0122]; Figs. 3, 9 & US 2003/0179366 A1	<u>1-2</u> <u>3-12</u>
<u>Y</u> <u>A</u>	JP 5-232317 A (Asahi Kogaku Kogyo Kabushiki Kaisha), 10 September, 1993 (10.09.93), "Detailed Explanation of The Invention", Par. Nos. [0010] to [0015], [0031]; Fig. 1 & US 5400179 A	<u>1-2</u> <u>3-12</u>



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

24 August, 2004 (24.08.04)

Date of mailing of the international search report

07 September, 2004 (07.09.04)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ B23K26/067, G02B26/10, G02B27/28

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. Cl⁷ B23K26/067, G02B26/10, 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	1971-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004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 請求の範囲の番号
<u>Y</u> A	WO 03/041904 A1 (三菱電機株式会社) 2003. 05. 22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	<u>1-2</u> 3-12
<u>Y</u> A	JP 2003-279337 A (オリンパス光学工業株式会社) 2003. 10. 02, 発明の詳細な説明【0088】、【0122】、第3, 9図 & US 2003/0179366 A1	<u>1-2</u> 3-12
<u>Y</u> A	JP 5-232317 A (旭光学株式会社) 1993. 09. 10, 発明の詳細な説明【0010】 - 【0015】、【0031】、第1図 & US 5400179 A	<u>1-2</u> 3-12

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ 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

24. 08. 2004

国際調査報告の発送日

07. 9. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

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)

加藤 昌人

3P

9257

電話番号 03-3581-1101 内線 3362