(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
2025年1月16日(16.01.2025)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2025/013243 A1

(51) 国際特許分類:
H01S 5/02255 (2021.01) *H01S 3/23* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/025727

(22) 国際出願日： 2023年7月12日(12.07.2023)

(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:三菱電機株式会社(**MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者:河▲崎▼ 正人(**KAWASAKI, Masato**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 藤井 宏昌(**FUJII, Hiromasa**); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目７番３号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

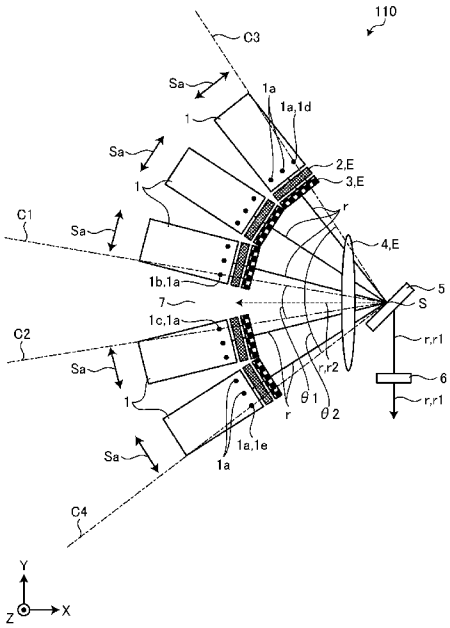
(74) 代理人:高村 順(**TAKAMURA, Jun**); 〒1000013 東京都千代田区霞が関３丁目８番１号 虎ノ門ダイビルイースト 弁理士法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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,

(54) **Title:** LASER DEVICE AND LASER PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称： レーザ装置およびレーザ加工装置



(57) **Abstract:** A laser device (110) is provided with: laser light sources (1) each having a light-emerging point (1a) from which a laser beam (r) emerges; an optical element (E); a transmission-type diffraction grating (5); and an output coupler (6). The transmission-type diffraction grating (5) is disposed at a convergence position (S) where the laser beams (r) emitted from the plurality of laser light sources (1) converge, and is disposed parallel to a direction perpendicular to a plane. A first gap (7) positioned on the optical path of a reflected primary diffracted light (r2) emerging from the transmission-type diffraction grating (5) is formed between two adjacent laser light sources (1) among the plurality of laser light sources (1). A first angle (θ1) formed by a virtual straight line (C1) that is disposed on one side across the first gap (7) and connects a light-emerging point (1b) closest to the first gap (7) and the convergence position (S), and a virtual straight line (C2) that is disposed on the other side across the first gap (7) and connects a light-emerging point (1c) closest to the first gap (7) and the convergence position (S) is at least 0.15 degrees.

WO 2025/013243 A1

［続葉有］

IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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：レーザ装置（１１０）は、レーザビーム（ｒ）を出射する発光点（１ａ）を有するレーザ光源（１）と光学素子（Ｅ）と透過型回折格子（５）と出力カプラ（６）とを備える。透過型回折格子（５）は、複数のレーザ光源（１）のそれぞれから出射されるレーザビーム（ｒ）が重なり合う重合位置（Ｓ）に配置されるとともに平面と垂直な方向に平行に配置される。複数のレーザ光源（１）のうち隣り合う２つのレーザ光源（１）の間には、透過型回折格子（５）から出射される反射１次回折光（ｒ２）の光路上に位置する第１の隙間（７）が形成される。第１の隙間（７）を挟んで一方に配置されて第１の隙間（７）に最も近い発光点（１ｂ）と重合位置（Ｓ）とを結んだ仮想直線（Ｃ１）と、第１の隙間（７）を挟んで他方に配置されて第１の隙間（７）に最も近い発光点（１ｃ）と重合位置（Ｓ）とを結んだ仮想直線（Ｃ２）とが成す第１の角度（θ１）は、０．１５度以上である。

明　細　書

発明の名称 ： レーザ装置およびレーザ加工装置

技術分野

[0001] 本開示は、レーザビームを出射するレーザ装置およびこのレーザ装置を備えるレーザ加工装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、複数のレーザ光源と光学素子と透過型回折格子と出力カプラとを備えるレーザ装置が知られている。レーザ光源は、レーザビームを出射する。光学素子は、レーザ光源から出射されたレーザビームをコリメートする。透過型回折格子は、光学素子から出射されたレーザビームのうち一部を同軸上に重畳して、同軸上に重畳したレーザビームを透過１次回折光として出射する。出力カプラは、透過型回折格子から出射された透過１次回折光の一部をレーザ光源に向かって反射するとともに透過型回折格子から出射された透過１次回折光の残部を出射する。

[0003] レーザビームが透過型回折格子に入射すると、透過１次回折光の他に反射１次回折光も透過型回折格子から出射される。反射１次回折光は透過１次回折光と同様に複数のレーザビームが同軸上に重畳された光であるため、反射１次回折光の光強度は比較的高い。反射１次回折光は、透過型回折格子からレーザ光源の方に向かって出射される。反射１次回折光がレーザ光源に照射されると、レーザ光源の損傷を招くという問題がある。特に、レーザ光源から出射されるレーザビームが高出力化されるほど反射１次回折光の出力も高まり、レーザ光源の損傷を誘発するため、反射１次回折光がレーザ光源に照射されることを抑制する技術が求められている。

[0004] 例えば、特許文献１には、同一の平面上に複数のレーザ光源および透過型回折格子を配置するとともに、同一の平面と垂直な方向に対して透過型回折格子を傾斜させる技術が開示されている。特許文献１に開示された技術では、透過型回折格子から出射された反射１次回折光が同一の平面と垂直な方向

でレーザ光源からずれた位置を通過するため、反射１次回折光がレーザ光源に照射されることを抑制できる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特表２０２１－５２４１６１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献１に開示されているように同一の平面と垂直な方向に対して透過型回折格子を傾斜させると、透過型回折格子から出射された透過１次回折光の捻れ、傾きなどが発生するため、出力カプラから出射されるレーザビームの品質が悪化するという問題がある。

[0007] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、反射１次回折光による光源の損傷を抑制しつつ、レーザビームの品質の悪化を抑制することができるレーザ装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示にかかるレーザ装置は、同一の平面上に並べられて配置されて、レーザビームを出射する１つまたは複数の発光点を有する複数のレーザ光源と、複数のレーザ光源のそれぞれから出射されたレーザビームをコリメートする光学素子と、を備えている。また、本開示にかかるレーザ装置は、光学素子から出射されたレーザビームの一部を同軸上に重畳して、同軸上に重畳したレーザビームを透過１次回折光として出射する透過型回折格子と、透過型回折格子から出射された透過１次回折光の一部をレーザ光源に向かって反射するとともに透過型回折格子から出射された透過１次回折光の残部を出射する出力カプラと、を備えている。複数のレーザ光源のそれぞれから出射されるレーザビームは、各レーザ光源から離れた位置で重なり合っている。透過型回折格子は、複数のレーザ光源のそれぞれから出射されるレーザビームが重なり合う重合位置に配置

されるとともに、同一の平面と垂直な方向に平行に配置されている。複数のレーザ光源のうち隣り合う２つのレーザ光源の間には、透過型回折格子から出射される反射１次回折光の光路上に位置する第１の隙間が形成されている。第１の隙間を挟んで一方に配置されて第１の隙間に最も近い発光点と重合位置とを結んだ仮想直線と、第１の隙間を挟んで他方に配置されて第１の隙間に最も近い発光点と重合位置とを結んだ仮想直線とが成す第１の角度は、０．１５度以上である。

発明の効果

[0009] 本開示にかかるレーザ装置は、反射１次回折光による光源の損傷を抑制しつつ、レーザビームの品質の悪化を抑制することができる、という効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施の形態１にかかるレーザ装置を備えるレーザ加工装置を示した模式図

[図2]実施の形態１にかかるレーザ装置を示した模式図

[図3]実施の形態１にかかるレーザ装置を示した模式図であって、図２のＹ軸方向に沿って見たときの図

[図4]実施の形態１にかかる第１の速軸コリメートレンズおよび遅軸コリメートレンズの作用を説明するための斜視図

[図5]実施の形態１にかかる第１の速軸コリメートレンズの作用を説明するための図であって、図４のＹ軸方向に沿って見たときの図

[図6]実施の形態１にかかる遅軸コリメートレンズの作用を説明するための図であって、図４のＺ軸方向に沿って見たときの図

[図7]実施の形態１にかかるレーザ光源の周辺の構成の一例を示した斜視図

[図8]実施の形態１にかかるレーザ光源の周辺の構成の一例を示した側面図

[図9]実施の形態２にかかるレーザ装置を示した模式図

[図10]実施の形態３にかかるレーザ装置を示した模式図

[図11]実施の形態４にかかるレーザ装置を示した模式図

[図12]実施の形態５にかかるレーザ装置を示した模式図

[図13]実施の形態６にかかるレーザ装置を示した模式図

[図14]実施の形態７にかかるレーザ装置を示した模式図

[図15]実施の形態７にかかるレーザ装置を示した模式図であって、図１４のＹ軸方向に沿って見たときの図

[図16]実施の形態８にかかるレーザ装置を示した模式図

[図17]実施の形態８にかかるレーザ装置のビーム回転素子を示した斜視図

発明を実施するための形態

[0011] 以下に、実施の形態にかかるレーザ装置およびレーザ加工装置を図面に基づいて詳細に説明する。

[0012] 実施の形態１.

図１は、実施の形態１にかかるレーザ装置１１０を備えるレーザ加工装置１００を示した模式図である。レーザ加工装置１００は、レーザビームｒを被加工物１４０に照射することにより被加工物１４０を加工する装置である。加工とは、例えば、切断、溶接、穴あけである。被加工物１４０は、例えば、金属板、基板である。レーザ加工装置１００は、レーザ装置１１０と、伝搬部材１２０と、加工ヘッド１３０と、加工テーブル１５０とを備えている。

[0013] レーザ装置１１０は、レーザビームｒを出射する。レーザ装置１１０の詳細については後記する。伝搬部材１２０は、レーザ装置１１０から出射されたレーザビームｒを伝搬する。レーザ装置１１０から出射されたレーザビームｒは、伝搬部材１２０を介して加工ヘッド１３０へと伝搬される。伝搬部材１２０は、例えば、ビーム伝送光路、光ファイバである。

[0014] 加工ヘッド１３０は、伝搬部材１２０から伝搬されたレーザビームｒを集光して被加工物１４０上に照射する。レーザビームｒが照射された被加工物１４０は、燃焼、溶融、あるいは、昇華される。これにより、被加工物１４０には、切断、溶接、穴あけなどの加工が施される。

[0015] 加工テーブル１５０は、被加工物１４０を保持するとともに、被加工物１

４０の位置を移動させる役割を果たす。加工テーブル１５０は、被加工物１４０を吸着するなどの方法により、被加工物１４０を保持する。加工テーブル１５０は、例えば、２軸方向に移動可能であって、被加工物１４０を２軸方向に移動可能である。なお、図示したレーザ加工装置１００の構成は一例であって、適宜変更してもよい。例えば、レーザ装置１１０は、一般に知られるレーザ加工装置と組み合わせることによって３Ｄプリンタなどに適用されてもよい。

[0016] 次に、レーザ装置１１０の詳細について説明する。図２は、実施の形態１にかかるレーザ装置１１０を示した模式図である。図３は、実施の形態１にかかるレーザ装置１１０を示した模式図であって、図２のＹ軸方向に沿って見たときの図である。図４は、実施の形態１にかかる第１の速軸コリメートレンズ２および遅軸コリメートレンズ３の作用を説明するための斜視図である。図５は、実施の形態１にかかる第１の速軸コリメートレンズ２の作用を説明するための図であって、図４のＹ軸方向に沿って見たときの図である。図６は、実施の形態１にかかる遅軸コリメートレンズ３の作用を説明するための図であって、図４のＺ軸方向に沿って見たときの図である。なお、以下の説明において方向を説明するときは、図２に示されるＸ軸方向、Ｙ軸方向、および、Ｚ軸方向に従う。図２に示されるＸ軸方向とＹ軸方向とＺ軸方向とは、互いに垂直な方向である。

[0017] レーザ装置１１０は、複数のレーザ光源１と、光学素子Ｅと、透過型回折格子５と、出力カプラ６とを備えている。

[0018] レーザ光源１は、レーザビームｒを出射する部材である。複数のレーザ光源１は、同一の平面上に並べられて配置されて、レーザビームｒを出射する複数の発光点１ａを有している。図２以降では、理解の容易化のため、各レーザ光源１から出射されるレーザビームｒを１本の線で描画しているが、実際には、各レーザ光源１の複数の発光点１ａのそれぞれから複数のレーザビームｒが出射される。複数のレーザ光源１は、ＸＹ面内に配置されている。なお、以下の説明において、後記する第１の隙間７を挟んで一方に配置され

て第１の隙間７に最も近い発光点１ａを発光点１ｂと称する。また、第１の隙間７を挟んで他方に配置されて第１の隙間７に最も近い発光点１ａを発光点１ｃと称する。また、第１の隙間７を挟んで一方に配置されて第１の隙間７に最も遠い発光点１ａを発光点１ｄと称する。また、第１の隙間７を挟んで他方に配置されて第１の隙間７に最も遠い発光点１ａを発光点１ｅと称する。

[0019] 複数のレーザ光源１のそれぞれから出射されるレーザビームｒは、各レーザ光源１から離れた位置で重なり合っている。各レーザビームｒは、透過型回折格子５上で重なり合っている。以下、各レーザビームｒが重なり合う位置を重合位置Ｓと称する。各レーザビームｒが透過型回折格子５上で重なり合うとは、各レーザビームｒが透過型回折格子５上の一点で重なり合う状態の他、各レーザビームｒが透過型回折格子５上で近接する状態を含む。近接する状態とは、透過型回折格子５における各レーザビームｒの回折によって各レーザビームｒの１次光を同軸上に重畳することが可能な程度に近接していることを指す。複数のレーザ光源１は、本実施の形態では重合位置Ｓを中心としたひとつの円弧上に配置されているが、重合位置Ｓを中心とした略ひとつの円弧上に配置されていてもよい。なお、本開示の中で略ひとつの円弧上に配置とは、レーザ光源１の配置において一定の誤差が許容されることを意味する。そして、前記一定の誤差の範囲は、本開示の効果を奏することができる範囲を意味する。すなわち、複数の発光点１ａのそれぞれから出射されるレーザビームｒを重畳して、切断加工、溶接加工などのレーザ加工の目的のために、必要な特性を持つレーザビームｒが得られる範囲であれば、レーザ光源１の位置は重合位置Ｓを中心としたひとつの円弧上からずれていてもよいものとする。したがって、光学設計の要求によるレーザ光源１のずれや、製品の製造に際して生ずる加工公差、配置作業によるレーザ光源１のずれがあっても、略ひとつの円弧上の範囲に含まれるものとする。重合位置Ｓからのレーザ光源１の距離を変えて、レーザビームｒの出力、レーザビームｒの品質などの変化を調べると、多くの場合、重合位置Ｓからのレーザ光源

１の距離は少なくとも±５％程度のばらつきであれば許容される。ここで、光学的設計の要求によるレーザ光源１のずれとは、複数のレーザ光源１の光学的な動作特性を均等化するために、光学設計において意図的に設けられる重合位置Ｓからの各レーザ光源１の距離のずれである。

[0020] レーザ光源１は、本実施の形態では半導体レーザバーである。図２に示されるレーザ光源１は、レーザビームｒを出射する複数の発光点１ａを有する半導体レーザアレイ素子である。各レーザ光源１の発光点１ａの数は、本実施の形態では３個であるが、適宜変更してもよい。レーザ光源１は、後記する第１の隙間７を挟んで一方と他方とに配置されている。レーザ光源１の数は、本実施の形態では５個であるが、５個以外の複数でもよい。レーザ光源１は、第１の隙間７を挟んで一方と他方とに少なくとも１つずつ配置されていればよい。

[0021] 複数のレーザ光源１のうち隣り合う２つのレーザ光源１の間には、第１の隙間７が形成されている。第１の隙間７は、透過型回折格子５から出射される反射１次回折光ｒ２の光路上に位置する。本実施の形態では、第１の隙間７は、図２の紙面上側から３番目のレーザ光源１と図２の紙面上側から４番目のレーザ光源１との間に形成されているが、第１の隙間７の位置は、レーザ光源１の数と反射１次回折光ｒ２の光路とにより適宜変更される。

[0022] 第１の隙間７を挟んで一方に配置されて第１の隙間７に最も近い発光点１ｂと重合位置Ｓとを結んだ仮想直線を仮想直線Ｃ１とする。一方、第１の隙間７を挟んで他方に配置されて第１の隙間７に最も近い発光点１ｃと重合位置Ｓとを結んだ仮想直線をＣ２とする。仮想直線Ｃ１と仮想直線Ｃ２とが成す第１の角度θ１は、０．１５度以上である。また、第１の角度θ１は、１．０度以下であることが好ましい。第１の隙間７を挟んで一方に配置されて第１の隙間７に最も遠い発光点１ｄと重合位置Ｓとを結んだ仮想直線を仮想直線Ｃ３とする。一方、第１の隙間７を挟んで他方に配置されて第１の隙間７に最も遠い発光点１ｅと重合位置Ｓとを結んだ仮想直線を仮想直線Ｃ４とする。仮想直線Ｃ３と仮想直線Ｃ４とが成す第２の角度θ２は、５度以上で

あることが好ましい。

[0023] 光学素子Ｅは、複数のレーザ光源１のそれぞれから出射されたレーザビームｒをコリメートする部材である。光学素子Ｅは、透過型回折格子５に入射する各レーザビームｒの入射角のばらつきを低減させる役割を果たす。レーザ装置１１０が光学素子Ｅを備えることにより、レーザビームｒの利用効率を高めることができる。光学素子Ｅは、複数の第１の速軸コリメートレンズ２と、複数の遅軸コリメートレンズ３と、第２の速軸コリメートレンズ４とを有している。第１の速軸コリメートレンズ２、複数の遅軸コリメートレンズ３および第２の速軸コリメートレンズ４は、シリンドリカルレンズである。

[0024] 複数の第１の速軸コリメートレンズ２は、複数のレーザ光源１のそれぞれに設けられて、複数のレーザ光源１のそれぞれから出射されたレーザビームｒを速軸方向にコリメートする部材である。複数の第１の速軸コリメートレンズ２は、複数のレーザ光源１のそれぞれに１つずつ設けられている。速軸方向は、本実施の形態ではＺ軸方向に平行な方向である。図４および図５に示すように、第１の速軸コリメートレンズ２は、レーザビームｒのＺ軸方向への発散角を小さくする。

[0025] 図２に示すように、複数の遅軸コリメートレンズ３は、複数のレーザ光源１のそれぞれに設けられて、複数の第１の速軸コリメートレンズ２のそれぞれから出射されたレーザビームｒを遅軸方向にコリメートする部材である。複数の遅軸コリメートレンズ３は、複数のレーザ光源１のそれぞれに１つずつ設けられている。遅軸方向は、本実施の形態ではＸＹ面内において発光点１ａが並んでいる方向である。図２には、矢印Ｓａにより遅軸方向を図示している。図４および図６に示すように、遅軸コリメートレンズ３は、レーザビームｒの遅軸方向への発散角を小さくする。

[0026] 図２に示すように、第２の速軸コリメートレンズ４は、複数の遅軸コリメートレンズ３のそれぞれから出射されたレーザビームｒを速軸方向にコリメートする部材である。すなわち、第２の速軸コリメートレンズ４は、複数の

遅軸コリメートレンズ３のそれぞれから出射された後に速軸方向に拡がった各レーザビームｒを速軸方向に再度コリメートする。第２の速軸コリメートレンズ４には、複数の遅軸コリメートレンズ３のそれぞれから出射されたレーザビームｒが入射する。第２の速軸コリメートレンズ４は、第１の速軸コリメートレンズ２と同様に、レーザビームｒのＺ軸方向への発散角を小さくする。

[0027] 透過型回折格子５は、光学素子Ｅから出射されたレーザビームｒの一部を同軸上に重畳して、同軸上に重畳したレーザビームｒを透過１次回折光ｒ１として出射する部材である。透過型回折格子５は、波長分散性によって、光学素子Ｅから出射された複数のレーザビームｒのそれぞれをＸＹ面内にて回折し、次数毎に分離する。透過型回折格子５は、複数のレーザビームｒのそれぞれの１次光を同軸上に重畳して透過１次回折光ｒ１として出射する。透過１次回折光ｒ１は、出力カプラ６に向かって出射される。また、透過型回折格子５は、透過１次回折光ｒ１の出射方向とは異なる方向に反射１次回折光ｒ２を出射する。反射１次回折光ｒ２は、レーザ光源１の方に向かって出射される。

[0028] 透過型回折格子５は、複数のレーザ光源１のそれぞれから出射されるレーザビームｒが重なり合う重合位置Ｓに配置されている。透過型回折格子５は、ＸＹ面内においてＸ軸方向およびＹ軸方向に傾斜している。図３に示すように、レーザ光源１と透過型回折格子５とは、ＸＹ面内において同一の平面上に配置されている。透過型回折格子５は、複数のレーザ光源１が配置される同一の平面と垂直な方向に平行に配置されている。同一の平面と垂直な方向とは、本実施の形態ではＺ軸方向である。透過型回折格子５は、Ｚ軸方向に平行に配置されている。なお、本実施の形態では、レーザ光源１、第１の速軸コリメートレンズ２、遅軸コリメートレンズ３、第２の速軸コリメートレンズ４、透過型回折格子５および出力カプラ６は、ＸＹ面内において同一の平面上に配置されている。

[0029] 図２に示すように、出力カプラ６は、透過型回折格子５から出射された透

過１次回折光ｒ１の一部をレーザ光源１に向かって反射するとともに透過型回折格子５から出射された透過１次回折光ｒ１の残部を出射する部材である。図２では、出力カプラ６から出射する透過１次回折光ｒ１の残部のみを図示している。出力カプラ６は、例えば、部分反射ミラーである。

[0030] 複数のレーザ光源１と出力カプラ６とは、共振器を構成している。複数のレーザ光源１から出射されたレーザビームｒは、レーザ光源１と出力カプラ６との間で反射を繰り返して増幅される。増幅されたレーザビームｒの一部は、出力カプラ６からレーザ装置１１０の外部へと出射されて、図１に示される伝搬部材１２０を介して加工ヘッド１３０へと伝搬される。

[0031] 次に、図７および図８を参照して、レーザ光源１および第１の速軸コリメートレンズ２の周辺の構成について説明する。図７は、実施の形態１にかかるレーザ光源１の周辺の構成の一例を示した斜視図である。図８は、実施の形態１にかかるレーザ光源１の周辺の構成の一例を示した側面図である。

[0032] 図７および図８に示すように、レーザ光源１および第１の速軸コリメートレンズ２の周辺には、第１の給電部材８と第２の給電部材１０と絶縁板１１と電線１２とが配置されている。

[0033] 図７に示すように、第１の給電部材８は、レーザ光源１に電力を供給する部材である。第１の給電部材８の形状は、本実施の形態では直方体状であるが、適宜変更してもよい。第１の給電部材８のうちＺ軸方向の一端面には、レーザ光源１が設置されている。第１の速軸コリメートレンズ２は、第１の給電部材８のうちＸ軸方向の一端面に接着剤などにより固定されている。第１の速軸コリメートレンズ２は、レーザ光源１の出射面を覆っている。図８に示すように、第１の給電部材８の内部には、レーザ光源１を冷却するための冷却機構９が設けられている。冷却機構９は、例えば、冷却水が流れる冷却水路である。

[0034] 図７に示すように、第２の給電部材１０は、レーザ光源１に電力を供給する部材である。第２の給電部材１０の形状は、本実施の形態では直方体状であるが、適宜変更してもよい。第２の給電部材１０のサイズは、第１の給電

部材８のサイズよりも小さい。第２の給電部材１０は、第１の給電部材８のうちＺ軸方向の一端面に設置されている。第２の給電部材１０とレーザ光源１とは、Ｘ軸方向に互いに離れて設置されている。第２の給電部材１０とレーザ光源１とは、複数本の電線１２を介して、電気的に接続されている。第１の給電部材８と第２の給電部材１０との間には、両者を電気的に絶縁する絶縁板１１が設置されている。なお、図示したレーザ光源１および第１の速軸コリメートレンズ２の周辺の構成は一例であって、適宜変更してもよい。

[0035] 次に、本実施の形態にかかるレーザ装置１１０の効果について説明する。

[0036] 本実施の形態では、図２に示すように、複数のレーザ光源１のうち隣り合う２つのレーザ光源１の間には、透過型回折格子５から出射される反射１次回折光ｒ２の光路上に位置する第１の隙間７が形成されている。また、本実施の形態では、第１の隙間７を挟んで一方に配置されて第１の隙間７に最も近い発光点１ｂと重合位置Ｓとを結んだ仮想直線Ｃ１と、第１の隙間７を挟んで他方に配置されて第１の隙間７に最も近い発光点１ｃと重合位置Ｓとを結んだ仮想直線Ｃ２とが成す第１の角度θ１は、０．１５度以上である。これらの構成により、反射１次回折光ｒ２が第１の隙間７を通過してレーザ光源１に照射されないため、反射１次回折光ｒ２によるレーザ光源１の損傷を抑制することができる。また、前記した構成により、反射１次回折光ｒ２が第１の隙間７を通過して第１の速軸コリメートレンズ２および遅軸コリメートレンズ３に照射されないため、反射１次回折光ｒ２による第１の速軸コリメートレンズ２および遅軸コリメートレンズ３の損傷も抑制することができる。本出願人の実験および研究によれば、レーザ光源１および光学素子Ｅの位置ずれ、角度ずれなどの影響により反射１次回折光ｒ２の光路が変化することが判明した。本実施の形態のように第１の角度θ１が０．１５度以上であると、前記した位置ずれ、角度ずれなどの影響により反射１次回折光ｒ２の光路が変化した場合でも、反射１次回折光ｒ２が第１の隙間７を通過するため、反射１次回折光ｒ２がレーザ光源１に照射されることを抑制できる。一方、第１の角度θ１が１．０度以下であると、第１の隙間７の増大を抑制

して複数のレーザ光源１をコンパクトに配置することができるため、レーザ装置１１０の大型化を抑制することができる。

[0037] レーザビームｒの高出力化を図る上で、少なくともレーザ光源１に反射１次回折光ｒ２が照射されることを抑制する必要がある。一方で、図７および図８に示されるレーザ光源１の周辺に配置される第１の給電部材８、第２の給電部材１０、冷却機構９などに反射１次回折光ｒ２が照射されないようにすることが好ましい。また、第１の給電部材８における第１の速軸コリメートレンズ２の固定部分の接着剤にも反射１次回折光ｒ２が照射されないようにすることが好ましい。レーザ光源１の周辺に配置される第１の給電部材８などに反射１次回折光ｒ２が照射されないようにするためには、図２に示される第１の角度θ１を適宜調整すればよい。

[0038] 本実施の形態では、図３に示すように、透過型回折格子５は、複数のレーザ光源１が並べられて配置される同一の平面と垂直な方向に平行に配置されている。この構成により、透過型回折格子５から出射した透過１次回折光ｒ１の捻れ、傾きなどが発生しにくいため、出力カプラ６から出射されるレーザビームｒの品質を高めることができる。つまり、本実施の形態では、反射１次回折光ｒ２によるレーザ光源１の損傷を抑制しつつ、レーザビームｒの品質の悪化を抑制することができるレーザ装置１１０を得られる。

[0039] 本実施の形態では、図２に示すように、第１の隙間７を挟んで両側にレーザ光源１が配置されている。この構成により、第１の隙間７の片側のみにレーザ光源１を配置する場合に比べて、レーザ光源１の数を増やせるため、レーザビームｒの総出力を高めることができる。

[0040] 本実施の形態では、図２に示すように、レーザ光源１は、複数の発光点１ａを有する半導体レーザアレイ素子である。この構成により、レーザ装置１１０のレーザビームｒの高出力化を実現することができる。

[0041] 本実施の形態では、図２に示すように、光学素子Ｅは、複数の第１の速軸コリメートレンズ２と、複数の遅軸コリメートレンズ３と、第２の速軸コリメートレンズ４とを有する構成である。この構成により、透過型回折格子５

に入射する各レーザビームｒの入射角のばらつきを低減させることができるため、レーザビームｒの利用効率を高めることができる。一方で、前記した光学素子Ｅの構成により、反射１次回折光ｒ２がレーザ光源１の方に集光されやすくなるため、反射１次回折光ｒ２によるレーザ光源１の損傷が発生しやすくなるというデメリットが生じる。この点、本実施の形態では、反射１次回折光ｒ２の光路上に位置する第１の隙間７が形成されること、および、第１の角度θ１が０．１５度以上であることにより、反射１次回折光ｒ２が第１の隙間７を通過してレーザ光源１に照射されないため、反射１次回折光ｒ２によるレーザ光源１の損傷を抑制することができる。つまり、前記した光学素子Ｅの構成によるデメリットを解消することができる。これにより、本実施の形態では、レーザビームｒの利用効率を高めてレーザ装置１１０のレーザビームｒの高出力化を実現しつつ反射１次回折光ｒ２によるレーザ光源１の損傷を抑制することができる。

[0042] なお、本実施の形態にかかるレーザ装置１１０は、波長ビーム結合（Wavelength Beam Combining：ＷＢＣ）技術においてレーザビームｒの高出力化を実現するために用いられることが好ましい。このような目的で本実施の形態にかかるレーザ装置１１０を用いる場合には、以下に示す４つの条件を満たすことが好ましい。

（１）出力カプラ６から出射されるレーザビームｒの出力は、２ｋＷ以上。

（２）レーザ光源１の数は、１２個以上。

（３）透過型回折格子５から出射される透過１次回折光ｒ１の回折角は、６０度以上。

（４）透過型回折格子５に入射するレーザビームｒの第２の角度θ２は、５度以上。

[0043] はじめに、前記した（１）の条件の根拠について説明する。反射１次回折光ｒ２は、出力カプラ６から出射されるレーザビームｒの出力の約１％に相当する出力を有する。本出願人の実験および研究によれば、反射１次回折光ｒ２の出力が２０Ｗを超えると、レーザ光源１などの損傷が顕在化すること

が分かっている。このことから、出力カプラ６から出射されるレーザビームｒの出力は２ｋW以上であることが好ましい。

[0044] 続いて、前記した（２）の条件の根拠について説明する。波長ビーム結合技術においてレーザ加工に適するような高出力化が可能になるレーザ光源１としては、幅１０ｍｍの半導体チップに複数の発光点１ａが一体成形された半導体レーザバーが有用かつ一般的である。市場で入手可能な半導体レーザバーの出力の上限は、現状２００W程度である。半導体レーザバーを波長ビーム結合技術に用いる場合には、出力カプラ６から出射されるレーザビームｒの出力が半導体レーザバーの出力から２割程度減少する。この減少分を考慮すると、出力カプラ６から出射されるレーザビームｒの出力が２ｋW以上になるためには、下記式（１）より半導体レーザバーの数は１２．５個であることが好ましく、小数点以下を省略して１２個以上であることがより好ましい。

２ｋW／（２００W×０．８）＝１２．５・・・（１）

[0045] 続いて、前記した（３）の条件の根拠について説明する。より狭い波長範囲でレーザビームｒの波長ビーム結合を行うためには、透過１次回折光ｒ１の回折角を大きくして波長分解能を上げることが好ましい。例えば、近赤外域の波長９８０ｎｍ付近のレーザビームｒに適用可能な透過型回折格子５としては、溝本数が約２０００本／ｍｍのものが理論的に限界であり、溝本数が約１８５０本／ｍｍのものが市場で入手可能な製品の限界である。溝本数が約１８５０本／ｍｍの透過型回折格子５を用いる場合には、透過型回折格子５の回折効率が最大となる透過型回折格子５の回折角は約６５度である。このことから、透過型回折格子５から出射される透過１次回折光ｒ１の回折角は６０度以上であることが好ましい。なお、当該条件の透過型回折格子５の回折角の数値は、使用波長帯域を、例えば、青色レーザの４５０ｎｍ付近に変更した場合にも同等の値となる。

[0046] 最後に、前記した（４）の条件の根拠について説明する。例えば、透過１次回折光ｒ１の回折角が６０度で第２の角度θ２が５度未満である構成にお

いて、透過型回折格子５へのレーザビームｒの入射角を５５度から５９度の範囲に設定することにより、効率的な波長ビーム結合を行いつつ反射１次回折光ｒ２がレーザ光源１に照射されることを抑制できる。ただし、当該構成で出力カプラ６から出射されるレーザビームｒの出力が２ｋＷ以上になるためには、レーザ光源１と透過型回折格子５との距離を２ｍ以上離す必要があり、レーザ加工装置１００向けのレーザ装置１１０のサイズなどを考慮すると、レーザ光源１と透過型回折格子５との距離を２ｍ以上離すことを実現するのは困難である。このことから、透過型回折格子５に入射するレーザビームｒの第２の角度θ２は５度以上であることが好ましい。

[0047] 次に、実施の形態１の変形例について説明する。

[0048] 本実施の形態では、図２に示されるレーザ光源１が半導体レーザアレイ素子であったが、半導体レーザアレイ素子以外の半導体レーザバーであってもよい。レーザ光源１は、例えば、１つの発光点１ａを有する端面発光型の半導体レーザバーでもよいし、１つまたは複数の発光点１ａを有する面発光型の半導体レーザバーでもよい。

[0049] 本実施の形態では、図２に示される光学素子Ｅは、複数の第１の速軸コリメートレンズ２と複数の遅軸コリメートレンズ３と第２の速軸コリメートレンズ４とを有しているが、光学素子Ｅの構成は適宜変更してもよい。例えば、光学素子Ｅから第２の速軸コリメートレンズ４を省略してもよい。

[0050] 実施の形態２.

次に、図９を参照して、実施の形態２にかかるレーザ装置１１０Ａについて説明する。図９は、実施の形態２にかかるレーザ装置１１０Ａを示した模式図である。本実施の形態では、レーザ装置１１０Ａが出力モニタ部材１３をさらに備える点が前記した実施の形態１と相違する。なお、実施の形態２では、前記した実施の形態１と重複する部分については、同一符号を付して説明を省略する。

[0051] 出力モニタ部材１３は、第１の隙間７に配置されて、反射１次回折光ｒ２の出力変動を測定する部材である。出力モニタ部材１３は、例えば、サーモ

パイルセンサである。出力モニタ部材１３は、反射１次回折光ｒ２が入射する入射面１３ａを有している。入射面１３ａは、Ｚ軸方向およびＹ軸方向に平行な平面である。入射面１３ａは、反射１次回折光ｒ２の光軸に対して垂直な面である。

[0052] 次に、本実施の形態にかかるレーザ装置１１０Ａの効果について説明する。

[0053] 本実施の形態では、レーザ装置１１０Ａは、第１の隙間７に配置されて反射１次回折光ｒ２の出力変動を測定する出力モニタ部材１３をさらに備えている。この構成により、透過１次回折光ｒ１に比べて出力が低い反射１次回折光ｒ２を利用して、透過１次回折光ｒ１の出力変動を間接的にモニタリングすることができる。

[0054] なお、出力モニタ部材１３は、フォトダイオードであってもよい。このようにすると、反射１次回折光ｒ２の出力変動を高速に測定することができる。

[0055] 実施の形態３．

次に、図１０を参照して、実施の形態３にかかるレーザ装置１１０Ｂについて説明する。図１０は、実施の形態３にかかるレーザ装置１１０Ｂを示した模式図である。本実施の形態では、レーザ装置１１０Ｂが遮蔽部材１４をさらに備える点が前記した実施の形態１，２と相違する。なお、実施の形態３では、前記した実施の形態１，２と重複する部分については、同一符号を付して説明を省略する。図１０では、出力モニタ部材１３および遮蔽部材１４以外の部材を省略している。

[0056] 遮蔽部材１４は、出力モニタ部材１３に設置されて、入射面１３ａの周囲を囲んでいる。遮蔽部材１４は、入射面１３ａの周縁に沿って延びる筒状の部材である。遮蔽部材１４は、出力モニタ部材１３の入射面１３ａに斜めから入射する光Ｍを遮蔽する役割を果たす。斜めから入射する光Ｍは、出力モニタ部材１３の周辺の散乱光などであり、出力モニタ部材１３の測定対象ではない光である。

[0057] 次に、本実施の形態にかかるレーザ装置１１０Ｂの効果について説明する。

[0058] 本実施の形態では、レーザ装置１１０Ｂは、出力モニタ部材１３に設置されて、入射面１３ａの周囲を囲む遮蔽部材１４をさらに備えている。この構成により、出力モニタ部材１３の入射面１３ａに斜めから入射する光Ｍを遮蔽することができるため、反射１次回折光ｒ２の出力変動の測定精度を向上させることができる。

[0059] 実施の形態４.

次に、図１１を参照して、実施の形態４にかかるレーザ装置１１０Ｃについて説明する。図１１は、実施の形態４にかかるレーザ装置１１０Ｃを示した模式図である。本実施の形態では、レーザ装置１１０Ｃが物体側テレセントリックレンズ１５をさらに備える点が前記した実施の形態１から３と相違する。なお、実施の形態４では、前記した実施の形態１から３と重複する部分については、同一符号を付して説明を省略する。図１１では、出力モニタ部材１３および物体側テレセントリックレンズ１５以外の部材を省略している。

[0060] 物体側テレセントリックレンズ１５は、出力モニタ部材１３の入射面１３ａに設置されて、入射面１３ａに垂直に入射する反射１次回折光ｒ２のみを透過させる部材である。物体側テレセントリックレンズ１５は、入射面１３ａに斜めから入射する光Ｍをカットする役割を果たす。

[0061] 次に、本実施の形態にかかるレーザ装置１１０Ｃの効果について説明する。

[0062] 本実施の形態では、レーザ装置１１０Ｃは、出力モニタ部材１３の入射面１３ａに設置されて、入射面１３ａに垂直に入射する反射１次回折光ｒ２のみを透過させる物体側テレセントリックレンズ１５をさらに備えている。この構成により、出力モニタ部材１３の入射面１３ａに斜めから入射する光Ｍをカットすることができるため、反射１次回折光ｒ２の出力変動の測定精度を向上させることができる。

[0063] 実施の形態５．

次に、図１２を参照して、実施の形態５にかかるレーザ装置１１０Ｄについて説明する。図１２は、実施の形態５にかかるレーザ装置１１０Ｄを示した模式図である。本実施の形態では、レーザ装置１１０Ｄが減光光学素子１６をさらに備える点が前記した実施の形態１から５と相違する。なお、実施の形態５では、前記した実施の形態１から４と重複する部分については、同一符号を付して説明を省略する。図１２では、出力モニタ部材１３および減光光学素子１６以外の部材を省略している。

[0064] 減光光学素子１６は、出力モニタ部材１３の入射面１３ａと図９に示される透過型回折格子５との間に設置されて、出力モニタ部材１３に入射する反射１次回折光ｒ２の光強度を減衰させる部材である。減光光学素子１６は、図９に示される第２の速軸コリメートレンズ４よりも、反射１次回折光ｒ２の進行方向の先に設置される。減光光学素子１６は、本実施の形態では出力モニタ部材１３の入射面１３ａに設置されている。減光光学素子１６は、例えば、ＮＤ（Neutral Density）フィルター、部分反射ミラーである。

[0065] 次に、本実施の形態にかかるレーザ装置１１０Ｄの効果について説明する。

[0066] 本実施の形態では、レーザ装置１１０Ｄは、出力モニタ部材１３の入射面１３ａと透過型回折格子５との間に設置されて、出力モニタ部材１３に入射する反射１次回折光ｒ２の光強度を減衰させる減光光学素子１６をさらに備える。この構成により、反射１次回折光ｒ２による出力モニタ部材１３の損傷を抑制しつつ、反射１次回折光ｒ２の出力変動を測定することができる。

[0067] なお、サーモパイルセンサなどに比べて入射光量の上限値が低いフォトダイオードを、出力モニタ部材１３として用いる場合には、フォトダイオードと減光光学素子１６とを併用するとよい。このようにすると、反射１次回折光ｒ２がフォトダイオードに入射する前に、減光光学素子１６によって反射１次回折光ｒ２の光量を減衰させることができる。そのため、フォトダイオードによって反射１次回折光ｒ２の出力変動を適切に測定することができる

。

[0068] なお、減光光学素子１６と図１１に示される物体側テレセントリックレンズ１５とを併用してもよい。このような構成にする場合には、反射１次回折光ｒ２の進行方向に沿って減光光学素子１６、物体側テレセントリックレンズ１５、出力モニタ部材１３の順に配置することが好ましい。すなわち、減光光学素子１６は、物体側テレセントリックレンズ１５を介して出力モニタ部材１３の入射面１３ａに設置されることが好ましい。

[0069] 実施の形態６．

次に、図１３を参照して、実施の形態６にかかるレーザ装置１１０Ｅについて説明する。図１３は、実施の形態６にかかるレーザ装置１１０Ｅを示した模式図である。本実施の形態では、レーザ装置１１０Ｅがダンパー１７をさらに備える点が前記した実施の形態１から５と相違する。なお、実施の形態６では、前記した実施の形態１から５と重複する部分については、同一符号を付して説明を省略する。

[0070] ダンパー１７は、第１の隙間７に配置されて、反射１次回折光ｒ２を吸収する部材である。

[0071] 次に、本実施の形態にかかるレーザ装置１１０Ｅの効果について説明する。

[0072] 本実施の形態では、レーザ装置１１０Ｅは、第１の隙間７に配置されて、反射１次回折光ｒ２を吸収するダンパー１７をさらに備える。この構成により、反射１次回折光ｒ２による迷光の発生を抑制することができるとともに、反射１次回折光ｒ２によるレーザ装置１１０Ｅ内の部品の加熱を抑制することができる。

[0073] 実施の形態７．

次に、図１４および図１５を参照して、実施の形態７にかかるレーザ装置１１０Ｆについて説明する。図１４は、実施の形態７にかかるレーザ装置１１０Ｆを示した模式図である。図１５は、実施の形態７にかかるレーザ装置１１０Ｆを示した模式図であって、図１４のＹ軸方向に沿って見たときの図

である。本実施の形態では、レーザ光源１、第１の速軸コリメートレンズ２および遅軸コリメートレンズ３と第２の速軸コリメートレンズ４、透過型回折格子５および出力カプラ６とが同一の平面上に配置されていない点、レーザ装置１１０Ｆがミラー１８をさらに備える点が前記した実施の形態１から６と相違する。なお、実施の形態７では、前記した実施の形態１から６と重複する部分については、同一符号を付して説明を省略する。

[0074] 図１５に示すように、レーザ光源１、第１の速軸コリメートレンズ２および遅軸コリメートレンズ３は、第２の速軸コリメートレンズ４、透過型回折格子５および出力カプラ６に対して垂直な方向であるＺ軸方向にずれて配置されている。レーザ光源１、第１の速軸コリメートレンズ２および遅軸コリメートレンズ３は、Ｚ軸方向に対して傾斜している。レーザ光源１、第１の速軸コリメートレンズ２および遅軸コリメートレンズ３のそれぞれから出射されるレーザビームｒの光軸は、Ｚ軸方向に対して傾斜する。

[0075] ミラー１８は、遅軸コリメートレンズ３と第２の速軸コリメートレンズ４との間に配置されている。ミラー１８は、遅軸コリメートレンズ３から出射されたレーザビームｒを第２の速軸コリメートレンズ４に向かって反射する。ミラー１８は、遅軸コリメートレンズ３の方から第２の速軸コリメートレンズ４の方に向かうにつれて遅軸コリメートレンズ３からＺ軸方向に離隔するように傾斜している。

[0076] 図１４に示すように、ミラー１８は、複数の遅軸コリメートレンズ３のそれぞれから出射されるレーザビームｒの光軸と交差する方向に２つに分割されている。ミラー１８は、本実施の形態ではＹ軸方向に２つに分割されている。隣り合う２つのミラー１８の間には、反射１次回折光ｒ２の光路上に位置する第２の隙間１９が形成されている。第１の隙間７と第２の隙間１９とは、Ｙ軸方向における位置が一致している。第１の隙間７と第２の隙間１９とは、Ｘ軸方向およびＺ軸方向における位置がずれている。

[0077] 次に、本実施の形態にかかるレーザ装置１１０Ｆの効果について説明する。

[0078] 本実施の形態では、図１５に示すように、レーザ光源１、第１の速軸コリメートレンズ２および遅軸コリメートレンズ３は、第２の速軸コリメートレンズ４、透過型回折格子５および出力カプラ６に対してＺ軸方向にずれて配置されている。また、本実施の形態では、レーザ装置１１０Ｆは、遅軸コリメートレンズ３と第２の速軸コリメートレンズ４との間に配置されて、遅軸コリメートレンズ３から出射されたレーザビームｒを第２の速軸コリメートレンズ４に向かって反射するミラー１８をさらに備えている。また、本実施の形態では、図１４に示すように、ミラー１８は、２つに分割されており、隣り合う２つのミラー１８の間には、反射１次回折光ｒ２の光路上に位置する第２の隙間１９が形成されている。これらの構成により、図１５に示すように、反射１次回折光ｒ２がＺ軸方向でレーザ光源１からずれた位置を通過するため、反射１次回折光ｒ２がレーザ光源１に照射されることを抑制できる。そのため、反射１次回折光ｒ２によるレーザ光源１の損傷を抑制することができる。

[0079] 前記した出力モニタ部材１３またはダンパー１７を設置する場合には、出力モニタ部材１３またはダンパー１７は、第２の隙間１９よりも、反射１次回折光ｒ２の進行方向の先に設置される。この構成により、透過型回折格子５から出射された反射１次回折光ｒ２は、第２の隙間１９を通過した後、出力モニタ部材１３またはダンパー１７に入射する。そのため、ミラー１８を設けた場合であっても、出力モニタ部材１３による反射１次回折光ｒ２の出力変動のモニタリングが容易になり、ダンパー１７による反射１次回折光ｒ２の吸収が容易になる。なお、図示は省略するが、３枚以上のミラー１８を用いて、レーザ光源１、第１の速軸コリメートレンズ２および遅軸コリメートレンズ３を、第２の速軸コリメートレンズ４、透過型回折格子５および出力カプラ６に対して垂直な方向であるＺ軸方向にずれないように配置することも可能である。

[0080] 実施の形態８.

次に、図１６および図１７を参照して、実施の形態８にかかるレーザ装置

１１０Ｇについて説明する。図１６は、実施の形態８にかかるレーザ装置１１０Ｇを示した模式図である。図１７は、実施の形態８にかかるレーザ装置１１０Ｇのビーム回転素子２０を示した斜視図である。本実施の形態では、レーザ装置１１０Ｇがビーム回転素子２０をさらに備える点が前記した実施の形態１から７と相違する。なお、実施の形態８では、前記した実施の形態１から７と重複する部分については、同一符号を付して説明を省略する。

[0081] 図１６に示すように、ビーム回転素子２０は、第１の速軸コリメートレンズ２と遅軸コリメートレンズ３との間に配置されている。ビーム回転素子２０は、レーザビームｒをレーザビームｒの光軸周りに９０度回転させる役割を果たす。すなわち、図１７に示すように、ビーム回転素子２０は、レーザビームｒの光軸を中心に像を９０度回転させる回転光学系である。図１７に示すビーム回転素子２０は、複数のレンズを有するレンズアレイである。

[0082] 図１６および図１７に示すように、ビーム回転素子２０のうち第１の速軸コリメートレンズ２の方を向く面と、第１の速軸コリメートレンズ２の方とは反対側を向く面とのそれぞれには、一方向に配列された複数の円筒面が形成されている。各円筒面は、凸面である。各円筒面は、水平軸Ｈａに垂直な垂直軸Ｖａに対して４５度傾けられている。複数のレンズの配列ピッチは、レーザ光源１における複数の発光点１ａの配列ピッチと同じである。円筒面での屈折による焦点距離をｆとした場合に、第１の速軸コリメートレンズ２の方を向く円筒面と、第１の速軸コリメートレンズ２の方とは反対側を向く円筒面との距離Ｌは２ｆである。

[0083] 第１の速軸コリメートレンズ２からビーム回転素子２０に入射するレーザビームｒである入射光の長軸方向は、垂直軸Ｖａの方向である。当該入射光の短軸方向は、水平軸Ｈａの方向である。これに対し、第１の速軸コリメートレンズ２からビーム回転素子２０に入射後、ビーム回転素子２０から出射するレーザビームｒである出射光の長軸方向は、水平軸Ｈａの方向である。当該出射光の短軸方向は、垂直軸Ｖａの方向である。このように、ビーム回転素子２０からは、入射光とは長軸方向と短軸方向とが入れ替わった状態の

出射光が出射する。このようにして、ビーム回転素子２０は、レーザビームｒをレーザビームｒの光軸周りに９０度回転させる。

[0084] 例えば、レーザ光源１が９００ｎｍから１０００ｎｍのレーザビームｒを出射させる半導体レーザバーである場合には、一般的に、レーザビームｒの遅軸方向における発散角の全角が５度から１０度程度であるのに対し、レーザビームｒの速軸方向における発散角の全角は３０度から６０度程度である。すなわち、レーザビームｒの速軸方向における発散角の方が、レーザビームｒの遅軸方向における発散角よりも大きい。また、半導体レーザバーの遅軸方向における集光性能は、半導体レーザバーの速軸方向における集光性能よりも低い。

[0085] ここでいう集光性能とは、ＢＰＰ（Beam Parameter Product）で表される特性とする。ＢＰＰは、集光時のビームウェストの半径と集光後のビーム拡がり半角との積で定義される指標である。ＢＰＰの単位はｍｍ・ｍｒａｄで表される。ＢＰＰの値が小さいほど集光性が高く、より微小な領域にレーザビームｒを集光できることを意味する。より微小な領域にレーザビームｒを集光できるほど、高いエネルギー密度が得られる。レーザ加工の用途では、エネルギー密度が高いほど、加工品質の向上と、加工速度の向上とが可能となる。

[0086] 半導体レーザバーには、半導体レーザバーの製造プロセスに起因して、スマイルと呼ばれる変形が生じることがある。スマイルによって、複数の発光点１ａには、速軸方向における位置のばらつきが生じる。本実施の形態によれば、ビーム回転素子２０によってレーザビームｒをレーザビームｒの光軸周りに９０度回転させることで、スマイルにより発光点１ａの位置にばらつきが生じる方向が、集光性能が相対的に低い遅軸方向に変換される。これにより、スマイルに起因する集光性能の低下を低減できる。

[0087] 例えば、円筒面を有するレンズからなる第１の速軸コリメートレンズ２が使用されている場合において、ＸＹ面に対して第１の速軸コリメートレンズ２をわずかに傾斜させて設置することで、第１の速軸コリメートレンズ２か

らは、Ｚ軸方向において角度が付けられた状態でレーザビームｒが出射する。第１の速軸コリメートレンズ２の直後にビーム回転素子２０が設置されると、レーザビームｒは、ビーム回転素子２０を通過することにより、Ｚ軸方向に角度が付いた状態からＸＹ面内にて角度が付いた状態に変換される。ＸＹ面に対する第１の速軸コリメートレンズ２の傾斜角が適切に設定されることによって、透過型回折格子５の方へ各レーザビームｒが進行する間に各レーザビームｒを互いに近付けさせることができる。

[0088] 次に、本実施の形態にかかるレーザ装置１１０Ｇの効果について説明する。

[0089] 本実施の形態では、レーザ装置１１０Ｇは、第１の速軸コリメートレンズ２と遅軸コリメートレンズ３との間に配置されて、レーザビームｒをレーザビームｒの光軸周りに９０度回転させるビーム回転素子２０をさらに備えている。この構成により、スマイルに起因する集光性能の低下を低減しつつ、レーザビームｒの高出力化を実現できるレーザ装置１１０Ｇが得られる。

[0090] 以上の実施の形態に示した構成は、一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、実施の形態同士を組み合わせることも可能であるし、要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0091] １　レーザ光源、１ａ，１ｂ，１ｃ，１ｄ，１ｅ　発光点、２　第１の速軸コリメートレンズ、３　遅軸コリメートレンズ、４　第２の速軸コリメートレンズ、５　透過型回折格子、６　出力カプラ、７　第１の隙間、８　第１の給電部材、９　冷却機構、１０　第２の給電部材、１１　絶縁板、１２　電線、１３　出力モニタ部材、１３ａ　入射面、１４　遮蔽部材、１５　物体側テレセントリックレンズ、１６　減光光学素子、１７　ダンパー、１８　ミラー、１９　第２の隙間、２０　ビーム回転素子、１００　レーザ加工装置、１１０，１１０Ａ，１１０Ｂ，１１０Ｃ，１１０Ｄ，１１０Ｅ，１１０Ｆ，１１０Ｇ　レーザ装置、１２０　伝搬部材、１３０　加工ヘッド、

１４０　被加工物、１５０　加工テーブル、Ｃ１，Ｃ２，Ｃ３，Ｃ４　仮想直線、Ｅ　光学素子、ｒ　レーザビーム、ｒ１　透過１次回折光、ｒ２　反射１次回折光、Ｓ　重合位置、θ１　第１の角度、θ２　第２の角度。

請求の範囲

[請求項1] 同一の平面上に並べられて配置されて、レーザビームを出射する１つまたは複数の発光点を有する複数のレーザ光源と、

複数の前記レーザ光源のそれぞれから出射された前記レーザビームをコリメートする光学素子と、

前記光学素子から出射された前記レーザビームの一部を同軸上に重畳して、同軸上に重畳した前記レーザビームを透過１次回折光として出射する透過型回折格子と、

前記透過型回折格子から出射された前記透過１次回折光の一部を前記レーザ光源に向かって反射するとともに前記透過型回折格子から出射された前記透過１次回折光の残部を出射する出力カプラと、

を備え、

複数の前記レーザ光源のそれぞれから出射される前記レーザビームは、各前記レーザ光源から離れた位置で重なり合っており、

前記透過型回折格子は、複数の前記レーザ光源のそれぞれから出射される前記レーザビームが重なり合う重合位置に配置されるとともに、前記同一の平面と垂直な方向に平行に配置され、

複数の前記レーザ光源のうち隣り合う２つの前記レーザ光源の間には、前記透過型回折格子から出射される反射１次回折光の光路上に位置する第１の隙間が形成され、

前記第１の隙間を挟んで一方に配置されて前記第１の隙間に最も近い前記発光点と前記重合位置とを結んだ仮想直線と、前記第１の隙間を挟んで他方に配置されて前記第１の隙間に最も近い前記発光点と前記重合位置とを結んだ仮想直線とが成す第１の角度は、０．１５度以上であることを特徴とするレーザ装置。

[請求項2] 前記第１の角度は、１．０度以下であることを特徴とする請求項１に記載のレーザ装置。

[請求項3] 前記レーザ光源は、複数の発光点を有する半導体レーザアレイ素子

であることを特徴とする請求項１または２に記載のレーザ装置。

[請求項4] 前記第１の隙間に配置されて、前記反射１次回折光の出力変動を測定する出力モニタ部材をさらに備え、

前記出力モニタ部材は、前記反射１次回折光が入射する入射面を有していることを特徴とする請求項１から３のいずれか１項に記載のレーザ装置。

[請求項5] 前記出力モニタ部材に設置されて、前記入射面の周囲を囲む遮蔽部材をさらに備えることを特徴とする請求項４に記載のレーザ装置。

[請求項6] 前記出力モニタ部材の前記入射面に設置されて、前記入射面に垂直に入射する前記反射１次回折光のみを透過させる物体側テレセントリックレンズをさらに備えることを特徴とする請求項４または５に記載のレーザ装置。

[請求項7] 前記出力モニタ部材は、フォトダイオードであることを特徴とする請求項４から６のいずれか１項に記載のレーザ装置。

[請求項8] 前記出力モニタ部材の前記入射面と前記透過型回折格子との間に設置されて、前記出力モニタ部材に入射する前記反射１次回折光の光強度を減衰させる減光光学素子をさらに備えることを特徴とする請求項４から７のいずれか１項に記載のレーザ装置。

[請求項9] 前記第１の隙間に配置されて、前記反射１次回折光を吸収するダンパーをさらに備えることを特徴とする請求項１から３のいずれか１項に記載のレーザ装置。

[請求項10] 前記光学素子は、

複数の前記レーザ光源のそれぞれに設けられて、複数の前記レーザ光源のそれぞれから出射された前記レーザビームを速軸方向にコリメートする複数の第１の速軸コリメートレンズと、

複数の前記レーザ光源のそれぞれに設けられて、複数の前記第１の速軸コリメートレンズのそれぞれから出射された前記レーザビームを遅軸方向にコリメートする複数の遅軸コリメートレンズと、

複数の前記遅軸コリメートレンズのそれぞれから出射された前記レーザビームを速軸方向にコリメートする第２の速軸コリメートレンズと、

を有し、

前記遅軸コリメートレンズと前記第２の速軸コリメートレンズとの間に配置されて、前記遅軸コリメートレンズから出射された前記レーザビームを前記第２の速軸コリメートレンズに向かって反射するミラーをさらに備え、

前記ミラーは、２つに分割されており、

隣り合う２つの前記ミラーの間には、前記反射１次回折光の光路上に位置する第２の隙間が形成されていることを特徴とする請求項１から９のいずれか１項に記載のレーザ装置。

[請求項11] 前記光学素子は、

複数の前記レーザ光源のそれぞれに設けられて、複数の前記レーザ光源のそれぞれから出射された前記レーザビームを速軸方向にコリメートする複数の第１の速軸コリメートレンズと、

複数の前記レーザ光源のそれぞれに設けられて、複数の前記第１の速軸コリメートレンズのそれぞれから出射された前記レーザビームを遅軸方向にコリメートする複数の遅軸コリメートレンズと、

複数の前記遅軸コリメートレンズのそれぞれから出射された前記レーザビームを速軸方向にコリメートする第２の速軸コリメートレンズと、

を有し、

前記第１の速軸コリメートレンズと前記遅軸コリメートレンズとの間に配置されて、前記レーザビームを前記レーザビームの光軸周りに９０度回転させるビーム回転素子をさらに備えることを特徴とする請求項１から１０のいずれか１項に記載のレーザ装置。

[請求項12] 前記出力カプラから出射される前記レーザビームの出力は、２ｋＷ

以上であることを特徴とする請求項１から１１のいずれか１項に記載のレーザ装置。

[請求項13] 前記レーザ光源の数は、１２個以上であることを特徴とする請求項１から１２のいずれか１項に記載のレーザ装置。

[請求項14] 前記透過型回折格子から出射された前記透過１次回折光の回折角は、６０度以上であることを特徴とする請求項１から１３のいずれか１項に記載のレーザ装置。

[請求項15] 前記第１の隙間を挟んで一方に配置されて前記第１の隙間に最も遠い前記発光点と前記重合位置とを結んだ仮想直線と、前記第１の隙間を挟んで他方に配置されて前記第１の隙間に最も遠い前記発光点と前記重合位置とを結んだ仮想直線とが成す第２の角度は、５度以上であることを特徴とする請求項１から１４のいずれか１項に記載のレーザ装置。

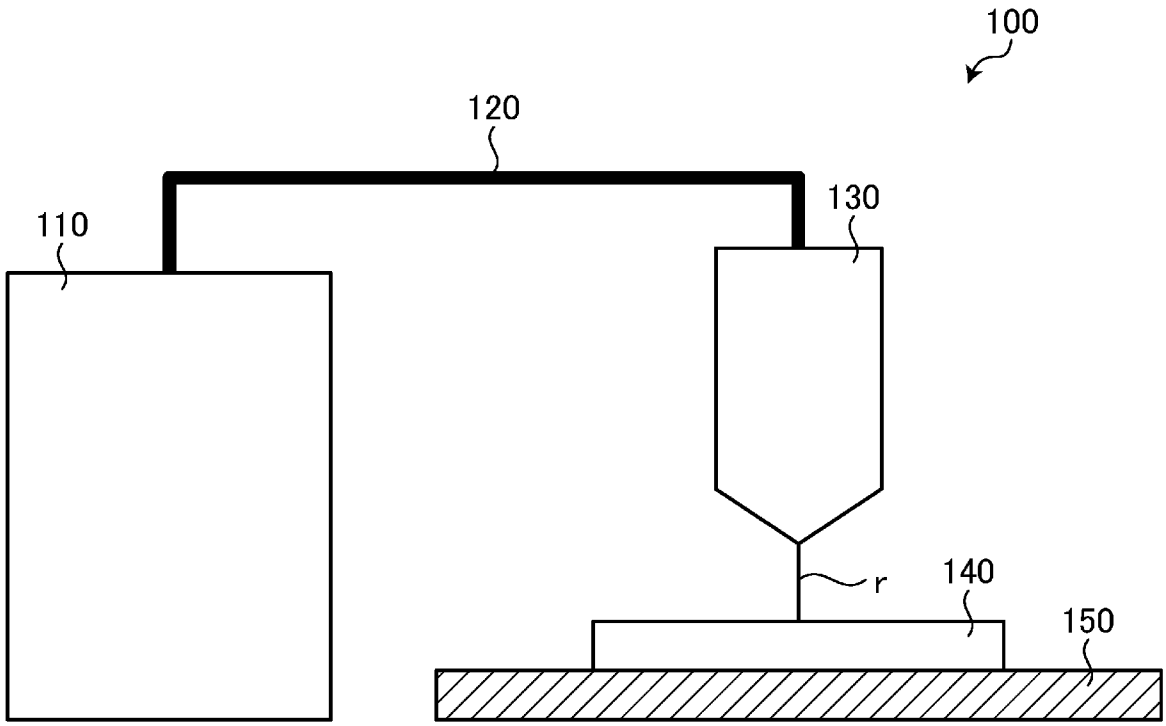
[請求項16] 請求項１から１５のいずれか１項に記載のレーザ装置と、

前記レーザ装置から出射されたレーザビームを伝搬する伝搬部材と、

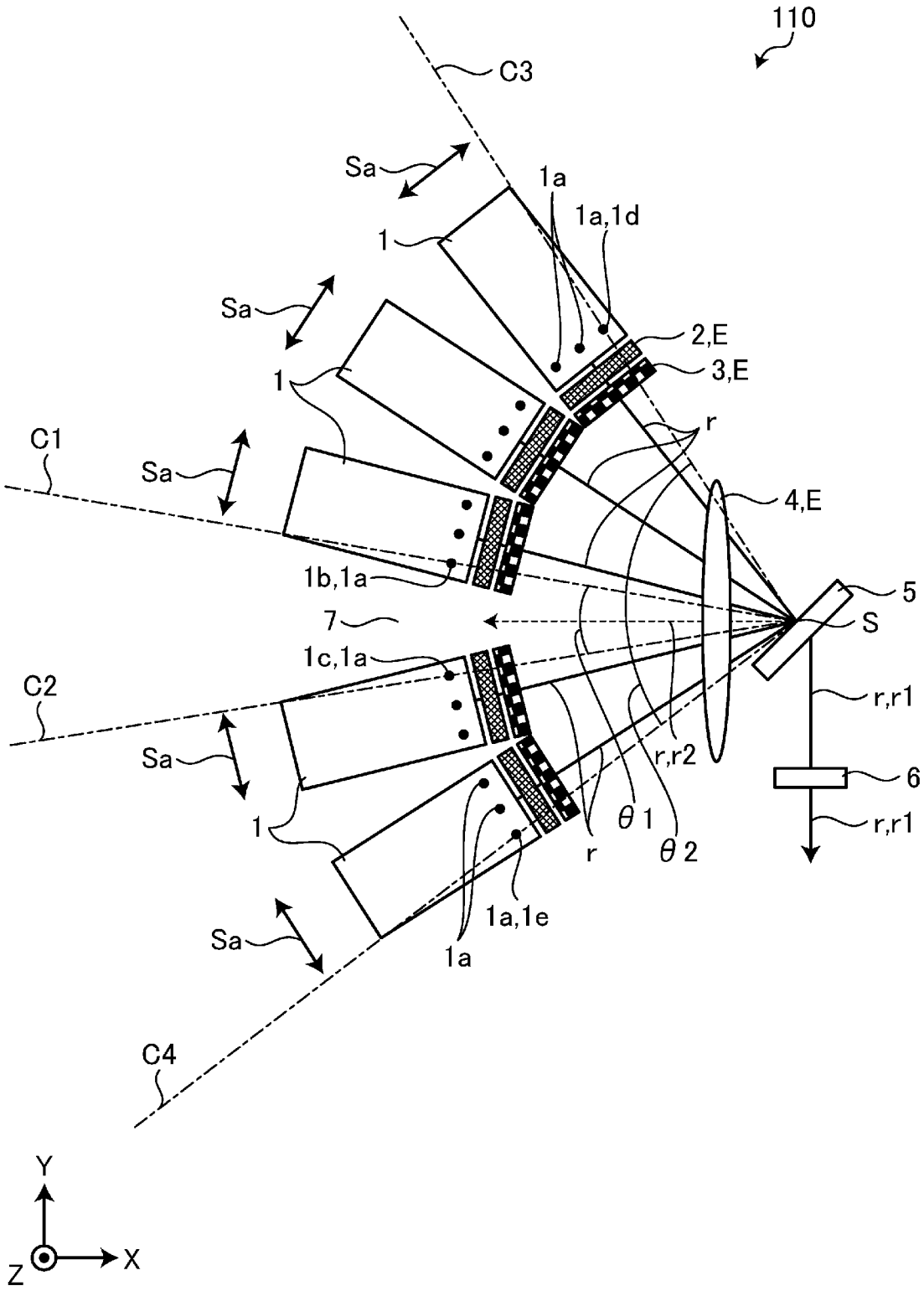
前記伝搬部材から伝搬された前記レーザビームを集光して被加工物上に照射する加工ヘッドと、

を備えることを特徴とするレーザ加工装置。

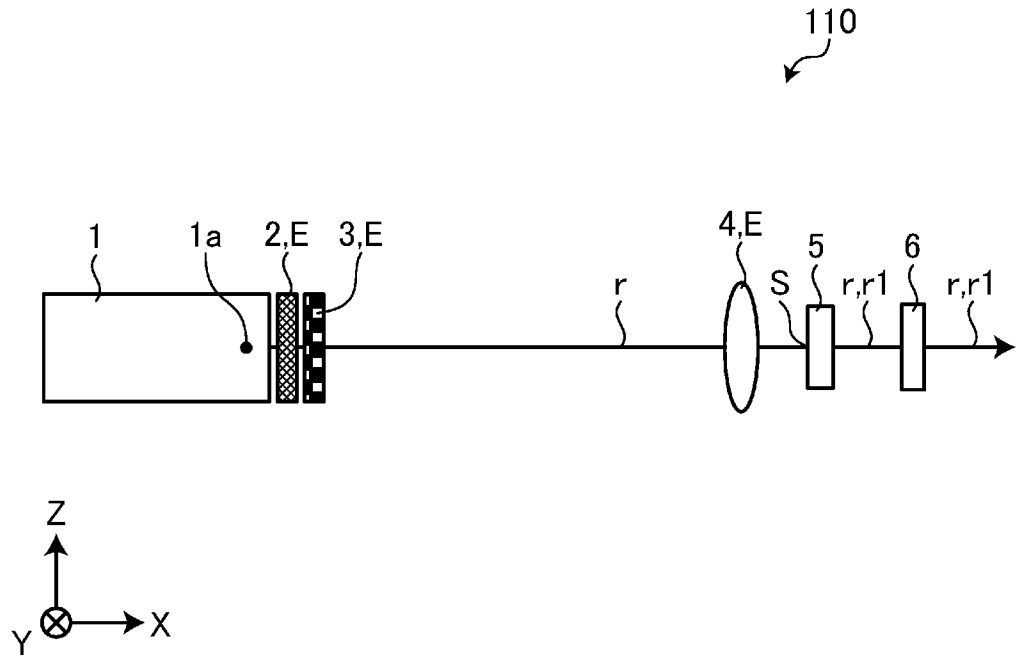
[図1]



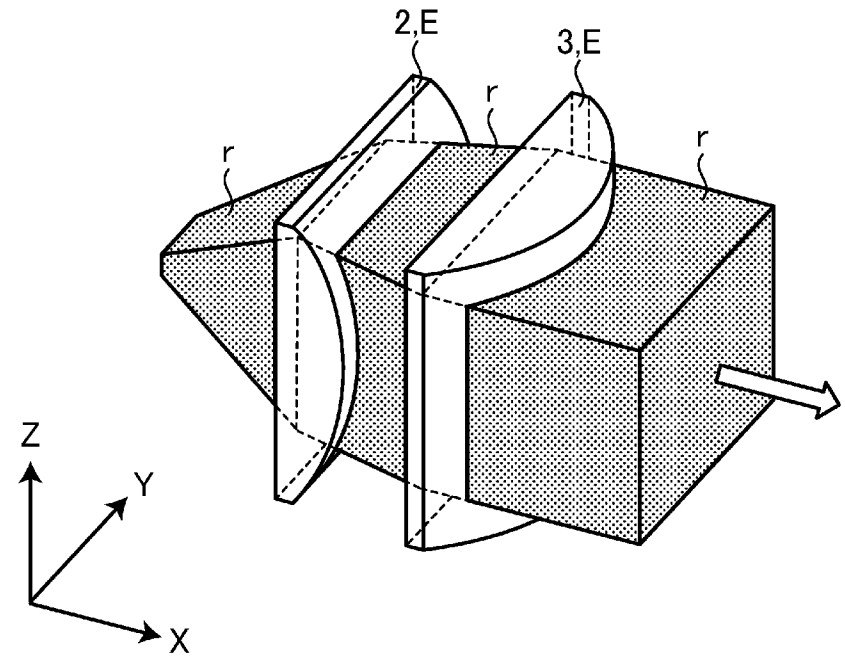
[図2]


110
C3
Sa
1a
1a,1d
1
Sa
2,E
3,E
1
r
C1
Sa
4,E
1b,1a
5
7
S
1c,1a
C2
r,r1
Sa
r,r2
6
1
θ1
r,r1
r
θ2
1a,1e
Sa
1a
C4
Y
Z
X

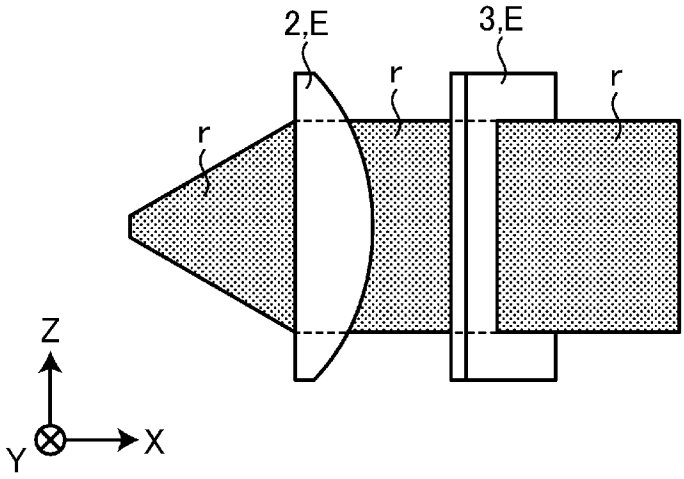
[図3]



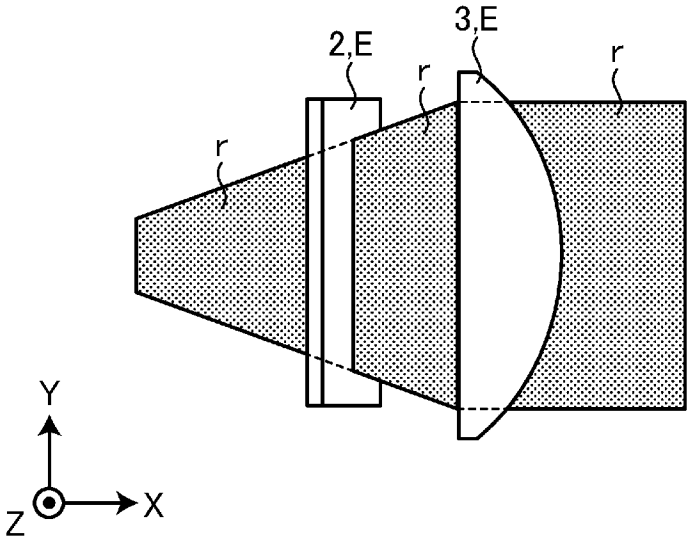
[図4]



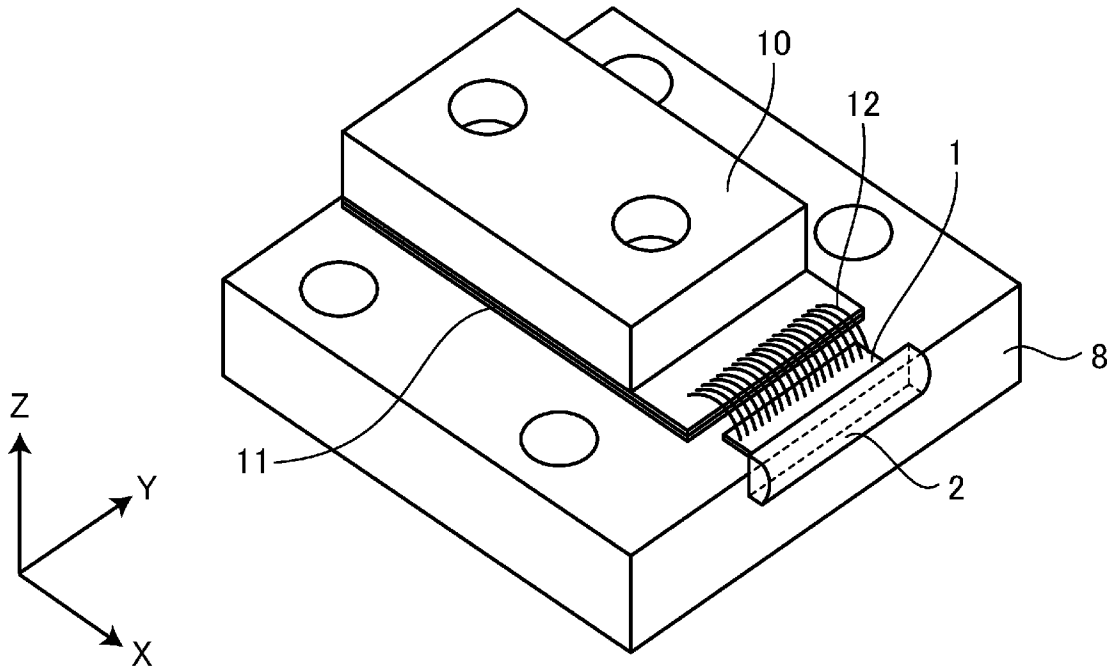
[図5]



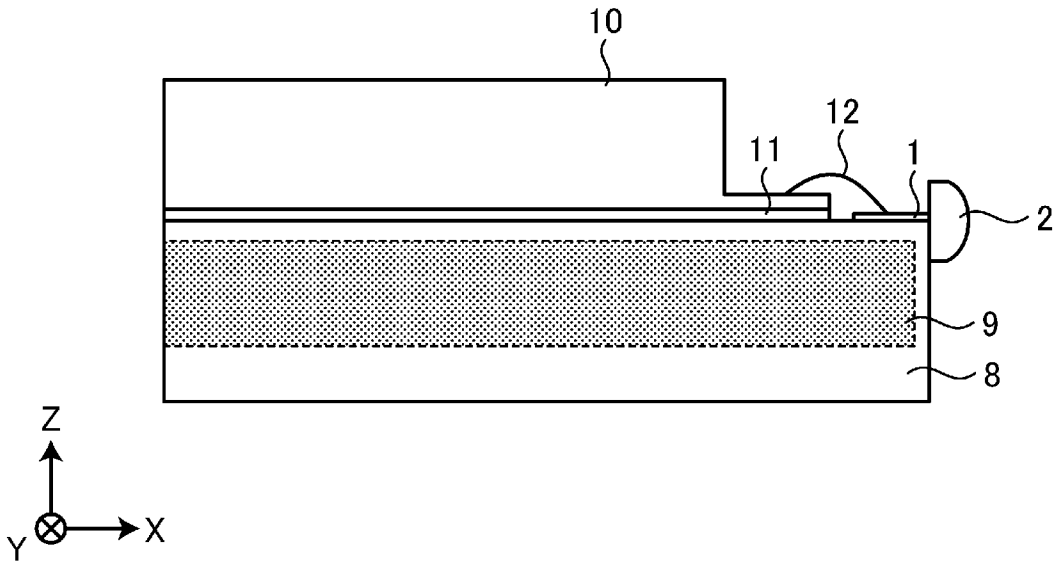
[図6]



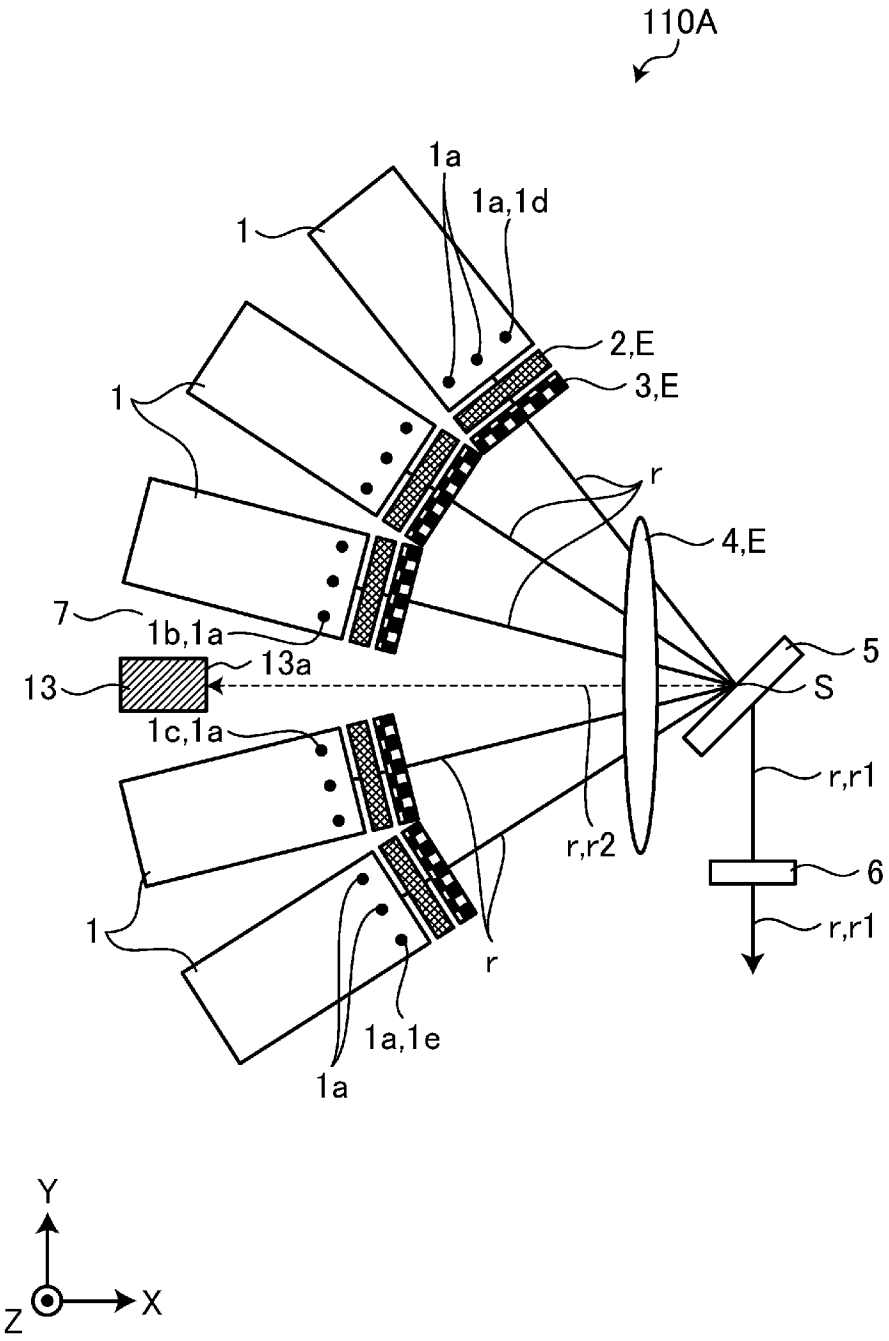
[図7]



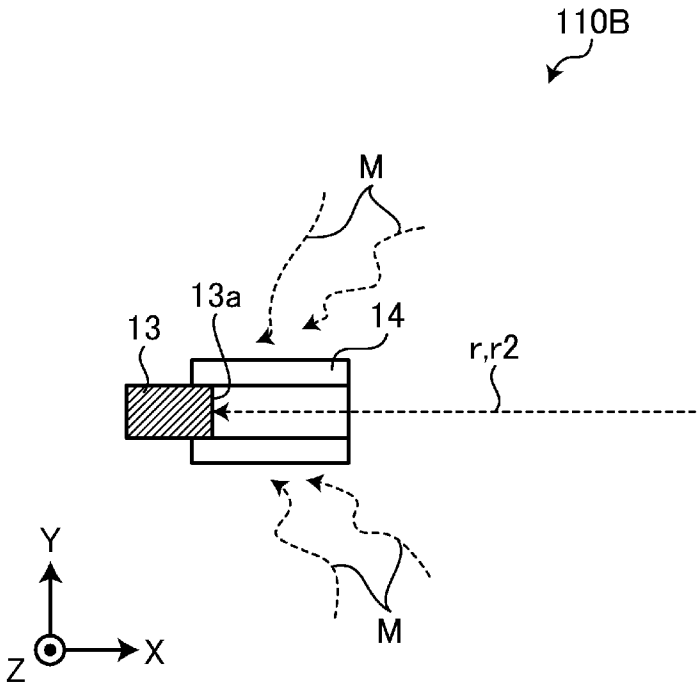
[図8]



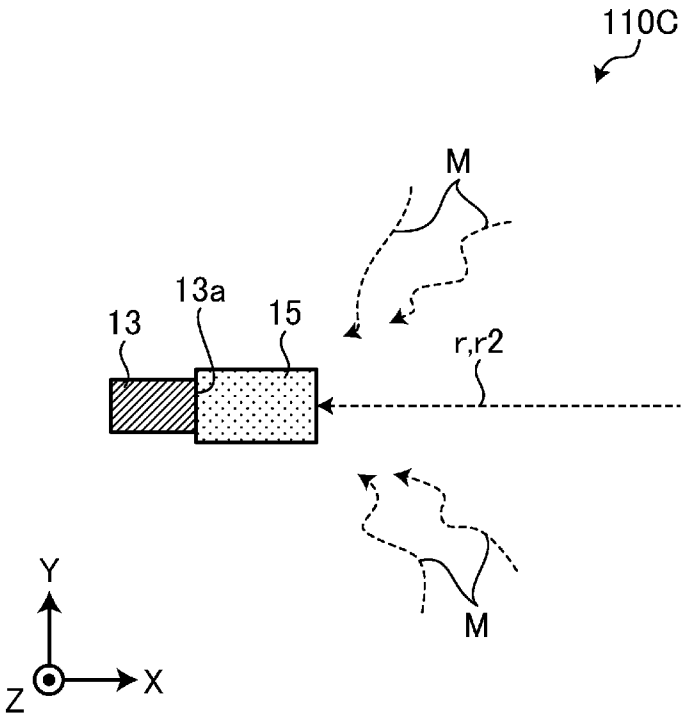
[図9]


110A
1a
1a,1d
1
2,E
3,E
1
r
4,E
7
1b,1a
13a
5
13
S
1c,1a
r,r1
r,r2
6
1
r,r1
r
1a,1e
1a
Y
Z
X

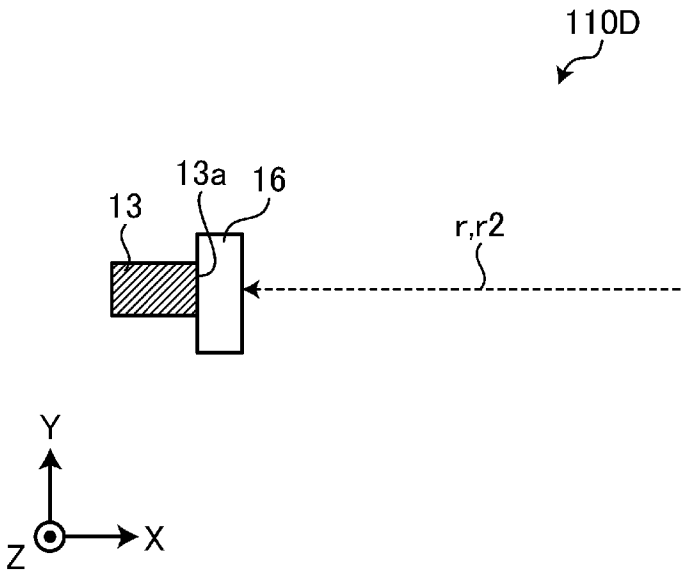
[図10]



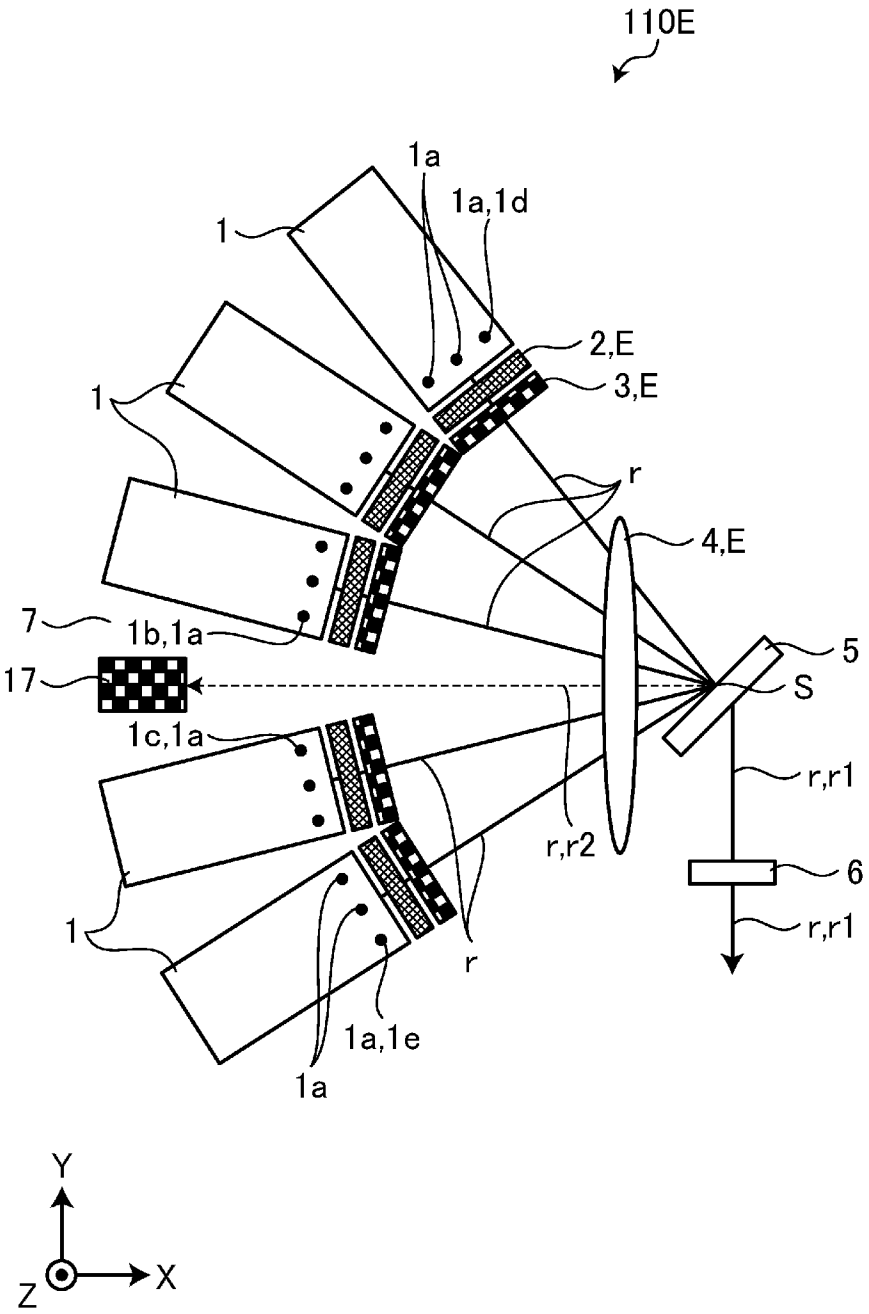
[図11]



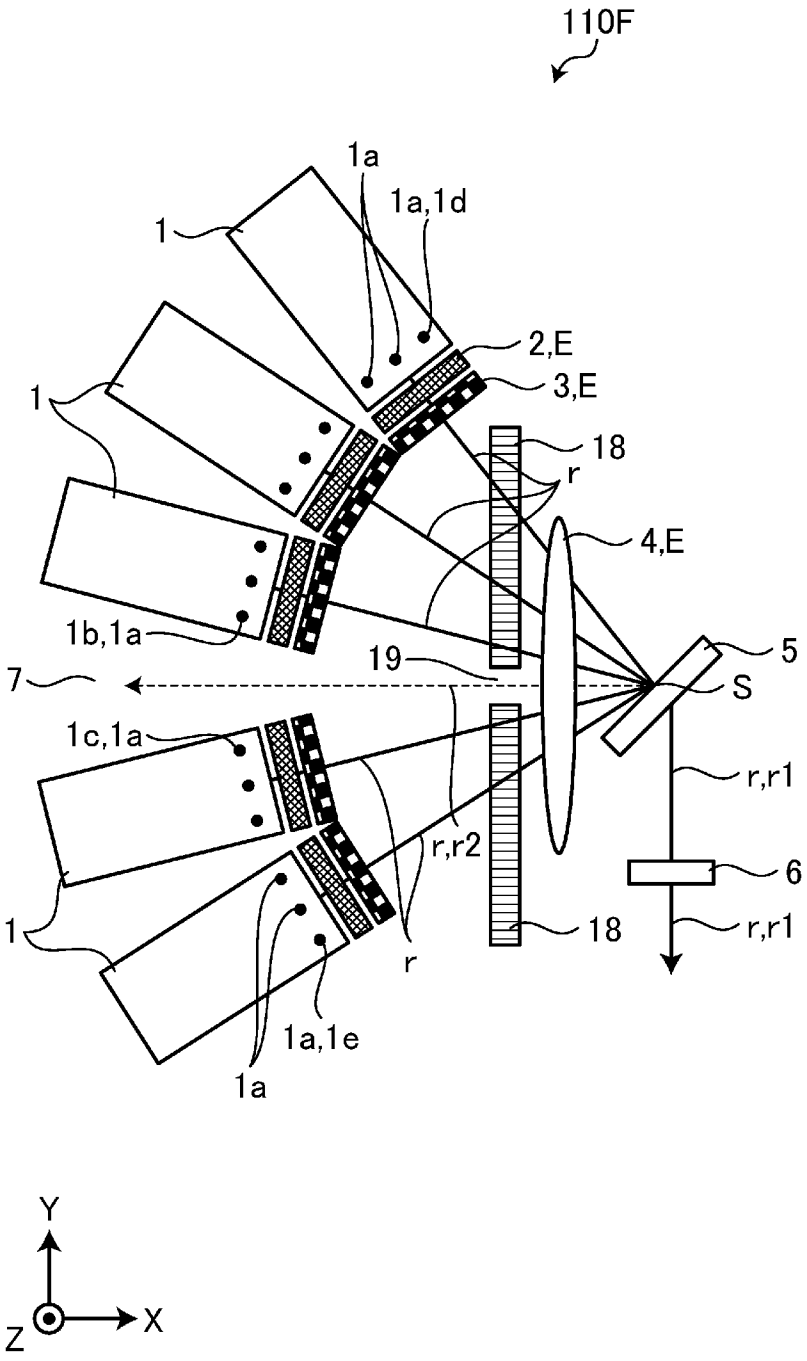
[図12]



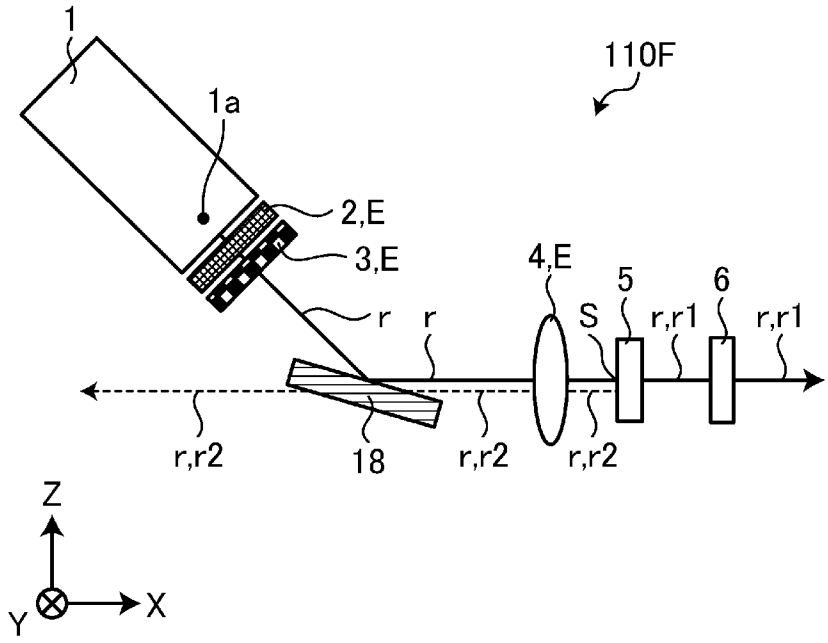
[図13]


110E
1a
1a,1d
1
2,E
3,E
1
r
4,E
7
1b,1a
5
17
S
1c,1a
r,r1
r,r2
6
1
r,r1
r
1a,1e
1a
Y
Z
X

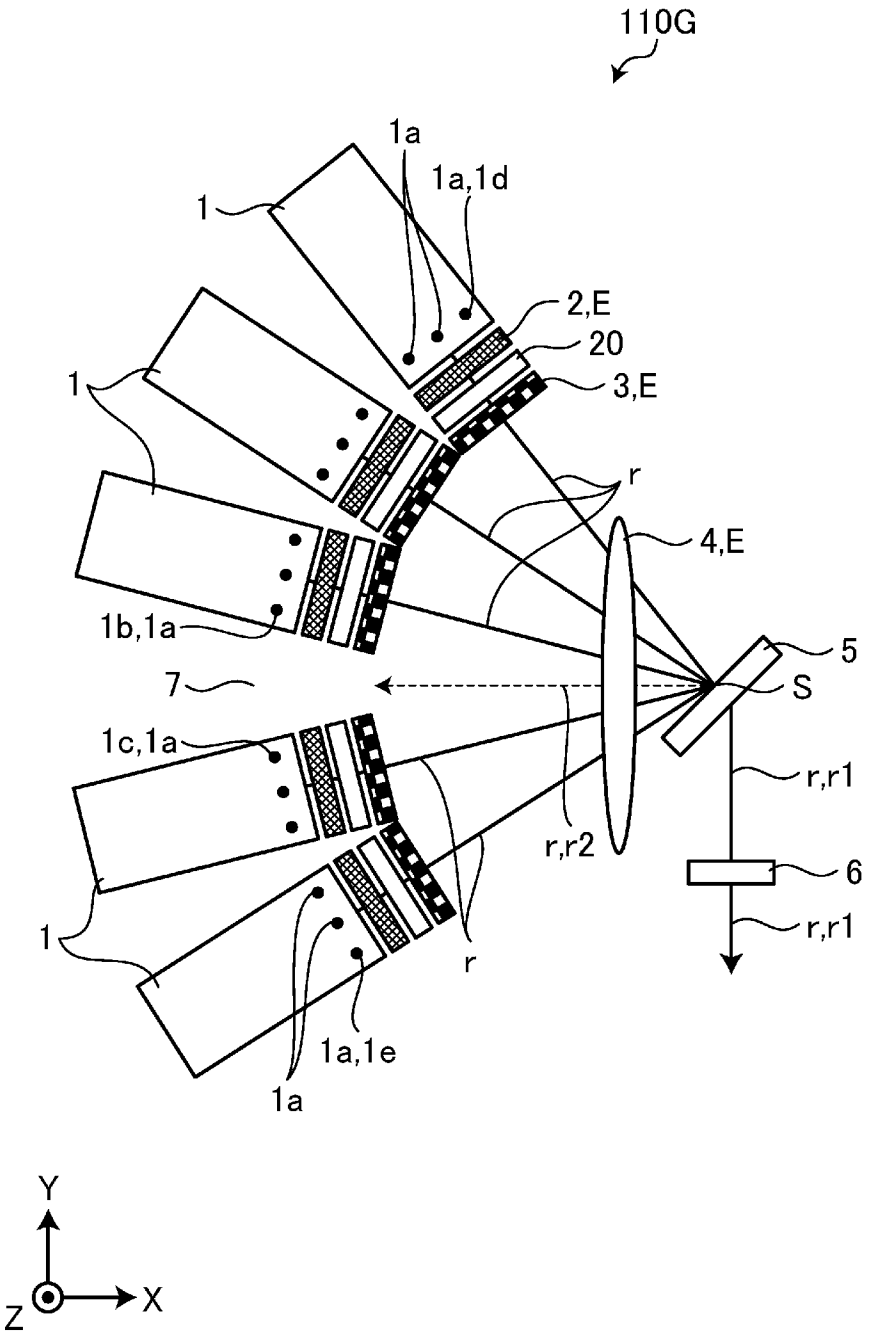
[図14]


110F
1a
1a,1d
1
2,E
3,E
1
18
r
4,E
1b,1a
19
5
7
S
1c,1a
r,r1
r,r2
6
1
18
r,r1
r
1a,1e
1a
Y
Z
X

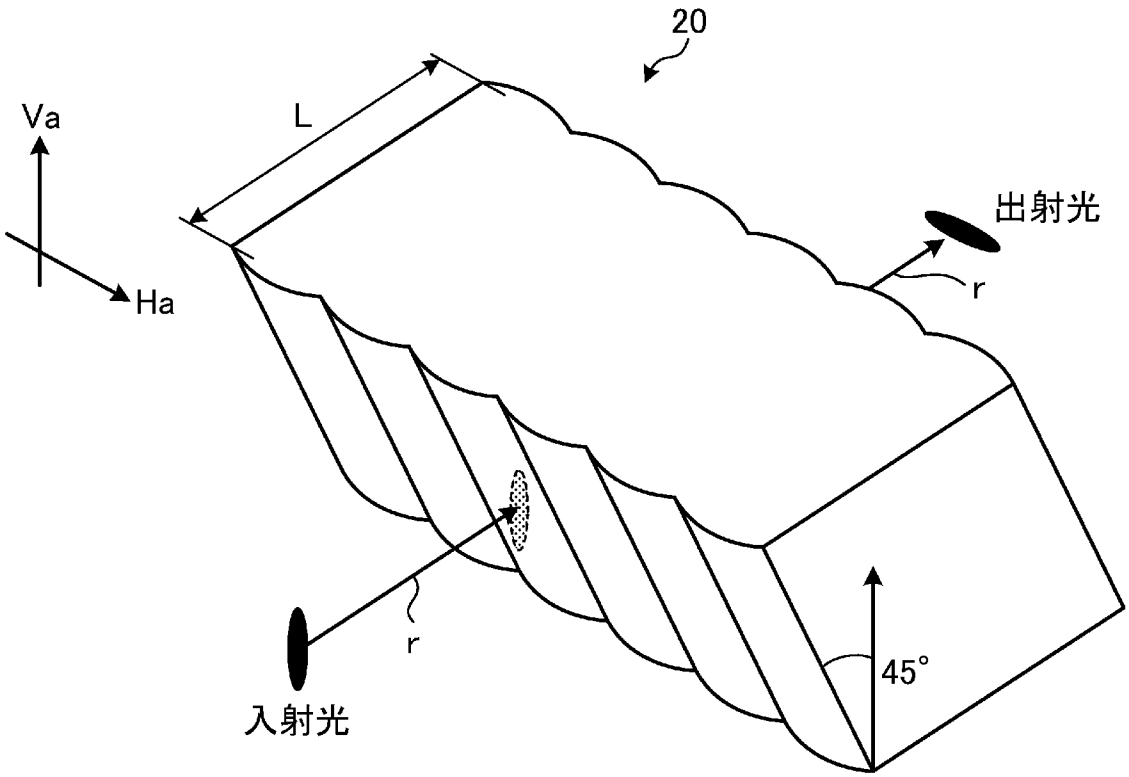
[図15]



[図16]


110G
1a
1a,1d
1
2,E
20
3,E
r
4,E
1b,1a
5
7
S
1c,1a
r,r1
r,r2
6
r,r1
1
r
1a,1e
1a
Y
Z
X

[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/025727

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S 5/02255(2021.01)i; ***H01S 3/23***(2006.01)i
FI: H01S5/02255; H01S3/23

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)

H01S5/00-5/50, H01S3/00-3/30, B23K26/00-26/70

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 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
A	JP 2022-508765 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 19 January 2022 (2022-01-19) paragraphs [0003]-[0007], [0030]-[0043], fig. 1-2D	1-16
A	JP 2000-91670 A (NEC CORPORATION) 31 March 2000 (2000-03-31) paragraphs [0001]-[0010]	1-16
A	JP 2007-225989 A (RICOH COMPANY, LTD.) 06 September 2007 (2007-09-06) paragraphs [0017]-[0019], fig. 1, 3	1-16
A	JP 2011-205061 A (KOMATSU LTD.) 13 October 2011 (2011-10-13) paragraphs [0057]-[0059], fig. 8B	1-16
A	JP 2021-524161 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 09 September 2021 (2021-09-09) paragraphs [0007], [0044]-[0051], fig. 1-3	1-16
A	US 2019/0214786 A1 (DAYLIGHT SOLUTIONS, INC.) 11 July 2019 (2019-07-11) paragraphs [0047]-[0105], fig. 1A-1C	1-16

☐ 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	Date of mailing of the international search report
14 September 2023	**26 September 2023**
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/JP2023/025727

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2022-508765 A	19 January 2022	US 2022/0045483 A1 paragraphs [0003]-[0007], [0041]-[0051], fig. 1-2D US 2020/0119525 A1 WO 2020/081335 A1 DE 112019003882 B CN 112868150 A	
JP 2000-91670 A	31 March 2000	(Family: none)	
JP 2007-225989 A	06 September 2007	(Family: none)	
JP 2011-205061 A	13 October 2011	US 2012/0012762 A1 paragraphs [0103]-[0105], fig. 8B WO 2011/108761 A1 EP 2542936 A1	
JP 2021-524161 A	09 September 2021	US 2019/0363518 A1 paragraphs [0007], [0049]-[0056], fig. 1-3 US 2021/0265822 A1 WO 2019/224600 A2 DE 112019002619 T CN 112219326 A	
US 2019/0214786 A1	11 July 2019	US 2020/0176954 A1 paragraphs [0070]-[0128], fig. 1A-1C	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/025727

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01S 5/02255(2021.01)i; H01S 3/23(2006.01)i
FI: H01S5/02255; H01S3/23

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））

H01S5/00-5/50, H01S3/00-3/30, B23K26/00-26/70

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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
A	JP 2022-508765 A (パナソニックＩＰマネジメント株式会社) 19.01.2022 (2022-01-19) ［０００３］－［０００７］、［００３０］－［００４３］、［図１］－［図２Ｄ］	1-16
A	JP 2000-91670 A (日本電気株式会社) 31.03.2000 (2000-03-31) ［０００１］－［００１０］	1-16
A	JP 2007-225989 A (株式会社リコー) 06.09.2007 (2007-09-06) ［００１７］－［００１９］、［図１］、［図３］	1-16
A	JP 2011-205061 A (株式会社小松製作所) 13.10.2011 (2011-10-13) ［００５７］－［００５９］、［図８Ｂ］	1-16
A	JP 2021-524161 A (パナソニックＩＰマネジメント株式会社) 09.09.2021 (2021-09-09) ［０００７］、［００４４］－［００５１］、［図１］－［図３］	1-16
A	US 2019/0214786 A1 (DAYLIGHT SOLUTIONS, INC.) 11.07.2019 (2019-07-11) ［００４７］－［０１０５］、図１Ａ－図１Ｃ	1-16

☐ 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	国際調査報告の発送日
14.09.2023	26.09.2023

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）

八木　智規 2K 4847

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

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/JP2023/025727

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2022-508765 A	19.01.2022	US 2022/0045483 A1 ［０００３］－［０００７］、［００４１］－［００５１］、図１－図２Ｄ US 2020/0119525 A1 WO 2020/081335 A1 DE 112019003882 B CN 112868150 A	
JP 2000-91670 A	31.03.2000	（ファミリーなし）	
JP 2007-225989 A	06.09.2007	（ファミリーなし）	
JP 2011-205061 A	13.10.2011	US 2012/0012762 A1 ［０１０３］－［０１０５］、図８Ｂ WO 2011/108761 A1 EP 2542936 A1	
JP 2021-524161 A	09.09.2021	US 2019/0363518 A1 ［０００７］、［００４９］－［００５６］、図１－図３ US 2021/0265822 A1 WO 2019/224600 A2 DE 112019002619 T CN 112219326 A	
US 2019/0214786 A1	11.07.2019	US 2020/0176954 A1 ［００７０］－［０１２８］、図１Ａ－図１Ｃ	