

(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
2017 年 8 月 3 日(03.08.2017)



(10) 国際公開番号

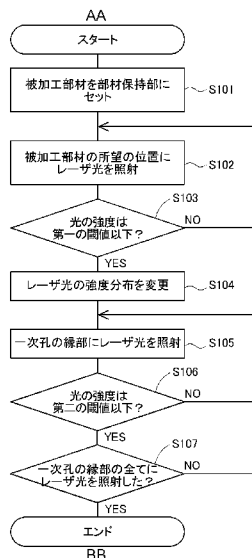
WO 2017/130960 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 26/388 (2014.01) B23K 26/073 (2006.01)
B23K 26/064 (2014.01) B23K 26/382 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/002344
- (22) 国際出願日: 2017 年 1 月 24 日(24.01.2017)
- (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 2016-013075 2016 年 1 月 27 日(27.01.2016) JP
特願 2017-003462 2017 年 1 月 12 日(12.01.2017) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 白井 秀彰(SHIRAI Hideaki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 安田 浩一朗(YASUDA Koichiro); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 服部 雅紀(HATTORI Masaki); 〒4600002 愛知県名古屋市中区丸の内一丁目 4 番 1 2 号 アレックスビル 8 階 服部国際特許事務所 Aichi (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, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: MEMBER MANUFACTURING METHOD AND MEMBER MANUFACTURING DEVICE

(54) 発明の名称: 部材の製造方法、及び、部材の製造装置



- S101 Set member to be processed in member retaining unit
S102 Irradiate desired location on member to be processed with laser light
S103 Light intensity equal to or less than first threshold value?
S104 Change intensity distribution of laser light
S105 Irradiate edge part of primary hole with laser light
S106 Light intensity equal to or less than second threshold value?
S107 Has entire edge part of primary hole been irradiated with laser light?
AA Start
BB End

(57) Abstract: A method for manufacturing a member having a through-hole (88, 98), said method including a primary molding step, an intensity determination step, a laser modulation step, and a secondary molding step. In the primary molding step a member to be processed (7, 8) is irradiated with laser light, and a primary hole (981) having a smaller inner diameter than the through-hole is formed in the member to be processed while light from the member to be processed is received by a light detection unit (17). In the intensity determination step a determination is made regarding whether the intensity of the light detected by the light detection unit is equal to or less than a prescribed threshold value. When it is determined in the intensity determination step that the intensity of the light detected by the light detection unit is equal to or less than the prescribed threshold value, then in the laser modulation step the spatial phase of the laser light irradiating the member to be processed is modulated. In the secondary molding step the edge part of the primary hole is irradiated with the laser light the spatial phase of which has been modulated, and a through-hole is formed.

(57) 要約: 通孔 (88、98) を有する部材 (93) の製造方法であって、一次成形工程、強度判定工程、レーザ変調工程、及び、二次成形工程を含む。一次成形工程では、レーザ光を被加工部材 (7、8) に照射し、光検出部 (17) によって被加工部材からの光を受光しつつ通孔に比べ内径が小さい一次孔 (981) を被加工部材に成形する。強度判定工程では、光検出部が検出する光の強度が所定の閾値以下であるか否かを判定する。強度判定工程において光検出部が検出する光の強度が所定の閾値以下であると判定されると、レーザ変調工程では、被加工部材に照射されるレーザ光の空間光位相を変調する。二次成形工程では、空間光位相が変調されたレーザ光を一次孔の縁部に照射し、通孔を成形する。

WO 2017/130960 A1



(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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：部材の製造方法、及び、部材の製造装置

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、２０１６年１月２７日に出願された特許出願番号２０１６－０１３０７５号および２０１７年１月１２日に出願された特許出願番号２０１７－００３４６２号に基づくものであり、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、部材の製造方法、及び、部材の製造装置に関する。

背景技術

[0003] 従来、レーザ光を用いた通孔を有する部材の製造方法が知られている。当該部材の製造方法では、通孔が貫通したとき通孔を通して被加工部材のレーザ光を照射する側とは反対側に抜けるレーザ光が被加工部材のレーザ光を照射する側とは反対側にある物を損傷することを防止するために、被加工部材のレーザ光を照射する側とは反対側にレーザ光を遮蔽可能なレーザ遮蔽部材を設ける。例えば、特許文献１には、レーザ光を用いて燃料噴射弁の噴孔を加工するとき、ノズルボディとなる被加工部材内にコランダムや立方晶ジルコニアなどの高融点材料から形成されるレーザ遮蔽部材を挿入する部材の製造方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：米国特許第８２４２４０８号明細書

発明の概要

[0005] 特許文献１に記載の部材の製造方法では、レーザ遮蔽部材は、レーザ光が照射されると徐々に損傷するため、ある程度の頻度で交換する必要がある。このため、レーザ光による被加工部材の加工工程においてはレーザ遮蔽部材を交換するための工数が必要となる。また、特許文献１の部材の製造方法では、レーザ遮蔽部材は、レーザ光による損傷の度合いを抑えるため、比較的

高価な材料から形成されている。上述したように、レーザ遮蔽部材はある程度の頻度で交換されるため、部材の製造にかかるコストが増大する。

[0006] 本開示の目的は、通孔を成形するレーザ光が被加工部材を損傷することを防止する部材の製造方法を提供することである。

[0007] 本開示の第一態様による部材の製造方法は、一次成形工程、強度判定工程、レーザ変調工程、及び、二次成形工程を含む。

一次成形工程では、レーザ光を被加工部材に照射し、光検出部によって被加工部材からの光を受光しつつ通孔に比べ内径が小さい一次孔を被加工部材に成形する。

強度判定工程は、光検出部が検出する光の強度が所定の閾値以下であるかを判定する。

レーザ変調工程は、光検出部が検出する光の強度が所定の閾値以下であると判定されると、被加工部材に照射されるレーザ光の空間光位相を変調する。

二次成形工程は、空間光位相が変調されたレーザ光を一次孔の縁部に照射し、通孔を形成する。

[0008] 本開示の部材の製造方法では、一次成形工程において、レーザ光を用いて通孔に比べ内径が小さい一次孔を被加工部材に成形する。一次孔が貫通すると、光検出部が受光する光の強度は、一次孔が貫通する前に比べ小さくなる。そこで、強度判定工程において、光検出部が検出する光の強度が所定の閾値以下であると判定されると、レーザ変調工程において被加工部材に照射されるレーザ光の空間光位相を変調する。このとき、レーザ変調工程では、レーザ光の空間光位相を変調することによって、一次孔の縁部を加工するときに既に貫通している一次孔を通るレーザ光の強度を比較的小さくしたり、部材の単位時間当たりの加工量が少なくなるようレーザ光の広がり角を変更したりする。これにより、一次孔を通して被加工部材の内部に侵入するレーザは、エネルギーが小さくなっているため、貫通した一次孔を通るレーザ光によって被加工部材や被加工部材のレーザ光が照射される側とは反対側にある物

が損傷することを防止することができる。

図面の簡単な説明

- [0009] 本開示についての上記目的及びその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な技術により、より明確になる。その図面は、
- [図1]図1は、本開示の第一実施形態による部材の製造装置の模式図であり、
- [図2]図2は、本開示の第一実施形態による部材の製造方法によって製造されるノズルボディを備える燃料噴射弁の断面図であり、
- [図3]図3は、図2のノズルボディの拡大断面図であり、
- [図4]図4は、本開示の第一実施形態による部材の製造方法のフローチャートであり、
- [図5]図5は、本開示の第一実施形態による部材の製造方法におけるレーザー光の強度分布を示す特性図であり、
- [図6A]図6Aは、本開示の第一実施形態による部材の製造方法の工程を説明する模式図であり、
- [図6B]図6Bは、図6AのV I b矢視図であり、
- [図7]図7は、本開示の第一実施形態による部材の製造方法におけるレーザー光の強度分布を示す特性図であって、図5とは異なるレーザー光の強度分布を示す特性図であり、
- [図8A]図8Aは、本開示の第一実施形態による部材の製造方法の工程を説明する模式図であって、図6Aとは異なる工程を説明する模式図であり、
- [図8B]図8Bは、図8AのV I I I b矢視図であり、
- [図9A]図9Aは、本開示の第二実施形態による部材の製造方法におけるレーザー光の強度分布を示す特性図であり、
- [図9B]図9Bは、本開示の第二実施形態による部材の製造方法の工程を説明する模式図であり、
- [図10]図10は、本開示の第三実施形態による部材の製造方法のフローチャートであり、
- [図11A]図11Aは、本開示の第三実施形態による部材の製造方法の工程を説

明する模式図であり、

[図11B]図11Bは、図11AのX1b矢視図であり、

[図12A]図12Aは、本開示の第三実施形態による部材の製造方法の工程を説明する模式図であって、図11Aとは異なる状態を説明する模式図であり、

[図12B]図12Bは、図12AのX11b矢視図であり、

[図13]図13は、本開示の第四実施形態による部材の製造装置の模式図であり、

[図14]図14は、本開示の第五実施形態による部材の製造装置の模式図であり、

[図15]図15は、本開示の第六実施形態による部材の製造装置の模式図であり、

[図16]図16は、本開示の第六実施形態による部材の製造方法のフローチャートであり、

[図17]図17は、本開示の第六実施形態による部材の製造方法における被加工部材の拡大断面図であり、

[図18]図18は、本開示の第七実施形態による部材の製造装置の模式図であり、

[図19]図19は、本開示の第七実施形態による部材の製造方法の工程を説明する模式図であり、

[図20]図20は、本開示の第七実施形態による部材の製造方法の工程を説明する模式図であって、図19とは異なる工程を説明する模式図であり、

[図21]図21は、比較例の部材の製造方法におけるレーザ光の強度分布を示す特性図であり、

[図22A]図22Aは、比較例の部材の製造方法における工程を説明する模式図であり、

[図22B]図22Bは、図22AのXX11b矢視図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示の複数の実施形態を図面に基づき説明する。

(第一実施形態)

第一実施形態による「部材の製造装置」としてのレーザ加工装置１は、図２に示すディーゼル燃料用の燃料噴射弁９０の「部材」としてのノズルボディ９３の製造に用いる。

[0011] 最初に、燃料噴射弁９０の構成を説明する。燃料噴射弁９０は、図２、３に示すように、ノズルボディ９３、ノズルボディ９３が有する弁座９４に当接可能に設けられているニードル９５、及び、ニードル９５を軸方向へ駆動可能な電磁駆動部９６を備えている。

[0012] 弁座９４に当接しているニードル９５とノズルボディ９３との間には、サック室９７が区画形成される。ノズルボディ９３は、ノズルボディ９３の外部とサック室９７とを連通する「通孔」としての噴孔９８を有する。ノズルボディ９３内に導入される燃料は、ニードル９５が弁座９４から離間するときサック室９７及び噴孔９８を通して外部に噴射される。レーザ加工装置１は、被加工部材７に噴孔９８を成形することが可能である。

[0013] 次に、レーザ加工装置１の構成について図１を参照して説明する。レーザ加工装置１は、部材保持部１１、レーザ発振部１３、光学素子部１５、光検出部１７、及び、制御部１９などを備える。なお、図１では、レーザ加工装置１におけるレーザ光の軌跡を当該レーザ光の外縁部を示す点線Ｌ０で示す。また、被加工部材７からの光の軌跡を点線Ｌ７で示す。

[0014] 部材保持部１１は、有底筒状の被加工部材７を保持可能に形成されている。部材保持部１１は、被加工部材７の外側からレーザ光が照射されるよう被加工部材７を保持する。

[0015] レーザ発振部１３は、被加工部材７に噴孔９８を成形可能なレーザ光を発振する。レーザ発振部１３は、制御部１９と電氣的に接続している。レーザ発振部１３は、制御部１９が出力する指令信号に基づいてレーザ光を発振する。レーザ発振部１３が発振するレーザ光は、レーザ発振部１３と光学素子部１５との間に設けられているコリメートレンズ１４１を通ることで平行状態に調整されたコリメート光となる。当該コリメート光は、光学素子部１５

に到達する。

[0016] 光学素子部 15 は、いわゆる、反射型液晶パネルであって、前面ガラス 151、液晶層 152、背面反射板 153、制御部 19 と電氣的に接続している電極 154 などを備える。光学素子部 15 では、前面ガラス 151 を通って光学素子部 15 内に入射したコリメート光を背面反射板 153 によって所定の方向に向けて反射する。このとき、液晶層 152 が有する液晶分子の配列方向を電極 154 に印加される電圧によって変更する。これにより、光学素子部 15 は、光学素子部 15 から被加工部材 7 に向かうレーザ光の空間光位相を変調することが可能である。光学素子部 15 から被加工部材 7 に向かうレーザ光は、光学素子部 15 と被加工部材 7 との間に設けられている集光レンズ 142 を通ることで集光され、被加工部材 7 の所望の位置に照射される。

[0017] 光検出部 17 は、制御部 19 と電氣的に接続している。光検出部 17 は、被加工部材 7 の外部であって被加工部材 7 の噴孔 98 が加工される部位の近傍に設けられる。光検出部 17 は、被加工部材 7 の外壁面で反射するレーザ光の反射光やレーザ光による加工によって被加工部材 7 から発生する微粒子のプラズマ光を受光可能である。例えば、本実施形態では、光検出部 17 は、被加工部材 7 の微粒子がレーザ光と反応することで発生するプラズマ光を検出可能なよう検出可能な光の波長の範囲が 200～1200nm に設定されている。光検出部 17 は、受光した強度に応じた電気信号を制御部 19 に出力する。

[0018] 制御部 19 は、レーザ発振部 13、光学素子部 15、及び、光検出部 17 と電氣的に接続している。制御部 19 は、光検出部 17 が出力する電気信号に応じてレーザ発振部 13 及び光学素子部 15 を制御する。

[0019] 次に、本実施形態による「部材の製造方法」としての被加工部材 7 の加工方法について図 4、5、6A、6B、7、8A、8B に基づいて説明する。図 4 に被加工部材 7 の加工方法のフローチャートを示す。

[0020] 最初に、ステップ（以下、単に「S」とする）101において、被加工部

材 7 を部材保持部 1 1 にセットする。

[0021] 次に、「一次成形工程」としての S 1 0 2 において、被加工部材 7 の所望の位置にレーザ光を照射する。所望の位置とは、被加工部材 7 をノズルボディ 9 3 に加工したときノズルボディ 9 3 が有する噴孔 9 8 の略中央の位置である。

ここで、S 1 0 2 において被加工部材 7 に照射されるレーザ光の強度分布を図 5 に基づいて説明する。図 5 は、集光レンズ 1 4 2 を通って被加工部材 7 に照射されるレーザ光について、当該レーザ光が進む方向に対して垂直な方向の強度分布を示している。図 5 では、横軸は、レーザ光の中心 $c L 0$ からの距離 L を示している。また、縦軸は、レーザ光の強度 $S \circ L$ を示している。

[0022] S 1 0 2 では、図 5 に示すように、距離 $L 1$ の 2 倍の長さのビーム径を有するレーザ光が被加工部材 7 に照射される。ここで、レーザ光が 0 より大きい強度を有する領域をレーザ照射領域 $R m 1$ とする。すなわち、レーザ照射領域 $R m 1$ の形状は、距離 $L 1$ を半径とする略円形状となっている。

S 1 0 2 で被加工部材 7 に照射されるレーザ光は、レーザ光の中心 $c L 0$ において最も強い強度を有し、中心 $c L 0$ から離れるに従って強度が低下する。本実施形態の被加工部材 7 の加工方法において、被加工部材 7 を加工可能なレーザの最も低い強度を強度 $S \circ L 9$ とすると、中心 $c L 0$ からの距離 $L 2 1$ までの領域が被加工部材 7 を加工可能な強度を有するレーザ光の領域である加工可能領域 $R m 2 1$ となる。S 1 0 2 で被加工部材 7 に照射されるレーザ光では、加工可能領域 $R m 2 1$ は、レーザ照射領域 $R m 1$ の略中央に位置している。

[0023] S 1 0 2 では、制御部 1 9 は、図 5 に示すような強度分布のレーザ光を被加工部材 7 に照射するよう光学素子部 1 5 を制御する。光学素子部 1 5 では、電極 1 5 4 に電圧を印加し、レーザ発振部 1 3 が発振したレーザ光が図 5 に示すような強度分布のレーザ光となるよう液晶層 1 5 2 が操作される。

[0024] 次に、S 1 0 2 における被加工部材 7 の加工の状態を図 6 A, 6 B に基づ

いて説明する。図 6 A には、レーザ光が照射される被加工部材 7 の部位の拡大断面図を示す。図 6 A には、レーザ光が進む方向を実線矢印 L d 1 で示す。また、図 6 B には、図 6 A の V l b 矢視図を示す。図 6 A, 6 B には、図 5 で定義したレーザ照射領域 R m 1 の外縁を一点鎖線 L w 1 で示す。また、図 5 で定義した加工可能領域 R m 2 1 の外縁を二点鎖線 L w 2 で示す。

[0025] S 1 0 2 では、強度分布が図 5 となったレーザ光は、図 6 B に示すように、被加工部材 7 に加工される予定の噴孔 9 8 の略中央に照射される。このとき、強度分布が図 5 となったレーザ光によって加工される噴孔 9 8 の下孔としての一次孔 9 8 1 の内径は、図 6 A, 6 B に点線で示す噴孔 9 8 の内径に比べ小さい。一方、レーザ照射領域 R m 1 内の加工可能領域 R m 2 1 を除く領域のレーザ光は、被加工部材 7 を加工可能な強度を有していないため、外壁が損傷することはない。これにより、S 1 0 2 では、図 6 A, 6 B に示すように、被加工部材 7 に照射されるレーザ光のうち加工可能領域 R m 2 1 のレーザ光が照射される部位に一次孔 9 8 1 が成形される。

[0026] S 1 0 2 では、被加工部材 7 にレーザ光を照射しているとき、光検出部 1 7 によって被加工部材 7 からの反射光やプラズマ光を受光する。光検出部 1 7 は、受光した光の強度に応じた電気信号を制御部 1 9 に出力する。

[0027] 次に、「強度判定工程」としての S 1 0 3 において、被加工部材 7 からの反射光やプラズマ光の強度が「所定の閾値」としての第一の閾値以下であるか否かを判定する。

一次孔 9 8 1 が貫通すると被加工部材 7 に照射されているレーザ光の一部は、貫通した一次孔 9 8 1 を通って被加工部材 7 の内側に入る。このため、一次孔 9 8 1 が貫通すると、被加工部材 7 からの反射光は強度が低下する。すなわち、反射光の強度の変化によって一次孔 9 8 1 が貫通したか否かが分かる。

また、レーザ光によって被加工部材 7 を加工すると、加工によって発生した被加工部材 7 の微粒子を構成する原子がレーザ光によって励起されるためプラズマ光が発生する。このため、一次孔 9 8 1 が貫通すると、当該微粒子

の発生量が少なくなるため、被加工部材 7 からのプラズマ光は強度が低下する。すなわち、プラズマ光の強度の変化によって一次孔 981 が貫通したか否かが分かる。

[0028] S103では、光検出部17が受光した被加工部材7からの反射光やプラズマ光の強度が予め設定されている第一の閾値以下であるか否かを制御部19が判定する。光検出部17が受光する光の強度が第一の閾値以下であると判定されると、S104に進む。光検出部17が受光する光の強度が第一の閾値以上であると判定されると、S102に戻り、図5に示す強度分布を有するレーザ光を被加工部材7に照射し続ける。

[0029] S103において光検出部17が受光する被加工部材7からの反射光やプラズマ光の強度が第一の閾値以下であると判定されると、次に、「レーザ変調工程」としてのS104において、レーザ光の強度分布を変更する。

ここで、図7に基づいて、S104において変更されたレーザ光の強度分布を説明する。図7は、集光レンズ142を通して被加工部材7に照射されるレーザ光について、当該レーザ光が進む方向に対して垂直な方向の強度分布を示している。図7では、横軸は、レーザ光の中心 $cL0$ からの距離 L を示している。また、縦軸は、レーザ光の強度 $S \propto L$ を示している。なお、図7には、S104において変更されたレーザ光の強度分布を実線 $AL1$ で示し、S102において一次孔981を成形したレーザ光の強度分布を二点鎖線 $VL1$ で示す。

[0030] 図7に示すように、S104において変調されるレーザ光は、距離 $L1$ の2倍の長さのビーム径を有するものの、レーザ光の中心 $cL0$ とは異なる位置に最も強い強度を有している。具体的には、レーザ光は、当該レーザ光のビーム径内における中心 $cL0$ から距離 $(L1/2)$ より離れた外縁領域 $Rm3$ に最も強い強度を有している。すなわち、レーザ光は、中心 $cL0$ から距離 $(L1/2)$ より近い中央領域 $Rm4$ のエネルギーが外縁領域 $Rm3$ のエネルギーに比べ小さくなるよう空間分布が変調される。これにより、図7に示すように、距離 $L3$ と距離 $L4$ との間の加工可能領域 $Rm21$ は、レーザ照

射領域 R_{m1} の中心からずれた位置にあることとなる。

S 1 0 4 では、制御部 1 9 は、図 7 に示すような空間分布のレーザ光を被加工部材 7 に照射するよう光学素子部 1 5 を制御する。光学素子部 1 5 では、電極 1 5 4 に電圧を印加し、レーザ発振部 1 3 が発振したレーザ光が図 7 に示すような強度分布のレーザ光となるよう液晶層 1 5 2 が操作される。

[0031] 次に、「二次成形工程」としての S 1 0 5 において、一次孔 9 8 1 を形成する縁部 9 8 2 にレーザ光を照射する。S 1 0 5 では、S 1 0 4 において変調されたレーザ光の空間光位相を変調することで焦点位置を移動させ、レーザ光を縁部 9 8 2 に照射する。このときの被加工部材 7 の加工の状態を図 8 A, 8 B に基づいて説明する。図 8 A には、レーザ光が照射される被加工部材 7 の部位の拡大断面図を示す。また、図 8 B には、図 8 A の V I I I b 矢視図を示す。

[0032] S 1 0 4 において強度分布が図 7 となったレーザ光は、図 8 B に示すように、加工可能領域 R_{m21} のレーザ光が縁部 9 8 2 に照射されるよう被加工部材 7 の外壁に照射される。これにより、S 1 0 5 では、図 8 A, 8 B に示すように、縁部 9 8 2 がレーザ光によって加工され、一次孔 9 8 1 の径外方向に一次孔 9 8 1 に連通する拡大孔 9 8 3 が成形される。このとき、レーザ照射領域 R_{m1} 内の加工可能領域 R_{m21} を除く領域のレーザ光の一部は、図 8 A に示すように、既に貫通している一次孔 9 8 1 を通って被加工部材 7 の内側に入る。しかしながら、レーザ照射領域 R_{m1} 内の加工可能領域 R_{m21} を除く領域のレーザ光は、被加工部材 7 を加工可能な強度を有していないため、被加工部材 7 の内壁面が損傷することはない。

[0033] S 1 0 5 では、縁部 9 8 2 を順番に加工するために、図 8 B の実線矢印 L d 2 に示すように、一次孔 9 8 1 の周方向に沿ってレーザ光の焦点位置を移動させることによって加工可能領域 R_{m21} を移動させる。これにより、一次孔 9 8 1 の径外方向を囲むよう拡大孔 9 8 3 が成形される。

[0034] 次に、S 1 0 6 において、光の強度は第二の閾値以下であるか否かを判定する。S 1 0 6 では、S 1 0 3 と同様に光検出部 1 7 が受光した被加工部材

7からの反射光やプラズマ光の強度が予め設定されている第二の閾値以下であるか否かを制御部19が判定する。すなわち、反射光やプラズマ光の強度の変化によって拡大孔983が貫通したか否かが分かる。

S106では、光検出部17が受光する光の強度が第二の閾値以下であると判定されると、S107に進む。光検出部17が受光する光の強度が第二の閾値以上であると判定されると、S105に戻り、図7に示す強度分布を有するレーザ光を被加工部材7に照射し続ける。

[0035] S106において光検出部17が受光する被加工部材7からの反射光やプラズマ光の強度が第二の閾値以下であると判定されると、S107において、図7に示す強度分布を有するレーザ光が縁部982の全てに照射されたか否かを制御部19が判定する。制御部19では、事前に入力されているプログラムに基づいて図7に示す強度分布を有するレーザ光を縁部982に全て照射したか否かを判定する。制御部19がレーザ光は縁部982の全てに照射されたと判定すると、今回のルーチンを終了する。また、制御部19がレーザ光は縁部982の全てに照射されていないと判定すると、S105に戻り、図7に示す強度分布を有するレーザ光を拡大孔983が加工されていない縁部982に照射する。

本実施形態による被加工部材7の加工方法では、このようにして、被加工部材7に噴孔98を加工し、ノズルボディ93を製造する。

[0036] 従来、レーザ光によって被加工部材に噴孔を加工するとき、貫通した噴孔を通して当該噴孔を加工したレーザ光が被加工部材内に入る。被加工部材内に入るレーザ光は、レーザ光の照射方向に位置する被加工部材の内壁面に照射されるため、被加工部材の当該内壁面は損傷するおそれがある。

[0037] ここで、比較例の被加工部材の加工方法の詳細を図21, 22A, 22Bに基づいて説明する。

比較例の被加工部材の加工方法では、最初に、本実施形態と同じように距離L1の2倍の長さのビーム径を有するレーザ光を用いて一次孔981を成形する。一次孔981を成形した後、一次孔981の縁部982にレーザ光

を照射して拡大孔 983 を成形する。比較例の被加工部材の加工方法では、拡大孔 983 を成形するときのレーザ光の強度分布を一次孔 981 を成形するときのレーザ光の強度分布から変更しない。すなわち、比較例の被加工部材の加工方法で用いられるレーザ光は、図 21 に示すように、レーザ光の中心 $cL1$ において最も強い強度を有しており、中心 $cL1$ から離れるに従って強度が低下する。これにより、中心 $cL1$ からの距離 $L20$ までの領域が被加工部材 7 を加工可能なエネルギーを有する領域である加工可能領域 $Rm20$ となる。加工可能領域 $Rm20$ は、レーザ照射領域 $Rm1$ の略中央に位置している。加工可能領域 $Rm20$ の直径は、一次孔 981 の直径と同じ大きさである。

[0038] 比較例の被加工部材の加工方法において拡大孔 983 を成形するときの被加工部材 7 の加工の状態を図 22A, 22B に示す。図 22A には、レーザ光が照射される被加工部材 7 の部位の拡大断面図を示す。また、図 22B には、図 22A の $XX11b$ 矢視図を示す。図 22A, 22B には、図 21 で定義した加工可能領域 $Rm20$ の外縁を二点鎖線 $Lw3$ で示す。

[0039] 図 22B に示すように、拡大孔 983 を成形するとき、加工可能領域 $Rm20$ のレーザ光を一次孔 981 の縁部 982 に照射されるようレーザ光を被加工部材 7 に照射する。このとき、縁部 982 の加工に利用されない加工可能領域 $Rm20$ の一部の領域 $Rm0$ のレーザ光が一次孔 981 を通って被加工部材 7 の内側に入る。被加工部材 7 の内側に入った領域 $Rm0$ のレーザ光が被加工部材 7 の内壁面に照射されると、被加工部材 7 の内壁面が損傷する。

[0040] (1) 本実施形態の被加工部材 7 の加工方法では、一次孔 981 が貫通すると、光検出部 17 が受光する被加工部材 7 からの光の強度は、一次孔 981 が貫通する前に比べ小さくなる。そこで、光検出部 17 が検出する光の強度が第一の閾値以下であると判定されると、外縁領域 $Rm3$ の強度が中央領域 $Rm4$ の強度に比べ大きくなるようレーザ発振部 13 が発振するレーザ光の空間光位相を変調する。次に、空間光位相が変調されたレーザ光を縁部 9

８２に照射し、一次孔９８１に連通する拡大孔９８３を成形する。このとき、一次孔９８１を通して被加工部材７の内部に到達するレーザ光は、レーザ照射領域 R_m1 内の加工可能領域 R_m21 を除く領域のレーザ光であるため、被加工部材７の内壁面に照射されても被加工部材７は損傷しない。これにより、一次孔９８１や拡大孔９８３を通るレーザ光によって被加工部材７の内壁面の損傷を防止することができる。

[0041] （２）また、被加工部材７の加工方法では、一次孔９８１を通るレーザ光による被加工部材７の内壁面の損傷を防止できるため、被加工部材７の内側に到達したレーザによって被加工部材７の内壁面の損傷を防止するためのレーザ遮蔽部材がなくてもよい。これにより、ノズルボディ９３の製造コストを低減することができる。また、噴孔９８を加工するとき、レーザ遮蔽部材を挿入したり抜き出したりするための工数を低減することができる。

[0042] （３）本実施形態のレーザ加工装置１では、光学素子部１５は、レーザ光の空間光位相を変調することによって焦点位置を変更可能に設けられている。これにより、レーザ光の焦点位置を変更するためにローテータやガルバノスキャナなど駆動を要する構成を用いる場合に比べ、拡大孔９８３を成形するときの位置ずれを防止することができる。したがって、噴孔９８を高精度に成形することができる。

[0043] （４）本実施形態のレーザ加工装置１は、一次孔９８１及び拡大孔９８３が貫通したときに光検出部１７での検出結果に基づいてレーザ光の強度分布を制御する。これにより、一次孔９８１及び拡大孔９８３が貫通した直後にレーザ光の強度分布を変更することができるため、噴孔９８を加工するために必要なエネルギーの消費量を低減することができる。したがって、ノズルボディ９３の製造コストを低減することができる。

[0044] （５）光検出部１７は、レーザ光による加工によって被加工部材７から発生する微粒子のプラズマ光を受光可能に設けられている。これにより、被加工部材７の形状によって変化するおそれがある被加工部材７の外壁面で反射するレーザ光の反射光に比べ、一次孔９８１及び拡大孔９８３が貫通したこ

とを判定しやすい。したがって、一次孔 981 及び拡大孔 983 を確実に貫通させることができる。

[0045] (第二実施形態)

次に、本開示の第二実施形態による被加工部材の加工方法を図 9 A, 9 B に基づいて説明する。第二実施形態は、拡大孔を成形するときのレーザ光の強度分布が第一実施形態と異なる。なお、第一実施形態と実質的に同一の部位には同一の符号を付し、説明を省略する。

[0046] 第二実施形態による被加工部材 7 の加工方法において、拡大孔 983 を成形するとき被加工部材 7 に照射されるレーザ光の強度分布を図 9 A に基づいて説明する。図 9 A は、集光レンズ 142 を通って被加工部材 7 に照射されるレーザ光について、当該レーザ光が進む方向に対して垂直な方向の強度分布を示している。図 9 A では、横軸は、レーザ光の中心 c L 0 からの距離 L を示している。また、縦軸は、レーザ光の強度 S o L を示している。

[0047] 図 9 A に示すように、本実施形態において拡大孔 983 を成形するときのレーザ光は、中央領域 R m 4 の強度が外縁領域 R m 3 の強度に比べ小さくなるよう空間分布が変調される。さらに、本実施形態では、レーザ光は、距離 L 5 と距離 L 6 との間の加工可能領域 R m 2 1 を外縁領域 R m 3 の二箇所にも有するよう変調される。これにより、二箇所の加工可能領域 R m 2 1 は、レーザ照射領域 R m 1 の中心からずれた位置にあることとなる。

光学素子部 15 では、電極 154 に電圧を印加し、レーザ発振部 13 が発振したレーザ光が図 9 A に示すような強度分布のレーザ光となるよう液晶層 152 が操作される。

[0048] 図 9 A に示す強度分布を有するレーザ光によって拡大孔 983 を成形するときの被加工部材 7 の加工の状態を図 9 B に示す。図 9 B は、レーザ光が照射される方向からの一次孔 981 及び拡大孔 983 を見た模式図である。図 9 B には、図 9 A に示す強度分布を有するレーザ光の断面線を I X a - I X a 線として示す。

[0049] 図 9 B に示すように、図 9 A の強度分布を有するレーザ光を一次孔 981

の縁部 982 に照射すると、縁部 982 に二つの拡大孔 983 が同時に成形することができる。これにより、本実施形態による被加工部材 7 の加工方法では、拡大孔 983 を成形する時間を短くすることができる。したがって、第二実施形態は、第一実施形態と同じ効果を奏するとともに、ノズルボディ 93 の製造に必要な工数をさらに低減することができる。

[0050] (第三実施形態)

次に、本開示の第三実施形態による部材の製造装置および部材の製造方法を図 10, 11A, 11B, 12A, 12B に基づいて説明する。第三実施形態は、光学素子部の作用が第一実施形態と異なる。なお、第一実施形態と実質的に同一の部位には同一の符号を付し、説明を省略する。

[0051] 第三実施形態によるレーザ加工装置が備える光学素子部 15 は、液晶層 152 の液晶分子の配列方向を変更することによって光学素子部 15 から被加工部材 7 に向かうレーザ光の空間光位相を変調し、レーザ光の広がり角を変更することが可能である。

[0052] 次に、本実施形態による被加工部材 7 の加工方法を図 10, 11A, 11B, 12A, 12B に基づいて説明する。図 10 に被加工部材 7 の加工方法のフローチャートを示す。図 11A および図 12A にレーザ光が照射される被加工部材 7 の部位の拡大断面図を示す。また、図 11B および図 12B のそれぞれには、図 11A の X1b 矢視図および図 12A の X11b 矢視図を示す。

本実施形態による被加工部材 7 の加工方法では、一次孔 981 の中心軸 C981 を含む平面上において噴孔 98 の内壁面の断面形状が直線状となっていない噴孔 98 を成形可能である。例えば、本実施形態による被加工部材 7 の加工方法によって成形された噴孔 98 は、図 11A, 11B, 12A, 12B に示すように、噴孔の 98 の略中心における断面積が噴孔 98 の内側開口 984 の断面積および外側開口 985 の断面積に比べ小さくなるよう形成されている。このとき、内側開口 984 の断面積と外側開口 985 の断面積とは、異なってもよいし、同じであってもよい。

[0053] 最初に、S 2 0 1 において、第一実施形態の S 1 0 1 と同じように、被加工部材 7 を部材保持部 1 1 にセットする。

次に「一次成形工程」としての S 2 0 2 において、第一実施形態の S 1 0 2 と同じように、被加工部材 7 の所望の位置に一次孔 9 8 1 を成形するためのレーザ光を照射する。

S 2 0 2 の次に S 2 0 3 において、第一実施形態の S 1 0 3 と同じように、被加工部材 7 からの光の強度が第一の閾値以下であるか否かを判定する。

[0054] S 2 0 3 において光検出部 1 7 が受光する被加工部材 7 からの光の強度が第一の閾値以下であると判定されると、「レーザ変調工程」としての S 2 0 4 において、光学素子部 1 5 は、レーザ光の広がり角を変更する。

次に、「二次成形工程」としての S 2 0 5 において、一次孔 9 8 1 または一次孔 9 8 1 が一部加工された加工途中の噴孔 9 8 の内壁面 9 8 6 にレーザ光を照射する。具体的には、S 2 0 5 では、レーザ光の中心 c L 0 が一次孔 9 8 1 の中心軸 C 9 8 1 に対して傾斜した状態でレーザ光を一次孔 9 8 1 に入射する。

[0055] ここで、S 2 0 4 におけるレーザ光の広がり角の変更による作用について、S 2 0 5 におけるレーザ光の内壁面 9 8 6 への照射の作用とともに、図 1 1 A, 1 1 B, 1 2 A, 1 2 B に基づいて説明する。図 1 1 A, 1 1 B は、広がり角が比較的小さいレーザ光による被加工部材 7 の加工の状態を示し、図 1 2 A, 1 2 B は、広がり角が比較的小さいレーザ光による被加工部材 7 の加工の状態を示す。なお、本実施形態による被加工部材 7 の加工方法では、レーザ光は、照射される内壁面 9 8 6 との関係において吸収に比べて反射が優勢な比較的高エネルギーのレーザ光となっている。また、図 1 1 A, 1 1 B, 1 2 A, 1 2 B に示すように、内壁面 9 8 6 は、中心軸 C 9 8 1 に対して非平行な状態となっている。

[0056] 図 1 1 A に示すように、一次孔 9 8 1 または加工途中の噴孔 9 8 に入射するレーザ光は、内壁面 9 8 6 で反射した後、被加工部材 7 の内部に向かう。本実施形態では、この反射した後のレーザ光を内側開口 9 8 4 の「部材の所

定の部位」としての縁部 987 に集光し、内側開口 984 の形状が所望の形状となるよう被加工部材 7 を加工する。このとき、図 11A に示すように、レーザ光の広がり角 $SA31$ が比較的小さいと、内壁面 986 で反射したレーザ光は、内側開口 984 の縁部 987 付近におけるビーム径 $L31$ が比較的大きくなるため、縁部 987 の単位時間当たりの加工量は多くなる。これにより、例えば、図 11B の領域 $A31$ に示すように、比較的大きい内径 $R31$ の部位が成形される。

[0057] 一方、図 12A に示すように、一次孔 981 または加工途中の噴孔 98 に入射するレーザ光の広がり角 $SA32$ が広がり角 $SA31$ に比べ大きい場合、内壁面 986 で反射したレーザ光は、内側開口 984 の縁部 987 付近におけるビーム径 $L32$ がビーム径 $L31$ に比べ小さくなるため、縁部 987 の単位時間当たりの加工量は少なくなる。これにより、例えば、図 12B の領域 $A32$ に示すように、内径 $R31$ に比べ小さい内径 $R32$ の部位が成形される。

なお、本実施形態では、広がり角 $SA31$ のレーザ光の内壁面 986 上の反射面の面積と、広がり角 $SA32$ のレーザ光の内壁面 986 上の反射面の面積とは同じ大きさとなっている。レーザ光のエネルギーは、広がり角に関係なく一定であることから、内壁面 986 上の反射面に照射されるレーザ光の単位面積当たりのエネルギーは同じになる。

[0058] S205 の次に S206 において、第一実施形態の S106 と同じように、光の強度は第二の閾値以下であるか否かを判定する。

S206 において光検出部 17 が受光する被加工部材 7 からの光の強度が第二の閾値以下であると判定されると、S207 において、内側開口 984 の縁部 987 の予定の位置にレーザ光を照射したか否かを制御部 19 が判定する。

本実施形態による被加工部材 7 の加工方法では、このようにして、被加工部材 7 に噴孔 98 を加工し、ノズルボディ 93 を製造する。

[0059] 本実施形態による被加工部材 7 の加工方法では、内壁面 986 で反射した

レーザ光を内側開口 984 の縁部 987 に照射することによって内側開口 984 を加工する。このとき、一次孔 981 または加工途中の噴孔 98 に入射するレーザ光の広がり角を変更することによって内側開口 984 の縁部 987 における単位時間当たりの加工量を変更する。これにより、内側開口 984 の加工に必要なレーザ光のみが一次孔 981 または加工途中の噴孔 98 に入射するため、加工に利用されなかったレーザ光が被加工部材 7 の内壁面に照射されにくい。これにより、被加工部材 7 の内壁面の損傷を防止できる。したがって、第三実施形態は、第一実施形態の（１）、（２）、（４）、（５）を奏する。

[0060] また、本実施形態では、単位時間当たりの加工量を変更することができるため、外側開口 985 の形状に影響されることなく、図 11B 及び図 12B に示すような所望の形状の内側開口 984 を加工することができる。このように、本実施形態では、特に、外側開口 985 より内側において加工可能な箇所を増やすことができるため、噴孔 98 の形状の自由度を向上することができる。

[0061] （第四実施形態）

次に、本開示の第四実施形態によるレーザ加工装置を図 13 に基づいて説明する。第四実施形態は、光学素子部の構成が第一実施形態と異なる。なお、第一実施形態と実質的に同一の部位には同一の符号を付し、説明を省略する。

[0062] 本実施形態によるレーザ加工装置 2 の模式図を図 13 に示す。レーザ加工装置 2 は、部材保持部 11、レーザ発振部 13、光学素子部 25、光検出部 17、及び、制御部 19 などを備える。なお、図 13 では、レーザ加工装置 2 におけるレーザ光の軌跡を当該レーザ光の外縁部を示す点線 L0 で示す。また、被加工部材 7 からの光の軌跡を点線 L7 で示す。

[0063] 光学素子部 25 は、前面ガラス 151、複数の回折レンズ 252、背面反射板 153、制御部 19 と電氣的に接続している駆動部 254 などを備える。光学素子部 25 では、背面反射板 153 が反射するコリメート光が複数の

回折レンズ 252 を通るとき、当該回折レンズ 252 を駆動部 254 によって回転する。これにより、光学素子部 25 から被加工部材 7 に向かうレーザ光の光回折パターンを変更することが可能である。光学素子部 25 から被加工部材 7 に向かうレーザ光は、集光レンズ 142 を通って被加工部材 7 の所望の位置に照射される。

[0064] レーザ加工装置 2 では、複数の回折レンズ 252 の組み合わせによってレーザ光の空間光位相を変調することができる。これにより、第四実施形態は、第一実施形態と同じ効果を奏する。

[0065] (第五実施形態)

次に、本開示の第五実施形態によるレーザ加工装置を図 14 に基づいて説明する。第五実施形態は、光検出部の数が第一実施形態と異なる。なお、第一実施形態と実質的に同一の部位には同一の符号を付し、説明を省略する。

[0066] 本実施形態によるレーザ加工装置 3 の模式図を図 14 に示す。レーザ加工装置 3 は、部材保持部 11、レーザ発振部 13、光学素子部 15、複数の光検出部 17、及び、制御部 19 などを備える。なお、図 14 では、レーザ加工装置 3 におけるレーザ光の軌跡を当該レーザ光の外縁部を示す点線 L0 で示す。また、被加工部材 7 からの光の軌跡を点線 L7 で示す。

[0067] レーザ加工装置 3 では、図 14 に示すように、複数の光検出部 17 が被加工部材 7 に対して種々の角度に位置している。これにより、本実施形態による被加工部材 7 の加工方法では、複数の光検出部 17 が検出するレーザの反射光などの変化から総合的に判断して一次孔 981 及び拡大孔 983 が貫通したか否かを判定することができる。したがって、第五実施形態は、第一実施形態と同じ効果を奏するとともに噴孔 98 を高精度に成形することができる。

[0068] (第六実施形態)

次に、本開示の第六実施形態によるレーザ加工装置を図 15, 16, 17 に基づいて説明する。第六実施形態は、レーザ遮蔽部材を備える点が第一実施形態と異なる。なお、第一実施形態と実質的に同一の部位には同一の符号

を付し、説明を省略する。

[0069] 本実施形態によるレーザ加工装置４の模式図を図１５に示す。レーザ加工装置４は、部材保持部１１、レーザ遮蔽部材１２、レーザ発振部１３、光学素子部１５、光検出部１７、及び、制御部１９などを備える。なお、図１５では、レーザ加工装置４におけるレーザ光の軌跡を当該レーザ光の外縁部を示す点線Ｌ０で示す。また、被加工部材７からの光の軌跡を点線Ｌ７で示す。

[0070] レーザ遮蔽部材１２は、支持部１２１に支持され、被加工部材７の内側に挿入可能に設けられている。支持部１２１は、被加工部材７の内側においてレーザ遮蔽部材１２を回転可能である。

[0071] 次に、本実施形態における被加工部材７の加工方法について図１６に基づいて説明する。図１６に被加工部材７の加工方法のフローチャートを示す。

[0072] 最初に、Ｓ３０１において、第一実施形態のＳ１０１と同じように、被加工部材７を部材保持部１１にセットする。

Ｓ３０１の次に「部材設置工程」としてのＳ３０２において、レーザ遮蔽部材１２を被加工部材７の内側に挿入する。このとき、レーザ遮蔽部材１２は、図１７に示す被加工部材７の拡大断面図に示すように、外壁面１２２が貫通した一次孔９８１や拡大孔９８３を通るレーザ光が照射される位置に設けられる。

[0073] 次に「一次成形工程」としてのＳ３０３において、第一実施形態のＳ１０２と同じように、被加工部材７の所望の位置に一次孔９８１を成形するためのレーザ光を照射する。

Ｓ３０３の次にＳ３０４において、第一実施形態のＳ１０３と同じように、被加工部材７からの光の強度が第一の閾値以下であるか否かを判定する。

[0074] Ｓ３０４において光検出部１７が受光する被加工部材７からの光の強度が第一の閾値以下であると判定されると、「レーザ変調工程」としてのＳ３０５において、第一実施形態のＳ１０４と同じように、レーザ光の強度分布を変更する。

被加工部材 7 からの光の強度が第一の閾値以下であると判定されレーザ光の強度分布を変更するまでの間に貫通した一次孔 9 8 1 を通ったレーザ光は、図 1 7 に示すように、レーザ遮蔽部材 1 2 の外壁面 1 2 2 に照射される。これにより、レーザ遮蔽部材 1 2 の外壁面 1 2 2 とは反対側の外壁面 1 2 3 に対向する被加工部材 7 の内壁面 7 1 にはレーザ光は照射されない。

[0075] 次に、「二次成形工程」としての S 3 0 6 において、第一実施形態の S 1 0 5 と同じように、一次孔 9 8 1 を形成する縁部 9 8 2 に拡大孔 9 8 3 を成形するためのレーザ光を照射する。

S 3 0 6 の次に S 3 0 7 において、第一実施形態の S 1 0 6 と同じように、光の強度は第二の閾値以下であるか否かを判定する。

S 3 0 7 において光検出部 1 7 が受光する被加工部材 7 からの光の強度が第二の閾値以下であると判定されると、S 3 0 8 において、第一実施形態の S 1 0 7 と同じように、レーザ光が縁部 9 8 2 に全て照射されたか否かを制御部 1 9 が判定する。

本実施形態による被加工部材 7 の加工方法では、このようにして、被加工部材 7 に噴孔 9 8 を加工し、ノズルボディ 9 3 を製造する。

[0076] レーザ加工装置 4 は、貫通した一次孔 9 8 1 や拡大孔 9 8 3 を通るレーザ光が照射されるレーザ遮蔽部材 1 2 を備えている。これにより、一次孔 9 8 1 が貫通した直後や拡大孔 9 8 3 が貫通した直後に被加工部材 7 の内側に入るレーザ光が被加工部材 7 の内壁面 7 1 に照射されることを確実に防止することができる。したがって、第六実施形態は、第一実施形態の効果（１）、（３）～（５）を奏するとともに、レーザ光による被加工部材 7 の内壁面の損傷を確実に防止することができる。

[0077] （第七実施形態）

次に、本開示の第七実施形態による被加工部材の加工方法を図 1 8, 1 9, 2 0 に基づいて説明する。第七実施形態は、被加工部材の加工方法が第一実施形態と異なる。なお、第一実施形態と実質的に同一の部位には同一の符号を付し、説明を省略する。

[0078] 本実施形態によるレーザ加工装置 5 の模式図を図 18 に示す。レーザ加工装置 5 は、部材保持部 31、レーザ発振部 13、光学素子部 35、光検出部 17、及び、制御部 19などを備える。レーザ加工装置 5 は、略円板状の被加工部材 8 に複数の通孔 88 を成形可能である。なお、図 18 では、レーザ加工装置 5 におけるレーザ光の軌跡を当該レーザ光の外縁部を示す点線 L0 で示す。また、被加工部材 8 からの光の軌跡を点線 L8 で示す。

[0079] 部材保持部 31 は、被加工部材 8 を光学素子部 35 に対して相対移動不能に保持可能である。

光学素子部 35 は、いわゆる、反射型液晶パネルであって、前面ガラス 151、液晶層 36、背面反射板 153、複数の電極 371、372、373、374などを備える。液晶層 36 は、複数の液晶分子 361、362、363、364 を有する（図 19、20 参照）。光学素子部 35 では、液晶分子 361、362、363、364 の配列方向を液晶分子 361、362、363、364 のそれぞれに対応する電極 371、372、373、374 に印加される電圧によって個別に変更する。

[0080] 本実施形態における被加工部材 8 の加工方法について、図 19、20 に基づいて説明する。被加工部材 8 の加工方法では、液晶分子 361、362、363、364 の配列方向を制御することによって被加工部材 8 に照射されるレーザ光の空間光位相を変調し、レーザ光の焦点位置を変更する。

[0081] 例えば、図 19 に示すように、背面反射板 153 で反射したレーザ光の一部を液晶分子 361 によって遮蔽する。これにより、集光レンズ 142 を通るレーザ光は、被加工部材 8 の外縁部のうち部材保持部 31 のベース 311 から離れた位置の外縁部に焦点が合わされるため、レーザ光は、ベース 311 から離れた位置の外縁部に通孔 88 の一つである通孔 881 を成形する。通孔 881 は、第一実施形態と同じように、一次孔を成形した後、当該一次孔を形成する縁部に拡大孔を成形することによって成形される。

[0082] また、通孔 881 を成形した後、図 20 に示すように、背面反射板 153 で反射したレーザ光の一部を液晶分子 364 によって遮蔽する。これにより

、集光レンズ 142 を通るレーザ光は、被加工部材 8 の外縁部のうちベース 311 に近い位置の外縁部に焦点が合わされるため、レーザ光は、ベース 311 に近い位置の外縁部に通孔 88 の一つである通孔 882 を成形する。通孔 882 は、第一実施形態と同じように、一次孔を成形した後、当該一次孔を形成する縁部に拡大孔を成形することによって成形される。

[0083] レーザ加工装置 5 では、通孔 88 を成形するとき、外縁領域に加工可能領域の強度を有するレーザ光を用いて拡大孔を成形する。これにより、一次孔や拡大孔を通るレーザ光によって被加工部材 8 を支持する部材保持部 31 の損傷を防止することができる。

[0084] また、従来、一つの被加工部材に複数の通孔をレーザ光によって成形する場合、被加工部材をレーザ光の焦点位置に合わせて高精度に位置合わせする必要があった。このため、高精度に位置合わせするための部材保持部が必要となり、位置合わせのための工数も増加する。

レーザ加工装置 5 では、光学素子部 35 の複数の液晶分子の配列を変更することによってレーザ光の焦点位置を変更することができる。これにより、固定されている一つの被加工部材 8 に対して複数の通孔 88 を成形することができる。したがって、レーザ光の焦点位置に対して被加工部材を位置合わせするための部材保持部が不要となるため、被加工部材 8 を加工するための設備費を低減することができる。

[0085] また、レーザ加工装置 5 では、レーザ光の焦点位置を変更するために光学素子部 15 における複数の液晶分子の配列方向を電氣的に制御している。これにより、部材保持部によって高精度に位置合わせする場合に比べ、比較的短時間で通孔 88 を成形することができる。したがって、通孔を有する部材の製造に必要な工数を低減することができる。

[0086] (他の実施形態)

上述の実施形態では、「部材」は、燃料噴射弁のノズルボディであるとした。しかしながら、「部材」はこれに限定されない。「通孔」を有していればよい。

- [0087] 上述の実施形態では、拡大孔を成形するとき、レーザ光は加工可能領域が外縁領域に位置するとした。しかしながら、加工可能領域が位置する領域はこれに限定されない。一次孔の縁部を成形するとき、貫通した一次孔を通して加工可能領域のレーザ光が被加工部材のレーザ光が照射される側とは反対側に到達しなければよい。
- [0088] 上述の実施形態では、光検出部は、反射光及びプラズマ孔を受光可能であるとした。しかしながら、反射光及びプラズマ光の少なくとも一方を受光可能であってもよい。一次孔または拡大孔が貫通したとき、強度が変化する光であればよい。
- [0089] 上述の実施形態では、光学素子部は、液晶層または回折レンズを有するとした。しかしながら、光学素子部が有する構成はこれに限定されない。光学素子部に入るレーザ光の空間光位相を変調可能な構成であればよい。
- [0090] 第一～六実施形態において、第七実施形態のように、レーザ光の焦点位置を変更することで複数の噴孔を成形してもよい。
- [0091] 第二実施形態では、レーザ光は、外縁領域に二箇所の加工可能領域を有するとした。しかしながら、加工可能領域の数はこれに限定されない。三箇所以上あってもよい。
- [0092] 第三実施形態では、光学素子部におけるレーザ光の空間光位相の変調によってレーザ光の広がり角を変更するとした。しかしながら、レーザ光の広がり角を変更する方法はこれに限定されない。被加工部材に対する集光レンズの位置を変更することによってレーザ光の広がり角を変更してもよい。また、第三実施形態において、第一、二実施形態のようにレーザ光の強度分布を変更してもよい。
- [0093] 第三実施形態では、レーザ光は、比較的高エネルギーのレーザ光が望ましいとした。しかしながら、レーザ光のエネルギーは、これに限定されない。比較的低エネルギーのレーザ光であってもよい。
- [0094] 第三実施形態では、レーザ光の広がり角が小さいと内側開口の縁部付近におけるビーム径は比較的大きくなり、レーザ光の広がり角が大きいと内側開

口の縁部付近におけるビーム径は比較的小さくするとした。この広がり角と内側開口の縁部付近におけるビーム径の大きさとの関係は、これに限定されない。噴孔の内壁面とレーザ光の中心との角度の関係などによって、レーザ光の広がり角が小さいと内側開口の縁部付近におけるビーム径は比較的小さくなり、レーザ光の広がり角が大きいと内側開口の縁部付近におけるビーム径は比較的大きくなくてもよい。

また、第三実施形態では、内側開口の縁部の加工のみについて述べたが、噴孔の内壁面をレーザ光の広がり角の変更によって単位時間当たりの加工量を変更しつつ加工してもよい。

[0095] 第三実施形態では、一次孔の中心軸と非平行な噴孔の内壁面におけるレーザ光の反射によって内側開口の縁部を加工するとした。しかしながら、レーザ光が反射する噴孔の内壁面は、一次孔の中心軸に平行であってもよい。

[0096] 第三実施形態では、広がり角が異なるレーザ光の噴孔の内壁面上の反射面の面積は同じであるとした。しかしながら、反射面の面積は異なってもよい。

[0097] 第三、四実施形態において、第五実施形態のように、光検出部を複数備えてもよい。また、第六実施形態のように、レーザ遮蔽部材を備えてもよい。

[0098] 第五実施形態において、第六実施形態のように、レーザ遮蔽部材を備えてもよい。

[0099] 第七実施形態において、第六実施形態のように、被加工部材と部材保持部との間にレーザ遮蔽部材を備えてもよい。

[0100] 本開示は、上述した実施形態に限定されるものではなく、開示の趣旨を逸脱しない範囲で種々の形態で実施可能である。

[0101] 本開示は、実施例に準拠して記述された。しかしながら、本開示は当該実施形態および構造に限定されるものではない。本開示は、様々な変形例および均等の範囲内の変形をも包含する。また、様々な組み合わせおよび形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせおよび形態も、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

請求の範囲

- [請求項1] 通孔（８８、９８）を有する部材（９３）の製造方法であって、
レーザ光を被加工部材（７、８）に照射し、光検出部（１７）によって前記被加工部材からの光を受光しつつ前記通孔に比べ内径が小さい一次孔（９８１）を前記被加工部材に成形する一次成形工程と、
前記光検出部が検出する光の強度が所定の閾値以下であるか否かを判定する強度判定工程と、
前記光検出部が検出する光の強度が所定の閾値以下であると判定されると、前記被加工部材に照射されるレーザ光の空間光位相を変調するレーザ変調工程と、
空間光位相が変調されたレーザ光を前記一次孔の縁部に照射し、前記通孔を成形する二次成形工程と、
を含む部材の製造方法。
- [請求項2] 前記レーザ変調工程において、レーザ光は、当該レーザ光のビーム径内における外縁領域（ R_m3 ）の強度が当該レーザ光のビーム径内における中央領域（ R_m4 ）の強度に比べ大きくなるよう空間光位相が変調される請求項１に記載の部材の製造方法。
- [請求項3] 前記レーザ変調工程において、レーザ光は、当該レーザ光のビーム径内における中央領域の強度に比べ強度が大きい外縁領域が複数箇所形成されるよう空間光位相が変調される請求項２に記載の部材の製造方法。
- [請求項4] 前記レーザ変調工程において、レーザ光の広がり角が変化するよう当該レーザ光の空間光位相を変調し、
前記二次成形工程において、前記通孔の内壁面（９８６）において反射した後のレーザ光によって前記部材の所定の部位（９８７）を加工する請求項１～３のいずれか一項に記載の部材の製造方法。
- [請求項5] 前記一次成形工程において、前記光検出部は、前記被加工部材を反射したレーザ光の反射光及びレーザ光と前記被加工部材との反応によ

って発生するプラズマ光の少なくとも一方を受光する請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の部材の製造方法。

[請求項6] 前記レーザ変調工程において、前記被加工部材における照射位置が変更されるよう当該レーザ光の空間光位相を変調する請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の部材の製造方法。

[請求項7] 前記一次成形工程の前に前記被加工部材のレーザ光が照射される側とは反対側にレーザ遮蔽部材（12）を設ける部材設置工程をさらに含む請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の部材の製造方法。

[請求項8] 前記通孔としての噴孔を有する前記部材としてのノズルボディを製造する請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の部材の製造方法。

[請求項9] 通孔（88、98）を有する部材（93）の製造装置（1、2、3、4、5）であって、

被加工部材（7、8）に前記通孔を成形可能なレーザ光を発振するレーザ発振部（13）と、

前記レーザ発振部が照射するレーザ光の空間光位相を変調可能な光学素子部（15、25、35）と、

前記被加工部材からの光を受光可能に設けられ、受光した光の強度に応じた電気信号を出力可能な光検出部（17）と、

前記レーザ発振部、前記光学素子部、及び、前記光検出部と電氣的に接続し、前記光検出部が出力する電気信号に応じて前記レーザ発振部及び前記光学素子部を制御する制御部

（19）と、

を備える部材の製造装置。

[請求項10] 前記光学素子部は、レーザ光の光回折パターンを変更可能である請求項 9 に記載の部材の製造装置。

[請求項11] 前記光学素子部は、レーザ光の広がり角を変更可能である請求項 9 または 10 に記載の部材の製造装置。

[請求項12] 前記光学素子部は、反射型液晶パネルである請求項 9 ～ 11 のいづ

れか一項に記載の部材の製造装置。

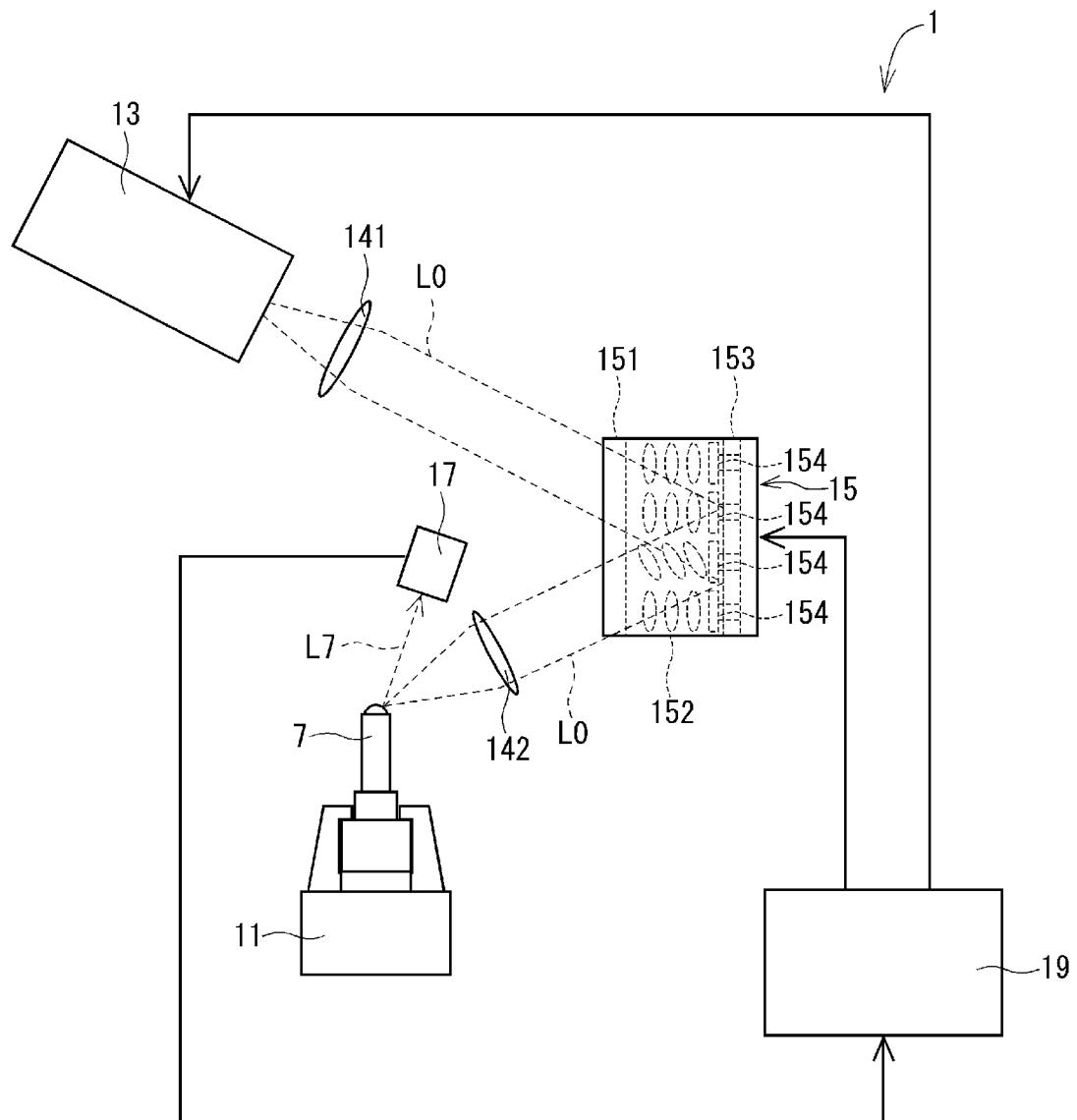
[請求項13] 前記光学素子部は、複数の回折レンズ（252）を有する請求項9～11のいずれか一項に記載の部材の製造装置。

[請求項14] 前記光学素子部は、レーザ光のビーム径内における外縁領域（Rm3）の強度が当該レーザ光のビーム径内における中央領域（Rm4）の強度に比べ大きくなるようレーザ光の空間光位相を変調可能である請求項9～13のいずれか一項に記載の部材の製造装置。

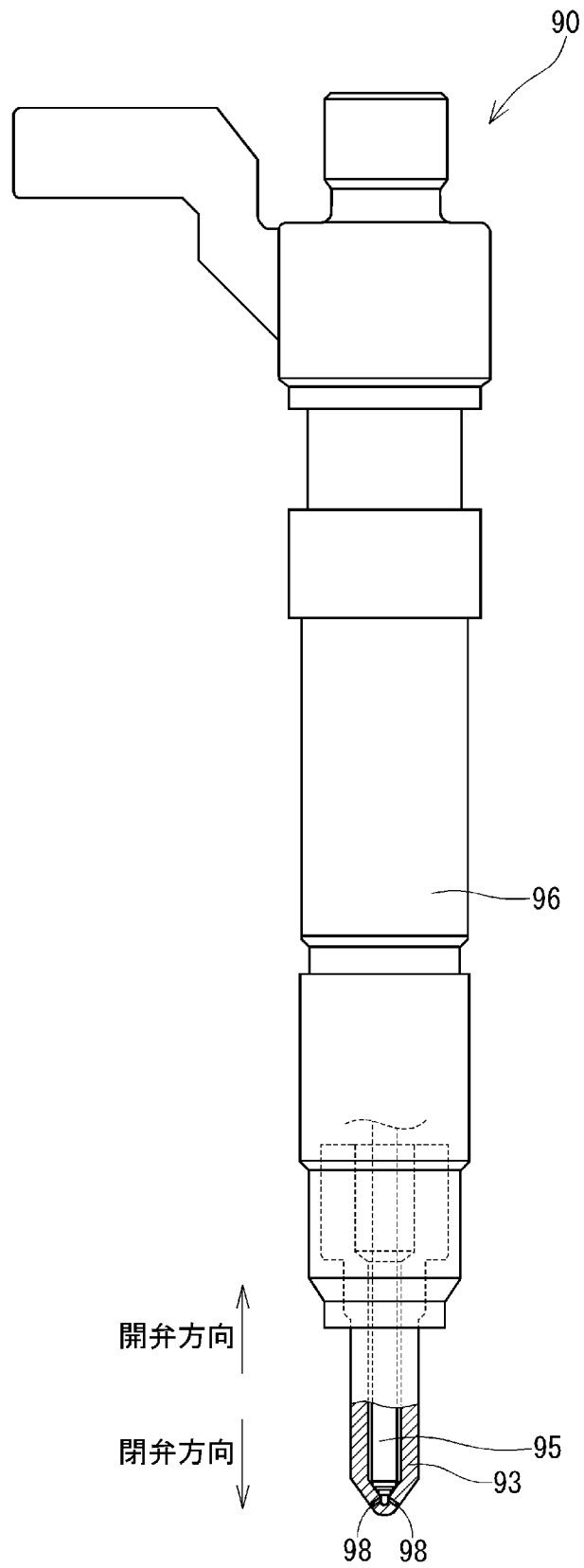
[請求項15] 前記光検出部は、複数設けられている請求項9～14のいずれか一項に記載の部材の製造装置。

[請求項16] 前記被加工部材のレーザ光が照射される側とは反対側に設けられ、前記被加工部材のレーザ光が照射される側とは反対側のレーザ光を遮蔽するレーザ遮蔽部材（12）をさらに備える請求項9～15のいずれか一項に記載の部材の製造装置。

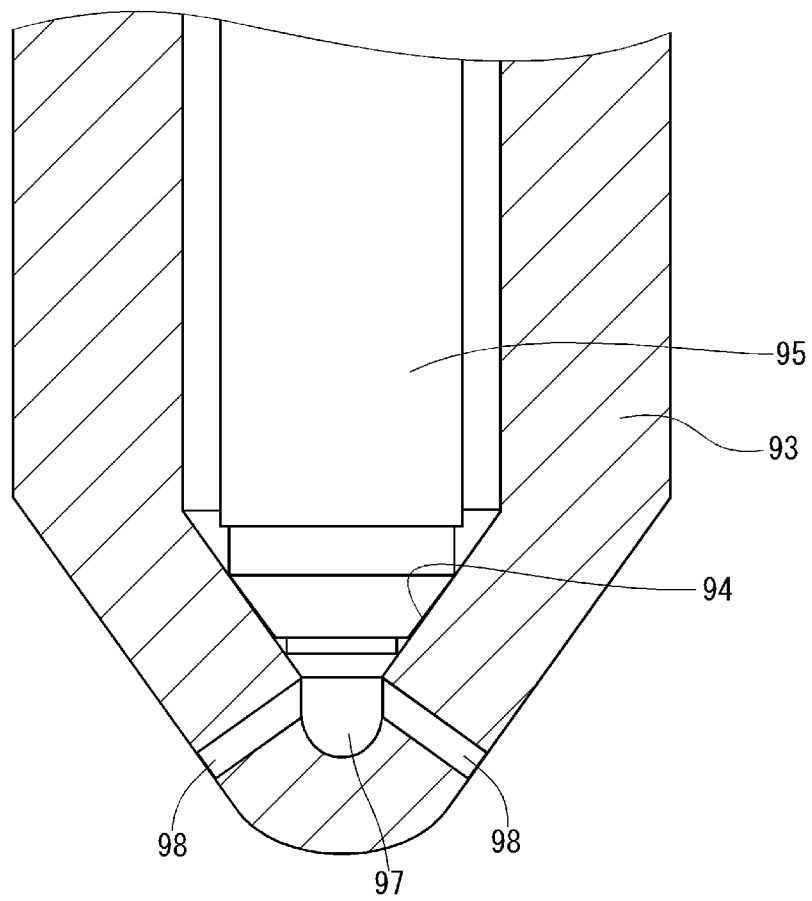
[図1]



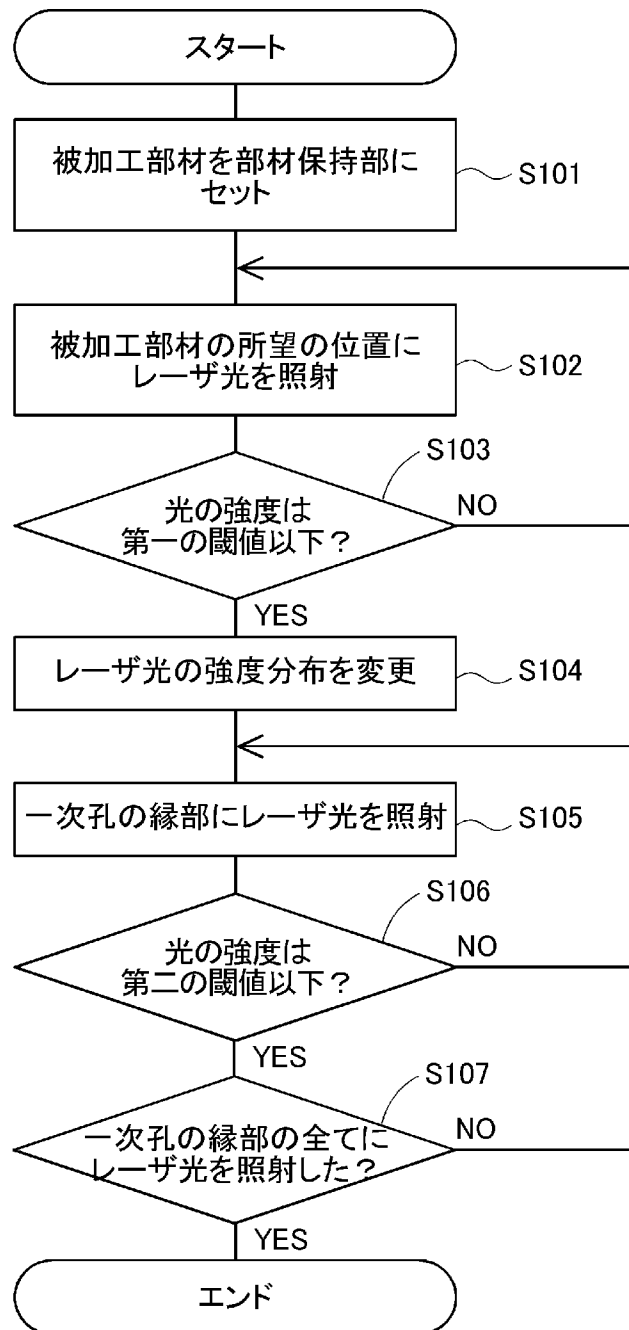
[図2]



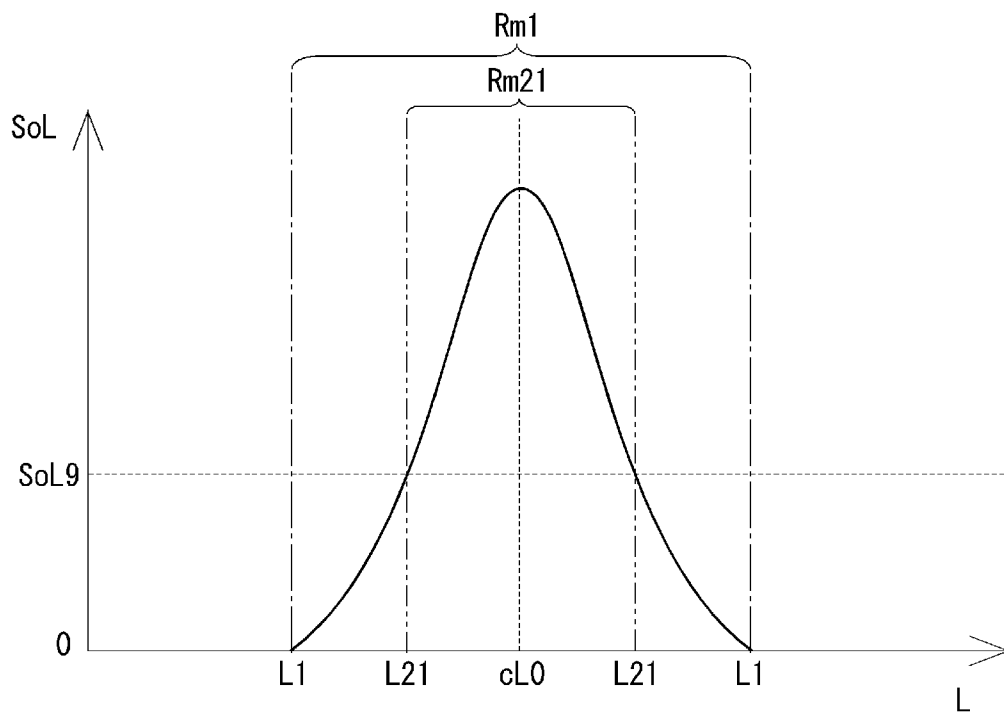
[図3]



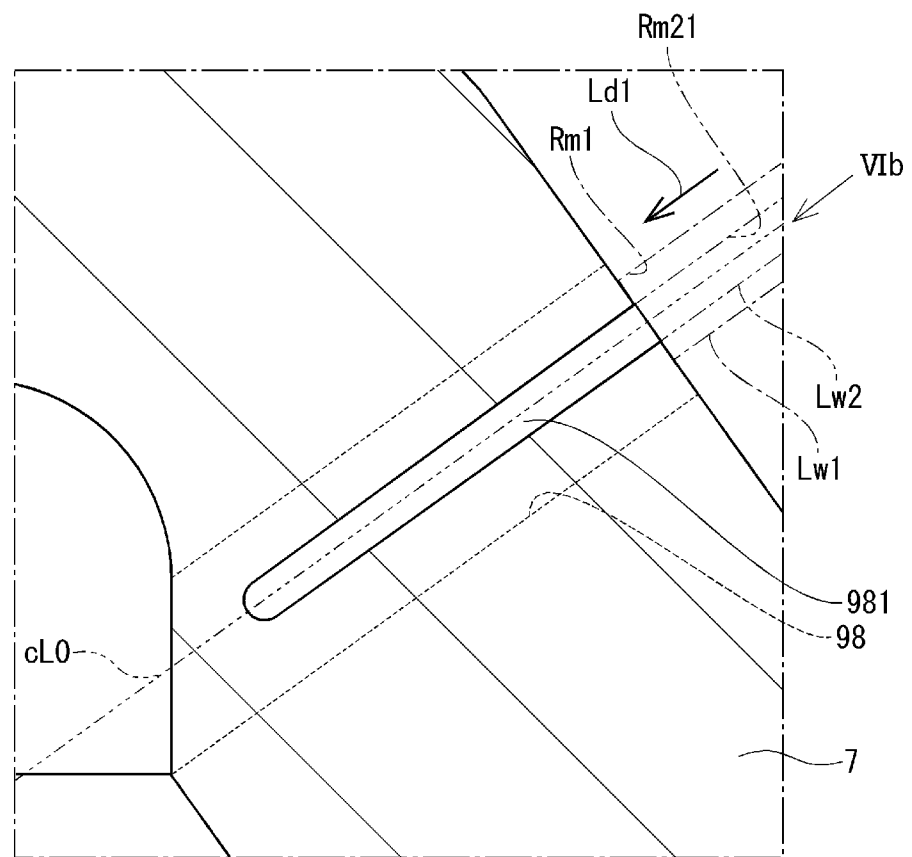
[図4]



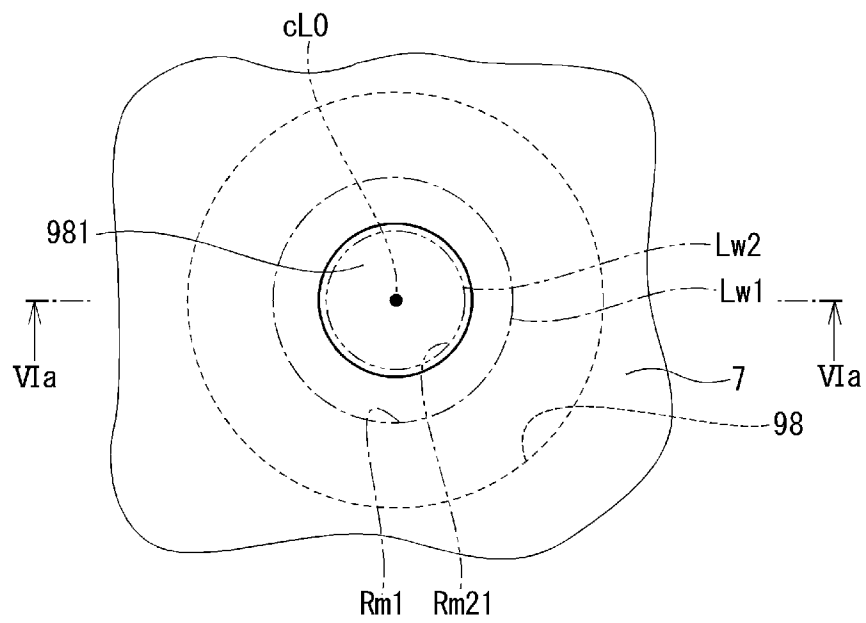
[図5]



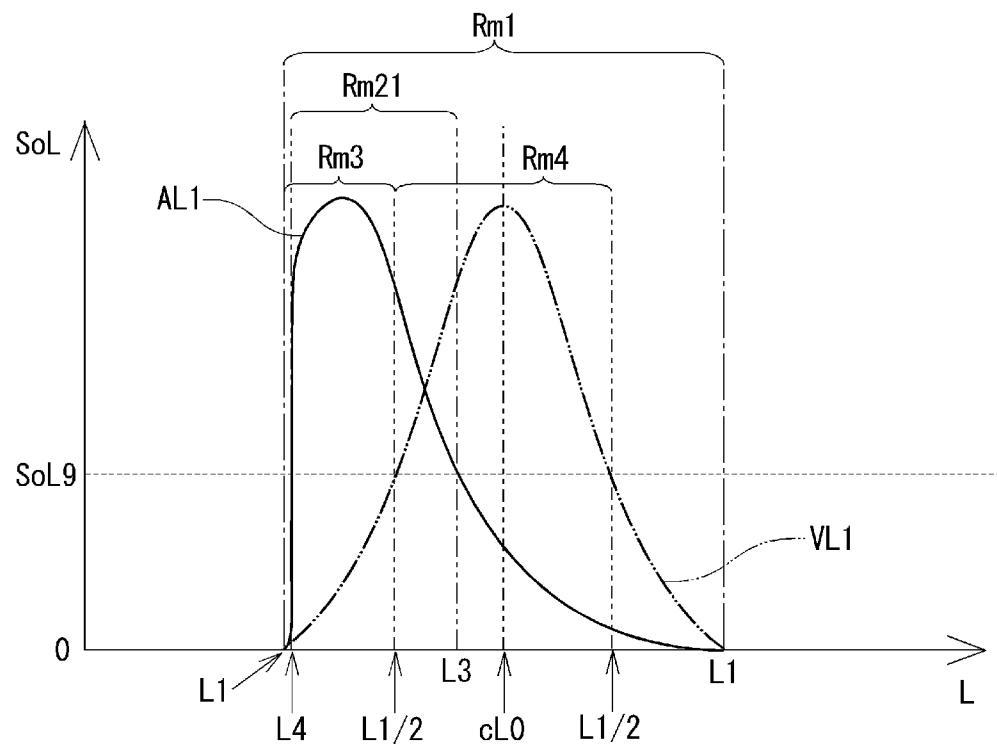
[図6A]



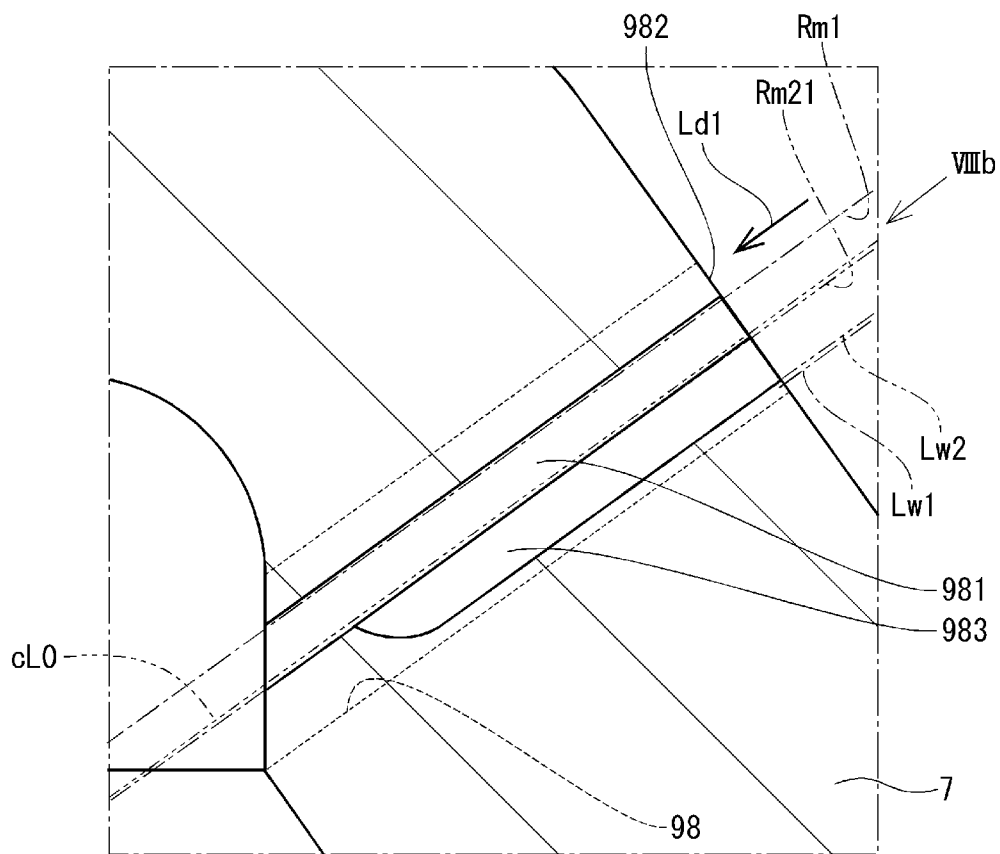
[図6B]



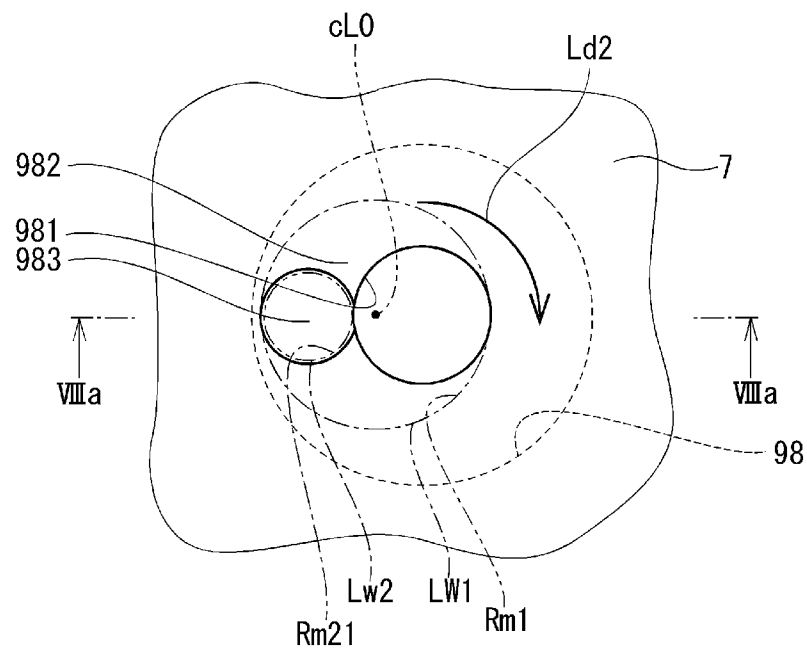
[図7]



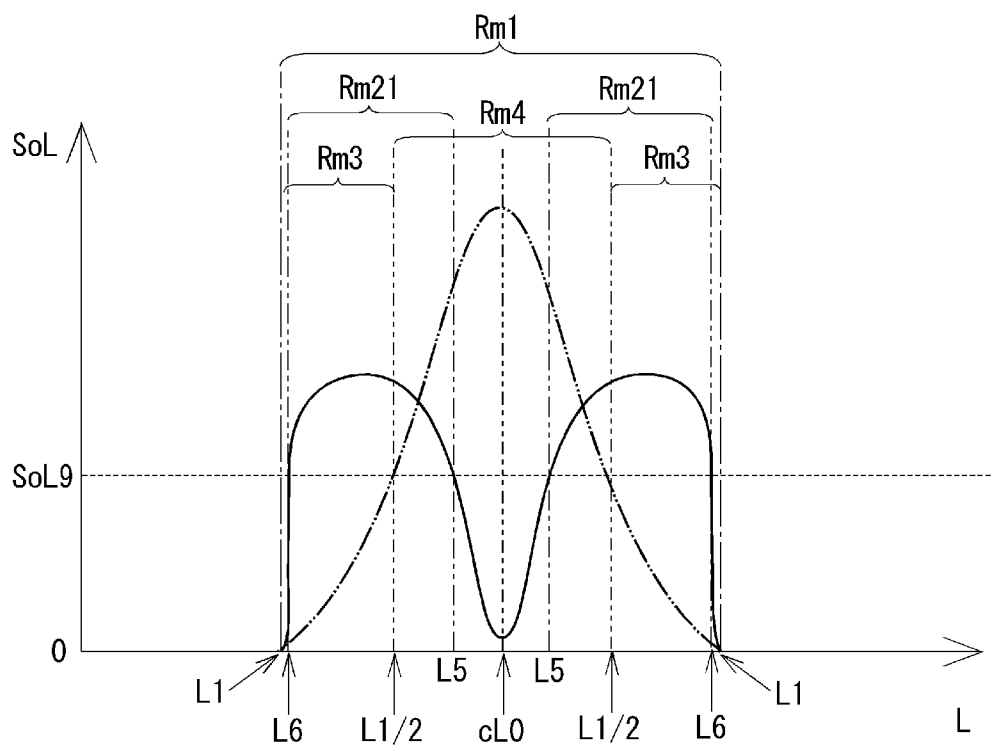
[図8A]



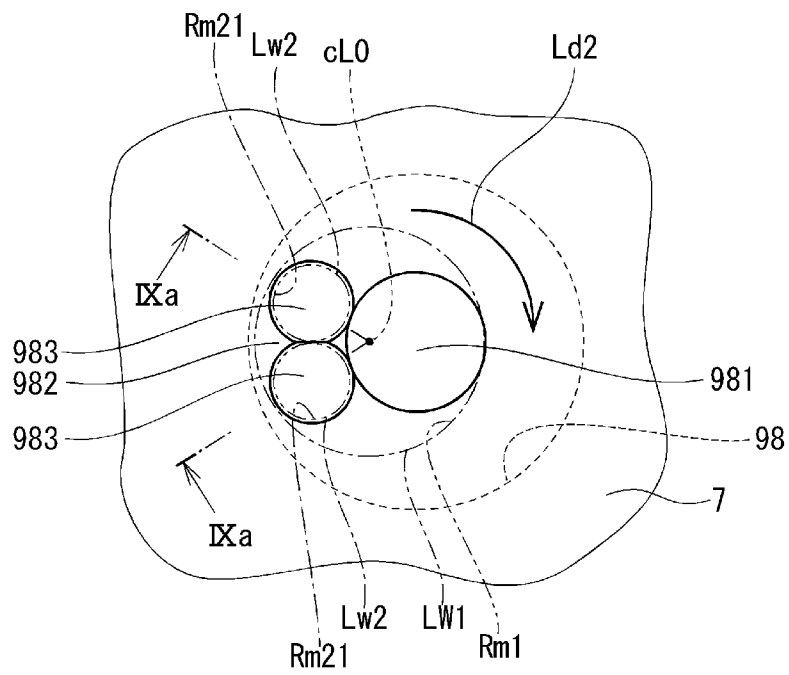
[図8B]



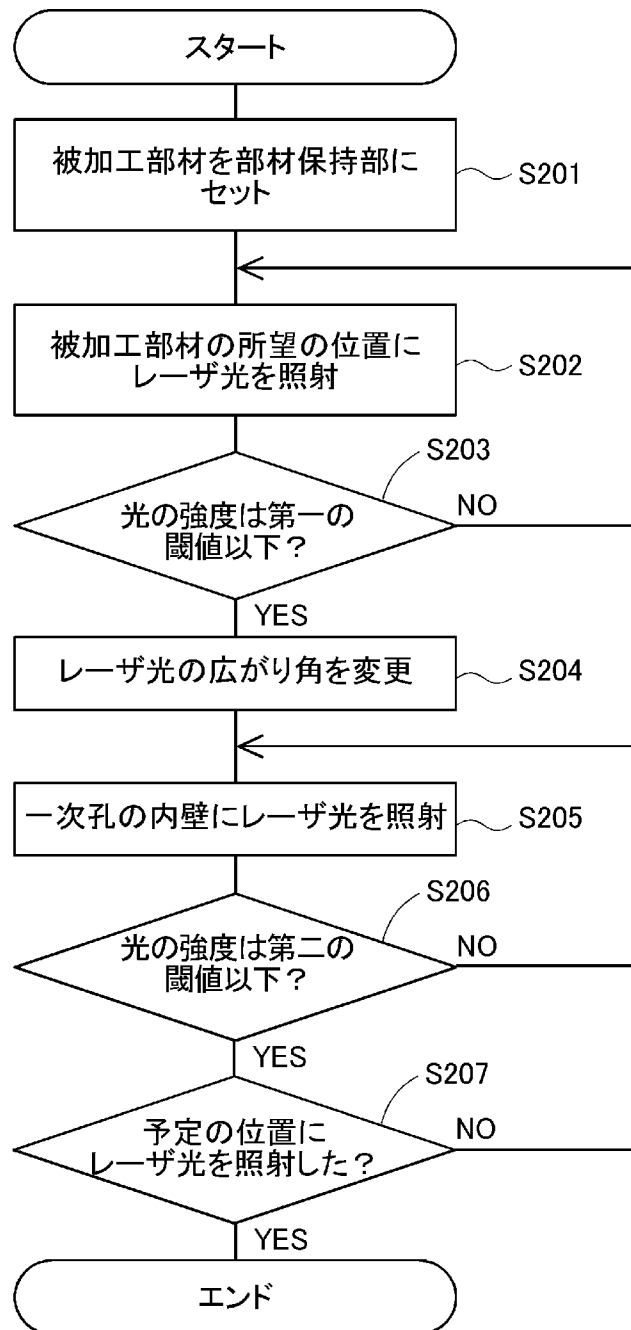
[図9A]



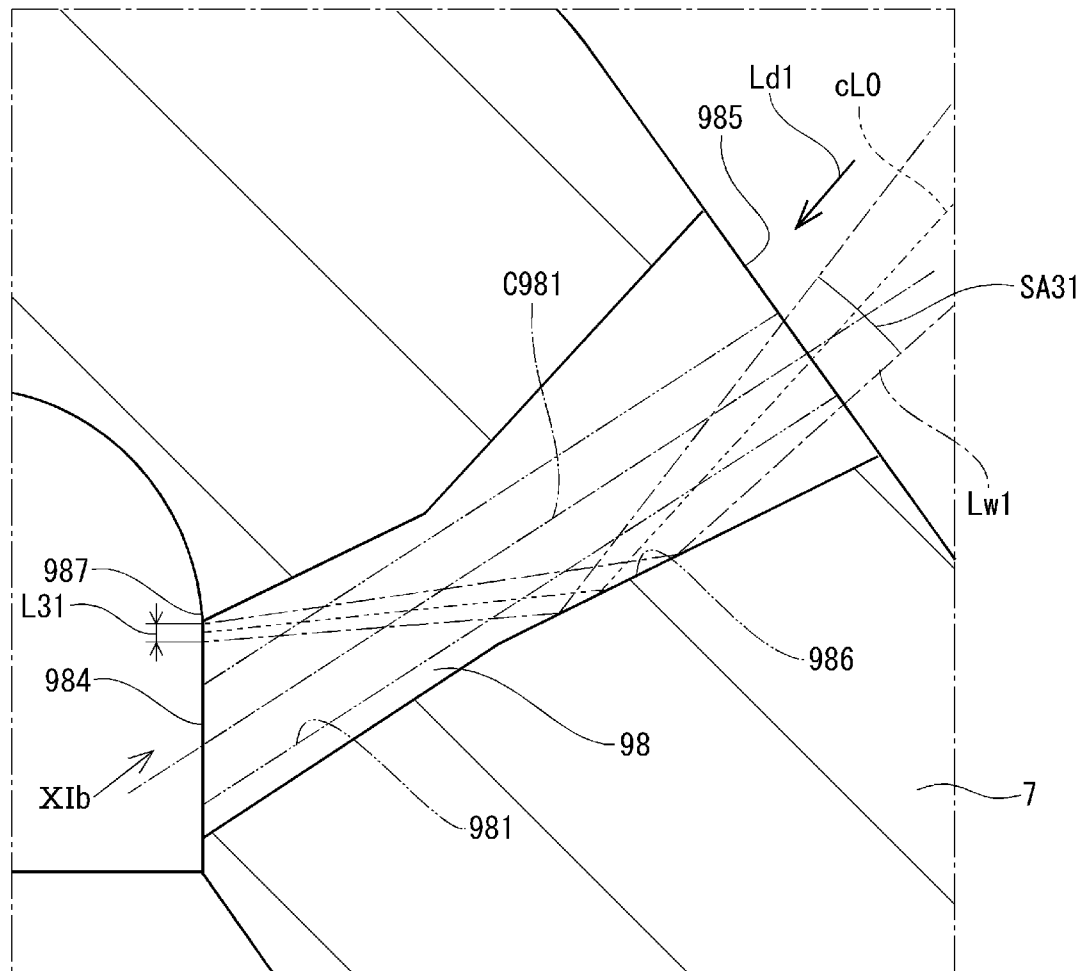
[図9B]



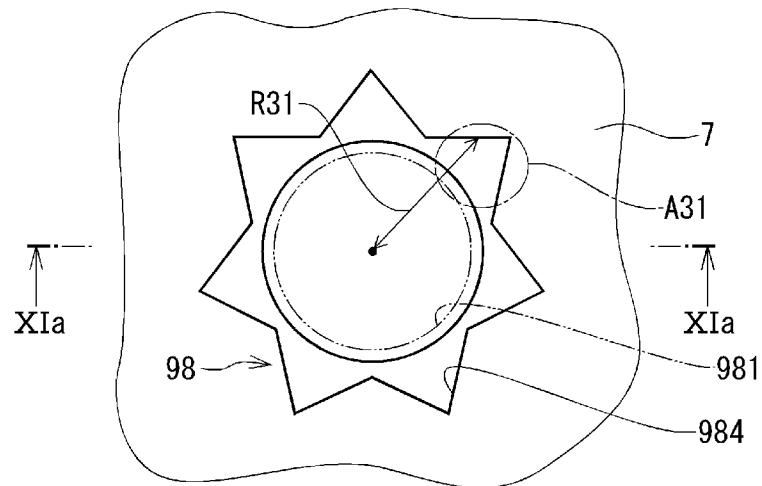
[図10]



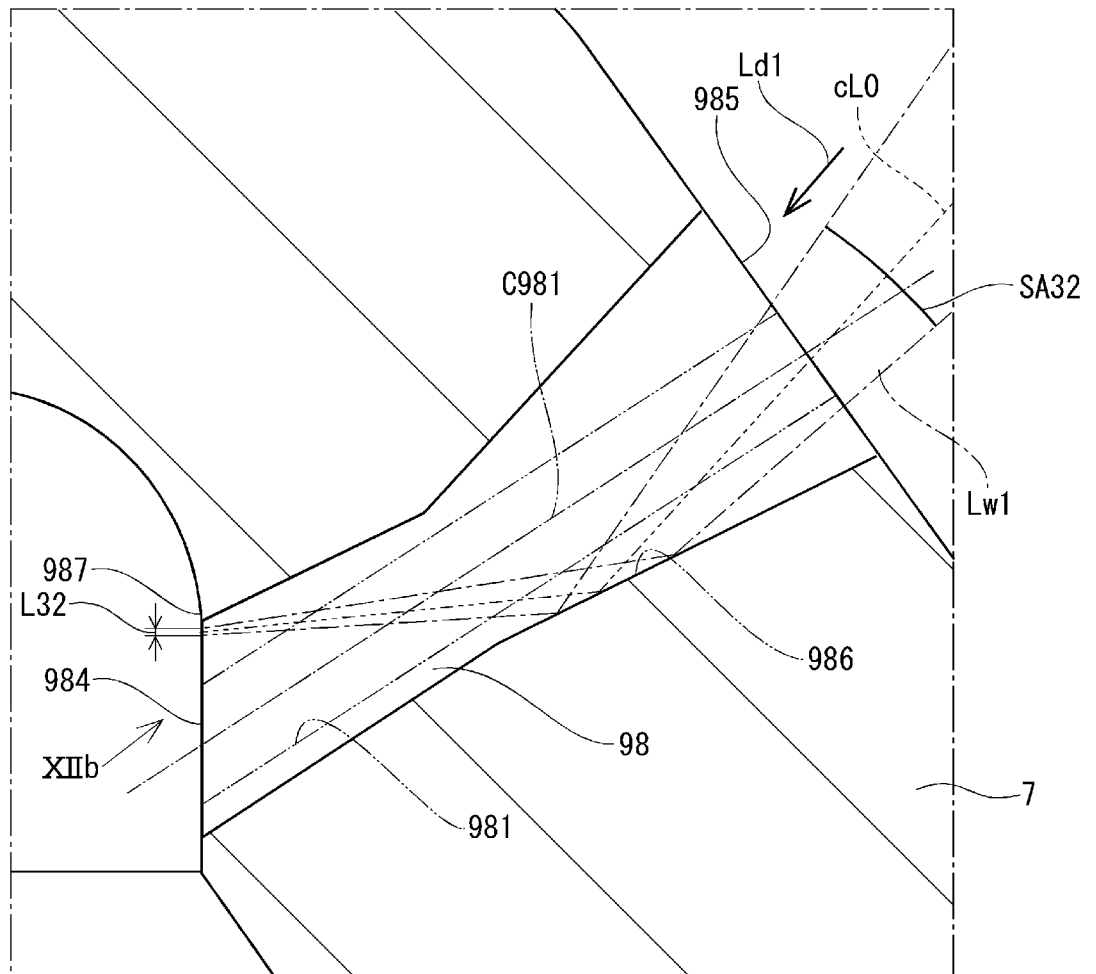
[図11A]



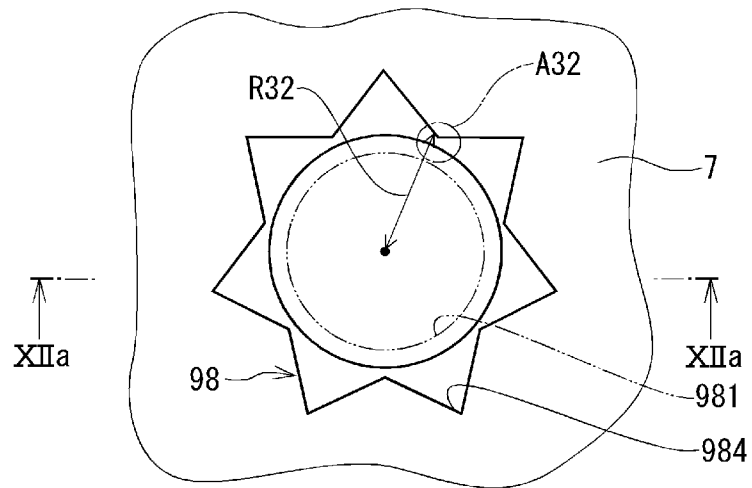
[図11B]



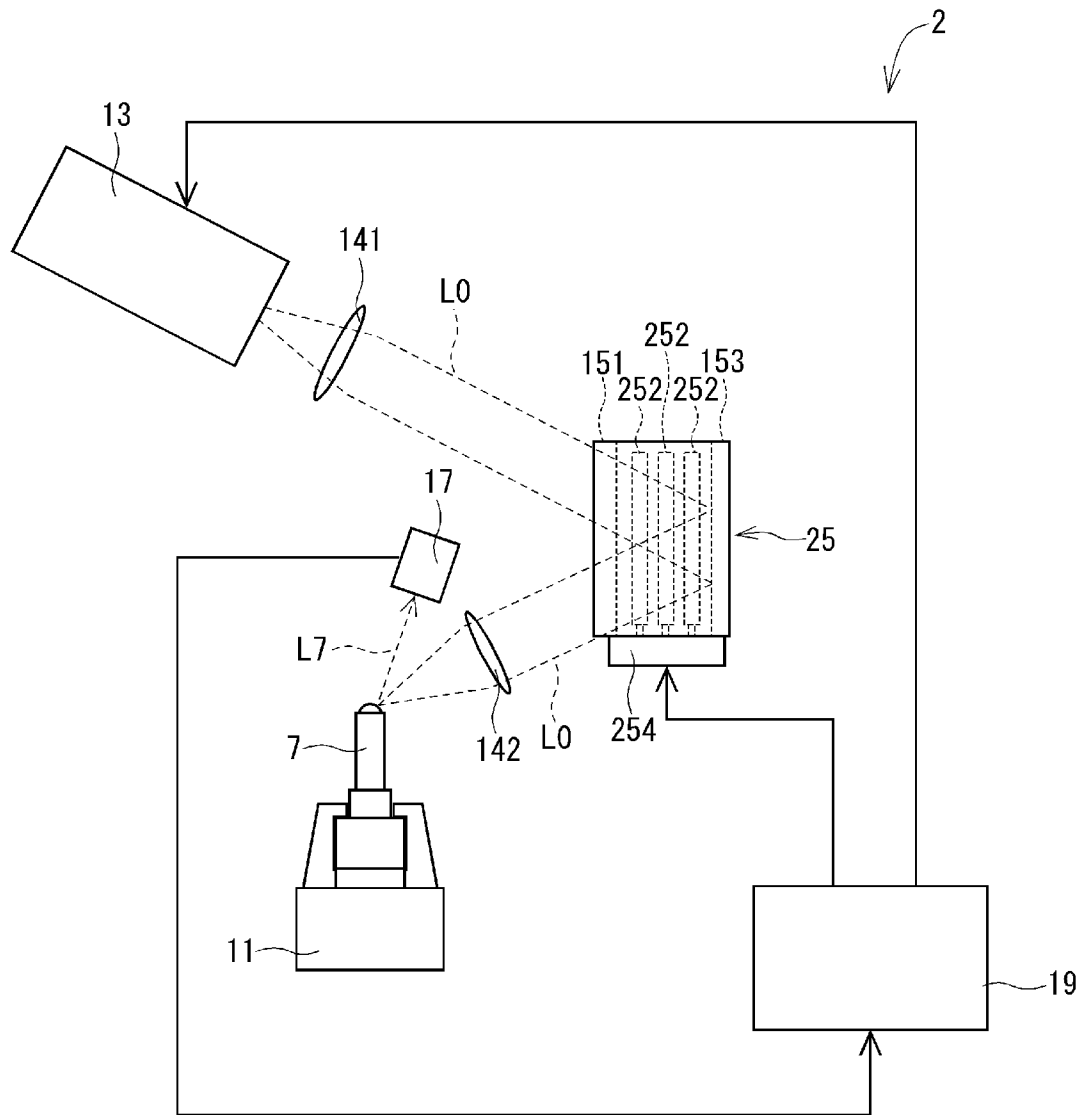
[図12A]



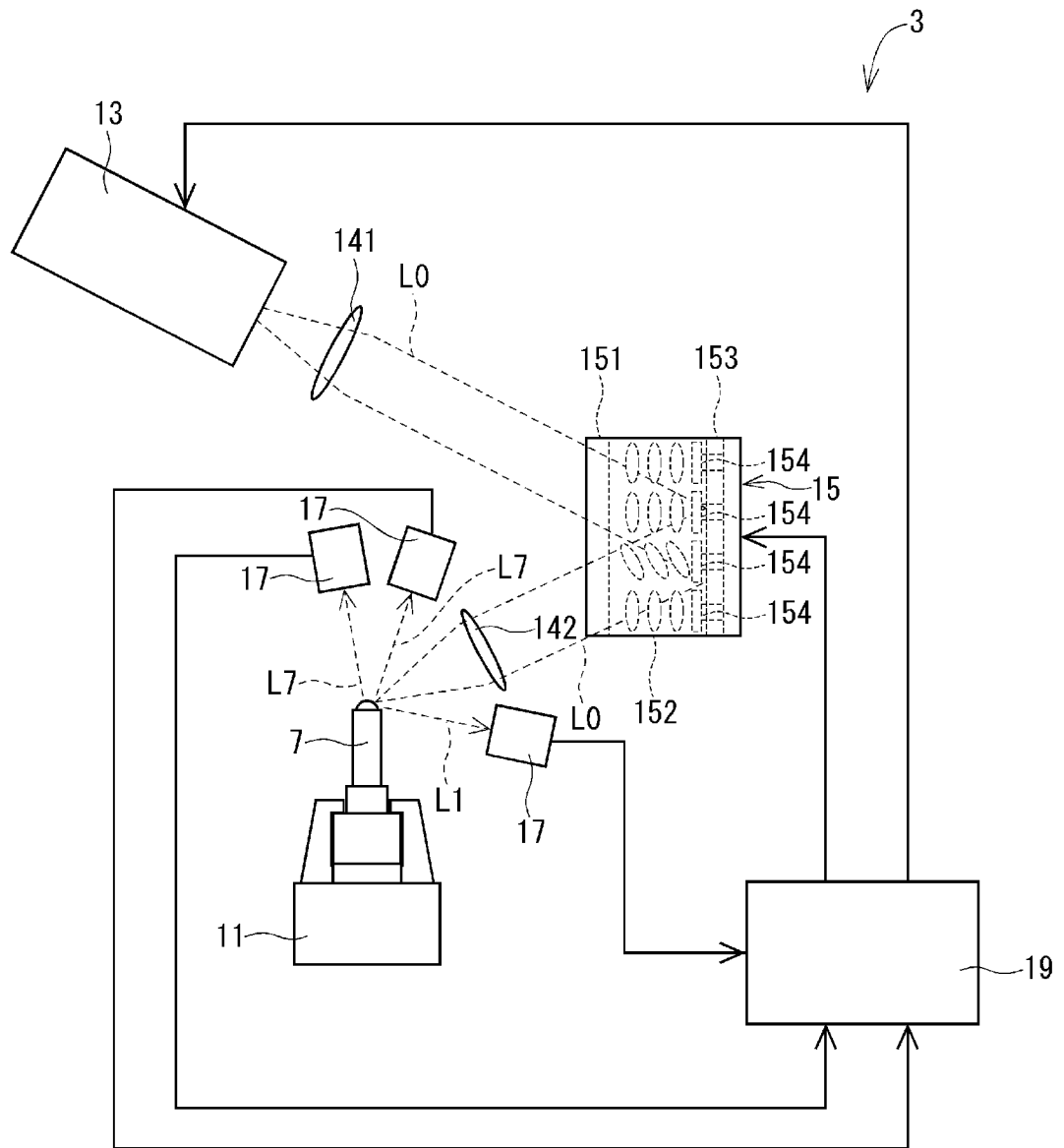
[図12B]



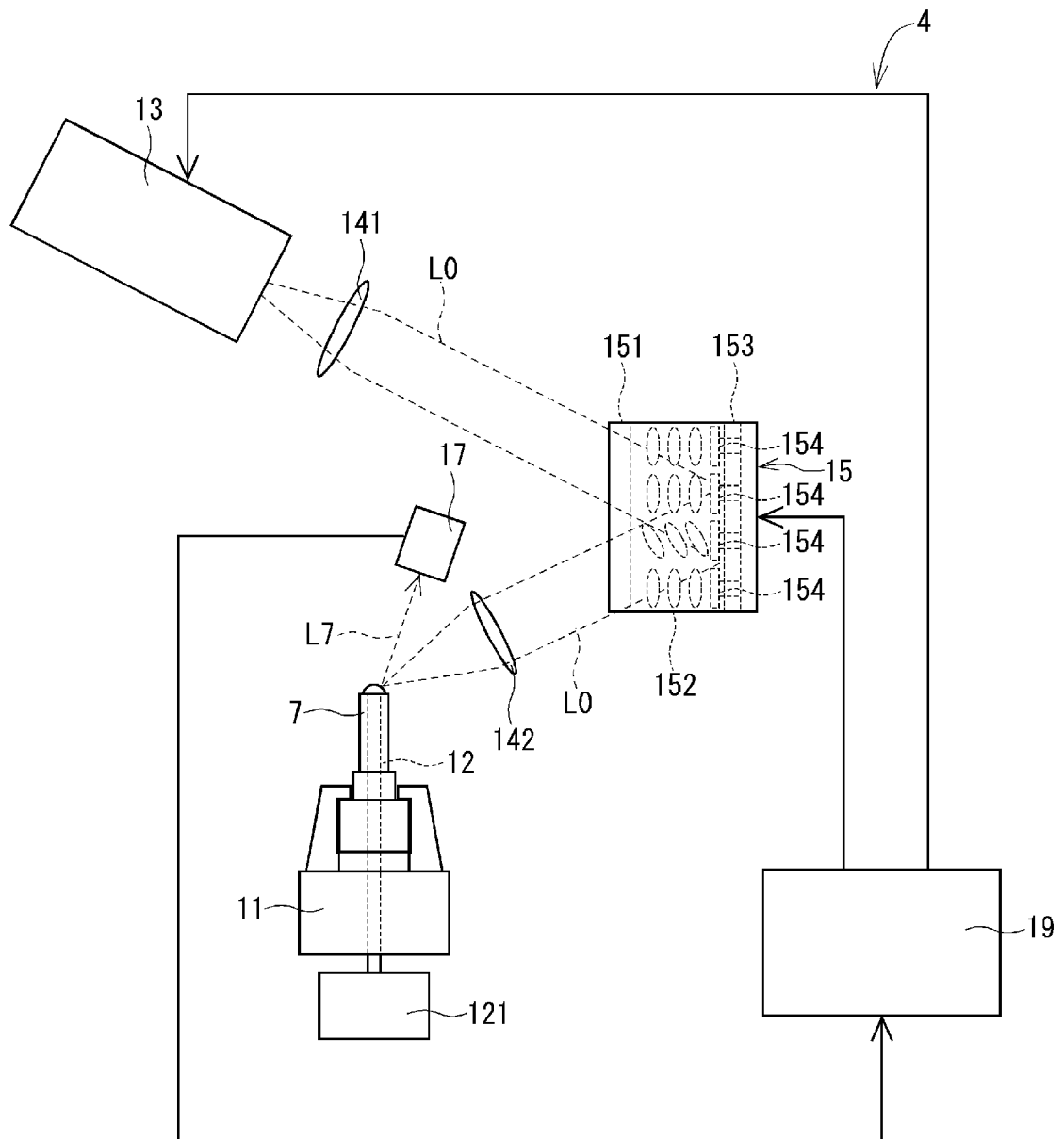
[図13]



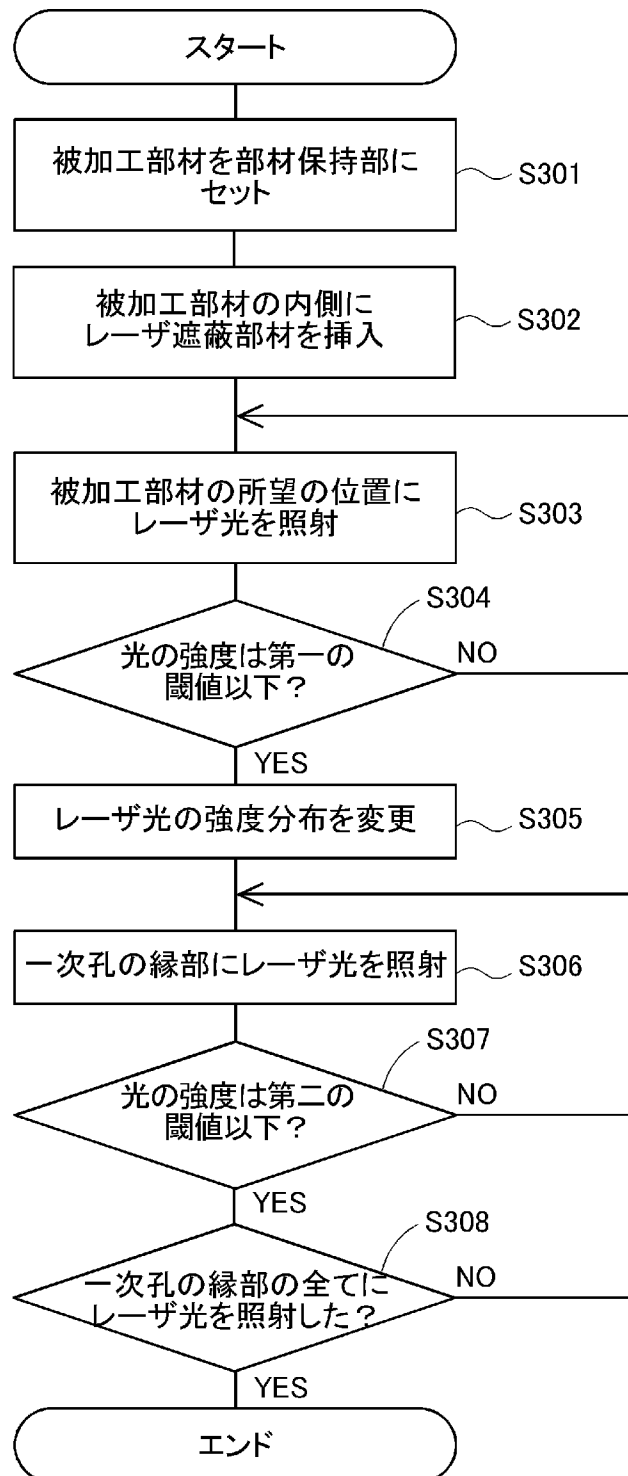
[図14]



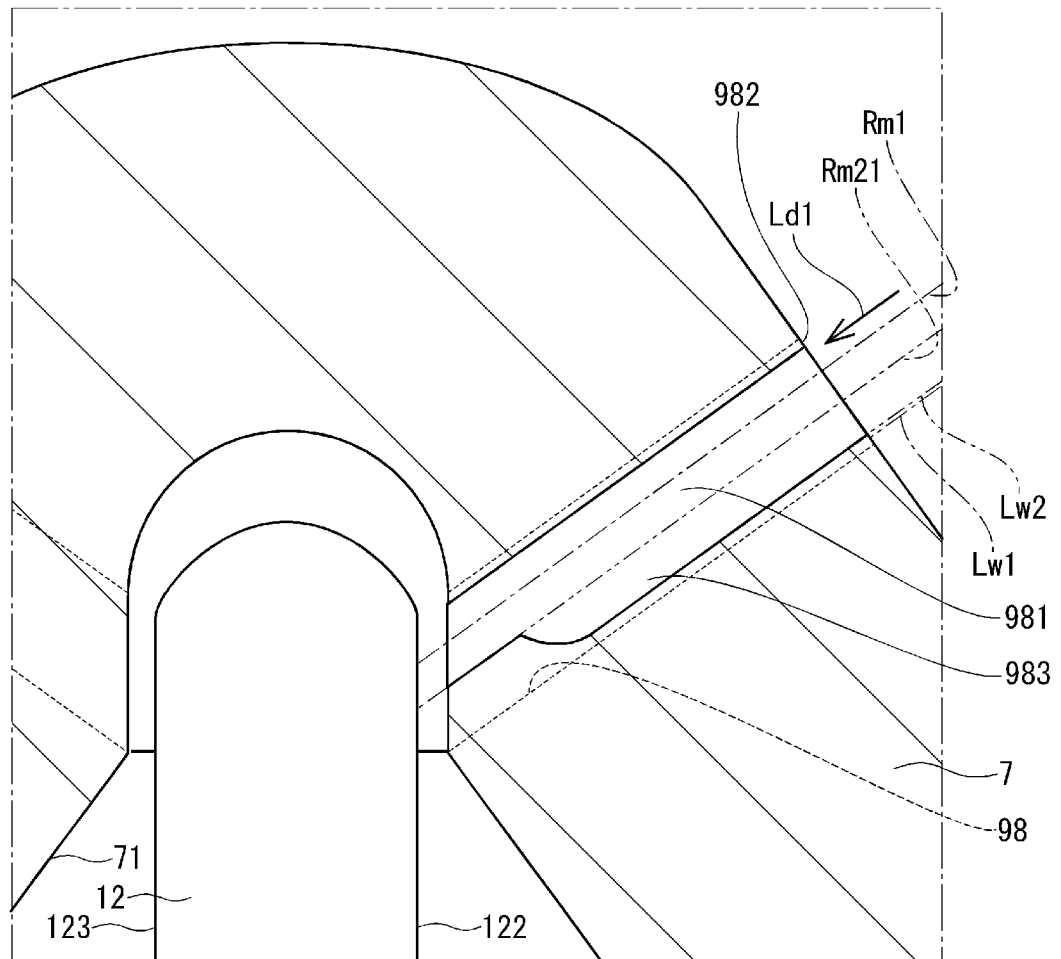
[図15]



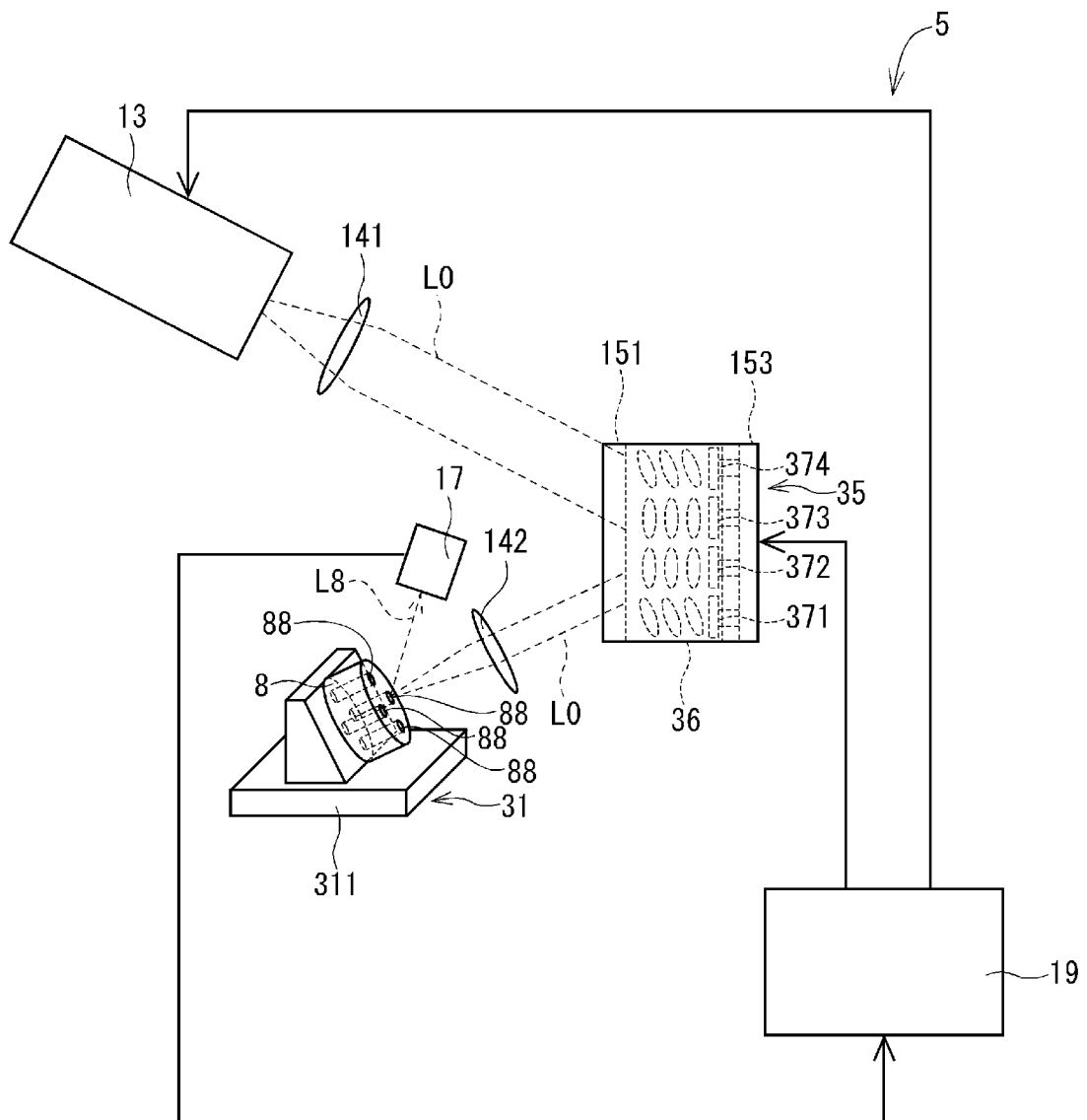
[図16]



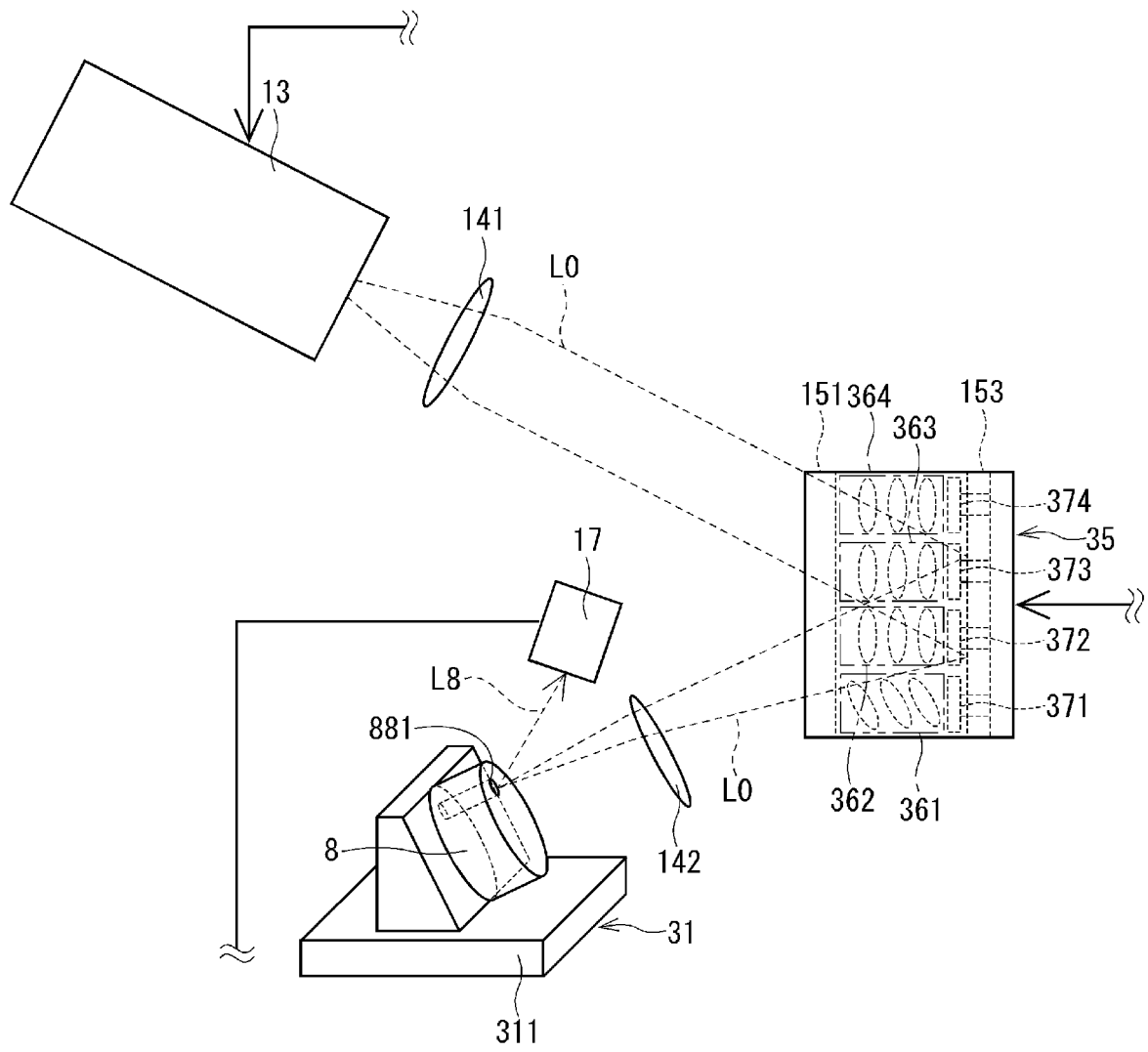
[図17]



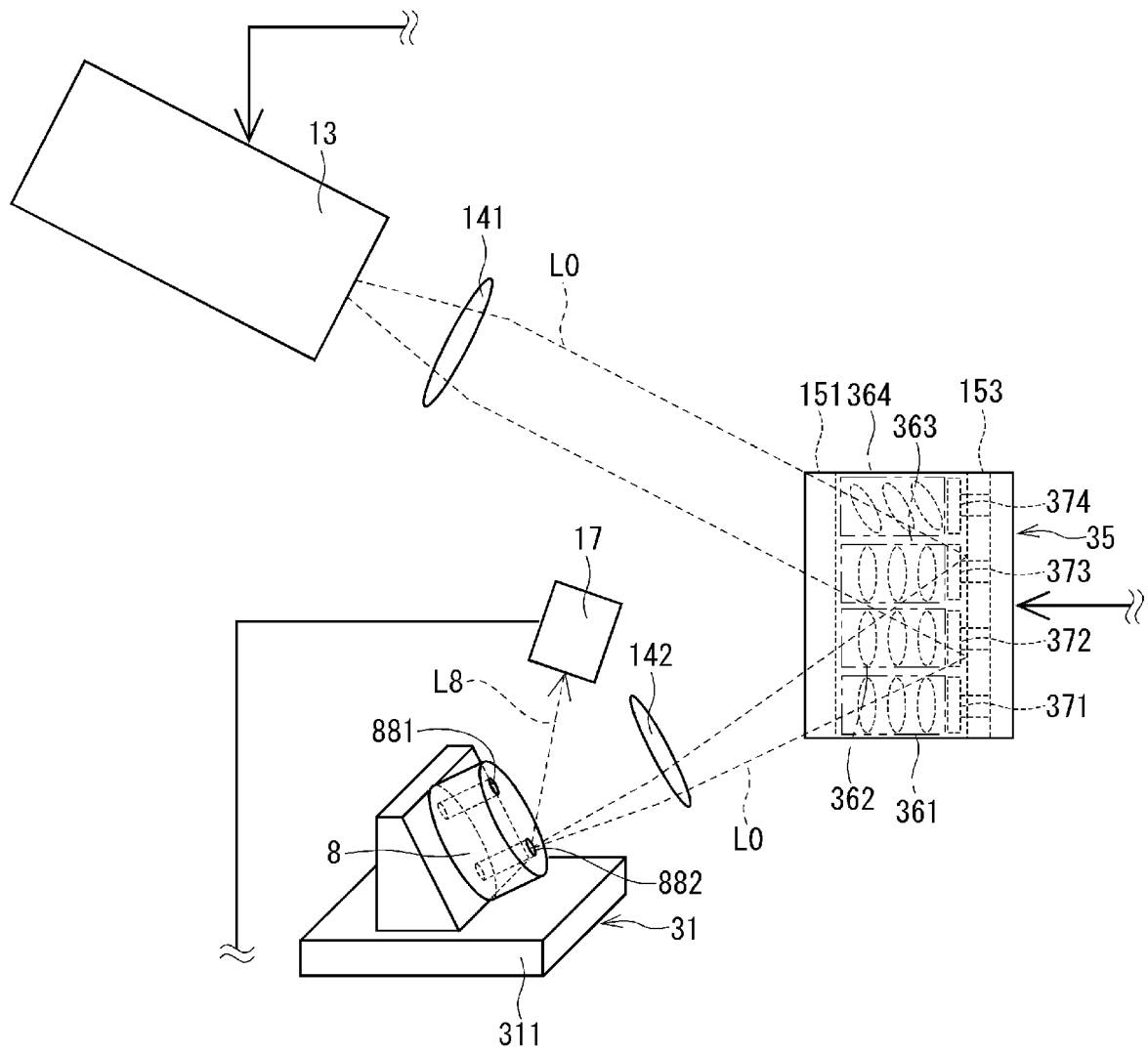
[図18]



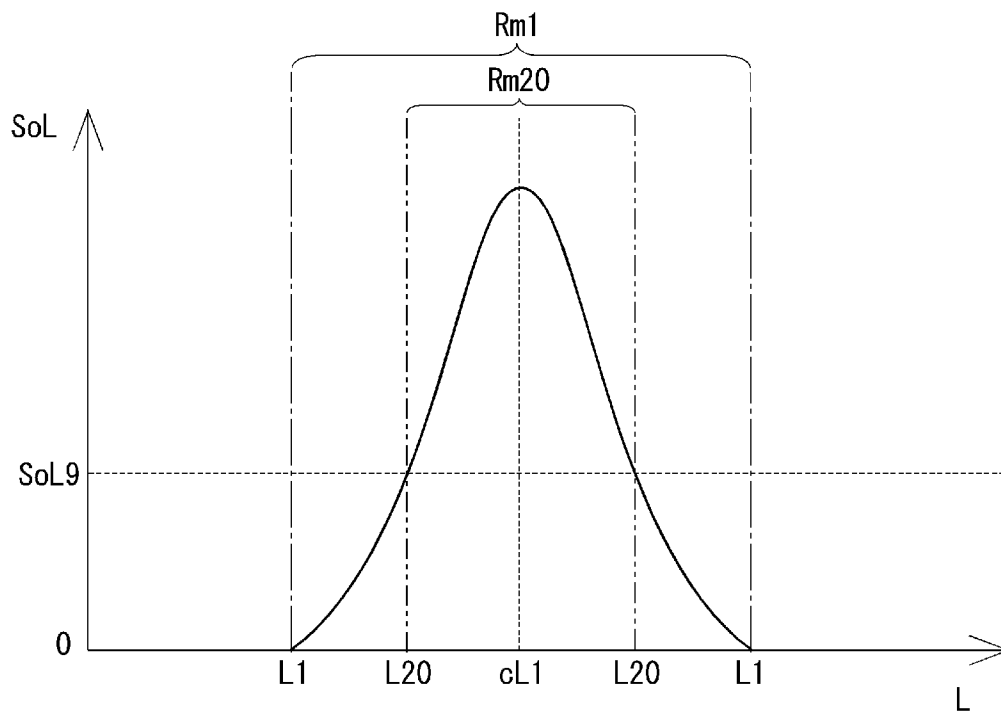
[図19]



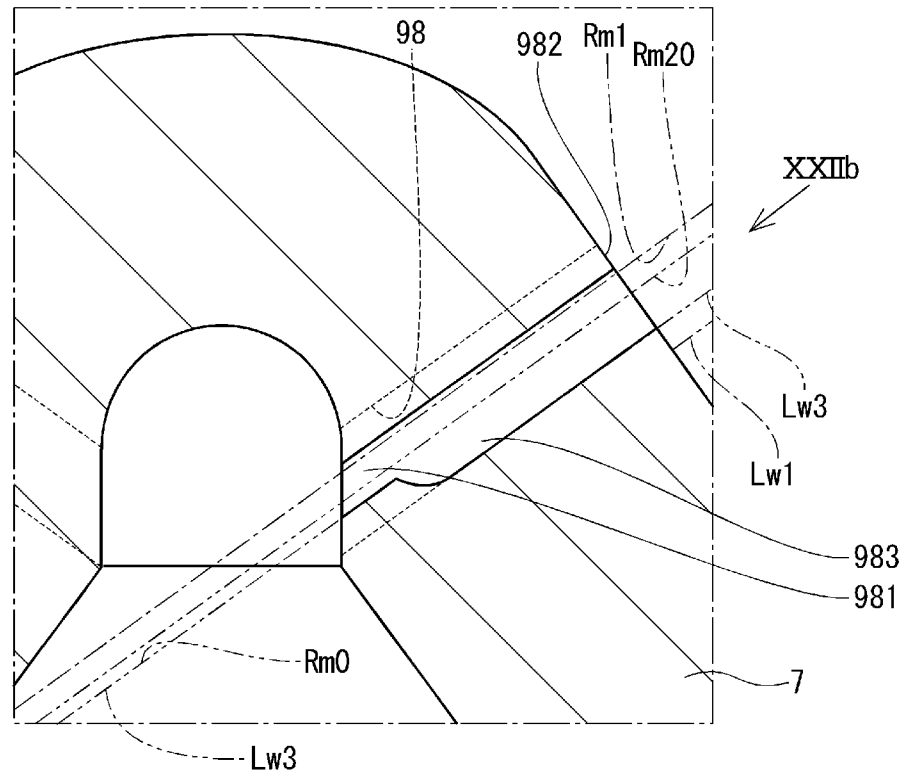
[図20]



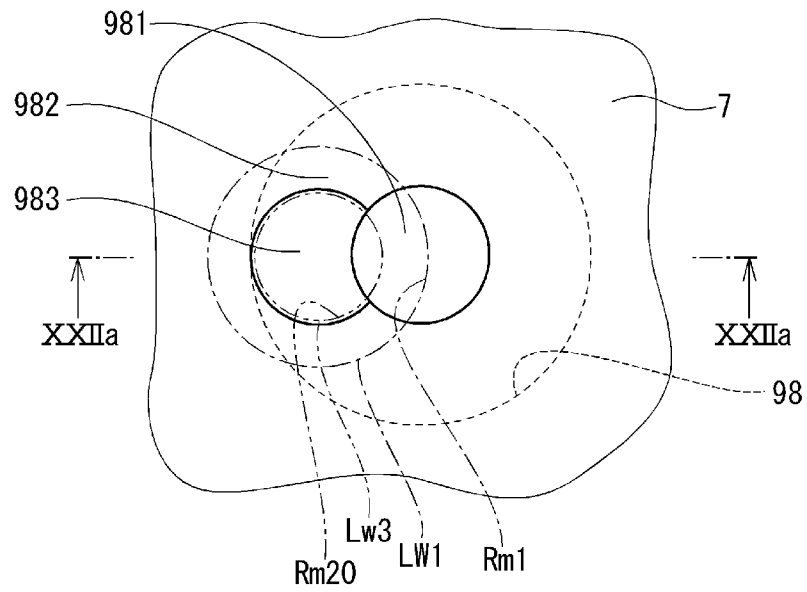
[図21]



[図22A]



[図22B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/002344

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K26/388(2014.01)i, B23K26/064(2014.01)i, B23K26/073(2006.01)i,
B23K26/382(2014.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B23K26/388, B23K26/064, B23K26/073, B23K26/382

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 2014-12290 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 23 January 2014 (23.01.2014), paragraphs [0012], [0016] to [0019], [0022], [0025], [0037], [0041]; fig. 1, 5 (Family: none)	1-16
A	JP 2015-199071 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 12 November 2015 (12.11.2015), paragraphs [0021], [0023], [0029], [0032], [0038] to [0039], [0042], [0045], [0048] to [0049]; fig. 7 to 8 & WO 2015/152156 A1 & DE 112015001612 T & KR 10-2016-0141814 A	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
17 February 2017 (17.02.17)

Date of mailing of the international search report
28 February 2017 (28.02.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/002344

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-245438 A (Hitachi Via Mechanics, Ltd.), 14 September 2006 (14.09.2006), paragraphs [0015], [0020], [0035], [0044] to [0045], [0049], [0063], [0066], [0069], [0078]; fig. 1 to 5 & US 2006/0211158 A1 paragraphs [0037], [0043], [0059], [0066] to [0073], [0081], [0095], [0098], [0101], [0111]; fig. 1 to 5 & DE 102006009702 A1 & CN 1829418 A	1-16

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B23K26/388(2014.01)i, B23K26/064(2014.01)i, B23K26/073(2006.01)i, B23K26/382(2014.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B23K26/388, B23K26/064, B23K26/073, B23K26/382

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 2014-12290 A（浜松ホトニクス株式会社）2014.01.23, 段落 [0012], [0016]-[0019], [0022], [0025], [0037], [0041], 図 1, 5（ファ ミリーなし）	1-16
A	JP 2015-199071 A（浜松ホトニクス株式会社）2015.11.12, 段落 [0021], [0023], [0029], [0032], [0038]-[0039], [0042], [0045], [0048]-[0049], 図 7-8 & WO 2015/152156 A1 & DE 112015001612 T & KR 10-2016-0141814 A	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

17.02.2017

国際調査報告の発送日

28.02.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

本庄 亮太郎

3 P

6101

電話番号 03-3581-1101 内線 3363

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2006-245438 A (日立ビアメカニクス株式会社) 2006. 09. 14, 段落[0015], [0020], [0035], [0044]-[0045], [0049], [0063], [0066], [0069], [0078], 図 1-5 & US 2006/0211158 A1 段落[0037], [0043], [0059], [0066]-[0073], [0081], [0095], [0098], [0101], [0111], 図 1-5 & DE 102006009702 A1 & CN 1829418 A	1-16