

(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
2023年11月16日(16.11.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/218579 A1

(51) 国際特許分類:
B23K 26/067 (2006.01) B23K 26/364 (2014.01)
B23K 26/082 (2014.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/019994

(22) 国際出願日: 2022年5月11日(11.05.2022)

(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: 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南2丁目15番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 竹本 卓斗 (TAKEMOTO Takuto); 〒1086290 東京都港区港南2丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁護士法人クレオ国際法律特許事務所 (CREO LAW & INTELLECTUAL PROPERTY); 〒1030014 東京都中央区日本

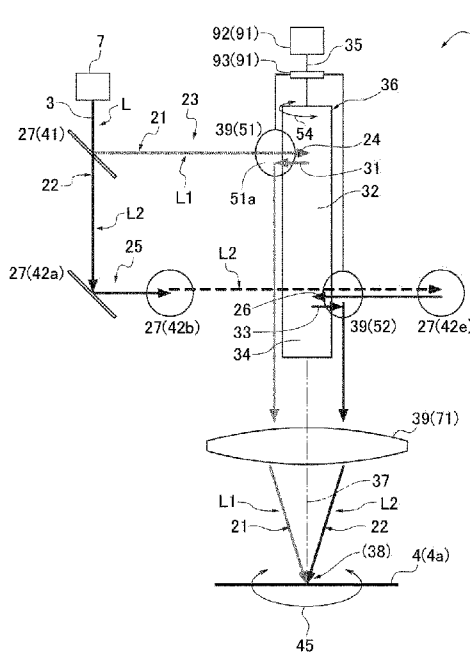
橋 蛸 殻 町 一 丁 目 3 9 番 5 号 水 天 宮 北 辰ビル9階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, 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, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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,

(54) Title: MACHINING OPTICAL SYSTEM, MACHINING APPARATUS, METHOD FOR FORMING INTERFERENCE PATTERN, AND MACHINING METHOD

(54) 発明の名称: 加工光学系、加工装置、干渉パターン形成方法、及び、加工方法



(57) Abstract: The present invention mainly makes it possible to form an interference pattern on the surface of an object without generating chromatic aberration. A machining optical system (2) comprises: a split optical system (27) which splits a machining beam (3) from a light source (7) and emits a first machining beam (21) toward a first direction (24) and a second machining beam (22) toward a second direction (26); a rotary reflection member (36) which has formed therein a first reflection surface (32) for reflecting the first machining beam (21) toward a first reflection direction (31) within a first plane (23) and a second reflection surface (34) for reflecting the second machining beam (22) toward a second reflection direction (33) within a second plane (25); and an interference pattern-forming optical system (39) which deflects the first machining beam (21) and second machining beam (22) from the rotary reflection member (36) so as to cause both beams to be projected onto the surface (4a) of an object (4) in an oblique direction. In this machining optical system (2), the orientations of the first reflection direction (31) and second reflection direction (32) are changed by the rotation of the rotary reflection member (36) so as to cause the periodic direction of an interference pattern (38) to revolve around the axis of the rotary reflection member (36).

DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：主に、色収差を発生させることなく物体の表面に干渉パターンを形成できるようにする。加工光学系(2)は、光源(7)からの加工光(3)を分割して、第1加工光(21)を第1方向(24)へ向けて射出すると共に第2加工光(22)を第2方向(26)へ向けて射出する分割光学系(27)と、第1加工光(21)を第1面(23)内の第1反射方向(31)へ向けて反射する第1反射面(32)と、第2加工光(22)を第2面(25)内の第2反射方向(33)へ向けて反射する第2反射面(34)とが形成される回転反射部材(36)と、回転反射部材(36)からの第1加工光(21)と、第2加工光(22)とを偏向して物体(4)の表面(4a)に斜め方向から投射する干渉パターン形成光学系(39)と、を備える。加工光学系(2)は、回転反射部材(36)の回転により、第1反射方向(31)及び第2反射方向(33)の向きを変えて干渉パターン(38)の周期方向を軸線(37)の周りに回転させる。

明 細 書

発明の名称：

加工光学系、加工装置、干渉パターン形成方法、及び、加工方法

技術分野

[0001] 本案件は、物体を加工するための加工光学系、加工装置、干渉パターン形成方法、及び、加工方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、航空機の機体などの物体の表面にリブレット（微細かつ周期的な溝）が形成されるように、物体を加工可能な加工装置が記載されている。このような加工装置は物体を適切に加工することが要求される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許第6，545，248号明細書

発明の概要

[0004] 第一の態様によれば、

光源からの加工光を第1加工光と第2加工光とを含む複数の光に分割して、前記第1加工光を第1面内の第1方向へ向けて射出すると共に前記第2加工光を第2面内の第2方向へ向けて射出する分割光学系と、

前記第1方向から入射する前記第1加工光を前記第1面内の第1反射方向へ向けて反射する第1反射面と、前記第2方向から入射する前記第2加工光を前記第2面内の第2反射方向へ向けて反射する第2反射面とが形成され、前記第1面及び前記第2面と交差する回転軸の周りに回転する回転反射部材と、

前記第1反射方向から入射する前記第1加工光と、前記第2反射方向から入射する前記第2加工光とを偏向して物体の表面と交差する軸線に対して斜め方向から前記表面に投射して前記表面に干渉パターンを形成する干渉パターン形成光学系と

を備え、

前記回転反射部材の回転により、前記第 1 反射方向及び前記第 2 反射方向の向きを変えて前記表面に形成される前記干渉パターンの周期方向を前記軸線の周りに回転させる加工光学系が提供される。

[0005] 第二の態様によれば、

光源からの加工光を第 1 加工光と第 2 加工光とを含む複数の光に分割する分割光学系と、

前記分割光学系からの前記第 1 加工光を第 1 面内の第 1 反射方向へ向けて反射する第 1 反射面と、前記分割光学系からの前記第 2 加工光を第 2 面内の第 2 反射方向へ向けて反射する第 2 反射面とが形成され、前記第 1 面及び前記第 2 面と交差する回転軸の周りに回転する回転反射部材と、

前記第 1 反射方向から入射する前記第 1 加工光と、前記第 2 反射方向から入射する前記第 2 加工光とを偏向して物体の表面と交差する軸線に対して斜め方向から前記表面に投射して前記表面に干渉パターンを形成する干渉パターン形成光学系と

を備え、

前記回転反射部材の回転により、前記第 1 反射方向及び前記第 2 反射方向の向きを変えて前記表面に形成される前記干渉パターンの周期方向を前記軸線の周りに回転させる加工光学系が提供される。

[0006] 第三の態様によれば、

光源からの光を用いて物体の表面にリブレット加工を行う加工装置であって、

上記した加工光学系と、

前記加工光学系により前記物体の前記表面に形成される干渉パターンと前記物体の前記表面との位置関係を変更する位置関係変更装置と

を備える加工装置が提供される。

[0007] 第四の態様によれば、

光源からの加工光を第 1 加工光と第 2 加工光とを含む複数の光に分割する

ことと、

回転軸の回りに回転する回転反射部材の第1反射面で分割された前記第1加工光を第1面内の第1反射方向へ向けて反射することと、

前記回転反射部材の第2反射面で分割された前記第2加工光を第2面内の第2反射方向へ向けて反射することと、

前記第1反射方向から入射する前記第1加工光と、前記第2反射方向から入射する前記第2加工光とを偏向して物体の表面と交差する軸線に対して斜め方向から前記表面に投射して前記表面に干渉パターンを形成することと、

前記回転反射部材を回転させて、前記第1反射方向及び前記第2反射方向の向きを変えて前記表面に形成される前記干渉パターンの周期方向を前記軸線の周りに回転させることと

を含む干渉パターン形成方法が提供される。

[0008] 第五の態様によれば、

光源からの光を用いて物体の表面にリブレット加工を行う加工方法であって、

上記した干渉パターン形成方法を用いて、前記物体の表面に前記干渉パターンを形成して前記表面を加工することを含む加工方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態にかかる加工装置の全体構成図である。

[図2]実施例1にかかる加工光学系を側方から見た構成図である。

[図3]図2の加工光学系を上方から見た構成図である。

[図4]図2の回転反射部材を省略して、光路をシフトさせた状態を分かり易く示した加工光学系の構成図である。

[図5]実施例2にかかる加工光学系を側方から見た構成図である。

[図6]図5の加工光学系を上方から見た構成図である。

[図7]実施例3にかかる加工光学系を側方から見た構成図である。

[図8]図7の加工光学系を上方から見た構成図である。

[図9]実施例4にかかる第3加工光を含む加工光学系における回転反射部材及

び干渉パターン形成光学系の偏向光学部材を上方から見た構成図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、図面を参照しながら、加工装置 1、加工光学系 2、加工方法、干渉パターン形成方法の実施の形態について説明する。以下では、光を加工光 3 として、物体 4 の表面 4 a を加工光 3 で加工する加工装置 1、及び、加工装置 1 に設けられる加工光学系 2 を中心に実施の形態の実施例を説明する（以上、図 1 参照）。ただし、本案件が以下に説明する実施例に限定されることはない。

[0011] 以下、本実施の形態にかかる加工装置 1 の概要について説明する。

[0012] 図 1 の全体構成図に一例として示すように、加工装置 1 は、光源 7 からビーム伝送光学系 8 を介して伝送された加工光 3 を、支持部材 9 に載置又は保持された物体 4 の表面 4 a に向けて照射する。加工装置 1 は、光源 7 と、加工ヘッド 11 と、自走駆動部 5、多関節ロボット 6、加工ヘッド 11 及び光源 7 を制御する制御装置 12 と、を備えている。加工ヘッド 11 は、自走駆動部 5 に取り付けられた多関節ロボット 6 にエンドエフェクタとして装着される。光源 7、自走駆動部 5、支持部材 9 は、床面 13 の上に載置される。制御装置 12 からは、加工ヘッド 11 へ指令信号 14 が送られる。ただし、加工装置 1 の構成は、上記に限るものではない。

[0013] ここで、ビーム伝送光学系 8 は、光源 7 からの加工光 3 を伝送して、加工ヘッド 11 に加工光 3 を供給する。加工ヘッド 11 は、ビーム伝送光学系 8 から加工光 3 が供給されることで、支持部材 9 に載置された物体 4 の表面 4 a に向けて加工光 3 を照射する。また、多関節ロボット 6 は、制御装置 12 からの指令に基づいて、物体 4 の表面 4 a に対する加工ヘッド 11 の位置及び姿勢を調整して、物体 4 の表面 4 a に照射する加工光 3 の位置、及び、物体 4 の表面 4 a に対する加工光 3 の照射方向を変更する。自走駆動部 5 は、制御装置 12 からの指令に基づいて自走し、多関節ロボット 6 及び加工ヘッド 11 を最適な位置へ移動する。自走駆動部 5 の移動は、例えば、多関節ロボット 6 に取り付けられている加工ヘッド 11 の、物体 4 の表面 4 a に対す

る位置及び姿勢を調整する際に行われる。自走駆動部 5 の移動により、加工光 3 が物体 4 の表面 4 a に照射される位置、及び、加工光 3 の物体 4 の表面 4 a に対する照射方向が変更される。なお、加工ヘッド 11 の基本的な向きは、支持部材 9 との関係に応じて定められる。図では、加工ヘッド 11 は、縦向き姿勢にして使用しているが、加工ヘッド 11 は、横向き姿勢で使用しても良い。

[0014] 加工光 3 は、物体 4 の表面 4 a に照射されることで、表面 4 a を加工可能である限りは、どのような種類の光であっても良い。本実施の形態では、加工光 3 がレーザ光である例を用いて説明を進める。ただし、後述するように、加工光 3 は、レーザ光とは異なる種類の光であっても良い。更に、加工光 3 の波長は、物体 4 に照射されることで物体 4 の表面 4 a を加工可能である限りは、どのような波長であっても良い。例えば、加工光 3 は、可視光であっても良いし、不可視光（例えば、赤外光、紫外光及び極端紫外光等の少なくとも一つ）であっても良い。加工光 3 は、パルス光（例えば、発光時間がピコ秒以下のパルス光）であっても良く、連続発振光であっても良い。

[0015] なお、加工ヘッド 11 の内部構造などについては、図 2 から図 9 に示す具体的な実施例を参照しながら後述する。

[0016] 加工装置 1 は、物体 4 の表面 4 a に加工光 3 を照射することで物体 4 の一部を除去する除去加工を行っても良い。除去加工を行う場合には、加工装置 1 は、リブレット構造を物体 4 の表面 4 a に形成しても良い（リブレット加工）。リブレット構造は、物体 4 の表面 4 a の流体に対する抵抗（特に、摩擦抵抗及び乱流摩擦抵抗の少なくとも一方）を低減可能な構造を含んでいても良い。また、リブレット構造は、流体と物体 4 の表面 4 a とが相対的に移動するときに発生する騒音を低減可能な構造を含んでいても良い。リブレット構造は、例えば、物体 4 の表面 4 a に沿って延びる溝が、物体 4 の表面 4 a に形成されており、かつ、溝と交差する方向に沿って複数の溝が配列された構造を含んでいても良い。なお、ここでいう流体とは、物体 4 の表面 4 a に対して流れている媒質（例えば、気体及び液体の少なくとも一方）を意味

する。例えば、媒質自体が静止している状況下で物体4の表面4aが媒質に対して移動する場合には、この媒質を流体と称しても良い。媒質が静止している状態は、基準物（例えば、地表面）に対して、媒質が動かない場合としても良い。

[0017] 制御装置12は、例えば、演算装置と記憶装置とを含んでも良い。演算装置は、例えば、CPU(Central Processing Unit)及びGPU(Graphics Processing Unit)の少なくとも一方を含んでも良い。制御装置12は、演算装置がコンピュータプログラムを実行することで、加工装置1の動作を制御する装置として機能する。このコンピュータプログラムは、制御装置12が行うべき後述する動作を制御装置12（例えば、演算装置）に行わせる（つまり、処理を実行させる）ための一連の命令である。演算装置が実行するコンピュータプログラムは、制御装置12が備える記憶装置（つまり、記録媒体）に記録されていても良い。コンピュータプログラムは、制御装置12に内蔵された、又は制御装置12に外付け可能な任意の記憶媒体（例えば、ハードディスクや半導体メモリ）に記録されていても良い。或いは、演算装置は、実行すべきコンピュータプログラムを、ネットワークインタフェースを介して、制御装置12の外部の装置からダウンロードしても良い。

[0018] なお、制御装置12は、加工装置1の内部に設けられていなくても良い。例えば、制御装置12は、加工装置1の外にサーバ等として設けられていても良い。この場合、制御装置12と加工装置1とは、有線及び／又は無線のネットワーク（或いは、データバス及び／又は通信回線）で接続されていても良い。

実施例 1

[0019] <構成>以下、実施例の構成について説明する。

[0020] 図2～図4は実施例1、図5、図6は実施例2、図7、図8は実施例3、図9は実施例4である。詳しい内容については後述するが、実施例2は、第1面23及び第2面25の構成が実施例1とは異なっている。実施例3は、干渉パターン形成光学系39の構成が実施例1とは異なっている。実施例4

は、加工光 3 の分割数が実施例 1 とは異なっている。その他の構成については、実施例 1 とほぼ同様となっている。よって、以下は、主に、実施例 1 を用いて説明する。そして、実施例 1 と異なる構成の部分については、他の実施例を用いて説明する。なお、他の実施例で実施例 1 と同じ符号を付した部分については、実施例 1 と同じ構成になっている。

[0021] 以下、加工光学系 2 について説明する。

[0022] (1) 図 2 ～図 4 の実施例 1 に示すように、

加工光学系 2 は、光源 7 からの加工光 3 を第 1 加工光 2 1 と第 2 加工光 2 2 とを含む複数の光に分割して、第 1 加工光 2 1 を第 1 面 2 3 内の第 1 方向 2 4 へ向けて射出すると共に第 2 加工光 2 2 を第 2 面 2 5 内の第 2 方向 2 6 へ向けて射出する分割光学系 2 7 と、

第 1 方向 2 4 から入射する第 1 加工光 2 1 を第 1 面 2 3 内の第 1 反射方向 3 1 へ向けて反射する第 1 反射面 3 2 と、第 2 方向 2 6 から入射する第 2 加工光 2 2 を第 2 面 2 5 内の第 2 反射方向 3 3 へ向けて反射する第 2 反射面 3 4 とが形成され、第 1 面 2 3 及び第 2 面 2 5 と交差する回転軸 3 5 の周りに回転する回転反射部材 3 6 と、

第 1 反射方向 3 1 から入射する第 1 加工光 2 1 と、第 2 反射方向 3 3 から入射する第 2 加工光 2 2 とを偏向して物体 4 の表面 4 a と交差する軸線 3 7 に対して斜め方向から表面 4 a に投射して表面 4 a に干渉パターン 3 8 を形成する干渉パターン形成光学系 3 9 と

を備える。

そして、加工光学系 2 は、回転反射部材 3 6 の回転により、第 1 反射方向 3 1 及び第 2 反射方向 3 3 の向きを変えて表面 4 a に形成される干渉パターン 3 8 の周期方向を軸線 3 7 の周りに回転させるようになっている。上記は、全ての実施例に共通する事項である。

[0023] ここで、加工光学系 2 は、光源 7 からの加工光 3 で物体 4 の表面 4 a を加工するための光学部品の集合体である。加工光学系 2 は、加工装置 1 における、加工ヘッド 1 1 の内部に設けられて、加工ヘッド 1 1 の内部に加工光 3

の光路 L 、 $L1$ 、 $L2$ を形成する。

[0024] 光源7は、物体4の表面4aを加工するための加工光3を発生する光の発生源である。光源7は、物体4の表面4aを加工できればどんなものでも良い。この実施例では、光源7は、上記したように、加工光3としてレーザ光を発生するレーザ光源となっている。

[0025] 加工光3は、物体4の表面4aを加工する光であり、光源7で発生され、光源7から、例えば、上記したビーム伝送光学系8を介して、加工ヘッド11へ導かれて、加工ヘッド11を通り、加工ヘッド11から物体4へ向けて照射される。この実施例では、光源7から物体4の表面4aまで導かれる光を広義の加工光3とし、光源7から分割光学系27までの、分割光学系27で分割される前の光を狭義の加工光3とする。加工光3は、加工ヘッド11の内部で、分割光学系27に入射する位置をシフトできるようになっている。なお、加工光3の光路 L 、 $L1$ 、 $L2$ と交差する断面の光量重心を、光路 L 、 $L1$ 、 $L2$ に沿った方向に繋げた線を主光線と称し、加工光3を主光線によって図示している。

[0026] 第1加工光21は、分割光学系27で分割された加工光3のうちの一つである。第1加工光21は、例えば、分割光学系27で分割された後、最短の光路 $L1$ を通して回転反射部材36へ向かう光としても良い。この場合、第1加工光21は、分割光学系27から第1面23内を通して回転反射部材36へ直接向かう。第1加工光21は、分割光学系27で分割されるときに、分割光学系27で反射されて方向を変えても良いし（実施例1、実施例3）、分割光学系27を透過して直進しても良い（実施例2）。

[0027] 第2加工光22は、分割光学系27で分割された加工光3のうちの他の一つである。第2加工光22は、例えば、分割光学系27で分割された後、第1加工光21の次に短い光路 $L2$ を通して回転反射部材36へ向かう光としても良い。第2加工光22は、分割光学系27で分割された後、第2面25内で方向を変えながら回り込むように迂回して第1加工光21とは異なる方向から回転反射部材36へ向かう。第2加工光22は、分割光学系27で分

割されるときに、分割光学系 2 7 を透過して直進しても良いし（実施例 1、実施例 3）、分割光学系 2 7 で反射されて方向を変えても良い（実施例 2）。

[0028] 複数の光は、光源 7 からの加工光 3 を分割光学系 2 7 で複数の分割した後、の分割光を包括的に指す用語である。複数の光は、光源 7 からの加工光 3 を 2 つに分割した場合には、第 1 加工光 2 1、第 2 加工光 2 2 のみを指す。複数の光は、光源 7 からの加工光 3 を 3 つ以上に分割した場合には、第 1 加工光 2 1、第 2 加工光 2 2 及びその他の分割光を指す。複数の光は、光量が均等となるように分割するのが好ましいが、複数の光の間で光量に差があっても良い。以後は、主に、加工光 3 を第 1 加工光 2 1、第 2 加工光 2 2 に 2 分割した例で説明する。この場合、複数の光は、第 1 加工光 2 1、第 2 加工光 2 2 を指すことになる。

[0029] 第 1 面 2 3 は、分割光学系 2 7 で分割された第 1 加工光 2 1 が回転反射部材 3 6 に到達するまでの光路 L 1 の一部が形成される仮想の平面である。第 1 面 2 3 は、回転反射部材 3 6 の回転軸 3 5 と交差する面になる。なお、第 1 加工光 2 1 が分割光学系 2 7 から回転反射部材 3 6 に直線的に導かれる場合、第 1 面 2 3 は 1 つには限られない。

[0030] 第 1 方向 2 4 は、第 1 加工光 2 1 が回転反射部材 3 6 に入射する直前の方向であり、加工光学系 2 においては固定した方向とされる。第 1 加工光 2 1 は、回転反射部材 3 6 の回転軸 3 5 の位置周辺に入射しても良い。

[0031] 第 2 面 2 5 は、分割光学系 2 7 で分割された第 2 加工光 2 2 が回転反射部材 3 6 に到達するまでの光路 L 2 の一部が形成される仮想の平面である。第 2 面 2 5 は、回転反射部材 3 6 の回転軸 3 5 と交差する面になる。なお、第 1 面 2 3 と第 2 面 2 5 とは、互いに平行であっても良いし、非平行であっても良い。図 2～図 4 の実施例 1 では、第 1 面 2 3 と第 2 面 2 5 とは、互いに平行なものとしている。

[0032] 第 2 方向 2 6 は、第 2 加工光 2 2 が回転反射部材 3 6 に入射する直前の方向であり、加工光学系 2 では固定した方向とされる。第 2 方向 2 6 は、第 1

方向 2 4 とは異なる方向から回転反射部材 3 6 に向かう。第 2 加工光 2 2 は、回転反射部材 3 6 の回転軸 3 5 の位置周辺に入射されても良い。

[0033] なお、複数の光の進行方向は、回転反射部材 3 6 の回転軸 3 5 の周囲を均等な間隔に分けた位置から、回転反射部材 3 6 の回転軸 3 5 の周辺に向けて回転軸 3 5 のほぼ径方向に進行するように設定されても良い。均等な間隔は、分割光学系 2 7 による複数の光の分割数に応じて設定される。例えば、加工光 3 を第 1 加工光 2 1 及び第 2 加工光 2 2 に 2 分割した場合、第 1 方向 2 4 及び第 2 方向 2 6 は、回転軸 3 5 の周囲を 2 等分した 1 8 0 度の間隔に設定される。また、例えば、加工光 3 を 3 分割した場合、複数の光の回転反射部材 3 6 への入射方向は、回転軸 3 5 の周囲を 3 等分した 1 2 0 度の間隔に設定される。

[0034] 分割光学系 2 7 は、加工光 3 を分割する光学部品である。分割光学系 2 7 は、少なくとも、回転反射部材 3 6、干渉パターン形成光学系 3 9 と共に、加工ヘッド 1 1 の内部に設置される。加工ヘッド 1 1 の内部には、光源 7 の側から、分割光学系 2 7、回転反射部材 3 6、干渉パターン形成光学系 3 9 を順に進行する光路 L, L 1, L 2 が形成される。

[0035] 分割光学系 2 7 は、少なくとも、加工光 3 を分割する分割部材 4 1 を備える。分割部材 4 1 は、加工光 3 を分割する数に応じて必要な数だけ設けられる。分割部材 4 1 は、例えば、加工光 3 を 2 分割する場合、加工光 3 の光量の半分を透過させると共に、加工光 3 の光量の半分を反射する 1 枚の半透過ミラーを用いることができる。

[0036] 分割光学系 2 7 は、また、分割部材 4 1 で分割した複数の光を取回して回転反射部材 3 6 へ導く単数又は複数の導光部材 4 2 a ~ 4 2 e を備えることができる。導光部材 4 2 a ~ 4 2 e は、例えば、加工光 3 の全部を反射する全反射ミラーとすることができる。なお、図 2 ~ 図 4 の実施例 1 における、導光部材 4 2 a ~ 4 2 e のアルファベットは、光路 L 1, L 2 に沿った並び順に付している。他の実施例については、並び順ではなく、実施例 1 と機能が同じになるようにアルファベットを付すことで、実施例 1 と構成を比較で

きるようにしている。

[0037] 例えば、加工光3を2分割する場合、第1面23に分割部材41が設置され、第2面25に導光部材42a～42eが設置される。分割部材41は、第1面23に単数設置され、導光部材42a～42eは、第2面25に複数設置される。ただし、分割部材41、導光部材42a～42eの配置や設置個数などは、上記に限るものではない。

[0038] 分割部材41は、光源7から入射される加工光3に対し傾斜状態で設置される。分割部材41は、光源7から入射する加工光3と、反射する第1加工光21（又は第2加工光22）とが成す角の二等分線に対して垂直になるように傾斜した状態で第1面23内に設置される。傾斜した分割部材41は、加工光3を、加工光3の半分の光量の第1加工光21が第1面23内を回転反射部材36へ向けて第1方向24に直線的に進行するように反射又は透過する。傾斜した分割部材41は、加工光3の残りの半分の光量の第2加工光22を、第2面25へ向かうように透過又は反射する。

[0039] また、導光部材42a～42eには、方向転換用のものと、迂回用のものとがある。

[0040] 方向転換用の導光部材42aは、例えば、第1面23と第2面25とが離れている場合（実施例1、実施例3）に、分割部材41と迂回用の導光部材42a～42eとの間に設けられる。方向転換用の導光部材42aは、分割部材41からの第2加工光22を反射して、第2面25内へ射出する。方向転換用の導光部材42aは、入射する第2加工光22と反射する第2加工光22とが成す角の二等分線に対して垂直になるように傾斜した状態で第2面25内に設置される。実施例1、実施例3では、分割部材41と方向転換用の導光部材42aとは、平行になっている。方向転換用の導光部材42aは、必要な場合に設けられる。なお、実施例2では、方向転換用の導光部材42aは、設けられていない。

[0041] 迂回用の導光部材42b～42eへは、分割部材41で分割された第2加工光22、又は、更に方向転換用の導光部材42aから射出された第2加工

光 2 2 が入射される。迂回用の導光部材 4 2 b ~ 4 2 e は、入射した第 2 加工光 2 2 を、第 2 面 2 5 内で方向を変えながら回り込むように反射して、第 2 方向 2 6 から回転反射部材 3 6 へ向かわせる。

[0042] 例えば、各実施例、例えば、実施例 1 の図 3 では、迂回用の導光部材 4 2 b ~ 4 2 e は、四角形の頂点の位置に 4 枚備えられて、第 2 加工光 2 2 を矩形状に迂回させて 1 8 0 度向きを変えている。しかし、例えば、迂回用の導光部材 4 2 b ~ 4 2 d は、三角形の頂点の位置に 3 枚備えて、第 2 加工光 2 2 を三角状に迂回させても良い。また例えば、迂回用の導光部材 4 2 b ~ 4 2 e . . . は、多角形の頂点の位置に多数枚備えて、第 2 加工光 2 2 を多角状に迂回させても良い。これらの迂回用の導光部材 4 2 b ~ 4 2 e は、第 2 面 2 5 と垂直な状態で、所要の角度に調整され、固定状態で設置される。

[0043] 第 1 反射方向 3 1 は、回転反射部材 3 6 によって第 1 加工光 2 1 が反射される方向であり、第 1 面 2 3 内で、第 1 反射面 3 2 の法線に関して第 1 方向 2 4 と対称的な方向へ向かう。第 1 反射方向 3 1 は、固定（不変の）第 1 方向 2 4 に対し、回転反射部材 3 6 の回転移動によって第 1 面 2 3 内で変わる可変の方向となる。

[0044] 第 1 反射面 3 2 は、第 1 面 2 3 内に位置して第 1 加工光 2 1 を第 1 反射方向 3 1 へ反射する回転反射部材 3 6 の面である。第 1 反射面 3 2 は、第 1 面 2 3 と垂直な平面としても良い。

[0045] 第 2 反射方向 3 3 は、回転反射部材 3 6 によって第 2 加工光 2 2 が反射される方向であり、第 2 面 2 5 内で、第 2 反射面 3 4 の法線に関して第 2 方向 2 6 と対称的な方向へ向かう。第 2 反射方向 3 3 は、固定（不変）の第 2 方向 2 6 に対し、回転反射部材 3 6 の回転移動によって第 2 面 2 5 内で変わる可変の方向となる。

[0046] 第 2 反射面 3 4 は、第 2 面 2 5 内に位置して第 2 加工光 2 2 を第 2 反射方向 3 3 へ反射する回転反射部材 3 6 の第 1 反射面 3 2 とは別の面である。第 1 反射面 3 2 は、第 2 面 2 5 と垂直な平面としても良い。

[0047] 回転軸 3 5 は、回転反射部材 3 6 の回転中心となる軸であり、第 1 面 2 3

及び第2面25の両方に対して交差する。回転反射部材36の回転軸35は、物体4の表面4aと交差する軸線37と一致させるのが好ましいが、軸線37とは一致していなくても良い。回転軸35と軸線37とが一致しない場合、回転軸35と軸線37とは、平行とするのが好ましいが、非平行としても良い。この場合、回転軸35と軸線37とを互いに近い位置に設定しても良い。

[0048] 回転反射部材36は、第1加工光21及び第2加工光22を反射させる機能と、回転軸35の周りに回転（自転）する機能とを有する光学部品である。例えば、光源7からの加工光3を2分割した場合、回転反射部材36は、少なくとも第1面23と第2面25との間を跨るように回転軸35に沿って延びる長尺の両面ミラーとすることができる。両面ミラーとした場合、片面が第1反射面32となり、反対面が第2反射面34となる。回転反射部材36は、幅中心位置を回転軸35と一致させても良い。回転反射部材36は、回転軸35を中心として所要の角度だけ回転移動させた後に移転を停止し、その角度に固定した状態で加工光学系2を使用する。

[0049] 物体4は、光源7からの加工光3によって加工される加工対象物である。物体4は、どのようなものでも良い。物体4は、加工ヘッド11と共に位置を固定状態で設置しても良い。また、物体4は、加工ヘッド11に対して相対的に変位可能に設置しても良い。

[0050] 物体4は、図1に示すように、支持部材9にセットされるが、物体4を変位させる場合、例えば、支持部材9は、自走駆動部5と同様に床面13を移動する自走機能を有しても良い。また、支持部材9は、上部に物体4を移動可能な可動ステージを有しても良い。可動ステージは、物体4をセットする面に沿った二次元的な動きをするもの（二次元ステージ）でも良い。また、可動ステージは、二次元的な動きに面直方向の動きを加えた三次元的な動きをするもの（三次元ステージ）でも良い。また、支持部材9又は可動ステージは、物体4をセットする面又は床面13と面直な軸廻りの回転を行う回転テーブルを備えても良い。

- [0051] また、加工ヘッド 11 は、多関節ロボット 6 で可動させても良い。そして、例えば、加工ヘッド 11 と支持部材 9 とを相対的に変位させることで、支持部材 9 の可動ステージや回転テーブルにセットされた物体 4 の表面 4 a の全面に対して、上記したリブレット構造などを有する模様を加工形成できる。
- [0052] 物体 4 の表面 4 a は、物体 4 における、加工光 3 が投射される部分であり、加工ヘッド 11 の側に向いた面となる。図では物体 4 の表面 4 a は、平面となっているが、平面に限るものではない。以下の説明では、物体 4 の表面 4 a は、平面であるものとして説明する。加工光 3 の照射によって、物体 4 は表面 4 a が加工される。なお、上記の詳細については、最後にまとめて説明する。
- [0053] 軸線 37 は、物体 4 の表面 4 a に対して第 1 加工光 21 及び第 2 加工光 22 を投射する際の、投射した位置の中心から物体 4 の表面 4 a と交差する方向へ延びる仮想の線である。軸線 37 は、物体 4 の表面 4 a と直交する線としても良い。また、軸線 37 は、回転反射部材 36 の回転軸 35 と一致させても良い。
- [0054] 斜め方向は、軸線 37 に対して傾斜した方向である。斜め方向は、物体 4 の表面 4 a と軸線 37 とが交差する位置へ向かって、複数の光が進む方向となる。複数の光は、軸線 37 に対して等しい角度に交差させても良い。光源 7 からの加工光 3 を 2 つに分割した場合、第 1 加工光 21 及び第 2 加工光 22 は、それぞれ斜め方向に進んで、物体 4 の表面 4 a に投射される。
- [0055] 干渉パターン形成光学系 39 は、物体 4 の表面 4 a に干渉パターン 38 を形成するための光学系である。干渉パターン形成光学系 39 は、少なくとも、回転反射部材 36 からの第 1 加工光 21 及び第 2 加工光 22 を偏向する機能と、偏向した第 1 加工光 21 及び第 2 加工光 22 を物体 4 の表面 4 a に投射する機能とを有する。干渉パターン形成光学系 39 は、第 1 加工光 21 及び第 2 加工光 22 を最終的に軸線 37 に対して斜め方向から表面 4 a に投射できれば良い。

[0056] 干渉パターン38は、複数の光の干渉によって現れる周期的な明暗の模様である。光源7からの加工光3を2つに分割した場合、第1加工光21及び第2加工光22の干渉パターン38は、例えば、直線状の縞模様になる。干渉パターン38の直線状の縞模様は、複数の光の交差角度に応じた規則的な周期で形成される。

[0057] この干渉パターン38は、物体4の表面4aに形成される。そして、物体4の表面4aは、複数の光のエネルギーによって干渉パターン38の模様（リブレット）に加工される。主に、干渉パターン38の明部が除去加工されることで、上記したリブレット構造の溝が物体4の表面4aに形成される。

[0058] 干渉パターン38の周期は、干渉パターン38の模様を形成する溝の間隔（ピッチ）となる。

[0059] なお、物体4の表面4aに形成される干渉パターン38の周期（ピッチ）は、複数の光の波長を λ 、物体4と干渉パターン形成光学系39との間の媒質の波長 λ に対する屈折率を n 、物体4へ向かう複数の光の交差角度を 2θ とすると、

$$P = \lambda / (2n \cdot \sin \theta)$$

で与えられる。

[0060] そのため、干渉パターン38の周期は、複数の光の交差角度に応じて変化される。具体的には、交差角度が小さくなると、干渉パターン38の周期が大きくなって、干渉パターン38の本数が減る。反対に、交差角度が大きくなると、干渉パターン38の周期が小さくなって、干渉パターン38の単位長さ当たりの本数が増える。

[0061] そして、干渉パターン38の周期は、物体4の表面4aへ向かう複数の光の交差角度を変更することで調整可能である。交差角度の変更は、例えば、実施例1の場合、図4にA（左シフト状態）、B（右シフト状態）を付して示すように、分割光学系27の分割部材41へ入射する加工光3の位置を横にシフトさせることで行う。この場合、左シフトで干渉パターン38の単位長さ当たりの本数が減り、右シフトで干渉パターン38の単位長さ当たりの

本数が増える。なお、図4は、分かり易いように、回転反射部材36を省略しており、これに伴い干渉パターン形成光学系39が図2とは反対側の位置に描かれている。

[0062] なお、上述の例では、回転反射部材36の角度を固定した状態で加工光学系2を使用したか、加工光学系2から加工光3が物体4へ照射されている期間の少なくとも一部において回転反射部材36の角度を変更しても良い。このとき、偏向光学部材51、52も併せて回転させても良い。この場合、例えば曲線リブレット構造を形成することが可能となる。また、加工光学系2から加工光3が物体4へ照射されている期間の少なくとも一部において、分割光学系27の分割部材41に入射する加工光3の位置もシフトさせても良い。この場合、例えば物体4上の位置により異なるピッチのリブレット構造を形成することが可能となる。

[0063] 図7、図8の実施例3についても実施例1と同様の分割光学系27を有しているため、分割部材41に対する加工光3の入射位置を横にシフトすることで、複数の光の交差角度を変更できる。

[0064] なお、図5、図6の実施例2は、実施例1に対して、第1面23及び第2面25の構成を異ならせたことで、分割光学系27の構成、及び、加工光3の入射方向が違っているので、分割部材41に対する加工光3の入射位置を上下にシフトさせることで交差角度が変更される。即ち、加工光3の入射位置を上シフトさせることで、交差角度が小さくなって、干渉パターン38の単位長さ当たりの本数が減り、加工光3の入射位置を下シフトさせることで、交差角度が大きくなって、干渉パターン38の単位長さ当たりの本数が増える。

[0065] 干渉パターン38の周期方向は、干渉パターン38の模様が繰り返し現れる向きであり、干渉パターン38が直線状の縞模様の場合、直線（溝）と交差（例えば、直交）する方向である。

[0066] 干渉パターン38の周期方向を回転させるとは、物体4の表面4aに対し、干渉パターン38を、軸線37を中心に回転移動して、干渉パターン38

の縞模様の向き４５を変える（縞模様を傾ける）ことである（以下、周期方向の向き４５を変えと言う）。

[0067] （２）上記において、加工光学系２では、干渉パターン形成光学系３９からの第１加工光２１及び第２加工光２２は、物体４の表面４ａで少なくとも一部同士が重畳するように投射されても良い。上記は、全ての実施例に共通する事項である。

[0068] ここで、第１加工光２１及び第２加工光２２は、物体４の表面４ａで重ね合わせる（重畳する）ことで、重なった部分が干渉して、重なった部分に干渉パターン３８が現れる。そして、重なった部分及びその周辺が第１加工光２１及び第２加工光２２の投射位置となり、軸線３７は、投射位置の中心（重なりを中心）に設定される。

[0069] 第１加工光２１及び第２加工光２２を重畳させるために、干渉パターン形成光学系３９は、第１加工光２１及び第２加工光２２を、軸線３７に対し斜めに偏向して物体４の表面４ａで交差するように投射させる。干渉パターン形成光学系３９は、第１加工光２１及び第２加工光２２を、軸線３７の両側から軸線３７に関して対称的に物体４の表面４ａに重ねて投射させても良い。なお、第１加工光２１及び第２加工光２２を物体４の表面４ａに重ねて投射する際に、軸線３７に関して非対称的な態様で投射しても良い。

[0070] なお、複数の光は、物体４の上で完全に重ねられても良い。複数の光は、物体４の上で完全に重ね合わせたときに、光量を無駄なく活用することができる。この場合には、物体４に対する加工範囲は一定に保たれる。

[0071] （３）上記（１）又は（２）において、加工光学系２は、第１面２３と第２面２５とが一致するようにしても良い。上記は実施例２に特有の構成である。よって、実施例２を用いて説明する。実施例２の他の構成については、実施例１と同様である。なお、実施例１，３では、第１面２３と第２面２５とは不一致としている。

[0072] 図５、図６の実施例２のように第１面２３及び第２面２５を一致させて一つにまとめた場合、第１面２３及び第２面２５は、分割光学系２７の分割部

材 4 1 を設置した面に形成される。迂回用の導光部材 4 2 b ～ 4 2 e も分割部材 4 1 と同じ面に設置される。

[0073] 実施例 2 では、光源 7 からの加工光 3 は、第 1 面 2 3 及び第 2 面 2 5 と平行な方向から分割部材 4 1 へ入射させている。この場合、分割部材 4 1 は、第 1 面 2 3 及び第 2 面 2 5 と垂直な向きに所要の角度で設置されて、迂回用の導光部材 4 2 b ～ 4 2 e の一部（導光部材 4 2 b）としても使用されるようにしている。

[0074] なお、光源 7 からの加工光 3 は、図 2 ～ 図 4 の実施例 1 と同様に、第 1 面 2 3 及び第 2 面 2 5 と交差する方向から分割部材 4 1 へ入射させても良い。この場合には、分割部材 4 1 の入口側に、方向転換用の導光部材 4 2 a を設置すれば良い。

[0075] ただし、第 1 面 2 3 及び第 2 面 2 5 を一致させた場合の、分割部材 4 1 及び導光部材 4 2 a ～ 4 2 e の構成は、上記に限るものではない。

[0076] （４）上記（３）において、加工光学系 2 では、分割光学系 2 7 は、第 1 加工光 2 1 と第 2 加工光 2 2 とを同じ位置へ向けて射出し、

回転反射部材 3 6 は、同じ位置に配置されても良い。上記は、全ての実施例に共通する事項である。

[0077] ここで、同じ位置は、例えば、一点、又は、一点とその周辺を含む小領域などとすることができる。同じ位置は、第 1 面 2 3 と第 2 面 2 5 とが一致する場合（実施例 2）には、同一面上の同一位置又はほぼ同一の位置となる。

[0078] 同じ位置は、第 1 面 2 3 と第 2 面 2 5 とが異なる場合（実施例 1、実施例 3）には、別々の面における、互いに相当する（又は対応する）位置とすることができる。互いに相当する位置は、1 本の直線、例えば、回転反射部材 3 6 の回転軸 3 5、又は、物体 4 の表面 4 a と交差する軸線 3 7 の方向に沿って第 1 面 2 3 と第 2 面 2 5 とを重ね合わせたときに互いに一致する位置である。

[0079] 分割光学系 2 7 は、第 1 加工光 2 1 の第 1 方向 2 4 と、第 2 加工光 2 2 の第 2 方向 2 6 とを異なる方向から、第 1 面 2 3 と第 2 面 2 5 の同じ位置又は

互いに相当する位置に向かわせる。

[0080] そして、例えば、第1面23と第2面25の同じ位置に回転軸35を設定して、同じ位置に回転反射部材36を設置する。第1加工光21の第1方向24及び第2加工光22の第2方向26は、互いに反対側から同じ位置（回転軸35の位置）に設置された回転反射部材36へ向かうようにする。

[0081] (5) 上記(1)～(4)のいずれかにおいて、加工光学系2では、干渉パターン形成光学系39は、回転反射部材36の複数の反射面（例えば、第1反射面32、第2反射面34）で反射された複数の光（例えば、第1加工光21、第2加工光22）を偏向する偏向光学部材51、52を備えても良い。上記は、全ての実施例に適用可能な事項である。

[0082] ここで、偏向光学部材51、52は、複数の光を個別に偏向するように、複数の光と同数備えても良い（例えば、図2）。また、偏向光学部材51、52は、1つ又は少数にまとめて設けることで、複数の光の全て又は幾つかを同時に偏向するようにしても良い。

[0083] 複数の偏向光学部材51、52は、回転反射部材36の回転軸35、又は、物体4の表面4aと交差する軸線37からほぼ等距離の位置に設置しても良い。

[0084] 例えば、光源7からの加工光3を第1加工光21と第2加工光22との2つに分けた場合、偏向光学部材51、52は、第1面23と第2面25とに対してそれぞれ設けられる。第1面23には、第1加工光21を偏向する偏向光学部材51が回転反射部材36の第1反射面32と対向するように設けられる。第2面25には、第2加工光22を偏向する偏向光学部材52が回転反射部材36の第2反射面34と対向するように設けられる。第1面23の偏向光学部材51と、第2面25の偏向光学部材52とは、基本的に同じ形状、同じ大きさとしても良い。

[0085] 複数の偏向光学部材51、52は、複数の光を偏向させて物体4の表面4aに直接又は間接的に投射できるようにする。そのために、複数の偏向光学部材51、52は、回転反射部材36の回転軸35、又は、物体4の表面4

aと交差する軸線37に対し、物体4の側へ進むに従い、軸線37から離れる向きに傾斜した状態に設置される。これにより、複数の偏向光学部材51, 52は、分割部材41、方向変換用の導光部材42aなどに対して逆向きに傾斜する。そして、複数の光は、偏向光学部材51, 52の物体4の側（例えば、図4の下面側）の面に入射される。

[0086] そのため、傾斜された偏向光学部材51, 52に対し、複数の光の入射する位置を軸線37の方向にシフトさせることで、反射面51a, 52aで偏向される複数の光の間の幅（間隔）が変化される。偏向光学部材51, 52に対する複数の光の入射位置は、上記したように、光源7からの加工光3の分割部材41に対する入射位置をシフトすることで変化させることができる。

[0087] 例えば、図4の場合、軸線37の方向を基準にして、傾斜された分割部材41に対し、加工光3を物体4から離れた位置（A側：左シフトする側）に入射する。すると、逆傾斜とされた偏向光学部材51, 52に対しては、複数の光が物体4から離れた位置に入射される。そのため、上記したように、偏向された複数の光の幅は狭くなる。

[0088] 反対に、軸線37の方向を基準にして、傾斜された分割部材41に対し、加工光3を物体4に近い位置（B側：右シフトする側）に入射する。すると、逆傾斜とされた偏向光学部材51, 52に対しては、複数の光が物体4に近い位置に入射される。そのため、上記したように、偏向された複数の光の幅は広くなる。

[0089] よって、物体4の表面4aに重ねて投射する複数の光の交差角度を変えて、干渉パターン38の周期を変えることが可能になる（左シフトで干渉パターン38の単位長さ当たりの本数が減り、右シフトで干渉パターン38の単位長さ当たりの本数が増える）。

[0090] なお、偏向光学部材51, 52は、軸線37の方向に対しては、加工光3をシフトして干渉パターン38の周期を変えるのに必要なシフト範囲以上の大きさ（又は高さ）に形成する。

- [0091] なお、干渉パターン形成光学系 3 9 は、偏向光学部材 5 1, 5 2 のみで構成して、複数の光を、偏向光学部材 5 1, 5 2 で物体 4 の表面 4 a に直接投射させることができる。この場合、偏向光学部材 5 1, 5 2 は、入射された第 1 加工光 2 1 と、第 2 加工光 2 2 とを偏向して、物体 4 の表面 4 a で直接重ね合わせるのに必要な傾斜角度に設置される。
- [0092] この際、偏向光学部材 5 1, 5 2 は、傾きの角度を変更可能にしても良い。そして、第 1 加工光 2 1 の偏向の向き、及び、第 2 加工光 2 2 の偏向の向きを、偏向光学部材 5 1, 5 2 によってそれぞれ微調整する。これにより、上記した加工光 3 のシフトによる複数の光の幅の変化に合わせて、複数の光が物体 4 の表面 4 a でうまく重ね合わせられるようになる。
- [0093] (6) 上記 (5) において、加工光学系 2 では、偏向光学部材 5 1, 5 2 は、回転反射部材 3 6 の回転に応じて軸線 3 7 又は軸線 3 7 と平行な軸（不図示）の回りに回転するようにしても良い。上記は、主に、実施例 1、実施例 2 に適用可能な事項である。実施例 3 では、偏向光学部材 5 1, 5 2 は、固定としている。
- [0094] ここで、偏向光学部材 5 1, 5 2 は、回転反射部材 3 6 の回転軸 3 5 を中心とする回転（自転）に伴って、物体 4 の表面 4 a と交差する軸線 3 7 を中心に回転反射部材 3 6 の周囲を回転移動（公転）させるようにしても良い。
- [0095] 又は、偏向光学部材 5 1, 5 2 は、回転反射部材 3 6 の回転軸 3 5 を中心とする回転に伴って、物体 4 の表面 4 a と交差する軸線 3 7 と平行な軸を中心として回転反射部材 3 6 の周囲を回転移動させても良い。なお、軸線 3 7 と平行な軸は、例えば、軸線 3 7 の近傍に適宜設定しても良いし、又例えば、回転反射部材 3 6 の回転軸 3 5 などとしても良い。偏向光学部材 5 1, 5 2 は、軸線 3 7 を中心として回転移動させても良い。
- [0096] このとき、偏向光学部材 5 1, 5 2 は、回転移動によって、軸線 3 7 又は軸線 3 7 と平行な軸を中心とする円に沿った円軌道を描くように円弧状に移動（円運動）する。偏向光学部材 5 1, 5 2 の移動方向は、回転反射部材 3 6 の回転方向と同じ向きにする。

- [0097] なお、軸線 3 7 と回転軸 3 5 とは、一致していなくても良いが、軸線 3 7 と回転軸 3 5 とは、一致させても良い。この場合、偏向光学部材 5 1, 5 2 は、回転反射部材 3 6 の回転に伴って、回転反射部材 3 6 の回転軸 3 5 を中心として回転反射部材 3 6 の周囲を回転移動される。このとき、偏向光学部材 5 1, 5 2 は、回転移動によって、回転軸 3 5 と平行な軸を中心とする円に沿った円軌道を描くように円弧状に移動（円運動）する。偏向光学部材 5 1, 5 2 の移動方向は、回転反射部材 3 6 の回転方向と同じ向きになる。
- [0098] （7）上記（6）において、加工光学系 2 では、偏向光学部材 5 1, 5 2 の回転角 5 3 は、回転反射部材 3 6 の回転角 5 4 の 2 倍としても良い。又は、回転反射部材 3 6 の回転角 5 4 は、偏向光学部材 5 1, 5 2 の回転角 5 3 の $1/2$ としても良い。
- [0099] ここで、偏向光学部材 5 1, 5 2 の回転角 5 3 は、軸線 3 7 又は軸線 3 7 と平行な軸（例えば、回転軸 3 5）を中心として偏向光学部材 5 1, 5 2 が回転移動する角度である。回転反射部材 3 6 の回転角 5 4 は、回転軸 3 5 を中心として回転反射部材 3 6 が回転移動する角度である。
- [0100] 回転反射部材 3 6 を所要の角度（回転角 5 4）だけ回転すると、回転反射部材 3 6 の第 1 反射面 3 2 に対する第 1 加工光 2 1 の入射角と、反射角が変化し、第 2 反射面 3 4 に対する第 2 加工光 2 2 の入射角と、反射角が変化する。この際、第 1 方向 2 4、及び、第 2 方向 2 6 は、変わらずに一定のままなので、回転反射部材 3 6 の回転移動によって、第 1 加工光 2 1 の第 1 反射方向 3 1 及び第 2 加工光 2 2 の第 2 反射方向 3 3 が、それぞれ入射角と反射角の変化を合わせた分だけ変化する。
- [0101] 入射角の変化と、反射角の変化とは等しく、それぞれ回転反射部材 3 6 の回転角 5 4 と同じになるので、第 1 反射方向 3 1 及び第 2 反射方向 3 3 の変化は、回転反射部材 3 6 の回転角 5 4 の 2 倍になる。よって、偏向光学部材 5 1, 5 2 の回転角 5 3 を回転反射部材 3 6 の回転角 5 4 の 2 倍とすることにより、偏向光学部材 5 1, 5 2 は、回転反射部材 3 6 の回転移動に追随して第 1 加工光 2 1 及び第 2 加工光 2 2 を偏向し得る位置へと移動される。

- [0102] (8) 上記(1)から(7)までのいずれかにおいて、加工光学系2では、偏向光学部材51, 52は、回転反射部材36の回転軸35を中心とする円周方向61に沿った反射面51a, 52aを備えるようにしても良い。上記は、全ての実施例に適用可能な事項である。
- [0103] ここで、円周方向61は、回転反射部材36の回転軸35を中心として周回する方向である。
- [0104] 反射面51a, 52aは、偏向光学部材51, 52における、回転軸35又は回転反射部材36と対向する側の面に形成されて、第1加工光21及び第2加工光22を全反射する。偏向光学部材51, 52は、例えば、全反射ミラーを使用することができる。
- [0105] 円周方向61に沿った反射面51a, 52aとは、偏向光学部材51, 52の反射面51a, 52aが、回転反射部材36の回転軸35を中心とする円の上に位置して、円の接線方向に向いていることである。又は、偏向光学部材51, 52の反射面51a, 52aが、回転反射部材36の回転軸35を中心とする円にほぼ沿ってほぼ円形状又はほぼ円弧状に延びていることである。
- [0106] 反射面51a, 52aが接線方向に向いている場合、反射面51a, 52aは平面ミラーであっても良い。反射面51a, 52aがほぼ円弧状に延びている場合、反射面51a, 52aは曲面ミラー、又は、円に近似した多角形を形成する平面ミラーの集合体としての多面ミラーであっても良い。
- [0107] 偏向光学部材51, 52の反射面51a, 52aは、第1面23と第2面25とを回転軸35の延設方向から見たときに、同一半径の円の上に、円の円周方向61に沿うように設置しても良い。これにより、偏向光学部材51, 52の反射面51a, 52aは、回転軸35からほぼ等距離の位置に、回転軸35へ向けて配置される。
- [0108] そして、偏向光学部材51, 52は、反射面51a, 52aを、回転反射部材36の回転軸35を中心とする所定半径の円の上に、不連続状態で点在するように配置したり、円の上に連続状態で延在するように配置したりでき

る。

[0109] 円の上に、円周方向 6 1 に沿って不連続に点在させる場合、偏向光学部材 5 1, 5 2 は、上記した平面ミラーを使用しても良い。平面ミラーは、回転反射部材 3 6 の回転に合わせて移動させる。

[0110] 円の上に連続して延在させる場合、偏向光学部材 5 1, 5 2 は、上記した曲面ミラー 6 2 又は多面ミラーを使用しても良い。

[0111] 偏向光学部材 5 1, 5 2 を曲面ミラー 6 2 又は多面ミラーとした場合、曲面ミラー 6 2 又は多面ミラーは、円周方向 6 1 に対し所要の長さに形成する。所要の長さは、少なくとも、回転反射部材 3 6 の回転によって複数の光の反射方向（例えば、第 1 反射方向 3 1 及び第 2 反射方向 3 3）が変化する範囲全体をカバーする程度以上の長さとする。これにより、曲面ミラー 6 2 又は多面ミラーは、固定とすることができる。

[0112] また、第 1 面 2 3 と第 2 面 2 5 とが一致する場合、偏向光学部材 5 1, 5 2 となる曲面ミラー 6 2 又は多面ミラーは、複数の光で共用できるように繋げて一体化することができる。例えば、偏向光学部材 5 1, 5 2 となる曲面ミラー 6 2 又は多面ミラーは、リング状に近い円弧状や半円弧状などに形成することができる。

[0113] ただし、反射面 5 1 a, 5 2 a の配置や形状は、上記に限るものではない。

[0114] (9) 上記 (8) において、加工光学系 2 では、円周方向 6 1 に沿った反射面 5 1 a, 5 2 a は、錐状体 6 5 の少なくとも一部の形状を有しても良い。上記は、主に、実施例 3 に適用可能な事項である。よって、実施例 3 を用いて説明する。実施例 3 の他の構成については、実施例 1 と同様である。

[0115] ここで、錐状体 6 5 (又は錐体) は、ある平面に描かれた閉じた線を底面とし、閉じた線上の点と、平面外の 1 点 (頂点) とを結んだ線を、閉じた線に沿って移動させたときの軌跡を側面とする 3 次元形状である。錐状体 6 5 の側面は、底面に向かって広がる斜面となる。そのため、反射面 5 1 a, 5 2 a を錐状体 6 5 の側面の少なくとも一部の形状とすることで、反射面 5 1

a, 52aは、傾斜した曲面ミラー62又は多面ミラーなどとなる。そして、反射面51a, 52aは、複数の光を物体4に向けて偏向させたり、複数の光の幅を変えたりするのに適したものとなる。

[0116] この実施例の錐状体65は、例えば、第1面23の周辺に物体4の表面4aなどと平行な底面を有し、回転軸35又は軸線37の線上で、第1面23に関して物体4とは反対の側に頂点を有する3次元形状とされる。

[0117] また、錐状体65は、例えば、第2面25の周辺に物体4の表面4aなどと平行な底面を有し、回転軸35又は軸線37の線上で、第2面25に関して物体4とは反対の側に頂点を有する3次元形状とされる。これらの2つの錐状体65は、ほぼ同じ大きさ、ほぼ同じ形状とされる。

[0118] 錐状体65の底面は、回転軸35を中心とする円周方向61に沿った円形状、又は、円周方向61に沿った形状と言える範囲内で、円に近似した正多角形状となる。反射面51a, 52aの傾斜角度は、錐状体65の底面と頂点との距離によって設定される。

[0119] 錐状体65の少なくとも一部の形状は、錐状体65の側面の円周方向61のほぼ全部又は一部の長さ、錐状体65の側面の高さ方向のほぼ全部又は一部の幅とを有するものとなる。錐状体65の少なくとも一部の形状を有する偏向光学部材51, 52は、第1面23の反射面51aと第2面25の反射面52aとで、回転軸35又は軸線37に関して対称的な角度で傾斜させても良い。

[0120] 実施例3では、偏向光学部材51, 52の反射面51a, 52aは、錐状体65の側面の円周方向61のほぼ全部又は一部（例えば、半周程度）の長さを有する。また、反射面51a, 52aは、錐状体65の側面の高さ方向の一部の幅を有する。第1面23及び第2面25に設置される偏向光学部材51, 52は、互いに同じ形状及び同じ大きさの反射面51a, 52aを有する。各反射面51a, 52aは、回転軸35の方向から見てほぼ対称的に配置されている。

[0121] 錐状体65は、例えば、底面を正多角形とする角錐又は角錐の少なくとも

一部とすることができる。

[0122] なお、反射面 5 1 a, 5 2 a には、必要に応じて、複数の光を通過させるためのスペース（穴又は切目など）を形成することができる。

[0123] (1 0) 上記 (9) において、加工光学系 2 では、錐状体 6 5 は円錐 6 6 であっても良い。

[0124] ここで、円錐 6 6 は、底面が円形で、側面が扇型を丸めて作った尖った角状の曲面とされた 3 次元形状である。

[0125] 偏向光学部材 5 1, 5 2 の反射面 5 1 a, 5 2 a は、円錐 6 6 の側面の高さの一部の幅を有して、円錐 6 6 の側面の円周方向 6 1 に所要の長さで延びるほぼ円形又は円弧形の円錐面とされる。実施例 3 では、反射面 5 1 a, 5 2 a は、円弧形の円錐面となっている。

[0126] 錐状体 6 5 を円錐 6 6 とすることにより、反射面 5 1 a, 5 2 a は、円周方向 6 1 の全域に亘って回転軸 3 5 又は軸線 3 7 から等距離となる。

[0127] (1 1) 上記 (1 0) において、加工光学系 2 では、光源 7 から物体 4 の表面 4 a までの光路 L, L 1, L 2 に配置され、直交する 2 方向でパワーが異なるトーリック光学部材 6 7 を備えても良い。

[0128] ここで、光路 L, L 1, L 2 は、光源 7 からの加工光 3 が物体 4 の表面 4 a に達するまでの間に通る加工ヘッド 1 1 内の経路である。光源 7 からの加工光 3 が分割光学系 2 7 に入射されるまでの間は、光路 L は、単一のものとなる。分割光学系 2 7 から加工ヘッド 1 1 を出るまでの間は、光路 L 1, L 2 は、複数の光ごとに分かれて、それぞれ別々のものとなる（分岐光路）。第 1 加工光 2 1 の光路 L 1 は、第 1 面 2 3 を通る。第 2 加工光 2 2 の光路 L 2 は、第 2 面 2 5 を通る。

[0129] 「パワー」は、レンズやミラーなどの光学部品における、屈折の度合いのことであり、焦点距離の逆数で表わされる。

[0130] トーリック光学部材 6 7 は、偏向光学部材 5 1, 5 2 の反射面 5 1 a, 5 2 a に起因する直交する 2 方向に対するビームの収斂度の違いを補償する光学部材である。トーリック光学部材 6 7 には、例えば、シリンドリカルレン

ズ（又は、シリンドリカルミラー）、トーリックレンズ（又は、シリンドリカルミラー）などがある。

[0131] 偏向光学部材 5 1, 5 2 の反射面 5 1 a, 5 2 a を円錐 6 6 の側面の少なくとも一部の形状にした場合には、反射面 5 1 a, 5 2 a で偏向された複数の光は、直交する 2 方向に対するパワーの違いによって、ビームの収斂度が異なるものになる。この場合、直交する 2 方向は、円錐 6 6 の周方向と高さ方向になる。

そのため、トーリック光学部材 6 7 は、円錐 6 6 の側面の少なくとも一部の形状の反射面 5 1 a, 5 2 a によるビームの収斂度の違い（円錐 6 6 の周方向の収斂度）を補償するために用いられる。トーリック光学部材 6 7 は、実施例 3 の場合に必要になる。

[0132] トーリック光学部材 6 7 は、例えば、分割光学系 2 7（導光部材 4 2 a ～ 4 2 e）、回転反射部材 3 6、干渉パターン形成光学系 3 9（偏向光学部材 5 1, 5 2 など）のうちの少なくともいずれか 1 つ以上に対して適用することができる。また、トーリック光学部材 6 7 は、例えば、分割光学系 2 7、回転反射部材 3 6、干渉パターン形成光学系 3 9 とは別に、専用のものを用意して光路 L, L 1, L 2 内に設置しても良い。

[0133] (1 2) 上記 (1) から (1 1) までのいずれかにおいて、加工光学系 2 では、干渉パターン形成光学系 3 9 は、偏向光学部材 5 1, 5 2 を介した第 1 加工光 2 1 及び第 2 加工光 2 2 を集光する集光光学系 7 1 を含んでも良い。上記は全ての実施例に共通する事項である。

[0134] ここで、集光光学系 7 1 は、第 1 加工光 2 1 及び第 2 加工光 2 2 又は複数の光を集光させる対物系の光学部品である。集光光学系 7 1 は、倍率を調整する機能を有しても良い。干渉パターン形成光学系 3 9 は、偏向光学部材 5 1, 5 2 とは別に、偏向光学部材 5 1, 5 2 と物体 4 との間の位置に集光光学系 7 1 を備えても良い。

[0135] 集光光学系 7 1 は、必ずしも必要なものではない。

[0136] 集光光学系 7 1 を設ける場合、集光光学系 7 1 は、偏向光学部材 5 1, 5

2で偏向した複数の光の全量が集光光学系71を通る形状及び大きさに形成される。第1加工光21及び第2加工光22は、集光光学系71のどの位置を通っても良い。

[0137] 集光光学系71の光軸は、物体4の表面4aと交差する軸線37と一致するように配置されても良い。集光光学系71の光軸は、回転反射部材36の回転軸35と一致させても良い。

[0138] 偏向光学部材51, 52は、第1加工光21及び第2加工光22を、集光光学系71の光軸と平行な方向から集光光学系71に入射させるように、傾斜角度を設定しても良い。

[0139] 集光光学系71は、後側焦点の位置又はその周辺に物体4が位置するように配置を設定しても良い。これにより、偏向光学部材51, 52で偏向した第1加工光21及び第2加工光22は、集光光学系71に平行に入り、集光光学系71によって、集光光学系71の後側焦点の位置に集光される。

[0140] 後側焦点の位置には物体4の表面4aが設置されており、平行な複数の光は、第1加工光21及び第2加工光22の間隔に応じた交差角度で集光されて物体4の表面4aに照射される。物体4の表面4aでは、複数の光が重ね合わされて干渉し、交差角度に応じた周期の干渉パターン38を形成する。物体4の表面4aには、光のエネルギーによって干渉パターン38の模様が加工形成される。

[0141] そして、集光光学系71を備えることによって、第1加工光21及び第2加工光22の交差角度を変えて干渉パターン38の周期を変更する際に、偏向光学部材51, 52の傾きを微調整する必要をなくすることができる。

[0142] 集光光学系71は、一般的なレンズを使用しても良いし、図7の紙面と垂直な方向に均一断面で延びるシリンドリカルレンズを使用しても良い。シリンドリカルレンズを使用した場合、集光光学系71を、上記したトーリック光学部材67として機能させることができる。

[0143] なお、集光光学系71は、一枚のレンズで構成しても良いし、複数枚のレンズ群で構成しても良い。また、集光光学系71は、反射ミラーを備える反

射光学系又は反射屈折光学系であっても良いし、回折光学素子を備える回折光学系であっても良いし、それらの組み合わせであっても良い。

[0144] (13) 上記(1)から(12)までのいずれかにおいて、図9の実施例4に示すように、分割光学系27により分割される複数の光は、第3加工光81を更に含み、

回転反射部材36には、分割光学系27からの第3加工光81を反射する第3反射面82が形成され、

干渉パターン形成光学系39は、回転反射部材36からの第3加工光81を物体4の表面4aに投射して、第1加工光21乃至第3加工光81による干渉パターン38を形成するようにしても良い。

[0145] ここで、第3加工光81は、光源7からの加工光3を分割光学系27によって3つ以上に分割することで得られる複数の光の一つである。例えば、分割光学系27の分割部材41を2枚設けて、加工光3を2枚の分割部材41によって2回分割することで、第3加工光81は得られる。2枚の分割部材41は、加工光3を、光量が互いに等しくなるように複数の光に分割する。

[0146] 第3加工光81は、分割光学系27による加工光3の分割後、第1加工光21及び第2加工光22とほぼ同様に、第3加工光81のための光路（不図示）が形成される第3面（不図示）を通過して回転反射部材36の第3反射面82で反射される。そして、反射された第3加工光81は、干渉パターン形成光学系39で偏向されて物体4の表面4aに投射され、第1加工光21及び第2加工光22と重畳されて、干渉パターン38を形成する。

[0147] この場合、回転反射部材36は、例えば、正三角柱状に形成される（例えば、三面ミラー83）。第3反射面82は、正三角柱状の回転反射部材36の一面に形成される。正三角柱状の回転反射部材36の残りの二面は、それぞれ第1反射面32、第2反射面34となる。

[0148] 上記したように、第1加工光21は第1反射面32に、第2加工光22は第2反射面34に、それぞれ異なる方向（第1方向24、第2方向26）から入射され、干渉パターン形成光学系39に向かってそれぞれ第1反射方向

3 1、第2反射方向3 3へ反射される。第3加工光8 1は、第3反射面8 2に、第1方向2 4、第2方向2 6とは異なる第3面内の方向（第3方向8 4）から入射され、干渉パターン形成光学系3 9に向かって第3面内の第3反射方向8 5へ反射される。第1方向2 4、第2方向2 6、第3方向8 4は、それぞれ円周方向6 1に均等な1 2 0度の間隔を有して回転反射部材3 6へ入射する方向とされる。第1反射方向3 1、第2反射方向3 3、第3反射方向8 5は、それぞれ円周方向6 1に均等な1 2 0度の間隔を有して回転反射部材3 6で反射される方向となる。

[0149] 干渉パターン形成光学系3 9は、第3加工光8 1を偏向して物体4の表面4 aと交差する軸線3 7に対して斜め方向から物体4の表面4 aに投射するための反射面を有する偏向光学部材が第3面に、追加で設けられる（不図示）。

[0150] 上記したような加工光3の分割数、及び、それに伴う構成の追加、変更以外については、実施例4は、基本的に実施例1と同様であり、必要に応じて、（1）～（1 2）と同様の構成を備えることができる。

[0151] なお、特に説明しないが、加工光3は、第4加工光以上の分割光を含む複数の光に分割しても良い。この場合には、上記した第3加工光8 1のための記載を第4加工光に合うように適宜読み替える。

[0152] なお、加工光学系2は、以下のような構成にしても良い。

[0153] （1 4）加工光学系2は、

光源7からの加工光3を第1加工光2 1と第2加工光2 2とを含む複数の光に分割する分割光学系2 7と、

分割光学系2 7からの第1加工光2 1を第1面2 3内の第1反射方向3 1へ向けて反射する第1反射面3 2と、分割光学系2 7からの第2加工光2 2を第2面2 5内の第2反射方向3 3へ向けて反射する第2反射面3 4とが形成され、第1面2 3及び第2面2 5と交差する回転軸3 5の周りに回転する回転反射部材3 6と、

第1反射方向3 1から入射する第1加工光2 1と、第2反射方向3 3から

入射する第2加工光22とを偏向して物体4の表面4aと交差する軸線37に対して斜め方向から表面4aに投射して表面4aに干渉パターン38を形成する干渉パターン形成光学系39と

を備えても良い。

そして、加工光学系2は、回転反射部材36の回転により、第1反射方向31及び第2反射方向33の向きを変えて表面4aに形成される干渉パターン38の周期方向を軸線37の周りに回転させる。

[0154] ここで、分割光学系27は、少なくとも、光源7からの加工光3を分割する機能を備えていればどんなものでも良い。それ以外については、(1)～(13)と同様の構成を備えることができる。

[0155] (15) 上記(14)において、加工光学系2では、分割光学系27は、第1加工光21を第1面23内の第1方向24へ向けて射出すると共に第2加工光22を第2面25内の第2方向26へ向けて射出するようにしても良い。

[0156] ここで、分割光学系27は、少なくとも、第1加工光21を第1面23内の第1方向24へ向けて射出する機能と、第2加工光22を第2面25内の第2方向26へ向けて射出する機能とを備えたものとなっている。それ以外については、(1)～(13)と同様の構成を備えることができる。

[0157] 以下、加工装置1について説明する。

[0158] (16) 加工装置1は、光源7からの光を用いて物体4の表面4aにリブレット加工を行うものである。

加工装置1は、上記(1)～(15)までのいずれかに記載の加工光学系2と、

加工光学系2により物体4の表面4aに形成される干渉パターン38と物体4の表面4aとの位置関係を変更する位置関係変更装置91とを備える。

[0159] ここで、加工光学系2については、上記した通りである。

[0160] 加工装置1は、光源7からの光(加工光3)を用いて物体4の表面4aを

加工するための装置であり、リブレットの加工にも用いられる。

[0161] リブレット加工は、物体４の表面４aにリブレットを加工することである。リブレットは、干渉パターン３８の模様などである。

[0162] 位置関係は、物体４の表面４aに対して干渉パターン３８を加工する位置である。位置関係には、例えば、物体４の表面４aに対する干渉パターン３８の面方向の位置、物体４の表面４aに対する干渉パターン３８の軸線３７の方向の位置、物体４の表面４aに対する干渉パターン３８の軸線３７を中心とする回転方向の位置などの関係がある。位置関係を変更することで、物体４の表面４aに形成される干渉パターン３８の模様の位置が変わる。

[0163] 位置関係変更装置９１は、干渉パターン３８と物体４の表面４aとの位置関係を変更する装置である。

[0164] 位置関係変更装置９１は、例えば、加工ヘッド１１の外部に設けることができる。加工ヘッド１１の外部に設けられる位置関係変更装置９１は、例えば、物体４をセットする支持部材９を可動式としても良い。位置関係変更装置９１は、支持部材９に設置した三次元ステージや回転テーブルなどとしても良い。位置関係変更装置９１は、加工ヘッド１１を支持する多関節ロボット６、多関節ロボット６を設置する自走駆動部５としても良い。

[0165] また、位置関係変更装置９１は、加工ヘッド１１の内部に設けることができる。位置関係変更装置９１を、加工ヘッド１１の内部に設けることで、位置関係変更装置９１の小型化及び位置関係変更のための操作の容易化が得られる。

[0166] 加工ヘッド１１の内部に設けられる位置関係変更装置９１は、例えば、回転駆動装置９２と、増速歯車機構９３とで構成することができる。回転駆動装置９２は、回転反射部材３６を回転軸３５の周りに回転移動させる。回転駆動装置９２は、回転反射部材３６の回転角５４を精密にコントロール可能なモータ、例えば、ステッピングモータなどを用いても良い。増速歯車機構９３は、回転駆動装置９２の回転によって、偏向光学部材５１，５２の回転角５３を回転反射部材３６の回転角５４の２倍に変換して回転移動させる。

[0167] なお、偏向光学部材 5 1, 5 2 を回転軸 3 5 の円周方向 6 1 に沿った反射面 5 1 a, 5 2 a として、偏向光学部材 5 1, 5 2 を回転させなくて良い固定構造にした場合には、増速歯車機構 9 3 は不要なので、位置関係変更装置 9 1 は回転駆動装置 9 2 のみとなる。

[0168] (1 7) 加工装置 1 では、上記 (1 6) において、
位置関係変更装置 9 1 による位置関係の変更に応じて、干渉パターン 3 8 の周期方向が変更されても良い。

[0169] ここで、上記したように、干渉パターン 3 8 の周期方向は、干渉パターン 3 8 の縞模様が繰り返される向きであり、縞模様の溝と直交する方向である。また、干渉パターン 3 8 の周期方向が変更されるとは、物体 4 の表面 4 a に対して、干渉パターン 3 8 の縞模様の向きが変わる（表面 4 a と交差する軸線 3 7 を中心として回転する）ことである。

[0170] そして、物体 4 の表面 4 a に形成される干渉パターン 3 8 の周期方向は、加工光学系 2 によって物体 4 の表面 4 a に投射される複数の光を、位置関係変更装置 9 1 によって物体 4 の表面 4 a と交差する軸線 3 7 を中心に回転移動させることで、変更される。位置関係変更装置 9 1 は、例えば、回転駆動装置 9 2、又は、回転駆動装置 9 2 と増速歯車機構 9 3 を用いても良い。

[0171] 以下、干渉パターン 3 8 の形成方法について説明する。

[0172] (1 8) 干渉パターン 3 8 の形成方法は、
光源 7 からの加工光 3 を第 1 加工光 2 1 と第 2 加工光 2 2 とを含む複数の光に分割することと、

回転軸 3 5 の回りに回転する回転反射部材 3 6 の第 1 反射面 3 2 で分割された第 1 加工光 2 1 を第 1 面 2 3 内の第 1 反射方向 3 1 へ向けて反射することと、

回転反射部材 3 6 の第 2 反射面 3 4 で分割された第 2 加工光 2 2 を第 2 面 2 5 内の第 2 反射方向 3 3 へ向けて反射することと、

第 1 反射方向 3 1 から入射する第 1 加工光 2 1 と、第 2 反射方向 3 3 から入射する第 2 加工光 2 2 とを偏向して物体 4 の表面 4 a と交差する軸線 3 7

に対して斜め方向から表面 4 a に投射して表面 4 a に干渉パターン 3 8 を形成することと、

回転反射部材 3 6 を回転させて、第 1 反射方向 3 1 及び第 2 反射方向 3 3 の向きを変えて表面 4 a に形成される干渉パターン 3 8 の周期方向を軸線 3 7 の周りに回転させることと

を含む。

[0173] ここで、干渉パターン 3 8 の形成方法は、加工光学系 2 によって行われる。

[0174] 光源 7 からの加工光 3 を第 1 加工光 2 1 と第 2 加工光 2 2 とを含む複数の光に分割することは、分割光学系 2 7 によって行われる。

分割された第 1 加工光 2 1 を第 1 面 2 3 内の第 1 反射方向 3 1 へ向けて反射することは、回転反射部材 3 6 の第 1 反射面 3 2 によって行われる。

分割された第 2 加工光 2 2 を第 2 面 2 5 内の第 2 反射方向 3 3 へ向けて反射することは、回転反射部材 3 6 の第 2 反射面 3 4 によって行われる。

第 1 反射方向 3 1 から入射する第 1 加工光 2 1 と、第 2 反射方向 3 3 から入射する第 2 加工光 2 2 とを偏向して物体 4 の表面 4 a と交差する軸線 3 7 に対して斜め方向から表面 4 a に投射して表面 4 a に干渉パターン 3 8 を形成することは、干渉パターン形成光学系 3 9 によって行われる。

第 1 反射方向 3 1 及び第 2 反射方向 3 3 の向きを変えて表面 4 a に形成される干渉パターン 3 8 の周期方向を軸線 3 7 の周りに回転させることは、回転反射部材 3 6 の回転などによって行われる。

[0175] (19) 干渉パターン 3 8 の形成方法では、上記 (18) において、

分割することは、第 1 加工光 2 1 を第 1 面 2 3 内の第 1 方向 2 4 へ向けて射出すると共に第 2 加工光 2 2 を第 2 面 2 5 内の第 2 方向 2 6 へ向けて射出することを含んでも良い。

[0176] ここで、第 1 加工光 2 1 を第 1 面 2 3 内の第 1 方向 2 4 へ向けて射出すると共に第 2 加工光 2 2 を第 2 面 2 5 内の第 2 方向 2 6 へ向けて射出することは、分割光学系 2 7 によって行うことができる。

[0177] 以下、加工方法について説明する。

[0178] (20) 加工方法は、光源7からの光を用いて物体4の表面4aにリブレット加工を行うものである。

加工方法は、上記した(18)又は(19)に記載の干渉パターン38の形成方法を用いて、物体4の表面4aに干渉パターン38を形成して表面4aを加工することを含む。

[0179] 加工方法は、加工装置1によって行われる。

[0180] <作用>以下、この実施例の作用について説明する。

[0181] 以下、加工光学系2の作用について説明する。

[0182] 光源7からの加工光3は、分割光学系27で第1加工光21と第2加工光22とを含む複数の光に分割される。分割光学系27は、第1加工光21を第1面23内の第1方向24へ向けて射出すると共に第2加工光22を第2面25内の第2方向26へ向けて射出する。

[0183] 例えば、図2～図4の実施例1の場合、光源7からの加工光3は、分割光学系27の分割部材41で第1加工光21と第2加工光22に分割される。分割された第1加工光21は、第1面23内を第1方向24へ向けて直進する。分割された第2加工光22は、第2面25内で、導光部材42a～42eによって複数回反射されて、最終的に第2方向26へ向かう。

[0184] 第1加工光21は、回転反射部材36の第1反射面32に第1方向24から入射し、第1反射面32によって第1面23内の第1反射方向31へ向けて反射される。第2加工光22は、回転反射部材36の第2反射面34に第2方向26から入射し、第2反射面34によって第2面25内の第2反射方向33へ向けて反射される。

[0185] 回転反射部材36は、第1面23及び第2面25と交差する回転軸35の周りに回転移動することができる。回転反射部材36は、必要に応じて所要の回転角54だけ回転移動させた後、固定状態にして使用される。

[0186] 第1加工光21は、干渉パターン形成光学系39に第1反射方向31から入射し、第2加工光22は、干渉パターン形成光学系39に第2反射方向3

3から入射する。干渉パターン形成光学系39は、第1加工光21及び第2加工光22をそれぞれ偏向して、物体4の表面4aと交差する軸線37に対し、斜め方向から物体4の表面4aにそれぞれ投射されて物体4の表面4aに干渉パターン38を形成する。

[0187] 例えば、図2～図4の実施例1の場合、第1加工光21は干渉パターン形成光学系39の偏向光学部材51で偏向され、第2加工光22は、偏向光学部材52で偏向されて、集光光学系71で物体4の表面4aに集光される。これにより、物体4の表面4aに干渉パターン38の模様が加工される。

[0188] そして、加工光学系2は、回転反射部材36を所要の回転角54となるように回転移動する。これにより、第1加工光21の第1反射方向31及び第2加工光22の第2反射方向33の向き45が変わる。そして、干渉パターン形成光学系39で偏向され、物体4の表面4aに重ねて投射される第1加工光21及び第2加工光22の向きも変わる。そのため、物体4の表面4aに形成される干渉パターン38は、その周期方向が軸線37を中心として回転し向き45が変わる。

[0189] <効果>この実施例によれば、以下のような効果が得られる。

[0190] (効果1) 加工光学系2は、分割光学系27と、回転反射部材36と、干渉パターン形成光学系39とを備える。

分割光学系27は、光源7からの加工光3を第1加工光21と第2加工光22とを含む複数の光に分割して、第1加工光21を第1面23内の第1方向24へ向けて射出すると共に第2加工光22を第2面25内の第2方向26へ向けて射出する。

回転反射部材36は、第1方向24から入射する第1加工光21を第1面23内の第1反射方向31へ向けて反射する第1反射面32と、第2方向26から入射する第2加工光22を第2面25内の第2反射方向33へ向けて反射する第2反射面34とが形成される。回転反射部材36は、第1面23及び第2面25と交差する回転軸35の周りに回転する。

干渉パターン形成光学系39は、第1反射方向31から入射する第1加工

光 2 1 と、第 2 反射方向 3 3 から入射する第 2 加工光 2 2 とを偏向して物体 4 の表面 4 a と交差する軸線 3 7 に対して斜め方向から表面 4 a に投射して表面 4 a に干渉パターン 3 8 を形成する。

そして、加工光学系 2 は、回転反射部材 3 6 の回転により、第 1 反射方向 3 1 及び第 2 反射方向 3 3 の向きを変えて表面 4 a に形成される干渉パターン 3 8 の周期方向を軸線 3 7 の周りに回転させる。

[0191] 例えば、プリズムを使って光を偏向すると、色収差の問題が発生する。この実施例の加工光学系 2 によれば、プリズムを使わずに光の偏向を調整することができる。言い換えると、この実施例の加工光学系 2 は、分割光学系 2 7 を除いて光透過部材を有しない。そのため、色収差が発生させることなく物体 4 の表面 4 a に干渉パターン 3 8 を形成できる。更には、加工光 3 がプリズムを通過することによって発生するプリズムの劣化・発熱を防ぐことができ、ひいては安定的に干渉パターン 3 8 を形成することが可能となる。そして、回転反射部材 3 6 を回転移動させることで、干渉パターン 3 8 の周期方向の向き 4 5 を簡単に調整できる。

[0192] (効果 2) 干渉パターン形成光学系 3 9 からの第 1 加工光 2 1 及び第 2 加工光 2 2 は、物体 4 の表面 4 a で少なくとも一部同士が重畳するように投射されても良い。これにより、加工光学系 2 は、物体 4 の表面 4 a における、第 1 加工光 2 1 及び第 2 加工光 2 2 の少なくとも一部同士の重畳した領域に、干渉パターン 3 8 を形成することができる。なお、第 1 加工光 2 1 及び第 2 加工光 2 2 は、完全に重ねた場合に光の利用効率が最も高くなる。

[0193] (効果 3) 第 1 面 2 3 と第 2 面 2 5 とは一致させても良い。これにより、分割光学系 2 7 を同一の面内に存在するように配置できる。そのため、加工光学系 2 は、回転反射部材 3 6 と干渉パターン形成光学系 3 9 とを小型化でき、加工光学系 2 の小型化、省スペース化を図ることができる。

[0194] (効果 4) 分割光学系 2 7 は、第 1 加工光 2 1 と第 2 加工光 2 2 とを同じ位置へ向けて射出し、回転反射部材 3 6 は、同じ位置に配置されても良い。これにより、加工光学系 2 は、分割光学系 2 7 と回転反射部材 3 6 とを、同

じ位置を中心に構成をまとめて、構成の簡略化及び最適化を図ることができる。

[0195] (効果 5) 干渉パターン形成光学系 39 は、偏向光学部材 51, 52 を備えても良い。偏向光学部材 51, 52 は、回転反射部材 36 の複数の反射面 51a, 52a で反射された複数の光を偏向する。これにより、干渉パターン形成光学系 39 は、偏向光学部材 51, 52 で複数の光を偏向させて、物体 4 の表面 4a に集光させ、物体 4 の表面 4a に干渉パターン 38 を形成することが容易になる。

[0196] (効果 6) 偏向光学部材 51, 52 は、回転反射部材 36 の回転に応じて軸線 37 又は軸線 37 と平行な軸の回りに回転するようにしても良い。これにより、回転反射部材 36 の回転に合わせて偏向光学部材 51, 52 を回転移動させて、偏向光学部材 51, 52 を回転反射部材 36 に追従させることができる。よって、回転された回転反射部材 36 の複数の反射面 51a, 52a で反射された複数の光を、偏向光学部材 51, 52 で確実に偏向させて、物体 4 の表面 4a に形成される干渉パターン 38 の周期方向を軸線 37 の周りに回転させることができる。また、偏向光学部材 51, 52 を回転可能とすることで、偏向光学部材 51, 52 を小型化できる。

[0197] (効果 7) 偏向光学部材 51, 52 の回転角 53 を、回転反射部材 36 の回転角 54 の 2 倍としても良い。これにより、回転反射部材 36 の回転による複数の光の反射方向の変化に合わせて、偏向光学部材 51, 52 を、複数の光の偏向に必要な位置まで移動させることができる。よって、回転された回転反射部材 36 の複数の反射面 51a, 52a で反射された複数の光を、偏向光学部材 51, 52 で確実に偏向させて、物体 4 の表面 4a に形成される干渉パターン 38 の周期方向を軸線 37 の周りに回転させることができる。また、偏向光学部材 51, 52 を上記した回転角 53 の分だけ移動させることで、偏向光学部材 51, 52 をより小型化することができる。

[0198] (効果 8) 偏向光学部材 51, 52 は、回転反射部材 36 の回転軸 35 を中心とする円周方向 61 に沿った反射面 51a, 52a を備えても良い。そ

のため、回転反射部材 36 を回転させることで第 1 反射方向 31 及び第 2 反射方向 33 の向きが変わった場合でも、偏向光学部材 51, 52 は、複数の光を、反射面 51a, 52a で安定して物体 4 に表面 4a に向け偏向することができる。例えば、反射面 51a, 52a を、回転軸 35 を中心とする円の円周方向 61 に延びる円弧状にすることで、偏向光学部材 51, 52 を位置固定のまま、回転反射部材 36 に合わせて回転させなくて済むようにできる。

[0199] (効果 9) 円周方向 61 に沿った反射面 51a, 52a は、錐状体 65 の少なくとも一部の形状を有しても良い。そのため、回転反射部材 36 を回転させた場合でも、偏向光学部材 51, 52 は、位置を動かすことなく錐状体 65 の少なくとも一部の形状を有する反射面 51a, 52a で複数の光を偏向することができる。そして、反射面 51a, 52a で偏向した複数の光を、物体 4 の表面 4a に向かわせて、物体 4 の表面 4a に確実に干渉パターン 38 を形成することができる。

[0200] また、偏向光学部材 51, 52 が、錐状体 65 の少なくとも一部の形状を有する反射面 51a, 52a を備えることで、反射面 51a, 52a が傾斜状態となる。そのため、反射面 51a, 52a に対して加工光 3 を当てる位置を傾斜に沿ってシフトさせることで、反射面 51a, 52a で偏向された複数の光が物体 4 の表面 4a に対して平行移動される。そして、平行移動された複数の光は間隔が変わり、物体 4 の表面 4a に集光される際の交差角度も変わるため、物体 4 の表面 4a に形成される干渉パターン 38 の周期を調整し、変更するのに利用できる。

[0201] (効果 10) 錐状体 65 は円錐 66 としても良い。これにより、偏向光学部材 51, 52 の反射面 51a, 52a は、円錐 66 の形になる。そのため、回転反射部材 36 をどの角度に回転させた場合でも、偏向光学部材 51, 52 は、複数の光を常に回転軸 35 から等距離の位置で反射して物体 4 の表面 4a へ向くように偏向させることができる。回転反射部材 36 の回転によって、複数の光の間隔が変化されないため、干渉パターン 38 の周期方向を

安定した状態で回転させることができる。

[0202] (効果 11) 光源 7 から物体 4 の表面 4 a までの光路 L, L 1, L 2 にトーリック光学部材 6 7 を配置しても良い。トーリック光学部材 6 7 は、直交する 2 方向で異なるパワーを有する光学部材である。例えば、偏向光学部材 5 1, 5 2 の反射面 5 1 a, 5 2 a を円錐 6 6 の錐状体 6 5 の少なくとも一部の形状にした場合、加工光 3 に対して、反射面 5 1 a, 5 2 a は、直交する 2 方向のうち的一方（母線方向）では平面鏡と同じ作用となる。しかし、直交する 2 方向のうちの他方（円周方向 6 1）では曲面鏡相当の作用となる。そのため、トーリック光学部材 6 7 が無いと、加工光 3 は、ビーム断面内のある方向（円周方向 6 1）では収斂ビームとなり、その方向と直交する方向（母線方向）では平行ビームとなる。そこで、光路 L, L 1, L 2 内にトーリック光学部材 6 7 を入れることによって、トーリック光学部材 6 7 は、両方向に対するビームの収斂度の違いを補償する光学部材として機能し、両方向のビームの収斂度を揃えることができる。

[0203] (効果 12) 干渉パターン形成光学系 3 9 は、集光光学系 7 1 を含んでも良い。集光光学系 7 1 は、偏向光学部材 5 1, 5 2 を介した第 1 加工光 2 1 及び第 2 加工光 2 2 を集光する。そのため、干渉パターン形成光学系 3 9 は、偏向光学部材 5 1, 5 2 によって偏向した第 1 加工光 2 1 及び第 2 加工光 2 2 を、集光光学系 7 1 で集光して、物体 4 の表面 4 a に干渉パターン 3 8 を形成することができる。

[0204] (効果 13) 分割光学系 2 7 により分割される複数の光は、第 3 加工光 8 1 を更に含んでも良い。回転反射部材 3 6 には、分割光学系 2 7 からの第 3 加工光 8 1 を反射する第 3 反射面 8 2 が形成されても良い。干渉パターン形成光学系 3 9 は、回転反射部材 3 6 からの第 3 加工光 8 1 を物体 4 の表面 4 a に投射して、第 1 加工光 2 1 乃至第 3 加工光 8 1 による干渉パターン 3 8 を形成しても良い。これにより、第 1 加工光 2 1 乃至第 3 加工光 8 1 による様々な干渉パターン 3 8 を形成することができる。

[0205] (効果 14) 加工光学系 2 は、分割光学系 2 7 と、回転反射部材 3 6 と、

干渉パターン形成光学系 39 とを備えても良い。

分割光学系 27 は、光源 7 からの加工光 3 を第 1 加工光 21 と第 2 加工光 22 とを含む複数の光に分割しても良い。

回転反射部材 36 は、分割光学系 27 からの第 1 加工光 21 を第 1 面 23 内の第 1 反射方向 31 へ向けて反射する第 1 反射面 32 と、分割光学系 27 からの第 2 加工光 22 を第 2 面 25 内の第 2 反射方向 33 へ向けて反射する第 2 反射面 34 とが形成され、第 1 面 23 及び第 2 面 25 と交差する回転軸 35 の周りに回転しても良い。

干渉パターン形成光学系 39 は、第 1 反射方向 31 から入射する第 1 加工光 21 と、第 2 反射方向 33 から入射する第 2 加工光 22 とを偏向して物体 4 の表面 4a と交差する軸線 37 に対して斜め方向から表面 4a に投射して表面 4a に干渉パターン 38 を形成しても良い。

そして、加工光学系 2 は、回転反射部材 36 の回転により、第 1 反射方向 31 及び第 2 反射方向 33 の向きを変えて表面 4a に形成される干渉パターン 38 の周期方向を軸線 37 の周りに回転させても良い。

[0206] 例えば、プリズムを使って光を偏向すると、色収差の問題が発生する。この実施例の加工光学系 2 によれば、プリズムを使わずに光の偏向を調整することができる。そのため、色収差を発生させることなく物体 4 の表面 4a に干渉パターン 38 を形成できる。

[0207] そして、回転反射部材 36 を回転移動させることで、干渉パターン 38 の周期方向の向き 45 を簡単に調整できる。

[0208] (効果 15) 分割光学系 27 は、第 1 加工光 21 を第 1 面 23 内の第 1 方向 24 へ向けて射出すると共に第 2 加工光 22 を第 2 面 25 内の第 2 方向 26 へ向けて射出するようにしても良い。これにより、分割光学系 27 によって、第 1 加工光 21 を第 1 面 23 内の第 1 方向 24 へ向けて射出することができる。また、分割光学系 27 によって、第 2 加工光 22 を第 2 面 25 内の第 2 方向 26 へ向けて射出することができる。

[0209] 以下、加工装置 1 の効果について説明する。

[0210] (効果 16) 加工装置 1 は、光源 7 からの光（加工光 3）を用いて物体 4 の表面 4 a にリブレット加工を行う。この加工装置 1 は、上記加工光学系 2 を備えることにより、上記加工光学系 2 と同様の作用効果が得られる。また、加工装置 1 は、位置関係変更装置 9 1 を備える。位置関係変更装置 9 1 は、加工光学系 2 により物体 4 の表面 4 a に形成される干渉パターン 3 8 と物体 4 の表面 4 a との位置関係を変更する。これにより、物体 4 の表面 4 a に対して、自由にリブレット加工を行うことができる。

[0211] (効果 17) 加工装置 1 は、位置関係変更装置 9 1 による位置関係の変更に応じて、干渉パターン 3 8 の周期方向を変更するようにしても良い。例えば、位置関係変更装置 9 1 は、回転反射部材 3 6 を回転軸 3 5 の周りに回転させ、また、偏向光学部材 5 1, 5 2 を軸線 3 7 の周りに回転させる。これにより、物体 4 の表面 4 a に対して投射される複数の光の向きが変更される。このように、加工装置 1 は、位置関係変更装置 9 1 で位置関係を変更することで、物体 4 の表面 4 a に形成される干渉パターン 3 8 の周期方向の向き 4 5 を変更することができる。

[0212] また、例えば、位置関係変更装置 9 1 は、偏向光学部材 5 1, 5 2 に対して複数の光が当たる位置をシフトさせることで、物体 4 の表面 4 a に形成される干渉パターン 3 8 の周期を変えることができる。

[0213] 以下、干渉パターン 3 8 の形成方法の効果について説明する。

[0214] (効果 18) 干渉パターン 3 8 の形成方法では、

光源 7 からの加工光 3 を第 1 加工光 2 1 と第 2 加工光 2 2 とを含む複数の光に分割することと、

回転軸 3 5 の回りに回転する回転反射部材 3 6 の第 1 反射面 3 2 で分割された第 1 加工光 2 1 を第 1 面 2 3 内の第 1 反射方向 3 1 へ向けて反射することと、

回転反射部材 3 6 の第 2 反射面 3 4 で分割された第 2 加工光 2 2 を第 2 面 2 5 内の第 2 反射方向 3 3 へ向けて反射することと、

第 1 反射方向 3 1 から入射する第 1 加工光 2 1 と、第 2 反射方向 3 3 から

入射する第2加工光22とを偏向して物体4の表面4aと交差する軸線37に対して斜め方向から表面4aに投射して表面4aに干渉パターン38を形成することと、

回転反射部材36を回転させて、第1反射方向31及び第2反射方向33の向きを変えて表面4aに形成される干渉パターン38の周期方向を軸線37の周りに回転させることと

を含んでも良い。そのため、干渉パターン38の形成方法は、上記した加工光学系2の（効果14）と同様の効果が得られる。

[0215] （効果19）干渉パターン38の形成方法では、分割することは、第1加工光21を第1面23内の第1方向24へ向けて射出すると共に第2加工光22を第2面25内の第2方向26へ向けて射出することを含む。そのため、干渉パターン38の形成方法は、上記した加工光学系2の（効果15）と同様の作用効果が得られる。

[0216] 以下、加工方法の効果について説明する。

[0217] （効果20）加工方法は、光源7からの光を用いて物体4の表面4aにリブレット加工を行う。加工方法は、上記した（18）（19）の干渉パターン38の形成方法を用いて物体4の表面4aに干渉パターン38を形成して表面4aを加工することで、（効果18）（効果19）と同様の効果が得られる。

[0218] （その他）

[0219] 上記各実施例では、光源7をレーザ光源とした。光源7は、レーザ光源の場合、半導体レーザ、ファイバ・レーザ、CO₂レーザ、YAGレーザ、エキシマレーザのいずれかでも良い。また、光源7は、LED、放熱ランプなどのレーザ光源以外の任意の光源7としても良い。

[0220] 光源7からの光は、加工ヘッド11へ直接導いても良い。また、光源7からの光は、加工ヘッド11へ間接的に導いても良い。例えば、光源7からの光は、光ファイバ又はミラーなどのビーム上記した伝送光学系を介して加工ヘッド11へ導くことができる。また、例えば、光源7からの光は、ガルバ

ノミラーを使ってスキャンしながら加工ヘッド 11 へ導くようにしても良い。

[0221] 上記した光による物体 4 の一部を除去する除去加工は、熱加工、非熱加工を含んでも良い。熱加工は、光のエネルギーで物体 4 の表面 4 a に対する照射部分及びその近傍を溶融し、飛散又は蒸発させて除去する。熱加工では、光は、ミリ秒以上のパルス光又は連続光を使用しても良い。非熱加工は、光子密度の高い光で物体 4 に対する表面 4 a の照射部分及びその近傍を瞬時に蒸発及び飛散させる。物体 4 の表面 4 a における照射部分及びその近傍の材料は、イオン、原子、ラジカル、分子、クラスタ、個体片のいずれかとして放出されても良い。非熱加工では、光は、ピコ秒以下（又は、ナノ秒以下、フェムト秒以下）のパルス光又は連続光を使用しても良い。非熱加工では、物体 4 の表面 4 a の照射部分及びその近傍の材料は、溶融状態を経ずに昇華する現象が生じる。そして、光のエネルギーに起因した熱による物体 4 への影響を極力抑制しながらの加工が可能となる。

[0222] 物体 4 は、例えば、金属であっても良いし、例えば、ジュラルミンなどの合金であっても良いし、シリコンなどの半導体であっても良いし、樹脂であっても良いし、CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastic) などの複合材料であっても良いし、基材に塗布した塗料の層であっても良いし、ガラスであっても良い。また、上記以外の任意の材料などで構成される物体 4 であっても良い。

[0223] 物体 4 の表面 4 a は、物体 4 自体の面であっても良い。物体 4 の表面 4 a には異なる材質の膜がコーティングされていても良い。なお、物体 4 の表面 4 a は、光による加工後に、膜でコーティングしても良いし、塗料の層を形成しても良い。

[0224] 干渉パターン 38 は、微細かつ周期的な溝を有する凹凸構造であり、上記したリブレット構造を含む。流体に対する表面 4 a の抵抗（摩擦抵抗、乱流摩擦抵抗の少なくとも一方）を低減するリブレット構造は、流体中に設置され、流体に対して相対的に移動する物体 4 の表面 4 a に形成しても良い。物

体4の表面4aに干渉パターン38を形成することで、抵抗が低減されるため、流体に対して物体4が相対的に移動し易くなり、省エネルギー化が図れる。よって環境に優しい装置が得られる。

[0225] 干渉パターン38は、例えば、タービンブレード、タービンペーン、ファン、インペラ、プロペラ、ポンプ、などに形成される。ファンは、送風機等に用いられて、気体の流れを形成する部材（典型的には、回転体）である。インペラは、例えば、ポンプに用いられる部材であって、ポンプが流体を送り出す（或いは、吸い出す）力を発生させるように回転可能な羽根車である。プロペラは、例えば、エンジン及びモータの少なくとも一方を含む原動機から出力される回転力を、飛行機及び船舶等の少なくとも一つを含む移動体の推進力に変換する部材（典型的には、回転体）である。

[0226] また、干渉パターン38は、例えば、飛行機及び船舶等の少なくとも一つを含む移動体の筐体（例えば、機体又は船体）などに形成しても良い。

[0227] 干渉パターン38は、上記した、流体に対する表面4aの抵抗を低減する機能、騒音低減機能、以外の機能を有する任意の構造としても良い。例えば、疎水性を付与する機能、表面4aに流体の流れに対して渦を発生させる機能としても良い。

[0228] 任意の構造は、規則的又は不規則的に形成されたマイクロ・ナノメートルオーダーの微細テクスチャ構造（典型的には、山構造及び溝構造を含む凹凸構造）があげられる。微細テクスチャ構造は、流体（気体及び／又は液体）による抵抗を低減させる機能を有するサメ肌構造及びディンプル構造の少なくとも一方を含んでも良い。微細なテクスチャ構造は、撥液機能及びセルフクリーニング機能の少なくとも一方を有する（例えば、ロータス効果を有する）ハスの葉表面構造を含んでも良い。微細なテクスチャ構造は、液体輸送機能を有する微細突起構造（米国特許公開第2017/0044002号公報参照）、親液性機能を有する凹凸構造、防汚機能を有する凹凸構造、反射率低減機能及び撥液機能の少なくとも一方を有するモスアイ構造、特定波長の光のみを干渉で強めて構造色を呈する凹凸構造、ファンデルワール

ス力を利用した接着機能を有するピラーアレイ構造、空力騒音低減機能を有する凹凸構造、液滴捕集機能を有するハニカム構造、並びに、表面4 a上に形成される層との密着性を向上させる凹凸構造、摩擦抵抗を低減するための凹凸構造等の少なくとも一つを含んでいても良い。この場合においても、凹凸構造を構成する凸状構造体は、上記した干渉パターン38と同様の構造を有しても良い。凹凸構造を構成する溝構造は、上記した干渉パターン38と同様の構造を有しても良い。又は、微細なテクスチャ構造は、特定の機能を有していなくても良い。

[0229] 物体4は、製品自体ではなく、干渉パターン38を製品に転写するための型であっても良い。

[0230] 光は、物体4に対する同等の加工機能を有する他のエネルギービームとしても良い。エネルギービームは、例えば、荷電粒子ビーム、電磁波とすることができる。荷電粒子ビームは、電子ビーム、イオンビームの少なくとも一方を含むことができる。この場合、光はエネルギービームと、光源7はビーム発生源と読み替えるものとする。

請求の範囲

- [請求項1] 光源からの加工光を第1加工光と第2加工光とを含む複数の光に分割して、前記第1加工光を第1面内の第1方向へ向けて射出すると共に前記第2加工光を第2面内の第2方向へ向けて射出する分割光学系と、
- 前記第1方向から入射する前記第1加工光を前記第1面内の第1反射方向へ向けて反射する第1反射面と、前記第2方向から入射する前記第2加工光を前記第2面内の第2反射方向へ向けて反射する第2反射面とが形成され、前記第1面及び前記第2面と交差する回転軸の周りに回転する回転反射部材と、
- 前記第1反射方向から入射する前記第1加工光と、前記第2反射方向から入射する前記第2加工光とを偏向して物体の表面と交差する軸線に対して斜め方向から前記表面に投射して前記表面に干渉パターンを形成する干渉パターン形成光学系と
- を備え、
- 前記回転反射部材の回転により、前記第1反射方向及び前記第2反射方向の向きを変えて前記表面に形成される前記干渉パターンの周期方向を前記軸線の周りに回転させる加工光学系。
- [請求項2] 前記干渉パターン形成光学系からの前記第1加工光及び前記第2加工光は、前記物体の前記表面で少なくとも一部同士が重畳するように投射される請求項1に記載の加工光学系。
- [請求項3] 前記第1面と前記第2面とは一致する請求項1又は請求項2に記載の加工光学系。
- [請求項4] 前記分割光学系は、前記第1加工光と前記第2加工光とを同じ位置へ向けて射出し、
- 前記回転反射部材は、前記同じ位置に配置される請求項3に記載の加工光学系。
- [請求項5] 前記干渉パターン形成光学系は、前記回転反射部材の複数の反射面

で反射された前記複数の光を偏向する偏向光学部材を備える請求項 1
又は請求項 2 に記載の加工光学系。

[請求項6] 前記偏向光学部材は、前記回転反射部材の回転に応じて前記軸線又は前記軸線と平行な軸の回りに回転する請求項 5 に記載の加工光学系。

[請求項7] 前記偏向光学部材の回転角は、前記回転反射部材の回転角の 2 倍である請求項 6 に記載の加工光学系。

[請求項8] 前記偏向光学部材は、前記回転反射部材の前記回転軸を中心とする円周方向に沿った反射面を備える請求項 5 に記載の加工光学系。

[請求項9] 前記円周方向に沿った前記反射面は、錐状体の少なくとも一部の形状を有する請求項 8 に記載の加工光学系。

[請求項10] 前記錐状体は円錐である請求項 9 に記載の加工光学系。

[請求項11] 前記光源から前記物体の前記表面までの光路に配置され、直交する 2 方向でパワーが異なるトーリック光学部材を備える請求項 10 に記載の加工光学系。

[請求項12] 前記干渉パターン形成光学系は、前記偏向光学部材を介した前記第 1 加工光及び前記第 2 加工光を集光する集光光学系を含む請求項 5 に記載の加工光学系。

[請求項13] 前記分割光学系により分割される前記複数の光は、第 3 加工光を更に含み、

前記回転反射部材には、前記分割光学系からの前記第 3 加工光を反射する第 3 反射面が形成され、

前記干渉パターン形成光学系は、前記回転反射部材からの前記第 3 加工光を前記物体の前記表面に投射して、前記第 1 加工光乃至前記第 3 加工光による干渉パターンを形成する請求項 1 又は請求項 2 に記載の加工光学系。

[請求項14] 光源からの加工光を第 1 加工光と第 2 加工光とを含む複数の光に分割する分割光学系と、

前記分割光学系からの前記第 1 加工光を第 1 面内の第 1 反射方向へ向けて反射する第 1 反射面と、前記分割光学系からの前記第 2 加工光を第 2 面内の第 2 反射方向へ向けて反射する第 2 反射面とが形成され、前記第 1 面及び前記第 2 面と交差する回転軸の周りに回転する回転反射部材と、

前記第 1 反射方向から入射する前記第 1 加工光と、前記第 2 反射方向から入射する前記第 2 加工光とを偏向して物体の表面と交差する軸線に対して斜め方向から前記表面に投射して前記表面に干渉パターンを形成する干渉パターン形成光学系と

を備え、

前記回転反射部材の回転により、前記第 1 反射方向及び前記第 2 反射方向の向きを変えて前記表面に形成される前記干渉パターンの周期方向を前記軸線の周りに回転させる加工光学系。

[請求項15] 前記分割光学系は、前記第 1 加工光を前記第 1 面内の第 1 方向へ向けて射出すると共に前記第 2 加工光を前記第 2 面内の第 2 方向へ向けて射出する請求項 14 に記載の加工光学系。

[請求項16] 光源からの光を用いて物体の表面にリブレット加工を行う加工装置であって、

請求項 1 又は請求項 2 に記載の加工光学系と、

前記加工光学系により前記物体の前記表面に形成される干渉パターンと前記物体の前記表面との位置関係を変更する位置関係変更装置とを備える加工装置。

[請求項17] 前記位置関係変更装置による前記位置関係の変更に応じて、前記干渉パターンの周期方向が変更される

請求項 16 に記載の加工装置。

[請求項18] 光源からの加工光を第 1 加工光と第 2 加工光とを含む複数の光に分割することと、

回転軸の回りに回転する回転反射部材の第 1 反射面で分割された前

記第1加工光を第1面内の第1反射方向へ向けて反射することと、

前記回転反射部材の第2反射面で分割された前記第2加工光を第2面内の第2反射方向へ向けて反射することと、

前記第1反射方向から入射する前記第1加工光と、前記第2反射方向から入射する前記第2加工光とを偏向して物体の表面と交差する軸線に対して斜め方向から前記表面に投射して前記表面に干渉パターンを形成することと、

前記回転反射部材を回転させて、前記第1反射方向及び前記第2反射方向の向きを変えて前記表面に形成される前記干渉パターンの周期方向を前記軸線の周りに回転させることと

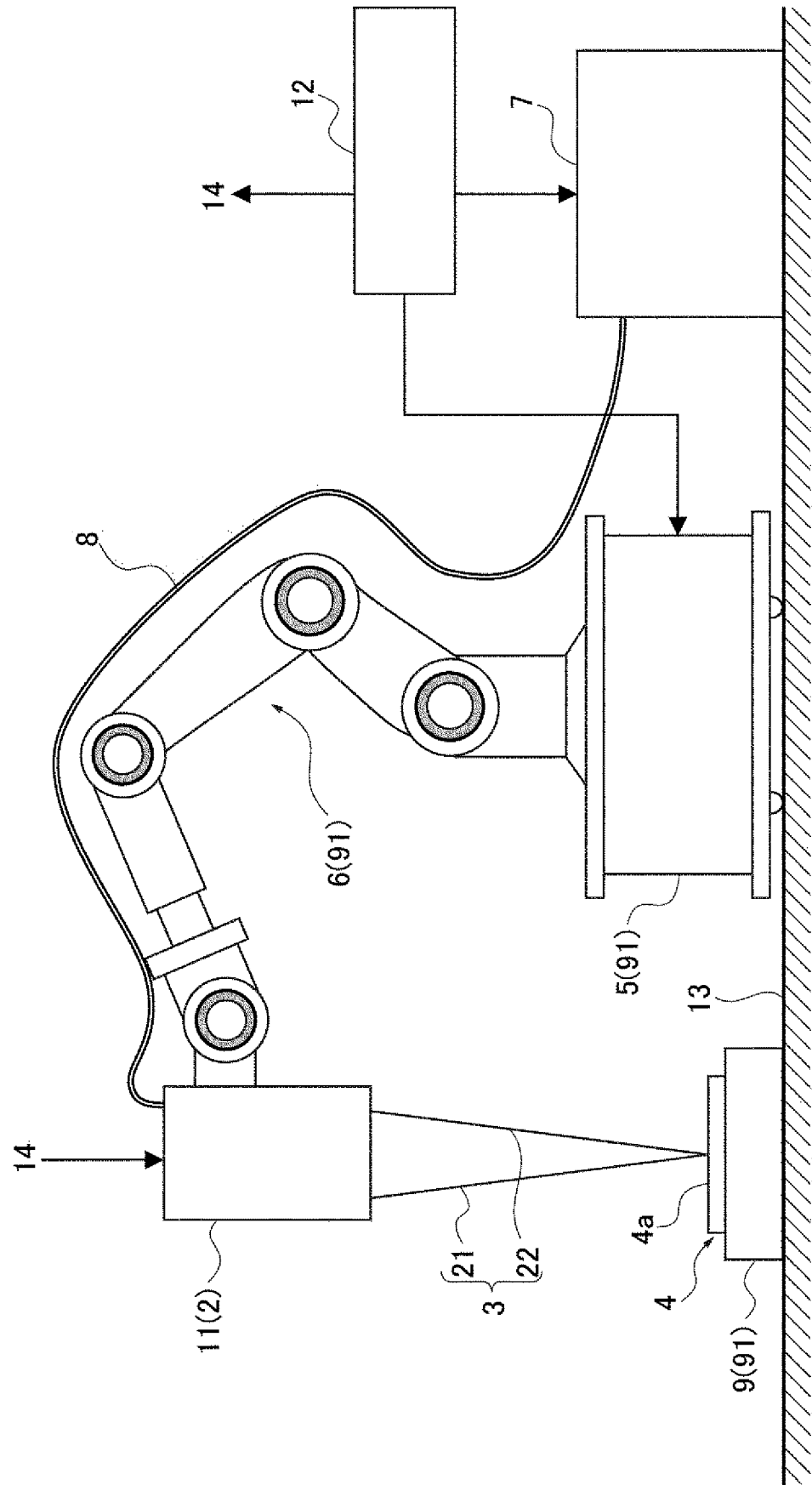
を含む干渉パターン形成方法。

[請求項19] 前記分割することは、前記第1加工光を前記第1面内の第1方向へ向けて射出すると共に前記第2加工光を前記第2面内の第2方向へ向けて射出することを含む請求項18に記載の干渉パターン形成方法。

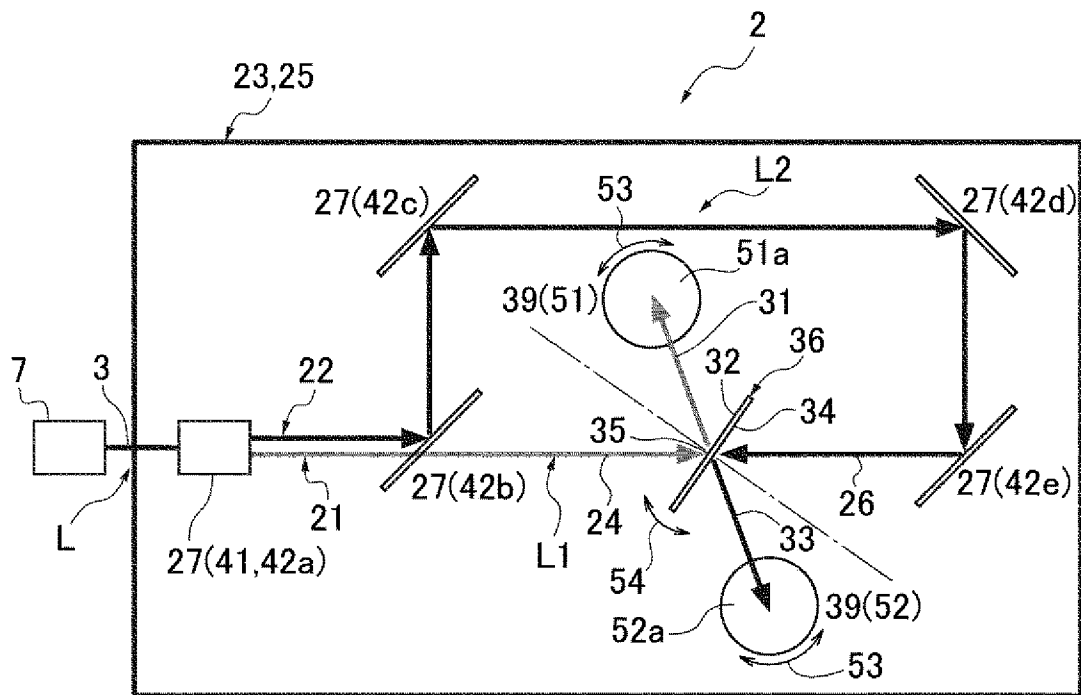
[請求項20] 光源からの光を用いて物体の表面にリブレット加工を行う加工方法であって、

請求項18又は請求項19に記載の干渉パターン形成方法を用いて、前記物体の前記表面に前記干渉パターンを形成して前記表面を加工することを含む加工方法。

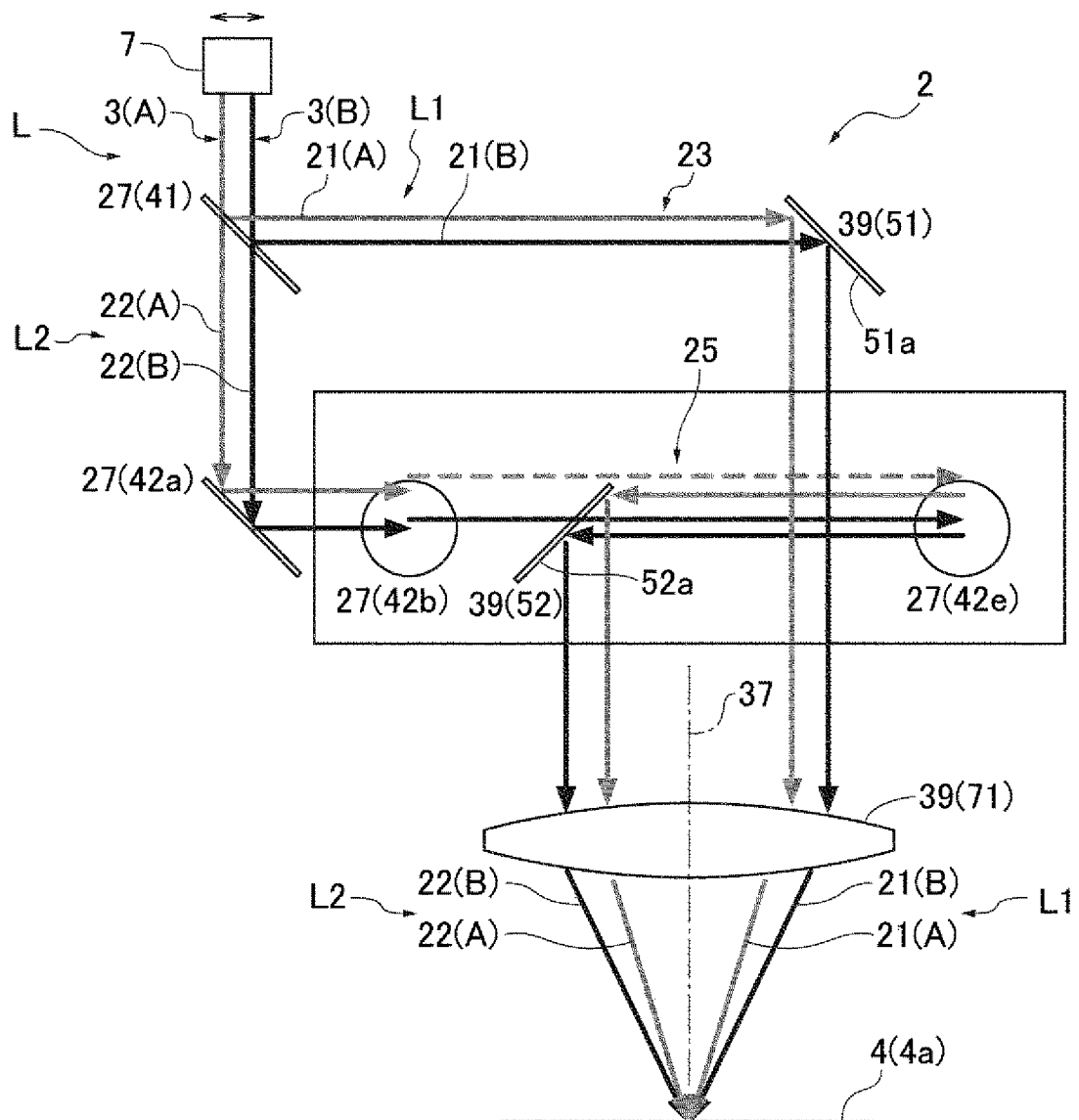
[図1]



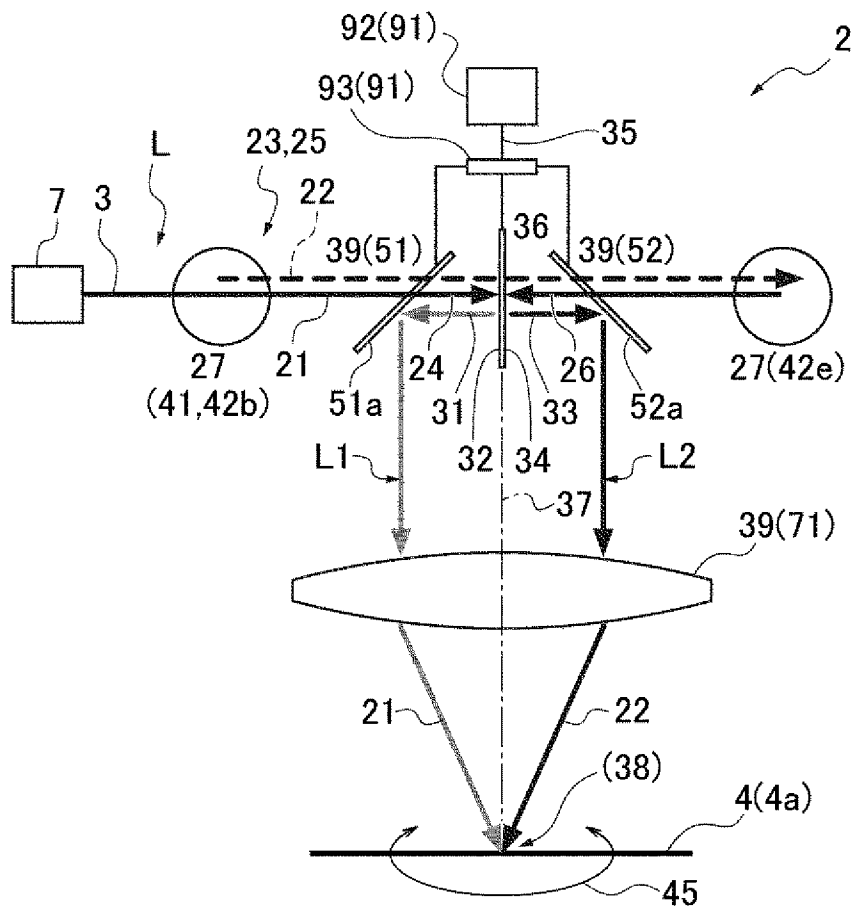
[図3]



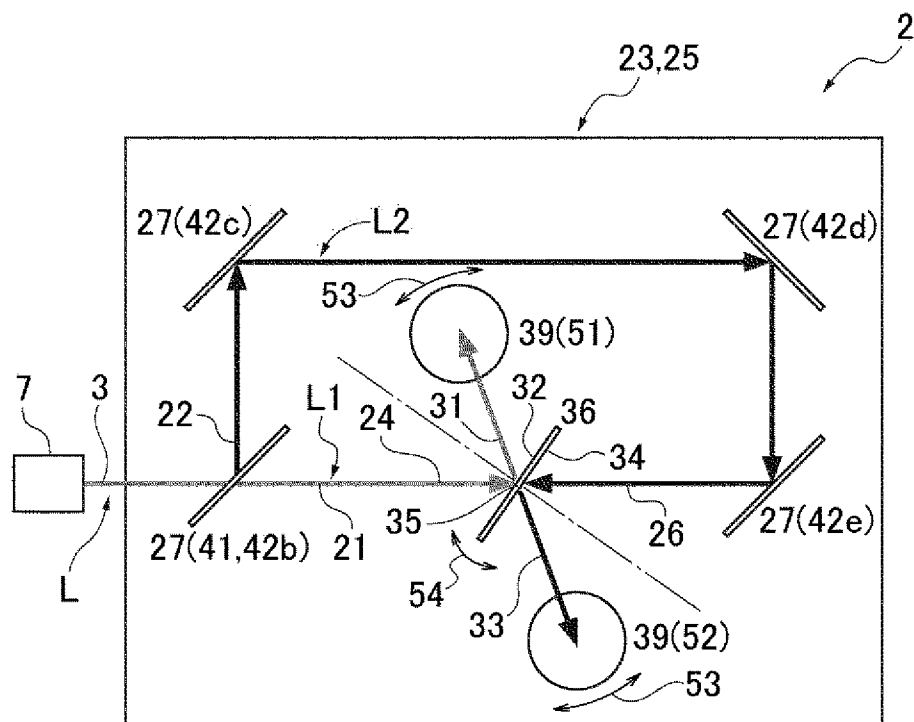
[図4]



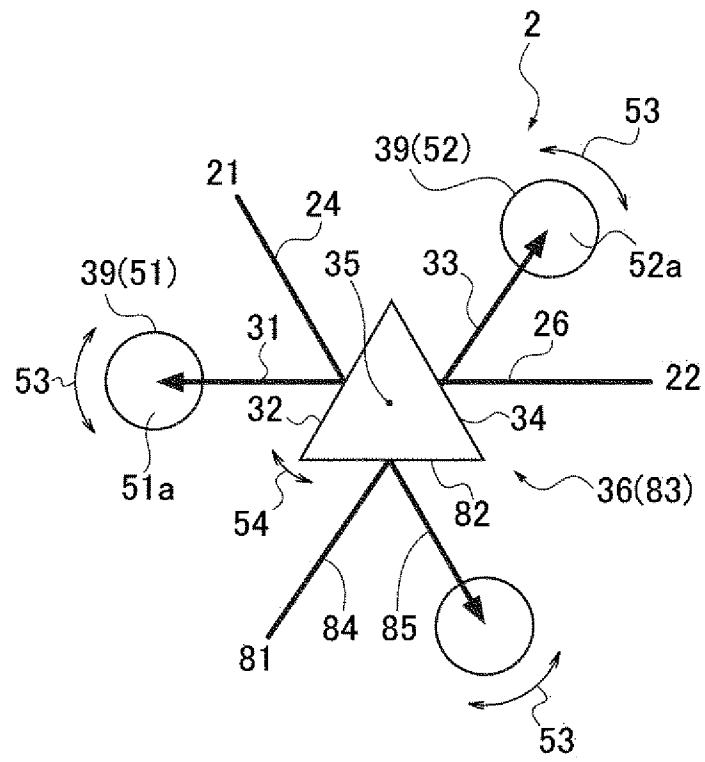
[図5]



[図6]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/019994

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B23K 26/067**(2006.01)i; **B23K 26/082**(2014.01)i; **B23K 26/364**(2014.01)i

FI: B23K26/067; B23K26/082; B23K26/364

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)

B23K26/067; B23K26/082; B23K26/364

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 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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 2020-518458 A (4JET MICROTECH GMBH & CO. KG) 25 June 2020 (2020-06-25) claims 1-15, fig. 1-11	1-20
A	JP 2015-170780 A (USHIO ELECTRIC INC.) 28 September 2015 (2015-09-28) paragraphs [0076]-[0080], fig. 1-19	1-20
A	JP 2013-145863 A (GIGAPHOTON INC.) 25 July 2013 (2013-07-25) paragraphs [0092]-[0118], fig. 1-57	1-20



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

03 June 2022

Date of mailing of the international search report

21 June 2022

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/JP2022/019994

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2020-518458	A	25 June 2020	US 2020/0139488 A1 claims 16-30, fig. 1-11 WO 2018/197555 A1 CN 111093883 A KR 10-2020-0032031 A	
JP	2015-170780	A	28 September 2015	(Family: none)	
JP	2013-145863	A	25 July 2013	US 2013/0135601 A1 paragraphs [0180]-[0220], fig. 1-57	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23K 26/067(2006.01)i; B23K 26/082(2014.01)i; B23K 26/364(2014.01)i FI: B23K26/067; B23K26/082; B23K26/364														
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）） B23K26/067; B23K26/082; B23K26/364														
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2022年	日本国実用新案登録公報	1996-2022年	日本国登録実用新案公報	1994-2022年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2022年													
日本国実用新案登録公報	1996-2022年													
日本国登録実用新案公報	1994-2022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 2020-518458 A（４ジェット マイクロテック ゲーエムベーハー）25.06.2020 (2020-06-25) 請求項 1-15, 図 1-11	1-20												
A	JP 2015-170780 A（ウシオ電機株式会社）28.09.2015（2015-09-28） 段落 0076-0080, 図 1-19	1-20												
A	JP 2013-145863 A（ギガフォトン株式会社）25.07.2013（2013-07-25） 段落 0092-0118, 図 1-57	1-20												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 03.06.2022	国際調査報告の発送日 21.06.2022													
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） 黒石 孝志 3P 9527 電話番号 03-3581-1101 内線 3363													

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/JP2022/019994

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2020-518458	A	25.06.2020	US 2020/0139488 A1 請求項 1 6 - 3 0, 図 1 - 1 1 WO 2018/197555 A1 CN 111093883 A KR 10-2020-0032031 A	
JP	2015-170780	A	28.09.2015	(ファミリーなし)	
JP	2013-145863	A	25.07.2013	US 2013/0135601 A1 段落 0 1 8 0 - 0 2 2 0, 図 1 - 5 7	