

(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
2021年11月4日(04.11.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/220477 A1

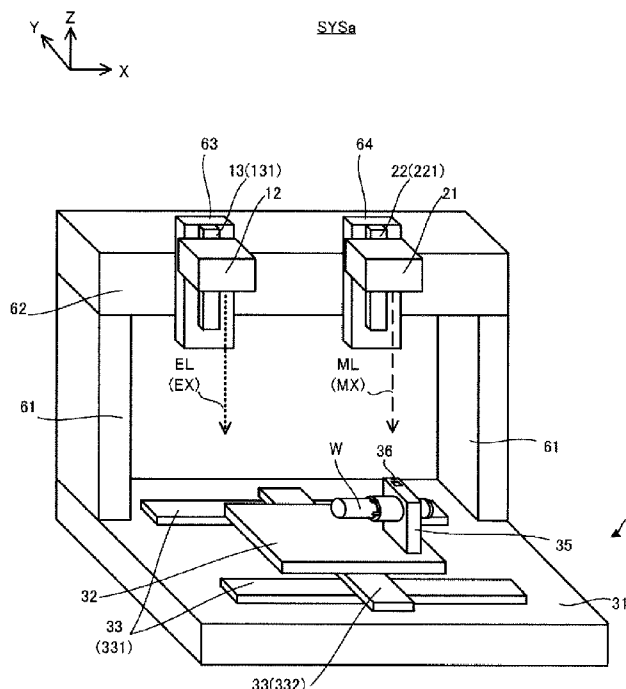
- (51) 国際特許分類:
B23K 26/00 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/018298
- (22) 国際出願日: 2020年4月30日(30.04.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 江上 茂樹(EGAMI, Shigeki); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 江上 達夫(EGAMI, Tatsuo); 〒1040031 東京都中央区京橋一丁目16番10号 オークビル京橋3階 東京セントラル特許事務所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, 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, 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,

(54) Title: PROCESSING SYSTEM

(54) 発明の名称: 加工システム



(57) Abstract: A processing system according to the present invention includes: a holding device that holds an object in a manner capable of rotation; a rotary device that rotates the holding device; a beam irradiation device that irradiates the object with an energy beam; an object measurement device that measures the object; and a control device that controls at least one of the beam irradiation device and the rotary device on the basis of information about the object measured by the object measurement device and information about the rotation axis of the rotary device. The processing system processes the object by irradiating the object held by the holding device with the energy beam emitted from the beam irradiation device.

(57) 要約: 加工システムは、物体を回転可能に保持する保持装置と、保持装置を回転させる回転装置と、物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、物体を計測する物体計測装置と、物体計測装置によって計測された物体に関する情報と、回転装置の回転軸の情報とに基づいて、ビーム照射装置及び回転装置のうち少なくとも一方を制御する制御装置とを備え、ビーム照射装置からのエネルギービームを保持装置に保持された物体に照射することにより物体を加工する。

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：加工システム

技術分野

[0001] 本発明は、エネルギービームで物体を加工可能な加工システムの技術分野に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、レーザ光を物体に照射することで物体を加工する加工システムが記載されている。この種の加工システムでは、物体を適切に加工することが要求されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許出願第4，427，872号明細書

発明の概要

[0004] 第1の態様によれば、物体を回転可能に保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記物体計測装置によって計測された前記物体に関する情報と、前記回転装置の回転軸の情報とに基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置のうち少なくとも一方を制御する制御装置とを備え、前記ビーム照射装置からのエネルギービームを前記保持装置に保持された前記物体に照射することにより前記物体を加工する加工システムが提供される。

[0005] 第2の態様によれば、物体を回転可能に保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記物体計測装置によって計測された前記物体と、前記回転装置の回転軸とのずれに基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置のうち少なくとも一方を制御する制御装置とを備え、前記ビーム照射装置からのエネルギービーム

を前記保持装置に保持された前記物体に照射することにより前記物体を加工する加工システムが提供される。

[0006] 第3の態様によれば、物体を回転可能に保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記物体計測装置によって計測された前記物体に関する情報と、前記回転装置の位置及び姿勢の少なくとも一方の情報とに基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置のうち少なくとも一方を制御する制御装置とを備え、前記ビーム照射装置からのエネルギービームを前記保持装置に保持された前記物体に照射することにより前記物体を加工する加工システムが提供される。

[0007] 第4の態様によれば、物体を回転可能に保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置と、前記ビーム計測装置によって計測された前記エネルギービームに関する情報に基づいて、前記ビーム照射装置を制御する制御装置とを備え、前記ビーム照射装置からのエネルギービームを前記保持装置に保持された前記物体に照射することにより前記物体を加工する加工システムが提供される。

[0008] 第5の態様によれば、物体を回転可能に保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置と、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動させる移動装置と、少なくとも前記移動装置を制御する制御装置とを備え、前記制御装置は、前記ビーム計測装置が前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測できる位置となるように、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうちの少なくとも一方を移動させ、前記物体計測装置によって前記ビーム計測装置の少なくとも一部を計測できる位置となるように、前記

ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうちの少なくとも一方を移動させる加工システムが提供される。

[0009] 第6の態様によれば、物体を回転可能に保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置と、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動させる移動装置と、前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方に関する情報を取得する取得装置と、少なくとも前記移動装置を制御する制御装置とを備え、前記制御装置は、前記ビーム照射装置が前記ビーム計測装置の少なくとも一部に前記エネルギービームを照射できる照射可能位置に、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動し、前記照射可能位置に移動した前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方に関する照射位置情報を、前記取得装置を用いて取得し、前記照射位置情報に基づいて、前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方を制御する加工システムが提供される。

[0010] 第7の態様によれば、物体を回転可能に保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置と、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動させる移動装置と、前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方に関する情報を取得する取得装置と、少なくとも前記移動装置を制御する制御装置とを備え、前記制御装置は、前記物体計測装置が前記ビーム計測装置の少なくとも一部を計測できる計測可能位置に、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動し、前記計測可能位置に移動した前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置

の位置のうち少なくとも一方に関する計測位置情報を、前記取得装置を用いて取得し、前記計測位置情報に基づいて、前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方を制御する加工システムが提供される。

[0011] 第8の態様によれば、物体を回転可能に保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体の表面の3次元形状を計測する物体計測装置と、前記物体計測装置の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置のうち少なくとも一方を制御する制御装置とを備え、前記ビーム照射装置からのエネルギービームを前記保持装置に保持された前記物体に照射することにより前記物体を加工する加工システムが提供される。

[0012] 第9の態様によれば、物体を保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記物体計測装置による前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置を制御する制御装置とを備え、前記ビーム照射装置は、前記ビーム照射装置が前記物体に前記エネルギービームを照射する期間中に、前記物体の表面上での前記エネルギービームの照射位置を、前記物体の表面に沿って変更し、前記制御装置は、前記エネルギービームによる加工跡を含む前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置を制御する加工システムが提供される。

[0013] 第10の態様によれば、物体を保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記物体計測装置による前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置の少なくとも一方を制御する制御装置と、前記回転装置を移動させる移動装置とを備え、前記物体計測装置は、前記移動装置が前記回転装置を一の方向に沿って移動させる都度、前記物体を計測し、前記制御装置は、前記ビーム照射装置が前記物体に前記エネルギービームを照射する照射期間中に

、前記物体計測装置による前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記移動装置の少なくとも一方を制御する加工システムが提供される。

[0014] 第11の態様によれば、物体を保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記物体計測装置による前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置の少なくとも一方を制御する制御装置とを備え、前記物体計測装置は、前記回転装置が前記物体を所定回転角度だけ回転させる都度、前記物体を計測し、前記制御装置は、前記物体計測装置による前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置を制御する加工システムが提供される。

[0015] 第12の態様によれば、物体を保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記物体計測装置による前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置の少なくとも一方を制御する制御装置と、前記回転装置に設けられ、前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置とを備える加工システムが提供される。

[0016] 第13の態様によれば、物体を回転可能に保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記物体上に照射される前記エネルギービームの照射位置を変更する変更装置と、前記回転装置及び前記変更装置のうち少なくとも一方を制御する制御装置とを備え、前記制御装置は、前記物体計測装置によって計測された前記物体に関する情報に基づいて、前記保持装置を回転させ且つ前記照射位置を変更するように前記回転装置及び前記変更装置を制御し、前記ビーム照射装置からのエネルギービームを前記保持装置に保持された前記物体に照射することにより前記物体を加工する加工システムが提供される。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]図 1 は、本実施形態の加工システムの外観を模式的に示す斜視図である。

[図2]図 2 は、本実施形態の加工システムのシステム構成を示すシステム構成図である。

[図3]図 3 (a) から図 3 (c) のそれぞれは、ワークに対して行われる除去加工の様子を示す断面図である。

[図4]図 4 は、照射光学系の構成を示す断面図である。

[図5]図 5 は、回転装置の構成を示す断面図である。

[図6]図 6 は、計測装置の構造を示す平面図である。

[図7]図 7 は、計測装置の構造を示す断面図である。

[図8]図 8 は、加工動作の流れを示すフローチャートである。

[図9]図 9 は、加工中のワークを示す斜視図である。

[図10]図 10 は、ワークに照射される加工光を示す断面図である。

[図11]図 11 は、ワークに照射される加工光の他の例を示す断面図である。

[図12]図 12 は、ワークに照射される加工光の他の例を示す斜視図である。

[図13]図 13 は、ビームダンパの一例を示す断面図である。

[図14]図 14 は、第 1 の軸情報生成動作の流れを示すフローチャートである。

[図15]図 15 は、テストワークの計測結果の一例であるテストワークの高さ像を示す平面図である。

[図16]図 16 は、テストワークを示す上面図である。

[図17]図 17 (a) は、回転軸が延びる方向とステージの移動方向とが平行になる（或いは、一致する）理想的なテストワークを示す上面図であり、図 17 (b) は、図 17 (a) に示すテストワークの計測結果に相当する高さ像を示す平面図であり、図 17 (c) は、回転軸が延びる方向とステージの移動方向とが平行にならない（或いは、一致しない）テストワークを示す上面図であり、図 17 (d) は、図 17 (c) に示すテストワークの計測結果

に相当する高さ像を示す平面図である。

[図18]図18は、第1の軸情報生成動作の他の例の流れを示すフローチャートである。

[図19]図19(a)は、回転軸が延びる方向とステージの移動方向とが平行になる（或いは、一致する）理想的なテストワークの計測結果に相当する高さ像を示す平面図であり、図19(b)は、回転軸が延びる方向とステージの移動方向とが平行にならない（或いは、一致しない）テストワークの計測結果に相当する高さ像を示す平面図である。

[図20]図20は、第2の軸情報生成動作の流れを示すフローチャートである。

[図21]図21(a)は、回転軸が延びる方向と加工光の走査方向とが平行になる（或いは、一致する）理想的なテストワークを示す上面図であり、図21(b)は、図21(a)に示すテストワークの計測結果に相当する高さ像を示す平面図であり、図21(c)は、回転軸が延びる方向と加工光の走査方向とが平行にならない（或いは、一致しない）テストワークを示す上面図であり、図21(d)は、図21(c)に示すテストワークの計測結果に相当する高さ像を示す平面図である。

[図22]図22(a)及び図22(b)のそれぞれは、チャッキング誤差が生じているワークを示す上面図である。

[図23]図23は、第3の軸情報生成動作（特に、偏心誤差情報を生成する動作）の流れを示すフローチャートである。

[図24]図24は、中心軸が回転軸と一致する理想的なワークが回転する様子を示す断面図である。

[図25]図25は、図24に示すワークの端点のZ軸方向における位置とワークの回転角度との関係を示すグラフである。

[図26]図26は、中心軸が回転軸と平行であるものの一致しないワークが回転する様子を示す断面図である。

[図27]図27は、図26に示すワークの端点のZ軸方向における位置とワー

クの回転角度との関係を示すグラフである。

[図28]図28は、中心軸が回転軸と平行であるものの一致しないワークが回転する様子を示す断面図である。

[図29]図29は、図28に示すワークの端点のZ軸方向における位置とワークの回転角度との関係を示すグラフである。

[図30]図30は、偏心誤差情報に基づいて制御される加工光ELの照射位置の一例を示す断面図である。

[図31]図31は、第3の軸情報生成動作（特に、偏角誤差情報を生成する動作）の流れを示すフローチャートである。

[図32]図32は、偏角誤差が生じているワークを示す上面図である。

[図33]図33（a）は、加工ヘッドが加工光を計測装置に照射する様子を示す断面図であり、図33（b）は、加工ヘッドが加工光を計測装置に照射する様子を示す平面図であり、図33（c）は、計測装置が備える受光素子による加工光の受光結果を示すグラフである。

[図34]図34は、加工光を示す断面図である。

[図35]図35（a）は、回転軸に対してねじれ方向からワークに照射される加工光を示す断面図であり、図35（b）は、開き角が制御された加工光を示す断面図である。

[図36]図36は、加工光を計測する計測装置を示す断面図である。

[図37]図37は、加工光を計測する計測装置を示す断面図である。

[図38]図38は、加工光を計測する計測装置を示す断面図である。

[図39]図39は、加工光を計測する計測装置を示す断面図である。

[図40]図40（a）は、相対ベースライン、加工ベースライン及び計測ベースラインの一例を示す断面図であり、図40（b）は、相対ベースライン、加工ベースライン及び計測ベースラインの一例を示す平面図である。

[図41]図41は、第1変形例の加工システムの外観を模式的に示す斜視図である。

[図42]図42は、第2変形例の加工システムの外観を模式的に示す斜視図で

ある。

[図43]図4 3は、第2変形例の加工システムのシステム構成を示すシステム構成図である。

[図44]図4 4は、第2変形例の照射光学系の構成を示す断面図である。

[図45]図4 5は、第3変形例の加工システムの外観を模式的に示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、図面を参照しながら、加工システムの実施形態について説明する。

以下では、エネルギービームの一具体例である加工光ELを用いてワークWを加工する加工システムSYSを用いて、加工システム及び計測部材の実施形態を説明する。但し、本発明が以下に説明する実施形態に限定されることはない。

[0019] また、以下の説明では、互いに直交するX軸、Y軸及びZ軸から定義されるXYZ直交座標系を用いて、加工システムSYSを構成する各種構成要素の位置関係について説明する。尚、以下の説明では、説明の便宜上、X軸方向及びY軸方向のそれぞれが水平方向（つまり、水平面内の所定方向）であり、Z軸方向が鉛直方向（つまり、水平面に直交する方向であり、実質的には上下方向）であるものとする。また、X軸、Y軸及びZ軸周りの回転方向（言い換えれば、傾斜方向）を、それぞれ、 θ X方向、 θ Y方向及び θ Z方向と称する。ここで、Z軸方向を重力方向としてもよい。また、XY平面を水平方向としてもよい。

[0020] （1）加工システムSYSの構造

初めに、図1及び図2を参照しながら、本実施形態の加工システムSYSの構造について説明する。図1は、本実施形態の加工システムSYSの外観を模式的に示す斜視図である。図2は、本実施形態の加工システムSYSのシステム構成を示すシステム構成図である。

[0021] 図1及び図2に示すように、加工システムSYSは、加工装置1と、計測装置2と、ステージ装置3と、制御装置4とを備えている。加工装置1、計

測装置 2 及びステージ装置 3 は、筐体 5 に收容されている。但し、加工装置 1、計測装置 2 及びステージ装置 3 は、筐体 5 に收容されていなくてもよい。つまり、加工システム S Y S は、加工装置 1、計測装置 2 及びステージ装置 3 を收容する筐体 5 を備えていなくてもよい。尚、図 1 においては、X 軸方向に関して加工装置 1 よりも計測装置 2 の方が回転装置 3 5 側に設けられているが、その逆の配置でもよい。

[0022] 加工装置 1 は、制御装置 4 の制御下で、ワーク W を加工可能である。ワーク W は、加工装置 1 によって加工される物体である。ワーク W は、例えば、金属であってもよいし、合金（例えば、ジュラルミン等）であってもよいし、半導体（例えば、シリコン）であってもよいし、樹脂であってもよいし、CFRP（Carbon Fiber Reinforced Plastic）等の複合材料であってもよいし、ガラスであってもよいし、セラミックスであってもよいし、それ以外の任意の材料から構成される物体であってもよい。

[0023] 加工装置 1 は、ワーク W に加工光 E L を照射して、ワーク W の一部を除去する除去加工を行ってもよい。除去加工は、平面加工、円筒加工、穴あけ加工、平滑化加工、切断加工、及び、任意の文字若しくは任意のパターンを形成する（言い換えれば、刻む）彫刻加工（言い換えれば、刻印加工）の少なくとも一つを含んでいてもよい。

[0024] ここで、図 3（a）から図 3（c）のそれぞれを参照しながら、加工光 E L を用いた除去加工の一例について説明する。図 3（a）から図 3（c）のそれぞれは、ワーク W に対して行われる除去加工の様子を示す断面図である。図 3（a）に示すように、加工装置 1 は、ワーク W の表面に設定（言い換えれば、形成）される目標照射領域 E A に対して加工光 E L を照射する。目標照射領域 E A に加工光 E L が照射されると、ワーク W のうち目標照射領域 E A 及び目標照射領域 E A と近接する部分に、加工光 E L のエネルギーが伝達される。加工光 E L のエネルギーに起因した熱が伝達されると、加工光 E L のエネルギーに起因した熱によって、ワーク W のうち目標照射領域 E A 及び目標

照射領域E Aと近接する部分を構成する材料が溶融する。溶融した材料は、液滴となって飛散する。或いは、溶融した材料は、加工光E Lのエネルギーに起因した熱によって蒸発する。その結果、ワークWのうち目標照射領域E A及び目標照射領域E Aと近接する部分が除去される。つまり、図3（b）に示すように、ワークWの表面に凹部（言い換えれば、溝部）が形成される。この場合、加工装置1は、いわゆる熱加工の原理を利用して、ワークWを加工しているといえる。更に、加工装置1は、後述するガルバノミラー1214を用いて、ワークWの表面上で目標照射領域E Aを移動させる。つまり、加工装置1は、加工光E LでワークWの表面を走査する。その結果、図3（c）に示すように、加工光E Lの走査軌跡（つまり、目標照射領域E Aの移動軌跡）に沿って、ワークWの表面が少なくとも部分的に除去される。このため、加工装置1は、除去加工したい領域に対応する所望の走査軌跡に沿って加工光E LにワークWの表面上を走査させることで、ワークWのうち除去加工したい部分を適切に除去することができる。

[0025] 一方で、加工光E Lの特性によっては、加工装置1は、非熱加工（例えば、アブレーション加工）の原理を利用して、ワークWを加工することも可能である。つまり、加工装置1は、ワークWに対して非熱加工（例えば、アブレーション加工）を行ってもよい。例えば、発光時間がピコ秒以下（或いは、場合によっては、ナノ秒又はフェムト秒以下）のパルス光が加工光E Lとして用いられると、ワークWのうち目標照射領域E A及び目標照射領域E Aと近接する部分を構成する材料は、瞬時に蒸発及び飛散する。尚、発光時間がピコ秒以下（或いは、場合によっては、ナノ秒又はフェムト秒以下）のパルス光が加工光E Lとして用いられる場合、ワークWのうち目標照射領域E A及び目標照射領域E Aと近接する部分を構成する材料は、溶融状態を経ずに昇華することもある。このため、加工光E Lのエネルギーに起因した熱によるワークWへの影響を極力抑制しながら、ワークWの表面に凹部（言い換えれば、溝部）が形成可能となる。

[0026] 除去加工を行う場合には、加工装置1は、リブレット構造をワークW上に

形成してもよい。リブレット構造は、ワークWの表面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）を低減可能な構造であってもよい。リブレット構造は、流体とワークWの表面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よい。リブレット構造は、例えば、ワークWの表面に沿った第1の方向（例えば、Y軸方向）に沿って延びる溝が、ワークWの表面に沿っており且つ第1の方向に交差する第2方向（例えば、X軸方向）に沿って複数配列された構造を含んでいてもよい。

[0027] 除去加工を行う場合には、加工装置1は、ワークWの表面上に、任意の形状を有する任意の構造を形成してもよい。任意の構造の一例として、ワークWの表面上の流体の流れに対して渦を発生させる構造があげられる。任意の構造の他の一例として、ワークWの表面に疎水性を与えるための構造があげられる。任意の構造の他の一例としては、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（典型的には凹凸構造）があげられる。このような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いてもよい。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いてもよい。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、表面上に形成される層との密着性を向上させる凹凸構造等の少なくとも一つを含んでいてもよい。

[0028] 再び図1及び図2において、ワークWを加工するために、加工装置1は、

加工光源 1 1 と、加工ヘッド 1 2 と、ヘッド駆動系 1 3 と、位置計測装置 1 4 とを備える。

[0029] 加工光源 1 1 は、例えば、赤外光、可視光、紫外光及び極端紫外光のうちの少なくとも一つを、加工光 E L として射出する。但し、加工光 E L として、その他の種類の光が用いられてもよい。加工光 E L は、パルス光（つまり、複数のパルスビーム）を含んでいてもよい。加工光 E L は、レーザ光であってもよい。この場合、加工光源 1 1 は、レーザ光源（例えば、レーザダイオード（L D : L a s e r D i o d e）等の半導体レーザ）を含んでいてもよい。レーザ光源は、ファイバ・レーザ、C O₂レーザ、Y A Gレーザ及びエキシマレーザ等の少なくとも一つを含んでいてもよい。但し、加工光 E L はレーザ光でなくてもよい。加工光源 1 1 は、任意の光源（例えば、L E D（L i g h t E m i t t i n g D i o d e）及び放電ランプ等の少なくとも一つ）を含んでいてもよい。

[0030] 加工ヘッド 1 2 は、加工光源 1 1 からの加工光 E L を、ワーク W に照射する。このため、加工ヘッド 1 2 は、ビーム照射装置と称されてもよい。図 1 に示す例では、加工ヘッド 1 2 の下方に、ワーク W を載置可能なステージ 3 2 が配置される。このため、加工ヘッド 1 2 は、加工ヘッド 1 2 から下方に向けて加工光 E L を射出することで、加工光 E L をワーク W に照射する。加工光 E L をワーク W に照射するために、加工ヘッド 1 2 は、照射光学系 1 2 1 を備える。以下、図 4 を参照しながら、照射光学系 1 2 1 について説明する。図 4 は、照射光学系 1 2 1 の構造を模式的に示す断面図である。

[0031] 図 4 に示すように、照射光学系 1 2 1 は、例えば、集光位置変更光学系 1 2 1 0 と、開き角変更光学系 1 2 1 1 と、楕円率変更光学系 1 2 1 2 と、光回転光学系 1 2 1 3 と、ガルバノミラー 1 2 1 4 と、f θ レンズ 1 2 1 5 とを備える。但し、照射光学系 1 2 1 は、集光位置変更光学系 1 2 1 0、開き角変更光学系 1 2 1 1、楕円率変更光学系 1 2 1 2 及び光回転光学系 1 2 1 3 のうちの少なくとも一つを備えていなくてもよい。

[0032] 集光位置変更光学系 1 2 1 0 は、加工光 E L の集光位置（つまり、加工光

E L の収斂位置) を、加工光 E L の進行方向に沿って変更可能な光学部材である。集光位置変更光学系 1 2 1 0 は、例えば、加工光 E L の進行方向に沿って並ぶ複数枚のレンズを含んでいてもよい。この場合、複数枚のレンズのうちの少なくとも一つがその光軸方向に沿って移動することで、加工光 E L の集光位置が変更されてもよい。

[0033] 開き角変更光学系 1 2 1 1 は、加工ヘッド 1 2 から射出される加工光 E L の開き角を変更可能な光学部材である。本実施形態における「加工光 E L の開き角」は、加工光 E L の最も外側の光線がなす角度を意味していてもよい。或いは、本実施形態における「加工光 E L の開き角」は、加工光 E L の最も外側の光線と、加工光 E L の主光線とがなす角度を意味していてもよい。この場合、開き角変更光学系 1 2 1 1 は、実質的には、照射光学系 1 2 1 の開口数を変更しているとみなしてもよい。尚、開き角変更光学系 1 2 1 1 は、開き角変更装置と称されてもよい。

[0034] 楕円率変更光学系 1 2 1 2 は、加工ヘッド 1 2 から射出される加工光 E L の楕円率を変更可能な光学部材である。具体的には、楕円率変更光学系 1 2 1 2 は、加工光 E L の進行方向に沿った照射軸 E X に交差する面内における加工光 E L のスポットの楕円率を変更する。例えば、楕円率変更光学系 1 2 1 2 は、直交する二つの方向で屈折力が異なる光学部材（例えば、トーリックレンズ及びシリンドリカルレンズ等の少なくとも一つ）を備え、当該光学部材を光軸廻り又は光軸と平行な軸廻りに回転させることで楕円率を変更してもよい。例えば、楕円率変更光学系 1 2 1 2 は、複数の光学部材を備え、当該複数の光学部材の光軸方向の間隔等を変更することで楕円率を変更してもよい。ここで、複数の光学部材のうち少なくとも一つは、光軸に関して非対称な屈折力を有する光学部材であってもよい。尚、照射軸 E X は、典型的には、加工光 E L の主光線に沿って延びる軸である。加工光 E L の主光線は、加工光 E L の進行方向と交差する第 1 の断面における光量重心と、進行方向と交差する面であって第 1 の断面とは異なる第 2 の断面における光量重心とを結ぶ線であってもよい。図 4 に示す例では、照射軸 E X が f θ レンズ 1

215の光軸AXに平行であるが、照射軸EXがf θ レンズ1215の光軸AXに対して傾斜していてもよい。図4に示す例では、照射軸EXがZ軸に平行であるが、照射軸EXがZ軸に対して傾斜していてもよい。

[0035] 尚、楕円率を変更することは、照射軸EXを含む第1面内での加工光ELの開き角と、照射軸EXを含み且つ第1面と交差する第2面内での加工光ELの開き角との少なくとも一方を変更することと実質的には等価であるとみなしてもよい。このため、楕円率変更光学系1212は、開き角変更光学系又は開き角変更装置と称されてもよい。この場合、上述した開き角変更光学系1211が、楕円率変更光学系1212の少なくとも一部として機能してもよい。

[0036] 光回転光学系1213は、照射軸EXに交差する面内において、加工光ELのスポットを、光軸AX廻りに（特に、照射軸EX廻りに）回転可能な光学部材である。本実施形態では、光回転光学系1213は、f θ レンズ1215の入射瞳面での加工光ELのスポット（つまり、加工光ELの断面）の直径のうち最大値をとる方向を光軸AX廻りに（特に、照射軸EX廻りに）回転させる。つまり、光回転光学系1213は、f θ レンズ1215の入射瞳面での加工光ELのスポット（つまり、加工光ELの断面）の直径が最大になる方向を光軸AX廻りに（特に、照射軸EX廻りに）回転させる。この場合、光回転光学系1213は、f θ レンズ1215の入射瞳面での加工光ELのスポットの長軸の方向又は短軸の方向を光軸AX廻りに（特に、照射軸EX廻りに）回転させているとみなしてもよい。例えば、光回転光学系1213は、光軸廻りに回転可能な光学部材を備え、当該光学部材を光軸周りに回転させることで、加工光ELのスポットを回転させてもよい。このような光学部材は、ビームローテータと称されてもよい。このため、光回転光学系1213は、ビーム回転部材と称されてもよい。尚、楕円率変更光学系1212と光回転光学系1213とは兼用されていてもよい。

[0037] 集光位置変更光学系1210、開き角変更光学系1211、楕円率変更光学系1212及び光回転光学系1213を通過した加工光ELは、ガルバノ

ミラー 1 2 1 4 に入射する。ガルバノミラー 1 2 1 4 は、加工光 E L を偏向する（つまり、加工光 E L の射出角度を変更する）ことで、ガルバノミラー 1 2 1 4 からの加工光 E L の射出方向を変更する。このため、ガルバノミラー 1 2 1 4 は、ビーム偏向装置と称されてもよい。尚、図 4 は、ガルバノミラー 1 2 1 4 からの加工光 E L の射出方向が、Y Z 平面内において変更されている例を示している。ガルバノミラー 1 2 1 4 は、ガルバノミラー 1 2 1 4 からの加工光 E L の射出方向を変更することで、加工ヘッド 1 2 に対する加工光 E L の照射位置（例えば、ワーク W の表面上での加工光 E L の照射位置）を変更してもよい。つまり、ガルバノミラー 1 2 1 4 は、加工光 E L を偏向することで、加工光 E L の照射位置を変更（つまり、移動）してもよい。このため、ガルバノミラー 1 2 1 4 は、ビーム照射位置変更装置と称されてもよい。尚、図 4 は、加工光 E L の照射位置が、Y 軸方向において変更されている例を示している。また、ガルバノミラー 1 2 1 4 は、ガルバノミラー 1 2 1 4 からの加工光 E L の射出方向を変更することで、加工ヘッド 1 2 からの加工光 E L の進行方向（つまり、照射軸 E X の延びる方向）を変更してもよい。つまり、ガルバノミラー 1 2 1 4 は、加工光 E L の照射位置及び進行方向の少なくとも一方を変更してもよい。このため、ガルバノミラー 1 2 1 4 は、照射位置及び進行方向の少なくとも一方を含む加工光 E L の照射状態を変更可能なビーム照射状態変更装置と称されてもよい。

[0038] ガルバノミラー 1 2 1 4 は、例えば、X 走査ミラー 1 2 1 4 X と、Y 走査ミラー 1 2 1 4 Y とを含む。X 走査ミラー 1 2 1 4 X 及び Y 走査ミラー 1 2 1 4 Y のそれぞれは、各ミラーに入射する加工光 E L の光路に対する角度が変更可能な傾斜角可変ミラーである。X 走査ミラー 1 2 1 4 X は、加工光 E L を Y 走査ミラー 1 2 1 4 Y に向けて反射する。X 走査ミラー 1 2 1 4 X は、Y 軸に沿った回転軸周りに揺動又は回転可能である。X 走査ミラー 1 2 1 4 X の揺動又は回転により、加工光 E L は、ワーク W の表面を X 軸方向に沿って走査する。X 走査ミラー 1 2 1 4 X の揺動又は回転により、目標照射領域 E A は、ワーク W の表面上を X 軸方向に沿って移動する。Y 走査ミラー 1

214 Yは、加工光ELを $f\theta$ レンズ1215に向けて反射する。Y走査ミラー1214 Yは、X軸に沿った回転軸周りに揺動又は回転可能である。Y走査ミラー1214 Yの揺動又は回転により、加工光ELは、ワークWの表面をY軸方向に沿って走査する。Y走査ミラー1214 Yの揺動又は回転により、目標照射領域EAは、ワークWの表面上をY軸方向に沿って移動する。

[0039] このようなガルバノミラー1214により、加工光ELは、加工ヘッド12を基準に定まる加工ショット領域PSAを走査可能となる。つまり、ガルバノミラー1214により、目標照射領域EAは、加工ヘッド12を基準に定まる加工ショット領域PSA内で移動可能となる。尚、加工ショット領域PSAは、加工ヘッド12とワークWとの位置関係を固定した状態で（つまり、変更することなく）加工装置1による加工が行われる領域（言い換えれば、範囲）を示す。典型的には、加工ショット領域PSAは、加工ヘッド12とワークWとの位置関係を固定した状態でガルバノミラー1214によって偏向される加工光ELが走査可能な最大範囲と一致する又は当該範囲よりも狭い領域になるように設定される。加工ショット領域PSAがワークWのうちの加工したい部分よりも小さい場合には、ワークW上のある部分に設定された加工ショット領域PSAを加工光ELで走査することでワークW上のある部分を加工する動作と、加工ヘッド12とワークWとの相対的な位置関係を変更することでワークW上での加工ショット領域PSAの位置を変更する動作とが繰り返される。

[0040] 尚、照射光学系121は、ガルバノミラー1214に加えて又は代えて、加工光ELを偏向可能な（つまり、加工光ELの射出方向及び照射位置の少なくとも一方を変更可能な）任意の光学部材を備えていてもよい。このような光学部材の一例として、角度が異なる複数の反射面を有するポリゴンミラーがあげられる。ポリゴンミラーは、加工光ELが一の反射面に照射されている期間中に当該一の反射面に対する加工光ELの入射角度を変更し且つ加工光ELが照射される反射面を複数の反射面の間で切り替えるように回転可

能である。また、照射光学系 1 2 1 は、偏光光学部材を有する戻り光低減光学系を備えていてもよい。

[0041] $f\theta$ レンズ 1 2 1 5 は、ガルバノミラー 1 2 1 4 からの加工光 E L をワーク W に向けて射出するための光学系である。特に、 $f\theta$ レンズ 1 2 1 5 は、ガルバノミラー 1 2 1 4 からの加工光 E L を、 $f\theta$ レンズ 1 2 1 5 の光軸 A X と交差する集光面に集光可能な光学素子である。このため、 $f\theta$ レンズ 1 2 1 5 は、集光光学系と称されてもよい。 $f\theta$ レンズ 1 2 1 5 の集光面は、 $f\theta$ レンズ 1 2 1 5 の射出側に設定されてもよい。 $f\theta$ レンズ 1 2 1 5 の集光面は、例えば、ワーク W の表面に設定されてもよい。この場合、 $f\theta$ レンズ 1 2 1 5 は、ガルバノミラー 1 2 1 4 からの加工光 E L を、ワーク W の表面に集光可能である。

[0042] 再び図 1 及び図 2 において、ヘッド駆動系 1 3 は、制御装置 4 の制御下で、加工ヘッド 1 2、ひいては照射光学系 1 2 1 を、X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向、 θ X 方向、 θ Y 方向及び θ Z 方向の少なくとも一つに沿って移動させる。このため、ヘッド駆動系 1 3 は、移動装置と称されてもよい。図 1 は、ヘッド駆動系 1 3 が加工ヘッド 1 2 を Z 軸方向に沿って移動させる例を示している。この場合、ヘッド駆動系 1 3 は、例えば、Z 軸方向に沿って延びる Z スライダ部材 1 3 1 を備えていてもよい。Z スライダ部材 1 3 1 は、防振装置を介して後述する定盤 3 1 上に配置される支持フレーム 6 に配置されている。支持フレーム 6 は、例えば、防振装置を介して定盤 3 1 上に配置され且つ Z 軸方向に沿って延びる一对の脚部材 6 1 と、一对の脚部材 6 1 の上端部を連結するように一对の脚部材 6 1 上に配置され且つ X 軸方向に沿って延びる梁部材 6 2 とを備えていてもよい。Z スライダ部材 1 3 1 は、例えば、Z 軸方向に沿って延びる支持部材 6 3 を介して、梁部材 6 2 に配置される。Z スライダ部材 1 3 1 には、加工ヘッド 1 2 が、Z スライダ部材 1 3 1 に沿って移動可能となるように接続されている。

[0043] 加工ヘッド 1 2 が移動すると、加工ヘッド 1 2 と後述するステージ 3 2 との位置関係が変わる。更に、加工ヘッド 1 2 が移動すると、加工ヘッド 1 2

とステージ 3 2 上に配置された後述する回転装置 3 5 との位置関係が変わる。更に、加工ヘッド 1 2 が移動すると、加工ヘッド 1 2 と回転装置 3 5 が保持するワーク W との位置関係が変わる。従って、加工ヘッド 1 2 を移動させることは、加工ヘッド 1 2 とステージ 3 2、回転装置 3 5 及びワーク W のそれぞれとの位置関係を変更することと等価であるとみなしてもよい。また、加工ヘッド 1 2 が移動すると、ワーク W の表面における加工光 E L の照射位置がワーク W の表面に対して移動する。つまり、ワーク W の表面における加工光 E L の照射位置がワーク W の表面上で変わる。従って、加工ヘッド 1 2 を移動させることは、ワーク W の表面における加工光 E L の照射位置を変更することと等価であるとみなしてもよい。

[0044] 位置計測装置 1 4 は、加工ヘッド 1 2 の位置を計測可能（言い換えれば、検出可能）である。つまり、位置計測装置 1 4 は、加工ヘッド 1 2 の位置に関する情報を取得可能な装置である。位置計測装置 1 4 は、例えば、エンコーダ及びレーザ干渉計の少なくとも一つを含んでいてもよい。

[0045] 計測装置 2 は、制御装置 4 の制御下で、ワーク W を計測可能である。尚、計測装置 2 は、ワーク W という物体を計測するため、物体計測装置又はワーク計測装置と称されてもよい。ワーク W を計測するために、計測装置 2 は、計測ヘッド 2 1 と、ヘッド駆動系 2 2 と、位置計測装置 2 3 とを備える。

[0046] 計測ヘッド 2 1 は、制御装置 4 の制御下で、ワーク W を計測可能である。本実施形態では、計測ヘッド 2 1 は、ワーク W の表面を 3 次元計測する。つまり、計測ヘッド 2 1 は、ワーク W の表面の 3 次元形状を計測する。このため、計測ヘッド 2 1 は、ワーク W の表面の 3 次元形状を計測可能な 3 次元計測装置 2 1 1 を備えていてもよい。計測ヘッド 2 1 によるワーク W の計測結果（つまり、3 次元計測装置 2 1 1 によるワーク W の計測結果）に関するワーク計測情報は、計測ヘッド 2 1 から制御装置 4 に出力される。制御装置 4 は、ワーク計測情報に基づいて、加工システム S Y S の動作を制御する。具体的には、制御装置 4 は、ワーク計測情報に基づいて、加工システム S Y S がワーク W を適切に加工することができるよう加工システム S Y S（例え

ば、加工装置 1、計測装置 2 及びステージ装置 3 の少なくとも一つ）を制御する。尚、計測装置 2、計測ヘッド 2 1 又は 3 次元形状計測装置 2 1 1 は、ワーク W の表面の 3 次元形状に関するワーク計測情報を取得するため、物体情報取得装置又はワーク情報取得装置と称されてもよい。

[0047] 3 次元計測装置 2 1 1 は、ワーク W を非接触計測してもよい。例えば、3 次元計測装置 2 1 1 は、光学的にワーク W を計測してもよい。つまり、3 次元計測装置 2 1 1 は、計測光等の任意の計測ビームを用いてワーク W を計測してもよい。例えば、3 次元計測装置 2 1 1 は、ワーク W の表面にスリット光を投影すると共に投影されたスリット光の形状を計測する光切断法を用いて、ワーク W を計測してもよい。例えば、3 次元計測装置 2 1 1 は、ワーク W を介した白色光とワーク W を介していない白色光との干渉パターンを計測する白色干渉法を用いて、ワーク W を計測してもよい。例えば、3 次元計測装置 2 1 1 は、ワーク W の表面に光パターンを投影し、投影されたパターンの形状を計測するパターン投影法、ワーク W の表面に光を投射し且つ投射された光が戻ってくるまでの時間からワーク W までの距離を測定する動作を、ワーク W 上の複数の位置で行うタイム・オブ・フライト法、モアレトポグラフィ法（具体的には、格子照射法若しくは格子投影法）、ホログラフィック干渉法、オートコリメーション法、ステレオ法、非点収差法、臨界角法、ナイフエッジ法、干渉計測法、及び、共焦点法の少なくとも一つを用いて、ワーク W を計測してもよい。例えば、3 次元計測装置 2 1 1 は、照明光で照明されたワーク W を撮像することでワーク W を計測してもよい。いずれの場合においても、3 次元計測装置 2 1 1 は、計測光 M L（例えば、スリット光、白色光又は照明光）を射出する光源と、計測光 M L が照射されたワーク W からの光（例えば、計測光の反射光）を受光する受光器とを備えていてもよい。尚、3 次元計測器 2 1 1 は、ワーク W を接触計測してもよい。

[0048] 計測ヘッド 2 1 は、計測ショット領域 M S A を単位としてワーク W を計測する。計測ショット領域 M S A は、計測ヘッド 2 1 とワーク W との位置関係を固定した状態で（つまり、変更することなく）計測ヘッド 2 1 による計測

が行われる領域（言い換えれば、範囲）を示す。典型的には、計測ショット領域MSAは、計測ヘッド21とワークWとの位置関係を固定した状態で（つまり、変更することなく）計測ヘッド21が計測光MLを照射可能な最大範囲と一致する又は当該範囲よりも狭い領域になるように設定される。尚、計測ショット領域MSAは、計測ヘッド21の計測可能範囲、計測可能フィールドと称されてもよい。

[0049] 図1に示す例では、計測ヘッド21は、計測ヘッド21の計測軸MXが、加工光ELの進行方向に沿った照射軸EXと一致しないように、加工ヘッド12に対して位置合わせされている。図1に示す例では、計測軸MXは、照射軸EXと平行である。尚、計測軸MXは、例えば、計測ヘッド21が備える光学系の光軸に沿って延びる軸であってもよい。計測軸MXは、例えば、計測ヘッド21からの計測光MLの主光線に沿って延びる軸であってもよい。尚、後述する第1変形例で説明するように、計測軸MXは照射軸EXと平行でなくてもよい。

[0050] ヘッド駆動系22は、制御装置4の制御下で、計測ヘッド21を、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向、 θ X方向、 θ Y方向及び θ Z方向の少なくとも一つに沿って移動させる。このため、ヘッド駆動系22は、移動装置と称されてもよい。図1は、ヘッド駆動系22が計測ヘッド21をZ軸方向に沿って移動させる例を示している。この場合、ヘッド駆動系22は、例えば、Z軸方向に沿って延びるZスライダ部材221を備えていてもよい。Zスライダ部材221は、Z軸方向に延びる支持部材64を介して、梁部材62に配置されていてもよい。Zスライダ部材221には、計測ヘッド21が、Zスライダ部材221に沿って移動可能となるように接続されている。

[0051] 計測ヘッド21が移動すると、計測ヘッド21とステージ32、回転装置35及びワークWのそれぞれとの位置関係が変わる。従って、計測ヘッド21を移動させることは、計測ヘッド21とステージ32、回転装置35及びワークWのそれぞれとの位置関係を変更することと等価であるとみなしてもよい。

- [0052] 位置計測装置 2 3 は、計測ヘッド 2 1 の位置を計測可能（言い換えれば、検出可能）である。つまり、位置計測装置 2 3 は、計測ヘッド 2 1 の位置に関する情報を取得可能な装置である。位置計測装置 2 3 は、例えば、エンコーダ及びレーザ干渉計の少なくとも一つを含んでいてもよい。
- [0053] ステージ装置 3 は、定盤 3 1 と、ステージ 3 2 と、ステージ駆動系 3 3 と、位置計測装置 3 4 と、回転装置 3 5 と、計測装置 3 6 とを備える。
- [0054] 定盤 3 1 は、筐体 5 の底面上（或いは、筐体 5 が載置される床面等の支持面上）に配置される。定盤 3 1 上には、ステージ 3 2 が配置される。筐体 5 の底面或いは筐体 5 が載置される床面等の支持面と定盤 3 1 との間には、定盤 3 1 の振動のステージ 3 2 への伝達を低減するための不図示の防振装置が設置されていてもよい。更に、定盤 3 1 上には、上述した支持フレーム 6 が配置されていてもよい。
- [0055] ステージ 3 2 は、ワーク W が載置可能な載置装置である。ステージ 3 2 は、ステージ 3 2 に載置されたワーク W を保持可能であってもよい。或いは、ステージ 3 2 は、ステージ 3 2 に載置されたワーク W を保持可能でなくてもよい。このとき、ワーク W は、クランプレスでステージ 3 2 に載置されていてもよい。
- [0056] 本実施形態では、ステージ 3 2 に回転装置 3 5 が配置される。回転装置 3 5 は、後に詳述するように、ワーク W を回転可能に保持する保持装置であるチャック 3 5 3 を回転させる装置である。このため、本実施形態では、ワーク W は、ステージ 3 2 に載置されてもよいし、チャック 3 5 3 を介して回転装置 3 5 によって保持されてもよい。加工ヘッド 1 2 は、ステージ 3 2 に載置されたワーク W に加工光 E L を照射してもよいし、回転装置 3 5 によって保持されたワーク W に加工光 E L を照射してもよい。計測ヘッド 2 1 は、ステージ 3 2 に載置されたワーク W を計測してもよいし、回転装置 3 5 によって保持されたワーク W を計測してもよい。以下では、特段の説明がない場合は、ワーク W は、回転装置 3 5 によって保持されているものとする。尚、回転装置 3 5 がワーク W を保持するチャック 3 5 3 を回転させることから、回

転装置 35 はワーク W を回転させる装置とみなしてもよい。

[0057] ステージ駆動系 33 は、制御装置 4 の制御下で、ステージ 32 を移動させる。このため、ステージ駆動系 33 は、移動装置と称されてもよい。ステージ 32 が移動すると、ステージ 32 に配置された回転装置 35 もまたステージ 32 と共に移動する。また、ステージ 32 が移動すると、ステージ 32 に載置された又はステージ 32 上の回転装置 35 に保持されたワーク W もまたステージ 32 と共に移動する。ステージ駆動系 33 は、例えば、X 軸、Y 軸、Z 軸、 θ X 方向、 θ Y 方向及び θ Z 方向の少なくとも一つに沿ってステージ 32 を移動させる。図 1 に示す例では、ステージ駆動系 33 は、X 軸及び Y 軸のそれぞれに沿ってステージ 32 を移動させる。つまり、図 1 に示す例では、ステージ駆動系 33 は、加工光 E L 及び計測光 M L の夫々の進行方向に交差する X Y 平面に沿った方向に沿ってステージ 32 を移動させる。この場合、ステージ駆動系 33 は、例えば、X 軸方向に沿って延びる X スライド部材 331（図 1 に示す例では、互いに平行に設けられた二つの X スライド部材 331）と、Y 軸方向に沿って延びる Y スライド部材 332（図 1 に示す例では、一つの Y スライド部材 332）とを備えていてもよい。二つの X スライド部材 331 は、Y 軸方向に沿って並ぶように定盤 31 上に配置される。Y スライド部材 332 は、二つの X スライド部材 331 に沿って移動可能となるように、二つの X スライド部材 331 に接続される。ステージ 32 は、Y スライド部材 332 に沿って移動可能となるように Y スライド部材 332 に接続される。尚、図 1 の例では X スライド部材 331 が複数設けられているが、X スライド部材は一つであってもよい。また、ステージ 32 は、定盤 31 上にエアベアリングで浮上支持される構成であってもよい。

[0058] ステージ 32 が移動すると、ステージ 32、回転装置 35 及びワーク W のそれぞれと加工ヘッド 12 及び計測ヘッド 21 のそれぞれとの位置関係が変わる。従って、ステージ 32 を移動させることは、ステージ 32、回転装置 35 及びワーク W のそれぞれと加工ヘッド 12 及び計測ヘッド 21 のそれぞれとの位置関係を変更することと等価であるとみなしてもよい。また、ステ

ージ32が移動すると、ワークWの表面における加工光ELの照射位置がワークWの表面に対して移動する。つまり、ワークWの表面における加工光ELの照射位置がワークWの表面上で変わる。従って、ステージ32を移動させることは、ワークWの表面における加工光ELの照射位置を変更することと等価であるとみなしてもよい。

[0059] 位置計測装置34は、ステージ32の位置を計測可能（言い換えれば、検出可能）である。つまり、位置計測装置34は、ステージ32の位置に関する情報を取得可能な装置である。位置計測装置34は、例えば、エンコーダ及びレーザ干渉計の少なくとも一つを含んでいてもよい。位置計測装置34がステージ32の位置に関する情報を取得可能であることから、位置計測装置34をステージ位置情報取得装置と称してもよい。

[0060] 回転装置35は、上述したように、ワークWを回転可能に保持する保持装置であるチャック353を回転させる装置である。ここで、回転装置35の構成について、図5を参照しながら説明する。図5は、回転装置35の構成を示す断面図である。

[0061] 図5に示すように、回転装置35は、支持フレーム351と、回転モータ352とを備えている。支持フレーム351は、ステージ32上に配置されている。回転モータ352は、支持フレーム351によって支持されている。回転モータ352は、回転シャフト3521を回転させるように動作する。回転シャフト3521は、重力方向と交差する方向（図5に示す例では、X軸方向）に沿って延びる部材であってもよい。つまり、図5に示す例では、回転モータ352は、X軸方向に沿って延びる回転シャフト3521を、X軸方向に沿って延びる回転軸3522周りに回転させている。尚、回転軸3522は、回転シャフト3521の回転中心を通過し且つ回転シャフト3521に沿って延びる軸である。しかしながら、回転シャフト3521は、X軸方向とは異なる方向に沿って延びていてもよい。回転モータ352は、X軸方向とは異なる方向に沿って延びる回転シャフト3521を、X軸方向とは異なる方向に沿って延びる回転軸3522廻りに回転させてもよい。尚

、回転シャフト3521は、その回転軸3522のX軸に対する角度（例えば、XZ平面内の角度、XY平面内の角度）が変更可能となるように設けられてもよい。つまり、回転シャフト3521は、 θ_z 方向及び θ_y 方向の少なくとも一方で可動であってもよい。また、図5では不図示ではあるが、回転装置35は、回転モータ352の回転角度或いは回転シャフト3521の回転角度を検出するためのロータリーエンコーダを備えており、その出力は制御装置4に出力される。このロータリーエンコーダを、回転装置の回転角を検出可能な回転検出装置と称してもよい。

[0062] 回転シャフト3521には、チャック353が連結されている。チャック353は、ワークWを保持可能な保持装置である。図5に示す例では、チャック353は、チャック353の保持面3531に接触したワークWを、チャック353が備える複数の爪3532を用いて挟み込むことで、ワークWを保持している。特に、図5に示す例では、回転シャフト3521がX軸方向に伸びているため、チャック353は、X軸に交差するYZ平面に沿った保持面3531に接触したワークWを、X軸方向に沿って伸びる複数の爪3532を用いて挟み込むことで、ワークWを保持している。但し、チャック353がワークWを保持する方法が図5に示す方法に限定されることはない。

[0063] 回転モータ352は、回転シャフト3521を回転させることで、回転シャフト3521に連結されたチャック353を回転軸3522廻りに回転させる。その結果、チャック353が保持するワークWもまた、回転軸3522廻りに回転する。このため、回転装置35は、チャック353が保持するワークWを回転させることが可能な主軸台として機能可能であるとも言える。図5に示す例では、回転装置35は、ワークWをX軸廻りに回転させる。

[0064] 再び図1及び図2において、計測装置36は、加工ヘッド12からの加工光ELを計測可能な装置である。このため、計測装置36は、ビーム計測装置と称されてもよい。更に、計測装置36の少なくとも一部は、計測ヘッド21によって計測可能である。この場合、計測装置36の少なくとも一部は

、計測ヘッド21によって計測可能なマーク（或いは指標）として機能しているとみなしてもよい。計測装置36による加工光ELの計測結果に関する加工光計測情報及び計測ヘッド21による計測装置36の計測結果に関するマーク計測情報のそれぞれは、計測ヘッド21から制御装置4に出力される。制御装置4は、加工光計測情報及びマーカ計測情報の少なくとも一方に基づいて、加工システムSYSの動作を制御する。具体的には、制御装置4は、加工光計測情報及びマーカ計測情報の少なくとも一方に基づいて、加工システムSYSがワークWを適切に加工することができるように加工システムSYS（例えば、加工装置1、計測装置2及びステージ装置3の少なくとも一つ）を制御する。

[0065] ここで、図6から図7を参照しながら、計測装置36の構造について説明する。図6は、計測装置36の構造を示す平面図である。図7は、計測装置36の構造を示す断面図である。尚、図7は、図6のVⅠ-VⅠ'断面図に相当する。

[0066] 図6及び図7に示すように（更には、上述した図5に示すように）、計測装置36は、回転装置35に配置されている（つまり、設けられている）。図5から図7に示す例では、計測装置36は、回転装置35の支持フレーム351に配置されている。計測装置36が加工光ELを計測し且つ計測ヘッド21が計測装置36の少なくとも一部を計測するため、計測装置36は、支持フレーム351の上面3511（つまり、加工ヘッド12及び計測ヘッド21を向いた面）に配置されていてもよい。但し、計測装置36は、支持フレーム351の上面とは異なる面に配置されていてもよい。計測装置36は、支持フレーム351とは異なる部材に配置されていてもよい。例えば、計測装置36は、ステージ32に配置されていてもよい。計測装置36の少なくとも一部は、支持フレーム351から取り外し可能であってもよい。或いは、計測装置36は、支持フレーム351と一体化されていてもよい。また、複数の計測装置36が支持フレーム351に配置されていてもよい。尚、計測装置36は、チャック353に配置されていてもよい。チャック35

3に複数の計測装置36が配置されていてもよい。

[0067] 図6及び図7に示すように、計測装置36は、ビーム通過部材361と、受光素子362とを備える。ビーム通過部材361は、XY平面に沿った板状の部材である。XY平面内でのビーム通過部材361の形状は矩形であるが、その他の任意の形状（例えば、円形又は楕円形）であってもよい。尚、ビーム通過部材361は平板状であるが、曲がった形状であってもよい。ビーム通過部材361の一辺のサイズは、例えば、数mmから十数mmであるが、その他のサイズであってもよい。受光素子362は、XY平面に沿って広がる受光面3621を備える。XY平面内での受光面3621の形状は矩形であるが、その他の任意の形状（例えば、円形又は楕円形）であってもよい。受光面3621の一辺のサイズは、ビーム通過部材361の一辺のサイズと同一であってもよいし、ビーム通過部材361の一辺のサイズよりも小さくてもよいし、ビーム通過部材361の一辺のサイズよりも大きくてもよい。

[0068] ビーム通過部材361と受光素子362とは、支持フレーム351に形成された窪み3512（つまり、凹部）の内部に配置されている。つまり、ビーム通過部材361と受光素子362とは、支持フレーム351の上面3511から-Z側に窪んだ窪み3512に配置されている。但し、ビーム通過部材361及び受光素子362の少なくとも一方は、窪み3512とは異なる位置に配置されていてもよい。

[0069] 窪み3512内において、ビーム通過部材361は、受光素子362の上方に配置される。つまり、ビーム通過部材361は、受光素子362よりも加工ヘッド12及び計測ヘッド21により近い位置に配置される。この場合、図7に示すように、ビーム通過部材361の表面（具体的には、加工ヘッド12及び計測ヘッド21側を向いた表面であり、+Z側の表面）は、上面3511よりも下方に位置していてもよい。その結果、計測装置36が支持フレーム351の表面から突き出ることがないがゆえに、ワークW等が計測装置36（特に、ビーム通過部材361）に誤って接触してしまう可能性が

小さくなる。その結果、ワークW等がビーム通過部材361に接触することに起因してビーム通過部材361が破損及び／又は汚染する可能性が小さくなる。但し、ビーム通過部材361の表面は、上面3511と同じ高さに位置していてもよいし、上面3511よりも上方に位置していてもよい。

[0070] ビーム通過部材361は、ガラス基板3611と、ガラス基板3611の表面の少なくとも一部に形成された減衰膜3612とを含む。減衰膜3612は、減衰膜3612に入射する加工光ELを減衰可能な部材である。尚、本実施形態における「減衰膜3612による加工光ELの減衰」は、減衰膜3612を通過した加工光ELの強度を減衰膜3612に入射した加工光ELの強度よりも小さくすることのみならず、減衰膜3612に入射した加工光ELを遮光する（つまり、遮蔽する）ことを含んでいてもよい。従って、加工光ELが減衰膜3612に入射した場合には、減衰膜3612によって減衰された加工光ELが減衰膜3612を介して受光素子362に入射するか、又は、加工光ELが減衰膜3612によって遮光されることで加工光ELが受光素子362に入射することはない。尚、減衰膜3612は、クロム膜又は酸化クロム膜で形成されていてもよい。

[0071] 減衰膜3612には、少なくとも一つの開口363が形成されている。図6から図7に示す例では、減衰膜3612には、複数の開口363が形成されている。開口363は、減衰膜3612をZ軸方向において貫通する貫通孔である。このため、加工光ELが減衰膜3612に形成された開口363に入射した場合には、加工光ELは、開口363を介してビーム通過部材361を通過する。つまり、加工光ELは、減衰膜3612によって減衰又は遮光されることなく、開口363を介して受光素子362に入射する。

[0072] このように、ガラス基板3611のうち減衰膜3612が形成された部分（つまり、開口363が形成されていない部分）は、加工光ELを減衰させる減衰領域364として機能する。一方で、ガラス基板3611のうち減衰膜3612が形成されていない部分（つまり、開口363が形成されている部分）は、加工光ELを通過させる通過領域365として機能する。この際

、通過領域 365 は、通過領域 365 を通過する加工光 EL を減衰させない。但し、通過領域 365 は、通過領域 365 を通過する加工光 EL を減衰させてもよい。つまり、通過領域 365 は、通過領域 365 に入射した加工光 EL の全て（つまり、100%）が通過する領域でなくともよく、通過領域 365 に入射した加工光 EL の一部が通過する領域であってもよい。但し、通過領域 365 による加工光 EL の減衰率は、減衰領域 364 による加工光 EL の減衰率よりも小さい。減衰領域 364 は、典型的には、通過領域 365 と隣接して配置される。つまり、通過領域 365 は、減衰領域 364 の中に配置される。

[0073] 計測装置 36 が支持フレーム 3511 に配置されている（つまり、回転装置 35 に配置されている）ため、減衰領域 364 及び通過領域 365 のそれぞれと回転装置 35 との位置関係は、固定される。つまり、減衰領域 364 及び通過領域 365 のそれぞれと回転装置 35 との位置関係は、制御装置 4 にとって既知である所定の関係となる。

[0074] 開口 363 によって形成される通過領域 365 は、減衰膜 3612 の表面に沿った平面（典型的には、XY 平面）内において所定の形状を有するマーク（つまり、パターン）366 を形成していてもよい。このマーク 366 は、計測ヘッド 21 によって計測可能なマークとして機能可能である。

[0075] 例えば、図 6 に示すように、ビーム通過部材 361 には、スリット形状を有するマーク 366（このマーク 366 を、スリットマークと称してもよい）が形成されていてもよい。スリット形状を有するマーク 366 は、減衰膜 3612 の表面に沿った平面内において単一の線状（例えば、スリット状）の形状を有する通過領域 365 によって形成されるマークである。図 6 に示す例では、ビーム通過部材 361 には、X 軸及び Y 軸のそれぞれに対する角度が異なる複数のマーク 366 が形成されている。但し、ビーム通過部材 361 には、その他の形状を有するマーク 366 が形成されていてもよい。例えば、ビーム通過部材 361 には、それぞれが一の方向に沿って延び且つ一の方向に交差する他の方向に沿って配列される複数の線状の通過領域 365

によって形成されるマーク 3 6 6（このマーク 3 6 6 を、ファインマークと称してもよい）が形成されていてもよい。例えば、ビーム通過部材 3 6 1 には、減衰膜 3 6 1 2 の表面に沿った平面内において矩形の形状を有する通過領域 3 6 5 によって形成されるマーク 3 6 6（このマーク 3 6 6 を、矩形マークと称してもよい）である。例えば、ビーム通過部材 3 6 1 には、それぞれが第 1 の方向に沿って延び且つ第 1 の方向に交差する第 2 の方向に沿って配列される複数の線状の通過領域 3 6 5 と、それぞれが第 1 の方向に交差する第 3 の方向に沿って延び且つ第 3 の方向に交差する第 4 の方向に沿って配列される複数の線状の通過領域 3 6 5 とによって形成されるマーク 3 6 6（このマーク 3 6 6 を、クロスマークと称してもよい）が形成されていてもよい。例えば、ビーム通過部材 3 6 1 には、それぞれが第 5 の方向に沿って延び且つ第 5 の方向に直交する第 6 の方向に沿って離れた二つの第 1 の線状の通過領域 3 6 5 と、第 5 の方向に対して傾斜した（つまり、斜めに交差する）第 7 の方向に沿って延びる第 2 の線状の通過領域 3 6 5 とによって形成されるマーク（このマーク 3 6 6 を、サーチマークと称してもよい）が形成されていてもよい。

[0076] 受光素子 3 6 2 は、通過領域 3 6 5（つまり、開口 3 6 3）を介して受光素子 3 6 2 に入射してきた加工光 E L を受光面 3 6 2 1 で受光可能な（例えば、検出可能な）受光部である。受光素子 3 6 2 は、通過領域 3 6 5（つまり、開口 3 6 3）を通過した加工光 E L を受光面 3 6 2 1 で受光可能な受光部である。受光部の一例として、受光した加工光 E L を光電変換可能な光電変換器があげられる。

[0077] ビーム通過部材 3 6 1 に複数の通過領域 3 6 5 が形成されている場合には、受光素子 3 6 2 は、複数の通過領域 3 6 5 のそれぞれを介して受光素子 3 6 2 に入射してきた加工光 E L を受光面 3 6 2 1 で受光可能であってもよい。尚、受光面 3 6 2 1 は、光電変換素子の 1 つの光電変換面で形成されていてもよい。例えば、受光素子 3 6 2 は、第 1 の通過領域 3 6 5 を介して受光素子 3 6 2 に入射してきた加工光 E L を、受光面 3 6 2 1 の第 1 の部分で受

光可能であってもよい。例えば、受光素子 362 は、第 2 の通過領域 365 を介して受光素子 362 に入射してきた加工光 EL を、受光面 3621 の第 2 の部分で受光可能であってもよい。このように、本実施形態では、計測装置 36 は、複数の通過領域 365 にそれぞれ対応する複数の受光素子 362 を備えていなくてもよい。計測装置 36 は、複数の通過領域 365 に共通の受光素子 362 を備えていればよい。但し、計測装置 36 は、複数の通過領域 365 にそれぞれ対応する複数の受光素子 362 を備えていてもよい。

[0078] 通過領域 365 を介して受光素子 362 が加工光 EL を受光する場合には、加工光 EL の集光位置は、ビーム通過部材 361 の通過領域 365 に又はその近傍に設定されていてもよい。一方で、加工光 EL でワーク W が加工される場合には、加工光 EL の集光位置は、ワーク W の表面又はその近傍に設定されていてもよい。このため、制御装置 4 は、フォーカス変更光学系 1210 を制御することで、加工光 EL の集光位置を適切な位置に設定してもよい。

[0079] 加工光 EL の照射によってワーク W が加工されることを考慮すれば、加工光 EL の照射によって計測装置 36 の少なくとも一部もまた加工（実質的には、破壊）されてしまう可能性がある。このため、計測装置 36 に照射される加工光 EL の強度（例えば、受光素子 362 の受光面 3621 における単位面積あたりのエネルギー量）が、ワーク W を加工するためにワーク W に照射される加工光 EL の強度（例えば、ワーク W の表面における単位面積あたりのエネルギー量）よりも小さくなるように、加工光 EL の強度（例えば、加工光 EL の進行方向に交差する面内で単位面積あたりのエネルギー量）が制御されてもよい。例えば、制御装置 4 は、加工光源 11 を制御することで、加工光 EL の強度を小さくしてもよい。例えば、制御装置 4 は、加工光源 11 の射出側に配置される減光部材（不図示）を制御することで、加工光 EL の強度を小さくしてもよい。

[0080] 受光素子 362 の受光結果は、受光素子 362 に入射した加工光 EL の状態に関する情報を含む。例えば、受光素子 362 の受光結果は、受光素子 3

62に入射した加工光ELの強度（具体的には、XY平面に交差する面内での強度）に関する情報を含む。より具体的には、受光素子362の受光結果は、XY平面に沿った面内における加工光ELの強度分布に関する情報を含む。受光素子362の受光結果は、上述した加工光計測情報として制御装置4に出力される。加えて、上述したように、マーク366が計測ヘッド21によって計測される場合には、計測ヘッド21によるマーク366の計測結果が、上述したマーク計測情報として制御装置4に出力される。

[0081] 再び図1及び図2において、制御装置4は、加工システムSYSの動作を制御する。例えば、制御装置4は、ワークWの加工条件を設定すると共に、設定した加工条件に従ってワークWが加工されるように加工装置1、計測装置2及びステージ装置3の少なくとも一つを制御してもよい。

[0082] 制御装置4は、加工システムSYSの動作を制御する。制御装置4は、例えば、演算装置と、記憶装置とを備えていてもよい。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いてもよい。記憶装置は、例えば、メモリを含んでいてもよい。制御装置4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、加工システムSYS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4が行うべき後述する動作を演算装置に行わせる（つまり、実行させる）ためのコンピュータプログラムである。つまり、このコンピュータプログラムは、加工システムSYSに後述する動作を行わせるように制御装置4を機能させるためのコンピュータプログラムである。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4が備える記憶装置（つまり、記録媒体）に記録されていてもよいし、制御装置4に内蔵された又は制御装置4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よい。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4の外部の装置からダウンロードしてもよい。

[0083] 制御装置4は、加工システムS Y Sの内部に設けられていなくてもよい。

例えば、制御装置4は、加工システムS Y S外にサーバ等として設けられていてもよい。この場合、制御装置4と加工システムS Y S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よい。有線のネットワークとして、例えばI E E E 1 3 9 4、R S - 2 3 2 x、R S - 4 2 2、R S - 4 2 3、R S - 4 8 5及びU S Bの少なくとも一つに代表されるシリアルバス方式のインタフェースを用いるネットワークが用いられてもよい。有線のネットワークとして、パラレルバス方式のインタフェースを用いるネットワークが用いられてもよい。有線のネットワークとして、1 0 B A S E - T、1 0 0 B A S E - T X及び1 0 0 0 B A S E - Tの少なくとも一つに代表されるイーサネット（登録商標）に準拠したインタフェースを用いるネットワークが用いられてもよい。無線のネットワークとして、電波を用いたネットワークが用いられてもよい。電波を用いたネットワークの一例として、I E E E 8 0 2 . 1 xに準拠したネットワーク（例えば、無線L A N及びB l u e t o o t h（登録商標）の少なくとも一方）があげられる。無線のネットワークとして、赤外線を用いたネットワークが用いられてもよい。無線のネットワークとして、光通信を用いたネットワークが用いられてもよい。この場合、制御装置4と加工システムS Y Sとはネットワークを介して各種の情報の送受信が可能となるように構成されていてもよい。また、制御装置4は、ネットワークを介して加工システムS Y Sにコマンドや制御パラメータ等の情報を送信可能であってもよい。加工システムS Y Sは、制御装置4からのコマンドや制御パラメータ等の情報を、上記ネットワークを介して受信する受信装置を備えていてもよい。加工システムS Y Sは、制御装置4に対してコマンドや制御パラメータ等の情報を、上記ネットワークを介して送信する送信装置（つまり、制御装置4に対して情報を出力する出力装置）を備えていてもよい。或いは、制御装置4が行う処理のうちの一部を行う第1制御装置が加工システムS Y Sの内部に設けられている一方で、制御装置4が行う処理のうちの一部を行う第2

制御装置が加工システムS Y Sの外部に設けられていてもよい。

[0084] 尚、制御装置4が実行するコンピュータプログラムを記録する記録媒体としては、CD-ROM、CD-R、CD-RWやフレキシブルディスク、MO、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-R、DVD+R、DVD-RW、DVD+RW及びBlu-ray（登録商標）等の光ディスク、磁気テープ等の磁気媒体、光磁気ディスク、USBメモリ等の半導体メモリ、及び、その他プログラムを格納可能な任意の媒体の少なくとも一つが用いられてもよい。記録媒体には、コンピュータプログラムを記録可能な機器（例えば、コンピュータプログラムがソフトウェア及びファームウェア等の少なくとも一方の形態で実行可能な状態に実装された汎用機器又は専用機器）が含まれていてもよい。更に、コンピュータプログラムに含まれる各処理や機能は、制御装置4（つまり、コンピュータ）がコンピュータプログラムを実行することで制御装置4内に実現される論理的な処理ブロックによって実現されてもよいし、制御装置4が備える所定のゲートアレイ（FPGA、ASIC）等のハードウェアによって実現されてもよいし、論理的な処理ブロックとハードウェアの一部の要素を実現する部分的ハードウェアモジュールとが混在する形式で実現してもよい。

[0085] （2）加工システムS Y Sの動作

続いて、加工システムS Y Sの動作について説明する。上述したように、加工システムS Y Sは、加工光E Lを用いてワークWの表面の少なくとも一部を加工するための加工動作を行う。更に、加工システムS Y Sは、加工動作を行う前に（或いは、加工動作を終了した後に又は加工動作を行っている最中に）、計測装置2を用いて、回転装置35の回転軸3522に関する回転軸情報を生成するための軸情報生成動作を行う。更に、加工システムS Y Sは、加工動作を行う前に（或いは、加工動作を終了した後に又は加工動作を行っている最中に）、計測装置36を用いて、加工光E Lの状態に関する光状態情報を生成するための光状態情報生成動作を行う。更に、加工システムS Y Sは、加工動作を行う前に（或いは、加工動作を終了した後に又は加

工動作を行っている最中に)、計測装置36を用いて、加工装置1の加工原点P Oと計測装置2の計測原点M Oとに関する原点情報を生成するための原点情報動作を行う。このため、以下では、加工動作と、軸情報生成動作と、光状態情報生成動作と、原点情報生成動作とについて順に説明する。

[0086] 尚、以下では、説明の便宜上、チャック353に保持された円柱形状を有するワークWを加工する場合に行われる加工動作、軸情報生成動作、光状態情報生成動作及び原点情報生成動作について説明する。但し、円柱形状とは異なる形状を有するワークWに対して、加工動作、軸情報生成動作、光状態情報生成動作及び原点情報生成動作が行われてもよい。チャック353に保持されていない(つまり、ステージ32に載置されている)ワークWに対して、加工動作、光状態情報生成動作及び原点情報生成動作が行われてもよい。

[0087] (2-1) 加工動作

はじめに、図8を参照しながら、加工光E Lを用いてワークWの表面の少なくとも一部を加工するための加工動作について説明する。図8は、加工動作の流れを示すフローチャートである。

[0088] 図8に示すように、まず、計測ヘッド21は、チャック353に保持されているワークWを計測する(ステップS11)。この場合、計測ヘッド21は、回転装置35によって回転しているワークWを計測してもよい。つまり、計測ヘッド21は、回転装置35がワークWを回転させている期間の少なくとも一部においてワークWを計測してもよい。或いは、計測ヘッド21は、静止しているワークWを計測してもよい。計測ヘッド21が静止しているワークWを計測する場合には、回転装置35は、計測ヘッド21がワークWの表面のうち計測ショット領域M S Aが設定されている計測対象部分を計測する都度、ワークWの表面のうちの計測ヘッド21が未だ計測していない新たな計測対象部分が計測ショット領域M S Aに含まれるように、ワークWを所定角度だけ回転させてもよい。つまり、加工システムS Y Sは、計測ヘッド21によるワークWの計測と、回転装置35によるワークWの回転とを交

互に行ってもよい。具体的には、計測ヘッド21は、ワークWの表面の第1の計測対象部分に計測ショット領域MSAが設定されている状態で、ワークWの表面の第1の計測対象部分を計測する。その後、回転装置35は、制御装置4の制御下で、ワークWの表面の第1の計測対象部分とは異なる第2の計測対象部分に計測ショット領域MSAが設定されるように、ワークWを所定角度だけ回転させる。その後、計測ヘッド21は、ワークWの表面の第2の計測対象部分に計測ショット領域MSAが設定されている状態で、ワークWの表面の第2の計測対象部分を計測する。以降、同様の動作が繰り返される。その結果、計測ヘッド21は、ワークWの表面を細分化（区画化又はセグメント化）することで得られる複数の計測対象部分を順に計測することができる。この際、回転装置35がワークWを回転させた後に計測ショット領域MSAが設定されている計測対象部分は、回転装置35がワークWを回転させる前に計測ショット領域MSAが設定されていた計測対象部分と、部分的に重複していてもよい。つまり、回転装置35がワークWを回転させた後に計測ヘッド21が計測する予定の計測対象部分は、回転装置35がワークWを回転させる前に計測ヘッド21が既に計測した計測対象部分と、部分的に重複していてもよい。但し、回転装置35がワークWを回転させた後に計測ショット領域MSAが設定されている計測対象部分は、回転装置35がワークWを回転させる前に計測ショット領域MSAが設定されていた計測対象部分と重複していなくてもよい。つまり、回転装置35がワークWを回転させた後に計測ヘッド21が計測する予定の計測対象部分は、回転装置35がワークWを回転させる前に計測ヘッド21が既に計測した計測対象部分と重複していなくてもよい。

[0089] また、計測ヘッド21が静止しているワークWを計測する場合には、ステージ32は、計測ヘッド21がワークWの表面のうち計測ショット領域MSAが設定されている計測対象部分を計測する都度、ワークWの表面のうちの計測ヘッド21が未だ計測していない新たな計測対象部分が計測ショット領域MSAに含まれるように、ワークWを所定移動量だけ移動させてもよい。

このときのワークWの移動方向は、回転装置35の回転軸3522に平行な方向であってもよい。尚、ワークWの移動方向は、回転軸3522と交差する方向であってもよい。このように、加工システムSYSは、計測ヘッド21によるワークWの計測と、ステージ32によるワークWの移動とを交互に行ってもよい。

[0090] その後、制御装置4は、ステップS11における計測ヘッド21によるワークWの計測結果に関するワーク計測情報に基づいて、ワークWの加工条件を設定する（ステップS12）。加工条件は、例えば、加工光ELに関する条件を含んでいてもよい。加工光ELに関する条件は、例えば、加工光ELの強度、加工光ELの照射タイミング及び加工光ELの照射時間の少なくとも一つに関する条件を含んでいてもよい。加工条件は、例えば、加工ヘッド12の移動に関する条件を含んでいてもよい。加工ヘッド21の移動に関する条件は、例えば、加工ヘッド12の移動速度、加工ヘッド12の移動タイミング及び加工ヘッド12の移動量の少なくとも一つに関する条件を含んでいてもよい。加工条件は、例えば、ステージ32の移動に関する条件を含んでいてもよい。ステージ32の移動に関する条件は、例えば、ステージ32の移動速度、ステージ32の移動タイミング及びステージ32の移動量の少なくとも一つに関する条件を含んでいてもよい。加工条件は、例えば、回転装置35によるワークWの回転に関する条件を含んでいてもよい。ワークWの回転に関する条件は、例えば、ワークWの回転速度、ワークWの回転タイミング及びワークWの回転量（つまり、回転角度）の少なくとも一つに関する条件を含んでいてもよい。

[0091] その後、加工システムSYSは、ステップS12で設定された加工条件に従ってワークWを加工する（ステップS13）。つまり、加工ヘッド12は、ステップS12で設定された加工条件に従って加工光ELをワークWに照射し且つ移動する。ステージ32は、ステップS12で設定された加工条件に従って移動する。回転装置35は、ステップS12で設定された加工条件に従ってワークWを回転させる。

[0092] 加工ヘッド12は、回転装置35によって回転しているワークWに加工光ELを照射することで、ワークWを加工してもよい。つまり、加工ヘッド12は、回転装置35がワークWを回転させている期間の少なくとも一部においてワークWに加工光ELを照射することで、ワークWを加工してもよい。或いは、加工ヘッド12は、静止しているワークWに加工光ELを照射することで、ワークWを加工してもよい。加工ヘッド12が静止しているワークWに加工光ELを照射する場合には、回転装置35は、加工ヘッド12がワークWの表面のうち加工ショット領域PSAに含まれている加工対象部分を加工する都度、ワークWの表面のうちの加工ヘッド12が未だ加工していない新たな加工対象部分が加工ショット領域PSAに含まれるように、ワークWを所定角度だけ回転させてもよい。つまり、加工システムSYSは、加工ヘッド12によるワークWの加工（つまり、加工ヘッド12による加工光ELのワークWに対する照射）と、回転装置35によるワークWの回転とを交互に行ってもよい。具体的には、加工ヘッド12は、ワークWの表面の第1の加工対象部分に加工ショット領域PSAが設定されている状態で、ワークWの表面の第1の加工対象部分に加工光ELを照射することで、第1の加工対象部分を加工する。その後、回転装置35は、制御装置4の制御下で、ワークWの表面の第1の加工対象部分とは異なる第2の加工対象部分に加工ショット領域PSAが設定されるように、ワークWを所定角度だけ回転させる。その後、加工ヘッド12は、ワークWの表面の第2の加工対象部分に加工ショット領域PSAが設定されている状態で、ワークWの表面の第2の加工対象部分に加工光ELを照射することで、第2の加工対象部分を加工する。以降、同様の動作が繰り返される。その結果、加工ヘッド12は、ワークWの表面を細分化（区画化、セグメント化）することで得られる複数の加工対象部分を順に加工することができる。また、このとき、制御装置4は、ワークWの表面の第1の加工対象部分とは異なる第2の加工対象部分に加工ショット領域PSAが設定されるように、ワークWを所定移動量だけ移動させてもよい。このときのワークWの移動方向は、典型的には回転装置35の回転

軸 3 5 2 2 に沿った方向であるが、回転軸 3 5 2 2 と交差する方向であってもよい。

[0093] いずれの場合においても、加工システム S Y S は、加工光 E L でワーク W の表面を加工するために、ワーク W を回転装置 3 5 で回転させている（より具体的には、ワーク W を保持するチャック 3 5 3 を回転装置 3 5 で回転させている）。この場合、加工システム S Y S は、加工光 E L でワーク W の表面を旋盤加工しているとみなしてもよい。加工光 E L がレーザ光である場合には、加工システム S Y S は、加工光 E L でワーク W の表面をレーザ旋盤加工しているとみなしてもよい。

[0094] 回転装置 3 5 がワーク W を回転させることで、加工中のワーク W を示す斜視図である図 9 に示すように、加工ヘッド 1 2 は、ワーク W の表面のうち円周方向に沿って広がる帯状の領域 W b を加工することができる。この場合、加工システム S Y S は、帯状の領域 W b を加工する動作を、ワーク W と加工光 E L とを相対移動させながら繰り返してもよい。つまり、加工システム S Y S は、ワーク W と加工光 E L とを相対移動させながら、ワーク W の表面を加工光 E L で加工してもよい。加工システム S Y S は、ワーク W の表面における加工光 E L の照射位置をワーク W の表面に対して移動させながら、ワーク W の表面の帯状領域 W b を加工光 E L で加工してもよい。具体的には、図 9 に示すように、加工システム S Y S は、ワーク W の表面における加工光 E L の照射位置を、回転軸 3 5 2 2 と平行に移動させながら、ワーク W の表面の帯状領域 W b を加工光 E L で加工してもよい。つまり、加工システム S Y S は、回転装置 3 5 を用いてワーク W を回転させることでワーク W の表面の帯状領域 W b を加工光 E L で加工する動作と、回転装置 3 5 によるワーク W の回転を停止した状態でワーク W の表面における加工光 E L の照射位置を回転軸 3 5 2 2 と平行に移動させる動作とを交互に行ってもよい。その結果、加工システム S Y S は、ワーク W の全体（或いは、ワーク W の表面のうち加工光 E L で加工すべき部分）を加工することができる。尚、加工光 E L の照射位置を回転軸 3 5 2 2 と平行に移動させる動作は、加工光 E L の照射位

置を回転軸 3 5 2 2 と文字通り平行にさせる動作のみならず、加工光 E L の照射位置を回転軸 3 5 2 2 と厳密には平行でないものの実質的には平行とみなしても支障がない方向に移動させる動作をも含む。

[0095] 上述したように、加工ヘッド 1 2 は、Z 軸方向に沿って進行する加工光 E L をワーク W に照射している。つまり、加工ヘッド 1 2 は、照射軸 E X が Z 軸に平行になる加工光 E L をワーク W に照射している。この場合、ワーク W に照射される加工光 E L を示す断面図である図 1 0 に示すように、加工ヘッド 1 2 は、回転装置 3 5 の回転軸 3 5 2 2（つまり、ワーク W の中心軸 C S）に交差する方向から、ワーク W に加工光 E L を照射してもよい。つまり、加工ヘッド 1 2 は、照射軸 E X が回転軸 3 5 2 2 に交差する加工光 E L をワーク W に照射してもよい。この場合、加工ヘッド 1 2 がワーク W の上方に配置されているため、加工ヘッド 1 2 は、ワーク W の上面（つまり、加工ヘッド 1 2 側を向いている面）に加工光 E L を照射してもよい。つまり、加工ヘッド 1 2 は、ワーク W の表面のある部分に、当該ある部分の法線 N L に沿った方向から加工光 E L を照射してもよい。

[0096] 或いは、ワーク W に照射される加工光 E L の他の例を示す断面図である図 1 1 に示すように、加工ヘッド 1 2 は、回転装置 3 5 の回転軸 3 5 2 2（つまり、ワーク W の中心軸 C S）に対してねじれ方向から、ワーク W に加工光 E L を照射してもよい。つまり、加工ヘッド 1 2 は、照射軸 E X が回転軸 3 5 2 2 に対してねじれ関係にある加工光 E L をワーク W に照射してもよい。尚、回転軸 3 5 2 2 に対するねじれ方向は、回転軸 3 5 2 2 とねじれの位置にある軸に沿った方向と称してもよい。この場合、加工ヘッド 1 2 は、典型的には、ワーク W の表面のある部分に、当該ある部分の法線 N L に交差する方向から加工光 E L を照射することになる。例えば、加工ヘッド 1 2 は、ワーク W の表面のある部分に、当該ある部分の法線 N L となす角度が 0 度よりも大きくなる照射軸 E X に沿って進行する加工光 E L を照射してもよい。例えば、加工ヘッド 1 2 は、ワーク W の表面のある部分に、当該ある部分の法線 N L となす角度が 3 0 度よりも大きくなる照射軸 E X に沿って進行

する加工光E Lを照射してもよい。例えば、加工ヘッド1 2は、ワークWの表面のある部分に、当該ある部分の法線N Lとなす角度が6 0度よりも大きくなる照射軸E Xに沿って進行する加工光E Lを照射してもよい。例えば、加工ヘッド1 2は、ワークWの表面のある部分に、当該ある部分の法線N Lとなす角度が7 0度よりも大きくなる照射軸E Xに沿って進行する加工光E Lを照射してもよい。例えば、加工ヘッド1 2は、ワークWの表面のある部分に、当該ある部分の法線N Lとなす角度が8 0度よりも大きくなる照射軸E Xに沿って進行する加工光E Lを照射してもよい。例えば、加工ヘッド1 2は、ワークWの表面のある部分に、当該ある部分の法線N Lとなす角度が9 0度となる照射軸E Xに沿って進行する加工光E Lを照射してもよい。尚、図1 1は、加工ヘッド1 2が、ワークWの表面のある部分に、当該ある部分の法線N Lとなす角度が9 0度となる照射軸E Xに沿って進行する加工光E Lを照射する例を示している。

[0097] 回転軸3 5 2 2に対してねじれ方向からワークWに加工光E Lを照射する場合には、加工システムS Y Sは、加工光E Lの照射位置を、回転軸3 5 2 2に交差する方向に沿って変更してもよい。ワークWの形状が円柱形状であるため、回転軸3 5 2 2に交差する方向（つまり、ワークWの中心軸C Sに交差する方向）は、ワークWの径方向に相当する。このため、加工システムS Y Sは、加工光E Lの照射位置を、ワークWの径方向に沿って変更してもよい。尚、回転軸3 5 2 2に交差する方向からワークWに加工光E Lを照射する場合においても、加工システムS Y Sは、加工光E Lの照射位置を、回転軸3 5 2 2に交差する方向に沿って変更してもよい。

[0098] 例えば、図1 1に示すように、加工システムS Y Sは、加工光E Lの照射位置（この場合、照射位置は集光位置を意味していてもよい、以下同じ）を、回転軸3 5 2 2に交差し且つ照射軸E Xに交差するY軸方向に沿って変更してもよい。この場合、加工システムS Y Sは、加工光E Lの照射位置が回転軸3 5 2 2に近づくように、加工光E Lの照射位置をY軸方向に沿って変更してもよい。例えば、加工システムS Y Sは、第1期間における加工光E

Lの照射位置に対して、第1期間よりも後の第2期間における加工光ELの照射位置が回転軸3522に近くなるように、加工光ELの照射位置をY軸方向に沿って変更してもよい。図11に示す例では、加工システムSYSは、加工光ELの照射位置が+Y側に向かって移動するように、加工光ELの照射位置をY軸方向に沿って変更してもよい。

[0099] 例えば、図11に示すように、加工システムSYSは、加工光ELの照射位置を、回転軸3522に交差し且つ照射軸EXに沿ったZ軸方向に沿って変更してもよい。この場合、照射位置の変更に伴い、ワークWの表面に照射される加工光ELのデフォーカス量が変わる。その結果、照射位置の変更に伴い、ワークWの表面に照射される加工光ELのフルエンスが変わる。一例として、ワークWの加工を開始したばかりのタイミングでは、加工システムSYSは、フルエンスが相対的に高い加工光ELがワークWの表面に照射されるように、加工光ELの照射位置を変更してもよい。典型的には、加工光ELの集光位置がワークWの表面に位置している場合にフルエンスが最も高くなるため、加工システムSYSは、加工光ELの集光位置がワークWの表面に位置するように、加工光ELの照射位置を変更してもよい。その結果、1回の加工光ELの照射によるワークWの加工量が相対的に多くなる。このため、加工システムSYSは、ワークWの粗加工を相対的に速く行うことができる。一方で、ワークWの仕上げ加工をするタイミングでは、1回の加工光ELの照射によるワークWの加工量を相対的に少なくすることでワークWの加工量を微細に調整するために、加工システムSYSは、フルエンスが相対的に低い加工光ELがワークWの表面に照射されるように、加工光ELの照射位置を変更してもよい。典型的には、加工システムSYSは、加工光ELの集光位置がワークWの表面から離れるように（つまり、デフォーカスされた加工光ELがワークWの表面に照射されるように）、加工光ELの照射位置を変更してもよい。或いは、加工システムSYSは、フルエンスが相対的に低い加工光ELがワークWの表面に照射されるように、加工光ELの強度を低くしてもよい。

[0100] 上述した図10及び図11は、チャック353がワークWを保持する際にワークWが接触するチャック353の保持面3531（YZ平面に沿った面であり、図5参照）と平行な面に交差するワークWの表面（例えば、円柱形上のワークWの側面）に対して加工ヘッド12が加工光ELを照射する例を示している。つまり、図10及び図11は、回転軸3522に沿って延びるワークWの表面に対して加工ヘッド12が加工光ELを照射する例を示している。一方で、ワークWに照射される加工光ELの他の例を示す斜視図である図12に示すように、回転軸3522に交差するワークWの表面Wsに対して加工ヘッド12が加工光ELを照射してもよい。ここで、加工光ELは、回転軸3522の方向（X方向）と直交する方向からワークWの表面Wsに照射されてもよい。加工光ELは、回転軸3522の方向（X方向）と直交はしないが交差する方向からワークWの表面Wsに照射されてもよい。加工光ELは、回転軸3522の方向とねじれの位置にある方向からワークWの表面Wsに照射されてもよい。また、加工光ELは、回転軸3522の方向からワークWの表面Wsに照射されてもよい。

[0101] ワークWに加工光ELが照射された場合には、加工光ELの照射に起因して発生する光がワークWから射出される可能性がある。加工光ELの照射に起因して発生する光は、例えば、ワークWからの加工光ELの反射光、ワークWからの加工光ELの散乱光及びワークWを介した加工光ELの通過光のうちの少なくとも一つを含んでいてもよい。或いは、ワークWに向かって進行する加工光ELの少なくとも一部が、ワークWに照射されることなくそのままワークWを超えて進行する可能性がある。この場合、ステージ装置3は、加工光ELの照射に起因して発生する光及び加工光ELのうちワークWに照射されなかった光部分（以降、この両者をまとめて、“不要光”と称する）を終端可能なビームダンパ37を備えていてもよい。ビームダンパ37の一例が図13に示されている。図13に示すように、ビームダンパ37は、ワークWの表面における加工光ELの照射位置に関して加工ヘッド12とは反対側に配置される（つまり、設けられる）。図13に示す例では、ビーム

ダンパ37は、ワークWの表面における加工光ELの照射位置よりも-Z側に配置される部分を有する。ビームダンパ37は、不要光が照射される照射面371を備える。このため、照射面371は、不要光の光路上に配置される。照射面371は、不要光を吸収してもよいし、散乱させてもよい。この際、照射面371に照射された不要光が加工ヘッド12に戻る可能性を低くするために、照射面371は、加工光ELの照射軸EXに対して傾斜するように配置されていてもよい。例えば、照射面371は、照射面371と照射軸EXとがなす角度が鋭角になるように配置されてもよい。また、照射面371は平面でなくてもよい。例えば、照射面371は、凸面及び凹面等の少なくとも一つを含む曲面であってもよい。尚、ビームダンパ37の照射面371は、加工光ELの集光位置から離れた位置に設けられていてもよい。ビームダンパ37は、ステージ32上に取り付けられていてもよいし、ステージ32とは異なる部材（例えば、定盤31及び筐体5の少なくとも一方）に取り付けられていてもよい。

[0102] 再び図8において、加工光ELによって加工されたワークWの表面は、計測ヘッド21によって計測される（ステップS14）。この際、計測ヘッド21によるワークWの計測は、加工ヘッド12によるワークWの加工と並行して行われてもよい。具体的には、計測ヘッド21は、加工ヘッド12がワークWの表面の第1部分に加工光ELを照射している期間の少なくとも一部に、加工光ELによって既に加工されたワークWの表面の第2部分を計測してもよい。或いは、計測ヘッド21によるワークWの計測は、加工ヘッド12によるワークWの加工を停止した状態で行われてもよい。

[0103] その後、制御装置4は、ステップS14における計測ヘッド21によるワークWの計測結果に関するワーク計測情報に基づいて、ワークWの加工量が適切であるか否かを判定する（ステップS15）。つまり、制御装置4は、ステップS12で設定された加工条件に基づくワークWの加工量が、予め定めた又は想定していた適切な量であるか否かを判定する。

[0104] ステップS15における判定の結果、ワークWの加工量が適切でないと判

定された場合には（ステップS 1 5 : N o ）、制御装置4は、ステップS 1 4における計測ヘッド2 1によるワークWの計測結果に関するワーク計測情報に基づいて、ワークWの加工量が適切になるように、加工条件を再設定する（ステップS 1 6）。他方で、ステップS 1 5における判定の結果、ワークWの加工量が適切であると判定された場合には（ステップS 1 5 : Y e s ）、制御装置4は、加工条件を再設定しなくてもよい。その後、加工システムS Y Sは、ステップS 1 3からステップS 1 6までの動作を、ワークWの加工が完了するまで繰り返す（ステップS 1 7）。

[0105] このように、本実施形態では、加工システムS Y Sは、ステップS 1 1において、加工前のワークWを事前計測し、ステップS 1 3において、ワークWの事前計測結果に基づいてワークWを加工し、ステップS 1 4において、加工後のワークWを事後計測し、ステップS 1 6において、ワークWの事後計測の結果に基づいて加工条件を再設定する。このため、加工システムS Y Sは、ワークWを適切に加工することができる。特に、加工システムS Y Sは、加工ヘッド1 2及び計測ヘッド2 1の双方を備えているため、ワークWをチャック3 5 3から取り外すことなく、ステップS 1 1からステップS 1 7までの動作を行うことができる。

[0106] （2－2）軸情報生成動作

続いて、計測装置2を用いて、回転装置3 5の回転軸3 5 2 2に関する回転軸情報を生成するための軸情報生成動作について説明する。本実施形態では、加工システムS Y Sは、第1の軸情報生成動作から第3の軸情報生成動作のうちの少なくとも一つを行ってもよい。第1の軸情報生成動作は、回転軸3 5 2 2が延びる方向とステージ3 2の移動方向とのずれに関する組み付け誤差情報を、回転軸情報として生成するための動作である。以下の説明では、回転軸3 5 2 2が延びる方向とステージ3 2の移動方向とのずれを、“組み付け誤差（つまり、ステージ3 2に対する回転装置3 5の組み付け誤差）”と称する。第2の軸情報生成動作は、回転軸3 5 2 2が延びる方向とガルバノミラー1 2 1 4によるワークWの表面における加工光E Lの照射位置

の移動方向（つまり、加工光E Lの走査方向）とのずれに関する走査誤差情報を、回転軸情報として生成するための動作である。以下の説明では、回転軸3 5 2 2が延びる方向とガルバノミラー1 2 1 4による加工光E Lの走査方向とのずれを、“走査誤差”と称する。第3の軸情報生成動作は、回転軸3 5 2 2とチャック3 5 3が保持しているワークWとのずれに関するチャッキング誤差情報を、回転軸情報として生成するための動作である。以下の説明では、回転軸3 5 2 2とチャック3 5 3が保持しているワークWとのずれを、“チャッキング誤差”と称する。以下、第1から第3の軸情報生成動作について順に説明する。

[0107] 尚、回転軸情報は、回転軸3 5 2 2の位置及び姿勢の少なくとも一方（ひいては、回転装置3 5の位置及び姿勢の少なくとも一方）に関する情報であるとみなしてもよい。例えば、組み付け誤差情報は、ステージ3 2の移動方向に対する回転軸3 5 2 2の位置及び姿勢の少なくとも一方（ひいては、回転装置3 5の位置及び姿勢の少なくとも一方）に関する情報であるとみなしてもよい。例えば、走査誤差情報は、加工光E Lの操作方向に対する回転軸3 5 2 2の位置及び姿勢の少なくとも一方（ひいては、回転装置3 5の位置及び姿勢の少なくとも一方）に関する情報であるとみなしてもよい。例えば、チャッキング誤差情報は、ワークWに対する回転軸3 5 2 2の位置及び姿勢の少なくとも一方（ひいては、回転装置3 5の位置及び姿勢の少なくとも一方）に関する情報であるとみなしてもよい。この場合、制御装置4は、ワークWを加工するために、回転軸3 5 2 2の位置及び姿勢の少なくとも一方（ひいては、回転装置3 5の位置及び姿勢の少なくとも一方）に関する情報に基づいて、加工装置1（例えば、加工ヘッド1 2）及びステージ装置3（例えば、回転装置3 5）の少なくとも一方を制御しているとみなしてもよい。

[0108] （2－2－1）第1の軸情報生成動作（組み付け誤差）

はじめに、回転軸3 5 2 2が延びる方向とステージ3 2の移動方向とのずれである組み付け誤差に関する組み付け誤差情報を生成するための第1の軸

情報生成動作について説明する。理想的には、回転軸 3 5 2 2 が延びる方向は、ステージ 3 2 の移動方向と平行になる（或いは、一致する）。例えば、本実施形態では、回転軸 3 5 2 2 が X 軸方向に沿って延びる軸であるため、回転軸 3 5 2 2 が延びる方向は、ステージ 3 2 の位置を制御するために用いられるステージ座標系における X 軸と平行になる（或いは、一致する）。しかしながら、実際には、回転装置 3 5 をステージ 3 2 に配置するときの組み付け精度又はチャック 3 5 3 を回転シャフト 3 5 2 に取り付けるときの組み付け精度に起因して、回転軸 3 5 2 2 が延びる方向がステージ 3 2 の移動方向と平行にならない（或いは、一致しない）可能性がある。また、ステージ 3 2 の移動精度に起因して、回転軸 3 5 2 2 が延びる方向がステージ 3 2 の移動方向と平行にならない（或いは、一致しない）可能性がある。そこで、加工システム S Y S は、第 1 の軸情報生成動作を行うことで、このような回転軸 3 5 2 2 が延びる方向とステージ 3 2 の移動方向とのずれ（つまり、組み付け誤差）に関する組み付け誤差情報を生成する。以下、図 1 4 を参照しながら、第 1 の軸情報生成動作について説明する。図 1 4 は、第 1 の軸情報生成動作の流れを示すフローチャートである。

[0109] 図 1 4 に示すように、第 1 の軸情報生成動作を行うためのテスト用のワーク（以降、“テストワーク W_t ” と称する）がチャック 3 5 3 によって保持される（ステップ S 2 1）。このとき、テストワーク W_t は、テストワーク W_t の中心軸 $C S_t$ が回転軸 3 5 2 2 と一致するように、チャック 3 5 3 によって保持される。尚、テストワーク W_t として、真円度及び真直度が既知であるワークを用いることができる。

[0110] テストワーク W_t は、例えば、計測装置 2 によるテストワーク W_t の計測結果からテストワーク W_t の中心軸 $C S_t$ を算出できる形状を有するワークである。このようなテストワーク W_t の一例として、円柱形状を有するテストワーク W_t があげられる。図 1 5 に円柱形状を有するテストワーク W_t の計測装置 2 による計測結果の一例であるテストワーク W_t の高さ像を示す。図 1 5 並びに後述する図 1 7（b）、図 1 7（d）、図 1 9、図 2 1（b）

、及び図 2 1 (d) の高さ像においては、濃淡が高さ情報を表しており、色の薄い部分はその部分の高さが高いこと (+Z 軸側) を表しており、色の薄い部分はその部分の高さが低いこと (+Z 軸側) を表している。図 1 5 に示すように、テストワーク W_t の高さ像は、中心軸 $C S_t$ に沿った部分が、中心軸 $C S_t$ に沿った部分以外の他の部分よりも高くなるようにテストワーク W_t が写り込んだ像となる。テストワーク W_t の形状が理想的な円柱形状であるため、制御装置 4 は、計測装置 2 によるテストワーク W_t の計測結果から、テストワーク W_t の中心軸 $C S_t$ を算出することができる。算出した中心軸 $C S_t$ は、回転軸 3 5 2 2 として利用可能である。なぜならば、上述したように、テストワーク W_t は、テストワーク W_t の中心軸 $C S_t$ が回転軸 3 5 2 2 と一致するように、チャック 3 5 3 によって保持されるからである。尚、加工対象となるワーク W がテストワーク W_t として利用可能である場合には、ステップ S 2 1 において、テストワーク W_t に代えてワーク W がチャック 3 5 3 によって保持されてもよい。

[0111] その後、加工システム $S Y S$ は、計測装置 2 を用いてテストワーク W_t の一部を計測する動作 (ステップ S 2 2) と、ステージ 3 2 を移動させる動作 (ステップ S 2 4) とを、テストワーク W_t の一部を計測する動作が必要回数行われるまで繰り返す。具体的には、例えば、テストワーク W_t を示す上面図である図 1 6 に示すように、計測装置 2 は、テストワーク W_t の表面の第 1 の計測対象部分 $W_t 1 1$ に計測ショット領域 $M S A$ を設定し、第 1 の計測対象部分 $W_t 1 1$ を計測する。その後、加工システム $S Y S$ は、一方向に沿ってステージ 3 2 を移動させる。例えば、加工システム $S Y S$ は、回転軸 3 5 2 2 が本来延びるべき方向に平行な一方向に沿ってステージ 3 2 を移動させる。例えば、回転軸 3 5 2 2 が本来 X 軸方向に沿って延びるべきである場合には、加工システム $S Y S$ は、ステージ座標系の X 軸方向に沿ってステージ 3 2 を移動させる。ステージ 3 2 の移動に伴って、計測ショット領域 $M S A$ がテストワーク W_t の表面上を移動する。この際、加工システム $S Y S$ は、テストワーク W_t の表面上で第 1 の計測対象部分 $W_t 1 1$ に隣接す

る第2の計測対象部分 $W_t 12$ に計測ショット領域 MSA が設定されるように、ステージ32を移動させる。その後、計測装置2は、第2の計測対象部分 $W_t 12$ を計測する。以降、同様の動作が、テストワーク W_t の一部を計測する動作が必要回数行われるまで繰り返される（ステップS23）。

[0112] その後、制御装置4は、ステップS22におけるテストワーク W_t の計測結果に基づいて、組み付け誤差情報を生成する（ステップS25）。ここで、図17（a）から図17（d）を参照しながら、組み付け誤差情報を生成する動作について説明する。

[0113] 図17（a）は、回転軸3522が延びる方向（つまり、中心軸 CS_t が延びる方向）とステージ32の移動方向とが平行になる（或いは、一致する）理想的なテストワーク W_t を示している。このテストワーク W_t の計測結果に相当する高さ像は、図17（b）に示されている。この高さ像は、テストワーク W_t の複数回の計測結果に相当する複数の像を、計測ショット領域 MSA の移動方向に沿ってつなげることで生成される像に相当する。図17（b）に示すように、制御装置4は、高さ像に写り込んだテストワーク W_t に基づいて、回転軸3522（中心軸 CS_t ）を算出することができる。つまり、制御装置4は、回転軸3522に関する情報を取得することができる。更に、計測ショット領域 MSA がステージ32の移動に伴って移動しているがゆえに、テストワーク W_t の高さ像は、ステージ32の移動方向に沿って延びる像となる。従って、制御装置4は、高さ像そのものに基づいて、ステージ32の移動方向を算出することができる。具体的には、制御装置4は、テストワーク W_t の複数回の計測結果に相当する複数の像をつないだ方向（例えば、高さ像の長手方向）を、ステージ32の移動方向として算出してもよい。図17（b）に示す例では、回転軸3522が延びる方向とステージ32の移動方向とが平行になる（或いは、一致する）ため、制御装置4が算出した回転軸3522が延びる方向と制御装置4が算出したステージ32の移動方向とが平行になる（或いは、一致する）。

[0114] 一方で、図17（c）は、回転軸3522が延びる方向（つまり、中心軸

C S t が延びる方向) とステージ 3 2 の移動方向とが平行にならない (或いは、一致しない) テストワーク W t を示している。このテストワーク W t の計測結果に相当する高さ像は、図 1 7 (d) に示されている。図 1 7 (d) に示すように、この場合には、制御装置 4 が算出した回転軸 3 5 2 2 が延びる方向と制御装置 4 が算出したステージ 3 2 の移動方向とが平行にならない (或いは、一致しない) 。

[0115] このため、制御装置 4 は、回転軸 3 5 2 2 が延びる方向とステージ 3 2 の移動方向との関係 (特に、ずれ) を算出することができる。その結果、制御装置 4 は、回転軸 3 5 2 2 が延びる方向とステージ 3 2 の移動方向とのずれに関する組み付け誤差情報を生成することができる。

[0116] 尚、上述した図 1 7 の例では、制御装置 4 は、テストワーク W t の計測結果に相当する高さ像を用いて、回転軸 3 5 2 2 (中心軸 C S t) を算出している。しかしながら、制御装置 4 は、それに加えて又は代えて、テストワーク W t の輪郭を用いて回転軸 3 5 2 2 (中心軸 C S t) を算出してもよい。この場合、制御装置 4 は、テストワーク W t の輪郭のうち X 軸方向に延びる二辺の中線を、回転軸 3 5 2 2 (中心軸 C S t) として算出してもよい。このとき、後述するように、加工システム S Y S は、テストワーク W t の一部を計測する動作と、回転軸 3 5 2 2 が本来延びるべき方向に交差する他の方向 (例えば、Y 軸方向) に沿ってステージ 3 2 を移動させる動作とを繰り返してもよい。

[0117] また、組み付け誤差情報は、チャック 3 5 3 の回転シャフト 3 5 2 に対する組付け誤差に関する情報も含んでいる。この場合、加工システム S Y S は、上述した図 1 4 の手順を実施した後に、所定角度 (例えば 6 0 度) だけ回転装置 3 5 を回転させ、図 1 4 の手順を実施してもよい。制御装置 4 は、このような手順を所定回数繰り返し (例えば 6 回繰り返し、この場合回転シャフト 3 5 2 の回転角度が 0 度、6 0 度、1 2 0 度、1 8 0 度、2 4 0 度、3 0 0 度になるごとに図 1 4 の手順を行う) 、所定回数行われた図 1 4 の手順の結果を平均化することで、組み付け誤差による中心軸 C S t のずれを算出

してもよい。尚、このようテストワークW_tを回転させて計測することを複数回繰り返すことにより、テストワークW_tの自重たわみによる影響を組み付け誤差と切り分けることができる。

[0118] 生成された組み付け誤差情報は、上述した加工動作を行うために制御装置4によって参照されてもよい。つまり、組み付け誤差情報は、加工光E_LをワークWに照射することでワークWを加工する加工期間中に、制御装置4によって参照されてもよい。具体的には、制御装置4は、組み付け誤差情報に基づいて、回転軸3522が延びる方向とステージ32の移動方向とのずれが生じている場合であっても、回転軸3522が延びる方向とステージ32の移動方向とのずれが生じていない場合と同様にワークWを加工することができるように、加工システムS_YSを制御してもよい。例えば、制御装置4は、組み付け誤差情報に基づいて、回転軸3522が延びる方向とステージ32の移動方向とのずれが生じている場合であっても、回転軸3522が延びる方向とステージ32の移動方向とのずれが生じていない場合と同様に加工光E_Lの照射位置がワークWの表面上を移動するように、加工ヘッド12（特に、ガルバノミラー1214）及びステージ32の少なくとも一方を制御してもよい。典型的には、制御装置4は、組み付け誤差情報に基づいて、ワークWの表面における加工光E_Lの照射位置が、回転軸3522が延びる方向に沿って移動するように、加工ヘッド12（特に、ガルバノミラー1214）及びステージ32の少なくとも一方を制御してもよい。その結果、組み付け誤差情報を用いない場合と比較して、加工システムS_YSは、ワークWをより高精度に加工することができる。尚、加工光E_LをワークWに照射することでワークWを加工する加工期間中に制御装置4が組み付け誤差情報を参照するために、第1の軸情報生成動作は加工動作よりも先に行われていてもよい。

[0119] 組み付け誤差情報に基づいて制御装置4が加工ヘッド12（特に、ガルバノミラー1214）及びステージ32の少なくとも一方を制御することに加えて又は代えて、組み付け誤差情報に基づいて、回転装置35がステージ3

2に組付け直されてもよい。典型的には、回転軸3522が延びる方向とステージ32の移動方向とが平行になる（或いは、一致する）ように、回転装置35がステージ32に組付け直されてもよい。この場合、回転軸3522が延びる方向とステージ32の移動方向とのずれがなくなるため、加工システムSYSは、ワークWをより高精度に加工することができる。

[0120] 尚、上述した説明では、組み付け誤差情報を生成するために、加工システムSYSは、テストワークWtの一部を計測する動作と、回転軸3522が本来延びるべき方向に平行な一方向（上述の例では、X軸方向）に沿ってステージ32を移動させる動作とを繰り返している。しかしながら、加工システムSYSは、テストワークWtの一部を計測する動作と、回転軸3522が本来延びるべき方向に交差する他の方向（例えば、Y軸方向）に沿ってステージ32を移動させる動作とを繰り返してもよい。この場合も、制御装置4は、回転軸3522が延びる方向とステージ32の移動方向とのずれに関する組み付け誤差情報を生成することができる。

[0121] また、上述した説明では、テストワークWtは、テストワークWtの中心軸CS_tが回転軸3522と一致するように、チャック353によって保持される。しかしながら、現実的には、テストワークWtの中心軸CS_tが回転軸3522と常に一致するようにチャック353がテストワークWtを保持できない可能性がある。そこで、図14に示す第1の軸情報生成動作が終了する都度、チャック353がテストワークWtを保持し直してもよい。つまり、図14に示す第1の軸情報生成動作が終了する都度、チャック353からテストワークWtが取り外され、その後、テストワークWtがチャック353に再度保持されてもよい。チャック353がテストワークWtを保持し直した後に、加工システムSYSは、図14に示す第1の軸情報生成動作を再度行ってもよい。その結果、複数回行われる第1の軸情報生成動作により、複数の組み付け誤差が算出される。制御装置4は、このように算出される複数の組み付け誤差に基づいて組み付け誤差情報を生成してもよい。例えば、制御装置4は、複数の組み付け誤差の平均値に関する組み付け誤差情報

を生成してもよい。その結果、テストワーク W_t の中心軸 C_{St} が回転軸 3522 と一致しないことで生ずる影響が低減される。

[0122] また、回転軸 3522 が延びる方向とステージ 32 の移動方向とのずれは、回転軸 3522 とステージ 32 の走り面とのずれと等価であるとみなしてもよい。このため、組み付け誤差は、ステージ走り誤差と称されてもよい。このように組み付け誤差がステージ走り誤差と等価であるとみなしてもよいことを考慮すれば、加工システム SYS は、図14に示す動作に加えて又は代えて、図18に示す動作を行うことで、組み付け誤差情報（つまり、ステージ走り誤差に関するステージ走り誤差情報）を生成してもよい。

[0123] 具体的には、図18に示すように、テストワーク W_t がチャック 353 によって保持される（ステップ $S31$ ）尚、加工対象となるワーク W がテストワーク W_t として利用可能である場合には、ステップ $S31$ において、テストワーク W_t に代えてワーク W がチャック 353 によって保持されてもよい。

[0124] その後、加工システム SYS は、テストワーク W_t の表面の複数部分を加工する。具体的には、まず、加工システム SYS は、テストワーク W_t の表面の第1の加工対象部分に加工ショット領域 PSA を設定し、第1の加工対象部分の少なくとも一部を加工する（ステップ $S32$ ）。その後、加工システム SYS は、一方向に沿ってステージ 32 を移動させる。例えば、加工システム SYS は、回転軸 3522 が本来延びるべき方向に平行な一方向に沿ってステージ 32 を移動させる（ステップ $S33$ ）。例えば、回転軸 3522 が本来 X 軸方向に沿って延びるべき場合には、加工システム SYS は、ステージ座標系の X 軸方向に沿ってステージ 32 を移動させる。ステージ 32 の移動に伴って、加工ショット領域 PSA がテストワーク W_t の表面上を移動する。この際、加工システム SYS は、テストワーク W_t の表面上で第1の加工対象部分とは異なる第2の加工対象部分に加工ショット領域 PSA が設定されるように、ステージ 32 を移動させる。その後、加工システム SYS は、第2の加工対象部分の少なくとも一部を加工する（ステップ $S3$

4)。この際、第2の加工対象部分の少なくとも一部を加工するときの加工ショット領域P S A内での加工光E Lの照射位置は、第1の加工対象部分の少なくとも一部を加工するときの加工ショット領域P S A内での加工光E Lの照射位置と同じである。このため、第2の加工対象部分における加工跡は、第1の加工対象部分における加工跡から、ステップS 3 3におけるステージ3 2の移動方向に沿って、ステップS 3 3におけるステージ3 2の移動量だけ離れた位置に存在する。尚、図1 8は、テストワークW tの表面の二つの部分が加工される例を示しているが、テストワークW tの表面の三つ以上の部分が加工されてもよい。

[0125] その後、計測装置2は、テストワークW tの表面（特に、ステップS 3 2及びS 3 4において加工された部分であり、加工跡）を計測する（ステップS 3 5）。

[0126] その後、制御装置4は、ステップS 3 5におけるテストワークW tの計測結果に基づいて、組み付け誤差情報を生成する（ステップS 3 6）。ここで、図1 9（a）から図1 9（b）を参照しながら、組み付け誤差情報を生成する動作について説明する。

[0127] 図1 9（a）は、回転軸3 5 2 2が延びる方向とステージ3 2の移動方向とが平行になる（或いは、一致する）理想的なテストワークW tの計測結果に相当する高さ像を示す。図1 9（a）に示すように、制御装置4は、高さ像に写り込んだテストワークW tに基づいて、回転軸3 5 2 2を算出することができる。更に、上述したように、複数の加工跡は、ステージ3 2の移動方向に沿って離れている。このため、制御装置4は、高さ像に写り込んでいる複数の加工跡の相対的な位置関係に基づいて、ステージ3 2の移動方向を算出することができる。具体的には、制御装置4は、複数の加工跡を結ぶ線に沿った方向を、ステージ3 2の移動方向として算出してもよい。図1 9（a）に示す例では、回転軸3 5 2 2が延びる方向とステージ3 2の移動方向とが平行になる（或いは、一致する）ため、制御装置4が算出した回転軸3 5 2 2が延びる方向と制御装置4が算出したステージ3 2の移動方向とが平

行になる（或いは、一致する）。

[0128] 一方で、図19（b）は、回転軸3522が延びる方向とステージ32の移動方向とが平行にならない（或いは、一致しない）テストワークWtの計測結果に相当する高さ像を示す。図19（b）に示すように、この場合には、制御装置4が算出した回転軸3522が延びる方向と制御装置4が算出したステージ32の移動方向とが平行にならない（或いは、一致しない）。

[0129] このため、制御装置4は、回転軸3522が延びる方向とステージ32の移動方向との関係（特に、ずれ）を算出することができる。その結果、制御装置4は、回転軸3522が延びる方向とステージ32の移動方向とのずれに関する組み付け誤差情報を生成することができる。

[0130] （2-2-2）第2の軸情報生成動作（走査誤差）

続いて、回転軸3522が延びる方向とガルバノミラー1214による加工光ELの走査方向とのずれである走査誤差に関する走査誤差情報を生成するための第2の軸情報生成動作について説明する。理想的には、回転軸3522が延びる方向は、加工光ELの走査方向と平行になる（或いは、一致する）。例えば、本実施形態では、回転軸3522がX軸方向に沿って延びる軸であるため、回転軸3522が延びる方向は、ガルバノミラー1214が備えるX走査ミラー1214Xによる加工光ELの走査方向と平行になる（或いは、一致する）。しかしながら、実際には、回転装置35をステージ32に配置するときの組み付け精度又はチャック353を回転シャフト352に取り付けるときの組み付け精度に起因して、回転軸3522が延びる方向がガルバノミラー1214による加工光ELの走査方向と平行にならない（或いは、一致しない）可能性がある。また、ガルバノミラー1214の組み付け誤差或いは走査精度に起因して、回転軸3522が延びる方向が加工光ELの走査方向と平行にならない（或いは、一致しない）可能性がある。そこで、加工システムSYSは、第2の軸情報生成動作を行うことで、このような回転軸3522が延びる方向と加工光ELの走査方向とのずれ（つまり、走査誤差）に関する走査誤差情報を生成する。尚、回転軸3522が延び

る方向がガルバノミラー 1 2 1 4 による加工光 E L の走査方向と平行である場合には、第 2 の軸情報生成動作を省略してもよい。以下、図 2 0 を参照しながら、第 2 の軸情報生成動作について説明する。図 2 0 は、第 2 の軸情報生成動作の流れを示すフローチャートである。

[0131] 図 2 0 に示すように、第 2 の軸情報生成動作を行うためのテストワーク W t がチャック 3 5 3 によって保持される（ステップ S 4 1）。このとき、テストワーク W t は、テストワーク W t の中心軸 C S t が回転軸 3 5 2 2 と一致するように、チャック 3 5 3 によって保持される。尚、第 2 の軸情報生成動作を行うためのテストワーク W t は、第 1 の軸情報生成動作を行うためのテストワーク W t と同一であってもよい。加工対象となるワーク W がテストワーク W t として利用可能である場合には、ステップ S 4 1 において、テストワーク W t に代えてワーク W がチャック 3 5 3 によって保持されてもよい。

[0132] その後、加工システム S Y S は、ガルバノミラー 1 2 1 4 を用いて加工光 E L を偏向することで、テストワーク W t の表面に直線状の溝 G V（図 2 1（a）等参照）を形成する（ステップ S 4 2）。具体的には、例えば、加工システム S Y S は、回転軸 3 5 2 2 が本来延びるべき方向に平行な一方向に沿って加工光 E L の照射位置がテストワーク W t の表面上で移動するようにガルバノミラー 1 2 1 4 を制御することで、テストワーク W t の表面に一方向に沿って延びる直線状の溝 G V を形成する。例えば、回転軸 3 5 2 2 が本来 X 軸方向に沿って延びるべき場合には、加工システム S Y S は、X 走査ミラー 1 2 1 4 X を制御することで、テストワーク W t の表面に X 軸方向に沿って延びる直線状の溝 G V を形成する。溝 G V を形成するためにテストワーク W t に加工光 E L が照射されている期間中は、加工ヘッド 1 2 及びステージ 3 2 は移動しない。

[0133] その後、計測装置 2 は、テストワーク W t の表面（特に、ステップ S 4 2 において直線状の溝 G V が形成された部分であり、加工跡）を計測する（ステップ S 4 3）。

[0134] その後、制御装置4は、ステップS42におけるテストワーク W_t の計測結果に基づいて、走査誤差情報を生成する（ステップS44）。ここで、図21（a）から図21（d）を参照しながら、走査誤差情報を生成する動作について説明する。

[0135] 図21（a）は、回転軸3522が延びる方向（つまり、中心軸 CSt が延びる方向）と加工光 EL の走査方向とが平行になる（或いは、一致する）理想的なテストワーク W_t を示している。このテストワーク W_t の計測結果に相当する高さ像は、図21（b）に示されている。図21（b）に示すように、制御装置4は、高さ像に写り込んだテストワーク W_t に基づいて、回転軸3522（中心軸 CSt ）を算出することができる。更に、制御装置4は、高さ像に写り込んだ溝 GV が延びる方向に基づいて、加工光 EL の走査方向を算出することができる。なぜならば、溝 GV は、加工光 EL の走査方向に沿って延びるがゆえに、溝 GV が延びる方向は、加工光 EL の走査方向と同じになるからである。図21（b）に示す例では、回転軸3522が延びる方向と加工光 EL の走査方向とが平行になる（或いは、一致する）ため、制御装置4が算出した回転軸3522が延びる方向と制御装置4が算出した加工光 EL の走査方向とが平行になる（或いは、一致する）。

[0136] 一方で、図21（c）は、回転軸3522が延びる方向と加工光 EL の走査方向とが平行にならない（或いは、一致しない）テストワーク W_t を示している。このテストワーク W_t の計測結果に相当する高さ像は、図21（d）に示されている。図21（d）に示すように、この場合には、制御装置4が算出した回転軸3522が延びる方向と制御装置4が算出した加工光 EL の走査方向とが平行にならない（或いは、一致しない）。

[0137] このため、制御装置4は、回転軸3522が延びる方向と加工光 EL の走査方向との関係（特に、ずれ）を算出することができる。その結果、制御装置4は、回転軸3522が延びる方向と加工光 EL の走査方向とのずれに関する走査誤差情報を生成することができる。

[0138] 尚、上述した図21の例では、制御装置4は、テストワーク W_t の計測結

果に相当する高さ像を用いて、回転軸 3 5 2 2（中心軸 C S t）を算出している。しかしながら、制御装置 4 は、それに加えて／或いは代えて、テストワーク W t の輪郭を用いて回転軸 3 5 2 2（中心軸 C S t）を算出してもよい。この場合、制御装置 4 は、テストワーク W t の輪郭のうち X 軸方向に延びる二辺の中線を、回転軸 3 5 2 2（中心軸 C S t）として算出してもよい。このとき、後述するように、加工システム S Y S は、テストワーク W t の一部を計測する動作と、回転軸 3 5 2 2 が本来延びるべき方向に交差する他の方向（例えば、Y 軸方向）に沿ってステージ 3 2 を移動させる動作とを繰り返してもよい。

[0139] また、加工システム S Y S は、上述した図 2 0 の手順を実施した後に、所定角度（例えば 6 0 度）だけ回転装置 3 5 を回転させ、図 2 0 の手順を実施してもよい。制御装置 4 は、このような手順を所定回数繰り返し（例えば 6 回繰り返し、この場合回転シャフト 3 5 2 の回転角度が 0 度、6 0 度、1 2 0 度、1 8 0 度、2 4 0 度、3 0 0 度になるごとに図 2 0 の手順を行う）、所定回数行われた図 2 0 の手順の結果を平均化することで、走査誤差情報を算出してもよい。

[0140] 尚、加工システム S Y S は、上述した図 2 0 の手順を実施した後に、チャック 3 5 3 からテストワーク W t を取り外して、再度チャック 3 5 3 によって保持させてから、図 2 0 の手順を実施してもよい。

[0141] 生成された走査誤差情報は、上述した加工動作を行うために制御装置 4 によって参照されてもよい。つまり、走査誤差情報は、加工光 E L をワーク W に照射することでワーク W を加工する加工期間中に、制御装置 4 によって参照されてもよい。具体的には、制御装置 4 は、走査誤差情報に基づいて、回転軸 3 5 2 2 が延びる方向と加工光 E L の走査方向とのずれが生じている場合であっても、回転軸 3 5 2 2 が延びる方向と加工光 E L の走査方向とのずれが生じていない場合と同様にワーク W を加工することができるよう、加工システム S Y S を制御してもよい。例えば、制御装置 4 は、走査誤差情報に基づいて、回転軸 3 5 2 2 が延びる方向と加工光 E L の走査方向とのずれ

が生じている場合であっても、回転軸 3 5 2 2 が延びる方向と加工光 E L の走査方向とのずれが生じていない場合と同様に加工光 E L の照射位置がワーク W の表面上を移動するように、加工ヘッド 1 2（特に、ガルバノミラー 1 2 1 4）及びステージ 3 2 の少なくとも一方を制御してもよい。典型的には、制御装置 4 は、走査誤差情報に基づいて、ワーク W の表面における加工光 E L の照射位置が、回転軸 3 5 2 2 が延びる方向に沿って移動するように、加工ヘッド 1 2（特に、ガルバノミラー 1 2 1 4）及びステージ 3 2 の少なくとも一方を制御してもよい。尚、加工中にステージ 3 2 が移動しないような場合には、制御装置 4 は、加工ヘッド 1 2（特に、ガルバノミラー 1 2 1 4）を制御してもよい。その結果、走査誤差情報を用いない場合と比較して、加工システム S Y S は、ワーク W をより高精度に加工することができる。尚、加工光 E L をワーク W に照射することでワーク W を加工する加工期間中に制御装置 4 が走査誤差情報を参照するために、第 2 の軸情報生成動作は加工動作よりも先に行われていてもよい。

[0142] 尚、上述した説明では、走査誤差情報を生成するために、加工システム S Y S は、回転軸 3 5 2 2 が本来延びるべき方向に平行な一方向に沿って加工光 E L の照射位置が移動するようにガルバノミラー 1 2 1 4 を制御している。しかしながら、加工システム S Y S は、回転軸 3 5 2 2 が本来延びるべき方向に交差する他の方向に沿って加工光 E L の照射位置が移動するように、ガルバノミラー 1 2 1 4 を制御してもよい。例えば、加工システム S Y S は、Y 走査ミラー 1 2 1 4 Y を制御することで、テストワーク W t の表面に Y 軸方向に沿って延びる直線状の溝 G V を形成してもよい。この場合も、制御装置 4 は、回転軸 3 5 2 2 が延びる方向と加工光 E L の走査方向とのずれに関する走査誤差情報を生成することができる。

[0143] また、上述した説明では、テストワーク W t は、テストワーク W t の中心軸 C S t が回転軸 3 5 2 2 と一致するように、チャック 3 5 3 によって保持される。しかしながら、現実的には、テストワーク W t の中心軸 C S t が回転軸 3 5 2 2 と常に一致するようにチャック 3 5 3 がテストワーク W t を保

持できない可能性があることは上述したとおりである。そこで、図20に示す第2の軸情報生成動作が終了する都度、チャック353がテストワークWtを保持し直してもよい。つまり、図20に示す第2の軸情報生成動作が終了する都度、チャック353からテストワークWtが取り外され、その後、テストワークWtがチャック353に再度保持されてもよい。チャック353がテストワークWtを保持し直した後に、加工システムSYSは、図20に示す第2の軸情報生成動作を再度行ってもよい。その結果、複数回行われる第2の軸情報生成動作により、複数の走査誤差が算出される。制御装置4は、このように算出される複数の走査誤差に基づいて走査誤差情報を生成してもよい。例えば、制御装置4は、複数の走査誤差の平均値に関する走査誤差情報を生成してもよい。その結果、テストワークWtの中心軸CSが回転軸352と一致しないことで生ずる影響が低減される。

[0144] (2-2-3) 第3の軸情報生成動作（チャッキング誤差）

続いて、回転軸352とチャック353が保持しているワークWとのずれであるチャッキング誤差に関するチャッキング誤差情報を生成する第3の軸情報生成動作について説明する。理想的には、チャック353は、回転軸352がワークWの中心軸CSと一致するようにワークWを保持する。しかしながら、チャック353に対するワークWの取り付け精度等に起因して、チャック353は、回転軸352が中心軸CSと一致するようにワークWを保持することができない可能性がある。例えば、チャッキング誤差が生じているワークWを示す上面図である図22(a)に示すように、チャック353は、回転軸352が中心軸CSと平行であるものの一致しないというチャッキング誤差が生じている状態でワークWを保持する可能性がある。例えば、チャッキング誤差が生じているワークWを示す上面図である図22(b)に示すように、チャック353は、回転軸352が中心軸CSと平行でないというチャッキング誤差が生じている状態でワークWを保持する可能性がある。尚、説明の便宜上、回転軸352が中心軸CSと平行であるものの一致しないというチャッキング誤差を、“偏心誤差”と称する。偏心

誤差は、回転軸 3 5 2 2 と中心軸 C S との位置関係に関する誤差であるとみなしてもよい。また、回転軸 3 5 2 2 が中心軸 C S と平行でないというチャッキング誤差を、“偏角誤差”と称する。偏角誤差は、回転軸 3 5 2 2 と中心軸 C S との角度関係に関する誤差であるとみなしてもよい。このため、加工システム S Y S は、第 3 の軸情報生成動作を行うことで、偏心誤差に関する偏心誤差情報を、チャッキング誤差情報として生成してもよい。加工システム S Y S は、第 3 の軸情報生成動作を行うことで、偏角誤差に関する偏角誤差情報を、チャッキング誤差情報として生成してもよい。以降、偏心誤差情報を生成するための動作と、偏角誤差情報を生成するための動作とについて順に説明する。

[0145] (2-2-3-1) 偏心誤差情報を生成する動作

初めに、図 2 3 を参照しながら、偏心誤差情報を生成するための動作について説明する。図 2 3 は、偏心誤差情報を生成するための動作の流れを示すフローチャートである。

[0146] 図 2 3 に示すように、ワーク W がチャック 3 5 3 によって保持される（ステップ S 5 1）。その後、加工システム S Y S は、計測装置 2 を用いてワーク W の少なくとも一部を計測する動作（ステップ S 5 2）と、回転装置 3 5 を用いてワーク W を所定角度だけ回転させる動作（ステップ S 5 4）とを、ワーク W が所定角度よりも大きい必要角度だけ回転するまで繰り返す。例えば、必要角度は、例えば、少なくとも 3 6 0 度であってもよい。つまり、加工システム S Y S は、計測装置 2 を用いてワーク W の少なくとも一部を計測する動作（ステップ S 5 2）と、回転装置 3 5 を用いてワーク W を回転させる動作（ステップ S 5 4）とを、ワーク W が少なくとも 1 回転するまで繰り返す。ここで、必要角度は、3 6 0 度以上であってもよいし、3 6 0 度未満であってもよい。尚、ステップ S 5 2 からステップ S 5 4 までの動作が行われている期間中は、加工ヘッド 1 2 は移動しなくてもよい。

[0147] その後、制御装置 4 は、ステップ S 5 2 におけるワーク W の計測結果に基づいて、偏心誤差情報を生成する（ステップ S 5 5）。ここで、図 2 4 から

図 2 9 を参照しながら、偏心誤差情報を生成する動作について説明する。

[0148] 図 2 4 は、中心軸 C S が回転軸 3 5 2 2 と一致する理想的なワーク W が回転する様子を示す断面図である。図 2 4 に示すように、中心軸 C S が回転軸 3 5 2 2 と一致する場合には、回転装置 3 5 によってワーク W が回転したとしても、ワーク W の表面のうち回転軸 3 5 2 2 に交差する一方向における端に位置する端点（端部分）の一方向における位置が変動することはない。以下では、説明の便宜上、端点として、ワーク W の表面のうち回転軸 3 5 2 2 に交差する Z 軸方向における端に位置する端点 P Z を用いて説明を進める。この場合、図 2 4 に示すワーク W の端点 P Z の Z 軸方向における位置とワーク W の回転角度 θ との関係を示すグラフである図 2 5 に示すように、回転装置 3 5 によってワーク W が回転したとしても、端点 P Z の Z 軸方向における位置（つまり、高さ）が変動することはない。つまり、端点 P Z の Z 軸方向における位置（つまり、高さ）は、回転角度 θ に関係なく一定の値となる。

[0149] 一方で、図 2 6 は、中心軸 C S が回転軸 3 5 2 2 と平行であるものの一致しないワーク W が回転する様子を示す断面図である。図 2 6 に示すように、中心軸 C S が回転軸 3 5 2 2 と一致しない場合には、回転装置 3 5 によってワーク W が回転すると、ワーク W の表面のうち回転軸 3 5 2 2 に交差する一方向における端部を構成する端点の一方向における位置が、ワーク W の回転に合わせて変動する。具体的には、図 2 6 に示すワーク W の端点 P Z の Z 軸方向における位置とワーク W の回転角度 θ との関係を示すグラフである図 2 7 に示すように、回転装置 3 5 によってワーク W が回転すると、端点 P Z の Z 軸方向における位置（つまり、高さ）は、ワーク W の回転に合わせて正弦波状に変動する。つまり、端点 P Z の Z 軸方向における位置は、回転角度 θ に応じて正弦波状に変化する値となる。このとき、端点 P Z の Z 軸方向における位置の変動量（つまり、端点 P Z の Z 軸方向における位置の最大値と最小値との差分）は、中心軸 C S と回転軸 3 5 2 2 との間の距離に相当する偏心誤差の量が大きくなるほど大きくなる。

[0150] 図28もまた、図26と同様に、中心軸CSが回転軸3522と平行であるものの一致しないワークWが回転する様子を示す断面図である。但し、図28に示す例では、回転角度 θ がゼロ度となっている状況下で端点PZが回転軸3522からZ軸方向のみならずZ軸方向に交差するY軸方向においても離れているという点で、回転角度 θ がゼロ度となっている状況下で端点PZが回転軸3522からZ軸方向のみに離れている図26に示す例と異なる。この場合、図28に示すワークWの端点PZのZ軸方向における位置とワークWの回転角度 θ との関係を示すグラフである図29に示すように、回転装置35によってワークWが回転すると、端点PZのZ軸方向における位置（つまり、高さ）は、ワークWの回転に合わせて正弦波状に変動する。但し、図29に示す端点PZのZ軸方向における位置の変動は、図29に示す端点PZのZ軸方向における位置の変動と比較して、変動の位相が異なるという点で異なっている。

[0151] このため、制御装置4は、計測装置2によるワークWの計測結果に基づいて、ワークWの端点PZのZ軸方向における位置とワークWの回転角度 θ との関係を算出することで、偏心誤差を算出することができる。具体的には、制御装置4は、端点PZのZ軸方向における位置と回転角度 θ との関係に基づいて、端点PZのZ軸方向における位置の変動量を算出し、当該変動量から中心軸CSと回転軸3522との間の距離（つまり、偏心誤差）を算出することができる。更には、制御装置4は、端点PZのZ軸方向における位置と回転角度 θ との関係に基づいて、端点PZのZ軸方向における位置の変動の位相を算出し、当該位相からワークWの回転角度 θ に応じたワークWの状態（具体的には、回転軸3522に対してワークWの中心軸CSが位置している方向に関する情報）を算出することができる。つまり、制御装置4は、ワークWの中心軸CSと回転軸3522とのずれである偏心誤差に関する偏心誤差情報を生成することができる。

[0152] 尚、制御装置4は、ワークWの輪郭から回転軸3522を求め、求められた回転軸3522の変位から偏心誤差を求めてもよい。

[0153] 生成された偏心誤差情報は、上述した加工動作を行うために制御装置４によって参照されてもよい。つまり、偏心誤差情報は、加工光ＥＬをワークＷに照射することでワークＷを加工する加工期間中に、制御装置４によって参照されてもよい。具体的には、制御装置４は、偏心誤差情報に基づいて、偏心誤差が生じている場合であっても、偏心誤差が生じていない場合と同様にワークＷを加工することができるように、加工システムＳＹＳを制御してもよい。例えば、制御装置４は、偏心誤差情報に基づいて、偏心誤差が生じている場合であっても、偏心誤差が生じていない場合と同様にワークＷの表面に加工光ＥＬが照射されるように、加工光ＥＬの照射位置を制御してもよい。尚、加工光ＥＬをワークＷに照射することでワークＷを加工する加工期間中に制御装置４が偏心誤差情報を参照するために、偏心誤差情報の生成動作は加工動作よりも先に行われていてもよい。

[0154] 偏心誤差情報に基づいて制御される加工光ＥＬの照射位置の一例が図３０に示されている。図３０は、回転軸３５２２に対してねじれ方向からワークＷの端点（具体的には、回転軸３５２２に交差するＹ軸方向における端に位置する端点ＰＹ）に加工光ＥＬが照射される例を示している。図３０に示すように、偏心誤差が生じている場合には、ワークＷの回転に合わせて端点ＰＹのＹ軸方向における位置が変動する。この場合、制御装置４は、端点ＰＹに加工光ＥＬが照射されるように、Ｙ軸方向に沿って加工光ＥＬの照射位置（この場合、集光位置）を制御してもよい。例えば、制御装置４は、ガルバノミラー１２１４を制御することで、Ｙ軸方向に沿って加工光ＥＬの照射位置（この場合、集光位置）を制御してもよい。その結果、偏心誤差情報を用いない場合と比較して、加工システムＳＹＳは、ワークＷをより高精度に加工することができる。

[0155] （２－２－３－２）偏角誤差情報を生成する動作

続いて、図３１を参照しながら、偏角誤差情報を生成するための動作について説明する。図３１は、偏角誤差情報を生成するための動作の流れを示すフローチャートである。

[0156] 図31に示すように、加工システムS Y Sは、偏心誤差情報を生成する動作でも行われる上述したステップS 5 1からステップS 5 4の動作を行う。但し、加工システムS Y Sは、上述したステップS 5 1からステップS 5 4の動作を、ワークWの異なる複数の位置（例えば、二つの位置）において行う。具体的には、偏角誤差が生じているワークWを示す上面図である図32に示すように、加工システムS Y Sは、計測装置2を用いてワークWの第1の計測対象部分W 2 1を計測する動作（ステップS 5 2）と、回転装置35を用いてワークWを所定角度だけ回転させる動作（ステップS 5 4）とを、ワークWが必要角度だけ回転するまで繰り返す（ステップS 5 3）。つまり、加工システムS Y Sは、第1の計測対象部分W 2 1が存在するワークWの第1位置P 1において、ステップS 5 1からステップS 5 4の動作を行う。その後、加工システムS Y Sは、ステージ32を回転軸35 2 2に沿って移動させる。この際、加工システムS Y Sは、計測装置2がワークWの第2の計測対象部分W 2 2を計測することができるように、ステージ32を移動させる（ステップS 6 2）。ステージ32が回転軸35 2 2に沿って移動しているため、回転軸35 2 2に沿った方向における第2の計測対象部分W 2 2の位置は、回転軸35 2 2に沿った方向における第1の計測対象部分W 2 1の位置とは異なる。その後、加工システムS Y Sは、計測装置2を用いてワークWの第2の計測対象部分W 2 2を計測する動作（ステップS 5 2）と、回転装置35を用いてワークWを所定角度だけ回転させる動作（ステップS 5 4）とを、ワークWが必要角度だけ回転するまで繰り返す（ステップS 5 3）。つまり、加工システムS Y Sは、第2の計測対象部分W 2 2が存在するワークWの第2位置P 2において、ステップS 5 1からステップS 5 4の動作を行う。以上の動作が、ワークWの他の位置においてステップS 5 1からステップS 5 4の動作を行う必要がないと判定されるまで繰り返される（ステップS 6 1）。

[0157] その後、制御装置4は、ステップS 5 2におけるワークWの計測結果に基づいて、偏角誤差情報を生成する（ステップS 6 3）。具体的には、制御装

置 4 は、ステップ S 5 2 におけるワーク W の計測結果に基づいて、回転軸 3 5 2 2 に沿って異なる複数の位置のそれぞれにおける偏心誤差を算出する。例えば、図 3 2 に示すように、制御装置 4 は、第 1 の位置 P 1 における偏心誤差と、第 2 の位置 P 2 における偏心誤差を算出する。その後、制御装置 4 は、算出した複数の偏心誤差に基づいて、偏角誤差（例えば、中心軸 C S と回転軸 3 5 2 2 とがなす角度）を算出する。つまり、制御装置 4 は、ワーク W の中心軸 C S と回転軸 3 5 2 2 とのずれである偏角誤差に関する偏角誤差情報を生成することができる。

[0158] 生成された偏角誤差情報は、上述した加工動作を行うために制御装置 4 によって参照されてもよい。尚、偏角誤差情報を用いた制御方法は、偏心誤差情報を用いた制御方法と同じであってもよい。その詳細な説明を省略する。その結果、偏角誤差情報を用いない場合と比較して、加工システム S Y S は、ワーク W をより高精度に加工することができる。尚、加工光 E L をワーク W に照射することでワーク W を加工する加工期間中に制御装置 4 が偏角誤差情報を参照するために、偏角誤差情報の生成動作は加工動作よりも先に行われていてもよい。

[0159] また、第 3 の軸情報生成動作と同様の動作によって組み付け誤差情報（特に、チャック 3 5 3 を回転シャフト 3 5 2 に取り付けるときの組み付け誤差）が生成されてもよい。

[0160] （2－3）光状態情報生成動作

続いて、計測装置 3 6 を用いて加工光 E L の状態に関する光状態情報を生成するための光状態情報生成動作について説明する。本実施形態では、光状態情報は、例えば、加工光 E L の照射軸 E X に対する角度方向の強度分布に関する強度分布情報を含んでいてもよい。光状態情報は、例えば、加工光 E L の進行方向に関する進行方向情報を含んでいてもよい。光状態情報は、例えば、加工光 E L の進行方向と交差する面内で加工光 E L が通過する位置に関する通過位置情報を含んでいてもよい。このため、以下では、強度分布情報を生成する動作と、進行方向情報を生成する動作と、通過位置情報を生成

する動作とについて順に説明する。

[0161] （２－３－１）強度分布情報を生成する動作

はじめに、加工光ＥＬの照射軸ＥＸに対する角度方向の強度分布に関する強度分布情報を生成する動作について説明する。

[0162] 強度分布情報を生成するために、加工システムＳＹＳは、計測装置３６を用いて加工光ＥＬの強度分布を計測する。以下、図３３（ａ）から図３３（ｃ）を参照しながら、計測装置３６を用いて加工光ＥＬの強度分布を計測する動作について説明する。図３３（ａ）は、加工ヘッド１２が加工光ＥＬを計測装置３６に照射する様子を示す断面図であり、図３３（ｂ）は、加工ヘッド１２が加工光ＥＬを計測装置３６に照射する様子を示す平面図であり、図３３（ｃ）は、計測装置３６が備える受光素子３６２による加工光ＥＬの受光結果を示すグラフである。

[0163] 図３３（ａ）及び図３３（ｂ）に示すように、制御装置４は、ステージ駆動系３３を制御することで、加工光ＥＬが通過可能な通過領域３６５を構成するマーク３６６に加工ヘッド１２が加工光ＥＬを照射可能となる位置にステージ３２を移動させる（つまり、計測装置３６が配置されている回転装置３５を移動させる）。つまり、制御装置４は、マーク３６６が加工ショット領域ＰＳＡ内に位置するように、ステージ３２を移動させる。この際、制御装置４は、ステージ３２に加えて又は代えて、加工ヘッド１２を移動させてもよい。その後、制御装置４は、マーク３６６に対して加工光ＥＬを照射するように加工ヘッド１２を照射する。

[0164] この際、図３３（ａ）及び図３３（ｂ）に示すように、加工ヘッド１２は、制御装置４の制御下で、ガルバノミラー１２１４を用いて加工光ＥＬを偏向することで、加工光ＥＬに計測装置３６の表面の少なくとも一部（具体的には、マーク３６６が形成されている部分を含む面）を走査させる。特に、加工ヘッド１２は、ＸＹ平面に沿った面内において加工光ＥＬ（より具体的には、加工光ＥＬの目標照射領域ＥＡ）がマーク３６６を構成する通過領域３６５を横切るように、加工光ＥＬに計測装置３６の表面の少なくとも一部

を走査させる。尚、制御装置4の制御下でステージ32を移動させることにより、加工光ELに計測装置36の表面の少なくとも一部を走査させてもよい。

[0165] その結果、加工光ELが計測装置36の表面の少なくとも一部を走査している期間中のあるタイミングで加工光ELがマーク366に照射されることになる。つまり、加工光ELが計測装置36の表面の少なくとも一部を走査している期間中のあるタイミングで加工光ELが受光素子362によって受光される。その結果、制御装置4は、図33(c)に示すように、加工光ELがマーク366を構成する通過領域365に照射されていない期間中の加工光ELの強度と比較して、加工光ELの少なくとも一部が通過領域365に照射されている期間中の加工光ELの強度が大きくなっていることを示す受光信号を、加工光ELの受光結果に相当する加工光計測情報として取得する。つまり、制御装置4は、加工光ELの強度分布に関する情報を、加工光計測情報として取得することができる。この場合、計測装置36は、加工光ELの強度分布を計測しているとも言える。尚、図33(c)の横軸である時間(受光タイミング)は、加工光ELと計測装置36との走査方向(Y軸方向)に沿った相対的な位置に読み替えることができる。

[0166] 加工システムSYSは、加工光ELを計測する動作を、加工光ELの進行方向に沿った照射軸EXに沿った方向において計測装置36と加工ヘッド12との相対的な位置関係を変更しながら繰り返す。具体的には、制御装置4は、加工ヘッド12に対する計測装置36の位置が第1の位置となるように、加工ヘッド12及びステージ32の少なくとも一方を移動させる。その後、計測装置36は、加工光ELを計測する。その後、制御装置4は、加工ヘッド12に対する計測装置36の位置が、照射軸EXに沿った方向において第1の位置とは異なる第2の位置となるように、加工ヘッド12及びステージ32の少なくとも一方を移動させる。典型的には、制御装置4は、照射軸EXに沿って(図33(a)に示す例では、Z軸方向に沿って)加工ヘッド12及びステージ32の少なくとも一方を移動させる。その後、計測装置3

6は、加工光E Lを計測する。つまり、計測装置3 6は、照射軸E Xに沿った方向（つまり、加工光E Lが進行する方向）における第1の位置で加工光E Lを計測し、照射軸E Xに沿った方向（つまり、加工光E Lが進行する方向）において第1の位置とは異なる第2の位置で加工光E Lを計測する。ここで、照射軸E Xに沿った方向における加工光E Lの集光位置と計測装置3 6との距離の変更は、集光位置変更光学系1 2 1 0による変更であってもよい。

[0167] その後、制御装置4は、加工光計測情報に基づいて、加工光E Lの強度分布に関する強度分布情報を生成する。具体的には、加工光計測情報は、ビーム通過部材3 6 1の表面上における加工光E Lの強度分布を示している。ここで、加工光E Lを計測する動作は、照射軸E Xに沿った方向において計測装置3 6と加工ヘッド1 2との相対的な位置関係を変更しながら繰り返される。このため、加工光E Lを示す断面図である図3 4に示すように、加工光計測情報は、照射軸E Xに交差すると共に照射軸E Xに沿った方向における位置が異なる複数の面P N上における加工光E Lの強度分布を示している。制御装置4は、照射軸E Xに沿った方向における位置が異なる複数の面P N上における加工光E Lの強度分布を合成して、合成された3次元的な強度分布から加工光E Lの照射軸E Xに対する角度方向の強度分布に関する強度分布情報を生成してもよい。或いは、制御装置4は、照射軸E Xに沿った方向における位置が異なる複数の面上における加工光E Lの強度分布に基づいて、複数の面の間における加工光E Lの強度分布P Nを推定する（言い換えれば、補完する）して、加工光E Lの照射軸E Xに対する角度方向の強度分布に関する強度分布情報を生成してもよい。

[0168] 或いは、加工システムS Y Sは、加工光E Lを計測する際に、照射軸E Xに沿った方向において計測装置3 6と加工ヘッド1 2との相対的な位置関係を変更しなくてもよい。具体的には、制御装置4は、照射軸E Xに沿った方向において加工光E Lの集光位置がマーク3 6 6を構成する通過領域3 6 5から離れるように、加工光E Lの集光位置と計測装置3 6との相対的な位置

関係を制御してもよい。つまり、制御装置4は、照射軸EXに沿った方向において加工光ELの集光位置とは異なる位置において計測装置36が加工光ELを計測するように、加工光ELの集光位置と計測装置36との相対的な位置関係を制御してもよい。言い換えれば、制御装置4は、デフォーカスされた加工光ELがマーク366に照射されるように、加工光ELの集光位置と計測装置36との相対的な位置関係を制御してもよい。

[0169] その後、制御装置4は、加工光計測情報に基づいて、加工光ELの強度分布に関する強度分布情報を生成する。具体的には、加工光計測情報は、受光素子362の受光面3621上における加工光ELの強度分布を示していることは上述したとおりである。更に、照射軸EXに沿った方向における加工光ELの集光位置と計測装置36との間の距離（いわゆる、デフォーカス量）は、制御装置4にとって既知の情報である。なぜならば、制御装置4は、照射軸EXに沿った方向において加工光ELの集光位置がマーク366を構成する通過領域365から離れるように、加工光ELの集光位置と計測装置36との相対的な位置関係を制御しているからである。その結果、制御装置4は、加工光計測情報が示す加工光ELの強度分布とデフォーカス量とに基づいて、照射軸EXに沿った方向における位置が異なる複数の面上における加工光ELの強度分布を推定する（言い換えれば、補完する）ことができる。つまり、制御装置4は、加工光ELの照射軸EXに対する角度方向の強度分布に関する強度分布情報を生成することができる。

[0170] 生成された強度分布情報は、上述した加工動作を行うために制御装置4によって参照されてもよい。つまり、強度分布情報は、加工光ELをワークWに照射することでワークWを加工する加工期間中に、制御装置4によって参照されてもよい。尚、加工光ELをワークWに照射することでワークWを加工する加工期間中に制御装置4が強度分布情報を参照するために、強度分布情報の生成動作は加工動作よりも先に行われていてもよい。

[0171] 例えば、制御装置4は、強度分布情報に基づいて、ワークWの所望位置に加工光ELが照射されるように、加工光ELの照射位置及び加工光ELの進

行方向の少なくとも一方を制御してもよい。この場合、制御装置４は、ガルバノミラー１２１４を制御することで、加工光ＥＬの照射位置及び加工光ＥＬの進行方向の少なくとも一方を制御してもよい。

[0172] 例えば、制御装置４は、強度分布情報に基づいて加工光ＥＬの開き角を算出し、算出した開き角に基づいて、加工光ＥＬの開き角が所望の角度となるように、加工光ＥＬの開き角を制御してもよい。この場合、制御装置４は、開き角変更光学系１２１１を制御することで、加工光ＥＬの開き角を制御してもよい。このような開き角の制御は、例えば、回転軸３５２２に対してねじれ方向からワークＷに加工光ＥＬが照射される場合に行われてもよい。例えば、回転軸３５２２に対してねじれ方向からワークＷに照射される加工光ＥＬを示す断面図である図３５（ａ）に示すように、加工光ＥＬの開き角が大きい場合には、加工光ＥＬは、ワークＷの表面のうちの加工光ＥＬを照射すべき部分のみならず、ワークＷの表面のうちの加工光ＥＬを照射すべきでない部分にまで意図せず照射されてしまう可能性がある。つまり、ワークＷの表面のうちの加工光ＥＬを照射すべきでない部分にまで加工光ＥＬが意図せず照射されてしまう可能性がある。そこで、開き角が制御された加工光ＥＬを示す断面図である図３５（ｂ）に示すように、制御装置４は、加工光ＥＬの開き角を小さくしてもよい。その結果、ワークＷの表面のうちの加工光ＥＬを照射すべきでない部分に加工光ＥＬが照射される可能性が低減される。

[0173] また、制御装置４は、開き角変更光学系１２１１による加工光ＥＬの開き角変更動作を行った後に、強度分布情報の生成動作を行ってもよい。制御装置４は、この生成動作で得られた強度分布情報に基づいて、加工光ＥＬの開き角を制御してもよい。

[0174] 尚、加工ヘッド１２は、制御装置４の制御下で、長手方向が異なる複数のスリット形状を有するマーク３６６に加工光ＥＬを照射してもよい。例えば、加工ヘッド１２は、制御装置４の制御下で、長手方向が交差する（典型的には、直交する）複数のマーク３６６に加工光ＥＬを照射してもよい。この

場合、制御装置4は、加工光E Lの楕円率を算出することができる。制御装置4は、算出した楕円率に基づいて、加工光E Lの楕円率が所望の楕円率となるように、加工光E Lの楕円率を制御してもよい。この場合、制御装置4は、楕円率変更光学系1 2 1 2を制御することで、加工光E Lの楕円率を制御してもよい。また、制御装置4は、算出した楕円率に基づいて、 $f \theta$ レンズ1 2 1 5の入射瞳面での加工光E Lのスポットの直径のうち最大値をとる方向が所望方向となるように、加工光E Lを光軸A X廻りに（特に、照射軸E X廻りに）回転させてもよい。この場合、制御装置4は、光回転光学系1 2 1 3を制御することで、加工光E Lを光軸A X廻りに（特に、照射軸E X廻りに）回転させてもよい。尚、制御装置4は、光回転光学系1 2 1 3による加工光の楕円率変更動作を行った後に、強度分布情報の生成動作を行ってもよい。制御装置4は、この生成動作で得られた強度分布情報に基づいて、加工光E Lの楕円率を制御してもよい。

[0175] （2－3－2）進行方向情報を生成する動作

続いて、加工光E Lの進行方向（つまり、照射軸E Xの延びる方向）に関する進行方向情報を生成する動作について説明する。進行方向情報を生成するために、加工システムS Y Sは、計測装置3 6を用いて加工光E Lを計測する。

[0176] 具体的には、加工光E Lを計測する計測装置3 6を示す断面図である図3 6に示すように、制御装置4は、加工ヘッド1 2から加工光E Lが射出されている期間中に、計測装置3 6が加工光E Lを計測できるように（つまり、受光素子3 6 2が加工光E Lを受光できるように）、ステージ3 2を移動させる（つまり、計測装置3 6が配置されている回転装置3 5を移動させる）。この際、加工ヘッド1 2は、ガルバノミラー1 2 1 4を用いて加工光E Lを偏向しなくてもよい。制御装置4は、計測装置3 6が加工光E Lを計測したときのステージ3 2の位置（つまり、計測装置3 6の位置）に関する情報を、位置計測装置3 4から取得する。

[0177] その後、制御装置4は、計測対象である加工光E Lの進行方向がZ軸に沿

った方向である（つまり、照射軸E XがZ軸に沿っている）と仮定した上で、照射軸E Xに沿った方向（つまり、Z軸方向）に沿ってステージ3 2を移動させる。つまり、制御装置4は、照射軸E Xに沿った方向（つまり、Z軸方向）に沿って計測装置3 6を移動させる。尚、制御装置4は、ステージ3 2をZ軸方向に移動させることに代えて又は加えて、加工ヘッド1 2をZ軸方向に移動させてもよい。その結果、計測装置3 6は、前回加工光E Lを計測した位置と照射軸E Xに沿った方向（つまり、Z軸方向）において異なる位置から、加工光E Lを再び計測する。つまり、計測装置3 6は、照射軸E Xに沿った方向（つまり、Z軸方向）における第1の位置で加工光E Lを計測し、照射軸E Xに沿った方向（つまり、Z軸方向）において第1の位置とは異なる第2の位置で加工光E Lを計測する。この際、計測対象である加工光E Lの進行方向が実際にZ軸に沿った方向である場合には、照射軸E Xに沿った方向（つまり、Z軸方向）に沿って計測装置3 6が移動しても、計測装置3 6は、加工光E Lを計測することができる。一方で、加工光E Lを計測する計測装置3 6を示す断面図である図3 7に示すように、計測対象である加工光E Lの進行方向が実際にはZ軸に沿った方向ではない（つまり、加工光E Lの進行方向がZ軸に対して傾斜している）場合には、照射軸E Xに沿った方向（つまり、Z軸方向）に沿って計測装置3 6が移動するだけでは、計測装置3 6は、加工光E Lを計測することができない可能性がある。このため、加工光E Lを計測する計測装置3 6を示す断面図である図3 8に示すように、制御装置4は、計測装置3 6が加工光E Lを計測できるように（つまり、受光素子3 6 2が加工光E Lを受光できるように）、照射軸E Xに沿った方向（つまり、Z軸方向）に加えて、照射軸E Xに交差する方向（例えば、X軸方向及びY軸方向の少なくとも一方）に沿ってステージ3 2を移動させてもよい。制御装置4は、計測装置3 6が加工光E Lを計測したときのステージ3 2の位置（つまり、計測装置3 6の位置）に関する情報を、位置計測装置3 4から取得する。

[0178] その後、制御装置4は、計測装置3 6が加工光E Lを計測したときの計測

装置 3 6 の位置に関する情報に基づいて、加工光 E L の進行方向に関する進行方向情報を生成する。具体的には、制御装置 4 は、照射軸 E X に沿った方向（つまり、Z 軸方向）に沿って計測装置 3 6 を移動させる前に計測装置 3 6 が加工光 E L を計測したときの計測装置 3 6 の位置（以下、“第 1 計測位置”と称する）に関する情報と、照射軸 E X に沿った方向（つまり、Z 軸方向）に沿って計測装置 3 6 を移動させた後に計測装置 3 6 が加工光 E L を計測したときの計測装置 3 6 の位置（以下、“第 2 計測位置”と称する）に関する情報とに基づいて、進行方向情報を生成する。例えば、制御装置 4 は、照射軸 E X に交差する方向（例えば、X 軸方向及び Y 軸方向の少なくとも一方）における第 1 及び第 2 計測位置に基づいて、進行方向情報を生成してもよい。具体的には、照射軸 E X に交差する方向（例えば、X 軸方向及び Y 軸方向の少なくとも一方）において第 1 計測位置と第 2 計測位置とが同じ位置にある場合には、加工光 E L の進行方向は、Z 軸に沿った方向であると推定される。一方で、照射軸 E X に交差する方向（例えば、X 軸方向及び Y 軸方向の少なくとも一方）において第 1 計測位置と第 2 計測位置とが異なる位置にある場合には、加工光 E L の進行方向は、Z 軸に対して傾斜した方向であると推定される。この場合、加工光 E L の進行方向の Z 軸に対する傾斜量は、照射軸 E X に交差する方向（例えば、X 軸方向及び Y 軸方向の少なくとも一方）における第 1 及び第 2 計測位置の間の距離と、照射軸 E X に沿った方向（つまり、Z 軸方向）における第 1 及び第 2 計測位置の間の距離とから算出可能である。このように、制御装置 4 は、進行方向情報を生成する。

[0179] 生成された進行方向情報は、上述した加工動作を行うために制御装置 4 によって参照されてもよい。つまり、進行方向情報は、加工光 E L をワーク W に照射することでワーク W を加工する加工期間中に、制御装置 4 によって参照されてもよい。例えば、制御装置 4 は、進行方向情報に基づいて、ワーク W の所望位置に加工光 E L が照射されるように、加工光 E L の照射位置及び加工光 E L の進行方向の少なくとも一方を制御してもよい。この場合、制御装置 4 は、ガルバノミラー 1 2 1 4 を制御することで、加工光 E L の照射位

置及び加工光E Lの進行方向の少なくとも一方を制御してもよい。尚、加工光E Lの照射位置及び加工光E Lの進行方向を制御するために、ガルバノミラー1214として米国特許出願公開第2018/0169788号明細書に開示される装置を用いてもよい。また、加工光E LをワークWに照射することでワークWを加工する加工期間中に制御装置4が進行方向情報を参照するために、進行方向情報の生成動作は加工動作よりも先に行われていてもよい。

[0180] (2-3-3) 通過位置情報を生成する動作

続いて、加工光E Lの進行方向と交差する面内で加工光E Lが通過する位置に関する通過位置情報を生成する動作について説明する。通過位置情報を生成するために、加工システムS Y Sは、計測装置36を用いて加工光E Lを計測する。

[0181] 具体的には、加工光E Lを計測する計測装置36を示す断面図である図39に示すように、制御装置4は、加工ヘッド12に対する加工光E Lの照射位置が複数個所に設定されるように、加工ヘッド12を制御する。この場合、制御装置4は、例えば、ガルバノミラー1214を用いて加工光E Lを偏向することで、加工ヘッド12に対する加工光E Lの照射位置を変更してもよい。例えば、制御装置4は、加工ヘッド12に対する加工光E Lの照射位置を第1の照射位置I P # 1に設定するように、加工ヘッド12を制御してもよい。加工ヘッド12に対する加工光E Lの照射位置が第1の照射位置I P # 1となる期間中に、計測装置36は、加工光E Lを計測する。制御装置4は、第1の照射位置I P # 1に照射された加工光E Lを計測装置36が計測したときのステージ32の位置（つまり、計測装置36の位置）に関する情報を、位置計測装置34から取得する。その後、制御装置4は、加工ヘッド12に対する加工光E Lの照射位置を第2の照射位置I P # 2に設定するように、加工ヘッド12を制御してもよい。第2の照射位置I P # 2は、例えば、加工光E Lの進行方向と交差する面（例えば、X Y平面に沿った面）に沿った方向において、第1の照射位置I P # 1とは異なる。加工ヘッド1

2に対する加工光E Lの照射位置が第2の照射位置I P # 2となる期間中に、計測装置3 6は、加工光E Lを計測する。制御装置4は、第2の照射位置I P # 2に照射された加工光E Lを計測装置3 6が計測したときのステージ3 2の位置（つまり、計測装置3 6の位置）に関する情報を、位置計測装置3 4から取得する。

[0182] 計測装置3 6は、複数のマーク3 6 6を介して、複数の照射位置に照射される加工光E Lを計測してもよい。例えば、計測装置3 6は、第1のマーク3 6 6（例えば、図3 9中のマーク3 6 6 # 1）を介して、第1の照射位置I P # 1に照射される加工光E Lを計測してもよい。例えば、計測装置3 6は、第2のマーク3 6 6（例えば、図3 9中のマーク3 6 6 # 2）を介して、第2の照射位置I P # 2に照射される加工光E Lを計測してもよい。この場合、計測装置3 6は、複数の照射位置に照射される加工光E Lを計測する期間中に、加工光E Lの進行方向と交差する面（例えば、X Y平面に沿った面）内において移動しなくてもよい。但し、計測装置3 6は、複数の照射位置に照射される加工光E Lを計測する期間の少なくとも一部において、加工光E Lの進行方向と交差する面（例えば、X Y平面に沿った面）内において移動してもよい。

[0183] 或いは、計測装置3 6は、単一のマーク3 6 6を介して、複数の照射位置に照射される加工光E Lを計測してもよい。例えば、制御装置4は、マーク3 6 6が第1の照射位置I P # 1に位置するように、ステージ3 2（つまり、計測装置3 6）を第1のステージ位置に移動させてもよい。マーク3 6 6が第1の照射位置I P # 1に位置する期間中に、計測装置3 6は、マーク3 6 6を介して、第1の照射位置I P # 1に照射される加工光E Lを計測する。その後、制御装置4は、マーク3 6 6が第2の照射位置I P # 2に位置するように、ステージ3 2（つまり、計測装置3 6）を第1のステージ位置とは異なる第2のステージ位置に移動させてもよい。マーク3 6 6が第2の照射位置I P # 2に位置する期間中に、計測装置3 6は、マーク3 6 6を介して、第2の照射位置I P # 2に照射される加工光E Lを計測する。

[0184] その後、制御装置4は、計測装置36が加工光E Lを計測したときの計測装置36の位置に関する情報に基づいて、加工光E Lの進行方向と交差する面内で加工光E Lが通過する位置に関する通過位置情報を生成する。生成された通過位置情報は、上述した加工動作を行うために制御装置4によって参照されてもよい。つまり、通過位置情報は、加工光E LをワークWに照射することでワークWを加工する加工期間中に、制御装置4によって参照されてもよい。例えば、制御装置4は、通過位置情報に基づいて、ワークWの所望位置に加工光E Lが照射されるように、加工光E Lの照射位置及び加工光E Lの進行方向の少なくとも一方を制御してもよい。この場合、制御装置4は、ガルバノミラー1214を制御することで、加工光E Lの照射位置及び加工光E Lの進行方向の少なくとも一方を制御してもよい。尚、加工光E LをワークWに照射することでワークWを加工する加工期間中に制御装置4が通過位置情報を参照するために、通過位置情報の生成動作は加工動作よりも先に行われていてもよい。

[0185] 複数の照射位置に照射される加工光E Lを計測するために複数のマーク366が用いられる場合には、複数のマーク366の位置関係と回転軸3522とは、所定の関係にあってもよい。つまり、複数のマーク366と回転軸3522との相対的な位置関係は、制御装置4にとって既知の情報であってもよい。この場合、制御装置4は、通過位置情報と、複数のマーク366と回転軸3522との相対的な位置関係に関する情報とに基づいて、回転軸3522と加工光E Lの照射位置との関係を特定することができる。その結果、制御装置4は、回転軸3522廻りに回転するワークWの所望位置に加工光E Lを照射することができる。

[0186] 複数の照射位置に照射される加工光E Lを計測するために単一のマーク366が用いられる場合には、ステージ32が移動することは上述したとおりである。この場合、ステージ32の移動面（つまり、ステージ32が移動する、加工光E Lの進行方向に交差する面）と回転軸3522とは、所定の関係にあってもよい。つまり、ステージ32の移動面と回転軸3522との相

対的な位置関係は、制御装置4にとって既知の情報であってもよい。この場合、制御装置4は、通過位置情報と、ステージ32の移動面と回転軸3522との相対的な位置関係に関する情報とに基づいて、回転軸3522と加工光ELの照射位置との関係を特定することができる。その結果、制御装置4は、回転軸3522廻りに回転するワークWの所望位置に加工光ELを照射することができる。

[0187] (2-4) 原点情報生成動作

続いて、計測装置36を用いて加工装置1の加工原点POと計測装置2の計測原点MOとに関する原点情報を生成するための原点情報動作について説明する。原点情報は、加工原点POと計測原点MOとの間の距離に関する情報を含んでいてもよい。原点情報は、加工システムSYSの装置原点AO（例えば、ステージ32の位置を制御するために用いられるステージ座標系の原点）と加工原点POとの間の距離に関する情報を含んでいてもよい。原点情報は、装置原点AOと計測原点MOとの間の距離に関する情報を含んでいてもよい。加工原点POは、加工ショット領域PSAの中心とステージ32の基準位置（例えば、中心）とが一致し且つ加工光ELの集光位置がステージ32の表面に一致する場合のステージ32の位置に相当する。計測原点MOは、計測ショット領域MSAの中心とステージ32の基準位置（例えば、中心）とが一致し且つ計測光MLの集光位置がステージ32の表面に一致する場合のステージ32の位置に相当する。

[0188] 尚、以下の説明では、加工原点POと計測原点MOとの間の距離は、“相対ベースラインBL_{rlt}”と称し、装置原点AOと加工原点POとの間の距離は、“加工ベースラインBL_{prc}”と称し、装置原点AOと計測原点MOとの間の距離は、“計測ベースラインBL_{msr}”と称する。相対ベースラインBL_{rlt}、加工ベースラインBL_{prc}及び計測ベースラインBL_{msr}の一例が、図40(a)及び図40(b)に示されている。図40(a)及び図40(b)に示すように、相対ベースラインBL_{rlt}は、X軸方向における加工原点POと計測原点POとの間の距離に相当する成分Δ

X_{rlt} と、Y軸方向における加工原点POと計測原点POとの間の距離に相当する成分 ΔY_{rlt} と、Z軸方向における加工原点POと計測原点POとの間の距離に相当する成分 ΔZ_{rlt} との少なくとも一つを含んでもよい。加工ベースライン BL_{prc} は、X軸方向における装置原点AOと加工原点POとの間の距離に相当する成分 ΔX_{prc} と、Y軸方向における装置原点AOと加工原点POとの間の距離に相当する成分 ΔY_{prc} と、Z軸方向における装置原点AOと加工原点POとの間の距離に相当する成分 ΔZ_{prc} との少なくとも一つを含んでもよい。計測ベースライン BL_{msr} は、X軸方向における装置原点AOと計測原点MOとの間の距離に相当する成分 ΔX_{msr} と、Y軸方向における装置原点AOと計測原点MOとの間の距離に相当する成分 ΔY_{msr} と、Z軸方向における装置原点AOと計測原点MOとの間の距離に相当する成分 ΔZ_{msr} との少なくとも一つを含んでもよい。

[0189] 原点情報を生成するために、制御装置4は、装置原点AOを設定してもよい。但し、原点情報が装置原点AOに関する情報を含んでいない場合には、制御装置4は、装置原点AOを設定しなくてもよい。装置原点AOを設定するために、制御装置4は、装置原点AOを定義するために回転装置35（或いは、ステージ32等のその他の部材）に形成された基準マークを計測するように、計測ヘッド21を制御する。本実施形態では、装置原点AOは、基準マークに対して所定の位置関係を有する位置に設定される。この場合、制御装置4は、基準マークを計測ヘッド21が計測したときのステージ32の位置に関する情報を位置計測装置34から取得する。その後、制御装置4は、取得したステージ32の位置と所定の位置関係を有する位置を、装置原点AOに設定してもよい。

[0190] その後、制御装置4は、加工原点PO及び計測原点MOのそれぞれの位置を算出する。

[0191] 計測原点MOの位置を算出するために、制御装置4は、計測ヘッド21によるマーク366の計測結果を取得する。具体的には、制御装置4は、ステ

ージ駆動系 33 を制御することで、計測装置 36 の基準（例えば、マーク 366）が計測ショット領域 MSA の中心に位置するように、X 軸方向及び Y 軸方向のそれぞれに沿ってステージ 32 を移動させる（つまり、計測装置 36 を移動させる）。更に、制御装置 4 は、計測光 ML の集光位置が回転装置 35 の表面（具体的には、回転装置 35 に配置された計測装置 36 の表面）に一致するように、Z 軸方向に沿ってステージ 32 を移動させる。この際、制御装置 4 は、ヘッド駆動系 22 を制御することで計測ヘッド 21 を移動させてもよいし、計測ヘッド 21 を移動させなくてもよい。その後、計測ヘッド 21 は、マーク 366 を計測する。更に、制御装置 4 は、計測ヘッド 21 がマーク 366 を計測した時点でのステージ 32 の位置（つまり、計測装置 36 の位置）を位置計測装置 34 から取得する。ここで取得したステージ 32 の位置は、計測原点 MO の位置に対応する。従って、制御装置 4 は、計測ヘッド 21 がマーク 366 を計測した時点でのステージ 32 の位置と装置原点 AO との間の距離を算出し、算出した距離に基づいて計測ベースライン BLmsr を算出することができる。制御装置 4 は、計測ヘッド 21 がマーク 366 を計測した時点でのステージ 32 の位置と後述する方法で位置が算出される加工原点 PO との間の距離を算出し、算出した距離に基づいて相対ベースライン BLrlt を算出することができる。

[0192] 相対ベースライン BLrlt 及び計測ベースライン BLmsr の少なくとも一方が算出された後には、制御装置 4 は、計測ヘッド 21 がワーク W 等を計測する期間中に、相対ベースライン BLrlt 及び計測ベースライン BLmsr の少なくとも一方に基づいてステージ 32 及び計測ヘッド 21 の少なくとも一方を移動させてもよい。つまり、制御装置 4 は、計測ヘッド 21 がワーク W 等を計測する期間中に、相対ベースライン BLrlt 及び計測ベースライン BLmsr の少なくとも一方に基づいてステージ 32 及び計測ヘッド 21 の少なくとも一方の位置を制御してもよい。その結果、計測ショット領域 MSA は、装置原点 AO を基準とするステージ座標系内の適切な位置に設定可能となる。つまり、加工システム SYSa は、計測装置 2 によるワー

クWの適切な計測結果に基づいて、ワークWを適切に加工することができる。

[0193] 続いて、加工原点P Oの位置を算出するために、制御装置4は、マーク3 6 6を構成する通過領域3 6 5を介した加工光E Lの計測装置3 6による計測結果（つまり、加工光計測情報）を取得する。具体的には、制御装置4は、ステージ駆動系3 3を制御することで、計測装置3 6の基準（例えば、マーク3 6 6）が加工ショット領域P S Aの中心に位置するように、X軸方向及びY軸方向のそれぞれに沿ってステージ3 2を移動させる（つまり、計測装置3 6を移動させる）。更に、制御装置4は、加工光E Lの集光位置が回転装置3 5の表面（具体的には、回転装置3 5に配置された計測装置3 6の表面）に一致するように、Z軸方向に沿ってステージ3 2を移動させる。この際、制御装置4は、ヘッド駆動系1 3を制御することで加工ヘッド1 2を移動させてもよいし、加工ヘッド1 2を移動させなくてもよい。その後、加工ヘッド1 2は、マーク3 6 6に加工光E Lを照射する。その結果、受光素子3 6 2は、マーク3 6 6を構成する通過領域3 6 5を介した加工光E Lを受光する。制御装置4は、受光素子3 6 2が加工光E Lを受光した時点でのステージ3 2の位置（つまり、計測装置3 6の位置）を位置計測装置3 4から取得する。ここで取得したステージ3 2の位置は、加工原点P Oの位置に対応する。従って、制御装置4は、受光素子3 6 2がマーク3 6 6を介した加工光E Lを受光した時点でのステージ3 2の位置と装置原点A Oとの間の距離を算出し、算出した距離に基づいて加工ベースラインB L p r cを算出することができる。制御装置4は、受光素子3 6 2がマーク3 6 6を介した加工光E Lを受光した時点でのステージ3 2の位置と上述した方法で位置が算出される計測原点M Oとの間の距離を算出し、算出した距離に基づいて相対ベースラインB L r l tを算出することができる。

[0194] 相対ベースラインB L r l t及び加工ベースラインB L p r cの少なくとも一方が算出された後には、制御装置4は、加工ヘッド1 2がワークW等を加工する期間中に、相対ベースラインB L r l t及び加工ベースラインB L

p r c の少なくとも一方に基づいてステージ 3 2 及び加工ヘッド 1 2 の少なくとも一方を移動させてもよい。つまり、制御装置 4 は、加工ヘッド 1 2 がワーク W 等を加工する期間中に、相対ベースライン B L r l t 及び加工ベースライン B L p r c の少なくとも一方に基づいてステージ 3 2 及び加工ヘッド 1 2 の少なくとも一方の位置を制御してもよい。その結果、加工ショット領域 P S A は、装置原点 A O を基準とするステージ座標系内の適切な位置に設定可能となる。つまり、加工システム S Y S a は、ワーク W を適切に加工することができる。

[0195] (3) 加工システム S Y S の技術的効果

以上説明した加工システム S Y S は、加工光 E L を用いてワーク W を適切に加工することができる。更に、加工システム S Y S は、計測光 M L を用いてワーク W を適切に計測することができる。

[0196] 特に、加工システム S Y S は、計測光 M L を用いて上述した回転軸情報を生成し、回転軸情報に基づいてワーク W を加工することができる。このため、加工システム S Y S は、回転軸情報を用いることなくワーク W を加工する場合と比較して、回転するように保持されたワーク W を適切に加工することができる。

[0197] 更に、加工システム S Y S は、計測装置 3 6 を用いて上述した光状態情報を生成し、光状態情報に基づいてワーク W を加工することができる。このため、加工システム S Y S は、光状態情報を用いることなくワーク W を加工する場合と比較して、加工光 E L を用いてワーク W を適切に加工することができる。

[0198] 更に、加工システム S Y S は、計測装置 3 6 を用いて上述した原点情報を生成し、原点情報に基づいてワーク W を加工することができる。このため、加工システム S Y S は、原点情報を用いることなくワーク W を加工する場合と比較して、加工光 E L を用いてワーク W を適切に加工することができる。

[0199] (4) 変形例

続いて、加工システム S Y S の変形例について説明する。

[0200] (4-1) 第1変形例

初めに、図41を参照しながら、第1変形例の加工システムSYS（以降、第1変形例の加工システムSYSを、“加工システムSYSa”と称する）について説明する。図41は、第1変形例の加工システムSYSaの外観を模式的に示す斜視図である。

[0201] 図41に示すように、第1変形例の加工システムSYSaは、計測ヘッド21の計測軸MXが、加工光ELの進行方向に沿った照射軸EXと交差するという点で、計測軸MXが照射軸EXと平行になる上述した加工システムSYSとは異なる。尚、図41に示す例では、照射軸EXがZ軸に平行であるが、照射軸EXがZ軸に対して傾斜していてもよい。また、図41に示す例では、計測軸MXがZ軸に対して傾斜しているが、計測軸EXがZ軸に平行であってもよい。加工システムSYSaのその他の特徴は、加工システムSYSと同一であってもよい。

[0202] (4-2) 第2変形例

続いて、図42を参照しながら、第2変形例の加工システムSYS（以降、第2変形例の加工システムSYSを、“加工システムSYSb”と称する）について説明する。図42は、第2変形例の加工システムSYSbの外観を模式的に示す斜視図である。

[0203] 図42に示すように、第2変形例の加工システムSYSbは、計測ヘッド21の計測軸MXが、加工光ELの進行方向に沿った照射軸EXと一致しているという点で、計測軸MXが照射軸EXと一致しない上述した加工システムSYSとは異なる。この場合、第2変形例の加工システムSYSbのシステム構成を示すシステム構成図である図43に示すように、加工システムSYSbは、加工システムSYSと比較して、加工装置1に代えて加工装置1bを備えているという点で異なる。更に、加工システムSYSbは、加工システムSYSと比較して、計測装置2を備えていなくてもよいという点で異なる。加工システムSYSbのその他の特徴は、加工システムSYSと同一であってもよい。加工装置1bは、加工装置1と比較して、加工ヘッド12

に代えて加工ヘッド 12b を備えているという点で異なる。加工装置 1b のその他の特徴は、加工装置 1 と同一であってもよい。加工ヘッド 12b は、加工ヘッド 12 と比較して、照射光学系 121 に代えて照射光学系 121b を備えているという点で異なっている。更に、加工ヘッド 12b は、加工ヘッド 12 と比較して、3次元計測装置 211 を備えているという点で異なっている。加工ヘッド 12b のその他の特徴は、加工ヘッド 12 と同一であってもよい。

[0204] 照射光学系 121b の構造が図 44 に示されている。図 44 に示すように、照射光学系 121b は、照射光学系 121 と比較して、合成光学系 1216b を備えている。照射光学系 121b のその他の特徴は、照射光学系 121 と同一であってもよい。合成光学系 1216c は、集光位置変更光学系 1210、開き角変更光学系 1211、楕円率変更光学系 1212 及び光回転光学系 1213 を通過した加工光 EL と、3次元計測装置 211 からの計測光 ML を合成する。例えば、加工光 EL と計測光 ML とを合成するために、合成光学系 1216b は、偏光ビームスプリッタを備えていてもよい。偏光ビームスプリッタに入射してくる加工光 EL 及び計測光 ML のいずれか一方は、偏光ビームスプリッタの偏光分離面で反射されてもよい。偏光ビームスプリッタに入射してくる加工光 EL 及び計測光 ML のいずれか他方は、偏光ビームスプリッタの偏光分離面を通過してもよい。その結果、偏光ビームスプリッタは、偏光ビームスプリッタに異なる方向から入射してくる加工光 EL 及び計測光 ML を、同じ方向に向けて（具体的には、ガルバノミラー 1214 に向けて）射出する。このため、加工光 EL の照射軸 EX と計測光 ML の計測軸 MX とが一致する。ここで、加工光 EL の照射軸 EX と計測光 ML の計測軸 MX とが一致していなくてもよい（つまり、互いに平行で若干横ずれしている関係であってもよい）。また、加工光 EL と計測光 ML の合成及び分離を、偏光ビームスプリッタではなく、ダイクロイックミラーで行ってもよい。この場合、加工光 EL と計測光 ML との波長は互いに異なってもよい。

[0205] 尚、加工システムSY S bは、計測装置2を備えていてもよい。

[0206] (4-3) 第3変形例

続いて、図45を参照しながら、第3変形例の加工システムSY S (以降、第3変形例の加工システムSY Sを、“加工システムSY S c”と称する)について説明する。図45は、第3変形例の加工システムSY S cの外観を模式的に示す斜視図である。

[0207] 図45に示すように、第3変形例の加工システムSY S cは、回転シャフト3521が重力方向に沿って延びているという点で、回転シャフト3521が重力方向に交差する方向に沿って延びている上述した加工システムSY Sとは異なる。加工システムSY S cは、回転軸3522が重力方向に沿って延びているという点で、回転軸3522が重力方向に交差する方向に沿って延びている上述した加工システムSY Sとは異なる。加工システムSY S aのその他の特徴は、加工システムSY Sと同一であってもよい。

[0208] (4-4) その他の変形例

上述した説明では、加工システムSY Sは、加工光ELをワークWに照射することでワークWを加工している。しかしながら、加工システムSY Sは、任意のエネルギービームをワークWに照射することで、ワークWを加工してもよい。この場合、加工システムSY Sは、加工光源11に加えて又は代えて、任意のエネルギービームを照射可能なビーム源を備えていてもよい。任意のエネルギービームの一例として、荷電粒子ビーム及び電磁波等の少なくとも一方があげられる。荷電粒子ビームの一例として、電子ビーム及びイオンビーム等の少なくとも一方があげられる。

[0209] 上述の各実施形態の要件は、適宜組み合わせることができる。上述の各実施形態の要件のうちの一部が用いられなくてもよい。上述の各実施形態の要件は、適宜他の実施形態の要件と置き換えることができる。また、法令で許容される限りにおいて、上述の各実施形態で引用した装置等に関する全ての公開公報及び米国特許の開示を援用して本文の記載の一部とする。

[0210] また、本発明は、請求の範囲及び明細書全体から読み取るこのできる発明

の要旨又は思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴う加工システムもまた本発明の技術思想に含まれる。

符号の説明

- [0211] 1 加工装置
- 1 1 加工ヘッド
- 2 計測装置
- 3 ステージ装置
- 3 2 ステージ
- 3 5 回転装置
- 3 5 2 1 回転シャフト
- 3 5 2 2 回転軸
- 3 6 計測装置
- 3 6 1 ビーム通過部材
- 3 6 2 受光素子
- 3 6 3 開口
- 3 6 4 減衰領域
- 3 6 5 通過領域
- 3 6 6 マーク
- E L 加工光
- M L 計測光
- W ワーク
- S Y S 加工システム

請求の範囲

- [請求項1] 物体を回転可能に保持する保持装置と、
 前記保持装置を回転させる回転装置と、
 前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、
 前記物体を計測する物体計測装置と、
 前記物体計測装置によって計測された前記物体に関する情報と、前記回転装置の回転軸の情報とに基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置のうち少なくとも一方を制御する制御装置と
 を備え、
 前記ビーム照射装置からのエネルギービームを前記保持装置に保持された前記物体に照射することにより前記物体を加工する
 加工システム。
- [請求項2] 前記制御装置は、前記回転軸と前記物体とのずれに基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置のうち少なくとも一方を制御する
 請求項1に記載の加工システム。
- [請求項3] 物体を回転可能に保持する保持装置と、
 前記保持装置を回転させる回転装置と、
 前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、
 前記物体を計測する物体計測装置と、
 前記物体計測装置によって計測された前記物体と、前記回転装置の回転軸とのずれに基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置のうち少なくとも一方を制御する制御装置と
 を備え、
 前記ビーム照射装置からのエネルギービームを前記保持装置に保持された前記物体に照射することにより前記物体を加工する
 加工システム。

- [請求項4] 前記制御装置は、前記回転軸と前記物体の中心軸との角度関係に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置のうち少なくとも一方を制御する
- 請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項5] 前記制御装置は、前記回転軸と前記物体の中心軸との位置関係に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置のうち少なくとも一方を制御する
- 請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項6] 前記制御装置は、前記回転軸と前記物体とのずれに基づいて、前記ビーム照射装置による前記エネルギービームの照射位置を制御する
- 請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項7] 前記制御装置は、前記回転軸と前記物体とのずれに基づいて、前記ビーム照射装置による前記エネルギービームの照射位置を前記回転軸と交差する方向に変える
- 請求項 6 に記載の加工システム。
- [請求項8] 前記ビーム照射装置は、前記ビーム照射装置に対する前記エネルギービームの前記照射位置を変えるビーム照射位置変更装置を備える
- 請求項 6 又は 7 に記載の加工システム。
- [請求項9] 前記ビーム照射装置は、前記物体の表面上の照射位置に、前記表面の前記照射位置での法線と交差する方向から前記エネルギービームを照射する
- 請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項10] 前記照射位置に照射される前記エネルギービームの進行方向に沿った照射軸と前記法線とのなす角度は 60 度以上である
- 請求項 9 に記載の加工システム。
- [請求項11] 前記エネルギービームの前記照射位置は、前記回転軸と交差する方向で変更可能である
- 請求項 9 又は 10 に記載の加工システム。

- [請求項12] 前記ビーム照射装置が前記物体に前記エネルギービームを照射する第1期間における前記エネルギービームの前記照射位置に対して、前記第1期間よりも後の第2期間における前記照射位置は前記回転軸に近い請求項1から11のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項13] 前記照射位置に関して前記ビーム照射装置とは反対側に設けられて、前記エネルギービームが照射されるビームダンパを備える請求項1から12のいずれか一項に記載の加工システム。
- [請求項14] 前記ビームダンパは、前記エネルギービームが照射される照射面を備え、
前記照射面は、前記エネルギービームの進行方向に沿った照射軸に対して傾斜している
請求項13に記載の加工システム。
- [請求項15] 前記照射面と前記照射軸とのなす角度は鋭角である
請求項14に記載の加工システム。
- [請求項16] 物体を回転可能に保持する保持装置と、
前記保持装置を回転させる回転装置と、
前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、
前記物体を計測する物体計測装置と、
前記物体計測装置によって計測された前記物体に関する情報と、前記回転装置の位置及び姿勢の少なくとも一方の情報とに基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置のうち少なくとも一方を制御する制御装置と
を備え、
前記ビーム照射装置からのエネルギービームを前記保持装置に保持された前記物体に照射することにより前記物体を加工する
加工システム。
- [請求項17] 前記物体計測装置は、前記回転装置の位置及び姿勢の少なくとも一

方の情報を得る

請求項 16 に記載の加工システム。

[請求項18] 前記回転装置に設けられ、前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置をさらに備える

請求項 17 に記載の加工システム。

[請求項19] 前記物体計測装置は、前記ビーム計測装置の位置及び姿勢の少なくとも一方を計測する

請求項 18 に記載の加工システム。

[請求項20] 前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置をさらに備える

請求項 1 から 19 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項21] 物体を回転可能に保持する保持装置と、
前記保持装置を回転させる回転装置と、
前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、

前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置と、

前記ビーム計測装置によって計測された前記エネルギービームに関する情報に基づいて、前記ビーム照射装置を制御する制御装置と
を備え、

前記ビーム照射装置からのエネルギービームを前記保持装置に保持された前記物体に照射することにより前記物体を加工する

加工システム。

[請求項22] 前記ビーム計測装置は、前記エネルギービームが進行する方向に沿った照射軸に対する角度方向の強度分布を計測する

請求項 20 又は 21 に記載の加工システム。

[請求項23] 前記制御装置は、前記ビーム計測装置の計測結果に基づいて、前記エネルギービームの照射位置を制御する

請求項 2 2 に記載の加工システム。

[請求項24] 前記制御装置は、前記ビーム計測装置の計測結果に基づいて、前記エネルギービームが進行する方向を制御する

請求項 2 2 又は 2 3 に記載の加工システム。

[請求項25] 前記ビーム照射装置は、前記ビーム照射装置に対する前記エネルギービームの前記照射位置及び前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームの進行方向のうち少なくとも一方を変えるビーム照射状態変更装置を備える

請求項 2 3 又は 2 4 に記載の加工システム。

[請求項26] 前記ビーム照射装置は、前記エネルギービームの開き角を変更する開き角変更装置を備え、

前記制御装置は、前記ビーム計測装置の計測結果に基づいて、前記開き角を制御する

請求項 2 2 から 2 5 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項27] 前記ビーム照射装置は、前記開き角変更装置を第 1 開き角変更装置とすると、前記エネルギービームの進行方向に沿った照射軸を含む第 1 面での前記エネルギービームの第 1 開き角と、前記照射軸を含み前記第 1 面と交差する第 2 面の前記エネルギービームの第 2 開き角とのうち少なくとも一方を変更する第 2 開き角変更装置を備え、

前記制御装置は、前記ビーム計測装置の計測結果に基づいて、前記第 1 開き角及び前記第 2 開き角のうち少なくとも一方を制御する

請求項 2 3 に記載の加工システム。

[請求項28] 前記ビーム照射装置は、前記エネルギービームを集光する集光光学系と、前記集光光学系の入射瞳でのビーム断面の直径のうち最大値をとる方向を前記集光光学系の光軸廻りで変更するビーム回転部材とを備える

請求項 2 0 から 2 7 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項29] 前記ビーム計測装置は、前記エネルギービームが進行する方向におけ

る第1位置で前記エネルギービームを計測し、前記進行する方向において前記第1位置と異なる第2位置で前記エネルギービームを計測する

請求項20から28のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項30] 前記ビーム計測装置は、前記エネルギービームが進行する方向における第1位置で前記エネルギービームを計測し、

前記進行する方向において前記第1位置は前記エネルギービームが集光される集光位置と異なる

請求項20から29のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項31] 前記ビーム計測装置は、前記エネルギービームが進行する方向を計測する

請求項20から30のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項32] 前記ビーム計測装置は、前記エネルギービームが進行する方向における第1位置で前記エネルギービームを計測し、前記進行する方向において前記第1位置と異なる第2位置で前記エネルギービームを計測し、

前記エネルギービームが進行する方向と交差する方向における前記第1及び第2位置に基づいて、前記エネルギービームが進行する方向を計測する

請求項31に記載の加工システム。

[請求項33] 前記ビーム計測装置によって計測された前記エネルギービームが進行する方向に基づいて、前記エネルギービームの照射位置を制御する

請求項31又は32に記載の加工システム。

[請求項34] 前記ビーム計測装置によって計測された前記エネルギービームが進行する方向に基づいて、前記エネルギービームが進行する方向を制御する

請求項31から33のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項35] 前記ビーム計測装置は、前記エネルギービームが進行する方向と交差する面内で前記エネルギービームが通過する位置を計測する

請求項20から34のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項36] 前記ビーム計測装置は、前記ビーム照射装置に対する前記エネルギー

ビームの照射位置を第1位置にしたときに前記エネルギービームを計測し、前記ビーム照射装置に対する前記エネルギービームの照射位置を前記第1位置と異なる第2位置にしたときに前記エネルギービームを計測する

請求項20から35のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項37] 前記ビーム計測装置は、前記エネルギービームを減衰する減衰領域内に設けられた第1ビーム通過部分と、前記減衰領域内に設けられ前記第1ビーム通過部分と異なる第2ビーム通過部分とを備え、

前記第1及び第2ビーム通過部分の位置関係と前記回転軸とは所定の関係にある

請求項36に記載の加工システム。

[請求項38] 前記エネルギービームの照射位置を前記第1の位置にしたとき、前記ビーム計測装置は前記第1ビーム通過部分を通過した前記エネルギービームを受光し、

前記エネルギービームの照射位置を前記第2の位置にしたとき、前記ビーム計測装置は前記第2ビーム通過部分を通過した前記エネルギービームを受光する

請求項37に記載の加工システム。

[請求項39] 前記回転装置は、前記エネルギービームの進行方向と交差する面に沿って移動可能な移動ステージに設けられる

請求項36又は37に記載の加工システム。

[請求項40] 前記ビーム計測装置は、前記エネルギービームを減衰する減衰領域内に設けられたビーム通過部分を備え、

前記回転装置の回転軸と、前記移動ステージが移動する前記交差する面との関係は、所定の関係にある

請求項36に記載の加工システム。

[請求項41] 前記移動ステージが第1のステージ位置に位置したときに、前記ビーム計測装置は前記ビーム通過部分を通過した前記エネルギービームを

受光し、

前記移動ステージが前記第1のステージ位置と異なる第2のステージ位置に位置したときに、前記ビーム計測装置は前記ビーム通過部分を通過した前記エネルギービームを受光する

請求項40に記載の加工システム。

[請求項42] 前記ビーム計測装置は、前記エネルギービームを減衰する減衰領域内に設けられたビーム通過部分を備え、

前記ビーム通過部分と前記回転装置との位置関係は所定の関係である

請求項20から41のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項43] 前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームが進行する方向に沿った照射軸と、前記物体計測装置の計測軸とは一致していない

請求項1から42のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項44] 前記照射軸と前記計測軸とは平行である

請求項43に記載の加工システム。

[請求項45] 前記照射軸と前記計測軸とは交差している

請求項43に記載の加工システム。

[請求項46] 前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームが進行する方向に沿った照射軸と、前記物体計測装置の計測軸とは一致している

請求項1から42のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項47] 前記物体計測装置は、前記物体の表面を3次元計測する

請求項1から46のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項48] 前記制御装置は、前記物体計測装置によって前記物体が計測された後に前記物体を回転させるように前記回転装置を制御し、

前記物体計測装置は、前記回転装置によって回転された前記物体を計測する

請求項1から47のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項49] 前記回転装置によって回転された前記物体上における計測範囲は、

前記回転装置によって回転される前の前記物体上における計測範囲と一部重畳する

請求項 48 に記載の加工システム。

[請求項50] 前記物体計測装置は、前記回転装置によって回転している前記物体を計測する

請求項 1 から 47 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項51] 前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置と、

前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動させる移動装置と

をさらに備え、

前記制御装置は、

前記ビーム計測装置が前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測できるように、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうちの少なくとも一方を移動させ、

前記物体計測装置によって前記ビーム計測装置の少なくとも一部を計測できるように、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうちの少なくとも一方を移動させる

請求項 1 から 50 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項52] 物体を回転可能に保持する保持装置と、

前記保持装置を回転させる回転装置と、

前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、

前記物体を計測する物体計測装置と、

前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置と、

前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動させる移動装置と、

少なくとも前記移動装置を制御する制御装置と

を備え、

前記制御装置は、

前記ビーム計測装置が前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測できる位置となるように、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうちの少なくとも一方を移動させ、

前記物体計測装置によって前記ビーム計測装置の少なくとも一部を計測できる位置となるように、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうちの少なくとも一方を移動させる

加工システム。

[請求項53]

前記制御装置は、前記ビーム計測装置が前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するときの、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうちの少なくとも一方の位置に関する第1情報と、前記物体計測装置によって前記ビーム計測装置の少なくとも一部を計測するときの、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうちの少なくとも一方の位置に関する第2情報とに基づいて、前記移動装置を制御する

請求項51又は52に記載の加工システム

[請求項54]

前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置と、

前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方を移動させる移動装置と

前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方に関する情報を取得する取得装置と、

をさらに備え、

前記制御装置は、

前記ビーム照射装置が前記ビーム計測装置の少なくとも一部に前記エネルギービームを照射できる照射可能位置に、前記ビーム照射装置及

び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動し、

前記照射可能位置に移動した前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方に関する照射位置情報を、前記取得装置を用いて取得し、

前記照射位置情報に基づいて、前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方を制御する

請求項 1 から 5 3 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項55]

物体を回転可能に保持する保持装置と、

前記保持装置を回転させる回転装置と、

前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、

前記物体を計測する物体計測装置と、

前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置と、

前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動させる移動装置と、

前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方に関する情報を取得する取得装置と、

少なくとも前記移動装置を制御する制御装置とを備え、

前記制御装置は、

前記ビーム照射装置が前記ビーム計測装置の少なくとも一部に前記エネルギービームを照射できる照射可能位置に、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動し、

前記照射可能位置に移動した前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方に関する照射位置情報を、前記取得装置を用いて取得し、

前記照射位置情報に基づいて、前記ビーム照射装置の位置及び前記

ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方を制御する
加工システム。

[請求項56] 前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置と、

前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動させる移動装置と

前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方に関する情報を取得する取得装置と、

をさらに備え、

前記制御装置は、

前記物体計測装置が前記ビーム計測装置の少なくとも一部を計測できる計測可能位置に、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動し、

前記計測可能位置に移動した前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方に関する計測位置情報を、前記取得装置を用いて取得し、

前記計測位置情報に基づいて、前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方を制御する

請求項 1 から 55 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項57] 物体を回転可能に保持する保持装置と、

前記保持装置を回転させる回転装置と、

前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、

前記物体を計測する物体計測装置と、

前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置と、

前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動させる移動装置と、

前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方に関する情報を取得する取得装置と、

少なくとも前記移動装置を制御する制御装置とを備え、

前記制御装置は、

前記物体計測装置が前記ビーム計測装置の少なくとも一部を計測できる計測可能位置に、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動し、

前記計測可能位置に移動した前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方に関する計測位置情報を、前記取得装置を用いて取得し、

前記計測位置情報に基づいて、前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方を制御する

加工システム。

[請求項58]

前記ビーム照射装置は、前記物体計測装置によって計測された前記物体に前記エネルギービームを照射し、

前記物体計測装置は、前記エネルギービームが照射された後の前記物体を計測する

請求項 1 から 5 7 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項59]

前記ビーム照射装置は、前記回転装置によって回転している前記物体に前記エネルギービームを照射する

請求項 1 から 5 8 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項60]

前記回転装置は、前記ビーム照射装置によって前記エネルギービームが照射された前記物体を回転させ、

前記ビーム照射装置は、前記回転装置によって回転された前記物体に前記エネルギービームを照射する

請求項 1 から 5 8 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項61]

前記ビーム照射装置は、前記回転装置の回転軸と交差する方向から

前記エネルギービームを照射する

請求項 1 から 60 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項62] 前記ビーム照射装置は、前記回転装置の回転軸に対してねじれの方向から前記エネルギービームを照射する

請求項 1 から 60 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項63] 前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームが前記物体に照射される照射位置は、前記回転軸と平行な方向に沿って可変である

請求項 61 又は 62 に記載の加工システム。

[請求項64] 前記保持装置は、前記物体を保持したときに前記物体と接触する保持面を備え、

前記ビーム照射装置は、前記保持面と平行な面と交差する前記物体の表面に前記エネルギービームを照射する

請求項 1 から 63 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項65] 前記ビーム照射装置は、前記回転装置の回転軸と交差する前記物体の表面に前記エネルギービームを照射する

請求項 1 から 64 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項66] 前記ビーム照射装置と前記回転装置との少なくとも一方を移動させる移動装置をさらに備える

請求項 1 から 65 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項67] 前記ビーム照射装置は、前記ビーム照射装置に対する前記エネルギービームの前記照射位置を変えるビーム照射位置変更装置を備える

請求項 1 から 64 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項68] 前記回転装置の回転軸は、重力方向と交差する方向に延びている
請求項 1 から 67 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項69] 前記回転装置の回転軸は、重力方向に延びている

請求項 1 から 67 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項70] 前記保持装置を前記回転装置で回転させながら、前記エネルギービームとしてレーザービームで前記物体の表面にレーザー旋盤加工を行う

請求項 1 から 6 9 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項71]

物体を回転可能に保持する保持装置と、
前記保持装置を回転させる回転装置と、
前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、
前記物体の表面の 3 次元形状を計測する物体計測装置と、
前記物体計測装置の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置のうち少なくとも一方を制御する制御装置と
を備え、
前記ビーム照射装置からのエネルギービームを前記保持装置に保持された前記物体に照射することにより前記物体を加工する
加工システム。

[請求項72]

前記保持装置を前記回転装置で回転させながら、前記エネルギービームとしてのレーザービームで前記物体の表面にレーザー旋盤加工を行う
請求項 7 1 に記載の加工システム。

[請求項73]

前記制御装置は、前記物体計測装置の計測結果から得られる、前記物体と前記回転装置の回転軸とのずれに基づいて前記ビーム照射装置及び前記回転装置のうち少なくとも一方を制御する
請求項 7 1 又は 7 2 に記載の加工システム。

[請求項74]

前記回転装置の回転を停止した状態で、前記物体と前記エネルギービームとを相対移動しながら、前記物体の表面を前記エネルギービームで加工可能である
請求項 7 1 に記載の加工システム。

[請求項75]

前記相対移動は、前記回転装置の回転軸と平行に行われる
請求項 7 4 に記載の加工システム。

[請求項76]

物体を保持する保持装置と、
前記保持装置を回転させる回転装置と、

前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、

前記物体を計測する物体計測装置と、

前記物体計測装置による前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置を制御する制御装置と

を備え、

前記ビーム照射装置は、前記ビーム照射装置が前記物体に前記エネルギービームを照射する期間中に、前記物体の表面上での前記エネルギービームの照射位置を、前記物体の表面に沿って変更し、

前記制御装置は、前記エネルギービームによる加工跡を含む前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置を制御する

加工システム。

[請求項77]

前記ビーム照射装置は、前記ビーム照射装置が前記物体としての第1物体を加工するために前記エネルギービームを前記第1物体に照射する第1期間中に、前記第1物体の表面上での前記照射位置を変更し、

前記制御装置は、前記ビーム照射装置が前記物体としての第2物体を加工するために前記エネルギービームを前記第2物体に照射する第2期間中に、前記エネルギービームによる加工跡を含む前記第1物体の計測結果に基づいて前記ビーム照射装置を制御する

請求項76に記載の加工システム。

[請求項78]

前記制御装置は、前記第1物体の計測結果に基づいて、前記加工跡が延びる方向と前記回転装置の回転軸が延びる方向との関係に関する方向情報を生成し、前記第2期間中に、前記方向情報に基づいて前記ビーム照射装置を制御する

請求項77に記載の加工システム。

[請求項79]

前記制御装置は、前記第2期間中に、前記第2物体の表面上での前記エネルギービームの照射位置が、前記回転軸が延びる方向に沿って移動するように、前記ビーム照射装置を制御する

請求項 7 7 又は 7 8 に記載の加工システム。

[請求項80] 前記ビーム照射装置は、前記エネルギービームを偏向可能なビーム偏向装置を用いて、前記照射位置を変更し、

前記制御装置は、前記第 2 期間中に、前記第 2 物体の表面上での前記エネルギービームの照射位置が、前記回転軸が延びる方向に沿って移動するように、前記ビーム偏向装置を制御する

請求項 7 7 から 7 9 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項81] 前記回転装置を移動させる移動装置を更に備え、

前記第 1 期間中に、前記ビーム照射装置が前記第 1 物体の第 1 領域を加工し、前記第 1 領域が加工された後に前記移動装置が前記回転装置を移動させ、前記回転装置が移動した後、前記ビーム照射装置が前記第 1 物体の第 2 領域を加工し、

前記制御装置は、前記第 2 期間中に、前記エネルギービームによる前記第 1 及び第 2 領域のそれぞれの加工跡を含む前記第 1 物体の計測結果に基づいて前記ビーム照射装置及び前記移動装置の少なくとも一方を制御する

請求項 7 7 から 8 0 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項82] 前記制御装置は、前記第 1 物体の計測結果に基づいて、前記第 1 領域の加工跡と前記第 2 領域の加工跡との相対的な位置関係に関する位置関係情報を生成し、前記第 2 期間中に、前記位置関係情報に基づいて前記ビーム照射装置及び前記移動装置の少なくとも一方を制御する

請求項 8 1 に記載の加工システム。

[請求項83] 前記位置関係情報は、前記第 1 領域の加工跡と前記第 2 領域の加工跡とを結ぶ線に沿った方向に関する情報を含む

請求項 8 1 又は 8 2 に記載の加工システム。

[請求項84] 前記制御装置は、前記第 2 期間中に、前記第 2 物体の表面上での前記エネルギービームの照射位置が、前記回転軸が延びる方向に沿って移動するように、前記ビーム照射装置及び前記移動装置の少なくとも一

方を制御する

請求項 8 3 に記載の加工システム。

[請求項85]

物体を保持する保持装置と、

前記保持装置を回転させる回転装置と、

前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、

前記物体を計測する物体計測装置と、

前記物体計測装置による前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置の少なくとも一方を制御する制御装置と、

前記回転装置を移動させる移動装置と

を備え、

前記物体計測装置は、前記移動装置が前記回転装置を一の方向に沿って移動させる都度、前記物体を計測し、

前記制御装置は、前記ビーム照射装置が前記物体に前記エネルギービームを照射する照射期間中に、前記物体計測装置による前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記移動装置の少なくとも一方を制御する

加工システム。

[請求項86]

前記制御装置は、前記物体の計測結果に基づいて、前記一の方向と前記回転装置の回転軸が延びる方向との関係に関する方向情報を生成し、前記照射期間中に、前記方向情報に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記移動装置の少なくとも一方を制御する

請求項 8 5 に記載の加工システム。

[請求項87]

前記制御装置は、前記照射期間中に、前記物体の表面上での前記エネルギービームの照射位置が、前記回転軸が延びる方向に沿って移動するように、前記ビーム照射装置及び前記移動装置の少なくとも一方を制御する

請求項 8 5 又は 8 6 に記載の加工システム。

[請求項88]

前記物体計測装置は、前記保持装置が前記物体としての第 1 物体を保持している期間中に、前記移動装置が前記回転装置を前記一の方向に沿って移動させる都度、前記物体としての第 1 物体を計測し、

前記制御装置は、前記ビーム照射装置が前記物体としての第 2 物体に前記エネルギービームを照射する前記照射期間中に、前記物体計測装置による前記第 1 物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記移動装置の少なくとも一方を制御する

請求項 8 5 から 8 7 のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項89]

前記制御装置は、前記第 1 物体の計測結果に基づいて、前記一の方向と前記回転装置の回転軸が延びる方向との関係に関する方向情報を生成し、前記照射期間中に、前記方向情報に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記移動装置の少なくとも一方を制御する

請求項 8 8 に記載の加工システム。

[請求項90]

前記制御装置は、前記照射期間中に、前記第 2 物体の表面上での前記エネルギービームの照射位置が、前記回転軸が延びる方向に沿って移動するように、前記ビーム照射装置及び前記移動装置の少なくとも一方を制御する

請求項 8 8 又は 8 9 に記載の加工システム。

[請求項91]

物体を保持する保持装置と、

前記保持装置を回転させる回転装置と、

前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、

前記物体を計測する物体計測装置と、

前記物体計測装置による前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置の少なくとも一方を制御する制御装置とを備え、

前記物体計測装置は、前記回転装置が前記物体を所定回転角度だけ

回転させる都度、前記物体を計測し、

前記制御装置は、前記物体計測装置による前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置を制御する加工システム。

[請求項92] 前記物体計測装置は、前記回転装置が前記物体を前記所定回転角度だけ回転させる都度、前記回転装置の回転軸に交差する第1交差方向において端に位置する前記物体の端部分を計測し、

前記制御装置は、前記物体の計測結果に基づいて、前記端部分の位置に関する位置情報を生成し、前記位置情報に基づいて、前記ビーム照射装置を制御する

請求項91に記載の加工システム。

[請求項93] 前記物体計測装置は、前記回転装置が前記物体を前記所定回転角度だけ回転させる都度前記端部分を計測する動作を、前記物体上の第1位置及び前記第1位置とは前記回転軸に沿った方向において異なる前記物体上の第2位置で行う

請求項91又は92に記載の加工システム。

[請求項94] 前記位置情報は、前記第1交差方向における前記端部分の位置と前記回転軸周りにおける前記物体の回転角度との関係に関する情報を含む

請求項92又は93に記載の加工システム。

[請求項95] 前記位置情報は、前記第1交差方向における前記端部分の位置の前記回転角度に対する変化量の位相に関する情報を含む

請求項92から94のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項96] 前記制御装置は、前記回転軸に交差する第2交差方向に沿って前記エネルギービームの照射位置を変更するように、前記ビーム照射装置を制御する

請求項92から95のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項97] 物体を保持する保持装置と、

前記保持装置を回転させる回転装置と、
前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、
前記物体を計測する物体計測装置と、
前記物体計測装置による前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置の少なくとも一方を制御する制御装置と、
、
前記回転装置に設けられ、前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置と
を備える加工システム。

[請求項98] 前記ビーム計測装置は、前記エネルギービームを減衰させる減衰領域と前記エネルギービームを通過させる通過領域とを持つビーム通過部材と、前記通過領域を通過した前記エネルギービームを検出する検出部とを有する
請求項97に記載の加工システム。

[請求項99] 前記回転装置を移動させる移動装置を更に備え、
前記制御装置は、前記ビーム計測装置が前記エネルギービームを検出したときの前記回転装置の位置に関する情報及び前記物体計測装置が前記ビーム計測装置の少なくとも一部を計測したときの前記回転装置の位置に関する情報に基づいて、前記回転装置の位置を制御する
請求項97又は98に記載の加工システム。

[請求項100] 物体を回転可能に保持する保持装置と、
前記保持装置を回転させる回転装置と、
前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、
前記物体を計測する物体計測装置と、
前記物体上に照射される前記エネルギービームの照射位置を変更する変更装置と、

前記回転装置及び前記変更装置のうち少なくとも一方を制御する制御装置と

を備え、

前記制御装置は、前記物体計測装置によって計測された前記物体に関する情報に基づいて、前記保持装置を回転させ且つ前記照射位置を変更するように前記回転装置及び前記変更装置を制御し、

前記ビーム照射装置からのエネルギービームを前記保持装置に保持された前記物体に照射することにより前記物体を加工する加工システム。

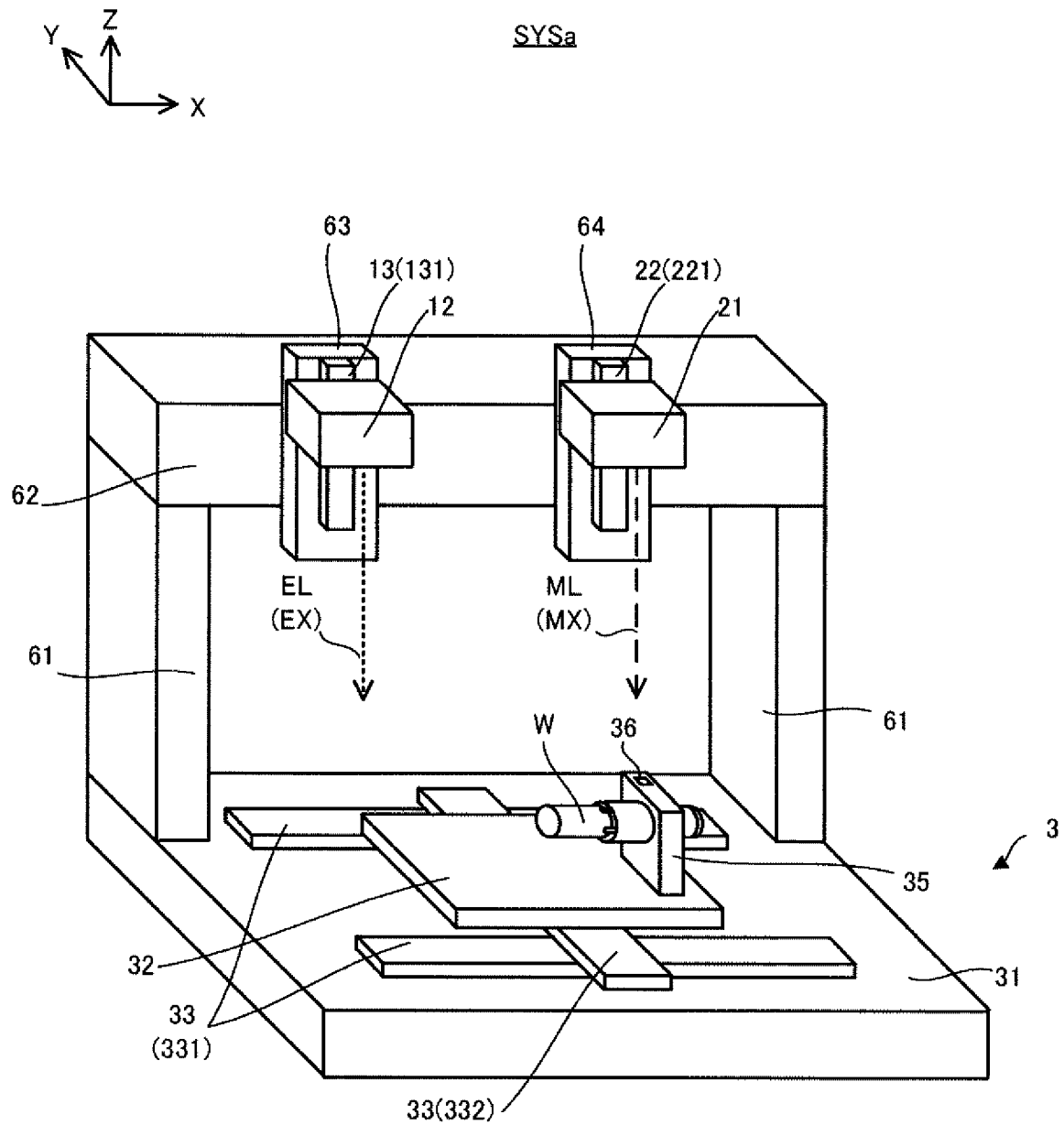
[請求項101] 前記ビーム照射装置は前記変更装置を有している請求項100に記載の加工システム。

[請求項102] 前記変更装置は、前記ビーム照射装置に対して前記照射位置を変更する請求項101に記載の加工システム。

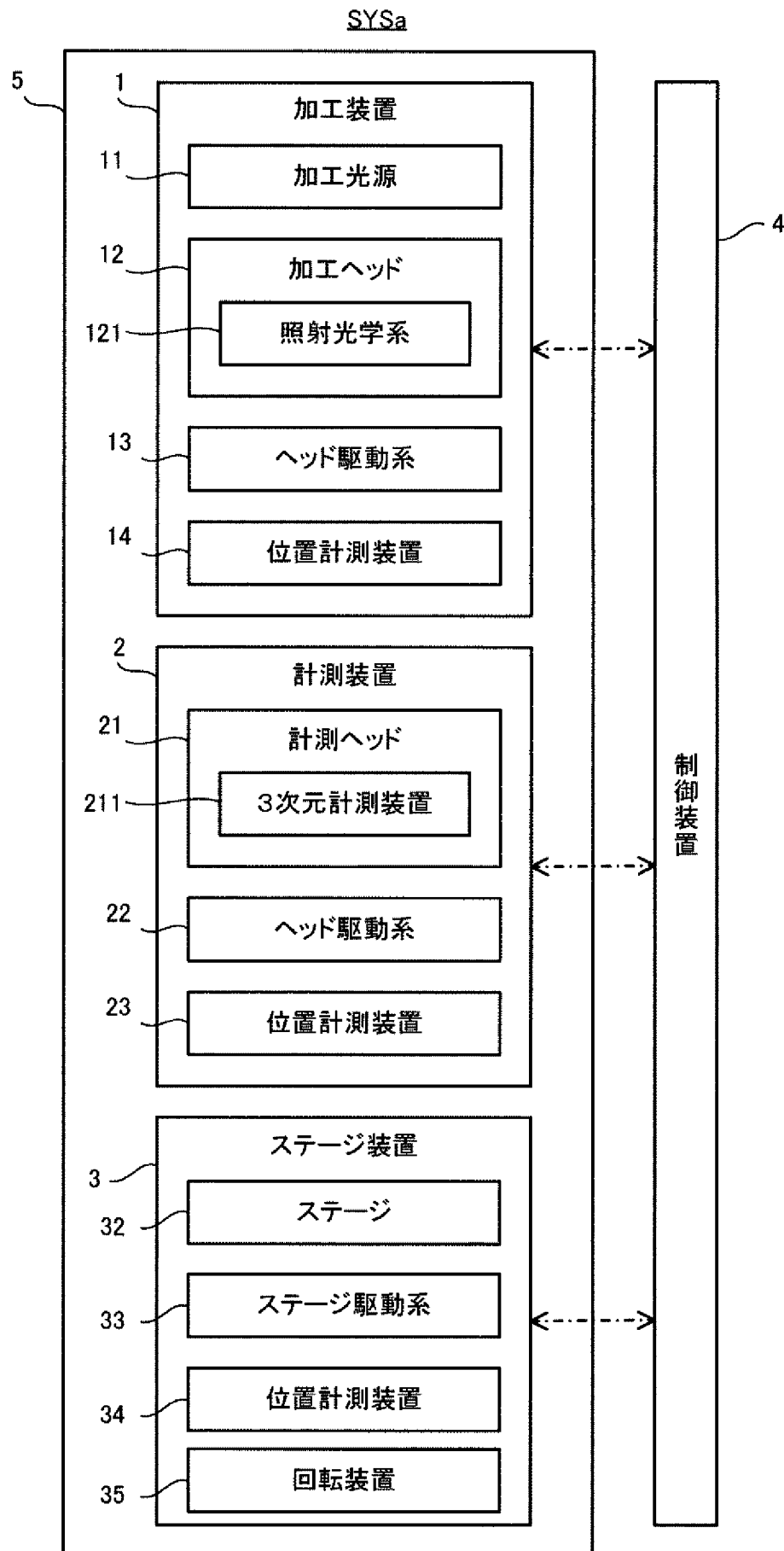
[請求項103] 前記加工装置による前記物体の加工中に、前記保持装置を回転させ且つ前記照射位置を移動させる請求項100から102のいずれか一項に記載の加工システム。

[請求項104] 前記回転装置は回転軸周りに前記保持装置を回転させ、前記変更装置によって前記照射位置を前記回転軸と平行な方向及び前記回転軸と交差する方向に移動させつつ前記物体を加工する請求項100から103のいずれか一項に記載の加工システム。

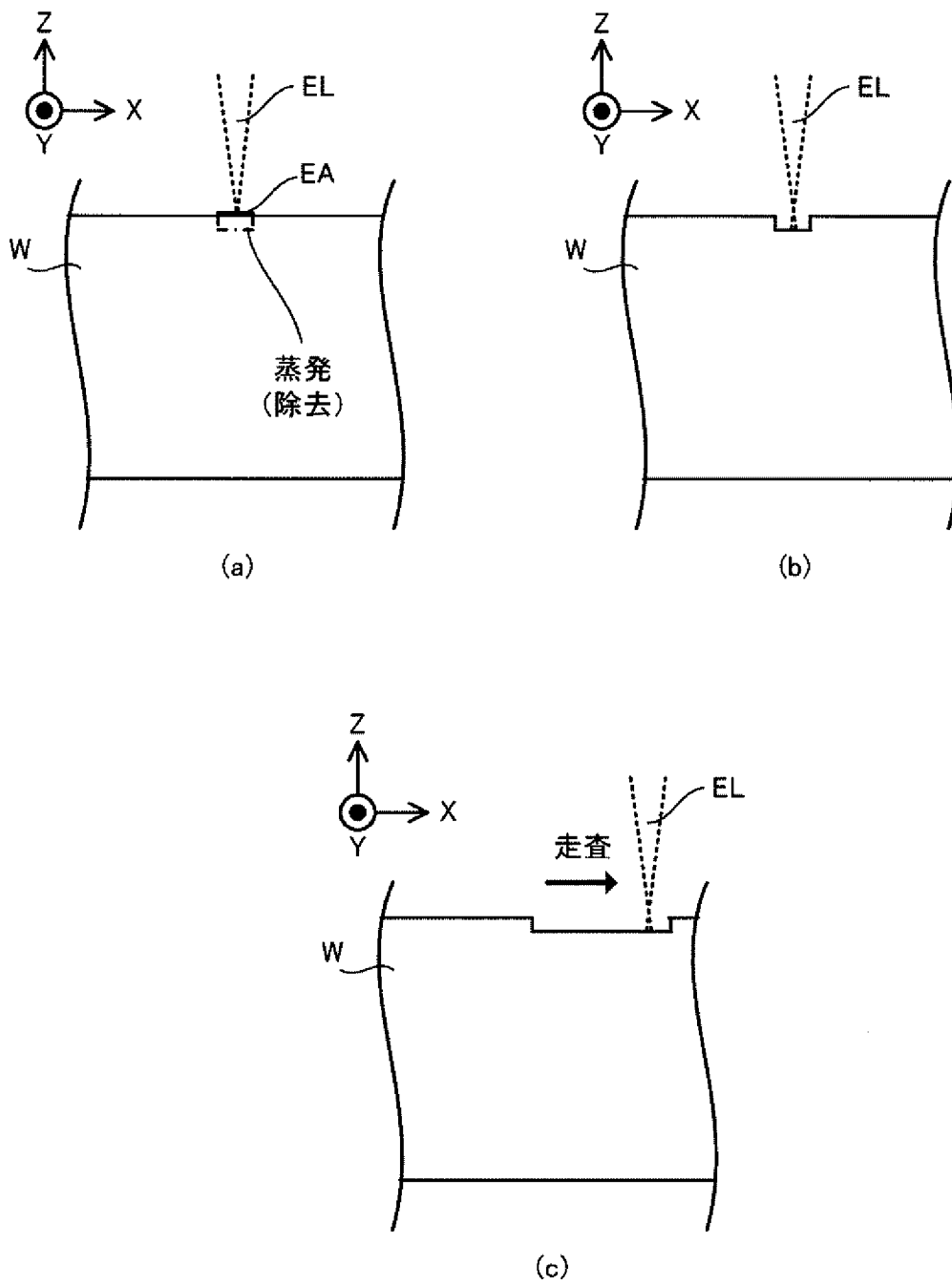
[図1]



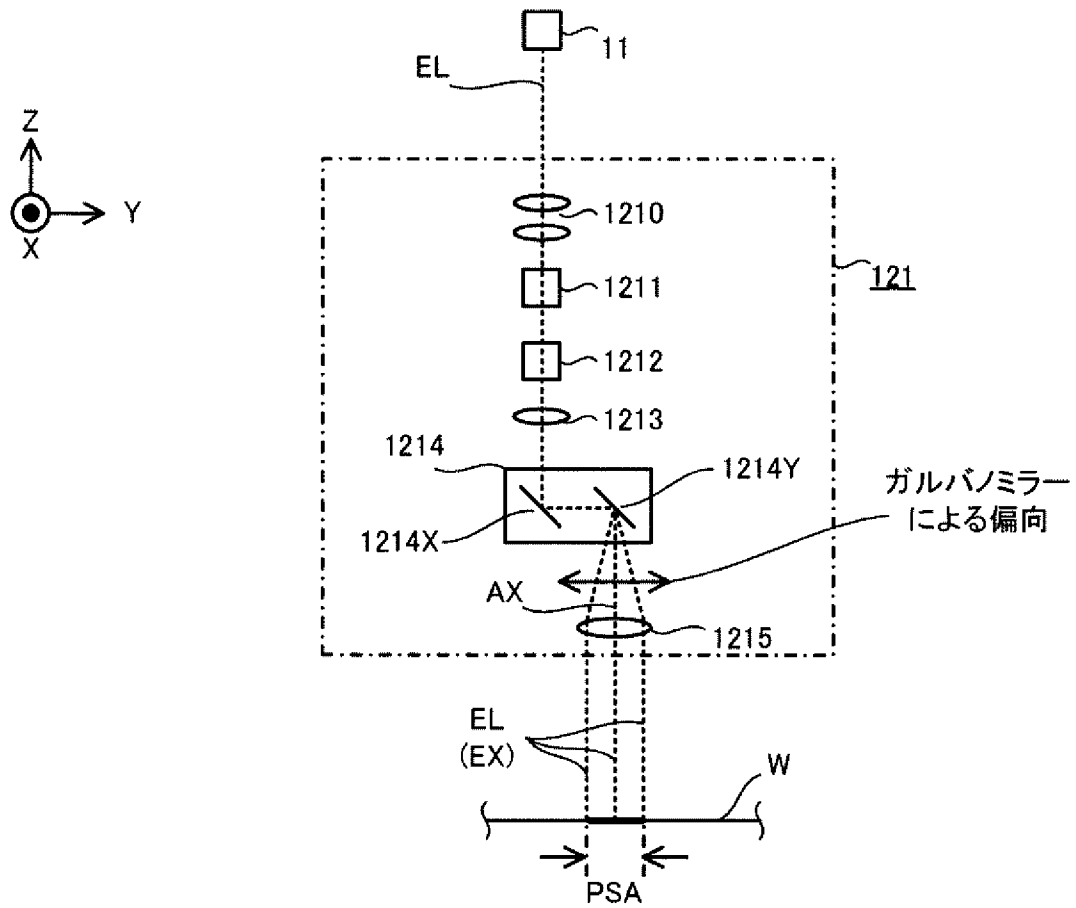
[図2]



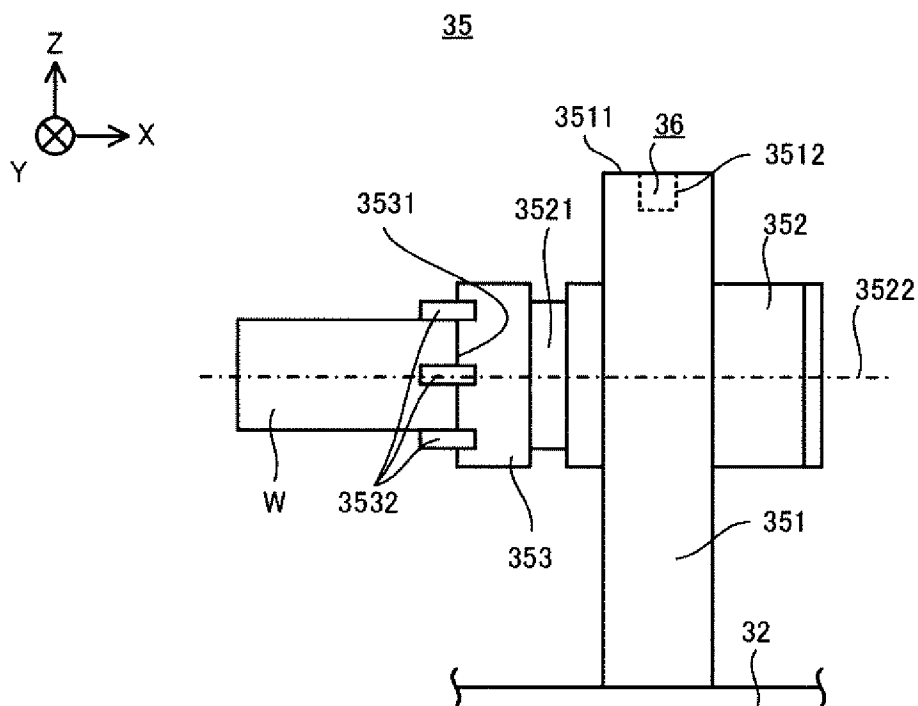
[図3]



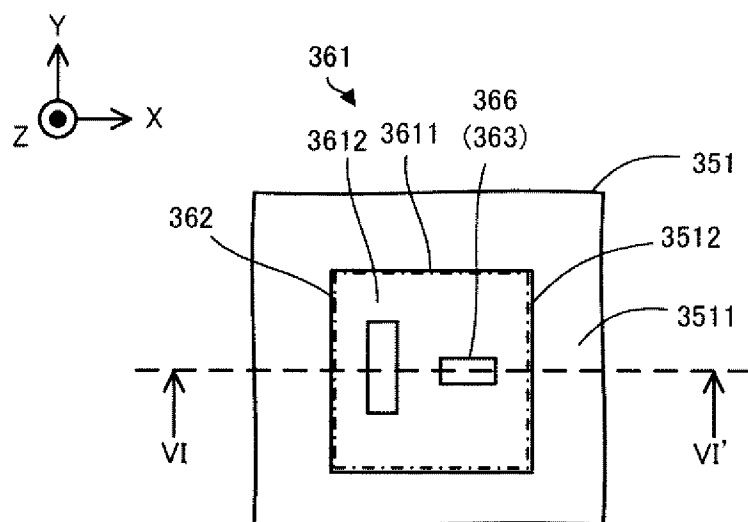
[図4]



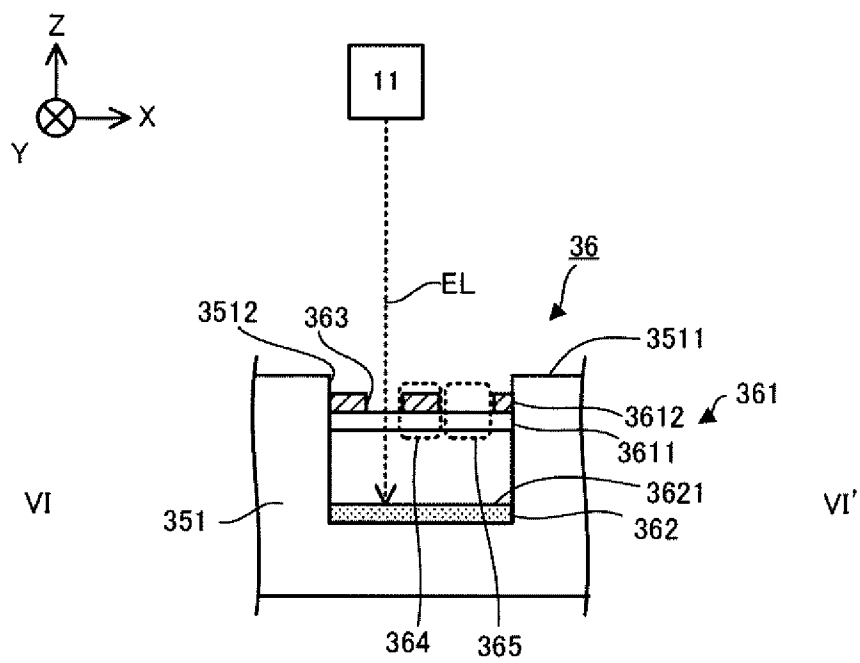
[図5]



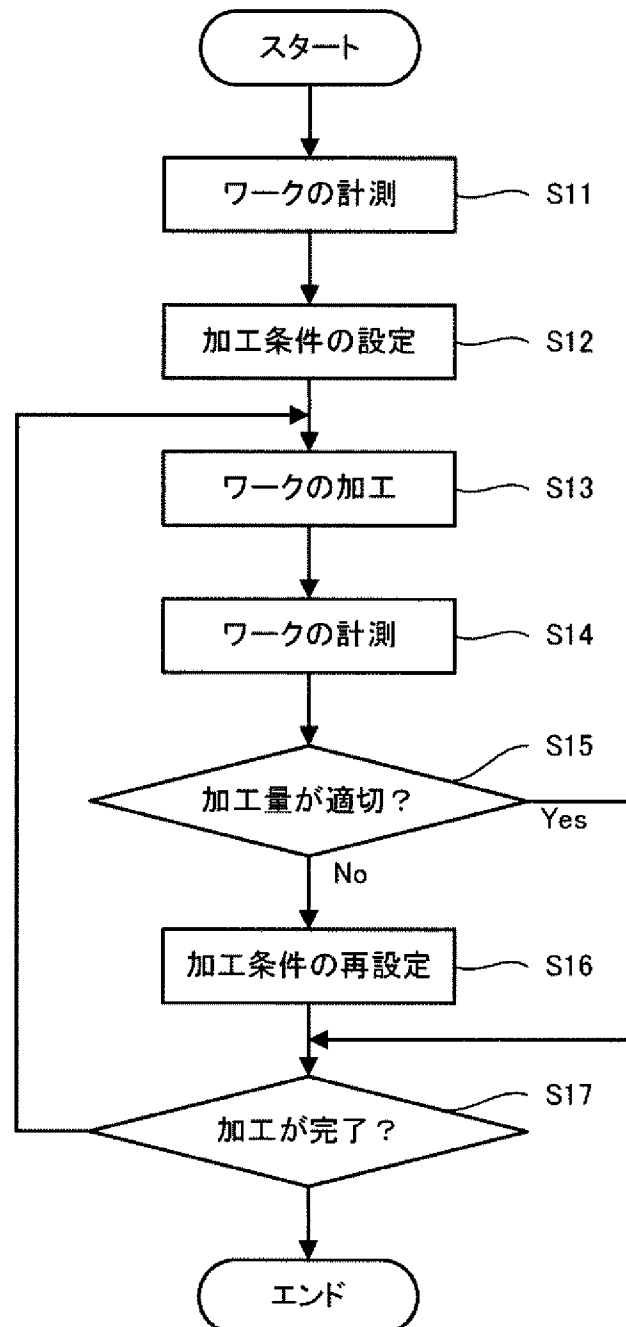
[図6]



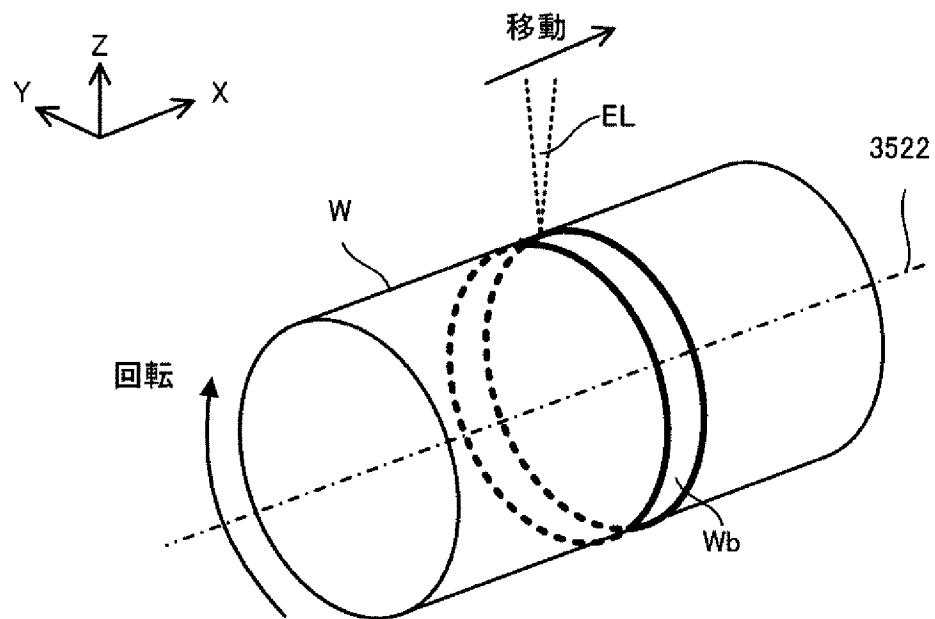
[図7]



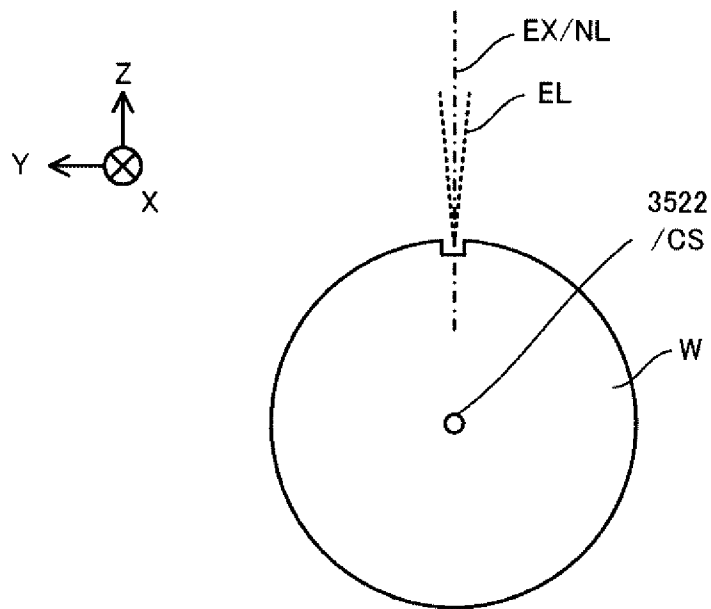
[図8]



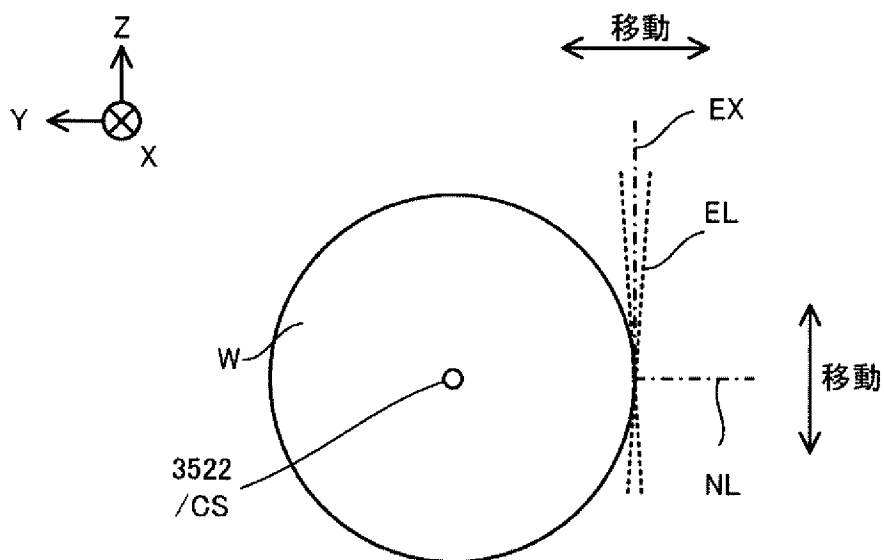
[図9]



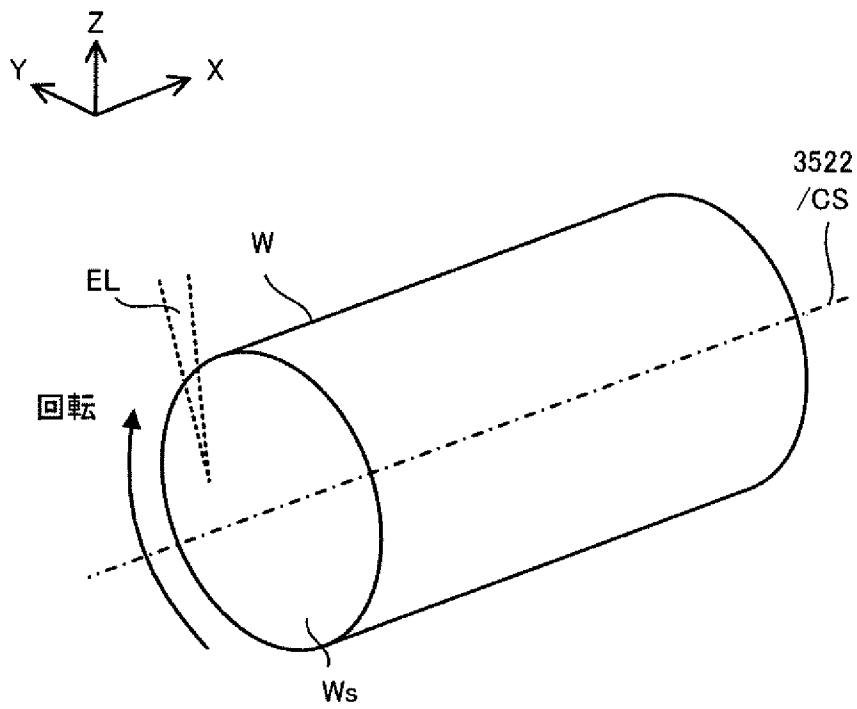
[図10]



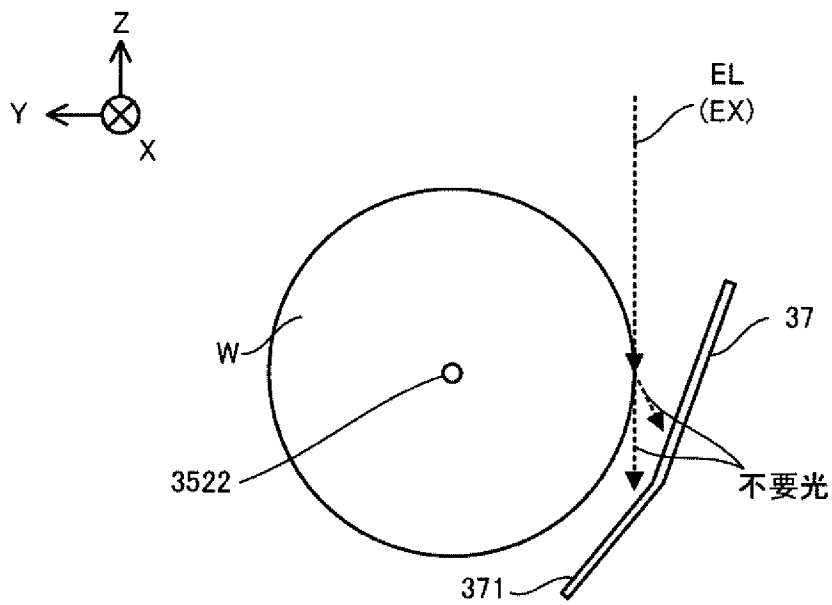
[図11]



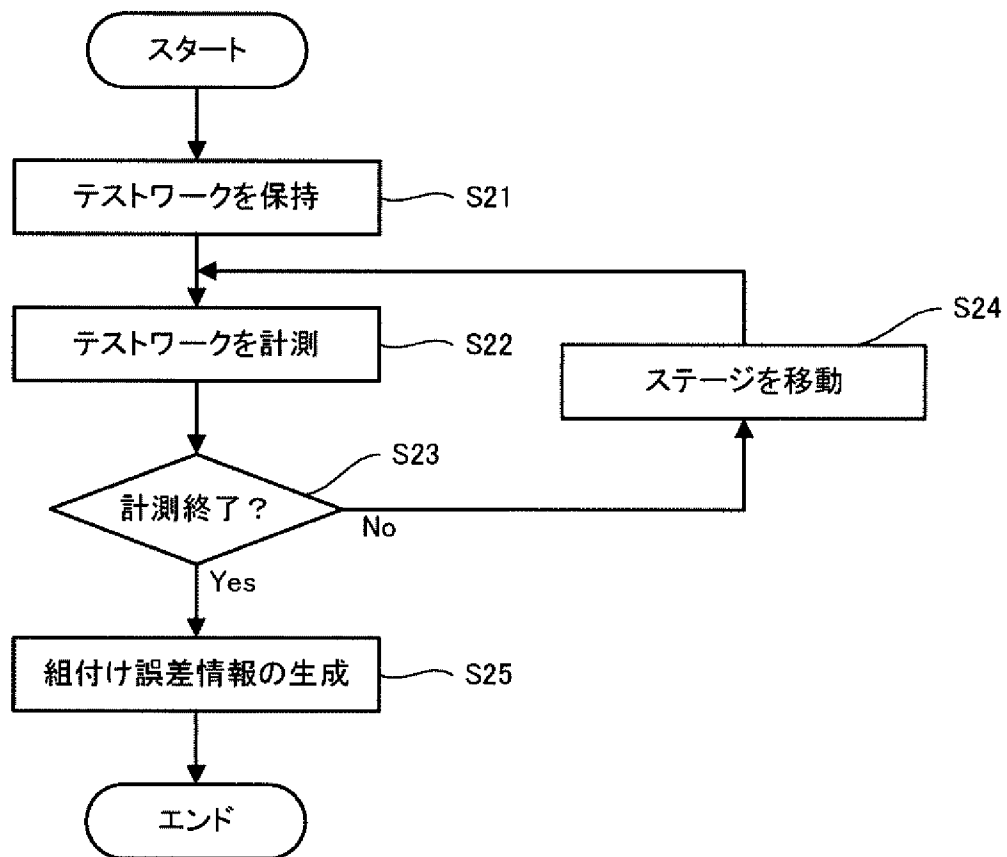
[図12]



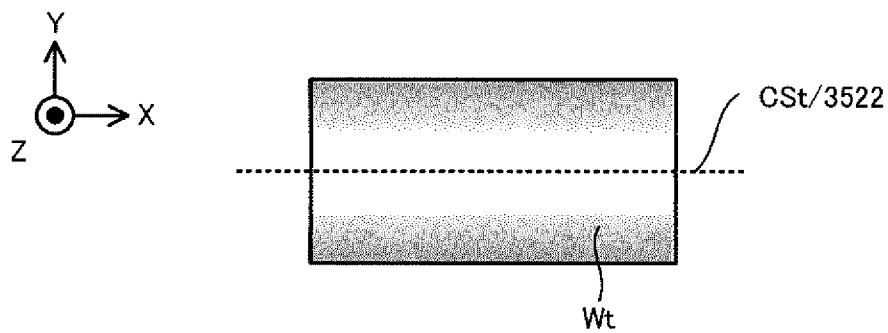
[図13]



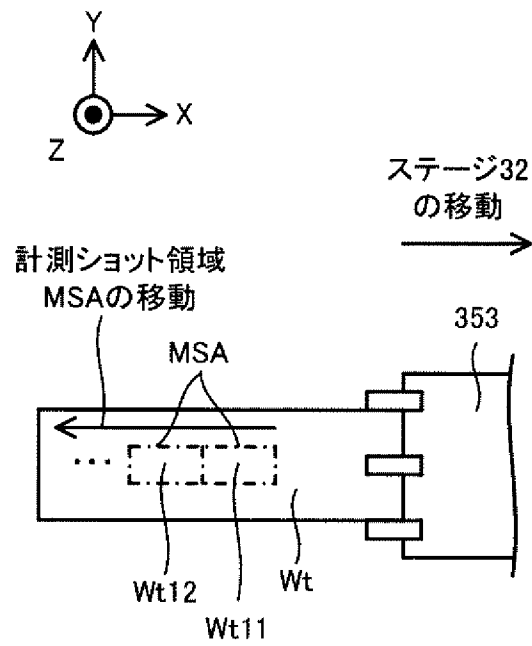
[図14]



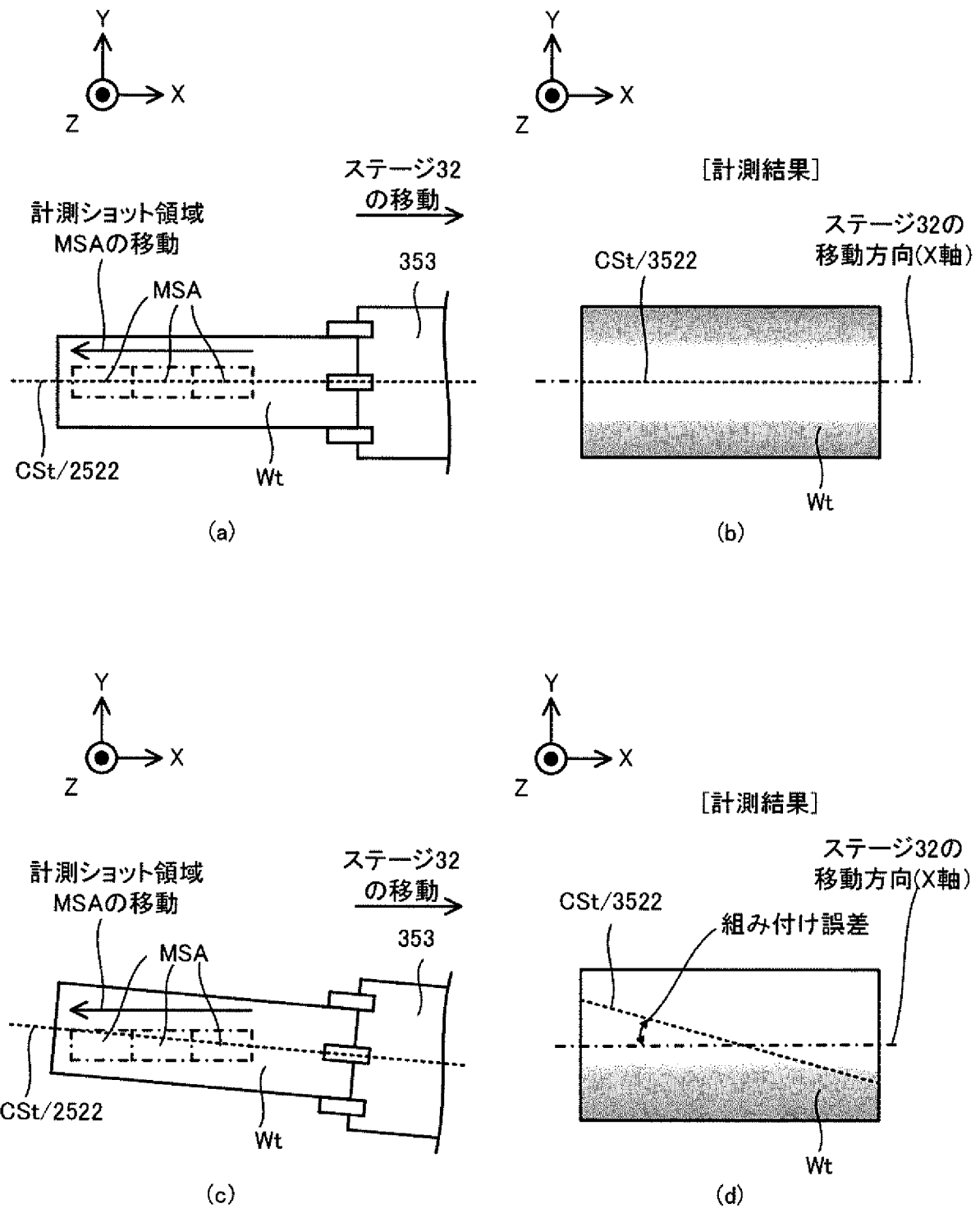
[図15]



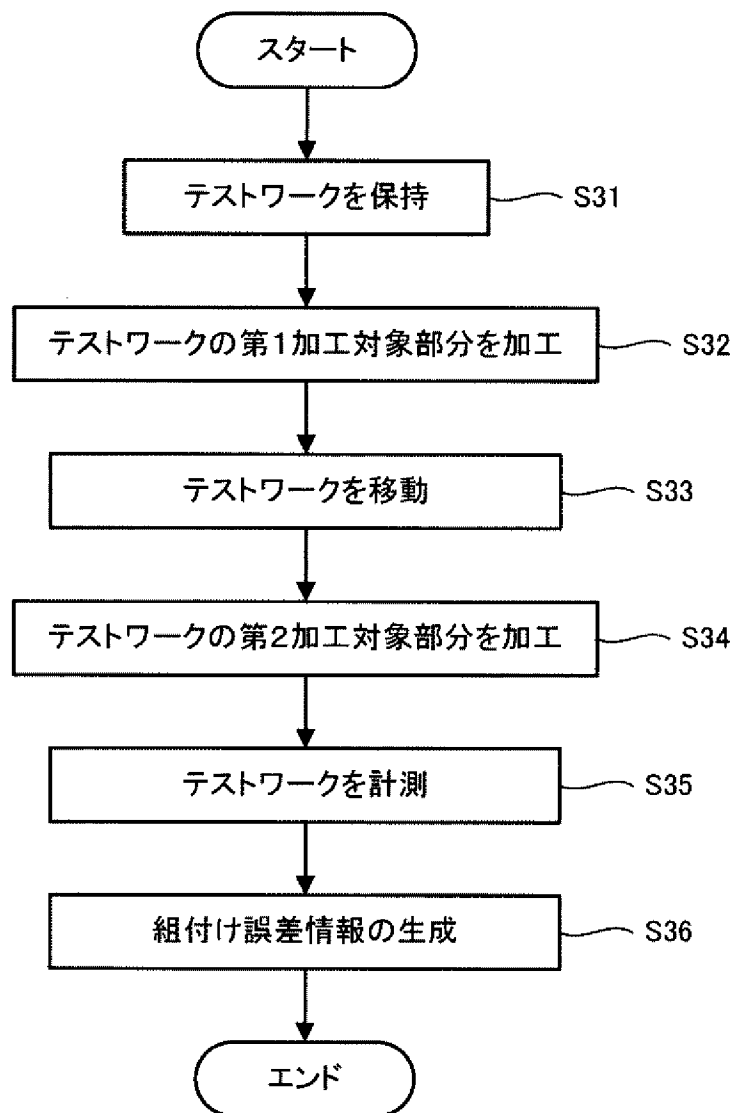
[図16]



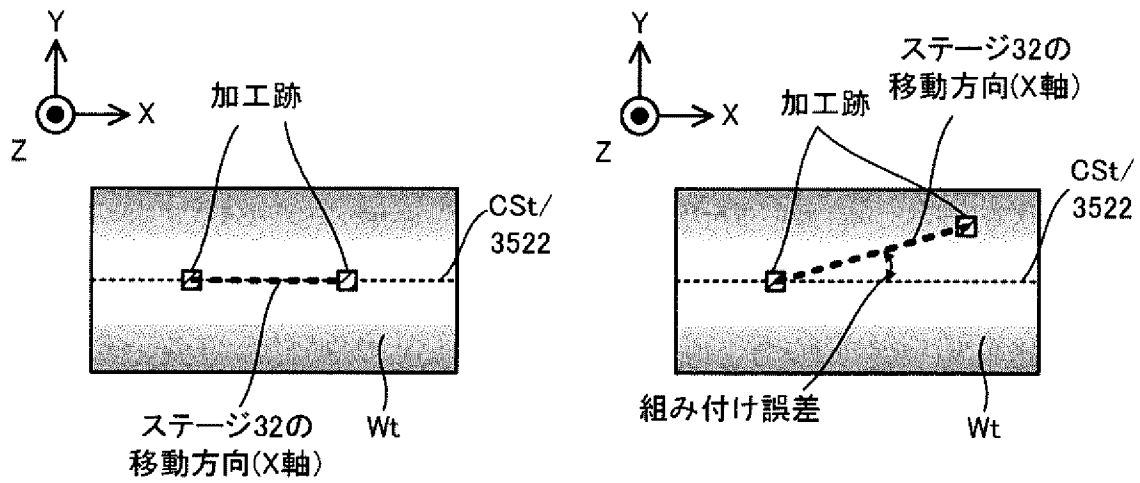
[図17]



[図18]



[図19]



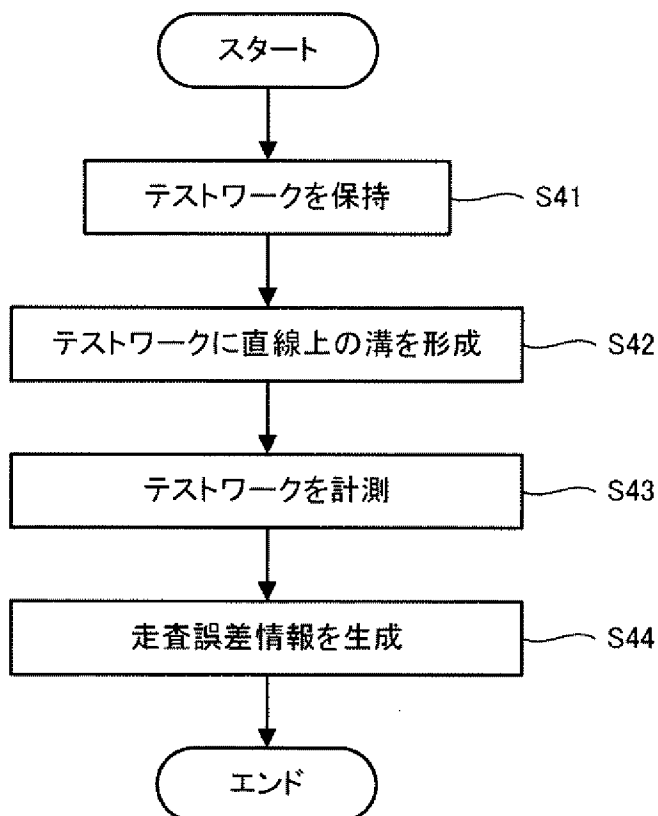
[計測結果]

(a)

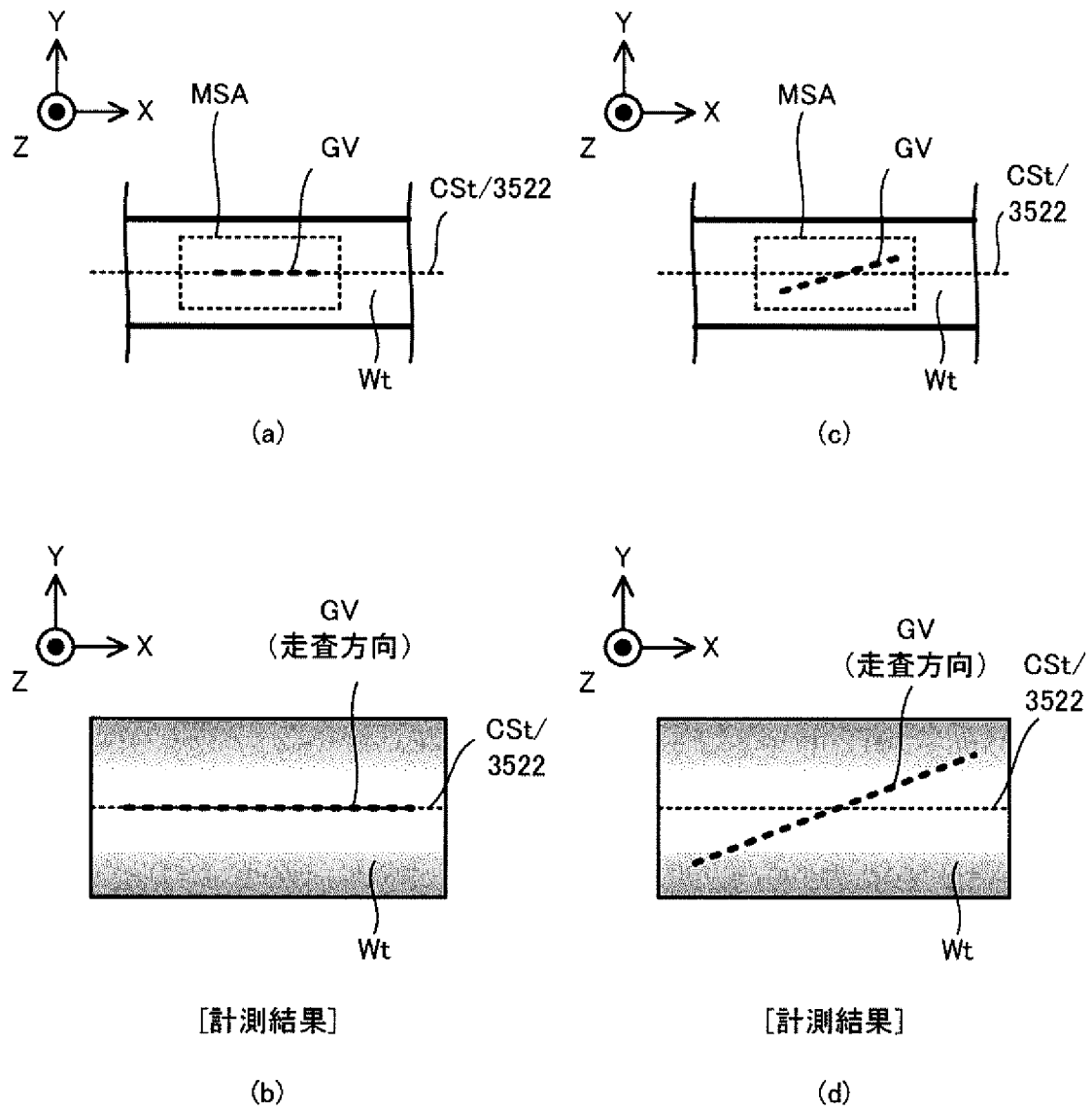
[計測結果]

(b)

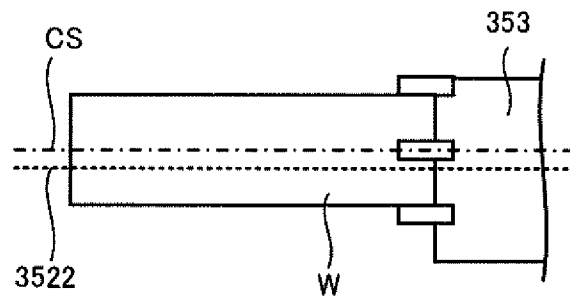
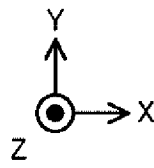
[図20]



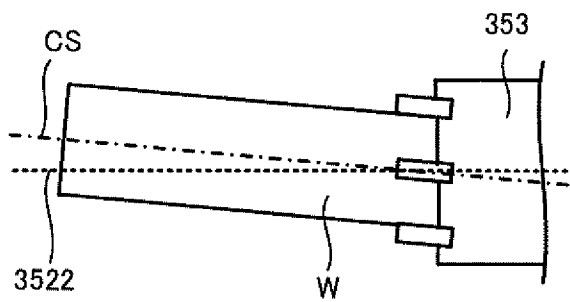
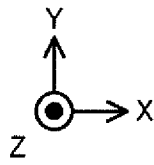
[図21]



[図22]

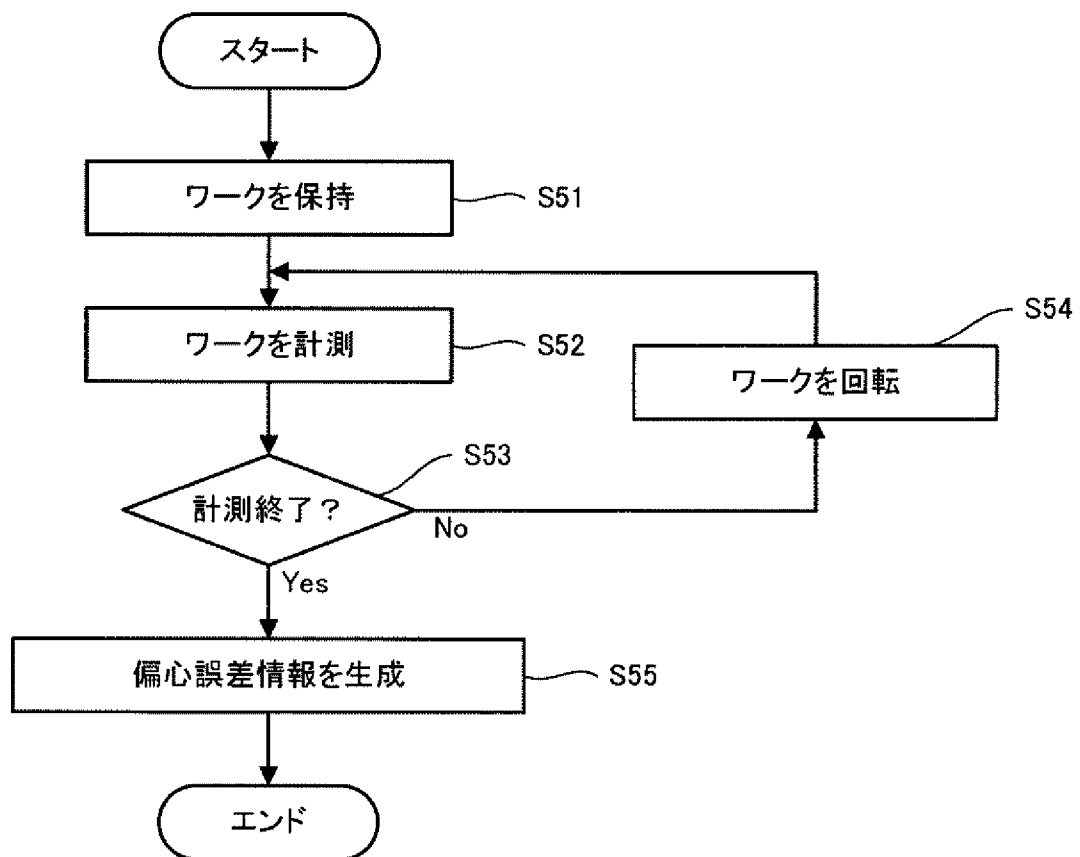


(a)

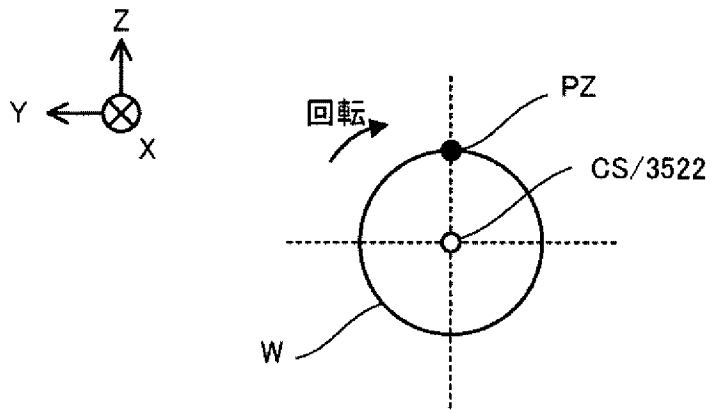


(b)

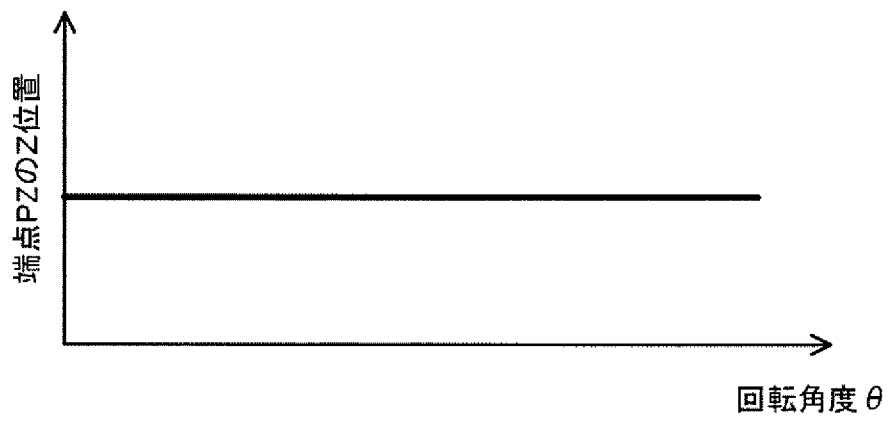
[図23]



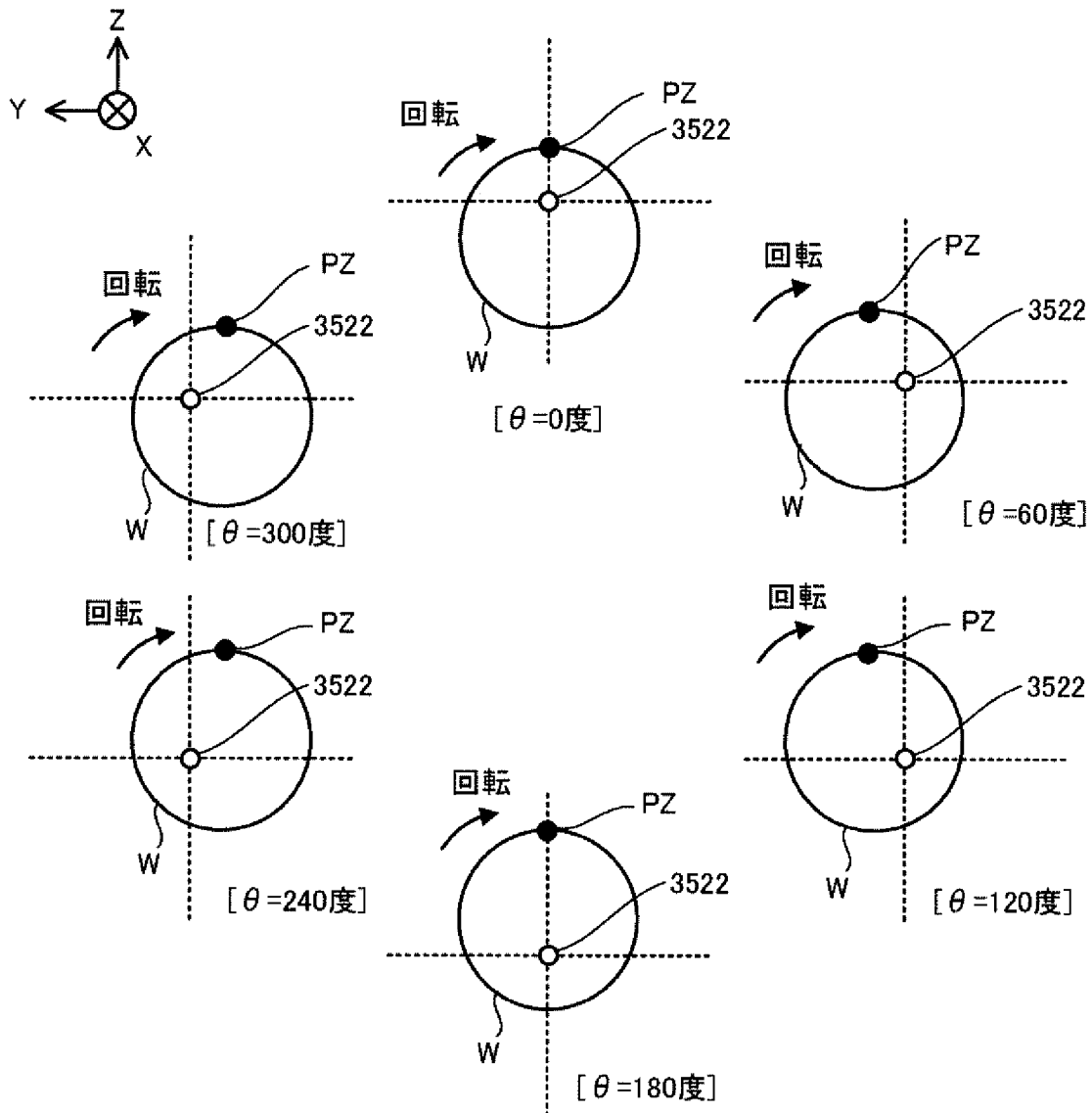
[図24]



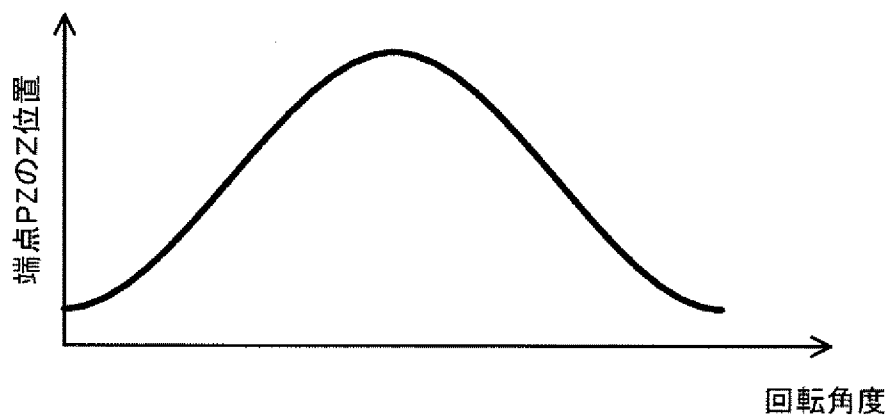
[図25]



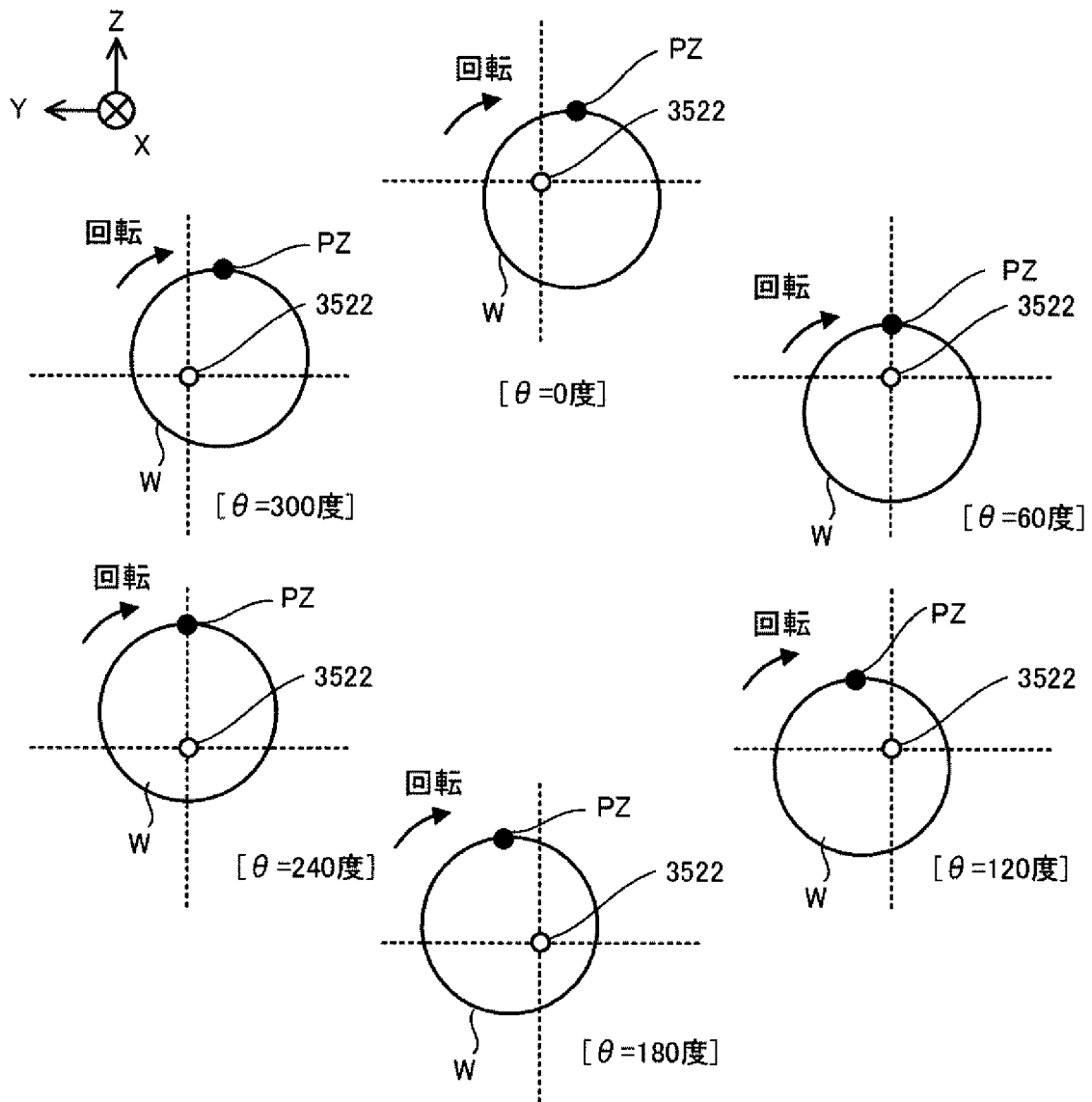
[図26]



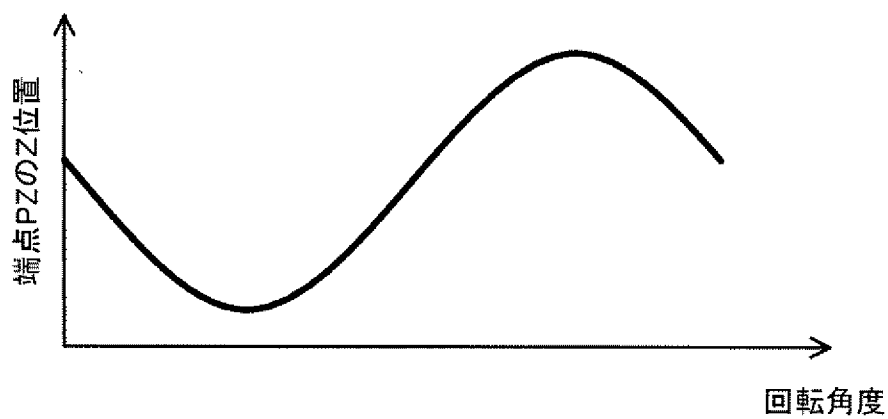
[図27]



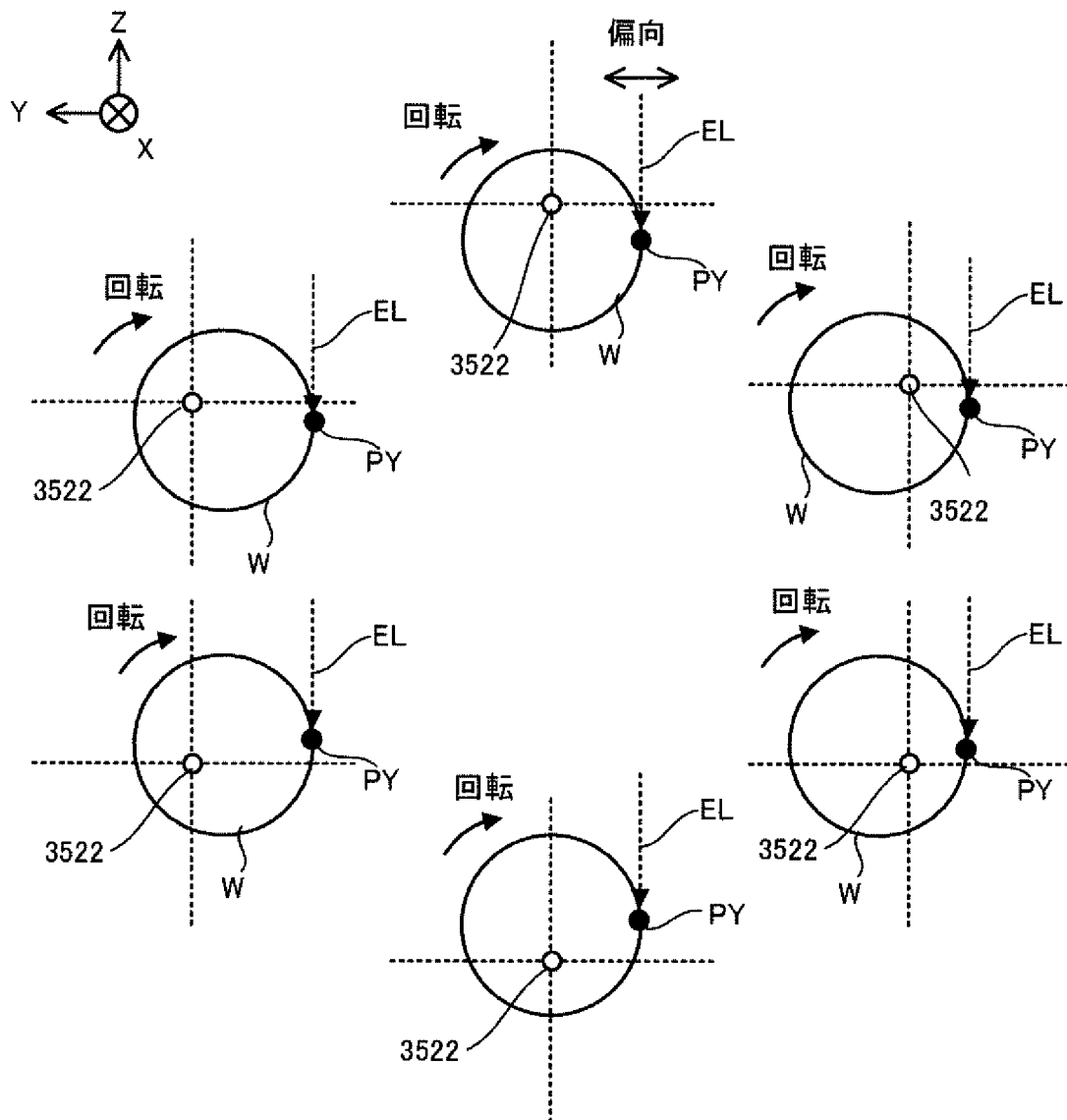
[図28]



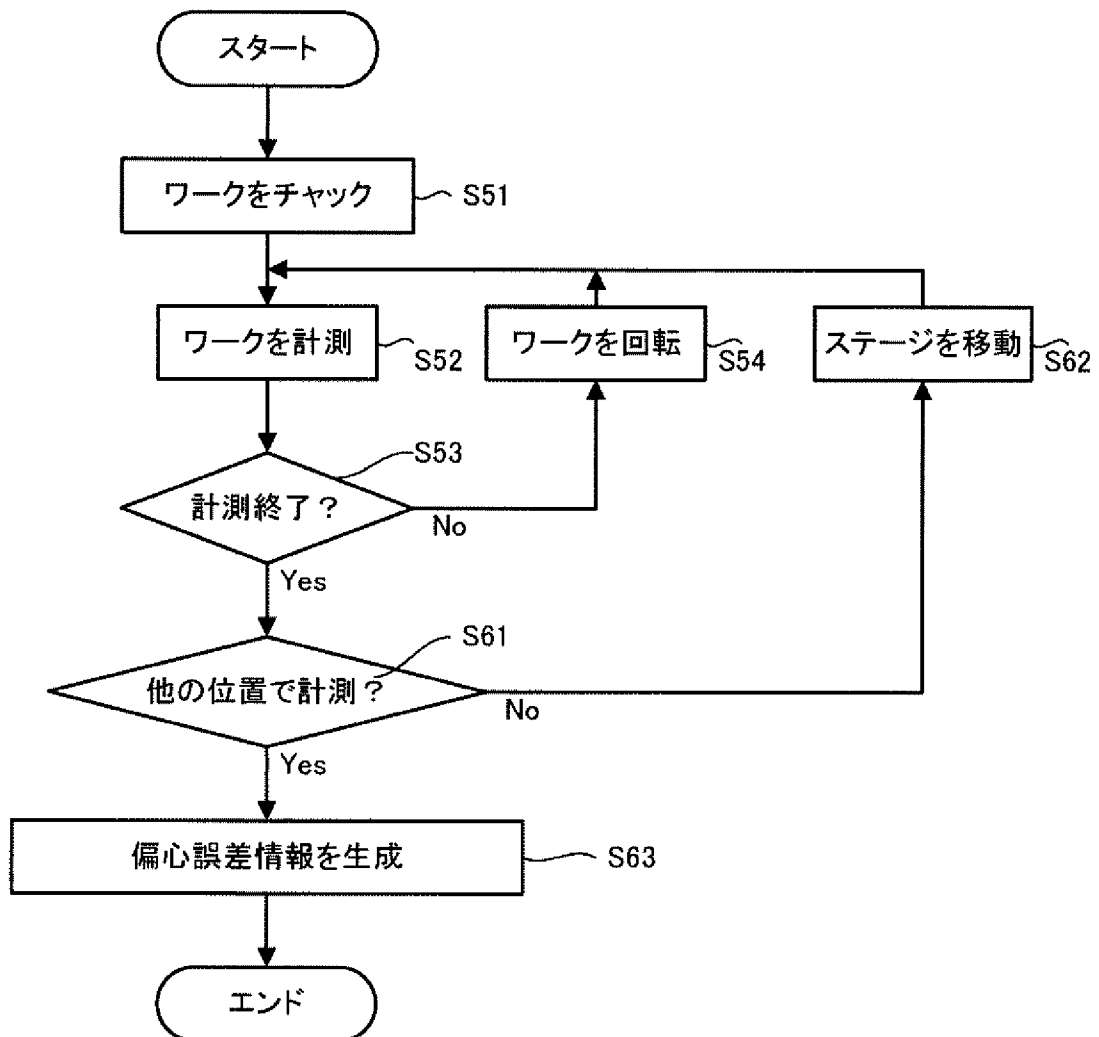
[図29]



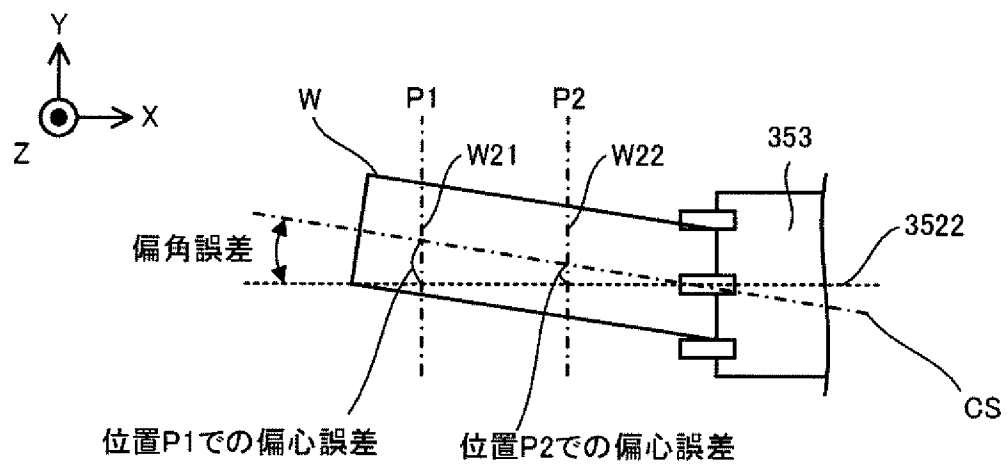
[図30]



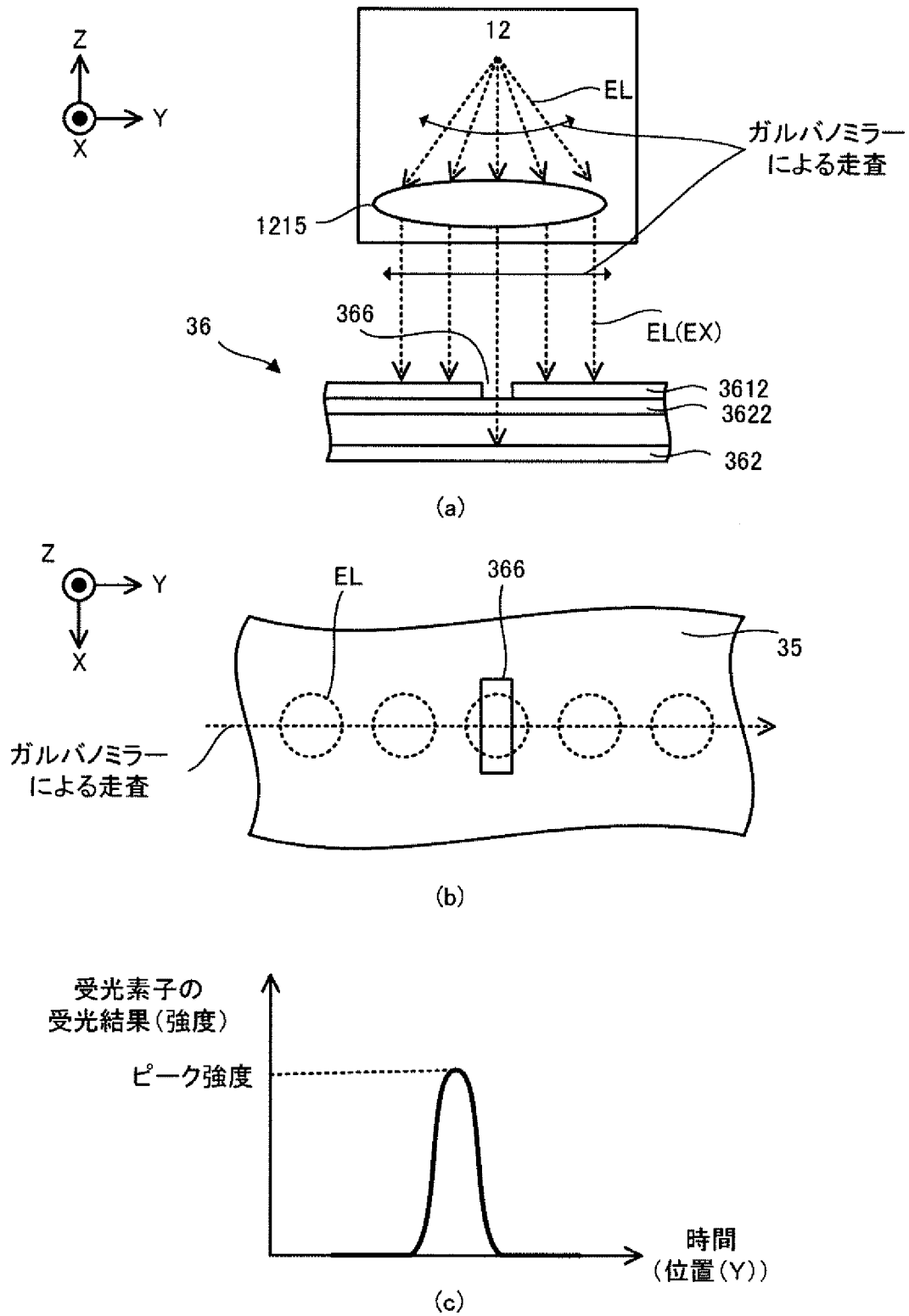
[図31]



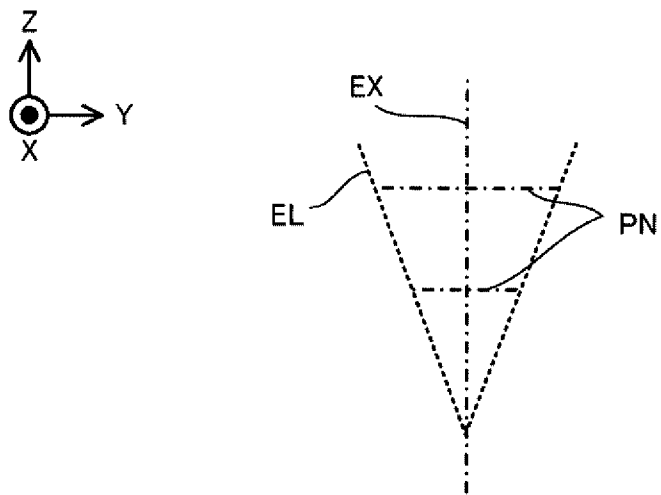
[図32]



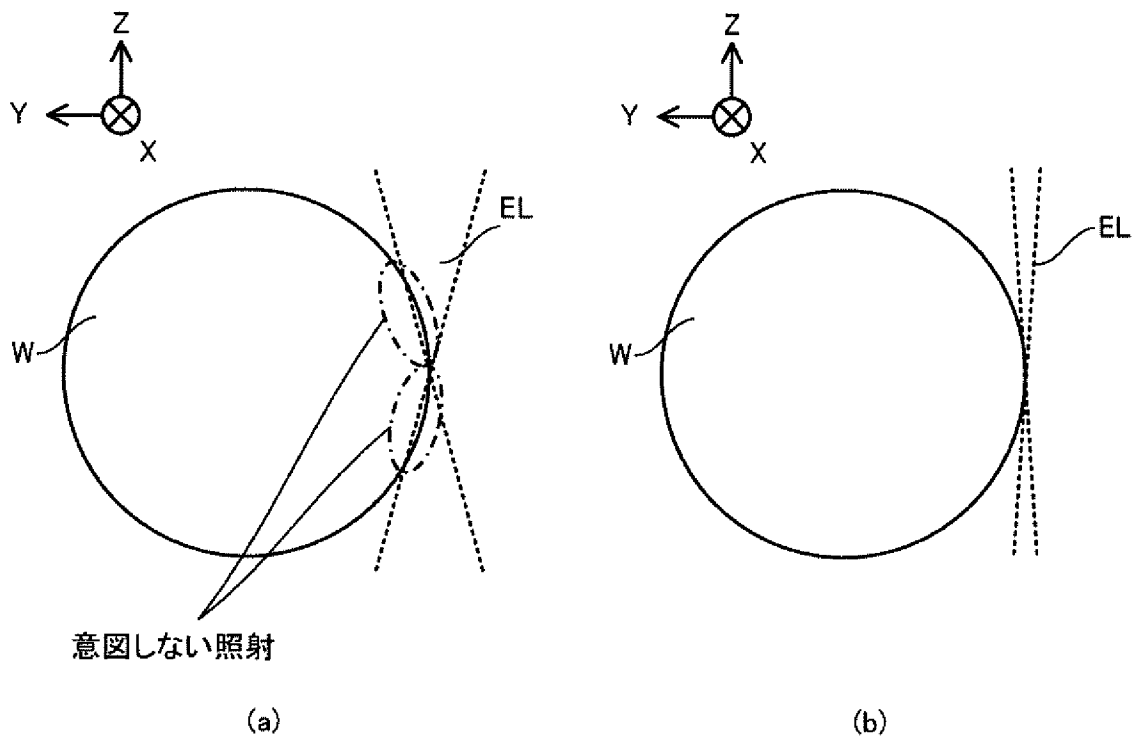
[図33]



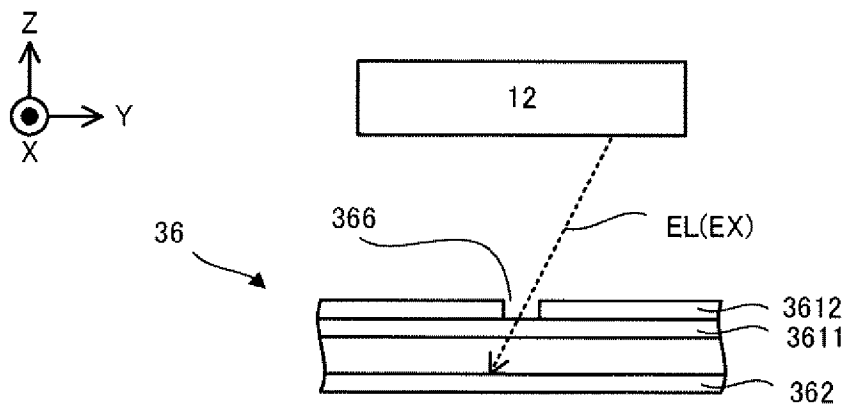
[図34]



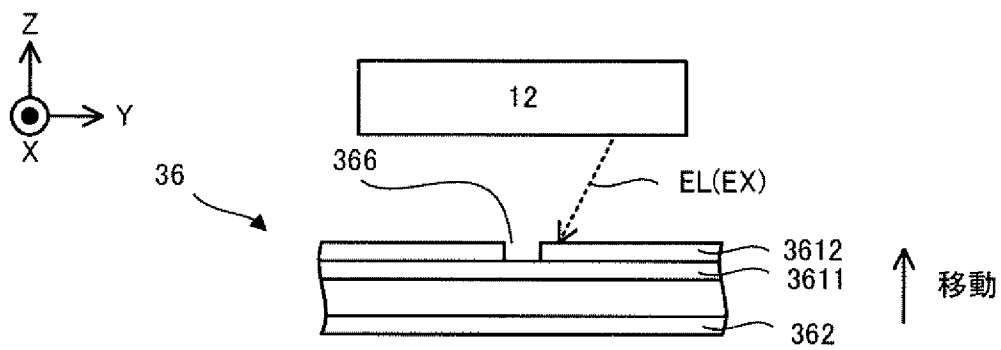
[図35]



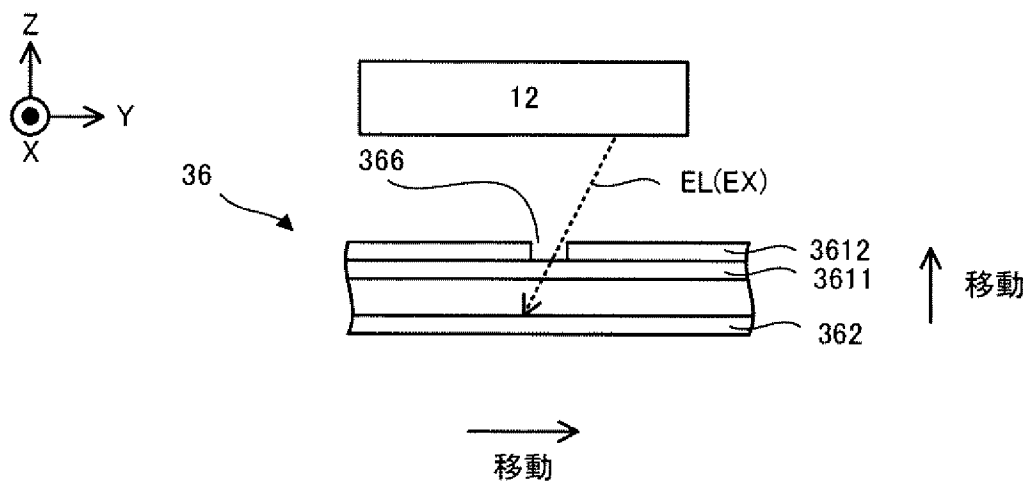
[図36]



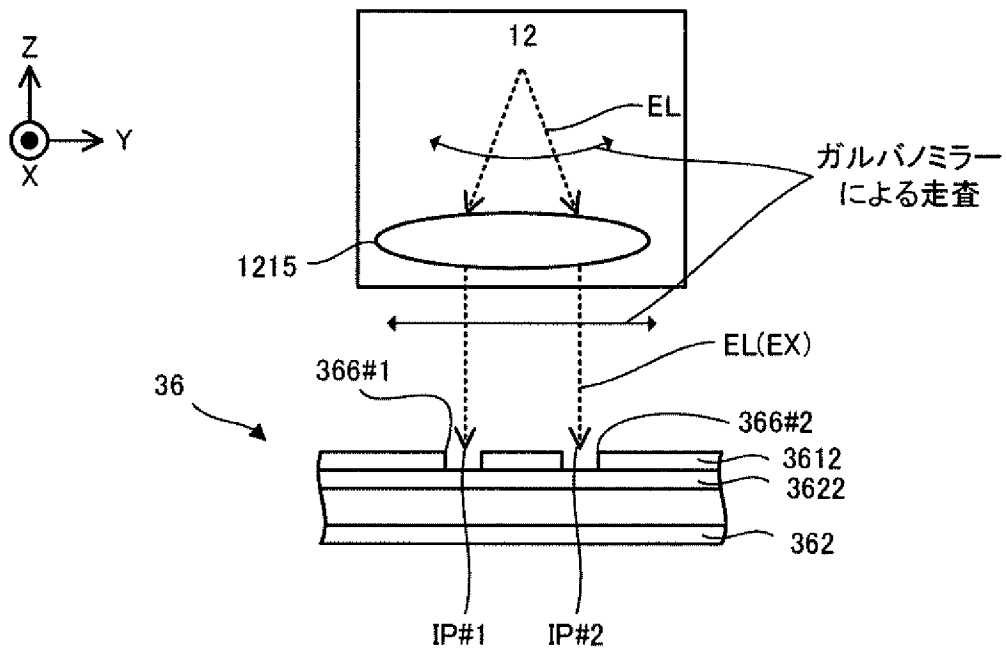
[図37]



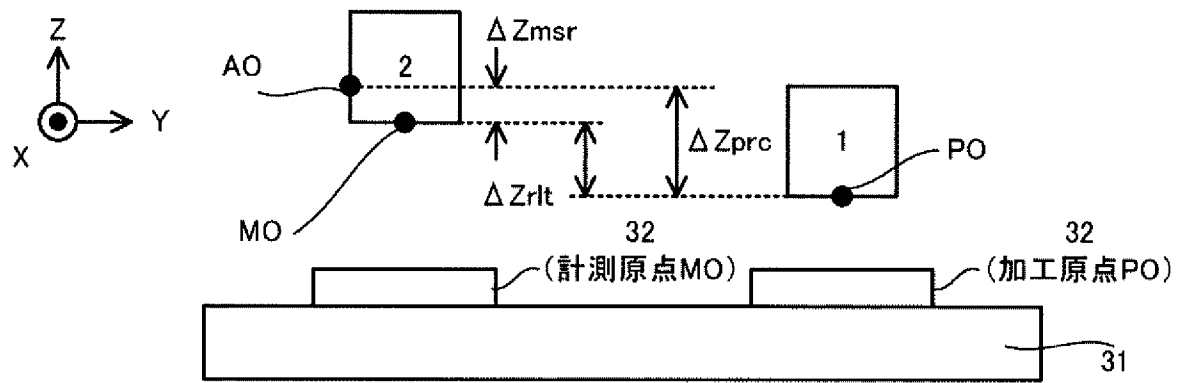
[図38]



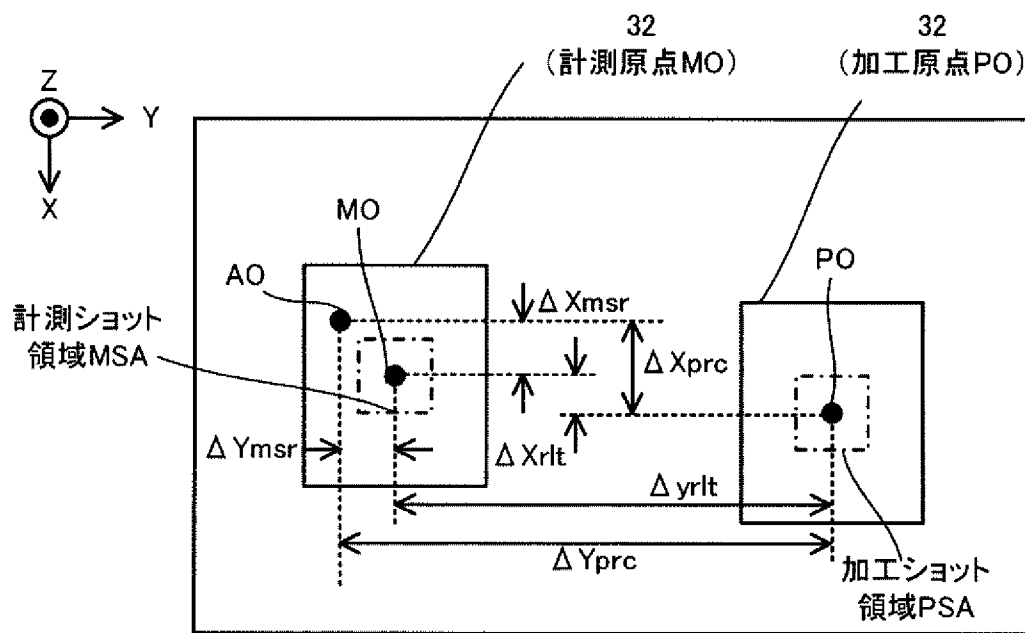
[図39]



[図40]

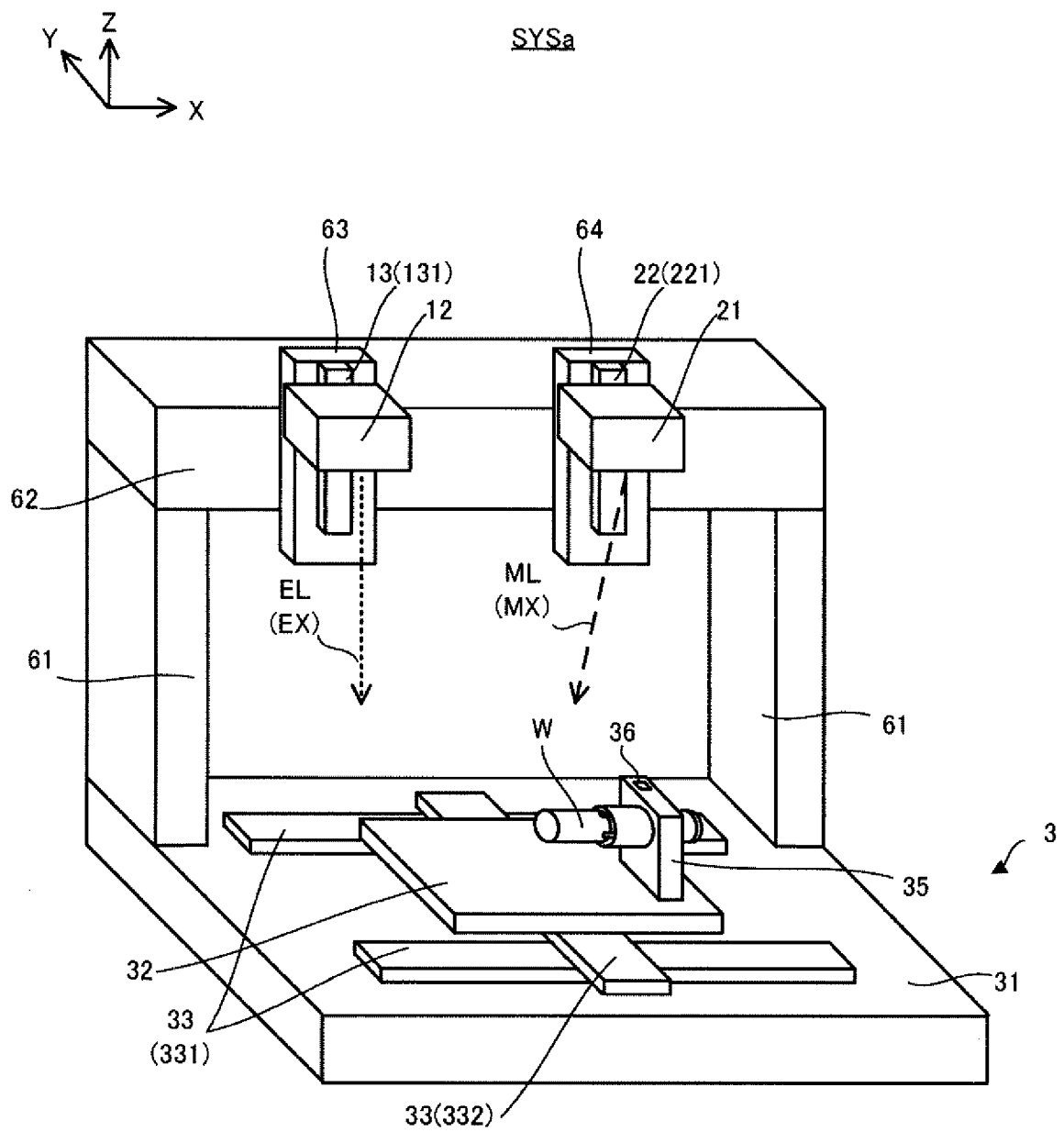


(a)

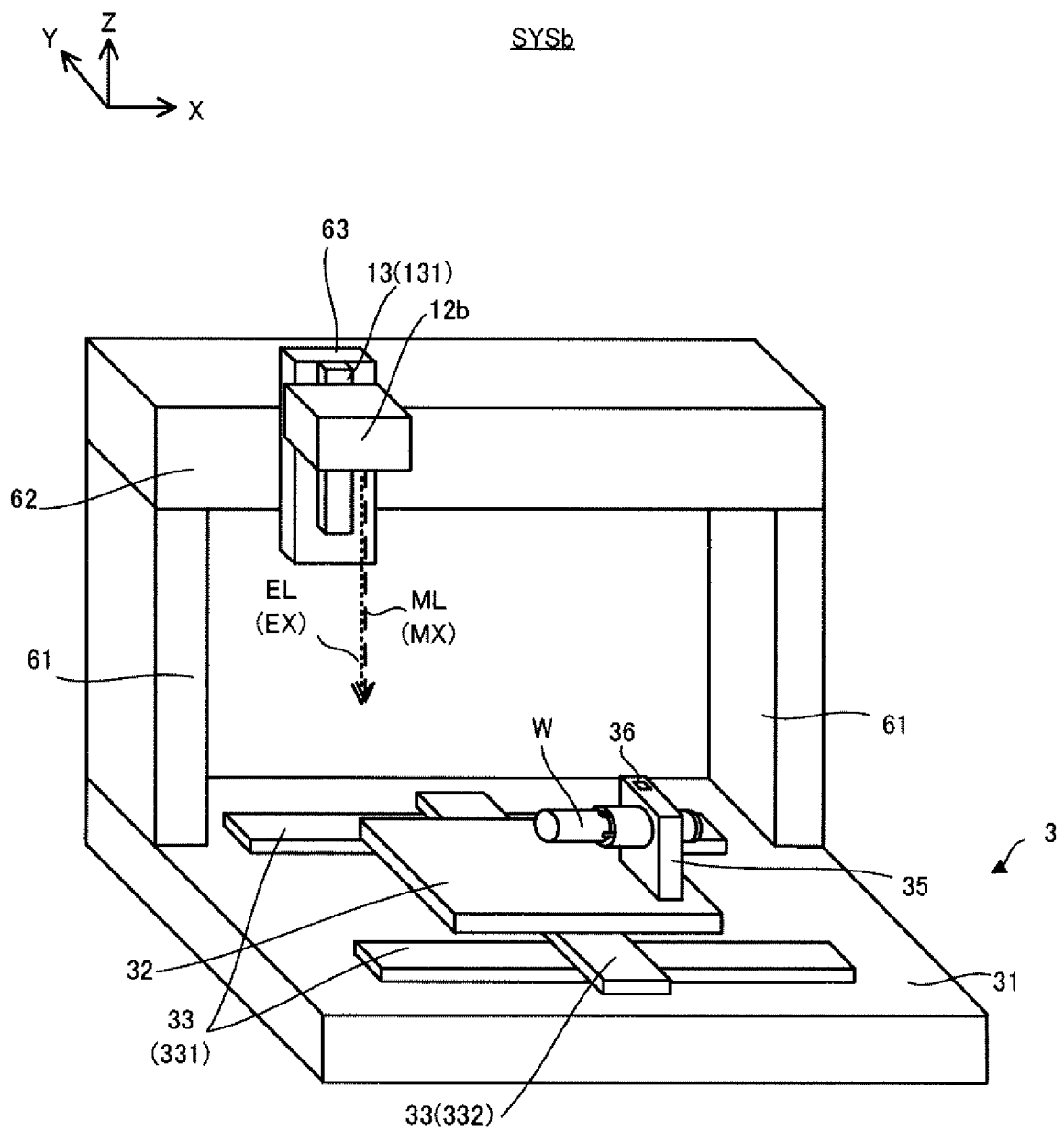


(b)

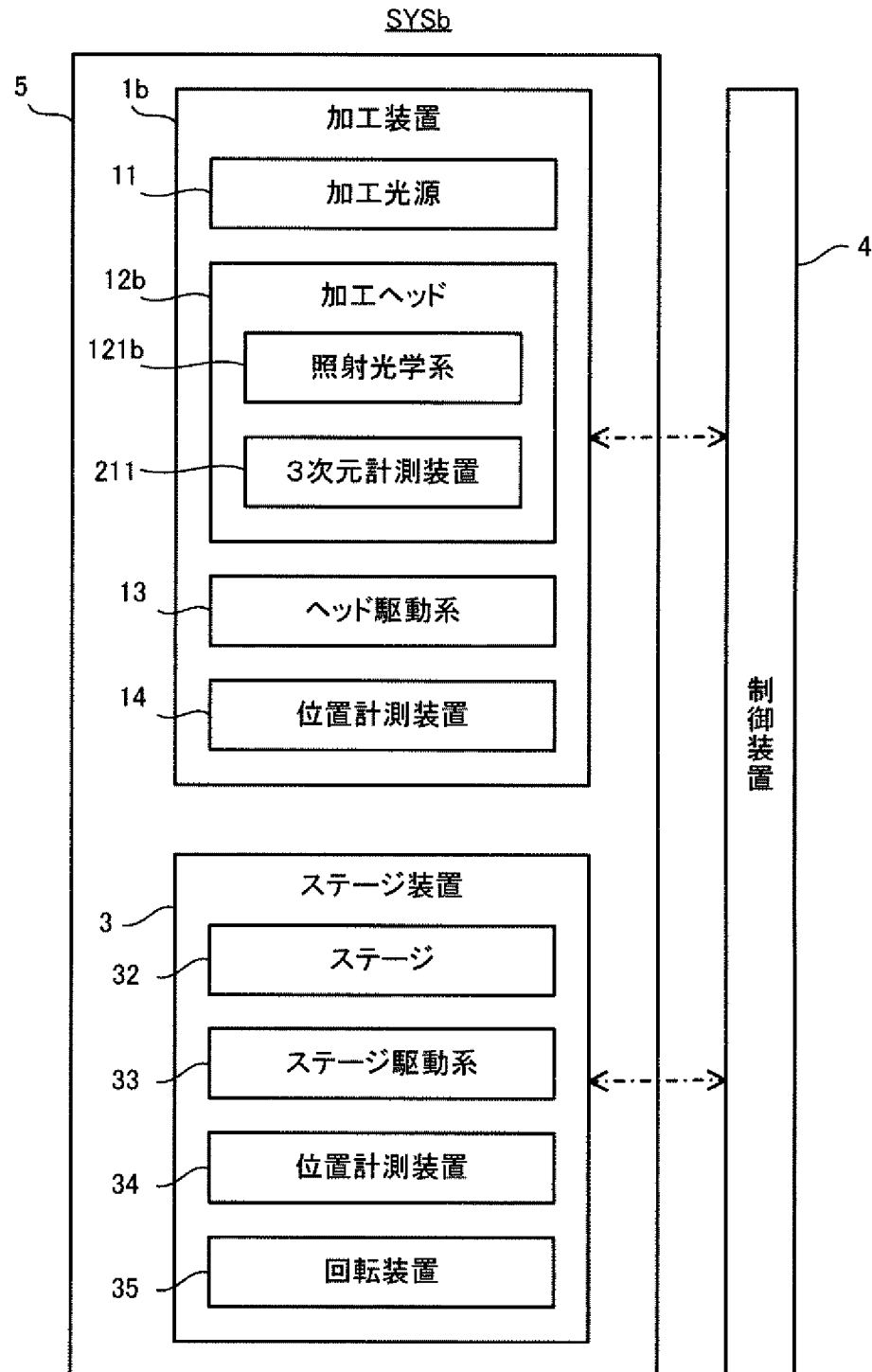
[図41]



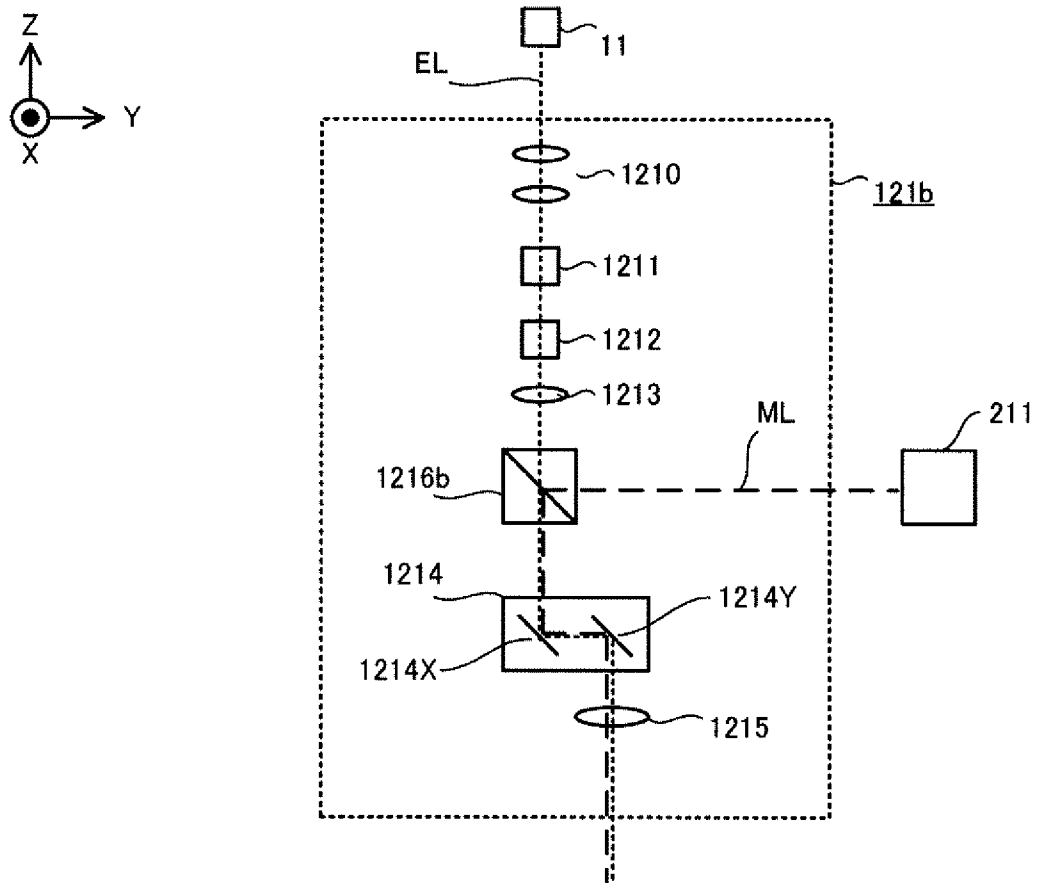
[図42]



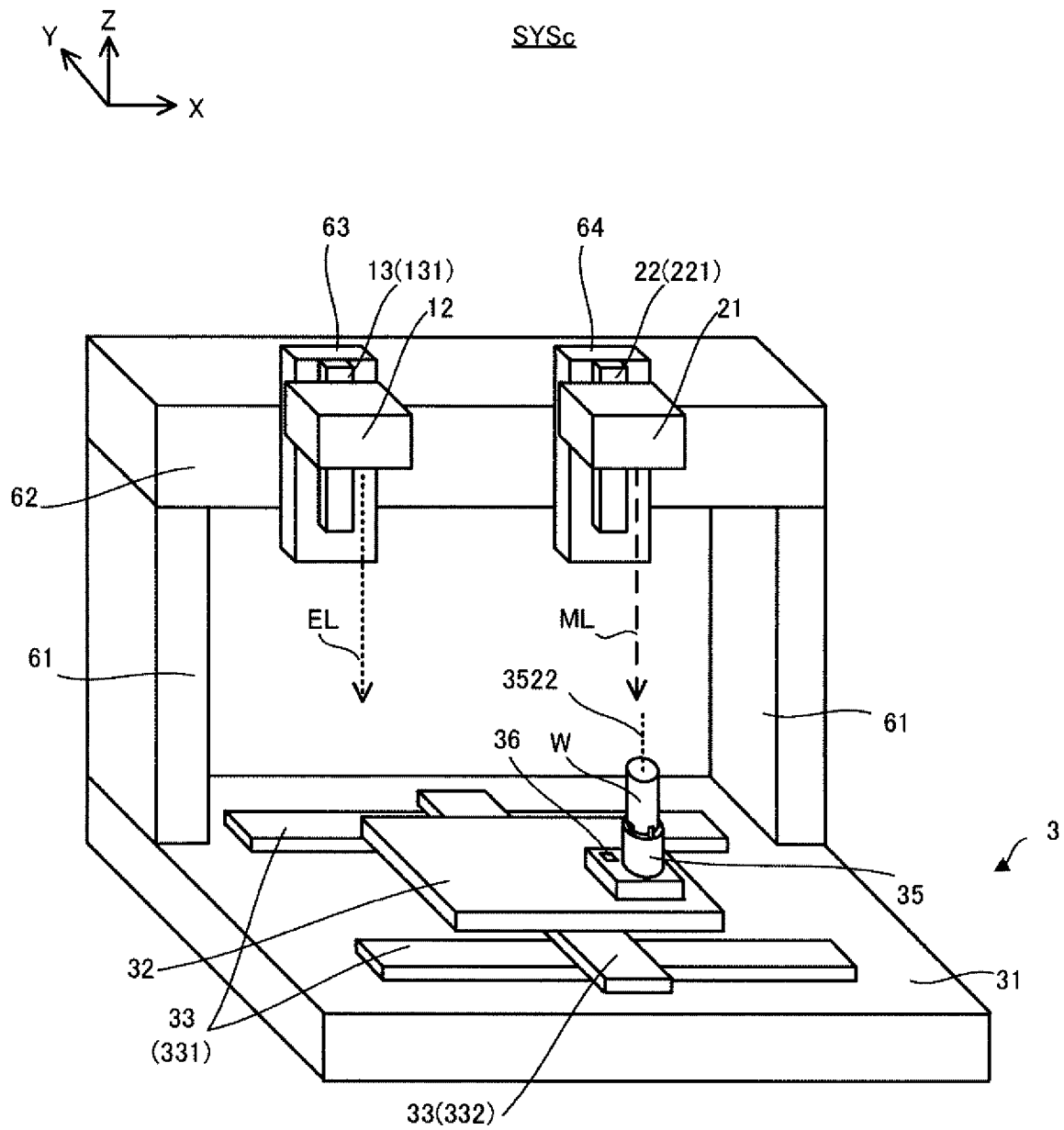
[図43]



[図44]



[図45]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/018298

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B23K26/00 (2014.01) i

FI: B23K26/00J

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. B23K26/00

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
X	JP 2014-223672 A (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) 04 December 2014 (2014-12-04), paragraphs [0018]-[0032], fig. 1-5	1-12, 43, 45, 48-50, 58-70
Y		13-15, 20, 22, 28-30, 36
A		16-19, 23-27, 31-35, 37-42, 44, 46-47, 51-54, 56, 99
Y	JP 11-156580 A (AMADA CO., LTD.) 15 June 1999 (1999-06-15), paragraph [0012], fig. 1	13-15, 20, 22, 28-30, 36, 43, 45, 48-50, 58-70
Y	JP 2013-202685 A (MITSUBOSHI DIAMOND INDUSTRIAL CO., LTD.) 07 October 2013 (2013-10-07), paragraph [0022], fig. 2	13-15, 20, 22, 28-30, 36, 43, 45, 48-50, 58-70



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

"I" 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

07 July 2020

Date of mailing of the international search report

21 July 2020

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/JP2020/018298

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2019-039830 A (DISCO CORPORATION) 14 March 2019 (2019-03-14), paragraphs [0006], [0019]-[0025], [0033], fig. 1-3	20, 22, 29-30, 36
X	JP 59-120390 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 11 July 1984 (1984-07-11), page 1, right column, line 12	21, 44, 47, 61-63, 66-68, 70
Y	to page 2, lower right column, line 5, fig. 1-4	22, 28-30, 36, 43, 45, 48-50, 58-60, 64, 69
A		23-27, 31-35, 37-42, 46, 51-54, 56, 65
Y	JP 2010-192570 A (PANASONIC CORPORATION) 02 September 2010 (2010-09-02), paragraphs [0055]-[0057], fig. 8	28, 61-63, 67, 70
Y	JP 2004-063406 A (SANYO ELECTRIC CO., LTD.) 26 February 2004 (2004-02-26), paragraphs [0016], [0028], [0029], [0050], fig. 7	28, 61-63, 67, 70

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/018298

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17 (2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☒ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
Claims 1-54, 56, 58-70, 99

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/018298

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Document 1: JP 2014-223672 A (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) 04 December 2014 (2014-12-04), paragraphs [0018]-[0032], fig. 1-5
& CN 104117772 A

(Invention 1) • Claims 1 and 3
 • Part of the invention of claims 2, 4-12, 20, 22-51, 53-54, 56, and 58-70 that cites claim 1 (except part of the invention of claims 20, 22-51, 53-54, 56, and 58-70 that cites part of the invention of claim 13 that does not cite all of claims 1-2 and 4-10)
 • Part of the invention of claims 4-12 that cites claim 3.
 • Part of the invention of claims 13-15 that cites part of the invention of claim 10 that cites all of claims 1-2 and 4-9.

Document 1 discloses the following.

A machining system provided with:

a chuck 21 (holding device) that rotatably holds a columnar workpiece W (object);

a rotation mechanism 22 (rotation device) that rotates the chuck 21; a laser irradiation means 2 (beam irradiation device) that irradiates the workpiece W held by the chuck 21 with a laser (energy beam);

an object measurement device that is formed of a light receiving means 31 and a calculation unit 37, and that measures the workpiece W; and

a control unit 6 (control device) that controls the laser irradiation means 2 and the rotation mechanism 22

on the basis of a change in the projection position, on a screen 33, of projection light R2 of the workpiece W measured by the object measurement device (information on the object), and

on the basis of the angular velocity ω of the rotation center C serving as the rotation axis of the rotation mechanism 22 (information on the rotation axis, angular relation, positional relation),

wherein the workpiece W is machined by irradiating the workpiece W held by the chuck 21 with the laser from the laser irradiation means 2.

In addition, document 1 also indicates that the control unit 6 controls the beam irradiation device and the rotation device on the basis of axial runout caused by axial discrepancy between the rotation axis and the workpiece W, that is, the angular relation between the rotation center C and the axis O of the workpiece, and that the irradiation position of the laser with the laser irradiation means 2 is changed in a direction crossing the rotation center C by controlling the galvano scanner 13 (beam irradiation position change device) with the control unit 6 (refer to paragraph [0026]).

Document 1 further indicates the following.

The laser irradiation means 2 irradiates an irradiation position on the surface of the workpiece W with the laser from a direction crossing a normal line at the irradiation position on the surface to machine the workpiece W such that the outer diameter thereof is decreased (refer to paragraph [0031]); and

the irradiation position of the laser of the laser can be changed in a direction crossing the rotation center C (refer to paragraph [0032]).

Accordingly, part of the invention of claim 9 that cites all of claims 1-2 and 4-8 lacks novelty in light of document 1, and thus does not have a special technical feature.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/018298

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

However, part of the invention of claim 10 that cites all of claims 1-2 and 4-9 has the special technical feature wherein "the angle formed by the normal line and the irradiation axis along the traveling direction of the energy beam that is applied to the irradiation position is 60 degrees or more". Claims 11-15 that cite the part of the invention of claim 10 above likewise have the same special technical feature, and thus are classified as invention 1.

In addition, part of the invention of claims 20, 22-51, 53-54, 56, and 58-70 that cite the part of the invention of claim 10 above likewise has the same special technical feature as the special technical feature above, and thus is classified as invention 1.

Furthermore, part of the invention of claims 4-15, 20, 22-51, 53-54, 56, and 58-70 that depends from claim 1 has a link of invention to claim 1, and thus is classified as invention 1. In addition, claim 3 is substantially the same as claim 2, and has a link of invention to claim 1, and thus is classified as invention 1 together with part of the invention of claims 4-12 that cites claim 3.

(Invention 2) • Part of the invention of claim 13 that does not cite all of claims 1-2 and 4-10.

 • Part of the invention of claims 14, 15, 20, 22-51, 53-54, 56, and 58-70 that cites the part of the invention of claim 13 above

The part of the invention of claim 13 that does not cite all of claims 1-2 and 4-10 cannot be said to have the same or corresponding special technical features between this part and the part of the invention of claim 10 that cites all of claims 1-2 and 4-9 classified as invention 1.

In addition, although the part of the invention of claim 13 that does not cite all of claims 1-2 and 4-10 depends from claim 1 classified as invention 1, the added technical feature relative to claim 1 of "providing a beam damper that is provided opposite to the beam irradiation device in relation to the irradiation position, and that is irradiated with the energy beam" has low technical relevance to the technical feature of claim 1. The problem to be solved by the invention of claim 1 and the specific problem to be solved by the invention as found from the added technical feature also have low technical relevance therebetween. Thus it is not considered that the part of the invention of claim 13 that does not cite all of claims 1-2 and 4-10 has a link of invention to claim 1.

Furthermore, the part of the invention of claim 13 that does not cite all of claims 1-2 and 4-10 is not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1.

Accordingly the part of the invention of claim 13 that does not cite all of claims 1-2 and 4-10 cannot be identified as invention 1.

Meanwhile, the part of the invention of claim 13 that does not cite all of claims 1-2 and 4-10 has the special technical feature of "providing a beam damper that is provided opposite to the beam irradiation device in relation to the irradiation position, and that is irradiated with the energy beam", and thus is classified as invention 2. In addition, part of the invention of claims 14, 15, 20, 22-51, 53-54, 56, and 58-70 that cites the part of the invention of claim 13 that does not cite all of claims 1-2 and 4-10 likewise has the same special technical feature as the special technical feature above, and thus is classified as invention 2.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/018298

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

- (Invention 3)
- Claims 16-19
 - Part of the invention of claims 20, 22-51, 53-54, 56, and 58-70 that cites claim 16
 - Claim 99

Claim 16 cannot be said to have the same or corresponding special technical features between this claim and either of claim 1 classified as invention 1 and claim 13 classified as invention 2.

Furthermore, claim 16 is not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as inventions 1 and 2.

Accordingly claim 16 cannot be identified as invention 1 or 2.

Meanwhile, claim 16 has the special technical feature of "a machining system provided with: a holding device that rotatably holds an object; a rotation device that rotates the holding device; a beam irradiation device that irradiates the object held by the holding device with an energy beam; an object measurement device that measures the object; and a control device that controls at least one of the beam irradiation device and the rotation device on the basis of information on the object measured by the object measurement device, and on the basis of information on at least one of the position and the attitude of the rotation device, wherein the object is machined by irradiating the object held by the holding device with the energy beam from the beam irradiation device"; thus this claim is classified as invention 3.

In addition, claims 17-19 and 99, and part of the invention of claims 22-51, 53-54, 56, and 58-70 that cites claim 16 have a link of invention to claim 16, and thus are classified as invention 3.

- (Invention 4)
- Claim 21
 - Part of the invention of claims 22-51, 53-54, 56, and 58-70 that cites claim 21

Claim 21 cannot be said to have the same or corresponding special technical features between this claim and any of claim 1 classified as invention 1, claim 13 classified as invention 2, and claim 16 classified as invention 3.

Furthermore, claim 21 is not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as inventions 1-3.

Accordingly claim 21 cannot be identified as inventions 1-3.

Meanwhile, claim 21 has the special technical feature of "a machining system provided with: a holding device that rotatably holds an object; a rotation device that rotates the holding device; a beam irradiation device that irradiates the object held by the holding device with an energy beam; a beam measurement device that measures the energy beam from the beam irradiation device; and a control device that controls the beam irradiation device on the basis of information on the energy beam measured by the beam measurement device, wherein the object is machined by irradiating the object held by the holding device with the energy beam from the beam irradiation device"; thus this claim is classified as invention 4.

In addition, part of the invention of claims 22-51, 53-54, 56, and 58-70 that cites claim 21 has a link of invention to claim 21, and thus is classified as invention 4.

- (Invention 5)
- Claim 52
 - Part of the invention of claims 53-54, 56, and 58-70 that cites claim 52

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/018298

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claim 52 cannot be said to have the same or corresponding special technical features between this claim and any of claim 1 classified as invention 1, claim 13 classified as invention 2, claim 16 classified as invention 3, and claim 21 classified as invention 4.

Furthermore, claim 52 is not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as inventions 1-4.

Accordingly claim 52 cannot be identified as inventions 1-4.

Meanwhile, claim 52 has the special technical feature of "a machining system provided with: a holding device that rotatably holds an object; a rotation device that rotates the holding device; a beam irradiation device that irradiates the object held by the holding device with an energy beam; an object measurement device that measures the object; a beam measurement device that measures the energy beam from the beam irradiation device; a movement device that moves at least one of the beam irradiation device and the beam measurement device; and a control device that controls at least the movement device, wherein the control device moves at least one of the beam irradiation device and the beam measurement device so that the at least one device is located at a position that allows the beam measurement device to measure the energy beam from the beam irradiation device, and moves at least one of the beam irradiation device and the beam measurement device so that the at least one device is located at a position that allows the object measurement device to measure at least part of the beam measurement device"; thus this claim is classified as invention 5.

In addition, part of the invention of claims 53-54, 56, and 58-70 that cites claim 52 has a link of invention to claim 52, and thus is classified as invention 5.

(Invention 6) • Claim 55
 • Part of the invention of claims 56 and 58-70 that cites claim 55

Claim 55 cannot be said to have the same or corresponding special technical features between this claim and any of claim 1 classified as invention 1, claim 13 classified as invention 2, claim 16 classified as invention 3, claim 21 classified as invention 4, and claim 52 classified as invention 5.

Furthermore, claim 55 is not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as inventions 1-5.

Accordingly claim 55 cannot be identified as inventions 1-5.

Meanwhile, claim 55 has the special technical feature of "a machining system provided with: a holding device that rotatably holds an object; a rotation device that rotates the holding device; a beam irradiation device that irradiates the object held by the holding device with an energy beam; an object measurement device that measures the object; a beam measurement device that measures the energy beam from the beam irradiation device; a movement device that moves at least one of the beam irradiation device and the beam measurement device; an acquisition device that acquires information on at least one of the position of the beam irradiation device and the position of the beam measurement device; and a control device that controls at least the movement device, wherein the control device moves at least one of the beam irradiation device and the beam measurement device to an irradiation-capable position that allows the beam irradiation device to irradiate at least part

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/018298

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

of the beam measurement device with the energy beam, and uses the acquisition device to acquire irradiation position information on at least one of the position of the beam irradiation device and the position of the beam measurement device as moved to the irradiation-capable position, and controls at least one of the position of the beam irradiation device and the position of the beam measurement device on the basis of the irradiation position information"; thus this claim is classified as invention 6.

In addition, part of the invention of claims 56 and 58-70 that cites claim 52 has a link of invention to claim 55, and thus is classified as invention 6.

(Invention 7) • Claim 57
 • Part of the invention of claims 58-70 that cites claim 57.

Claim 57 cannot be said to have the same or corresponding special technical features between this claim and any of claim 1 classified as invention 1, claim 13 classified as invention 2, claim 16 classified as invention 3, claim 21 classified as invention 4, claim 52 classified as invention 5, and claim 55 classified as invention 6.

Furthermore, claim 57 is not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as inventions 1-5. Accordingly claim 57 cannot be identified as inventions 1-5.

Meanwhile, claim 57 has the special technical feature of "a machining system provided with: a holding device that rotatably holds an object; a rotation device that rotates the holding device; a beam irradiation device that irradiates the object held by the holding device with an energy beam; an object measurement device that measures the object; a beam measurement device that measures the energy beam from the beam irradiation device; a movement device that moves at least one of the beam irradiation device and the beam measurement device; an acquisition device that acquires information on at least one of the position of the beam irradiation device and the position of the beam measurement device; and a control device that controls at least the movement device, wherein the control device moves at least one of the beam irradiation device and the beam measurement device to a measurable position that allows the object measurement device to measure at least part of the beam measurement device, uses the acquisition device to acquire measurement position information on at least one of the position of the beam irradiation device and the position of the beam measurement device as moved to the measurable position, and controls at least one of the position of the beam irradiation device and the position of the beam measurement device on the basis of the measurement position information"; thus this claim is classified as invention 7.

In addition, part of the invention of claims 58-70 that cites claim 57 has a link of invention to claim 57, and thus is classified as invention 7.

(Invention 8) • Claims 71-75

Claim 71 cannot be said to have the same or corresponding special technical features between this claim and any of claim 1 classified as invention 1, claim 13 classified as invention 2, claim 16 classified as invention 3, claim 21 classified as invention 4, claim 52 classified as invention 5, claim 55 classified as invention 6, and claim 57 classified as invention 7.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/018298

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Furthermore, claim 71 is not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as inventions 1-7.

Accordingly claim 71 cannot be identified as inventions 1-7.

Meanwhile, claim 71 has the special technical feature of "a machining system provided with: a holding device that rotatably holds an object; a rotation device that rotates the holding device; a beam irradiation device that irradiates the object held by the holding device with an energy beam; an object measurement device that measures a three-dimensional shape of the surface of the object ; and a control device that controls at least one of the beam irradiation device and the rotation device on the basis of measurement results obtained from the object measurement device, wherein the object is machined by irradiating the object held by the holding device with the energy beam from the beam irradiation device"; thus this claim is classified as invention 8.

In addition, claims 72-75 have a link of invention to claim 71, and thus are classified as invention 8.

(Invention 9) • Claims 76-84

Claim 76 cannot be said to have the same or corresponding special technical features between this claim and any of claim 1 classified as invention 1, claim 13 classified as invention 2, claim 16 classified as invention 3, claim 21 classified as invention 4, claim 52 classified as invention 5, claim 55 classified as invention 6, claim 57 classified as invention 7, and claim 71 classified as invention 8.

Furthermore, claim 76 is not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as inventions 1-8.

Accordingly claim 76 cannot be identified as inventions 1-8.

Meanwhile, claim 76 has the special technical feature of "a machining system provided with: a holding device that holds an object; a rotation device that rotates the holding device; a beam irradiation device that irradiates the object held by the holding device with an energy beam; an object measurement device that measures the object ; and a control device that controls the beam irradiation device on the basis of measurement results on the object as obtained from the object measurement device, wherein the beam irradiation device changes, along the surface of the object, the irradiation position of the energy beam on the surface of the object during a period of time when the beam irradiation device irradiates the object with the energy beam, and the control device controls the beam irradiation device on the basis of measurement results on the object including a trace of machining with the energy beam"; thus this claim is classified as invention 9.

In addition, claims 77-84 have a link of invention to claim 76, and thus are classified as invention 9.

(Invention 10) • Claims 85-90

Claim 85 cannot be said to have the same or corresponding special technical features between this claim and any of claim 1 classified as invention 1, claim 13 classified as invention 2, claim 16 classified as invention 3, claim 21 classified as invention 4, claim 52 classified as invention 5, claim 55 classified as invention 6, claim 57 classified as invention 7, claim 71 classified as invention 8, and claim 76 classified as invention 9.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/018298

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Furthermore, claim 85 is not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as inventions 1-9.

Accordingly claim 85 cannot be identified as inventions 1-9.

Meanwhile, claim 85 has the special technical feature of "a machining system provided with: a holding device that holds an object; a rotation device that rotates the holding device; a beam irradiation device that irradiates the object held by the holding device with an energy beam; an object measurement device that measures the object; a control device that controls at least one of the beam irradiation device and the rotation device on the basis of measurement results on the object as obtained from the object measurement device; and a movement device that moves the rotation device, wherein the object measurement device measures the object each time when the movement device moves the rotation device along one direction, and the control device controls at least one of the beam irradiation device and the movement device on the basis of measurement results on the object as obtained from the object measurement device, during an irradiation period of time when the beam irradiation device irradiates the object with the energy beam"; thus this claim is classified as invention 10.

In addition, claims 86-90 have a link of invention to claim 85, and thus are classified as invention 10.

(Invention 11) • Claims 91-96

Claim 91 cannot be said to have the same or corresponding special technical features between this claim and any of claim 1 classified as invention 1, claim 13 classified as invention 2, claim 16 classified as invention 3, claim 21 classified as invention 4, claim 52 classified as invention 5, claim 55 classified as invention 6, claim 57 classified as invention 7, claim 71 classified as invention 8, claim 76 classified as invention 9, and claim 85 classified as invention 10.

Furthermore, claim 91 is not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as inventions 1-10.

Accordingly claim 91 cannot be identified as inventions 1-10.

Meanwhile, claim 91 has the special technical feature of "a machining system provided with: a holding device that holds an object; a rotation device that rotates the holding device; a beam irradiation device that irradiates the object held by the holding device with an energy beam; an object measurement device that measures the object ; and a control device that controls at least one of the beam irradiation device and the rotation device on the basis of measurement results on the object as obtained from the object measurement device, wherein the object measurement device measures the object each time when the rotation device rotates the object by a predetermined rotation angle, and the control device controls the beam irradiation device on the basis of measurement results on the object as obtained from the object measurement device"; thus this claim is classified as invention 11.

In addition, claims 92-96 have a link of invention to claim 91, and thus are classified as invention 11.

(Invention 12) • Claims 97-98

Claim 97 cannot be said to have the same or corresponding special technical features between this claim and any of claim 1 classified as invention 1, claim 13 classified as invention 2, claim 16 classified as

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/018298

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

invention 3, claim 21 classified as invention 4, claim 52 classified as invention 5, claim 55 classified as invention 6, claim 57 classified as invention 7, claim 71 classified as invention 8, claim 76 classified as invention 9, claim 85 classified as invention 10, and claim 91 classified as invention 11.

Furthermore, claim 97 is not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as inventions 1-11.

Accordingly claim 97 cannot be identified as inventions 1-11.

Meanwhile, claim 97 has the special technical feature of "a machining system provided with: a holding device that holds an object; a rotation device that rotates the holding device; a beam irradiation device that irradiates the object held by the holding device with an energy beam; an object measurement device that measures the object; a control device that controls at least one of the beam irradiation device and the rotation device on the basis of measurement results on the object as obtained from the object measurement device; and a beam measurement device that is provided in the rotation device and that measures the energy beam from the beam irradiation device"; thus this claim is classified as invention 12.

In addition, claim 98 has a link of invention to claim 97, and thus is classified as invention 12.

(Invention 13) • Claims 100-104

Claim 100 cannot be said to have the same or corresponding special technical features between this claim and any of claim 1 classified as invention 1, claim 13 classified as invention 2, claim 16 classified as invention 3, claim 21 classified as invention 4, claim 52 classified as invention 5, claim 55 classified as invention 6, claim 57 classified as invention 7, claim 71 classified as invention 8, claim 76 classified as invention 9, claim 85 classified as invention 10, claim 91 classified as invention 11, and claim 97 classified as invention 12.

Furthermore, claim 100 is not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as inventions 1-12.

Accordingly claim 100 cannot be identified as inventions 1-12.

Meanwhile, claim 100 has the special technical feature of "a machining system provided with: a holding device that rotatably holds an object; a rotation device that rotates the holding device; a beam irradiation device that irradiates the object held by the holding device with an energy beam; an object measurement device that measures the object; a change device that changes the irradiation position of the energy beam that is applied onto the object; and a control device that controls at least one of the rotation device and the change device, wherein the control device controls, on the basis of information on the object measured by the object measurement device, the rotation device and the change device such that the holding device is rotated and the irradiation position is changed, and the object is machined by irradiating the object held by the holding device with the energy beam from the beam irradiation device"; thus this claim is classified as invention 13.

In addition, claims 101-104 have a link of invention to claim 100, and thus are classified as invention 13.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/018298

JP 2014-223672 A	04 December 2014	CN 104117772 A
JP 11-156580 A	15 June 1999	(Family: none)
JP 2013-202685 A	07 October 2013	KR 10-2013-0111255 A CN 103358030 A TW 201338902 A
JP 2019-039830 A	14 March 2019	US 2019/0061063 A1 paragraphs [0012], [0026]-[0032], [0040], fig. 1-3 DE 102018214335 A1 CN 109454324 A KR 10-2019-0022337 A SG 10201807226R A TW 201913049 A
JP 59-120390 A	11 July 1984	(Family: none)
JP 2010-192570 A	02 September 2010	US 2010/0206854 A1 paragraphs [0072]-[0076], fig. 8 CN 101804511 A
JP 2004-063406 A	26 February 2004	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23K 26/00(2014.01)i FI: B23K26/00 J														
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）） B23K26/00 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 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020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 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年													
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												
X Y A	JP 2014-223672 A（三菱マテリアル株式会社）04.12.2014（2014 - 12 - 04） [0018]-[0032], 図1-5	1-12, 43, 45, 48-50, 58-70 13-15, 20, 22, 28-30, 36 16-19, 23-27, 31- 35, 37-42, 44, 46- 47, 51-54, 56, 99												
Y	JP 11-156580 A（株式会社アマダ）15.06.1999（1999 - 06 - 15） [0012], 図1	13-15, 20, 22, 28-30, 36, 43, 45, 48-50, 58-70												
Y	JP 2013-202685 A（三星ダイヤモンド工業株式会社）07.10.2013（2013 - 10 - 07） [0022], 図2	13-15, 20, 22, 28-30, 36, 43, 45, 48-50, 58-70												
Y	JP 2019-039830 A（株式会社ディスコ）14.03.2019（2019 - 03 - 14） [0006], [0019]-[0025], [0033], 図1-3	20, 22, 29-30, 36												
☒ 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、一般的な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、一般的な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、一般的な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 07.07.2020		国際調査報告の発送日 21.07.2020												
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） 柏原 郁昭 3P 3113 電話番号 03-3581-1101 内線 3363												

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
X	JP 59-120390 A (本田技研工業株式会社) 11.07.1984 (1984 - 07 - 11) 第1ページ右欄第12行-第2ページ右下欄第5行, 第1-4図	21, 44, 47, 61- 63, 66-68, 70
Y		22, 28-30, 36, 43, 45, 48-50, 58-60, 64, 69
A		23-27, 31-35, 37- 42, 46, 51-54, 56, 65
Y	JP 2010-192570 A (パナソニック株式会社) 02.09.2010 (2010 - 09 - 02) [0055]-[0057], 図8	28, 61-63, 67, 70
Y	JP 2004-063406 A (三洋電機株式会社) 26.02.2004 (2004 - 02 - 26) [0016], [0028]-[0029], [0050], 図7	28, 61-63, 67, 70

第III欄

発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

文献1：JP 2014-223672 A（三菱マテリアル株式会社）04.12.2014（2014-12-04）
[0018]-[0032], 図1-5 & CN 104117772 A

（発明1）・請求項1、3

- ・請求項2、4-12、20、22-51、53-54、56、58-70のうち、請求項1を引用する部分（ただし、請求項20、22-51、53-54、56、58-70のうち、請求項13のうち請求項1-2、4-10全てを引用していない部分、を引用している部分を除く。）
- ・請求項4-12のうち、請求項3を引用している部分
- ・請求項13-15のうち、請求項10のうち請求項1-2、4-9全てを引用している部分、を引用している部分

文献1には、
円柱形の加工対象物W（物体）を回転可能に保持するチャック21（保持装置）と、
前記チャック21を回転させる回転機構22（回転装置）と、前記チャック21が保持した前記加工対象物Wにレーザ（エネルギービーム）を照射するレーザ照射手段2（ビーム照射装置）と、
前記加工対象物Wを計測する受光手段31及び算出部37からなる物体計測装置と、
前記物体計測装置によって計測された前記加工対象物Wのスクリーン33上の投影光R2の投影位置の変化（物体に関する情報）と、
前記回転機構22の回転軸である回転中心Cの角速度 ω （回転軸の情報、角度関係、位置関係）とに基づいて、
前記レーザ照射手段2及び前記回転機構22を制御する制御部6（制御装置）とを備え、
前記レーザ照射手段2からのレーザを前記チャック21に保持された前記加工対象物Wに照射することにより前記加工対象物Wを加工する加工システムが記載されている。

また、文献1には、前記制御部6は、前記回転軸と前記加工対象物Wとの軸ずれにより生じる軸振れすなわち前記回転中心Cと加工対象物の軸心Oとの角度関係に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置を制御する点、ガルバノスキャナ13（ビーム照射位置変更装置）を前記制御部6で制御することによって、前記レーザ照射手段2による前記レーザの照射位置を前記回転中心Cと交差する方向に変える点（[0026]を参照。）も記載されている。

さらに、文献1には、
前記レーザ照射手段2は、前記加工対象物Wの表面上の照射位置に、前記表面の前記照射位置での法線と交差する方向から前記レーザを照射して、前記加工対象物Wの外径を縮小する加工を行う点（[0031]を参照。）、及び、
前記レーザの前記照射位置は、前記回転中心Cと交差する方向で変更可能である点（[0032]を参照。）も記載されている。

よって、請求項9のうち請求項1-2、4-8全てを引用する部分は、文献1により新規性が欠如しているため、特別な技術的特徴を有しない。

しかしながら、請求項10のうち請求項1-2、4-9全てを引用している部分は「前記照射位置に照射される前記エネルギービームの進行方向に沿った照射軸と前記法線とのなす角度は60度以上である」という特別な技術的特徴を有しており、請求項10のうち上記部分を引用している請求項11-15も、同一の特別な技術的特徴を有しているので、発明1に区分する。

また、請求項20、22-51、53-54、56、58-70のうち、請求項10の上記部分を引用している部分も、上記した特別な技術的特徴と同一な特別な技術的特徴を有しているので、発明1に区分する。

さらに、請求項4-15、20、22-51、53-54、56、58-70のうち、請求項1の従属請求項である部分は、請求項1に対して発明の連関を有しているので、発明1に区分する。加えて、請求項3は実質的に請求項2と同一であり、請求項1に対して発明の連関を有しているので、請求項4-12のうち請求項3を引用している部分と共に、発明1に区分する。

（発明2）・請求項13のうち請求項1-2、4-10全てを引用していない部分

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

- ・請求項14-15、20、22-51、53-54、56、58-70のうち請求項13の前記部分を引用する部分

請求項13のうち請求項1-2、4-10全てを引用していない部分は、発明1に区分された請求項10のうち請求項1-2、4-9全てを引用している部分と、同一の又は対応する特別な技術的特徴を有しているとはいえない。

また、請求項13のうち請求項1-2、4-10全てを引用していない部分は、発明1に区分された請求項1の従属請求項であるが、請求項1に対して追加された技術的特徴である「前記照射位置に関して前記ビーム照射装置とは反対側に設けられて、前記エネルギービームが照射されるビームダンパを備える」ことは、請求項1の技術的特徴と、技術的関連性が低く、また、請求項1に係る発明が解決しようとする課題と、前記追加された技術的特徴から把握される、発明が解決しようとする具体的な課題との関連性も低い。このため、請求項13のうち請求項1-2、4-10全てを引用していない部分が請求項1に対して発明の連関を有しているとは認められない。

さらに、請求項13のうち請求項1-2、4-10全てを引用していない部分は、発明1に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項13のうち請求項1-2、4-10全てを引用していない部分は発明1に区分できない。

そして、請求項13のうち請求項1-2、4-10全てを引用していない部分は、「前記照射位置に関して前記ビーム照射装置とは反対側に設けられて、前記エネルギービームが照射されるビームダンパを備える」という特別な技術的特徴を有しているので、発明2に区分する。また、請求項14-15、20、22-51、53-54、56、58-70のうち、請求項13のうち請求項1-2、4-10全てを引用していない部分、を引用している部分も、上記した特別な技術的特徴と同一な特別な技術的特徴を有しているので、発明2に区分する。

（発明3）・請求項16-19

- ・請求項20、22-51、53-54、56、58-70のうち請求項16を引用している部分
- ・請求項99

請求項16は、発明1に区分された請求項1、発明2に区分された請求項13のいずれとも、同一の又は対応する特別な技術的特徴を有しているとはいえない。

さらに、請求項16は、発明1-2に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項16は発明1-2に区分できない。

そして、請求項16は、「物体を回転可能に保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記物体計測装置によって計測された前記物体に関する情報と、前記回転装置の位置及び姿勢の少なくとも一方の情報とに基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置のうち少なくとも一方を制御する制御装置とを備え、前記ビーム照射装置からのエネルギービームを前記保持装置に保持された前記物体に照射することにより前記物体を加工する加工システム。」という特別な技術的特徴を有しているので、発明3に区分する。

また、請求項17-19、99、及び、請求項22-51、53-54、56、58-70のうち請求項16を引用している部分は、請求項16に対して発明の連関を有しているので、発明3に区分する。

（発明4）・請求項21

- ・請求項22-51、53-54、56、58-70のうち請求項21を引用している部分

請求項21は、発明1に区分された請求項1、発明2に区分された請求項13、発明3に区分された請求項16のいずれとも、同一の又は対応する特別な技術的特徴を有しているとはいえない。

さらに、請求項21は、発明1-3に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項21は発明1-3に区分できない。

そして、請求項21は、「物体を回転可能に保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記ビーム照

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置と、前記ビーム計測装置によって計測された前記エネルギービームに関する情報に基づいて、前記ビーム照射装置を制御する制御装置とを備え、前記ビーム照射装置からのエネルギービームを前記保持装置に保持された前記物体に照射することにより前記物体を加工する加工システム。」という特別な技術的特徴を有しているので、発明4に区分する。

また、請求項22-51、53-54、56、58-70のうち請求項21を引用している部分は、請求項21に対して発明の連関を有しているので、発明4に区分する。

（発明5）・請求項52

・請求項53-54、56、58-70のうち請求項52を引用している部分

請求項52は、発明1に区分された請求項1、発明2に区分された請求項13、発明3に区分された請求項16、発明4に区分された請求項21のいずれとも、同一の又は対応する特別な技術的特徴を有しているとはいえない。

さらに、請求項52は、発明1-4に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項52は発明1-4に区分できない。

そして、請求項52は、「物体を回転可能に保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置と、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動させる移動装置と、少なくとも前記移動装置を制御する制御装置とを備え、前記制御装置は、前記ビーム計測装置が前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測できる位置となるように、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうちの少なくとも一方を移動させ、前記物体計測装置によって前記ビーム計測装置の少なくとも一部を計測できる位置となるように、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうちの少なくとも一方を移動させる加工システム。」という特別な技術的特徴を有しているので、発明5に区分する。

また、請求項53-54、56、58-70のうち請求項52を引用している部分は、請求項52に対して発明の連関を有しているので、発明5に区分する。

（発明6）・請求項55

・請求項56、58-70のうち請求項55を引用している部分

請求項55は、発明1に区分された請求項1、発明2に区分された請求項13、発明3に区分された請求項16、発明4に区分された請求項21、発明5に区分された請求項52のいずれとも、同一の又は対応する特別な技術的特徴を有しているとはいえない。

さらに、請求項55は、発明1-5に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項55は発明1-5に区分できない。

そして、請求項55は、「物体を回転可能に保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置と、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動させる移動装置と、前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方に関する情報を取得する取得装置と、少なくとも前記移動装置を制御する制御装置とを備え、前記制御装置は、前記ビーム照射装置が前記ビーム計測装置の少なくとも一部に前記エネルギービームを照射できる照射可能位置に、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動し、前記照射可能位置に移動した前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方に関する照射位置情報を、前記取得装置を用いて取得し、前記照射位置情報に基づいて、前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方を制御する加工システム。」という特別な技術的特徴を有しているので、発明6に区分する。

また、請求項56、58-70のうち請求項52を引用している部分は、請求項55に対して発明の連関を有しているので、発明6に区分する。

（発明7）・請求項57

・請求項58-70のうち請求項57を引用している部分

第III欄

発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

請求項57は、発明1に区分された請求項1、発明2に区分された請求項13、発明3に区分された請求項16、発明4に区分された請求項21、発明5に区分された請求項52、発明6に区分された請求項55のいずれとも、同一の又は対応する特別な技術的特徴を有しているとはいえない。

さらに、請求項57は、発明1－5に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。したがって、請求項57は発明1－5に区分できない。

そして、請求項57は、「物体を回転可能に保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置と、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動させる移動装置と、前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方に関する情報を取得する取得装置と、少なくとも前記移動装置を制御する制御装置とを備え、前記制御装置は、前記物体計測装置が前記ビーム計測装置の少なくとも一部を計測できる計測可能位置に、前記ビーム照射装置及び前記ビーム計測装置のうち少なくとも一方を移動し、前記計測可能位置に移動した前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方に関する計測位置情報を、前記取得装置を用いて取得し、前記計測位置情報に基づいて、前記ビーム照射装置の位置及び前記ビーム計測装置の位置のうち少なくとも一方を制御する加工システム。」という特別な技術的特徴を有しているので、発明7に区分する。

また、請求項58－70のうち請求項57を引用している部分は、請求項57に対して発明の連関を有しているので、発明7に区分する。

（発明8）・請求項71－75

請求項71は、発明1に区分された請求項1、発明2に区分された請求項13、発明3に区分された請求項16、発明4に区分された請求項21、発明5に区分された請求項52、発明6に区分された請求項55、発明7に区分された請求項57のいずれとも、同一の又は対応する特別な技術的特徴を有しているとはいえない。

さらに、請求項71は、発明1－7に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項71は発明1－7に区分できない。

そして、請求項71は、「物体を回転可能に保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体の表面の3次元形状を計測する物体計測装置と、前記物体計測装置の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置のうち少なくとも一方を制御する制御装置とを備え、前記ビーム照射装置からのエネルギービームを前記保持装置に保持された前記物体に照射することにより前記物体を加工する加工システム。」という特別な技術的特徴を有しているので、発明8に区分する。

また、請求項72－75は、請求項71に対して発明の連関を有しているので、発明8に区分する。

（発明9）・請求項76－84

請求項76は、発明1に区分された請求項1、発明2に区分された請求項13、発明3に区分された請求項16、発明4に区分された請求項21、発明5に区分された請求項52、発明6に区分された請求項55、発明7に区分された請求項57、発明8に区分された請求項71のいずれとも、同一の又は対応する特別な技術的特徴を有しているとはいえない。

さらに、請求項76は、発明1－8に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項76は発明1－8に区分できない。

そして、請求項76は、「物体を保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記物体計測装置による前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置を制御する制御装置とを備え、前記ビーム照射装置は、前記ビーム照射装置が前記物体に前記エネルギービームを照射する期間中に、前記物体の表面上での前記エネルギービームの照射位置を、前記物体の表面に沿って変更し、前記制御装置は、前記エネルギービームによる加工跡を含む前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置を制御する加工システム。」という特別な技術的特徴を有しているので、発明9に区分する。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

また、請求項77-84は、請求項76に対して発明の連関を有しているので、発明9に区分する。

（発明10）・請求項85-90

請求項85は、発明1に区分された請求項1、発明2に区分された請求項13、発明3に区分された請求項16、発明4に区分された請求項21、発明5に区分された請求項52、発明6に区分された請求項55、発明7に区分された請求項57、発明8に区分された請求項71、発明9に区分された請求項76のいずれとも、同一の又は対応する特別な技術的特徴を有しているとはいえない。

さらに、請求項85は、発明1-9に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項85は発明1-9に区分できない。

そして、請求項85は、「物体を保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記物体計測装置による前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置の少なくとも一方を制御する制御装置と、前記回転装置を移動させる移動装置とを備え、前記物体計測装置は、前記移動装置が前記回転装置を一方の方向に沿って移動させる都度、前記物体を計測し、前記制御装置は、前記ビーム照射装置が前記物体に前記エネルギービームを照射する照射期間中に、前記物体計測装置による前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記移動装置の少なくとも一方を制御する加工システム。」という特別な技術的特徴を有しているので、発明10に区分する。

また、請求項86-90は、請求項85に対して発明の連関を有しているので、発明10に区分する。

（発明11）・請求項91-96

請求項91は、発明1に区分された請求項1、発明2に区分された請求項13、発明3に区分された請求項16、発明4に区分された請求項21、発明5に区分された請求項52、発明6に区分された請求項55、発明7に区分された請求項57、発明8に区分された請求項71、発明9に区分された請求項76、発明10に区分された請求項85のいずれとも、同一の又は対応する特別な技術的特徴を有しているとはいえない。

さらに、請求項91は、発明1-10に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項91は発明1-10に区分できない。

そして、請求項91は、「物体を保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記物体計測装置による前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置の少なくとも一方を制御する制御装置とを備え、前記物体計測装置は、前記回転装置が前記物体を所定回転角度だけ回転させる都度、前記物体を計測し、前記制御装置は、前記物体計測装置による前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置を制御する加工システム。」という特別な技術的特徴を有しているので、発明11に区分する。

また、請求項92-96は、請求項91に対して発明の連関を有しているので、発明11に区分する。

（発明12）・請求項97-98

請求項97は、発明1に区分された請求項1、発明2に区分された請求項13、発明3に区分された請求項16、発明4に区分された請求項21、発明5に区分された請求項52、発明6に区分された請求項55、発明7に区分された請求項57、発明8に区分された請求項71、発明9に区分された請求項76、発明10に区分された請求項85、発明11に区分された請求項91のいずれとも、同一の又は対応する特別な技術的特徴を有しているとはいえない。

さらに、請求項97は、発明1-11に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項97は発明1-11に区分できない。

そして、請求項97は、「物体を保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

計測装置と、前記物体計測装置による前記物体の計測結果に基づいて、前記ビーム照射装置及び前記回転装置の少なくとも一方を制御する制御装置と、前記回転装置に設けられ、前記ビーム照射装置からの前記エネルギービームを計測するビーム計測装置とを備える加工システム。」という特別な技術的特徴を有しているので、発明12に区分する。

また、請求項98は、請求項97に対して発明の連関を有しているので、発明12に区分する。

（発明13）・請求項100-104

請求項100は、発明1に区分された請求項1、発明2に区分された請求項13、発明3に区分された請求項16、発明4に区分された請求項21、発明5に区分された請求項52、発明6に区分された請求項55、発明7に区分された請求項57、発明8に区分された請求項71、発明9に区分された請求項76、発明10に区分された請求項85、発明11に区分された請求項91、発明12に区分された請求項97のいずれとも、同一の又は対応する特別な技術的特徴を有しているとはいえない。

さらに、請求項100は、発明1-12に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項100は発明1-12に区分できない。

そして、請求項100は、「物体を回転可能に保持する保持装置と、前記保持装置を回転させる回転装置と、前記保持装置が保持した前記物体にエネルギービームを照射するビーム照射装置と、前記物体を計測する物体計測装置と、前記物体上に照射される前記エネルギービームの照射位置を変更する変更装置と、前記回転装置及び前記変更装置のうち少なくとも一方を制御する制御装置とを備え、前記制御装置は、前記物体計測装置によって計測された前記物体に関する情報に基づいて、前記保持装置を回転させ且つ前記照射位置を変更するように前記回転装置及び前記変更装置を制御し、前記ビーム照射装置からのエネルギービームを前記保持装置に保持された前記物体に照射することにより前記物体を加工する加工システム。」という特別な技術的特徴を有しているので、発明13に区分する。

また、請求項101-104は、請求項100に対して発明の連関を有しているので、発明13に区分する。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。請求項1-54、56、58-70、99
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の
申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☒ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

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/JP2020/018298

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2014-223672	A	04.12.2014	CN	104117772	A	
JP	11-156580	A	15.06.1999	(ファミリーなし)			
JP	2013-202685	A	07.10.2013	KR	10-2013-0111255	A	
				CN	103358030	A	
				TW	201338902	A	
JP	2019-039830	A	14.03.2019	US	2019/0061063	A1	
				[0012], [0026]-[0032], [0040], 図1-3			
				DE	102018214335	A1	
				CN	109454324	A	
				KR	10-2019-0022337	A	
				SG	10201807226R	A	
				TW	201913049	A	
JP	59-120390	A	11.07.1984	(ファミリーなし)			
JP	2010-192570	A	02.09.2010	US	2010/0206854	A1	
				[0072]-[0076], 図8			
				CN	101804511	A	
JP	2004-063406	A	26.02.2004	(ファミリーなし)			