

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7647745号  
(P7647745)

(45)発行日 令和7年3月18日(2025.3.18)

(24)登録日 令和7年3月10日(2025.3.10)

(51)国際特許分類

F I

B 2 3 K 26/34 (2014.01)

B 2 3 K 26/34

B 2 3 K 26/00 (2014.01)

B 2 3 K 26/00

M Z N M

B 2 3 K 26/21 (2014.01)

B 2 3 K 26/21

Z

B 3 3 Y 10/00 (2015.01)

B 3 3 Y 10/00

B 3 3 Y 30/00 (2015.01)

B 3 3 Y 30/00

請求項の数 30 (全50頁)

(21)出願番号 特願2022-516540(P2022-516540)  
(86)(22)出願日 令和2年4月22日(2020.4.22)  
(86)国際出願番号 PCT/JP2020/017292  
(87)国際公開番号 WO2021/214899  
(87)国際公開日 令和3年10月28日(2021.10.28)  
審査請求日 令和5年3月16日(2023.3.16)

(73)特許権者 000004112  
株式会社ニコン  
東京都品川区西大井一丁目5番20号  
(74)代理人 100104765  
弁理士 江上 達夫  
(72)発明者 上野 和樹  
東京都港区港南二丁目15番3号 株式  
会社ニコン内  
審査官 岩見 勤

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 加工システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

エネルギービームを用いて物体を加工する加工システムであって、  
集光光学系を有し、前記集光光学系の瞳面に入射するエネルギービームを集光して前記物  
体に照射する照射光学系と、

前記物体からの光を含む物体光を、前記集光光学系を介して検出する検出装置と  
を備え、

前記集光光学系内での、進行方向に対して幅を有する前記物体光の少なくとも一部であ  
る前記物体光の経路の少なくとも一部は、前記集光光学系内での、進行方向に対して幅を  
有する前記エネルギービームの少なくとも一部である前記エネルギービームの経路の少なくと  
も一部と異なる

加工システム。

【請求項2】

前記集光光学系内での前記物体光の前記経路と、前記集光光学系内での前記エネルギービ  
ームの前記経路とは重畳しない

請求項1に記載の加工システム。

【請求項3】

前記瞳面上で前記エネルギービームが通過する領域と、前記瞳面上で前記物体光が通過す  
る領域とは異なる

請求項1又は2に記載の加工システム。

## 【請求項 4】

前記瞳面上において、前記エネルギービームが通過する前記領域と、前記物体光が通過する前記領域とは重畳しない

請求項 3 に記載の加工システム。

## 【請求項 5】

前記集光光学系は、前記物体に対して異なる方向から複数のエネルギービームを照射する請求項 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】

前記複数のエネルギービームは、前記集光光学系の光軸を中心とする回転方向において異なる位置から前記物体に照射される

請求項 5 に記載の加工システム。

10

## 【請求項 7】

前記複数のエネルギービームのうち第 1 エネルギービームと前記集光光学系の光軸とのなす第 1 角度と、前記複数のエネルギービームのうち第 2 エネルギービームと前記光軸とのなす第 2 角度とは互いに異なる

請求項 5 又は 6 に記載の加工システム。

## 【請求項 8】

前記検出装置は、前記物体と前記集光光学系との間で前記複数のエネルギービームが通過する光路とは異なる光路を進行する前記物体光を受光する

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の加工システム。

20

## 【請求項 9】

前記検出装置は、前記集光光学系を介して前記物体に照明光を照射する照明装置をさらに備える

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】

前記照明光が照射される前記物体上の領域は、前記エネルギービームが照射される前記物体上の領域を含む

請求項 9 に記載の加工システム。

## 【請求項 11】

前記物体光は、前記物体を介した前記照明光を含む

請求項 9 又は 10 に記載の加工システム。

30

## 【請求項 12】

前記物体光は、前記エネルギービームの前記物体への照射によって発生する光を含む

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】

前記集光光学系からの前記エネルギービームによって前記物体上に熔融池が形成され、

前記物体光は、前記熔融池からの光を含む

請求項 12 に記載の加工システム。

## 【請求項 14】

前記検出装置は、撮像装置を含む

請求項 1 から 13 のいずれか一項に記載の加工システム。

40

## 【請求項 15】

前記エネルギービームの波長と前記物体光の波長とは異なる

請求項 1 から 14 のいずれか一項に記載の加工システム。

## 【請求項 16】

前記エネルギービームの波長域の少なくとも一部と前記物体光の波長域の少なくとも一部とは重畳する

請求項 1 から 15 のいずれか一項に記載の加工システム。

## 【請求項 17】

前記検出装置は、前記集光光学系を介して前記物体に計測光を送光する送光部と、前記

50

物体を介した前記計測光を前記物体光の少なくとも一部として前記集光光学系を介して受光する受光部とを備える

請求項 1 から 1 6 のいずれか一項に記載の加工システム。

【請求項 1 8】

前記計測光が照射される前記物体上の領域は、前記エネルギービームが照射される前記物体上の領域を含む

請求項 1 7 に記載の加工システム。

【請求項 1 9】

前記物体を介した前記計測光は、前記物体からの散乱光を含む

請求項 1 7 又は 1 8 に記載の加工システム。

10

【請求項 2 0】

前記集光光学系を構成する最終光学部材に形成された開口を通して、前記物体上の前記エネルギービームが照射される位置に向けて材料を供給する材料供給装置を備える

請求項 1 から 1 9 のいずれか一項に記載の加工システム。

【請求項 2 1】

前記材料供給装置の少なくとも一部は、前記集光光学系の光軸に沿って配置される

請求項 2 0 に記載の加工システム。

【請求項 2 2】

前記集光光学系の前記光学部材の間の空間に気体を供給する気体供給装置を備え、

前記集光光学系は、前記最終光学部材を含む複数の光学部材を含み、

前記気体の少なくとも一部は、前記開口を通して前記最終光学部材の射出面側の空間に供給される

請求項 2 0 又は 2 1 に記載の加工システム。

20

【請求項 2 3】

前記開口からの前記気体を前記物体へ導く気体誘導部材を備える

請求項 2 2 に記載の加工システム。

【請求項 2 4】

前記気体誘導部材は、前記材料供給装置の少なくとも一部を囲う

請求項 2 3 に記載の加工システム。

【請求項 2 5】

前記物体に付加加工を行う

請求項 1 から 2 4 のいずれか一項に記載の加工システム。

30

【請求項 2 6】

前記物体の除去加工を行う

請求項 1 から 2 5 のいずれか一項に記載の加工システム。

【請求項 2 7】

エネルギービームを用いて物体を加工する加工方法であって、

エネルギービームを集光光学系に入射させることと、

前記集光光学系の瞳面に入射するエネルギービームを集光して前記物体に照射することと、

前記物体からの光を含む物体光を、前記集光光学系を介して検出することと

を含み、

前記集光光学系内での、進行方向に対して幅を有する前記物体光の少なくとも一部である前記物体光の経路の少なくとも一部は、前記集光光学系内での、進行方向に対して幅を有する前記エネルギービームの少なくとも一部である前記エネルギービームの経路の少なくとも一部と異なる

加工方法。

40

【請求項 2 8】

前記集光光学系内での前記物体光の前記経路と、前記集光光学系内での前記エネルギービームの前記経路とは重畳しない

請求項 2 7 に記載の加工方法。

50

**【請求項 29】**

前記瞳面上で前記エネルギービームが通過する領域と、前記瞳面上で前記物体光が通過する領域とは異なる

請求項 27 又は 28 に記載の加工方法。

**【請求項 30】**

前記瞳面上において、前記エネルギービームが通過する前記領域と、前記物体光が通過する前記領域とは重畳しない

請求項 29 に記載の加工方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】**

10

**【0001】**

本発明は、例えば、物体を加工する加工システムの技術分野に関する。

**【背景技術】****【0002】**

物体を加工する加工システムの一例が、特許文献 1 に記載されている。具体的には、特許文献 1 には、物体の一例であるワークに材料粉末を供給すると共にレーザー光を照射することにより、ワークに付加加工を行う加工システムが記載されている。このような加工システムが有する技術的課題の一つとして、加工対象となっている物体を適切に加工することがあげられる。

**【先行技術文献】**

20

**【特許文献】****【0003】**

【文献】米国特許出願公開第 2019 / 270246 号明細書

**【発明の概要】****【0004】**

第 1 の態様によれば、エネルギービームを用いて物体を加工する加工システムであって、集光光学系を有し、前記集光光学系の瞳面に入射するエネルギービームを集光して前記物体に照射する照射光学系と、前記物体からの光を含む物体光を、前記集光光学系を介して検出する検出装置とを備え、前記集光光学系内での前記物体光の経路の少なくとも一部は、前記集光光学系内での前記エネルギービームの経路の少なくとも一部と異なる加工システム

30

**【0005】**

第 2 の態様によれば、エネルギービームを用いて物体を加工する加工システムであって、前記エネルギービームとして、複数のエネルギービームを前記物体に照射する照射光学系と、前記複数のエネルギービームのうち少なくとも一つの特性を個別に変更するビーム特性変更装置とを備える加工システムが提供される。

**【0006】**

第 3 の態様によれば、エネルギービームを用いて物体を加工する加工システムであって、前記エネルギービームとして、複数のエネルギービームを前記物体に照射する照射光学系と、前記複数のエネルギービームのうち少なくとも一つの特性を変更するビーム特性変更装置とを備え、前記複数のエネルギービームのうちの第 1 エネルギービームの特性は、前記複数のエネルギービームのうちの第 2 エネルギービームの特性と異なる加工システムが提供される。

40

**【0007】**

第 4 の態様によれば、エネルギービームを用いて物体を加工する加工システムであって、前記エネルギービームとして、複数のエネルギービームを前記物体に照射する照射光学系と、前記複数のエネルギービームのうち少なくとも一つの特性を変更するビーム特性変更装置とを備え、前記ビーム特性変更装置は、前記複数のエネルギービームのうちの第 1 エネルギービームの特性を、第 2 エネルギービームの特性と異なるように設定可能である加工システムが提供される。

**【0008】**

50

第5の態様によれば、エネルギービームを用いて物体を加工する加工システムであって、前記エネルギービームとして、複数のエネルギービームを前記物体に照射する照射光学系と、前記複数のエネルギービームのうちの第1エネルギービームの特性を、前記複数のエネルギービームのうちの第2エネルギービームの特性と異なるように設定可能であるビーム特性設定装置とを備える加工システムが提供される。

【0009】

第6の態様によれば、エネルギービームを用いて物体を加工する加工システムであって、前記エネルギービームとして、複数のエネルギービームを前記物体に照射する照射光学系と、前記複数のエネルギービームが重畳される面と前記物体の表面との距離を変更して前記物体の前記表面での前記エネルギービームの分布を変更する距離変更装置とを備える加工システムが提供される。

10

【0010】

本発明の作用及び他の利得は次に説明する実施するための形態から明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、第1実施形態の加工システムの構造を示す断面図である。

【図2】図2は、第1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は、加工ヘッド（つまり、照射光学系及び材料ノズル）の構造を示す断面図である。

20

【図4】図4は、加工ヘッド（つまり、照射光学系及び材料ノズル）の構造を示す断面図である。

【図5】図5は、集光光学系の光軸に交差する集光光学系内の仮想的な光学面内での加工光の光路を示す断面図である。

【図6】図6は、集光光学系を介してワークに照射される加工光の光路の他の例を示す断面図である。

【図7】図7は、光学面OP内で加工光EL#1からEL#4が通過する領域の他の例を示す断面図である。

【図8】図8(a)は、ワークに照射される加工光を示す平面図であり、図8(b)は、ワークに照射される加工光を示す断面図である。

30

【図9】図9(a)は、ワークに照射される加工光を示す平面図であり、図9(b)は、ワークに照射される加工光を示す断面図である。

【図10】図10(a)から図10(e)のそれぞれは、ワーク上のある領域に加工光を照射し且つ造形材料を供給した場合の様子を示す断面図である。

【図11】図11(a)から図11(c)のそれぞれは、3次元構造物を形成する過程を示す断面図である。

【図12】図12は、造形面上をY軸方向に沿って+Y側に向かって移動する目標照射領域（つまり、加工光の照射位置）を示す平面図である。

【図13】図13(a)及び図13(b)のそれぞれは、移動方向における相対的に後方側の位置に照射される加工光及び移動方向における相対的に前方側の位置に照射される加工光の強度を示すグラフである。

40

【図14】図14は、移動方向における相対的に後方側の位置に照射される加工光及び移動方向における相対的に前方側の位置に照射される加工光の強度を示すグラフである。

【図15】図15(a)及び図15(b)のそれぞれは、造形面に設定されている目標照射領域に向けて加工光ELが射出されている様子を示す断面図である。

【図16】図16は、集光光学系の光軸に交差する集光光学系内の仮想的な光学面内での加工光の光路を示す断面図である。

【図17】図17は、造形面に複数の加工光が形成する所望形状のビームスポットの一例を示す平面図である。

【図18】図18は、第2実施形態の加工システムの構造を示す断面図である。

50

【図 19】図 19 は、第 2 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 20】図 20 は、第 2 実施形態の照射光学系内での（特に、集光光学系内での）計測光及び物体光の光路を示す断面図である。

【図 21】図 21 は、図 20 の X X - X X ' 断面図である。

【図 22】図 22 は、第 3 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 23】図 23 は、第 3 実施形態の照射光学系の構造を示す断面図である。

【図 24】図 24 ( a ) から図 24 ( c ) のそれぞれは、造形面に照射される計測光の光路の例を示す断面図である。

10

【図 25】図 25 は、第 4 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 26】図 26 は、第 4 実施形態の照射光学系内での（特に、集光光学系内での）計測光及び戻り光の光路を示す断面図である。

【図 27】図 27 は、図 26 の X X V I - X X V I ' 断面図である。

【図 28】図 28 は、第 5 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 29】図 29 は、第 5 実施形態の回収装置及び気体供給装置の動作を模式的に示す平面図である。

【図 30】図 30 は、第 6 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。

20

【図 31】図 31 は、第 6 実施形態の囲繞部材の構造を示す断面図である。

【図 32】図 32 は、第 7 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 33】図 33 は、第 7 実施形態の加工システムの構造を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図面を参照しながら、本発明の加工システムの一実施形態である加工システム S Y S について説明する。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 X Y Z 直交座標系を用いて、加工システム S Y S 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或いは重力方向）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、X 方向、Y 方向及び 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、X Y 平面を水平方向としてもよい。

30

【0013】

( 1 ) 第 1 実施形態の加工システム S Y S

初めに、第 1 実施形態の加工システム S Y S（以降、第 1 実施形態の加工システム S Y S を、“加工システム S Y S a” と称する）について説明する。第 1 実施形態の加工システム S Y S a は、付加加工を行うことで 3 次元構造物 S T を形成可能な加工システムである。加工システム S Y S a は、例えば、レーザ肉盛溶接法（LMD : L a s e r M e t a l D e p o s i t i o n）に基づく付加加工を行うことで 3 次元構造物 S T を形成可能である。尚、レーザ肉盛溶接法（LMD）は、ダイレクト・メタル・デポジション、ダイレクト・エナジー・デポジション、レーザクラディング、レーザ・エンジニアード・ネット・シェイピング、ダイレクト・ライト・ファブリケーション、レーザ・コンソリデーション、シェイプ・デポジション・マニファクチャリング、ワイヤ・フィード・レーザ・デポジション、ガス・スルー・ワイヤ、レーザ・パウダー・フージョン、レーザ・メタル・フォーミング、セレクトティブ・レーザ・パウダー・リメルティング、レーザ・ダイレクト・キャストリング、レーザ・パウダー・デポジション、レーザ・アディティブ・マニユフ

40

50

アクチャリング、レーザ・ラピッド・フォーミングと称してもよい。但し、加工システム S Y S a は、その他の付加加工法に基づく付加加工を行うことで 3 次元構造物 S T を形成してもよい。

【 0 0 1 4 】

以下、このような付加加工を行う加工システム S Y S a の構造及び動作について、順に説明する。

【 0 0 1 5 】

#### ( 1 - 1 ) 加工システム S Y S a の構造

初めに、図 1 及び図 2 を参照しながら、第 1 実施形態の加工システム S Y S a の構造について説明する。図 1 は、第 1 実施形態の加工システム S Y S a の構造を模式的に示す断面図である。図 2 は、第 1 実施形態の加工システム S Y S a のシステム構成を示すシステム構成図である。

10

【 0 0 1 6 】

加工システム S Y S a は、3 次元構造物（つまり、3 次元方向のいずれの方向においても大きさを持つ 3 次元の物体であり、立体物、言い換えると、X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸方向において大きさを持つ物体）S T を形成可能である。加工システム S Y S a は、3 次元構造物 S T を形成するための基礎（つまり、母材）となるワーク W 上に、3 次元構造物 S T を形成可能である。加工システム S Y S a は、ワーク W に付加加工を行うことで、3 次元構造物 S T を形成可能である。ワーク W が後述するステージ 4 1 である場合には、加工システム S Y S a は、ステージ 4 1 上に、3 次元構造物 S T を形成可能である。ワーク W がステージ 4 1 に載置されている物体である載置物である場合には、加工システム S Y S a は、載置物上に、3 次元構造物 S T を形成可能である。この場合、加工システム S Y S a は、載置物と一体化された 3 次元構造物 S T を形成してもよい。載置物と一体化された 3 次元構造物 S T を形成する動作は、載置物に新たな構造物を付加する動作と等価である。尚、既存構造物は、例えば、欠損箇所がある要修理品であってもよい。加工システム S Y S a は、要修理品の欠損箇所を埋めるように、要修理品に 3 次元構造物 S T を形成してもよい。或いは、加工システム S Y S a は、載置物と分離可能な 3 次元構造物 S T を形成してもよい。ステージ 4 1 に載置される載置物は、加工システム S Y S a が形成した別の 3 次元構造物 S T（つまり、既存構造物）であってもよい。以下では、ワーク W がステージ 4 1 に載置されている載置物である例を用いて説明を進める。尚、以下の説明では、特段の表記がない場合には、ワーク W は、3 次元構造物 S T が形成されていないワーク W 及び 3 次元構造物 S T の少なくとも一部が形成済みのワーク W（つまり、形成済みの 3 次元構造物 S T の少なくとも一部を包含するワーク W）の双方を意味するものとする。

20

30

【 0 0 1 7 】

上述したように、加工システム S Y S a は、レーザ肉盛溶接法により造形物を形成可能である。つまり、加工システム S Y S a は、積層造形技術を用いて物体を形成する 3 D プリンタであるとも言える。尚、積層造形技術は、ラピッドプロトタイプング（Rapid Prototyping）、ラピッドマニファクチャリング（Rapid Manufacturing）、又は、アディティブマニファクチャリング（Additive Manufacturing）とも称されてもよい。

40

【 0 0 1 8 】

加工システム S Y S a は、造形材料 M を加工光 E L で加工して造形物を形成する。造形材料 M は、所定強度以上の加工光 E L の照射によって熔融可能な材料である。このような造形材料 M として、例えば、金属性の材料及び樹脂性の材料の少なくとも一方が使用可能である。但し、造形材料 M として、金属性の材料及び樹脂性の材料とは異なるその他の材料が用いられてもよい。造形材料 M は、粉状の又は粒状の材料である。つまり、造形材料 M は、粉粒体である。但し、造形材料 M は、粉粒体でなくてもよい。例えば、造形材料 M として、ワイヤ状の造形材料及びガス状の造形材料の少なくとも一方が用いられてもよい。

【 0 0 1 9 】

3 次元構造物 S T を形成するために、加工システム S Y S a は、図 1 及び図 2 に示すよ

50

うに、材料供給源 1 と、複数の加工光源 2 と、加工装置 3 と、ステージ装置 4 と、気体供給源 5 と、制御装置 6 とを備える。加工装置 3 と、ステージ装置 4 とは、筐体 7 の内部のチャンバ空間 7 3 I N に收容されていてもよい。

【 0 0 2 0 】

材料供給源 1 は、加工装置 3 に造形材料 M を供給する。材料供給源 1 は、3次元構造物 S T を形成するために単位時間あたりに必要とする分量の造形材料 M が加工装置 3 に供給されるように、当該必要な分量に応じた所望量の造形材料 M を供給する。

【 0 0 2 1 】

複数の加工光源 2 のそれぞれは、例えば、赤外光、可視光及び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、パルスビーム）を含んでいてもよい。加工光 E L は、レーザー光であってもよい。この場合、複数の加工光源 2 のそれぞれは、レーザー光源（例えば、レーザーダイオード（L D : L a s e r D i o d e）等の半導体レーザー）を含んでいてもよい。レーザー光源は、ファイバ・レーザー、C O<sub>2</sub>レーザー、Y A G レーザー及びエキシマレーザー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 はレーザー光でなくてもよい。この場合、レーザー光ではない加工光 E L を射出する加工光源 2 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。尚、第 1 実施形態では、加工システム S Y S a が四つの加工光源 2（具体的には、加工光 E L # 1 を射出する加工光源 2 # 1、加工光 E L # 2 を射出する加工光源 2 # 2、加工光 E L # 3 を射出する加工光源 2 # 3 及び加工光 E L # 4 を射出する加工光源 2 # 4）を備える例について説明する。但し、加工光源 2 の数は、3 つ以下であってもよいし、5 つ以上であってもよい。

【 0 0 2 2 】

加工装置 3 は、材料供給源 1 から供給される造形材料 M を、加工光源 2 # 1 から 2 # 4 からそれぞれ伝搬してくる加工光 E L # 1 から E L # 4 を用いて加工することで、3次元構造物 S T を形成する。3次元構造物 S T を形成するために、加工装置 3 は、加工ヘッド 3 1 と、ヘッド駆動系 3 2 とを備える。但し、加工装置 3 は、ヘッド駆動系 3 2 を備えていなくてもよい。更に、加工ヘッド 3 1 は、照射光学系 3 1 1 と、材料ノズル（つまり造形材料 M を供給する材料供給装置）3 1 2 とを備えている。加工ヘッド 3 1 とヘッド駆動系 3 2 とは、チャンバ空間 7 3 I N 内に收容されている。但し、加工ヘッド 3 1 及びノ又はヘッド駆動系 3 2 の少なくとも一部が、筐体 7 の外部の空間である外部空間 7 4 O U T に配置されていてもよい。尚、外部空間 7 4 O U T は、加工システム S Y S a のオペレータが立ち入り可能な空間であってもよい。

【 0 0 2 3 】

ここで、図 1 及び図 2 に加えて、図 3 及び図 4 を参照しながら、加工ヘッド 3 1（つまり、照射光学系 3 1 1 及び材料ノズル 3 1 2）について更に説明を加える。図 3 及び図 4 は、加工ヘッド 3 1（つまり、照射光学系 3 1 1 及び材料ノズル 3 1 2）の構造を示す断面図である。

【 0 0 2 4 】

図 1 から図 4 に示すように、照射光学系 3 1 1 は、加工光源 2 # 1 から 2 # 4 からそれぞれ伝搬してくる加工光 E L # 1 から E L # 4 が入射する光学系である。照射光学系 3 1 1 は、照射光学系 3 1 1 に入射した加工光 E L # 1 から E L # 4 を射出するための光学系である。具体的には、照射光学系 3 1 1 は、加工光源 2 # 1 から 2 # 4 と、光ファイバ及びライトパイプ等の少なくとも一つを含む複数の光伝送部材 2 1 を介して光学的に接続されている。より具体的には、照射光学系 3 1 1 は、加工光源 2 # 1 と光伝送部材 2 1 # 1 を介して光学的に接続され、加工光源 2 # 2 と光伝送部材 2 1 # 2 を介して光学的に接続され、加工光源 2 # 3 と光伝送部材 2 1 # 3 を介して光学的に接続され、加工光源 2 # 4 と光伝送部材 2 1 # 4 を介して光学的に接続されている。照射光学系 3 1 1 は、光伝送部材 2 1 # 1 から 2 1 # 4 を介して加工光源 2 # 1 から 2 # 4 から伝搬してくる加工光 E L # 1 から E L # 4 を射出する。照射光学系 3 1 1 は、照射光学系 3 1 1 から下方（つまり

10

20

30

40

50

、 - Z 側) に向けて加工光 E L # 1 から E L # 4 を射出する。照射光学系 3 1 1 の下方には、ステージ 4 1 が配置されている。ステージ 4 1 にワーク W が載置されている場合には、照射光学系 3 1 1 は、ワーク W に向けて加工光 E L # 1 から E L # 4 を射出する。

【 0 0 2 5 】

照射光学系 3 1 1 は、ワーク W に向けて射出した加工光 E L # 1 から E L # 4 を、ワーク W に集光してもよい。加工光 E L # 1 から E L # 4 を集光するために、照射光学系 3 1 1 は、集光光学系 3 1 1 1 を備えていてもよい。集光光学系 3 1 1 1 は、複数の光学部材 3 1 1 2 (例えば、レンズ) を含む光学系であるが、単一の光学部材 3 1 1 2 を含む光学系であってもよい。加工光 E L # 1 から E L # 4 は、集光光学系 3 1 1 1 が備える複数の光学部材 3 1 1 2 (特に、パワーを有する複数の光学部材 3 1 1 2) のうち、加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路に沿って最もワーク W 側に位置する (図 3 及び図 4 に示す例では、最も - Z 側に位置する) 終端光学部材 3 1 1 4 から、ワーク W に向けて射出される。尚、終端光学部材 3 1 1 4 は、最終光学部材と称されてもよい。

10

【 0 0 2 6 】

集光光学系 3 1 1 1 から射出された加工光 E L # 1 から E L # 4 は、集光光学系 3 1 1 1 の光軸 A X (つまり、照射光学系 3 1 1 の光軸) に交差する仮想的な光学面である集光面 F P に集光される。このため、集光光学系 3 1 1 1 は、集光光学系 3 1 1 1 の瞳面 (入射瞳面) に入射した加工光 E L # 1 から E L # 4 を、集光光学系 3 1 1 1 の集光面 F P に集光するための光学系であるともみなしてもよい。ここで、第 1 実施形態における「加工光 E L # 1 から E L # 4 が集光面 F P に集光される」状態は、「加工光 E L # 1 から E L # 4 が集光面 F P で重畳される」状態を意味していてもよい。つまり、第 1 実施形態における「加工光 E L # 1 から E L # 4 が集光面 F P に集光される」状態は、「加工光 E L # 1 から E L # 4 が集光面 F P 上の同じ位置に照射される」状態を意味していてもよい。このような集光面 F P は、典型的には、集光光学系 3 1 1 1 の後側焦点位置に設定される。尚、図 3 及び図 4 は、集光面 F P がワーク W の表面 W S に一致している例を示している。尚、第 1 実施形態では、光軸 A X が Z 軸に沿った軸であるため、集光面 F P は、Z 軸に交差する面 (例えば、X Y 平面に沿った面) となる。尚、本例では、集光光学系 3 1 1 1 の入射瞳面は、集光光学系 3 1 1 1 の外側 (入射側) に位置しているが、集光光学系 3 1 1 1 の入射瞳面は集光光学系 3 1 1 1 の内部に位置していてもよい。

20

【 0 0 2 7 】

集光光学系 3 1 1 1 内では、加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路 (つまり、加工光 E L # 1 から E L # 4 が進行する経路) は、光学的に分離されていてもよい。つまり、集光光学系 3 1 1 1 内では、加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路は、互いに異なってもよい。集光光学系 3 1 1 1 内では、加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路は、互いに重畳しなくてもよい。

30

【 0 0 2 8 】

加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路を光学的に分離するために、例えば、集光光学系 3 1 1 1 の光軸 A X に交差する集光光学系 3 1 1 1 内の仮想的な光学面 O P (典型的には、X Y 平面に沿った面であり、例えば、集光光学系 3 1 1 1 の入射瞳面) 内での加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路を示す断面図である図 5 に示すように、光学面 O P 内において、加工光 E L # 1 から E L # 4 は、光軸 A X から互いに異なる方向に離れた別々の領域をそれぞれ通過してもよい。この場合、光学面 O P 内において、光軸 A X と加工光 E L # 1 の光路との間の距離、光軸 A X と加工光 E L # 2 の光路との間の距離、光軸 A X と加工光 E L # 3 の光路との間の距離及び光軸 A X と加工光 E L # 4 の光路との間の距離は、互いに同一であってもよい。或いは、光軸 A X と加工光 E L # 1 から E L # 4 のうちの少なくとも二つの光路との間の距離が互いに異なってもよい。図 3 から図 5 に示す例では、光学面 O P 内において、光軸 A X と加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路との間の距離が互いに同一となっている。この場合、加工光 E L # 1 から E L # 4 は、光学面 O P 内において、光軸 A X に関して対称な領域 (光学面 O P 内において光軸 A X に関して n 回回転対称な領域 (但し、n は 2 以上の整数)) を通過してもよい。例えば、図 5 に示すように、加工

40

50

光 E L # 1 から E L # 4 は、光軸 A X を原点とする X Y 平面に沿った座標面内において、原点を中心とする時計回り方向の回転角度が 270 度、90 度、0 度及び 180 度（或いは、 $\theta$  は任意の角度）+ 270 度、 $\theta$  + 90 度、 $\theta$  度及び  $\theta$  + 180 度）となる四つの領域（光学面 O P 内において光軸 A X に関して 4 回回転対称となる領域）をそれぞれ通過してもよい。

【0029】

光学面 O P 内において加工光 E L # 1 から E L # 4 が光軸 A X から互いに異なる方向に離れた別々の領域をそれぞれ通過する場合には、集光光学系 3111 は、加工光 E L # 1 から E L # 4 を、互いに異なる方向からワーク W に照射してもよい。具体的には、図 3 から図 5 に示すように、集光光学系 3111 は、加工光 E L # 1 から E L # 4 を、光軸 A X

10

【0030】

或いは、加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路を光学的に分離するために、光学面 O P 内において、加工光 E L # 1 から E L # 4 は、光軸 A X から互いに同じ方向に異なる距離だけ離れた別々の領域をそれぞれ通過してもよい。例えば、集光光学系 3111 を介してワーク W に照射される加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路の他の例を示す断面図である図 6 及び光学面 O P 内で加工光 E L # 1 から E L # 4 が通過する領域の他の例を示す断面図である図 7 に示すように、加工光 E L # 1 から E L # 4 は、光軸 A X から + Y 側に向かって異なる距離だけ離れた別々の領域をそれぞれ通過してもよい。つまり、加工光 E L # 1 から E L # 4 は、光軸 A X と加工光 E L # 1 の光路との間の距離、光軸 A X と加工光 E L # 2 の光路との間の距離、光軸 A X と加工光 E L # 3 の光路との間の距離及び光軸 A X と加工光 E L # 4 の光路との間の距離が互いに異なるように、光軸 A X から同じ方向に離れた別々の領域をそれぞれ通過してもよい。

20

【0031】

光学面 O P 内において加工光 E L # 1 から E L # 4 が光軸 A X から同じ方向に異なる距離だけ離れた別々の領域をそれぞれ通過する場合には、集光光学系 3111 は、集光光学系 3111 からワーク W に向かって進行する加工光 E L # 1 から E L # 4 の進行方向と光軸 A X とがなす角度が互いに異なるように、加工光 E L # 1 から E L # 4 をワーク W に照射してもよい。具体的には、図 6 に示すように、集光光学系 3111 は、加工光 E L # 1 の進行方向と光軸 A X とがなす角度、加工光 E L # 2 の進行方向と光軸 A X とがなす角度、加工光 E L # 3 の進行方向と光軸 A X とがなす角度及び加工光 E L # 4 の進行方向と光軸 A X とがなす角度が互いに異なるように、加工光 E L # 1 から E L # 4 をワーク W に照射してもよい。

30

【0032】

尚、集光光学系 3111 からワーク W に向かって進行する複数の加工光 E L # 1 から E L # 4 の進行方向を変えるために、光伝送部材 21#1 から 21#4 の各射出端の X Y 平面（光学面 O P と平行な面）に沿った位置は変更可能であってもよい。また、光伝送部材 21#1 から 21#4 の各射出端の Z 方向に沿った位置も変更可能であってもよい。また、光伝送部材 21#1 から 21#4 から射出される加工光 E L # 1 から E L # 4 の進行方向（光伝送部材 21#1 から 21#4 と集光光学系との間における加工光 E L # 1 から E L # 4 の進行方向）も変更可能であってもよい。

40

【0033】

集光光学系 3111 を構成する各光学部材 3112 には、各光学部材 3112 を光軸 A X に沿った方向に貫通する開口 3113 が形成されている。開口 3113 は、各光学部材 3112 と光軸 A X とが重なる位置に形成されていてもよい。つまり、開口 3113 は、光軸 A X 上に形成されていてもよい。複数の光学部材 3112 にそれぞれ形成された複数の開口 3113 には、材料ノズル 312 の少なくとも一部が配置される。複数の開口 3113 には、材料ノズル 312 の少なくとも一部が挿入される。この際、材料ノズル 312 は、材料ノズル 312 の先端の供給アウトレット 314 が開口 3113 の外部に配置されるように、開口 3113 に挿入されていてもよい。このため、材料ノズル 312 は、材料

50

ノズル 3 1 2 の少なくとも一部が複数の光学部材 3 1 1 2 によって囲まれるように配置される。開口 3 1 1 3 が光軸 A X 上に形成されている場合には、複数の開口 3 1 1 3 には、材料ノズル 3 1 2 の少なくとも一部が光軸 A X に沿って配置されていてもよい。この場合、材料ノズル 3 1 2 の少なくとも一部は、光軸 A X 上に配置されてもよい。

#### 【 0 0 3 4 】

各光学部材 3 1 1 2 に開口 3 1 1 3 が形成されている場合には、加工光 E L # 1 から E L # 4 は、各光学部材 3 1 1 2 のうち開口 3 1 1 3 が形成されていない部分を通過する。上述したように開口 3 1 1 3 が光軸 A X 上に形成されている場合には、加工光 E L # 1 から E L # 4 は、各光学部材 3 1 1 2 のうち光軸 A X から離れた部分を通過する。この場合、典型的には、加工光 E L # 1 から E L # 4 は、集光光学系 3 1 1 1 からワーク W に向かって、光軸 A X に対して傾斜した方向に沿って進行してもよい。つまり、集光光学系 3 1 1 1 は、光軸 A X に対して傾斜した方向に沿って加工光 E L # 1 から E L # 4 を射出してもよい。

10

#### 【 0 0 3 5 】

各光学部材 3 1 1 2 に開口 3 1 1 3 が形成されている場合には、気体供給源 5 からチャンバ空間 7 3 I N に供給されたパージガスは、開口 3 1 1 3 を介して終端光学部材 3 1 1 4 の射出面側の空間（つまり、ワーク W 側の空間）に供給されてもよい。具体的には、気体供給源 5 からチャンバ空間 7 3 I N に供給されたパージガスは、集光光学系 3 1 1 1 を構成する複数の光学部材 3 1 1 2 の間に供給されてもよい。集光光学系 3 1 1 1 を構成する複数の光学部材 3 1 1 2 の間に供給されたパージガスは、開口 3 1 1 3（特に、終端光学部材 3 1 1 4 の開口 3 1 1 3）を介して、終端光学部材 3 1 1 4 の射出面側の空間に供給されてもよい。

20

#### 【 0 0 3 6 】

材料ノズル 3 1 2 には、供給アウトレット 3 1 4 が形成されている。材料ノズル 3 1 2 は、供給アウトレット 3 1 4 から造形材料 M を供給する（例えば、射出する、噴射する、噴出する、又は、吹き付ける）。材料ノズル 3 1 2 は、供給管 1 1 及び混合装置 1 2 を介して造形材料 M の供給源である材料供給源 1 と物理的に接続されている。材料ノズル 3 1 2 は、供給管 1 1 及び混合装置 1 2 を介して材料供給源 1 から供給される造形材料 M を供給する。材料ノズル 3 1 2 は、供給管 1 1 を介して材料供給源 1 から供給される造形材料 M を圧送してもよい。即ち、材料供給源 1 からの造形材料 M と搬送用の気体（つまり、圧送ガスであり、例えば、窒素やアルゴン等の不活性ガス）とは、混合装置 1 2 で混合された後に供給管 1 1 を介して材料ノズル 3 1 2 に圧送されてもよい。その結果、材料ノズル 3 1 2 は、搬送用の気体と共に造形材料 M を供給する。搬送用の気体として、例えば、気体供給源 5 から供給されるパージガスが用いられる。但し、搬送用の気体として、気体供給源 5 とは異なる気体供給源から供給される気体を用いられてもよい。尚、図 3 から図 4 において材料ノズル 3 1 2 は、チューブ状に描かれているが、材料ノズル 3 1 2 の形状は、この形状に限定されない。材料ノズル 3 1 2 は、材料ノズル 3 1 2 から下方（つまり、- Z 側）に向けて造形材料 M を供給する。この際、材料ノズル 3 1 2 が光学部材 3 1 1 2 の開口 3 1 1 3 に配置されているがゆえに、材料ノズル 3 1 2 は、光学部材 3 1 1 2 の開口 3 1 1 3（特に、終端光学部材 3 1 1 4 の開口 3 1 1 3）を介して造形材料 M を供給しているとみなしてもよい。材料ノズル 3 1 2 は、光学部材 3 1 1 2 のうちの開口 3 1 1 3 が形成されていない部分を介して射出される加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路の内側の空間を介して造形材料 M を供給しているとみなしてもよい。材料ノズル 3 1 2 の下方には、ステージ 4 1 が配置されている。ステージ 4 1 にワーク W が搭載されている場合には、材料ノズル 3 1 2 は、ワーク W 又はワーク W の近傍に向けて造形材料 M を供給する。

30

40

#### 【 0 0 3 7 】

材料ノズル 3 1 2 は、ワーク W の表面 W S と交差する方向から、ワーク W に対して造形材料 M を供給する。図 3 から図 4 に示す例では、材料ノズル 3 1 2 は、ワーク W の表面 W S と交差する Z 軸方向から、ワーク W に対して造形材料 M を供給する。つまり、材料ノズル 3 1 2 は、材料ノズル 3 1 2 からワーク W までの造形材料 M の供給経路が Z 軸方向に沿

50

った経路となるように、造形材料Mを供給する。この場合、材料ノズル312が造形材料MをワークWに対して供給する方向（つまり、Z軸に沿った方向、集光光学系3111の光軸方向）は、集光光学系3111が加工光EL#1からEL#4をワークWに向けて射出する方向（つまり、Z軸或いは光軸AXに対して傾斜する方向）と異なってもよい。つまり、材料ノズル312による造形材料Mの供給方向（材料供給方向と称されてもよい）は、集光光学系3111による加工光EL#1からEL#4の照射方向と異なってもよい。

#### 【0038】

本実施形態では、材料ノズル312は、照射光学系311が加工光EL#1からEL#4を照射する目標照射領域EA（つまり、照射光学系311が加工光EL#1からEL#4を照射する位置）に向けて造形材料Mを供給するように、照射光学系311に対して位置合わせされている。つまり、材料ノズル312が造形材料Mを供給する領域としてワークW上に又はワークWの近傍に設定される目標供給領域MAと目標照射領域EAとが一致する（或いは、少なくとも部分的に重複する）ように、材料ノズル312と照射光学系311とが位置合わせされている。また後述するように、照射光学系311から射出された加工光EL#1からEL#4によって、ワークW上には熔融池MPが形成される。材料ノズル312は、熔融池MPに造形材料Mを供給するように、照射光学系311に対して位置合わせされていてもよい。但し、材料ノズル312は、熔融池MPに造形材料Mを供給しなくてもよい。例えば、加工システムSYSaは、材料ノズル312からの造形材料MがワークWに到達する前に当該造形材料Mを照射光学系311からの加工光EL#1からEL#4によって熔融させ、熔融した造形材料MをワークWに付着させてもよい。

#### 【0039】

上述したように、材料ノズル312が配置されている開口3113は、終端光学部材3114の射出面側の空間に供給されるパージガスの供給経路として用いられている。この場合、開口3113を介して供給されたパージガスは、例えば、材料ノズル312の先端の供給アウトレット314に向かう気体の流れを形成する。その結果、このような気体の流れによって、供給アウトレット314からの造形材料Mは、材料ノズル312から下方に向かう供給経路に沿って供給される可能性が大きくなる。つまり、供給アウトレット314からの造形材料Mが、材料ノズル312から四方八方に散乱する可能性が小さくなる。その結果、材料ノズル312は、造形材料Mを適切に供給することができる。つまり、加工システムSYSaは、造形材料Mの供給方向の指向性を向上させることができる。

#### 【0040】

再び図1及び図2において、ヘッド駆動系32は、加工ヘッド31を移動させる。ヘッド駆動系32は、例えば、X軸、Y軸、Z軸、X方向、Y方向及びZ方向の少なくとも一つに沿って加工ヘッド31を移動させる。ヘッド駆動系32が加工ヘッド31を移動させると、加工ヘッド31とステージ41及びステージ41に載置されたワークWのそれぞれとの相対位置が変わる。つまり、照射光学系311及び材料ノズル312のそれぞれとステージ41及びワークWのそれぞれとの相対位置が変わる。更に、加工ヘッド31とステージ41及びワークWのそれぞれとの相対位置が変わると、目標照射領域EA及び目標供給領域MA（更には、熔融池MP）がワークWに対して移動する。このため、ヘッド駆動系32は、目標照射領域EA及び目標供給領域MA（更には、熔融池MP）をワークWに対して移動させる移動装置として機能してもよい。

#### 【0041】

ヘッド駆動系32が加工ヘッド31をZ軸方向（つまり、集光光学系3111の光軸AXに沿った方向）に沿って移動させると、加工光EL#1からEL#4が集光される集光光学系3111の集光面FPと、ワークWの表面WSとの間の距離DSが変わる。このため、ヘッド駆動系32は、Z軸方向における集光光学系3111の集光面FPとワークWの表面WSとの間の距離DSを変更するための距離変更装置として機能してもよい。

#### 【0042】

ヘッド駆動系32は、Z軸方向において集光光学系3111の集光面FPがワークWの

表面WS（或いは、後述する造形面MS、以下同じ）と一致するように、Z軸方向における集光面FPとワークWの表面WSとの間の距離DSを変更してもよい。つまり、ヘッド駆動系32は、距離DSがゼロとなるように、距離DSを変更してもよい。この場合、ワークWに照射される加工光EL#1からEL#4を示す平面図である図8(a)及びワークWに照射される加工光EL#1からEL#4を示す断面図である図8(b)に示すように、加工光EL#1からEL#4は、ワークWの表面WSに集光される。つまり、加工光EL#1からEL#4は、ワークWの表面WSで重畳される。この場合、ワークWの表面WSには、加工光EL#1からEL#4が照射されている単一のビームスポットが形成される。

#### 【0043】

ヘッド駆動系32は、Z軸方向において集光光学系3111の集光面WSがワークWの表面WSから外れるように、Z軸方向における集光面FPとワークWの表面WSとの間の距離DSを変更してもよい。つまり、ヘッド駆動系32は、距離DSがゼロとは異なる値になるように、距離DSを変更してもよい。この場合、ワークWに照射される加工光EL#1からEL#4を示す平面図である図9(a)及びワークWに照射される加工光EL#1からEL#4を示す断面図である図9(b)に示すように、加工光EL#1からEL#4は、ワークWの表面WSに集光されない。つまり、加工光EL#1からEL#4は、ワークWの表面WSで重畳されない。この場合、ワークWの表面WSには、加工光EL#1からEL#4がそれぞれ照射されている四つのビームスポットが形成される。四つのビームスポットの位置関係及び四つのビームスポットのサイズは、Z軸方向における集光光学系3111の集光面とワークWの表面との間の距離に依存して変化する。尚、図9(a)に示す例では、四つのビームスポットが互いに重複していないが、四つのビームスポットのうちの少なくとも二つが部分的に重複していてもよい。また、図9(a)及び図9(b)に示す例では、加工光EL#1からEL#4が互いに交差していないが、加工光EL#1からEL#4が互いに交差した後に互いに離れた状態で、加工光EL#1からEL#4がワークWの表面WSに照射されてもよい。

#### 【0044】

このようにZ軸方向における集光光学系3111の集光面FPとワークWの表面WSとの間の距離DSが変更されると、ワークWの表面WSにおける加工光EL#1からEL#4の照射状態が変わる。その結果、ワークWの表面WSにおける加工光EL#1からEL#4の分布（例えば、強度分布）が変わる。このため、ヘッド駆動系32は、ワークWの表面WSにおける加工光EL#1からEL#4の分布（例えば、強度分布）を変更するための装置として機能してもよい。

#### 【0045】

再び図1及び図2において、ステージ装置4は、ステージ41と、ステージ駆動系42とを備えている。但し、ステージ装置4は、ステージ駆動系42を備えていなくてもよい。尚、ステージ41は、テーブルと称されてもよい。

#### 【0046】

ステージ41は、ワークWを支持可能である。尚、ここで言う「ステージ41がワークWを支持する」状態は、ワークWがステージ41によって直接的に又は間接的に支えられている状態を意味していてもよい。ステージ41は、ステージ41に載置されたワークWを保持可能であってもよい。つまり、ステージ41は、ワークWを保持することでワークWを支持してもよい。この場合、ステージ41は、ワークWを保持するために、機械的なチャックや真空吸着チャック等を備えていてもよい。或いは、ステージ41は、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41に載置されていてもよい。更に、ステージ41は、ワークWが保持されている場合には、保持したワークWをリリース可能であってもよい。上述した照射光学系3111は、ステージ41がワークWを支持している期間の少なくとも一部において加工光EL#1からEL#4をワークWに照射する。更に、上述した材料ノズル312は、ステージ41がワークWを支持している期間の少なくとも一部において造形材料Mを供給する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 7 】

ステージ駆動系 4 2 は、ステージ 4 1 を移動させる。このため、ステージ駆動系 4 2 は、移動装置と称されてもよい。ステージ駆動系 4 2 は、例えば、X 軸、Y 軸、Z 軸、X 方向、Y 方向及び Z 方向の少なくとも一つに沿ってステージ 4 1 を移動させる。ステージ駆動系 4 2 がステージ 4 1 を移動させると、加工ヘッド 3 1 とステージ 4 1 及びステージ 4 1 に載置されたワーク W のそれぞれとの相対位置が変わる。このため、ステージ駆動系 4 2 は、ヘッド駆動系 3 2 と同様に、目標照射領域 E A 及び目標供給領域 M A ( 更には、溶融池 M P ) をワーク W に対して相対的に移動させる移動装置として機能してもよい。また、ステージ駆動系 4 2 がステージ 4 1 を Z 軸方向 ( つまり、集光光学系 3 1 1 1 の光軸 A X に沿った方向 ) に沿って移動させると、加工光 E L # 1 から E L # 4 が集光される集光光学系 3 1 1 1 の集光面 F P と、ワーク W の表面 W S との間の距離 D S が変わる。このため、ステージ駆動系 4 2 は、ヘッド駆動系 3 2 と同様に、Z 軸方向における集光光学系 3 1 1 1 の集光面 F P とワーク W の表面 W S との間の距離 D S を変更するための距離変更装置として機能してもよい。ステージ駆動系 4 2 は、ヘッド駆動系 3 2 と同様に、ワーク W の表面 W S における加工光 E L # 1 から E L # 4 の分布 ( 例えば、強度分布 ) を変更するための装置として機能してもよい。

10

## 【 0 0 4 8 】

気体供給源 5 は、チャンバ空間 7 3 I N をパージするためのパージガスの供給源である。パージガスは、不活性ガスを含む。不活性ガスの一例として、窒素ガス又はアルゴンガスがあげられる。気体供給源 5 は、筐体 7 の隔壁部材 7 1 に形成された供給口 7 2 及び気体供給源 5 と供給口 7 2 とを接続する供給管 5 1 を介して、チャンバ空間 7 3 I N に接続されている。気体供給源 5 は、供給管 5 1 及び供給口 7 2 を介して、チャンバ空間 7 3 I N にパージガスを供給する。その結果、チャンバ空間 7 3 I N は、パージガスによってパージされた空間となる。尚、気体供給源 5 は、窒素ガスやアルゴンガス等の不活性ガスが格納されたボンベであってもよい。不活性ガスが窒素ガスである場合には、気体供給源 5 は、大気を原料として窒素ガスを発生する窒素ガス発生装置であってもよい。

20

## 【 0 0 4 9 】

上述したように、材料ノズル 3 1 2 がパージガスと共に造形材料 M を供給する場合には、気体供給源 5 は、材料供給源 1 からの造形材料 M が供給される混合装置 1 2 にパージガスを供給してもよい。具体的には、気体供給源 5 は、気体供給源 5 と混合装置 1 2 とを接続する供給管 5 2 を介して混合装置 1 2 と接続されていてもよい。その結果、気体供給源 5 は、供給管 5 2 を介して、混合装置 1 2 にパージガスを供給する。この場合、材料供給源 1 からの造形材料 M は、供給管 5 2 を介して気体供給源 5 から供給されたパージガスによって、供給管 1 1 内を通過して材料ノズル 3 1 2 に向けて供給 ( 具体的には、圧送 ) されてもよい。つまり、気体供給源 5 は、供給管 5 2、混合装置 1 2 及び供給管 1 1 を介して、材料ノズル 3 1 2 に接続されていてもよい。その場合、材料ノズル 3 1 2 は、供給アウトレット 3 1 4 から、造形材料 M を圧送するためのパージガスと共に造形材料 M を供給することになる。

30

## 【 0 0 5 0 】

制御装置 6 は、加工システム S Y S a の動作を制御する。制御装置 6 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、C P U ( C e n t r a l P r o c e s s i n g U n i t )、G P U ( G r a p h i c s P r o c e s s i n g U n i t ) 及び F P G A ( F i e l d P r o g r a m a b l e G a t e A r r a y ) の少なくとも一つ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 6 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 S Y S a 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 6 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 S Y S a に後述する動作を行わせるように制御装置 6 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 6 が備える記憶装置 (

40

50

つまり、記録媒体)に記録されていてもよいし、制御装置6に内蔵された又は制御装置6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6の外部の装置からダウンロードしてもよい。

#### 【0051】

例えば、制御装置6は、照射光学系311による加工光EL#1からEL#4の射出態様を制御してもよい。射出態様は、例えば、加工光EL#1からEL#4の強度及び加工光EL#1からEL#4の射出タイミングの少なくとも一方を含んでもよい。加工光EL#1からEL#4が複数のパルス光を含む場合には、射出態様は、例えば、パルス光の発光時間、パルス光の発光周期、及び、パルス光の発光時間の長さとはパルス光の発光周期との比(いわゆる、デューティ比)の少なくとも一つを含んでもよい。更に、制御装置6は、ヘッド駆動系32による加工ヘッド31の移動態様を制御してもよい。制御装置6は、ステージ駆動系42によるステージ41の移動態様を制御してもよい。移動態様は、例えば、移動量、移動速度、移動方向及び移動タイミング(移動時期)の少なくとも一つを含んでもよい。更に、制御装置6は、材料ノズル312による造形材料Mの供給態様を制御してもよい。供給態様は、例えば、供給量(特に、単位時間当たりの供給量)及び供給タイミング(供給時期)の少なくとも一方を含んでもよい。

10

#### 【0052】

制御装置6は、加工システムSYSaの内部に設けられていなくてもよい。例えば、制御装置6は、加工システムSYSa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6と加工システムSYSa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IEEE1394、RS-232x、RS-422、RS-423、RS-485及びUSB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、10BASE-T、100BASE-TX及び1000BASE-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、IEEE802.1xに準拠したネットワーク(例えば、無線LAN及びBluetooth(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6と加工システムSYSa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6は、ネットワークを介して加工システムSYSa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SYSaは、制御装置6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SYSaは、制御装置6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6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6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SYSaの内部に設けられている一方で、制御装置6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SYSaの外部に設けられていてもよい。

20

30

40

#### 【0053】

尚、制御装置6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、

50

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6(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6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6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。

#### 【0054】

筐体7は、筐体7の内部空間であるチャンバ空間73INに少なくとも加工装置3及びステージ装置4のそれぞれの少なくとも一部を収容する収容装置である。筐体7は、チャンバ空間73INを規定する隔壁部材71を含む。隔壁部材71は、チャンバ空間73INと、筐体7の外部空間74OUTとを隔てる部材である。隔壁部材71は、その内壁711を介してチャンバ空間73INに面し、その外壁712を介して外部空間74OUTに面する。この場合、隔壁部材71によって囲まれた空間(より具体的には、隔壁部材71の内壁711によって囲まれた空間)が、チャンバ空間73INとなる。尚、隔壁部材71には、開閉可能な扉が設けられていてもよい。この扉は、ワークWをステージ41に載置する際に開かれてもよい。扉は、ステージ41からワークW及び/又は造形物を取り出す際に開かれてもよい。扉は、加工中(つまり、付加加工中又は接合加工中)には閉じられていてもよい。なお、筐体7の外部空間74OUTからチャンバ空間73INを視認するための観察窓(不図示)を隔壁部材71に設けてもよい。

#### 【0055】

##### (1-2)加工システムSYSaの動作

続いて、加工システムSYSaの動作について説明する。第1実施形態では、加工システムSYSaは、ワークWに3次元構造物STを形成するための付加加工動作を行う。更に、加工システムSYSaは、付加加工動作を行う期間の少なくとも一部において、加工光EL#1から加工光EL#4の少なくとも一つの特性を制御するための光特性制御動作を行う。このため、以下では、付加加工動作及び光特性制御動作について順に説明する

##### (1-2-1)付加加工動作

初めに、付加加工動作について説明する。上述したように、加工システムSYSaは、レーザ肉盛溶接法により3次元構造物STを形成する。このため、加工システムSYSaは、レーザ肉盛溶接法に準拠した既存の付加加工動作(この場合、造形動作)を行うことで、3次元構造物STを形成してもよい。以下、レーザ肉盛溶接法を用いて3次元構造物STを形成する付加加工動作の一例について簡単に説明する。

#### 【0056】

加工システムSYSaは、形成すべき3次元構造物STの3次元モデルデータ(例えば、CAD(Computer Aided Design)データ)等に基づいて、ワークW上に3次元構造物STを形成する。3次元モデルデータとして、加工システムSYSa内に設けられた不図示の計測装置及び加工システムSYSaとは別に設けられた3次元形状計測機の少なくとも一方で計測された立体物の計測データが用いられてもよい。加工システムSYSaは、3次元構造物STを形成するために、例えば、Z軸方向に沿って並ぶ複数の層状の部分構造物(以下、“構造層”と称する)SLを順に形成していく。例えば、加工システムSYSaは、3次元構造物STをZ軸方向に沿って輪切りにすることで得られる複数の構造層SLを1層ずつ順に形成していく。その結果、複数の構造層SLが積層された積層構造物である3次元構造物STが形成される。以下、複数の構造層SLを1層ずつ順に形成していくことで3次元構造物STを形成する動作の流れについて説明する。

#### 【0057】

まず、各構造層SLを形成する動作について図10(a)から図10(e)を参照して説明する。加工システムSYSaは、制御装置6の制御下で、ワークWの表面WS又は形成済みの構造層SLの表面に相当する造形面MS上の所望領域に目標照射領域EAが設定

されるように、加工ヘッド31及びステージ41の少なくとも一方を移動させる。その後、加工システムSYSaは、目標照射領域EAに対して照射光学系311から加工光EL#1からEL#4を照射する。この際、Z軸方向において、加工光EL#1からEL#4が集光される集光面FPは、造形面MSに一致していてもよい(図8(a)及び図8(b)参照)。或いは、Z軸方向において、加工光EL#1からEL#4が集光される集光面FPは、造形面MSから外れていてもよい(図9(a)及び図9(b)参照)。加工光EL#1からEL#4が造形面MSに照射されると、図10(a)に示すように、加工光EL#1からEL#4が照射された造形面MS上に溶融池(つまり、加工光EL#1からEL#4によって溶融した金属のプール)MPが形成される。更に、加工システムSYSaは、制御装置6の制御下で、材料ノズル312から造形材料Mを供給する。ここで、上述したように造形材料Mが供給される目標供給領域MAが目標照射領域EAと一致しているため、目標供給領域MAは、溶融池MPが形成された領域の少なくとも一部を含む。このため、加工システムSYSaは、図10(b)に示すように、溶融池MPに対して、材料ノズル312から造形材料Mを供給する。その結果、溶融池MPに供給された造形材料Mが溶融する。その後、加工ヘッド31及びステージ41の少なくとも一方の移動に伴って溶融池MPに加工光ELが照射されなくなると、溶融池MPにおいて溶融した造形材料Mは、冷却されて固化(つまり、凝固)する。その結果、図10(c)に示すように、固化した造形材料Mが造形面MS上に堆積される。つまり、固化した造形材料Mの堆積物による造形物が形成される。

#### 【0058】

加工システムSYSaは、このような加工光EL#1からEL#4の照射による溶融池MPの形成、溶融池MPへの造形材料Mの供給、供給された造形材料Mの溶融及び溶融した造形材料Mの固化を含む一連の造形処理を、図10(d)に示すように、造形面MSに対して加工ヘッド31をXY平面に沿って相対的に移動させながら繰り返す。この際、加工システムSYSは、造形面MS上において造形物を形成したい領域に加工光EL#1からEL#4を照射する一方で、造形面MS上において造形物を形成したくない領域に加工光EL#1からEL#4を照射しない。つまり、加工システムSYSaは、造形面MS上を所定の移動軌跡に沿って目標照射領域EAを移動させながら、造形物を形成したい領域の分布の態様に応じたタイミングで加工光EL#1からEL#4を造形面MSに照射する。その結果、溶融池MPもまた、目標照射領域EAの移動軌跡に応じた移動軌跡に沿って造形面MS上を移動することになる。具体的には、溶融池MPは、造形面MS上において、目標照射領域EAの移動軌跡に沿った領域のうち加工光EL#1からEL#4が照射された部分に順次形成される。その結果、図10(e)に示すように、造形面MS上に、溶融した後に固化した造形材料Mによる造形物の集合体に相当する構造層SLが形成される。つまり、溶融池MPの移動軌跡に応じたパターンで造形面MS上に形成された造形物の集合体に相当する構造層SL(つまり、平面視において、溶融池MPの移動軌跡に応じた形状を有する構造層SL)が形成される。尚、造形物を形成したくない領域に目標照射領域EAが設定されている場合、加工システムSYSaは、加工光EL#1からEL#4を目標照射領域EAに照射するとともに、造形材料Mの供給を停止してもよい。また、造形物を形成したくない領域に目標照射領域EAが設定されている場合に、加工システムSYSaは、造形材料Mを目標照射領域EAに供給するとともに、溶融池MPができない強度の加工光EL#1からEL#4を目標照射領域EAに照射してもよい。

#### 【0059】

加工システムSYSaは、このような構造層SLを形成するための動作を、制御装置6の制御下で、3次元モデルデータに基づいて繰り返し行う。具体的には、まず、制御装置6は、3次元モデルデータを積層ピッチでスライス処理してスライスデータを作成する。尚、加工システムSYSaの特性に応じてこのスライスデータを一部修正したデータが用いられてもよい。加工システムSYSaは、ワークWの表面WSに相当する造形面MS上に1層目の構造層SL#1を形成するための動作を、構造層SL#1に対応する3次元モデルデータ(つまり、構造層SL#1に対応するスライスデータ)に基づいて行う。その

10

20

30

40

50

結果、造形面MS上には、図11(a)に示すように、構造層SL#1が形成される。その後、加工システムSYSは、構造層SL#1の表面(つまり、上面)を新たな造形面MSに設定した上で、当該新たな造形面MS上に2層目の構造層SL#2を形成する。構造層SL#2を形成するために、制御装置6は、まず、加工ヘッド31がZ軸に沿って移動するようにヘッド駆動系32を制御する。具体的には、制御装置6は、ヘッド駆動系32を制御して、目標照射領域EA及び目標供給領域MAが構造層SL#1の表面(つまり、新たな造形面MS)に設定されるように、+Z側に向かって加工ヘッド31を移動させる。その後、加工システムSYSaは、制御装置6の制御下で、構造層SL#1を形成する動作と同様の動作で、構造層SL#2に対応するスライスデータに基づいて、構造層SL#1上に構造層SL#2を形成する。その結果、図11(b)に示すように、構造層SL#2が形成される。以降、同様の動作が、ワークW上に形成すべき3次元構造物STを構成する全ての構造層SLが形成されるまで繰り返される。その結果、図11(c)に示すように、複数の構造層SLが積層された積層構造物によって、3次元構造物STが形成される。

10

【0060】

#### (1-2-2)光特性制御動作

続いて、光特性制御動作について説明する。光特性制御動作は、主として、制御装置6の制御下で行われる。つまり、制御装置6は、光特性制御動作を行うことで、付加工動作を行う期間の少なくとも一部において、加工光EL#1からEL#4の少なくとも一つの特性を制御(言い換えれば、変更又は調整)してもよい。

20

【0061】

制御装置6は、加工光EL#1からEL#4のうちの少なくとも一つの特性を個別に制御してもよい。つまり、制御装置6は、加工光EL#1からEL#4のうちの一の加工光ELの特性を、加工光EL#1からEL#4のうち他の加工光ELの特性を制御するかどうかに関わらず、制御してもよい。この際、制御装置6は、加工光EL#1からEL#4のそれぞれの特性を制御してもよい。つまり、制御装置6は、加工光EL#1の特性を制御し、加工光EL#2の特性を制御し、加工光EL#3の特性を制御し、加工光EL#4の特性を制御してもよい。或いは、制御装置6は、加工光EL#1から加工光EL#4の少なくとも一つの特性を制御する一方で、加工光EL#1からEL#4の少なくとも他の一つの特性を制御しなくてもよい。つまり、制御装置6は、加工光EL#1からEL#4の少なくとも一つの特性を制御する一方で、加工光EL#1からEL#4の少なくとも他の一つの特性を固定してもよい。例えば、制御装置6は、加工光EL#1及びEL#2のそれぞれの特性を制御する一方で、加工光EL#3及びEL#4のそれぞれの特性を制御しなくてもよい(固定してもよい)。

30

【0062】

制御装置6は、加工光EL#1からEL#4の少なくとも一つの特性が、加工光EL#1からEL#4の少なくとも他の一つの特性と異なるものとなるように、加工光EL#1からEL#4の少なくとも一つの特性を制御してもよい。言い換えれば、制御装置6は、加工光EL#1からEL#4の少なくとも一つの特性が、加工光EL#1からEL#4の少なくとも他の一つの特性と異なるものとなるように、加工光EL#1からEL#4の少なくとも一つの特性を設定(言い換えれば、決定)可能であってもよい。この場合、制御装置6は、加工光EL#1からEL#4の少なくとも一つの特性が、設定した特性となるように、加工光EL#1からEL#4の少なくとも一つの特性を制御してもよい。例えば、制御装置6は、加工光EL#1の特性が加工光EL#2からEL#4のそれぞれの特性と異なるものとなるように、加工光EL#1の特性を設定し、加工光EL#1の特性が設定した特性となるように加工光EL#1の特性を制御してもよい。

40

【0063】

加工光ELの特性は、加工光ELの強度を含んでいてもよい。この場合、制御装置6は、加工光EL#1からEL#4の少なくとも一つの強度を制御してもよい。尚、ここで言う「加工光ELの強度」は、加工光ELの進行方向に交差する面上での加工光ELの強度

50

を意味していてもよい。典型的には、「加工光 E L の強度」は、付加加工が実際に行われる造形面 M S（例えば、ワーク W の表面 W S 又は構造層 S L の表面）上における加工光 E L の強度を意味していてもよい。

【 0 0 6 4 】

加工光 E L の特性は、加工光 E L の強度分布を含んでいてもよい。この場合、制御装置 6 は、加工光 E L # 1 から E L # 4 の少なくとも一つの強度分布を制御してもよい。尚、ここで言う「加工光 E L の強度分布」は、加工光 E L の進行方向に交差する面内での加工光 E L の強度を意味していてもよい。典型的には、「加工光 E L の強度分布」は、付加加工が実際に行われる造形面 M S（例えば、ワーク W の表面 W S 又は構造層 S L の表面）内における加工光 E L の強度分布を意味していてもよい。

10

【 0 0 6 5 】

加工光 E L の特性は、加工光 E L の偏光分布を含んでいてもよい。つまり、加工光 E L の特性は、加工光 E L に含まれる偏光成分の分布（例えば、加工光 E L の進行方向に交差する面（典型的には、造形面 M S）内での偏光成分の分布）を含んでいてもよい。加工光 E L の特性は、加工光 E L の波長分布を含んでいてもよい。つまり、加工光 E L の特性は、加工光 E L に含まれる各波長又は各波長帯の光成分の分布（例えば、加工光 E L の進行方向に交差する面（典型的には、造形面 M S）内での光成分の分布）を含んでいてもよい。

【 0 0 6 6 】

加工光 E L の特性（例えば、強度及び強度分布の少なくとも一方）が変わると、加工光 E L によって形成される熔融池 M P の状態（形成状態）が変わる。このため、制御装置 6 は、加工光 E L の特性（例えば、強度及び強度分布の少なくとも一方）を制御することで、熔融池 M P の形成状態を制御してもよい。制御装置 6 は、加工光 E L の特性（例えば、強度及び強度分布の少なくとも一方）を制御することで、熔融池 M P の形成状態が所望の形成状態（つまり、理想的な形成状態）となるように、熔融池 M P の形成状態を制御してもよい。

20

【 0 0 6 7 】

熔融池 M P の形成状態を制御する場合には、制御装置 6 は、熔融池 M P の形成状態を計測可能な計測装置の計測結果に基づいて、熔融池 M P の形成状態を制御してもよい。このような計測装置の一例として、後述する第 2 実施形態の加工システム S Y S b が備える計測装置 8 2 b があげられる。但し、制御装置 6 は、計測装置 8 2 b とは異なる計測装置による熔融池 M P の形成状態の計測結果に基づいて、熔融池 M P の形成状態を制御してもよい。

30

【 0 0 6 8 】

熔融池 M P の形成状態は、熔融池 M P の温度分布を含んでいてもよい。この場合、制御装置 6 は、熔融池 M P の温度分布が所望の温度分布（つまり、理想的な温度分布）となるように、加工光 E L の特性（例えば、強度及び強度分布の少なくとも一方）を制御してもよい。

【 0 0 6 9 】

熔融池 M P の温度分布が変わると、熔融池 M P の大きさが変わる可能性がある。例えば、熔融池 M P の温度分布が変わると、造形面 M S に沿った方向における熔融池 M P の大きさ（つまり、幅、長さ）が変わる可能性がある。例えば、熔融池 M P の温度分布が変わると、造形面 M S に交差する方向における熔融池 M P の大きさ（つまり、深さ）が変わる可能性がある。このため、熔融池 M P の形成状態は、熔融池 M P の大きさを含んでいてもよい。この場合、制御装置 6 は、熔融池 M P の大きさが所望の大きさ（つまり、理想的な大きさ）となるように、加工光 E L の特性（例えば、強度及び強度分布の少なくとも一方）を制御してもよい。

40

【 0 0 7 0 】

加工光 E L # 1 から E L # 4 の少なくとも一つの特性を制御するために、制御装置 6 は、加工光 E L # 1 から E L # 4 をそれぞれ生成する加工光源 2 # 1 から 2 # 4 の少なくとも一つを制御してもよい。具体的には、制御装置 6 は、加工光源 2 # 1 を制御することで

50

、加工光 E L # 1 の特性を制御してもよい。制御装置 6 は、加工光源 2 # 2 を制御することで、加工光 E L # 2 の特性を制御してもよい。制御装置 6 は、加工光源 2 # 3 を制御することで、加工光 E L # 3 の特性を制御してもよい。制御装置 6 は、加工光源 2 # 4 を制御することで、加工光 E L # 4 の特性を制御してもよい。

【 0 0 7 1 】

加工光 E L # 1 から E L # 4 の少なくとも一つの特性を制御するためには、制御装置 6 は、集光光学系 3 1 1 が加工光 E L # 1 から E L # 4 を集光する集光面 F P とワーク W の表面 W S との間の Z 軸方向における距離 D S を制御してもよい。なぜならば、上述したように、距離 D S が変わると、ワーク W の表面 W S ( 或いは、造形面 M S ) における加工光 E L # 1 から E L # 4 の分布 ( 例えば、強度分布 ) が変わるからである。このため、制御装置 6 は、距離 D S を制御することで加工光 E L # 1 から E L # 4 の少なくとも一つの特性が所望の特性となるように、距離 D S を変更可能なヘッド駆動系 3 2 及びステージ駆動系 4 2 の少なくとも一方を制御してもよい。

10

【 0 0 7 2 】

加工光 E L # 1 から E L # 4 の少なくとも一つの特性を制御するために、制御装置 6 は、照射光学系 3 1 1 が備える光学部材であって且つ加工光 E L # 1 から E L # 4 の少なくとも一つの特性を制御可能な光学部材を制御してもよい。

【 0 0 7 3 】

制御装置 6 は、造形面 M S 上における目標照射領域 E A の移動に関する移動情報に基づいて、加工光 E L # 1 から E L # 4 の少なくとも一つの特性を制御してもよい。ここで、上述したように、目標照射領域 E A は、ヘッド駆動系 3 2 による加工ヘッド 3 1 の移動及びステージ駆動系 4 2 によるステージ 4 1 の移動に伴って移動する。このため、目標照射領域 E A の移動に関する移動情報に基づいて加工光 E L # 1 から E L # 4 の少なくとも一つの特性を制御する動作は、実質的には、加工ヘッド 3 1 及びステージ 4 1 の少なくとも一方の移動に関する情報に基づいて加工光 E L # 1 から E L # 4 の少なくとも一つの特性を制御する動作と等価であるとみなしてもよい。

20

【 0 0 7 4 】

目標照射領域 E A の移動に関する移動情報は、造形面 M S 上における目標照射領域 E A の移動方向 ( つまり、加工光 E L # 1 から E L # 4 の照射位置の移動方向 ) に関する情報を含んでもよい。この場合、制御装置 6 は、造形面 M S 上における目標照射領域 E A の移動方向に基づいて、加工光 E L # 1 から E L # 4 の少なくとも一つの特性を制御してもよい。制御装置 6 は、加工ヘッド 3 1 及びステージ 4 1 の少なくとも一方の移動方向に基づいて加工光 E L # 1 から E L # 4 の少なくとも一つの特性を制御してもよい。

30

【 0 0 7 5 】

目標照射領域 E A の移動方向に基づいて加工光 E L # 1 から E L # 4 の少なくとも一つの特性を制御する場合には、制御装置 6 は、移動方向における相対的に前方側の位置に照射される少なくとも一つの加工光 E L の特性が、移動方向における相対的に後方側の位置に照射される少なくとも一つの加工光 E L の特性と異なるものとなるように、加工光 E L # 1 から E L # 4 の少なくとも一つの特性を制御してもよい。例えば、図 1 2 は、造形面 M S 上を Y 軸方向に沿って + Y 側に向かって移動する目標照射領域 E A ( つまり、加工光 E L # 1 から E L # 4 の照射位置 ) を示す平面図である。図 1 2 に示す例では、加工光 E L # 2 の照射位置が、目標照射領域 E A の移動方向において相対的に前方側 ( つまり、 + Y 側 ) に位置し、加工光 E L # 1 の照射位置が、目標照射領域 E A の移動方向において相対的に後方側 ( つまり、 - Y 側 ) に位置している。この場合、制御装置 6 は、加工光 E L # 1 の特性が加工光 E L # 2 の特性と異なるものとなるように、加工光 E L # 1 及び E L # 2 の少なくとも一方の特性を制御してもよい。

40

【 0 0 7 6 】

一例として、移動方向における相対的に後方側の位置に照射される加工光 E L # 1 及び移動方向における相対的に前方側の位置に照射される加工光 E L # 2 の強度を示すグラフである図 1 3 ( a ) 及び図 1 3 ( b ) に示すように、制御装置 6 は、加工光 E L # 1 の強

50

度が加工光 E L # 2 の強度よりも小さくなるように、加工光 E L # 1 及び E L # 2 の少なくとも一方の特性（例えば、強度又は強度分布）を制御してもよい。尚、図 1 3 ( a ) は、加工光 E L # 1 の強度がゼロよりも大きい例を示し、図 1 3 ( b ) は、加工光 E L # 2 の強度がゼロになる例を示している。このように移動方向における相対的に後方側の位置に照射される加工光 E L # 1 の強度が移動方向における相対的に前方側の位置に照射される加工光 E L # 2 の強度よりも小さくなると、熔融池 M P の形成状態が所望の形成状態のまま維持されやすくなる。例えば、熔融池 M P の形成状態が、所望の形成状態の一例である液相状態のまま維持されやすくなる。従って、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。

#### 【 0 0 7 7 】

他の一例として、移動方向における相対的に後方側の位置に照射される加工光 E L # 1 及び移動方向における相対的に前方側の位置に照射される加工光 E L # 2 の強度を示すグラフである図 1 4 に示すように、制御装置 6 は、加工光 E L # 1 がパルス光となるように、加工光 E L # 1 の特性（例えば、強度又は強度分布）を制御してもよい。一方で、制御装置 6 は、加工光 E L # 2 が連続光（C W : C o n t i n u o u s W a v e ）となるように、加工光 E L # 2 の特性（強度）を制御してもよい。移動方向における相対的に後方側の位置に照射される加工光 E L # 1 がパルス光となる一方で、移動方向における相対的に前方側の位置に照射される加工光 E L # 2 が連続光となると、加工光 E L # 2 による造形面 M S の加工跡が、パルス光である加工光 E L # 2 によって平滑化される。従って、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。例えば、加工システム S Y S a は、相対的に表面が滑らかな 3 次元構造物 S T を形成することができる。また、制御装置 6 は、加工光 E L # 1 の積算光量と加工光 E L # 2 の積算光量とが互いに異なるように、加工光 E L # 1 及び加工光 E L # 2 の少なくとも一方を制御してもよい。

#### 【 0 0 7 8 】

制御装置 6 は、上述した移動情報に加えて又は代えて、加工対象であるワーク W に関するワーク情報に基づいて、加工光 E L # 1 から E L # 4 の少なくとも一つの特性を制御してもよい。ワーク W に関するワーク情報は、ワーク W の形状に関する情報を含んでいてもよい。この場合、制御装置 6 は、ワーク W の形状に基づいて、加工光 E L # 1 から E L # 4 の少なくとも一つの特性を制御してもよい。尚、ワーク W に 3 次元構造物 S T の一部が既に形成されている場合には、ワーク W の形状に関する情報は、形成済みの 3 次元構造物 S T の一部を含むワーク W の形状に関する情報を含んでいてもよい。

#### 【 0 0 7 9 】

制御装置 6 は、ワーク W の形状に基づいて、ワーク W のうちの加工すべき部分に照射される加工光 E L の強度が、ワーク W を加工することができる程度に大きい加工可能強度以上になるように、加工光 E L # 1 から E L # 4 の少なくとも一つの特性（例えば、強度又は強度分布）を制御してもよい。制御装置 6 は、ワーク W の形状に基づいて、ワーク W のうちの加工すべきでない部分に照射される加工光 E L の強度が、ワーク W を加工することができない程度に小さい加工不可能強度以下になるように、加工光 E L # 1 から E L # 4 の少なくとも一つの特性（例えば、強度又は強度分布）を制御してもよい。例えば、図 1 5 ( a ) は、造形面 M S の第 1 部分 P 1 を加工するために第 1 部分 P 1 に目標照射領域 E A が設定されている状況下で、目標照射領域 E A に向けて加工光 E L # 1 及び E L # 2 が射出されている様子を示す断図である。図 1 5 ( a ) に示す状況では、加工光 E L # 1 及び E L # 2 のそれぞれは、ワーク W のうち加工すべき第 1 部分 P 1 に照射される。このため、この場合には、制御装置 6 は、加工光 E L # 1 及び E L # 2 のそれぞれの強度が加工可能強度以上になるように、加工光 E L # 1 及び E L # 2 のそれぞれの特性（例えば、強度又は強度分布）を制御してもよい。一方で、例えば、図 1 5 ( b ) は、造形面 M S の第 2 部分 P 2 を加工するために第 2 部分 P 2 に目標照射領域 E A が設定されている状況下で、目標照射領域 E A に向けて加工光 E L # 1 及び E L # 2 が射出されている様子を示す断図である。図 1 5 ( b ) に示す状況では、加工光 E L # 2 は、ワーク W のうち加工すべき第 2 部分 P 2 に照射される。このため、この場合には、制御装置 6 は、加工光 E L # 2 の

10

20

30

40

50

強度が加工可能強度以上になるように、加工光 E L # 2 の特性（例えば、強度又は強度分布）を制御してもよい。一方で、加工光 E L # 1 は、ワーク W のうち加工すべき第 2 部分 P 2 に照射されない。なぜならば、照射光学系 2 1 1 から目標照射位置 E A に至るまでの加工光 E L # 1 の光路上に、ワーク W のうち加工すべきでない第 3 部分 P 3 が存在するからである。この場合、第 3 部分 P 3 に加工光 E L # 1 が照射されることで、第 3 部分 P 3 が意図せず加工されてしまう可能性がある。そこで、制御装置 6 は、加工光 E L # 1 の強度が加工不可能強度以下になるように、加工光 E L # 1 の特性（例えば、強度又は強度分布）を制御してもよい。このとき、制御装置 6 は加工光 E L # 1 の強度がゼロとなるように制御してもよい。その結果、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。

10

【 0 0 8 0 】

#### （ 1 - 3 ）加工システム S Y S a の技術的効果

以上説明したように、第 1 実施形態の加工システム S Y S a は、ワーク W に照射される複数の加工光 E L の少なくとも一つを個別に制御することができる。このため、加工システム S Y S a は、複数の加工光 E L の少なくとも一つを個別に制御することができない比較例の加工システムと比較して、複数の加工光 E L を用いて、ワーク W を適切に加工することができる。

【 0 0 8 1 】

#### （ 1 - 4 ）加工光 E L の変形例

上述した図 5 に示す例では、加工光 E L # 1 から E L # 4 は、集光光学系 3 1 1 1 の光軸 A X に交差する集光光学系 3 1 1 1 内の仮想的な光学面 O P （例えば、集光光学系 3 1 1 1 の入射瞳面）内において、光軸 A X から互いに異なる方向に離れており且つ光軸 A X に対して対称な別々の領域を通過している。しかしながら、光学面 O P 内での加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路を示す断面図である図 1 6 に示すように、加工光 E L # 1 から E L # 4 は、光学面 O P 内において、光軸 A X から互いに異なる方向に離れており且つ光軸 A X に対して非対称な別々の領域を通過してもよい。言い換えると、加工光 E L # 1 から E L # 4 が通過する光学面 O P 内の領域が光軸 A X に関して 1 回回転対称となってもよい。例えば、加工光 E L # 1 から E L # 4 は、光学面 O P 内において、光軸 A X に交差する直線（例えば、X 軸又は Y 軸に沿った直線）を対称軸となる状況下で線対称にならない別々の領域を通過してもよい。この場合、ワーク W に照射された一の加工光 E L のワーク W からの戻り光が、ワーク W に照射された他の加工光 E L の光路と同じ光路を介して当該他の加工光 E L を生成する加工光源 2 に入射する可能性が小さくなる。このため、戻り光が加工光源 2 に入射することで加工光源 2 が故障する可能性が小さくなる。

20

【 0 0 8 2 】

また、上述した図 8 及び図 9 等に示す例では、造形面 M S （例えば、ワーク W の表面 W S 又は構造層 S L の表面）に加工光 E L が形成するビームスポットの形状は、円形である。しかしながら、加工光 E L が形成するビームスポットの形状は、円形とは異なる形状であってもよい。例えば、加工光 E L が形成するビームスポットの形状は、楕円形、矩形又はスリット形状であってもよい。また、複数の加工光 E L が、造形面 M S に所望形状のビームスポットを形成してもよい。例えば、造形面 M S に複数の加工光 E L が形成する所望形状のビームスポットの一例を示す平面図である図 1 7 に示すように、複数の加工光 E L は、造形面 M S に輪帯形状のビームスポットを形成してもよい。この場合、各加工光 E L は、造形面 M S に輪帯の一部を構成する円弧形状（部分輪帯形状）のビームスポットを形成してもよい。

30

40

【 0 0 8 3 】

#### （ 2 ）第 2 実施形態の加工システム S Y S

続いて、図 1 8 及び図 1 9 を参照しながら、第 2 実施形態の加工システム S Y S （以降、第 2 実施形態の加工システム S Y S を、“加工システム S Y S b” と称する）について説明する。図 1 8 は、第 2 実施形態の加工システム S Y S b の構造を模式的に示す断面図である。図 1 9 は、第 2 実施形態の加工システム S Y S b のシステム構成を示すシステム構

50

成図である。尚、以下の説明では、既に説明済みの構成要件と同一の構成要件については、同一の参照符号を付することでその詳細な説明を省略する。

【0084】

図18及び図19に示すように、第2実施形態の加工システムSYS bは、上述した第1実施形態の加工システムSYS aと比較して、計測光源81bと、計測装置82bとを備えているという点で異なる。加工システムSYS bのその他の特徴は、加工システムSYS aのその他の特徴と同様であってもよい。

【0085】

計測光源81bは、例えば、赤外光、可視光及び紫外光のうちの少なくとも一つを、計測光MLとして射出する。但し、計測光MLとして、その他の種類の放射（例えば、テラヘルツ波、マイクロ波及びX線等の少なくとも一つ）が用いられてもよい。計測光MLの波長は、加工光ELの波長と異なってもよい。計測光MLの波長域は、加工光ELの波長域と異なってもよい。但し、計測光MLの波長は、加工光ELの波長と同一であってもよい。計測光MLの波長域の少なくとも一部が、加工光ELの波長域の少なくとも一部と重畳していてもよい（つまり、重複していてもよい）。計測光源81bが射出した計測光MLは、光ファイバ及びライトパイプ等の少なくとも一つを含む光伝送部材811bを介して、照射光学系311に入射する。このため、照射光学系311と計測光源81bとは、光伝送部材811bを介して光学的に接続されている。照射光学系311に入射した計測光MLは、照射光学系311を介して（つまり、集光光学系3111を介して）、ワークW（より具体的には、造形面MS）に照射される。この際、計測光MLは、ワークWを照明するための照明光として用いられてもよい。この場合、計測光源81bは、照明装置と称されてもよい。

【0086】

照射光学系311は、計測光MLを、ワークW上で加工光EL#1からEL#4のうちの少なくとも一つが照射されている領域に照射してもよい。照射光学系311は、計測光MLを、ワークW上に設定された目標照射領域EAの少なくとも一部を含む領域に照射してもよい。照射光学系311は、計測光MLを、ワークW上に形成された溶融池MPの少なくとも一部を含む領域に照射してもよい。但し、照射光学系311は、計測光MLを、ワークW上で加工光EL#1からEL#4のうちの少なくとも一つが照射されている領域とは異なる領域に照射してもよい。照射光学系311は、計測光MLを、ワークW上に設定された目標照射領域EAとは異なる領域に照射してもよい。照射光学系311は、計測光MLを、ワークW上に形成された溶融池MPとは異なる領域に照射してもよい。

【0087】

計測光MLがワークWに照射されると、ワークWからは、計測光MLがワークWに照射されることで生じた戻り光が射出される。戻り光は、ワークWによる計測光MLの反射光、散乱光及び透過光のうちの少なくとも一つを含んでいてもよい。尚、戻り光は、計測光MLがワークWに照射されることで直接的に生じる光と称してもよい。また、ワークW上には、上述したように溶融した金属から構成される溶融池MPが形成されている。この場合、ワークWからは、溶融池MPからの光（加工光ELの照射によって間接的に発生した光）がワークWから射出される。以降、計測光MLがワークWに照射されることで生じた戻り光及び加工光ELの照射によって発生した光の双方を包含して、物体光RLと称する。物体光RLの波長（特に、物体光RLに含まれる戻り光の波長）は、加工光ELの波長と異なってもよい。物体光RLの波長域は、加工光ELの波長域と異なってもよい。物体光RLの波長は、加工光ELの波長と同一であってもよい。物体光RLの波長域の少なくとも一部は、加工光ELの波長域の少なくとも一部と重畳していてもよい。ワークWから射出された物体光RLは、照射光学系311を介して（つまり、集光光学系3111を介して）、計測装置82bに入射する。

【0088】

ここで、図20及び図21を参照しながら、照射光学系311内での（特に、集光光学系3111内での）計測光ML及び物体光RLの光路について説明する。図20は、照射

10

20

30

40

50

光学系 3 1 1 内での（特に、集光光学系 3 1 1 1 内での）計測光 M L 及び物体光 R L の光路を示す断面図である。図 2 1 は、図 2 0 の X X - X X ' 断面図である。尚、図 2 0 は図 2 1 の X X - X X ' 断面図である。

【 0 0 8 9 】

図 2 0 及び図 2 1 に示すように、集光光学系 3 1 1 1 内では、計測光 M L の光路の少なくとも一部と、物体光 R L の光路の少なくとも一部と、加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路の少なくとも一部とは、光学的に分離されていてもよい。つまり、集光光学系 3 1 1 1 内では、計測光 M L の光路の少なくとも一部と、物体光 R L の光路の少なくとも一部と、加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路の少なくとも一部とは、互いに異なってもよい。集光光学系 3 1 1 1 内では、計測光 M L の光路の少なくとも一部と、物体光 R L の光路の少なくとも一部と、加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路の少なくとも一部とは、互いに重畳しなくてもよい。

10

【 0 0 9 0 】

計測光 M L の光路の少なくとも一部と、物体光 R L の光路の少なくとも一部と、加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路の少なくとも一部とを光学的に分離するために、図 2 1 に示すように、集光光学系 3 1 1 1 の光軸 A X に交差する集光光学系 3 1 1 1 内の仮想的な光学面 O P（典型的には、X Y 平面に沿った面であり、例えば、集光光学系 3 1 1 1 の瞳面（入射瞳面））内において、計測光 M L、物体光 R L 及び加工光 E L # 1 から E L # 4 は、光軸 A X から互いに異なる方向に離れた別々の領域をそれぞれ通過してもよい。光学面 O P 内において、計測光 M L が通過する領域と、物体光 R L が通過する領域と、加工光 E L # 1 から E L # 4 が通過する領域とは、重畳していなくてもよい。この場合、光学面 O P 内において、光軸 A X と計測光 M L の光路との間の距離、光軸 A X と物体光 R L の光路との間の距離、光軸 A X と加工光 E L # 1 の光路との間の距離、光軸 A X と加工光 E L # 2 の光路との間の距離、光軸 A X と加工光 E L # 3 の光路との間の距離及び光軸 A X と加工光 E L # 4 の光路との間の距離は、互いに同一であってもよい。或いは、光軸 A X と計測光 M L、物体光 R L 及び加工光 E L # 1 から E L # 4 のうちの少なくとも二つの光路との間の距離が互いに異なってもよい。図 2 1 に示す例では、光学面 O P 内において、光軸 A X と計測光 M L、物体光 R L 及び加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路との間の距離が互いに同一となっている。この場合、計測光 M L、物体光 R L 及び加工光 E L # 1 から E L # 4 は、光学面 O P 内において、光軸 A X と交差する J 軸に関して線対称な領域を通過してもよい。例えば、図 2 1 に示すように、計測光 M L、物体光 R L 及び加工光 E L # 1 から E L # 4 は、光軸 A X を原点とする X Y 平面に沿った座標面内において、原点を中心とする時計周り方向の回転角度が 3 1 5 度、1 3 5 度、2 7 0 度、9 0 度、0 度及び 1 8 0 度（或いは、 $\theta$  は、9 0 度、1 8 0 度及び 2 7 0 度とは異なる任意の角度）度、 $\theta - 1 8 0$  度、 $\theta + 2 7 0$  度、 $\theta + 9 0$  度、 $\theta$  度及び  $\theta + 1 8 0$  度）となる六つの領域をそれぞれ通過してもよい。言い換えると、計測光 M L、物体光 R L 及び加工光 E L # 1 から E L # 4 は、光学面 O P 内において、光軸 A X に関して 2 回回転対称である領域を通過してもよい。

20

30

【 0 0 9 1 】

光学面 O P 内において計測光 M L、物体光 R L 及び加工光 E L # 1 から E L # 4 が光軸 A X から互いに異なる方向に離れた別々の領域をそれぞれ通過する場合には、集光光学系 3 1 1 1 は、計測光 M L 及び加工光 E L # 1 から E L # 4 を、互いに異なる方向からワーク W に照射してもよい。具体的には、集光光学系 3 1 1 1 は、計測光 M L 及び加工光 E L # 1 から E L # 4 を、光軸 A X を中心とする回転方向において互いに異なる位置からワーク W に照射してもよい。また、物体光 R L は、集光光学系 3 1 1 1 とワーク W との間で加工光 E L # 1 から E L # 4 が通過する光路とは異なる光路を進行した後に集光光学系 3 1 1 1 に入射してもよい。

40

【 0 0 9 2 】

或いは、計測光 M L の光路の少なくとも一部と、物体光 R L の光路の少なくとも一部と、加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路の少なくとも一部とを光学的に分離するために、光

50

学面OP内において、計測光ML、物体光RL及び加工光EL#1からEL#4は、光軸AXから互いに同じ方向に異なる距離だけ離れた別々の領域をそれぞれ通過してもよい。この場合、集光光学系3111は、集光光学系3111とワークWとの間において、計測光MLの進行方向と光軸AXとがなす角度と、加工光EL#1からEL#4の進行方向と光軸AXとがなす角度とが互いに異なるように、計測光ML及び加工光EL#1からEL#4をワークWに照射してもよい。また、物体光RLは、集光光学系3111とワークWとの間において、戻り光RLの進行方向と光軸AXとがなす角度と、加工光EL#1からEL#4の進行方向と光軸AXとがなす角度とが互いに異なる光路を進行した後に、集光光学系3111に入射してもよい。

#### 【0093】

集光光学系3111に入射した物体光RLは、集光光学系3111を介して（つまり、照射光学系311の少なくとも一部を介して）、計測装置82bによって検出される（言い換えれば、受光される）。このため、計測装置82bは、検出装置又は受光装置と称されてもよい。また、計測装置82bは物体光RLに関する情報を取得する情報取得装置と称されてもよい。計測装置82bは、物体光RLを検出することでワークWを計測可能（言い換えれば、観測可能又は監視可能）である。一例として、計測装置82bは、物体光RLを検出することでワークWを撮像する撮像装置（カメラ）を含んでいてもよい。この場合、計測装置82bは、照明光として利用可能な計測光MLによって照明されたワークWの少なくとも一部を撮像することで、ワークWを計測してもよい。

#### 【0094】

計測装置82bによる物体光RLの検出結果（つまり、ワークWの計測結果）は、制御装置6に出力されてもよい。制御装置6は、計測装置82bによる物体光RLの検出結果（つまり、ワークWの計測結果）に基づいてワークWを加工するように、加工システムSYSbを制御してもよい。

#### 【0095】

以上説明した第2実施形態の加工システムSYSbは、上述した第1実施形態の加工システムSYSaが享受可能な効果と同様の効果を享受することができる。更に、加工システムSYSbは、計測装置82bによるワークWの計測結果に基づいて、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SYSbは、計測装置82bを備えていない比較例の加工システムと比較して、ワークWを適切に加工することができる。例えば、付加加工動作が開始される前に計測光MLがワークWに照射された場合には、加工システムSYSbは、計測装置82bによるワークWの計測結果に基づいて、加工される前のワークWの状態を特定することができる。その結果、加工システムSYSbは、加工される前のワークWの状態に基づいて、適切な付加加工動作が行われるように加工条件を適切に設定することができる。例えば、付加加工動作が行われている期間中に計測光MLがワークWに照射された場合には、加工システムSYSbは、計測装置82bによるワークWの計測結果に基づいて、ワークWの加工状態をリアルタイムに特定することができる。その結果、加工システムSYSbは、リアルタイムに特定されるワークWの加工状態に基づいて、適切な付加加工動作が行われるように加工条件を適切に設定することができる。例えば、付加加工動作が終了した後に計測光MLがワークWに照射された場合には、加工システムSYSbは、計測装置82bによるワークWの計測結果に基づいて、加工済みのワークWの状態を特定することができる。その結果、加工システムSYSbは、加工済みのワークWの状態に基づいて、適切な付加加工動作が行われたか否かを判定することができる。更に、加工システムSYSbは、適切な付加加工動作が行われなかったと判定された場合には、ワークWを再度加工することができる。

#### 【0096】

#### （3）第3実施形態の加工システムSYS

続いて、図22を参照しながら、第3実施形態の加工システムSYS（以降、第3実施形態の加工システムSYSを、“加工システムSYSc”と称する）について説明する。図22は、第3実施形態の加工システムSYScのシステム構成を示すシステム構成図であ

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 9 7 】

図 2 2 に示すように、第 3 実施形態の加工システム S Y S b は、上述した第 2 実施形態の加工システム S Y S b と比較して、加工装置 3 に代えて、加工装置 3 c を備えているという点で異なる。加工システム S Y S c のその他の特徴は、加工システム S Y S b のその他の特徴と同様であってもよい。加工装置 3 c は、加工装置 3 と比較して、加工ヘッド 3 1 に代えて、加工ヘッド 3 1 c を備えているという点で異なる。加工装置 3 c のその他の特徴は、加工装置 3 のその他の特徴と同様であってもよい。加工ヘッド 3 1 c は、加工ヘッド 3 1 と比較して、照射光学系 3 1 1 に代えて、照射光学系 3 1 1 c を備えているという点で異なる。加工ヘッド 3 1 c のその他の特徴は、加工ヘッド 3 1 のその他の特徴と同様であってもよい。このため、以下では、図 2 3 を参照しながら、照射光学系 3 1 1 c について説明を進める。図 2 3 は、第 3 実施形態の照射光学系 3 1 1 c の構造を示す断面図である。

10

【 0 0 9 8 】

図 2 3 に示すように、照射光学系 3 1 1 c は、照射光学系 3 1 1 と比較して、可動ミラー 3 1 1 5 c 及び 3 1 1 6 c、並びに可動ミラー駆動装置 3 1 1 7 c 及び 3 1 1 8 c を備えているという点で異なっている。照射光学系 3 1 1 c のその他の特徴は、照射光学系 3 1 1 のその他の特徴と同様であってもよい。

【 0 0 9 9 】

可動ミラー 3 1 1 5 c は、計測光源 8 1 b から射出された計測光 M L の光路上に配置される。図 2 3 に示す例では、可動ミラー 3 1 1 5 c は、計測光源 8 1 b と集光光学系 3 1 1 1 との間における計測光 M L の光路上に配置される。この場合、可動ミラー 3 1 1 5 c は、可動ミラー 3 1 1 5 c の反射面に入射した計測光 M L を反射することで、計測光 M L を集光光学系 3 1 1 1 に導く。可動ミラー 3 1 1 6 c は、ワーク W から射出された物体光 R L の光路上に配置される。図 2 3 に示す例では、可動ミラー 3 1 1 6 c は、集光光学系 3 1 1 1 と計測装置 8 2 b との間における物体光 R L の光路上に配置される。この場合、可動ミラー 3 1 1 6 c は、可動ミラー 3 1 1 6 c の反射面に入射した物体光 R L を反射することで、計測装置 8 2 b に導く。

20

【 0 1 0 0 】

可動ミラー 3 1 1 5 c は、可動ミラー 3 1 1 5 c に入射してくる計測光 M L の進行方向に対する可動ミラー 3 1 1 5 c の反射面の角度を変更するように、可動ミラー駆動装置 3 1 1 7 c によって駆動可能である。可動ミラー 3 1 1 6 c は、可動ミラー 3 1 1 6 c に入射してくる物体光 R L の進行方向に対する可動ミラー 3 1 1 6 c の反射面の角度を変更するように、可動ミラー駆動装置 3 1 1 8 c によって駆動可能である。可動ミラー駆動装置 3 1 1 7 c 及び 3 1 1 8 c は、制御装置 6 による制御によって、可動ミラー 3 1 1 5 c 及び 3 1 1 6 c の反射面の角度を変更する。

30

【 0 1 0 1 】

第 3 実施形態では、例えば、可動ミラー 3 1 1 5 c は、計測光 M L の進行方向に対する可動ミラー 3 1 1 5 c の反射面の角度を変更することで、造形面 M S 上での計測光 M L の照射位置を変更してもよい。このため、可動ミラー 3 1 1 5 c 及び可動ミラー駆動装置 3 1 1 7 c は、造形面 M S 上での計測光 M L の照射位置を変更するための位置変更装置として機能してもよい。また、可動ミラー 3 1 1 6 c は、可動ミラー 3 1 1 5 c の駆動に同期して物体光 R L の進行方向に対する可動ミラー 3 1 1 6 c の反射面の角度を変更することで、造形面 M S に照射された計測光 M L の戻り光を含む物体光 R L を計測装置 8 2 b に導いてもよい。つまり、可動ミラー 3 1 1 6 c 及び可動ミラー駆動装置 3 1 1 8 c は、造形面 M S 上での計測光 M L の照射位置が変更された場合であっても当該計測光 M L の戻り光を含む物体光 R L が計測装置 8 2 b によって検出されるように、物体光 R L の進行方向に対する可動ミラー 3 1 1 6 c の反射面の角度を変更してもよい。

40

【 0 1 0 2 】

例えば、造形面 M S に照射される計測光 M L の光路の第 1 の例を示す断面図である図 2

50

4 ( a ) に示すように、可動ミラー 3 1 1 5 c は、造形面 M S 上で加工光 E L が現在照射されている位置に計測光 M L が照射されるように、計測光 M L の進行方向に対する可動ミラー 3 1 1 5 c の反射面の角度を変更してもよい。また、この場合には、可動ミラー 3 1 1 6 c は、造形面 M S 上で加工光 E L が現在照射されている位置からの光を含む物体光 R L が計測装置 8 2 b に入射するように、物体光 R L の進行方向に対する可動ミラー 3 1 1 6 c の反射面の角度を変更してもよい。その結果、加工システム S Y S c は、計測装置 8 2 b によるワーク W の計測結果に基づいて、ワーク W の加工状態をリアルタイムに特定することができる。このため、加工システム S Y S c は、リアルタイムに特定されるワーク W の加工状態に基づいて、適切な付加加工動作が行われるように加工条件を適切に設定することができる。

10

#### 【 0 1 0 3 】

例えば、造形面 M S に照射される計測光 M L の光路の第 2 の例を示す断面図である図 2 4 ( b ) に示すように、可動ミラー 3 1 1 5 c は、造形面 M S 上で加工光 E L が既に照射された位置に計測光 M L が照射されるように、計測光 M L の進行方向に対する可動ミラー 3 1 1 5 c の反射面の角度を変更してもよい。尚、加工光 E L が既に照射された位置は、加工光 E L が現在照射されている位置よりも、造形面 M S に沿った方向における加工光 E L の移動方向（つまり、目標照射領域 E A の移動方向）における後方側に位置している。また、この場合には、可動ミラー 3 1 1 6 c は、造形面 M S 上で加工光 E L が既に照射された位置からの光を含む物体光 R L が計測装置 8 2 b に入射するように、物体光 R L の進行方向に対する可動ミラー 3 1 1 6 c の反射面の角度を変更してもよい。その結果、加工システム S Y S c は、計測装置 8 2 b によるワーク W の計測結果に基づいて、加工済みのワーク W の状態を特定することができる。このため、加工システム S Y S c は、加工済みのワーク W の状態に基づいて、適切な付加加工動作が行われたか否かを判定することができる。

20

#### 【 0 1 0 4 】

例えば、造形面 M S に照射される計測光 M L の光路の第 3 の例を示す断面図である図 2 4 ( c ) に示すように、可動ミラー 3 1 1 5 c は、造形面 M S 上で加工光 E L が未だ照射されていない（具体的には、加工光 E L が今後照射される予定の）位置に計測光 M L が照射されるように、計測光 M L の進行方向に対する可動ミラー 3 1 1 5 c の反射面の角度を変更してもよい。尚、加工光 E L が今後照射される予定の位置は、加工光 E L が現在照射されている位置よりも、造形面 M S に沿った方向における加工光 E L の移動方向（つまり、目標照射領域 E A の移動方向）における前方側に位置している。また、この場合には、可動ミラー 3 1 1 6 c は、造形面 M S 上で加工光 E L が今後照射される予定の位置からの光を含む物体光 R L が計測装置 8 2 b に入射するように、物体光 R L の進行方向に対する可動ミラー 3 1 1 6 c の反射面の角度を変更してもよい。その結果、加工システム S Y S c は、計測装置 8 2 b によるワーク W の計測結果に基づいて、加工される前のワーク W の状態を特定することができる。このため、加工システム S Y S c は、加工される前のワーク W の状態に基づいて、適切な付加加工動作が行われるように加工条件を適切に設定することができる。

30

#### 【 0 1 0 5 】

このように、第 3 実施形態の加工システム S Y S c は、上述した第 2 実施形態の加工システム S Y S b が享受可能な効果と同様の効果を享受することができる。

40

#### 【 0 1 0 6 】

尚、第 1 実施形態で既述したように、第 1 実施形態における光伝送部材 2 1 # 1 から 2 1 # 4 の射出端の角度を変えて光伝送部材 2 1 # 1 から 2 1 # 4 から射出される加工光 E L # 1 から E L # 4 の進行方向を変えることによっても、第 3 実施形態の加工システム S Y S c と同様の効果を享受することができる。

#### 【 0 1 0 7 】

### ( 4 ) 第 4 実施形態の加工システム S Y S

続いて、図 2 5 を参照しながら、第 4 実施形態の加工システム S Y S (以降、第 4 実施

50

形態の加工システム S Y S を、“加工システム S Y S d”と称する)について説明する。図 25 は、第 4 実施形態の加工システム S Y S d のシステム構成を示すシステム構成図である。

【0108】

図 25 に示すように、第 4 実施形態の加工システム S Y S d は、上述した第 2 実施形態の加工システム S Y S b と比較して、計測装置 83d を備えているという点で異なる。加工システム S Y S d のその他の特徴は、加工システム S Y S b のその他の特徴と同様であってもよい。

【0109】

計測装置 83d は、計測装置 82b と同様に、ワーク W を計測可能な装置である。但し、計測装置 83d は、計測装置 82b とは異なる原理の計測方法でワーク W を計測可能な装置であってもよい。例えば、上述したように計測装置 82b がワーク W を撮像することでワーク W を計測する場合には、計測装置 83d は、ワーク W を撮像することなくワーク W を計測可能な装置であってもよい。

10

【0110】

計測装置 83d は、集光光学系 3111 を介して(つまり、照射光学系 311 を介して)光学的にワーク W を計測可能な装置である。この場合、計測装置 83d は、送光部 831d と、受光部 832d とを備えていてもよい。

【0111】

送光部 831d は、例えば、不図示の光源からの計測光 M L' を、集光光学系 3111 を介してワーク W に送光可能である。つまり、送光部 831d は、不図示の光源からの計測光 M L' を、集光光学系 3111 を介してワーク W に照射可能である。このため、送光部 831d は、照射装置と称されてもよい。尚、送光部 831d が、計測光 M L' の光源を含んでいてもよい。計測光 M L' は、例えば、赤外光、可視光及び紫外光のうちの一つを含む。但し、計測光 M L' は、その他の種類の放射(例えば、テラヘルツ波、マイクロ波及び X 線等の少なくとも一つ)を含んでいてもよい。計測光 M L' の波長は、加工光 E L 及び計測光 M L の少なくとも一方の波長と異なってもよい。計測光 M L' の波長域は、加工光 E L 及び計測光 M L の少なくとも一方の波長域と異なってもよい。但し、計測光 M L' の波長は、加工光 E L 及び計測光 M L の少なくとも一方の波長と同一であってもよい。計測光 M L' の波長域の少なくとも一部が、加工光 E L 及び計測光 M L の少なくとも一方の波長域の少なくとも一部と重畳していてもよい(つまり、重複していてもよい)。

20

30

【0112】

照射光学系 311 は、計測光 M L' を、ワーク W 上で計測光 M L 及び加工光 E L # 1 から E L # 4 のうちの一つが照射されている領域に照射してもよい。照射光学系 311 は、計測光 M L' を、ワーク W 上に設定された目標照射領域 E A の少なくとも一部を含む領域に照射してもよい。照射光学系 311 は、計測光 M L' を、ワーク W 上に形成された溶融池 M P の少なくとも一部を含む領域に照射してもよい。但し、照射光学系 311 は、計測光 M L' を、ワーク W 上で計測光 M L 及び加工光 E L # 1 から E L # 4 のうちの一つが照射されている領域とは異なる領域に照射してもよい。照射光学系 311 は、計測光 M L' を、ワーク W 上に設定された目標照射領域 E A とは異なる領域に照射してもよい。照射光学系 311 は、計測光 M L' を、ワーク W 上に形成された溶融池 M P とは異なる領域に照射してもよい。

40

【0113】

計測光 M L' がワーク W に照射されると、ワーク W からは、計測光 M L' がワーク W に照射されることで生じた戻り光 R L' が射出される。戻り光 R L' は、ワーク W による計測光 M L' の反射光、散乱光及び透過光のうちの一つを含んでいてもよい。ワーク W から射出された戻り光 R L' (つまり、ワーク W を介した計測光 M L' に相当する物体光)は、照射光学系 311 を介して(つまり、集光光学系 3111 を介して)、受光部 832d に入射する。

【0114】

50

ここで、図 2 6 及び図 2 7 を参照しながら、照射光学系 3 1 1 内での（特に、集光光学系 3 1 1 1 内での）計測光 M L ' 及び戻り光 R L ' の光路について説明する。図 2 6 は、照射光学系 3 1 1 内での（特に、集光光学系 3 1 1 1 内での）計測光 M L ' 及び戻り光 R L ' の光路を示す断面図である。図 2 7 は、図 2 6 の X X V I - X X V I ' 断面図である。

【 0 1 1 5 】

図 2 6 及び図 2 7 に示すように、集光光学系 3 1 1 1 内では、計測光 M L ' の光路の少なくとも一部と、計測光 M L 、物体光 R L 及び加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路の少なくとも一部とは、光学的に分離されている（つまり、互いに異なっている）。このため、図 2 7 に示すように、集光光学系 3 1 1 1 の光軸 A X に交差する集光光学系 3 1 1 1 内の仮想的な光学面 O P （典型的には、X Y 平面に沿った面であり、例えば、集光光学系 3 1 1 1 の入射瞳面）内において、計測光 M L ' 、計測光 M L 及び物体光 R L 及び加工光 E L # 1 から E L # 4 は、光軸 A X から互いに異なる方向に離れた別々の領域をそれぞれ通過してもよい。或いは、光学面 O P 内において、計測光 M L ' 、計測光 M L 、物体光 R L 及び加工光 E L # 1 から E L # 4 は、光軸 A X から互いに同じ方向に異なる距離だけ離れた別々の領域をそれぞれ通過してもよい（図 6 から図 7 参照）。

10

【 0 1 1 6 】

また、集光光学系 3 1 1 1 内では、戻り光 R L ' の光路の少なくとも一部と、計測光 M L 、物体光 R L 及び加工光 E L # 1 から E L # 4 の光路の少なくとも一部とは、光学的に分離されている（つまり、互いに異なっている）。このため、図 2 7 に示すように、光学面 O P 内において、戻り光 R L ' 、計測光 M L 及び物体光 R L 及び加工光 E L # 1 から E L # 4 は、光軸 A X から互いに異なる方向に離れた別々の領域をそれぞれ通過してもよい。或いは、光学面 O P 内において、戻り光 R L ' 、計測光 M L 、物体光 R L 及び加工光 E L # 1 から E L # 4 は、光軸 A X から互いに同じ方向に異なる距離だけ離れた別々の領域をそれぞれ通過してもよい（図 6 から図 7 参照）。

20

【 0 1 1 7 】

一方で、集光光学系 3 1 1 1 内では、計測光 M L ' の光路と戻り光 R L ' の光路とは、光学的に分離されていなくてもよい。つまり、集光光学系 3 1 1 1 内では、送光部 8 3 1 d からワーク W に向かって進行する計測光 M L ' の光路と、ワーク W から受光部 8 3 2 d に向かって進行する戻り光 R L ' の光路とが重畳していてもよい。このため、図 2 7 に示すように、光学面 O P 内において、計測光 M L ' と戻り光 R L ' とは、同じ領域を通過してもよい。但し、集光光学系 3 1 1 1 内では、計測光 M L ' の光路の少なくとも一部と戻り光 R L ' の光路の少なくとも一部とは、光学的に分離されている。

30

【 0 1 1 8 】

集光光学系 3 1 1 1 に入射した戻り光 R L ' は、集光光学系 3 1 1 1 を介して（つまり、照射光学系 3 1 1 を介して）、受光部 8 3 2 d によって受光される（言い換えれば、検出される）。このため、受光部 8 3 2 d は、検出装置又は受光装置と称されてもよい。受光装置 8 3 2 d は、戻り光 R L ' を受光することでワーク W を計測可能（言い換えれば、観測可能又は監視可能）である。

【 0 1 1 9 】

このような送光部 8 3 1 d 及び受光部 8 3 2 d を備える計測装置 8 3 d の一例として、レーザ距離計があげられる。レーザ距離計としては、一例としてタイムオブフライト方式の計測方式のものを用いることができる。この場合、制御装置 6 は、計測装置 8 3 d による戻り光 R L ' の検出結果に基づいて、計測装置 8 3 d からワーク W までの距離（特に、計測装置 8 3 d からワーク W 上で計測光 M L ' が照射された位置までの距離）を算出することができる。計測装置 8 3 d がワーク W の複数個所に計測光 M L ' を照射すれば、制御装置 6 は、計測装置 8 3 d による戻り光 R L ' の検出結果に基づいて、計測装置 8 3 d からワーク W の複数個所までの距離を算出することができる。その結果、制御装置 6 は、計測装置 8 3 d からワーク W の複数個所までの距離に基づいて、ワーク W の位置及び形状の少なくとも一方を算出することができる。この場合、制御装置 6 は、ワーク W の位置及び形状の少なくとも一方に基づいてワーク W を加工するように、加工システム S Y S d を制御しても

40

50

よい。尚、レーザ距離計として干渉計測方式の計測方式のものを用いてもよい。

【0120】

以上説明した第4実施形態の加工システムSYSDは、上述した第2実施形態の加工システムSYSBが享受可能な効果と同様の効果を楽しむことができる。更に、加工システムSYSDは、計測装置83dによるワークWの計測結果に加えて、計測装置83dによるワークWの計測結果に基づいて、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SYSDは、ワークWを適切に加工することができる。

【0121】

尚、上述した第1実施形態の加工システムSYSa及び第3実施形態の加工システムSYScの少なくとも一つが、第4実施形態に特有の構成要件を備えていてもよい。第4実施形態に特有の構成要件は、計測装置83dに関する構成要件である。

10

【0122】

#### (5) 第5実施形態の加工システムSYS

続いて、図28を参照しながら、第5実施形態の加工システムSYS（以降、第5実施形態の加工システムSYSを、“加工システムSYSe”と称する）について説明する。図28は、第5実施形態の加工システムSYSeのシステム構成を示すシステム構成図である。

【0123】

図28に示すように、第5実施形態の加工システムSYSeは、上述した第1実施形態の加工システムSYSaと比較して、回収装置91eと、気体供給装置92eとを備えているという点で異なる。加工システムSYSeのその他の特徴は、加工システムSYSaのその他の特徴と同様であってもよい。以下、図29を参照しながら、回収装置91e及び気体供給装置92eの動作について説明する。図29は、回収装置91e及び気体供給装置92eの動作を模式的に示す平面図である。

20

【0124】

回収装置91eは、加工光ELの照射によって生じる不要物質をチャンバ空間73INから回収する。具体的には、回収装置91eは、チャンバ空間73INに配置された回収口911eを介して不要物質を回収する。回収口911eは、加工光ELが照射される造形面MSに向けられている。特に、不要物質は、加工光ELが照射されている位置（つまり、溶融池MPが形成されている位置）から発生する可能性が高い。このため、回収口911eは、溶融池MPが形成されている位置に向けられていてもよい。

30

【0125】

回収口911eによって加工光ELが遮光されると、加工光ELを用いたワークWの加工に影響が出る可能性がある。このため、回収口911eは、加工光ELの進行方向に交差する方向（つまり、集光光学系3111の光軸AXに交差する方向であり、典型的には、XY平面に沿った方向）において加工光ELの光路から離れた位置に配置されていてもよい。つまり、回収口911eは、加工光ELの進行方向に交差する方向において、加工光ELが照射されている溶融池MPから離れた位置に配置されていてもよい。

【0126】

回収装置91eは、回収口911eを介してチャンバ空間73IN内の気体を吸引する（つまり、チャンバ空間73INを排気する）ことで、チャンバ空間73IN内の気体と共に不要物質を回収する。このため、典型的には、溶融池MPから回収口911eに向かって気体の流れが形成される。不要物質は、この気体の流れにのって、不要物質の主たる発生源である溶融池MPから回収口911eに向かう。その結果、不要物質は、回収口911eを介して回収される。ここで、溶融池MPから回収口911eに向かう気体の流れ（つまり、不要物質の回収経路）が加工光ELの光路上に存在すると、不要物質によって加工光ELのワークWへの照射が妨げられる可能性がある。このため、回収口911eは、溶融池MPから回収口911eに向かう気体の流れ（つまり、不要物質の回収経路）が加工光ELの光路上に存在しなくなるように、不要物質を回収してもよい。例えば、回収口911eは、図29に示すように、溶融池MPと回収口911eとを結ぶ線LN1を含

40

50

む直線（つまり、回収口 9 1 1 e によって形成される気体の流れに沿った直線であり、不要物質の回収経路に沿って延びる直線）から、当該直線及び加工光 E L の光路（つまり、集光光学系 3 1 1 1 の光軸 A X）の双方に交差する方向に沿って離れた位置に加工光 E L が照射されるという条件を満たす位置に配置されていてもよい。逆に言えば、集光光学系 3 1 1 1 は、熔融池 M P から回収口 9 1 1 e に向かう気体の流れが加工光 E L の光路上に存在しなくなるように、造形面 M S に加工光 E L を照射してもよい。例えば、集光光学系 3 1 1 1 は、図 2 9 に示すように、熔融池 M P と回収口 9 1 1 e とを結ぶ線 L N 1 を含む直線から、当該直線及び加工光 E L の光路の双方に交差する方向に沿って離れた位置に加工光 E L を照射してもよい。

【 0 1 2 7 】

気体供給装置 9 2 e は、チャンバ空間 7 3 I N に気体を供給することで、加工光 E L の照射によって生じる不要物質を、造形面 M S 又は造形面 M S に面した空間から除去するための気体の流れを形成する。具体的には、気体供給装置 9 2 e は、チャンバ空間 7 3 I N に配置された気体供給口 9 2 1 e を介してチャンバ空間 7 3 I N に気体を供給する。気体供給口 9 2 1 e は、加工光 E L が照射される造形面 M S に向けられている。特に、気体供給口 9 2 1 e は、不要物質の主たる発生源である熔融池 M P が形成されている位置に向けられていてもよい。

【 0 1 2 8 】

気体供給口 9 2 1 e によって加工光 E L が遮光されると、加工光 E L を用いたワーク W の加工に影響が出る可能性がある。このため、気体供給口 9 2 1 e は、加工光 E L の進行方向に交差する方向（つまり、集光光学系 3 1 1 1 の光軸 A X に交差する方向であり、典型的には、X Y 平面に沿った方向）において加工光 E L の光路から離れた位置に配置されていてもよい。つまり、気体供給口 9 2 1 e は、加工光 E L の進行方向に交差する方向において、加工光 E L が照射されている熔融池 M P から離れた位置に配置されていてもよい。

【 0 1 2 9 】

気体供給装置 9 2 e は、気体供給口 9 2 1 e を介してチャンバ空間 7 3 I N に気体を供給することで、気体供給口 9 2 1 e からの気体の流れを形成する。不要物質は、この気体の流れにのって、造形面 M S 又は造形面 M S に面した空間から除去される。ここで、気体供給口 9 2 1 e からの気体の流れ（つまり、不要物質の除去経路）が加工光 E L の光路上に存在すると、不要物質によって加工光 E L のワーク W への照射が妨げられる可能性がある。このため、気体供給口 9 2 1 e は、気体供給口 9 2 1 e からの気体の流れ（つまり、不要物質の除去経路）が加工光 E L の光路上に存在しなくなるように、気体を供給してもよい。例えば、気体供給口 9 2 1 e は、図 2 9 に示すように、熔融池 M P と気体供給口 9 2 1 e とを結ぶ線 L N 2 を含む直線（つまり、気体供給口 9 2 1 e によって形成される気体の流れに沿った直線であり、不要物質の除去経路に沿った直線）から、当該直線及び加工光 E L の光路（つまり、集光光学系 3 1 1 1 の光軸 A X）の双方に交差する方向に沿って離れた位置に加工光 E L が照射されるという条件を満たす位置に配置されていてもよい。逆に言えば、集光光学系 3 1 1 1 は、気体供給口 9 2 1 e からの気体の流れ（つまり、不要物質の除去経路）が加工光 E L の光路上に存在しなくなるように、造形面 M S に加工光 E L を照射してもよい。例えば、集光光学系 3 1 1 1 は、図 2 9 に示すように、熔融池 M P と気体供給口 9 2 1 e とを結ぶ線 L N 2 を含む直線から、当該直線及び加工光 E L の光路の双方に交差する方向に沿って離れた位置に加工光 E L を照射してもよい。

【 0 1 3 0 】

気体供給装置 9 2 e が供給した気体によって除去された不要物質は、回収装置 9 1 e によって回収されてもよい。この際、気体供給装置 9 2 e よる不要物質の除去効率及び回収装置 9 1 e による不要物質の回収効率を向上させるために、気体供給口 9 2 1 e と回収口 9 1 1 e とは、気体供給口 9 2 1 e と回収口 9 1 1 e との間に不要物質の主たる発生源である熔融池 M P が位置するように、配置されていてもよい。この場合、気体供給口 9 2 1 から不要物質の発生源を介して回収口 9 1 1 e に向かう気体の流れが形成されるため、不要物質が効率的に除去及び回収される。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 3 1 】

以上説明した第5実施形態の加工システムSYSeは、上述した第1実施形態の加工システムSYSaが享受可能な効果と同様の効果を享受することができる。更に、加工システムSYSeは、加工光ELの照射によって生じる不要物質を適切に除去及び/又は回収することができる。このため、加工システムSYSeは、加工光ELのワークWへの照射が不要物質によって妨げられることで生ずる影響を低減することができる。このため、加工システムSYSeは、ワークWを適切に加工することができる。

## 【 0 1 3 2 】

尚、上述した説明では、加工システムSYSeは、回収装置91e及び気体供給装置92eの双方を備えている。しかしながら、加工システムSYSeは、回収装置91eを備えている一方で、気体供給装置92eを備えていなくてもよい。加工システムSYSeは、気体装置92eを備えている一方で、回収装置91eを備えていなくてもよい。

10

## 【 0 1 3 3 】

また、上述した説明では、加工システムSYSeは、気体供給装置92eから供給された気体を用いて、不要物質を除去している。しかしながら、加工システムSYSeは、気体供給源5から供給された気体（つまり、パージガス）を用いて、不要物質を除去してもよい。つまり、加工システムSYSeは、気体供給口921eを介してチャンバ空間73INにパージガスを供給することで、不要物質を除去してもよい。この場合、加工システムSYSeは、気体供給装置92eを備えていなくてもよい。

## 【 0 1 3 4 】

また、上述した第2実施形態の加工システムSYSbから第4実施形態の加工システムSYSDの少なくとも一つが、第5実施形態に特有の構成要件を備えていてもよい。第5実施形態に特有の構成要件は、回収装置91e及び気体供給装置92eの少なくとも一方に関する構成要件である。

20

## 【 0 1 3 5 】

( 6 ) 第6実施形態の加工システムSYS

続いて、図30を参照しながら、第6実施形態の加工システムSYS（以降、第6実施形態の加工システムSYSを、“加工システムSYSf”と称する）について説明する。図30は、第6実施形態の加工システムSYSfのシステム構成を示すシステム構成図である。

30

## 【 0 1 3 6 】

図30に示すように、第6実施形態の加工システムSYSfは、上述した第1実施形態の加工システムSYSaと比較して、加工装置3に代えて、加工装置3fを備えているという点で異なる。更に、加工システムSYSfは、加工システムSYSaと比較して、気体供給装置93fを備えているという点で異なる。加工システムSYSfのその他の特徴は、加工システムSYSaのその他の特徴と同様であってもよい。加工装置3fは、加工装置3と比較して、加工ヘッド31に代えて、加工ヘッド31fを備えているという点で異なる。加工装置3fのその他の特徴は、加工装置3のその他の特徴と同様であってもよい。加工ヘッド31fは、加工ヘッド31と比較して、囲繞部材313fを備えているという点で異なる。加工ヘッド31fのその他の特徴は、加工ヘッド31のその他の特徴と同様であってもよい。このため、以下では、図31を参照しながら、囲繞部材313fについて更に説明を進める。図31は、第6実施形態の囲繞部材313fの構造を示す断面図である。

40

## 【 0 1 3 7 】

図31に示すように、囲繞部材313fは、照射光学系311の先端（具体的には、ワークWを向いた-Z側の先端）に取り付けられている。つまり、囲繞部材313fは、集光光学系3111の先端に取り付けられている。

## 【 0 1 3 8 】

囲繞部材313fは、材料ノズル312の少なくとも一部を取り囲む。つまり、囲繞部材313fは、材料ノズル312の造形材料Mの供給経路の少なくとも一部を取り囲む。

50

具体的には、圍繞部材 3 1 3 f は、材料ノズル 3 1 2 のうち照射光学系 3 1 1 から下方に突き出した部分の少なくとも一部を取り囲む。このため、圍繞部材 3 1 3 f には、材料ノズル 3 1 2 の一部が挿入される貫通孔 3 1 3 1 f が形成されている。圍繞部材 3 1 3 f には更に、集光光学系 3 1 1 1 から射出された加工光 E L が通過可能な空間を規定する貫通孔 3 1 3 2 f が形成されている。このため、圍繞部材 3 1 3 f は、貫通孔 3 1 3 1 f を規定するように材料ノズル 3 1 2 を取り囲む内壁部材 3 1 3 3 f と、内壁部材 3 1 3 3 f と共に貫通孔 3 1 3 2 f を規定する（つまり、貫通孔 3 1 3 2 f を規定するように内壁部材 3 1 3 3 f を取り囲む）外壁部材 3 1 3 4 f とを備えていてもよい。つまり、圍繞部材 3 1 3 f は、材料ノズル 3 1 2 が配置される管路と、加工光 E L が通過可能な管路とが形成された二重管の如き構造を有していてもよい。この場合、集光光学系 3 1 1 1 f は、外壁部材 3 1 3 4 f と内壁部材 3 1 3 3 f との間の空間（つまり、外壁部材 3 1 3 4 f と材料ノズル 3 1 2 との間の空間）を介して、ワーク W に加工光 E L を照射する。尚、内壁部材 3 1 3 3 f 及び外壁部材 3 1 3 4 f のそれぞれは、隔壁部材と称されてもよい。

10

#### 【 0 1 3 9 】

貫通孔 3 1 3 2 f は、開口 3 1 1 3（特に、集光光学系 3 1 1 1 の終端光学部材 3 1 1 4 の開口 3 1 1 3）に接続されている。ここで、上述したように、気体供給源 5 からチャンバ空間 7 3 I N に供給されたパージガスは、開口 3 1 1 3 を介して終端光学部材 3 1 1 4 の射出面側の空間（典型的には、ワーク W）に供給される。このため、貫通孔 3 1 3 2 f が開口 3 1 1 3 に接続されている場合は、気体供給源 5 からチャンバ空間 7 3 I N に供給されたパージガスは、開口 3 1 1 3 及び貫通孔 3 1 3 2 f を介して、圍繞部材 3 1 3 f の下方の空間（つまり、圍繞部材 3 1 3 f とワーク W との間の空間）に供給される。具体的には、パージガスは、終端光学部材 3 1 1 4 の開口 3 1 1 3 を介して、圍繞部材 3 1 3 f と材料ノズル 3 1 2 との間の空間（具体的には、外壁部材 3 1 3 4 f と材料ノズル 3 1 2 との間の空間）に相当する貫通孔 3 1 3 2 f に供給される。貫通孔 3 1 3 2 f に供給されたパージガスは、貫通孔 3 1 3 2 f の下方の端部に相当する排出口 3 1 3 5 d f から、圍繞部材 3 1 3 f の下方の空間に供給される。つまり、貫通孔 3 1 3 2 f に供給されたパージガスは、排出口 3 1 3 5 f から、圍繞部材 3 1 3 f の下方に位置するワーク W に供給される。この場合、圍繞部材 3 1 3 1 f は、終端光学部材 3 1 1 4 の開口 3 1 1 3 からのパージガスをワーク W に導く気体誘導部材として機能してもよい。

20

#### 【 0 1 4 0 】

この場合においても、第 1 実施形態で説明したように、貫通孔 3 1 3 2 f を介して供給された気体の流れによって、供給アウトレット 3 1 4 からの造形材料 M は、材料ノズル 3 1 2 から下方に向かう供給経路に沿って供給される可能性が大きくなる。つまり、供給アウトレット 3 1 4 からの造形材料 M が、材料ノズル 3 1 2 から四方八方に散乱する可能性が小さくなる。その結果、材料ノズル 3 1 2 は、造形材料 M を適切に供給することができる。このような効果は、排出口 3 1 3 5 f が供給アウトレット 3 1 4 の近傍に形成されることで顕著になる。

30

#### 【 0 1 4 1 】

更には、加工光 E L が通過する貫通孔 3 1 3 2 f 内に、貫通孔 3 1 3 2 f の内部から貫通孔 3 1 3 2 f の外部に向かうパージガスの流れが形成される。このため、加工光 E L のワーク W への照射によって生じる不要物質が貫通孔 3 1 3 2 f の内部へ侵入する可能性は小さくなる。このため、加工光 E L のワーク W への照射が不要物質によって妨げられることで生ずる影響が低減される。

40

#### 【 0 1 4 2 】

以上説明した第 6 実施形態の加工システム S Y S f は、上述した第 1 実施形態の加工システム S Y S a が享受可能な効果と同様の効果を楽しむことができる。更に、加工システム S Y S f は、上述したように、圍繞部材 3 1 3 f を介して供給されるパージガスを用いて、材料ノズル 3 1 2 から下方に向かう供給経路に沿って造形材料 M を適切に供給することができる。つまり、加工システム S Y S f は、造形材料 M の供給方向の指向性を向上させることができる。更に、加工システム S Y S f は、上述したように、圍繞部材 3 1 3

50

f を介して供給されるパーシガスを用いて、加工光 E L のワーク W への照射が不要物質によって妨げられることで生ずる影響を低減することができる。

【 0 1 4 3 】

尚、上述した第 2 実施形態の加工システム S Y S b から第 5 実施形態の加工システム S Y S e の少なくとも一つが、第 6 実施形態に特有の構成要件を備えていてもよい。第 6 実施形態に特有の構成要件は、囲繞部材 3 1 3 f に関する構成要件である。

【 0 1 4 4 】

#### ( 7 ) 第 7 実施形態の加工システム S Y S

続いて、第 7 実施形態の加工システム S Y S ( 以降、第 7 実施形態の加工システム S Y S を、“加工システム S Y S g” と称する ) について説明する。第 7 実施形態の加工システム S Y S g は、上述した第 1 実施形態の加工システム S Y S a と比較して、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という点で異なる。例えば、加工システム S Y S g は、ワーク W の形状が所望の形状になるように除去加工を行ってもよい。例えば、加工システム S Y S g は、ワーク W に所望の構造を形成するように除去加工を行ってもよい。例えば、加工システム S Y S g は、ワーク W の表面に所望の構造を形成するように除去加工を行ってもよい。例えば、加工システム S Y S g は、ワーク W の表面が平滑化されるように除去加工を行ってもよい。

【 0 1 4 5 】

除去加工を行う場合には、加工システム S Y S g 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。

【 0 1 4 6 】

除去加工を行う場合には、加工システム S Y S g 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 2 0 1 7 / 0 0 4 4 0 0 2 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、並びに、液滴捕集機能を有するハニカム構造等の少なくとも一つを含んでいてもよい。

【 0 1 4 7 】

このような加工システム S Y S b が図 3 2 及び図 3 3 に示されている。図 3 2 は、加工システム S Y S g のシステム構成を示すブロック図である。図 3 3 は、加工システム S Y S g の構造を示す断面図である。図 3 2 及び図 3 3 に示すように、加工システム S Y S g は、加工システム S Y S a と比較して、材料供給源 1 及び混合装置 1 2 を備えていなくてもよいという点で異なる。更に、加工システム S Y S g は、加工システム S Y S a と比較して、材料ノズル 3 1 2 を備えていなくてもよいという点で異なる。具体的には、加工システム S Y S g は、加工システム S Y S a と比較して、材料ノズル 3 1 2 を備えている加工ヘッド 3 1 を備える加工装置 3 に代えて、材料ノズル 3 1 2 を備えていない加工ヘッド

3 1 g を備える加工装置 3 g を備えているという点で異なる。つまり、加工システム S Y S g は、加工システム S Y S a と比較して、造形材料 M を供給するための構成要件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 S Y S g のその他の特徴は、加工システム S Y S a のその他の特徴と同様であってもよい。

【 0 1 4 8 】

以上説明した加工システム S Y S g もまた、加工システム S Y S a と同様に、除去加工動作を行う期間の少なくとも一部において、光特性制御動作を行ってもよい。その結果、加工システム S Y S g は、加工システム S Y S a が享受可能な効果と同様の効果を楽しむことができる。

【 0 1 4 9 】

尚、除去加工を行う場合には、加工システム S Y S g は、複数のパルス光を含む加工光 E L をワーク W に照射してもよい。例えば、加工システム S Y S g は、発光時間がナノ秒以下の複数のパルス光を含む加工光 E L をワーク W に照射してもよい。

【 0 1 5 0 】

#### ( 8 ) その他の変形例

上述した説明では、加工システム S Y S は、複数の加工光源 2 からそれぞれ射出される複数の加工光 E L をワーク W に照射している。つまり、加工システム S Y S は、複数の加工光源 2 を備えている。しかしながら、加工システム S Y S は、単一の加工光源 2 から射出される単一の光を複数の加工光 E L に分岐し、分岐した複数の加工光 E L をワーク W に照射してもよい。つまり、加工システム S Y S は、単一の加工光源 2 を備えていてもよい。ここで、分岐した複数の加工光 E L の強度をそれぞれ独立に変更可能としてもよい。強度を変更することは、強度をゼロにすることを含んでもよい。この場合、分岐した複数の加工光 E L の光路のそれぞれにシャッタを設けてもよい。また、シャッタを設けることに加えて又は代えて、複数の加工光 E L の光路のそれぞれに能動的に通過光量を変化させる光量調整部材を設けてもよい。

【 0 1 5 1 】

上述した説明では、加工システム S Y S は、加工光 E L をワーク W に照射することで、ワーク W を加工している。しかしながら、加工システム S Y 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 S Y S は、加工光源 2 及び照射光学系 3 1 1 に加えて又は代えて、任意のエネルギービームを生成可能なビーム源と、任意のエネルギービームをワーク W に照射可能なビーム照射装置と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。

【 0 1 5 2 】

任意のエネルギービームを用いてワーク W が加工される場合には、制御装置 6 は、上述した光特性制御動作を行うことで、エネルギービームの特性を制御してもよい。エネルギービームの特性は、例えば、エネルギービームのエネルギー量を含んでもよい。荷電粒子ビームがエネルギービームとして用いられる場合には、エネルギービームの特性（つまり、荷電粒子ビームの特性）は、例えば、荷電粒子ビームの電流密度分布（例えば、加工光 E L の進行方向に交差する面（典型的には、造形面 M S ）内での電流密度分布）を含んでもよい。

【 0 1 5 3 】

#### ( 9 ) 付記

以上説明した実施形態に関して、更に以下の付記を開示する。

[ 付記 1 ]

物体を加工する加工システムであって、  
 複数のエネルギービームを前記物体に照射する照射光学系と、  
 前記物体の形状に応じて前記複数のエネルギービームの特性を個別に変更するビーム特性変更装置と  
 を備える加工システム。

10

20

30

40

50

## [ 付記 2 ]

物体を加工する加工システムであって、  
 複数のエネルギービームを前記物体に照射して前記物体上に熔融池を形成する照射光学系と、  
 前記複数のエネルギービームの特性を個別に変更して前記熔融池の温度分布を変更するビーム特性変更装置と  
 を備える加工システム。

## [ 付記 3 ]

前記熔融池からの光を検出する検出装置を備え、  
 前記ビーム特性変更装置は、前記検出装置の検出結果に基づいて前記エネルギービームの分布を変更する  
 付記 2 に記載の加工システム。

10

## [ 付記 4 ]

物体を加工する加工システムであって、  
 複数のエネルギービームを前記物体に照射する照射光学系と、  
 前記物体と前記エネルギービームの照射位置とのうち少なくとも一方を移動させる移動装置と、  
 前記移動装置による移動方向に応じて前記複数のエネルギービームの特性を個別に変更するビーム特性変更装置と  
 を備える加工システム。

20

## [ 付記 5 ]

前記エネルギービームの特性は、前記エネルギービームの強度を含む  
 請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の加工システム。

## [ 付記 6 ]

物体を加工する加工システムであって、  
 複数のエネルギービームを互いに異なる方向から前記物体に照射して前記物体に熔融池を形成する照射光学系と、  
 前記熔融池に材料を供給する材料供給装置と、  
 を備える加工システム。

## [ 付記 7 ]

前記材料供給装置から前記熔融池へ前記材料が供給される方向は、前記複数のエネルギービームの照射方向と異なる  
 付記 6 に記載の加工システム。

30

## [ 付記 8 ]

前記材料供給装置は、前記物体の表面と交差する材料供給方向から前記材料を供給する  
 付記 6 又は 7 に記載の加工システム。

## [ 付記 9 ]

エネルギービームを用いて物体を加工する加工システムであって、  
 前記エネルギービームを集光して前記物体に照射する照射光学系と、  
 前記物体上での前記エネルギービームの照射位置に向けて材料を供給する材料供給装置と、  
 前記材料供給装置の前記材料の供給経路のうち少なくとも一部を囲う囲繞部材と、  
 前記照射光学系を構成する複数の光学部材の間の空間に気体を供給する気体供給装置と  
 を備え、  
 前記照射光学系は、前記囲繞部材と前記材料供給装置の少なくとも一部との間の空間を介して前記エネルギービームを照射し、  
 前記気体供給装置からの前記気体は、前記囲繞部材と前記材料供給装置の少なくとも一部との間の前記空間に供給される  
 加工システム。

40

## [ 付記 10 ]

前記気体供給装置からの前記気体は、前記照射光学系を構成する光学部材のうちの少な

50

くとも一部の光学部材に形成された開口を通して供給される  
付記 9 に記載の加工システム。

[ 付記 1 1 ]

前記材料供給装置の前記少なくとも一部は、前記照射光学系の光軸に沿って配置される  
付記 9 又は 1 0 に記載の加工システム。

[ 付記 1 2 ]

エネルギービームを用いて物体を加工する加工システムであって、  
前記エネルギービームを前記物体に照射する照射光学系と、  
前記照射光学系を介して前記物体からの光を含む物体光を検出する検出装置と  
を備え、

前記照射光学系内での前記物体光の経路の少なくとも一部は、前記照射光学系内での前  
記エネルギービームの経路の少なくとも一部と異なる  
加工システム。

[ 付記 1 3 ]

前記物体光は、第 1 の物体光であり、  
前記検出装置は、第 1 の検出装置であり、

前記照射光学系を介して前記物体からの光を含み且つ前記第 1 の物体光とは異なる第 2  
の物体光を検出する第 2 の検出装置を更に備える  
付記 1 2 に記載の加工システム。

[ 付記 1 4 ]

前記照射光学系内での前記第 2 の物体光の経路の少なくとも一部は、前記照射光学系内  
での前記エネルギービームの経路の少なくとも一部及び前記照射光学系内での前記第 1 の物  
体光の経路の少なくとも一部のそれぞれと異なる  
付記 1 3 に記載の加工システム。

[ 付記 1 5 ]

前記照射光学系を介して前記物体に計測光を照射する照射装置を更に備える  
付記 1 2 から 1 4 のいずれか一項に記載の加工システム。

[ 付記 1 6 ]

前記照射光学系内での前記計測光の経路の少なくとも一部は、前記照射光学系内での前  
記エネルギービームの経路の少なくとも一部と異なる  
付記 1 5 に記載の加工システム。

[ 付記 1 7 ]

前記物体光は、前記計測光が照射された前記物体からの光を含む  
付記 1 5 又は 1 6 に記載の加工システム。

[ 付記 1 8 ]

前記物体光は、前記物体からの前記計測光の反射光、散乱光及び透過光の少なくとも一  
つを含む  
付記 1 5 から 1 7 のいずれか一項に記載の加工システム。

[ 付記 1 9 ]

前記物体上での前記計測光の照射位置を変更する位置変更装置を更に備える  
付記 1 5 から 1 8 のいずれか一項に記載の加工システム。

[ 付記 2 0 ]

前記位置変更装置は、前記計測光が、前記物体上で前記エネルギービームが既に照射され  
た第 1 位置と、前記物体上で前記エネルギービームが現在照射されている第 2 位置と、前記  
物体上で前記エネルギービームが今後照射される予定の第 3 位置との少なくとも一つに照射  
されるように、前記計測光の照射位置を変更する  
付記 1 9 に記載の加工システム。

[ 付記 2 1 ]

前記計測光が前記第 1 位置に照射されている期間の少なくとも一部において前記第 1 位  
置からの前記物体光を前記検出装置に導き、前記計測光が前記第 2 位置に照射されている

10

20

30

40

50

期間の少なくとも一部において前記第 2 位置からの前記物体光を前記検出装置に導き、且つ、前記計測光が前記第 3 位置に照射されている期間の少なくとも一部において前記第 3 位置からの前記物体光を前記検出装置に導く導光光学系を更に備える

付記 20 に記載の加工システム。

[ 付記 22 ]

前記計測光は、第 1 の計測光であり、

前記照射装置は、第 1 の照射装置であり、

前記照射光学系を介して前記物体に前記第 1 の計測光とは異なる第 2 の計測光を照射する第 2 の照射装置を更に備える

付記 15 から 21 のいずれか一項に記載の加工システム。

10

[ 付記 23 ]

前記照射光学系内での前記第 2 の計測光の経路の少なくとも一部は、前記照射光学系内での前記エネルギービームの経路の少なくとも一部及び前記照射光学系内での前記第 1 の計測光の経路の少なくとも一部のそれぞれと異なる

付記 22 に記載の加工システム。

[ 付記 24 ]

前記物体光は、第 1 の物体光であり、

前記検出装置は、第 1 の検出装置であり、

前記照射光学系を介して前記物体からの光を含み且つ前記第 1 の物体光とは異なる第 2 の物体光を検出する第 2 の検出装置を更に備え、

前記第 1 の物体光は、前記第 1 の計測光が照射された前記物体からの光を含み、

前記第 2 の物体光は、前記第 2 の計測光が照射された前記物体からの光を含む

付記 22 又は 23 に記載の加工システム。

20

[ 付記 25 ]

前記第 1 の物体光は、前記物体からの前記第 1 の計測光の反射光、散乱光及び透過光の少なくとも一つを含み、

前記第 2 の物体光は、前記物体からの前記第 2 の計測光の反射光、散乱光及び透過光の少なくとも一つを含む

付記 24 に記載の加工システム。

[ 付記 26 ]

複数のエネルギービームを用いて物体を加工する加工システムであって、

前記複数のエネルギービームをそれぞれ射出する複数のビーム源と

前記複数のビーム源からの前記複数のエネルギービームを前記物体に照射する照射光学系と、

前記複数のビーム源のそれぞれを制御することで、前記複数のエネルギービームの特性を個別に変更する制御装置と

を備える加工システム。

[ 付記 27 ]

前記制御装置は、前記複数のエネルギービームのうちの第 1 のエネルギービームの特性と、前記複数のエネルギービームのうちの前記第 1 のエネルギービームとは異なる第 2 のエネルギービームの特性とが異なるものとなるように、前記複数のビーム源のそれぞれを制御する

付記 26 に記載の加工システム。

40

[ 付記 28 ]

前記複数のエネルギービームの照射位置を前記物体に対して相対的に移動させる移動装置を更に備え、

前記制御装置は、前記複数のエネルギービームの照射位置の移動に関する移動情報に基づいて、前記複数のビーム源のそれぞれを制御する

付記 26 又は 27 に記載の加工システム。

[ 付記 29 ]

前記移動情報は、前記複数のエネルギービームの照射位置の移動方向に関する情報を含む

50

付記 28 に記載の加工システム。

[ 付記 30 ]

前記エネルギービームの特性は、前記エネルギービームの強度を含み、

前記制御装置は、前記複数のエネルギービームのうちの第 1 のエネルギービームの強度が、前記複数のエネルギービームのうちの前記第 1 のエネルギービームとは異なる第 2 のエネルギービームの強度よりも小さくなるように、前記複数のビーム源のそれぞれを制御し、

前記物体上での前記第 1 のエネルギービームの照射位置は、前記物体上での前記第 2 のエネルギービームの照射位置よりも、前記移動方向における後方側に位置する

付記 29 に記載の加工システム。

[ 付記 31 ]

前記制御装置は、前記第 2 のエネルギービームの強度がゼロになるように、前記複数のビーム源のそれぞれを制御する

付記 30 に記載の加工システム。

[ 付記 32 ]

前記制御装置は、前記複数のエネルギービームのうちの第 1 のエネルギービームがパルスビームとなり、且つ、前記複数のエネルギービームのうちの前記第 1 のエネルギービームとは異なる第 2 のエネルギービームが連続ビームとなるように、前記複数のビーム源のそれぞれを制御し、

前記物体上での前記第 1 のエネルギービームの照射位置は、前記物体上での前記第 2 のエネルギービームの照射位置よりも、前記移動方向における後方側に位置する

付記 29 から 31 のいずれか一項に記載の加工システム。

[ 付記 33 ]

前記制御装置は、前記物体に関する物体情報に基づいて、前記複数のビーム源のそれぞれを制御する

付記 26 から 32 のいずれか一項に記載の加工システム。

[ 付記 34 ]

前記物体情報は、前記物体の形状に関する情報を含む

付記 33 に記載の加工システム。

[ 付記 35 ]

前記照射光学系は、前記複数のエネルギービームのうちの第 3 のエネルギービームを前記物体の第 1 部分に照射し、

前記制御装置は、前記複数のエネルギービームのうち前記照射光学系から前記第 1 部分に至るまでの経路上に前記物体の第 2 部分が存在する第 4 のエネルギービームの強度が所定強度以下になるように、前記複数のビーム源のそれぞれを制御する

付記 34 に記載の加工システム。

[ 付記 36 ]

前記所定強度は、前記物体を加工することができない前記エネルギービームの強度又はゼロである

付記 35 に記載の加工システム。

[ 付記 37 ]

前記照射光学系の光軸に交差する所定面内において、前記複数のエネルギービームのうちの少なくとも二つは、前記光軸に対して対称な領域を通過する

付記 26 から 36 のいずれか一項に記載の加工システム。

[ 付記 38 ]

前記照射光学系の光軸に交差する所定面内において、前記複数のエネルギービームのうちの少なくとも二つは、前記光軸に対して非対称な領域を通過する

付記 26 から 37 のいずれか一項に記載の加工システム。

[ 付記 39 ]

前記複数のエネルギービームは、第 1 のエネルギービーム、第 2 のエネルギービーム、第 3 のエネルギービーム及び第 4 のエネルギービームを含み、

10

20

30

40

50

前記照射光学系の光軸に交差する所定面内において、前記第 1 のエネルギービームと前記第 2 のエネルギービームとは、前記所定面に沿った第 1 方向において前記光軸を挟み込む位置を通過し、

前記所定面内において、前記第 3 のエネルギービームと前記第 4 のエネルギービームとは、前記所定面に沿っており且つ前記第 1 方向に交差する第 2 方向において前記光軸を挟み込む位置を通過する

付記 26 から 38 のいずれか一項に記載の加工システム。

[ 付記 40 ]

前記照射光学系の光軸に交差する所定面内において、前記複数のエネルギービームは、輪帯状のビーム形状を形成する

付記 26 から 39 のいずれか一項に記載の加工システム。

[ 付記 41 ]

前記加工システムは、前記複数のエネルギービームを前記物体に照射することで前記物体上に溶融池を形成し、

前記溶融池から離れた位置に配置される供給口を介して、前記溶融池に向けて気体を供給する気体供給装置を更に備え、

前記溶融池と前記供給口とを結ぶ線を含む直線から当該直線に交差する方向に沿って離れた位置に前記複数のエネルギービームが照射される

付記 26 から 40 のいずれか一項に記載の加工システム。

[ 付記 42 ]

前記加工システムは、前記複数のエネルギービームを前記物体に照射することで前記物体上に溶融池を形成し、

前記溶融池から離れた位置に配置される回収口を介して、前記複数のエネルギービームの照射によって生ずる物質を回収する回収装置を更に備え、

前記溶融池と前記回収口とを結ぶ線を含む直線から当該直線に交差する方向に沿って離れた位置に前記複数のエネルギービームが照射される

付記 26 から 41 のいずれか一項に記載の加工システム。

[ 付記 43 ]

前記照射光学系からの前記エネルギービームが伝搬可能な空間を規定する隔壁部材を更に備える

付記 12 から 42 のいずれか一項に記載の加工システム。

[ 付記 44 ]

前記空間に気体を供給する気体供給装置を更に備える

付記 43 に記載の加工システム。

[ 付記 45 ]

供給口から材料を供給する材料供給装置を更に備え、

前記空間に供給された気体は、前記隔壁部材のうち前記供給口の近傍に形成された排出口を介して前記空間から排出される

付記 44 に記載の加工システム。

【 0154 】

上述の各実施形態の構成要件の少なくとも一部は、上述の各実施形態の構成要件の少なくとも他の一部と適宜組み合わせることができる。上述の各実施形態の構成要件のうちの一部が用いられなくてもよい。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。

【 0155 】

本発明は、上述した実施例に限られるものではなく、特許請求の範囲及び明細書全体から読み取れる発明の要旨或い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的範囲に含まれるものである。

【 符号の説明 】

【 0156 】

10

20

30

40

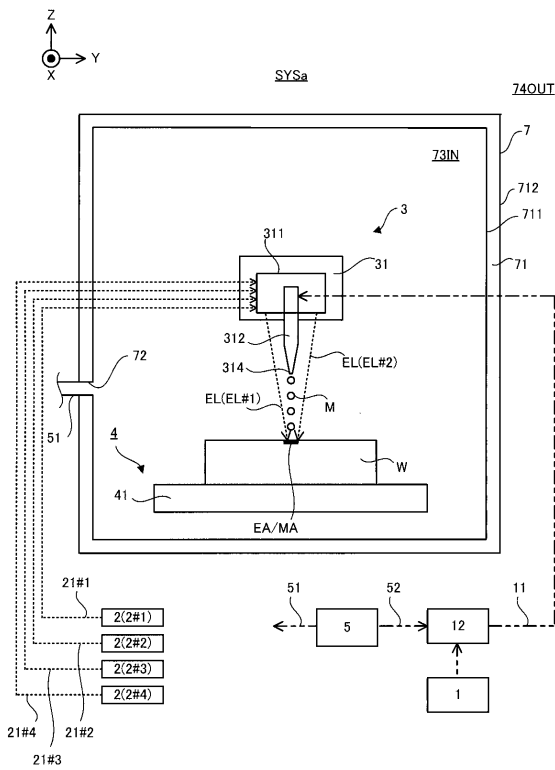
50

SYS 加工システム

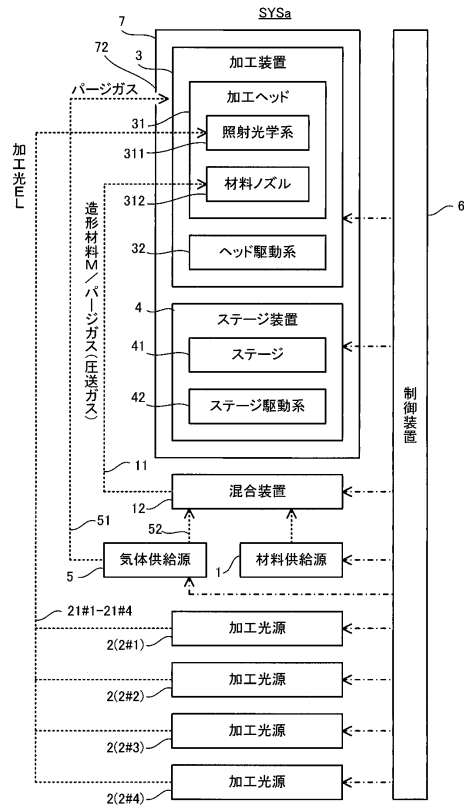
- 1 材料供給源
- 2 加工光源
- 3 加工装置
- 3 1 加工ヘッド
- 3 1 1 照射光学系
- 3 1 1 1 集光光学系
- 3 2 ヘッド駆動系
- 4 ステージ装置
- 4 1 ステージ
- 4 2 ステージ駆動系
- 6 制御装置
- W ワーク
- M 造形材料
- S L 構造層
- MS 造形面
- EL 加工光

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

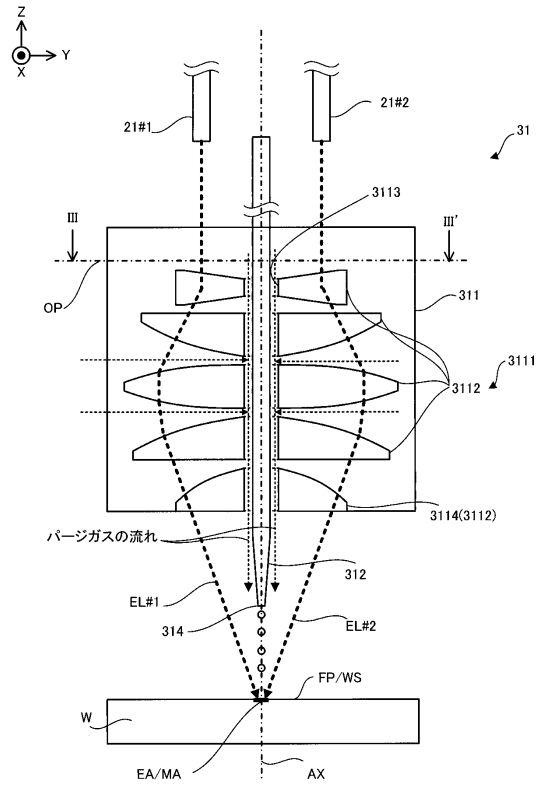
20

30

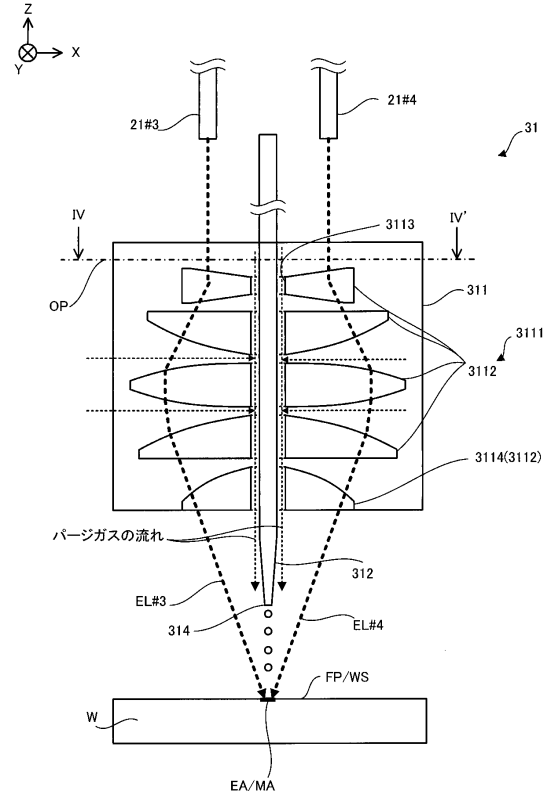
40

50

【図3】



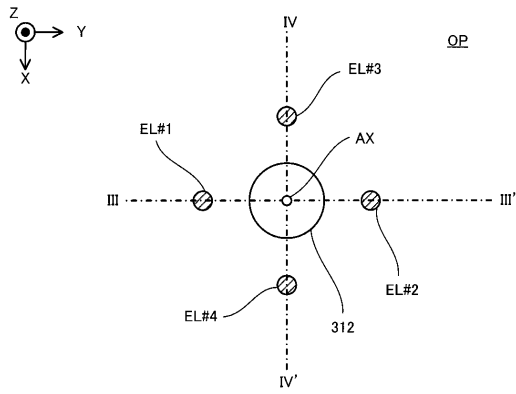
【図4】



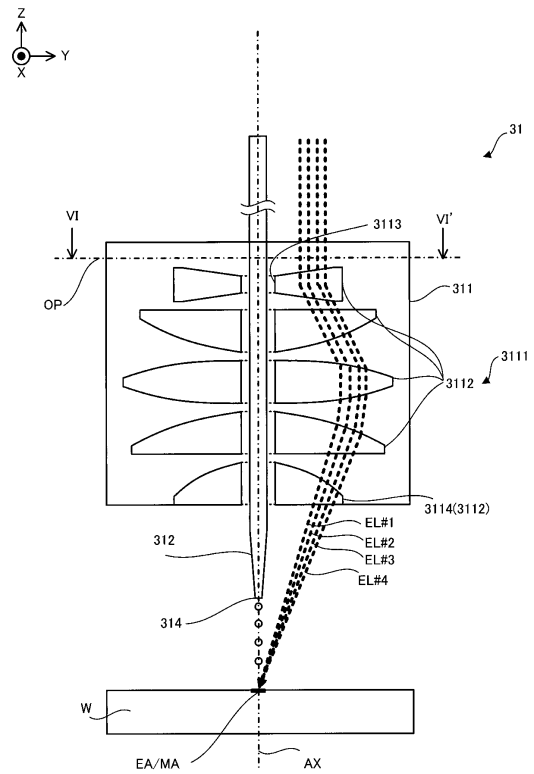
10

20

【図5】



【図6】

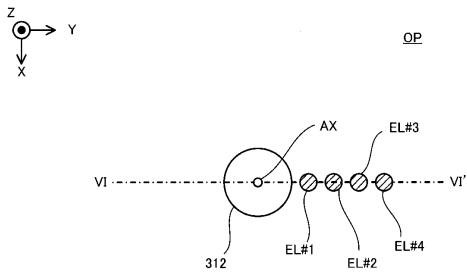


30

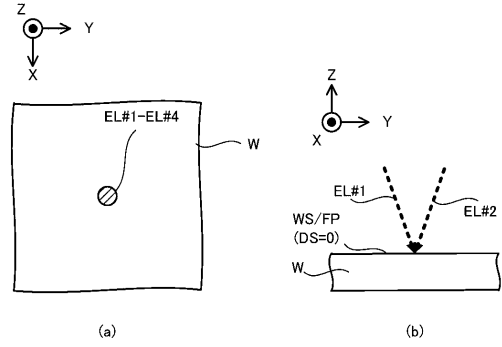
40

50

【図7】

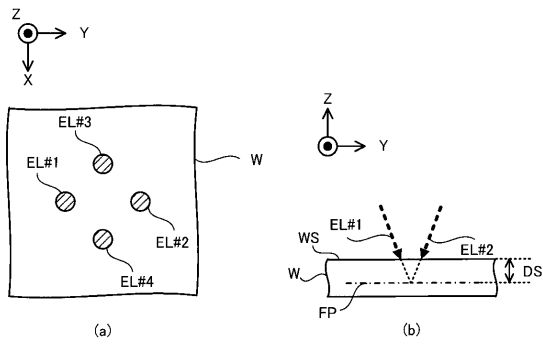


【図8】

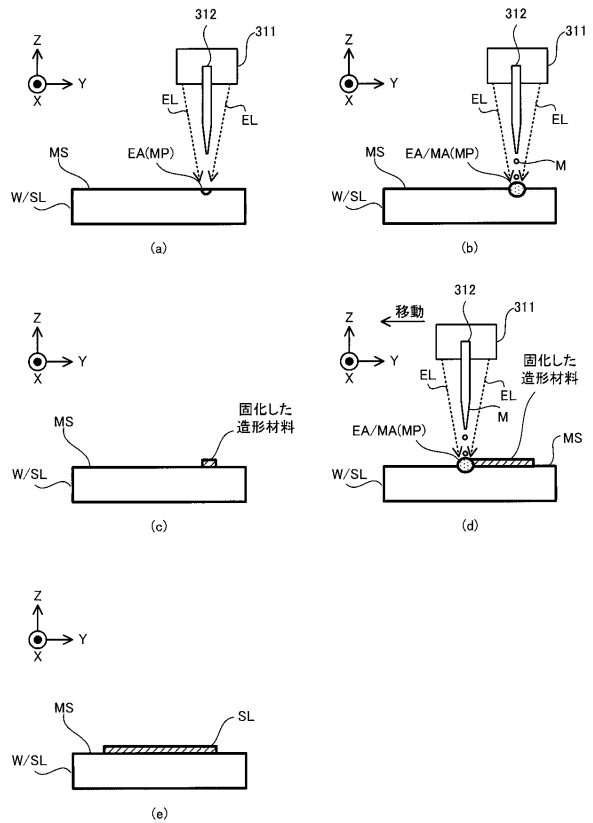


10

【図9】



【図10】

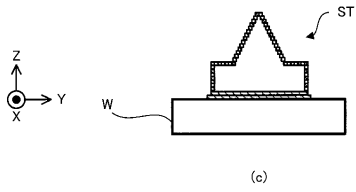
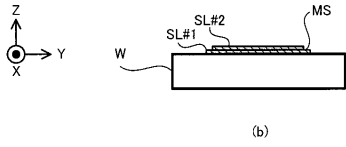
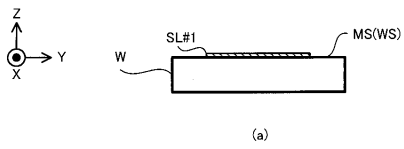


30

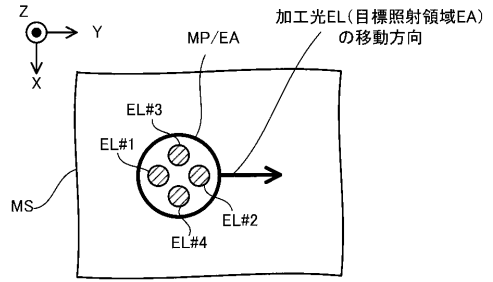
40

50

【図 1 1】



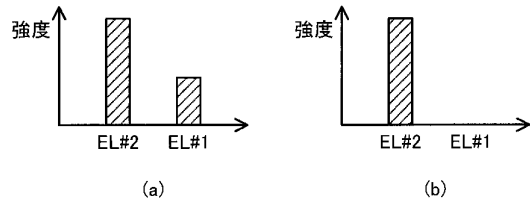
【図 1 2】



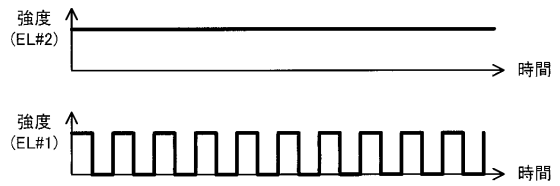
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】

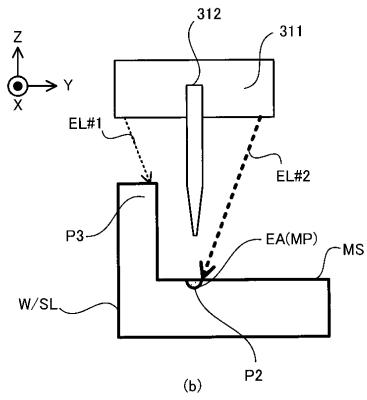
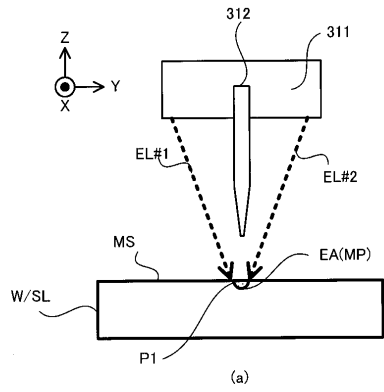


30

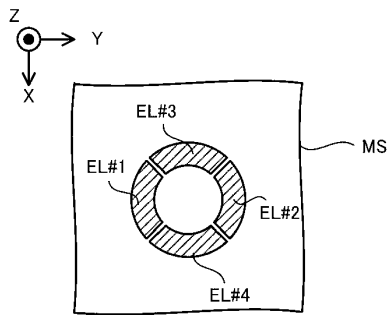
40

50

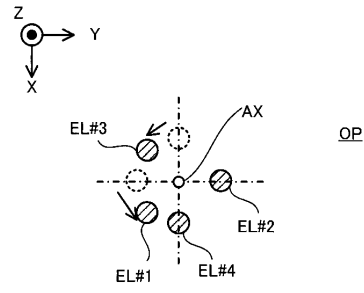
【 図 1 5 】



【 図 1 7 】



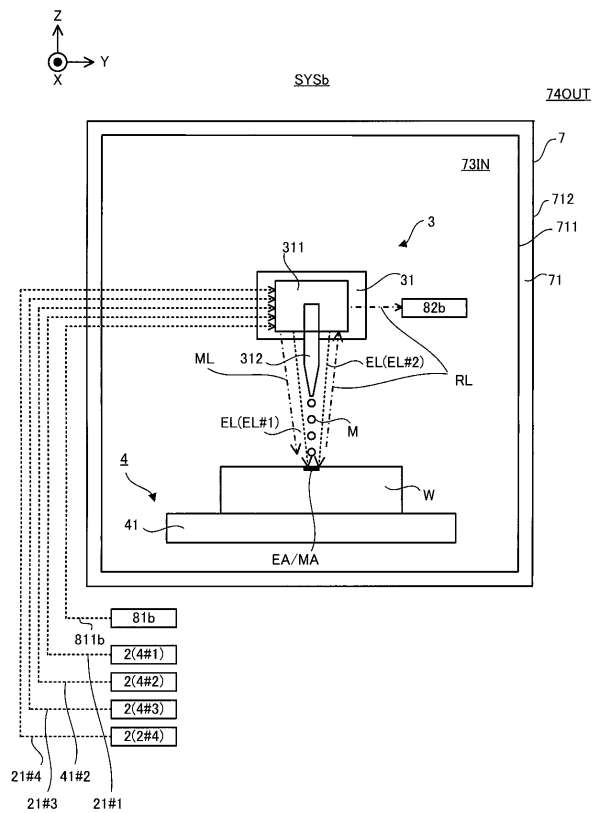
【 図 1 6 】



10

20

【 図 1 8 】

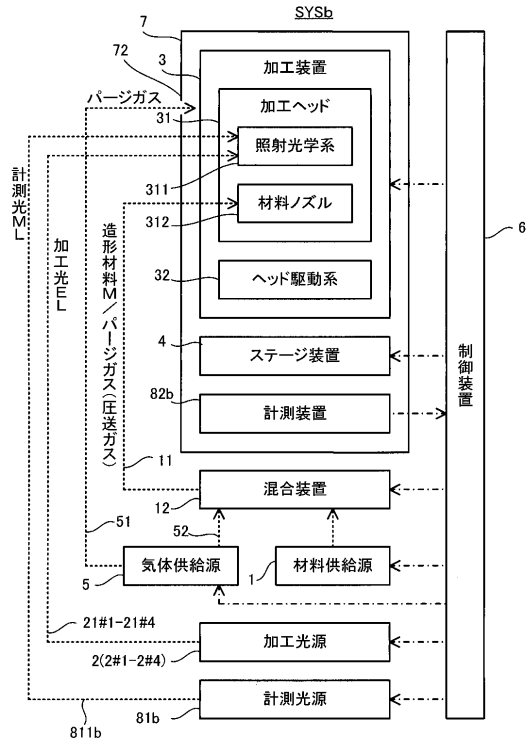


30

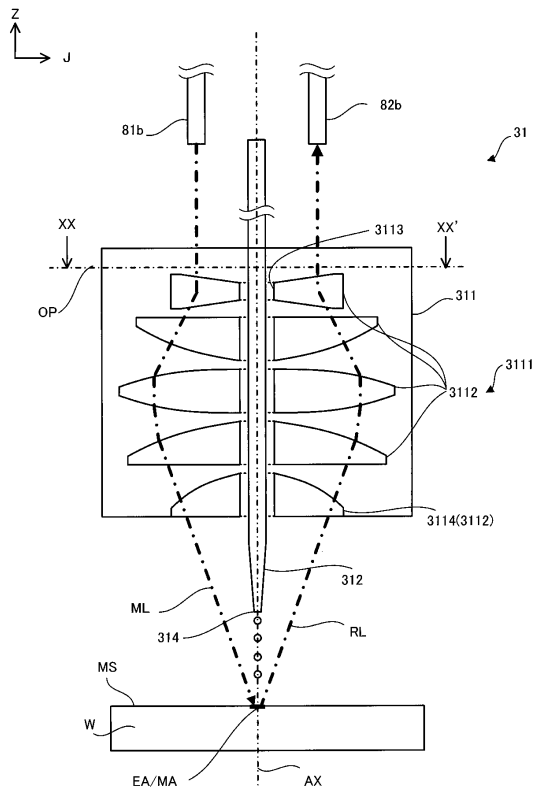
40

50

【図19】



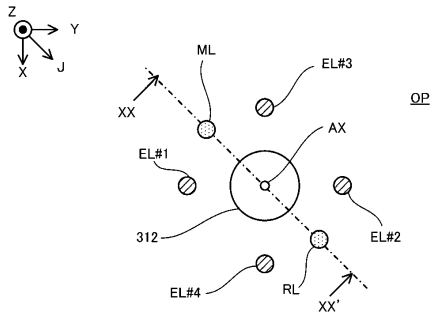
【図20】



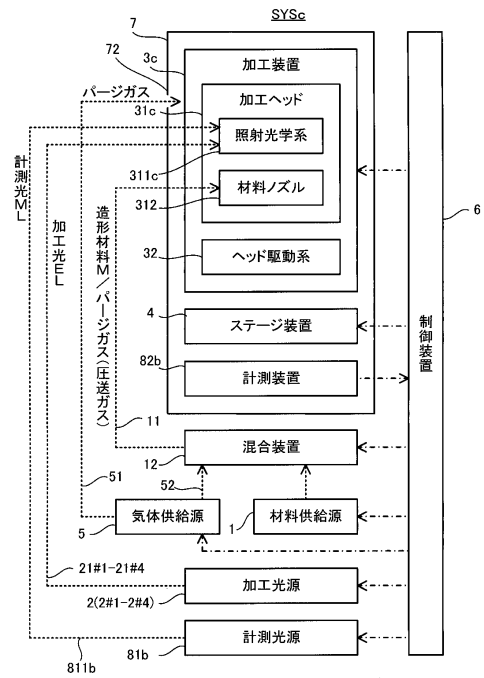
10

20

【図21】



【図22】

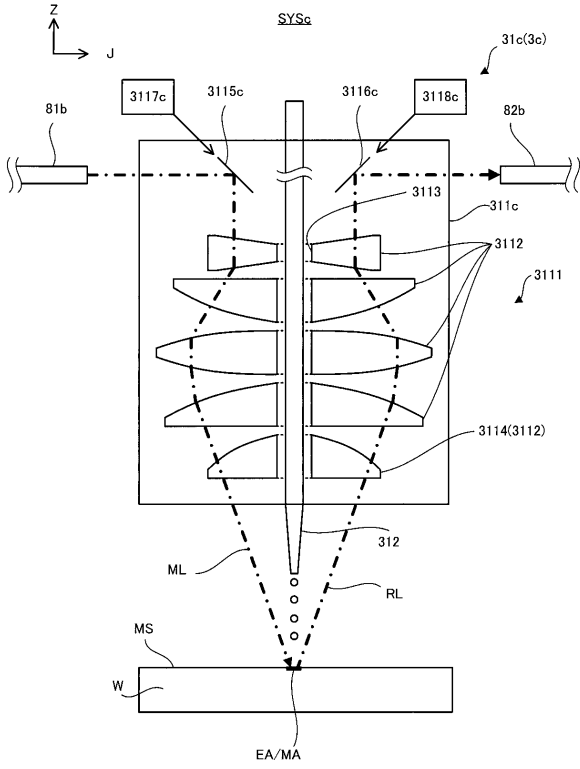


30

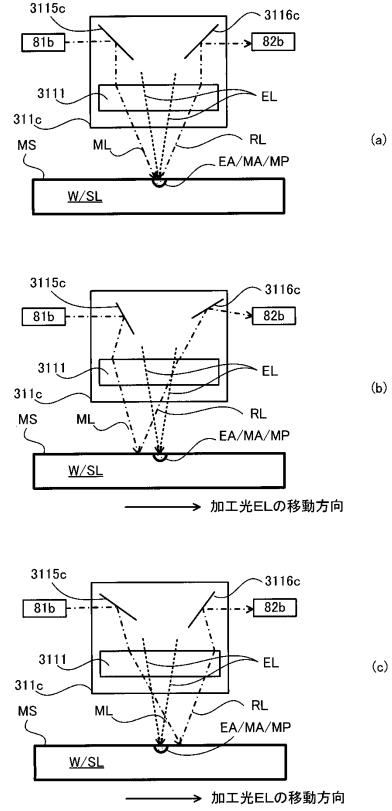
40

50

【図23】



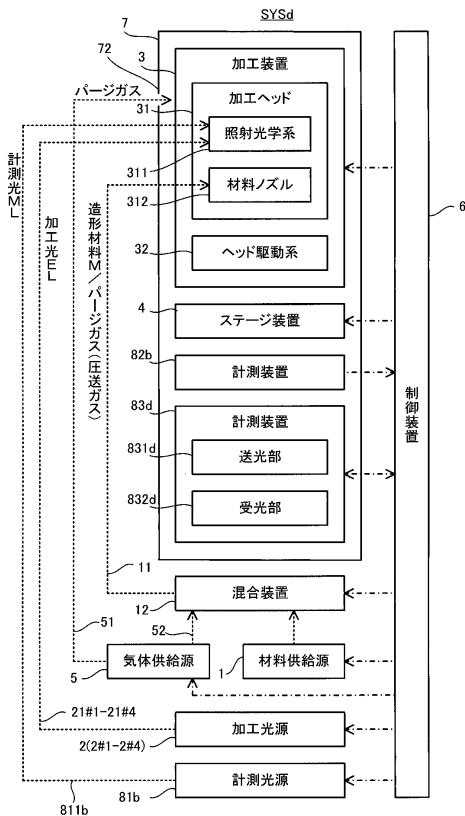
【図24】



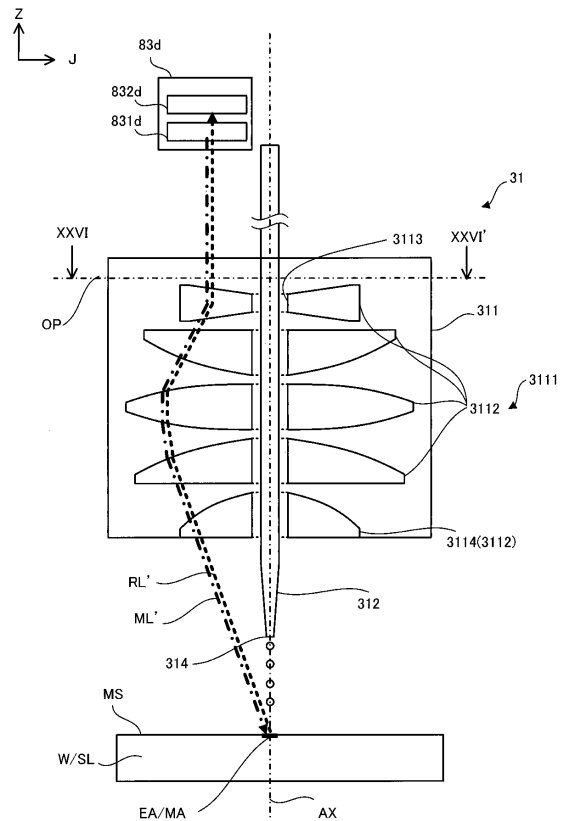
10

20

【図25】



【図26】

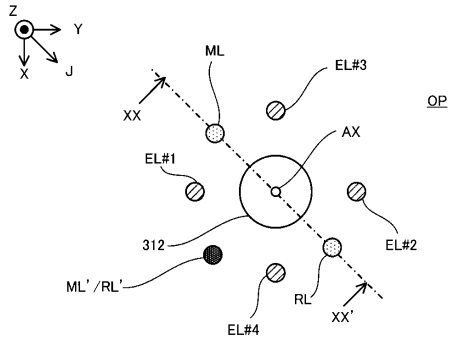


30

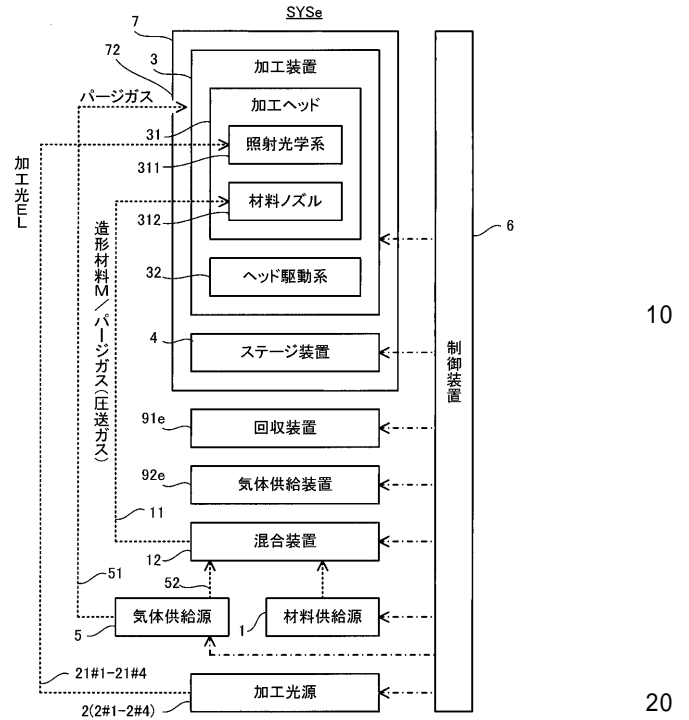
40

50

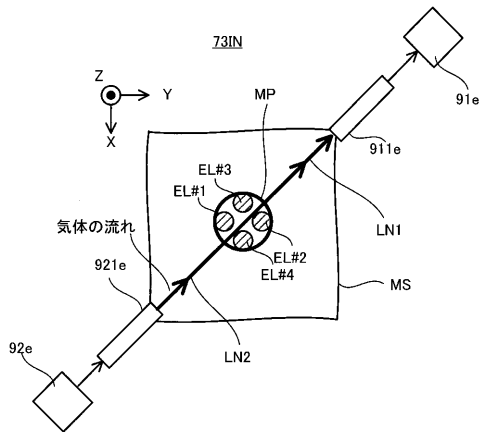
【図27】



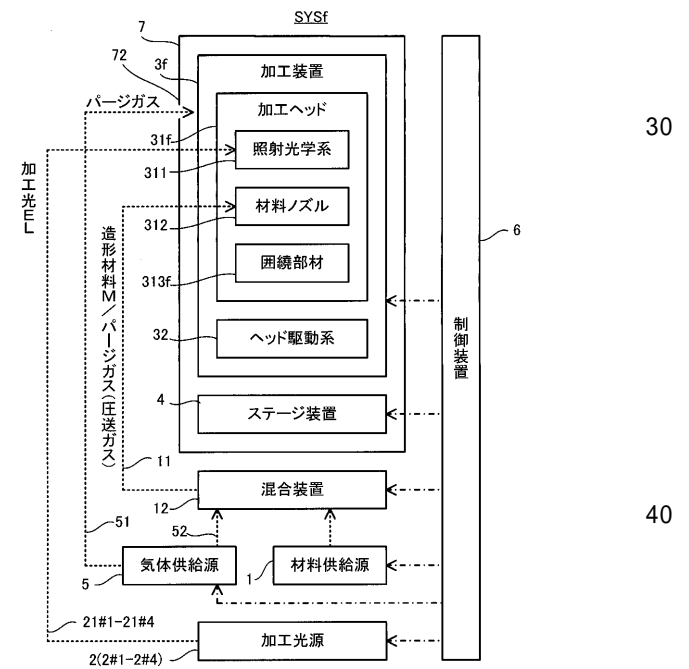
【図28】



【図29】



【図30】



10

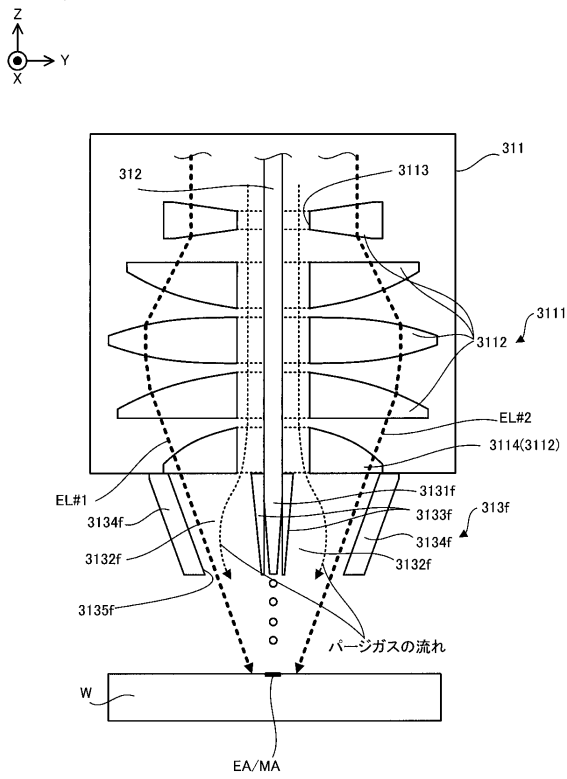
20

30

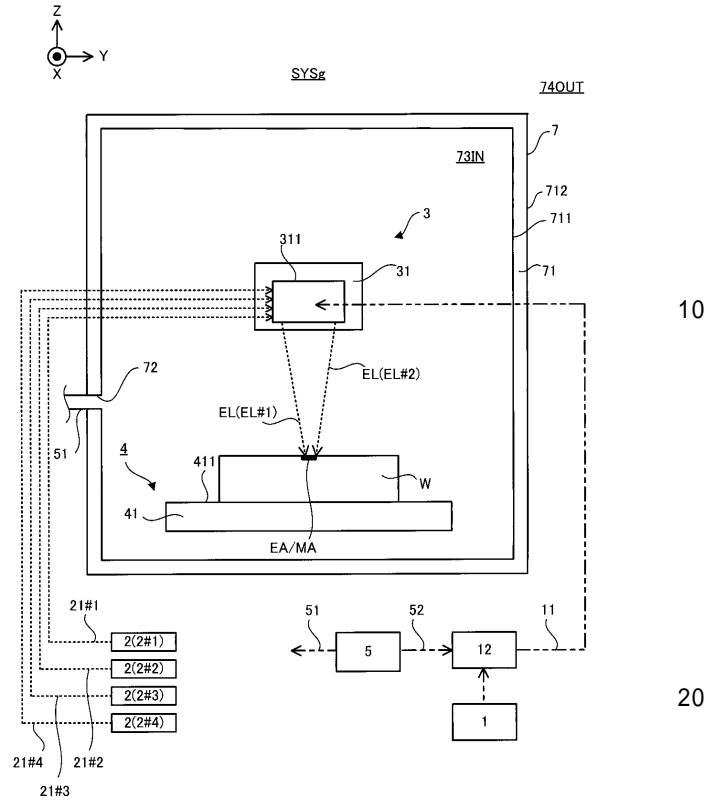
40

50

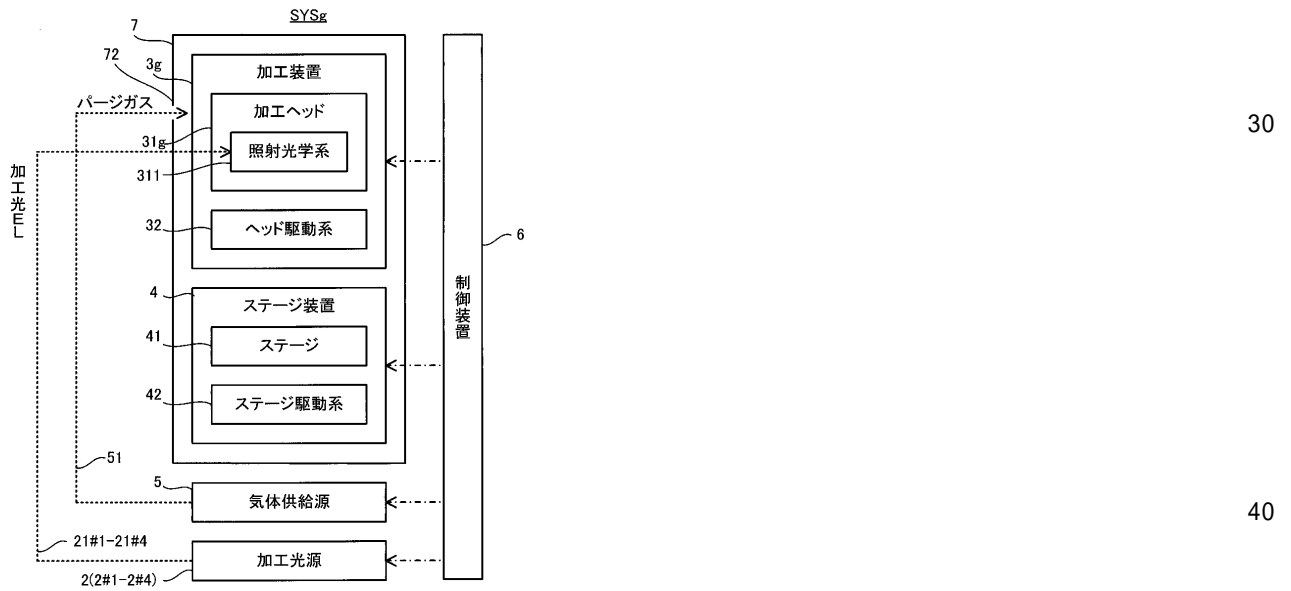
【図 3 1】



【図 3 2】



【図 3 3】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-279761(JP,A)  
特開2016-026881(JP,A)  
国際公開第2017/170890(WO,A1)  
特表2005-537934(JP,A)  
特開2018-158361(JP,A)  
特開2018-039028(JP,A)  
特許第6535821(JP,B2)  
国際公開第2018/181344(WO,A1)  
特開平02-227603(JP,A)  
特開2005-106797(JP,A)

- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| B23K | 26/34 |
| B23K | 26/00 |
| B23K | 26/21 |
| B33Y | 10/00 |
| B33Y | 30/00 |