

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7485014号
(P7485014)

(45)発行日 令和6年5月16日(2024.5.16)

(24)登録日 令和6年5月8日(2024.5.8)

(51)国際特許分類

F I

B 2 3 K 26/00 (2014.01)

B 2 3 K 26/00 M

B 2 3 K 26/082 (2014.01)

B 2 3 K 26/08 F

B 2 3 K 26/08 (2014.01)

請求項の数 54 (全68頁)

(21)出願番号	特願2022-514927(P2022-514927)	(73)特許権者	000004112
(86)(22)出願日	令和2年4月15日(2020.4.15)		株式会社ニコン
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/016604		東京都港区港南二丁目1 5 番 3 号
(87)国際公開番号	WO2021/210104	(74)代理人	100104765
(87)国際公開日	令和3年10月21日(2021.10.21)		弁理士 江上 達夫
審査請求日	令和5年3月14日(2023.3.14)	(72)発明者	江上 茂樹
			東京都港区港南二丁目1 5 番 3 号 株式
			会社ニコン内
		(72)発明者	立崎 陽介
			東京都港区港南二丁目1 5 番 3 号 株式
			会社ニコン内
		審査官	松田 長親

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 加工システム及び計測部材

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

エネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工システムにおいて、
前記物体が載置される載置装置と、
前記エネルギービームを前記物体に照射する照射装置と、
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受光する受光
部とを有する受光装置と、
前記通過領域を覆う第1位置と前記通過領域を覆わない第2位置との間で動くカバー部
材と
を備える加工システム。

【請求項2】

前記エネルギービームを前記物体に照射する際に、前記カバー部材は前記第1位置に位置
し、
前記受光部によって前記エネルギービームを受光する際に、前記カバー部材は前記第2位
置に位置する
請求項1に記載の加工システム。

【請求項3】

前記カバー部材は、前記照射装置と前記受光装置の前記ビーム通過部材との間に設けら
れる

請求項 1 又は 2 に記載の加工システム。

【請求項 4】

エネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工システムにおいて、
前記物体が載置される載置装置と、
前記エネルギービームを前記物体に照射する照射装置と、
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受光する受光
部とを有する受光装置と、
前記照射装置と前記受光装置の前記ビーム通過部材との間に配置され、前記通過領域を
覆うカバー部材と
を備える加工システム。

10

【請求項 5】

前記カバー部材は前記載置装置に設けられる
請求項 1 から 4 までのいずれか一項に記載の加工システム。

【請求項 6】

前記載置装置と前記照射装置とのうち少なくとも一方は他方に対して移動する
請求項 1 から 5 までのいずれか一項に記載の加工システム。

【請求項 7】

前記ビーム通過部材は、前記載置装置に設けられた窪みの内部に配置され、
前記カバー部材が前記通過領域を覆う第 1 位置に位置するとき、前記カバー部材と前記
ビーム通過部材とは、前記窪みの内部に空間を形成する
請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の加工システム。

20

【請求項 8】

エネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工システムにおいて、
前記物体が載置される載置装置と、
前記エネルギービームを前記物体に照射する照射装置と、
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受光する受光
部とを有する受光装置と
を備え、

30

前記ビーム通過部材は、前記載置装置に設けられた窪みの内部に配置される加工システ
ム。

【請求項 9】

前記通過領域を覆う第 1 位置と前記通過領域を覆わない第 2 位置との間で動くカバー部
材を備え、
前記カバー部材が前記第 1 位置に位置するとき、前記カバー部材と前記ビーム通過部材
とは、前記窪みの内部に空間を形成する
請求項 8 に記載の加工システム。

【請求項 10】

前記窪みの内部の前記空間に気体を供給する気体供給装置を備える
請求項 7 から 9 のいずれか一項に記載の加工システム。

40

【請求項 11】

前記窪みの内部の前記空間に気体を供給する気体供給装置を備え、
前記気体供給装置からの気体を用いて前記カバー部材を動かす
請求項 7 又は 9 に記載の加工システム。

【請求項 12】

前記カバー部材が前記通過領域を覆う第 1 位置に位置するとき、前記ビーム通過部材は
、前記エネルギービームが通過する空間から隔離される
請求項 1 から 7、9 及び 11 のいずれか一項に記載の加工システム。

【請求項 13】

50

前記ビーム通過部材の前記照射装置側の空間に気体を供給する気体供給装置を備える
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】

エネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工システムにおいて、
前記物体が載置される載置装置と、
前記エネルギービームを前記物体に照射する照射装置と、
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受光する受光
部とを有する受光装置と、
前記通過領域を覆うカバー部材と、
前記ビーム通過部材の前記照射装置側の空間に気体を供給する気体供給装置と
を備える加工システム。

10

【請求項 15】

前記気体供給装置は、前記気体を供給することで、前記通過領域の少なくとも一部に対
する物質の付着を防止する

請求項 13 又は 14 に記載の加工システム。

【請求項 16】

前記気体供給装置は、前記気体を供給することで、前記通過領域の少なくとも一部に付
着した物質を取り除く

請求項 13 から 15 のいずれか一項に記載の加工システム。

20

【請求項 17】

前記物体を計測ビームで計測する計測装置を備え、

前記ビーム通過部材は、前記計測装置によって計測されるマークを備え、

前記カバー部材は前記マークを覆う

請求項 1 から 7、9、11 から 12 及び 14 のいずれか一項に記載の加工システム。

【請求項 18】

エネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工システムにおいて、
前記物体が載置される載置装置と、
前記エネルギービームを前記物体に照射する照射装置と、
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受光する受光
部とを有する受光装置と、
前記物体を計測ビームで計測する計測装置と、
前記通過領域を覆うカバー部材と
を備え、

30

前記ビーム通過部材は、前記計測装置によって計測されるマークを備え、
前記カバー部材は、前記マークを覆う
加工システム。

【請求項 19】

前記ビーム通過部材は、前記減衰領域と複数の前記通過領域とを備える

請求項 1 から 18 のいずれか一項に記載の加工システム。

40

【請求項 20】

前記ビーム通過部材に照射される前記エネルギービームの、前記ビーム通過部材に対する
相対的な位置は、前記複数の通過領域が並ぶ方向に沿って変わる

請求項 19 に記載の加工システム。

【請求項 21】

前記複数の通過領域が並ぶ方向において、前記照射装置によって前記ビーム通過部材上
で前記エネルギービームが照射される領域の大きさは、前記通過領域のピッチよりも大きい

請求項 19 又は 20 に記載の加工システム。

【請求項 22】

50

前記複数の通過領域が並ぶ方向において、前記照射装置によって前記ビーム通過部材上で前記エネルギービームが照射される領域の大きさは、前記通過領域のピッチ以下である請求項 19 又は 20 に記載の加工システム。

【請求項 23】

前記複数の通過領域のうちの 1 つを介した前記エネルギービームが前記受光部に到達する期間内の少なくとも一部の期間に、前記複数の通過領域のうちの前記 1 つとは異なる 1 つを介した前記エネルギービームが前記受光部に到達する

請求項 19 から 22 のいずれか一項に記載の加工システム。

【請求項 24】

エネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工システムにおいて、
前記物体が載置される載置装置と、
前記エネルギービームを前記物体に照射する照射装置と、
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複数の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受光する受光部とを有する受光装置と、
前記通過領域を覆うカバー部材と
を備え、
前記複数の通過領域のうちの 1 つを介した前記エネルギービームが前記受光部に到達する期間内の少なくとも一部の期間に、前記複数の通過領域のうちの前記 1 つとは異なる 1 つを介した前記エネルギービームが前記受光部に到達する
加工システム。

【請求項 25】

前記加工システムは、
前記物体及び前記受光装置の少なくとも一部のうち少なくとも一方を計測する計測装置と、
前記載置装置を移動させる移動装置と、
前記載置装置の位置に関する情報を取得する取得装置と、
前記移動装置を制御する制御装置と
を備え、
前記受光装置の少なくとも一部は、前記載置装置に設けられ、
前記制御装置は、
前記計測装置が前記受光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載置装置を移動し、
前記計測可能位置に移動した前記載置装置の位置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、前記載置装置の位置を制御する
請求項 1 から 24 のいずれか一項に記載の加工システム。

【請求項 26】

エネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工システムにおいて、
前記物体が載置される載置装置と、
前記エネルギービームを前記物体に照射する照射装置と、
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受光する受光部とを有する受光装置と、
前記通過領域を覆う第 1 位置と前記通過領域を覆わない第 2 位置との間で動くカバー部材と
前記物体及び前記受光装置の少なくとも一部のうち少なくとも一方を計測する計測装置と、
前記載置装置を移動させる移動装置と、
前記載置装置の位置に関する情報を取得する取得装置と、

10

20

30

40

50

前記移動装置を制御する制御装置と
を備え、
前記受光装置の少なくとも一部は、前記載置装置に設けられ、
前記制御装置は、
前記計測装置が前記受光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載置装置を移動し、
前記計測可能位置に移動した前記載置装置の位置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、前記載置装置の位置を制御する
加工システム。

10

【請求項 27】

前記加工システムは、
前記物体及び前記受光装置の少なくとも一部のうち少なくとも一方を計測する計測装置と、
前記載置装置を移動させる移動装置と、
前記載置装置の位置に関する情報を取得する取得装置と、
前記移動装置を制御する制御装置と
を備え、
前記受光装置の少なくとも一部は、前記載置装置に設けられ、
前記制御装置は、
前記照射装置が前記受光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載置装置を移動し、
前記照射可能位置に移動した前記載置装置の位置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、前記載置装置の位置を制御する
請求項 1 から 26 のいずれか一項に記載の加工システム。

20

【請求項 28】

エネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工方法において、
照射装置からの前記エネルギービームを載置装置に載置された前記物体に照射することと、
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の前記通過領域を通過した前記エネルギービームを受光部で受光することと、
前記通過領域を覆う第 1 位置と、前記通過領域を覆わない第 2 位置との間でカバー部材を動かすこと
を含む加工方法。

30

【請求項 29】

前記動かすことは、
前記エネルギービームを前記物体に照射する際に、前記第 1 位置に前記カバー部材が位置するように前記カバー部材を動かすことと、
前記受光部によって前記エネルギービームを受光する際に、前記第 2 位置に前記カバー部材が位置するように前記カバー部材を動かすことと
を含む請求項 28 に記載の加工方法。

40

【請求項 30】

前記カバー部材を動かすことは、前記照射装置と前記ビーム通過部材との間で前記カバー部材を動かすことを含む
請求項 28 又は 29 に記載の加工方法。

【請求項 31】

エネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工方法において、
照射装置からの前記エネルギービームを載置装置に載置された前記物体に照射することと、
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

50

とを持つビーム通過部材の前記通過領域を通過した前記エネルギービームを受光部で受光することと、

前記照射装置と前記ビーム通過部材との間に配置されるカバー部材によって前記通過領域を覆うことと

を含む

加工方法。

【請求項 3 2】

前記カバー部材は前記載置装置に設けられる

請求項 2 8 から 3 1 までのいずれか一項に記載の加工方法。

【請求項 3 3】

前記載置装置と前記照射装置とのうち少なくとも一方を他方に対して移動させることをさらに含む

請求項 2 8 から 3 2 までのいずれか一項に記載の加工方法。

【請求項 3 4】

前記ビーム通過部材は、前記載置装置に設けられた窪みの内部に配置され、

前記通過領域を覆う第 1 位置に前記カバー部材を位置させて、前記カバー部材と前記ビーム通過部材とによって前記窪みの内部に空間を形成することをさらに含む

請求項 2 8 から 3 3 までのいずれか一項に記載の加工方法。

【請求項 3 5】

エネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工方法において、

照射装置からの前記エネルギービームを載置装置に載置された前記物体に照射することと、
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の前記通過領域を通過した前記エネルギービームを受光部で受光することと

を含み、

前記ビーム通過部材は、前記載置装置に設けられた窪みの内部に配置される

加工方法。

【請求項 3 6】

前記通過領域を覆う第 1 位置と前記通過領域を覆わない第 2 位置との間でカバー部材を動かすことをさらに含み、

前記カバー部材を動かすことは、前記カバー部材を前記第 1 位置に位置させて、前記カバー部材と前記ビーム通過部材とによって前記窪みの内部に空間を形成することを含む

請求項 3 5 に記載の加工方法。

【請求項 3 7】

前記窪みの内部の前記空間に気体を供給することをさらに含む

請求項 3 4 から 3 6 のいずれか一項に記載の加工方法。

【請求項 3 8】

前記窪みの内部の前記空間に気体を供給することをさらに含み、

前記カバー部材を動かすことは、前記気体を用いて前記カバー部材を動かすことを含む

請求項 3 4 又は 3 6 に記載の加工システム。

【請求項 3 9】

前記通過領域を覆う第 1 位置に前記カバー部材を位置させて、前記エネルギービームが通過する空間から前記ビーム通過部材を隔離することをさらに含む

請求項 2 8 から 3 4、3 6 及び 3 8 のいずれか一項に記載の加工システム。

【請求項 4 0】

前記ビーム通過部材の前記照射装置側の空間に気体を供給することをさらに含む

請求項 2 8 から 3 9 のいずれか一項に記載の加工システム。

【請求項 4 1】

エネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工方法において、

照射装置からの前記エネルギービームを載置装置に載置された前記物体に照射することと、

10

20

30

40

50

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の前記通過領域を通過した前記エネルギービームを受光部で受光することと、

カバー部材で前記通過領域を覆うことと、

前記ビーム通過部材の前記照射装置側の空間に気体を供給することと

を含む

加工方法。

【請求項 4 2】

前記気体を供給することは、前記気体を供給して前記通過領域の少なくとも一部に対する物質の付着を防止することを含む

請求項 4 0 又は 4 1 に記載の加工方法。

【請求項 4 3】

前記気体を供給することは、前記気体を供給して前記通過領域の少なくとも一部に付着した物質を取り除くことを含む

請求項 4 0 から 4 2 までのいずれか一項に記載の加工システム。

【請求項 4 4】

前記ビーム通過部材は、前記物体を計測ビームで計測する計測装置によって計測されるマークを備え、

前記カバー部材は前記マークを覆う

請求項 2 8 から 3 4、3 6、3 8 から 3 9 及び 4 1 のいずれか一項に記載の加工方法。

【請求項 4 5】

エネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工方法において、

照射装置からの前記エネルギービームを載置装置に載置された前記物体に照射することと、

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の前記通過領域を通過した前記エネルギービームを受光部で受光することと、

計測装置を用いて前記物体を計測ビームで計測することと、

カバー部材によって前記通過領域を覆うことと

を含み、

前記ビーム通過部材は、前記計測装置によって計測されるマークを備え、

前記覆うことは、前記カバー部材によって前記マークを覆うことを含む

加工方法。

【請求項 4 6】

前記ビーム通過部材は、前記減衰領域と複数の前記通過領域とを備える

請求項 2 8 から 4 5 のいずれか一項に記載の加工方法。

【請求項 4 7】

前記受光することは、前記エネルギービームの前記ビーム通過部材上での照射位置を、前記複数の通過領域が並ぶ方向に沿って変えることを含む

請求項 4 6 に記載の加工方法。

【請求項 4 8】

前記複数の通過領域が並ぶ方向において、前記照射装置によって前記ビーム通過部材上で前記エネルギービームが照射される領域の大きさは、前記通過領域のピッチよりも大きい

請求項 4 6 又は 4 7 に記載の加工方法。

【請求項 4 9】

前記複数の通過領域が並ぶ方向において、前記照射装置によって前記ビーム通過部材上で前記エネルギービームが照射される領域の大きさは、前記通過領域のピッチ以下である

請求項 4 6 又は 4 7 に記載の加工方法。

【請求項 5 0】

前記複数の通過領域のうちの 1 つを介した前記エネルギービームが前記受光部に到達する期間内の少なくとも一部の期間に、前記複数の通過領域のうちの前記 1 つとは異なる 1 つ

10

20

30

40

50

を介した前記エネルギービームが前記受光部に到達する

請求項 4 6 から 4 9 のいずれか一項に記載の加工方法。

【請求項 5 1】

エネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工方法において、

照射装置からの前記エネルギービームを載置装置に載置された前記物体に照射することと、

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の前記通過領域を通過した前記エネルギービームを受光部で受光することと、

カバー部材によって前記通過領域を覆うことと

を含み、

前記複数の通過領域のうちの 1 つを介した前記エネルギービームが前記受光部に到達する期間内の少なくとも一部の期間に、前記複数の通過領域のうちの前記 1 つとは異なる 1 つを介した前記エネルギービームが前記受光部に到達する

加工方法。

【請求項 5 2】

前記ビーム通過部材と前記受光部とを備える受光装置の少なくとも一部は、前記載置装置に設けられ、

計測装置によって前記物体及び前記受光装置の少なくとも一部のうち少なくとも一方を計測することと、

前記計測装置が前記受光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載置装置を移動させることと、

前記計測可能位置に移動した前記載置装置の位置に関する計測位置情報を取得することと、

前記計測位置情報に基づいて、前記載置装置の位置を制御することと

を含む

請求項 2 7 から 5 0 のいずれか一項に記載の加工方法。

【請求項 5 3】

エネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工方法において、

照射装置からの前記エネルギービームを載置装置に載置された前記物体に照射することと、

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の前記通過領域を通過した前記エネルギービームを、少なくとも一部が前記載置装置に設けられた受光部で受光することと、

カバー部材によって前記通過領域を覆うことと

計測装置によって前記物体及び前記ビーム通過部材と前記受光部とを備える受光装置の少なくとも一部のうち少なくとも一方を計測することと、

前記計測装置が前記受光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載置装置を移動させることと、

前記計測可能位置に移動した前記載置装置の位置に関する計測位置情報を取得することと、

前記計測位置情報に基づいて、前記載置装置の位置を制御することと

を含む

加工方法。

【請求項 5 4】

前記照射装置が前記受光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載置装置を移動することと、

前記照射可能位置に移動した前記載置装置の位置に関する照射位置情報を取得することと、

前記照射位置情報に基づいて、前記載置装置の位置を制御することと

を含む

請求項 2 8 から 5 3 のいずれか一項に記載の加工方法。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【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、及び、加工システムで用いられる計測部材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】

【文献】米国特許出願公開第2002/0017509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物体に照射して前記物体を加工する加工システムにおいて、前記物体が載置される載置装置と、前記エネルギービームを前記物体に照射する照射装置と、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複数の通過領域とを持つビーム通過部材と、前記複数の通過領域を通過した前記エネルギービームを受光する受光部とを有する受光装置とを備える加工システムが提供される。

【0005】

第2の態様によれば、ビーム源からのエネルギービームを物体に照射する照射装置と、前記物体を計測ビームで計測する計測装置とを備え、前記物体を加工する加工システムに用いられる計測部材であって、前記エネルギービームを受光する受光部へ向かう前記エネルギービーム通過させる通過領域と、前記計測装置によって計測され、前記通過領域と所定の位置関係を有するマークとを備える計測部材が提供される。

【0006】

第3の態様によれば、エネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工システムにおいて、前記物体が載置される載置装置と、前記エネルギービームを前記物体に照射する照射装置と、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受光する受光部とを有する受光装置と、前記通過領域を覆うカバー部材とを備える加工システムが提供される。

【0007】

第4の態様によれば、エネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工システムにおいて、前記物体が載置される載置装置と、前記エネルギービームを前記物体に照射する照射装置と、前記エネルギービームを受光する受光部を有し、少なくとも一部が前記載置装置に設けられる受光装置と、前記物体及び前記受光装置の少なくとも一部のうち少なくとも一方を計測する計測装置と、前記載置装置を移動させる移動装置と、前記載置装置の位置に関する情報を取得する取得装置と、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、前記計測装置が前記受光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載置装置を移動し、前記計測可能位置に移動した前記載置装置の位置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、前記載置装置の位置を制御する加工システムが提供される。

【0008】

第5の態様によれば、エネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工システムにおいて、前記物体が載置される載置装置と、前記エネルギービームを前記物体に照射する照射装置と、前記エネルギービームを受光する受光部を有し、少なくとも一部が前記載置装置に設けられる受光装置と、前記物体及び前記受光装置の少なくとも一部のうち少なくとも一方を計測する計測装置と、前記載置装置を移動させる移動装置と、前記載置装置の

10

20

30

40

50

位置に関する情報を取得する取得装置と、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、前記照射装置が前記受光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載置装置を移動し、前記照射可能位置に移動した前記載置装置の位置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、前記載置装置の位置を制御する加工システムが提供される。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、第1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、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(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、照射光学系の構造を模式的に示す斜視図である。

【図5】図5は、受光装置の配置位置を示す平面図である。

【図6】図6は、受光装置の構造を示す断面図である。

【図7】図7は、受光装置の構造を示す平面図である。

【図8】図8は、ステージに対する組み付け誤差が生じている受光装置を示す平面図である。

【図9】図9は、サーチマークに照射される加工光の走査軌跡を示す平面図である。

【図10】図10は、サーチマークを介した加工光の受光結果を示すグラフである。

【図11】図11(a)は、理想的な組み付け位置に組み付けられている受光装置のサーチマークを示す平面図であり、図11(b)は、理想的な組み付け位置とは異なる位置に組み付けられている受光装置のサーチマークを示す平面図であり、図11(c)は、理想的な組み付け位置に組み付けられている受光装置のサーチマークを介した加工光の受光結果に相当する受光信号を示すグラフであり、図11(d)は、理想的な組み付け位置とは異なる位置に組み付けられている受光装置のサーチマークを介した加工光の受光結果に相当する受光信号を示すグラフである。

【図12】図12(a)は、フォーカス制御動作を行うために加工ヘッドが加工光を受光装置に照射する様子を示す断面図であり、図12(b)は、フォーカス制御動作を行うために加工ヘッドが加工光を受光装置に照射する様子を示す平面図であり、図12(c)は、受光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13】図13は、基準マークが形成されているステージを示す平面図である。

【図14】図14(a)は、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14(b)は、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15】図15は、加工光のスポット径とファインマークとの関係を示す平面図である。

【図16】図16は、加工光のスポット径とファインマークとの関係を示す平面図である。

【図17】図17は、ガルバノミラーによって偏向され且つfθレンズによって変位した加工光がワークの表面を走査する際のワークの表面上の各位置での加工光のスポット径を模式的に示す平面図である。

【図18】図18(a)は、状態検出動作が行われる期間中の加工ヘッドと受光装置との位置関係を示す断面図であり、図18(b)は、状態検出動作が行われる期間中の加工ヘッドと受光装置との位置関係を示す平面図である。

【図19】図19(a)は、状態検出動作が行われる期間中の加工ヘッドと受光装置との位置関係を示す断面図であり、図19(b)は、状態検出動作が行われる期間中の加工ヘッドと受光装置との位置関係を示す平面図である。

【図20】図20(a)は、温度ドリフトが発生していない状況下でのワークの表面（つまり、XY平面に沿った面）における加工光の照射位置を示す平面図であり、図20(b)は、温度ドリフトが発生している状況下でのワークの表面（つまり、XY平面に沿った面）における加工光の照射位置を示す平面図である。

10

20

30

40

50

【図 2 1】図 2 1 は、第 2 実施形態のステージの構造を示す断面図である。

【図 2 2】図 2 2 は、第 3 実施形態の受光装置の配置方法を示す断面図である。

【図 2 3】図 2 3 は、第 4 実施形態の受光装置の構造を示す断面図である。

【図 2 4】図 2 4 は、第 5 実施形態の受光装置の構造を示す断面図である。

【図 2 5】図 2 5 (a) 及び図 2 5 (b) のそれぞれは、指標板の一例を示す平面図である。

【図 2 6】図 2 6 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。

【図 2 7】図 2 7 は、カバー部材を備えているステージの構造を示す断面図である。

【図 2 8】図 2 8 は、カバー部材の他の例を示す断面図である。

【図 2 9】図 2 9 (a) 及び図 2 9 (b) のそれぞれは、ビーム通過部材を覆っていないカバー部材を示す断面図である。

【図 3 0】図 3 0 は、第 7 実施形態の照射光学系の構造を示す斜視図である。

【図 3 1】図 3 1 は、第 8 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 2】図 3 2 は、第 9 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 3】図 3 3 は、第 10 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 4】図 3 4 は、第 10 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 3 5】図 3 5 は、第 11 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 6】図 3 6 は、第 11 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。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照しながら、加工システム及び計測部材の実施形態について説明する。以下では、加工光 E L を用いてワーク W を加工する加工システム S Y S 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。

【0011】

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 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）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、X Y 平面を水平方向としてもよい。

【0012】

（1）第 1 実施形態の加工システム S Y S a

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。

【0013】

（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 の外観を模式的に示す斜視図である。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。

【0014】

図 1 及び図 2 に示すように、加工システム S Y S a 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 に収容されている。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 に収容されていなくてもよい。つまり、加工システム S Y S a は、加工装置 1、計測装置 2 及びステージ装置 3 を収容する筐体 5 を備えていなくてもよい。

【0015】

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。

10

【0016】

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。

【0017】

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 1212 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。

20

30

【0018】

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。

40

【0019】

50

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。

【0020】

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。

【0021】

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 11 と、加工ヘッド 12 と、ヘッド駆動系 13 と、位置計測装置 14 とを備える。

【0022】

加工光源 11 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 11 は、レーザ光源（例えば、レーザダイオード（LD: Laser Diode）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、CO₂レーザ、YAG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 11 は、任意の光源（例えば、LED（Light Emitting Diode）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。

【0023】

加工ヘッド 12 は、加工光源 11 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 12 は、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 12 の下方に、ワーク W を載置可能なステージ 32 が配置される。このため、加工ヘッド 12 は、加工ヘッド 12 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 12 は、照射光学系 121 を備える。以下、図 4 を参照しながら、照射光学系 121 について説明する。図 4 は、照射光学系 121 の構造を模式的に示す断面図である。

【0024】

図 4 に示すように、照射光学系 121 は、例えば、フォーカス変更光学系 1211 と、ガルバノミラー 1212 と、f θ レンズ 1213 とを備える。

【0025】

フォーカス変更光学系 1211 には、加工光 E L のフォーカス位置（つまり、加工光 E

10

20

30

40

50

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。このため、フォーカス変更光学系1 2 1 1は、ビーム収斂位置変更部材と称されてもよい。フォーカス変更光学系1 2 1 1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のフォーカス位置が変更されてもよい。

【0026】

フォーカス変更光学系1 2 1 1を通過した加工光E Lは、ガルバノミラー1 2 1 2に入射する。ガルバノミラー1 2 1 2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 2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 2は、射出方向変更部材と称されてもよい。ガルバノミラー1 2 1 2からの加工光E Lの射出方向が変更されると、加工ヘッド1 2から加工光E Lが射出される位置が変更される。加工ヘッド1 2から加工光E Lが射出される位置が変更されると、ワークWの表面上での加工光E Lの照射位置が変更される。従って、ガルバノミラー1 2 1 2は、加工光E Lを偏向することで、ワークWの表面上での加工光E Lの照射位置を変更可能(つまり、移動可能)である。このため、ガルバノミラー1 2 1 2は、照射位置移動部材と称されてもよい。

【0027】

ガルバノミラー1 2 1 2は、例えば、X走査ミラー1 2 1 2 Xと、Y走査ミラー1 2 1 2 Yとを含む。X走査ミラー1 2 1 2 X及びY走査ミラー1 2 1 2 Yのそれぞれは、加工光源1 1とf θ レンズ1 2 1 3との間における加工光E Lの光路上に配置される可動光学部材である。X走査ミラー1 2 1 2 X及びY走査ミラー1 2 1 2 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 2 Xは、加工光E LをY走査ミラー1 2 1 2 Yに向けて反射する。X走査ミラー1 2 1 2 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 2 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 2 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 2 1 2 Yは、加工光E Lをf θ レンズ1 2 1 3に向けて反射する。Y走査ミラー1 2 1 2 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1 2 1 2 Yの揺動又は回転により、加工光E L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1 2 1 2 Y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Y軸方向に沿って移動する。

【0028】

このようなガルバノミラー1 2 1 2により、加工光E Lは、加工ヘッド1 2を基準に定まる加工ショット領域P S Aを走査可能となる。つまり、ガルバノミラー1 2 1 2により、目標照射領域E Aは、加工ヘッド1 2を基準に定まる加工ショット領域P S A内で移動可能となる。尚、加工ショット領域P S Aは、加工ヘッド1 2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P S Aは、加工ヘッド1 2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1 2 1 2によって偏向される加工光E Lの走査範囲と一致する又は当該走査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P S A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P S Aを加工光E L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1 2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P S Aの位置を変更する動作とが繰り返される。

【0029】

尚、照射光学系1 2 1は、ガルバノミラー1 2 1 2に加えて又は代えて、加工光E Lを偏向可能な(つまり、加工光E L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E L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E Lの入射角度を変更し且つ加工光E L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。

【0030】

f θ レンズ1213は、ガルバノミラー1212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 θ レンズ1213は、ガルバノミラー1212からの加工光E Lを、集光面に集光可能な光学素子である。このため、f θ レンズ1213は、集光光学系と称されてもよい。f θ レンズ1213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 θ レンズ1213は、ガルバノミラー1212からの加工光E Lを、ワークWの表面に集光可能である。

10

【0031】

再び図1及び図2において、ヘッド駆動系13は、加工ヘッド12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。図1は、ヘッド駆動系13が加工ヘッド12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13は、例えば、Z軸方向に沿って延びるZスライダ部材131を備えていてもよい。Zスライダ部材131は、防振装置を介して後述する定盤31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31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61と、一对の脚部材61の上端部を連結するように一对の脚部材61上に配置され且つX軸方向に沿って延びる梁部材62とを備えていてもよい。Zスライダ部材131は、例えば、Z軸方向に沿って延びる支持部材63を介して、梁部材62に配置される。Zスライダ部材131には、加工ヘッド12が、Zスライダ部材131に沿って移動可能となるように接続されている。

20

【0032】

加工ヘッド12が移動すると、加工ヘッド12とステージ32（更には、ステージ32に載置されたワークW）との位置関係が変わる。従って、加工ヘッド12を移動させることは、加工ヘッド12とステージ32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。

【0033】

位置計測装置14は、加工ヘッド12の位置を計測可能（言い換えれば、検出可能）である。位置計測装置14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。

30

【0034】

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。ワークWを計測するために、計測装置2は、計測ヘッド21と、ヘッド駆動系22と、位置計測装置23とを備える。

【0035】

計測ヘッド21は、制御装置4の制御下で、ワークWを計測可能である。例えば、計測ヘッド21は、ワークWの状態を計測可能な装置であってもよい。ワークWの状態は、ワークWの位置を含んでいてもよい。ワークWの位置は、ワークWの表面の位置を含んでいてもよい。ワークWの表面の位置は、ワークWの表面を細分化した各面部分のX軸方向、Y軸方向及びZ軸方向の少なくとも一つにおける位置を含んでいてもよい。ワークWの状態は、ワークWの形状（例えば、3次元形状）を含んでいてもよい。ワークWの形状は、ワークWの表面の形状を含んでいてもよい。ワークWの表面の形状は、上述したワークWの表面の位置に加えて又は代えて、ワークWの表面を細分化した各面部分の向き（例えば、各面部分の法線の向きであり、X軸、Y軸及びZ軸の少なくとも一つに対する各面部分の傾斜量と実質的に等価）を含んでいてもよい。計測ヘッド21の計測結果に関する計測情報は、計測ヘッド21から制御装置4に出力される。

40

【0036】

計測ヘッド21は、計測ショット領域MSAの単位でワークWを計測する。計測ショッ

50

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による計測が行われる領域（言い換えれば、範囲）を示す。尚、計測ショット領域MSAを、計測ヘッド21の計測可能範囲、計測可能フィールドと称してもよい。

【0037】

計測ヘッド21は、光学的にワークWを計測してもよい。つまり、計測ヘッド21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、計測ヘッド21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、計測ヘッド21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、計測ヘッド21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、投射された光が戻ってくるまでの時間からワークWまでの距離を測定し、これをワーク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、計測ヘッド21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、計測ヘッド21は、計測光ML（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ML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。

【0038】

ヘッド駆動系22は、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。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。

【0039】

計測ヘッド21が移動すると、計測ヘッド21とステージ32（更には、ステージ32に載置されたワークW）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。

【0040】

位置計測装置23は、計測ヘッド21の位置を計測可能（言い換えれば、検出可能）である。位置計測装置23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。

【0041】

ステージ装置3は、定盤31と、ステージ32と、ステージ駆動系33と、位置計測装置34と、受光装置35とを備える。

【0042】

定盤31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31上には、ステージ32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31との間には、定盤31の振動のステージ32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31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。

【0043】

ステージ32は、ワークWが載置される載置装置である。ステージ32は、ステージ32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32は、ステージ

３２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３２に載置されていてもよい。

【００４４】

ステージ駆動系３３は、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に載置されたワークＷもまたステージ３２と共に移動する。このため、ステージ３２には、ワークＷが移動可能に（具体的には、ワークＷがステージ３２と共に移動可能に）載置されているとも言える。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。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、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、Ｘスライド部材３３１及びＹスライド部材３３２のそれぞれは、ステージ３２を直線方向に沿って移動させる移動部材として機能可能であるとも言える。

【００４５】

ステージ３２が移動すると、ステージ３２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。

【００４６】

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。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。

【００４７】

受光装置３５は、加工ヘッド１２からの加工光ＥＬを受光可能な受光部を含む。更に、受光装置３５は、計測ヘッド２１が計測可能な計測部材を含む。受光装置３５による加工光ＥＬの受光結果及び計測ヘッド２１による受光装置３５の計測結果は、加工システムＳＹＳａの動作を制御するために用いられる。尚、受光装置３５の構造については、後に図５から図７を参照しながら詳述する。

【００４８】

制御装置４は、加工システムＳＹＳａ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及びステージ装置３を制御してもよい。

【００４９】

制御装置４は、加工システムＳＹＳａ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ＳＹＳａ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

10

20

30

40

50

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。

【0050】

制御装置 4 は、加工システム S Y S a 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 a 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 a 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 a 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 a 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 a 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 a 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 a 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 a の外部に設けられていてもよい。

【0051】

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、C D - R O M、C D - R、C D - R W やフレキシブルディスク、M O、D V D - R O M、D V D - R A M、D V D - R、D V D + R、D V D - R W、D V D + R W 及び B l u e r a y （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、U S B 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（F P G A、A S I C）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。

【0052】

（1-2）受光装置 3 5 の構造

続いて、図 5 から図 7 を参照しながら、ステージ装置 3 が備える受光装置 3 5 の構造について説明する。図 5 は、受光装置 3 5 の配置位置を示す平面図である。図 6 は、受光装置 3 5 の構造を示す断面図である。図 7 は、受光装置 3 5 の構造を示す平面図である。尚

、図6は、図7のV I I - V I I ' 断面図に相当する。

【0053】

図5に示すように、受光装置35は、ステージ32に配置されている。受光装置35は、ステージ32のうちワークWが載置される載置面321とは異なる位置に配置されてもよい。例えば、受光装置35は、ステージ32のうち載置面321からX軸方向及びY軸方向の少なくとも一方に離れた位置に配置されてもよい。例えば、受光装置35は、ステージ32のうち載置面321の外側に位置する外周面322（より具体的には、ステージ32のうち、外周面322が表面となる部材）に配置されてもよい。但し、受光装置35は、載置面321（より具体的には、ステージ32のうち載置面321が表面となる部材）に配置されてもよい。受光装置35は、ステージ32の任意の位置に配置されてもよい。受光装置35の少なくとも一部は、ステージ32から取り外し可能であってもよい。或いは、受光装置35は、ステージ32と一体化されていてもよい。また、複数の受光装置35がステージ32に配置されていてもよい。このとき、複数の受光装置35のうちの一つは、図5に示されるステージ32の外周面322の-X方向の端部且つ+Y方向の端部に配置され、複数の受光装置35のうちの他の一つは、外周面322の+X方向の端部且つ-Y方向の端部に配置されてもよい。つまり、複数の受光装置35のうちの少なくとも二つが、ステージ32における対角に配置してもよい。また、複数の受光装置35がステージ32の四隅に配置されてもよい。尚、ステージ32はテーブルと称されてもよい。

10

【0054】

図6に示すように、受光装置35は、ビーム通過部材351と、受光素子352とを備える。ビーム通過部材351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351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。ビーム通過部材351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352は、XY平面に沿って広がる受光面3521を備える。XY平面内での受光面3521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3521の一辺のサイズは、ビーム通過部材351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351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351の一辺のサイズよりも大きくてもよい。

20

【0055】

ビーム通過部材351と受光素子352とは、ステージ32に形成された窪み323（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351と受光素子352とは、外周面322から-Z側に窪んだ窪み323に配置されている。尚、上述したように受光装置35が外周面322に配置されるがゆえに、窪み323は、外周面322に形成されている。但し、ビーム通過部材351及び受光素子352の少なくとも一方は、窪み323とは異なる位置に配置されていてもよい。

30

【0056】

窪み323内において、ビーム通過部材351は、受光素子352の上方に配置される。つまり、ビーム通過部材351は、受光素子352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6に示すように、ビーム通過部材351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、外周面322（つまり、ステージ32の表面）よりも下方に位置していてもよい。この場合、受光装置35がステージ32の表面から突き出ることがないがゆえに、ステージ32に載置されるワークWが、受光装置35（特に、ビーム通過部材351）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がビーム通過部材351に接触することに起因してビーム通過部材351が破損することや汚染することの可能性が小さくなる。但し、ビーム通過部材351の表面は、外周面322と同じ高さに位置していてもよいし、外周面322よりも上方に位置していてもよい。

40

【0057】

ビーム通過部材351は、ガラス基板3511と、ガラス基板3511の表面の少なく

50

とも一部に形成された減衰膜 3 5 1 2 とを含む。減衰膜 3 5 1 2 は、減衰膜 3 5 1 2 に入射する加工光 E L を減衰可能な部材である。尚、第 1 実施形態における「減衰膜 3 5 1 2 による加工光 E L の減衰」は、減衰膜 3 5 1 2 を通過した加工光 E L の強度を減衰膜 3 5 1 2 に入射した加工光 E L の強度よりも小さくすることのみならず、減衰膜 3 5 1 2 に入射した加工光 E L 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 E L が減衰膜 3 5 1 2 に入射した場合には、減衰膜 3 5 1 2 によって減衰された加工光 E L が減衰膜 3 5 1 2 を介して受光素子 3 5 2 に入射するか、又は、加工光 E L が減衰膜 3 5 1 2 によって遮光されることで加工光 E L が受光素子 3 5 2 に入射することはない。尚、減衰膜 3 5 1 2 は、クロム膜又は酸化クロム膜で形成されていてもよい。

【0058】

減衰膜 3 5 1 2 には、少なくとも一つの開口 3 5 3 が形成されている。図 6 に示す例では、減衰膜 3 5 1 2 には、複数の開口 3 5 3 が形成されている。開口 3 5 3 は、減衰膜 3 5 1 2 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 E L が減衰膜 3 5 1 2 に形成された開口 3 5 3 に入射した場合には、加工光 E L は、開口 3 5 3 を介してビーム通過部材 3 5 1 を通過する。つまり、加工光 E L は、減衰膜 3 5 1 2 によって減衰又は遮光されることなく、開口 3 5 3 を介して受光素子 3 5 2 に入射する。

【0059】

このように、ガラス基板 3 5 1 1 のうち減衰膜 3 5 1 2 が形成された部分（つまり、開口 3 5 3 が形成されていない部分）は、加工光 E L を減衰させる減衰領域 3 5 4 として機能する。一方で、ガラス基板 3 5 1 1 のうち減衰膜 3 5 1 2 が形成されていない部分（つまり、開口 3 5 3 が形成されている部分）は、加工光 E L を通過させる通過領域 3 5 5 として機能する。この際、通過領域 3 5 5 は、通過領域 3 5 5 を通過する加工光 E L を減衰させない。但し、通過領域 3 5 5 は、通過領域 3 5 5 を通過する加工光 E L を減衰させてもよい。つまり、通過領域 3 5 5 は、通過領域 3 5 5 に入射した加工光 E L 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 3 5 5 に入射した加工光 E L の一部が通過する領域であってもよい。但し、通過領域 3 5 5 による加工光 E L の減衰率は、減衰領域 3 5 4 による加工光 E L の減衰率よりも小さい。減衰領域 3 5 4 は、典型的には、通過領域 3 5 5 と隣接して配置される。つまり、複数の開口 3 5 3 によってそれぞれ形成される複数の通過領域 3 5 5 の間には、減衰領域 3 5 4 が配置される。複数の通過領域 3 5 5 は、減衰領域 3 5 4 の中に配置される。尚、上述したようにビーム通過部材 3 5 1 の表面が外周面 3 2 2（つまり、ステージ 3 2 の表面）よりも下方に位置している場合には、ビーム通過部材 3 5 1 のうち減衰領域 3 5 4 として機能する部分及びビーム通過部材 3 5 1 のうち通過領域 3 5 5 として機能する部分もまた、外周面 3 2 2（つまり、ステージ 3 2 の表面）よりも下方に位置する。

【0060】

複数の開口 3 5 3 によってそれぞれ形成される複数の通過領域 3 5 5 のうちの少なくとも一つは、減衰膜 3 5 1 2 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）3 5 6 を形成していてもよい。このマーク 3 5 6 は、計測ヘッド 2 1 によって計測される。従って、計測ヘッド 2 1 によって計測可能なマーク 3 5 6 が形成されたビーム通過部材 3 5 1 は、計測部材と称されてもよい。

【0061】

例えば、図 7 に示すように、ビーム通過部材 3 5 1 には、マーク 3 5 6 の一例であるスリットマーク 3 5 6-1 が形成されていてもよい。スリットマーク 3 5 6-1 は、減衰膜 3 5 1 2 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 3 5 5 によって形成されるマークである。スリットマーク 3 5 6-1 を形成する線状の通過領域 3 5 5 の長さ（つまり、長手方向のサイズ）は、例えば 0.1 mm から 1 mm であるが、その他の長さであってもよい。スリットマーク 3 5 6-1 を形成する線状の通過領域 3 5 5 の幅（つまり、短手方向のサイズ）は、例えば数 μm であるが、その他の長さであってもよい。図 7 に示す例では、ビーム通過部材 3 5 1 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スリットマーク 3 5 6-1 が形成されている。図

10

20

30

40

50

7に示す例では、複数のスリットマーク356-1がY軸方向に沿って配列されているが、複数のスリットマーク356-1は任意の位置に形成されていてもよい。但し、ビーム通過部材351には、単一のスリットマーク356-1が形成されていてもよい。

【0062】

例えば、図7に示すように、ビーム通過部材351には、マーク356の一例であるファインマーク356-2が形成されていてもよい。ファインマーク356-2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355によって形成されるマークである。ファインマーク356-2を形成する線状の通過領域355の長さ（つまり、長手方向のサイズ）は、例えば0.1mmから1mmであるが、その他の長さであってもよい。ファインマーク356-2を形成する線状の通過領域355の幅（つまり、短手方向のサイズ）は、例えば数 μm であるが、その他の幅であってもよい。ビーム通過部材351には、線状の通過領域355が延びる方向が異なる複数のファインマーク356-2が形成されていてもよい。例えば、図7に示すように、ビーム通過部材351には、それぞれがY軸方向に沿って延び且つX軸方向に沿って配列される複数の線状の通過領域355によって形成されるファインマーク356-2と、それぞれがX軸方向に沿って延び且つY軸方向に沿って配列される複数の線状の通過領域355によって形成されるファインマーク356-2とが形成されていてもよい。また、ビーム通過部材351には、複数の線状の通過領域355の配列ピッチ（つまり、隣り合う二つの通過領域355の間の間隔）が異なる複数のファインマーク356-2が形成されていてもよい。例えば、図7に示すように、ビーム通過部材351には、配列ピッチが第1のピッチとなる複数の線状の通過領域355によって形成されるファインマーク356-2と、配列ピッチが第1のピッチよりも小さい第2のピッチとなる複数の線状の通過領域355によって形成されるファインマーク356-2とが形成されていてもよい。図7に示す例では、複数のファインマーク356-2がY軸方向に沿って配列されているが、複数のファインマーク356-2は任意の位置に形成されていてもよい。但し、ビーム通過部材351には、単一のファインマーク356-2が形成されていてもよい。

【0063】

例えば、図7に示すように、ビーム通過部材351には、マーク356の一例である矩形マーク356-3が形成されていてもよい。矩形マーク356-3は、減衰膜3512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355によって形成されるマークである。矩形マーク356-3を形成する矩形の形状の通過領域355のサイズは、例えば0.1 μm から数十 μm であるが、その他のサイズであってもよい。ビーム通過部材351には、通過領域355のサイズ（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サイズ）が異なる複数の矩形マーク356-3が形成されていてもよい。図7に示す例では、複数の矩形マーク356-3がY軸方向に沿って配列されているが、複数の矩形マーク356-3は任意の位置に形成されていてもよい。但し、ビーム通過部材351には、単一の矩形マーク356-3が形成されていてもよい。

【0064】

例えば、図7に示すように、ビーム通過部材351には、マーク356の一例であるクロスマーク356-4が形成されていてもよい。クロスマーク356-4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355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355とによって形成されるマークである。図7に示す例では、クロスマーク356-4は、それぞれがX軸方向に沿って延びY軸方向に沿って配列される複数の線状の通過領域355と、それぞれがY軸方向に沿って延びX軸方向に沿って配列される複数の線状の通過領域355とによって形成されるマークである。この場合、クロスマーク356-4は、格子状のマークであるとみなしてもよい。クロスマーク356-4を形成する線状の通過領域355の幅（つまり、短手方向のサイズ）は、例えば数 μm から数十 μm であるが、その他の幅であってもよい。クロスマーク356-4のサイズ（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サイズ)は、例えば、0.1mmから数mmであるが、その他のサイズであってもよい。ビーム通過部材351には、複数の線状の通過領域355の配列ピッチ(つまり、隣り合う二つの通過領域355の間の間隔)が異なる複数のクロスマーク356-4が形成されていてもよい。クロスマーク356-4が格子状のマークである場合には、複数の線状の通過領域355の配列ピッチが変わると、クロスマーク356-4が形成する格子の数が変わる。このため、ビーム通過部材351には、格子の数異なる複数のクロスマーク356-4が形成されていてもよい。図7に示す例では、複数のクロスマーク356-4がY軸方向に沿って配列されているが、複数のクロスマーク356-4は任意の位置に形成されていてもよい。但し、ビーム通過部材351には、単一のクロスマーク356-4が形成されていてもよい。

【0065】

例えば、図7に示すように、ビーム通過部材351には、マーク356の一例であるサーチマーク356-5が形成されていてもよい。サーチマーク356-5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355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355とによって形成されるマークである。図7に示す例では、サーチマーク356-5は、それぞれがY軸方向に沿って延び且つX軸方向に沿って離れた二つの第1の線状の通過領域355と、二つの第1の線状の通過領域355の間に配置され且つY軸方向に対して傾斜した方向に沿って延びる第2の線状の通過領域355とによって形成されるマークである。サーチマーク356-5を形成する第1の線状の通過領域355の長さ(つまり、長手方向のサイズ)は、例えば0.1mmから1mmであるが、その他の長さであってもよい。サーチマーク356-5を形成する線状の通過領域355の幅(つまり、短手方向のサイズ)は、例えば数μmであるが、その他の幅であってもよい。サーチマーク356-5のサイズ(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サイズ)は、例えば、0.1mmから数mmであるが、その他のサイズであってもよい。サーチマーク356-5を形成する二つの第1の線状の通過領域355の間の距離は、例えば0.1mmから1mmであるが、その他の距離であってもよい。第1の線状の通過領域355と当該第1の線状の通過領域355に対して傾斜する第2の線状の通過領域355とがなす角度は、10度から20度(例えば、15度)であるが、その他の角度であってもよい。図7に示す例では、複数のサーチマーク356-5がサーチマーク356-5以外の他のマーク356の周囲に形成されているが、複数のサーチマーク356-5は任意の位置に形成されていてもよい。

【0066】

受光素子352は、通過領域355(つまり、開口353)を介して受光素子352に入射してきた加工光ELを受光面3521で受光可能な(例えば、検出可能な)受光部である。受光素子352は、通過領域355(つまり、開口353)を通過した加工光ELを受光面3521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ELを光電変換可能な光電変換器があげられる。

【0067】

受光素子352は、複数の通過領域355のそれぞれを介して受光素子352に入射してきた加工光ELを受光面3521で受光可能である。尚、受光面3521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352は、第1の通過領域355(例えば、一のスリットマーク356-1を構成する通過領域355)を介して受光素子352に入射してきた加工光ELを、受光面3521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352は、第2の通過領域355(例えば、一のスリットマーク356-1とは異なる他のスリットマーク356-1を構成する通過領域355)を介して受光素子352に入射してきた加工光ELを、受光面3521の第2の部分で受光可能であってもよい。例えば、受光素子352は、第3の通過領域355(例えば、一のファインマーク356-2を構成する通過領域355)を介して受光素子352に入射してきた加工光ELを、受光面3521の第3の部分で受光可能であってもよい。

このように、第1実施形態では、受光装置35は、複数の通過領域355にそれぞれ対応する複数の受光素子352を備えていなくてもよい。受光装置35は、複数の通過領域355に共通の受光素子352を備えていればよい。但し、受光装置35は、複数の通過領域355にそれぞれ対応する複数の受光素子352を備えていてもよい。

【0068】

通過領域355を介して受光素子352が加工光ELを受光する場合には、加工光ELのフォーカス位置は、ビーム通過部材351の通過領域355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のフォーカス位置は、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1211を制御することで、加工光ELのフォーカス位置を適切な位置に設定してもよい。この際、制御装置4は、ステージ32の表面（例えば、載置面321又は外周面322）と受光面3521との間の距離（特に、加工光ELの進行方向に相当するZ軸方向における距離）に関する情報に基づいて、加工光ELのフォーカス位置を制御してもよい。例えば、加工システムSYSaの状態を、加工光ELでワークWを加工する状態と、通過領域355を介して受光素子352が加工光ELを受光する状態との間で切り替える場合には、制御装置4は、上述したステージ32の表面（例えば、載置面321又は外周面322）と受光面3521との間の距離に応じて定まる変更量だけ加工光ELのフォーカス位置を移動させてもよい。

【0069】

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の照射によって受光装置35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、受光装置35に照射される加工光ELの強度（例えば、受光素子352の受光面3521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。このとき、加工光源11自体を制御して加工光ELの強度を小さくしてもよく、加工光源11の射出側に配置される減光部材（不図示）を制御して加工光ELの強度を小さくしてもよい。

【0070】

受光素子352の受光結果は、受光素子352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352の受光結果は、受光素子352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352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352の受光結果は、制御装置4に出力される。

【0071】

加えて、上述したように、マーク356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356の計測結果が、制御装置4に出力される。

【0072】

制御装置4は、受光素子352による加工光ELの受光結果及び計測ヘッド21によるマーク356の計測結果の少なくとも一方に基づいて、加工システムSYSa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SYSa（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。つまり、加工システムSYSaは、受光装置35を用いて、加工システムSYSa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SYSa（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。以下、加工システムSYSaを制御するために用いられる受光装置35の利用態様について更に説明を進める。

【0073】

（1-2）受光装置35の利用態様

一つの実施形態では、例えば、制御装置4は、サーチマーク356-5を構成する通過

10

20

30

40

50

領域 3 5 5 を介した加工光 E L の受光結果に基づいて、受光装置 3 5 のステージ 3 2 に対する組み付け誤差を計測するための組み付け誤差計測動作を行ってもよい。例えば、制御装置 4 は、スリットマーク 3 5 6 - 1 を構成する通過領域 3 5 5 を介した加工光 E L の受光結果に基づいて、加工光 E L のフォーカス位置を制御するフォーカス制御動作を行ってもよい。例えば、制御装置 4 は、ファインマーク 3 5 6 - 2 を構成する通過領域 3 5 5 を介した加工光 E L の受光結果と計測ヘッド 2 1 によるクロスマーク 3 5 6 - 4 の計測結果とに基づいて、加工システム S Y S a の装置原点 A O と加工原点 P O 及び計測原点 M O のそれぞれとの間の距離（いわゆる、ベースライン）を計測する B - C H K 動作（ベースライン計測動作）を行ってもよい。例えば、制御装置 4 は、スリットマーク 3 5 6 - 1 を構成する通過領域 3 5 5 を介した加工光 E L の受光結果に基づいて、ワーク W の表面を走査する加工光 E L の状態（例えば、ビームプロファイル）のばらつきによる影響を抑制するための光状態制御動作を行ってもよい。例えば、制御装置 4 は、スリットマーク 3 5 6 - 1 を構成する通過領域 3 5 5 を介した加工光 E L の受光結果に基づいて、ガルバノミラー 1 2 1 2 の温度（つまり、熱）に起因して X Y 平面に沿った面内での加工光 E L の照射位置がばらつく現象の一つである温度ドリフトの影響を低減するようにガルバノミラー 1 2 1 2 を制御するガルバノ制御動作を行ってもよい。

【 0 0 7 4 】

制御装置 4 は、上述した除去加工を行うために加工光 E L がワーク W に照射され始める前に、これらの動作（例えば、組み付け誤差計測動作、フォーカス制御動作、B - C H K 動作、光状態制御動作及びガルバノ制御動作）の少なくとも一部を行ってもよい。制御装置 4 は、上述した除去加工を行うために加工光 E L がワーク W に照射され終わった後に、これらの動作の少なくとも一部を行ってもよい。制御装置 4 は、上述した除去加工を行うために加工光 E L がワーク W に照射されている期間の少なくとも一部において、これらの動作の少なくとも一部を行ってもよい。

【 0 0 7 5 】

以下、組み付け誤差計測動作、フォーカス制御動作、B - C H K 動作、光状態制御動作及びガルバノ制御動作について順に説明する。

【 0 0 7 6 】

（ 1 - 2 - 1 ） 組み付け誤差計測動作

初めに、図 8 を参照しながら、受光装置 3 5 のステージ 3 2 に対する組み付け誤差について説明する。図 8 は、ステージ 3 2 に対する組み付け誤差が生じている受光装置 3 5 を示す平面図である。

【 0 0 7 7 】

図 7 に示すように、受光装置 3 5 は、理想的な組み付け位置（つまり、設計上の組み付け位置）とは異なる位置に組み付けられる可能性がある。例えば、受光装置 3 5 は、理想的な組み付け位置から X 軸方向に沿って離れた位置に組み付けられる可能性がある。例えば、受光装置 3 5 は、理想的な組み付け位置から Y 軸方向に沿って離れた位置に組み付けられる可能性がある。例えば、受光装置 3 5 は、理想的な組み付け位置から θ Z 方向に沿って離れた位置（つまり、理想的な組み付け位置から Z 軸周りに回転した位置）に組み付けられる可能性がある。

【 0 0 7 8 】

制御装置 4 は、このような受光装置 3 5 の組み付け誤差を計測するために、サーチマーク 3 5 6 - 5 を構成する通過領域 3 5 5 を介した加工光 E L の受光結果を取得する。具体的には、制御装置 4 は、ステージ駆動系 3 3 を制御することで、受光装置 3 5 が理想的な組み付け位置に組み付けられている場合に複数のサーチマーク 3 5 6 - 5 のうちの一のサーチマーク 3 5 6 - 5 に加工ヘッド 1 2 が加工光 E L を照射可能となる位置にステージ 3 2 を移動させる。つまり、制御装置 4 は、一のサーチマーク 3 5 6 - 5 が加工ショット領域 P S A 内に位置するように、ステージ 3 2 を移動させる。この際、制御装置 4 は、ステージ 3 2 に加えて又は代えて、加工ヘッド 1 2 を移動させてもよい。その後、制御装置 4 は、一のサーチマーク 3 5 6 - 5 に対して加工光 E L を照射するように加工ヘッド 1 2 を

制御する。この際、制御装置 4 は、サーチマーク 3 5 6 - 5 に照射される加工光 E L の走査軌跡を示す平面図である図 9 に示すように、サーチマーク 3 5 6 - 5 を形成する三つの線状の通過領域 3 5 5 に加工光 E L が順に照射されるように、サーチマーク 3 5 6 - 5 を形成する三つの線状の通過領域 3 5 5 に交差する方向に沿ってサーチマーク 3 5 6 - 5 を加工光 E L で走査する。つまり、サーチマーク 3 5 6 - 5 が形成されているビーム通過部材 3 5 1 上での加工光 E L の照射位置（つまり、ビーム通過部材 3 5 1 に対する加工光 E L の位置）は、サーチマーク 3 5 6 - 5 を形成する三つの線状の通過領域 3 5 5 が並ぶ方向に沿って変わる。具体的には、上述したように、サーチマーク 3 5 6 - 5 は、それぞれが Y 軸方向に沿って延び且つ X 軸方向に沿って離れた二つの第 1 の線状の通過領域 3 5 5（図 9 に示す例では、通過領域 3 5 5 # 1 1 及び 3 5 5 # 1 2）と、Y 軸方向に対して傾斜した方向に沿って延びる第 2 の線状の通過領域 3 5 5（図 9 に示す例では、通過領域 3 5 5 # 2）とによって形成されている。この場合、制御装置 4 は、通過領域 3 5 5 # 1 1、3 5 5 # 2 及び 3 5 5 # 1 2 に加工光 E L が順に照射されるように、通過領域 3 5 5 # 1 1、3 5 5 # 2 及び 3 5 5 # 1 2 が配列されている X 軸方向に沿ってサーチマーク 3 5 6 - 5 を加工光 E L で走査する。この場合、受光素子 3 5 2 は、通過領域 3 5 5 # 1 1 を介した加工光 E L、通過領域 3 5 5 # 2 を介した加工光 E L 及び通過領域 3 5 5 # 1 2 を介した加工光 E L を順に受光する。その結果、制御装置 4 が受光素子 3 5 2 から取得する加工光 E L の受光結果は、サーチマーク 3 5 6 - 5 を介した加工光 E L の受光結果を示すグラフである図 1 0 に示すように、通過領域 3 5 5 # 1 1 を介した加工光 E L に対応するパルス波形と、通過領域 3 5 5 # 2 を介した加工光 E L に対応するパルス波形と、通過領域 3 5 5 # 1 2 を介した加工光 E L に対応するパルス波形とが順に現れる受光信号を含む。つまり、制御装置 4 が受光素子 3 5 2 から取得する加工光 E L の受光結果は、加工光 E L が通過領域 3 5 5 に照射されていない期間中の加工光 E L の強度と比較して、加工光 E L の少なくとも一部が通過領域 3 5 5 に照射されている期間中の加工光 E L の強度が大きくなっていることを示す受光信号を含む。ここで、加工光 E L を走査するためのガルバノミラー 1 2 1 2 の制御信号と、受光素子 3 5 2 の受光信号とを同期させることが好ましい。

【0079】

受光信号に含まれる複数のパルス波形の位置（つまり、受光タイミング）は、受光装置 3 5 の実際の組み付け位置に依存する。例えば、図 1 1（a）は、理想的な組み付け位置に組み付けられている受光装置 3 5 のサーチマーク 3 5 6 - 5 を示し、図 1 1（b）は、理想的な組み付け位置とは異なる位置に組み付けられている受光装置 3 5 のサーチマーク 3 5 6 - 5 を示し、一方で、図 1 1（c）は、理想的な組み付け位置に組み付けられている受光装置 3 5 のサーチマーク 3 5 6 - 5 を介した加工光 E L の受光結果に相当する受光信号を示している。図 1 1（d）は、理想的な組み付け位置とは異なる位置に組み付けられている受光装置 3 5 のサーチマーク 3 5 6 - 5 を介した加工光 E L の受光結果に相当する受光信号を示す。図 1 1（a）から図 1 1（d）に示すように、理想的な組み付け位置に受光装置 3 5 が組み付けられている場合に取得される受光信号に含まれる複数のパルス波形の位置は、理想的な組み付け位置とは異なる位置に受光装置 3 5 が組み付けられている場合に取得される受光信号に含まれる複数のパルス波形の位置とは異なる。つまり、理想的な組み付け位置に受光装置 3 5 が組み付けられている場合に取得される受光信号に含まれる複数のパルス波形の間隔 L 1 及び L 2（図 1 1（c）参照）は、理想的な組み付け位置とは異なる位置に受光装置 3 5 が組み付けられている場合に取得される受光信号に含まれる複数のパルス波形の間隔 L 1 及び L 2（図 1 1（d）参照）とは異なる。

【0080】

このため、制御装置 4 は、一のサーチマーク 3 5 6 - 5 を介した加工光 E L の受光結果に基づいて、一のサーチマーク 3 5 6 - 5 の理想的な位置に対する一のサーチマーク 3 5 6 - 5 の実際の位置のずれ量を算出することができる。例えば、制御装置 4 は、X 軸方向及び Y 軸方向のそれぞれにおける、一のサーチマーク 3 5 6 - 5 の理想的な位置に対する一のサーチマーク 3 5 6 - 5 の実際の位置のずれ量を算出することができる。このとき、制御装置 4 は、受光信号に含まれる複数のパルス波形の間隔 L 1 及び L 2 を用いて、位置

のずれ量を算出してもよい。

【0081】

制御装置4は、サーチマーク356-5を介した加工光ELの受光結果を取得する動作を、受光装置35が備える全ての（或いは、一部の）サーチマーク356-5に対して順に行う。その結果、制御装置4は、各サーチマーク356-5の理想的な位置に対する各サーチマーク356-5の実際の位置のずれ量を算出することができる。つまり、制御装置4は、複数のサーチマーク356-5のそれぞれの実際の位置のずれ量を算出することができる。

【0082】

その後、制御装置4は、複数のサーチマーク356-5のそれぞれの実際の位置のずれ量に基づいて、受光装置35のステージ32に対する組み付け誤差を算出する。例えば、制御装置4は、一つのサーチマーク356-5の実際の位置のずれ量に基づいて、X軸方向及びY軸方向のそれぞれにおける受光装置35の組み付け誤差を算出してもよい。例えば、制御装置4は、二つ以上のサーチマーク356-5の実際の位置のずれ量に基づいて、X軸方向及びY軸方向のそれぞれにおける受光装置35の組み付け誤差と、Z軸周りにおける受光装置35の組付け誤差とを算出してもよい。尚、制御装置4は、サーチマーク356-5の実際の位置のずれ量に加えて又は代えて、スリットマーク356-1、ファインマーク356-2、矩形マーク356-3及びクロスマーク356-4のうち少なくとも一つの実際の位置のずれ量に基づいて、X軸方向及びY軸方向のそれぞれにおける受光装置35の組み付け誤差と、Z軸周りにおける受光装置35の組付け誤差とを算出して

【0083】

受光装置35の組み付け誤差が算出された場合には、制御装置4は、算出された組み付け誤差に関する情報に基づいて、加工システムSYSa（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。例えば、制御装置4は、算出された組み付け誤差に関する情報に基づいて、組み付け誤差がゼロでない場合であっても組み付け誤差がゼロである場合と同様に受光装置35に加工光ELを照射するように、加工装置1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。例えば、制御装置4は、算出された組み付け誤差に関する情報に基づいて、組み付け誤差がゼロでない場合であっても組み付け誤差がゼロである場合と同様に計測装置2が受光装置35（具体的には、受光装置35に形成されたマーク356）を計測するように、加工装置1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。典型的には、組付け誤差を相殺するように、加工ヘッド12、計測ヘッド21及びステージ32の少なくとも一つが移動する。その結果、加工システムSYSaは、受光装置35の組み付け誤差が生じている場合であっても、受光装置35の組み付け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。つまり、加工システムSYSaは、ワークWを適切に加工することができる。

【0084】

（1-2-2）フォーカス制御動作

続いて、図12（a）から図12（c）を参照しながら、フォーカス制御動作について説明する。図12（a）は、フォーカス制御動作を行うために加工ヘッド12が加工光ELを受光装置35に照射する様子を示す断面図であり、図12（b）は、フォーカス制御動作を行うために加工ヘッド12が加工光ELを受光装置35に照射する様子を示す平面図であり、図12（c）は、受光装置35が備える受光素子352による加工光ELの受光結果を示すグラフである。

【0085】

図12（a）及び図12（b）に示すように、フォーカス制御動作を行うために、スリットマーク356-1を構成する通過領域355を介した加工光ELの受光結果を取得する。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、複数のスリットマーク356-1のうちの一のスリットマーク356-1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、制御装置4は、一のスリッ

トマーク 3 5 6 - 1 が加工ショット領域 P S A 内に位置するように、ステージ 3 2 を移動させる。この際、制御装置 4 は、ステージ 3 2 に加えて又は代えて、加工ヘッド 1 2 を移動させてもよい。その後、制御装置 4 は、一のスリットマーク 3 5 6 - 1 に対して加工光 E L を照射するように加工ヘッド 1 2 を照射する。

【0086】

この際、加工ヘッド 1 2 は、制御装置 4 の制御下で、ガルバノミラー 1 2 1 2 を用いて加工光 E L を偏向することで、加工光 E L にステージ 3 2 の表面の少なくとも一部（具体的には、一のスリットマーク 3 5 6 - 1 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 1 2 は、X Y 平面に沿った面内において加工光 E L（より具体的には、加工光 E L の目標照射領域 E A）が一のスリットマーク 3 5 6 - 1 を構成する通過領域 3 5 5 を横切るように、加工光 E L にステージ 3 2 の表面の少なくとも一部を走査させる。特に、加工ヘッド 1 2 は、X Y 平面に沿った面内において、スリットマーク 3 5 6 - 1 を構成する線状の通過領域 3 5 5 の短手方向に沿って加工光 E L がスリットマーク 3 5 6 - 1 を横切るように、加工光 E L にステージ 3 2 の表面の少なくとも一部を走査させてもよい。図 1 2（a）及び図 1 2（b）に示す例では、加工ヘッド 1 2 は、X Y 平面に沿った面内において、X 軸方向に沿って延びる通過領域 3 5 5 によって構成されるスリットマーク 3 5 6 - 1 を Y 軸方向に沿って加工光 E L が横切るように、加工光 E L にステージ 3 2 の表面の少なくとも一部を走査させている。

【0087】

加工光 E L がステージ 3 2 の表面の少なくとも一部を走査している期間中は、ステージ 3 2 は移動しなくてもよい。つまり、加工光 E L がステージ 3 2 の表面の少なくとも一部を走査している期間中は、加工装置 1 とステージ 3 2 との位置関係（特に、X Y 平面に沿った方向）は固定されていてもよい。その結果、加工光 E L は、ガルバノミラー 1 2 1 2 の特性に応じて定まる一定の走査速度で、ステージ 3 2 の表面の少なくとも一部を走査することになる。

【0088】

その結果、加工光 E L がステージ 3 2 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 E L が一のスリットマーク 3 5 6 - 1 に照射されることになる。つまり、加工光 E L がステージ 3 2 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 E L が受光素子 3 5 2 によって受光される。

【0089】

制御装置 4 は、図 1 2（c）に示すように、加工光 E L がスリットマーク 3 5 6 - 1 を構成する通過領域 3 5 5 に照射されていない期間中の加工光 E L の強度と比較して、加工光 E L の少なくとも一部が通過領域 3 5 5 に照射されている期間中は加工光 E L 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 E L の受光結果として取得する。尚、図 1 2（c）の横軸である時間（受光タイミング）は、加工光 E L とステージ 3 2 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。尚、加工光 E L がステージ 3 2 の表面の少なくとも一部を走査する速度は一定でなくてもよい。この場合、ガルバノミラー 1 2 1 2 の駆動量（角度）を、加工光 E L とステージ 3 2 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てもよい。

【0090】

制御装置 4 は、受光信号に基づいて、加工光 E L のスポット径（つまり、ワーク W の表面上でのスポット径）を算出することができる。具体的には、制御装置 4 は、受光信号から、加工光 E L の強度が所定値より大きくなっている時間（つまり、加工光 E L の少なくとも一部が通過領域 3 5 5 に照射されている時間）を特定することができる。この場合、制御装置 4 は、特定した時間と加工光 E L の走査速度とに基づいて、加工光 E L のスポット径を算出することができる。このとき、受光信号には、スリット幅（スリットマーク 3 5 6 - 1 の光通過部の走査方向における幅）の分だけ移動平均がかかっているため、制御装置 4 は、この分（例えば、スリット幅の影響）を考慮してスポット径を算出してもよい。例えば、制御装置 4 は、受光信号の波形を、スリット幅を考慮してガウス分布で近似し

、近似によって得られた近似曲線に基づいてビーム径を算出してもよい。

【0091】

その後、制御装置4は、算出したスポット径が、加工条件として設定されているスポット径（例えば、上述した初期設定動作によって設定されたスポット径）と一致するように、加工光ELのフォーカス位置を制御してもよい。この際、制御装置4は、フォーカス位置を変更した場合には、変更後のフォーカス位置が適切であるか否かを確認するために、受光装置35による加工光ELの検出が再度行われるように、加工装置1中のフォーカス変更光学系1211を制御してもよい。この場合、制御装置4は、受光素子352の再受光結果に基づいて改めて算出されたスポット径が、加工条件として設定されているスポット径と一致しているか否かを判定してもよい。その結果、加工システムSYSaは、フォーカス位置が適切に設定された加工光ELを用いて、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SYSaは、ワークWを適切に加工することができる。尚、照射光学系121のテレセントリック性が良好な場合には、制御装置4は、変更後のフォーカス位置が適切であるか否かを確認するために、受光装置35による加工光ELの検出が再度行われるように、加工装置1のヘッド駆動系13を制御してもよい。

【0092】

尚、X軸及びY軸のそれぞれに対する角度が異なる複数のスリットマーク356-1がビーム通過部材351に形成されている場合には、制御装置4は、少なくとも二つのスリットマーク356-1を介した加工光ELの受光結果に基づいて、加工光ELのスポットの楕円度（例えば、X軸方向におけるスポットのサイズとY軸方向におけるスポットのサイズとの比（差））を算出してもよい。尚、加工光ELのスポットの楕円度が許容値よりも大きい場合、照射光学系121は、楕円度を制御する（典型的には、小さくする）ための光学部材を備えていてもよい。楕円度を制御するための光学部材の一例として、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ダリカルレンズ等の少なくとも一つ）があげられる。このとき、この光学部材を光軸廻りに回転させて楕円度を調整してもよいし、複数の光学部材の間隔等を変更して楕円度を調整してもよい。

【0093】

また、上述した説明では、フォーカス制御動作を行うための用いられる受光装置35（特に、スリットマーク356-1及び受光素子352）は、いわゆるスリット型のビームプロファイラを構成しているとみなしてもよい。つまり、制御装置4は、スリット型のビームプロファイラを用いてフォーカス制御動作を行っているとみなしてもよい。但し、制御装置4は、スリット型のビームプロファイラとは異なるビームプロファイラを用いてフォーカス制御動作を行ってもよい。例えば、制御装置4は、矩形マーク356-3及び受光素子352から構成されるナイフエッジ型のビームプロファイラを用いて加工光ELのスポット径を算出することで、フォーカス制御動作を行ってもよい。例えば、ピンホールとみなしてもよいほどにサイズが小さい矩形マーク356-3が形成されている場合には、制御装置4は、矩形マーク356-3及び受光素子352から構成されるピンホール型のビームプロファイラを用いて加工光ELのスポット径を算出することで、フォーカス制御動作を行ってもよい。

【0094】

（1-2-3）B-CHK動作

続いて、B-CHK動作について説明する。B-CHK動作は、上述したように、加工システムSYSaの装置原点AOと加工原点PO及び計測原点MOのそれぞれとの間の距離を計測する動作である。

【0095】

B-CHK動作を行うに際して、制御装置4は、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に相当する装置原点AOを設定する。装置原点AOを設定するために、制御装置4は、ステージ32に形成された基準マークBMを計測するように、計測ヘッド21を制御する。基準マークBMは、装置原点AOを定義するためにステ

ージ 3 2 に形成されるマークである。例えば、基準マーク B M が形成されているステージ 3 2 を示す平面図である図 1 3 に示すように、基準マーク B M は、ステージ 3 2 の外周面 3 2 2 に形成されていてもよい。但し、基準マーク B M は、ステージ 3 2 の外周面 3 2 2 とは異なる部分に形成されていてもよい。例えば、基準マーク B M は、ステージ 3 2 の載置面 3 2 1 に形成されていてもよい。また、ステージ 3 2 には、複数の（図 3 に示す例では、二つの）基準マーク B M が形成されているが、単一の基準マーク B M が形成されていてもよい。尚、複数の基準マーク B M がステージ 3 2 に形成されている場合には、制御装置 4 は、基準マーク B M の計測結果に基づいて、ステージ 3 2 の Z 軸廻りの回転位置を求めることができる。

【 0 0 9 6 】

第 1 実施形態では、装置原点 A O は、基準マーク B M に対して所定の第 1 位置関係を有する位置に設定される。例えば、装置原点 A O がステージ 3 2 の中心に設定される場合には、基準マーク B M は、ステージ 3 2 の中心に対して所定の第 1 位置関係を有する位置に形成される。図 1 3 に示す例では、装置原点 A O は、二つの基準マーク B M からの距離が等しい線上に位置し且つ二つの基準マーク B M の中点から所定量だけ + X 側に慣れた位置が、装置原点 A O の位置に設定される。この場合、制御装置 4 は、各基準マーク B M を計測ヘッド 2 1 が計測したときのステージ 3 2 の位置を位置計測装置 3 4 から取得する。このため、制御装置 4 は、ステージ 3 2 の位置に関する情報を取得する取得装置として機能してもよい。その後、制御装置 4 は、取得したステージ 3 2 の位置と所定の第 1 位置関係を有する位置を、装置原点 A O に設定してもよい。尚、基準マーク B M そのものが装置原点 A O を示していてもよい。この場合、基準マーク B M を計測ヘッド 2 1 が計測したときのステージ 3 2 の位置が、装置原点 A O となる。

【 0 0 9 7 】

基準マーク B M は、受光装置 3 5（特に、受光装置 3 5 が備える通過領域 3 5 5）に対して所定の第 2 位置関係を有する位置に形成されていてもよい。この場合、装置原点 A O は、実質的には、受光装置 3 5 に対して所定の第 3 位置関係を有する位置に設定されるとも言える。基準マーク B M が受光装置 3 5 に対して所定の第 2 位置関係を有する位置に形成されている場合には、基準マーク B M と装置原点 A O と受光装置 3 5 との位置関係が変わる可能性が小さくなる。その結果、装置原点 A O と計測原点 M O との間の距離及び装置原点 A O と加工原点 P O との間の距離が精度よく算出可能となる。

【 0 0 9 8 】

装置原点 A O が設定された後に、制御装置 4 は、装置原点 A O と加工原点 P O との間の距離と装置原点 A O と計測原点 M O との間の距離とを算出する。加工原点 P O は、加工ショット領域 P S A の中心とステージ 3 2 の中心とが一致し且つ加工光 E L のフォーカス位置がステージ 3 2 の表面に一致する場合のステージ 3 2 の位置に相当する。計測原点 M O は、計測ショット領域 M S A の中心とステージ 3 2 の中心とが一致し且つ計測光 M L のフォーカス位置がステージ 3 2 の表面に一致する場合のステージ 3 2 の位置に相当する。また、以下の説明では、装置原点 A O と加工原点 P O との間の距離は、“加工ベースライン B L p r c”と称し、装置原点 A O と計測原点 M O との間の距離は、“計測ベースライン B L m s r”と称する。加工ベースライン B L p r c 及び計測ベースライン B L m s r の一例が、図 1 4（a）及び図 1 4（b）に示されている。図 1 4（a）及び図 1 4（b）に示すように、加工ベースライン B L p r c は、X 軸方向における装置原点 A O と加工原点 P O との間の距離に相当する成分 $\Delta X p r c$ と、Y 軸方向における装置原点 A O と加工原点 P O との間の距離に相当する成分 $\Delta Y p r c$ と、Z 軸方向における装置原点 A O と加工原点 P O との間の距離に相当する成分 $\Delta Z p r c$ とを含んでいてもよい。計測ベースライン B L m s r は、X 軸方向における装置原点 A O と計測原点 M O との間の距離に相当する成分 $\Delta X m s r$ と、Y 軸方向における装置原点 A O と計測原点 M O との間の距離に相当する成分 $\Delta Y m s r$ と、Z 軸方向における装置原点 A O と計測原点 M O との間の距離に相当する成分 $\Delta Z m s r$ とを含んでいてもよい。

【 0 0 9 9 】

尚、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 との間の設計上の距離に相当する成分及び X 軸方向の誤差量に相当する成分の和と、Y 軸方向における装置原点 AO と加工原点 PO との間の設計上の距離に相当する成分及び Y 軸方向の誤差量に相当する成分の和と、Z 軸方向における装置原点 AO と加工原点 PO との間の設計上の距離に相当する成分及び Z 軸方向の誤差量に相当する成分の和とを含んでいてもよい。また、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 との間の設計上の距離に相当する成分及び X 軸方向の誤差量に相当する成分の和と、Y 軸方向における装置原点 AO と計測原点 MO との間の設計上の距離に相当する成分及び Y 軸方向の誤差量に相当する成分の和と、Z 軸方向における装置原点 AO と計測原点 MO との間の設計上の距離に相当する成分及び Z 軸方向の誤差量に相当する成分の和とを含んでいてもよい。

10

【0100】

尚、加工原点 PO 及び計測原点 MO は、ステージ 32 の中心に設定されていなくてもよい。加工原点 PO 及び計測原点 MO は、ステージ 32 の中心とは異なる位置に設定されていてもよい。加工原点 PO 及び計測原点 MO は、任意の位置に設定されてもよい。

【0101】

計測ベースライン BL_{msr} を算出するために、制御装置 4 は、計測ヘッド 21 によるクロスマーク 356-4 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、受光装置 35 の基準が計測ショット領域 MSA の中心（中心の近傍（中心と同一視できる程度に中心に近い範囲）を含む、以下同じ）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。例えば、制御装置 4 は、受光装置 35 の基準として利用可能な一のクロスマーク 356-4 が計測ショット領域 MSA の中心に位置するように、ステージ 32 を移動させる。或いは、制御装置 4 は、受光装置 35 の基準として利用可能な受光装置 35 の任意のマーク（このマークは、通過領域 355 に対して所定（既知）の位置関係を有していてもよい）が計測ショット領域 MSA の中心に位置するように、ステージ 32 を移動させてもよい。この場合には、制御装置 4 は、少なくとも一つのクロスマーク 356-4 が計測ショット領域 MSA に含まれるように、ステージ 32 を移動させてもよい。更に、制御装置 4 は、計測光 ML のフォーカス位置がステージ 32 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。その後、計測ヘッド 21 は、一のクロスマーク 356-4 を計測する。更に、制御装置 4 は、計測ヘッド 21 が一のクロスマーク 356-4 を計測した時点でのステージ 32 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 が一のクロスマーク 356-4 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 BL_{msr} を算出することができる。

20

30

【0102】

なお、制御装置 4 は、X 軸方向及び Y 軸方向のそれぞれにおける計測ベースライン BL_{msr} を算出する一方で、Z 軸方向における計測ベースライン BL_{msr} を算出しなくてもよい。

【0103】

計測ベースライン BL_{msr} 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、算出した計測ベースライン BL_{msr} に基づいてステージ 32（更には、必要に応じて計測ヘッド 21）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、算出した計測ベースライン BL_{msr} に基づいてステージ 32（更には、必要に応じて計測ヘッド 21）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。

40

【0104】

但し、計測ベースライン BL_{msr} は、計測ヘッド 21 及びステージ 32 の少なくとも

50

一方の位置ずれ等に起因して、時間の経過と共に変動する可能性がある。つまり、第1のタイミングでの計測ベースラインB L m s rは、第1のタイミングとは異なる（例えば、第1のタイミングの後の）第2のタイミングでの計測ベースラインB L m s rとは異なる可能性がある。このため、制御装置4は、計測ベースラインB L m s rを算出する動作を定期的に又はランダムなタイミングで行ってもよい。尚、制御装置4は、計測ベースラインB L m s rを管理する際に、設計値からのずれ量（組み付け誤差に相当）と、経時変化に伴う変動量とを別々に管理してもよい。

【0105】

具体的には、第1のタイミングで計測ベースラインB L m s rが算出された後、制御装置4は、第2のタイミングにおいて、計測ヘッド21が一のクロスマーク356-4（具体的には、第1のタイミングで計測ベースラインB L m s rを算出するために計測された一のクロスマーク356-4）を計測可能となるようにステージ32を移動させる。更に、制御装置4は、計測ヘッド21が一のクロスマーク356-4を計測した時点（つまり、計測ヘッド21が一のクロスマーク356-4を計測可能となった時点）でのステージ32の位置を位置計測装置34から取得する。ここで、第2のタイミングでの計測ベースラインB L m s rが第1のタイミングでの計測ベースラインB L m s rと同じである場合には、第2のタイミングにおいて計測ヘッド21が一のクロスマーク356-4を計測した時点でのステージ32の位置は、第1のタイミングにおいて計測ヘッド21が一のクロスマーク356-4を計測した時点でのステージ32の位置と一致するはずである。一方で、第2のタイミングでの計測ベースラインB L m s rが第1のタイミングでの計測ベースラインB L m s rと異なる場合には、第2のタイミングにおいて計測ヘッド21が一のクロスマーク356-4を計測した時点でのステージ32の位置は、第1のタイミングにおいて計測ヘッド21が一のクロスマーク356-4を計測した時点でのステージ32の位置と一致しないはずである。このため、制御装置4は、第2のタイミングにおいて計測ヘッド21が一のクロスマーク356-4を計測した時点でのステージ32の位置と、第1のタイミングにおいて計測ヘッド21が一のクロスマーク356-4を計測した時点でのステージ32の位置とに基づいて、計測ベースラインB L m s rの変動量（つまり、第1のタイミングでの計測ベースラインB L m s rを基準位置とする変動量）を算出することができる。つまり、制御装置4は、第2のタイミングにおいて計測ヘッド21が一のクロスマーク356-4を計測した時点でのステージ32の位置と、第1のタイミングにおいて計測ヘッド21が一のクロスマーク356-4を計測した時点でのステージ32の位置とに基づいて、計測ヘッド21が一のクロスマーク356-4を計測可能となるときステージ32の位置の変動量を算出することができる。このため、制御装置4は、第1のタイミングで算出された計測ベースラインB L m s rと、第2のタイミングで算出された計測ベースラインB L m s rの変動量とに基づいて、第2のタイミングでの計測ベースラインB L m s rを算出することができる。つまり、制御装置4は、計測ベースラインB L m s rを更新することができる。計測ベースラインB L m s rが更新された場合には、制御装置4は、更新された計測ベースラインB L m s rに基づいて、計測ヘッド21及びステージ32の少なくとも一方を移動させる。

【0106】

或いは、制御装置4は、第2のタイミングにおいて、第1のタイミングで算出された計測ベースラインB L m s rに基づいて、受光装置35の基準（例えば、一のクロスマーク356-4）が計測ショット領域M S Aの中心に位置し且つ計測光M Lのフォーカス位置がステージ32の表面に一致するように、計測ヘッド21を移動させてもよい。その後、計測ヘッド21は、一のクロスマーク356-4を計測してもよい。ここで、第1のタイミングでの計測ベースラインB L m s rが第2のタイミングでの計測ベースラインB L m s rと異なる場合には、第1のタイミングでのクロスマーク356-4の計測結果は、第2のタイミングでの同じクロスマーク356-4の計測結果と一致しなくなる。なぜならば、計測ベースラインB L m s rの変動に起因して、第1のタイミングで算出された計測ベースラインB L m s rに基づいて移動するステージ32は、第2のタイミングにおいて

計測ショット領域 M S A の中心に受光装置 3 5 の基準（例えば、一のクロスマーク 3 5 6 - 4）が位置するように移動することができなくなる可能性があるからである。このため、制御装置 4 は、第 1 のタイミングでのクロスマーク 3 5 6 - 4 の計測結果と第 2 のタイミングでの同じクロスマーク 3 5 6 - 4 の計測結果とを比較することで、計測ベースライン B L m s r の変動量（つまり、第 1 のタイミングでの計測ベースライン B L m s r を基準位置とする変動量）を算出してもよい。つまり、制御装置 4 は、第 1 のタイミングでのクロスマーク 3 5 6 - 4 の計測結果と第 2 のタイミングでの同じクロスマーク 3 5 6 - 4 の計測結果とに基づいて、計測ベースライン B L m s r を更新してもよい。

【0107】

続いて、加工ベースライン B L p r c を算出するために、制御装置 4 は、ファインマーク 3 5 6 - 2 を構成する通過領域 3 5 5 を介した加工光 E L の受光素子 3 5 2 による受光結果を取得する。具体的には、制御装置 4 は、ステージ駆動系 3 3 を制御することで、受光装置 3 5 の基準が加工ショット領域 P S A の中心（中心の近傍（中心と同一視できる程度に中心に近い範囲）を含む、以下同じ）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。例えば、制御装置 4 は、受光装置 3 5 の基準として利用可能な一のファインマーク 3 5 6 - 2 が加工ショット領域 P S A の中心に位置するように、ステージ 3 2 を移動させる。或いは、制御装置 4 は、受光装置 3 5 の基準として利用可能な受光装置 3 5 の任意のマーク（このマークは、通過領域 3 5 5 に対して所定の位置関係を有していてもよい）が加工ショット領域 P S A の中心に位置するように、ステージ 3 2 を移動させてもよい。更に、制御装置 4 は、加工光 E L のフォーカス位置がステージ 3 2 の表面に一致するように、ヘッド駆動機構 1 3 を制御して Z 軸方向に沿って加工ヘッド 1 2 を移動させる。その後、加工ヘッド 1 2 は、一のファインマーク 3 5 6 - 2 に加工光 E L を照射する。

【0108】

この際、加工ヘッド 1 2 は、制御装置 4 の制御下で、ガルバノミラー 1 2 1 2 を用いて加工光 E L を偏向することで、加工光 E L にステージ 3 2 の表面の少なくとも一部（具体的には、一のファインマーク 3 5 6 - 2 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 1 2 は、X Y 平面に沿った面内において加工光 E L（より具体的には、加工光 E L の目標照射領域 E A）が一のファインマーク 3 5 6 - 2 を構成する複数の通過領域 3 5 5 を順に横切るように、加工光 E L にステージ 3 2 の表面の少なくとも一部を走査させる。特に、加工ヘッド 1 2 は、X Y 平面に沿った面内において、ファインマーク 3 5 6 - 2 を構成する複数の線状の通過領域 3 5 5 の短手方向に沿って加工光 E L が複数の通過領域 3 5 5 を順に横切るように、加工光 E L にステージ 3 2 の表面の少なくとも一部を走査させてもよい。

【0109】

加工光 E L がファインマーク 3 5 6 - 2 に照射される場合には、制御装置 4 は、ファインマーク 3 5 6 - 2 が形成されているビーム通過部材 3 5 1 の表面における加工光 E L のスポット径を、ファインマーク 3 5 6 - 2 を構成する複数の通過領域 3 5 5 の配列ピッチ（つまり、隣り合う二つの通過領域 3 5 5 の間隔又は距離）に基づいて設定してもよい。尚、スポット径は、ビーム通過部材 3 5 1 の表面上で加工光 E L が照射される領域の大きさを意味する。例えば、加工光 E L のスポット径とファインマーク 3 5 6 - 2 との関係を示す平面図である図 1 5 に示すように、制御装置 4 は、ファインマーク 3 5 6 - 2 を構成する複数の通過領域 3 5 5 が並ぶ方向（図 1 5 に示す例では、Y 軸方向）において、加工光 E L のスポット径 S P r が通過領域 3 5 5 の配列ピッチ P T 以下になるように、加工光 E L のスポット径 S P r を設定してもよい。この場合、加工光 E L が二つ以上の通過領域 3 5 5 に同時に照射されることはない。或いは、例えば、加工光 E L のスポット径とファインマーク 3 5 6 - 2 との関係を示す平面図である図 1 6 に示すように、制御装置 4 は、ファインマーク 3 5 6 - 2 を構成する複数の通過領域 3 5 5 が並ぶ方向（図 1 6 に示す例では、Y 軸方向）において、加工光 E L のスポット径 S P r が通過領域 3 5 5 の配列ピッチ P T よりも大きくなるように、加工光 E L のスポット径 S P r を設定してもよい。この

場合、場合によっては、加工光 E L が二つ以上の通過領域 3 5 5 に同時に照射される。その結果、場合によっては、ファインマーク 3 5 6 - 2 を構成する一の通過領域 3 5 5 を介した加工光 E L が受光素子 3 5 2 に到達する期間（つまり、照射されている期間）のうちの少なくとも一部において、一の通過領域 3 5 5 とは異なるファインマーク 3 5 6 - 2 を構成する他の通過領域 3 5 5 を介した加工光 E L が受光素子 3 5 2 に到達する（つまり、照射される）。加工光 E L がパルス光である場合には、ファインマーク 3 5 6 - 2 を構成する一の通過領域 3 5 5 を介した一連のパルス光が受光素子 3 5 2 に到達する期間のうちの少なくとも一部において、ファインマーク 3 5 6 - 2 を構成する他の通過領域 3 5 5 を介した同じ一連のパルス光が受光素子 3 5 2 に到達する（つまり、照射される）。

【0110】

尚、複数の線状の通過領域 3 5 5 の配列ピッチが異なる複数のファインマーク 3 5 6 - 2 が形成されている場合には、B - C H K 動作を行う際のスポット径 S P r による制約が小さくなる。つまり、加工システム S Y S a は、スポット径 S P r の制約を受けることなく、B - C H K 動作を行うことができる。

【0111】

尚、ファインマーク 3 5 6 - 2 が形成されているビーム通過部材 3 5 1 の表面における加工光 E L のスポット径に基づいて、ファインマーク 3 5 6 - 2 を構成する複数の通過領域 3 5 5 の配列ピッチ（つまり、隣り合う二つの通過領域 3 5 5 の間隔又は距離）を設定してもよい。このスポット径は、実測値であってもよいし設計値であってもよい。

【0112】

制御装置 4 は、受光素子 3 5 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 5 2 が一のファインマーク 3 5 6 - 2 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。

【0113】

加工ベースライン B L p r c 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、算出した加工ベースライン B L p r c に基づいてステージ 3 2（更には、必要に応じて加工ヘッド 1 2）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、算出した加工ベースライン B L p r c に基づいてステージ 3 2（更には、必要に応じて加工ヘッド 1 2）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。

【0114】

但し、加工ベースライン B L p r c は、加工ヘッド 1 2 及びステージ 3 2 の少なくとも一方の位置ずれ等に起因して、時間の経過と共に変動する可能性がある。つまり、第 3 のタイミングでの加工ベースライン B L p r c は、第 3 のタイミングとは異なる（例えば、第 3 のタイミングの後の）第 4 のタイミングでの加工ベースライン B L p r c とは異なる可能性がある。このため、制御装置 4 は、加工ベースライン B L p r c を算出する動作を定期的に又はランダムなタイミングで行ってもよい。

【0115】

具体的には、第 3 のタイミングで加工ベースライン B L p r c が算出された後、制御装置 4 は、第 4 のタイミングにおいて、加工ヘッド 1 2 が一のファインマーク 3 5 6 - 2（具体的には、第 3 のタイミングで加工ベースライン B L p r c を算出するために加工光 E L が照射された一のファインマーク 3 5 6 - 2）に加工光 E L を照射可能となるようにステージ 3 2 を移動させる。更に、制御装置 4 は、受光素子 3 5 2 が一のファインマーク 3 5 6 - 2 を介した加工光 E L を受光した時点（つまり、加工ヘッド 1 2 が加工光 E L を一のファインマーク 3 5 6 - 2 に照射可能となった時点）でのステージ 3 2 の位置を位置計

10

20

30

40

50

測装置 3 4 から取得する。ここで、第 4 のタイミングでの加工ベースライン B L p r c が第 3 のタイミングでの加工ベースライン B L p r c と同じである場合には、第 4 のタイミングにおいて受光素子 3 5 2 が一のファインマーク 3 5 6 - 2 を介した加工光 E L を受光した時点でのステージ 3 2 の位置は、第 3 のタイミングにおいて受光素子 3 5 2 が一のファインマーク 3 5 6 - 2 を介した加工光 E L を受光した時点でのステージ 3 2 の位置と一致するはずである。一方で、第 4 のタイミングでの加工ベースライン B L p r c が第 3 のタイミングでの加工ベースライン B L p r c と異なる場合には、第 4 のタイミングにおいて受光素子 3 5 2 が一のファインマーク 3 5 6 - 2 を介した加工光 E L を受光した時点でのステージ 3 2 の位置は、第 3 のタイミングにおいて受光素子 3 5 2 が一のファインマーク 3 5 6 - 2 を介した加工光 E L を受光した時点でのステージ 3 2 の位置と一致しないはずである。このため、制御装置 4 は、第 4 のタイミングにおいて受光素子 3 5 2 が一のファインマーク 3 5 6 - 2 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、第 3 のタイミングにおいて受光素子 3 5 2 が一のファインマーク 3 5 6 - 2 を介した加工光 E L を受光した時点でのステージ 3 2 の位置とに基づいて、加工ベースライン B L p r c の変動量（つまり、第 3 のタイミングでの加工ベースライン B L p r c を基準位置とする変動量）を算出することができる。つまり、制御装置 4 は、第 4 のタイミングにおいて受光素子 3 5 2 が一のファインマーク 3 5 6 - 2 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、第 3 のタイミングにおいて受光素子 3 5 2 が一のファインマーク 3 5 6 - 2 を介した加工光 E L を受光した時点でのステージ 3 2 の位置とに基づいて、加工ヘッド 1 2 が一のファインマーク 3 5 6 - 2 に加工光 E L を照射可能となるときのステージ 3 2 の位置の変動量を算出することができる。このため、制御装置 4 は、第 3 のタイミングで算出された加工ベースライン B L p r c と、第 4 のタイミングで算出された加工ベースライン B L p r c の変動量とに基づいて、第 4 のタイミングでの加工ベースライン B L p r c を算出することができる。つまり、制御装置 4 は、加工ベースライン B L p r c を更新することができる。加工ベースライン B L p r c が更新された場合には、制御装置 4 は、更新された加工ベースライン B L p r c に基づいて、加工ヘッド 1 2 及びステージ 3 2 の少なくとも一方を移動させる。

【 0 1 1 6 】

或いは、制御装置 4 は、第 4 のタイミングにおいて、第 3 のタイミングで算出された加工ベースライン B L p r c に基づいて、受光装置 3 5 の基準（例えば、一のファインマーク 3 5 6 - 2 ）が加工ショット領域 P S A の中心に位置し且つ加工光 E L のフォーカス位置がステージ 3 2 の表面に一致するように、加工ヘッド 1 2 を移動させてもよい。その後、加工ヘッド 1 2 は、一のファインマーク 3 5 6 - 2 に加工光 E L を照射してもよい。ここで、第 3 のタイミングでの加工ベースライン B L p r c が第 4 のタイミングでの加工ベースライン B L p r c と異なる場合には、第 3 のタイミングでのファインマーク 3 5 6 - 2 を介した加工光 E L の受光結果は、第 4 のタイミングでの同じファインマーク 3 5 6 - 2 を介した加工光 E L の受光結果と一致しなくなる。なぜならば、加工ベースライン B L p r c の変動に起因して、第 3 のタイミングで算出された加工ベースライン B L p r c に基づいて移動するステージ 3 2 は、第 4 のタイミングにおいて加工ショット領域 P S A の中心に受光装置 3 5 の基準（例えば、一のファインマーク 3 5 6 - 2 ）が位置するように移動することができなくなる可能性があるからである。このため、制御装置 4 は、第 3 のタイミングでのファインマーク 3 5 6 - 2 を介した加工光 E L の受光結果と第 4 のタイミングでの同じファインマーク 3 5 6 - 2 を介した加工光 E L の受光結果とを比較することで、加工ベースライン B L p r c の変動量（つまり、第 3 のタイミングでの加工ベースライン B L p r c を基準位置とする変動量）を算出してもよい。つまり、制御装置 4 は、第 3 のタイミングでのファインマーク 3 5 6 - 2 を介した加工光 E L の受光結果と第 4 のタイミングでの同じファインマーク 3 5 6 - 2 を介した加工光 E L の受光結果とに基づいて、加工ベースライン B L p r c を更新してもよい。

【 0 1 1 7 】

尚、上述した説明では、B - C H K 動作において、計測ヘッド 2 1 は、クロスマーク 3

5 6 - 4 を計測している。しかしながら、計測ヘッド 2 1 は、クロスマーク 3 5 6 - 4 とは異なるマーク 3 5 6 を計測してもよい。つまり、クロスマーク 3 5 6 - 4 とは異なるマーク 3 5 6 の計測結果に基づいて、計測ベースライン B L m s r が算出されてもよい。

【 0 1 1 8 】

上述した説明では、B - C H K 動作において、加工ヘッド 1 2 は、ファインマーク 3 5 6 - 2 を形成する通過領域 3 5 5 に加工光 E L を照射している。しかしながら、加工ヘッド 1 2 は、ファインマーク 3 5 6 - 2 とは異なるマーク 3 5 6 を形成する通過領域 3 5 5 に加工光 E L を照射してもよい。つまり、ファインマーク 3 5 6 - 2 とは異なるマーク 3 5 6 を介した加工光 E L の受光結果に基づいて、加工ベースライン B L p r c が算出されてもよい。

【 0 1 1 9 】

尚、上述した説明において、第 1 及び第 2 のタイミングでの計測ベースライン B L m s r の算出動作と、第 3 及び第 4 のタイミングでの加工ベースライン B L p r c の算出動作とは、どちらが先に行われてもよい。例えば、加工システム S Y S a は、第 1 及び第 2 のタイミングでの計測ベースライン B L m s r の算出動作を行った後に、第 3 及び第 4 のタイミングでの加工ベースライン B L p r c の算出動作を行ってもよい。例えば、加工システム S Y S a は、第 3 及び第 4 のタイミングでの加工ベースライン B L p r c の算出動作を行った後に、第 1 及び第 2 のタイミングでの計測ベースライン B L m s r の算出動作を行ってもよい。

【 0 1 2 0 】

（ 1 - 2 - 4 ） 光状態制御動作

続いて、光状態制御動作について説明する。まず、図 1 7 を参照しながら、光状態制御動作を行う技術的理由について説明する。図 1 7 は、ガルバノミラー 1 2 1 2 によって偏向され且つ f θ レンズ 1 2 1 3 によって変位した加工光 E L がワーク W の表面を走査する際のワーク W の表面上の各位置での加工光 E L のスポット径を模式的に示す平面図である。

【 0 1 2 1 】

図 1 7 に示すように、ワーク W の表面のうち加工ショット領域 P S A に含まれる面部分は、ガルバノミラー 1 2 1 2 による加工光 E L の偏向によって、加工光 E L で走査される。この際、加工ショット領域 P S A のどの位置においても加工光 E L の状態が同じとなる状態が、ワーク W を高精度に加工するという点では理想的な状態の一例である。例えば、加工ショット領域 P S A 内において、位置 P # 1 に照射された加工光 E L の状態と、位置 P # 2 に照射された加工光 E L の状態と、位置 P # 3 に照射された加工光 E L の状態と、位置 P # 4 に照射された加工光 E L の状態と、位置 P # 5 に照射された加工光 E L の状態と、位置 P # 6 に照射された加工光 E L の状態と、位置 P # 7 に照射された加工光 E L の状態と、位置 P # 8 に照射された加工光 E L の状態と、位置 P # 9 に照射された加工光 E L の状態とは互いに同じになる状態が、理想的な状態の一例である。

【 0 1 2 2 】

しかしながら、実際には、図 1 7 に示すように、加工ショット領域 P S A のある位置に照射された加工光 E L の状態は、加工ショット領域 P S A 内の別の位置に照射された加工光 E L の状態と同じにならない可能性がある。つまり、加工ショット領域 P S A 内において、加工光 E L が照射される位置に応じて、加工光 E L の状態がばらつく可能性がある。尚、図 1 7 は、加工ショット領域 P S A のある位置に照射された加工光 E L のスポット径が、加工ショット領域 P S A 内の別の位置に照射された加工光 E L のスポット径と同じにならない例を示している。その理由の一つとして、ガルバノミラー 1 2 1 2 の特性（一例としては、駆動特性、反射率特性及び組み付け誤差の少なくとも一つ）及び f θ レンズ 1 2 1 3 の特性（典型的には、収差、透過率分布及び組み付け誤差の少なくとも一つ）の少なくとも一方があげられる。

【 0 1 2 3 】

そこで、制御装置 4 は、光状態制御動作を行うことで、光状態制御動作を行わない場合と比較して、加工ショット領域 P S A のある位置に照射された加工光 E L の状態と加工シ

10

20

30

40

50

ヨット領域 P S A 内の別の位置に照射された加工光 E L の状態との差分が小さくなるように、加工光 E L の走査に同期して加工光 E L の状態を変更する。

【0124】

光状態制御動作の一部として、制御装置 4 は、まず、加工ショット領域 P S A 内の複数の位置のそれぞれに照射される加工光 E L の状態を受光装置 35 で検出するための状態検出動作を行う。状態検出動作を行うために、状態検出動作が行われる期間中の加工ヘッド 12 と受光装置 35 との位置関係を示す断面図である図 18 (a) 及び状態検出動作が行われる期間中の加工ヘッド 12 と受光装置 35 との位置関係を示す平面図である図 18 (b) に示すように、ステージ 32 及び／又は加工ヘッド 12 は、加工ショット領域 P S A 内に受光装置 35 (特に、スリットマーク 356-1 を構成する通過領域 355) が位置するように、移動する。つまり、制御装置 4 は、加工ショット領域 P S A 内にスリットマーク 356-1 が位置するように、X Y 平面に沿った面内における加工ヘッド 12 と受光装置 35 との位置関係 (より具体的には、加工ショット領域 P S A とスリットマーク 356-1 との位置関係) を変更する。その結果、スリットマーク 356-1 は、加工ショット領域 P S A 内の第 1 の位置 D T P # 1 に位置することになる。その上で、加工ヘッド 12 は、ステージ 32 の表面のうち加工ショット領域 P S A に含まれる面部分を加工光 E L で走査する。その結果、加工光 E L が第 1 の位置 D T P # 1 に位置するスリットマーク 356-1 を横切るタイミングで、受光素子 352 が加工光 E L を受光する。つまり、加工光 E L の変位量 (言い換えれば、偏向角度) が第 1 の変位量となるタイミングで、加工光 E L が第 1 の位置に位置するスリットマーク 356-1 に照射され、受光素子 352 が加工光 E L を受光する。このため、制御装置 4 は、加工ショット領域 P S A 内の第 1 の位置 D T P # 1 に照射される加工光 E L の状態に関する情報を、受光素子 352 から取得する。つまり、制御装置 4 は、変位量が第 1 の変位量となる加工光 E L の状態に関する情報を、受光素子 352 から取得する。更に、受光素子 352 が加工光 E L を受光する際に、制御装置 4 は、位置計測装置 34 から、受光素子 352 が加工光 E L を受光した時点でのステージ 32 の位置に関する情報を併せて取得する。受光装置 35 がステージ 32 に配置されているため、ステージ 32 の位置に関する情報は、受光装置 35 の位置 (特に、スリットマーク 356-1 の位置) に関する情報を含んでいる。

【0125】

その後、状態検出動作が行われる期間中の加工ヘッド 12 と受光装置 35 との位置関係を示す断面図である図 19 (a) 及び状態検出動作が行われる期間中の加工ヘッド 12 と受光装置 35 との位置関係を示す平面図である図 19 (b) に示すように、ステージ 32 及び／又は加工ヘッド 12 は、加工ショット領域 P S A 内のうち受光装置 35 が未だ加工光 E L を受光したことがない位置にスリットマーク 356-1 が位置するように、移動する。つまり、制御装置 4 は、X Y 平面に沿った面内における加工ヘッド 12 と受光装置 35 との位置関係を変更して、X Y 平面に沿った面内における加工ショット領域 P S A とスリットマーク 356-1 との位置関係を変更する。その結果、スリットマーク 356-1 は、加工ショット領域 P S A 内の第 2 の位置に位置することになる。その上で、加工ヘッド 12 は、ステージ 32 の表面のうち加工ショット領域 P S A に含まれる面部分を加工光 E L で走査する。その結果、加工光 E L が第 2 の位置に位置しているスリットマーク 356-1 を横切るタイミングで、受光素子 352 が加工光 E L を受光する。つまり、加工光 E L の変位量が第 2 の変位量となるタイミングで、加工光 E L が第 2 の位置に位置するスリットマーク 356-1 に照射され、受光素子 352 が加工光 E L を検出する。このため、制御装置 4 は、加工ショット領域 P S A 内の第 2 の位置に照射される加工光 E L の状態に関する情報を、受光素子 352 から取得する。つまり、制御装置 4 は、変位量が第 2 の変位量となる加工光 E L の状態に関する情報を、受光素子 352 から取得する。この際も、制御装置 4 は更に、位置計測装置 34 から、ステージ 32 の位置に関する情報を取得する。

【0126】

以降、必要な回数だけ、X Y 平面に沿った面内における加工ショット領域 P S A とスリ

ットマーク 3 5 6 - 1 との位置関係を変更する動作と、加工光 E L の状態に関する情報及びステージ 3 2 の位置に関する情報を取得する動作とを繰り返す。その結果、制御装置 4 は、加工ショット領域 P S A 内の複数の位置のそれぞれに照射された加工光 E L の状態に関する情報を取得することができる。

【 0 1 2 7 】

状態検出動作が行われた後、制御装置 4 は、光状態制御動作の他の一部として、状態検出動作で取得された情報に基づいて、加工光 E L の走査に同期して加工光 E L の状態を制御する状態制御動作を行う。具体的には、まず、制御装置 4 は、状態検出動作で取得されたステージ 3 2 の位置に関する情報に基づいて、受光素子 3 5 2 が加工光 E L を受光した時点でのスリットマーク 3 5 6 - 1 の位置（特に、ステージ座標系での位置）を算出する。その結果、制御装置 4 は、スリットマーク 3 5 6 - 1 の位置とスリットマーク 3 5 6 - 1 を介して受光された加工光 E L の状態との関係に関する情報を取得することができる。更に、ステージ座標系でのスリットマーク 3 5 6 - 1 の位置は、加工ショット領域 P S A 内でのスリットマーク 3 5 6 - 1 の位置に変換可能である。このため、制御装置 4 は、加工ショット領域 P S A 内でのスリットマーク 3 5 6 - 1 の位置とスリットマーク 3 5 6 - 1 を介して検出された加工光 E L の状態との関係に関する情報を取得することができる。つまり、制御装置 4 は、加工ショット領域 P S A 内での加工光 E L の照射位置と照射位置に照射された加工光 E L の状態との関係に関する情報を取得することができる。

【 0 1 2 8 】

ここで取得された情報が、加工ショット領域 P S A 内での加工光 E L の照射位置に関わらず加工光 E L の状態が同じである（つまり、変わらない）ことを示していれば、加工光 E L の状態は、加工ショット領域 P S A のどの位置においても加工光 E L の状態が同じになるという理想的な状態であると推定される。従って、この場合には、制御装置 4 は、実際にワーク W を加工する際に、加工光 E L の走査に同期して加工光 E L の状態を変更しなくてもよい。一方で、ここで取得された情報が、加工ショット領域 P S A 内での加工光 E L の照射位置によって加工光 E L の状態が変わることを示していれば、加工光 E L の状態は理想的な状態ではないと推定される。従って、この場合には、制御装置 4 は、実際にワーク W を加工する際に、加工光 E L の走査に同期して加工光 E L の状態を変更する。具体的には、制御装置 4 は、加工ショット領域 P S A のある位置に照射された加工光 E L の状態と加工ショット領域 P S A 内の別の位置に照射された加工光 E L の状態との差分が小さくなるように、加工光 E L の走査に同期して加工光 E L の状態を変更する。制御装置 4 は、加工ショット領域 P S A 内での加工光 E L の状態のばらつきが小さくなるように、加工光 E L の走査に同期して加工光 E L の状態を変更する。このとき、制御装置 4 は、加工ショット領域 P S A のどの位置においても加工光 E L の状態が同じになるように、加工光 E L の走査に同期して加工光 E L の状態を変更してもよい。制御装置 4 は、加工ショット領域 P S A 内での加工光 E L の状態のばらつきがなくなるように、加工光 E L の走査に同期して加工光 E L の状態を変更してもよい。尚、加工ショット領域 P S A 内での加工光 E L の照射位置によって加工光 E L の状態が変わる場合であっても、制御装置 4 は、実際にワーク W を加工する際に、加工光 E L の走査に同期して加工光 E L の状態を変更しなくてもよい。

【 0 1 2 9 】

例えば、制御装置 4 は、加工ショット領域 P S A 内の第 1 位置における加工光 E L のスポット径と、加工ショット領域 P S A 内の第 2 位置における加工光 E L のスポット径との差分が所定の許容値よりも小さくなる（或いは、同じになる）というスポット径条件を満たすように、加工光 E L の走査に同期して加工光 E L の状態を変更してもよい。この場合、制御装置 4 は、スポット径条件を満たすように、加工光 E L の走査に同期して加工光 E L のフォーカス位置を変更してもよい。例えば、制御装置 4 は、スポット径条件を満たすように、加工光 E L のフォーカス位置を、加工光 E L の照射位置に応じて定まる所望値に変更してもよい。例えば、制御装置 4 は、スポット径条件を満たすように、加工光 E L のフォーカス位置を、加工光 E L の照射位置毎に異なる又は最適化された所望値に変更して

もよい。

【0130】

例えば、制御装置4は、加工ショット領域PSA内の第1位置における加工光ELの強度（例えば、単位面積当たりのエネルギー量）と、加工ショット領域PSA内の第2位置における加工光ELの強度との差分が所定の許容値よりも小さくなる（或いは、同じになる）という強度条件を満たすように、加工光ELの走査に同期して加工光ELの状態を変更してもよい。この場合、制御装置4は、強度条件を満たすように、加工光ELの走査に同期して、加工光源11が生成する加工光ELの強度を変更してもよい。制御装置4は、強度条件を満たすように、加工光ELの走査に同期して、照射光学系121が備える不図示の強度分布制御部材による加工光ELの強度分布の制御態様を変更してもよい。

10

【0131】

例えば、制御装置4は、加工ショット領域PSA内の第1位置における加工光ELの強度分布と、加工ショット領域PSA内の第2位置における加工光ELの強度分布との差分が所定の許容範囲よりも小さくなる（或いは、同じになる）という強度分布条件を満たすように、加工光ELの走査に同期して加工光ELの状態を変更してもよい。この場合、制御装置4は、強度分布条件を満たすように、加工光ELの走査に同期して、照射光学系12が備える不図示の強度分布制御部材による加工光ELの強度分布の制御態様を変更してもよい。

【0132】

以上説明した光状態制御動作により、ガルバノミラー1212及びfθレンズ1213の少なくとも一方の特性に起因した加工光ELの状態のばらつきが抑制される。従って、加工システムSYSaは、状態のばらつきが抑制された加工光ELを用いて、ワークWを適切に加工することができる。

20

【0133】

上述した説明では、光状態制御動作において、加工ヘッド12は、スリットマーク356-1を形成する通過領域355に加工光ELを照射している。しかしながら、加工ヘッド12は、スリットマーク356-1とは異なるマーク356（例えば、矩形マーク356-3）を形成する通過領域355に加工光ELを照射してもよい。つまり、スリットマーク356-1とは異なるマーク356（例えば、矩形マーク356-3）を介した加工光ELの受光結果に基づいて、加工光ELの状態が制御されてもよい。

30

【0134】

（1-2-5）ガルバノ制御動作

続いて、ガルバノ制御動作について説明する。ガルバノ制御動作は、上述したように、ガルバノミラー1212の温度に起因してXY平面に沿った面内での加工光ELの照射位置がばらつく（つまり、変動する）現象である温度ドリフトの影響を低減するようにガルバノミラー1212を制御する動作である。そこで、まず、図20（a）及び図20（b）を参照しながら、ガルバノミラー1212の温度に起因してXY平面に沿った面内での加工光ELの照射位置がばらつく現象について簡単に説明する。

【0135】

図20（a）は、温度ドリフトが発生していない状況下でのワークWの表面（つまり、XY平面に沿った面）における加工光ELの照射位置を示す平面図である。図20（b）は、温度ドリフトが発生している状況下でのワークWの表面（つまり、XY平面に沿った面）における加工光ELの照射位置を示す平面図である。図20（a）に示すように、温度ドリフトが発生していない場合には、加工光ELは、加工ショット領域PSA内において、理想的な走査軌跡に沿ってワークWの表面（つまり、XY平面に沿った面）を走査することができる。具体的には、温度ドリフトが発生していない場合には、Y走査ミラー1212Yによる加工光ELの照射位置の移動方向が、Yスライド部材332によるステージ32の移動方向（典型的には、ステージ座標系のY軸方向）と同じになる。同様に、温度ドリフトが発生していない場合には、X走査ミラー1212Xによる加工光ELの照射位置の移動方向が、Xスライド部材331によるステージ32の移動方向（典型的には、

40

50

ステージ座標系のX軸方向)と同じになる。一方で、図20(b)に示すように、温度ドリフトが発生している場合には、加工光ELは、加工ショット領域PSA内において、理想的な走査軌跡とは異なる走査軌跡に沿ってワークWの表面を走査する可能性がある。Y走査ミラー1212Yによる加工光ELの照射位置の移動方向が、Yスライド部材332によるステージ32の移動方向と同じにならない可能性がある。同様に、X走査ミラー1212Xによる加工光ELの照射位置の移動方向が、Xスライド部材331によるステージ32の移動方向と同じにならない可能性がある。

【0136】

つまり、温度ドリフトが発生している場合には、温度ドリフトが発生していない場合と比較して、ガルバノミラー1212が偏向した加工光ELの照射位置が、理想的な位置(例えば、設計上の位置)とは異なってしまう可能性がある。温度ドリフトが発生している場合には、温度ドリフトが発生していない場合と比較して、ガルバノミラー1212が偏向した加工光ELの走査軌跡が、理想的な走査軌跡(例えば、設計上の走査奇跡)とは異なってしまう可能性がある。このような加工光ELの照射位置が理想的な位置とは異なってしまう状態は、ワークWの適切な加工と言う点から言えば好ましいとはいえない。

【0137】

そこで、制御装置4は、受光素子352の受光結果に基づいて、ガルバノミラー1212が加工光ELを偏向している期間中のXY平面に沿った面内での加工光ELの照射位置を特定する。その上で、制御装置4は、ガルバノミラー1212が加工光ELを偏向している期間中のXY平面に沿った面内での加工光ELの照射位置が理想的な位置に近づく(或いは、一致する)ように、ガルバノミラー1212を制御する。

【0138】

ガルバノ制御動作の一部として、制御装置4は、まず、ガルバノミラー1212によって偏向されている加工光ELの照射位置を受光装置35で検出するための照射位置検出動作を行う。照射位置検出動作を行うために、ステージ32及び/又は加工ヘッド12は、加工ショット領域PSA内に受光装置35(特に、スリットマーク356-1)が位置するように、移動する。その状態で、加工ヘッド12は、ステージ32の表面のうち加工ショット領域PSAに含まれる面部分を加工光ELで走査する。その結果、加工光ELがスリットマーク356-1を横切るタイミングで、受光素子352が加工光ELを検出する。このとき、制御装置4は、位置計測装置34から、受光素子352が加工光ELを検出した時点でのステージ32の位置に関する情報を取得する。受光装置35がステージ32に配置されているため、ステージ32の位置に関する情報は、受光装置35の位置(特に、スリットマーク356-1の位置)に関する情報を含んでいる。以上の動作が、加工ショット領域PSA内で受光装置35(特に、スリットマーク356-1)を移動させながら繰り返される。例えば、受光素子352は、加工ショット領域PSA内の第1照射位置に照射された加工光ELを受光し、加工ショット領域PSA内の第2照射位置に照射された加工光ELを受光する。つまり、受光素子352は、加工ショット領域PSA内の第1照射位置にスリットマーク356-1が位置するように第1位置にステージ32が移動した際に加工光ELを受光し、加工ショット領域PSA内の第2照射位置にスリットマーク356-1が位置するように第2位置にステージ32が移動した際に加工光ELを受光する。その結果、制御装置4は、ガルバノミラー1212が偏向している加工光ELが照射される複数の照射位置に関する情報を取得することができる。つまり、制御装置4は、XY平面に沿った面内における複数の領域のそれぞれでの加工光ELの照射位置に関する情報を取得することができる。複数の照射位置を順に結ぶ軌跡が加工光ELの走査軌跡(つまり、加工光ELの照射位置の移動方向)であることを考慮すれば、制御装置4は、ガルバノミラー1212が偏向している加工光ELの走査軌跡(つまり、加工光ELの照射位置の移動方向)に関する情報を取得することができる。

【0139】

照射位置検出動作が行われた後、制御装置4は、ガルバノ制御動作の他の一部として、照射位置検出動作で取得された情報に基づいて、ガルバノミラー1212を実際に制御す

る制御動作を行う。具体的には、まず、制御装置 4 は、照射位置検出動作で取得された加工光 E L の照射位置に関する情報に基づいて、ガルバノミラー 1 2 1 2 が加工光 E L を偏向している期間中の X Y 平面に沿った面内での加工光 E L の照射位置と理想的な位置とのずれ量を算出する。その後、制御装置 4 は、算出したずれ量が小さくなるように（或いは、ゼロになるように）、ガルバノミラー 1 2 1 2 を制御する。例えば、制御装置 4 は、ガルバノミラー 1 2 1 2 が備える X 走査ミラー 1 2 1 2 X 及び Y 走査ミラー 1 2 1 2 Y の駆動量（具体的には、逡動量又は回転量）を制御してもよい。その結果、X Y 平面に沿った面内での加工光 E L の照射位置（つまり、走査位置）が補正されて、理想的な位置に近づく又は一致する。X 軸方向及び Y 軸方向の少なくとも一方における加工光 E L の照射位置が補正されて、理想的な位置に近づく又は一致する。加工光 E L の走査軌跡が補正されて、理想的な軌跡に近づく又は一致する。典型的には、Y 走査ミラー 1 2 1 2 Y による加工光 E L の照射位置の移動方向が、Y スライド部材 3 3 2 によるステージ 3 2 の移動方向と同じになる。同様に、X 走査ミラー 1 2 1 2 X による加工光 E L の照射位置の移動方向が、X スライド部材 3 3 1 によるステージ 3 2 の移動方向と同じになる。

【0140】

以上説明したガルバノ制御動作により、ガルバノミラー 1 2 1 2 の温度に起因して X Y 平面に沿った面内での加工光 E L の照射位置がばらつく（つまり、変動する）現象である温度ドリフトの影響を低減することができる。従って、加工システム S Y S は、ガルバノミラー 1 2 1 2 が偏向した加工光 E L を理想的な位置に照射することで、ワーク W を高精度に加工することができる。尚、ガルバノミラー 1 2 1 2 以外の光学系（一例として、f θ レンズ 1 2 1 3）の温度に起因して X Y 平面に沿った面内での加工光 E L の照射位置がばらつく（つまり、変動する）現象を、本例と同様の手順により低減してもよい。

【0141】

上述した説明では、ガルバノ制御動作において、加工ヘッド 1 2 は、スリットマーク 3 5 6 - 1 を形成する通過領域 3 5 5 に加工光 E L を照射している。しかしながら、加工ヘッド 1 2 は、スリットマーク 3 5 6 - 1 とは異なるマーク 3 5 6（例えば、矩形マーク 3 5 6 - 3）を形成する通過領域 3 5 5 に加工光 E L を照射してもよい。つまり、スリットマーク 3 5 6 - 1 とは異なるマーク 3 5 6（例えば、矩形マーク 3 5 6 - 3）を介した加工光 E L の受光結果に基づいて、ガルバノミラー 1 2 1 2 が制御されてもよい。

【0142】

（1-3）加工システム S Y S a の技術的效果

以上説明した加工システム S Y S a は、受光装置 3 5 による加工光 E L の受光結果及び計測装置 2 による受光装置 3 5 のマーク 3 5 6 の計測結果の少なくとも一方を用いて、ワーク W を適切に加工することができる。

【0143】

（2）第 2 実施形態の加工システム S Y S b

続いて、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。第 2 実施形態の加工システム S Y S b 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、ステージ装置 3 に代えて、ステージ装置 3 b を備えているという点で異なる。加工システム S Y S b 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。ステージ装置 3 b は、ステージ装置 3 と比較して、ステージ 3 2 に代えて、ステージ 3 2 b を備えているという点で異なる。ステージ装置 3 b のその他の特徴は、ステージ装置 3 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 1 を参照しながら、第 2 実施形態のステージ 3 2 b について説明する。図 2 1 は、第 2 実施形態のステージ 3 2 b の構造を示す断面図である。

【0144】

図 2 1 に示すように、第 2 実施形態のステージ 3 2 b は、第 1 実施形態のステージ 3 2 と比較して、外周面 3 2 2 の少なくとも一部が載置面 3 2 1 よりも上方に位置しているという点で異なっている。この場合、ステージ 3 2 b のうちの載置面 3 2 1 よりも上方に位

置する外周面 3 2 2 を含む外周部材 3 2 4 b (つまり、ステージ 3 2 b のうちの載置面 3 2 1 の周囲に位置する外周部材 3 2 4 b) は、載置面 3 2 1 から突き出た凸部を形成する。

【0145】

このような第 2 実施形態においても、外周面 3 2 2 (特に、載置面 3 2 1 よりも上方に位置する外周面 3 2 2) には、受光装置 3 5 が配置される窪み 3 2 3 が形成されている。この場合、窪み 3 2 3 は、載置面 3 2 1 から突き出た凸部に相当する外周部材 3 2 4 b に隣接するように形成される。特に、窪み 3 2 3 は、載置面 3 2 1 から突き出た凸部に相当する外周部材 3 2 4 b によって囲まれるように形成される。

【0146】

このような第 2 実施形態の加工システム S Y S b 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。

【0147】

(3) 第 3 実施形態の加工システム S Y S c

続いて、第 3 実施形態の加工システム S Y S (以降、第 3 実施形態の加工システム S Y S を、“加工システム S Y S c”と称する) について説明する。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 と比較して、受光装置 3 5 の配置方法が異な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 c 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 2 を参照しながら、第 3 実施形態の受光装置 3 5 の配置方法について説明する。図 2 2 は、第 3 実施形態の受光装置 3 5 の配置方法を示す断面図である。

【0148】

図 2 2 に示すように、第 3 実施形態では、受光装置 3 5 の一部が窪み 3 2 3 に配置される一方で、受光装置 3 5 の他の一部が窪み 3 2 3 に配置されていなくてもよい。つまり、受光装置 3 5 の一部が窪み 3 2 3 の内部に配置されている一方で、受光装置 3 5 の他の一部が窪み 3 2 3 の外部に配置されていてもよい。図 2 2 に示す例では、ビーム通過部材 3 5 1 が窪み 3 2 3 の内部に配置される一方で、受光素子 3 5 2 が窪み 3 2 3 の外部に配置されている。

【0149】

窪み 3 2 3 の内部に配置される受光装置 3 5 の一部と、窪み 3 2 3 の外部に配置される受光装置 3 5 の他の一部とは、受光装置 3 5 に入射する加工光 E L を伝送可能な光伝送部材 3 6 c を介して光学的に接続されていてもよい。例えば、図 2 2 に示す例では、窪み 3 2 3 の内部に配置されるビーム通過部材 3 5 1 と、窪み 3 2 3 の外部に配置される受光素子 3 5 2 とは、光伝送部材 3 6 c を介して光学的に接続されていてもよい。尚、ここで言う「ビーム通過部材 3 5 1 と受光素子 3 5 2 とが光伝送部材 3 6 c を介して光学的に接続される」状態は、「ビーム通過部材 3 5 1 に入射した加工光 E L が光伝送部材 3 6 c を介して受光素子 3 5 2 に伝送可能となる」状態を意味していてもよい。光伝送部材 3 6 c は、例えば、ライトガイド 3 6 1 c と、ビーム通過部材 3 5 1 を介した加工光 E L (つまり、窪み 3 2 3 の内部に配置される受光装置 3 5 の一部を介した加工光 E L) をライトガイド 3 6 1 c の入力端に導く光学系 3 6 2 c と、ライトガイド 3 6 1 c の出力端からの加工光 E L を受光素子 3 5 2 (つまり、窪み 3 2 3 の外部に配置される受光装置 3 5 の他の一部) に導く光学系 3 6 3 c とを備えていてもよい。

【0150】

このような第 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 が享受可能な効果と同様の効果を楽しむことができる。また、第 3 実施形態では、受光装置 3 5 の全てがステージ 3 2 に配置されなくてもよくなる。このため、ステージ 3 2 の小型化及び／簡略化が容易になる。更には、受光装置 3 5 の配置の自由度が向上する。

【0151】

尚、上述した第 1 実施形態の加工システム S Y S a が、第 3 実施形態に特有の構成要件を備えていてもよい。第 3 実施形態に特有の構成要件は、受光装置 3 5 の配置 (特に、受

10

20

30

40

50

光装置 3 5 の窪み 3 2 3 の外部への配置) に関する構成要件を含んでいてもよい。

【0152】

(4) 第4実施形態の加工システム S Y S d

続いて、第4実施形態の加工システム S Y S (以降、第4実施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。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、ステージ装置 3 b に代えて、ステージ装置 3 d 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。ステージ装置 3 d は、ステージ装置 3 b と比較して、受光装置 3 5 に代えて、受光装置 3 5 d を備えているという点で異なる。ステージ装置 3 d のその他の特徴は、ステージ装置 3 b 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、第4実施形態の受光装置 3 5 d について説明する。図 2 3 は、第4実施形態の受光装置 3 5 d の構造を示す断面図である。

10

【0153】

図 2 3 に示すように、受光装置 3 5 d は、受光装置 3 5 と比較して、ビーム通過部材 3 5 1 を備えていなくてもよいという点で異なる。更に、受光装置 3 5 d は、受光装置 3 5 と比較して、結像光学系 3 5 7 d を備えているという点で異なる。受光装置 3 5 d のその他の特徴は、受光装置 3 5 のその他の特徴と同一であってもよい。

【0154】

結像光学系 3 5 7 d は、受光素子 3 5 2 の受光面 3 5 2 1 に、結像光学系 3 5 7 d の上方 (つまり、受光面 3 5 2 1 とは反対側) に位置する物体の像を形成する。つまり、結像光学系 3 5 7 d は、結像光学系 3 5 7 d よりも像側に位置する受光面 3 5 2 1 に、結像光学系 3 5 7 d よりも物体側に位置する物体の像を形成する。このため、結像光学系 3 5 7 d と受光素子 3 5 2 とは、結像光学系 3 5 7 d の像面が受光素子 3 5 2 の受光面 3 5 2 1 に一致する又は結像光学系 3 5 7 d の像面が受光素子 3 5 2 の受光面 3 5 2 1 の近傍に位置するように配置される。

20

【0155】

受光素子 3 5 2 は、受光面 3 5 2 1 上で像を形成する光を受光する。このため、受光素子 3 5 2 は、実質的には、結像光学系 3 5 7 d よりも物体側に位置する物体を撮像する撮像素子として機能してもよい。つまり、受光装置 3 5 d は、実質的には、結像光学系 3 5 7 d よりも物体側に位置する物体を、受光素子 3 5 2 を用いて当該物体に対してステージ 3 2 側から撮像する撮像装置として機能してもよい。

30

【0156】

例えば、受光素子 3 5 2 は、加工ヘッド 1 2 の少なくとも一部を撮像してもよい。例えば、受光素子 3 5 2 は、加工ヘッド 1 2 が備える照射光学系 1 2 1 の少なくとも一部を撮像してもよい。例えば、受光素子 3 5 2 は、照射光学系 1 2 1 が備える光学部材 (例えば、f θ レンズ 1 2 1 3) の少なくとも一部を撮像してもよい。例えば、受光素子 3 5 2 は、計測ヘッド 2 1 の少なくとも一部を撮像してもよい。

【0157】

上述したように、加工ヘッド 1 2 は、加工光 E L を射出する。この場合、受光素子 3 5 2 は、加工ヘッド 1 2 から射出される加工光 E L を撮像してもよい。つまり、受光素子 3 5 2 は、加工ヘッド 1 2 から射出される加工光 E L を、加工ヘッド 1 2 に対してステージ 3 2 側から撮像してもよい。上述したように、計測ヘッド 2 1 は、計測光 M L を射出する。この場合、受光素子 3 5 2 は、計測ヘッド 2 1 から射出される計測光 M L を撮像してもよい。

40

【0158】

受光素子 3 5 2 による受光結果 (つまり、撮像素子として機能する受光素子 3 5 2 が撮像した画像) は、制御装置 4 に出力されてもよい。制御装置 4 は、受光素子 3 5 2 が撮像した画像 (つまり、受光素子 3 5 2 の撮像結果) に基づいて、加工システム S Y S d (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) を制御してもよい

50

。例えば、受光素子 3 5 2 が加工ヘッド 1 2 を撮像する場合には、制御装置 4 は、受光素子 3 5 2 の撮像結果に基づいて、加工光 E L の特性を制御してもよい。この場合、制御装置 4 は、受光素子 3 5 2 の撮像結果に基づいて加工光 E L の特性を制御するビーム特性変更装置として機能してもよい。例えば、受光素子 3 5 2 が加工光 E L を撮像する場合には、制御装置 4 は、受光素子 3 5 2 の撮像結果に基づいて、加工光 E L の照射位置を制御してもよい。

【0159】

尚、結像光学系 3 5 7 d を構成する光学部材（レンズ等）のうち、最も入射側の光学部材に、計測装置 2 によって計測可能なマーク（つまり、マーク 3 5 6 の一例として利用可能なマーク）を設けてもよい。このマークは、結像光学系 3 5 7 d の有効領域（撮像素子 3 5 2 1 で受光される光束が通過する領域）の外に設けてあってもよい。また、このマークを、外周面 3 2 2 に設けてもよい。

【0160】

このような第 4 実施形態の加工システム S Y S d は、撮像装置として機能可能な受光装置 3 5 d の撮像結果に基づいて、ワーク W を加工することができる。従って、加工システム S Y S d は、受光装置 3 5 d の撮像結果に相当する画像から特定可能な情報に基づいて、ワーク W を適切に加工することができる。

【0161】

尚、上述した第 1 実施形態の加工システム S Y S a 及び第 3 実施形態の加工システム S Y S c 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、受光装置 3 5 d に関する構成要件を含んでいてもよい。

【0162】

（５）第 5 実施形態の加工システム S Y S e

続いて、第 5 実施形態の加工システム S Y S （以降、第 5 実施形態の加工システム S Y S を、“加工システム S Y S e” と称する）について説明する。第 5 実施形態の加工システム S Y S e 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、ステージ装置 3 b に代えて、ステージ装置 3 e を備えているという点で異なる。加工システム S Y S e 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。ステージ装置 3 e は、ステージ装置 3 b と比較して、受光装置 3 5 に代えて、受光装置 3 5 e を備えているという点で異なる。ステージ装置 3 e のその他の特徴は、ステージ装置 3 b 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 4 を参照しながら、第 5 実施形態の受光装置 3 5 e について説明する。図 2 4 は、第 5 実施形態の受光装置 3 5 e の構造を示す断面図である。

【0163】

図 2 4 に示すように、受光装置 3 5 e は、受光装置 3 5 と比較して、ビーム通過部材 3 5 1 を備えていなくてもよいという点で異なる。更に、受光装置 3 5 e は、受光装置 3 5 と比較して、結像光学系 3 5 7 e と、指標板 3 5 8 e と、結像光学系 3 5 9 e とを備えているという点で異なる。受光装置 3 5 e のその他の特徴は、受光装置 3 5 のその他の特徴と同一であってもよい。

【0164】

結像光学系 3 5 7 e は、結像光学系 3 5 7 e の像面に中間像を形成する。結像光学系 3 5 7 e の像面には、指標板 3 5 8 e が配置されている。指標板 3 5 8 e は、所定の指標が形成された板状の部材である。指標板 3 5 8 e の一例を示す平面図である図 2 5 （a）に示すように、指標は、指標板 3 5 8 e に入射する光が通過可能な通過パターン 3 5 8 1 e によって形成されていてもよい。指標板 3 5 8 e の他の一例を示す平面図である図 2 5 （b）に示すように、指標は、指標板 3 5 8 e に入射する光を減衰する（場合によっては遮光する）減衰パターン 3 5 8 2 e によって形成されていてもよい。結像光学系 3 5 9 e は、結像光学系 3 5 7 e によって中間像が形成された指標板 3 5 8 e の像（つまり、上述した通過パターン 3 5 8 1 e 及び減衰パターン 3 5 8 2 e の少なくとも一方によって形成される指標の像）を、受光素子 3 5 2 の受光面 3 5 2 1 に形成する。このため、結像光学系

359eと受光素子352とは、結像光学系359eの像面が受光素子352の受光面3521に一致する又は結像光学系359eの像面が受光素子352の受光面3521の近傍に位置するように配置される。

【0165】

受光素子352は、受光面3521上で像（つまり、指標板358eの像）を形成する光を受光する。このため、受光素子352は、実質的には、指標板358eの像を撮像する撮像素子（撮像装置）として機能してもよい。

【0166】

受光素子352による受光結果（つまり、撮像素子として機能する受光素子352が撮像した指標板358eの画像）は、制御装置4に出力されてもよい。制御装置4は、受光素子352が撮像した画像（つまり、受光素子352の撮像結果）に基づいて、加工システムSYSe（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）を制御してもよい。

【0167】

尚、計測装置2は、指標板358eに形成される通過パターン3581e（或いは減衰パターン3582e）を、上述したマーク356の一例として、結像光学系357eを介して計測してもよい。

【0168】

このような第5実施形態の加工システムSYSeは、撮像装置として機能可能な受光装置35eの撮像結果に基づいて、ワークWを加工することができる。従って、加工システムSYSeは、受光装置35eの撮像結果に相当する画像から特定可能な情報に基づいて、ワークWを適切に加工することができる。

【0169】

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、受光装置35eに関する構成要件を含んでいてもよい。

【0170】

（6）第6実施形態の加工システムSYSf

続いて、図26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26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。

【0171】

図26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、ステージ装置3に代えて、ステージ装置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6fを更に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。ステージ装置3fは、ステージ装置3と比較して、ステージ32に代えて、ステージ32fを備えているという点で異なる。更に、ステージ装置3fは、ステージ装置3と比較して、カバー部材37fを備えているという点で異なる。ステージ装置3fのその他の特徴は、ステージ装置3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27を参照しながら、第6実施形態の加工システムSYSfに特有のステージ32f、カバー部材37f及び気体供給装置6fについて説明する。図27は、カバー部材37fを備えているステージ32fの構造を示す断面図である。

【0172】

図27に示すように、カバー部材37fは、受光装置35の少なくとも一部を覆う。特に、カバー部材37fは、ビーム通過部材351の少なくとも一部を覆う。カバー部材37fがビーム通過部材351を覆うと、ビーム通過部材351を含む受光装置35がステ

10

20

30

40

50

ージ32の窪み323に形成されているため、カバー部材37fは、窪み323を覆ってもよい。この場合、カバー部材37fは、窪み323の内部において、ビーム通過部材351との間に空間を形成する。窪み323の内部にカバー部材37fとビーム通過部材351とが形成する空間は、窪み323の外部の空間から隔離（言い換えれば、分離）されてもよい。典型的には、窪み323の内部にカバー部材37fとビーム通過部材351とが形成する空間は、窪み323の外部において加工光ELが通過する空間から隔離されてもよい。尚、図27に示した例では、カバー部材37fの上面と、ステージ装置3fの外周面322とが面一であるが、カバー部材37fの上面は窪み323の内部に位置していてもよいし、カバー部材37fの上面が外周面322から突出していてもよい。

【0173】

このようにカバー部材37fがビーム通過部材351を覆うと、ビーム通過部材351fに対する不要物質の付着が防止される。尚、ビーム通過部材351fに付着する可能性がある不要物質の一例として、加工光ELのワークWへの照射に起因して発生するヒューム及び筐体5の内部空間に存在するデブリ等の少なくとも一つがあげられる。ここで、ワークWの周囲の雰囲気中に拡散する不要物質をヒュームと称してもよい。筐体5の内部及び筐体5の内部に位置する構成部材の少なくとも一つに付着する不要物質をデブリと称してもよい。

【0174】

ビーム通過部材351fに不要物質が付着すると、ビーム通過部材351fに形成された開口353（通過領域355）が不要物質によって少なくとも部分的に隠される又は閉塞される可能性がある。その結果、受光素子352による開口353（通過領域355）を介した加工光ELの受光に影響が生ずる可能性があるという技術的問題が生ずる。更には、通過領域355によって形成されるマーク356の計測装置2による計測に影響が生ずる可能性があるという技術的問題が生ずる。しかるに、第6実施形態では、ビーム通過部材351fに対する不要物質の付着が防止される。その結果、受光素子352による開口353（通過領域355）を介した加工光ELの受光に影響が生ずる可能性は小さくなる。その結果、受光素子352は、加工光ELを適切に受光することができる。また、通過領域355によって形成されるマーク356の計測装置2による計測に影響が生ずる可能性は小さくなる。その結果、計測装置2は、マーク356を適切に計測することができる。このため、加工システムSYSfは、加工光ELの受光結果及び計測ヘッド21による受光装置35の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。

【0175】

開口353（通過領域355）が不要物質によって少なくとも部分的に隠される又は閉塞されることが、上述した技術的問題が生ずる原因の一つであることを考慮すれば、カバー部材37fは、ビーム通過部材351fに形成されている開口353（通過領域355）を少なくとも覆っていてもよい。開口353（通過領域355）によってマーク356が形成されることを考慮すれば、カバー部材37fは、マーク356を少なくとも覆っていてもよい。尚、カバー部材37fの他の例を示す図28に示すように、カバー部材37fは、計測装置2が計測するマーク356（つまり、マーク356を形成する通過領域355）を覆うカバー部材37f-1と、加工光ELが照射されるマーク356（つまり、加工光ELが通過する通過領域355）を覆うカバー部材37f-2とを別個に備えていてもよい。例えば、上述した説明では、クロスマーク356-4が計測装置2によって計測される一方で、スリットマーク356-1、ファインマーク356-2、矩形マーク356-3及びサーチマーク356-5に加工光ELが照射される。このため、カバー部材37fは、クロスマーク356-4を覆うカバー部材37f-1と、スリットマーク356-1、ファインマーク356-2、矩形マーク356-3及びサーチマーク356-5のうちの少なくとも一つを覆うカバー部材37f-2とを別個に備えていてもよい。

【0176】

カバー部材37fがビーム通過部材351を覆い続けると、加工装置1は、ビーム通過部材351に形成された通過領域355に加工光ELを照射することができない。同様に

10

20

30

40

50

、計測装置 2 は、ビーム通過部材 3 5 1 に形成されたマーク 3 5 6 を計測することができない。このため、カバー部材 3 7 f の状態は、カバー部材 3 7 f がビーム通過部材 3 5 1 を覆う第 1 状態と、カバー部材 3 7 f がビーム通過部材 3 5 1 を覆っていない第 2 状態との間で切り替えられてもよい。言い換えれば、カバー部材 3 7 f は、カバー部材 3 7 f がビーム通過部材 3 5 1 を覆うことが可能な第 1 位置と、カバー部材 3 7 f がビーム通過部材 3 5 1 を覆わない第 2 位置との間で移動してもよい。尚、図 2 7 は、第 1 状態にある（つまり、第 1 位置にある）カバー部材 3 7 f を示している。一方で、図 2 9（a）及び図 2 9（b）は、第 2 状態にある（つまり、第 2 位置にある）カバー部材 3 7 f を示している。

【0177】

カバー部材 3 7 f は、加工装置 1 がワーク W に加工光 E L を照射する際に（つまり、加工装置 1 がワーク W に加工光 E L を照射する期間の少なくとも一部において）、カバー部材 3 7 f がビーム通過部材 3 5 1 を覆う第 1 位置に位置していてもよい。一方で、カバー部材 3 7 f は、加工装置 1 がビーム通過部材 3 5 1 に加工光 E L を照射する際に（つまり、加工装置 1 がビーム通過部材 3 5 1 に加工光 E L を照射する期間の少なくとも一部において）、カバー部材 3 7 f がビーム通過部材 3 5 1 を覆わない第 2 位置に位置していてもよい。カバー部材 3 7 f は、受光素子 3 5 2 が加工装置 1 からの加工光 E L を受光する際に（つまり、受光素子 3 5 2 が加工装置 1 からの加工光 E L を受光する期間の少なくとも一部において）、第 2 位置に位置していてもよい。カバー部材 3 7 f は、計測装置 2 がマーク 3 5 6 を計測する際に（つまり、計測装置 2 がマーク 3 5 6 を計測期間の少なくとも一部において）、第 2 位置に位置していてもよい。その結果、カバー部材 3 7 f の存在が加工システム S Y S f の動作に影響を与えることはなくなる。

【0178】

カバー部材 3 7 f が移動するための動力として、気体供給装置 6 f から供給される気体が用いられてもよい。この場合、カバー部材 3 7 f は、空気の力を動力に変換する部材（例えば、エアシリンダ）を備えていてもよい。但し、カバー部材 3 7 f が移動するための動力として、その他の動力が用いられてもよい。

【0179】

気体供給装置 6 f は、窪み 3 2 3 の内部の空間に気体を供給してもよい。具体的には、気体供給装置 6 f は、ステージ 3 2 f のうち窪み 3 2 3 に面する部分に形成されている気体供給口 3 2 5 f と、気体供給管 3 2 6 f を介して接続されている。気体供給装置 6 f は、気体供給管 3 2 6 f 及び気体供給口 3 2 5 f を介して、窪み 3 2 3 の内部の空間に気体を供給してもよい。この際、気体供給装置 6 f は、図 2 7 及び図 2 9 に示すように、ビーム通過部材 3 5 1 の上面に面する空間（つまり、ビーム通過部材 3 5 1 の加工ヘッド 1 2 側の空間）に気体を供給してもよい。

【0180】

窪み 3 2 3 の内部の空間（特に、ビーム通過部材 3 5 1 の上面に面する空間）に気体が供給されると、当該気体によって、窪み 3 2 3 の内部の空間に気体の流れが形成される。その結果、当該気体の流れによって、不要物質のビーム通過部材 3 5 1 への付着が防止される。更には、当該気体の流れによって、ビーム通過部材 3 5 1 に付着してしまった不要物質が取り除かれる。

【0181】

尚、気体供給装置 6 f は、加工装置 1 がワーク W に加工光 E L を照射する際に（つまり、加工装置 1 がワーク W に加工光 E L を照射する期間の少なくとも一部において）、窪み 3 2 3 の内部の空間に気体を供給してもよい。気体供給装置 6 f は、加工装置 1 がワーク W に加工光 E L を照射していない期間に気体の供給を停止していてもよい。

【0182】

このような第 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 によれば、ビーム通過部材 3 5 1 f に不要物質が付着する可能性が小さくなる

10

20

30

40

50

。このため、加工システム S Y S f は、不要物質の影響を受けることなく、ワーク W を適切に加工することができる。つまり、加工システム S Y S f は、受光装置 3 5 による加工光 E L の受光結果及び計測ヘッド 2 1 による受光装置 3 5 の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。

【0183】

尚、上述した説明では、加工システム S Y S f は、カバー部材 3 7 f 及び気体供給装置 6 f の双方を備えている。しかしながら、加工システム S Y S f は、カバー部材 3 7 f を備える一方で、気体供給装置 6 f を備えていなくてもよい。加工システム S Y S f は、気体供給装置 6 f を備える一方で、カバー部材 3 7 f を備えていなくてもよい。

また、開口 3 5 3 (通過領域 3 5 5) が不要物質によって少なくとも部分的に隠される又は閉塞されることが、上述した技術的問題が生ずる原因の一つであることを考慮すれば、同じ特性の開口 3 5 3 (同じ特性の通過領域 3 5 5) が複数形成されていてもよい。つまり、同じ特性のマーク 3 5 6 が複数形成されていてもよい。この場合、一の開口 3 5 3 (一の通過領域 3 5 5、一のマーク 3 5 6) が不要物質によって少なくとも部分的に隠された又は閉塞されたとしても、一の開口 3 5 3 (一の通過領域 3 5 5、一のマーク 3 5 6) と同じ特性の他の開口 3 5 3 (他の通過領域 3 5 5、他のマーク 3 5 6) が不要物質によって隠されていなければ又は閉塞されていなければ、上述した技術的問題は生じない。なぜならば、加工システム S Y S f は、不要物質によって隠されていない又は閉塞されていない他の開口 3 5 3 (他の通過領域 3 5 5、他のマーク 3 5 6) を用いて、上述した動作を行うことができるからである。

【0184】

また、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、カバー部材 3 7 f 及び気体供給装置 6 f に関する構成要件を含んでいてもよい。

【0185】

(7) 第 7 実施形態の加工システム S Y S g

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、加工装置 1 に代えて、加工装置 1 g を備えているという点で異なる。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。加工装置 1 g は、加工装置 1 と比較して、加工ヘッド 1 2 に代えて、加工ヘッド 1 2 g を備えているという点で異なる。加工装置 1 g のその他の特徴は、加工装置 1 のその他の特徴と同様であってもよい。加工ヘッド 1 2 g は、加工ヘッド 1 2 と比較して、照射光学系 1 2 1 に代えて、照射光学系 1 2 1 g を備えているという点で異なる。加工ヘッド 1 2 g のその他の特徴は、加工ヘッド 1 2 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 3 0 を参照しながら、第 7 実施形態の照射光学系 1 2 1 g について説明する。図 3 0 は、第 7 実施形態の照射光学系 1 2 1 g の構造を示す斜視図である。

【0186】

図 3 0 に示すように、照射光学系 1 2 1 g は、照射光学系 1 2 1 と比較して、ガルバノミラー 1 2 1 2 に代えて、ガルバノミラー 1 2 1 2 g を備えているという点で異なる。照射光学系 1 2 1 g のその他の特徴は、照射光学系 1 2 1 のその他の特徴と同様であってもよい。

【0187】

ガルバノミラー 1 2 1 2 g は、二つの X 走査ミラー 1 2 1 2 X と二つの Y 走査ミラー 1 2 1 2 Y とを備えているという点で、単一の X 走査ミラー 1 2 1 2 X と単一の Y 走査ミラー 1 2 1 2 Y とを備えているガルバノミラー 1 2 1 2 とは異なる。具体的には、ガルバノミラー 1 2 1 2 g は、X 走査ミラー 1 2 1 2 X # 1 と、X 走査ミラー 1 2 1 2 X # 2 と、Y 走査ミラー 1 2 1 2 Y # 1 と、Y 走査ミラー 1 2 1 2 Y # 2 とを備えている。フォーカ

ス変更光学系1211からの加工光ELは、X走査ミラー1212X#1、Y走査ミラー1212Y#1、Y走査ミラー1212Y#2及びX走査ミラー1212X#2をこの順に経由して、f θ レンズ1213に入射する。また、X走査ミラー1212X#2及びY走査ミラー1212Y#2のそれぞれは、f θ レンズ1213の入射瞳面PPから外れた場所に位置する。以下、このような二つのX走査ミラー1212Xと二つのY走査ミラー1212Yとを備えているガルバノミラー1212gの動作について説明する。

【0188】

まず、X走査ミラー1212X#2が回転又は揺動すると、ワークWの表面における加工光ELの照射位置がX軸方向に沿って変わると共に、加工光ELの進行方向（つまり、照射光学系121gからの射出方向）が θ Y方向（つまり、Y軸周りの回転方向）に沿って変わってしまう。なぜならば、X走査ミラー1212X#2は、f θ レンズ1213の入射瞳面PPから外れた場所に位置しているからである。その結果、加工光ELは、適切な射出方向（例えば、加工光ELがワークWの表面に垂直入射可能な方向）に射出されない可能性がある。そこで、X走査ミラー1212X#2の回転又は揺動に合わせて、X走査ミラー1212X#1は、照射光学系121gから所望の射出方向に向かって加工光ELが射出されるように回転又は揺動する。この場合、X走査ミラー1212X#2が主として加工光ELの照射位置を変更する一方で、X走査ミラー1212X#1が主として加工光ELの射出方向を変更しているとみなしてもよい。つまり、X走査ミラー1212X#2が主として加工光ELの照射位置を変更する（つまり、移動させる）照射位置移動部材として機能する一方で、X走査ミラー1212X#1が主として加工光ELの射出方向を変更する射出方向変更部材として機能しているとみなしてもよい。この場合、加工光ELは、射出方向変更部材として機能するX走査ミラー1212X#1と照射位置移動部材として機能するX走査ミラー1212X#2をとこの順に経由した後に、入射瞳面PPを介してf θ レンズ1213に入射している。このため、典型的には、入射瞳面PPとX走査ミラー1212X#1との間における距離（具体的には、加工光ELの光路に沿った距離、以下第7実施形態において同じ）は、入射瞳面PPとX走査ミラー1212X#2との間における距離よりも大きくなる。

【0189】

但し、X走査ミラー1212X#1が回転すると、加工光ELの射出方向が θ Y方向に沿って変わるだけでなく、ワークWの表面における加工光ELの照射位置がX軸方向に沿って変わってしまう。ここで、X走査ミラー1212X#1とX走査ミラー1212X#2との入射瞳面PPからの距離が互いに異なっているため、X走査ミラー1212X#1とX走査ミラー1212X#2との単位回転量あたりの加工光ELの射出方向の変化と加工光ELの照射位置の変化との比が互いに異なる。従って、X走査ミラー1212X#2によって、X走査ミラー1212X#1の回転又は揺動に起因した加工光ELの照射位置の変動を低減又は相殺し、且つ、加工光ELの照射位置をワークW上の所望位置に設定することができる。

【0190】

同様に、Y走査ミラー1212Y#2が回転又は揺動すると、ワークWの表面における加工光ELの照射位置がY軸方向に沿って変わると共に、加工光ELの進行方向（つまり、照射光学系121gからの射出方向）が θ X方向（つまり、X軸周りの回転方向）に沿って変わってしまう。なぜならば、Y走査ミラー1212Y#2は、f θ レンズ1213の入射瞳面PPから外れた場所に位置しているからである。その結果、加工光ELは、適切な射出方向（例えば、加工光ELがワークWの表面に垂直入射可能な方向）に射出されない可能性がある。そこで、Y走査ミラー1212Y#2の回転又は揺動に合わせて、Y走査ミラー1212Y#1は、照射光学系121gから所望の射出方向に向かって加工光ELが射出されるように回転又は揺動する。この場合、Y走査ミラー1212Y#2が主として加工光ELの照射位置を変更する一方で、Y走査ミラー1212Y#1が主として加工光ELの射出方向を変更しているとみなしてもよい。つまり、Y走査ミラー1212Y#2が主として加工光ELの照射位置を変更する（つまり、移動する）照射位置移動部

10

20

30

40

50

材として機能する一方で、Y走査ミラー1212Y#1が主として加工光ELの射出方向を変更する射出方向変更部材として機能しているとみなしてもよい。この場合、加工光ELは、射出方向変更部材として機能するY走査ミラー1212Y#1と照射位置移動部材として機能するY走査ミラー1212Y#2をとこの順に経由した後に、入射瞳面PPを介してf θ レンズ1213に入射している。このため、典型的には、入射瞳面PPとY走査ミラー1212Y#1との間における距離は、入射瞳面PPとY走査ミラー1212Y#2との間における距離よりも大きくなる。

【0191】

但し、Y走査ミラー1212Y#1が回転すると、加工光ELの射出方向が θ X方向に沿って変わるだけでなく、ワークWの表面における加工光ELの照射位置がY軸方向に沿って変わってしまう。ここで、Y走査ミラー1212Y#1とY走査ミラー1212Y#2との入射瞳面PPからの距離が互いに異なっているため、Y走査ミラー1212Y#1とY走査ミラー1212Y#2との単位回転量あたりの加工光ELの射出方向の変化と加工光ELの照射位置の変化との比が互いに異なる。従って、Y走査ミラー1212Y#2は、Y走査ミラー1212Y#1の回転又は揺動に起因した加工光ELの照射位置の変動を低減又は相殺し、且つ、加工光ELの照射位置をワークW上の所望位置に設定することができる。

【0192】

制御装置4は、受光装置35による加工光ELの受光結果に基づいて、ガルバノミラー1212gを制御してもよい。具体的には、制御装置4は、受光装置35による加工光ELの受光結果に基づいて、照射光学系121gからの加工光ELの射出方向を算出してもよい。制御装置4は、算出した射出方向が所望方向になるように、ガルバノミラー1212gを制御してもよい。

【0193】

受光装置35による加工光ELの受光結果に基づいて加工光ELの射出方向を算出するために、制御装置4は、加工ヘッド12（特に、照射光学系121g）と受光装置35（特に、通過領域355）との間の距離を変更し、当該距離を変更する都度、同じ通過領域355を介して受光素子352が加工光ELを受光した時点でのステージ32の位置（具体的には、X軸方向及びY軸方向のそれぞれにおける位置）を取得する動作を行ってもよい。つまり、制御装置4は、加工ヘッド12と受光装置35との間の距離を変更し且つ同じ通過領域355を介して受光素子352が加工光ELを受光した時点でのステージ32の位置を取得する動作を、加工ヘッド12と受光装置35との間の距離を変更しながら複数回行ってもよい。その結果、制御装置4は、複数回取得されたステージ32の位置に基づいて、加工光ELの射出方向（典型的には、ワークW又はビーム通過部材351の表面に対する加工光ELの入射角度）を算出することができる。典型的には、取得されたステージ32の位置を結ぶ線が、加工光ELの射出方向に沿った線に相当する。

【0194】

尚、制御装置4は、受光装置35による加工光ELの受光結果に基づかずに、ガルバノミラー1212gを制御してもよい。例えば、制御装置4は、除去加工する範囲に関する情報に基づいて、ガルバノミラー1212gを制御してもよい。

【0195】

このような第7実施形態の加工システムSY S gは、上述した第1実施形態の加工システムSY S a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。

【0196】

尚、上述した第2実施形態の加工システムSY S bから第6実施形態の加工システムSY S fの少なくとも一つが、第7実施形態に特有の構成要件を備えていてもよい。第7実施形態に特有の構成要件は、照射光学系121gに関する構成要件を含んでいてもよい。

【0197】

(8) 第8実施形態の加工システムSY S h

続いて、図31を参照しながら、第8実施形態の加工システムSY S（以降、第8実施

10

20

30

40

50

形態の加工システム S Y S を、“加工システム S Y S h”と称する)について説明する。図 3 1 は、第 8 実施形態の加工システム S Y S h のシステム構成を示すシステム構成図である。

【0198】

図 3 1 に示すように、第 8 実施形態の加工システム S Y S h 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、加工装置 1 及び計測装置 2 に代えて、加工装置 1 h 及び計測装置 2 h を備えているという点で異なる。加工システム S Y S h 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。

【0199】

加工装置 1 h は、加工装置 1 と比較して、複数の加工ヘッド 1 2 を備えているという点で異なる。更に、加工装置 1 h は、加工装置 1 と比較して、複数の加工ヘッド 1 2 をそれぞれ移動させる複数のヘッド駆動系 1 3 を備えているという点で異なる。但し、加工装置 1 h は、少なくとも二つの加工ヘッド 1 2 をまとめて移動させるヘッド駆動系 1 3 を備えていてもよい。更に、加工装置 1 h は、加工装置 1 と比較して、複数の加工ヘッド 1 2 の位置をそれぞれ計測する複数の位置計測装置 1 4 を備えているという点で異なる。但し、加工装置 1 h は、少なくとも二つの加工ヘッド 1 2 の位置をまとめて計測する位置計測装置 1 4 を備えていてもよい。加工装置 1 h のその他の特徴は、加工装置 1 のその他の特徴と同様であってもよい。

【0200】

計測装置 2 h は、計測装置 2 と比較して、複数の計測ヘッド 2 1 を備えているという点で異なる。複数の計測ヘッド 2 1 は、互いに特性（例えば、計測方法、計測ショット領域 M S A の大きさ及び計測精度の少なくとも一つ）が同一であってもよい。複数の計測ヘッド 2 1 のうちの少なくとも二つは、互いに特性が異なってもよい。更に、計測装置 2 h は、計測装置 2 と比較して、複数の計測ヘッド 2 1 をそれぞれ移動させる複数のヘッド駆動系 2 2 を備えているという点で異なる。但し、計測装置 2 h は、少なくとも二つの計測ヘッド 2 1 をまとめて移動させるヘッド駆動系 2 2 を備えていてもよい。更に、計測装置 2 h は、計測装置 2 と比較して、複数の計測ヘッド 2 1 の位置をそれぞれ計測する複数の位置計測装置 2 3 を備えているという点で異なる。但し、計測装置 2 h は、少なくとも二つの計測ヘッド 2 1 の位置をまとめて計測する位置計測装置 2 3 を備えていてもよい。計測装置 2 h のその他の特徴は、計測装置 2 のその他の特徴と同様であってもよい。

【0201】

このような第 8 実施形態の加工システム S Y S h 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 h は、複数の加工ヘッド 1 2 を介してワーク W の複数個所に複数の加工光 E L を同時に照射することができる。その結果、ワーク W の加工に関するスループットが向上する。更に、加工システム S Y S h は、複数の計測ヘッド 2 1 を用いて、ワーク W を適切に計測することができる。

【0202】

尚、加工システム S Y S h が複数の加工ヘッド 1 2 を備えている場合には、上述した B - C H K 動作において、制御装置 4 は、複数の加工ヘッド 1 2 にそれぞれ対応する複数の加工原点 P O のそれぞれと装置原点 A O との間の距離を計測してもよい。同様に、加工システム S Y S h が複数の計測ヘッド 2 1 を備えている場合には、上述した B - C H K 動作において、制御装置 4 は、複数の計測ヘッド 2 1 にそれぞれ対応する複数の計測原点 M O のそれぞれと装置原点 A O との間の距離を計測してもよい。

【0203】

また、加工システム S Y S h は、複数の加工ヘッド 1 2 を備える加工装置 1 h と、単一の計測ヘッド 2 1 を備える計測装置 2 とを備えていてもよい。加工システム S Y S h は、複数の計測ヘッド 2 1 を備える計測装置 2 h と、単一の加工ヘッド 1 2 を備える加工装置 1 とを備えていてもよい。

【0204】

また、上述した第2実施形態の加工システムSY S bから第7実施形態の加工システムSY S gの少なくとも一つが、第8実施形態に特有の構成要件を備えていてもよい。第8実施形態に特有の構成要件は、複数の加工ヘッド1 2及び複数の計測ヘッド2 1に関する構成要件を含んでいてもよい。

【0205】

(9) 第9実施形態の加工システムSY S i

続いて、図32を参照しながら、第9実施形態の加工システムSY S (以降、第9実施形態の加工システムSY Sを、“加工システムSY S i”と称する)について説明する。図32は、第9実施形態の加工システムSY S iのシステム構成を示すシステム構成図である。

【0206】

図32に示すように、第9実施形態の加工システムSY S iは、上述した第8実施形態の加工システムSY S hと比較して、加工装置1 hに代えて、加工装置1 iを備えているという点で異なる。加工システムSY S iのその他の特徴は、加工システムSY S hのその他の特徴と同様であってもよい。

【0207】

加工装置1 iは、加工装置1 hと比較して、複数の加工ヘッド1 2からそれぞれ射出される複数の加工光E Lをそれぞれ生成する複数の加工光源1 1を備えているという点で異なる。加工装置1 iのその他の特徴は、加工装置1 hのその他の特徴と同様であってもよい。

【0208】

複数の加工光源1 1は、特性が同一となる複数の加工光E Lをそれぞれ生成してもよい。或いは、複数の加工光源1 1のうちの少なくとも二つは、特性が異なる少なくとも二つの加工光E Lをそれぞれ生成してもよい。例えば、複数の加工光源1 1は、発光時間がナノ秒のオーダーとなる加工光E Lを生成する加工光源1 1と、発光時間がピコ秒のオーダーとなる加工光E Lを生成する加工光源1 1と、発光時間がフェムト秒のオーダーとなる加工光E Lを生成する加工光源1 1とを含んでいてもよい。発光時間が短くなるほど加工光E LによるワークWの加工精度が向上するため、加工システムSY S iは、発光時間がナノ秒のオーダーとなる加工光E Lを用いてワークWを粗く加工し、発光時間がピコ秒のオーダーとなる加工光E Lを用いてワークWを細かく加工し、発光時間がフェムト秒のオーダーとなる加工光E Lを用いてワークWを仕上げ加工してもよい。

【0209】

このような第9実施形態の加工システムSY S iは、上述した第8実施形態の加工システムSY S h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SY S iは、特性が異なる複数の加工光E Lを用いて、ワークWを適切に加工することができる。

【0210】

尚、上述した第2実施形態の加工システムSY S bから第7実施形態の加工システムSY S gの少なくとも一つが、第9実施形態に特有の構成要件を備えていてもよい。第9実施形態に特有の構成要件は、複数の加工光源1 1に関する構成要件を含んでいてもよい。

【0211】

(10) 第10実施形態の加工システムSY S j

続いて、第10実施形態の加工システムSY S (以降、第10実施形態の加工システムSY Sを、“加工システムSY S j”と称する)について説明する。第10実施形態の加工システムSY S jは、上述した第1実施形態の加工システムSY S aと比較して、ワークWに加工光E Lを照射することでワークWの付加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SY S jは、付加加工を行うことでワークW上に3次元構造物S Tを形成してもよい。

【0212】

一例として、加工システムSY S jは、例えば、レーザ肉盛溶接法(LMD:Lase

10

20

30

40

50

r Metal Deposition)に基づく付加加工を行ってもよい。この場合、加工システムSY S jは、造形材料Mを加工光E Lで加工することで造形物を形成してもよい。造形材料Mは、所定強度以上の加工光E Lの照射によって溶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。但し、加工システムSY S j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。

10

【0213】

レーザ肉盛溶接法に基づく付加加工を行う第10実施形態の加工システムSY S jの一例が、図33及び図34に示されている。図33は、第10実施形態の加工システムSY S jのシステム構成を示すシステム構成図である。図34は、第10実施形態の加工システムSY S jの外観を示す斜視図である。図33及び図34に示すように、第10実施形態の加工システムSY S jは、上述した第1実施形態の加工システムSY S aと比較して、加工装置1に代えて、加工装置1 jを備えているという点で異なる。加工システムSY S jは、加工システムSY S aと比較して、材料供給源8 jを備えているという点で異なる。加工システムSY S jのその他の特徴は、加工システムSY S aのその他の特徴と同様であってもよい。

20

【0214】

加工装置1 j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12 jを備えているという点で異なる。加工装置1 jのその他の特徴は、加工装置1のその他の特徴と同様であってもよい。加工ヘッド12 jは、加工ヘッド12と比較して、材料ノズル122 jを更に備えているという点で異なる。加工ヘッド12 jのその他の特徴は、加工ヘッド12のその他の特徴と同様であってもよい。

【0215】

材料ノズル122 jは、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）。このため、材料ノズル122 jは、材料供給装置と称されてもよい。具体的には、材料ノズル122 jは、不図示の供給管を介して造形材料Mの供給源である材料供給源8 jと物理的に接続されている。材料ノズル122 jは、材料供給源8 jから供給される造形材料Mを供給する。材料ノズル122 jは、照射光学系121からの加工光E Lの照射位置（つまり、目標照射領域E A）に向けて造形材料Mを供給するように、照射光学系121に対して位置合わせされている。尚、照射光学系121から射出された加工光E Lによって形成される溶融池に、材料ノズル122 jが造形材料Mを供給するように、材料ノズル122 jと照射光学系121とが位置合わせされていてもよい。尚、材料ノズル122 jは、溶融池に造形材料Mを供給しなくてもよい。例えば、加工システムSY S jは、材料ノズル122 j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121からの加工光E Lによって溶融させ、溶融した造形材料MをワークWに付着させてもよい。

30

40

【0216】

このような第10実施形態の加工システムSY S jは、ワークWに対して適切に付加加工を行うことができる。更に、加工システムSY S jは、上述した第1実施形態の加工システムSY S hと同様に、受光装置35による加工光E Lの受光結果及び計測ヘッド21による受光装置35の計測結果に基づいて、ワークWに対して適切に付加加工を行うことができる。

【0217】

尚、付加加工を行う加工システムSY S jは、受光装置35として、上述した第4実施形態等で説明した、撮像装置として機能可能な受光装置35 dを備えていてもよい。この場合、例えば、受光素子352は、材料ノズル122 jの少なくとも一部を撮像してもよ

50

い。制御装置 4 は、材料ノズル 1 2 2 j の少なくとも一部の撮像結果に基づいて、加工システム S Y S j を制御してもよい。制御装置 4 は、材料ノズル 1 2 2 j の少なくとも一部の撮像結果に基づいて、材料ノズル 1 2 2 j の状態に関する情報を出力してもよい。この場合、制御装置 4 は、材料ノズル 1 2 2 j の状態に関する情報を出力する情報出力装置として機能してもよい。例えば、受光素子 3 5 2 は、材料ノズル 1 2 2 j から供給される造形材料 M の少なくとも一部を撮像してもよい。制御装置 4 は、造形材料 M の少なくとも一部の撮像結果に基づいて、加工システム S Y S j を制御してもよい。例えば、制御装置 4 は、造形材料 M の少なくとも一部の撮像結果に基づいて、材料供給源 8 j から材料ノズル 1 2 2 j を介した造形材料 M の供給態様を変更（つまり、制御）してもよい。造形材料 M の供給態様は、造形材料 M の供給量及び造形材料 M の供給タイミング（供給時期）の少なくとも一方を含んでいてもよい。この場合、制御装置 4 は、造形材料 M の供給態様を変更する材料供給態様変更装置として機能してもよい。

10

【0218】

また、加工システム S Y S j は、除去加工を行う加工装置 1（或いは、加工ヘッド 1 2）と、付加加工を行う加工装置 1 j（或いは、加工ヘッド 1 2 j）との双方を備えていてもよい。加工システム S Y S j は、計測装置 2 を備えていなくてもよい。

【0219】

また、上述した第 2 実施形態の加工システム S Y S b から第 9 実施形態の加工システム S Y S i の少なくとも一つが、第 10 実施形態に特有の構成要件を備えていてもよい。第 10 実施形態に特有の構成要件は、付加加工に関する構成要件を含んでいてもよい。

20

【0220】

（11）第 11 実施形態の加工システム S Y S k

続いて、第 11 実施形態の加工システム S Y S（以降、第 11 実施形態の加工システム S Y S を、“加工システム S Y S k”と称する）について説明する。第 11 実施形態の加工システム S Y S k 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、加工光 E L に加えて又は代えて、ワーク W を機械加工するための工具 1 2 3 k（後述する図 3 5 及び図 3 6 参照）を用いてワーク W を加工してもよいという点で異なる。つまり、加工システム S Y S k は、加工システム S Y S a と比較して、ワーク W を機械加工してもよいという点で異なる。例えば、加工システム S Y S k は、ワーク W に工具 1 2 3 k を接触させることで、ワーク W を切削加工、研削加工、研磨加工又は切断加工してもよい。例えば、加工システム S Y S k は、ワーク W の形状が所望の形状になるようにワーク W を機械加工してもよい。例えば、加工システム S Y S k は、ワーク W に所望の構造を形成するようにワーク W を機械加工してもよい。例えば、加工システム S Y S k は、ワーク W の表面に所望の構造を形成するようにワーク W を機械加工してもよい。例えば、加工システム S Y S k は、ワーク W の表面が研磨されるようにワーク W を機械加工してもよい。

30

【0221】

このような第 11 実施形態の加工システム S Y S k の一例が図 3 5 及び図 3 6 に示されている。図 3 5 は、第 11 実施形態の加工システム S Y S k のシステム構成を示すブロック図である。図 3 6 は、第 11 実施形態の加工システム S Y S k の構造を示す断面図である。図 3 5 及び図 3 6 に示すように、加工システム S Y S k は、加工システム S Y S a と比較して、加工光源 1 1 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 k は、加工システム S Y S a と比較して、照射光学系 1 2 1 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 k は、加工システム S Y S a と比較して、照射光学系 1 2 1 を備えている加工ヘッド 1 2 を備える加工装置 1 に代えて、照射光学系 1 2 1 を備えていない加工ヘッド 1 2 k を備える加工装置 1 k 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 k は、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。更に、加工システム S Y S k は、加工システム S Y S a と比較して、加工ヘッド 1 2 に代えて、工具 1 2 3 k を備える加工ヘッド 1 2 k を備えているという点で異なる。加工システム S Y S k 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

40

50

もよい。

【0222】

このような第11実施形態の加工システムSYSkは、ワークWに対して適切に機械加工を行うことができる。更に、加工システムSYSkは、受光装置35による受光結果及び計測ヘッド21による受光装置35の計測結果に基づいて、ワークWに対して機械加工を行ってもよい。

【0223】

尚、機械加工を行う加工システムSYSkは、受光装置35として、上述した第4実施形態等で説明した、撮像装置として機能可能な受光装置35dを備えていてもよい。この場合、例えば、受光素子352は、工具123kの少なくとも一部を撮像してもよい。制御装置4は、工具123kの少なくとも一部の撮像結果に基づいて、加工システムSYSkを制御してもよい。例えば、制御装置4は、工具123kの少なくとも一部の撮像結果に基づいて、工具123kの移動経路（つまり、工具123kによる加工経路、いわゆる加工パス）を変更（つまり、制御）してもよい。この場合、制御装置4は、工具123kの加工経路を変更する経路変更装置として機能してもよい。

【0224】

また、加工システムSYSkは、除去加工を行う加工装置1（或いは、加工ヘッド12）と、機械加工を行う加工装置1k（或いは、加工ヘッド12k）との双方を備えていてもよい。加工システムSYSkは、計測装置2を備えていなくてもよい。

【0225】

また、上述した第2実施形態の加工システムSYSbから第10実施形態の加工システムSYSjの少なくとも一つが、第11実施形態に特有の構成要件を備えていてもよい。第11実施形態に特有の構成要件は、機械加工に関する構成要件を含んでいてもよい。

【0226】

（12）変形例

上述した説明では、加工システムSYS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SYS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SYS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。

【0227】

（13）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〕

ビーム源からのエネルギービームを物体に照射する照射装置を備え、前記物体を加工する加工システムに用いられるカバー部材であって、

前記エネルギービームを受光する受光部へ向かう前記エネルギービーム通過させる通過領域を覆うカバー部材。

〔付記2〕

前記カバー部材は、前記通過領域を覆う第1位置と、前記通過領域を覆わない第2位置との間で動く

付記1に記載のカバー部材。

〔付記3〕

前記エネルギービームを前記物体に照射する際に、前記カバー部材は前記第1位置に位置し、

前記受光部によって前記エネルギービームを受光する際に、前記カバー部材は前記第2位置に位置する

付記2に記載のカバー部材。

[付記 4]

前記加工システムは、前記物体を計測ビームで計測する計測装置を備え、

前記カバー部材は、前記計測装置によって計測され、前記通過領域と所定の位置関係を有するマークを覆う

付記 1 から 3 のいずれか一項に記載のカバー部材。

[付記 5]

エネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工システムにおいて、

前記物体が載置される載置装置と、

前記エネルギービームを前記物体に照射する照射装置と、

前記エネルギービームを受光する受光装置と

を備え、

前記受光装置のうちの少なくとも一部は、前記載置装置に形成された窪みの内部に位置する

加工システム。

[付記 6]

前記受光装置は、前記エネルギービームを通過させる通過領域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受光する受光部と

を備える、付記 5 に記載の加工システム。

[付記 7]

前記エネルギービームを減衰させ、前記通過領域と隣接して配置される減衰領域を有する

付記 6 に記載の加工システム。

[付記 8]

前記ビーム通過部材は、前記物体が載置される載置面よりも前記通過領域が下方に位置するように、前記窪みに配置される

付記 6 又は 7 に記載の加工システム。

[付記 9]

前記ビーム通過部材は、前記照射装置側に向けられた窪みの開口よりも前記照射装置と反対側に位置する

付記 6 から 8 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 10]

前記ビーム通過部材の前記通過領域を覆うカバー部材を更に備える

付記 6 から 9 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 11]

前記カバー部材は、前記通過領域を覆う第 1 位置と、前記通過領域を覆わない第 2 位置との間で動く

付記 10 に記載の加工システム。

[付記 12]

前記エネルギービームを前記物体に照射する際に、前記カバー部材は前記第 1 位置に位置し、

前記受光部によって前記エネルギービームを受光する際に、前記カバー部材は前記第 2 位置に位置する

付記 11 に記載の加工システム。

[付記 13]

前記カバー部材は、前記ビーム通過部材を覆う

付記 10 から 12 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 14]

前記窪みは、前記物体が載置される載置面とは異なる領域に形成される

付記 5 から 13 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 15]

前記載置装置は、前記物体が載置される載置面とは異なる領域に形成された凸部を備え、

10

20

30

40

50

前記窪みは、前記凸部と隣接している

付記 5 から 14 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 16]

前記窪みは、前記凸部によって囲われている

付記 15 に記載の加工システム。

[付記 17]

前記エネルギービームの進行方向に沿って前記エネルギービームの収斂位置を変更するビーム収斂位置変更装置をさらに備え、

前記ビーム収斂位置変更装置は、前記物体が載置される載置面と前記受光部のうちの少なくとも一部との前記進行方向に沿った距離についての情報を用いて、前記収斂位置を変更する

10

付記 5 から 16 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 18]

前記減衰領域は、前記エネルギービームを遮蔽する

付記 5 から 17 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 19]

前記通過領域は、前記エネルギービームを減衰させない

付記 5 から 18 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 20]

物体を加工する加工システムであって、

前記物体が載置される載置装置と、

前記物体を加工する加工装置と、

前記載置装置に設けられ、前記加工装置の少なくとも一部を撮像する撮像装置とを備える加工システム。

20

[付記 21]

物体を加工する加工システムであって、

前記物体が載置される載置装置と、

前記物体を加工する加工装置と、

前記加工装置の少なくとも一部を、前記加工装置の前記少なくとも一部に対して前記載置装置側から撮像する撮像装置と

30

を備える加工システム。

[付記 22]

前記加工装置は、前記物体にエネルギービームを照射する照射光学系を備え、

前記撮像装置は、前記照射光学系が有する光学部材を撮像する

付記 20 又は 21 に記載の加工システム。

[付記 23]

前記撮像装置による撮像結果に基づいて、前記エネルギービームの特性を変更するビーム特性変更装置を更に備える

付記 22 に記載の加工システム。

[付記 24]

前記加工装置は、前記物体にエネルギービームを照射する照射光学系と、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を備え、

前記撮像装置は、前記材料供給装置の一部を撮像する

付記 20 から 23 のいずれか一項に記載の加工システム。

40

[付記 25]

前記撮像装置による撮像結果に基づいて、前記材料供給装置の状態についての情報を出力する情報出力装置をさらに備える

付記 24 に記載の加工システム。

[付記 26]

前記加工装置は、前記物体にエネルギービームを照射する照射光学系と、前記エネルギービ

50

ームの照射位置に向けて材料を供給する材料供給装置を備え、
前記撮像装置は、前記材料供給装置からの前記材料を撮像する
付記 20 から 25 のいずれか一項に記載の加工システム。

[付記 27]

前記撮像装置による撮像結果に基づいて、前記材料供給装置による前記材料の供給態様
を変更する材料供給態様変更装置をさらに備える
付記 26 に記載の加工システム。

[付記 28]

前記加工装置は、前記物体を機械加工する工具を備え、
前記撮像装置は、前記工具の少なくとも一部を撮像する
付記 20 から 27 のいずれか一項に記載の加工システム。

10

[付記 29]

前記撮像装置による撮像結果に基づいて、前記工具の加工経路を変更する経路変更装置
をさらに備える
付記 28 に記載の加工システム。

[付記 30]

前記撮像装置は、中間像を形成する第 1 光学系と、前記中間像が形成される位置に配置
された指標板と、前記指標板の像を形成する第 2 光学系と、前記指標板の像が形成される
位置に配置された撮像素子とを備える

付記 20 から 29 のいずれか一項に記載の加工システム。

20

[付記 31]

物体を加工する加工システムであって、
前記物体が載置される載置装置と、
前記物体にエネルギービームを照射して前記物体を加工する加工装置と、
前記載置装置に設けられ、前記エネルギービームを撮像する撮像装置と
を備える加工システム。

[付記 32]

物体を加工する加工システムであって、
前記物体が載置される載置装置と、
前記物体にエネルギービームを照射して前記物体を加工する加工装置と、
前記加工装置に対して前記載置装置側から前記エネルギービームを撮像する撮像装置と
を備える加工システム。

30

[付記 33]

前記撮像装置による撮像結果に基づいて、前記エネルギービームの照射位置を制御する制
御装置をさらに備える
付記 32 又は 33 に記載の加工システム。

[付記 34]

前記撮像装置は、中間像を形成する第 1 光学系と、前記中間像が形成される位置に配置
された指標板と、前記指標板の像を形成する第 2 光学系と、前記指標板の像が形成される
位置に配置された撮像素子とを備える

付記 31 から 33 のいずれか一項に記載の加工システム。

40

[付記 35]

ビーム源からのエネルギービームを物体に照射して前記物体を加工する加工システムにお
いて、

前記物体を移動可能に載置する載置装置と、
前記エネルギービームを前記物体に照射し、前記エネルギービームの射出方向を変える射出
方向変更部材を含む照射装置と、
前記エネルギービームの射出方向を計測するビーム計測装置と、
前記ビーム計測装置による前記エネルギービームの計測結果に基づいて、前記射出方向変
更部材を制御する制御装置と

50

を備える加工システム。

〔付記 3 6〕

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エネルギービームを受光する受光部とを有する

付記 3 5 に記載の加工システム。

〔付記 3 7〕

前記ビーム計測装置は、前記照射装置と前記通過領域との距離を変えて複数回ビームの射出方向を計測する

付記 3 6 に記載の加工システム。

〔付記 3 8〕

前記照射装置は、前記エネルギービームを集光する集光光学系を備え、

前記射出方向変更部材は、前記ビーム源と前記集光光学系との間に、回転可能に設けられる

付記 3 5 から 3 7 のいずれか一項に記載の加工システム。

〔付記 3 9〕

前記射出方向変更部材は、前記集光光学系の入射瞳位置から外れた場所に位置する

付記 3 8 に記載の加工システム。

〔付記 4 0〕

前記照射装置は、前記ビーム源と前記集光光学系との間に回転可能に設けられ、前記エネルギービームの照射位置を移動させる照射位置移動部材を含む

付記 3 8 又は 3 9 に記載の加工システム。

〔付記 4 1〕

前記集光光学系の入射瞳と前記射出方向変更部材との距離は、前記入射瞳と前記照射位置移動部材との距離よりも大きい

付記 4 0 に記載の加工システム。

〔0 2 2 8〕

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。

〔0 2 2 9〕

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及び計測部材もまた本発明の技術思想に含まれる。

〔符号の説明〕

〔0 2 3 0〕

1 加工装置

1 2 加工ヘッド

2 計測装置

2 1 計測ヘッド

3 ステージ装置

3 2 ステージ

3 5 受光装置

3 5 1 ビーム通過部材

3 5 2 受光素子

4 制御装置

E L 加工光

S Y S 加工システム

10

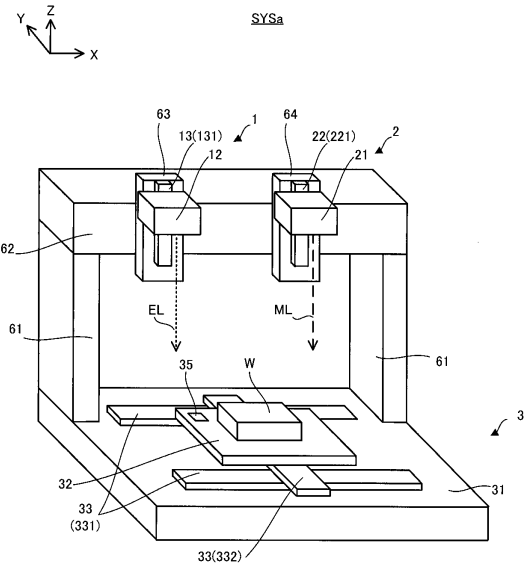
20

30

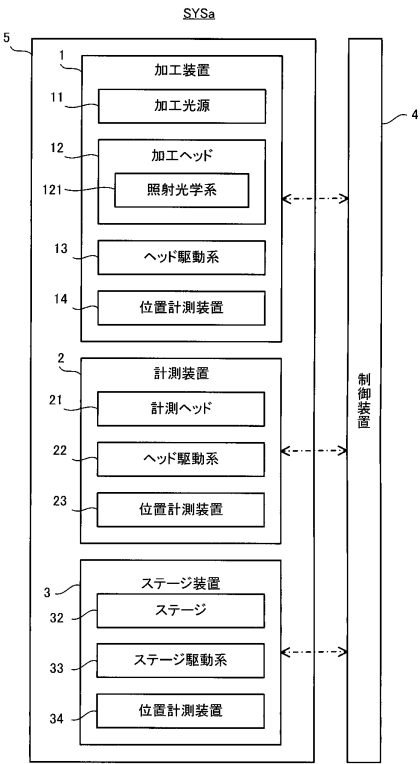
40

50

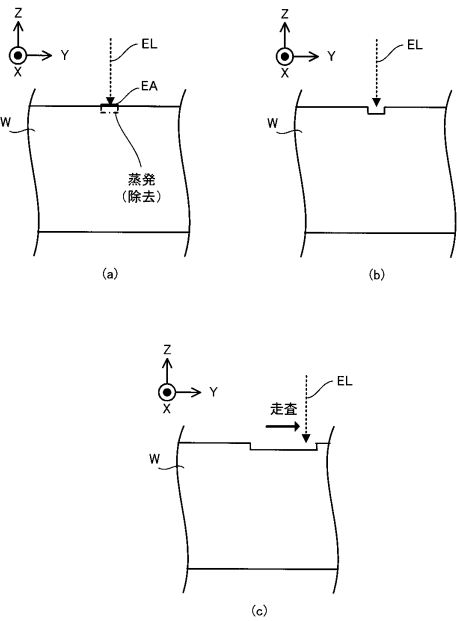
【図面】
【図 1】



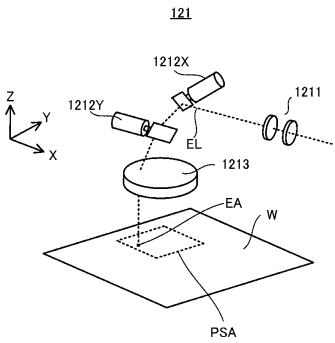
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

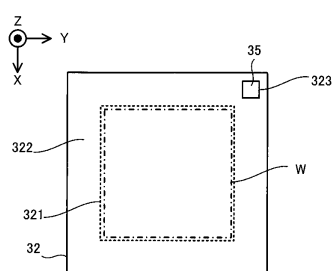
20

30

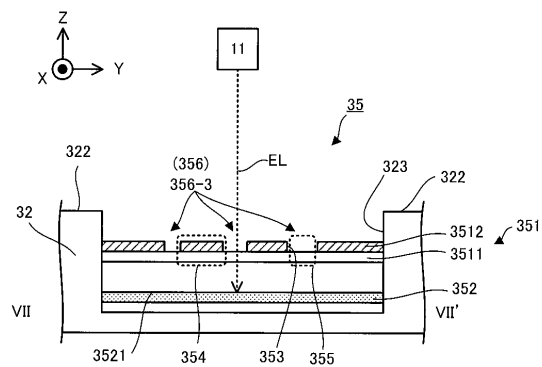
40

50

【図 5】



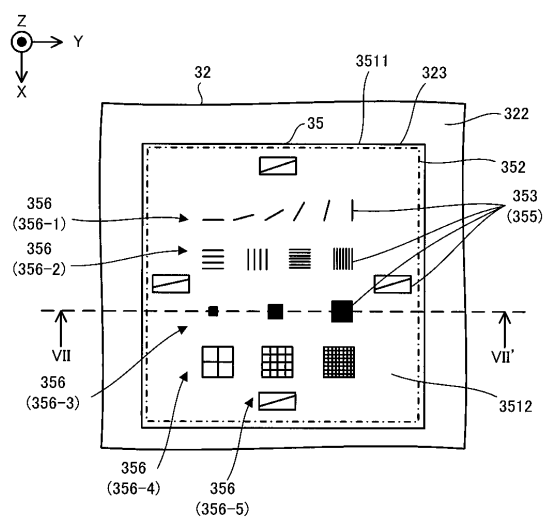
【図 6】



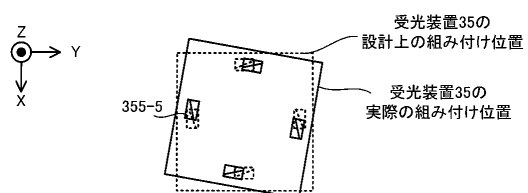
10

20

【圖 7】



【図 8】

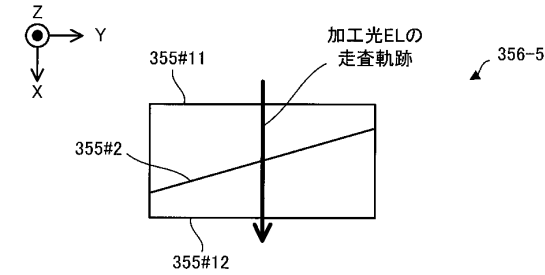


30

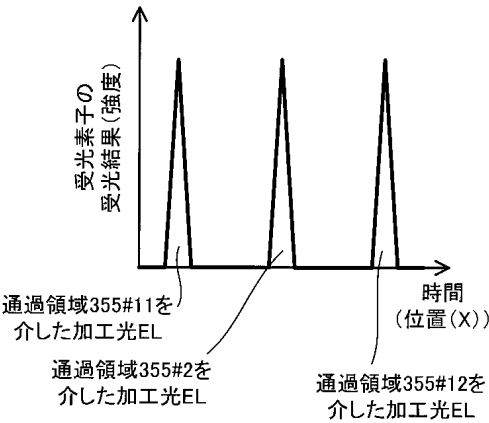
40

50

【図 9】

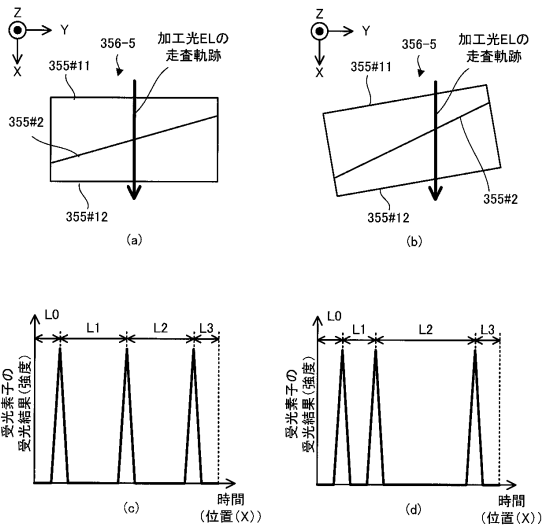


【図 10】

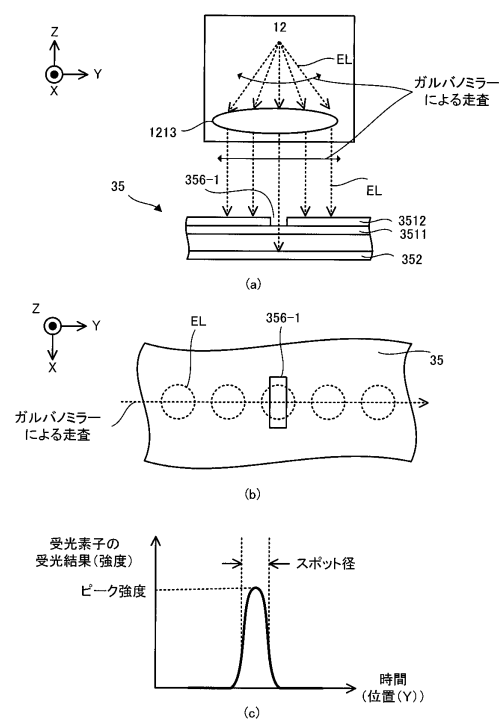


10

【図 11】



【図 12】



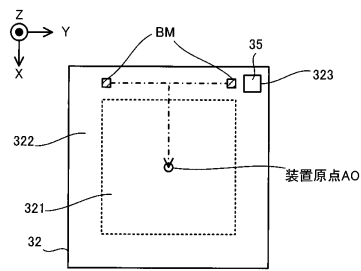
20

30

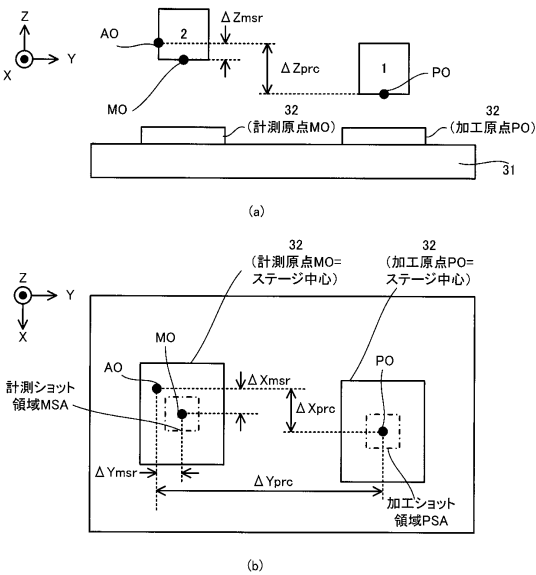
40

50

【図 1 3】



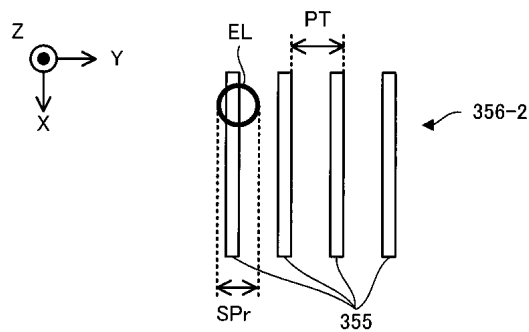
【図 1 4】



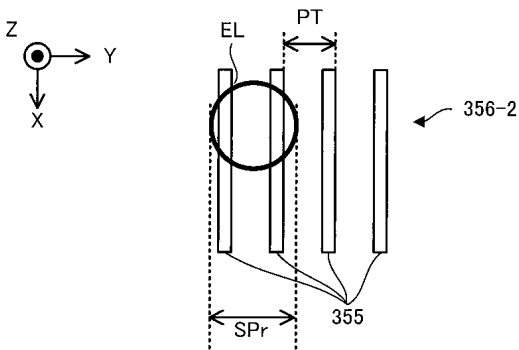
10

20

【図 1 5】



【図 1 6】

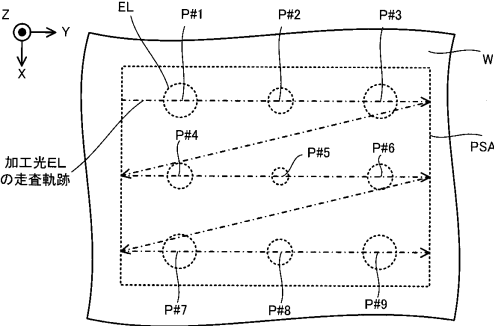


30

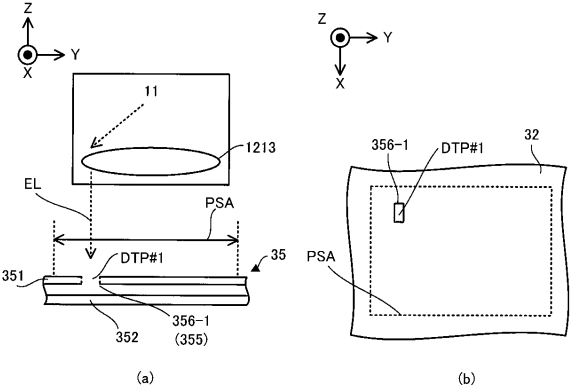
40

50

【図 17】



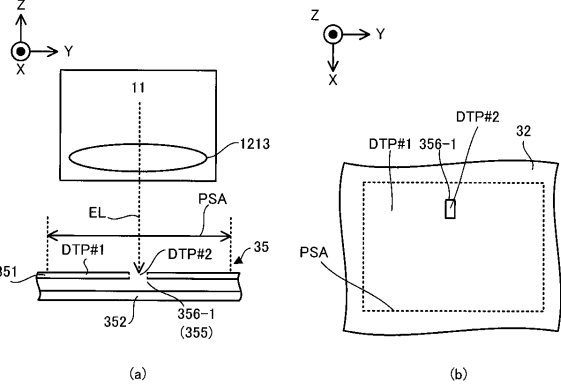
【図 18】



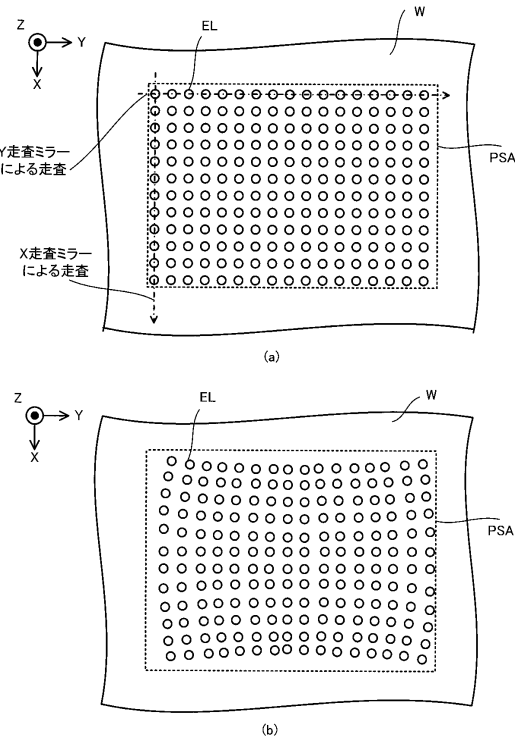
10

20

【図 19】



【図 20】

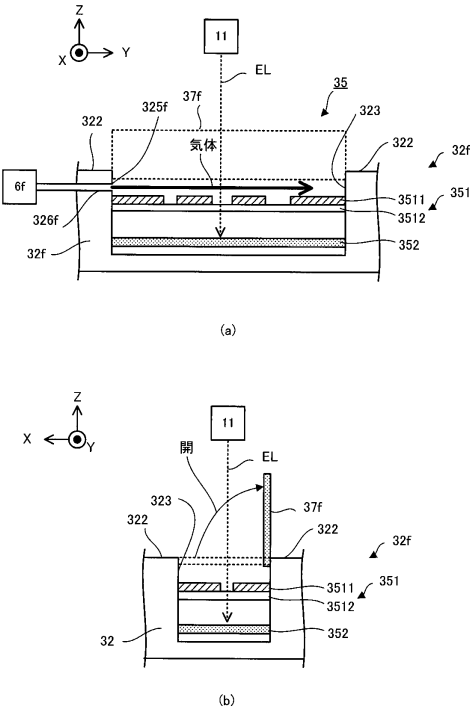


30

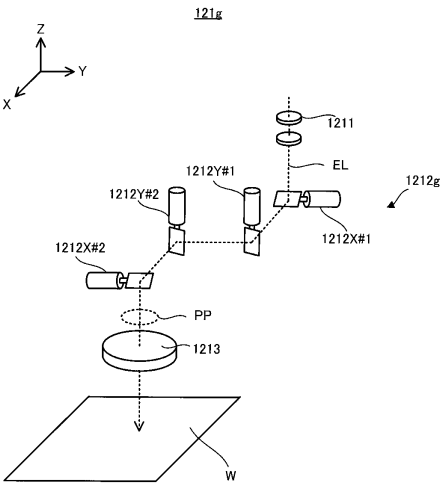
40

50

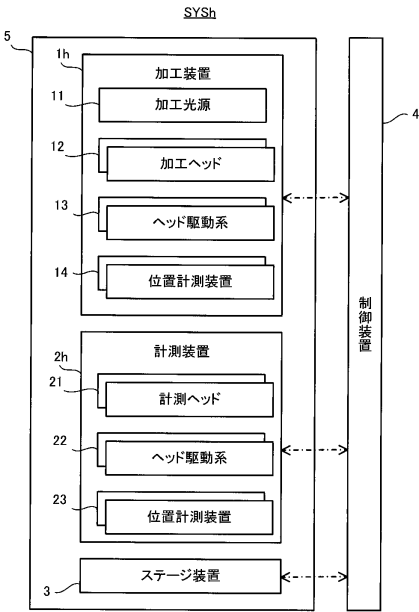
【図 2 9】



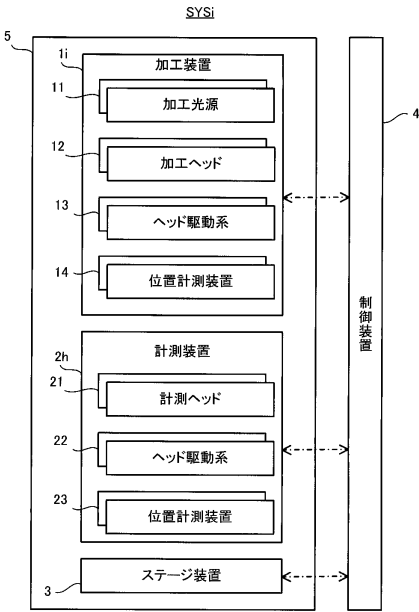
【図 3 0】



【図 3 1】



【図 3 2】



10

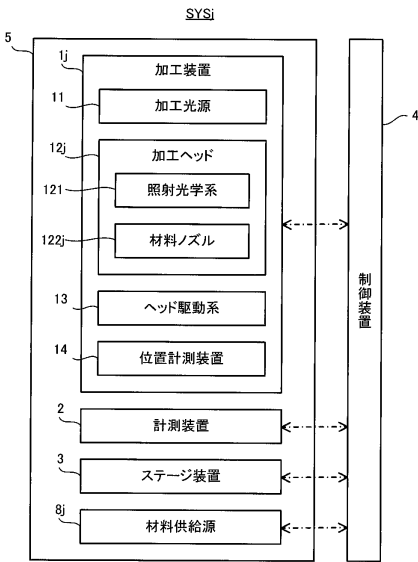
20

30

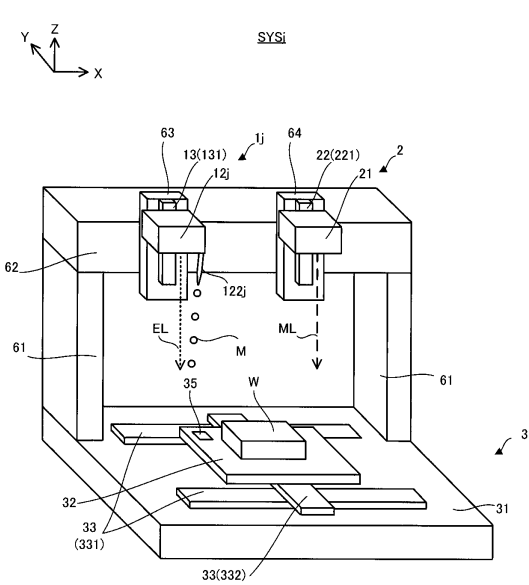
40

50

【図 3 3】



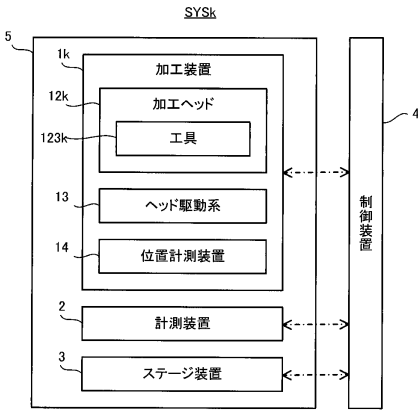
【図 3 4】



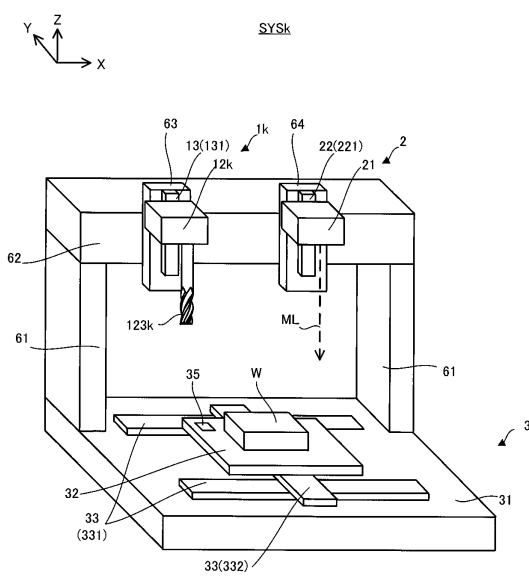
10

20

【図 3 5】



【図 3 6】



30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許出願公開第2014/0132751 (US, A1)

特開平08-025071 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B名)

B 2 3 K 2 6 / 0 0 - 2 6 / 7 0