

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6594861号
(P6594861)

(45) 発行日 令和1年10月23日(2019.10.23)

(24) 登録日 令和1年10月4日(2019.10.4)

(51) Int. Cl.	F I
B 2 3 K 26/08 (2014.01)	B 2 3 K 26/08 F
B 2 3 K 26/064 (2014.01)	B 2 3 K 26/064 A
F O 1 D 25/00 (2006.01)	F O 1 D 25/00 X
F O 2 C 7/00 (2006.01)	F O 1 D 25/00 Q
F O 1 D 5/28 (2006.01)	F O 1 D 25/00 R

請求項の数 24 (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-516556 (P2016-516556)
 (86) (22) 出願日 平成26年9月24日(2014.9.24)
 (65) 公表番号 特表2016-537199 (P2016-537199A)
 (43) 公表日 平成28年12月1日(2016.12.1)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2014/057186
 (87) 国際公開番号 W02015/048111
 (87) 国際公開日 平成27年4月2日(2015.4.2)
 審査請求日 平成29年8月8日(2017.8.8)
 (31) 優先権主張番号 61/881,666
 (32) 優先日 平成25年9月24日(2013.9.24)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)

(73) 特許権者 501012517
 アイピージー フォトニクス コーポレー
 ション
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O
 1 5 4 0, オックスフォード, オールド
 ウェブスター ロード 5 0
 (74) 代理人 100108453
 弁理士 村山 靖彦
 (74) 代理人 100110364
 弁理士 実広 信哉
 (74) 代理人 100133400
 弁理士 阿部 達彦

前置審査

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ディザリング可能なレーザー処理システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ワークピースをレーザー処理するための方法であって、
 コリメートされたレーザービームの長さの少なくとも一部に沿って一貫した Z 軸パワー密度を有するコリメートされたレーザービームを発生させるステップと、
 前記コリメートされたレーザービームをワークピースに向けて、前記ワークピース上にビームスポットを形成するステップと、
 前記ワークピースを移動させながら前記ビームスポットが前記ワークピースの表面上の処理を促進するように、前記ワークピースを移動させるステップと、
 前記ワークピースを移動させながら前記ビームスポットが前記ワークピース上でディザリングされるように、X 軸及び Y 軸の一方に沿って前記コリメートされたレーザービームをディザリングするステップと、を備え、
前記コリメートされたレーザービームをディザリングするステップが、
ビーム伝送システムに光学的に結合されたファイバーレーザー出力を移動させずに、
前記ビーム伝送システムの光学系を移動させることを含むか、又は、
ファイバーレーザー出力に光学的に結合されたビーム伝送システムの光学系を移動させずに、ファイバーレーザー出力を移動させることを含む、方法。

【請求項 2】

前記コリメートされたレーザービームを発生させるステップが、少なくとも二つのコリメート用レンズにレーザー出力を通すことを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記コリメート用レンズのうち少なくとも一つが、前記ワークピース上のビームスポットの直径を変化させるようにZ軸に沿って移動可能である、請求項2に記載の方法。

【請求項 4】

処理がクラディング、溶接、又は表面クリーニングを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 5】

前記ワークピースが三次元表面を有し、前記コリメートされたレーザービームが、前記三次元表面上の異なる複数の処理位置において一貫したZ軸パワー密度を提供する、請求項1に記載の方法。

【請求項 6】

前記ワークピースがタービンブレード、又は弁座である、請求項5に記載の方法。

【請求項 7】

前記ビームスポットが前記ワークピースの表面上の連続的なパターンで移動するように、前記コリメートされたレーザービームが前記ワークピースの移動に合わせてディザリングされる、請求項1に記載の方法。

【請求項 8】

前記パターンが蛇行パターン、又は螺旋パターンである、請求項7に記載の方法。

【請求項 9】

ファイバーレーザーシステムと、

前記ファイバーレーザーシステムのファイバーレーザー出力に光学的に結合されたビーム伝送システムであって、コリメートされたレーザービームを生成するための複数のコリメート用レンズを含み、前記コリメート用レンズのうち少なくとも一つが前記コリメートされたレーザービームの直径を変化させるようにZ軸に沿って移動可能である、ビーム伝送システムと、

X軸及びY軸の一方に沿って前記コリメートされたレーザービームをディザリングするように前記コリメート用レンズに対して相対的に前記ファイバーレーザー出力を移動させるための手段と、

ワークピースを支持及び移動させるためのワークピースホルダーと、

前記ワークピースホルダーと、前記コリメート用レンズに対して相対的に前記ファイバーレーザー出力を移動させるための手段との運動を制御するための運動制御システムと、
を備え、

前記コリメート用レンズに対して相対的に前記ファイバーレーザー出力を移動させるための手段が、

前記ファイバーレーザー出力を移動させずに、前記コリメート用レンズを移動させるための光学系 X Y ステージを含むか、又は、

前記コリメート用レンズを移動させずに、前記ファイバーレーザー出力を移動させるためのファイバーレーザー出力 X Y ステージを含む、レーザー処理システム。

【請求項 10】

筐体と、

前記筐体の一端において前記筐体にファイバーレーザー出力を接続するためのファイバーレーザーコネクタと、

前記筐体内に位置し、前記ファイバーレーザー出力に光学的に結合されたビーム伝送システムであって、

コリメートされたレーザービームを提供するための第一のコリメート用レンズ及び第二のコリメート用レンズであって、該第一のコリメート用レンズ及び該第二のコリメート用レンズのうち少なくとも一方が前記コリメートされたレーザービームの直径を変化させるようにZ軸に沿って移動可能である、第一のコリメート用レンズ及び第二のコリメート用レンズ、及び、

前記コリメートされたレーザービームの最終的なコリメーションを提供するための最後のコリメート用レンズを備えたビーム伝送システムと、

10

20

30

40

50

前記筐体内に位置し、X軸及びY軸に沿った移動用に前記コリメート用レンズを支持する光学系X Yステージと、

支持構造と、

Z軸に沿った移動用に前記支持構造にスライド可能に取り付けられた第一のレンズキャリアッジ及び第二のレンズキャリアッジと、を備え、

前記第一のコリメート用レンズが前記第一のレンズキャリアッジに取り付けられ、前記第二のコリメート用レンズが前記第二のレンズキャリアッジに取り付けられ、前記支持構造が前記光学系X Yステージに取り付けられている、光学ヘッド。

【請求項11】

前記コリメートされたレーザービームが前記筐体の外に出るようにするために前記筐体の他端に位置する犠牲窓を更に備える請求項10に記載の光学ヘッド。

【請求項12】

前記第一のコリメート用レンズが凹レンズを含み、前記第二のコリメート用レンズが凸レンズを含む、請求項10に記載の光学ヘッド。

【請求項13】

ワークピース上にクラディング層を堆積させるためのレーザークラディング方法であって、

コリメートされたレーザービームの長さの少なくとも一部に沿って一貫したZ軸パワー密度を有するコリメートされたレーザービームを発生させるステップと、

前記コリメートされたレーザービームをワークピースに向けて、前記ワークピース上にビームスポットを提供するステップと、

前記ビームスポットによって加熱された領域において、クラディング物質が前記ワークピースの表面に当たるように、クラディング物質を前記ワークピースに向けるステップと、

前記ワークピースを移動させながら前記クラディング物質が前記ワークピースの表面上にクラディング層を形成するように、前記ワークピースを移動させるステップと、

前記ワークピースを移動させながら前記ビームスポットが前記ワークピース上でディザリングされるように、X軸及びY軸の一方に沿って前記コリメートされたレーザービームをディザリングするステップと、を備え、

前記コリメートされたレーザービームをディザリングするステップが、

ビーム伝送システムに光学的に結合されたファイバーレーザー出力を移動させずに、前記ビーム伝送システムの光学系を移動させることを含むか、又は、

ファイバーレーザー出力に光学的に結合されたビーム伝送システムの光学系を移動させずに、前記ファイバーレーザー出力を移動させることを含む、レーザークラディング方法。

【請求項14】

前記ワークピースが三次元表面を有し、前記コリメートされたレーザービームが前記三次元表面上の異なる複数の処理位置において一貫したZ軸パワー密度を提供する、請求項13に記載のレーザークラディング方法。

【請求項15】

前記ワークピースがタービンブレードである、請求項14に記載のレーザークラディング方法。

【請求項16】

前記コリメートされたレーザービームを発生させるステップが、少なくとも二つのコリメート用レンズにレーザー出力を通すことを含む、請求項13に記載のレーザークラディング方法。

【請求項17】

前記コリメート用レンズのうち少なくとも一つが、前記ワークピース上の前記ビームスポットの直径を変化させるようにZ軸に沿って移動可能である、請求項16に記載のレーザークラディング方法。

10

20

30

40

50

【請求項 18】

前記ビームスポットが前記ワークピースの表面上の連続的なパターンで移動するように、前記コリメートされたレーザービームが前記ワークピースの移動に合わせてディザリングされる、請求項 13 に記載のレーザークラディング方法。

【請求項 19】

前記パターンが蛇行パターンである、請求項 18 に記載のレーザークラディング方法。

【請求項 20】

前記クラディング物質が、気流中に同伴された粉末である、請求項 13 に記載のレーザークラディング方法。

【請求項 21】

ファイバーレーザーシステムと、
前記ファイバーレーザーシステムのファイバーレーザー出力に光学的に結合されたビーム伝送システムであって、コリメートされたレーザービームを生成するための複数のコリメート用レンズを含み、前記コリメート用レンズのうち少なくとも一つが前記コリメートされたレーザービームの直径を変化させるように Z 軸に沿って移動可能である、ビーム伝送システムと、

X 軸及び Y 軸の一方に沿って前記コリメートされたレーザービームをディザリングするように前記コリメート用レンズに対して相対的に前記ファイバーレーザー出力を移動させるための手段と、

ワークピースを支持及び移動させるためのワークピースホルダーと、
前記ワークピースホルダーと、前記コリメート用レンズに対して相対的に前記ファイバーレーザー出力を移動させるための手段との運動を制御するための運動制御システムと、
前記コリメートされたレーザービームによって加熱された領域において、クラディング粉末が前記ワークピースの表面に当たるように、クラディング粉末を前記ワークピースに伝送するための粉末伝送システムと、を備え、

前記コリメート用レンズに対して相対的に前記ファイバーレーザー出力を移動させるための手段が、

前記ファイバーレーザー出力を移動させずに、前記コリメート用レンズを移動させるための光学系 X Y ステージを含むか、又は、

前記コリメート用レンズを移動させずに、前記ファイバーレーザー出力を移動させるためのファイバーレーザー出力 X Y ステージを含む、レーザークラディングシステム

【請求項 22】

前記ビーム伝送システムを収容する光学筐体を更に備え、前記粉末伝送システムが、集積レーザークラディング光学ヘッドを形成するように前記光学筐体に取り付けられている、請求項 21 に記載のレーザークラディングシステム。

【請求項 23】

筐体と、
前記筐体の一端において前記筐体にファイバーレーザー出力を接続するためのファイバーレーザーコネクタと、
前記筐体内に位置し、前記ファイバーレーザー出力に光学的に結合されたビーム伝送システムであって、

コリメートされたレーザービームを提供するための第一のコリメート用レンズ及び第二のコリメート用レンズであって、該第一のコリメート用レンズ及び該第二のコリメート用レンズのうち少なくとも一方が前記コリメートされたレーザービームの直径を変化させるように Z 軸に沿って移動可能である、第一のコリメート用レンズ及び第二のコリメート用レンズ、及び、

前記コリメートされたレーザービームの最終的なコリメーションを提供するための最後のコリメート用レンズを備えるビーム伝送システムと、

10

20

30

40

50

前記筐体内に位置し、X軸及びY軸に沿った移動用に前記コリメート用レンズを支持する光学系X-Yステージと、

前記コリメートされたレーザービームによって加熱された領域において、クラディング粉末がワークピースの表面に当たるように、クラディング粉末を前記ワークピースに伝送するために前記筐体に取り付けられた粉末伝送ノズルを含む粉末伝送システムと、
支持構造と、

Z軸に沿った移動用に前記支持構造にスライド可能に取り付けられた第一のレンズキャリアリッジ及び第二のレンズキャリアリッジと、を備え、

前記第一のコリメート用レンズが前記第一のレンズキャリアリッジに取り付けられ、前記第二のコリメート用レンズが前記第二のレンズキャリアリッジに取り付けられ、前記支持構造が前記光学系X-Yステージに取り付けられている、集積レーザークラディング光学ヘッド。

10

【請求項24】

前記コリメートされたレーザービームが前記筐体の外に出るように前記筐体の他端に位置する犠牲窓を更に備える請求項23に記載の集積レーザークラディング光学ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーザー処理に係り、特に、処理位置、例えばワークピースの三次元表面上における一貫したレーザービーム特性を維持しながら、レーザービームをディザリングすることができるレーザー処理システム及び方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

レーザーは多様な方法で基板又はベース物質（以下ワークピースと称する）を処理するのに一般的に用いられている。レーザー処理の一例はレーザークラディングプロセスであり、レーザーを用いて他の物質がワークピースの表面に接着するのに十分なようにワークピースを加熱することによって、ワークピースの表面上にコーティングを堆積させる。レーザークラディングプロセスの一つのタイプは、流れの速い気流中に粉末粒子を同伴させて、粒子が塑性変形及び結合を介してワークピースに接着するように、レーザーによって加熱された領域内のワークピースに粒子が当たるようにする。レーザークラディングプロセスの例は、参照として完全に本願に組み込まれる特許文献1及び特許文献2に詳細に説明されている。レーザー処理の他の例として、レーザー溶接や、レーザー物質除去又はクリーニングが挙げられる。

30

【0003】

レーザー処理における課題の一つは、レーザービームの所望の特性（例えばパワー密度）を維持しながら、ワークピース上のより複雑な表面（例えば、三次元表面）の処理を促進するようにレーザービームを移動させることの困難性である。既存のレーザー処理システムはレーザービームを所望の応答時間及び指向性で移動させることができない。例えばレーザーヘッド全体を移動させるレーザー処理システムは、比較的高速応答時間を提供するものではない。一部の既存のレーザークラディングシステムは、一方向に単純にラスター走査を行うが、これは時間がかかり、また、タービンブレード等の複雑な三次元表面に対しては有効ではない。

40

【0004】

更に、既存のレーザー処理システムは、パワー密度がビームのZ軸に沿って変化するようビームを集束させることが多い。パワー密度はビームスポットの半径の二乗に反比例するので、集束ビームにおいて、パワー密度がビームの長さ方向に沿った異なる位置において顕著に異なり得る。従って、レーザービームの移動及び/又は三次元表面の処理は、ワークピース上の異なる処理位置におけるパワー密度等のレーザービーム特性の顕著な変化をもたらすことによって、レーザー処理の一貫性に悪影響を与え得る。ガルボスキャナーがレーザークラディングシステムにおいてレーザービームを走査するのに用いられて

50

はいるが、そのシステムは、複数の処理位置においてビームが一貫したパワー密度を維持するようにすることができないことが多い。特定のレーザークラディングプロセスでは、例えば、粉末の前にレーザービームによって与えられる温度プロファイルを正確に制御しなければならない。レーザービームのパワー密度の変化は温度プロファイルを変化させて、コーティングが所望の一貫性で堆積することの妨げとなり得る。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】国際公開第2013/061085号

【特許文献2】国際公開第2013/061086号

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従って、処理位置、例えばワークピースの三次元表面上における一貫したレーザービーム特性を維持しながら、レーザービームを移動させることができるレーザー処理システム及び方法が必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

一実施形態によると、ワークピースをレーザー処理するための方法が提供される。本方法は、コリメートされたレーザービームの長さの少なくとも一部に沿って一貫したZ軸パワー密度を有するコリメートされたレーザービームを提供するステップと、コリメートされたレーザービームをワークピースに向けて、ワークピース上にビームスポットを形成するステップと、ワークピースが移動しながらビームスポットがワークピースの表面上の処理を促進するようにワークピースを移動させるステップと、ワークピースを移動させながらビームスポットがワークピース上でディザリングされるように、X軸及びY軸の一方に沿ってコリメートされたレーザービームをディザリングするステップと、を含む。

20

【0008】

他の実施形態によると、レーザー処理システムは、ファイバーレーザーシステムと、ファイバーレーザーシステムのファイバーレーザー出力に光学的に結合されたビーム伝送システムとを含む。ビーム伝送システムは、コリメートされたレーザービームを生成するためのコリメート用レンズを含み、コリメート用レンズのうち少なくとも一つはコリメートされたビームの直径を変化させるようにZ軸に沿って移動可能である。また、レーザー処理システムは、X軸及びY軸の一方に沿ってコリメートされたレーザービームをディザリングするようにコリメート用レンズに対して相対的にファイバーレーザー出力を移動させるための機構と、ワークピースを支持及び移動させるためのワークピースホルダーと、ワークピースホルダー及びコリメート用レンズに対して相対的にファイバーレーザー出力を移動させるための機構の運動を制御するための運動制御システムとを更に含む。

30

【0009】

更なる実施形態によると、光学ヘッドは、筐体と、筐体の一端において筐体にファイバーレーザー出力を接続するためのファイバーレーザーコネクタと、筐体内に位置し且つファイバーレーザー出力に光学的に結合されたビーム伝送システムとを含む。ビーム伝送システムは、コリメートされたレーザービームを提供するための第一のコリメート用レンズ及び第二のコリメート用レンズと、コリメートされたレーザービームの最終的なコリメーションを提供するための最後のコリメート用レンズとを含む。第一のレンズ及び第二のレンズの少なくとも一方は、コリメートされたレーザービームの直径を変化させるようにZ軸に沿って移動可能である。また、光学ヘッドは、筐体内に位置し且つX軸及びY軸に沿った移動用にコリメート用レンズを支持する光学系X Yステージも含む。

40

【0010】

一実施形態によると、ワークピース上にクラディング層を堆積させるためのレーザークラディング方法が提供される。レーザークラディング方法は、コリメートされたレ

50

レーザービームの長さの少なくとも一部に沿って一貫したZ軸パワー密度を有するコリメートされたレーザービームを発生させるステップと、コリメートされたレーザービームをワークピースに向けて、ワークピース上にビームスポットを提供するステップと、ビームスポットによって加熱された領域において、クラディング物質がワークピースの表面に当たるように、クラディング物質をワークピースに向けるステップと、ワークピースが移動しながらクラディング物質がワークピースの表面上にクラディング層を形成するように、ワークピースを移動させるステップとを含む。

【0011】

他の実施形態によると、レーザークラディングシステムは、ファイバーレーザーシステムと、ファイバーレーザーシステムのファイバーレーザー出力に光学的に結合されたビーム伝送システムとを含む。ビーム伝送システムは、コリメートされたレーザービームを生成するための複数のコリメート用レンズを含み、コリメート用レンズのうち少なくとも一つは、コリメートされたビームの直径を変化させるようにZ軸に沿って移動可能である。また、レーザークラディングシステムは、X軸及びY軸の一方に沿ってコリメートされたレーザービームをディザリングするようにコリメート用レンズに対して相対的にファイバーレーザー出力を移動させるための機構と、ワークピースを支持及び移動させるためのワークピースホルダーと、ワークピースホルダー及びコリメート用レンズに対して相対的にファイバーレーザー出力を移動させるための機構の運動を制御するための運動制御システムとを更に含む。レーザークラディングシステムは、コリメートされたレーザービームによって加熱された領域において、クラディング粉末がワークピースの表面に当たるように、クラディング粉末をワークピースに伝送するための粉末伝送システムを更に含む。

【0012】

更なる実施形態によると、集積レーザークラディング光学ヘッドは、筐体と、筐体の一端において筐体をファイバーレーザー出力に接続するためのファイバーレーザーコネクタと、筐体内に位置し且つファイバーレーザー出力に光学的に結合されたビーム伝送システムとを含む。ビーム伝送システムは、コリメートされたレーザービームを提供するための第一のコリメート用レンズ及び第二のコリメート用レンズと、コリメートされたレーザービームの最終的なコリメーションを提供するための最後のコリメート用レンズとを含む。第一のレンズ及び第二のレンズの少なくとも一方は、コリメートされたレーザービームの直径を変化させるようにZ軸に沿って移動可能である。また、集積レーザークラディング光学ヘッドは、筐体内に位置し且つX軸及びY軸に沿った移動用にコリメート用レンズを支持する光学系X-Yステージも含む。集積レーザークラディング光学ヘッドは、コリメートされたレーザービームによって加熱された領域において、クラディング粉末がワークピースの表面に当たるように、クラディング粉末をワークピースに伝送するために筐体に取り付けられた粉末伝送ノズルを含む粉末伝送システムを更に含む。

【0013】

上記の及び他の特徴及び利点は、図面と共に以下の詳細な説明を読むことによってより良く理解されるものである。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1A】本開示の実施形態に係るワークピースの三次元表面上でコリメートされたレーザービームをディザリングするレーザー処理システム及び方法の概略斜視図である。

【図1B】図1Aに示されるワークピース上のレーザービームスポットの概略平面図である。

【図1C】一貫したZ軸パワー密度で図1Aに示されるワークピースを横切るコリメートされたレーザービームの概略側面図である。

【図2A】本開示の実施形態に係るワークピースの調整された運動を提供しながらワークピース上のレーザービームスポットをディザリングすることによって形成されるレーザー処理パターンの例を示す。

10

20

30

40

50

【図 2 B】本開示の実施形態に係るワークピースの調整された運動を提供しながらワークピース上のレーザービームスポットをディザリングすることによって形成されるレーザー処理パターンの例を示す。

【図 2 C】本開示の実施形態に係るワークピースの調整された運動を提供しながらワークピース上のレーザービームスポットをディザリングすることによって形成されるレーザー処理パターンの例を示す。

【図 2 D】本開示の実施形態に係るワークピースの調整された運動を提供しながらワークピース上のレーザービームスポットをディザリングすることによって形成されるレーザー処理パターンの例を示す。

【図 3 A】本開示の一部実施形態に係る光学系を移動させることによってディザリング可能なコリメートされたレーザービームを提供するためのビーム伝送システムを含むレーザー処理システムの概略斜視図である。

10

【図 3 B】本開示の他の実施形態に係るファイバーレーザー出力を移動させることによってディザリング可能なコリメートされたレーザービームを提供するためのビーム伝送システムを含むレーザー処理システムの概略斜視図である。

【図 4】ディザリング可能なコリメートされたレーザービームを提供するためのビーム伝送システムの一実施形態の斜視図である。

【図 5】図 4 に示されるビーム伝送システムの側面図である。

【図 6】図 4 に示されるビーム伝送システムの側断面図である。

【図 7】本開示の実施形態に係るディザリング可能なコリメートされたレーザービームを提供するためのビーム伝送システムを含むレーザークラディングシステムの概略側面図である。

20

【図 8】レーザークラディングシステムで使用される集積レーザークラディング光学ヘッドの一実施形態の斜視図である。

【図 9】図 8 に示される集積レーザークラディング光学ヘッドの部分側断面図である。

【図 10】図 9 に示される集積レーザークラディング光学ヘッドの集積光学ヘッドの底面図である。

【図 11】図 9 の線 X I X I に沿った集積レーザークラディング光学ヘッドの断面図である。

【図 12】図 9 の線 X I I X I I に沿った集積レーザークラディング光学ヘッドの断面図である。

30

【図 13】ワークピースホルダーと共に筐体内に取り付けられた図 8 ~ 図 12 に示される集積レーザークラディング光学ヘッドを含むレーザークラディングシステムの一実施形態の斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本願の実施形態に係るレーザー処理システム及び方法は、複数の処理位置における一貫したレーザービーム特性を維持しながら、レーザービームを移動させることができる。レーザー処理システムは、レーザービームの長さの少なくとも一部に沿って一貫した Z 軸パワー密度を有するコリメートされたレーザービームを発生させ、X 軸及び Y 軸の一方に沿ってコリメートされたレーザービームをディザリングする。コリメートされたレーザービームのディザリングは、三次元表面上における一貫したレーザー処理を促進して、例えば、レーザークラディングプロセスにおけるコーティングの一貫した堆積を提供する。レーザー処理システムは、コリメートされるレーザーのコリメーション及びディザリングの両方を提供し、更にはコリメートされたビームのビーム直径の調整を提供するビーム伝送システムを含み得る。

40

【0016】

本願の実施形態に係るレーザー処理システム及び方法は、多様な応用及び多様な三次元表面に使用可能である。レーザー処理応用の例として、レーザークラディング、溶接、クリーニング、物質除去、表面硬化、機械加工（例えば、スクライピング、切断、整形）

50

が挙げられる。処理可能な三次元表面を有するワークピースの例として、タービンブレード、弁座、パイプが挙げられるがこれらに限定されるものではない。

【0017】

本願において、“コリメートされたレーザービーム”とは、ビーム半径が適度な伝播距離内において顕著に変化しないような比較的低いビーム発散を有するレーザービーム（例えば、発散 1 mrad 以下の直径 10 mm のビーム）のことを称する。“コリメートされたレーザービーム”は、発散がゼロの厳密な又は完全なコリメーションを要するものではない。本願において、“一貫したZ軸パワー密度”は、 300 mm の動作範囲内においてレーザービームのZ軸に沿って $\pm 6\%$ よりも大きく変化しないレーザービームの面積当たりのパワーを意味する。“一貫したZ軸パワー密度”は、ビームのZ軸に沿って厳密に同じパワー密度を要するものではない。本願において、“ワークピース”とは、レーザービームによって処理される一以上の物体のことを称し、互いに処理される複数の物体（例えば、互いに溶接されるもの）を含み得る。本願において、“三次元表面”とは、X軸、Y軸、Z軸に沿って平坦ではない表面のことを称する。本願において、“ディザリング”とは、ビームをワークピースに対して実質的に垂直にしたままで、一つの軸に沿って比較的短距離（例えば、 $\pm 10\text{ mm}$ 以下）でレーザービームを前後に移動させることを称する。

【0018】

図1A～図1Cを参照すると、本願の実施形態に係るレーザー処理方法及びシステム100は、コリメートされたレーザービーム110を用いて、例えば三次元表面104を有するワークピース102を処理する。レーザー処理システム100は一般的に、レーザー出力を発生させるレーザーシステム120と、レーザーシステム120からのレーザー出力をコリメートして、コリメートされたレーザービーム110をワークピース102に伝送するレーザー伝送システム130とを含む。また、レーザー処理システム100は、ワークピースをホールド又は支持して、レーザー処理中にワークピース102を移動させることができるワークピースホルダー140も含み得る。ワークピースホルダー140は、複数の異なる方向にワークピース102を移動させることができるリニア及び/又は回転ステージを含み得る。

【0019】

コリメートされたレーザービーム110は、ワークピース102の表面104に向けられて、図1Bに示されるように表面104上にビームスポット112を形成する。ビームスポット112におけるレーザービーム110からのエネルギーを用いて、ワークピース102の表面104を処理し、例えば、クラディング物質を接着させる、溶接を行う、又は物質を除去するのに十分なようにワークピースを加熱することによって処理する。一例では、コリメートされたレーザービーム110は、ガウス型ビームプロファイルを有する。レーザー波長、ビームパワー、ビームパワー密度、及びビームプロファイルは多様なものであり得て、一般的には、応用、ワークピースの物質、及び/又はレーザー処理で用いられる他の物質に依存している。

【0020】

コリメートされたレーザービーム110は、異なる処理位置、例えば、レーザービームスポット112が接触する三次元表面104の異なる位置における一貫したレーザービーム特性を維持する一貫したZ軸パワー密度を提供する。例えば、図1Cに示されるように、或る一つの処理位置におけるビームスポット112でのコリメートされたレーザービーム110は、他の処理位置におけるビームスポット112aでのコリメートされたレーザービーム110aと実質的に同じワークピース102の表面104上のパワー密度を提供する。ビーム直径 2 mm 及びパワー 6 kW の一例では、パワー密度は略 191 kW/cm^2 となる。この例では、ビームスポット112の処理位置及びビームスポット112aの処理位置におけるコリメートされたレーザービーム110、110aのパワー密度はどちらも略 191 kW/cm^2 となる。従って、コリメートされたレーザービーム110は、比較的大きな動作距離にわたって一貫したZ軸パワー密度を提供することによって、ビームのZ軸に沿って顕著に変化するパワー密度を有する集束ビームを用いるレーザー処理シ

10

20

30

40

50

システムに対する利点を与え得る。

【 0 0 2 1 】

レーザーシステム 1 2 0 は、所望のレーザー処理を与えるように適切な波長及びパワーのレーザーを含み得る。特に、レーザーシステム 1 2 0 は、比較的高いパワーのレーザービームを発生させることができるファイバーレーザーを含み得る。レーザークラディングシステムの一例では、レーザーシステム 1 2 0 は、波長 $1.07 \mu\text{m}$ で、500 W から 50 kW の範囲内の出力パワーを有するレーザービームを発生させることができるイッテルビウムファイバーレーザーシステムを含み、例えば、IPG フォトニクス社製の YLS 3000 CT が挙げられる。大抵の応用では、レーザーシステム 1 2 0 は連続波 (CW, continuous wave) レーザー出力を提供するが、一部のレーザー処理応用、例えば、テクスチャー化表面を提供するための応用では、変調レーザー又はパルスレーザーを用い得る。

10

【 0 0 2 2 】

コリメートされたレーザービーム 1 1 0 は、矢印で示されるように、X 軸又は Y 軸に沿ってディザリングされ、多重方向、多重軸のレーザー処理を促進し得る。例えば、レーザークラディング応用では、ワークピースにクラディング粉末を適用するのに先立って、ディザリングを用いて、ワークピース 1 0 4 の広範な領域に所望の温度プロファイルを提供し得る。また、コリメートされたレーザービーム 1 1 0 のディザリングを用いて、連続的で多重方向のクラディングプロセスを可能にすることもできる。レーザー溶接応用では、ディザリングを用いて、ビーム直径よりも広い領域にわたる溶接を促進し得る。ディザリングの方向、速度及び広がりは、応用、及び / 又はワークピース 1 0 2 の表面 1 0 4 の形状に依存して異なり得る。一例では、ディザリングは、10 Hz から 100 Hz の比較的高速応答時間で、 $\pm 10 \text{ mm}$ の範囲で提供され得る。以下で詳述するように、ビーム伝送システム 1 3 0 は、コリメートされたレーザービーム 1 1 0 をディザリングするための多様なタイプの機構を含み得る。

20

【 0 0 2 3 】

コリメートされたレーザービーム 1 1 0 の直径 (つまりは、ビームスポット 1 1 2 の直径) は、異なる処理応用、異なるワークピース、又は単一のワークピースの異なる領域に対しても変更され得る。例えば、図 1 B に示されるように、コリメートされたビーム 1 1 0 の直径は、より大きな直径のビームスポット 1 1 2 b を提供するように増大され得る。一例では、直径は、略 2 mm から 10 mm の範囲内で変更され得る。以下で詳述するように、ビーム伝送システム 1 3 0 は、コリメートされたレーザービーム 1 1 0 の直径を変化させることができるコリメート用光学系も含み得る。

30

【 0 0 2 4 】

ワークピースホルダー 1 4 0 は、X 軸、Y 軸及び / 又は Z 軸に沿ってワークピース 1 0 2 を移動させること、及び / 又は、これらの軸の一つの周りでワークピース 1 0 2 を回転させることもできる。レーザー処理システム 1 0 0 は、コリメートされたレーザービーム 1 1 0 のディザリング、及び / 又は、ワークピース 1 0 2 の移動を制御する運動制御システム 1 5 0 を更に含む。運動制御システム 1 5 0 は、リニア及び / 又は回転ステージを制御するのに用いられる任意のタイプのプログラム可能運動制御システム (例えば、プログラムされたコンピューター) を含み得る。コリメートされたレーザービーム 1 1 0 のディザリング及びワークピース 1 0 2 の移動は、ワークピース 1 0 2 の表面 1 0 4 上に多様なレーザー処理パターン (つまり、直線以外のもの) を生成するように運動制御システム 1 5 0 によって調整され得る。

40

【 0 0 2 5 】

ワークピース 1 0 2 の調整された移動と共にコリメートされたレーザービーム 1 1 0 をディザリングすることによって生成可能なパターンの例が図 2 A ~ 図 2 D に示されている。図 2 A に示されるように、ワークピースを矢印 1 0 6 の方向に移動させながら、ビームスポット 1 1 2 を矢印 1 0 8 の方向に移動させるようにレーザービームをディザリングすると、蛇行パターンが形成される。このタイプのパターンは溶接応用で用いられ得て、例

50

えば、互いに溶接される二つの物体の間のギャップを架橋する（例えば、厚い板が突合せ溶接される）。つまり、ディザリングは、ビームスポット 1 1 2 がギャップを横切るようにして、ベース物質を溶接部に入れる。図 2 B は、この蛇行パターンの他のバリエーションを示し、ワークピースが矢印 1 0 6 の方向に移動するにつれて、矢印 1 0 8 の方向におけるディザの広がり徐々が大きくなっている。ディザの広がりを別の方法に変更して、このパターンの他のバリエーションを生成することもできる。

【 0 0 2 6 】

図 2 C に示されるように、矢印 1 0 6、1 0 7 の方向にワークピースを移動させながら、矢印 1 0 8 又は矢印 1 0 9 の方向にビームスポット 1 1 2 を移動させるようにレーザービームをディザリングすると、螺旋又は渦パターンが形成される。このタイプのパターンはレーザークラディング応用において使用され得て、例えば、ワークピースの中心から開始して外側に向けてコーティングを堆積させる。つまり、このタイプのパターンを用いると、システムを停止させて戻さなければならぬ一方のみでの従来のラスタパターンの代わりに、比較的連続的な運動で多重方向にコーティングを堆積させることができる。図 2 D は、ワークピースを矢印 1 0 6、1 0 7 の方向に移動させながら、矢印 1 0 8 又は矢印 1 0 9 の方向にビームをディザリングすることによって形成される一組の円のパターンという他のバリエーションを示す。従って、コリメートされたレーザービームのディザリングは、三次元表面を含む多様なタイプの表面に対するクラディングコーティングを動的に提供するパターンを可能にする。

【 0 0 2 7 】

図 3 A 及び図 3 B は、調整可能なコリメートされたレーザービーム 3 1 0 をディザリングするための異なる機構を備えたレーザー処理システム 3 0 0、3 0 0' の異なる実施形態を示す。両方のレーザー処理システム 3 0 0、3 0 0' において、ビーム伝送システム 3 3 0 は、コリメート用レンズ 3 3 2、3 3 4、3 3 6 を含む。一对の調整可能なレンズ 3 3 2、3 3 4（例えば、望遠鏡配置で用いられる）が、レンズ 3 3 2、3 3 4 の一方又は両方を移動させることによって直径調整可能なコリメートされたビーム 3 1 0 を与える。最後のコリメート用レンズ 3 3 6 は固定されて、コリメートされたレーザービーム 3 1 0 の最終的なコリメーションを与える。一例では、第一のコリメート用レンズ 3 3 2 は略 8 mm の範囲で調整可能であり、第二のコリメート用レンズ 3 3 4 は略 4 0 mm の範囲で調整可能であり、略 2 mm から 1 0 mm の範囲のビーム直径の調整性を与える。一例では、第一のコリメート用レンズ 3 3 2 は凸レンズであり、第二のコリメート用レンズ 3 3 4 は凹レンズであり得る。レーザービームをコリメートさせることができる他のレンズタイプも使用可能である。

【 0 0 2 8 】

図 3 A に示される一実施形態では、調整可能なコリメートされたレーザービーム 3 1 0 は、ファイバーレーザー出力を移動させずに、ビーム伝送システム 3 3 0 の光学系を移動させることによって、ディザリングされる。この実施形態では、コリメート用レンズ 3 3 2、3 3 4、3 3 6 を支持する支持構造 3 3 1 を移動させることによって、ビーム伝送システム 3 3 0 の光学系を移動させる。特に、支持構造 3 3 1 は、光学系 X Y ステージ 3 6 0 に取り付けられ、その光学系 X Y ステージ 3 6 0 は、X 軸及び Y 軸に沿った直線移動を与えることによって、X 軸及び Y 軸に沿ったコリメート用レンズ 3 3 2、3 3 4、3 3 6 の直線移動を生じさせる。

【 0 0 2 9 】

ファイバーレーザー終端ブロック 3 2 4 は、終端ブロックコネクター 3 2 6 によってビーム伝送システム 3 3 0 に光学的に結合され、また、ファイバーレーザー出力を移動させずにコリメート用レンズ 3 3 2、3 3 4、3 3 6 を移動させるように固定される。ファイバーレーザー出力に対して相対的に X 軸又は Y 軸のいずれかに沿った方向にコリメート用レンズ 3 3 2、3 3 4、3 3 6 を移動させることで、ビーム伝送システム 3 3 0 から出力されたコリメートされたレーザービーム 3 1 0 を X 軸又は Y 軸に沿った逆方向に光学的に移動させる。光学系 X Y ステージ 3 6 0 は、例えばコリメートされたレーザービーム 3

10

20

30

40

50

10を±10mmの範囲内で移動させるのに十分な範囲内で、コリメート用レンズ332、334、336を移動させる。ファイバーレーザー出力を含むヘッド全体を移動させずに、光学系のみを移動させることによって、コリメートされたレーザービーム310を比較的高速応答時間でディザリングし得る。

【0030】

図3Bに示される他の実施形態では、光学系を移動させずに、ファイバーレーザー出力を直接移動させることによって、調整可能なコリメートされたレーザービーム310をディザリングする。ファイバーレーザーを終端させる終端ブロック324を移動させることによって、又は終端ブロック324をビーム伝送システム330に接続する終端ブロックコネクタ326を移動させることによって、ファイバーレーザー出力を直接移動させ得る。この実施形態では、ファイバーレーザー出力X-Yステージ328は、終端ブロック324又は終端ブロックコネクタ326のいずれかに結合されて、終端ブロック324からのファイバーレーザー出力のディザリングを生じさせる移動を与える。一例では、終端ブロック324は石英ブロックであり、終端ブロックコネクタ326は石英ブロックホルダー(QBH, quartz block holder)コネクタである。一例では、ファイバーレーザー出力X-Yステージ328は一つ以上の圧電(PZT)モーター又はアクチュエーターを含む。終端ブロック324又は終端ブロックコネクタ326を移動させて、ファイバーレーザー出力を直接移動させることは、更なる高速応答時間を提供し得る。

【0031】

上述のように光学系のみを移動させること又はファイバーレーザー出力のみを移動させることによってコリメートされたレーザービーム310をディザリングすることは、処理中のビームのコリメーションを維持するのにも役立つ。従って、レーザービームが処理中にディザリングされる際に、コリメートされたレーザービーム310の一貫したZ軸パワー密度を維持することができる。図示された実施形態はX軸又はY軸のいずれかにおけるディザリングを可能にするものであるが、他の実施形態では、単一軸における直線移動を提供するステージを使用し得る。

【0032】

いずれの実施形態においても、コリメートされたレーザービーム310のディザリングは、ワークピース302の移動に合わせて調整され得る。図3Aに示されるシステムでは、運動制御システム350は、ステージ340、360の移動を制御して、ワークピース302の移動と共にコリメートされたレーザービーム310のディザリングを調整するためにワークピースホルダーX-Yステージ340及び光学系X-Yステージ360の両方に結合される。図3Bに示されるシステムでは、運動制御システム350は、ステージ338、340の移動を制御して、ワークピース302の移動と共にコリメートされたレーザービーム310のディザリングを調整するためにファイバーレーザー出力X-Yステージ338及びワークピースホルダーX-Yステージ340の両方に結合される。

【0033】

図4～図6を参照して、可動光学系を備えるビーム伝送システム430の一実施形態を詳述する。ビーム伝送システム430は、コリメート用レンズ432、434、436を支持する支持構造431を含む。コリメート用レンズ432、434、436はフレーム内に固定され、支持構造体431によって支持されて、レーザービームが第一のコリメート用レンズ432から最後のコリメート用レンズ436まで通過することができるように、コリメート用レンズ432、434、436が整列される。この実施形態で図示されるように、第一及び第二の調整可能なレンズ432、434は、レーザーエネルギーの結果としてのひび割れを防止するように水冷式レンズを含み得る。

【0034】

支持構造431は、上述のようなX-Y方向の移動用のX-Yリニアステージ460上に支持される。X-Yリニアステージ460は、X軸に沿った直線運動を提供するための第一方向リニアアクチュエーター462と、Y軸に沿った直線運動を提供するための第二

10

20

30

40

50

方向リニアアクチュエーター 464 とを含む。図示される実施形態では、リニアアクチュエーター 462、464 は、モーター駆動の送りネジ上に乗ったキャリッジを含む。他の実施形態では、リニアアクチュエーターは、所望の応答時間で直線運動を提供することができる任意のアクチュエーターを含み得て、リニアモーターや圧電 (PZT) モーターが挙げられるが、これらに限られない。

【0035】

調整可能なコリメート用レンズ 432、434 はそれぞれ Z 軸に沿った移動のためのキャリッジ 433、435 に取り付けられる。Z 軸キャリッジ 433、435 は、支持構造 431 によってスライド可能に支持されて、支持構造 431 に取り付けられたリニアアクチュエーター 437、439 によってそれぞれ移動させられる (図 6 を参照)。図示される実施形態では、リニアアクチュエーター 437、439 はモーター駆動の送りねじを含む。他の実施形態では、他のタイプのリニアアクチュエーターが用いられ得る。

10

【0036】

図 7 を参照すると、本開示の実施形態に係るレーザークラディングシステム 700 が示されている。レーザークラディングシステム 700 は、例えば上述のようなビーム伝送システム 730 を収容する光学筐体 780 に取り付けられたクラディング物質伝送システム 770 を含む。ファイバーレーザーの出力ファイバー 722 は、終端ブロックコネクタ 726 で光学筐体 780 に結合されて、ファイバーレーザー出力 (つまり、ファイバー終端ブロック 724) が、光学筐体 780 内でビーム伝送システム 730 に対して整列されて且つ光学的に結合される。

20

【0037】

この実施形態では、クラディング物質伝送システム 770 は、例えば参照として本願に組み込まれる特許文献 1 及び特許文献 2 に記載されているように、クラディング粉末物質を高速ガスと共にワークピースに伝送するためのノズル 772 を含む。クラディング物質伝送システム 770 は、クラディング粉末物質を供給するための粉末伝送ライン 774 と、ガスを供給するためのガス伝送ライン 776 とに結合される。他の実施形態では、クラディング物質伝送システムは、ワイヤ等の他の形態のクラディング物質を伝送するように構成され得る。

【0038】

光学筐体 780 は、上述のように X 軸又は Y 軸に沿ってビーム伝送システム 730 を移動させるための光学系 X-Y ステージ 760 も収容する。代わりに、筐体 780 は、ファイバー終端ブロックコネクタ 726 又はファイバー終端ブロック 724 のいずれかを移動させるためのファイバーレーザー出力 X-Y ステージ 728 を収容し得る。運動制御システム 750 は、光学系 X-Y ステージ 760 又はファイバーレーザー出力 X-Y ステージ 728 の運動を制御して、上述のように、コリメートされたレーザービーム 710 のディザリングに合わせてワークピース 702 の移動を制御し得る。

30

【0039】

動作時には、ビーム伝送システム 730 は、粉末物質の前にワークピース 702 にコリメートされたレーザービーム 710 を向けて、ワークピース 702 上の所望の温度プロファイルを提供するようにディザリングされ得る。また、コリメートされたレーザービーム 710 は、ワークピース 702 の運動に合わせてワークピース 702 上でディザリングされて、例えば三次元表面上でのクラディングを促進する多様なパターンでコーティングを堆積させ得る。

40

【0040】

図 8 ~ 図 12 を参照して、集積レーザークラディング光学ヘッド 800 の一実施形態を詳述する。集積レーザークラディング光学ヘッド 800 は、ビーム伝送システム 830 を収容する光学筐体 880 にブラケット 871 で取り付けられたクラディング粉末伝送システム 870 を含む (図 11 を参照)。この実施形態では、ビーム伝送システム 830 は、図 4 ~ 図 6 に示して上述したようなコリメートされたレーザービームをディザリングするための可動光学系を含む。石英ブロックホルダー (QBH) コネクタ 826 が光

50

学筐体 880 に接続されて、石英ブロック 824 がビーム伝送システム 830 に対して整列されて光学的に結合される（図 11 を参照）。犠牲窓 882 が光学筐体 880 の反対端に位置して、コリメートされたレーザービームをワークピースへと光学筐体 880 の外に向けることができる。

【0041】

クラディング粉末伝送システム 870 は、クラディング粉末物質を、高速の加熱ガスと共に伝送するためのノズル 872 を含む。ノズル 872 の位置は、光学筐体 880 に対して固定されているが、ビーム伝送システム 830 によって提供されるコリメートされたレーザービームのディザリングが、ワークピースに当たる粉末に対して相対的にレーザービームを移動させることを可能にする。

10

【0042】

この実施形態では、監視システム筐体 890 も光学筐体 880 に取り付けられる。監視システム筐体 890 は、クラディング処理を監視するための監視システム、例えば、処理領域の温度を監視するためのパイロメーターを収容する。

【0043】

図 13 に示されるように、集積レーザークラディング光学ヘッド 800 は、筐体 899 内において、ワークピースを支持及び移動させるワークピースホルダー 840 に取り付けられ得る。図示される実施形態では、ワークピースホルダー 840 は、ワークピースを回転させること及び X 軸、Y 軸及び Z 軸に沿ってワークピースを移動させることができるロボットアームである。従って、集積レーザークラディング光学ヘッド 800 が固定されたままとなる一方で、ワークピースがワークピースホルダー 840 によって移動され、及び/又は、コリメートされたレーザービームが光学筐体 880 内でディザリングされる。

20

【0044】

以上のように、本願の実施形態に係るレーザー処理システム及び方法は、複数の処理位置における一貫したレーザービーム特性を維持しながら、レーザービームをディザリングすることによって複雑な三次元表面を処理することができる。

【0045】

本発明の原理について説明してきたが、この説明は例示のためだけのものであって、本発明の範囲を限定するものではないことを当業者は理解されたい。本願で示され説明された例示的な実施形態に加えて、他の実施形態も本発明の範囲内で想定される。当業者による修正及び置換は、特許請求の範囲以外によっては限定されることのない本発明の範囲内にある。

30

【符号の説明】

【0046】

- 100 レーザー処理システム
- 102 ワークピース
- 104 三次元表面
- 120 レーザーシステム
- 130 ビーム伝送システム
- 140 ワークピースホルダー
- 150 運動制御システム

40

【図 1 A】

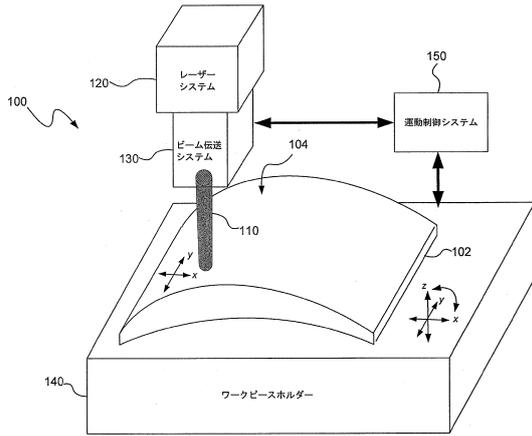


FIG. 1A

【図 1 B】

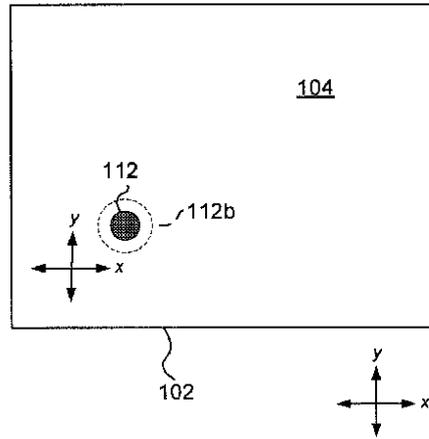


FIG. 1B

【図 1 C】

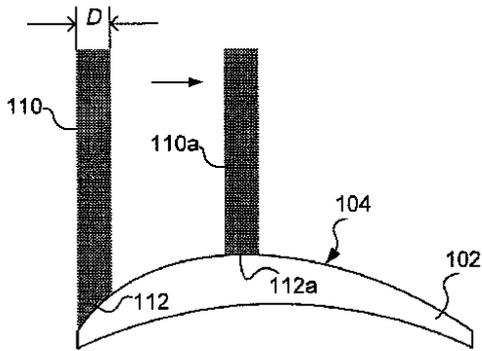


FIG. 1C

【図 2 A】

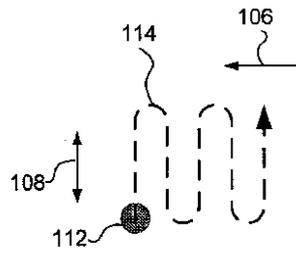


FIG. 2A

【図 2 B】

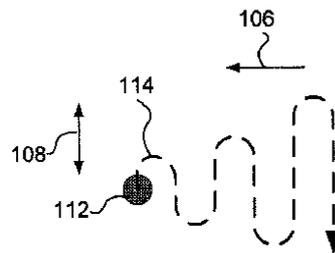


FIG. 2B

【 図 2 C 】

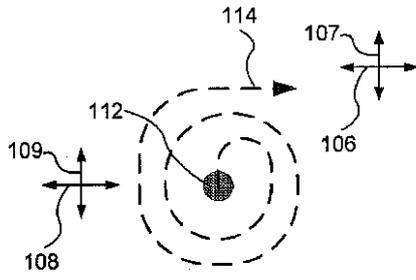


FIG. 2C

【 図 2 D 】

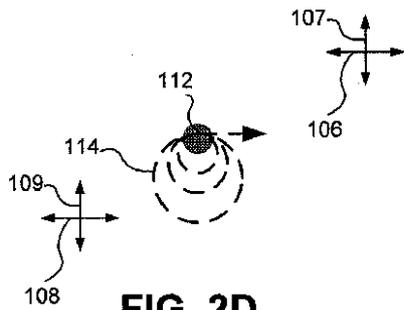


FIG. 2D

【 図 3 A 】

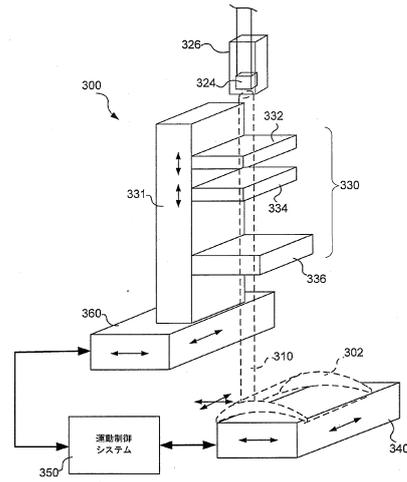


FIG. 3A

【 図 3 B 】

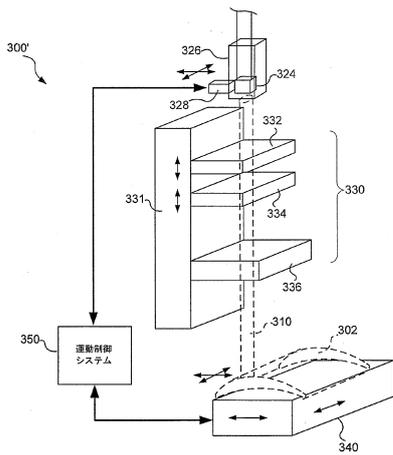


FIG. 3B

【 図 4 】

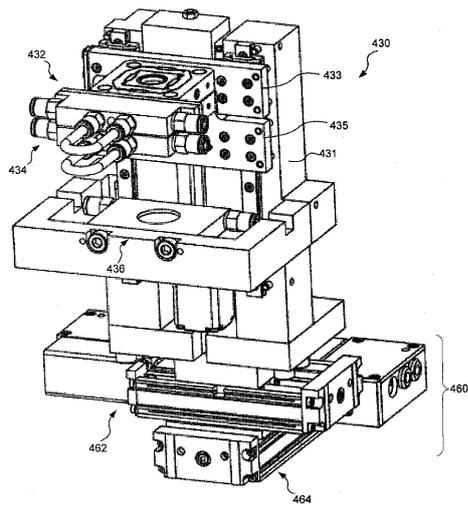


FIG. 4

【図5】

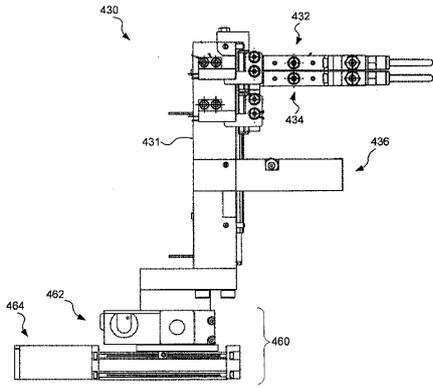


FIG. 5

【図6】

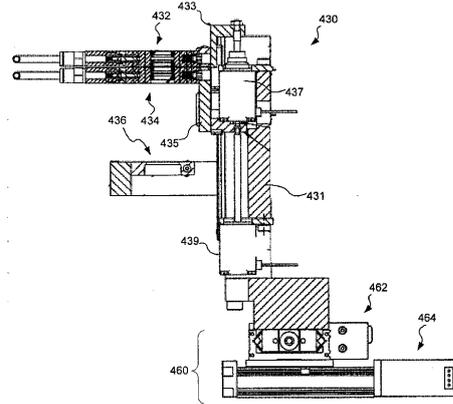


FIG. 6

【図7】

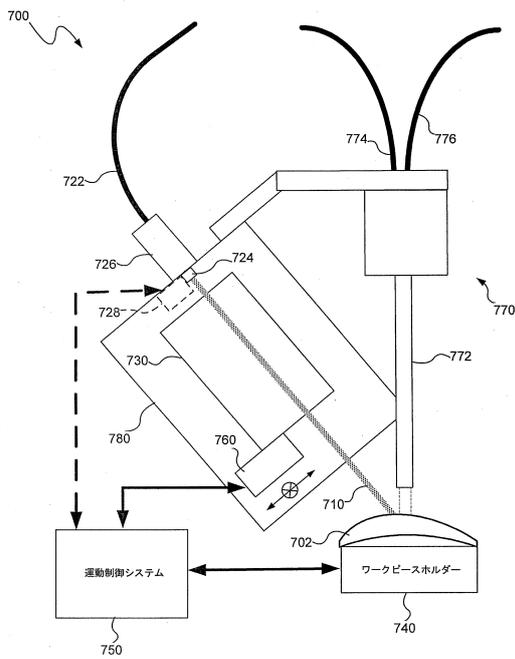


FIG. 7

【図8】

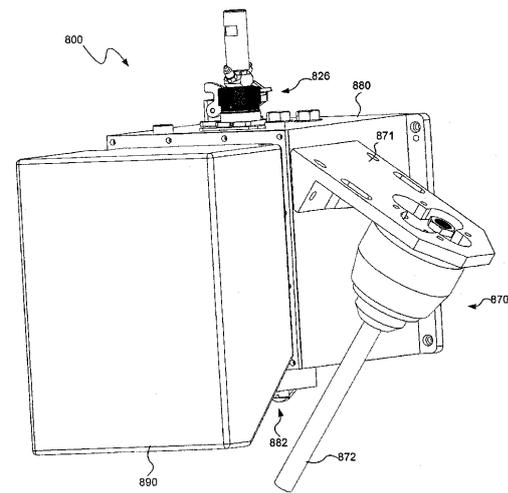


FIG. 8

【 図 9 】

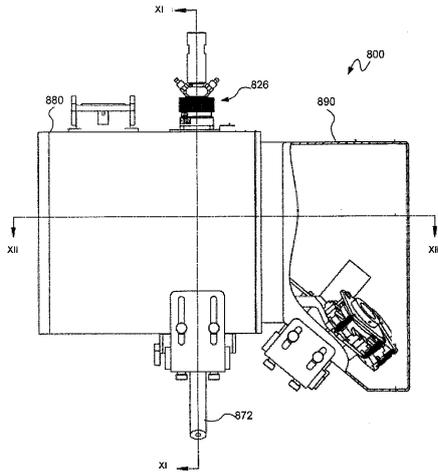


FIG. 9

【 図 10 】

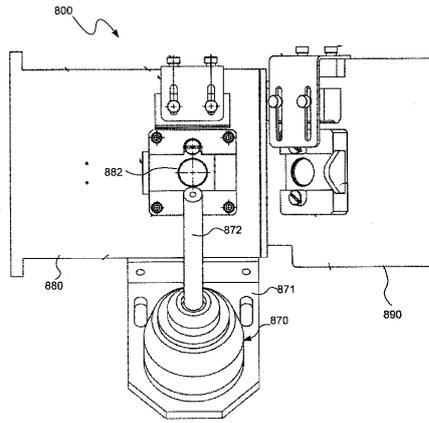


FIG. 10

【 図 11 】

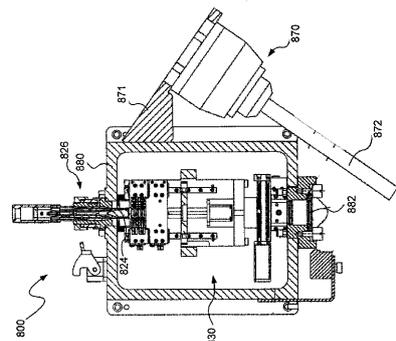


FIG. 11

【 図 12 】

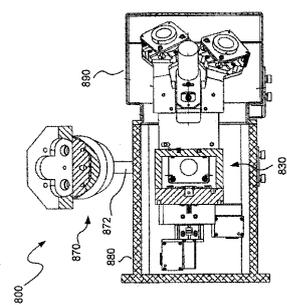


FIG. 12

【 図 13 】

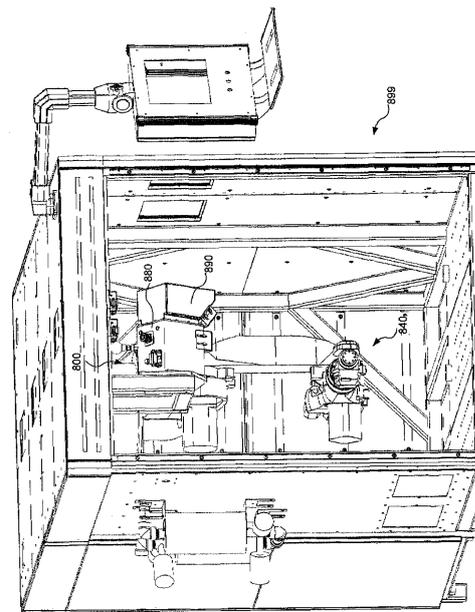


FIG. 13

フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
B 2 9 C	67/00	(2017.01)	F 0 2 C	7/00
B 3 3 Y	10/00	(2015.01)	F 0 1 D	5/28
B 2 2 F	3/105	(2006.01)	B 2 9 C	67/00
B 2 2 F	3/16	(2006.01)	B 3 3 Y	10/00
			B 2 2 F	3/105
			B 2 2 F	3/16

- (72)発明者 ジョセフ・レオ・ダラローサ
アメリカ合衆国・マサチューセッツ・01569・アクスブリッジ・エルムウッド・アヴェニュー・574
- (72)発明者 ベン・アマー
アメリカ合衆国・マサチューセッツ・01604・ウースター・ダスティン・ストリート・22
- (72)発明者 ディヴィッド・スクワイアズ
アメリカ合衆国・コネチカット・06249・レバノン・クラブハウス・ロード・320

審査官 岩見 勤

- (56)参考文献 特開2003-048095(JP,A)
特開2012-011457(JP,A)
米国特許出願公開第2011/0284510(US,A1)
特開2012-137350(JP,A)
特開2003-071583(JP,A)
特開2011-083822(JP,A)
特開2005-021908(JP,A)
特開2011-173146(JP,A)
特開2013-146752(JP,A)
特開平04-167986(JP,A)
特開2010-099731(JP,A)
特表2007-523285(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 2 3 K 2 6 / 0 0 - 2 6 / 7 0
F 0 1 D 2 5 / 0 0
F 0 2 C 7 / 0 0
B 2 9 C 6 7 / 0 0
B 3 3 Y 1 0 / 0 0
B 2 2 F 3 / 1 0 5
B 2 2 F 3 / 1 6