

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2018-528082

(P2018-528082A)

(43) 公表日 平成30年9月27日 (2018. 9. 27)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 2 3 K 26/342 (2014. 01)	B 2 3 K 26/342	4 E 1 6 8
B 2 3 K 26/082 (2014. 01)	B 2 3 K 26/082	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2018-527855 (P2018-527855)	(71) 出願人	518051673
(86) (22) 出願日	平成28年8月13日 (2016. 8. 13)		ディーエムスリーディー テクノロジ エ
(85) 翻訳文提出日	平成30年4月9日 (2018. 4. 9)		ルエルシー
(86) 国際出願番号	PCT/US2016/046941		アメリカ合衆国 4 8 3 2 6 ミシガン州
(87) 国際公開番号	W02017/031015		オーバーンヒルズ ポンティアックロー
(87) 国際公開日	平成29年2月23日 (2017. 2. 23)		ド 2 3 5 0
(31) 優先権主張番号	62/205, 361	(74) 代理人	100095407
(32) 優先日	平成27年8月14日 (2015. 8. 14)		弁理士 木村 満
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100109449
			弁理士 毛受 隆典
		(74) 代理人	100132883
			弁理士 森川 泰司
		(74) 代理人	100148633
			弁理士 桜田 圭

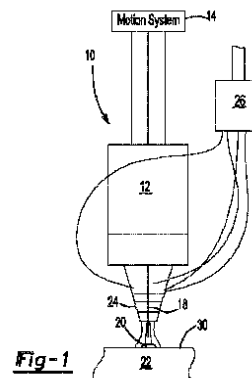
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 直接材料堆積用レーザ走査ヘッドを備えるノズル

(57) 【要約】

基板上に直接材料堆積を行って三次元物体を生成する装置は、ヘッドを動かす移動システムを含む。ヘッドは、レーザビームを生成するためのレーザ装置と、レーザビームを基板に導いて基板上に溶融プールを生成するレーザスキャナとを含む。ノズルは、レーザビームによって生成された溶融プールに、材料を供給し、基板上に材料ビードを生成する。レーザスキャナは、移動システムに協力可能であり、移動システムが第1経路に沿って動けると同時にレーザスキャナは第2経路に沿って動いて、基板上に堆積された材料ビードを徐々に生成する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上への直接材料堆積を行う方法であって、

基板に向けてレーザビームを発射することによって溶融プールを生成するレーザスキャナを含むプロセスヘッドを提供すると共に、粉末材料を前記溶融プールに供給するノズルを提供するステップと、

前記プロセスヘッドを第 1 経路に沿って動かすために移動システムに前記プロセスヘッドを搭載するステップと、

前記移動システムを導いて前記第 1 経路に沿って動かすと共に、前記レーザスキャナを導いて第 2 経路を辿らせるようにプログラム可能なコントローラを提供するステップであって、前記コントローラが、前記移動システムを導いて前記第 1 経路に沿って動かしながら前記レーザスキャナを導いて前記第 2 経路を辿らせることによって前記第 2 経路に沿って溶融プールを生成する、ステップと、

10

前記基板への直接材料堆積を行うために前記溶融プールに材料を供給するステップと、

前記移動システムの動きを前記レーザスキャナと連動させるステップであって、前記溶融プールに供給された前記粉末材料から材料ビードを生成するために、前記移動システムが前記レーザスキャナを前記第 1 経路に沿って動かしながら前記レーザスキャナが前記第 2 経路を辿る、ステップと、

を備える、

方法。

20

【請求項 2】

所望の幾何学的形態を有する材料ビードを生成するために前記レーザスキャナの速度および前記粉末材料の注入速度を調整するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

溶融プールを生成する前記ステップは、前記レーザスキャナが前記溶融プール内の所定の経路に沿って前記レーザビームを動かすことを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

レーザビームを発射する前記ステップは、ビーム直径を有するレーザビームを発射することを特徴とし、前記溶融プールを生成する前記ステップは、前記ビーム直径より大きいプール直径を有する溶融プールを生成することを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 5】

レーザビームを発射することによって溶融プールを前記基板上に生成する前記ステップは、約 0.1 mm 乃至 2.5 mm の直径を有する溶融プールを生成するために約 50 μ m 乃至 500 μ m の直径を有するレーザビームを発射することを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

レーザビームを発射することによって溶融プールを前記基板上に生成する前記ステップは、レーザビームの直径対溶融プールの直径の比率が約 0.5 乃至 0.02 であることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

溶融プールを生成する前記ステップは、前記レーザスキャナが 5 m 毎秒乃至 20 m 毎秒の走査速度を有し、前記溶融プールが 0.1 mm 毎分乃至 5 mm 毎分の速度で進むことを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

40

【請求項 8】

前記移動システムの動きを前記レーザスキャナと連動させる前記ステップは、前記レーザスキャナが前記第 2 経路を辿りながら前記移動システムが前記プロセスヘッドを前記第 1 経路に沿って同時に動かすことを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

第 1 材料層を堆積すると共に、前記第 1 材料層の上に第 2 材料層を堆積するステップであって、前記第 1 材料層の堆積方向に対して直交する方向に前記第 2 材料層が堆積される

50

、ステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記レーザスキャナが前記第 2 経路を辿る前記ステップは、前記第 2 経路に沿って進む前記ノズルによる動きとは独立に、前記レーザビームが前記第 2 経路に沿って進むことを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

三次元物体を生成するために基板への直接材料堆積を行う装置であって、
移動システムと、

レーザビームを生成するレーザと、溶融プールを前記基板に生成するために前記レーザビームを前記基板上に導くレーザスキャナと、を含むヘッドと、

前記基板の上に材料ビードを生成するために前記レーザビームによって生成された前記溶融プールに粉末材料を供給するノズルと、

を備え、

前記基板上に堆積した材料ビードを徐々に生成するために、前記レーザスキャナは前記移動システムと協働可能であり、前記移動システムが第 1 経路に沿って可動であり、同時に前記レーザスキャナが第 2 経路に沿って可動である、

装置。

【請求項 12】

前記溶融プールに堆積した材料の複数の層から前記三次元物体を生成するために、前記移動システムおよび前記レーザスキャナの動きを導くように、前記三次元物体のデジタル版でプログラム可能なコントローラを含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 13】

前記移動システムは、第 1 速度で可動であり、前記レーザスキャナは、第 2 速度で可動であり、前記第 2 速度は前記第 1 速度よりも大きい、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 14】

前記レーザスキャナは、前記レーザビームのサイズおよび形状を調整するように構成されている、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 15】

前記レーザスキャナは、前記基板に前記溶融プールを生成しながら前記レーザビームのサイズおよび形状を調整するように構成されている、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 16】

前記レーザによって生成された前記レーザビームが、前記レーザスキャナによって前記ノズルに対して可動である、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 17】

前記レーザによって生成された前記レーザビームは、約 50 μm 乃至 500 μm の直径を有する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 18】

前記レーザは、約 400 ワットのレーザ出力を有する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 19】

前記レーザスキャナは、前記基板に生成された前記溶融プール内で複数の方向に前記レーザビームを動かすように構成されている、請求項 1 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(先行出願)

本願は、2015 年 8 月 14 日付で出願された米国仮特許出願第 62 / 205, 361 号の優先権を主張する。

【0002】

(技術分野)

本発明は、概して、直接材料堆積を行うための、改善された方法および装置に係る。よ

10

20

30

40

50

り具体的には、本発明は、処理速度を向上し、かつ、エネルギー消費を削減するために、直接材料堆積プロセスにおいてレーザスキャナを使用することに係る。

【背景技術】

【0003】

直接材料堆積が実用的な製造プロセスであることが判明している。直接材料堆積は、積層造形技術の一種であり、レーザを用いて溶融プールを金属基板上に生成し、そこに粉末またはワイヤを堆積させ、冷却して幾何学的形態を有する加工物に変化させる。現在は、溶融プールの所望のサイズに近い、大きなサイズのレーザスポットが使用されている。レーザスポットのサイズが増大するにつれて、溶融プールの生成に必要な熱を提供するためにより大きい電力消費が必要となる。例えば、レーザへの入力電力が6乃至8 kWを超えて、例えば3 mm×15 mmの長方形の溶融プールを生成することは珍しくない。加えて、例えば、正方形、長方形および楕円形などの、異なる構成の溶融プールを生成するにあたって、付属する光学系に複雑な調整を行うことが必要となるという問題があることが判明している。

10

【0004】

これらの制限の結果として、大型の構成要素を製造するために直接材料堆積を使用することが非常に高価であることが証明されており、したがって多くの場合には商業的に実行不可能である。したがって、費用対効果が高い方法と、低減された電力要求で、大型加工物の製造を可能とする直接材料堆積プロセスを開発することが望ましい。

20

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0005】

基板上に直接材料堆積を行う方法は、レーザビームを照射するレーザスキャナを有するプロセスヘッドを使用することを含む。このレーザビームは、レーザスキャナによって基板上に溶融プールを生成するように導かれる。ノズルが、レーザビームによって生成された溶融プールに、材料を供給する。プロセスヘッドは、このプロセスヘッドを第1経路に沿って動かす移動システムに搭載されている。移動システムを導いて第1経路に沿って動かし、かつ、レーザスキャナを導いてレーザビームで第2経路を辿らせるようにプログラム可能なコントローラが提供されている。このコントローラは、同時にレーザスキャナを導いて第2経路を辿らせながら、移動システムを導いて第1経路に沿って動かして、第2経路に沿って溶融プールを生成する。材料が溶融プールに供給されて、直接材料堆積によって材料ビードが基板上に生成される。

30

【0006】

移動システムがプロセスヘッドを動かすのと同時に、第2経路を辿るレーザが、溶融プールに供給された粉末材料から材料ビードを生成するように、移動システムおよびレーザスキャナの動きは連動されている。レーザスキャナの速度と、材料ビードを生成するために使用される粉末材料の注入速度は、基板上の材料の所望の幾何学的形態を生成するように調整されている。

【0007】

移動システムおよびノズルとの組み合わせでレーザスキャナを使用することで、直接材料堆積プロセスが大幅に強化される。レーザスキャナは、移動システムがプロセスヘッドを第1経路に沿って動かすのと同時に、溶融プールの所望のフットプリントを辿るレーザビームに迅速な動きを提供する。細いレーザビームを基板上に集束させて所望の溶融プールを生成するレーザスキャナを用いることによって、レーザの出力要求を、現在の出力要求である6乃至8キロワットから、400ワットに低減させられると考えられている。さらに、レーザスキャナは、レンズその他を交換するなどしてプロセスヘッドを変更する必要性も無いまま、異なる形状の溶融プールを基板上に生成する能力をもたらす。レーザスキャナは、単に、溶融プールの所望の形態を辿るだけである。

40

【0008】

本発明のその他の利点は、容易に理解され得るが、下記の詳細な説明を参照し、添付図

50

面と関連して考慮することによって、よりよく理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、本発明のアセンブリの概略図を示す。

【図2】図2は、本発明のプロセスヘッドの概略図を示す。

【図3】図3は、レーザスキャナによって生成される第2経路を示す。

【図4】図4は、レーザスキャナによって生成される別の第2経路を示す。

【図5】図5は、第1経路に沿って動くプロセスヘッドを示す。

【発明を実施するための形態】

【0010】

図1を参照すると、本発明の装置の概略は、全体として10で示されている。プロセスヘッド12は、移動システム14に搭載されている。移動システム14は、矢印16で特定される第1経路（図5）に沿ってプロセスヘッド12を動かすことができる、マルチアクセスロボットアーム、線形2軸車、または、その他の同等の装置の形状を取る。

【0011】

プロセスヘッド12は、下記に説明するような方法でレーザビーム18を生成する。レーザビーム18は、その内容が参照によりここに組み込まれる米国特許第6,925,346号明細書に記載された方法における閉ループ工程を用いて、加工物22の上に溶融プール20を生成する。ノズル24は、材料供給源26から受け取った、例えば粉末金属、粉末セラミックス、ワイヤおよびテープ、などの材料を、溶融プール20に導く。

【0012】

図2にもっともよく示されるように、プロセスヘッド12は、例えば、加工物22の基板30上に溶融プールを生成するに十分なエネルギーを有するレーザビームを生成可能な光ファイバ、ダイオードレーザ、および、等価物などのレーザ光源28を含む。理解されるように、本発明では、加工物22の基板30上に溶融プール20を生成するために必要なエネルギー量を大幅に削減する。

【0013】

スキャナ32は、レーザ光源28で生成されたレーザビーム18を加工物22の基板30に向きを変えて導くために用いられる第1ガルバノメータ34を含む。スキャナ32は、ガルバノメータ34によって、第2経路36を辿るようにレーザビーム18を迅速に動かす。したがって、移動システム14がプロセスヘッド12を第1経路16に沿って動かす間に、ガルバノメータ34によりレーザビーム18が第2経路36を辿られる、ということを理解されたい。レーザビーム18の直径は、溶融プール20のそれよりも大幅に細く、溶融プール20を生成するために必要なエネルギー量を大幅に低減させる。このように、溶融プール20の所望のフットプリントを生成するために、スキャナ32のガルバノメータ34が、図2に示す破線38で特定される、溶融プール20の所望のフットプリントを、辿る。所望の第2経路36を辿るスキャナ32の能力をさらに向上させるために、2つ以上のガルバノメータ34がスキャナ32内に含まれていても良いことと、2つのガルバノメータを用いることが本発明の範囲内であることとを、理解されたい。

【0014】

上記のとおり、ノズル24は、5軸ロボティックアームまたは2軸ヘッド（図示せず）の形状を取る移動システム16上に搭載されている。5軸ロボティックアームは、たとえ非水平表面上であったとしても加工物22の全スペクトルに沿って、ノズル24を動かす能力を提供する。ノズル24を所望の経路に沿って動かす能力をさらに容易にすることは、上記のとおり、同軸型または側面型の供給ノズル24のいずれかへの材料供給である。この種の材料供給に適するノズルの例は、米国特許第6,432,926号明細書および米国特許第6,534,745号明細書に開示されており、これらの内容は参照によりここに組み込まれるものとする。

【0015】

本発明の方法の一例として、図3は長方形の溶融プール40の概略図を示す。本実施形

10

20

30

40

50

態において、長方形の溶融プール40は、移動システム14によって導かれて（図1）、第1経路16に沿って成長する。溶融プール40が成長する速度は、第1経路16に沿った移動システム14の速度によって決定されることを理解されたい。同時に、レーザスキャナ32は、レーザビーム18を導いて第2経路36を辿らせる。このように、移動システム14が第1経路16に沿って動く間に、レーザビーム18は溶融プール40の所望の形態内で複数の通路を辿る。上記のとおり、長方形の溶融プール40が成長すると、ノズル24を介して材料が溶融プールに供給される。長方形の溶融プール40の中の複数の通路を達成するために、スキャナの速度は、本実施形態では、約15m毎秒で動き、これはプロセスヘッド12の第1経路16に沿った移動システム14の動きよりも著しく速い。高速で動く能力は、約400ワットで動作する、低出力細幅レーザビームを使用することを可能とし、溶融プールの生成に必要なエネルギー量を大幅に削減する。実際に必要な出力は、部分的に、加工物22の基板と、第1経路16を横断する速度とで決定される。

10

【0016】

レーザスキャナ32をプロセスヘッド12に組み込む利点を、再度図4に示す。本実施形態では、円形の溶融プール42を生成することが望ましい。上記の場合と同様に、レーザスキャナ32がレーザビーム18を導いて円形溶融プール42内の第2経路36を辿らせる間、移動システム14はヘッド12を第1経路16に沿って動かす。当業者には明らかであるように、移動システム14がプロセスヘッド12を第1経路16に沿って動かす間に任意の所定の経路36を辿るレーザスキャナ32のおかげで、事実上いかなる形状または形態の溶融プールも成長され得る。

20

【0017】

加工物22の所望の形態を達成するために、所望の溶融プール20、40、42を達成するレーザスキャナ34の能力を十分に生かす、新しい手法が開発されている。こうして、所望の加工物22の形状は解析され、所望の溶融プールのサイズおよび形状が予め決定される。レーザスキャナ34は、処理サイクルの全体にわたって第2経路36に沿って辿ることを繰り返すことによって所望の溶融プール20、40、42を生成するようにプログラムされている。コンピュータ支援製造（CAM: Computer-Aided Manufacturing）ソフトウェアは、コントローラ（図示せず）の内部にプログラムされており、溶融プール20、40、42のサイズ、形状および成長速度を考慮に入れて、所望のツール経路すなわち第1経路16を生成するために用いられる。ツール経路（第1経路16）およびスキャナ処理データは、第2経路36を開発するために用いられて、直接材料堆積を協働的に実行し、加工物22を連続的な層で、従来技術のシステムより大幅に低減されたエネルギーで、製造する。

30

【0018】

図5に最もよく示されるように、第1経路16は、第1材料層44を基板30の上に堆積し、続いて第1材料層44の上に第2材料層46を堆積するように、装置10の中にプログラムされている。この実施形態において、第1経路16は連続的な工程を経て横断され、第1材料層44を堆積するときと第2材料層46を堆積するときとは直角に交わる。複数の材料層は連続的に堆積されて、加工物の所望の三次元形態を生成する。

【0019】

ノズル24が移動システム14と共に第1経路16に沿って動かされることを理解されたい。しかしながら、レーザスキャナ32（図1）はレーザビーム18を、ノズル24とは独立した第2経路36に沿って動かす。したがって、レーザビーム18が第2経路36に沿って溶融プール20を辿る間、ノズル24は、第1経路16を横断する移動システム14の移動速度だけで動く溶融プール20の上で、相対的に静止している。このように、材料26の流れは、第2経路36に沿ったレーザビーム18の動きではなく、溶融プール20の生成に合わせて調整される。

40

【0020】

本発明は、ここでは例示的な方法で説明されており、使用された用語が、限定ではなく、説明の言葉の性質を持つように意図されていることを理解されたい。上記の教示に照

50

らせば、本発明のいかなる変更や変形も明らかに可能である。したがって、本明細書において、参照番号は単に便宜上のものあり、いかなる限定のためではなく、本発明は具体的な記載とは異なるように実施されてもよいことが理解される。

【0021】

(付記)

(付記1)

基板上への直接材料堆積を行う方法であって、

基板に向けてレーザビームを発射することによって溶融プールを生成するレーザスキャナを含むプロセスヘッドを提供すると共に、粉末材料を前記溶融プールに供給するノズルを提供するステップと、

前記プロセスヘッドを第1経路に沿って動かすために移動システムに前記プロセスヘッドを搭載するステップと、

前記移動システムを導いて前記第1経路に沿って動かすと共に、前記レーザスキャナを導いて第2経路を辿らせるようにプログラム可能なコントローラを提供するステップであって、前記コントローラが、前記移動システムを導いて前記第1経路に沿って動かしながら前記レーザスキャナを導いて前記第2経路を辿らせることによって前記第2経路に沿って溶融プールを生成する、ステップと、

前記基板への直接材料堆積を行うために前記溶融プールに材料を供給するステップと、

前記移動システムの動きを前記レーザスキャナと連動させるステップであって、前記溶融プールに供給された前記粉末材料から材料ビードを生成するために、前記移動システムが前記レーザスキャナを前記第1経路に沿って動かしながら前記レーザスキャナが前記第2経路を辿る、ステップと、

を備える、

方法。

【0022】

(付記2)

所望の幾何学的形態を有する材料ビードを生成するために前記レーザスキャナの速度および前記粉末材料の注入速度を調整するステップをさらに含む、付記1に記載の方法。

【0023】

(付記3)

溶融プールを生成する前記ステップは、前記レーザスキャナが前記溶融プール内の所定の経路に沿って前記レーザビームを動かすことを特徴とする、付記1に記載の方法。

【0024】

(付記4)

レーザビームを発射する前記ステップは、ビーム直径を有するレーザビームを発射することを特徴とし、前記溶融プールを生成する前記ステップは、前記ビーム直径より大きいプール直径を有する溶融プールを生成することを特徴とする、付記1に記載の方法。

【0025】

(付記5)

レーザビームを発射することによって溶融プールを前記基板上に生成する前記ステップは、約0.1mm乃至2.5mmの直径を有する溶融プールを生成するために約50μm乃至500μmの直径を有するレーザビームを発射することを特徴とする、付記1に記載の方法。

【0026】

(付記6)

レーザビームを発射することによって溶融プールを前記基板上に生成する前記ステップは、レーザビームの直径対溶融プールの直径の比率が約0.5乃至0.02であることを特徴とする、付記1に記載の方法。

【0027】

(付記7)

10

20

30

40

50

溶融プールを生成する前記ステップは、前記レーザスキャナが 5 m 毎秒乃至 20 m 毎秒の走査速度を有し、前記溶融プールが 0.1 mm 毎分乃至 5 mm 毎分の速度で進むことを特徴とする、付記 1 に記載の方法。

【0028】

(付記 8)

前記移動システムの動きを前記レーザスキャナと連動させる前記ステップは、前記レーザスキャナが前記第 2 経路を辿りながら前記移動システムが前記プロセスヘッドを前記第 1 経路に沿って同時に動かすことを特徴とする、付記 1 に記載の方法。

【0029】

(付記 9)

第 1 材料層を堆積すると共に、前記第 1 材料層の上に第 2 材料層を堆積するステップであって、前記第 1 材料層の堆積方向に対して直交する方向に前記第 2 材料層が堆積される、ステップをさらに含む、付記 1 に記載の方法。

【0030】

(付記 10)

前記レーザスキャナが前記第 2 経路を辿る前記ステップは、前記第 2 経路に沿って進む前記ノズルによる動きとは独立に、前記レーザビームが前記第 2 経路に沿って進むことを特徴とする、付記 1 に記載の方法。

【0031】

(付記 11)

三次元物体を生成するために基板への直接材料堆積を行う装置であって、
移動システムと、

レーザビームを生成するレーザと、溶融プールを前記基板に生成するために前記レーザビームを前記基板上に導くレーザスキャナと、を含むヘッドと、

前記基板の上に材料ビードを生成するために前記レーザビームによって生成された前記溶融プールに粉末材料を供給するノズルと、
を備え、

前記基板上に堆積した材料ビードを徐々に生成するために、前記レーザスキャナは前記移動システムと協働可能であり、前記移動システムが第 1 経路に沿って可動であり、同時に前記レーザスキャナが第 2 経路に沿って可動である、

装置。

【0032】

(付記 12)

前記溶融プールに堆積した材料の複数の層から前記三次元物体を生成するために、前記移動システムおよび前記レーザスキャナの動きを導くように、前記三次元物体のデジタル版でプログラム可能なコントローラを含む、付記 1 に記載の装置。

【0033】

(付記 13)

前記移動システムは、第 1 速度で可動であり、前記レーザスキャナは、第 2 速度で可動であり、前記第 2 速度は前記第 1 速度よりも大きい、付記 1 に記載の装置。

【0034】

(付記 14)

前記レーザスキャナは、前記レーザビームのサイズおよび形状を調整するように構成されている、付記 1 に記載の装置。

【0035】

(付記 15)

前記レーザスキャナは、前記基板に前記溶融プールを生成しながら前記レーザビームのサイズおよび形状を調整するように構成されている、付記 1 に記載の装置。

【0036】

(付記 16)

10

20

30

40

50

前記レーザによって生成された前記レーザビームが、前記レーザスキャナによって前記ノズルに対して可動である、付記 1 に記載の装置。

【 0 0 3 7 】

(付 記 1 7)

前記レーザによって生成された前記レーザビームは、約 $50\text{ }\mu\text{m}$ 乃至 $500\text{ }\mu\text{m}$ の直径を有する、付記 1 に記載の装置。

【 0 0 3 8 】

(付 記 1 8)

前記レーザは、約 400 ワットのレーザ出力を有する、付記 1 に記載の装置。

【 0 0 3 9 】

(付 記 1 9)

前記レーザスキャナは、前記基板に生成された前記溶融プール内で複数の方向に前記レーザビームを動かすように構成されている、付記 1 に記載の装置。

10

【図 1】

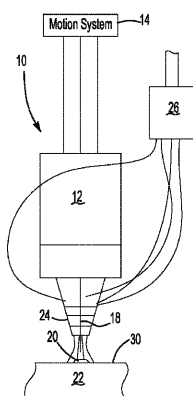


Fig-1

【図 2】

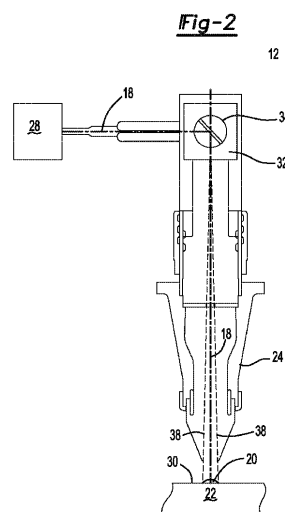
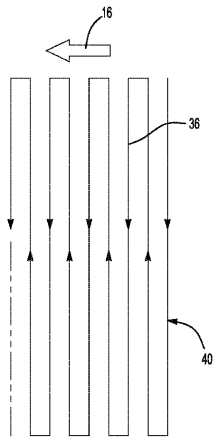
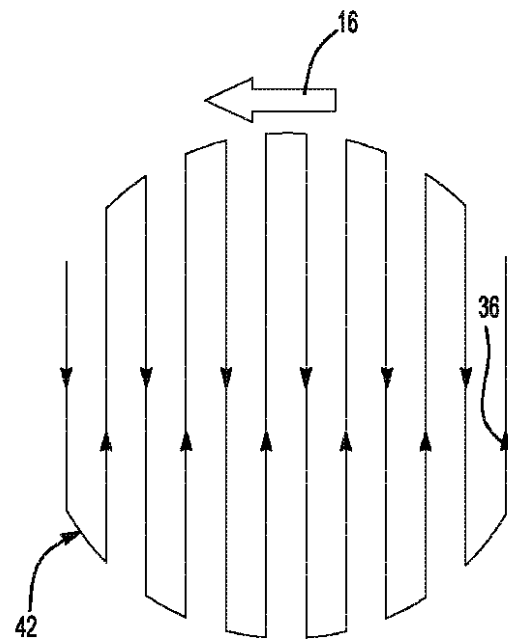


Fig-2

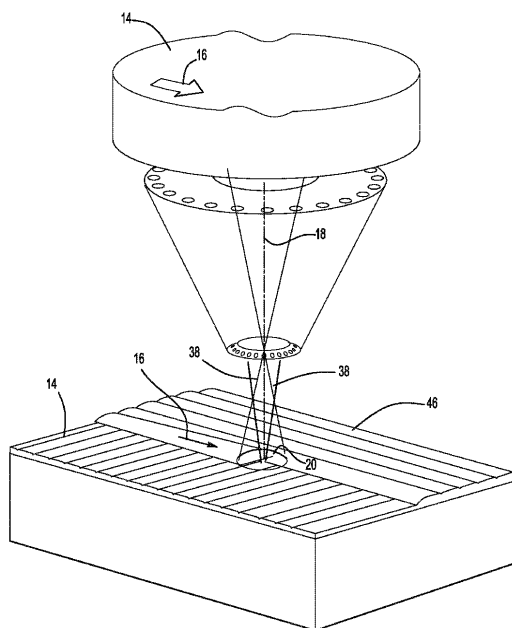
【 図 3 】

Fig-3

【 図 4 】

Fig-4

【 図 5 】

Fig-5

【国際調査報告】

PCT/US2016/046941 28.10.2016

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US16/46941
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - B23K 26/06, 31/12, 26/34 (2016.01) CPC - B23K 26/06, 26/20; G01S 7/4817 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8) Classifications: B23K 26/06, 31/12, 26/34; B29C 67/00; B22F 3/105 (2016.01) CPC Classifications: B23K 26/06, 26/20; G01S 7/4817		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatSeer (US, EP, WO, JP, DE, GB, CN, FR, KR, ES, AU, IN, CA, INPADOC Data); Google Scholar; IEEE; EBSCO Keywords used: laser; scanner; motion system; nozzle; melt pool; galvanometer		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2005/0133527 A1 (DULLEA, K et al.) June 23, 2005; abstract; figures 11, 36-40a; paragraphs [0036]; [0208]; [0210]; [0214]	1,8-12, 19
Y		2-4, 6, 13-18
Y	US 2009/0206065 A1 (KRUTH, J et al.) August 20, 2009; abstract; figures 1-2; paragraphs [0024]; [0035]; [0052]	2-3, 14-15
Y	US 2015/0090074 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY, LTD) April 02, 2015; abstract; paragraphs [0011-0013]; [0027]	4, 17-18
A		5
Y	US 2014/0202997 A1 (WISCONSIN ALUMNI RESEARCH FOUNDATION) July 24, 2014; paragraphs [0048-0049]; [0059]; [0062]	6
A		5
Y	US 2014/0259659 A1 (ELECTRO SCIENTIFIC INDUSTRIES, INC.) September 18, 2014; abstract; figure 8; paragraphs [0023-0024]; [0045]	13
A		7
Y	US 2013/0142965 A1 (BRUCK, G et al.) June 06, 2013; abstract; figure 1; paragraphs [0023]; [0026]; [0039]	16
A		7
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 06 October 2016 (06.10.2016)		Date of mailing of the international search report 28 OCT 2016
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300		Authorized officer Shane Thomas PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT QSP: 571-272-7774

PCT/US2016/046941 28.10.2016**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/US16/46941

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2015/0174699 A1 (BRUCK, G et al.) June 25, 2015; abstract; paragraphs [0019]; [0022]	1-19

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(74)代理人 100147924

弁理士 美恵 英樹

(72)発明者 デュッタ、バスカー

アメリカ合衆国 48085 ミシガン州 トロイ グレンシャイアードドライブ110

Fターム(参考) 4E168 BA32 CB03 CB04 DA26 DA28 DA32 EA15