

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6858717号
(P6858717)

(45) 発行日 令和3年4月14日(2021.4.14)

(24) 登録日 令和3年3月26日(2021.3.26)

(51) Int.Cl.

G03H 1/00 (2006.01)

F 1

G03H 1/00

請求項の数 7 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2017-566644 (P2017-566644)
 (86) (22) 出願日 平成28年12月22日 (2016.12.22)
 (65) 公表番号 特表2018-525659 (P2018-525659A)
 (43) 公表日 平成30年9月6日 (2018.9.6)
 (86) 國際出願番号 PCT/GB2016/054041
 (87) 國際公開番号 WO2017/115077
 (87) 國際公開日 平成29年7月6日 (2017.7.6)
 審査請求日 平成30年2月16日 (2018.2.16)
 (31) 優先権主張番号 62/273,027
 (32) 優先日 平成27年12月30日 (2015.12.30)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

前置審査

(73) 特許権者 517080957
デュアリタス リミテッド
イギリス国 エムケー5 8ページー、ミ
ルトン ケインズ、ノウルヒル、ガーフォ
ース プレイス 1エー
(74) 代理人 100116850
弁理士 廣瀬 隆行
(72) 発明者 ムリンズ、ブライアン
アメリカ合衆国 90017 カリフォル
ニア州、ロサンゼルス、スイート ティー
900、ウエスト 5 ストリート 12
01

審査官 池田 博一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】動的ホログラフィ焦点深度プリンティング装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ホログラフィック投影を用いてターゲット材料(206)を硬化させる方法であって、前記方法は、

3次元対象に基づく画像データを受信し、ホログラムをリアルタイムに計算するステップと、

レーザ制御信号とLCOS-SLM制御信号を生成するステップであって、前記LCOS-SLM制御信号がリアルタイムで計算された前記ホログラムに基づくものと、

レーザ光源(110)を用いて、前記レーザ制御信号に基づいて、複数の入射レーザビームを生成するステップと、

LCOS-SLM(112)を用いて、前記LCOS-SLM制御信号に基づいて、前記複数の入射レーザビームを変調するステップと、

変調された前記複数の入射レーザビームから、複数のホログラフィック波面(402, 404)を生成し、前記ホログラフィック波面の各々が少なくとも1つの対応する焦点を形成し、前記複数のホログラフィック波面(402, 404)の前記焦点に基づいて複数の光照射野領域を生成するステップであって、前記複数の光照射野領域が前記ターゲット材料(206)内に形成される前記3次元対象の本体に相当するものと、

前記複数の光照射野領域の干渉により生じた熱で前記ターゲット材料(206)の部分を硬化するステップであって、前記ターゲット材料の部分が前記3次元対象の本体を含むものと、をこの順で備え、

10

20

前記レーザ制御信号と L C O S - S L M 制御信号を生成するステップは、前記複数のホログラフィック波面 (402, 404) の前記焦点を決定するステップをさらに含み、前記複数のホログラフィック波面 (402, 404) の焦点は、フーリエ変換を実行するソフトウェアレンズと物理レンズの組み合わせにより決定され、前記ソフトウェアレンズは、前記ホログラムに含まれるレンズを表すデータであり、前記物理レンズは、前記 L C O S - S L M であり、

前記レーザ制御信号と前記 L C O S - S L M 制御信号は、前記複数のホログラフィック波面 (402, 404) の前記焦点が形成されるように生成される、
方法。

【請求項 2】

10

前記 L C O S - S L M (112) に近接する前記ターゲット材料 (206) 内に複数の空間位置を提供するステップであって、前記複数の空間位置が前記 3 次元対象に相当するものと、

変調された複数の入射レーザビームの焦点位置を、前記複数の空間位置に一致させるよう調整するために、前記 L C O S - S L M 制御信号および前記レーザ制御信号を生成するステップと、をさらに備える

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

20

前記 3 次元の対象に相当するプリントイングデータを受信するステップと、

前記プリントイングデータに基づいて、前記ターゲット材料 (206) 内に領域を提供するステップと、

前記プリントイングデータに基づいて、前記ターゲット材料 (206) 内に前記領域に相当する第 2 の複数の焦点を提供するステップと、

前記第 2 の複数の焦点に基づいて、前記レーザ制御信号および前記 L C O S - S L M 制御信号を調整して、前記第 2 の複数の焦点で前記ターゲット材料 (206) を硬化させるステップと、をさらに備える

請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

30

前記複数のホログラフィック波面 (402, 404) を生成するために、前記複数の入射レーザビームの位相または強度の少なくとも 1 つを変調するステップをさらに備える、

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

M E M S 装置 (302) のための M E M S 制御信号を生成するステップをさらに備え、前記 M E M S 装置は、前記 M E M S 制御信号に基づいて、前記 L C O S - S L M (112) 上の複数の位置に前記複数の入射レーザビームを反射し、

前記 L C O S - S L M は、前記複数の位置で前記複数の入射レーザビームを受光するように構成される

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

40

変調されたレーザビームは、位相変調光を含む

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 7】

コンピュータに実行させる命令を含む非一時的コンピュータ可読記憶媒体であって、3 次元対象に基づく画像データを受信し、ホログラムをリアルタイムに計算するステップと、

レーザ制御信号と L C O S - S L M 制御信号を生成するステップであって、前記 L C O S - S L M 制御信号がリアルタイムで計算された前記ホログラムに基づくものと、

前記レーザ制御信号に基づいてレーザ光源 (110) を制御して、複数の入射レーザビームを生成するステップと、

前記 L C O S - S L M 制御信号に基づいて L C O S - S L M (112) を制御して、前

50

記複数の入射レーザビームを変調するステップと、

変調された前記複数の入射レーザビームから、複数のホログラフィック波面（402, 404）を生成し、前記ホログラフィック波面の各々が少なくとも1つの対応する焦点を形成し、前記複数のホログラフィック波面（402, 404）の前記焦点に基づいて複数の光照射野領域を生成ステップであって、前記複数の光照射野領域がターゲット材料内に形成される前記3次元対象の本体に相当するものと、

前記複数の光照射野領域の干渉により生じた熱で前記ターゲット材料（206）の部分を硬化するステップであって、前記ターゲット材料の部分が前記3次元対象の本体を含み、

前記レーザ制御信号とL COS - SLM制御信号を生成するステップは、前記複数のホログラフィック波面（402, 404）の前記焦点を決定するステップをさらに含み、前記複数のホログラフィック波面（402, 404）の焦点は、フーリエ変換を実行するソフトウェアレンズと物理レンズの組み合わせにより決定され、前記ソフトウェアレンズは、前記ホログラムに含まれるレンズを表すデータであり、前記物理レンズは、前記L COS - SLMであり、

前記レーザ制御信号と前記L COS - SLM制御信号は、前記複数のホログラフィック波面（402, 404）の前記焦点が形成されるように生成される、
ものを

前記コンピュータに実行させる前記媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、装置および方法に関する。より具体的には本開示は、3Dプリンタおよび3Dプリンティングの方法に関する。さらに具体的には本開示は、ホログラフィック3Dプリンタおよびホログラフィック投影を用いた3Dプリンティングの方法に関する。いくつかの実施形態は、3Dターゲット表面を加熱するためのホログラフィック投影装置およびホログラフィック投影を用いて3Dターゲット表面を加熱する方法に関する。いくつかの実施形態は、3Dターゲット表面を硬化するためのホログラフィック投影装置およびホログラフィック投影を用いて3Dターゲット表面を硬化する方法に関する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0002】

3Dプリンティングという用語は、3次元の対象を合成するために使われる種々のプロセスを意味する。3Dプリンティングでは、3次元の物理的対象を生成するために、コンピュータ制御の下で、連続する材料の層が形成される。これらの対象は、ほぼいかなる形状や幾何学構造であってもよく、3Dモデルその他の電子データソースから製造される。残念ながら1回にプリントされるものが1つの層に限られるため、3Dプリンティングには極めて長い時間がかかる可能性がある。

【課題を解決するための手段】

【0003】

本明細書には、ホログラフィック投影システムを用いて、ターゲット表面を加熱する（さらにいえば、硬化させる）ための装置、方法およびシステムが記載される。

【0004】

対象から散乱される光は、強度と位相の情報を含む。この強度と位相の情報は、周知の干渉技術、すなわち干渉縞を持つホログラフィック記録（「ホログラム」）を生成する干渉技術を用いて、例えば感光性プレートの上に取り込むことができる。ホログラムは適切な光で照射することにより再構成することができ、これにより、元の対象を表現する2次元または3次元のホログラフィック再構成、すなわち再生画像が生成される。

【0005】

コンピュータ生成ホログラフィは、干渉プロセスを数値的にシミュレートすることがで

10

20

30

40

50

きる。コンピュータ生成ホログラム (Computer-Generated Hologram: 「CGH」) は、フレネル変換やフーリエ変換などの数学的変換に基づく技術により計算されてよい。これらのタイプのホログラムは、フレネルホログラムやフーリエホログラムと呼ばれてよい。フーリエホログラムは、対象のフーリエ領域表現または対象の周波数領域表現であると考えてよい。CGHはまた、コヒーレント・レイ・トレーシングやポイントクラウド技術などにより計算されてもよい。

【0006】

CGHは、入射光の強度および/または位相を変調するように構成された空間光変調器 (Spatial Light Modulator: 「SLM」) 上でコード化されてよい。光変調は、電気的にアドレス可能な液晶、光学的にアドレス可能な液晶、あるいはマイクロミラーなどを用いて実現されてよい。 10

【0007】

SLMは、セルまたはエレメントとも呼ばれる個別にアドレス可能な複数のピクセルを備えてよい。光変調のスキームは、バイナリ、マルチレベルあるいは連続的でよい。代替的に、デバイスは連続的 (すなわち、ピクセルから構成されない) であってもよく、従って光変調はデバイス全体にわたって連続的であってよい。SLMは、変調光がSLMから反射して出力される反射手段であってよい。同様にSLMは、変調光がSLMから透過して出力される透過手段であってよい。

【図面の簡単な説明】

【0008】

任意の特定の要素または動作に関する考察の区別を容易にするため、参照番号における最上位の桁は、該要素が最初に導入された図の番号を指す。 20

【図1】一実施例に係る動的ホログラフィプリンティング装置の一例を示すブロック図である。

【図2】一実施例に係る動的ホログラフィプリンティング装置の別の例を示すブロック図である。

【図3】別の実施例に係る動的ホログラフィプリンティング装置の一例を示すブロック図である。

【図4】一実施例に係る動的ホログラフィプリンティング装置を用いたプリンティング操作の一例を示すブロック図である。 30

【図5】一実施例に係る3次元プリント対象の一例を示すブロック図である。

【図6】一例に係るLCOS-SLM (シリコン上液晶空間光変調器) の断面を示す図である。

【図7】一実施例に係る動的ホログラフィプリンティング装置の操作の一例を示すフロー図である。

【図8】一実施例に係る動的ホログラフィプリンティング装置の操作の別の例を示すフロー図である。

【図9】一実施例に係る動的ホログラフィプリンティング装置の操作の別の例を示すフロー図である。

【図10】いくつかの実施例に係るマシンの部品群であって、マシン読み取り可能媒体から命令を読み出し、本明細書で検討された任意の1つ以上の方法を実行することができるものを示すブロック図である。 40

【発明を実施するための形態】

【0009】

一実施例に係る方法およびシステムが、動的ホログラフィプリンティング装置に向けられる。例示は可能な変形の代表にすぎない。特段の断りのない限り、構造 (例えばモジュールなどの構造的部品) は、選択自由であり結合または分割されてよい。また操作 (例えば手続き、アルゴリズムその他の機能) は、順序が変更されてよく結合または分割されてよい。以下の記述では、説明を目的に多くの特定の詳細が解説され、実施例の完全な理解が与えられる。しかしながら当業者には、こうした特定の詳細がなくとも本主題が実行可 50

能であることは明らかだろう。

【0010】

動的ホログラフィック波面が生成され、レーザ光の建設的および破壊的干渉が3次元の空間領域全体にわたって正確に制御されるように、動的ホログラフィック波面を操作することができる。十分なエネルギーがあれば、これらの建設的および破壊的干渉点は、熱を生成するのに十分なエネルギーを持つ。従来型の3Dプリンティングリソグラフィ/焼結技術を用いて3次元の対象をプリントする目的で、3次元空間にフォーカスした熱/エネルギーを正確に生成するために、レーザ波面の建設的および破壊的干渉を用いて、熱の位置および強さを制御することができる。

【0011】

10

全体的な空間スキャンにより、プリンティング「位置」の正確な制御が可能となる。この制御された、深さに関する動的ホログラフィ技術により、より制御された3Dプリンティングアプローチが与えられる。従って、単に3次元空間内にスキャン可能な「点」や完全な層「マスク」を与えることに代えて、硬化可能な体積内のすべてのホログラフィック点で材料を硬化させるのに十分なパワーを用いることにより、該体積内に完全な3Dホログラフィック「画像」を生成することができる。これにより、ホログラム形状の完全な3Dプリントが1つのパスで生成される。

【0012】

本プリンタ装置は、ホログラフィック空間光変調器（例えばLCOS-SLM（シリコン上液晶空間光変調器）システム）によって回折（および光学的に屈折）されたレーザ光を使用する。LCOS-SLM（シリコン上液晶空間光変調器）は、ホログラフィック波面（すなわち、（例えば面上で）ホログラフィック再構成またはホログラフィック画面を形成するように再構成する波面）を生成する目的で、レーザ光の位相または強度を変調するために使われる。変調光の位相は、選択的に複数の焦点または単一の焦点で、複雑なホログラフィック波面が生成できるような仕方で制御される。変調光の位相は、任意の構成を有するホログラフィック画像を生成するような仕方で制御されてよい。すなわち、LCOS-SLMは、受信した光学的エネルギーを、LCOS-SLM制御信号に基づいて再分配する。本開示から理解できるように、受信した光学的エネルギーは、例えば少なくとも1つの焦点にフォーカスされてよい。複数のホログラフィック波面からの建設的および破壊的干渉が焦点に発生し、これはレーザ光からのエネルギーの集中となる。集中したエネルギーは、ターゲット材料（例えば感熱紙）の表面層または基板層における材料を、加熱または硬化する。焦点は波形の再構成によって生成されるため、焦点のパターンおよび位置を極めて正確に制御することができる。これにより、レーザ光の位相および/または強度を変調することで、複雑なパターンおよび形状を生成することができる。いくつかの実施形態では、SLMはLCOS-SLMである。こうしてユーザは、LCOS-SLMにより干渉パターンの位置を変化させることにより、ホログラフィック領域を操作することができる。

20

【0013】

30

いくつかの実施形態では、装置は、ハードウェアプロセッサと、レーザ光源と（/または）、LCOS-SLM、を含む。レーザ光源は、レーザ制御信号に基づいて、一群の入射レーザビームを生成するように構成される。LCOS-SLMは、一群の入射レーザビームを受光し、LCOS-SLM制御信号に基づいて、一群の入射レーザビームを変調し、一群のホログラフィック波面を生成し、一群のホログラフィック波面の焦点の干渉点に基づいて、一群の個別にフォーカスされた光照射野領域を生成し、一群の個別にフォーカスされた光照射野領域でターゲット材料の部分を硬化する、ように構成される。ホログラフィック波面の各々は、少なくとも1つの対応する焦点を形成する。一群の個別にフォーカスされた光照射野領域は、ターゲット材料内で形成される3次元対象体に相当する。

【0014】

40

ハードウェアプロセッサと、レーザ光源と、LCOS-SLMと、を含む装置が与えられる。ハードウェアプロセッサは、動的ホログラフィプリンティングアプリケーションを

50

含む。動的ホログラフィプリントイングアプリケーションは、3次元の対象に基づいて、レーザ制御信号と、LCOS-SLM(シリコン上液晶空間光変調器)制御信号と、を生成するように構成される。レーザ光源は、レーザ制御信号に基づいて、複数の入射レーザビームを生成するように構成される。LCOS-SLMは、複数の入射レーザビームを受光し、LCOS-SLM制御信号に基づいて、複数の入射レーザビームを変調し、変調された複数の入射レーザビームから、複数のホログラフィック波面を生成し、複数のホログラフィック波面の焦点の干渉点に基づいて、複数の個別にフォーカスされた光照射野領域を生成し、複数の個別にフォーカスされた光照射野領域でターゲット材料の部分を硬化する、ように構成される。ホログラフィック波面の各々は、対応する焦点を有する。複数の個別にフォーカスされた光照射野領域は、ターゲット材料内で形成される3次元対象体に相当する。ターゲット材料の部分は、3次元対象体を含む。

【0015】

いくつかの実施形態では、ハードウェアプロセッサは、動的ホログラフィプリントイングアプリケーションを含んでよい。動的ホログラフィプリントイングアプリケーションは、3次元の対象に基づいて、レーザ制御信号と、LCOS-SLM(シリコン上液晶空間光変調器)制御信号と、を生成するように構成される。ターゲット材料の部分は、3次元対象体を含んでよい。

【0016】

いくつかの実施形態では、こうした装置は、レーザ光源に結合されたレーザ光源制御部をさらに含んでよい。レーザ光源制御部は、レーザ制御信号を受信し、レーザ制御信号に応答してレーザ光源を制御するように構成される。LCOS-SLM制御部は、LCOS-SLMに結合され、LCOS-SLM制御信号を受信し、LCOS-SLM制御信号に応答してLCOS-SLMを制御するように構成される。

【0017】

いくつかの実施形態では、LCOS-SLMは、レーザ光を少なくとも1つの焦点にフォーカスするように構成される。パワー密度が十分高い場合は、少なくとも1つの焦点で硬化が発生してもよい。すなわち、これらの実施形態では、硬化に必要なパワー密度が実現するのは、複数の焦点の干渉点である必要はない。

【0018】

いくつかの実施形態では、LCOS-SLMは、第1のレーザ光と第2のレーザ光とを受光するように構成される。いくつかの実施形態では、第1のレーザ光は、SLMの第1の複数のピクセル上で受光され、第2のレーザ光は、SLMの第2の複数のピクセル上で受光される。いくつかの実施形態では、第1のレーザ光および第2のレーザ光は、同時にまたは実質的に同時に受光される。第1の複数のピクセルは、第1のレーザ光を少なくとも1つの第1の焦点にフォーカスするように構成される。第2の複数のピクセルは、第2のレーザ光を少なくとも1つの第2の焦点にフォーカスするように構成される。いくつかの実施形態では、少なくとも1つの第1の焦点と、少なくとも1つの第2の焦点とは、実質的に一致する。これらの実施形態では、建設的干渉が焦点に発生し、パワー密度が十分大きいときは、ターゲット表面の硬化が発生するだろう。SLMのピクセルは任意の数のサブセットに分割されていてよく、各サブセットが、それぞれのレーザ光を受光し、該それぞれのレーザ光を少なくとも1つの焦点にフォーカスするように構成されることが理解されるだろう。別の実施形態では、対応する複数のレーザ光ビームを共通の個別にフォーカスされた光照射野領域に導き、該個別にフォーカスされた光照射野領域でターゲット表面を硬化するために、複数のSLMが使用されてよい。

【0019】

いくつかの実施形態では、すくなくともいくつかの焦点が、ターゲット材料内で異なる深さにあってよい。すなわち、各焦点は、SLMから異なる距離(すなわち垂直距離)のところに形成される。いくつかの実施形態は、異なる焦点パワーを持つソフトウェアレンズを用いて実現される。この点については以下で詳述する。ターゲットにおける任意の定義された3D体は、異なるソフトウェアレンズおよびホログラムの一部としての回折格子

10

20

30

40

50

機能を用いて、任意の複数の個別にフォーカスされた光照射野を結合することにより、照射されてよい（例えば実質的に同時に）ことが理解されてよい。この点についても以下で詳説する。

【0020】

いくつかの実施形態では、動的ホログラフィアプリケーションは、L COS-SLMに隣接するターゲット材料内の3次元対象体に相当する一群の所与の空間位置を特定するとともに、変調された一群の入射レーザビームの焦点位置を、一群の所与の空間位置に一致させるように調整するために、L COS-SLM制御信号およびレーザ制御信号を生成するように構成される。L COS-SLMにより、一群の所与の空間位置に基づいて形成される干渉点で、ターゲット材料の一部を硬化させることができる。

10

【0021】

いくつかの実施形態では、動的ホログラフィプリントイングアプリケーションは、L COS-SLMに隣接するターゲット材料内の3次元対象体の第1の部分に相当する第1の群の所与の空間位置を特定し、第1の群の所与の空間位置に基づいて、レーザ制御信号およびL COS-SLM制御信号を調整し、第1の群の所与の空間位置に基づいて、一群の変調されたレーザ光ビームの第2の群の焦点を形成するように構成される。3次元対象体の第1の部分は、ターゲット材料内の第2の群の焦点に基づく干渉点で硬化される。

【0022】

いくつかの実施形態では、動的ホログラフィプリントイングアプリケーションは、L COS-SLMに隣接するターゲット材料内の3次元対象体の第2の部分に相当する第2の群の所与の空間位置を特定し、第2の群の所与の空間位置に基づいて、レーザ制御信号およびL COS-SLM制御信号を調整し、第2の群の所与の空間位置に基づいて、一群の変調されたレーザ光ビームの第3の群の焦点を生成し、第2の群の焦点に基づく干渉点に加えて、第3の群の焦点に基づいて、別の組の干渉点を生成するように構成される。3次元対象体の第2の部分は、ターゲット材料内の別の組の干渉点で硬化されてよい。

20

【0023】

いくつかの実施形態では、動的ホログラフィプリントイングアプリケーションは、3次元の対象に相当するプリントイングデータを受信し、プリントイングデータに基づいて、ターゲット材料内の領域を特定し、プリントイングデータに基づいて、ターゲット材料内の該領域に相当する第2の群の焦点を特定し、第2の群の焦点に基づいて、レーザ制御信号およびL COS-SLM制御信号を調整するように構成される。ターゲット材料内の領域は、第2の群の焦点に基づく干渉点で硬化されてよい。

30

【0024】

いくつかの実施形態では、動的ホログラフィプリントイングアプリケーションは、3次元の対象に相当するプリントイングデータを受信し、プリントイングデータに基づいて、3次元空間に沿った一群の干渉点位置を計算し、一群の干渉点位置に相当する一群の焦点位置を算出し、ホログラフィック波面を形成するために、一群の干渉点位置に相当する一群の焦点位置に基づいて、レーザ制御信号およびL COS-SLM制御信号を生成し、ホログラフィック波面の一群の干渉点位置でターゲット材料を加熱し、ターゲット材料の加熱された部分で3次元対象体を形成するように構成される。

40

【0025】

いくつかの実施形態では、L COS-SLMは、焦点で一群のホログラフィック波面を生成するために、一群の入射レーザビームの少なくとも位相または強度を変調するように構成される。

【0026】

いくつかの実施形態では、このような装置は、MEMS装置および/またはMEMS制御部をさらに含んでもよい。MEMS装置は、レーザ光源から一群の入射レーザビームを受光するように構成され、MEMS制御部は、MEMS装置にMEMS制御信号を生成するように構成される。MEMS装置は、MEMS制御信号に基づいて、L COS-SLM上の位置に一群の入射レーザビームを反射する。L COS-SLMは、一群の位置

50

で前記複数の入射レーザビームを受光し、一群の位置で一群の入射レーザビームを変調し、一群の位置で変調された一群の入射レーザビームから第2の複数のホログラフィック波面を生成するように構成される。

【0027】

いくつかの実施形態では、各ホログラフィック波面は、少なくとも1つの対応する焦点を形成する。第2の群のホログラフィック波面の焦点の干渉点で、ターゲット材料の一部分が加熱される（さらにいえば硬化される）。

【0028】

いくつかの実施形態では、変調されたレーザビームは少なくとも、空間的に変調された位相限定光と、空間的に変調された強度限定光との組み合わせを含んでよい。

10

【0029】

いくつかの実施形態では、LCOS-SLMは反射型装置である。すなわちLCOS-SLMは、空間変調光を反射して出力する。しかしながら本開示は、透過型LCOS-SLMにも同等に適合する。

【0030】

「ホログラム」という用語は、対象に関する強度および/または位相の情報を含む記録の意味に用いられる。「ホログラフィック再構成」という用語は、ホログラムを照射することにより形成された対象の光学的再構成の意味に用いられる。「再生領域」という用語は、ホログラフィック再構成が形成される空間の面の意味に用いられる。「画像」および「画像領域」という用語は、ホログラフィック再構成を形成する光に照射された再生領域のエリアの意味に用いられる。

20

【0031】

空間光変調器によって生成された空間変調光の波面に関する「ホログラフィック波面」について述べる。このような波面は、再生領域にホログラフィック再構成を生成することから、ホログラフィックであると記述される。いくつかの実施形態では、ホログラフィック波面は、干渉を用いて再生領域にホログラフィック再構成を生成する。いくつかの実施形態では、空間光変調器が、空間的に変化する位相遅延を波面に与える。従って各入射レーザビームは、対応するホログラフィック波面を生成する。いくつかの実施形態では、LCOS-SLMは、複数の入射レーザビームを受光し、それぞれの複数のホログラフィック波面を出力するように構成される。

30

【0032】

再生領域におけるホログラフィック再構成の生成に関する「焦点の生成（forming focal points）」について述べる。「焦点（focal points）」という用語は、再生領域における光学エネルギーの集中の存在のことをいう。例えば、各ホログラフィック波面は、再生領域における複数の比較的小さな領域に、光を集中させてよい。従って「焦（focal）」という用語は、光学エネルギーが集中していることを反映するにすぎない。従って「点（points）」という用語は、これらの集中領域が複数あってよく、高エネルギー密度を実現するように比較的小さくてよいことを反映するにすぎない。例えば、空間光変調器によって受光されたレーザビームは、再生領域における複数の点に集中して（またはフォーカスして）よい。

40

【0033】

「コード化」、「書き込み」または「アドレシング」という用語は、SLMの複数のピクセルに対し、各ピクセルの変調レベルを個別に決定するための複数の制御値をそれぞれ与えるプロセスを示すために使用される。SLMのピクセルは、複数の制御値を受信したことに応答して、光変調分布を「表示する」ように構成されるということができる。

【0034】

本明細書では「光」という用語は最も広い意味で使用される。いくつかの実施形態は、可視光、赤外光、および紫外光、ならびにこれらの任意の組み合わせに対しても同等に適用可能である。

【0035】

50

いくつかの実施形態により、例示のみにより 1 D および 2 D ホログラフィック再構成を説明する。他の実施形態では、ホログラフィック再構成は 3 D ホログラフィック再構成である。すなわちいくつかの実施形態では、各コンピュータ生成ホログラムは、3 D ホログラフィック再構成を生成する。

【 0 0 3 6 】

いくつかの実施形態は、例示のみによりレーザに言及する。本願は、前述のターゲット材料（例えば 3 D プリンティングプリカーサ材料）を加熱し硬化させるのに十分な光学エネルギーを持つ任意の光に同等に適用可能である。

【 0 0 3 7 】

許容できる品質のホログラフィック再構成は、元の対象に関する位相情報のみを含む「ホログラム」から生成されることが知られている。このようなホログラフィック記録は、位相限定型ホログラム (phase only holograms) と呼ぶことができる。いくつかの実施形態は、例示のみを用いて、位相限定型ホログラフィに関する。すなわちいくつかの実施形態では、空間光変調器は、入射光に位相遅延のみを与える。いくつかの実施形態では、各ピクセルによって与えられる位相遅延はマルチレベルである。すなわち各ピクセルは、離散的な数の位相レベルの 1 つに設定されてよい。離散的な数の位相レベルは、より多数の位相レベルまたは「パレット」の中から選択されてもよい。

10

【 0 0 3 8 】

いくつかの実施形態では、コンピュータ生成ホログラムは、再構成の対象のフーリエ変換である。これらの実施形態では、ホログラムは、対象のフーリエ領域表現または周波数領域表現であるといってよい。いくつかの実施形態は、位相限定ホログラムを表示するために反射型 L C O S を利用し、ホログラフィック再構成を再生領域（例えば、スクリーンや拡散板などの受光面）に生成する。

20

【 0 0 3 9 】

コリメーティングレンズを介して S L M 1 4 0 を照射するために、レーザやレーザダイオードなどの光源が配置される。コリメーティングレンズにより、ほぼ平面状の光の波面が S L M に入射する。波面の方向は、法線方向からずれている（例えば、透明層平面に対する真の垂直方向から、2 度または 3 度外れている）。いくつかの実施形態では、ほぼ平面状の波面は、例えばビームスプリッタを用いて、垂直入射で与えられる。いくつかの実施形態では、光源からの光が、S L M のミラー状の背面で反射し、位相変調層と相互作用して出射波面を形成するように配置がされる。出射波面は、フーリエ変換レンズを含む光学素子に適用され、スクリーン 1 2 5 に焦点を結ぶ。

30

【 0 0 4 0 】

フーリエ変換レンズは、S L M からの位相変調光を受光し、スクリーンにホログラフィック再構成を生成するために周波数領域の変換を実行する。

【 0 0 4 1 】

光は、S L M の位相限定層（すなわち位相変調素子のアレイ）を通って入射される。位相変調層から出射する変調光は、再生領域に配光される。特にこのタイプのホログラフィでは、ホログラムの各ピクセルは再構成全体に寄与する。すなわち、再生領域上の特定の点と特定の位相変調素子との間に 1 対 1 の相関関係は存在しない。

40

【 0 0 4 2 】

これらの実施形態では、ホログラフィック再構成の空間的位置は、フーリエ変換レンズの屈折（焦点）パワーによって決定される。いくつかの実施形態では、フーリエ変換レンズは、物理的レンズである。すなわち、フーリエ変換レンズは光学的フーリエ変換レンズであり、フーリエ変換は光学的に実行される。いかなるレンズもフーリエ変換レンズとして機能し得るが、実行されるフーリエ変換の精度はレンズの性能により制限されるだろう。当業者は、レンズを用いて光学的フーリエ変換を実行する方法を理解する。しかしながら別の実施形態では、フーリエ変換は、レンズデータをホログラフィックデータ内に包含させることにより、計算的に実行される。すなわちホログラムは、対象を表すデータとともにレンズを表すデータを含む。コンピュータ生成ホログラムの分野では、レンズを表す

50

ホログラフィックデータの計算方法が知られている。レンズを表すホログラフィックデータは、ソフトウェアレンズと呼ばれてもよい。例えば位相限定型ホログラフィックレンズの形成は、光路長の空間的变化と屈折率分布とが原因でレンズの各点で発生する位相遅延を計算することにより行われてよい。例えば凸レンズの中心における光路長は、該レンズの端部における光路長より長い。強度限定型ホログラフィックレンズは、フレネルゾーンプレートにより形成されてもよい。コンピュータ生成ホログラムの技術ではまた、物理的フーリエレンズを使用する必要なくフーリエ変換を実行できるように、レンズを表すホログラフィックデータを、対象を表すホログラフィックデータと合成する方法が知られている。いくつかの実施形態では、レンズデータは単純なベクトル和によってホログラフィックデータと合成される。いくつかの実施形態では、物理的レンズが、フーリエ変換を実行するソフトウェアレンズと組み合わせて使用される。代替的に別の実施形態では、ホログラフィック再生が遠方領域で発生するように、フーリエ変換レンズが完全に割愛される。さらなる実施形態では、ホログラムは、回折格子データ、すなわちビーム操作のような回折格子の機能を果たすように構成されたデータを含んでよい。再びコンピュータ生成ホログラムの分野では、このようなホログラフィックデータを計算する方法、および該データと対象を表すホログラフィックデータとを合成する方法が知られている。例えば、位相限定型ホログラフィック回折格子が、ブレーズド回折格子の表面上の各点で発生する位相遅延をモデル化することにより形成されてよい。強度限定型ホログラムの角度操作を実現するために、強度限定型ホログラフィック回折格子が、対象を表す強度限定型ホログラムに単純に重ね合わされてよい。

10

20

【0043】

いくつかの実施形態では、ホログラムは単にソフトウェアレンズである。すなわち、ソフトウェアレンズは、対象を表すホログラフィックデータといった他のホログラフィックデータと合成されない。いくつかの実施形態では、ホログラムは、ソフトウェアレンズと、該ソフトウェアレンズによりフォーカスされる光の空間的位置を決定するように構成されたソフトウェア回折格子とを含む。すなわち、ホログラムが任意の所望の光照射野を生成することができると理解されてよい。いくつかの実施形態では、複数のホログラフィック的に生成された光照射野が干渉し（例えば建設的に干渉し）、個別にフォーカスされた光照射野領域を生成する。空間光変調器は異なるホログラムに関して動的に再構成可能なため、個別にフォーカスされた光照射野領域がソフトウェア制御されることを理解されたい。従って、少なくとも1つの個別にフォーカスされた光照射野領域で、例えば比較的高い強度（例えばエネルギーまたはパワー密度）を持つ建設的干渉で、ターゲットを制御可能に照射するためのホログラフィックシステムが与えられる。

30

【0044】

所望の2D画像のフーリエホログラムは、Gerchberg-Saxtonアルゴリズムなどのアルゴリズムの利用を含む種々の方法で計算されてもよい。（2D画像のような）空間領域における強度情報から、フーリエ領域における位相情報を導出するために、Gerchberg-Saxtonアルゴリズムが使われてもよい。すなわち対象に関する位相情報は、空間領域における強度（または振幅）限定情報から「回復」されてもよい。従って、フーリエ領域における対象の位相限定型ホログラフィック表現が計算されてよい。

40

【0045】

いくつかの実施形態では、コンピュータ生成ホログラムは、Gerchberg-Saxtonアルゴリズムまたはその変形を用いて、強度情報から計算される。光ビームの平面AおよびBそれぞれにおける強度断面IA(x, y)およびIB(x, y)が既知であり、IA(x, y)とIB(x, y)とが単一のフーリエ変換で関係付けられているとき、Gerchberg-Saxtonアルゴリズムは、位相回復問題を考察する。強度断面が与えられたとき、平面AおよびBそれぞれにおける位相分布A(x, y)およびB(x, y)の近似法が得られる。Gerchberg-Saxtonアルゴリズムは、反復的プロセスに従うことによりこの問題の解を求める。

50

【0046】

Gerchberg-Saxtonアルゴリズムは、 $I_A(x, y)$ と $I_B(x, y)$ を表すデータセット（強度と位相）を、空間領域とフーリエ（スペクトル）領域との間で繰り返し変換しながら、空間およびスペクトルの拘束条件を反復的に適用する。空間およびスペクトルの拘束条件は、それぞれ $I_A(x, y)$ と $I_B(x, y)$ である。空間またはスペクトル領域における拘束条件は、データセットの強度に組み入れられる。相当する位相情報が、一連の反復を通して回復される。

【0047】

いくつかの実施形態では、ホログラムは、英国特許第2、498、170号明細書や2,501、112号明細書に記載のGerchberg-Saxtonアルゴリズムに基づくアルゴリズムを用いて計算される。これらの明細書は、その全体が参考文献として本明細書に組み込まれる。

10

【0048】

いくつかの実施形態では、画像データを受信し、アルゴリズムを用いてホログラムをリアルタイムに計算するように構成されたリアルタイムエンジンが与えられる。いくつかの実施形態では、画像データは、画像フレームの連続を含むビデオである。別の実施形態では、ホログラムは、事前に計算されてコンピュータメモリに記憶され、SLMへの投影が必要なとき呼び出される。すなわちいくつかの実施形態では、事前に決定されたホログラムの記憶場所が与えられる。

【0049】

20

しかしながらいくつかの実施形態は、例示としてのみフーリエホログラフィやGerchberg-Saxtonタイプのアルゴリズムに関係する。本開示は、ポイントクラウド法に基づくような他の技術により計算されるフレネルホログラフィやホログラムに対しても同等に適用できる。

【0050】

本開示は、様々な異なるタイプのSLMの任意のものを用いて実現されてよい。SLMは、空間変調光を反射または透過して出力してよい。いくつかの実施形態では、SLMはシリコン上液晶LCOS-SLMであるが、本開示はこのタイプのSLMに限定されない。

【0051】

30

図1は、一実施例に係る動的ホログラフィプリンティング装置の一例を示すブロック図である。動的ホログラフィプリンティング装置106は、レーザ光源110と、LCOS-SLM112と、ホログラフィックプリンティング制御部102と、プロセッサ114と、センサ104と、ストレージ装置108と、を含む。

【0052】

レーザ光源110は、（一または複数の）レーザビーム（例えば少なくとも1Wのレーザビーム）を生成する。レーザ光源110は、（一または複数の）レーザビームをLCOS-SLM112に導く。LCOS-SLM112は、プロセッサ114からの信号データに基づいて入射レーザビーム（例えば、レーザ光源110からのレーザ光）を、生成反射光（例えば変調レーザ光）に変調する。LCOS-SLM112からの変調されたレーザ光は、ホログラフィック波面を形成する。ホログラフィック波面の建設的干渉点で熱が形成される。入射レーザビームの変調、入射レーザビームの数、レーザビームの強度および方向などを調整することにより、熱を成形、制御および操作することができる。熱は、3次元プリンティングのためのターゲット材料における特定の3次元領域を硬化するためを利用することができる。すなわち、空間光変調器に表された1つ以上のホログラムを制御することにより、加熱領域の形状を制御することができる。いくつかの実施形態では、空間光変調器は、受信光を少なくとも1つの対応焦点に導くために、少なくとも1つの位相限定レンズを与えるように構成される。いくつかの実施形態では、空間光変調器は、対応焦点を制御可能に位置づけるために、少なくとも1つの位相限定レンズと、少なくとも1つの対応する回折格子とを与えるように構成される。

40

50

【 0 0 5 3 】

ホログラフィックプリンティング制御部 102 は、プロセッサ 114 によって特定されたパターンに基づいて、レーザ光源 110 へのレーザ制御信号と、LCOS-SLM 112 への LCOS-SLM 112 制御信号とを生成する。

【 0 0 5 4 】

プロセッサ 114 は、干渉領域（例えば加熱領域）を制御し操作するための動的ホログラフィックプリンティングアプリケーション 118 を含む。動的ホログラフィックプリンティングアプリケーション 118 は、プリンティングパターンおよび LCOS-SLM 112 の表面に対する位置を特定する。プリンティングパターンおよびターゲット材料表面までの距離は、ユーザによって選択されてもよいし、センサ 104 からのデータに基づいて決定されてもよい。

10

【 0 0 5 5 】

一実施例では、動的ホログラフィックプリンティングアプリケーション 118 は、所望のプリンティングパターン（例えば 3 次元の対象のモデル）に相当する、ターゲット材料上の所与の空間位置を特定する。動的ホログラフィックプリンティングアプリケーション 118 は、複数の変調された入射レーザビームの焦点位置が所与の空間位置に一致するように調整するために、LCOS-SLM 制御信号およびレーザ制御信号を生成する。LCOS-SLM 112 は、対応領域を硬化させることによりターゲット材料内に 3D 対象を形成するために、所与の空間的位置に基づいて、干渉点に加熱 / 高強度領域を生成する。

【 0 0 5 6 】

20

別の実施例では、動的ホログラフィックプリンティングアプリケーション 118 は、LCOS-SLM 112 に隣接する所与の空間的位置の第 1 の組を特定し、この所与の空間的位置の第 1 の組に基づいて、レーザ制御信号および LCOS-SLM 制御信号を調整する。動的ホログラフィックプリンティングアプリケーション 118 は、所与の空間的位置の第 1 の組に基づいて、変調されたレーザ光ビームの組の焦点の組を決定する。LCOS-SLM 112 は、変調されたレーザ光ビームの組の焦点の組に基づいて、個別にフォーカスされた光照射野領域を干渉点に形成する。

【 0 0 5 7 】

別の実施例では、動的ホログラフィックプリンティングアプリケーション 118 は、所与の空間的位置の別の組を特定し、この所与の空間的位置の別の組に基づいて、レーザ制御信号および LCOS-SLM 制御信号を調整する。動的ホログラフィックプリンティングアプリケーション 118 は、この所与の空間的位置の別の組に基づいて、変調されたレーザ光ビームの組の焦点の組を決定する。LCOS-SLM 112 は、この所与の空間的位置の別の組に基づく変調されたレーザ光の焦点に基づく干渉点への焦点の組に基づいて、プラズマの位置を干渉点から変更する。

30

【 0 0 5 8 】

別の実施例では、動的ホログラフィックプリンティングアプリケーション 118 は、3 次元コンテンツ（例えば 3D モデル）に基づいて、空間的位置および幾何学的プリンティングパターンの特定を受信する。動的ホログラフィックプリンティングアプリケーション 118 は、空間的位置および幾何学的プリンティングパターンの特定に相当する焦点の組を特定する。動的ホログラフィックプリンティングアプリケーション 118 は、この焦点の組に基づいて、レーザ制御信号および LCOS-SLM 制御信号を調整する。この焦点の組に基づいて、干渉点で熱が形成される。いくつかの実施形態では、第 2 の焦点の組に基づいて、干渉点にプラズマが形成される。これらの実施形態では、プラズマは局在化した熱の原因となる。

40

【 0 0 5 9 】

別の実施例では、動的ホログラフィックプリンティングアプリケーション 118 は、プラズマの空間的位置および幾何学的プリンティングパターンの特定を受信し、この空間的位置および幾何学的プリンティングパターンの特定に相当する干渉点の組を特定する。動的ホログラフィックプリンティングアプリケーション 118 は、この干渉点の組に基づいて、焦点

50

の第2の組を特定し、この焦点の第2の組に基づいて、レーザ制御信号およびL C O S - S L M制御信号を調整する。第2の焦点の組に基づいて、干渉点にプラズマが形成されてよい。

【0060】

別の実施例では、プロセッサ114は、センサ104で検知された物理的対象に関するコンテンツをストレージ装置108から読み出す。ある実施例では、動的ホログラフィプリンティングアプリケーション118は、特定の物理的対象（例えばボール）を特定し、その位置とプリンティングパターン（例えばボールの3Dモデル）を生成する。

【0061】

センサ104は、例えば温度計、赤外線カメラ、バロメータ、湿度計、E E Gセンサ、近接または位置センサ（近距離無線通信、G P S、ブルートゥース（登録商標）、W i F i（登録商標）等）、光学センサ（カメラ等）、方向センサ（ジャイロスコープ等）、音響センサ（マイクロフォン等）、その他これらの任意の好適な組み合わせを含む。本明細書に記載されたセンサは説明を目的とするものであり、センサ104はこれらに限定されないことに注意されたい。

【0062】

ストレージ装置108は、センサの特定およびそれらのそれぞれの機能を蓄積する。ストレージ装置108は、視覚的参照（画像、視覚的識別子、画像の特徴等）および対応するプラズマの幾何学的形状やパターン（球面、ビーム、立方体等）のためのデータベースをさらに含む。

【0063】

ある実施形態では、動的ホログラフィプリンティング装置106は、視覚的参照のデータベース部分を読み出すために、コンピュータネットワークを介してサーバと通信してよい。コンピュータネットワークは、マシン、データベースおよび装置（例えば動的ホログラフィプリンティング装置106）との間の通信を可能とする任意のネットワークであってよい。従ってコンピュータネットワークは、有線ネットワーク、無線ネットワーク（モバイルまたは携帯電話ネットワーク等）その他これらの任意の好適な組み合わせであってよい。コンピュータネットワークは、プライベートネットワーク、公衆ネットワーク（インターネット等）その他これらの任意の好適な組み合わせを構成する1つ以上の部分を含んでよい。

【0064】

本明細書に記載される1つ以上のモジュールは、ハードウェア（マシンのプロセッサ等）またはハードウェアとソフトウェアとの組み合わせを用いて実現されてよい。例えば本明細書に記載される任意のモジュールは、本明細書に記載される当該モジュールのための操作を実行するプロセッサを構成してよい。さらにこれらの任意の2つ以上のモジュールが組み合わされて單一モジュールになってもよく、本明細書に記載の單一のモジュールのための機能が複数のモジュールに分割されてもよい。さらに種々の実施例に従い、本明細書に記載の單一のマシン、データベースまたは装置に実装されたモジュールが、複数のマシン、データベースまたは装置に分散されてもよい。

【0065】

図2は、一実施例に係る動的ホログラフィプリンティング装置の別の例を示すブロック図である。動的ホログラフィプリンティング装置106は、L C O S - S L M 112と、L C O S - S L M制御部202と、レーザ光源110と、レーザ制御部204と、ホログラフィックプリンティング制御部102と、動的ホログラフィプリンティングアプリケーション118を含むプロセッサ114と、を含む。

【0066】

動的ホログラフィプリンティングアプリケーション118は、加熱（またはプリンティング）パターンを特定し、加熱パターンを生成するために、ホログラフィック波の干渉点の位置およびパターンを計算する。動的ホログラフィプリンティングアプリケーション118は、干渉点の位置およびパターンを、ホログラフィックプリンティング制御部102

10

20

30

40

50

に通知する。別の実施例では、動的ホログラフィプリンティングアプリケーション 118 は、干渉点の位置およびパターンを計算し、計算された干渉点の位置およびパターンに基づいて、ホログラフィックプリンティング制御部 102 へのレーザ制御信号および L C O S - S L M 制御信号を生成する。

【0067】

ホログラフィックプリンティング制御部 102 は、レーザ制御信号をレーザ制御部 204 に送信する。ホログラフィックプリンティング制御部 102 はまた、L C O S - S L M 制御信号をレーザ制御部 204 に送信する。レーザ制御部 204 は、レーザ光源 110 の強度、ビーム数およびビーム方向を制御するためのレーザ制御信号を生成および通信する。L C O S - S L M 制御部 202 は、L C O S - S L M 112 を制御するための L C O S - S L M 制御信号を生成および通信する。L C O S - S L M 112 は、波面干渉がエネルギー（例えば熱）を生成するように、レーザ光源からのレーザ光を変調する。

10

【0068】

図 2 は、L C O S - S L M 112 に導かれる第 1 の入射レーザビームおよび第 2 の入射レーザビームを生成する、レーザ光源 110 を示す。L C O S - S L M 112 は、第 1 の組のホログラフィック光照射野 214（例えば第 1 のホログラフィック波面）への第 1 の入射レーザビームと、第 2 の組のホログラフィック光照射野 216（例えば第 2 のホログラフィック波面）への第 2 の入射レーザビームとを生成する。第 1 の組のホログラフィック光照射野 214 と、第 2 の組のホログラフィック光照射野 216 との間の建設的干渉により、熱が生成される。熱の形状および位置は、レーザ制御部 204 および L C O S - S L M 制御部 202 への制御信号を調整することにより、制御および操作することができる。

20

【0069】

図 3 は、一実施例に係る動的ホログラフィプリンティング装置の別の例を示すブロック図である。動的ホログラフィプリンティング装置 106 は、L C O S - S L M 112 と、L C O S - S L M 制御部 202 と、レーザ光源 110 と、レーザ制御部 204 と、MEMS 装置 302 と、MEMS 制御部 304 と、を含む。

20

【0070】

動的ホログラフィプリンティングアプリケーション 118 は、パターンを特定し、3 次元の加熱パターンを生成するために、ホログラフィック波の干渉点の位置およびパターンを計算する。動的ホログラフィプリンティングアプリケーション 118 は、干渉点の位置およびパターンを、ホログラフィックプリンティング制御部 102 に通知する。

30

【0071】

ホログラフィックプリンティング制御部 102 は、レーザ制御信号をレーザ制御部 204 に送信する。ホログラフィックプリンティング制御部 102 はまた、L C O S - S L M 制御信号をレーザ制御部 204 に送信する。ある実施例では、ホログラフィックプリンティング制御部 102 は、MEMS 制御信号を MEMS 制御部 304 に送信する。

【0072】

MEMS 制御部 304 は、レーザ光源 110 からのレーザビームの方向を制御するため、MEMS 制御信号を MEMS 装置 302 に通信する。ある実施例では、MEMS 制御部 304 は、レーザ光源 110 および MEMS 装置 302 の両方への同期信号を生成する。同期信号により、MEMS 装置 302 は、レーザ光源 110 からの対応する個別の光ビームを操作し反射することができる。

40

【0073】

MEMS 装置 302 は、1 つ以上のレーザビームをレーザ光源 110 から受光し、対応する個別の光ビームを L C O S - S L M 112 に向けて反射する。対応する個別の光ビームを、L C O S - S L M 112 の対応する位置に導くために、MEMS 装置 302 は、MEMS 制御部 304 またはホログラフィックプリンティング制御部 102 からの同期信号に基づいて、光ビームを反射する。MEMS 装置 302 は、例えば 1 つ以上のミラーを含む。ミラーの位置および向きは、MEMS 制御部 304 から受信した同期信号に基づいて

50

、制御および調整される。

【0074】

図4は、一実施例に係る動的ホログラフィプリンティング装置を用いたプリンティング操作の例を示すブロック図である。動的ホログラフィプリンティングアプリケーション118は、3次元の加熱パターンを特定し、3次元の加熱パターンを生成するために、ホログラフィック波の干渉点の位置およびパターンを計算する。動的ホログラフィプリンティングアプリケーション118は、干渉点の位置およびパターンを、ホログラフィックプリンティング制御部102に通知する。

【0075】

図4は、LCOS-SLM112に導かれる第1の入射レーザビームおよび第2のレーザビームを生成する、レーザ光源110を示す。LCOS-SLM112は、第1の組のホログラフィック光照射野402（例えば第1のホログラフィック波面）への第1の入射レーザビームと、第2の組のホログラフィック光照射野404（例えば第2のホログラフィック波面）への第2の入射レーザビームとを変調する。第1の組のホログラフィック光照射野402と、第2の組のホログラフィック光照射野404との間の建設的/破壊的干渉406により、熱が生成される。干渉406の形状および位置は、レーザ制御部204およびLCOS-SLM制御部202への制御信号を調整することにより、制御および操作することができる。

【0076】

動的ホログラフィプリンティング装置106は、ホログラフィック光照射野を空間的に移動して調整することができる。例えばターゲット206は、干渉406で固形化する硬化性または易焼結性の材料を含む。硬化方向408は、硬化/焼結の位置が調整可能となるように波面が調整可能であることを示し、これにより複数点における固形化が実現する。

【0077】

別の実施例では、複数の組ホログラフィック光照射野を生成することにより、複数領域（406、410、412）の干渉が同時に形成されてよい。複数領域の干渉は、3Dプリント対象に対応する3次元の空間領域を形成する。いくつかの実施形態では、各ホログラフィック光照射野は、1つのSLM（または共通のSLM）上のそれぞれのホログラムによって形成される。いくつかの実施形態では、各ホログラムは、各ホログラフィック光照射野のサイズ、形状および位置が正確に制御できるようなレンズ機能および/または回折格子機能をもたらす、ホログラフィックデータを含む。いくつかの実施形態では、加熱、硬化および3Dプリンティングの少なくとも一つに必要な光強度を得るために、ホログラフィック光照射野は干渉（例えば建設的干渉）を受ける。

【0078】

図5は、一実施例に係る3次元プリント対象の例を示すブロック図である。動的ホログラフィプリンティングアプリケーション118は、図4に関連する前述の技術を用いて、複数領域のホログラフィック光照射野（510、512、502）を生成する。組み合わされた領域510、512、502は、ターゲット206の材料内部に硬化された3次元の対象504を形成する。再び、対応するソフトウェアレンズの光学パワーを選択することにより、ターゲット材料内部に、異なる深さでホログラフィック光照射野が生成されてよい。

【0079】

図6は、一例に係るLCOS-SLM（シリコン上液晶空間光変調器）の断面を示す図である。LCOS-SLM628は、単一のシリコン結晶基板616を用いて形成される。基板616は、ギャップ618により分離して配置され、基板616の上面に設置された、正方形の平面状アルミニウム電極612の2次元アレイを備える。電極612は、基板616内に埋め込まれた回路614を介して、基板616に接続される。電極612の各々は、それぞれ平面状のミラーを形成する。電極612は、LCOS-SLM制御部626に接続されてよい。換言すれば、電極612は、LCOS-SLM制御部626から

10

20

30

40

50

制御信号を受信する。

【0080】

調整層610が、電極612の2次元アレイの頂部に配置される。液晶層608が、調整層610の上に配置される。

【0081】

第2調整層606が、液晶層608の頂部に配置される。平面状透明層602（例えばガラス製）が、第2調整層606の頂部に配置される。単一の透明電極604が、平面状透明層602と第2調整層606との間に配置される。

【0082】

正方形の電極612の各々は、透明電極604のオーバレイ領域および介在する液晶層608とともに、制御可能な位相変調素子624（ピクセルとも呼ばれる）を定義する。効果的なピクセル領域（またはフィルファクタ）は、ピクセル間の空間またはギャップ618を考慮した上で、光学活性なピクセル全体の割合である。各電極612に付加される電圧を透明電極604に関連して制御することにより、それぞれの位相変調素子の液晶材料（液晶層608内の液晶）の特性は変化し得る。位相変調素子を変化させることにより、入射光620の遅延を変化させることができる。その効果として、波面に位相限定変調が与えられる（すなわち、結果として得られる変調光に強度的な効果は発生しない）。

【0083】

反射型LCOS空間光変調器を用いる利点の1つは、透過型デバイスを用いた場合と比べて、液晶層の厚さを半分にできる点である。これにより液晶のスイッチング速度を大幅に改善することができる（これは、動画像ビデオを表示する上でのキーポイントである）。別の利点は、LCOSデバイスはまた位相限定素子の巨大なアレイを小さな開口で表示できる点である。素子が小さい（典型的には約10ミクロン以下）ことにより、光学システムに非常に長い光路長を与える必要なく、実用的な回折角（数度）を得ることができる。

【0084】

LCOS-SLM628の小さな開口（数平方センチメートル）を適切に照射することは、より大きな液晶デバイスの開口の場合と比べて容易である。またLCOS-SLMは大きな開口比を持ち、ピクセル間のデッドスペースは非常に小さい（なぜなら、ピクセルを駆動するための回路はミラーの下に埋め込まれているからである）。開口が小さいことにより、再生領域における光学ノイズが低減される。

【0085】

シリコンバックプレーン（例えばシリコン基板616）を用いることのもう1つの利点は、位相変調デバイスにとって重要であることに、ピクセルが光学的に平坦である点である。

【0086】

実施形態が反射型LCOS-SLMに関する一方、当業者は、透過型SLMを含む他のタイプのSLMも使用可能であることを認識するだろう。

【0087】

図7は、一実施例に係る動的ホログラフィプリンティング装置の操作の他の例を示すフロー図である。ブロック704で、動的ホログラフィプリンティングアプリケーション118は、所与の空間位置（例えばターゲット材料内の所望の位置）の特定を受信する。ブロック706で、動的ホログラフィプリンティングアプリケーション118は、所与の空間位置に対応するホログラフィック波面の干渉点の位置を（LCOS-SLM112によって生成できるように）計算する。ブロック708で、動的ホログラフィプリンティングアプリケーション118は、ホログラフィック波面の干渉点の位置に対応する焦点の位置を算出する。ブロック710で、動的ホログラフィプリンティングアプリケーション118は、ホログラフィック波面を生成するために、焦点の位置に基づいて、レーザ光源110へのレーザ制御信号およびLCOS-SLM112へのLCOS-SLM制御信号を生成する。

10

20

30

40

50

【0088】

図8は、一実施例に係る動的ホログラフィプリンティング装置の操作の他の例を示すフロー図である。ブロック804で、レーザ制御部204は、レーザビームの強度、レーザビームの方向およびレーザビームの数を制御するために、レーザ光源110へのレーザ制御信号を生成する。ブロック806で、LCOS-SLM制御部202は、LCOS-SLM112に導かれる入射光ビームの変調を制御するために、LCOS-SLM112へのLCOS-SLM制御信号を生成する。ブロック810で、LCOS-SLM112は、レーザ光源110からの入射レーザビームを変調する。ブロック812で、LCOS-SLM112は、変調されたレーザビームからホログラフィック波面を形成する。ブロック814で、ホログラフィック波面の干渉点の位置で熱が生成され、熱が対応する熱の位置でターゲット材料を硬化させる。 10

【0089】

図9は、一実施例に係る動的ホログラフィプリンティング装置の操作の他の例を示すフロー図である。ブロック904で、動的ホログラフィプリンティングアプリケーション118は、3次元の対象に相当するプリンティングデータを受信する。ブロック906で、動的ホログラフィプリンティングアプリケーション118は、プリンティングデータに基づいて、ターゲット材料内部の干渉点の位置を計算する。ブロック908で、動的ホログラフィプリンティングアプリケーション118は、干渉点の位置に相当する焦点の位置を算出する。ブロック910で、動的ホログラフィプリンティングアプリケーション118は、焦点に基づいてホログラフィック波面を形成するために、レーザ光源110へのレーザ制御信号およびLCOS-SLM112へのLCOS-SLM制御信号を生成する。 20

【0090】

図10は、いくつかの実施例に従い、マシン1000の部品を示すブロック図である。マシン1000は、コンピュータ読み取り可能媒体1018（例えば、非一過性マシン読み取り可能媒体、マシン読み取り可能ストレージ媒体、コンピュータ読み取り可能ストレージ媒体、その他それらの任意の好適な組み合わせ）から命令1006を読み出すことができ、本明細書に記載の任意の1つ以上的方法を全体的にまたは部分的に実行することができる。特に、本例のマシン1000は、本明細書に記載の任意の1つ以上的方法を全体的にまたは部分的にマシン1000に実行させるための命令（例えばソフトウェア、プログラム、アプリケーション、アプレット、app、その他の実行可能可能コード）が内部で実行可能な、コンピュータシステム（例えばコンピュータ）を構成する。 30

【0091】

代替的な実施形態では、マシン1000は、スタンドアロン装置として動作してよく、あるいは他のマシンと通信可能に結合（例えばネットワーク化）されてよい。ネットワーク化された構成では、マシン1000は、サーバクライアント環境内のサーバマシンまたはクライアントマシンの役割で動作してよく、あるいは分散ネットワーク（例えばピア・トゥ・ピア）ネットワーク環境内のピアマシンとして動作してもよい。マシン1000は、サーバコンピュータ、クライアントコンピュータ、パーソナルコンピュータ（PC）、タブレットコンピュータ、ラップトップコンピュータ、携帯電話、スマートフォン、セットトップボックス（STB）、携帯情報端末（PDA）、ウェブアプライアンス、ネットワークルータ、ネットワークスイッチ、ネットワークブリッジなどであってよく、また命令1006（すなわちマシンが実行する動作を特定する命令）を連続的にまたは他の仕方で実行可能な任意のマシンであってよい。さらに、単一のマシンのみが記載されるが、「マシン」という用語はまた、個別にまたは共同して命令1006を実行し、本明細書に記載の任意の1つ以上的方法を全体的にまたは部分的に実行する複数のマシンの集合を含むと解釈されてよい。 40

【0092】

マシン1000は、プロセッサ1004（例えば中央処理装置（CPU））、グラフィック処理装置（GPU）、デジタル信号処理プロセッサ（DSP）、特定用途向け集積回路（ASIC）、高周波集積回路（RFIC）その他これらの任意の好適な組み合わせ） 50

、メインメモリ 1010 および静的メモリ 1022 を含み、これらはバス 1012 を介して互いに通信するように構成される。プロセッサ 1004 は、プロセッサ 1004 が本明細書に記載の任意の 1 つ以上の方法を全体的にまたは部分的に実行するために構成されるように、命令 1006 の一部または全部を用いて一時的または永久的に設定可能な、固体デジタルマイクロ回路（例えば電気的、光学的、またはその両方）を含む。例えば、プロセッサ 1004 の 1 つ以上のマイクロ回路の組は、本明細書に記載の 1 つ以上のモジュール（例えばソフトウェアモジュール）を実行するように設定可能であってよい。いくつかの実施例では、プロセッサは、内部で複数のコアの各々が本明細書に記載の任意の 1 つ以上の方法を全体的にまたは部分的に実行することのできる別個のプロセッサとして振る舞うマルチ C P U（例えばデュアルコア C P U、クアッドコア C P U、または 128 コア C P U）である。本明細書に記載の有利な効果は少なくともプロセッサ 1004 を備えるマシン 1000 によって与えられるが、プロセッサレスマシンが本明細書に記載の 1 つ以上の方法を実行するように構成された場合は、同等の有利な効果がプロセッサを備えない別種のマシン（例えば純粹機械システム、純粹油圧システム、または機械油圧ハイブリッドシステム）によって与えられてよい。

【0093】

マシン 1000 は、ビデオディスプレイ 1008（例えばプラズマディスプレイパネル（PDP）、発光ダイオード（LED）ディスプレイ、液晶（LCD）ディスプレイ、プロジェクタ、ブラウン管（CRT）その他の、画像やビデオを表示可能な任意のディスプレイをさらに含んでよい。マシン 1000 はまた、英数字入力デバイス 1014（例えばキーボードまたはキーパッド）、カーソル制御デバイス 1016（例えばマウス、タッチパッド、トラックボール、ジョイスティック、モーションセンサ、アイトラッキングデバイスその他のポインティング手段）、ドライブユニット 1002、信号発生デバイス 1020（例えばサウンドカード、アンプ、スピーカ、ヘッドホンジャックまたはこれらの任意の好適な組み合わせ）、およびネットワークインターフェースデバイス 1024 を含んでよい。

【0094】

ドライブユニット 1002（例えばデータストレージ装置）は、本明細書に記載の任意の 1 つ以上の方法または機能を具現化する命令 1006 が蓄積されるコンピュータ読み取り可能媒体 1018（例えば有形かつ非一過性マシン読み取り可能媒体）を含む。命令 1006 はまた、マシンの 1000 による実行前または実行中、その全体または少なくとも一部が、メインメモリ 1010 の中、プロセッサ 1004 の中（例えばプロセッサのキャッシュメモリの中）またはその両方の中にあってよい。従って、メインメモリ 1010 およびプロセッサ 1004 は、マシン読み取り可能媒体（例えば有形かつ非一過性マシン読み取り可能媒体）であると考えられてよい。命令 1006 は、ネットワークインターフェースデバイス 1024 を介して、コンピュータネットワーク上で伝達または受信されてよい。例えば、ネットワークインターフェースデバイス 1024 は、任意の 1 つ以上の通信プロトコル（例えばハイパーテキストトランスファープロトコル（HTTP））を用いて、命令 1006 を通信してよい。

【0095】

いくつかの実施例では、マシン 1000 は、携帯型計算装置（例えばスマートフォン、タブレットコンピュータその他のウェアラブルデバイス）であってよく、1 つ以上の追加的な入力部品（例えばセンサやゲージ）を有してよい。このような入力部品の例は、画像入力部品（例えば 1 つ以上のカメラ）、音響入力部品（例えば 1 つ以上のマイクロホン）、向き入力部品（例えばコンパス）、位置入力部品（例えばグルーバルポジショニングシステム（GPS）受信機）、方向部品（例えばジャイロスコープ）、モーション検知部品（例えば 1 つ以上の加速度センサ）、高度検知部品（例えば 1 つ以上の高度計）、バイオメトリック入力部品（例えば心拍計や血圧計）およびガス検知部品（例えばガスセンサ）を含む。これらの 1 つ以上の任意の入力部品で収集された入力データは、本明細書に記載の任意のモジュールでの使用のためにアクセス可能であり入手可能であってよい。

10

20

30

40

50

【0096】

本明細書で用いられる「メモリ」という用語は、データを一時的または永久に蓄積可能なマシン読み取り可能媒体のことをいい、例えば、ランダムアクセスメモリ(R A M)、リードオンリーメモリ(R O M)、バッファメモリ、フラッシュメモリ、およびキャッシュメモリなどを含む(しかし限定されない)と解釈されてよい。実施例ではコンピュータ読み取り可能媒体 1080 が单一媒体として記述されるが、「マシン読み取り可能媒体」という用語は、命令を蓄積可能な单一媒体または複数媒体(例えば集中データベースまたは分散データベース、あるいは関連するキャッシュおよびサーバ)を含むと解釈されるべきである。「コンピュータ読み取り可能媒体」という用語はまた、マシン 1000 による実行命令 1006 を蓄積可能な任意の媒体または複数の媒体の組み合わせを含むと理解されてよい。ここで、この命令 1006 がマシン 1000 の 1 つ以上のプロセッサ(例えばプロセッサ 1004)で実行されると、前述の任意の 1 つ以上的方法が、全体的または部分的にマシン 1000 により実行される。従って「マシン読み取り可能媒体」は、単一の蓄積装置またはデバイスを指すとともに、クラウドベースのストレージシステムや、複数の蓄積装置またはデバイスを含むストレージネットワークを指す。従って「マシン読み取り可能媒体」という用語は、例えば固体メモリチップ、光ディスク、磁気ディスクその他これらの任意の好適な組み合わせといった形態の 1 つ以上の具体的かつ非一過性のデータ収納場所(すなわちデータボリューム)を含む(しかし限定されない)と解釈されるべきである。本明細書で用いられる「非一過性」マシン読み取り可能媒体は、特に伝播信号自身を含まない。いくつかの実施形態例では、マシン 1000 による実行のための命令 1006 は搬送媒体を用いて通信されてもよい。このような搬送媒体の例は、ストレージ媒体(例えば固体メモリなどの非一過性マシン読み取り可能媒体で、ある場所から他の場所に物理的に移動されるもの)と、一時的媒体(例えば命令 1006 を通信する伝送信号)とを含む。

10

【0097】

本明細書に記載のある実施例は、モジュールを含むと記載される。モジュールはソフトウェアモジュール(例えば保存されたコード、またはマシン読み取り可能媒体や伝送媒体中でその他の方法により具現化されたコード)、ハードウェアモジュールまたはこれらの任意の好適な組み合わせを構成してよい。「ハードウェアモジュール」は、ある命令を実行可能な有形の(例えば非一過性の)物理的な部品(例えば 1 つ以上のプロセッサの組)であり、何らかの物理的な方法で構成され配置されてよい。様々な実施例で、1 つ以上のコンピュータシステムまたはそれらの 1 つ以上のハードウェアモジュールは、ソフトウェア(例えばアプリケーションやその一部)により、本明細書に記載の当該モジュールのための操作を実行するために動作するハードウェアモジュールとして構成されてよい。

20

【0098】

いくつかの実施例では、ハードウェアモジュールは、機械的に、電気的に、油圧的にまたはこれらの任意の好適な組み合わせにより具現化されてよい。例えばハードウェアモジュールは、ある操作を実行するように永久的に構成される専用の回路またはロジックを含んでよい。ハードウェアモジュールは、フィールドプログラマブルゲートアレイ(F P G A)や A S I C などの特定目的プロセッサであってよく、これらを含んでもよい。ハードウェアモジュールは、ある操作を実行するようにソフトウェアにより一時的に構成される、プログラム可能なロジックまたは回路を含んでもよい。一例として、ハードウェアモジュールは、C P U その他のプログラム可能なプロセッサに包含されるソフトウェアを含んでよい。ハードウェアモジュールを、機械的に、油圧的に、専用の永久的に構成した回路内に具現化するか、あるいは一時的に構成した(例えばソフトウェアで構成した)回路内に具現化するかに関する決定は、コストや時間を考慮してされてよいことは理解されるだろう。

30

【0099】

従って「ハードウェアモジュール」という表現は、物理的に、永久的に(例えば配線され)あるいは一時的に構成される(例えばプログラムされる)ものであって、本明細書に

40

50

記載の操作がある方法で操作または実行する有形の実体を含むことは理解されるべきである。さらに本明細書で使用される「ハードウェアで具現化されたモジュール」という表現は、ハードウェアモジュールのことをいう。ハードウェアモジュールが一時的に構成された（例えばプログラムされた）実施例を考慮すると、ハードウェアモジュールの各々は、時間的に同時に構成または具体化される必要はない。例えば、ハードウェアモジュールがソフトウェアにより特定目的のプロセッサに設定されるCPUを含む場合、該CPUは、異なる時に、それぞれ異なる特定目的のプロセッサ（例えば異なるハードウェアモジュールに含まれる）に設定されてよい。従ってソフトウェア（例えばソフトウェアモジュール）は、1つ以上のプロセッサを設定し、例えば、時間的なある時にある特定ハードウェアモジュールになる（または構成する）ようにし、時間的な別の時に別のハードウェアモジュールになる（または構成する）ようにしてよい。10

【0100】

ハードウェアモジュールは、他のハードウェアモジュールに情報を提供し、他のハードウェアモジュールから情報を受信することができる。従って、記載されるハードウェアモジュールは、通信可能に結合されていると考えられてよい。複数のハードウェアモジュールが同時に存在する場合、通信は2つ以上のハードウェアモジュール間の信号伝達（例えば好適な回路やバスを介した）により実現されてよい。複数のハードウェアが異なる時に構成または設定される実施形態では、こうしたハードウェアモジュール間の通信は、例えば該ハードウェアモジュールがアクセス可能なストレージやメモリ構造内の情報の読み出しにより実現されてよい。例えばハードウェアモジュールは、操作を実行し、該操作の結果を、通信可能に結合されたメモリ（例えばメモリデバイス）内に蓄積してよい。その後、さらなるハードウェアモジュールが該メモリにアクセスし、蓄積された結果を読み出して処理してもよい。ハードウェアモジュールはまた、入力または出力デバイスでの通信を初期化してもよく、リソース（例えば計算リソースからの情報の集合）上で動作してもよい。20

【0101】

本明細書に例示により記載された方法の種々の操作は、少なくとも部分的には、関連する操作を実行するように一時的に（例えばソフトウェアによって）または永久的に設定された1つ以上のプロセッサにより実行されてよい。構成が一時的であれ永久的であれ、このようなプロセッサは、本明細書に記載の1つ以上の操作または機能を実行するように動作するプロセッサ実現モジュールを構成してよい。本明細書で使用される「プロセッサ実現モジュール」という用語は、内部に1つ以上のプロセッサを含むハードウェアモジュールのことをいう。従って本明細書に記載の操作は、少なくとも部分的には、プロセッサ実現、ハードウェア実現またはその両方であってよい。なぜなら、プロセッサはハードウェアの一例であり、本明細書で検討された任意の1つ以上の方法内の少なくともいくつかの操作は、1つ以上のプロセッサ実現モジュール、ハードウェア実現モジュールまたはこれらの任意の好適な組み合わせで実行されてよいからである。30

【0102】

さらに、このような1つ以上のプロセッサは、「クラウドコンピューティング」環境で、またはそのサービス（例えば「Software as a Service」（SaaS））として操作を実行してよい。例えば、本明細書に記載で検討された任意の1つ以上の方法内の少なくともいくつかの操作は、コンピュータ群（例えばプロセッサを含むマシン群）で実行されてよく、これらの操作は、ネットワーク（例えばインターネット）および1つ以上の適切なインターフェース（例えばアプリケーションやプログラムインターフェース（API））を介してアクセス可能である。ある操作が単一のマシン内にあろうと複数のマシンをまたいで分散していくようと、該操作は1つ以上のプロセッサの間で分散されて実行されてよい。いくつかの実施例では、1つ以上のプロセッサまたはハードウェアモジュール（例えばプロセッサ実現モジュール）は、1つの地理的位置（例えば宅内環境、オフィス環境またはサーバファーム内）にあってよい。他の実施例では、1つ以上のプロセッサまたはハードウェアモジュールは、複数の地理的位置をまたいで分散していくよ4050

い。

【0103】

本明細書全体を通して、単一の例として記載された部品、操作または構造を、複数の例が実現してよい。1つ以上の方法の個々の操作は別個の操作として記述され説明されているが、1つ以上の個々の操作が同時に実行されてもよく、これらの操作が本明細書で説明された順序で実行される必要もない。例示された構成では別個の部品または機能として示された構造およびその機能は、組み合わされた機能を有する組み合わされた構造または部品であってもよい。同様に、単一の部品として示された構造および機能は、別個の部品および機能として実現されてもよい。これらまたはその他の変形、修正、追加および改良は、本明細書の主題の範囲内にある。

10

【0104】

本明細書で検討された主題のある部分は、アルゴリズムで示されてもよく、あるいは、メモリ（例えばコンピュータメモリまたは他のマシンメモリ）内のビットまたはバイナリデジタル信号として蓄積されたデータ上の操作の記号表現で表されてもよい。このようなアルゴリズムまたは記号表現は、データ処理分野の当業者が、他の当業者に内容を伝えるために使用する技術の一例である。本明細書で使用される「アルゴリズム」は、自己矛盾のない操作または同様の処理の連続であって、所望の結果を導くものである。この文脈において、アルゴリズムおよび操作は、物理的実体の物理的操作を含む。典型的に、しかし必然的ではなく、このような実体は、記憶、アクセス、伝達、結合、比較などといったマシンによる操作が可能な、電気的、磁気的または光学的信号の形を取ってよい。主に共通的使用という目的から、このような信号は時に「データ」「コンテンツ」「ビット」「値」「エレメント」「記号」「文字」「ターム」「数」「数値」などといった用語を使って参照されてもよい。しかしながらこれらの単語は単なる便宜的なラベルであって、適切な物理的実体と関連すべきである。

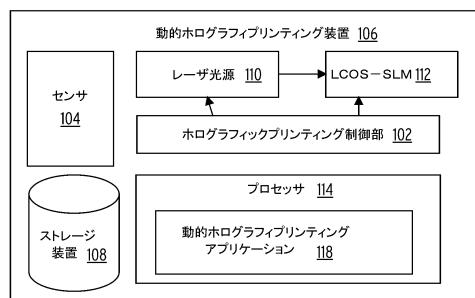
20

【0105】

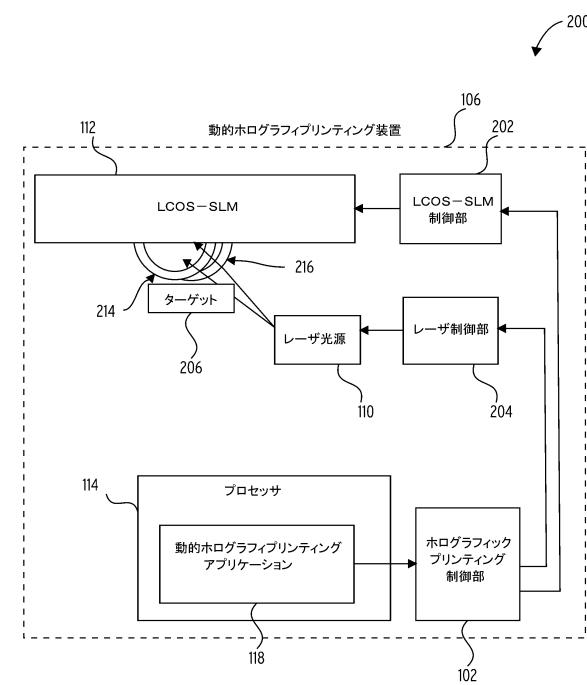
特段の断りのない限り、本明細書で「アクセスする」「処理する」「検知する」「計算する」「算出する」「決定する」「生成する」「示す」「表示する」などといった用語を使ってなされた検討は、1つ以上のメモリ（例えば揮発性メモリ、不揮発性メモリまたはこれらの任意の好適な組み合わせ）、レジスタその他の情報を受信、蓄積、伝達または表示するマシン部品内の物理的（例えば電気的、磁気的または光学的）実体として表現されたデータを処理または変換するマシン（例えばコンピュータ）により実行可能な動作または処理のことをいう。さらに特許文献では共通であるように、特段の断りのない限り、本明細書で使用される「一つの（a、an）」という用語は1つ以上の例を含む。最後に、特段の断りのない限り、本明細書で使用される「または（or）」という接続詞は、非排他的な意味の「または」のことをいう。

30

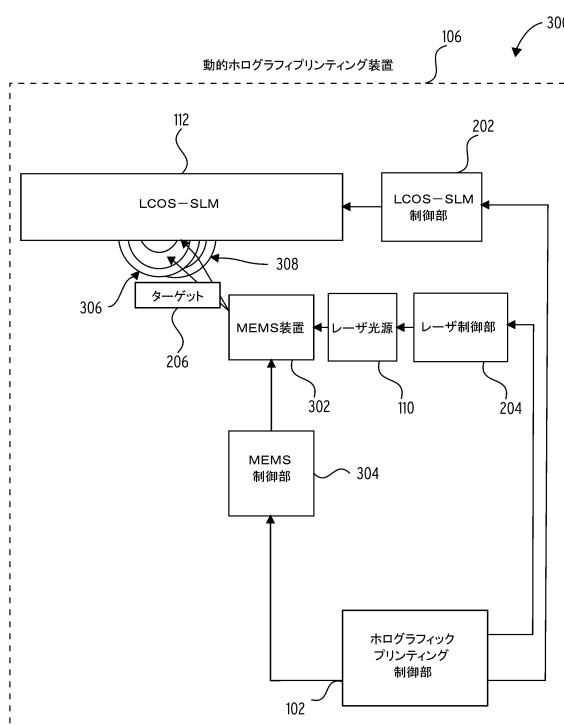
【図1】



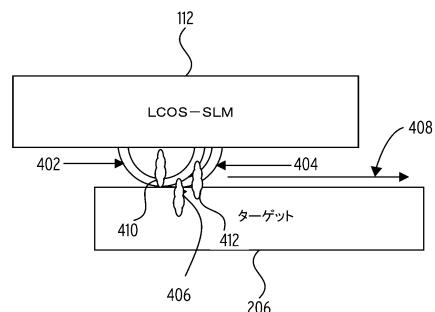
【図2】



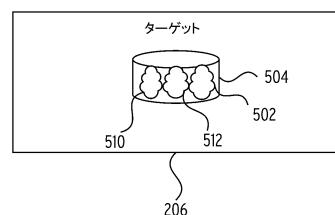
【図3】



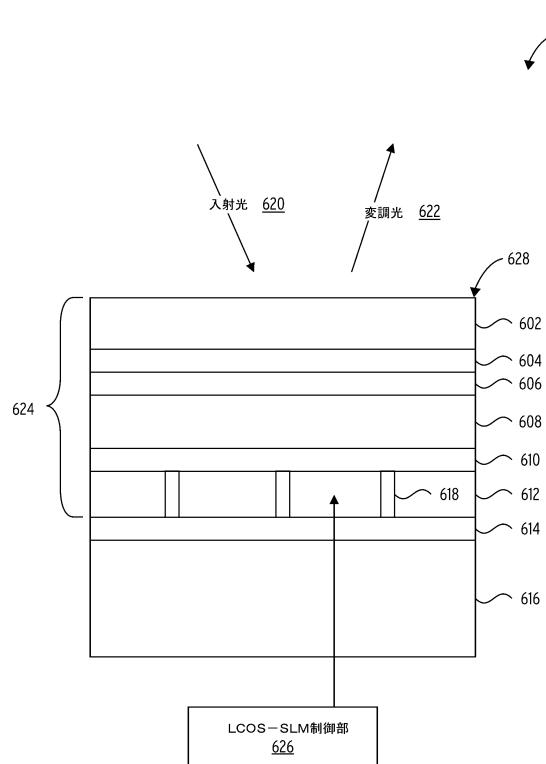
【図4】



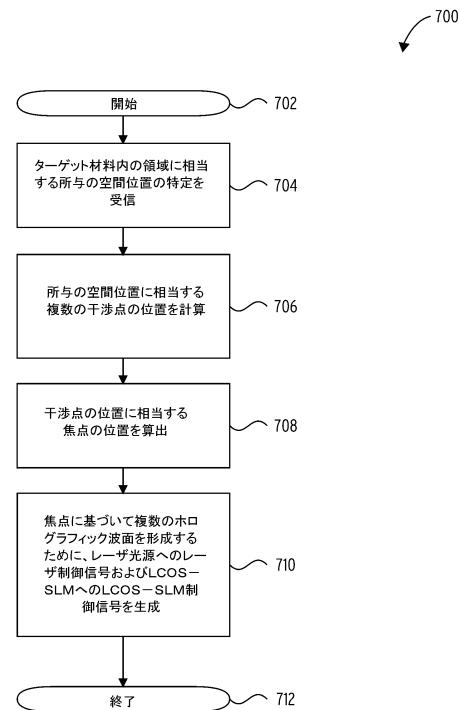
【図5】



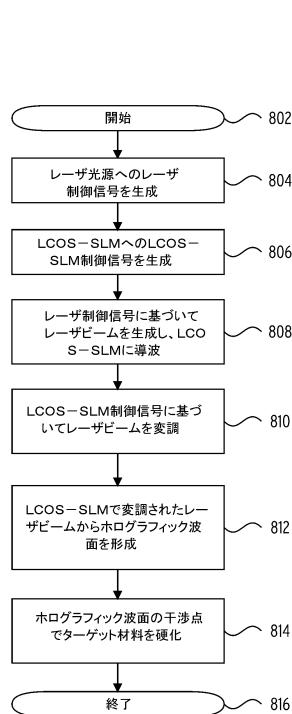
【図6】



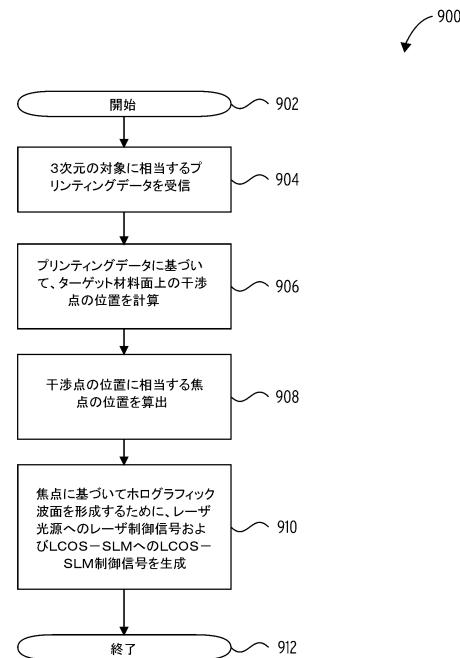
【図7】



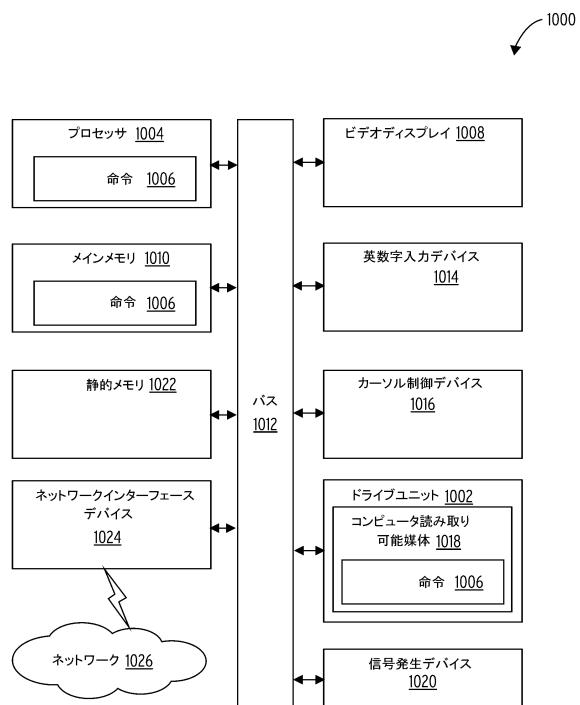
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許出願公開第2015/0309473(US, A1)
特表2004-534965(JP, A)
米国特許出願公開第2015/0030073(US, A1)
国際公開第2012/007763(WO, A1)
米国特許出願公開第2017/80848(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 03 H 1 / 00