

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7190563号
(P7190563)

(45)発行日 令和4年12月15日(2022.12.15)

(24)登録日 令和4年12月7日(2022.12.7)

(51)国際特許分類

F I

B 2 9 C 35/08 (2006.01)

B 2 9 C 35/08

B 2 9 C 39/26 (2006.01)

B 2 9 C 39/26

B 2 9 C 39/38 (2006.01)

B 2 9 C 39/38

G 0 2 B 3/00 (2006.01)

G 0 2 B 3/00

Z

請求項の数 37 (全42頁)

(21)出願番号 特願2021-520939(P2021-520939)

(86)(22)出願日 令和1年10月16日(2019.10.16)

(65)公表番号 特表2022-505043(P2022-505043
A)

(43)公表日 令和4年1月14日(2022.1.14)

(86)国際出願番号 PCT/US2019/056557

(87)国際公開番号 WO2020/081697

(87)国際公開日 令和2年4月23日(2020.4.23)

審査請求日 令和4年10月12日(2022.10.12)

(31)優先権主張番号 62/746,426

(32)優先日 平成30年10月16日(2018.10.16)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

早期審査対象出願

(73)特許権者 514108838

マジック リープ, インコーポレイテッド
M a g i c L e a p, I n c .アメリカ合衆国 フロリダ 3 3 3 2 2 ,
プランテーション, ウェスト サンライズ
ブルバード 7 5 0 0
7 5 0 0 W S U N R I S E B L V D
, P L A N T A T I O N , F L 3 3 3
2 2 U S A

(74)代理人 100078282

弁理士 山本 秀策

(74)代理人 100113413

弁理士 森下 夏樹

(74)代理人 100181674

弁理士 飯田 貴敏

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ポリマー製品を鋳造するための方法および装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

導波管フィルムを形成する方法であって、前記方法は、

光硬化性材料を第1の金型部分と前記第1の金型部分の反対の第2の金型部分との間の空間の中に分注することと、

前記第1の金型部分の表面に対向する前記第2の金型部分の表面に対する前記第1の金型部分の表面の間の相対分離を調節することと、

前記光硬化性材料を光硬化させるために適切な放射で、前記空間内の前記光硬化性材料を照射し、硬化された導波管フィルムを形成することと、

前記光硬化性材料を照射することと同時に、前記第1の金型部分の表面と前記第2の金型部分の表面との間の前記相対分離を変動させることであって、前記相対分離は、前記第1の金型部分と前記第2の金型部分との間に延在する軸に沿って、前記第1の金型部分によって受けられる力を調整するように変動される、ことと

を含む、方法。

【請求項2】

前記相対分離は、前記力を調整する閉ループ制御システムに基づいて変動される、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

導波管フィルムを形成する方法であって、前記方法は、

光硬化性材料を第1の金型部分と前記第1の金型部分の反対の第2の金型部分との間の空

間の中に分注することと、

前記第1の金型部分の表面に対向する前記第2の金型部分の表面に対する前記第1の金型部分の表面の間の相対分離を調節することと、

前記光硬化性材料を光硬化させるために適切な放射で、前記空間内の前記光硬化性材料を照射し、硬化された導波管フィルムを形成することと、

前記光硬化性材料を照射することと同時に、前記第1の金型部分の表面と前記第2の金型部分の表面との間の前記相対分離を変動させることであって、前記相対分離は、前記光硬化性材料内のゲル点に到達するために十分な時間にわたって前記光硬化性材料を照射した後に変動される、ことと

を含む、方法。

10

【請求項4】

前記相対分離は、前記光硬化性材料内のゲル点に到達するために十分な時間にわたって前記光硬化性材料を照射した後に低減される、請求項3に記載の方法。

【請求項5】

前記相対分離を変動させることは、前記第2の金型部分に向かって前記第1の金型部分を移動させ、前記第1の金型部分と前記第2の金型部分との間に配置される1つ以上のスペーサ構造を圧縮することを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項6】

前記スペーサ構造は、開ループ制御システムに従って圧縮される、請求項5に記載の方法。

20

【請求項7】

導波管フィルムを形成する方法であって、前記方法は、

光硬化性材料を第1の金型部分と前記第1の金型部分の反対の第2の金型部分との間の空間の中に分注することと、

前記第1の金型部分の表面に対向する前記第2の金型部分の表面に対する前記第1の金型部分の表面の間の相対分離を調節することと、

前記光硬化性材料を光硬化させるために適切な放射で、前記空間内の前記光硬化性材料を照射し、硬化された導波管フィルムを形成することと、

前記光硬化性材料を照射することと同時に、前記第1の金型部分の表面と前記第2の金型部分の表面との間の前記相対分離を変動させることであって、前記相対分離を変動させることは、前記第2の金型部分に対して前記第1の金型部分の位置を発振させることを含む、ことと

30

を含む、方法。

【請求項8】

前記光硬化性材料を照射することと同時に、前記光硬化性材料を照射する前記放射の強度を変動させることをさらに含み、前記放射の強度を変動させることは、前記光硬化性材料を照射する空間強度パターンを変動させることを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項9】

前記光硬化性材料を照射することと同時に、前記光硬化性材料を照射する前記放射の強度を変動させることをさらに含み、前記放射の強度を変動させることは、前記放射のパワーを変動させることを含む、請求項1に記載の方法。

40

【請求項10】

前記パワーを変動させることは、前記放射をパルス化することを含む、請求項9に記載の方法。

【請求項11】

前記放射の各パルスは、同一のパワーを有する、請求項10に記載の方法。

【請求項12】

前記放射のパルスは、異なるパワーを有する、請求項10に記載の方法。

【請求項13】

前記放射の各パルスは、同一の持続時間を有する、請求項10に記載の方法。

50

【請求項 14】

前記放射のパルスは、異なる持続時間を有する、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 15】

パルス周波数は、一定である、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 16】

パルス周波数は、変動される、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 17】

前記光硬化性材料を照射することと同時に、前記光硬化性材料を照射する前記放射の強度を変動させることをさらに含み、前記放射の強度を変動させることは、前記空間の異なる面積を連続的に照射することを含む、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 18】

光硬化性材料で充填される前記空間の厚さは、変動し、前記放射の強度は、高い相対厚さの領域が、低い相対厚さの領域と比較して、より高い放射量を受容するように、変動される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 19】

前記第 1 の金型部分および前記第 2 の金型部分から前記硬化された導波管フィルムを分離することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 20】

請求項 1 に記載の方法を使用して形成される導波管フィルムを備える頭部搭載型ディスプレイを組み立てることを含む、方法。

20

【請求項 21】

システムであって、前記システムは、

第 1 の金型構造と、

第 2 の金型構造であって、前記第 1 の金型構造および前記第 2 の金型構造は、前記第 1 の金型構造と前記第 2 の金型構造との間の空間に光硬化性材料を受容するように構成される、第 2 の金型構造と、

前記第 1 の金型構造または前記第 2 の金型構造のうちの少なくとも 1 つに結合される作動可能ステージと、

光源と、

制御モジュールであって、前記制御モジュールは、

前記作動可能ステージを使用して、前記第 1 の金型構造の表面に対向する前記第 2 の金型構造の表面に対する前記第 1 の金型構造の表面の間の相対分離を調節することと、

前記光源を使用して、前記光硬化性材料を光硬化させるために適切な放射で、前記空間内の前記光硬化性材料を照射し、硬化された導波管フィルムを形成することと、

前記光硬化性材料を照射することと同時に、前記作動可能ステージを使用して、前記第 1 の金型構造の表面と前記第 2 の金型構造の表面との間の前記相対分離を変動させることであって、前記制御モジュールは、前記第 1 の金型構造と前記第 2 の金型構造との間に延在する軸に沿って、前記第 1 の金型構造によって受けられる力を調整するように前記相対分離を変動させるように構成される、ことと

30

を行うように構成される、制御モジュールと

40

を備える、システム。

【請求項 22】

前記制御モジュールは、前記力を調整する閉ループ制御システムに基づいて前記相対分離を変動させるように構成される、請求項 21 に記載のシステム。

【請求項 23】

前記第 1 の金型構造と前記第 2 の金型構造との間に配置される 1 つ以上のスペーサ構造をさらに備え、

前記制御モジュールは、前記第 2 の金型構造に向かって前記第 1 の金型構造を移動させ、前記 1 つ以上のスペーサ構造を圧縮することによって、前記相対分離を変動させるように構成される、請求項 21 に記載のシステム。

50

【請求項 2 4】

前記制御モジュールは、開ループ制御システムに従って前記 1 つ以上のスペーサ構造を圧縮するように構成される、請求項 2 3 に記載のシステム。

【請求項 2 5】

前記制御モジュールは、前記光硬化性材料を照射することと同時に、前記光源を使用して、前記光硬化性材料を照射する前記放射の強度を変動させるように構成され、前記制御モジュールは、前記光硬化性材料を照射する空間強度パターンを変動させることによって、前記放射の強度を変動させるように構成される、請求項 2 1 に記載のシステム。

【請求項 2 6】

前記制御モジュールは、前記光硬化性材料を照射することと同時に、前記光源を使用して、前記光硬化性材料を照射する前記放射の強度を変動させるように構成され、前記制御モジュールは、前記放射のパワーを変動させることによって、前記放射の強度を変動させるように構成される、請求項 2 1 に記載のシステム。

【請求項 2 7】

前記制御モジュールは、前記放射をパルス化することによって、前記パワーを変動させるように構成される、請求項 2 6 に記載のシステム。

【請求項 2 8】

前記制御モジュールは、前記放射の各パルスが同一のパワーを有するように、前記放射をパルス化するように構成される、請求項 2 7 に記載のシステム。

【請求項 2 9】

前記制御モジュールは、前記放射のパルスが異なるパワーを有するように、前記放射をパルス化するように構成される、請求項 2 7 に記載のシステム。

【請求項 3 0】

前記制御モジュールは、前記放射の各パルスが同一の持続時間を有するように、前記放射をパルス化するように構成される、請求項 2 7 に記載のシステム。

【請求項 3 1】

前記制御モジュールは、前記放射のパルスが異なる持続時間を有するように、前記放射をパルス化するように構成される、請求項 2 7 に記載のシステム。

【請求項 3 2】

前記制御モジュールは、一定パルス周波数に従って前記放射をパルス化するように構成される、請求項 2 7 に記載のシステム。

【請求項 3 3】

前記制御モジュールは、可変パルス周波数に従って前記放射をパルス化するように構成される、請求項 2 7 に記載のシステム。

【請求項 3 4】

前記制御モジュールは、前記光硬化性材料を照射することと同時に、前記光源を使用して、前記光硬化性材料を照射する前記放射の強度を変動させるように構成され、前記制御モジュールは、前記空間の異なる面積を連続的に照射することによって、前記放射の強度を変動させるように構成される、請求項 2 1 に記載のシステム。

【請求項 3 5】

前記制御モジュールは、(i) 光硬化性材料で充填される前記空間の厚さと、(i i) 高い相対厚さの領域が、低い相対厚さの領域と比較して、より高い放射量を受容するように、前記放射の強度とを変動させるように構成される、請求項 2 1 に記載のシステム。

【請求項 3 6】

システムであって、前記システムは、

第 1 の金型構造と、

第 2 の金型構造であって、前記第 1 の金型構造および前記第 2 の金型構造は、前記第 1 の金型構造と前記第 2 の金型構造との間の空間に光硬化性材料を受容するように構成される、第 2 の金型構造と、

前記第 1 の金型構造または前記第 2 の金型構造のうちの少なくとも 1 つに結合される作動

10

20

30

40

50

可能ステージと、
 光源と、
 制御モジュールであって、前記制御モジュールは、
 前記作動可能ステージを使用して、前記第 1 の金型構造の表面に対向する前記第 2 の金型構造の表面に対する前記第 1 の金型構造の表面の間の相対分離を調節することと、
 前記光源を使用して、前記光硬化性材料を光硬化させるために適切な放射で、前記空間内の前記光硬化性材料を照射し、硬化された導波管フィルムを形成することと、
 前記光硬化性材料を照射することと同時に、前記作動可能ステージを使用して、前記第 1 の金型構造の表面と前記第 2 の金型構造の表面との間の前記相対分離を変動させることであって、前記制御モジュールは、前記光硬化性材料内のゲル点に到達するために十分な時間にわたって前記光硬化性材料を照射した後に前記相対分離を変動させるように構成される、ことと
 を行うように構成される、制御モジュールと
 を備える、システム。

10

【請求項 37】

システムであって、前記システムは、
 第 1 の金型構造と、
 第 2 の金型構造であって、前記第 1 の金型構造および前記第 2 の金型構造は、前記第 1 の金型構造と前記第 2 の金型構造との間の空間に光硬化性材料を受容するように構成される、第 2 の金型構造と、
 前記第 1 の金型構造または前記第 2 の金型構造のうちの少なくとも 1 つに結合される作動可能ステージと、
 光源と、
 制御モジュールであって、前記制御モジュールは、
 前記作動可能ステージを使用して、前記第 1 の金型構造の表面に対向する前記第 2 の金型構造の表面に対する前記第 1 の金型構造の表面の間の相対分離を調節することと、
 前記光源を使用して、前記光硬化性材料を光硬化させるために適切な放射で、前記空間内の前記光硬化性材料を照射し、硬化された導波管フィルムを形成することと、
 前記光硬化性材料を照射することと同時に、前記作動可能ステージを使用して、前記第 1 の金型構造の表面と前記第 2 の金型構造の表面との間の前記相対分離を変動させることであって、前記制御モジュールは、前記第 2 の金型構造に対して前記第 1 の金型構造の位置を発振させることによって前記相対分離を変動させるように構成される、ことと
 を行うように構成される、制御モジュールと
 を備える、システム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の相互参照)

本願は、その全体として参照することによって本明細書に組み込まれる、2018年10月16日に提出された米国仮出願第62/746,426号の利益を主張する。

40

【0002】

本開示は、光学ポリマーフィルムおよび同フィルムを生産するための方法に関する。

【背景技術】

【0003】

ウェアラブル撮像ヘッドセット等の光学撮像システムは、投影された画像をユーザに提示する、1つ以上のアイピースを含むことができる。アイピースは、1つ以上の高屈折性材料の薄い層を使用して、構築されることができる。実施例として、アイピースは、高屈折性ガラス、シリコン、金属、またはポリマー基板の1つ以上の層から構築されることができる。

【0004】

50

ある場合には、アイピースは、特定の焦点深度に従って画像を投影するように、（例えば、1つ以上の光回折ナノ構造を伴って）パターン化されることができる。例えば、パターン化されたアイピースを視認するユーザにとって、投影された画像は、ユーザから離れた特定の距離にあるように見えることができる。

【0005】

さらに、複数のアイピースが、シミュレートされた3次元画像を投影するように、併せて使用されることができる。例えば、異なるパターンをそれぞれ有する、複数のアイピースが、相互の上に層化されることができ、各アイピースが、体積画像の異なる深度層を投影することができる。したがって、アイピースは、集合的に、3次元を横断して体積画像をユーザに提示することができる。これは、例えば、「仮想現実」環境をユーザに提示する際に有用であり得る。

【0006】

投影された画像の品質を改良するために、アイピースは、アイピースの意図的ではない変動が排除または別様に低減されるように、構築されることができる。例えば、アイピースは、アイピースの性能に悪影響を及ぼし得る、いずれの皺、不均等な厚さ、または他の物理的歪曲も呈さないように、構築されることができる。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

ポリマーフィルムを生産するためのシステムおよび技法が、本明細書に説明される。説明される実装のうちの1つ以上のものは、高度に精密で制御された再現可能な様式で、ポリマーフィルムを生産するために使用されることができる。結果として生じるポリマーフィルムは、フィルム寸法への極めて厳密な公差が所望される、種々の変動に敏感な用途で使用されることができる。例えば、ポリマーフィルムは、材料均質性および寸法制約が、およそ光学波長またはそれよりも小さい、光学用途で（例えば、光学撮像システム内のアイピースの一部として）使用されることができる。

【0008】

一般に、ポリマーフィルムは、2つの金型の間に光硬化性材料（例えば、光に暴露されたときに硬化化するフォトリソグラフィまたは光活性化樹脂）を封入し、（例えば、材料を光および／または熱に暴露することによって）材料を硬化させることによって、生産される。

【0009】

しかしながら、鋳造および硬化プロセスの間に、種々の要因が、結果として生じるフィルムの形状に干渉し、それをその意図された形状から歪曲させ得る。実施例として、フィルムが、重合プロセスの間に内側の内部応力の蓄積に起因して、歪曲され得る。例えば、光硬化性材料が硬化されると、光硬化性材料のモノマーが、より長く重い鎖に重合する。対応して、光硬化性材料は、ポリマー鎖がともに物理的に移動すると、体積が低減する（例えば、「収縮」を受ける）。これは、光硬化性材料の内側の内部応力の蓄積（例えば、ポリマー鎖運動性へのインピーダンスに起因する応力）および光硬化性材料内の歪みエネルギーの貯蔵をもたらす。硬化されたフィルムが金型から抽出されるとき、歪みエネルギーが放出され、フィルムの菲薄化をもたらす。フィルムは、内部応力の空間分布に応じて、異なるように菲薄化し得る。したがって、フィルムは、重合プロセスの間に導入された内部応力の特定の空間分布に応じて、フィルム間の変動を呈し得る。故に、フィルムの一貫性は、鋳造プロセスの間にフィルム内の応力の分布を調整することによって、改良されることができる。フィルム内の応力を調整するための例示的システムおよび技法が、本明細書に説明される。

【0010】

ある側面では、導波管フィルムを形成する方法は、光硬化性材料を第1の金型部分と第1の金型部分の反対の第2の金型部分との間の空間の中に分注するステップと、第1の金型部分の表面に対向する第2の金型部分の表面に対する第1の金型部分の表面の間の相対分離を調節するステップと、光硬化性材料を光硬化させるために適切な放射で、空間内の

10

20

30

40

50

光硬化性材料を照射し、硬化された導波管フィルムを形成するステップとを含む。さらに、本方法は、光硬化性材料を照射するステップと同時に、第1の金型部分の表面と第2の金型部分の表面との間の相対分離を変動させるステップおよび光硬化性材料を照射する放射の強度を変動させるステップのうちの少なくとも1つを実施するステップを含む。

【0011】

本側面の実装は、以下の特徴のうちの1つ以上のものを含むことができる。

【0012】

いくつかの実装では、相対分離は、第1の金型部分と第2の金型部分との間に延在する軸に沿って第1の金型部分によって受けられる力を調整するように変動されることができる。相対分離は、力を調整する閉ループ制御システムに基づいて変動されることができる。

【0013】

いくつかの実装では、相対分離は、光硬化性材料内のゲル点に到達するために十分な時間にわたって光硬化性材料を照射した後に変動されることができる。相対分離は、光硬化性材料内のゲル点に到達するために十分な時間にわたって光硬化性材料を照射した後に低減されることができる。

【0014】

いくつかの実装では、相対分離を変動させるステップは、第2の金型部分に向かって第1の金型部分を移動させ、第1の金型部分と第2の金型部分との間に配置される1つ以上のスペーサ構造を圧縮するステップを含むことができる。スペーサ構造は、開ループ制御システムに従って圧縮されることができる。

【0015】

いくつかの実装では、相対分離を変動させるステップは、第2の金型部分に対して第1の金型部分の位置を発振させるステップを含むことができる。

【0016】

いくつかの実装では、放射の強度を変動させるステップは、光硬化性材料を照射する空間強度パターンを変動させるステップを含むことができる。

【0017】

いくつかの実装では、放射の強度を変動させるステップは、放射のパワーを変動させるステップを含むことができる。パワーを変動させるステップは、放射をパルス化するステップを含むことができる。放射の各パルスは、同一のパワーを有することができる。放射のパルスは、異なるパワーを有することができる。放射の各パルスは、同一の持続時間を有することができる。放射のパルスは、異なる持続時間を有することができる。パルス周波数は、一定であり得る。パルス周波数は、変動されることができる。

【0018】

いくつかの実装では、放射の強度を変動させるステップは、空間の異なる面積を連続的に照射するステップを含むことができる。

【0019】

いくつかの実装では、光硬化性材料で充填される空間の厚さは、変動することができ、放射の強度は、高い相対厚さの領域が、低い相対厚さの領域と比較して、より高い放射量を受容するように、変動されることができる。

【0020】

いくつかの実装では、本方法はさらに、第1の金型部分および第2の金型部分から硬化された導波管フィルムを分離するステップを含むことができる。

【0021】

別の実施例では、方法は、本明細書に説明される方法のうちの1つ以上のものを使用して形成される導波管フィルムを備える、頭部搭載型ディスプレイを組み立てるステップを含む。

【0022】

1つ以上の実施形態の詳細は、付随する図面および下記の説明に記載される。他の特徴および利点が、説明および図面から、および請求項から明白であろう。

10

20

30

40

50

本発明は、例えば、以下を提供する。

(項目 1)

導波管フィルムを形成する方法であって、前記方法は、
光硬化性材料を第 1 の金型部分と前記第 1 の金型部分の反対の第 2 の金型部分との間の空間の中に分注することと、

前記第 1 の金型部分の表面に対向する前記第 2 の金型部分の表面に対する前記第 1 の金型部分の表面の間の相対分離を調節することと、

前記光硬化性材料を光硬化させるために適切な放射で、前記空間内の前記光硬化性材料を照射し、硬化された導波管フィルムを形成することと、

前記光硬化性材料を照射することと同時に、

前記第 1 の金型部分の表面と前記第 2 の金型部分の表面との間の前記相対分離を変動させること、および

前記光硬化性材料を照射する前記放射の強度を変動させること

のうちの少なくとも 1 つを実施することと

を含む、方法。

(項目 2)

前記相対分離は、前記第 1 の金型部分と前記第 2 の金型部分との間に延在する軸に沿って、前記第 1 の金型部分によって受けられる力を調整するように変動される、項目 1 に記載の方法。

(項目 3)

前記相対分離は、前記力を調整する閉ループ制御システムに基づいて変動される、項目 2 に記載の方法。

(項目 4)

前記相対分離は、前記光硬化性材料内のゲル点に到達するために十分な時間にわたって前記光硬化性材料を照射した後に変動される、項目 1 に記載の方法。

(項目 5)

前記相対分離は、前記光硬化性材料内のゲル点に到達するために十分な時間にわたって前記光硬化性材料を照射した後に低減される、項目 4 に記載の方法。

(項目 6)

前記相対分離を変動させることは、前記第 2 の金型部分に向かって前記第 1 の金型部分を移動させ、前記第 1 の金型部分と前記第 2 の金型部分との間に配置される 1 つ以上のスペーサ構造を圧縮することを含む、項目 1 に記載の方法。

(項目 7)

前記スペーサ構造は、開ループ制御システムに従って圧縮される、項目 6 に記載の方法。

(項目 8)

前記相対分離を変動させることは、前記第 2 の金型部分に対して前記第 1 の金型部分の位置を発振させることを含む、項目 1 に記載の方法。

(項目 9)

前記放射の強度を変動させることは、前記光硬化性材料を照射する空間強度パターンを変動させることを含む、項目 1 に記載の方法。

(項目 10)

前記放射の強度を変動させることは、前記放射のパワーを変動させることを含む、項目 1 に記載の方法。

(項目 11)

前記パワーを変動させることは、前記放射をパルス化することを含む、項目 10 に記載の方法。

(項目 12)

前記放射の各パルスは、同一のパワーを有する、項目 11 に記載の方法。

(項目 13)

前記放射のパルスは、異なるパワーを有する、項目 11 に記載の方法。

10

20

30

40

50

(項目 1 4)

前記放射の各パルスは、同一の持続時間を有する、項目 1 1 に記載の方法。

(項目 1 5)

前記放射のパルスは、異なる持続時間を有する、項目 1 1 に記載の方法。

(項目 1 6)

パルス周波数は、一定である、項目 1 1 に記載の方法。

(項目 1 7)

パルス周波数は、変動される、項目 1 1 に記載の方法。

(項目 1 8)

前記放射の強度を変動させることは、前記空間の異なる面積を連続的に照射することを含む、項目 1 に記載の方法。

10

(項目 1 9)

光硬化性材料で充填される前記空間の厚さは、変動し、前記放射の強度は、高い相対厚さの領域が、低い相対厚さの領域と比較して、より高い放射量を受容するように、変動される、項目 1 に記載の方法。

(項目 2 0)

前記第 1 の金型部分および前記第 2 の金型部分から前記硬化された導波管フィルムを分離することをさらに含む、項目 1 に記載の方法。

(項目 2 1)

項目 1 に記載の方法を使用して形成される導波管フィルムを備える頭部搭載型ディスプレイを組み立てることを含む、方法。

20

【図面の簡単な説明】

【0 0 2 3】

【図 1】図 1 は、ポリマー製品を生産するための例示的システムの略図である。

【0 0 2 4】

【図 2】図 2 は、間隔構造を伴う例示的金型構造の略図である。

【0 0 2 5】

【図 3 A】図 3 A は、鋳造および硬化プロセスの間の例示的ポリマーフィルムの略図である。

【0 0 2 6】

【図 3 B】図 3 B は、硬化および抽出後の例示的ポリマーフィルムの略図である。

【0 0 2 7】

【図 4】図 4 は、光硬化性材料を硬化させるための光の例示的分布の略図である。

【0 0 2 8】

【図 5 A】図 5 A および 5 B は、例示的ポリマーフィルムの画像である。

【図 5 B】図 5 A および 5 B は、例示的ポリマーフィルムの画像である。

【0 0 2 9】

【図 6 A】図 6 A は、硬化の間に光硬化性材料内の応力を調整するための例示的システムの略図である。

【0 0 3 0】

【図 6 B】図 6 B は、硬化の間に光硬化性材料内の応力を調整するための別の例示的システムの略図である。

40

【0 0 3 1】

【図 7】図 7 は、硬化の間に光硬化性材料内の応力を調整するための別の例示的システムの略図である。

【0 0 3 2】

【図 8】図 8 A - 8 C は、光硬化性材料を硬化させるための例示的照明パターンの略図である。

【0 0 3 3】

【図 9】図 9 は、光硬化性材料を硬化させるための付加的な例示的照明パターンの略図で

50

ある。

【0034】

【図10】図10は、光硬化性材料を硬化させるための付加的な例示的照明パターンの略図である。

【0035】

【図11A】図11Aは、光硬化性材料を硬化させるための付加的な例示的照明パターンの略図である。

【0036】

【図11B】図11Bは、光硬化性材料を硬化させるための付加的な例示的照明パターンの略図である。

10

【0037】

【図12A】図12Aおよび12Bは、例示的ポリマー製品の略図である。

【図12B】図12Aおよび12Bは、例示的ポリマー製品の略図である。

【0038】

【図13A】図13Aは、例示的ポリマー製品の略図である。

【0039】

【図13B】図13Bは、金型上のポリマー材料の例示的堆積の画像である。

【0040】

【図13C】図13Cは、ポリマー材料を硬化させた後に形成される例示的ポリマー製品の画像である。

20

【0041】

【図13D】図13Dは、ポリマー製品の厚さを示す画像である。

【0042】

【図14】図14は、ポリマー製品を生産するための別の例示的システムの略図である。

【0043】

【図15A】図15A-15Fは、ポリマー製品を生産するための別の例示的システムの略図である。

【図15B】図15A-15Fは、ポリマー製品を生産するための別の例示的システムの略図である。

【図15C】図15A-15Fは、ポリマー製品を生産するための別の例示的システムの略図である。

30

【図15D】図15A-15Fは、ポリマー製品を生産するための別の例示的システムの略図である。

【図15E】図15A-15Fは、ポリマー製品を生産するための別の例示的システムの略図である。

【図15F】図15A-15Fは、ポリマー製品を生産するための別の例示的システムの略図である。

【0044】

【図16】図16は、例示的光学フィルムの断面の略図である。

【0045】

【図17】図17は、ポリマー製品を生産するための例示的プロセスのフローチャート図である。

40

【0046】

【図18】図18は、例示的コンピュータシステムの略図である。

【発明を実施するための形態】

【0047】

ポリマーフィルムを生産するためのシステムおよび技法が、本明細書に説明される。説明される実装のうちの1つ以上のものは、高度に精密で制御された再現可能な様式で、ポリマーフィルムを生産するために使用されることができる。結果として生じるポリマーフィルムは、種々の変動に敏感な用途で（例えば、光学撮像システム内のアイピースの一部

50

として) 使用されることができる。

【0048】

いくつかの実装では、ポリマーフィルムは、皺、不均等な厚さ、または他の意図的ではない物理的歪曲が、排除または別様に低減されるように、生産されることができる。これは、例えば、結果として生じるポリマーフィルムが、より予測可能な物理的および／または光学性質を呈するため、有用であり得る。例えば、このようにして生産されるポリマーフィルムは、より予測可能な一貫した様式で光を回折させることができ、したがって、高解像度光学撮像システムを使用するためにより適切であり得る。ある場合には、これらのポリマーフィルムを使用する光学撮像システムは、他のポリマーフィルムを用いて別様に可能であり得るよりも鮮明な、および／または高解像度の画像を生成することができる。

10

【0049】

ポリマーフィルムを生産するための例示的システム100が、図1に示される。システム100は、2つの作動可能ステージ102aおよび102bと、2つの金型構造104aおよび104bと、2つの光源106aおよび106bと、支持フレーム108と、制御モジュール110を含む。

【0050】

システム100の動作中に、2つの金型構造104aおよび104b(「光学平坦部」とも称される)は、それぞれ、(クランプ112aおよび112bを通して)作動可能ステージ102aおよび102bに固着される。ある場合には、クランプ112aおよび112bは、金型構造104aおよび104bが作動可能ステージ102aおよび102bに可逆的に搭載され、そこから除去されることを可能にする、磁気(例えば、電磁石)および／または空気圧式クランプであり得る。ある場合には、クランプ112aおよび112bは、スイッチによって、および／または制御モジュール110によって(例えば、電気をクランプ112aおよび112bの電磁石に選択的に印加すること、および／または空気圧式機構を選択的に作動させ、金型構造に係合または係脱することによって)、制御されることができる。

20

【0051】

光硬化性材料114(光に暴露されたときに硬化化する、フォトポリマーまたは光活性化樹脂)は、金型構造104bの中に堆積される。金型構造104aおよび104bは、光硬化性材料114が、金型構造104aおよび104bによって封入されるように、(例えば、作動可能ステージ102aおよび／または102bを支持フレーム108に沿って垂直に移動させることによって)相互と近接するように移動される。光硬化性材料114は、次いで、(例えば、光硬化性材料114を光源106aおよび／または106bからの光に暴露することによって)硬化され、金型構造104aおよび104bによって画定される1つ以上の特徴を有する、薄いフィルムを形成する。光硬化性材料114が硬化された後、金型構造104aおよび104bは、(例えば、作動可能ステージ102aおよび／または102bを支持フレーム108に沿って垂直に移動させることによって)相互から離れるように移動され、フィルムは、抽出される。

30

【0052】

作動可能ステージ102aおよび102bは、それぞれ、金型構造104aおよび104bを支持するように構成される。さらに、作動可能ステージ102aおよび102bは、1つ以上の次元で、それぞれ、金型構造104aおよび104bを操作し、金型構造104aと104bとの間の間隙体積116を制御するように構成される。

40

【0053】

例えば、ある場合には、作動可能ステージ102aは、1つ以上の軸に沿って金型構造104aを平行移動させることができる。実施例として、作動可能ステージ102aは、デカルト座標系(すなわち、3つの直交配列された軸を有する座標系)内のx軸、y軸、および／またはz軸に沿って金型構造104aを平行移動させることができる。ある場合には、作動可能ステージ102aは、1つ以上の軸を中心として金型構造104aを回転または傾転させることができる。実施例として、作動可能ステージ102aは、デカルト

50

座標系内のx軸（例えば、金型構造104aを「ロール」するために）、y軸（例えば、金型構造104aを「ピッチ」するために）、および／またはz軸（例えば、金型構造104aを「ヨー」するために）に沿って、金型構造104aを回転させることができる。1つ以上の他の軸に対する平行移動および／または回転もまた、上記に説明されるものに加えて、またはその代替りのいずれかで、可能である。同様に、作動可能ステージ102bはまた、1つ以上の軸に沿って金型構造104bを平行移動させる、および／または1つ以上の軸を中心として金型構造104bを回転させることができる。

【0054】

ある場合には、作動可能ステージ102aは、1つ以上の自由度（例えば、1、2、3、4、またはそれを上回る自由度）に従って、金型構造104aを操作することができる。例えば、作動可能ステージ102aは、6自由度（例えば、x軸、y軸、およびz軸に沿った平行移動、およびx軸、y軸、およびz軸を中心とした回転）に従って、金型構造104aを操作することができる。1つ以上の他の自由度による操作もまた、上記に説明されるものに加えて、またはその代替りのいずれかで、可能である。同様に、作動可能ステージ102bはまた、1つ以上の自由度に従って、金型構造104bを操作することもできる。

【0055】

ある場合には、作動可能ステージ102aおよび102bは、金型構造104aおよび104bを操作し、間隙体積116を制御するように構成される、1つ以上のモータアセンブリを含むことができる。例えば、作動可能ステージ102aおよび102bは、作動可能ステージ102aおよび102bを操作し、それによって、作動可能ステージ102aおよび102bを再配置および／または再配向するように構成される、モータアセンブリ118を含むことができる。

【0056】

図1に示される実施例では、作動可能ステージ102aおよび102bは両方とも、間隙体積116を制御するように支持フレーム108に対して移動されることができる。しかしながら、ある場合には、作動可能ステージのうちの一方が、支持フレーム108に対して移動されることができる一方で、他方は、支持フレーム108に対して静的なままであることができる。例えば、ある場合には、作動可能ステージ102aは、モータアセンブリ118を通して支持フレーム108に対して1つ以上の次元で平行移動するように構成されることができる一方で、作動可能ステージ102bは、支持フレーム108に対して静的に保持されることができる。

【0057】

金型構造104aおよび104bは、集散的に光硬化性材料114のためのエンクロージャを画定する。例えば、金型構造104aおよび104bは、ともに整合されたときに、中空金型領域（例えば、間隙体積116）を画定することができ、その内側で、光硬化性材料114は、堆積され、フィルムに硬化されることができる。金型構造104aおよび104bはまた、結果として生じるフィルム内に1つ以上の構造を画定することもできる。例えば、金型構造104aおよび104bは、結果として生じるフィルム内に対応するチャネルを付与する、表面120aおよび／または120bからの1つ以上の突出構造（例えば、格子）を含むことができる。別の実施例として、金型構造104aおよび104bは、結果として生じるフィルム内に対応する突出構造を付与する、表面120aおよび／または120b内に画定される1つ以上のチャネルを含むことができる。ある場合には、金型構造104aおよび104bは、結果として生じるフィルムの片側または両側に特定のパターンを付与することができる。ある場合には、金型構造104aおよび104bは、結果として生じるフィルム上に突出部および／またはチャネルのいずれのパターンも全く付与する必要がない。ある場合には、金型構造104aおよび104bは、結果として生じるフィルムが、光学撮像システム内のアイピースとして使用するために適切であるように（例えば、フィルムが、特定の光学特性をフィルムに付与する、1つ以上の光回折微細構造またはナノ構造を有するように）特定の形状およびパターンを画定することが

できる。

【0058】

ある場合には、相互に面する金型構造104aおよび104bの表面はそれぞれ、それらの間に画定される間隙体積116が、500nmまたはそれ未満のTTVを呈するように、略平坦であり得る。例えば、金型構造104aは、略平坦面120aを含むことができ、金型構造104bは、略平坦面120bを有することができる。略平坦面は、例えば、100nmまたはそれ未満（例えば、100nmまたはそれ未満、75nmまたはそれ未満、50nmまたはそれ未満等）だけ理想的平坦面（例えば、完全平坦面）の平坦性から逸脱する、表面であり得る。略平坦面はまた、2nmまたはそれ未満（例えば、2nmまたはそれ未満、1.5nmまたはそれ未満、1nmまたはそれ未満等）の局所粗度、および／または500nmまたはそれ未満（例えば、500nmまたはそれ未満、400nmまたはそれ未満、300nmまたはそれ未満、50nmまたはそれ未満等）の縁間平坦性を有することができる。ある場合には、金型構造104aおよび104bの表面の一方または両方は、（例えば、表面の平坦性をさらに増加させるように）研磨されることができる。略平坦面は、例えば、金型構造104aおよび104bが金型構造104aおよび104bの範囲に沿って厚さが実質的に一貫している（例えば、500nmまたはそれ未満のTTVを有する）間隙体積116を画定することを可能にするため、有益であり得る。したがって、結果として生じる光学フィルムは、平坦であり得る（例えば、特定の閾値未満またはそれと等しい、例えば、500nm未満、400nm未満、300nm未満等の全厚さ変動[TTV]および／または局所厚さ変動[LTV]を有する）。さらに、研磨された金型構造104aおよび104bは、例えば、光学撮像用途のためのより平滑な光学フィルムを提供することに有益であり得る。実施例として、より平滑な光学フィルムから構築されるアイピースは、改良された画像コントラストを呈し得る。

【0059】

例示的光学フィルム1600のTTVおよびLTVが、図16に示される。光学フィルム1600のTTVは、光学フィルム1600全体に対する光学フィルム1600の最小厚さ(T_{min})を差し引いた、光学フィルム1600の全体に対する光学フィルム1600の最大厚さ(T_{max})を指す（例えば、 $TTV = T_{max} - T_{min}$ ）。光学フィルム1600のLTVは、光学フィルム1600の局所的部分に対する光学フィルム1600の最小厚さ($T_{local\ min}$)を差し引いた、光学フィルム1600の局所的部分に対する光学フィルム1600の最大厚さ($T_{local\ max}$)を指す（例えば、 $LTV = T_{local\ max} - T_{local\ min}$ ）。局所的部分のサイズは、用途に応じて異なり得る。例えば、ある場合には、局所的部分は、特定の表面積を有する光学フィルムの一部として画定されることができる。例えば、光学撮像システム内のアイピースとして使用するために意図される光学フィルムに関して、局所的部分の表面積は、2.5インチの直径を有する面積であり得る。ある場合には、局所的部分の表面積は、アイピース設計に応じて異なり得る。ある場合には、局所的部分の表面積は、光学フィルムの寸法および／または特徴に応じて異なり得る。

【0060】

金型構造104aおよび104bはまた、フィルム生産プロセスの間に撓曲または屈曲しないように剛直性である。金型構造104aおよび104bの剛直性は、金型構造の弾性係数(E)および金型構造の面積の二次モーメント(I)の関数である、その屈曲剛性の観点から表されることができる。ある場合には、金型構造はそれぞれ、 1.5 Nm^2 以上の屈曲剛性を有することができる。

【0061】

さらになおも、金型構造104aおよび104bは、光硬化性材料を光硬化させるために適切な1つ以上の波長における放射（例えば、 $315\text{ nm} \sim 430\text{ nm}$ ）に対して部分的または完全に透過性であり得る。さらになおも、金型構造104aおよび104bは、特定の閾値温度まで（例えば、少なくとも 200°C まで）熱的に安定している（例えば、サイズまたは形状が変化しない）材料から作製されることができる。例えば、金型構造1

04aおよび104bは、いくつかある材料の中でも特に、ガラス、シリコン、石英、テフロン（登録商標）、および／またはポリジメチルシロキサン（PDMS）から作製されることができる。

【0062】

ある場合には、金型構造104aおよび104bは、特定の閾値を上回る（例えば、1mmよりも厚い、2mmよりも厚い等）厚さを有することができる。これは、例えば、十分に厚い金型構造が屈曲することがより困難であるため、有益であり得る。したがって、結果として生じるフィルムは、厚さの不規則性を呈する可能性が低い。ある場合には、金型構造104aおよび104bの厚さは、特定の範囲内であり得る。例えば、金型構造104aおよび104bはそれぞれ、厚さ1mm～50mmであり得る。範囲の上限は、例えば、金型構造104aおよび104bをパターン化するために使用されるエッチングツールの限定に対応し得る。実践では、他の範囲もまた、実装に応じて可能である。

10

【0063】

同様に、ある場合には、金型構造104aおよび104bは、特定の閾値を上回る（例えば、3インチを上回る）直径を有することができる。これは、例えば、比較的により大きいフィルムおよび／または複数の個々のフィルムが同時に生産されることを可能にするため、有益であり得る。さらに、意図的ではない粒子状物質が、金型構造の間に（例えば、位置126等においてスペーサ構造124と対向する金型構造104aまたは104bとの間に）閉じ込められる場合、結果として生じるフィルムの平坦性へのその影響は、減少される。

20

【0064】

例えば、比較的に小さい直径を有する金型構造104aおよび104bに関して、（例えば、位置126等におけるスペーサ構造124のうちの1つの上の閉じ込められた粒子状物質に起因する）金型構造104aおよび104bの片側の不整合は、金型構造104aおよび104bの範囲に沿って間隙体積116内で厚さの比較的により急激な変化をもたらし得る。したがって、1つまたは複数の結果として生じるフィルムは、厚さのより突然の変化（例えば、フィルムの長さに沿った厚さのより急勾配の傾斜）を呈する。

【0065】

しかしながら、比較的により大きい直径を有する金型構造104aおよび104bに関して、金型構造104aおよび104bの片側の不整合は、金型構造104aおよび104bの範囲に沿って間隙体積116内で厚さのより段階的な変化をもたらすであろう。したがって、1つまたは複数の結果として生じるフィルムは、厚さのあまり突然ではない変化（例えば、フィルムの長さに沿った厚さの比較的により段階的な傾斜）を呈する。故に、十分に大きい直径を有する金型構造104aおよび104bは、閉じ込められた粒子状物質に対してより「寛容」であり、したがって、より一貫した、および／またはより平坦なフィルムを生産するために使用されることができる。

30

【0066】

実施例として、5μmまたはそれ未満の粒子が、（例えば、位置126において）金型構造104aおよび104bの周辺における点に沿って閉じ込められ、金型構造104aおよび104bがそれぞれ、8インチの直径を有する場合、金型構造104aおよび104bの範囲内で2平方インチの水平表面積を有する間隙体積は、依然として、500nmまたはそれ未満のTTVを有するであろう。したがって、光硬化性材料が間隙体積内に堆積される場合、結果として生じるフィルムは、同様に、500nmまたはそれ未満のTTVを呈するであろう。

40

【0067】

光源106aおよび106bは、光硬化性材料114を光硬化させるために適切な1つ以上の波長における放射を発生させるように構成される。1つ以上の波長は、使用される光硬化性材料のタイプに応じて異なり得る。例えば、ある場合には、光硬化性材料（例えば、ポリ（メチルメタクリレート）またはポリ（ジメチルシロキサン）等の紫外線硬化性液体シリコーンエラストマ）が、使用されことができ、対応して、光源は、315nm～

50

430 nmの範囲内の波長を有する放射を発生させ、光硬化性材料を光硬化させるように構成されることができる。ある場合には、金型構造104aおよび104bのうちの1つ以上のものは、光源106aおよび／または106bからの放射が、金型構造104aおよび／または104bを通過し、光硬化性材料114に衝突し得るように、光硬化性材料114を光硬化させるために適切な放射に対して透過性または実質的に透過性であり得る。
【0068】

制御モジュール110は、作動可能ステージ102aおよび102bに通信可能に結合され、間隙体積116を制御するように構成される。例えば、制御モジュール110は、センサアセンブリ122（例えば、1つ以上の容量および／または感圧センサ要素を有するデバイス）からの間隙体積116（例えば、1つ以上の場所における金型構造104aと104bとの間の距離）に関する測定を受信し、応答して（例えば、コマンドを作動可能ステージ102aおよび102bに伝送することによって）金型構造104aおよび104bの一方または両方を再配置および／または再配向することができる。

10

【0069】

図1に示されるような実施例として、システム100は、金型構造（例えば、金型構造104b）の1つ以上の表面から、対向する金型構造（例えば、金型構造104a）に向かって突出する、1つ以上のスペーサ構造124（例えば、突出部またはガスケット）を含むことができる。スペーサ構造124はそれぞれ、金型構造104aおよび104bがともに接合される（例えば、ともに押圧される）ときに、スペーサ構造124が金型構造104aおよび104bに当接し、略平坦な間隙体積116がその間に画定されるように、実質的に等しい垂直高さを有することができる。

20

【0070】

さらに、スペーサ構造124は、光硬化性材料114を受容し、硬化させるための金型構造104aおよび104bの面積に近接し、それを少なくとも部分的に封入して、位置付けられることができる。これは、例えば、低いTTVおよび／またはLTVが金型構造104aおよび104bの範囲の全体を横断して維持されることを必ずしも要求することなく、システム100が低いTTVおよび／またはLTVを有するポリマーフィルムを生産することを可能にするため、有益であり得る。例えば、複数の異なるポリマーフィルムが、金型構造104aと104bとの間の体積全体にわたって低いTTVを達成する必要なく、生産されることができる。故に、生産プロセスのスループットは、増加されることができる。

30

【0071】

例えば、図2は、スペーサ構造124がその間に配置された、例示的金型構造104aおよび104bを示す。金型構造104aおよび104bが、ともに接合されるとき、スペーサ構造124は、金型構造104aおよび104bに当接し、金型構造104aおよび104bが、スペーサ構造124の垂直高さ202よりも相互にこれ以上近づかないように物理的に妨害する。スペーサ構造124のそれぞれの垂直高さ202が実質的に等しいため、略平坦な間隙体積116が、金型構造104aと104bとの間に画定される。ある場合には、スペーサ構造124の垂直高さ202は、結果として生じるフィルムの所望の厚さに実質的に等しくあり得る。

40

【0072】

スペーサ構造124は、種々の材料から構築されることができる。ある場合には、スペーサ構造124は、特定の閾値温度まで（例えば、少なくとも200℃まで）熱的に安定している（例えば、サイズまたは形状が変化しない）材料から構築されることができる。例えば、スペーサ構造124は、いくつかある材料の中でも特に、ガラス、シリコン、石英、および／またはテフロン（登録商標）から作製されることができる。ある場合には、スペーサ構造124は、金型構造104aおよび／または104bと同一の材料から構築されることができる。ある場合には、スペーサ構造124は、金型構造104aおよび／または104bと異なる材料から構築されることができる。ある場合には、スペーサ構造124のうちの1つ以上のものは、金型構造104aおよび／または104bと一体的に

50

形成される（例えば、金型構造 104 a および／または 104 b からエッチングされる、リソグラフィ製造プロセスを通して金型構造 104 a および／または 104 b 上に刷り込まれる、または付加製造プロセス等を通して金型構造 104 a および／または 104 b 上に付加的に形成される）ことができる。ある場合には、スペーサ構造 124 のうちの 1 つ以上のものは、金型構造 104 a および／または 104 b とは別であり得、（例えば、糊または他の接着剤を使用して）金型構造 104 a および／または 104 b に固着または添着されることができる。

【0073】

2 つのスペーサ構造 124 が、図 2 に示されるが、これは、例証的实施例にすぎない。実践では、金型構造 104 a、金型構造 104 b、または両方から突出する任意の数のスペーサ構造 124（例えば、1 つ、2 つ、3 つ、4 つ、またはそれを上回る）が存在し得る。さらになおも、図 2 は、金型構造 104 a および 104 b の周辺に沿って位置付けられるスペーサ構造 124 を示すが、実践では、各スペーサ構造 124 は、金型構造 104 a および 104 b の範囲に沿っていずれかの場所に位置付けられることができる。

【0074】

鑄造および硬化プロセスの間に、種々の要因が、結果として生じるフィルムの形状に干渉し、それをその意図された形状から歪曲させ得る。実施例として、フィルムは、重合プロセスの間に内側の内部応力の蓄積に起因して、歪曲され得る。例えば、光硬化性材料が硬化されると、光硬化性材料のモノマーが、より長く重い鎖に重合する。対応して、光硬化性材料は、ポリマー鎖がともに物理的に移動すると、体積が低減する（例えば、「収縮」を受ける）。これは、光硬化性材料の内側の内部応力の蓄積（例えば、ポリマー鎖運動性へのインピーダンスに起因する応力）および光硬化性材料内の歪みエネルギーの貯蔵をもたらす。硬化されたフィルムが、金型から抽出されるとき、歪みエネルギーが放出され、フィルムの菲薄化をもたらす。フィルムは、内部応力の空間分布に応じて、異なるように菲薄化し得る。したがって、フィルムは、重合プロセスの間に導入された内部応力の特定の空間分布に応じて、フィルム間の変動を呈し得る。故に、フィルムの一貫性は、鑄造プロセスの間にフィルム内の応力の分布を調整することによって、改良されることができる。

【0075】

例証すると、図 3 A は、鑄造および硬化プロセスの間（例えば、ポリマーフィルム 300 が金型構造 104 a と 104 b との間に位置付けられるとき）の例示的ポリマーフィルム 300 を示し、図 3 B は、硬化および抽出後（例えば、ポリマーフィルム 300 が、「離型」された後）のポリマーフィルム 300 を示す。図 3 A に示されるように、ポリマーフィルム 300 が、硬化されると、サイズが収縮する（垂直矢印によって示される）。これは、（例えば、応力がポリマーフィルムと金型構造との間の接着または接合力を上回る場合に）金型構造 104 a および／または 104 b からのポリマーフィルム 300 の剥離をもたらし得る。さらに、これは、（例えば、応力が、真空チャック 302 の真空強度を上回る場合に）金型構造 104 b を、定位置で金型構造 104 b を保持する真空チャック 302 から分離させ得る。さらになおも、これは、（例えば、応力が金型構造の強度を上回る場合に）金型構造 104 a および 104 b に破碎を引き起こし得る。さらになおも、本収縮は、ポリマーフィルム 300 内の歪みエネルギーの貯蔵をもたらし得る。図 3 B に示されるように、ポリマーフィルム 300 が、金型構造 104 a および 104 b から抽出された後、構造弛緩およびさらなる収縮（垂直矢印によって示される）を受け、ポリマーフィルム 300 の菲薄化をもたらす。

【0076】

ポリマーフィルムは、内部応力の空間分布に応じて、異なるように菲薄化し、厚さの局所的変動をもたらし得る。ある場合には、厚さ変動分布は、光硬化性材料を光硬化させるために使用される光の強度分布と相関がある。

【0077】

実施例として、図 4 は、光硬化性材料を光硬化させるために使用される光 400（例え

10

20

30

40

50

ば、重複面積を伴う紫外線（UV）光源の2×2アレイを使用して発生される光）の例示的強度分布を示す。光のより高い強度を有する分布の部分が、より濃い影で示される一方で、光のより低い強度を有する部分は、より薄い影で示される。図5Aおよび5Bは、強度分布400を有する光を使用して硬化された、2つの例示的ポリマーフィルム500aおよび500bを示す。図5Aおよび5Bに示されるように、ポリマーフィルム500aおよび500bはそれぞれ、特に、そのフリンジにおいて、皺および著しい厚さ変動を呈する。

【0078】

種々の技法が、硬化プロセスの前、間、および／または後に、ポリマーフィルム内の内部応力を調整するために使用されることができる。

10

【0079】

ある場合には、金型構造104aおよび104bは、光硬化性材料の収縮を補償するように、硬化プロセスの間に調節されることができる。実施例として、図6Aは、金型構造104aと104bとの間に位置付けられる光硬化性材料114を示す。本実施例では、金型構造104bが、定位置で固定される（例えば、真空チャック302に固着される）一方で、金型構造104aは、上下に移動するように構成される（例えば、作動可能ステージを使用して、金型構造104aから離れ、金型構造104bに向かって移動される）。さらに、金型構造104aおよび104bは、光硬化性材料114上に特定の量の力を印加するように、位置付けられる。

【0080】

20

硬化プロセスの間に、光が、光硬化性材料114に向かって指向される。光硬化性材料114が硬化し、サイズが縮小する（例えば、厚さが低減する）と、金型構造104aは、サイズの変化を補償するように、かつ光硬化性材料114上で同量の力を維持するように、金型構造104bに向かって移動される。これは、光硬化性材料内の内部応力の蓄積を低減または別様に排除し、硬化され、金型から抽出された後に、光硬化性材料114の潜在的厚さ変動を低減させる。

【0081】

ある場合には、金型構造104aおよび104bは、光硬化性材料114が、依然として、「リフロー性」液相である間に（例えば、光硬化性材料114が、そのゲル点まで硬化される前に）圧縮力を光硬化性材料114に印加することができる。ある場合には、金型構造104aおよび104bは、光硬化性材料114が圧縮性ゲル相である間に（例えば、光硬化性材料114がそのゲル点まで硬化された後であるが、その凝固点に到達する前に）圧縮力を光硬化性材料114に印加することができる。

30

【0082】

ある場合には、金型構造104aおよび104bは、閉ループ制御システムに従って動作されることができる。例えば、図6Aに示されるように、金型構造104aおよび104bは、特定の金型構造104aまたは104bに沿った特定の場所において印加された力を測定するようにそれぞれ構成される、力センサを含む、1つ以上のセンサアセンブリ122を含むことができる。センサアセンブリ122は、（例えば、図1に関して示され、説明されるように）制御モジュール110に通信可能に結合されることができ、システムの動作の間に力測定を制御モジュール110に伝送するように構成されることができる。力測定に基づいて、制御モジュール110は、（例えば、作動可能ステージ102aを使用して）金型構造104bに対する金型構造104aの位置を制御し、硬化プロセスの間に光硬化性材料114上で一定の力を維持する一方で、金型構造104aと金型構造104bとの間で平行性を維持することができる。結果として生じるポリマーフィルムの最終的な厚さおよびポリマーフィルム内に貯蔵される応力レベルは、光硬化性材料114上の印加された力を調整することによって、制御されることができる。ある場合には、5N～100Nの範囲内の力が、光硬化性材料114に印加されることができる。ある場合には、より高い力を印加することは、ポリマーフィルムの最終的な厚さが、金型構造104aと104bとの間の初期間隙の幅により近くなるが、ポリマーフィルム内の応力のより

40

50

少ない調整を伴うことを可能にする。

【0083】

ある場合には、金型構造104aおよび104bは、開ループ制御システムに従って動作されることができる。例えば、図6Bに示されるように、金型構造104aおよび104bは、1つ以上の圧縮性スペーサ構造602と、1つ以上の非圧縮性スペーサ構造604とを含むことができる。非圧縮性スペーサ構造604は、金型構造104aと104bとの間の最小距離を画定する。圧縮性スペーサ構造602は、非圧縮性スペーサ構造604よりも大きい高さを有し、（例えば、それらがある量の力の印加によって圧縮され得るように）非圧縮性スペーサ構造604ほど剛性ではない。本システムの動作の間に、制御モジュール110は、金型構造104bに向かって金型構造104aを移動させ、圧縮性スペーサ構造604を圧縮し、対応して、所定の一定の力を光硬化性材料114に印加する。制御モジュール110は、非圧縮性スペーサ構造604によって当接されるまで、金型構造104bに向かって金型構造104aを移動させ続ける。

10

【0084】

圧縮性スペーサ構造604はそれぞれ、金型構造104aと金型構造104bとの間の平行性を維持しながら、金型構造104aおよび104bが、光硬化性材料114上に均等な力を印加するように、同一の高さと、同一の剛性とを有することができる。結果として生じるポリマーフィルムの最終的な厚さおよびポリマーフィルム内に貯蔵される応力レベルは、圧縮性スペーサ構造604の特定の高さおよび剛性を規定することによって、制御されることができる。ある場合には、圧縮性スペーサ構造604の高さは、圧縮性スペーサ構造604の高さを5%~15%上回り得る（例えば、硬化プロセスの間に光硬化性材料114の体積収縮に対応する）。ある場合には、圧縮性スペーサ構造の剛性は、0.01GPa~0.1GPaであり得る（例えば、ゴムに類似する）。ある場合には、圧縮性スペーサ構造604は、ゴム、ポリエチレン、テフロン（登録商標）、ポリスチレンフォーム、および／または他の圧縮性材料で構築されることができる。

20

【0085】

ある場合には、本システムはまた、金型構造104aと104bとの間に位置付けられる1つ以上のばね機構606を含むこともできる。これらのばね機構606は、光硬化性材料114に印加される力の量をさらに調整し、金型構造104aと金型構造104bとの間の平行性をさらに維持することができる。

30

【0086】

ある場合には、金型構造104aおよび104bは、相互に向かって、かつ相互から離れるように周期的に移動し、硬化プロセスの間に光硬化性材料114上に周期的負荷を印加することができる。これは、例えば、硬化プロセスの間に光硬化性材料114を圧縮および伸張することが、光硬化性材料の中に蓄積される応力を緩和し得るため、有用であり得る。

【0087】

実施例として、図7に示されるように、金型構造104aは、1つ以上の移動パターン700a-cに従って移動されることができる。実施例として、移動パターン700aでは、金型構造104aは、低応答時間および低利得に従って移動される（例えば、金型構造104aは、光硬化性材料114がそのゲル点まで硬化された後に金型構造104bに向かって移動され、徐々に離れるように移動される）。別の実施例として、移動パターン700bでは、金型構造104aは、高応答時間および高利得に従って移動される（例えば、金型構造104aは、代替として、光硬化性材料114がそのゲル点まで硬化された後に、「オーバーシュート」減衰発振パターンに従って、金型構造104bから離れ、金型構造に向かって移動される）。別の実施例として、移動パターン700cでは、金型構造104aは、中応答時間および中利得に従って移動される（例えば、金型構造104aは、代替として、光硬化性材料114がそのゲル点まで硬化された後に、「調整された」減衰発振パターンに従って、金型構造104bから離れ、金型構造に向かって移動される）。3つの例示的パターンが、図7に示されるが、他のパターンもまた、実装に応じて可

40

50

能である。

【0088】

実践では、金型構造104aおよび104bは、それらの間の間隔が特定の回数で発振し、または「跳ね返り」、特定の周波数に従ってそうするように、制御されることができる。実施例として、金型構造104aと104bとの間の間隔は、ゲル点と凝固点との間で1回またはそれを上回って（例えば、1回、2回、3回、またはそれを上回って）発振することができる。ある場合には、ゲル点と凝固点との間の時間の長さは、約3秒であり得る。これは、0.33Hz、0.67Hz、1Hz、またはそれを上回る発振に対応し得る。さらに、発振の振幅もまた、変動し得る。ある場合には、各発振は、中心基準位置702に対して上向きまたは下向きに約5～10μmであり得る。

10

【0089】

ある場合には、蓄積された応力は、金型から抽出される前に（例えば、ポリマーフィルムを「離型」する前に）ポリマーフィルムを焼鈍することによって、ポリマーフィルムから除去されることができる。種々の技法が、依然として金型構造の間にある間に、熱をポリマーフィルムに印加するために使用されることができる。実施例として、ポリマーフィルムは、1つ以上の加熱されたチャック、高強度ランプ、赤外線（IR）ランプ、および／またはマイクロ波を使用する等、伝導加熱および／または放射加熱を通して、加熱されることができる。ある場合には、放射加熱が、（例えば、より速いプロセス時間およびポリマーフィルムのための潜在的に選択的な加熱のために）好ましくあり得る。ある場合には、ポリマーフィルムは、10秒～3分の周期にわたってそれを40℃～200℃まで加熱することによって、焼鈍されることができる。

20

【0090】

ある場合には、光硬化性材料114は、結果として生じるポリマーフィルムから蓄積された応力を低減させるように、特定の空間分布および／または特定の時間特性を有する光のパターンを使用して、硬化されることができる。例示的照明パターン800a-cが、図8A-8Cに示される。

【0091】

図8Aに示されるように、光硬化性材料は、（例えば、硬化プロセス802の開始から、光硬化性材料が完全に硬化されるときまでの硬化プロセス804の終了まで）ある時間周期にわたって、連続的かつ一様な強度を有する照明パターン800aで光硬化性材料を照射することによって、硬化されることができる。ある場合には、照明パターン800aの使用は、有意量の蓄積された応力を有する、ポリマー製品806aをもたらし得る（例えば、絶え間ない暴露が、収縮の間のポリマー鎖による移動に迅速にตอบสนองするポリマー材料の能力を損ない得る）。ある場合には、これは、（例えば、y-z平面に沿った断面に沿って視認されたときに）その中心領域に沿うよりもその周辺に沿って厚い、ポリマー製品806aをもたらし得る。

30

【0092】

図8Bに示されるように、光硬化性材料は、経時的に可変強度を有する照明パターン800bで光硬化性材料を照射することによって、硬化されることができる。最初に（例えば、硬化プロセス802の開始時に）、光硬化性材料は、高強度の光によって照射される。硬化プロセスが進行すると、光硬化性材料は、光硬化性材料が完全に硬化されるまで（例えば、硬化プロセス804の終了まで）、ますます低くなる強度の光によって照射される。ある場合には、照明パターン800bの使用は、光硬化性材料に、硬化プロセスの初期段階で比較的に大量の光を吸収させ、重合反応を駆動するために十分なフリーラジカルの生成をもたらし得る。光の強度が減少すると、ポリマー鎖は、ゆっくりと再配列し、（例えば、照明パターン800aの使用と比較して）架橋網内に比較的により少量の応力をもち得る。ある場合には、これは、照明パターン800aの使用と比較して、ポリマー製品806bのより良好な機械的性質（例えば、より高いヤング率および／または硬度）およびより一貫した空間寸法（例えば、より低いTTV）をもたらし得る。

40

【0093】

50

図 8 C に示されるように、光硬化性材料は、経時的に可変強度を有する別の照明パターン 800 c で光硬化性材料を照射することによって、硬化されることができる。最初に（例えば、硬化プロセス 802 の開始時に）、光硬化性材料は、より低い強度の光によって照射される。硬化プロセスが進行すると、光硬化性材料は、光硬化性材料が完全に硬化されるまで（例えば、硬化プロセス 804 の終了まで）、ますます高くなる強度の光によって照射される。ある場合には、照明パターン 800 c の使用は、光硬化性材料に、硬化プロセスの初期段階で比較的により少量の光を吸収させ、硬化プロセスの早期段階の間により低い反応レートをもたらす得る。したがって、光硬化性材料のモノマーは、よりゆっくりと反応し、網状組織内で比較的により低い応力蓄積をもたらす。続いて、より高い強度の光が、光硬化性材料を完全に硬化させるために使用されることができる。ある場合には、これは、照明パターン 800 a の使用と比較して、より一貫した空間寸法（例えば、より低い TTV）をもたらす得る。しかしながら、機械的性質は、比較的に遅い重合レートに起因して、（照明パターン 800 b の使用と比較して）ある状況ではあまり望ましくなくあり得る。

【0094】

例示的照明パターン 800 a - c が、上記に示され、説明されるが、これらは、例証的実施例にすぎない。実践では、他の照明パターンもまた、本明細書に説明されるものの代わりに、またはそれに加えてのいずれかで、光硬化性材料を硬化させるために使用されることができる。

【0095】

ある場合には、光硬化性材料は、ある時間周期にわたって光の 1 つ以上のパルスで光硬化性材料を照射すること（例えば、1 つ以上のオンおよびオフサイクルに従って、光硬化性材料を光に暴露すること）によって、硬化されることができる。ある場合には、放射の各パルスの持続時間（例えば、各「オン」状態の持続時間）は、パルス間の各時間周期の持続時間（例えば、各「オフ」状態の持続時間）に対して変動し得る。例示的照明パターン 900 a - c が、図 9 に示される。

【0096】

図 9 に示されるように、光硬化性材料は、ある時間周期にわたって複数のパルスを有する照明パターン 900 a で光硬化性材料を照射することによって、硬化されることができる。本実施例では、各パルスの持続時間 t_{on} （例えば、各「オン」状態の持続時間）は、光の 50% デューティサイクルに対応して、パルス間の持続時間 t_{off} （例えば、各「オフ」状態の持続時間）に等しい。照明パターン 900 a は、硬化プロセスの間に（例えば、「オフ」段階の間に）光硬化性材料が冷却することを可能にしながら、（例えば、「オン」段階の間に）中程度の重合レートを有する光硬化性材料を硬化させるために使用されることができる。これは、例えば、光硬化性材料内の熱および／または応力の量を制御することに有益であり得る。さらに、結果として生じるポリマー製品の物理的性質（例えば、ポリマー製品の TTV パターン）は、 t_{on} および t_{off} のために特定の時間間隔を選択することによって実現されることができる。ある場合には、 t_{off} および t_{on} は、0.05 秒～5 秒であり得る。

【0097】

図 9 に示されるように、光硬化性材料はまた、ある時間周期にわたって複数のパルスを有する別の照明パターン 900 b で光硬化性材料を照射することによって、硬化されることもできる。本実施例では、各パルスの持続時間 t_{on} （例えば、各「オン」状態の持続時間）は、光の 50% を上回るデューティサイクルに対応して、パルス間の持続時間 t_{off} （例えば、各「オフ」状態の持続時間）を上回る。照明パターン 900 b は、硬化プロセスの間に（例えば、「オフ」段階の間に）光硬化性材料が冷却することも可能にしながら、（例えば、照明パターン 900 a と比較して「オン」段階の間により多くの光を印加し、重合を駆動することによって）より遅い重合レートを有する光硬化性材料を硬化させるために使用されることができる。上記のように、これは、光硬化性材料内の熱および／または応力の量を制御することに有益であり得る。さらに、結果として生じるポリマー

製品の物理的性質（例えば、ポリマー製品のTTVパターン）は、 t_{on} および t_{off} のために特定の時間間隔を選択することによって実現されることができる。ある場合には、 t_{off} は、0.05秒～5秒であり得、 t_{on} は、0.05秒～5秒であり得る。

【0098】

図9に示されるように、光硬化性材料はまた、ある時間周期にわたって複数のパルスを含む別の照明パターン900cで光硬化性材料を照射することによって、硬化されることもできる。本実施例では、各パルスの持続時間 t_{on} （例えば、各「オン」状態の持続時間）は、光の50%未満のデューティサイクルに対応して、パルス間の持続時間 t_{off} （例えば、各「オフ」状態の持続時間）未満である。照明パターン900cは、硬化プロセスの間に（例えば、「オフ」段階の間に）光硬化性材料が冷却することも可能にしながら、（例えば、照明パターン900aと比較して「オン」段階の間により少ない光を印加し、重合を駆動することによって）より速い重合レートを有する光硬化性材料を硬化させるために使用されることができる。上記のように、これは、光硬化性材料内の熱および／または応力の量を制御することに有益であり得る。さらに、結果として生じるポリマー製品の物理的性質（例えば、ポリマー製品のTTVパターン）は、 t_{on} および t_{off} のために特定の時間間隔を選択することによって実現されることができる。ある場合には、 t_{off} は、0.05秒～5秒であり得、 t_{on} は、0.05秒～5秒であり得る。

【0099】

ある場合には、放射の1つ以上のパルスの強度は、放射の1つ以上の他のパルスと異なる強度を有することができる。例示的照明パターン1000a-cが、図10に示される。これらの実施例のそれぞれでは、放射のパルスは、より高い強度を有するパルスと、より低い強度を有するパルスとを交互に繰り返す。これは、例えば、いくつかの光硬化性材料が、より低い熱伝導度を有するため、有用であり得、紫外線および／または発熱プロセスによって発生される熱は、伝導によって放散するために、より長い時間を要するであろう。交互の高および低強度パルスは、より円滑な率で硬化反応を維持することに役立ち得る。図10に示されるパターン1000a-cは、2つの異なる強度を有するパルスを交互に繰り返すが、これらは、例証的実施例にすぎない。ある場合には、パターンは、3つ以上の異なる強度（例えば、3つ、4つ、5つ、またはそれを上回る）を有するパルスを交互に繰り返すことができる。さらに、ある場合には、パターンは、規則的または反復パターンに従って、異なる強度を有するパルスを交互に繰り返さない。例えば、パターンは、強度の任意の組み合わせを有し、任意の順序で配列される、パルスを含むことができる。

【0100】

実践では、パルスの周波数は、実装に応じて異なり得る。実施例として、パルスの周波数は、0.1Hz～20Hzであり得る。ある場合には、パルスの周波数は、一定であり得る。ある場合には、パルスの周波数は、経時的に変動し得る。

【0101】

ある場合には、光硬化性材料は、空間に対して強度が変動する光で光硬化性材料を照射することによって、硬化されることができる。例えば、光硬化性材料のある部分が、より高い強度の光で照射されることができる一方で、光硬化性材料の他の部分は、より低い強度の光で照射されることができる。これは、例えば、局所的面積内の光硬化性材料の重合レートを制御し、熱および／または応力の蓄積を調整することに有用であり得る。

【0102】

実施例として、図11Aは、（x-y平面から視認される）空間に対して変動する照明パターン1100を示す。より薄い影が、より低い光強度に対応する一方で、より濃い影は、より高い光強度に対応する。（例えば、x方向に沿った）照明パターンの断面外形1102がある。本実施例では、照明パターン1100は、（例えば、曲線状外形パターンに従って）より高い強度の光で周辺部分1104を照射しながら、より低い強度の光で中心部分1102を照射する。これは、ポリマーフィルムが、多くの場合、（例えば、収縮を補償するための周辺のリフロー性ポリマー材料の欠如に起因して）その縁に沿うよりもその中心で多くの応力を蓄積するため、有益であり得る。故に、（例えば、重合レートを減

速させるように) ポリマーフィルムの中心部分を、その縁と比較してあまり強くない光に暴露することは、蓄積された応力の量を低減させ、ポリマーフィルムの一貫性を改良し得る。例示的パターンが、図 1 1 A に示されるが、これは、例証的实施例にすぎない。実践では、照明パターンは、実装に応じて、異なる空間パターンを有することができる。

【0103】

さらに、ある場合には、光硬化性材料は、順次、光で光硬化性材料の異なる部分を照射することによって、硬化されることができる。例えば、光硬化性材料のある部分が、最初に光で照射されることができ、その後に、光硬化性材料の他の部分が続く。これは、例えば、特定の順序で局所的面積内の光硬化性材料の重合レートを制御し、熱および／または応力の蓄積を調整することに有用であり得る。

【0104】

実施例として、図 1 1 B は、同心パターンで配列される 5 つのゾーン 1 1 5 2 a - e を有する、照明パターン 1 1 5 0 を示す。本実施例では、光硬化性材料は、(例えば、光硬化性材料の中心が、最初に硬化され、光硬化性材料の縁が、最後に硬化されるように) 順次、最初に中心部分 1 1 5 2 a に沿って、次いで、リング部分 1 1 5 2 b に沿って、次いで、リング部分 1 1 5 2 c に沿って、次いで、リング部分 1 1 5 2 d に沿って、最終的にリング部分 1 1 5 2 e に沿って、光硬化性材料を照射することによって、硬化されることができる。これは、例えば、周辺のリフロー性ポリマー材料を通して(例えば、x-y 平面に沿って) 側方収縮補償を提供するため、有益である。放射の順次パターンが、例えば、とりわけ、個別にアドレス指定可能な光源アレイ(例えば、発光ダイオードの 1 つ以上のアレイ)、UV 光学系、グレースケール UV 窓、UV マスク、虹彩シャッタを使用して、達成されることができる。例示的パターンが、図 1 1 B に示されるが、これは、例証的实施例にすぎない。実践では、照明パターンは、鑄造プロセスの間に任意の順序で照明される、任意の数の異なるゾーンを含むことができる。

【0105】

さらに、いくつかの異なる技法が、上記に示され、説明されるが、これらの技法は、相互排他的ではない。実践では、任意の数のこれらの技法が、ポリマー製品内の応力の蓄積を調整し、ポリマー製品の一貫性を改良するために、併せて使用されることができる。実施例として、ポリマー製品は、(例えば、図 6 A、6 B、および 7 に関して説明されるように) 鑄造の前、間、および後に、金型構造の間の相対空間を制御し、個別に、または任意の組み合わせでのいずれかで、(例えば、図 8 A - 8 C、9、10、11 A、および 11 B に関して説明されるように) 異なる空間および／または分布および／または時間特性を有する照明パターンに従って、光硬化性材料を照射することによって、生産されることができる。

【0106】

さらに、これらの技法のうちの 1 つ以上のものが、特定の形状を有するポリマー製品を生産するために使用されることができる。実施例として、いくつかの異なるポリマー製品 1 2 0 0 が、図 1 2 A および 1 2 B の断面図に示される。例えば、図 1 2 A に示されるように、ポリマー製品 1 2 0 0 は、非対称断面構成または非対称断面構成を有することができる。ある場合には、ポリマー製品 1 2 0 0 は、断面で視認されたときに 1 つ以上の凸面を有することができる。ある場合には、ポリマー製品 1 2 0 0 は、断面で視認されたときに 1 つ以上の凹面を有することができる。さらに、図 1 2 B に示されるように、ポリマー製品 1 2 0 0 は、中心アイピース面積 1 2 0 2 (例えば、光を受光し、透過させるための光学部分) と、支持部分 1 2 0 4 (例えば、アイピース面積のための構造支持を提供する半径方向周辺部分) とを有することができる。これらの配列は、本明細書に説明される技法のうちの 1 つ以上のものを使用して、達成されることができる。

【0107】

実施例として、ポリマー製品 1 2 0 0 a は、図 1 1 A および 1 1 B に関して示され、説明される技法を組み合わせることによって、生産されることができる。例えば、光硬化性材料は、最初に、併せて照明パターン 1 1 5 0 の部分 1 1 5 2 a - d に従って、(例えば

、紫外線で）照射されることができる。さらに、光強度の空間分布は、（例えば、曲線状外形パターンに従って、光硬化性材料の中心部分 1 1 0 2 が、より低い強度の光で照射され、周辺部分 1 0 0 4 が、次第に高くなる強度の光で照射されるように）照明パターン 1 1 0 0 に従って設定されることができる。これは、平坦な中心アイピース面積 1 2 0 2 をもたらす。続いて、光硬化性材料は、実質的により低い光強度（例えば、部分 1 1 5 2 a - d の照明強度よりも低い）を伴う（例えば、ポリマー製品の周辺に沿った）照明パターン 1 1 5 0 の部分 1 1 5 2 e に従って、（例えば、紫外線を用いて）照射されることができる。これは、ポリマー製品の周辺に沿って、より厚い支持部分 1 2 0 4 をもたらす。

【0108】

（例えば、 $x-y$ 平面内の）ポリマー製品の平面的形状もまた、実装に応じて変動し得る。実施例として、いくつかの異なるポリマー製品 1 3 0 0 が、図 1 3 の平面図（例えば、 $x-y$ 平面から視認される）に示される。図 1 3 A に示されるように、ポリマー製品 1 3 0 0 は、 $x-y$ 平面に対して対称構成または非対称構成を有することができる。ある場合には、ポリマー製品 1 3 0 0 は、 $x-y$ 平面に対して円形または略円形の形状を有することができる。ある場合には、ポリマー製品 1 3 0 0 は、 $x-y$ 平面に対して卵形または略卵形の形状を有することができる。ある場合には、ポリマー製品 1 3 0 0 は、 $x-y$ 平面に対して恣意的または不定形の形状（例えば、1 つ以上の縁または曲線を有する）を有することができる。他の形状もまた、実装に応じて可能である。

【0109】

さらに、ポリマー製品 1 3 0 0 は、1 つ以上の開口 1 3 0 2（例えば、少なくとも部分的にポリマー材料によって封入される隙間領域の非存在）を含むことができる。開口の平面的形状もまた、実装に応じて変動し得る。図 1 3 A に示されるように、開口 1 3 0 2 は、 $x-y$ 平面に対して非対称構成または非対称構成を有することができる。ある場合には、開口 1 3 0 2 は、 $x-y$ 平面に対して円形または略円形の形状を有することができる。ある場合には、開口 1 3 0 2 は、 $x-y$ 平面に対して卵形または略卵形の形状を有することができる。ある場合には、開口 1 3 0 2 は、 $x-y$ 平面に対して恣意的または不定形の形状（例えば、1 つ以上の縁または曲線を有する）を有することができる。他の形状もまた、実装に応じて可能である。

【0110】

いくつかの実装では、ポリマー製品 1 3 0 0 およびその開口 1 3 0 2 は、共通する形状（例えば、円形開口を画定する円形ポリマー製品）を有することができる。いくつかの実装では、ポリマー製品 1 3 0 0 およびその開口 1 3 0 2 は、異なる個別の形状（例えば、卵形開口を画定する円形ポリマー製品）を有することができる。ポリマー製品形状および開口形状の他の組み合わせもまた、実装に応じて可能である。

【0111】

開口 1 3 0 2 は、種々の方法で画定されることができる。実施例として、ポリマー材料が、特定のパターン（例えば、開口の所望の平面的形状に類似する、またはそれと同一の平面的形状を有する、隙間領域を伴うパターン）に従って、第 1 の金型上に堆積されることができる。第 1 の金型が、第 2 の金型とともに接合されるとき、ポリマー材料は、金型の間に拡散し、隙間領域を伴う形状を形成する。ポリマー材料は、続いて、ポリマー製品を形成するように硬化される。

【0112】

別の実施例として、第 1 の金型は、その表面に搭載されるスペーサ構造（例えば、開口の所望の平面的形状に類似する、またはそれと同一の平面的形状を有する、スペーサ構造）を含むことができる。ポリマー材料は、スペーサ構造の周囲に流動するように、第 1 の金型上に堆積され、それによって、スペーサ構造の周囲に隙間領域を形成する。第 1 の金型が、第 2 の金型とともに接合されるとき、ポリマー材料は、金型の間に、かつスペーサ構造の周辺に沿って拡散する。ポリマー材料は、続いて、ポリマー製品を形成するように硬化される。

【0113】

10

20

30

40

50

別の実施例として、ポリマー材料が、第1の金型上に堆積されることができる。第1の金型は、その表面に搭載されるスペーサ構造（例えば、開口の所望の平面的形状に類似する、またはそれと同一の平面的形状を有する、スペーサ構造）を有する第2の金型とともに接合され、それによって、スペーサ構造の周囲に隙間領域を形成することができる。ポリマー材料は、続いて、ポリマー製品を形成するように硬化される。

【0114】

いくつかの実装では、1つ以上の開口1302が、成型および鑄造プロセスの間に画定されることができ、最終製品（例えば、光学システムに配設するためのポリマー製品）において保たれることができる。いくつかの実装では、1つ以上の開口1302が、成型および鑄造プロセスの間に画定されることができ、（例えば、開口を含まない1つ以上の部分を光学システムの中に配設することに先立って、ポリマー製品をその部分に切断または個片化することによって）最終製品から除去されることができる。

【0115】

開口1302は、種々の技法利益を提供する。例えば、開口1302は、製造プロセスの間に整合または位置合わせガイドとして使用されることができる。例えば、金属化、スタッキング、および／または個片化プロセスの間に、開口1302は、視覚目印として作用し、ポリマー製品に対して1つ以上のツールを整合させることができる。整合は、手動で（例えば、ユーザによって）、または自動的に（例えば、ツールの配向を制御するための1つ以上の制御モジュールに結合されるコンピュータ撮像システムによって）実施されることができる。

【0116】

別の実施例として、開口1302の存在は、ポリマー製品が、握持され、その外側表面に沿って（例えば、ポリマー製品の外側境界に沿って）ではなく、その内側表面に沿って（例えば、開口1302の境界に沿って）操作されることを可能にする。いくつかの実装では、これは、ポリマー製品の物理的完全性をより良好に保ち（例えば、屈曲または折畳を減少または低減させ）ながら、ポリマー製品が取り扱われることを可能にする。

【0117】

図13Bは、金型上のポリマー材料（例えば、光硬化性樹脂）の例示的堆積を示す。図13Cは、ポリマー材料を硬化させた後に形成される例示的ポリマー製品を示す。図13Dは、ポリマー製品の厚さを示す。図13Dに示される実施例では、ポリマー製品は、ポリマー製品の大部分（開口に直接隣接しない面積）に沿って約0.5 μmのTTVを呈する。

【0118】

ある場合には、システム100はまた、硬化プロセスの間に熱を光硬化性材料に印加するための1つ以上の加熱要素も含む。これは、例えば、硬化プロセスを促進することに有益であり得る。例えば、ある場合には、熱および光の両方が、光硬化性材料を硬化させるために使用されることができる。例えば、熱の印加は、硬化プロセスを加速させる、硬化プロセスをより効率的にする、および／または硬化プロセスをより一貫させるために、使用されることができる。ある場合には、硬化プロセスは、光の代わりに熱を使用して実施されることができる。例えば、熱の印加は、光硬化性材料を硬化させるために使用されることができ、光源は、使用される必要がない。

【0119】

ポリマーフィルムを生産するための例示的システム1400が、図14に示される。一般に、システム1400は、図1に示されるシステム100に類似し得る。例えば、システム1400は、2つの作動可能ステージ102aおよび102bと、2つの金型構造104aおよび104bと、支持フレーム108と、制御モジュール110と、モータアセンブリ118と含むことができる。例証を容易にするために、制御モジュール110およびモータアセンブリ118は、図14に示されていない。

【0120】

しかしながら、本実施例では、システム1400は、2つの光源106aおよび106

10

20

30

40

50

bを含まない。代わりに、これは、それぞれ、金型構造104aおよび104bに隣接して位置付けられる、2つの加熱要素1402aおよび1402bを含む。加熱要素1402aおよび1402bは、（例えば、作動可能ステージ102aおよび102bを通して）金型構造104aおよび104bとともに移動するように構成され、硬化プロセスの間に熱を金型構造104aと104bとの間の光硬化性材料114に印加するように構成される。

【0121】

加熱要素1402aおよび1402bの動作は、制御モジュール110によって制御されることができる。例えば、制御モジュール110は、加熱要素1402aおよび1402bに通信可能に結合されることができ、（例えば、コマンドを加熱要素1402aおよび1402bに伝送することによって）熱を光硬化性材料114に選択的に印加することができる。

10

【0122】

例示的加熱要素1402aおよび1402bは、金属加熱要素（例えば、ニクロムまたは抵抗ワイヤ）、セラミック加熱要素（例えば、二珪化モリブデンまたはPTCセラミック要素）、ポリマーPTC加熱要素、複合加熱要素、またはそれらの組み合わせである。ある場合には、加熱要素1402aおよび1402bは、金型構造104aおよび104bへの一様な熱伝達を促進するための金属板を含むことができる。

【0123】

2つの加熱要素1402aおよび1402bが、図14に示されるが、ある場合には、システムは、任意の数の加熱要素（例えば、1つ、2つ、3つ、4つ、またはそれを上回る）を含むことができる、または全く含まない。さらに、システム1400は、光源106aおよび106bを伴わずに示されるが、ある場合には、システムは、1つ以上の光源と、1つ以上の加熱要素とを併せて含むことができる。

20

【0124】

ポリマーフィルムを生産するための別の例示的システム1500が、図15A-15Fに示される。図15Aは、システム1500の上側部分（例えば、上側作動可能ステージを操作するように構成されるシステムの部分）およびシステム1500の下側部分（例えば、下側作動可能ステージを操作するように構成されるシステムの部分）の両方を示す。図15Bおよび15Cは、それぞれ、高視点および低視点からシステム1500の上側部分を示す。図15Eは、システム1500で使用される例示的モータを示す。図15Eおよび15Fは、それぞれ、前方および後方視点から視認されるシステム1500の下側部分を示す。

30

【0125】

一般に、システム1500は、それぞれ、図1および14に示されるシステム100および1400に類似し得る。例えば、システム1500は、2つの作動可能ステージ102aおよび102b、2つの金型構造104aおよび104b、支持フレーム108、制御モジュール110、モータアセンブリ118、光源106aおよび106b、および／または加熱要素1402aおよび1402bを含むことができる。例証を容易にするために、制御モジュール110、光源106aおよび106b、および加熱要素1402aおよび1402bは、図15に示されていない。

40

【0126】

システム1500は、異なる個別の自由度に従って、モータアセンブリ118を使用して作動可能ステージ102aおよび102bを操作することができる。例えば、システム1500は、z方向に沿って作動可能ステージ102a（例えば、上側作動可能ステージ）を平行移動させるように、かつx軸およびy軸を中心として作動可能ステージ102aを回転させるように（例えば、作動可能ステージ102aを「傾斜」または「傾転」させるように）構成されることができる。しかしながら、システム1500は、y方向およびx方向に沿った作動可能ステージ102aの平行移動を制約するように、かつz軸を中心とした作動可能ステージ102の回転を制約するように構成されることができる。

50

【0127】

別の実施例として、システム1500は、x方向、y方向、およびz方向に沿って作動可能ステージ102b（例えば、下側作動可能ステージ）を平行移動させるように、かつz軸を中心として作動可能ステージ102aを回転させるように構成されることができる。しかしながら、システム1500は、x軸およびy軸を中心とした作動可能ステージ102bの回転を制約するように構成されることができる。

【0128】

本構成は、システム1500が、（例えば、成型および鋳造プロセスの性能を促進するように）相互に対して作動可能ステージ102aおよび102bを整合させることを可能にする。さらに、これは、（例えば、システムの自由度を限定されたサブセットに低減させることによって）システムを動作させ、維持することの複雑性を低減させることができる。なお、いくつかの実装では、システム1500は、6自由度（例えば、x方向、y方向、およびz方向に沿った平行移動、およびx方向、y方向、およびz方向を中心とした回転）に従って、またはその任意のサブセットに従って、作動可能ステージ102aおよび／または作動可能ステージ102bを操作するように構成されることができる。

【0129】

図15A-15Cに示されるように、モータアセンブリ118は、作動可能ステージ102aを操作するためのいくつかのモータ1502を含む。例示的モータ1502が、図15Dにさらに詳細に示される。モータ1502は、音声コイル1504（例えば、電線のコイル）と、ある構成要素（例えば、滑り軸受1512aおよび1512bの移動側に取り付けられた構成要素）の垂直位置（例えば、z位置）を追跡する光学リニアエンコーダ1506と、（例えば、支持フレーム108への取付のための）第1の搭載構造1508と、（例えば、作動可能ステージ102への取付のための）第2の搭載構造1510とを含む。制御モジュール110（例えば、図1に示されるような）は、電流を音声コイル1504に印加するように構成される。本電流は、音声コイル1504を通して、原動力（例えば、相互から離れるように、または相互に向かってモータ1502の搭載構造1508および1510を押動または引動する）を提供する、磁力を誘発する。ある場合には、モータ1502は、リニアモータと称され得る。

【0130】

制御モジュール110は、種々の量の電流を音声コイル1504に印加し、モータ1502の作動を制御するように構成されることができる。さらに、モータ1502のそれぞれの光学リニアエンコーダ1506および制御モジュール110は、併せて動作し、異なる方法で作動可能ステージ102aを操作することができる。例えば、制御モジュール110は、光学リニアエンコーダ1506を使用して、モータ1502のそれぞれの位置を決定することができ、異なるパターンの電流を音声コイル1504のそれぞれに印加し、異なる方法で作動可能ステージ102aを平行移動および／または回転させることができる。実施例として、モータ1502は、z方向に作動可能ステージ102aを上昇または下降させるように一斉に動作されることができる。別の実施例として、モータ1502は、1つ以上の点において作動可能102aステージを選択的に上昇させるように、および／または選択的に1つ以上の他の点において作動可能102bステージを下降させるように（例えば、作動可能ステージ102aを傾斜または傾転させるように）動作されることができる。

【0131】

モータ1502はまた、作動可能ステージ102bの移動の自由度を制約するための種々の軸受も含む。例えば、図15Bに示される実施例では、モータ1502は、モータ1502の対向端上に2つの軸受スライド1512aおよび1512bを含む。軸受スライド1512aおよび1512bは、z方向に沿って相互に対するモータ1502の2つの対向部分の平行移動を可能にするが、x方向およびy方向に沿った平行移動を制約する。さらに、モータ1502は、球面軸受1514を含む。球面軸受1514は、モータの2つの対向部分の間に係留点を提供する一方、2つの部分が相互に対してx軸、y軸、およ

10

20

30

40

50

び／またはz軸を中心として回転することを可能にする。さらに、モータ1502は、付加的軸受スライド1516を含む。軸受スライド1516は、横方向に沿って（例えば、x-y平面に沿った方向に）相互に対するモータ1502の2つの対向部分の平行移動を可能にするが、他の横方向およびz方向に沿った平行移動を抑制する。併せて、これらの軸受は、モータ1502の作動の自由度を制約する。さらに、併せて動作されたとき、モータ1502は、（例えば、上記に説明されるような）具体的自由度に従って、作動可能ステージ102bを操作することができる。

【0132】

システム1500はまた、特定の位置に向かって作動可能ステージ102aを付勢するための1つ以上のばね機構を含むこともできる。これは、例えば、モータ1502上の作動可能ステージ102aの負荷を低減させることに有用であり得る。例えば、図15A-15Cを参照すると、システム1500は、支持フレーム108に沿って分配されるいくつかのばね機構1518を含むことができる。各ばね機構1518は、支持フレーム108および作動可能ステージ102aに物理的に結合され、（例えば、重力に対して、それらの間のばね力の印加を通して）支持フレーム108に向かって作動可能ステージ102aを付勢する。いくつかの実装では、ばね機構1518によって印加される力は、作動可能ステージ102aがモータ1502による印加が欠けた特定の位置（例えば、アイドル位置）に静置するように、選択されることができる。

【0133】

図15Eおよび15Fに示されるように、システム1500の下側部分は、作動可能ステージ102bおよび金型104bを操作するためのいくつかの機構を含む。いくつかの実装では、これらの機構は、x方向、y方向、およびz方向に作動可能ステージ102bおよび金型104bを平行移動させるように、かつz軸を中心として作動可能ステージ102bおよび金型104bを回転させるように構成されることができる。

【0134】

例えば、システム1500の下側部分は、x方向に作動可能ステージ102bおよび金型104bを平行移動させるように構成される、第1の平行移動サブステージ1520aを含む。第1の平行移動サブステージ1520aは、リニアモータ1524と、スレッド1526（下記に説明されるサブステージ1520b-1520dを含む、システム1500の下側部分の他の構成要素が搭載される）と、トラック1528とを含む。制御モジュール110は、（例えば、x方向に作動可能ステージ102bおよび金型104bを平行移動させるように）トラック1528に沿ってスレッド1526を平行移動させる、電流をリニアモータ1524に印加するように構成される。制御モジュール110は、1つ以上のフィードバックセンサ（例えば、光学リニアエンコーダ、カメラ、位置センサ等）を使用して、トラック1528上のスレッド1526の位置を決定することができる。

【0135】

別の実施例として、システム1500の下側部分は、y方向に作動可能ステージ102bおよび金型104bを平行移動させるように構成される、第2の平行移動サブステージ1520bを含む。第1の平行移動サブステージ1520bは、リニアモータ1530と、スレッド1532（下記に説明されるサブステージ1520cおよび1520dを含む、システム1500の下側部分の他の構成要素が搭載される）と、トラック1534とを含む。制御モジュール110は、（例えば、y方向に作動可能ステージ102bおよび金型104bを平行移動させるように）トラック1534に沿ってスレッド1532を平行移動させる、電流をリニアモータ1530に印加するように構成される。制御モジュール110は、1つ以上のフィードバックセンサ（例えば、エンコーダ、カメラ、位置センサ等）を使用して、トラック1534上のスレッド1532の位置を決定することができる。

【0136】

別の実施例として、システム1500の下側部分は、z軸に沿って作動可能ステージ102bおよび金型104bを平行移動させるように構成される、第3の平行移動サブステージ1520cを含む。第3の平行移動サブステージ1520cは、リニアモータ153

10

20

30

40

50

6と、プラットフォーム1538（下記に説明されるサブステージ1520dを含む、システム1500の下側部分の他の構成要素が搭載される）とを含む。制御モジュール110は、z方向に沿ってプラットフォーム1538を平行移動させる、電流をリニアモータ1536に印加するように構成される。制御モジュール110は、1つ以上のフィードバックセンサ（例えば、エンコーダ、カメラ、位置センサ等）を使用して、プラットフォーム1538の位置を決定することができる。

【0137】

別の実施例として、システム1500の下側部分は、z軸を中心として作動可能ステージ102bおよび金型104bを回転させるように構成される、第4の回転サブステージ1520dを含む。第4の回転サブステージ1520dは、回転モータ1540と、プラットフォーム1542（作動可能ステージ102bおよび金型104bを含む、システム1500の下側部分の他の構成要素が搭載される）とを含む。制御モジュール110は、z方向を中心としてプラットフォーム1542を回転させる、電流を回転モータ1540に印加するように構成される。制御モジュール110は、1つ以上のフィードバックセンサ（例えば、エンコーダ、カメラ、位置センサ等）を使用して、プラットフォーム1542の位置を決定することができる。

【0138】

図15Fに示されるように、システム1500の下側部分はまた、システム1500のケーブル敷設および配線を管理するためのケーブル鎖1544を含むこともできる。例えば、ケーブルおよびワイヤ（例えば、システム1500の下側部分の構成要素をシステム1500の他の構成要素に電氣的に結合するもの）は、ケーブル鎖1544を通して配索されることができる。システム1500の構成要素が相互に対して移動するにつれて（例えば、スレッド1526がトラック1528に沿って移動するにつれて）、ケーブル鎖1544は、ケーブルまたはワイヤをともに束で保持しながら、屈曲または直線化し、それらの構成要素の移動を追跡する。

【0139】

いくつかの実装では、システム1500は、1つ以上の付加的ステージを含むことができる。これは、例えば、システム1500が並行して付加的材料または物体を取り扱うことを可能にするため、有用であり得る。例えば、図15A、15E、および15Fに示されるように、システム1500の下側部分は、作動可能ステージ102bに隣接して位置付けられ、それに機械的に結合される、付加的ステージ1546を含むことができる。付加的ステージ1546は、成型および鋳造プロセスと関連付けられる材料および／または物体を取り扱うために使用されることができる。例えば、ポリマー材料がフィルムに硬化された後、フィルムは、金型から除去され（例えば、剥離され）、さらなる処理または使用のために付加的ステージ1546上に堆積されることができる。

【0140】

いくつかの実装では、システム1500は、システム1500のコンポーネントの間の相対整合を決定するための1つ以上の視覚センサ（例えば、光検出器、カメラ等）を含むことができる。例えば、システム1500は、システムの1つ以上の構成要素上に位置付けられる、1つ以上の基準マーカ（例えば、視覚的に明確に異なるマーキング、パターン等）を含むことができる。さらに、システム1500は、視界に入る任意の基準マーカを検出し、検出された基準マーカに関する情報を制御モジュール110に伝送するように構成される、1つ以上の視覚センサを含むことができる。本情報は、基準マーカが検出された時間、基準マーカが検出された場所、検出された基準マーカのタイプ、基準マーカと視覚センサとの間の推定距離等のデータを含むことができる。本情報を使用して、制御モジュール110は、基準マーカに対する視覚センサの位置を決定し、相互に対するシステムの構成要素の相対位置1を決定することができる。実施例として、図15A、15B、15E、および15Fに示されるように、本システムは、システムの異なる部分にそれぞれ直面する、複数の視覚センサ1548を含むことができる。制御モジュール110は、システム1500の種々の部分の移動および位置に関するセンサデータを視覚センサ154

10

20

30

40

50

8から収集し、フィードバックに基づいてシステムの動作を制御することができる。これは、例えば、システム1500がさらなる程度の精度に従って制御されることを可能にすることに有用であり得る。

【0141】

図17は、導波管フィルムを形成するための例示的プロセス1700を示す。プロセス1700は、例えば、システム100、1400、または1500を使用して実施されることができる。ある場合には、プロセス1700は、（例えば、光学撮像システム内の導波管またはアイピースの一部として）光学用途で使用するために適切なポリマーフィルムを生産するために使用されることができる。ある場合には、本プロセスは、ヘッドセットで使用するために適切な導波管またはアイピースを生産するために特に有用であり得る。例えば、本プロセスは、光を誘導し、ヘッドセット着用者の視野を被覆する光を投影するために十分である厚さおよび／または断面積を有する、導波管またはアイピースを生産するために使用されることができる。実施例として、本プロセスは、800 μm またはそれ未満、600 μm またはそれ未満、400 μm またはそれ未満、200 μm またはそれ未満、100 μm またはそれ未満、または50 μm またはそれ未満等の（例えば、デカルト座標系のz軸に沿って測定されるような）1,000 μm 以下の厚さと、最大約100 cm^2 またはそれ未満等の5 cm^2 以上、10 cm^2 以上等の（例えば、デカルト座標系のx-y平面に対して測定されるような）少なくとも1 cm^2 の面積とを有し、所定の形状を有する、ポリマー製品を生産するために使用されることができる。ある場合には、ポリマーフィルムは、x-y平面内で少なくとも1つの方向に少なくとも1 cm （例えば、約30 cm またはそれ未満等の2 cm 以上、5 cm 以上、8 cm 以上、10 cm 以上）の寸法を有することができる。別の実施例として、本プロセスは、10 μm ～2 mm の厚さと、1,000 cm^2 と同程度の大きさの面積とを有する、ポリマー製品（例えば、約18 cm の直径を有する円形ポリマー製品）を生産するために使用されることができる。

【0142】

プロセス1700では、光硬化性材料が、第1の金型部分と第1の金型部分の反対の第2の金型部分との間の空間の中に分注される（ステップ1702）。金型部分を含む例示的システムが、例えば、図1に関して説明される。

【0143】

第1の金型部分の表面に対向する第2の金型部分の表面に対する第1の金型部分の表面の間の相対分離が、調節される（ステップ1704）。ある場合には、相対分離は、光硬化性材料で充填される空間の少なくとも一部が所定の形状を有するように、調節されることができる。ある場合には、相対分離は、光硬化性材料で充填される空間の少なくとも一部が、1,000 μm 以下の厚さと、少なくとも1 cm^2 の面積とを有するように、調節されることができる。ある場合には、相対分離は、光硬化性材料で充填される空間の少なくとも一部が、10 μm ～2 mm の厚さと、1,000 cm^2 と同程度の大きさの面積とを有するように、調節されることができる。金型部分の位置を調節するための例示的システムが、例えば、図1に関して説明される。

【0144】

ある場合には、相対分離を変動させるステップは、第2の金型部分に対して第1の金型部分の位置を発振させるステップを含むことができる。例示的発振技法が、例えば、図7に関して説明される。

【0145】

空間内の光硬化性材料は、硬化された導波管フィルムを形成するように、光硬化性材料を光硬化させるために適切な放射で照射される（ステップ1706）。光硬化性材料を照射するための例示的システムが、例えば、図1に関して説明される。

【0146】

光硬化性材料を照射するステップと同時に、以下のうちの少なくとも1つ、すなわち、（i）第1の金型部分の表面と第2の金型部分の表面との間の相対分離を変動させるステップ、および光硬化性材料を照射する放射の強度を変動させるステップが、実施される（

ステップ 1708)。

【0147】

ある場合には、相対分離は、第1の金型部分と第2の金型部分との間に延在する軸に沿って第1の金型部分によって受けられる力を調整するように、変動されることができる。ある場合には、相対分離は、力を調整する閉ループ制御システムに基づいて変動されることができる。例示的閉ループシステムが、例えば、図6Aに関して説明される。

【0148】

ある場合には、相対分離は、光硬化性材料内のゲル点に到達するために十分な時間にわたって光硬化性材料を照射した後に変動されることができる。ある場合には、相対分離は、光硬化性材料内のゲル点に到達するために十分な時間にわたって光硬化性材料を照射した後に低減されることができる。

10

【0149】

ある場合には、相対分離を変動させるステップは、第2の金型部分に向かって第1の金型部分を移動させ、第1の金型部分と第2の金型部分との間に配置される1つ以上のスペーサ構造を圧縮するステップを含むことができる。ある場合には、スペーサ構造は、開ループ制御システムに従って圧縮されることができる。例示的開ループシステムが、例えば、図6Bに関して説明される。

【0150】

ある場合には、放射の強度を変動させるステップは、光硬化性材料を照射する空間強度パターンを変動させるステップを含むことができる。放射の例示的空間強度パターンが、例えば、図11Aに関して説明される。

20

【0151】

ある場合には、放射の強度を変動させるステップは、放射のパワーを変動させるステップを含むことができる。パワーを変動させるステップは、放射をパルス化するステップを含むことができる。ある場合には、放射の各パルスは、同一のパワーを有することができる。ある場合には、放射のパルスは、異なるパワーを有することができる。ある場合には、放射の各パルスは、同一の持続時間を有することができる。ある場合には、放射のパルスは、異なる持続時間を有することができる。ある場合には、パルス周波数は、一定であり得る。ある場合には、パルス周波数は、変動されることができる。放射の例示的パルスパターンが、例えば、図9および10に関して説明される。

30

【0152】

ある場合には、放射の強度を変動させるステップは、空間の異なる面積を連続的に照射するステップを含むことができる。放射の例示的順次パターンが、例えば、図11Bに関して説明される。

【0153】

ある場合には、光硬化性材料で充填される空間の厚さは、変動し、放射の強度は、高い相対厚さの領域が、低い相対厚さの領域と比較して、より高い放射量を受容するように、変動されることができる。

【0154】

ある場合には、本プロセスはさらに、第1の金型部分および第2の金型部分から硬化された導波管フィルムを分離するステップを含むことができる。

40

【0155】

ある場合には、本プロセスは、本明細書に説明されるプロセスを使用して形成される導波管フィルムを備える、頭部搭載型ディスプレイを組み立てるステップを含むことができる。

【0156】

本明細書に説明される主題および動作のいくつかの実装は、デジタル電子回路で、または本明細書に開示される構造およびそれらの構造均等物を含む、コンピュータソフトウェア、ファームウェア、またはハードウェアで、またはそれらのうちの1つ以上のものの組み合わせで、実装されることができる。例えば、いくつかの実装では、制御モジュール1

50

10は、デジタル電子回路を使用して、またはコンピュータソフトウェア、ファームウェア、またはハードウェアで、またはそれらのうちの1つ以上のものの組み合わせで、実装されることができる。別の実施例では、図17に示されるプロセス1700は、少なくとも部分的に、デジタル電子回路を使用して、またはコンピュータソフトウェア、ファームウェア、またはハードウェアで、またはそれらのうちの1つ以上のものの組み合わせで、実装されることができる。

【0157】

本明細書に説明されるいくつかの実装は、デジタル電子回路、コンピュータソフトウェア、ファームウェア、またはハードウェアの1つ以上の群またはモジュールとして、またはそれらのうちの1つ以上のものの組み合わせで、実装されることができる。異なるモジュールが使用されることができるが、各モジュールは、明確に異なる必要はなく、複数のモジュールが、同一のデジタル電子回路、コンピュータソフトウェア、ファームウェア、またはハードウェア、またはそれらの組み合わせの上に実装されることができる。

【0158】

本明細書に説明されるいくつかの実装は、データ処理装置による実行のために、またはその動作を制御するように、コンピュータ記憶媒体上にエンコードされる、1つ以上のコンピュータプログラム、すなわち、コンピュータプログラム命令の1つ以上のモジュールとして、実装されることができる。コンピュータ記憶媒体は、コンピュータ可読記憶デバイス、コンピュータ可読記憶基板、ランダムまたはシリアルアクセスメモリアレイまたはデバイス、またはそれらのうちの1つ以上のものの組み合わせであり得る、またはその中に含まれることができる。また、コンピュータ記憶媒体は、伝搬された信号ではないが、コンピュータ記憶媒体は、人工的に発生された信号でエンコードされるコンピュータプログラム命令のソースまたは宛先であり得る。コンピュータ記憶媒体はまた、1つ以上の別の物理的構成要素または媒体（例えば、複数のCD、ディスク、または他の記憶デバイス）であり得る、またはその中に含まれることができる。

【0159】

用語「データ処理装置」は、一例として、プログラマブルプロセッサ、コンピュータ、チップ上のシステム、または前述の複数のものまたは組み合わせを含む、データを処理するための全ての種類の装置、デバイス、およびマシンを含む。本装置は、特殊用途論理回路、例えば、FPGA（フィールドプログラマブルゲートアレイ）またはASIC（特定用途向け集積回路）を含むことができる。本装置はまた、ハードウェアに加えて、当該コンピュータプログラムのための実行環境を作成するコード、例えば、プロセッサファームウェア、プロトコルスタック、データベース管理システム、オペレーティングシステム、クロスプラットフォーム実行時間環境、仮想マシン、またはそれらのうちの1つ以上のものの組み合わせを構成するコードを含むこともできる。本装置および実行環境は、ウェブサービス、分散コンピューティング、およびグリッドコンピューティングインフラストラクチャ等の種々の異なるコンピューティングモデルインフラストラクチャを実現することができる。

【0160】

コンピュータプログラム（プログラム、ソフトウェア、ソフトウェアアプリケーション、スクリプト、またはコードとしても公知である）は、コンパイラ型またはインタープリタ型言語、宣言型または手続き型言語を含む、任意の形態のプログラミング言語で書かれることができる。コンピュータプログラムは、ファイルシステム内のファイルに対応し得るが、その必要はない。プログラムは、他のプログラムまたはデータ（例えば、マークアップ言語文書内に記憶された1つ以上のスクリプト）を保持するファイルの一部内に、当該プログラム専用の単一のファイル内に、または複数の協調ファイル（例えば、1つ以上のモジュール、サブプログラム、またはコードの一部を記憶するファイル）内に記憶されることができる。コンピュータプログラムは、1つのコンピュータ上で、または1つの場所に位置する、または複数の場所を横断して分散され、通信ネットワークによって相互接続される、複数のコンピュータ上で、実行されるように展開されることができる。

【0161】

本明細書に説明されるプロセスおよび論理フローのうちのいくつかは、入力データに作用し、出力を発生させることによってアクションを実施するように1つ以上のコンピュータプログラムを実行する、1つ以上のプログラマブルプロセッサによって実施されることができる。プロセスおよび論理フローはまた、特殊用途論理回路、例えば、FPGA（フィールドプログラマブルゲートアレイ）またはASIC（特定用途向け集積回路）によって実施されることもでき、装置もまた、それとして実装されることができる。

【0162】

コンピュータプログラムの実行のために適切なプロセッサは、一例として、汎用および特殊用途マイクロプロセッサの両方、および任意の種類のデジタルコンピュータのプロセッサを含む。概して、プロセッサは、読取専用メモリまたはランダムアクセスメモリまたは両方から、命令およびデータを受信するであろう。コンピュータは、命令に従ってアクションを実施するためのプロセッサと、命令およびデータを記憶するための1つ以上のメモリデバイスとを含む。コンピュータはまた、データを記憶するための1つ以上の大容量記憶デバイス、例えば、磁気、光磁気ディスク、または光ディスクを含む、またはそこからデータを受信する、またはそこにデータを転送するように、それに動作可能に結合される、または両方であってもよい。しかしながら、コンピュータは、そのようなデバイスを有する必要はない。コンピュータプログラム命令およびデータを記憶するために適切なデバイスは、一例として、半導体メモリデバイス（例えば、EPROM、EEPROM、フラッシュメモリデバイス、およびその他）、磁気ディスク（例えば、内部ハードディスク、リムーバブルディスク、およびその他）、光磁気ディスク、およびCD-ROMおよびDVD-ROMディスクを含む、全ての形態の不揮発性メモリ、媒体、およびメモリデバイスを含む。プロセッサおよびメモリは、特殊用途論理回路によって補完される、またはそれに組み込まれることができる。

【0163】

ユーザとの相互作用を提供するために、動作は、情報をユーザに表示するためのディスプレイデバイス（例えば、モニタまたは別のタイプのディスプレイデバイス）と、それによってユーザが入力をコンピュータに提供し得るキーボードおよびポインティングデバイス（例えば、マウス、トラックボール、タブレット、タッチセンサ式スクリーン、または別のタイプのポインティングデバイス）とを有する、コンピュータ上に実装されることができる。他の種類のデバイスも、ユーザとの相互作用を提供するために使用されることができる。例えば、ユーザに提供されるフィードバックは、任意の形態の感覚フィードバック、例えば、視覚フィードバック、聴覚フィードバック、または触覚フィードバックであり得、ユーザからの入力は、音響、発話、または触覚入力を含む、任意の形態で受信されることができる。加えて、コンピュータは、ユーザによって使用されるデバイスに文書を送信し、そこから文書を受信することによって、例えば、ウェブブラウザから受信される要求に応答して、ウェブページをユーザのクライアントデバイス上のウェブブラウザに送信することによって、ユーザと相互作用することができる。

【0164】

コンピュータシステムは、単一のコンピューティングデバイス、または近接して、または相互から略遠隔で動作し、典型的には、通信ネットワークを通して相互作用する、複数のコンピュータを含んでもよい。通信ネットワークの実施例は、ローカルエリアネットワーク（「LAN」）およびワイドエリアネットワーク（「WAN」）、インターネットワーク（例えば、インターネット）、衛星リンクを備えるネットワーク、およびピアツーピアネットワーク（例えば、アドホックピアツーピアネットワーク）を含む。クライアントおよびサーバの関係は、個別のコンピュータ上で起動し、相互にクライアントーサーバ関係を有する、コンピュータプログラムにより、生じ得る。

【0165】

図18は、プロセッサ1810と、メモリ1820と、記憶デバイス1830と、入力／出力デバイス1840とを含む、例示的コンピュータシステム1800を示す。コンポ

10

20

30

40

50

ーネット1810、1820、1830、および1840はそれぞれ、例えば、システムバス1850によって相互接続されることができる。プロセッサ1810は、システム1800内の実行のために命令を処理することが可能である。いくつかの実装では、プロセッサ1810は、シングルスレッドのプロセッサ、マルチスレッドのプロセッサ、または別のタイプのプロセッサである。プロセッサ1810は、メモリ1820内または記憶デバイス1830上に記憶された命令を処理することが可能である。メモリ1820および記憶デバイス1830は、システム1800内に情報を記憶することができる。

【0166】

入力／出力デバイス1840は、システム1800のための入力／出力動作を提供する。いくつかの実装では、入力／出力デバイス1840は、ネットワークインターフェースデバイス、例えば、イーサネット（登録商標）カード、シリアル通信デバイス、例えば、RS-232ポート、および／または無線インターフェースデバイス、例えば、802.11カード、3G無線モデム、4G無線モデム等のうちの1つ以上のものを含むことができる。いくつかの実装では、入力／出力デバイスは、入力データを受信し、出力データを他の入力／出力デバイス、例えば、キーボード、プリンタ、およびディスプレイデバイス1860に送信するように構成される、ドライバデバイスを含むことができる。いくつかの実装では、モバイルコンピューティングデバイス、モバイル通信デバイス、および他のデバイスが、使用されることができる。

【0167】

本明細書は、多くの詳細を含有するが、これらは、特許請求の範囲への限定としてではなく、むしろ、特定の実施例に特有の特徴の説明として解釈されるべきである。別個の実装との関連で本明細書に説明される特定の特徴もまた、組み合わせられることができる。逆に、単一の実装との関連で説明される種々の特徴もまた、複数の実施形態では、別個に、または任意の適切な副次的組み合わせで、実装されることができる。

【0168】

いくつかの実装が、説明された。それでもなお、種々の修正が、本発明の精神および範囲から逸脱することなく行われ得ることを理解されたい。故に、他の実装も、以下の請求項の範囲内である。

10

20

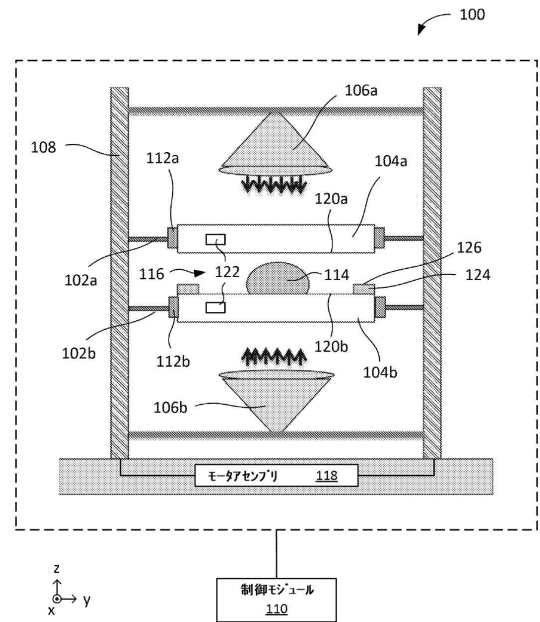
30

40

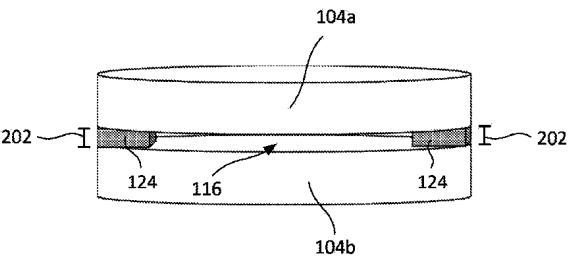
50

【図面】

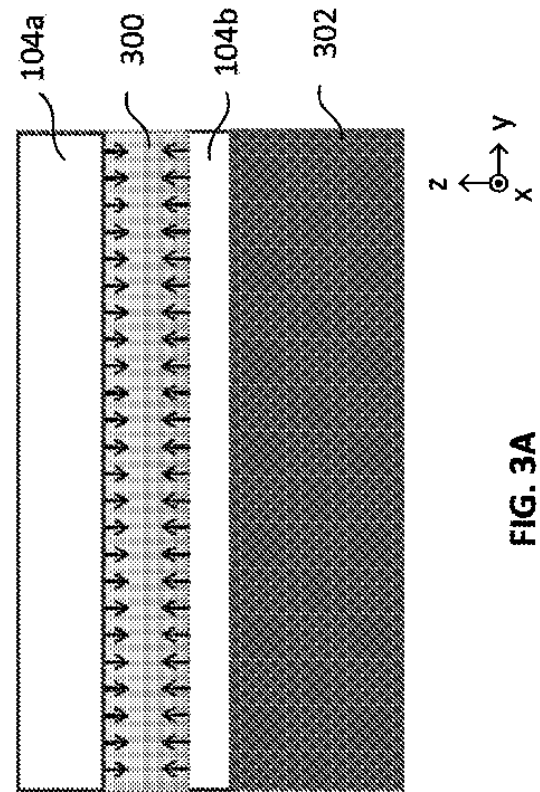
【図 1】



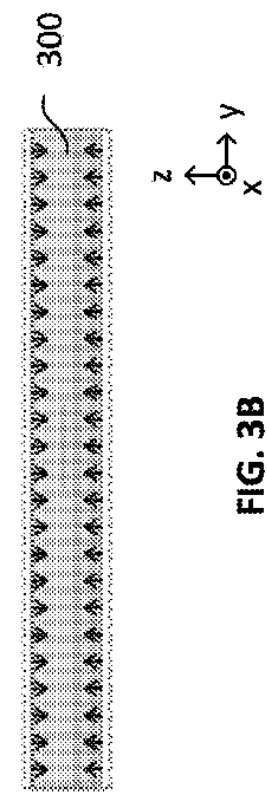
【図 2】



【図 3 A】



【図 3 B】



10

20

30

40

50

【図 4】

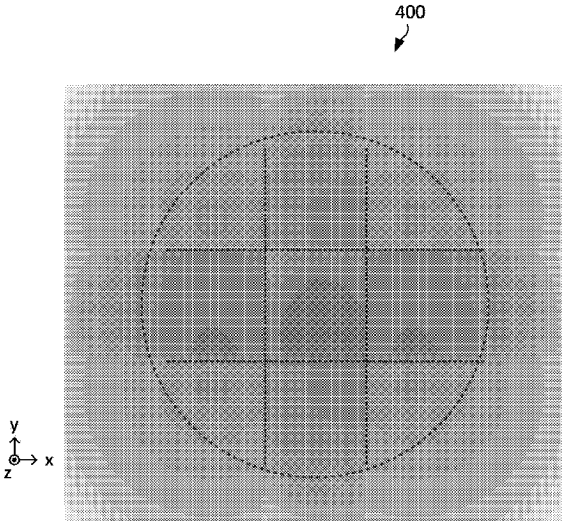


FIG. 4

【図 5 A】

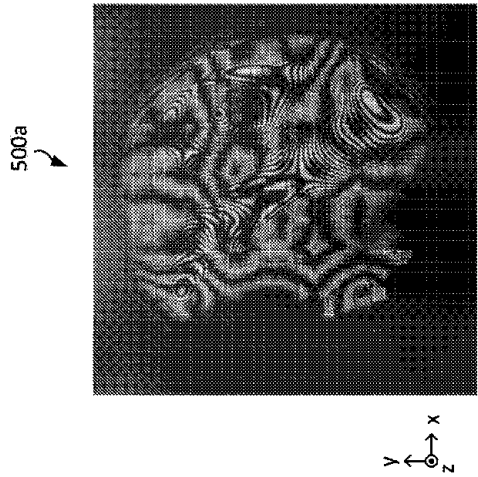
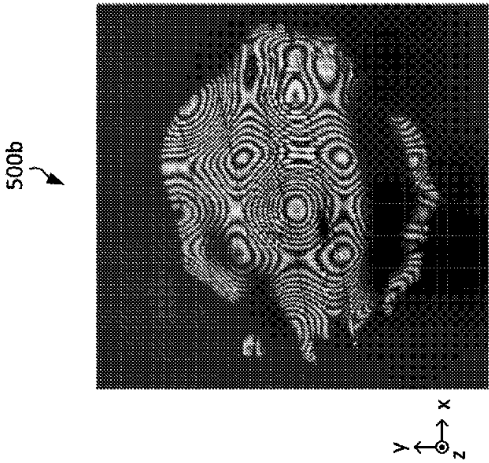


FIG. 5A

【図 5 B】



【図 6 A】

FIG. 5B

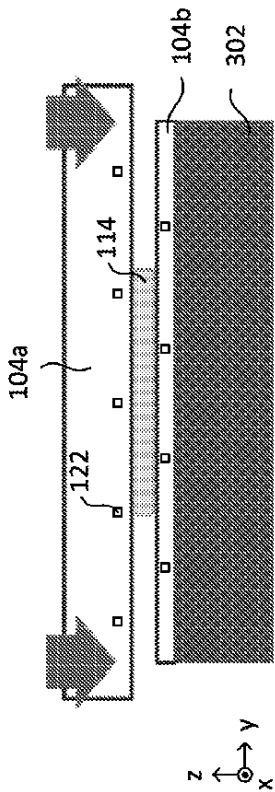


FIG. 6A

10

20

30

40

50

【図 6 B】

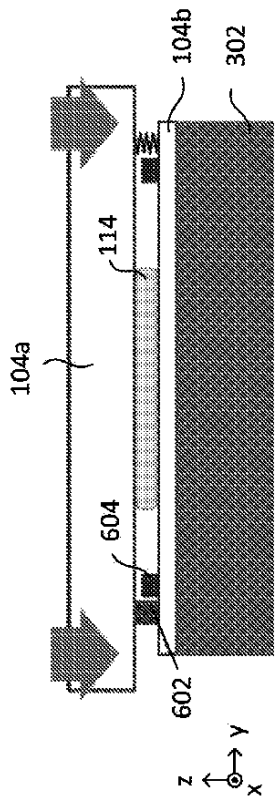


FIG. 6B

【図 7】

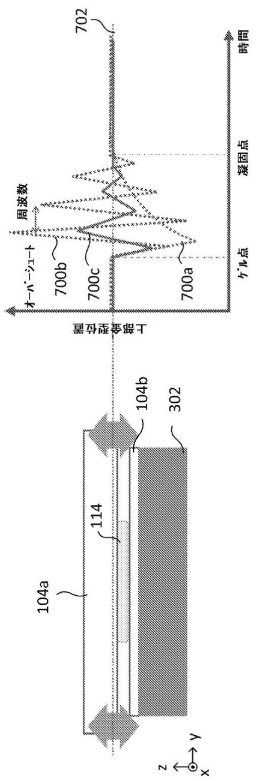


FIG. 7

【図 8】

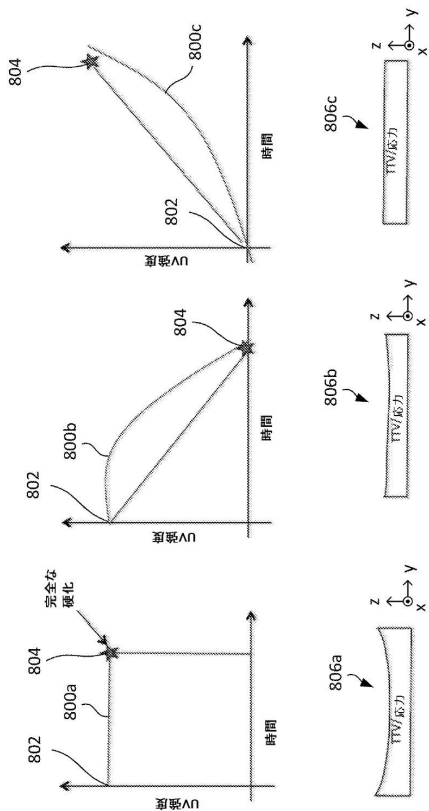


FIG. 8C

FIG. 8B

FIG. 8A

【図 9】

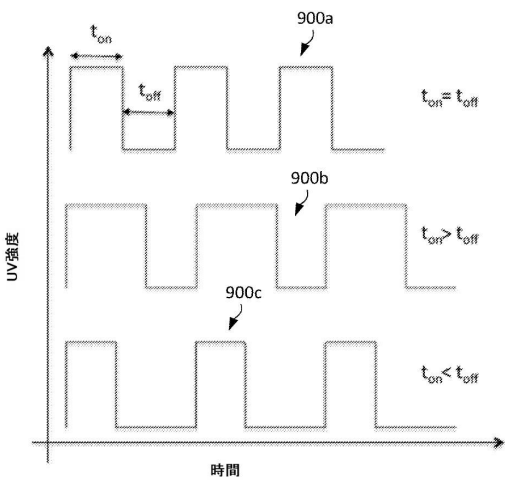


FIG. 9

10

20

30

40

50

【図 1 0】

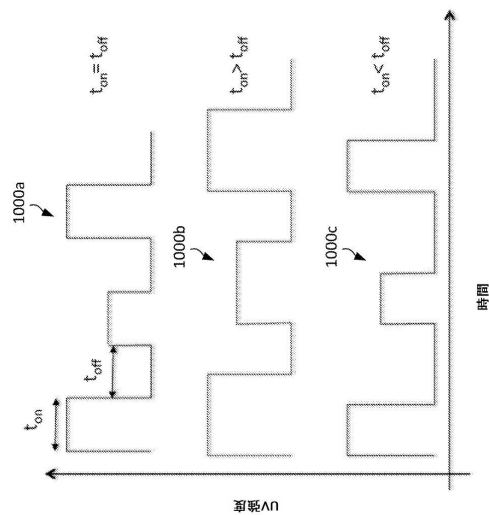


FIG. 10

【図 1 1 A】

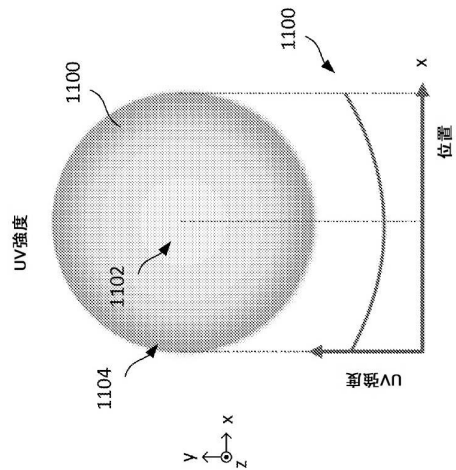


FIG. 11A

【図 1 1 B】

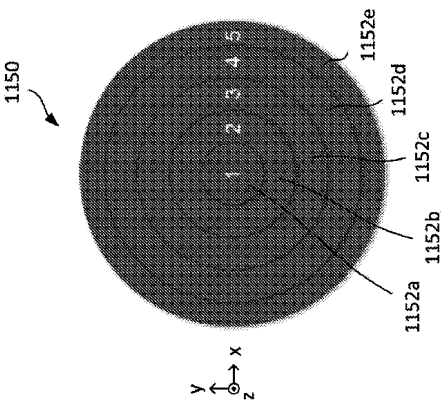


FIG. 11B

【図 1 2 A】

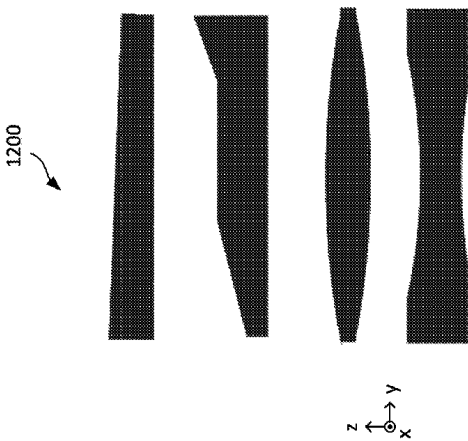


FIG. 12A

10

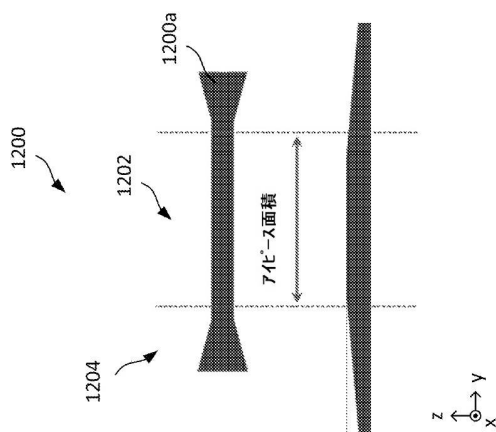
20

30

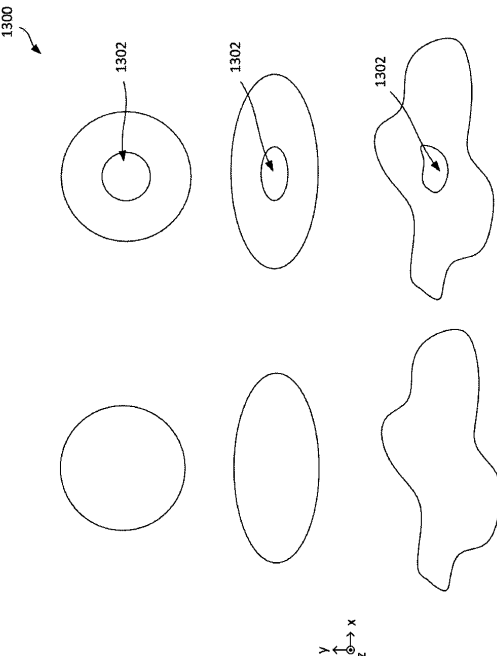
40

50

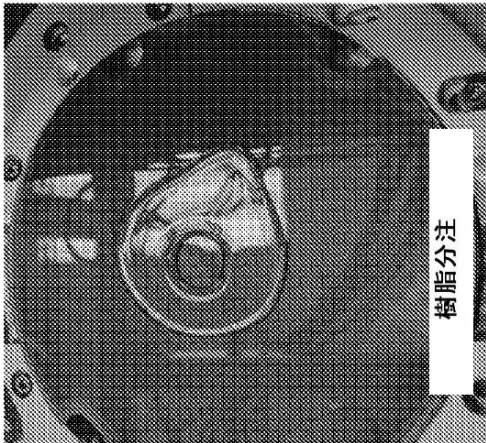
【図 1 2 B】



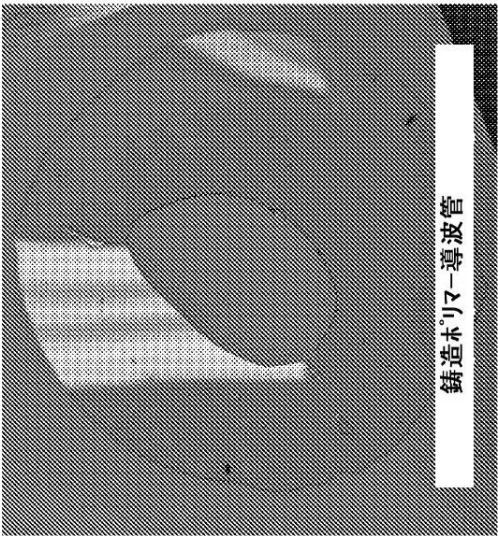
【図 1 3 A】



【図 1 3 B】



【図 1 3 C】



10

20

30

40

50

【図 13 D】

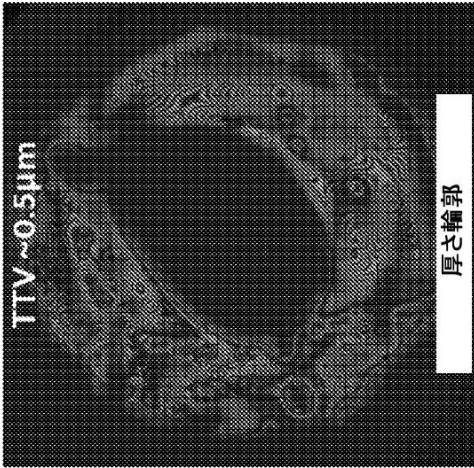


FIG. 13D

【図 14】

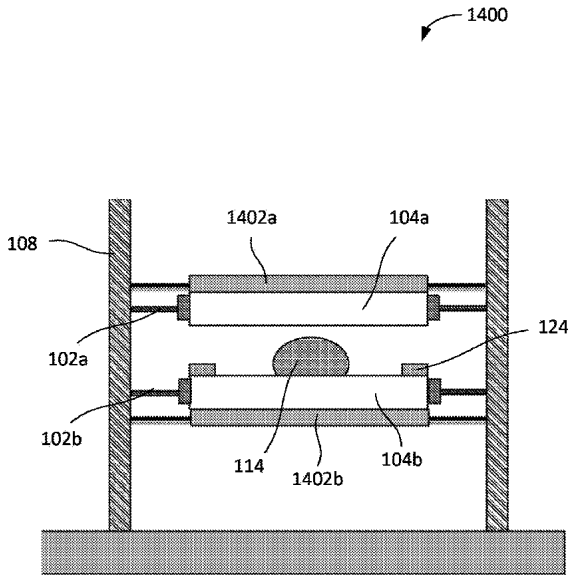


FIG. 14

【図 15 A】

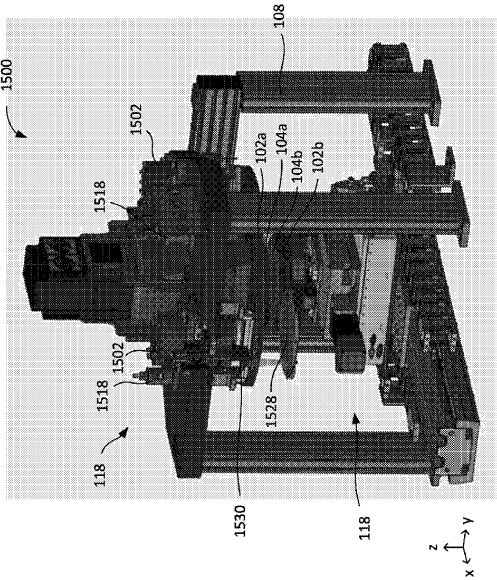


FIG. 15A

【図 15 B】

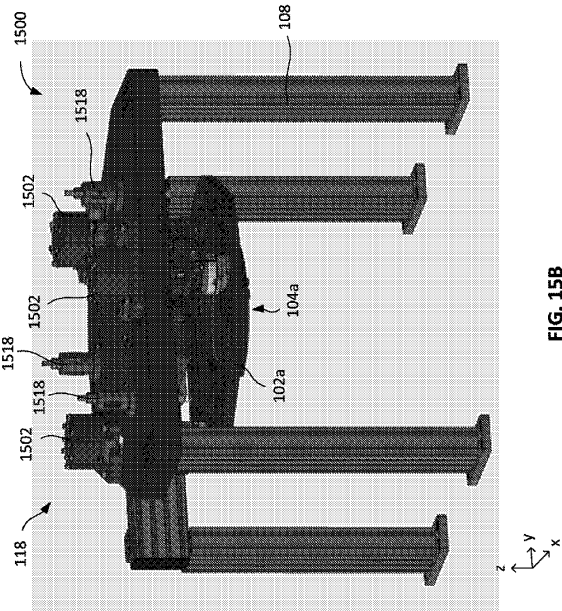


FIG. 15B

10

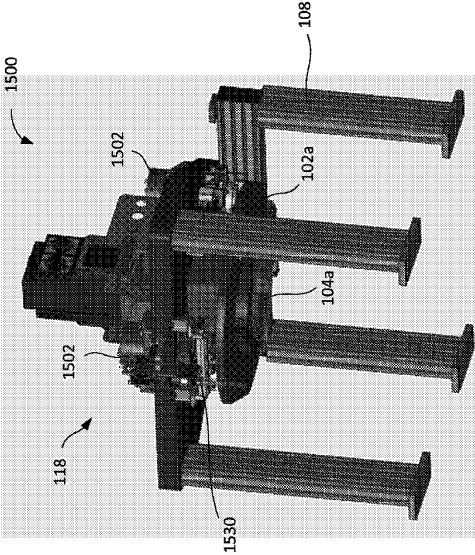
20

30

40

50

【図 15 C】



【図 15 D】

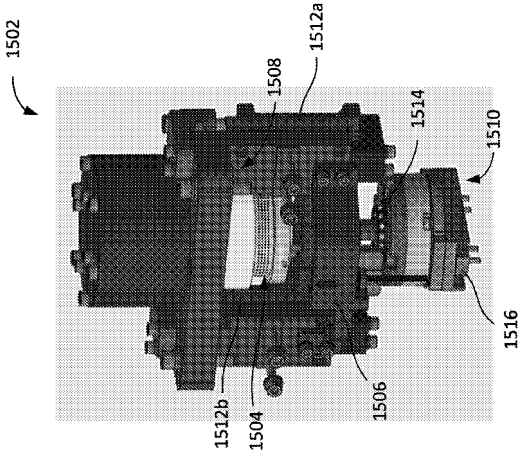


FIG. 15D

【図 15 E】

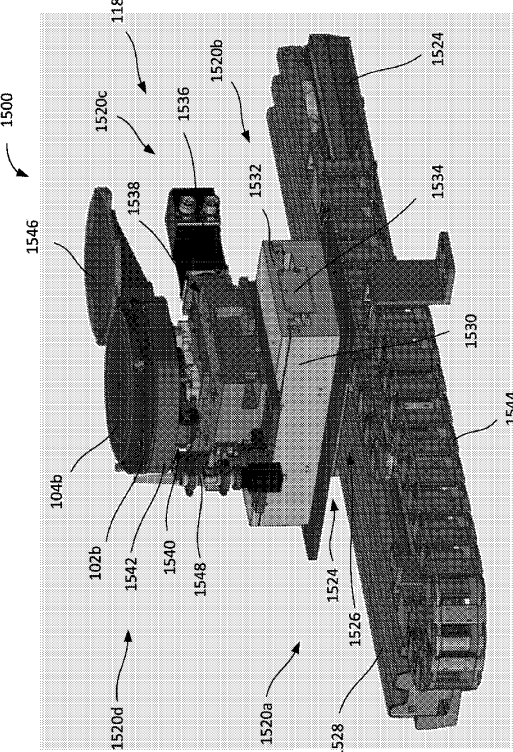


FIG. 15E

【図 15 F】

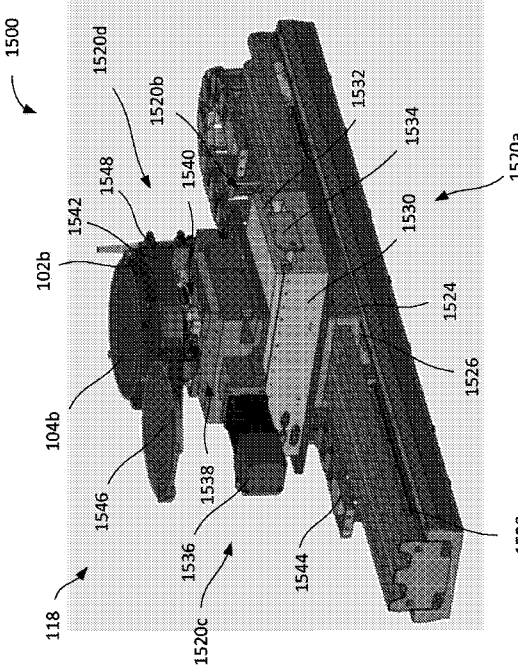
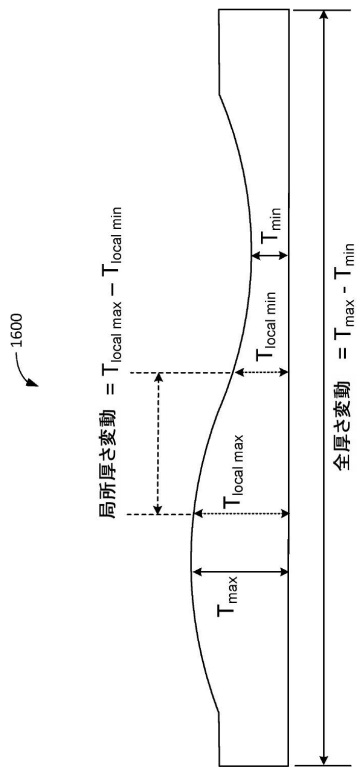


FIG. 15F

【図 16】



【図 17】

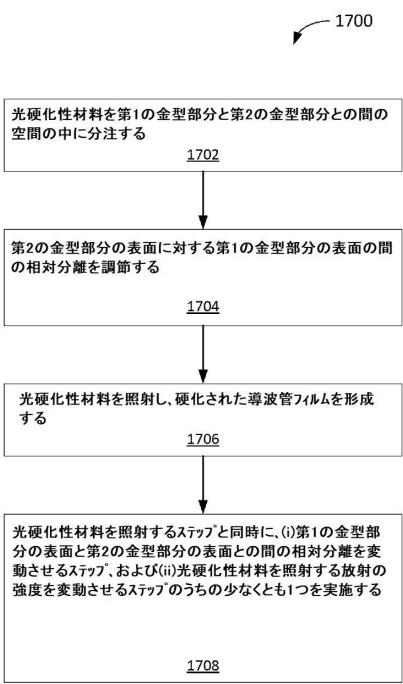


FIG. 17

【図 18】

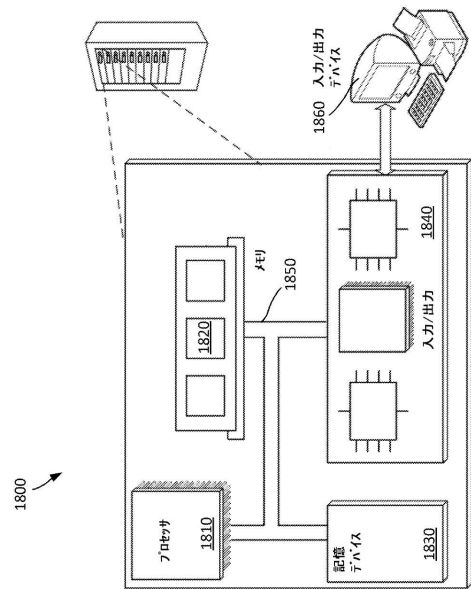


FIG. 18

フロントページの続き

- (74)代理人 100181641
弁理士 石川 大輔
- (74)代理人 230113332
弁護士 山本 健策
- (72)発明者 チャン, チェ
アメリカ合衆国 フロリダ 33322, プランテーション, ダブリュー. サンライズ ブール
バード 7500
- (72)発明者 ペロス, クリストフ
アメリカ合衆国 フロリダ 33322, プランテーション, ダブリュー. サンライズ ブール
バード 7500
- (72)発明者 バガト, シャラド ディー.
アメリカ合衆国 フロリダ 33322, プランテーション, ダブリュー. サンライズ ブール
バード 7500
- (72)発明者 クルグ, マイケル アンソニー
アメリカ合衆国 フロリダ 33322, プランテーション, ダブリュー. サンライズ ブール
バード 7500
- (72)発明者 カーデン, チャールズ スコット
アメリカ合衆国 フロリダ 33322, プランテーション, ダブリュー. サンライズ ブール
バード 7500
- (72)発明者 パターソン, ロイ マシュー
アメリカ合衆国 フロリダ 33322, プランテーション, ダブリュー. サンライズ ブール
バード 7500
- (72)発明者 シャフラン, マシュー エス.
アメリカ合衆国 フロリダ 33322, プランテーション, ダブリュー. サンライズ ブール
バード 7500
- 審査官 今井 拓也
- (56)参考文献 米国特許出願公開第2003/0169400 (US, A1)
米国特許出願公開第2007/0104440 (US, A1)
米国特許出願公開第2007/0060849 (US, A1)
特開2005-231960 (JP, A)
特表2020-511795 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B29C 35/08
B29C 39/26
B29C 39/38
G02B 3/00