

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5643644号
(P5643644)

(45) 発行日 平成26年12月17日 (2014. 12. 17)

(24) 登録日 平成26年11月7日 (2014. 11. 7)

(51) Int. Cl.	F I
B 2 9 D 11/00 (2006. 01)	B 2 9 D 11/00
B 2 9 C 39/02 (2006. 01)	B 2 9 C 39/02
G 0 2 C 7/04 (2006. 01)	G 0 2 C 7/04
B 2 9 C 39/44 (2006. 01)	B 2 9 C 39/44
B 2 9 L 11/00 (2006. 01)	B 2 9 L 11:00

請求項の数 35 (全 52 頁)

(21) 出願番号	特願2010-521882 (P2010-521882)	(73) 特許権者	591175675
(86) (22) 出願日	平成20年8月21日 (2008. 8. 21)		ジョンソン・アンド・ジョンソン・ビジョン・ケア・インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2010-536617 (P2010-536617A)		アメリカ合衆国、3 2 2 5 6 フロリダ州
(43) 公表日	平成22年12月2日 (2010. 12. 2)		、ジャクソンビル、センチュリオン・パークウェイ 7 5 0 0、スイート 1 0 0
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/009973	(74) 代理人	100088605
(87) 国際公開番号	W02009/025845		弁理士 加藤 公延
(87) 国際公開日	平成21年2月26日 (2009. 2. 26)	(74) 代理人	100130384
審査請求日	平成23年4月13日 (2011. 4. 13)		弁理士 大島 孝文
(31) 優先権主張番号	60/957, 069	(72) 発明者	ウィドマン・マイケル・エフ
(32) 優先日	平成19年8月21日 (2007. 8. 21)		アメリカ合衆国、3 2 2 2 3 フロリダ州
(33) 優先権主張国	米国 (US)		、ジャクソンビル、クレア・レーン 2 8 6 4
(31) 優先権主張番号	12/195, 132		
(32) 優先日	平成20年8月20日 (2008. 8. 20)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眼科レンズ前駆体及びレンズを形成する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

眼科レンズ前駆体を形成する方法において、

化学放射線を透過する光学品質領域を有する単一基材を、反応性混合物体積と接触させて配置する工程と、

前記単一基材を通して十分な化学放射線を透過させて、前記反応性混合物体積の一部を重合させ、前記眼科レンズ前駆体を形成する工程であって、前記眼科レンズ前駆体が、前記光学品質領域に沿った第 1 の表面部分と、自由形成される第 2 の表面部分とを備える、工程と、を含み、

強度プロファイルを計算する工程と、

前記強度プロファイルに基づいて、前記基材を通して前記化学放射線を透過させる工程と、を更に含み、

前記反応性混合物が、前記単一基材を通して透過される前記化学放射線を吸収することができる放射線吸収成分を含み、前記方法が、透過のベクトルに沿って、前記ベクトルの方向の重合を停止させるのに十分な放射線を吸収する工程を更に含み、それによって、前記第 2 の表面部分は、一連のベクトル及びそれぞれのベクトルの重合の深さに従って形成される、方法。

【請求項 2】

前記形成されるレンズ前駆体の前記第 1 の表面部分が、第 1 の弾性率を含み、前記レンズ前駆体の前記第 2 の表面部分が、第 2 の弾性率を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第 1 の表面部分の前記弾性率が、前記第 2 の表面部分の前記弾性率より高い、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

化学放射線のそれぞれのベクトルが、重合されるか又は部分的に重合されるレンズ材料のボクセルに関連付けられ、化学放射線の前記透過が、ボクセル単位で制御される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

化学放射線の前記透過が、デジタルミラーデバイス装置と通信するプロセッサによって制御される、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 6】

前記デジタルミラーデバイス装置が、3 つのデジタルミラーデバイスチップを備える、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記基材の前記表面上の点から前記反応性混合物中への化学放射線の浸透の深さを、ベールの法則に従って計算することができる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

少なくとも前記第 2 の表面部分を溶液中ですすぐ工程を更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記溶液が、未反応の反応性混合物を含む、請求項 8 に記載の方法。

20

【請求項 10】

前記レンズ前駆体の前記第 2 の表面部分をすすぐ前記溶液を、前記レンズ前駆体の前記第 2 の表面部分をすすぐ間に超音波分解する工程を更に含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 11】

前記化学放射線を所定の持続時間にわたって静的パターンで透過させる工程を更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

前記化学放射線を動的パターンで透過させる工程を更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

前記化学放射線は、スペクトルが $370\text{ nm} \sim 430\text{ nm}$ の光を含む、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 14】

前記光のスペクトルを帯域通過フィルターに通過させる工程を更に含む、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 15】

請求項 1 ～ 14 に記載の方法を用いて眼科レンズを形成する方法において、
滞留期間中に、前記レンズ前駆体の前記第 2 の表面部分を構成する流動性材料の第 1 の部分を流す工程と、

前記レンズ前駆体を第 2 の化学放射線への暴露にさらして、前記眼科レンズを形成する工程と、を含む、方法。

40

【請求項 16】

前記レンズ前駆体の前記第 2 の表面部分を構成する流動性材料の第 2 の部分を浸出させる工程を更に含む、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

前記レンズ前駆体を前記反応性混合物から後退させる工程と、
前記流動性材料の第 2 の部分を前記レンズ前駆体の前記第 2 の表面部分から排出させる工程と、を更に含む、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 18】

前記眼科レンズ前駆体の前記第 2 の表面部分の弾性率より高い弾性率を有する、前記眼

50

科レンズ前駆体の第 1 の表面を形成する工程を更に含む、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 19】

前記第 1 の化学放射線の前記透過が、ボクセル単位で制御される、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 20】

前記第 1 の化学放射線の前記透過が、デジタルミラーデバイス装置と通信するプロセッサによって制御される、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 21】

前記デジタルミラーデバイス装置が、少なくとも 3 つのデジタルミラーデバイスチップを備える、請求項 20 に記載の方法。

10

【請求項 22】

前記基材の前記表面上の点から前記反応性混合物中への前記第 1 の化学放射線の浸透の深さを、ベールの法則に従って計算することができる、請求項 21 に記載の方法。

【請求項 23】

前記第 1 の化学放射線が、所定の持続時間にわたって静的パターンで透過される、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 24】

前記第 1 の化学放射線が、動的パターンで透過される、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 25】

前記第 1 の化学放射線は、スペクトルが 370 nm ~ 430 nm の光を含む、請求項 17 に記載の方法。

20

【請求項 26】

前記第 1 の化学放射線を構成する光のスペクトルが、帯域通過フィルターによって処理される、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 27】

前記レンズ前駆体の前記第 2 の表面部分_をを溶液中ですすぐ工程を更に含む、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 28】

前記溶液が、未反応の反応性混合物を含む、請求項 27 に記載の方法。

【請求項 29】

30

前記レンズ前駆体の前記第 2 の部分をすすぐ前記溶液を、前記レンズ前駆体の前記第 2 の部分をすすぐ間に超音波分解する工程を更に含む、請求項 28 に記載の方法。

【請求項 30】

前記第 2 の化学放射線が、前記反応性混合物内の吸収体によって 5 % 以下の透過率で吸収される波長を含む、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 31】

前記眼科レンズ前駆体が、ステレオリソグラフィプロセスを含むプロセスを介して形成される、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 32】

前記眼科レンズ前駆体が、グレースケールリソグラフィプロセスを含むプロセスを介して形成される、請求項 17 に記載の方法。

40

【請求項 33】

前記眼科レンズ前駆体が、ボクセルに基づいたリソグラフィプロセスを含むプロセスを介して形成される、請求項 17 に記載の方法。

【請求項 34】

前記レンズ前駆体内に 1 つ以上の浸出チャンネルを形成する工程と、

滞留させる工程中に、流動性材料を前記レンズ前駆体の前記第 2 の表面部分_{から}前記浸出チャンネル内に浸出させる工程と、を更に含む、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 35】

前記第 2 の化学放射線の前記波長が、前記反応性混合物内の吸収体によって 5 % 以下の

50

透過率で吸収される波長を含む、請求項 3 4 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【開示の内容】

【0001】

〔関連出願の相互参照〕

本願は、内容が根拠となり、参照することによって組み込まれる、2007年8月21日に出願された、「カスタマイズされた眼科レンズの製作 (Customized Ophthalmic Lens Fabrication)」という名称の仮特許出願 S / N 60 / 957, 069 号の優先権を主張する。

【0002】

〔使用分野〕

本発明は、眼科レンズを製作するための、より具体的には、幾つかの実施形態では、カスタマイズされたコンタクト・レンズを形成するのに有用なレンズ前駆体を製作するための装置を記載する。

【0003】

〔発明の背景〕

眼科レンズは多くの場合に、注型成型によって作られ、注型成型では、モノマー材料を、対向する鋳型部分の光学表面間に画定される空洞内に堆積させる。ヒドロゲルを有用な物品 (例えば眼科レンズ) に作るために用いる多部分鋳型は、例えば、眼科レンズの後側湾曲部に対応する凸部部分を伴う第 1 の鋳型部分と、眼科レンズの前側湾曲部に対応する凹部部分を伴う第 2 の鋳型部分とを備えることができる。かかる鋳型部分を使用してレンズを調製するために、未硬化ヒドロゲルレンズ配合物が、プラスチック製の使い捨て前側湾曲部鋳型部分とプラスチック製の使い捨て後側湾曲部鋳型部分との間に置かれる。

【0004】

前側湾曲部鋳型部分及び後側湾曲部鋳型部分は、典型的に、射出成形技術を介して形成され、射出成形では、溶融プラスチックが、少なくとも 1 つの光学品質表面を有する、高度に機械加工された鋼製ツールに押し込まれる。

【0005】

前側湾曲部鋳型部分及び後側湾曲部鋳型部分は、接合され、所望のレンズパラメーターに従ってレンズを形状化する。レンズ配合物をその後に、例えば熱及び光に暴露することによって硬化させることで、レンズを形成する。硬化に続き、鋳型部分は分離され、レンズは鋳型部分から取り外される。

【0006】

眼科レンズの注型成型は、特に、限られた数のレンズ寸法及び度数の大量生産に成功している。しかしながら、射出成形プロセス及び器具の性質は、特定の患者の眼又は特定の用途専用のカスタムレンズを形成することを困難にする。その結果、レンズボタンの旋削及びステレオリソグラフィ技術等、他の技術が検討されてきた。しかしながら、旋削は、高弾性率レンズ材料を必要とし、時間がかかり、使用可能な表面の範囲が限定され、ステレオリソグラフィは、ヒトが使用するのに適したレンズをまだ生成していない。

【0007】

したがって、特定の患者若しくは目的の一方又は両方のためにカスタマイズすることができるように、所定の寸法及び形状の眼科レンズの形成につながる更なる方法及び装置を有することが望ましい。

【0008】

〔発明の概要〕

本発明は、眼科レンズ前駆体を形成する方法であって、幾つかの実施形態では、眼科レンズを形成するために続けてレンズ前駆体を利用することができる、方法を目的とする。一般に、眼科レンズ前駆体を形成する方法は、光学品質領域を有する基材を、反応性混合物体積と接触させて配置する工程と、基材を通して十分な化学放射線を透過させて、反応性混合物体積の一部を重合させる工程とを含む。次いでレンズ前駆体は、光学品質領域に

10

20

30

40

50

沿った第1の表面と、反応性混合物体積内に自由形成され、反応性混合物の全ては含まない、第2の表面部分とを形成することができる。

【0009】

本発明の更なる態様は、強度プロファイルを計算する工程と、強度プロファイルに基づいて、基材を通して化学放射線を透過させる工程とを含む。自由形成されるレンズ前駆体表面は、強度プロファイルに基づき、それに従って形成される。

【0010】

反応性混合物は、単一基材を通して透過される化学放射線を吸収することができる、放射線吸収成分を含むことができる。放射線吸収成分は、放射線透過のベクトルに沿って、十分な放射線を吸収し、ベクトルの方向の重合を停止させることができる。それによって第2の表面は、一連のベクトル及びそれぞれのベクトルの重合の深さに従って形成される。幾つかの実施形態では、形成されるレンズの第1の表面は、第1の弾性率を有し、レンズの第2の表面は、第2の弾性率を有する。

10

【0011】

また、実施形態は、重合されるか又は部分的に重合されるレンズ材料のボクセルに関連付けられている化学放射線のそれぞれのベクトルと、ボクセル単位で制御されている化学放射線の透過とを含むことができる。ボクセル単位の化学放射線の透過は、デジタルミラーデバイス装置と通信する、実行可能なコードを走らせるプロセッサによって制御することができる。デジタルミラーデバイスは、例として、3つ以上のデジタルミラーデバイスチップを含むことができる。

20

【0012】

幾つかの具体的な実施形態では、化学放射線の基材の表面上の点から反応性混合物中への浸透の深さを、ペールの法則に従って計算することができる。

【0013】

別の態様では、いったん第1及び第2の表面が形成されると、レンズ前駆体は、溶液中ですすぐことができる。非限定的な例として、溶液は、レンズ前駆体を膨張させることができる未反応の反応性混合物又は水和溶液を含み得る。幾つかの実施形態では、すすぎ中に、溶液を超音波分解することができる。

【0014】

一般に、様々な実施形態は、所定の持続時間にわたる、動的パターン又は静的パターンの化学放射線の透過を含むことができる。

30

【0015】

眼科レンズは、滞留期間中に、流動性材料の一部をレンズ前駆体の第2の表面上全体に流し、レンズ前駆体を第2の化学放射線への暴露にさらすことによって形成することができる。更に、幾つかの実施形態では、流動性材料の第2の部分を、レンズ前駆体の第2の形成された表面から浸出又は排出することができる。

【0016】

更に別の態様では、化学放射線の第1の暴露を、所定の強度プロファイルに基づいて、基材を通して透過させることができ、これは、化学放射線が、ボクセル単位で制御されるようにする。更に、幾つかの実施形態では、プロファイルは、眼科レンズの第2の表面の弾性率より高い弾性率を含む、眼科レンズ前駆体又はレンズの第1の表面の形成をもたらすことができる。

40

【0017】

また、幾つかの実施形態は、レンズ前駆体から眼科レンズを形成するのに適した、固定化化学放射線源を制御する方法も含むことができる。他の態様は、本明細書に記載される自動装置を制御することができる、プロセッサ及びソフトウェア記憶デバイスを含むことができる。

【0018】

本明細書に記載される方法を可能にするための装置の第1のセクションは、光学パラメーターを取得し、それらを、その後の生成時に所望の眼科レンズパラメーターを満たす材

50

料生成物に変えるための構成を提供する。この第1のセクションは、ボクセルに基づいたリソグラフィ光学装置を含む。デジタル方式で暴露強度をプログラムし、光学機器構成要素の曲面にわたる別個の位置に暴露を供給することによって、装置は、制御可能かつプログラム可能な方式で化学線による反応が起こるようにする。

【0019】

本装置のボクセルリソグラフィ光学セクションを使用するプロセスによってもたらすことができる生成物のうちの1つは、レンズ前駆体と称される。このレンズ前駆体は、流動域及び構造域の両方を有する。好ましい実施形態では、構造域は、主にボクセルリソグラフィセクションの動作によって決定されるが、しかしながら、流動域は、ボクセルリソグラフィセクションによっても影響を受けるが、数々の方法で決定することができる。別の実施形態は、レンズ前駆体中間生成物を経ることなく、ボクセルリソグラフィセクションの効果からレンズを形成し得る。

10

【0020】

レンズ前駆体は、流動性構成要素を処理するために有用な新規装置の第2のサブセクションで、更に処理されてもよい。この浸出セクションは、レンズ前駆体実体上の流動性構成要素の量及び他の特性を調節並びに制御するのに有用な装置を含む。

【0021】

装置の更なるサブセクションは、流動性態様に影響を及ぼす力の下で、この残りの流動性材料を制御して処理することを可能にする構成要素を含む。流量を制御することによって、第2の化学線照射プロセスで流動性材料が固定された後、特異な高品質表面がもたらされ得る。

20

【0022】

これらの様々なサブセクションのレンズ産出物は、膨張形態及び未膨張形態の両方のレンズの測定に有用なセクションで更に処理される。更に、レンズを水和及び膨張させるための装置は、装置の更に他のサブセクションを含む。結果として、光学的及び機能的要求を達成する眼科レンズがもたらされる。

【0023】

幾つかの実施形態は、ボクセルに基づいたリソグラフィ処理を介して、柔軟かつプログラム可能な方式でレンズ前駆体を形成する方法に由来する。

【0024】

様々な形態のレンズ前駆体を高品質眼科レンズに処理する能力は、前記新規装置の他の実施形態を含む。

30

【0025】

更なる実施形態は、ボクセルリソグラフィ装置の能力を利用して、その部分の光学特性に加えて特徴を有する眼科レンズ前駆体及びレンズを形成する。

【0026】

本明細書に記載される方法を実践する装置は、本明細書と同時に出願された、「眼科レンズ前駆体及びレンズを形成する装置 (Apparatus for Formation of an Ophthalmic Lens Precursor and Lens)」という名称の同時係属出願に更に開示される。

【0027】

したがって、本発明は、柔軟かつプログラム可能な方式で、様々な光学性能及び様々な非光学特性を有するカスタマイズされたコンタクト・レンズを形成する方法を含む。結果として、ヒドロゲルレンズ、及び幾つかの実施形態では、シリコーンヒドロゲルレンズを含む、様々な材料性質を含む眼科レンズがもたらされる。

40

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明の幾つかの実施形態を実践するために使用され得る方法工程を示す図。

【図2】本発明の幾つかの実施形態を実践するために使用され得る追加方法工程を示す図。

。

【図3】形成及び固定化放射線の吸光度と透過率との間の関係の一例を示す図。

50

【図４】本明細書に開示される発明によって生成されるレンズの一実施例を示す図。

【図５】ボクセルに基づいたリソグラフィを含む本発明の幾つかの実施形態を実践するのに有用であり得る、装置構成要素を示す図。

【図６】本発明の幾つかの実施形態を実践するのに有用であり得る、例示的な光源装置構成要素を示す図。

【図７】本発明の幾つかの実施形態を実践するのに有用であり得る、例示的な光学装置構成要素を示す図。

【図８】本発明の幾つかの実施形態を実践するのに有用であり得る、例示的なデジタルミラー装置構成要素を示す図。

【図９】本発明の幾つかの実施形態を実践するのに有用であり得る、追加装置構成要素を示す図。

10

【図１０】本発明の幾つかの実施形態を実践するのに有用であり得る、例示的な形成光学機器を示す図。

【図１１】本発明の幾つかの実施形態を実践するのに有用であり得る、例示的なモノマーリザーバを示す図。

【図１２】本発明の幾つかの実施形態を実践するのに有用であり得る、例示的な材料除去装置を示す図。

【図１３】本発明の幾つかの実施形態を実践するのに有用であり得る、例示的な材料除去装置の全体的動作システムを示す図。

【図１４】本発明の幾つかの実施形態を実践するのに有用であり得る、例示的な安定化及び固定化装置を示す図。

20

【図１５】本発明の幾つかの実施形態を実践するのに有用であり得る、例示的な計測システムを示す図。

【図１６】本発明の幾つかの実施形態を実践するのに有用であり得る、例示的な水和及び除去システムを示す図。

【図１７】レンズ前駆体の例示的な断面描示を示す図。

【図１８】組み合わせられたレンズ形成光学機器及び反応性モノマー混合物リザーバの例示的な断面描示を示す図。

【図１９】形成される厚さ対様々な暴露強度での暴露時間の例示的なモデル出力を示す図。

30

【００２９】

〔発明の詳細な説明〕

本発明は、レンズを形成する、並びにレンズ前駆体、及び好ましくは眼科レンズ前駆体を形成する方法及び装置を提供する。以下の項において、本発明の実施形態がより詳細に説明される。好ましい実施形態及び代替の実施形態の両方の説明は、完全ではあるが、例示的な実施形態に過ぎず、変形、修正、及び代替が当業者にとって明白であり得ることが理解される。したがって、前記例示的な実施形態は、基礎となる発明の態様の幅を限定しないことが理解される。

【００３０】

用語解説

40

本発明を目的とする本説明及び特許請求の範囲において、以下の定義が適用される、様々な用語が使用され得る。

【００３１】

本明細書で使用される場合、「化学放射線」は、化学反応を起こすことができる放射線を指す。

【００３２】

本明細書で使用される場合、「弓状の」は、弓のような曲線又は屈曲を指す。

【００３３】

本明細書に言及される「ベールの法則」（「ランペルト・ベールの法則」と称される場合もある）は、 $I(x)/I_0 = \exp(-\alpha c x)$ であり、式中、 $I(x)$ は、照射さ

50

れる表面からの距離 x の関数としての強度であり、 I_0 は、表面での入射強度であり、 α は、吸収成分の吸収係数であり、 c は、吸収成分の濃度である。

【0034】

本明細書で使用される場合、「平行化する」は、入力として放射線を受信する装置からの出力として進行する、光等の放射線の円錐角を限定することを意味し、幾つかの実施形態では、円錐角は、進行する光線が平行となるように制限され得る。したがって、「コリメータ」は、この機能を実施する装置を含み、「平行化された」は、放射線に対する効果を説明する。

【0035】

「DMD」が本明細書で使用される場合、デジタルマイクロミラーデバイスは、CMOS SRAMの全体に機能的に実装された、移動可能なマイクロミラーのアレイからなる双安定空間光変調器である。それぞれのミラーは、反射光を誘導するために、ミラーの下メモリセルにデータを読み込むことによって独立して制御され、ビデオデータのピクセルをディスプレイ上のピクセルに空間的にマッピングする。データは、ミラーの状態が+X度(オン)又は-X度(オフ)のいずれかである2進数方式で、ミラーの傾斜角を静電的に制御する。現在のデバイスは、Xを、10度又は12度(公称)のいずれかにすることができる。搭載されたミラーによって反射される光は、次いで投影レンズを通過してスクリーン上へ進む。光は、反射されて暗視野を生成し、画像の黒レベルフロアを画定する。画像は、観測者によって統合されるのに十分な速い速度でのオンレベルとオフレベルとの間のグレースケール変調によって生成される。DMD(デジタルマイクロミラーデバイス)は、DLP投影システムである場合がある。

【0036】

本明細書で使用される場合、「DMDスクリプト」は、空間光変調器のための制御プロトコル、及びまた、例えば、いずれかがその時点の一連のコマンドシーケンスを含み得る、光源又はフィルターホイール等の、いずれかのシステム構成要素の制御信号を指すものとする。頭文字DMDの使用は、この用語の使用を空間光変調器のいずれか1つの特定種類又は寸法に限定することを意味しない。

【0037】

本明細書で使用される場合、「エタフィルコン(Etafilcon)」は、反応性混合物として使用され得る、かつ、約~95%のHEMA(2-ヒドロキシエチルメタクリレート)、1.97%のMAA(メタクリル酸)、0.78%のEGDMA(エチレングリコールジメタクリレート)、0.10%のTMPTMA(トリメチロールプロパントリメタクリレート)架橋剤、~1%のNORBLOC 7966(ベンゾトリアゾール系UV遮断剤)、並びに反応性成分対希釈剤の比率が52:48の~1%の光開始剤CGI 1700及び希釈剤-BAGE(グリセロールのホウ酸エステル)(米国特許第4,495,313号)を含むことができる、例示的な材料を指す。

【0038】

本明細書で使用される場合、「固定化放射線」は、レンズ前駆体又はレンズを構成する、本質的に全ての反応性混合物の重合及び架橋の1つ以上に十分な化学放射線を指す。

【0039】

本明細書で使用される場合、「流動性レンズ反応性媒体」は、天然の形態、反応した形態、又は部分的に反応した形態のいずれかで流動性であり、更なる処理を受けて眼科レンズの一部に形成される、反応性混合物を意味する。

【0040】

「自由形成」が本明細書で使用される場合、「自由形成された」又は「自由形成」は、反応性混合物の架橋によって形成され、注型成型に従って成形されない表面を指す。

【0041】

本明細書で使用される場合、「ゲル化点」は、ゲル又は不溶分画が最初に観測される点を指すものとする。ゲル化点は、液体重合混合物が固体となる、変換の程度である。ゲル化点は、ポリマー反応を異なる時点で停止させ、結果として生じるポリマーを分析して残

10

20

30

40

50

留不溶性ポリマーの重量分画を決定する、ソックスレー実験を使用して決定することができる。ゲルが存在しない点のデータを推定することができる。ゲルが存在しないこの点が、ゲル化点である。また、ゲル化点は、反応中の反応混合物の粘度を分析することによって決定することもできる。粘度は、反応混合物がプレート間にある状態で、平行プレートレオメーターを使用して測定することができる。少なくとも1つのプレートは、重合に使用される波長の放射線に対して透明であるべきである。粘度が無限大に到達する点が、ゲル化点である。ゲル化点は、所与のポリマー系及び具体的な反応条件と同一の変換度で生じる。

【0042】

「レンズ」が本明細書で使用される場合、「レンズ」は、眼内又は眼上にある、いずれかの眼科デバイスを指す。これらの装置は光学補正をもたらすことができるか、又は美容用であっても良い。例えば、用語、レンズは以下のものを指すことができる。コンタクト・レンズ、眼内レンズ、オーバーレイ・レンズ、眼用挿入物、光学挿入物、又は他の同様の、視力が補正若しくは変更される装置か、又は視力を妨げることなく目の生理機能が美容的に拡張される（例えば、虹彩色）装置。幾つかの実施形態では、本発明の好ましいレンズは、シリコーンヒドロゲル類、及びフルオロヒドロゲル類を含むが、これらに限定されない、シリコーンエラストマー類又はヒドロゲル類から作製される、ソフトコンタクト・レンズである。

【0043】

本明細書で使用される場合、「レンズ前駆体」は、レンズ前駆体形態及びレンズ前駆体形態と接触する流動性レンズ反応性混合物からなる複合物体を意味する。例えば、幾つかの実施形態では、流動性レンズ反応性媒体は、反応性混合物体積内でレンズ前駆体形態を生成する過程で形成される。レンズ前駆体形態及び接着する流動性レンズ反応性媒体を、レンズ前駆体形態を生成するために使用される反応性混合物体積から分離することによって、レンズ前駆体を作り出すことができる。更に、レンズ前駆体は、相当量の流動性レンズ反応性混合物を除去するか、又は相当量の流動性レンズ反応性媒体を非流動性組み込み材料に変換するか、のいずれかによって、異なる実体に変換することができる。

【0044】

本明細書で使用される場合、「レンズ前駆体形態 (Lens Precursor Form)」は、眼科レンズへの更なる処理を受けて組み込まれるものと一致する、少なくとも1つの光学品質表面を有する、非流動性物体を意味する。

【0045】

本明細書で使用される場合、「レンズ形成混合物」、「反応性混合物」又は、「RMM」（反応性モノマー混合物）という用語は、硬化及び架橋することができるか、又は架橋して眼科レンズを形成することができる、モノマー又はプレポリマー材料を指す。様々な実施形態は、UV遮断剤、染料、光開始剤、又は触媒、及びコンタクト若しくは眼内レンズ等の眼科レンズに望まれ得る他の添加剤等の1つ以上の添加剤を有するレンズ形成混合物を含むことができる。

【0046】

本明細書で使用される場合、「鋳型」は、未硬化配合物からレンズを形成するために使用され得る、剛性又は半剛性の物体を指す。幾つかの好ましい鋳型は、前側湾曲部鋳型部分及び後側湾曲部鋳型部分を形成する、2つの鋳型部分を含む。

【0047】

本明細書で使用される場合、「放射線吸収成分」という用語は、反応性モノマー混合配合物に組み込むことができ、特定の波長帯の放射線を吸収することができる、放射線吸収成分を指す。

【0048】

反応性混合物（また、本明細書において、レンズ形成混合物又は反応性モノマー混合物と称される場合もあり、「レンズ形成混合物」と同一の意味を有する）。

【0049】

「鋳型から取り外す」が本明細書で使用される場合、「鋳型から取り外す」は、レンズが、鋳型から完全に分離した状態、又は穏やかな振動によって取り外すか、若しくは綿棒を用いて押し外すことができるように、ほんの軽く付着した状態のいずれかとなることを意味する。

【0050】

本明細書で使用される場合、「ステレオリソグラフィレンズ前駆体」は、レンズ前駆体形態が、ステレオリソグラフィ技術を使用することによって形成された、レンズ前駆体を意味する。

【0051】

「基材」上に他の実体が定置又は形成される物理的実体。

10

【0052】

本明細書で使用される場合、「過渡レンズ反応性媒体 (Transient Lens Reactive Media)」は、流動性又は非流動性形態でレンズ前駆体形態上に残存し得る、反応性混合物を意味する。しかしながら、過渡レンズ反応性媒体は、眼科レンズに組み込まれる前に、洗浄、溶媒和、及び水和工程の1つ以上によって大幅に除去される。したがって、明確化のため、レンズ前駆体形態及び過渡レンズ反応性混合物の組み合わせは、レンズ前駆体を構成しない。

【0053】

「ボクセル」が本明細書で使用される場合、「ボクセル」又は「化学放射線ボクセル」は、3次元空間の規則的な格子上の値を示す、体積要素である。ボクセルは、3次元ピクセルと考えることができるが、しかしながら、ピクセルが2D画像データを示す一方、ボクセルは、第3の次元を含む。更に、ボクセルは、医療及び科学的データの視覚化並びに分析にしばしば使用される一方、本発明では、ボクセルは、特定の反応性混合物体積に到達する、ある量の化学放射線の境界を画定し、それによって具体的な反応性混合物体積の架橋又は重合の速度を制御するために使用される。例として、ボクセルは、本発明では、化学放射線が、それぞれのボクセルの共通軸次元内の2D表面に対して垂直に向けられ得る、2D鋳型表面に対して等角である単一層内に存在すると見なされる。一実施例として、具体的な反応性混合物体積は、768×768ボクセルに従って、架橋又は重合されてもよい。

20

【0054】

「ボクセルに基づいたレンズ前駆体」が本明細書で使用される場合、「ボクセルに基づいたレンズ前駆体」は、レンズ前駆体形態がボクセルに基づいたリソグラフィ技術を使用することによって形成された、レンズ前駆体を意味する。

30

【0055】

「Xゲル」が本明細書で使用される場合、Xゲルは、ゲル分画がゼロを超えるようになる、架橋可能な反応性混合物の化学変換の程度である。

【0056】

装置

本発明に開示される装置は、本明細書において、概して5つの主要なサブセクションで提示され、装置の実施形態の第1の記述は、サブセクションレベルで論理的記述に編成される。これらのサブセクションは、ボクセルに基づいたリソグラフィ光学装置、浸出装置、安定化及び固定化装置、計測装置、並びに水和装置である。そうは言うものの、また、サブセクションは、全装置としても機能し、これは、サブセクション実施形態の見地から熟考されるべきである。

40

【0057】

ボクセルに基づいたリソグラフィ光学装置

ボクセルに基づいたリソグラフィ光学装置は、レンズ形態及びレンズ前駆体を生成するために化学放射線を使用する構成要素である。本発明では、装置は、極めて均一な強度の放射線を取り、本質的にボクセル単位で、形成光学機器表面にわたる数々の別個の点での形成光学機器の表面への照射を制御する。この制御は、この構成要素が、特定のボクセル

50

位置の光路に沿って反応性混合物内で起こる反応の程度を制御できるようにし、最終的に、そこで反応した材料体積、したがってその上に形成されるレンズ前駆体の形状を決定する。

【 0 0 5 8 】

ボクセルに基づいたリソグラフィ光学装置の主要な構成要素は、図 5 の例示的な実施形態に示される。示されるそれぞれの構成要素は、後の項で詳細に記載される。ここでは、サブセクションの機能の例示的な概説が与えられる。

【 0 0 5 9 】

ここで、図 5 を参照すると、この例示的な動作では、形成装置 5 0 0 は、光源 5 2 0 で機能的に開始することができる。かかる実施形態では、この源 5 2 0 で作り出される光は、画定された帯域内の波長ではあるが、強度及び方向における幾つかの空間的变化を有する光として生じる。要素 5 3 0、つまり空間的強度コントローラ又はコリメータは、光を集光、拡散、及び幾つかの実施形態では平行化して、強度が極めて均一な光のビーム 5 4 0 を生成する。更に、幾つかの実施形態では、ビーム 5 4 0 は、それぞれにデジタルのオン又はオフ値を割り当てることができる強度のピクセル要素にビームを分割する、デジタルミラーデバイス DMD 5 1 0 に衝突する。実際には、それぞれのピクセルのミラーは、光を、2 つの経路のうちの 1 つに単に反射する。「オン」経路、つまりアイテム 5 5 0 は、光子を反応性化学媒体に向かって導く経路である。反対に、幾つかの実施形態では、「オフ」状態は、アイテム 5 1 6 及び 5 1 7 として示される経路間にある、異なる経路に沿って反射されている光を含む。この「オフ」経路は、光子を、それに向けられるいかなる光子も吸収し取り込むように綿密に作られたビームダンプ 5 1 5 に衝突するように向ける。「オン」経路 5 5 0 の参照に戻ると、この経路に示される光は、実際には、「オン」値に設定され、それらのピクセル位置に対応する適切な個々の経路に沿って空間的に向けられる、潜在的に多くの異なるピクセル値を含む。それらのそれぞれの経路 5 5 0 に沿ったピクセル要素のそれぞれの時間平均強度は、DMD 5 1 0 によって画定される空間的格子にわたり、空間的強度プロファイル 5 6 0 として示すことができる。あるいは、それぞれのミラーに衝突する一定の強度で、アイテム 5 6 0 は、空間的時間暴露プロファイルを示し得る。

【 0 0 6 0 】

オン状態の連続するそれぞれのピクセル要素は、それらの経路 5 5 0 に沿って向けられる光子を有する。幾つかの実施形態では、ビームは、集光要素によって集光されてもよい。例として、図 5 の 5 0 0 は、光路 5 5 0 が、それらが本質的に垂直に、形成光学機器 5 8 0 の光学機器表面に衝突するように画像化される、実施形態を示す。ここで、画像化された光は、形成光学機器 5 8 0 を通って、リザーバ 5 9 0 内に反応性レンズ混合物を収容する空間体積へ進む。所与のピクセル位置のこの光の相互作用が、リザーバ 5 9 0 内及び形成光学機器 5 8 0 の周囲の体積内にオン状態のボクセル要素を画定する。この体積内のこれらの光子は、吸収され、それを吸収する分子内の化学線による反応を促進し、この概略周辺内のモノマーの重合状態変化をもたらし得る。

【 0 0 6 1 】

特定の一実施形態のこの一般的な方法で、ボクセルに基づいたリソグラフィ光学機器が機能することを理解することができる。これらの要素のそれぞれは、それ自体で、特性及び本装置の機能モードを説明する実施形態を有する。個々の複雑性を詳細に調べることによって、基礎となる発明が更に理解され得る。

【 0 0 6 2 】

ここで、上述される装置の機能の基本的理解に続き、全システムが全体的に記載される。幾つかの実施形態では、ボクセルに基づいたリソグラフィシステム全体は、眼科レンズを作り出すために使用される。（かかる形成されるレンズの波面の図式表示は、図 4 に図示される）。

【 0 0 6 3 】

幾つかの実施形態では、装置 5 0 0 の周囲を取り囲む、温度及び湿度を含む周囲環境を

制御することができる。他の実施形態は、実験室環境と一致し、したがって変化させることができる環境を含むことができる。

【0064】

周囲気体環境の性質は、例えば、気体状窒素のパージを使用することによって制御することができる。パージを実施して、酸素分圧を所定のレベルに増加又は減少させることができる。また、湿度は、オフィス環境より比較的低いレベル等、比較的所定のレベルに維持され得る。

【0065】

個々の装置構成要素と相互作用することができる振動エネルギーのレベルは、幾つかの実施形態において制御され得る別の環境パラメーターである。幾つかの実施形態では、大きな塊状支持構造体は、相対的に低い振動環境を画定する。他の実施形態は、能動振動支持体上に支持されるボクセルに基づいたリソグラフィシステム500の一部又は全てを含み得る。一般的に考えられる溶液を制限することなく、空気袋支援ピストンは、絶縁されたシステムへの振動伝達を大幅に減少させることができることが当該技術分野において周知である。振動絶縁の他の標準的手段もまた、本発明の範囲に従い得る。

【0066】

装置の環境内の微粒子は、生成物レンズ前駆体及びレンズへの組み込みを含む、様々な種類の望ましくない欠陥モードをもたらし得る。例えば、光学機器経路内で、微粒子は、1つ以上のボクセル要素の実際の強度を変調する、及び/又は特定のミラー要素の機能に影響を与える可能性がある。これらの理由のため、少なくとも、環境内の微粒子状物質を制御する手段を提供することは、本発明の範囲内である。これを達成するための一実施形態の一実施例は、装置本体の環境内への高性能微粒子エア(HEPA)フィルターの組み込み、及び装置の暴露される部分内で層流様式を確立するのに十分なフィルターに空気を透過させる手段であり得る。そうは言うものの、装置内及びその周囲の微粒子レベルを大いに制限するいかなる実施形態も、本発明の意図される範囲内である。

【0067】

本発明に従う光学装置のための詳細な環境支持体の別の態様は、周辺光及びそれを制御するための方式を含む。幾つかの実施形態では、間接照明は、化学放射線を提供し、したがって漂遊光子エネルギー源を制限することが賢明である。

【0068】

したがって、幾つかの実施形態では、装置500は、前述される環境要求事項に従う不透明な材料内に封入することができる。好ましい実施形態は、装置の作動部分が汚染環境照明に暴露されるのを防止するのに十分であり得る、フィルター処理した光源を装置の環境内に使用すること採用してもよい。

【0069】

ここで、図6を参照し、強調形態600に示される光源を熟考する。光エネルギーの具体的な態様は、いずれかのリソグラフィシステムの基本的な態様と見なすことができ、ボクセルに基づいたリソグラフィ光学装置を使用する本発明の実施形態では、システム的光源の性質は、重要であり得る。

【0070】

幾つかの実施形態では、光源620が狭いスペクトル帯域の光を提供することが望ましい。例示的な光システム600の構成要素は、前記狭いスペクトル特性を達成する手段を提供する。好ましい実施形態では、光源は、環境支持体及び筐体610内に存在する、発光ダイオード620を含む。例示的な目的のために、幾つかの実施形態では、発光ダイオード源620は、デジタルライトラボ社(Digital Light Lab Inc.)(米国テネシー州ノックスビル(Knoxville))のコントローラを有するモデル、アキュキュア(AccuCure)ULM-2-365光源を含むことができる。このモデルは、約365nmを中心とする狭い帯域の光を放出し、更に、約9nmの半値全幅の特性を有する。したがって、この市販されている光源構成要素は、更なる装置なしで、既に所望の狭い帯域の光を放出する。また、いずれかのLED又は他の類似特性を有する発光製品が利用されてもよいことが明

10

20

30

40

50

らかであり得る。

【0071】

別の方法としては、また、例えば、炭素アークランプ又はキセノンランプ620等、より広いスペクトルの光源も使用され得る。この別の方法では、広帯域源620を利用することができる。光は、環境コンテナ610から放出され、光源620上に配置されるフィルターホイール630を通して進む。フィルターホイール630は、異なる動作位置に複数の異なるフィルター631を含むことができ、これらのフィルター631は、例えば、365nmを中心とし、類似する10nm性能の半値全幅を有する光を透過する帯域通過フィルターを含み得る。本実施形態では、フィルターホイールは、フィルターホイールを異なるフィルターへ動かすことができる電動式作動装置610によって作動させることができ、したがって、例示的なボクセルリソグラフィシステム実施形態500が、複数の選択可能な波長で動作できるようにする。

10

【0072】

数々の別の実施形態は、フィルター631が、広帯域光源620に近接して固定方式で実装され、適切な実施形態を提供し得るという、非制限的な観点を含む事実を容易に導き得ることが明らかであり得る。別の態様では、複数の波長能力は、異なる波長で個々に作動される環境610内に複数のLED光源620が存在する、別の実施形態から導かれ得る。

【0073】

より一般的に、幾つかの実施形態は、様々な種類のフィルターを有するか、又は有さない、例えば、白熱灯、レーザー、発光及び他の類似製品を含む様々な光源を含み得ることが明白である。更に、幾つかの実施形態では、制御されたスペクトル帯域内の光を放出することが可能であり得る光源を利用することができ、これは、本発明の範囲内である。

20

【0074】

光源600は、更に、安定、均一、かつ比較的強烈であるという特性を有してもよい。幾つかの好ましい実施形態では、アキュキュア(AccuCure)LED光源620は、強烈な光を出力し、期間にわたって安定した強度を維持するために、内部監視フィードバックループを含む。

【0075】

光源620は、定義されたデューティサイクルで源をオン及びオフに変調することを含む、制御された方式で強度を変調するための手段を含むことができる。したがって、総合期間にわたり、強度制御のこのモードは、選択可能な時間平均強度レベルをもたらす。あるいは、追加の動作実施形態では、LED源は、非時間依存性レベルの放出される強度に対して強度の変化が生じる電圧制御動作モードを介して、強度を変調することができる。

30

【0076】

いずれかの光源構成要素620の出力の安定性に関して、光源の環境内の追加の特徴は、追加の実施形態定義を含み得る。本態様の実施例は、冷却システムを介する温度制御手段を含むことができる。他の環境制御は、本発明の意図に従う、異なる実施形態定義を含んでもよい。

40

【0077】

異なる態様では、光源装置600は、強度を変調するための別の実施形態を提供する。個々の光源620は、所与の強度を放出するように動作してもよく、フィルターホイール630は、電動式要素610によって、減光フィルター631を用いて放出される光を遮断するように作動されてもよい。したがって、ボクセルリソグラフィシステム500の残りの部分に提供される光の強度は、より低い強度に変調される。一般的な観点から、個々の光フィルター631の設計は、数々の自由度を伴い、それ自体で、異なる実施形態態様を含み得ることが留意され得る。非限定的な実施例として、フィルターは、本体を通る1つの経路に沿って別の経路より高い強度を定めるように、空間的に画定される方式で、強度を変調するように設計されてもよい。第2の非限定的な実施例では、フィルターホイー

50

ルは、DMDの動作と同期化され、それによってそれぞれのフィルターホイールセグメントの密度値によって定められるピクセル及び強度を調整できるようにする方式で、強度を変調するように設計されてもよい。これらの動作モードを組み合わせることによって、別の実施形態が提供され、また、これまでに記載されたように特性の光強度を制御するいかなる手段も、本発明の範囲内であることが明白である。

【0078】

光源構成要素620の実施形態及びその環境に関わらず、フィルターホイール630を含む実施形態は、光学機器システム500の残りの部分からの照射を完全に遮断するように作用する、フィルター要素631を閉じる動作モードの実施形態を可能にすることができる。下流光学機器構成要素の安定性及び寿命を含む、かかる機能を組み込むことの数々の利点が存在し得る。更に、幾つかの実施形態では、光源構成要素620の安定性は、連続的に動作させる場合に改善され得る。遮断フィルター631は、光源600からの光をなくす必要がある、動作システムの残りの部分の工程を実施する手段を可能にし得る。フィルターホイール630の特定の位置が記載されてきたが、本発明の範囲内の許容可能な実施形態を含み得る、光学機器経路に沿った、異なる適切な位置が存在し得ることは、当業者にとって明白であり得る。

【0079】

ボクセルに基づいたリソグラフィ光学装置の追加の構成要素は、均質化及び平行化光学機器を含む。本装置は、光源520の光出力を受け取り、強度がより均一であり、DMD510上に集光される、出力放射線540を生成するように設計される。一般化の観点から、特に、光源が同様の目的の構成要素を有する場合、この構成部品なく、本発明の目的を達成することが可能であり得る。

【0080】

好ましい実施形態が、図7の700に示される。上述されるように、装置のこのセクションの目的は、光源からの光を平行化すること、及びまた、その光を強度に関連して均質化することの両方である。好ましい実施形態では、アキュキュア (AccuCure) 365nm LED光源620は、その光出力の平行化を実施するために、取り付けられた光学構成要素を有することが分かる。より一般的な実施形態では、かかる平行化装置は、この平行化及び均質化構成要素の第1の構成要素を含み得る。好ましい実施形態では、しかしながら、光源620によって十分に平行化されている光は、700内に進み、一組の約2.54cm (約1インチ) の集光光学機器710に衝突する。これらの光学機器には、例えば、CVIレーザー社 (CVI Laser, Inc.) (米国ニューメキシコ州アルバカーキ (Albuquerque)) から入手可能な、容易に入手できるレンズ構成要素が含まれる。

【0081】

これらの2つのレンズ710は、源光を光パイプ720上に集光する。この構成要素720は、空間的強度における不均一性を平滑化するプロセスにおいて、入力光を均質化する中心的な役割を有する。光パイプ720は、UV等級アクリル材料で作製される、六角形状の光学機器パイプを含む。実施形態の具体的な詳細が記載されてきたが、源光の空間的均一性を均質化するための光学装置を提供するいかなる別の実施形態も、本発明の範囲内で予測される解決法を含むことが明白である。

【0082】

光パイプ720からの均質化された光出力は、この場合も同様に、例えば、CVIレーザー社 (CVI Laser, Inc.) (米国ニューメキシコ州アルバカーキ (Albuquerque)) から入手可能な種類の、容易に入手できる等級の光学機器要素730によって集光される。ここで、集光された光は、開口絞り740を通して、一組の約5.08cm (2インチ) の集光要素750に進む。この場合も同様に、これらの集光要素は、例として、Thorlabs Inc.) (米国ニュージャージー州ニュートン (Newton)) から入手可能であり得る、標準的な容易に入手できる等級の光学機器である。ここで、集光光学機器750の目的は、光を、デジタルミラーデバイス (DMD) 510における光焦点位置に向けることである。これは、ボクセルに基づいたリソグラフィシステムの照明セクション内の光

路で完了する。所望の中心波長及びスペクトル帯域幅の強烈かつ均一な光でDMD 510を照射することにおける同様の目的を達成するために、コリメータ及びホモジナイザー構成要素の態様を変更し得る、数々の実施形態が存在し得、これは、本発明の範囲内である。

【0083】

好ましい実施形態では、照明システムアイテム520及び530は、テキサスインスツルメンツ(Texas Instruments)のデジタルミラーデバイス(Digital Mirror Device) 510を含む能動要素上及びその周囲だけに光(図8の800で820で識別される)を付与する。好ましい実施形態で使用されるDMDは、DLi(デジタルライトイノベーションズ(Digital Light Innovations)、米国テキサス州オースティン(Austin))から入手可能なDMD開発キット(DMD Developer Kit): DMDディスカバリー(DMD Discovery) 3000を用いて入手された。キットは、対角線1.778cm(0.7インチ)、任意選択のUV透過窓を有するテキサスインスツルメンツ(Texas Instruments)DLP(商標)XGA DMDチップ(768×1024個のミラー)を有する、ADLi DMDディスカバリー(ADLi DMD Discovery) 3000ボードを含む。また、コンピュータからD3000へのリンクとしての機能を果たすために、D3000ボードと一緒にになったALP-3高速光処理ボードが含まれる。これらの構成要素は、共に、ボクセルに基づいたリソグラフィシステムのこの好ましい実施形態の、画像化システム構成要素の図8の800の810を含む。TI DLP(商標)XGA DMDの詳細な説明は、DMDディスカバリー(DMD Discovery)(商標)3000デジタルコントローラ(Digital Controller)(DDC3000)スターキット技術参照マニュアル(Starter Kit Technical Reference Manual)として、TIから入手され得る。

【0084】

DMDデバイス810は、照明システムから出る光の強度の空間的変調を提供するように機能することができる。テキサスインスツルメンツ(Texas Instruments)からのDMDは、デバイスの活性領域の空間的格子内に単一アドレス可能位置を構成するマイクロミラー構成要素から光を反射することによって、デジタル方式でこの機能を実施する。したがって、DMD 810から反射され、画像化システム800を更に下る光の強度は、それ自体は、変化せず、しかしながら、ミラーのデューティーサイクルをオン状態又はオフ状態に制御することによって、単一ピクセル位置から反射される時間平均強度を修正することができる。

【0085】

他の実施形態では、放射線をボクセル単位で制御するために、独国のフラウンホーファー・インスティテュート・フォトリック・マイクロシステム(Fraunhofer Institut Photonische Microsysteme)から入手可能なもの等の空間光変調器(SLM)を使用することができ、これは、強度の空間的変調機能810を含むことができる。SLMのミラーのような表面は、実際に、それぞれのミラーが、集積回路内にそれ自体の記憶セルを有する、複数の(すなわち、数千の)極めて小さな移動可能なミラーで構成されてもよい。所望の強度プロファイルの画像がSLMに送信される際、個々のミラーは、屈曲されるか、又は平らなままである(マイクロミラーを回転又は傾斜させるTI DMDとは異なる)。屈曲したミラーから反射される光は、化学線に対して反応性の化学物質混合物を通過又は暴露しないように、散乱される。

【0086】

ここで、再び図8を参照すると、上述されるように、能動画像化要素DMD 810は、デジタル方式で光を処理し、2つの方向のうちの1つに反射する。オフ状態では、光の反射の経路は、化学線に対して反応性の化学物質混合物の位置を決して向かないことが意図される。確実にするために、外れる方向に向けられる光は、決してこの経路を向かず、画像化システム800の一部は、光ダンプ830を含むことができる。このダンプには、その上へのいかなる入射光も大幅に吸収し、ダンプ自体の更に深くのみへ反射する、吸収性の高い表面が含まれる。好ましい実施形態では、非限定的な実施例として、これらの表

面は、ホヤ社 (Hoya Inc.) (日本・東京) から入手することができる、吸収性NDガラスシートを含む。

【0087】

「オン」位置にあるミラー要素から反射される光は、異なる経路をとり、集光要素840に向かう。他の光学機器と同様に、これらの約2.54cm(1インチ)の集光レンズは、容易に入手できる構成要素であり、例えば、トーラボ社(Thorlabs Inc.) (米国ニュージャージー州ニュートン(Newton)) から入手可能であり得る。これらの集光レンズ840は、反応性モノマー混合物の光反応が生じる形成光学機器上への物体としてのDM810から発する「オン」状態の光を集光する。

【0088】

幾つかの実施形態では、光学機器経路の状態を、生成されるレンズの結果から推測するより、直接画像化及び監視する手段を提供することが望ましい。ボクセルに基づいたリソグラフィ光学装置の好ましい実施形態では、この直接監視のための対策が提供される。形成光学機器580上に集光され得る光は、ビーム経路内へ、又はその外へ切り替えることができるミラー850によって遮られる。そのように向けられる光は、次いで光検出画像化装置860上に入射する。

【0089】

ここで、図9へ続くと、形成装置900の構成要素は、ビームを反応性混合物の最終的な目標領域に衝突させる。上述されるように、幾つかの実施形態では、この光は、形成光学機器930自体の表面に対して垂直配向に集光されている。900に図示される実施形態では、光は、形成光学機器930の表面にほぼ垂直に衝突し得る。別の実施形態では、レンズは、前記レンズの形成光学機器930に対する的確な配向を維持し得る、921として示される保定リング又は他の締結デバイスを介して、適切な位置に保持することができる。広義の観点から、本発明は、光が光学表面930にわたるボクセル単位を通る経路に関連する数々の実施形態を含むことに留意されたい。

【0090】

図9を続けると、リザーバ及び形成光学機器の光ビームに対する相対配向は重要であるため、幾つかの実施形態では、アイテムの相互作用、つまり形成光学機器保定部材970と反応性モノマー混合物950を収容するリザーバとの相互作用によって示されるように、それらの相互連結位置の機構が画定されてもよい。また、これらの2つの部材間の整合は、リザーバ950を形成光学機器表面930の中心に置くための正の制御も提供する。また、位置制御は、幾つかの実施形態では、離間リング951の機能を用いて向上され得る。同様に、この離間は、リザーバ950に添加され得る反応性モノマー混合物体積を制御する。

【0091】

また、図9は、反応性モノマー混合物の近隣の周囲気体の制御に関連する追加の実施形態様を示す。幾つかの実施形態では、酸素の存在は、モノマーの光化学を修正し、光生成フリーラジカルのスカベンジャとしての役割を果たす可能性があるため、幾つかの実施形態では、リザーバ950を取り囲む気体から排除する必要がある。これは、図9の900では、収容容器990によって達成される。窒素等の不活性気体を、960を通して流すことによって、酸素は、環境から排除され得る。更に別の実施形態では、酸素レベルは、収容容器990を通して流れる気体960内のその希釈物を制御することによって、あるレベルに維持され得る。気体質量流コントローラを使用することによって気体960内の酸素の一定の希釈物レベルを達成する標準的手段は、周知の技術であり、本発明の趣旨内の実施形態を含む。

【0092】

反応性混合物を収容するリザーバ950は、適切な体積の前記反応性混合物で充填されなければならない。幾つかの実施形態では、この充填は、形成光学機器930がリザーバ950に対して配置される前に実施され得る。他の実施形態では、形成光学機器930及びリザーバ950は、収容容器990の内部に定置され、気体流960によるパージが行

10

20

30

40

50

われてもよい。また、使用前の反応性混合物の濾過が採用されてもよい。その後、反応性混合物体積 9 4 5 は、リザーバ 9 5 0 に定量的に充填されてもよい。

【 0 0 9 3 】

手での充填、自動手段による定量的な流体移送、又はレベル検出器がリザーバ 9 5 0 内の反応性混合物 9 4 5 の適切なレベルを測定するまでの充填を含む、反応性混合物 9 4 5 を移送するための数々の手段が存在し得る。一般的な観点から、適切な量の反応性混合物 9 4 5 を移送するための数々の実施形態が実用的であり得、かかる技術は、十分に本発明の範囲内であることが当業者にとって明らかであり得る。

【 0 0 9 4 】

光処理工程にとって酸素のレベルが決定的に重要である実施形態では、酸素は、溶存種として反応性モノマー混合物 9 4 5 内に存在し得ることが明白であり得る。かかる実施形態では、反応性モノマー混合物 9 4 5 内の酸素濃度を確立するための手段が必要となる。この機能を達成するための幾つかの実施形態は、混合物をパージ気体 9 6 0 が通って流れる気体環境中に滞留させることを含む。別の実施形態は、モノマー混合物の供給物中の溶存気体を真空パージする工程と、混合物の分注中に、分注される液体と気体との膜交換によって所望の量の酸素を再構成する工程とを含み得る。本発明の範囲内で、適切な濃度の必要とされる溶存気体を確立するためのいかなる手段も許容可能であることが明白である。更に、より一般的な意味で、他の材料は、溶存酸素の存在下又は不在下で、適切な阻害物質としての役割を果たし得る。更により一般的な観点から、阻害物質の適切なレベルを確立し、維持するための装置を含む実施形態は、本発明の範囲内であると予測される。

【 0 0 9 5 】

ここで、再び図 1 0 を参照すると、形成光学機器並びにその保持及び位置決め装置 1 0 0 0 の例示的な形状が図示される。形成光学機器を保持する構造体は、平らなガラスディスク 1 0 4 0 を含むことができる。形成光学機器は、光学的に整合性のある接着剤 1 0 2 0 の手段によって、ディスクと形成光学機器との間を確実に整合させるためのアセンブリ治具を使用して、位置決め及び締結することができる。ディスクの平らな表面は、垂直方向の正の配向を提供し、一方、位置決めノッチ 1 0 3 0 及び図示されない他の平らな表面は、放射状及び水平配位置御を可能にすることができる。

【 0 0 9 6 】

ここで、図 1 1 を参照すると、かかる実施形態では、ディスク 1 0 0 0 は、リザーバシステム 1 1 0 0 と係合することができる。平らな表面は、3つの係合表面 1 1 3 0 上にある。幾つかの実施形態は、アイテム 1 0 3 0 にしっかりと係合し、位置決めする、パネ仕掛けの位置決めピン 1 1 2 0 を更に含んでもよい。2つの静止位置決めピン（図示せず）は、形成光学機器アセンブリ上の2つの他の平らな表面を嵌合し、組み合わせは、全ての自由度で、形成光学機器アセンブリを運動学的に位置決めするように作用し、したがって形成光学機器を光学光路内に位置決めする、繰り返し可能かつ安定した手段を確実なものにする。また、幾つかの実施形態では、反応性モノマー 1 1 1 0 を収容するためのリザーバも含むことができる。より一般的な観点から、当業者にとって明らかであり得る、形成光学機器を中心に置くため、反応性混合物を収容するリザーバに隣接してかかる光学機器を位置決めするため、及び1つ以上のかかる機能を周囲制御環境内に位置決めするための方法の本明細書に開示される本発明技術に従う、数々の実施形態が存在し得る。

【 0 0 9 7 】

形成光学機器 1 0 1 0 は、所望のスペクトルの化学放射線に対して、少なくとも部分的に透過性である。したがって、様々な実施形態では、形成光学機器 1 0 1 0 は、例として、石英、プラスチック、ガラス、又は使用される R M M を硬化させるように動作可能である光波長に対して透過性である他の材料の1つ以上を含み得る。形成光学機器 1 0 1 0 の形状は、形成光学機器 1 0 1 0 を通過する形成化学放射線から生じる重合を介して表面 1 0 1 1 に沿って形成される、レンズ又はレンズ前駆体に付与される特性を有する、表面 1 0 1 1 のうちの1つを含むことが更に留意され得る。数々の形状実施形態は、本明細書の本発明技術を含み得る。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 8 】

形成光学機器 1 0 1 0 の設計及び特性に採用され得る様々な実施形態内で、前記部品の個々の実施例は、例えば、その在庫材料、製造、使用履歴、及び／又は他の原因に関連する、固有の態様を有し得る。これらの態様は、ボクセルリソグラフィシステム 5 0 0 の全体機能と相互作用して、又はせずに、目的とする最終生成物を達成するために必要とされる、ボクセル単位強度プロファイルの固有の光学的オフセット値を生成する。したがって、幾つかの実施形態は、形成光学機器 1 0 1 0 を調整し、それらを維持し、それらを追跡するための手段を採用し得る。例示的な理由から、一実施形態は、形成光学機器部品 1 0 4 0 の平らな表面上の識別マークを機械可読フォーマットに符号化するためのものであってもよい。追加の実施形態は、機械可読性のために、例えば、前記識別マークと共に取り付けられた無線周波数識別デバイスを含むことができる。本発明の意図を含み得る、個々の形成光学機器部品 1 0 4 0 を識別するための数々の他の実施形態が存在し得る。

10

【 0 0 9 9 】

ボクセルに基づいたリソグラフィ光学器具 5 0 0 の産出生成物は、数々の実施形態を含み得る。一実施形態では、9 0 0 に示されるように、反応性生成物 9 4 0 は、形成光学機器 9 3 0 の表面上に形成されるが、残留反応性化学物質混合物 9 4 5 内に依然として存在する。反応性生成物 9 4 0 と共に形成光学機器 9 3 0 を化学物質混合物 9 4 5 から引き離す行為は、装置の追加の実施形態を含み得る。幾つかのかかる実施形態では、形成光学機器 9 3 0 及び接着する反応性生成物 9 4 0 は、例えば、ロボット自動化の行為の下、化学物質混合物 9 4 5 から外へ持ち上げられてもよい。

20

【 0 1 0 0 】

幾つかの実施形態では、記載されるプロセスによってもたらされる製造物品は、レンズ前駆体と称される実体であり得る。レンズ前駆体は、形成を受けて形成光学機器に接着することができる。略図 1 7 0 0 には、レンズ前駆体が接着され得る基材又は形成光学機器なしに、前駆体に含まれ得るものが示される。しかしながら、この概略表示は、レンズ前駆体の主要な特徴を図示する。反応性生成物は、ここで、1 7 4 0 で識別される、レンズ前駆体形態と称される固体成分を有する。本実施形態では、取り付けられた面（形成光学機器が図示されていない）は、光学表面と共に 1 7 5 0 として示される。ここで、レンズ前駆体形態 1 7 4 0 は、ボクセルに基づいたリソグラフィシステム 5 0 0 の動作によって画定された表面 1 7 3 0 を有する。流動性レンズ反応性混合物 1 7 4 5 が表面 1 7 3 0 に接着される。かかる実施形態では、媒体 1 7 4 5 は、依然として、形成光学機器上に残存し、それらは、本明細書に記載されるもの等の追加の処理にさらされ得る。

30

【 0 1 0 1 】

流動性材料除去装置

幾つかの実施形態では、前述されるボクセルに基づいたリソグラフィ光学システム 5 0 0 によって生成されたレンズ前駆体 1 7 0 0 は、新規実体を画定する。流動性材料除去装置（浸出装置と称される場合もある）は、レンズ前駆体 1 7 0 0 上で作用することができる一組の装置であり、以下に詳細に記載される。

【 0 1 0 2 】

ここで、図 1 2 の 1 2 0 0 を参照すると、流動性化学物質除去装置の実施形態の幾つかの態様の略図が示される。ここで、形成光学機器 1 2 5 0 に取り付けられ、整合プレート 1 2 6 0 がそれに取り付けられた、レンズ前駆体が表示される。組み合わせは、レンズ前駆体の表面が下方を向く実施形態として示される。流動性レンズ反応性混合物 1 2 4 0 は、重力を含む様々な力の下で移動する。浸出毛管 1 2 1 0 は、流動性レンズ反応性混合物 1 2 4 0 に近接して、レンズ表面に沿った低点に溜まった流動性化学物質の周囲及びその中に配置される。好ましい実施形態では、浸出毛管は、サフェクリット（Safecrit）のモデル H P 8 U 未処理プラスチックマイクロヘマトクリット（Model HP8U Untreated Plastic Microhematocrit）管から作製されたポリマー浸出モデルを含んでもよい。別の実施例として、また、毛管は、ガラス、金属、又は流動性化学物質除去の物理及び化学／材料要求に従う他の材料を含んでもよい。

40

50

【 0 1 0 3 】

流動性化学物質 1 2 4 0 は、毛管 1 2 1 0 内に引き込まれ、レンズ前駆体から引き出される体積 1 2 4 1 を形成する。一実施形態では、プロセスは、何度も繰り返され得る。処理後、レンズ前駆体 1 2 0 0 は、レンズ前駆体形態 1 7 5 0 に接着する、減少した量の流動性レンズ反応性混合物と共に残存する。

【 0 1 0 4 】

流動性レンズ反応性混合物の様々な態様は、例えば、流動性レンズ反応性混合物内の粘度がより低い構成要素が分離及び除去され得ることを含む、この処理によって影響され得る。化学物質除去プロセスが実施され得る方法に関する、多くの異なる任意選択の実施形態が存在し、全てが本発明の範囲に従うことは当業者にとって明白である。

10

【 0 1 0 5 】

広くは、任意選択の実施形態は、化学物質を表面から引き出すための数々の物理的設計を含み得る。異なる実施形態の一実施例は、流動性レンズ反応性混合物 1 2 4 0 を引き出すことを助長するために、真空システム構成要素 1 2 2 0 を作動させることであり得る。非限定的な実施例として、別の実施形態には、形成光学機器表面 1 2 5 0 の形状を模倣する、それらの点に配置される、毛管装置 1 2 1 0 の重複する複製物が含まれ得る。更に、化学物質除去は、一実施例として、スポンジのような高表面積材料、又は高表面積を有するナノスケール材料を用いて実施することができる。前述される概念を再記述すると、別の実施形態は、形成光学機器 9 3 0 上のレンズ前駆体を反応性混合物 9 4 5 から引き抜く速度を制御する工程を含んでもよい。本実施形態では、表面張力は、毛管浸出工程との類似性を有し、レンズ前駆体がもたらされる際の流動性レンズ反応性混合物 1 7 1 0 の残存量の減少をもたらし、化学物質除去の形態を含み得る。一般的な観点から、流動性レンズ反応性混合物 1 2 4 0 の一部を除去する機能を実施することができる装置の数々の実施形態は、本発明の範囲内の技術を含む。

20

【 0 1 0 6 】

好ましい実施形態では、真空システム構成要素 1 2 2 0 は、上記に定義した機能とは別の機能を有する。複数のレンズ前駆体の処理では、化学物質除去装置 1 2 0 0 は、何度も化学物質除去を実施する。真空システム構成要素 1 2 2 0 は、毛管装置 1 2 1 0 を洗浄するため、及び空にするために使用され得る。異なる実施形態は、真空システム構成要素 1 2 2 0 と併せて、毛管装置 1 2 1 0 を通って流れるクレンジング溶媒を含んでもよい。

30

【 0 1 0 7 】

概して、図 1 2 に示される実施形態 1 2 0 0 は、化学物質除去システムがどのように機能することができるかを図示し、これは、関連する構成要素の詳細及び拡大図に焦点を当てる。比較して、図 1 3 は、好ましい実施形態に採用される器具及び幾つかの代替物の両方の説明を助けるために、化学物質除去システム 1 3 0 0 実施形態の幾つかの実施形態のより全体的な図を示す。図 1 3 の 1 3 0 0 は、毛管除去構成要素 1 3 0 5 と、形成光学機器上に実装されたレンズ前駆体と、直下を向くレンズ前駆体を有する、類似する構成の形成光学機器プレート 1 3 0 6 と、を含む。

【 0 1 0 8 】

ここで、再び図 1 3 を参照すると、浸出毛管 1 3 0 6 の定置は、別の実施形態では、形成光学機器レンズ前駆体 1 3 0 5 の中心、つまり中心点から外れた位置に位置決めされ得ることが明白であり得る。アイテム 1 3 3 0 は、毛管の形成光学機器に対する中央整合をオフセットするために調節が使用される、 $x y$ 換算表の単次元を示す。例として、1 3 3 0 は、好ましい実施形態の手動バーニア調節形態で示される。しかしながら、調節は、例えば、ステッピングモータを含む自動化によって実施されてもよく、より一般的に、 $X Y$ 換算表の位置での自動化器具の様々なレベルの精度向上が本発明内であると予測され得ることが、当業者にとって明らかであり得る。より一般化し、かつ以下の記述を簡略化するために、装置のいずれの移動能力も、考えられる実施形態と同様の自由度を有し得ると考えられ得る。

40

【 0 1 0 9 】

50

アイテム 1 3 2 0、つまり形成光学機器保持装置は、形成光学機器を所望の安定した位置に柔軟に保持するための装置を含む。本実施形態では、前述において 1 0 0 0 として示される形成光学機器部品は、ボクセルに基づいたリソグラフィ装置 5 0 0 内に位置決めされる際と類似する位置スキームを採用し得る。別の実施形態は、形成光学機器保持装置 1 0 0 0 を自動化手段の下で移動できるようにし得る。形成光学機器を保持し、それを流動性化学物質除去装置内の適切な位置に固定する方式の数々の代替方法が、本発明に従う態様を含むことは明白である。

【 0 1 1 0 】

これまでの記述は、概して、形成光学機器の軸が、水平面に対して垂直であり、重力の方向となるように位置決めされる実施形態を示してきた。別の実施形態は、この垂直配向を中心にある角度で軸を回転できるようにし得る。アイテム 1 3 5 0 は、形成光学機器軸と重力がなす角度を変化させるための調節手段を含む。かかる変化の基本的な効果は、レンズ前駆体上の流動性物質 1 7 1 0 が形成光学機器の中心から外れた位置に溜まる傾向となることである。幾つかの実施形態では、中心から外れた位置に流動性媒体を引き出す利点が存在し得る。

【 0 1 1 1 】

図 1 3 に示される多数のアイテムは、毛管浸出装置 1 3 0 6 のレンズ前駆体上の流動性媒体に対する垂直方式の位置に関連する。例えば 1 3 4 0 は、垂直軸に沿って浸出毛管 1 3 0 6 に取り付けられたステージを移動させることによって、この次元の総調節又は粗調節することを含み得る。更に、1 3 4 5 は、同一の移動可能性における微細レベルの調節を含む。同一の軸に沿って、形成光学機器実装ステージ 1 3 1 0 を毛管浸出装置 1 3 0 6 に対して調節することが同等に可能である。アイテム 1 3 7 0 は、この目的のための微調節装置を含む。

【 0 1 1 2 】

浸出毛管を異なる配向に移動するために、1 3 6 0 は、回転運動デバイスを含む。例えば、かかる実施形態は、浸出デバイス 1 3 0 6 を簡単かつ自動で交換する能力を可能にし得る。

【 0 1 1 3 】

記述されるように、流動性化学物質除去装置 1 3 0 0 の様々な構成要素間での移動を自動化することに関連する、数々の実施形態が存在し得る。更に、しかしながら、別の実施形態が、化学物質を除去するプロセスを制御するための光学測定を含むことは、完全に本発明の範囲内である。かかる監視のための更に別の実施形態は、例えば、様々な種類の液体レベルセンサを含み得る。一般的に言えば、流動性化学物質混合物の一部を固体支持体から制御可能に除去するプロセスが、数々の検知及び計測装置を必要とし得ることは、当業者にとって明らかであり得る。

【 0 1 1 4 】

これまでに記載されてきた流動性レンズ反応性化学物質を除去するための装置に関連する実施形態の趣旨は、化学物質 1 7 1 0 の一部をレンズ前駆体形態 1 7 3 0 の表面から除去する方法及び装置を含む。化学洗浄工程が、より激しい任意選択の洗浄を用いる実施形態を含み得ることは当業者にとって明白であり得る。業界標準クレンジング技術を使用することによって、流動性レンズ反応性化学物質 1 7 1 0 は、部分的に、又はほぼ完全に除去され得る。明らかに、かかるクレンジング作用を有する装置は、レンズ前駆体 1 7 0 0 を異なる形態に変換し得る。しかしながら、幾つかの実施形態では、例えば、堆積、噴射、インクジェット、又は浸出等を介して、反応性混合物をレンズ前駆体形態の表面 1 7 3 0 上に再び適用することによって、前記クレンジング技術後にレンズ前駆体を再構成することが可能であり得る。

【 0 1 1 5 】

化学物質除去の他の実施形態は、レンズ前駆体形態 1 7 4 0 外部の器具を使用しない場合がある。あるいは、レンズ前駆体形態 1 7 4 0 の形状は、数々の実施形態によって画定され得るため、レンズ前駆体形態 1 7 4 0 の特定の位置に、局所的凹部又はチャンネル（図

10

20

30

40

50

4の400のアイテム440は、かかる特徴の幾つかの例示的な実施形態を含み、本明細書の他の項でより詳細に記載される)を含み得る、レンズ前駆体形態の設計が存在する。流動性レンズ反応性混合物1710をチャンネル内に誘導することによって、レンズ前駆体形態1740「上」の流動性レンズ反応性混合物1710の量の減少が得られる場合があり、これは、化学物質除去の前記別の実施形態を含み得る。広くは、この種類の実施形態では、本方式で機能するための局所リリース特徴の実際の形状は様々であり得、自由形成表面に作り出されてもよいことが明白であり得る。

【0116】

安定化及び固定化装置

レンズ前駆体1700は、眼科レンズのカスタマイズされた形成のための装置の追加の実施形態の原理を含む。一実施形態の描写に層1710として示される、レンズ前駆体の流動性層は、光学品質眼科レンズ表面を形成するための新規方式を提供する。レンズ前駆体が直立状態で定置される際、流動性媒体は、経時的に移動し得る。例えば、時間の長さ等の特定の条件下で、流動性層は、安定した実体を達成するために、重力及び表面力の両方下で拡散し得る。安定化した流動性レンズ反応性混合物1710の表面は、1720で示すことができる。特定の実施形態の下で、結果として生じる表面1720は、レンズ前駆体形態1740の表面1730と比較して、光学的に優れた表面を含み得る。数々の装置が、流動性レンズ反応性混合物1710を安定化する機能的な能力を提供し得る。

【0117】

ここで、図14に進むと、好ましい実施形態の安定化装置1400が示される。一態様は、流れシステムを、移動又は振動エネルギーから絶縁できるようにする。これは、1400において構成要素1450を用いて達成される。比較的大きなテーブル1450を、振動絶縁システム1440上に支持することができる。かかる実施形態において、重力もまた採用される際、大きなテーブル1450は、水平な平らな表面を有することが望ましい場合がある。レンズ前駆体1410は、保持装置1451を用いて取り付けられ得る形成光学機器ホルダ1430に取り付けることができる。幾つかの実施形態では、流動性媒体の最小時間を制御して、比較的安定した状態を達成するために、自動化タイミング器具が使用され得る。

【0118】

幾つかの実施形態では、安定化に使用される装置は、レンズ前駆体1700を形成された眼科レンズに固定するために、レンズ前駆体を化学線照射工程に暴露できるようにする、取り付けられた構成要素を含む。幾つかの実施形態では、固定化放射線は、流動性レンズ反応性混合物1710内でのみ光化学反応が起こるようにする。別の実施形態では、例えば、レンズ前駆体形態1740等のレンズ前駆体の他の部分は、固定化放射線下で、1つ以上の化学変化を起こし得る。レンズ前駆体を構成する材料の性質に基づく変形を構成する他の実施形態は、本発明の下で整合性のあるものとして、専門家にとって明らかであり得る。

【0119】

1400では、固定化放射線源は、1460で識別される。例として、ボクセルリソグラフィ光学システム520の文脈で前述されるものと類似する光源が採用されてもよい。例えば、幾つかの実施形態では、デジタルライトラボ社(Digital Light Lab Inc.)(米国テネシー州ノックスビル(Knoxville))のコントローラを有するアキュキュア(AccuCore)ULM-2-420光源1460は、固定化放射線1461の許容可能な源を構成してもよい。安定化のために適切なパラメーターが実施された後、固定化光源1460のコントローラは、レンズ前駆体及び周囲を固定化放射線1461に暴露し、一実施形態の眼科レンズを形成する、オン位置に切り替えられる。一般的な観点から、レンズ前駆体形態1730表面にわたる流動性レンズ反応性混合物を安定化ないしは別の方法で移動させ、次いで幾つかの方式で固定化放射線で照射する工程に関連する数々の実施形態が存在し得る。

【0120】

例として、固定化装置内で処理するための幾つかの別の実施形態は、流動性材料がウォッシングシステムで洗い落とされている場合がある、レンズ前駆体形態を含み得る。固定形態のこのレンズ前駆体形態が、それ自体で特定の特性のレンズを含み得るため、安定化装置自体を必要としない方式で固定化装置を使用することを伴う実施形態を予測することは、本発明の範囲内である。より一般的な意味で、本発明は、固定化装置が、流動性材料を固定される表面上に事前に流す必要のない材料を固定し得る、材料及び形態の数々の実施形態を予測し得る。例として、ボクセルに基づいたリソグラフィ光学システムを用いて形成され、流動性レンズ反応性混合物 1 7 1 0 が洗い落とされたレンズ前駆体形態は、依然として、固定化装置がレンズ前駆体をレンズに固定することができる実施形態を含み得る。

10

【 0 1 2 1 】

一組の実施形態は、流動性レンズ反応性混合物 1 7 1 0 を移動させるための別の方式を含む。例として、幾つかの実施形態では、流動性レンズ反応性混合物 1 7 1 0 を含むレンズ前駆体表面を攪拌することによって、流動性レンズ反応性混合物 1 7 1 0 の移動が可能となり得る。更に、例えば、幾つかの実施形態では、フィルム処理において一般的なスピニング方式で、レンズ前駆体を、中心軸を中心にスピニングさせることが望ましい場合がある。

【 0 1 2 2 】

更に他の実施形態は、レンズ前駆体 1 4 1 0 を、制御された方式で特定の距離にわたり降下させることによって、流動性レンズ反応性混合物 1 7 1 0 が受ける重力を最小化する工程を含み得る。追加の実施形態は、上にレンズ前駆体 1 4 1 0、形成光学機器 1 4 2 0、及びホルダ 1 4 3 0 が置かれる表面 1 4 5 0 のレベルを変化させることによって、重力の影響を変えてもよい。異なる表面レベルによって、中心光学機器域内の流動性レンズ反応性混合物 1 7 1 0 への力が変化し、移動を生じ得る。

20

【 0 1 2 3 】

別の態様では、幾つかの実施形態は、流動性レンズ反応性混合物 1 7 1 0 の化学又は物理変化を含み得る。例として、別の実施形態は、その流動性の性質を変化させる方式で、流動性反応性化学物質の中及び周囲に溶媒材料を導入する工程を含み得る。更に、前記添加材料は、レンズ前駆体系 1 7 0 0 内の構成要素の表面エネルギー特性に影響を与え得る。流動性反応性化学物質 1 7 1 0 の特性は、固定化とは異なる方式で流動性の性質を変化させるために、固定化照射 (fixing irradiation) 1 4 6 1 を使用することによって、部分的に変化されてもよい。流動性化学物質系の特性を変化させることに関連する、一般的な性質の数々の別の実施形態は、本発明の本質によって予測され得る。

30

【 0 1 2 4 】

著しく基本的なレベルで、反応性化学物質混合物 9 4 5 の性質は、異なる結果をもたらすことができるように、装置の様々な実施形態と相互作用し得る。安定化及び固定化装置 1 4 0 0 の性質、及び反応性化学物質混合物内の基本的な化学成分を変化させることに由来する実施形態の変形は、本発明の範囲内の実施形態を含むことが明白である。例として、これは、例えば、固定化放射線に採用される波長の変化を含むことができ、固定化放射線の前記波長における柔軟性を有する装置の実施形態を導入してもよい。

40

【 0 1 2 5 】

レンズ前駆体の材料が形成されたレンズの一部を含み得る際、安定化及び固定化装置内及びその周囲の環境制御は、重要な実施形態の態様を含み得ることが、当業者にとって明らかであり得る。例えば、例えば H E P A フィルター処理した空気流を用いる、微粒子状物質の制御は、環境制御の一実施形態を含み得る。流動性媒体は、依然として化学放射線に対して感受性があるため、環境に入る漂遊光の制御は、追加の任意選択の実施形態を含む。同様に、湿度及び他の気体汚染物質は、レンズの品質に影響を与え得、これらの環境条件の制御は、別の実施形態を含み得る。当業者にとって明白であり得る環境制御の数々の態様は、本発明の範囲内の技術を含む。

【 0 1 2 6 】

50

安定化及び固定化装置を用いて幾つかの実施形態のレンズ前駆体进行处理する工程の生成物は、眼科レンズと類似するか、又はその形態のデバイスを含み得る。多くの点で、この材料は、最終的な水和眼科レンズに直接関連する特性を有する。しかしながら、多くの実施形態は、レンズ安定化及び固定化の後、実体物を生成し、これは、依然として形成光学機器及びホルダ 1 4 3 0 上にあり、非水和形態の実体に、様々な形態の計測が実施され得る。

【 0 1 2 7 】

計測装置

図 1 5 へ続くと、光学及び材料特性を測定することができる計測装置の実施形態の描写が示される。計測は、前述の固定化装置 1 4 0 0 を用いる処理の後にもたらされ得る「乾燥」レンズと、水和レンズとの両方に可能であり得ることが明らかであり得る。しかしながら、本実施形態は、好ましくは、依然として形成光学機器に取り付けられたままである、乾燥レンズの計測に焦点を当てる。図 1 5 を参照すると、乾燥レンズ 1 5 2 0 は、依然として、形成光学機器 1 5 3 0 及びその適切な保持構成要素 1 5 4 0 に取り付けられたままである。一実施例では、この保持構成要素 1 5 4 0 は、共に、レンズの中心軸を中心とする制御された回転運動を可能にする、一对のマウント 1 5 5 0 及び 1 5 6 0 に取り付けられる。

【 0 1 2 8 】

幾つかの実施形態では、キーエンス (Keyence) (日本・大阪) によって製造されるモデル LT- 9 0 3 0 等のレーザー変位センサ 1 5 1 0 からのレーザー光 1 5 1 5 の、レンズ試料 1 5 2 0 の表面との相互作用は、試料 1 5 2 0、形成光学機器 1 5 3 0、及び保持クランプ 1 5 4 0 が軸方向に回転する際に生じる。回転サーボモータ 1 5 7 0 は、上に試料アセンブリが置かれる回転軸受運動ステージを駆動する。回転の安定性のために、レンズ試料アセンブリの質量の中心は、幾つかの実施形態では、可能な限り中心点の近くに設定される。ステージが回転する際、レーザー変位センサ 1 5 1 0 は、レンズ 1 5 2 0 の表面の軸リングに沿った複数の点の変位を測定する。ステージが 1 回転した後、変位センサ 1 5 1 0 は、方位角方向に移動される。それぞれの移動は、レンズの表面の周囲に新たな円形輪郭を作り出す。本実施形態のプロセスは、レンズ表面全体の輪郭が描かれるまで繰り返される。レンズ試料 1 5 2 0 のない特定の形成光学機器 1 5 3 0 を測定することによって、形成光学機器の表面位置は、同等の球状表記形式で取得され得る。この結果を光学機器上にレンズがある結果から減算することによって、レンズ生成物の厚さマッピングがもたらされる。この場合もやはり、取り付けられた R F I D を介するか、又は幾つかの他の手段による電子フォーマットの形成光学機器の一意的識別は、装置の別の実施形態の形態を含んでもよい。

【 0 1 2 9 】

この種類の幾つかの実施形態では、試料表面 1 5 2 0 のセンサ 1 5 1 0 に対する自由振動変位は、システムによって得られる変位測定値に重大な誤差を含む場合がある。そのため、振動減衰及び絶縁が含まれてもよい。したがって、幾つかの実施形態では、振動効果を最小限にするために、振動絶縁マウント 1 5 9 0 上に置かれる大きな支持テーブル 1 5 8 0 を利用することができる。幾つかの実施形態は、他のものほど振動ノイズに対して感受性はない場合もあるが、しかしながら、一般的に言えば、検出器及び試料位置決め装置の様々な形態の周囲の環境への振動エネルギー伝達モードを最小化する様々な方法は、本発明の範囲内の実施形態を含む。

【 0 1 3 0 】

他の実施形態は、レンズ特性を抽出するために、場合によっては、第 1 の記載されるレーザー変位センサに加えて、異なる測定システムを採用し得る。非限定的な実施例として、また、幾つかの実施形態では、形成されるレンズ本体の厚さを決定するために、トーラボ社 (Thorlabs Inc.) (米国ニュージャージー州ニュートン (Newton)) から入手可能なシャック - ハートマン・ウェーブフロントセンサ (Shack-Hartmann Wavefront Sensor) が使用されてもよい。

【 0 1 3 1 】

一般的な観点から、一部において、及び例えば、屈折率、放射線吸収、及び密度を特性化するための技術を含む、本発明の範囲内であると予測される計測デバイスにおける、相当の多様性が存在し得る。また、例えば、粒子検出を含む、環境制御に関連する態様も、予測され得る。これらの様々な技術は、例示的な計測デバイス 1 5 0 0 と同一の環境及び位置にあってもよく、又は別の実施形態では、汎用システム環境内又は外部に追加の位置を含んでもよい。

【 0 1 3 2 】

特定の試料の生成に使用される特定の試料及び構成要素に関連する計測及び記号論理的データの収集、記憶、及び通信は、本発明の一般的な実施形態の原理を含む。これらの様々なデータは、レンズ特性を制御するためのフィードバックループを確立するのに有用であり得る。例示的かつ好ましい実施形態では、レンズ試料 1 5 2 0 のレーザー変位センサに基づいた計測装置 1 5 0 0 からの出力は、算定システム内に記録及び記憶される。一実施形態 1 5 3 0 では、個々の形成光学機器部品は、前記試料 1 5 2 0 の生成に使用される前に、それに対して同様のレーザー変位計測が実施されていてもよい。データ算定システムを使用することによって、変位データは、レンズ試料、したがって生成されるレンズの厚さの表示を生成するために、幾つかの方式で処理され得る。

【 0 1 3 3 】

算定システム内で、レンズ製作システムにおいて様々な構成要素の開始パラメーター設定点を提供するのに有用なレンズ試料の所望のモデルは、試料 1 5 2 0 及び形成光学機器 1 5 3 0 の変位データの操作と比較され得る。幾つかの実施形態では、モデル内の様々な位置点は、画像化システムの個々の構成要素に、好ましい実施形態では、ボクセルに基づいたリソグラフィ光学システム内の特定のボクセル要素にマッピングされるか、又はそれに関連付けられ得る。ボクセルのパラメーターを調節することによって、前の試料と比較して調節された性能を有する次のレンズ又はレンズ前駆体試料が生成され得る。計測及び様々な計算アルゴリズム、並びに装置の数々の実施形態内で、データの取得、処理、モデリング、フィードバック、及び通信の多くの別の実施形態が、本発明の範囲内の要素を含むことは当業者にとって明白である。

【 0 1 3 4 】

幾つかの実施形態では、生成されたレンズ試料 1 5 2 0 の厚さに関連する特定のシステムの計測データは、レンズ前駆体形態 1 7 2 0 の輪郭に設計された整合機能を使用することによって、向上され得る。例示的な図 4 の 4 0 0 で、上述されるものと類似する方式で得られる厚さ計測が得られた。この 4 0 0 の他の記述は、本開示内の他の場所に行われるが、整合の実施形態の理解を使用するために、4 4 0 が熟考され得る。アイテム 4 4 0 は、レンズ試料 1 5 2 0 の表面に、比較的深い輪郭陥凹を含み得る。かかる特徴の設計は、装置内の数々の処理工程を適応させるのに有用であり得る。一実施形態では、アルゴリズム又は計測データの操作によって、4 0 0 に関連する信号が抽出又は認識され得る。かかる抽出は、整合機能 4 4 0 に関連する位置に近接するか、又はその位置に処理を提供する、様々な装置の部分の位置決めするのに有用であり得る。特にマーキング材料及び輪郭特徴の設計の使用を含む整合機能の数々の異なる実施形態が可能であり、本発明の範囲内の技術を含むことは、当業者にとって明白であり得る。

【 0 1 3 5 】

計測システム 1 5 0 0 によって生成される計測データを使用する幾つかの別の実施形態は、眼科レンズ生成システム全体又はその中のその様々な装置を診断及び制御するために、このデータを利用してよい。非限定的な実施例として、形成光学機器 1 5 3 0 の上述の測定値の記憶は、結果として、かかる測定値の履歴をもたらし得る。別の計算及びアルゴリズム処理によって、表面の特性は、経時的に比較することができ、急激又は一定のいずれかのこれらの特性の変化は、ある種の診断介入が必要であることを知らせるために使用されてもよい。かかる信号変化の多くの考えられる原因の一例は、形成光学機器が、その表面上にある種の表面スクラッチを受けたことを含み得る。追加の実施形態では、得ら

10

20

30

40

50

れる計測結果に許容可能な限度を定めるため、及び自動化感知において測定値の有効な変化を知らせるための両方に、統計に基づくプロセス制御アルゴリズムを使用することができる。更なる追加の実施形態は、これらの知らせに自動化手段で対応するために、システム内に自動化のための手段を提供し得る。しかしながら、一般的な観点から、本発明の範囲は、システム全体を診断及び制御するために、例えば、システム 1 5 0 0 からの計測データを使用する、これら及び数々の他の実施形態を予測する。

【 0 1 3 6 】

これまでに記載された計測装置の実施形態は、概して、「乾燥」レンズ試料 1 5 2 0 又はその形成光学機器 1 5 3 0 の計測に関係し得る。より一般的な観点からは、しかしながら、同様の、又は追加の計測の実施形態は、全システム内の他の形態の特性の測定に由来し得る。非限定的な実施例として、「乾燥」レンズは、幾つかの実施形態では、続けて処理され、水和した状態となり得る。かかる新たに画定された試料 1 5 2 0 の計測は、より一般的な実施形態の記述の一実施例を含み得る。更なる実施例は、レンズ前駆体試料 1 7 0 0 に計測を実施する工程を含んでもよい。したがって、一般的な意味で、本発明の範囲内であると予測され、この種の眼科レンズ生成システム内の生成物を処理する、又は構成するのに使用される、様々な形態の材料に計測を実施するための数々の実施形態が存在する。

【 0 1 3 7 】

水和及び取り出し装置

眼科レンズを生成する装置の別のサブセクションは、レンズ又はレンズ前駆体をその形成光学機器から取り出し、それをクレンジングし、それを水和させる工程を含む。幾つかの実施形態では、これらの工程は、本質的に同時に実施され得る。図 1 6 の 1 6 0 0 に進むと、簡略化のために水和装置と称される、これらの工程を実施するための装置の実施形態が示される。装置には、水和用流体を収容する容器 1 6 1 0 と、レンズ 1 6 3 0 及び形成光学機器ホルダ 1 6 4 0 が浸漬される流体浴 1 6 2 0 と、浴を一定の温度に維持するための熱制御ユニット 1 6 5 0 とが含まれる。

【 0 1 3 8 】

好ましい実施形態では、流体浴 1 6 2 0 には、表面活性剤が添加された脱イオン (D I) 水が含まれる。当該技術分野において予測され、本発明の範囲に従う、この浴の数々の実施形態が存在する。別の実施形態では、流体浴 1 6 2 0 には、脱イオン水及び表面活性剤との混合物である場合がある、有機アルコールの混合物が含まれてもよい。したがって、容器 1 6 1 0 の幾つかの実施形態には、水又は有機アルコール類の体積の収容、及びまた、温度制御ユニット 1 6 5 0 と流体浴 1 6 2 0 との間での熱エネルギーの透過に従う材料が含まれ得る。一般性の観点から、レンズの水和及びクレンジングの範囲内に含まれ、本発明技術の実施形態を含み、容器の材料、容器の設計、並びに容器を充填する、及び空にする手段を含む、数々の別の実施形態が存在し得る。

【 0 1 3 9 】

幾つかの実施形態では、浴の温度は、水和、クレンジング、及び取り出し動作を加速するために上昇される。かかる一実施形態では、温度は、内部感知装置 1 6 5 0 を有するホットプレートが存在によって維持され得る。より高度な実施形態は、別の照射及び導電性材料並びに装置を含む、流体を加熱するための別の方式を含み得る。また、追加の実施形態は、浴温度を監視し、それを温度帯内に制御するための異なる方式を含み得る。更なるより高度な実施形態は、流体浴の温度をその時点で変化させる又はプログラムする能力を含むことができる。本発明の範囲内の実施形態を含む、水和浴の温度を制御するための数々の実施形態が存在することが、当業者にとって明らかであり得る。

【 0 1 4 0 】

レンズ 1 6 3 0 、及び形成光学機器 1 6 4 0 の流体浴への暴露が進行し、レンズが水和される際、幾つかの実施形態では、レンズ本体は、膨張し、最終的に形成光学機器 1 6 4 0 から分離する。したがって、幾つかの実施形態は、アセンブリの分離したレンズを捕獲し、適切な保管及びパッケージング手段に入れる手段を含んでもよい。更なる実施形態は

、分離したレンズを位置決めし、流体浴媒体 1 6 2 0 から採取する工程を含んでもよい。あるいは、実施形態は、レンズを流体から隔離するために、排出プロセス中に、前記流体浴媒体 1 6 2 0 を濾す能力を提供し得る。一般的な観点から、レンズを位置決めし、それを保管手段に入れるように取り扱う数々の方式は、本発明の範囲内に従う実施形態を含む。

【 0 1 4 1 】

しかしながら、上記に言及されるように、膨張した形態のレンズは、レンズが患者によって着用される間のレンズの性能と最も一致する光学特性を含み得る。したがって、幾つかの実施形態では、膨張したレンズに 1 つ以上の計測工程が実施されてもよい。かかる実施形態は、他の計測工程とともに記載されてきた、フィードバック、制御、及び診断の類似する態様を含んでもよく、水和装置中でレンズを膨張させることに由来する更なる追加の実施形態は、専門家にとって明白であり得る。

【 0 1 4 2 】

これらのサブセクションは、眼科レンズを形成する装置の本発明において、5 つの主要なサブセクションを含む。好ましい実施形態では、それぞれは、装置を定める、それ自体の実施形態を有する。しかしながら、装置のそれぞれのサブセクションが、より高いレベルの数々の別の実施形態さえ含み得るため、サブセクションの異なる編成を有するか、あるいは 1 つ以上のサブセクションが省略されている場合があるが、依然として本発明の範囲下の実施形態を含み得る、存在し得る代替物が存在することが明らかであり得る。

【 0 1 4 3 】

方法

本発明に開示される手順は、本質的に、5 つの主要なサブセクションを含み得、したがって、方法の幾つかの実施形態の記述は、サブセクションレベルで、論理的な記述に編成される。サブセクションは、ボクセルに基づいたリソグラフィレンズ前駆体の生成に関する手順、レンズ前駆体を生成するより一般的な手順、レンズ前駆体を処理する様々な手順、レンズ及びレンズ前駆体の後処理、並びに計測及び様々なセクション間でのフィードバックの手順である。手順の以下の工程及び説明は、例示に過ぎず、本明細書に添付される特許請求の範囲において提示又は言及されない限り、本発明の範囲を限定する意図はないことに留意されたい。

【 0 1 4 4 】

全てのサブセクション又はそのサブセットも含む、手順の実施形態が存在し、したがって、記載される 1 つ以上の方法工程の順序及び包含は、本発明を限定しない。図 1 を参照すると、手順 1 0 0 のサブセクションブロックが確認され、ボクセルに基づいたリソグラフィ手順 1 1 0 と、別の形成手順 1 2 0 と、レンズ前駆体処理手順 1 3 0 と、後処理手順 1 4 0 と、計測及びフィードバック手順 1 5 0 と、を含む。図 1 では、楕円形状の特徴内に 2 つの実体を確認され、それらは、レンズ前駆体、つまりアイテム 1 6 0 と、アイテム 1 7 0 としての眼科レンズである。単一方向に進む矢印は、幾つかの実施形態がとり得る一般的な方向を含み得、2 つの頭を有する矢印は、材料、データ、及び情報の幾つか又は全てが、様々な手順セクションから中心的測定及びフィードバックセクションへ、及びその逆へ流れることができることを示す。

【 0 1 4 5 】

ボクセルに基づいたリソグラフィ手順

ボクセルに基づいたリソグラフィ装置からレンズ前駆体を生成する方法は、数々の装置の実施形態、並びにレンズ前駆体の処理にこれらの装置の実施形態を使用するための数々の方法に関連する、数々の実施形態を含む。図 1 のアイテム 1 1 0、つまりボクセルに基づいたリソグラフィ方法を参照すると、このシステムからのレンズの作製における初期工程を含み得る、ボックス 1 1 5 で示される開始工程が存在する。所望のレンズパラメーターが、アルゴリズム演算に入力されてもよい。幾つかの実施形態では、これらのパラメーターは、眼科患者の光学表面上で光学収差を測定することによって得られてもよい。これらの測定値は、作製されるレンズに要求される波面特性に変えることができる。他の実施

形態では、レンズ生成パラメーターを決定するために、アルゴリズムに入力され得る理論上のレンズ波面特性が存在し得る。所望の産出レンズ特性を定める初期工程に関連する数々の方法の実施形態が存在し得ることが、当業者にとって明らかであり得る。

【 0 1 4 6 】

アイテム 1 1 5 について続けると、アルゴリズムは、上述される入力パラメーターを受け取り、幾つかの実施形態では、パラメーターを以前に生成されたレンズに関連付ける。ここで、空間光変調器に通信される暴露「動画」又はスクリプトのための一連の「フレーム」が決定されてもよい。アルゴリズムに入力される、要求されるパラメーターのアルゴリズム処理を定める手順に関連する、多数の実施形態が存在し得ることが明らかであり得る。

10

【 0 1 4 7 】

同様に、「DMD」スクリプトを含む、特定のボクセル要素のアルゴリズム出力を、その時点で予定される光反射プロファイルに変換するために使用することができる数々の手順が存在し得る。例として、アルゴリズムが望む全強度値は、全時間中に光照明システムの入力強度が反射される一連の時間刻みとして、反応性混合物のボクセル位置に供給されてもよい。これらの全「オン」工程の積分強度は、次いで、ミラー要素に部分値が書き込まれ、したがってミラーが、全オンレベル未満であるデューティサイクル「オン」レベルを有する、別の時間刻みによって補完されてもよく、全体として反応性混合物に暴露される残りの時間刻みでは、この特定のボクセル要素は、結果として残りの持続時間の間、「オフ」となり得る。別の手順は、供給される多数の刻み又は「フレーム」の強度の平均値を取得する工程と、その値を使用して、DMDに送信されるフレームのバルクに値を設定する工程と、を含み得る。前述の装置の記述に記載される、一般的な空間光変調器も同様に、この強度及び時間暴露制御を作り出す意図と関連させるための手順の実施形態を有することが、当業者にとって明らかであり得る。

20

【 0 1 4 8 】

前述の方法が、空間的照明デバイスの動作によって空間的照明デバイスに適用される固定強度を変調する工程に関連する所与の実施例である一方、より高度な手順により、光源からの強度が、光濾過を用いて源又は光学機器システム内のいずれかで変調されるかどうかで導かれ得る。更なる実施形態は、照明システム構成要素内及び空間的照明変調器内の両方での強度制御の組み合わせに由来し得る。更なる実施形態は、照明の波長の制御に由来し得る。

30

【 0 1 4 9 】

一般的な意味で、いずれかの寸法のいずれかの空間光変調器への制御信号、及びまた、例として、光源、フィルターホイール等のいずれかのシステム構成要素の制御信号と関連すると見なされるべき「DMD」スクリプトを形成する方法は、したがって、広くは、その時点で一連のプログラムされたコマンドシーケンスを作成する工程を含み得る。化学放射線の詳細、採用される光学機器システムの詳細、及び反応性モノマー混合物を含む材料の詳細の多くの実施形態を包含する、制御信号プログラムを作成する方法に関連する、数々の実施形態が存在することが、当業者にとって明らかであり得る。

【 0 1 5 0 】

40

「DMD」スクリプト及びアルゴリズムの詳細は、処理後に得られる結果との関係を有し得ることが留意され得る。決定的に重要なパラメーターのフィードバックは、後述され、かかる詳細な記述は、したがって保留される。そうは言うものの、ボックス 1 1 5 に示されるDMDスクリプトを作成する方法に関して、ボクセルに基づいたリソグラフィ手順並びにフィードバック及び計測手順を指す、及びそれとは逆を指す双頭矢印は、一部において、DMDスクリプトを作成するための方法でのこの情報交換における役割を指す。

【 0 1 5 1 】

レンズ前駆体を形成する手順への別の入力は、システムの反応性混合物を調合及び調製する様々な方法によって含まれ得る。図 1 では、アイテム 1 1 1 は、反応性混合物に含まれる様々な手順のボックス表示である。本発明の範囲内であるとして記載される装置の実

50

施形態が、反応性混合物内の構成要素の種類及び構成に関して、高度の柔軟性を含むことは当業者にとって明白であり得、反応性混合物要素の多数の実施形態が本発明の範囲を含むことは、本発明の一部であると予測される。

【 0 1 5 2 】

一般性の損失なく、例えば、反応性混合物内でモノマー単位として作用する化学成分は、実施形態のうちの幾つかに記載されたように、紫外スペクトルの光に対して光反応性である化学物質を含んでもよい。しかしながら、これらのモノマー分子は、同様に、光に反応して可視スペクトルの放射線を吸収するように選択することができる。同様に、システム内の構成要素は、電磁スペクトルの別の部分と整合させるために調整されてもよい。したがって、本発明に関連する材料手順は、電磁スペクトルの大部分にわたる化学放射線に対して感受性の分子を含み得ることが理解され得る。

10

【 0 1 5 3 】

幾つかの実施形態では、モノマー混合物は、実際には、1つ以上の化学線に対して反応性のモノマー種類の混合物であり、また、他の化学成分とも混合される。非限定的な実施例の理由から、吸収化合物として、他の化学物質が含まれてもよい。モノマー混合物へのかかる添加剤は、例えば、ボクセル要素によって画定される経路に沿った化学放射線の強度が、ブゲール・ランベルト・ベールの法則によってモデル化され得る方式で、ボクセルに基づいたリソグラフィを動作させる実施形態において重要であり得る。本構成要素は、ボクセル要素内の形成プロセスの厚さ感度を大きく定め得る。多数の実施形態は、関連スペクトル域内の光を吸収するモノマー混合物に構成要素を添加するために、本発明の範囲内の技術を含み得ることが、当業者にとって明らかであり得る。

20

【 0 1 5 4 】

他の実施形態では、モノマー混合物の吸収成分は、上述したものに更なる複雑性を含め得る。例えば、異なる方式で光を吸収する複数の分子が含まれる吸収体成分を定める方法は、本発明の範囲内であり得る。追加の実施形態は、それら自体が複数の関連する吸収帯域を有する分子で構成される吸収体要素に由来し得る。手順の更なる実施形態は、モノマー及び吸収体を組み合わせた役割を有するモノマー混合物に構成要素を添加する工程を含み得る。同様に、この組み合わせられた役割は、幾つかの実施形態では、モノマーに化学反応が生じた後でさえ、吸収役割を継続できるようにする。また、逆の場合は、化学線による反応が起こる際に、変化した吸光度特性を有する化学物質が添加される実施形態を方法に含め得る。一般的な観点から、1つ以上の関連スペクトル帯域で放射線を吸収するための成分と共に、反応性モノマー混合物を含む手順のための多くの実施形態は、本発明の範囲内であり得ることが、明らかであり得る。

30

【 0 1 5 5 】

モノマー混合物を調製する方法に阻害物質成分の添加が含まれる場合、追加の実施形態が導かれ得る。この意味で、阻害物質化合物は、反応性モノマー混合物内に形成された化学生成物との反応における役割を有し得る。幾つかの実施形態では、化学放射線の吸収は、1つ以上のフリーラジカル化学種を発生させ得る。阻害物質は、フリーラジカル種との反応において作用し、それによって、重合反応経路を終了させ得る。かかる実施形態の1つの効果は、光化学重合反応の持続時間を制限すること、又は他の方法で、重合反応が元の光吸収反応開始剤事象から離れて起こり得る距離を制限することであり得る。モノマー混合物に阻害物質を添加する幾つかの実施形態は、したがって、ボクセル要素内での光子の収集が、開始する反応の空間的局所化に最終的に反映される、空間解像度に関連し得ることが明白であり得る。広くは、阻害物質の作用は、当該技術に関連する数々の実施形態を含み得る。

40

【 0 1 5 6 】

阻害するように作用し得る反応性混合物の化学種又は構成要素の種類は、当該技術の数々の他の実施形態を含む。吸収体と同様に、複数の重合経路の阻害において、阻害物質が二重の役割を有することは、本発明の範囲内である。更に、阻害物質は、モノマー分子自体の一部を含み得る。また、一般的な他の方式では、阻害物質は、それ自体が、熱又は光

50

反応感受性を有し得る。更に他の実施形態は、混合物内に溶存形態を含み得るが、純形態で気体、液体、又は固体特性を呈するため、純化学状態の阻害物質の性質に由来し得る。

【0157】

モノマー混合物を調製する方法は、反応開始剤成分の添加に関して、追加の実施形態を有し得る。反応開始剤は、光子の吸収において重合反応を促進する化学種を生成する、光吸収性成分を含んでもよい。反応開始剤は、特定の帯域で大いに吸収する分子を含んでもよい。更なる実施形態は、装置の複数の関連帯域で光吸収性である反応開始剤分子によって生じ得る。その吸収は、関連周波数の比較的広い帯域も含み得る。モノマー混合物の反応開始剤成分が、モノマー混合物内のモノマー分子種類の1つ以上の中に存在する化学反応開始剤反応性に由来する場合、更なる実施形態も可能である。本発明の範囲内で、数々の別の実施形態が、反応開始剤としての役割を果たす構成要素を有するモノマー混合物を含む手順を含み得ることは、当業者にとって明らかであり得る。

10

【0158】

幾つかの実施形態では、これらの記載される添加剤の役割は、眼科レンズを形成する方法のための機能性を含む。一例示的な実施形態では、使用されたモノマー混合物は、眼科レンズの生成で一般的に使用される反応性モノマー混合物、エタフィルコンA (Etafilcon A) であった。再び図3を参照すると、エタフィルコンA (Etafilcon A) は、重合下で固体又はゲルを形成する、モノマー成分を含む。また、エタフィルコンA (Etafilcon A) は、例えば、アイテム310として示される、アイテム300内のより低い波長を含む帯域の紫外線を吸収する吸収体分子、ノルブロック (Norbloc) を含む。更に、また、エタフィルコンA (Etafilcon A) は、反応開始剤としての役割を果たし、その吸光度がアイテム340として示される構成要素も含む。混合物中で、溶存気体酸素の存在は、阻害物質の役割を含む。したがって、本実施形態では、反応性モノマー混合物を形成する手順は、固体及び又は液体成分の両方の混合物を製剤する工程を含み、溶存酸素のレベルを制御する工程を更に含む。本実施形態の説明は例示であり、したがって、本発明の範囲を限定することを意図しない。

20

【0159】

本発明の反応性モノマー混合物を形成する方法の他の実施形態が、モノマー混合物の物理的態様を制御することによって導かれ得ることは、明白であり得る。幾つかの実施形態では、これは、混合物の粘度を変化させるために、溶媒又は希釈剤を添加する工程を伴い得る。更なる実施形態は、混合物の変化した粘度をもたらす他の方法に由来し得る。

30

【0160】

モノマー混合物を調製する手順では、発生混合物に実施される処理から、追加の実施形態が定められ得る。非限定的な実施例として、混合物は、真空環境にさらされてもよく、これは、特定の溶存気体種の脱離をもたらし得る。別の実施形態では、モノマー混合物は、後続の化学線処理工程で使用前に、多量の混合物を化学放射線への暴露にさらすことによって処理され、したがって混合物中の多重結合成分の度合い及び母集団分布が変化されてもよい。モノマー混合物を処理して変化した特性をもたらすための数々の追加の実施形態が可能であり得、結果として生じる混合物は、眼科レンズ前駆体及びレンズを生成するという更なる目的において有用であることが、当業者にとって明らかであり得る。

40

【0161】

図1の矢印に沿ってボックス112に移動し、これは、反応性モノマー混合物を注入及び堆積するための方法に相当する。幾つかの実施形態では、ある量の反応性混合物は、溶存酸素の所望の濃度を有するように、平衡化されなければならない。幾つかの実施形態では、平衡化は、相当量のモノマー混合物を収容する容器を、周囲が、溶解される際に所望の濃度に平衡化するために望ましい量の酸素を含む筐体内に保管することによって達成され得る。追加の実施形態は、膜技術を介して的確な量の酸素を流動反応性混合物に交換し得る、自動化器具を含み得る。本発明の範囲に従う、組み込まれる気体を所望のレベルに変化させるか、又はそのレベルまで反応性混合物を注入するための数々の方式が存在し得ることは、当業者にとって明らかであり得る。

50

【 0 1 6 2 】

幾つかの実施形態では、注入される反応性モノマー混合物の体積は、ここで、手動の手段で、形成光学機器表面の付近に混合物を収容するための容器を含むリザーバに移動されてもよい。他の実施形態は、リザーバを反応性モノマー混合物で充填するための自動化機構を含んでもよい。本発明の更なる実施形態は、レンズ形成プロセスで必要に応じて使用され得る、充填使い捨て容器を含んでもよい。本発明の範囲は、全ての処理後に形成されるレンズを含む材料の量を越える、少なくともある量の反応性モノマー混合物で、形成光学機器表面の付近のリザーバを充填するためのある種の手順を使用することを含む。

【 0 1 6 3 】

様々な装置の実施形態、反応性モノマー混合物の材料の実施形態、化学放射線の性質の物理的実施形態、並びにスクリプト及びそれが含む装置の制御方式の実施形態の説明を用いて、ここで、ボクセルに基づいたリソグラフィ手順の産出物を形成する実施形態の幾つかが記載され得ることは当業者にとって明白であり得る。図1のプロセスフローチャートに移り、アイテム116は、これらの様々な実施形態を使用する形成方法を示す。上述された構成要素のそれぞれの別の実施形態が存在し得、特定のかかる実施形態に関連する方法の説明が、本明細書の本発明の範囲を限定しないことは当業者にとって明白であり得る。

【 0 1 6 4 】

アイテム116の手順の幾つかを微視的スケールで熟考することは、有効であり得る。非限定的な実施例として、幾つかの実施形態ではベールの法則方式を用いてモデル化され得る、画像化された化学放射線が通過した深さと共に、強度における吸収性が大幅に低減されるように、モノマー混合物が吸収要素を含む全体的な形成方法を熟考する。また、例えば、特定のボクセル要素上に向けられる化学線照射の波長が、反応性混合物に含まれる反応開始剤に積極的に吸収される波長域内であり、かつ吸収体の急速に変化する吸収域にある、図3に示される実施形態を熟考する。また、非限定的な実施例として、モノマー混合物は阻害物質を含むと考える。本記述の容易な参照及び説明のために、この手順の組み合わせは、実施例3と称され得る。これは、実施形態を実施するための方法として提示されるが、本発明の範囲及び使用され得る他のモデルを限定する意図はない。

【 0 1 6 5 】

実施例3の一実施形態では、阻害物質は、モノマー混合物内に顕著な濃度で存在し得る。微視的レベルでは、この例示的な実施形態は、入射化学線照射が、特定の要素内の化学放射線によって開始される化学反応が、高濃度の阻害物質がその促進を阻害する能力を超える速度で起こる非常に限られた局所域を、それ自体の周囲に画定するという特性を有し得る。幾つかの空間光変調器システムが、それぞれの個々の変調要素間に、変調要素と同一の方式で光を反射しない、「不感」空間としてのそれらの表面の部分の有するという事実のため、本実施形態では、形成光学機器表面上に形成される、結果として生じる材料は、隔離されたボクセルに基づいた円柱状要素の形態をとり得、これは、極度に互いと結合しない場合があることが明白であり得る。

【 0 1 6 6 】

実施例3の実施形態の継続的な非限定的な実施例として、阻害物質の濃度は、若干低い濃度であり得、本実施形態では、例えば、所与の組の化学線照明パラメータの空間的伝播が、ボクセル要素のそれぞれがボクセル要素間のいずれかの境界に重なるように進む化学線活量を定めるのに十分である、濃度であってもよい。微視的基準でのかかる場合は、個々の円柱状要素は、近隣のボクセルが著しい強度条件を定める照明条件で、互いに溶け込む傾向にあってもよい。幾つかの実施形態では、光学画像化システムは、個々の円柱状要素が混ざり合うのを促進するために、別の方法の実施形態のように、焦点がぼけるモードで稼動されてもよい。更なる実施形態では、空間中でのレンズ形成光学機器及びホルダの振動又は揺動移動は、ボクセル要素が互いに重なり、連続形状部を形成する、同様の効果を促進し得る。

【 0 1 6 7 】

ボクセル要素の深さ次元における、形成手順の効果を微視的基準で続けて記載することが有用であり得る。実施例3の条件から、特定のボクセル要素の「DMDスクリプト」は、形成光学機器表面から離れたボクセル要素の深さに反応を生じさせる積分強度又は暴露時間を定め得ることが明白であり得る。幾つかの特定の例示的な深さで、この条件は、反応度がゲル化点を定める、モノマー混合物の強度促進反応条件を含み得る。この深さより浅い深さでは、反応生成物は3次元態様を形成していてもよいが、しかしながら、この深さより深い深さでは、反応生成物はゲル化点に到達していない場合があり、生じたある程度のモノマー反応により、依然として周囲の発生反応性モノマー混合物より粘稠な構成要素の混合物を含む場合がある。本実施形態では、明らかであり得るように、少なくとも2つの域、つまり、反応がゲル化点より高い度合いまで反応が生じた域と、材料が、部分的に反応したモノマー混合物及び未反応のモノマー混合物の混合物であり得る非ゲル状層を含む域とを含むのに十分な体積の発生反応性混合物が存在した。幾つかの実施形態の下で、この層の幾つかは、流動性レンズ反応性媒体と称されるものを含み得る。微視的レベルで、これは、反応性混合物の体積空間内に形成されている。

【0168】

他の実施形態では、「DMDスクリプト」は、ゲル化点を超過して反応したボクセル画定層に局所設計要素を画定するのに有用であり得る。この実体は、幾つかの実施形態では、レンズ前駆体形態と見なされ得る。非限定的な実施例として、幅方向の多数のボクセル要素、及び長さ方向の多くのボクセル要素であり、それが含む全てのボクセル要素における低積分強度特性を有する、DMDスクリプトに本質的に線形の特徴を組み込む効果を熟考する。実施例3に記載される実施形態を使用することによって、非限定的な実施例として、かかる線形特徴がレンズ前駆体形態内に物理的に画定されることが想定される。微視的スケールでは、近隣のボクセル要素は、幾つかの有意なレベルでレンズ前駆体形態における厚さを定める強度を含み得る。線形特徴の第1の近隣ボクセル要素で、形成厚さは低下し、結果として、DMDスクリプト内に画定される線形特徴に関連する輪郭特徴をもたらす。

【0169】

例として、図4のアイテム400を参照すると、本発明の全実施形態を用いて形成されるレンズの厚さの表示が示される。本実施例では、レンズの厚さは、これまで記載された線形特徴の特性を有する、幾つかの特徴を示す。アイテム440は、例えば、レンズにわたる多くのボクセル要素に延在する線形特徴である。推測の結果として、本発明の態様は、レンズの光学表面画定形状に加えて、画定され得る形状及び輪郭特徴の多くの異なる実施形態を含むことが明らかであり得る。数々の考えられる実施形態に共通して、例として、例えば、特徴440の実施形態の意図のような整合機能が存在し得る。追加の実施形態は、排出チャネル、本質的に放射状経路に沿ってレンズ前駆体形態の縁部に向かって延在する線形特徴を画定する輪郭特徴と、様々な形状及び寸法のウェル又は閉止された穴と、近隣の平均トポロジーと比較して上又は下である切形段差と、レンズ画定域のサブセットにわたる平坦域又は本質的に平らな特徴とを含み得る。これらの実施例は、形成工程手順と関連し得ることが当業者にとって明白であり得る数々の実施形態のうちの幾つかである。

【0170】

図1の工程117に進み、幾つかの実施形態における、工程116の結果として生じる材料を反応性モノマー混合物の環境から取り出すことに関連する手順が記載される。幾つかの実施形態では、この取り出しのための一方法は、保持部品及びレンズ前駆体形態を有する形成光学機器を反応性モノマー混合物のリザーバから持ち上げるプロセスを含み得る。他の実施形態では、リザーバは、取り付けられたレンズ前駆体形態を有する形成光学機器から引き下げられてもよい。更なる実施形態は、ある程度の精度でかかる取り出しの速度を制御することができる器具を用いて、引き下げ又は持ち上げ工程のいずれかを自動化することに由来し得る。別の実施形態では、反応性モノマー混合物のリザーバは、幾つかの方式で排出され、結果として、取り付けられたレンズ前駆体形態を有する形成光学機器

が反応性モノマー混合物から分離されてもよい。一般的な観点から、工程 116 の生成物を反応性モノマー混合物から取り出す工程 117 を含む数々の実施形態が存在し、これらの実施形態は、本発明の範囲内の技術を含むことが当業者にとって明らかであり得る。

【0171】

図 1 では、生成物及び中間生成物は、楕円形状のパターンで示される。したがって、幾つかの実施形態では、レンズ前駆体 160 は、デバイス実体を含む。手順の記述と共に他の項を理解するために、レンズ前駆体の態様が確実に検討される。レンズ前駆体 1700 には、2 つの層、すなわちレンズ前駆体形態 1740 と、流動性レンズ反応性媒体、つまりアイテム 1710 とが含まれ得る。幾つかの実施形態では、これらの層は、前述の形成手順に対応する。幾つかの実施形態では、レンズ前駆体形態は、ボクセルに基づいたリソグラフィシステムによって画定され、ゲル化点を超えて反応した材料である。これは、前述された様々な構造の実施形態を有し得る。図 17 では、形成手順中にボクセル列が互いに重なる実施形態が示される。

10

【0172】

幾つかの実施形態では、流動性レンズ反応性媒体 1710 は、反応性媒体内でゲル化点が生じた点より深い、ボクセルに基づいたリソグラフィプロセスによって形成される層である。形成光学機器及び反応した材料が反応性モノマー混合物から取り出される際、レンズ前駆体形態の表面に接着する粘稠材料が存在し得る。本明細書の本発明技術では、この流動性フィルムは、幾つかの実施形態では、記載される方法で更に処理され得る。レンズ前駆体形態、及び更なる処理後にレンズの一部となる、その上の流動性材料のこの組み合わせが、レンズ前駆体を構成する。幾つかの実施形態では、レンズ前駆体は、特異な構造体であると想定されることが明白であり得る。これは、3次元形状を含む構成要素を有するが、しかしながら、吸収した反応性媒体の流動性の性質のため、実体は、固定の3次元形状を有さない。本発明の範囲は、形成方法、つまりアイテム 116 が、形成光学機器を反応性モノマー混合物から取り出す方法に関連する異なる実施形態、及び流動性レンズ反応性媒体の性質へのそれらの影響を含む形態の全ての様々な実施形態も含むことが、当業者にとって明らかであり得る。

20

【0173】

幾つかの実施形態では、アイテム 131 は、流動性レンズ反応性媒体の一部をレンズ前駆体から除去する手順の実施形態を含む。この手順を実施するための幾つかの実施形態を含む装置に関する前述項から明白であり得るように、この目的のための可能な多数の方法の実施形態が存在する。非限定的な実施例として、流動性レンズ反応性媒体は、毛管現象によって除去されてもよい。幾つかの実施形態では、手順は、毛管現象の工程が実施される前に、流動性レンズ反応性媒体の一部が共に留まるように、滞留させる工程を含んでもよい。更なる実施形態では、レンズ表面は、表面軸が重力の方向に対して角度をなすように配置されてもよい。毛管に基づいた装置を用いて流動性レンズ反応性媒体を除去する方法に関連する数々の実施形態が可能であり得、本発明の範囲内の技術を含み得ることが明らかであり得る。

30

【0174】

他の実施形態では、流動性レンズ反応性媒体を除去する手順は、毛管浸出器具とは別の装置を含んでもよい。例えば、流動性媒体を除去するために吸収性表面を使用する工程を含む方法は、幾つかの実施形態を含み得る。追加の実施形態は、詳細に記載されたものではなくむしろ、多くの毛管点を有する装置を使用する方法に関連してもよい。更なる実施形態は、流動性材料を除去するために、レンズ前駆体をスピン処理する方法を含んでもよい。流動性材料の一部を除去するために装置を使用する数々の方法のいずれかは、当業者にとって明らかであり得るように、本発明の範囲内の態様を含み得る。

40

【0175】

レンズ前駆体の上面から材料を除去するための異なる種類の実施形態は、この目的のためにレンズ本体にレリーフ特徴を画定する方法を含み得る。これらの種類の実施形態では、前述項に言及された排出チャネル等の特徴は、比較的低い粘度の流動性媒体が流れ出す

50

ようにし、それによって比較的高い粘度の流動性媒体が流れ込むための低勾配空間を作り出すための位置を作り出すように設計されてもよい。更なる実施形態では、また、レンズ本体のスピンの使用は、材料が流れ込むためのレリーフ特徴を設計することと併せて、レンズ材料を除去する実施形態も含み得る。異なるレリーフ表面設計の様々な実施形態を含む実施形態はまた、本発明の範囲内の技術を含むことが、当業者にとって明らかであり得る。

【0176】

幾つかの実施形態では、流動性レンズ反応性媒体の除去を回避し、更なる処理工程を続けることが可能であり得る。図1では、本態様は、要素160からボックス131を避けて走る点線矢印によって示され得る。

10

【0177】

図1のボックスに図示され得る、眼科レンズを形成する方法を含む実施形態に示される次の工程は、アイテム132の安定化である。幾つかの実施形態では、この新規手順は、流動性レンズ反応性媒体が、様々な力の下で流れ、レンズ前駆体形態の表面に沿って安定かつ、おそらく低エネルギー状態となるようにする処理方式を含む。微視的レベルで、前駆体形態の表面は、ある程度の粗度を局所的に有し得ることが明白であり得る。形成実施形態の数々の態様は、この粗度の性質、かかる場合の一実施例では、反応が開始する周囲で、比較的急激に反応を停止する阻害物質の影響を決定し得る。多くの実施形態では、流動性媒体の表面力、摩擦力及び拡散力、重力、並びに他の適用される力は、合成され、トポグラフィー上全体に流れた滑らかな被膜を生成する。これらの力を決定する手順には、

20

【0178】

一実施形態では、レンズ前駆体は、流動性レンズ反応性媒体が重力下で流れるように構成されてもよい。これを実施する方法は、流れるのを助長するために、レンズ前駆体を異なる配向に移動させる工程を含み得る。別の実施形態は、レンズ前駆体を、できる限り移動が少ない固定状態に維持することによる、逆の方策を含み得る。更に別の実施形態は、レンズ前駆体を軸を中心にスピンさせることに関連する力を流動性材料に適用する工程を含み得る。幾つかの実施形態では、このスピンは、レンズ前駆体の中央を中心とする軸を中心に実施され得る。別の実施形態では、前記スピンは、レンズ前駆体の上面が、軸点若しくはその逆、又はその間の無数の可能な配向のいずれかを向く間、レンズ前駆体を外軸点を中心に回転させる工程を含み得る。更に他の実施形態では、レンズ前駆体は、重力の影響を最小限にするために、自由落下環境で処理され得る。安定化方法中にレンズ前駆体に流動性力を適用することに関連する数々の方法が存在し得ることは、当業者にとって明白であり得る。

30

【0179】

他の実施形態では、流動性媒体の流動性の性質が、手順によって変性されてもよい。幾つかの実施形態では、流動性媒体の粘度は、希釈又は溶媒化の手段によって変化されてもよい。別の実施形態は、粘度を増加させるために、希釈剤の一部を蒸発させる工程を含み得る。ある程度の化学放射線への暴露は、前記流動性フィルムの粘度を変化させるための更なる方法を含み得る。流動性媒体の粘度を変化させる工程に関連する数々の実施形態が存在し得る。

40

【0180】

他の実施形態では、流動性レンズ反応性媒体上の表面エネルギーに関連する力は、手順によって変化されてもよい。幾つかの実施形態では、これは、表面活性剤を発生反応性モノマー混合物に添加することを含み得る。別の実施形態では、表面エネルギーを変化させるために、添加剤又は化学反応体がレンズ前駆体に添加されてもよい。

【0181】

レンズ前駆体形態の設計は、流動性レンズ反応性媒体の異なる流れ条件を生成する方法を含み得る。非限定的な実施例として、チャンネルは、流動性レンズ反応性媒体をレンズ前駆体域から排出するための手段を含んでもよい。別の実施形態では、急激な輪郭の変化に

50

関連する設計方法は、変化した安定状態を提供するための手順を含み得る。当該技術分野の専門家にとって、本発明の範囲内の技術を含むレンズ前駆体の設計における数々の方法が存在し得ることは明白であり得る。

【0182】

一般的な観点から、これらの様々な実施形態の種類は、安定化を含む手順において、流動性レンズ反応性媒体の完全に安定した、若しくは部分的に安定した、又は不安定な性質を生成する方法の一般性を制限するべきではない。例えば、様々な実施形態の組み合わせ、前記手順の追加の実施形態が当該技術分野の専門家にとって明らかであり得る。

【0183】

安定化の手順が実施された後、幾つかの実施形態では、流動性材料に、アイテム133として示される次の手順種類、つまり非流動性状態に変換するための固定化が行われてもよい。幾つかの実施形態では、固定化方法中に適用される化学放射線の性質は、代替を含み得る。適用されるスペクトル帯域は、一種の手順の実施形態の一例であり得る。別の実施形態は、適用される放射線の強度を含み得る。別の実施形態では、固定化照射の様々な態様の適用は、時間依存性を含み得る。非限定的な実施例として、初期の波長帯域は、次いで異なる帯域に変化される、第1の刻みを含んでもよい。当業者にとって明らかであり得る、光条件を定義する方法の実施形態の領域は本発明の範囲内である。

【0184】

アイテム133の幾つかの実施形態では、固定化方法は、照射がとり得る異なる経路を含んでもよい。実施形態の種類の一実施例では、照射は、レンズ前駆体の前面上に生じてもよく、又は別の方法として背面を透過してもよい。更に他の実施形態は、幾つかが、レンズ前駆体実体に化学放射線の異なる効果を生成するように、おそらく異なる光特性を有する、複数の照射源に由来し得る。更なる実施形態は、放射線以外のエネルギー形態を含む固定化方法に由来し得る。一般的に、固定化工程を含み得る数々の方法は、本発明の範囲内である。

【0185】

幾つかの実施形態では、固定化が生じた後、レンズ前駆体130の処理が完了する。幾つかの実施形態では、この完成生成物は、更に処理される。この生成物種類は、図1のブロック120に示される技術の種類の良例、つまり前駆体の別の形成を含む。非限定的な実施例として、固定化の生成物がボクセルに基づいたリソグラフィ手順に導入され戻される場合、第2の層の処理が発生し得る。この複数の段階がある態様は、多くの任意選択の実施形態の手順をもたらす。

【0186】

幾つかの実施形態では、複雑なレンズ前駆体は、非限定的な実施例として、眼科レンズ表面が画定される第1の工程と、輪郭特徴が表面に追加される第2の工程とを含み得る、複数回の通過から形成され得る。手順の他の複雑な実施形態は、前述の実施例の幾つかのように、例えば、レンズ前駆体形態に沿った隔離されたボクセル列を生成する、条件付きのボクセルに基づいたリソグラフィシステムの第1の通過を含み得る。次いで第2のボクセルに基づいたリソグラフィ工程は、ボクセル列と異なる特性の材料との間の特徴を充填する工程を含み得る。続くシステムの第3の通過は、眼科レンズを画定し得る。それぞれが記載される多くの異なる可能な実施形態を有し得る、システムを複数回通過する一般的な手順は、全てが本発明の範囲内である非常に多くの異なる実施形態を含み得ることが明らかであり得る。

【0187】

幾つかの他の実施形態では、レンズ前駆体は、流動性反応性媒体をレンズ前駆体形態上に適用することによって形成され得る。例えば、ボクセルに基づいたリソグラフィ方法によって形成されるレンズ前駆体は、流動性レンズ反応性媒体を除去する極端な方法として、ウォッシングシステムにさらされてもよい。レンズ前駆体形態は、ウォッシング方法に由来する。幾つかの実施形態では、次に、このレンズ前駆体形態に対して、次の流動性レンズ反応性媒体をその表面に適用する方法が行われてもよい。幾つかの実施形態では、次

の流動性媒体を表面に適用する手順は、アイテム 1 1 7 に記載される実施形態と類似する方法で、レンズ前駆体を浸漬し、除去する工程を含んでもよい。ここで、結果として生じるレンズ前駆体は、モノマー及び多重結合分子の異なる分布を有してもよく、又は幾つかの実施形態では、レンズ前駆体形態を形成するために使用されるものとは異なるポリマーの化学的性質を有してもよい。流動性レンズ媒体を様々なレンズ前駆体形態の実施形態上に適用するための手順を含む数々の実施形態が、本発明の範囲内の技術を含むことは当業者にとって明白であり得る。

【 0 1 8 8 】

別の組の実施形態では、レンズ前駆体形態は、ボクセルに基づいたリソグラフィとは異なる手段により形成されてもよい。第 1 の非限定的な実施例では、レンズ前駆体形態を形成するための原理としてステレオリソグラフィを使用することによって、様々な実施形態が可能であり得る。幾つかの実施形態では、このステレオリソグラフィによって形成されるレンズ前駆体形態は、1 1 7 の取り出し手順からの流動性レンズ反応性媒体を有し得るが、他の実施形態は、流動性レンズ反応性媒体をステレオリソグラフィによって形成された基部に適用する工程を含み得る。レンズ前駆体形態を決定し、次いでそれを言及された方法で使用するために、マスクに基づいたリソグラフィプロセスを使用することによって、別の実施形態が可能であり得る。更なる実施形態は、眼科レンズの製造に一般的な標準注型成型プロセス、及び次いで言及された方法でレンズ前駆体を形成する工程によって形成されるレンズ前駆体形態の使用を含み得る。レンズ前駆体形態を形成する数々の実施形態は、レンズ前駆体を形成する方法を含み得ることが明白であり得る。

【 0 1 8 9 】

幾つかの実施形態では、レンズ前駆体が様々な方法の実施形態のうちの 1 つによって形成され、次いで方法の実施形態によって処理された後、レンズ前駆体は結果として眼科レンズを形成し得る。幾つかの実施形態では、ここでレンズは、依然として形成光学機器の表面上にある。大部分の実施形態では、これも、眼科レンズの生成物形態を形成するために、洗浄し、水和させる必要がある。当該技術分野において概して標準的な方法では、レンズ、及び幾つかの実施形態ではその取り付けられた形態は、水溶液の浴に浸漬されてもよい。幾つかの実施形態では、この浴は、浸漬方法を助長するために、摂氏 6 0 度 ~ 9 5 度の温度に加熱される。幾つかの実施形態では、前記浸漬方法は、レンズ本体を洗浄し、それを水和させる。水和プロセスでは、レンズは膨張し、幾つかの実施形態では、それが接する支持体から外れる。本発明の範囲内で、同一の支持体及び化学物質操作構造体が、水和方法の実施形態も含み得るように、処理を調整する手段が存在し得ることが明白であり得る。手順の前述の工程及び説明は、例示であり、本発明の範囲を限定する意図はないことに留意されたい。

【 0 1 9 0 】

多くの実施形態では、取り外し後に結果として生じる生成物には、本発明の形成された眼科レンズを含む。この生成物の他の工程は、許容可能な生成眼科レンズを生成するのに有用であることが明らかであり得る。幾つかの実施形態では、手順は、水和したレンズを隔離し、それをパッケージし、次いでそれに殺菌プロセス実施する、つまりアイテム 1 4 2 の標準技術を含み得る。これらの工程が互いに関連して、また、前工程と関連して含まれる順序は、本発明に従う異なる実施形態を含み得ることが当業者にとって明らかであり得る。

【 0 1 9 1 】

本明細書に記載される装置及び方法から結果として生じる眼科レンズ、つまりアイテム 1 7 0 の様々な実施形態は、本発明内の技術の別の寸法を含む。レンズ前駆体の生成物は、特異な形態を有し得ることが当業者にとって明らかであり得る。最初、レンズはある程度において、2 つの硬化層の複合物である。これらのレンズ前駆体形態のうちの 1 つは、幾つかの実施形態では、ボクセルに基づいたリソグラフィ装置の動作及び方法によって形成される。このレンズ前駆体形態は、数々の実施形態を有し得、それらの幾つかの実施例は、手順の先の記述から明白であり得る。

【 0 1 9 2 】

例えば、幾つかの方法の実施形態によって、形態は、それぞれが、ボクセルリソグラフィプロセスによって決定される異なる広がりを含む、一組の比較的隔離された円柱状ボクセル要素を含んでもよい。他の実施形態では、レンズ前駆体形態は、完全に相互接続された、一組の材料のボクセルに基づいた列を含み得る。モノマー混合物の実際の組成物に関連する数々の実施形態が存在することは、当業者にとって明らかであり得る。更に、手順の文脈で前述されるように、レンズ前駆体形態は、ステレオリソグラフィ、マスクに基づいたリソグラフィ、及び機械加工を含むが、これらに限定されない、ボクセルに基づいたリソグラフィ以外の様々な技術によって形成されてもよい。ボクセルに基づいたリソグラフィ形態が、線形特徴、曲線特徴、ウェル、レンズの部分高さ又は全高さの特徴、トポロジの急激な変化、平坦域、及びチャネルを含むが、これらに限定されない、ボクセルに基づいた技術を用いて設計された輪郭特徴を有する実施形態が存する。

10

【 0 1 9 3 】

更に、より複雑な実施形態は、本発明の複数回通過態様に由来し得る。非限定的な実施例として、レンズ前駆体形態は、その周辺に切形の特徴を有する表面内に球状型輪郭を画定するボクセルに基づいたリソグラフィ工程を最初に通過する複合物であってもよい。第2の通過は、レンズの可視活性部分にカスタマイズされた眼科パラメーターを定め得る。一般的に言えば、ボクセルに基づいたリソグラフィ装置及び方法を複数回通過することを含む、豊富な実施形態が存在することが明らかであり得る。変形は、記載される別のリソグラフィの任意選択、及び例えば、成形された眼科レンズを含む、第1の通過を形成する異なる手段を含み得る。この第1のレンズの種類の材料は、第2の通過で作用される際に、レンズ前駆体を含み、最終的に、新しいレンズ実施形態を画定し得る。

20

【 0 1 9 4 】

幾つかの実施形態では、レンズ前駆体の第2の構成要素、つまり流動性レンズ反応性媒体の性質は、レンズに組み込まれる際に、レンズ実施形態に新規性を定める。幾つかの実施形態に記載される手順及び装置、つまりアイテム130で処理される際、これらの実施形態は、滑らかな表面を有する、第2の区別可能な層を含み得る。レンズ前駆体形態の数々の実施形態及び流動性レンズ反応性媒体の様々な実施形態の組み合わせは、眼科レンズの新規実施形態を含み得る。

【 0 1 9 5 】

眼科レンズの形成は、計測及びフィードバック150を介して向上され得る。幾つかの実施形態は、ボックス116からアイテム170までの連続処理手順フローを含んでもよい。しかしながら、優れた実施形態は、採用される様々な方法のパラメーターの制御を促進するための計測方法を使用することに由来し得る。図1では、これらのフィードバック機構及び情報の流れは、アイテム150に向かって、及びそれから流れる双頭矢印によって図式的に示される。数々の計測の実施形態が本発明の範囲内の技術を含み得ることは、当業者にとって明白であり得る。

30

【 0 1 9 6 】

図2に進むと、ボクセルに基づいたリソグラフィ方法によって形成されるレンズ実施形態の厚さ及び光学性能に関連する、計測及びフィードバックループ手順の例示的な実施形態が示される。幾つかの実施形態では、アイテム200に示されるように機能するフィードバックループが存在し得、外部源からの所望のレンズパラメーターの入力を示すアイテム205で開始する。例示的な目的のために、レンズ表面のモデルは、患者の眼に適用される眼用測定デバイスによってもたらされてもよい。他の実施形態では、理論上の入力パラメーターは、工程205の手順を含み得る。これらの入力は、それらをボクセルに基づいたリソグラフィ210の入力要求と一致させるための幾つかの手順で処理される。様々な装置及び方法の実施形態は、この入力を受信し、幾つかの実施形態では、アルゴリズム方法を用いて、それらをボクセルに基づいたリソグラフィシステム211において使用可能なパラメーターに変換する。

40

【 0 1 9 7 】

50

図 2 を更に進むと、ボクセルに基づいたリソグラフィシステム内に、アイテム 220 内に示されるレンズ前駆体が作製される。これは、続いてレンズ前駆体処理手順 230 で処理され、結果として眼科レンズ 240 の「乾燥」形態を生じ得る。ここで、この乾燥眼科レンズは、計測工程 250 で測定されてもよい。例示的な目的のために、この工程は、レーザー変位センサの使用を含み得る。この場合も同様に、例として、幾つかの実施形態では、この測定から生じる表面トポロジーは図 4 に示されるアイテム 400 のように見え得る。アルゴリズムは、結果とレンズが工程 205 からの入力パラメーターと一致する場合に予測されるものとを比較するために、このデータをアイテム 251 及び 252 に示されるように処理し得る。幾つかの実施形態では、入力パラメーターからの差は処理され、ボクセルに基づいたリソグラフィシステム 211 内のレンズを処理するために使用されるパラメーターを変更する必要性に対応し得る。データ及びパラメーター情報のこのフィードバックループは、アイテム 253 のフィードバックループに示される。また、データは、処理され、レンズ前駆体処理手順 252 に所望されるパラメーターの変更に対応し得る。このシステム 252 内のパラメーターへの所望の変更のフィードバックは、フィードバックループ 254 によって示される。図 2 に示される工程及び関連手順の説明は、例示であり、本発明の範囲を限定する意図はないことに留意されたい。

【0198】

幾つかの実施形態では、計測工程 250 並びにデータ 251 及び 252 の様々な処理の結果は、生成されるレンズ 240 がアイテム 205 の入力パラメーター前後の一組の許容可能な限界内であるかを判断する能力を含み得る。このレンズに関する判断は、次いでアイテム 251 に示され、ここでレンズは、変更されたパラメーターを有する別のレンズが生成されるように、廃棄され得る。あるいは、レンズは、許容可能な限界内であり、したがって後処理手順及び装置の実施形態で処理するために、工程 260 へ進み得る。次いでレンズが膨張され、取り外された後、これに対してアイテム 270 に示される別の計測手順が行われてもよい。幾つかの実施形態では、この計測の結果は、本実施形態の工程 250 に示されたものと同様のフィードバック実施形態を有し得る。280 で眼科レンズ生成物が実現された後、処理フローは、乾燥レンズが破棄されるフローに連結してもよい。その後、全フローは、290 の条件戻り工程によって示される工程内の工程 205 にループして戻ることが可能である。本発明の様々な生成物に計測工程を実施し、次いで測定結果を組み込み、システムパラメーターを調節するフィードバックループを策定する工程における数々の修正、追加、及び代替が存在することは、当業者にとって明白であり得る。

【0199】

幾つかのわずかに異なる実施形態では、追加の測定の種類は、全体的な器具フィードバックのために、レンズの品質態様を評価してもよい。非限定的な実施例として、幾つかの実施形態では、生成されたレンズ前駆体内のかかる欠陥の存在を判定するために、微粒子検出スキームが展開されてもよい。かかる判定が、微粒子問題を警告する結果をもたらす場合、幾つかの実施形態では、警告された問題を改善するために、装置及び手順の操作者にフィードバックすることを伴い得る、フィードバックループが存在し得る。数々の計測の実施形態が、測定結果が操作者にフィードバックされる、本発明の範囲内の技術を含み得ることは、当業者にとって明らかであり得る。

【0200】

更なる実施形態では、ロジスティックデータの使用は、フィードバックループの要素を含み得る。本発明の装置の記述に言及されるように、幾つかの実施形態では、装置の主要な構成要素が識別されている場合がある。この構成要素の識別は、場合によっては、自動化装置によって追跡され得る。フィードバックは、例えば、特定の構成要素が、耐用年数を含む特定の態様に使用されたことを含み得る。幾つかの実施形態では、フィードバックは、操作者に対して行われてもよく、又はシステムの自動応答を含んでもよい。構成要素識別を使用する更なる実施形態では、厚さ結果がシステムのパラメーターに影響を与える場合の前述の計測の実施形態の結果、例えば形成光学機器部品のような構成要素の一意的な識別は、そうでなければ全体的なパラメーターを、特定の構成要素に対して個々に調整

できるようにする。本明細書に記載される本発明は、ロジスティック及び計測のデータを入力するため、様々なアルゴリズム手段によるデータを処理するため、入力レンズ要求からのデータを区別するため、及びデータをシステム自体又はシステム外部の操作者にフィードバックするための手段を提供するために、全てが本発明の範囲内であると見なされる、様々な形態の数々の実施形態を含むことが当業者にとって明らかであり得る。

【0201】

実施例1：

本発明の様々な実施形態が実施され、本明細書に記載される形態のレンズ生成物及びレンズ前駆体が生成された。この項では、一組の実施形態からの結果の記述を、一実施例として記載する。

10

【0202】

本実施例の結果を実施するための装置は、以下の一般的態様を含んだ。レンズ前駆体を形成するために、ボクセルに基づいたリソグラフィ光学装置が使用された。一般的な観点から、本装置は、365nmで動作する、好ましい実施形態の種類の光源を含んだ。テキサスインスツルメンツ (Texas Instruments) DLP (商標) XGA デジタルミラーデバイス (XGA Digital Mirror Device) を照明するために、記載される光学パイプ及び集光光学機器を有するホモジナイザーが使用された。画像化システムは、図10に示される種類の形成光学機器上に、集光光学機器を更に含んだ。

【0203】

強度プロファイル及びDMDピクセル値は、光学的吸収及びエタフィルコンA (Etafilcon A) で構成される反応性モノマー混合物の反応性に基づいて計算された。このシステムは、照射ピーク320が365nmであり、形成ピーク330が420nmである、図3に示される吸光度特性を有する。このシステムの吸光度特性は、ベールの法則の吸光度方式に従い、これは、形成光学機器の表面にわたり配置される、約768×1024個のボクセル要素のそれぞれの正確な強度及び時間プログラムを推定するために使用された。

20

【0204】

説明目的で、必要とされる強度をモデル化するために、ブゲール・ランベルト・ベールの方式が使用された。モデルは、この方式に基づくパラメーター依存性、並びにエタフィルコンA (Etafilcon A) のような材料及び装置の両方に関連する変数をもたらず。レンズ作製過程からの結果は、モデルパラメーターを改善し、レンズを作り出すように、次いでフィードバックされる。モデルの論理は次の通りである。

30

【0205】

ゲール・ランベルト・ベールの法則：

ベールの法則は、化学放射線の強度が、材料内で、減衰係数 $\alpha(\lambda)$ に依存して指数関数的に減少することを予測する。

$$I(x)/I_0 = \exp(-\alpha(\lambda)cx) \quad \text{等式1}$$

距離に伴う強度減少速度は、

$$dI/dx = -\alpha(\lambda)cI_0 \exp(-\alpha(\lambda)cx) \quad \text{等式2}$$

であり、

式中、 $I(x)$ は、照射される表面からの距離 x の関数としての強度であり、 I_0 は、表面での入射強度であり、 $\alpha(\lambda)$ は、波長 (λ) の関数としての吸収成分の吸収係数であり、 c は、そうでなければ比較的透明な媒体中の吸収成分の濃度である。したがって、放射線の波長を選択することによって、プロセスは、強度勾配(すなわち、 α が大きくなると、特性の変化がより速くなり、したがってレンズが薄くなる)を選択するように調整することができる。

40

【0206】

ここで、図3のアイテム300を参照すると、吸収体310による透過域、反応開始剤340の吸光度スペクトルとの重なり、並びに形成放射線源320及び固定化放射線源330の放射スペクトルを示す、反応性混合物の透過スペクトルが示される。

【0207】

50

反応性モノマー混合物内のラジカル媒介重合の重合速度は、重合速度 (R_p) が、反応性官能基の濃度 ($[C=C]$) をラジカル濃度 ($[\cdot]$) 及び速度論パラメーター (k) で乗算したものと等しい、一般的な速度式に従う。

$$R_p = k [C=C] [\cdot]$$

等式 3

【0208】

ラジカル濃度は、開始速度及び停止機構に強く依存する。典型的に、ラジカル-ラジカル/二分子停止が、一次停止機構である。経時的なラジカル濃度の変化は、開始速度 (R_i) から停止速度を減算したものに等しい。

$$d [\cdot] / dt = R_i - k_t [\cdot]^2$$

等式 3

【0209】

定常状態 ($d [\cdot] / dt = 0$) と仮定してラジカル濃度を解くと、ラジカル濃度は、開始速度の $1/2$ を底とする指数関数と共に変化することが分かる。したがって、重合速度は、開始速度の $1/2$ を底とする指数関数に依存する。

$$[\cdot] = (R_i / k_t)^{1/2}$$

等式 4

$$R_p = k [C=C] (R_i / k_t)^{1/2}$$

等式 5

【0210】

活性化エネルギー (E)、理想気体定数 (R)、ケルビン温度 (T)、重合速度尺度 (β)、及びアレニウスのフロント因子 (k_0) を考慮すると、重合速度は、次のように表される：

$$R_p = k_0 e^{-E/RT} [C=C] (R_i / k_t)^{\beta}$$

等式 6

20

光化学反応開始速度は、次の式：

$$R_i = k' I$$

等式 7

によって与えられ、

式中、 I は、放射線の強度であり、 k' は、量子収量に関する定数である。全てのパラメーター及び反応開始剤の濃度が反応を通して一定のままであると仮定すると、式は、定数である全てのパラメーターが k にまとめられるように、簡略化することができる。

$$R_p = k e^{-E/RT} [C=C] (I)^{\beta}$$

等式 8

【0211】

重合速度は、経時的な官能基濃度の変化の速度 ($-d [C=C] / dt = R_p$) であり、したがって、式は次のように表すことができる：

$$-d [C=C] / dt = k e^{-E/RT} [C=C] (I)^{\beta}$$

等式 9

微分式を解き、 $X = 1 - [C=C] / [C=C]_0$ で表される変換に代入すると、

$$X = 1 - \exp [-k e^{-E/RT} (I)^{\beta} t]$$

等式 10

となり、

式中、 t は秒単位の暴露時間である。

【0212】

反応性混合物が化学放射線の波長の放射線を吸収する吸収体を含む場合、変換の程度は、ベールの法則に従い、強度の関数、したがって表面からの距離の関数として変化する。ベールの法則の関係を速度論式に挿入することによって、表面からの距離 x の関数として、変換の程度を予測することができる。

$$X(x) = 1 - \exp [-k e^{-E/RT} (I_0 e^{-\alpha c x})^{\beta} t]$$

等式 11

【0213】

自由形成される表面が、変換度がゲル化点 (すなわち、 $X = X_{gel}$) である境界で生成されることを理解することによって、レンズの厚さ、 x_{thick} は、以下の x を解くための式を再構成することによって、予測することができる。

10

30

40

【数 1】

$$\ln(1 - X_{gel}) = -kt \exp(-E/RT) (I_0 \exp(-\alpha c x_{Thick}))^\beta \quad \text{等式 1 2}$$

$$\left(\frac{-\ln(1 - X_{gel})}{kt \exp(-E/RT)} \right)^{1/\beta} = I_0 \exp(-\alpha c x_{Thick}) \quad \text{等式 1 3}$$

10

$$x_{Thick} = \frac{-1}{\alpha c} \ln \left(\frac{1}{I_0} \left(\frac{-\ln(1 - X_{gel})}{kt \exp(-E/RT)} \right)^{1/\beta} \right) \quad \text{等式 1 4}$$

$$x_{Thick} = f(I_0, t) \quad \text{等式 1 6}$$

【0 2 1 4】

X_{gel} は、光開始反応中に形成される架橋によって、配合物が液体から固体に遷移する、変換の程度である。式を再構成し、特定の変換 X_{gel} での x_{Thick} を解いた後、フィルムの厚さを計算することができる。全ての他のパラメーター及び特性を一定に保つことにより、 I_0 及び暴露時間 t を変化させることによって、表面上のいかなる x, y 位置での所望の厚さをも推定することができる。所望の厚さは、 i 及び j が特定のボクセルの行及び列座標に存在するボクセル単位で推定されてもよく、

20

【数 2】

$$x_{Thick_{ij}}$$

は、同一のボクセルの形成される厚さである。

【数 3】

$$x_{Thick}(x, y) = f(I_0(x, y), t(x, y)) \quad \text{等式 1 7}$$

$$x_{Thick_{ij}} = f(I_{0_{ij}}, t_{ij}) \quad \text{等式 1 8}$$

$$x_{Thick_{ij}} = \frac{-1}{\alpha c} \left[\ln \frac{1}{I_{0_{ij}}} + \ln \left(\left(\frac{-\ln(1 - X_{gel})}{k t_{ij} \exp(-E/RT)} \right)^{1/\beta} \right) \right] \quad \text{等式 1 9}$$

$$x_{Thick_{ij}} = \frac{-1}{\alpha c} \left[\ln \frac{t_{ij}^{-1/\beta}}{I_{0_{ij}}} + \ln \left(\left(\frac{-\ln(1 - X_{gel})}{k \exp(-E/RT)} \right)^{1/\beta} \right) \right] \quad \text{等式 2 0}$$

$$x_{Thick_{ij}} = \frac{1}{\beta \alpha c} \ln t_{ij} + \frac{1}{\alpha c} \ln I_{0_{ij}} - \frac{1}{\alpha c} \ln \left(\left(\frac{-\ln(1 - X_{gel})}{k \exp(-E/RT)} \right)^{1/\beta} \right) \quad \text{等式 2 1}$$

$$x_{Thick_{ij}} = \frac{1}{\beta \alpha c} \ln t_{ij} + \frac{1}{\alpha c} \ln I_{0_{ij}} - \frac{1}{\beta \alpha c} \left(\frac{E}{RT} + \ln(\ln(1 - X_{gel})^{-1}) - \ln k \right) \quad \text{等式 2 2}$$

$$x_{Thick_{ij}} = \frac{1}{\alpha c} \left(\ln I_{0_{ij}} + \frac{1}{\beta} \left(\ln t_{ij} - \left(\frac{E}{RT} + \ln(\ln(1 - X_{gel})^{-1}) - \ln k \right) \right) \right) \quad \text{等式 2 3}$$

$$x_{Thick_{ij}} = A(\ln I_{0_{ij}} + B(\ln t_{ij} - C)) \quad \text{等式 2 4}$$

$$x_{Thick_{ij}} = A \ln I_{0_{ij}} + AB \ln t_{ij} - ABC \quad \text{等式 2 5}$$

【0 2 1 5】

式中のパラメーターの典型的な値（表 1）は、速度論データの分析から推定され得る。

【表 1】

表 1. 等式 1 4 中のパラメーター

パラメーター	単位	値	説明
E	kJ/モル	12. 0	活性化エネルギー
R	J/Kモル	8. 31451	気体定数
T	°C(° K)	60(333)	温度
k		1. 3	速度定数
X_{gel}		0. 2	ゲル化での変換
β		0. 5	速度論因子
I_0	mW/cm ²	10	強度
α	μm^{-1}	1. 3	減衰係数
c		0. 01	濃度

10

【 0 2 1 6 】

このモデル及び表 1 に示される参考パラメーターを使用し、時間及び強度 (2 0 % の X_{gel} を仮定する) の関数として、照射される表面からの自由形成される表面の距離のプロットが、図 1 9 にグラフで示される。形成光学機器表面の表面から自由形成される表面の距離の推定値は、1 9 2 0 として、照射 1 9 3 0 の時間に対してプロットされる。また、これらの値は、3 つの異なる入射強度 1 9 4 0 を計算するために表示される。記述から明らかであり得るように、この照射の生成物は、レンズ前駆体 1 7 0 0 であることから、距離は、所与の強度及び強度の時間での、1 7 3 0 からの前駆体の厚さの推定値である。上記の D L P (商標) 装置の記述に続き、この装置はデジタル強度制御として動作するため、時間は、ミラー要素がオン状態である総合時間に関連し得る。特定のボクセル位置で実際に生じる強度は、幾つかの技術によって正確に測定され得るが、装置の能力は、第 1 の通過の生成されるレンズ生成物の測定値が、目標厚さと比較され得、その差が、図 1 9 の関係を参照することによって、特定の強度での時間差を促進するために使用され得るものである。例えば、「オン」状態のミラーを有するボクセル位置に到達する強度が 1 0 m W / c m ² である場合、次いで図 1 9 の 1 9 1 0 を参照すると、曲線 1 9 1 0 に沿って新しい厚さ目標に下方移動し、新しい時間パラメーターを生成することによって、モデルから生じる調節を見出すことができる。制御アルゴリズムは、それぞれの一連の「動画」フレームへの暴露時間、及び合計が目標時間と等しい平均量を調節するために、この計算された時間目標を使用してもよい。又は、別の方式では、フレームあたりの最大時間を使用することができ、次いで最後の中間フレームは、フレームあたりの最大時間の分画を有し、そして残りのフレームにオフ状態が定義されてもよい。幾つかの方式では、調節された時間は、次いで次のレンズを作製するため、及び繰り返されるプロセスを作成するために使用されてもよい。

20

30

【 0 2 1 7 】

暴露後、レンズ前駆体は、図 1 2 及び図 1 3 に示されるように、反応性混合物リザーバから取り出され、流動性化学物質除去装置で処理された。次いで、関連項に記載されるように、レンズは安定化された。次いでレンズは、ノルブロック (Norbloc) のエタフィルコン A (Etafilcon A) 内の吸収体が、もはや入射光を大幅に吸収しない点まで、4 2 0 n m の放射暴露を用いて安定化された。次いでレンズは、測定され、続いて上述の装置を用いて水和された。

40

【 0 2 1 8 】

この方式で、エタフィルコン A (Etafilcon A) 、反応性モノマー混合物を用いて、実際のレンズが作製され、それらの屈折力が測定された。2 つのレンズについて測定された屈折力 (ジオプター単位) は、次の表に示される。

【表 2】

表 2. 生成されたレンズからのデータ

デバイス番号	目標屈折率(ジオプター)	測定された屈折率(ジオプター)
1	-5.75	-5.55
2	-5.75	-5.92

【0219】

同様の意味で、同一の化学物質系、エタフィルコン A (Etafilcon A) を使用して別のレンズを作製するためにプロセス条件が使用され、レンズは透過波面干渉計装置を使用して測定された。図 4 では、形成光学機器と生成されたレンズとの間の差分信号は、400、つまり生成されたレンズのトポグラフィーのマッピングとして示される。レンズの光学域は、同心輪状線 410 によって、適格に形成されたトポグラフィーを示すことに留意されたい。表面は、高品質の眼科レンズデバイスである。

10

【0220】

レンズ 400 の生成及びその測定では、レンズ内に設計されトポグラフィーマッピング上の特徴として生じる、特徴が存在する。例えば、420 は、暴露動画中に、プログラムされた低強度を有する、レンズ前駆体形態にプログラムされた排出チャネルを含む。異なる種類のチャネルが 440 として測定される。このアイテム 440 は、レンズ表面の整合マークとして有用な長いチャネルを含む。この特徴は、空間中に、レンズ前面の軸方向に明確な配向を生成するために、類似形態で、レンズの反対側かつ示される特徴 440 の真上に複製される。

20

【表 3】

表 3. レンズ 1 + 2 の例示的なパラメーター

説明	パラメーター
反応性モノマー混合物注入量	300 μ L
反応性モノマー混合物	エタフィルコン A (Etafilcon A)
反応性モノマー混合物 O2	7%
環境ボクセルに基づいたリソグラフィー O2	7%
環境前駆体処理 - O2	0%
光学機器での形成暴露	102 μ W/cm ²
画像シーケンス数	128 フレーム
合計暴露時間	115 秒
合体時間 - 凸部下向き	30 秒
浸出工程	1
事後浸出時間 - 凸部下向き	60 秒
安定化時間	200 秒
固定化時間	240 秒
光学機器での固定化強度	4mW/cm ²
水和用流体	300ppm のトウイーン (Tween) を含む DI
水和温度	90°C
水和時間	15 分

30

40

【0221】

実施例 2

この項では、形成光学機器構成要素 580 の具体的な別の実施形態の説明が、図 18 の 1800 に与えられる。この場合も同様に、形成光学機器は、その上にレンズ前駆体又は

50

レンズが作られ得る支持体である。図 10 の 1000 の描写は、この記述の最も直接的なものであり得る。既に記載された一実施形態では、図 10 は、その上に形成された光学等級の表面 1011 を有する、大きな質量の固体光学機器 1010 を示し得る。ここに記載される別の実施形態 1800 は、巨大な要素 1010 を、一般的に現行の製造標準による標準眼科レンズの大量生産で使用される鋳型部品と酷似し得る、鋳型部品 1810 で置換した。かかる場合では、鋳型部品は、標準的な光学形態に射出成形することによって形成されていてもよい。

【0222】

結果として生じるプラスチックフォームは、光学表面の周囲に、1011 と類似する、光学表面 1860 を囲むウェルを含む追加形状を有することができる。追加の複雑性は、様々な装置の使用中に流体を流すのに有用であり得る、管 1850 及び 1890 を同一のプラスチック形式に形成することによって、導かれ得る。類似の方式では、形成光学機器は、1040 のような大きな金属部品 1840、及びその関連要素内に中心をとることができる。しかしながら、この例示的な場合では、プラスチック成形された形成光学機器の周辺を、1040 の類似形状の 2 つの金属部品間の圧入を用いて封止することができる。結果として生じる複合物固定具は、1000 の幾つかの実施形態と同様に機能するという点から有用であり得るが、しかしながら、一部品では、これは、光学機器 1000 の機能並びにリザーバ 1110 及び 1140 の機能の両方を含み得る。

【0223】

使用中、鋳型、ウェル、及び保持装置のこの例示的な一部品形態は、ここで、ボクセルに基づいたリソグラフィ光学システム 500 内の均等な位置（図 5 の 580 の周囲）に搭載され得る。この例示的な代替案の幾つかの実施形態は、プラスチック製の上部品 1830 を、形成光学機器及びウェルの上全体に形成させる工程を含んでもよい。これは、次いで、上述の管が流体を流し得る、ある空間体積を画定し得る。

【0224】

ボクセルに基づいたリソグラフィ光学システムの別の実施形態は、上からというよりは、むしろ形成光学機器表面 1810 を通ってより低い位置から上がってくる光路を画定するためのものであり得る。これは、適切な工程中に、形成光学機器の周囲のウェルを、内部形成光学機器表面上全体で、レンズ形成反応性混合物 1870 で充填できるようにし得る。

【0225】

形成光学機器表面の設計及び所望のレンズ光学特性に基づき、一連のプログラムされた画像は、形成光学機器及びウェルの別の実施形態を用いて反応性混合物を照射するように計算され得る。反応性混合物 1870 は、幾つかの手段によって、形成光学機器表面に溢れ出るレベルまでウェルに充填されてもよい。同一の充填管 1850 及び 1890 は、ここで、アイテム 990 及び 960 の実施形態で行ったものとほぼ同一の方式で、レンズ反応性混合物の上全体に不動態化気体混合物を流してもよい。この形成光学機器の実施形態による照射工程が実施された後、流出用管 1890 は、この時点で、幾つかの手段によって閉じられてもよく、次いで吸気 1850 からの圧力が、ここで、残りの反応性混合物 1870 を排液管 1880 に押し出してもよい。ここで、1700 に示される種類のレンズ前駆体 1820 が、形成光学機器の表面上に結果として生じ得る。

【0226】

例示的な透視図から進むと、レンズ前駆体の設計が、十分な流動性レンズ反応性混合物のレンズを自己浸出するのに十分である排出チャネルを含む場合、レンズを、レンズ安定化工程において、この別の実施形態を構成する形成されたプラスチック光学機器、支持体、及びウェル内で処理することが可能となり得る。

【0227】

プラスチックフォームを通して固定化照射（fixing irradiation）を当てることによって、レンズ前駆体は、前述されたものと同様の方式で、レンズに変化され得る。レンズと計測装置との間のプラスチック層を通して見る場合、計測工程は、所望の性能に対するレ

レンズ特性の整合性を提供することができる。ここで、レンズチャンバを通して、表面活性剤と共に加熱された水媒体を流し、水和、クレンジング、及び除去工程を実施するために、流管が使用されてもよい。また、幾つかの実施形態では、プラスチックフォームの幾つか又は全ては、レンズがパッケージ化される際に適切な貯蔵媒体が充填される、貯蔵容器を含んでもよい。

【 0 2 2 8 】

結論

上述され、以下の特許請求の範囲によって更に定義される本発明は、レンズ前駆体及び眼科レンズを形成する方法、及びかかる方法を実践するための装置、並びにそれによって形成されるレンズ前駆体及び眼科レンズを提供する。

10

【 0 2 2 9 】

〔実施の態様〕

(1) 眼科レンズ前駆体を形成する方法において、

光学品質領域を有する単一基材を、反応性混合物体積と接触させて配置する工程と、

前記単一基材を通して十分な化学放射線を透過させて、前記反応性混合物体積の一部を重合させ、前記眼科レンズ前駆体を形成する工程であって、前記眼科レンズ前駆体が、前記光学品質領域に沿った第 1 の表面部分と、自由形成される第 2 の表面部分とを備える、工程と、を含む、方法。

(2) 強度プロファイルを計算する工程と、

前記強度プロファイルに基づいて、前記基材を通して前記化学放射線を透過させ、それによって、前記強度プロファイルに基づいて、前記自由形成されるレンズ前駆体表面を形成する工程と、を更に含む、実施態様 1 に記載の方法。

20

(3) 前記反応性混合物が、前記単一基材を通して透過される前記化学放射線を吸収することができる放射線吸収成分を含み、前記方法が、透過のベクトルに沿って、前記ベクトルの方向の重合を停止させるのに十分な放射線を吸収する工程を更に含む、実施態様 2 に記載の方法。

(4) 前記形成されるレンズの前記第 1 の表面が、第 1 の弾性率を含み、前記レンズの前記第 2 の表面が、第 2 の弾性率を含む、実施態様 1 に記載の方法。

(5) 前記第 1 の表面の前記弾性率が、前記第 2 の表面の前記弾性率より高い、実施態様 4 に記載の方法。

30

(6) 化学放射線のそれぞれのベクトルが、重合されるか又は部分的に重合されるレンズ材料のボクセルに関連付けられ、化学放射線の前記透過が、ボクセル単位で制御される、実施態様 3 に記載の方法。

(7) 化学放射線の前記透過が、デジタルミラーデバイス装置と通信するプロセッサによって制御される、実施態様 1 に記載の方法。

(8) 前記デジタルミラーデバイス装置が、3つのデジタルミラーデバイスチップを備える、実施態様 7 に記載の方法。

(9) 前記基材の前記表面上の点から前記反応性混合物中への化学放射線の浸透の深さを、ベールの法則に従って計算することができる、実施態様 1 に記載の方法。

(10) 少なくとも前記第 2 の部分を溶液中ですすぐ工程を更に含む、実施態様 1 に記載の方法。

40

【 0 2 3 0 】

(11) 前記溶液が、未反応の反応性混合物を含む、実施態様 10 に記載の方法。

(12) 前記レンズの前記第 2 の部分をすすぐ前記溶液を、前記レンズの前記第 2 の部分をすすぐ間に超音波分解する工程を更に含む、実施態様 10 に記載の方法。

(13) 前記化学放射線を所定の持続時間にわたって静的パターンで透過させる工程を更に含む、実施態様 2 に記載の方法。

(14) 前記化学放射線を動的パターンで透過させる工程を更に含む、実施態様 2 に記載の方法。

(15) 前記化学放射線は、スペクトルが 370 nm ~ 430 nm の光を含む、実施態

50

様 2 に記載の方法。

(1 6) 前記光のスペクトルを帯域通過フィルターに通過させる工程を更に含む、実施態様 1 4 に記載の方法。

(1 7) 眼科レンズを形成する方法において、

基材を通して反応性混合物を第 1 の化学放射線に暴露することによって、第 1 の表面と、第 2 の表面とを有する眼科レンズ前駆体を形成する工程と、

滞留期間中に、前記レンズ前駆体の前記第 2 の表面を構成する流動性材料の第 1 の部分を流す工程と、

前記レンズ前駆体を第 2 の化学放射線への暴露にさらして、前記眼科レンズを形成する工程と、を含む、方法。

10

(1 8) 前記レンズ前駆体の前記第 2 の表面を構成する流動性材料の第 2 の部分を浸出させる工程を更に含む、実施態様 1 7 に記載の方法。

(1 9) 前記レンズ前駆体を前記反応性混合物から後退させる工程と、

前記流動性材料の第 2 の部分を前記レンズ前駆体の前記第 2 の表面から排出させる工程と、を更に含む、実施態様 1 7 に記載の方法。

(2 0) 前記レンズ前駆体の前記第 1 の表面が、基材の光学品質領域に沿って形成され、前記レンズ前駆体の前記第 2 の表面が、自由形成される、実施態様 1 9 に記載の眼科レンズを形成する方法。

【 0 2 3 1 】

(2 1) 化学放射線の前記第 1 の暴露が、所定の強度プロファイルに基づいて、前記基材を通して透過される、実施態様 1 9 に記載の方法。

20

(2 2) 前記反応性混合物が、前記第 1 の化学放射線を吸収することができる放射線吸収成分を含む、実施態様 1 9 に記載の方法。

(2 3) 前記眼科レンズの前記第 2 の表面の弾性率より高い弾性率を有する、前記眼科レンズ前駆体の第 1 の表面を形成する工程を更に含む、実施態様 1 9 に記載の方法。

(2 4) 前記第 1 の化学放射線の前記透過が、ボクセル単位で制御される、実施態様 1 9 に記載の方法。

(2 5) 前記第 1 の化学放射線の前記透過が、デジタルミラーデバイス装置と通信するプロセッサによって制御される、実施態様 1 9 に記載の方法。

(2 6) 前記デジタルミラーデバイス装置が、少なくとも 3 つのデジタルミラーデバイスチップを備える、実施態様 2 5 に記載の方法。

30

(2 7) 前記基材の前記表面上の点から前記反応性混合物中への前記第 1 の化学放射線の浸透の深さを、ベールの法則に従って計算することができる、実施態様 2 6 に記載の方法。

(2 8) 前記第 1 の化学放射線が、所定の持続時間にわたって静的パターンで透過される、実施態様 1 9 に記載の方法。

(2 9) 前記第 1 の化学放射線が、動的パターンで透過される、実施態様 1 9 に記載の方法。

(3 0) 前記第 1 の化学放射線は、スペクトルが 3 7 0 n M ~ 4 3 0 n M の光を含む、実施態様 1 9 に記載の方法。

40

【 0 2 3 2 】

(3 1) 前記第 1 の化学放射線を構成する光のスペクトルが、帯域通過フィルターによって処理される、実施態様 3 0 に記載の方法。

(3 2) 前記レンズ前駆体の前記第 2 の表面を溶液中ですすぐ工程を更に含む、実施態様 1 9 に記載の方法。

(3 3) 前記溶液が、未反応の反応性混合物を含む、実施態様 3 2 に記載の方法。

(3 4) 前記レンズ前駆体の前記第 2 の部分をすすぐ前記溶液を、前記レンズの前記第 2 の部分をすすぐ間に超音波分解する工程を更に含む、実施態様 3 3 に記載の方法。

(3 5) 前記第 2 の化学放射線が、前記反応性混合物内の吸収体によって約 5 % 以下の透過率で吸収される波長を含む、実施態様 1 9 に記載の方法。

50

(36) 前記眼科レンズ前駆体が、ステレオリソグラフィプロセスを含むプロセスを介して形成される、実施態様17に記載の方法。

(37) 前記眼科レンズ前駆体が、グレースケールリソグラフィプロセスを含むプロセスを介して形成される、実施態様19に記載の方法。

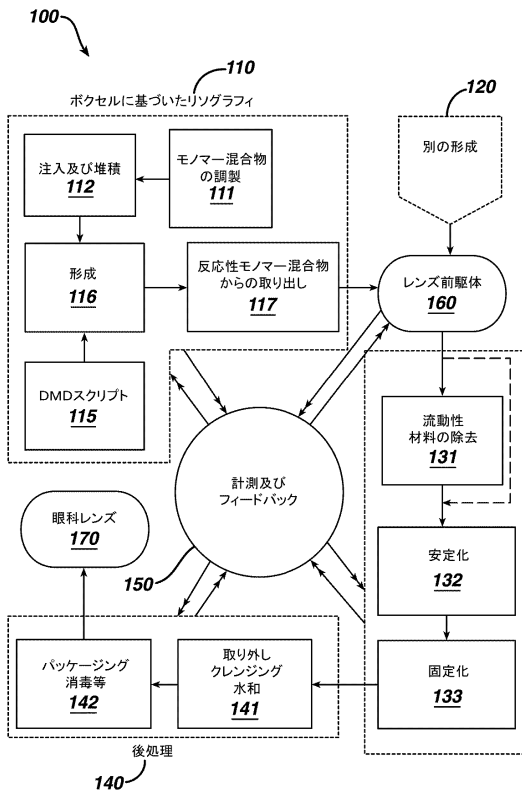
(38) 前記眼科レンズ前駆体が、ボクセルに基づいたリソグラフィプロセスを含むプロセスを介して形成される、実施態様19に記載の方法。

(39) 前記レンズ前駆体内に1つ以上の浸出チャンネルを形成する工程と、
滞留させる工程中に、流動性材料を前記レンズ前駆体の前記第2の表面から前記浸出チャンネル内に浸出させる工程と、を更に含む、実施態様17に記載の方法。

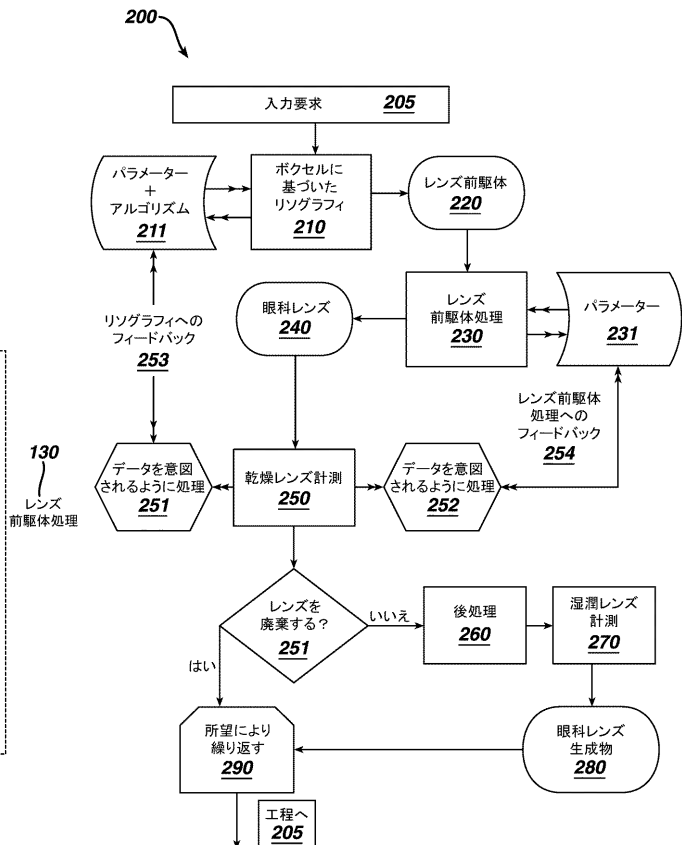
(40) 前記第2の化学放射線の前記波長が、前記反応性混合物内の吸収体によって約5%以下の透過率で吸収される波長を含む、実施態様39に記載の方法。

10

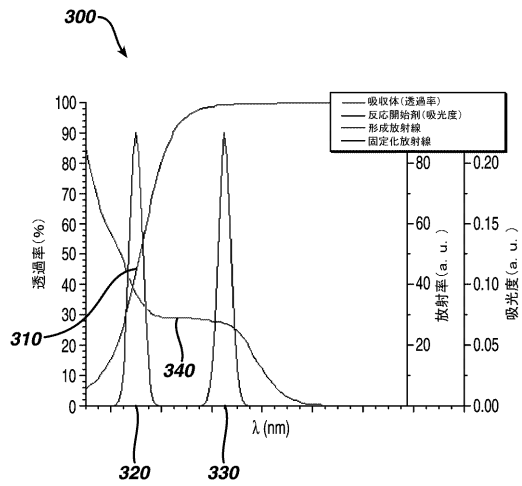
【図1】



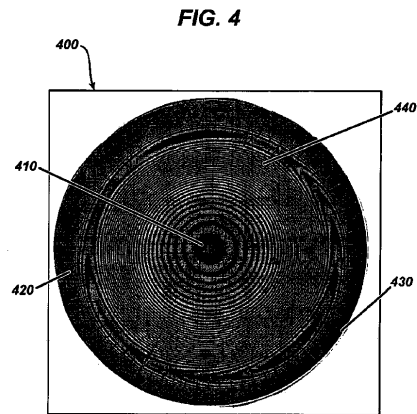
【図2】



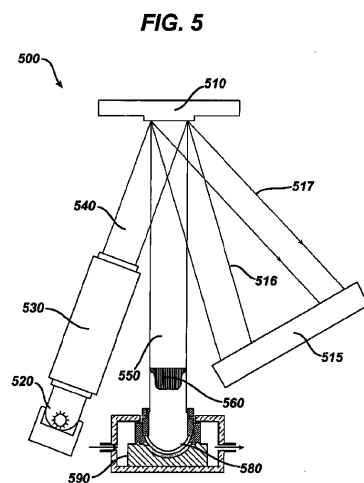
【図 3】



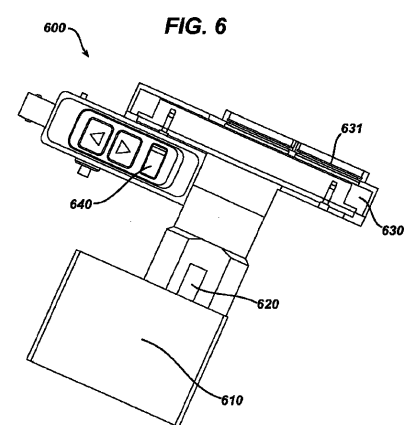
【図 4】



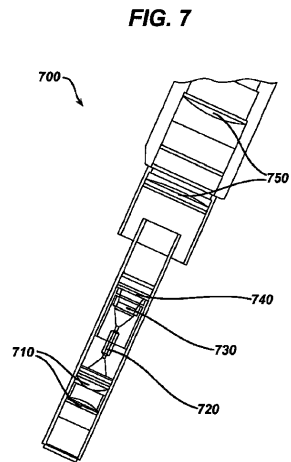
【図 5】



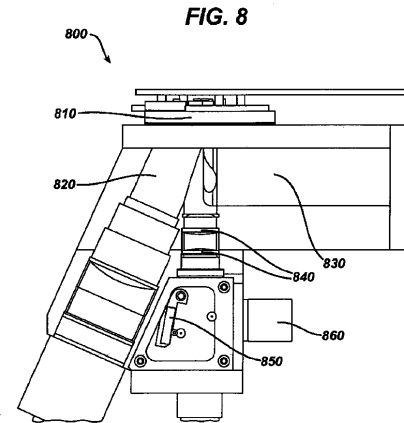
【図 6】



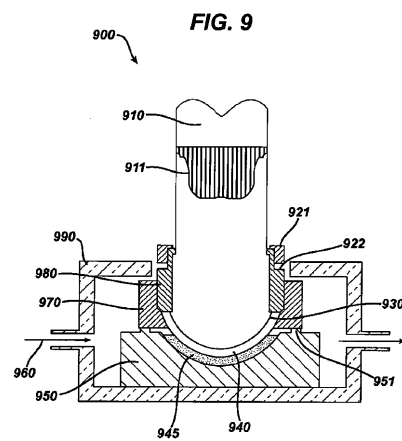
【 図 7 】



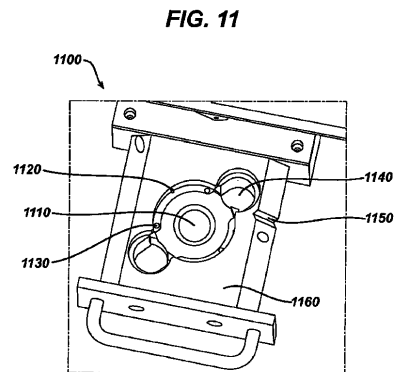
【 図 8 】



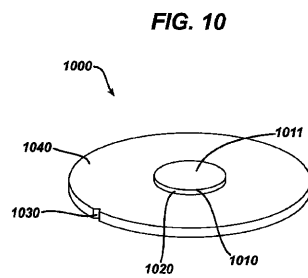
【 図 9 】



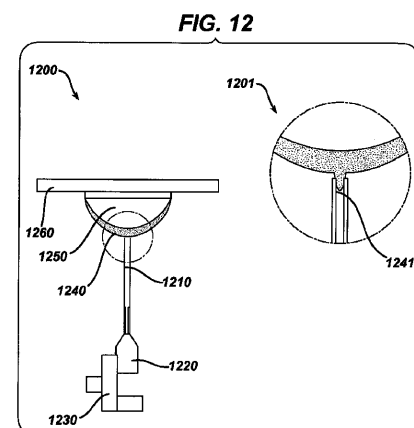
【 図 11 】



【 図 10 】

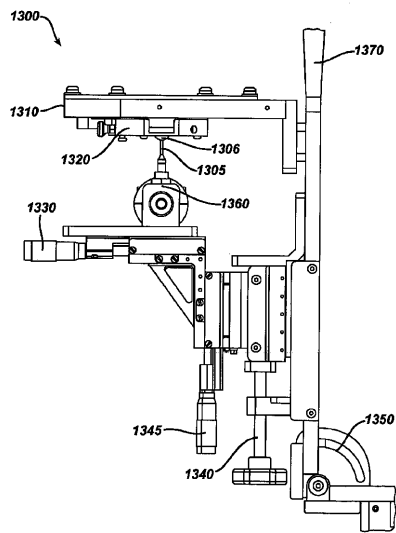


【 図 12 】



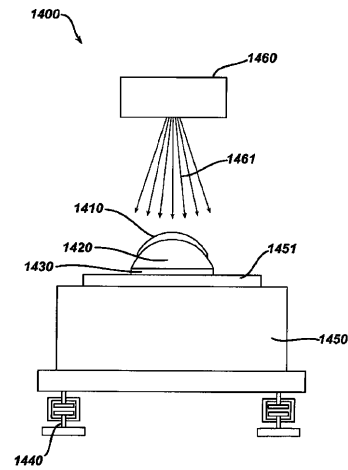
【 図 1 3 】

FIG. 13



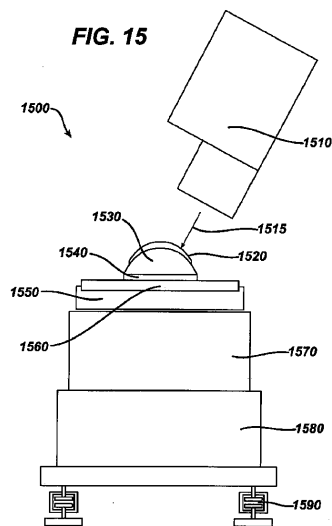
【 図 1 4 】

FIG. 14



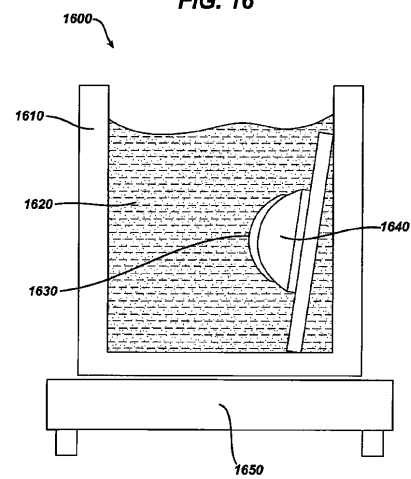
【 図 1 5 】

FIG. 15



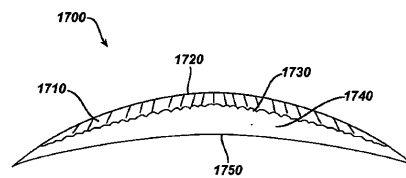
【 図 1 6 】

FIG. 16



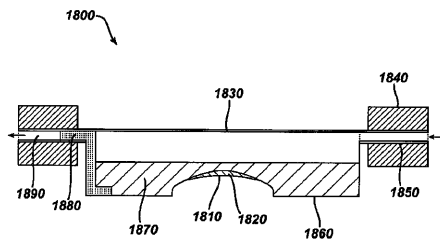
【 図 1 7 】

FIG. 17

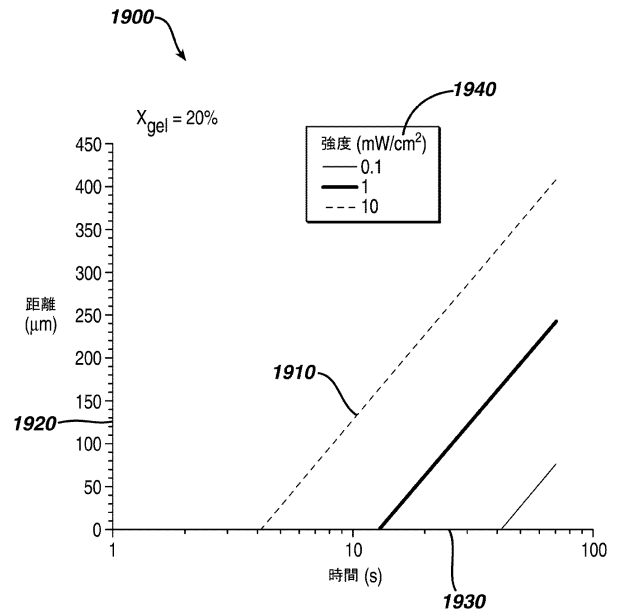


【図 18】

FIG. 18



【図 19】



フロントページの続き

- (72)発明者 エンス・ジョン・ビー
アメリカ合衆国、 3 2 2 5 7 フロリダ州、ジャクソンビル、ジェイバード・サークル・イースト
9 2 5 1
- (72)発明者 パウエル・ピー・マーク
アメリカ合衆国、 3 2 2 5 8 フロリダ州、ジャクソンビル、ノース・サマー・ハブン・ブルバード
1 1 5 9 8
- (72)発明者 サイツ・ピーター・ダブリュ
アメリカ合衆国、 3 2 0 0 3 フロリダ州、オレンジ・パーク、カウンティ・ウォーク・ドライブ
1 5 6 1

審査官 川端 康之

(56)参考文献 特開平 0 1 - 1 9 8 3 1 2 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
B 2 9 D 1 1 / 0 0
B 2 9 C 3 9 / 0 0 - 3 9 / 4 4
G 0 2 C 7 / 0 4