

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5997148号
(P5997148)

(45) 発行日 平成28年9月28日 (2016.9.28)

(24) 登録日 平成28年9月2日 (2016.9.2)

(51) Int. Cl.	F I
GO2B 3/14 (2006.01)	GO2B 3/14
GO2B 3/00 (2006.01)	GO2B 3/00 Z
GO2B 26/00 (2006.01)	GO2B 26/00

請求項の数 24 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2013-521905 (P2013-521905)	(73) 特許権者	502263411
(86) (22) 出願日	平成23年7月26日 (2011.7.26)		レンセラル ポリテクニク インステ
(65) 公表番号	特表2013-540280 (P2013-540280A)		イチュート
(43) 公表日	平成25年10月31日 (2013.10.31)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 121
(86) 国際出願番号	PCT/US2011/045353		80、トロイ、エイ ストリート 11
(87) 国際公開番号	W02012/015813		0番地
(87) 国際公開日	平成24年2月2日 (2012.2.2)	(74) 代理人	100090251
審査請求日	平成26年7月7日 (2014.7.7)		弁理士 森田 憲一
(31) 優先権主張番号	61/368,020	(74) 代理人	100139594
(32) 優先日	平成22年7月27日 (2010.7.27)		弁理士 山口 健次郎
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	ヒルサ, アミール エイチ.
			アメリカ合衆国、ニューヨーク州 120
			65、クリフトン パーク、ピア ダヴィ
			ンチ 70

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 再構成可能な非振動液体レンズ及びイメージングシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板の第一表面と第二表面との間で前記基板を貫通して延びる第一チャンネルと前記基板の第一表面と第二表面との間で前記基板を貫通して延びる少なくとも一つの第二チャンネルとを含む、前記基板と；

第一液体を含む液体レンズ滴であって、その液体レンズ滴は前記基板を貫通して延びる前記第一チャンネル内で保持されるものとし、前記液体レンズ滴は、前記基板の前記第一表面から突出している第一キャピラリー表面を有する第一ドロップレット部分と、前記基板の前記第二表面から突出している第二キャピラリー表面を有する第二ドロップレット部分とを含むものとし、そして、前記第一ドロップレット部分と前記第二ドロップレット部分とが前記の一つのチャンネルを通じて連結しているものとする、前記液体レンズ滴と；

前記基板を少なくとも部分的に包囲し、そして、チャンバを含む筐体であって、ここで、前記基板を貫通して延びる前記第一チャンネルが、前記筐体の前記チャンバ内に存在しているものとする、前記筐体と；

前記チャンバ内に配置される第二液体であって、ここで、前記第一液体を含む前記液体レンズ滴と前記第二液体とが、前記チャンバ内で動作可能なように結合しているものとする、前記第二液体と；

前記チャンバ内の前記第一チャンネル内で前記液体レンズ滴の構成の調節を容易にするアクチュエータであって、ここで、前記アクチュエータが、前記少なくとも一つの第二チャンネルのうちの一つの第二チャンネルから突出しそこで保持される少なくとも一つの磁性流体滴

10

20

を含み、その少なくとも1つの磁性流体滴を磁気的に調節することが可能であり、これによって前記チャンバ内に配置される前記第二液体を移動させることを容易にし、その結果前記第二液体に動作可能なように結合される前記液体レンズ滴の構成を調節するものとする、前記アクチュエータと；
を含む、非振動液体レンズ。

【請求項2】

前記少なくとも1つの磁性流体滴と前記第二液体とが前記チャンバ内で動作可能なように結合しており、その結果、アクチュエータを、筐体のチャンバ内に配置される第二液体を介して、前記第一チャンネル内の液体レンズ滴へ動作可能なように結合する、請求項1に記載の非振動液体レンズ。

10

【請求項3】

前記少なくとも1つの磁性流体滴を安定な構成で保持するようにアクチュエータを構成し、これによって、選択された非対称構造における液体レンズ滴の維持を容易にする、請求項1に記載の非振動液体レンズ。

【請求項4】

基板の第一表面は、チャンバの第一チャンバ部分を規定することを容易にし、前記基板の第二表面は、前記チャンバの第二チャンバ部分を規定することを容易にし、そして、第二液体が、前記第一チャンバ部分及び前記第二チャンバ部分を実質的に充填する、請求項1～3のいずれか1項に記載の非振動液体レンズ。

【請求項5】

第一液体を含む液体レンズ滴と第二液体とが、第一チャンバ部分内で直接接触し、第二チャンバ部分内で直接接触し、そして、非混合性である、請求項4に記載の液体レンズ。

20

【請求項6】

前記アクチュエータが少なくとも1つの電磁石を更に含み、この電磁石が、前記少なくとも1つの第二チャンネル内で保持される前記少なくとも1つの磁性流体滴の前記磁性流体を前記第一チャンバ部分と前記第二チャンバ部分との間で移動させ、これによって前記チャンバ内の前記第一チャンネル内で保持される前記液体レンズ滴の構成を調節し、その結果液体レンズの焦点距離を調節するものとする、請求項4に記載の非振動液体レンズ。

【請求項7】

アクチュエータが複数の電磁石を更に含み、前記複数の電磁石が、チャンバの第一及び第二チャンバ部分の間で、選択された構成における少なくとも1つの第二チャンネル内で保持される少なくとも1つの磁性流体滴の磁性流体を移動させ、そして、このようにして、前記選択された構成において液体レンズ滴を維持する、請求項6に記載の非振動液体レンズ。

30

【請求項8】

アクチュエータが複数の磁性流体滴を更に含み、前記複数の磁性流体滴は基板の第一表面と第二表面との間で前記基板を貫通して延びている複数の第二チャンネル内で保持され、各磁性流体滴は、複数の第二チャンネルのそれぞれの第二チャンネルの直径に対して規定される臨界体積よりも大きい体積を含み、そして、双安定キャピラリースイッチングエレメントとして機能し、各双安定キャピラリースイッチングエレメントは、前記磁性流体滴が主に前記第一チャンバ部分に存在する第一状態と、前記磁性流体滴が主に第二チャンバ部分に存在する第二状態との間でトグリングすることができ、液体レンズの焦点距離のチューニングを容易にするために、前記複数の磁性流体滴の内の1つの磁性流体滴を前記複数の磁性流体滴の内の別の磁性流体滴とは個別に切り替え可能である、請求項6に記載の非振動液体レンズ。

40

【請求項9】

アクチュエータが少なくとも1つの双安定キャピラリースイッチエレメントを更に含み、前記双安定キャピラリースイッチエレメントは、チャンバ内に配置され、前記少なくとも1つの双安定キャピラリースイッチエレメントと前記第二液体とが前記チャンバ内で動

50

作可能なように結合し、その結果、前記少なくとも1つの双安定キャピラリースイッチエレメントが、前記チャンバ内に配置される第二液体を介して液体レンズ滴へ動作可能なように結合される、請求項1～3のいずれか1項に記載の非振動液体レンズ。

【請求項10】

第一液体が高屈折率液体を含み、そして、第二液体が水を含む、請求項1～3のいずれか1項に記載の非振動液体レンズ。

【請求項11】

前記基板が、第一チャンネルでの基板のエッジ部で液滴が固定されたままであることを容易にするように選択される非湿潤性材料を含む、請求項1～3のいずれか1項に記載の非振動液体レンズ。

【請求項12】

筐体が、液体レンズ滴の少なくとも第一ドロップレット部分又は第二ドロップレット部分にわたって配置される透明なハウジング部分を含み、そして、チャンバが密封チャンバである、請求項1～3のいずれか1項に記載の非振動液体レンズ。

【請求項13】

非振動液体レンズ及び少なくとも1つのイメージセンサーを含むイメージングシステムであり、

前記非振動液体レンズは：

基板の第一表面と第二表面との間で前記基板を貫通して延びている第一チャンネルと前記基板の第一表面と第二表面との間で前記基板を貫通して延びている少なくとも1つの第二チャンネルとを含む、前記基板と；

第一液体を含む液体レンズ滴であって、その液体レンズ滴は、前記基板を貫通して延びている第一チャンネル内で少なくとも部分的に保持されるものとし、前記液体レンズ滴は、前記基板の前記第一表面から突出している第一キャピラリー表面を有する第一ドロップレット部分と、前記基板の前記第二表面から突出している第二キャピラリー表面を有する第二ドロップレット部分とを含むものとし、そして、前記第一ドロップレット部分と前記第二ドロップレット部分とが前記の1つのチャンネルを通じて連結しているものとする、前記液体レンズ滴と；

前記基板を少なくとも部分的に包囲し、そして、チャンバを含む筐体であって、ここで、前記基板を貫通して延びる前記第一チャンネルが、前記筐体の前記チャンバ内に存在しているものとする、前記筐体と；

前記チャンバ内に配置される第二液体であって、ここで、前記第一液体を含む前記液体レンズ滴と、前記第二液体とが、前記チャンバ内で動作可能なように結合しているものとする、前記第二液体と；

前記チャンバ内の前記第一チャンネル内で前記液体レンズ滴の構成の調節を容易にするアクチュエータであって、ここで、前記アクチュエータが、前記少なくとも1つの第二チャンネルのうちの1つの第二チャンネルから突出しそこで保持される少なくとも1つの磁性流体滴を含み、その少なくとも1つの磁性流体滴を磁氣的に調節することが可能であり、これによって前記チャンバ内に配置される前記第二液体を移動させることを容易にし、その結果前記第二液体に動作可能なように結合される前記液体レンズ滴の構成を調節するものとする、前記アクチュエータと；

を含む前記液体レンズであり、そして、

前記少なくとも1つのイメージングセンサーは、少なくとも1つのイメージング経路へ結合しているものとし、そして、前記イメージング経路は、前記第一チャンネル内の前記液体レンズ滴の前記第一及び第二ドロップレット部分を通して、前記液体レンズ滴の前記第一及び前記第二ドロップレット部分を通じて画像を取得するものとする、前記イメージングセンサーである、

前記イメージングシステム。

【請求項14】

前記少なくとも1つの磁性流体滴と前記第二液体とが前記チャンバ内で動作可能なよう

10

20

30

40

50

に結合しており、その結果、アクチュエータが、筐体のチャンバ内に配置される第二液体を介して、前記第一チャンネル内で保持される液体レンズ滴へ動作可能なように結合する、請求項 13 に記載のイメージングシステム。

【請求項 15】

前記少なくとも 1 つの磁性流体滴を安定な構成で保持するようにアクチュエータを構成し、これによって、選択された非対象構造において液体レンズ滴を維持することを容易にする、請求項 13 に記載のイメージングシステム。

【請求項 16】

基板の第一表面はチャンバの第一チャンバ部分を規定することを容易にし、前記基板の第二表面は前記チャンバの第二チャンバ部分を規定することを容易にし、第二液体は前記第一チャンバ部分及び前記第二チャンバ部分を実質的に充填する、請求項 13 ~ 15 のいずれか 1 項に記載のイメージングシステム。

10

【請求項 17】

第一液体を含む液体レンズ滴と前記第二液体とが、前記第一チャンバ部分内で直接接触し、前記第二チャンバ部分で直接接触し、そして、非混合性である、請求項 16 に記載のイメージングシステム。

【請求項 18】

前記アクチュエータが少なくとも 1 つの電磁石を更に含み、この電磁石が、前記少なくとも 1 つの第二チャンネル内で保持される前記少なくとも 1 つの磁性流体滴の前記磁性流体を前記第一チャンバ部分と前記第二チャンバ部分との間で移動させ、これによって前記チャンバ内の前記第一チャンネル内で保持される前記液体レンズ滴の構成を調節し、その結果、液体レンズの焦点距離を調節するものとする、請求項 16 に記載のイメージングシステム。

20

【請求項 19】

アクチュエータが少なくとも 1 つの双安定キャピラリースイッチエレメントを更に含み、前記双安定キャピラリースイッチエレメントは、チャンバ内に配置され、前記少なくとも 1 つの双安定キャピラリースイッチエレメントと前記第二液体とが前記チャンバ内で動作可能なように結合し、その結果、前記少なくとも 1 つの双安定キャピラリースイッチエレメントが、前記チャンバ内に配置される第二液体を介して液体レンズ滴へ動作可能なように結合される、請求項 13 ~ 15 のいずれか 1 項に記載のイメージングシステム。

30

【請求項 20】

筐体が、液体レンズ滴の第一ドロップレット部分又は第二ドロップレット部分の少なくとも 1 つにわたって配置される透明なハウジング部分を含み、そして、チャンバが密封チャンバである、請求項 13 ~ 15 のいずれか 1 項に記載のイメージングシステム。

【請求項 21】

液体レンズの非振動液体レンズ滴の構成を調節する工程；及び
前記液体レンズ滴の第一又は第二ドロップレット部分の少なくとも 1 つを通過するイメージ経路を介して少なくとも 1 つの画像を取得する工程；
を含むイメージング方法であって、前記調節工程において、
前記液体レンズは、基板の第一表面と第二表面との間で前記基板を貫通して延びる第一チャンネルと前記基板の第一表面と第二表面との間で前記基板を貫通して延びる少なくとも 1 つの第二チャンネルを含む前記基板を含むものとし、前記液体レンズ滴は前記第一チャンネル内で少なくとも部分的に保持されるものとし、前記液体レンズ滴は、前記基板の前記第一表面から突出している第一キャピラリー表面を含む第一ドロップレット部分と、前記基板の前記第二表面から突出している第二キャピラリー表面を含む第二ドロップレット部分とを含むものとし、前記液体レンズ滴の前記第一及び第二ドロップレット部分は前記第一チャンネルを通じて連結しているものとし、前記液体レンズは筐体を更に含むものとし、前記筐体は、チャンバを含み、そして、前記基板を少なくとも部分的に包囲するものとし、第一チャンネルが第二液体を含む前記チャンバ内に存在するものとし、第一液体を含む前記液体レンズ滴と前記第二液体とが前記チャンバ内で動作可能なように結合しているものとし

40

50

、前記液体レンズは、更に、前記チャンバ内の前記第一チャンネル内で前記液体レンズ滴の構成の調節を容易にするアクチュエータを含み、ここで、前記アクチュエータが、前記少なくとも1つの第二チャンネルのうちの1つの第二チャンネルから突出しそこで保持される少なくとも1つの磁性流体滴を含み、その少なくとも1つの磁性流体滴を磁氣的に調節することが可能であり、これによって前記チャンバ内に配置される前記第二液体を移動させることを容易にし、その結果前記第二液体に動作可能なように結合される前記液体レンズ滴の構成を調節するものとし、そして、調節は、前記第一ドロップレット部分又は前記第二ドロップレット部分の少なくとも1つに第二液体を介して力を付与して、前記第一チャンネル内で前記液体レンズ滴を再構成させて、それによって前記液体レンズの焦点距離を調節するものとする、

前記イメージング方法。

【請求項22】

第一液体を含む液体レンズ滴と前記第二液体とが、前記チャンバ内で直接接触し、そして、非混合性である、請求項21に記載のイメージング方法。

【請求項23】

液体レンズを製造する方法であって：

液体レンズ滴に対して非湿潤性の基板を得る工程；

前記基板の第一表面から第二表面へ延びている第一チャンネルを前記基板に提供し、そして前記基板の第一表面から第二表面へ延びている少なくとも1つの第二チャンネルを前記基板に提供する工程；

第一チャンネル内に、第一液体を含む前記液体レンズ滴を提供する工程、ここで、前記液体レンズ滴は、前記基板の前記第一表面から突出している第一キャピラリー表面を有する第一ドロップレット部分と、前記基板の前記第二表面から突出している第二キャピラリー表面を有する第二ドロップレット部分とを含むものとし、前記第一ドロップレット部分と前記第二ドロップレット部分とが前記第一チャンネルを通じて連結しているものとする、前記工程；

前記基板を貫通して延びている前記の1つのチャンネルを包囲するチャンバを含む筐体を提供する工程、ここで、前記基板の前記第一表面は、前記チャンバの第一チャンバ部分を規定することを容易にし、前記基板の前記第二表面は、前記チャンバの第二チャンバ部分を規定することを容易にし、前記第一ドロップレット部分が前記チャンバの前記第一チャンバ部分内にあり、そして、前記第二ドロップレット部分が前記チャンバの前記第二チャンバ部分内にあるものとする、前記工程；

前記チャンバの前記第一チャンバ部分及び前記第二チャンバ部分内に第二液体を配置する工程、ここで、前記第二液体と前記液体レンズ滴とが、前記チャンバ内で動作可能なように結合しているものとする、前記工程；及び

前記少なくとも1つの第二チャンネル内に保持される少なくとも1つの磁性流体滴を含むアクチュエータを提供する工程、ここで、前記少なくとも1つの磁性流体滴と前記第二液体とが前記チャンバ内で動作可能なように結合し、その結果前記アクチュエータが、前記液体レンズ滴の構成を調節するために、前記液体レンズ滴の前記第一ドロップレット部分又は前記第二ドロップレット部分の少なくとも1つへ動作可能なように結合するものであり、そして前記液体レンズ滴の構成の調節が前記液体レンズの焦点距離の調節であるものとする、前記工程；

を含む、前記方法。

【請求項24】

第一液体を含む液滴と第二液体とが、非混合性であり且つ直接接触しており、前記基板の第一表面がチャンバの第一チャンバ部分を規定することを容易にし、前記基板の第二表面が前記チャンバの第二チャンバ部分を規定することを容易にし、前記第二液体が前記第一チャンバ部分及び前記第二チャンバ部分を実質的に充填し、そして、アクチュエータを提供する工程が：前記少なくとも1つの第二チャンネル内で前記少なくとも1つの磁性流体滴を提供し、この結果、前記少なくとも1つの磁性流体滴が前記チャンバの前記第一及び

10

20

30

40

50

第二チャンバ部分の間で調節される際に、前記チャンバの前記第一及び第二チャンバ部分内で前記液体レンズ滴を移動させるものとする、前記工程；及び

前記少なくとも1つの磁性流体滴を少なくとも1つの前記第二チャンネル内で調節するための電磁石を提供する工程であって、それによって前記第一チャンネル内で前記液体レンズ滴を再構成する、前記工程；

を含む、請求項23に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【連邦支援研究に関する記載】

【0001】

本発明は、契約番号HR001-09-1-0052のもと、アメリカ合衆国国防総省の国防総省国防高等研究事務局(DARPA)からの支援によりなされたものである。従って、米国政府は、本発明においてある程度の権利を有することがある。

10

【関連出願の相互参照】

【0002】

本件は、2010年7月27日に出願された米国特許仮出願第61/368,020号についての優先権を主張し、これらの開示内容は、これらの全体が参照により本明細書中に組み込まれる。

【背景技術】

【0003】

本発明は、一般的に適応光学デバイスに関するものであり、より詳細には、液体レンズ、並びに、前記液体レンズを使用するイメージングシステム及びイメージング方法に関するものである。

20

【0004】

光学焦点調節は、画像に焦点を合わせるまでカメラのレンズを機械的に動かすことによる遅延のために、多くの場合時間のかかるプロセスである。液体はレンズ材料にとって珍しい選択であると考えられているが、高速応答を必要とする適応光学での用途、又は、小規模又は費用効率の高い光学を必要とする用途のための液体レンズには関心がある。液体レンズは、重量の増加及び固体レンズを移動させることに関連する製造上の複雑さを有利に回避する。表面張力のおかげで、液体レンズの界面(interface)は良好な光学的品質を有する。なぜなら、前記表面張力は、重力をサブミリ波スケールで支配し、そして、ほとんど完全な球形状の且つ光学的平滑な界面を提供するからである。

30

【0005】

消費者レベルでのワイヤレス通信における画像及びマルチメディアの使用の近年の急増によって、軽量且つ丈夫な適応光学に対する研究が増加してきた。しかしながら、このようなレンズに対する要望は、携帯電話及びビデオカメラを超え、生物医学的検出及びイメージング、監視及び防衛のための自律航空機及び水中機、並びにマイクロ製造用の顕微鏡検査及び適応リソグラフィなどにおける先端技術にまで及ぶ。

【発明の概要】

【0006】

或る観点では、非振動液体レンズを提供することにより、先行技術の欠点を克服し、そして、追加の利点を提供する。非振動液体レンズは、第一液体を含む液体レンズ滴と基板とを含み、前記基板は、前記基板の第一表面と第二表面との間で前記基板を貫通して延びている少なくとも1つのチャンネルを含む。液体レンズ滴は、基板を貫通して延びている少なくとも1つのチャンネルの内の1つのチャンネル内で少なくとも部分的に保持され、そして、第一ドロップレット部分(droplet portion)及び第二ドロップレット部分を含む。前記第一ドロップレット部分は、基板の第一表面から突出している第一キャピラリー表面を有し、そして、前記第二ドロップレット部分は、基板の第二表面から突出している第二キャピラリー表面を有する。第一ドロップレット部分と第二ドロップレット部分とは、1つのチャンネルを通じて連結している。液体レンズは筐体を更に含む。前記筐体は、基板を少なくとも部分的に包囲し、そして、チャンバを含む。基板を貫通して延びている少なくと

40

50

も1つのチャンネルの内の1つのチャンネルは、筐体のチャンバ内に存在する。第二液体はチャンバ内に配置され、そして、第一液体を含む液体レンズ滴と第二液体とは、チャンバ内で直接又は間接的に接触している。液体レンズは、チャンバ内の1つのチャンネル内で液体レンズ滴の構成を調節することを容易にするアクチュエータを更に含み、この場合、液体レンズ滴の構成の調節は液体レンズの焦点距離を調節することである。

【0007】

別の観点では、非振動液体レンズ及び少なくとも1つのイメージセンサーを有するイメージングシステムを提供する。非振動液体レンズは、第一液体を含む液体レンズ滴と基板とを含み、前記基板は、前記基板の第一表面と第二表面との間で前記基板を貫通して延びている少なくとも1つのチャンネルを含む。液体レンズ滴は、基板を貫通して延びている少なくとも1つのチャンネルの内の1つのチャンネル内で少なくとも部分的に保持され、そして、第一ドロップレット部分及び第二ドロップレット部分を含む。前記第一ドロップレット部分は、基板の第一表面から突出する第一キャピラリー表面を有し、そして、前記第二ドロップレット部分は、基板の第二表面から突出する第二キャピラリー表面を有する。第一ドロップレット部分と第二ドロップレット部分とは、1つのチャンネルを通じて連結している。液体レンズは筐体を更に含む。前記筐体は、基板を少なくとも部分的に包囲し、そして、チャンバを含み、ここで、基板を貫通して延びている少なくとも1つのチャンネルの内の1つのチャンネルは、筐体のチャンバ内に存在する。第二液体はチャンバ内に配置され、そして、第一液体を含む液体レンズ滴と第二液体とは、チャンバ内で直接又は間接的に接触している。チャンバの1つのチャンネル内で保持される液体レンズ滴の構成の調節を容易にするアクチュエータを提供し、この場合、液体レンズ滴の構成の調節は液体レンズの焦点距離の調節である。1つのチャンネル内で少なくとも部分的に保持される液体レンズ滴の第一及び第二ドロップレット部分を通じて少なくとも1つのイメージング経路へ少なくとも1つのイメージングセンサーを連結させ、液体レンズ滴の第一及び第二ドロップレット部分を通じて画像を取得する。

【0008】

更に別の観点では、イメージング方法を提供する。前記イメージング方法は：
非振動液体レンズの液体レンズ滴の構成を調節する工程；及び
液体レンズ滴の第一又は第二ドロップレット部分の少なくとも1つを通じてイメージング経路によって、少なくとも1つの画像を取得する工程；
を含み、前記調節工程において、
非振動液体レンズは、基板の第一表面と第二表面との間に延びているチャンネルを規定する前記基板を含むものとし；
前記液体レンズ滴は前記チャンネル内で少なくとも部分的に保持されるものとし；
前記液体レンズ滴は、前記基板の前記第一表面から突出している第一キャピラリー部分を含む第一ドロップレット部分と、前記基板の前記第二表面から突出している第二キャピラリー部分を含む第二ドロップレット部分とを含むものとし；
前記液体レンズ滴の前記第一及び第二ドロップレット部分が前記チャンネルを通じて連結しているものとし；
前記液体レンズは筐体を更に含むものとし、前記筐体はチャンバを含み、そして、前記基板を少なくとも部分的に包囲するものとし；
前記チャンネルは、前記第二液体を含む前記チャンバ内に存在するものとし；
第一液体を含む前記液体レンズ滴と前記第二液体とは、前記チャンバ内で直接又は間接的に接触しているものとし；そして、
調節が、前記第一ドロップレット部分又は前記第二ドロップレット部分の少なくとも1つに力を付与して前記チャンネル内の前記液体レンズ滴を再構成させることを含み、それによって、前記液体レンズの焦点距離を調節するものとする。

【0009】

更なる観点では、液体レンズの製造方法を提供する。前記製造方法は；
液体レンズ滴に対して非湿潤性の基板を得る工程；

前記基板の第一表面から第二表面へ延びている少なくとも1つのチャンネルを前記基板に提供する工程；

前記基板を貫通して延びている前記少なくとも1つのチャンネルの内の1つのチャンネル内で少なくとも部分的に保持される、第一液体を含む前記液体レンズ滴を提供する工程、ここで、前記液体レンズ滴は、前記基板の前記第一表面から突出している第一キャピラリー表面を有する第一ドロップレット部分と、前記基板の前記第二表面から突出している第二キャピラリー表面を有する第二ドロップレット部分とを含むものとし、そして、前記第一ドロップレット部分と前記第二ドロップレット部分とが前記の1つのチャンネルを通じて連結しているものとする、前記工程；

前記基板を貫通して延びている前記の1つのチャンネルを包囲するチャンバを含む筐体を提供する工程、ここで、前記基板の前記第一表面は、前記チャンバの第一チャンバ部分を規定することを容易にし、そして、前記基板の前記第二表面は、前記チャンバの第二チャンバ部分を規定することを容易にするものとする、前記工程；

前記チャンバの前記第一チャンバ部分及び前記第二チャンバ部分内に前記第二液体を配置する工程、ここで、前記第二液体と前記液体レンズ滴とが、前記チャンバ内で直接又は間接的に接触しているものとする、前記工程；及び

前記液体レンズ滴の構成を調節するために、前記液体レンズ滴の前記第一ドロップレット部分また前記第二ドロップレット部分の少なくとも1つへ動作可能なように結合しているアクチュエータを提供する工程、ここで、前記液体レンズ滴の構成の調節が前記液体レンズの焦点距離の調節であるものとする、前記工程；

を含む。

【0010】

追加の特徴及び利点は本発明の技術を介して実現される。本発明のその他の実施態様及び観点は、本明細書中に詳細に記載され、そして、本発明の一部としてみなされる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

本発明の1つ以上の観点は、本明細書の終わりの特許請求の範囲において特に指摘され、そして、例として明確に記載される。本発明の上記の及びその他の目的、特徴、並びに利点は、添付の図面とともに以下の発明の詳細な説明から明らかである：

【0012】

【図1A】本発明の1つ以上の観点による、液体レンズ構造の或る実施態様の断面図である。

【0013】

【図1B】本発明の1つ以上の観点による、図1Aの液体レンズ構造のアセンブリを示す部分組立分解等角図である。

【0014】

【図2A - 2B】本発明の1つ以上の観点による、アクチュエータに応答する図1の液体レンズ構造の液体レンズ滴の再構成を示すものであり、図2Aは、基板の第二表面から突出している第二キャピラリー表面を有する（液体レンズ滴の）第二ドロップレット部分の拡大図であり、そして、図2Bは、基板の第一表面から突出している第一キャピラリー表面を有する（液体レンズ滴の）第一ドロップレット部分の拡大図である。

【0015】

【図3】本発明の1つ以上の観点による、焦点の合った物体のイメージングを示し、そして、再構成可能な液体レンズを使用するイメージングシステムの或る実施態様の概略図である。

【0016】

【図4A】本発明の1つ以上の観点による、再構成可能な液体レンズ構造の別の実施態様の立面図である。

【0017】

【図4B】本発明の1つ以上の観点による、液体レンズ滴の得られる再構成を示し、そし

10

20

30

40

50

て、再構成可能な液体レンズの第一（上方）チャンバ部分から第二（下方）チャンバ部分へ切り替えられた（switched）5つの表示された双安定キャピラリースイッチングエレメントのうちの2つとともに示される、図4Aの再構成可能な液体レンズ構造の立面図である。

【0018】

【図4C】本発明の1つ以上の観点による、液体レンズ滴の得られる再構成を示し、そして、再構成可能な液体レンズの第二（下方）チャンバ部分へ切り替えられた残りの双安定キャピラリースイッチングエレメントとともに示される、図4A及び図4Bの再構成可能な液体レンズ構造の立面図である。

【0019】

【図5】本発明の1つ以上の観点による、再構成可能な液体レンズの複数の双安定キャピラリースイッチングエレメントの種々のトグリングにตอบสนองする、図4A～図4Cに表示される再構成可能な液体レンズ構造を使用して得られる種々の焦点距離のプロットを示すグラフである。

【0020】

【図6A】本発明の1つ以上の観点による、再構成可能な液体レンズ構造を含むパッケージ化されたイメージングシステム（例えば、電話内のカメラ）の或る実施態様を示す。

【0021】

【図6B】本発明の1つ以上の観点による、図6Aの線4C-4Cによる図6Aのパッケージ化されたイメージングシステムの図であり、そこに含まれる再構成可能な液体レンズ構造を使用するイメージングシステムの或る実施態様の内包物を示す。

【0022】

【図7A】本発明の1つ以上の観点による、再構成可能な液体レンズ構造の別の実施態様の部分平面図である。

【0023】

【図7B】本発明の1つ以上の観点による、図7Aの再構成可能な液体レンズ構造の立面図である。

【0024】

【図7C-7D】本発明の1つ以上の観点による、図7A及び図7Bの再構成可能な液体レンズ構造を示す図であり、図7Dに表示される液体レンズ滴の得られる再構成とともに、図示の双安定キャピラリースイッチングエレメントの3つの液体が第一（上方）チャンバ部分から第二（下方）チャンバ部分へ移行されていることを示す。

【0025】

【図7E-7F】本発明の1つ以上の観点による、図7C及び図7Dの再構成可能な液体レンズ構造を示す図であり、図7Fに表示される液体レンズ滴の得られる再構成とともに、双安定キャピラリースイッチングエレメントの残りの液体が第一チャンバ部分から第二チャンバ部分へ移行されていることを示す。

【0026】

【図8A】本発明の1つ以上の観点による、上から下へ示される重力の方向（g）をともなった再構成可能な液体レンズ構造の部分描写である。

【0027】

【図8B】本発明の1つ以上の観点による、右から左へ示される重力の方向（g）に向きを変更された図8Aの再構成可能な液体レンズの部分描写である。

【0028】

【図9】本発明の1つ以上の観点による、再構成可能な液体レンズを使用するイメージング方法の或る実施態様のフローチャートである。

【発明の詳細な説明】

【0029】

液体レンズ滴の構成を、従って、再構成可能な非振動液体レンズの焦点距離を調節するアクチュエータ（又は、ドライバ）を有する再構成可能な非振動液体レンズが本明細書中

10

20

30

40

50

に記載される。再構成可能な非振動液体レンズは、いったん構成されると安定的（又は静的）であり、そして、例えば、低光イメージングの消費電力の低い用途及び長い露光時間を必要とする用途に理想的である。以下に更に説明されるように、いくつかの実施態様では、いったん新しいレンズ構造が達成されると（すなわち、所望の焦点距離が得られると）、液体レンズ構成を維持又は保持するために更なるエネルギー又は電源入力が必要ない。

【0030】

特定の方法は膜を使用して液体レンズを含有していたのに対して、特に興味深いのは、液体レンズがその表面張力のみによって制約されることであり、これは主に、均一で長持ちする膜の製造において、膜が画像品質及び製造課題に対して悪影響を与えることによる。しかしながら、表面張力結合方法（surface-tension-bound strategies）であっても、重量によって開口部が数ミリメートルに限定され、そして、数分に及び安定的な作業が蒸発によって妨げられてしまうため、実際には扱いにくいものであった。

【0031】

これらの問題に対処するために、安定的なセンチメートルスケールの開口部、方向独自性及び長期安定性を達成することによりこれまでの液体レンズの欠点を緩和する、液体-液体レンズ構造並びに前記液体-液体レンズ構造を使用するイメージングシステム及びイメージング方法を本明細書に開示する。基板（例えば、プレート）中の第一チャンネル（例えば、円形孔）を通じて高屈折率の第一液体の2つのドロップレットを連結させ；そして、筐体（例えば、透明なアクリル製の箱）によって包囲されるレンズシステムとともに、基板及び液体レンズを包囲する低屈折率の第二液体（例えば、水）を提供する；ことによって液体-液体レンズを形成する。或る実施例において、レンズ滴の屈折率（例えば、1.615の屈折率を有する1-メチルナフタレン）と、周囲液体の屈折率（例えば、1.33の屈折率を有する水）との割合は1.214であり、これは、単一性（unity）より極めて大きく、そして、1.33の屈折率の割合を有する空気/水レンズのものにほぼ等しい。第一液体及び第二液体は非混合性であるように選択される。第一液体ドロップレットの密度（ ρ_D ）と周囲液体（例えば、水）の密度（ ρ_W ）とを適合させることによって、キャピラリーの長さ（ $(\rho_D - \rho_W)^{-1/2}$ に対応する）をミリメートル（通常的气体中液体液体レンズ（liquid in gas liquid lens）、例えば、空気中の水レンズのため）からセンチメートルまで増加させることができる。

【0032】

ドロップレットの屈曲部に変化を生じさせる（焦点距離を変化させる）ためには、封入されたレンズシステムを非侵襲的な方法で作動させることが望ましい。この目的のために、或る実施態様では、基板中に1つ以上の第二チャンネル（又は開口部）を含むアクチュエータを提供する。この場合、前記第二チャンネルの各々は、2つの結合した磁性流体ドロップレットを含む磁性流体滴を収容及び保持する。（例えば）筐体の外側に設置される1つ以上の比較的小型の電磁ドライバによって、磁性流体滴を再構成することができ、これは同時に、非圧縮性第二液体で充填される基板のいずれかの側の第一及び第二チャンネル部分の固定体積内で磁性流体ドロップレットが再構成する（すなわち、液体を移動させる）際に、液体レンズ滴の再構成を生じさせる。

【0033】

本明細書中に記載される或る実施態様では、2つの電磁石が少なくとも1つの磁性流体滴の上下にそれぞれ1つずつ位置づけられて、例えば、非対称構成における少なくとも1つの磁性流体滴の再構成及び保持を容易にし、従って、液体レンズ滴を再構成し、そして、安定的（静的）に維持する。本明細書中に記載される別の実施態様では、複数の磁性流体滴を基板中の複数の第二チャンネル（又は開口部）内で保持することがある。複数の磁性流体滴の各磁性流体滴はそのチャンネル（又は開口部）に対して十分に大きいサイズであり、双安定キャピラリースイッチングエレメントとして作用する。これによって、例えば、複数の磁性流体滴と関連する1つ以上の電磁ドライバへDCパルスを付与して1つ以上の双安定磁性流体スイッチングエレメントの状態を移行させることによって、非振動液体レ

10

20

30

40

50

ンズを制御可能に再構成することが可能である。

【 0 0 3 4 】

理解を容易にするために単純化され、そして、縮尺通りではない以下の図面を参照にされたい。この図面において、種々の図面にわたって使用される同一の参照番号は、同一又は類似の部分を表す。

【 0 0 3 5 】

図 1 A は、本発明の 1 つ以上の観点による液体レンズ構造（多くの場合、符号 1 0 0 で表わされる）の或る実施態様を表す。液体レンズ構造 1 0 0 は、本明細書中において液体 - 液体レンズ構造又は非振動液体レンズ構造と代替的に称され、そして、向かい合っている第一主要表面 1 1 1 及び第二主要表面 1 1 2 それぞれをもつ基板 1 1 0 を含む。基板 1 1 0 は、周囲の液体（例えば、水）の存在下で、レンズ及びドライバ液に関して非湿潤性（non-wetting）であり、そして、或る実施例において、疎水性材料（例えば、陽極酸化アルミニウム）を含む。基板 1 1 0 それ自体は、前記非湿潤性材料から形成されるか、又は、本明細書中に記載の 1 つ以上のチャンネル（又は開口部）内を含み非湿潤性材料でコーティングされることもある。図示された実施例において、基板 1 1 0 は、第一主要表面 1 1 1 と第二表面 1 1 2 との間で前記基板を貫通して延びている第一チャンネル 1 1 3 及び第二チャンネル 1 1 4 を含む。これらの第一チャンネル 1 1 3 及び第二チャンネル 1 1 4 は、一例としてのみ示される。その他の実施形態（implementations）では、本明細書中に記載の液体レンズ部分か、又は、液体 - 液体レンズシステムのアクチュエーション部分のいずれかに複数のチャンネルの配置を提供することがある。例えば、その他の実施形態では、液体レンズ部分又は前記構造のアクチュエーション部分のいずれか又は両方に複数のチャンネルを提供することがあり、前記チャンネルの各々は、所望により、共通の横断面積（例えば、共通の直径）か、又は、種々の横断面積（例えば、種々の直径）を有することがある。種々の断面積を有するチャンネル又は同一の断面積のチャンネルから突出する液体の種々の量を有するチャンネルを提供することによって、結合したドロップレット（coupled droplets）の配置は、種々の焦点調節特性又は種々のスイッチ特性を達成することがある。

【 0 0 3 6 】

液体レンズ滴 1 2 0 は、基板 1 1 0 の第一チャンネル 1 1 3 内で保持される。例として、液体レンズ滴（液体レンズシステムのレンズ部分として機能する）に対応する各チャンネルは、基板を貫通する円筒形の孔（又は穴）を含むことがあり、ここで、各液滴は、例えば、透明液体（例えば、シリコーン油）の滴である。（当業者は、その他の液体を液体レンズとして代替的に使用できることを留意するであろう。）基板 1 1 0 が非湿潤性であるため、液体レンズ滴 1 2 0 は基板上に広がらず、そして、筐体 1 4 0（下記に記載される）により規定されるチャンバ内の第二液体 1 3 0（例えば、水）と、液体レンズ滴 1 2 0 と、基板 1 1 0 との間の液体 - 液体 - 固体接触線が、第一チャンネル 1 1 3 のエッジ部 1 2 1 で固定（pinned）される。液体レンズ滴 1 2 0 は、第一ドロップレット部分 2 0 1（図 2 A 及び図 2 B 参照）及び第二ドロップレット部分 2 0 2（図 2 A 及び図 2 B）を含むものとして特徴づけられることができ、前記第一ドロップレット部分 2 0 1 は、基板 1 1 0 の第一表面 1 1 1 から突出する第一キャピラリー表面を含み、そして、前記第二ドロップレット部分 2 0 2 は、基板 1 1 0 の第二表面 1 1 2 から突出する第二キャピラリー表面を含む。この実施態様では、液滴 1 2 0 の第一キャピラリー表面及び第二キャピラリー表面によって、液体レンズ滴と第二液体とは直接接触し、そして、非混合性である。前記第一キャピラリー表面及び第二キャピラリー表面は、本明細書中に記載の液体 - 液体レンズの液体対液体界面（liquid-to-liquid interface surfaces）であり、これは、上記の通り、表面張力のためにほぼ完全な球形状である。液滴 1 2 0 の第一及び第二ドロップレット部分 2 0 1、2 0 2（図 2 A 及び図 2 B）は、基板 1 1 0 の第一チャンネル 1 1 3 内に保持される液体レンズ滴 1 2 0 の液体部分を通じて直接連結（すなわち、相互連結）している。

【 0 0 3 7 】

図示された図 1 A の液体レンズ構造 1 0 0 は、筐体 1 4 0 と、前記筐体 1 4 0 により規定されているチャンバ内に配置される第二液体 1 3 0 と、アクチュエータ（又はドライバ

10

20

30

40

50

) 150とを更に含む。或る実施態様において、チャンバは、第一チャンバ部分131及び第二チャンバ部分132を含み、これらの各々は第二液体130によって実質的に充填される。また、或る実施態様において、筐体140は、底壁1つ、前壁及び後壁の2つ、側壁2つ、及び最上部(又は蓋)1つを含み、これらは、図1Bに示されるように、取り外し可能であり、筐体の内部へアクセスすることが可能である。更なる実施例として、筐体140は半透明のハウジングであることがあり、前記ハウジングは、出っ張り部142(図1B)を有するように構成されるその側壁によって筐体内で基板を支持及び保持する。

【0038】

或る実施態様において、アクチュエータ150は、第一チャンネル113内で液体レンズ滴120を非侵襲的且つ間接的に再構成するように制御可能である。一例として、アクチュエータ150は、基板110の第一主要表面111と第二主要表面112との間に延びている1つ以上の第二チャンネル114内に配置される1つ以上の磁性流体滴151を含むことがあり、図1Aには、1つの第二チャンネル114内に配置される1つの磁性流体滴151が示される。アクチュエータ150は、図示された実施態様において、磁性流体滴151の上下に位置づけられる2つの電磁ドライバ152, 152'を更に含む。磁性流体滴151は、第一ドロップレット部分210(図2A及び図2B参照)及び第二ドロップレット部分211(図2A及び図2B参照)を含むものとして特徴づけられることがあり、前記第一ドロップレット部分210は基板110の第一表面111から突出する第一キャピラリー表面を含み、そして、前記第二ドロップレット部分211は基板110の第二表面112から突出する第二キャピラリー表面を含む。磁性流体滴151の第一及び第二キャピラリー表面は、本明細書中に開示される再構成可能な液体レンズ構造における液体-液体界面である。第一及び第二ドロップレット部分210, 211は、基板110の第二チャンネル114内に配置される磁性流体滴151の液体部分を通じて直接連結(すなわち、相互連結)する。

【0039】

電磁ドライバ152, 152'(例えば、鉄心を有するDC制御の電磁石)は、(アクティブ化するときに)定常磁場を生じさせ、それが作用して磁性流体滴151及びその結果として(非圧縮性第二液体130を介して)液体レンズ滴120を移動又は制御する。

【0040】

当業者は、(周囲の第二液体130の非圧縮性の動きを通じて)液体レンズ滴120の形状を、及び、特に、前記液滴の上側及び下側界面を、磁性流体滴151の調節に応じて変化させること、従って、液体レンズの再構成によって入射光101の焦点を変化させることが可能になること、を本明細書中の記載から留意されたい。磁性流体滴の各々の側の電磁石は、基板の種々の側の磁性流体ドロップレットの割合の制御、そして、同時に、基板のいずれかの側の液体レンズドロップレットの割合の制御、すなわち、液体レンズの相当する形状の制御を容易にする。液体レンズにおける形状を調節することによって、液体-液体レンズシステムの焦点距離を調節し、それによって適合非振動液体レンズを提供する。図2Aでは、上側電磁石が励磁される場合に、結合した磁性流体ドロップレットが励磁電磁石に引き寄せられる。この例において、磁性流体ドロップレット210, 211の各々は、臨界体積(すなわち、基板を通る第二チャンネルそれぞれの半径の球形体積と等しい或る半径を有する球形体積)よりも小さい体積を含むことに留意されたい。外力が無い場合、結合した磁性流体ドロップレットは対称形状となる傾向があり、そして、従って、非対称形状を維持するためには1つ以上の電磁石152, 152'を励磁する必要がある。下側電磁石152'が励磁されることによって、第二チャンバ部分132へ延びている磁性流体ドロップレット部分211(図2B参照)はより大きくなり(第一チャンバ部分131中の第一ドロップレット部分210は減少する)、同時に、これは液体レンズ滴120の第一ドロップレット部分201を増加させて、焦点距離を小さくする。反対に、上側電磁石152が励磁されることによって、第一チャンバ部分131へ延びている磁性流体ドロップレット210はより大きくなり(第二チャンバ部分132中の第二ドロップレ

10

20

30

40

50

ット部分 2 1 1 は減少する)、同時に、これは液体レンズ滴 1 2 0 の第一ドロップレット部分 2 0 1 を減少させて焦点距離をより長くする。

【 0 0 4 1 】

図 1 B は、本発明の 1 つ以上の観点による液体レンズ構造 1 0 0 を組み立てるための或る実施態様を示す。この構造及び製造方法が例としてのみ提供されていることに留意されたい。製造プロセスは、以下を含む：

基板 1 1 0 の第一チャンネル 1 1 3 及び第二チャンネル 1 1 4 を予め湿らせて、これらのチャンネルにおいてそれぞれの液体が湿らせることを確実にする。これを達成するために、基板を貫通するチャンネルに、第一液体（第一チャンネル 1 1 3 内）又は磁性流体（第二チャンネル 1 1 4 内）のそれぞれを付与（swabbed with）することがある。このプロセスの間で、
10
基板 1 1 0 の第一主要表面 1 1 1 及び第二主要表面 1 1 2 には、いずれの流体も接触させない。なぜなら、チャンネルの外側に液体が塗布されれば、固定が難しくなるからである。基板を乾燥させ、液体の残余物をそのままにしておき（いずれのチャンネル内にもごく少量が存在することが望ましい）、油を使用する場合には、完全に乾燥させない。

次に、筐体 1 4 0 の側壁 2 つにおける出っ張り部 1 4 2 より上も含めて、筐体 1 4 0 を非混合性第二流体 1 3 0 で充填する（図 1 A 参照）。液体 - 液体レンズ構造に部品（piece）を加える際に第二流体があふれ出ることが分かっている、筐体のチャンバ全体を充填することが可能であることを留意されたい。

次に、基板 1 1 0 を液体で充填された筐体内に置き、前記基板を斜めに保持して、気泡が前記基板の下に閉じ込められていないことを確実にする。基板を平坦な出っ張り部 1 4
20
2 に置き、そして、そこへ固定して、非混合性の第二液体が基板を取り囲むことを確実にする。

次に、シリンジを使用して、第一液体で第一チャンネル 1 1 3 を充填し始めることがある。シリンジの先端をチャンネルに対して接触させて、キャピラリー表面が直径にわたって完全に形成されるまで、流体を注入しながら外周の周りで作業する（working around the circumference）ことによって開始する。このことが起こった後で、シリンジ先端を静止させ続け、そして、カラムへ流体を注入することによって、充填手順を完了させることができる。

結合したドロップレットの各ペアが固定されることを確実にするために、ドロップレットは、チャンネルの端部を超えて過充填される必要がある。すべての領域が固定されていない場合、シリンジ先端をチャンネルの縁の周囲で円を描くように動かして（より多くの液体を追加しないように）、そして、同様に、基板 1 1 0 の第一主要表面又は第二主要表面に接触させないようにする。
30

一連の結合したドロップレットについての固定が確立された後で、体積を設定することができ；例えば、シリンジ上の計量を使用することによって、又は、外観検査を介して、各々の結合したドロップレットの体積を設定することができる。体積の外観検査では、チャンネルの半径（ a ）を把握し、そして、球状キャップの公式化「 $V = 1 / 6 \pi h (a^2 + h^2)$ 」を使用して、各ドロップレットの高さ（ h ）を断面図から見出して、体積を決定することができる（例えば、カメラ及び LabView を使用して達成される）。
40

同じ手順をその後続けて磁性流体滴を確立する。

結合したドロップレットの両方のセットを充填して固定した後、次に、筐体内で過充填状態（凸面メニスカス）に達するまで、非混合性の第二流体を加えて、結合したドロップレットの 2 つのセットを分裂させないようにする。

最後に、筐体 1 4 0 の最上部 1 4 1 を、例えば、筐体上へ斜めに置くことによって、筐体上で固定して、最上部 1 4 1 が密封することにより、レンズシステムに気泡を導入しないように、そして、非混合性の第二液体（すなわち、周囲液体）が移動しないようにすることができる。最上部 1 4 1 を筐体のバランス（balance）に取り付けて、流体密封の密閉されたチャンバを筐体内に形成する。

【 0 0 4 2 】

上記で述べたとおり、図 2 A 及び図 2 B は、本発明の 1 つ以上の観点による、再構成可
50

能な非振動液体レンズ構造 100 の作用を示している。実施において、電磁ドライブ 152 が磁化状態（前記電磁ドライブへ付与される定常 DC 信号 220 において図示される）にある場合、磁性流体滴 151 の第一ドロップレット部分 210 は、筐体 140 の第一チャンバ部分 131 内でより大きな体積を有し（図 2 A に図示される）、そして、非圧縮性の第二液体 130 は、筐体 140 の第二チャンバ部分 132 内に広がっている第二ドロップレット部分 202 中へ液体レンズ滴 120 のより多くの第一液体を押し進める役割を果たす。このことは、焦点入射光 101 のより長い焦点距離を生じさせる。この動作状態では、下側電磁ドライブ 152' へ電圧を付与しないことに留意されたい。図 2 A は、例として、液体レンズ構造の最も遠い焦点距離限界を示す。

【0043】

液体レンズ構造の最も近い焦点距離限界を図 2 B の動作例により示す。ここでは、電磁ドライブ 152 を非アクティブ化（電磁石に電圧を付与しないことによる）し、そして、適当な DC 信号 220 により電磁ドライブ 152' を磁化状態へアクティブ化して、磁性流体滴を移動させる電磁場を液体レンズ構造内で生じさせる。その結果、第二ドロップレット部分 211 は、筐体 140 の第二チャンバ部分 132 内でより大きな体積を有する（図 2 B に図示される）。同様に、非圧縮性の第二流体 130 は、液体レンズ滴 120 のより多くの第一流体を、筐体 140 の第一チャンバ部分 131 内で突出する第一ドロップレット部分 201 へ移動させる役割を果たし、それによって焦点入射光 101 のより短い焦点距離を生じさせる。このように、磁性流体滴が再構成される際に、液体レンズ滴 120 が再構成され、そして、レンズの焦点距離が変化する。これは、同様に、入射光 101 の屈折を、及び、従って焦点距離を変化させて、非振動液体レンズに適応焦点距離機能を提供する。

【0044】

本明細書中に記載の再構成可能な液体レンズ構造は、種々のイメージングシステムにおいて組み込まれ、そして、使用されることがある。

【0045】

図 3 は、例えば、図 1 A ~ 図 2 B に関して上記に記載の再構成可能な液体レンズ構造 100 を使用するイメージングシステム（多くの場合、符号 300 で表される）を示す。上記の通り、液体レンズ構造 100 は、基板を貫通する少なくとも 1 つの第一チャンネル及び少なくとも 1 つの第二チャンネルを含む基板 110 を含む。本明細書中に記載の通り、前記第一チャンネルは、液体レンズとして機能する少なくとも 1 つの液体レンズ滴 120 を含有し、そして、前記第二チャンネルは、液体レンズの再構成を容易にする少なくとも 1 つの磁性流体滴 151 を含有する。液体レンズ構造は、密封チャンバを規定する筐体 140 を更に含み、前記密封チャンバは、基板の両側で、第一チャンバ部分 131 及び第二チャンバ部分 132 を含み、これらの両方は、第二液体（例えば、水）で充填される。基板は非湿潤性であり、そして、液滴 120 及び磁性流体滴 151 は、基板 110 を通じて、これらのチャンネルのそれぞれのエッジ部で固定される。

【0046】

図 3 の実施例では、イメージングシステム 300 はコントローラ 310 を更に含み、前記コントローラ 310 としては、例えば、汎用コンピューターコントローラ 310 を挙げることができ、そして、前記コントローラは、磁性流体滴 151 の構成、従って、液体レンズ構造 100 の液滴 120 の構成の調節を容易にするための、及び、イメージセンサー 320 を介する 1 つ以上の焦点画像の取得を制御するための（例えば）論理回路を備えている。この実施例では、磁性流体滴 151 の上下の配置において 2 つの電磁ドライブ 152, 152' を使用して、磁性流体滴の結合したドロップレット上にそれぞれ引張力を発生させることにより磁性流体滴の構成を制御して、上記の通り、第一（上側）面の体積を大きくするか、又は、第二（下側）面の体積を大きくするかのいずれかを引き起こすことに留意されたい。このことは、同様に、第一チャンバ部分 131 及び第二チャンバ部分 132 内での液体レンズ滴の突出体積を変化させる。そのように液体レンズ滴 120 を移動させることによって、液体レンズの連結したドロップレットの屈曲部の半径を操

10

20

30

40

50

作し、同様に、物体 330 の焦点距離を変化させる。イメージセンサー 320 を液体レンズの一方の側に置き、そして、任意の光学部品 325 をもう一方の側に置くことによって、種々の距離で物体 330 に焦点を合わせることができる。

【0047】

図示された実施例において、イメージセンサー 320 は、或る実施態様では透明なハウジングである筐体 140 よりも上部に設置されること、そして、液体レンズ滴 120 を通過する、特に、液滴 120 の第一ドロップレット部分 201 及び第二ドロップレット部分 202 を通過する画像パスと並んでいることに留意されたい。更に、画像パスは、筐体 140 を通過し、そして、本明細書に記載の非振動液体レンズとともに使用されることのある（任意の）追加の光学部品 325（例えば、大口径対物レンズ）を通過する。得られるイメージングシステムは規定の範囲をとともなう焦点距離を有し、この場合、液体レンズ滴構成を調節することによって、前記範囲内に位置する物体を取得することができる。イメージセンサー 320 が任意の適当なイメージングデバイスを含むことがあることに留意されたい。或る実施例において、イメージセンサーはデジタルカメラ又はビデオレコーダーの部分である。

10

【0048】

図 4A ~ 4C は非振動液体レンズ構造 400 の代替的な実施態様を示す。前記非振動液体レンズ構造 400 は、図 1A ~ 図 3 に関して上述されるものと同様のものであるが、各々が十分な磁性流体体積で構成されており双安定キャピラリースイッチエレメントとして機能する複数の磁性流体滴 151 を有する。全て図示されるように、この実施態様では、各々の磁性流体滴 151 が、前記磁性流体滴の上下に配置される電磁石 152, 152' それぞれによって動かされる。各磁性流体滴 151 は、その滴が保持されるそれぞれのチャンネル（又は開口部）に関して臨界体積よりも大きい全体積で提供される。このことは、同様に、各磁性流体滴が双安定キャピラリースイッチエレメントとして機能し、そして、以下の 2 つの状態のうちのいずれかの間でスイッチされることがある；すなわち、上方状態又は下方状態のいずれかであって、上方状態では、液体レンズ構造の第一チャンバ部分 131 内により大きな磁性流体体積が存在し、そして、下方状態では、液体レンズ構造 400 の第二チャンバ部分 132 内により大きな磁性流体体積が存在する。

20

【0049】

上方及び下方状態の間での磁性流体滴内の磁性流体の運動は、基板 110 の上下の液体レンズ滴 120 の第一及び第二ドロップレット部分 201, 202 における第一流体の配分に相応に影響を及ぼし、そして、それを制御する。1 つ以上の磁性流体滴を選択的にアクティブ化して、例えば図 4A に示される上方状態から図 4C に示される下方状態へ磁性流体滴を切り替えることによって、液体レンズの再構成を達成する。これは、1 つには、上側チャンバ部分 131 及び下側チャンバ部分 132 を含むチャンバ内に含有される第二流体（例えば、水）の非圧縮性性質によるものである。電磁石 152, 152' を（図 1A ~ 図 3 に関して上述したように）選択的に励磁して、磁性流体滴 151 それぞれの構成を調節するか、又は、より詳細には（この実施例において）上方状態及び下方状態の間で磁性流体滴を切り替えることがある。磁性流体体積が臨界体積よりも少ない場合、磁性流体滴は図 1A ~ 図 3 に関して上述されるものと同様の方法で制御されることがあり、そして、1 つの磁性流体滴を有するよりも、複数の磁性流体滴及び複数の電磁ドライブを提供することがあることに留意されたい。双安定キャピラリースイッチエレメントとして機能するのに十分な体積を磁性流体滴に提供することによって、いったん状態を切り替えて液体レンズ滴の所望の構成が達成されると、電磁ドライブのそれぞれの励磁を維持する必要がないという更なる利点が提供される。

30

40

【0050】

上述の通り、図 4A は上方状態にある全てのスイッチングエレメントを示し、そして、図 4B では、スイッチングエレメントのうち 2 つが（電磁石 152' それぞれをアクティブ化することによって）下方状態へ切り替えられている。図 4C では、スイッチングエレメントの全てが（電磁石 152' それぞれを励磁することによって）トグルダウン（to

50

ggled down) されている。図 4 C に図示される結果は、液体レンズ滴の第一液体の最大体積が筐体の第一チャンバ部分 1 3 1 中に存在し、そして、第一液体の最小体積が第二チャンバ部分 1 3 2 中に存在し、それによって、レンズの最も短い焦点距離が提供されることである。

【 0 0 5 1 】

図 5 は、例えば、図 4 A ~ 図 4 C に関して上述されるその他の静的液体レンズの再構成による焦点距離の変化をグラフに示す。双安定キャピラリースイッチングエレメントの種々の組み合わせのトグリングによって、液体レンズを種々の静的焦点距離について再構成することができる。例として、図 5 の状態は、1 つ、3 つ及び 5 つのトグリングされる液体スイッチングエレメントに相当する状態をそれぞれともなう、異なる数の 2 . 5 mm 磁性流体滴のトグリングによって得られたものである。各々の状態について計算された焦点距離を示す。また、スイッチは双安定であるため、それらが一旦トグリングされると、新たな (均衡) 状態を維持するための電磁石への追加動力が必要なく、それによってエネルギー効率の良い適応液体レンズシステムが生み出されることに留意されたい。このようなエネルギー効率の良い再構成可能な液体レンズの用途としては、医療用イメージング、マルチレイヤーリードノライトテクノロジー、3 D リソグラフィなどを挙げることができる。

【 0 0 5 2 】

図 6 A 及び図 6 B は、パッケージ化されたデバイス (例えば、電話) 内に実装される、図 3 のイメージングシステムを部分的に示す。図 6 B の部分断面図に示されるように、或る実施態様では、再構成可能な液体レンズ構造 1 0 0 をイメージセンサー 3 2 0 と任意の光学部品 3 2 5 との間に配置することがある。上述の通り、磁性流体滴 1 5 1 の再構成及びその結果として液体レンズ滴 1 2 0 の再構成を、(或る実施例において) 電磁ドライブ 1 5 2 , 1 5 2 ' のペアによって動かすことができる。

【 0 0 5 3 】

上述の通り、図 6 A 及び図 6 B の実施態様において、電磁石 1 5 2 , 1 5 2 ' を使用して、結合した磁性流体滴のそれぞれに引張力を生じさせることにより磁性流体滴 (すなわち、液体レンズ滴を含む密封チャンバ内の磁性流体ドライブ) の位置を制御して、第一チャンバ体積をより大きくするか、又は、第二チャンバ体積を大きくするかのいずれかを引き起こすことがある。このことは、同時に、第二チャンバ部分 1 3 2 又は第一チャンバ部分 1 3 1 においてより大きな体積をそれぞれ有することによって、液体レンズ滴の突出体積を変化させる。液体レンズ滴をそのように移動させることにより、レンズの曲率半径を操作し、このことは、同時に、物体の焦点距離を変化させる。従って、液体レンズの一方の側にイメージセンサーを配置し、そして、もう一方の側に任意の光学部品を配置することによって、種々の焦点距離で物体に焦点を合わせることができる。また、双安定キャピラリースイッチングエレメント (各々は、それぞれの臨界体積よりも大きい体積を有する) の配置を使用することによって、スイッチをトグリングした後で電磁石による追加の力を必要とすることなく再構成性を達成することができることに留意されたい。臨界未満の磁性流体滴の体積では、非対象形状を維持するために、2 つの向き合っている電磁石のうちの少なくとも 1 つの励磁を維持する必要がある。

【 0 0 5 4 】

更なる例として、図 7 A ~ 図 7 F は、別の再構成可能な液体レンズ構造及び図示された双安定磁性流体スイッチエレメントのトグリングの或る実施態様を示す。この実施態様では、複数の磁性流体滴 1 5 1 を使用し、各々の磁性流体滴は、双安定キャピラリースイッチエレメントとして機能するのに十分な磁性流体体積を有する。各磁性流体滴 1 5 1 は、それぞれの第二チャンネル内において、結合した磁性流体ドロップレットの 1 つのペアを含む。この実施態様では、例えば、整列した電磁ドライブ 1 5 2 , 1 5 2 ' の中心軸から外側に向かってらせん状 7 0 1 の構成の磁性流体滴 1 5 1 の戦略的配置をともなって、電磁石 1 5 2 , 1 5 2 ' の 1 つのペアを使用する。図 7 A 及び図 7 B に示される操作上の例では、スイッチエレメントがすべて上方状態に設定されており、これは液体レンズ滴 1 2 0

10

20

30

40

50

の第二ドロップレット部分 2 0 2 における第一液体の体積が最大であることを意味する。下側電磁石 1 5 2 ' が励磁されると、図 7 C 及び図 7 D に示されるように、整列電磁石 1 5 2 , 1 5 2 ' の中心軸に最も距離の近いスイッチが初めに下方状態へ切り替えられ、ここでは、磁性流体のより大きい体積が、第一ドロップレット部分 2 1 0 よりも第二ドロップレット部分 2 1 1 へ配置される。電磁石 1 5 2 ' への電力が増加（そして、電磁石 1 5 2 には電力が必要ない）し続けると、図 7 E 及び図 7 F に示されるように、全ての磁性流体滴が下方状態へとグリミングされる。有利には、1 つ以上の磁性流体滴をトグリミングした後で、電磁ドライバ 1 5 2 を無励磁にすることができ、この実施態様で説明される磁性流体滴の双安定性により、液体レンズ滴は所望の形状を保持する。

【 0 0 5 5 】

図 8 A 及び図 8 B は、種々の重力方向をとともなう再構成可能な液体レンズの不変性を示す。図 8 A には、重力ベクトル (g) の方向に平行な光軸をとともなう液体レンズ構造が示され、そして、図 8 B は、重力ベクトル (g) に対して垂直に方向づけられる光軸をとともなう液体レンズ構造を示す。重力結合数 $B_0 < 1$ を保つことによって、表面張力が重力物体力を支配する。従って、重力の方向にかかわらず、ドロップレットをそれらの球形状で保持することができる。図 8 A 及び図 8 B には、液体レンズ滴 1 2 0 (液体レンズとして機能する) 及び磁性流体滴 1 5 1 (アクチュエーションドライバとして機能する) を有する基板 1 1 0 を含む、本明細書中に記載の液体 - 液体レンズシステムの或る実施態様が部分的に示される。上述した通り、両方の滴は、基板 1 1 0 の第一及び第二主要表面の上下にそれぞれ延びている第一及び第二ドロップレット部分を有する結合ドロップレットを含む。この構成によって、図 8 A 及び図 8 B に示される両方の場合について均一の (球形状) 曲率半径からの測定される最大逸脱は 1 % 未満である。重力方向の不変性は、液体 - 液体レンズシステムに使用される流体を密度整合 (density-matching) することによって更に高めることができる。

【 0 0 5 6 】

図 9 は、例えば、本明細書中に記載の非振動液体レンズを使用するイメージング方法の或る実施態様を示す。イメージング方法 9 0 0 は、例えば本明細書中に記載の液体 - 液体レンズ 9 1 0 の固定接触液体レンズ滴の構成を調節すること、そして、液体レンズ滴 9 2 0 によって 1 つ以上の画像を取得することを含む。具体的には、1 つ以上の画像が、レンズ滴の第一ドロップレット部分及び第二ドロップレット部分を通じて取得され、前記第一ドロップレット部分及び第二ドロップレット部分は、液体レンズ滴が保持されるチャネルを含む基板の第一表面及び第二表面のそれぞれを超えて広がっている。取得された画像は場合によりコントローラーへと転送され、(或る実施態様において) 前記コントローラーは、1 つ以上の画像基準 (例えば、画像の鮮鋭度) に基づいて取得された画像を評価 9 3 0 する論理回路を含むコンピューターを含む。デジタル画像の評価は、当業者が既存の画像分析ソフトウェアをある程度使用することによって容易に達成することができる。次に、取得された 1 つ以上の画像は、評価に基づいて、1 つ以上の最終画像として選択 9 4 0 される。実施に応じて、最終画像を組み合わせることがある。

【 0 0 5 7 】

当業者は、本明細書中に記載の再構成可能な固定接触液体 - 液体レンズが、焦点距離を変更することが必要な場合に、イメージングシステムにとって新たな解決策を提供することを留意するであろう。液体レンズは、本明細書に記載のような、非侵襲性の作動アプローチをとともなう小型及び軽量パッケージで製造することができる。有利には、再構成メカニズムにおいて比較的小さい電圧レベルを使用して、液体レンズの適用を実用的にすることができる。

【 0 0 5 8 】

本明細書中には、再構成を通じて或る範囲における任意の画像平面を取得することのできる、適応焦点距離を有する液体レンズが記載される。レンズは、非湿潤性基板に対して存在する固定接触線によって、円筒形チャネル (又は孔) を通じて結合している 2 つのドロップレット部分を特徴とする。非圧縮性の第二液体は、閉塞チャンバ内の液体レンズを

10

20

30

40

50

包囲する。(或る実施態様において)非侵襲性電磁ドライブを使用して、基板の第二円筒形チャンネル(又は孔)における結合した磁性流体ドロップレットを調節する。磁性流体ドロップレットの調節は、非圧縮性の周囲液体を介して、液体レンズドロップレットの相当する再構成を引き起こす。ドロップレット部分の屈曲部の変化によって、焦点距離の変化が引き起こされる。提示される液体レンズは、非常にわずかなインプットで再構成することのできる、結合ドロップレットシステムである。

【0059】

有利には、本明細書に記載の液体レンズ構造を使用してセンチメートルスケールの開口部を得ることができる。スケールが十分に小さく、その結果、重力が支配的でない場合に、結合ドロップレット液体レンズ(固定接触線を有する)は表面張力に対して流体慣性の

10

【0060】

本明細書中に記載の大口径の適応液体-液体レンズは、既存のアプローチに対して優れた利点及び能力を提供する。集光の増加は、センチメートルスケールの開口レンズによってもたらされる(例えば、空気中の1.68mm直径の液体レンズから10mm直径の液体-液体レンズまで進む集光能力における30倍の増加)。振動駆動の液体レンズとは異なり、集光は振動をとまなわぬ再構成によって更に改善される。エネルギー効率を保持したまま、以前の液体レンズ設計をこれまで悩ませてきた長期安定性の問題(例えば、消散による)が解消され、設計における全ては重力の向きに関してほとんど不変である。

20

【0061】

当業者は、本明細書中に記載の結合ドロップレットシステムを数多くの用途に適用することができることに留意されたい。前記用途としては、例えば、携帯電話、ビデオ記録装置、及びビデオ記録性能を有するその他の小型軽量消費財を挙げることができる。その他の用途としては、例えば、高速適応イメージング、ビデオカメラ、及びエネルギー消費に重点を置いた負担の少ない用途のための再設定性及びレンズの配置によるその他の3D画像再構成を挙げることができる。例えば、その他の用途としては、正面(又は下方)のヴィジョンだけではない多くの方向におけるイメージング性能からの恩恵を受ける、監視及び防衛用の自律超小型飛行機を挙げることができる。提示される比較的小型且つ高いエネルギー効率の液体-液体レンズは、これらのレンズのいくつかをこのような小型車両へ搭載して、高速焦点調節性能による全ての方向でのイメージングを実現することに適当である。

30

【0062】

当業者によって理解されるように、上記のコントローラーの観点は、システム、方法、又はコンピュータープログラム製品として具体化されることがある。従って、コントローラーの観点は、完全にハードウェアの実施態様、完全にソフトウェアの実施態様(ファームウェア、常駐ソフトウェア、マイクロコードを含む)、又は本明細書において多くの場合「回路」、「モジュール」、又は「システム」と呼ばれることのあるソフトウェア観点及びハードウェア観点の組み合わせられた実施態様の形態をとることがある。更に、コントローラーの観点は、1つ以上のコンピューター可読媒体(そこで具体化されるコンピ

40

【0063】

1つ以上のコンピューター可読媒体の任意の組み合わせを利用することがある。コンピューター可読媒体は、コンピューター可読ストレージ媒体であることがある。コンピューター可読ストレージ媒体としては、以下に限定されるものではないが、例えば、電子の、磁気の、光学の、又は半導体のシステム、装置、デバイス、あるいは、前記のいずれかの任意の適当な組み合わせであることがある。コンピューター可読ストレージ媒体のより具体的な例(限定的なリスト)としては、以下を挙げることができる:1つ以上のワイヤーを有する電氣的接続;ポータブルフロッピーディスク;ハードディスク;ランダムアクセ

50

スメモリ（RAM）；読込専用メモリ（ROM）；消去可能な読込専用メモリ（EPROM又はフラッシュメモリ）；光ファイバー；ポータブルコンパクトディスク読込専用メモリ（CD-ROM）；光学ストレージデバイス；磁気ストレージデバイス；又は前記のいずれかの任意の適当な組み合わせ。本明細書の文脈において、コンピューター可読ストレージ媒体は任意の実態的媒体であることがあり、前記媒体は、命令実行システム、装置、又はデバイスによる使用又はそれらに関連する使用のためのプログラムを、含む又は保存することのできるものである。

【0064】

コンピューター可読信号媒体は、例えば、ベースバンド中に又は搬送波の部分として、そこへ具体化されるコンピューター可読プログラムコードを有する伝搬データ信号を含むことがある。このような伝搬信号は種々の形態をとることがあり、例としては以下に限定されるものではないが、電磁の、光学の、又はそれらの適当な組み合わせを挙げることができる。コンピューター可読信号媒体は任意のコンピューター可読媒体であることがあり、前記媒体は、コンピューター可読ストレージ媒体ではなく、そして、命令実行システム、装置、又はデバイスによる使用又はそれらに関連する使用のためのプログラムを、通信、伝搬、又は輸送することができる。

10

【0065】

コンピューター可読媒体上に具体化されるプログラムコードは、適当な媒体を使用して送信されることがあり、前記媒体の例としては、以下に限定されるものではないが、ワイヤレス、有線、光ファイバーケーブル、RFなど、又はこれらの任意の適当な組み合わせを挙げることができる。

20

【0066】

本発明の観点のための操作を実行するコンピュータープログラムは、1つ以上のプログラミング言語の任意の組み合わせによって書かれることがあり、前記プログラミング言語としては、オブジェクト指向プログラミング言語（例えば、Java、Smalltalk、C++など）及び従来の手続き型プログラミング言語（例えば、“C”プログラミング言語又は同様のプログラミング言語）を挙げることができる。

【0067】

本発明の実施態様による方法、装置（システム）及びコンピュータープログラム製品のフローチャート図及び/又はブロック図を参照しながら、本発明の観点を説明する。フローチャート図及び/又はブロック図の或るブロック及びフローチャート図及び/又はブロック図のブロックの組み合わせを、コンピュータープログラム命令によって実行できることを理解されたい。汎用コンピューター、専用コンピューター、又はその他のプログラマブルデータ処理装置のプロセッサへこれらのコンピュータープログラム命令を提供して、コンピューター又はその他のプログラマブルデータ処理装置のプロセッサを介して実行する命令が、フローチャート及び/又はブロック図の1つ以上のブロックで特定される機能/指示を実行する手段を作り出すように、機械を製造することがある。

30

【0068】

これらのコンピュータープログラム命令を、コンピューター、その他のプログラマブルデータ処理装置、又はその他のデバイスを管理することのできるコンピューター可読媒体で保存して、特定の方法において、コンピューター可読媒体中に保存された命令が、フローチャート及び/又はブロック図の1つ以上のブロックに特定される機能/指示を実行する命令を含む製造品を製造するように、これらを機能させることがある。

40

【0069】

コンピュータープログラム命令を、コンピューター、その他のプログラマブルデータ処理装置、又はその他のデバイスに搭載し、コンピューター、その他のプログラマブルデータ処理装置、又はその他のデバイスで一連の作業工程を実行して、コンピューター又はその他のプログラマブル装置で実行される命令が、フローチャート及び/又はブロック図の1つ以上のブロックに特定される機能/指示を実行するプロセスを提供するように、コンピューター実装プロセスを製造することがある。

50

【0070】

図中のフローチャート及びブロック図は、本発明の種々の実施態様によるシステム、方法、及びコンピュータープログラム製品の考え得る実装のアーキテクチャ、機能性及び操作を表す。これに関して、フローチャート又はブロック図における或るブロックは、特定の論理関数を実装するための1つ以上の実行可能命令を含むコードのモジュール、セグメント又は部分を表す。また、いくつかの代替的な実装において、ブロック中に記載された機能が図中に記載されるものとは順不同で生じることがあることに留意されたい。例えば、関連する機能性に応じて、連続して示される2つのブロックが、実際には実質的に同時に実行されるか、又は、或る場合には、ブロックが逆の順序で実行されることがある。また、ブロック図及び/又はフローチャート図の或るブロック、並びに、ブロック図及び/又はフローチャート図のブロックの組み合わせが、特定の機能又は指示、あるいは、専用ハードウェア及びコンピューター命令の組み合わせを実行する専用ハードウェア向きシステムを実装することができることに留意されたい。

10

【0071】

本明細書中で使用される用語は、特定の実施態様を記載するためのものであり、本発明を限定することを意図するものではない。本明細書中に使用されるように、単数形の「a」、「an」及び「the」は、特に文脈上明確に別途示されない限り、複数形も含むように意図される。用語「含む(comprise)」（及び「含む」の任意の形態、例えば、「含む(comprises)」及び「含んでいる(comprising)」、「有する(have)」（及び「有する」の任意の形態、例えば、「有する(has)」及び「有している(having)」、「含む(include)」（及び「含む」の任意の形態、例えば、「含む(includes)」及び「含んでいる(including)）」、並びに「含有する(contains)」（及び「含有する」の任意の形態、例えば、「含有する(contains)」及び「含有している(containing)）」は、制限のない連結動詞である。結果として、1つ以上の工程又はエレメントを「含む(comprises)」、「有する(has)」、「含む(includes)」、「含有する(contains)」方法又はデバイスは、これらの1つ以上の工程又はエレメントを有するものであるが、これらの1つ以上の工程又はエレメントのみを有することに限定されない。同様に、1つ以上の特徴を「含む(comprises)」、「有する(has)」、「含む(includes)」、「含有する(contains)」方法の工程あるいはデバイスのエレメントは、これらの1つ以上の特徴を有するものであるが、これらの1つ以上の特徴のみを有することに限定されない。更に、特定の方法で構成されるデバイス又は構造は、少なくとも本明細書中に記載されるように構成されるが、本明細書に記載されていない方法で構成されることもある。

20

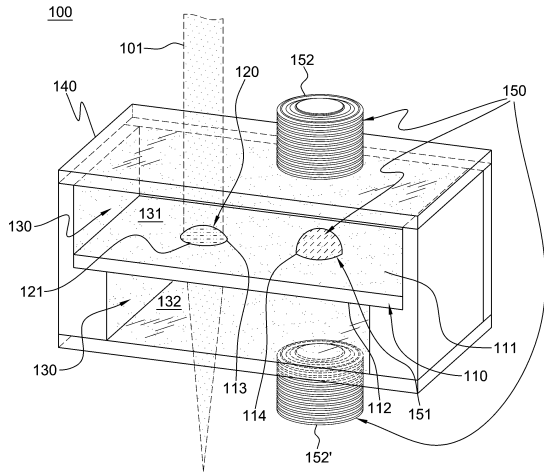
30

【0072】

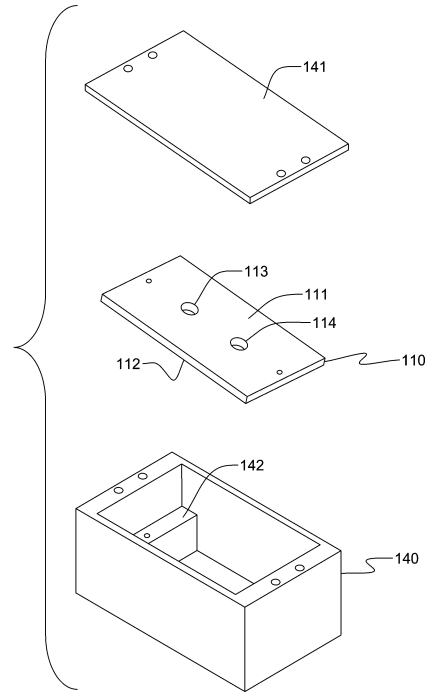
以下の特許請求の範囲における全てのステッププラスファンクションエレメント又は手段の対応する構造、材料、行為、及び等価物は、それがあある場合、特に特許請求の範囲に記載されるその他のエレメントと組み合わせて機能を実行する任意の構造、材料、又は行為を含むことを意図する。本発明の明細書は例示及び説明の目的で示されているが、開示された形態での発明に網羅的である又は限定されるものではない。本発明の範囲及び精神に逸脱することのない多くの修正及び変化は、当業者に自明である。

40

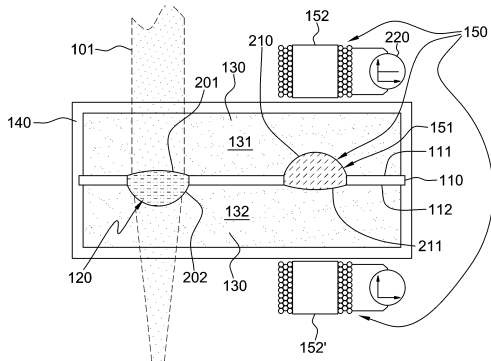
【図1A】



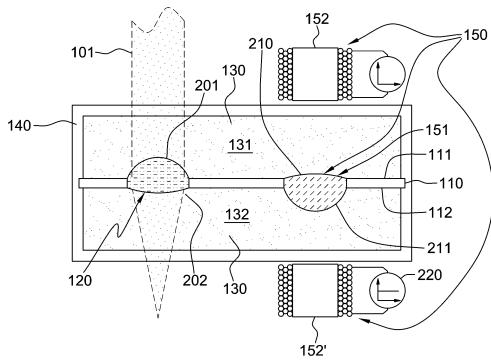
【図1B】



【図2】

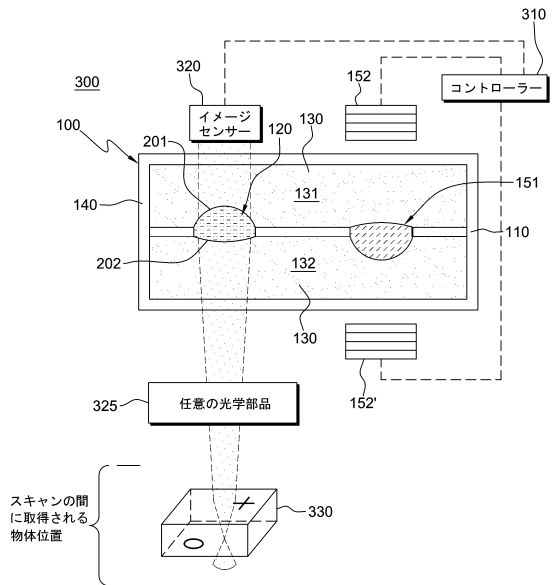


2A



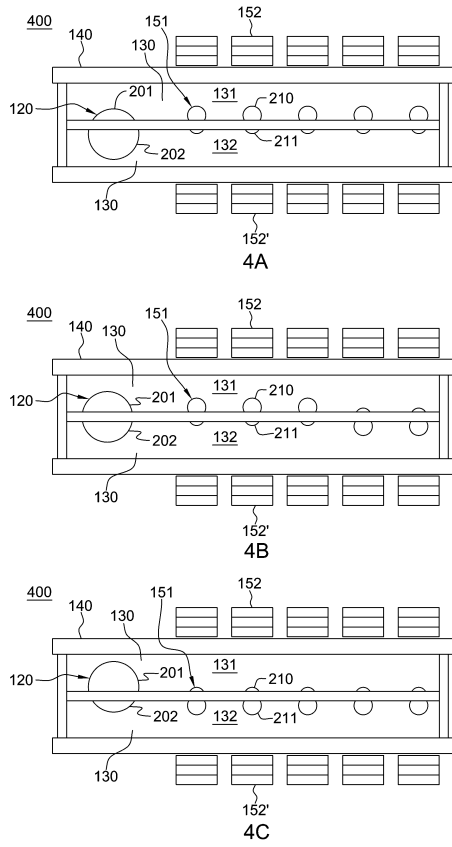
2B

【図3】

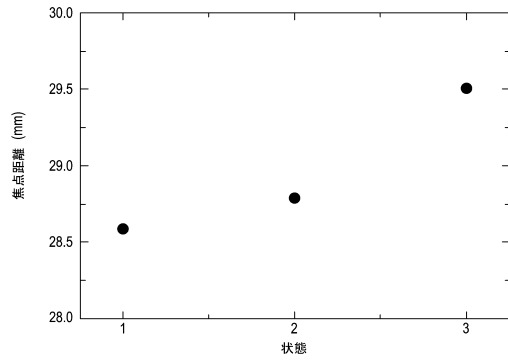


スキャンの間に取得される物体位置

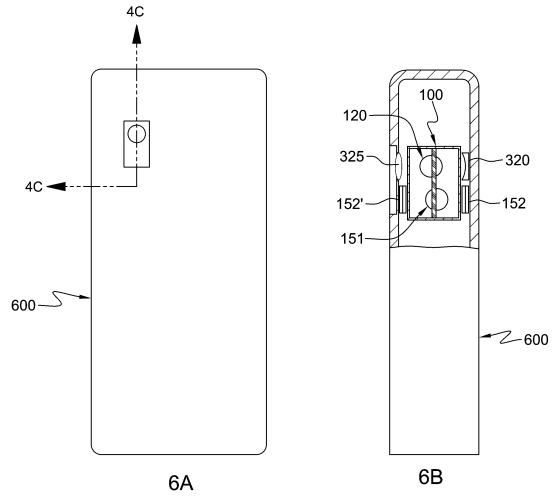
【 図 4 】



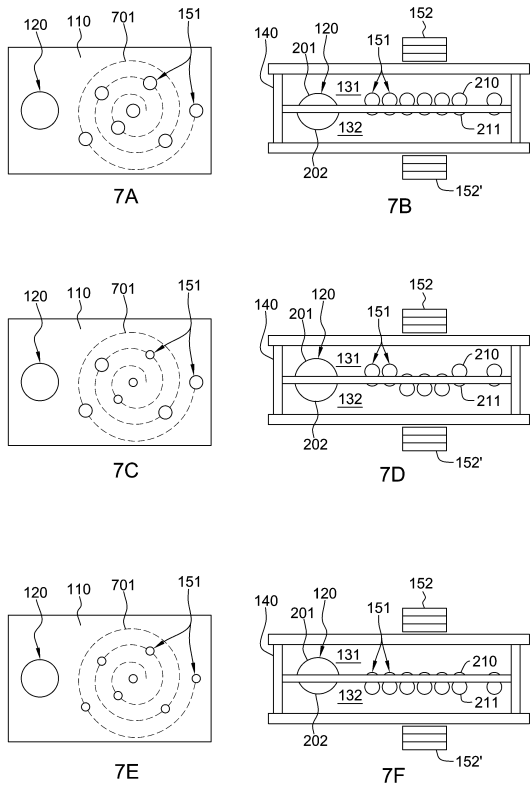
【 図 5 】



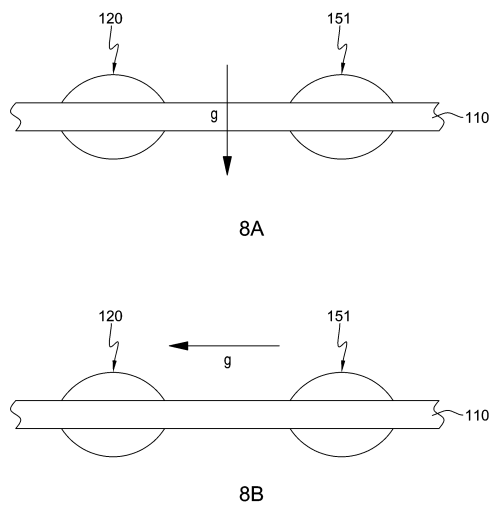
【 図 6 】



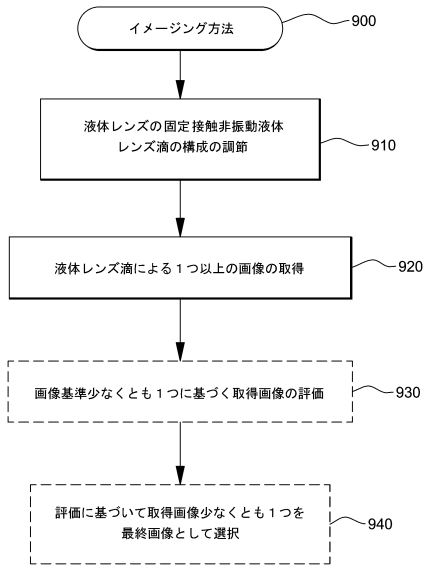
【 図 7 】



【 図 8 】



【図9】



フロントページの続き

- (72)発明者 マルワン,バーナード エー.
アメリカ合衆国,ニューヨーク州 12180,トロイ,サーティーンズ ストリート 61
- (72)発明者 フォーゲル,マイケル ジェー.
アメリカ合衆国,ニュージャージー州 08043,ブアヒーズ,エレナ コート 4

審査官 加藤 昌伸

- (56)参考文献 特表2008-501139(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0316003(US,A1)
特表2008-507724(JP,A)
特開2009-217249(JP,A)
米国特許第07369321(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	3/00	-	3/14
G02B	1/00	-	1/08
G02B	26/00	-	26/08
G02B	6/35		
G02B	7/02	-	7/16
G02B	7/28	-	7/40