

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5590901号
(P5590901)

(45) 発行日 平成26年9月17日(2014.9.17)

(24) 登録日 平成26年8月8日(2014.8.8)

(51) Int. Cl. F 1
GO2B 3/14 (2006.01) GO2B 3/14
GO2B 26/00 (2006.01) GO2B 26/00

請求項の数 1 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2010-22220 (P2010-22220)	(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成22年2月3日(2010.2.3)	(74) 代理人	100114775 弁理士 高岡 亮一
(65) 公開番号	特開2011-158826 (P2011-158826A)	(72) 発明者	山本 亮 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
(43) 公開日	平成23年8月18日(2011.8.18)	(72) 発明者	東原 正和 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
審査請求日	平成24年11月22日(2012.11.22)	(72) 発明者	▲辻▼ 穰 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 屈折力可変素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに異なる屈折率を有する第1液体と第2液体とにより形成される第1界面と、互いに異なる屈折率を有する前記第2液体と第3液体とにより形成される第2界面との各形状を変化させることによって屈折率を変化させることができる屈折力可変素子であって、

前記第1液体、前記第2液体、および前記第3液体のそれぞれの屈折率のうち、前記第2液体の屈折率が最も低く、

前記第1界面の屈折力の符号と前記第2界面の屈折力の符号とが互いに異なるように、前記第1界面および前記第2界面の形状をそれぞれ変化させ、

前記第1液体、前記第2液体、および前記第3液体について、C線に対する屈折率をそれぞれ n_{C1} 、 n_{C2} 、 n_{C3} とし、F線に対する屈折率をそれぞれ n_{F1} 、 n_{F2} 、 n_{F3} とし、分散をそれぞれ $1 = n_{F1} - n_{C1}$ 、 $2 = n_{F2} - n_{C2}$ 、 $3 = n_{F3} - n_{C3}$ とし、更に、前記第1界面の曲率半径を R_{12} 、前記第2界面の曲率半径を R_{23} とするとき、

$$\left| \frac{2 - 1}{2 - 1} \right| > \left| \frac{3 - 2}{3 - 2} \right| \text{ のとき、 } \left| R_{12} \right| > \left| R_{23} \right|$$

$$\left| \frac{2 - 1}{2 - 1} \right| < \left| \frac{3 - 2}{3 - 2} \right| \text{ のとき、 } \left| R_{12} \right| < \left| R_{23} \right|$$

の条件を満たし、

$$\text{前記分散の差をそれぞれ } L_{12} = \frac{2 - 1}{2 - 1} \text{、 } L_{23} = \frac{3 - 2}{3 - 2} \text{ とするとき、}$$

$$\left(- \frac{L_{12}}{L_{23}} \right) \times 0.8 < R_{12} / R_{23} < \left(- \frac{L_{12}}{L_{23}} \right) \times 1.2、$$

10

20

の条件を満たすことを特徴とする屈折力可変素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、特に液体を用いた屈折力可変素子に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、エレクトロウエット現象を用いて液体の界面の形状を制御することにより屈折力を変化させることができる屈折力可変素子（可変焦点素子）が知られている。例えば、特許文献1は、エレクトロウエット現象を用いて2種類の液体の界面の形状を制御することによって屈折力を変化させる可変焦点レンズを開示している。また、特許文献2は、少なくとも2つの界面の形状を制御することによりズームを行うズームレンズを開示している。更に、特許文献3は、1つの界面の形状を制御することによって屈折力を変化させる可変焦点レンズにおいて、屈折率とアップ数とをある範囲に規定して色収差を補正する可変焦点レンズを開示している。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許4154858号公報

【特許文献2】特表2006-504132号公報

【特許文献3】特表2007-518133号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1の可変焦点レンズは、屈折力を変化させる液体の界面が1面のみであるため、色収差を補正することが困難である。また、特許文献2のズームレンズは、複数の界面の形状を制御する場合に色収差を補正する条件を開示していない。更に、特許文献3の可変焦点レンズは、1つの界面の形状を変化させる可変焦点レンズであるため、色収差を補正するためには、特定の条件を満たす液体を選択する必要があるため、液体の選択範囲が制限されてしまう。

30

【0005】

そこで、本発明は、色収差が良好に補正された屈折力可変素子を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明は、互いに異なる屈折率を有する第1液体と第2液体とにより形成される第1界面と、互いに異なる屈折率を有する第2液体と第3液体とにより形成される第2界面との各形状を変化させることによって屈折力を変化させることができる屈折力可変素子であって、第1液体、第2液体、および第3液体のそれぞれの屈折率のうち、第2液体の屈折率が最も低く、第1界面の屈折力の符号と第2界面の屈折力の符号とが互いに異なるように、第1界面および第2界面の形状をそれぞれ変化させ、第1液体、第2液体、および第3液体について、C線に対する屈折率をそれぞれ n_{C1} 、 n_{C2} 、 n_{C3} とし、F線に対する屈折率をそれぞれ n_{F1} 、 n_{F2} 、 n_{F3} とし、分散をそれぞれ $1 = n_{F1} - n_{C1}$ 、 $2 = n_{F2} - n_{C2}$ 、 $3 = n_{F3} - n_{C3}$ とし、更に、第1界面の曲率半径を R_{12} 、第2界面の曲率半径を R_{23} とするとき、

40

$|2 - 1| > |3 - 2|$ のとき、 $|R_{12}| > |R_{23}|$

$|2 - 1| < |3 - 2|$ のとき、 $|R_{12}| < |R_{23}|$

の条件を満たし、分散の差をそれぞれ $L_{12} = 2 - 1$ 、 $L_{23} = 3 - 2$ とすると、

$(-L_{12} / L_{23}) \times 0.8 < R_{12} / R_{23} < (-L_{12} / L_{23}) \times 1$

50

. 2、
の条件を満たすことを特徴としている。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、色収差が良好に補正された屈折力可変素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の第1実施形態に係る屈折力可変素子の概略図である。

【図2】第1実施形態に係る電極分離手段の他の例を示す概略図である。

【図3】本発明の第2実施形態に係る屈折力可変素子の概略図である。

【図4】各界面の形状を変化させたときの屈折力可変素子の概略図である。

【図5】本発明の第3実施形態に係る屈折力可変素子の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明を実施するための形態について図面等を参照して説明する。

【0010】

(第1実施形態)

まず、本発明の第1実施形態に係る、液体を用いた屈折力可変素子(以下、単に「液体レンズ」と表記する)の構成について説明する。図1は、第1実施形態に係る液体レンズの概略断面図である。本発明の液体レンズ100は、3種類の液体を使用し、該3種類の液体で形成される2つの界面をエレクトロウエット方式にて制御するものである。図1に示すように、液体レンズ100は、略円筒形の筐体100aを有し、該筐体100aの内部に、光の入射する側から順に、第1液体101、第2液体102、および第3液体103の3種類の液体を光軸方向に3層配置する。第1液体101、第2液体102、および第3液体103の3種類の液体としては、第1液体101と第2液体102、および第2液体102と第3液体103とで形成される2箇所の界面において、互いに混ざり合わずに、異なる屈折力を有する物質を採用する。例えば、第1液体101として、水や電解水溶液を採用し、第2液体102として、油等を採用する。以下、第1液体101と第2液体102とで形成される界面を第1界面107と表記し、一方、第2液体102と第3液体103とで形成される界面を第2界面108と表記する。更に、液体レンズ100は、2箇所の電極104a、104bと、該各電極104a、104bに電圧を印加して、第1界面107および第2界面108を制御する不図示の制御部と、電極分離部105と、カバーガラス106とを備える。電極104a、104bは、制御部からの電圧供給に基づいて、第1界面107および第2界面108をそれぞれ独立に制御するための電極であり、平板で形成された円環形状を有する。なお、本実施形態では、電極104a、104bの形状は、各界面107、108の曲率半径を好適に制御するために、電極104aと電極104bとが相対する位置に向けて傾斜を有する、即ち、前記位置と外周部との径が異なるように構成している。但し、電極104a、104bの形状は、上記のような傾斜を有することなく、前記位置と外周部の径を同一とする構成でも良い。本発明の液体レンズ100では、エレクトロウエット現象を用いるため、電極104a、104bは、印加された電圧により各界面と電極との接触角を制御することで、各界面の面形状を変化させる。また、電極分離部105は、電極104aと電極104bとの相対する位置に配置されており、各電極104a、104bを独立に電圧制御可能とする絶縁部材で構成されている。なお、電極分離部105として、図2に示すように、第2液体102を2つに分離する透明な平板109(例えば、ガラス板)を設置する構造でも構わない。カバーガラス106は、液体レンズ100の光入射側と光射出側の両端に配置され、各液体101~103を液体レンズ100内に封止するガラス板である。

【0011】

次に、本発明の第1実施形態における色収差補正の原理について説明する。まず、第1~3液体101~103におけるフラウンホーファー線のC線(656.3nm)の屈折

10

20

30

40

50

率をそれぞれ n_{C1} 、 n_{C2} 、 n_{C3} 、また、F線(486.1nm)の屈折率をそれぞれ n_{F1} 、 n_{F2} 、 n_{F3} とする。同様に、第1～3液体101～103におけるd線(589.2nm)の屈折率をそれぞれ n_{d1} 、 n_{d2} 、 n_{d3} とする。このとき、色収差の補正条件は、(数1)で表される。

【0012】

【数1】

$$\sum_{n=1}^n \frac{\phi_n}{V_n} = 0$$

【0013】

10

ここで、 ϕ_n は、各面の光学的パワーであり、 V_n は、各液体のアッペ数である。なお、光学的パワーは、屈折力ともいい、焦点距離の逆数に対応している。本発明では、光学的パワーを有する面は、第1界面107と第2界面108との2面であるため、(数1)は、(数2)のように表される。

【0014】

【数2】

$$\frac{\phi_1}{V_1} + \frac{\phi_2}{V_2} = 0$$

20

【0015】

ここで、 ϕ_1 は、第1界面107の有する光学的パワーであり、 ϕ_2 は、第2界面108の有する光学的パワーである。色収差補正を行うには、上記液体として通常物質を選択する限り $V_n > 0$ であるため、2つの各界面の光学的パワーが、正、負の組み合わせである場合にのみ(数2)の条件を満たす。

【0016】

次に、第1界面107の有する曲率半径を R_{12} とし、第2界面108の有する曲率半径を R_{23} とする。このとき、(数2)を変形すると、(数3)のように表される。

【0017】

【数3】

30

$$\frac{-(n_{F1} - n_{C1})}{R_{12}} + \frac{n_{F2} - n_{C2}}{R_{12}} + \frac{-(n_{F2} - n_{C2})}{R_{23}} + \frac{n_{F3} - n_{C3}}{R_{23}} = 0$$

【0018】

ここで、第1～3液体101～103において、C線およびF線の屈折率の差(分散)をそれぞれ、 $\rho_1 = n_{F1} - n_{C1}$ 、 $\rho_2 = n_{F2} - n_{C2}$ 、 $\rho_3 = n_{F3} - n_{C3}$ と定義する。このとき、(数3)は、(数4)のように表され、(数4)は、(数5)のように表される。

【0019】

40

【数4】

$$\frac{\rho_2 - \rho_1}{R_{12}} + \frac{\rho_3 - \rho_2}{R_{23}} = 0$$

【数5】

$$\frac{\rho_2 - \rho_1}{R_{12}} = -\frac{\rho_3 - \rho_2}{R_{23}}$$

【0020】

50

即ち、(数5)は、C線とF線に対する色消し条件となる。ここで、色消し条件とは、C線に対する光学的パワーとF線に対する光学的パワーとが一致することである。具体的には、以下の条件を満たすことで、色収差の補正ができる。

$$|R_{12}| > |R_{23}| \text{ のとき、 } |R_{12}| > |R_{23}|$$

$$|R_{12}| < |R_{23}| \text{ のとき、 } |R_{12}| < |R_{23}|$$

この色消し条件に対し、後述の(表1)の数値を適用する。例えば、 $R_{12} = 6.494 \text{ mm}$ 、 $R_{23} = 5.410 \text{ mm}$ のとき、C線に対する焦点距離 f_C 、d線に対する焦点距離 f_d 、およびF線に対する焦点距離 f_F は、それぞれ、 $f_C = 199 \text{ mm}$ 、 $f_d = 200 \text{ mm}$ および $f_F = 199 \text{ mm}$ となり、色消し条件を満たす。このとき、d線に対する光学的パワー ρ_1 と光学的パワー ρ_2 とは、それぞれ、 $\rho_1 = 0.0222 (1/\text{mm})$ 、 $\rho_2 = -0.0172 (1/\text{mm})$ となり、異なる符号の光学的パワーを有する。

10

【0021】

更に、(数5)を展開すると、(数6)が得られる。

【0022】

【数6】

$$\frac{R_{12}}{R_{23}} = -\frac{\Delta L_{12}}{\Delta L_{23}}$$

【0023】

ここで、 $L_{12} = 2.1$ 、 $L_{23} = 3.2$ である。このとき、液体レンズ100に用いる液体が決まれば、その光学特性から色消し条件が決定する。(表1)は、第1～3液体101～103のC線、d線、F線の各屈折率 n_C 、 n_d 、 n_F および分散を示す一覧表である。ここで、(表1)において、第1液体101は、水を想定し、一方、第2液体102は、シリコンオイルを想定している。また、第3液体103は、特に規定しないが、水に何らかの物質を混合させた水溶液を想定している。なお、本実施形態では、第1～第3液体101～103の物質がそれぞれ異なるが、3層の液体構成を2種類の物質で構成しても良い。

20

【0024】

【表1】

	n_C	n_d	n_F	ρ
液体101	1.3312	1.3330	1.3372	0.00600
液体102	1.4705	1.4770	1.4835	0.01307
液体103	1.3816	1.3841	1.3888	0.00718

30

【0025】

また、(表2)および(表3)は、上記の条件における、 R_{12} と R_{23} とをそれぞれ一定の比率で変化させた場合のC線、d線、F線に対する液体レンズ全体の焦点距離の変化を示す一覧表である。(表2)および(表3)において、 f_d は、d線に対する焦点距離であり、 f_C は、C線に対する焦点距離であり、 f_F は、F線に対する焦点距離である。また、各曲率半径 R_{12} 、 R_{23} の単位は、(mm)である。更に、レンズ直径は、2.5mmとする。(表2)および(表3)に示すように、液体レンズの焦点距離を変化させるときに、 R_{12} と R_{23} の比率がほぼ一定であれば、F線とC線に対する色収差が良好に補正される。

40

【0026】

【表 2】

f_d	f_C	f_F	ϕ_1	ϕ_2
200.0	199.0	199.0	0.0222	-0.0172
300.0	298.5	298.5	0.0148	-0.0114
500.0	497.5	497.5	0.0089	-0.0069
1000.0	995.0	995.0	0.0044	-0.0034
-1000.0	-995.0	-995.0	-0.0044	0.0034
-500.0	-497.5	-497.5	-0.0089	0.0069
-300.0	-298.5	-298.5	-0.0148	0.0114
-200.0	-199.0	-199.0	-0.0222	0.0172

10

【 0 0 2 7 】

【表 3】

f_d	R_{12}	R_{23}	R_{12}/R_{23}	$-\Delta L_{12}/\Delta L_{23}$
200.0	6.494	5.410	1.200	1.200
300.0	9.741	8.115	1.200	1.200
500.0	16.235	13.526	1.200	1.200
1000.0	32.470	27.052	1.200	1.200
-1000.0	-32.470	-27.052	1.200	1.200
-500.0	-16.235	-13.526	1.200	1.200
-300.0	-9.741	-8.116	1.200	1.200
-200.0	-6.494	-5.410	1.200	1.200

20

【 0 0 2 8 】

以上のように、本発明によれば、色収差が良好に補正された屈折力可変素子を実現することができる。

【 0 0 2 9 】

(第 2 実施形態)

次に、本発明の第 2 実施形態に係る液体レンズの構成について説明する。図 3 は、第 2 実施形態に係る液体レンズの概略断面図である。なお、図 3 において、図 1 と同一の構成には同一の符号を付し、説明を省略する。本実施形態の液体レンズ 200 は、第 1 実施形態と同様に、3 種類の液体で形成される 2 つの界面をエレクトロウエッティング方式にて制御するものである。更に、本実施形態では、液体レンズ 200 は、第 1 ~ 3 液体 201 ~ 203 で形成される各界面を電気的に制御するのではなく、弾性体で形成された第 1 薄膜 204 および第 2 薄膜 205 を各界面に配置し、機械的に各界面の面形状を制御する。

30

【 0 0 3 0 】

第 1 ~ 3 液体 201 ~ 203 は、第 1 実施形態とは異なり、第 1 界面 107 および第 2 界面 108 において薄膜を採用するので、それぞれ各界面で混ざり合わない物質とする必要が無い。ここで、(表 3) は、第 1 ~ 3 液体 201 ~ 203 の C 線、d 線、F 線の各屈折率 n_C 、 n_d 、 n_F および分散 σ を示す一覧表である。また、(表 3) において、第 1 液体 201 は、水を想定し、第 2 液体 202 は、シリコンオイルを想定している。また、第 3 液体 203 は、有機材料の高屈折率液体を想定している。第 1 薄膜 204 および第 2 薄膜 205 は、それぞれ、例えば、シリコンゴムで形成された弾性体膜である。更に、液体レンズ 200 は、制御部により制御される、各薄膜 204、205 をそれぞれ駆動するための第 1 駆動部 206 および第 2 駆動部 207 を備える。この各駆動部 206、207 は、液体レンズ 200 の筐体 200a に対して移動可能に設置されており、各薄膜 204、205 の端部をそれぞれ保持する。

40

【 0 0 3 1 】

【表 4】

	n_C	n_d	n_F	ρ
液体201	1.3312	1.3330	1.3372	0.0060
液体202	1.4705	1.4770	1.4835	0.0131
液体203	1.5518	1.5617	1.5697	0.0179

【0032】

次に、本実施形態における各薄膜204、205の作用について説明する。図4は、各薄膜204、205により各界面の形状を変化させたときの液体レンズを示す概略断面図である。まず、図4(a)に示すように、第1駆動部206が光軸方向において紙面右方向に移動すると、第1液体201の容積が一定であるので、第1薄膜204は、より小さな曲率半径を持つように大きく変形する。一方、図4(b)に示すように、第2駆動部207が光軸方向において紙面右方向に移動すると、第3液体203の容積が一定であるので、第2薄膜205は、より大きな曲率半径を持つように小さく変形する。即ち、各駆動部206、207は、筐体200aに対して相対的に移動することで、第1界面107および第2界面108の形状を独立に制御することができる。

10

【0033】

なお、本実施形態では、第1実施形態と同様に、2つの薄膜204、205のみが光学的パワーを有する。また、各薄膜204、205の厚さを無視し、各薄膜204、205が弾性力を発生することにより変化する厚さ成分も無視する。この場合、第1薄膜204と第2薄膜205との間の距離Tが、各界面の曲率半径 R_{12} 、 R_{23} に対して十分に小さくない場合、距離Tの影響は無視できない。ここで、第1実施形態では、距離Tを無視していたため、液体レンズ100全体のd線に対する光学的パワーは、 $= \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_{23}}$ であった。なお、便宜上、光学的パワーをd線に対するものと定義しているが、波長が変化した場合は、他の波長(C線、F線等)に対しても同様の式が成り立つものとする。これに対し、本実施形態では、距離T (mm)を考慮すると、光学的パワーは、 $= \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_{23}} - \frac{1}{n_{d2}} \times \frac{2}{T}$ となる。ここで、 n_{d2} は、第2液体202のd線に対する屈折率である。この場合も、他の波長に対しては、屈折率の部分はその波長に対応したものに更新すればよい。更に、焦点可変範囲を大きくしたい場合、曲率半径が非常に小さくなるため、距離Tの影響を無視できない。そこで、本実施形態では、(数6)より、(数7)のように距離Tの影響を考慮する。なお、(数7)において、数値が条件式の範囲外となると、曲率半径 R_{12} 、 R_{23} に比べて距離Tが非常に大きくなり、液体レンズ200は、色収差の補正が困難となる。

20

30

【0034】

【数7】

$$\left(-\frac{\Delta L_{12}}{\Delta L_{23}} \right) \times 0.8 < \frac{R_{12}}{R_{23}} < \left(-\frac{\Delta L_{12}}{\Delta L_{23}} \right) \times 1.2$$

40

【0035】

ここで、(表5)および(表6)は、C線とF線に対して焦点距離を変化させたときの L_{12} / L_{23} に対する R_{12} / R_{23} の比(Ratio)を示した一覧表である。(表5)および(表6)に示すように、(数7)の条件を満たすことで、液体レンズ200を構成可能な範囲の厚さの変化を考慮した上で、色消し条件を満たしながら液体レンズの焦点距離を変化させることができる。

【0036】

【表 5】

f_d	f_C	f_F	T	ϕ_1	ϕ_2
200.0	198.9	198.9	1.787	0.0463	-0.0438
300.0	298.4	298.4	1.624	0.0264	-0.0237
500.0	497.4	497.4	1.541	0.0148	-0.0130
1000.0	994.9	994.9	1.488	0.0071	-0.0062
-1000.0	-995.1	-995.1	1.341	-0.0068	0.0057
-500.0	-497.6	-497.6	1.249	-0.0089	0.0069
-300.0	-298.6	-298.6	1.127	-0.0217	0.0180
-200.0	-199.1	-199.1	0.971	-0.0320	0.0264

10

【 0 0 3 7 】

【表 6】

f_d	R_{12}	R_{23}	R_{12}/R_{23}	Ratio
200.0	3.107	-1.933	-1.608	0.905
300.0	5.459	-3.567	-1.531	0.951
500.0	9.717	-6.501	-1.495	0.974
1000.0	20.162	-13.683	-1.474	0.988
-1000.0	-21.293	14.779	-1.441	1.010
-500.0	-10.855	7.599	-1.429	1.019
-300.0	-6.642	4.690	-1.416	1.028
-200.0	-4.500	3.201	-1.406	1.036

20

【 0 0 3 8 】

このように、本実施形態の液体レンズ 200 によれば、(数 7) の条件を満足しながら焦点距離を変化させるので、より好適に色収差を補正することができる。また、液体レンズ 200 は、各液体界面を薄膜で構成するので、水と電解液の組み合わせや、有機材料同士との組み合わせ等、採用する液体の選択幅が広がる。

【 0 0 3 9 】

(第 3 実施形態)

次に、本発明の第 3 実施形態に係る液体レンズの構成について説明する。図 5 は、第 3 実施形態に係る液体レンズの概略断面図である。なお、図 5 おいて、図 3 と同一の構成には同一の符号を付し、説明を省略する。本実施形態の液体レンズ 300 は、第 2 実施形態の液体レンズ 200 の構成に対して、採用する第 1 ~ 3 液体 301 ~ 303 における中間層の第 2 液体 302 に最も屈折率の低い液体を採用することを特徴とする。

【 0 0 4 0 】

一般的に、本発明のような液体レンズを撮像系に用いる場合、液体レンズは、正の光学的パワーを有することが求められる。一方では、屈折率の高い液体は、分散が大きい。このような状況を踏まえ、本実施形態のように、最も屈折率の低い液体を中間層に配置すると、中間層は、強いメニスカスの形状を示す。図 5 に示すように、中間層がメニスカス構成である場合、第 1 薄膜と第 2 薄膜の間の距離 T は、中間層のレンズ形状が両凸の場合より常に小さい構成となり、中間層は、距離 T の影響を受けにくい。一方、界面形状は、3 つの液体の比重が完全に等しいならば、重力の影響を受けず偏心しないが、実際には、比重が完全に一致することは稀であり、重力の影響を受けて偏心する。そこで、本実施形態の液体レンズ 300 は、中間層の形状をメニスカス形状とすることで、偏心に対して影響を受けにくく、重力や加速度に対して強いレンズ構成とすることができる。

40

【 0 0 4 1 】

ここで、(表 7) は、本実施形態における第 1 ~ 3 液体 301 ~ 303 の各屈折率 n_c 、 n_d 、 n_f および分散を示す一覧表である。(表 7) において、第 1 液体 301 は、

50

有機材料等の高屈折率液体である。なお、第1液体301は、水やシリコンオイルに高屈折率のナノメートルレベルの微小粒子を分散させた物質でも良い。更に、第2液体302は、水を想定し、第3液体303は、シリコンオイルを想定している。また、(表8)および(表9)は、これら3種類の液体を用いた場合の L_{12}/L_{23} に対する R_{12}/R_{23} の比 (Ratio) を示す一覧表である。(表8)および(表9)においても、各曲率半径 R_{12} 、 R_{23} の単位は、(mm)であり、レンズ直径は、2.5mmである。このとき、可変範囲全体において、比 (Ratio) は、(数7)の範囲内において変化し、C線とF線との焦点距離が同じ、即ち、色収差補正が正常に行われている。このように、本実施形態の液体レンズ300によれば、第2実施形態を更に好適に実施できる。

【0042】

【表7】

	n_C	n_d	n_F	ρ
液体301	1.5402	1.5559	1.5646	0.0244
液体302	1.3312	1.3330	1.3372	0.0060
液体303	1.4705	1.4770	1.4835	0.0131

10

【0043】

【表8】

f_d	f_C	f_F	T	ϕ_1	ϕ_2
50.0	49.48	49.48	0.942	-0.00511	0.02499
100.0	98.97	98.97	0.971	-0.00251	0.01249
200.0	197.94	197.94	0.985	-0.00125	0.00624
300.0	296.92	296.92	0.990	-0.00083	0.00416
500.0	494.86	494.86	0.994	-0.00050	0.00250
1000.0	989.73	989.73	0.997	-0.00025	0.00125
-1000.0	-989.73	-989.73	1.010	0.00025	-0.00125
-500.0	-494.87	-494.87	1.019	0.00050	-0.00250
-300.0	-296.92	-296.92	1.032	0.00083	-0.00416
-200.0	-197.95	-197.95	1.048	0.00124	-0.00624
-100.0	-98.98	-98.98	1.096	0.00246	-0.01248

20

30

【0044】

【表9】

f_d	R_{12}	R_{23}	R_{12}/R_{23}	Ratio
50.0	43.888	5.843	7.512	1.021
100.0	88.681	11.689	7.587	1.011
200.0	178.310	23.381	7.626	1.005
300.0	267.953	35.074	7.640	1.004
500.0	447.231	58.459	7.650	1.002
1000.0	895.445	116.922	7.658	1.001
-1000.0	-897.434	-116.930	7.675	0.999
-500.0	-449.227	-58.467	7.683	0.998
-300.0	-269.953	-35.082	7.695	0.996
-200.0	-180.325	-23.389	7.710	0.994
-100.0	-90.729	-11.697	7.757	0.988

40

【0045】

(その他の実施形態)

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は、これらの実施形態に

50

限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形および変更が可能である。

【 0 0 4 6 】

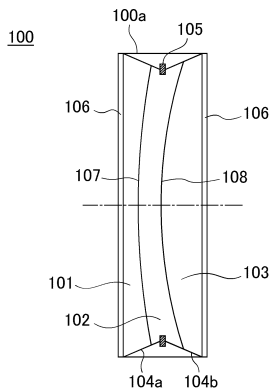
例えば、上記実施形態では、液体として水を使用しているが、液体の選択は、これに限るものではない。本発明の液体レンズに採用する液体は、液体界面に十分な曲率変化を与えることが可能で、かつ、使用波長域で十分な透過率を有するものであれば良い。

【符号の説明】

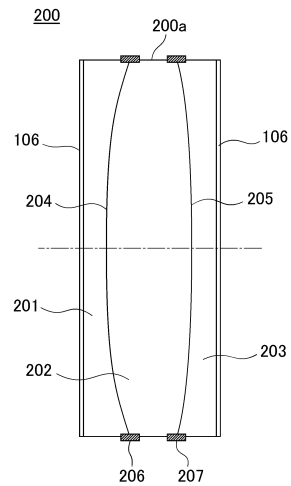
【 0 0 4 7 】

- 1 0 0 液体レンズ
- 1 0 1 第 1 液体
- 1 0 2 第 2 液体
- 1 0 3 第 3 液体
- 1 0 7 第 1 界面
- 1 0 8 第 2 界面

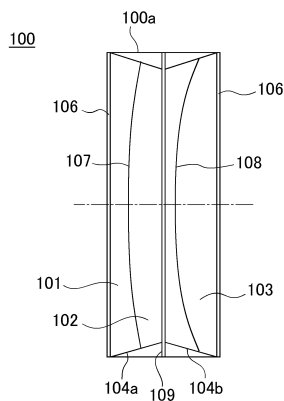
【 図 1 】



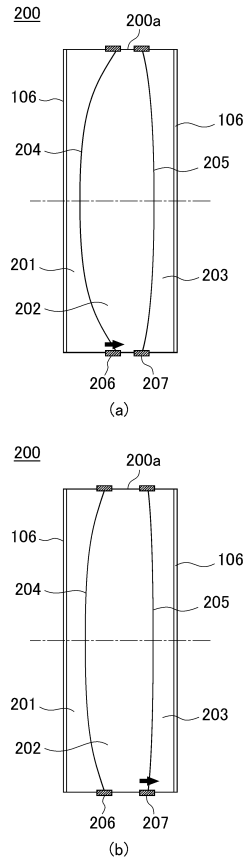
【 図 3 】



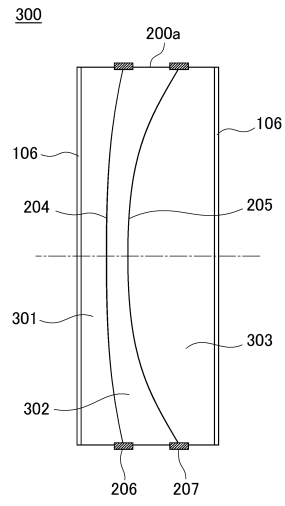
【 図 2 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 山崎 章市
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 大隈 俊哉

(56)参考文献 特表2006-504132(JP,A)
特開2000-98221(JP,A)
特開2008-107826(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 3/00~3/14
G02B 15/00
G02B 26/00