

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-106127
(P2018-106127A)

(43) 公開日 平成30年7月5日(2018.7.5)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
GO2B 3/14 (2006.01)	GO2B 3/14	2H044
GO2B 7/04 (2006.01)	GO2B 7/04 Z	2H151
GO2B 7/28 (2006.01)	GO2B 7/04 E	
	GO2B 7/28 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2016-255847 (P2016-255847)	(71) 出願人	000137694 株式会社ミットヨ 神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号
(22) 出願日	平成28年12月28日 (2016.12.28)	(74) 代理人	110000637 特許業務法人樹之下知的財産事務所 宇佐美 敦司 神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号 株式会社ミットヨ内
		(72) 発明者	岡安 正樹 神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号 株式会社ミットヨ内
		(72) 発明者	岡安 正樹 神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号 株式会社ミットヨ内
		Fターム(参考)	2H044 BE04 BF00 2H151 FA60

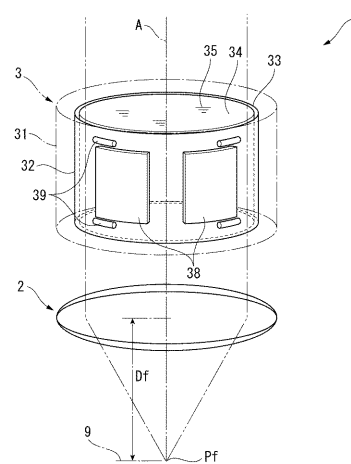
(54) 【発明の名称】 レンズシステムおよび焦点距離可変レンズ装置

(57) 【要約】

【課題】 光学特性への影響を回避しつつ内部の液体の膨張を緩和できるレンズシステムおよび焦点距離可変レンズ装置を提供する。

【解決手段】 レンズシステム3は、入力される駆動信号により振動する筒状の振動部材32と、振動部材32を収容するケース31と、ケース31に充填されて振動部材32が浸漬される液体35と、振動部材32よりも外側で振動部材32とケース31との隙間に設置された圧力緩和部材38とを有する。圧力緩和部材38には、多数の独立気泡を有するフッ素ゴム製の発泡体が用いられる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力される駆動信号により振動する筒状の振動部材と、前記振動部材を収容するケースと、前記ケースに充填されて前記振動部材が浸漬される液体と、前記振動部材よりも外側で前記振動部材と前記ケースとの隙間に設置された圧力緩和部材とを有することを特徴とするレンズシステム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のレンズシステムにおいて、

前記圧力緩和部材は、多数の独立気泡を有するフッ素ゴム製の発泡体であることを特徴とするレンズシステム。

【請求項 3】

入力される駆動信号に応じて屈折率が変化するレンズシステムと、前記レンズシステムと同じ光軸上に配置された対物レンズと、前記レンズシステムおよび前記対物レンズを通して測定対象物の画像を検出する画像検出部と、入力される発光信号に基づいて前記測定対象物をパルス照明するパルス照明部と、を有し、

前記レンズシステムは、入力される駆動信号により振動する筒状の振動部材と、前記振動部材を収容するケースと、前記ケースに充填されて前記振動部材が浸漬される液体と、前記振動部材よりも外側で前記振動部材と前記ケースとの隙間に設置された圧力緩和部材とを有することを特徴とする焦点距離可変レンズ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はレンズシステムおよび焦点距離可変レンズ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

焦点距離可変レンズ装置として、例えば特許文献 1 に記載された原理の液体レンズシステム（以下単にレンズシステムと呼ぶ）を利用した装置が開発されている。

レンズシステムは、圧電材料で形成された円筒状の振動部材を、透明な液体に浸漬して形成される。レンズシステムにおいて、振動部材の内周面と外周面とに交流電圧を印加すると、振動部材が厚み方向に伸縮し、振動部材の内側の液体を振動させる。液体の固有振動数に応じて印加電圧の周波数を調整することで、液体には同心円状の定在波が形成され、振動部材の中心軸線を中心として屈折率が異なる同心円状の領域が形成される。このため、レンズシステムにおいて、振動部材の中心軸線に沿って光を通せば、この光は同心円状の領域ごとの屈折率に従って、拡大または縮小する経路を辿ることになる。

【0003】

焦点距離可変レンズ装置は、前述したレンズシステムと、例えば通常の凸レンズを用いた対物レンズとを、同じ光軸上に配置して構成される。

通常の凸レンズに平行光を入射させると、レンズを通過した光は所定の焦点距離にある焦点位置に焦点を結ぶ。これに対し、凸レンズと同軸に配置されたレンズシステムに平行光を入射させると、この光はレンズシステムで拡大または縮小され、凸レンズを通過した光は元の（レンズシステムがなかった状態の）焦点位置よりも遠くまたは近くにずれた位置に焦点を結ぶ。

従って、焦点距離可変レンズ装置においては、レンズシステムに入力される駆動信号（内部の液体に定在波を発生させる周波数の交流電圧）を印加し、この駆動信号の振幅を増減させることで、焦点距離可変レンズ装置としての焦点位置を一定の範囲内（対物レンズの焦点距離を基準としてレンズシステムにより増減できる所定の変化幅）で任意に制御することができる。

【0004】

焦点距離可変レンズ装置において、レンズシステムに入力される駆動信号としては、例えば正弦波状の交流信号が用いられる。このような駆動信号が入力されると、焦点距離可変レンズ装置の焦点距離（焦点位置）は正弦波状に変化する。この際、駆動信号の振幅が0のとき、レンズシステムを通る光は屈折されず、焦点距離可変レンズ装置の焦点距離は対物レンズの焦点距離となる。駆動信号の振幅が正負のピークにあるとき、レンズシステムを通る光は最も大きく屈折され、焦点距離可変レンズ装置の焦点距離は対物レンズの焦点距離から最も変化した状態となる。

このような焦点距離可変レンズ装置を用いて画像を取得する際には、駆動信号の正弦波の位相に同期して発光信号を出力してパルス照明を行う。これにより、正弦波状に変化する焦点距離のうち、所定の焦点距離にある状態でパルス照明を行うことで、この焦点距離にある対象物の画像が検出される。一周期のうち複数の位相でパルス照明を行い、各位相に対応して画像検出を行えば、同時に複数の焦点距離の画像を得ることもできる。

10

【0005】

前述したレンズシステムにおいては、外気温の影響あるいは稼働に伴う発熱などにより、内部の液体の温度が変化する。液体の温度が変化すると、レンズシステムの内部の液体が膨張し、内圧が上昇して液体が漏れ出す可能性がある。

このような温度上昇に伴う液体の膨張および内圧上昇を緩和するために、レンズシステムの内部の流体中に、空気などを注入して気泡を形成することがなされている。このような気泡があると、温度が上昇した際に、液体の膨張に応じて気泡が圧縮され、ケースの内部に過剰な内圧上昇を生じないようにすることができる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許出願公開第2010/0177376号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

前述した気泡入りのレンズシステムによれば、温度上昇に伴う液体の膨張および内圧上昇を気泡によって緩和することができる。

ところが、気泡がレンズシステムの光路部分（振動部材の内側で液体が定在波を生じる部分）に入り込んでしまうと、液体の共振が十分に得られなくなり、レンズシステムとしての所期の屈折率が得られなくなる可能性がある。

30

これに対し、液体を収容するケースの一部に、気泡を保持する凹みを形成する等の対策が図られているが、レンズシステムの姿勢変化が大きい場合など、気泡が凹みから脱出し、レンズシステムの光路部分に入り込み、やはり光学特性に影響してしまうことがあった。

【0008】

本発明の目的は、光学特性への影響を回避しつつ内部の液体の膨張を緩和できるレンズシステムおよび焦点距離可変レンズ装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明のレンズシステムは、入力される駆動信号により振動する筒状の振動部材と、前記振動部材を収容するケースと、前記ケースに充填されて前記振動部材が浸漬される液体と、前記振動部材よりも外側で前記振動部材と前記ケースとの隙間に設置された圧力緩和部材とを有することを特徴とする。

【0010】

本発明では、温度上昇により内部の液体が膨張しても、圧力緩和部により圧力の上昇を緩和することができる。この際、圧力緩和部は、振動部材よりも外側で振動部材とケースとの隙間に設置され、従来の気泡のように移動することもなく、振動部材の内側に形成される光路部分への影響を回避でき、レンズシステムの光学特性への影響を回避することが

40

50

できる。

なお、圧力緩和部材が設置する部位については、振動部材よりも外側であって振動部材とケースとの隙間であればよく、具体的には振動部材の外側とケースの内面との間、または振動部材の連続方向（光路が延びる方向）の周縁とこれに対向するケースの内面との間が利用できる。

【0011】

本発明のレンズシステムにおいて、前記圧力緩和部材は、多数の独立気泡を有するフッ素ゴム製の発泡体であることが好ましい。

【0012】

本発明では、温度上昇により内部の液体が膨張しても、液体の圧力により独立気泡の各々が圧縮され、圧力緩和部材の全体として体積が減少し、レンズシステムの内部の圧力を緩和することができる。

さらに、フッ素ゴム製であるため、レンズシステムの内部の液体の種類によらず耐油性、耐化学薬品性、耐熱性、耐炎性、耐候性、耐オゾン性を確保することができる。

また、独立気泡であるため、外圧により潰れた際に内部の気体が漏れ出して復元できなくなる等の不都合を回避できる。

【0013】

なお、本発明の圧力緩和部材としては、フッ素ゴム製以外の多数の独立気泡を有する合成樹脂製の発泡体であってもよく、内部に圧縮性流体が封入された袋体、外圧により弾性変形して体積が減少する箱体などとしてもよい。

多数の独立気泡を有する合成樹脂製の発泡体としては、フッ素ゴム製の独立発泡体のほか、ポリウレタン樹脂やポリスチレン樹脂などの独立発泡体可以利用できる。これらの材料は梱包用途にも多用されるものであり、確保も容易で廉価であるとともに、成形が容易であるためレンズシステムのケース内の空間を有効に利用することができる。

【0014】

内部に圧縮性流体が封入された袋体としては、例えばポリエチレン樹脂の袋に空気を封入したものであればよく、これも梱包用途にも多用されるものであり、確保も容易で廉価である。また、柔軟な袋体とすることができ、多様な形状に対応できるため、レンズシステムのケース内の隙間に容易に押込むことができる。

【0015】

外圧により弾性変形して体積が減少する箱体としては、例えば扁平な金属の箱を形成し、その平坦面を薄いダイヤフラムとすることで、外圧を受けた際にダイヤフラムを凹ませることができる。あるいは、ダイヤフラムの内側に、ダイヤフラムを外向きに付勢する弾性部材を設置してもよい。他に、外圧により弾性変形して体積が減少する構成としては、シリンダとピストンを用い、ピストンが外圧を受けて内部へ移動する構成を用いることもできる。これらの構成では、内部の圧縮性流体あるいは弾性部材の弾性により、圧力の緩和機能を調整することができる。

【0016】

なお、本発明のレンズシステムにおいて、圧力緩和部材は、温度上昇により体積が減少する材料で形成された部材であるとしてもよい。

このような圧力緩和部材を用いれば、温度上昇により内部の液体が膨張しても、圧力緩和部材の体積が減少する。予め液体の膨張と圧力緩和部材の体積減少との変化量のバランスを調整しておけば、液体の膨張分を圧力緩和部材の体積減少分で相殺することができる。これにより、レンズシステムの内部の圧力を緩和することができる。

このような温度上昇により体積が減少する材料としては、東京工業大学応用セラミクス研究所の東正樹教授らが、中央大学、高輝度光科学研究センター、京都大学との共同研究により発見した、室温付近で既存材料の2倍以上の大きさの「負の熱膨張」を示す酸化物材料「 $\text{BiNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ （ピスマス・ニッケル・鉄酸化物）」が挙げられる。

【0017】

本発明の焦点距離可変レンズ装置は、入力される駆動信号に応じて屈折率が変化するレ

10

20

30

40

50

ンズシステムと、前記レンズシステムと同じ光軸上に配置された対物レンズと、前記レンズシステムおよび前記対物レンズを通して測定対象物の画像を検出する画像検出部と、入力される発光信号に基づいて前記測定対象物をパルス照明するパルス照明部と、を有し、前記レンズシステムは、入力される駆動信号により振動する筒状の振動部材と、前記振動部材を収容するケースと、前記ケースに充填されて前記振動部材が浸漬される液体と、前記振動部材よりも外側で前記振動部材と前記ケースとの隙間に設置された圧力緩和部材とを有することを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

本発明では、駆動信号として例えば正弦波状の交流信号（レンズシステムに定在波を発生させる周波数）を制御部からレンズシステムに入力し、レンズシステムの屈折率を変動させることで、焦点距離可変レンズ装置としての焦点位置を測定対象物の表面で変動させる。そして、制御部により、駆動信号を基準とした特定の位相で発光信号を出力し、この発光信号に基づいてパルス照明部を発光させることで、発光時点の焦点距離での測定対象物の表面の画像が対物レンズおよびレンズシステムを通して画像検出部へと導入され、画像として検出することができる。

10

【 0 0 1 9 】

ここで、レンズシステムの内部の液体の温度が変化し、温度上昇により内部の液体が膨張しても、圧力緩和部により圧力の上昇を緩和することができる。この際、圧力緩和部は、振動部材よりも外側で振動部材とケースとの隙間に設置されるため、振動部材の内側に形成される光路部分には影響がなく、光学特性への影響を回避することができる。

20

【 発明の効果 】

【 0 0 2 0 】

本発明によれば、光学特性への影響を回避しつつ内部の液体の膨張を緩和できるレンズシステムおよび焦点距離可変レンズ装置を提供することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 1 】

【 図 1 】 本発明の焦点距離可変レンズ装置の一実施形態を示すブロック図。

【 図 2 】 前記実施形態のレンズシステムを示す斜視図。

【 図 3 】 前記実施形態のレンズシステムの動作を示す模式図。

【 図 4 】 前記実施形態のレンズシステムの焦点距離を示す模式図。

30

【 図 5 】 前記実施形態の圧力緩和部材を示す模式図。

【 図 6 】 前記実施形態の圧力緩和部材の設置状態を示す模式図。

【 図 7 】 本発明に適用できる圧力緩和部材の変形例を示す断面図。

【 図 8 】 本発明に適用できる圧力緩和部材の変形例を示す斜視図。

【 図 9 】 本発明に適用できる圧力緩和部材の変形例を示す斜視図。

【 図 1 0 】 本発明に適用できる圧力緩和部材の変形例を示す模式図。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 2 】

以下、本発明の一実施形態を図面に基いて説明する。

図 1 において、焦点距離可変レンズ装置 1 は、焦点距離を可変しつつ測定対象物 9 の表面の画像を検出するために、当該表面に交差する同じ光軸 A 上に配置された対物レンズ 2、レンズシステム 3 および画像検出部 4 を備えている。

40

さらに、焦点距離可変レンズ装置 1 は、測定対象物 9 の表面をパルス照明するパルス照明部 5 と、パルス照明部 5、画像検出部 4、レンズシステム 3 を制御する制御部 6 とを備えている。

【 0 0 2 3 】

対物レンズ 2 は、既存の凸レンズで構成される。

画像検出部 4 は、既存の CCD (Charge Coupled Device) イメージセンサあるいは他の形式のカメラ等で構成され、入射される画像 L g を所定の信号形式の検出画像 I m として制御部 6 へ出力することができる。

50

パルス照明部 5 は、LED (Light Emitting Diode) などの発光素子で構成され、制御部 6 から発光信号 C_i が入力された際に、所定時間だけ照明光 L_i を発光させ、測定対象物 9 の表面に対するパルス照明を行うことができる。

【0024】

レンズシステム 3 は、制御部 6 から入力される駆動信号 C_f に応じて屈折率が変化する。駆動信号 C_f は、レンズシステム 3 に定在波を発生させる周波数の交流であって、正弦波状の交流信号である。

焦点距離可変レンズ装置 1 において、焦点位置 P_f までの焦点距離 D_f は、対物レンズ 2 の焦点距離を基本としつつ、レンズシステム 3 の屈折率を変化させることで、任意に変化させることができる。

【0025】

図 2 において、レンズシステム 3 は、円筒形のケース 31 を有し、ケース 31 の内部には円筒状の振動部材 32 が設置されている。振動部材 32 は、その外周面 33 とケース 31 の内周面との間に介装されたエラストマ製のスペーサ 39 で支持されている。

振動部材 32 は、圧電材料を円筒状に形成したものであり、外周面 33 と内周面 34 との間に駆動信号 C_f の交流電圧が印加されることで、厚み方向に振動する。

ケース 31 の内部には、シリコン樹脂などの透明な液体 35 が充填されており、振動部材 32 は全体を液体 35 に浸漬され、円筒状の振動部材 32 の内側は液体 35 で満たされている。駆動信号 C_f の交流電圧は、振動部材 32 の内側にある液体 35 に定在波を発生させる周波数に調整されている。

【0026】

図 3 に示すように、レンズシステム 3 においては、振動部材 32 を振動させると、内部の液体 35 に定在波が生じ、屈折率が交替する同心円状の領域が生じる (図 3 (A) 部および図 3 (B) 部参照)。

このとき、レンズシステム 3 の中心軸線からの距離 (半径) と液体 35 の屈折率との関係は、図 3 (C) 部に示す屈折率分布 W のようになる。

【0027】

図 4 において、駆動信号 C_f は正弦波状の交流信号であるため、レンズシステム 3 における液体 35 の屈折率分布 W の変動幅もこれに従って変化する。そして、液体 35 に生じる同心円状の領域の屈折率が正弦波状に変化し、これにより焦点位置 P_f までの焦点距離 D_f が正弦波状に変動する。

図 4 (A) の状態では、屈折率分布 W の振れ幅が最大となり、レンズシステム 3 は通過する光を収束させ、焦点位置 P_f は近く、焦点距離 D_f は最短となっている。

図 4 (B) の状態では、屈折率分布 W が平坦となり、レンズシステム 3 は通過する光をそのまま通過させ、焦点位置 P_f および焦点距離 D_f は標準的な値となっている。

図 4 (C) の状態では、屈折率分布 W が図 4 (A) と逆極性で振れ幅が最大となり、レンズシステム 3 は通過する光を拡散させ、焦点位置 P_f は遠く、焦点距離 D_f は最大となっている。

図 4 (D) の状態では、再び屈折率分布 W が平坦となり、レンズシステム 3 は通過する光をそのまま通過させ、焦点位置 P_f および焦点距離 D_f は標準的な値となっている。

図 4 (E) の状態では、再び図 4 (A) の状態に戻っており、以下同様の変動を繰り返すことになる。

【0028】

このように、焦点距離可変レンズ装置 1 においては、駆動信号 C_f は正弦波状の交流信号であり、焦点位置 P_f および焦点距離 D_f も図 4 の焦点変動波形 M_f のように正弦波状に変動する。

この際、焦点変動波形 M_f の任意の時点で焦点位置 P_f にある測定対象物 9 をパルス照明すれば、照明時点での焦点距離 D_f にある焦点位置 P_f の画像が得られることになる。

すなわち、制御部 6 から入力される発光信号 C_i に基づいて、パルス照明部 5 からの照明光 L_i で測定対象物 9 の表面を照明することで、測定対象物 9 からの反射光 L_r が対物

レンズ2およびレンズシステム3を通して画像検出部4に送られ、画像として検出することができる。

【0029】

図2に戻って、レンズシステム3には、振動部材32の外周面とケース31の内周面との間に、シート状の圧力緩和部材38が、全周にわたって複数設置されている。

図5に示すように、圧力緩和部材38は、フッ素ゴム製で、多数の独立気泡381を有する発泡体である。

図6に示すように、圧力緩和部材38は、振動部材32の外周面またはケース31の内周面のいずれかに、接着あるいは粘着により固定されている。圧力緩和部材38の固定には機械的な手段を用いてもよい。

圧力緩和部材38は、振動部材32の内周面より外側に配置され、レンズシステム3の光路3Lと干渉しない状態で設置されている。そして、圧力緩和部材38は、液体35の膨張を緩和するために、全体が液体35に浸漬されている。

【0030】

以上のような本実施形態では、駆動信号Cfとして例えば正弦波を制御部6からレンズシステム3に入力し、レンズシステム3の屈折率を変動させることで、焦点距離可変レンズ装置1としての焦点位置Pf（焦点距離Df）を測定対象物9の表面で正弦波状に変動させることができる。

そして、制御部6により、駆動信号Cfを基準とした特定の位相角で発光信号Ciを出力し、この発光信号Ciに基づいてパルス照明部5を発光させることで、発光時点の焦点距離Dfでの測定対象物9の表面の画像Lgが、対物レンズ2およびレンズシステム3を通して画像検出部4へと導入され、検出画像Imとして検出することができる。

【0031】

一方、レンズシステム3には圧力緩和部材38が設置されているため、レンズシステム3の内部の温度上昇により内部の液体35が膨張しても、圧力緩和部材38により圧力の上昇を緩和することができる。この際、圧力緩和部材38は、振動部材32よりも外側で振動部材32とケース31との隙間に設置され、従来の気泡のように移動することもなく、振動部材32の内側に形成される光路3Lへの影響を回避でき、レンズシステム3の光学特性への影響を回避することができる。

【0032】

本実施形態において、圧力緩和部材38は、多数の独立気泡381を有するフッ素ゴム製の発泡体とされている。このため、レンズシステム3の温度上昇により内部の液体35が膨張しても、液体35の圧力により独立気泡381の各々が圧縮され、圧力緩和部材38の全体として体積が減少し、レンズシステム3の内部の圧力を緩和することができる。

さらに、フッ素ゴム製であるため、レンズシステム3の内部の液体35の種類によらず耐油性、耐化学薬品性、耐熱性、耐炎性、耐候性、耐オゾン性を確保することができる。

また、独立気泡381であるため、外圧により潰れた際に内部の気体が漏れ出して復元できなくなる等の不都合を回避できる。

【0033】

なお、本発明は前述した各実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形などは本発明に含まれる。

前記実施形態では、レンズシステム3の振動部材32の外周面とケース31の内周面との間に、シート状の圧力緩和部材38を、全周にわたって複数設置したが、圧力緩和部材38は全周に連続した1枚のシートであってもよく、筒状に連続していてもよい。

レンズシステム3において、圧力緩和部材38を設置する部位は、振動部材32の内側の光路3Lよりも外側であって振動部材32とケース31との隙間であればよく、前記実施形態のような振動部材32の外周面とケース31の内面との間のほか、振動部材32の連続方向（光路3Lが延びる方向）の周縁とこれに対向するケース31の内面との間などが利用できる。

【0034】

10

20

30

40

50

前記実施形態では、圧力緩和部材 38 として多数の独立気泡 381 を有するフッ素ゴム製のシートを用いたが、フッ素ゴム製以外の合成樹脂製で独立気泡を有する発泡体であってもよく、内部に圧縮性流体が封入された袋体、外圧により弾性変形して体積が減少する箱体などを用いてもよい。

図 7 に示すように、内部に圧縮性流体が封入された袋体としては、例えばポリエチレン樹脂の袋 382 の内部に、空気を封入したものが利用できる。

このような袋 382 は、柔軟性を有し、多様な形状に対応できるため、前記実施形態のレンズシステム 3 のケース 31 と振動部材 32 との間隙に容易に押し込むことができる。

【0035】

図 8 に示すように、外圧により弾性変形して体積が減少する箱体としては、例えば扁平な金属の箱 383 の平坦な表面を薄いダイヤフラム 384 とすることで、外圧を受けた際にダイヤフラム 384 を凹ませることで体積を減少させることができる。

図 9 に示すように、箱 383 の内部に、ダイヤフラム 384 を外向きに付勢する弾性部材 385 を設置してもよい。

図 10 に示すように、シリンダ 386 とピストン 387 を用い、ピストン 387 が外圧を受けて内部へ移動する構成を用いることもできる。これらの構成では、内部の圧縮性流体あるいは弾性部材 388 の弾性により、圧力の緩和機能を調整することができる。

さらに、圧力緩和部材 38 としては、温度上昇により体積が減少する材料で形成された部材であるとしてもよい。

【0036】

前記実施形態では、駆動信号 Cf および焦点変動波形 Mf を正弦波としたが、これは三角波、鋸歯状波、矩形波その他の波形であってもよい。

レンズシステム 3 の具体的構成は適宜変更してよく、ケース 31 および振動部材 32 は円筒状のほか六角筒状などであってもよく、制御部 6 の具体的構成も実施にあたって適宜選択することができる。

【産業上の利用可能性】

【0037】

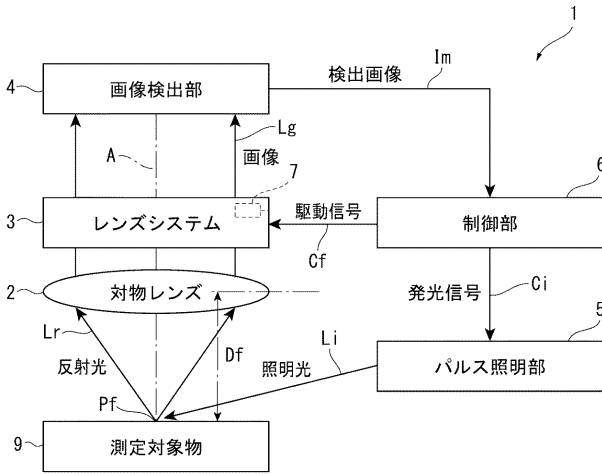
本発明はレンズシステムおよび焦点距離可変レンズ装置に利用できる。

【符号の説明】

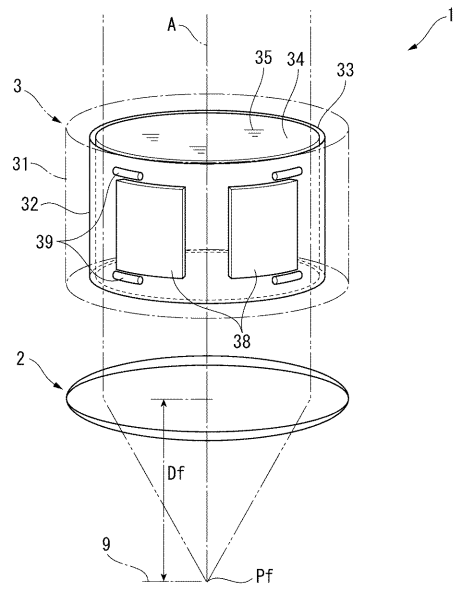
【0038】

1 焦点距離可変レンズ装置、2 対物レンズ、3 レンズシステム、31 ケース、32 振動部材、33 外周面、34 内周面、35 液体、38 圧力緩和部材、381 独立気泡、382 袋、383 箱、384 ダイヤフラム、385 弾性部材、386 シリンダ、387 ピストン、388 弾性部材、39 スペーサ、3L 光路、4 画像検出部、5 パルス照明部、6 制御部、9 測定対象物、 Cf 駆動信号、 Ci 発光信号、 Df 焦点距離、 Im 検出画像、 Lg 画像、 Li 照明光、 Lr 反射光、 Mf 焦点変動波形、 Pf 焦点位置、 W 屈折率分布。

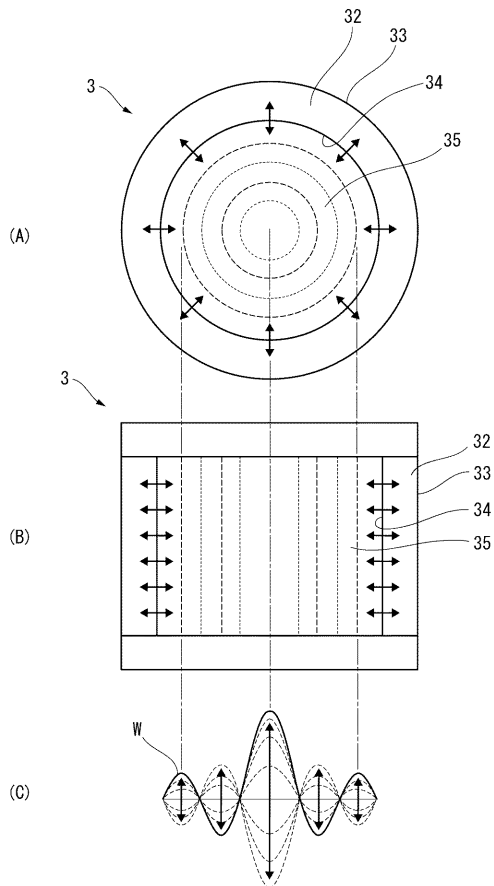
【図1】



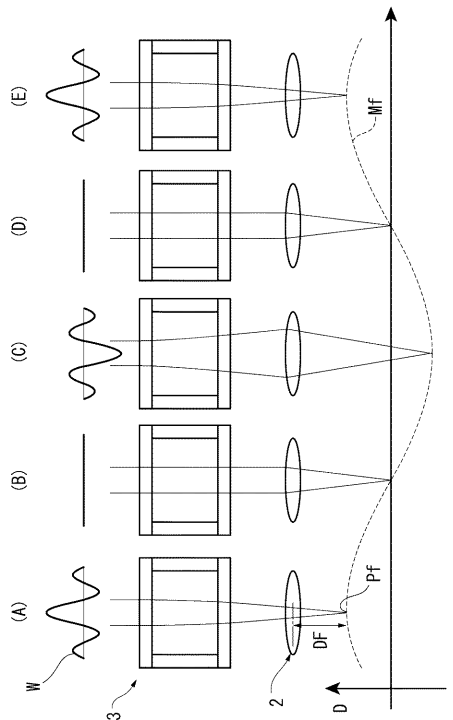
【図2】



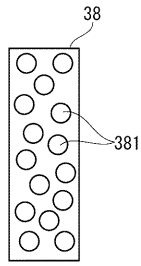
【図3】



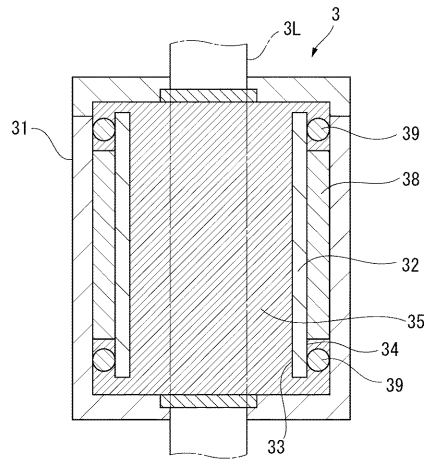
【図4】



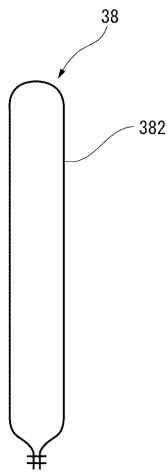
【図 5】



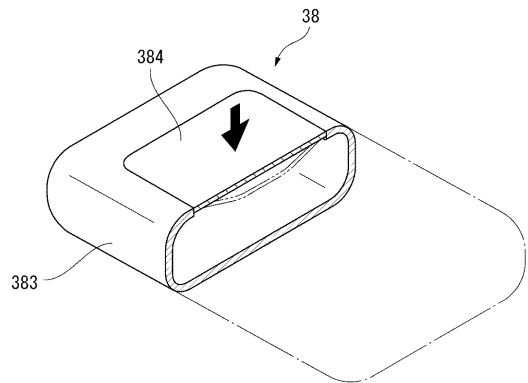
【図 6】



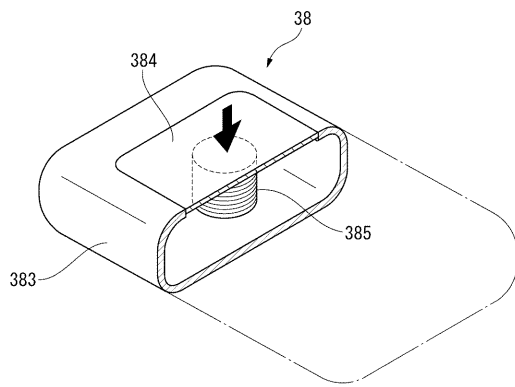
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

