

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-526986

(P2017-526986A)

(43) 公表日 平成29年9月14日(2017.9.14)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO2B 15/00 (2006.01)</b>	GO2B 15/00	2H087
<b>GO2B 3/14 (2006.01)</b>	GO2B 3/14	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2017-527200 (P2017-527200)  
 (86) (22) 出願日 平成27年8月6日 (2015.8.6)  
 (85) 翻訳文提出日 平成29年2月22日 (2017.2.22)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2015/043965  
 (87) 国際公開番号 W02016/022771  
 (87) 国際公開日 平成28年2月11日 (2016.2.11)  
 (31) 優先権主張番号 62/076, 303  
 (32) 優先日 平成26年11月6日 (2014.11.6)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)  
 (31) 優先権主張番号 PCT/US2014/050318  
 (32) 優先日 平成26年8月8日 (2014.8.8)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)  
 (31) 優先権主張番号 62/093, 909  
 (32) 優先日 平成26年12月18日 (2014.12.18)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

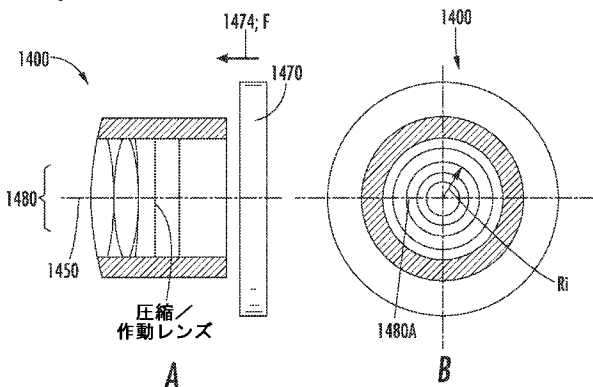
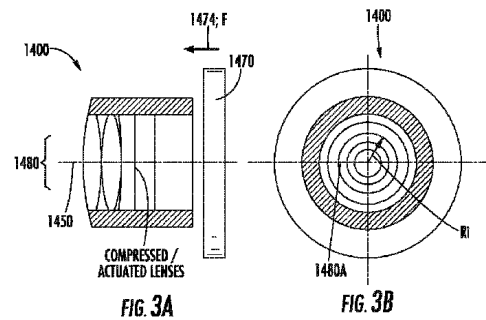
(71) 出願人 517094954  
 タンタム オプティクス リミテッド ラ  
 イアビリティ カンパニー  
 アメリカ合衆国 85712 アリゾナ州  
 トゥーソン ノース ウィルモット ロ  
 ード 1517 スイート 143  
 (74) 代理人 100102978  
 弁理士 清水 初志  
 (74) 代理人 100102118  
 弁理士 春名 雅夫  
 (74) 代理人 100160923  
 弁理士 山口 裕孝  
 (74) 代理人 100119507  
 弁理士 刑部 俊

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マクロレンズ

(57) 【要約】

光軸に沿って連続的に配置された第一および第二の光学部分を含む第一および第二の個々のレンズを含む、調節性（再合焦可能）マクロレンズシステムを提供する。マクロレンズの度数の変化は、マクロレンズハウジングと動作可能に接続された、またはその一部を形成する外部コンプレッサによって軸方向にレンズに加えられる力にตอบสนองして、レンズ間の平坦化された接触区域を変化させることによって生じる。これを作動させる方法も提供する。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第一の度数を有する第一のレンズと、  
 第二の度数を有し、該第一のレンズと同軸に配置された第二のレンズと、  
 該第一および第二のレンズの少なくとも一つと動作可能に協働する第一の位置移動可能な要素であって、該第一の位置移動可能な要素の可逆的運動に応答して該第一のレンズの第一の面および該第二のレンズの第二の面の少なくとも一つの圧平の尺度を可逆的に変更するように構成されており、該第一および第二の面が互いに対面する、第一の位置移動可能な要素と  
 を含む、光軸を有する可変焦点距離マクロレンズシステムであって、  
 該マクロレンズシステムの焦点距離が該第一の位置移動可能な要素の該可逆的運動に依存する、  
 可変焦点距離マクロレンズシステム。

10

## 【請求項 2】

第一および第二のレンズが第一の位置移動可能な要素によって応力を加えられないとき、第一および第二の面が、光軸を中心とする区域で互いと接触する、請求項1記載のシステム。

## 【請求項 3】

第一の位置移動可能な要素が、前記可逆的運動に基づいて、光軸に沿って第一および第二のレンズの少なくとも一つの面に加えられるベクトル力を規定するように構成されており、該第一および第二のレンズの軸方向位置が該可逆的運動に依存しない、請求項1記載のシステム。

20

## 【請求項 4】

第一の位置移動可能な要素が、第一および第二の面の少なくとも一つの平坦な区域を画定するように構成されており、該平坦な区域が光軸を中心に対称であり、該平坦な区域の表面積が前記可逆的運動の大きさに依存する、請求項3記載のシステム。

## 【請求項 5】

ベクトル力が第一および第二のレンズの少なくとも一つの面の周辺部分に加えられる、請求項2記載のシステム。

## 【請求項 6】

外側シェルおよびその中の空洞を画定するハウジングユニットをさらに含み、第一および第二のレンズが該空洞中に配置され、第一の位置移動可能な要素の一部が、光軸に沿って該空洞の内側で可逆的に移動するように寸法決定されている、請求項1記載のシステム。

30

## 【請求項 7】

第一の位置移動可能な要素がピストンを含む、請求項6記載のシステム。

## 【請求項 8】

空洞の表面が、第一の位置移動可能な要素を案内するように寸法決定されたねじを有する、請求項6記載のシステム。

## 【請求項 9】

第一および第二の面の少なくとも一つが、無応力状態で、光軸を中心とする扁長非球面を含む、請求項1記載のシステム。

40

## 【請求項 10】

第一および第二の面の少なくとも一つが、該第一および第二の面の該少なくとも一つに向かって起こる可逆的運動に応答して平坦な区域の直径が増大する過程で、該第一および第二の面の該少なくとも一つの形状の変化によって生じるシステムの光学収差が最小化されるように成形されている、請求項1記載のシステム。

## 【請求項 11】

前記可逆的運動の結果として第一および第二の面の少なくとも一つの周辺区域に加えられる非ゼロ力に応答して該第一および第二の面を互いに相互作用させて、互いを相互に平

50

平坦化させて、光軸を中心にしたそれぞれの平坦化区域を画定するように構成されており、該平坦化区域それぞれの直径が該非ゼロ力の増大とともに漸増する、請求項1記載のシステム。

【請求項12】

第一および第二のレンズと同軸に配置され、かつ該第二のレンズによって該第一のレンズから切り離された第三のレンズをさらに含み、該第三のレンズが、光軸を中心とする扁長非球面を有する、請求項1記載のシステム。

【請求項13】

二つのレンズ群であって、第一および第二の群が間隙によって互いから切り離されており、該第一の群が第一および第二のレンズを含み、該第二の群が第三のレンズを含む、二つのレンズ群を含み、

該第二の群と動作可能に協働する第二の位置移動可能な要素であって、該第二の位置移動可能な要素の可逆運動に応答して該第三のレンズの面の曲率を変化させるように構成されている、第二の位置移動可能な要素をさらに含む、請求項12記載のシステム。

【請求項14】

第一のレンズ群の焦点と第二のレンズ群の焦点とが一致する、請求項13記載のシステム

【請求項15】

第一のレンズ群がプラスの度数を有し、第二のレンズ群がマイナスの度数を有する、請求項13記載のシステム。

【請求項16】

第一および第二のレンズ群それぞれが、対応するプラスの度数を有する、請求項13記載のシステム。

【請求項17】

第二のレンズ群が、第三のレンズの屈折率よりも高い屈折率を有する流体に浸漬されている、請求項16記載のシステム。

【請求項18】

請求項13記載のマクロレンズシステムと、第一のレンズ群と光学的に連絡し、かつ第二のレンズ群によって該第一のレンズ群から切り離された光学検出器とを含む、光学カメラ

【請求項19】

光軸と第一および第二の構成レンズとを有するマクロレンズを作動させる方法であって

、  
第一の像を形成するために、該マクロレンズの前面に入射した光を、光軸を中心とする第一の接触区域で互いと接触する該マクロレンズの二つの面に透過させる工程であって、該第一の接触区域が第一の表面積を有する、工程；および

該二つの面の第一面と第二の面との間に第二の接触区域を形成するために、該二つの面の第一の面を該二つの面の第二の面に対して該光軸に沿う第一の方向に軸方向に位置移動する工程であって、該第二の接触区域が第二の表面積を有し、該第一の表面積と該第二の表面積とが互いに異なる、工程

を含む、方法。

【請求項20】

軸方向に位置移動する工程が、第一および第二の構成レンズそれぞれの軸方向位置を維持する工程を含む、請求項19記載の方法。

【請求項21】

二つの面の第一面と第二の面との間に第三の接触区域を形成するために、該二つの面の第一の面を該二つの面の第二の面に対して光軸に沿う第二の方向に軸方向に位置移動する工程をさらに含み、該第三の接触区域が第三の表面積を有し、該第二の方向が前記第一の方向とは反対である、請求項19記載の方法。

10

20

30

40

50

## 【請求項 2 2】

第二の方向に軸方向に位置移動する工程が、第一の表面積に等しい第三の表面積を形成する工程を含む、請求項21記載の方法。

## 【請求項 2 3】

マクロレンズに対して外部にある要素からの機械的エネルギーを二つのレンズの少なくとも一つに伝達する工程をさらに含む、請求項19記載の方法。

## 【請求項 2 4】

第二の像を形成するために、前記光を、第二の接触区域を有するマクロレンズに透過させる工程をさらに含む、請求項19記載の方法。

## 【請求項 2 5】

軸方向位置移動の結果として、二つの面の第一および第二の面の少なくとも一つの円錐定数の値を変化させる工程をさらに含む、請求項19記載の方法。

## 【請求項 2 6】

二つの面の第一および第二の面の少なくとも一つの曲率を変化させる工程をさらに含む、請求項19記載の方法。

## 【請求項 2 7】

軸方向に位置移動する工程が、第二の表面積を第一の表面積よりも大きくするために、二つの面の一つによって光軸に沿って該二つの面のもう一つの面に加えられるベクトル力を増大させる工程を含む、請求項19記載の方法。

## 【請求項 2 8】

軸方向に位置移動する工程が、平坦な面を有するように第二の接触区域を画定するために、二つの面の第一および第二の面の少なくとも一つの頂点の面を平坦化させる工程を含む、請求項19記載の方法。

## 【請求項 2 9】

二つの面の第一および第二の面の頂点間の接触を形成することによって第一の接触区域を画定する工程をさらに含み、該二つの面の第一の面の頂点が扁長非球面の頂点である、請求項19記載の方法。

## 【請求項 3 0】

軸方向位置移動の結果としてマクロレンズの実効焦点距離を変化させる工程をさらに含む、請求項19記載の方法。

## 【請求項 3 1】

光を、第一および第二のレンズと同軸に配置され、かつ間隙によって該第一および第二のレンズから切り離されている第三のレンズの面に透過させる工程、および該第三のレンズの該面の、光軸に関して対称である一部分を平坦化させる工程をさらに含む、請求項19記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

## 関連出願の相互参照

本国際特許出願は、2014年8月8日に出願された国際特許出願第PCT/US2014/050318号からの優先権を主張する。本国際出願はまた、2014年11月6日に出願された米国特許仮出願第62/076,303号および2014年12月18日に出願された米国特許仮出願第62/093,909号からの優先権を主張する。

## 【0002】

上述の特許文献それぞれの開示が参照により全体として本明細書に組み入れられる。

## 【0003】

## 技術分野

本発明は、ズームレンズシステムに関し、特に、システムの構成レンズの面の軸部分（特定の場合、該軸部分は扁長非球面として成形されることができ）の平坦化の結果として実効焦点距離を連続的に変化させるように構成されているマルチレンズマクロレンズシ

10

20

30

40

50

ステムに関する。

【発明の概要】

【0004】

概要

態様は、(i) 第一の度数を有する第一のレンズレットであって、その開放口を画定する第一の回転対称光学部分を有する第一のレンズレット、および(ii) 第二の度数を有する第二のレンズレットであって、その開放口を画定する第二の回転対称光学部分を有する第二のレンズレットを含み、第一および第二のレンズレットが同軸に配置されて、軸点においてそれらの面の間に接点を画定する、可変焦点距離マクロレンズシステムを提供する。システムはさらに、第一および第二のレンズレットの少なくとも一つの面に加えられた運動を、前記面の少なくとも一つを軸点の周囲で圧平する力に伝達するための手段であって、当該面の圧平の面積がそのような運動の程度に依存するような手段を含む。システムは、第一および第二のレンズレットを囲い込み、運動伝達手段(特定の場合、ハウジングに対して内部に移動可能なピストンを含み得る)と機械的に協働するハウジングユニットを備え得る。一つの態様において、レンズシステムは、前記手段によって第一および第二の面の少なくとも一つに伝達される非ゼロ力に応答して第一のレンズレットの第一の面および第二のレンズレットの第二の面を相互作用させて互いを圧平させて、運動伝達手段によって生成されるそのような非ゼロ力の増大とともに直径が漸増するそれぞれの圧平区域を画定するように構成されている。特定の場合において、そのような力の増大に応答する第一および第二の面のいずれかの圧平区域の直径の増大の過程、圧平区域の直径の変化によって生じるレンズシステムの光学収差は最小化される。

10

20

【0005】

特定の場合において、本発明のマクロレンズはさらに、第一および第二のレンズと同軸に配置され、第二のレンズによって第一のレンズから切り離された第三のレンズを含み、第三のレンズは、光軸を中心とする扁長非球面を有する。マクロレンズのそのような特定の態様は二つのレンズ群を含み、第一および第二のレンズ群は間隙によって互いから切り離されている。第一の群は第一および第二のレンズを含み、第二の群は第三のレンズ(および、任意で、さらなるレンズ、たとえば第四のレンズ、第五のレンズなど)を含む。そのような特定のマクロレンズは、第二のレンズ群と動作可能に協働する第二の位置移動可能な要素を備える。第二の位置移動可能な要素は、第二の位置移動可能な要素の運動に応答して第三のレンズの面の曲率を変化させるように構成されている。マクロレンズのそのような特定の態様において、マクロレンズは、マクロレンズの後部焦点距離をマクロレンズの度数変化の範囲全体にわたって実質的に一定に維持しながらも第一のレンズ群の焦点と第二のレンズ群の焦点とを一致させるように寸法決定され得る。第一のレンズ群はプラスの度数を有し得、一方で、第二のレンズ群はマイナスの度数を有する。または、第一および第二のレンズ群それぞれが対応するプラスの度数を有してもよい(そのとき、任意で、第二のレンズ群は、第三のレンズの屈折率よりも高い屈折率を有する流体に浸漬される)。

30

【0006】

本発明の態様はさらに、(i) 上記のようなマクロレンズシステムと、第一のレンズ群と光学的に連絡し、第二のレンズ群によって第一のレンズ群から切り離された光学検出器を含む光学カメラ、および(ii) マクロレンズを作動させる方法を提供する。

40

【図面の簡単な説明】

【0007】

概して一定の比率で描かれていない図面とともに下記の詳細な説明を参照することにより、本発明がより十分に理解されるであろう。

【0008】

【図1】図1A、1B、1Cは、従来のズームマクロレンズの略図を提供する。

【図2】図2Aおよび2Bは、可変焦点レンズシステムの相互対向内面によって圧平が生じていないときの可変焦点レンズシステムの態様を側面図および正面図で示す図である。

50

【図 3】図3Aおよび3Bは、図2A、2Bの態様の個々のレンズのアレイが軸方向に圧縮された（すなわち、軸に沿って圧縮された）後の図2A、2Bの態様の側面図および正面図を示す。

【図 4 A】本発明の態様の動作特性の変化を、その態様の構成レンズの相互接触面の平坦化度の関数として表すデータを要約したものである。

【図 4 B】本発明の態様の動作特性の変化を、その態様の構成レンズの相互接触面の平坦化度の関数として表すデータを要約したものである。

【図 4 C】本発明の態様の動作特性の変化を、その態様の構成レンズの相互接触面の平坦化度の関数として表すデータを要約したものである。

【図 4 D】本発明の態様の動作特性の変化を、その態様の構成レンズの相互接触面の平坦化度の関数として表すデータを要約したものである。

10

【図 4 E】本発明の態様の動作特性の変化を、その態様の構成レンズの相互接触面の平坦化度の関数として表すデータを要約したものである。

【図 4 F】本発明の態様の動作特性の変化を、その態様の構成レンズの相互接触面の平坦化度の関数として表すデータを要約したものである。

【図 5】マクロレンズの態様の度数の変化の依存性を、その態様の構成レンズに軸方向に加えられる圧縮力の関数として示すプロットである。

【図 6】本発明の態様の方法を概略的に示すフローチャートである。

【図 7 A】本発明の関連態様（三つの構成レンズを含む）の動作特性の変化を、その態様の構成レンズの相互接触面の平坦化度の関数として表すデータを要約したものである。

【図 7 B】本発明の関連態様（三つの構成レンズを含む）の動作特性の変化を、その態様の構成レンズの相互接触面の平坦化度の関数として表すデータを要約したものである。

20

【図 8】図8Aおよび8Bは、前レンズサブシステムおよび後レンズサブシステム（間隙によって互いから切り離されている）を含み、それらの焦点距離が本発明の態様にしたがって個別に調節可能である可変焦点レンズシステムの関連態様を側面図および正面図で示す図である。

【図 9】図9Aは、前サブシステムがプラスの度数を有し、後サブシステムがマイナスの度数を有し、前後のサブシステムが互いに対してガリレイ（Galilean）配置で空間的に配位されている場合における、図8A、8Bの態様の前後のレンズサブシステムの焦点距離を表すプロットを含む。図9Bは、前後両方のサブシステムが対応するプラスの度数を有し、前後のサブシステムが互いに対してケプラー（Keplerian）配置で空間的に配位されている場合における、図8A、8Bの態様の前後のレンズサブシステムの焦点距離を表すプロットを含む。

30

【図 10 A】二つの異なる動作点における図9Bの態様を表すZemaxデータを示す。

【図 10 B】二つの異なる動作点における図9Bの態様を表すZemaxデータを示す。

【図 11】図8A、8Bの態様の動作の方法を概略的に示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0009】

詳細な説明

可変焦点レンズシステムの必要性は数多く、光学エンジニアリングにおける使用（たとえば、品質管理目的に使用されるイメージングシステムにおける使用）から写真にまで及ぶ。

40

【0010】

このために、本明細書を通して「一つの態様」、「ある態様」、「関連（の）態様」または類似の文言の参照は、参照される「態様」に関連して記載される特定の特徵、構造または特性が、本発明の少なくとも一つの態様に含まれることを意味する。したがって、本明細書を通して「一つの態様における」、「ある態様における」および類似の文言の出現は、すべて同じ態様を指す場合もあるが、必ずしもそうではない。本開示のどの部分も、それだけで、また、おそらくは図面と関連して、本発明のすべての特徴の完全な説明を提供することを意図したものではないことが理解されよう。

【0011】

50

加えて、どの図面も、単独では、本発明のすべての特徴の完全な説明を支持することを意図しない、または支持することさえできないことが理解されよう。換言するならば、所与の図面は概して、本発明のいくつかの特徴のみを描写し、概してすべての特徴を描写するわけではない。所与の図面およびそのような図面を参照する説明を含む本開示の対応部分は、概して、所与の図面および説明を簡略化し、説明をその図面に見られる特定の要素に向けるために、特定の図面のすべての要素またはその図面に提示されることができるとすべての特徴を含むわけではない。当業者は、特定の特征、要素、部品、構造、詳細または特性の一つまたは複数なしでも、あるいは、他の方法、部品、材料などを使用しても、おそらくは本発明を実施し得ることを認識するであろう。したがって、本発明の態様の特定の詳細が、そのような態様を描写するすべての図面に必ずしも示されているわけではないとしても、説明の文脈がそうでないことを要求しない限り、図面におけるその詳細の存在は暗示され得る。他の場合において、説明されている本発明の態様の局面を不明瞭にすることを避けるために、周知の構造、詳細、材料または動作が所与の図面に示されない、または詳細には記載されない場合がある。さらには、本発明の記載される単独の特徴、構造または特性が任意の適当なやり方で一つまたは複数のさらなる態様へと組み合わされてもよい。

10

**【0012】**

本開示に添付された特許請求の範囲に述べられる発明は、本開示を全体として考慮して評価されることを意図したものである。

**【0013】**

本明細書の中で使用される用語「マクロレンズ」および「マクロレンズシステム」とは、オプトメカニカル機器、たとえば特に写真撮影のための光学カメラまたは望遠鏡における使用のために構成され、それに適したレンズシステムをいう。本開示の趣旨に関し、マクロレンズシステムは、寸法および構造においてだけでなく、本発明の態様の適用が、マクロレンズシステムの構成部品に対して外部にあり、そのような部品を互いに光学的に連絡した状態に維持しながらも収容するマクロサイズの支持構造を要するという事実によっても、マイクロレンズ（本明細書の中では、概して、数ミリメートル（たとえば2または3ミリメートル）、多くの場合、1ミリメートル未満のレンズ直径を有する小さなレンズシステム、たとえばウェーハレベル光学部品またはレンチキュラーレンズとして知られる眼内レンズまたは光学部品を指す）とは区別され、差別化される。マイクロレンズに特有の動作および材料の要件および/または製造過程が、もっともらしい成功の期待をもたせながらマイクロレンズ構造設計および/または特徴をマクロレンズの考案において再利用または応用することを許さないことが当技術分野において理解されよう。事実、当業者は、所与のマイクロレンズシステムの原理にしたがって（たとえば、システムの寸法を比例的に変更することによって）マクロレンズシステムを構築することは期待していない。本発明の態様のマクロレンズシステムの構成的特徴は、マイクロレンズに特有である構成的特徴（たとえば、10L構造において使用されることが多いハプティック部分またはレンチキュラーレンズのレリーフ面）をシステムの構成レンズから除外するように選択される。

20

30

**【0014】**

ズームレンズは、複雑さを犠牲にしながらか可変焦点距離の利便性をユーザに提供し、画質、重さ、寸法、絞り値、オートフォーカス能力の速度および精度、品質ならびに製造コストにおいて妥協しながらその利便性を達成する。たとえば、すべてのズームレンズは、開放絞り値で、特に焦点距離範囲の極値で、少なくともわずかな（多大ではないとしても）解像度の損失をこうむる。この影響は、大きなフォーマットまたは高い解像度で表示されたとき、画像の隅で明らかになる。ズームレンズが提供する焦点距離範囲が大きければ大きいほど、このような妥協点はより誇張されてしまう。

40

**【0015】**

ズームレンズには多くの可能な設計があり、もっとも複雑なものは、30よりも多い個々のレンズ要素および複数の可動パーツを有する。しかし、大多数は同じ基本設計にしたがう。概して、それらの設計は、固定され得る（その場合、光軸沿いのそれらの位置は同じ

50

ままである)、またはレンズのボディに沿って軸方向にスライドし得るのいずれかの、いくつかの個々の構成レンズを含む。ズームレンズの倍率が変化するとき、合焦した像を鮮鋭に維持するため、焦点面の任意の移動が補償される。そのような補償は、機械的手段によって(レンズの倍率が変化するときレンズアセンブリ全体を動かす)、または光学的に(レンズがズームするとき焦点面の位置ができるだけ変化しないようにする)実施され得る。

#### 【0016】

ズームレンズの公知の簡単なスキーム(たとえば図1A、1B、1Cのスキーム)は、標準的な固定焦点距離写真レンズに類似した合焦レンズを、固定レンズ要素および可動レンズ要素によって形成される無限焦点ズームシステムの後を含む。無限焦点ズームシステムは、光を合焦させるのではなく、それを透過する光のビームのサイズ、ひいてはレンズシステムの全体倍率を変化させるように構造化されている。図1A、1B、1Cの例は、二つのプラスレンズ $L_1$ および $L_3$ と、それらの間のマイナスレンズ $L_2$ とによって形成される無限焦点システムを示す。レンズ $L_3$ は固定されているが、レンズ $L_1$ および $L_2$ は、特定の非線形関係で軸方向に動くことができる。マイナスレンズ $L_2$ がレンズの前から後に動くとき、レンズ $L_1$ は、放物線の弧を描くように、前方に移動し、次いで後方に移動する。そうすることにより、システム全体の角倍率が変化し、ズームレンズ全体の実効焦点距離が変化する。図1A、1B、1Cに示す三つの例それぞれにおいて、3-レンズシステムは無限焦点システムであり(光を発散も収束もさせない)、したがって、レンズの焦点面の位置を変化させない。図1A、1B、1Cに対応する点の間ではシステムは厳密には無限焦点システムではないが、焦点面位置の変化は、像の鮮鋭さに有意な変化を加えないように十分に小さく(0.01mmのオーダー)維持されることができる。

10

20

#### 【0017】

本発明の態様にしたがって、マクロレンズの実効焦点距離を変化させる課題は、構成レンズの二つの相互対向面の間での接触区域を変化させるための、かつ接触区域内でそのような相互対向面の少なくとも一つの曲率を可逆的に減らすための力を発生させ、アセンブリに加えるための外部機構(マクロレンズハウジング構造の一部として構成されている)と動作可能に協働する少なくとも二つの個々の構成レンズの同軸アセンブリとしてマクロレンズを構造化することによって解決される。マクロレンズの個々のレンズは、少なくとも一つの可撓性の扁長非球面を有し、その扁長非球面の曲率を、外部的に加えられる力に

30

#### 【0018】

本発明の関連態様にしたがって、マルチ要素マクロレンズの焦点距離を変化させる課題は、同軸に整列された(配列された)個々の構成レンズ(その少なくとも二つが、マクロレンズの軸に位置する点で接触する)を提供し、このレンズ配列の少なくとも一部分を軸方向に圧縮して、軸点で接触するレンズの少なくとも一つの面が、軸方向に加えられる圧力に応答して(かつ、任意で、システムの部品の微小な軸方向運動に応答して)変形して、軸の周囲の区域におけるそのような面の曲率半径を増大させるための手段を利用することによって解決される。

40

#### 【0019】

構造面の番号指定

本発明のレンズシステムまたはそのようなシステムのサブセットの態様における要素または部品の順序を記載する際、別段述べられない限り、概して以下の取り決めにしたがう。レンズアセンブリの連続的に配置された構造要素の面が、動作中および/または設置時、被写体からレンズシステムに入射する光の方向に沿って見られる順序は昇順であり、その順序において、これらの面は、第一の面(または面1、面I)、第二の面(または面2、面II)、第三の面(または面3、面III)、第四の面(または面4、面IV)および他の面(存在するならば)と呼ばれる。たとえば、図1A、1B、1Cの場合、光の入射方向はz軸として示されている。したがって、概して、本発明の態様の構造要素(たとえば個々の光学要

50

素)の面は、レンズシステムの前部に相当する、被写体に近い面から出発し、かつ、アセンブリの後部に相当する、像平面に近い面で終了するように番号で標識される。したがって、用語「~の後」とは、空間中、他のものの位置に続く位置をいい、レンズアセンブリの正面から見て、一つの要素または一つの物が別の要素または別の物の背後にあることを示唆する。同様に、用語「~の前」とは、アセンブリの正面から見て、特定の要素に対して前方の場所または位置をいう。当業者によって理解されるように、レンズは、面Iを通して光(周囲媒質から入射する)を受けるとして構成されており;個々の要素の面および/またはパラメータの順序が特定の構成と比較して変更されるとき、マクロレンズの光学特性および動作の変化は激烈かつ予測不可能となり得、別個の考慮を要する。換言するならば、入射光に対する所与のマクロレンズまたはその構成要素の配向における任意の変化は、被写体のイメージングに関し、そのような所与のマクロレンズがそのために構成されている場合と同等または類似の結果を提供しない。

10

20

40

50

#### 【0020】

本開示および特許請求の範囲に関して、指定された特性または特質の記述語に適用される用語「実質的に」の使用は、その範囲が当業者によって理解されるよう、近似の文言を妥当に指定し、指定された特性または記述語を記載するために「大部分」、「主として」、「概ね、ただし必ずしも完全に同じではない」を意味する。この語の使用は、不確定さのための任意の基礎および指定された特性または記述語に対する数値限定を加えるための任意の基礎を暗示するものでもないし、提供するものでもない。たとえば、基準線または面に対して実質的に平行であるベクトルまたは線の言及は、基準線または面の方向と同じ方向またはそれに非常に近い方向に延びる(たとえば、当技術分野において実際に一般的であるとみなされる、基準方向からの角度逸脱がある)そのようなベクトルまたは線と解釈されなければならない。もう一つの例として、指定された面を参照する「実質的に平坦」の使用は、そのような面が、指定される当面の状況において当業者によって一般に理解されるようにサイズ決めされ、表現される程度の非平坦さおよび/または粗さを有し得ることを暗示する。当技術分野において公知であるように、用語「球面」とは、概して、球体の表面の一部を形成する面をいい、一方で、用語「非球面」または類似の用語は、概して、特定された範囲内で球面を空間的に逸脱する面をいう。

#### 【実施例】

#### 【0021】

#### 実施例I: 一般的考察

図2A、2B、3Aおよび3Bは、本発明の概念にしたがって構造化され、動作可能な可変焦点マクロレンズシステムの態様1400の、側面図および正面図としての略図である。概して、本発明のマクロレンズは、中空の容積を中に画定する外側シェルを有するハウジング1460内で光軸(1450として示す)を中心に連続的かつ同軸に配置された複数の個々のレンズ(レンズ1410、1420、1430、1440として示す)の列(配列)を含む。レンズ1410の前面(面I、記さず)がマクロレンズの前面に相当する。個々のレンズ1410、1420、1430および1440は空洞中に配置されている。概して、ハウジング1460は、レンズをハウジングの空洞内に維持するために適切なストッパ要素(図示せず)を前面部分1460Aに備えている。図示するように、二つの隣接する各レンズは、対応する軸点で互いと当接して、これら二つの隣接するレンズの相互対向面が軸点で互いと接触する。たとえば、図示するように、システムの面II、III(それぞれレンズ1410、1420に対応する)は軸点Cで接触し、一方で、システムの面VI、VII(それぞれレンズ1430、1440に対応する)は軸点Sで接触する。本発明の概念にしたがって、本発明のマクロレンズシステムの相互接触面の対における面の少なくとも一つは扁長非球面である。たとえば、面II、IIIの少なくとも一つは、軸1450を中心に扁長非球形プロファイルを有する。非球面(または非球体)を有するレンズは、当技術分野において、表面プロファイルが球体または円柱(または球面もしくは円柱面)の一部ではないレンズとして公知である。非球面の表面プロファイルは一般に、光軸から所与の距離での頂点からの面の変位を表す関数として規定される。そのような関数のパラメータは、曲率半径および頂点で規定される円錐定数(または円錐パラメータ)を含む。扁

長非球面とは、円錐定数の値が $-1 \sim 0$ である非球面である。用語「面」は、二つの媒質の間の境界または有形要素の境界もしくは空間的限界を示すために使用され；面は、長さおよび幅を有するが、厚さを有しないものと理解される。

#### 【0022】

ハウジング1460の後部では、作動ピストン1470が嵌合されて（当技術分野において公知であるように）、ピストン1470が軸1450に沿って移動する結果としてレンズの列に圧力を加えることを許す。図2Aおよび2Bは、ピストン1470が、システムのレンズとピストンの面との間の相互作用性軸方向力の非存在によって規定される中立位置にあるときの態様1400の状態を示す。これらの状況の下では、図2Bの正面図に見られるように、レンズシステムの内面のいずれにも平坦化は実質的に存在しない（換言するならば、構成レンズ1410、1420、1430および1440それぞれは本来の形状を維持する）。動作中（図3A、3Bを参照）、ピストン1470が軸1450に沿って、たとえば矢印1474によって示される方向に動かされて、システム1400の個々のレンズに軸方向の（光軸に沿う方向の）圧力を加える。

10

#### 【0023】

特定の設計に依存して、ピストン1470は、もっとも外側のレンズ1440に圧力を加える（それにより、1474に沿う方向の力Fを発生させ、レンズ1410、1420、1430および1440の組み合わせを軸方向に圧縮する）、またはシステム中の別のレンズに圧力を加えるように具体的に構造化されることができることが理解されよう（一つの特定の態様において、たとえば、ピストン1470は、レンズ1420に圧力を加え、それにより、レンズ1410および1420を軸方向に圧縮して、相互対向面II、IIIの少なくとも一つの曲率半径を平坦化または増大させるように構造化されることができ）。しかし、一般的な場合、図3Aに示すように、ピストン1470は、ピストン1470に近接するレンズ1440に軸方向の力を加えることにより、態様1400のレンズ列全体を圧縮する。その結果、ピストン1470の移動によって生じる軸方向に加えられる力の強さの関数として - 隣接するレンズの相互対向面の少なくとも一つは変形し、そのような面において、軸を中心に圧平された（すなわち、光軸を中心にし、独立レンズの形状に比べて平坦化された）区域1480が形成されるようになる。平坦化区域1480の半径は、増大する力Fの関数として増大する。図3Bは、増大する力Fの関数として増大する対応する半径 $R_1$ をそれぞれ有するそのような区域1480の漸増1480Aを示す。

20

#### 【0024】

一つの態様において、二つの隣接するレンズの両方の相互対向面が、システムの光軸および/またはその周囲で少なくともそれぞれ対応する区域におけるそれらの曲率を変化させるように構成されることが理解されよう。図2A、2B、3A、3Bのシステムの一つの態様において、両面IIおよびIIIの曲率は、マクロレンズ1400の前方へのピストン1470の位置移動に応答して減少する。

30

#### 【0025】

少なくとも一つの構成レンズの面の軸中心区域1480の平坦化の過程は、ピストン1470を反対方向に位置移動する結果として可逆性かつ反復性である。このために、レンズ材料が、ピストン1470における作動圧の減少に比例してレンズの作動を逆転させるばねとして働く。

#### 【0026】

一つの特定の態様において、ハウジング1460は、硬質材料（たとえば金属）でできた円柱形構造物であり、ピストン1470の作動シリンダは、1,000kPaよりも大きい弾性率を有する光学的に明澄な材料（たとえばポリメチルメタクリレートPMMA）でできている。一連のレンズ中の第一のレンズ1410はまた、高い弾性率（たとえばPMMAの弾性率）をもって剛性に作られてもよい。内部レンズの残り（図示するように、レンズ1420、1430および1440）は、かなり軟質の材料、たとえば0.1kPa～100kPaの範囲内の弾性率を有するシリコン、アクリル樹脂またはコラマーで構成されている。少なくとも一つの内面（たとえば面IIおよび/または面III）は、ピストンがシステム1400の前方に向かって移動するとき、硬いピストン1470と硬質レンズ1410との間で圧縮され、それにより、図3に示すように増大する直径 $2R_1$ にわたって面が平坦化するとき、レンズシステム1400全体へのそのような面の

40

50

度数寄与を徐々に無効化する。任意で、ただし好ましくは、そのような変形可能な面は、  
 i) 力Fによる機械的圧縮によって生じる、所与の面の頂点から始まる漸増的圧平の結果としてそのような面の球形度を高め；ii) 面の圧平部分（軸1450を中心とする）とそのような圧平区域を取り囲むレンズ面の部分との間の空間遷移の不連続性を最小化し；(iii) 度数変化の範囲全体にわたって光学収差を最小化して、マクロレンズの相互対向内面が漸増的に圧平されるとき、当該扁長非球面の形状がより扁平になるような、円錐定数を有する扁長非球面になるように寸法決定される。

#### 【0027】

材料、厚さおよびレンズ面曲率は、連続面の漸増的な「段階的」または「多段的」圧平がレンズ度数の大きさ全体にわたって球面レンズを近似するように賢明に選択される。換言するならば、当該隣接する対向レンズ面の少なくとも一つは、力Fの増大に応答する圧平区域の直径の増大の過程で、そのような直径の変化によって生じる光学システム全体の光学収差が最小化されるように画定される。ハウジングシェルの寸法に対するピストンの寸法は、ピストンのフランジリングの周囲で均一にピストンによってマクロレンズの構成レンズに加えられる圧力を決定するように賢明に選択される。構成レンズのサイズおよびレンズ材料の剛性に依存して、作動力は、2~3例を挙げると、圧電結晶、水圧システム、サーボモータまたは機械的ねじ切り機構の使用によって加えられ得る。構成レンズのいずれか（特に、本発明の態様の作動力の適用の結果として表面が平坦化されるレンズ）が、レンズ材料の屈折率よりも小さい屈折率を有するハウジングの空洞を埋める流体（液体または気体、たとえば空気）をはじめとする周囲媒質によって包囲されてもよい。この場合、マクロレンズ全体の度数は、マクロレンズに外部的に加えられる圧力を増すことによって減らされる。または、特定の態様において、構成レンズは、マクロレンズに加えられる圧力の関数としてジオプター度数の変化方向を逆転させるために、シリコン油のような、レンズ材料の屈折率よりも高い屈折率を有する流体（たとえばシリコン油）中に配置される。後者の場合、面が平坦化されるマクロレンズの所与の構成レンズは、その面の平坦化の増大に応答してその度数を漸増的に増大させる。

#### 【0028】

関連の態様において、マクロレンズは、一連の空間的に切り離された（光軸に沿って）複数の非平行移動性レンズサブシステムとして構造化され、各サブシステムが、光軸に沿って可逆的かつ独立的に圧縮されて、拡大システムおよびセンサ/眼合焦システムを創製することができる。例は、共通の焦点を有するように寸法決定された互いに空間的に切り離されたレンズサブシステムによって提供される。概して、レンズアセンブリの作動圧は、そのような共通の焦点を維持しながらも所望の倍率に応答して構造化されることができる。加えて、マクロレンズ全体の焦点面の付近にセンサ（光学検出器）を配置することができる（位置移動可能に、または固定位置に）。

#### 【0029】

本発明の概念にしたがって構造化された圧平性可変焦点マクロレンズシステムは、60ジオプターまでの度数の調節範囲内で作動するように構成されている。態様1400の六つの内面（面II、III、IV、V、VIおよびVII）によって提供される度数寄与を、たとえば図3Bに示す多段的圧平によって無効化することは、これらの内面それぞれが平均で約10ジオプターの度数をシステム1400の度数全体に寄与するならば、レンズシステムの度数を約60ジオプター減らす。概して、可変度数の範囲を最大化するためには、マクロレンズシステムは、たとえば数グラムの最小限の作動力を必要とし、いくつかの態様においては、約100ミクロンの構成レンズの軸方向移動を必要とする。本発明の態様のピストンによって加えられる作動力は、一つの態様においては、圧電結晶または従来の圧力アクチュエータ（説明を簡略化するため、図示しない）のいずれかによって実現される。

#### 【0030】

実施例II：マルチレンズ態様

図4Aの具体的態様に示すように、光軸1904を有するマクロレンズ1900が、二つの軸方向に接触するレンズ1910、1920によって形成されている。無応力状態（すなわち、相互接触

10

20

30

40

50

面II、IIIが変形していないとき)のレイアウト1900の設計パラメータが図4Aに示されている。「ガラス」と標識されたデータ列が概して、ガラス材料とは異なり得、たとえばプラスチックを含むことができる、個々のレンズのための材料を含むことが理解されよう。この特定の例において、たとえば、レンズ1910および1920はいずれもシリコンでできている。

#### 【0031】

図4A、4B、4C、4D、4Eおよび4Fは、マクロレンズ1900が支持されているハウジング構造のピストン機構(図示せず)によって面IVに可逆的に加えられ、面IIIに向けて軸方向(レンズ1900の光軸に沿って)に加えられる圧縮力の関数としての構成レンズ1910、1920(同じ態様1900の)および画質の両方の変形の漸増を示す。そのような軸方向力の強さに対するマクロレンズ1900の度数の変化の対応する依存性が図5に示されている。変形の漸増の段階ごとに、光学的伝達関数(OTF)のプロットが、挿入図中の、レンズ1910、1920の列を記載するZemax(登録商標)データ(「レンズデータエディタ」と記す)およびこれら二つのレンズの略図とともに提供されている。

10

#### 【0032】

図4Aに示すように、マクロレンズシステム1900の無応力状態において(すなわち、個々の構成レンズ1910、1920がそれらの間の任意の相互作用力なしで軸点Pで接触するとき、それらの頂点の領域における面II、IIIの形状は、それぞれの円錐定数-12および-15の扁長非球形であり、一方で、これらの面の球面曲率半径はそれぞれ-44mmおよび44mmである。面II、IIIの平坦化の効果は、半径値の変化および対応する頂点の円錐定数に対応する別々の段に示されている。図4E中、面II、IIIの漸増的圧平は(-500mm、500mm)への半径の変化を生じさせ、図4F中、面II、IIIの軸近接区域は、実質的にそれら面全体にわたって圧平(平坦化)されるように示されている。2レンズマクロレンズシステム1900は、図5に示すように、1.6グラム未満の微小な軸方向力を加える驚くほど小さな動作費用で、21.7ジオプター範囲における全度数変化および1mmあたり約445ライン(図4A)から1mmあたり約225ライン(図4F)などへの変調伝達関数のカットオフ周波数における対応する変化を指定する。図5の力・度数曲線は、有限要素解析を用いて得られたデータを示す。

20

#### 【0033】

図6は、本発明の態様の動作方法の概略的フローチャートを示す。ここで、本態様の動作は、マクロレンズのハウジングと協働する外部圧縮部材、たとえばピストン(特定の態様における)によって個々の構成レンズの群(工程1710で、得られるマクロレンズの光学列へと事前にアセンブルされている)を圧縮することによって、または、はじめに工程1710でそのようなアセンブリを形成することによってのいずれかで開始され得る。本発明の態様のマクロレンズの形成の工程は、第一および第二のレンズの面を互いに協働させて、これらの面の間に軸点で(すなわち、光軸上に位置する、面の頂点で)接触を確立する工程を含む。特定の態様において、相互接触面の少なくとも一つは扁長非球面として成形されることができる。工程1720で、マクロレンズハーネスの要素の動作状態を変化させて、光軸に沿ってマクロレンズの構成レンズに加えられるベクトル力を発生させる。動作状態の変化は、たとえば、位置の変化(機械的ピストンまたはコンプレッサの場合)、電圧(圧電要素に印加される)の変化、圧力*i*の変化(空気圧要素の場合)を含み得る。そのようにして形成されたベクトル力はシステムのレンズに伝達されて、システムの隣接するレンズの相互対向面の接触区域を変化させて、工程1730で、相互対向面の少なくとも一つの曲率の変化を生じさせる。特定の態様において、平坦化工程は、そのような面の少なくとも一つの軸部分の曲率の減少を伴い得る(1740)。任意で、工程1740で、そのように平坦化された面が扁長非球面であるとき、その扁長非球面の軸部分の曲率を、意図的に、扁長非球面の周辺部分(軸部分を取り囲む)の曲率よりも大きく変化させることができる。

30

40

#### 【0034】

実施例III：マルチレンズ態様

レンズ列中に同軸に配置された三つのレンズを含む関連の態様800(図7A、7B)が、態様の内面が完全に圧平(平坦化)されるとき、同様な面圧平漸増中に起こる43.4ジオプタ

50

一の度数変化を実証した。図4A~4Fの態様1900との比較において、これは、ハウジングハーネス構造のピストン1450の軸方向位置移動範囲の増大を必要とする。説明の簡略化のために、態様800は、ハウジングハーネスおよびピストン/コンプレッサなしで示されている。図7Aは、レンズ810、820および830の隣接するレンズが無応力状態で互いに物理的に接触している、光軸804を有する3-レンズ態様800のレイアウトを示す。換言するならば、レンズ810および820は面IIおよびIIIの軸点O、O'で接触し、レンズ820、830は面IVおよびVの軸点O''、O'''で接触している。図7Aはまた、態様の変調伝達関数(MTF)を表す曲線840およびそのような無応力状態の場合のZemaxレンズデータを提供する。モジュラス44mmからモジュラス300mmへのレンズ800の内面の曲率半径の増大に対応する、応力状態(レンズ810がハウジングハーネス中に固定されているとき面Iの方向への軸方向力を面VIに加えることによって生じる)におけるレンズ810、820、830の形状が図7Bに示され、ここで、内面II、II、IV、Vの平坦化区域が概略的かつ一定の尺度でなく集合的に844と記されている。三つより多い連続的に配置された個々のレンズを有する態様が実質的に同様なやり方で構造化され、その場合、さらに大きな焦点距離の変化を達成することができることが理解されよう。

10

#### 【0035】

すでに上述したように、図5のプロットは、二つの構成レンズを有する態様(たとえば図4A~4Fの態様1900)の面II、IIIの相互圧平のためにピストン1470によって加えられる必要がある軸方向力の依存性をレンズシステムの度数変化の関数として示す。図2(A、B)、3(A、B)をさらに参照すると、列中のレンズの数および本発明の軸コンプレッサ(ピストン)の動作の結果として変形する内面の数の増加とともに、ピストン1470によって駆動されるハウジング1460中のレンズシステムの度数の全変化が、二つより多い個々のレンズを含む態様(たとえば、図7A、7Bの態様800)の内面それぞれを、二つの個々のレンズしか有しない態様(たとえば態様1900)の内面と同じ程度に変形させることにより、増大したことを見てとることができる。

20

#### 【0036】

同時に、同じモジュラスを有する軸方向のベクトル力を(同軸レンズの列に)加える結果は、列中のレンズの数に依存して異なる。たとえば、第一のマクロレンズ(一つのレンズしか含まない)を第二のマクロレンズ(相互に平坦化する対向面を有する複数の個々の構成レンズを含み、それらのレンズは互いに同一であり、それらのそれぞれが、第一のマクロレンズの唯一のレンズと同じである)と比較すると：構成レンズの相互対向内面を完全に平坦化させるように軸方向のベクトル力が選択されるとき、無応力状態の二つの構成レンズを有する第二のマクロレンズの全度数は50%減ることができ；無応力状態の三つの構成レンズを有する第二のマクロレンズの全度数は約67%減ることができ；無応力状態の四つの構成レンズを有する第二のマクロレンズの全度数は約75%減ることができる。

30

#### 【0037】

実施例IV：複数の独立したマルチレンズサブシステムを含むマクロレンズ

図8A、8Bは、態様1600の構成要素であるレンズの面の圧平の結果として大きな度数変動を提供するように構成されたマクロレンズを形成するように構造化された関連態様1600を示す。この態様によって達成可能な度数の範囲は60ジオプターもの高さである。

40

#### 【0038】

システム1600の光学列は、ハウジングシェル1604によって画定される同じ円柱形容積1604Aに収容され、光軸1608を中心に同軸に連結されたレンズサブシステム1610、1620を含む。本発明の概念にしたがって、レンズサブシステム1610は、それぞれ複数のレンズからなる、少なくとも二つの連続列を含む。レンズサブシステムの一つの度数は、別のサブシステムの度数の符号とは反対である符号を有する。態様1600の特定の例において、サブシステム1610は、プラスの全体度数を有し、複数の個々のレンズ(三つのレンズ1610A、1610B、1610Cとして示す)を含み、その少なくとも二つが、無応力状態において(すなわち、そのような複数のレンズに加えられる軸方向圧力の非存在において)軸点で互いと接触する対向面を有する。他方、サブシステム1620は、集合的に、かつサブシステムとしてマ

50

イナスの度数を有し、間隙1630によってサブシステム1620から切り離されたレンズ1620A、1620B、1620Cの群として示されている。レンズ1620A、1620B、1620Cの少なくとも二つは、無応力状態において軸点で互いと接触する面を有する。そのようなマクロレンズの動作は、光軸1608に沿って、数グラムの最小限の作動力の適用を必要とし；レンズ1600は、レンズの移動または画像を取り込むために使用されている検出要素（そのようなレンズと光学的に連絡している。図示せず）の移動なしでも、20×の光学ズームを達成する。加えて、約100ミクロンの軸方向レンズ移動を賢明に生じさせて、レンズ度数変動の範囲を最大化することができる。一つの態様においては、i) マクロレンズのズームを作動させること、ii) 画像を検出器上に合焦させることの両方のための、ベクトル力のような駆動力だけがサブシステム1610、1620に加えられる。動作寸法に関し、本発明の原理にしたがって構築された、6mmの入射ひとみを有する20×光学ズームレンズ1600は、2.0の低さのF値およびフルズームで約40°～約12°の範囲の全視野角（FOV）で、およそ親指の爪のサイズ（約7mm×10mm）の軸方向フットプリント（光軸1608に沿って光軸に対して垂直な平面へのマクロレンズの投影を表す面積）を画定することが認められる。

#### 【0039】

一つの態様において、レンズ1610、1620の個々の群中のレンズは、一つのレンズ群の作動が、別のレンズ群の作動と関係しないように作動させることもできるし、または別のレンズ群の作動に影響するように作動させることもできる。たとえば、図示するように、これは、システム1600の光学列に軸方向圧力を加えるための手段を、ハウジングシェル1604内で個々に、互いに干渉することなく、一度に一つまたは同時に動作可能な二つのピストン1670Aおよび1670Bの組み合わせとして構造化することによって達成することができる（実際、これは、それぞれが「市販品」として入手可能である簡単な圧電結晶または圧力アクチュエータを用いて達成可能である）。

#### 【0040】

一つの態様において、硬質ハウジングシリンダ（カバー）1604および光学的に明澄な硬質の作動シリンダ1670A、1670Bは、1,000kPaよりも大きい弾性率を有する材料（たとえばポリメチルメタクリレートPMMA）できている。第一および第二のサブシステムのいずれかの個々の内部レンズは、ハウジングおよび/またはピストンの材料よりもかなり軟質である材料、たとえば0.1～100kPaの弾性率を有するシリコン、アクリル樹脂またはコラマーできている（屈折率の値はおおよそ1.3～1.5の範囲内である）。

#### 【0041】

レンズサブシステム1610は、本開示に詳述される原理にしたがって構成されたプラスの圧平レンズサブシステムであって、サブシステムのレンズに加えられる軸方向圧力の増大とともにその屈折力が減るようなサブシステムである。一つの態様（図8Aに示す）において、第二のレンズサブシステム（サブシステム1620）は、個々のレンズ1620A、1620B、1620Cの面間の空間が空気で満たされているケプラー配置のプラスレンズ仕掛けである。関連の態様（図示せず）において、サブシステム1620は、ガリレイ配置でサブシステム1610に対して相対的に配置されたマイナスレンズ仕掛けである。（サブシステム1620がマイナスの度数を有し、プラスのサブシステム1610といっしょになってガリレイ配置を形成するようなマイナス度数サブシステムの態様の特定の場合において、サブシステム1620は、空間1673を満たす、空気ではない、高屈折率流体によって切り離されたプラスレンズで形成される）。ピストンによる第一および第二のレンズサブシステムそれぞれの圧縮が独立的に作用して、拡大を生じさせ、像を検出器（図示せず）上に合焦させる。

#### 【0042】

内部圧平面は、硬いピストン要素と硬質カバーの一部分との間（たとえばピストン1670Aと部分1680との間またはピストン1674Bと部分1682との間）で圧縮される。互いに対向する内部の個々のレンズ面（対向面）は、互いに対して圧平（平坦化）されて、ベクトル力の強さの関数として半径が徐々に大きくなる、光軸を中心とする平坦区域の漸増を形成する。面が増大する直径にかけて圧平するとき、レンズ面の曲率のそのような変化が、レンズシステム全体へのこれらの面の度数寄与の漸増的な無効化を生じさせる。同様に、マイ

10

20

30

40

50

ナスレンズシステムは、レンズがシリコン油のような高屈折率流体（屈折率約1.5）によって切り離されることを除き、プラスレンズシステムと同じ構造である。

【0043】

一つの特定の場合において、ハウジング部分1680、1682の少なくとも一つは円環状である（隣接するレンズの周辺部分だけがそのような部分において接触することができるように寸法決定されている）。もう一つの特定の例において、ハウジングが光学的に明澄な材料からできているとき、ハウジングシェルの部分1680、1682は、光軸および隣接するレンズ（図8Aの例においては、レンズ1610A、1620A）の開放口を横切って横断方向に延びる中実部分として構造化されることができる。そのように構成されると、ハウジングの特定された部分は、それ自体が光学レンズとして形成され、マクロレンズの光学列全体に寄与するように賢明に寸法決定されることができる。このような特定の例の場合、レンズ1610A、1620Aは、それぞれ部分1680、1682と物理的に接触することができる。レンズ1610A、1620Aの入射光対向面は、光軸を中心に対称に平坦な区域を形成し（圧平され）、圧平の半径は、軸1608に沿うレンズの無応力状態に対応する初期位置からの一方向へのピストン1670A、1670Bの増大する位置移動の関数として漸増的に増大する。ハウジングの特定部分のそのような特定の配置が、他のやり方ならば全く使用されないであろう、対応するレンズ群における外面であるレンズ面の圧平により、マクロレンズ全体の度数をさらに変化させる利点を用いることを許す。

10

【0044】

サブシステム1610、1620の少なくとも一つ内の内部対向レンズ面の少なくとも一つは、たとえば、機械的圧縮（ベクトル力がサブシステムのレンズに対して軸方向に加えられてその中に応力を規定する瞬間、面の頂点で始まる）が、対向面が圧平するとき面の曲率半径および界面の球形度を増大させ、所与の圧平面（軸1608を中心とする）とそのような面を包囲する周辺部分との間の遷移の不連続性および対応する光学収差を最小化するように、扁長非球面を画定するように成形されている。材料、厚さおよびレンズ面曲率は、連続面の漸増的な「段階的」圧平がレンズ度数の大きさ全体にわたって球面レンズを近似するように変更される。レンズ材料は、作動圧の低下に比例してレンズの動きを逆転させるばねとして働く。

20

【0045】

図9Aは、10×までの光学倍率を生じさせるための、ガリレイ配置で直列に配置された前後のサブシステム1620A、1620Bそれぞれに関する可変レンズ度数のプロットを提供する。可変度数曲線は、直径6mmの前レンズサブシステム1610を用いたZemax（登録商標）モデリングから規定し；レンズ1610Aは、ハウジングの部分1680に当てて停止させた。レンズ1620の直径は同じく6mmに選択した。レンズ1610の背面（面VI）と後レンズ1620の前面（面VII）との間隔は5mmに選択した。レンズ1620Aは、ハウジングの部分1682に当てて停止させ；検出器までのマクロレンズ1600の後部焦点距離は5mmと決めた。

30

【0046】

図9Bは、20×までの光学倍率を生じさせるための、ケプラー配置で直列に配置された前後のサブシステム1620A、1620Bそれぞれに関する可変レンズ度数のプロットを提供する。可変度数曲線は、直径6mmの前レンズサブシステム1610を用いたZemax（商標）モデリングから規定し；レンズ1610Aは、ハウジングの部分1680に当てて停止させた。レンズ1620の直径は同じく6mmに選択した。レンズ1610の背面（面VI）と後レンズ1620の前面（面VII）との間隔は8mmに選択した。レンズ1620Aは、ハウジングの部分1682に当てて停止させ；検出器までのマクロレンズ1600の後部焦点距離は5mmと決めた。

40

【0047】

図10Aおよび10Bは、互いに対してケプラー配置で向けられたプラスレンズサブシステム1610およびマイナスレンズサブシステム1620によって規定されたマクロレンズの動作パラメータを示す。図10Aは無応力状態（マクロレンズ1600の全実効焦点距離が10mmに等しい）を示し、一方で、図10Bは、サブシステム1610、1620の少なくとも一つの構成レンズの少なくとも一つの面の少なくとも一つの軸領域の平坦化から生じる応力状態を示す。その

50

ような応力状態におけるマクロレンズの実効焦点距離は42mmである（標識R、G、Bは、Zemaxでセットされた、原色デフォルト赤、緑および青波長における光の透過を示す）。図10A、10Bのデータは、サブシステム1610、1620間の距離を一定に維持し、マクロレンズ1600の最終（背）面と像平面との間隔を一定に維持するとき、このマクロレンズ列を用いる度数変化の連続範囲の二つの別々の点における倍率の変化を示す。

【0048】

図11は、図8A、8Bを参照して概して上述したようにケプラーまたはガリレイいずれかの配置にしたがって構造化された態様の動作方法の概略フローチャートを示す。態様の動作は、工程1120で、個々の構成レンズの複数の群（それらの群のそれぞれが、すでに工程1110で、得られるマクロレンズの光学軸へと事前にアセンブルされている）の少なくとも一つを、複数の外部圧縮部材、たとえばピストンのそれぞれ対応する一つによって軸方向に圧縮することによって開始される。それぞれ対応するピストンはマクロレンズのハウジングと動作可能に協働する。

【0049】

または、方法は、工程1110で、空間的に切り離された個々の構成レンズの複数の群を互いに対して同軸に配置してマクロレンズを形成することによって開始される。複数のレンズ群の第一の群がプラスの度数を有するように構造化され、複数のレンズ群の第二の群がマイナスの度数を有するように構造化されているとき、得られるマクロレンズはガリレイ配置を有するように構造化される。複数のレンズ群の第一および第二の群それぞれが、対応するプラスの度数を有するとき、得られるマクロレンズはガリレイ配置を有するように構造化される。工程1110におけるマクロレンズの形成は、集合的にプラスの度数を有するレンズの群を、そのようなレンズができていない材料の屈折率を超える屈折率を有する媒質中に埋め込むことにより、群として集合的にマイナスの度数を有する個々のレンズの群を形成することを含み得る。本発明の態様のマクロレンズを形成する工程は、所与のレンズ群の複数のレンズの第一および第二のレンズの面を互いに協働させて、それらの面の間に軸点で（すなわち、光軸上に位置する面の頂点で）接触を確立することを含む。

【0050】

一つの態様において、互いに接触する面の少なくとも一つは扁長非球面であることができる（特定の場合、光軸に隣接する、そのような面の少なくとも一つの空間的に限られた部分は、 $-1 \sim 0$ の範囲内の値を有する円錐定数によって規定される形状を有する）。工程1120で、マクロレンズハーネスの要素の動作状態を変更して、光軸に沿ってマクロレンズの構成レンズに加えられるベクトル力を発生させる。動作状態の変化は、たとえば、位置の変化（機械的ピストンまたはコンプレッサの場合）、電圧（圧電要素に印加される）の変化、圧力*i*の変化（空気圧要素の場合）を含み得る。そのようにして形成されたベクトル力はシステムのレンズに伝達されて、システムの隣接するレンズの相互対向面の接触区域を変化させて、工程1130で、相互接触面の少なくとも一つの曲率の変化を生じさせる。特定の態様において、平坦化工程は、そのような面の少なくとも一つの軸部分の曲率の減少を伴い得る（1140）。任意で、工程1140で、そのように平坦化された面が扁長非球面であるとき、その扁長非球面の軸部分の曲率を、意図的に、扁長非球面の周辺部分（軸部分を取り囲む）の曲率よりも大きく変化させることができる。

【0051】

したがって、当業者は、本発明の概念にしたがってマクロレンズ（少なくとも第一および第二のレンズを含む）を作動させる方法が、概して、（i）マクロレンズの前面に入射した光をマクロレンズの二つの面（光軸を中心とする第一の接触区域で互いと接触する）に透過させて第一の像を形成する工程であって、第一の接触区域が第一の表面積を有する、工程；および（ii）二つの面の第一の面を二つの面の第二の面に対して光軸に沿う第一の方向に軸方向に位置移動して、二つの面の第一の面と第二の面との間に、第一の表面積と第二の表面積とは互いに異なる、第二の表面積を有する第二の接触区域を形成する工程を含むことを理解する。特定の態様において、軸方向に位置移動する工程は、第一および第二の構成レンズの軸方向位置を変化させることなく実現される。方法はさらに、二つの

10

20

30

40

50

面の第一の面を二つの面の第二の面に対して光軸に沿う第二の方向（第一の方向とは反対である）に軸方向に位置移動して、二つの面の第一の面と第二の面との間に、第三の表面積（任意で、第一の表面積に等しい）を有する第三の接触区域を形成する工程を含む。代替的または追加的に、方法は、マクロレンズに対して外部にある要素からの機械的エネルギーを（たとえば、第一および第二の構成レンズの少なくとも一つの周辺部分に）伝達する工程および/または入射光を、第二の接触区域を有するマクロレンズに透過させて第二の像を形成する工程を含む。方法はさらに、二つの面の第一の面を二つの面の第二の面に対して軸方向に位置移動する工程の結果として、二つの面の第一および第二の面の少なくとも一つの円錐定数の値を変化させる工程、および/または二つの面の第一および第二の面の少なくとも一つの曲率を変化させる工程を含み得る。実際に位置移動する工程は、二つの面の一つによって光軸に沿って二つの面の前記もう一つに加えられるベクトル力を増大させて、第二の表面積を第一の表面積よりも大きくする工程、および/または二つの面の第一および第二の面の少なくとも一つの頂点の面を平坦化させて、平坦な面を有する第二の接触区域を画定する工程を含み得る。方法はさらに、二つの面の第一および第二の面の頂点間の接触を形成することによって第一の接触区域を画定する工程を含み得、二つの面の第一の面の頂点は扁長非球面の頂点である。特定の場合において、マクロレンズが、第一および第二のレンズと同軸に配置され、間隙によって第一および第二のレンズから切り離されている第三のレンズを含むとき、方法はさらに、入射光をそのような第三のレンズの面に透過させ、この面の、光軸に関して対称である一部分を平坦化させる工程を含む。

10

20

#### 【0052】

当業者はまた、本発明のマクロレンズの概念にしたがって、一つ、二つまたはより多くの個々の圧平性レンズ要素が、これら複数のレンズ要素の位置を安定化し、維持するように寸法決定され、多段的圧平面に均等な圧力を加えて圧平面それぞれ中の圧平区域の直径を変化させるように構築された、独立的に作動するピストン/シリンダハウジング構造中に同軸に配置されるということを、容易に理解する。圧平性マクロレンズシステムに加えらるる圧力の量は所望の出力（たとえば焦点距離および/またはマクロレンズ収差の軽減）に応じて決まる。ピストンシリンダハウジングは、レンズ口径を通過する光学的に明澄な材料およびハウジングの「胴部」に沿う光吸収面（たとえば暗色塗料）で構成されている。構造は、硬質ガラスまたはアクリル樹脂（たとえばPMMA）のような材料を含み得る。圧平性レンズは、先に、多階的圧平を生じさせるための機械的に軟質な非球面材料として記載されていた。圧平されるレンズの面の非球形度および圧力変化に応答する同心的な段階的圧平が変形の収差を最小化し、マクロレンズによって形成される像の画質を促進する。ピストン圧は、ピストンのフランジリングの周囲に（すなわち、マクロレンズまたはその部品の周辺部分に）均一に加えらるる。構成レンズのサイズおよび圧平性レンズ材料の剛性に依存して、作動圧力は、圧電結晶、水圧システム、サーボモータまたは機械的ねじ切り機構によって加えらるる。各圧平性レンズアセンブリは、プラスまたはマイナスであり得、圧平性レンズが作製されている材料の屈折率よりも高いか、または低いかいずれかの屈折率を有する流体を含む周囲媒質中に埋め込まれ（それによって包囲され）得る。換言するならば、所与の圧平性レンズの度数は、ピストンのような外部要素によってレンズに加えらるる圧力に応答して増減し得る（すなわち、無応力状態のレンズと比べ、よりプラスまたはマイナスになり得る）。

30

40

#### 【0053】

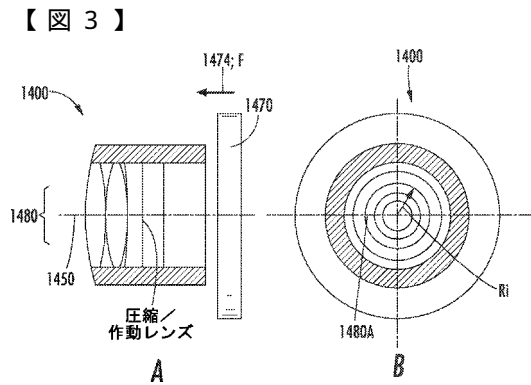
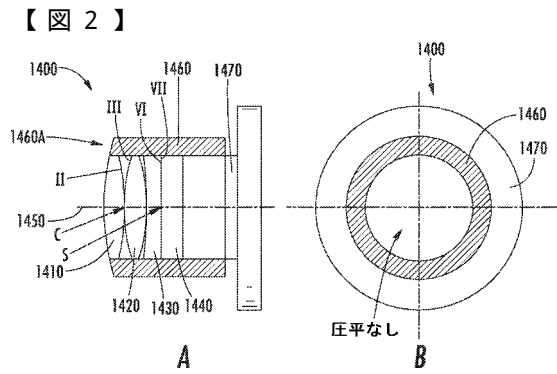
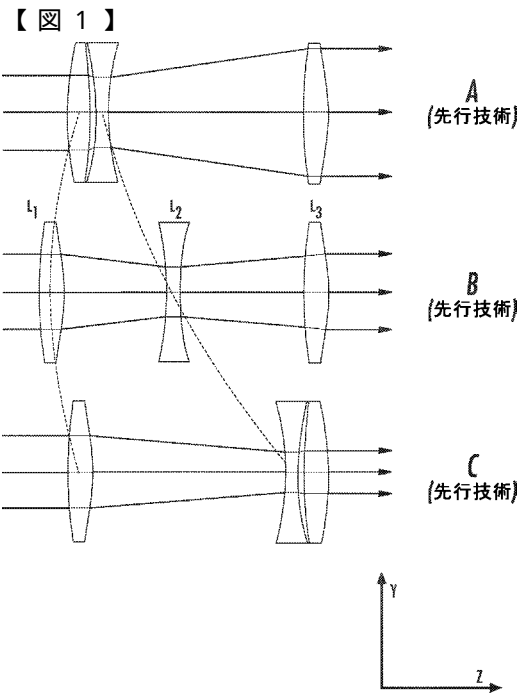
独立的に作動するレンズアセンブリは、二つ以上の非平行移動性レンズの列中に配置されて、拡大システムおよびセンサ/眼合焦システムを創製することができる。レンズの列は、一つの場合には、列中のレンズの群が共通の焦点を有する無限焦点システムとして形成される。そのようなレンズ列は、レンズ列を透過した光を、マクロレンズの最後方レンズ要素に対して所望の固定位置に配置されたセンサに合焦させるように寸法決定されることができ。マクロレンズの両方の第一および第二（またはそれ以降）の構成レンズ要素ならびに検出器またはセンサは、動かない、固定された位置で作動して、拡大、合焦およ

50

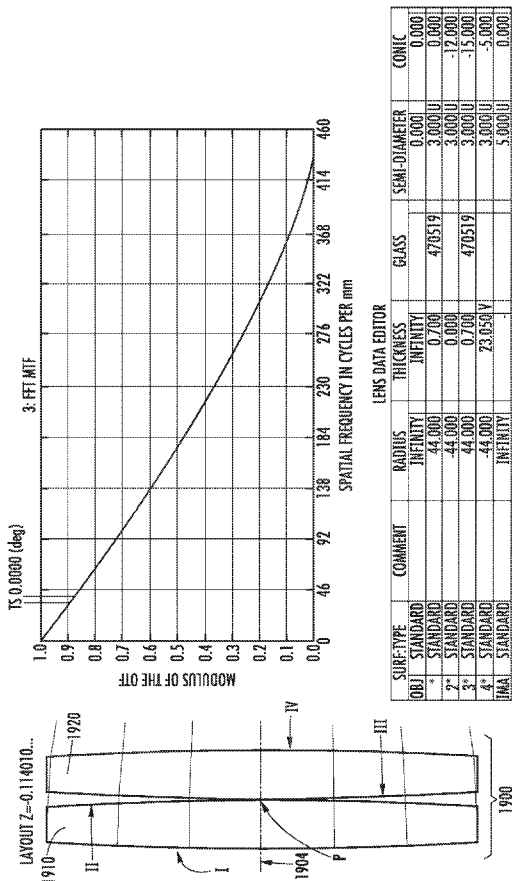
び収差軽減のような協調された出力を生成する。

【0054】

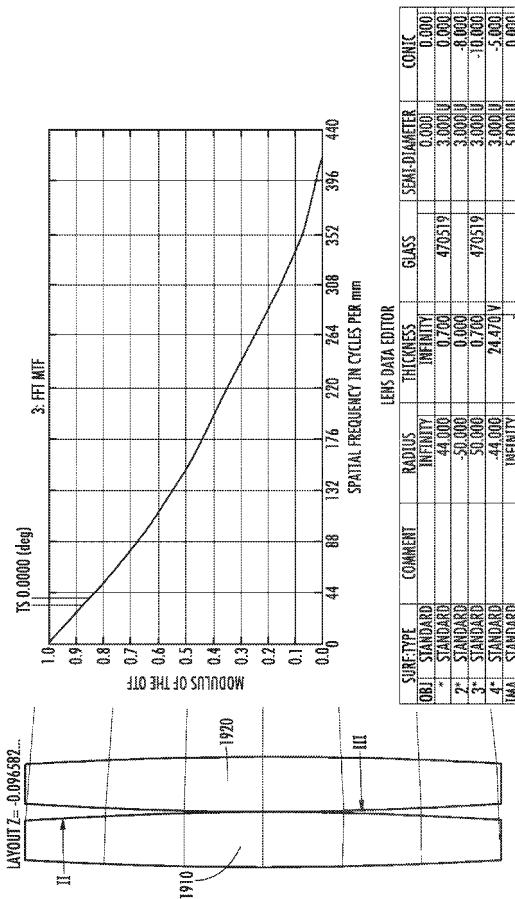
本開示に付された特許請求の範囲に述べられる発明は、本開示を全体として考慮して評価されることを意図したものである。開示される局面またはそのような局面の部分が、上述されていないやり方で組み合わせられてもよい。したがって、本発明は、開示された態様に限定されるものとみなされるべきではない。



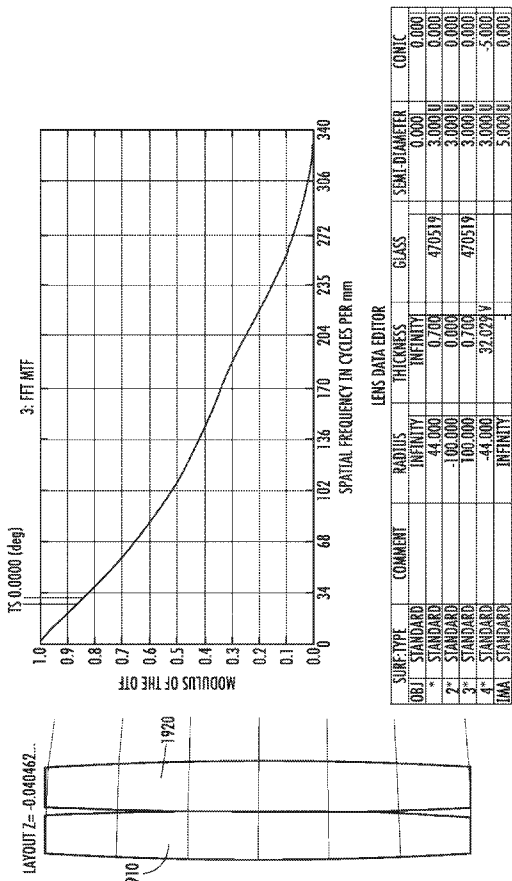
【 4 A 】



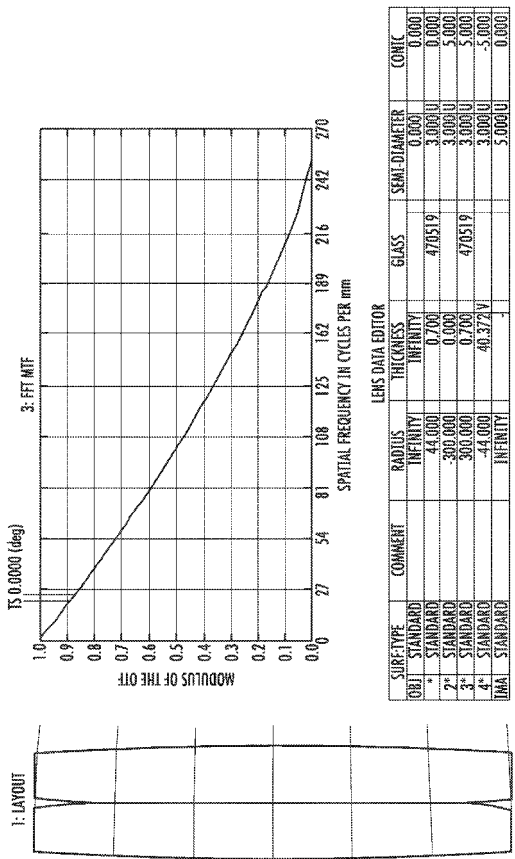
【 4 B 】



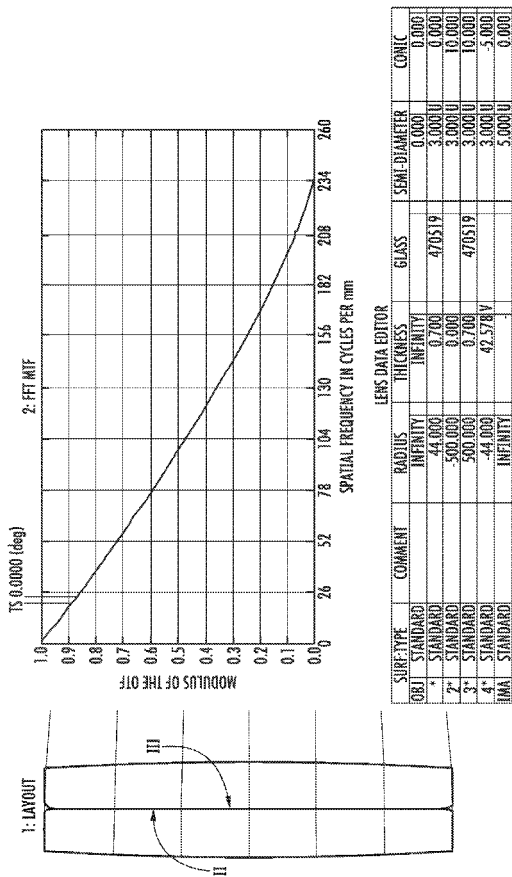
【 4 C 】



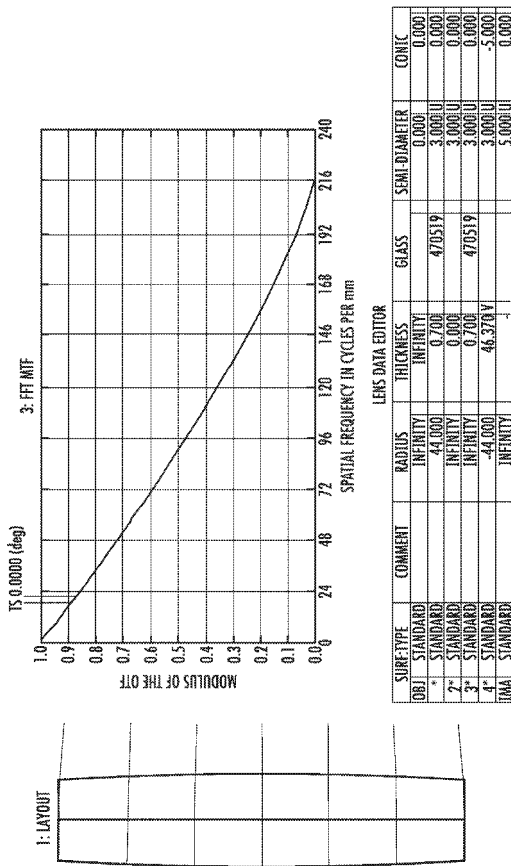
【 4 D 】



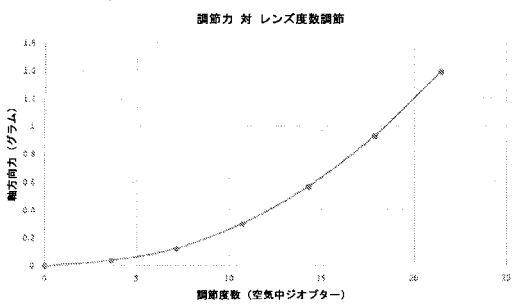
【 図 4 E 】



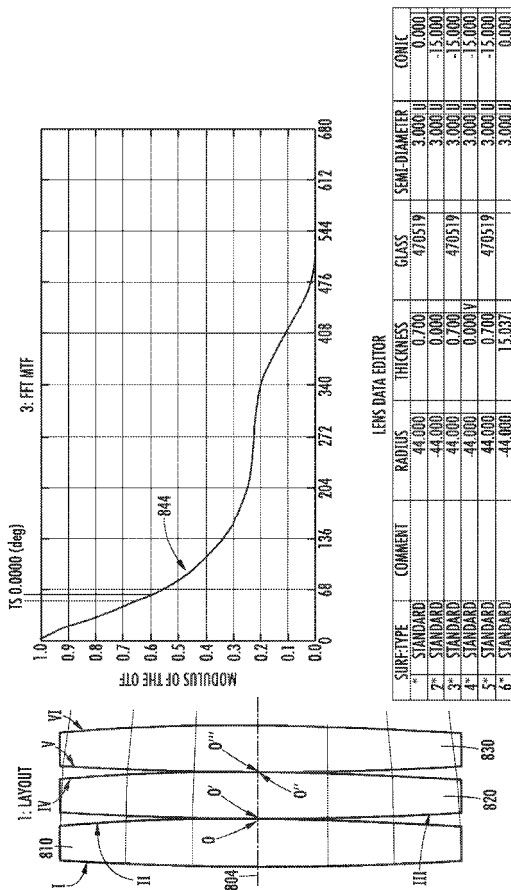
【 図 4 F 】



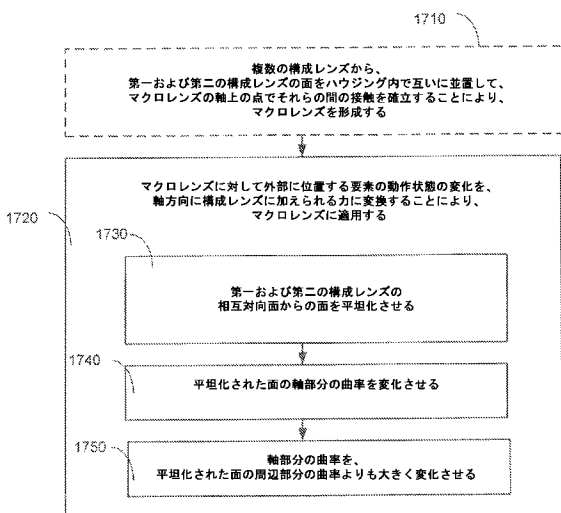
【 図 5 】



【 図 7 A 】

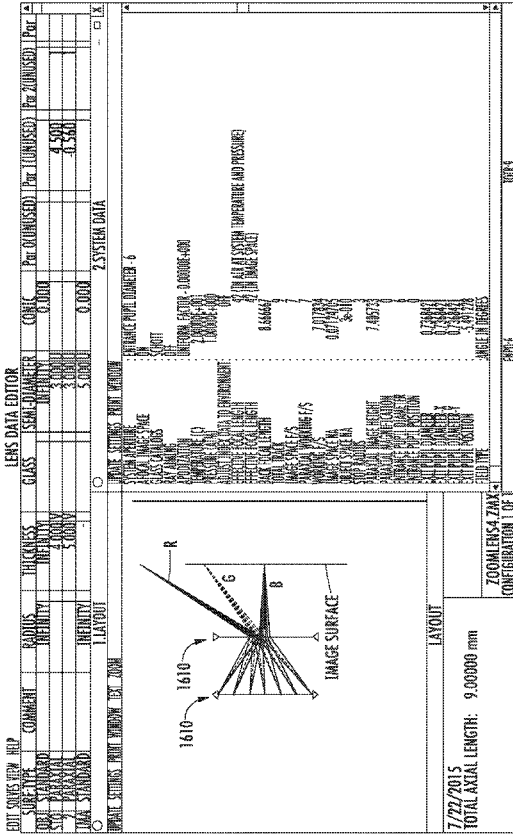


【 図 6 】

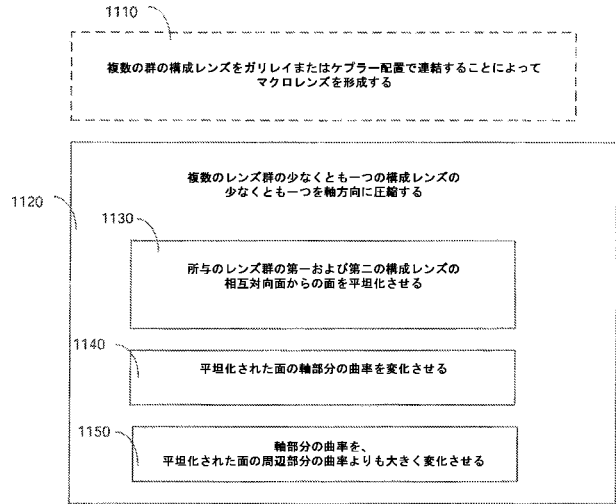




【 10 B 】



【 11 1 】



## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US 15/43965
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <b>IPC(8) - G02B 13/18 (2015.01)</b> <b>CPC - G02B 13/0055; G02B 13/006; G02B 13/0075; H04Q 2011/0026; H04N 5/23212</b> According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8): G02B 13/18 (2015.01) CPC: G02B 13/0055; G02B 13/006; G02B 13/0075; H04Q 2011/0026; H04N 5/23212 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched IPC(8): G02B 13/18 (2015.01); CPC: G02B 13/0055; G02B 13/006; G02B 13/0075; H04Q 2011/0026; H04N 5/23212 USPC: 348/344,345,347 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatBase; PubWEST; Google Scholar; Dialog Proquest Search Terms Used: lens, stressed, move, axis, aspheric, piston, surface, axis, curvature, prolate, applanation, repositionable, macro lens, element, focal, variable, distortion, bend, plunger, unstressed, motion		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X — Y — A	US 2008/0144185 A1 (WANG et al.) 19 June 2008 (19.06.2008), entire document, especially; FIG 1-3, 7-9, 18, 22-24, para [0002], [0037], [0038], [0039], [0040], [0043], [0048], [0073], [0074], [0095]	1, 3-6, 8 ----- 10 ----- 2, 7, 9, 11-31
Y — A	US 2010/0231783 A1 (BUELER et al.) 16 September 2010 (18.09.2010), entire document, especially; FIG 6A, 6B, para [0002], [0070], [0072]	10 ----- 11, 19-31
A	US 7,031,071 B2 (NISHIOKA) 18 April 2006 (18.04.2006), entire document, especially; FIG 1, col 1, ln 6-22, col 10, ln 5-33	19-31
A	US 2012/0320257 A1 (SHABTAY et al.) 20 December 2012 (20.12.2012), entire document	1-31
A	US 4,255,020 A (YUKIO) 10 March 1981 (10.03.1981), entire document	1-31
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 07 October 2015 (07.10.2015)		Date of mailing of the international search report <b>24 NOV 2015</b>
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300		Authorized officer: Lee W. Young PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(74)代理人 100142929

弁理士 井上 隆一

(74)代理人 100148699

弁理士 佐藤 利光

(74)代理人 100128048

弁理士 新見 浩一

(74)代理人 100129506

弁理士 小林 智彦

(74)代理人 100205707

弁理士 小寺 秀紀

(74)代理人 100114340

弁理士 大関 雅人

(74)代理人 100114889

弁理士 五十嵐 義弘

(74)代理人 100121072

弁理士 川本 和弥

(72)発明者 マッカファティ ショーン ジェイ .

アメリカ合衆国 8 5 7 4 7 アリゾナ州 トゥーソン サウス ジェイケンブ トレイル 5 9  
7 1

Fターム(参考) 2H087 KA01 LA01 RA27 SA13 SA17 SA19 SA62 SA63 SA74