

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7320050号  
(P7320050)

(45)発行日 令和5年8月2日(2023.8.2)

(24)登録日 令和5年7月25日(2023.7.25)

|                         |               |   |
|-------------------------|---------------|---|
| (51)国際特許分類              | F I           |   |
| G 0 3 B 17/08 (2021.01) | G 0 3 B 17/08 |   |
| G 0 2 B 7/00 (2021.01)  | G 0 2 B 7/00  | F |
| G 0 2 B 7/02 (2021.01)  | G 0 2 B 7/02  | Z |
|                         | G 0 2 B 7/02  | D |
|                         | G 0 2 B 7/02  | B |
| 請求項の数 13 (全13頁) 最終頁に続く  |               |   |

|                   |                               |          |                           |
|-------------------|-------------------------------|----------|---------------------------|
| (21)出願番号          | 特願2021-509224(P2021-509224)   | (73)特許権者 | 396000455                 |
| (86)(22)出願日       | 令和1年8月20日(2019.8.20)          |          | カール ツァイス イエナ ゲゼルシャフト      |
| (65)公表番号          | 特表2021-535424(P2021-535424 A) |          | ミット ベシュレンクテル ハフツング        |
| (43)公表日           | 令和3年12月16日(2021.12.16)        |          | ドイツ D - 0 7 7 4 5 イエナ カール |
| (86)国際出願番号        | PCT/EP2019/072261             | (74)代理人  | 100118784                 |
| (87)国際公開番号        | WO2020/043552                 |          | 弁理士 桂川 直己                 |
| (87)国際公開日         | 令和2年3月5日(2020.3.5)            | (72)発明者  | アンドレアス カイザー フォイエルシュ       |
| 審査請求日             | 令和4年4月26日(2022.4.26)          |          | タイン                       |
| (31)優先権主張番号       | 102018121367.0                |          | ドイツ連邦共和国 0 7 7 4 3 イエナ    |
| (32)優先日           | 平成30年8月31日(2018.8.31)         | (72)発明者  | オットー - リーブマン - リング 1 7    |
| (33)優先権主張国・地域又は機関 | ドイツ(DE)                       |          | マリオ ソンダーマン                |
|                   |                               |          | ドイツ連邦共和国 0 1 7 3 1 クライシ   |
|                   |                               |          | ャ オーテュー クヴォーレン タールシュ      |
|                   |                               |          | トラージェ 2 8                 |
| 最終頁に続く            |                               |          |                           |

(54)【発明の名称】 水中環境で使用するための光学システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

水中環境で使用するための光学システム(10)であって、  
前記光学システム(10)の内部(60)を周囲(50)に対して水密式に分界する筐体と、  
外面(24)を有するレンズ(20)と  
を含み、  
前記筐体は、マウント(40)を含み、前記レンズ(20)は、前記光学システム(10)が前記水中環境に置かれるとき、前記レンズ(20)の前記外面(24)が前記水中環境の水と流体接触するように前記マウント(40)内に受けられ、  
前記レンズ(20)の前記外面(24)は、アーチ型形状、特に凸形状、好ましくは球面凸形状を有し、  
前記レンズ(20)は、第一の接触面(28)を有しており、前記第一の接触面(28)は、アーチ型接触面あるいは球面接触面であり、前記マウント(40)は、第二の接触面(48)を有し、  
前記レンズ(20)は、前記光学システム(10)の前記周囲(50)の圧力が前記光学システム(10)の前記内部(60)における圧力より大きい場合、前記第一の接触面(28)が前記第二の接触面(48)に対して押し付けられるように前記マウント(40)内に配置され、  
前記第一の接触面(28)は、凸形状を有し、

前記第二の接触面(48)は、凹形状を有し、

前記第一の接触面(28)の曲率半径は、前記レンズ(20)の光軸(29)を含む平面に沿った断面において前記第二の接触面(48)の曲率半径より小さく、

前記第二の接触面(48)の前記凹形状の中心は、前記レンズ(20)の前記光軸(29)上にない、光学システム(10)。

【請求項2】

前記第一の接触面(28)の球面形状の中心は、前記レンズ(20)の前記光軸(29)上にある、請求項1に記載の光学システム(10)。

【請求項3】

前記レンズ(20)は、前記外面(24)と反対の内面(26)を有し、前記レンズ(20)の前記光軸(29)は、前記外面(24)及び前記内面(26)を通して延び、前記レンズ(20)の前記内面(26)は、アーチ型形状、特に凹形状、好ましくは球面凹形状を有する、請求項1又は2に記載の光学システム(10)。

10

【請求項4】

弾性中間層及び/又は接着剤は、前記第一の接触面(28)と前記第二の接触面(48)との間に配置される、請求項1～3の何れか一項に記載の光学システム(10)。

【請求項5】

前記弾性中間層及び/又は前記接着剤は、前記レンズ(20)の前記外面(24)への圧力が増大すると、前記レンズ(20)と前記マウント(40)との間の密閉効果が増大されるように形成される、請求項4に記載の光学システム(10)。

20

【請求項6】

前記マウント(40)は、アンダーカット(42)を有し、前記アンダーカット(42)の面(43)は、前記光学システム(10)が前記水中環境に置かれるとき、前記水中環境との流体接続を有する、請求項1～5の何れか一項に記載の光学システム(10)。

【請求項7】

前記アンダーカット(42)は、前記アンダーカット(42)の位置において、前記マウント(40)が、前記レンズ(20)の前記光軸(29)に垂直な直径であって、前記レンズ(20)の前記光軸(29)に垂直な前記レンズ(20)の直径に実質的に対応する直径を有するように具現化される、請求項6に記載の光学システム(10)。

【請求項8】

さらなる光学素子、特にさらなるレンズを含み、前記さらなる光学素子は、前記レンズ(20)が前記マウント(40)と共に前記筐体の残りの部分に対して移動するとき、前記さらなる光学素子が、前記レンズ(20)と前記さらなる光学素子との間の距離に実質的に変化がないように相応に移動されるように、前記マウント(40)の一部に剛体的に接続される、請求項1～7の何れか一項に記載の光学システム(10)。

30

【請求項9】

前記レンズ(20)の前記第一の接触面(28)は、研磨及び/又はエッチングされる、請求項1～8の何れか一項に記載の光学システム(10)。

【請求項10】

前記レンズ(20)は、前記光学システム(10)の前記周囲における前記圧力が前記光学システム(10)の前記内部(60)における前記圧力と等しいとしても、前記レンズ(20)が前記第一の接触面(28)で前記第二の接触面(48)に対して押し付けられるように、プリテンションをかけて前記マウント(40)内に配置される、請求項1～9の何れか一項に記載の光学システム(10)。

40

【請求項11】

円柱の側面の形状の側面(27)は、前記レンズ(20)の前記外面(24)と、前記レンズ(20)の前記第一の接触面(28)との間に形成される、請求項1～10の何れか一項に記載の光学システム(10)。

【請求項12】

前記側面(27)は、前記レンズ(20)の前記光軸(29)に対して同軸的に延びる

50

、請求項 1 1 に記載の光学システム ( 1 0 ) 。

【請求項 1 3】

前記レンズ ( 2 0 ) の前記第一の接触面 ( 2 8 ) と、前記マウント ( 4 0 ) の前記第二の接触面 ( 4 8 ) との間の領域を密閉するためのシール ( 3 0 ) をさらに含む、請求項 1 ~ 1 2 の何れか一項に記載の光学システム ( 1 0 ) 。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1】

本発明は、水中環境で使用するための光学システムに関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2】

水中環境で使用される光学レンズ、すなわち特に ( カメラ ) レンズは、潜水深度に応じて光学システムに作用する高い圧力に耐えられなければならない。通常、機械的な光電気システムは、その中で準一定の ( ガス ) 圧力状態が保持される筐体によって水中環境の水から閉じ込められる。周囲又は周囲の一部を視覚的に捕捉すべき光学システムは、筐体内において、周囲に対する光学的に透明な界面 ( 光学ポートとも呼ばれる ) が必要である。そのために、光学ポートは、光機能材料 ( 一般にガラス ) で製作された光学的に透明な構成要素を含み、それが水中環境と直接接触する。したがって、光学的に透明な構成要素は、潜水深度に依存する水中環境の高い圧力及び圧力変化に耐えられなければならない。

【 0 0 0 3】

水中環境で使用するためのこれまでに知られている光学システムでは、光学的に透明な構成要素に関する機能的な要求事項は、主として機械的耐荷重能力、すなわち筐体内部の耐荷重能力の点で周囲媒質に関する機械的に十分な分界に限定され、光学イメージング効果は、できるだけ中立的とされる。先行技術に含まれる光学的に透明な構成要素の実施形態は、平坦なプレート又は同心円状のメニスカス / ドーム状の光学ユニットであり、それが平坦又は円錐設計の要素 ( 例えば、45度の半開口角 ) 上で筐体に対して保持及び支持される。

【 0 0 0 4】

したがって、先行技術における光学的に透明な構成要素は、光学イメージング特性に不利な影響を与える / 利益とならない効果を有する追加的な構成要素として使用される。光学イメージングシステムの前側に配置される構成要素として、光学的に透明な構成要素は、光学イメージングシステムによって要求されるイメージング特性にとって十分な開口を有していなければならない。その結果、光学ポートの光学的に透明な構成要素及びしたがって周囲圧力にさらされるその区域は、光学イメージングシステムの第一のレンズの機能的に必要とされる寸法より大きくなる。その結果、周囲圧力から生じる、その区域に比例する負荷のために、光学ポートの透明な構成要素の設計にとって不利な境界条件がある。

【 0 0 0 5】

先行技術に対応する光学システムの欠点は、光学的に透明な構成要素が、外圧による大きい負荷を受ける、システム内の追加的な必須要素であることであり、なぜなら、一般に、これを、光学イメージングシステムの第一のレンズの機能的に必要とされる寸法より実質的に大きくして、第一のレンズにとって十分な開口を提供しなければならず、これは、特に縁で保持されるタイプの場合、製造が複雑であり、光学的に中立的な効果を限定的にのみ実現できるからである。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6】

本発明は、高い機械的耐荷重能力を有し、良好な光学特性を有し、技術的観点から製造しやすい、水中環境で使用するための光学システムを強調するという目的に基づく。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7】

10

20

30

40

50

この目的は、請求項 1 に記載の光学システムによって達成される。

【0008】

特に、この目的は、水中環境で使用するための光学システムによって達成され、この光学システムは、光学システムの内部を周囲に対して水密式に分界する筐体と、外面を有するレンズとを含み、筐体は、マウントを含み、レンズは、光学システムが水中環境に置かれるとき、外面が水中環境の水と流体接触するようにマウント内に受けられ、レンズの外面は、アーチ型形態、特に凸形状、好ましくは球面凸形状を有し、レンズは、第一の（凹状又は凸状の）アーチ型接触面、特に球面接触面を有し、及びマウントは、第二の接触面を有し、レンズは、光学システムの周囲の圧力が光学システムの内部における圧力より大きい場合、第一の接触面が第二の接触面に対して押し付けられるようにマウント内に配置される。

10

【0009】

この光学システムの利点は、レンズが、光学的に能動的な構成要素となり得ることである。これにより、光学システムの部品点数を減らし、光学システムの光学性能を高めることができる。レンズ又はレンズの外面の寸法及びしたがって外圧にさらされるその区域は、光学機能的に必要な程度まで縮小できる。さらに、光学システムは、非常に良好な光学特性を有し、それは、水中環境の水と接触するレンズを相応に設計又は計算できるからである。第一の接触面の形状により、水中環境で生じる、潜水深度に依存する（可変的な）力に特によく耐えることが可能である。さらに、第一の接触面は、特に高い精度で費用対効果の高い方法によって製作できる。特に、第一の接触面は、従来の光学的手法を用いて技術的に簡単に精密に製作でき、従来の測定方法を用いて測定でき、第一の接触面の品質を評価することが可能である。その結果、レンズ及びしたがって光学システムは、損傷を受けることなく、特に高い圧力に耐えることができる。第一の接触面は、第二の接触面と直に若しくは直接的に当接／接触することができるか、又は第一の接触面と第二の接触面との間に追加の材料、すなわちレンズの材料と同じでなく、且つマウントの材料と同じでない材料の、その少なくともある部分又は全体にわたって存在する中間層があり得る。水中環境では、第一の接触面は、第二の接触面の一部のみと当接し得るか、又は第一の接触面の一部は、第二の接触面若しくは第二の接触面の一部に対して押し付けられ得る。

20

【0010】

1つの実施形態によれば、第一の接触面の球面形状の中心は、レンズの光軸上にある。その利点は、第一の接触面を技術的に簡単な方法において特に高い精度で製作できることである。

30

【0011】

1つの実施形態によれば、レンズは、外面と反対の内面を有し、レンズの光軸は、外面及び内面を通して延び、レンズの内面は、アーチ型形状、特に凹形状、好ましくは球面凹形状を有する。その利点は、光学システムの部品点数が特に少ないことである。

【0012】

1つの実施形態によれば、レンズの第一の接触面は、凸形状を有し、マウントの第二の接触面は、第一の接触面の凸形状の曲率半径に実質的に対応する曲率半径を有する凹形状を有する。その結果、第一の接触面と第二の接触面との間に特に大きい面積の接触がある。したがって、水中環境の圧力から生じる力をマウントに伝達でき、張力がほとんど発生しない。第二の接触面は、例えば、従来の機械加工方式によって製作できる。製造されるレンズの第一の接触面は、従来の光学製作方法を用いて技術的に容易に製作でき、光学部品の製造から、従来の測定技術を利用して高い精度で測定及び評価することができる。その結果、実現される品質に関して、レンズをマウントの第二の接触面と最適な方法で組み合わせることができる。

40

【0013】

1つの実施形態によれば、第一の接触面は、凸形状を有し、第二の接触面は、凹形状を有し、第一の接触面の曲率半径は、レンズの光軸を含む平面に沿った断面において第二の接触面の曲率半径より小さく、第二の接触面の凹形状の中心は、レンズの光軸上にない。

50

レンズ、マウント及び存在し得る中間層の理想的な形状及び剛性の場合、円形の線状接触部ができる。実際には、当接区域又はヘルツ応力のかかる区域、すなわち第一の接触面と第二の接触面とが当接する区域、レンズの光軸に関して対称に形成される環状又はリング状の区域は、第一及び第二の接触面の接触領域内に形成される。結果的に生じる機械的応力は、当接区域若しくはヘルツ応力のかかる区域の相対位置（すなわち位置及び向き）、第一の接触面と第二の接触面との曲率半径の比、第一の接触面若しくはレンズ及び第二の接触面又はマウントのヤング係数及び存在し得る中間層の材料の材料特性によって影響を受ける。当接区域又はヘルツ応力のかかる区域の形状及びしたがって基本的な接触状況は、製造偏差及び/又は動作中の負荷による変形により、レンズ形状及び/又はマウント形状の形態及び寸法に違いが生じても変化しないままに保たれる。当接区域又はヘルツ応力を受ける区域の相対位置及び配置は、プロセス中に変化する。第一の接触面と第二の接触面とは、光学システムが損傷を受けずに特に高い圧力に耐えることができるように設計、又は考案、又は製作できる。

10

## 【0014】

1つの実施形態によれば、弾性中間層及び/又は接着剤は、第一の接触面と第二の接触面との間に配置される。その結果、レンズ及び/又はマウントが変形したときに生じる力又は応力は、特によく又は均一に分散させることができ、特に柔軟なマウントの構成要素の局所的な塑性変形の発生を確実に回避することが可能である。したがって、光学システム又はレンズは、さらに高い圧力に確実に耐えることができる。

## 【0015】

1つの実施形態によれば、弾性中間層及び/又は接着剤は、レンズの外面への圧力が増大すると、レンズとマウントとの間の密閉効果が増大されるように形成される。その利点は、高い圧力を受けても、第一の接触面と第二の接触面との間の領域及びしたがって筐体の内部への水の浸入が自己強化シールによって特に確実に回避されることである。

20

## 【0016】

1つの実施形態によれば、マウントは、アンダーカットを有し、アンダーカットの面は、光学システムが水中環境に置かれるとき、水中環境との流体接続を有する。その利点は、周囲圧力、すなわち水の圧力の場合、マウントの領域に力が直接短時間にわたって導入されることにより、マウントへの曲げ負荷及びしたがってマウント領域、すなわち第一及び第二の接触面の領域において生じる変形が最小化される。したがって、これにより、マウントの変形及び/又はマウントの曲げによる当接区域又はヘルツ応力を受ける区域の実質的な変化が回避される。したがって、光学システムは、特に高い圧力に特に確実に耐えることができる。

30

## 【0017】

1つの実施形態によれば、アンダーカットは、アンダーカットの高さにおいて、マウントが、レンズの光軸に垂直な直径であって、レンズの光軸に垂直なレンズの直径に実質的に対応する直径を有するように具現化される。その利点は、マウントの曲げ又は変形がレンズの領域又は第二の接触面の領域において最小化されることである。したがって、光学システムは、さらに高い圧力に確実に耐えることができる。

## 【0018】

1つの実施形態によれば、光学システムは、さらなる光学素子、特にさらなるレンズを含み、さらなる光学素子は、レンズがマウントと共に筐体の残りの部分に対して移動するとき、さらなる光学素子が、レンズとさらなる光学素子との間の距離に実質的に変化がないように相応に移動されるように、マウントの一部に剛体的に接続される。その利点は、高圧での負荷によってレンズ又はマウントが変位した場合でも、光学システムのイメージング品質が変化しないことである。さらなる光学素子は、レンズと共に変位し、そのため、さらなる光学素子とレンズとの間の距離は、変化しない。

40

## 【0019】

1つの実施形態によれば、レンズの第一の接触面は、研磨及び/又はエッチングされる。その結果、第一の接触面の深い損傷、又は微視亀裂、又は亀裂の核を技術的な容易な方

50

法によって確実に除去又は回避ノ最小化できる。したがって、発生した力をマウントに特に安全且つ確実に伝達又は誘導できる。その結果、光学システムは、さらに高い圧力に確実に耐えることができる。

【 0 0 2 0 】

1つの実施形態によれば、レンズは、光学システムの周囲における圧力が光学システムの内部における圧力と等しいとしても、レンズがその第一の接触面で第二の接触面に対して押し付けられるように、プリテンションをかけてマウント内に配置される。特に、第一のレンズは、通常の圧力のものの少なくとも10倍、好ましくは少なくとも50倍の力に対応する力でレンズが第二の接触面に押し付けられるようにプリテンションをかけられ得る。これにより、周囲が通常の圧力であっても、マウントに対するレンズの位置が常に同じままであることが確実になる。それにより、光学システムの信頼性が高まる。

10

【 0 0 2 1 】

1つの実施形態によれば、円柱の側面の形状の側面は、レンズの外面と、レンズの第一の接触面との間に形成される。これにより、レンズのセンタリングが技術的に容易に可能となる。さらに、側面は、シーリング要素とのシーリングのためのシール面の役割を果たすことができる。

【 0 0 2 2 】

1つの実施形態によれば、側面は、レンズの光軸に対して同軸的に延びる。その利点は、力が外面から第一の接触面に特に確実に伝達されることである。したがって、レンズは、高い圧力に特に確実に耐えることができる。

20

【 0 0 2 3 】

1つの実施形態によれば、光学システムは、レンズの第一の接触面と、マウントの第二の接触面との間の領域を密閉するためのシールをさらに含む。これにより、周囲圧力が高くても、技術的に容易な方法で水の浸入が確実に防止される。さらに、第一の接触面と第二の接触面との接触は、シールとは無関係である。これにより、光学システムの信頼性ははるかに向上する。

【 0 0 2 4 】

表面の球面形状とは、特にその表面が球面区画であることを意味する。

【 0 0 2 5 】

特に、光学システムは、深海環境 (> 200 m) で発生する圧力に損傷せずに耐えることができるように具現化できる。さらに、光学システムは、特に、光学システムが、浮上時又は深海への潜水時に生じる圧力差に耐えることができるように具現化できる。

30

【 0 0 2 6 】

好ましい実施形態は、特許請求の範囲の従属請求項から明らかである。以下では、本発明を例示的实施形態の図面に関してより詳細に説明する。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 7 】

【 図 1 】 本発明による光学システムの第一の実施形態の断面図を示す。

【 図 2 】 本発明による光学システムの第二の実施形態のレンズの断面図を示す。

【 図 3 】 本発明による光学システムの第三の実施形態の断面図を示す。

40

【 図 4 】 図 3 の光学システムの概略詳細図を示す。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 8 】

以下の説明では、同じ部品及び同じ効果を有する部品に同じ参照符号が用いられる。

【 0 0 2 9 】

図 1 は、本発明による光学システム 10 の第一の実施形態の断面図を示す。光学システム 10 は、レンズ 20 と筐体とを含み、レンズ 20 は、筐体のマウント 40 に受けられる。筐体は、周囲 50 に対して内部 60 を分界する。光学システム 10 は、水中環境のために具現化される。これは、光学システム 10 及び筐体又はマウント 40 も高圧 (例えば、数百バールの圧力) に耐え得ることを意味する。

50

## 【 0 0 3 0 】

例えば、光学システム 1 0 は、水中カメラに用いられ得るか又は水中カメラであり得る。

## 【 0 0 3 1 】

レンズ 2 0 は、光学ポートとなり、これは、内部 6 0 と周囲 5 0 との間の、筐体を通過する光学的に透過的又は透明な接続を形成する。このようにして、周囲 5 0 からの光が筐体内に入ることができる。

## 【 0 0 3 2 】

レンズ 2 0 は、外面 2 4 を有し、これは、水と接触するように具現化される。これは、光学システム 1 0 が水中環境に置かれるとき、水がレンズ 2 0 の外面 2 4 と接触又は当接することを意味する。したがって、レンズ 2 0 は、周囲 5 0 に対する内部 6 0 の外側境界となる。

10

## 【 0 0 3 3 】

レンズ 2 0 の外面 2 4 は、アーチ型形状を有し、すなわち、レンズ 2 0 の外面 2 4 は、平坦ではない。レンズ 2 0 の外面 2 4 は、球面形状を有することができる。図 1 では、外面 2 4 は、球面凸形状であり、すなわち周囲 5 0 に向かってアーチ型である。

## 【 0 0 3 4 】

しかしながら、レンズ 2 0 の外面 2 4 が非球面形状を有することも想定される。例えば、外面 2 4 は、複数の小区画を有することができる、その各々は、相互に異なる曲率半径の球面形状である。

## 【 0 0 3 5 】

レンズ 2 0 の外面 2 4 が球面凹形状、すなわち内部 6 0 に向かってアーチ型の形状を有することも想定される。

20

## 【 0 0 3 6 】

レンズ 2 0 の外面 2 4 は、レンズ 2 0 の内面 2 6 の反対側にある。光軸 2 9 は、レンズ 2 0 の中心を通り、したがって外面 2 4 及び内面 2 6 を通して延びる。内面 2 6 は、球面凹形状を有し、すなわち内部 6 0 とは反対に向かうアーチ型である。内面 2 6 の曲率中心は、レンズ 2 0 の光軸 2 9 上にある。

## 【 0 0 3 7 】

レンズ 2 0 は、第一の接触面 2 8 を有する。第一の接触面 2 8 は、マウント 4 0 に面する。第一の接触面 2 8 は、外面 2 4 とは反対側にある。第一の接触面 2 8 は、マウント 4 0 の第二の接触面 4 8 と接触するように形成される。図 1 では、第一の接触面 2 8 は、マウント 4 0 の第二の接触面 4 8 に直に又は直接的に当接する。これは、第一の接触面 2 8 と第二の接触面 4 8 との間にさらなる中間層又はその他がないことを意味する。したがって、レンズ 2 0 の外面 2 4 に圧力が加わると、第一の接触面 2 8 は、第二の接触面 4 8 に押し付けられる。

30

## 【 0 0 3 8 】

第一の接触面 2 8 は、球面形状を有し、第一の接触面 2 8 の曲率中心は、レンズ 2 0 の光軸 2 9 上にある。図 1 では、第一の接触面 2 8 は、球面凸形状を有する。第二の接触面 4 8 は、球面凹形状を有する。第二の接触面 4 8 の曲率中心は、レンズ 2 0 の光軸 2 9 上にある。

40

## 【 0 0 3 9 】

いわば、第一の接触面 2 8 は、レンズ 2 0 の内面 2 6 を取り囲むように延びる。第一の接触面 2 8 は、球面面取り部又は切子面である。

## 【 0 0 4 0 】

第一の接触面 2 8 と第二の接触面 4 8 との曲率半径は、同等の大きさであるか又は同じである。その結果、第一の接触面 2 8 と第二の接触面 4 8 とは、広い面積にわたって当接する。したがって、第一の接触面 2 8 は、大部分において、第二の接触面 4 8 に対して相補的又は合同且つ同心円状に具現化される。周囲 5 0 又は周囲 5 0 の水がレンズ 2 0 の外面 2 4 に対して押し付けられると、第一の接触面 2 8 は、大きい面積にわたって第二の接触面 4 8 に押し付けられる。その結果、発生する力は、マウント 4 0 内に誘導され、特に

50

ほとんど張力が発生しない。したがって、レンズ 20 及びマウント 40 に生じる機械的応力の大きさを小さく保つことができる。

【0041】

第一の接触面 28 と第二の接触面 48 とが当接する領域（いわゆる当接区域又はヘルツ応力を受ける区域）は、リング状の球状セグメントの形状を有する。

【0042】

レンズ 20 の第一の接触面 28 は、研磨及び / 又はエッチングされ得る。これにより、レンズ 20 の微視亀裂、及び / 又は深い損傷、及び / 又は亀裂の核が最小限となる。したがって、レンズ 20 は、より高い圧力に耐えることができる。

【0043】

第一の接触面 28 の形状は、非常に精密に製作できる。さらに、形状は、非常に正確に捕捉でき、したがって従来の光学測定方法を用いて評価できる。したがって、第一の接触面 28 は、技術的に簡単な方法において非常に高い精度で製作できる。したがって、光学システム 10 は、特に第二の接触面 48 も同様に非常に高い精度を有する場合、特に高い圧力に耐えることができる。

【0044】

第一の接触面 28 により、レンズ 20 をマウント 40 内でセンタリングするか、又は前記レンズをマウント 40 に対して所望の位置に整列させることが可能である。

【0045】

側面 27 は、レンズ 20 の外面 24 と、レンズ 20 の第一の接触面 28 との間に配置される。側面 27（外側円柱面とも呼ばれる）は、直線の円柱形の側面に対応する。側面 27 は、レンズ 20 の光軸 29 に対して同軸的に延びる。

【0046】

第一の接触面 28 と第二の接触面 48 との間の領域を密閉するためのシール 30 は、マウント 40 に接続され、側面 27、すなわち外側円柱面とマウント 40 との間の領域をカバーする。これにより、第一の接触面 28 と第二の接触面 48 との間の領域への水の浸入を確実に防止できる。

【0047】

光学システム 10 は、内部 60 内にさらなる光学素子を含むことができる。レンズ 20 は、ガラス材料を含み、通常、ガラス材料からなる。

【0048】

弾性中間層は、第一の接触面 28 と第二の接触面 48 との間に配置できる。弾性中間層は、第一の接触面 28 が変形したとしても、発生する局所的な表面圧力を下げることができる。特に、中間層は、製造上の不正確さ及び / 又は沈下の兆候を補償できる。例えば、弾性中間層は、弾性材料からなるか又はそれを含むことができる。弾性中間層が存在する場合、第一の接触面 28 と第二の接触面 48 とは、相互に直接 / 直に当接又は接触せず、間接的である。

【0049】

弾性中間層とシール 30 とは、自己強化シーリングシステムが存在するように具現化できる。これは、シール 30 又は中間層のシーリング効果がレンズ 20 の外面 24 への圧力の増大に伴って増大することを意味する。中間層の代わりに又はそれに加えて、接着剤又はセメントを第一の接触面 28 と第二の接触面 48 との間に配置できる。

【0050】

弾性中間層が存在する場合、第二の接触面 48 の曲率半径を設定する際、その厚さを考慮できる。第一の接触面 28 及び第二の接触面 48 の曲率半径は、したがって、依然として実質的に同じであるが、わずかに（例えば、1%未満）異なり得る。

【0051】

レンズ 20 は、光学システム 10 の周囲 50 が標準圧（1.01325 バール）にあるとき、第一の接触面 28 が、外面への標準圧より高い圧力の効果に対応する力で第二の接触面 48 に押し付けられるようにマウント 40 内に配置される。特に、第一の接触面 28

10

20

30

40

50

は、レンズ 20 の外面に標準圧のみがかかる一方、レンズの外面への約 50 パール又は約 100 パールの圧力に対応する力で第二の接触面に押し付けられるようにすることができる。したがって、光学システム 10 が標準圧の周囲 50 内にあるとき、マウント 40 に対するレンズ 20 の移動が確実に防止される。レンズ 20 の第一の接触面 28 は、周囲 50 の圧力が光学システム 10 の内部 60 の圧力に対応する場合でも（例えば、光学システムが水中環境の外にあっても）、スクリーニング 35 又はプリテンションリング若しくはロッキングリングによって第二の接触面 48 に押し付けることができる。スクリーニング 35 は、中間層がある場合に必要に応じて部分的にレンズ 20 の外面 24 上に配置される。

【0052】

図 2 は、本発明による光学システム 10 の第二の実施形態のレンズ 20 の断面図を示す。

【0053】

凸状の第一の接触面 28 の曲率中心がレンズ 20 の光軸 29 上にあることは、特に図 2 においてよくわかる。側面 27、すなわち第一の接触面 28 と外面 24 との間のレンズ 20 の外面は、図 2 では図 1 のレンズ 20 の場合より大きい。

【0054】

図 3 は、本発明による光学システム 10 の第三の実施形態の断面図を示す。図 4 は、図 3 の光学システム 10 の概略詳細図を示す。

【0055】

図 3 に示される実施形態において、第一の接触面 28 と第二の接触面 48 とは、図 1 に示される実施形態と異なる形状を有する。

【0056】

第一の接触面 28 は、凸形状を有する。第一の接触面 28 の曲率中心は、レンズ 20 の光軸 29 上にある。第二の接触面 48 は、凹形状を有する。第二の接触面 48 の曲率中心は、光学システムの光軸 29 又は対称中心軸上にない。第一の接触面 28 及び第二の接触面 48 が理想的な剛体的形状である場合、第一の接触面 28 と第二の接触面 48 とは、その結果、光軸 29 に対して円形に軸対称となるように延びる線（いわば数学的に考えて）に沿って当接する。第一の接触面 28 が第二の接触面 48 に押し付けられると、レンズ 20 及び / 又はマウント 40 の弾性変形により、ある区域（いわゆる当接区域又はヘルツ応力を受ける区域）が形成され、この区域は、レンズ 20 の光軸の周囲で環状又はリング型軸対称となるように形成される。

【0057】

第一の接触面 28 及び第二の接触面 48 の曲率中心は、第一の接触面 28 と第二の接触面 48 とが当接する当接区域に垂直な直線上にある。

【0058】

形状の偏差及び / 又は寸法の偏差がレンズ 20 の外面 24 への高圧による負荷から生じたとき、当接区域又はヘルツ応力を受ける区域の形状は、実質的に変化しないままである。当接区域又はヘルツ応力を受ける区域の相対位置及び大きさのみが変化する。これは、例えば、有限要素法を用いたシミュレーションで計算できる。

【0059】

第一の接触面 28 と第二の接触面 48 との間の当接区域又はヘルツ応力を受ける区域は、したがって、レンズ 20 の対称軸又は光軸に関して対称である形状を有する。図 4 に示される断面図において、当接区域は、点状である（理想的な剛体レンズ 20 及び理想的な剛体マウント 40 の場合）。第一の接触面 28 と第二の接触面 48 との間の当接区域又はヘルツ応力を受ける区域は、レンズ 20 及び / 又はマウント 40 の変形がより小さいことから、リング状漏斗の一部の形状又は実際には円錐台の側面の形状を有する。したがって、当接区域又はヘルツ応力を受ける区域の光軸に平行な断面は、線の形状を有する。

【0060】

中間層及び / 又は接着剤が第一の接触面 28 と第二の接触面 48 との間に配置された場合、2 つの接触面 28、48 は、相互に直に / 直接的に当接しない。中間層がなければ 2

10

20

30

40

50

8、48が当接することになる領域は、中間層又は接着剤が存在すると相互に押し付け合う。

【0061】

第一の接触面28及び第二の接触面48の曲率半径は、シミュレーション（例えば、有限要素法を使用する）において、機械的応力が、水中環境で想定される圧力を受けたときにレンズ又は光学システムが損傷を受けずに耐えることができる程度に限定されるように特定又は最適化できる。その結果、レンズ20又は光学システム10は、特に高い圧力にも耐えることができる。

【0062】

シールが側面27とマウント40との間に配置される。シール30は、側面27又は外側円柱面とマウント40との間の領域を水密的に密閉する。これにより、第一の接触面28と第二の接触面48との間又は側面27とマウント40との間への水の浸入が確実に防止される。

10

【0063】

マウント40は、レンズ20の光軸の周囲に延びるアンダーカット42又はノッチ若しくはくびれを有する。アンダーカット42の高さにおいて、レンズ20の光軸29に垂直なマウント40の直径は、マウント40の残りの領域より小さい。アンダーカット42又はアンダーカットの面43は、周囲50と流体接続される。これは、例えば、水中環境において、水がレンズ20の外表面24及びマウントの外表面に対して押し付けられるのと同じ圧力の水がアンダーカット42内にあることを意味する。その結果、第一の接触面28及び第二の接触面48の領域の曲げモーメントは、短い直接的な力経路によって最小化され、これは、アンダーカット42内の水が、いわばレンズ20に隣接するマウント40の縁領域70に押し付けられる水に対して押し付けられるからである。これにより、第二の接触面48の変形が最小化又はさらに阻止される。したがって、これは、当接区域の変化を防止する。別の表現をすれば、マウント40の筐体の外表面及びアンダーカット42の面43は、アンダーカット42と同じ圧力レベルにさらされる。したがって、マウント40の縁領域では、短い直接的な力の流れができ、曲げモーメントが生じない。その結果、第一の接触面28及び第二の接触面48の領域でマウント40への曲げ負荷が最小となる。

20

【0064】

アンダーカット42の高さでは、レンズ20の光軸29（光軸29は、図3では上から下又はその逆に延びる）に垂直なマウント40の直径は、レンズ20の光軸29に垂直なレンズ20の直径に実質的に対応する。その結果、曲げ負荷及びそれに起因するマウント40の一部の変形は、第二の接触面48の領域で最小化される。水中環境では、アンダーカット42内の水は、マウント40の縁領域70の、レンズ20の外表面24の高さの部分（高さは、図3では上から下又はその逆に延びる）に押し付けられる水に対して押し付けられる。したがって、曲げモーメントは、第一の接触面28及び第二の接触面48から常に遠ざけられる。

30

【0065】

光学システム10は、さらなる光学素子（例えば、さらなるレンズ、CCDセンサ等）（図示せず）を含む。さらなる光学素子は、レンズ20の反対に面するマウント40の平面71又は第二の接触面48に固定され、マウント40に隣接する筐体のさらなるの部分に直に／直接固定されない。周囲50の水圧によってレンズ20及びマウント40が筐体のさらなる部分に対して軸方向に変位した場合（すなわち光軸29に沿って変位した場合）、さらなる光学素子は、レンズ20の変位と同じ量だけ変位する。したがって、光学システム10の光学素子間の距離は、周囲50の圧力に関係なく変化しないままである。したがって、光学システム10の光学イメージング品質は、変化しないままである。

40

【0066】

図では、マウント40の筐体は、それぞれ一部のみ示されている。

【符号の説明】

【0067】

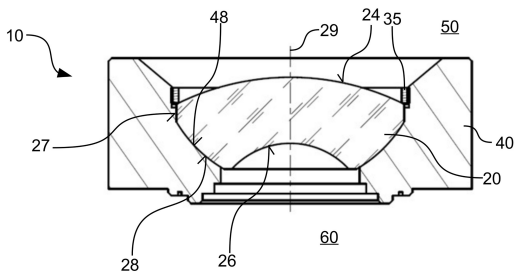
50

- 1 0 光学システム
- 2 0 レンズ
- 2 4 外面
- 2 6 内面
- 2 7 側面
- 2 8 第一の接触面
- 2 9 レンズの光軸
- 3 0 シール
- 3 5 スクリューリング
- 4 0 マウント
- 4 2 アンダーカット
- 4 3 アンダーカットの面
- 4 8 第二の接触面
- 5 0 周囲
- 6 0 内部
- 7 0 マウントの縁領域
- 7 1 マウントの平面

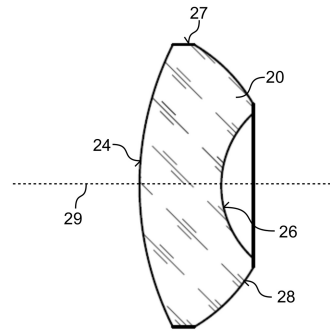
10

【図面】

【図 1】



【図 2】



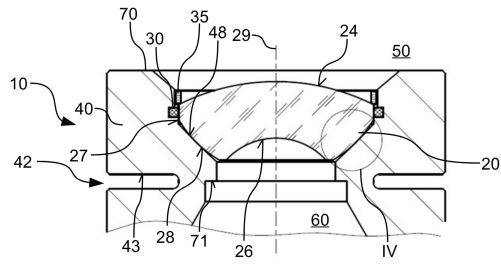
20

30

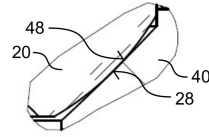
40

50

【 図 3 】



【 図 4 】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I  
G 0 2 B 7/02 A

(72)発明者 アンドレア バーナー

ドイツ連邦共和国 0 7 7 4 5 イエナ ミッテルシュトラッセ 6 5

(72)発明者 ハンス ラング

ドイツ連邦共和国 0 7 7 4 9 イエナ ツィーゲンハイン シュトラッセ 5 9

(72)発明者 デルク デューリンク

ドイツ連邦共和国 9 9 0 9 4 エアフルト シャルベルクヴェック 1 4

(72)発明者 ウーヴェ ウェーバー

ドイツ連邦共和国 7 3 4 3 2 アーレン ロスブルネンヴェッグ 1 2

(72)発明者 トビアス ハッケル

ドイツ連邦共和国 9 9 8 1 7 アイゼナハ メンヒシュトラッセ 3

審査官 藏田 敦之

(56)参考文献

特開 2 0 0 9 - 2 4 4 3 8 6 ( J P , A )

特開昭 6 1 - 1 2 1 0 1 9 ( J P , A )

特開 2 0 1 3 - 2 5 4 0 3 9 ( J P , A )

特開 2 0 0 9 - 0 2 5 5 9 1 ( J P , A )

特開 2 0 0 2 - 1 1 6 4 9 1 ( J P , A )

中国特許出願公開第 1 2 8 3 7 9 8 ( C N , A )

中国実用新案第 2 0 3 8 4 9 4 8 7 ( C N , U )

韓国公開実用新案第 2 0 - 2 0 1 4 - 0 0 0 2 1 7 1 ( K R , U )

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

G 0 2 B 7 / 0 0 - 7 / 2 4

G 0 3 B 1 7 / 0 4 - 1 7 / 1 7

H 0 4 N 5 / 2 2 2 - 5 / 2 3 5