

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2007 年 10 月 18 日 (18.10.2007)

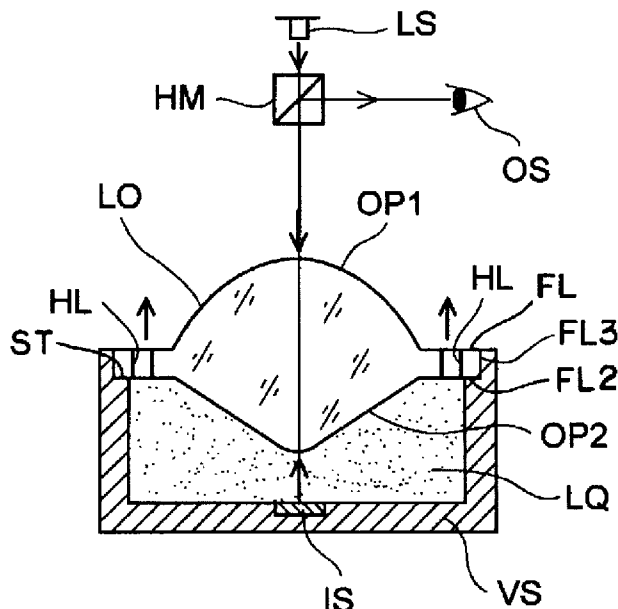
PCT

(10) 国際公開番号
WO 2007/116647 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 21/02 (2006.01) G02B 13/18 (2006.01)
G02B 7/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/055980
- (22) 国際出願日: 2007 年 3 月 23 日 (23.03.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2006-094714 2006 年 3 月 30 日 (30.03.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): コニカミノルタオプト株式会社 (KONICA MINOLTA OPTO, INC.) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 徳永 智信 (TOKUNAGA, Tomonobu) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地 Tokyo (JP). 木村 徹 (KIMURA, Tohru) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地 Tokyo (JP). 和田 一啓 (WADA, Kazuhiro) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地 Tokyo (JP). 新 勇一 (ATARASHI, Yuichi) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 荒船 博司 (ARAFUNE, Hiroshi); 〒1620832 東京都新宿区岩戸町 1 8 番地 日交神楽坂ビル 5 階 光陽国際特許法律事務所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: LIQUID IMMERSION LENS

(54) 発明の名称: 液浸レンズ



(57) Abstract: Bubbles in a liquid (LQ) in which a second optical surface (OP2) is immersed or a liquid (LQ) itself is removed through a hole (HL) of a flange section (FL). Thus, the entire second optical surface (OP2) can be brought into contact with the liquid (LQ), and the original optical performance is achieved.

(57) 要約: 第 2 の光学面 OP2 が浸漬される液体 LQ 中の気泡、又はかかる液体 LQ 自体を、フランジ部 FL の孔 HL を介して逃がすことで、第 2 の光学面 OP2 をもれなく液体 LQ に接触させることができ、本来の光学性能を発揮できる。

明 細 書

液浸レンズ

技術分野

[0001] 本発明は、光学面の一方が液体に浸漬された液浸レンズに関する。

背景技術

[0002] 半導体回路素子や液晶表示素子の製造工程では、被検査物としての半導体ウエハや液晶基板(総じて「基板」という)に形成された回路パターンの欠陥や異物などの観察が、顕微鏡観察装置を用いて行われる。ここで、光学面両面が空気に触れている、いわゆる乾燥系の対物レンズを用いた装置では、対物レンズの開口数を“1”より大きくすることができないため、分解能の向上に限界がある。そこで、周知の液浸法を採用し、乾燥系の対物レンズに代えて液浸系の対物レンズを用いることが考えられている(特許文献1参照)。液浸系の対物レンズによれば、一方の光学面と被検査物との間を、水や水溶液などの液体で満たすことにより、液体の屈折率(>1)に応じて対物レンズの開口数を“1”より大きくすることができ、分解能を向上させることができる。

特許文献1:特開2005-345597号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0003] ところで、液浸系のレンズであっても、乾燥系のレンズと同様に、球面収差や正弦条件を良好に補正する必要がある。又、一方の光学面が液体に浸漬されたときに、液体中に含まれた空気の泡がその光学面に付着すると光学性能が劣化する。更に、他方の光学面は乾燥した状態で空気に触れていなければならないが、かかる液体が乾燥した光学面に付着すると、それにより光学特性が劣化する恐れがある。特に、特許文献1に記載されている対物レンズは、複数のレンズから構成されているため、これらの光軸を合わせて組み立てる工程が必要となり、製造コストが増大するという問題がある。又、複数のレンズから構成される対物レンズは、一般的に作動距離が短いため、取り扱いが難しいという問題もある。

[0004] 本発明は、かかる問題に鑑みてなされたものであり、光学面の一方が液体に浸漬された状態で良好な光学特性を発揮できる液浸レンズを提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0005] 上記課題を解決するため、本発明の第1の側面によれば、
第1の光学面と、液体に浸漬されて使用される第2の光学面とを有する単レンズ構成の液浸レンズであって、前記第2の光学面が下記条件式を満たす。

$$-0.5 \leq \text{SAG}(h)/h \leq -0.1 \quad (1)$$

但し、

$h(\text{mm})$: 最大有効半径を h_m としたとき、 $h_m/2 \leq h \leq h_m$ を満たす光軸からの任意の高さ

$\text{SAG}(h)$: 光軸からの高さ h における非球面変形量(面頂点に接する平面から、非球面までの光軸方向の距離)

尚、 $\text{SAG}(h)$ の符号は、上記面頂点に接する平面から光源側に向かって測る場合を負とする。

[0006] この液浸レンズによれば、(1)式を満たすようにすることで、第2の光学面が液体に浸漬されて使用された場合でも、球面収差及び正弦条件を良好に補正できる。又、この液浸レンズは単レンズであるので、複数のレンズを組み立てる場合に比して工程が簡素化され、製造コストを低く抑えることができる。更に、単レンズであれば作動距離を大きくとれるので、取り扱い性に優れる。

[0007] また、本発明の第2の側面によれば、
第1の光学面と、液体に浸漬されて使用される第2の光学面とを有する単レンズ構成の液浸レンズであって、前記第2の光学面が下記条件式を満たす。

$$-1.5 \leq r/(n_1 - n_2) \cdot f \leq -0.5 \quad (2)$$

但し、

$r(\text{mm})$: 近軸曲率半径

n_1 : 設計波長における前記液浸レンズの屈折率

n_2 : 設計波長における前記液体(像側媒質)の屈折率

$f(\text{mm})$: 前記液浸レンズの焦点距離

[0008] この液浸レンズによれば、(2)式を満たすようにすることで、第2の光学面が液体に浸漬されて使用された場合でも、球面収差及び正弦条件を良好に補正できる。又、この液浸レンズは単レンズであるので、複数のレンズを組み立てる場合に比して工程が簡素化され、製造コストを低く抑えることができる。更に、単レンズであれば作動距離を大きくとれるので、取り扱い性に優れる。

[0009] 本発明の液浸レンズにおいては、前記第1の光学面と前記第2の光学面が、下記条件式を満たすことが好ましい。

$$r2 < 0 \text{ 且つ } -0.8 < r2/r1 < -0.1 \quad (3)$$

但し

$r1$ (mm): 前記第1の光学面の近軸曲率半径

$r2$ (mm): 前記第2の光学面の近軸曲率半径

[0010] また、本発明の液浸レンズにおいては、前記液浸レンズは外周にフランジ部を有し、前記フランジ部には光軸方向に貫通した孔が設けられていることが好ましい。このようにすれば、前記第2の光学面が浸漬される液体中の気泡、又はかかる液体自体を、前記孔を介して逃がすことで、前記第2の光学面全体を前記液体に浸漬することができ、その光学性能を発揮できる。孔の数は2つ以上が好ましいが、光学面における非点収差を考慮すると3つ以上であることが、より好ましい。

[0011] ここで、前記フランジ部における前記第1の光学面と前記孔との間には、反射面が形成されていることが好ましい。このようにすれば、前記第1の光学面側にある光源からコリメート光を照射したときに、前記反射面から反射したコリメート光を検出することで、前記液浸レンズのチルトアライメントを行うことができ、光軸の調整が容易になる。

[0012] また、前記フランジ部は前記孔に近づくにつれて厚さが減少していることが好ましい。このようにすれば、前記第2の光学面が浸漬される液体中の気泡を、前記孔に集中しやすくできる。

[0013] また、本発明の液浸レンズにおいては、前記液浸レンズは外周にフランジ部を有し、前記フランジ部における前記第1の光学面に近い側の面が、光軸から遠ざかるにつれて前記第2の光学面に近づくように傾斜していることが好ましい。このようにすれば、前記傾斜した面に液体が付着したとしても、重力に従い光軸から離れる方向に

流れ落ちるので、前記液体の光学面への付着を抑制できる。

[0014] また、本発明の液浸レンズにおいては、前記液浸レンズは外周にフランジ部を有し、前記フランジ部における前記第1の光学面に近い側の面に、光軸方向に延在する壁が形成されていることが好ましい。このようにすれば、前記壁により、前記第2の光学面を浸漬する液体が移動或いは飛散して前記第1の光学面に付着することなどを抑制できる。

[0015] ここで、前記液浸レンズを鏡筒に取り付けるときは、前記壁と前記鏡筒の間にOリングを介在させることが好ましい。このようにすれば、前記液体をシールすることができる。

[0016] また、前記壁は、前記Oリングより光軸寄りに、前記鏡筒に突き当てられる基準面を有することが好ましい。このようにすれば、液体による前記基準面の汚染を抑制し、前記鏡筒に対する前記液浸レンズの光軸方向の位置決めを精度良く行うことができる。

[0017] また、前記フランジ部には光軸方向に貫通した孔が設けられており、前記鏡筒に突き当てられた前記第1の光学面側の前記基準面は、前記フランジ部に設けられた前記孔より光軸に近い側に形成されていることが好ましい。

[0018] また、本発明の液浸レンズにおいては、前記液浸レンズは外周にフランジ部を有し、前記フランジ部は、前記液浸レンズを、前記液体が貯留された容器に取り付けるときに、前記容器に形成された段部の内周面に当接する光軸に平行な外周基準面と、前記段部の光軸方向に向いた面に当接する光軸に直交した側面基準面とを有していることが好ましい。このようにすれば、前記容器に対する前記液浸レンズの光軸方向及び光軸直交方向の位置決めを精度良く行うことができる。

[0019] ここで、前記フランジ部には光軸方向に貫通した孔が設けられており、前記容器の段部に突き当てられた前記側面基準面は、前記フランジ部に設けられた前記孔より光軸から遠い側に形成されていることが好ましい。

[0020] また、本発明の液浸レンズにおいては、前記液浸レンズは外周にフランジ部を有し、前記フランジ部は、前記液浸レンズを、前記液体が貯留された容器に取り付けるときに、前記容器の内周面に形成された内周テーパ面に係合する外周テーパ面を有

していることが好ましい。このようにすれば、前記容器に対する前記液浸レンズの光軸直交方向の位置決めを精度良く行うことができる。

[0021] ここで、前記フランジ部は、前記外周テーパ面より光軸寄りに、前記容器に突き当てられる基準面を有することが好ましい。このようにすれば、前記容器に対する前記液浸レンズの光軸方向の位置決めを精度良く行うことができる。

[0022] また、前記フランジ部には光軸方向に貫通した孔が設けられており、前記容器に突き当てられた前記第2の光学面側の前記基準面は、前記フランジ部に設けられた前記孔より光軸から遠い側に形成されていることが好ましい。

発明の効果

[0023] 本発明によれば、光学面の一方が液体に浸漬された状態で良好な光学特性を発揮できる液浸レンズを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0024] [図1]第1の実施の形態にかかる液浸レンズを用いた観察装置の概略断面図である。
- [図2]図1に示す液浸レンズを上方から見た図である。本実施の形態にかかる光学素子の斜視図である。
- [図3]第2の実施の形態にかかる液浸レンズの斜視図である。
- [図4]図3の液浸レンズを、光軸を含み約135度で交差する2平面PPで切断した状態を示す断面図である。
- [図5]第3の実施の形態にかかる液浸レンズの断面図である。
- [図6]第4の実施の形態にかかる液浸レンズの断面図である。
- [図7]第4の実施の形態にかかる液浸レンズの斜視図である。
- [図8]第5の実施の形態にかかる液浸レンズの断面図である。
- [図9]第5の実施の形態にかかる液浸レンズの上面図である。
- [図10]第6の実施の形態にかかる液浸レンズの断面図である。
- [図11]図10の示す液浸レンズの矢印XI部を拡大して示す図である。
- [図12]図10に示す液浸レンズの下面図である。
- [図13]第7の実施の形態にかかる液浸レンズの断面図である。
- [図14]図13の示す液浸レンズの矢印XIV部を拡大して示す図である。

[図15]実施例1の液浸レンズの断面図である。

[図16]実施例2の液浸レンズの断面図である。

発明を実施するための最良の形態

[0025] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。図1は、第1の実施の形態にかかる液浸レンズを用いた観察装置の概略断面図である。図2は、図1に示す液浸レンズを上方から見た図である。

[0026] 図1において、液体LQを貯留した容器VSの上部に、液浸レンズLOが配置されている。容器VSの底面には被検査物ISが配置されている。液浸レンズLOは、空気に触れる第1の光学面OP1と、液体LQに触れる第2の光学面OP2と、両光学面間に配置されて光軸直交方向に延在するフランジ部FLとを有している。フランジ部FLには、周方向に等間隔に並べられ且つ光軸に平行に貫通した(ここでは4つ図示するが、それに限られない。以下同じ)孔HLが形成されている。液浸レンズLOは、以下の(1)～(3)式を満たす。

$$-0.5 \leq \text{SAG}(h)/h \leq -0.1 \quad (1)$$

但し、

$h(\text{mm})$:最大有効半径を h_m としたとき、 $h_m/2 \leq h \leq h_m$ を満たす光軸からの任意の高さ
 $\text{SAG}(h)$:光軸からの高さ h における非球面変形量(面頂点に接する平面から、非球面までの光軸方向の距離)

尚、 $\text{SAG}(h)$ の符号は、上記面頂点に接する平面から光源側に向かって測る場合を負とする。

$$-1.5 \leq r/(n_1 - n_2) \cdot f \leq -0.5 \quad (2)$$

但し、

$r(\text{mm})$:近軸曲率半径

n_1 :設計波長における液浸レンズLOの屈折率

n_2 :設計波長における液体LQ(像側媒質)の屈折率

$f(\text{mm})$:液浸レンズLOの焦点距離

[0027] $r_2 < 0$ 且つ $-0.8 < r_2/r_1 < -0.1$ (3)

但し

$r1$ (mm): 前記第1の光学面の近軸曲率半径

$r2$ (mm): 前記第2の光学面の近軸曲率半径

[0028] 尚、液浸レンズLOは外周にフランジ部FLを有し、フランジ部FLは、液浸レンズLOを、液体LQが貯留された容器VSに取り付けるときに、容器VSに形成された段部STの内周面に当接する光軸に平行な外周基準面FL3と、段部STの光軸方向に向いた面(上面)に当接する光軸に直交した側面基準面FL2とを有しているので、容器VSに対する液浸レンズLOの光軸方向及び光軸直交方向の位置決めを精度良く行うことができる。フランジ部FLが段部STに取り付けられた状態で、孔HLは容器VSの壁面に覆われることなく露出している。

[0029] 液浸レンズLOの上方に配置された光源LSからコリメート光(500nm以下の短波長であることが望ましい)を照射したときに、かかるコリメート光は、液浸レンズLOの第1の光学面OP1から入射し、第2の光学面OP2から液体LQ中に出射して、被検査物ISの表面に集光される。その反射光は、再び液浸レンズLOを通過して、ハーフミラーHMで反射されて、観察者OS(又はカメラ)により観察されることとなる。

[0030] 本実施の形態によれば、第2の光学面OP2が浸漬される液体LQ中の気泡、又はかかる液体LQ自体を、フランジ部FLの孔HLを介して逃がすことで、第2の光学面OP2をもれなく液体LQに接触させることができ、本来の光学性能を発揮できる。

[0031] 図3は、第2の実施の形態にかかる液浸レンズの斜視図である。図4は、図3の液浸レンズを、光軸を含み約135度で交差する2平面PPで切断した状態を示す断面図である。尚、本実施の形態を含め、以降の実施の形態において、液浸レンズLOは(1)～(3)式を満たすものとする。

[0032] 図3に示すように、本実施の形態においても、液浸レンズLOのフランジ部FLは、90度間隔で4つの孔HLを有している。第1の光学面OP1側であるフランジ部FLの上面FL1は平面であるが、第2の光学面OP2側であるフランジ部FLの下面FL2は曲面となっている。より具体的には、フランジ部FLは、孔HLに近づくにつれてフランジ部FLの厚さが薄くなり、且つフランジ部FL全体として、外周側に近づくにつれて薄くなる形状となっている。第2の光学面OP2と、フランジ部FLの孔HLとの間には、凸部は形成されていない。

- [0033] 本実施の形態によれば、図1に示すものと同様な容器上に液浸レンズLOを配置したときに、液体LQ中の気泡は、その浮力によりフランジ部FLの下面FL2に沿って孔HLの近傍に速やかに移動し、或いは外周側に速やかに移動するので、第2の光学面OP2をもれなく液体LQに接触させることができ、本来の光学性能を発揮できる。
- [0034] 図5は、第3の実施の形態にかかる液浸レンズの断面図である。図5に示すように、本実施の形態においても、液浸レンズLOのフランジ部FLは、90度間隔で4つ(2つのみ図示)の孔HLを有している。本実施の形態においては、第2の光学面OP2側であるフランジ部FLの下面FL2は平面であるが、第1の光学面OP1側であるフランジ部FLの上面FL1は、外周に向かうにつれて、第2の光学面OP2に近づくテーパ(円錐)面となっている。即ち、上面FL1は、光軸から遠ざかるにつれて第2の光学面OP2に近づくように傾斜している。
- [0035] 本実施の形態によれば、上面FL1が上述のように傾斜しているので、液体LQが孔HLを下方から通過して上面FL1に付着したとしても、重力に従い光軸から離れる方向に流れ落ちるので、液体LQの第1の光学面OP1への付着を抑制できる。
- [0036] 図6は、第4の実施の形態にかかる液浸レンズの断面図である。図7は、第4の実施の形態にかかる液浸レンズの斜視図である。図6, 7に示すように、本実施の形態においても、液浸レンズLOのフランジ部FLは、90度間隔で4つの孔HLを有している。本実施の形態においては、第2の光学面OP2側であるフランジ部FLの下面FL2は平面であって、第1の光学面OP1側であるフランジ部FLの上面FL1に、光軸を中心とした環状の壁WLが形成されている。尚、壁WLの外周面は、光軸直交方向外方に向かうにつれて、第2の光学面OP2に近づくテーパ(円錐)面となっていると好ましい。
- [0037] 本実施の形態によれば、孔HLの内側に環状の壁WLが形成されているので、図1に示すものと同様な容器上に液浸レンズLOを配置したときに、液体LQが孔HLを下方から通過して上面FL1に付着したとしても、光軸側への移動が壁WLにより抑制され、液体LQの第1の光学面OP1への付着を抑制できる。
- [0038] 図8は、第5の実施の形態にかかる液浸レンズの断面図である。図9は、第5の実施の形態にかかる液浸レンズの上面図である。図8, 9に示すように、本実施の形態に

においても、液浸レンズLOのフランジ部FLは、90度間隔で4つの孔HLを有している。本実施の形態においては、フランジ部F上において、第1の光学面OP1と孔HLとの間に環状の反射面RPが形成されている。又、フランジ部FLの上面FL1は、反射面RPを含めて平面である。

[0039] 本実施の形態によれば、第1の光学面OP1側にある光源(不図示)からコリメート光CLを照射したときに、反射面RPから反射したコリメート光CLを検出することで、液浸レンズLOのチルトアライメントを行うことができ、光軸の調整が容易になる。尚、第1の光学面OP1と、反射面RPとは、同一の金型を用いて同時に転写成形されることが望ましい。又、反射面RPの外周面に壁(図6, 7参照)を設けると更に好ましい。

[0040] 図10は、第6の実施の形態にかかる液浸レンズの断面図である。図11は、図10の示す液浸レンズの矢印XI部を拡大して示す図である。図12は、図10に示す液浸レンズの下面図である。尚、図10に示す断面は、図12のX-X線で切断して矢印方向に見た状態で示している。

[0041] 図に示すように、本実施の形態においても、液体LQを貯留した容器VS上に配置された液浸レンズLOのフランジ部FLは、90度間隔で4つの孔HLを有している。更に、第2の光学面OP2側であるフランジ部FLの下面FL2は曲面となっている。より具体的には、フランジ部FLは、孔HLに近づくにつれてフランジ部FLの厚さが薄くなり、且つフランジ部FL全体として、外周側に近づくにつれて薄くなる形状となっている(図3参照)。

[0042] 又、本実施の形態においては、第1の光学面OP1側であるフランジ部FLの上面FL1に、光軸を中心とした環状の壁WLが形成されている。尚、壁WLの外周面は、光軸直交方向外方に向かうにつれて、第2の光学面OP2に近づくテーパ(円錐)面となっていると好ましい。

[0043] 図11に示すように、壁WLの頂部には光軸に直交する第1平面FP1が形成され、その内側に一段下がった(即ち第2の光学面OP2に近づいた)状態で、光軸に直交する第2平面(基準面ともいう)FP2が形成されている。第1平面FP1と、第2平面FP2との間は、内周テーパ面ITPにより連結されている。尚、第1の光学面OP1と、第2平面FP2と、内周テーパ面ITPとは、同一の金型を用いて同時に転写成形されることが

が望ましい。

[0044] 一方、壁WLに対向するようにして、同軸的に円筒状の鏡筒MTが配置されている。鏡筒MTの先端(下端)には光軸に直交する第2鏡筒面MP2が形成され、その外側に一段上がった(即ち不図示の光源に近づいた)状態で、光軸に直交する第1鏡筒面MP1が形成されている。第1鏡筒面MP1と、第2鏡筒面MP2との間は、外周テーパ面OTPにより連結されている。

[0045] 液浸レンズLOに鏡筒MTを同軸に接近させたとき、第2平面FP2に第2鏡筒面MP2が当接するので、鏡筒MTに対する液浸レンズLOの傾き及び光軸方向位置が調整され、同時に、内周テーパ面ITPに外周テーパ面OTPが当接するので、鏡筒MTに対する液浸レンズLOの芯合わせが実現されることとなる。尚、第1平面FP1と第1鏡筒面MP1との間にOリングORを配置することで、液浸レンズLOと鏡筒MTとの間のスキマから液体LQが侵入して、第1光学面OP1を汚染することが回避される。本実施の形態によれば、液体で汚染された液浸レンズLOを洗浄のために、鏡筒MTから脱着するような場合、再組み付けを精度良く容易に行うことができる。

[0046] 図13は、第7の実施の形態にかかる液浸レンズの断面図である。図14は、図13の示す液浸レンズの矢印XIV部を拡大して示す図である。図に示すように、本実施の形態においても、液体LQを貯留した容器VS上に配置された液浸レンズLOのフランジ部FLは、90度間隔で4つの孔HLを有している。

[0047] 又、本実施の形態において、第1の光学面OP1側であるフランジ部FLの上面FL1に、光軸を中心とした環状の壁WLが形成されている。尚、壁WLの外周面、及びそれから光軸直交方向外方における上面FL1は、光軸直交方向外方に向かうにつれて、第2の光学面OP2に近づくテーパ(円錐)面となっていると好ましい。

[0048] 図14に示すように、フランジ部FLの下端面には、光軸に直交する平面(基準面ともいう)FPが形成され、更にフランジ部FLの外周面には、外周テーパ面OTPが形成されている。一方、容器VSの内周面には、内周テーパ面ITPが形成され、その軸線に直交するように、容器VSの底面BPは平面とされている。尚、第2の光学面OP2と、外周テーパ面OTPと、平面FPは、同一の金型を用いて同時に転写成形されることが望ましい。

[0049] 少ない被検査物ISを観察するような場合、容器VSの底面中央に被検査物ISを載置し、液体LQを注いで液浸レンズLOで蓋をする。液浸レンズLOを容器VSに取り付けたとき、平面FPが底面BPに当接するので、容器VSに対する液浸レンズLOの傾き及び光軸方向位置の調整が行われ、且つ内周テーパ面ITPに外周テーパ面OTPが当接するので、容器VSに対する液浸レンズLOの芯合わせが行われるようになっており、これにより被検査物ISに対して精度良く合焦が行われることとなる。液浸レンズLOと容器VSとを接着すれば、被検査物IS及び液体LQの洩れがなく、検査後には一体で廃却又はリサイクル処理される。

[0050] (実施例)

以下、上述した実施の形態に好適な実施例と比較例について説明する。尚、これ以降(表のレンズデータ含む)において、10のべき乗数(例えば、 2.5×10^{-3})を、E(例えば、 $2.5E-3$)を用いて表すものとする。

[0051] 対物光学系の光学面は、それぞれ数1式に、表に示す係数を代入した数式で規定される、光軸の周りに軸対称な非球面に形成されている。

[0052] [数1]

$$z = (y^2 / r) / [1 + \sqrt{1 - (K + 1)(y/r)^2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10} + A_{12} y^{12} + A_{14} y^{14} + A_{16} y^{16} + A_{18} y^{18} + A_{20} y^{20}$$

但し、

z : 非球面形状 (非球面の面頂点に接する平面から光軸に沿った方向の距離)

y : 光軸からの距離

r : 曲率半径

K : コーニック係数

$A_4, A_6, A_8, A_{10}, A_{12}, A_{14}, A_{16}, A_{18}, A_{20}$: 非球面係数

[0053] (実施例1)

実施例1の液浸レンズのレンズデータを表1に示す。実施例1の液浸レンズの断面図を図15に示す。

[0054] [表1]

実施例1

設計波長	655nm
焦点距離	3.758mm
像側開口数	0.9
倍率	0
入射瞳径	φ5.0mm

設計波長における液浸レンズの屈折率	1.547248
d線における液浸レンズの屈折率	1.550000
d線における液浸レンズのアッペ数	60.0
設計波長における像側媒質の屈折率	1.358051
d線における像側媒質の屈折率	1.360000
d線における像側媒質のアッペ数	55.0

液浸レンズの軸上厚み	3.8600mm
バックフォーカス	1.2937mm

第1面

近軸曲率半径	2.08199mm
κ	-0.617685E+00
A 4	0.199645E-02
A 6	0.755750E-04
A 8	-0.172111E-04
A 1 0	0.377720E-05
A 1 2	0.844479E-06
A 1 4	-0.396152E-07
A 1 6	-0.140114E-07
A 1 8	0.000000E+00

第2面

近軸曲率半径	-0.66071 mm
κ	-3.292741E+00
A 4	0.244835E-01
A 6	-0.629087E-02
A 8	0.268771E-03
A 1 0	0.197335E-03
A 1 2	-0.411249E-04
A 1 4	0.255486E-05
A 1 6	0.000000E+00
A 1 8	0.000000E+00

[0055] (実施例2)

実施例2の液浸レンズのレンズデータを表1に示す。実施例2の液浸レンズの断面図を図16に示す。

[0056] [表2]

実施例 2

設計波長	530nm
焦点距離	2.468mm
像側開口数	1.1
倍率	0
入射瞳径	φ 4.0mm

設計波長における液浸レンズの屈折率	1.755763
d 線における液浸レンズの屈折率	1.750000
d 線における液浸レンズのアッベ数	45.0
設計波長における像側媒質の屈折率	1.358051
d 線における像側媒質の屈折率	1.360000
d 線における像側媒質のアッベ数	55.0

液浸レンズの軸上厚み	2.8200mm
バックフォーカス	0.7193mm

第 1 面

近軸曲率半径	1.71256mm
κ	-0.574136E+00
A 4	0.477896E-02
A 6	0.733338E-03
A 8	0.257309E-05
A 1 0	0.118511E-04
A 1 2	0.966166E-05
A 1 4	0.163042E-05
A 1 6	-0.492926E-06
A 1 8	-0.108630E-07

第 2 面

近軸曲率半径	-1.03620mm
κ	-11.990688
A 4	0.838010E-01
A 6	-0.559168E-01
A 8	0.158775E-01
A 1 0	0.644742E-03
A 1 2	-0.143953E-02
A 1 4	0.239482E-03
A 1 6	0.000000E+00
A 1 8	0.000000E+00

[0057] 各実施例に対応する請求項で規定した値を、表3にまとめて示す。

[0058] [表3]

実施例 1

hm	1.943mm
$SAG(h) / h$	-0.46 ~ -0.41
$r / (n_1 - n_2) \cdot f$	-0.93
r_2 / r_1	-0.32

実施例 2

hm	1.292mm
$SAG(h) / h$	-0.179 ~ -0.172
$r / (n_1 - n_2) \cdot f$	-1.07
r_2 / r_1	-0.61

[0059] 以上、本発明を実施の形態を参照して説明してきたが、本発明は上記実施の形態に限定して解釈されるべきではなく、適宜変更・改良が可能であることはもちろんである。

産業上の利用可能性

[0060] 以上のように、本発明に係る液浸レンズは、光学面の一方が液体に浸漬された状態で良好な光学特性を発揮させるのに適している。

符号の説明

- [0061] BP 底面
CL コリメート光
F フランジ部
FL フランジ部
FL1 上面
FL2 下面
FP 平面
FP1 第1平面

FP2 第2平面

HL 孔

HM ハーフミラー

IS 被検査物

ITP 内周テーパ面

LO 液浸レンズ

LQ 液体

LS 光源

MP1 第1鏡筒面

MP2 第2鏡筒面

MT 鏡筒

OP1 第1の光学面

OP2 第2の光学面

OR オーリング

OS 観察者

OTP 外周テーパ面

PP 平面

RP 反射面

VS 容器

WL 壁

請求の範囲

- [1] 第1の光学面と、液体に浸漬されて使用される第2の光学面とを有する単レンズ構成の液浸レンズであって、前記第2の光学面が下記条件式を満たす液浸レンズ。

$$-0.5 \leq \text{SAG}(h)/h \leq -0.1 \quad (1)$$

但し、

$h(\text{mm})$: 最大有効半径を h_m としたとき、 $h_m/2 \leq h \leq h_m$ を満たす光軸からの任意の高さ

$\text{SAG}(h)$: 光軸からの高さ h における非球面変形量(面頂点に接する平面から、非球面までの光軸方向の距離)

尚、 $\text{SAG}(h)$ の符号は、上記面頂点に接する平面から光源側に向かって測る場合を負とする。

- [2] 第1の光学面と、液体に浸漬されて使用される第2の光学面とを有する単レンズ構成の液浸レンズであって、前記第2の光学面が下記条件式を満たす液浸レンズ。

$$-1.5 \leq r/(n_1 - n_2) \cdot f \leq -0.5 \quad (2)$$

但し、

$r(\text{mm})$: 近軸曲率半径

n_1 : 設計波長における前記液浸レンズの屈折率

n_2 : 設計波長における前記液体(像側媒質)の屈折率

$f(\text{mm})$: 前記液浸レンズの焦点距離

- [3] 前記第1の光学面と前記第2の光学面が、下記条件式を満たす請求の範囲第1項に記載の液浸レンズ。

$$r_2 < 0 \text{ 且つ } -0.8 < r_2/r_1 < -0.1 \quad (3)$$

但し

$r_1(\text{mm})$: 前記第1の光学面の近軸曲率半径

$r_2(\text{mm})$: 前記第2の光学面の近軸曲率半径

- [4] 前記液浸レンズは外周にフランジ部を有し、前記フランジ部には光軸方向に貫通した孔が設けられている請求の範囲第1項に記載の液浸レンズ。

- [5] 前記フランジ部における前記第1の光学面と前記孔との間には、反射面が形成され

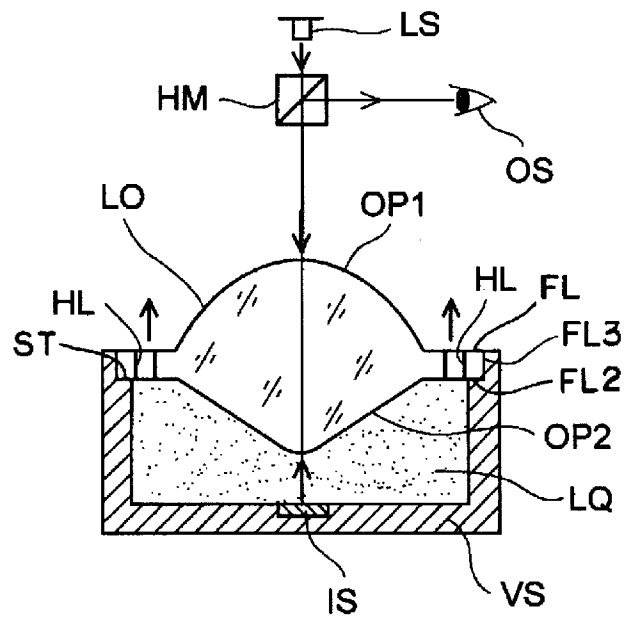
ている請求の範囲第4項に記載の液浸レンズ。

- [6] 前記フランジ部は前記孔に近づくにつれて厚さが減少している請求の範囲第4項に記載の液浸レンズ。
- [7] 前記液浸レンズは外周にフランジ部を有し、前記フランジ部における前記第1の光学面に近い側の面が、光軸から遠ざかるにつれて前記第2の光学面に近づくように傾斜している請求の範囲第1項に記載の液浸レンズ。
- [8] 前記液浸レンズは外周にフランジ部を有し、前記フランジ部における前記第1の光学面に近い側の面に、光軸方向に延在する壁が形成されている請求の範囲第1項に記載の液浸レンズ。
- [9] 前記液浸レンズを鏡筒に取り付けるときは、前記壁と前記鏡筒の間にOリングを介在させる請求の範囲第8項に記載の液浸レンズ。
- [10] 前記壁は、前記Oリングより光軸寄りに、前記鏡筒に突き当てられる基準面を有する請求の範囲第9項に記載の液浸レンズ。
- [11] 前記フランジ部には光軸方向に貫通した孔が設けられており、前記鏡筒に突き当てられた前記第1の光学面側の前記基準面は、前記フランジ部に設けられた前記孔より光軸に近い側に形成されている請求の範囲第10項に記載の液浸レンズ。
- [12] 前記液浸レンズは外周にフランジ部を有し、前記フランジ部は、前記液浸レンズを、前記液体が貯留された容器に取り付けるときに、前記容器に形成された段部の内周面に当接する光軸に平行な外周基準面と、前記段部の光軸方向に向いた面に当接する光軸に直交した側面基準面とを有している請求の範囲第1項に記載の液浸レンズ。
- [13] 前記フランジ部には光軸方向に貫通した孔が設けられており、前記容器の段部に突き当てられた前記側面基準面は、前記フランジ部に設けられた前記孔より光軸から遠い側に形成されている請求の範囲第12項に記載の液浸レンズ。
- [14] 前記液浸レンズは外周にフランジ部を有し、前記フランジ部は、前記液浸レンズを、前記液体が貯留された容器に取り付けるときに、前記容器の内周面に形成された内周テーパ面に係合する外周テーパ面を有している請求の範囲第1項に記載の液浸レンズ。

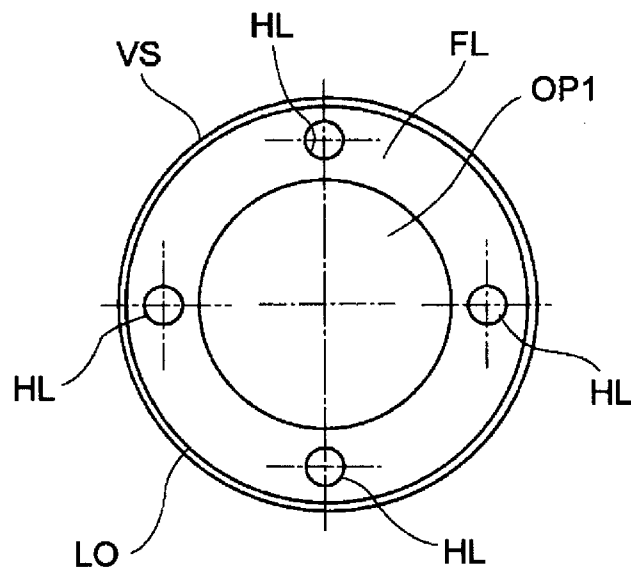
- [15] 前記フランジ部は、前記外周テーパ面より光軸寄りに、前記容器に突き当てられる基準面を有する請求の範囲第14項に記載の液浸レンズ。
- [16] 前記フランジ部には光軸方向に貫通した孔が設けられており、前記容器に突き当てられた前記第2の光学面側の前記基準面は、前記フランジ部に設けられた前記孔より光軸から遠い側に形成されている請求の範囲第15項に記載の液浸レンズ。

[図1]

FIG1

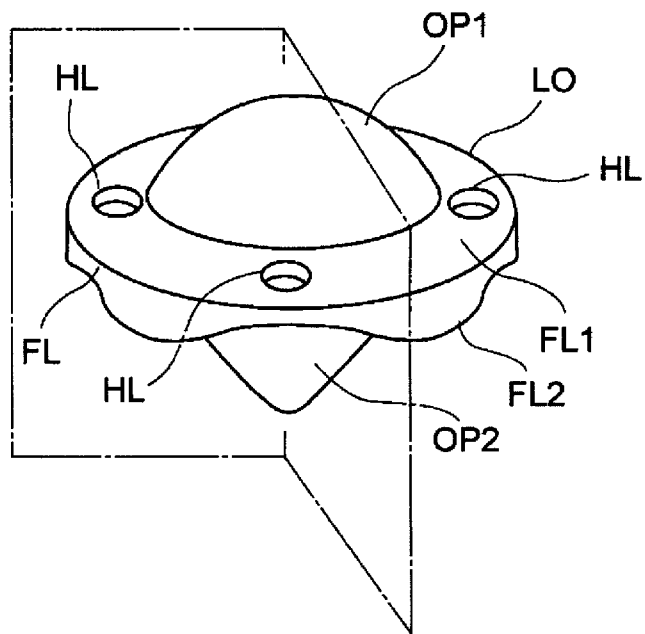


[図2]

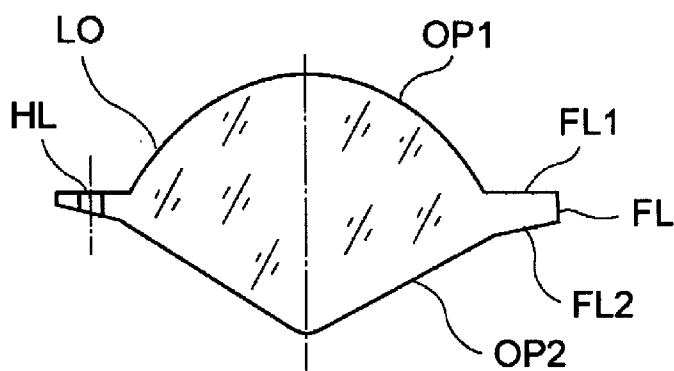
FIG.2

[図3]

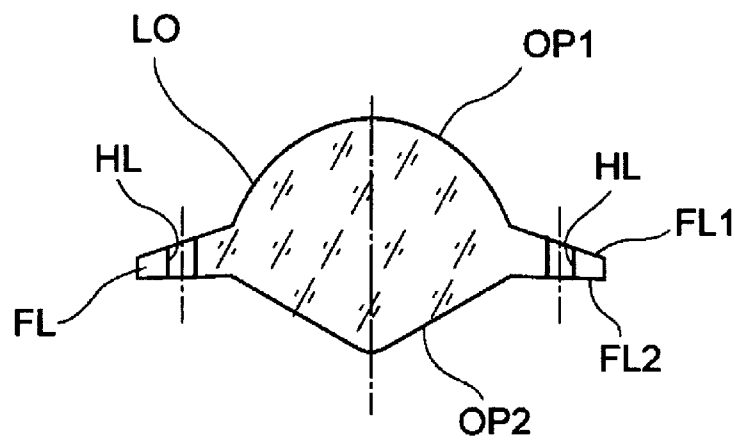
FIG.3



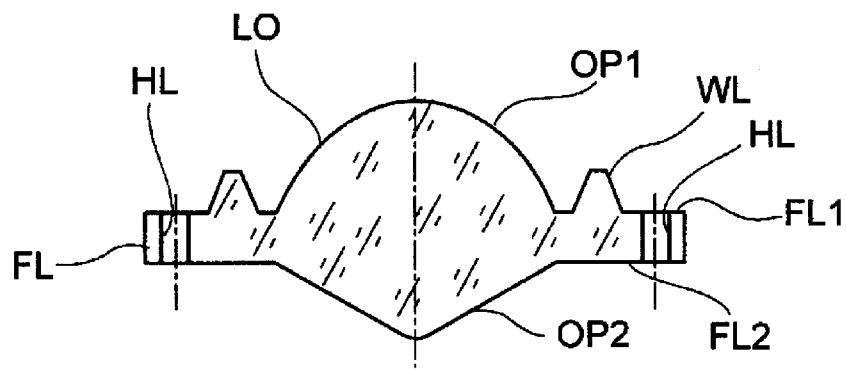
[図4]

FIG.4

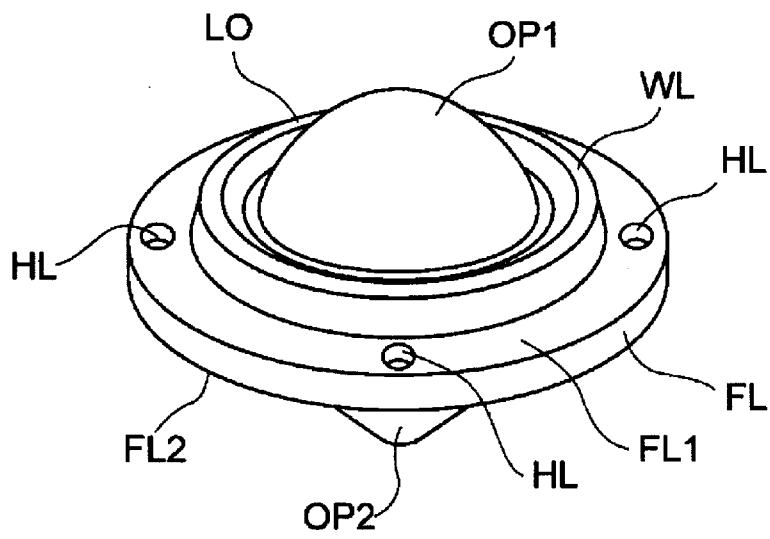
[図5]

FIG. 5

[図6]

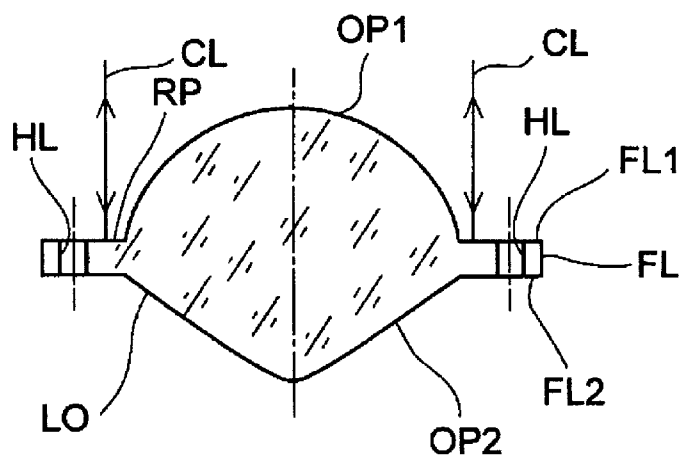
FIG 6

[図7]

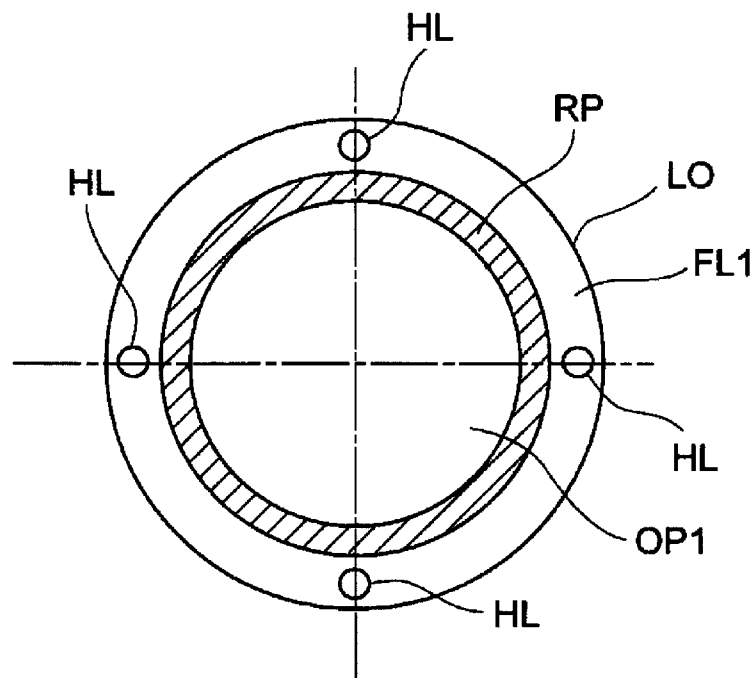
FIG 7

[図8]

FIG. 8

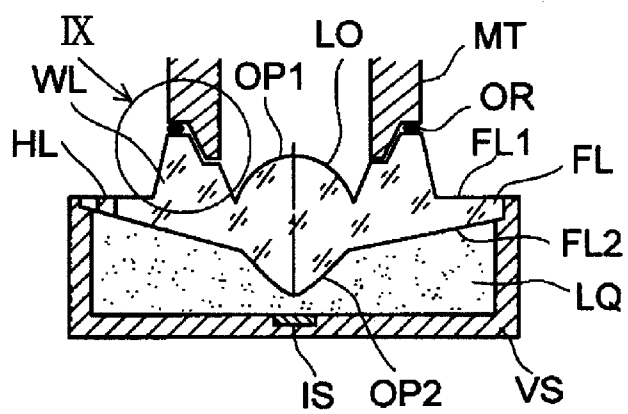


[図9]

FIG. 9

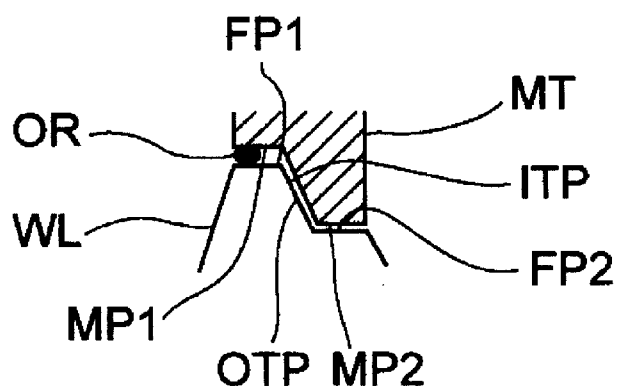
[図10]

FIG 10



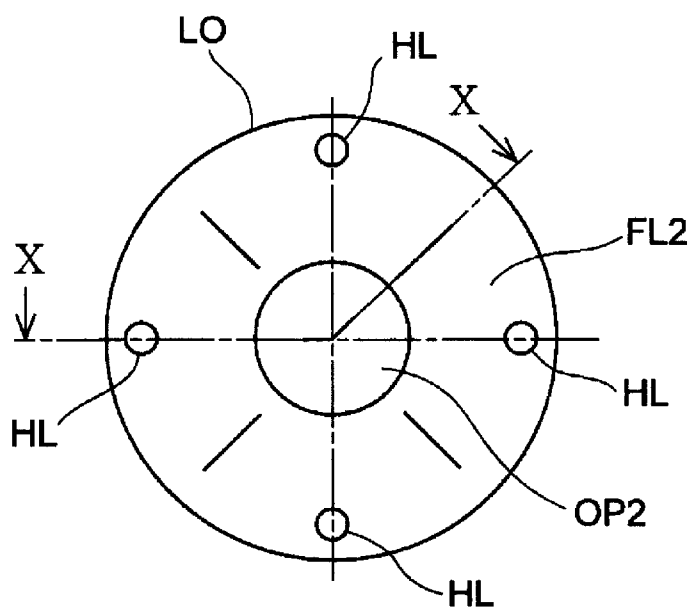
[図11]

FIG.11

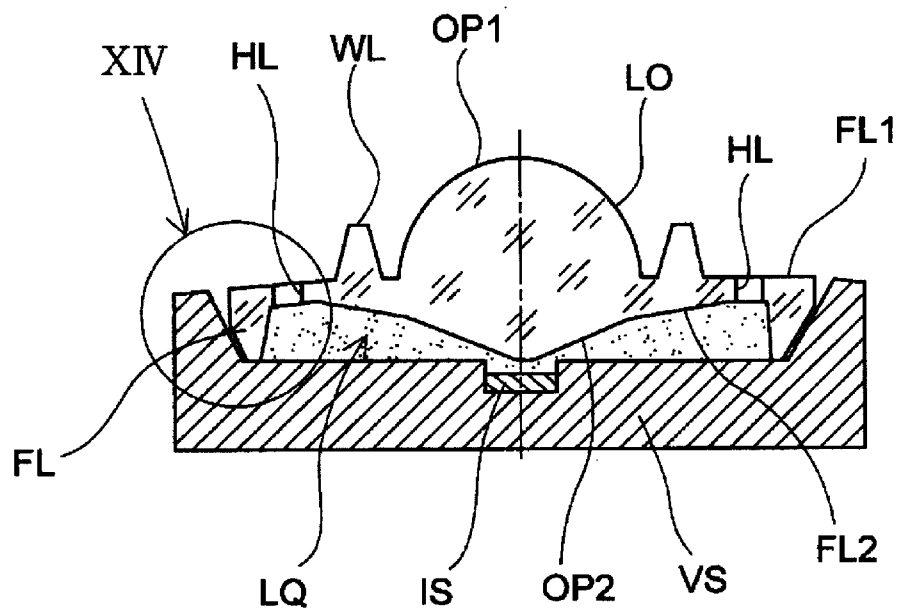


[図12]

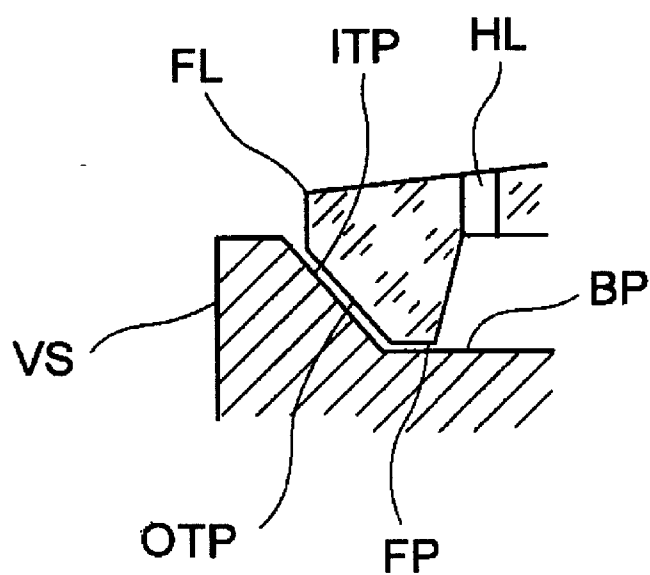
FIG 12



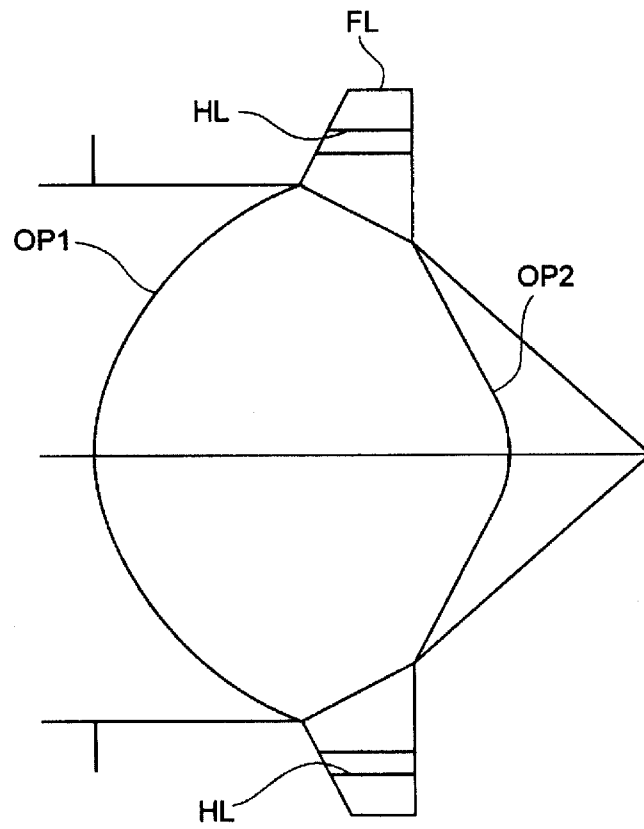
[図13]

FIG 13

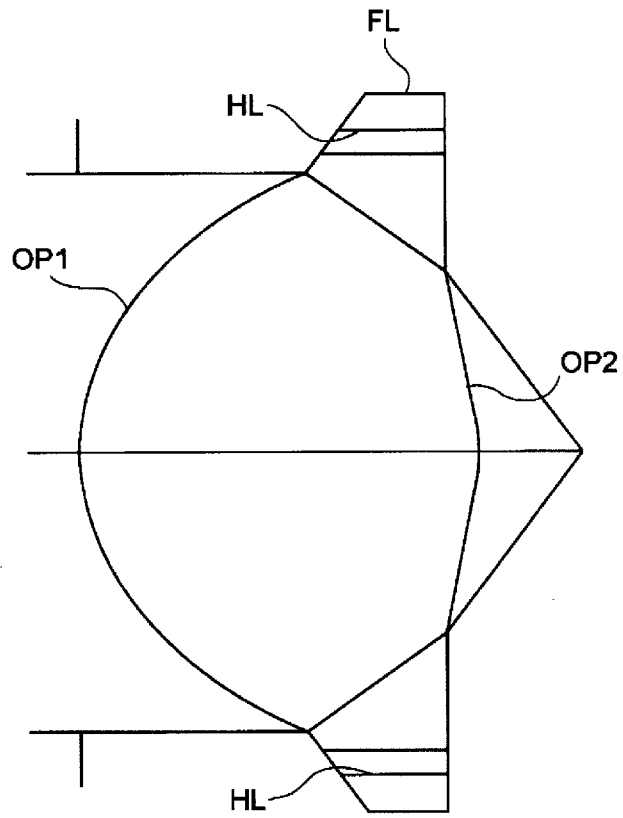
[図14]

FIG.14

[図15]

FIG.15

[図16]

FIG 16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/055980

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B21/02(2006.01) i, G02B7/02(2006.01) i, G02B13/18(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B21/02, G02B7/02, G02B13/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-183586 A (Nikon Corp.), 06 July, 2001 (06.07.01), Full text; all drawings (Family: none)	1, 3-16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* 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
13 June, 2007 (13.06.07)

Date of mailing of the international search report
26 June, 2007 (26.06.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/055980

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The "special technical feature" of the invention in claim 1 relates to inequalities of " $-0.5 \leq SAG(h) / \leq h \leq -0.1$ ". The "special technical feature" of the invention in claim 2 relates to inequalities of " $-1.5 \leq r / (n1-n2) \cdot f \leq -0.5$ ". Since there is no technical relationship between these inventions involving one or more of the same or corresponding special technical features, these inventions are not so linked as to form a single general inventive concept.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1 and 3-16

Remark on Protest
the

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee..
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
 Int.Cl. G02B21/02(2006.01)i, G02B7/02(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））
 Int.Cl. G02B21/02, G02B7/02, G02B13/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2－1 9 9 6年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1－2 0 0 7年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6－2 0 0 7年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4－2 0 0 7年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2 0 0 1－1 8 3 5 8 6 A（株式会社ニコン） 2 0 0 1. 0 7. 0 6, 全文, 全図（ファミリーなし）	1、3－1 6

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 1 3. 0 6. 2 0 0 7	国際調査報告の発送日 2 6. 0 6. 2 0 0 7		
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号1 0 0－8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 瀬川 勝久	2 V	9 1 2 0
	電話番号 0 3－3 5 8 1－1 1 0 1 内線 3 2 7 1		

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1に係る発明の「特別な技術的特徴」は「 $-0.5 \leq SAG(h) / h \leq -0.1$ 」に関し、請求の範囲2に係る発明の「特別な技術的特徴」は「 $-1.5 \leq r / (n_1 - n_2) \cdot f \leq -0.5$ 」に関するものである。これらの発明は、一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係にないから、単一の一般的発明概念を形成するように連関しているものとは認められない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

請求の範囲1、3-16

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付を伴う異議申立てがなかった。