

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011 年 9 月 1 日(01.09.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/105186 A1

(51) 国際特許分類:

C03B 11/16 (2006.01) *G01M 11/02* (2006.01)
C03B 11/00 (2006.01) *G02B 7/00* (2006.01)
G01B 11/27 (2006.01)

ト株式会社内 Tokyo (JP). 釜田 善浩(KAMADA Yoshihiro) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地コニカミノルタオプト株式会社内 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2011/052234

(22) 国際出願日: 2011 年 2 月 3 日(03.02.2011)

(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 2010-037272 2010 年 2 月 23 日(23.02.2010) 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): 小椋 和幸 (OGURA Kazuyuki) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町 2 9 7 0 番地コニカミノルタオプ

(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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

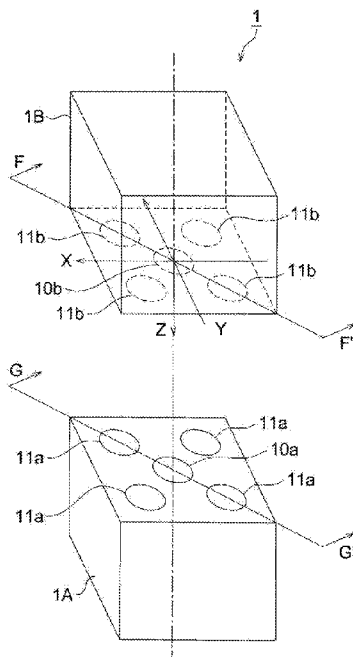
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING OPTICAL ELEMENT, AND OPTICAL ELEMENT MOLDING DIE

(54) 発明の名称: 光学素子の製造方法及び光学素子成形金型

[図1]



(57) Abstract: In order to provide an optical element manufacturing method capable of molding optical elements with a high degree of precision, an optical element manufacturing method for producing optical elements that have opposing optical surfaces by means of a pair of molding dies that have molding surfaces for molding the optical elements is configured so that each molding die is provided with a molding surface for molding a first optical element and a molding surface for molding a second optical element, which is distinct from the molding surface for molding the first optical element and is used to adjust the relative positions of the pair of molding dies, and so that each molding die is used to perform a molding step in which the second optical element is molded, a measurement step in which the relative displacement of the opposing optical surfaces is determined on the basis of the transmitted wavefront aberration of the second optical element molded in the molding step, a relative position adjustment step in which the relative position of the pair of molding dies is adjusted on the basis of the relative displacement determined by the measurement step, and a second molding step in which the first optical element is molded using the molding die, the relative position of which has been adjusted by the relative position adjustment step.

(57) 要約:

[続葉有]



NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI 添付公開書類:

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
NE, SN, TD, TG).

光学素子を高精度に成形することができる光学素子の製造方法を提供するために、対向する光学面を備えた光学素子を成形する成形面を有する一対の成形金型を用い、光学素子を成形する光学素子の製造方法において、成形金型は、成形金型を用いて製造する第1の光学素子を成形する成形面と、第1の光学素子を成形する成形面とは別の、一対の成形金型の相対位置を調整するために使用する第2の光学素子を成形する成形面と、を備え、成形金型を用いて、第2の光学素子を成形する成形工程と、成形工程で成形された第2の光学素子の透過波面収差に基づいて対向する光学面の相対位置ずれ量を求める測定工程と、測定工程により求めた相対位置ずれ量に基づいて、一対の成形金型の相対位置を調整する相対位置調整工程と、相対位置調整工程により相対位置を調整された成形金型を用いて前記第1の光学素子を成形する第2の成形工程と、を有する光学素子の製造方法とする。

明 細 書

発明の名称： 光学素子の製造方法及び光学素子成形金型

技術分野

[0001] 本発明は、光学素子の製造方法及び光学素子成形金型に関する。

背景技術

[0002] 今日、光学素子は、デジタルカメラ用レンズ、DVD等の光ピックアップレンズ、携帯電話用カメラレンズ、光通信用のカップリングレンズなどとして広範にわたって利用されている。これらの光学素子により構成される光学系は、より高い性能が要求され、このため光学素子単体においてもより高い精度で形成できることが望まれている。

[0003] 係る光学素子は、加熱、軟化したガラス素材を成形型で加圧成形するプレス成形法により製造される場合がある。

[0004] このプレス成形法においては、光学素子の対向する光学面を成形する金型が有する成形面を高精度に形成するのは勿論のこと、該対向する金型の成形面の相対位置関係を高精度に合わせることが必要である。

[0005] 金型の相対位置を高精度に合わせるには、例えば該金型を用いて成形した光学素子を評価し、その評価に基づいて該金型の相対位置を調整する場合がある。例えば、光学レンズの両レンズ面それぞれの光軸上に中心を持つ小突起からなる凸部を有するようにし、各凸部の位置ずれから両レンズ面の偏芯量を求め、この偏芯量に基づき、光学レンズを成形する金型の相対位置を調整するものが知られている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2006-58850号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献1に記載されている金型の相対位置調整は、光学レンズの光軸上

に中心を持つ凸部を形成して調整に利用している。このため、成形される光学レンズにおいては、特に直径が小さい場合、少なからず光学性能に影響し十分な性能を得られない場合が考えられる。また、金型においては、光学レンズの光学面を成形する成形面に影響を与えることなく、凸部に対応する窪みを形成する必要がある、金型製造の負担が大きくなる。

[0008] 本発明は、上記の課題を鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、光学性能に影響を与える凸部等を設けることなく、高精度な光学素子を成形できる光学素子の製造方法及び光学素子成形金型を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] 上記の課題は、以下の構成により解決される。

[0010] 1. 対向する光学面を備えた光学素子を成形する成形面を有する一对の成形金型を用い、前記光学素子を成形する光学素子の製造方法において、

前記成形金型は、該成形金型を用いて製造する第1の光学素子を成形する成形面と、該第1の光学素子を成形する成形面とは別の、一对の前記成形金型の相対位置を調整するために使用する第2の光学素子を成形する成形面と、を備え、

前記成形金型を用いて、前記第2の光学素子を成形する第1の成形工程と、

前記第1の成形工程で成形された前記第2の光学素子の透過波面収差に基づいて、前記第2の光学素子の対向する光学面の相対位置ずれ量を求める測定工程と、

前記測定工程により求めた前記相対位置ずれ量に基づいて、一对の前記成形金型の相対位置を調整する相対位置調整工程と、

前記相対位置調整工程により相対位置を調整された前記成形金型を用いて前記第1の光学素子を成形する第2の成形工程と、

を有することを特徴とする光学素子の製造方法。

[0011] 2. 前記第1の光学素子及び前記第2の光学素子のそれぞれに平面波又は

球面波が入射した際のそれぞれの透過波面が、前記第 1 の光学素子及び前記第 2 の光学素子それぞれの設計上の透過波面に最も近い球面からのずれ量において、前記第 2 の光学素子が前記第 1 の光学素子より小さいことを特徴とする前記 1 に記載の光学素子の製造方法。

[0012] 3. 前記第 2 の光学素子は、対向する光学面の相対位置ずれ量に対する透過波面収差の発生量の比率が、前記第 1 の光学素子と比較して大きいことを特徴とする前記 1 に記載の光学素子の製造方法。

[0013] 4. 前記第 2 の光学素子の透過波面収差は、対向する光学面の平行偏芯、傾き偏芯の少なくとも何れかにより生じる収差を含むことを特徴とする前記 1 から 3 の何れか一項に記載の光学素子の製造方法。

[0014] 5. 前記第 2 の光学素子の透過波面収差は、前記第 2 の光学素子の光軸を軸とし、対向する光学面の相対的な回転により生じる収差を含むことを特徴とする前記 1 又は 3 に記載の光学素子の製造方法。

[0015] 6. 前記 1 から 5 の何れか一項に記載の光学素子の製造方法で使用される前記第 1 の光学素子及び前記第 2 の光学素子の成形面を有することを特徴とする光学素子成形金型。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、第 2 の光学素子を、第 1 の光学素子の仕様に関係無く、調整を目的とした仕様のものですることができ、このため、第 1 の光学素子を製造する成形金型の相対位置調整を、成形金型の相対位置を調整する目的に適した仕様の第 2 の光学素子の透過波面収差に基づいて行うことができ、高精度に相対位置を調整できるようになる。これにより、光学性能に影響を与える凸部等を設けることなく、第 1 の光学素子を高精度に成形できる光学素子の製造方法及び光学素子成形金型を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1] 光学素子を成形する成形金型を示す図である。

[図2] (a) は図 1 に示す下型の G-G' の位置、及び、上型の F-F' の位置における断面図で、下型にガラス素材が載置されている状態である。(b

）は下型と上型とでガラス素材を加圧している状態を示す断面図である。

[図3]（a）は下型と上型とが平行に相対位置ずれしている状態を示す図である。（b）は下型と上型とが傾いて相対位置ずれしている状態を示す部分断面図である。

[図4]透過波面収差を測定する透過波面収差測定装置を示す模式図である。

[図5]光学素子成形金型を用いてレンズを製造する工程を示すフローチャートである。

[図6]図5に示すフローチャートにおける光学素子成形金型の調整工程を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0018] 本発明を実施の形態に基づいて説明するが、本発明は該実施の形態に限らない。

[0019] 光学レンズを成形する金型の相対位置調整において、従来の凸部を設けなくて、本来の光学素子の状態で光学性能を評価し、これに基づく金型の相対位置を調整する方法としては、該金型で成形された光学素子の透過波面収差を利用する方法がある。

[0020] 透過波面収差を利用する場合、光学素子の対向する光学面の相対位置ずれを高い精度で測定することが可能であり、測定に要する時間が短いという利点がある。その一方で、透過波面収差の測定が困難な形状、若しくは、相対位置ずれ量に対し得られる測定値が小さい、すなわち測定感度の低い形状である光学素子においては、透過波面収差の測定値に基づいて金型の相対位置調整をすることが困難であり、上記の利点が活用できない。

[0021] 以下に説明する本発明の実施の形態においては、このような参考例における課題も解決できるものとなっている。

[0022] （光学素子成形金型）

本発明は、光学素子を成形により製造する光学素子の製造方法及び成形金型に関するものであって、予め所定の質量及び形状を有するガラス素材を製作し、該ガラス素材を金型と共に加熱した後、金型にて加圧成形して光学素

子であるレンズを得る方法（再加熱法）を例に説明する。

[0023] 図 1 は、本発明に係る光学素子の製造方法で使用する成形金型である金型 1 を示す図である。金型 1 は、下型 1 A と上型 1 B を有し、複数個（図 1 では 5 個）のガラス素材を加圧して同時に 2 種類の光学素子であるレンズを成形することができる。2 種類のレンズの何れも、対向する第 1 光学面と第 2 光学面とを有している。

[0024] 下型 1 A は、レンズの第 1 光学面を形成するように対応した形状に精密加工された第 1 成形面 10 a、11 a を有し、上型 1 B は、第 1 光学面に対向する、第 2 光学面を形成するように対応した形状に精密加工された第 2 成形面 10 b、11 b を有している。

[0025] 上型 1 B は、図示しない駆動手段によって加圧方向（図 1 の Z 方向）に移動できるように構成された移動金型であり、下型 1 A は、加圧成形の際に移動しない固定金型である。

[0026] 図 2（a）は、図 1 に示す下型 1 A の G-G' の位置、及び、上型 1 B の F-F' の位置における断面図であり、下型 1 A の第 1 成形面 10 a、11 a それぞれに成形する材料であるガラス素材 20 が載置され、加圧方向 P を示している。

[0027] 図 2（b）は、上型 1 B を加圧方向 P に移動させ、軟化状態にあるガラス素材 20 を、下型 1 A の第 1 成形面 10 a、11 a と上型 1 B の第 2 成形面 10 b、11 b とで、それぞれ加圧し成形する様子を示している。これにより、金型 1 は、第 1 成形面 10 a と第 2 成形面 10 b とで第 2 の光学素子であるレンズ 21 を、第 1 成形面 11 a と第 2 成形面 11 b とで第 1 の光学素子であるレンズ 22 を、同時に成形することができる。

[0028] 図 3 は、金型 1 において、下型 1 A と上型 1 B との相対位置のずれている様子を模式的に示す図である。図 3（a）は、下型 1 A と上型 1 B とが図 1 で示す X 軸及び Y 軸（X-Y 面内）方向でずれている様子を図 1 の上型 1 B の上から下型 1 A に向かって見た場合を示している。図 3（b）は、下型 1 A を基準とする Z 軸に対して、上型 1 B が傾いている様子を図 2（a）の第

1 成形面 10a、第2成形面 10bの周辺で示している。

[0029] 図3(a)で示すような、下型1Aに対し上型1BがX軸及びY軸(X-Y面内)方向で相対位置ずれがある場合、成形されるレンズ21、22の第1光学面と第2光学面の中心軸が平行にずれた相対位置ずれ(平行偏芯)が生じる。

[0030] 同様に、図3(b)で示すような、下型1Aに対し上型1BがZ軸に垂直な線の周りに回転して、上型1Bの第2成形面10bの中心軸がZ軸から傾いた相対位置ずれがある場合、成形されるレンズ21、22それぞれの第1光学面と第2光学面とは、互いの光軸が傾いた相対位置ずれ(傾き偏芯)が生じる。

[0031] 従って、レンズ21又はレンズ22何れかの第1光学面と第2光学面との相対位置ずれ量を求めることができれば、この値に基づいて下型1Aと上型1Bとの相対位置を調整することができる。

[0032] 本実施の形態では、レンズ22は、金型1を用いて本来製造(量産)する光学素子(第1の光学素子に相当)であり、レンズ21は、第1光学面と第2光学面との相対位置ずれ量を求め、このずれ量に基づいて金型1の相対位置を調整するための光学素子(第2の光学素子に相当)である。

[0033] レンズ21を例にして第1光学面と第2光学面との相対位置ずれ量を透過波面収差に基づいて求めることに関して説明する。

[0034] まず、透過波面収差の測定について図4を用いて説明する。図4は、公知のフィゾー干渉計110を用いて、調整のための光学素子であるレンズ21の透過波面収差を測定する透過波面収差測定装置100を示す模式図である。

[0035] 本実施の形態においては、レンズ21は、例として図4に示すように、発散する球面波を収束する球面波に変換するものとする。

[0036] フィゾー干渉計110において、レンズ21単体では、平板120の参照平面120aの反射波面と干渉させることができないので、平行光をレンズ21に合わせた収束光とするコリメータレンズ130を設けてある。レン

ズ 2 1 が、平面波を収束する球面波に変換する場合は、コリメータレンズ 1 3 0 は不要である。

[0037] 図 4 において、フィゾー干渉計 1 1 0 から射出された平行光は、コリメータレンズ 1 3 0 を通過して、一旦収束した後、発散光となりレンズ 2 1 に入射し、その後収束光として射出される。この収束光は、レンズ 2 1 の設計上の透過波面に最も近いほぼ理想的球面形状の参照反射面 1 4 0 a を備えた球面原器 1 4 0 により反射され、これまで進んできた光路に概ね沿ってフィゾー干渉計 1 1 0 に戻る。尚、コリメータレンズ 1 3 0 は、その透過波面がほぼ設計通りとなっていることが望まれる。

[0038] フィゾー干渉計 1 1 0 においては、レンズ 2 1 を透過して戻る光（透過波面）と、参照平面 1 2 0 a における反射光（基準波面）とが干渉し干渉縞が生じる。この干渉縞をフィゾー干渉計 1 1 0 が備える CCD 等の撮像素子を用いて画像データとして取り込み、所定の画像処理による干渉縞の解析を行うことで、レンズ 2 1 の透過波面収差が測定できる。

[0039] 一般に干渉縞の解析を行うには、干渉縞の空間周波数帯域が広過ぎて干渉縞自体の検出不能となる領域がなく、フィゾー干渉計 1 1 0 に組み込まれている CCD 等の撮像デバイス（不図示）の解像度が干渉縞を分解できることが必要である。このためには、透過波面収差がより小さいほうが干渉縞の解析をより高精度に容易に行うことができる。

[0040] レンズ 2 2 は、量産する光学素子であるため、その仕様は用途により決められている。一方、レンズ 2 1 は、金型 1 の相対位置を調整するための光学素子であり、金型 1 の相対位置を調整することがより容易に、より高精度にできるように、レンズ 2 2 の仕様に関係なく、その仕様を自由に決めることができる利点がある。

[0041] 上記で説明した干渉縞の解析の観点から、レンズ 2 1 は、設計上の透過波面に最も近い球面からのずれ量が、レンズ 2 2 の設計上の透過波面に最も近い球面からのずれ量より小さいことが好ましい。

[0042] 上記のずれ量がより小さいものになるように、レンズ 2 1 の仕様を決める

と共に、コリメータレンズ 130 のような、設計上、レンズ 21 を透過した波面が、参照反射面 140a の形状に近くなるように平面波を変換する補正レンズや球面原器 140 の参照反射面 140a を適宜決めればよい。また、レンズ 21 を、入射する平面波又は球面波を球面原器 140 の参照反射面 140a に近い形状の球面波に変換するものとする場合、補正レンズは不要又は容易に準備できる構成とすることができ、また参照反射面 140a は容易に準備できる球形状とすることができる。このような補正レンズ、参照反射面を用いることができることは、レンズ 21 の透過波面収差を求める上で大きな利点である。

[0043] 上記の干渉縞の解析の観点に加え、補正レンズや球面原器の準備の容易さの観点からも、レンズ 21 は、設計上の透過波面に最も近い球面からのずれ量が、レンズ 22 の設計上の透過波面に最も近い球面からのずれ量より小さいことが好ましい。

[0044] 次に、干渉縞の解析により得られた透過波面収差に基づいて、レンズ 21 の対向する第 1 光学面と第 2 光学面との相対位置ずれ量を求めることに関して説明する。

[0045] レンズ 21 の対向する第 1 光学面と第 2 光学面との相対位置ずれ量を、透過波面収差の測定により求める方法としては、例えば、透過波面収差により求めた 3 次コマ収差、5 次コマ収差を用い、平行偏芯量（面間シフト量）及び傾き偏芯量（面間チルト量）を得る方法がある。

[0046] ゼルニケ係数（ Z_0 から Z_{35} ）のうち Z_6 は 3 次の x 軸方向のコマ収差、 Z_7 は 3 次の y 軸方向のコマ収差、 Z_{13} は 5 次の x 軸方向のコマ収差、 Z_{14} は 5 次の y 軸方向のコマ収差を示す。

[0047] レンズ 21 の設計に基づいて、上記のゼルニケ係数 Z_6 、 Z_7 の値を決める面間チルト量 1 分当たり係数 a、面間シフト量 $1\ \mu\text{m}$ 当たりの係数 b と、上記のゼルニケ係数 Z_{13} 、 Z_{14} の値を決める面間チルト量 1 分当たりの係数 c、面間シフト量 $1\ \mu\text{m}$ 当たりの係数 d とを求める。

[0048] 実際には、透過波面収差測定装置 100 で得られる透過波面収差は、レン

ズ 2 1 のみではなく、補正レンズであるコリメータレンズ 1 3 0 や球面原器 1 4 0 の参照反射面 1 4 0 a を含めたものである。コリメータレンズ 1 3 0 、レンズ 2 1 及び球面原器 1 4 0 からなる光学系の設計に基づいて、レンズ 2 1 における上記と同様の面間チルト量 1 分、面間シフト量 $1 \mu\text{m}$ 当たりの係数 a 、 b 、 c 、 d を求める。

[0049] 透過波面収差から求めたゼルニケ係数 Z_6 、 Z_7 、 Z_{13} 、 Z_{14} を、上記の係数 a 、 b 、 c 、 d を用いた以下の式 (1) から (4) の 4 連立方程式を解いて t i l t_α 、 t i l t_β 、 s h i f t_x 、 s h i f t_y を求める。

$$[0050] \quad Z_6 = a \times \text{t i l t}_\alpha + b \times \text{s h i f t}_x \quad (1)$$

$$Z_7 = a \times \text{t i l t}_\beta + b \times \text{s h i f t}_y \quad (2)$$

$$Z_{13} = c \times \text{t i l t}_\alpha + d \times \text{s h i f t}_x \quad (3)$$

$$Z_{14} = c \times \text{t i l t}_\beta + d \times \text{s h i f t}_y \quad (4)$$

尚、 x 軸、 y 軸は、互いに直交し、且つ、レンズ 2 1 の光学面若しくは外径を基準に定める基準軸 z に垂直であり、 t i l t_α は y 軸周り、 t i l t_β は x 軸周りの面間チルト量 (分) を示し、 s h i f t_x は x 軸方向、 s h i f t_y は y 軸方向への面間シフト量 (μm) を示す。

[0051] 上記の係数 a 、 b 、 c 、 d は、光学面の相対位置ずれ量に対する透過波面収差の発生量の比率を示し、この比率が大きい程、より小さい面間チルト量、面間シフト量で、より大きな透過波面収差を生じる。この比率が大きいことは、面間チルト量、面間シフト量の測定感度が高いことを意味し、干渉縞の解析により得られる透過波面収差に基づいて、より小さい面間チルト量、面間シフト量が得られ、より高精度に金型 1 の相対位置を調整することができる。

[0052] 従って、レンズ 2 1 は、レンズ 2 2 と比較して、対向する光学面の相対位置ずれ量に対する透過波面収差の発生量の比率が大きいものが好ましい。これにより、レンズ 2 2 と比較して小さい面間チルト量、面間シフト量が容易に得られ、これに基づいて、レンズ 2 2 では容易に達成できないより高精度に金型 1 の相対位置を容易に調整することができる。このような、測定感度

の異なるレンズ 2 1、レンズ 2 2 の例を以下に示す。

- [0053] レンズ 2 1 は、両面非球面レンズであって、上記の係数 a 、 b 、 c 、 d が、それぞれ $a = -1.33 \text{ m}\lambda / \text{分}$ 、 $c = -1.7 \text{ m}\lambda / \text{分}$ 、 $b = 8.5 \text{ m}\lambda / \mu\text{m}$ 、 $d = -1.7 \text{ m}\lambda / \mu\text{m}$ である。レンズ 2 2 は、両面非球面レンズであって、上記の係数 a 、 b 、 c 、 d が、それぞれ $a = 5 \text{ m}\lambda / \text{分}$ 、 $c = 0$ 、 $b = 1.4 \text{ m}\lambda / \mu\text{m}$ 、 $d = 0$ である。レンズ 2 1 の係数 a 、 b 、 c 、 d は、レンズ 2 2 のそれぞれの係数より絶対値が大きい。調整のための光学素子として、レンズ 2 1 を採用することにより、金型 1 の相対位置をレンズ 2 2 では容易に達成できない、より高精度に容易に調整することができ、その結果、レンズ 2 2 をより高精度に製造することができる。
- [0054] 上記の平行偏芯量及び傾き偏芯量を求める例は、平行偏芯量及び傾き偏芯量の両方を求めるものであるが、これに限定される必要はなく、必要に応じて適宜求める偏芯量を定め、それにより、レンズ 2 1 を適宜決めれば良い。例えば、求める偏芯量は、平行偏芯量又は傾き偏芯量の何れか、また、平行偏芯量であっても x 軸方向の平行偏芯量のみ、傾き偏芯量であれば y 軸周りの傾き偏芯のみ等としても良い。
- [0055] 尚、調整のための光学素子であるレンズ 2 1 は、金型 1 との相対位置関係が分かるような目印を設けることが好ましい。例えば、レンズ 2 1 の光学有効面以外の外周部（例えば、フランジ部）の一箇所に切り欠き部又は突起部を設ける等である。これによりレンズ 2 1 の透過波面収差から求めた面間シフト量（平行偏芯量）や面間チルト量（傾き偏芯量）から、金型 1 の調整すべき方向が容易に分かる。
- [0056] レンズ 2 1 は、金型 1 の相対位置調整を目的とするものであるから、透過波面収差の測定に問題となるような影響を及ぼさない範囲内であれば良く、目印を設ける位置、形状等の自由度は高く、容易に設けることができる。
- [0057] 一般的にレンズは、光軸に対して回転対称であるものが多く、光軸に対して回転対称である場合、光軸に対して第 1 光学面と第 2 光学面とが互いに回転することにより生じる透過波面収差は、理論的にはゼロである。このため

、調整のための光学素子であるレンズ 2 1 を光軸に対して回転対称なものを用いた場合、図 1 における金型 1 において、Z 軸周りの相対位置ずれは調整できない。

[0058] 上記に対応するため、レンズ 2 1 は、対向する第 1 光学面及び第 2 光学面が光軸に対し回転対称でない形状、例えば、対向する第 1 光学面、第 2 光学面が何れもアナモルフィック面の一つであるトロイダル面とすればよい。これにより、レンズ 2 1 は、対向する第 1 光学面と第 2 光学面との平行偏芯に加えて、光軸に対して相対的に回転する傾き偏芯により透過波面収差を生じるものであり、この透過波面収差に基づいて、金型 1 の Z 軸周りの相対位置のずれを精度良く調整することができるようになる。

[0059] 下型 1 A 及び上型 1 B の材質は、高温でガラスと反応しにくいこと、酸化しにくいこと、良好な鏡面が得られること等、種々の性質が求められる。これらの性質を有する材質として、例えば、炭化タングステンを主成分とする超硬合金、炭化物や窒化物等の各種セラミックス（炭化珪素、窒化珪素、窒化アルミニウム等）、カーボン、あるいはこれらの複合材料等が挙げられる。また、これらの材質の表面に各種金属やセラミックス、カーボンなどの薄膜を形成したものをを用いることも好ましい。上型 1 B と下型 1 A とは、同じ材質を用いてもよいし、異なる材質を用いてもよい。

[0060] また、下型 1 A における第 1 成形面 1 0 a、1 1 a、及び、上型 1 B における第 2 成形面 1 0 b、1 1 b は、それぞれ 1 つの部材に形成されたものが相対位置精度の点からより好ましいが、例えば、成形面毎の複数の部材から構成するものであっても良い。

[0061] （光学素子の製造方法）

図 5 は、本発明に係る光学素子の製造方法を用いてレンズ 2 2 を製造する例を示すフローチャートであり、図 6 は、図 5 中、金型 1 を調整する工程（図 5 に示すステップ S 1）の内容を示すフローチャートである。以下、図 1 から図 6 を適宜用いて、金型 1 を用い、再加熱法によるレンズ 2 2 の製造について説明する。

- [0062] レンズ 2 2 を製造する当初、レンズ 2 2 を成形する金型 1 の下型 1 A と上型 1 B との相対位置を、レンズ 2 2 と同時に成形することができるレンズ 2 1 を用いて調整する（図 5、ステップ S 1）。
- [0063] 以下、図 6 のフローを用いて、図 5 に示すステップ S 1 をより詳しく説明する。
- [0064] 図 6 において、先ず、図 2（a）に示すように、上型 1 B を下型 1 A の上方に退避させた状態で、下型 1 A の第 1 成形面 1 0 a、1 1 a の上にガラス素材 2 0 を配置する（ステップ S 1 0）。ガラス素材 2 0 の形状は、製造するレンズ 2 1、レンズ 2 2 の形状等に応じて適宜選択すれば良い。例えば、球状、半球状、平面などを用いることができる。
- [0065] 使用するガラス素材 2 0 の材質は特に制限はなく、公知のガラスを用途に応じて選択して用いることができる。例えば、ホウケイ酸塩ガラス、ケイ酸塩ガラス、リン酸ガラス、ランタン系ガラス等の光学ガラスが挙げられる。第 1 成形面 1 0 a、1 1 a の上にそれぞれ配置するガラス素材 2 0 は形状、材質とも成形条件から同じあることが好ましいが、必ずしも同じである必要はない。
- [0066] この時、金型 1 の温度（T）は、加圧成形時の温度（T 2）よりも低い所定温度（T 1）に保たれている。金型 1 の温度が低すぎると加熱と冷却のために長い時間が必要となり生産効率が悪くなる場合がある。通常は、室温（25℃）程度～ガラス素材 2 0 のガラス転移点温度（T_g）程度以下の温度を適宜設定すればよい。
- [0067] 次に、図示していない加熱装置によって、金型 1 及びガラス素材 2 0 を加圧成形時の温度（T 2）まで加熱する（ステップ S 1 1）。
- [0068] 加圧成形時の温度（T 2）は、加圧成形によってガラス素材 2 0 に良好な転写面を形成できる温度を適宜選択すればよい。一般的には、下型 1 A や上型 1 B の温度が低すぎるとガラス素材 2 0 に良好な転写面を形成することが困難になってくる。逆に、必要以上に温度を高くしすぎると、ガラス素材 2 0 と金型 1 との融着が発生したり、金型 1 の寿命が短くなったりするおそれ

がある。

[0069] 実際には、ガラスの種類や、形状、大きさ、金型 1 の材質、保護膜の種類、ガラス素材 20 の形状、大きさ、ヒーターや温度センサーの位置等種々の条件によって適正な温度が異なるため、実験的に適正な温度を求めておくことが好ましい。

[0070] 尚、加熱装置に特に制限はなく公知の加熱装置を用いることができる。例えば、赤外線加熱装置、高周波誘導加熱装置、カートリッジヒーター等が挙げられる。また、加熱による酸化等によって金型 1 の各部材が劣化することを防止するため、金型 1 の全体を密閉した上で窒素ガスやアルゴンガスを導入し、非酸化性の雰囲気中で加熱することも好ましい。真空雰囲気中で加熱してもよい。

[0071] 次に、図示しない駆動手段によって上型 1 B を下降させて、図 2 (b) に示すように、ガラス素材 20 を加圧する（ステップ S 12）。これによってガラス素材 20 に上型 1 B の第 2 成形面 10 b、11 b と下型 1 A の第 1 成形面 10 a、11 a が転写され、対向する 2 つの光学面を有する 2 種類のレンズ 21、22 が同時に形成される。加圧力は、ガラス素材 20 のサイズ等に応じて適宜設定すればよい。また、加圧力を時間的に変化させてもよい。

[0072] 駆動手段にも制限はなく、エアシリンダ、油圧シリンダ、サーボモータを用いた電動シリンダ等の公知の加圧手段を適宜選択して用いることができる。

[0073] その後、金型 1 及びガラス素材 20 を初期温度（ T_1 ）まで冷却する（ステップ S 13）。冷却の途中、ガラス素材 20 への加圧を解除しても転写面の形状が崩れない温度になった時点で上型 1 B をガラス素材 20 から離間させて加圧を解除する。加圧を解除する時の温度は、ガラスの種類、ガラス素材 20 の大きさや形状、必要な精度等によるが、通常はガラスの T_g 近傍の温度まで冷却されていればよい。

[0074] 金型 1 が初期温度（ T_1 ）まで冷却されたら、上型 1 B を上方に退避させて作製されたレンズ 21、22 を回収する（ステップ S 14）。レンズ 21

、２２の回収は、例えば、真空吸着を利用した公知の離型装置等を用いて行うことができる。

[0075] 回収したレンズ２１、２２のうち調整するための光学素子であるレンズ２１の透過波面収差を図４に示す透過波面収差測定装置１００を用いて測定する。得られた測定値に基づいて、レンズ２１の第１光学面と第２光学面との相対位置ずれ量、すなわち、第１成形面１０ａが形成されている下型１Ａと第２成形面１０ｂが形成されている上型１Ｂとの相対位置ずれ量を求め（測定工程：ステップＳ１５）、その相対位置ずれ量が許容誤差範囲であるか否かを判定する（ステップＳ１６）。

[0076] 判定の結果、許容誤差範囲内でない場合、レンズ２１の透過波面収差の測定値から得られる相対位置ずれ量に基づいて、その相対位置ずれ量が所望の誤差範囲内に収まるように下型１Ａと上型１Ｂとの相対位置を調整する（相対位置調整工程：ステップＳ１７）。

[0077] 下型１Ａと上型１Ｂとの相対位置を調整することにより、第１成形面１０ａ、第２成形面１０ｂの周囲に配置されている第１成形面１１ａ、第２成形面１１ｂの相対位置も同時に調整される。

[0078] 上記のステップＳ１０からステップＳ１４の成形工程（第１の成形工程）、ステップＳ１５の測定工程及びステップＳ１７の相対位置調整工程を、金型１の相対位置ずれ量が所望の許容誤差範囲内と判定されるまで繰り返す。

[0079] 上型１Ｂと下型１Ａとの相対位置が調整され、金型１の相対位置ずれ量が許容誤差範囲内となった後は、図５に示すステップＳ２からステップＳ６の成形工程（第２の成形工程）を適宜繰り返すことによりレンズ２２を良好に量産することができる。ステップＳ２からステップＳ６の成形工程は、上記で説明したステップＳ１０からステップＳ１４の成形工程と同様であるため説明を省略する。尚、図６では、レンズ２１と共にレンズ２２も成形しているが、必ずしもレンズ２２を成形する必要はない。

[0080] レンズ２２の製造工程は、説明したステップＳ１からステップＳ６の工程以外の工程を含んでいてもよい。例えば、レンズ２１、２２を回収した後に

金型 1 をクリーニングする工程等を設けてもよく、また、ステップ S 7 ; Y e s からステップ S 2 に戻る間に、時折、金型 1 の相対位置を確認するため、金型 1 の調整工程（ステップ S 1）を設けてもよい。図 5 に示した製造工程では、レンズ 2 1 をレンズ 2 2 と共に製造しているが、金型 1 の相対位置調整の後には、レンズ 2 1 は成形しなくてもよい。

[0081] 本発明に係る光学素子の製造方法は、上記で説明した再加熱法による光学素子の製造方法のみに使用が限定されるものではない。本発明に係る光学素子の製造方法は、予め上下の成形型を所定温度に加熱しておき、下型の表面に溶融したガラス素材を滴下し、滴下されたガラス素材が未だ変形可能な温度にある間に上下の成形型にて加圧成形する液滴法や、プラスチック素材を用いた射出成形法等にも利用できる。

符号の説明

- [0082] 1 金型
- 1 A 下型
- 1 B 上型
- 1 0 a、1 1 a 第 1 成形面
- 1 0 b、1 1 b 第 2 成形面
- 2 0 ガラス素材
- 2 1 レンズ（第 2 の光学素子）
- 2 2 レンズ（第 1 の光学素子）
- 1 0 0 透過波面収差測定装置
- 1 1 0 フィゾー干渉計
- 1 2 0 平面板
- 1 2 0 a 参照平面
- 1 3 0 コリメータレンズ
- 1 4 0 球面原器
- 1 4 0 a 参照反射面

請求の範囲

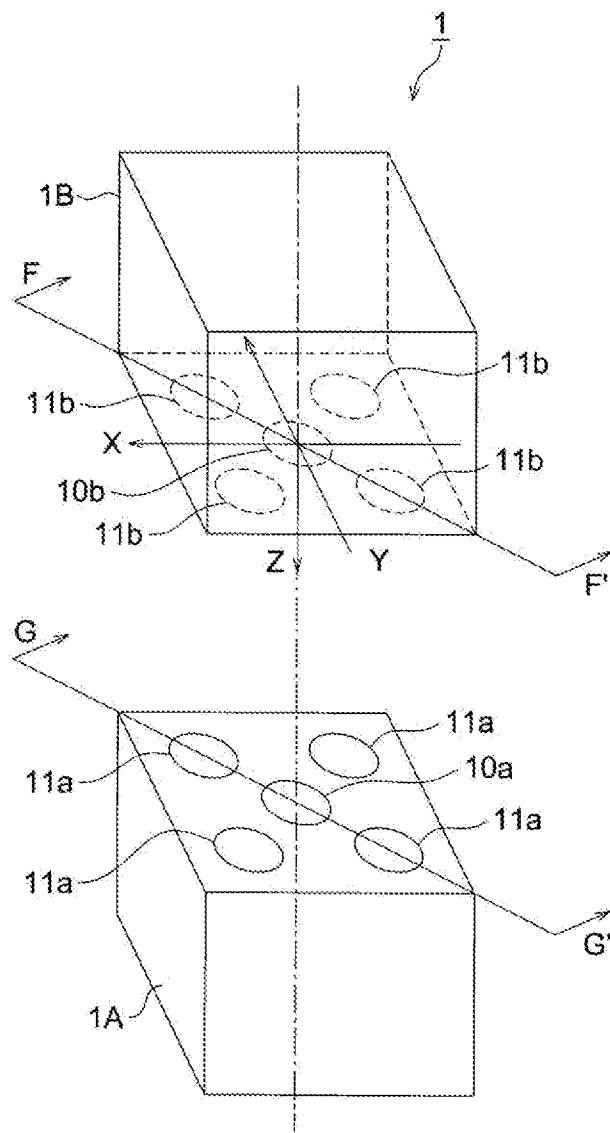
- [請求項1] 対向する光学面を備えた光学素子を成形する成形面を有する一对の成形金型を用い、前記光学素子を成形する光学素子の製造方法において、
- 前記成形金型は、該成形金型を用いて製造する第1の光学素子を成形する成形面と、該第1の光学素子を成形する成形面とは別の、一对の前記成形金型の相対位置を調整するために使用する第2の光学素子を成形する成形面と、を備え、
- 前記成形金型を用いて、前記第2の光学素子を成形する第1の成形工程と、
- 前記第1の成形工程で成形された前記第2の光学素子の透過波面収差に基づいて、前記第2の光学素子の対向する光学面の相対位置ずれ量を求める測定工程と、
- 前記測定工程により求めた前記相対位置ずれ量に基づいて、一对の前記成形金型の相対位置を調整する相対位置調整工程と、
- 前記相対位置調整工程により相対位置を調整された前記成形金型を用いて前記第1の光学素子を成形する第2の成形工程と、
- を有することを特徴とする光学素子の製造方法。
- [請求項2] 前記第1の光学素子及び前記第2の光学素子のそれぞれに平面波又は球面波が入射した際のそれぞれの透過波面が、前記第1の光学素子及び前記第2の光学素子それぞれの設計上の透過波面に最も近い球面からのずれ量において、前記第2の光学素子が前記第1の光学素子より小さいことを特徴とする請求項1に記載の光学素子の製造方法。
- [請求項3] 前記第2の光学素子は、対向する光学面の相対位置ずれ量に対する透過波面収差の発生量の比率が、前記第1の光学素子と比較して大きいことを特徴とする請求項1に記載の光学素子の製造方法。
- [請求項4] 前記第2の光学素子の透過波面収差は、対向する光学面の平行偏芯、傾き偏芯の少なくとも何れかにより生じる収差を含むことを特徴と

する請求項 1 から 3 の何れか一項に記載の光学素子の製造方法。

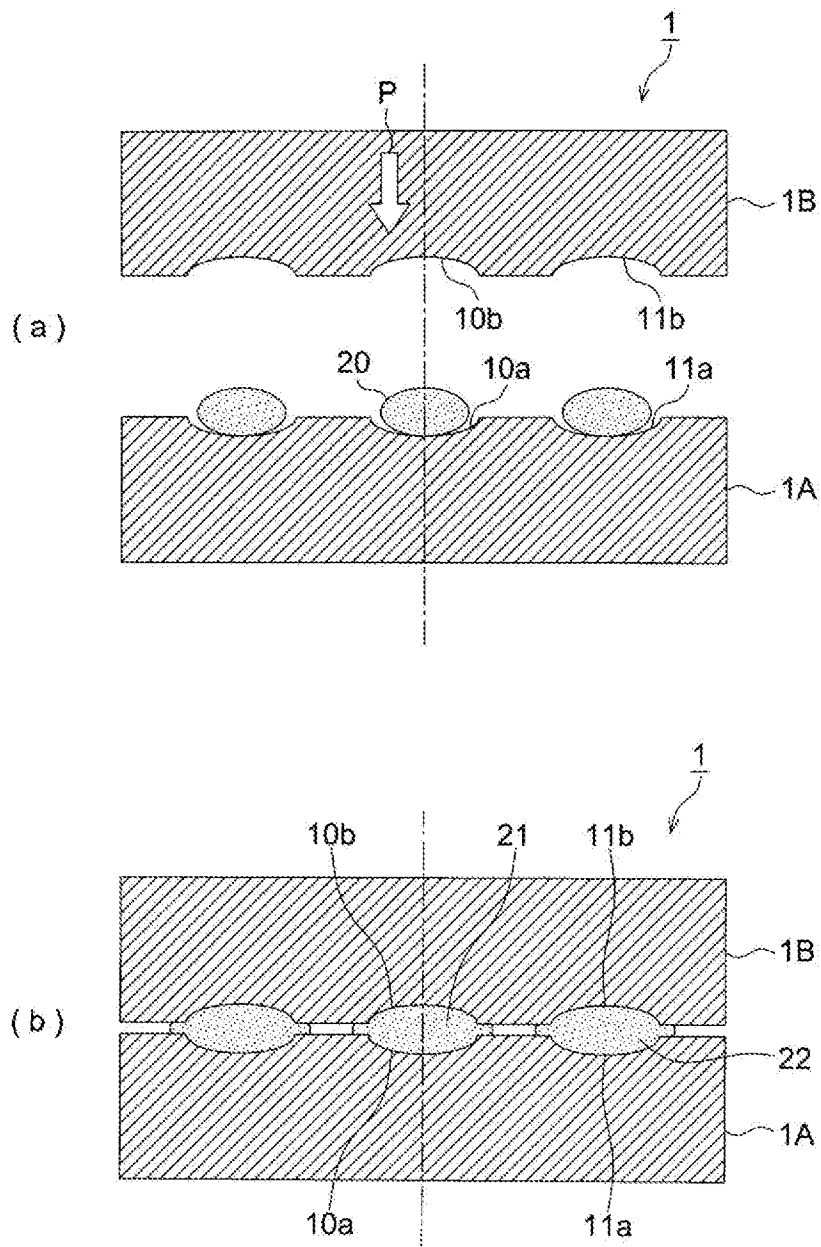
[請求項5] 前記第 2 の光学素子の透過波面収差は、前記第 2 の光学素子の光軸を軸とし、対向する光学面の相対的な回転により生じる収差を含むことを特徴とする請求項 1 又は 3 に記載の光学素子の製造方法。

[請求項6] 請求項 1 から 5 の何れか一項に記載の光学素子の製造方法で使用される前記第 1 の光学素子及び前記第 2 の光学素子の成形面を有することを特徴とする光学素子成形金型。

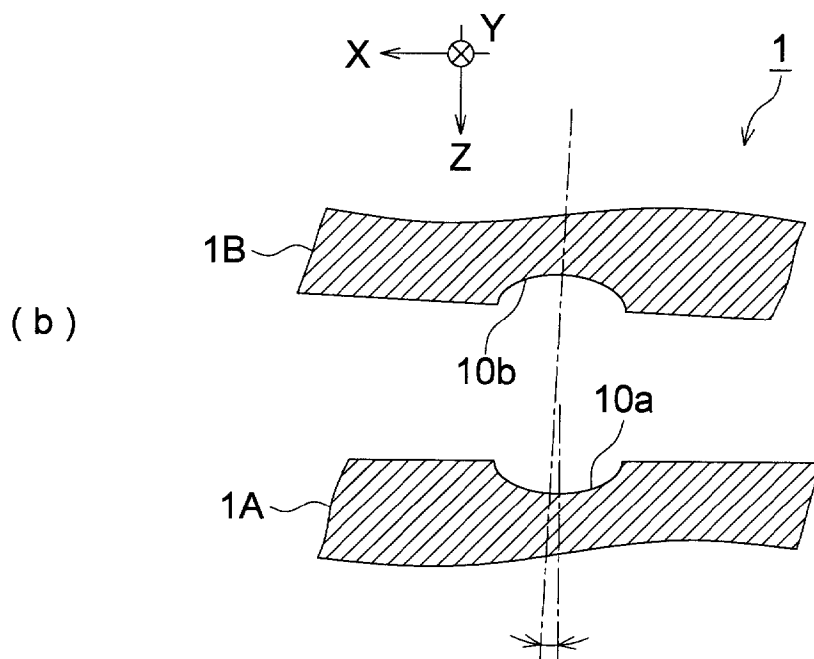
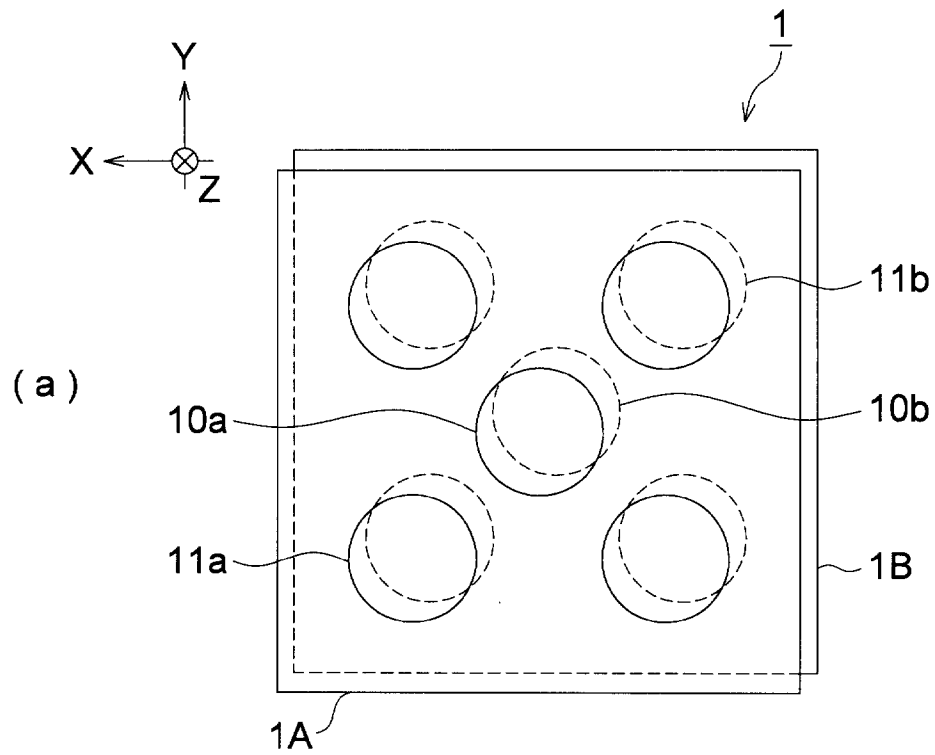
[図1]



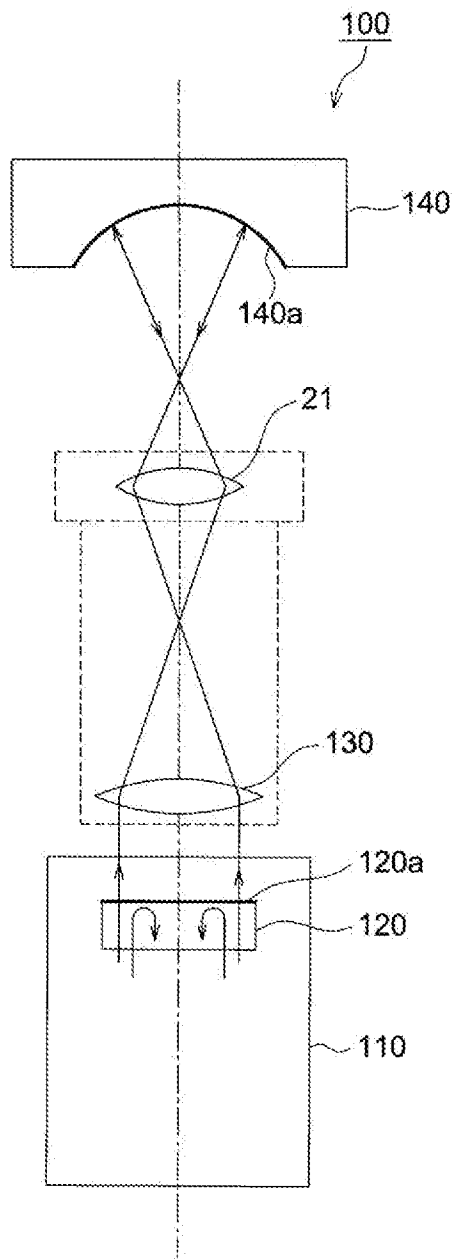
[図2]



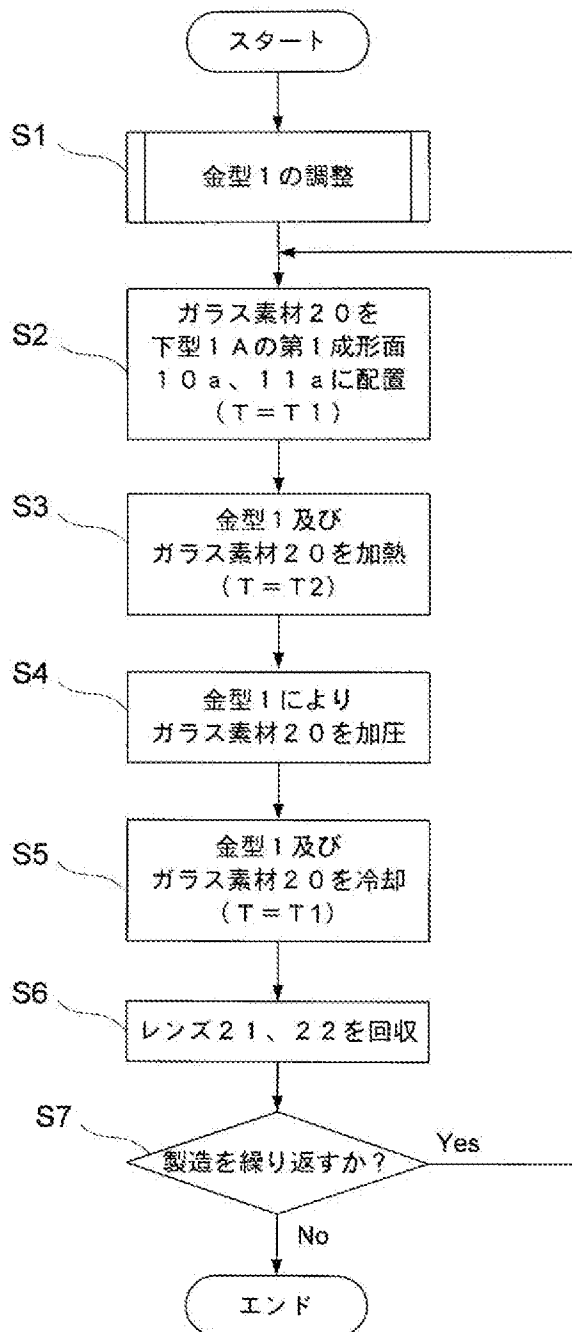
[図3]



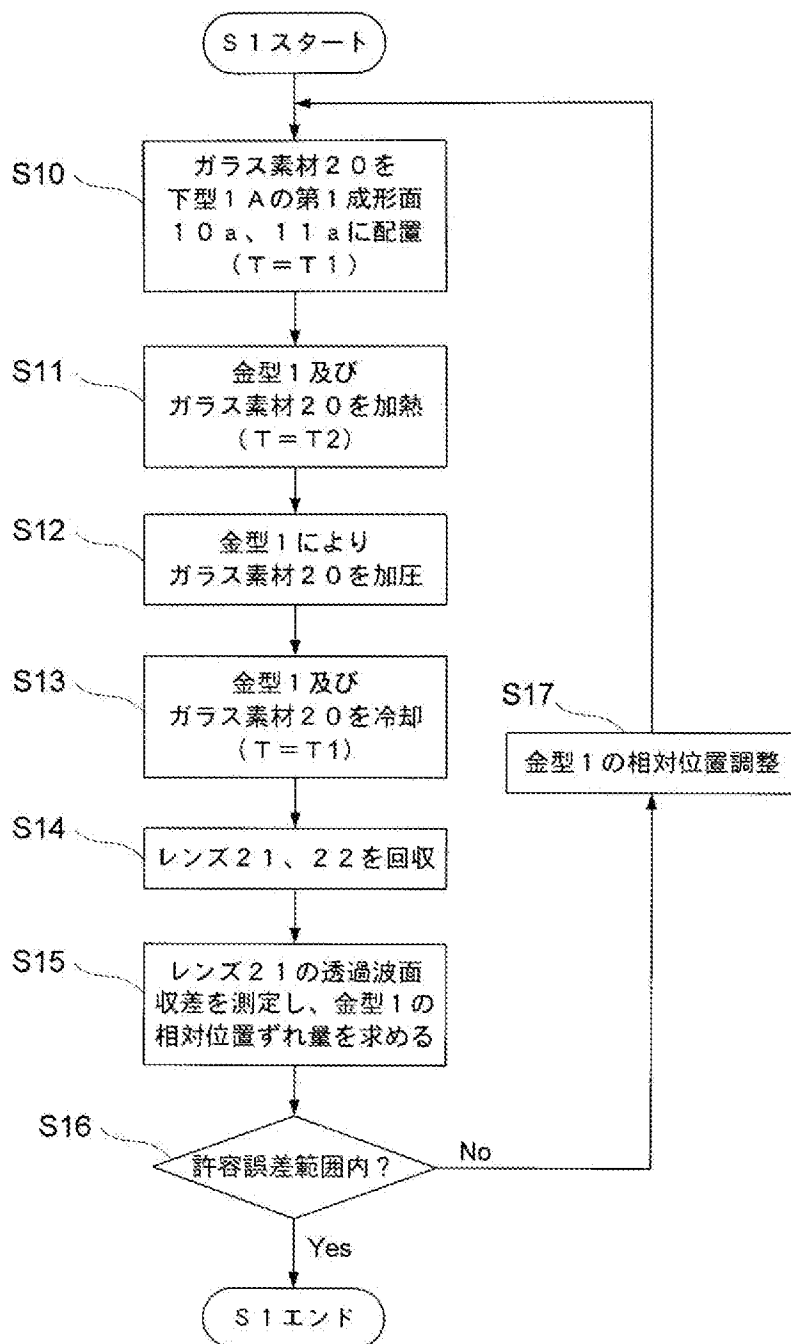
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/052234

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03B11/16(2006.01)i, C03B11/00(2006.01)i, G01B11/27(2006.01)i, G01M11/02(2006.01)i, G02B7/00(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)

C03B11/00-11/16

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
X Y	JP 2004-217468 A (Konica Minolta Holdings, Inc.), 05 August 2004 (05.08.2004), claims; paragraph [0006]; fig. 1 (Family: none)	6 1-6
Y	WO 2009/044768 A1 (Konica Minolta Opto, Inc.), 09 April 2009 (09.04.2009), claims; paragraphs [0003], [0010], [0022], [0030], [0031], [0053]; fig. 3, 4, 10 & CN 101815679 A	1-6

☐ 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
24 March, 2011 (24.03.11)

Date of mailing of the international search report
05 April, 2011 (05.04.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C03B11/16(2006.01)i, C03B11/00(2006.01)i, G01B11/27(2006.01)i, G01M11/02(2006.01)i, G02B7/00(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. C03B11/00-11/16

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 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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 請求項の番号
X Y	JP 2004-217468 A（コニカミノルタホールディングス株式会社） 2004.08.05, 特許請求の範囲, [0006], 図1（ファミリーなし）	6 1-6
Y	WO 2009/044768 A1（コニカミノルタオプト株式会社）2009.04.09, 特許請求の範囲, [0003], [0010], [0022], [0030], [0031], [0053], 図3, 図4, 図10 & CN 101815679 A	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

「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
「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
「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）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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
「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
「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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 4 . 0 3 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

0 5 . 0 4 . 2 0 1 1

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100-8915

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）

大工原 大二

電話番号 03-3581-1101 内線 3465

4 T

4 4 2 5