

(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
2016年10月6日(06.10.2016)



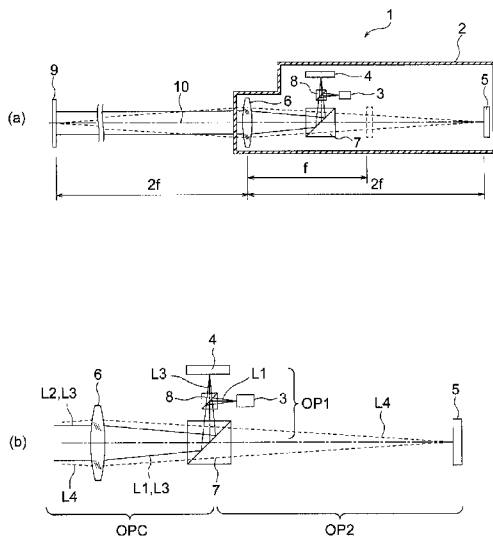
(10) 国際公開番号

WO 2016/157291 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 11/27 (2006.01) *G02B 21/18* (2006.01)
G01B 11/26 (2006.01) *G02B 21/36* (2006.01)
G02B 7/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/059612
- (22) 国際出願日: 2015年3月27日(27.03.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 足立要人 (ADACHI Kanato); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 森田晃正 (MORITA Terumasa); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 斎藤圭介, 外 (SAITO Keisuke et al.); 〒1010051 東京都千代田区神田神保町1-4-3 駿河台下MKビル6階 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, 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, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: MEASURING HEAD AND ECCENTRICITY MEASURING DEVICE PROVIDED WITH SAME

(54) 発明の名称: 測定ヘッド及びそれを備えた偏心測定装置



(57) Abstract: A measuring head 1 is provided with: a light source unit 3; a first image-acquisition element 4; a second image-acquisition element 5; an objective optical system 6; an optical-path dividing element 7; a common optical path OPC; a first optical path OP1; and a second optical path OP2. The common optical path OPC is formed from the optical-path dividing element 7 toward the objective optical system 6; the first optical path OP1 is formed from the optical-path dividing element 7 toward the first image-acquisition element 4; the second optical path OP2 is formed from the optical-path dividing element 7 toward the second image-acquisition element 5; the common optical path OPC is positioned on one side of the optical-path dividing element 7; the first optical path OP1 and the second optical path OP2 are positioned on the other side thereof; the optical-path dividing element 7 is disposed at a position at which the first optical path OP1 intersects the second optical path OP2; the light source unit 3 and the first image-acquisition element 4 are both disposed at predetermined positions; the second image-acquisition element 5 is disposed at a position differing from the predetermined positions; and the predetermined positions are the focal position of the objective optical system 6 or positions conjugate with the focal position of the objective optical system 6.

(57) 要約:

[続葉有]



測定ヘッド1は、光源部3と、第1の撮像素子4と、第2の撮像素子5と、対物光学系6と、光路分割素子7と、共通光路OPCと、第1の光路OP1と、第2の光路OP2と、を備え、共通光路OPCは、光路分割素子7から対物光学系6に向かって形成され、第1の光路OP1は、光路分割素子7から第1の撮像素子4に向かって形成され、第2の光路OP2は、光路分割素子7から第2の撮像素子5に向かって形成され、光路分割素子7を挟んで一方の側に共通光路OPCが位置し、他方の側に第1の光路OP1と第2の光路OP2とが位置し、光路分割素子7は、第1の光路OP1と第2の光路OP2とが交差する位置に配置され、光源部3と第1の撮像素子4は、共に所定の位置に配置され、第2の撮像素子5は、所定の位置と異なる位置に配置され、所定の位置は、対物光学系6の焦点位置、又は対物光学系6の焦点位置と共役な位置である。

明 細 書

発明の名称：測定ヘッド及びそれを備えた偏心測定装置

技術分野

[0001] 本発明は、測定軸方向における測定範囲が広い測定ヘッド及びそれを備えた偏心測定装置に関する。

背景技術

[0002] 被検物における偏心量を測定する装置として、偏心測定装置がある。偏心は、チルトとシフトで表すことができる。例えば、被検物が平行平板の場合、チルト量は、平行平板の面の法線と基準軸とのなす角で表すことができる。また、シフト量は、平行平板の中心と基準軸とのずれ量で表すことができる。

[0003] チルト量を測定する装置は、オートコリメータと呼ばれる。オートコリメータを備えた角度測定装置として、特許文献１に記載された装置がある。

[0004] 特許文献１に記載された装置は、２つのＣＣＤカメラを有する。一方のＣＣＤカメラは、凸レンズの焦点位置に配置されている。他方のＣＣＤカメラは、凸レンズの焦点位置とは異なる位置に配置されている。また、被測定物体と凸レンズとの間に、ビームスプリッタが配置されている。特許文献１に記載された装置では、チルト量とシフト量が得られる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献１：特許第３０８９２６１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献１に記載された装置では、被検物と凸レンズとの間にビームスプリッタが配置されている。そのため、例えば、円筒状のガラスブロックの両面を測定する場合、両面の間隔が広すぎると、凸レンズから遠い方の面におけるシフト量の測定ができなくなる恐れがある。

[0007] すなわち、凸レンズから遠い方の面におけるシフト量を測定するためには、この面にピントを合わせる必要がある。そのためには、角度測定器と被検物の間隔を、狭くしなくてはならない。しかしながら、両面の間隔が広すぎると、この面にピントがあう前に、凸レンズに近い方の面がビームスプリッタに接触してしまう。

[0008] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、測定軸方向における測定範囲が広い測定ヘッド及びそれを備えた偏心測定装置を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0009] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の測定ヘッドは、光源部と、第1の撮像素子と、第2の撮像素子と、対物光学系と、光路分割素子と、共通光路と、第1の光路と、第2の光路と、を備え、

共通光路は、光路分割素子から対物光学系に向かって形成され、

第1の光路は、光路分割素子から第1の撮像素子に向かって形成され、

第2の光路は、光路分割素子から第2の撮像素子に向かって形成され、

光路分割素子を挟んで一方の側に共通光路が位置し、他方の側に第1の光路と第2の光路とが位置し、

光路分割素子は、第1の光路と第2の光路とが交差する位置に配置され、

光源部は、第1の光路に配置され、

光源部と第1の撮像素子は、共に所定の位置に配置され、

第2の撮像素子は、所定の位置と異なる位置に配置され、

所定の位置は、対物光学系の焦点位置、又は対物光学系の焦点位置と共役な位置であることを特徴とする。

[0010] また、本発明の偏心測定装置は、

本体部と、移動機構と、測定ヘッドと、保持部材と、処理装置と、を備え、

、

測定ヘッド、保持部材及び移動機構は、本体部に設けられ、

測定ヘッドと保持部材で保持された被検物とが、測定軸上に位置するよう

に、測定ヘッドと保持部材が位置決めされており、

移動機構は、測定ヘッドと保持部材の少なくとも一方を、測定軸に沿う方向に移動させ、

処理装置は、移動機構と測定ヘッドとに接続され、

測定ヘッドが、上述の測定ヘッドであることを特徴とする。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、測定軸方向における測定範囲が広い測定ヘッド及びそれを備えた偏心測定装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本実施形態の測定ヘッドを示す図であって、（a）は全体構成を示す図、（b）は光学系の構成を示す図である。

[図2]対物光学系の具体例を示す図である。

[図3]反射部材の配置例を示す図であって、（a）は第1の変形例を示す図、（b）は第2の変形例を示す図である。

[図4]拡大光学系の配置例を示す図である。

[図5]シリンドリカルレンズの配置例を示す図である。

[図6]照明用光源の配置例を示す図であって、（a）は第1の配置例を示す図、（b）は第2の配置例を示す図である。

[図7]本実施形態の偏心測定装置を示す図である。

[図8]鏡筒を示す図である。

[図9]測定用平板を示す図である。

[図10]測定方法のフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0013] 本発明のある態様にかかる実施形態の作用効果を説明する。なお、本実施形態の作用効果を具体的に説明するに際しては、具体的な例を示して説明することになる。しかし、それらの例示される態様はあくまでも本発明に含まれる態様のうちの一部に過ぎず、その態様には数多くのバリエーションが存在する。したがって、本発明は例示される態様に限定されるものではない。

[0014] 本実施形態の測定ヘッドは、光源部と、第1の撮像素子と、第2の撮像素子と、対物光学系と、光路分割素子と、共通光路と、第1の光路と、第2の光路と、を備え、共通光路は、光路分割素子から対物光学系に向かって形成され、第1の光路は、光路分割素子から第1の撮像素子に向かって形成され、第2の光路は、光路分割素子から第2の撮像素子に向かって形成され、光路分割素子を挟んで一方の側に共通光路が位置し、他方の側に第1の光路と第2の光路とが位置し、光路分割素子は、第1の光路と第2の光路とが交差する位置に配置され、光源部は、第1の光路に配置され、光源部と第1の撮像素子は、共に所定の位置に配置され、第2の撮像素子は、所定の位置と異なる位置に配置され、所定の位置は、対物光学系の焦点位置、又は対物光学系の焦点位置と共役な位置であることを特徴とする。

[0015] 図1は本実施形態の測定ヘッドを示す図であって、(a)は全体構成を示す図、(b)は光学系の構成を示す図である。

[0016] 測定ヘッド1は筐体2を有する。筐体2の内部には、光源部3と、第1の撮像素子4と、第2の撮像素子5と、対物光学系6と、光路分割素子7と、が配置されている。また、これらの素子等を配置するめに、共通光路OPC、第1の光路OP1及び第2の光路OP2が形成されている。

[0017] 共通光路OPCは、光路分割素子7から対物光学系6に向かって形成されている。第1の光路OP1は、光路分割素子7から第1の撮像素子4に向かって形成されている。第2の光路OP2は、光路分割素子7から第2の撮像素子5に向かって形成されている。

[0018] 光路分割素子7を挟んで一方の側に共通光路OPCが位置し、他方の側に第1の光路OP1と第2の光路OP2とが位置している。

[0019] 共通光路OPCには、対物光学系6と光路分割素子7とが配置されている。また、共通光路OPCには被検物9が配置される。ここで、対物光学系6は光路分割素子7よりも被検物9側に配置されているので、対物光学系6が被検物9に対して最も近くに位置する。すなわち、対物光学系6から被検物9側の空間には、被検物9以外の物は何も存在しない。

[0020] 第1の光路OP1には、光源部3と、第1の撮像素子4と、ビームスプリッタ8と、が配置されている。第2の光路OP2には、第2の撮像素子5が配置されている。また、第1の光路OP1と第2の光路OP2とが交差する位置に、光路分割素子7が配置されている。

[0021] 光源部3は、第1の光路OP1に配置されている。光源部3は、所定の位置に配置されている。所定の位置は、対物光学系6の焦点位置、又は対物光学系6の焦点位置と共役な位置である。なお、対物光学系6によって生じる収差量等に応じて、所定の位置は、対物光学系6の焦点位置、又は対物光学系6の焦点位置と共役な位置から数百ミクロン程度ずれていても良い。これらの位置の精度は、測定ヘッド1に求められる精度によって、異なる場合がある。

[0022] 光源部3には、例えば、レーザ、発光ダイオード、ハロゲンランプ、キセノンランプ等が用いられる。光源部3は点光源を有することが好ましい。光源部3に面光源を用いる場合、光学系によって発光部の像を形成し、発光部の像位置にピンホールを配置する。光源部3に点光源を用いる場合も、点光源の像を形成し、点光源の像位置にピンホールを配置して良い。

[0023] 図1(b)では、光源部3として発光ダイオードが用いられている。発光ダイオードから射出される光の波長は特に限定されない。ここでは、赤色光が発光ダイオードから射出される。

[0024] 第1の光路OP1には、ビームスプリッタ8が配置されている。ビームスプリッタ8によって、光源部3側の光路と第1の撮像素子4側の光路が形成されている。光源部3から射出した光束L1は、ビームスプリッタ8に入射する。

[0025] ビームスプリッタ8は、ハーフミラー面を有するプリズムである。ハーフミラーでは、入射光が反射光と透過光に分割される。反射光の波長域と透過光の波長域は同じである。また、反射光の光強度と透過光強度は、ハーフミラーの反射特性で決まる。ビームスプリッタ8は、ハーフミラー面を有する平行平板でも良い。

- [0026] ビームスプリッタ 8 で反射された光束 L 1 は、光路分割素子 7 に入射する。光路分割素子 7 は、入射した光を 2 つに分離する光学面を有する。このような光学面としてハーフミラーがある。ここでは、光路分割素子 7 に、ハーフミラー面を有するプリズムが用いられている。光路分割素子 7 で反射された光束 L 1 は、共通光路 O P C に配置された対物光学系 6 に入射する。
- [0027] 図 2 は、対物光学系の具体例を示す図である。図 2 に示すように、対物光学系 6 は 4 枚のレンズで構成されている。すなわち、対物光学系 6 は、負メニスカスレンズ 2 0 と、両凸正レンズ 2 1 と、両凸正レンズ 2 2 と、負メニスカスレンズ 2 3 と、で構成されている。ここで、負メニスカスレンズ 2 0 と両凸正レンズ 2 1 とが接合されている。また、両凸正レンズ 2 2 と負メニスカスレンズ 2 3 とが接合されている。
- [0028] 図 1 に戻って説明を続ける。対物光学系 6 から光束 L 2 が射出する。ここで、光源部 3 は、対物光学系 6 の焦点位置に配置されている。より詳しくは、光源部 3 の発光部、又は、発光部の像が対物光学系 6 の焦点位置に位置している。そのため、対物光学系 6 から射出した光束 L 2 は、測定軸 1 0 と平行な平行光束になる。
- [0029] 共通光路 O P C 上には、被検物 9 が配置されている。対物光学系 6 から被検物 9 までの距離の調整は、被検物 9 と測定ヘッド 1 の少なくとも一方を移動させれば良い。
- [0030] 被検物 9 には光束 L 2 が照射される。被検物 9 では、照射された光束 L 2 の光強度の少なくとも一部が被検物 9 の表面で反射される。被検物 9 の表面で反射された光束 L 3 は、共通光路 O P C を対物光学系 6 に向かって進む。
- [0031] 光束 L 3 は対物光学系 6 を通過して、光路分割素子 7 に入射する。光束 L 3 の光強度の一部は光路分割素子 7 で反射される。反射された光束 L 3 は、ビームスプリッタ 8 に入射する。ビームスプリッタ 8 では、光束 L 3 の光強度の一部が透過される。ビームスプリッタ 8 を透過した光束 L 3 は、第 1 の撮像素子 4 に入射する。第 1 の撮像素子 4 は、例えば、C C D や C M O S である。

- [0032] 第1の撮像素子4に代えて、半導体位置検出素子を用いても良い。半導体位置検出素子は、単一の受光面を有する。半導体位置検出素子では、受光面に入射した光の位置に応じて、出力される電流値が変化する。
- [0033] 第1の撮像素子4は、所定の位置に配置されている。上述のように、所定の位置は、対物光学系6の焦点位置、又は対物光学系6の焦点位置と共役な位置である。
- [0034] 第1の撮像素子4は第1の光路OP1に配置されているが、第1の撮像素子4の位置を第2の光路OP2上に示すと、第1の撮像素子4は点線で示す位置に配置されている。この位置は、図1(a)に示すように、対物光学系6の焦点位置と一致している。よって、光束L3は、第1の撮像素子4上に集光する。すなわち、光源部3の像が、第1の撮像素子4上に形成される。
- [0035] また、被検物9には光束L2が照射されているので、被検物9は光束L2で照明されていることになる。そこで、被検物9上の一点に着目すると、この点からも光束が対物光学系6に向かって進む。図1では、測定軸10上の点から、光束L4が対物光学系6に向かって進んでいる。
- [0036] 光束L4は対物光学系6を通過して、光路分割素子7に入射する。光束L4の一部は光路分割素子7を透過する。透過した光束L4は、第2の撮像素子5に入射する。第2の撮像素子5は、例えば、CCDやCMOSである。
- [0037] 第2の撮像素子5は、所定の位置とは異なる位置に配置されている。上述のように、所定の位置は、対物光学系6の焦点位置、又は対物光学系6の焦点位置と共役な位置である。よって、被検物9と第2の撮像素子5とは、光学的に共役になる。被検物9には光束L2が照射されているので、第2の撮像素子5上に被検物9の像が形成される。
- [0038] このように、測定ヘッド1では、第1の撮像素子4には光源部3の像が形成され、第2の撮像素子5上に被検物9の像が形成される。この2つの像を使って、被検物9におけるチルト量とシフト量を測定することができる。以下、被検物9として平行平板を用いて説明する。
- [0039] 平行平板の表面の法線（以下、「面の法線」という）と測定軸10とのな

す角がゼロの場合、チルトは発生していない。この場合、平行平板の表面で反射された光束 L_3 は、光束の進行方向が反対であることを除いて、光束 L_2 と同一になる。すなわち、光束 L_3 は平行光束で、且つ、測定軸 10 と平行に進む光束になる。光束 L_3 は、第 1 の撮像素子 4 における所定の位置に入射する。その結果、第 1 の撮像素子 4 における所定の位置に、光源部 3 の像が形成される。

[0040] 一方、面の法線と測定軸 10 とのなす角がゼロでない場合、チルトが発生している。この場合、光束 L_3 は平行光束ではあるが、測定軸 10 とゼロでない角度を有して進行する。そのため、光束 L_3 は、第 1 の撮像素子 4 における所定の位置からずれた位置に入射する。その結果、第 1 の撮像素子 4 における所定の位置からずれた位置に、光源部 3 の像が形成される。

[0041] このように、光源部 3 の像について、第 1 の撮像素子 4 における所定の位置からのずれ量を測定することで、チルト量を求めることができる。第 1 の撮像素子 4 における所定の位置は、例えば、第 1 の撮像素子 4 の中心にすることができる。

[0042] 平行平板の裏面からも反射光が生じる。よって、裏面からの反射光によって、光源部 3 の像が形成される。しかしながら、この反射光の光強度は非常に小さい。よって、裏面からの反射光によって形成された光源部 3 の像は、第 1 の撮像素子 4 では検出できないと考えて良い。

[0043] 平行平板の中心と測定軸 10 とのずれ量がゼロの場合、シフトは発生していない。一方、平行平板の中心と測定軸 10 とのずれ量がゼロでない場合、シフトが発生している。第 1 の撮像素子 4 上に形成される光源部 3 の像の位置は、ずれ量がゼロの場合であっても、ずれ量がゼロでない場合であっても変化しない。よって、第 1 の撮像素子 4 ではシフトを検出できない。

[0044] これに対して、第 2 の撮像素子 5 には、被検物 9 である平行平板の表面の像が形成される。よって、平行平板の中心と測定軸 10 とのずれは、第 2 の撮像素子 5 で検出することができる。ただし、平行平板の表面の像はコントラストが低いので、ずれ量を正確に測定することは難しい。

- [0045] このようなことから、平行平板の表面の中心に、コントラストの高い指標を形成しておくことが好ましい。このような指標としては、例えば、黒色で描かれたレチクルがある。このようにしておく、高いコントラストでレチクルの像を第2の撮像素子5で取得することができる。なお、指標の形状は、特に限定されない。
- [0046] レチクルの中心と測定軸10とのずれ量がゼロの場合、シフトは発生していないのでシフト量はゼロである。この場合、第2の撮像素子5における所定の位置に、レチクルの像が形成される。一方、レチクルの中心と測定軸10とのずれ量がゼロでない場合、シフトが発生している。この場合、第2の撮像素子5における所定の位置からずれた位置に、レチクルの像が形成される。
- [0047] このようにレチクルの像について、第2の撮像素子5における所定の位置からのずれ量を測定することで、シフト量を求めることができる。第2の撮像素子5における所定の位置は、例えば、第2の撮像素子5の中心にすることができる。
- [0048] このように、本実施形態の測定ヘッドによれば、被検物のシフト量とチルト量を同時に測定することができる。
- [0049] 更に、本実施形態の測定ヘッドでは、対物光学系が、被検物に対して最も近くに配置されている。すなわち、対物光学系から被検物側の空間には、被検物以外の物は何も存在しない。よって、本実施形態の測定ヘッドによれば、測定軸方向の測定範囲を広くすることができる。その結果、測定軸方向の長さが長い被検物であっても、被検物のシフト量とチルト量を同時に測定することができる。
- [0050] また、本実施形態の測定ヘッドでは、共通光路に配置された被検物から対物光学系までの距離が、対物光学系の焦点距離の2倍であることが好ましい。
- [0051] 図1(a)に示すように、本実施形態の測定ヘッドでは、対物光学系6から被検物9までの距離は、対物光学系6の焦点距離の2倍になっている。こ

れに伴い、対物光学系 6 から第 2 の撮像素子 5 までの距離が対物光学系 6 の焦点距離の約 2 倍となるように、第 2 の撮像素子 5 は配置されている。このようにすることで、有限距離に位置するレチクル像を精度よく検出できる。

[0052] なお、対物光学系 6 によって生じる収差量等に応じて、対物光学系 6 から被検物 9 までの距離は、対物光学系 6 の焦点距離の 2 倍から微小に（数百ミクロン程度）ずれていてもよい。これらの位置の精度は、測定ヘッド 1 に求められる精度によって、異なる場合がある。

[0053] また、本実施形態の測定ヘッドは、第 2 の光路中に反射部材を有することが好ましい。

[0054] 図 1 に示す第 2 の光路 OP 2 は、光路分割素子 7 から第 2 の撮像素子 5 までが一直線の光路になっている。そのため、測定ヘッド 1 が大型になる。そこで、第 2 の光路中に反射部材を有することが好ましい。

図 3 は反射部材の配置例を示す図であって、(a) は第 1 の変形例を示す図、(b) は第 2 の変形例を示す図である。図 1 (a) と同じ構成については同じ番号を付し、詳細な説明は省略する。

[0055] 第 1 の変形例では、第 2 の光路 OP 2 中にミラー 30 が配置されている。ミラー 30 を配置することで、第 2 の光路 OP 2 が 1 回折り曲げられる。この折り曲げによって、光路分割素子 7 から第 2 の撮像素子 5 に向かう第 2 の光路 OP 2 は第 1 の撮像素子 4 側に折り曲げられる。よって、測定軸 10 に沿う方向と、測定軸 10 と直交する方向の両方向で、測定ヘッド 1 を小型化することができる。

[0056] 第 2 の変形例では、第 2 の光路 OP 2 中にペンタゴナルプリズム 31 が配置されている。ペンタゴナルプリズム 31 により、2 回光路が折り曲げられる。1 回目の折り曲げによって、光路分割素子 7 から第 2 の撮像素子 5 に向かう第 2 の光路 OP 2 は光路分割素子 7 側に折り曲げられる。そして、2 回目の折り曲げによって、第 2 の光路 OP 2 は第 1 の撮像素子 4 側に折り曲げられる。

[0057] 第 2 の変形例では、光路分割素子 7 側への折り曲げが行われている。その

ため、第2の変形例では、測定軸10に沿う方向において、測定ヘッド1を更に小型化することができる。

[0058] また、本実施形態の測定ヘッドは、第2の光路中に拡大光学系を有することが好ましい。

[0059] 上述のように、第2の撮像素子5で被検物9の像を撮像し、第2の撮像素子5における所定の位置からのずれ量を測定することでシフト量を求めている。よって、被検物9の像の位置をより正確に測定することで、より正確なシフト量を求めることができる。そこで、第2の光路中に拡大光学系を配置することが好ましい。

[0060] 図4は、拡大光学系の配置例を示す図である。図3(b)と同じ構成については同じ番号を付し、詳細な説明は省略する。

[0061] 図4に示すように、第2の光路OP2中に拡大光学系40が配置されている。より詳細には、ペンタゴナルプリズム31と第2の撮像素子5との間に、拡大光学系40が配置されている。拡大光学系40として、例えば、テレコンバータを用いることができる。また、拡大光学系40による拡大倍率は、例えば2倍である。

[0062] 拡大光学系40によって、第2の撮像素子5上に形成される被検物9の像が拡大される。これにより、被検物9の像の位置をより正確に測定することができる。なお、拡大光学系40を配置する場合、必ずしもペンタゴナルプリズム31を配置しなくてもよい。すなわち、図1や図3(a)の第2の光路OP2中に拡大光学系40を配置してもよい。

[0063] また、本実施形態の測定ヘッドでは、光路分割素子は平行平板で構成され、第2の光路中にシリンドリカルレンズを有することが好ましい。

[0064] 図1(a)では、光路分割素子7に、ハーフミラー面を有するプリズムが用いられている。しかしながら、光路分割素子7として、ハーフミラー面を有する平行平板を用いても良い。ここで、ハーフミラー面の平面度が低いと、対物光学系6から射出する光束を平行にすることが困難になる他、第1の撮像素子4上に形成される光源部3の像にも収差が生じる。よって、ハーフ

ミラー面の平面度を高く保つためには、平行平板の板厚はできるだけ厚い方が良い。

[0065] しかしながら、光路分割素子 7 は光束が収斂している所に配置されている。収斂光束中に平行平板を傾けて配置すると、非点収差が発生する。非点収差の発生量は、平行平板の厚みが増すほど多くなる。この場合、被検物の像の収差も増すので、被検物の像の位置を正確に計測することが困難になる。そこで、第 2 の光路中にシリンドリカルレンズを配置することが好ましい。

[0066] 図 5 は、シリンドリカルレンズの配置例を示す図である。図 3 (b) と同じ構成については同じ番号を付し、詳細な説明は省略する。

[0067] 図 5 では、光路分割素子 7 として、ハーフミラー面を有する平行平板 5 0 が用いられ、第 2 の光路 OP 2 中にシリンドリカルレンズ 5 1 が配置されている。より詳細には、ペンタゴナルプリズム 3 1 と第 2 の撮像素子 5 との間に、シリンドリカルレンズ 5 1 が配置されている。

[0068] シリンドリカルレンズ 5 1 によって、平行平板 5 0 で発生する非点収差を良好に補正することができる。その結果、厚みの大きい平行平板 5 0 を用いても、被検物 9 の像の位置をより正確に測定することができる。また、第 1 の撮像素子 4 上に形成される光源部 3 の像も、収差の少ない像にすることができる。

[0069] なお、平行平板 5 0 と、シリンドリカルレンズ 5 1 と、を配置する場合、必ずしもペンタゴナルプリズム 3 1 を配置しなくてもよい。すなわち、図 1 や図 3 (a) において、光路分割素子 7 に代えて、平行平板 5 0 を配置するとともに、第 2 の光路 OP 2 中にシリンドリカルレンズ 5 1 を配置してもよい。

[0070] また、本実施形態の測定ヘッドは、光路分割素子はダイクロイックミラー面を有することが好ましい。

[0071] 光路分割素子 7 に、ハーフミラー面を有する光学素子を用いた場合、ハーフミラー面で光強度の損失が生じる。そこで、光路分割素子 7 に、ダイクロイックミラー面を有する光学素子を用いれば良い。これにより、光束 L 1、

Ｌ２及び光束Ｌ３のいずれにおいても、光強度の損失を防ぐことができる。

[0072] ダイクロイックミラーでは、入射光が反射光と透過光に分割される。反射光の波長域と透過光の波長域、及び反射光の光強度と透過光強度は、ダイクロイックミラーの分光特性で決まる。

[0073] 光束Ｌ１として赤色光を用いる場合、ダイクロイックミラーの分光特性を、赤色に対応する波長域の光を反射し、それ以外の波長域の光を透過するようにすれば良い。このようにすることで、光強度の損失がほとんど発生することなく、光束Ｌ１は光路分割素子７で反射される。その結果、ハーフミラーを用いた場合よりもより明るい状態で、被検物９に光束Ｌ２を照射させることができる。

[0074] また、被検物９で反射された光束Ｌ３も、光強度の損失がほとんど発生することなく、光路分割素子７で反射される。その結果、ハーフミラーを用いた場合よりもより明るい状態で、光束Ｌ３を第１の撮像素子４に入射させることができる。これにより、ハーフミラーを用いた場合よりも明るい光源部３の像が得られる。

[0075] また、本実施形態の測定ヘッドは、第２の光路中に照明用光源を有することが好ましい。

[0076] 光路分割素子７に、赤色に対応する波長域の光を反射するダイクロイックミラー面を有する光学素子を用いて、光束Ｌ４として赤色光を用いた場合、光路分割素子７で反射されてしまう。この場合、光束Ｌ４は第２の撮像素子５に入射しなくなるので、シフト量の測定ができなくなる。

[0077] シフト量の測定を行うためには、光束Ｌ４における光の波長域を、光束Ｌ１における波長域と異ならせれば良い。そのためには、光束Ｌ４を発生させるための照明光源を用意すれば良い。これにより、光束Ｌ４は光路分割素子７で反射されなくなる。光束Ｌ４における光の波長域と、光束Ｌ１における波長域とが異なっていれば、照明光源は特に限定されない。例えば、照明光源として、白色光源を用いても良い。

[0078] 図６は照明用光源の配置例を示す図であって、（ａ）は第１の配置例を示

す図、（b）は第2の配置例を示す図である。図1（b）と同じ構成については同じ番号を付し、詳細な説明は省略する。

[0079] 第1の配置例では、照明用光源は測定ヘッドと別体になっている。具体的には、図6（a）に示すように、照明用光源60は、被検物9を挟んで測定ヘッド1と反対側に配置されている。

[0080] 照明用光源60から照明光が射出される。光束L1が赤色光である場合、照明光の波長域は、赤色光の波長域とは異なる。例えば、照明光の波長域は、緑色光に対応する波長域になっている。照明用光源60からの照明光は、被検物9に照射される。対物光学系6と反対側から照明が行われているので、被検物9は透過照明されている。

[0081] 被検物9から発生した光束L4は、対物光学系6を通過して、光路分割素子7に入射する。ここで、光束L4は緑色光なので、赤色に対応する波長域の光を反射するダイクロイックミラー面を有する光路分割素子7を用いた場合、光束L4は光路分割素子7を透過する。透過した光束L4は、第2の撮像素子5に入射する。その結果、第2の撮像素子5上に被検物9の像が形成される。

[0082] 第1の配置例では、光束L4は、被検物9や光路分割素子7を透過した光なので、光強度の損失が少ない。よって、被検物9にレチクルが形成されている場合、高いコントラストでレチクルの像を第2の撮像素子5で取得することができる。ただし、照明用光源60は、測定ヘッド1と別体なので、位置調整に時間を要する。

[0083] 第2の配置例では、照明用光源は測定ヘッド1内に配置されている。具体的には、図6（b）に示すように、照明用光源61は、第2の光路OP2中に配置されている。

[0084] 照明用光源61から照明光が射出される。光束L1が赤色光である場合、照明光の波長域は、赤色光の波長域とは異なる。例えば、照明光の波長域は、青色光に対応する波長域になっている。照明光はビームスプリッタ62で反射され、光路分割素子7に入射する。ここで、光束L4は青色光なので、

照明光は光路分割素子 7 を透過する。更に照明光は対物光学系 6 を通過して、被検物 9 に照射される。対物光学系 6 と同じ側から照明が行われているので、被検物 9 は落射照明されている。

[0085] 被検物 9 から発生した光束 L 4 は、対物光学系 6 を通過して、光路分割素子 7 に入射する。ここで、光束 L 4 は青色光なので、光束 L 4 は光路分割素子 7 を透過する。透過した光束 L 4 は、第 2 の撮像素子 5 に入射する。その結果、第 2 の撮像素子 5 上に被検物 9 の像が形成される。

[0086] 第 2 の配置例では、光束 L 4 は被検物 9 で反射された光なので、光強度の損失は第 1 の配置例に比べて大きくなる。しかしながら、照明用光源 6 1 は、測定ヘッド 1 と一体なので、位置調整に時間を要しない。

[0087] また、本実施形態の偏心測定装置は、本体部と、移動機構と、測定ヘッドと、保持部材と、処理装置と、を備え、測定ヘッド、保持部材及び移動機構は、本体部に設けられ、測定ヘッドと保持部材で保持された被検物とが、測定軸上に位置するように、測定ヘッドと保持部材が位置決めされており、移動機構は、測定ヘッドと保持部材の少なくとも一方を、測定軸に沿う方向に移動させ、処理装置は、移動機構と測定ヘッドとに接続され、測定ヘッドが、上述の測定ヘッドであることを特徴とする。

[0088] 図 7 は、本実施形態の偏心測定装置を示す図である。偏心測定装置 7 0 は、本体部 7 1 と、移動機構 7 2 と、測定ヘッド 7 3 と、保持部材 7 4 と、処理装置 7 5 と、を備える。移動機構 7 2、測定ヘッド 7 3 及び保持部材 7 4 は本体部 7 1 に設けられている。

[0089] 移動機構 7 2 は本体部 7 1 に固定されている。移動機構 7 2 は、例えばリニアステージである。移動機構 7 2 には、調整機構 7 6 を介して測定ヘッド 7 3 が載置されている。保持部材 7 4 は、調整機構 7 7 を介して、本体部 7 1 に固定されている。保持部材 7 4 は被検物(不図示)を保持する。

[0090] 測定ヘッド 7 3 と被検物とは、測定軸 7 9 上に位置する。このようになるように、測定ヘッド 7 3 と保持部材 7 4 が位置決めされている。この位置決めに、調整機構 7 6 や調整機構 7 7 が用いられている。

- [0091] ただし、測定ヘッド73を移動機構72に直接取り付け、被検物ごとに保持部材74を取り替えても良い。このようにすることで、測定ヘッド73と保持部材74で保持された被検物とを、測定軸79上に位置させることができる。この場合、調整機構76や調整機構77は不要になる。
- [0092] 移動機構72は、測定ヘッド73を測定軸に沿う方向に移動させる。これにより、測定ヘッド73と被検物との間隔を調整することができる。その結果、被検物の像を第2の撮像素子5上に形成させることができる。移動機構72は保持部材74の方に配置しても良い。更に、測定ヘッド73と保持部材74の両方に、移動機構を設けても良い。
- [0093] 処理装置75は、移動機構72と測定ヘッド73とに接続されている。処理装置75からの指示によって、移動機構72が駆動され、これにより測定ヘッド73の位置の調整が行われる。また、測定ヘッド73で得られた情報は処理装置75に送られ、処理装置75で各種の処理が行われる。
- [0094] 測定ヘッド73に照明用光源が配置されていない場合、本体部71に照明用光源78を設ければ良い。照明用光源78は、保持部材74を挟んで、測定ヘッド73と対向する位置に配置されている。照明用光源78が設けられた場合、照明用光源78と処理装置75が接続される。これにより、照明用光源78を制御することができる。
- [0095] 偏心測定装置70による測定例について説明する。被検物は、単焦点光学系の鏡筒である。単焦点光学系は5つの単レンズで構成されているものとする。また、以下の説明では、「移動機構72」の代わりに「リニアステージ72」を用いる。
- [0096] 図8は鏡筒の例を示す図である。単焦点光学系は5つの単レンズで構成されているので、レンズを保持するレンズ枠の数も5つになる。図8に示すように、鏡筒80の内部には、レンズ枠81、レンズ枠82、レンズ枠83、レンズ枠84、レンズ枠85が挿入されている。
- [0097] レンズ枠81には、レンズを保持する開口部が形成されている。この開口部にはレンズを受ける面（以下「受け面」という）が形成されている。受け

面の法線とレンズ枠 8 1 の中心軸とのなす角はゼロであることが望ましい。しかしながら、加工誤差があると、受け面の法線とレンズ枠 8 1 の中心軸とのなす角がゼロにならない。この場合、開口部にはチルトが生じる。

[0098] また、開口部は、レンズ枠 8 1 の中心に形成されていることが望ましい。しかしながら、加工誤差があると、レンズ枠 8 1 の中心からずれた位置に開口部が形成される。この場合、開口部にはシフトが生じる。

[0099] このように、レンズ枠 8 1 の開口部には、加工誤差によってチルトとシフトが生じる。レンズ枠 8 1 でレンズを保持した状態で像を形成すると、形成された像には収差が生じる。レンズ枠 8 2、レンズ枠 8 3、レンズ枠 8 4 及びレンズ枠 8 5 についても、レンズ枠 8 1 と同様である。

[0100] レンズ枠 8 1 ～ 8 5 の各々でレンズを保持した状態で、各レンズ枠を鏡筒 8 0 に挿入すると、単焦点光学系の結像性能は低下してしまう。そこで、各レンズ枠におけるチルト量とシフト量を測定できることが重要になる。

[0101] 各レンズ枠におけるチルト量とシフト量が測定できると、測定結果に基づいてレンズ枠の再加工を行うことができる。これにより、レンズ枠におけるチルト量とシフト量を低減することができる。或いは、測定結果を、最初の加工工程にフィードバックする。このようにすることで、最初の加工工程で製造されたレンズ枠においてチルト量とシフト量を低減することができる。

[0102] レンズ枠におけるチルト量とシフト量を求めるために、偏心測定装置 7 0 による測定では、レチクルが形成された平行平板（以下、「測定用平板」という）を用いる。図 9 は測定用平板を示す図である。

[0103] 測定用平板 1 0 0 は、透明な平行平板 1 0 1 である。平行平板 1 0 1 の一方の表面に、レチクル 1 0 2 が形成されている。レチクル 1 0 2 は、平行平板 1 0 1 の中心に正確に形成されている。

[0104] このような測定用平板 1 0 0 を、レンズ枠 8 1 ～ 8 5 で保持する。図 8 では、測定用平板 8 6 がレンズ枠 8 1 で保持され、測定用平板 8 7 がレンズ枠 8 2 で保持され、測定用平板 8 8 がレンズ枠 8 3 で保持され、測定用平板 8 9 がレンズ枠 8 4 で保持され、測定用平板 9 0 がレンズ枠 8 5 で保持されて

いる。

- [0105] これにより、測定用平板におけるレチクルの位置が、レンズ枠におけるシフト量と実質的に等価になる。また、測定用平板における面の法線の向きが、レンズ枠におけるチルト量と実質的に等価になる。
- [0106] レンズ枠 8 1 では、開口部は右方向にシフトし、受け面の法線は左上斜め上方向に向いている。レンズ枠 8 2 では、開口部はシフトしておらず、受け面の法線は左斜め上方向に向いている。レンズ枠 8 3 では、開口部は右方向にシフトし、受け面の法線は左斜め上方向に向いている。レンズ枠 8 4 では、開口部は左方向にシフトし、受け面の法線は右斜め上方向に向いている。レンズ枠 8 5 では、開口部はシフトしておらず、受け面の法線は右斜め上方向に向いている。ここでの左右上下は、紙面内における上下を意味している。
- [0107] また、鏡筒 8 0 の一方の側には、治具 9 1 が配置されている。治具 9 1 は、レンズ枠 9 2 と測定用平板 9 3 とで構成されている。レンズ枠 9 2 の開口部は高い精度で形成されている。よって、レンズ枠 9 2 におけるチルト量とシフト量は、共にほぼゼロである。
- [0108] 測定に先立って、鏡筒 8 0 と治具 9 1 を、保持部材 7 4 で保持する。この時、鏡筒 8 0 が治具 9 1 よりも測定ヘッド 7 3 側に位置するように、鏡筒 8 0 と治具 9 1 を保持する。
- [0109] 測定ヘッド 7 3 は、鏡筒 8 0 と正対する位置に配置されている。測定ヘッド 7 3 は、測定時、リニアステージ 7 2 によって測定軸 7 9 に沿って移動する。リニアステージ 7 2 と測定ヘッド 7 3 は、測定軸 7 9 が治具 9 1 上の測定用平板 9 3 の面に対して直角となるように、本体部 7 1 に取り付けられている。直角度を出すために、治具 9 1、リニアステージ 7 2 及び測定ヘッド 7 3 の各々に、傾き調整のための機構を持たせても良い。この調整は、必要に応じて行えば良い。このようにすることで、測定用平板 9 3 と測定ヘッド 7 3 の直角度が保証された測定を行うことができる。なお、リニアステージ 7 2 にも、調整機構が設けられている。

- [0110] リニアステージ72上の基準位置に測定ヘッド73を移動させる。この基準位置は、メカニカルな原点を表す位置である。これにより、測定ヘッド73のメカニカルな原点への復帰が行える。
- [0111] 保持部材74に向けて光束を照射する。測定ヘッド73の光源部3から光束L1が射出され、光束L2が鏡筒80と治具91に照射される。測定ヘッド73内に照明用光源が配置されている場合、この照明用光源から照明光が鏡筒80と治具91に照射される。測定ヘッド73内に照明用光源が配置されていない場合、照明用光源78から照明光が鏡筒80と治具91に照射される。
- [0112] 治具91と鏡筒80の各々について、レチクル像の位置の測定と光源部3の像の位置の測定を行う。図10は、測定方法のフローチャートである。
- [0113] ステップS100で、被測定面の数を設定する。被測定面の数は測定用平板の数から求まる。ただし、被測定面の数には、治具の測定用平板は含まれない。鏡筒80における測定用平板の数は5枚なので、 $N = 5$ になる。そして、ステップS101で、リニアステージ72上の基準位置に、測定ヘッド73を移動する。これにより、測定の準備が整う。
- [0114] まず、治具91について測定を行う。照明光が治具91に照射されることで、測定用平板93のレチクル102の像I_o（以下、「レチクル像I_o」という）が形成可能になる。そこで、ステップS102で、測定ヘッド73を移動させて、第2の撮像素子5上にレチクル像I_oを形成する。このとき、測定ヘッド73を移動させながら、レチクル像I_oのコントラストを求め、レチクル像I_oのコントラストが最大となったときに、測定ヘッド73の移動を停止しても良い。このようにすると、自動的に、レチクル102にピントを合わせることができる。
- [0115] この状態では、第2の撮像素子5に鮮明なレチクル像I_oが形成されている。そこで、レチクル像I_oを撮像して、レチクル像I_oの座標 $S_o(\delta x_o, \delta y_o)$ を求める。ステップS103で、求めた $S_o(\delta x_o, \delta y_o)$ を記憶する。
- [0116] 一方、第1の撮像素子4には、光源部3の像（以下「スポット像」という

）が形成されている。測定用平板の数は6なので、スポット像の数は6である。6つのスポット像は、測定用平板86～90及び93の各表面における反射によって生じる。光束L2の光強度は、測定用平板を通過するごとに弱くなっていく。よって、6つのスポット像の明るさは、各々異なる。

[0117] 6つのスポット像のうちで、最も明るいスポット像は、測定ヘッド73に対して最も近くに位置する測定用平板からの反射による像である。一方、最も暗いスポット像は、測定ヘッド73に対して最も遠くに位置する測定用平板からの反射による像である。

[0118] 測定用平板93は、測定ヘッド73に対して最も遠くに位置している。そこで、6つのスポット像の中から、最も暗いスポット像を特定し、最も暗いスポット像の座標 $T_o(\varepsilon x_0, \varepsilon y_0)$ を求める。ステップS104で、求めた $T_o(\varepsilon x_0, \varepsilon y_0)$ を記憶する。

[0119] また、測定軸79上における測定ヘッド73の位置 $Z_o(z_0)$ を記憶する。これにより、治具91におけるレチクル像の位置の測定とスポット像の位置の測定を終了する。

[0120] 上述のように、治具91では、シフト量とチルト量はほとんどゼロに近い。よって、 $S_o(\delta x_0, \delta y_0)$ をシフト原点として利用することができる。また、 $T_o(\varepsilon x_0, \varepsilon y_0)$ はチルト原点として利用することができる。

[0121] 続いて、鏡筒80について測定を行う。鏡筒80での測定では、変数nを用いて、鏡筒80における測定回数をカウントする。そこで、ステップS105で、nの値を初期化する。

[0122] 治具91における測定が終了した状態では、測定用平板93のレチクル102にピントが合っている。よって、測定用平板93に対して最も近くに位置する測定用平板から、レチクル像の位置の測定とスポット像の位置の測定を行うようにすれば、効率的な測定が行える。ただし、測定用平板を測定する順は、測定用平板93に対して最も遠くに位置する測定用平板からでも良く、また、ランダムでも良い。

[0123] 測定用平板93に対して最も近くに位置する測定用平板は、測定用平板9

0である。測定用平板90は、測定用平板93よりも測定ヘッド73側に位置する。そこで、ステップS106で、測定ヘッド73を鏡筒80から離れる方向に移動させて、第2の撮像素子5上にレチクル像 I_1 を形成する。レチクル像 I_1 は、測定用平板90に形成されたレチクルの像である。この時も、レチクル像 I_1 のコントラストを求め、レチクル像 I_1 のコントラストが最大となったときに、測定ヘッド73の移動を停止しても良い。

[0124] この状態では、第2の撮像素子5に鮮明なレチクル像 I_1 が形成されている。そこで、レチクル像 I_1 を撮像して、測定用平板90のレチクル像 I_1 の座標 $S_1(\delta x1, \delta y1)$ を求める。ステップS107で、求めた $S_1(\delta x1, \delta y1)$ を記憶する。

[0125] また、測定用平板90の位置は、測定ヘッド73に対して2番目に遠い位置である。そこで、6つのスポット像の中から、2番目に暗いスポット像を特定し、2番目に暗いスポット像の座標 $T_1(\varepsilon x1, \varepsilon y1)$ を求める。ステップS108で、求めた $T_1(\varepsilon x1, \varepsilon y1)$ を記憶する。

[0126] ステップS109で、測定回数の確認を行う。 n と $N-1$ が一致しない場合は、全ての測定用平板における測定が終了してない。この場合、ステップS110が実行される。ステップS110では、変数 n の値が増分される。

[0127] ここで、最も暗いスポット像の座標 $T_{01}(\varepsilon x01, \varepsilon y01)$ を求め、求めた $T_{01}(\varepsilon x01, \varepsilon y01)$ を記憶しても良い。この場合は、ステップS111を実行する。ステップS111は必要に応じて実行すれば良い。

[0128] 最も暗いスポット像の座標は、測定用平板93における測定で既に求めている(ステップS104)。しかしながら、測定用平板90での測定と測定用平板93での測定とでは、測定ヘッド73の位置が異なる。よって、測定用平板90で測定した座標と測定用平板93で測定した座標は必ずしも一致しないことがある。この点については、後述する。

[0129] また、測定軸79上における測定ヘッド73の位置 $Z_1(z1)$ を記憶する。これにより、測定用平板90における測定を終了する。

[0130] その後、測定用平板90で行った処理を、測定用平板89、測定用平板8

8、測定用平板 87、測定用平板 86 の順に繰り返し行う。

[0131] 測定用平板 86 におけるレチクルの座標とスポット像の座標の記憶が終了すると、鏡筒 80 におけるレチクル像の位置の測定とスポット像の位置の測定が終了する。

[0132] レチクル像の位置の測定データとスポット像の位置の測定データは、測定ヘッド 73 の位置データと共に、処理装置 75 に記憶される。

[0133] 処理装置 75 に記憶された測定データから、各レンズ枠におけるチルト量とシフト量を求めることができる。

[0134] 測定用平板 93 の面の法線と測定軸 79 とは、平行になっていることが好ましい。しかしながら、両者を完全に平行にすることは非常に難しい。測定用平板 93 の面の法線と測定軸 79 とが交差する状態では、測定ヘッド 73 が測定軸 79 に沿って移動すると、測定用平板 93 の面の法線と直交する方向にも、測定ヘッド 73 が移動していく。このような移動は、レチクル像の位置の測定とスポット像の位置の測定において誤差となる。測定ヘッド 73 の動きに起因する誤差の要因としては、測定ヘッド 73 におけるピッチングやヨーイングがある。

[0135] 上述のように、測定用平板 86 ～測定用平板 90 の測定で、最も暗いスポット像の座標の測定を行うと、最も暗いスポット像の座標の測定データを用いて、測定ヘッド 73 におけるピッチングよるずれ量やヨーイングによるずれ量を検出することができる。検出したずれ量を使って、チルト量やシフト量を補正することで、高い精度で偏心測定を行うことができる。

[0136] 以上、単焦点光学系の鏡筒での偏心測定について説明したが、ズームレンズ枠でも同様の偏心測定を行うことができる。

[0137] また、測定ヘッド 73 を用いることで、円筒内構造の平行度や同軸度を、非接触で、且つ簡便に測定することができる。

[0138] また、測定ヘッド 73 における共通光路 OPC と第 1 の光路 OP1 を使えば、測定ヘッド 73 をオートコリメータとして使用することができる。すなわち、偏心測定装置 70 は、レンズ枠におけるシフト量を求めずに、レンズ

枠におけるチルト量を測定する装置であってもよい。この場合、複数の測定用平板について、同時にチルト量を測定することができる。

産業上の利用可能性

[0139] 以上のように、本発明は、測定軸方向における測定範囲が広い測定ヘッド及びそれを備えた偏心測定装置に適している。

符号の説明

- [0140]
- 1 測定ヘッド
 - 2 筐体
 - 3 光源部
 - 4 第1の撮像素子
 - 5 第2の撮像素子
 - 6 対物光学系
 - 7 光路分割素子
 - 8 ビームスプリッタ
 - 9 被検物
 - 10 測定軸
 - 20、21、22、23 レンズ
 - 30 ミラー
 - 31 ペンタゴナルプリズム
 - 40 拡大光学系
 - 50 平行平板
 - 51 シリンドリカルレンズ
 - 60、61 照明用光源
 - 62 ビームスプリッタ
 - 70 偏心測定装置
 - 71 本体部
 - 72 移動機構（リニアステージ）
 - 73 測定ヘッド

7 4 保持部材

7 5 処理装置

7 6、7 7 調整機構

7 8 照明用光源

7 9 測定軸

8 0 鏡筒

8 1、8 2、8 3、8 4、8 5、9 2 レンズ枠

8 6、8 7、8 8、8 9、9 0、9 3 測定用平板

9 1 治具

1 0 0 測定用平板

1 0 1 平行平板

1 0 2 レチクル

O P C 共通光路

O P 1 第 1 の光路

O P 2 第 2 の光路

L 1、L 2、L 3、L 4 光束

請求の範囲

- [請求項1] 光源部と、第1の撮像素子と、第2の撮像素子と、対物光学系と、光路分割素子と、共通光路と、第1の光路と、第2の光路と、を備え、
- 前記共通光路は、前記光路分割素子から前記対物光学系に向かって形成され、
- 前記第1の光路は、前記光路分割素子から前記第1の撮像素子に向かって形成され、
- 前記第2の光路は、前記光路分割素子から前記第2の撮像素子に向かって形成され、
- 前記光路分割素子を挟んで一方の側に前記共通光路が位置し、他方の側に前記第1の光路と前記第2の光路とが位置し、
- 前記光路分割素子は、前記第1の光路と前記第2の光路とが交差する位置に配置され、
- 前記光源部は、前記第1の光路に配置され、
- 前記光源部と前記第1の撮像素子は、共に所定の位置に配置され、
- 前記第2の撮像素子は、前記所定の位置と異なる位置に配置され、
- 前記所定の位置は、前記対物光学系の焦点位置、又は前記対物光学系の焦点位置と共役な位置であることを特徴とする測定ヘッド。
- [請求項2] 前記共通光路に配置された被検物から前記対物光学系までの距離が、前記対物光学系の焦点距離の2倍であることを特徴とする請求項1に記載の測定ヘッド。
- [請求項3] 前記第2の光路中に反射部材を有することを特徴とする請求項1又は2に記載の測定ヘッド。
- [請求項4] 前記第2の光路中に拡大光学系を有することを特徴とする請求項1から3のいずれか一項に記載の測定ヘッド。
- [請求項5] 前記光路分割素子は平行平板で構成され、
- 前記第2の光路中にシリンドリカルレンズを有することを特徴とす

る請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の測定ヘッド。

[請求項6] 前記光路分割素子はダイクロイックミラー面を有することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の測定ヘッド。

[請求項7] 前記第 2 の光路中に照明用光源を有することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の測定ヘッド。

[請求項8] 本体部と、移動機構と、測定ヘッドと、保持部材と、処理装置と、を備え、

前記測定ヘッド、前記保持部材及び前記移動機構は、前記本体部に設けられ、

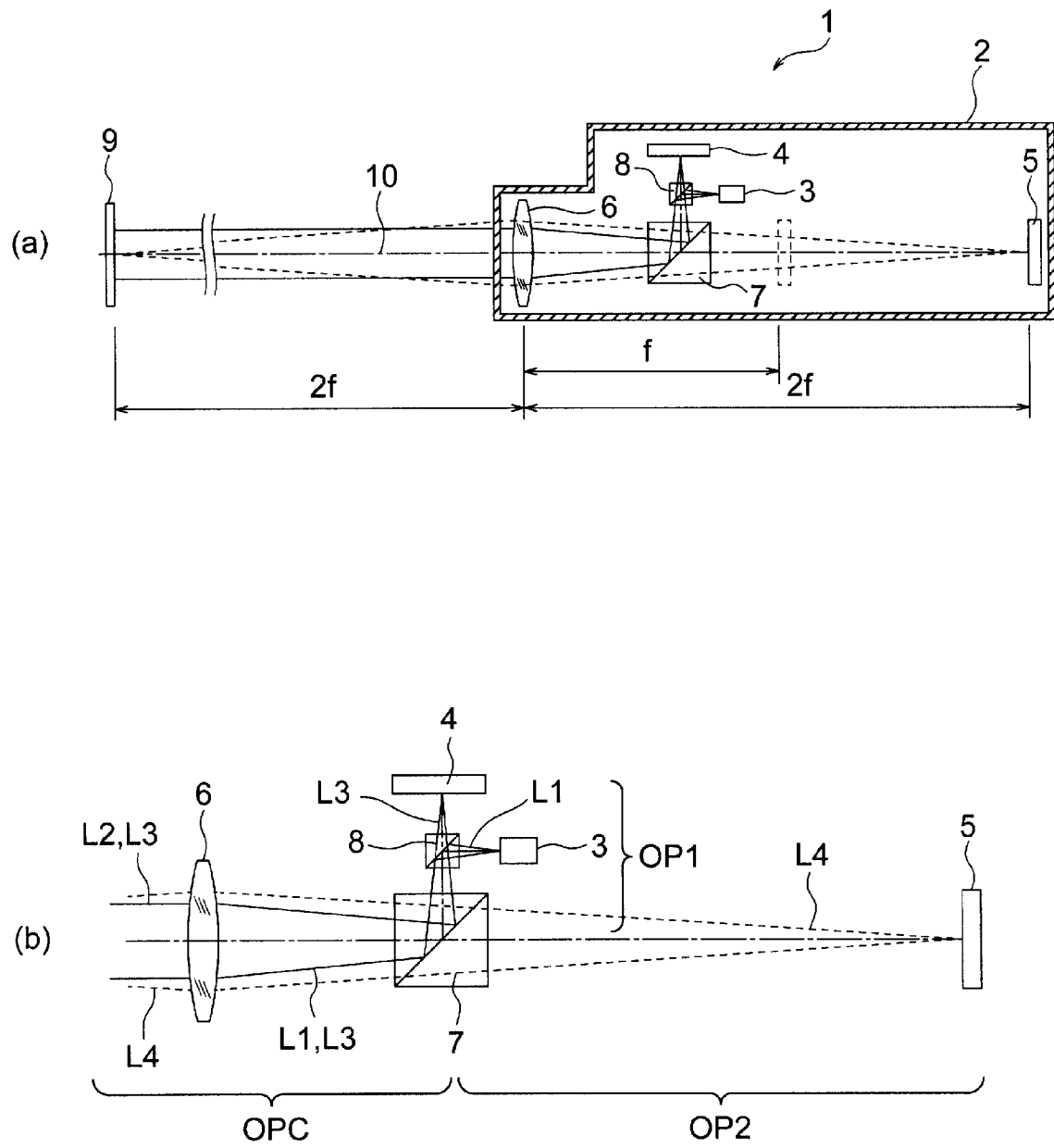
前記測定ヘッドと前記保持部材で保持された被検物とが、測定軸上に位置するように、前記測定ヘッドと前記保持部材が位置決めされており、

前記移動機構は、前記測定ヘッドと前記保持部材の少なくとも一方を、前記測定軸に沿う方向に移動させ、

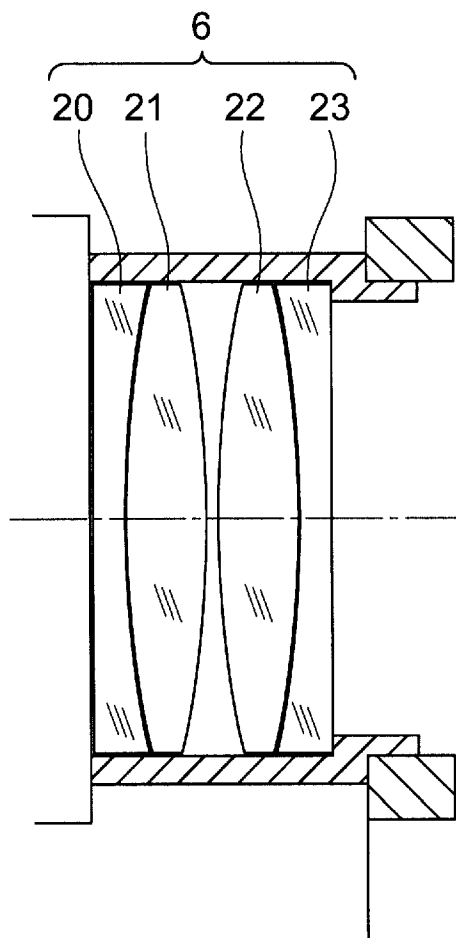
前記処理装置は、前記移動機構と前記測定ヘッドとに接続され、

前記測定ヘッドが、請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の測定ヘッドであることを特徴とする偏心測定装置。

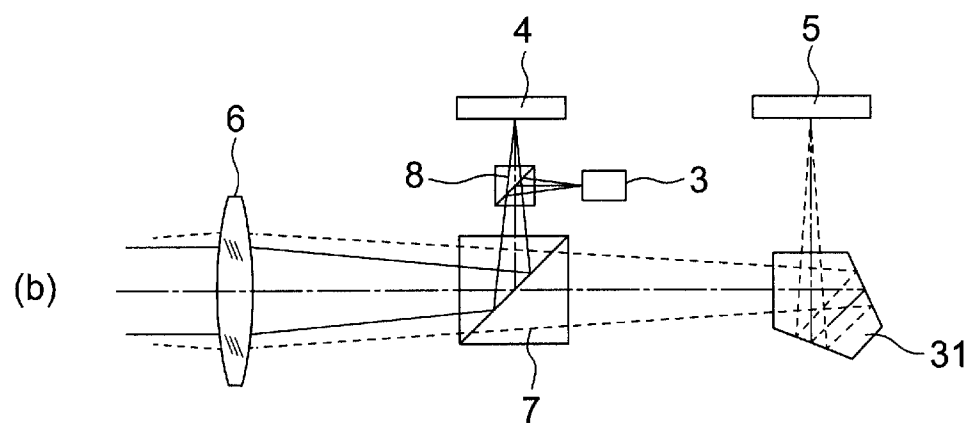
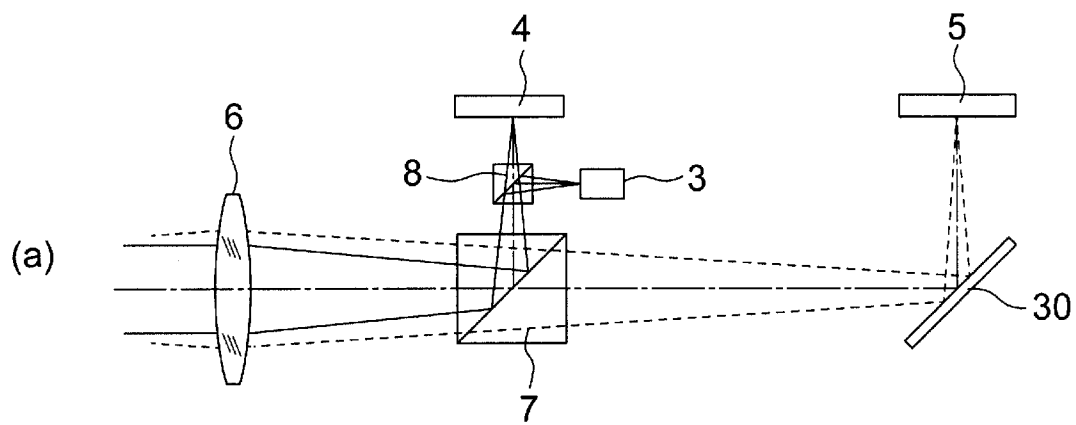
[図1]



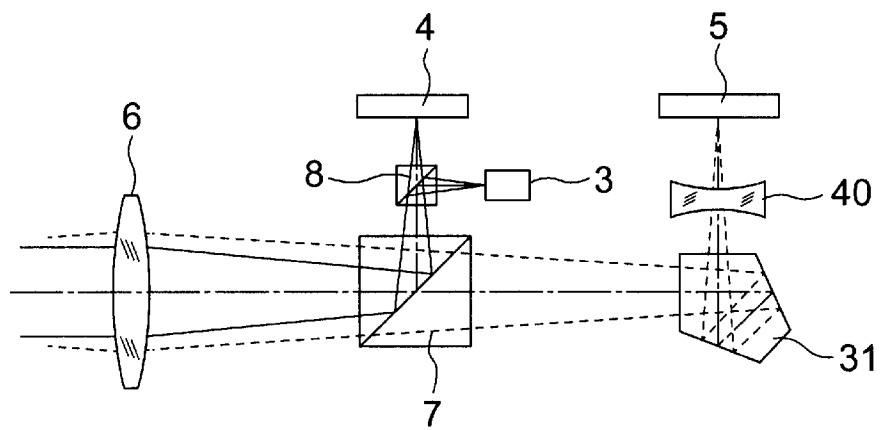
[図2]



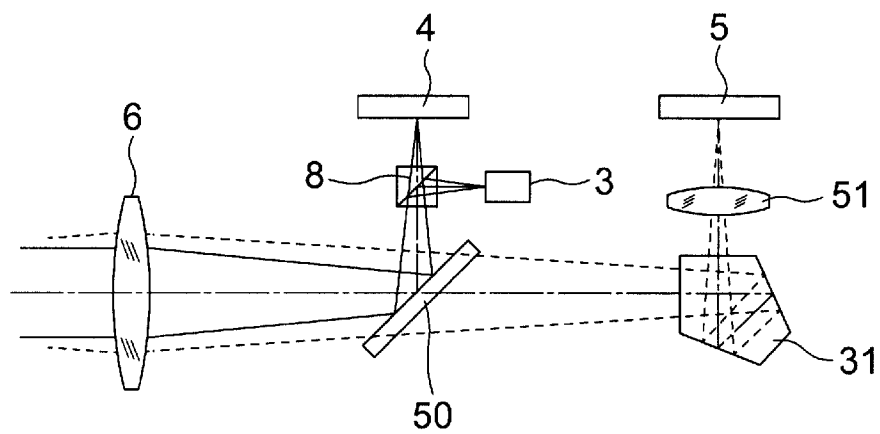
[図3]



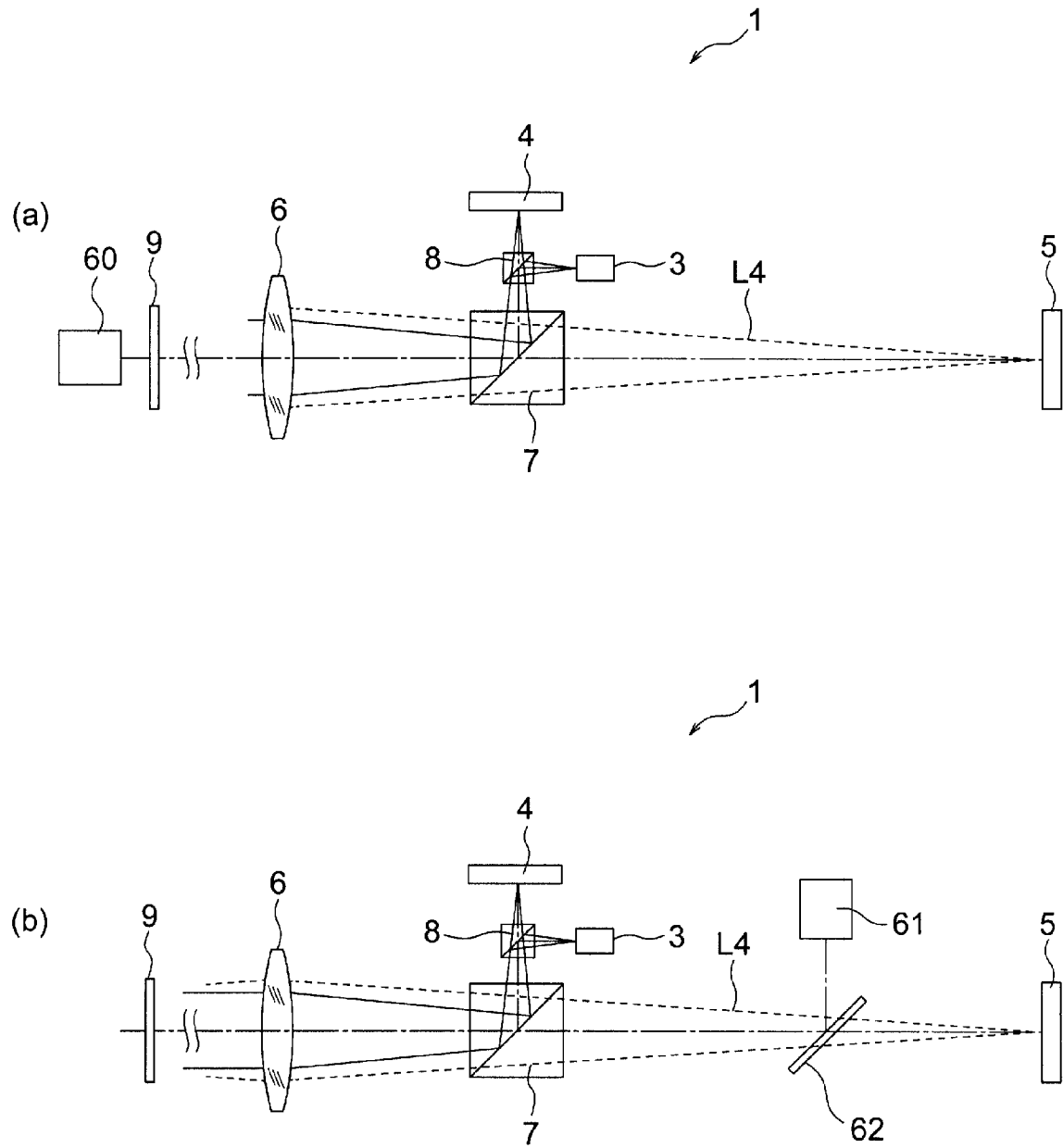
[図4]



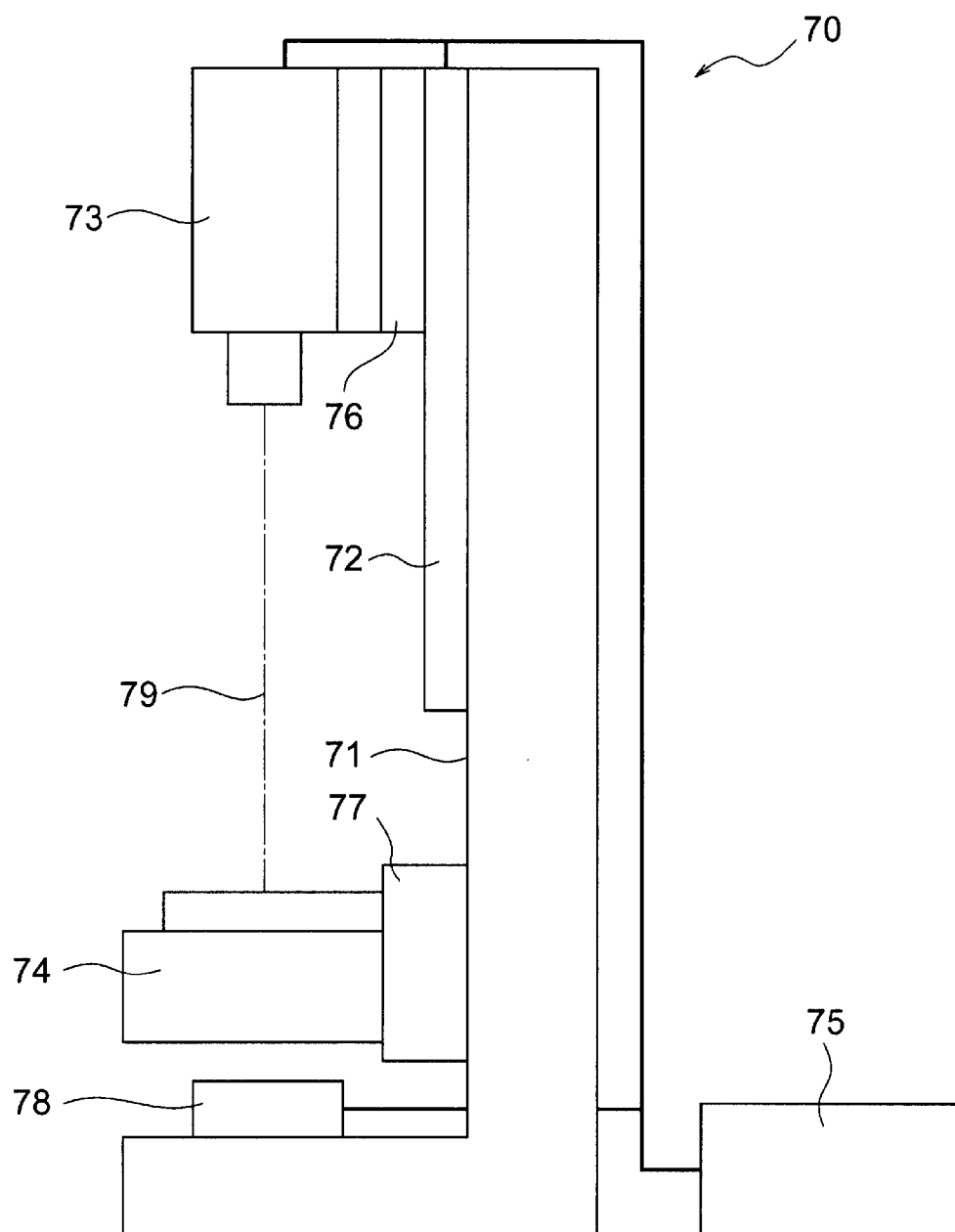
[図5]



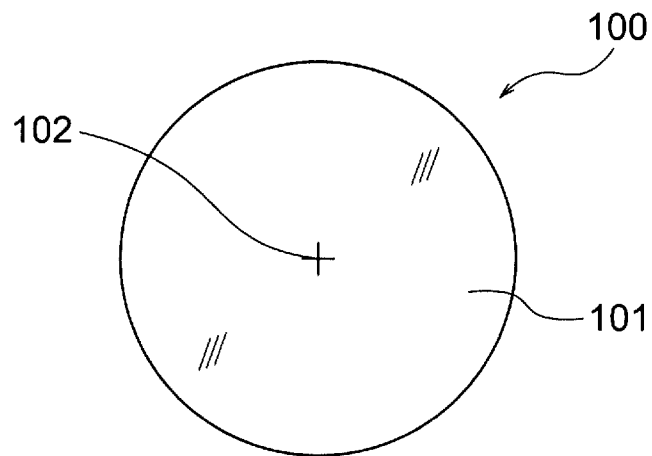
[図6]



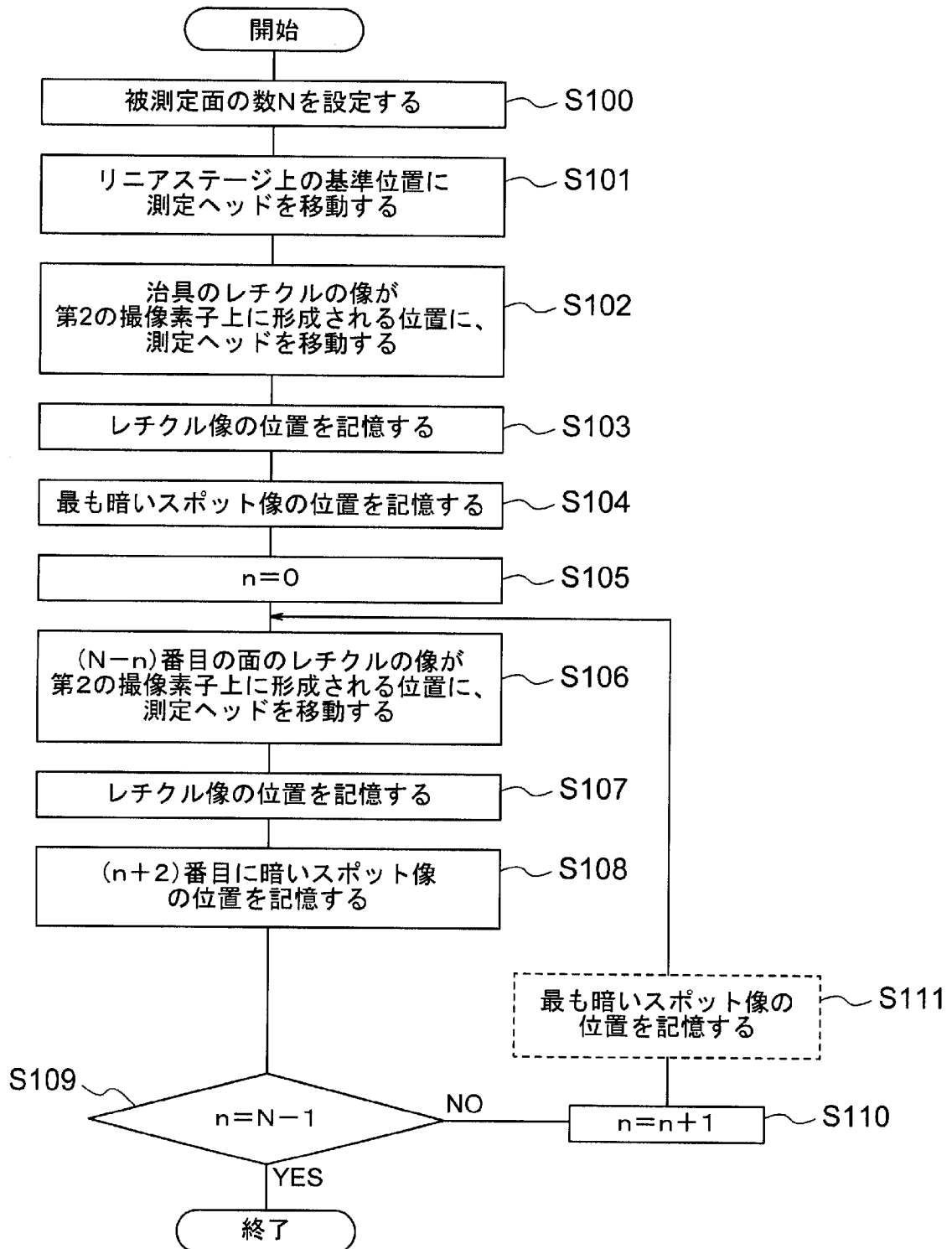
[図7]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/059612

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B11/27(2006.01)i, G01B11/26(2006.01)i, G02B7/02(2006.01)i, G02B21/18(2006.01)i, G02B21/36(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)

G01B11/00-11/30, G02B7/00, G02B7/18-7/24, G02B19/00-21/00, G02B21/06-21/36

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

IEEE Xplore, SPIE Digital Library

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
$\frac{X}{Y}$	JP 2004-45327 A (Konica Minolta Holdings, Inc.), 12 February 2004 (12.02.2004), paragraphs [0024] to [0046]; fig. 1 to 3 (Family: none)	$\frac{1, 2, 8}{3-7}$
$\frac{Y}{A}$	JP 2010-145313 A (OPCell Co., Ltd.), 01 July 2010 (01.07.2010), paragraphs [0022] to [0024]; fig. 7 (Family: none)	$\frac{3-7}{1, 2, 8}$
$\frac{Y}{A}$	JP 3-216511 A (Nikon Corp.), 24 September 1991 (24.09.1991), page 4, upper left column, line 11 to page 5, upper left column, line 14; all drawings (Family: none)	$\frac{5-7}{1-3, 8}$

☒ 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
29 May 2015 (29.05.15)

Date of mailing of the international search report
09 June 2015 (09.06.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/059612

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-176906 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 30 June 1998 (30.06.1998), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2004-317424 A (Pioneer Corp.), 11 November 2004 (11.11.2004), abstract & US 2004/207835 A1 & US 2004/207835 A1 & US 7099001 B2 & US 7099001 B2 & CN 1538157 A	1-8
A	CN 101639351 A (Pekin Koten Keiryo Sokushi Gijutsu Kenkyusho), 03 February 2010 (03.02.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	LIU Bing-guo, et al., Long Working Distance Autocollimating and Microscope Monitoring Instrument, Proceedings of SPIE, 2013.01.31, Vol. 8759, 87591D-1 - 87591D-7, doi:10.1117/12. 2014739	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01B11/27(2006.01)i, G01B11/26(2006.01)i, G02B7/02(2006.01)i, G02B21/18(2006.01)i, G02B21/36(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. G01B11/00-11/30, G02B7/00, G02B7/18-7/24, G02B19/00-21/00, G02B21/06-21/36

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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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）

IEEE Xplore, SPIE Digital Library

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
<u>X</u> Y	JP 2004-45327 A（コニカミノルタホールディングス株式会社） 2004.02.12, 段落 [0024] - [0046], 図1 - 図3（ファミリーなし）	<u>1, 2, 8</u> 3-7
<u>Y</u> A	JP 2010-145313 A（株式会社オプセル） 2010.07.01, 段落 [0022] - [0024], 図7（ファミリーなし）	<u>3-7</u> 1, 2, 8
<u>Y</u> A	JP 3-216511 A（株式会社ニコン） 1991.09.24, 第4頁左上欄第11行 - 第5頁左上欄第14行, 全図（ファミリーなし）	<u>5-7</u> 1-3, 8

☒ 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 9 . 0 5 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 9 . 0 6 . 2 0 1 5

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）

神谷 健一

2 S

9 7 0 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8

C (続き) . 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
A	JP 10-176906 A (オリンパス光学工業株式会社) 1998. 06. 30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2004-317424 A (パイオニア株式会社) 2004. 11. 11, 要約欄 & US 2004/207835 A1 & US 2004/207835 A1 & US 7099001 B2 & US 7099001 B2 & CN 1538157 A	1-8
A	CN 101639351 A (北京航天計量測試技術研究所) 2010. 02. 03, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	LIU Bing-guo, et al., Long Working Distance Autocollimating and Microscope Monitoring Instrument, Proceedings of SPIE, 2013. 01. 31, Vol. 8759, 87591D-1 - 87591D-7, doi:10.1117/12.2014739	1-8