

(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  
2015年4月23日(23.04.2015)



(10) 国際公開番号  
WO 2015/056628 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01N 21/47 (2006.01) G01N 21/59 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/077088
- (22) 国際出願日: 2014年10月9日(09.10.2014)
- (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 2013-214920 2013年10月15日(15.10.2013) JP
- (71) 出願人: 独立行政法人産業技術総合研究所(NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞が関1丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 川手 悦男(KAWATE Etsuo); 〒3058568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (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.

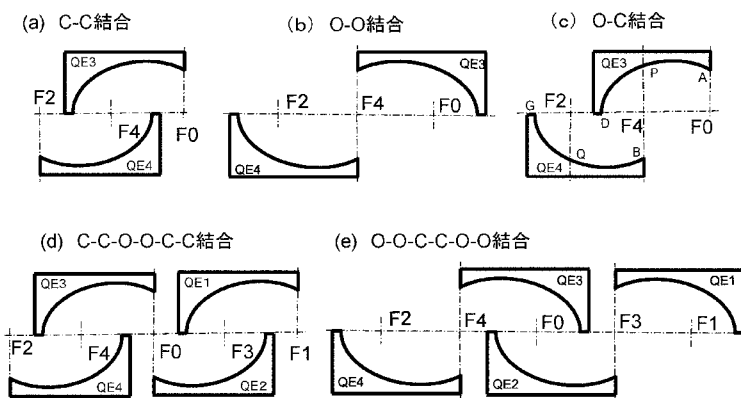
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロアジア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, 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: OPTICAL MEASUREMENT DEVICE AND DEVICE PROVIDED WITH OPTICAL SYSTEM

(54) 発明の名称: 光学測定装置及び光学系を備える装置



(a) C-C coupling  
 (b) O-O coupling  
 (c) O-C coupling  
 (d) C-C-O-O-C-C coupling  
 (e) O-O-C-C-O-O coupling

(57) Abstract: This invention provides an optical measurement device, and a device provided with an optical system, that exhibit excellent sensitivity and can measure the intensity and spatial distribution of scattered light from a specimen. In this device, image distortion is minimized by the use of a structure in which light emanating from a first object reflects off ellipsoidal mirrors an even number of times, said number of times being at least two, before reaching a second object. Two ellipsoidal mirrors are aligned so as to share one focus, with the remaining two foci on opposite sides of the shared focus so as to form a single line. By leaving the shared focus empty, placing the first object at one of the other foci, and placing the second object at the remaining focus, image distortion is minimized.

(57) 要約: 試料からの散乱光の光強度とその空間分布を測定可能な、感度の優れた光学測定装置や光学系を備える装置を提供する。装置において、第1の物体から放射された光が、第2の物体に達する間に、2回以上の偶数回、楕円面鏡で反射される構造とすること

により、像の歪みを抑制する。2つの楕円面鏡を、互いの1つの焦点を共通焦点として、残りの2つの焦点が前記共通焦点に対して互いに反対側で一直線に並ぶ配置とし、共通焦点をブランクにして、第1の物体を一方の焦点に、第2の物体を他方の焦点に配置することにより、像の歪みを抑制する。

WO 2015/056628 A1

## 明 細 書

**発明の名称**：光学測定装置及び光学系を備える装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、光学測定装置及び光学系を備える装置に関する。例えば、試料等の被測定物に光を入射させて、試料からの散乱光の光強度とその空間分布を測定可能な、感度の優れた光学測定装置や、ラマン分光測定やルミネッセンス分光測定等の集光系構造を有する光学測定装置や、反射光学系を結像系や集光系に利用する光学装置に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、精密計測の分野において、光学特性検査装置の測定精度の向上が望まれている。光を物質に入射した際の光と物質との相互作用を考えると、物質による正反射、拡散反射、（正）透過、拡散透過、そして光吸収の5種類に分類できる。すなわち、反射と透過現象に関しては、入射角度と反射角度が等しい正反射と、入射角度と透過光の角度が等しい（正）透過と、一つの入射角度に対して反射光や透過光が広い空間に発生する散乱（拡散反射と拡散透過を足し合わせた現象）がある。

[0003] 従来、正反射率と（正）透過率を測定するために別々のアクセサリーを用いて相対反射率と絶対透過率を測定してきた。この方法の欠点は各々の測定量の測定精度が異なることである。この問題点を解決するため、透過率測定と反射率測定を統合させた装置を本発明者は開発してきた（特許文献4参照）。

[0004] 物質による光の散乱現象に注目すると、全空間（ $4\pi$ 空間）に一様に光が散乱される完全散乱と、ある特定の一部空間に光が散乱される部分散乱がある。前者の完全散乱の例は緩くパッキングされた微小粉末で、後者の例は身の回りに非常に多い。例えばタイル、ペンキの塗られた面、布（縦糸と横糸）、紙面（紙の繊維が網目状になっている）などである。正反射と（正）透過現象を、この部分散乱における「ある特定の一部空間」の極限として見な

すことができる。このような例からも、散乱測定のためには、全球散乱（TSS: Total Spherical Scatter）と散乱の異方性（BSDF: Bidirectional Scatter Distribution Function、双方向散乱分布関数）の両方を測ることが必要である。

- [0005] 試料からの光散乱の光学測定分野において、半分形状回転楕円体面鏡を使った散乱計が研究された。また、積分球を用いた散乱計や、ゴニオ反射率計を使った散乱計が知られている。また、イメージング半球を使った散乱計や、2つの楕円面鏡を使った散乱計（シーガル型散乱計とも呼ぶ）（特許文献2参照）が知られている。
- [0006] 本発明者は、双楕円型光学系の構造を提案して光学測定装置を開発してきた。回転楕円体面鏡を2つ結合した構造の光学系を用いて、絶対反射率と絶対透過率を測定する装置を、本発明者は開発した（特許文献4参照）。該装置は、2個の回転楕円体面鏡からなる双楕円体面鏡を備え、2個のビーム切換鏡と試料とを各焦点に配置するものである。
- [0007] また、本発明者は、双楕円型光学系の構造の受光側回転楕円体面鏡を所定角度回転し、その回転楕円体面鏡の焦点にあるビーム切換えミラーを微小角度ずつ回転させることが可能な装置を開発して散乱光の異方性の測定を行った（特許文献3参照）。双楕円型光学系の構造は、入射側の回転楕円体面鏡E1と受光側の回転楕円体面鏡E2を、互いの1つの焦点を共通焦点F0とし、さらに回転楕円体面鏡E1とE2のそれぞれの残りの焦点をF1とF2とすると、これら3つの焦点が一直線状に並ぶようにした構造である。
- [0008] また、本発明者は、双楕円型光学系の構造の受光側回転楕円体面鏡を回転させ、回転される回転楕円体面鏡の焦点に集光する散乱光を検出する装置を開発して、被測定物の全球散乱を測定することを可能とした（特許文献3参照）。図26に、特許文献3の光学装置を示す。双楕円型光学系を構成する第1及び第2の回転楕円体面鏡は、所定の厚さの板状もしくは帯状部材からなる構造であった（特許文献3参照）。

[0009] また、本発明者は、四分の一形状回転楕円体面鏡と帯形状回転楕円体面鏡を備える光学装置を開発した（特許文献1参照）。特許文献1の光学測定装置では、試料から $\pi$ 空間に広がっている拡散反射光又は拡散透過光を測定できる。図27に、特許文献1の装置の反射測定配置を示す。光源9（レーザー光源、或いは分光光度計等）からの光を、レンズ8及び入射用透孔を通して回転楕円体面鏡内部に取り込むと、この光はビーム切り替え鏡（RM1ミラー）3に達する。ビーム切り替え鏡（RM1ミラー）3で反射された光は、第1の回転楕円体面鏡（帯状回転楕円体面鏡11）でさらに反射され、共通焦点上の試料1に入射する。この試料1で反射された光は、第2の回転楕円体面鏡（四分の一形状回転楕円体面鏡12）で反射されて焦点に集光するので、これを検出器で検出する。検出器の構成は、半球レンズ4とファイバーテーパ5とCCDカメラ6からなる。

#### 先行技術文献

#### 特許文献

- [0010] 特許文献1：特開2012-185121号公報  
特許文献2：米国特許5210418号明細書  
特許文献3：特開2010-276363号公報  
特許文献4：特開2004-45065号公報

#### 非特許文献

- [0011] 非特許文献1：E. Kawate, M. Hain “Study of Uncertainty Sources in Incident Angle Dependence of Regular Reflectance and Transmittance using a STAR GEM Accessory” Measurement 2013, Proceedings of the 9th International Conference, Smolenice, Slovakia, p. p. 183-186

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0012] 従来、1つの楕円面鏡が持つ2つの焦点のうち一方の焦点に試料を、他方の焦点に検出器を配置し、試料を外部から照射することで、試料からの散乱光を測定できると考えられた。そして研究開発がおこなわれたが、すべて失敗した。楕円面鏡を使った散乱計の問題点は、以下の8点にまとめられる。

- (1) 焦点へ集光する光が拡大する問題（マグニフィケーション問題）
- (2) 検出器感度が空間的に一様でない問題
- (3) 検出器感度が入射角度に依存する問題
- (4) 光学素子によるビームの遮蔽の問題
- (5) 内部多重反射問題（インターリフレクション問題）
- (6) ミスアライメント問題
- (7) 構造物によるビームの遮蔽の問題
- (8) 楕円面鏡の不完全性や鏡面粗さの問題

[0013] この中で、(2)と(3)は検出器の問題である。(4)と(7)は設計上の問題である。(8)は鏡の製作上の問題である。そして、これらの5個の問題は、他の一般の光学系にも共通した問題である。上記問題点の内の残りの(1)と(5)と(6)について説明する。1980年代までの楕円面鏡を用いた散乱計では、主に半分形状楕円面鏡であった。

[0014] 図1及び2に楕円面鏡を示し、焦点貫通軸、極、北極と南極、主子午面と副子午面を次のように定義する。2つ、またはそれ以上の焦点を結ぶ直線が焦点貫通軸で、この軸と楕円面鏡が交差する点を極と呼び、極は北極又は南極である。極は、楕円面鏡の長軸上の頂点ということもできる。半分にするための楕円面鏡の焦点貫通軸を含んだ切断面を副子午面とし、この面に直交してこの北極と南極を通る面を主子午面とする。この楕円面鏡には焦点が2つある。しかし、実際にはその位置に何らマークがあるわけではないので、その焦点位置は形状から長さを測って求めるしかない。その測定精度は50

$\mu\text{m}$ 以内を必要とされる（非特許文献1参照）ので、不十分な分解能での測定では、（6）の「ミスアライメント問題」が発生する。 $50\mu\text{m}$ 以内の不確かさの測定では、通常のノギスを使って長さを測定したのでは不十分である。

[0015] 従来、半分形状楕円面鏡の一方の焦点に試料を置いて、他方の焦点に検出器を置いて、外部から試料を照射して散乱測定をおこなっていた。試料からの散乱光は検出器に集まるが、シリコンフォトダイオードや光電子増倍管の前面の窓等での反射のために検出器が100%光を吸収しないので、散乱光の一部は検出器で反射されて、その光は楕円面鏡で再度反射されて試料へ戻る。そしてまた試料で反射される。これが（5）の「内部多重反射問題」である。試料の反射率が高い時、内部多重反射の影響で、この楕円面鏡で測定された試料の反射率は、他の積分球等を使った測定結果に比べて、5%程度大きくなることが知られている。

[0016] 半分形状楕円面鏡において、焦点を出た光は、必ず残りの焦点に集まる。実際の光学系ではビームは有限の大きさを持っている。つまり、焦点近傍の光が存在する。一方の焦点近傍からある方向に放射された光は、他方の焦点からどの程度離れた位置に集まるかは、最初の放射方向に依存する。これが「マグニフィケーション問題」である。この「マグニフィケーション問題」が発生する様子を図3に示す。F0焦点の近傍の点Qから放射された2つの光線QRと光線QUを考える。光線QRは楕円の右側（北極Nを含む領域）で反射されてF2焦点から遠い点Tに達する。T点は、角度QRFOと角度F2RTが等しくなる点である。光線QUは楕円の左側（南極Sを含む領域）で反射されてF2焦点に近い点Vに達する。このV点も先ほどと同じように角度が等しくなることから求まる。F0焦点近傍の同じ場所から放射された光が、天頂角度が異なると、F2焦点近傍の異なった場所で異なった距離に集まる。図3から明らかなように、放射点Qに近い側の楕円面鏡（拡大領域）で反射されると像は拡大され、遠い側の楕円面鏡（縮小領域）で反射されると像は縮小される。この境界面は、楕円の中心（P）とその短軸を含む

面（E P E'）である。

[0017] 半分形状楕円面鏡において、主子午面内で最初の焦点（F 0）に直径2 m mの平行ビームが入射したとき、第2焦点（F 2）での副子午面内でのビームの大きさを計算で求めた。計算結果は、第2焦点に置くべき検出器は、全ての光（第1焦点からすべての方向へ放射された光）を受光するためには、無限に大きくなくてはならないことを示していた。

[0018] 従来から実施されている全半球反射（透過）率測定と空間配光測定は、積分球とゴニオ反射率計である。全半球反射率や全半球透過率を測定するためには、積分球が用いられている。積分球による測定では、光源を固定して、積分球を垂直軸の回りで回転させて、試料照射ポートから光を入射させて試料を照射し、この時の検出器の出力（I s）と、参照ポートから入射させて参照試料を照射して、この時の検出器の出力（I r）を測定する。試料の全半球反射率（R）は、 $R = I s / I r$ から求まる。

[0019] 空間配光（双方向反射分布関数）の測定には、ゴニオ反射率計が用いられている。ゴニオ反射率計では、試料が有るとき、光源からの入射光は試料を照射しながら、光源と検出器をそれぞれ独立に空間中を移動させて、各点での検出器出力I s（ $\theta L, \phi L, \theta D, \phi D$ ）を測定する。なお、 $\theta L, \phi L, \theta D, \phi D$ は、それぞれ光源の天頂角度と方位角度、検出器の天頂角度と方位角度を示す。次に、試料が無いときに、光源と検出器を対向させて、全入射光量に対する検出器出力Q 0を測定する。空間配光を表すBRDF（双方向反射分布関数）は、

$$BRDF = I s (\theta L, \phi L, \theta D, \phi D) / Q 0$$

から求まる。

現状では、これら全半球反射率と空間配光を一度に測定できる装置はない。またゴニオ反射率計で試料のBRDF（双方向反射分布関数）を全空間で測定して、それらの測定値を積分することで全半球反射率を求めることができるが、測定時間が非常に長いことが問題である。

[0020] 本発明者が既に提案した楕円面鏡について図を参照して詳しく説明する。

[0021] 図1及び2に、楕円面鏡の各面及び切断面等を示す。楕円面鏡を2つの焦点を含む副子午面（図1の切断面1）で切断した半分形状（回転）楕円（体）面鏡（図4（d））を、さらに一つの焦点を通り長軸に垂直に切断（図2の切断面2）した四分の一形状（回転）楕円（体）面鏡（図4（a））を、既に提案した（特許文献1参照）。図2の切断面2は、2つの焦点を結ぶ長軸に垂直で1つの焦点を通る焦点直交面ともいえる。

[0022] また、楕円面鏡を、焦点を結ぶ平面（副子午面）から等距離の2枚の平行平面で切断（図2の切断面3と4）し、さらに1つの焦点を通り長軸に垂直に切断（図2の切断面2）した帯形状（回転）楕円（体）面鏡（図4（b））を、既に提案した（特許文献1、3、4参照）。図4（c）は、この帯形状（回転）楕円（体）面鏡を主子午面（図1の切断面5）で切断した二分の一帯形状（回転）楕円（体）面鏡である。

[0023] 特許文献3では、集光側に帯形状回転楕円体面鏡を使っていることにより、問題点（5）「内部多重反射問題」（検出器からの反射光が試料へ戻る）の可能性は低い。しかし、全半球反射（透過）率測定と空間配光（異方性）の両方の測定をおこなうためには、この装置に別々の検出器を取付けて行う必要があり、手間がかかり測定時間も短縮できないという欠点がある。

[0024] 特許文献1では、図27に示すように、集光側に四分の一形状回転楕円体面鏡を用いているので、半球レンズの平面からの反射光が試料へ戻ることが避けられないという問題がある。図5は、検出系からの戻り光（反射光）の可能性を説明するための図である。また、特許文献1では、CCDカメラで撮影した画像が歪むという問題がある。

[0025] 本発明は、これらの問題を解決しようとするものであり、上記問題点（1）焦点へ集光する光が拡大する問題（マグニフィケーション問題）、（5）内部多重反射問題（インターリフレクション問題）、（6）ミスアライメント問題を、主に解決することを目的とする。また、本発明は、上記問題点（1）乃至（8）を解決することを目的とする。また、本発明は、反射率と透過率を同じ測定精度で測定できる光学測定装置を提供することを目的とする



。また、本発明は、全半球反射率と空間配光を一度に測定できる光学測定装置を提供することを目的とする。また、本発明は、空間配光測定で測定される配光分布の歪を低減することを目的とする。また、本発明は、全半球反射率を、正反射成分、拡散反射成分と混合反射成分に分離することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

- [0026] 本発明は、前記目的を達成するために、以下の特徴を有する。
- [0027] 本発明の光学測定装置は第1の物体から放射された光が、第2の物体に達する間に、2回以上の偶数回、楕円面鏡で反射される構造を備えることを特徴とする。また、本発明の光学測定装置は、2つの楕円面鏡を、互いの1つの焦点を共通焦点として、残りの2つの焦点が前記共通焦点に対して互いに反対側で一列に並ぶ配置とし、共通焦点はブランクで、第1の物体を一方の焦点に、第2の物体を他方の焦点に配置したことを特徴とする。また、本発明の光学測定装置は、2つの前記楕円面鏡は、子午面、長軸に直交する焦点直交面のいずれか、又は両方の面を有する楕円面鏡であることを特徴とする。
- [0028] 本発明の光学測定装置は、第1の楕円面鏡と第2の楕円面鏡とを備える光学測定装置であって、第1及び第2の楕円面鏡は、それぞれ、2つの焦点を含む子午面と、該楕円の2つの焦点を結ぶ長軸に垂直で1つの焦点を通る焦点直交面を備え、該楕円面鏡の長軸上の頂点から遠い焦点を第1焦点、近い焦点を第2焦点とするとき、第1の楕円面鏡の第2焦点と、第2の楕円面鏡の第2焦点とが一致して第1共通焦点をなすように配置され、一致しない第1の楕円面鏡の第1焦点及び第2の楕円面鏡の第1焦点と前記第1共通焦点とが直線上になるように配置されることを特徴とする。また、本発明の光学測定装置は、第1の回転楕円体面鏡と第2の回転楕円体面鏡とを備える光学測定装置であって、第1及び第2の回転楕円体面鏡は、それぞれ、2つの焦点を含む子午面と、該楕円の2つの焦点を結ぶ長軸に垂直で1つの焦点を通る焦点直交面を備え、該回転楕円体面鏡の長軸上の頂点から遠い焦点を第1

焦点、近い焦点を第2焦点とするとき、第1の回転楕円体面鏡の第2焦点と、第2の回転楕円体面鏡の第2焦点とが一致して第1共通焦点をなすように配置され、一致しない第1の回転楕円体面鏡の第1焦点及び第2の回転楕円体面鏡の第1焦点と前記第1共通焦点とが直線上になるように配置されることを特徴とする。また、本発明の光学測定装置において、前記回転楕円体面鏡は、例えば、四分の一形状回転楕円体面鏡又は二分の一帯形状回転楕円体面鏡である。本発明の光学測定装置は、例えば、第2の回転楕円体面鏡の第1焦点に、試料を配置してその試料へ光を入射して、前記第1の回転楕円体面鏡の第1焦点に集光する光を検出する。

[0029] 本発明の光学測定装置は、前記第1の回転楕円体面鏡と前記第2の回転楕円体面鏡と第3の回転楕円体面鏡と第4の回転楕円体面鏡とを備える光学測定装置であって、第3及び第4の回転楕円体面鏡は、それぞれ、2つの焦点を含む子午面と、該楕円の2つの焦点を結ぶ長軸に垂直で1つの焦点を通る焦点直交面を備え、該回転楕円体面鏡の長軸上の頂点から遠い焦点を第3焦点、近い焦点を第4焦点とするとき、第3の回転楕円体面鏡の第4焦点と、第4の回転楕円体面鏡の第4焦点とが一致して第2共通焦点をなすように配置され、第3の回転楕円体面鏡の第3焦点と第1又は第2の回転楕円体面鏡の第1焦点とが一致して第3共通焦点をなすように配置され、すべての焦点が直線上になるように焦点貫通軸上に配置されていることを特徴とする。また、本発明の光学測定装置は、例えば、前記第3共通焦点に試料を配置して、前記第1又は第2の回転楕円体面鏡の第1焦点に集光する光を検出するとともに、前記第4の回転楕円体面鏡の第3焦点に集光する光を検出する。本発明の光学測定装置は、例えば、前記第4の回転楕円体面鏡の第3焦点に光を入射して、前記第3共通焦点に配置された試料に光を照射させ、前記第1又は第2の回転楕円体面鏡の第1焦点に集光する光を検出する。例えば、前記第1の回転楕円体面鏡と前記第2の回転楕円体面鏡は、四分の一形状回転楕円体面鏡であり、前記第3の回転楕円体面鏡と前記第4の回転楕円体面鏡は、二分の一帯形状回転楕円体面鏡である。また、例えば前記第1、前記第

2、前記第3、前記第4の回転楕円体面鏡は、いずれも二分の一帯形状回転楕円体面鏡である。また、例えば、第3及び第4の回転楕円体面鏡は、前記焦点貫通軸の回りで、第1及び第2の回転楕円体面鏡に対して回転可能である。

[0030] 本発明の装置は、第1の楕円面鏡と第2の楕円面鏡とを備える装置であって、第1及び第2の楕円面鏡は、それぞれ、2つの焦点を含む子午面と、該楕円の2つの焦点を結ぶ長軸に垂直で1つの焦点を通る焦点直交面を備え、該楕円面鏡の長軸上の頂点から遠い焦点を第1焦点、近い焦点を第2焦点とするとき、第1の楕円面鏡の第2焦点と、第2の楕円面鏡の第2焦点とが一致して第1共通焦点をなすように配置され、一致しない第1の楕円面鏡の第1焦点及び第2の楕円面鏡の第1焦点と前記第1共通焦点とが直線上になるように配置される光学系を備えることを特徴とする。また、楕円面鏡は、例えば、回転楕円体面鏡等である。また、楕円面鏡は、例えば同形である。本発明の光学系を備える装置は、2つの楕円面鏡を、互いの1つの焦点を共通焦点として、残りの2つの焦点が前記共通焦点に対して互いに反対側で一列に並ぶ配置とし、一方の焦点における像を他方の焦点に正立像等を結像する光学系を備える装置である。例えば、露光装置の先端部分や顕微鏡装置の先端部分等に適する。本発明の光学系を備える装置は、2つの楕円面鏡を、互いの1つの焦点を共通焦点として、残りの2つの焦点が前記共通焦点に対して互いに反対側で一列に並ぶ配置とし、共通焦点又は前記残りの2つの焦点のうちの一方の焦点に、絞りを設け、他方の焦点又は焦点近くに記録部を備える光学装置である。例えば、従来のレンズ系の代わりに使用でき、カメラのレンズ系に適する。本発明の光学系を備える装置は、2つの楕円面鏡を、互いの1つの焦点を共通焦点として、残りの2つの焦点が前記共通焦点に対して互いに反対側で一列に並ぶ配置とし、一方の焦点における広い視野像を他方の焦点に結像する光学系を備える光学装置である。例えば、広範囲の視野を有するミラーに適する。本発明の光学系を備える装置は、2つの楕円面鏡を、互いの1つの焦点を共通焦点として、残りの2つの焦点が前記共通焦

点に対して互いに反対側で一列に並ぶ配置とし、一方の焦点における入射光を他方の焦点に集光する光学系を備える熱検知装置である。

### 発明の効果

[0031] 本発明の光学測定装置により、楕円面鏡による散乱（透過、反射）の測定における、（１）焦点へ集光する光が拡大する問題（マグニフィケーション問題）、（５）内部多重反射問題（インターリフレクション問題）、（６）ミスアライメント問題を解消することができた。さらに、本発明の光学測定装置により、（２）検出器感度が空間的に一様でない問題、（３）検出器感度が入射角度に依存する問題、（４）光学素子によるビームの遮蔽の問題、（７）構造物によるビームの遮蔽の問題、（８）楕円面鏡の不完全性や鏡面粗さの問題を、解消することもできた。

[0032] 本発明の光学測定装置を用いれば、反射率と透過率を同じ測定精度で測定でき、全半球反射率と空間配光を一度に測定することができた。本発明の光学測定装置を用いれば、空間配光測定で測定される配光分布の歪を低減することができた。また、本発明の光学測定装置を用いれば、全半球反射率を、正反射成分、拡散反射成分と混合反射成分に分離することができた。

[0033] 本発明の光学測定装置は、具体的に次のような装置として、測定精度向上等の効果がある。

（１）本発明の光学測定装置により、試料の平面や曲面、研磨面や粗面、紙面や布面や皮膚等の構造を持った面からの反射光の空間分布測定、並びに正反射成分と完全拡散反射成分及び混合反射成分への分離測定を実現することができる。

（２）金属や半導体やガラス等の切削加工面やその研磨面の仕上がりを調べる装置として、鏡面研磨に近づくほど、正反射（正透過）成分が増加して、完全拡散反射（完全拡散透過）成分と混合反射（透過）成分は減少するので、精密な加工をコントロールできる。

（３）拡散板の性能評価装置として評価性能を向上させることができる。拡散板は強い指向性を持った光源からの光を広い空間に対して均一に照射する

光を作り出す用途に使われる。例えば、屋外用の照明、後部プロジェクターテレビ、一般家庭用電子ディスプレイなどに使われている。本発明の装置による拡散板の性能評価法は、正反射（正透過）成分が減少して完全拡散成分が増加するほど性能の良い拡散板であると評価することができる。

（４）LEDやLED原料の発光分布測定や発光強度測定より、製品や原料の性能評価が可能になる。

（５）ラマン分光測定やルミネッセンス分光測定のために、本発明を使用し、検出系のCCDカメラの変わりに、光ファイバーバンドルの一端をオプティカルファイバーテーパの小口径面に取り付け、他端を分光器へ導くことにより、角度分解のラマン分光測定等が可能になる。

[0034] 本発明の光学系を備える装置は、露光装置の先端部分や顕微鏡装置の先端部分等に適する。また、従来のカメラのレンズ系の代わりに使用できる。また、広範囲の視野を有するミラーに適する。また、集光機能を備えるので、例えば熱検知装置に適する。

### 図面の簡単な説明

- [0035] [図1]楕円面鏡の各面及び切断面等を示す図。  
[図2]楕円面鏡の各面及び切断面等を示す図。  
[図3]マグニフィケーション問題の説明図。  
[図4]各種形状の回転楕円体面鏡の図。（a）は四分の一形状回転楕円体面鏡、（b）は帯形状回転楕円体面鏡、（c）は二分の一帯形状回転楕円体面鏡、（d）は半分形状回転楕円体面鏡。  
[図5]検出系からの戻り光（反射光）の可能性を説明する図。  
[図6]楕円面鏡の結合様式を説明する図。  
[図7]斜入射時のビーム径の長円形化についての説明図。  
[図8]同形の2台の子午焦点包囲楕円面鏡のC-C結合の場合におけるマグニフィケーションの計算結果を示す図。  
[図9]同形の2台の子午焦点包囲楕円面鏡のO-O結合の場合におけるマグニフィケーションの計算結果を示す図。

[図10]補償構造体の2組をO-O結合させた散乱計の主子午面での断面図で、試料有りの反射配置の図。

[図11]補償構造体の2組をO-O結合させた散乱計の主子午面での断面図で、試料有りの透過配置の図。

[図12]図6(b)の基本構造体の2組をC-C結合させた散乱計の主子午面での断面図で、試料有りの透過配置の図。

[図13](a)は( $\theta/\pi$ 光学系)、(b)は( $\pi/\theta$ 光学系)の概念図。

[図14]第1の実施の形態の光学測定装置の概略図。

[図15]第2の実施の形態の光学測定装置の概略図。

[図16]第3の実施の形態の光学測定装置の概略図。

[図17]第4の実施の形態の光学測定装置の概略図。

[図18]検出系の例を示す図。

[図19]全半球反射率を正反射成分と拡散反射成分と混合反射成分への分離する方法を示す図。

[図20]補償構造体の対称性を説明する図。

[図21]第3の実施の形態の散乱計のマグニフィケーションの計算結果を示す図。

[図22]楕円面鏡の各点の曲率が異なるための像の歪みの計算結果を示す図。

[図23]第5の実施の形態の光学系の半導体露光装置への応用の概略図。

[図24]第5の実施の形態の光学系の顕微鏡への応用の概略図。

[図25]第5の実施の形態の光学系のカメラのレンズ系への応用の概略図。

[図26]従来技術の光学装置を示す図。

[図27]従来技術の光学装置の反射測定配置を示す図。

### 発明を実施するための形態

[0036] 本発明の実施形態について以下説明する。

[0037] 本発明を理解するために、まず、本発明の基本エレメントと基本構造体について述べる。

[0038] (基本構造体の特性)

基本構造体は2台の楕円面鏡で構成されることで、第1の物体から放射された光が2回楕円面鏡で反射して、第2の物体に達する。この時、第一の楕円面鏡の一つの焦点は、第二の楕円面鏡の一つの焦点と共通焦点を構成する。これを可能にする楕円面鏡の切断面は、子午面（図1の切断面1）と焦点直交面（図2の切断面2）だけである。2台の楕円面鏡の残りの2個の焦点は共通焦点に対して互いに反対側で一直線（焦点貫通軸）上になくなくてはならない。共通焦点はブランク（空）で、両端の焦点に第1の物体と第2の物体を配置する。第1の物体の表面が子午面に平行か、垂直のどちらかに配置させる。平行の時は、第1の物体の天頂角度0度の方向は焦点直交面内にあり、天頂角度90度の方向は極を含んでいる子午面内である。垂直の時は、第1の物体の天頂角度0度の方向は極であり、天頂角度90度の方向は焦点直交面内である。これらのことから、焦点に設置された第1の物体からの放射光を効率良く、焦点に設置された第2の物体に伝送するためには、楕円面鏡は極を含まなくてはならない。

極を含んだ楕円面鏡の2つの焦点の内、極に近い焦点をクローズ（Close、略してC焦点）焦点、極から遠い焦点をオープン（Open、略してO焦点）焦点と呼ぶ。ただし、半分形状楕円面鏡は両極を含むので、2つの焦点は同等である。この時は、右側の極から見て、極に近い焦点をクローズ（Close、略してC焦点）焦点、極から遠い焦点をオープン（Open、略してO焦点）焦点と呼ぶ。C焦点を通過する焦点直交面で切断した楕円面鏡には、接頭語の『マイナー』を、O焦点を通過する焦点直交面で切断した楕円面鏡には、接頭語の『メジャー』を付けて区別する。

[0039]（基本エレメントの構造）

基本構造体を構成する極を含んだ楕円面鏡は、基本エレメントと呼ぶ。この基本エレメントは、（1）『極を含んだ楕円面鏡と子午面で囲まれた楕円面鏡』（子午極包囲楕円面鏡群）、（2）『極を含んだ楕円面鏡とメジャーな焦点直交面で囲まれた楕円面鏡』（メジャー焦点極包囲楕円面鏡群）、（3）『極を含んだ楕円面鏡とマイナーな焦点直交面で囲まれた楕円面鏡』（

マイナー焦点極包囲楕円面鏡群)、(4)『極を含んだ楕円面鏡と子午面とメジャーな焦点直交面で囲まれた楕円面鏡』(メジャー子午焦点包囲楕円面鏡群)、(5)『極を含んだ楕円面鏡と子午面とマイナーな焦点直交面で囲まれた楕円面鏡』(マイナー子午焦点包囲楕円面鏡群)の5種類からなる。次に、各楕円面鏡群に切断面を対応付けする。

(1) 子午極包囲楕円面鏡群は、楕円面鏡を少なくとも図1の切断面1で切断した時の一方の楕円面鏡で、焦点直交面以外の切断面でさらに切断されていても良いので、末尾に『群』をつけた。以下同様に末尾に『群』をつける。(2) メジャー焦点極包囲楕円面鏡群は、楕円面鏡を少なくとも図2の切断面2で切断した時の大きい方の楕円面鏡で、子午面以外の切断面でさらに切断されてもよい。(3) マイナー焦点極包囲楕円面鏡群は、楕円面鏡を少なくとも図2の切断面2で切断した時の小さい方の楕円面鏡で、子午面以外の切断面でさらに切断されてもよい。(4) メジャー子午焦点包囲楕円面鏡群は、楕円面鏡を少なくとも図1の切断面1と図2の切断面2の両方の切断面で切断した時の大きい方の楕円面鏡で、さらに追加の切断面で切断されてもよい。(5) マイナー子午焦点包囲楕円面鏡群は、楕円面鏡を少なくとも図1の切断面1と図2の切断面2の両方の切断面で切断した時の小さい方の楕円面鏡で、さらに追加の切断面で切断されてもよい。

[0040] (基本エレメントの例)

図4は、回転楕円体面鏡の場合の基本エレメントの幾つかの例であるが、楕円面鏡の場合も同じである。(1) 子午極包囲楕円面鏡群の1つの例は、半分形状回転楕円体面鏡(図4(d))である。(2) メジャー焦点極包囲楕円面鏡群の2つの例は、帯形状回転楕円体面鏡(図4(b))や蝟壺形状楕円面鏡(図省略)である。(3) マイナー焦点極包囲楕円面鏡群の1つの例は、帽子形状楕円面鏡(図省略)である。(4) メジャー子午焦点包囲楕円面鏡群の2つの例は、四分の一形状回転楕円体面鏡(図4(a)で、以下QEと表記する。)と二分の一帯形状回転楕円体面鏡(図4(c)、以下BEと表記する。)である。(5) マイナー子午焦点包囲楕円面鏡群の2つの



例は、マイナー四分の一形状楕円面鏡（図省略）とマイナー二分の一形状楕円面鏡（図省略）である。

[0041]（基本構造体を形成するための基本エレメントの結合様式）

2台の基本エレメントからなる基本構造体を形成するための結合様式を図6に示す。この図でQE（四分の一形状回転楕円体面鏡の略）と書いてある基本エレメントは、その他の基本エレメントで置きかえることができる。F0～F4は基本エレメントの焦点である。

（1）C-C結合：2台の基本エレメントのC焦点とC焦点で共通焦点を構成し、残りの2つのO焦点がこの共通焦点に対して互いに反対側で一直線上に配列する結合様式で、この例が図6（a）である。2台の基本エレメントが同じ形状である場合は、第一の基本エレメントと第二の基本エレメントは共通焦点に対して点対称になるように配置されている。

（11）O-O結合：2台の基本エレメントのO焦点とO焦点で共通焦点を構成し、残りの2つのC焦点がこの共通焦点に対して互いに反対側で一直線上に配列する結合様式で、この例が図6（b）である。2台の基本エレメントが同じ形状である場合は、第一の基本エレメントと第二の基本エレメントは共通焦点に対して点対称になるように配置されている。

（111）C-O結合：2台の基本エレメントのC焦点とO焦点で共通焦点を構成し、残りの2つのO焦点とC焦点がこの共通焦点に対して互いに反対側で一直線上に配列する結合様式で、この1例が図6（c）である。これら3個の結合様式が可能である。この中で、C-O結合は、第1の物体の放射光を第2の物体へ伝搬する時の効率が悪いので、C-C結合とO-O結合がより優れている。これらのC-C結合とO-O結合で結合されている楕円面鏡の組を、それぞれC-C結合体とO-O結合体と呼ぶ。

[0042]（基本構造体の種類）

基本エレメントは立体であるので、O-O結合やC-C結合をさせるときに、2台の楕円面鏡が衝突したり、相手方の楕円面鏡の影になったりするので、以下では、これらを除いた物理的に結合できる相手を重複しないように

列挙する。

(1) 子午極包囲楕円面鏡群のC-C結合の相手は、子午極包囲楕円面鏡群、メジャー子午焦点包囲楕円面鏡群とマイナー子午焦点包囲楕円面鏡群の3種類である。(2) メジャー焦点極包囲楕円面鏡群のC-C結合の相手は、存在しない。(3) マイナー焦点極包囲楕円面鏡群のC-C結合の相手は、存在しない。(4) メジャー子午焦点包囲楕円面鏡群のC-C結合の相手は、メジャー子午焦点包囲楕円面鏡群とマイナー子午焦点包囲楕円面鏡群の2種類である。(5) マイナー子午焦点包囲楕円面鏡群のC-C結合の相手は、マイナー子午焦点包囲楕円面鏡群の1種類である。(6) 子午極包囲楕円面鏡群のO-O結合の相手は、マイナー焦点極包囲楕円面鏡群、メジャー子午焦点包囲楕円面鏡群とマイナー子午焦点包囲楕円面鏡群の3種類である。(7) メジャー焦点極包囲楕円面鏡群のO-O結合の相手は、メジャー焦点極包囲楕円面鏡群、マイナー焦点極包囲楕円面鏡群、メジャー子午焦点包囲楕円面鏡群とマイナー子午焦点包囲楕円面鏡群の4種類である。(8) マイナー焦点極包囲楕円面鏡群のO-O結合の相手は、マイナー焦点極包囲楕円面鏡群、メジャー子午焦点包囲楕円面鏡群とマイナー子午焦点包囲楕円面鏡群の3種類である。(9) メジャー子午焦点包囲楕円面鏡群のO-O結合の相手は、メジャー子午焦点包囲楕円面鏡群とマイナー子午焦点包囲楕円面鏡群の2種類である。(10) マイナー子午焦点包囲楕円面鏡群のO-O結合の相手は、マイナー子午焦点包囲楕円面鏡群の1種類である。

以上から、C-C結合からなる基本構造体は6種類で、O-O結合からなる基本構造体は13種類で、基本構造体は合計19種類である。

[0043] (基本構造体の例)

19種類の基本構造体の中の数種類の例を次に示す。図6(a)は2台のメジャー子午焦点包囲楕円面鏡群のC-C結合体で、特に2台のメジャー子午焦点包囲楕円面鏡が同形の時補償構造体と呼ぶ。図6(b)は2台のメジャー子午焦点包囲楕円面鏡群のO-O結合体である。

[0044] 図7を参照して、斜入射時のビーム径の長円形化について説明する。図7

に示すように、直径  $d$  mm の平行光線（図 7 で一点鎖線の円柱で表示）が楕円面鏡の副子午面に入射したとき、垂直入射ならば副子午面のビームの直径は同じ  $d$  mm であるが、斜入射で天頂（入射）角度が  $\theta_s$  の時の副子午面内のビームは入射面方向に長円形になり、その長径は  $d / \cos \theta_s$  mm になる。一方、副子午面でかつ入射面に直交する方向のビームは同じ  $d$  mm（短径と呼ぶ。）である。図 8、図 9 に、それぞれ、同形の 2 台の子午焦点包囲楕円面鏡の C-C 結合体（補償構造体）と同形の 2 台の子午焦点包囲楕円面鏡の O-O 結合体の場合の、マグニフィケーションの計算結果を示す。図 8、図 9 は、主子午面に平行に F0 焦点を通過するように入射した平行光線が各回転楕円面鏡で反射して各々の焦点を通過する時の、副子午面の焦点貫通軸方向のビームの長径の天頂角依存性を計算した結果である。太い実線はビーム直径 2 mm を表し、F0 焦点の副子午面内のビームの長径を点線で表す。同様に、F4 焦点のビームの長径を破線で、F2 焦点のビームの長径を実線で表す。この結果、C-C 結合体では、図 8 に示されているように斜入射時のビームの長径と楕円面鏡で 2 回反射したときのビームの長径は、全天頂（入射）角度領域でほぼ一致していて、楕円面鏡の問題点（1）の「マグニフィケーション問題」は解決されている。一方、O-O 結合体では、図 9 に示されているように斜入射時のビームの長径と楕円面鏡で 2 回反射したときのビームの長径は、小さい天頂（入射）角度（約 28 度以下）ではビーム径の拡大が発生しているが、大きな天頂（入射）角度（約 28 度以上）では、ビーム径の縮小が優勢である。

[0045] 図 6 (a) の C-C 結合をもつ基本構造体では、両端に OPEN 焦点が現れ、図 6 (b) の O-O 結合をもつ基本構造体では、両端に CLOSE が現れているので、さらにこれらの基本構造体を試料への入射光方向に拡張するには、それぞれ O-O 結合と C-C 結合しか有り得ない。この結果、図 6 (a) からは図 6 (d) に示す C-C-O-O-C-C 結合となり、図 6 (b) からは図 6 (e) に示す O-O-C-C-O-O 結合になる。これらの四連結楕円面鏡の共通焦点は、F3 と F0 と F4 である。この中の F0 焦点

は2台の基本構造体の共通焦点である。両端の焦点はF1とF2である。これら5個の焦点は一直線上に並んでいて、この軸を焦点貫通軸と呼ぶ。F0焦点を通り焦点貫通軸に垂直な平面を本発明の光学測定装置の「赤道面」と定義する。また、本発明の光学測定装置においては、楕円面鏡の結合体の焦点を、試料位置をF0、光源系をF1、検出系をF2と呼び、残りの焦点を光源系から検出系の順に、F3、F4と呼ぶ。

[0046] 次に、F0焦点に試料を配置し、F1焦点とF2焦点に光源系と検出系をそれぞれ配置して、反射と透過測定をおこなうことを考える。図6(d)の配置の場合には、この両方の測定が可能であり、図10に反射配置を、図11に透過配置を示す。図10は、主子午面での断面図で、試料有りの反射配置である。図中試料へ入射する太い点線が入射光線で、試料から発生している破線が散乱光線である。検出器構造は、アパーチャー14、半球レンズ4、オプティカルファイバーテーパ5、CCDカメラ6からなる。図11は、図10と同様の図で、試料有りの透過配置である。図10の反射配置と図11の透過配置は、焦点貫通軸の周りで赤道面を回転面として、一方のC-C結合体を他方のC-C結合体に対して180度回転することで互いに重なる配置である。

一方、図12に、図6(e)のO-O-C-C-O-O構造について示す。図12は、図10と同様の断面図であり、試料有りの透過配置である。ただし、焦点貫通軸の周りで一方のO-O結合体を他方のO-O結合体に対して回転させようとする、楕円体面鏡BE2とQE3が衝突してしまい反射測定はできない。

[0047] 図5は、検出系からの戻り光（反射光）の可能性について説明する図である。主子午面に沿っての断面図で、反射光（戻り光）は点線で表示する。図6(e)や実際に検出系を配置した図12では、検出系の半球レンズの平面からの反射光が楕円面鏡QE4に戻っている。この様子を図5(a)に示す。この構造では、「内部多重反射（インターリフレクション）問題」が発生している。これに対して、図6(d)のC-C-O-O-C-C結合での反

射配置（図10）と透過配置（図11）では、検出系と光源系は、Open焦点に配置されているので、その反射光は図5（b）に示すように、楕円面鏡へは戻らない。これは上述の楕円面鏡の問題点（5）「内部多重反射（インターリフレクション）問題」を解決している。

[0048] 図13（a）に（ $\theta/\pi$ 光学系）、（b）に（ $\pi/\theta$ 光学系）の概念図を示す。図13（a）は、特定の方向からの入射光（入射角度 $\theta$ ）に対して、試料から $\pi$ 空間に広がった散乱光を測定する配置（ $\theta/\pi$ 光学系）の光学系である。この光学系を実現する1つの方法は、図6（d）のC-C-O-O-C-C結合体である。ここで、入射側光学系は特定方向からの入射であるので、二台の四分の一形状回転楕円体面鏡（図4（a））からなる基本構造体である必要はなく、さらにこの楕円面鏡を主子午面から等距離の2枚の平行平面で切断した図4（c）の二台の二分の一帯形状回転楕円体面鏡から構成されるC-C結合体を用いることができる。

[0049] 同じ長径と同じ短径の楕円面鏡からなるメジャー子午焦点包囲回転楕円体面鏡群の中の複数の基本エレメントを用いて、それから構成される基本構造体が補償構造体である場合の例について実施の形態で説明する。

[0050] （第1の実施の形態）

本実施の形態を図を参照して以下説明する。図14は、本実施の形態の光学測定装置の概略図である。本実施の形態の装置は、図13（a）を実現したものである。本実施の形態の装置は、図6（a）のように、2台の四分の一形状回転楕円体面鏡（QE3とQE4）をC-C型結合させて集光側回転楕円面鏡として、両端の焦点の一方（F0）に試料1を配置し、他方（F2）に検出系を配置する。入射側光学系は光源9とレンズ8を一体として、ゴニオメトリックに半空間を移動させながらF0焦点の試料を照射することで、特定の入射角度（ $\theta$ ：入射角度は天頂角度と同等）と方位角度（ $\phi$ ）に対する、試料からの発光、拡散反射光、拡散透過光等の空間分布と光量を検出系で測定する。本実施の形態の装置では、検出系は、四分の一空間（ $\pi$ 空間）の放射光を測定できる。

## [0051] (第2の実施の形態)

本実施の形態を図を参照して以下説明する。図15は、本実施の形態の光学測定装置の概略図である。本実施の形態の光学測定装置は、4台の四分の一形状回転楕円体面鏡(QE1、QE2、QE3、QE4)からなり、それぞれ2台ずつ四分の一形状回転楕円体面鏡をC-C結合させ、このようにしてできた2組のC-C結合体をさらにO-O結合させたものである。一方のC-C結合体は他方のC-C結合体に対して焦点貫通軸の周りで回転可能な構造である。このO-O結合の共通焦点(F0)に試料を配置し、両端面の焦点(F1、F2)にそれぞれ検出系を配置して、試料からの放射光の空間分布と光量を測定する。試料は、自己発光試料、或いは外部からの電氣的刺激や光励起等により発光する試料である。各々のC-C結合体は四分の一空間( $\pi$ 空間)の放射光分布を測定できるので、本実施の形態の装置は半球( $2\pi$ )空間の放射光分布を一度に測定できる。

## [0052] (第3の実施の形態)

本実施の形態を図を参照して以下説明する。図16は、本実施の形態の光学測定装置の概略図である。本実施の形態の装置は、図16のように、集光側は、2台の四分の一形状回転楕円体面鏡をC-C結合(QE3とQE4で集光側回転楕円体面鏡を構成)させる。この結合面を副子午面と呼ぶ。入射側は、2台の二分の一形状回転楕円体面鏡をC-C結合(BE1とBE2で入射側回転楕円体面鏡を構成)させる。この2組のC-C結合体をO-O結合させて散乱計を構成する。焦点は全部で5個あり、これらは一直線上に並んでいる。この直線を焦点貫通軸と呼ぶ。5個の焦点に入射側からF1、F3、F0、F4、F2と命名する。F1焦点が北極で、F1焦点に回転ミラー3(RM1)を設置する。F2焦点が南極で、F2焦点に検出系を設置する。F3、F0とF4は共通焦点で、F0に試料1を配置する。F3とF4焦点はブランク(空)である。主子午面は焦点貫通軸を含み副子午面と直交する。

C-C結合された四分の一形状回転楕円体面鏡に対して、C-C結合され

た二分の一帯形状回転楕円体面鏡は焦点貫通軸の周りで360度以上回転可能( $\chi$ )である。また、C-C結合された四分の一形状回転楕円体面鏡は、C-C結合された二分の一帯形状回転楕円体面鏡に対して独立に自由に焦点貫通軸の周りで360度以上回転可能( $\eta$ )である。この $\chi$ の回転は試料への入射ビームの方位角度を変えることになる。この回転とは独立にF1焦点のRM1回転ミラーも、F1焦点の回りで360度以上回転可能( $\phi$ )である。この $\phi$ の回転により試料への入射角度を0~90度まで連続的に変えることができる。なお、図では、回転楕円体面鏡の回転機構を省略してある。本実施の形態では、F1焦点の回転ミラー(RM1ミラー)3に外部から光を入射させ、RM1回転ミラー3で反射した光が二分の一帯形状回転楕円体面鏡2台(BE1とBE2)で2回反射されてF0焦点の試料を照射する。特定の入射角度( $\theta$ :入射角度は天頂角度と同等)に対する、試料からの発光、拡散反射光、拡散透過光等は、四分の一形状回転楕円体面鏡2台(QE3とQE4)で2回反射して、F2焦点に集光される。F2焦点に設置した検出系は、空間分布と光量を測定する。本実施の形態の検出器は、四分の一空間( $\pi$ 空間)の放射光分布を測定できる。この光学系は、 $\theta/\pi$ 測定系(図13(a))である。

[0053] (第4の実施の形態)

本実施の形態を図を参照して以下説明する。図17は、本実施の形態の光学測定装置の概略図である。本実施の形態の装置は、4台の二分の一帯形状回転楕円体面鏡(BE1、BE2、BE3、BE4)からなり、それぞれ2台ずつ二分の一帯形状回転楕円体面鏡をC-C結合させ、このようにしてできた2組のC-C結合体をさらにO-O結合させたものである。O-O結合の共通焦点(F0)に試料1を配置し、両端の焦点のうち入射側回転楕円体面鏡の焦点(F1)に回転ミラー(RM1)3を配置し、他方の集光側回転楕円体面鏡の焦点(F2)に検出系或いは回転ミラー(RM2)23を配置する。この回転ミラー3を含んだ入射側回転楕円体面鏡は、集光側回転楕円体面鏡に対して焦点貫通軸の周りに360度以上回転できる構造である。また、集光

側回転楕円面鏡も入射側回転楕円面鏡に対して360度以上自由に独立に回転できる構造である。F1焦点の回転ミラー（RM1ミラー）3に光源9からレンズ8を介して光を入射させ、回転ミラー3で反射した光が二分の一帯形状回転楕円体面鏡2台（BE1とBE2）で2回反射されてF0焦点の試料1を照射する。特定の入射角度（ $\theta$ ：入射角度は天頂角度と同等）と方位角度（ $\phi$ ）に対応する、試料1からの発光、正反射光、正透過光等は集光側回転楕円体面鏡2台（BE3とBE4）で2回反射して、F2焦点に集光される。F2焦点に直接設置した検出系或いはRM2ミラー23やレンズ28を介して検出器2で、光量を測定する。この装置では検出器2は、特定方向の放射光を測定できる。

[0054]（各実施の形態における入射系と検出系の測定配置について）

第1及び第3の実施の形態は、 $\theta/\pi$ 測定系（図13（a））である。さらに、検出系と入射系（光源、レンズと回転ミラーからなる系）をそれぞれ入れ替えることで、 $\pi/\theta$ 測定系（図13（b））も可能である。

[0055]（各実施の形態における入射側光学系について）

第3及び第4の実施の形態で、F1焦点の回転ミラーは、直接光源と置き換えることも可能である。しかし、楕円体面鏡内部での多重反射の影響（例えば、光源と試料の間の多重反射）を減らすためには、F1焦点には回転ミラーを置くことが有利である。これにより、F1焦点と試料の間での多重反射を減らせる。

[0056]（各実施の形態における検出系について）

第1、第2及び第3の実施の形態で、F2焦点の検出系に関しては、特許文献1と同様の構成を用いることができる。図18及び図5（b）に検出系の例を示す。F2焦点にアパーチャー（AP）14を取り付けた半球レンズ（HSL）4の中心を一致させて、さらにこのレンズ結像面にオプティカルファイバーテーパ（OFT）5の大口径面を一致させ、オプティカルファイバーテーパ5の小口径面をCCDカメラ6の画素面に一致させる（なお図5（a）（b）では戻り光を説明するためにOFTの小口径面とCCDカ



メラの面とをあえて離して図示している)。これにより試料からの散乱光の空間配光とその強度を測定する。

[0057] (各実施の形態の光学測定装置による光学測定について)

第1、第2及び第3の実施の形態で測定された測定結果から、図19に全半球反射率を正反射成分と拡散反射成分と混合反射成分へ分離する方法を示す。図19で、(a)はバックグラウンド測定、(b)は反射測定、(c)は反射測定にバックグラウンド測定を調整して合体工程、(d)は正反射成分と混合反射成分、(e)は完全拡散反射成分の分離、(f)は正反射成分の分離、(g)は混合反射成分の分離を説明する図である。試料無しのバックグラウンド配置(図11の配置で試料が無いとき)と試料有りの反射(透過)配置(図10と図11)の場合の空間分布と各点の強度を、CCDカメラ等でそれぞれ測定する。それぞれの場合のCCDカメラの各画素の全和(それぞれ、QBとQR)の比から、試料の全半球反射率( $THR = QR / QB$ )を、まず求める。次に、すでにCCDカメラで測定した画像から、図19に模式的に示すように、バックグラウンドの配光分布と試料からの配光分布の差から、この全半球反射率を正反射率(RR)と完全拡散反射率(DR)と混合反射率(MR)に分離する。同様にして、試料の全半球透過率(THT)を、正透過率(RT)と完全拡散透過率(DT)と混合透過率(MT)に分離する。

第1乃至第4の本実施の形態では、迷光ノイズを従来と比較して格段に低減できる。従来の正反射・透過率計(図26)では、例えば透明な試料の反射率測定の際に、図26中の検出器2位置に配置されるRM2ミラーはこの反射光を検出器へ送る向きになる。しかし、試料を透過した透過光が、図26の帯形状回転楕円体面鏡の内部に存在する。反射測定の際に、この透過光が迷光となってノイズになる。本発明の補償構造体を集光側光学系に用いることは、図10と図11から明らかなように、反射測定配置の際には余分な透過光はQE4の背面で反射されて自由空間に逃げ、透過測定配置の際にも余分な反射光はQE4の背面で反射されて自由空間に逃げるので、迷光が

発生しない。

第1、第2及び第3の実施の形態では、検出系として図5(b)、図18の検出系を用い、試料から $\pi$ 空間に放射された光の分布と各方向での強度を測定する。散乱計にこれらの検出系を配置する時は、半球レンズ(HSL)の平面の中心にアパーチャー(AP)を取り付けて、その中心がF2焦点に一致して、このアパーチャーが副子午面と平行であるように配置する。このために、検出系がビームを遮蔽しないので、楕円面鏡の問題点(4)「光学素子によるビームの遮蔽の問題」を解決することができる。

[0058] (補償構造体の対称性とF2焦点で観測される空間配光について)

第1乃至第4の本実施の形態で採用している補償構造体の対称性について考える。図20は補償構造体の対称性を説明するための図である。補償構造体はその共通焦点(F4)に関して点対称である。次に、焦点貫通軸(X軸方向の単位ベクトル $x$ )と試料のF0焦点から任意方向に放射された光の進行方向(単位ポインティングベクトル $k$ )の「2つのベクトルが作る平面」を考える。F0焦点を放射された光は回転楕円面鏡QE3で反射(この反射点をPと名付ける。)したのち、必ずF4焦点に達する。F4焦点はベクトル $x$ 上にあるので、P点とF4を結ぶ直線は「2つのベクトルが作る平面」上に乗っている。F4焦点を通過した光は、回転楕円面鏡QE4で反射(この反射点をQと名付ける。)したのち、必ずF2焦点に達する。F2焦点はベクトル $x$ 上にあるので、Q点とF2を結ぶ直線は「2つのベクトルが作る平面」上に乗っている。その結果、光線F0Pと光線PF4Qと光線QF2は「2つのベクトルが作る平面」上に乗っている。この平面上で、角度PF4F0と角度QF4F2は対角であるので互いに等しい。QE3とQE4は、同等な回転楕円面鏡でF4を共通焦点としているので、辺F0F4と辺F2F4の長さが等しい。共通焦点F4は点対称な点であるので辺PF4と辺QF4は長さが等しい。よって、三角形F0PF4と三角形F2QF4は合同になり、角度F4F0Pと角度F4F2Qが等しくなるので、光線QF2の単位ポインティングベクトルは、最初にF0から放射された光線F0P

と同じ、単位ポインティングベクトル $k$ になる。この結果、F 2 点はF 0 点と同等で、F 0 点での試料からの空間への光の分布は、F 2 点で測定される空間への光の分布と同等になっている。

[0059] (マグニフィケーション問題の解消について)

第 1 乃至第 4 の本実施の形態では、マグニフィケーション問題が解決されることを、具体的に説明する。試料から検出系の間で散乱光が、図 3 の楕円面鏡の拡大領域と縮小領域で同数回反射される構造の例が、本発明の基本構造体である。実際の計算は第 3 の実施の形態の散乱計に関しておこなうが、全ての実施形態に当てはまる。主子午面内で最初の F 1 焦点に直径 2 mm の平行光線が主子午面に平行に入射した時の全ての焦点の副子午面内で焦点貫通軸方向のビームの大きさを計算した結果を、図 2 1 に示す。横軸は F 1 焦点へ入射する平行光線の天頂（入射）角度である。図中の太い実線は入射ビームの直径である。図中の点線は、F 1 焦点でのビームの大きさで、副子午面にビームが垂直入射すれば、その大きさは 2 mm であるが、入射角度が大きくなる（斜入射）に従い副子午面内でビームは長円形（図 7）になり、この長径の変化を表している。図中の破線と実線は、それぞれ F 0 焦点と F 2 焦点でのビームの大きさを計算で求めた結果を表している。さらに、図中の一点鎖線と二点鎖線は、それぞれ F 3 と F 4 焦点でのビームの大きさを計算で求めた結果を表している。F 1 のビームの長径と F 0 と F 2 焦点でのビームの長径はほぼ同じ変化をしている。この結果は、楕円面鏡の問題点（1）の「マグニフィケーション問題」を解決している。一方、F 3 焦点と F 4 焦点でのビーム径は、F 1 焦点のビーム径の変化（点線）と全く異なっている。F 3 焦点と F 4 焦点に達した光は、第 3 の実施の形態を構成する回転楕円体面鏡で、奇数回しか反射していない。F 3 焦点と F 4 焦点ではマグニフィケーションが発生している。

上述の計算では、主子午面内で最初の F 1 焦点に直径 2 mm の平行光線が主子午面に平行に入射した時の全ての焦点の副子午面内で焦点貫通軸方向のビームの大きさの変化を調べた。次に、同じ主子午面内で最初の F 1 焦点に

直径 2 mm の平行光線が主子午面に平行に入射した時の全ての焦点の副子午面内で焦点貫通軸に垂直方向（図 7 参照）のマグニフィケーションによる副子午面内のビームの長径の変化を調べた。この結果によれば、第 3 の実施の形態では全ての天頂（入射角度）でマグニフィケーションは発生していない。

[0060]（F 2 焦点で観測される像の歪について）

楕円面鏡を用いた散乱計における F 2 焦点での像の歪の原因は、（原因 1）楕円面鏡の各点での曲率が異なるための歪と、（原因 2）楕円面鏡のマグニフィケーションによる歪、であると考えられる。

[0061]（原因 1、楕円面鏡の各点での曲率が異なるための歪について）

第 1、第 2 及び第 3 の実施の形態での原因 1 による像の歪を、従来の特許文献 1 の散乱計（図 2 7 参照）の場合と比較して考察する。まず、主子午面内での像の歪を考える。像の歪を評価するためには、試料の F 0 焦点から任意の方向に放射されたビーム（ $\theta_s$ ）に対して、その前後±1 度離れたビーム（ $\theta_s - 1$  と  $\theta_s + 1$ ）が、F 2 焦点でどのように広がるか（或いは、狭まるか）を計算で求めればよい。ここで考えている 3 本のビームは共に、F 0 焦点から放射されたビームであるので、これらのビームは楕円面で反射されて必ず F 2 焦点に届く。この時、楕円の極座標表示での F 0 焦点と F 2 焦点の間の角度の関係式を使うことで、基準のビームからの開き角度を計算する。楕円面積の各点の曲率が異なるための像の歪みの主子午面での計算の結果を図 2 2 に示す。従来の特許文献 1 の散乱計の場合の歪み率を、図 2 2 中の黒丸で示す。同様にして計算した第 3 の実施の形態の散乱計の場合の歪み率を、図 2 2 中の白丸で示す。特許文献 1（図 2 7）の散乱計では、試料からの散乱光の天頂角度（ $\theta_s$ ）が大きくなるに従い、像が拡大（歪み率が正であることは像が拡大）されている。一方、第 3 の実施の形態の散乱計では、像は歪まない。これは、上述の（補償構造体の対称性と F 2 焦点で観測される空間配光について）で考察したように、同形の子午焦点包囲楕円面鏡群から構成される C-C 結合体では、F 2 焦点で観測される像が一对一の正立

像であることから明らかである。

次に、赤道面に平行な面内での像の歪みを考える。主子午面に直行する方向では、特許文献1の散乱計と、第3の実施の形態の散乱計の両方において、像は歪まない。

この結果、従来の特許文献1（図27）の散乱計は、主子午面内では像が歪むが、直交方向では像は歪まない。一方、第1乃至第3の本実施の形態の散乱計では、両方向で像が歪まないことが分かった。

[0062]（原因2、楕円面鏡のマグニフィケーションによる歪について）

第1、第2及び第3の実施の形態では、本発明の補償構造体を用いているので、焦点近傍の光線に関してはマグニフィケーション問題を解消している。その結果、像の歪は発生しない。一方、従来装置では、楕円面鏡のマグニフィケーションによる像の歪が発生している。

[0063]（内部多重反射問題の解決について）

第1、第2及び第3の実施の形態の検出系の例として示した、半球レンズ、オプティカルファイバーテーパとCCDカメラからなる検出系の場合（図5（b））における、反射光（図中の点線）の発生する可能性を調べる。半球レンズの平面Iに入射するビーム（PF2）は、QE4回転楕円体面鏡の点Pからの反射光である。半球レンズの平面Iでの反射光はQE4回転楕円体面鏡とは反対側に正反射されるので、QE4へ戻ることは無い。検出系の次の反射面は半球のドーム面IIからであるが、この面からの反射光の一部は半球レンズの平面Iを透過してQE4に戻る。このドーム面には無反射コーティング等を施すことで、ドーム面IIの反射光を減らすことができる。第3の反射面はオプティカルファイバーテーパの大口径面IIIであるが、この部分からの反射光は鏡胴（アパーチャー、半球レンズ、オプティカルファイバーテーパ、CCDカメラを一体の構造体に作り上げている構造物）に向かう。仮に半球レンズのドーム面IIに達しても多くは鏡胴側に反射される。この第3の反射面からの反射光がQE4へ戻る量は小さい。第4の反射面はオプティカルファイバーテーパの小口径面IVであるが、ここで反射された

光はオプティカルファイバーテーパー中を戻って大口径面IIIを通過して半球レンズのドーム面IIで反射されることになり、多くは鏡胴側に反射されるので第4の反射面からの反射光がQE4へ戻る量は小さい。最後の反射面はCCDカメラの画素面(V)である。この部分からの反射は拡散反射的であると考えられ、仮にオプティカルファイバーテーパーを通過してもドーム面IIで多くは鏡胴側に反射されるのでその影響は小さい。これにより、上述の楕円面鏡の問題点(5)の「内部多重反射問題」を解決している。

[0064] (ミスアライメント問題の解決について)

第1乃至第4の本実施の形態で、2台の子午焦点包囲楕円体面鏡をC-C結合させていることで、アライメントに必要な3個の焦点(F0, F1, F2)は、図1及び2に示すようにすべて楕円面鏡の切断面1若しくは切断面5と切断面2の交線上にあり、長さを測定すること(一次元上の長さ測定)により、これらの焦点位置を、より容易に正確に同定できる。一方、従来は2次元の平面内で長さ測定をして焦点を探していたので、焦点位置の同定は困難であった。これにより、上述の楕円面鏡の問題点(6)の「ミスアライメント問題」を解決している。

[0065] (実施の形態の装置による測定実施例)

(1) 像の歪の測定

第3の実施の形態の光学測定装置を使用して、試料として「工学的手法による拡散板」(ソーラボ社製)でその拡散透過光がライン形状になるDE1-L4100を選び、光源はハロゲンランプの白色光で、その像を測定した。試料は副子午面に平行で、その散乱光が赤道面と平行になる配置で固定して行った。散乱板による像は、良いライン形状が観測できた。入射角度を変えて拡散板の像の縦横の長さ比を測定した。入射角度が40度を超えると像が圧縮されているが、これは検出系の周辺部の像の圧縮のためである。この結果から、第3の実施の形態の光学測定装置で測定した像に関しては、周辺部の像の圧縮を考慮して処理することで、試料からの配光分布を測定できることが解る。

## [0066] (2) ラマン分光測定

図18の検出系では、試料からの散乱光を分光することなくCCDカメラで配光分布とそのときの強度を測定している。CCDカメラを取り除いて、オプティカルファイバーテーパの小口径面に光ファイバーバンドルの一端を取り付けて、他端を分光器の入射スリットのところにレンズ等を介して取り付けることで、散乱光の分光測定が可能になる。この配置では、試料から $\pi$ 空間に放射された散乱光を全て分光測定したことになる。一方、試料からある特定の方向に放射された散乱光（例えば、後方散乱、前方散乱、90度方向散乱）だけを分光したいときは、ライン状の光ファイバーバンドルを使って、小口径面上の特定の方向だけを集光すればよい。

## [0067] (第5の実施の形態)

上述の実施の形態で示した光学系の応用例について具体的に説明する。基本構造体の例として示した図6(a)のように、2台のメジャー子午焦点包囲楕円面鏡群のC-C結合体で、特に2台のメジャー子午焦点包囲楕円面鏡が同形の時補償構造体の例で説明する。図6に示した他の構造でも適宜応用できる。

[0068] 既に、(F2焦点で観測される像の歪みについて)述べたように、この光学系の特長は、F0焦点上の物体とF2焦点上の像が、等倍率正立像で結像できることである。このことを利用した応用例として、半導体の露光装置の先端部分、顕微鏡の先端部分、等が挙げられる。

図23に、本発明の光学系を半導体の露光装置の先端部分に設置した例を示す。従来、半導体露光装置の縮小投影レンズ先端とウェハの間は、約1mm程度に近接している。液浸露光技術では、この隙間に、液体（純粋等）を満たしている。液浸露光技術では、特に液体の扱いが困難である。例えば、ウェハを搭載するステージは露光動作時に高速で移動と急停止を繰り返している。このような状況でも液体を理想的静止状態に保たなくてはならない。また、液体の蒸発による気化熱が液体の温度を下げ露光の精度に誤差を生じさせるから、これも回避する手段を考えなくてはならない。上述のC-C結

合体の光学系の、等倍率正立像を結像できる能力を利用して、図23のように、半導体の露光装置の先端部分に、C-C結合体の光学系を設置する。半導体露光装置の先端部の一例として、コンデンサーレンズ35とレチクル34と縮小投影レンズ33からなる部分を図23に示す。従来は縮小投影レンズ33の結像面に半導体ウェハを置いていたが、本発明の光学系では、縮小投影レンズ33と半導体のウェハ31の間に、本発明の光学系を入れる。図において、光学系は、2台の四分の一形状回転楕円体面鏡(QE3とQE4)をC-C型結合させて、両端の焦点の一方(F0)にウェハ31を配置し、他端の焦点F2を縮小投影レンズの結像面に一致させる。液浸をさせる場合には、ダミーの試料として石英板をF2焦点に置く。これによりウェハは、露光装置と切り離され、以前よりウェハの扱いが楽になる。さらにウェハ周りに広い作業空間ができるので、ウェハに対して追加のアプローチが可能になる。

図24に、本発明の光学系を顕微鏡の先端部分に設置した例を示す。顕微鏡においては、対物レンズと試料の間は近いほど、明るく大きな拡大率を実現できるが、近くすることが困難な場合も多い。図において、光学系は、2台の四分の一形状回転楕円体面鏡(QE3とQE4)をC-C型結合させて、両端の焦点の一方(F0)に試料1を配置する。顕微鏡の先端部分を構成する接眼レンズ44と視野絞り43と対物レンズ42において、対物レンズ42と試料1の間に、本光学系を入れる。回転楕円体面鏡の組は、F0焦点の物体の等倍率正立像をF2焦点に結像できる。顕微鏡の対物レンズ42の焦点はF2焦点に一致させれば、試料の拡大像を接眼レンズを通して観測できる。この構造から明らかなように、試料周りに広い作業空間(顕微鏡では数ミリであるが、この光学系では100mm以上)を確保できる。試料に対して外部からのアプローチが容易になる。例えば、医療機関で、手術部位をF0焦点に置き、医師は顕微鏡システムで拡大された画像を見ながら細かい血管や神経の縫合を行なうことができる。また、本光学系は、開口数が多いので非常に明るく、さらに焦点深度が浅いので、試料の深さ方向の空間分



解能が、従来より1桁高分解能になる。

[0069] 本光学系の楕円面鏡の組（C-C結合体等）は、F4焦点に対して点对称である。この構造は、カメラレンズ系と似ていることを利用した応用例として、（3）カメラのレンズ系の代わりに反射光学系で結像系を構築でき、また、本光学系が広い視野を持つことから、（4）車両等のサイドミラーやバックミラーとして利用できる。

図25に、本発明の光学系をカメラのレンズ系の代わりに利用した例を示す。図において、光学系は、2台の四分の一形状回転楕円体面鏡（QE3とQE4）をC-C型結合させて、両端の焦点の一方（F0）又はF4焦点に絞리手段を設置し、他方の焦点（F2）又はその近傍に、記録装置52（フィルム、CCDカメラのセンサー部分、又は追加のレンズ系）を置くと、F0焦点の外部の4分の1空間を撮影できるカメラになる。楕円面鏡と記録媒体は暗箱に入れる。絞リを通して撮影できる範囲は、本図で焦点貫通軸のF0を原点として光学系から離れる方向をX方向、焦点貫通軸に直交する上方向をZ方向とすると、 $X > 0$ かつ $Z < 0$ の領域（斜線部分）、つまり4分の1空間である。

本光学系は、上述のように広い視野を持つので、本光学系とそのF2焦点の検出器部分にCCDカメラを備えた系を、車体の側面や背面に取付けることで、従来死角となっていた空間も死角なしでモニターできる。

[0070] 本発明の光学系は、F2焦点或いはその近傍の像面は、非接触であるので、（5）高感度の赤外検出器等を設置して、人感センサーや防犯センサーのような熱検知器に応用することもできる。

[0071] 上記実施の形態等で示した例は、発明を理解しやすくするために記載したものであり、この形態に限定されるものではない。

## 符号の説明

[0072] 1 試料  
2 検出器  
3、7、23 ミラー

- 4 半球レンズ
- 5 オプティカルファイバーテーパー
- 6 CCDカメラ
- 8、28 レンズ
- 9 光源
- 11 帯状回転楕円体面鏡
- 12 四分の一形状回転楕円体面鏡
- 14 アパーチャー
- 31 ウェハ
- 32 石英版
- 33 縮小投影レンズ
- 34 レチクル
- 35 コンデンサーレンズ
- 42 対物レンズ
- 43 視野絞り
- 44 接眼レンズ
- 52 記録装置
- QE 四分の一形状回転楕円体面鏡
- BE 二分の一帯形状回転楕円体面鏡

## 請求の範囲

- [請求項1] 第1の物体から放射された光が、第2の物体に達する間に、2回以上の偶数回、楕円面鏡で反射される構造を備える光学測定装置。
- [請求項2] 2つの楕円面鏡を、互いの1つの焦点を共通焦点として、残りの2つの焦点が前記共通焦点に対して互いに反対側で一列に並ぶ配置とし、共通焦点をブランクとして、第1の物体を一方の焦点に、第2の物体を他方の焦点に配置したことを特徴とする光学測定装置。
- [請求項3] 2つの前記楕円面鏡は、子午面、長軸に直交する焦点直交面のいずれか、又は両方の面を有する楕円面鏡であることを特徴とする請求項2記載の光学測定装置。
- [請求項4] 第1の楕円面鏡と第2の楕円面鏡とを備える光学測定装置であって、  
第1及び第2の楕円面鏡は、  
それぞれ、2つの焦点を含む子午面と、該楕円の2つの焦点を結ぶ長軸に垂直で1つの焦点を通る焦点直交面を備え、  
該楕円面鏡の長軸上の頂点から遠い焦点を第1焦点、近い焦点を第2焦点とするとき、  
第1の楕円面鏡の第2焦点と、第2の楕円面鏡の第2焦点とが一致して第1共通焦点をなすように配置され、一致しない第1の楕円面鏡の第1焦点及び第2の楕円面鏡の第1焦点と前記第1共通焦点とが直線上になるように配置されることを特徴とする光学測定装置。
- [請求項5] 第1の回転楕円体面鏡と第2の回転楕円体面鏡とを備える光学測定装置であって、  
第1及び第2の回転楕円体面鏡は、それぞれ、2つの焦点を含む子午面と、該楕円の2つの焦点を結ぶ長軸に垂直で1つの焦点を通る焦点直交面を備え、  
該回転楕円体面鏡の長軸上の頂点から遠い焦点を第1焦点、近い焦点を第2焦点とするとき、

第1の回転楕円体面鏡の第2焦点と、第2の回転楕円体面鏡の第2焦点とが一致して第1共通焦点をなすように配置され、一致しない第1の回転楕円体面鏡の第1焦点及び第2の回転楕円体面鏡の第1焦点と前記第1共通焦点とが直線上になるように配置されることを特徴とする光学測定装置。

[請求項6] 前記回転楕円体面鏡は、四分の一形状回転楕円体面鏡又は二分の一帯形状回転楕円体面鏡であることを特徴とする請求項5の光学測定装置。

[請求項7] 前記第1の回転楕円体面鏡と前記第2の回転楕円体面鏡と第3の回転楕円体面鏡と第4の回転楕円体面鏡とを備える光学測定装置であって、

第3及び第4の回転楕円体面鏡は、それぞれ、2つの焦点を含む子午面と、該楕円の2つの焦点を結ぶ長軸に垂直で1つの焦点を通る焦点直交面を備え、

該回転楕円体面鏡の長軸上の頂点から遠い焦点を第3焦点、近い焦点を第4焦点とするとき、

第3の回転楕円体面鏡の第4焦点と、第4の回転楕円体面鏡の第4焦点とが一致して第2共通焦点をなすように配置され、

第3の回転楕円体面鏡の第3焦点と第1又は第2の回転楕円体面鏡の第1焦点とが一致して第3共通焦点をなすように配置され、

すべての焦点が直線上になるように焦点貫通軸上に配置されていることを特徴とする請求項5記載の光学測定装置。

[請求項8] 第1の楕円面鏡と第2の楕円面鏡とを備える装置であって、

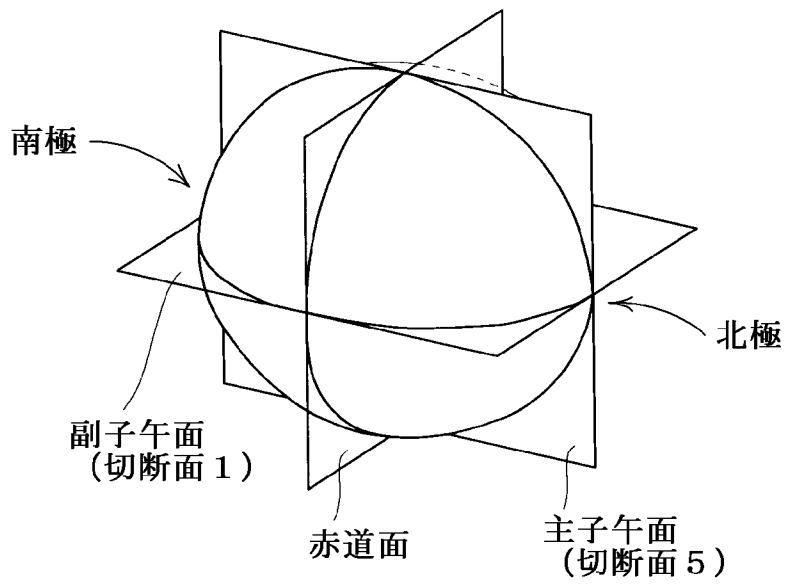
第1及び第2の楕円面鏡は、

それぞれ、2つの焦点を含む子午面と、該楕円の2つの焦点を結ぶ長軸に垂直で1つの焦点を通る焦点直交面を備え、

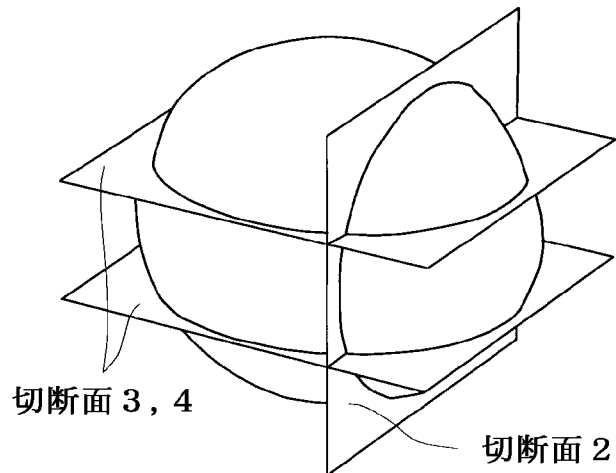
該楕円面鏡の長軸上の頂点から遠い焦点を第1焦点、近い焦点を第2焦点とするとき、

第1の楕円面鏡の第2焦点と、第2の楕円面鏡の第2焦点とが一致して第1共通焦点をなすように配置され、一致しない第1の楕円面鏡の第1焦点及び第2の楕円面鏡の第1焦点と前記第1共通焦点とが直線上になるように配置される光学系を備えることを特徴とする装置。

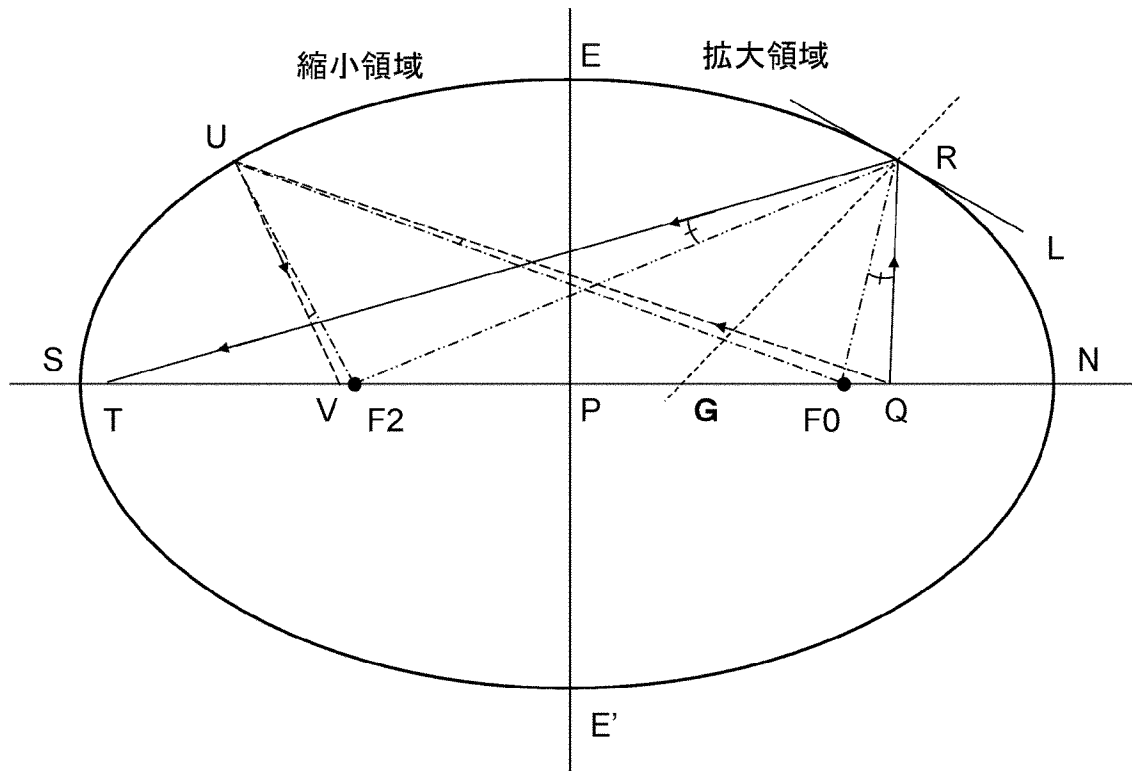
[図1]



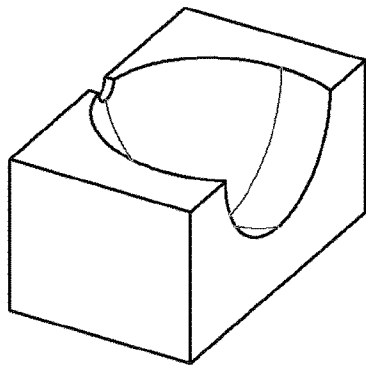
[図2]



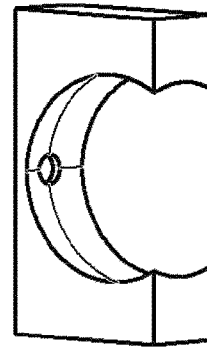
[図3]



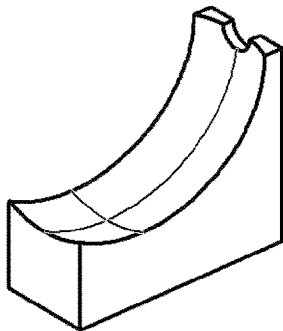
[図4]



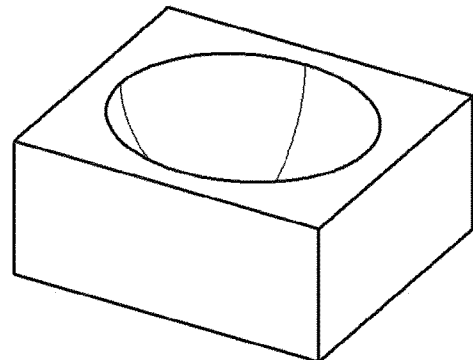
(a) 四分の一形状回転楕円体面鏡



(b) 帯形状回転楕円体面鏡

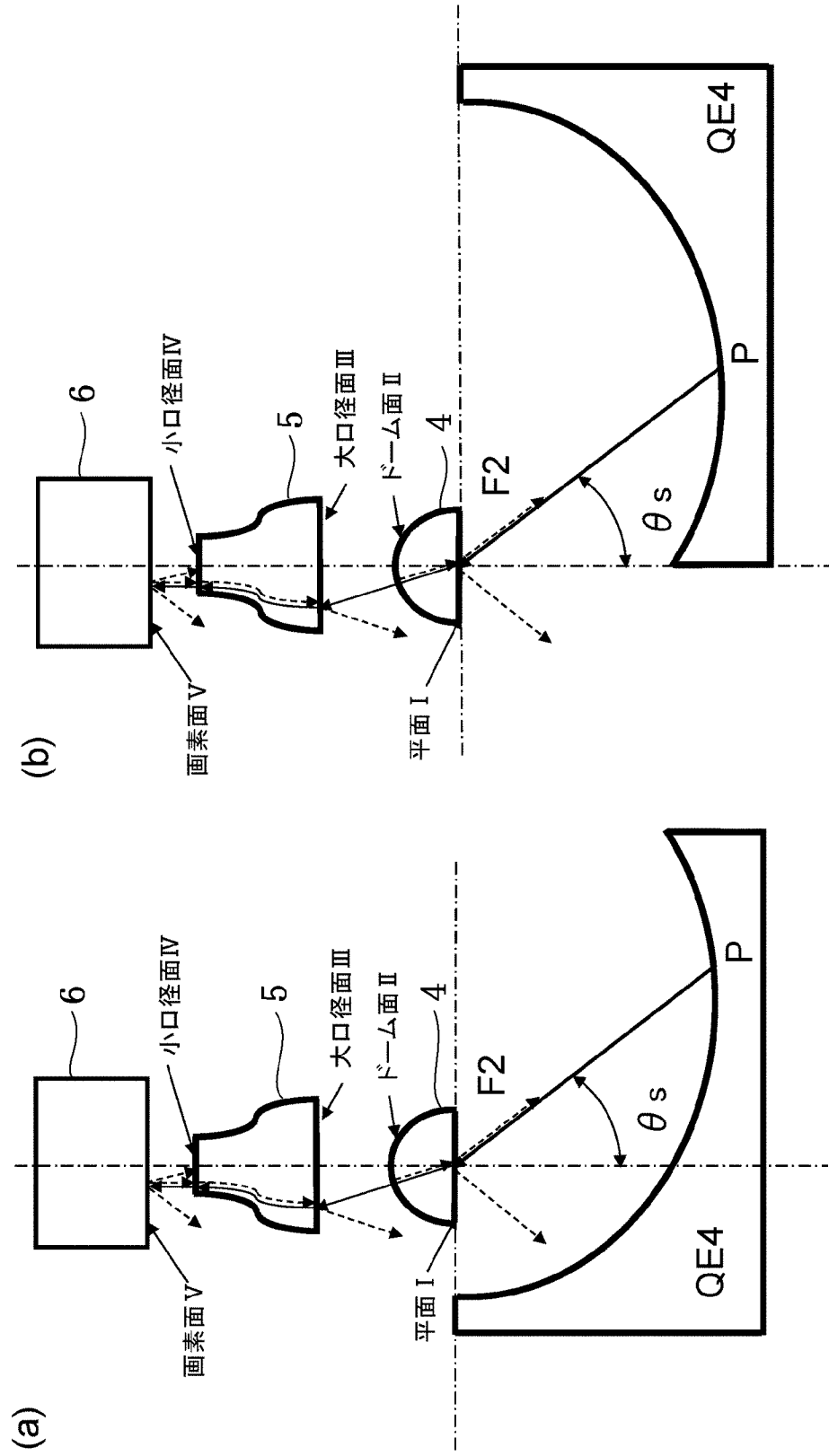


(c) 二分の一帯形状回転楕円体面鏡



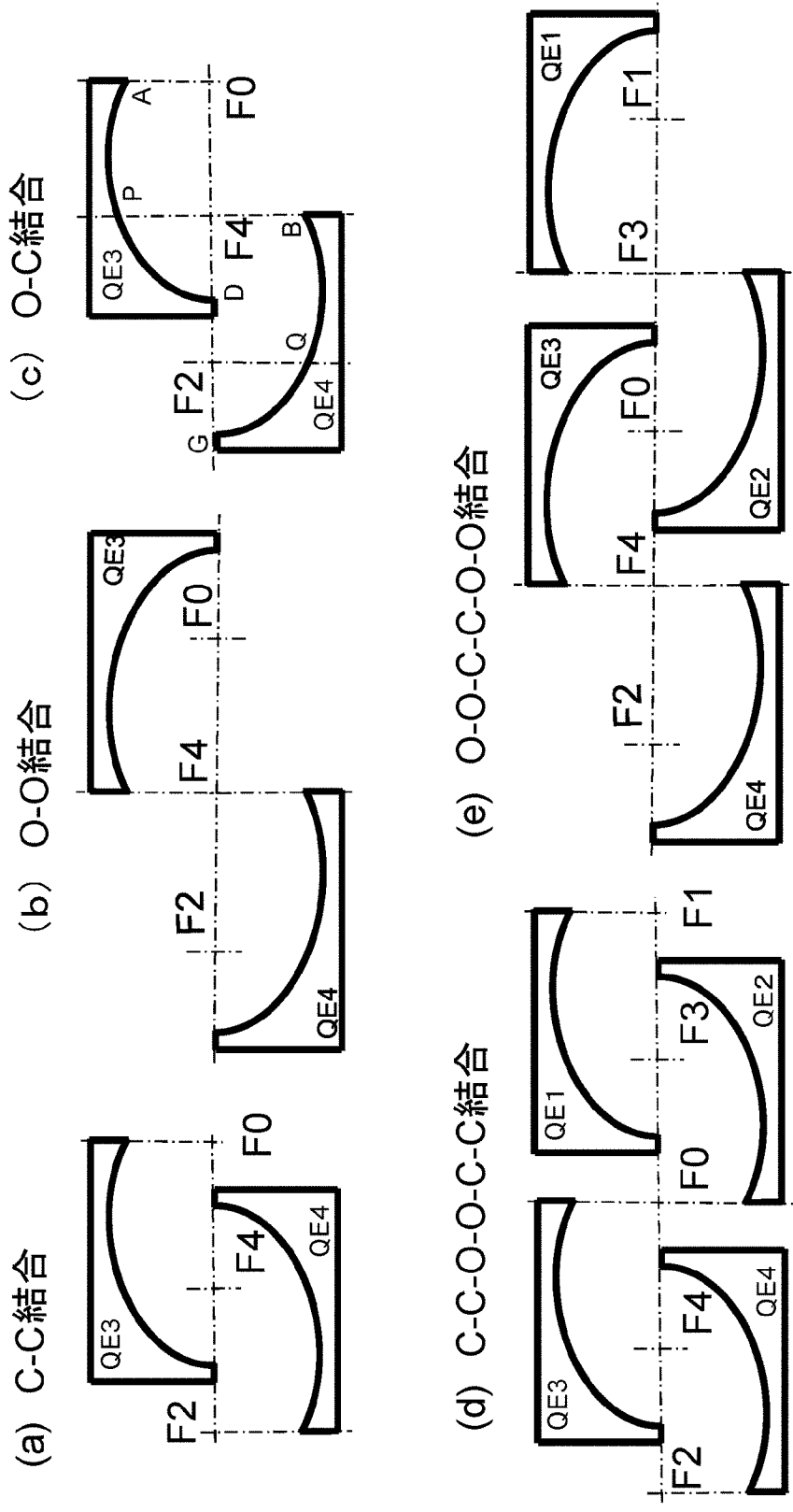
(d) 半分形状回転楕円体面鏡

[図5]

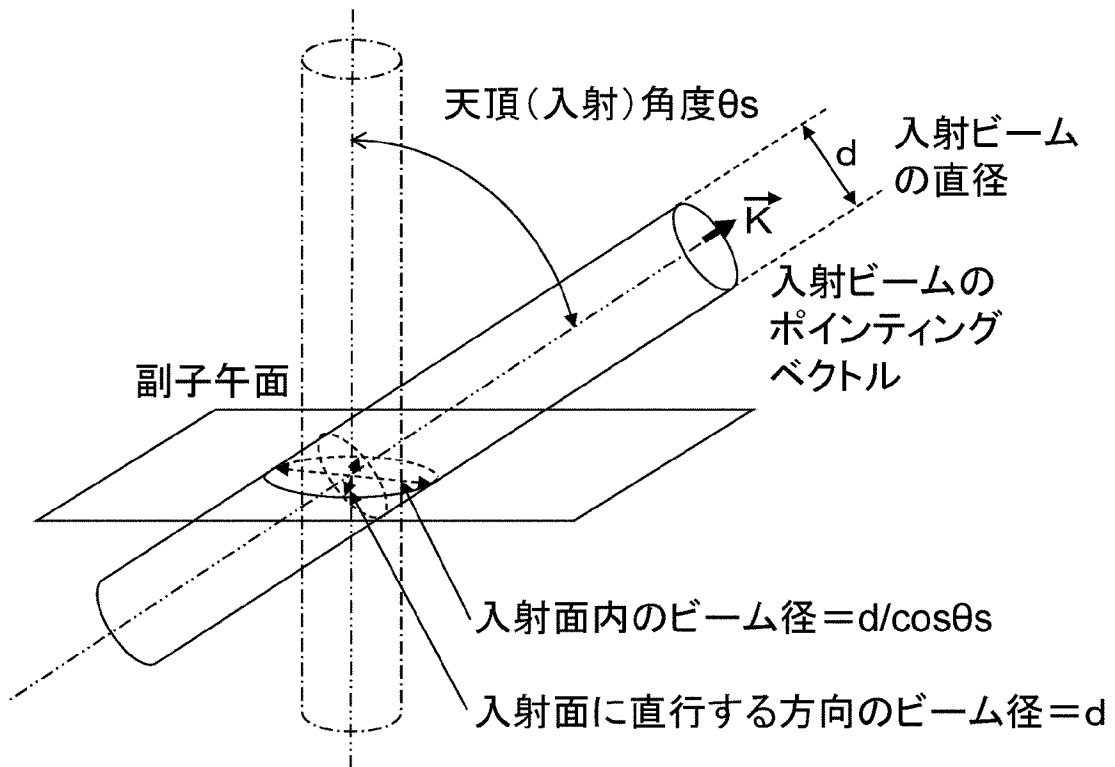




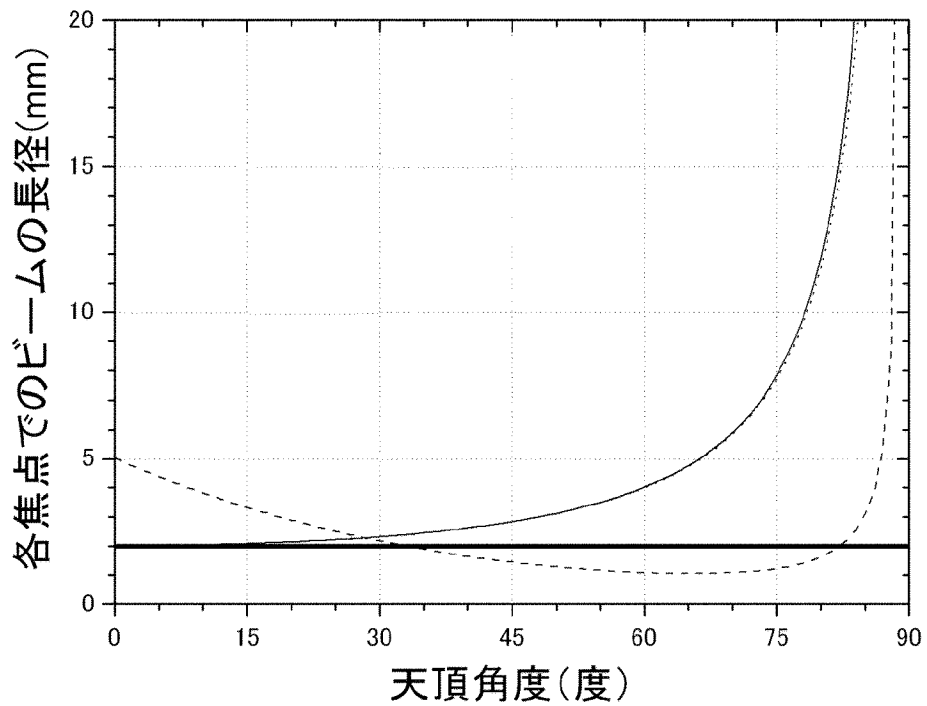
[図6]



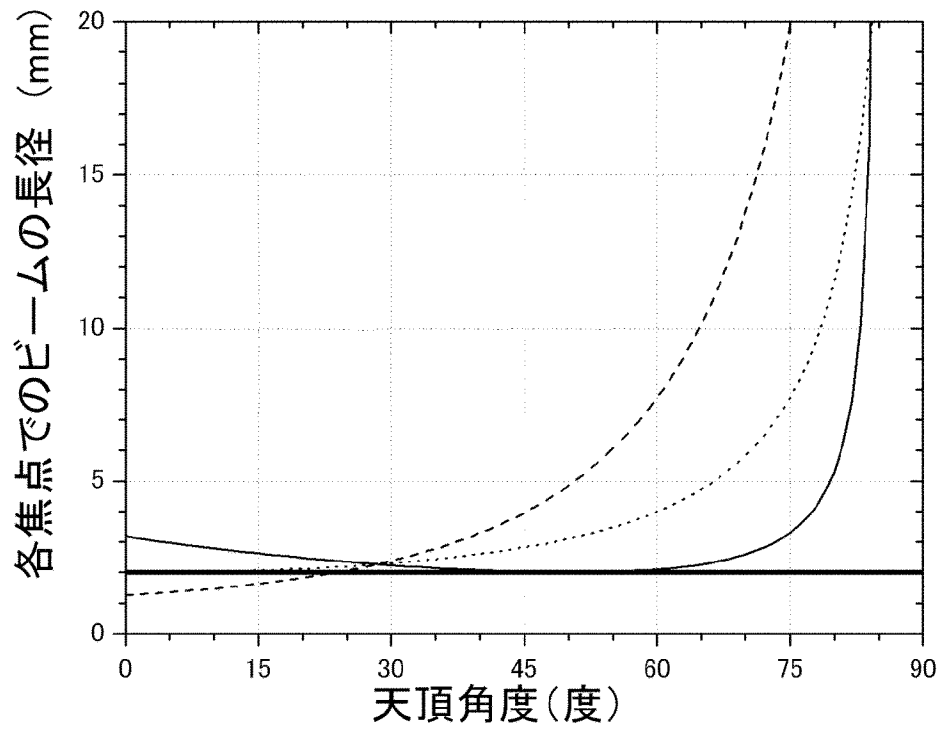
[図7]



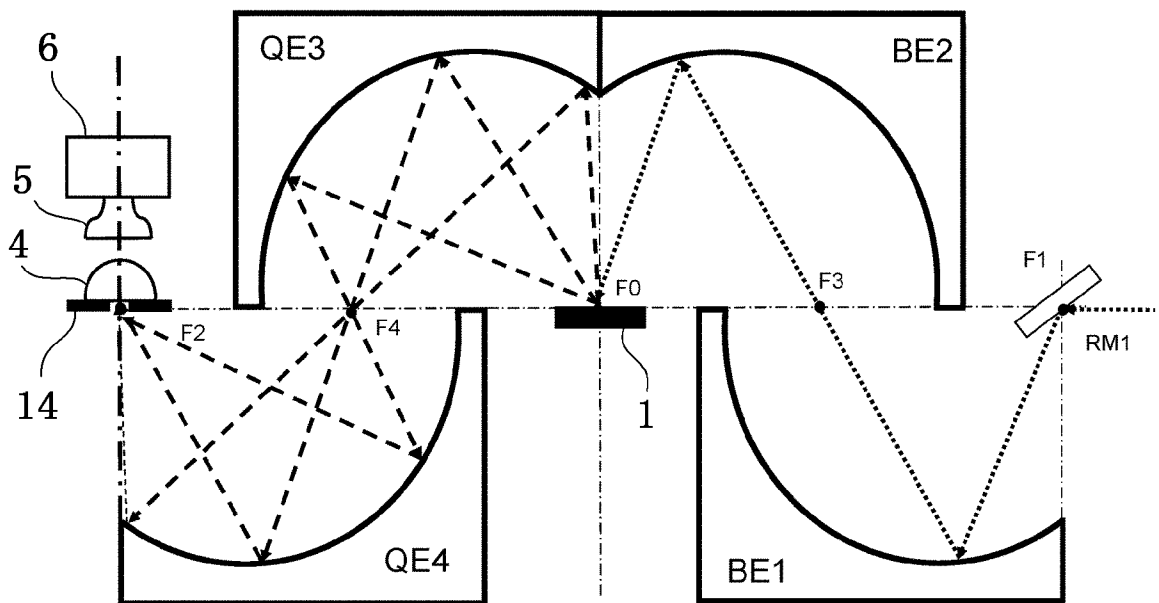
[図8]



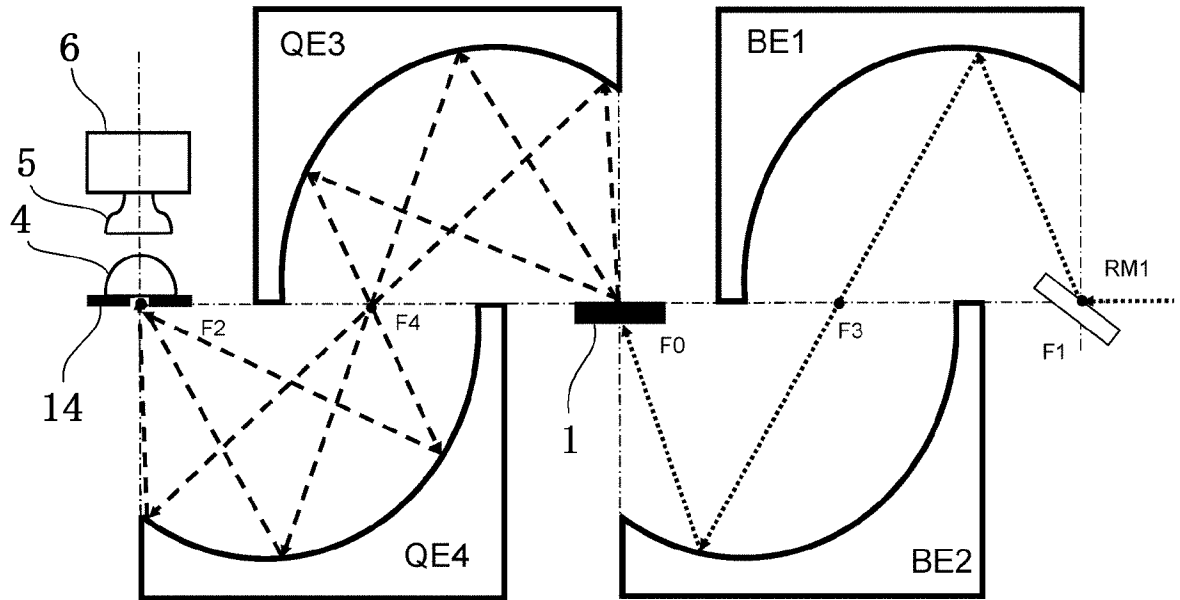
[図9]



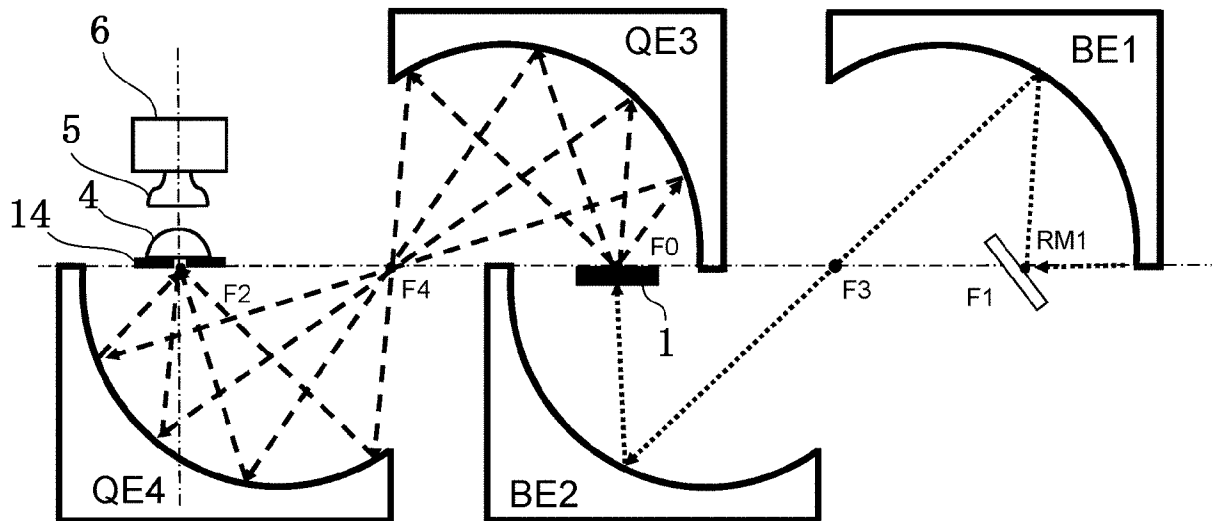
[図10]



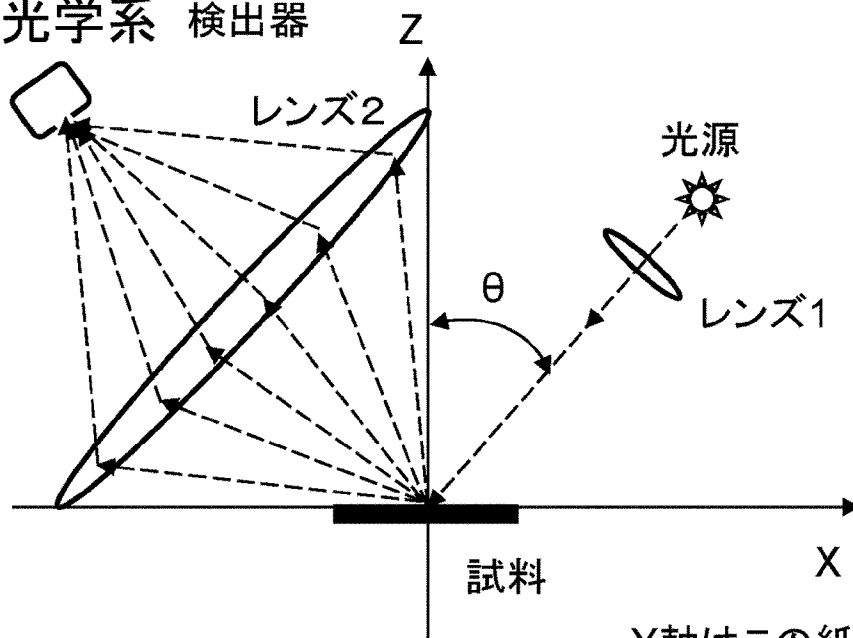
[図11]



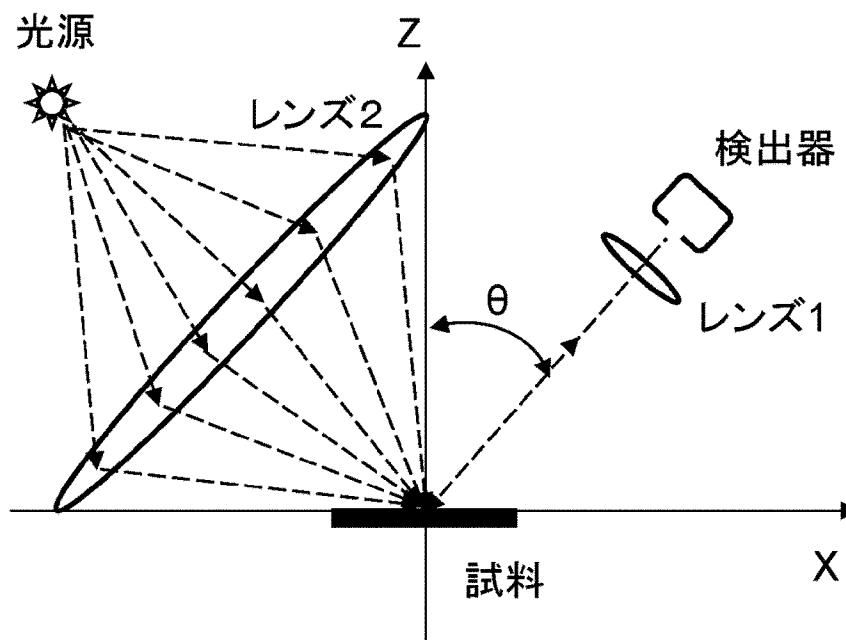
[図12]



[図13]

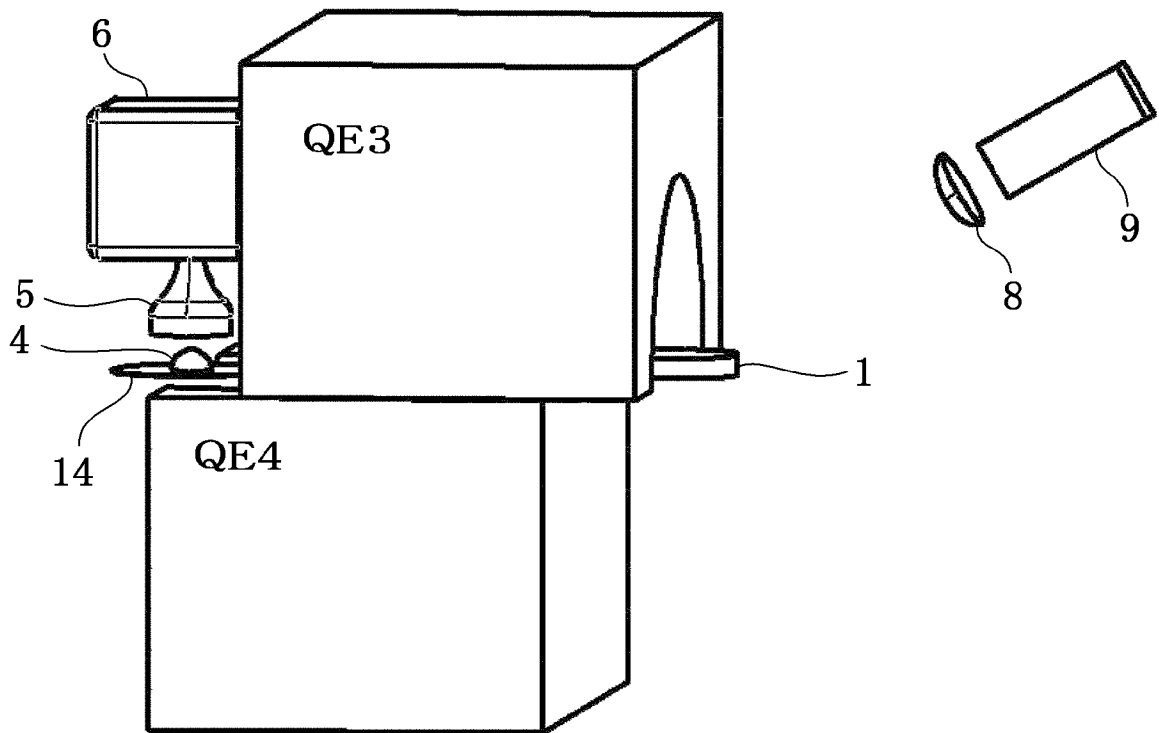
(a)  $\theta/\pi$  光学系 検出器

Y軸はこの紙面に  
垂直で後ろ側に向  
かう

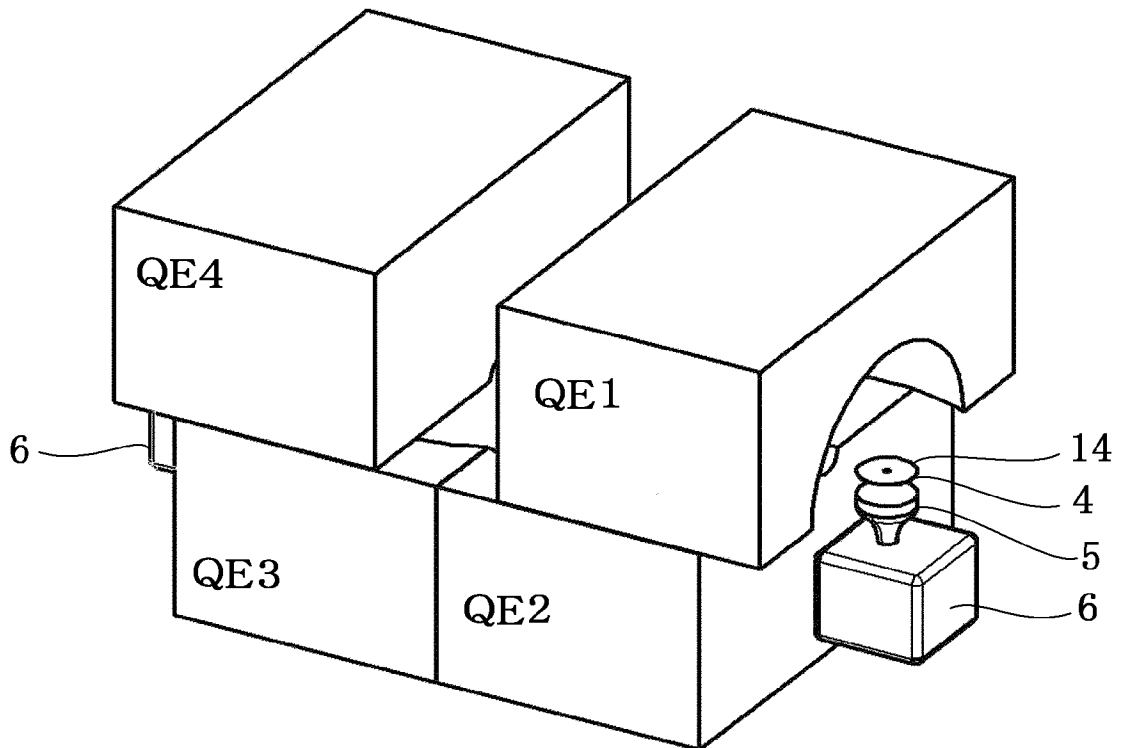
(b)  $\pi/\theta$  光学系

Y軸はこの紙面に  
垂直で後ろ側に向  
かう

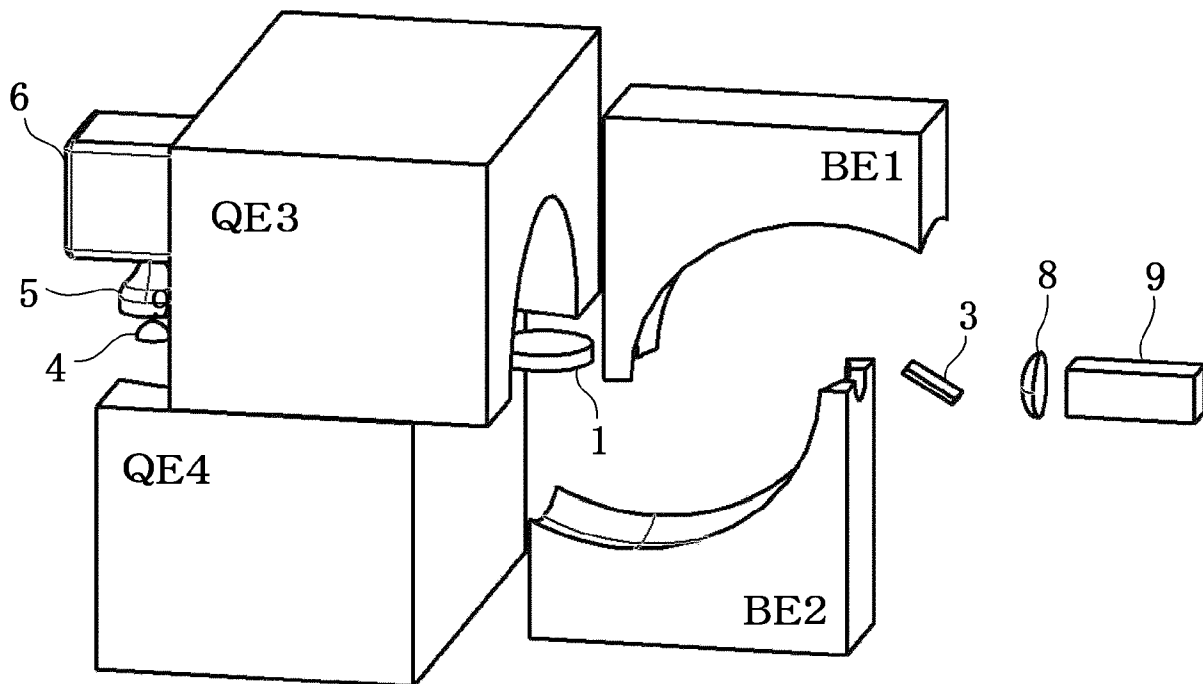
[図14]



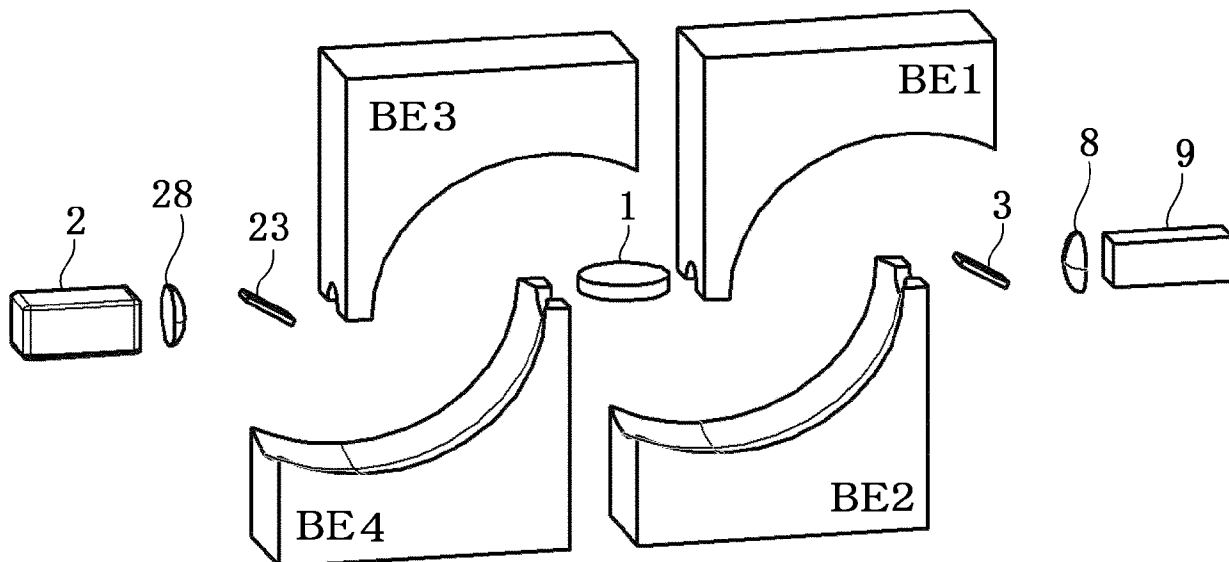
[図15]



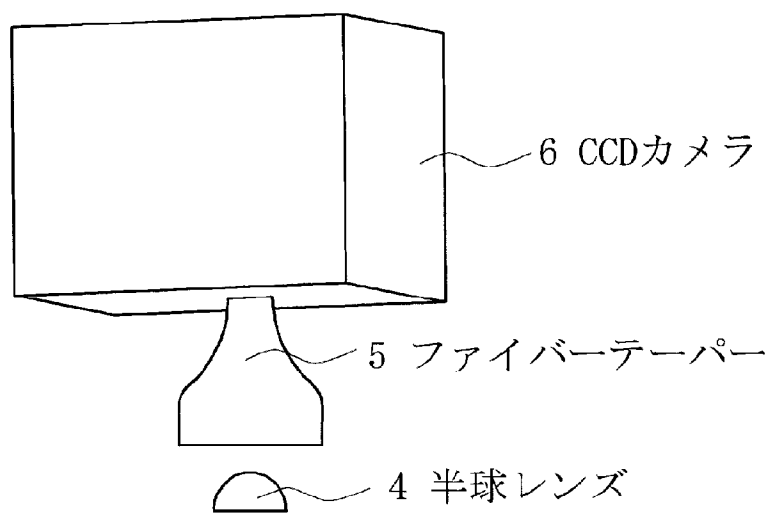
[図16]



[図17]

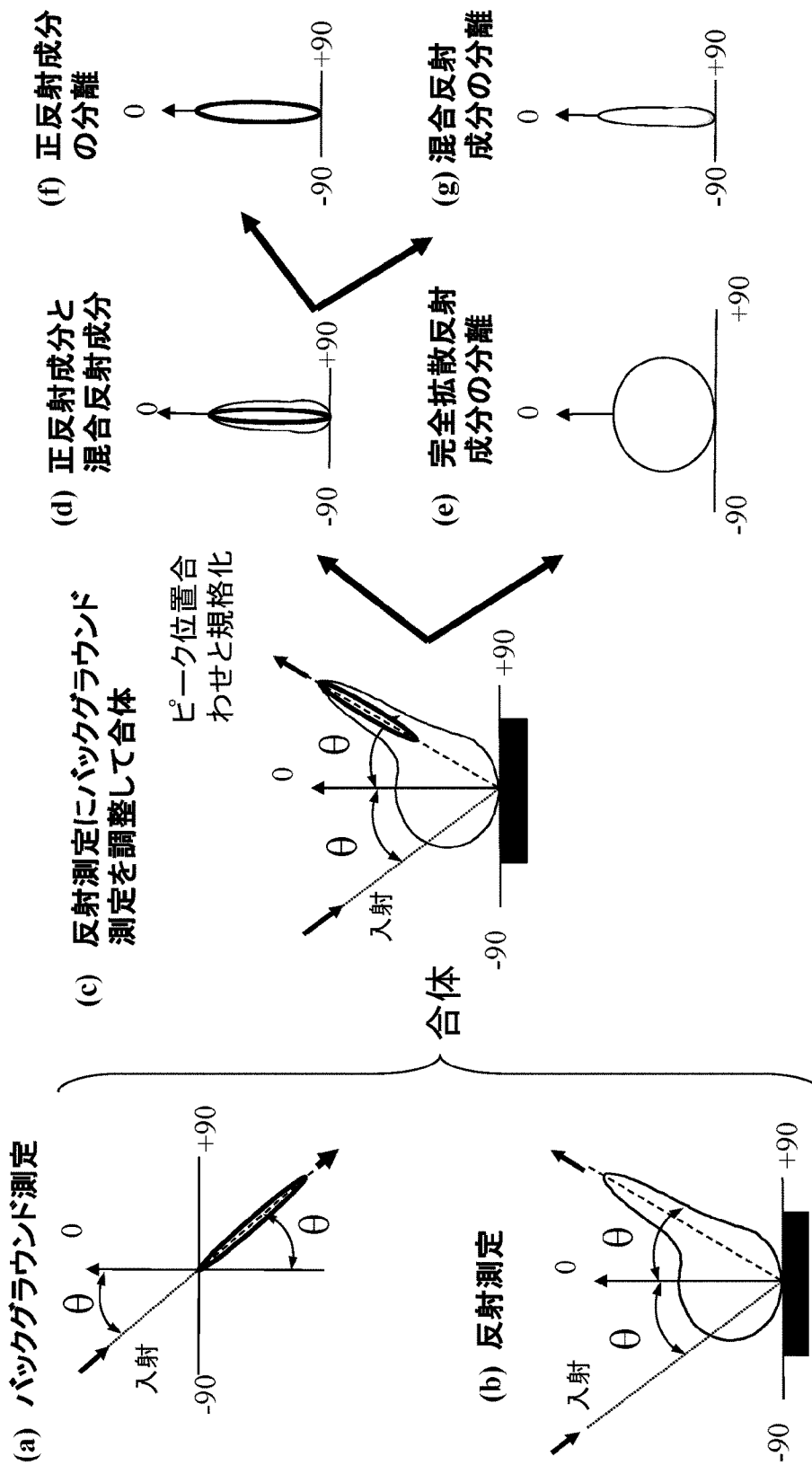


[図18]

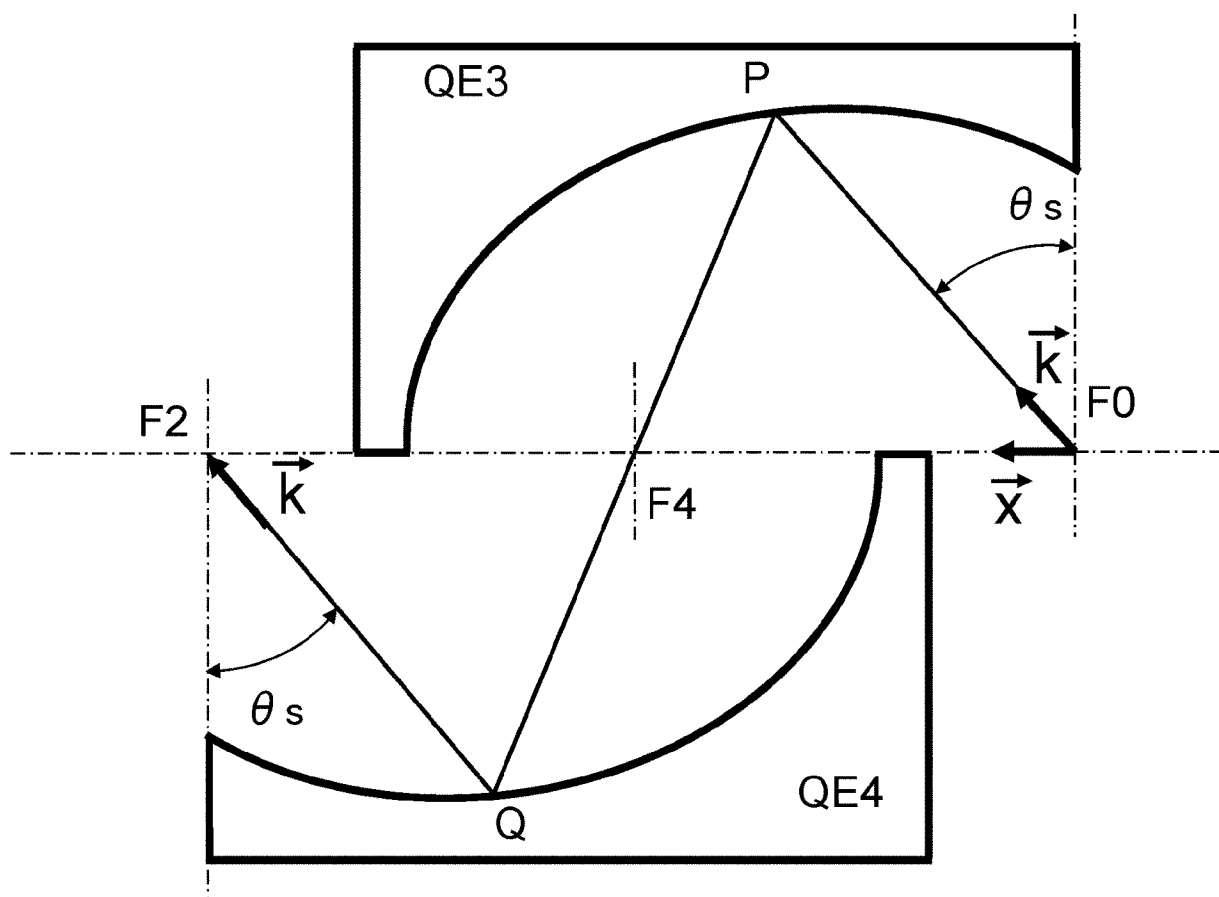




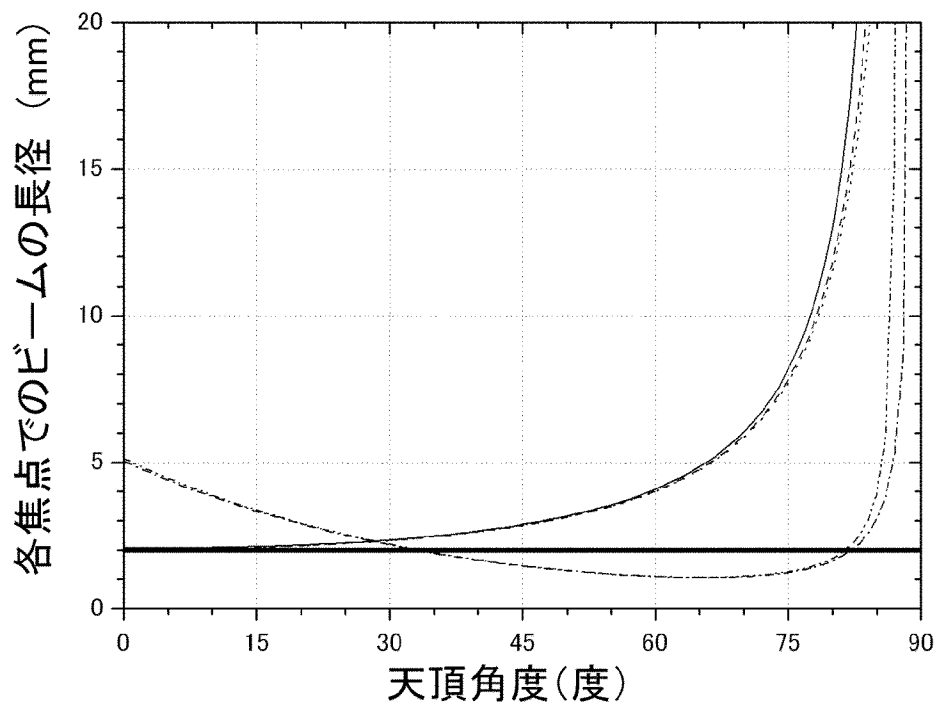
[図19]



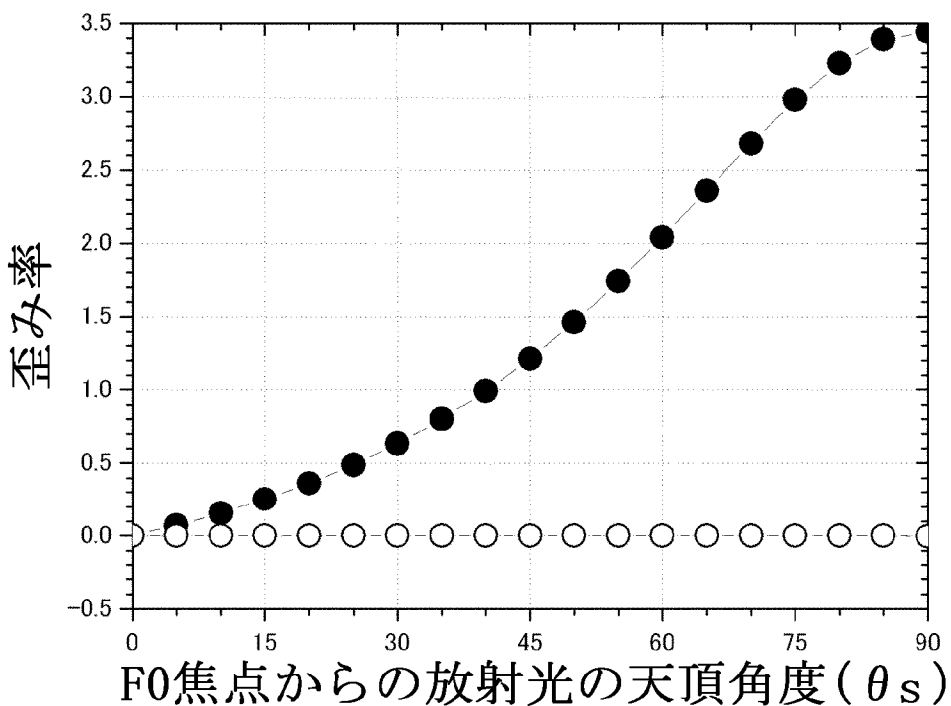
[図20]



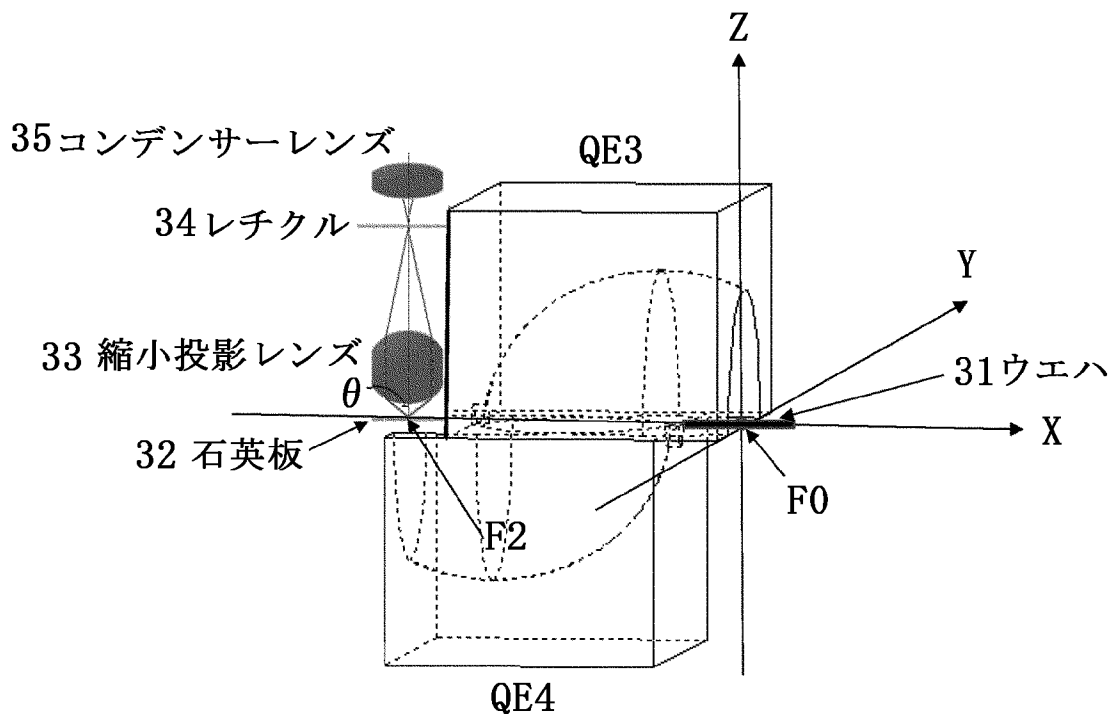
[図21]



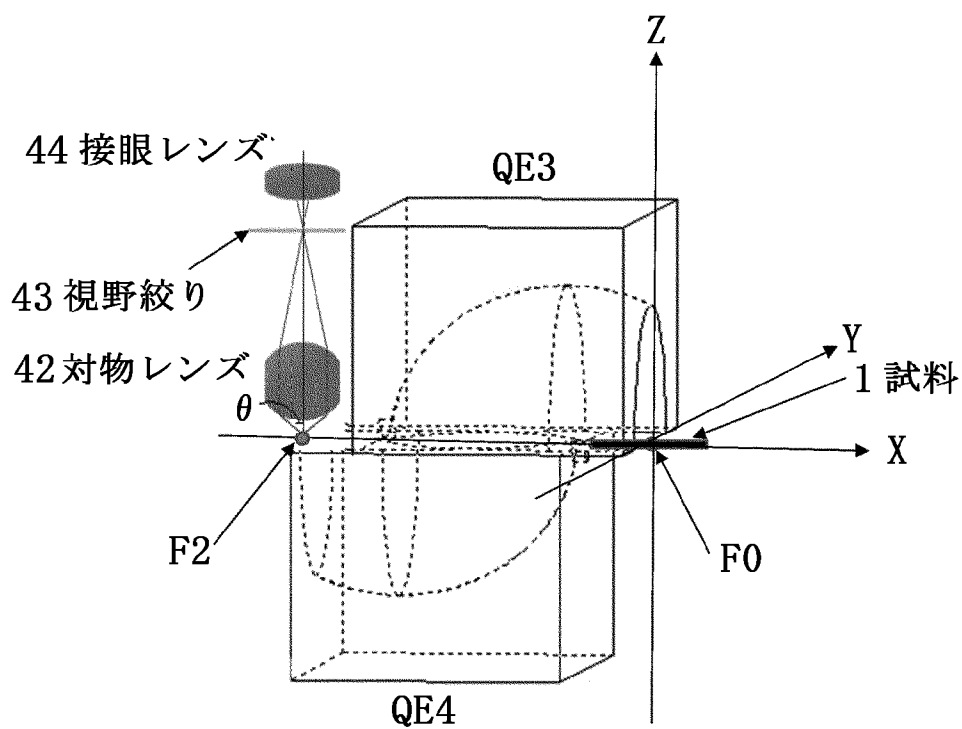
[図22]



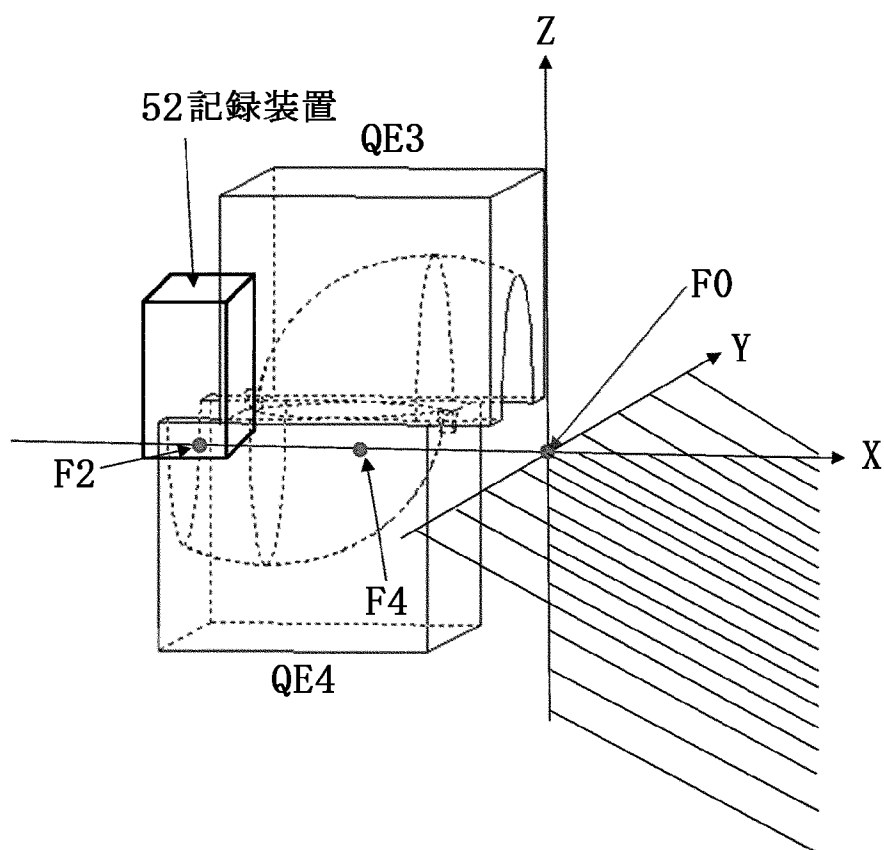
[図23]



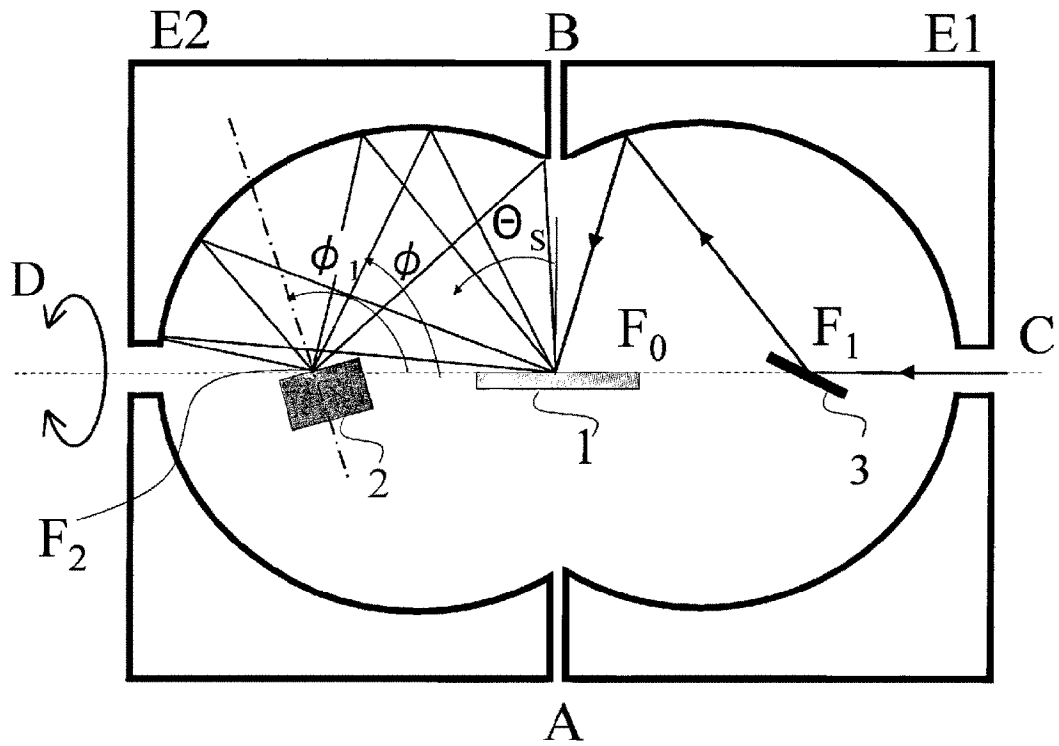
[図24]



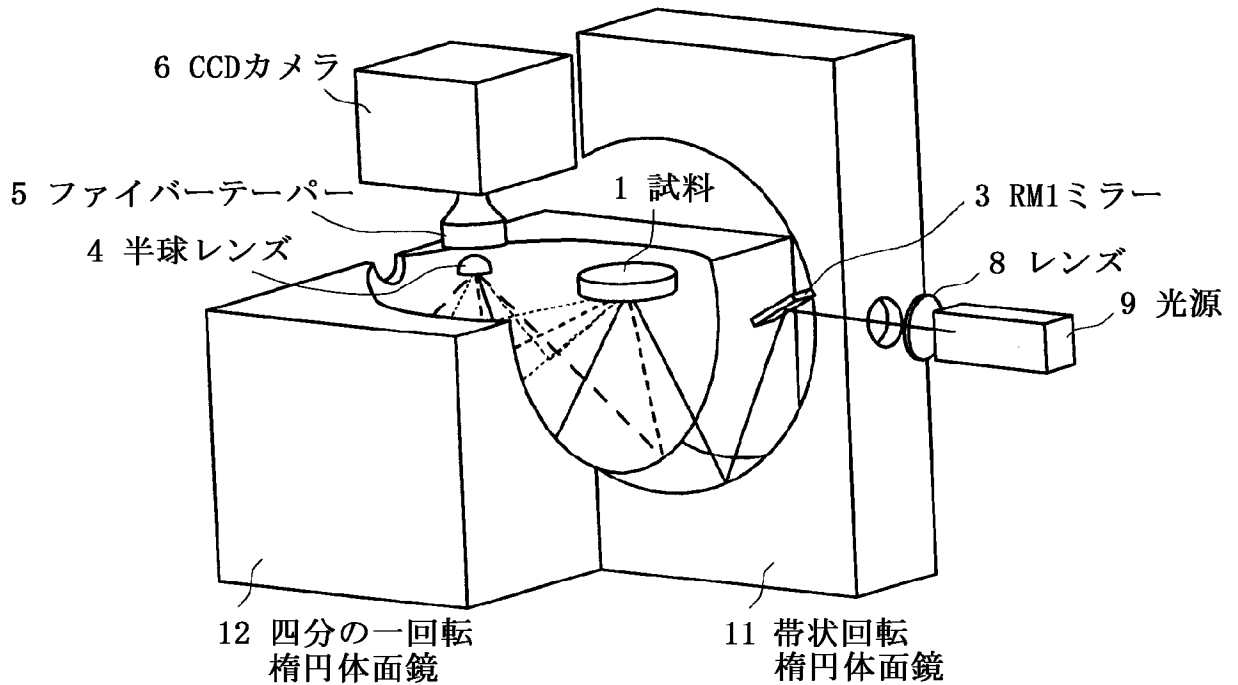
[図25]



[図26]



[図27]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2014/077088

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
G01N21/47(2006.01) i, G01N21/59(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)  
G01N21/47, G01N21/59

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 A	JP 2000-180351 A (Nikon Corp.), 30 June 2000 (30.06.2000), entire text; all drawings & US 6128093 A	1, 2 3 4-8
A	JP 3-125946 A (Hitachi Cable, Ltd.), 29 May 1991 (29.05.1991), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2013-2966 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 07 January 2013 (07.01.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 10 November, 2014 (10.11.14)	Date of mailing of the international search report 25 November, 2014 (25.11.14)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2014/077088

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-276363 A (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 09 December 2010 (09.12.2010), entire text; all drawings (Family: none)	3
Y	JP 2012-185121 A (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 27 September 2012 (27.09.2012), entire text; all drawings & WO 2012/121323 A	3

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G01N21/47(2006.01)i, G01N21/59(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（IPC）） Int.Cl. G01N21/47, G01N21/59		
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014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 A A A	JP 2000-180351 A（株式会社ニコン）2000.06.30, 全文全図 & US 6128093 A	1,2 3 4-8
A	JP 3-125946 A（日立電線株式会社）1991.05.29, 全文全図（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2013-2966 A（日本特殊陶業株式会社）2013.01.07, 全文全図（ファミリーなし）	1-8
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 10.11.2014	国際調査報告の発送日 25.11.2014	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/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） 森口 正治 電話番号 03-3581-1101 内線 3250	2W 9403



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
Y	JP 2010-276363 A (独立行政法人産業技術総合研究所) 2010.12.09, 全文全図 (ファミリーなし)	3
Y	JP 2012-185121 A (独立行政法人産業技術総合研究所) 2012.09.27, 全文全図 & WO 2012/121323 A	3