

(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
2018年11月15日(15.11.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/207255 A1

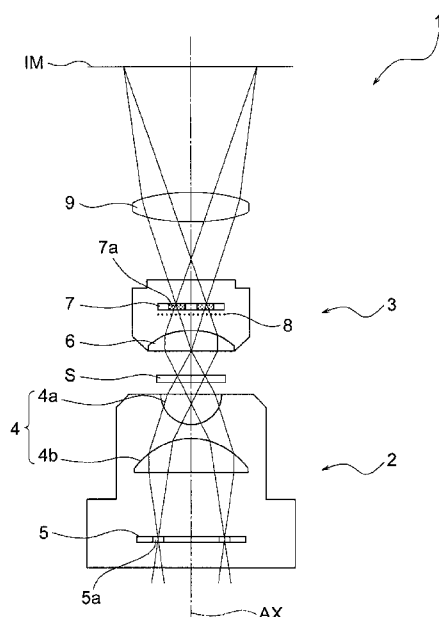
- (51) 国際特許分類:
G02B 21/00 (2006.01) *G02B 7/28* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/017532
- (22) 国際出願日: 2017年5月9日(09.05.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 大平まゆみ (ODAIRA Mayumi); 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 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, DJ, 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, KH, KN, KP, KR, KW, 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).

(54) Title: SAMPLE OBSERVATION DEVICE EQUIPPED WITH FOCUS FUNCTION

(54) 発明の名称: 合焦機能を備えた標本観察装置



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a sample observation device with a focus function capable of detecting the focus state even if an image of the sample observed contains a pixel with a brightness that may cause an error. Provided is a sample observation device 1, wherein: the device comprises a light source, a lighting system 2, an observing optical system 3, a detection element, a processing device, and a drive control device; the lighting system 2 has a condenser lens 4 and a diaphragm 5; the observing optical system 3 has an objective lens 6 and a dimming member 7; the dimming member 7 is arranged at a position conjugate to the diaphragm 5; the diaphragm 5 has an opening area 5a; the dimming material 7 has a dimming area 7a; the size and the position of the opening area 5a and the size and the position of the dimming area 7a are established to create a prescribed state; the processing device calculates the amount of light received by the detection element; and the drive control device changes the interval between a sample S and the objective lens 6 on the basis of the amount of light such that the amount of light is minimized.

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：誤差要因となる明るさを持つ画素が含まれていても、合焦状態を検出することができる合焦機能を備えた標本観察装置を提供する。標本観察装置1は、光源と、照明光学系2と、観察光学系3と、検出素子と、処理装置と、駆動制御装置と、を備え、照明光学系2は、コンデンサレンズ4と、開口部材5と、を有し、観察光学系3は、対物レンズ6と、減光部材7と、を有し、減光部材7は、開口部材5と共役な位置に配置され、開口部材5は、開口領域5aを有し、減光部材7は、減光領域7aを有し、所定の状態が生じるように、開口領域5aの大きさ、開口領域5aの位置、減光領域7aの大きさ、及び減光領域7aの位置が設定されており、処理装置は、検出素子が受光した光の光量を求め、駆動制御装置は、光量が最小となるように、光量に基づいて標本Sと対物レンズ6との間隔を変える。

明 細 書

発明の名称：合焦機能を備えた標本観察装置

技術分野

[0001] 本発明は、合焦機能を備えた標本観察装置に関するものである。

背景技術

[0002] オートフォーカスの方式として、例えば、コントラストAF方式がある。コントラストAF方式では、撮像素子で撮像された観察像の画像に基づいて、コントラストの値が算出される。コントラストの値は、フォーカシングする画像領域において、例えば、隣接する画素の差分二乗和から求めることができる。

[0003] コントラストAF方式を備えた顕微鏡では、標本と顕微鏡対物レンズとの間隔を変えながら、各間隔でコントラストの値が評価される。そして、コントラストの値が最大となったときに、合焦状態と判定される。

[0004] コントラストAF方式による合焦装置が、特許文献1に開示されている。特許文献1に開示された合焦装置では、撮像によって得られた画像の全画素、又は、一部の画素によりコントラストの値を算出している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2002-162558号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 顕微鏡による観察では、無色透明な標本の観察、例えば、生細胞の観察が行われる。生細胞の観察では、培養液を介して観察が行われる。このとき、培養液中にゴミなどの浮遊物が混ざっていると、浮遊物の像も生細胞と一緒に観察されることになる。

[0007] 浮遊物の像の明るさが生細胞の像の明るさよりも常に小さい場合は、コントラストAF方式による合焦でも大きな問題は生じない。しかしながら、浮

遊物の大きさ、浮遊物の表面の形状、及び浮遊物と生細胞との距離等によっては、非合焦状態であっても、浮遊物の像の明るさが生細胞の像の明るさよりも大きくなることがある。

[0008] コントラストAF方式による合焦だと、浮遊物の画像が含まれた画像からコントラストの値が算出される。そのため、浮遊物の画像が含まれていない画像におけるコントラストの値に比べると、算出されたコントラストの値は大きくなる。その結果、非合焦状態であるにも関わらず、合焦状態と判定されてしまう。異物の画像が含まれている場合も、同様である。

[0009] また、スライドガラスを使った標本の観察では、スライドガラスの表面やカバーガラスの表面にゴミなどの異物が付着する。この場合も、異物の像が標本と一緒に観察されることになる。この場合も、異物の像の明るさが生細胞の像の明るさよりも大きくなることがある。この場合も、非合焦状態であるにも関わらず、合焦状態と判定されてしまう。

[0010] また、顕微鏡による観察として、位相差観察がある。位相差観察では、位相差観察用の顕微鏡対物レンズが用いられる。位相差観察用の顕微鏡対物レンズは、位相板を供えている。

[0011] 位相差観察では、標本の像の縁に、ハロと呼ばれる独特の明るい縁取りができる。ハロは、標本の縁で生じた0次光の一部が位相板を通過しなくなることによって生じる。ハロの明るさは、非合焦状態でも明るい。

[0012] コントラストAF方式による合焦だと、ハロが含まれた画像からコントラストの値が算出される。そのため、ハロが含まれていない画像におけるコントラストの値に比べると、算出されたコントラストの値は大きくなる。その結果、非合焦状態であるにも関わらず、合焦状態と判定されてしまう。

[0013] このように、コントラストAF方式では、合焦状態の検出の誤差要因となる明るさを持つ画素が、合焦状態の検出に用いる全画素の中に含まれていると、合焦状態を検出することが困難になる。

[0014] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、合焦状態の検出の誤差要因となる明るさを持つ画素が、合焦状態の検出に用いる全画素の中に含まれ

ていても、合焦状態を検出することができる合焦機能を備えた標本観察装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0015] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の合焦機能を備えた標本観察装置は、

光源と、照明光学系と、観察光学系と、検出素子と、処理装置と、駆動制御装置と、を備え、

照明光学系は、コンデンサレンズと、開口部材と、を有し、

観察光学系は、対物レンズと、減光部材と、を有し、

開口部材は、照明光学系の瞳位置に配置されるか、又は、照明光学系の瞳と共役な位置に配置され、

減光部材は、開口部材と共役な位置に配置され、

開口部材は、開口領域を有し、

減光部材は、減光領域を有し、

判定領域は、開口領域の像と減光領域の両方が含まれている領域であり、

所定の状態は、判定領域において、開口領域の像が減光領域の領域内のみ

に位置している状態であり、

所定の状態が生じるように、開口領域の大きさ、開口領域の位置、減光領域の大きさ、及び減光領域の位置が設定されており、

照明光学系により標本に照射された照明光は、標本を透過してから観察光学系に入射し、

検出素子は、観察光学系から出射した光を受光し、

処理装置は、検出素子が受光した光の光量を求め、

駆動制御装置は、光量が最小となるように、光量に基づいて標本と対物レンズとの間隔を変えることを特徴とする。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、合焦状態の検出の誤差要因となる明るさを持つ画素が、合焦状態の検出に用いる全画素の中に含まれていても、合焦状態を検出する

ことができる合焦機能を備えた標本観察装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本実施形態の標本観察装置の主要な構成を示す図である。

[図2] 2つのレンズの間隔と合成焦点距離との関係を示すグラフである。

[図3]合焦位置と標本の位置との関係を示す図、及び、開口領域の像と減光領域との関係を示す図である。

[図4]開口領域の像、減光領域及び出射光量のシミュレーション結果を示す図である。

[図5]合焦位置と標本の位置との関係を示す図、及び、開口領域の像と減光領域との関係を示す図である。

[図6]標本面が小さく傾斜している場合の出射光量を示すグラフである。

[図7]合焦位置と標本の位置との関係を示す図、及び、開口領域の像と減光領域との関係を示す図である。

[図8]標本面が大きく傾斜している場合の出射光量を示すグラフである。

[図9]出射光量を示すグラフである。

[図10]本実施形態の標本観察装置の具体例を示す図である。

[図11]出射光量と合焦状態を示す図である。

[図12]開口領域の形状と減光領域の形状を示す図である。

[図13]開口領域の形状と減光領域の形状を示す図である。

[図14]本実施形態の別の標本観察装置の主要な構成を示す図である。

[図15]合焦状態の画像と非合焦状態の画像である。

[図16]出射光量と合焦状態を示すグラフである。

[図17]本実施形態の別の標本観察装置の主要な構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0018] 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。

[0019] 本実施形態の合焦機能を備えた標本観察装置は、光源と、照明光学系と、観察光学系と、検出素子と、処理装置と、駆動制御装置と、を備え、照明光学系は、コンデンサレンズと、開口部材と、を有し、観察光学系は、対物レンズと、減光部材と、を有し、開口部材は、照明光学系の瞳位置に配置されるか、又は、照明光学系の瞳と共役な位置に配置され、減光部材は、開口部材と共役な位置に配置され、開口部材は、開口領域を有し、減光部材は、減光領域を有し、判定領域は、開口領域の像と減光領域の両方が含まれている領域であり、所定の状態は、判定領域において、開口領域の像が減光領域の領域内のみに位置している状態であり、所定の状態が生じるように、開口領域の大きさ、開口領域の位置、減光領域の大きさ、及び減光領域の位置が設定されており、照明光学系により標本に照射された照明光は、標本を透過してから観察光学系に入射し、検出素子は、観察光学系から出射した光を受光し、処理装置は、検出素子が受光した光の光量を求め、駆動制御装置は、光量が最小となるように、光量に基づいて標本と対物レンズとの間隔を変えることを特徴とする。

[0020] 本実施形態の合焦機能を備えた標本観察装置（以下、「本実施形態の標本観察装置」という）における合焦原理について説明する。図1は、本実施形態の標本観察装置の主要な構成を示す図である。

[0021] 標本観察装置1は、例えば、正立型顕微鏡であって、照明光学系2と、観察光学系3と、を有する。標本観察装置1は、更に、光源と、検出素子と、処理装置と、駆動制御装置と、を備えている。図1では、光源、検出素子、処理装置及び駆動制御装置は図示されていない。光源、検出素子、処理装置及び駆動制御装置は、後述の標本観察装置に示されている。

[0022] 照明光学系2は、コンデンサレンズ4と、開口部材5と、を有する。コンデンサレンズ4は、レンズ4aと、レンズ4bと、を有する。観察光学系3は、対物レンズ6と、減光部材7と、を有する。開口部材5の構造と減光部材7の構造については、後述する。

- [0023] 対物レンズには、無限遠補正対物レンズと有限補正対物レンズとがある。無限遠補正対物レンズでは、それ単体で標本の像は形成されない。標本の像を形成するために結像レンズが用いられる。対物レンズ6は、無限遠補正対物レンズである。よって、観察光学系3は、結像レンズ9を有している。対物レンズ6が有限補正対物レンズの場合、結像レンズ9は、用いられても、用いられなくても良い。
- [0024] 開口部材5は、照明光学系2の瞳位置に配置されている。より具体的には、開口部材5は、コンデンサレンズ4の瞳位置、すなわち、コンデンサレンズ4の焦点位置に配置されている。開口部材5は、照明光学系2の瞳と共役な位置に配置されていても良い。よって、開口部材5は、コンデンサレンズ4の瞳と共役な位置に配置されていても良い。
- [0025] 開口部材5は、開口領域5aを有する。開口部材5の位置には、光源の像が形成されている。よって、開口領域5aの各点から、発散光が出射する。発散光は、コンデンサレンズ4によって平行光束に変換される。その結果、標本Sには、平行光束の照明光が照射される。このように、照明光学系2から、標本Sに照明光が照射される。
- [0026] 開口領域5aは、光軸AXを含まないように位置している。よって、標本Sに照射される照明光には、光軸と平行な平行光束は含まれていない。すなわち、光軸AXと交差する平行光束だけで、標本Sの照明が行われる。
- [0027] 標本Sが照明されることで、標本Sから結像光が出射する。結像光は、観察光学系3に入射する。標本Sの一点から出射した結像光について説明する。この場合、対物レンズ6には、発散光が入射する。対物レンズ6に入射した発散光は、対物レンズ6と結像レンズ9とによって、像面IMに集光される。よって、像面IMに標本Sの像が形成される。
- [0028] 標本Sの広い範囲から出射した結像光について説明する。標本Sの照明は、平行光束で行われている。よって、対物レンズ6には、平行光束が入射する。対物レンズ6に入射した平行光束は、対物レンズ6で集光される。対物レンズ6で集光された光は、発散しながら結像レンズ9に入射する。結像レ

ンズ 9 から出射した光は、像面 I M に到達する。

[0029] 平行光束の集光位置には、減光部材 7 が位置している。減光部材 7 は、減光領域 7 a を有する。平行光束は、減光領域 7 a の位置で集光している。開口領域 5 a の各点から出射した発散光は、コンデンサレンズ 4 と対物レンズ 6 によって集光される。したがって、減光領域 7 a の集光点は、開口領域 5 a の出射点の像である。

[0030] これは、減光領域 7 a が、開口領域 5 a と共役であることを意味している。このように、標本観察装置 1 では、減光部材 7 は、開口部材 5 と共役な位置に配置されている。よって、減光部材 7 の位置に、開口部材の像 8 が形成される。

[0031] 図 1 では、開口部材の像 8 は、減光部材 7 から少し離れた位置に、描かれている。これは、開口部材の像 8 の位置を分かりやすくするためである。実際には、減光部材 7 の位置と開口領域の像 8 の位置は、一致している。

[0032] 上述のように、対物レンズ 6 は、無限遠補正対物レンズである。この場合、平行光束の集光位置は、対物レンズ 6 の瞳になる。よって、減光部材 7 は、対物レンズ 6 の瞳位置に配置されていることになる。

[0033] 開口部材 5 は、コンデンサレンズ 4 の瞳位置に配置されている。減光部材 7 は、対物レンズ 6 の瞳位置に配置されている。そして、減光部材 7 は、開口部材 5 と共役な位置に配置されている。よって、標本観察装置 1 では、コンデンサレンズ 4 と対物レンズ 6 は、コンデンサレンズ 4 の瞳と対物レンズ 6 の瞳が共役となるように、各々が位置決めされている。

[0034] 標本観察装置 1 では、観察光学系 3 は、対物レンズ 6 と結像レンズ 9 とで構成されている。この場合、対物レンズ 6 の瞳位置は、観察光学系 3 の瞳位置と見なすことができる。よって、標本観察装置 1 では、減光部材 7 は、観察光学系 3 の瞳位置に配置されていることになる。減光部材 7 は、対物レンズ 6 の瞳と共役な位置に配置されていても良い。すなわち、減光部材 7 は、観察光学系 3 の瞳と共役な位置に配置されていても良い。

[0035] 開口部材 5 は、開口領域 5 a を有する。開口領域 5 a は、照明光がそのま

ま通過する領域である。「そのまま」とは、減光や遮光が、ほとんど生じていない状態を意味する。開口領域 5 a の形状は、円環である。

[0036] 開口部材 5 には、不透明な板、又は、無色透明な板を用いることができる。不透明な板としては、例えば、金属板や不透明な樹脂板がある。無色透明な板としては、例えば、ガラス板や透明な樹脂板がある。

[0037] 不透明な板を用いる場合は、不透明な板に貫通孔を形成すれば良い。この場合、貫通孔の部分が、開口領域 5 a になる。

[0038] 無色透明な板を用いる場合は、無色透明な板の一部に遮光塗料を塗布すれば良い。このようにすると、遮光塗料が塗布されていない領域と、遮光塗料が塗布されている領域と、が形成される。この場合、遮光塗料が塗布されていない領域が、開口領域 5 a になる。

[0039] 減光部材 7 は、減光領域 7 a を有する。減光領域 7 a は、結像光が減光されて通過する領域である。減光領域 7 a の形状は、円環である。

[0040] 減光は、反射のみ、吸収のみ、又は、反射と吸収の両方によって行うことができる。反射による減光では、例えば、誘電体多層膜フィルタを用いれば良い。吸収による減光では、例えば、色ガラスフィルタや吸収型 ND フィルタを用いれば良い。

[0041] 誘電体多層膜フィルタでは、無色透明な部材の表面に、多層膜が形成されている。誘電体多層膜フィルタでは、多層膜の構造（薄膜の厚み、薄膜の材料、薄膜の総数等）によって、反射率特性（又は透過率特性）が決まる。色ガラスフィルタでは、無色透明な部材に着色した色の濃度によって、吸収率が決まる。吸収型 ND フィルタでは、基板の吸収作用によって吸収率が決まる。

[0042] 減光部材 7 には、不透明な板、又は、無色透明な板を用いることができる。不透明な板と無色透明な板の例は、上述したとおりである。

[0043] 不透明な板を用いる場合は、不透明な板に貫通孔を形成すれば良い。この場合、貫通孔の部分が、減光領域 7 a になる。ただし、貫通孔で減光を行う必要がある。

- [0044] 反射による減光を貫通孔で行う場合は、無色透明な板に誘電体多層膜を形成し、この無色透明な板を貫通孔に位置させれば良い。貫通孔で吸収による減光を行う場合は、色ガラスを貫通孔に位置させれば良い。
- [0045] 無色透明な板を用いる場合は、無色透明な板の一部に減光領域 7 a を形成すれば良い。
- [0046] 反射による減光を行う場合は、無色透明な板の一部に誘電体多層膜を形成すれば良い。このようにすると、誘電体多層膜が形成されている領域と、誘電体多層膜が形成されていない領域と、が形成される。誘電体多層膜が形成されている領域が、減光領域 7 a になる。
- [0047] 吸収による減光を行う場合は、無色透明な板の一部に色ガラスを載置すれば良い。又は、無色透明な板の一部を色ガラスに置換すれば良い。このようにすると、色ガラスが存在する領域と、色ガラスが存在しない領域と、が形成される。色ガラスが存在する領域が、減光領域 7 a になる。
- [0048] 上述のように、減光領域 7 a は、開口領域 5 a と共役な位置に配置されている。よって、減光領域 7 a の位置に、開口領域 5 a の像が形成される。標本観察装置 1 では、所定の状態が生じるように、開口領域 5 a の大きさ、開口領域 5 a の位置、減光領域 7 a の大きさ、及び減光領域 7 a の位置が設定されている。
- [0049] 所定の状態は、判定領域において、開口領域 5 a の像が減光領域 7 a 内のみに位置している状態である。また、判定領域は、開口領域 5 a の像と減光領域 7 a の両方が含まれている領域である。
- [0050] 以下、開口領域、減光領域、合焦位置、標本の位置及び標本面の傾きについて、説明する。減光領域の大きさと減光領域の位置は、予め決まっているものとする。
- [0051] 標本について説明する。標本としては、例えば、培養液中の生細胞がある。培養液中の生細胞の形状は、球の一部を平面で切り取った形状（以下、「平凸形状」という）に単純化することができる。この場合、平凸形状の標本は、レンズと見なすことができる。

[0052] 照明光学系と観察光学系との間に平凸形状の標本が位置する場合、標本の位置によって、レンズとして作用したり、作用しなかったりする。レンズとして作用する場合、レンズ作用の大きさは、標本の位置によって変化する。

[0053] この点について説明する。以下の説明では、照明光学系、観察光学系及び平凸形状の標本を、各々、コンデンサレンズ、対物レンズ及び平凸レンズに置き換えている。また、コンデンサレンズ、対物レンズ及び平凸レンズを、薄肉レンズと見なしている。

[0054] 照明光学系と観察光学系との間に平凸形状の標本が存在する場合について説明する。この場合、コンデンサレンズと対物レンズとの間に、平凸レンズが位置している。対物レンズと平凸レンズとの合成焦点距離 f_{com} は、以下の式 (A) で表される。

$$f_{com} = (f_{len} \times f_{ob}) / (f_{len} + f_{ob} - d) \quad (A)$$

ここで、

f_{len} は、平凸レンズの焦点距離、

f_{ob} は、対物レンズの焦点距離、

d は、対物レンズと平凸レンズとの間隔、

である。

[0055] 図 2 は、2つのレンズの間隔と合成焦点距離との関係を示すグラフである。図 2 は、式 (A) をグラフで表したもので、 $f_{ob} = 15 \text{ mm}$ 、 $f_{len} = 25 \text{ mm}$ としている。

[0056] 薄肉レンズでは、焦点距離は、主点から焦点位置までの距離になる。また、2つの薄肉レンズの間隔は、一方のレンズの主点から他方の主点までの距離になる。

[0057] 図 2 に示すように、対物レンズと平凸レンズとの間隔が 15 mm のとき、合成焦点距離は 15 mm となっている。対物レンズの焦点距離は 15 mm であるから、対物レンズと平凸レンズとの間隔が 15 mm のとき、合成焦点距離は対物レンズの焦点距離と等しくなる。これは、対物レンズと平凸レンズとの間隔が 15 mm のとき、平凸レンズがレンズとして作用しないことを意

味している。

[0058] 無限遠補正対物レンズでは、合焦位置は焦点位置に置き換えることができる。対物レンズの焦点距離が15mmのとき、対物レンズの主点から15mm離れた位置が合焦位置になる。よって、対物レンズと平凸レンズとの間隔が15mmのとき、平凸レンズは対物レンズの合焦位置と一致していることになる。

[0059] 上述のように、対物レンズと平凸レンズとの間隔が15mmのとき、平凸レンズはレンズとして作用しない。よって、平凸レンズが対物レンズの合焦位置と一致している状態では、平凸レンズはレンズとして作用しない。

[0060] 対物レンズと平凸レンズとの間隔が15mmよりも小さいとき、合成焦点距離は対物レンズの焦点距離よりも短くなる。対物レンズと平凸レンズとの間隔が15mmよりも大きいとき、合成焦点距離は対物レンズの焦点距離よりも長くなる。これらは、平凸レンズがレンズとして作用することを意味している。

[0061] 対物レンズと平凸レンズとの間隔が15mmよりも小さいとき、又は、対物レンズと平凸レンズとの間隔が15mmよりも大きいとき、平凸レンズが対物レンズの合焦位置と一致していないことになる。

[0062] 上述のように、対物レンズと平凸レンズとの間隔が15mmよりも小さいとき、又は、対物レンズと平凸レンズとの間隔が15mmよりも大きいとき、平凸レンズはレンズとして作用する。よって、平凸レンズが対物レンズの合焦位置と一致していない状態では、平凸レンズはレンズとして作用する。

[0063] 照明光学系と観察光学系との間に何も存在していない場合について説明する。この場合、コンデンサレンズと対物レンズとの間に、平凸レンズは位置していない。この場合の瞳倍率は、コンデンサレンズと対物レンズとで構成される光学系の横倍率と等しい。瞳倍率 β は、以下の式(B)で表される。

$$\beta = f_{ob} / f_c \quad (B)$$

ここで、

f_{ob} は、対物レンズの焦点距離、

f_c は、コンデンサレンズの焦点距離、
である。

[0064] 照明光学系と観察光学系の間に平凸レンズが存在する場合、瞳倍率は、コンデンサレンズ、対物レンズ及び平凸レンズで構成される光学系の横倍率と等しい。瞳倍率 β' は以下の式(C)で表される。

$$\begin{aligned}\beta' &= f_{com} / f_c \\ &= \{ (f_{len} \times f_{ob}) / (f_{len} + f_{ob} - d) \} / f_c \\ &= (f_{len} \times f_{ob}) / \{ f_c \times (f_{len} + f_{ob} - d) \} \\ &= \beta \times \beta_p \quad (C)\end{aligned}$$

ここで、

$$\beta_p = f_{len} / (f_{len} + f_{ob} - d)、$$

β_p は、瞳倍率の変化率、
である。

[0065] 平凸レンズが対物レンズの合焦位置と一致している状態では、合成焦点距離は、対物レンズの焦点距離と等しい。この場合、 β' は β と等しくなる。
よって、 $\beta_p = 1$ になる。

$$f_{com} / f_c = f_{ob} / f_c$$

$$\beta' = \beta$$

[0066] 平凸レンズが対物レンズの合焦位置と一致していない状態では、合成焦点距離は、対物レンズの焦点距離よりも短いか、又は長い。

[0067] 合成焦点距離が対物レンズの焦点距離よりも短い場合、 β' は β よりも小さくなる。よって、 $\beta_p < 1$ になる。

$$f_{com} / f_c < f_{ob} / f_c$$

$$\beta' < \beta$$

[0068] 合成焦点距離が対物レンズの焦点距離よりも長い場合、 β' は β よりも大きくなる。よって、 $\beta_p > 1$ になる。

$$f_{com} / f_c > f_{ob} / f_c$$

$$\beta' > \beta$$

- [0069] 上述のように、減光部材 7 の位置には、開口部材の像 8 が形成される。開口部材の像 8 は、コンデンサレンズ、平凸レンズ（標本）及び対物レンズを介して形成される。よって、開口部材の像 8 の大きさは、コンデンサレンズ、平凸レンズ（標本）及び対物レンズで構成される光学系の横倍率、すなわち、 β' によって決まる。
- [0070] β' は、 β と β_p との積である。 β は定数であるから、開口部材の像 8 の大きさは、 β_p によって決まることになる。
- [0071] β_p は、平凸レンズと対物レンズの合焦位置との一致度合いで異なる。この一致度合いは、対物レンズの合焦位置と平凸レンズの位置とのずれ量で表すことができる。また、対物レンズは観察光学系、平凸レンズは標本に置き換えることができる。よって、 β_p は、観察光学系の合焦位置と標本の位置とのずれ量によって異なる。
- [0072] 開口部材の像 8 の大きさは β_p によって決まるので、開口部材の像 8 の大きさは、観察光学系の合焦位置と標本の位置とのずれ量によって決まる。以下、観察光学系の合焦位置と標本の位置とのずれ量を用いて、開口部材の像 8 の大きさの変化と位置の変化について説明する。
- [0073] 開口領域の像の位置は、標本の標本面の傾きによって変化する。以下の説明では、標本面が平坦な場合と、標本面が傾斜している場合について説明する。標本面が傾斜している場合については、標本面の傾斜が小さい場合と、標本面の傾斜が大きい場合と、について説明する。
- [0074] ずれ量がゼロの場合、標本の位置と観察光学系の合焦位置とは一致している。ずれ量がゼロでない場合、標本の位置と観察光学系の合焦位置とは一致していない。以下の説明では、ずれ量がゼロの場合を合焦状態、ずれ量がゼロでない場合を非合焦状態という。非合焦状態には、第 1 の非合焦状態と、第 2 の非合焦状態と、がある。
- [0075] 合焦状態では、標本は平凸レンズとして作用しない。そのため、 β_p は 1 である。非合焦状態では、標本は平凸レンズとして作用する。そのため、 β_p は 1 よりも小さくなるか、又は 1 よりも大きくなる。

[0076] 標本面が平坦な場合について説明する。図3は、合焦位置と標本の位置との関係を示す図、及び、開口領域の像と減光領域との関係を示す図である。

図2では、以下、合焦状態、第1の非合焦状態、第2の非合焦状態の順で説明する。観察光学系の合焦位置として、対物レンズの合焦位置を用いる。

[0077] 合焦状態を示す図は、図3(d)、図3(e)、図3(f)である。

[0078] 図3(d)は、合焦位置Fと標本Sの位置との関係を示す図である。合焦状態では、ずれ量がゼロなので、標本Sの位置と合焦位置Fとは一致している。合焦状態では、 $\beta_p = 1$ である。

[0079] 図3(e)は、合焦状態における開口領域の像8を示す図である。開口領域の像8の形状は、円環である。

[0080] 図3(f)は、合焦状態における開口領域の像8と減光領域7aを示す図である。減光領域7aの形状は円環である。開口領域の像8の形状と減光領域7aの形状は、同一である。

[0081] 開口領域の像8を示す円環の全体は、減光領域7aを示す円環と重なっている。上述のように、判定領域は「開口領域の像と減光領域の両方が含まれている領域」である。よって、判定領域は、減光領域の内縁7aiから減光領域の外縁7aoまでの間になる。

[0082] 開口領域の像の内縁8iと開口領域の像の外縁8oは、共に、減光領域の内縁7aiから減光領域の外縁7aoまでの間に位置している。よって、開口領域の像8は、減光領域7aの領域内のみに位置している。

[0083] 上述のように、所定の状態は「判定領域において、開口領域の像が減光領域の領域内のみに位置している状態」である。よって、標本面が平坦な標本における合焦状態は、所定の状態に該当する。

[0084] 第1の非合焦状態を示す図は、図3(a)、図3(b)、図3(c)である。

[0085] 図3(a)は、合焦位置Fと標本Sの位置との関係を示す図である。第1の非合焦状態では、ずれ量がゼロではないので、標本Sの位置と合焦位置Fとは一致していない。対物レンズ6から標本Sまでの距離は、対物レンズ6

から合焦位置Fまでの距離よりも短い。第1の非合焦状態では、 βp は1よりも小さい。

[0086] 図3(b)は、第1の非合焦状態における開口領域の像8を示す図である。開口領域の像8の形状は、円環である。第1の非合焦状態では、 βp は1よりも小さい。よって、第1の非合焦状態における開口領域の像8の大きさは、合焦状態における開口領域の像8の大きさよりも小さい。

[0087] 図3(c)は、第1の非合焦状態における開口領域の像8と減光領域7aを示す図である。減光領域7aの形状は円環である。開口領域の像8の形状と減光領域7aの形状は、同一である。ただし、開口領域の像8の大きさは、減光領域7aの大きさよりも小さい。

[0088] 開口領域の像8を示す円環の一部が、減光領域7aを示す円環と重なっている。判定領域は、開口領域の像の内縁8iから減光領域の外縁7aoまでの間になる。

[0089] 開口領域の像の内縁8iは、減光領域の内縁7aiよりも内側（光軸側）に位置している。開口領域の像の外縁8oは、減光領域の内縁7aiから減光領域の外縁7aoまでの間に位置している。

[0090] このように、第1の非合焦状態では、開口領域の像8は、減光領域7aの領域内だけでなく、減光領域7aの領域外にも位置している。よって、標本面が平坦な標本における第1の非合焦状態は、所定の状態に該当しない。

[0091] 第2の非合焦状態を示す図は、図3(g)、図3(h)、図3(i)である。

[0092] 図3(g)は、合焦位置Fと標本Sの位置との関係を示す図である。第2の非合焦状態では、ずれ量がゼロではないので、標本Sの位置と合焦位置Fとは一致していない。対物レンズ6から標本Sまでの距離は、対物レンズ6から合焦位置Fまでの距離よりも短い。第2の非合焦状態では、 βp は1よりも大きい。

[0093] 図3(h)は、第2の非合焦状態における開口領域の像8を示す図である。開口領域の像8の形状は、円環である。第2の非合焦状態では、 βp は1よ

りも大きい。よって、第2の非合焦状態における開口領域の像8の大きさは、合焦状態における開口領域の像8の大きさよりも大きい。

[0094] 図3(i)は、第2の非合焦状態における開口領域の像8と減光領域7aを示す図である。減光領域7aの形状は円環である。開口領域の像8の形状と減光領域7aの形状は、同一である。ただし、開口領域の像8の大きさは、減光領域7aの大きさよりも大きい。

[0095] 開口領域の像8を示す円環の一部が、減光領域7aを示す円環と重なっている。判定領域は、減光領域の内縁7aiから開口領域の像の外縁8oまでの間になる。

[0096] 開口領域の像の内縁8iは、減光領域の内縁7aiから減光領域の外縁7aoまでの間に位置している。開口領域の像の外縁8oは、減光領域の外縁7aoよりも外側に位置している。

[0097] このように、第2の非合焦状態では、開口領域の像8は、減光領域7aの領域内だけでなく、減光領域7aの領域外にも位置している。よって、標本面が平坦な標本における第2の非合焦状態は、所定の状態に該当しない。

[0098] 以上説明したように、標本観察装置1では、合焦位置Fに対する標本Sの位置に応じて、所定の状態と、所定の状態ではない状態と、が生じる。言い換えると、標本観察装置1では、所定の状態と所定の状態ではない状態が生じるように、開口領域の大きさ、開口領域の位置、減光領域の大きさ、及び減光領域の位置が設定されている。

[0099] 合焦状態では、図3(f)に示すように、開口領域の像8は、減光領域7aの領域内のみに位置している。ただし、図3(f)では、開口領域の像の内縁8iと減光領域の内縁7aiとの間には、隙間が生じている。また、開口領域の像の外縁8oと減光領域の外縁7aoとの間にも、隙間が生じている。

[0100] この場合、開口領域の像の内縁8iが減光領域の内縁7aiと一致したときに、開口領域の像の外縁8oが減光領域の外縁7aoに到達していない状態では、開口領域の像8は減光領域7aの領域内のみに位置する。

[0101] あるいは、開口領域の像の外縁8oが減光領域の外縁7aoと一致したとき

に、開口領域の像の内縁 8 i が減光領域の内縁 7 a i に到達していない状態では、開口領域の像 8 は減光領域 7 a の領域内のみに位置する。

[0102] 上記 2 つの状態における開口領域の像 8 の位置は、合焦状態における開口領域の像 8 の位置と異なる。よって、上記 2 つの状態は、非合焦状態である。ただし、開口領域の像 8 は、減光領域 7 a の領域内のみに位置している。よって、上記 2 つの状態は非合焦状態であるにもかかわらず、所定の状態に該当している。

[0103] 上記 2 つの状態は非合焦状態なので、 βp は 1 ではない。ただし、上記 2 つの状態での βp は 1 に近い。このように、開口領域の像 8 の大きさが減光領域 7 a の大きさよりも小さい場合、 βp が 1 に近いと、非合焦状態が所定の状態に該当することがある。

[0104] 図 3 (f) において、開口領域の像の内縁 8 i と減光領域の内縁 7 a i とが一致し、且つ、開口領域の像の外縁 8 o と減光領域の外縁 7 a o とが一致していると、 βp が 1 に近い場合であっても、非合焦状態が所定の状態に該当することはない。

[0105] 言い換えると、開口領域の像の大きさと減光領域の大きさが同じで、且つ、開口領域の像の位置と減光領域の位置が一致している場合は、 βp が 1 に近い場合であっても、非合焦状態が所定の状態に該当することはない。

[0106] 減光領域 7 a を通過する光について説明する。減光領域 7 a を通過する光は、以下のように、照明光又結像光と見なすことができる。

[0107] 開口領域は、照明光が通過する領域である。よって、開口領域の像 8 は、照明光の像と見なすことができる。また、開口領域を通過した照明光は、標本 S を通過する。標本 S を通過した照明光は、結像光となって標本 S から出射する。よって、開口領域の像 8 は、結像光の像と見なすことができる。以下、結像光を用いて説明する。

[0108] 上述のように、所定の状態では、開口領域の像 8 は、減光領域 7 a の領域内のみに位置している。よって、所定の状態では、結像光は、全て、減光領域 7 a を通過することになる。

- [0109] 一方、所定の状態ではない場合、開口領域の像 8 は、減光領域 7 a の領域内と領域外に位置している。よって、この場合、結像光の一部は減光領域 7 a を通過し、残りは、減光領域 7 a を通過しないことになる。
- [0110] 減光領域は、減光部材に設けられている。減光部材には、更に、減光領域以外の領域（以下、「非減光領域」という）が設けられている。所定の状態ではない場合、結像光の一部は減光領域を通過し、残りは、非減光領域を通過することになる。
- [0111] 減光領域における光透過率は、非減光領域における光透過率よりも小さい。よって、減光領域に入射する光量と、非減光領域に入射する光量と、が同じだとすると、減光領域から出射する光の光量は、非減光領域から出射する光の強度よりも小さくなる。
- [0112] 上述のように、所定の状態では、結像光は、全て、減光領域を通過する。一方、所定の状態でない場合、結像光の一部は減光領域を通過し、残りは非減光領域を通過する。よって、所定の状態で減光部材から出射する結像光の光量は、所定の状態でない場合に減光部材から出射する結像光の光量よりも小さくなる。
- [0113] 所定の状態でない場合、非減光領域を通過する結像光の範囲は、合焦位置に対する標本の位置に応じて変化する。よって、合焦位置に対する標本の位置に応じて、減光部材から出射する結像光の光量が変化する。
- [0114] 図 4 は、開口領域の像、減光領域及び出射光量のシミュレーション結果を示す図である。図 4（a）は、開口領域の像を示す図、図 4（b）は、減光領域を示す図、図 4（c）は、標本面が平坦な場合の出射光量を示すグラフである。
- [0115] 減光部材から出射する結像光の光量（以下、「出射光量」という）は、シミュレーションによって算出された光量である。横軸は瞳倍率を表し、縦軸は出射光量を表している。図 4（a）、図 4（b）に示すように、シミュレーションでは、開口領域の像の形状と減光領域の形状を、共に円環としている。

- [0116] 開口領域の像については、内縁の直径を0.78、外縁の直径を0.96としている。減光領域については、内縁の直径を0.71、外縁の直径を1.00としている。各直径の値は、減光領域の外縁の直径で規格化したときの値である。
- [0117] 図4(c)に示すように、出射光量 I は、 βp の値によって変化する。 βp が約0.92から約1.05の範囲では、出射光量 I は最少になる。この点については、後述する。
- [0118] βp が約0.92よりも小さい範囲では、 βp が小さくなるにつれて、出射光量 I は大きくなる。また、 βp が約1.05よりも大きい範囲では、 βp が大きくなるにつれて、出射光量 I は大きくなる。
- [0119] βp が1のとき、標本の位置と合焦位置とは一致している。 βp が1ではないとき、標本の位置と合焦位置とは一致していない。よって、図4(c)の横軸は、合焦位置に対する標本の位置のずれ量を表していることになる。
- [0120] 破線で示す位置は、 βp が1のときの位置である。出射光量 I が最少になる範囲には、 βp が1の状態、すなわち、標本の位置と合焦位置とが一致している状態が含まれている。よって、出射光量 I が最少になる範囲を検出することで、標本の位置と合焦位置とが一致している状態を検出することができる。
- [0121] 上述のように、開口領域の像の大きさが減光領域の大きさよりも小さい場合、 βp が1に近いと、非合焦状態であっても所定の状態に該当する。所定の状態では、出射光量 I は最少になる。そのため、このような場合、 βp が1に近いと、出射光量は最少になる。
- [0122] 図4(a)、図4(b)に示すように、開口領域の像の内縁の直径(0.78)は、減光領域の内縁の直径(0.71)よりも大きい。また、開口領域の像の外縁の直径(0.96)は、減光領域の外縁の直径(1.00)よりも小さい。
- [0123] そのため、開口領域の像の内縁と減光領域の内縁との間、及び、開口領域の像の外縁と減光領域の外縁との間に隙間が生じている。このように、図4

(c)におけるシミュレーションは、開口領域の像の大きさが減光領域の大きさよりも小さい状態で行っている。そのため、 βp が約0.92から約1.05の範囲では、出射光量は最少になっている。

[0124] 出射光量が最少になる範囲の検出、すなわち、標本の位置が合焦位置と一致している状態の検出は、検出素子、処理装置及び駆動制御装置によって行うことができる。

[0125] 標本の観察や標本の撮像では、標本がステージ上に載置される。通常、最初に標本が載置された時点では、標本の位置と合焦位置とは一致していない。そのため、標本の像は不鮮明になっている。標本の鮮明な像を得るためには、標本の位置と合焦位置とを一致させなくてはならない。

[0126] 標本の位置と合焦位置とが一致していない状態から、標本の位置と合焦位置とが一致している状態にするには、標本の位置と合焦位置との相対位置を変化させれば良い。標本の位置と合焦位置との相対位置の変化は、標本と対物レンズとの間隔を変化させることで生じる。

[0127] 標本観察装置1は、駆動制御装置を備えている。よって、標本と対物レンズとの間隔は、駆動制御装置で変化させることができる。

[0128] 標本と対物レンズとの間隔が変化すると、出射光量が変化する。出射光量の変化は、検出素子と処理装置で捉えることができる。

[0129] 像面IMの位置には、検出素子が配置されている。検出素子は、観察光学系から出射した光を受光する。減光部材から出射する結像光は、観察光学系から出射した光である。よって、結像光が検出素子で受光される。

[0130] 検出素子で受光した光（結像光）の光量は、処理装置で求まる。出射光は検出素子で受光された光なので、出射光量は処理装置で求めることができる。出射光量が求まることで、出射光量の変化を捉えることができる。出射光量の変化を捉えることができると、出射光量の最小値を検出することができる。

[0131] 駆動制御装置は、処理装置で求めた光量が最小となるように、処理装置で求めた光量に基づいて標本と対物レンズとの間隔を変える。

- [0132] 出射光量の最小値は、標本の位置と合焦位置が一致している状態を表している。よって、出射光量が最小となるように、出射光量に基づいて標本と対物レンズとの間隔を変える。このようにすることで、標本の位置が合焦位置と一致している状態、すなわち、合焦位置を決定することができる。
- [0133] 次に、標本面が傾斜している場合について説明する。標本面が傾斜している場合、開口領域の像の位置と減光領域の位置との間に、ずれが生じる。以下の説明では、開口領域の像が減光領域に対して右方向にずれているものと仮定する。左右方向は、紙面内の水平方向である。
- [0134] 判定領域は、上下方向の範囲と左右方向の範囲で決まる。ただし、開口領域の像の位置と減光領域の位置との間で、上下方向にずれは生じない。よって、判定領域の説明では、上下方向の範囲については説明を省略し、左右方向のみを使って説明する。
- [0135] 標本面の傾斜が小さい場合について説明する。図5は、合焦位置と標本の位置との関係を示す図、及び、開口領域の像と減光領域との関係を示す図である。以下、合焦状態、第1の非合焦状態、第2の非合焦状態の順で説明する。
- [0136] 合焦状態を示す図は、図5（d）、図5（e）、図5（f）である。
- [0137] 図5（d）は、合焦位置Fと標本Sの位置との関係を示す図である。合焦状態では、ずれ量がゼロなので、標本Sの位置は合焦位置Fと一致している。合焦状態では、 $\beta_p = 1$ である。
- [0138] 図5（e）は、合焦状態における開口領域の像8を示す図である。開口領域の像8の形状は、円環である。
- [0139] 図5（f）は、合焦状態における開口領域の像8と減光領域7aを示す図である。減光領域7aの形状は円環である。開口領域の像8の形状と減光領域7aの形状は、同一である。
- [0140] 標本面が傾斜している場合、標本Sから出射する結像光の出射方向が、標本面が平坦な場合と異なる。そのため、開口領域の像8を示す円環の全体は、減光領域7aを示す円環と重ならない。すなわち、開口領域の像8を示す

円環の一部しか、減光領域 7 a を示す円環と重ならない。判定領域は、減光領域の外縁 7 a o の左端から開口領域の像の外縁 8 o の右端までの間になる。

[0141] 開口領域の像の内縁 8 i の一部は、減光領域の内縁 7 a i よりも内側に位置している。開口領域の像の外縁 8 o の一部は、減光領域の内縁 7 a i よりも外側に位置している。

[0142] このように、合焦状態では、開口領域の像 8 は、減光領域 7 a の領域内だけでなく、減光領域 7 a の領域外にも位置している。よって、標本面が傾斜している標本における合焦状態は、所定の状態に該当しない。

[0143] 第 1 の非合焦状態を示す図は、図 5 (a)、図 5 (b)、図 5 (c) である。

[0144] 図 5 (a) は、合焦位置 F と標本 S の位置との関係を示す図である。第 1 の非合焦状態では、ずれ量がゼロではないので、標本 S の位置は合焦位置 F と一致していない。対物レンズ 6 から標本 S までの距離は、対物レンズ 6 から合焦位置 F までの距離よりも長い。第 1 の非合焦状態では、 βp は 1 よりも小さい。

[0145] 図 5 (b) は、第 1 の非合焦状態における開口領域の像 8 を示す図である。開口領域の像 8 の形状は、円環である。第 1 の非合焦状態では、 βp は 1 よりも小さい。よって、第 1 の非合焦状態における開口領域の像 8 の大きさは、合焦状態における開口領域の像 8 の大きさよりも小さい。

[0146] 図 5 (c) は、第 1 の非合焦状態における開口領域の像 8 と減光領域 7 a を示す図である。減光領域 7 a の形状は円環である。開口領域の像 8 の形状と減光領域 7 a の形状は、同一である。ただし、開口領域の像 8 の大きさは、減光領域 7 a の大きさよりも小さい。

[0147] 開口領域の像 8 を示す円環の一部が、減光領域 7 a を示す円環と重なっている。判定領域は、減光領域の外縁 7 a o の内側になる。

[0148] 開口領域の像の内縁 8 i の一部と開口領域の像の外縁 8 o の一部は、減光領域の内縁 7 a i よりも内側に位置している。

[0149] このように、第 1 の非合焦状態では、開口領域の像 8 は、減光領域 7 a の

領域内だけでなく、減光領域 7 a の領域外にも位置している。よって、標本面が傾斜している標本における第 1 の非合焦状態は、所定の状態に該当しない。

[0150] 第 2 の非合焦状態を示す図は、図 5 (g)、図 5 (h)、図 5 (i) である。

[0151] 図 5 (g) は、合焦位置 F と標本 S の位置との関係を示す図である。第 2 の非合焦状態では、ずれ量がゼロではないので、標本 S の位置と合焦位置 F とは一致していない。対物レンズ 6 から標本 S までの距離は、対物レンズ 6 から合焦位置 F までの距離よりも短い。第 2 の非合焦状態では、 βp は 1 よりも大きい。

[0152] 図 5 (h) は、第 2 の非合焦状態における開口領域の像 8 を示す図である。開口領域の像 8 の形状は、円環である。第 2 の非合焦状態では、 βp は 1 よりも大きい。よって、第 2 の非合焦状態における開口領域の像 8 の大きさは、合焦状態における開口領域の像 8 の大きさよりも大きい。

[0153] 図 5 (i) は、第 2 の非合焦状態における開口領域の像 8 と減光領域 7 a を示す図である。減光領域 7 a の形状は円環である。開口領域の像 8 の形状と減光領域 7 a の形状は、同一である。ただし、開口領域の像 8 の大きさは、減光領域 7 a の大きさよりも大きい。

[0154] 開口領域の像 8 を示す円環の一部が、減光領域 7 a を示す円環と重なっている。判定領域は、減光領域の外縁 7 a o の左端から開口領域の像の外縁 8 o の右端までの間になる。

[0155] 開口領域の像の内縁 8 i は、減光領域の内縁 7 a i から減光領域の外縁 7 a o までの間に位置している。開口領域の像の外縁 8 o の一部は、減光領域の外縁 7 a o よりも外側に位置している。

[0156] このように、第 2 の非合焦状態では、開口領域の像 8 は、減光領域 7 a の領域内だけでなく、減光領域 7 a の領域外にも位置している。よって、標本面が傾斜している標本における第 2 の非合焦状態は、所定の状態に該当しない。

- [0157] 標本面が傾斜している場合、合焦状態、第1の非合焦状態及び第2の合焦状態は、いずれも、所定の状態に該当しない。結像光の一部は減光領域を通過し、残りは非減光領域を通過する。
- [0158] 上述のように、非減光領域を通過する結像光の範囲は、合焦位置に対する標本の位置に応じて変化する。よって、合焦位置に対する標本の位置に応じて、減光部材から出射する結像光の光量に変化する。
- [0159] 図6は、標本面が小さく傾斜している場合の出射光量を示すグラフである。出射光量は、シミュレーションによって算出された光量である。シミュレーションに用いた開口領域の像と減光領域は、標本面が平坦な標本で行ったシミュレーションと同じである。
- [0160] 出射光量 I は、 βp が1の近傍、すなわち、 βp が1よりもわずかに小さいところで最少になる。 βp が1の近傍以外の範囲では、 βp が小さくなるにつれて、出射光量 I は大きくなるか、又は、 βp が大きくなるにつれて、出射光量 I は大きくなる。
- [0161] 破線で示す位置は、 βp が1のときの位置である。出射光量 I が最少になる範囲には、 βp が1の状態、すなわち、標本の位置と合焦位置が一致している状態が含まれている。よって、出射光量 I が最少になる範囲を検出することで、標本の位置と合焦位置が一致している状態を検出することができる。
- [0162] 図6に示すグラフを図4(c)に示すグラフと比較すると、 βp が1の付近でのグラフの形が異なる。
- [0163] 上述のように、標本面が平坦な場合、合焦状態では、開口領域の像の内縁と減光領域の内縁との間、及び、開口領域の像の外縁と減光領域の外縁との間に隙間が生じている。一方、標本面の傾斜が小さい場合、合焦状態であっても、このような隙間は生じていない。
- [0164] そのため、標本面の傾斜が小さい場合では、標本面が平坦な場合と比べると、 βp がより1に近いところから出射光量 I が変化し始める。このような理由から、 βp が1の付近でのグラフの形が、図4(c)と図6とで異なっている。

[0165] また、標本面の傾斜が小さい場合では、合焦状態でも、開口領域の像の一部は、減光領域 7 a の領域外に位置している。ただし、減光領域の領域外に位置している開口領域の像の割合は少ない。そのため、最小光量は、標本面が平坦な場合と比べてそれほど変わらない。

[0166] 標本面の傾斜が大きい場合について説明する。図 7 は、合焦位置と標本の位置との関係を示す図、及び、開口領域の像と減光領域との関係を示す図である。図 7 では、図 5 に比べて標本面は大きく傾斜している。以下、合焦状態、第 1 の非合焦状態、第 2 の非合焦状態の順で説明する。

[0167] 合焦状態を示す図は、図 7 (d)、図 7 (e)、図 7 (f) である。

[0168] 図 7 (d) は、合焦位置 F と標本 S の位置との関係を示す図である。合焦状態では、ずれ量がゼロなので、標本 S の位置は合焦位置 F と一致している。合焦状態では、 $\beta p = 1$ である。

[0169] 図 7 (e) は、合焦状態における開口領域の像 8 を示す図である。開口領域の像 8 の形状は、円環である。

[0170] 図 7 (f) は、合焦状態における開口領域の像 8 と減光領域 7 a を示す図である。減光領域 7 a の形状は円環である。開口領域の像 8 の形状と減光領域 7 a の形状は、同一である。

[0171] 上述のように、標本面が傾斜している場合、標本 S から出射する結像光の出射方向が、標本面が平坦な場合と異なる。そのため、開口領域の像 8 を示す円環の全体は、減光領域 7 a を示す円環と重ならない。すなわち、開口領域の像 8 を示す円環の一部しか、減光領域 7 a を示す円環と重ならない。判定領域は、減光領域の外縁 7 a o の左端から開口領域の像の外縁 8 o の右端までの間になる。

[0172] 開口領域の像の内縁 8 i の一部は、減光領域の内縁 7 a i よりも内側に位置している。開口領域の像の外縁 8 o の一部は、減光領域の内縁 7 a i よりも外側に位置している。

[0173] このように、合焦状態では、開口領域の像 8 は、減光領域 7 a の領域内だけでなく、減光領域 7 a の領域外にも位置している。よって、標本面が傾斜

している標本における合焦状態は、所定の状態に該当しない。

[0174] 第1の非合焦状態を示す図は、図7(a)、図7(b)、図7(c)である。

[0175] 図7(a)は、合焦位置Fと標本Sの位置との関係を示す図である。第1の非合焦状態では、ずれ量がゼロではないので、標本Sの位置は合焦位置Fと一致していない。対物レンズ6から標本Sまでの距離は、対物レンズ6から合焦位置Fまでの距離よりも長い。第1の非合焦状態では、 βp は1よりも小さい。

[0176] 図7(b)は、第1の非合焦状態における開口領域の像8を示す図である。開口領域の像8の形状は、円環である。第1の非合焦状態では、 βp は1よりも小さい。よって、第1の非合焦状態における開口領域の像8の大きさは、合焦状態における開口領域の像8の大きさよりも小さい。

[0177] 図7(c)は、第1の非合焦状態における開口領域の像8と減光領域7aを示す図である。減光領域7aの形状は円環である。開口領域の像8の形状と減光領域7aの形状は、同一である。ただし、開口領域の像8の大きさは、減光領域7aの大きさよりも小さい。

[0178] 開口領域の像8を示す円環の一部が、減光領域7aを示す円環と重なっている。判定領域は、減光領域の外縁7aoの内側になる。

[0179] 開口領域の像の内縁8iの一部と開口領域の像の外縁8oの一部は、減光領域の内縁7aiよりも内側に位置している。

[0180] このように、第1の非合焦状態では、開口領域の像8は、減光領域7aの領域内だけでなく、減光領域7aの領域外にも位置している。よって、標本面が傾斜している標本における第1の非合焦状態は、所定の状態に該当しない。

[0181] 第2の非合焦状態を示す図は、図7(g)、図7(h)、図7(i)である。

[0182] 図7(g)は、合焦位置Fと標本Sの位置との関係を示す図である。第2の非合焦状態では、ずれ量がゼロではないので、標本Sの位置と合焦位置F

とは一致していない。対物レンズ6から標本Sまでの距離は、対物レンズ6から合焦位置Fまでの距離よりも短い。第2の非合焦状態では、 β_p は1よりも大きい。

[0183] 図7(h)は、第2の非合焦状態における開口領域の像8を示す図である。開口領域の像8の形状は、円環である。第2の非合焦状態では、 β_p は1よりも大きい。よって、第2の非合焦状態における開口領域の像8の大きさは、合焦状態における開口領域の像8の大きさよりも大きい。

[0184] 図7(i)は、第2の非合焦状態における開口領域の像8と減光領域7aを示す図である。減光領域7aの形状は円環である。開口領域の像8の形状と減光領域7aの形状は、同一である。ただし、開口領域の像8の大きさは、減光領域7aの大きさよりも大きい。

[0185] 開口領域の像8を示す円環の一部が、減光領域7aを示す円環と重なっている。判定領域は、減光領域の外縁7aoの左端から開口領域の像の外縁8oの右端までの間になる。

[0186] 開口領域の像の内縁8iの一部は、減光領域の内縁7aiよりも内側と、減光領域の外縁7aoよりも外側に位置している。開口領域の像の外縁8oの一部は、減光領域の外縁7aoよりも外側に位置している。

[0187] このように、第2の非合焦状態では、開口領域の像8は、減光領域7aの領域内だけでなく、減光領域7aの領域外にも位置している。よって、標本面が傾斜している標本における第2の非合焦状態は、所定の状態に該当しない。

[0188] 標本面が傾斜している場合、合焦状態、第1の非合焦状態及び第2の合焦状態は、いずれも、所定の状態に該当しない。結像光の一部は減光領域を通過し、残りは非減光領域を通過する。

[0189] 上述のように、非減光領域を通過する結像光の範囲は、合焦位置に対する標本の位置に応じて変化する。よって、合焦位置に対する標本の位置に応じて、減光部材から出射する結像光の光量が変化する。

[0190] 図8は、標本面が大きく傾斜している場合の出射光量を示すグラフである

。出射光量は、シミュレーションによって算出された光量である。シミュレーションに用いた開口領域の像と減光領域は、標本面が平坦な標本で行ったシミュレーションと同じである。

[0191] 出射光量 I は、 βp が 1 の近傍、すなわち、 βp が 1 よりもわずかに小さいところで最少になる。 βp が 1 の近傍以外の範囲では、 βp が小さくなるにつれて、出射光量 I は大きくなるか、又は、 βp が大きくなるにつれて、出射光量 I は大きくなる。

[0192] 破線で示す位置は、 βp が 1 のときの位置である。出射光量 I が最少になる範囲には、 βp が 1 の状態、すなわち、標本の位置と合焦位置が一致している状態が含まれている。よって、出射光量 I が最少になる範囲を検出することで、標本の位置と合焦位置が一致している状態を検出することができる。

[0193] 図 8 に示すグラフを、図 4 (c) に示すグラフや図 6 に示すグラフと比較すると、 βp が 1 の付近でのグラフの形が異なる。この点については、標本面の傾斜が小さい場合で説明したとおりである。

[0194] ただし、標本面の傾斜が大きい場合では、標本面の傾斜が小さい場合に比べると、減光領域の領域外に位置している開口領域の像の割合は多い。そのため、最小光量 I は、標本面が平坦な場合や標本面の傾斜が小さい場合と比べると大きくなる。

[0195] 図 6 に示すグラフや図 8 に示すグラフは、標本面の傾斜が小さい場合であっても、標本面の傾斜が大きい場合であっても、出射光量が最小となる位置で概ね合焦している状態を表している。よって、出射光量が最小となるように、出射光量に基づいて標本と対物レンズとの間隔を変える。このようにすることで、標本の位置が合焦位置と一致している状態、すなわち、合焦位置を決定することができる。

[0196] 以上説明したように、本実施形態の標本観察装置によれば、標本面の傾斜の有無や傾斜の大小に関係なく、出射光量が最小となるように標本と対物レンズとの間隔を変えることで、合焦位置を決定することができる。

[0197] また、標本観察装置 1 では、合焦状態を検出に、取得した画像の全画素の

情報、すなわち、検出素子で受光した光の光量の全てを用いている。この場合、取得した画像の中に、例えば、ゴミなどによって生じた明るい領域（以下、「領域A」という）が存在していたとしても、光量の総和に占める領域Aの光量の割合は小さい。そのため、領域Aの影響を受けにくい。

[0198] その結果、ゴミなどによって明るい光が発生している状態であっても、出射光量が最小となるように、出射光量に基づいて標本と対物レンズとの間隔を変えることで、標本の位置が合焦位置と一致している状態、すなわち、合焦位置を決定することができる。このように、標本観察装置1によれば、合焦状態の検出の誤差要因となる明るさを持つ画素が、合焦状態の検出に用いる全画素の中に含まれていても、合焦状態を検出することができる。

[0199] 出射光量について、更に説明する。図9は、出射光量を示すグラフである。横軸は、合焦位置と標本の位置とのずれ量 ΔZ を表し、縦軸は出射光量 I を表している。

[0200] 図9（a）は、レンズ作用のみが生じたときの出射光量を示すグラフである。図9（b）は、デフォーカス作用のみが生じたとき出射光量を示すグラフである。図9（c）は、レンズ作用とデフォーカス作用が生じたときの出射光量を示すグラフである。

[0201] 上述のように、光路中に標本が存在すると、合焦位置と標本の位置とのずれ量 ΔZ に応じて、標本によるレンズ作用の大きさが変化する（レンズ作用なしの場合も含む）。レンズ作用の大きさが変化する、 βp の値が変化する。その結果、図9（a）に示すように、出射光量 I が変化する。このように、光路中に標本が存在する場合、合焦位置と標本の位置とのずれ量 ΔZ の変化に応じて、出射光量 I が変化する。

[0202] ただし、光路中に標本が存在しない場合でも、合焦位置と標本の位置とのずれ量 ΔZ は出射光量 I に関係する。

[0203] 合焦位置と標本の位置とのずれ量 ΔZ は、デフォーカス量を表している。デフォーカス量がゼロでない場合、デフォーカス作用が生じる。よって、光路中に標本が存在しない場合、標本によるレンズ作用は生じないが、合焦位

置と標本の位置とのずれ量 ΔZ に応じて、デフォーカス作用の大きさが変化する（デフォーカス作用なしの場合も含む）。

[0204] デフォーカス作用の大きさが変化すると、像のコントラストや像全体の明るさが変化する。その結果、図9（b）に示すように、出射光量 I が変化する。このように、光路中に標本が存在しない場合であっても、合焦位置と標本の位置とのずれ量 ΔZ の変化に応じて、出射光量 I が変化する。

[0205] 実際の測定では、レンズ作用とデフォーカス作用が同時に発生する。よって、出射光量 I の変化は、図9（c）に示すグラフのようになる。

[0206] 図9（c）に示すグラフにおいても、出射光量が最小になる状態を捉えることができる。よって、本実施形態の標本観察装置によれば、出射光量が最小となるように標本と対物レンズとの間隔を変えることで、合焦位置を決定することができる。

[0207] 本実施形態の標本観察装置の具体例について説明する。図10は、本実施形態の標本観察装置の具体例を示す図である。

[0208] 標本観察装置100は、正立型顕微鏡に合焦機能を持たせた装置である。標本観察装置100は、本体部10と、照明部20と、観察部30と、処理装置40と、を備える。ここで、照明部20と観察部30とは、本体部10に取り付けられている。また、本体部10と処理装置40とは、有線または無線で接続されている。

[0209] 標本観察装置100は、表示装置50を備えていても良い。表示装置50は、有線または無線で処理装置40に接続されている。

[0210] 本体部10はステージ11を有する。ステージ11は保持部材である。このステージ11には、標本Sが載置される。標本Sの移動はステージ11に取り付けられた操作ノブ（不図示）や焦準ノブ（不図示）で行われる。操作ノブの操作により、光軸と垂直な面内で、標本Sが移動する。焦準ノブの操作により、光軸に沿って標本Sが移動する。

[0211] 照明部20は、光源21と照明光学系22とを有する。照明光学系22は、コンデンサレンズ23と開口部材24とを有する。なお、図10に示すよ

うに、照明光学系 22 は、レンズ 25 と、ミラー 26 と、レンズ 27 とを備えていても良い。図 10 では、コンデンサレンズ 23 と開口部材 24 はステージ 11 に保持されている。照明光学系 22 は、光源 21 からステージ 11 までの間の光路中に配置されている。

[0212] 観察部 30 は、観察光学系 31 と撮像装置 32 とを有する。観察部 30 は、レボルバ 33 と観察鏡筒 34 とを備えていても良い。

[0213] 観察光学系 31 は、顕微鏡対物レンズ 35 と、減光部材 60 と、撮像レンズ 36 と、を有する。撮像装置 32 は検出素子 39 を有する。検出素子 39 には、例えば、フォトダイオードが用いられている。

[0214] 減光部材 60 は、顕微鏡対物レンズ 35 の内部に配置されている。観察光学系 31 は、結像レンズ 37 とプリズム 38 とを備えていても良い。観察光学系 31 は、ステージ 11 から撮像装置 32 までの間の光路中に配置されている。

[0215] 標本観察装置 100 では、照明部 20 は、ステージ 11 を挟んで観察部 30 と対向する側に配置されている。よって、標本観察装置 100 では、標本 S は透過照明で照明される。

[0216] 光源 21 から照明光が出射する。照明光は照明光学系 22 を通過して、ステージ 11 に到達する。この照明光によって、標本 S が照明される。標本 S からの光は観察光学系 31 によって集光され、これにより、集光位置に標本 S の像（光学像）が形成される。

[0217] 観察光学系 31 の光路中にプリズム 38 がない場合、観察光学系 31 から出射した光が、検出素子 39 によって受光される。検出素子 39 によって受光した光の光量、すなわち、出射光量は、処理装置 40 で求めることができる。

[0218] 標本観察装置 100 は、開口部材 24 と、減光部材 60 と、を備えている。そのため、標本 S の位置と合焦位置とが一致していない状態から、標本 S の位置と合焦位置とが一致している状態に近づくにつれて、出射光量は、徐々に小さくなる。

- [0219] 出射光量は、標本Sと顕微鏡対物レンズ35との間隔を変えることで変化する。そこで、焦準ノブを操作して、標本Sと顕微鏡対物レンズ35との間隔を変化させる。これにより、出射光量が増加する。出射光量の変化は、検出素子39と処理装置40で捉えることができる。
- [0220] 出射光量の変化を捉えながら、出射光量が最小となるように焦準ノブを操作する。そして、出射光量が最小となったときに、焦準ノブによる操作を終了する。
- [0221] 本体部10は、モータ12（駆動制御装置）を備えていても良い。図10では、モータ12はステージ11に接続されている。モータ12によって、ステージ11を光軸に沿って移動させることで、焦準ノブを使用せずに、標本Sと顕微鏡対物レンズ35との間隔を変えることができる。そして、出射光量が最小となったときに、ステージ11の移動を停止する。
- [0222] このように、標本観察装置100によれば、標本面の傾斜の有無や傾斜の大小に関係なく、出射光量が最小となるように標本と対物レンズとの間隔を変えることで、合焦位置を決定することができる。
- [0223] 出射光量が最小となる範囲と、合焦状態との関係について説明する。図11は、出射光量と合焦状態を示す図である。図11（a）は、出射光量を示すグラフである。図11（b）は、標本の位置と合焦位置との関係を示す図である。
- [0224] 標本Sと顕微鏡対物レンズ35との間隔を変えることで、出射光量は、図11（a）に示すグラフのように変化する。図11（a）において、矢印で示す範囲で、出射光量がほぼ最小になる。よって、合焦状態は矢印の範囲内に存在する。出射光量が一点で最小にならない理由は、上述の通りである。
- [0225] 矢印で示す範囲を、標本Sと顕微鏡対物レンズ35との間隔に置き換えると、例えば、図11（b）に示すようにH1からH2までの範囲になる。H1は標本の底面、H2は標本の最高点である。
- [0226] 上述のように、標本の観察や標本の撮像では、標本がステージ上に載置される。通常、最初に標本が載置された時点では、標本の位置と合焦位置とは

一致していない。そのため、標本の像は不鮮明になっている。

[0227] そこで、観察者が焦準ノブを操作して、標本Sを合焦位置に向けて移動させる。又は、モータ12によってステージ11を移動させ、標本Sを合焦位置に向けて移動させる。

[0228] 標本Sの位置が顕微鏡対物レンズ35に非常に近い場合、標本Sが顕微鏡対物レンズ35から離れる方向にステージ11を移動させれば良い。一方、標本Sの位置が顕微鏡対物レンズ35から大きく離れている場合、標本Sが顕微鏡対物レンズ35に近づく方向にステージ11を移動させれば良い。

[0229] 標本Sの位置が顕微鏡対物レンズ35に非常に近い状態では、デフォーカス量が多いので出射光量は小さく、また、 βp は1よりも小さい。この状態は、例えば、P1の位置に対応する。

[0230] この状態から、標本Sを顕微鏡対物レンズ35から離れる方向に移動させると、出射光量が徐々に大きくなる。その後、出射光量は徐々に小さくなる。そして、P2の位置で、出射光量が最小に近い状態になる。この状態での合焦位置は、H1の位置である。

[0231] 一方、標本Sの位置が顕微鏡対物レンズ35から大きく離れている状態では、デフォーカス量が多いので出射光量は小さく、また、 βp は1よりも大きい。この状態は、例えば、P4の位置に対応する。

[0232] この状態から、標本Sを顕微鏡対物レンズ35に近づく方向に移動させると、出射光量が徐々に大きくなる。その後、出射光量は徐々に小さくなる。そして、P3の位置で、出射光量が最小に近い状態になる。この状態での合焦位置は、H2の位置である。

[0233] このように、標本観察装置100では、出射光量が最小になるように標本Sと対物レンズ6との間隔を変えることで、標本Sの近くで合焦することができる。ただし標本観察装置100では、合焦位置と判断した位置は、図11(b)に示すように、H1からH2までの間になる、よって、本実施形態の標本観察装置は、粗調用の合焦に適している。粗調用の合焦では、標本Sの近くに合焦させることができる。よって、粗調用の合焦は、例えば、最初

に標本が載置された時点で行う合焦に用いられる。

[0234] 標本観察装置 100 では、観察光学系 31 の光路中に、プリズム 38 を挿入することもできる。このようにすることで、標本 S からの光は、観察鏡筒 34 の接眼レンズに導かれる。観察者は、接眼レンズを介して、標本 S の光学像を観察できる。

[0235] 以上の説明では、開口領域の形状と減光領域の形状は、共に円環であった。しかしながら、開口領域の形状と減光領域の形状は、円環に限られない。また、開口領域の形状と減光領域の形状は、同一形状又は相似形状でなくとも良い。

[0236] 図 12 は、開口領域の形状と減光領域の形状を示す図である。開口領域の形状と減光領域の形状は、異なる。図 12 (a) は、開口領域の形状の第 1 例を示す図、図 12 (b) は、減光領域の形状と開口領域の像の形状の第 1 例を示す図、図 12 (c) は、開口領域の形状の第 2 例を示す図、図 12 (d) は、減光領域の形状と開口領域の像の形状の第 2 例を示す図である。

[0237] 図 12 (a) に示すように、第 1 例では、開口領域 110 の形状は、円環を半分にした形状である。また、図 12 (b) に示すように、減光領域 111 の形状は、円環である。開口領域の像 112 の形状は、円環を半分にした形状である。

[0238] 第 1 例では、減光領域 111 の形状が円環である。そのため、開口領域 110 が光軸の周りに回転しても、開口領域の像 112 を減光領域 111 の領域内に位置させることができる。

[0239] 図 12 (c) に示すように、第 2 例では、開口領域 120 の形状は、円環である。また、図 12 (d) に示すように、減光領域 121 の形状は、円環を半分にした形状である。開口領域の像 122 の形状は、円環である。

[0240] 第 2 例では、減光領域 111 の形状が、円環の約 $1/4$ を取り除いた形状である。この場合、非減光領域を通過する光が増加するので、明るい光学像が得られる。ただし、出射光量の変化が少なくなるので、減光領域を多くすることが好ましい。

[0241] 図13は、開口領域の形状と減光領域の形状を示す図である。開口領域の形状と減光領域の形状が、同一形状になっている。図13(a)は、開口領域の形状の第3例を示す図、図13(b)は、減光領域の形状と開口領域の像の形状の第3例を示す図、図13(c)は、開口領域の形状の第4例を示す図、図13(d)は、減光領域の形状と開口領域の像の形状の第4例を示す図、図13(e)は、開口領域の形状の第5例を示す図、図13(f)は、減光領域の形状と開口領域の像の形状の第5例を示す図である。

[0242] 図13(a)に示すように、第3例では、開口領域130の形状は、全体が四角形で、枠状になっている。また、図13(b)に示すように、減光領域131の形状と開口領域の像132の形状は、共に、全体が四角形で、枠状になっている。

[0243] 図13(c)に示すように、第4例では、開口領域140の形状は、全体が半円形で、枠状になっている。また、図13(d)に示すように、減光領域141の形状と開口領域の像142の形状は、共に、全体が半円形で、枠状になっている。

[0244] 図13(e)に示すように、第5例では、開口領域150の形状は、全体が星形で、枠状になっている。また、図13(f)に示すように、減光領域151の形状と開口領域の像152の形状は、共に、全体が星形で、枠状になっている。

[0245] 本実施形態の標本観察装置では、検出素子は、2次元に配列された微小な受光素子を有することが好ましい。

[0246] CCD又はCMOSでは、微小な受光素子が2次元配列されている。検出素子39にCCD又はCMOSが用いられた場合、検出素子39で受光した光の光量、すなわち、出射光量は、各受光素子で受光した光の光量の総和になる。よって、検出素子39にCCD又はCMOSが用いられた場合は、この総和した光量に基づいて、出射光量が最小となるように標本と対物レンズとの間隔を変えることで、合焦位置を決定することができる。

[0247] 合焦位置の決定は、各受光素子で受光した光の光量の平均値で行っても良

い。平均値は、各受光素子で受光した光の光量の総和を画素数で割ること
で得ることができる。

[0248] また、検出素子 39 に CCD 又は CMOS が用いられた場合、検出素子 39
によって標本 S の像の撮像が行える。撮像によって、標本 S の像は電子画
像（デジタルデータ）に変換される。電子画像は処理装置 40 に送られる。
処理装置 40 では各種の処理が行われる。

[0249] 標本観察装置 100 が表示装置 50 を備えている場合、電子画像は表示装
置 50 に表示される。観察者は表示装置 50 に表示された電子画像を見るこ
とで、標本 S（標本 S の像）を観察できる。

[0250] 本実施形態の標本観察装置では、開口領域の形状と減光領域の形状が、共
に、円環であることが好ましい。

[0251] このようにすると、開口領域の形状や減光領域の形状が、光軸に対して回
転対称な形状になる。よって、開口部材の位置や、減光部材の位置を容易に
決めることができる。

[0252] 本実施形態の標本観察装置は、以下の条件式（1）を満足することが好ま
しい。

$$R0Bin < \beta \times RILin < \beta \times RILout < R0Bout \quad (1)$$

ここで、

RILin は、照明光学系の光軸から開口領域の内縁までの距離、

RILout は、照明光学系の光軸から開口領域の外縁までの距離、

R0Bin は、観察光学系の光軸から減光領域の内縁までの距離、

R0Bout は、観察光学系の光軸から減光領域の外縁までの距離、

β は、対物レンズの焦点距離をコンデンサレンズの焦点距離で割った値、
である。

[0253] 条件式（1）を満足することで、精度良く合焦位置を決定することができ
る。

[0254] 本実施形態の標本観察装置では、減光部材は、位相領域を有し、位相領域
の少なくとも一部と、減光領域の少なくとも一部と、が重なっていることが

好ましい。

[0255] 図14は、本実施形態の別の標本観察装置の主要な構成を示す図である。
本実施形態の標本観察装置の光学系は、位相差観察が可能な光学系になっている。

[0256] 標本観察装置200は、照明光学系201と、観察光学系202と、を有する。標本観察装置200は、更に、光源と、検出素子と、処理装置と、駆動制御装置と、を備えている。図14では、光源、検出素子、処理装置及び駆動制御装置は図示されていない。

[0257] 照明光学系201は、コンデンサレンズ203と、開口部材204と、を有する。コンデンサレンズ203は、レンズ203aと、レンズ203bと、を有する。観察光学系202は、対物レンズ205と、減光部材206と、結像レンズ207と、を有する。

[0258] コンデンサレンズ203と対物レンズ205は、コンデンサレンズ203の瞳と対物レンズ205の瞳が共役となるように、各々が位置決めされている。

[0259] 開口部材204は、照明光学系201の瞳位置に配置されている。より具体的には、開口部材204は、コンデンサレンズ203の瞳位置、すなわち、コンデンサレンズ203の焦点位置に配置されている。

[0260] 開口部材204は、開口領域204aを有する。開口部材204の構造は、開口部材5の構造と同じである。よって、開口部材204の説明は省略する。また、標本観察装置200では、標本Sは、標本観察装置1と同様に照明が行われる。よって、標本観察装置200における照明の説明は省略する。

[0261] 減光部材206は、減光領域206aと、位相領域206bと、を有する。減光領域206aは、結像光が減光されて通過する領域である。位相領域206bは、結像光の位相を変調する領域である。

[0262] 減光領域206aの形状と位相領域206bの形状は、共に円環である。位相領域206bは、減光領域206aと重なるように配置されている。位

相差観察用の顕微鏡対物レンズでは、位相板が用いられる。減光部材 206 は、この位相板と同じである。

[0263] 標本観察装置 200 においても、標本 S には、平行光束の照明光が照射される。図 14 では、照明光が一本の実線で示されている。標本 S からは、0 次の結像光（以下、「1 次光」という）と、±1 次の結像光（以下、「1 次光」という）とが出射する。図 14 では、0 次光が実線で示され、1 次光が破線で示されている。

[0264] 0 次光と 1 次光は、共に、減光部材 206 に入射する。0 次光は減光領域 206 a を通過し、1 次光は非減光領域を通過する。0 次光は、更に、位相領域 206 b を通過する。

[0265] 0 次光が位相領域 206 b を通過することで、0 次光の位相は $1/4$ 波長だけ進むか、又は、 $1/4$ 波長だけ遅れる。一方、1 次光の位相に変化が生じない。

[0266] 減光部材 206 に入射する前では、0 次光の位相と 1 次光の位相との間には、 $1/4$ 波長のずれが生じている。0 次光が位相領域 206 b を通過することで、次光の位相と 1 次光の位相との差が、ゼロ、又は、 $1/2$ 波長になる。その結果、通常では見えない位相の差を、光の明暗として観察すること、すなわち、位相差観察を行うことができる。

[0267] 上述のように、位相差観察では、標本 S の像の縁に、ハロと呼ばれる独特の明るい縁取りができる。これは、標本 S の縁で生じた 0 次光の一部が、減光領域 206 a と位相領域 206 b を通過しなくなることによる。ハロは、非合焦状態でも明るい。

[0268] 標本観察装置 200 では、合焦状態を検出に、取得した画像の全画素の情報、すなわち、検出素子で受光した光の光量の全てを用いている。この場合、取得した画像の中に、例えば、ハロによって生じた明るい領域（以下、「領域 B」という）が存在していたとしても、合焦位置の前後での光量よりは、合焦位置での光量の方が小さい。

[0269] その結果、ハロが発生している状態であっても、出射光量が最小となるよ

うに、出射光量に基づいて標本と対物レンズとの間隔を変える。このようにすることで、標本の位置が合焦位置と一致している状態、すなわち、合焦位置を決定することができる。このように、標本観察装置200によれば、合焦状態の検出の誤差要因となる明るさを持つ画素が、合焦状態の検出に用いる全画素の中に含まれていても、合焦状態を検出することができる

[0270] 図15は、合焦状態の画像と非合焦状態の画像である。図15(a)、(b)、(d)、(e)は非合焦状態の画像、図15(c)は、合焦状態の画像である。

[0271] 各画像は、標本観察装置200によって取得している。標本観察装置200では、位相差像が形成される。よって、各画像は位相差観察による画像である。画像の中央部にiPS細胞の画像が位置し、iPS細胞の画像の周囲にフィーダー細胞が位置している。

[0272] 各画像におけるずれ量 ΔZ は、以下の通りである。

画像	ずれ量 ΔZ
図15(a)	$200\mu m$
図15(b)	$100\mu m$
図15(c)	$0\mu m$
図15(d)	$-100\mu m$
図15(e)	$-200\mu m$

図16は、出射光量と合焦状態を示すグラフである。出射光量 I は、標本観察装置200によって取得した画像から求めることができる。画像を構成する各画素の値は、出射光量に対応する。全画素の値を総和することで、出射光量 I を求めることができる。

[0273] 各画像から分かるように、iPS細胞の画像ではハロが生じている。特に、合焦状態での画像、すなわち、 $\Delta Z = 0\mu m$ のときの画像(図15(c))では、非合焦状態での画像に比べると、ハロの明るさが、非常に明るい。

[0274] 一方、図16に示すグラフでは、出射光量 I は、合焦状態、すなわち、 $\Delta Z = 0\mu m$ のときに最小になっている。これは、ハロの明るさが明るくても

、出射光量 I を検出する方法では、ハロの影響を受けにくいことを意味している。

[0275] このように、本実施形態の標本観察装置における合焦方法では、出射光量 I が最小となるように、標本と対物レンズとの間隔を変えることで、標本を合焦位置、又は合焦位置の近傍に位置させることができる。

[0276] 本実施形態の標本観察装置では、照明光学系と観察光学系は、照明光学系の光軸と観察光学系の光軸が交差するように配置されていることが好ましい。

[0277] 図 17 は、本実施形態の別の標本観察装置の主要な構成を示す図である。本実施形態の標本観察装置の光学系は、位相差観察が可能な光学系になっている。

[0278] 標本観察装置 300 は、照明光学系 301 と、観察光学系 302 と、を有する。標本観察装置 300 は、更に、光源と、検出素子と、処理装置と、駆動制御装置と、を備えている。図 17 では、光源、検出素子、処理装置及び駆動制御装置は図示されていない。

[0279] 照明光学系 301 は、コンデンサレンズ 303 と、開口部材 304 と、を有する。観察光学系 302 は、対物レンズ 305 と、減光部材 306 と、結像レンズ 308 と、を有する。

[0280] コンデンサレンズ 303 と対物レンズ 305 は、コンデンサレンズ 303 の瞳と対物レンズ 305 の瞳が共役となるように、各々が位置決めされている。

[0281] 開口部材 304 は、照明光学系 301 の瞳位置に配置されている。より具体的には、開口部材 304 は、コンデンサレンズ 303 の瞳位置、すなわち、コンデンサレンズ 303 の焦点位置に配置されている。

[0282] 開口部材 304 は、開口領域 304 a を有する。開口部材 304 の構造は、開口部材 5 の構造と同じである。よって、開口部材 304 の説明は省略する。減光部材 306 は、減光領域 306 a と、位相領域 306 b と、を有する。減光部材 306 の構造は、減光部材 206 の構造と同じである。よって

、減光部材 306 の説明は省略する。

[0283] 標本観察装置 300 では、標本 S は容器 307 に保持されている。標本 S が生細胞の場合、細胞は培養液のような液体と共に容器 307 で保持されている。容器 307 としては、シャーレやマイクロウェルプレートがある。標本観察装置 300 においても、標本 S には、平行光束の照明光が照射される。

[0284] 標本観察装置 1 では、照明光学系 2 の光軸と観察光学系 3 の光軸が一致するように、照明光学系 2 と観察光学系 3 が配置されている。この場合、照明光学系 2 から標本 S に照射された照明光は、標本 S を通過する。標本 S を通過した照明光の進行方向には、観察光学系 3 が位置している。よって、標本 S を通過した照明光は、観察光学系 3 に入射する。

[0285] これに対して、標本観察装置 300 では、照明光学系 301 と観察光学系 302 は、標本 S に対して、紙面内の下方向に配置されている。すなわち、照明光学系 301 の光軸と観察光学系 302 の光軸が交差するように、照明光学系 301 と観察光学系 302 が配置されている。

[0286] この場合も、照明光学系 301 から標本 S に照射された照明光は、標本 S を通過する。ただし、標本 S を通過した照明光の進行方向には、観察光学系 302 が位置していない。よって、照明光の進行方向に何も無いと、標本 S を通過した照明光は、観察光学系 302 に入射しない。

[0287] 標本観察装置 300 では、容器 307 に反射膜 307a が形成されている。標本 S が無色透明な場合、標本 S に照射され照明光は標本 S を透過する。標本 S を透過した照明光は、容器 307 に入射する。

[0288] 反射膜 307a は、標本 S の上に位置している。容器 307 は、反射膜 307a が形成された面が標本 S 側に向くように配置されている。よって、標本 S を透過した照明光は反射膜 307a で反射され、反射された照明光が標本 S に再び照射される。その結果、標本 S に対して透過照明が行われる。

[0289] このように、標本観察装置 300 では、標本観察装置 1 における透過照明と同様に、標本 S に対して透過照明を行うことができる。

[0290] 標本観察装置300では、合焦状態を検出に、標本Sの像の光量の総和を用いている。この場合、光量の総和に占めるハ口の光量の割合は、小さい。そのため、ハ口の影響を受けにくい。その結果、ハ口が発生している状態でも、出射光量が最小となるように、出射光量に基づいて標本と対物レンズとの間隔を変える。このようにすることで、標本の位置が合焦位置と一致している状態、すなわち、合焦位置を決定することができる。

[0291] また、標本観察装置300では、照明光学系301と観察光学系302は、共に、標本Sの一方の側に位置している。そのため、装置を小型化することができる。

[0292] 本実施形態の標本観察装置は、以下の条件式(2)を満足することが好ましい。

$$0.6 \times R0Bout < R0Bin < 0.9 \times R0Bout \quad (2)$$

ここで、

R0Binは、観察光学系の光軸から減光領域の内縁までの距離、

R0Boutは、観察光学系の光軸から減光領域の外縁までの距離、

である。

[0293] 条件式(2)を満足することで、より精度良く合焦位置が決定できる。

[0294] 本実施形態の標本観察装置は、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

$$0.8 \times R0Bout < \beta \times RILout < R0Bout \quad (3)$$

ここで、

RILoutは、照明光学系の光軸から開口領域の外縁までの距離、

R0Boutは、観察光学系の光軸から減光領域の外縁までの距離、

β は、対物レンズの焦点距離をコンデンサレンズの焦点距離で割った値、である。

[0295] 条件式(3)を満足することで、より精度良く合焦位置が決定できる。

[0296] 本実施形態の標本観察装置は、以下の条件式(4)を満足することが好ましい。

$$R0Bin < \beta \times RILin < 1.2 \times R0Bin \quad (4)$$

ここで、

RILinは、照明光学系の光軸から開口領域の内縁までの距離、

R0Binは、観察光学系の光軸から減光領域の内縁までの距離、

β は、対物レンズの焦点距離をコンデンサレンズの焦点距離で割った値、である。

[0297] 条件式(4)を満足することで、より精度良く合焦位置が決定できる。

[0298] 上述のように、本実施形態の標本観察装置では、観察光学系に減光部材が配置されている。減光部材には、減光領域と非減光領域が形成されている。減光領域は、例えば、図3(c)に示すように、円環の部分が減光領域になっている。この場合、円環の内側と円環の外側が、非減光領域になる。

[0299] しかしながら、円環の部分を非減光領域にしても良い。この場合、円環の内側と円環の外側が、減光領域になる。このようにすると、光量が最大となるように、光量に基づいて標本と対物レンズとの間隔を変えることで、標本の位置が合焦位置と一致している状態、すなわち、合焦位置を決定することができる。

産業上の利用可能性

[0300] 以上のように、本発明は、合焦状態の検出の誤差要因となる明るさを持つ画素が、合焦状態の検出に用いる全画素の中に含まれていても、合焦状態を検出することができる合焦機能を備えた標本観察装置に適している。

符号の説明

- [0301]
- 1 標本観察装置
 - 2 照明光学系
 - 3 観察光学系
 - 4 コンデンサレンズ
 - 4 a、4 b レンズ
 - 5 開口部材
 - 5 a 開口領域

- 6 対物レンズ
- 7 減光部材
- 7 a 減光領域
- 7 a i 減光領域の内縁
- 7 a o 減光領域の外縁
- 8 開口領域の像
- 8 i 開口領域の像の内縁
- 8 o 開口領域の像の外縁
- 9 結像レンズ
- 1 0 0 標本観察装置
- 1 0 本体部
- 1 1 ステージ
- 1 2 モータ
- 2 0 照明部
- 2 1 光源
- 2 2 照明光学系
- 2 3 コンデンサレンズ
- 2 4 開口部材
- 2 5、2 7 レンズ
- 2 6 ミラー
- 3 0 観察部
- 3 1 観察光学系
- 3 2 撮像装置
- 3 3 レボルバ
- 3 4 観察鏡筒
- 3 5 顕微鏡対物レンズ
- 3 6 撮像レンズ
- 3 7 結像レンズ

38 プリズム

39 検出素子

40 処理装置

50 表示装置

60 減光部材

110、120、130、140、150 開口領域

111、121、131、141、151 減光領域

112、122、132、142、152 開口領域の像

200、300 標本観察装置

201、301 照明光学系

202、302 観察光学系

203、303 コンデンサレンズ

203a、203b レンズ

204、304 開口部材

204a、304a 開口領域

205、305 対物レンズ

206、306 減光部材

206a、306a 減光領域

206b、306b 位相領域

207、308 結像レンズ

307 容器

307a 反射膜

S 標本

AX 光軸

IM 像面

F 合焦位置

β_p 瞳倍率

ΔZ ずれ量

H 1 標本の底面

H 2 標本の最高点

請求の範囲

- [請求項1] 光源と、照明光学系と、観察光学系と、検出素子と、処理装置と、駆動制御装置と、を備え、
- 前記照明光学系は、コンデンサレンズと、開口部材と、を有し、
- 前記観察光学系は、対物レンズと、減光部材と、を有し、
- 前記開口部材は、前記照明光学系の瞳位置に配置されるか、又は、前記照明光学系の瞳と共役な位置に配置され、
- 前記減光部材は、前記開口部材と共役な位置に配置され、
- 前記開口部材は、開口領域を有し、
- 前記減光部材は、減光領域を有し、
- 判定領域は、前記開口領域の像と前記減光領域の両方が含まれている領域であり、
- 所定の状態は、前記判定領域において、前記開口領域の像が前記減光領域の領域内のみに位置している状態であり、
- 前記所定の状態が生じるように、前記開口領域の大きさ、前記開口領域の位置、前記減光領域の大きさ、及び前記減光領域の位置が設定されており、
- 前記照明光学系により標本に照射された照明光は、前記標本を透過してから前記観察光学系に入射し、
- 前記検出素子は、前記観察光学系から出射した光を受光し、
- 前記処理装置は、前記検出素子が受光した光の光量を求め、
- 前記駆動制御装置は、前記光量が最小となるように、前記光量に基づいて前記標本と前記対物レンズとの間隔を変えることを特徴とする合焦機能を備えた標本観察装置。
- [請求項2] 前記検出素子は、2次元に配列された微小な受光素子を有することを特徴とする請求項1に記載の合焦機能を備えた標本観察装置。
- [請求項3] 前記開口領域の形状と前記減光領域の形状が、共に、円環であることを特徴とする請求項1に記載の合焦機能を備えた標本観察装置。

[請求項4] 以下の条件式（１）を満足することを特徴とする請求項２に記載の合焦機能を備えた標本観察装置。

$$R0Bin < \beta \times RILin < \beta \times RILout < R0Bout \quad (1)$$

ここで、

RILinは、前記照明光学系の光軸から前記開口領域の内縁までの距離、

RILoutは、前記照明光学系の光軸から前記開口領域の外縁までの距離、

R0Binは、前記観察光学系の光軸から前記減光領域の内縁までの距離、

R0Boutは、前記観察光学系の光軸から前記減光領域の外縁までの距離、

β は、前記対物レンズの焦点距離を前記コンデンサレンズの焦点距離で割った値、
である。

[請求項5] 前記減光部材は、位相領域を有し、
前記位相領域の少なくとも一部と、前記減光領域の少なくとも一部と、が重なっていることを特徴とする請求項１に記載の合焦機能を備えた標本観察装置。

[請求項6] 前記照明光学系と前記観察光学系は、前記照明光学系の光軸と前記観察光学系の光軸が交差するように配置されていることを特徴とする請求項１に記載の合焦機能を備えた標本観察装置。

[請求項7] 以下の条件式（２）を満足することを特徴とする請求項２に記載の合焦機能を備えた標本観察装置。

$$0.6 \times R0Bout < R0Bin < 0.9 \times R0Bout \quad (2)$$

ここで、

R0Binは、前記観察光学系の光軸から前記減光領域の内縁までの距離、

R0Boutは、前記観察光学系の光軸から前記減光領域の外縁までの距離、
である。

[請求項8] 以下の条件式（3）を満足することを特徴とする請求項2に記載の合焦機能を備えた標本観察装置。

$$0.8 \times R0Bout < \beta \times RILout < R0Bout \quad (3)$$

ここで、

RILoutは、前記照明光学系の光軸から前記開口領域の外縁までの距離、

R0Boutは、前記観察光学系の光軸から前記減光領域の外縁までの距離、

β は、前記対物レンズの焦点距離を前記コンデンサレンズの焦点距離で割った値、
である。

[請求項9] 以下の条件式（4）を満足することを特徴とする請求項2に記載の合焦機能を備えた標本観察装置。

$$R0Bin < \beta \times RILin < 1.2 \times R0Bin \quad (4)$$

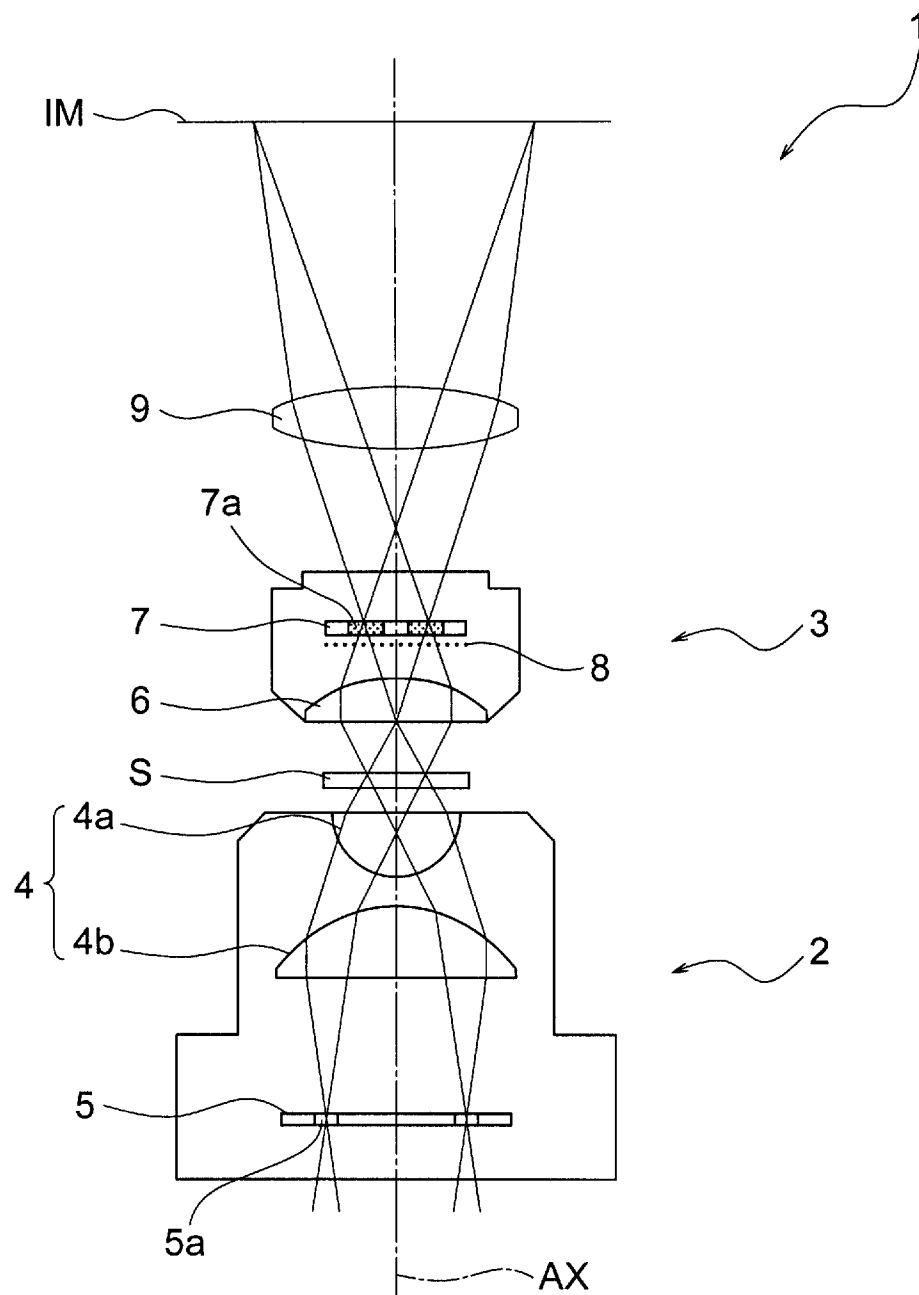
ここで、

RILinは、前記照明光学系の光軸から前記開口領域の内縁までの距離、

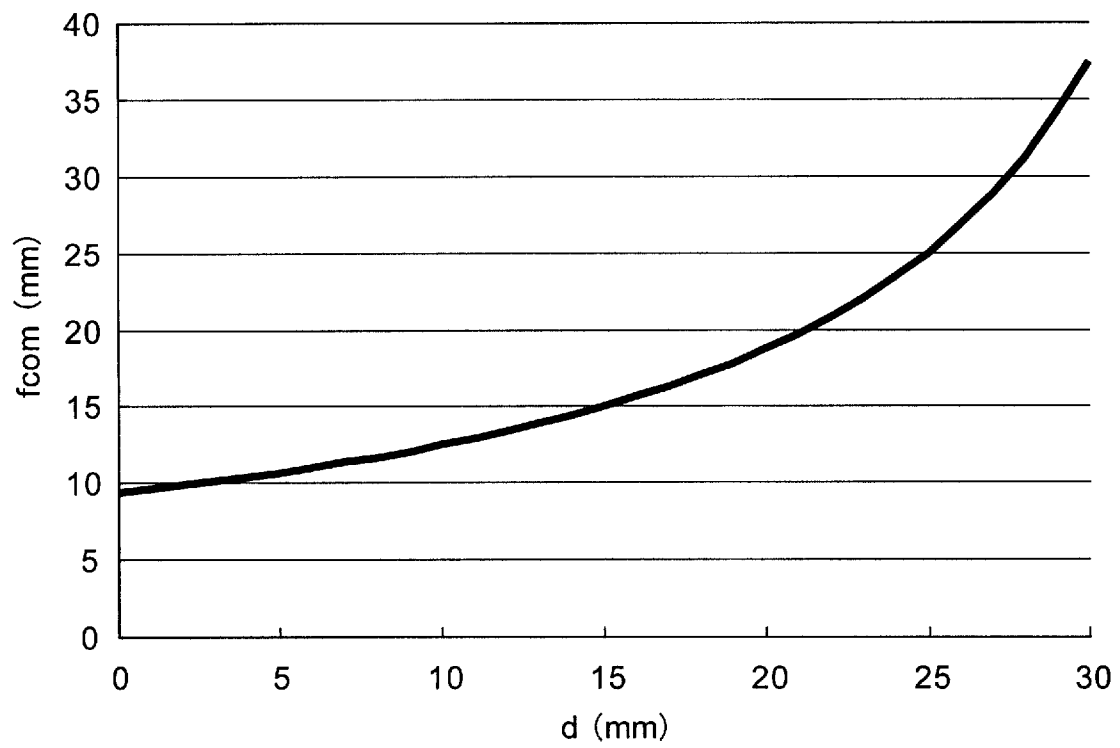
R0Binは、前記観察光学系の光軸から前記減光領域の内縁までの距離、

β は、前記対物レンズの焦点距離を前記コンデンサレンズの焦点距離で割った値、
である。

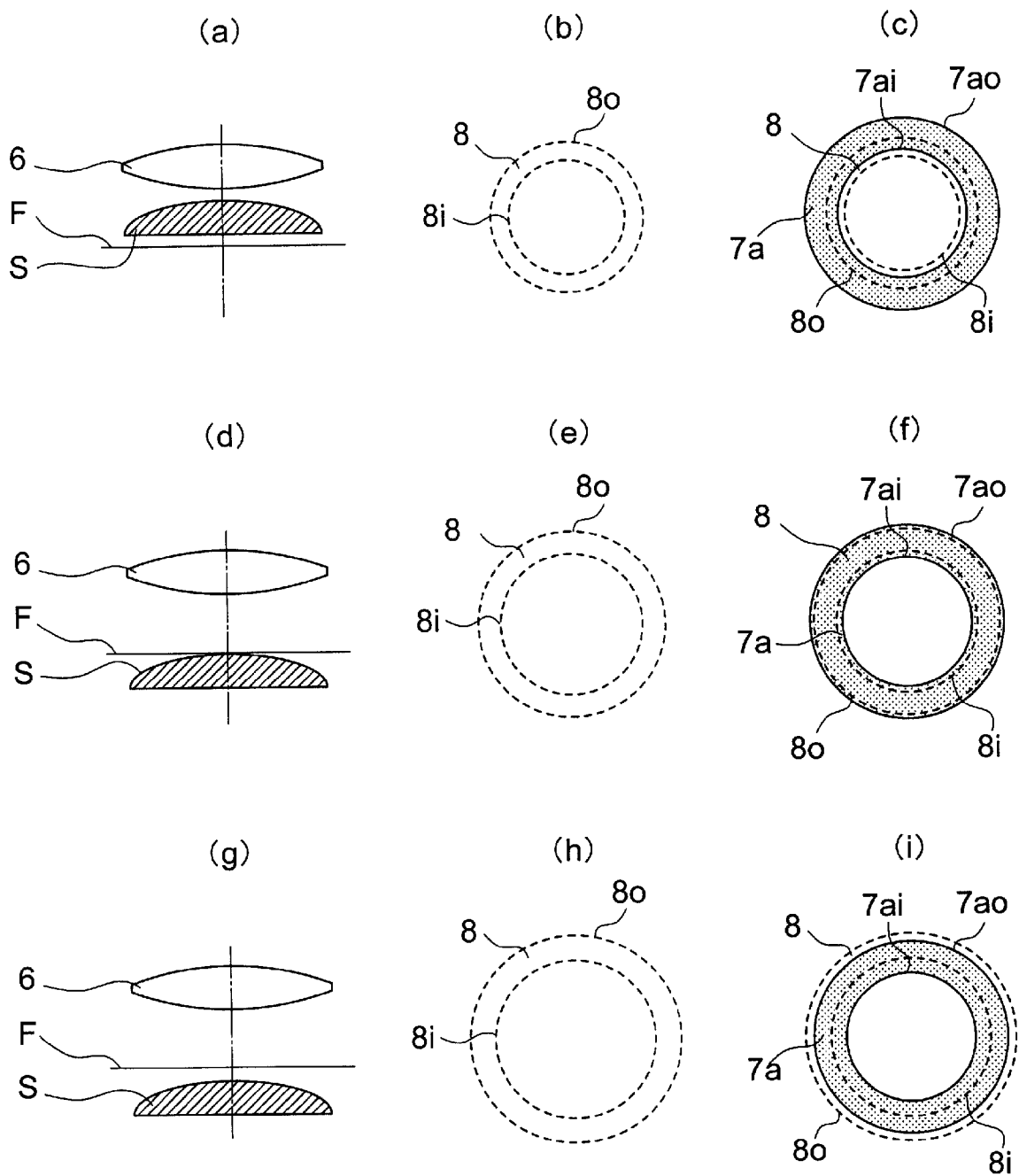
[図1]



[図2]

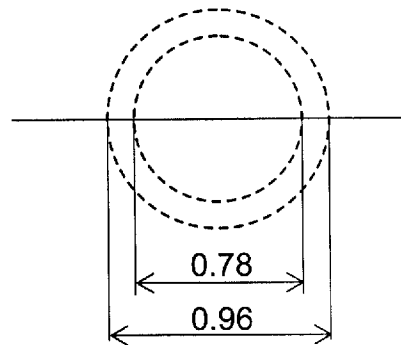


[図3]

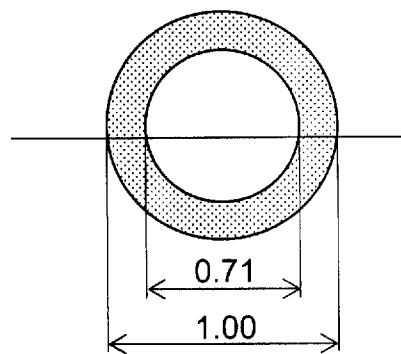


[図4]

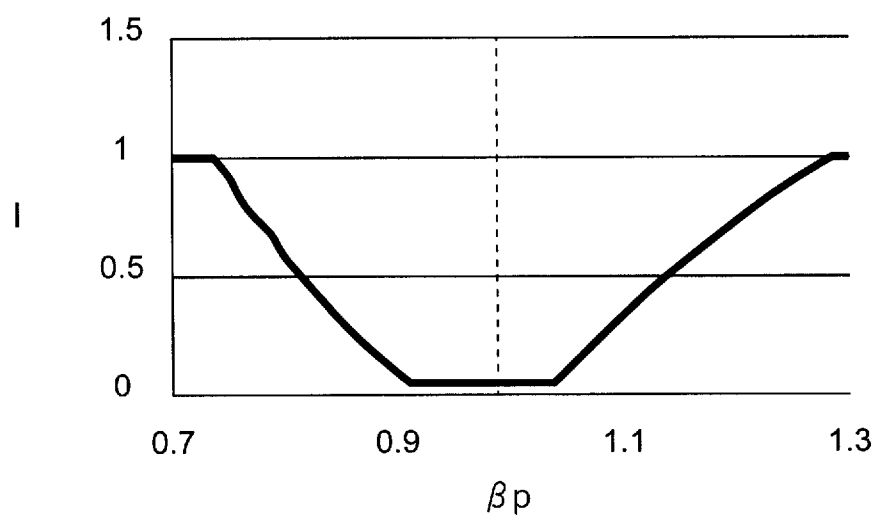
(a)



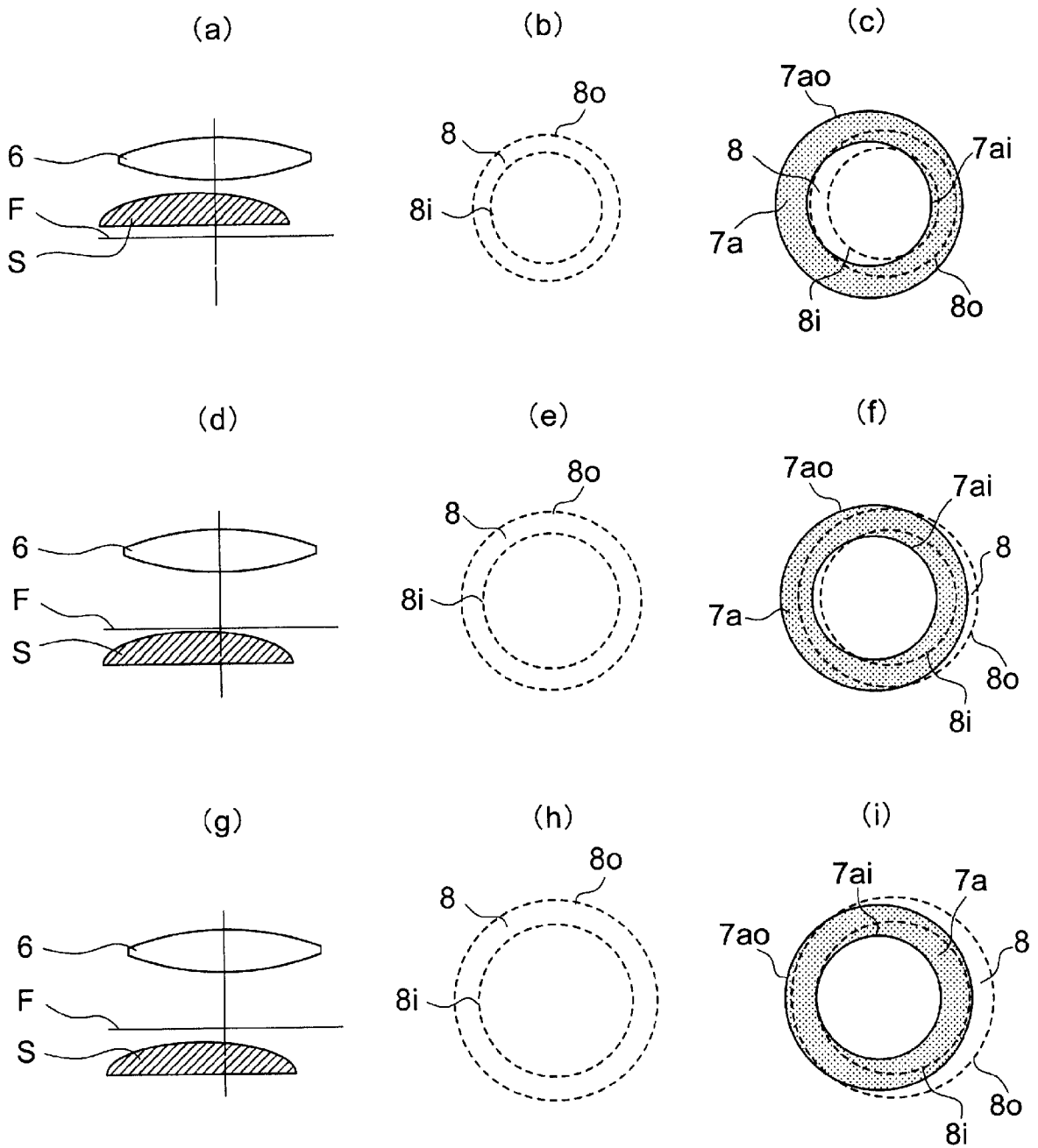
(b)



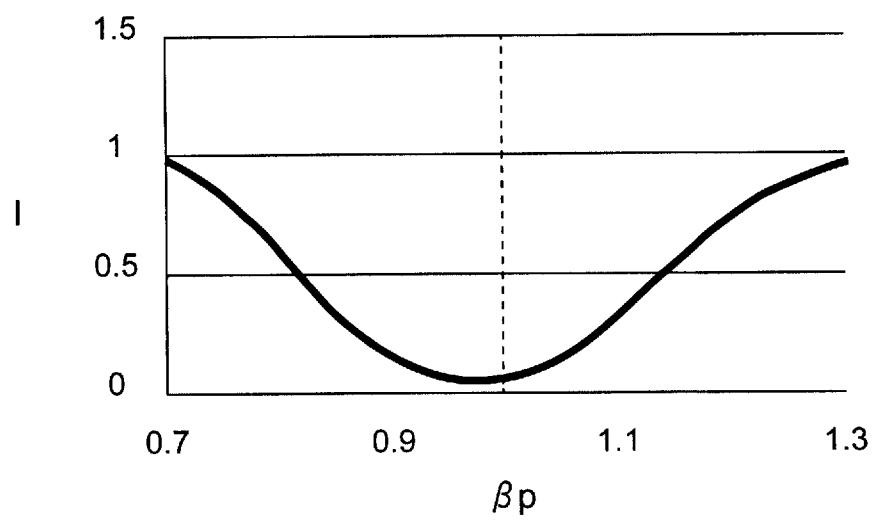
(c)



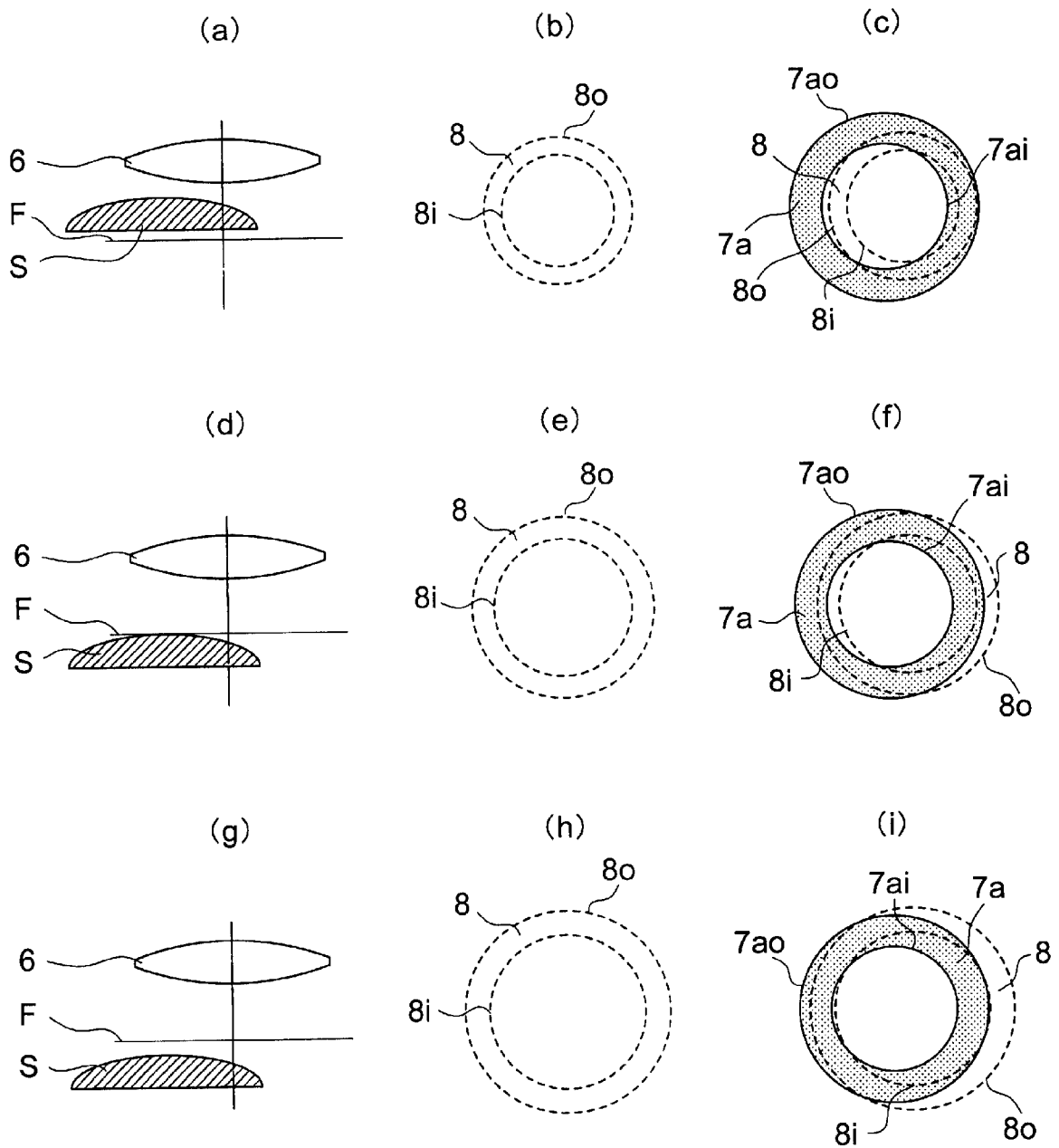
[図5]



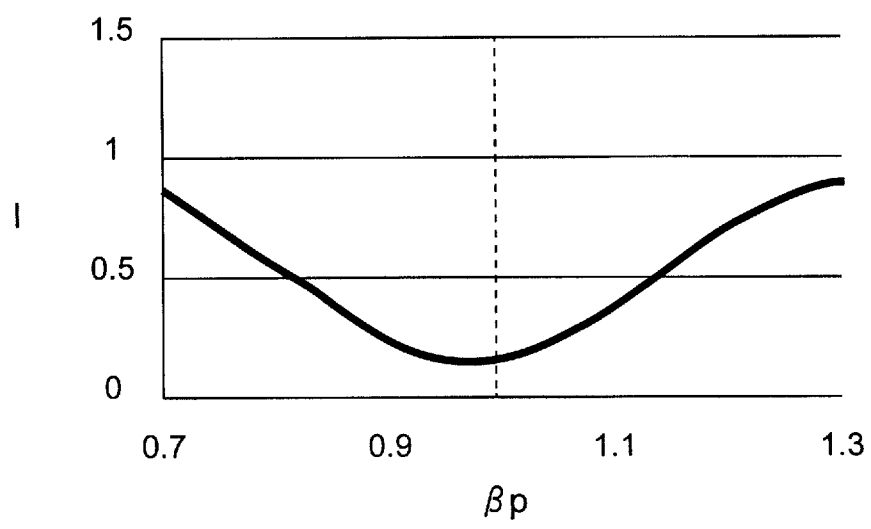
[図6]



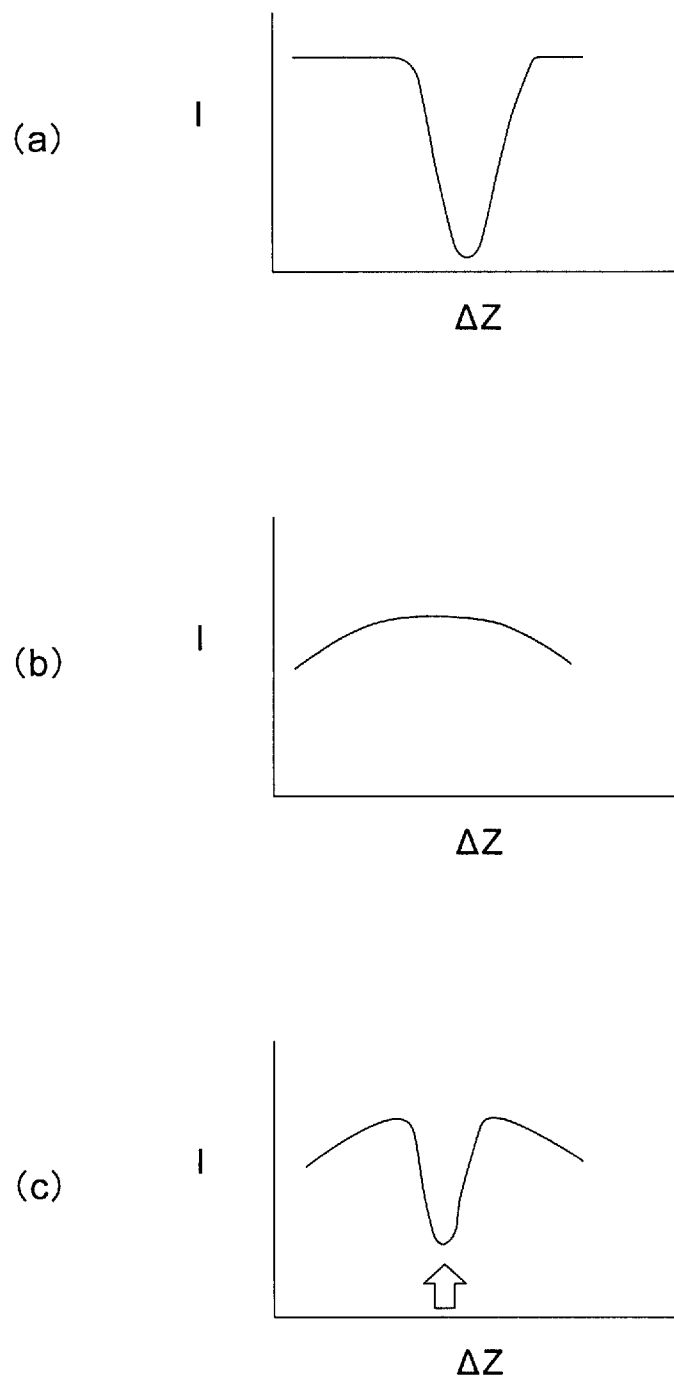
[図7]



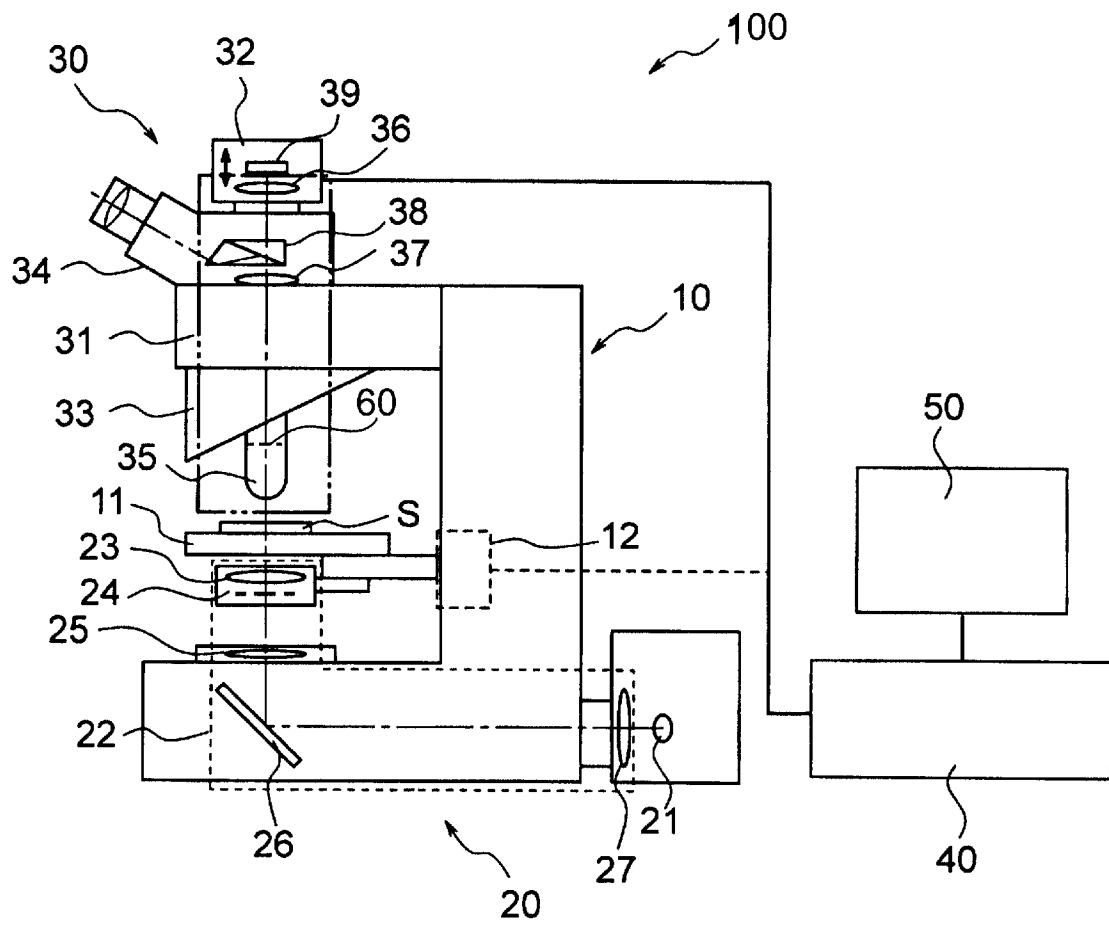
[図8]



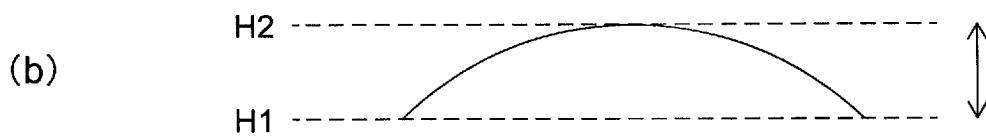
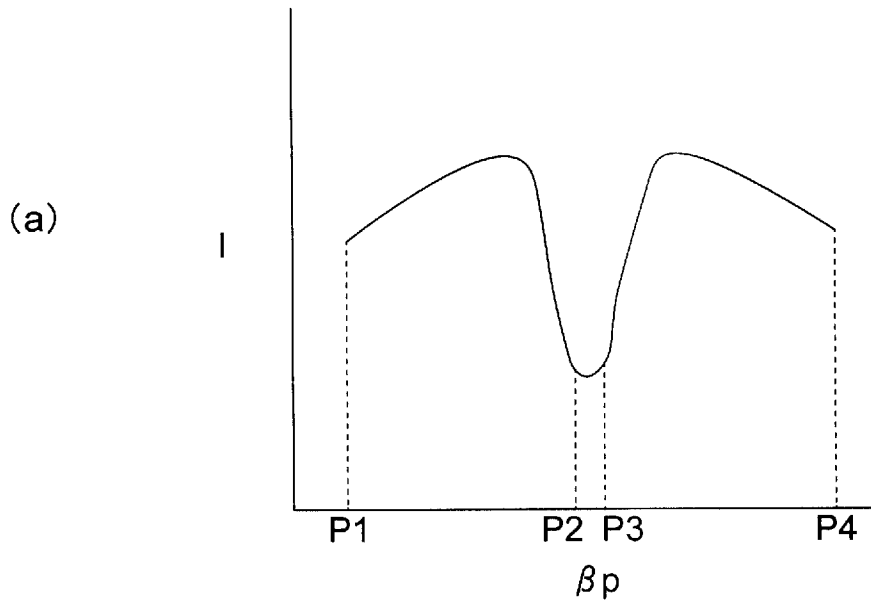
[図9]



[図10]

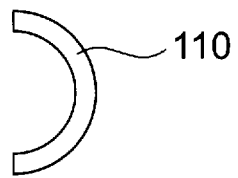


[図11]

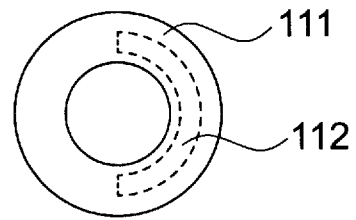


[図12]

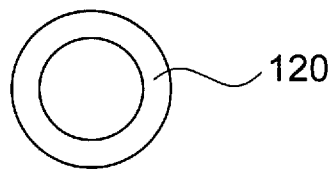
(a)



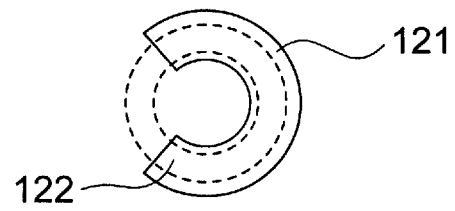
(b)



(c)

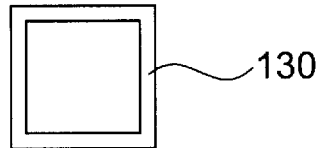


(d)

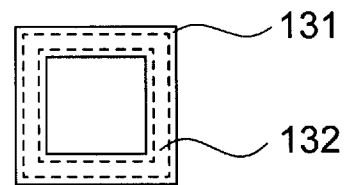


[図13]

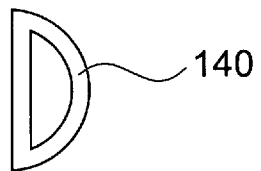
(a)



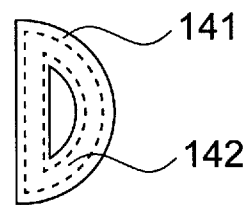
(b)



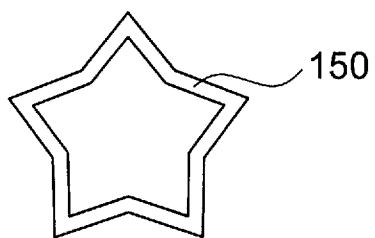
(c)



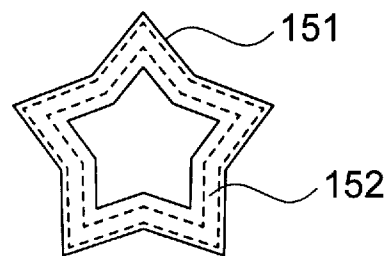
(d)



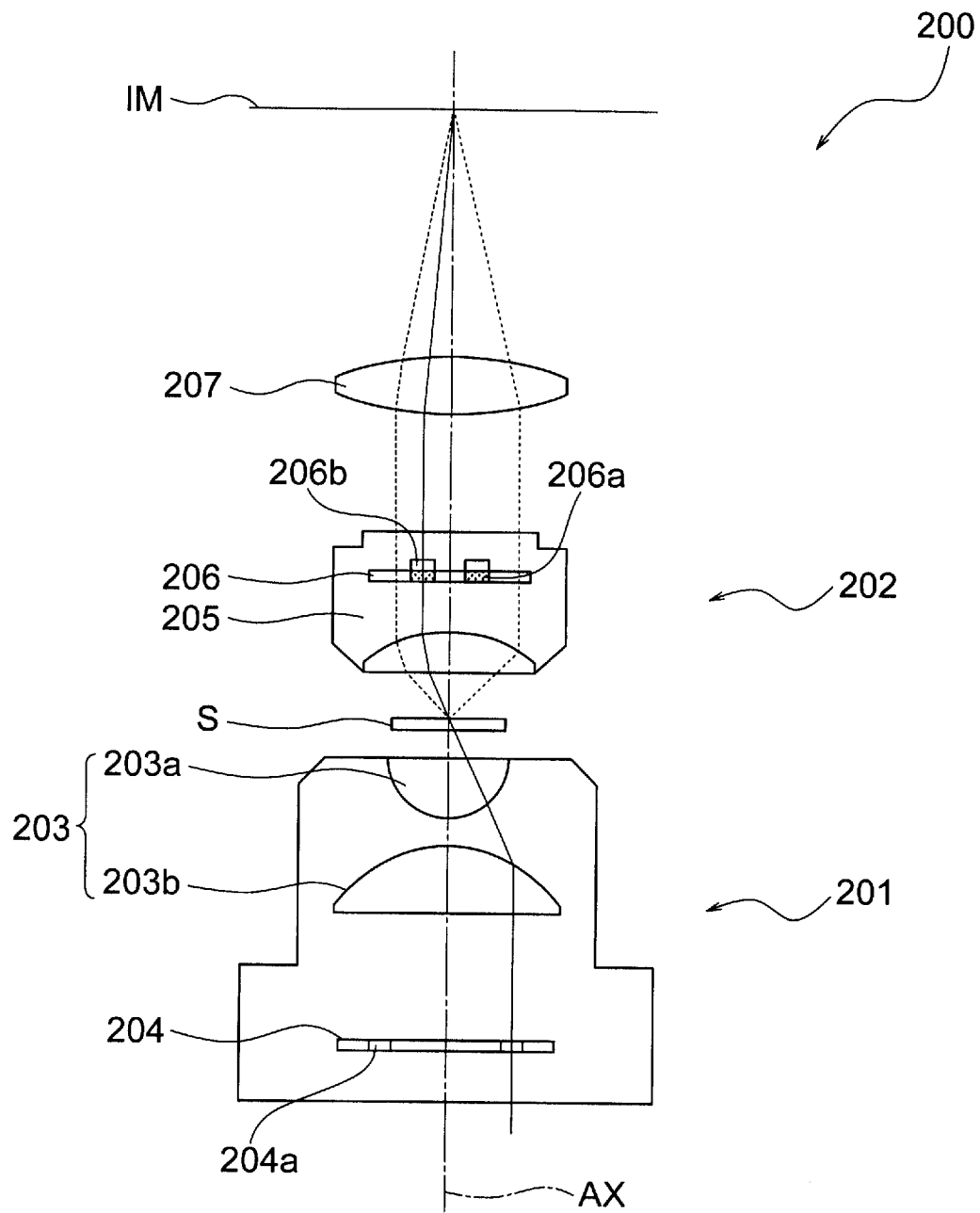
(e)



(f)

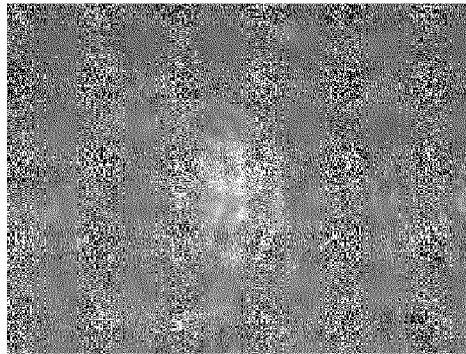


[図14]

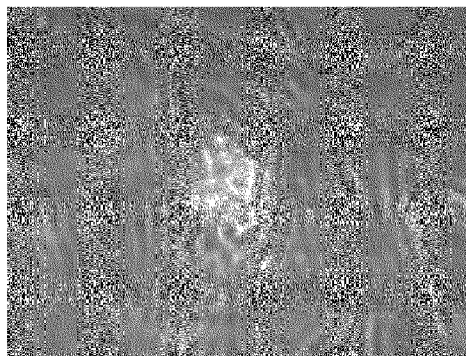


[図15]

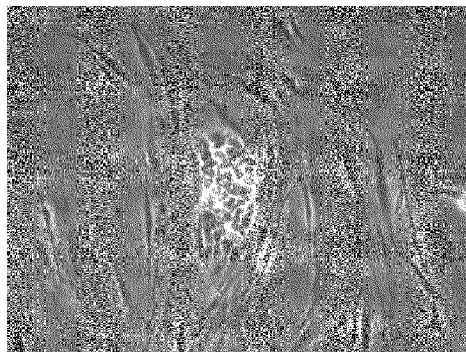
(a)



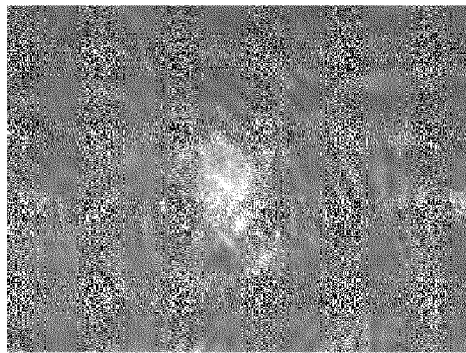
(b)



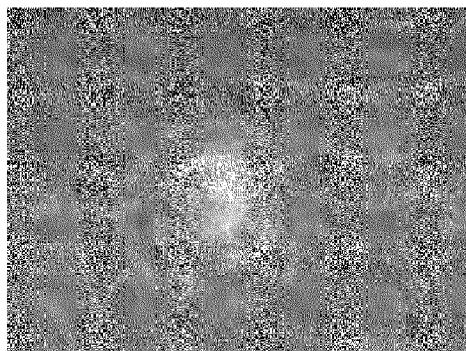
(c)



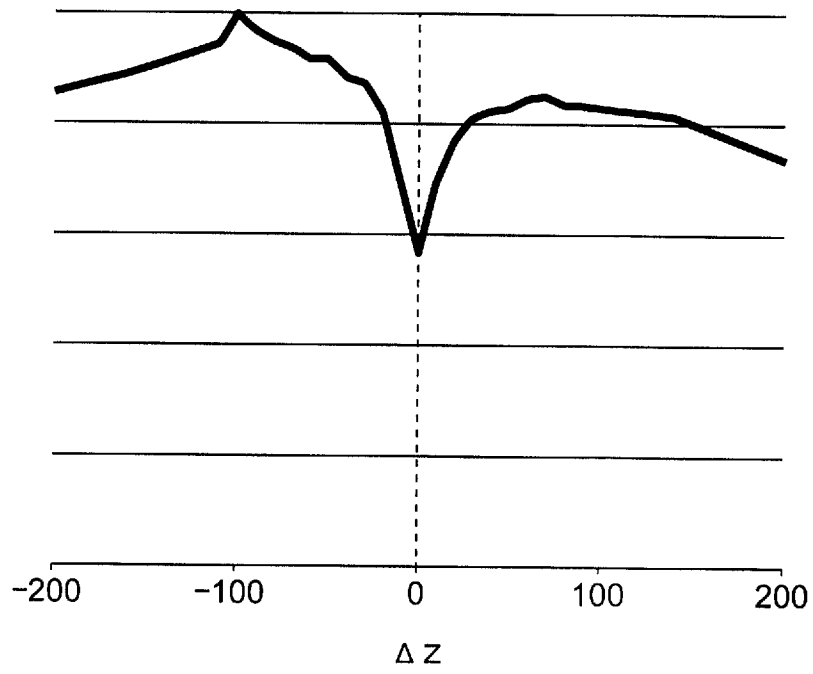
(d)



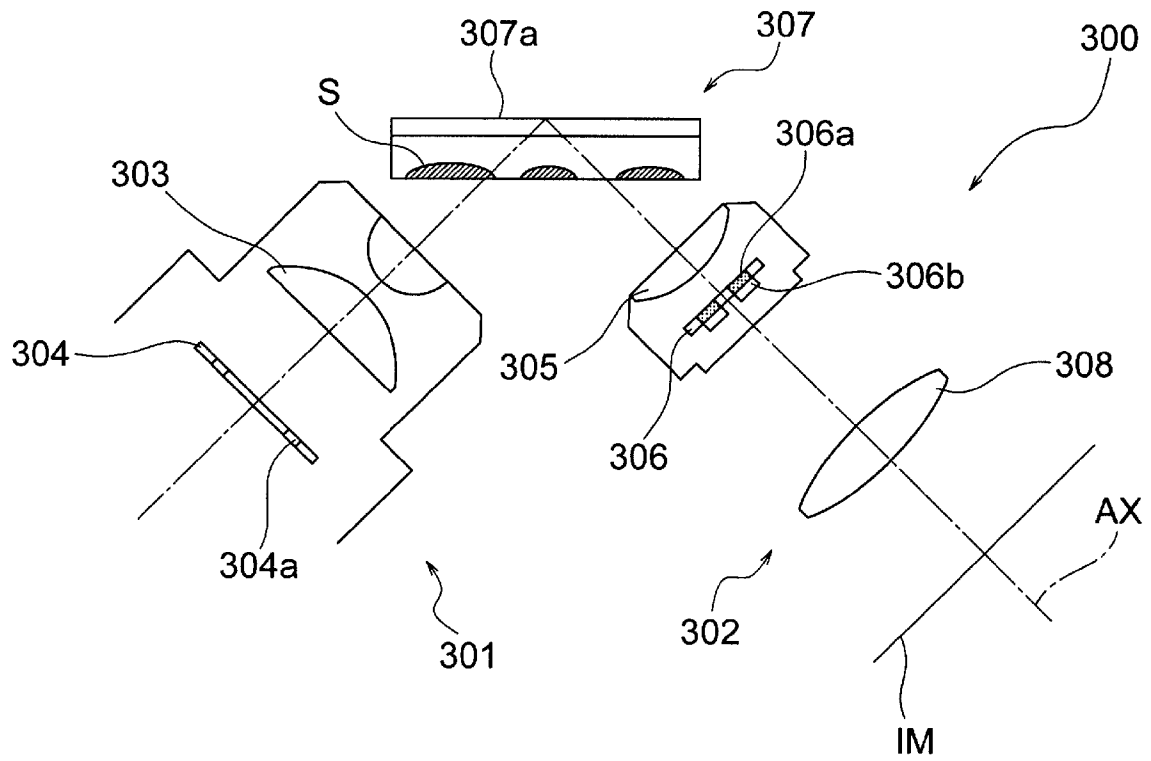
(e)



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/017532

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B21/00(2006.01)i, G02B7/28(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B21/00, G02B7/28

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-158570 A (Olympus Corp.), 03 September 2015 (03.09.2015), claims; entire text; all drawings & US 2016/0357002 A1 all claims, paragraphs and figures & WO 2015/125524 A1	1-9
A	JP 02-190808 A (NEC Corp.), 26 July 1990 (26.07.1990), claims; entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 61-202343 A (Alps Electric Co., Ltd.), 08 September 1986 (08.09.1986), claims; entire text; all drawings (Family: none)	1-9

☒ 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
31 July 2017 (31.07.17)

Date of mailing of the international search report
08 August 2017 (08.08.17)

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/JP2017/017532

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 63-221310 A (NEC Corp.), 14 September 1988 (14.09.1988), claims; entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 63-153419 A (Mitsutoyo Corp.), 25 June 1988 (25.06.1988), claims; entire text; all drawings (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B21/00(2006.01)i, G02B7/28(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B21/00, G02B7/28

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
A	JP 2015-158570 A（オリンパス株式会社）2015.09.03, 特許請求の範囲、全文、全図 & US 2016/0357002 A1, all claims, paragraphs and figures & WO 2015/125524 A1	1-9
A	JP 02-190808 A（日本電気株式会社）1990.07.26, 特許請求の範囲、全文、全図（ファミリーなし）	1-9
A	JP 61-202343 A（アルプス電気株式会社）1986.09.08, 特許請求の範囲、全文、全図（ファミリーなし）	1-9

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

国際調査を完了した日

31.07.2017

国際調査報告の発送日

08.08.2017

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）

越河 勉

2 V

9313

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

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 63-221310 A (日本電気株式会社) 1988. 09. 14, 特許請求の範囲、 全文、全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 63-153419 A (株式会社ミットヨ) 1988. 06. 25, 特許請求の範囲、 全文、全図 (ファミリーなし)	1-9