

(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10月18日(18.10.2018)



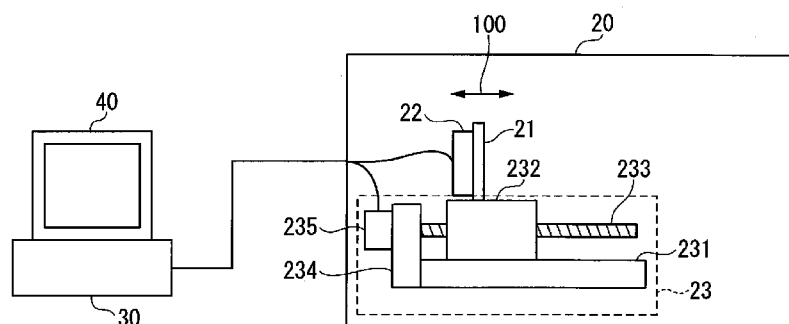
(10) 国際公開番号

WO 2018/190132 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 21/36 (2006.01) *G02B 21/00* (2006.01)
G01J 9/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/012893
- (22) 国際出願日: 2018年3月28日(28.03.2018)
- (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 2017-079985 2017年4月13日(13.04.2017) JP
- (71) 出願人: 横河電機株式会社(YOKOGAWA ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1808750 東京都武蔵野市中町2丁目9番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山宮 広之(SANGU Hiroyuki); 〒1808750 東京都武蔵野市中町2丁目9番3号 横河電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 棚井 澄雄, 外 (TANAI Sumio et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 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, JO, KE, KG, KH,

(54) Title: MICROSCOPE SYSTEM, MICROSCOPE, PROCESSING DEVICE, AND CAMERA FOR MICROSCOPES

(54) 発明の名称: 顕微鏡システム、顕微鏡、処理装置、及び顕微鏡用カメラ



(57) Abstract: A microscope system comprising: a camera for microscopes that is attached to a microscope and captures observation images from the microscope; an imaging element having observation images incident thereto via a microscope imaging lens; an imaging unit that uses the imaging element and captures a plurality of images of the observation image that have different optical distances from the imaging lens to the imaging element and different microscope focal planes; and an image processing unit that uses the plurality of images captured by the imaging unit and restores the phase information



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).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

of the observation image and enhances the contrast of the images.

(57) 要約：顕微鏡に装着され、顕微鏡による観察像を撮像する顕微鏡用カメラを備える顕微鏡システムであって、顕微鏡の結像レンズを介して観察像が入射される撮像素子と、結像レンズから撮像素子までの光学的距離が異なる観察像の画像であって顕微鏡の焦点面が異なる観察像の画像を撮像素子を用いて複数枚撮像する撮像部と、撮像部が撮像した複数枚の画像を用いて観察像の位相情報を復元するとともに、前記観察像のコントラストを増強する画像処理部と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

顕微鏡システム、顕微鏡、処理装置、及び顕微鏡用カメラ

技術分野

[0001] 本発明は、顕微鏡システム、顕微鏡、処理装置、及び顕微鏡用カメラに関する。

背景技術

[0002] 顕微鏡画像の撮像及び画像処理に関する技術として、顕微鏡の焦点面の異なる画像を複数枚撮像を行い、それらの画像にフーリエ変換や画像演算を行って位相情報を回復させた画像を得る手法が開示されている（例えば、特許文献１）。この特許文献１では、顕微鏡の観察対象の試料を載せるステージをモータなどで移動させることにより、焦点面を移動させながら画像を撮像する例が開示されている。また、一般に生物を観察する顕微鏡などでは観察対象の試料を下方から観察する倒立型顕微鏡が知られている。この倒立型顕微鏡では、対物レンズを観察対象に対してモータなどで上下させて撮像される。

[0003] このように、観察対象と対物レンズの相対距離を変化させて画像を観察することが一般的である。このようにして撮像された複数枚の画像から位相を回復させることによって、位相差顕微鏡画像に類似した画像を撮像することができる。この方式では、従来の位相差顕微鏡のように特殊な照明や対物レンズを使う必要が無く簡便な構成で済む上に、位相差顕微鏡画像よりもコントラストが強く、画像解析に適した画像を撮像することができる。

[0004] また、特許文献２には、レンズに加えて撮像素子を移動（進退移動）させることにより合焦を制御する例が開示されている。また、特許文献３には、撮像素子を移動（進退移動）させて画像を複数枚撮像することにより、被写界深度の深い画像を合成する例が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特表2002-529689号公報

特許文献2：特開平8-29668号公報

特許文献3：特開2003-78802公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1に開示されている構成では、顕微鏡の観察対象の試料を載せるステージを駆動するモータと顕微鏡画像を撮像するカメラとを同期させながら顕微鏡画像の撮像を行う必要があり、構成が煩雑であった。また、特許文献2には、合焦を制御するために、レンズに加えて撮像素子を移動（進退移動）させる例が開示されているが、焦点面を移動させながら画像を撮像することはできない。また、特許文献3には、撮像素子を移動（進退移動）させた画像を複数枚撮像することにより、被写界深度の深い画像を合成する例が開示されているが、位相回復画像を構築することはできない。

[0007] 本発明の一つの態様は、上記した事情に鑑みてなされたもので、従来より簡便な構成で焦点面の異なる顕微鏡画像から位相回復画像を構築することができる顕微鏡システム、顕微鏡、処理装置、及び顕微鏡用カメラを提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するために、本発明の一態様は、顕微鏡に装着され、前記顕微鏡による観察像を撮像する顕微鏡用カメラを備える顕微鏡システムであって、前記顕微鏡の結像レンズを介して前記観察像が入射される撮像素子と、前記結像レンズから前記撮像素子までの光学的距離が異なる前記観察像の画像であって焦点面が異なる前記観察像の画像を前記撮像素子を用いて複数枚撮像する撮像部と、を備える顕微鏡システムである。

[0009] また、本発明の一態様は、上記顕微鏡システムが、前記結像レンズから前

記撮像素子までの光学的距離を変更可能な距離変更部、を備え、前記撮像部が、前記距離変更部により前記光学的距離が変更されることに応じて、前記光学的距離が異なる前記観察像の画像を前記撮像素子を用いて複数枚撮像する。

[0010] また、本発明の一態様は、上記顕微鏡システムにおいて、前記距離変更部が、前記結像レンズから前記撮像素子への光軸方向に前記撮像素子を移動することにより、前記光学的距離を変更する。

[0011] また、本発明の一態様は、上記顕微鏡システムにおいて、前記距離変更部が、前記結像レンズから前記撮像素子までの間に設けられた光学系を変更することにより、前記光学的距離を変更する。

[0012] また、本発明の一態様は、上記顕微鏡システムにおいて、前記距離変更部が、前記結像レンズから前記撮像素子までの間に前記光学系として設けられた光学レンズが光軸方向に移動可能であり、当該光学レンズを前記光軸方向に移動することにより、前記光学的距離を変更する。

[0013] また、本発明の一態様は、上記顕微鏡システムにおいて、前記距離変更部が、前記結像レンズから前記撮像素子までの間に前記光学系として設けられた光学レンズを前記光学系に対して挿脱することにより、前記光学的距離を変更する。

[0014] また、本発明の一態様は、上記顕微鏡システムにおいて、前記顕微鏡用カメラが、前記結像レンズから前記撮像素子への光軸方向に移動可能に設けられており、前記距離変更部が、前記顕微鏡用カメラまたは前記結像レンズを前記光軸方向に相対的に移動することにより、前記光学的距離を変更する。

[0015] また、本発明の一態様は、上記顕微鏡システムが、前記結像レンズを介して前記観察像が入射される複数の前記撮像素子を備え、複数の前記撮像素子が、前記光学的距離が異なるように設けられており、前記撮像部は、前記光学的距離が異なる前記観察像の画像を複数の前記撮像素子を用いて同時に撮像する。また、本発明の一態様は、上記顕微鏡システムが、前記観察像を、複数の前記撮像素子に入射させる少なくとも一つのビームスプリッタを備え

る。

[0016] また、本発明の一態様は、観察対象が設置されるステージと、対物レンズと、前記対物レンズを介して入射される前記観察対象の像を結像する結像レンズと、前記結像レンズにより結像された観察像が入射される撮像素子と、前記結像レンズから前記撮像素子までの光学的距離が異なる複数の前記観察像の画像であって焦点面が異なる前記観察像の画像を前記撮像素子を用いて撮像する撮像部と、前記撮像部が撮像した前記複数枚の画像を用いて前記観察像の位相情報を復元するとともに、前記観察像のコントラストを増強する画像処理部と、を備える顕微鏡である。

[0017] また、本発明の一態様は、顕微鏡に装着され、前記顕微鏡による観察像を撮像する顕微鏡用カメラを制御する処理装置であって、前記顕微鏡の結像レンズから、前記結像レンズを介して観察像が入射される撮像素子までの光学的距離を変更させる制御を行う距離変更制御部と、前記距離変更制御部により前記光学的距離が変更されることに応じて、前記光学的距離が異なる前記観察像の画像であって前記顕微鏡の焦点面が異なる前記観察像の画像を前記撮像素子を用いて複数枚撮像させる制御を行う撮像制御部と、前記撮像制御部の制御によって撮像された前記複数枚の画像を用いて前記観察像の位相情報を復元するとともに、前記観察像のコントラストを増強する画像処理部と、を備える処理装置である。

[0018] また、本発明の一態様は、上記処理装置において、前記光学的距離が異なる前記観察像を撮像した複数枚の画像のうち少なくとも一部の撮像画像の倍率を補正する倍率補正部、を備える。

[0019] また、本発明の一態様は、顕微鏡に装着され、前記顕微鏡による観察像を撮像する顕微鏡用カメラであって、前記顕微鏡の結像レンズを介して前記観察像が入射される撮像素子と、前記結像レンズから前記撮像素子までの光学的距離が異なる前記観察像の画像であって前記顕微鏡の焦点面が異なる前記観察像の画像を前記撮像素子を用いて複数枚撮像する撮像部と、を備える顕微鏡用カメラである。

- [0020] また、本発明の一態様は、上記顕微鏡用カメラが、前記結像レンズから前記撮像素子までの光学的距離を変更可能な距離変更部、を備え、前記撮像部が、前記距離変更部により前記光学的距離が変更されることに応じて、前記光学的距離が異なる前記観察像の画像を前記撮像素子を用いて複数枚撮像する。
- [0021] また、本発明の一態様は、上記顕微鏡用カメラにおいて、前記距離変更部が、前記結像レンズから前記撮像素子への光軸方向に前記撮像素子を移動することにより、前記光学的距離を変更する。
- [0022] また、本発明の一態様は、上記顕微鏡用カメラにおいて、前記距離変更部が、前記結像レンズから前記撮像素子までの間に設けられた光学系を変更することにより、前記光学的距離を変更する。
- [0023] また、本発明の一態様は、上記顕微鏡用カメラにおいて、前記距離変更部が、前記結像レンズから前記撮像素子までの間に前記光学系として設けられた光学レンズが光軸方向に移動可能であり、当該光学レンズを前記光軸方向に移動することにより、前記光学的距離を変更する。
- [0024] また、本発明の一態様は、上記顕微鏡用カメラにおいて、前記距離変更部が、前記結像レンズから前記撮像素子までの間に前記光学系として設けられた光学レンズを前記光学系に対して挿脱することにより、前記光学的距離を変更する。
- [0025] また、本発明の一態様は、上記顕微鏡用カメラが、前記結像レンズから前記撮像素子への光軸方向に移動可能に設けられており、前記距離変更部が、前記顕微鏡用カメラまたは前記結像レンズを前記光軸方向に相対的に移動することにより、前記光学的距離を変更する。
- [0026] また、本発明の一態様は、上記顕微鏡用カメラが、前記結像レンズを介して前記観察像が入射される複数の前記撮像素子を備え、複数の前記撮像素子が、前記光学的距離が異なるように設けられており、前記撮像部は、前記光学的距離が異なる前記観察像の画像を複数の前記撮像素子を用いて同時に撮像する。

発明の効果

[0027] 本発明によれば、従来より簡便な構成で焦点面の異なる顕微鏡画像から位相回復画像を構築することができる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]第1の実施形態に係る顕微鏡システムの構成の一例を示す図。

[図2]第1の実施形態に係る顕微鏡用カメラの構成の一例を示す詳細図。

[図3]第1の実施形態に係る顕微鏡画像撮像処理の一例を示すフローチャート。

[図4]第1の実施形態に係る撮像素子の位置が初期状態のときの光学的距離についての説明図。

[図5]第1の実施形態に係る撮像素子を光軸方向（前方）へ移動させたときの光学的距離についての説明図。

[図6]第1の実施形態に係る撮像素子を光軸方向（後方）へ移動させたときの光学的距離についての説明図。

[図7]第1の実施形態に係る処理装置の機能構成の一例を示すブロック図。

[図8]第2の実施形態に係る光学的距離を変更する例を説明する図。

[図9]第3の実施形態に係る光学的距離を変更する例を説明する図。

[図10]第4の実施形態に係る光学的距離を変更する例を説明する図。

[図11]第5の実施形態に係る光学的距離が異なる観察像の画像を同時に複数枚撮像する例を説明する図。

発明を実施するための形態

[0029] 以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。

なお、以下の各実施形態の説明で用いる図面は、説明を分かりやすくするため、要部となる部分を主に記載し、他の記載を適宜省略している。また、便宜上、要部となる部分を拡大して示している場合があり、各構成要素の寸法比率などについては実際と同じであるとは限らない。また、各図において、共通する構成には同じ符号を付しており、その説明を省略する。

[0030] [第1の実施形態]

まず、本発明の第１の実施形態について説明する。

(顕微鏡システムの構成)

図１は、第１の実施形態に係る顕微鏡システム１の構成の一例を示す図である。図示する顕微鏡システム１は、顕微鏡本体である顕微鏡１０と、顕微鏡１０に装着される顕微鏡用カメラ２０と、顕微鏡用カメラ２０を制御する処理装置３０と、処理装置３０に付属するモニタ４０とを備えている。

[0031] 顕微鏡１０は、透過照明１１、試料ステージ１２、対物レンズ１３、折り曲げミラー１４、及び結像レンズ１５を備えている。透過照明１１は、試料ステージ１２に対して観察のための光を照射する。試料ステージ１２には、この顕微鏡１０で観察する観察対象となる試料が設置される。対物レンズ１３は、試料ステージ１２に設置された観察対象の像を拡大する。折り曲げミラー１４は、対物レンズ１３により拡大された観察対象の像の平行光を結像レンズ１５へ導く。対物レンズ１３から折り曲げミラー１４を介して導かれる平行光は、結像レンズ１５により結像される。以下の説明において、結像レンズ１５により結像される観察対象の像を観察像ともいう。なお、本図では、人が顕微鏡１０を観察するのではなく、顕微鏡用カメラ２０が装着されるため、結像レンズ１５の後段に接眼レンズは装着されていない。

[0032] 顕微鏡用カメラ２０は、顕微鏡１０に装着され、顕微鏡１０から入射される観察像を撮像する。図示する顕微鏡用カメラ２０は、顕微鏡１０の結像レンズ１５を介して観察像が入射される撮像素子２１を備えている。例えば、結像レンズ１５により観察像が撮像素子２１の撮像面に結像される。顕微鏡用カメラ２０は、撮像素子２１を用いて顕微鏡１０による観察像を撮像する。なお、本図において符号Ｋが示す一点鎖線は、対物レンズ１３、折り曲げミラー１４、及び結像レンズ１５を介して撮像素子２１に入射される光の光軸を示しており、他の図でも同様である。

[0033] 次に、図２を参照して、顕微鏡用カメラ２０の構成について詳しく説明する。図２は、第１の実施形態に係る顕微鏡用カメラ２０の構成の一例を示す詳細図である。顕微鏡用カメラ２０は、撮像素子２１と、撮像素子２１を用

いて顕微鏡 10 による観察像を撮像する撮像部 22 と、結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの光学的距離を変更可能な距離変更部 23 とを備えている。

[0034] 距離変更部 23 は、光軸方向に撮像素子 21 を移動することにより結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの光学的距離を変更する。ここで、光軸方向とは、結像レンズ 15 を介して撮像素子 21 に入射される光の光軸に沿った方向（即ち、結像レンズ 15 から撮像素子 21 への光軸方向）である。光軸方向は、結像レンズ 15 に対して撮像素子 21 が近づく方向と遠ざかる方向との両方向を含む。例えば、距離変更部 23 は、リニアガイド 231、ステージ部 232、ボールねじ 233、固定ブロック 234、ステッピングモータ 235 を備えている。撮像素子 21 は、リニアガイド 231 上のステージ部 232 に固定されており、矢印 100 が示す方向（光軸方向）に並進可能である。リニアガイド 231 には固定ブロック 234 が連結されており、固定ブロック 234 にはステッピングモータ 235 が固定されている。さらに、固定ブロック 234 には図示しないベアリングにより、ボールねじ 233 が回転自在に支持されている。ボールねじ 233 は、ステッピングモータ 235 と図示しないカップリングにより連結されている。また、ステージ部 232 内部には図示しないボールナットが配置されており、ボールねじ 233 と螺合されている。これらの構成により、ステッピングモータ 235 を駆動させることによってボールねじ 233 が回転し、ステージ部 232 とともに撮像素子 21 が矢印 100 によって示される方向（光軸方向）へ並進する。また、撮像素子 21 を用いて撮像する撮像部 22 とステッピングモータ 235 とは、処理装置 30 に接続されている。

[0035] 処理装置 30 は、ユーザが利用するコンピュータ装置であり、PC (Personal Computer)、タブレット PC、スマートフォンやフィーチャーフォン等の携帯電話機、携帯情報端末 (PDA: Personal Digital Assistant) 等を適用できる。

[0036] 例えば、処理装置 30 は、顕微鏡用カメラ 20 の撮像部 22 とステッピン

グモータ 235 とを制御することにより、光軸方向に撮像素子 21 を移動させる。例えば、処理装置 30 は、光軸方向に撮像素子 21 を並進移動させて、結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの光学的距離が異なる（即ち、焦点面が異なる）観察像の画像を複数枚撮像させるよう、顕微鏡用カメラ 20 を制御する。また、処理装置 30 は、光学的距離が異なる複数枚の画像から、位相情報を回復（復元）した撮像画像（位相回復画像）を構築（生成）する。

[0037] （顕微鏡画像撮像処理の動作）

次に、図 3～図 6 を参照して、処理装置 30 が、顕微鏡用カメラ 20 の撮像素子 21 を光軸方向へ移動（並進移動）させることにより、光学的距離が異なる観察像の画像を複数枚撮像させ、位相回復画像を構築する顕微鏡画像撮像処理の動作について説明する。図 3 は、第 1 の実施形態に係る顕微鏡画像撮像処理の一例を示すフローチャートである。また、図 4 は、撮像素子 21 の位置が初期状態のときの光学的距離についての説明図である。図 5 及び図 6 は、撮像素子 21 を光軸方向へ移動させたときの光学的距離についての説明図である。

[0038] ステップ S100：まず、透過照明 11 からの光は試料ステージ 12 に設置された試料を照明する。ここで試料を通過した光は、対物レンズ 13 に入射し、折り曲げミラー 14 によって向きを変えられて、結像レンズ 15 によって顕微鏡用カメラ 20 の撮像素子 21 に入射する。これによって、撮像素子 21 上に拡大像が結像される。初期状態では、撮像素子 21 の位置は予め設定された位置にあり、ステージ 7 に試料が設置された場合に概ね試料が焦点面に来るように調節されている。ここで、観察者は撮像素子 21 の画像を撮像しながら、顕微鏡 10 の対物レンズ 13 の位置を手動で移動させて焦点を合わせる。このとき、結像レンズ 15 の主点から撮像素子 21 までの距離は F_t0 となり、対物レンズ 13 の主点から焦点面 120 までの距離は F_o0 となり、拡大倍率は F_t0 / F_o0 となる（図 4 参照）。

[0039] ステップ S102：そして、この初期状態で、処理装置 30 は、顕微鏡用

カメラ 20 に、顕微鏡 10 による観察像の画像を撮像させる。

[0040] ステップ S 104 : 次に、処理装置 30 は、図 5 に示すように、使用されている対物レンズ 13 に応じて予め設定された所定量だけ初期状態から前方（矢印 101 の方向）となる位置へ撮像素子 21 が並進移動するように、ステッピングモータ 235 を駆動する。この場合、結像レンズ 15 の主点から撮像素子 21 までの距離は F_t1 となり、対物レンズ 13 の主点から焦点面 120a までの距離は F_o1 となる。よって、拡大倍率は F_t1 / F_o1 となり、図 4 に示す初期状態の場合よりも若干拡大倍率は小さくなる。なお、このとき、観察像のコントラストを利用して顕微鏡用カメラ 20 が備えるオートフォーカス機能を用いて、焦点を微調整してもよい。

[0041] ステップ S 106 : そして、この撮像素子 21 が前方へ並進移動した状態で、処理装置 30 は、顕微鏡用カメラ 20 に、顕微鏡 10 による観察像の画像を撮像させる。

[0042] ステップ S 108 : 次に、処理装置 30 は、図 6 に示すように、使用されている対物レンズ 13 に応じて予め設定された所定量だけ初期状態から後方（矢印 102 の方向）となる位置へ撮像素子 21 が並進移動するように、ステッピングモータ 235 を駆動する。この場合、結像レンズ 15 の主点から撮像素子 21 までの距離は F_t2 となり、対物レンズ 13 の主点から焦点面 120b までの距離は F_o2 となる。よって、拡大倍率は F_t2 / F_o2 となり、図 4 に示す初期状態の場合よりも若干拡大倍率は大きくなる（図 6 参照）。なお、このとき、観察像のコントラストを利用して顕微鏡用カメラ 20 が備えるオートフォーカス機能を用いて、焦点を微調整してもよい。

[0043] ステップ S 110 : そして、この撮像素子 21 が後方へ並進移動した状態で、処理装置 30 は、顕微鏡用カメラ 20 に、顕微鏡 10 による観察像の画像を撮像させる。

[0044] ステップ S 112 : 次に、ステップ S 102、S 106、S 110 において撮像された各画像のうち、ステップ S 106、S 110 で撮像された画像は、ステップ S 102 で撮像された画像と倍率が若干異なる画像となってい

るため、処理装置30は、それらの倍率補正を行う。例えば、処理装置30は、ステップS106、S110で撮像された画像を拡大または縮小することで、ステップS102で撮像された画像と同じ倍率になるように補正する。具体的には、処理装置30は、ステップS106で撮像された画像を、ステップS102で撮像された画像と同じ倍率になるように拡大する。また、処理装置30は、ステップS110で撮像された画像を、ステップS102で撮像された画像と同じ倍率になるように縮小する。

[0045] ステップS112：続いて、処理装置30は、ステップS102、S106、S110において撮像された各画像に対して、先行技術文献に記載されているようなフーリエ変換処理や画像演算処理や逆フーリエ変換処理を行い、位相を回復（復元）した位相回復画像を構築する。そして、処理装置30は、構築された位相回復画像を記憶装置に保存するとともに、モニタ40に表示する。記憶装置は、処理装置30に内蔵されてもよいし、ケーブル等で接続される外部装置であってもよい。また、記憶装置は、処理装置30とインターネットを介して接続されるものであってもよい。

[0046] なお、上記の処理例では、初期状態の焦点合わせを手動で行う例を紹介したが、これに限られない。例えば、処理装置30は、ステッピングモータ235を駆動して、画像のコントラストが最大になる撮像素子21の初期位置を求めてもよい。

[0047] （処理装置30の構成）

次に、図7を参照して、処理装置30の構成について説明する、図7は、第1の実施形態に係る処理装置30の機能構成の一例を示すブロック図である。図示する処理装置30は、CPU（Central Processing Unit）31、記憶部32、入力部33、表示出力部34、及び通信部35を備えている。これらの構成要素は、バス（Bus）を介して相互に通信可能に接続されている。CPU31は、記憶部32に記憶された各種プログラムを実行し、処理装置30の各部を制御する。

[0048] 記憶部32は、例えば、HDD（Hard Disk Drive）やS

SD (Solid State Drive)、EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)、ROM (Read-Only Memory)、RAM (Random Access Memory) などを含み、処理装置 30 が処理する各種情報や画像、プログラム等を記憶する。なお、記憶部 32 は、処理装置 30 に内蔵されるものに限らず、USB 等のデジタル入出力ポート等によって接続された外付け型の記憶装置でもよい。

入力部 33 は、キーボードやマウス、タッチパッドや、音声により各種の指示が入力されるマイクロホンなどである。なお、入力部 33 は、タッチパネルとしてモニタ 40 のディスプレイと一体化されてもよい。

[0049] 表示出力部 34 は、モニタ 40 へ表示させる情報を出力する。通信部 35 は、顕微鏡用カメラ 20 と有線または無線で接続され、顕微鏡用カメラ 20 と各種データの送信または受信が行われる。例えば、通信部 35 は、顕微鏡用カメラ 20 を制御する制御情報を送信したり、顕微鏡用カメラ 20 で撮像された画像の画像データを受信したりする。また、処理装置 30 は、不図示のスピーカや、音声出力端子などを含んでもよい。

[0050] また、処理装置 30 は、記憶部 32 に記憶されている制御プログラム（顕微鏡用カメラ 20 を制御するプログラム）を CPU 31 が実行することにより実現される機能構成として、距離変更制御部 311 と、撮像制御部 312 と、倍率補正部 313 と、画像処理部 314 とを備えている。

[0051] 距離変更制御部 311 は、顕微鏡 10 の結像レンズ 15 から、結像レンズ 15 を介して観察像が入射される撮像素子 21 までの光学的距離を変更させる制御を行う。例えば、距離変更制御部 311 は、ステップモータ 235 を駆動して撮像素子 21 を光軸方向へ移動（並進移動）させることにより、結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの光学的距離を変更させる。

[0052] 撮像制御部 312 は、距離変更制御部 311 により上記光学的距離が変更されることに応じて、撮像部 22 を制御して、上記光学的距離が異なる観察像の画像を複数枚撮像させる。

- [0053] 倍率補正部 313 は、上記光学的距離が異なる観察像を撮像した複数枚の画像のうち少なくとも一部の撮像画像の倍率を補正する。例えば、倍率補正部 313 は、撮像素子 21 を初期状態の位置より光軸方向の前方へ移動（並進移動）させて撮像した画像と、光軸方向の後方へ移動（並進移動）させて撮像した画像とを、初期状態の位置で撮像した画像と同じ倍率になるように、拡大または縮小する。具体的には、倍率補正部 313 は、撮像素子 21 を初期状態の位置より光軸方向の前方へ移動（並進移動）させて撮像した画像を、初期状態の位置で撮像した画像と同じ倍率になるように拡大する。また、倍率補正部 313 は、光軸方向の後方へ移動（並進移動）させて撮像した画像を、初期状態の位置で撮像した画像と同じ倍率になるように縮小する。
- [0054] 画像処理部 314 は、顕微鏡 10 の結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの光学的距離が異なる観察像を撮像した複数枚の画像（例えば、倍率補正部 313 による補正後の画像）から、画像処理によって位相情報を回復（復元）し、コントラストを増強した撮像画像（位相回復画像）を構築（生成）する。
- [0055] 以上説明したように、本実施形態に係る顕微鏡システム 1 において、顕微鏡用カメラ 20 は、顕微鏡 10 に装着され、顕微鏡 10 による観察像を撮像するカメラであって、顕微鏡 10 の結像レンズ 15 を介して観察像が入射される撮像素子 21 と、結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの光学的距離が異なる（即ち、焦点面が異なる）観察像の画像を撮像素子 21 を用いて複数枚撮像する撮像部 22 と、を備えている。例えば、顕微鏡用カメラ 20 は、結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの光学的距離を変更可能な距離変更部 23、を備えており、撮像部 22 は、距離変更部 23 により光学的距離が変更されることに応じて、該光学的距離が異なる観察像の画像を撮像素子 21 を用いて複数枚撮像する。具体的には、距離変更部 23 は、結像レンズ 15 から撮像素子 21 への光軸方向（光軸に沿った両方向）に撮像素子 21 を移動（並進移動）することにより、光学的距離を変更する。また、処理装置 30 は、顕微鏡用カメラ 20 の撮像部 22 が撮像した複数枚の画像を用いて、

観察像の位相情報を復元するとともに、前記観察像のコントラストを増強する画像処理部 314 を備えている。

[0056] このように、顕微鏡用カメラ 20 は、撮像素子 21 を光軸方向に並進移動することにより、顕微鏡 10 のステージ等を駆動しなくとも、汎用的な顕微鏡 10 を用いて複数の焦点面の異なる観察像の画像（顕微鏡画像）を撮像可能となる。よって、本実施形態よれば、例えば安価な手動用顕微鏡に本顕微鏡用カメラ 20 を装着するのみでよいため、従来より簡便な構成で焦点面の異なる観察像の画像（顕微鏡画像）から位相回復画像を構築することができる。また、従来の電動化された顕微鏡は一般的に高額であり、この電動顕微鏡を制御する信号を外部から送りつつ一方では撮像用のカメラを制御して顕微鏡画像を取り込むシステムを構成すると高額なシステムになるという問題があった。しかしながら、本実施形態では、簡便な構成で焦点面の異なる観察像の画像（顕微鏡画像）から位相回復画像を構築することができるため、安価なシステムとすることができる。

[0057] また、顕微鏡用カメラ 20 を制御する処理装置 30 は、顕微鏡 10 の結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの光学的距離を変更させる制御を行う距離変更制御部 311 と、距離変更制御部 311 により光学的距離が変更されることに応じて、光学的距離が異なる観察像の画像を撮像素子 21 を用いて複数枚撮像させる制御を行う撮像制御部 312 と、を備えている。例えば、距離変更制御部 311 は、結像レンズ 15 から撮像素子 21 への光軸方向（光軸に沿った両方向）に撮像素子 21 を移動（並進移動）させる制御を行うことにより、光学的距離を変更する。

[0058] このように、処理装置 30 は、顕微鏡用カメラ 20 の結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの光学的距離を変更させることにより（例えば、撮像素子 21 を光軸方向に並進移動させることにより）、顕微鏡 10 のステージ等を駆動しなくとも、複数の焦点面の異なる観察像の画像（顕微鏡画像）を複数枚撮像させることができる。よって、本実施形態によれば、汎用的な顕微鏡 10 を用いて、顕微鏡用カメラ 20 のみを制御対象として、焦点面の異なる

観察像の画像（顕微鏡画像）を取得できる。従って、本実施形態によれば、従来より簡便且つ安価な構成で焦点面の異なる観察像の画像（顕微鏡画像）から位相回復画像を構築することができる。

[0059] また、処理装置30は、顕微鏡10の結像レンズ15から撮像素子21までの光学的距離が異なる観察像を撮像した複数枚の画像から、画像処理によって位相情報を復元し、コントラストを増強した撮像画像を構築する画像処理部314を備えている。

[0060] これにより、処理装置30は、従来より簡便且つ安価な構成で焦点面の異なる観察像の画像（顕微鏡画像）からコントラストを付けた位相回復画像を構築することができる。

[0061] また、処理装置30は、上記光学的距離が異なる観察像を撮像した複数枚の画像のうち少なくとも一部の撮像画像の倍率を補正する倍率補正部315を備えている。

[0062] これにより、処理装置30は、焦点面が異なることによって生じる撮像画像間の倍率変化による影響を抑制することができ、精細な画像が得られる。

[0063] [第2の実施形態]

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。

上記第1の実施形態では、結像レンズ15から撮像素子21までの光学的距離を変更する方法として光軸方向に撮像素子21を移動（並進移動）させた。これに対し、第2の実施形態では、結像レンズ15から撮像素子21までの間に設けられた光学系を変更することで、結像レンズ15から撮像素子21までの光学的距離を変更する。

[0064] 図8は、第2の実施形態に係る、結像レンズ15から撮像素子21までの光学的距離を変更する例を説明する図である。図示する顕微鏡用カメラ20Aは、焦点距離を変えるための変倍光学素子25a、25bを含む光学系を、結像レンズ15から撮像素子21までの間に備えている点が、第1の実施形態の顕微鏡用カメラ20と異なり、その他の構成は同様である。

[0065] 例えば、顕微鏡用カメラ20Aは、結像レンズ15から撮像素子21まで

の間に設けられた光学系（変倍光学素子 25 a、25 b）を移動させることにより、結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの光学的距離を変更可能な距離変更部 23 A を備えている。例えば、距離変更部 23 A は、変倍光学素子 25 a、25 b を光軸方向（図示する矢印 103 の方向）へ移動可能なように、各々に対応する不図示のステッピングモータやリニアガイド等を備えている。

[0066] 処理装置 30 は、変倍光学素子 25 a、25 b の各々に対応するステッピングモータを独立に駆動させることで、変倍光学素子 25 a、25 b を光軸方向へ独立に移動させる。

例えば、処理装置 30 は、変倍光学素子 25 a、25 b の各々を光軸方向に任意の位置へ並進移動させることで、観察画像に対する焦点面を変更することができる。

[0067] このように、本実施形態に係る顕微鏡用カメラ 20 A は、結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの間に光学系として設けられた光学レンズ（変倍光学素子 25 a、25 b）が光軸方向に移動可能（並進可能）であり、当該光学レンズを光軸方向に移動（並進移動）することにより、結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの光学的距離を変更する。

[0068] これにより、顕微鏡用カメラ 20 A は、結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの間の光学系（変倍光学素子 25 a、25 b）を光軸方向に並進移動することで、第 1 の実施形態と同様に、結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの光学的距離が異なる（即ち、焦点面が異なる）観察像の画像を撮像可能になる。よって、本実施形態よれば、例えば安価な手動用顕微鏡に本顕微鏡用カメラ 20 A を装着するのみでよいため、従来より簡便且つ安価な構成で、焦点面の異なる観察像の画像（顕微鏡画像）から位相回復画像を構築することができる。

[0069] [第 3 の実施形態]

次に、本発明の第 3 の実施形態について説明する。

本実施形態は、第 2 の実施形態と同様に、結像レンズ 15 から撮像素子 2

1 までの間に設けられた光学系を変更することで、結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの光学的距離を変更するが、光学系の変更方法が異なる。

[0070] 図 9 は、第 3 の実施形態に係る、結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの光学的距離を変更する例を説明する図である。図示する顕微鏡用カメラ 20 B は、焦点距離を変えるための変倍光学素子 26 a、26 b を含む光学系を、結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの間に備えているが、それらを光学系に対して挿脱することが可能な点が第 2 の実施形態の顕微鏡用カメラ 20 A と異なる。光学系に対して挿脱するとは、結像レンズ 15 を介して観察像が撮像素子 21 に入射される光の範囲（光軸を中心とした所定の範囲）に、変倍光学素子 26 a、26 b を挿入したり、該光の範囲（光軸を中心とした所定の範囲）の外に変倍光学素子 26 a、26 b を移動させたりすることである（図示する矢印 104 の方向へ移動）。結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの光学的距離は、変倍光学素子 26 a を挿入したときと、変倍光学素子 26 b を挿入したときと、両方とも外したときとでそれぞれ異なる。例えば、距離変更部 23 B は、変倍光学素子 26 a、26 b を光学系に対して挿脱可能なように、各々に対応する不図示のアクチュエータやリニアガイド等を備えている。

[0071] 処理装置 30 は、変倍光学素子 26 a、26 b の各々に対応するアクチュエータを独立に駆動させることで、変倍光学素子 26 a、26 b を光学系に対して挿脱させる。つまり、処理装置 30 は、変倍光学素子 25 a、25 b の各々を光学系に対して挿脱させることができ、観察画像に対する焦点面を変更することができる。

[0072] このように、本実施形態に係る顕微鏡用カメラ 20 B は、結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの間に光学系として設けられた変倍光学素子 26 a、26 b（光学レンズの一例）を光学系に対して挿脱することにより、結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの光学的距離を変更する。

[0073] これにより、顕微鏡用カメラ 20 B は、結像レンズ 15 から撮像素子 21 までの間の光学系（変倍光学素子 26 a、26 b）を光学系に対して挿脱さ

せることで、第１、２の実施形態と同様に、結像レンズ１５から撮像素子２１までの光学的距離が異なる（即ち、焦点面が異なる）観察像の画像を撮像可能になる。よって、本実施形態よれば、例えば安価な手動用顕微鏡に本顕微鏡用カメラ２０Ｂを装着するのみでよいため、従来より簡便且つ安価な構成で、焦点面の異なる観察像の画像（顕微鏡画像）から位相回復画像を構築することができる。

[0074] [第４の実施形態]

次に、本発明の第４の実施形態について説明する。

本実施形態では、顕微鏡用カメラ自体が光軸方向に移動することで、結像レンズ１５から撮像素子２１までの光学的距離を変更する構成を説明する。

[0075] 図１０は、第４の実施形態に係る、結像レンズ１５から撮像素子２１までの光学的距離を変更する例を説明する図である。図示する顕微鏡用カメラ２０Ｃは、結像レンズ１５から撮像素子２１への光軸方向（光軸に沿った両方向）に移動可能（並進可能）に設けられている。例えば、処理装置３０は、顕微鏡用カメラ２０Ｃの本体を、不図示のアクチュエータを駆動することによって、結像レンズ１５に対して相対的に光軸方向（図示する矢印１０５の方向）へ移動（並進移動）させる。

[0076] なお、顕微鏡用カメラ２０Ｃ本体を結像レンズ１５に対して相対的に光軸方向へ移動させるのに代えて、結像レンズ１５を顕微鏡用カメラ２０Ｃに対して相対的に光軸方向へ移動させることにより、結像レンズ１５から撮像素子２１までの光学的距離を変更してもよい。

[0077] このように、本実施形態によれば、顕微鏡用カメラ２０Ｃの本体、または結像レンズ１５を光軸方向に相対的に並進移動することにより、結像レンズ１５から撮像素子２１までの光学的距離を変化させる。

[0078] これにより、顕微鏡用カメラ２０Ｃは、第１～３の実施形態と同様に、結像レンズ１５から撮像素子２１までの光学的距離が異なる（即ち、焦点面が異なる）観察像の画像を撮像可能になる。よって、本実施形態よれば、例えば安価な手動用顕微鏡に本顕微鏡用カメラ２０Ｃを装着するのみでよいため

、従来より簡便且つ安価な構成で、焦点面の異なる観察像の画像（顕微鏡画像）から位相回復画像を構築することができる。

[0079] [第5の実施形態]

次に、本発明の第5の実施形態について説明する。

第1から4の実施形態では、結像レンズ15から撮像素子21までの光学的距離を変更しながら、光学的距離が異なる（即ち、焦点面が異なる）観察像の画像を複数枚撮像する例について説明した。これに対し、本実施形態では、光学的距離が異なる観察像の画像を複数の撮像素子21を用いて同時に撮像する例について説明する。

[0080] 図11は、第5の実施形態に係る、光学的距離が異なる観察像の画像を同時に複数枚撮像する例を説明する図である。図示する顕微鏡用カメラ20Dは、3枚の撮像素子21a、21b、21cと、ビームスプリッタ27a、27bを備えており。ビームスプリッタ27a、27bによって子光路が分岐される。ビームスプリッタ27a、27bは、例えば、ペリクルビームスプリッタであり、薄いセルロース膜などで構成され、通常の厚みを有する光学素子で生じるゴースト像を生じない特徴がある。

[0081] ビームスプリッタ27a、27bは、結像レンズ15から撮像素子21aへの光軸上に、ビームスプリッタ27a、27bの順に設置されている。ビームスプリッタ27aは、図11において上方（撮像素子21cが設置されている方向）へ結像レンズ15から入射される光の1/3を反射させ、残りの光を左方（ビームスプリッタ27b及び撮像素子21aが設置されている方向）に透過させる。ビームスプリッタ27bは、ビームスプリッタ27aと撮像素子21aとの間に設置されており、ビームスプリッタ27aを透過した光の50%を上方（撮像素子21bが設置されている方向）へ反射させ、残り50%の光を左方（撮像素子21aが設置されている方向）に透過させる。

[0082] また、撮像素子21cは撮像素子21aよりも結像レンズ15に対して遠位に配置され、撮像素子21bは撮像素子21aよりも結像レンズ15に対

して近位に配置されている。つまり、本実施形態では、結像レンズ15から撮像素子21までの光学的距離が異なる（即ち、焦点面が異なる）観察像の画像を、3枚の撮像素子21a、21b、21cを用いて同時に撮像可能である。

[0083] このように、本実施形態に係る顕微鏡用カメラ20Dは、結像レンズ15を介して観察像が入射される複数の撮像素子21a、21b、21cを備えている。また、顕微鏡用カメラ20Dは、観察像を、複数の撮像素子21a、21b、21cに入射させる複数のビームスプリッタ27aおよび27bを備える。この複数の撮像素子21a、21b、21cは、結像レンズ15から撮像素子21までの光学的距離が異なるように設けられている。そして、顕微鏡用カメラ20Dの撮像部22は、光学的距離が異なる観察像の画像を複数の撮像素子21a、21b、21cを用いて同時に撮像する。

[0084] これにより、本実施形態では、第1～4の実施形態のように光学的距離を変更しながら時系列に撮像しなくとも、光学的距離が異なる（即ち、焦点面が異なる）観察像の画像を同時に撮像できるというメリットがある。例えば、本実施形態では、撮像に係る時間を短縮できる。また、本実施形態では、撮像素子や光学系、或いは顕微鏡用カメラ本体等を移動させる構成が不要であるため、簡易な構成とすることができ、故障や精度管理の負荷も低減できる。

[0085] [変形例]

なお、上記実施形態では、処理装置30が、光学的距離が異なる（即ち、焦点面が異なる）観察像の画像から位相情報を復元した位相回復画像を構築する例を説明したが、この処理を顕微鏡用カメラ20、20A、20B、20C、20D（例えば、撮像部22）が行ってもよい。この場合、顕微鏡用カメラ20、20A、20B、20C、20D（例えば、撮像部22）は、上記位相回復画像を構築することにより、観察像の画像のコントラストを増強することができる。

[0086] また、顕微鏡用カメラ20、20A、20B、20C、20Dは、顕微鏡

10と一体となった位相差顕微鏡として構成されてもよい。この位相差顕微鏡は、例えば、観察対象が設置される試料ステージ12と、対物レンズ13と、対物レンズ13を介して入射される観察対象の像を結像する結像レンズ15と、結像レンズ15により結像された観察像が入射される撮像素子21と、結像レンズ15から撮像素子21までの光学的距離が異なる複数の観察像の画像を撮像素子21を用いて撮像する撮像部22とを少なくとも備えている。上記光学的距離が異なる複数の観察像の画像を撮像する手段としては、第1～5の実施形態のいずれも適用できる。

[0087] なお、上述した実施形態における処理装置30が備える各部の一部または全部の機能をコンピュータで実現するようにしてもよい。その場合、上述の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによって上述の機能を実現してもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、処理装置30に内蔵されたコンピュータシステムであってOSや周辺機器等のハードウェアを含むものとする。

[0088] また、「コンピュータシステム」は、WWWシステムを利用している場合であれば、ホームページ提供環境（あるいは表示環境）も含むものとする。

また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間、動的にプログラムを保持するもの、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものも含んでもよい。また上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよく、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み

合わせて実現できるものであってもよい。

[0089] また、上述した実施形態における処理装置 30 の一部、または全部を、LSI (Large Scale Integration) 等の集積回路として実現してもよい。処理装置 30 の各機能ブロックは個別にプロセッサ化してもよいし、一部、または全部を集積してプロセッサ化してもよい。また、集積回路化の手法はLSIに限らず専用回路、または汎用プロセッサで実現してもよい。また、半導体技術の進歩によりLSIに代替する集積回路化の技術が出現した場合、当該技術による集積回路を用いてもよい。

[0090] 本明細書において「前、後ろ、上、下、右、左、垂直、水平、縦、横、行および列」などの方向を示す言葉は、本発明の装置におけるこれらの方向について言及する。従って、本発明の明細書におけるこれらの言葉は、本発明の装置において相対的に解釈されるべきである。

[0091] 「構成される」という言葉は、本発明の機能を実行するために構成され、または装置の構成、要素、部分を示すために使われる。

[0092] さらに、クレームにおいて「ミーンズ・プラス・ファンクション」として表現されている言葉は、本発明に含まれる機能を実行するために利用することができるあらゆる構造を含むべきものである。

[0093] 「ユニット」という言葉は、構成要素、ユニット、ハードウェアや所望の機能を実行するためにプログラミングされたソフトウェアの一部分を示すために用いられる。ハードウェアの典型例はデバイスや回路であるが、これらに限られない。

[0094] 以上、本発明の好ましい実施例を説明したが、本発明はこれら実施例に限定されることはない。本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、構成の付加、省略、置換、およびその他の変更が可能である。本発明は前述した説明によって限定されることはなく、添付のクレームの範囲によってのみ限定される。

符号の説明

[0095] 1 顕微鏡システム、10 顕微鏡、20, 20A, 20B, 20C, 20D 顕微鏡用カメラ、11 透過照明、12 試料ステージ、13 対物

レンズ、１４ 折り曲げミラー、１５ 結像レンズ、２１ 撮像素子、２２
撮像部、２３、２３Ａ、２３Ｂ 距離変更部、３０ 処理装置、３１ Ｃ
ＰＵ、３２ 記憶部、３３ 入力部、３４ 表示出力部、４０ モニタ、２
３１ リニアガイド、２３２ ステージ部、２３３ ボールねじ、２３４
固定ブロック、２３５ ステッピングモータ、３１１ 距離変更制御部、３
１２ 撮像制御部、３１３ 倍率補正部、３１４ 画像処理部

請求の範囲

- [請求項1] 顕微鏡に装着され、前記顕微鏡による観察像を撮像する顕微鏡用カメラを備える顕微鏡システムであって、
- 前記顕微鏡の結像レンズを介して前記観察像が入射される撮像素子と、
- 前記結像レンズから前記撮像素子までの光学的距離が異なる前記観察像の画像であって前記顕微鏡の焦点面が異なる前記観察像の画像を前記撮像素子を用いて複数枚撮像する撮像部と、
- 前記撮像部が撮像した前記複数枚の画像を用いて前記観察像の位相情報を復元するとともに、前記観察像のコントラストを増強する画像処理部と、
- を備える顕微鏡システム。
- [請求項2] 前記結像レンズから前記撮像素子までの光学的距離を変更可能な距離変更部、を備え、
- 前記撮像部は、
- 前記距離変更部により前記光学的距離が変更されることに応じて、前記光学的距離が異なる前記観察像の画像を前記撮像素子を用いて複数枚撮像する、
- 請求項1に記載の顕微鏡システム。
- [請求項3] 前記距離変更部は、
- 前記結像レンズから前記撮像素子への光軸方向に前記撮像素子を移動することにより、前記光学的距離を変更する、
- 請求項2に記載の顕微鏡システム。
- [請求項4] 前記距離変更部は、前記結像レンズから前記撮像素子までの間に設けられた光学系を変更することにより、前記光学的距離を変更する、
- 請求項2に記載の顕微鏡システム。
- [請求項5] 前記距離変更部は、前記結像レンズから前記撮像素子までの間に前記光学系として設けられた光学レンズが光軸方向に移動可能であり、

当該光学レンズを前記光軸方向に移動することにより、前記光学的距離を変更する、

請求項 4 に記載の顕微鏡システム。

[請求項6] 前記距離変更部は、前記結像レンズから前記撮像素子までの間に前記光学系として設けられた光学レンズを前記光学系に対して挿脱することにより、前記光学的距離を変更する、

請求項 4 に記載の顕微鏡システム。

[請求項7] 前記顕微鏡用カメラは、前記結像レンズから前記撮像素子への光軸方向に移動可能に設けられており、

前記距離変更部は、前記顕微鏡用カメラまたは前記結像レンズを前記光軸方向に相対的に移動することにより、前記光学的距離を変更する、

請求項 2 に記載の顕微鏡システム。

[請求項8] 前記結像レンズを介して前記観察像が入射される複数の前記撮像素子を備え、

複数の前記撮像素子は、前記光学的距離が異なるように設けられており、

前記撮像部は、前記光学的距離が異なる前記観察像の画像を複数の前記撮像素子を用いて同時に撮像する、

請求項 1 に記載の顕微鏡システム。

[請求項9] 前記観察像を、複数の前記撮像素子に入射させる少なくとも一つのビームスプリッタを備える

請求項 8 に記載の顕微鏡システム。

[請求項10] 観察対象が設置されるステージと、
対物レンズと、

前記対物レンズを介して入射される前記観察対象の像を結像する結像レンズと、

前記結像レンズにより結像された観察像が入射される撮像素子と、

前記結像レンズから前記撮像素子までの光学的距離が異なる複数の前記観察像の画像であって焦点面が異なる前記観察像の画像を前記撮像素子を用いて撮像する撮像部と、

前記撮像部が撮像した前記複数枚の画像を用いて前記観察像の位相情報を復元するとともに、前記観察像のコントラストを増強する画像処理部と、

を備える顕微鏡。

[請求項11] 顕微鏡に装着され、前記顕微鏡による観察像を撮像する顕微鏡用カメラを制御する処理装置であって、

前記顕微鏡の結像レンズから、前記結像レンズを介して観察像が入射される撮像素子までの光学的距離を変更させる制御を行う距離変更制御部と、

前記距離変更制御部により前記光学的距離が変更されることに応じて、前記光学的距離が異なる前記観察像の画像であって前記顕微鏡の焦点面が異なる前記観察像の画像を前記撮像素子を用いて複数枚撮像させる制御を行う撮像制御部と、

前記撮像制御部の制御によって撮像された前記複数枚の画像を用いて前記観察像の位相情報を復元するとともに、前記観察像のコントラストを増強する画像処理部と、

を備える処理装置。

[請求項12] 前記光学的距離が異なる前記観察像を撮像した複数枚の画像のうち少なくとも一部の撮像画像の倍率を補正する倍率補正部、

を備える請求項11に記載の処理装置。

[請求項13] 顕微鏡に装着され、前記顕微鏡による観察像を撮像する顕微鏡用カメラであって、

前記顕微鏡の結像レンズを介して前記観察像が入射される撮像素子と、

前記結像レンズから前記撮像素子までの光学的距離が異なる前記観

察像の画像であって前記顕微鏡の焦点面が異なる前記観察像の画像を前記撮像素子を用いて複数枚撮像する撮像部と、

を備える顕微鏡用カメラ。

[請求項14] 前記結像レンズから前記撮像素子までの光学的距離を変更可能な距離変更部、を備え、

前記撮像部は、

前記距離変更部により前記光学的距離が変更されることに応じて、前記光学的距離が異なる前記観察像の画像を前記撮像素子を用いて複数枚撮像する、

請求項13に記載の顕微鏡用カメラ。

[請求項15] 前記距離変更部は、

前記結像レンズから前記撮像素子への光軸方向に前記撮像素子を移動することにより、前記光学的距離を変更する、

請求項14に記載の顕微鏡用カメラ。

[請求項16] 前記距離変更部は、前記結像レンズから前記撮像素子までの間に設けられた光学系を変更することにより、前記光学的距離を変更する、

請求項14に記載の顕微鏡用カメラ。

[請求項17] 前記距離変更部は、前記結像レンズから前記撮像素子までの間に前記光学系として設けられた光学レンズが光軸方向に移動可能であり、当該光学レンズを前記光軸方向に移動することにより、前記光学的距離を変更する、

請求項16に記載の顕微鏡用カメラ。

[請求項18] 前記距離変更部は、前記結像レンズから前記撮像素子までの間に前記光学系として設けられた光学レンズを前記光学系に対して挿脱することにより、前記光学的距離を変更する、

請求項16に記載の顕微鏡用カメラ。

[請求項19] 前記顕微鏡用カメラは、前記結像レンズから前記撮像素子への光軸方向に移動可能に設けられており、

前記距離変更部は、前記顕微鏡用カメラまたは前記結像レンズを前記光軸方向に相対的に移動することにより、前記光学的距離を変更する、

請求項 1 4 に記載の顕微鏡用カメラ。

[請求項20]

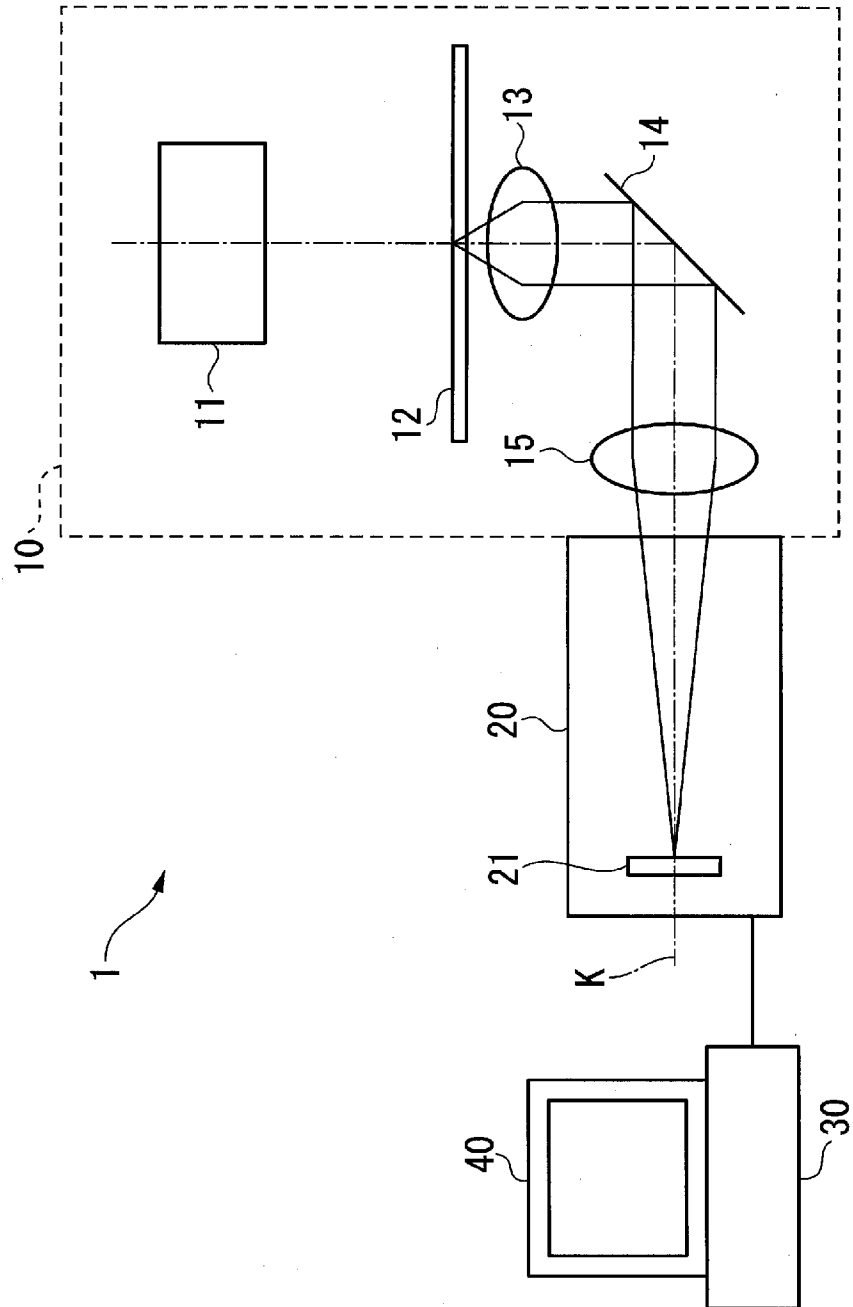
前記結像レンズを介して前記観察像が入射される複数の前記撮像素子を備え、

複数の前記撮像素子は、前記光学的距離が異なるように設けられており、

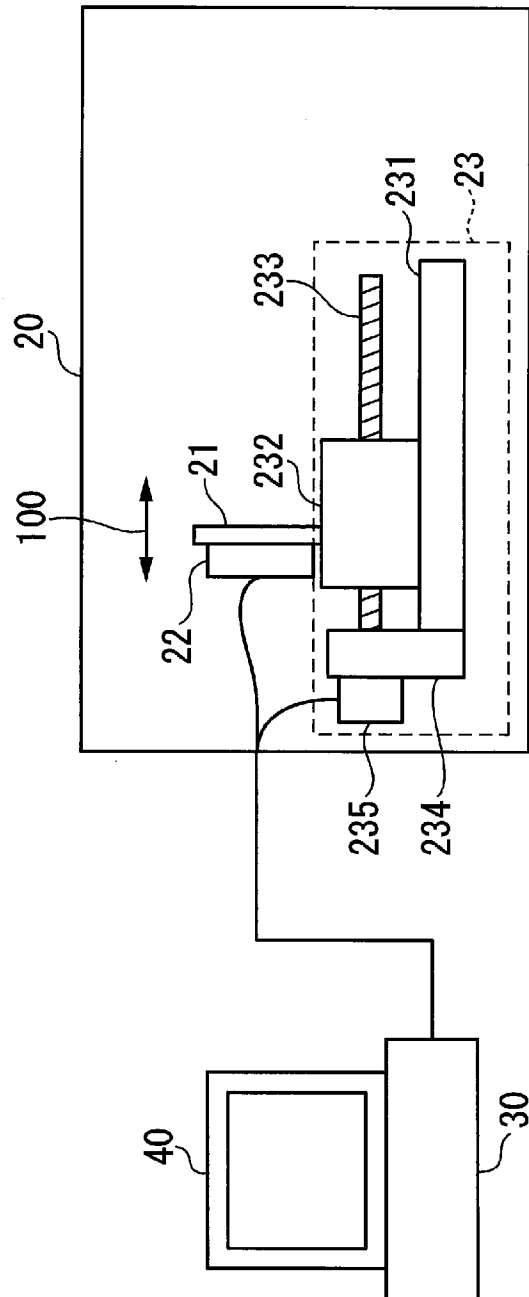
前記撮像部は、前記光学的距離が異なる前記観察像の画像を複数の前記撮像素子を用いて同時に撮像する、

請求項 1 3 に記載の顕微鏡用カメラ。

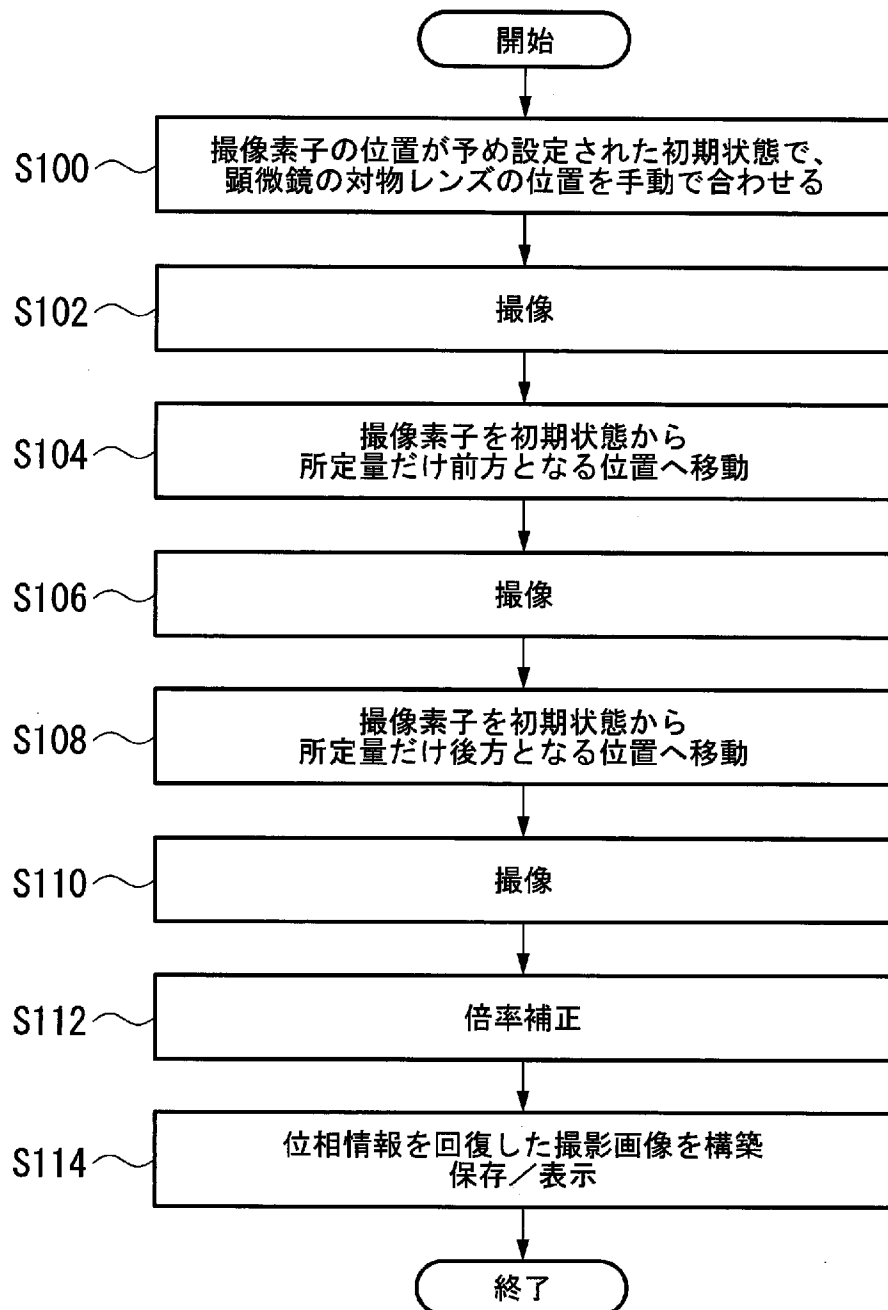
[図1]



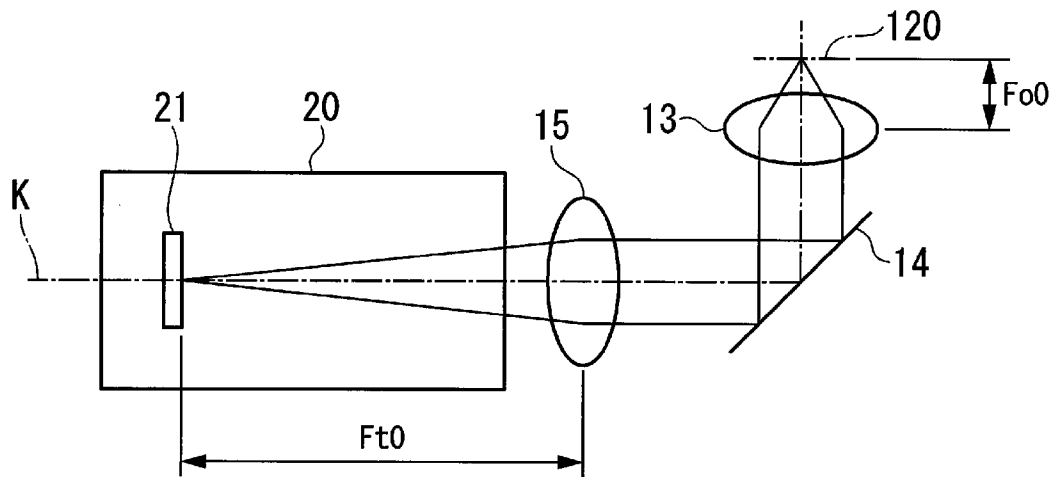
[図2]



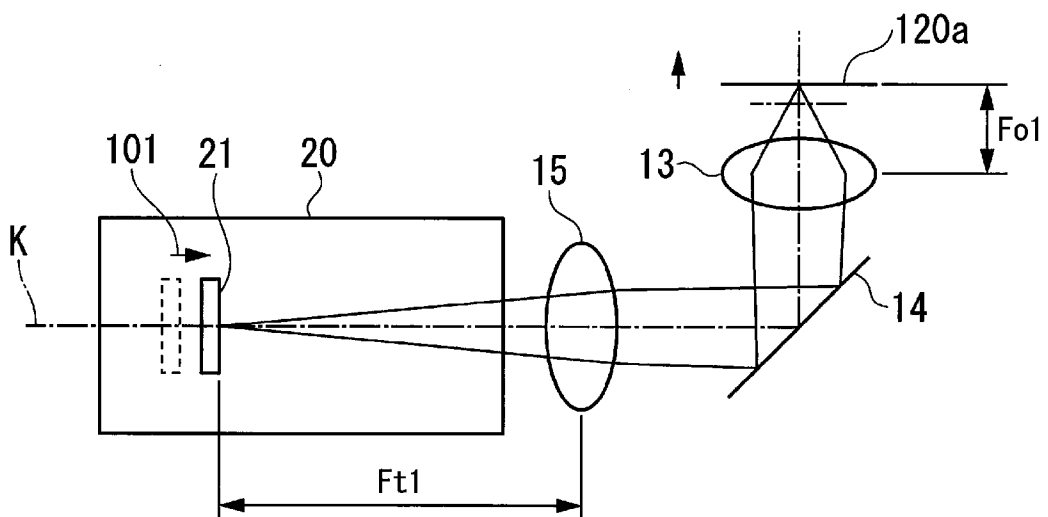
[図3]



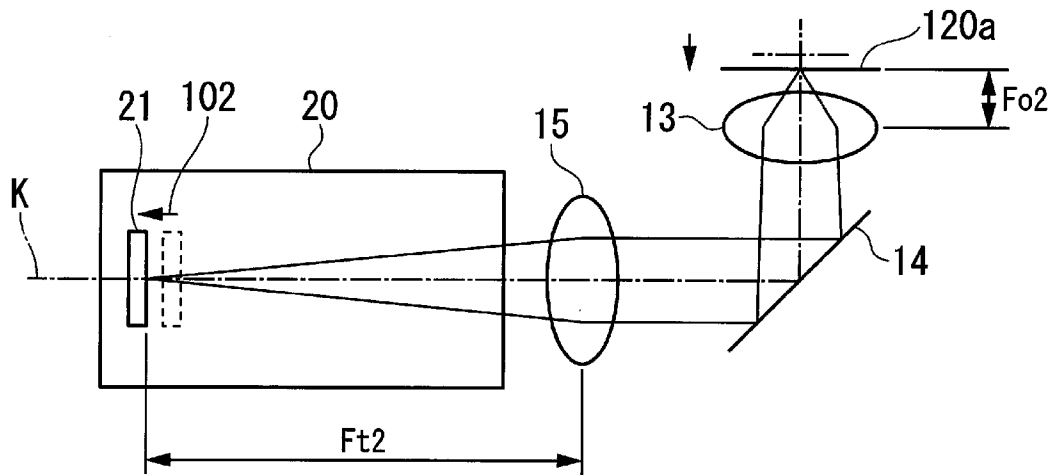
[図4]



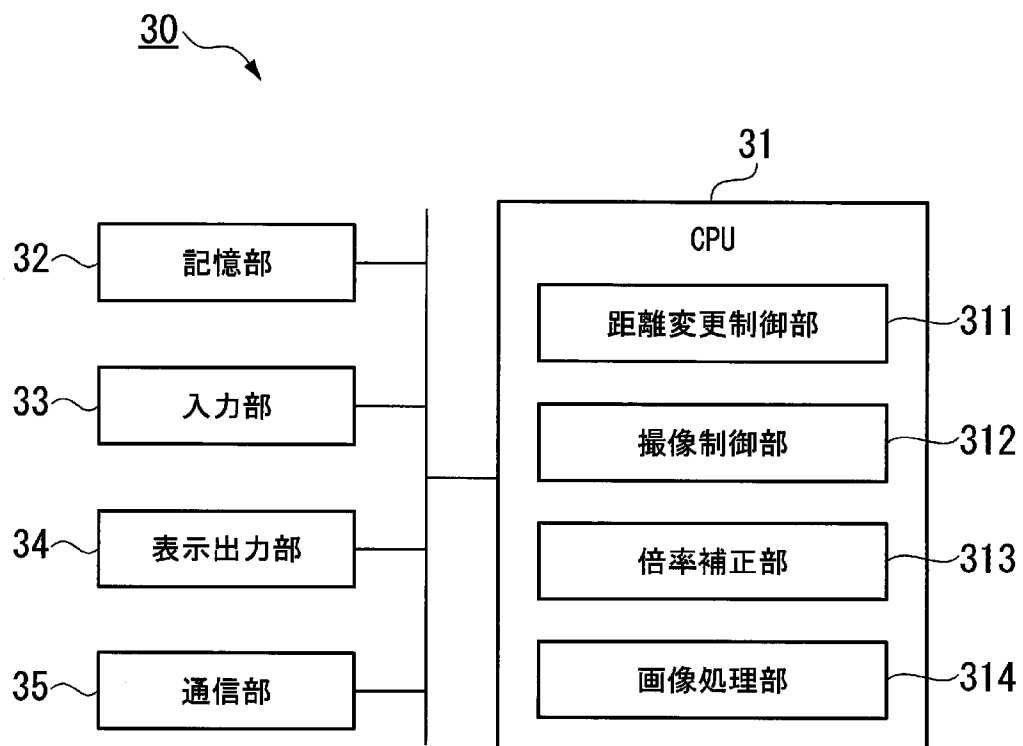
[図5]



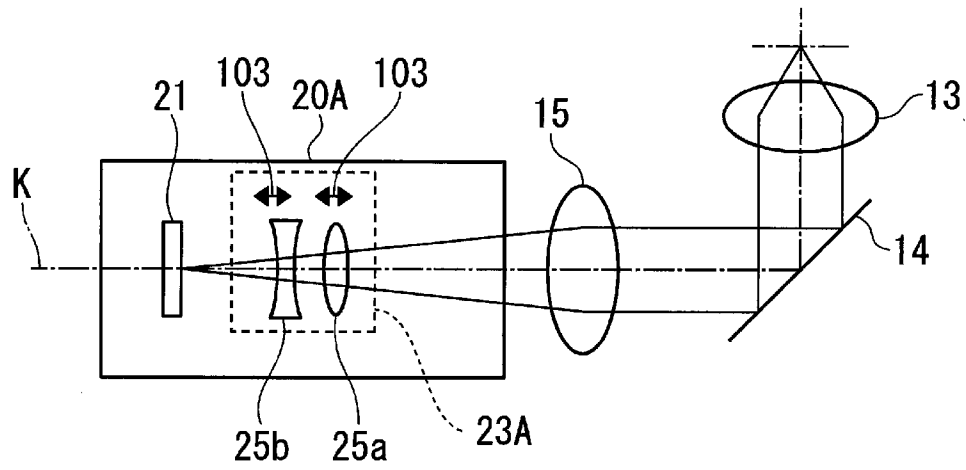
[図6]



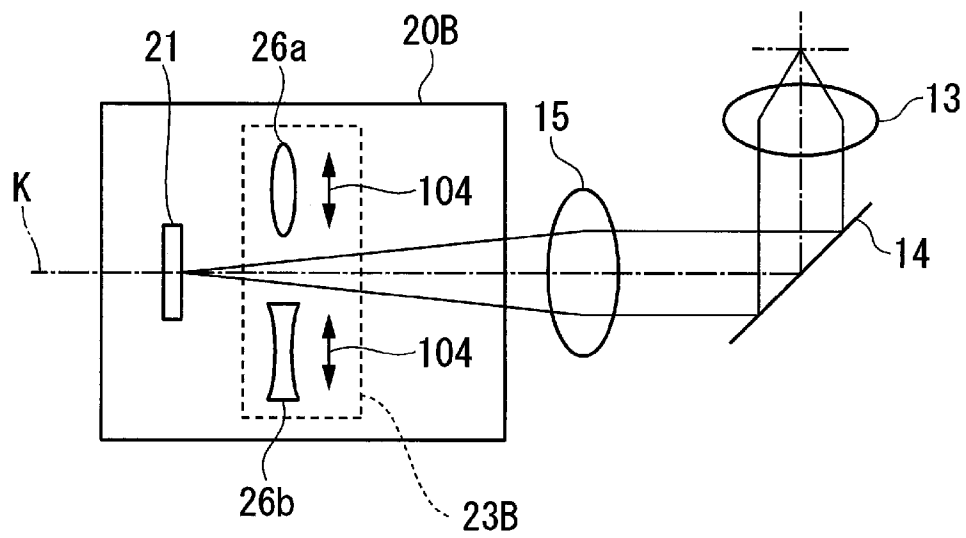
[図7]



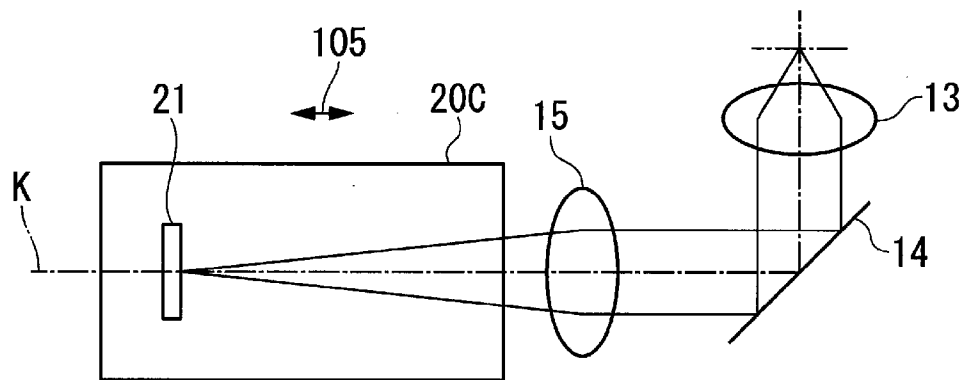
[図8]



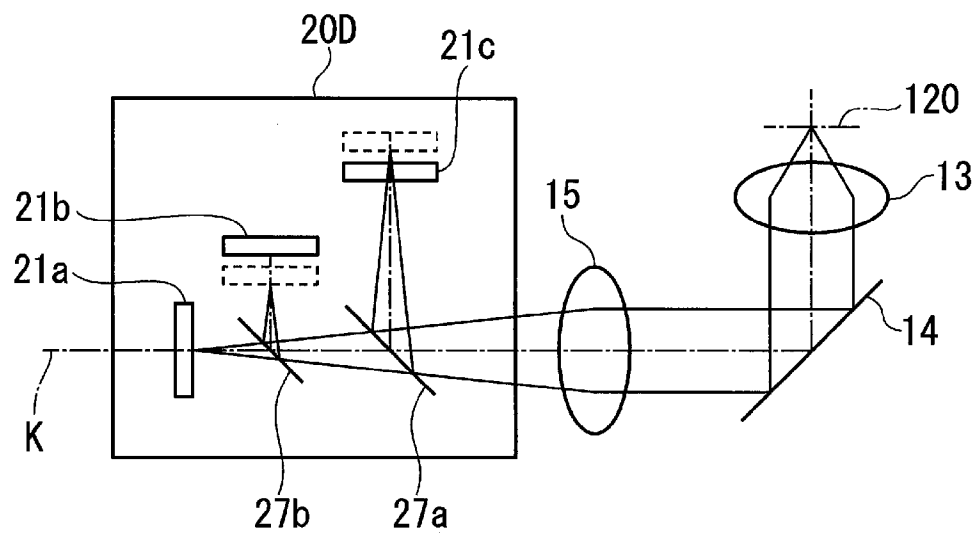
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/012893

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G02B21/36 (2006.01) i, G01J9/00 (2006.01) i, G02B21/00 (2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G01J9/00-9/04, G02B21/00-21/36

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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 A	JP 2002-529689 A (THE UNIVERSITY OF MELBOURNE) 10 September 2002, paragraphs [0005]-[0075], fig. 1-13 & US 2005/0062957 A1, paragraphs [0097]-[0200], fig. 1-13 & US 6885442 B1 & US 7039553 B2 & WO 00/26222 A1 & EP 1127252 A1 & EP 1127252 B1 & EP 1505376 A1 & EP 1505376 B1 & DE 69924136 T2 & BR 9914976 A & CA 2348912 A1 & CA 2348912 C & TW 487810 B & AT 290687 T & ES 2239854 T3 & CN 1334916 A & RU 2237871 C2 & ZA 200103169 B & JP 4391698 B2	13 1-20



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

"I" 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
20 June 2018 (20.06.2018)

Date of mailing of the international search report
03 July 2018 (03.07.2018)

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/JP2018/012893

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2008-102294 A (OLYMPUS CORP.) 01 May 2008, paragraphs [0007]-[0117], fig. 1-19 (Family: none)	13 1-20
X Y	WO 2008/069220 A1 (NIKON CORP.) 12 June 2008, page 2, line 16 to page 11, line 3, fig. 1-4B & US 2009/0201366 A1, paragraphs [0012]-[0055], fig. 1-4B & US 8098279 B2 & EP 2081071 A1	13 1-20
Y	US 6433325 B1 (ALASTER DAVID, Trigg) 13 August 2002, column 4, lines 25-31, fig. 4e (Family: none)	1-20
Y	JP 7-333511 A (NIKON CORP.) 22 December 1995, paragraphs [0018]-[0032], fig. 1-6 (Family: none)	1-20
Y	JP 7-5370 A (NIKON CORP.) 10 January 1995, paragraphs [0011]-[0024], fig. 1-2 (Family: none)	1-20
Y	JP 2016-180675 A (OLYMPUS CORP.) 13 October 2016, paragraphs [0053]-[0058], [0061]-[0074], fig. 5A-5B, 7A-9B (Family: none)	1-20
Y	US 2002/0044346 A1 (LAM K., Nguyen) 18 April 2002, paragraphs [0020]-[0036], fig. 1-5 (Family: none)	1-20
Y	JP 2011-7872 A (OLYMPUS CORP.) 13 January 2011, paragraphs [0035]-[0039] (Family: none)	1-20
Y	JP 2013-84152 A (ACUTELOGIC CORPORATION) 09 May 2013, paragraphs [0044], [0049] & US 2015/0332473 A1, paragraphs [0036], [0041] & US 9262836 B2 & WO 2013/054825 A1 & CN 103875019 A & CN 103875019 B & KR 10-2014-0060592 A & KR 10-1442462 B1 & JP 4988057 B1	1-20

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B21/36(2006.01)i, G01J9/00(2006.01)i, G02B21/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01J9/00-9/04, G02B21/00-21/36

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2002-529689 A（ザ ユニバーシティ オブ メルボルン） 2002.09.10, 段落[0005]-[0075]、図 1-13 & US 2005/0062957 A1、 段落[0097]-[0200]、図 1-13 & US 6885442 B1 & US 7039553 B2 & WO 00/26222 A1 & EP 1127252 A1 & EP 1127252 B1 & EP 1505376 A1 & EP 1505376 B1 & DE 69924136 T2 & BR 9914976 A & CA 2348912 A1 & CA 2348912 C & TW 487810 B & AT 290687 T & ES 2239854 T3 & CN 1334916 A & RU 2237871 C2 & ZA 200103169 B & JP 4391698 B2	13 1-20

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20.06.2018

国際調査報告の発送日

03.07.2018

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）

森内 正明

2 V

9 2 2 2

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
X Y	JP 2008-102294 A (オリンパス株式会社) 2008.05.01, 段落 [0007]-[0117]、図 1-19 (ファミリーなし)	13 1-20
X Y	WO 2008/069220 A1 (株式会社ニコン) 2008.06.12, 第 2 ページ第 16 行-第 11 ページ第 3 行、図 1-4B & US 2009/0201366 A1、段落 [0012]-[0055]、図 1-4B & US 8098279 B2 & EP 2081071 A1	13 1-20
Y	US 6433325 B1 (ALASTER DAVID, Trigg) 2002.08.13, 第 4 欄第 25 行-第 31 行、図 4e (ファミリーなし)	1-20
Y	JP 7-333511 A (株式会社ニコン) 1995.12.22, 段落[0018]-[0032]、 図 1-6 (ファミリーなし)	1-20
Y	JP 7-5370 A (株式会社ニコン) 1995.01.10, 段落[0011]-[0024]、 図 1-2 (ファミリーなし)	1-20
Y	JP 2016-180675 A (オリンパス株式会社) 2016.10.13, 段落 [0053]-[0058]、[0061]-[0074]、図 5A-5B, 7A-9B (ファミリーなし)	1-20
Y	US 2002/0044346 A1 (LAM K., Nguyen) 2002.04.18, 段落 [0020]-[0036]、図 1-5 (ファミリーなし)	1-20
Y	JP 2011-7872 A (オリンパス株式会社) 2011.01.13, 段落 [0035]-[0039] (ファミリーなし)	12
Y	JP 2013-84152 A (アキュートロジック株式会社) 2013.05.09, 段落 [0044]、[0049] & US 2015/0332473 A1、段落[0036]、[0041] & US 9262836 B2 & WO 2013/054825 A1 & CN 103875019 A & CN 103875019 B & KR 10-2014-0060592 A & KR 10-1442462 B1 & JP 4988057 B1	12