

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-194503

(P2012-194503A)

(43) 公開日 平成24年10月11日(2012.10.11)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 2 B 21/36 (2006.01)	G O 2 B 21/36	2 H 0 5 2
H 0 4 N 5/225 (2006.01)	H O 4 N 5/225 C	5 C 1 2 2

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2011-60183 (P2011-60183)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成23年3月18日 (2011. 3. 18)		キヤノン株式会社
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号
		(74) 代理人	100110412
			弁理士 藤元 亮輔
		(74) 代理人	100104628
			弁理士 水本 敦也
		(74) 代理人	100121614
			弁理士 平山 倫也
		(72) 発明者	川島 美代子
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内
		Fターム(参考)	2H052 AC05 AD34 AD35 AF14 AF25
			5C122 DA12 DA13 EA53 EA67 FA18
			FB02 FB17 FB23 FF05 HB06

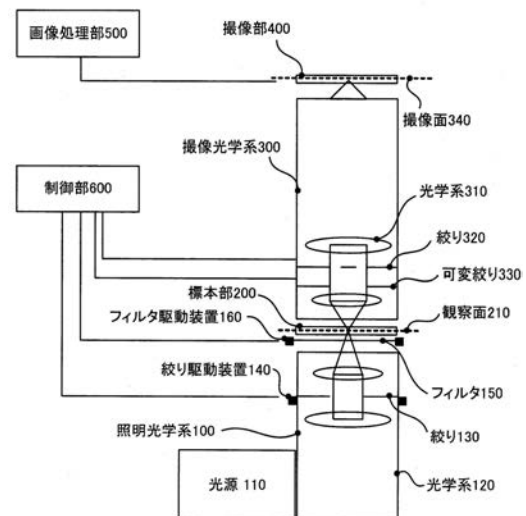
(54) 【発明の名称】 撮像装置

(57) 【要約】

【課題】撮像光学系を交換せずに解像度の異なる撮像を短時間でかつ適切な画像データ量で行うこと

【解決手段】第1の撮像素子1を撮像光学系300の像面に位置させた状態で標本を撮像する第1の撮像モードと、第1の撮像素子1よりも集積度が低い第2の撮像素子2を撮像光学系300の像面に位置させた状態で標本を撮像する第2の撮像モードとを実行可能な制御部600を有する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

物体の光学像を形成する撮像光学系と、

第 1 の撮像素子と、

当該第 1 の撮像素子よりも集積度が小さい第 2 の撮像素子と、

前記第 1 の撮像素子を前記撮像光学系の像面に位置させた状態で前記第 1 の撮像素子により前記物体を撮像する第 1 の撮像モードと前記第 2 の撮像素子を前記撮像光学系の像面に位置させた状態で前記第 2 の撮像素子により前記物体を撮像する第 2 の撮像モードとを実行可能な制御部と、
を有することを特徴とする撮像装置。

10

【請求項 2】

物体の光学像を形成する撮像光学系と、

前記物体を単色で撮像する第 1 の撮像素子と、

前記物体をカラーで撮像する第 2 の撮像素子と、

前記第 1 の撮像素子を前記撮像光学系の像面に位置させた状態で前記第 1 の撮像素子により前記物体を撮像する第 1 の撮像モードと前記第 2 の撮像素子を前記撮像光学系の像面に位置させた状態で前記第 2 の撮像素子により前記物体を撮像する第 2 の撮像モードとを実行可能な制御部と、
を有することを特徴とする撮像装置。

20

【請求項 3】

前記第 1 の撮像モードが選択された際に前記第 1 の撮像素子を前記撮像光学系の像面に位置させ、前記第 2 の撮像モードが選択された際に前記第 2 の撮像素子を前記撮像光学系の像面に位置させる撮像ステージを更に有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の撮像装置。

【請求項 4】

前記第 2 の撮像モードでは、前記撮像光学系の開口数を前記第 1 の撮像モードにおける前記撮像光学系の開口数よりも小さくして前記物体を撮像することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 5】

前記物体を照明する照明光学系を更に有し、

前記撮像光学系および前記照明光学系はそれぞれ遮光部を有し、

前記第 1 の撮像モードでは、前記照明光学系における遮光部の開口数を前記撮像光学系における遮光部の開口数と同じかそれよりも大きくすることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

30

【請求項 6】

前記物体を照明する照明光学系を更に有し、

前記撮像光学系および前記照明光学系はそれぞれ遮光部を有し、

前記第 2 の撮像モードでは、前記照明光学系における遮光部の開口数を前記撮像光学系における遮光部の開口数と同じにすることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

40

【請求項 7】

前記物体を照明する照明光学系を更に有し、

前記撮像光学系および前記照明光学系はそれぞれ遮光部を有し、

前記第 1 の撮像モードでは、前記撮像光学系における遮光部の開口数は前記照明光学系における透過部の開口数と同じかそれよりも小さく暗視野を形成することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 8】

前記撮像光学系は可変絞りを有し、前記可変絞りによって前記撮像光学系における遮光部の開口数が変更されることを特徴とする請求項 4 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

50

【請求項 9】

前記照明光学系は、それぞれ異なる透過部と遮光部の分布を有する複数の絞りと、前記複数の絞りの一つが光路に配置されるように前記複数の絞りを切り替えて前記照明光学系における遮光部の開口数を変更する手段と、を有することを特徴とする請求項 5 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

【請求項 10】

前記物体を照明する照明光学系を更に有し、

前記照明光学系は、前記物体を透過した光を前記第 1 の撮像素子または前記第 2 の撮像素子に選択的に到達させる絞りを有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の撮像装置。

10

【請求項 11】

前記物体を照明する照明光学系を更に有し、

前記照明光学系は、前記物体を透過した光を前記第 1 の撮像素子または前記第 2 の撮像素子に選択的に到達させるカラーフィルタを有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の撮像装置。

【請求項 12】

前記物体を光軸に垂直な平面内で移動させる移動ステージを有し、

前記制御部は、前記第 1 の撮像素子または前記第 2 の撮像素子に対して移動させながら前記物体を複数回撮像し、前記複数回の撮像で得られた画像を繋ぎ合せて 1 枚の画像を得ることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の撮像装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 は、顕微鏡を用いて標本（試料）を異なる解像度で観察するために、対物レンズを交換して対物レンズの倍率を変更し、小区画の画像情報を張り合わせて標本全体像を取得する方法を提案している。また、特許文献 2 は、高解像度で視野の大きい対物レンズを用い、撮像部に撮像素子を複数配置して高速に広域の撮像をする方法を提案している（特許文献 2）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 09 - 281405 号公報

【特許文献 2】特開 2009 - 003016 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、特許文献 1 の方法では、様々な解像度への要求に応えるためには、多くの対物レンズを準備しなければならない。特許文献 2 の方法では、広画角・高解像専用の光学系で比較的低解像度で標本全体の高解像画像を形成すると、撮像素子の集積度が大きすぎる場合がある。撮像素子の集積度が大きすぎると記憶容量が大きくなり、画像処理や画像転送に時間がかかったり、高コスト化を招いたりする。

40

【0005】

また、カラー画像を得るために、例えば、ベイア配列のカラーの撮像素子を使用する場合、光源からの光を三種類の波長の光にわけて三種類の画素で受光するため、同一波長を受光する素子数は $1/2$ または $1/4$ となる。このため、カラーの撮像素子の画素数を単色の撮像素子の画素数の 2 倍または 4 倍と多くしないと同一解像度が得られないことになる。

50

【 0 0 0 6 】

一方、撮像素子の画素数が増加すると、素子が微細化するため撮像素子の製造が困難になり、またノイズが増加するという問題が生じる。

【 0 0 0 7 】

そこで、本発明は、撮像光学系を交換せずに解像度の異なる撮像を短時間でかつ適切な画像データ量で行うことが可能な撮像装置を提供することを例示的な目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明の撮像装置は、物体の光学像を形成する撮像光学系と、第 1 の撮像素子と当該第 1 の撮像素子よりも集積度が小さい第 2 の撮像素子と、前記第 1 の撮像素子を前記撮像光学系の像面に位置させた状態で前記第 1 の撮像素子により前記物体を撮像する第 1 の撮像モードと前記第 2 の撮像素子を前記撮像光学系の像面に位置させた状態で前記第 2 の撮像素子により前記物体を撮像する第 2 の撮像モードとを実行可能な制御部と、を有することを特徴とする

10

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、撮像光学系を交換せずに解像度の異なる撮像を短時間でかつ適切な画像データ量で行うことが可能な撮像装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

20

【図 1】撮像装置の構成を示す図である。（実施例 1、2、3、4）

【図 2】図 1 に示す撮像部と照明光学系の絞りの構成を示す図である。（実施例 1、2）

【図 3】図 1 に示す別の撮像部と照明光学系の絞りの構成を示す図である。（実施例 3）

【図 4】図 1 に示す別の撮像部と照明光学系の絞りの構成を示す図である。（実施例 3）

【図 5】図 1 に示す別の撮像部と照明光学系の絞りの構成を示す図である。（実施例 3）

【図 6】図 1 に示す別の撮像部と照明光学系の絞りの構成を示す図である。（実施例 3）

【図 7】図 1 に示す別の撮像部の構成を示す図である。（実施例 3）

【図 8】1 領域の画像を得るための説明図である。（実施例 3）

【図 9】大領域の画像を得るための説明図である。（実施例 1、2、3、4）

【図 10】撮像光学系と照明光学系の開口数（NA）を説明する図である。（実施例 4）

30

【図 11】撮像光学系と照明光学系の絞りを説明する図である。（実施例 4）

【図 12】照明光学系の絞りを説明する図である。（実施例 4）

【図 13】撮像光学系の絞りを説明する図である。（実施例 4）

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

図 1 は、本実施形態の透過型顕微鏡を用いた撮像装置のブロック図である。撮像装置は、照明光学系 100 と、標本部 200 と、撮像光学系 300 と、撮像素子部（撮像部）400 と、画像処理部 500 と、制御部 600 と、を有する。

【 0 0 1 2 】

照明光学系 100 は、光源ユニット 110 と、光学系 120 と、瞳位置近傍に配置された絞り 130 と、観察面 210 近傍または観察面 210 と共役な位置に配置されたフィルタ 150 と、を有する。照明光学系 100 は、光源ユニット 110 からの光を観察面 210 に導く。

40

【 0 0 1 3 】

光源ユニット 110 は、標本を照明する一つ以上のハロゲンランプやキセノンランプ、LED 等で構成されている。絞り 130 は、絞り 130 を切り替えまたは交換する絞り駆動装置 140 の上に配置されている。絞り 130 は、後述するように、物体を透過した光が撮像素子部 400 の一つの撮像素子に選択的に到達させるように機能することができる。フィルタ 150 は、フィルタ駆動装置 160 でフィルタ位置を駆動されるか、切り替えまたは交換できるように構成されている。

50

【 0 0 1 4 】

標本部 2 0 0 は、標本を搭載し、不図示の標本ステージ（移動ステージ）と標本保持部を有する。標本ステージは、標本保持部を、撮像光学系 3 0 0 の光軸の方向や光軸と垂直な方向に（光軸に垂直な平面内で）、もしくは光軸に対して傾くように駆動することができる。物体である標本（サンプル）を観察面 2 1 0 に一致させるように標本ステージを駆動して、照明光学系 1 0 0 と撮像光学系 3 0 0 と撮像部 4 0 0 を用いて撮像を行う。

【 0 0 1 5 】

撮像光学系 3 0 0 は、観察面 2 1 0 で照明された標本の光学像を撮像面 3 4 0 に結像（形成）し、光学系 3 1 0 と、瞳位置近傍に配置された絞り 3 2 0 と、可変開口絞り 3 3 0 と、を有する。可変開口絞り 3 3 0 は、瞳位置近傍あるいは光路中の挿入しやすい場所に設置される。撮像光学系 3 0 0 は透過型光学系でも反射型光学系でもよい。

10

【 0 0 1 6 】

撮像部 4 0 0 は、撮像光学系 3 0 0 の像面に撮像素子を配置させる不図示の撮像ステージと、基板 4 1 0 と、撮像素子 4 2 0 と、を有する。撮像ステージは、例えば、細胞診モードが選択された際に撮像素子 1 を撮像光学系の像面に位置させ、組織診モードが選択された際に撮像素子 2 を撮像光学系の像面に位置させる。

【 0 0 1 7 】

撮像素子 4 2 0 は、図 2（A）、図 3（A）、図 4（A）、図 5（A）または図 6（A）に示すように、基板 4 1 0 上に隙間を空けて配置された 2 種類以上の撮像素子を有する。第 1 の撮像素子（撮像素子 1）、第 2 の撮像素子（撮像素子 2）などは、撮像ステージ 4 1 0 で撮像光学系 3 0 0 の結像面に一致するように配置されている。撮像素子 4 2 0 の詳細は後で詳しく述べる。

20

【 0 0 1 8 】

撮像面 3 4 0 では、光学系 3 1 0 の視野に撮像素子 4 2 0 が入るように撮像ステージを駆動する。撮像素子 4 2 0 が受光した光は電気信号に光電変換される。

【 0 0 1 9 】

画像処理部（画像処理手段）5 0 0 は、撮像部 4 0 0 の撮像素子 4 2 0 からの電気信号を不図示の記憶装置に一旦記憶し、画像合成などの画像処理を施す。画像処理では、制御部 6 0 0 によって撮像素子 1 または撮像素子 2 を移動させながら物体を複数回撮像し、複数回の撮像で得られた画像を繋ぎ合せて 1 枚の画像を得る。

30

【 0 0 2 0 】

制御部 6 0 0 では、撮像装置の動作などの制御、特に絞り駆動装置 1 4 0 やフィルタ駆動装置 1 6 0、絞りやフィルタ 1 5 0 の交換または切り替え、可変絞り 3 3 0、標本ステージや撮像ステージなどの駆動を制御している。これらの構成要素は、2 つの撮像モードの間で、撮像光学系を経た光を受光する撮像素子を撮像素子 1 と 2 の間で切り替える。

【 0 0 2 1 】

撮像装置は複数の撮像モードを実行可能であり、設定した撮像モードに応じて撮像光学系を交換しないで（撮像光学系の構成を維持した状態で）撮像条件に対応した異なる解像度で撮像できる。

【 0 0 2 2 】

例えば、解像力を重視する細胞診モード（第 1 の撮像モード）や、解像力をそれほど必要としないが広域な画像を得る組織診モード（第 2 の撮像モード）、あるいは解像力を殆ど必要としない予備計測モード（第 3 の撮像モード）などである。制御部 6 0 0 は、各撮像モードを実行可能である。

40

【 0 0 2 3 】

予備計測モードでは標本全体の大体の大きさや標本の光軸方向の位置を計測する。以下、予備計測モードを単に計測モードと呼ぶ。

【 0 0 2 4 】

撮像素子 4 2 0 は、図 2（A）などで示すように、2 種類以上の異なる撮像素子で構成されている。各撮像素子は、例えば、画素ピッチの異なる、即ち、集積度の異なるものや

50

、カラーフィルタのついた画素からなりいわゆるベイア配列の撮像素子とモノクロの画素からなる撮像素子であるような機能などが異なるものである。

【 0 0 2 5 】

細胞診モードは、集積度の高い撮像素子 1 を撮像光学系の像面に位置させた状態で撮像素子 1 により物体を撮像する。組織診モードは集積度の低い撮像素子 2 を撮像光学系の像面に位置させた状態で撮像素子 2 により物体を撮像する。あるいは、細胞診モードは物体を単色で撮像する、モノクロの画素からなる撮像素子 1 を用い、組織診モードでは物体をカラーで撮像する、同じ集積度のカラーフィルタのついた画素からなる撮像素子 2 を用いる。計測モードでは撮像素子 1 より集積度の低いモノクロの素子あるいは、撮像素子 1 と同等以下の集積度のカラーフィルタのついた素子からなる撮像素子 3 を用いる。

10

【 0 0 2 6 】

モノクロ画素でカラー画像を得る場合、白色光源とした光源 1 1 0 の後ろから撮像素子 4 2 0 までの間の任意の位置にカラーフィルタを挿入して波長別に受光し単色画像を得る。例えば、短波長（中心波長約 4 5 0 n m）のみが通過するフィルタを挿入して短波長（中心波長約 4 5 0 n m）の光のみを撮像素子 4 2 0 が受光するようにする。同様にして、中間波長（中心波長約 5 5 0 n m）、長波長（中心波長約 6 5 0 n m）の 2 波長を別々に受光する。受光した信号を伝送して単色画像として波長別に画像処理部のメモリに取り込む。これらの単色画像を画像処理で合成してカラー画像にすればよい。あるいは、波長の異なる単色光源により標本を照明し、標本からの反射光または透過光を別々に受光し、これらの単色画像を同様に画像処理で合成してカラー画像にすればよい。

20

【 0 0 2 7 】

撮像素子 4 2 0 の集積度を定める画素ピッチは、撮像素子 4 2 0 の M T F の遮断周波数（M T F が 0 になる最小の周波数）が光学系の遮断周波数より大きくなるように決めるとよい。そうすると撮像光学系 3 0 0 の解像性能を最大に発揮させることができる。

【 0 0 2 8 】

解像力を重視する場合には、カラー画像を得る必要があっても、モノクロの撮像素子を用いれば単色の画素ピッチが最小にできるため、モノクロの撮像素子を用いる。

【 0 0 2 9 】

サンプリング定理から、撮像素子の画素ピッチを p とすると画素ピッチ p は次式で決定できる。 $r c$ はカットオフ周波数である。想定している解像力を R とすると、撮像素子の画素ピッチは R より小さくしなければならない。

30

【 0 0 3 0 】

【数 1】

$$p \leq \frac{1}{2rc} = R$$

【 0 0 3 1 】

細胞診モードでは、光学系 3 1 0 の解像度を損なわないような細かい画素ピッチで撮像する。カットオフ周波数は撮像光学系 3 0 0 の解像力の限界と等しくする。撮像光学系 3 0 0 の解像力の限界は、撮像光学系 3 0 0 の結像倍率 M 、照明光の波長 λ 、撮像光学系の対物レンズの開口数 NA 、照明光学系 1 0 0 のコヒーレンスファクタ σ によって決まる。

40

【 0 0 3 2 】

撮像光学系 3 0 0 の解像力の限界を R とし数式 1 より撮像ピッチを求めて、この撮像ピッチを持つ撮像素子 1 を用いる。細胞診モードは比較的、狭い領域の画像を観察する。領域をせまくすることでメモリ容量を小さくする。

【 0 0 3 3 】

組織診モードでは、細胞診モードより開口数を小さくして物体を撮像するため、それに応じて撮像光学系 3 0 0 の解像力の限界が変わる。撮像光学系 3 0 0 の開口数 NA によ

50

って決まる限界解像力 R から決まる画素ピッチの大きさをもつ撮像素子 2 を用いる。

【0034】

計測モードでは、さらに NA を小さくし、必要な解像度によって決まるピッチの撮像素子 3 を用いる。

【0035】

組織診または計測モードにおいて標本全体像を把握したい場合、撮像素子が 1 回で撮像できる領域を撮像した後、隣接した領域に撮像素子をずらし、順次撮像し画像を取り込んでいくことで撮像領域を大きく広げることができる。撮像素子が 1 回で撮像できる領域は対物レンズの視野で決まるものである。

【0036】

10

例えば、図 9 に示すように、撮像素子が 1 回で撮像できる領域を四角で示すが、1 の位置に撮像した後、標本の位置または撮像素子の位置を相対的にずらして動かし、2, 3, ... 9 の位置を撮像し、画像を繋ぎ合わせることで広域な画像を得ることができる。

【0037】

画像が広域になると画素数が増加し、画素数が大きくなると画像データの記憶容量が大きくなり、データ伝送時間が長くなる。しかし、集積度の低い撮像素子 2 を用いることにより、広域画像の画素数を必要十分にすることができる。

【実施例 1】

【0038】

20

図 1 に示す撮像装置において、照明光学系 100 からの光束は開口数 NA_i で照射され、撮像光学系（対物レンズ）300 にある開口数 NA で入射し、 NA 比はコヒーレンスファクタ $\sigma (= NA_i / NA)$ である。対物レンズの開口数 $NA = 0.75$ 、中心波長が 550 nm の白色光源を用い、 $\sigma = 0.7$ 、倍率 $M = 10$ の撮像装置を用いる。

【0039】

細胞診モードでは撮像素子 1 を用いる。撮像光学系の限界解像力は $R = 2.16 (\mu\text{m})$ であるため、撮像素子 1 の画素ピッチ P は数式 1 より $P = 2.2 (\mu\text{m})$ となる。撮像素子 1 は画素ピッチ $2.2 \mu\text{m}$ のモノクロの画素からなる。

【0040】

30

組織診モードでは、対物レンズの開口数を $NA = 0.45$ に絞り、撮像素子 2 を用いる。照明光学系 100 の最大の開口数 NA_i を 0.525 とすると $\sigma (= NA_i / NA) = 1$ であるが、 $\sigma = 1$ にする。対物レンズと照明光学系 100 の NA 絞りの方法は実施例 4 で詳しく説明する。撮像光学系 300 の限界解像力は $R = 3.05 (\mu\text{m})$ である。撮像素子 2 の画素ピッチ P は数式 1 より $P = 3.1 (\mu\text{m})$ となる。撮像素子 2 は画素ピッチ $P = 3.1 \mu\text{m}$ 以下のモノクロの画素からなる。

【0041】

計測モードでは、対物レンズの開口数を $NA = 0.4$ に絞り、撮像素子 3 を用いる。計測モードに必要な解像力を $10 \mu\text{m}$ として、撮像素子 3 の画素ピッチ P は数式 1 より $P = 10 (\mu\text{m})$ とする。撮像素子 3 は画素ピッチ $P = 10 \mu\text{m}$ 以下のモノクロの画素からなる。あるいは第 2 の撮像素子で兼用してもよい。

【0042】

40

カラー画像が必要な場合でも、細胞診モードではモノクロの撮像素子を用いる。カラーフィルタのついた撮像素子ではこれより画素ピッチを小さくしなければならず、ノイズなどが増えて撮像素子の性能が低下する場合があるためである。

【0043】

モノクロの撮像素子でカラー画像を撮像する場合、透過する波長領域を長波長側 R （赤色の光が透過）、中間波長 G （緑色の光が透過）、短波長側 B （青色の光が透過）のフィルタ 150 に交換して順次撮像する。

【0044】

あるいは透過する波長領域を大きくしてフィルタなしに、光源 110 を波長の異なる RGB 光源に変えて順次撮像してもよい。この場合、透過波長領域はカラー画像を得るには

50

十分広域だが、撮像光学系 300 の収差が劣化する短波長側や長波長側の波長を遮光するような波長特性をもっているフィルタ 150 を用いてもよい。3 色の画像を撮像し別々に取得してから、これらを合成（統合）するとカラー画像が得られる。

【0045】

撮像素子 420 は、図 2 (A) に示すように、基板 410 の上に撮像素子 1 と撮像素子 2 が配置されている。あるいは、基板 410 の上に撮像素子 1 または撮像素子 2 の一方のみを設置し、これらを交換して使用してもよい。撮像素子 1 と撮像素子 2 は形状または大きさが異なってもよい。

【0046】

照明光学系 100 のフィルタ 150 は、図 2 (B) に示すように、光の透過部分 151 と遮光部分 152 によって構成されている。透過部分 151 はある波長領域のみの光が透過できるようなカラーフィルタでもよく、撮像素子の形状に応じて標本を透過した光が一方の撮像素子のみに選択的に到達できるように構成されている。

10

【0047】

撮像素子 1 と撮像素子 2 の撮像領域が重ならないほど十分離れているときや、撮像素子 1 と撮像素子 2 を交換して使用するようなときは、透過領域 151 のみのフィルタ 150 であってもよい。また、単色の像を撮影するような場合には、フィルタ 150 は不要である。

【0048】

図 2 (A) に示す撮像素子を、撮像モードに応じて撮像光学系 300 の撮像領域 A が撮像素子 1 または 2 の撮像面と重なるように撮像ステージを移動する。細胞診モードでは、撮像素子 1 のみで撮像して撮像素子 2 では撮像しないために、照明光学系 100 からの光が撮像素子 1 に選択的に到達するようにフィルタ 150 を移動または選択する。他のモードでもそれぞれの撮像素子に選択的に到達する照明光のみが照明されるようにフィルタを移動または選択する。

20

【0049】

上記の説明では撮像素子 3 の説明を省いたが、撮像素子 2 と同様である。必要とする解像度に応じて撮像素子を更に設けてもよい。

【実施例 2】

【0050】

図 1 に示す撮像装置において、対物レンズの開口数 $NA = 0.75$ 、中心波長が 550 nm の白色光源を用い、 $\sigma = 0.7$ 、倍率 $M = 10$ の撮像装置を用いる。

30

【0051】

細胞診モードでは撮像素子 1 を用いる。撮像光学系 300 の限界解像力は $R = 2.16 (\mu\text{m})$ であるため、撮像素子 1 の画素ピッチ P は数式 1 より $P \geq 2.2 (\mu\text{m})$ となる。撮像素子 1 は画素ピッチ $2.2 \mu\text{m}$ のモノクロの画素からなる。

【0052】

組織診モードでは、対物レンズの開口数を $NA = 0.45$ に絞り、撮像素子 2 を用いる。照明光学系 100 の最大の開口数 NA_i を 0.525 とすると $\sigma (= NA_i / NA) = 1$ であるが、 $\sigma = 1$ にする。対物レンズと照明光学系 100 の NA 絞りの方法は実施例 4 で詳しく説明する。撮像光学系 300 の限界解像力は $R = 3.05 (\mu\text{m})$ である。

40

【0053】

撮像素子 1 と同じ画素ピッチ $P = 2.2 \mu\text{m}$ のカラーフィルタのついたベイヤ配列の撮像素子を撮像素子 2 として用いる。中間波長 G (緑色の光が透過) のカラーフィルタのついた画素では画素ピッチが $2.2 \times \sqrt{2} = 3.11$ なので、数式 1 の関係を満たす。

【0054】

計測モードでは、画素ピッチ $P = 7 \mu\text{m}$ のカラーフィルタのついたベイヤ配列の撮像素子を撮像素子 3 として用いる。あるいは第 2 の撮像素子で兼用してもよい。

【0055】

組織診モードや計測モードでは、解像度をそれほど必要としないため画素ピッチを比較

50

的大きくでき、ベイア配列の撮像素子を用いても画素ピッチを小さくしなくてすむ。カラーフィルタのついた撮像素子を用いると、カラー画像が一度の撮像で得られるので撮像時間が $1/3$ になる。

【0056】

撮像素子420は、図2(A)に示すように、基板410の上に撮像素子1と撮像素子2が配置されている。あるいは、基板410の上に撮像素子1または撮像素子2の一方のみを設置し、これらを交換して使用してもよい。撮像素子1と撮像素子2は形状または大きさが異なってもよい。

【0057】

照明光学系100のフィルタ150は、図2(B)に示すように、光の透過部分151と遮光部分152によって構成されている。透過部分151はある波長領域のみの光が透過できるようなカラーフィルタでもよく、撮像素子の形状に応じて標本を透過した光が一方の撮像素子のみに選択的に到達できるように構成されている。

【0058】

撮像素子1と撮像素子2の撮像領域が重ならないほど分離されているときや、撮像素子1と撮像素子2を交換して使用するようなときは、透過領域151のみのフィルタであってもよい。また、単色の像を撮影するような場合には、フィルタは不要である。

【0059】

図2(A)に示す撮像素子420を、撮像モードに応じて撮像光学系300の撮像領域Aが撮像素子1または2と重なるように撮像ステージを移動する。細胞診モードでは、撮像素子1のみで撮像して撮像素子2では撮像しないために、照明光学系からの光が撮像素子1に選択的に到達するようにフィルタを移動または選択する。他のモードでもそれぞれの撮像素子に到達する照明光のみが照明されるようにフィルタを移動または選択する。

【0060】

上記の説明では撮像素子3の説明を省いたが、撮像素子2と同様である。必要とする解像度に応じて撮像素子を更に設けてもよい。

【実施例3】

【0061】

図1に示す撮像装置において、撮像光学系300は高倍率またはノかつ広画角で光学系310の撮像領域Aは撮像素子1つに比べて非常に大きい。撮像素子1、2、3は、図3(A)に示すように、それぞれが複数個で構成されている。照射領域Bを限定するフィルタ150は、図3(B)に示すように、光の透過部分151と遮光部分152によって構成されている。透過部分151はある波長領域のみの光が透過できるようなカラーフィルタでもよい。

【0062】

図4(A)に示すように、複数の撮像素子1および撮像素子2によって構成された撮像部は互いに隣り合って配置されていてもよい。あるいは、図3(A)に示す2つの撮像素子を図7に示すように光透過物質で構成された基板410にそれぞれ搭載して立体的に重ねて、図4(A)に示す位置関係で配置してもよい。この場合、それぞれの撮像素子の面に合焦位置を一致させるようにして、フォーカス位置を変えて撮像する。

【0063】

図4(A)、図5(A)、図6(A)のような撮像素子の構成にする場合、撮像素子2と撮像素子3は同じものでもよい。撮像素子1と撮像素子2は形状または大きさが異なってもよい(図6(A))。平面上に配置できれば平面上に配置してもよい。

【0064】

実施例1と同様に、撮像モードに応じて光学系の撮像領域が撮像素子1または2(または3)と重なるようにフィルタまたは撮像ステージを移動する(図3(A)と図3(B)または図4(A)と図4(B))。

【0065】

実施例1と同様に、撮像素子1のみで撮像して他の撮像素子で撮像しない場合、標本を

10

20

30

40

50

透過した光が撮像素子 1 のみに選択的に到達するようにフィルタ 150 を選択する（図 3（B）または図 4（B））か、フィルタを移動する（図 4（C））。図 3（A）に示す撮像素子を使用する場合、フィルタ 150 は固定したままでいい場合もある。透過部分 151 の位置関係が同じカラーフィルタに交換する場合もある。

【0066】

または、撮像モードに応じて光学系 310 の撮像領域 A が撮像素子 1 または 2（または 3）の多数と重なるように撮像ステージを移動する（図 5（A））。この場合、フィルタ 150 は固定したままでいい場合もある。透過部分の位置関係が同じカラーフィルタに交換する場合もある（図 5（B））。

【0067】

フィルタ 150 は光源から撮像部までの光路のどの部分にいてもよい。

【0068】

まず、計測モードで計測してから細胞診モード、組織診モードで撮像する。

【0069】

計測モードでは、対物レンズの開口数を $NA = 0.4$ に絞り、撮像素子 3 を用いる。撮像素子 3 の画素ピッチ P は $7\mu m$ であり、撮像素子 3 はカラーフィルタのついたベイア配列を有する。光源 110 は白色光源を用いる。

【0070】

計測モードではサンプルの存在するおおまかな 3 次元的位置を計測する。図 3（A）または図 4（A）で示す撮像素子 3 で撮像領域に関してまばらな位置で撮像しても、おおまかな 2 次元の大きさがわかる。

【0071】

深さ（ z ）方向のフォーカス位置を変えて数回撮像することによって代表的な 2 次元（ x 、 y ）位置での光軸方向の座標を計測し焦点位置を推測する。ここで、「計測」とは、標本を撮像し画像を取得してから、画像を所定の手続きによりサンプルの存在するおおまかな 3 次元的位置情報を得るものである。例えば、画像の濃淡の情報や色分布の情報などを用いて標本の境界や標本内部のコントラストなどを算出する。

【0072】

撮像された画像の各部分がコントラストのよい z 方向の位置がフォーカス位置である。一般的には、標本をはさんでいるスライドガラスまたはプレパラートサンプルにはうねりがあり、標本の厚さがばらついているので（ x 、 y ）位置での最良なフォーカス位置は一樣ではない。深さ（ z ）方向のフォーカス位置を変えて数回撮像し、（ x 、 y ）位置でコントラストのよい z 位置をフォーカス位置とする。

【0073】

フォーカス位置をより精度良くするために、低 NA からより焦点深度の浅い高 NA に変えてフォーカス位置を測定してもよい。また、標本位置を撮像素子に対してずらしながら複数回の撮像を行い、取得した複数の画像を合成し、撮像領域全体をむらなくフォーカス位置を計測してもよい。更に、図 9 に示すように、撮像素子と標本を相対的にずらして何回か計測し、より広域のフォーカス位置を計測してもよい。サンプルの存在する 3 次元的位置情報をほかの手段によって取得済みであれば、計測モードを省略してもよい。

【0074】

次に、組織診モードで撮像する。組織診モードでは、対物レンズの開口数を $NA = 0.45$ に絞り、撮像素子 2 を用いる。照明光学系 100 の最大の開口数（ NA_i ）を 0.525 とすると $\sigma (= NA_i / NA) > 1$ であるが、 $\sigma = 1$ にする。あるいは撮像素子 2 と撮像素子 3 は同じものでもよい。

【0075】

組織診モードでは、得られた最良のフォーカス位置に撮像光学系 300 と標本を配置して撮像する。「最良のフォーカス位置」とは、各素子でのフォーカス位置での標本全体での平均位置としてもよいし、各素子部分でのフォーカス位置にあわせて数回撮像してベストフォーカス位置にある画像部分をつなぎ合わせてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 6 】

あるいは撮像素子 4 0 0 または撮像素子 3 0 0 の観察面 2 1 0 の位置を複数の撮像素子がベストフォーカス位置になるようにする。そして、標本位置を撮像素子に対して光学系の撮像領域が重なるようにずらしながら複数回の撮像を行い撮像素子の隙間を埋めるようにし、取得した複数の画像を合成し、光学系 3 1 0 の撮像領域全体の画像とする。

【 0 0 7 7 】

図 8 はこの様子を示している。図 8 (A) のように、たとえば、図 3 (A) のような撮像素子を用い、1 回目の撮像の後、画像データを取得する。図中、1 は 1 回目撮像の中心位置、灰色の部分は 1 回目撮像で取得できる画像領域を示している。次に、図 8 (B) に示すように、撮像中心位置を光学系の視野内でずらし、1 回目の撮像素子の隙間を埋めるように 2 回目の撮像をする。図中、2 は 2 回目撮像の中心位置、2 と示した四角は 2 回目撮像で取得できる画像領域を示している。同様に、図 8 (C)、(D) に示すように 3 回目、4 回目と撮像し、画像データを取得していくと 1 , 2 , 3 , 4 の数字が記入された四角で示した領域が全て撮像される。これらを画像処理によって繋ぎ合わせ連続した画像を形成する。

10

【 0 0 7 8 】

予め取得した標本の 2 次元的な大きさの情報が光学系の視野より大きかった場合、光学系の視野の位置を変えてより広域の画像にすることもできる。すなわち、図 9 に示すように、光学系の視野の位置を変えることによって撮像素子と標本を相対的にずらして前に撮像された撮像領域の隣接する位置に移動する。その後、次の撮像領域全体の画像を図 8 で示した手順によって撮像し、これらをつなぎあわせてより広域の画像にする。組織診モードでは NA を絞る事によって焦点深度が大きくできる効果もあるため、広域化しても焦点のあった画像を得る事が容易になる。

20

また、撮像素子の画素数が不必要に多すぎることもないので、広域化してもメモリの増大は必要な量に抑えられる。

【 0 0 7 9 】

次に、細胞診モードで撮像する。細胞診モードの開口数は最大にし、画素ピッチ $2.2 \mu\text{m}$ のモノクロの画素からなる撮像素子 1 を用いる。細胞診モードでも組織診モードと同様に、最良のフォーカス位置に撮像素子と標本を配置して単色画像を撮像する。

【 0 0 8 0 】

カラー画像が必要な場合、前述の方法で RGB 単色画像を 3 回撮像し、これらを画像処理部で合成してカラー画像を得る。

30

【 0 0 8 1 】

そして、組織診モードと同様に、標本位置を撮像素子に対して光学系 3 1 0 の撮像中心位置をずらしながら複数回の撮像を行い、撮像素子の隙間を埋めるように画像を取得し、光学系の視野内の画像を取得する。そして、取得した複数の画像を画像処理によって合成し、光学系 3 1 0 の視野内の連続した画像を取得する (図 8 参照)。細胞診モードでは、計測モードまたは組織診モードで撮像した画像をもとに細部を観察したい部分 (x , y) 位置のみを撮像してもよい。

【 0 0 8 2 】

組織診モードのみが必要な場合は細胞診モードを省略できる。この場合、撮像素子 2 と撮像素子 3 を備えた撮像装置であればよい。細胞診モードのみが必要な場合は組織診モードを省略できる。この場合、撮像素子 1 と撮像素子 3 を備えた撮像装置であればよい。

40

【 0 0 8 3 】

組織診モードの NA は、他の NA にする事も可能であるし、撮像素子 2 を単色の撮像素子にして RGB 単色画像を 3 回撮像し、カラー画像を得るようにしてもよい。

【 実施例 4 】

【 0 0 8 4 】

図 1 0 は、標本を照射する照明光の光束と標本から透過した光束を拡大して示す図である。図 1 に示す撮像装置において、照明光学系 1 0 0 からの光束は開口数 NA_i で照射さ

50

れ、撮像光学系（対物レンズ）300に開口数NAで入射する。これらのNA比を σ という。

【0085】

対物レンズに、広域で高NAの反射屈折光学系を使用する場合は中抜け（obscuration）と呼ばれる光軸付近の光が入射しない構造となっていることがある。このような光学系310は光路中に望ましくない散乱光を吸収するため撮像光学系300の絞り320に中心遮光絞りを設けている。この遮光部分の開口数をNA_oとする。

【0086】

解像力やコントラスト、深度などの光学性能は、撮像光学系の開口数とコヒーレンスファクタ、すなわち照明光学系100の開口数との関係で決まる。従って、撮像光学系300と照明光学系100の絞り130は複数のモードにとって重要である。

10

【0087】

図11は、照明光学系100に設けられる複数の絞り130と、撮像光学系に設けられる複数の絞り320を示す平面図である。これらの複数の絞りは透過部と遮光部の分布が異なっている。撮像装置は、複数の絞りの一つが光路に配置されるように複数の絞りを切り替える不図示の手段を有している。

【0088】

ある撮像モードに対して撮像光学系300の絞り320または330と照明光学系の絞り130の好ましい組み合わせを説明する。撮像光学系300の代表的な絞り形状を図13に示し、照明光学系100の代表的な絞り形状を図12に示す。

20

【0089】

撮像光学系300の中心遮光絞りは図13（A）に示すような透過率分布となっている。また、照明光学系100は絞りが無いときには図12（A）に示すような遮光部分のない透過率分布となっている。

【0090】

細胞診モードにおいては、撮像光学系300の開口数NAを大きくし、照明光学系100の開口数NA_iを大きくする。更に、照明光学系100を、撮像光学系300の中抜け部分の開口数NA_oよりも大きく遮光する。即ち、照明光学系100においても開口数NA_i、NA_oの中抜けのある輪帯照明が好ましい（図11（A）、（B））。この場合、照明光学系100の絞り130を図12（B）または図12（C）に示すような絞りに切り替える。

30

【0091】

組織診モードにおいては、照明光学系100の開口数NA_iを最大にしたまま撮像光学系300の開口数NAを小さくするが、 σ が1を超えないようにする。更に、照明光学系100を撮像光学系300の中抜け部分の開口数NA_oと等しく遮光する。即ち、照明光学系100においても開口数NA_i、NA_oの中抜けのある輪帯照明とする（図11（C））。

【0092】

この場合、撮像光学系300の可変絞り210を絞ることによって撮像光学系300の開口数を小さくすることができる。あるいは撮像光学系300の絞り320に図13（B）に示すような透過率分布の開口絞りを設けてもよい。照明光学系100の絞り130は図12（B）に示すような絞りにする。 σ （= NA_i / NA_o ）1となる場合、図12（D）に示すようなNA_iの開口も同時に絞り、 $\sigma = 1$ にする。

40

【0093】

計測モードにおいては、照明光学系100の開口数NA_iを最大にしたまま、撮像光学系300の開口数NAをさらに小さくするが、 σ が1を超えないようにする。更に、照明光学系100を、撮像光学系300の中抜け部分の開口数NA_oと等しく遮光する。即ち、照明光学系100においても開口数NA_i、NA_oの中抜けのある輪帯照明とする（図11（D））。

【0094】

50

この場合、撮像光学系 300 の可変絞り 210 を更に絞ることによって撮像光学系 300 の開口数を小さくする。あるいは撮像光学系 300 の絞り 320 に図 13 (C) に示すような透過率分布の絞りを設けてもよい。照明光学系 100 の絞り 130 は図 12 (B) に示すような絞りにする。 $\sigma (= NA_i / NA_o) = 1$ となる場合、図 12 (D) に示すような NA_i の開口も同時に絞り、 $\sigma = 1$ にする。

【0095】

撮像装置は細胞診モードのオプションとして暗視野観察（暗視野）モードを備えている。暗視野モードにおいては、照明光学系 100 の開口数を、撮像光学系 300 の中抜け部分の開口数 NA_o 以下にする。即ち、照明光学系においても開口数 $NA_i = NA_o$ の円形照明とする（図 11 (E)）。この場合、照明光学系の絞り 130 を、図 12 (E) に示すような絞りに切り替える。

10

【0096】

更に、撮像光学系 300 の中抜け部分の開口数をもともと光学系の中抜け部分の開口数 NA_o よりも大きくしてもよい（図 11 (F)）。この場合、撮像光学系 300 の絞り 320 の、図 13 (D) に示すような中抜けの開口数を大きくし、遮光部分を大きくする。こうすると、照明光学系 100 の円形照明をより大きくできるので、照明光学系 100 の絞り 130 を、図 11 (F) に示すように、より透過部の大きな絞りにすることもできる。即ち、照明光学系 100 からの光量を大きくすることができる。

【0097】

撮像装置に撮像光学系 300 の絞り 320 と可変絞り 330 を設け、絞り 320 のみか可変絞り 330 と併せて絞り形状を可変にできる駆動装置を設けている。撮像光学系 300 は、絞り 320 として図 13 (A) を固定して可変絞り 330 によって開口を可変にする構成が望ましい。撮像光学系 300 は絞り 320 に図 13 (A) から (D) の複数のフィルタを用意して交換または切り替えのできるように構成してもよい。照明光学系は、図 12 (B) から (F) の複数のフィルタを用意して交換または切り替えのできるように構成してもよい。

20

【0098】

以上、本実施形態について説明したが、本発明は本実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【産業上の利用可能性】

30

【0099】

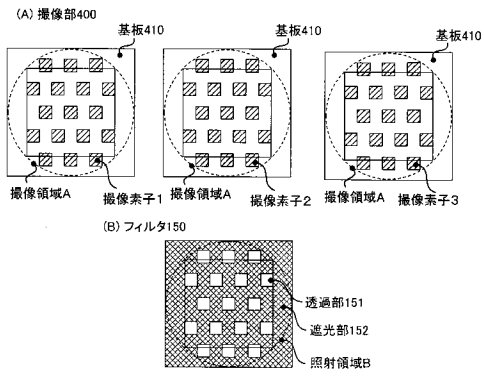
撮像装置はデジタル顕微鏡の分野に適用することができる。

【符号の説明】

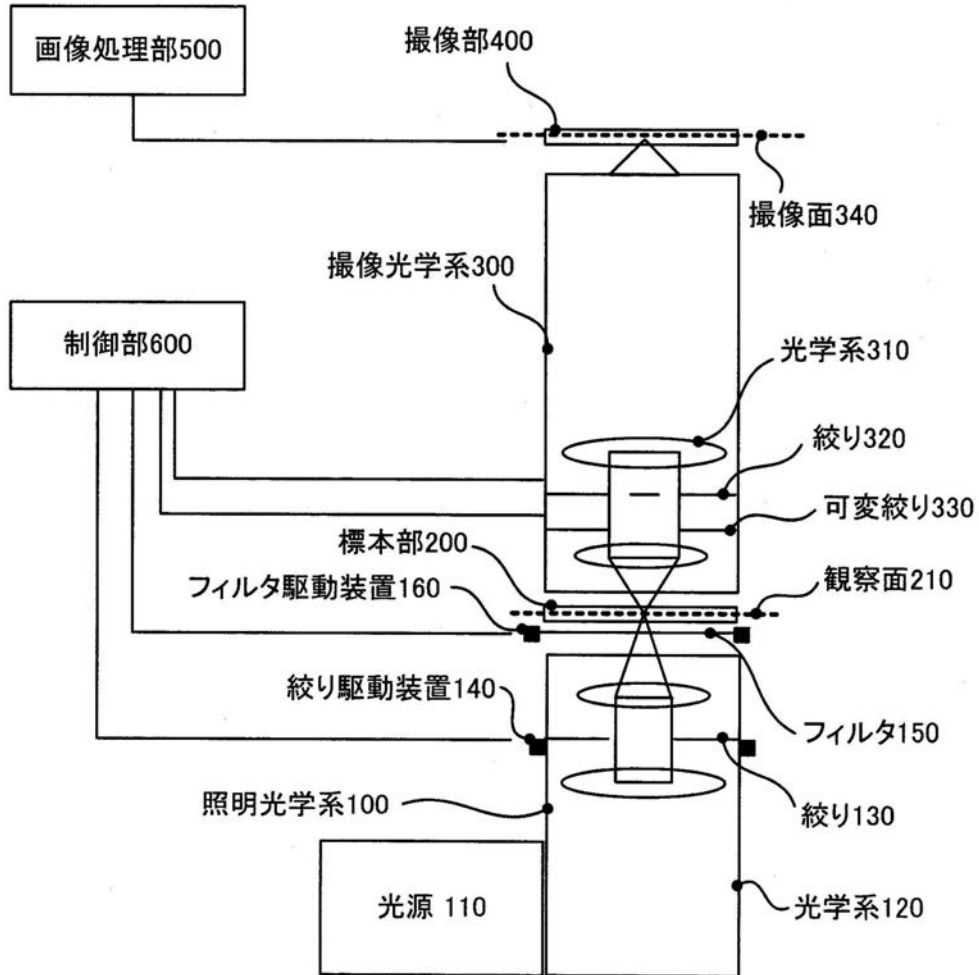
【0100】

1 ... 撮像素子（第 1 の撮像素子）、2 ... 撮像素子（第 2 の撮像素子）、300 ... 撮像光学系、600 ... 制御部

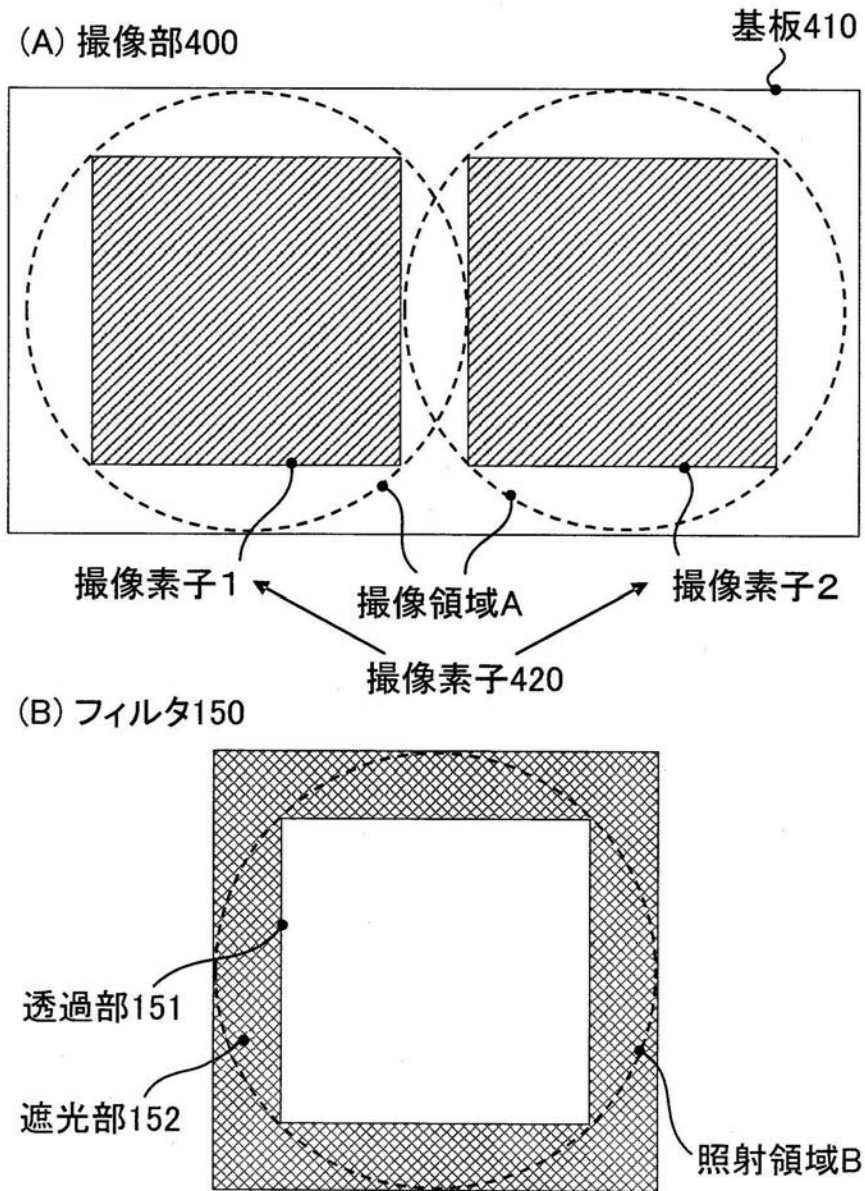
【図 3】



【図 1】

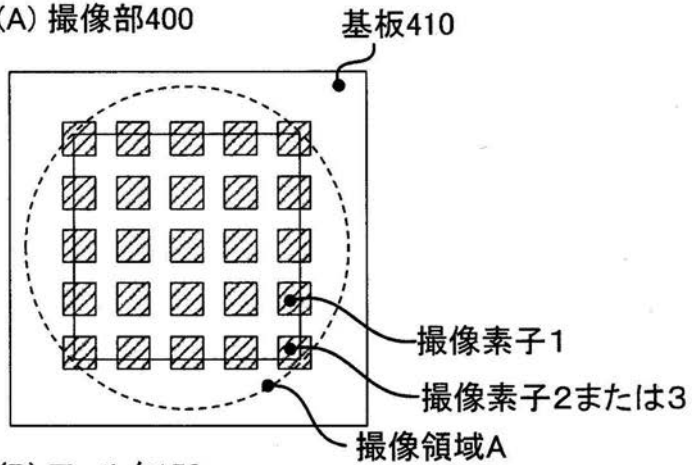


【図2】

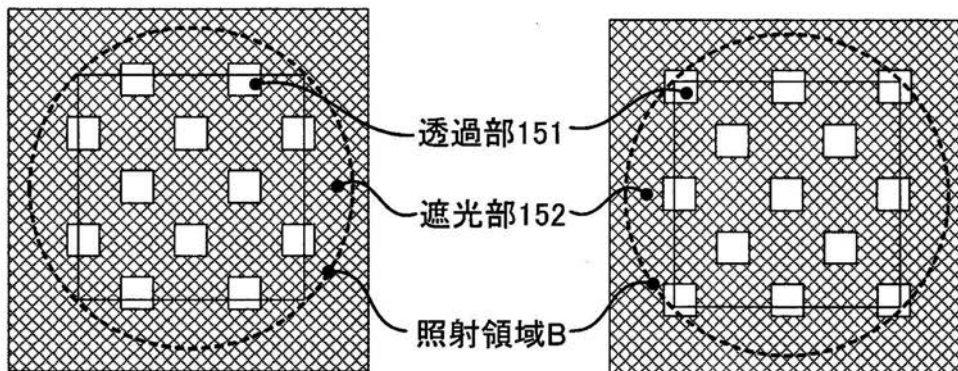


【図 4】

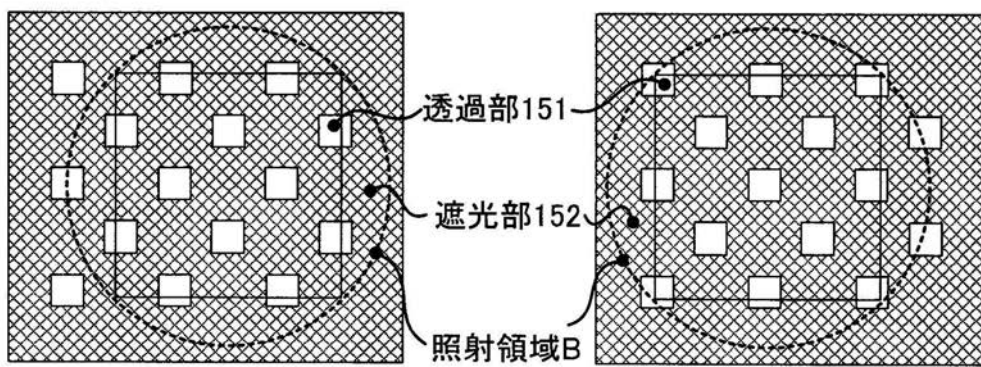
(A) 撮像部400



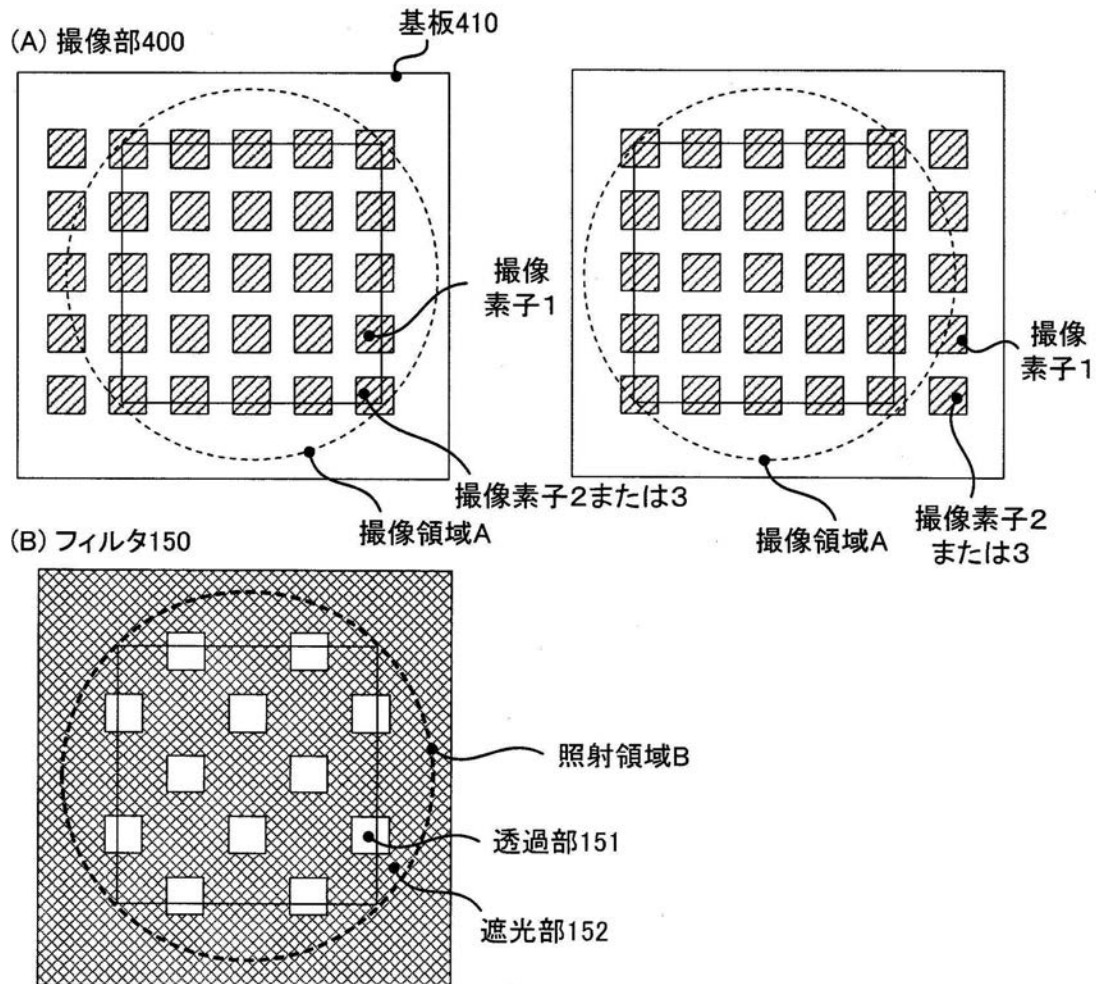
(B) フィルタ150



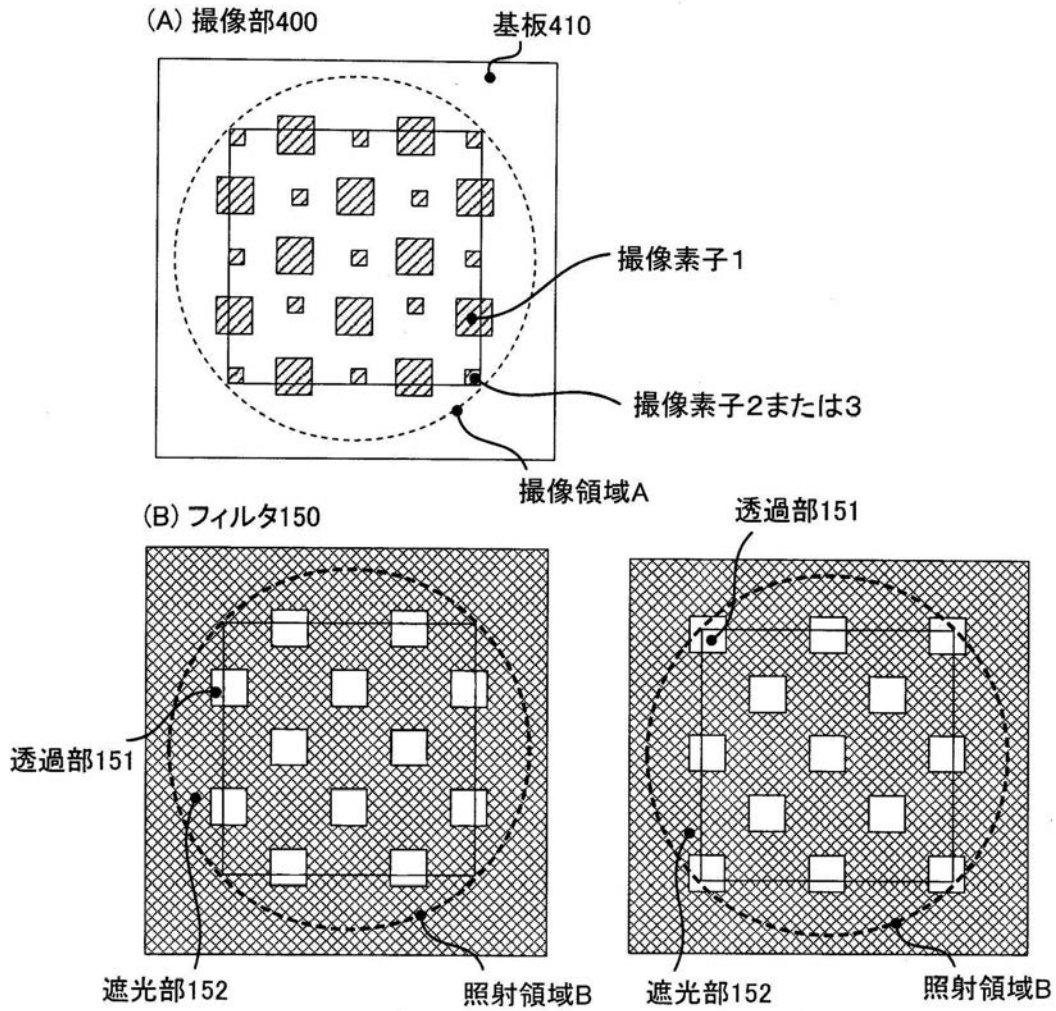
(C) フィルタ150



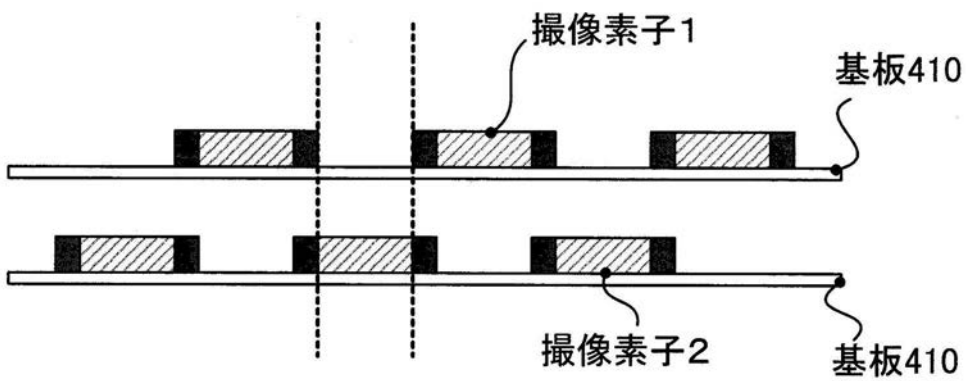
【図5】



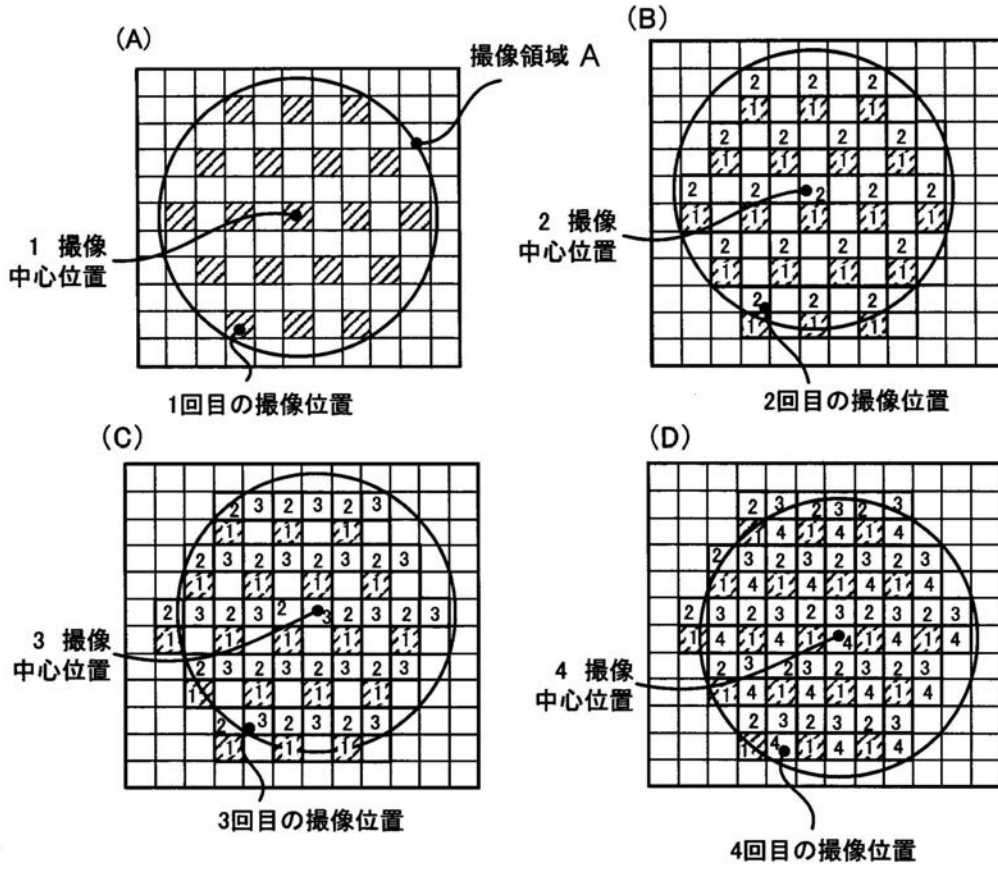
【図6】



【図7】



【 図 8 】

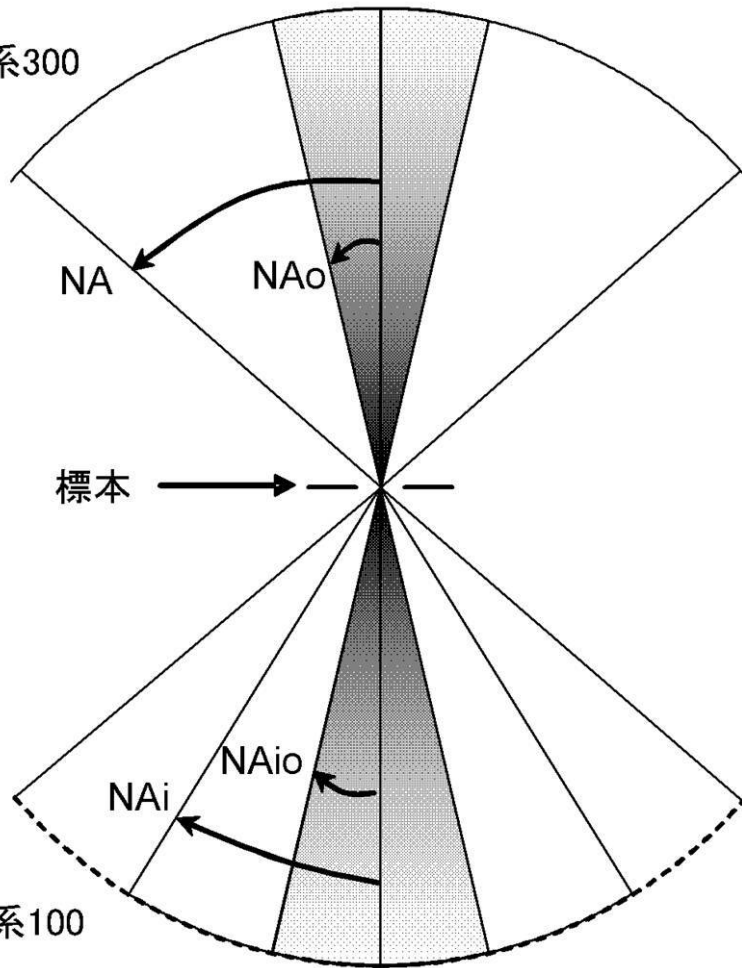


【 図 9 】

1	2	3
6	5	4
7	8	9

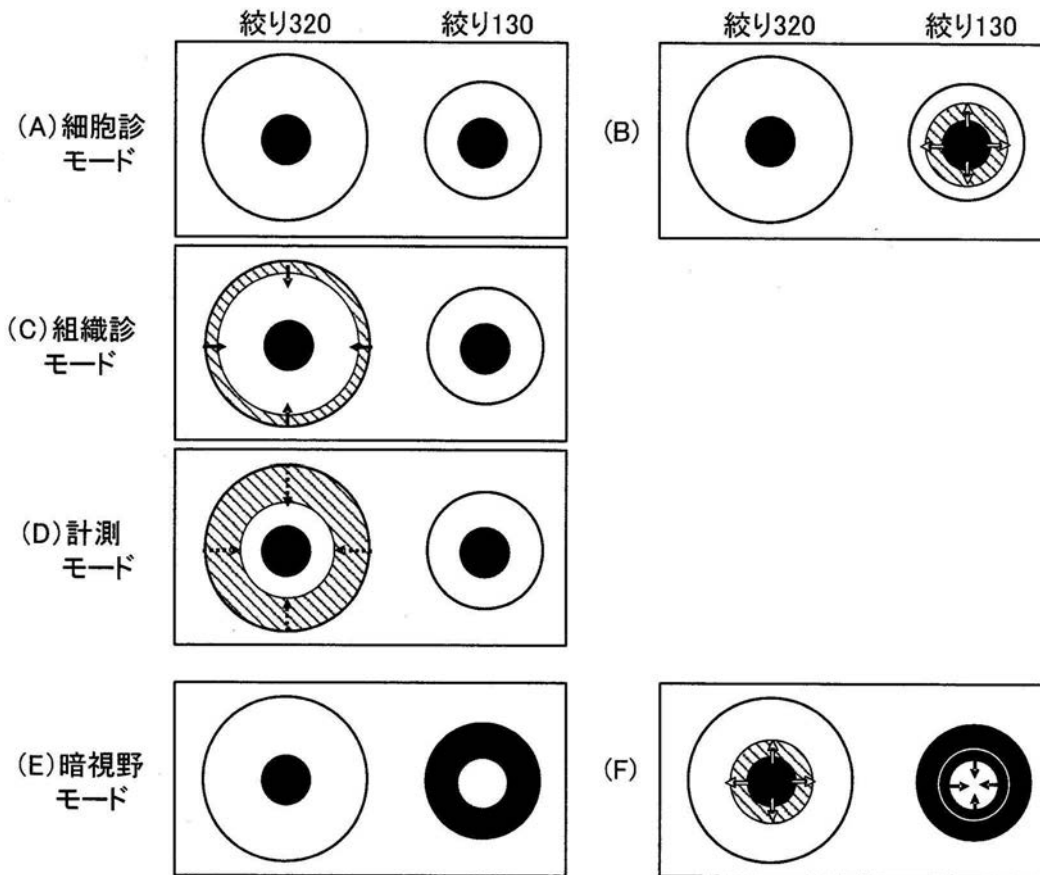
【図 10】

撮像光学系300

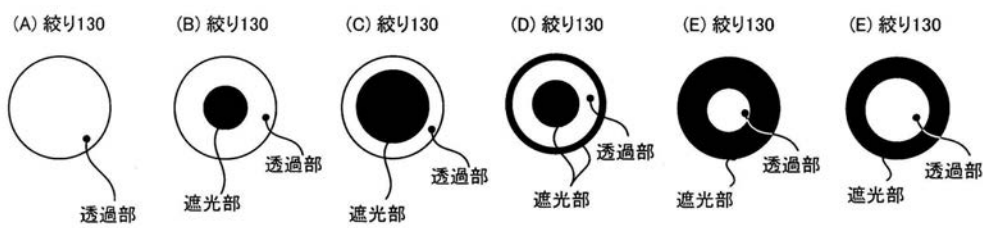


照明光学系100

【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】

