

(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2020-85988

(P2020-85988A)

(43) 公開日 令和2年6月4日(2020.6.4)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
GO2B 21/00 (2006.01)	GO2B 21/00	2H052
GO2B 21/06 (2006.01)	GO2B 21/06	
GO2B 21/36 (2006.01)	GO2B 21/36	

審査請求 未請求 請求項の数 24 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2018-216359 (P2018-216359)	(71) 出願人	000000376
(22) 出願日	平成30年11月19日 (2018.11.19)		オリンパス株式会社
			東京都八王子市石川町2951番地
		(74) 代理人	100074099
			弁理士 大菅 義之
		(72) 発明者	林 真市
			東京都八王子市石川町2951番地 オリ
			ンパス株式会社内
		Fターム(参考)	2H052 AA06 AB01 AC05 AC28 AD34
			AF14 AF25

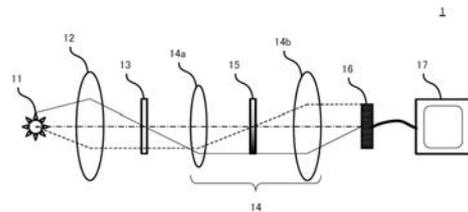
(54) 【発明の名称】 顕微鏡装置

(57) 【要約】

【課題】 標本をプラスチック容器に収容したままであっても、その標本の位相勾配画像を得ることができる。

【解決手段】 顕微鏡装置1は、標本13を照明する照明光学系12と、標本13からの光を導く観察光学系14と、観察光学系14の瞳に設けられた強度変調部15を備える。強度変調部15は、強度変調部15に入射した入射光を減光する。瞳内における強度変調部15の強度透過率分布は、第1方向に単調増加又は単調減少する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

標本を照明する照明光学系と、
 前記標本からの光を導く観察光学系と、
 前記観察光学系の瞳、又は、前記瞳と光学的に共役な位置に設けられた強度変調部であ
 って、前記強度変調部に入射した入射光を減光する、前記強度変調部と、を備え、
 前記瞳内又は前記瞳の像内における前記強度変調部の強度透過率分布である光利用率分
 布は、第 1 方向に単調増加又は単調減少する
 ことを特徴とする顕微鏡装置。

【請求項 2】

標本を照明する照明光学系と、
 前記標本からの光を導く観察光学系と、
 前記観察光学系の瞳、又は、前記瞳と光学的に共役な位置に設けられた強度変調部であ
 って、前記強度変調部に入射した入射光を減光する、前記強度変調部と、を備え、
 前記瞳内又は前記瞳の像内における前記強度変調部の強度反射率分布である光利用率分
 布は、第 1 方向に単調増加又は単調減少する
 ことを特徴とする顕微鏡装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の顕微鏡装置において、さらに、
 前記観察光学系によって導かれた前記標本からの光に基づいて前記標本の画像データを
 取得する画像取得部と、
 前記画像取得部で取得した前記画像データに基づいて、表示装置に表示される前記標本
 の画像のコントラストを強調する処理を行うコントラスト強調部と、を備える
 ことを特徴とする顕微鏡装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の顕微鏡装置において、さらに、
 前記表示装置を備える
 ことを特徴とする顕微鏡装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の顕微鏡装置において、
 前記観察光学系は、前記観察光学系から出射する光束であって、前記観察光学系の像側
 の開口数よりも小さな開口数に対応する光束で、前記標本の光学像を形成する
 ことを特徴する顕微鏡装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の顕微鏡装置において、
 前記照明光学系の開口数は、前記観察光学系の物体側の開口数よりも小さい
 ことを特徴する顕微鏡装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の顕微鏡装置において、
 前記照明光学系の開口数は、前記観察光学系の物体側の開口数の 90% 以下である
 ことを特徴する顕微鏡装置。

【請求項 8】

請求項 5 乃至請求項 7 のいずれか 1 項に記載の顕微鏡装置において、さらに、
 開口絞りを有する
 ことを特徴する顕微鏡装置。

【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか 1 項に記載の顕微鏡装置において、
 前記瞳内又は前記瞳の像内における前記光利用率分布の、前記第 1 方向の位置に対する
 2 階微分値は、正である
 ことを特徴する顕微鏡装置。

10

20

30

40

50

【請求項 10】

請求項 9 に記載の顕微鏡装置において、
前記瞳内又は前記瞳の像内における前記光利用率分布は、前記第 1 方向の位置の指数関数であることを特徴する顕微鏡装置。

【請求項 11】

請求項 3 又は請求項 4 に記載の顕微鏡装置において、
前記画像データに基づいて、前記表示装置に表示される前記標本の画像の彩度を強調する処理を行う彩度強調部と、を備えることを特徴とする顕微鏡装置。

10

【請求項 12】

請求項 1 乃至請求項 11 のいずれか 1 項に記載の顕微鏡装置において、
前記瞳内又は前記瞳の像内における前記光利用率分布は、波長に応じて前記第 1 方向の正の向きに異なる増加率又は減少率を有することを特徴する顕微鏡装置。

【請求項 13】

請求項 1 乃至請求項 12 のいずれか 1 項に記載の顕微鏡装置において、
前記瞳内又は前記瞳の像内における前記強度変調部の第 1 波長に対する第 1 光利用率分布は、前記第 1 方向の正の向きに単調増加し、
前記瞳内又は前記瞳の像内における前記強度変調部の第 2 波長に対する第 2 光利用率分布は、前記第 1 方向の負の向きに単調増加し、
前記第 1 波長と前記第 2 波長は、異なることを特徴する顕微鏡装置。

20

【請求項 14】

請求項 1 乃至請求項 11 のいずれか 1 項に記載の顕微鏡装置において、
前記瞳内又は前記瞳の像内における前記強度変調部の第 1 波長に対する第 1 光利用率分布は、前記第 1 方向に単調増加又は単調減少し、
前記瞳内又は前記瞳の像内における前記強度変調部の第 2 波長に対する第 2 光利用率分布は、前記第 1 方向とは異なる方向に単調増加又は単調減少し、
前記第 1 波長と前記第 2 波長は、異なることを特徴する顕微鏡装置。

30

【請求項 15】

請求項 12 乃至請求項 14 のいずれか 1 項に記載の顕微鏡装置において、
前記強度変調部は、分光光利用率分布の異なる複数の強度変調素子を含み、
ことを特徴する顕微鏡装置。

【請求項 16】

請求項 1 乃至請求項 15 のいずれか 1 項に記載の顕微鏡装置において、さらに、
前記瞳内又は前記瞳の像内における前記光利用率分布を変更する変更手段を備えることを特徴する顕微鏡装置。

【請求項 17】

請求項 16 に記載の顕微鏡装置において、
前記変更手段は、前記強度変調部を回転することを特徴する顕微鏡装置。

40

【請求項 18】

請求項 16 に記載の顕微鏡装置において、
前記強度変調部は、複数の強度変調素子を含み、
前記複数の強度変調素子は、単調増加又は単調減少する向きが互いに異なる光利用率分布を有し、
前記変更手段は、前記観察光学系の光軸又は前記照明光学系の光軸と交差する方向へ、前記複数の強度変調素子を移動する

50

ことを特徴する顕微鏡装置。

【請求項 19】

請求項 16 に記載の顕微鏡装置において、

前記変更手段は、前記観察光学系の光軸又は前記照明光学系の光軸に対する前記強度変調部の角度を変更する

ことを特徴する顕微鏡装置。

【請求項 20】

請求項 16 に記載の顕微鏡装置において、

前記強度変調部は、検出光路上に配置され、

前記変更手段は、前記観察光学系に含まれる可変焦点光学系であって、前記強度変調部と前記標本との間の光路上に配置された前記可変焦点光学系である

ことを特徴する顕微鏡装置。

【請求項 21】

請求項 1 乃至請求項 20 のいずれか 1 項のいずれか 1 項に記載の顕微鏡装置において、さらに、

前記観察光学系の光軸の方向又は前記照明光学系の光軸の方向に、前記強度変調部を動かす移動手段を備える

ことを特徴する顕微鏡装置。

【請求項 22】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の顕微鏡装置において、

前記強度変調部は、複数の画素が格子状に配列した空間光変調器を含む

ことを特徴する顕微鏡装置。

【請求項 23】

請求項 1 に記載の顕微鏡装置において、

前記強度変調部は、前記強度透過率分布を有するグラデーションフィルタを含む

ことを特徴する顕微鏡装置。

【請求項 24】

請求項 2 に記載の顕微鏡装置において、

前記強度変調部は、前記強度反射率分布を有するグラデーションミラーを含む

ことを特徴する顕微鏡装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書の開示は、顕微鏡装置に関する。

【背景技術】

【0002】

無染色で生細胞を観察する方法の一つとして、微分干渉観察法 (Differential Interference Contrast microscopy、以降、DIC法と記す。) が知られている。DIC法は、偏光の干渉によって生じる明暗のコントラストで標本を可視化する観察法であり、例えば、特許文献 1 に記載されている。DIC法は、位相勾配に応じた明るさによって立体感のある画像 (以降、位相勾配画像と記す。) を得ることができるため、生細胞の生育状態などを把握しやすいという点で優れている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】 仏国特許発明第 1059123 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、生細胞は、プラスチックシャーレなどのプラスチック容器に収容されている

ことがある。しかしながら、プラスチックは、入射した偏光の振動面を乱してしまうため、DIC法によって、プラスチック容器に収容したまま生細胞を観察することは困難である。

【0005】

以上のような実情から、本発明の一側面に係る目的は、標本をプラスチック容器に収容したままであっても、その標本の位相勾配画像を得ることを可能とする技術を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一態様に係る顕微鏡装置は、標本を照明する照明光学系と、前記標本からの光を導く観察光学系と、前記観察光学系の瞳、又は、前記瞳と光学的に共役な位置に設けられた強度変調部であって、前記強度変調部に入射した入射光を減光する、前記強度変調部と、を備え、前記瞳内又は前記瞳の像内における前記強度変調部の強度透過率分布である光利用率分布は、第1方向に単調増加又は単調減少する。

10

【0007】

本発明の別の態様に係る顕微鏡装置は、標本を照明する照明光学系と、前記標本からの光を導く観察光学系と、前記観察光学系の瞳、又は、前記瞳と光学的に共役な位置に設けられた強度変調部であって、前記強度変調部に入射した入射光を減光する、前記強度変調部と、を備え、前記瞳内又は前記瞳の像内における前記強度変調部の強度反射率分布である光利用率分布は、第1方向に単調増加又は単調減少する。

20

【発明の効果】

【0008】

上記の態様によれば、標本をプラスチック容器に収容したままであっても、その標本の位相勾配画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】顕微鏡装置1の構成を例示した図である。

【図2】強度変調部15の作用について説明するための図である。

【図3】顕微鏡装置2の構成を例示した図である。

【図4】強度変調部15の強度透過率分布を例示した図である。

30

【図5】顕微鏡装置3の構成を例示した図である。

【図6】第1実施形態に係る顕微鏡装置100の構成を例示した図である。

【図7】コントラスト強調処理の効果を例示した図である。

【図8】瞳面における照明光束の範囲を例示した図である。

【図9】開口絞りにより制限された照明光学系の開口数と画像のコントラストの関係の一例を示した図である。

【図10】開口絞りにより制限された照明光学系の開口数と画像のコントラストの関係の別の例を示した図である。

【図11】立体形状表示方法を説明するための図である。

【図12】第2実施形態に係る顕微鏡装置300の構成を例示した図である。

40

【図13】強度変調部の設定と画像の関係の一例を示した図である。

【図14】強度変調部の設定と画像の関係の別の例を示した図である。

【図15】立体形状表示方法を説明するための図である。

【図16】方位の異なる複数のグラデーションフィルタを並べた例を示した図である。

【図17】グラデーションフィルタの角度を変更する例を示した図である。

【図18】第3実施形態に係る顕微鏡装置400の構成を例示した図である。

【図19】空間光変調器500を例示した図である。

【図20】第3実施形態に係る顕微鏡装置600の構成を例示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

50

図 1 は、顕微鏡装置 1 の構成を例示した図である。図 1 に示す顕微鏡装置 1 は、微分干渉顕微鏡で得られる画像に類似する位相勾配画像を得る装置である。

【 0 0 1 1 】

顕微鏡装置 1 は、標本 1 3 を照明する照明光学系 1 2 と、標本 1 3 からの光を撮像素子 1 6 へ導く観察光学系 1 4 と、入射光を減光する強度変調部 1 5 を備えている。顕微鏡装置 1 は、さらに、照明光を出射する光源 1 1 と、撮像素子 1 6 と、標本 1 3 の画像を表示する表示装置 1 7 を備えてもよい。

【 0 0 1 2 】

照明光学系 1 2 は、光源 1 1 から出射した照明光で、標本 1 3 を照明する。照明光学系 1 2 は、一枚以上のレンズを含んでいる。標本 1 3 は、入射光に位相変化を生じさせる位相物体である。標本 1 3 は、例えば、無染色の生体標本である。観察光学系 1 4 は、標本 1 3 を透過した光を撮像素子 1 6 へ導き、撮像素子 1 6 の受光面上に標本 1 3 の光学像を形成する。観察光学系 1 4 は、レンズ 1 4 a 及びレンズ 1 4 b を含んでいる。

10

【 0 0 1 3 】

強度変調部 1 5 は、観察光学系 1 4 の瞳に設けられていて、強度変調部 1 5 に入射する入射光を減光する。観察光学系 1 4 の瞳内における強度変調部 1 5 の強度透過率分布は、特定方向（以降、第 1 方向と記す。）に単調増加又は単調減少する。この単調増加又は単調減少は、観察光学系 1 4 の瞳面において、少なくとも照明光束が通過する領域の範囲内で達成されることが望ましい。

【 0 0 1 4 】

なお、本明細書において“方向”とは、直線で定義され、“向き”とは、矢印で定義される。つまり、例えば、南北方向は、ひとつの方向であるが、北向きと南向きは違う向きである。また、本明細書において、ある方向によって定義される 2 つの向きの一方を、ある方向の正の向きと表現し、2 つの向きの他方を、ある方向の負の向きと表現する。つまり、例えば、北向きを南北方向の正の向きと表現し、南向きを南北方向の負の向きと表現する。なお、正負に意味はなく、従って、北向きを南北方向の負の向きと表現し、南向きを南北方向の正の向きと表現してもよい。

20

【 0 0 1 5 】

また、本明細書において、“単調増加”又は“単調減少”とは、連続的且つ単調に増加又は減少する場合の他、少なくとも 3 段以上のステップで段階的に単調増加又は単調減少するものを含む。つまり、強度透過率が第 1 方向に単調増加するとは、強度透過率分布の第 1 方向の位置に対する微分値が第 1 方向の位置によらず 0 以上であることをいう。また、強度透過率が第 1 方向に単調減少するとは、強度透過率分布の第 1 方向の位置に対する微分値が第 1 方向の位置によらず 0 以下であることをいう。

30

【 0 0 1 6 】

強度変調部 1 5 は、例えば、強度透過率分布を有する透過型の減光フィルタを含んでもよい。その場合、瞳内における強度透過率分布は、第 1 方向に単調増加又は単調減少する。なお、減光フィルタは、例えば、グラデーションフィルタ、ND (Neutral Density) フィルタなどである。

【 0 0 1 7 】

光源 1 1 は、標本 1 3 を照明する照明光を出射する。光源 1 1 は、例えば、ハロゲンランプである。撮像素子 1 6 は、観察光学系 1 4 によって導かれた標本 1 3 からの光に基づいて標本 1 3 の画像データを取得する画像取得部の一例である。撮像素子 1 6 は、例えば、CCD (Charge-Coupled Device) イメージセンサ、CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) イメージセンサなどである。表示装置 1 7 は、微分干渉顕微鏡で得られる画像に類似する標本 1 3 の位相勾配画像を表示する。表示装置 1 7 は、例えば、液晶ディスプレイ、有機 EL (OLED) ディスプレイ、CRT (Cathode Ray Tube) ディスプレイなどである。

40

【 0 0 1 8 】

図 2 は、強度変調部 1 5 の作用について説明するための図である。図 1 に示す顕微鏡装

50

置 1 では、標本 1 3 を透過した光は、標本 1 3 の位相勾配に応じた強度透過率で、強度変調部 1 5 で減光される。以下、図 2 を参照しながら、この点について詳細に説明する。

【 0 0 1 9 】

図 2 には、光源 1 1 から出射した照明光束のうち光軸上から出射した光束が描かれている。光軸上から出射した光束は、図 1 に示すように、照明光学系 1 2 によって光軸と平行な平行光束に変換されて、標本 1 3 に照射される。このため、標本 1 3 に位相勾配が無い場合であれば、光軸と平行な平行光束のまま標本 1 3 から出射し、瞳位置に集光することになる。従って、光束全体は、標本 1 3 中の通過した領域によらず、強度変調部 1 5 において同じ強度透過率で減光される。これに対して、図 2 に示すように、標本 1 3 に位相勾配が有る場合には、標本 1 3 へ入射した光束は、標本 1 3 の位相勾配により屈折する。従って、光束を構成する光線は、標本 1 3 中の通過した領域に生じている位相勾配に応じて、瞳面の異なる位置を通過することになり、その結果、瞳面に配置された強度変調部 1 5 において異なる強度透過率で減光される。

10

【 0 0 2 0 】

例えば、図 2 に示す例では、標本 1 3 は、点 S 1、点 S 3、点 S 5 を通過する光線に対して局所的な位相勾配を有しない。このため、これらの光線は、標本 1 3 で屈折せず、光軸と平行な光線のまま観察光学系 1 4 に入射して、いずれも強度変調部 1 5 上の点 F 2 を通過する。これにより、点 S 1、点 S 3、点 S 5 を通過する光線は、強度変調部 1 5 においていずれも中程度の強度透過率で減光され、それぞれ、撮像素子 1 6 上の点 P 5、点 P 3、点 P 1 に入射する。なお、図 2 に示す強度変調部 1 5 の濃淡は、強度透過率を示し、図 2 に示す撮像素子 1 6 の濃淡は、撮像素子 1 6 の受光面における光強度を示している。

20

【 0 0 2 1 】

また、標本 1 3 は、点 S 2 を通過する光線に対して局所的な位相勾配を有している。このため、点 S 2 を通過する光線は、標本 1 3 で屈折し、光軸に対して傾いた光線として観察光学系 1 4 に入射し、強度変調部 1 5 上の点 F 2 とは異なる点 F 3 を通過する。これにより、点 S 2 を通過する光線は、強度変調部 1 5 において低い強度透過率で減光され、撮像素子 1 6 上の点 P 4 に入射する。

【 0 0 2 2 】

さらに、標本 1 3 は、点 S 4 を通過する光線に対して、点 S 2 を通過する光線に対して有する位相勾配とは反対の符号の局所的な位相勾配を有している。このため、点 S 4 を通過する光線は、標本 1 3 で点 S 2 を通過する光線とは反対方向へ屈折し、光軸に対して点 S 2 を通過する光線とは反対方向へ傾いた光線として観察光学系 1 4 に入射する。これにより、点 S 4 を通過する光線は、強度変調部 1 5 上の、点 F 2 を基準として点 F 3 とは反対側に位置する点 F 1 を通過する。このため、点 S 4 を通過する光線は、強度変調部 1 5 において高い強度透過率で減光され、撮像素子 1 6 上の点 P 2 に入射する。

30

【 0 0 2 3 】

以上のように、顕微鏡装置 1 では、標本 1 3 を通過する光線は標本 1 3 の局所的な位相勾配に応じて瞳面の異なる位置を通過する。さらに、顕微鏡装置 1 では、単調増加又は単調減少する強度透過率が瞳面に割り当てられているため、瞳面において局所的な位相勾配に応じた強度透過率で光強度が変調される。従って、顕微鏡装置 1 によれば、撮像素子 1 6 上に位相勾配に応じた光強度を有する光学像を形成することが可能であり、微分干渉顕微鏡で得られる画像に類似する位相勾配画像を得ることができる。

40

【 0 0 2 4 】

また、顕微鏡装置 1 では、強度変調部 1 5 を瞳面に設けるだけで、位相勾配画像を得ることができる。このため、微分干渉顕微鏡では必要であった高価なノマルスキープリズムを用いる必要がない。また、微分干渉顕微鏡とは異なり専用の対物レンズ及び専用のコンデンサレンズを用いる必要もない。従って、顕微鏡装置 1 によれば、既存の顕微鏡からの拡張が容易であり、微分干渉顕微鏡よりも安価に構成することができる。

【 0 0 2 5 】

50

さらに、顕微鏡装置 1 では、偏光特性を利用することなく、位相勾配に起因する光の屈折を利用して画像にコントラストをつけている。このため、偏光の振動面を乱してしまうプラスチックが光路上に置かれても観察に影響を及ぼさない。従って、顕微鏡装置 1 によれば、微分干渉顕微鏡とは異なり、プラスチック容器を用いることが可能であり、標本 1 3 をプラスチック容器に収容したままであっても、標本 1 3 の位相勾配画像を得ることができる。

【 0 0 2 6 】

図 1 及び図 2 では、強度変調部 1 5 を観察光学系 1 4 の瞳に配置する例を示したが、強度変調部 1 5 の配置場所は、観察光学系 1 4 の瞳に限らない。図 3 に示す顕微鏡装置 2 のように、照明光学系 1 2 の瞳に配置してもよい。なお、レンズ 1 2 a とレンズ 1 2 b は、10

【 0 0 2 7 】

つまり、強度変調部 1 5 は、観察光学系 1 4 の瞳又は観察光学系 1 4 の瞳と光学的に共役な位置に設けられていれば良い。そして、強度変調部 1 5 が観察光学系 1 4 の瞳と光学的に共役な位置に設けられている場合には、瞳と光学的に共役な位置に投影される観察光学系 1 4 の瞳の像内における強度変調部 1 5 の強度透過率分布が、第 1 方向に単調増加又は単調減少すればよい。

【 0 0 2 8 】

図 4 は、強度変調部 1 5 の強度透過率分布を例示した図である。強度変調部 1 5 は、図 4 に示すように、例えば、下式 (1) で表される強度透過率分布を有している。ここで、 T は、強度透過率分布を示し、 ξ は、瞳面内における第 1 方向の位置を示している。位置 $\xi = 0$ は瞳面の中心位置であり、位置 $\xi = - 1$ 、 1 は、それぞれ瞳面における瞳の端部位置である。20

$$T(\xi) = \exp\left[-2(\xi-1)^2\right] \quad (1)$$

【 0 0 2 9 】

式 (1) に示す強度透過率分布の第 1 方向の位置に対する 2 階微分値は、正である。瞳内における強度透過率分布の第 1 方向の位置に対する 2 階微分値が正であれば、強度透過率30

【 0 0 3 0 】

また、式 (1) に示す強度透過率分布は、第 1 方向の位置の指数関数である。瞳内における強度透過率分布が第 1 方向の位置の指数関数であれば、標本 1 3 の平坦部分を通過する光線に作用する強度透過率と標本 1 3 の傾斜部分を通過する光線に作用する強度透過率との比が、標本 1 3 に入射する光束の角度によらず一定となる。

【 0 0 3 1 】

例えば、図 2 では、光源 1 1 の光軸上から出射し、標本 1 3 へ光軸と平行に入射した照明光束を例示したが、光源 1 1 の光軸外から出射した照明光束は、標本 1 3 に斜めに入射する。その結果、斜めに入射した照明光束は、強度変調部 1 5 において、平行に入射した照明光束に対して、一定距離だけ平行移動した位置を通過する。強度透過率分布が指数関数であれば、瞳面において一定距離だけ離れた位置の 2 つの強度透過率の比は、位置によらず一定値に維持される。このため、平行に入射した照明光束と斜めに入射した照明光束は、同じコントラスト比で光学像を形成することになる。40

【 0 0 3 2 】

撮像素子 1 6 に入射する光は、光源 1 1 上の各点からの照明光束の集合である。このため、各照明光束が同じコントラスト比を実現することで、互いにコントラストを打ち消しあうことなく、高いコントラストを実現することが可能である。従って、瞳内における強50

度透過率分布は第 1 方向の位置の指数関数であることが望ましい。

【 0 0 3 3 】

図 1 から図 3 では、開口絞りを有しない顕微鏡装置 1 及び顕微鏡装置 2 を例示したが、図 5 に示す顕微鏡装置 3 は、強度変調部 1 5 と光学的に共役な位置に配置された開口絞り 1 8 を有している。開口絞り 1 8 の開口径を調整することで、観察光学系 1 4 は、観察光学系 1 4 から出射する光束であって、強度変調部 1 5 の開口よりも小さな開口に対応する光束によって、標本 1 3 の光学像を形成することができる。これにより、強度変調部 1 5 の開口全部を通る光束によって光学像を形成する場合よりも、高いコントラストを有する光学像を得ることが可能である。また、開口絞り 1 8 の開口径を調整することで、コントラストの調整も可能となる。

10

【 0 0 3 4 】

図 5 では、強度変調部 1 5 が光源 1 1 から標本 1 3 までの照明光路上に、開口絞り 1 8 が標本 1 3 から撮像素子 1 6 までの検出光路上に設けられた例が示されているが、強度変調部 1 5 が検出光路上に、開口絞り 1 8 が照明光路上に配置されても良い。開口絞り 1 8 は、照明光路上に配置された場合でも検出光路上に配置された場合でも、撮像素子 1 6 に入射する光束を絞り込むことが可能であり、同様の効果を得ることができからである。

【 0 0 3 5 】

なお、本明細書において、単に、光学系の開口数といった場合、その光学系の光学設計により決定される開口数であって、その光学系が実現し得る最大の開口数のことをいう。

【 0 0 3 6 】

強度変調部 1 5 が検出光路上に配置されている場合、照明光学系 1 2 の開口数は、観察光学系 1 4 の物体側の開口数よりも小さいことが望ましい。この場合、開口絞り 1 8 を有しなくても、観察光学系 1 4 の像側の開口数よりも小さな開口数に対応する光束によって光学像を形成することができる。従って、開口絞り 1 8 の開口径を調整した場合と同様に、高いコントラストを有する光学像を得ることができる。より具体的には、照明光学系 1 2 の開口数は、例えば、観察光学系 1 4 の物体側の開口数の 9 0 % 以下であることが望ましい。

20

以下、本発明の実施形態について具体的に説明する。

【 0 0 3 7 】

< 第 1 実施形態 >

図 6 は、本実施形態に係る顕微鏡装置 1 0 0 の構成を例示した図である。図 7 は、コントラスト強調処理の効果を例示した図である。図 8 は、瞳面における照明光束の範囲を例示した図である。図 9 及び図 1 0 は、開口絞りにより制限された照明光学系の開口数と画像のコントラストの関係を例示した図である。図 1 1 は、立体形状表示方法を説明するための図である。

30

【 0 0 3 8 】

顕微鏡装置 1 0 0 は、図 6 に示すように、鏡基 1 1 0 と鏡筒 1 2 0 の間にアダプタ 1 3 0 を備える倒立顕微鏡と、カメラ 1 4 0 と、制御装置 1 5 0 と、表示装置 1 6 0 を備えている。

【 0 0 3 9 】

鏡基 1 1 0 は、光源 1 1 1 と、開口絞り 1 1 2 を有するコンデンサ 1 1 3 と、ステージ 1 1 4 と、対物レンズ 1 1 5 と、ノーズピース 1 1 6 と、結像レンズ 1 1 7 を備えている。鏡筒 1 2 0 は、単眼又は双眼鏡筒であり、接眼レンズ 1 2 1 を備えている。なお、開口絞り 1 1 2 は、羽根絞り等からなり、開口径を調整可能である。

40

【 0 0 4 0 】

アダプタ 1 3 0 は、光路切り替えミラー 1 3 6 を備えている。光路切り替えミラー 1 3 6 の位置を変更することで、結像レンズ 1 1 7 が形成した光学像を接眼レンズ 1 2 1 の前側焦点位置に投影する目視観察状態と、結像レンズ 1 1 7 が形成した光学像をカメラ 1 4 0 に投影する撮影状態と、を切り換えることができる。

【 0 0 4 1 】

50

アダプタ 130 は、さらに、リレーレンズ 131 と、グラデーションフィルタ 132 と、スライダ 133 と、ダイヤル 134 と、リレーレンズ 135 を備えている。グラデーションフィルタ 132 が設置されているスライダ 133 は、リレーレンズ 131 とリレーレンズ 135 の間に設けられていて、スライダ 133 を所定の位置まで挿入することで、グラデーションフィルタ 132 上に開口絞り 112 の像が投影される。

【0042】

グラデーションフィルタ 132 は、上述した強度変調部の一例であり、特定方向に単調増加または単調減少する強度透過率を有している。また、グラデーションフィルタ 132 は、スライダ 133 に設けられたダイヤル 134 の回転に連動して方位が変化する。従って、利用者は、ダイヤル 134 を操作することで、強度透過率が単調増加又は単調減少する方向を調整することができる。

10

【0043】

カメラ 140 は、観察光学系によって導かれた標本からの光に基づいて標本の画像データを取得する画像取得部である。カメラ 140 は、画像データに基づいて、表示装置 160 に表示される標本の画像のコントラストを強調する強調処理を行ってもよい。即ち、カメラ 140 は、画像取得部であり、コントラスト強調部であってもよい。

【0044】

制御装置 150 は、カメラ 140 を制御する制御装置であり、ダイヤル 151 を備えている。利用者がダイヤル 151 を回転することで、顕微鏡装置 100 は、強調処理におけるコントラストの強調量を調整することができる。なお、制御装置 150 は、表示装置 160 を制御する制御装置であってもよい。この場合、利用者がダイヤル 151 を回転することで、表示装置 160 が画像データに基づいて、表示装置 160 に表示される標本の画像のコントラストを強調する強調処理を行ってもよい。

20

【0045】

表示装置 160 は、画像データに基づいて標本の画像のコントラストを強調するコントラスト強調部 161 を備えている。

【0046】

以上のように構成された顕微鏡装置 100 によれば、グラデーションフィルタ 132 の強度透過率分布によって、標本の位相勾配に応じた光強度を有する光学像をカメラ 140 上に形成することができる。このため、図 7 に示すように、微分干渉顕微鏡で得られる画像 201 に類似した位相勾配画像である画像 202 及び画像 203 を得ることができる。なお、画像 201、画像 202 及び画像 203 は、大小 2 つの半球状の標本を撮影した画像である。画像 202 は、カメラ 140 でコントラストを強調する前の画像であり、画像 203 は、カメラ 140 でコントラストを強調した後の画像である。

30

【0047】

また、顕微鏡装置 100 では、グラデーションフィルタ 132 によって位相勾配をコントラストに変換し、さらに、画像処理によってコントラストを強調する。これにより、図 7 の画像 203 に示すように、位相勾配がコントラストとして十分に視認される画像を得ることができる。

【0048】

また、顕微鏡装置 100 では、既存の顕微鏡にアダプタ 130 を追加するだけで位相勾配画像を得ることができる。また、偏光特性を利用することなく位相勾配画像を得ることができる。従って、顕微鏡装置 100 によれば、安価な構成によって、プラスチック容器に収容したまま標本の位相勾配画像を得ることができる。

40

【0049】

さらに、顕微鏡装置 100 では、開口絞り 112 の開口径を調整することで、図 8 に示すように、対物レンズ 115 の瞳面において、照明光束が通過する領域 D2 を対物レンズ 115 の瞳 D1 内に収めることができる。このため、入射光の角度に依存したコントラストの変動を抑えることが可能となり、高いコントラストを得ることができる。また、コントラストを調整することもできる。

50

【 0 0 5 0 】

図 9 に示す画像 2 0 4 から画像 2 0 8 は、画像処理によってコントラストを強調する前の画像であり、開口絞り 1 1 2 で制限された照明光学系の開口数 (N A) を 0 . 5 5 から 0 . 1 まで段階的に小さくしたときの画像である。また、図 1 0 に示す画像 2 0 9 から画像 2 1 3 は、画像処理によってコントラストを強調した後の画像であり、開口絞り 1 1 2 で制限された照明光学系の開口数 (N A) を 0 . 5 5 から 0 . 1 まで段階的に小さくしたときの画像である。図 9 及び図 1 0 に示すように、開口絞り 1 1 2 で制限された照明光学系の開口数を小さくするほど、コントラストを強調することができる。一方で、コントラストを強調しすぎると、立体感が失われるため、コントラストと立体感のバランスを見て、開口絞り 1 1 2 を調整することが望ましい。

10

【 0 0 5 1 】

また、コントラストに応じてデフォーカス特性も変化する。コントラストが強すぎると、デフォーカス量が大きくなるに従って、像がボケるだけではなく、リングングが目立ってくる。このため、コントラストと立体感に加えて、デフォーカス特性も加味して、開口絞り 1 1 2 を調整することが望ましい。

【 0 0 5 2 】

また、画像処理によってコントラストを強調しすぎると、ノイズが強く重畳することになる。そのため、画像処理前の画像のコントラストはある程度高いことが望ましい。具体的には、開口絞り 1 1 2 で制限された照明光学系の開口数は、対物レンズ 1 1 5 の物体側の開口数の 9 0 % 以下であることが望ましい。

20

【 0 0 5 3 】

さらに、顕微鏡装置 1 0 0 では、ダイヤル 1 3 4 を回転することで、グラデーションフィルタ 1 3 2 の方位を変更することができる。これにより、位相勾配画像でコントラストが付く方向、つまり、位相勾配を検出する方向、を調整することができる。また、図 1 1 に示すように、ダイヤル 1 3 4 を回転することで、グラデーションフィルタ 1 3 2 の方位が 9 0 度異なる向きで 2 枚の位相勾配画像 (画像 2 1 4 と画像 2 1 5) を取得してもよい。9 0 度方位が異なる 2 枚の位相勾配画像を演算処理することで、位相勾配の検出方向に起因した情報の欠落を補うことができるため、画像 2 1 6 に示すように、標本の立体形状をより正確に表示することができる。

【 0 0 5 4 】

30

< 第 2 実施形態 >

図 1 2 は、本実施形態に係る顕微鏡装置 3 0 0 の構成を例示した図である。図 1 3 及び図 1 4 は、強度変調部の設定と画像との関係を例示した図である。図 1 5 は、立体形状表示方法を説明するための図である。

【 0 0 5 5 】

顕微鏡装置 3 0 0 は、アダプタ 1 3 0 の代わりにアダプタ 3 3 0 を備える点、制御装置 1 5 0 の代わりに制御装置 1 8 0 を備える点、及び表示装置 1 6 0 の代わりに表示装置 1 9 0 を備える点が、顕微鏡装置 1 0 0 とは異なる。その他の点は、顕微鏡装置 1 0 0 と同様である。

【 0 0 5 6 】

40

制御装置 1 8 0 は、カメラ 1 4 0 又は表示装置 1 9 0 が行うコントラスト強調処理を調整するダイヤル 1 8 1 に加えて、カメラ 1 4 0 又は表示装置 1 9 0 が行う彩度強調処理を調整するダイヤル 1 8 2 を備えている。

【 0 0 5 7 】

表示装置 1 9 0 は、コントラスト強調処理を行うコントラスト強調部 1 9 1 に加えて、彩度強調処理を行う彩度強調部 1 9 2 を備えている。彩度強調部 1 9 2 は、画像データに基づいて、表示装置 1 9 0 に表示される標本の画像の彩度を強調する処理を行う。

【 0 0 5 8 】

アダプタ 3 3 0 は、スライダ 1 3 3 の代わりにスライダ 3 3 3 を備えている点が、アダプタ 1 3 0 とは異なる。スライダ 3 3 3 は、リレーレンズ 1 3 1 とリレーレンズ 1 3 5 の

50

間の光路上に配置されていて、複数のグラデーションカラーフィルタ（グラデーションカラーフィルタ 332 a、グラデーションカラーフィルタ 332 b）が設置されている。スライダ 333 を所定の位置まで挿入することで、複数のグラデーションカラーフィルタを含む強度変調部上に開口絞り 112 の像が投影される。

【0059】

グラデーションカラーフィルタ 332 a 及びグラデーションカラーフィルタ 332 b は、分光透過率分布（分光強度透過率分布）の異なる複数の強度変調素子の一例である。グラデーションカラーフィルタ 332 a は、第 1 波長に対して、特定方向に単調増加又は単調減少する強度透過率を有している。グラデーションカラーフィルタ 332 b は、第 1 波長とは異なる第 2 波長に対して、特定方向に単調増加又は単調減少する強度透過率を有している。なお、第 1 波長は、例えば、赤色の波長であり、第 2 波長は、例えば、青色の波長である。

10

【0060】

グラデーションカラーフィルタ 332 a の方位は、スライダ 333 に設けられたダイヤル 334 a を回転することで変更可能である。グラデーションカラーフィルタ 332 b の方位は、スライダ 333 に設けられたダイヤル 334 b を回転することで変更可能である。

【0061】

以上のように構成された顕微鏡装置 300 によっても、複数のグラデーションカラーフィルタを含む強度変調部で位相勾配に応じて減光することができるため、顕微鏡装置 100 と同様に、微分干渉顕微鏡で得られる画像に類似した位相勾配画像を得ることができる。

20

【0062】

また、顕微鏡装置 300 では、ダイヤル 334 a 及びダイヤル 334 b を操作して 2 枚のグラデーションカラーフィルタの方位を反対に向けることで、図 13 に示すように、瞳内における強度変調部の第 1 波長に対する第 1 強度透過率分布は、第 1 方向の正の向きに単調増加し、瞳内における強度変調部の第 2 波長に対する第 2 強度透過率分布は、第 1 方向の負の向きに単調増加する。これにより、画像 217 に示すように、第 1 方向の位相勾配の符号によって色が異なる位相勾配画像を得ることができる。具体的には、例えば、矢印 A1 の向きに赤が濃くなり、矢印 A2 の向きに青が濃くなる画像を得ることができる。従って、濃淡に加えて色の違いで標本の形状、特に、凹凸を認識することが可能であり、色の違いによって位相勾配の正負も認識することができる。このため、顕微鏡装置 100 よりも容易に標本の形状を正しく認識することができる。

30

【0063】

また、顕微鏡装置 300 では、ダイヤル 334 a 及びダイヤル 334 b を操作して 2 枚のグラデーションカラーフィルタの方位を例えば 90 度ずらすことで、図 14 に示すように、瞳内における強度変調部の第 1 波長に対する第 1 強度透過率分布は、第 1 方向に単調増加又は単調減少し、瞳内における強度変調部の第 2 波長に対する第 2 強度透過率分布は、第 1 方向とは異なる方向に単調増加又は単調減少する。これにより、画像 218 に示すように、位相勾配の方向によって色合い（色のバランス）の異なる位相勾配画像を得ることができる。具体的には、例えば、矢印 A3 の向きに赤が濃くなり、矢印 A4 の向きに青が濃くなる画像を得ることができる。従って、濃淡に加えて色の違いで標本の形状、特に厚さ方向の 2 次元分布を認識することが可能であり、色合いの違いによって位相勾配の向きも認識することができる。このため、顕微鏡装置 100 よりも容易に標本の形状を正しく認識することができる。

40

【0064】

また、顕微鏡装置 300 では、図 15 に示すように、カメラ 140 で取得した位相勾配画像を R 成分の画像 219、G 成分の画像 220、B 成分の画像 221 に分解してもよい。これらの画像からそれぞれ異なる方向の位相勾配を検出することで、標本の立体形状を特定することが可能であり、特定した標本の立体形状を画像 222 に示すように立体表示

50

することができる。

【0065】

なお、以上では、グラデーションカラーフィルタ332aとグラデーションカラーフィルタ332bで強度透過率が単調増加又は単調減少する方向又は向きが異なる例を示したが、これらを同じ向きに向けても良い。その場合、グラデーションカラーフィルタ332aとグラデーションカラーフィルタ332bで強度透過率の増加率又は減少率が異なることが望ましい。つまり、瞳内における強度透過率分布は、波長に応じて第1方向の正の向きに異なる増加率又は減少率を有することが望ましい。これにより、第1方向の正の向きに波長間での強度透過率の比に違いが生じることになるため、位相勾配に応じて色合いの異なる位相勾配画像を得ることができる。

10

【0066】

図6に示す顕微鏡装置100及び図12に示す顕微鏡装置300では、スライダに設けられたダイヤルを回転することで、グラデーションフィルタまたはグラデーションカラーフィルタの方位、即ち、位相勾配の検出方向、を変更する例を示したが、位相勾配の検出方向は、他の方法により変更してもよい。例えば、顕微鏡装置100は、図16に示すように、スライダ133に、複数の強度変調素子を含む強度変調部を設けても良い。複数の強度変調素子は、単調増加又は単調減少する向きが互いに異なる強度透過率分布を有する複数のグラデーションフィルタ(グラデーションフィルタ132a、グラデーションフィルタ132b、グラデーションフィルタ132c、グラデーションフィルタ132d)である。スライダ133を観察光学系の光軸と交差する方向へスライドして、複数の強度変調素子を移動することで、光路上に置かれる強度変調素子を変更し、それによって、位相勾配の検出方向を変更してもよい。

20

【0067】

図6では、強度変調部を回転するダイヤル134が瞳内又は瞳の像内における強度変調部の強度透過率分布を変更する変更手段として機能する例が示され、図16では、スライダ133が変更手段として機能する例が示されたが、変更手段はこれらの例に限らない。例えば、図17に示すように、変更手段は、観察光学系の光軸に対する強度変調部(グラデーションフィルタ132)の角度を変更する回転軸132eであってもよい。対物レンズの瞳径に合わせて回転軸132eを回転することで、グラデーションフィルタ132の強度透過率の最も高い領域と最も低い領域を瞳の端部に一致させることができる。このため、グラデーションフィルタ132の強度透過率分布を有効に活用して高いコントラストを得ることができる。

30

【0068】

<第3実施形態>

図18は、本実施形態に係る顕微鏡装置400の構成を例示した図である。顕微鏡装置400は、アダプタ130の代わりにアダプタ430を備える点が、顕微鏡装置100とは異なる。その他の点は、顕微鏡装置100と同様である。

【0069】

アダプタ430は、リレーレンズ131の代わりに可変焦点光学系431を備える点、スライダ133を案内するガイド432を備える点が、アダプタ130とは異なる。

40

【0070】

可変焦点光学系431は、観察光学系に含まれていて、グラデーションフィルタ132と標本との間の光路上に配置されている。可変焦点光学系431の焦点距離を変更することで、グラデーションフィルタ132に投影される対物レンズ115の瞳の像の大きさが変化する。従って、可変焦点光学系431の焦点距離を変更することで、グラデーションフィルタ132が有する強度透過率分布のどの範囲を利用するかを調整することができる。また、対物レンズの交換に伴う瞳径の変化に対しても、可変焦点光学系431の焦点距離の変更で対処することができる。

【0071】

ガイド432は、光軸方向へのスライダ133の移動を案内することで、グラデーショ

50

ンフィルタ 132 を光軸方向へ動かす移動手段の一例である。移動手段によりグラデーションフィルタ 132 を含む強度変調部を光軸方向へ動かすことで、強度変調部と瞳面の位置関係を調整することが出来る。これは、対物レンズの交換によって瞳面の位置が変化した場合に特に効果的である。

【0072】

以上のように構成された顕微鏡装置 400 によっても、強度変調部で位相勾配に応じて減光することができるため、顕微鏡装置 100 と同様に、微分干渉顕微鏡で得られる画像に類似した位相勾配画像を得ることができる。

【0073】

なお、図 6、図 12、図 18 では、強度変調部がグラデーションフィルタを含む例を示したが、強度変調部は、グラデーションフィルタに限らない。例えば、図 19 に示すような、複数の画素 501 が格子状に配列した空間光変調器 500 であってもよく、空間光変調器 500 によって第 1 方向に単調増加又は単調減少する強度透過率分布を実現してもよい。

【0074】

< 第 4 の実施形態 >

図 20 は、本実施形態に係る顕微鏡装置 600 の構成を例示した図である。顕微鏡本体 610 と、コンピュータ 640 と、表示装置 160 を備えている。なお、PMT 631 とコンピュータ 640 は、画像取得部 650 を構成する。

【0075】

顕微鏡本体 610 は、レーザ走査型顕微鏡を拡張したものであり、コンピュータ 640 と協働することで共焦点画像を得ることができる。レーザ光源 611 から出射したレーザ光は、ビームエキスパンダ 612 で光束径が拡大されて、その後、開口絞り 613、ダイクロイックミラー 614、ガルバノミラー 615、及びリレーレンズ 616 を経由して、ノーズピース 617 に装着された対物レンズ 618 に入射する。ノーズピース 617 には、対物レンズ 618 の他に倍率の異なる対物レンズ 619 が装着されている。対物レンズ 618 は、レーザ光を集光して、ステージ 620 に置かれたプラスチックシャーレ 621 内の培養細胞 622 の一点に照射する。レーザ光の集光位置は、ガルバノミラー 615 でのレーザ光の偏向方向によって制御可能である。従って、ガルバノミラー 615 を制御することで培養細胞 622 を二次元に走査することができる。

【0076】

レーザ光が照射された培養細胞 622 では、蛍光が発生し、対物レンズ 618、リレーレンズ 616、ガルバノミラー 615 を経由してダイクロイックミラー 614 へ入射する。その後、ダイクロイックミラー 614 で反射した蛍光は、レンズ 623 によって共焦点絞り 624 へ照射され、焦点位置から生じた蛍光のみが共焦点絞り 624 に設けられたピンホールを通過して、光電子増倍管（以降、PMT と記す。）625 に入射する。

【0077】

コンピュータ 640 は、培養細胞 622 の走査中に PMT 625 から出力される信号を、レーザ光の走査位置を用いて二次元にマッピングすることで、共焦点画像を得る。

【0078】

顕微鏡本体 610 は、さらに、ユニバーサルコンデンサ 626 と、レンズ 630 と、PMT 631 を備えている。ユニバーサルコンデンサ 626 のターゲットには、複数の変調素子（変調素子 627、変調素子 628、変調素子 629）が収容されていて、複数の変調素子の中から選択した変調素子を光路上に配置することができる。

【0079】

ユニバーサルコンデンサ 626 に収容されている複数の変調素子のうちの少なくとも 1 つは、強度変調部である。この例では、変調素子 628 は、例えば、特定方向に単調増加又は単調減少する強度透過率分布を有するグラデーションフィルタであり、対物レンズ 618 の瞳と光学的に共役な位置に配置されている。

【0080】

10

20

30

40

50

培養細胞 6 2 2 に照射されたレーザ光は、プラスチックシャーレ 6 2 1 を透過してユニバーサルコンデンサ 6 2 6 に入射する。その後、ユニバーサルコンデンサ 6 2 6 内の変調素子 6 2 8 で位相勾配に応じた強度透過率で減光されて、レンズ 6 3 0 を経由して P M T 6 3 1 へ入射する。

【 0 0 8 1 】

コンピュータ 6 4 0 は、培養細胞 6 2 2 の走査中に P M T 6 3 1 から出力される信号を、レーザ光の走査位置を用いて二次元にマッピングすることで、位相勾配画像を得る。なお、コンピュータ 6 4 0 は、位相勾配画像のコントラストを強調する画像処理を行ってもよく、コンピュータ 6 4 0 の代わりに表示装置 1 6 0 のコントラスト強調部 1 6 1 がコントラストを強調する画像処理を行ってもよい。

10

【 0 0 8 2 】

位相勾配画像を得る場合、予め、対物レンズ 6 1 8 から出射する光束の開口数がユニバーサルコンデンサ 6 2 6 の開口数よりも小さくなるように、開口絞り 6 1 3 の開口径を調整することが望ましい。これにより、高いコントラストの位相勾配画像を得ることができる。

【 0 0 8 3 】

以上のように構成された顕微鏡装置 6 0 0 によれば、共焦点画像と同時に、微分干渉顕微鏡で得られる画像に類似した位相勾配画像を得ることができる。このため、運動する生細胞について、蛍光色素の位置と細胞の構造の相関を正確に把握することができる。

20

【 0 0 8 4 】

上述した実施形態は、発明の理解を容易にするための具体例を示したものであり、本発明の実施形態はこれらに限定されるものではない。上述した実施形態の一部を他の実施形態に適用して本発明の更に別の実施形態を構成してもよい。顕微鏡装置は、特許請求の範囲の記載を逸脱しない範囲において、さまざまな変形、変更が可能である。

【 0 0 8 5 】

例えば、上述した実施形態では、位相勾配画像を倒立顕微鏡で取得する例を示したが、位相勾配画像は正立顕微鏡で取得してもよい。また、上述した実施形態では、位相勾配画像を透過光に基づいて取得する例を示したが、位相勾配画像は反射光に基づいて取得してもよい。即ち、落射照明光学系を用いて位相勾配画像を取得してもよい。さらに、上述した実施形態では、強度変調部がグラデーションフィルタを含む例を示したが、強度反射率が分布を持つグラデーションミラーを含んでも良い。この場合、強度変調部の、瞳内又は瞳の像内における強度反射率分布は、第 1 方向に単調増加又は単調減少すればよい。

30

【 0 0 8 6 】

なお、強度変調部の強度透過率分布と強度変調部の強度反射率分布は、いずれも強度変調部に入射する光強度と強度変調部から出射する光強度の比率を示す分布である。つまり、強度変調部の強度透過率分布と強度変調部の強度反射率分布は、いずれも強度変調部の光利用率を示す光利用率分布の一例である。また、強度変調部の分光強度透過率分布と強度変調部の分光強度反射率分布は、強度変調部での分光光利用率を示す分光光利用率分布の一例である。

40

【 符号の説明 】

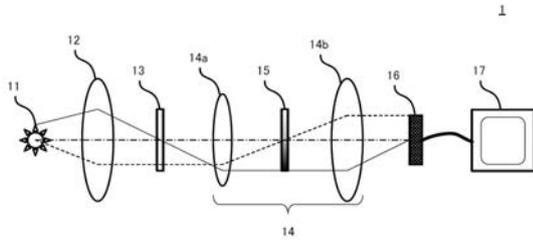
【 0 0 8 7 】

- 1、2、3、1 0 0、3 0 0、4 0 0、6 0 0 顕微鏡装置
- 1 1、1 1 1 光源
- 1 2 照明光学系
- 1 2 a、1 2 b、1 4 a、1 4 b、6 2 3、6 3 0 レンズ
- 1 3 標本
- 1 4 観察光学系
- 1 5 強度変調部
- 1 6 撮像素子
- 1 7、1 6 0、1 9 0 表示装置

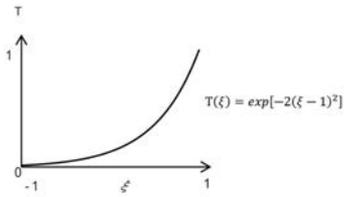
50

1 8、1 1 2、6 1 3	開口絞り	
1 1 0	鏡基	
1 1 3	コンデンサ	
1 1 4、6 2 0	ステージ	
1 1 5、6 1 8、6 1 9	対物レンズ	
1 1 6、6 1 7	ノーズピース	
1 1 7	結像レンズ	
1 2 0	鏡筒	
1 2 1	接眼レンズ	
1 3 0、3 3 0、4 3 0	アダプタ	10
1 3 1、1 3 5、6 1 6	リレーレンズ	
1 3 2、1 3 2 a - 1 3 2 d	グラデーションフィルタ	
1 3 2 e	回転軸	
1 3 3	スライダ	
1 3 4、1 5 1、1 8 1、1 8 2、3 3 4 a、3 3 4 b	ダイヤル	
1 3 6	光路切り替えミラー	
1 4 0	カメラ	
1 5 0、1 8 0	制御装置	
1 6 1、1 9 1	コントラスト強調部	
1 9 2	彩度強調部	20
2 0 1 - 2 2 2	画像	
3 3 2 a、3 3 2 b	グラデーションカラーフィルタ	
5 0 0	空間光変調器	
5 0 1	画素	
3 3 3	スライダ	
4 3 1	可変焦点光学系	
4 3 2	ガイド	
6 1 0	顕微鏡本体	
6 1 1	レーザ光原	
6 1 2	ビームエキスパンダ	30
6 1 4	ダイクロイックミラー	
6 1 5	ガルバノミラー	
6 2 1	プラスチックシャーレ	
6 2 2	培養細胞	
6 2 4	共焦点絞り	
6 2 5、6 3 1	P M T	
6 2 6	ユニバーサルコンデンサ	
6 2 7 - 6 2 9	変調素子	
6 4 0	コンピュータ	
6 5 0	画像取得部	40

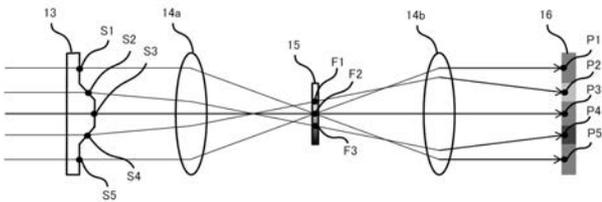
【 図 1 】



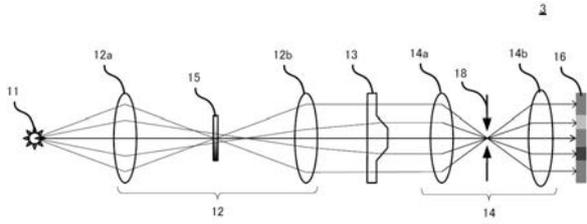
【 図 4 】



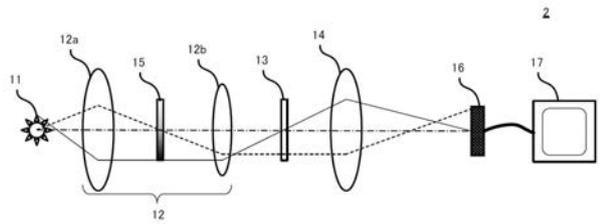
【 図 2 】



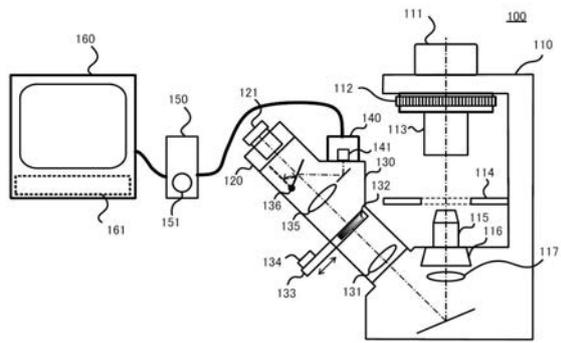
【 図 5 】



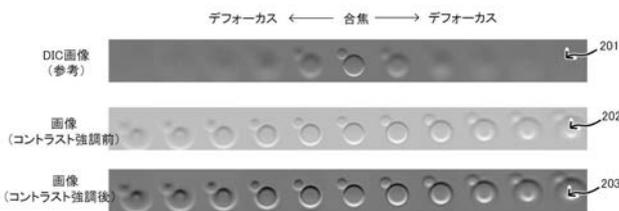
【 図 3 】



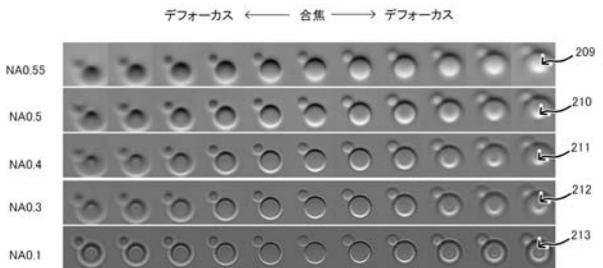
【 図 6 】



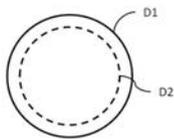
【 図 7 】



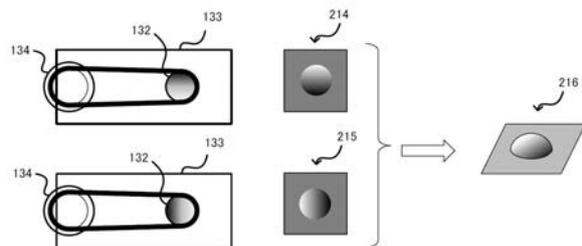
【 図 10 】



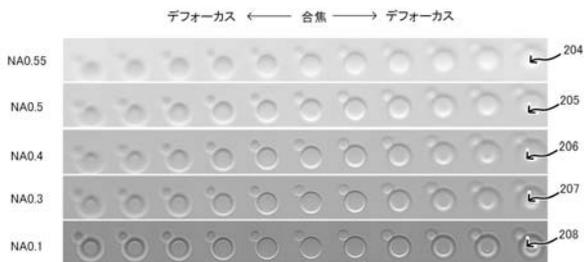
【 図 8 】



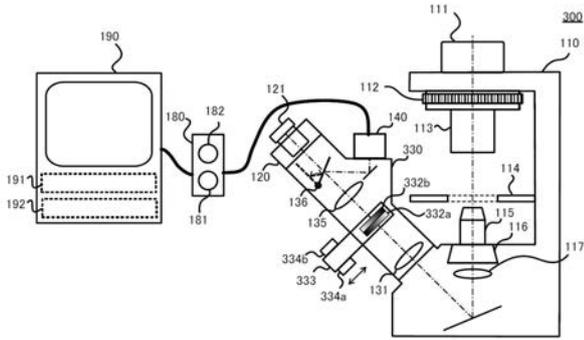
【 図 11 】



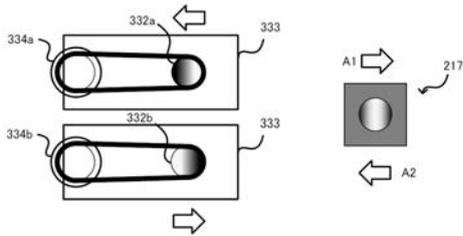
【 図 9 】



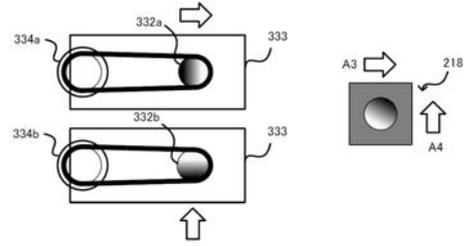
【図12】



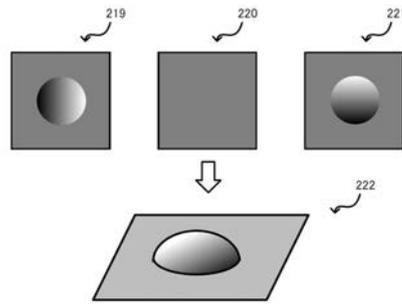
【図13】



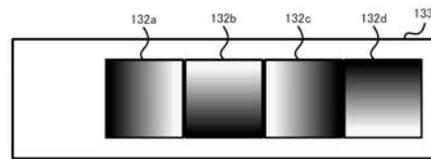
【図14】



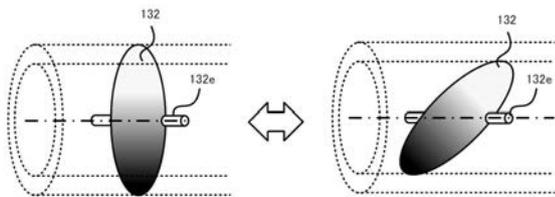
【図15】



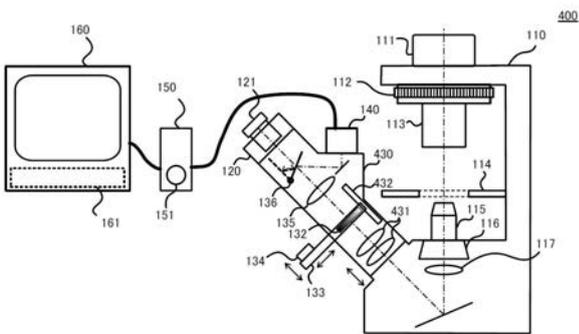
【図16】



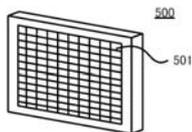
【図17】



【図18】



【図19】



【図20】

