

(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2014-6291

(P2014-6291A)

(43) 公開日 平成26年1月16日(2014.1.16)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
<b>GO2B 21/36</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2B 21/36		2H052
GO2B 21/02	(2006.01)	GO2B 21/02	A	2H087
GO2B 13/18	(2006.01)	GO2B 13/18		

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2012-139796 (P2012-139796)	(71) 出願人	000000376 オリンパス株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(22) 出願日	平成24年6月21日 (2012.6.21)	(74) 代理人	100123962 弁理士 斎藤 圭介
		(74) 代理人	100120204 弁理士 平山 巖
		(72) 発明者	鈴木 良政 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内
		(72) 発明者	梶谷 和男 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内

最終頁に続く

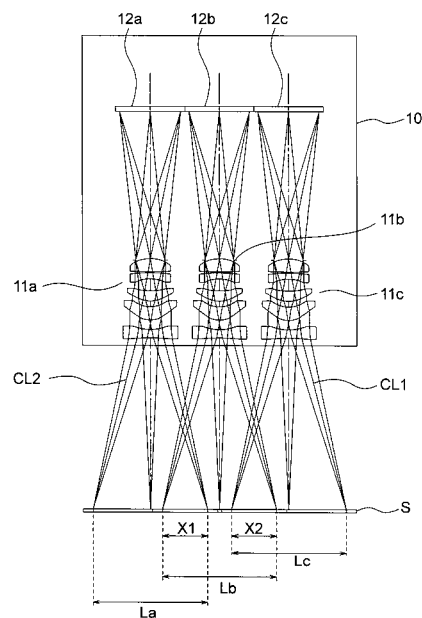
(54) 【発明の名称】 顕微鏡、顕微鏡システム及び画像合成方法

(57) 【要約】

【課題】 標本上の所望の範囲を、短い時間で撮像できる顕微鏡を提供することを課題とする。

【解決手段】 複数の顕微鏡対物レンズと、撮像素子と、を有する顕微鏡であって、複数の顕微鏡対物レンズの各々は、所定の広さの標本側撮像範囲を有し、隣り合う顕微鏡対物レンズは、標本側撮像範囲の一部が重なるように配置されていることを特徴とする。また、複数の顕微鏡対物レンズの各々は、縮小光学系であることを特徴とすることが望ましい。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

複数の顕微鏡対物レンズと、撮像素子と、を有する顕微鏡であって、  
前記複数の顕微鏡対物レンズの各々は、所定の広さの標本側撮像範囲を有し、  
隣り合う前記顕微鏡対物レンズは、前記標本側撮像範囲の一部が重なるように配置されていることを特徴とする顕微鏡。

## 【請求項 2】

前記複数の顕微鏡対物レンズの各々は、縮小光学系であることを特徴とする請求項 1 に記載の顕微鏡。

## 【請求項 3】

前記複数の顕微鏡対物レンズの各々は、標本側が非テレセントリックな光学系であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の顕微鏡。

## 【請求項 4】

前記複数の顕微鏡対物レンズの各々は、最も標本側のレンズが負屈折力を有することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の顕微鏡。

## 【請求項 5】

以下の条件式 ( 1 ) を満足することを特徴とする請求項 4 に記載の顕微鏡。

$$D \text{ mm} < A < 3 D \text{ mm} \quad ( 1 )$$

ここで、

A は、前記標本側撮像範囲の直径、

D は、前記最も標本側のレンズの外形の直径、

である。

## 【請求項 6】

前記複数の顕微鏡対物レンズの各々は、倍率が同じ顕微鏡対物レンズであることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の顕微鏡。

## 【請求項 7】

前記複数の顕微鏡対物レンズの各々は、隣り合う顕微鏡対物レンズの間隔が最小となるように配列されていることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の顕微鏡。

## 【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の顕微鏡と、画像処理装置と、を有し、前記画像処理装置は、前記複数の顕微鏡対物レンズの各々から得られた画像を合成することを特徴とする顕微鏡システム。

## 【請求項 9】

前記複数の顕微鏡対物レンズと標本を光軸方向に相対的に動かす移動機構を有し、  
前記複数の顕微鏡対物レンズと標本を光軸方向に相対的に動かしながら合成画像を複数取得し、複数の前記合成画像を合成することを特徴とする請求項 8 に記載の顕微鏡システム。

## 【請求項 10】

前記複数の顕微鏡対物レンズの間に配置される遮光板を備えることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の顕微鏡システム。

## 【請求項 11】

所定の広さの標本側撮像範囲を複数設定し、複数の前記標本側撮像範囲を同時に撮像する撮像ステップと、

前記撮像ステップで得られた複数の画像を使って、合成画像を生成する画像生成ステップを有し、

前記撮像ステップにおいて、前記標本側撮像範囲の一部が重なるように撮像を行い、

前記画像生成ステップは、前記複数の画像から重複画像を抽出し、前記重複画像から、前記複数の画像の合成位置を決定し、前記合成位置の情報に基づいて、前記合成画像を生成することを特徴とする画像合成方法。

## 【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、顕微鏡、顕微鏡システム及び画像合成方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、標本の複数個所を同時に撮像可能な顕微鏡として、少なくとも2つの顕微鏡対物レンズを備えた顕微鏡がある(特許文献1)。特許文献1に開示された顕微鏡では、2つの顕微鏡対物レンズが所定の間隔で配置されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

10

## 【0003】

【特許文献1】特開2008-76530号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

特許文献1に開示された顕微鏡では、2つの顕微鏡対物レンズの間隔は、ウェルのピッチの整数倍となっている。この場合、2つの顕微鏡対物レンズの間にあるウェルを撮像するためには、ウェルプレートと顕微鏡対物レンズとを相対的に移動させなくてはならない。そのため、撮像に時間がかかるという問題が生じる。

## 【0005】

20

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、標本上の広い範囲を、短い時間で撮像できる顕微鏡、顕微鏡システム及び画像合成方法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】

## 【0006】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る顕微鏡は、複数の顕微鏡対物レンズと、撮像素子と、を有する顕微鏡であって、複数の顕微鏡対物レンズの各々は、所定の広さの標本側撮像範囲を有し、隣り合う顕微鏡対物レンズは、標本側撮像範囲の一部が重なるように配置されていることを特徴とする。

## 【0007】

また、本発明に係る顕微鏡システムは、顕微鏡と、画像処理装置と、を有し、画像処理装置は、複数の顕微鏡対物レンズの各々から得られた画像を合成することを特徴とする。

30

## 【0008】

また、本発明に係る画像合成方法は、所定の広さの標本側撮像範囲を複数設定し、複数の標本側撮像範囲を同時に撮像する撮像ステップと、撮像ステップで得られた複数の画像を使って、合成画像を生成する画像生成ステップを有し、撮像ステップにおいて、標本側撮像範囲の一部が重なるように撮像を行い、画像生成ステップは、複数の画像から重複画像を抽出し、重複画像から、複数の画像の合成位置を決定し、合成位置の情報に基づいて、合成画像を生成することを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0009】

40

本発明は、標本上の広い範囲を、短い時間で撮像できる顕微鏡、顕微鏡システム及び画像合成方法を提供できるという効果を奏する。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0010】

【図1】本実施形態の顕微鏡の構成を示す模式図である。

【図2】本実施形態の別の顕微鏡の構成を示す模式図である。

【図3】顕微鏡対物レンズユニットの構成を示す図である。

【図4】光軸と直交する面内で標本側撮像範囲を見た図である。

【図5】別の顕微鏡対物レンズユニットの構成を示す図である。

【図6】遮光板を示す図である。

50

【図 7】顕微鏡対物レンズの配置を示す図であって、(a)は密になる配列を示す図、(b)は、密になる配列で照明用の光源を配置した図である。

【図 8】本実施形態の顕微鏡システムの構成を示す模式図である。

【図 9】画像を合成する処理の手順を示すフローチャートである。

【図 10】第 1 の顕微鏡対物レンズの断面構成図である。

【図 11】第 1 の顕微鏡対物レンズの収差図である。

【図 12】第 2 の顕微鏡対物レンズの断面構成図である。

【図 13】第 2 の顕微鏡対物レンズの収差図である。

【図 14】結像レンズのレンズ断面構成図である。

【図 15】結像レンズの収差図である。

10

【図 16】第 2 の顕微鏡対物レンズと結像レンズを組み合わせたときのレンズ断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下に、本発明に係る顕微鏡、顕微鏡システム及び画像合成方法の実施形態を、図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0012】

本実施形態の顕微鏡は、複数の顕微鏡対物レンズと、撮像素子と、を有する顕微鏡であって、複数の顕微鏡対物レンズの各々は、所定の広さの標本側撮像範囲を有し、隣り合う顕微鏡対物レンズは、標本側撮像範囲の一部が重なるように配置されていることを特徴とする。

20

【0013】

図 1 は、本実施形態の顕微鏡の構成を示す模式図である。図 1 に示すように、顕微鏡 1 は、顕微鏡本体 2 と、光源 3 と、ステージ 4 と、XY ハンドル 5 と、コンデンサレンズ 6 と、照準機構 7 と、顕微鏡対物レンズユニット 10 と、を有する。

【0014】

顕微鏡本体 2 には、光源 3 とコンデンサレンズ 6 が取り付けられている。光源 3 からの照明光は、コンデンサレンズ 6 に入射する。また、顕微鏡本体 2 には、ステージ 4 が配置されている。このステージ 4 に標本 S が載置されている。光源 3 からの照明光は、コンデンサレンズ 6 を介して、標本 S に照射される。

30

【0015】

また、ステージ 4 を挟んで、コンデンサレンズ 6 と対向する位置に、顕微鏡対物レンズユニット 10 が配置されている。後述するように、顕微鏡対物レンズユニット 10 は複数の顕微鏡対物レンズを有している。この顕微鏡対物レンズユニット 10 は、顕微鏡本体 2 に取り付けられている。よって、標本 S の像は、顕微鏡対物レンズユニット 10 によって撮像される。なお、顕微鏡 1 は表示装置 8 を備えていても良い。このようにすることで、撮像された標本 S の像は、表示装置 8 に表示されるので、観察者は標本 S の画像を表示装置 8 で見ることができる。

【0016】

なお、ステージ 4 は、コンデンサレンズ 6 (あるいは、顕微鏡対物レンズユニット 10) の光軸と直交する面内で、XY 方向に移動可能になっている。XY ハンドル 5 を操作することで、ステージ 4 を XY 方向へ移動させることができる。また、顕微鏡本体 2 には、照準機構 7 が設けられている。この照準機構 7 を操作することで、ステージ 4 を上下方向に移動させることができる。これにより、標本 S に対する合焦が行なえる。また、図 2 に示す顕微鏡 1' のように、レボルパ 9 を設けても良い。

40

【0017】

図 2 は、本実施形態の別の顕微鏡の構成を示す模式図である。なお、図 1 と同じ構成については同じ番号を付し、説明は省略する。

【0018】

50

図 2 に示すように、顕微鏡 1' は、顕微鏡本体 2 と、光源 3 と、投光管 3' と、ステージ 4 と、照準機構 7 と、レボルバ 9 と、顕微鏡対物レンズユニット 10 と、を有する。

【0019】

顕微鏡本体 2 の上部には、投光管 3' の一端が取り付けられている。投光管 3' には、光源 3 が設けられている。また、顕微鏡本体 2 には、投光管 3' の他端と対向する位置に、ステージ 4 が配置されている。このステージ 4 に標本 S が載置されている。また、顕微鏡本体 2 には、照準機構 7 が設けられている。この照準機構 7 を操作することで、ステージ 4 を上下方向に移動させることができる。これにより、標本 S に対する合焦が行なえる。また、顕微鏡 1 と同様に、ステージ 4 を X Y 方向へ移動させるようにしても良い。

【0020】

投光管 3' の他端側の底部には、レボルバ 9 が取り付けられている。そして、このレボルバ 9 に、顕微鏡対物レンズユニット 10 や他の顕微鏡対物レンズが取り付けられている。レボルバ 9 を回転させることで、顕微鏡対物レンズユニット 10 や他の顕微鏡対物レンズを、標本 S 上に位置させることができる。

【0021】

顕微鏡対物レンズユニット 10 を標本 S 上に位置させることで、標本 S の像が、顕微鏡対物レンズユニット 10 によって撮像される。なお、顕微鏡 1' は、顕微鏡 1 と同様に表示装置 8 を備えていても良い。このようにすることで、撮像された標本 S の像は、表示装置 8 に表示されるので、観察者は標本 S の画像を表示装置 8 で見ることができる。

【0022】

なお、顕微鏡 1' では、投光管 3' の他端側の上部に、鏡筒 30 を取り付けすることができる。そして、この鏡筒 30 に、双眼部 31 を取り付けすることができる。双眼部 31 を取り付けした状態で、顕微鏡対物レンズを標本 S 上に位置させることで、観察者は標本 S の光学像を肉眼で観察することができる。

【0023】

図 3 は、顕微鏡対物レンズユニットの構成を示す図である。顕微鏡対物レンズユニット 10 は、複数の顕微鏡対物レンズ、すなわち、顕微鏡対物レンズ 11 a、11 b、11 c を備える。顕微鏡対物レンズ 11 a、11 b、11 c の各々は、標本 S に対向して配置されている。また、図 3 では、顕微鏡対物レンズ 11 a、11 b、11 c の各々は、等間隔で一列に配置されている。なお、顕微鏡対物レンズ 11 a、11 b、11 c の各々には、後述の第 1 の顕微鏡対物レンズが用いられている。また、図 3 では、顕微鏡対物レンズの数は 3 であるが、2 であっても良く、また、4 以上であっても良い。

【0024】

顕微鏡対物レンズ 11 a、11 b、11 c の各々は、所定の広さの標本側撮像範囲 L a、L b、L c (以下、単に、撮像範囲 L a、L b、L c、とする) を有する。ここで、顕微鏡対物レンズ 11 a と 11 b は隣り合っている。そして、顕微鏡対物レンズ 11 a と 11 b は、撮像範囲 L a と撮像範囲 L b の一部が重なるように配置されている。同様に、顕微鏡対物レンズ 11 b と 11 c は隣り合っており、しかも、撮像範囲 L b と撮像範囲 L c の一部が重なるように配置されている。

【0025】

顕微鏡対物レンズ 11 a の像位置には、撮像素子 12 a が配置されている。同様に、顕微鏡対物レンズ 11 b の像位置には、撮像素子 12 b が配置され、顕微鏡対物レンズ 11 c の像位置には、撮像素子 12 c が配置されている。そして、撮像素子 12 a、12 b、12 c の各々も、等間隔で一列に配置されている。

【0026】

ここで、図 3 に示すように、撮像範囲 L a と撮像範囲 L b には、重複領域 X 1 が存在する。また、撮像範囲 L b と撮像範囲 L c には、重複領域 X 2 が存在する。そのため、重複領域 X 1 の像は、撮像素子 12 a と 12 b で撮影され、重複領域 X 2 の像は、撮像素子 12 b と 12 c によって撮像される。

【0027】

10

20

30

40

50

このように、本実施形態の顕微鏡では、2つの撮像範囲の一部が重複するので、一方の撮像範囲と他方の撮像範囲の間に、隙間（撮像していない領域）が生じない。そのため、標本上の広い範囲を一度に撮影できる。その結果、本実施形態の顕微鏡によれば、標本S上の広い範囲の撮像（画像の取得）に時間がかからない。

【0028】

また、図3に示すように、本実施形態の顕微鏡では、撮像範囲（La、Lb、Lc）は顕微鏡対物レンズ（11a、11b、11c）の外径よりも大きい（広い）。そのため、上記のように、隣り合う顕微鏡対物レンズを近づけることで、重複領域（X1、X2）を生じさせることができる。また、隣り合う顕微鏡対物レンズの間隔を変化させることで、重複領域の面積を変化させることができる。

10

【0029】

図4は、光軸と直交する面内で標本側撮像範囲を見た図である。図4において、円は顕微鏡対物レンズの実視野、すなわち、顕微鏡対物レンズが像を形成できる標本S側での範囲である。また、四角は標本側撮像範囲、すなわち、顕微鏡対物レンズによって投影された撮像素子の撮像面の範囲である。ここで、破線は、顕微鏡対物レンズ11aにおける実視野と標本側撮像範囲を示している。また、実線は、顕微鏡対物レンズ11bにおける実視野と標本側撮像範囲を示している。また、2点鎖線は、顕微鏡対物レンズ11cにおける実視野と標本側撮像範囲を示している。

【0030】

図4に示すように、顕微鏡対物レンズ11a、11b、11cの各々は、隣り合う顕微鏡対物レンズの実視野が重なるように配置されるだけでなく、標本側撮像範囲（投影された撮像素子の撮像面）が重なるように配置されている。

20

【0031】

図5は、別の顕微鏡対物レンズユニットの構成を示す模式図である。顕微鏡対物レンズユニット13は、複数の顕微鏡対物レンズ14a、14b、14cと、複数の結像レンズ15a、15b、15cを備える。顕微鏡対物レンズ14a、14b、14cの各々は、標本Sに対向して配置されている。結像レンズ15a、15b、15cの各々は、撮像素子16a、16b、16cの各々に対向して配置されている。

【0032】

顕微鏡対物レンズ14aからは平行光束が出射する。この平行光束は、結像レンズ15aに入射し、所定の位置に集光する。このように、顕微鏡対物レンズ14aと結像レンズ15aとの間は、アフォーカルになっている。顕微鏡対物レンズ14bと結像レンズ15bとの間、顕微鏡対物レンズ14cと結像レンズ15cとの間も、アフォーカルになっている。

30

【0033】

結像レンズ15aによる集光位置には標本Sの像が形成されるので、この集光位置に撮像素子16aが配置される。同様に、結像レンズ15bによる集光位置に撮像素子16bが配置され、結像レンズ15cによる集光位置に撮像素子16cが配置されている。

【0034】

また、顕微鏡対物レンズ14a、14b、14cの各々は、等間隔で一列に配置されている。同様に、結像レンズ15a、15b、15cの各々も、等間隔で一列に配置されている。なお、顕微鏡対物レンズ14a、14b、14cの各々には、後述の第2の顕微鏡対物レンズが用いられている。また、結像レンズ15a、15b、15cの各々には、後述の結像レンズが用いられている。

40

【0035】

なお、図示は省略するが、顕微鏡対物レンズ14a、14b、14cの各々も、撮像範囲（所定の広さの標本側撮像範囲）を有する。そして、顕微鏡対物レンズ14aと14b、顕微鏡対物レンズ14bと14cは、撮像範囲の一部が重なるように配置されている。なお、顕微鏡対物レンズユニット13の技術的意義（作用効果）は顕微鏡対物レンズユニット10と同じなので、詳細な説明は省略する。

50

## 【0036】

また、顕微鏡対物レンズユニット10、13において、隣り合う撮像素子の間に遮光板を配置しても良い。顕微鏡対物レンズユニット10を用いて説明すると、図6に示すように、遮光板18が顕微鏡対物レンズ11aと顕微鏡対物レンズ11bとの間、顕微鏡対物レンズ11bと顕微鏡対物レンズ11cとの間に設けられている。そして、遮光板18の一端は対物レンズの近傍にあり、遮光板18の他端は撮像素子12a、12b、12cの近傍にある。

## 【0037】

この顕微鏡対物レンズ11aと顕微鏡対物レンズ11bの間に配置された遮光板18によって、顕微鏡対物レンズ11aからの光が隣接する撮像素子12bに結像されること（入射すること）、および顕微鏡対物レンズ11bからの光が隣接する撮像素子12aに結像されることを確実に制限することができる。このようにすることで、隣接する顕微鏡対物レンズにより結像される像が混ざり合うクロストークの発生を低減することができる。なお、顕微鏡対物レンズユニット13において、遮光板18を用いるようにしても良い。

10

## 【0038】

また、顕微鏡対物レンズユニット10、13では、3つの撮像素子を用いたが、1つの撮像素子を用いても良い。

## 【0039】

また、本実施形態の顕微鏡では、複数の顕微鏡対物レンズの各々は、縮小光学系であることが好ましい。

20

## 【0040】

図3に示すように、撮像範囲Laの広さは、撮像素子12aの撮像面の広さよりも広い。同様に、撮像範囲Lbの広さは、撮像素子12bの撮像面の広さよりも広く、撮像範囲Lcの広さは、撮像素子12cの撮像面の広さよりも広い。このように、本実施形態の顕微鏡では、顕微鏡対物レンズによって、広い面積の撮像範囲が、狭い面積の撮像面に縮小投影されていることになる。これは、顕微鏡対物レンズ11a、11b、11cの各々が、縮小光学系であることを示している。

## 【0041】

このように、顕微鏡対物レンズ11a、11b、11cの各々を縮小光学系にすることで、標本S側で撮像範囲に重複領域が生じているにもかかわらず、撮像素子側では、顕微鏡対物レンズ11a、11b、11cの各々で形成された像を、空間的に分離させることができる。よって、空間的に分離された各々の像を、撮像素子12a、12b、12cの各々で撮像することができる。

30

## 【0042】

なお、顕微鏡対物レンズ11a、11b、11cの各々が拡大光学系の場合、重複領域がゼロの状態（撮像範囲La、Lb、Lcの各々が隣接している状態）であっても、顕微鏡対物レンズ11aで形成された像の一部と、顕微鏡対物レンズ11bで形成された像の一部とが、像面で重なり合う。また、顕微鏡対物レンズ11bで形成された像の一部と、顕微鏡対物レンズ11cで形成された像の一部とが、像面で重なり合う。

## 【0043】

このように、顕微鏡対物レンズが拡大光学系の場合、重複領域がゼロの状態であっても、顕微鏡対物レンズ11a、11b、11cの各々で形成された像を、空間的に分離させることができない。そのため、顕微鏡対物レンズが拡大光学系の場合は、重複領域を設けることができない。

40

## 【0044】

また、顕微鏡対物レンズ11a、11b、11cの各々が等倍光学系の場合、重複領域がゼロの状態では、隣り合う像で重なり合いは生じない。しかしながら、重複領域を設けようとして、隣り合う対物レンズの間隔を狭くすると、隣り合う像で重なり合いが生じてしまう。そのため、顕微鏡対物レンズが等倍光学系の場合は、重複領域を設けることができない。

50

## 【 0 0 4 5 】

なお、顕微鏡対物レンズ 1 4 a、1 4 b、1 4 c の各々も、縮小光学系となっている。よって、顕微鏡対物レンズ 1 1 a、1 1 b、1 1 c と同様の作用効果を生じる。

## 【 0 0 4 6 】

また、本実施形態の顕微鏡では、複数の顕微鏡対物レンズの各々は、標本側が非テレセントリックな光学系であることが好ましい。

## 【 0 0 4 7 】

図 3 に示すように、軸外主光線 C L 1、C L 2 は、標本 S の面の法線と平行になっていない。これは、顕微鏡対物レンズ 1 1 a、1 1 b、1 1 c の各々が、標本側において非テレセントリックな光学系になっているからである。

10

## 【 0 0 4 8 】

このように、顕微鏡対物レンズ 1 1 a、1 1 b、1 1 c の各々を、標本側が非テレセントリックな光学系にすることで、撮像範囲を顕微鏡対物レンズの外形（直径）よりも広くすることができる。そのため、隣り合う撮像範囲で重複領域を生じさせることができる。

## 【 0 0 4 9 】

なお、顕微鏡対物レンズ 1 4 a、1 4 b、1 4 c の各々も、標本側が非テレセントリックな光学系となっている。よって、顕微鏡対物レンズ 1 1 a、1 1 b、1 1 c と同様の作用効果を生じる。

## 【 0 0 5 0 】

また、本実施形態の顕微鏡では、複数の顕微鏡対物レンズの各々は、最も標本側のレンズが負屈折力を有することが好ましい。

20

## 【 0 0 5 1 】

このようにすることで、顕微鏡対物レンズ 1 1 a、1 1 b、1 1 c の各々において、標本 S に向かう軸外主光線 C L 1、C L 2 を発散する方向に広げる（光軸から離れる方向に向かわせる）ことができる。これにより、撮像範囲を、顕微鏡対物レンズの外径（直径）よりも広くすることができる。そのため、隣り合う撮像範囲で重複領域を生じさせることができる。

## 【 0 0 5 2 】

なお、顕微鏡対物レンズ 1 4 a、1 4 b、1 4 c の各々も、最も標本 S 側のレンズが負屈折力を有する。よって、顕微鏡対物レンズ 1 1 a、1 1 b、1 1 c と同様の作用効果を生じる。

30

## 【 0 0 5 3 】

また、本実施形態の顕微鏡では、複数の顕微鏡対物レンズの各々は、以下の条件式（1）を満足することが好ましい。

$$D \text{ mm} < A < 3 D \text{ mm} \quad (1)$$

ここで、

A は、標本側撮像範囲の直径、

D は、最も標本側のレンズの外形の直径、

である。

## 【 0 0 5 4 】

図 3 に示した顕微鏡対物レンズユニット 1 0 では、レンズデータは後述するが、 $A = 6 \text{ mm}$ 、 $D = 3 \text{ mm}$ 、図 5 に示した顕微鏡対物レンズユニットでは、 $A = 11.3 \text{ mm}$ 、 $D = 7.5 \text{ mm}$ であることからいずれも条件式（1）を満足する。

40

## 【 0 0 5 5 】

顕微鏡対物レンズ 1 1 a、1 1 b、1 1 c、1 4 a、1 4 b、1 4 c の各々が、条件式（1）を満足することで、適切な重複領域を生じさせた上で、周辺減光の少ない画像を得ることができる。なお、標本側撮像範囲が矩形の場合は、A は辺の長さ（長辺あるいは短辺）である。

## 【 0 0 5 6 】

条件式（1）の下限値を下回ると、隣り合う撮像範囲において重複領域を生じさせるこ

50

とができない。条件式(1)の上限値を上回ると、軸上光束の径に比べて、軸外光束の径が小さく(細く)なり過ぎるので、周辺減光が大きくなる。また、レンズを通過する光線の角度が大きくなるため、フレアの発生する可能性が高くなる。

【0057】

また、本実施形態の顕微鏡では、複数の顕微鏡対物レンズの各々は、倍率が同じ顕微鏡対物レンズであることが好ましい。

【0058】

顕微鏡対物レンズ11a、11b、11cの各々を、同じ倍率の顕微鏡対物レンズにすることで、同じ倍率の画像が得られるので、観察が容易となる。また、後述の画像処理(画像合成)を行なう場合、画像処理が容易になる。

【0059】

なお、顕微鏡対物レンズ14a、14b、14cの各々も、倍率が同じ顕微鏡対物レンズにするのが好ましい。

【0060】

また、本実施形態の顕微鏡では、複数の顕微鏡対物レンズの各々は、隣り合う顕微鏡対物レンズの間隔が最小となるように配列されていることが好ましい。

【0061】

このようにすることで、隣り合う撮像範囲を効率よく重複させることができる。図7は顕微鏡対物レンズの配置を示す図であって、(a)は密になる配列を示す図、(b)は、密になる配列で照明用の光源を配置した図である。顕微鏡対物レンズの各々を保持する保持枠が円筒の場合、図7(a)に示すように、1つの顕微鏡対物レンズに対して、6つの顕微鏡対物レンズが接するように、各々の顕微鏡対物レンズを配置するのが良い。

【0062】

なお、図7(a)において、実線の円は顕微鏡対物レンズ(保持枠)を示し、破線の円は顕微鏡対物レンズの実視野を示している。また、撮像範囲(標本側撮像範囲)は示していないが、撮像範囲は重複するようになっている。

【0063】

また、図7(b)に示すように、隣り合う顕微鏡対物レンズの間に、照明用の光源17を配置しても良い。なお、図7(b)では、1つの顕微鏡対物レンズの周囲に6つの光源17を配置しているが、光源の数はこれに限られない。また、顕微鏡対物レンズユニット10、13(図3、図5)においても、隣り合う顕微鏡対物レンズの間に、光源17を配置することができる。

【0064】

また、顕微鏡対物レンズは、Fナンバーの小さな顕微鏡対物レンズを用いるのが良い。また、上述の説明では、明視野法での撮像について説明したが、位相差法や微分干渉法を用いた撮像を行なっても良い。

【0065】

また、本実施形態の顕微鏡システムは、上述の顕微鏡と、画像処理装置と、を有し、画像処理装置は、複数の顕微鏡対物レンズの各々から得られた画像を合成することを特徴とする。

【0066】

図8は、本実施形態の顕微鏡システムの構成を示す模式図である。図8に示すように、顕微鏡システム100は、顕微鏡1'と、画像処理装置20とを有する。なお、顕微鏡1'については既に説明をしたので、説明を省略する。なお、顕微鏡1'に代えて、顕微鏡1を用いても良い。

【0067】

画像処理装置20では、複数の顕微鏡対物レンズの各々から得られた画像を合成する。この画像処理装置20は、画像処理部21と、制御部22と、表示部23と、記憶部24と、を備える。また、画像処理部21は、重複画像抽出部211と、観察画像合成部213と、を有する。また、重複画像抽出部211は、合成位置決定部212を有する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 8 】

画像処理装置 2 0 は、ワークステーションやパソコン等の汎用コンピュータで実現される。上記のように、顕微鏡 1 ' では、複数の像が撮像される。撮像された像の画像データ（デジタルデータ）は、制御部 2 2 を介して、画像処理装置 2 0 に送られる。画像処理装置 2 0 は、複数の画像データを画像処理し、1 つの観察画像に合成して表示部 2 3 に表示する。制御部 2 2 は、画像処理部 2 1、表示部 2 3 及び記憶部 2 4 に対して、動作タイミングの指示やデータの転送等を行い、各部の動作を統括的に制御する。また、制御部 2 2 は、顕微鏡 1 とのデータ転送等を行なう。

## 【 0 0 6 9 】

表示部 2 3 は、LCD や LED の表示装置によって実現される。表示部 2 3 は、制御部 2 2 から入力される表示信号に基づいて、撮像で得た各々の画像や、合成画像や、制御用の画面等を表示する。

10

## 【 0 0 7 0 】

記憶部 2 4 は、各種 IC メモリ、ハードディスク、CD - ROM 等の情報記憶媒体及びその読取装置等によって実現される。記憶部 2 4 は、画像処理装置 2 0 の動作に係るプログラムや、画像処理装置 2 0 の備える種々の機能を実現するためのプログラム、これらプログラムの実行に係るデータ等が格納される。

## 【 0 0 7 1 】

画像処理部 2 1 は、制御部 2 2 を介して、顕微鏡 1 から複数の画像データを取得し、複数の画像データから 1 つの合成画像を生成する。例えば、顕微鏡対物レンズユニット 1 0 で標本 S の像を撮像すると、顕微鏡対物レンズ 1 1 a を介して取得した画像 I a と、顕微鏡対物レンズ 1 1 b を介して取得した画像 I b と、顕微鏡対物レンズ 1 1 c を介して取得した画像 I c と、が得られる。この画像 I a、I b、I c の各々の画像データが、画像処理部 2 1 に入力される。

20

## 【 0 0 7 2 】

また、本実施形態の画像合成方法は、所定の広さの標本側撮像範囲を複数設定し、複数の標本側撮像範囲を同時に撮像する撮像ステップと、撮像ステップで得られた複数の画像を使って、合成画像を生成する画像生成ステップを有し、撮像ステップにおいて、標本側撮像範囲の一部が重なるように撮像を行い、画像生成ステップは、複数の画像から重複画像を抽出し、重複画像から、複数の画像の合成位置を決定し、合成位置の情報に基づいて、合成画像を生成することを特徴とする。

30

## 【 0 0 7 3 】

図 9 は、画像を合成する処理の手順を示すフローチャートである。まず、入力画像枚数 n を設定する（ステップ S 1）。例えば、図 3 の構成では、3 つの顕微鏡対物レンズユニットによって画像の取得が行なわれているので、入力画像枚数 n には 3 が設定される。続いて、処理回数 N の初期値 1 が設定される（ステップ S 2）。

## 【 0 0 7 4 】

続いて、画像処理部 2 1 では、重複画像抽出部 2 1 1 において、画像 I a の画像データと画像 I b の画像データから、重複領域を抽出する（ステップ S 3）。そして、合成位置決定部 2 1 2 において、画像 I a と画像 I b の相対位置を変えながら重複領域の画像を比較し、重複領域が一致するときの画像 I a と画像 I b の相対位置を決定する（ステップ S 4）。

40

## 【 0 0 7 5 】

ステップ S 4 の処理が終わると、処理回数が規定回数に達したか否かが判断される（ステップ S 5）。処理回数が規定回数に達していない場合、ステップ 3 に戻って、今度は、画像 I b と画像 I c について、同様の処理が行なわれる。これにより、画像 I a、I b、I c の相対位置が決まる。

## 【 0 0 7 6 】

処理回数が規定回数に達すると、観察画像合成部 2 1 3 において、合成位置決定部 2 1 2 の情報に基づいて、画像 I a、I b、I c をつなぎ合わせて、3 つの画像を 1 つの画像

50

に合成する（ステップ S 6）。このようにして、標本 S の合成画像が生成される。

【 0 0 7 7 】

また、本実施形態の顕微鏡システムは、複数の顕微鏡対物レンズと標本を光軸方向に相対的に動かす移動機構を有し、複数の顕微鏡対物レンズと標本を光軸方向に相対的に動かしながら合成画像を複数取得し、複数の合成画像を合成することが好ましい。

【 0 0 7 8 】

撮像範囲が広がった場合、一度の撮像で、撮像範囲の全域でピントのあった画像を得ることが困難になることがある。例えば、標本 S の標本面が、顕微鏡対物レンズユニット 1 1 の光軸に対して傾いている（直交していない）場合がある。このような場合、画像 I b（顕微鏡対物レンズ 1 1 b）はピントの合った画像になるが、画像 I a や I c（顕微鏡対物レンズ 1 1 a、1 1 c）はピントの合っていない画像になる。

10

【 0 0 7 9 】

そこで、顕微鏡対物レンズユニット 1 1 と標本 S の間隔を変化させながら、画像の取得を行なう。具体的には、照準機構 7 を動作させ、ピントの合った画像 I a が取得できる位置に、ステージを移動させる。そして、この位置から徐々に、ステージを顕微鏡対物レンズに近づける、あるいは離していく。この時、照準機構 7 の動作をステップ状に行なう（ステージの移動と停止を交互に行なう）。そして、各ステップで、画像 I a、I b、I c の取得と、画像合成を行なう（画像 I a、I b、I c を 1 つの画像に合成する）。

【 0 0 8 0 】

続いて、合成画像の各々で、最もコントラストの高い画像領域を抽出する。そして、抽出した画像を合成する。このようにすることで、標本 S が傾くことで標本 S の合焦位置が光軸方向にずれていても、撮像範囲の全域でピントのあった画像を得ることができる。

20

【 0 0 8 1 】

このような処理は、画像処理部 2 1 において行なえばよい。なお、照準機構 7 の動作にはステッピングモーターや圧電素子を使用することができる。

【 0 0 8 2 】

次に、第 1 の顕微鏡対物レンズ、第 2 の顕微鏡対物レンズ及び結像レンズの数値例を説明する。第 1 の顕微鏡対物レンズのレンズ断面図を図 1 0 に、第 2 の顕微鏡対物レンズレンズ断面図を図 1 2 に、結像レンズのレンズ断面図を図 1 4 に示す。また、図 1 6 は、第 2 の顕微鏡対物レンズと結像レンズを組み合わせたときのレンズ断面図である。

30

【 0 0 8 3 】

以下すべてのレンズ断面図中、L 1、L 2、L 3、L 4、L 5、L 1 1、L 1 2、L 1 3、L 1 4、L 1 5、は各レンズである。また、O B J は物面であって、標本面に対応する。また、I M G は像面であって、撮像素子の撮像面に対応する。また、G C 1 と G C 2 の各々は、カバーガラスを示している。

【 0 0 8 4 】

第 1 の顕微鏡対物レンズは、図 1 0 に示すように、物体側より順に、両凹負レンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、で構成されている。

40

【 0 0 8 5 】

非球面は、両凹負レンズ L 1 の両面と、正メニスカスレンズ L 2 の両面と、正メニスカスレンズ L 3 の両面と、負メニスカスレンズ L 4 の両面と、両凸正レンズ L 5 の両面との、1 0 面に用いられている。

【 0 0 8 6 】

以上の第 1 の顕微鏡対物レンズの収差図を図 1 1 に示す。収差図において、( a )、( b )、( c )、( d ) の各々は、球面収差 ( S A )、非点収差 ( A S )、歪曲収差 ( D T )、軸外横収差 ( コマ収差、倍率色収差、D Y ) を示す。各図中、N A は物体側の開口数を、F I Y は最大像高を示す。これらの参照符号は、以下、すべての収差図において同様である。

50

## 【 0 0 8 7 】

第2の顕微鏡対物レンズは、図12に示すように、物体側より順に、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、で構成されている。ここで、負メニスカスレンズL1と、正メニスカスレンズL2と、が接合されている。

## 【 0 0 8 8 】

非球面は、負メニスカスレンズL1の物体側面の1面に用いられている。

## 【 0 0 8 9 】

以上の第2の顕微鏡対物レンズの収差図を図13に示す。

10

結像レンズは、図14に示すように、像側より順に、両凸正レンズL11と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と、両凸正レンズL13と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL14と、両凹負レンズL15と、で構成されている。

## 【 0 0 9 0 】

非球面は、両凸正レンズL11の両面と、負メニスカスレンズL12の両面と、両凸正レンズL13の両面と、負メニスカスレンズL14の両面と、両凹負レンズL15の両面との、10面に用いられている。

## 【 0 0 9 1 】

また、結像レンズの収差図を図15に示す。

## 【 0 0 9 2 】

20

以下に、上述の顕微鏡対物レンズ及び結像レンズの数値データを示す。rは各レンズ面の曲率半径、dは各レンズ面間の間隔、ndは各レンズのd線の屈折率、dは各レンズのアップ数である。また、\*は非球面を表している。また、焦点距離は全系の焦点距離、NAは物体側の開口数である。

## 【 0 0 9 3 】

また、非球面形状は、xを光の進行方向を正とした光軸とし、yを光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

$$x = (y^2 / R) / [ 1 + \{ 1 - (k + 1) (y / R)^2 \}^{1/2} ] + ay^4 + by^6 + cy^8 + dy^{10} + ey^{12} + fy^{14} + gy^{16}$$

ただし、Rは近軸曲率半径、kは円錐係数、a、b、c、d、e、f、gは各々4次、6次、8次、10次、12次、14次、16次の非球面係数である。また、非球面係数において、「e - n」(nは整数)は、「10<sup>-n</sup>」を示している。

30

## 【 0 0 9 4 】

第1の顕微鏡対物レンズ

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物面		0.00		
1		0.17	1.5163	64.1
2		9.28		
3*	-25.64	0.41	1.5307	55.7
4*	1.61	0.55		
5*	1.08	0.69	1.5307	55.7
6*	1.16	0.31		
7*	1.27	0.55	1.5307	55.7
8*	2.82	0.63		
9*	-2.01	0.33	1.6349	23.9
10*	-7.77	0.04		
11*	8.27	0.70	1.5307	55.7

40

50

12*	-1.74	7.73		
13		0.30	1.5688	56.4
像面				

## 非球面データ

## 第3面

曲率半径 -25.64

k=3.4042e+002

a=-3.6894e-002, b=8.9862e-003, c=5.1275e-003,  
d=-2.2514e-003

10

## 第4面

曲率半径 1.61

k=-1.6171e+000

a=-9.9451e-002, b=-3.8461e-003, c=3.0399e-002,  
d=-1.1887e-002

## 第5面

曲率半径 1.08

k=-1.2590e+000

a=-1.7655e-002, b=-2.5790e-003

## 第6面

曲率半径 1.16

k=-8.6895e-001

a=-1.0585e-001, b=1.7929e-002, c=1.6927e-003

20

## 第7面

曲率半径 1.27

k=-1.5753e+000

a=-4.1155e-002, b=1.4678e-002

## 第8面

曲率半径 2.82

k=1.3514e+000

a=1.7655e-002, b=-3.3527e-003

30

## 第9面

曲率半径 -2.01

k=1.5046e+000

a=5.3763e-002, b=-2.9705e-002, c=-6.9808e-004

## 第10面

曲率半径 -7.77

k=3.5929e+000

a=3.4244e-002, b=-3.2268e-002, c=-2.1329e-003

## 第11面

曲率半径 8.27

k=-5.0000e+000

a=-1.3838e-002, b=-5.7848e-004, c=4.1265e-004

40

## 第12面

曲率半径 -1.74

k=-1.1539e+000

a=-2.5780e-002, b=-2.2360e-003, c=3.7672e-003

【 0 0 9 5 】

## 第2の顕微鏡対物レンズ

単位 m m

50

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
物面		0.00		
1		0.17	1.5163	64.1
2		6.42		
3*	-4.61	0.65	1.8503	32.3
4	-150.74	1.63	1.7292	54.7
5	-4.75	0.06		
6	6.07	0.90	1.5952	67.7
7	115.28	0.06		
8	2.51	0.81	1.5952	67.7
9	2.09			

10

## 非球面データ

## 第3面

曲率半径 -4.61

k=9.1007e-001

a=-6.4093e-004, b=5.5827e-005, c=1.2432e-005

【 0 0 9 6 】

## 結像レンズ

単位 mm

20

## 面データ

面番号	r	d	nd	d
物面				
1*	1.75	0.56	1.5346	56.2
2*	-8.78	0.05		
3*	5.32	0.35	1.6142	25.6
4*	1.59	0.35		
5*	16.62	0.46	1.5346	56.2
6*	-7.74	0.45		
7*	-2.04	0.47	1.5346	56.2
8*	-0.99	0.47		
9*	-2.92	0.38	1.5346	56.2
10*	2.43	0.93		
11		0.30	1.5688	56.4
像面				

30

## 非球面データ

## 第1面

曲率半径 1.75

k=-6.6472e-001

a=1.7752e-002, b=-7.8166e-003, c=2.7602e-003,

d=-4.2651e-003, e=4.0909e-003, f=1.8911e-003,

g=9.9189e-003

## 第2面

曲率半径 -8.78

k=-7.4134e+001

a=-6.2175e-003, b=3.3713e-002, c=-1.0145e-002,

40

50

d=3.3040e-003, e=6.2061e-003, f=1.7435e-002,  
g=-5.4679e-003

第 3 面

曲率半径 5.32

k=-9.9352e+001

a=-3.0063e-002, b=6.8076e-002, c=-3.4746e-002,

d=2.9098e-002, e=5.6036e-003, f=4.5813e-003,

g=-2.2911e-002

第 4 面

曲率半径 1.59

k=5.9510e-001

a=-1.4632e-001, b=1.2471e-001, c=-6.3320e-002,

d=1.2893e-002, e=-1.3638e-003, f=-3.8744e-003,

g=-1.6260e-003

第 5 面

曲率半径 16.62

k=-4.2834e+002

a=-1.5273e-002, b=-9.0265e-003, c=3.0649e-002,

d=5.8923e-003, e=-1.7942e-003, f=-7.7961e-004,

g=-5.3525e-004

第 6 面

曲率半径 -7.74

k=-1.4002e+002

a=-5.2445e-002, b=3.5404e-002, c=-3.8982e-002,

d=1.4522e-002, e=4.4660e-003, f=7.4253e-004,

g=-4.2146e-004

第 7 面

曲率半径 -2.04

k=1.1476e+000

a=-4.4695e-002, b=1.2870e-001, c=-7.1027e-002,

d=1.2830e-002, e=1.4986e-003, f=5.4195e-005,

g=-3.6272e-004

第 8 面

曲率半径 -0.99

k=-1.0822e+000

a=8.2661e-002, b=-1.6805e-002, c=1.8282e-002,

d=-2.7597e-003, e=-3.0741e-004, f=-2.4855e-005,

g=-6.5291e-005

第 9 面

曲率半径 -2.92

k=-6.1166e+000

a=2.3788e-002, b=-2.9091e-002, c=5.6364e-003,

d=4.1246e-004, e=-1.3461e-004, f=-2.1375e-007,

g=5.3744e-007

第 10 面

曲率半径 2.43

k=-2.0265e+001

a=-4.3537e-002, b=7.4732e-003, c=-2.7053e-003,

d=3.9955e-004, e=-2.6524e-005, f=-4.6809e-007,

g=-1.2765e-008

10

20

30

40

50

## 【産業上の利用可能性】

## 【0097】

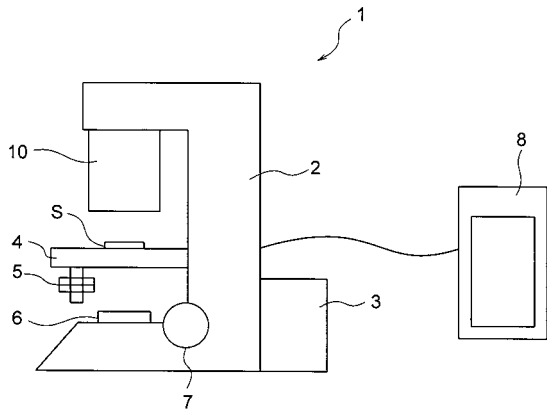
以上のように、本発明に係る顕微鏡は、標本上の所望の範囲を、短い時間で撮像する場合に有用である。

## 【符号の説明】

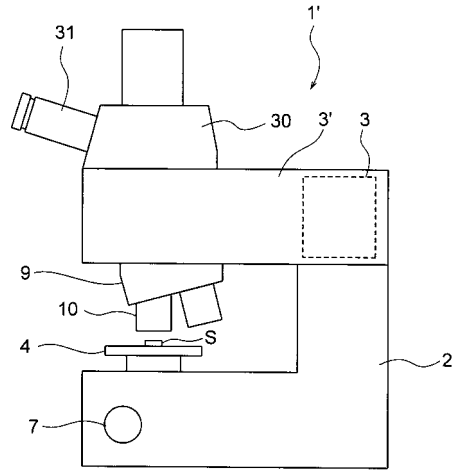
## 【0098】

- 1、1' 顕微鏡
- 2 顕微鏡本体
- 3 光源
- 3' 投光管 10
- 4 ステージ
- 5 X Yハンドル
- 6 コンデンサレンズ
- 7 照準機構
- 8 表示装置
- 9 レボルバ
- 10 顕微鏡対物レンズユニット
- 11 a、11 b、11 c 顕微鏡対物レンズ
- 12 a、12 b、12 c 撮像素子
- 13 顕微鏡対物レンズユニット 20
- 14 a、14 b、14 c 顕微鏡対物レンズ
- 15 a、15 b、15 c 結像レンズ
- 16 a、16 b、16 c 撮像素子
- 17 光源
- 18 遮光板
- 20 画像処理装置
- 21 画像処理部
- 22 制御部
- 23 表示部
- 24 記憶部 30
- 30 鏡筒
- 31 双眼部
- 100 顕微鏡システム
- 211 重複画像抽出部
- 212 合成位置決定部
- 213 観察画像合成部
- CG1、CG2 カバーガラス
- Ia、Ib、Ic 画像
- IMG 像面
- L1～L5、L11～L15 レンズ 40
- La、Lb、Lc 撮像範囲
- OBJ 物体面
- S 標本
- X1、X2 重複領域

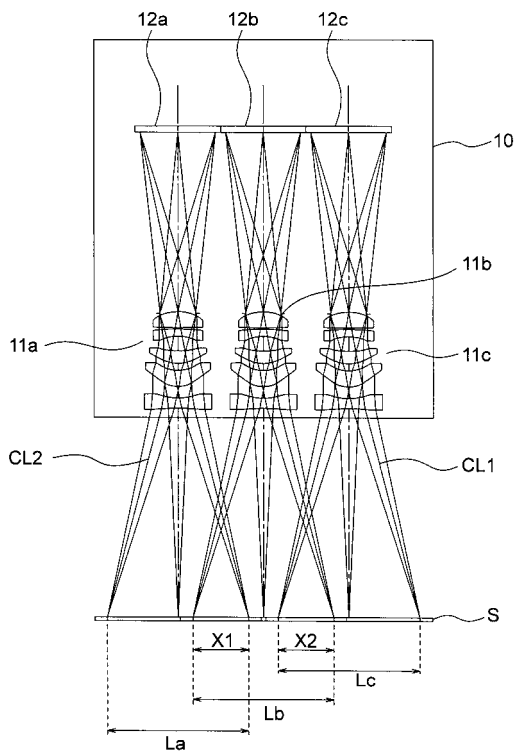
【 図 1 】



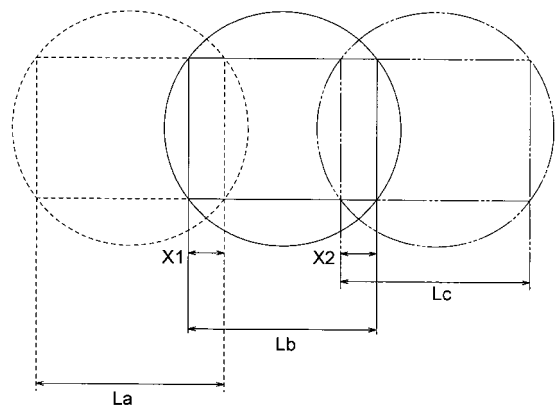
【 図 2 】



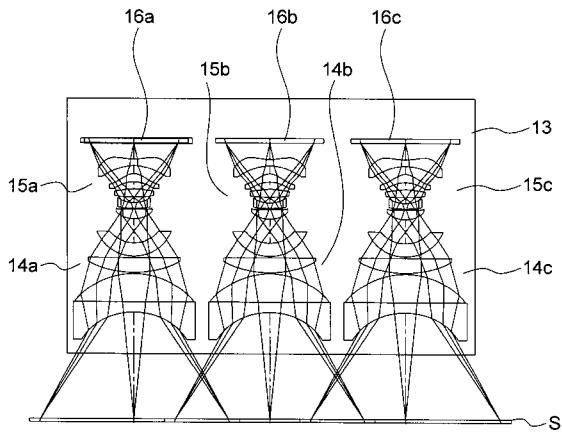
【 図 3 】



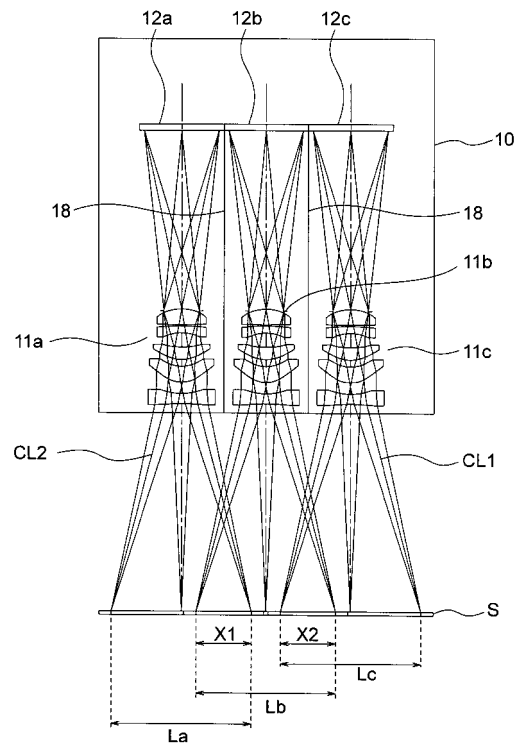
【 図 4 】



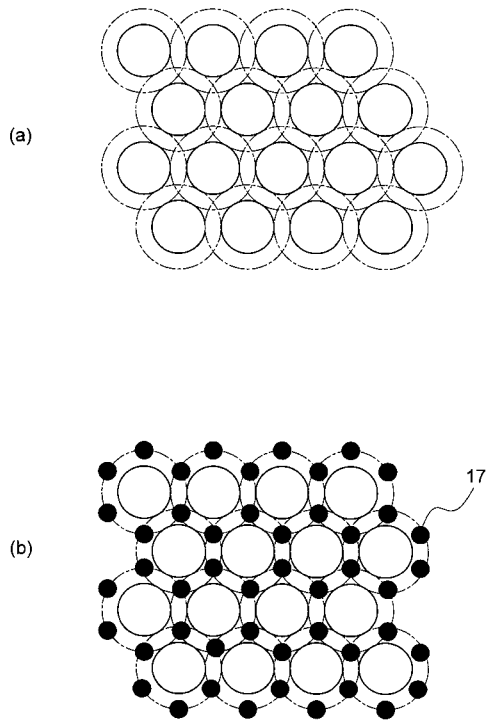
【 図 5 】



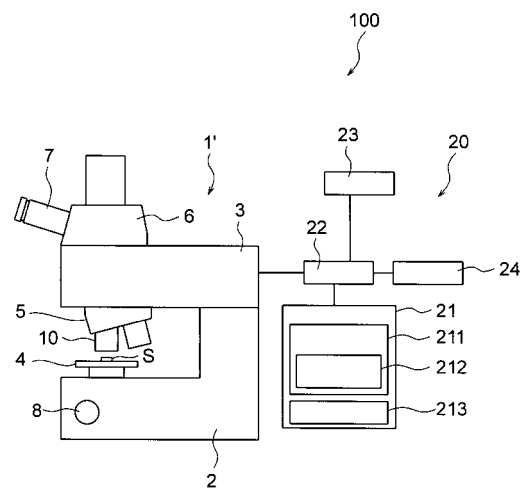
【 図 6 】



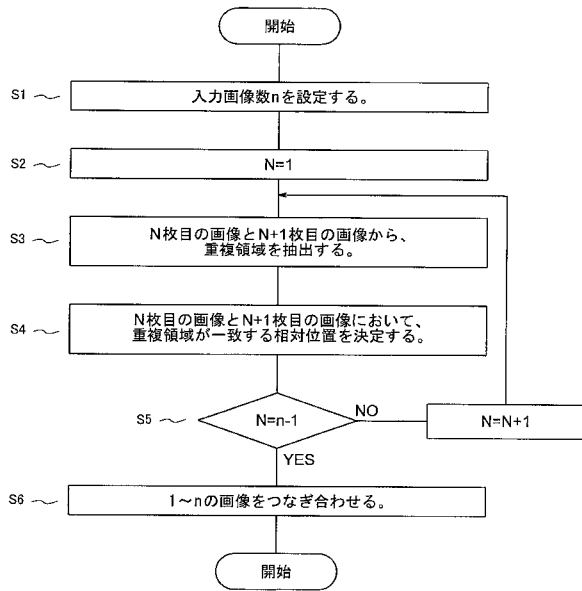
【 図 7 】



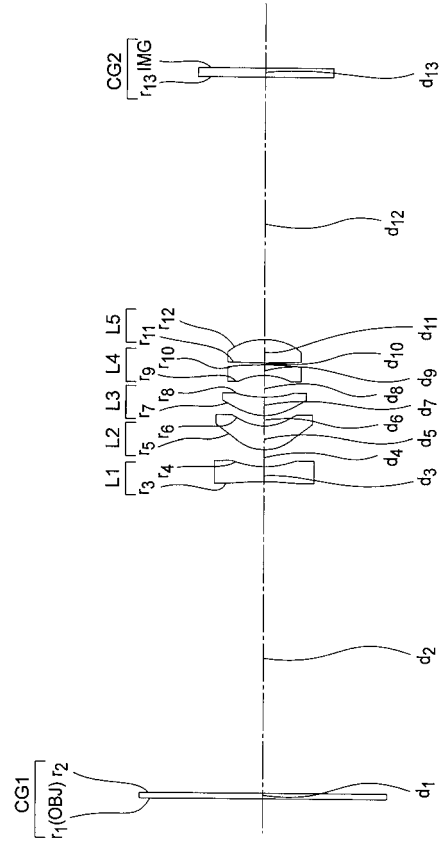
【 図 8 】



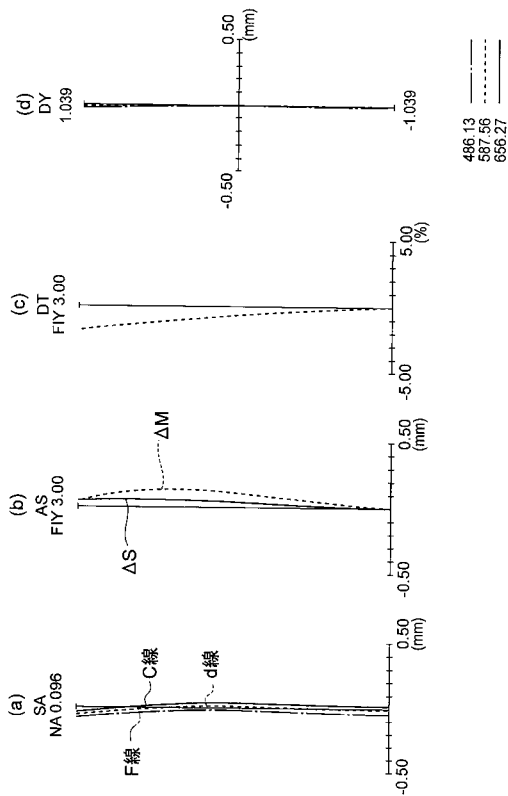
【 図 9 】



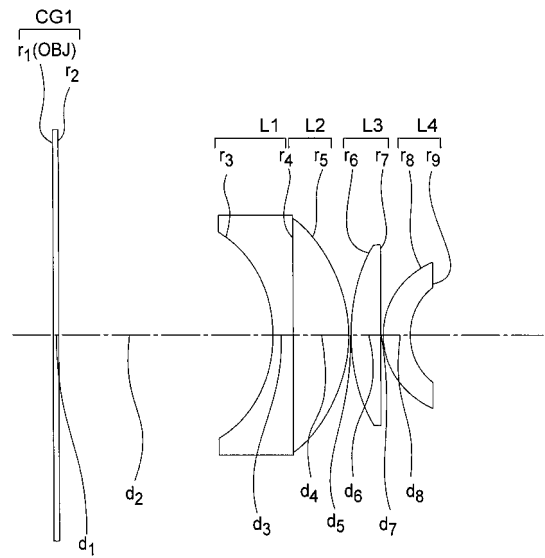
【 図 1 0 】



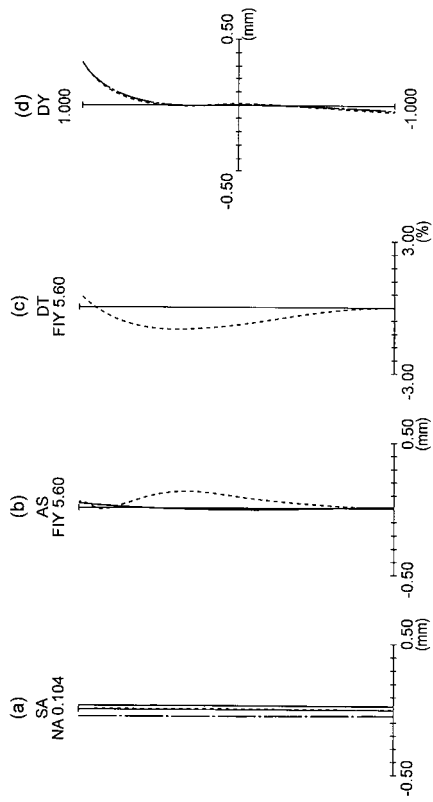
【 図 1 1 】



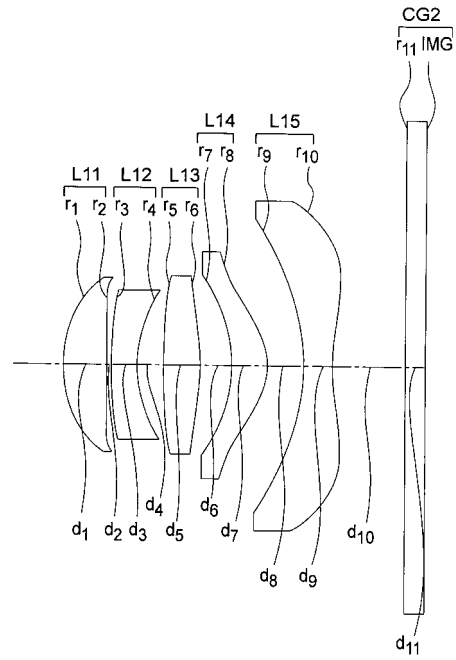
【 図 1 2 】



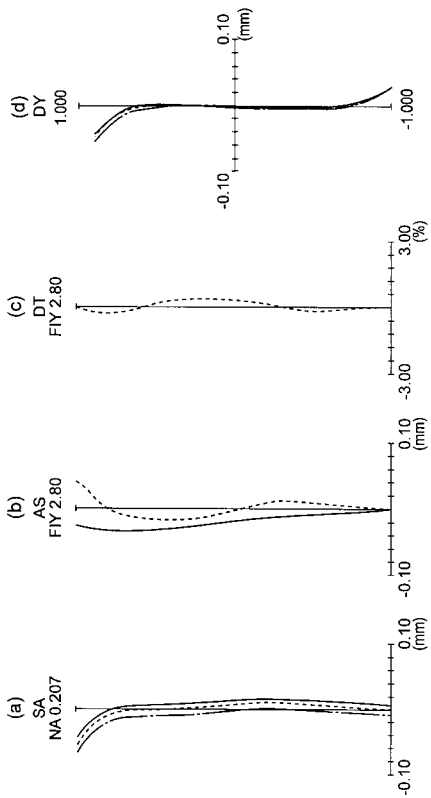
【 図 1 3 】



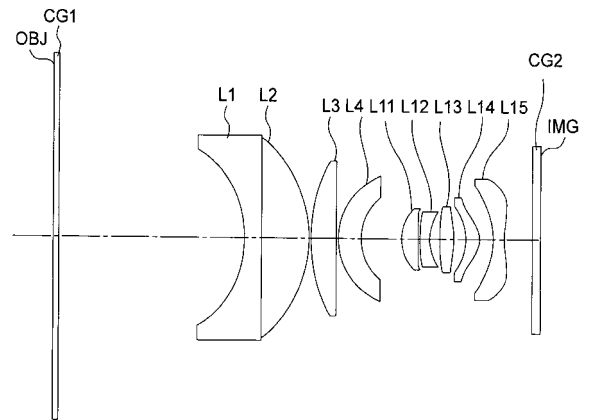
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 後藤 尚志

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内

Fターム(参考) 2H052 AA00 AB01 AB17 AB30 AC07 AC10 AD16 AD33 AF14 AF25  
2H087 KA09 LA01 NA18 PA03 PA05 PA08 PA17 PA18 PB04 PB05  
PB09 QA02 QA03 QA06 QA07 QA14 QA17 QA19 QA21 QA22  
QA25 QA34 QA37 QA39 QA41 QA42 QA45 RA05 RA12 RA13  
RA42