

(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2004-145351  
(P2004-145351A)

(43) 公開日 平成16年5月20日(2004.5.20)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup> F I テーマコード (参考)  
 GO2B 15/167 GO2B 21/02 A 2H087  
 GO2B 21/02

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

|  |  |
|--|--|
| <p>(21) 出願番号 特願2003-366444 (P2003-366444)<br/>                 (22) 出願日 平成15年10月27日 (2003.10.27)<br/>                 (31) 優先権主張番号 10249702.8<br/>                 (32) 優先日 平成14年10月25日 (2002.10.25)<br/>                 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)</p> | <p>(71) 出願人 500056219<br/>                 ライカ ミクロジュステムス (シュヴァイツ) アーゲー<br/>                 スイス CH-9435 ヘルブルック<br/>                 マックス シュミットハイニー-シュトラーセ 201<br/>                 (74) 代理人 100080816<br/>                 弁理士 加藤 朝道<br/>                 (74) 代理人 100098648<br/>                 弁理士 内田 潔人<br/>                 (74) 代理人 100080229<br/>                 弁理士 石田 康昌<br/>                 (72) 発明者 ウルリッヒ ザンダー<br/>                 スイス CH-9445 レーブシュタイン<br/>                 ヘーラーシュトラーセ 53<br/>                 最終頁に続く</p> |
|--|--|

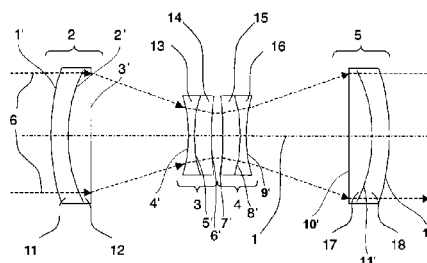
(54) 【発明の名称】 ズームシステム

(57) 【要約】

【課題】 色収差、とりわけ2次スペクトルの色収差に関し、並びに像面湾曲及び非点収差を改善し、更に、大きなズームファクタを得ることを断念することなく、構造長さを小さいままに維持可能なズームシステム。

【解決手段】 対称的に配置される4つのレンズ系から構成されると共に、当該4つのレンズ系のうちの2つずつが、互いに同一かつ鏡像的に構成される、複数種類のガラスと可変の空気距離を有する、手術顕微鏡のためのズームシステムは、該ズームシステムの各レンズ(11~18)が、所定の幾何学的構成、光学的特性及び互いに対する空気間隔を有する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

複数種類のガラスと可変の空気距離を有する、手術顕微鏡のためのズームシステムであって、対称的に配置される4つのレンズ系(2~5)から構成されると共に、当該4つのレンズ系のうちの2つずつ(2, 5; 3, 4)が、互いに同一かつ鏡像的に構成されるものにおいて、

該ズームシステムの各レンズ(11~18)は、次表に示す幾何学的構成、光学的特性及び互いに対する空気間隔を有すること

を特徴とするズームシステム：

| 境界面 | 半径<br>$r_i$ (mm) | 厚さないし<br>空気間隔<br>$d_i$ (mm) | 材料 | $n_d$   | $v_d$ |
|-----|------------------|-----------------------------|----|---------|-------|
| 1'  | 29.48            | 2.0                         | A  | 1.72342 | 37.95 |
| 2'  | 18.62            | 3.5                         | B  | 1.49700 | 81.63 |
| 3'  | -176.25          | 31.65...23.18...2.00        | 空気 |         |       |
| 4'  | -123.57          | 2.0                         | C  | 1.57956 | 53.87 |
| 5'  | 12.93            | 3.0                         | D  | 1.76182 | 26.52 |
| 6'  | 19.69            | 14.70...2.64...15.35        | 空気 |         |       |
| 7'  | -19.69           | 3.0                         | D  | 1.76182 | 26.52 |
| 8'  | -12.93           | 2.0                         | C  | 1.57956 | 53.87 |
| 9'  | 123.57           | 2.65...23.18...31.65        | 空気 |         |       |
| 10' | 176.25           | 3.5                         | B  | 1.49700 | 81.63 |
| 11' | -18.62           | 2.0                         | A  | 1.72342 | 37.95 |
| 12' | -29.48           |                             |    |         |       |

10

20

30

40

1' ~ 3' : 第1レンズ系(定置)、4' ~ 6' : 第2レンズ系(可動)、7' ~ 9' : 第3レンズ系(可動)、10' ~ 12' : 第4レンズ系(定置)

## 【請求項 2】

使用される光学ガラスは、アッペ数  $\nu_d$  に関し以下の標準直線の関係式を充足することを特徴とする請求項 1 に記載のズームシステム：

$$|P_g, F - 0.643 - 0.001628 \cdot \nu_d| > 0.006$$

50

及び / 又は

$|P_{c,t} - 0.5450 - 0.004743 \cdot d| > 0.008$ 。

【請求項 3】

ガラスの種類を選択及び構造特徴により、ズームシステムの像面湾曲が、接眼レンズの像面湾曲に適合すること

を特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のズームシステム。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載のズームシステムを有する顕微鏡。

【請求項 5】

2 つのチャンネルを有するステレオ顕微鏡であること

を特徴とする請求項 4 に記載の顕微鏡。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば手術顕微鏡等の顕微鏡のためのズームシステムに関する。特に、本発明は、対称的に配置される 4 つのレンズ系から構成されると共に、当該 4 つのレンズ系のうちの 2 つずつが、同一構成を有しかつ互いに鏡像的に配置されるよう構成される、複数種類のガラスと可変の空気距離を有する、手術顕微鏡のためのズームシステムに関する。更に、本発明は、上記ズームシステムを有する顕微鏡、とりわけステレオ顕微鏡に関する。

20

【背景技術】

【0002】

ズームシステム、即ち変倍システムは、現在、殆どすべての手術顕微鏡で使用されている。その重要な例として、M690 がある（非特許文献 1 参照）。

【0003】

【非特許文献 1】ライカ社のパンフレット：Ophthalmologie M1-602-0de-1.94-SCH, 1994 年 1 月印刷

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記の顕微鏡ズームシステムは、偶数個の光学素子から構成されている。このズームシステムは、4 素子系構成を有し、対称的に構成されている。当該 4 つのレンズ系のうちの 2 つずつが同一に構成され、かつこれらレンズ系は、互いに鏡像（対称）的に配置されている。外側の 2 つのレンズ系は、定置的に配され、内側の 2 つのレンズ系は、可動的に配されている。外側の 2 つのレンズ系は、それぞれ、正の屈折力を有し、内側の 2 つのレンズ系は、それぞれ、負の屈折力を有する。これによって、フォーカシング（ピント合わせ）も倍率の変更も可能となる。

30

【0005】

ところで、現存するズームシステムは、色収差、とりわけ 2 次スペクトルの色収差に関し、並びに像面湾曲及び非点収差に関し改善が必要であることを本発明者は認識した。また、大きなズームファクタを得ることを断念することなく、ズームシステムの構造長さを小さいままに維持することも望まれるが、実現していない。

40

【0006】

それゆえ、本発明の課題は、上記の認識を前提とし、従来のもものでは生じていた色収差、とりわけ 2 次スペクトルの色収差をアポクロマチック的態様で改善し、並びに上述の更なる欠点を回避しかつズームシステムの構造長さを小さいままに維持することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題を解決するために、本発明の一視点によれば、対称的に配置される 4 つのレンズ系から構成されると共に、当該 4 つのレンズ系のうちの 2 つずつが、互いに同一かつ

50

鏡像（対称）的に構成される、複数種類のガラスと可変の空気距離を有する、例えば手術顕微鏡のための、ズームシステムが提供される。このズームシステムにおいて、該ズームシステムの各レンズ（ないし単レンズ）は、次表に示す幾何学的構成、光学的特性及び互いに対する空気間隔を有することを特徴とする（形態1・基本構成）：

| 境界面 | 半径<br>$r_i$ (mm) | 厚さないし<br>空気間隔<br>$d_i$ (mm) | 材料 | $n_d$   | $v_d$ |    |
|-----|------------------|-----------------------------|----|---------|-------|----|
| 1'  | 29.48            | 2.0                         | A  | 1.72342 | 37.95 | 10 |
| 2'  | 18.62            | 3.5                         | B  | 1.49700 | 81.63 |    |
| 3'  | -176.25          | 31.65...23.18...2.00        |    | 空気      |       |    |
| 4'  | -123.57          | 2.0                         | C  | 1.57956 | 53.87 |    |
| 5'  | 12.93            | 3.0                         | D  | 1.76182 | 26.52 | 20 |
| 6'  | 19.69            | 14.70...2.64...15.35        |    | 空気      |       |    |
| 7'  | -19.69           | 3.0                         | D  | 1.76182 | 26.52 |    |
| 8'  | -12.93           | 2.0                         | C  | 1.57956 | 53.87 |    |
| 9'  | 123.57           | 2.65...23.18...31.65        |    | 空気      |       | 30 |
| 10' | 176.25           | 3.5                         | B  | 1.49700 | 81.63 |    |
| 11' | -18.62           | 2.0                         | A  | 1.72342 | 37.95 |    |
| 12' | -29.48           |                             |    |         |       |    |

1' ~ 3' : 第1レンズ系（定置）、4' ~ 6' : 第2レンズ系（可動）、7' ~ 9' : 第3レンズ系（可動）、10' ~ 12' : 第4レンズ系（定置） 40

【発明の効果】

【0008】

本発明の独立請求項1により、所定の課題として掲げた効果が上述の通り達成される。即ち、本発明のズームシステムは、色収差、とりわけ2次スペクトルの色収差に関し、並びに像面湾曲及び非点収差に関し改善可能であり、更に、大きなズームファクタを得ることを断念することなく、ズームシステムの構造長さを小さいままに維持することが可能である（基本構成）。

更に、各従属請求項により、付加的な効果が後述のようにそれぞれ達成される。

【発明を実施するための最良の形態】

## 【0009】

以下に、本発明の好ましい実施の形態を示すが、これらは従属請求項の対象でもあり得る。

(2) 上記のズームシステムにおいて、使用される光学ガラスは、アッベ数  $d$  に関し以下の標準直線の関係式を充足することが好ましい(形態2)：

$$|P_{g,F} - 0.643 - 0.001628 \cdot d| > 0.006$$

及び/又は

$$|P_{C,t} - 0.5450 - 0.004743 \cdot d| > 0.008。$$

(3) 上記のズームシステムにおいて、構造特徴は、2次スペクトルの補正のために構成されることが好ましい(形態3)。

(4) 上記のズームシステムにおいて、構造特徴は、非点収差の補正のために構成されることが好ましい(形態4)。

(5) 上記のズームシステムにおいて、構造特徴は、像面湾曲の補正のために構成されることが好ましい(形態5)。

(6) 上記のズームシステムにおいて、ガラスの種類を選択及び構造特徴により、ズームシステムの像面湾曲が、接眼レンズの像面湾曲に適合することが好ましい(形態6)。

(7) 顕微鏡は、上記形態(1)~(6)の何れか1つのズームシステムを有することが可能である(形態7)。

(8) 上記の顕微鏡は、ステレオ顕微鏡であることが好ましい(形態8)。

(9) 上記の顕微鏡は、2つのチャンネルを有するステレオ顕微鏡であることが好ましい(形態9)。

## 【0010】

本発明のズームシステムでは、特別な光学特性を有する複数の材料(複数種類のガラス)、並びに(光学素子ないしレンズの)境界面及び(当該境界面間の)空気間隔等の特別な構造特徴が用いられる。

## 【0011】

光学ガラスは、 $n_d$ 、 $d$ 、 $P_{g,F}$  及び  $P_{C,t}$  によって特徴付けることができる。ここに、

$n_d$  は、屈折率、

$d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$  は、アッベ数、

$P_{g,F} = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$  は、波長  $g$  及び  $F$  に対する相対部分分散、及び

$P_{C,t} = (n_C - n_t) / (n_F - n_C)$  は、波長  $C$  及び  $t$  に対する相対部分分散を表す。多くのガラス(「標準ガラス(Normalgläser)」)に対して、近似的に、以下の線形的関係式(本発明において「標準直線(Normalgeraden)」という)ないし  $d$  の一次関数が妥当する：

$$P_{n_{g,F}} = 0.6438 - 0.001628 \cdot d、$$

$$P_{n_{C,t}} = 0.5450 - 0.004743 \cdot d。$$

## 【0012】

しかしながら、本発明で使用するガラスには、上記の線形的関係式は妥当しない。標準直線からの相対部分分散のずれ(差異)は、以下の関係が成り立つ：

$$|P_{g,F} - P_{n_{g,F}}| > 0.001$$

及び/又は

$$|P_{C,t} - P_{n_{C,t}}| > 0.002。$$

## 【0013】

本発明で使用するガラスの特性を表1に示す。

## 【0014】

表1

10

20

30

40

| 材料 | $n_d$   | $v_d$ | $\Delta P_{g,F}$ | $\Delta P_{C,t}$ |
|----|---------|-------|------------------|------------------|
| A  | 1.72342 | 37.95 | 0.0035           | 0.0023           |
| B  | 1.49700 | 81.63 | 0.0319           | -0.1133          |
| C  | 1.57956 | 53.87 | -0.0012          | -0.0053          |
| D  | 1.76182 | 26.52 | 0.0150           | 0.0046           |

10

## 【0015】

材料の特別な選択及び以下の表2に示した(光学素子ないしレンズの)境界面及び(当該境界面間の)空気間隔(気体)の幾何学的特徴により、色収差、とりわけ2次スペクトルの色収差が低減(補正)され、アポクロマティックな意味における改善、並びに非点収差及び像面湾曲の低減・平坦化(補正)(Planitaet)が図られる。このため、本発明の新規なズームシステムの像面湾曲は、接眼レンズの像面湾曲にほぼ適合する。

## 【0016】

表2

20

| 境界面 | 半径<br>$r_i$ (mm) | 厚さないし<br>空気間隔<br>$d_i$ (mm) | 材料 | $n_d$   | $v_d$ |    |
|-----|------------------|-----------------------------|----|---------|-------|----|
| 1'  | 29.48            | 2.0                         | A  | 1.72342 | 37.95 |    |
| 2'  | 18.62            | 3.5                         | B  | 1.49700 | 81.63 |    |
| 3'  | -176.25          | 31.65...23.18...2.00        |    | 空気      |       | 10 |
| 4'  | -123.57          | 2.0                         | C  | 1.57956 | 53.87 |    |
| 5'  | 12.93            | 3.0                         | D  | 1.76182 | 26.52 |    |
| 6'  | 19.69            | 14.70...2.64...15.35        |    | 空気      |       |    |
| 7'  | -19.69           | 3.0                         | D  | 1.76182 | 26.52 | 20 |
| 8'  | -12.93           | 2.0                         | C  | 1.57956 | 53.87 |    |
| 9'  | 123.57           | 2.65...23.18...31.65        |    | 空気      |       |    |
| 10' | 176.25           | 3.5                         | B  | 1.49700 | 81.63 |    |
| 11' | -18.62           | 2.0                         | A  | 1.72342 | 37.95 | 30 |
| 12' | -29.48           |                             |    |         |       |    |

1' ~ 3' : 第1レンズ系 (定置)、4' ~ 6' : 第2レンズ系 (可動)、7' ~ 9' : 第3レンズ系 (可動)、10' ~ 12' : 第4レンズ系 (定置)

表2から明らかとなり、ズームシステムの光軸に順次配設される4つのレンズ系 (ここで、例えば、ズームシステム的一端側から他端側に向かって、第1レンズ系 (群)、第2レンズ系、第3レンズ系及び第4レンズ系というものとする) のうち、第1レンズ系と第4レンズ系は、定置的に配設され、第2レンズ系と第3レンズ系は可動的に支持される。ここで、例えば、境界面3' (第1レンズ系の他端側の面) と境界面4' (第2レンズ系的一端側の面) の間の空気間隔の値 " 31.65...23.18...2.00 " について説明すると、値 " 31.65 " は、第2レンズ系が最も他端側に位置するときの空気間隔の値であり、値 " 23.18 " は、ズームシステムの光軸に関する第1レンズ系と第4レンズ系の対称面に関し、第2レンズ系と第3レンズ系が対称的に配置されかつ互いに最も近接する場合の空気間隔の値をであり、値 " 2.00 " は、第2レンズ系が最も一端側に位置するときの空気間隔の値である。表に示す境界面6' と7' の間の空気間隔、境界面9' と10' の間の空気間隔についても同様である。

【0017】

従来のズームシステムとは異なり、本発明のズームシステムのレンズの構造特徴及び当該レンズのガラスの種類の特別な選択により、例えば、ズームファクタが6×と非常に大きいにもかかわらず、構造長さは70mmと短いものとする事ができる。隣接する(レンズないし光学素子)ガラスの種類の選択、及びこれに応じて補正した空気間隔により、基本的には同じ構造でも、凡そ60mm~凡そ100mmの(短い)構造長さで5×~8×の(大きな)ズームファクタを達成することができる。

#### 【0018】

同一のレンズ系を2つずつ対称的に配置・構成することにより、レンズ系及び個々のレンズ(ないし単レンズ)の多様なないし複雑化を減少することができる(それ自体は公知)。このことは、2つの光学チャンネルを同時並行的に使用するためレンズ系の数が2倍になるステレオ顕微鏡の場合には特に有効である。

10

#### 【0019】

本発明のズームシステムは、1つの主対物レンズと2つの部分光路を有するステレオ顕微鏡にも、1チャンネルの又は1チャンネルステレオスコピックの顕微鏡システム(これは、1つのズームシステムから射出されるズーム像をステレオスコピックに分割して観察するタイプのステレオ顕微鏡を意味する)にも適用することができる。この場合、ズームシステムのレンズ径を、好ましくは、主対物レンズのレンズ径に適合させることができる。

#### 【0020】

本発明の実施例を図面を参照して詳細に説明する。なお、以下の実施例は、発明の理解の容易化のためのものであり、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲において当業者により実施可能な修正・変更等を排除することを意図しない。また、特許請求の範囲に付した図面参照符号も発明の理解の容易化のためのものであり、本発明を図示の態様に限定することを意図しない。これらの点に関しては、補正・訂正後においても同様である。

20

#### 【実施例】

#### 【0021】

図1に、例えば手術用顕微鏡に使用される、本発明のズームシステムの一例を模式的に示した。

#### 【0022】

被検対象(不図示)から到来する光線束6は、2つのレンズ11及び12から構成される正の屈折力を有する第1レンズ系2において屈折され、2つのレンズ13及び14から構成される負の屈折力を有する第2レンズ系3に向けられる。そして、光線束6は、第2レンズ系3から、2つのレンズ15及び16から構成される第3レンズ系4へと導かれ、更に、第3レンズ系4において屈折され、2つのレンズ17及び18から構成される第4レンズ系5へ向けられる。レンズ系2、3、4、5は、それぞれ2つの個別レンズ(ないし単レンズ)から構成される接合(貼合)素子ないし組合素子として構成される。一方ではレンズ系2及び5が、他方ではレンズ系3及び4が、それぞれ同一に構成され、かつ鏡像(対称)的に配置される。レンズ系2及び5は、定置的に配設される。これに対しレンズ系3及び4は、可動的に支持される。ズームシステムの光軸1に沿ったレンズ系3及び4の軸線方向の摺動運動は、被検対象のフォーカシング及び焦点距離の変更を可能とする。

30

40

#### 【0023】

図2~図4に、本発明のズームシステムの実施例に基づく収差特性のコンピュータによる計算結果の例を示した。各図において左から順に、球面縦収差(Longitudinal spherical aberration)、非点収差及び像面湾曲(Astigmatism及びField curves)、並びに歪曲(Distortion)のグラフを示した。図示の各曲線の意味については当業者には自明の事項であるので、ここでは説明は省略する。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0024】

【図1】手術用顕微鏡のための、本発明のズームシステムの一例の模式図。

【図2】本発明のズームシステムの収差特性のコンピュータによる計算結果の一例。

50

【図3】本発明のズームシステムの収差特性のコンピュータによる計算結果の他の一例。

【図4】本発明のズームシステムの収差特性のコンピュータによる計算結果の更に他の一例。

【符号の説明】

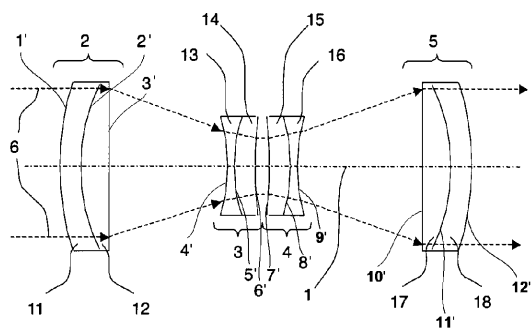
【0025】

- 1   ズームシステムの光軸
- 2   第1レンズ系
- 3   第2レンズ系
- 4   第3レンズ系
- 5   第4レンズ系
- 6   光線束
- 1 1   レンズ(材料A)
- 1 2   レンズ(材料B)
- 1 3   レンズ(材料C)
- 1 4   レンズ(材料D)
- 1 5   レンズ(材料D)
- 1 6   レンズ(材料C)
- 1 7   レンズ(材料B)
- 1 8   レンズ(材料A)
- 1 ' ~ 1 2 '   境界面

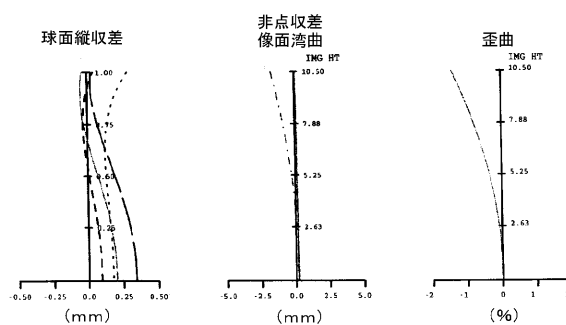
10

20

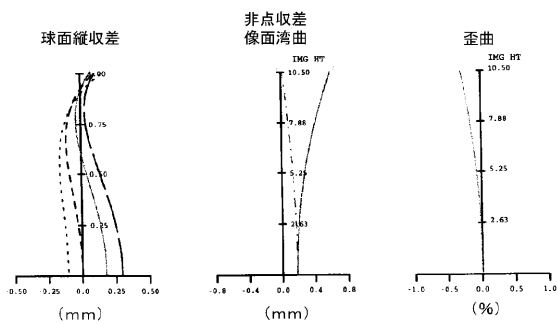
【図1】



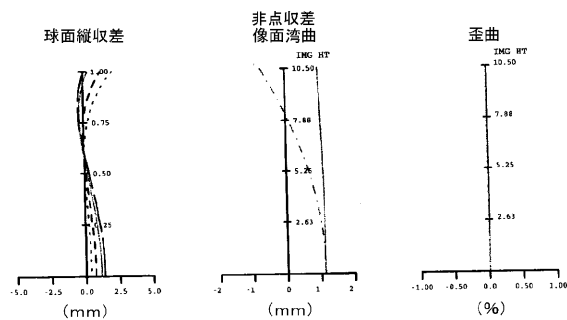
【図3】



【図2】



【図4】



---

フロントページの続き

(72)発明者 トーマス ボツィフィル

スイス CH 9434 アーウーノエスゲー ヴェースシュトラーセ 4

Fターム(参考) 2H087 KA09 LA26 NA14 PA04 PA16 PB08 QA02 QA07 QA17 QA21  
QA25 QA37 QA41 QA46 SA23 SA27 SA30 SA32 SA63 SA64  
SA72 SA75 SB03 SB13 SB23 SB33