

(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2004-170697
(P2004-170697A)

(43) 公開日 平成16年6月17日(2004.6.17)

(51) Int. Cl.⁷
G02B 15/20

F I
G O 2 B 15/20

テーマコード(参考)
2H087

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2002-336737 (P2002-336737) (22) 出願日 平成14年11月20日 (2002.11.20)</p>	<p>(71) 出願人 000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 (74) 代理人 100092897 弁理士 大西 正悟 (72) 発明者 奥山 陽子 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内 Fターム(参考) 2H087 KA09 LA01 PA07 PA08 PB13 PB14 QA02 QA06 QA14 QA22 QA25 QA26 QA39 QA41 QA45 QA46 SA43 SA47 SA49 SA53 SA56 SA63 SA64 SA65 SA72 SA76 SB03 SB13 SB14 SB26 SB33 SB43</p>
---	---

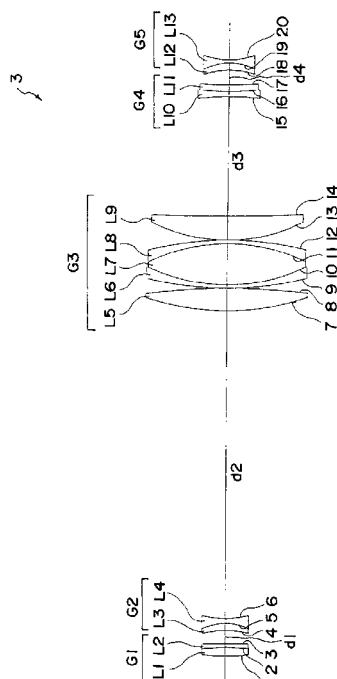
(54) 【発明の名称】 アフォーカルズームレンズ

(57) 【要約】

【課題】 高倍率で、ズーミング時に軸上物点からの光束だけでなく、軸外物点からの光束もけられずに、接眼レンズでカバーすべき瞳位置の変化を小さくした、顕微鏡用アフォーカルズームレンズを提供する。

【解決手段】 物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とを有し、低倍端状態から高倍端状態へズーミングする際に第2レンズ群と第3レンズと第4レンズ群とを光軸に沿って移動するアフォーカルズームレンズ3において、入射瞳の位置がズーミングによって変わらず、その位置がアフォーカルズームレンズ3の前方にあり、さらに射出瞳の位置がズーミングによってほとんど変わらないように構成する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群と、負の屈折力を有する第 5 レンズ群とから構成され、ズーミングする際に前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群及び前記第 4 レンズ群が光軸に沿って移動し、入射瞳の位置がズーミングによって変わらず、前記入射瞳の位置が前方に位置し、射出瞳の位置がズーミングによってほとんど変わらないアフォーカルズームレンズであって、
前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とし、前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 としたとき、次式

10

$$3.0 < f_1 / |f_2| < 4.0 \quad (1)$$

で表される条件を満足することを特徴とするアフォーカルズームレンズ。

【請求項 2】

前記第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 としたとき、次式

$$1.1 < f_3 / |f_2| < 1.6 \quad (2)$$

で表される条件を満足することを特徴とする請求項 1 に記載のアフォーカルズームレンズ。

【請求項 3】

前記第 4 レンズ群の焦点距離を f_4 とし、前記第 5 レンズ群の焦点距離を f_5 としたとき、次式

20

$$2 < f_3 * | (1/f_4 + 1/f_5) | < 3 \quad (3)$$

で表される条件を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のアフォーカルズームレンズ。

【請求項 4】

次式

$$2 < f_1 * | (1/f_2 + 1/f_3 + 1/f_4) | < 3.5 \quad (4)$$

で表される条件を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のアフォーカルズームレンズ。

【請求項 5】

低倍端での前記射出瞳の位置を P_w とし、高倍端での前記射出瞳の位置を P_t としたとき、次式

30

$$|P_w - P_t| < 100 \text{ (mm)} \quad (5)$$

で表される条件を満足することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のアフォーカルズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、顕微鏡用アフォーカル系対物レンズの後に配置されたりレー部で変倍を行うアフォーカルズームレンズに関する。

40

【0002】

【従来の技術】

顕微鏡を使用するにあたり、その対物レンズを交換することなしに、物体の拡大及び縮小を行うことは、物体を効率良く観察する上で必要とされている。そのようなズームレンズとして、アフォーカルズームレンズが知られている（例えば、特許文献 1 及び特許文献 2 参照。）。

【0003】

【特許文献 1】

特開平 5 - 173079 号公報

【特許文献 2】

特公平 6 - 77104 号公報

50

【 0 0 0 4 】

【 発明が解決しようとする課題 】

しかしながら、特許文献 1 に開示されたズームレンズではそのズーム比が 4 倍程度と倍率が低く十分とは言えず、また、特許文献 1 及び特許文献 2 に開示されたズームレンズでは、対物レンズの射出瞳とズームレンズの入射瞳が一致しているという保証がないために、ズームングにともない軸外物点の光がけられてしまうという課題があった。

【 0 0 0 5 】

ほとんどの場合、対物レンズの射出瞳は対物レンズの内側に入り込んでいる。そのため実際に射出瞳とズームレンズの入射瞳を一致させるには、このズームレンズの入射瞳がズームレンズの前側へある程度離れたところにあり、さらに、ズームング時に位置が変化しないことが望まれる。そして、ズームレンズからの射出瞳の位置がズームングによって変化する量が小さければ、このズームレンズから出射された光を受けて顕微鏡の観察者が物体の観察を可能とする接眼レンズにおいて、カバーすべきズームレンズからの射出瞳の位置の範囲を小さくすることができる。

10

【 0 0 0 6 】

本発明は以上のような課題に鑑みなされたものであり、高倍率で、ズームング時に軸上物点からの光束だけでなく、軸外物点からの光束もけられずに、接眼レンズでカバーすべき瞳位置の変化を小さくした、顕微鏡用アフォーカルズームレンズを提供することを目的とする。

【 0 0 0 7 】

【 課題を解決するための手段 】

前記課題を解決するために、本発明に係るアフォーカルズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群と、負の屈折力を有する第 5 レンズ群とから構成され、ズームングする際に第 2 レンズ群と第 3 レンズ群及び第 4 レンズ群が光軸に沿って移動し、入射瞳の位置がズームングによって変わらず、入射瞳の位置がズームレンズの前方に位置し、射出瞳の位置がズームングによってほとんど変わらないように構成され、第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とし、第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 としたとき、次式

20

$$3 . 0 < f_1 / | f_2 | < 4 . 0 \quad (1)$$

30

で表される条件を満足するように構成される。

【 0 0 0 8 】

なお、第 3 レンズ群の焦点距離を f_3 としたとき、次式

$$1 . 1 < f_3 / | f_2 | < 1 . 6 \quad (2)$$

で表される条件を満足するように構成されることが好ましい。

【 0 0 0 9 】

また、第 4 レンズ群の焦点距離を f_4 とし、第 5 レンズ群の焦点距離を f_5 としたとき、次式

$$2 < f_3 * | (1 / f_4 + 1 / f_5) | < 3 \quad (3)$$

で表される条件を満足するように構成されることが好ましい。

40

【 0 0 1 0 】

また、次式

$$2 < f_1 * | (1 / f_2 + 1 / f_3 + 1 / f_4) | < 3 . 5 \quad (4)$$

で表される条件を満足するように構成されることが好ましい。

【 0 0 1 1 】

さらに、低倍端での射出瞳の位置を P_w とし、高倍端での射出瞳の位置を P_t としたとき、次式

$$| P_w - P_t | < 100 \text{ (mm)} \quad (5)$$

で表される条件を満足するように構成されることが好ましい。

【 0 0 1 2 】

50

【発明の実施の形態】

以下、本発明の好ましい実施形態について図面を参照して説明する。まず、図2を用いて本発明に係るアフォーカルズームレンズを使用した光学系について説明する。アフォーカルズームレンズ3を使用した光学系は、物体1から順に、対物レンズ2と、アフォーカルズームレンズ3と、結像レンズ4及び接眼レンズ6とから構成される。この図2において、像位置5は、結像レンズ4で結像される像位置であり、EP1は対物レンズ2の射出瞳且つアフォーカルズームレンズ3の入射瞳位置であり、EP2はアフォーカルズームレンズ3の射出瞳且つ接眼レンズ6の入射瞳位置である。本発明では、このようにアフォーカルズームレンズ3の入射瞳を対物レンズ2の射出瞳に一致させることができ、ズーミング時に軸外物点からの光束がけられることがない。

10

【0013】

次に、本発明に係るアフォーカルズームレンズ3について説明する。図1、図6及び図10はそれぞれ本発明の第1～3の実施形態に対応するアフォーカルズームレンズ3の構成であり、いずれの実施例においても、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とから構成されており、低倍端状態から高倍端状態へズーミングする際に、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3及び第4レンズ群G4が光軸に沿って移動する。このとき、このアフォーカルズームレンズ3の入射瞳の位置がズーミングによって変わらず、且つ、その入射瞳の位置がズームレンズの前方にあり、さらにこのアフォーカルズームレンズ3の射出瞳の位置がほとんど変わらないように構成されている。

20

【0014】

図1に示す第1の実施形態に係るアフォーカルズームレンズ3では、物体側から順に、第1レンズ群G1は両凸レンズL1と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL2との接合レンズから構成され、第2レンズ群G2は物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL3と両凹レンズL4との接合レンズから構成され、第3レンズ群G3は両凸レンズL5と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL6と両凸レンズL7と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL8との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL9とから構成され、第4レンズ群G4は両凹レンズL10と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL11との接合レンズから構成され、第5レンズ群G5は、物体側に凹面

30

【0015】

図6に示す第2の実施形態に係るアフォーカルズームレンズ3では、物体側から順に、第1レンズ群G1は両凸レンズL21と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL22との接合レンズから構成され、第2レンズ群G2は物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL23と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL24との接合レンズと、両凹レンズL25とから構成され、第3レンズ群G3は物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL26と両凸レンズL27との接合レンズと、両凸レンズL28と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL29との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL30とから構成され、第4レンズ群G4は両凸レンズL31と両凹レンズL32との接合レンズから構成され、第5レンズ群G5は物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL33と両凹レンズL34との接合レンズから構成される。

40

【0016】

図10に示す第3の実施形態に係るアフォーカルズームレンズ3では、物体側から順に、第1レンズ群G1は両凸レンズL41と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL42との接合レンズから構成され、第2レンズ群G2は両凹レンズL43と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL44との接合レンズと、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL45とから構成され、第3レンズ群G3は物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL46と両凸レンズL47との接合レンズと、両凸レンズL48と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズL49との接合レンズと、両凸レンズL50とから構成され、第4

50

レンズ群 G 4 は物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 5 1 と両凹レンズ L 5 2 との接合レンズから構成され、第 5 レンズ群 G 5 は物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ L 5 3 と両凹レンズ L 5 4 との接合レンズから構成される。

【 0 0 1 7 】

以上のように構成されたアフォーカルズームレンズ 3 は、第 1 レンズ群 G 1 の焦点距離を f_1 とし、第 2 レンズ群 G 2 の焦点距離を f_2 としたとき、下の式 (1) で表される条件を満足するように構成される。

【 0 0 1 8 】

【 数 1 】

$$3.0 < f_1 / |f_2| < 4.0 \quad (1)$$

10

【 0 0 1 9 】

上記式 (1) は、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 の適正なパワーを規定したものである。このアフォーカルズームレンズ 3 において、いわゆるバリエータの役割をしているのは第 2 レンズ群 G 2 である。条件式の下限よりも小さいと、第 2 レンズ群 G 2 のパワーが弱すぎて高倍率のズーム比を得られない。また、条件式の条件を超えてしまうと、第 2 レンズ群 G 2 のパワーが強すぎてしまい、ズーミング時の収差変動を補正することが困難となる。

【 0 0 2 0 】

また、本発明に係るアフォーカルズームレンズ 3 は、第 3 レンズ群 G 3 の焦点距離を f_3 としたとき、下の式 (2) で表される条件を満足するように構成されることが好ましい。

20

【 0 0 2 1 】

【 数 2 】

$$1.1 < f_3 / |f_2| < 1.6 \quad (2)$$

【 0 0 2 2 】

上記式 (2) は、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 の適切な比を規定するものである。条件式の上限よりも大きいと、所望のズーム比を得る際に、アフォーカルズームレンズ 3 の全長が長くなりすぎる。条件式の下限よりも小さいと正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G 3 のパワーがきつくなり、収差補正上好ましくない。

【 0 0 2 3 】

また、本発明に係るアフォーカルズームレンズ 3 は、第 4 レンズ群 G 4 の焦点距離を f_4 とし、第 5 レンズ群 G 5 の焦点距離を f_5 としたとき、下の式 (3) で表される条件を満足するように構成されることが好ましい。

30

【 0 0 2 4 】

【 数 3 】

$$2 < f_3 * | (1 / f_4 + 1 / f_5) | < 3 \quad (3)$$

【 0 0 2 5 】

上記式 (3) は、第 3 レンズ群 G 3 と、第 4 及び第 5 レンズ群 G 4 , G 5 のパワーの比を規定するものである。条件式の下限より小さいと、第 4 及び第 5 レンズ群 G 4 , G 5 の合計のパワーが弱く所望のズーム比を得る際に全長が長くなってしまふ。条件式の上限よりも大きいと、パワーが強すぎ収差補正上好ましくない。

40

【 0 0 2 6 】

また、本発明に係るアフォーカルズームレンズ 3 は、下の式 (4) で表される条件を満足するように構成されることが好ましい。

【 0 0 2 7 】

【 数 4 】

$$2 < f_1 * | (1 / f_2 + 1 / f_3 + 1 / f_4) | < 3.5 \quad (4)$$

【 0 0 2 8 】

上記式 (4) は、第 1 レンズ群 G 1 に対する第 2 ~ 第 4 レンズ群 G 2 ~ G 4 のパワーの比を規定するものである。この上限よりも大きいと、第 2 ~ 第 4 レンズ群 G 2 ~ G 4 のパワーに対し、第 1 レンズ群 G 1 のパワーが弱すぎて所望のズーム比を得ようとする際にレン

50

ズ全長が長くなりすぎる。また、下限より小さいと、パワーが強くなりすぎるので収差補正上好ましくない。

【0029】

さらに、本発明に係るアフォーカルズームレンズ3は、低倍端での射出瞳位置を P_w とし、高倍端での射出瞳位置を P_t としたとき、下の式(5)で表される条件を満足するように構成されることが好ましい。

【0030】

【数5】

$$|P_w - P_t| < 100 \text{ (mm)} \quad (5)$$

【0031】

上記式(5)は、ズーム時の射出瞳の位置の変化を規定するものである。変動をこの範囲に収めることによって、この後に付くべき接眼レンズ6でカバーすべき範囲を小さくすることができる。

【0032】

【実施例】

以下、本発明に係るアフォーカルズームレンズの具体的な実施例について説明する。下に示す3つの実施例では、上述した第1~3の実施形態に係るアフォーカルズームレンズ3それぞれに対応しており、従って、第1~3の実施形態についてのレンズ構成図(図1、図6及び図10)はそれぞれ、下の第1~3の実施例のレンズ構成を示している。なお、本実施例では収差特性の算出対象としてd線(587.6nm)、g線(435.8nm)、C線(656.3nm)及びF線(486.1nm)を選んだ。

【0033】

(第1実施例)

下の表1に、本第1実施例における各レンズの諸元を示す。表1における面番号1~20は本第1実施例に係るアフォーカルズームレンズ3に関するものであり、それぞれ図1における符号1~20に対応する。また、表1における r はレンズ面の曲率半径を、 d はレンズ面の間隔を、 $n(d)$ はd線に対する屈折率を、 d はアッペ数を、 f は本発明に係るアフォーカルズームレンズ全体の焦点距離をそれぞれ示しており、他の実施例においても同様である。また、以下の全ての諸元値において掲載されている焦点距離 f 、曲率半径 r 、面間隔 d その他の長さの単位は、特記の無い場合一般に「mm」が使われるが、光学系は比例拡大又は比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、単位は「mm」に限定されることなく、他の適当な単位を用いることもできる。

【0034】

【表1】

10

20

30

$f = 237 \sim 2359$

(第1レンズ群G1)

面番号	r	d	n (d)	ν d
1	55.00000	2.50000	1.5186010	69.98
2	-68.00000	1.00000	1.6512800	38.18
3	-773.49418	d1	1.0000000	

10

(第2レンズ群G2)

4	-27.00000	2.00000	1.8038400	33.89
5	-15.80000	1.50000	1.5186010	69.98
6	26.89982	d2	1.0000000	

(第3レンズ群G3)

7	75.00000	6.50000	1.4978200	82.52
8	-202.50000	0.10000	1.0000000	
9	96.00000	1.00000	1.7950400	28.57
10	54.10000	12.00000	1.4338520	95.25
11	-53.50000	1.00000	1.8021800	44.70
12	-99.30000	0.10000	1.0000000	
13	50.00000	7.00000	1.5690700	71.30
14	657.90776	d3	1.0000000	

20

(第4レンズ群G4)

15	-82.00000	1.50000	1.5186010	69.98
16	68.00000	2.00000	1.7495010	35.19
17	139.46035	d4	1.0000000	

30

(第5レンズ群G5)

18	-25.00000	2.00000	1.7950400	28.57
19	-17.00000	1.00000	1.5186010	69.98
20	21.65256		1.0000000	

40

(可変データ)

f	237.5	1375.5	2358.9
d1	3.95	61.95	80.15
d2	90.06	20.06	5.06
d3	35.07	50.10	0.45
d4	4.25	4.90	48.76

10

(条件対応値)

$$f_1 = 120$$

$$f_2 = -32$$

$$f_3 = 47.9$$

$$f_4 = -120$$

$$f_5 = -25$$

$$P_w = 281$$

$$P_t = 209$$

20

$$(1) f_1 / |f_2| = 3.8$$

$$(2) f_3 / |f_2| = 1.5$$

$$(3) f_3 * |1/f_4 + 1/f_5| = 2.3$$

$$(4) f_1 * |1/f_2 + 1/f_3 + 1/f_4| = 2.2$$

$$(5) |P_w - P_t| = 72$$

【0035】

このように第1実施例では、上記条件式(1)~(5)は全て満たされることが分かる。

30

【0036】

図3~5は、第1実施例において低倍端状態($f = 237.5$)における諸収差図、中倍状態($f = 1375.5$)における諸収差図、高倍端状態($f = 2358.9$)における諸収差図をそれぞれ示している。各収差図において、 f は焦点距離を、 y は像高を、 d は d 線を、 g は g 線を、 C は C 線を、 F は F 線をそれぞれ示している。非点収差とコマ収差(メリジオナルコマ収差及びサジタルコマ収差)及び歪曲収差では、基準光線として d 線に対する収差を示している。また、非点収差図では、実線はサジタル像面を示し、破線はメリジオナル像面を示している。以上の収差図の説明は、他の実施例においても同様である。

40

【0037】

以上の各収差図から明らかなように、本実施例では、低倍端状態から高倍端状態に渡って諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【0038】

(第2実施例)

下の表2に、本第2実施例における各レンズの諸元を示す。表2における面番号1~22は本第2実施例に係るアフォーカルズームレンズ3に関するものであり、それぞれ図6における符号1~22に対応する。

【0039】

【表2】

50

f = 2 2 3 ~ 2 3 5 6

(第1レンズ群G1)

面番号	r	d	n (d)	ν d
1	59.00000	2.00000	1.4978200	82.516
2	-70.00000	1.00000	1.8699400	39.816
3	-166.67115	d1	1.0000000	

10

(第2レンズ群G2)

4	1000.00000	1.30000	1.5186010	69.977
5	17.30000	2.20000	1.7552000	27.613
6	25.50000	2.00000	1.0000000	
7	-65.00000	1.50000	1.6030010	65.416
8	87.31951	d2	1.0000000	

(第3レンズ群G3)

9	251.83000	2.00000	1.7495010	35.191
10	79.00000	9.00000	1.4338520	95.247
11	-71.53000	0.50000	1.0000000	
12	80.39411	10.00000	1.4338520	95.247
13	-54.97500	2.00000	1.6716290	38.798
14	-166.91150	0.50000	1.0000000	
15	50.40000	7.00000	1.6030010	65.416
16	2158.66411	d3	1.0000000	

20

30

(第4レンズ群G4)

17	350.00000	2.50000	1.6129300	36.981
18	-54.00000	1.00000	1.5186010	69.977
19	29.93372	d4	1.0000000	

(第5レンズ群G5)

20	-150.00000	2.50000	1.6258820	35.697
21	-28.00000	1.00000	1.6030010	65.416

40

22 21.90982 1.0000000

(可変データ)

f	223.3	1309.9	2355.5
d1	2.96	61.14	81.26
d2	85.73	16.00	1.01
d3	36.30	49.77	1.90
d4	2.85	3.49	45.88

10

(条件対応値)

f 1 = 1 2 0

f 2 = - 3 1 . 8 3

f 3 = 4 7 . 9

f 4 = - 7 2 . 7 5

f 5 = - 3 2 . 1 5

P w = 3 0 3

P t = 2 1 2 . 5

(1) $f 1 / | f 2 | = 3 . 8$

(2) $f 3 / | f 2 | = 1 . 5$

(3) $f 3 * | (1 / f 4 + 1 / f 5) | = 2 . 1$

(4) $f 1 * | (1 / f 2 + 1 / f 3 + 1 / f 4) | = 2 . 9$

(5) $| P w - P t | = 9 0 . 5$

20

30

【 0 0 4 0 】

このように第 2 実施例では、上記条件式 (1) ~ (5) は全て満たされることが分かる。

【 0 0 4 1 】

図 7 ~ 9 は、第 2 実施例において低倍端状態 ($f = 2 2 3 . 3$) における諸収差図、中倍状態 ($f = 1 3 0 9 . 9$) における諸収差図、高倍端状態 ($f = 2 3 5 5 . 5$) における諸収差図をそれぞれ示している。以上の各収差図から明らかなように、本実施例では、低倍端状態から高倍端状態に渡って諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【 0 0 4 2 】

(第 3 実施例)

下の表 3 に、本第 3 実施例における各レンズの諸元を示す。表 3 における面番号 1 ~ 2 2 は本第 3 実施例に係るアフォーカルズームレンズ 3 に関するものであり、それぞれ図 1 0 における符号 1 ~ 2 2 に対応する。

【 0 0 4 3 】

【 表 3 】

40

f = 3 2 2 ~ 3 1 9 4

(第1レンズ群G1)

面番号	r	d	n (d)	ν d
1	64.00000	2.00000	1.4978200	82.516
2	-68.00000	1.00000	1.8699400	39.816
3	-144.01106	d1	1.0000000	

10

(第2レンズ群G2)

4	-661.39477	1.00000	1.5186010	69.977
5	20.69272	2.00000	1.7847210	25.802
6	27.04269	2.00000	1.0000000	
7	-48.03933	1.50000	1.6030010	65.416
8	-188.82611	d2	1.0000000	

(第3レンズ群G3)

9	263.10139	2.00000	1.6716290	38.798
10	55.84811	8.50000	1.4338520	95.247
11	-66.24248	0.50000	1.0000000	
12	66.79565	7.50000	1.4338520	95.247
13	-59.86877	2.00000	1.8404210	43.347
14	-180.11057	0.50000	1.0000000	
15	53.65000	5.80000	1.6030010	65.416
16	-299.66561	d3	1.0000000	

20

(第4レンズ群G4)

17	-500.00000	2.00000	1.7950400	28.565
18	-42.00000	1.00000	1.6702490	57.527
19	28.48900	d4	1.0000000	

(第5レンズ群G5)

20	-50.00000	2.00000	1.7552000	27.613
21	-18.00000	1.00000	1.6702490	57.527

40

22 23.59039 5.55530 1.0000000

(可変データ)

f	322.2	1354.1	3194.0
d1	3.02	37.69	82.49
d2	91.31	26.14	0.75
d3	38.28	44.13	1.78
d4	3.79	28.44	52.03

10

(条件対応値)

f 1 = 1 2 0

f 2 = - 3 8 . 4 4

f 3 = 4 6 . 2 2

f 4 = - 4 5 . 1 2

f 5 = - 2 5 . 3 9

P w = 2 3 9 . 6

P t = 2 0 7 . 4

(1) $f 1 / | f 2 | = 3 . 1$

(2) $f 3 / | f 2 | = 1 . 2$

(3) $f 3 * | (1 / f 4 + 1 / f 5) | = 2 . 8$

(4) $f 1 * | (1 / f 2 + 1 / f 3 + 1 / f 4) | = 3 . 2$

(5) $| P w - P t | = 3 2 . 2$

20

30

【 0 0 4 4 】このように第 3 実施例では、上記条件式 (1) ~ (5) は全て満たされることが分かる。

【 0 0 4 5 】

図 1 1 ~ 1 3 は、第 3 実施例において低倍端状態 ($f = 3 2 2 . 2$) における諸収差図、中倍状態 ($f = 1 3 5 4 . 1$) における諸収差図、高倍端状態 ($f = 3 1 9 4 . 0$) における諸収差図をそれぞれ示している。以上の各収差図から明らかのように、本実施例では、低倍端状態から高倍端状態に渡って諸収差が良好に補正されていることがわかる。

【 0 0 4 6 】

なお、上述の第 1 ~ 3 実施例において示したアフォーカルズームレンズ 3 は無限遠補正型であるため、例えば、図 1 4 に示す結像レンズ 4 とともに使用される。この結像レンズ 4 は、物体側から順に、両凸レンズ L 6 0 と両凹レンズ L 6 1 との接合レンズと、両凸レンズ L 6 2 と両凹レンズ L 6 3 との接合レンズとから構成される。この結像レンズ 4 を構成する各レンズの諸元を下の表 4 に示す。なお、表 4 における面番号 1 ~ 6 は結像レンズ 4 に関するものであり、それぞれ図 1 4 における符号 1 ~ 6 に対応する。

40

【 0 0 4 7 】

【表 4】

面番号	r	d	n (d)	νd
1	75.04300	5.10000	1.6228010	57.03
2	-75.04300	2.00000	1.7495010	35.19
3	1600.58000	7.50000	1.0000000	
4	50.25600	5.10000	1.6675510	41.96
5	-84.54100	1.80000	1.6126580	44.41
6	36.91100	5.50000	1.0000000	

10

【 0 0 4 8 】

【 発明の効果 】

以上の説明から明らかなように、本発明に係るアフォーカルズームレンズによれば、高倍率で、ズミング時に軸上物点からの光束だけでなく、軸外物点からの光束もけられずに、接眼レンズでカバーすべき瞳位置の変化を小さくした、顕微鏡用アフォーカルズームレンズを得ることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】本発明の第 1 の実施例に係るアフォーカルズームレンズの構成を示す断面図である。

20

【 図 2 】本発明に係るアフォーカルズームレンズを使用した光学系の基本構成図である。

【 図 3 】本発明の第 1 の実施例に係るアフォーカルズームレンズの低倍端状態における諸収差図である。

【 図 4 】本発明の第 1 の実施例に係るアフォーカルズームレンズの中倍状態における諸収差図である。

【 図 5 】本発明の第 1 の実施例に係るアフォーカルズームレンズの高倍端状態における諸収差図である。

【 図 6 】本発明の第 2 の実施例に係るアフォーカルズームレンズの構成を示す断面図である。

【 図 7 】本発明の第 2 の実施例に係るアフォーカルズームレンズの低倍端状態における諸収差図である。

30

【 図 8 】本発明の第 2 の実施例に係るアフォーカルズームレンズの中倍状態における諸収差図である。

【 図 9 】本発明の第 2 の実施例に係るアフォーカルズームレンズの高倍端状態における諸収差図である。

【 図 10 】本発明の第 3 の実施例に係るアフォーカルズームレンズの構成を示す断面図である。

【 図 11 】本発明の第 3 の実施例に係るアフォーカルズームレンズの低倍端状態における諸収差図である。

【 図 12 】本発明の第 3 の実施例に係るアフォーカルズームレンズの中倍状態における諸収差図である。

40

【 図 13 】本発明の第 3 の実施例に係るアフォーカルズームレンズの高倍端状態における諸収差図である。

【 図 14 】本発明に係るアフォーカルズームレンズと組み合わせて使われる結像レンズの構成を示す断面図である。

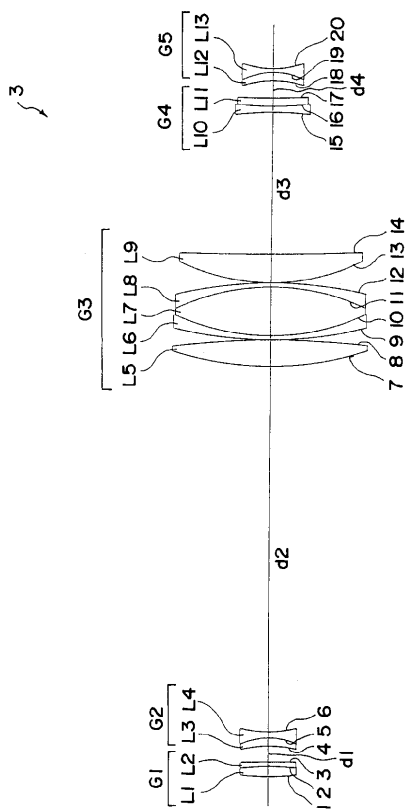
【 符号の説明 】

- 1 物体
- 3 アフォーカルズームレンズ
- G 1 第 1 レンズ群
- G 2 第 2 レンズ群

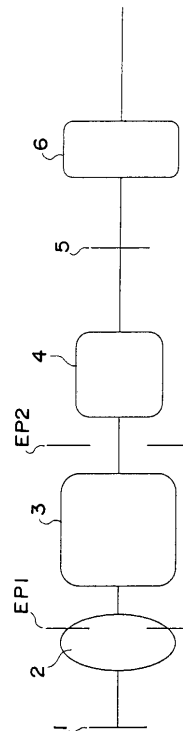
50

- G 3 第 3 レンズ群
- G 4 第 4 レンズ群
- G 5 第 5 レンズ群
- f 1 第 1 レンズ群の焦点距離
- f 2 第 2 レンズ群の焦点距離
- f 3 第 3 レンズ群の焦点距離
- f 4 第 4 レンズ群の焦点距離
- f 5 第 5 レンズ群の焦点距離
- P w 低倍端での射出瞳の位置
- P t 高倍端での射出瞳の位置

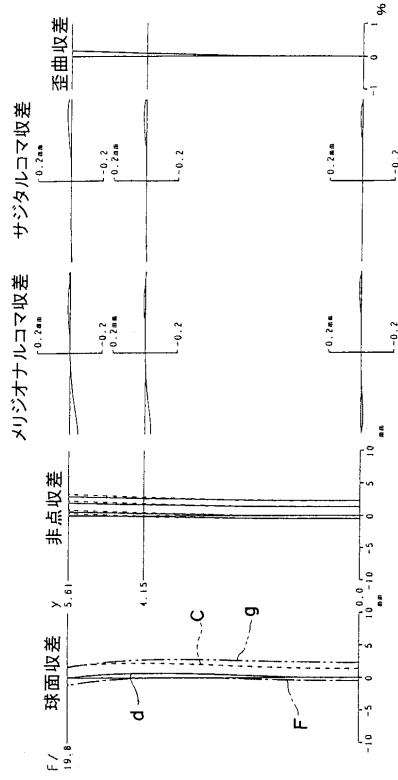
【 図 1 】



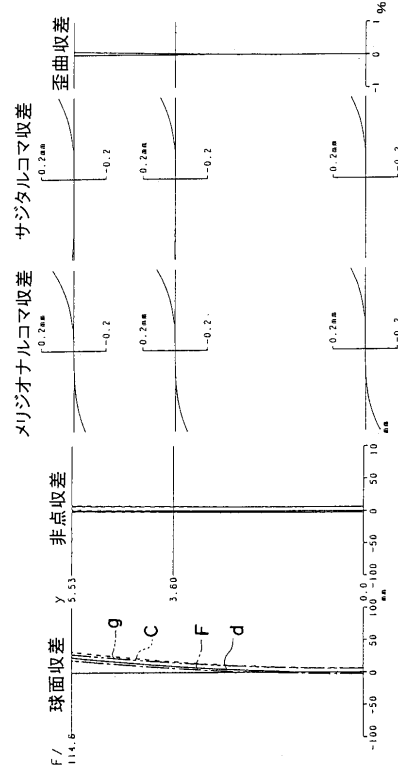
【 図 2 】



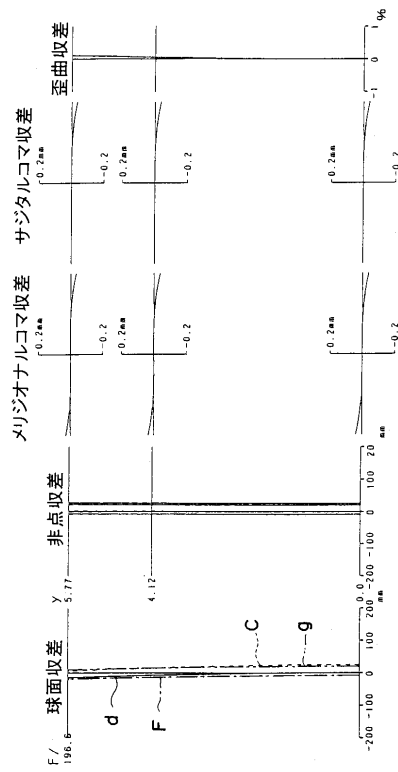
【 図 3 】



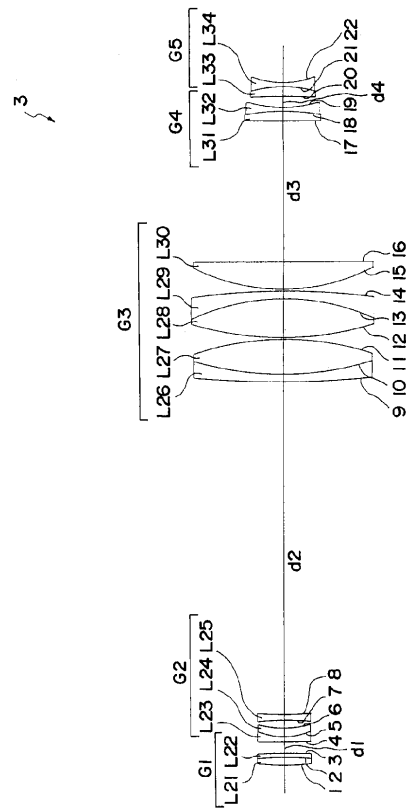
【 図 4 】



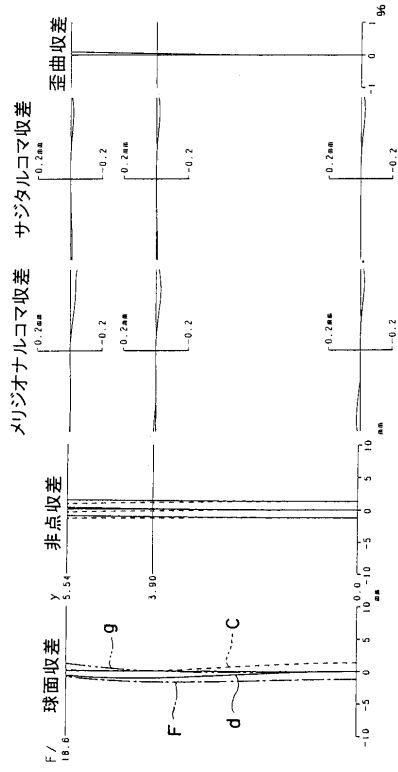
【 図 5 】



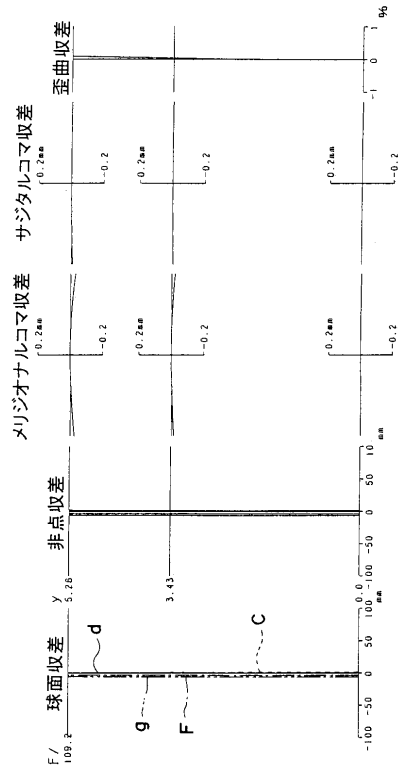
【 図 6 】



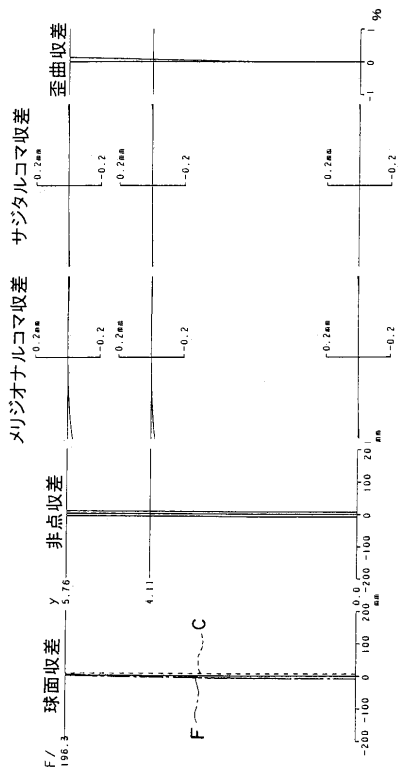
【 図 7 】



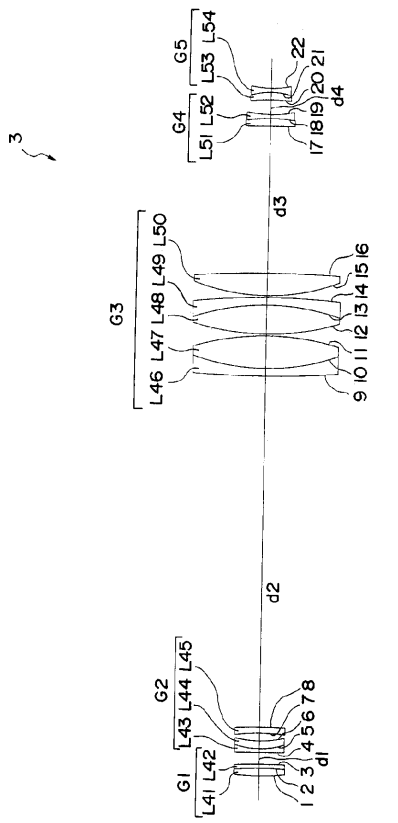
【 図 8 】



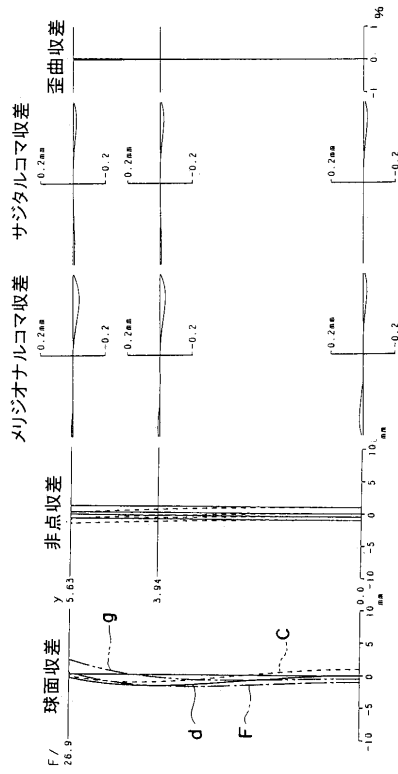
【 図 9 】



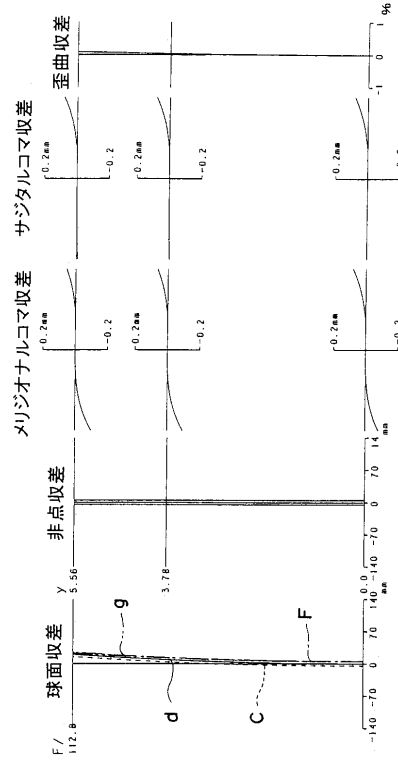
【 図 10 】



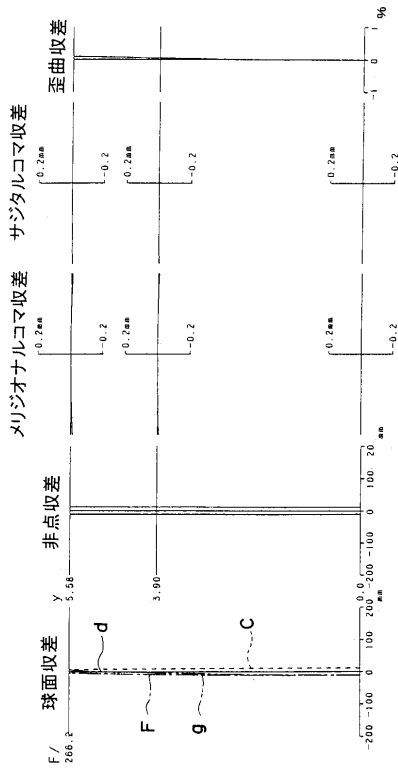
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

