

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011 年 6 月 16 日(16.06.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/070943 A1

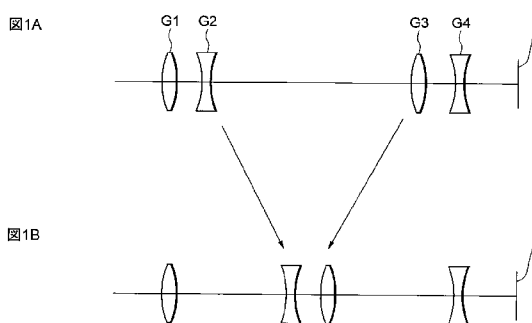
- (51) 国際特許分類:
G02B 21/02 (2006.01) *G02B 15/167* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/071346
- (22) 国際出願日: 2010 年 11 月 30 日(30.11.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-279683 2009 年 12 月 9 日(09.12.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町 1 丁目 1 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中川由美 (NAKAGAWA, Yumi) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町 1 丁目 1 2 番 1 号株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 須藤武司(SUTO, Takeshi) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町 1 丁目 1 2 番 1 号株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 井上義雄(INOUE, Yoshio); 〒1030027 東京都中央区日本橋 3 丁目 1 番 4 号画廊ビル 3 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

[続葉有]

(54) Title: ZOOM LENS FOR MICROSCOPE, AND MICROSCOPE

(54) 発明の名称: 顕微鏡用ズームレンズ、顕微鏡

[図1]



(57) Abstract: Provided is a zoom lens for a microscope, which receives approximately parallel light from an objective lens, and forms an image on the imaging surface of an imaging element. Also provided is a microscope having said zoom lens for a microscope. The zoom lens for a microscope is an object-space telecentric lens, is small, and has a high zoom ratio and a high image-forming performance. The zoom lens for a microscope is provided, from the object side, with a first lens group (G1) having a positive refractive power, a second lens group (G2) having a negative refractive power, a third lens group (G3) having a positive refractive power, and a fourth lens group (G4) having a negative refractive power. The fourth lens group comprises, from the object side, an eleventh lens group having a positive refractive power, a twelfth lens group having a negative refractive power, and a thirteenth lens group having a positive refractive power. The second lens group (G2) and the third lens group (G3) move along the optical axis direction when the magnification is being changed from a low magnification end to a high magnification end. A given condition is applied between the first lens group and the second lens group, and between the eleventh lens group and the twelfth lens group constituting the fourth lens group.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/070943 A1



(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

対物レンズからの略平行光を受光し、撮像素子の撮像面に結像させる顕微鏡用ズームレンズおよび該顕微鏡用ズームレンズ有する顕微鏡を提供する。該顕微鏡用ズームレンズは、物体側テレセントリック性であり、かつ小型で高いズーム比と高い結像性能を有し、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 とを有する。第 4 レンズ群は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 1 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 1 3 レンズ群とからなる。低倍端状態から高倍端状態への変倍に際し、第 2 レンズ群 G2 と第 3 レンズ群 G3 とが光軸方向に沿って移動する。第 1 レンズ群と第 2 レンズ群との間および第 4 レンズ群を構成する第 1 1 レンズ群と第 1 1 レンズ群との間に、所定の条件を満足する。

明 細 書

発明の名称：顕微鏡用ズームレンズ、顕微鏡

技術分野

[0001] 本発明は、顕微鏡に用いられる顕微鏡用ズームレンズ、及びこれを有する顕微鏡に関する。

背景技術

[0002] 従来、顕微鏡に用いられる顕微鏡用ズームレンズ、及び顕微鏡用ズームレンズを有する顕微鏡が提案されている（例えば、特開平６－１８７８４号公報，特開２００６－１７８４４０号公報）。

[0003] 近年、顕微鏡、実体顕微鏡、デジタル顕微鏡等においては、被検物の大きさを測る等の測定機能のために、デフォーカスしても像の大きさが変化しない物体側テレセントリックな顕微鏡用ズームレンズが望まれている。このような顕微鏡用ズームレンズは、さらに、高いズーム比と高い結像性能を有し、且つ小型であることが求められている。

[0004] しかしながら、従来の顕微鏡用ズームレンズは、これらをすべて満足することが困難であった。

発明の開示

[0005] 本発明は上記問題に鑑みてなされたものであり、物体側テレセントリック性を確保し、且つ小型で高いズーム比と高い結像性能を有する顕微鏡用ズームレンズ、及び該顕微鏡用ズームレンズを有する顕微鏡を提供することを課題とする。

[0006] 上記課題を解決するため、本発明は、
対物レンズからの略平行光を受光し、撮像素子の撮像面に結像させる顕微鏡用ズームレンズであって、
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レンズ群とを有し、

前記第 4 レンズ群は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 1 レンズ群と、負の屈折力を有する第 1 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 1 3 レンズ群とからなり、

低倍端状態から高倍端状態への変倍に際し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群とが光軸方向に沿って移動し、

以下の条件を満足することを特徴とする顕微鏡用ズームレンズ。

$$0.4 < d_{1W} / |f_2| < 0.7$$

$$0.9 < d_{11} / d_{12} < 1.2$$

ただし、

d_{1W} : 低倍端状態における前記第 1 レンズ群の最も像側のレンズ面と前記第 2 レンズ群の最も物体側のレンズ面との間隔

f_2 : 前記第 2 レンズ群の焦点距離

d_{11} : 前記第 1 1 レンズ群の最も像側のレンズ面と前記第 1 2 レンズ群の最も物体側のレンズ面との間隔

d_{12} : 前記第 1 2 レンズ群の最も像側のレンズ面と前記第 1 3 レンズ群の最も物体側のレンズ面との間隔

[0007] 本発明の顕微鏡用ズームレンズは、さらに以下の条件を満足することが好ましい。

$$0.05 < d_{11} / |f_4| < 0.2$$

ただし、

d_{11} : 前記第 1 1 レンズ群の最も像側のレンズ面と前記第 1 2 レンズ群の最も物体側のレンズ面との間隔

f_4 : 前記第 4 レンズ群の焦点距離

[0008] さらにまた、本発明の顕微鏡用ズームレンズは、以下の条件を満足することが好ましい。

$$|f_1 / f_2| > 4.5$$

ただし、

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

[0009] 本発明の顕微鏡用ズームレンズにおいてはさらに以下の条件を満足することが好ましい。

$$Z^{0.5} < V_2 < Z^{0.6}$$

ただし、

Z：前記顕微鏡用ズームレンズのズーム比

V₂：前記第2レンズ群の変倍率

[0010] 本発明の顕微鏡用ズームレンズにおいては、また前記第2レンズ群の最も物体側のレンズ面は、凹面形状であることが好ましい。

[0011] 本発明の顕微鏡用ズームレンズにおいては、低倍端状態から高倍端状態への変倍に際し、前記第2レンズ群は物体側から像側へのみ移動し、前記第3レンズ群は像側から物体側へのみ移動することが好ましい。

[0012] 本発明はまた別の態様によれば、対物レンズと、上記本発明の顕微鏡用ズームレンズとを備えることを特徴とする顕微鏡を提供する。

[0013] 本発明によれば、物体側テレセントリック性を確保し、且つ小型で高いズーム比と高い結像性能を有する顕微鏡用ズームレンズ、及び該顕微鏡用ズームレンズを有する顕微鏡を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]図1Aおよび図1Bは本発明の一実施形態に係る顕微鏡用ズームレンズの基本構成とズーム移動軌跡を示す図である。

[図2]は本願の第1実施例に係る顕微鏡用ズームレンズのレンズ構成を示す図である。

[図3]図3Aー図3Cは第1実施例に係る顕微鏡用ズームレンズの無限遠合焦状態における諸収差図であり、図3Aは低倍端状態、図3Bは中間焦点距離状態、図3Cは高倍端状態の各諸収差図をそれぞれ示す。

[図4]は本願の第2実施例に係る顕微鏡用ズームレンズのレンズ構成を示す図である。

[図5]図5Aー図5Cは第2実施例に係る顕微鏡用ズームレンズの無限遠合焦状態における諸収差図であり、図5Aは低倍端状態、図5Bは中間焦点距離状態

、図5Cは高倍端状態の各諸収差図をそれぞれ示す。

[図6]は本発明の実施形態に係る顕微鏡用ズームレンズと組み合わせて使用される対物レンズの一例のレンズ構成を示す図である。

[図7]は本発明の実施形態に係る顕微鏡用ズームレンズを備えた顕微鏡の光学系を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明の実施形態に係る顕微鏡用ズームレンズについて説明する。

なお、以下の実施形態は、発明の理解を容易にするためのものに過ぎず、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付加・置換等を施すことを排除することは意図していない。

[0016] 本実施形態に係る顕微鏡用ズームレンズは、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レンズ群とを有し、前記第2レンズ群の最も物体側のレンズ面は凹形状を有し、低倍端状態から高倍端状態への変倍に際し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群とが光軸方向に沿って移動し、以下の条件式(1)、(2)及び(3)を満足する。

$$(1) \quad 0.4 < d1W / |f2| < 0.7$$

$$(2) \quad |f1 / f2| > 4.5$$

$$(3) \quad Z^{0.5} < V2 < Z^{0.6}$$

ただし、 $d1W$ は低倍端状態における前記第1レンズ群の最も像側のレンズ面と前記第2レンズ群の最も物体側のレンズ面との間隔、 $f2$ は前記第2レンズ群の焦点距離、 $f1$ は前記第1レンズ群の焦点距離、 Z は前記顕微鏡用ズームレンズのズーム比、 $V2$ は前記第2レンズ群の変倍率をそれぞれ示す。

[0017] このような構成により、本顕微鏡用ズームレンズは、低倍端状態における視野(物体高)の約7割の位置における主光線が光軸となす角度を 0.013° 以下にすることができ、物体側テレセントリック性を確保し且つ15倍以上の高いズーム比を有し、小型で高い結像性能を有する顕微鏡用ズームレ

ンズを達成することができる。

[0018] 条件式（１）は、低倍端状態における第１レンズ群の最も像側のレンズ面と第２レンズ群の最も物体側のレンズ面との間隔、すなわち第１レンズ群と第２レンズ群の光軸方向の間隔と、第２レンズ群の焦点距離の比の適切な範囲を規定している。条件式（１）を満足することにより、低倍端状態における入射瞳位置を物体面から遠ざけ、低倍端状態での物体側テレセントリック性を確保することができる。

[0019] 条件式（１）の上限値を上回る場合、対物レンズの外径が大きくなり、変倍時におけるコマ収差の変動が大きくなる。

[0020] 条件式（１）の下限値を下回る場合、低倍端状態における入射瞳位置が物体面に近くなり、デフォーカス時における像の大きさの変化率が大きくなるため、物体側テレセントリック性が確保できない。

[0021] 本顕微鏡用ズームレンズでは、第２レンズ群の最も物体側のレンズ面が凹形状を有しているため、当該凹形状を有するレンズが無理なく光線を曲げ、条件式（１）を満足する第２レンズ群からのコマ収差の発生を抑制している。

[0022] 条件式（２）は、第１レンズ群と第２レンズ群の焦点距離の比の適切な範囲を規定している。条件式（２）を満足することにより、１５倍以上の高いズーム比を確保し、且つ低倍端状態における入射瞳位置を物体面から遠ざけ、小型で高い結像性能を有する顕微鏡用ズームレンズを達成することができる。

[0023] 条件式（２）の下限値を下回る場合、第１レンズ群と第２レンズ群との光軸方向の間隔が狭まり、第１レンズ群と第２レンズ群とが干渉するため、低倍端状態における倍率を小さくすることができず、結果として高いズーム比が得られない。また、条件式（２）の下限値を下回る状態で高いズーム比を得ようとする、第１レンズ群と第２レンズ群との間隔が広くなり、小型化を達成できなくなる。また、条件式（２）の下限値を下回った状態で、第３レンズ群と第４レンズ群の屈折力を大きくしてズーム比を高くしようとして

も、15倍以上の高いズーム比は得られない。

[0024] 条件式(3)は、第2レンズ群の変倍率の適切な範囲を規定している。条件式(3)を満足することにより、顕微鏡用ズームレンズの全長をコンパクトに維持しつつ、高い結像性能を有する顕微鏡用ズームレンズを達成することができる。なお、本明細書において「変倍率」とは、顕微鏡用ズームレンズの「ズーム比」に対する「負担量」を示す。

[0025] 条件式(3)の上限値を上回る場合、第2レンズ群の屈折力が大きくなり第2レンズ群の「負担量」を上げることとなるため、顕微鏡用ズームレンズの小型化には有利となる。しかしこの場合、低倍端状態においては、歪曲収差の増大、ペッツバル和の悪化による非点収差の増大、変倍時におけるコマ収差、特に下方コマ収差の変動の増大等が生じ、高倍端状態においては球面収差の増大等が生じてしまう。

[0026] 条件式(3)の下限値を下回る場合、高いズーム比を得ようとする第3レンズ群の変倍率が増大し、変倍時の第3レンズ群の移動量が増加する。その結果、第2レンズ群と第3レンズ群との干渉を防止するために第2レンズ群と第3レンズ群との間隔を長くする必要が生じ、顕微鏡用ズームレンズの全長が大きくなり、小型化が達成できなくなる。

[0027] また、本顕微鏡用ズームレンズは、第4レンズ群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第11レンズ群と、負の屈折力を有する第12レンズ群と、正の屈折力を有する第13レンズ群とからなることが好ましい。このような構成により、諸収差を良好に補正し、顕微鏡用ズームレンズの小型化を達成することができる。

[0028] 第4レンズ群の最も像側のレンズを正レンズで構成すると、当該最も像側のレンズを負レンズで構成するよりもバックフォーカスを短くでき、ズームレンズの全長が小さくなる。

[0029] また、本顕微鏡用ズームレンズは第1～第4のレンズ群を有するため、4群構成の場合を含んでいる。一般に、4群構成のズームレンズは、フォーカシングレンズ(第1群:焦点及びピント調節)、バリエーターレンズ(第2

群：変倍系レンズ）、コンペンセータレンズ（第3群：補正レンズ）、リレーレンズ（第4群：結像レンズ）に分けられ、各グループが各々独立した役目を持っている。

[0030] 第1群（フォーカシングレンズ）は被写体にピントを合わせる働きを有し、第2群（バリエータレンズ）は前後のパワー配分を変化させて像の大きさを変える働きを有し、第3群（コンペンセータレンズ）はバリエータレンズと連動し、ピントのずれを補正する働きを有する。そして第4群は、リレーレンズ又はマスターレンズと呼ばれ、第1群～第3群のフォーカシングレンズ、バリエータレンズ、及びコンペンセータレンズからなるズーム部で発生した収差を補正するとともに、ズーム部で形成された虚像を実像に戻して結像する働きを有する。

[0031] このように、第4群は、第1群から第3群からなるズーム部でできた像を結像する役割のため、変倍時に第4群を通過する光束はほぼ一定であり、4群構成のズームレンズにおいて第4群は独立したレンズとして作用している。このため、第4群を正負正のトリプレットの構成とすることで、諸収差の補正を良好に行うことができる。

[0032] また、本顕微鏡用ズームレンズは、以下の条件式（4）を満足することが好ましい。

$$(4) \quad 0.9 < d_{11}/d_{12} < 1.2$$

ただし、 d_{11} は前記第11レンズ群の最も像側のレンズ面と前記第12レンズ群の最も物体側のレンズ面との間隔、 d_{12} は前記第12レンズ群の最も像側のレンズ面と前記第13レンズ群の最も物体側のレンズ面との間隔をそれぞれ示す。

[0033] 条件式（4）は、第12レンズ群と第13レンズ群の間隔と、第11レンズ群と第12レンズ群の間隔との比の適切な範囲を規定している。条件式（4）を満足することにより、第4レンズ群において、第11レンズ群と第12レンズ群との距離と、第12レンズ群と第13レンズ群との距離とがほぼ等しくなり、諸収差の補正、特に球面収差、コマ収差の補正を良好に行うこ

とができる。

[0034] 条件式（４）の上限値を上回る場合、第１１レンズ群と第１２レンズ群との間隔が大きくなり過ぎ、像面湾曲が悪化する。

[0035] 条件式（４）の下限値を下回る場合、コマ収差、球面収差が悪化する。

[0036] また、本顕微鏡用ズームレンズは、以下の条件式（５）を満足することが好ましい。

$$(5) \quad 0.05 < d_{11} / |f_4| < 0.2$$

ただし、 d_{11} は前記第１１レンズ群の最も像側のレンズ面と前記第１２レンズ群の最も物体側のレンズ面との間隔、 f_4 は前記第４レンズ群の焦点距離をそれぞれ示す。

[0037] 条件式（５）は、第４レンズ群の焦点距離と、第４レンズ群中の第１１レンズ群と第１２レンズ群との間隔を規定している。条件式（５）を満足することにより、適切なバックフォーカスを確保し射出瞳位置を像面から遠ざけることができる。

[0038] ＣＣＤ等の撮像素子は、素子の構造、例えばカラーフィルタや受光部が電荷転送路の遮光部等の奥に位置するために、光線が素子に斜めに入射すると、色調の変化（色シェーディング）や周辺光量変化（シェーディング）を生じるため、ＣＣＤ等の撮像素子を像面に配置する場合、射出瞳位置を結像位置からできるだけ遠くに設定し、素子にほぼ垂直に光線が入射するように設計する必要がある。また、像面の後ろに接眼レンズを配置し、接眼レンズを通して観察する場合においても、射出瞳位置が像面から遠い方が像の観察がしやすく、また顕微鏡自体の光学性能の劣化を防ぐことができる。

[0039] 条件式（５）の上限値を上回る場合、バックフォーカスが短くなりすぎ、例えばＣＣＤ等の撮像素子を像面に配置しようとしてもそのスペースが確保できなかったり、あるいはレンズを組み立てた後の光学調整時に移動可能な像面の範囲を確保できなくなる虞がでてくる。

[0040] 条件式（５）の下限値を下回る場合、射出瞳位置が像面に近づき、バックフォーカスが長くなる。その結果、顕微鏡用ズームレンズの全長が大きくな

り、小型化が達成できなくなる。

[0041] また、本顕微鏡用ズームレンズは、低倍端状態から高倍端状態への変倍に際し、前記第2レンズ群は物体側から像側へのみ移動し、前記第3レンズ群は像側から物体側へのみ移動することが好ましい。このような構成により、変倍時のレンズ群の移動機構を簡素化することができる。

[0042] また、本願の顕微鏡は、上述した構成の顕微鏡用ズームレンズを備えていることを特徴とする。これにより、物体側テレセントリック性を確保し且つ高いズーム比を有し、小型で高い結像性能を有する顕微鏡を実現することができる。

[0043] 以下、本実施形態に係る顕微鏡用ズームレンズの各数値実施例について添付図面に基づいて説明する。

[0044] 図1Aおよび図1Bは、各数値実施例に共通する顕微鏡用ズームレンズの基本構成とズーム移動軌跡を示す図である。

[0045] 各実施例に係る顕微鏡用ズームレンズは、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から構成され、第2レンズ群G2の最も物体側のレンズ面は凹形状を有している。

図1A、1B中、Iは像面を示す。

[0046] 本顕微鏡用ズームレンズは、低倍端状態（図1A）から高倍端状態（図1B）への変倍に際し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔が減少するように、第2レンズ群G2が物体側から像側へのみ移動し、第3レンズ群G3が像側から物体側へのみ移動する。このように、本顕微鏡用ズームレンズは、低倍端状態から高倍端状態への変倍に際して第2レンズ群と第3レンズ群とが一方向のみに移動し、途中で戻る軌跡を取ることがない。

[0047] （第1実施例）

図2は、第1実施例に係る顕微鏡用ズームレンズのレンズ構成を示す図である。

- [0048] 第1実施例に係る顕微鏡用ズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、開口絞りS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から構成されている。
- [0049] 第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸形状の正レンズL12との接合よりなる接合正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とから構成されている。
- [0050] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL21と、両凹形状の負レンズL22と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23との接合よりなる接合負レンズから構成されている。
- [0051] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL32と両凸形状の正レンズL33との接合よりなる接合正レンズから構成されている。
- [0052] 第4レンズ群G4は、物体側から順に、正の屈折力を有する第11レンズ群G4aと、負の屈折力を有する第12レンズ群G4bと、正の屈折力を有する第13レンズ群G4cとから構成されている。
- [0053] 第11レンズ群G4aは、物体側から順に、両凸形状の正レンズL41と両凹形状の負レンズL42との接合よりなる接合正レンズから構成されている。
- [0054] 第12レンズ群G4bは、物体側から順に、像面I側に凸面を向けた平凸レンズL43と両凹形状の負レンズL44との接合よりなる接合負レンズから構成されている。
- [0055] 第13レンズ群G4cは、両凸形状の正レンズL45から構成されている。
- [0056] 以下の表1に第1実施例に係る顕微鏡用ズームレンズの諸元値を示す。
- [0057] (レンズデータ)において、物面は物体面、面番号は物体側から数えたレンズ面の順序、rは各レンズ面の曲率半径、dはレンズ面の面間隔、ndは

d線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）に対する屈折率、 νd はd線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）に対するアッペ数、（可変）は可変の面間隔、（絞り）は開口絞りS、像面は像面Iをそれぞれ示している。なお、曲率半径 r の「 ∞ 」は平面を示し、空気の屈折率 $n d = 1.000000$ は記載を省略している。

[0058] （各種データ）において、 f は焦点距離、FNOはFナンバー、 Y は像高、 $B f$ はバックフォーカス、 d_i （ i ：整数）は面番号 i での可変面間隔値をそれぞれ示す。（条件式対応値）は、各条件式の対応値をそれぞれ示す。なお、 β は、以下の各実施例の顕微鏡用ズームレンズに後述する表4に示す対物レンズを装着した時の全系の総合倍率を示す。

[0059] なお、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 、その他の長さの単位は一般に「mm」が使われる。しかし光学系は、比例拡大又は縮小しても同等の光学性能が得られるため、これに限られるものではない。また、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。さらに、これらの記号は、以降の他の実施例においても同様とし説明を省略する。

[0060] （表1）第1実施例

（レンズデータ）

面番号	r	d	$n d$	νd
物面	∞			
1)	90.853	2.0	1.80440	39.58
2)	40.963	3.7	1.49782	82.52
3)	-93.816	0.2		
4)	35.739	2.5	1.49782	82.52
5)	57.591	(可変)		
6)	-46.767	1.5	1.77250	49.61
7)	26.174	2.5		

8)	-41.406	1.0	1.60300	65.47
9)	15.6205	2.2	1.75520	27.51
10)	148.037	(可変)		
11) (絞り)	∞	(可変)		
12)	58.572	2.0	1.60300	65.47
13)	-58.572	0.2		
14)	42.396	1.5	1.74950	35.33
15)	19.005	2.6	1.49782	82.52
16)	-363.441	(可変)		
17)	13.3198	3.0	1.48749	70.41
18)	-331.203	1.5	1.65844	50.89
19)	22.4254	14.8		
20)	∞	2.0	1.62004	36.26
21)	-10.484	1.5	1.77250	49.61
22)	10.484	15.7		
23)	25.847	2.7	1.72916	54.66
24)	-471.548			
像面	∞			

(各種データ)

ズーム比 (Z) 20.0

	低倍端状態	中間焦点距離状態	高倍端状態
β	0.445	2.0	8.9
f	22.25	100	445
FNO	10.93	13.86	22.44
Y	4.45	4.45	4.45
Bf	17.22	17.22	17.22
d5	7.84782	38.30537	50.90242

d10	45.92459	15.46704	2.86999
d11	45.12076	30.05941	2.87356
d16	2.52033	17.58168	44.76753

(ズームレンズ群データ)

群	始面	f
1	1	82.1
2	6	-17.3
3	12	37.75
4	17	-135.2
11	17	101.15
12	20	-11.2
13	23	33.7

(条件式対応値)

$$(1) \quad d1W / |f2| = 0.454$$

$$(2) \quad |f1 / f2| = 4.75$$

$$(3) \quad Z^{0.5} = 4.472 < \sqrt{2} = 5.884 < Z^{0.6} = 6.034$$

$$(4) \quad d11 / d12 = 0.943$$

$$(5) \quad d11 / |f4| = 0.11$$

[0061] 図3Aー図3Cは、第1実施例に係る顕微鏡用ズームレンズの無限遠合焦状態における諸収差図であり、図3Aは低倍端状態、図3Bは中間焦点距離状態、図3Cは高倍端状態の各諸収差図をそれぞれ示す。なお、顕微鏡として実際に使用する際は、後述する表3に示す対物レンズと組み合わせて使用するが、本実施例では、顕微鏡用ズームレンズの性能をよく示すために、顕微鏡用ズームレンズのみの収差図（即ち、無限遠からの光線追跡）を示す。

[0062] 各収差図において、FNOはFナンバー、Yは像高をそれぞれ示す。また

、dはd線（波長 $\lambda = 587.56\text{ nm}$ ）、CはC線（波長 $\lambda = 656.27\text{ nm}$ ）、FはF線（波長 $\lambda = 486.13\text{ nm}$ ）、gはg線（波長 $\lambda = 435.84\text{ nm}$ ）の収差曲線を示している。

[0063] 非点収差図において、実線はサジタル像面、点線はメリジオナル像面をそれぞれ示す。

[0064] なお、以下に示す各実施例の諸収差図においても、本実施例と同様の符号を用いる。

[0065] 各諸収差図より、本第1実施例に係る顕微鏡用ズームレンズは、低倍端状態、中間焦点距離状態、および高倍端状態の各状態において、諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有することがわかる。ズーム比20倍という高ズーム比を有しつつも、低倍端状態での物体側テレセントリック性を確保している。

[0066] （第2実施例）

図4は、第2実施例に係る顕微鏡用ズームレンズのレンズ構成を示す図である。

[0067] 第2実施例に係る顕微鏡用ズームレンズは、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、開口絞りS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レンズ群とから構成されている。

[0068] 第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11と両凸形状の正レンズL12との接合よりなる接合正レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL13とから構成されている。

[0069] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL21と、両凹形状の負レンズL22と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL23との接合よりなる接合負レンズとから構成されている。

[0070] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL32と両凸形状の正レンズL33

との接合よりなる接合正レンズとから構成されている。

[0071] 第4レンズ群G4は、物体側から順に、正の屈折力を有する第11レンズ群G4aと、負の屈折力を有する第12レンズ群G4bと、正の屈折力を有する第13レンズ群G4cとから構成されている。

[0072] 第11レンズ群G4aは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL41と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL42との接合よりなる接合正レンズから構成されている。

[0073] 第12レンズ群G4bは、物体側から順に、像面I側に凸面を向けた正メニスカスレンズL43と両凹形状の負レンズL44との接合よりなる接合負レンズから構成されている。

[0074] 第13レンズ群G4cは、像面I側に凸面を向けた正メニスカスレンズL45から構成されている。

[0075] 以下の表2に第2実施例に係る顕微鏡用ズームレンズの諸元値を示す。

[0076] (表2) 第2実施例

(レンズデータ)

面番号	r	d	n _d	ν _d
物面	∞			
1)	91.226	2.0	1.80454	39.58
2)	40.601	3.7	1.49782	82.52
3)	-87.866	0.2		
4)	35.309	2.5	1.49782	82.52
5)	57.954	(可変)		
6)	-80.849	1.5	1.83481	42.72
7)	22.652	2.5		
8)	-109.856	1.0	1.67025	57.53
9)	13.908	2.2	1.80518	25.41
10)	69.587	(可変)		

11> (絞り)	∞	(可変)		
12)	65.818	2.0	1.59319	67.87
13)	-189.737	0.2		
14)	35.488	1.5	1.80384	33.89
15)	19.685	2.6	1.49782	82.52
16)	-68.032	(可変)		
17)	12.935	3.0	1.48749	70.41
18)	337.055	1.5	1.74810	52.30
19)	22.591	18.866		
20)	-70.712	2.0	1.62004	36.27
21)	-5.747	1.5	1.80411	46.55
22)	10.889	16.529		
23)	-161.088	2.7	1.61720	54.01
24)	-17.582			
像面	∞			

(各種データ)

ズーム比 (Z) 15.0

	低倍端状態	中間焦点距離状態	高倍端状態
β	0.7	2.7	10.5
f	35	135	525
FNO	11.65	14.56	25.09
Y	4.45	4.45	4.45
Bf	16.00	16.00	16.00
d5	10.69191	35.75734	47.15302
d10	39.83384	14.76841	3.37273
d11	42.85259	28.38675	3.34255
d16	2.47741	16.94325	41.98745

(ズームレンズ群データ)

群	始面	f
1	1	79.0
2	6	-17.5
3	12	38.0
4	17	-120.41
11	17	112.41
12	20	-8.43
13	23	31.75

(条件式対応値)

$$(1) \quad d1W / |f2| = 0.611$$

$$(2) \quad |f1 / f2| = 4.51$$

$$(3) \quad Z^{0.5} = 3.873 < V2 = 4.969 < Z^{0.6} = 5.078$$

$$(4) \quad d11 / d12 = 1.141$$

$$(5) \quad d11 / |f4| = 0.157$$

[0077] 図5Aー図5Cは、第2実施例に係る顕微鏡用ズームレンズの無限遠合焦状態における諸収差図であり、図5Aは低倍端状態、図5Bは中間焦点距離状態、図5Cは高倍端状態の各諸収差図をそれぞれ示す。

[0078] 各諸収差図より、本第2実施例に係る顕微鏡用ズームレンズは、低倍端状態、中間焦点距離状態、および高倍端状態の各状態において、諸収差を良好に補正し、優れた結像性能を有することがわかる。ズーム比1.5倍という高ズーム比を有しつつも、低倍端状態での物体側テレセントリック性を確保している。

[0079] 本実施例に係る顕微鏡用ズームレンズは、例えば、図6および以下の表3

に諸元値を示す対物レンズと組み合わせて使用することができる。

[0080] 図6は、この対物レンズのレンズ構成を示す図である。

[0081] (表3)

(レンズデータ)

面番号	r	d	n d	ν d
物面	∞			
1)	-14.400	1.60	1.65412	39.68
2)	-19.900	0.10		
3)	24.500	4.30	1.72342	37.95
4)	423.036	1.20	1.61340	44.27
5)	39.904	2.10		
6)	296.026	1.20	1.83481	42.72
7)	20.657	8.10	1.43425	95.00
8)	-32.011	0.35		
9)	101.559	3.80	1.49782	82.52
10)	-40.270			
像面	∞			

(各種データ)

焦点距離 = 50

最大NA = 0.2

作動距離 = 30.28

[0082] 図7は、実施形態に係る顕微鏡用ズームレンズを備えた顕微鏡の光学系を示す図である。

[0083] 物体1からの光は、図6に示す如き対物レンズ2で平行光に変換された後、ズームレンズ3で変倍すると同時に像面Iに物体の像を形成する。そして

、例えば、この像を不図示の接眼レンズを介して観察者が観察したり、像面にＣＣＤ等の撮像素子である撮像手段を配置して、モニタを介して観察する。像面にＣＣＤ等の撮像手段を配置した場合、金属の標本や機械部品（例えば歯車）等の比較的大きな物体を広い視野で良好に観察することができる。

請求の範囲

[請求項1] 対物レンズからの略平行光を受光し、撮像素子の撮像面に結像させる顕微鏡用ズームレンズであって、

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レンズ群とを有し、

前記第4レンズ群は、物体側から順に、正の屈折力を有する第11レンズ群と、負の屈折力を有する第12レンズ群と、正の屈折力を有する第13レンズ群とからなり、

低倍端状態から高倍端状態への変倍に際し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群とが光軸方向に沿って移動し、

以下の条件を満足することを特徴とする顕微鏡用ズームレンズ。

$$0.4 < d_{1W} / |f_2| < 0.7$$

$$0.9 < d_{11} / d_{12} < 1.2$$

ただし、

d_{1W} : 低倍端状態における前記第1レンズ群の最も像側のレンズ面と前記第2レンズ群の最も物体側のレンズ面との間隔

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

d_{11} : 前記第11レンズ群の最も像側のレンズ面と前記第12レンズ群の最も物体側のレンズ面との間隔

d_{12} : 前記第12レンズ群の最も像側のレンズ面と前記第13レンズ群の最も物体側のレンズ面との間隔

[請求項2] 以下の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載の顕微鏡用ズームレンズ。

$$0.05 < d_{11} / |f_4| < 0.2$$

ただし、

d_{11} : 前記第11レンズ群の最も像側のレンズ面と前記第12レンズ群の最も物体側のレンズ面との間隔

f_4 : 前記第 4 レンズ群の焦点距離

[請求項3] 以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の顕微鏡用ズームレンズ。

$$|f_1 / f_2| > 4.5$$

ただし、

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

[請求項4] 以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の顕微鏡用ズームレンズ。

$$Z^{0.5} < V_2 < Z^{0.6}$$

ただし、

Z : 前記顕微鏡用ズームレンズのズーム比

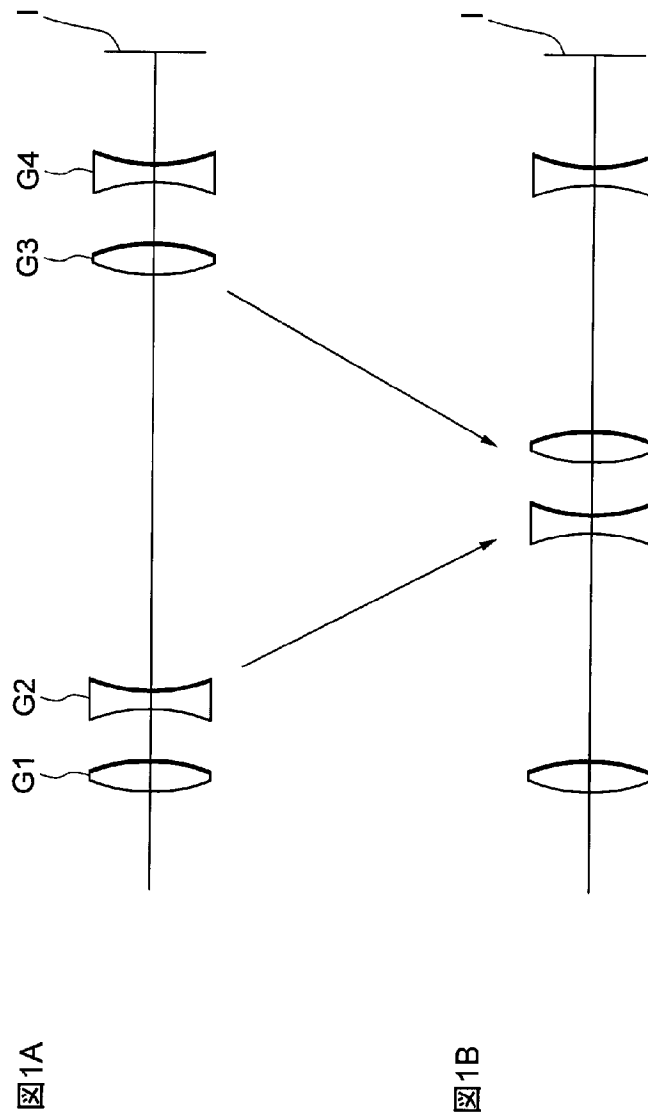
V_2 : 前記第 2 レンズ群の変倍率

[請求項5] 前記第 2 レンズ群の最も物体側のレンズ面は、凹面形状であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の顕微鏡用ズームレンズ。

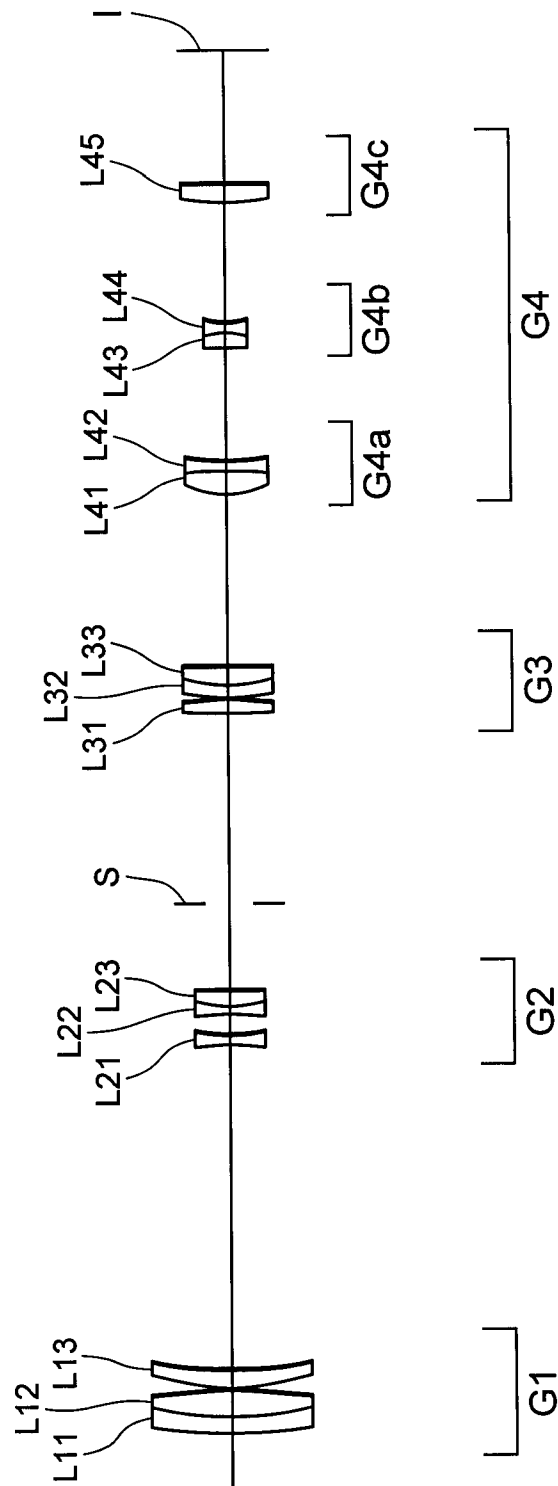
[請求項6] 低倍端状態から高倍端状態への変倍に際し、前記第 2 レンズ群は物体側から像側へのみ移動し、前記第 3 レンズ群は像側から物体側へのみ移動することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の顕微鏡用ズームレンズ。

[請求項7] 対物レンズと、請求項 1 又は 2 に記載の顕微鏡用ズームレンズとを備えることを特徴とする顕微鏡。

[図1]



[図2]



[図3]

図3A

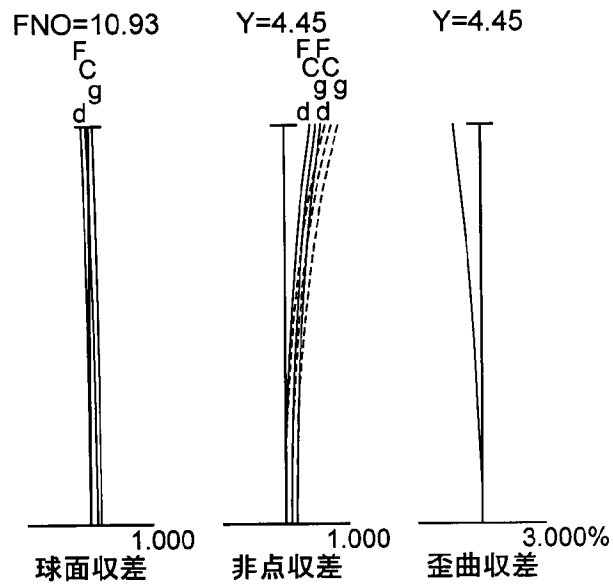


図3B

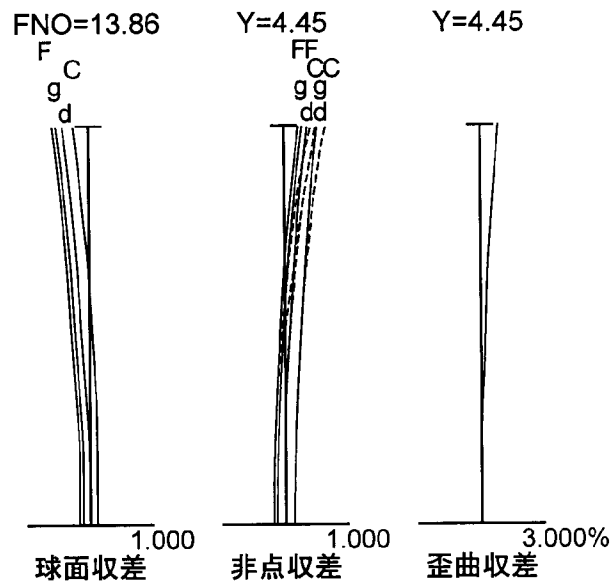
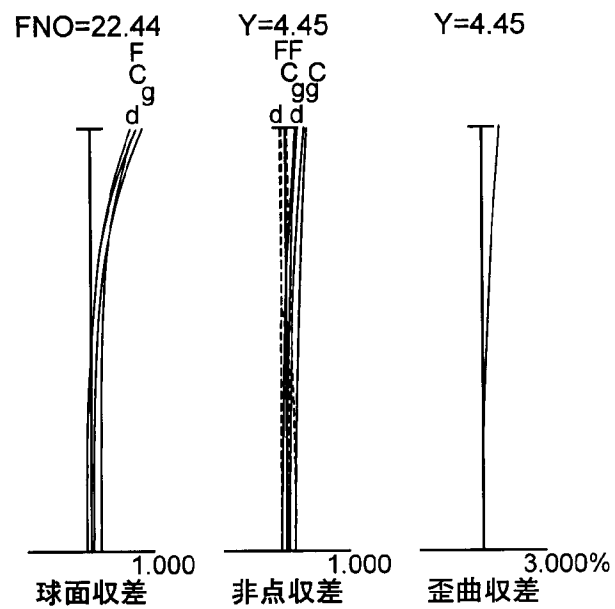
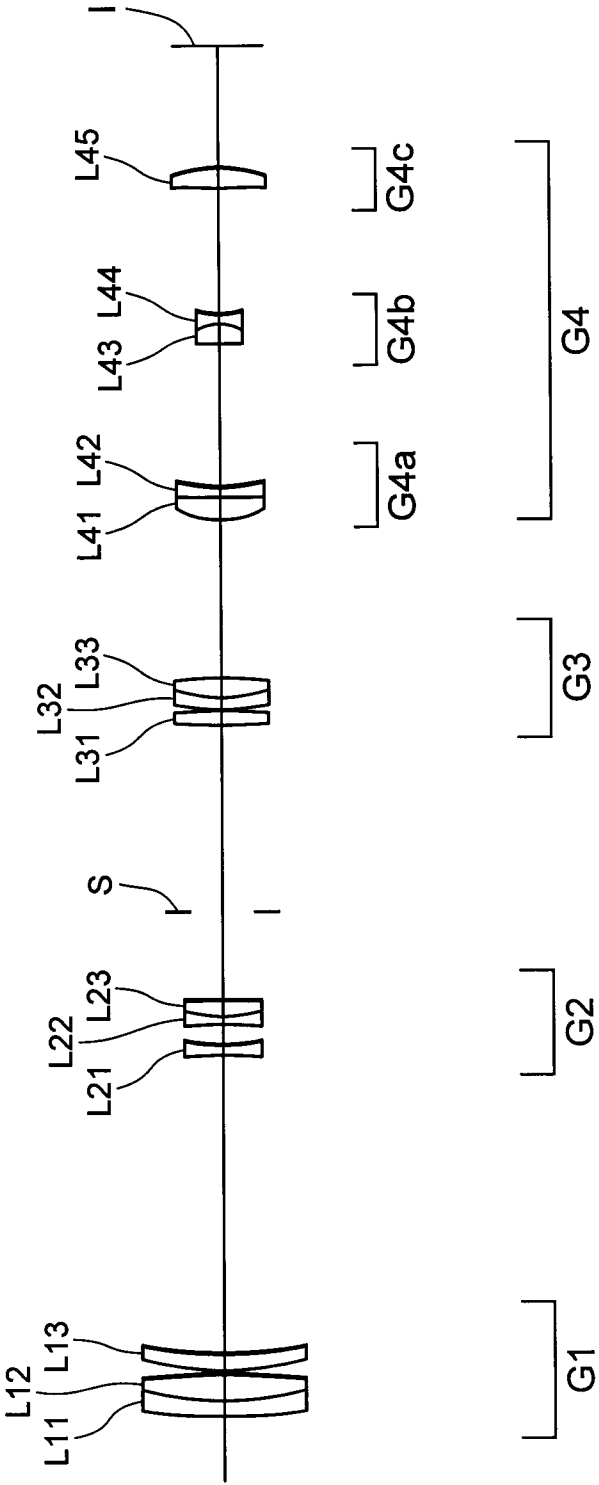


図3C



[図4]



[図5]

図5A

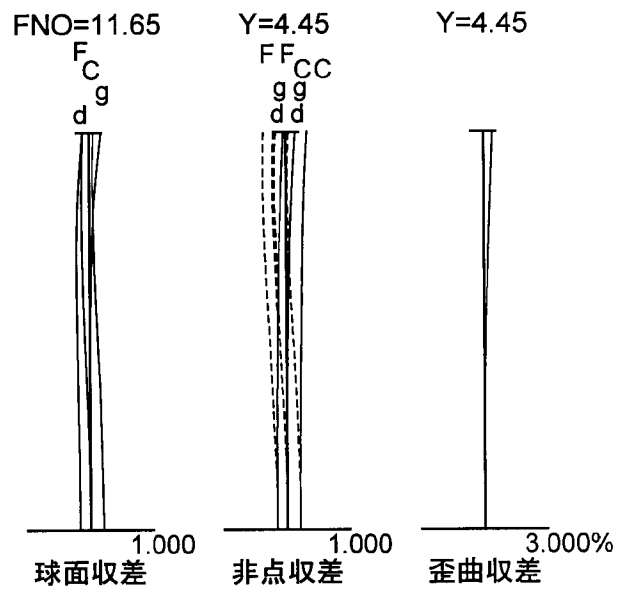


図5B

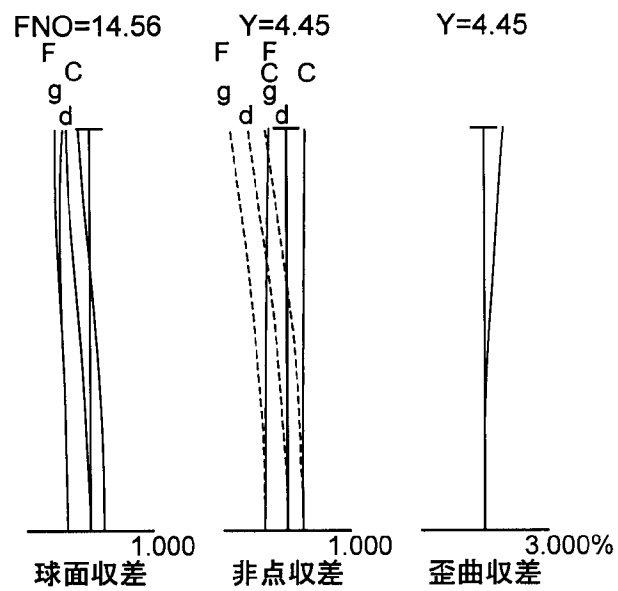
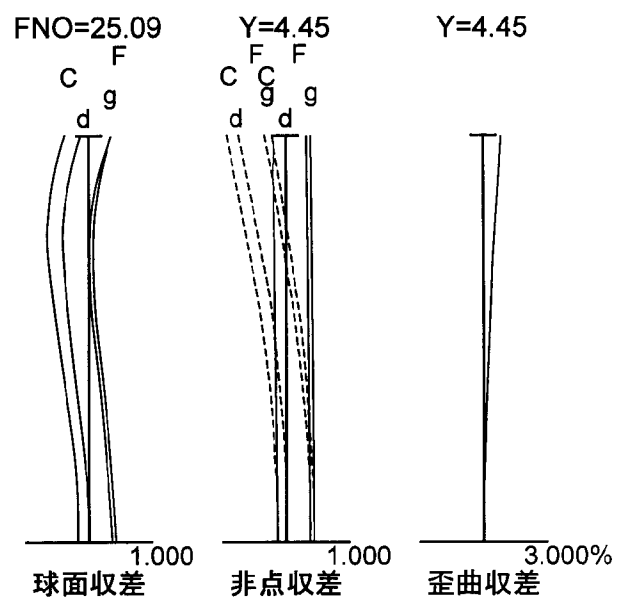
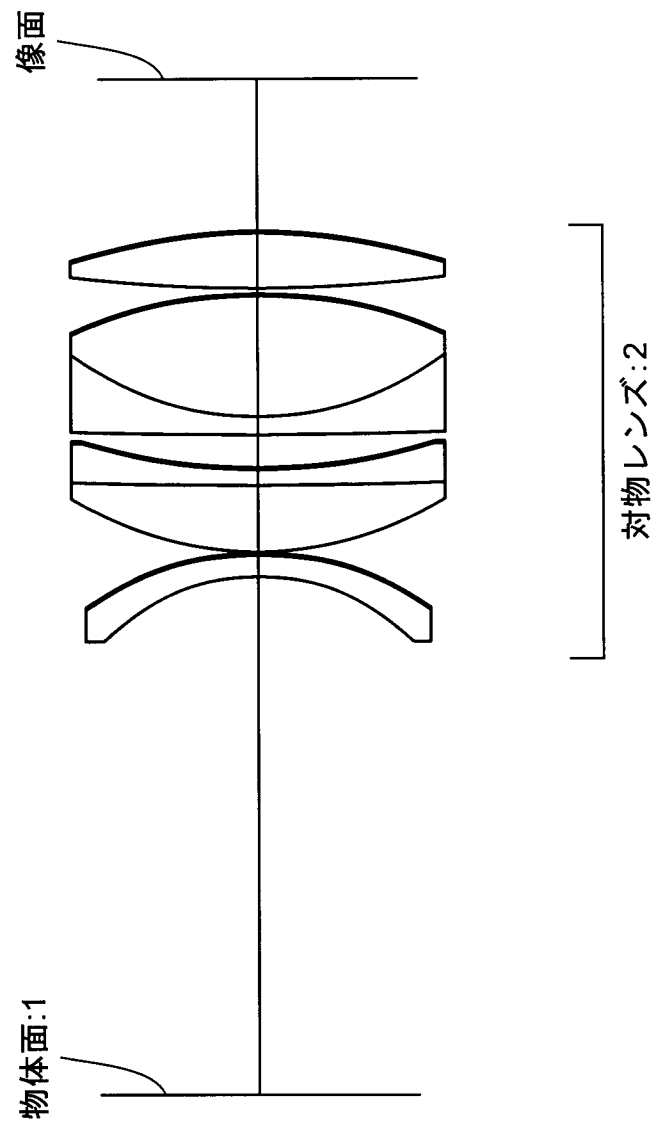


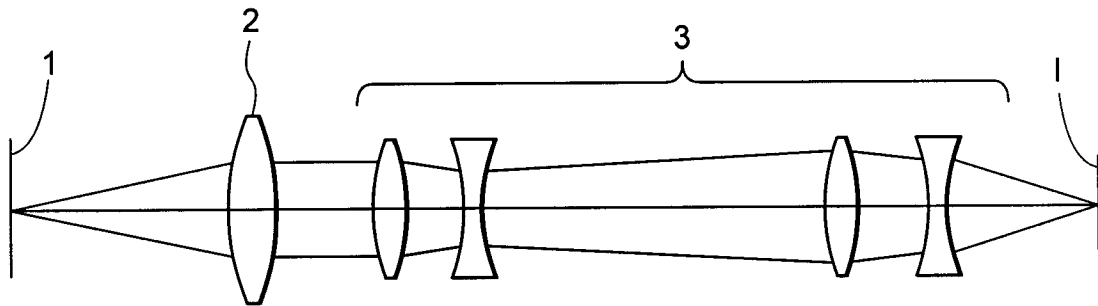
図5C



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/071346

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B21/02 (2006.01) i, G02B15/167 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B21/02, G02B15/167

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-154092 A (Nikon Corp.), 08 June 2001 (08.06.2001), entire text; all drawings; particularly, 1st to 3rd examples & US 6320702 B1	1-7
A	JP 2004-4827 A (Leica Microsystems (Schweiz) AG.), 08 January 2004 (08.01.2004), entire text; all drawings; particularly, 1st to 4th examples & US 2003/0210470 A1 & US 6816321 B2 & EP 1361467 A1 & EP 1361467 B1 & DE 10222041 A1 & DE 10222041 B4 & DE 50300616 G	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26 January, 2011 (26.01.11)

Date of mailing of the international search report
08 February, 2011 (08.02.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/071346

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 43-12714 B1 (Ernst Leitz GmbH) , 29 May 1968 (29.05.1968) , entire text; all drawings; particularly, tables 1 to 4 & US 3679286 A & DE 1196392 B	1-7

With respect to the configuration of lens groups concerning a zoom lens for a microscope, such a statement that "... comprising a first lens group having a positive refraction ability, a second lens group having a negative refraction ability, a third lens group having a positive refraction ability, a fourth lens group having a negative refraction power in this order from the subject-side" is appeared in claim 1, and from said statement, it is interpreted that the zoom lens for a microscope may further comprises an optional lens group other than the first through the fourth lens groups.

However, only the zoom lens for a microscope which is configured from four groups comprising the first through the fourth lens groups is substantially set forth in the description.

Consequently, the part of the invention in claim 1 excluding the configuration of four groups comprising the first through the fourth lens groups is not substantially supported by the description and lacks the support within the meaning of PCT Article 6.

In the same manner as said above, claims 2 to 7 as dependent claims are also lack the support within the meaning of PCT Article 6.

In conclusion, this search has been carried out within the scope supported by and disclosed in the description, that is, with respect to the zoom lens for a microscope, which is composed of the configuration of four groups comprising a first lens group having a positive refraction ability, a second lens group having a negative refraction ability, a third lens group having a positive refraction ability, a fourth lens group having a negative refraction power in this order from the subject-side, specifically set forth in the description.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. G02B21/02(2006.01)i, G02B15/167(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B21/02, G02B15/167

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2001-154092 A（株式会社ニコン）2001.06.08, 全文、全図、特に、第1実施例から第3実施例 & US 6320702 B1	1-7
A	JP 2004-4827 A（ライカ ミクロジュステムス（シュヴァイツ）アーゲー）2004.01.08, 全文、全図、特に、第一実施例から第四実施例 & US 2003/0210470 A1 & US 6816321 B2 & EP 1361467 A1 & EP 1361467 B1 & DE 10222041 A1 & DE 10222041 B4 & DE 50300616 G	1-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 6 . 0 1 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

0 8 . 0 2 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

森内 正明

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

2 V

9 2 2 2

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 43-12714 B1 (エルンスト・ライツ・ゲゼルシャフト・ミト・ベ シユレンクテル・ハフツング) 1968.05.29, 全文、全図、特に、表 1 から表 4 & US 3679286 A & DE 1196392 B	1-7

請求項1には、顕微鏡用ズームレンズのレンズ群構成に関して、「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レンズ群とを有し、・・・」という記載があり、前記記載では、顕微鏡用ズームレンズは、第1レンズ群から第4レンズ群以外の任意のレンズ群を含み得る記載となっている。

しかしながら、明細書には、顕微鏡用ズームレンズは、第1レンズ群から第4レンズ群からなる4群構成のものしか、実質的に記載されていない。

よって、請求項1に係る発明のうち、第1レンズ群から第4レンズ群からなる4群構成のもの以外の部分については、明細書により実質的に裏付けられておらず、PCT第6条の意味での裏付けを欠いている。

引用形式請求項である請求項2ないし7についても同様に、PCT第6条の意味での裏付けを欠いている。

よって、調査は、明細書に裏付けられ、開示されている範囲、すなわち、明細書に具体的に記載されている、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レンズ群から構成された4群構成の顕微鏡用ズームレンズについて行った。