

(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
2017年11月16日(16.11.2017)



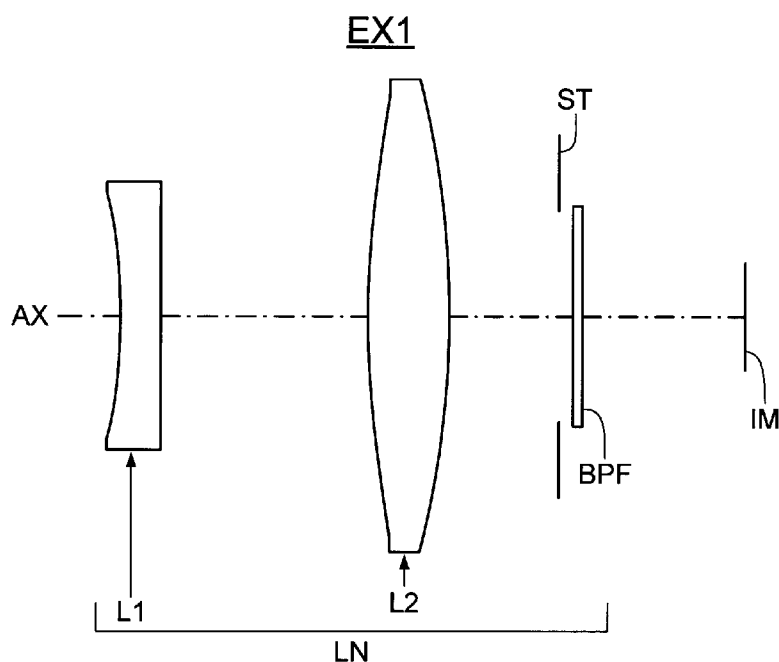
(10) 国際公開番号

WO 2017/195731 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 13/14 (2006.01) *G02B 13/18* (2006.01)
G02B 13/04 (2006.01) *G03B 9/02* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/017394
- (22) 国際出願日: 2017年5月8日(08.05.2017)
- (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 2016-097336 2016年5月13日(13.05.2016) JP
- (71) 出願人: コニカ ミノルタ 株式会社 (KONICA MINOLTA, INC.) [JP/JP]; 〒1007015 東京都千代田区丸の内2丁目7番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 神 誠 (JIN Makoto); 〒1007015 東京都千代田区丸の内2丁目7番2号 コニカ ミノルタ株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 佐野特許事務所 (SANO PATENT OFFICE); 〒5400032 大阪府大阪市中央区天満橋京町2-6 天満橋八千代ビル別館5F Osaka (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,

(54) **Title:** INFRARED OPTICAL SYSTEM, IMAGING OPTICAL DEVICE AND DIGITAL DEVICE

(54) 発明の名称: 赤外線用光学系、撮像光学装置及びデジタル機器



(57) **Abstract:** This infrared optical system, which uses a wavelength range of 3-5 μm , comprises, from the object side to the image side, a first lens having negative power and having a biconcave shape or a concave meniscus shape towards the object side, a second lens having positive power and a biconvex shape, and a stop, and comprises a bandpass filter between the second lens and the image plane. The first lens and the second lens each have at least one aspherical surface, and the bandpass filter has the characteristic of transmitting only light of wavelengths 3.1-3.5 μm . This infrared optical system satisfies the conditional expressions $-3.6 < (r1+r2) / (r1-r2) < -0.4$ ($r1, r2$: radius of curvature of the object-side surface and the image-side surface of the first lens), and $-0.2 < (r3+r4) / (r3-r4) < 0.2$ ($r3, r4$: radius of curvature of the

NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA,
RO, RS, RU, RW, SA, 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, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

object-side surface and the image-side surface of the second lens).

(57) 要約: 波長 3 ~ 5 μm 帯を使用する赤外線用光学系は、物体側から像側へかけて、負のパワーを有し両凹形状又は物体側に凹のメニスカス形状を有する第 1 レンズと、正のパワーを有し両凸形状を有する第 2 レンズと、絞りとからなり、第 2 レンズと像面との間にバンドパスフィルターを有する。第 1 レンズと第 2 レンズがいずれも非球面を少なくとも 1 面有し、バンドパスフィルターは波長 3.1 ~ 3.5 μm の光のみを透過させる特性を有する。赤外線用光学系は、条件式: $-3.6 < (r_1 + r_2) / (r_1 - r_2) < -0.4$ (r_1, r_2 : 第 1 レンズの物体側面, 像側面の曲率半径), $-0.2 < (r_3 + r_4) / (r_3 - r_4) < 0.2$ (r_3, r_4 : 第 2 レンズの物体側面, 像側面の曲率半径) を満足する。

明 細 書

発明の名称：赤外線用光学系、撮像光学装置及びデジタル機器 技術分野

[0001] 本発明は、赤外線用光学系、撮像光学装置及びデジタル機器に関するものである。例えば、波長 $3\sim 5\ \mu\text{m}$ 帯の赤外線領域でガス検知用の撮影光学系として冷却センサーに使用される赤外線用光学系と、赤外線用光学系により得られた赤外線映像を冷却センサー等の撮像センサーで取り込む撮像光学装置と、赤外線用光学系を搭載した画像入力機能付きデジタル機器と、に関するものである。

背景技術

[0002] メタン、エタン、プロパン、ブタン等の炭化水素系の物質に特有の吸収波長帯は、波長 $3\sim 5\ \mu\text{m}$ 帯のあたりに集まっていることが知られている。また、これらの炭化水素系の物質は、常温で気体でありかつ引火の危険性があるため、取り扱いには注意を要する。そのため近年では、これらの吸収によるコントラスト差を赤外線カメラで撮影することにより、可視光では捕らえられないガス漏れ等を検知することが行われつつある。

[0003] 波長 $3\sim 5\ \mu\text{m}$ 帯は、プランクの法則から容易に分かるとおり、太陽から放射される光では、可視光より大幅に光量が少ない領域である。また、地面等の周辺環境から放射される光では、 $8\sim 14\ \mu\text{m}$ 帯のいわゆる遠赤外線より大幅に光量が少ない領域でもある。そのため、遠赤外線領域で一般的な非冷却センサーを使用して撮影することは困難であり、結果として、冷却センサーを用いてわずかな光を検知することが必要になる。冷却センサーを使用すれば、上記炭化水素系の吸収が少量であっても感度良く検出することができる。そこで、冷却センサーに搭載可能で S/N 比及び光学性能の良好な赤外線用光学系が望まれている。

[0004] 赤外線用光学系としては、例えば特許文献1、2に記載のものが挙げられる。特許文献1に記載の赤外線用光学系は、物体側に凹のメニスカス形状を

有する第1レンズと、両凸形状を有する第2レンズと、のレンズ2枚で構成されている。絞りは第2レンズの物体側面に配置されており、第1レンズの像側面と第2レンズの物体側面が非球面で構成されている。また特許文献2には、両凹の第1レンズと両凸の第2レンズとのレンズ2枚で構成された赤外線用光学系が記載されている。絞りは第2レンズの物体側面近傍に配置されており、第1レンズは物体側面の曲率が像側面の曲率よりも弱く、ほぼ平面に近い形状になっている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：US2012/0229892 A1

特許文献2：特開2013-195795号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1、2に記載の赤外線用光学系では、絞りを第1レンズと第2レンズとの間に配置することにより、2枚という少ないレンズ枚数で光学性能を確保しようとしている。このため、これを冷却センサーに搭載する場合には、絞りとは別にコールドシールドを配置して、絞りと冷却センサーとの間から入射する不要光をカットする必要がある。しかしその場合、瞳を完全に合わせることができず、不要光をすべてカットすることが困難になるという課題がある。さらに特許文献2に記載の赤外線用光学系では、第1レンズの物体側面の曲率が像側面の曲率と比較して緩く、また、第2レンズの像側面の曲率が物体側面の曲率と比較して緩いため、絞りを第2レンズとセンサーとの間に配置しようとする、収差が補正しにくくなるという課題もある。

[0007] 本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであって、その目的は、冷却センサーに搭載可能であって、2枚という少ないレンズ枚数で透過率が高くS/N比及び光学性能の良好な赤外線用光学系、それを備えた撮像光学装置及びデジタル機器を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するために、第1の発明の赤外線用光学系は、波長3～5 μm 帯を使用する赤外線用撮影光学系であって、

物体側から像側へかけて、負のパワーを有し両凹形状又は物体側に凹のメニスカス形状を有する第1レンズと、正のパワーを有し両凸形状を有する第2レンズと、絞りとからなり、かつ、前記第2レンズと像面との間にバンドパスフィルターを有し、

前記第1レンズと第2レンズがいずれも非球面を少なくとも1面有し、

前記バンドパスフィルターが波長3.1～3.5 μm の光のみを透過させる特性を有し、

以下の条件式(1)及び(2)を満足することを特徴とする。

$$-3.6 < (r_1 + r_2) / (r_1 - r_2) < -0.4 \quad \dots (1)$$

$$-0.2 < (r_3 + r_4) / (r_3 - r_4) < 0.2 \quad \dots (2)$$

ただし、

r_1 : 第1レンズの物体側面の曲率半径、

r_2 : 第1レンズの像側面の曲率半径、

r_3 : 第2レンズの物体側面の曲率半径、

r_4 : 第2レンズの像側面の曲率半径、

である。

[0009] 第2の発明の赤外線用光学系は、上記第1の発明において、以下の条件式(3)を満足することを特徴とする。

$$0.9 < t_2 / FL < 1.4 \quad \dots (3)$$

ただし、

t_2 : 第1レンズの像側面から第2レンズの物体側面までの光軸上での距離、

FL : 全系の焦点距離、

である。

[0010] 第3の発明の赤外線用光学系は、上記第1又は第2の発明において、以下

の条件式（４）を満足することを特徴とする。

$$-2.2 < f_1 / FL < -1.4 \quad \dots (4)$$

ただし、

f_1 : 第１レンズの焦点距離、

FL : 全系の焦点距離、

である。

[0011] 第４の発明の赤外線用光学系は、上記第１～第３のいずれか１つの発明において、以下の条件式（５）を満足することを特徴とする。

$$1.0 < f_2 / FL < 1.2 \quad \dots (5)$$

ただし、

f_2 : 第２レンズの焦点距離、

FL : 全系の焦点距離、

である。

[0012] 第５の発明の赤外線用光学系は、上記第１～第４のいずれか１つの発明において、前記第１、第２レンズがゲルマニウム又はシリコンで構成されていることを特徴とする。

[0013] 第６の発明の赤外線用光学系は、上記第１～第５のいずれか１つの発明において、以下の条件式（６）を満足することを特徴とする。

$$-1.9 < f_1 / f_2 < -1.2 \quad \dots (6)$$

ただし、

f_1 : 第１レンズの焦点距離、

f_2 : 第２レンズの焦点距離、

である。

[0014] 第７の発明の赤外線用光学系は、上記第１～第６のいずれか１つの発明において、以下の条件式（７）を満足することを特徴とする。

$$1.5 < BF / FL < 1.8 \quad \dots (7)$$

ただし、

BF : 第２レンズの像側面から像面までの空気換算長、

F L : 全系の焦点距離、
である。

[0015] 第 8 の発明の赤外線用光学系は、上記第 1 ～第 7 のいずれか 1 つの発明において、前記第 1 , 第 2 レンズのいずれの面にも、表面レリーフ状の回折面又はフレネル面を有しないことを特徴とする。

[0016] 第 9 の発明の赤外線用光学系は、上記第 1 ～第 8 のいずれか 1 つの発明において、前記絞りがコールドシールドの一部からなるコールドアパーチャーであることを特徴とする。

[0017] 第 10 の発明の撮像光学装置は、上記第 1 ～第 9 のいずれか 1 つの発明に係る赤外線用光学系と、撮像面上に形成された赤外線光学像を電気的な信号に変換する撮像センサーと、を備え、前記撮像センサーの撮像面上に被写体の赤外線光学像が形成されるように前記赤外線用光学系が設けられていることを特徴とする。

[0018] 第 11 の発明のデジタル機器は、上記第 10 の発明に係る撮像光学装置を備えることにより、被写体の静止画撮影、動画撮影のうちの少なくとも一方の機能が付加されたことを特徴とする。

[0019] 第 12 の発明の赤外線用カメラシステムは、上記第 1 ～第 9 のいずれか 1 つの発明に係る赤外線用光学系を備えたことを特徴とする。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、冷却センサーに搭載可能であって、2 枚という少ないレンズ枚数で透過率が高く S / N 比及び光学性能の良好な赤外線用光学系及び撮像光学装置を実現することができる。そして、本発明に係る赤外線用光学系又は撮像光学装置を、ガス検知装置、カメラシステム（例えば、監視カメラ、航空機カメラ）等のデジタル機器に用いることによって、デジタル機器に対し高性能の赤外線画像入力機能を安価に付加することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]第 1 の実施の形態（実施例 1）のレンズ構成図。

[図2]実施例 1 の収差図。

[図3]第2の実施の形態（実施例2）のレンズ構成図。

[図4]実施例2の収差図。

[図5]第3の実施の形態（実施例3）のレンズ構成図。

[図6]実施例3の収差図。

[図7]第4の実施の形態（実施例4）のレンズ構成図。

[図8]実施例4の収差図。

[図9]コールドシールドの概略構成例を示す断面図。

[図10]コールドアパーチャーによる赤外カットを説明するための断面図。

[図11]赤外線用光学系を搭載したデジタル機器の概略構成例を示す模式図。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、本発明の実施の形態に係る赤外線用光学系、撮像光学装置、デジタル機器等を説明する。本発明の実施の形態に係る赤外線用光学系は、波長3～5 μ m帯を使用する赤外線用撮影光学系であって、物体側から像側へかけて、負のパワーを有し両凹形状又は物体側に凹のメニスカス形状を有する第1レンズと、正のパワーを有し両凸形状を有する第2レンズと、絞りとからなり（パワー：焦点距離の逆数で定義される量）、かつ、前記第2レンズと像面との間にバンドパスフィルターを有している。また、前記第1レンズと第2レンズがいずれも非球面を少なくとも1面有し、前記バンドパスフィルターが波長3.1～3.5 μ mの光のみを透過させる特性を有し、以下の条件式（1）及び（2）を満足することを特徴としている。

$$-3.6 < (r1 + r2) / (r1 - r2) < -0.4 \quad \cdots (1)$$

$$-0.2 < (r3 + r4) / (r3 - r4) < 0.2 \quad \cdots (2)$$

ただし、

r1：第1レンズの物体側面の曲率半径、

r2：第1レンズの像側面の曲率半径、

r3：第2レンズの物体側面の曲率半径、

r4：第2レンズの像側面の曲率半径、

である。

[0023] 波長3～5 μm 帯の赤外線は、プランクの法則から容易に分かるとおり、太陽から放射される光では可視光よりも大幅に少なく、また地面等の周辺環境から放射される光では波長8～14 μm 帯のいわゆる遠赤外線よりも大幅に少ない。そのため、可視光や遠赤外線の領域での撮影に用いられる、いわゆる非冷却センサーを使用して撮影することが困難であり、冷却センサーを用いてわずかな光を検知することが必要になる。その冷却センサーの具体例としては、アンチモン化インジウム（ InSb ）、プラチナシリコン（ PtSi ）、テルル化カドミウム水銀（ HgCdTe ）等を素子素材とする、いわゆる量子型センサーが挙げられる。

[0024] 赤外線用の撮像センサーは、赤外光（放射熱）を受光するとそれ自身が熱を持ち、それがノイズの原因となる。冷却センサーは、センサー自体を -200°C 程度の極低温まで冷却することでこの現象を抑えている。しかし、冷却センサーはわずかな放射光も検知するため、絞りやレンズの保持部材等から放射される光も無視することができない。それらがセンサーに入射することは大きなノイズ源となり、画質の S/N 比が大きく悪化することになる。これを防ぐため、絞りやレンズの保持部材等も同様に極低温に冷やす必要がある。そこで、レンズ系と撮像センサーとの間にコールドシールドを配置することが求められている。

[0025] 図9に、コールドシールドの概略構成例を示す。コールドシールドCSは真空容器からなっており、コールドシールドCSの一部で絞りSTが構成されている。絞りSTとバンドパスフィルターBPFと冷却センサーSRは、赤外線を透過するウィンドウWIで密閉されたコールドシールドCS内にセットされて冷却される。第2レンズL2と像面IMとの間に絞りSTを配置し、かつ、その絞りSTを冷却して、いわゆるコールドアパーチャーとすることにより、正規光以外のセンサーSRへの入射光をカットすることができる。つまり、絞りSTからの放射光の発生を抑えるとともに、レンズ保持部材からの放射光を遮断することが可能となる。図10に、レンズ保持部材である鏡胴BLからの赤外光を絞りSTでカットする様子を示す。

[0026] 前述したように第1レンズと第2レンズで負正のパワー配置にすると、いわゆるレトロフォーカスとなり、焦点距離よりも長いバックフォーカスを確保することができる。その結果、第2レンズと像面との間に絞り（コールドシールド）を配置することができるため、上述したように、絞りSTからの放射光の発生を抑えるとともに、レンズ保持部材からの放射光を遮断することが可能となる（図10）。また、2枚という少ないレンズ枚数からなる構成には、レンズ面での光の入射・射出の回数が減るため、光量の損失を最小限に抑える効果がある。その結果、光学系としては比較的高い透過率を確保することができ、面間反射の発生を抑えてS/N比の低下を防止することができる。さらに、第1レンズが両凹形状又は物体側に凹のメニスカス形状を有することによって、2枚という少ない枚数のもとで球面収差を良好に補正する効果が得られる。

[0027] 絞りを第2レンズと像面との間に配置すると、軸上光と周辺光の通過位置が似通ってしまうが、第1レンズと第2レンズにそれぞれ非球面を少なくとも1面用いることで収差補正は容易になる。例えば、第1レンズと第2レンズとの間に絞りを配置した場合、軸上光と周辺光の通過位置が異なるため、画面中心と画面周辺とで発生する異なる感度の収差の補正を個別に行うことが可能となり、その結果、収差補正が比較的容易になる。それに対し、絞りを第2レンズと像面との間に配置した構成では、上記のように軸上光と周辺光の通過位置が似通ってしまうため、上記個別の補正効果が薄くなってしまい収差補正が難しくなる。

[0028] そこで、第1レンズと第2レンズのそれぞれ少なくとも1面を非球面とすることにより、非点収差、球面収差、コマ収差等を軸上のみならず周辺についても良好に補正することを可能としている。そして、良好な収差補正を行うためには、第1レンズは軸上から周辺に行くに従い基準曲率よりきつくなる（すなわち曲率半径が小さくなる）形状の非球面を有することが望ましく、第2レンズは軸上から周辺に行くに従い基準曲率より緩くなる（すなわち曲率半径が大きくなる）形状の非球面を有することが望ましい。

[0029] 赤外線用光学系の使用波長帯は、遠赤外用としては $8 \sim 14 \mu\text{m}$ 、中赤外用としては $3 \sim 5 \mu\text{m}$ が一般的である。それ以外の波長域、例えば $5 \sim 8 \mu\text{m}$ 帯や $2.5 \sim 3 \mu\text{m}$ 帯は大気中での水や二酸化炭素の吸収が多いのであまり一般的ではなく、また、波長 $3.6 \sim 5 \mu\text{m}$ の光が撮像センサーに入るとS/N比が低下して検出感度が低下してしまうおそれがある。そこで、波長 $3.1 \sim 3.5 \mu\text{m}$ の光のみを透過させる特性のバンドパスフィルターを、絞りと同様、第2レンズと像面との間に配置している。

[0030] 第2レンズと像面との間にバンドパスフィルターを有する構成では、バンドパスフィルターをコールドアパーチャー近傍に配置することができるため、バンドパスフィルターをコールドアパーチャーと同様に冷却することがメカ構成上可能となる。そして、バンドパスフィルターを冷却することで、バンドパスフィルターからの放射光を最小限に低減する効果が得られる。したがって、コールドアパーチャーの像側にバンドパスフィルターを配置してもよく、コールドアパーチャーの物体側にバンドパスフィルターを配置してもよい。

[0031] 波長 $3.1 \sim 3.5 \mu\text{m}$ の間には、メタン、プロパン等さまざまな炭化水素系の物質の吸収波長帯が存在している。それらの物質を感度良く検知するには、この程度の波長幅で透過させることが望ましい。広すぎると波長幅に対して吸収帯の割合が狭くなり、狭すぎると信号の絶対量が減ってしまい暗くなりすぎてしまう。

[0032] 前記バンドパスフィルターは、波長 $3.2 \sim 3.4 \mu\text{m}$ の光のみを透過させる特性を有することが更に望ましい。この透過特性を有するバンドパスフィルターであれば、上記観点に基づく効果をより一層大きくすることができる。

[0033] バンドパスフィルターで波長帯を制限する場合、レンズ系が明るくなるようにFナンバーを設定することが、光量を確保するために望ましい。つまり、 $3.1 \sim 3.5 \mu\text{m}$ や更には $3.2 \sim 3.4 \mu\text{m}$ の波長帯では、光量が不足する可能性があるので、レンズ系には通常より明るいFナンバーが要求さ

れる。したがって、波長 $3\sim 5\mu\text{m}$ 帯を使用する赤外線用光学系としては、Fナンバーが 1.5 以下に明るいこと($F\text{no}\leq 1.5$)が望ましい。なお、波長 $3\sim 5\mu\text{m}$ 帯の通常の赤外線用光学系では、通常4程度のFナンバーである。

[0034] 第1レンズと第2レンズにそれぞれ非球面を少なくとも1面付加しているため、軸上と周辺での局所的な曲率を変えることが可能となり、それによって軸上と軸外で個別に収差を補正することが可能となるが、F値の明るいレンズ系を達成しつつ非点収差と球面収差をバランス良く補正するためには、それに加えて条件式(1)、(2)の範囲を満足することがさらに望ましい。

[0035] 条件式(1)、(2)は、第1、第2レンズのシェイプファクターを規定している。条件式(1)及び(2)を満足することにより、歪曲収差と球面収差と非点収差とをバランス良く補正することができる。条件式(1)の上限内であれば、非点収差と歪曲とのバランスを取ることが容易になり、条件式(1)の下限内であれば、球面収差と歪曲とのバランスを取ることが容易になる。条件式(2)の上限内であれば、球面収差と歪曲とのバランスを取ることが容易になり、条件式(2)の下限内であれば、非点収差と歪曲とのバランスを取ることが容易になる。したがって、条件式(1)、(2)の範囲であることが望ましい。また、電氣的に歪曲補正や周辺照度補正を行うことが更に望ましい。

[0036] 上記特徴的構成によると、冷却センサーに搭載可能であって、2枚という少ないレンズ枚数で透過率が高くS/N比及び光学性能の良好な赤外線用光学系及び撮像光学装置を実現することができる。そして、その赤外線用光学系又は撮像光学装置を、ガス検知装置、カメラシステム(例えば、監視カメラ、航空機カメラ)等のデジタル機器に用いることによって、デジタル機器に対し高性能の赤外線画像入力機能を安価に付加することが可能となり、デジタル機器の低コスト化、高性能化、高機能化等に寄与することができる。冷却センサー対応の赤外線用光学系を、上記のようにS/N比と光学性能を

良好に両立させながらレンズ2枚でも実現可能とし、こういった効果をバランス良く得るとともに、更に高い光学性能，軽量・小型化等を達成するうえで望ましい条件設定等を以下に説明する。

[0037] 以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$0.9 < t_2 / FL < 1.4 \quad \dots (3)$$

ただし、

t_2 : 第1レンズの像側面から第2レンズの物体側面までの光軸上での距離、

FL : 全系の焦点距離、

である。

[0038] 条件式(3)は、第1，第2レンズ間隔に関する好ましい条件範囲を規定している。条件式(3)の下限を下回ると、第1レンズと第2レンズとの間隔が狭くなり、軸上光束と軸外光束の通過位置をずらすことが難しくなるため、軸上の収差と軸外の収差を個別に補正することが難しい傾向となる。また、条件式(3)の上限を上回ると、光学系の全長が増大傾向となり、ひいてはレンズ径の増大により加工が難しくなるおそれがある。したがって、この条件式(3)の範囲内が望ましく、条件式(3)を満たすことにより、全長の増大を抑えながら軸上と軸外の収差をバランス良く補正してF値の明るいレンズを達成することができ、小型化と高性能化を効果的に両立させることが可能となる。

[0039] 以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

$$-2.2 < f_1 / FL < -1.4 \quad \dots (4)$$

ただし、

f_1 : 第1レンズの焦点距離、

FL : 全系の焦点距離、

である。

[0040] 条件式(4)は、非球面を少なくとも1面有する第1レンズのパワーに関する好ましい条件範囲を規定している。条件式(4)の下限を下回ると、第

1 レンズのパワーが弱くなりすぎて、非球面を配置しても顕著な収差補正効果を得ることが難しい傾向となる。条件式（４）の上限を上回ると、第１レンズのパワーが強くなりすぎて、レンズ系とセンサーと間に絞りを配置しつつ収差を良好に補正することが難しい傾向となる。したがって、この条件式（４）の範囲内が望ましく、条件式（４）を満たすことにより、第１レンズに配置した非球面の効果を最大限に発揮することが可能になる。

[0041] 以下の条件式（５）を満足することが望ましい。

$$1. \quad 0 < f_2 / FL < 1.2 \quad \dots (5)$$

ただし、

f_2 : 第２レンズの焦点距離、

FL : 全系の焦点距離、

である。

[0042] 条件式（５）は、非球面を少なくとも１面有する第２レンズのパワーに関する好ましい条件範囲を規定している。条件式（５）の下限を下回ると、第２レンズのパワーが強くなりすぎて非点収差が増大し、それを第１レンズのみで補正することが難しい傾向となる。条件式（５）の上限を上回ると、第２レンズのパワーが弱くなることで、全長を抑えながら球面収差や非点収差を良好に抑えることが難しい傾向となる。また、全長の増大や第１レンズの有効径の増大を招く傾向となる。したがって、この条件式（５）の範囲内が望ましく、条件式（５）を満たすことにより、第２レンズに配置した非球面の効果を最大限に発揮させて、諸収差（非点収差、球面収差等）の良好な補正と小型化とをバランス良く両立させることが可能になる。

[0043] 前記第１，第２レンズがゲルマニウム（Ge）又はシリコン（Si）で構成されていることが望ましく、第１，第２レンズともシリコンであることが更に望ましい。シリコンやゲルマニウムのような高い屈折率の材料を使用すると、レンズに対する入射角・反射角を小さくすることができ、各レンズ面での収差発生量を抑える効果が得られる。各レンズ面での収差発生量が多いと、その収差補正のためにレンズを多数配置する必要があり、その結果、面

間反射が増えてS/N比が悪化することになる。そこで、波長3～5 μm帯で透過率及び屈折率が高い代表的な硝材と言えば、ゲルマニウムやシリコンということになる。

[0044] 以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$-1.9 < f_1 / f_2 < -1.2 \quad \dots (6)$$

ただし、

f_1 : 第1レンズの焦点距離、

f_2 : 第2レンズの焦点距離、

である。

[0045] 条件式(6)は、第1レンズと第2レンズとの好ましいパワー比を規定している。条件式(6)の上限を上回ると、非点収差と歪曲収差とをバランス良く補正することが難しい傾向となる。条件式(6)の下限を下回ると、非点収差と球面収差とをバランス良く補正することが難しい傾向となる。また、条件式(6)の下限を下回ると、第2レンズのパワーと比較して第1レンズのパワーが弱くなるので、レトロフォーカス度合いが薄れ、全系の焦点距離を保持しようとするれば全長の増大を招くおそれがある。したがって、この条件式(6)の範囲内が望ましく、条件式(6)を満たすことにより、全長の増大を抑えながら球面収差、非点収差及び歪曲収差をバランス良く補正しつつF値の明るいレンズを達成することが可能になる。

[0046] 以下の条件式(7)を満足することが望ましい。

$$1.5 < BF / FL < 1.8 \quad \dots (7)$$

ただし、

BF : 第2レンズの像側面から像面までの空気換算長、

FL : 全系の焦点距離、

である。

[0047] 条件式(7)は、バックフォーカスに関する好ましい条件範囲を規定している。条件式(7)の上限を下回ると、レトロフォーカスを構成する各群のパワーを抑えることができ、その結果、各群での収差発生を効果的に抑制す

ることができる。条件式（７）の下限を上回ると、レンズ－センサー間にコールドシールドを配置する十分なスペースを効果的に確保することができる。また、バックフォーカスが条件式（７）の範囲内であると、レンズ－センサー間にコールドシールドを配置するスペースの確保が容易になるとともに、逆にバックフォーカスを作為的に伸ばすことに起因する収差の悪化も比較的少なく済む。したがって、この条件式（７）の範囲内が望ましく、条件式（７）を満たすことにより、レンズとセンサーと間にコールドシールドを配置しつつ収差を良好に補正することが可能となる。

[0048] 前記第１，第２レンズのいずれの面にも、表面レリーフ状の回折面又はフレネル面を有しないことが望ましい。波長 $8\sim 14\mu\text{m}$ 帯のいわゆる遠赤外線を使用する光学系では、回折面を使用して色収差を補正することが行われている。しかし、回折面では高次項による回折光が発生してゴースト光やフレア成分になりやすい。また、回折面の特性上、どうしても立ち壁が発生するが、この立ち壁での反射・屈折は上記と同様のゴースト光やフレア成分が発生する原因となる。冷却センサーは感度が高いので、これら不要光は大きなノイズ要因となって S/N 比を低下させるおそれがある。これは表面レリーフ状の回折面に限らず、フレネル面でも同様である。

[0049] 前記絞りがコールドシールドの一部からなるコールドアパーチャーであることが望ましい。絞りを冷却することで（いわゆるコールドアパーチャーとすることで）、例えば、保持部材からの放射光を遮断することができる。また、絞り自体からの放射光の発生を抑える効果もある。

[0050] 以上説明した赤外線用光学系は、赤外線画像入力機能付きデジタル機器（例えば、赤外線カメラ付きガス漏れ検知システム）用の撮像光学系としての使用に適しており、これを撮像用の冷却センサー等と組み合わせることにより、被写体の赤外線映像を光学的に取り込んで電気的な信号として出力する赤外線用撮像光学装置を構成することができる。撮像光学装置は、被写体の静止画撮影や動画撮影に用いられるカメラの主たる構成要素を成す光学装置であり、例えば、物体（すなわち被写体）側から順に、物体の赤外線光学像

を形成する赤外線用光学系と、その赤外線用光学系により形成された赤外線光学像を電氣的な信号に変換する撮像センサー（例えば、冷却センサーに相当する。）と、を備えることにより構成される。そして、撮像センサーの受光面（すなわち撮像面）上に被写体の赤外線光学像が形成されるように、前述した特徴的構成を有する赤外線用光学系が配置されることにより、小型・低コストで高い性能を有する撮像光学装置やそれを備えたデジタル機器を実現することができる。

[0051] 赤外線画像入力機能付きデジタル機器の例としては、赤外線カメラ、監視カメラ、航空機カメラ、船舶用カメラ、火災検知用カメラ等が挙げられ、また、ガス検知装置、ガス漏れ検知システム、暗視装置、サーモグラフィー、インフラ監視用システム（高圧電線・工場内・プラント内での異常熱源の監視、構造物の劣化監視等）等が挙げられる。

[0052] 上記の例から分かるように、赤外線用の撮像光学装置を用いることにより赤外線カメラシステムを構成することができるだけでなく、その撮像光学装置を各種機器に搭載することにより赤外線カメラ機能、暗視機能、温度測定機能等を付加することが可能である。例えば、炭化水素系の物質（メタン、エタン、プロパン、ブタン等）に特有の吸収波長帯の赤外線吸収によるコントラスト差を撮影する機能を、赤外線画像入力機能として備えた赤外線カメラ付きガス検知装置を構成することにより、可視光では捕らえられないガス漏れ等を検知することが可能である。

[0053] 赤外線画像入力機能付きデジタル機器の一例として、図 11 にデジタル機器 D U の概略構成例を模式的断面で示す。図 11 に示すデジタル機器 D U に搭載されている撮像光学装置 L U は、物体（すなわち被写体）側から順に、物体の赤外線光学像（像面） I M を形成する赤外線用光学系 L N（A X：光軸）と、赤外線用光学系 L N により受光面（撮像面） S S 上に形成された光学像 I M を電氣的な信号に変換する撮像センサー（冷却センサー） S R と、を備えている。赤外線用光学系 L N は、2 枚の単レンズと、コールドアパーチャーと、バンドパスフィルターと、からなる 2 枚構成の単焦点撮影光学系

であり、撮像センサー S R の光電変換部である受光面 S S 上に赤外線からなる光学像 I M を形成する構成になっている。

[0054] 赤外線用光学系 L N に内蔵のバンドパスフィルター以外の平行平面板を、必要に応じて配置してもよい。そのような平行平面板として、例えば、冷却部 C U を構成するコールドシールド C S (図 9, 図 10) を密閉するために、コールドアパーチャー近傍にウィンドウ W I (図 9, 図 10) を配置してもよく、耐傷・耐薬品等を考慮して、最も物体側に位置する第 1 レンズの外側に、波長 3 ~ 5 μ m 帯の赤外線を通過するカバー部材や窓材を配置してもよい。また、撮像光学装置 L U で画像入力機能付きデジタル機器 D U を構成する場合、通常そのボディ内部に撮像光学装置 L U を配置することになるが、カメラ機能を実現する際には必要に応じた形態を採用することが可能である。例えば、ユニット化した撮像光学装置 L U をデジタル機器 D U の本体に対して着脱可能又は回動可能に構成することが可能である。

[0055] デジタル機器 D U は、撮像光学装置 L U の他に、信号処理部 1, 制御部 2, メモリー 3, 操作部 4, 表示部 5 等を備えている。撮像センサー S R で生成した信号は、信号処理部 1 で所定のデジタル画像処理や画像圧縮処理等が必要に応じて施され、デジタル映像信号としてメモリー 3 (半導体メモリー, 光ディスク等) に記録されたり、場合によってはケーブルを介したり赤外線信号等に変換されたりして他の機器に伝送される (例えば携帯電話の通信機能)。制御部 2 はマイクロコンピュータからなっており、撮影機能 (静止画撮影機能, 動画撮影機能等), 画像再生機能等の機能の制御; フォーカシング等のためのレンズ移動機構の制御等を集中的に行う。例えば、被写体の静止画撮影, 動画撮影のうちの少なくとも一方を行うように、制御部 2 により撮像光学装置 L U に対する制御が行われる。表示部 5 は液晶モニター等のディスプレイを含む部分であり、撮像センサー S R によって変換された画像信号あるいはメモリー 3 に記録されている画像情報を用いて画像表示を行う。操作部 4 は、操作ボタン (例えばリリースボタン), 操作ダイヤル (例えば撮影モードダイヤル) 等の操作部材を含む部分であり、操作者が操作入

力した情報を制御部 2 に伝達する。

[0056] 図 1, 図 3, 図 5, 図 7 に、無限遠合焦状態にある赤外線用光学系 L N の第 1 ～第 4 の実施の形態を光学断面でそれぞれ示す。第 1 ～第 4 の実施の形態のいずれについても、赤外線用光学系 L N は、物体側から像側へかけて、負のパワーを有する第 1 レンズ L 1 と、正のパワーを有する第 2 レンズ L 2 と、絞り（コールドアパーチャー）S T と、が配置されており（パワーについてはすべて近軸での値とする。）、第 2 レンズ L 2 と像面 I M との間には、絞り S T の他にバンドパスフィルター B P F が配置されている。バンドパスフィルター B P F は、絞り S T の像面 I M 側又は物体側において絞り S T の近傍に配置されている。

[0057] 第 1, 第 2 の実施の形態において、第 1 レンズ L 1 は両凹形状を有する負レンズであり、第 3, 第 4 の実施の形態において、第 1 レンズ L 1 は物体側に凹のメニスカス形状を有する負レンズである。第 1 ～第 4 の実施の形態のいずれにおいても、第 2 レンズ L 2 は両凸形状を有する正レンズであり、第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 の各物体側面は非球面で構成されている。第 1, 第 3 の実施の形態において第 1 レンズ L 1 はシリコンで構成されており、第 2, 第 4 の実施の形態において第 1 レンズ L 1 はゲルマニウムで構成されており、第 1 ～第 4 の実施の形態において第 2 レンズ L 2 はシリコンで構成されている。

[0058] 第 1 ～第 4 の実施の形態のいずれにおいても、コールドアパーチャー S T 近傍には、前述した冷却部 C U（図 1 1）を密閉するためのウィンドウ W I が配置されることがあるが、冷却効果が十分であれば省略してもよい。また、最も物体側に位置する第 1 レンズ L 1 の外側には、耐傷・耐薬品等を考慮して該当する赤外線を通過するカバー部材又は窓材を配置してもよい。

実施例

[0059] 以下、本発明を実施した赤外線用光学系の構成等を、実施例のコンストラクションデータ等を挙げて更に具体的に説明する。ここで挙げる実施例 1 ～ 4（E X 1 ～ 4）は、前述した第 1 ～第 4 の実施の形態にそれぞれ対応する

数値実施例であり、第1～第4の実施の形態を表すレンズ構成図（図1，図3，図5，図7）は、対応する実施例1～4のレンズ断面形状，レンズ配置等をそれぞれ示している。

[0060] 各実施例のコンストラクションデータでは、面データとして、左側の欄から順に、面番号（OB：物面，ST：絞り面，IM：像面），近軸における曲率半径R（mm），軸上面間隔d（mm），波長 $3.3\mu\text{m}$ に対する屈折率 $N_{3.3}$ ，及び波長 $3\sim 5\mu\text{m}$ に対する分散値 ν を示す。分散値 ν は分散の性質を表し、 $\nu = (N_4 - 1) / (N_3 - N_5)$ で定義される（ただし、 N_3 ：波長 $3\mu\text{m}$ に対する屈折率， N_4 ：波長 $4\mu\text{m}$ に対する屈折率， N_5 ：波長 $5\mu\text{m}$ に対する屈折率である。）。表1に、シリコン（Si）とゲルマニウム（Ge）の屈折率 N_5 ， N_4 ， $N_{3.3}$ ， N_3 及び分散値 ν を示す。

[0061] 面番号に*が付された面は非球面であり、その面形状は面頂点を原点とするローカルな直交座標系（x，y，z）を用いた以下の式（AS）で定義される。非球面データとして、非球面係数等を示す。なお、各実施例の非球面データにおいて表記の無い項の係数は0であり、すべてのデータに関して $E - n = \times 10^{-n}$ である。

$$z = (C \cdot h^2) / [1 + \sqrt{\{1 - (1 + K) \cdot C^2 \cdot h^2\}}] + \sum (A_i \cdot h^i) \quad \dots (AS)$$

ただし、

h：z軸（光軸AX）に対して垂直な方向の高さ（ $h^2 = x^2 + y^2$ ）、

z：高さhの位置での光軸AX方向のサグ量（面頂点基準）、

C：面頂点での曲率（近軸曲率半径Rの逆数）、

K：円錐定数、

A_i ：i次の非球面係数（ $\sum$ はiについて4次から ∞ 次の総和を表す。）、である。

[0062] 表2に、各種データとして、全系の焦点距離FL（mm），Fナンバー（Fno），全画角 2ω （°），レンズ全長TT（mm），バックフォーカス

B F (mm), 像高 Y' (mm), 第1レンズL1の焦点距離 f_1 (mm), 第2レンズL2の焦点距離 f_2 (mm), 第1レンズL1の物体側面の曲率半径 r_1 (mm), 第1レンズL1の像側面の曲率半径 r_2 (mm), 第2レンズL2の物体側面の曲率半径 r_3 (mm), 第2レンズL2の像側面の曲率半径 r_4 (mm), 及び第1レンズL1と第2レンズL2との間隔 t_2 (mm)を示し、表3に各実施例の条件式対応値を示す(いずれも波長 $3.3 \mu\text{m}$ での値である。)。表2中のバックフォーカスB Fは、レンズ最終面から近軸像面までの距離を空気換算長により表記しており(バンドパスフィルターB P Fは空気換算長に変換している。)、レンズ全長T Tは、レンズ最前面(第1レンズL1の物体側面)からレンズ最終面までの距離にバックフォーカスB Fを加えたものである。

[0063] 図2, 図4, 図6, 図8は、実施例1~4 (EX1~4)にそれぞれ対応する収差図であり、(A)は球面収差図、(B)は非点収差図、(C)は歪曲収差図である。球面収差図は、実線で示す設計波長(評価波長) $3.3 \mu\text{m}$ における球面収差量、一点鎖線で示す波長 $3.1 \mu\text{m}$ における球面収差量、破線で示す波長 $3.5 \mu\text{m}$ における球面収差量を、それぞれ近軸像面からの光軸AX方向のズレ量(mm)で表しており、縦軸はFナンバーを表している。非点収差図において、破線Tは設計波長 $3.3 \mu\text{m}$ におけるタンジェンシャル像面、実線Sは設計波長 $3.3 \mu\text{m}$ におけるサジタル像面を、近軸像面からの光軸AX方向のズレ量(mm)で表しており、縦軸は半画角 ω (°)を表している。歪曲収差図において、横軸は設計波長 $3.3 \mu\text{m}$ における歪曲(%)を表しており、縦軸は半画角 ω (°)を表している。

[0064] 実施例1

単位: mm

面データ

面番号	R	d	N3.3	ν	有効半径
1(0B)	∞	∞			-
2*	-83.476	5.000	3.433	234(L1)	14.2

3	5174.121	25.418			14.9
4*	105.238	10.000	3.433	234(L2)	26.8
5	-113.160	13.400			27
6(ST)	∞	1.700			12.7
7	∞	1.200	4.036	103(BPF)	12.2
8	∞	20.003			12.1
9(IM)	∞	0.000			6.0

[0065] 非球面データ

面番号	K	A4	A6	A8	A10
2	11.55	-4.128E-06	-1.041E-09	-2.931E-11	4.833E-14
4	3.17	-2.003E-06	1.005E-10	4.855E-14	-3.662E-17

[0066] 実施例 2

単位 : mm

面データ

面番号	R	d	N3.3	ν	有効半径
1(OB)	∞	∞			-
2*	-143.837	4.000	4.036	103(L1)	14.2
3	413.819	28.282			14.6
4*	106.160	10.000	3.433	234(L2)	26.3
5	-119.674	12.000			26
6(ST)	∞	1.700			13.8
7	∞	1.200	4.036	103(BPF)	13.3
8	∞	22.000			13.2
9(IM)	∞	0.000			6.0

[0067] 非球面データ

面番号	K	A4	A6	A8	A10
2	-8.49	-5.349E-06	-2.457E-09	-2.164E-11	2.921E-14
4	3.88	-1.937E-06	7.364E-11	-5.843E-15	-2.131E-17

[0068] 実施例 3

単位 : mm

面データ

面番号	R	d	N3.3	ν	有効半径
1(OB)	∞	∞			-
2*	-58.196	3.000	3.433	234(L1)	12.1
3	-269.298	22.620			12.5
4*	119.412	10.000	3.433	234(L2)	19.0
5	-92.346	15.500			19
6(ST)	∞	1.700			7.0
7	∞	1.200	4.036	103(BPF)	6.9
8	∞	17.700			6.9
9(IM)	∞	0.000			6.5

[0069] 非球面データ

面番号	K	A4	A6	A8	A10
2	9.01	-1.789E-06	-1.175E-10	-3.379E-12	6.887E-14
4	2.18	-2.112E-06	2.149E-10	7.382E-14	7.090E-17

[0070] 実施例 4

単位 : mm

面データ

面番号	R	d	N3.3	ν	有効半径
1(OB)	∞	∞			-
2*	-35.424	3.000	4.036	103(L1)	11.7
3	-62.798	20.412			12.6
4*	106.598	10.000	3.433	234(L2)	18.7
5	-96.492	14.800			8.0
6	∞	1.700	4.036	103(BPF)	7.2
7(ST)	∞	19.700			7.0

8(IM) ∞ 0.000 6.5

[0071] 非球面データ

面番号	K	A4	A6	A8	A10
2	3.89	5.696E-06	2.488E-08	-4.791E-11	7.010E-13
4	0.50	-2.291E-06	4.069E-10	-3.439E-13	7.321E-16

[0072] [表1]

	N5	N4	N3.3	N3	ν
Si	3.4256	3.4289	3.4332	3.4360	234
Ge	4.0153	4.0242	4.0362	4.0446	103

[0073] [表2]

各種データ				
	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
FL	20.1	20.1	20.0	20.0
Fno	1	1	1.5	1.5
2 ω	35.6	35.6	35.8	35.8
TT	75.82	78.28	70.82	68.34
BF	35.40	36.00	35.201	34.92
Y'	6.0	6.0	6.5	6.5
f1	-33.74	-34.97	-30.82	-29.17
f2	23.16	23.87	22.14	21.57
r1	-83.48	-143.84	-58.20	-35.42
r2	5174.12	413.81	-269.30	-62.80
r3	105.24	106.16	119.41	106.60
r4	-113.16	-119.67	-92.35	-96.49
t2	25.418	28.282	22.620	20.412

[0074] [表3]

条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
(1) $(r1+r2)/(r1-r2)$	-0.968	-0.484	-1.551	-3.588
(2) $(r3+r4)/(r3-r4)$	-0.036	-0.060	0.128	0.050
(3) $t2/FL$	1.26	1.41	1.13	1.02
(4) $f1/FL$	-1.68	-1.74	-1.54	-1.46
(5) $f2/FL$	1.15	1.19	1.11	1.08
(6) $f1/f2$	-1.46	-1.46	-1.39	-1.35
(7) BF/FL	1.76	1.79	1.76	1.75

符号の説明

[0075]	D U	デジタル機器
	L U	撮像光学装置
	C U	冷却部
	L N	赤外線用光学系
	L 1	第 1 レンズ
	L 2	第 2 レンズ
	S T	絞り（コールドアパーチャ）
	C S	コールドシールド
	W I	ウィンドウ
	B P F	バンドパスフィルター
	S R	撮像センサー（冷却センサー）
	S S	受光面（撮像面）
	I M	像面（光学像）
	A X	光軸
	1	信号処理部
	2	制御部
	3	メモリー
	4	操作部
	5	表示部

請求の範囲

[請求項1]

波長3～5 μm 帯を使用する赤外線用撮影光学系であって、

物体側から像側へかけて、負のパワーを有し両凹形状又は物体側に凹のメニスカス形状を有する第1レンズと、正のパワーを有し両凸形状を有する第2レンズと、絞りとからなり、かつ、前記第2レンズと像面との間にバンドパスフィルターを有し、

前記第1レンズと第2レンズがいずれも非球面を少なくとも1面有し、

前記バンドパスフィルターが波長3.1～3.5 μm の光のみを透過させる特性を有し、

以下の条件式(1)及び(2)を満足することを特徴とする赤外線用光学系；

$$-3.6 < (r_1 + r_2) / (r_1 - r_2) < -0.4 \quad \dots (1)$$

$$-0.2 < (r_3 + r_4) / (r_3 - r_4) < 0.2 \quad \dots (2)$$

ただし、

r_1 ：第1レンズの物体側面の曲率半径、

r_2 ：第1レンズの像側面の曲率半径、

r_3 ：第2レンズの物体側面の曲率半径、

r_4 ：第2レンズの像側面の曲率半径、

である。

[請求項2]

以下の条件式(3)を満足することを特徴とする請求項1記載の赤外線用光学系；

$$0.9 < t_2 / FL < 1.4 \quad \dots (3)$$

ただし、

t_2 ：第1レンズの像側面から第2レンズの物体側面までの光軸上での距離、

FL ：全系の焦点距離、

である。

[請求項3] 以下の条件式（４）を満足することを特徴とする請求項１又は２記載の赤外線用光学系；

$$-2.2 < f_1 / FL < -1.4 \quad \cdots (4)$$

ただし、

f_1 ：第１レンズの焦点距離、

FL ：全系の焦点距離、

である。

[請求項4] 以下の条件式（５）を満足することを特徴とする請求項１～３のいずれか１項に記載の赤外線用光学系；

$$1.0 < f_2 / FL < 1.2 \quad \cdots (5)$$

ただし、

f_2 ：第２レンズの焦点距離、

FL ：全系の焦点距離、

である。

[請求項5] 前記第１，第２レンズがゲルマニウム又はシリコンで構成されていることを特徴とする請求項１～４のいずれか１項に記載の赤外線用光学系。

[請求項6] 以下の条件式（６）を満足することを特徴とする請求項１～５のいずれか１項に記載の赤外線用光学系；

$$-1.9 < f_1 / f_2 < -1.2 \quad \cdots (6)$$

ただし、

f_1 ：第１レンズの焦点距離、

f_2 ：第２レンズの焦点距離、

である。

[請求項7] 以下の条件式（７）を満足することを特徴とする請求項１～６のいずれか１項に記載の赤外線用光学系；

$$1.5 < BF / FL < 1.8 \quad \cdots (7)$$

ただし、

B F : 第 2 レンズの像側面から像面までの空気換算長、

F L : 全系の焦点距離、

である。

[請求項8] 前記第 1, 第 2 レンズのいずれの面にも、表面レリーフ状の回折面又はフレネル面を有しないことを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の赤外線用光学系。

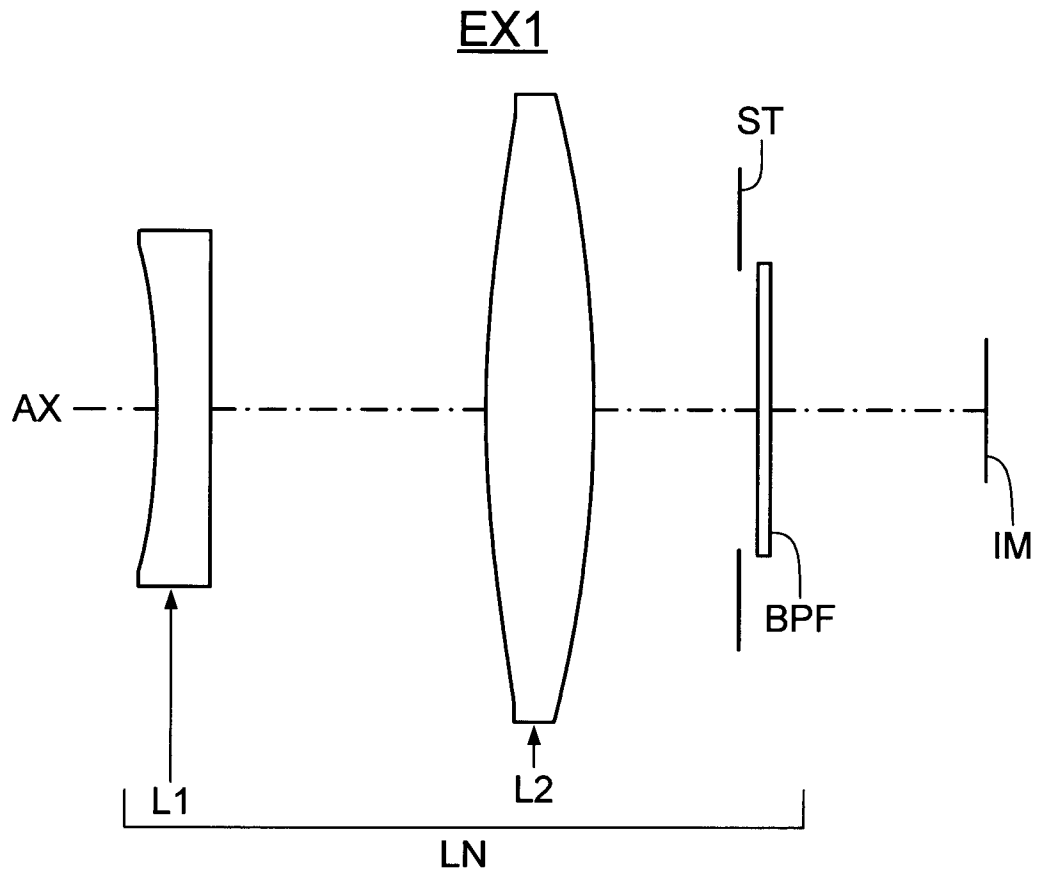
[請求項9] 前記絞りがコールドシールドの一部からなるコールドアパーチャーであることを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の赤外線用光学系。

[請求項10] 請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の赤外線用光学系と、撮像面上に形成された赤外線光学像を電気的な信号に変換する撮像センサーと、を備え、前記撮像センサーの撮像面上に被写体の赤外線光学像が形成されるように前記赤外線用光学系が設けられていることを特徴とする撮像光学装置。

[請求項11] 請求項 10 記載の撮像光学装置を備えることにより、被写体の静止画撮影、動画撮影のうちの少なくとも一方の機能が付加されたことを特徴とするデジタル機器。

[請求項12] 請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の赤外線用光学系を備えたことを特徴とする赤外線用カメラシステム。

[図1]

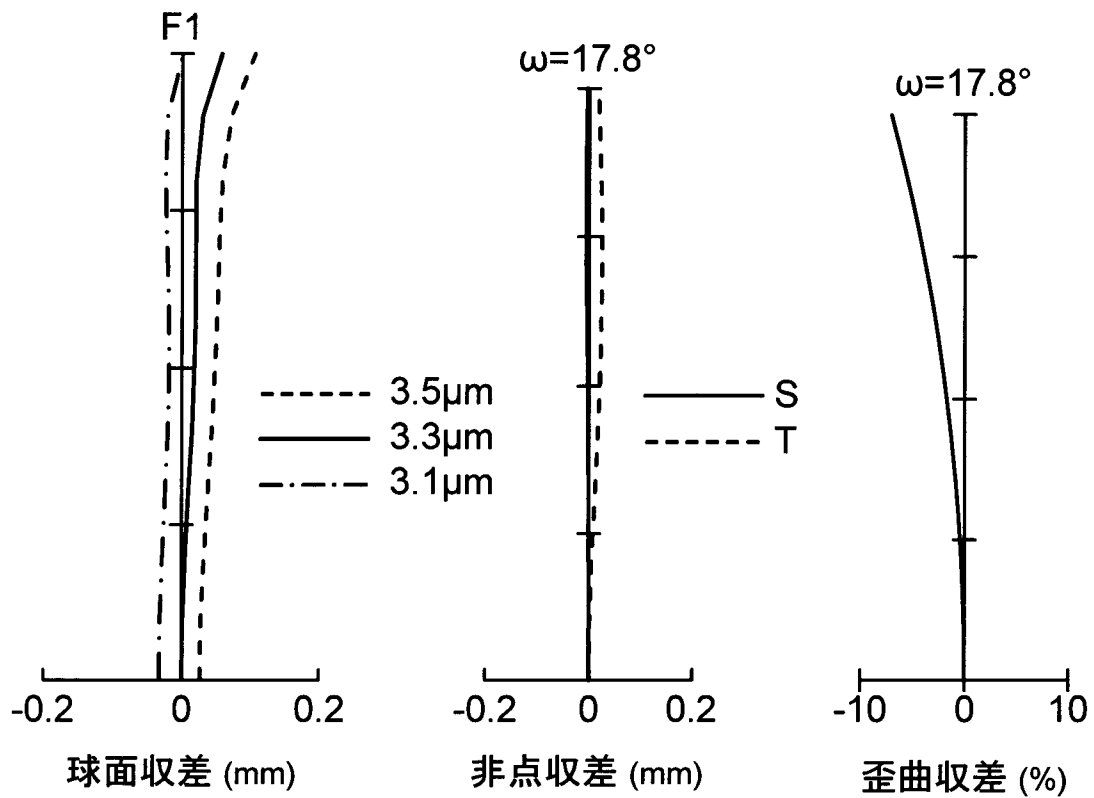


[図2]

(A) EX1

(B) EX1

(C) EX1

 $\omega = 17.8^\circ$ $\omega = 17.8^\circ$

----- 3.5μm
 ————— 3.3μm
 -.-.-.- 3.1μm

3.3μm

— · — · — 3.1 μm

_____ S
----- T

-----T

-0.2 0 0.2

球面収差 (mm)

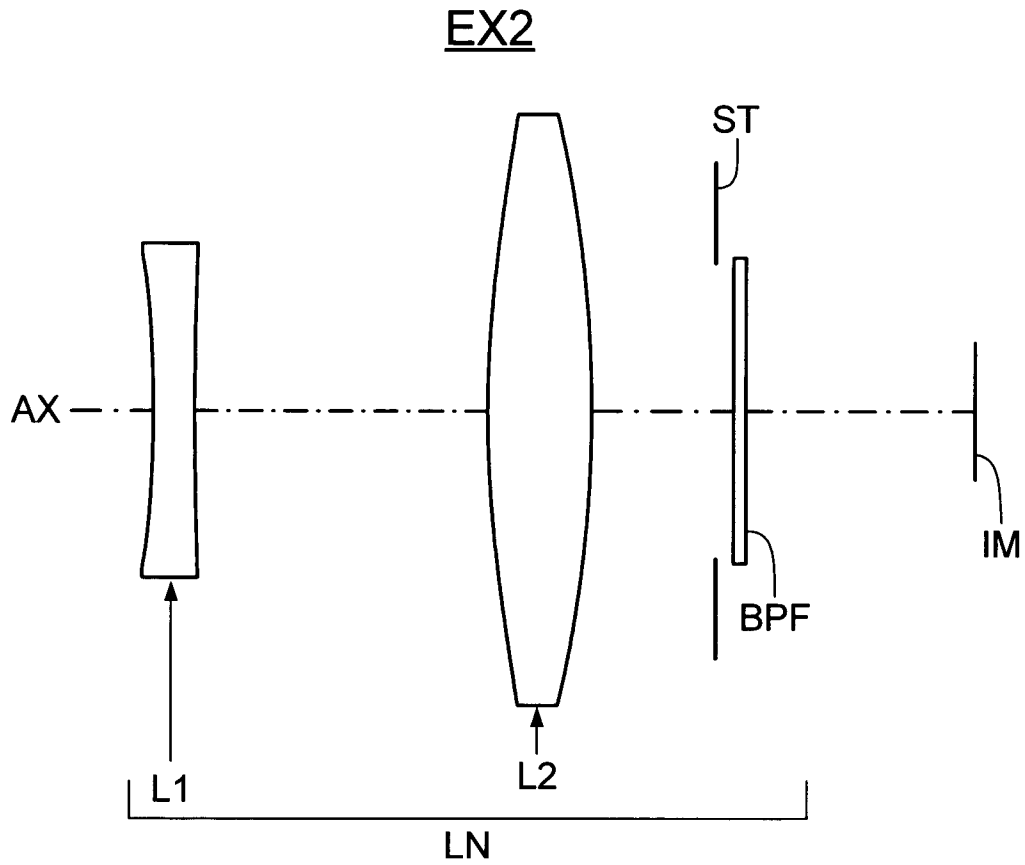
-0.2 0 0.2

非点収差 (mm)

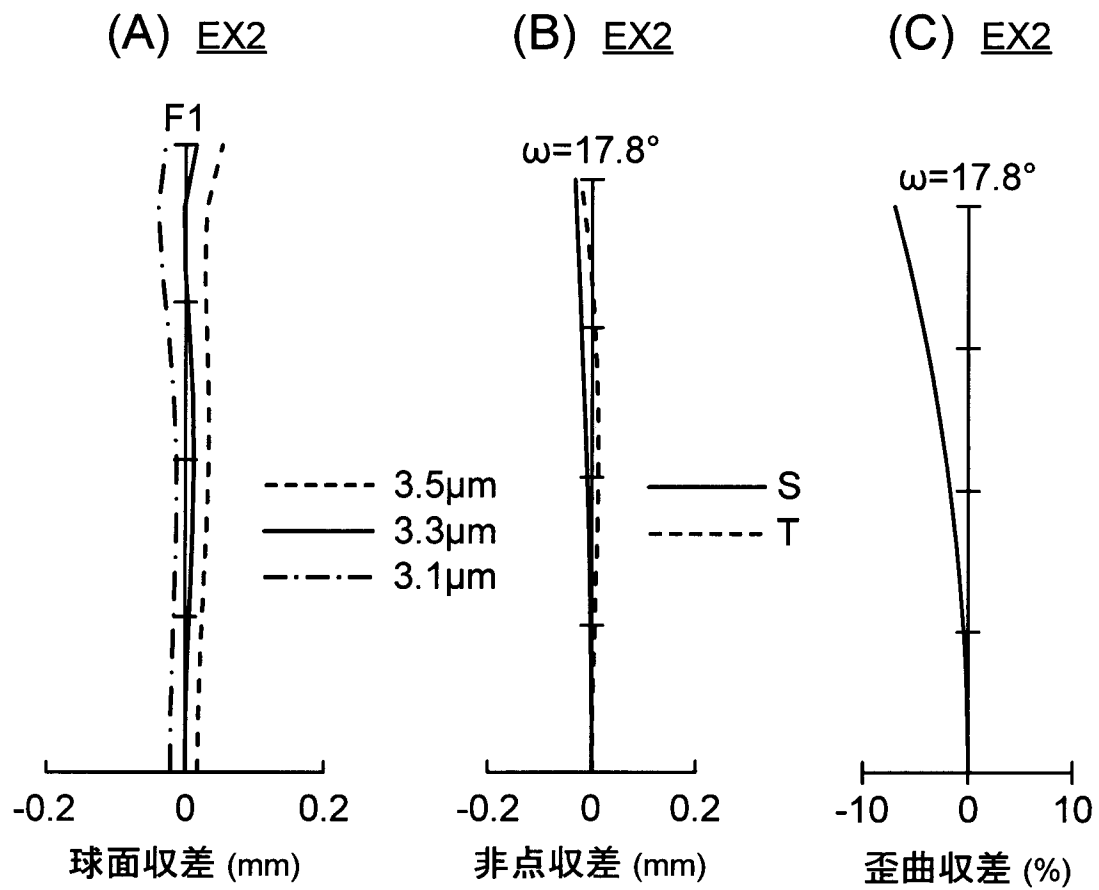
A horizontal number line with three tick marks. The tick mark on the left is labeled -10, the middle tick mark is labeled 0, and the tick mark on the right is labeled 10.

歪曲収差 (%)

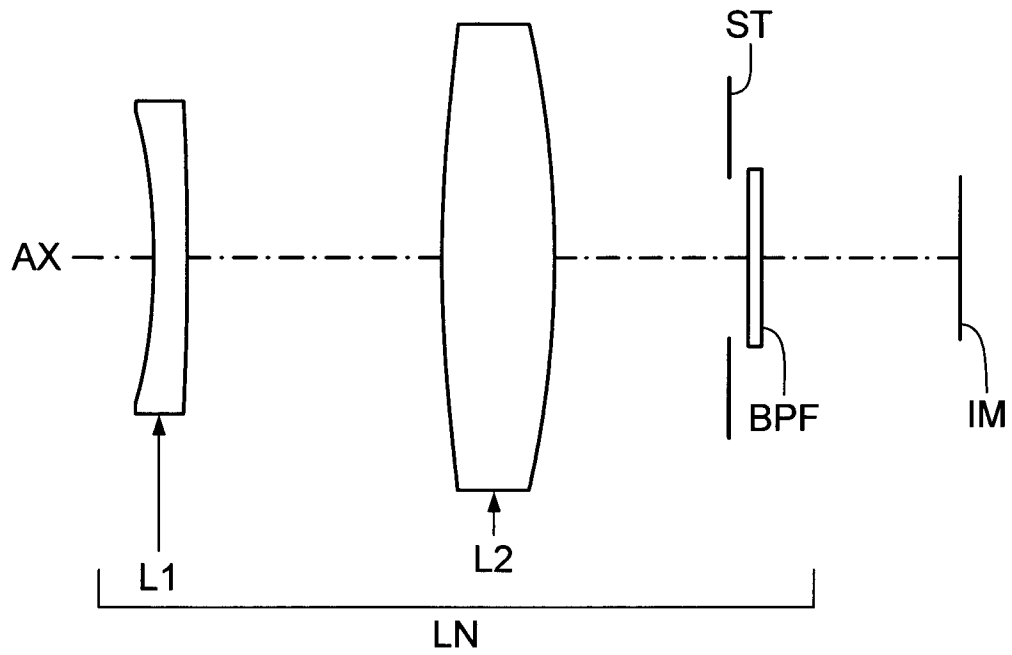
[図3]



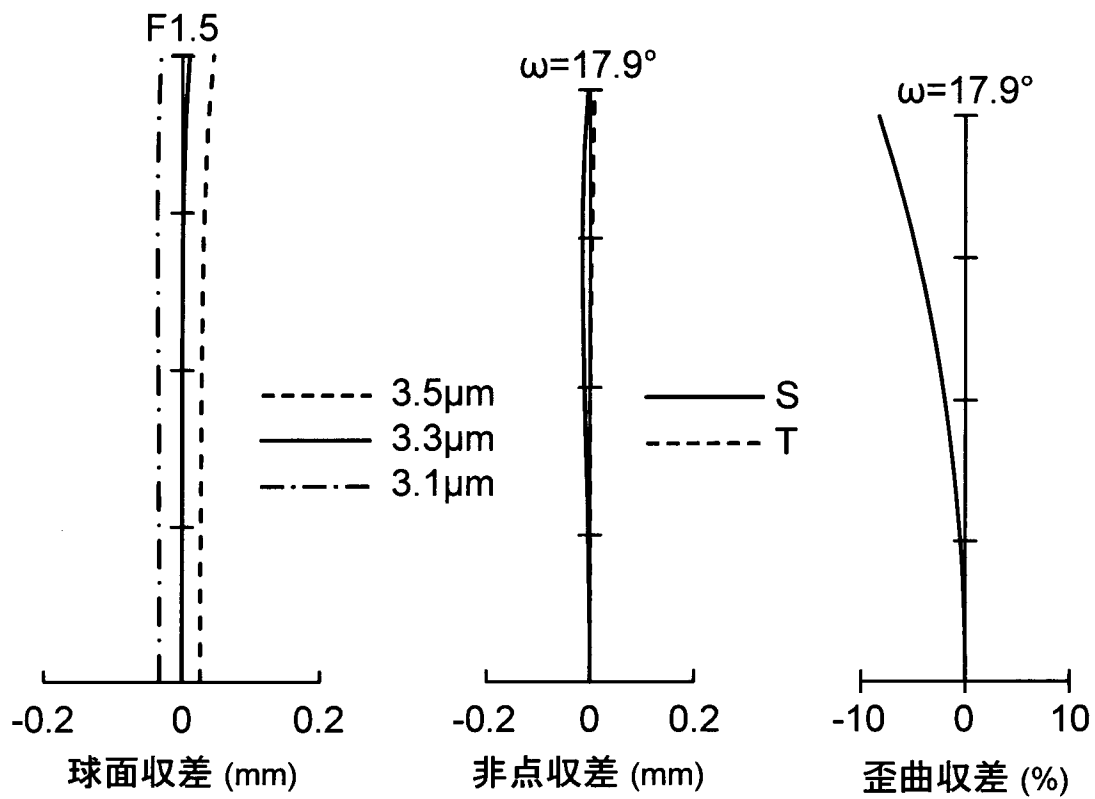
[図4]



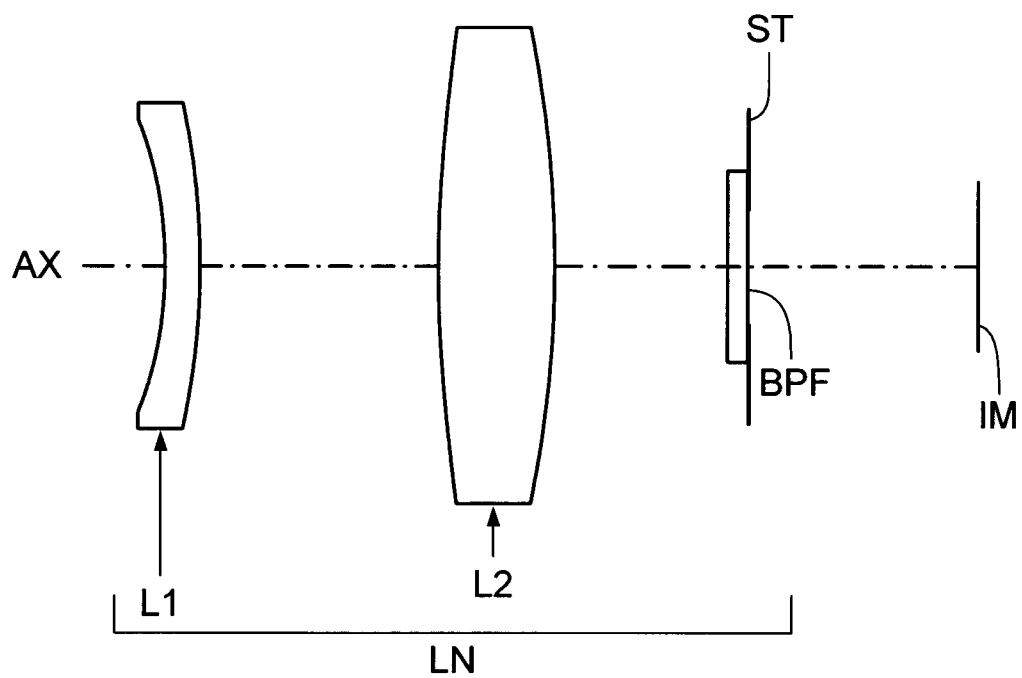
[図5]

EX3

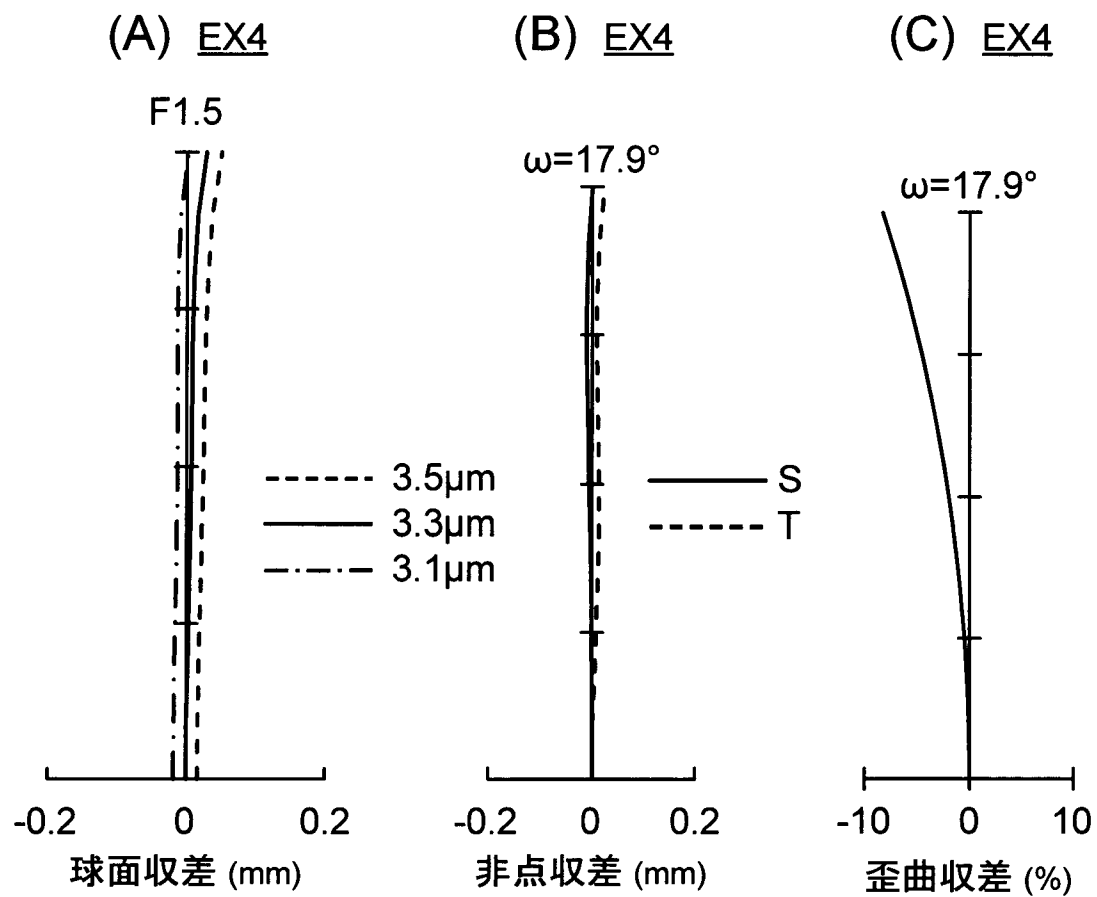
[図6]

(A) EX3(B) EX3(C) EX3

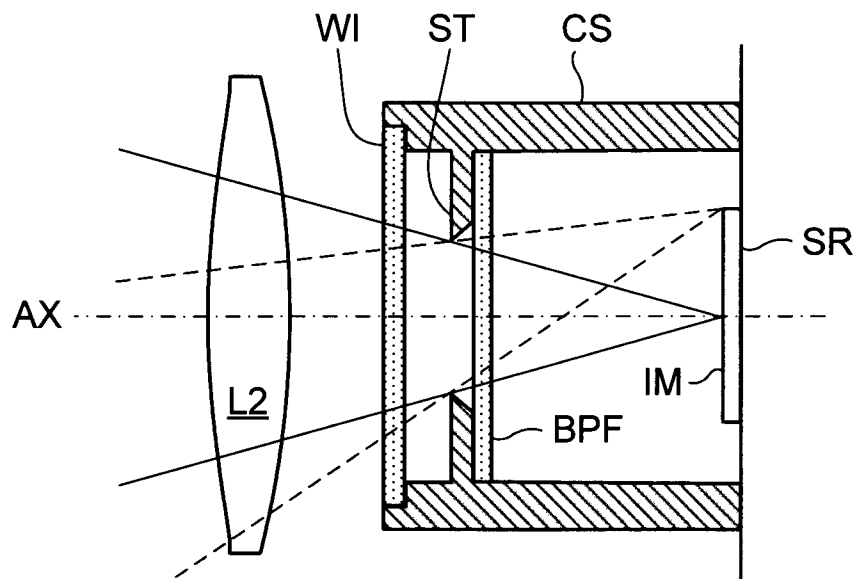
[図7]

EX4

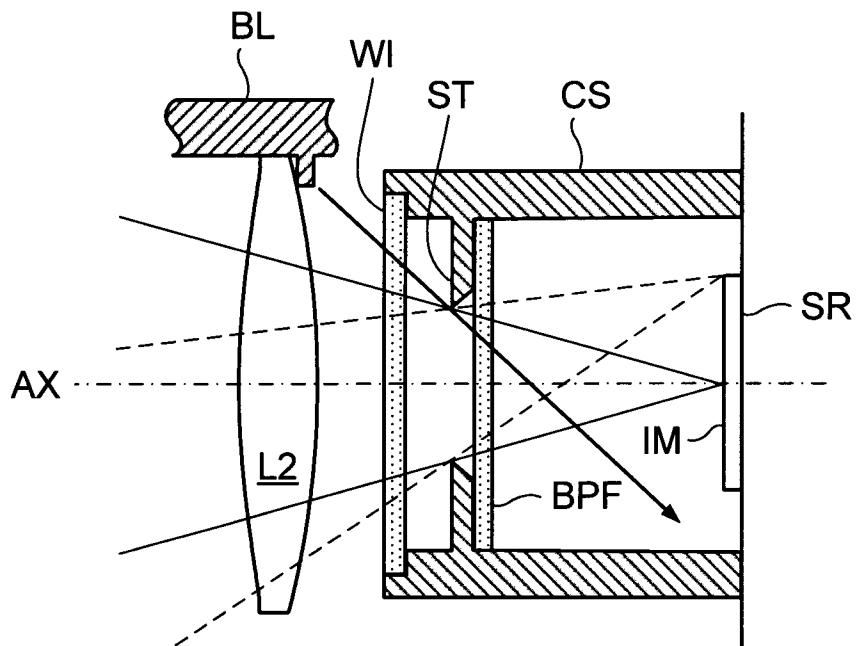
[図8]



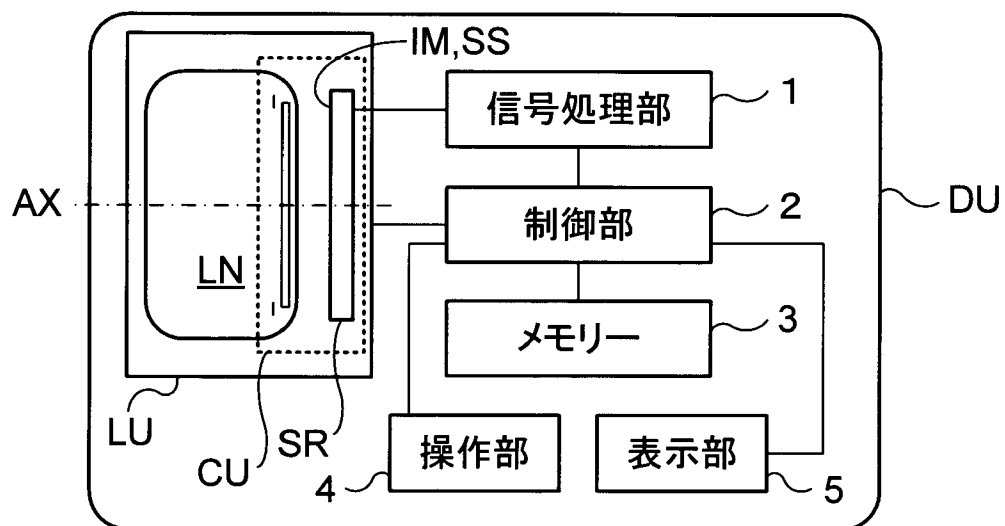
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/017394

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B13/14(2006.01)i, G02B13/04(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i, G03B9/02(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)

G02B13/14, G02B13/04, G02B13/18, G03B9/02

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
Y A	JP 2009-186625 A (Fujinon Corp.), 20 August 2009 (20.08.2009), example 7 (Family: none)	1, 3, 7-12 2, 4-6
Y A	JP 2006-337402 A (Nippon Zeon Co., Ltd.), 14 December 2006 (14.12.2006), example 1 (Family: none)	1, 3, 7-12 2, 4-6
Y A	JP 2013-195795 A (Tamron Co., Ltd.), 30 September 2013 (30.09.2013), paragraph [0001]; examples 1 to 12 & US 2015/0070754 A1 paragraph [0001]; examples 1 to 12 & WO 2013/141284 A1	1, 3, 7-12 2, 4-6

☒ 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
05 July 2017 (05.07.17)

Date of mailing of the international search report
18 July 2017 (18.07.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/017394

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2003-185919 A (Nikon Corp.), 03 July 2003 (03.07.2003), paragraph [0048]; fig. 1 (Family: none)	1, 3, 7-12 2, 4-6
A	US 2012/0229892 A1 (SAMSUNG TECHWIN CO., LTD.), 13 September 2012 (13.09.2012), entire text; all drawings & KR 10-2012-0103047 A	1-12
A	CN 203502651 U (NINGBO SUNNY INFRARED TECHNOLOGIES CO., LTD.), 26 March 2014 (26.03.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
A	WO 2016/027786 A1 (Konica Minolta, Inc.), 25 February 2016 (25.02.2016), entire text; all drawings (Family: none)	1-12
P, A	WO 2016/190243 A1 (Konica Minolta, Inc.), 01 December 2016 (01.12.2016), entire text; all drawings (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02B13/14(2006.01)i, G02B13/04(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i, G03B9/02(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. G02B13/14, G02B13/04, G02B13/18, G03B9/02

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 7 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 7 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 7 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
Y A	JP 2009-186625 A (フジノン株式会社) 2009.08.20, 実施例7等 (ファミリーなし)	1, 3, 7-12 2, 4-6
Y A	JP 2006-337402 A (日本ゼオン株式会社) 2006.12.14, 実施例1等 (ファミリーなし)	1, 3, 7-12 2, 4-6
Y A	JP 2013-195795 A (株式会社タムロン) 2013.09.30, 段落 [0001]、実施例1-12等 & US 2015/0070754 A1, 段落 [0001]、実施例1-12等 & WO 2013/141284 A1	1, 3, 7-12 2, 4-6

☑ 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

0 5 . 0 7 . 2 0 1 7

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 7 . 2 0 1 7

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

殿岡 雅仁

2 V

4 7 4 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 1

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
Y A	JP 2003-185919 A (株式会社ニコン) 2003. 07. 03, 段落 [0 0 4 8]、 図 1 等 (ファミリーなし)	1, 3, 7-12 2, 4-6
A	US 2012/0229892 A1 (SAMSUNG TECHWIN CO., LTD.) 2012. 09. 13, 全 文、全図 & KR 10-2012-0103047 A	1-12
A	CN 203502651 U (NINGBO SUNNY INFRARED TECHNOLOGIES COMPANY LTD) 2014. 03. 26, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-12
A	WO 2016/027786 A1 (コニカミノルタ株式会社) 2016. 02. 25, 全文、 全図 (ファミリーなし)	1-12
P, A	WO 2016/190243 A1 (コニカミノルタ株式会社) 2016. 12. 01, 全文、 全図 (ファミリーなし)	1-12