

(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
2016年2月25日(25.02.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/027783 A1

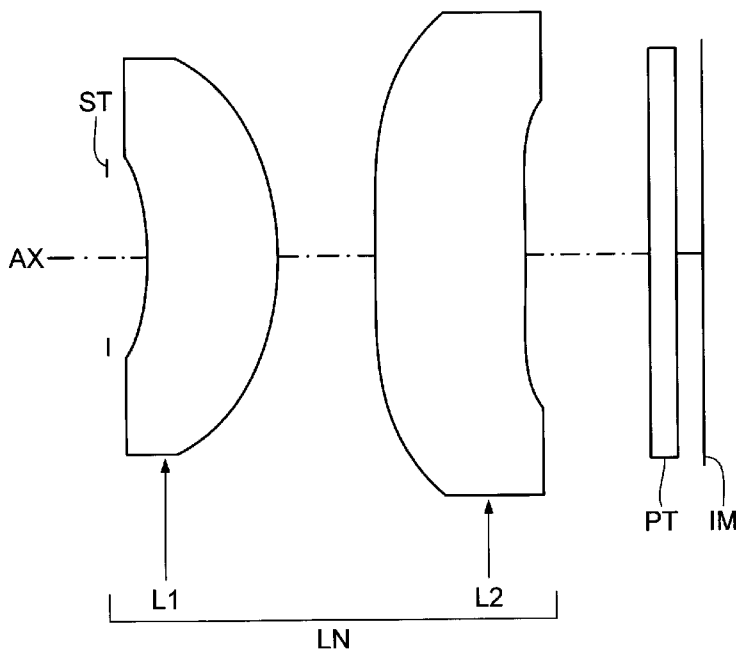
- (51) 国際特許分類:
G02B 13/14 (2006.01) G02B 13/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/073050
- (22) 国際出願日: 2015年8月17日(17.08.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-167600 2014年8月20日(20.08.2014) JP
特願 2015-059655 2015年3月23日(23.03.2015) JP
- (71) 出願人: コニカミノルタ株式会社(KONICA MINOLTA, 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: 杭迫 真奈美(KUISEKO Manami); 〒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). 山下 敦司(YAMASHITA Atsushi); 〒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). 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, 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, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, 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).

[続葉有]

(54) Title: FAR-INFRARED LENS, IMAGE-ACQUISITION OPTICAL DEVICE, AND DIGITAL EQUIPMENT

(54) 発明の名称: 遠赤外線レンズ, 撮像光学装置及びデジタル機器

EX1



(57) Abstract: This far-infrared lens is a lens system used in the far-infrared band. The lens is formed of two single lenses, namely, a first lens and a second lens in this order from the object side, satisfies the conditional expression $0.52 < fB/f < 0.97$ (fB : the air-equivalent distance between the image-side face of the second lens and the image plane; f : the focal length of the entire far-infrared lens system), and has a half angle of view greater than 30° .

(57) 要約: 遠赤外線レンズは、遠赤外線帯で使用されるレンズ系であって、物体側から順に、第1レンズと第2レンズの2枚の単レンズで構成され、条件式: $0.52 < fB/f < 0.97$ (fB : 第2レンズの像側面から像面までの空気換算距離、 f : 遠赤外線レンズ全系の焦点距離)を満足し、半画角が 30° よりも大きい。

WO 2016/027783 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：遠赤外線レンズ、撮像光学装置及びデジタル機器 技術分野

[0001] 本発明は、遠赤外線レンズ、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、遠赤外線（波長8～12 μ m帯）で使用する撮像レンズ系であって、特に半画角 ω が30°以上の広角でもレンズ枚数が2枚と少なく収差補正が良好に行われており、安価なカメラシステムに使用可能な遠赤外線レンズと、遠赤外線レンズにより得られた遠赤外線映像を撮像素子で取り込む撮像光学装置と、遠赤外線レンズ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] 監視カメラや防犯カメラ等の普及に伴い、安価で小型の遠赤外線レンズが必要とされている。遠赤外線レンズに用いられるレンズ材料は、一般的な光学ガラスに比べて高価であるため、レンズ体積は小さい方がコストが抑えられる。そのような観点から、レンズ2枚で構成された比較的広角な遠赤外線レンズが、特許文献1～4で提案されている。

先行技術文献

特許文献

- [0003] 特許文献1：US2013/0271852 A1
特許文献2：特開2013-195795号公報
特許文献3：US2012/0229892 A1
特許文献4：US6292293 B1

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記特許文献1～4に記載されている遠赤外線レンズでは、焦点距離で規格化した第2レンズの芯厚が薄くなっている。大型の遠赤外線センサーに対応するためにレンズ径が大型化すると材料コストが高くなるのでそれを補っ

たり、単に均質なレンズ材料の大きさの制限を受けたりすることから、レンズ芯厚を薄くした設計にしていると考えられる。しかしながら、最近では遠赤外線センサーも小型のものが安価に製造されるようになってきている。加えて、安価ではあってもセンサーの画素数が多いものが増えてきている。このようなセンサーに対してはより高性能で高精細なレンズ系が求められているが、第2レンズの芯厚が薄い場合、レンズの前面と後面とで異なる収差補正を行っていくため、少ないレンズ枚数の系では十分な収差補正を行うことができない。

[0005] 上記特許文献1～3では、焦点距離で規格化したバックフォーカスが長くなっている。また、遠赤外線レンズでは系の明るさが解像力にも影響するため、Fナンバーが1.2程度と明るくなっており、軸外光束もなるべく切らない構成になっている。このようなレンズ系では、バックフォーカスが長く像面から第2レンズまでの距離が長い場合、第2レンズの光軸から高い位置をFナンバー光線が通るため、第2レンズでの球面収差補正の負担が大きくなってしまう。また、軸上光束と軸外光束がほとんど同じ高さを通過するため、軸外性能の効果的な補正（像面湾曲等の補正）も行っていく。このため、少ないレンズ枚数の系では十分な性能が得られなくなっている。

[0006] 上記特許文献4では、焦点距離で規格化したバックフォーカスが短くなっている。これは、数値例の表記がインチ単位でセンサーの画面サイズが大きいものに対するレンズ系であるためと考えられる。これを安価で小型のセンサーに対応するように比例縮小して応用した場合、センサーのカバーガラスをバックフォーカスに挿入することができなくなる。センサーのカバーガラスは、小型で安価であっても性能を確保するためには必須なので、このようにバックフォーカスの短すぎるレンズ系は使用することができない。

[0007] 上記特許文献1, 4では、第1レンズとしてメニスカス度の比較的弱いレンズが物体側に凹面を向けて配置されている。メニスカス度はレンズの前面と後面の近軸曲率半径によって決まるものであり、前面の曲率半径を r_1 、後面の曲率半径を r_2 とすると、 $(r_1 + r_2) / (r_1 - r_2)$ で表され

る。曲率半径を符号も含めた値で考えると、正レンズの場合はこの値が大きいほど前後の面の曲率半径が近くメニスカス度合いが大きいことを示す。特許文献1に記載のものでは、正レンズでメニスカス度が弱くパワーが強めであり（パワー：焦点距離の逆数で定義される量）、第1レンズでも正のパワーによる球面収差や像面湾曲を発生させる。第2レンズでの正のパワーによる収差は少し小さくなるが、第1レンズで積極的に収差補正を行わないので、少ないレンズ枚数では収差を十分小さくできず、特に広角なレンズ系では性能が低下しやすくなっている。

[0008] 上記の特許文献2, 3では、第1レンズが負レンズになっており、このときメニスカス度が弱いと負のパワーが強めになっている。第1レンズの負のパワーによって収差を発生させ、正の第2レンズによる収差を打ち消す効果もあるが、負のパワーが強すぎるため、第2レンズで光線が光軸から高い位置を通り更に大きな収差を発生させてしまい、広角なレンズ系ではかえって性能を悪化させてしまうことになる。

[0009] 上記特許文献1, 4では、全系の焦点距離で規格化した第1レンズの焦点距離が正の小さい値を取り、第1レンズの正のパワーが比較的強くなっている。メニスカス度が弱い場合と同様で、第1レンズでも正のパワーによる球面収差や像面湾曲を発生させ、あまり収差補正されないので、少ないレンズ枚数の構成では良い性能が得られない。

[0010] 上記特許文献2, 3では、全系の焦点距離で規格化した第1レンズの焦点距離が負の小さい値を取り、負のパワーが強くなっている。メニスカス度が弱い場合と同様で、負のパワーが強すぎると第2レンズで集光させるパワーもより強くなり、かえって性能を悪化させている。

[0011] 上記特許文献1, 3, 4では、全系の焦点距離で規格化したレンズ全長が小さくなっている。2枚という少ないレンズ枚数で構成する場合、レンズ全長が小さいと各面が近接して配置されるため、各面で異なった収差補正がしにくくなって十分な性能が得られなくなっている。

[0012] 上記特許文献2では、全系の焦点距離で規格化したレンズ全長が大きくな

っている。このようなレンズ系では、軸外光束が第1面の高い位置を通り有効径が大きくなってしまふ。各面を離して配置でき、異なる収差補正が可能となるが、軸外光束のコマ収差が大きくなってしまふて十分な性能を得られていない。

[0013] 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、2枚という少ないレンズ枚数でも軸上光束及び軸外光束に対して良好に収差補正された高性能で安価な遠赤外線レンズ、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

[0014] 上記目的を達成するために、第1の発明の遠赤外線レンズは、遠赤外線帯で使用されるレンズ系であつて、

物体側から順に、第1レンズ及び第2レンズの2枚の単レンズで構成され、以下の条件式(1)を満足し、半画角が 30° よりも大きいことを特徴とする。

$$0.52 < f_B / f < 0.97 \quad \dots (1)$$

ただし、

f_B : 第2レンズの像側面から像面までの空気換算距離、

f : 遠赤外線レンズ全系の焦点距離、

である。

[0015] 第2の発明の遠赤外線レンズは、上記第1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。

$$0.63 < d_{L2} / f < 2.55 \quad \dots (4)$$

ただし、

d_{L2} : 第2レンズの中心厚、

f : 遠赤外線レンズ全系の焦点距離、

である。

[0016] 第3の発明の遠赤外線レンズは、上記第1又は第2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。

$$0.9 < f_2 / f < 4.5 \quad \dots (6)$$

ただし、

f_2 : 第2レンズの焦点距離、

f : 遠赤外線レンズ全系の焦点距離、

である。

[0017] 第4の発明の遠赤外線レンズは、上記第1～第3のいずれか1つの発明において、前記第1レンズ及び第2レンズは、設計波長での屈折率が2よりも大きいことを特徴とする。

[0018] 第5の発明の撮像光学装置は、上記第1～第4のいずれか1つの発明に係る遠赤外線レンズと、撮像面上に形成された遠赤外線光学像を電気的な信号に変換する撮像素子と、を備え、前記撮像素子の撮像面上に被写体の遠赤外線光学像が形成されるように前記遠赤外線レンズが設けられていることを特徴とする。

[0019] 第6の発明のデジタル機器は、上記第5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。

[0020] 第7の発明の遠赤外線用カメラシステムは、上記第1～第4のいずれか1つの発明に係る遠赤外線レンズを備えたことを特徴とする。

発明の効果

[0021] 本発明では、上述のような構成をとることにより、2枚という少ないレンズ枚数でも軸上光束及び軸外光束に対して積極的な収差補正を行うことができるようになるため、良好な収差補正により高性能化・高精細化が可能となり、新たに製造されてきている安価な遠赤外線センサーにも対応可能となる。したがって、安価でも高性能な遠赤外線レンズと、それを備えた撮像光学装置を実現することができる。そして、本発明に係る遠赤外線レンズ又は撮像光学装置を、暗視装置、サーモグラフィー、携帯端末、カメラシステム（例えば、デジタルカメラ、監視カメラ、防犯カメラ、車載カメラ）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遠赤外線画像

入力機能を安価でコンパクトに付加することが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0022] [図1]第1の実施の形態（実施例1）のレンズ断面図。
[図2]実施例1の収差図。
[図3]第2の実施の形態（実施例2）のレンズ断面図。
[図4]実施例2の収差図。
[図5]第3の実施の形態（実施例3）のレンズ断面図。
[図6]実施例3の収差図。
[図7]第4の実施の形態（実施例4）のレンズ断面図。
[図8]実施例4の収差図。
[図9]第5の実施の形態（実施例5）のレンズ断面図。
[図10]実施例5の収差図。
[図11]第6の実施の形態（実施例6）のレンズ断面図。
[図12]実施例6の収差図。
[図13]第7の実施の形態（実施例7）のレンズ断面図。
[図14]実施例7の収差図。
[図15]第8の実施の形態（実施例8）のレンズ断面図。
[図16]実施例8の収差図。
[図17]第9の実施の形態（実施例9）のレンズ断面図。
[図18]実施例9の収差図。
[図19]第10の実施の形態（実施例10）のレンズ断面図。
[図20]実施例10の収差図。
[図21]第11の実施の形態（実施例11）のレンズ断面図。
[図22]実施例11の収差図。
[図23]第12の実施の形態（実施例12）のレンズ断面図。
[図24]実施例12の収差図。
[図25]第13の実施の形態（実施例13）のレンズ断面図。
[図26]実施例13の収差図。

[図27]第14の実施の形態（実施例14）のレンズ断面図。

[図28]実施例14の収差図。

[図29]第15の実施の形態（実施例15）のレンズ断面図。

[図30]実施例15の収差図。

[図31]第16の実施の形態（実施例16）のレンズ断面図。

[図32]実施例16の収差図。

[図33]第17の実施の形態（実施例17）のレンズ断面図。

[図34]実施例17の収差図。

[図35]第18の実施の形態（実施例18）のレンズ断面図。

[図36]実施例18の収差図。

[図37]第19の実施の形態（実施例19）のレンズ断面図。

[図38]実施例19の収差図。

[図39]遠赤外線レンズ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

[0023] 以下、本発明の実施の形態に係る遠赤外線レンズ、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遠赤外線レンズは、遠赤外線帯で使用されるレンズ系であって、物体側から順に、第1レンズ及び第2レンズの2枚の単レンズで構成され、以下の条件式（1）を満足し、半画角が 30° よりも大きいことを特徴としている。

$$0.52 < f_B / f < 0.97 \quad \dots (1)$$

ただし、

f_B : 第2レンズの像側面から像面までの空気換算距離、

f : 遠赤外線レンズ全系の焦点距離、

である。

[0024] 遠赤外線は、主として波長 $7 \sim 14 \mu\text{m}$ の範囲の赤外線である。人や動物の体温は波長 $8 \sim 12 \mu\text{m}$ の放射光であり、遠赤外線光学系はほとんどが波長 $8 \sim 12 \mu\text{m}$ で使用される。波長 $8 \sim 12 \mu\text{m}$ 帯の遠赤外線領域は物質の温度を検知できる範囲であり、温度測定、暗闇での人検知、セキュリティ等

、応用できるものは多い。それにもかかわらず、現在のところ遠赤外線カメラが広く普及していないのは、遠赤外線を透過するレンズ材料が高価な希少金属を含む材料であったり加工が難しい材料であったりして、それらを数枚以上使用したレンズ系にするとコスト高になってしまうからである。最近では遠赤外線センサーの製造技術が進み、安価なサーモパイルや非冷却式マイクロボロメータ等も製造されるようになり、これらと適合するような安価なレンズ系が望まれている。本発明の実施の形態に係る遠赤外線レンズでは、物体側から順に第1レンズ及び第2レンズの2枚の単レンズで構成して、少ない枚数のレンズ系とすることにより、レンズ系の加工コストを低減して安価なレンズ系を提供することを可能としている。

[0025] また、従来の遠赤外線センサーは、温度分解能を精密に表示することのできる高価なものがほとんどである。このようなセンサーでは、温度分解能を十分に発揮させるため、センサー回りを液体窒素等の冷媒で冷却する必要がある。したがって、冷却するための空間が必要となるため、レンズバックが比較的短くなりやすい広角なレンズ系はほとんど製造されてこなかった。しかしながら、もっと広い視野を見たいというニーズがあり、しかも近年では冷却を必要としないマイクロボロメータ等の非冷却センサーが安価に作製できるようになってきている。このため、半画角 ω が 30° より大きい広角な遠赤外線レンズであっても実現は可能である。本発明の実施の形態に係る遠赤外線レンズでは、2枚の単レンズで構成された広角のレンズ構成を有するもののなかでも半画角 ω が 30° よりも大きい広角系に適したレンズ構成を想定しており、このような広角化を高性能化と両立させながらレンズ2枚でも可能にするうえで望ましい条件設定等を以下に説明する。

[0026] 前記条件式(1)は、遠赤外線レンズの系全体のバックフォーカスに関する望ましい条件を規定している。以下の条件式(1a)を満足することが更に望ましく、条件式(1a)を満たすことにより、後述する効果をより一層大きくすることができる。

$$0.79 < f_B / f < 0.97 \quad \dots (1a)$$

ただし、

f_B : 第2レンズの像側面から像面までの空気換算距離、

f : 遠赤外線レンズ全系の焦点距離、

である。

[0027] 本発明の実施の形態に係る遠赤外線レンズでは、全系の焦点距離で規格化したバックフォーカスを所定の範囲内に設定することが好ましい。上記条件式(1)、(1a)はその範囲を規定しており、そのバックフォーカスは一般的な遠赤外線レンズ系と比べて比較的短くなっている。バックフォーカスをより短くすることによって像面から第2レンズまでの距離が短くなるため、軸上のFナンバー光線が第2レンズの比較的低い位置を通ることになり、球面収差の発生量を抑えることが可能となる。しかし、遠赤外線レンズでは、レンズ系の明るさが解像力を決めるため、Fナンバー: 1.2程度の明るさが必要である。このため、条件式(1)の上限を越えると、球面収差が発生しやすくなり、枚数の少ないレンズ系を構成することが困難になる。条件式(1)の上限を越えないように球面収差の発生量を小さくすると、軸外の収差は非球面等により効率良く補正できるようになり、広角なレンズ系でも少ないレンズ枚数で構成することが可能となる。また、条件式(1)の下限を越えてバックフォーカスが短くなってしまうと、遠赤外線センサーのカバーガラスを配置するための空間やカバーガラスとセンサー受光面との間隔を確保することが困難になる。遠赤外線センサーでは性能を確保するためにこのような空間が不可欠となっているため、遠赤外線レンズでもこのような空間を確保した設計にしなければならない。

[0028] したがって、条件式(1)を満たし、好ましくは条件式(1a)を満たすようにすれば、像面から第2レンズまでの距離が大きくなりすぎることなく、第2レンズの低い位置をFナンバー光線が通って球面収差が抑えられると同時に、軸外光束に対しても像面湾曲補正を効果的に行うことが可能となる。また、遠赤外線センサーのカバーガラスを挿入するスペースも十分に確保することが可能となる。

[0029] 遠赤外線レンズの第1レンズのシェイピングファクターに関して、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。さらに、以下の条件式(2a)を満足することが望ましく、以下の条件式(2b)を満足することが更に望ましい。したがって、好ましくは条件式(2a)、更に好ましくは条件式(2b)を満たすことにより、後述する効果をより一層大きくすることができる。なお、条件式(2)中の $| |$ は絶対値を表す記号である。

$$1.05 < | (r_1 + r_2) / (r_1 - r_2) | < 160.0 \quad \dots (2)$$

$$1.05 < (r_1 + r_2) / (r_1 - r_2) < 69.5 \quad \dots (2a)$$

$$1.50 < (r_1 + r_2) / (r_1 - r_2) < 27.5 \quad \dots (2b)$$

ただし、

r_1 : 第1レンズの物体側面の近軸曲率半径、

r_2 : 第1レンズの像側面の近軸曲率半径、

である。

[0030] シェイピングファクターは、1枚のレンズの形状を示すものである。符号も含めてレンズの前面(物体側面)の近軸曲率半径を r_1 、後面(像側面)の近軸曲率半径を r_2 とすると、 $(r_1 + r_2) / (r_1 - r_2)$ で表される。両面の近軸曲率半径の値が符号も含めて近い場合、メニスカス度の強いレンズとなり、シェイピングファクターの絶対値は大きくなる。符号のプラスマイナスはレンズ面の向きで異なる。両面の近軸曲率半径が符号も含めて離れている場合、メニスカス度の弱いレンズとなり、シェイピングファクターの絶対値は小さくなる。符号のプラスマイナスは上記と同様にレンズ面の向きで異なる。

[0031] 本発明の実施の形態に係る遠赤外線レンズでは、第1レンズのシェイピングファクターを所定の範囲内に設定することが好ましい。上記条件式(2)、(2a)、(2b)はその範囲を規定しており、シェイピングファクターの値が大きいこと、すなわちメニスカス度合いが大きいことを示している。メニスカス度合いが大きい場合、第1レンズは弱い正のパワーか弱い負のパワーを持つことになる。第1レンズでは球面収差や像面湾曲の補正を主に担

当し、集光作用を弱くしておくことで、広角の仕様でもバックフォーカスを十分確保し収差補正も可能としている。

[0032] シェイピングファクターの値が条件式(2)の下限を越えて小さくなると、第1レンズはメニスカス度合いが弱くなり、やや強い正のパワーを持つことになる。集光作用をある程度持つことになるので、バックフォーカスが短くなってしまふとともに収差補正が不十分となり、第2レンズで補正しきれなくなってしまう。また、シェイピングファクターの値が条件式(2)の上限を越えて大きくなりすぎると、第1レンズの収差補正力はほとんどなくなるとともに第2レンズだけで集光を行わなければならない、第2レンズによる収差が大きく発生してしまう。

[0033] したがって、条件式(2)を満たし、好ましくは条件式(2a)又は(2b)を満たすようにすれば、第1レンズはメニスカス度が強い正レンズ又は負レンズとなり、第1レンズでは球面収差や像面湾曲等の補正を主に行い、第2レンズで発生する正のパワーによる収差を相殺して性能の向上を図ることが可能となる。

[0034] 遠赤外線レンズの全長に関して、以下の条件式(3)を満足することが望ましい。さらに、以下の条件式(3a)を満足することが望ましく、以下の条件式(3b)を満足することが更に望ましい。したがって、好ましくは条件式(3a)、更に好ましくは条件式(3b)を満たすことにより、後述する効果をより一層大きくすることができる。

$$1.75 < TL / f < 5.7 \quad \dots (3)$$

$$1.75 < TL / f < 5.0 \quad \dots (3a)$$

$$1.75 < TL / f < 3.7 \quad \dots (3b)$$

ただし、

TL：遠赤外線レンズの全長（バックフォーカスを空気換算した場合）、

f：遠赤外線レンズ全系の焦点距離、

である。

[0035] 本発明の実施の形態に係る遠赤外線レンズでは、全系の焦点距離で規格化

したレンズ全長を所定の範囲内に設定することが好ましい。上記条件式（3）、（3 a）、（3 b）はその範囲を規定している。条件式（3）の下限を越えると、2枚という少ないレンズ枚数で構成する場合、レンズ全長が小さいことにより各面が近接して配置されるため、各面で異なった収差補正が行いにくくなって十分な性能が得られなくなる。条件式（3）の上限を越えると、このようなレンズ系では軸外光束が第1面の高い位置を通るため有効径が大きくなってしまふ。各面を離して配置できるため異なる収差補正が可能となるが、軸外光束のコマ収差が大きくなってしまふため十分な性能が得られなくなる。

[0036] したがって、条件式（3）を満たし、好ましくは条件式（3 a）又は（3 b）を満たすようにすれば、各面を互いに十分に離して配置することができるため、2枚という少ないレンズ構成でも異なる収差補正を行い性能の良いレンズ系を得ることが可能となる。また、レンズ全長が大きすぎることによる前玉径の増大を防止し、第1レンズによる軸外光束のコマ収差を小さく抑えることが可能となる。

[0037] 遠赤外線レンズの第2レンズの中心厚（芯厚）に関して、以下の条件式（4）を満足することが望ましく、以下の条件式（4 a）を満足することが更に望ましい。したがって、好ましくは条件式（4 a）を満たすことにより、後述する効果をより一層大きくすることができる。

$$0.63 < d_{L2} / f < 2.55 \quad \dots (4)$$

$$0.68 < d_{L2} / f < 2.5 \quad \dots (4 a)$$

ただし、

d_{L2} : 第2レンズの中心厚、

f : 遠赤外線レンズ全系の焦点距離、

である。

[0038] 本発明の実施の形態に係る遠赤外線レンズでは、全系の焦点距離で規格化した第2レンズの芯厚を所定の範囲内に設定することが好ましい。上記条件式（4）、（4 a）はその範囲を規定しており、その第2レンズの芯厚は従

来の遠赤外線レンズと比べて比較的厚くなっている。レンズを厚くすることによって、第2レンズの前面と後面とで異なる収差補正を行うことができるようになり、少ないレンズ枚数でも良好な性能を確保することができるようになる。

[0039] 条件式(4)の下限を越えて第2レンズの芯厚が小さくなると、第2レンズの前面と後面とでほぼ同様の収差補正を行うことができなくなるため、少ないレンズ枚数で良好な収差補正を行うことは困難となる。また、条件式(4)の上限を越えて第2レンズの芯厚が大きくなると、レンズ材料の制約から均質な材料を得ることが難しくなったり、非球面の場合には均一な加熱成形が難しくなったりするため、設計値通りの単レンズの性能を出すことが困難となり、性能の良いレンズ系を得ることができなくなる。

[0040] 遠赤外線レンズの第1レンズの焦点距離に関して、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。さらに、以下の条件式(5a)、(5b)又は(5c)を満足することが更に望ましい。つまり、条件式(5)、(5a)、(5b)、(5c)の順で満足することがより好ましい。したがって、好ましくは条件式(5a)、更に好ましくは条件式(5b)又は(5c)を満たすことにより、後述する効果をより一層大きくすることができる。

$$1. \quad 1 < f_1 / f < 97.5 \quad \dots (5)$$

$$1. \quad 1 < f_1 / f < 8.0 \quad \dots (5a)$$

$$1. \quad 1 < f_1 / f < 3.8 \quad \dots (5b)$$

$$1. \quad 3 < f_1 / f < 3.8 \quad \dots (5c)$$

ただし、

f_1 : 第1レンズの焦点距離、

f : 遠赤外線レンズ全系の焦点距離、

である。

[0041] 本発明の実施の形態に係る遠赤外線レンズでは、全系の焦点距離で規格化した第1レンズの焦点距離を所定の範囲内に設定することが好ましい。上記条件式(5)、(5a)、(5b)、(5c)はその範囲を規定しており、

第1レンズは比較的弱い正のパワーを持っている。第1レンズのパワーが条件式(5)の上限を越えて強くなりすぎると、十分なバックフォーカスを確保することが難しくなり、特に広角な光学系ではセンサーのカバーガラスを挿入することさえ難しくなってしまう。また、第1レンズのパワーが条件式(5)の下限を越えて小さくなると、第2レンズでほとんどの集光作用を行わなければならない、第2レンズで大きな球面収差が発生してしまう。

[0042] 遠赤外線レンズの第2レンズの焦点距離に関して、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。さらに、以下の条件式(6a)を満足することが望ましく、以下の条件式(6b)を満足することが更に望ましい。したがって、好ましくは条件式(6a)、更に好ましくは条件式(6b)を満たすことにより、後述する効果をより一層大きくすることができる。

$$0.9 < f_2 / f < 4.5 \quad \dots (6)$$

$$0.9 < f_2 / f < 2.9 \quad \dots (6a)$$

$$0.9 < f_2 / f < 1.3 \quad \dots (6b)$$

ただし、

f_2 : 第2レンズの焦点距離、

f : 遠赤外線レンズ全系の焦点距離、

である。

[0043] 本発明の実施の形態に係る遠赤外線レンズでは、全系の焦点距離で規格化した第2レンズの焦点距離を所定の範囲内に設定することが好ましい。上記条件式(6)、(6a)、(6b)はその範囲を規定している。条件式(6)の下限を上回ると、第2レンズのパワーが強過ぎないので、このレンズで発生する像面湾曲や歪曲収差等を小さく抑えるとともに、製造時に発生する偏芯誤差やレンズ形状誤差、レンズ間隔誤差による性能劣化を小さく抑えることができる。条件式(6)の上限を下回ると、第2レンズのパワーが弱過ぎないので、光学系が大きくなり過ぎず、レンズの体積や重量を適切な範囲に収めることが可能となる。

[0044] 本発明の実施の形態に係る遠赤外線レンズでは、前記第1レンズ及び第2

レンズの設計波長での屈折率が2よりも大きいことが好ましい。第1レンズ及び第2レンズは、屈折率の高い遠赤外線用レンズ材料で構成されている。具体的には、カルコゲンを主成分としたカルコゲナイドガラス（波長10 μ mでの屈折率2.5~2.8程度）、シリコン（Si、波長10 μ mの屈折率3程度）、ゲルマニウム（Ge、波長10 μ mでの屈折率4程度）等が挙げられる。これらのレンズ材料では、屈折率が高いためレンズ面の曲率を緩くすることができ、各面の収差を小さくすることが可能である。したがって、レンズ枚数が少なくても良好な収差補正が可能となる。遠赤外線用レンズ材料でも屈折率の低いものは存在する。しかし、それらは安価であってもレンズ面の曲率を強くしなければならないので、少ない枚数でレンズ系を構成することが困難となり、結局、レンズ系のコスト高を招いてしまう。

[0045] 屈折率は、真空に対する物質中の光の進む速度の比であり、可視領域ではd線（587nm）に対して表示される。しかし、この値は遠赤外線領域では意味を持たないので、波長10 μ mに対する屈折率を代表的に示す場合が多い。例えば、従来より用いられている遠赤外線光学材料の波長10 μ mでの屈折率は、Ge=4.004、Si=3.418、ZnS=2.200、ZnSe=2.407等である。

[0046] また、分散の性質を表す値として、可視光線ではd線のアッペ数 ν_d が用いられる。このアッペ数は、 $\nu_d = (N_d - 1) / (N_f - N_c)$ で表される（ただし、 N_d ：d線での屈折率、 N_f はF線での屈折率、 N_c はC線での屈折率、である。）。しかし、この値は遠赤外線領域では意味を持たないので、前記遠赤外線レンズでは、分散の性質を表す値として、 $\nu = (N_{10} - 1) / (N_8 - N_{12})$ を用いることにする（ただし、 N_{10} ：波長10 μ mでの屈折率、 N_8 ：波長8 μ mでの屈折率、 N_{12} ：波長12 μ mでの屈折率、とする。）。この値が大きいほど色による屈折率の差が小さいので、分散が小さいということになる。例えば、従来より用いられている遠赤外線光学材料の分散は、Ge=1250~1252、Si=1860、ZnS=23（色消しに使う。）、ZnSe=57（色消しに使う。）等である。

- [0047] 本発明の実施の形態に係る遠赤外線レンズでは、前記第1, 第2レンズが有するレンズ面のうちの少なくとも1面は、回折格子面であることが好ましい。回折格子面を有することにより、軸上色収差の補正を良好に行うことが可能となる。回折格子の断面形状としては、バイナリ形状の他にステップ（階段）形状やキノフォームを用いてもよい。いずれの場合も回折波長での位相差は、後述する式（DS）で計算することができる。
- [0048] 上述したように条件設定された各構成を、単独で又は必要に応じ組み合わせて採用することにより、2枚という少ないレンズ枚数でも軸上光束及び軸外光束に対して積極的な収差補正を行うことができるようになる。このため、良好な収差補正により広角化を高性能化や高精細化と両立させながらレンズ2枚でも達成することが可能となり、新たに製造されてきている安価な遠赤外線センサーにも対応可能となる。したがって、安価でも高性能な遠赤外線レンズと、それを備えた撮像光学装置を実現することができる。
- [0049] 遠赤外線レンズ又は撮像光学装置を、暗視装置、サーモグラフィー、携帯端末、カメラシステム（例えば、デジタルカメラ、監視カメラ、防犯カメラ、車載カメラ）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遠赤外線画像入力機能を安価でコンパクトに付加することが可能となり、そのコンパクト化、高性能化、高機能化等に寄与することができる。前述したように、遠赤外線カメラが普及していない原因の1つにはレンズ材料やレンズ加工が高価であることが挙げられるので、簡単な2枚構成のレンズ系を遠赤外線レンズとして用いることにより、レンズの加工コスト等が抑えられ安価なカメラシステムを実現することが可能となる。
- [0050] 本発明の実施の形態に係る遠赤外線レンズは、遠赤外線画像入力機能付きデジタル機器（例えば携帯端末、ドライブレコーダー等）用の撮像光学系としての使用に適しており、これを撮像用の遠赤外線センサー等と組み合わせることにより、被写体の遠赤外線映像を光学的に取り込んで電氣的な信号として出力する遠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、物体の遠赤外線光学像を形成する遠赤外線レンズと、その遠赤外線レンズにより形成された遠赤外線光学像を電気的な信号に変換する撮像素子（遠赤外線センサー）と、を備えることにより構成される。そして、撮像素子の受光面（すなわち撮像面）上に被写体の遠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遠赤外線レンズ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] 遠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、防犯カメラ、車載カメラ、航空機カメラ、デジタルカメラ、ビデオカメラ、テレビ電話用カメラ等のカメラシステムが挙げられ、また、パーソナルコンピューター、暗視装置、サーモグラフィー、携帯用デジタル機器（例えば、携帯電話、スマートフォン（高機能携帯電話）、タブレット端末、モバイルコンピューター等の小型で携帯可能な情報機器端末）、これらの周辺機器（スキャナー、プリンター、マウス等）、その他のデジタル機器（ドライブレコーダー、防衛機器等）等に内蔵又は外付けによりカメラ機能が搭載されたものが挙げられる。これらの例から分かるように、遠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、赤外線カメラ付きスマートフォン等の遠赤外線画像入力機能を備えたデジタル機器を構成することが可能である。

[0052] 遠赤外線画像入力機能付きデジタル機器の一例として、図39にデジタル機器DUの概略構成例を模式的断面で示す。図39に示すデジタル機器DUに搭載されている撮像光学装置LUは、物体（すなわち被写体）側から順に、物体の遠赤外線光学像（像面）IMを形成する遠赤外線レンズLN（AX：光軸）と、平行平板PT（撮像素子SRのカバーガラス、必要に応じて配置される光学フィルター等に相当する。）と、遠赤外線レンズLNにより受

光面（撮像面）SS上に形成された光学像IMを電気的な信号に変換する撮像素子（遠赤外線センサー）SRと、を備えている。この撮像光学装置LUで画像入力機能付きデジタル機器DUを構成する場合、通常そのボディ内部に撮像光学装置LUを配置することになるが、カメラ機能を実現する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LUをデジタル機器DU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。

[0053] 遠赤外線レンズLNは、物体側から順に、第1レンズ及び第2レンズの2枚の単レンズで構成された2枚構成の単焦点レンズであり、前述したように、撮像素子SRの受光面SS上に遠赤外線からなる光学像IMを形成する構成になっている。撮像素子SRとしては、例えば複数の画素（例えば、数千～数十万画素）を有し、 $8\sim 12\mu\text{m}$ 程度の波長を利用する遠赤外線用のイメージセンサー（サーモセンサー等）が用いられる。遠赤外線レンズLNは、撮像素子SRの光電変換部である受光面SS上に被写体の光学像IMが形成されるように設けられているので、遠赤外線レンズLNによって形成された光学像IMは、撮像素子SRによって電気的な信号に変換される。

[0054] 撮像素子SRの具体例としては、焦電センサー、マイクロボロメータ、サーモパイル等が挙げられる。焦電センサーは、チタン酸ジルコン酸鉛等を含むセラミックが温度の変化によって自発分極する焦電効果を使ったものであり、ほとんどの場合単一の受光面を持ち、安価な温度センサーである。マイクロボロメータは、アモルファスシリコンや酸化バナジウム等の感熱材料を微細加工技術によって2次元配列した受光面を持ち、温度上昇によって抵抗値が変化することを検知する温度センサーである。現在使用されている一般的なマイクロボロメータは画素数が 80×80 、 320×240 、 640×480 等である。従来は温度分解能を十分発揮させるため、センサーの周囲を液体窒素等で冷却するものがほとんどであったが、近年では製造技術が進み、冷却しなくてもある程度温度検知能力の高いものが製造されてきている。サーモパイルは、熱を電気エネルギーに変換することのできる熱電対を直

列又は並列に並べてセンサー面とした温度センサーで、焦電センサーに次いで安価なものである。

[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。撮像素子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、撮像素子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37に、無限遠合焦状態にある遠赤外線レンズL Nの第1～第19の実施の形態を光学断面でそれぞれ示す。第1～第17の実施の形態の遠赤外線レンズL Nは、物体側より順に、正パワーを有する第1レンズL 1と、正パワーを有する第2レンズL 2と、からなっており、第18、第19の実施の形態の遠赤外線レンズL Nは、物体側より順に、負パワーを有する第1レンズL 1と、正パワーを有する第2レンズL 2と、からなっている。

[0057] 第1～第4、第12、第15～第17の実施の形態では、第1レンズL 1と第2レンズL 2が近軸で像側に凸のメニスカス形状を有している。第13、第14の実施の形態では、第1レンズL 1が近軸で像側に凹のメニスカス

形状を有しており、第2レンズL2が近軸で両凸形状を有している。第5，第18，第19の実施の形態では、第1レンズL1が近軸で物体側に凹のメニスカス形状を有しており、第2レンズL2が近軸で両凸形状を有している。第6～第11の実施の形態では、第1レンズL1が近軸で像側に凸のメニスカス形状を有しており、第2レンズL2が近軸で両凸形状を有している。

[0058] 第1～第19の実施の形態では、第1レンズL1と第2レンズL2が両面非球面レンズである。第3，第4の実施の形態では、第1レンズL1の像側面が回折格子面である。第1～第4，第6～第12，第15～第17の実施の形態では、最も物体側に開口絞りSTが配置されており、第5，第13，第14，第18，第19の実施の形態では、第1レンズL1と第2レンズL2との間に開口絞りSTが配置されている。なお、各遠赤外線レンズLNの像側には、撮像素子SRの保護用カバーガラスに相当する平行平板PT（例えば、Ge結晶の平行平板）が配置されている。

実施例

[0059] 以下、本発明を実施した遠赤外線レンズの構成等を、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1～19（EX1～19）は、前述した第1～第19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19の実施の形態を表すレンズ構成図（図1，図3，…，図37）は、対応する実施例1～19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），設計波長 $10\mu\text{m}$ に対する屈折率 N_{10} ，及び波長 $8\sim 12\mu\text{m}$ に対する分散値 ν を示す。分散値 ν は分散の性質を表し、 $\nu = (N_{10} - 1) / (N_8 - N_{12})$ で定義される（ただし、 N_8 ：波長 $8\mu\text{m}$ に対する屈折率，波長 $10\mu\text{m}$ に対する屈折率 N_{10} ， N_{12} ：波長 $12\mu\text{m}$ に対する屈折率である。）。屈折率が4.00400の光学材料はゲルマニウム（Ge）、屈折率が2.77810の光学材

料はカルコゲナイドガラスである。なお、像面 I M の前の平行平板 P T は遠赤外線センサー S R の保護板（カバーガラス）である。

[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（A S）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。

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

ただし、

h : z 軸（光軸 A X）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 A X 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] 面番号に#が付された面は回折格子面であり、その回折構造は、非球面と同様に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（D S）で定義される。回折格子は光軸に対して回転対称な格子であって、波長 $10 \mu m$ に対する1次の回折が使用され、形状は波長 $10 \mu m$ に対する位相差 P_z で与えられる。回折面データとして、位相係数を示す。なお、各実施例の回折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。

$$P_z = \sum (B_j \cdot h^j) \quad \dots (D S)$$

ただし、

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

P_z : 位相差、

B_j : j 次の位相係数（ \sum は j について2次から ∞ 次の総和を表す。）、

である。

[0063] 表1に、各種データとして、全系の焦点距離 f (mm)、Fナンバー (Fno)、半画角 ω (°)、像高 Y' (実像高, mm)、レンズ全長 TL (mm)、バックフォーカス f_B (mm)、第1レンズ L_1 の焦点距離 f_1 (mm)、第2レンズ L_2 の焦点距離 f_2 (mm) を示し、表2に各実施例の条件式対応値を示す (設計波長: 10000 nm)。表1中のバックフォーカス f_B 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、レンズ全長 TL は、レンズ最前面からレンズ最終面までの距離にバックフォーカス f_B を加えたものであるが、第1面が絞り ST である場合 (EX1~4, 6~12, 15~17)、レンズ全長 TL は絞り ST から近軸像点 IM までの距離である。

[0064] 図2, 図4, ..., 図38は、実施例1~19 (EX1~19) 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) 10 μm における球面収差量、長い破線で示す波長 8 μm における球面収差量、短い破線で示す波長 12 μm 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、縦軸目盛は瞳への入射高さをその最大高さで規格化した値 (すなわち相対瞳高さ) を表している。非点収差図において、一点鎖線 M 又は破線 T は設計波長 10 μm におけるメリディオナル (タンジェンシャル) 像面、実線 S は設計波長 10 μm 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 10 μm 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。

[0065] 実施例1

単位: mm

面データ

面番号	R(mm)	d(mm)	N10	ν
-----	-------	-------	-----	-------

物体			∞		
1(絞り)		∞	0.75		
2	*	-6.338	2.43	4.00400	1252
3	*	-5.752	1.82		
4	*	-196.123	2.80	4.00400	1252
5	*	-27.043	2.30		
6		∞	0.50	4.00400	1252
7		∞	0.50		

近軸像点

[0066] 非球面データ

	第2面	第3面	第4面	第5面
K	7.621	-3.868	-15.000	-15.000
A4	-2.7194E-03	-3.5463E-03	3.6807E-03	4.3449E-03
A6	3.6128E-05	1.1045E-05	-1.0679E-05	-7.6449E-05
A8	2.9521E-05	2.9216E-06	-2.9459E-06	3.8592E-05
A10	-3.8271E-06	-7.1261E-07	1.0359E-07	-8.1171E-08

[0067] 実施例2

単位 : mm

面データ

面番号		R(mm)	d(mm)	N10	ν
物体			∞		
1(絞り)		∞	0.81		
2	*	-6.045	2.74	2.77810	160
3	*	-4.887	1.94		
4	*	-29.093	3.22	2.77810	160
5	*	-12.221	2.84		
6		∞	0.50	4.00400	1252
7		∞	0.49		

近軸像点

[0068] 非球面データ

	第2面	第3面	第4面	第5面
K	5.363	-4.100	-0.852	7.657
A4	-9.7358E-04	-3.6558E-03	3.2384E-03	2.8128E-03
A6	-5.5200E-04	2.4842E-05	-5.0326E-06	1.1594E-05
A8	2.5492E-04	1.4386E-05	-1.8198E-06	8.0515E-06
A10	-1.3497E-05	-1.0203E-06	4.4725E-08	-6.7964E-09

[0069] 実施例3

単位 : mm

面データ

面番号		R(mm)	d(mm)	N10	ν
物体			∞		
1(絞り)		∞	1.23		
2	*	-22.571	3.18	2.77810	160
3	* #	-5.982	1.17		
4	*	-4.779	3.85	2.77810	160
5	*	-4.500	2.30		
6		∞	0.50	4.00400	1252
7		∞	0.48		

近軸像点

[0070] 非球面データ

	第2面	第3面	第4面	第5面
K	-18.401	-5.200	-5.527	-0.480
A4	-2.4406E-03	-2.9289E-04	7.0380E-04	2.8797E-03
A6	-3.2262E-04	-8.7854E-05	-1.1652E-04	-1.0720E-04
A8	-6.0554E-05	-1.1174E-05	-4.1690E-07	4.4924E-06
A10	-8.2867E-06	5.8155E-07	3.8819E-08	-1.2313E-07

A12 4.3373E-09 1.7355E-09

[0071] 回折面データ

第3面

B2 -0.00317

[0072] 実施例4

単位 : mm

面データ

面番号		R(mm)	d(mm)	N10	ν
物体			∞		
1(絞り)		∞	0.79		
2	*	-22.707	2.10	2.77810	160
3	* #	-5.101	0.61		
4	*	-4.518	6.44	2.77810	160
5	*	-4.599	2.30		
6		∞	0.50	4.00400	1252
7		∞	0.48		

近軸像点

[0073] 非球面データ

	第2面	第3面	第4面	第5面
K	19.659	-2.448	-3.490	-0.427
A4	-3.1060E-03	1.3520E-03	1.8552E-04	2.4273E-03
A6	-4.2461E-04	-2.8500E-04	-2.4549E-04	-9.2565E-05
A8	-5.3763E-04	-1.4103E-04	-2.3431E-05	4.7210E-06
A10	5.3887E-05	1.3397E-05	-4.9724E-06	-1.4741E-07
A12			7.0173E-07	2.2450E-09

[0074] 回折面データ

第3面

B2 -0.00538

[0075] 実施例 5

単位 : mm

面データ

面番号		R(mm)	d(mm)	N10	ν
物体			2000		
1	*	-3.951	1.00	2.77810	160
2	*	-4.539	1.73		
3(絞り)		∞	0.85		
4	*	10.552	4.70	2.77810	160
5	*	-4.787	0.50		
6		∞	0.50	4.00400	1252
7		∞	1.00		

近軸像点

[0076] 非球面データ

	第1面	第2面	第4面	第5面
K	-18.729	-20.000	7.729	-1.676
A4	5.5727E-03	6.1190E-03	1.3255E-05	6.1149E-03
A6	-1.1119E-04	1.9806E-05	-1.3158E-03	-5.1242E-04
A8	4.1922E-07	6.2821E-06	3.2258E-04	2.3457E-05
A10	1.0653E-07	-1.9848E-07	-2.7974E-05	-8.9599E-07

[0077] 実施例 6

単位 : mm

面データ

面番号	R(mm)	d(mm)	N10	ν
0B	∞	∞		
1(ST)	∞	0.802176		
2*	-6.27915	2.587169	4.004	1250
3*	-5.80433	1.831465		

4*	90.73463	2.779481	4.004	1250
5*	-57.55095	2.272522		
6	∞	0.500000	4.004	1250
7	∞	0.486000		
IM	∞	0.000000		

[0078] 非球面データ

非球面:2*

$$K = 7.620968$$

$$A4 = -0.232586E-02$$

$$A6 = -0.138789E-03$$

$$A8 = 0.123318E-03$$

$$A10 = -0.807669E-05$$

[0079] 非球面データ

非球面:3*

$$K = -4.105717$$

$$A4 = -0.341885E-02$$

$$A6 = 0.203194E-04$$

$$A8 = 0.360199E-05$$

$$A10 = -0.661989E-06$$

[0080] 非球面データ

非球面:4*

$$K = -15.000000$$

$$A4 = 0.364839E-02$$

$$A6 = -0.804332E-05$$

$$A8 = -0.282540E-05$$

$$A10 = 0.104786E-06$$

[0081] 非球面データ

非球面:5*

$$K = -15.000000$$

$$A4 = 0.445355E-02$$

$$A6 = 0.514582E-04$$

$$A8 = 0.335483E-04$$

$$A10 = 0.966802E-06$$

[0082] 実施例 7

単位 : mm

面データ

面番号	R(mm)	d(mm)	N10	ν
0B	∞	∞		
1(ST)	∞	0.821061		
2*	-6.17400	2.834109	4.004	1250
3*	-6.09555	2.487180		
4*	32.34525	2.923932	4.004	1250
5*	-251.47937	2.035970		
6	∞	0.500000	4.004	1250
7	∞	0.486000		
IM	∞	0.000000		

[0083] 非球面データ

非球面:2*

$$K = 6.455733$$

$$A4 = -0.997376E-03$$

$$A6 = -0.257112E-03$$

$$A8 = 0.186011E-03$$

$$A10 = -0.216911E-04$$

[0084] 非球面データ

非球面:3*

$$K = -4.181476$$

$$A4 = -0.281479E-02$$

$$A6 = 0.236340E-04$$

$$A8 = 0.148946E-05$$

$$A10 = -0.347503E-06$$

[0085] 非球面データ

非球面:4*

$$K = -15.000000$$

$$A4 = 0.261984E-02$$

$$A6 = 0.202233E-04$$

$$A8 = -0.228493E-05$$

$$A10 = 0.714056E-07$$

[0086] 非球面データ

非球面:5*

$$K = 15.000000$$

$$A4 = 0.336030E-02$$

$$A6 = 0.251289E-03$$

$$A8 = -0.150645E-04$$

$$A10 = 0.415218E-05$$

[0087] 実施例 8

単位 : mm

面データ

面番号	R(mm)	d(mm)	N10	ν
0B	∞	∞		
1(ST)	∞	0.810319		
2*	-7.27664	3.452702	4.004	1250
3*	-6.67025	2.600671		
4*	99.81599	2.344192	4.004	1250
5*	-46.41594	2.013546		

6	∞	0.500000	4.004	1250
7	∞	0.486000		
IM	∞	0.000000		

[0088] 非球面データ

非球面:2*

$$K = 9.490200$$

$$A4 = -0.141396E-02$$

$$A6 = -0.111242E-03$$

$$A8 = 0.890495E-04$$

$$A10 = -0.676957E-05$$

[0089] 非球面データ

非球面:3*

$$K = -4.035285$$

$$A4 = -0.221072E-02$$

$$A6 = 0.169514E-04$$

$$A8 = 0.271526E-06$$

$$A10 = -0.134928E-06$$

[0090] 非球面データ

非球面:4*

$$K = -15.000000$$

$$A4 = 0.281935E-02$$

$$A6 = 0.685182E-04$$

$$A8 = -0.503968E-05$$

$$A10 = 0.143664E-06$$

[0091] 非球面データ

非球面:5*

$$K = 15.000000$$

$$A4 = 0.336277E-02$$

$$A6 = 0.261324E-03$$

$$A8 = -0.144972E-04$$

$$A10 = 0.376420E-05$$

[0092] 実施例9

単位 : mm

面データ

面番号	R(mm)	d(mm)	N10	ν
0B	∞	∞		
1(ST)	∞	0.816782		
2*	-7.33382	3.441187	4.004	1250
3*	-6.68192	2.620908		
4*	121.52350	2.344225	4.004	1250
5*	-42.01188	1.990185		
6	∞	0.500000	4.004	1250
7	∞	0.486000		
IM	∞	0.000000		

[0093] 非球面データ

非球面:2*

$$K = 9.611185$$

$$A4 = -0.149260E-02$$

$$A6 = -0.127211E-03$$

$$A8 = 0.870872E-04$$

$$A10 = -0.701794E-05$$

[0094] 非球面データ

非球面:3*

$$K = -3.727033$$

$$A4 = -0.211299E-02$$

$$A6 = 0.839648E-05$$

$$A8 = 0.648433E-06$$

$$A10 = -0.142336E-06$$

[0095] 非球面データ

非球面:4*

$$K = -15.000000$$

$$A4 = 0.266175E-02$$

$$A6 = 0.802542E-04$$

$$A8 = -0.550920E-05$$

$$A10 = 0.148235E-06$$

[0096] 非球面データ

非球面:5*

$$K = 15.000000$$

$$A4 = 0.319550E-02$$

$$A6 = 0.254845E-03$$

$$A8 = -0.138955E-04$$

$$A10 = 0.352979E-05$$

[0097] 実施例10

単位: mm

面データ

面番号	R(mm)	d(mm)	N10	ν
0B	∞	∞		
1(ST)	∞	0.864920		
2*	-7.03526	2.975668	4.004	1250
3*	-6.27469	1.945048		
4*	173.51899	2.650012	4.004	1250
5*	-46.35185	2.243907		
6	∞	0.500000	4.004	1250
7	∞	0.486000		

IM ∞ 0.000000

[0098] 非球面データ

非球面:2*

K = 8.897131

A4 = -0.207533E-02

A6 = -0.289646E-03

A8 = 0.143117E-03

A10= -0.135917E-04

[0099] 非球面データ

非球面:3*

K = -4.359018

A4 = -0.283678E-02

A6 = 0.282421E-04

A8 = 0.110501E-05

A10= -0.292151E-06

[0100] 非球面データ

非球面:4*

K = -15.000000

A4 = 0.358746E-02

A6 = 0.520212E-05

A8 = -0.298734E-05

A10= 0.108580E-06

[0101] 非球面データ

非球面:5*

K = 14.690149

A4 = 0.402099E-02

A6 = 0.235244E-03

A8 = -0.784096E-05

$$A10 = 0.409915E-05$$

[0102] 実施例 1 1

単位 : mm

面データ

面番号	R(mm)	d(mm)	N10	ν
0B	∞	∞		
1(ST)	∞	0.861697		
2*	-7.31877	3.125049	4.004	1250
3*	-6.42076	1.971548		
4*	390.00777	2.576393	4.004	1250
5*	-41.75446	2.236701		
6	∞	0.500000	4.004	1250
7	∞	0.486000		
IM	∞	0.000000		

[0103] 非球面データ

非球面:2*

$$K = 9.690032$$

$$A4 = -0.206297E-02$$

$$A6 = -0.234755E-03$$

$$A8 = 0.116301E-03$$

$$A10 = -0.938163E-05$$

[0104] 非球面データ

非球面:3*

$$K = -4.433234$$

$$A4 = -0.268792E-02$$

$$A6 = 0.300845E-04$$

$$A8 = 0.548332E-06$$

$$A10 = -0.225286E-06$$

[0105] 非球面データ

非球面:4*

$$K = 15.000000$$

$$A4 = 0.363317E-02$$

$$A6 = 0.926419E-05$$

$$A8 = -0.322586E-05$$

$$A10 = 0.115247E-06$$

[0106] 非球面データ

非球面:5*

$$K = -14.377065$$

$$A4 = 0.399215E-02$$

$$A6 = 0.236360E-03$$

$$A8 = -0.817727E-05$$

$$A10 = 0.405203E-05$$

[0107] 実施例 1 2

単位 : mm

面データ

面番号	R(mm)	d(mm)	N10	ν
0B	∞	∞		
1(ST)	∞	0.845567		
2*	-7.64106	3.351431	4.004	1250
3*	-6.60849	2.053915		
4*	-887.07541	2.433648	4.004	1250
5*	-37.24419	2.220860		
6	∞	0.500000	4.004	1250
7	∞	0.486000		
IM	∞	0.000000		

[0108] 非球面データ

非球面:2*

$$K = 10.741471$$

$$A4 = -0.192691E-02$$

$$A6 = -0.154892E-03$$

$$A8 = 0.884281E-04$$

$$A10 = -0.433345E-05$$

[0109] 非球面データ

非球面:3*

$$K = -4.550159$$

$$A4 = -0.249158E-02$$

$$A6 = 0.326732E-04$$

$$A8 = -0.269045E-07$$

$$A10 = -0.159032E-06$$

[0110] 非球面データ

非球面:4*

$$K = -15.000000$$

$$A4 = 0.374483E-02$$

$$A6 = 0.154127E-04$$

$$A8 = -0.359526E-05$$

$$A10 = 0.128983E-06$$

[0111] 非球面データ

非球面:5*

$$K = -6.221728$$

$$A4 = 0.407323E-02$$

$$A6 = 0.244691E-03$$

$$A8 = -0.929228E-05$$

$$A10 = 0.411471E-05$$

[0112] 実施例 1 3

単位 : mm

面データ

面番号	R(mm)	d(mm)	N10	ν
0B	∞	∞		
1*	3.51397	0.880188	2.7781	160.2
2*	3.41422	0.902072		
3(ST)	∞	1.039315		
4*	9.47429	3.104568	2.7781	160.2
5*	-52.95770	1.270537		
6	∞	0.500000	4.004	1250
7	∞	1.042203		
IM	∞	0.000000		

[0113] 非球面データ

非球面:1*

$$K = -3.3611E-01$$

$$A3 = 1.5550E-04$$

$$A4 = 1.3878E-03$$

$$A5 = 1.1925E-04$$

$$A6 = -8.2763E-05$$

$$A8 = 6.2535E-05$$

$$A10 = -1.7917E-05$$

[0114] 非球面データ

非球面:2*

$$K = 1.3036E+00$$

$$A3 = 5.1825E-03$$

$$A4 = -6.3511E-03$$

$$A5 = 4.0412E-04$$

$$A6 = 6.6141E-04$$

$$A8 = -2.4787E-04$$

$$A10 = -7.9310E-05$$

[0115] 非球面データ

非球面:4*

$$K = 5.7870E+00$$

$$A3 = -2.2071E-03$$

$$A4 = 2.3832E-03$$

$$A5 = -4.0688E-04$$

$$A6 = -2.5753E-04$$

$$A8 = 1.9056E-05$$

$$A10 = -1.1539E-06$$

[0116] 非球面データ

非球面:5*

$$K = -9.8422E-01$$

$$A3 = 1.5432E-02$$

$$A4 = -9.8594E-03$$

$$A5 = 4.1353E-03$$

$$A6 = -2.3123E-04$$

$$A8 = -6.3890E-05$$

$$A10 = 2.8483E-06$$

[0117] 実施例 1 4

単位 : mm

面データ

面番号	R(mm)	d(mm)	N10	ν
0B	∞	∞		
1*	3.48177	0.889986	2.7781	160.2
2*	3.38038	0.921323		
3(ST)	∞	1.047459		

4*	9.57541	3.175798	2.7781	160.2
5*	-48.31319	1.270537		
6	∞	0.500000	4.004	1250
7	∞	1.042203		
IM	∞	0.000000		

[0118] 非球面データ

非球面:1*

$$K = -3.2344E-01$$

$$A3 = 8.0055E-04$$

$$A4 = 1.8220E-03$$

$$A5 = -7.5089E-05$$

$$A6 = -2.0962E-04$$

$$A8 = 1.3096E-04$$

$$A10 = -2.3389E-05$$

[0119] 非球面データ

非球面:2*

$$K = 1.1974E+00$$

$$A3 = 1.0538E-02$$

$$A4 = -1.1664E-02$$

$$A5 = 3.1361E-03$$

$$A6 = 4.4750E-04$$

$$A8 = -2.3109E-04$$

$$A10 = -8.0343E-05$$

[0120] 非球面データ

非球面:4*

$$K = 5.1606E+00$$

$$A3 = -3.1760E-03$$

$$A4 = 4.5960E-03$$

$$A5 = -2.1756E-03$$

$$A6 = 3.1298E-04$$

$$A8 = -6.1329E-06$$

$$A10 = -1.7498E-07$$

[0121] 非球面データ

非球面:5*

$$K = -9.8422E-01$$

$$A3 = 1.9856E-02$$

$$A4 = -1.7904E-02$$

$$A5 = 1.0177E-02$$

$$A6 = -2.1000E-03$$

$$A8 = 2.8442E-05$$

$$A10 = 2.6476E-09$$

[0122] 実施例 1 5

単位 : mm

面データ

面番号	R(mm)	d(mm)	N10	ν
0B	∞	∞		
1(ST)	∞	0.819818		
2*	-5.91316	2.768638	2.7781	160.2
3*	-4.52183	1.371573		
4*	-34.73754	4.000000	2.7781	160.2
5*	-18.19129	2.696316		
6	∞	0.500000	4.004	1250
7	∞	0.486000		
IM	∞	0.000000		

[0123] 非球面データ

非球面:2*

$$K = 1.768390$$

$$A4 = -0.455419E-02$$

$$A6 = -0.961230E-03$$

$$A8 = 0.277633E-03$$

$$A10 = -0.325522E-04$$

[0124] 非球面データ

非球面:3*

$$K = -2.612672$$

$$A4 = -0.260108E-02$$

$$A6 = -0.396228E-04$$

$$A8 = 0.959824E-05$$

$$A10 = -0.614360E-06$$

[0125] 非球面データ

非球面:4*

$$K = 6.570084$$

$$A4 = 0.389940E-02$$

$$A6 = -0.730020E-04$$

$$A8 = 0.391424E-06$$

$$A10 = 0.157896E-07$$

[0126] 非球面データ

非球面:5*

$$K = 3.514999$$

$$A4 = 0.245290E-02$$

$$A6 = -0.573722E-05$$

$$A8 = 0.954888E-05$$

$$A10 = -0.151311E-06$$

[0127] 実施例 1 6

単位 : mm

面データ

面番号	R(mm)	d(mm)	N10	ν
0B	∞	∞		
1(ST)	∞	0.824233		
2*	-5.82038	2.748465	2.7781	160.2
3*	-4.52696	1.423082		
4*	-39.21930	4.000000	2.7781	160.2
5*	-18.48482	2.676865		
6	∞	0.500000	4.004	1250
7	∞	0.486000		
IM	∞	0.000000		

[0128] 非球面データ

非球面:2*

$$K = 1.545042$$

$$A4 = -0.448727E-02$$

$$A6 = -0.100024E-02$$

$$A8 = 0.285638E-03$$

$$A10 = -0.335281E-04$$

[0129] 非球面データ

非球面:3*

$$K = -2.533029$$

$$A4 = -0.252923E-02$$

$$A6 = -0.488205E-04$$

$$A8 = 0.102503E-04$$

$$A10 = -0.639718E-06$$

[0130] 非球面データ

非球面:4*

$$K = 14.765852$$

$$A4 = 0.379131E-02$$

$$A6 = -0.676970E-04$$

$$A8 = 0.299986E-06$$

$$A10 = 0.162865E-07$$

[0131] 非球面データ

非球面:5*

$$K = 3.960430$$

$$A4 = 0.245208E-02$$

$$A6 = -0.495538E-05$$

$$A8 = 0.944887E-05$$

$$A10 = -0.132525E-06$$

[0132] 実施例 1 7

単位 : mm

面データ

面番号	R(mm)	d(mm)	N10	ν
0B	∞	∞		
1(ST)	∞	0.853611		
2*	-5.38831	2.594890	2.7781	160.2
3*	-4.52618	1.836368		
4*	-69.46815	4.000000	2.7781	160.2
5*	-17.34124	2.520451		
6	∞	0.500000	4.004	1250
7	∞	0.486000		
IM	∞	0.000000		

[0133] 非球面データ

非球面:2*

$$K = 2.176583$$

$$A4 = -0.323974E-02$$

$$A6 = -0.101787E-02$$

$$A8 = 0.273320E-03$$

$$A10 = -0.298276E-04$$

[0134] 非球面データ

非球面:3*

$$K = -2.896526$$

$$A4 = -0.344650E-02$$

$$A6 = -0.197773E-04$$

$$A8 = 0.866588E-05$$

$$A10 = -0.633557E-06$$

[0135] 非球面データ

非球面:4*

$$K = -9.499184$$

$$A4 = 0.289565E-02$$

$$A6 = -0.232867E-04$$

$$A8 = -0.843775E-06$$

$$A10 = 0.279536E-07$$

[0136] 非球面データ

非球面:5*

$$K = 6.108008$$

$$A4 = 0.230698E-02$$

$$A6 = -0.799862E-05$$

$$A8 = 0.854639E-05$$

$$A10 = -0.974203E-07$$

[0137] 実施例 18

単位 : mm

面データ

面番号	R(mm)	d(mm)	N10	ν
-----	-------	-------	-----	---

0B	∞	2000.000000		
1*	-3.97600	1.034375	2.7781	160.2
2*	-4.65803	1.781900		
3(ST)	∞	0.878784		
4*	10.29256	4.928460	2.7781	160.2
5*	-4.80357	0.500000		
6	∞	0.500000	4.004	1250
7	∞	1.000000		
IM	∞	0.000000		

[0138] 非球面データ

非球面:1*

K = -18.271182

A4 = 0.565201E-02

A6 = -0.118570E-03

A8 = 0.585435E-06

A10 = 0.107393E-06

[0139] 非球面データ

非球面:2*

K = -20.000000

A4 = 0.626290E-02

A6 = 0.300440E-04

A8 = 0.521798E-05

A10 = -0.689373E-07

[0140] 非球面データ

非球面:4*

K = 7.940915

A4 = -0.261513E-03

A6 = -0.122753E-02

$$A8 = 0.297859E-03$$

$$A10 = -0.257980E-04$$

[0141] 非球面データ

非球面:5*

$$K = -1.558704$$

$$A4 = 0.621473E-02$$

$$A6 = -0.500610E-03$$

$$A8 = 0.221089E-04$$

$$A10 = -0.806726E-06$$

[0142] 実施例 19

単位 : mm

面データ

面番号	R(mm)	d(mm)	N10	ν
0B	∞	2000.000000		
1*	-3.79987	1.043770	2.7781	160.2
2*	-4.55961	1.839007		
3(ST)	∞	0.934413		
4*	10.11805	5.000000	2.7781	160.2
5*	-4.90024	0.529407		
6	∞	0.500000	4.004	1250
7	∞	1.000000		
IM	∞	0.000000		

[0143] 非球面データ

非球面:1*

$$K = -17.818669$$

$$A4 = 0.568402E-02$$

$$A6 = -0.121463E-03$$

$$A8 = 0.616727E-06$$

$$A10 = 0.109992E-06$$

[0144] 非球面データ

非球面:2*

$$K = -20.000000$$

$$A4 = 0.635751E-02$$

$$A6 = 0.271726E-04$$

$$A8 = 0.534747E-05$$

$$A10 = 0.354603E-07$$

[0145] 非球面データ

非球面:4*

$$K = 10.335726$$

$$A4 = -0.367971E-03$$

$$A6 = -0.121918E-02$$

$$A8 = 0.264336E-03$$

$$A10 = -0.223824E-04$$

[0146] 非球面データ

非球面:5*

$$K = -1.604093$$

$$A4 = 0.624691E-02$$

$$A6 = -0.498313E-03$$

$$A8 = 0.212606E-04$$

$$A10 = -0.714044E-06$$

[0147]

[表1]

各種データ								
	f	Fno	ω	Y'	TL	fB	f1	f2
実施例1	3.67	1.20	47.6	3.40	10.7	2.91	5.042	10.314
実施例2	4.24	1.20	38.7	2.89	12.2	3.46	5.708	10.562
実施例3	3.40	1.20	45.0	2.89	12.3	2.90	3.966	4.414
実施例4	3.00	1.20	48.6	2.89	12.8	2.89	3.308	2.892
実施例5	2.00	1.20	52.5	2.49	9.9	1.62	194.250	2.303
実施例6	3.69	1.20	47.4	3.40	10.88	2.88	5.022	11.890
実施例7	3.72	1.20	47.1	3.40	11.71	2.65	5.682	9.615
実施例8	3.72	1.20	47.2	3.40	11.83	2.62	5.054	10.675
実施例9	3.72	1.20	47.2	3.40	11.82	2.60	5.045	10.506
実施例10	3.71	1.20	47.3	3.40	11.29	2.85	4.910	12.288
実施例11	3.70	1.20	47.3	3.40	11.38	2.85	4.824	12.612
実施例12	3.70	1.20	47.3	3.40	11.52	2.83	4.739	12.914
実施例13	4.60	1.20	36.5	3.31	8.36	2.44	14.554	4.668
実施例14	4.60	1.20	36.5	3.35	8.47	2.44	14.137	4.658
実施例15	4.25	1.20	38.6	2.89	12.27	3.31	4.754	18.601
実施例16	4.25	1.20	38.6	2.89	12.28	3.29	4.854	17.503
実施例17	4.25	1.20	38.6	2.80	12.42	3.13	5.437	12.389
実施例18	1.99	1.20	52.6	2.48	10.25	1.62	-521.037	2.328
実施例19	1.98	1.20	52.8	2.48	10.47	1.65	-106.274	2.360

[0148] [表2]

	条件式(1)	条件式(2)	条件式(3)	条件式(4)	条件式(5)	条件式(6)
	fB/f	$(r1+r2)/(r1-r2)$	TL/f	dL2/f	f1/f	f2/f
実施例1	0.79	20.64	2.92	0.76	1.38	2.81
実施例2	0.81	9.43	2.87	0.76	1.35	2.49
実施例3	0.85	1.72	3.63	1.13	1.17	1.30
実施例4	0.96	1.58	4.28	2.15	1.10	0.96
実施例5	0.81	-14.44	4.96	2.35	97.24	1.15
実施例6	0.78	25.45	2.95	0.75	1.36	3.23
実施例7	0.71	156.40	3.15	0.79	1.53	2.58
実施例8	0.71	23.00	3.19	0.63	1.36	2.87
実施例9	0.70	21.50	3.18	0.63	1.36	2.83
実施例10	0.77	17.50	3.05	0.72	1.33	3.32
実施例11	0.77	15.30	3.07	0.70	1.30	3.40
実施例12	0.76	13.80	3.11	0.66	1.28	3.49
実施例13	0.53	69.46	1.82	0.68	3.16	1.02
実施例14	0.53	67.68	1.84	0.69	3.07	1.01
実施例15	0.78	7.50	2.88	0.94	1.12	4.37
実施例16	0.77	8.00	2.89	0.94	1.14	4.12
実施例17	0.74	11.50	2.92	0.94	1.28	2.91
実施例18	0.82	-12.66	5.15	2.48	-261.83	1.17
実施例19	0.84	-11.00	5.30	2.53	-53.79	1.19

符号の説明

[0149]	D U	デジタル機器
	L U	撮像光学装置
	L N	遠赤外線レンズ
	L 1	第1レンズ
	L 2	第2レンズ
	S T	開口絞り（絞り）
	S R	撮像素子（遠赤外線センサー）
	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] 遠赤外線帯で使用されるレンズ系であって、
物体側から順に、第1レンズ及び第2レンズの2枚の単レンズで構成され、以下の条件式(1)を満足し、半画角が 30° よりも大きいことを特徴とする遠赤外線レンズ；
$$0.52 < f_B / f < 0.97 \quad \dots (1)$$

ただし、
 f_B ：第2レンズの像側面から像面までの空気換算距離、
 f ：遠赤外線レンズ全系の焦点距離、
である。
- [請求項2] 以下の条件式(4)を満足することを特徴とする請求項1記載の遠赤外線レンズ；
$$0.63 < d_{L2} / f < 2.55 \quad \dots (4)$$

ただし、
 d_{L2} ：第2レンズの中心厚、
 f ：遠赤外線レンズ全系の焦点距離、
である。
- [請求項3] 以下の条件式(6)を満足することを特徴とする請求項1又は2記載の遠赤外線レンズ；
$$0.9 < f_2 / f < 4.5 \quad \dots (6)$$

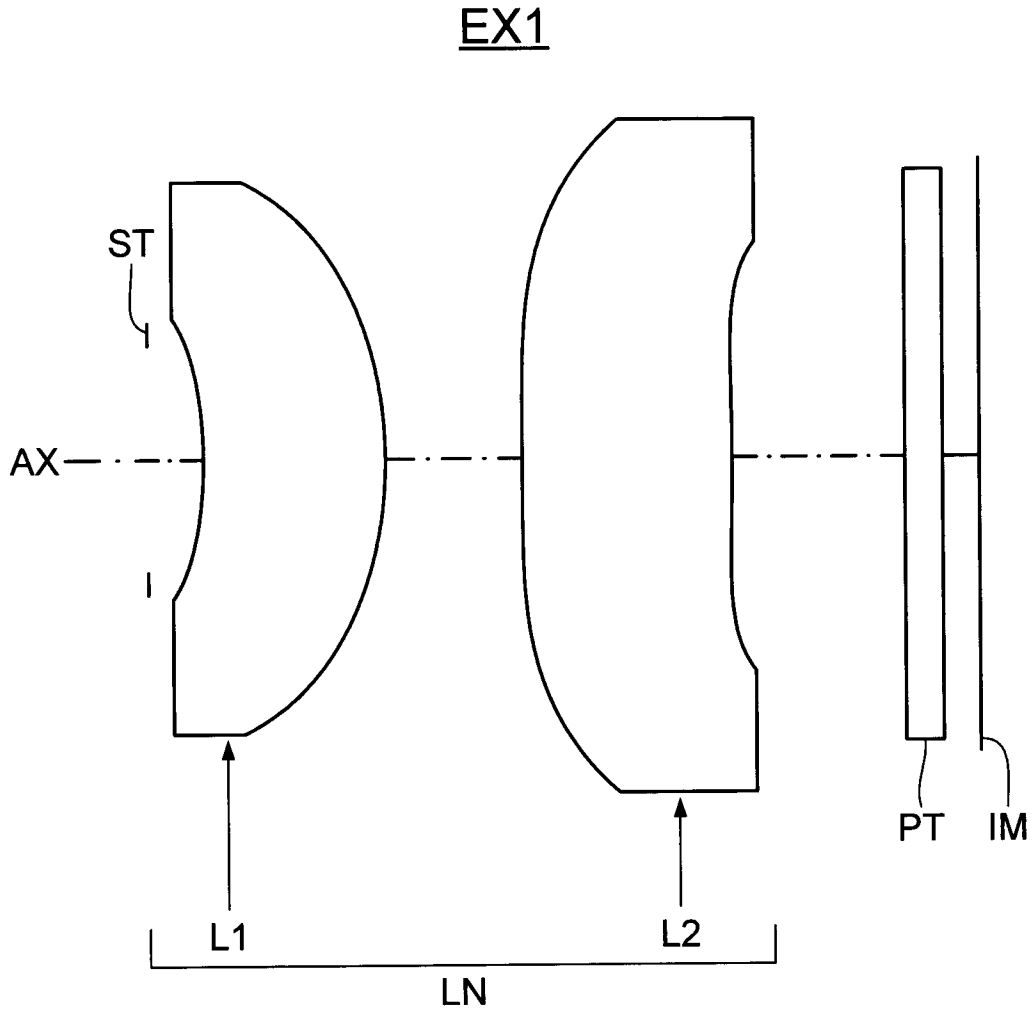
ただし、
 f_2 ：第2レンズの焦点距離、
 f ：遠赤外線レンズ全系の焦点距離、
である。
- [請求項4] 前記第1レンズ及び第2レンズは、設計波長での屈折率が2よりも大きいことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の遠赤外線レンズ。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれか1項に記載の遠赤外線レンズと、撮像面上

に形成された遠赤外線光学像を電気的な信号に変換する撮像素子と、
を備え、前記撮像素子の撮像面上に被写体の遠赤外線光学像が形成されるように前記遠赤外線レンズが設けられていることを特徴とする撮像光学装置。

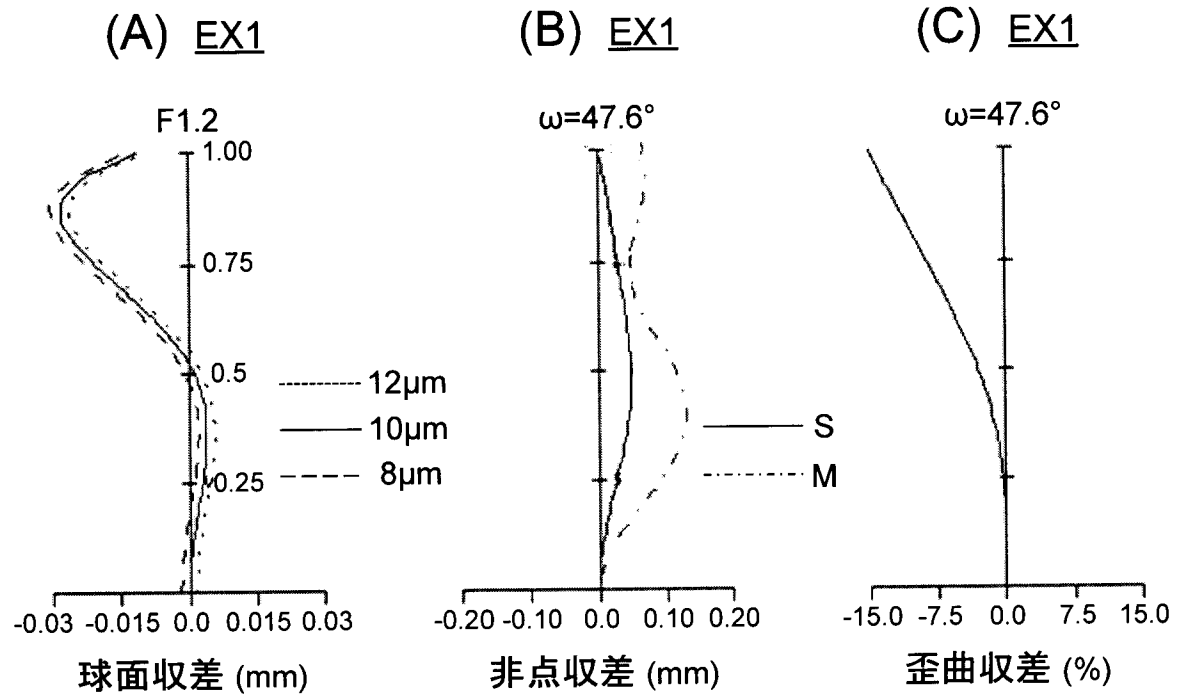
[請求項6] 請求項5記載の撮像光学装置を備えることにより、被写体の静止画撮影、動画撮影のうちの少なくとも一方の機能が付加されたことを特徴とするデジタル機器。

[請求項7] 請求項1～4のいずれか1項に記載の遠赤外線レンズを備えたことを特徴とする遠赤外線用カメラシステム。

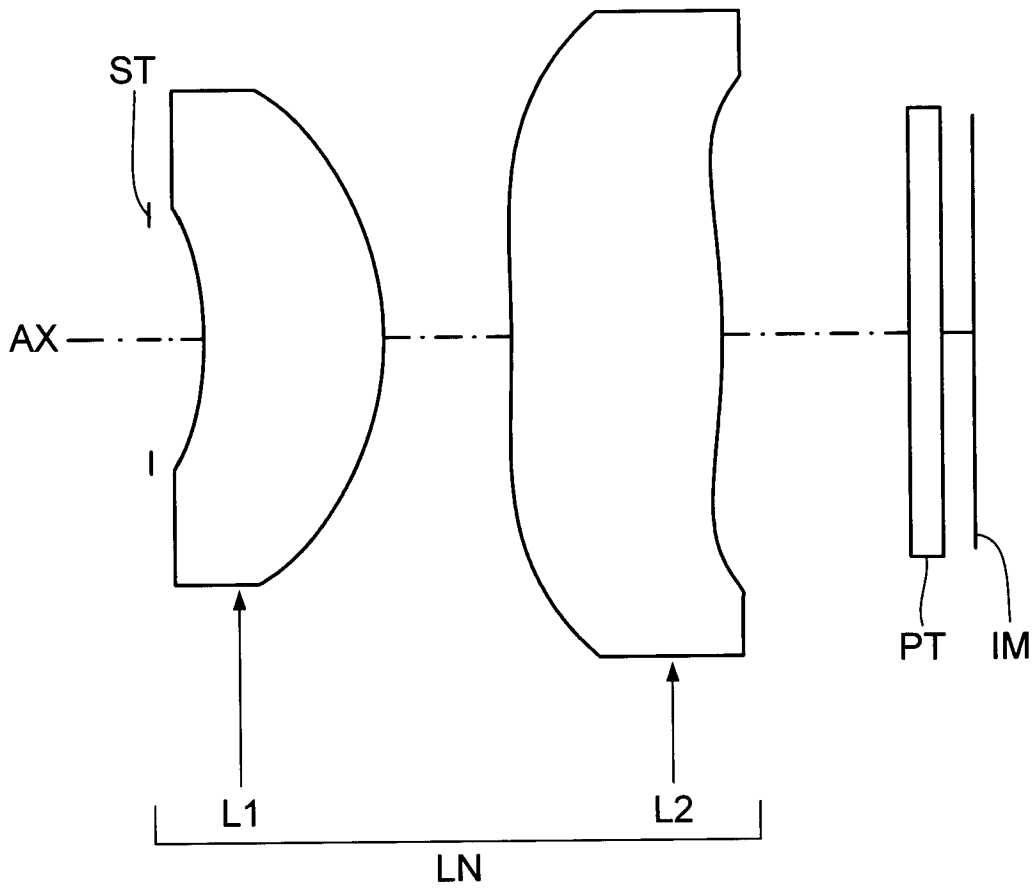
[图1]



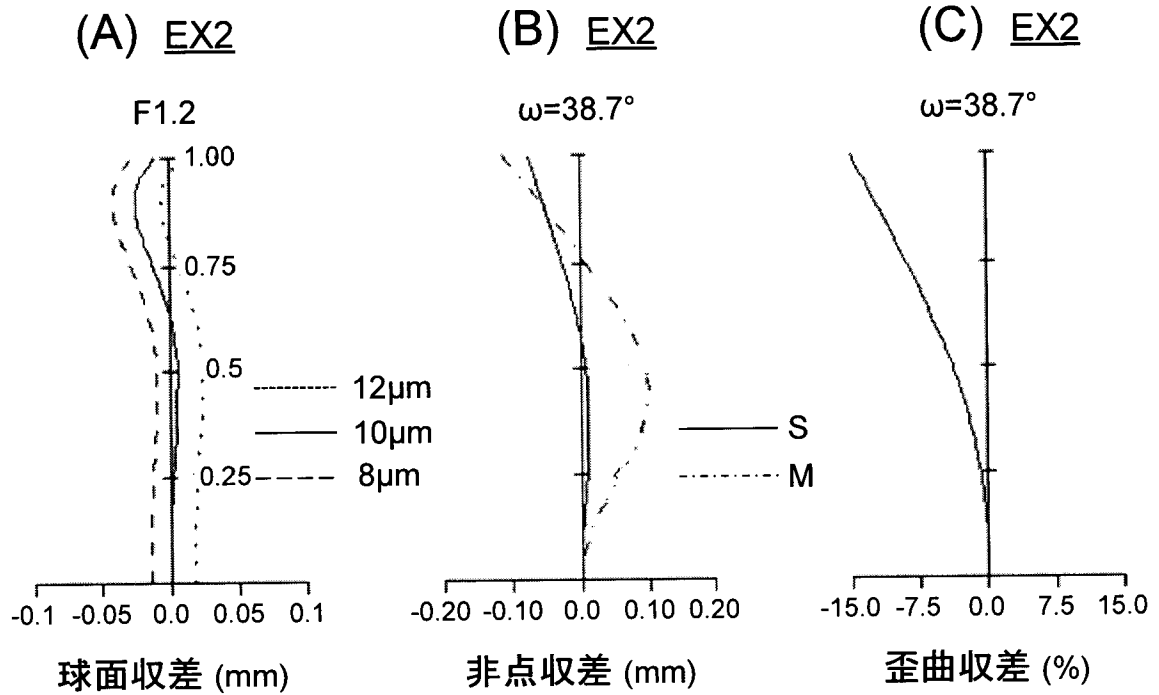
[图2]



[图3]

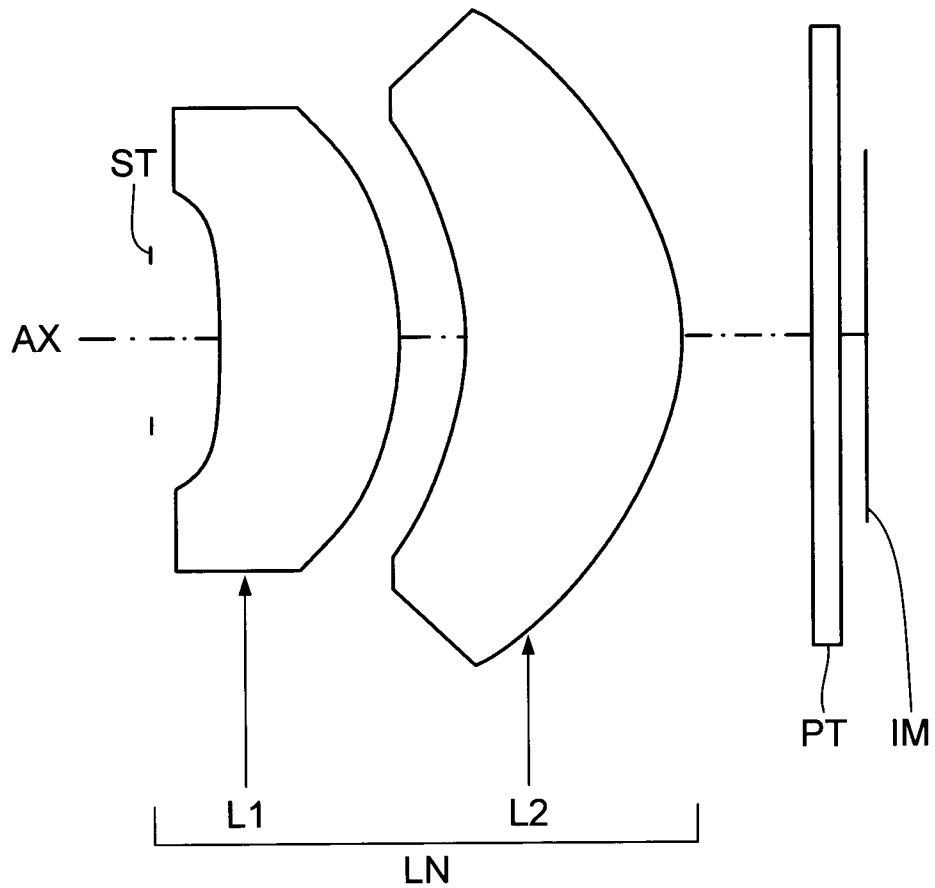
EX2

[图4]



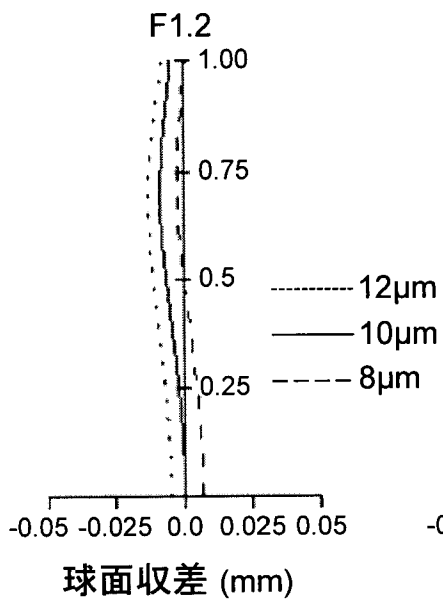
[图5]

EX3

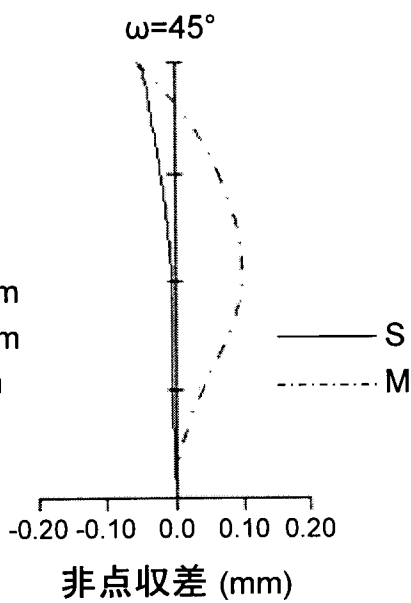


[图6]

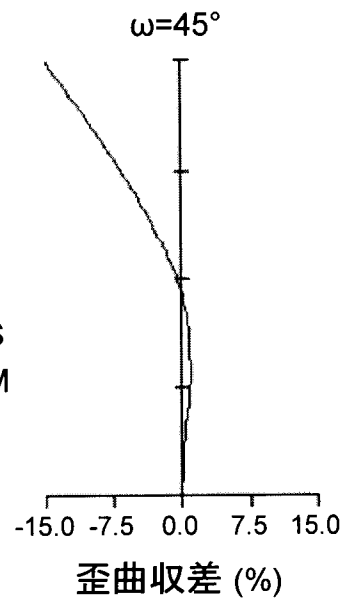
(A) EX3



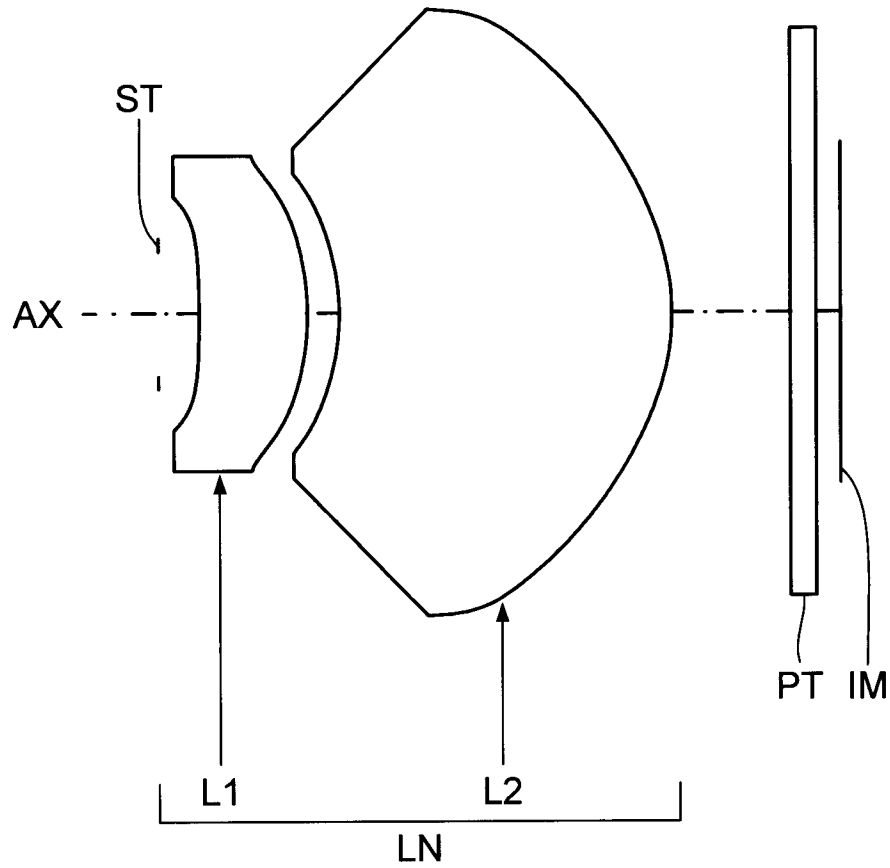
(B) EX3



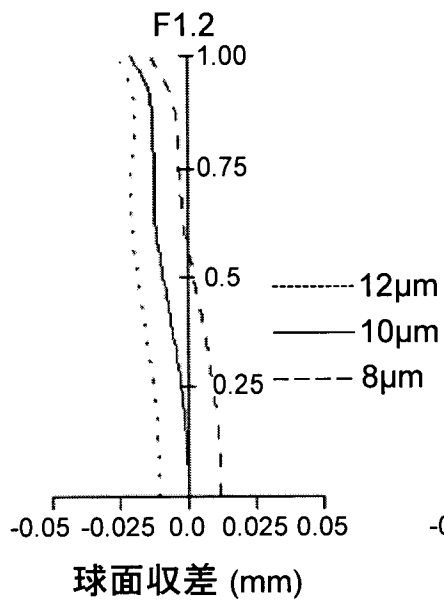
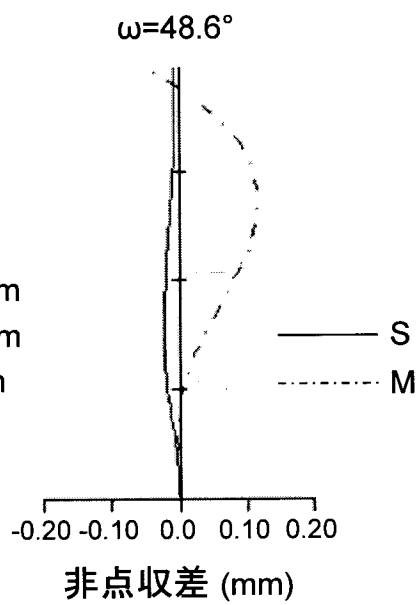
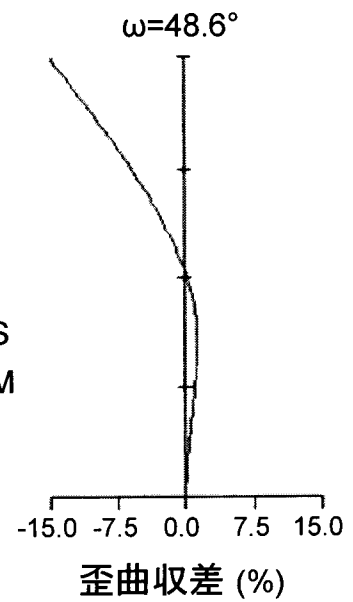
(C) EX3



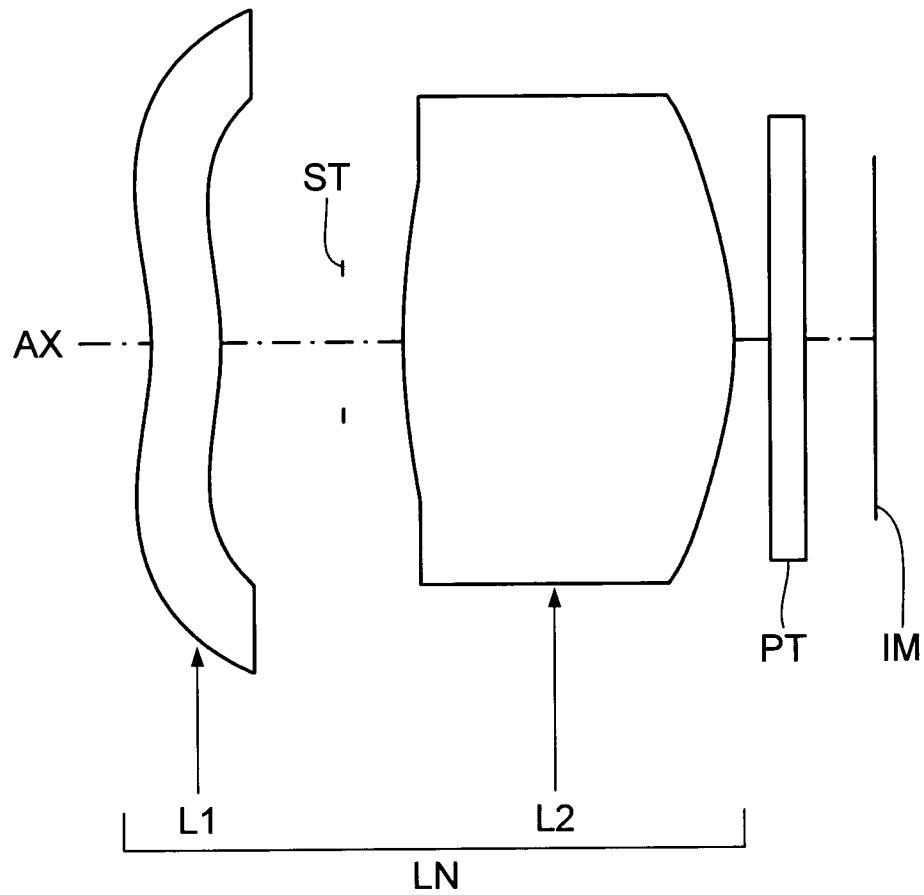
[图7]

EX4

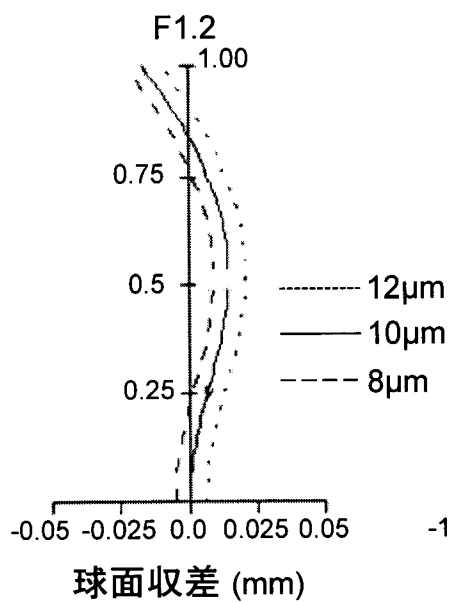
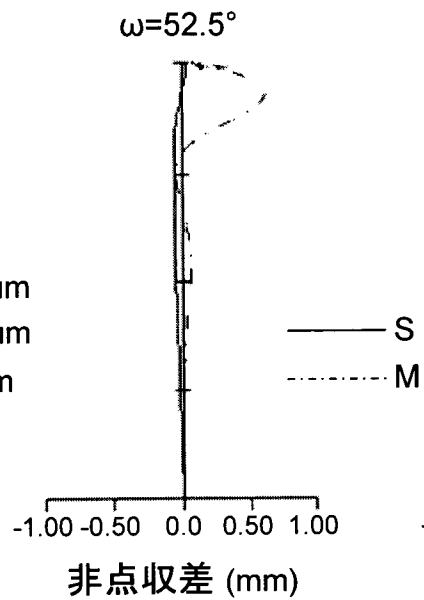
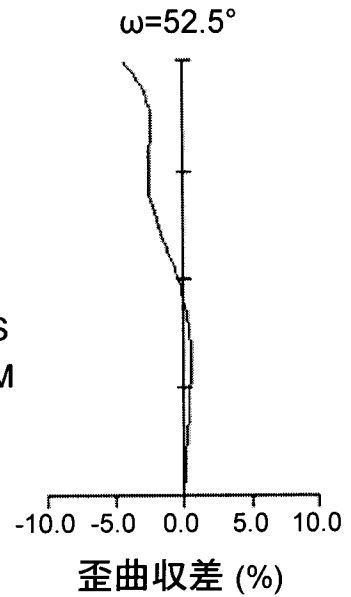
[图8]

(A) EX4(B) EX4(C) EX4

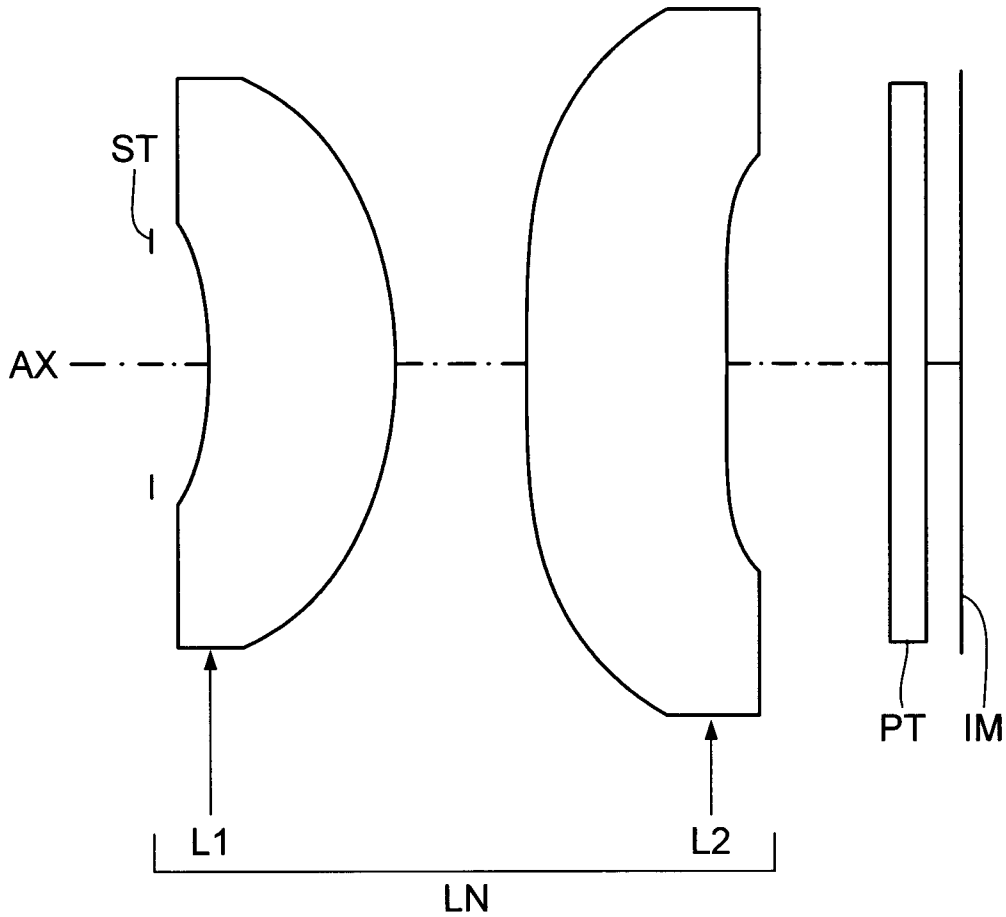
[图9]

EX5

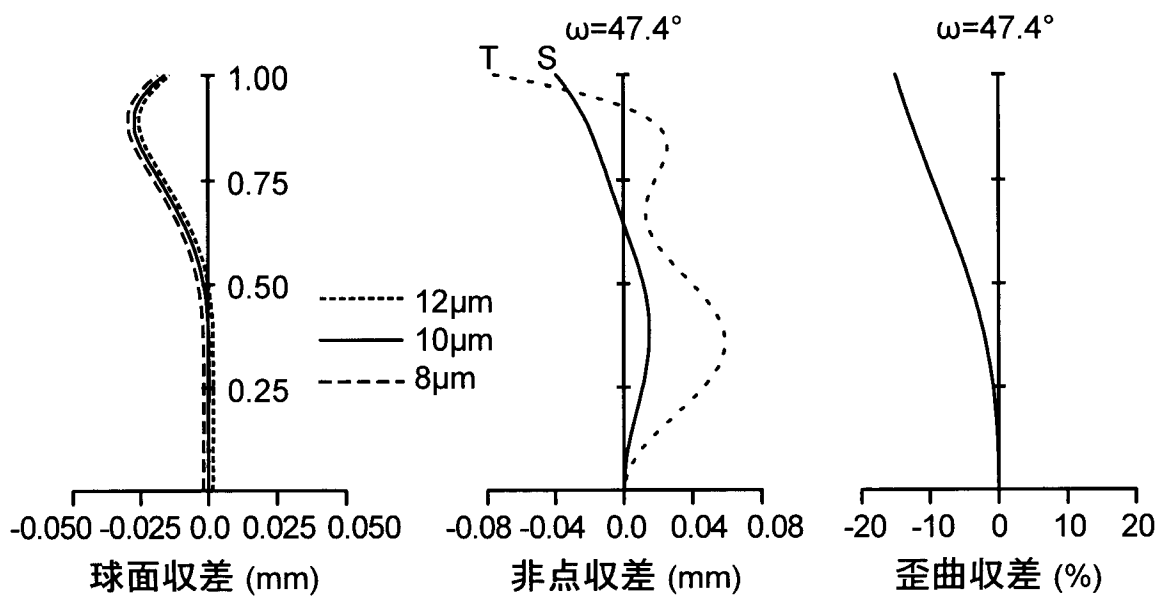
[图10]

(A) EX5(B) EX5(C) EX5

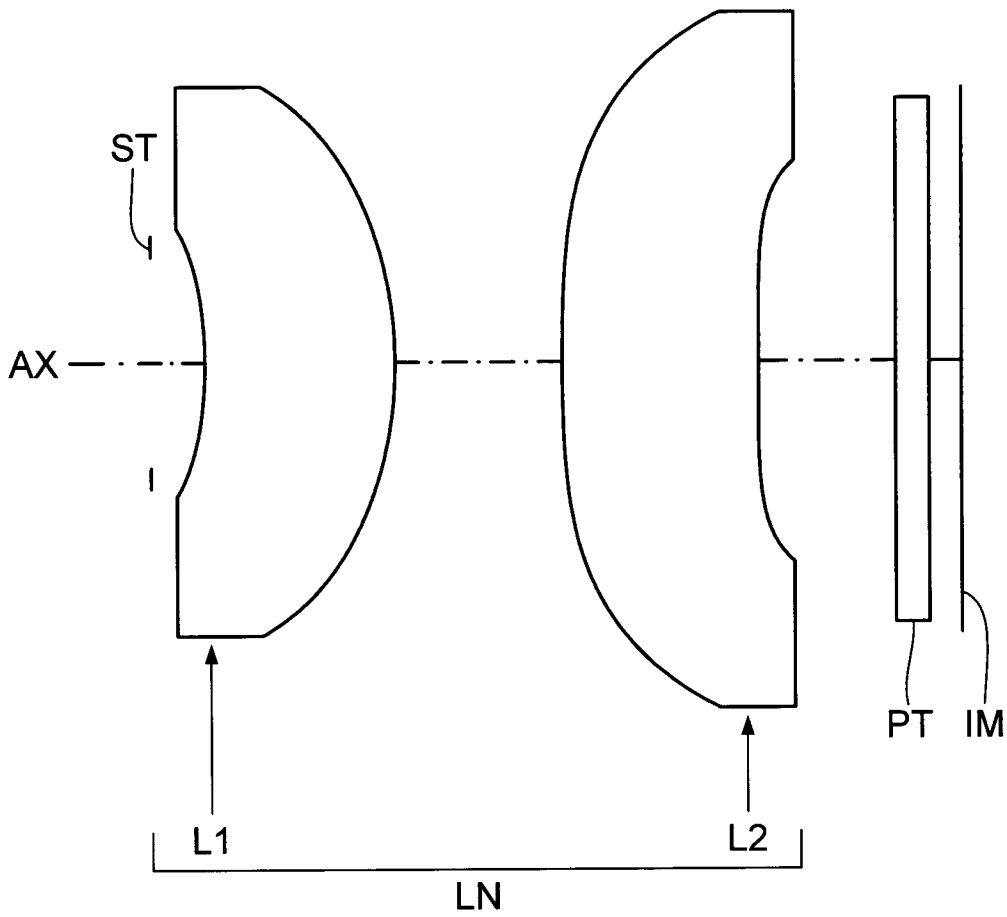
[圖11]

EX6

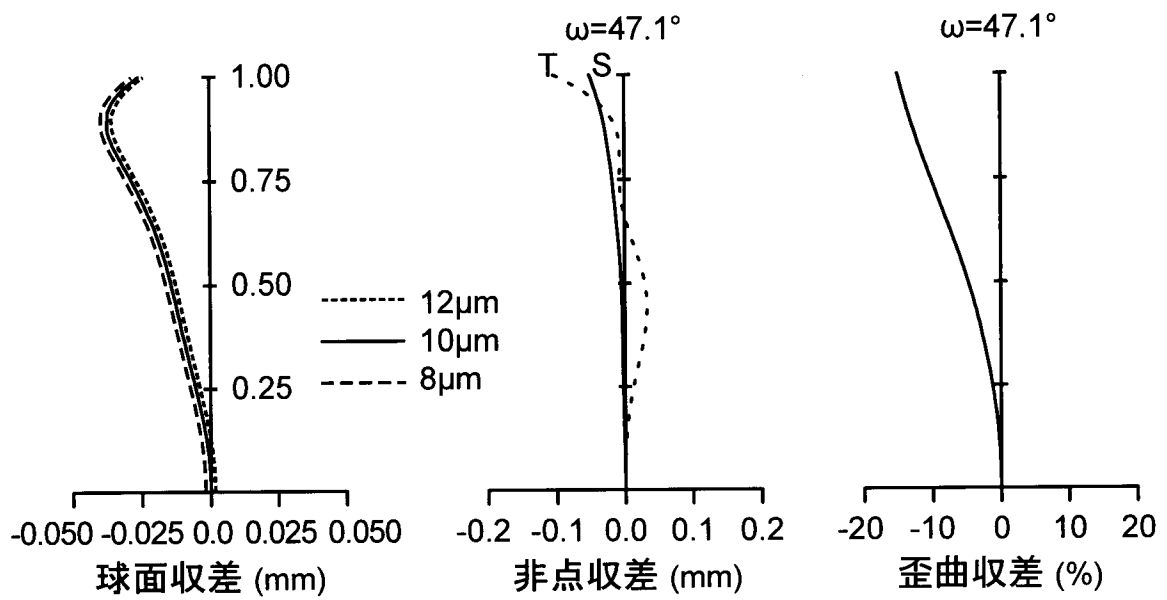
[圖12]

(A) EX6(B) EX6(C) EX6

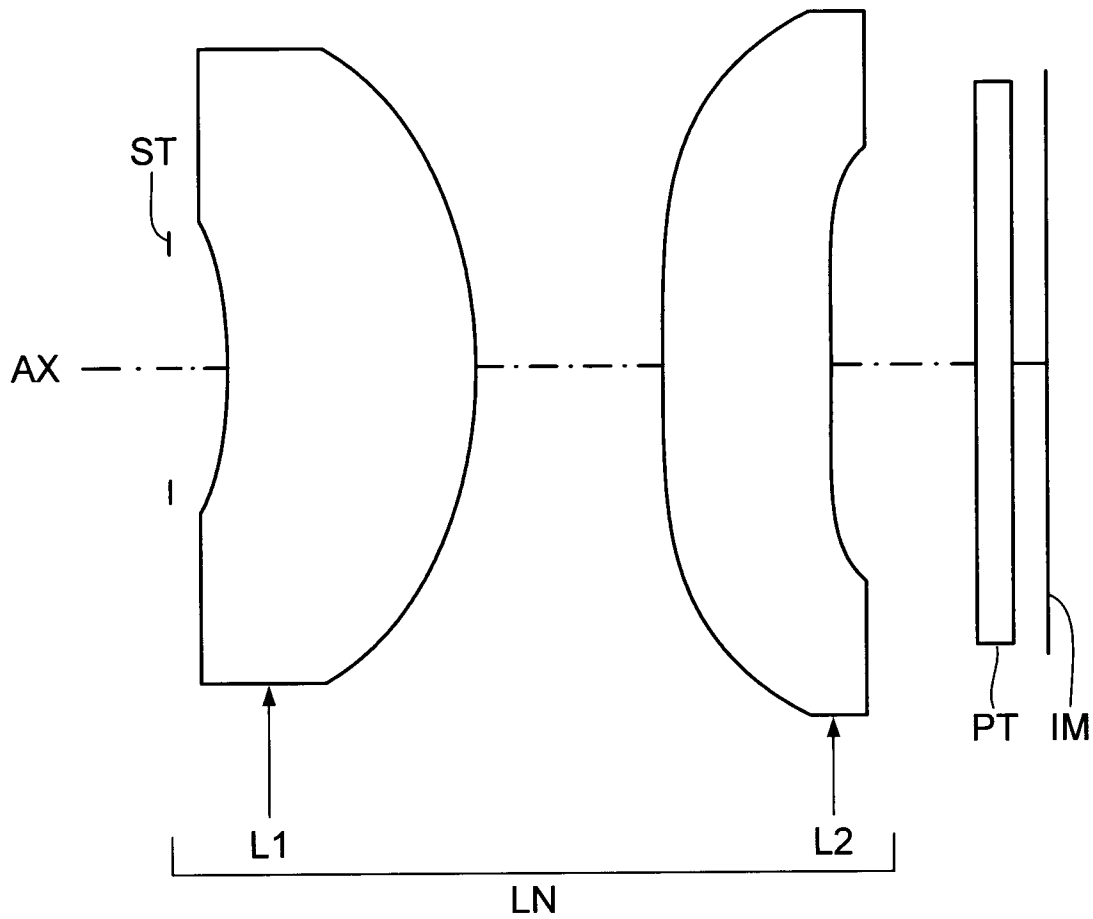
[圖13]

EX7

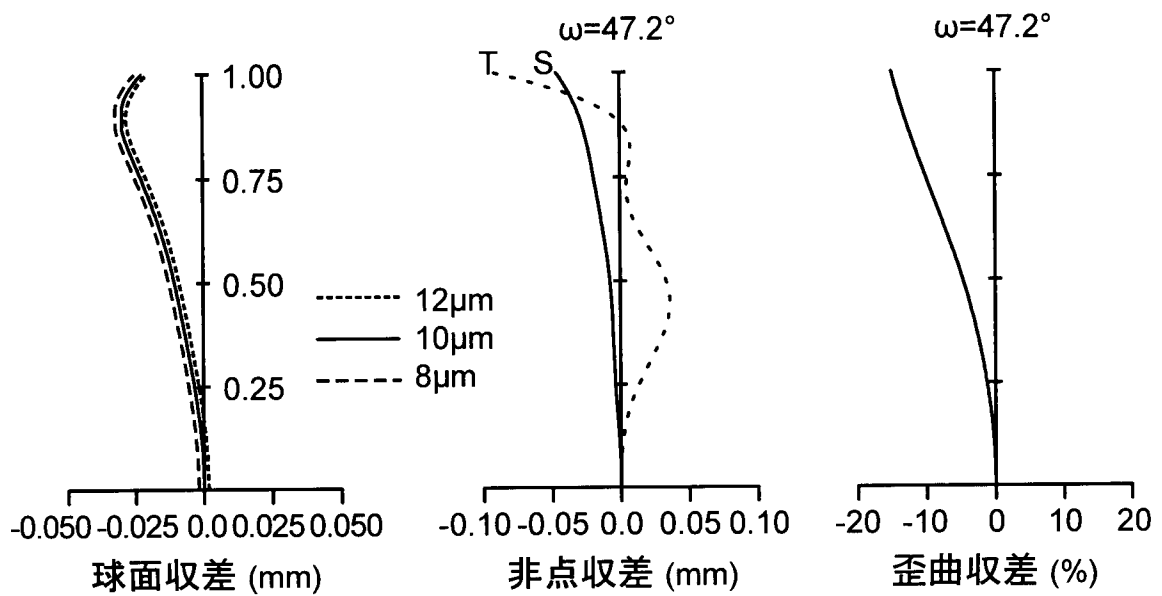
[圖14]

(A) EX7(B) EX7(C) EX7

[图15]

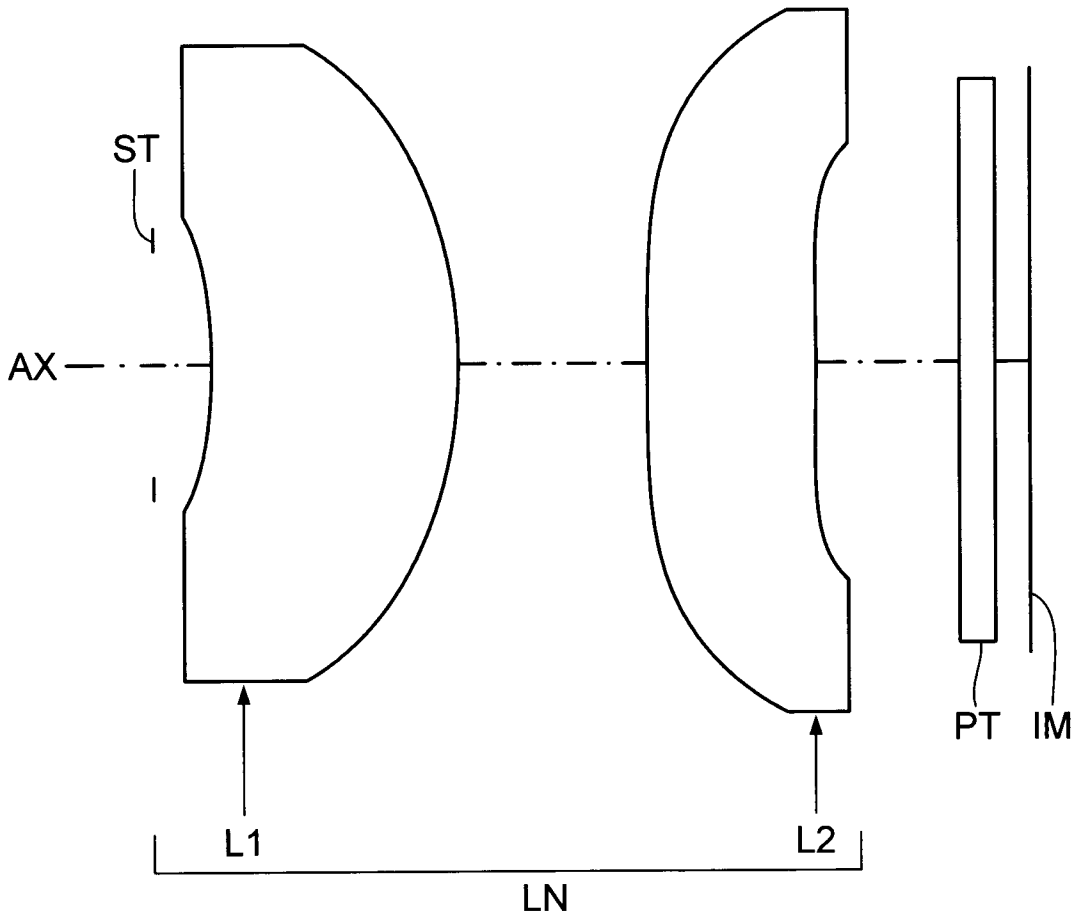
EX8

[图16]

(A) EX8(B) EX8(C) EX8

[图17]

EX9

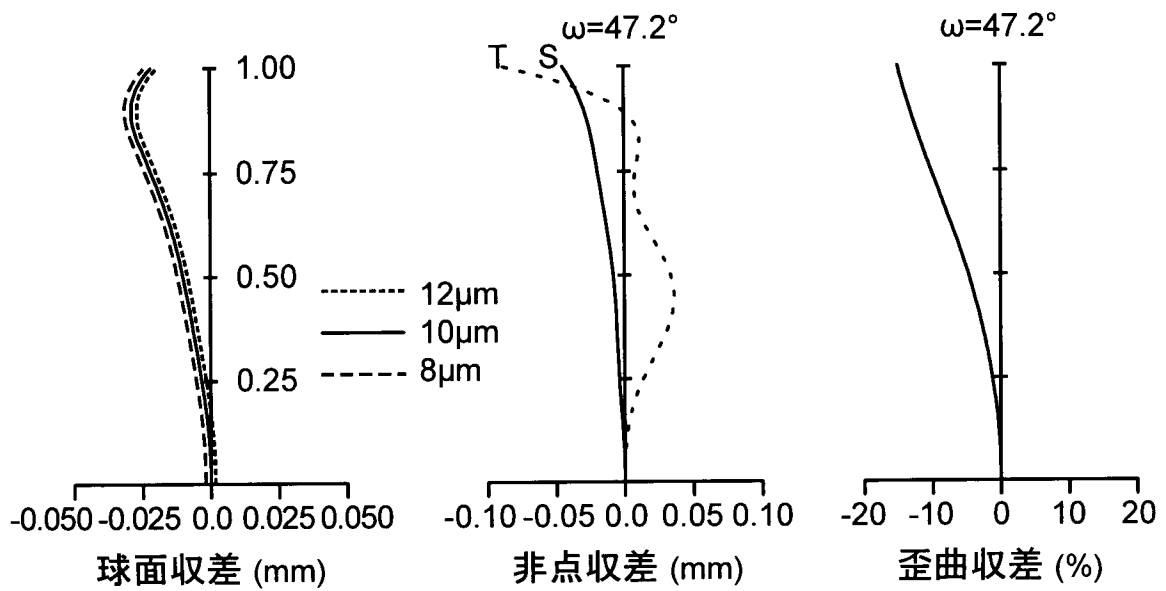


[图18]

(A) EX9

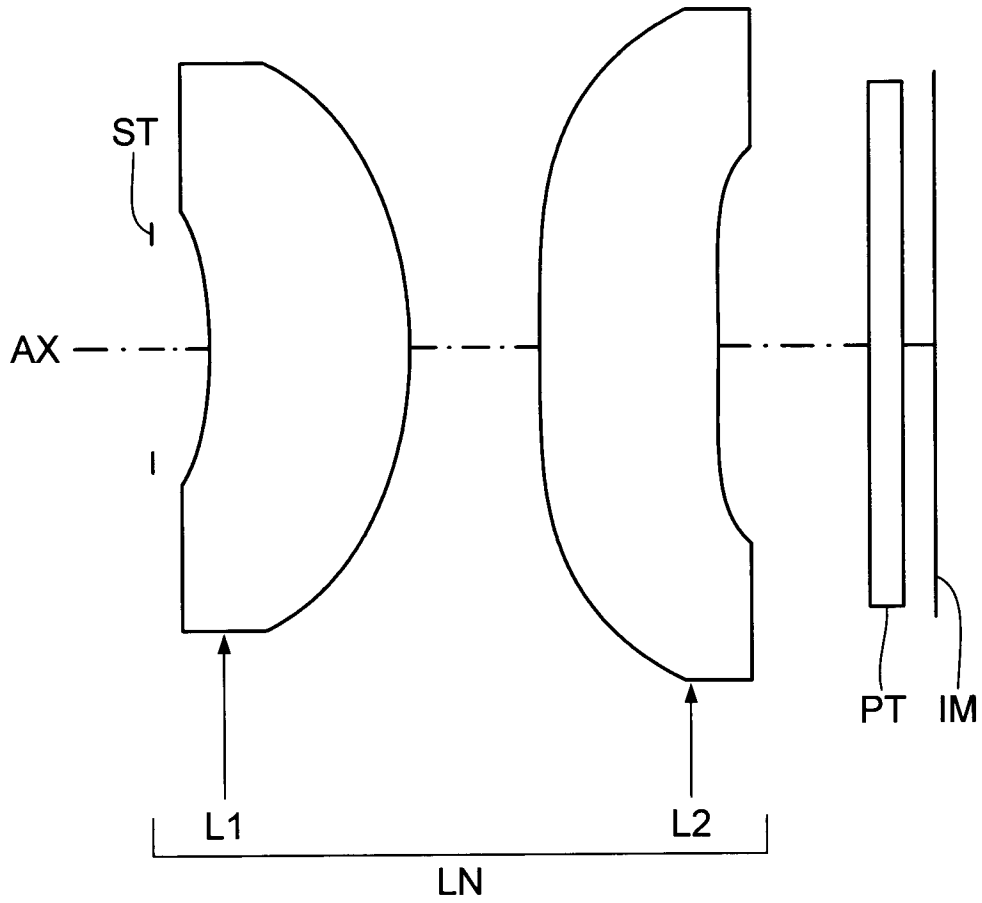
(B) EX9

(C) EX9

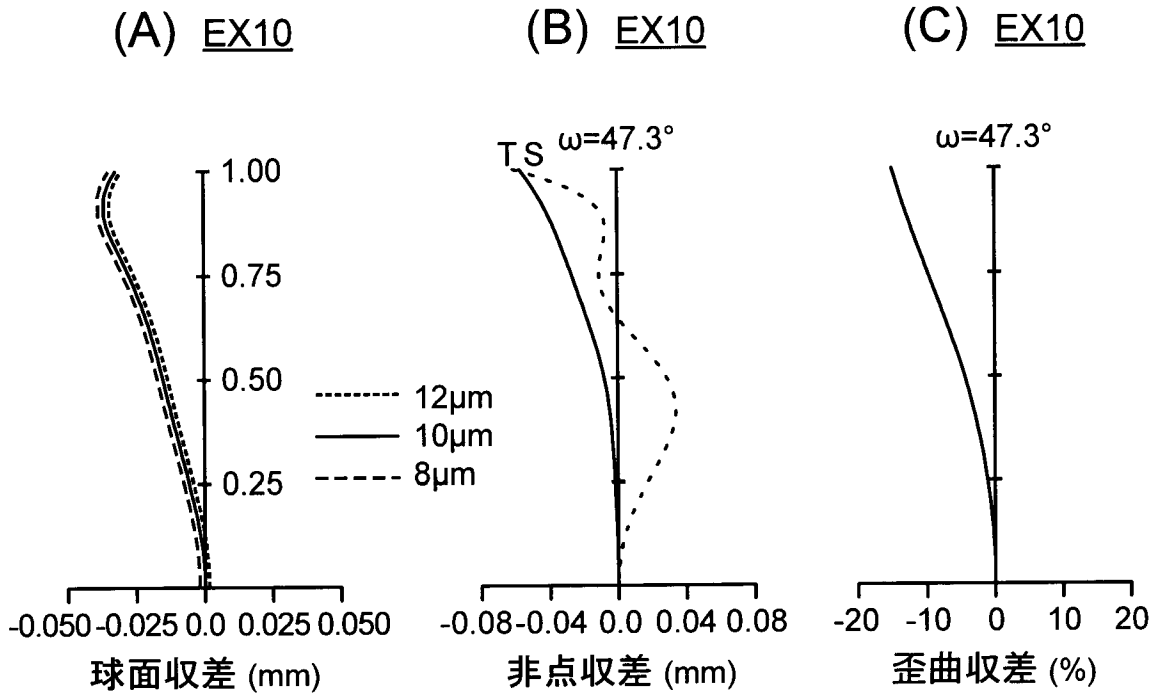


[图19]

EX10

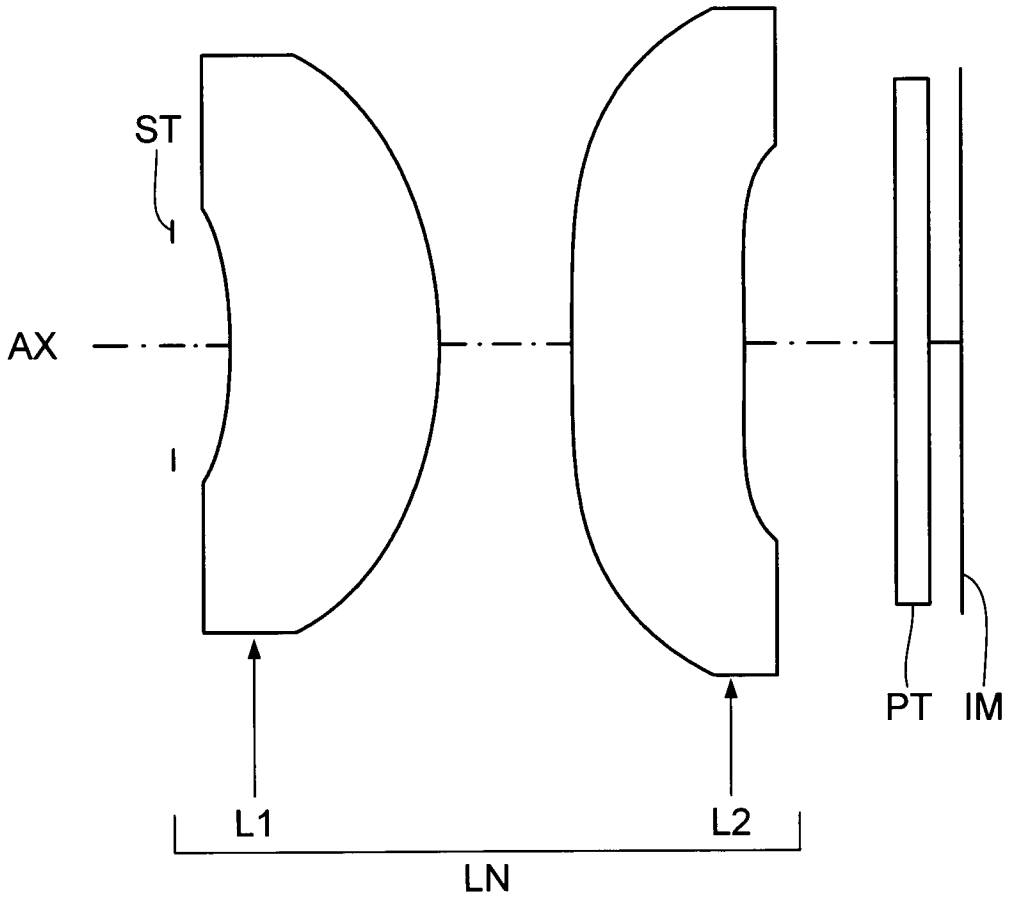


[图20]



[图21]

EX11

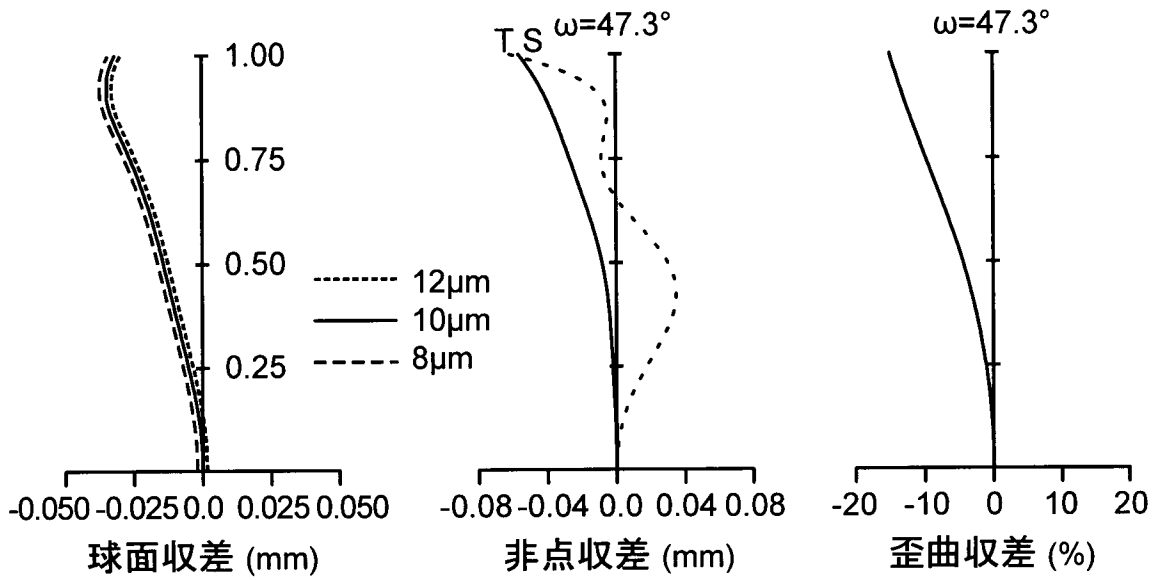


[图22]

(A) EX11

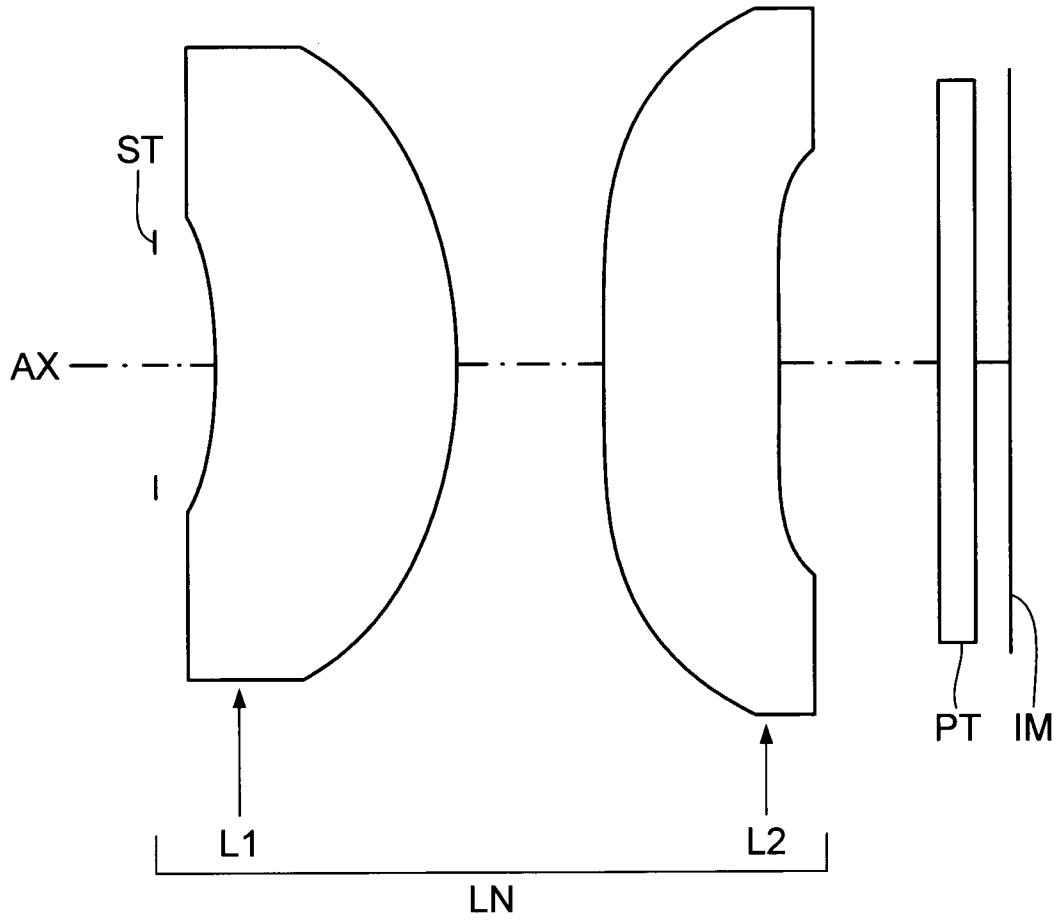
(B) EX11

(C) EX11



[图23]

EX12

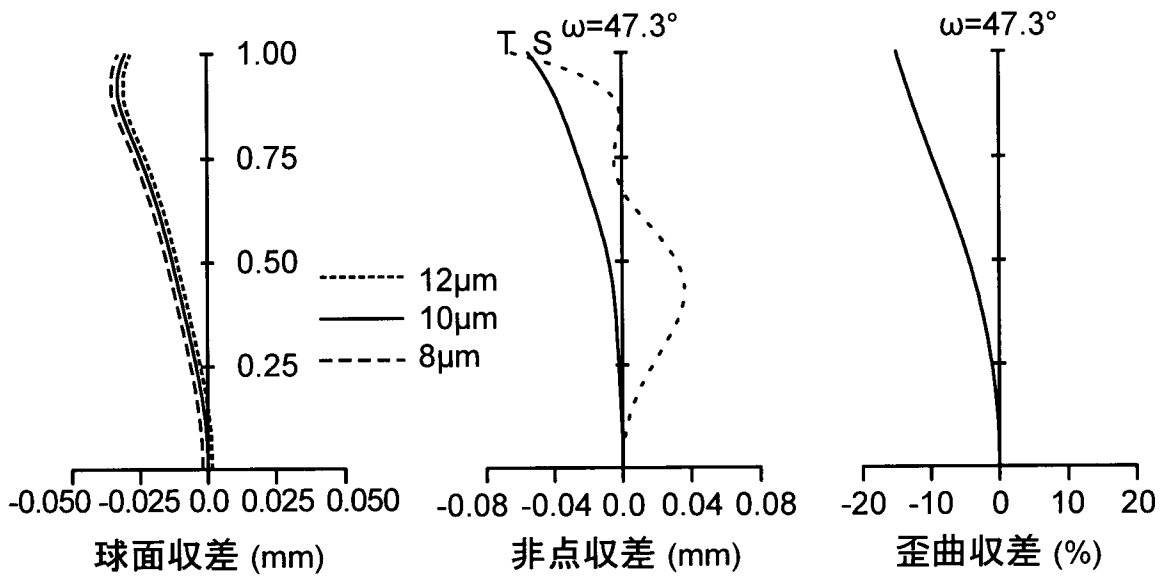


[图24]

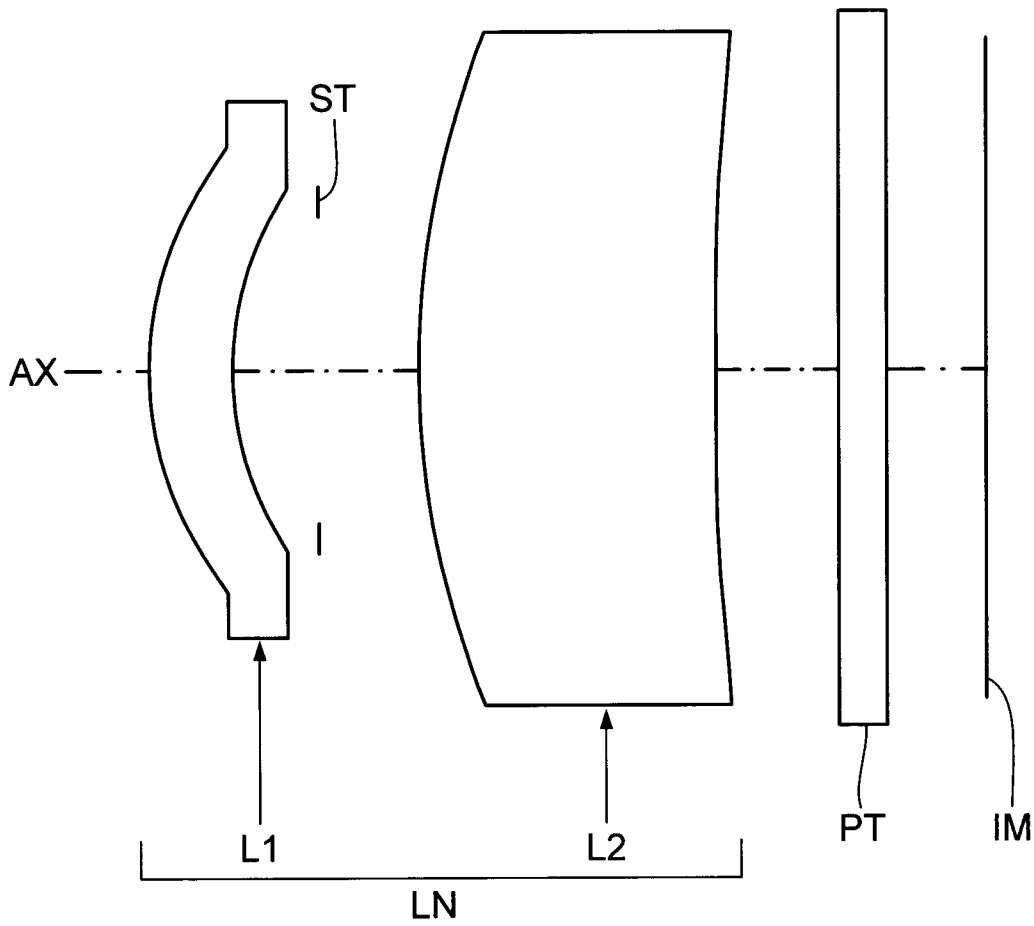
(A) EX12

(B) EX12

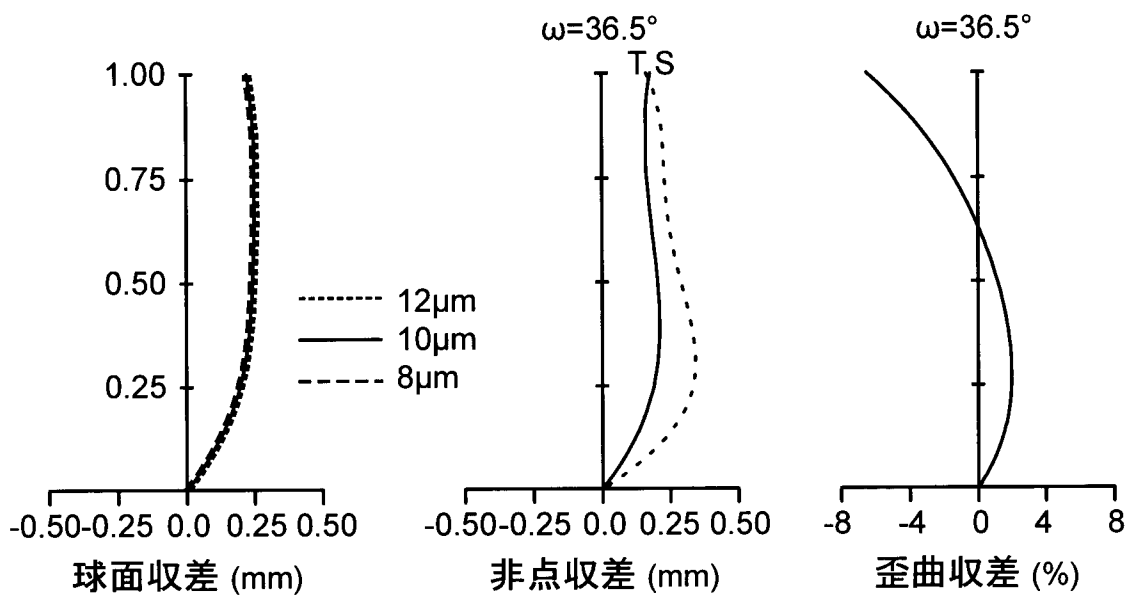
(C) EX12



[图25]

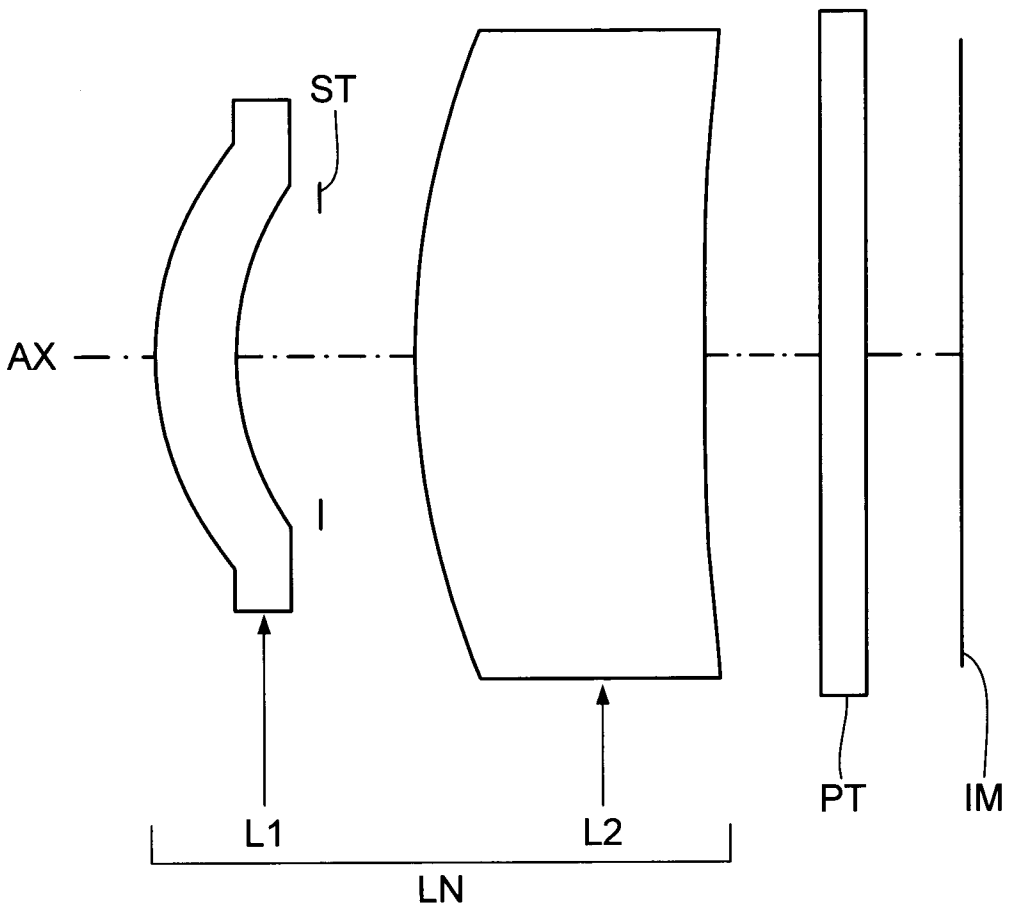
EX13

[图26]

(A) EX13(B) EX13(C) EX13

[图27]

EX14

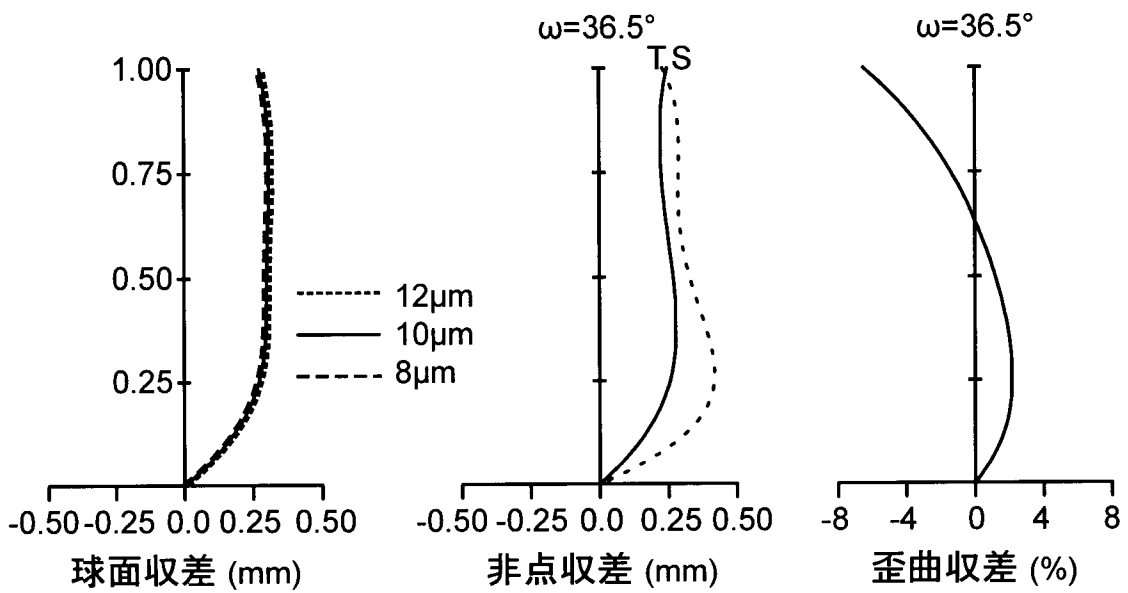


[图28]

(A) EX14

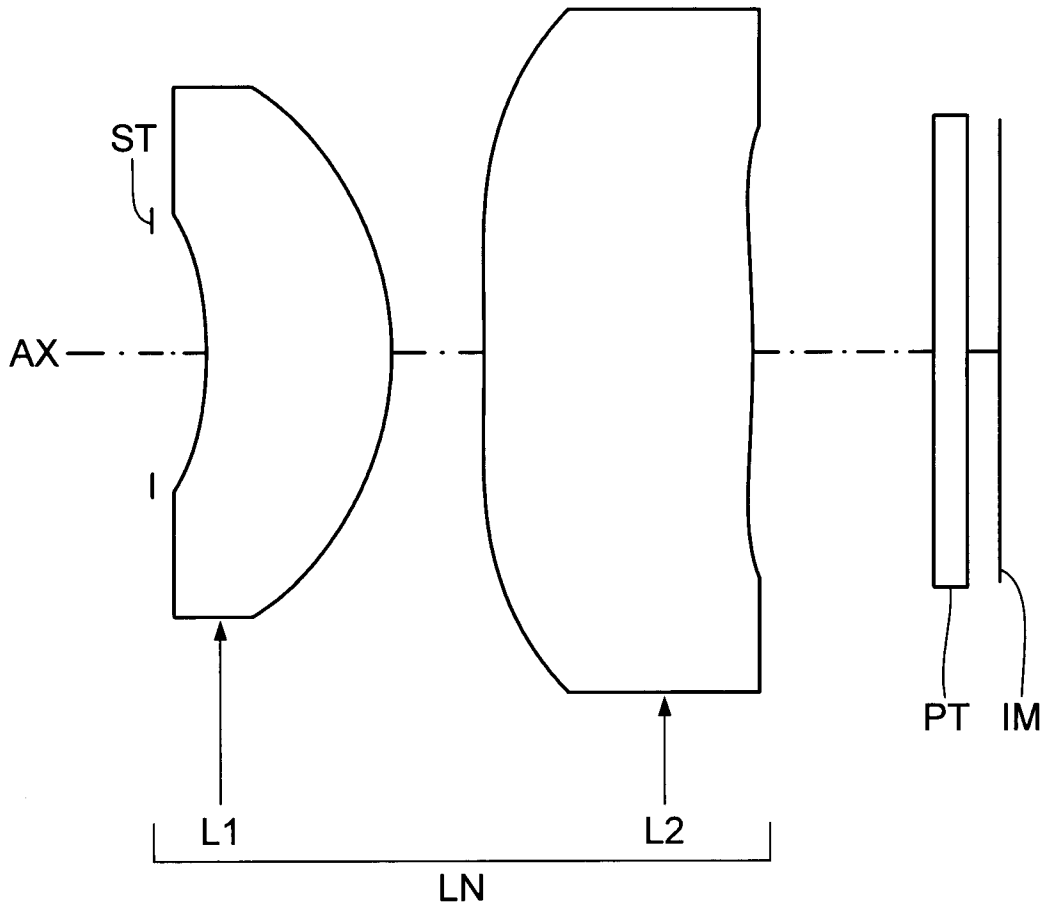
(B) EX14

(C) EX14



[图29]

EX15

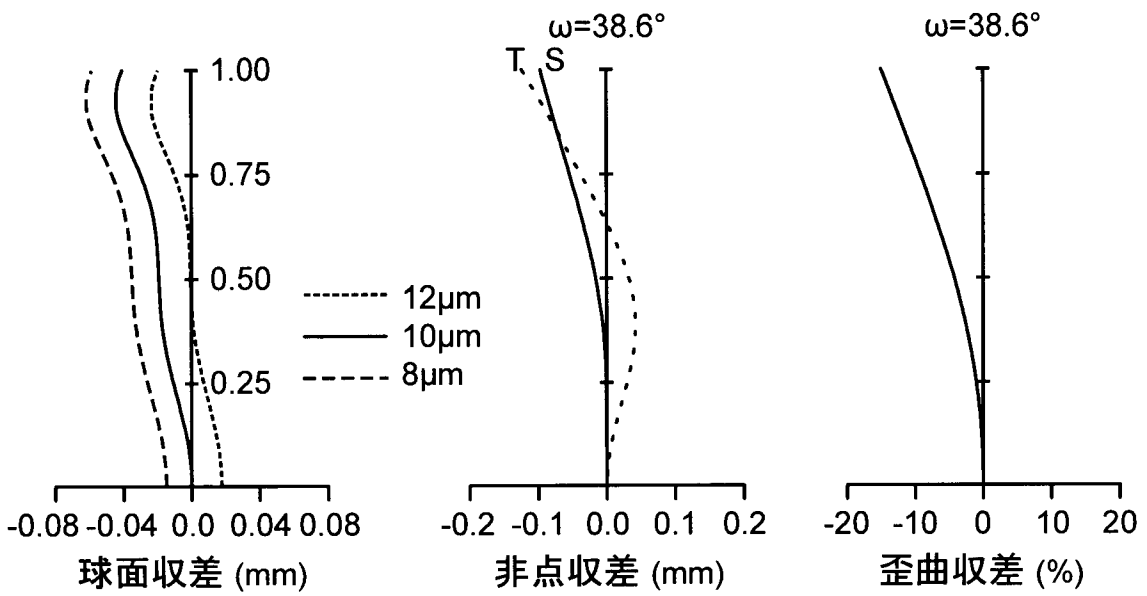


[图30]

(A) EX15

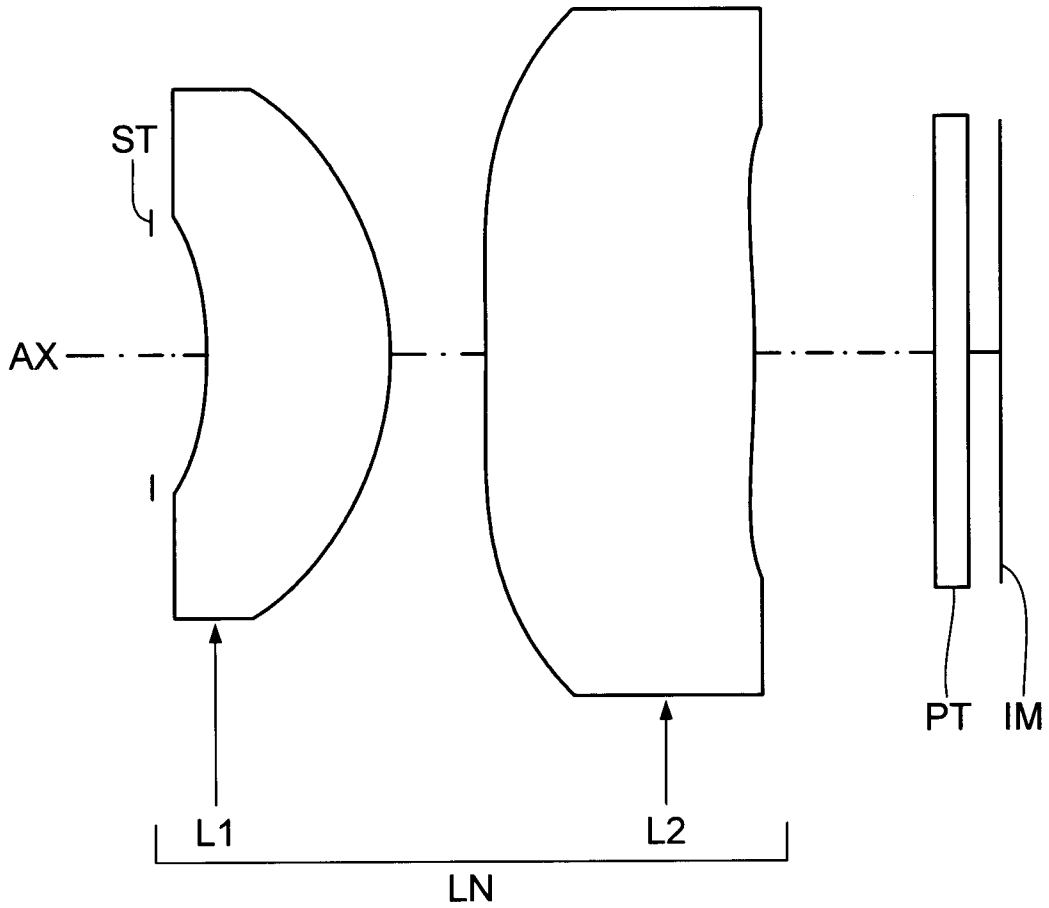
(B) EX15

(C) EX15



[图31]

EX16

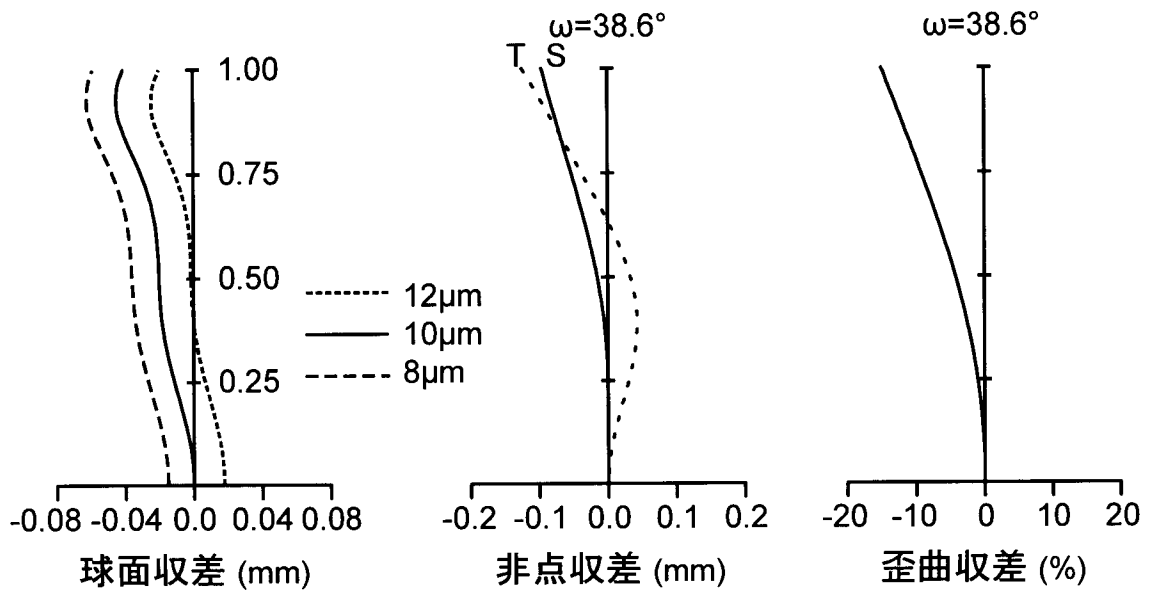


[图32]

(A) EX16

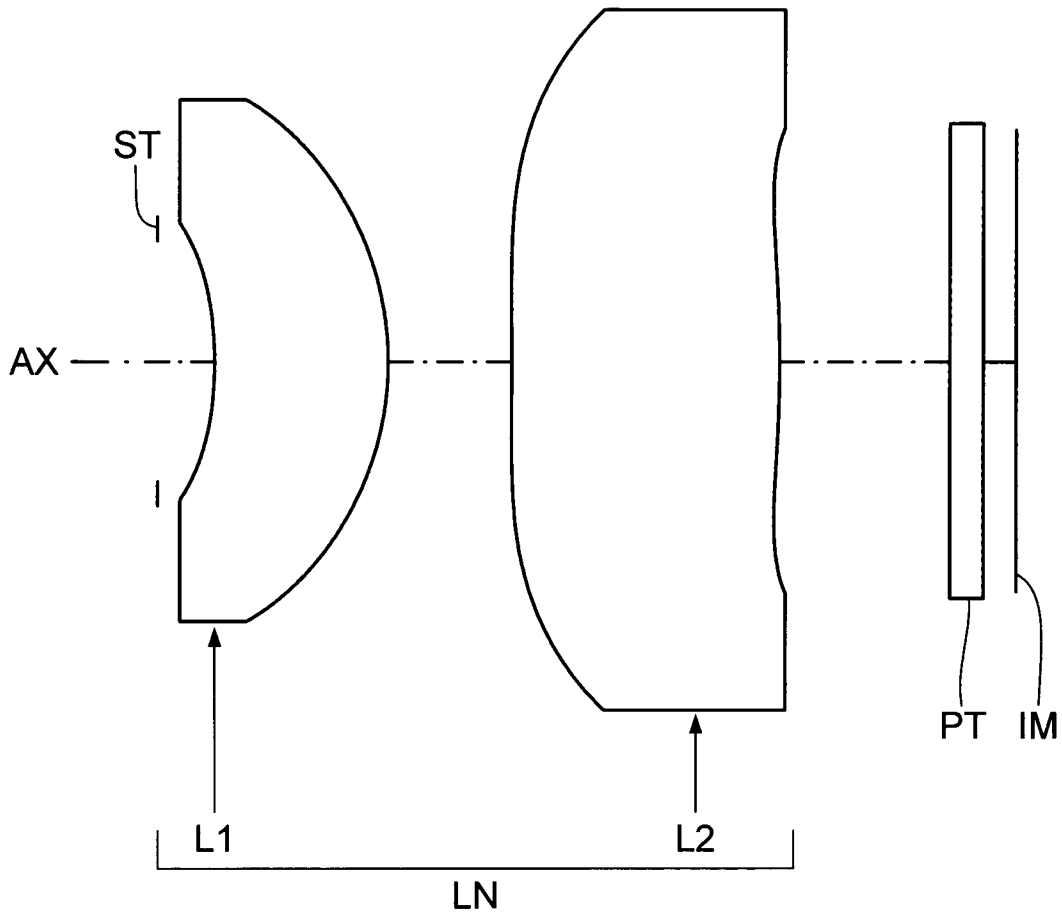
(B) EX16

(C) EX16



[图33]

EX17

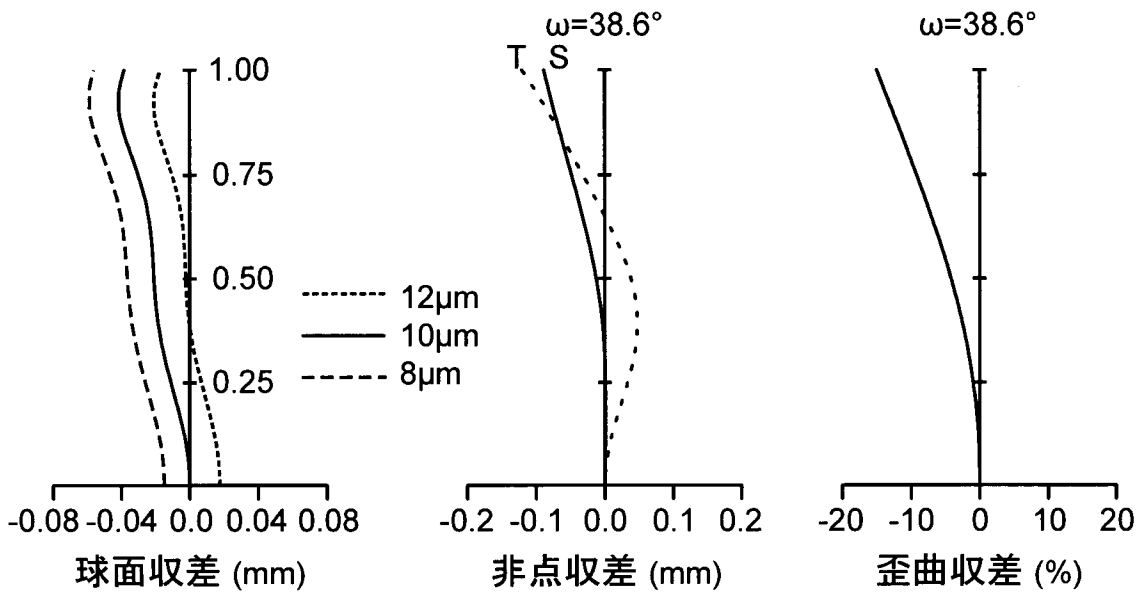


[图34]

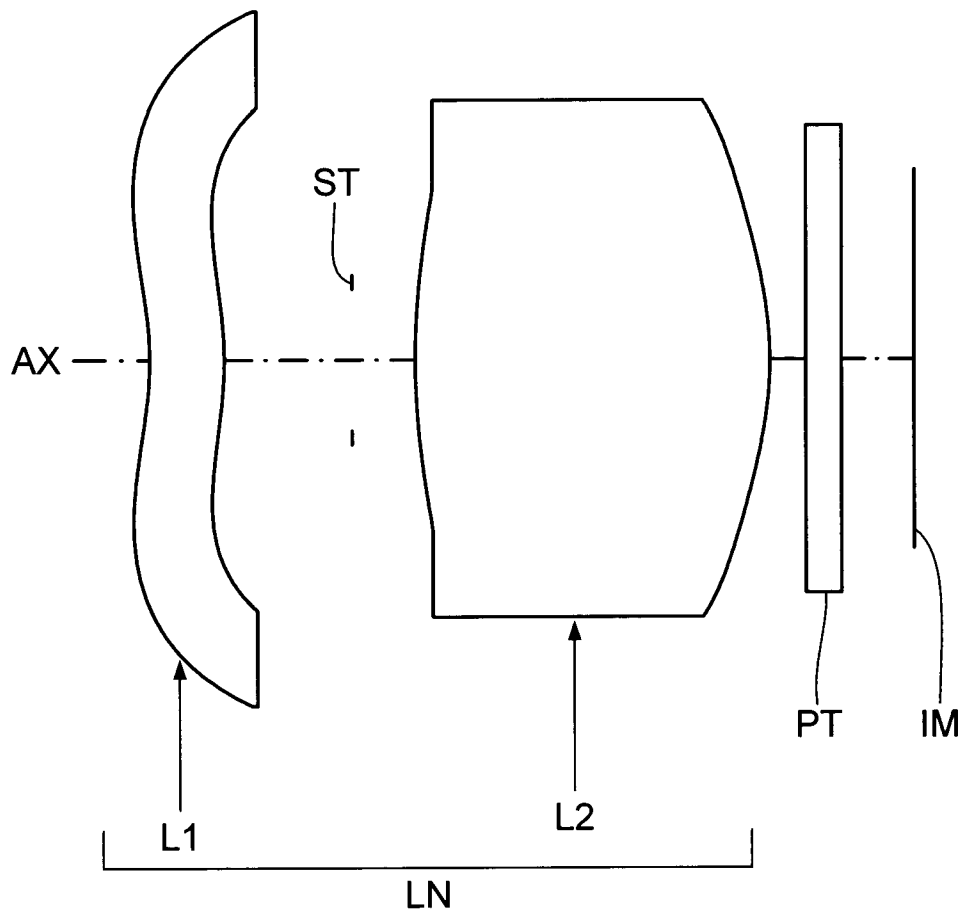
(A) EX17

(B) EX17

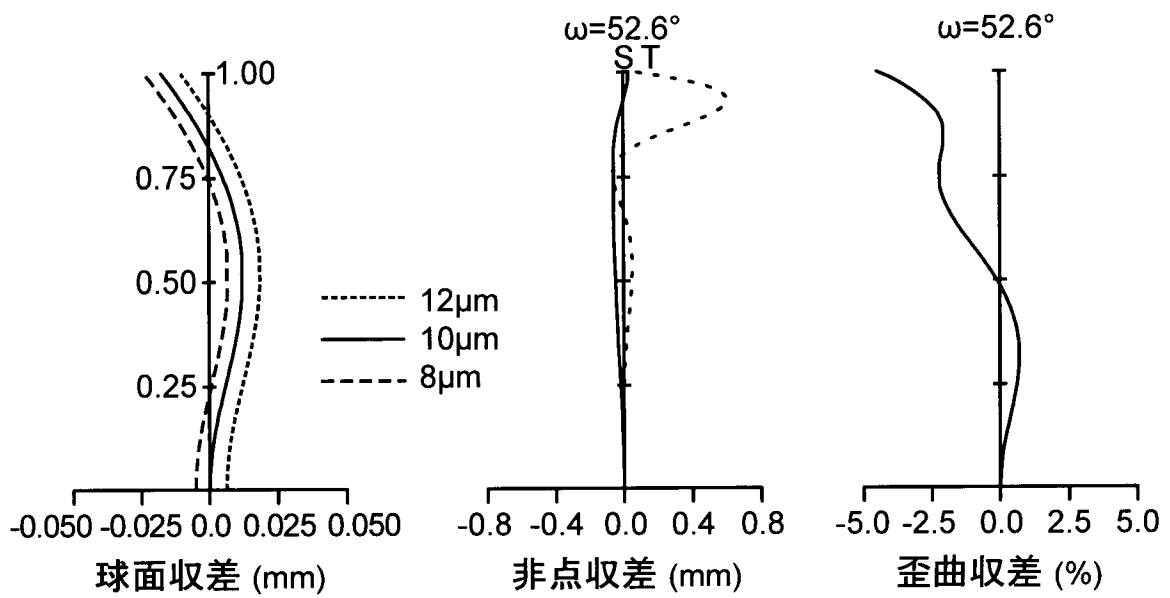
(C) EX17



[图35]

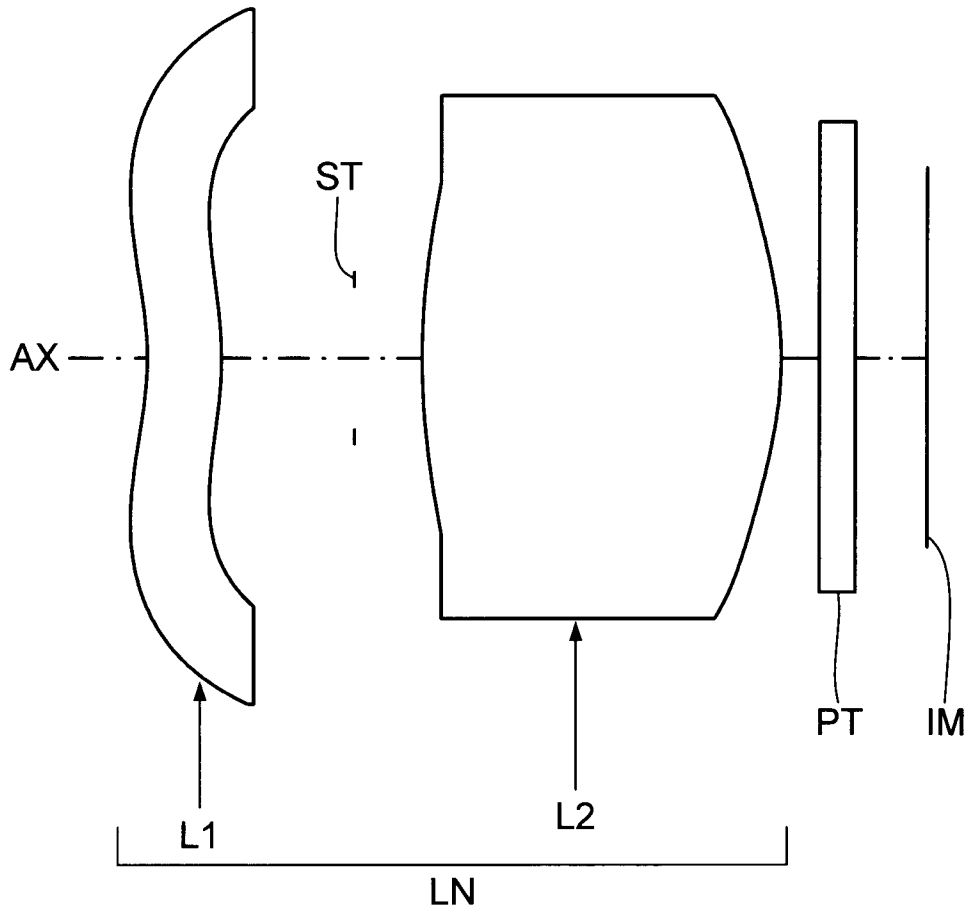
EX18

[图36]

(A) EX18(B) EX18(C) EX18

[图37]

EX19

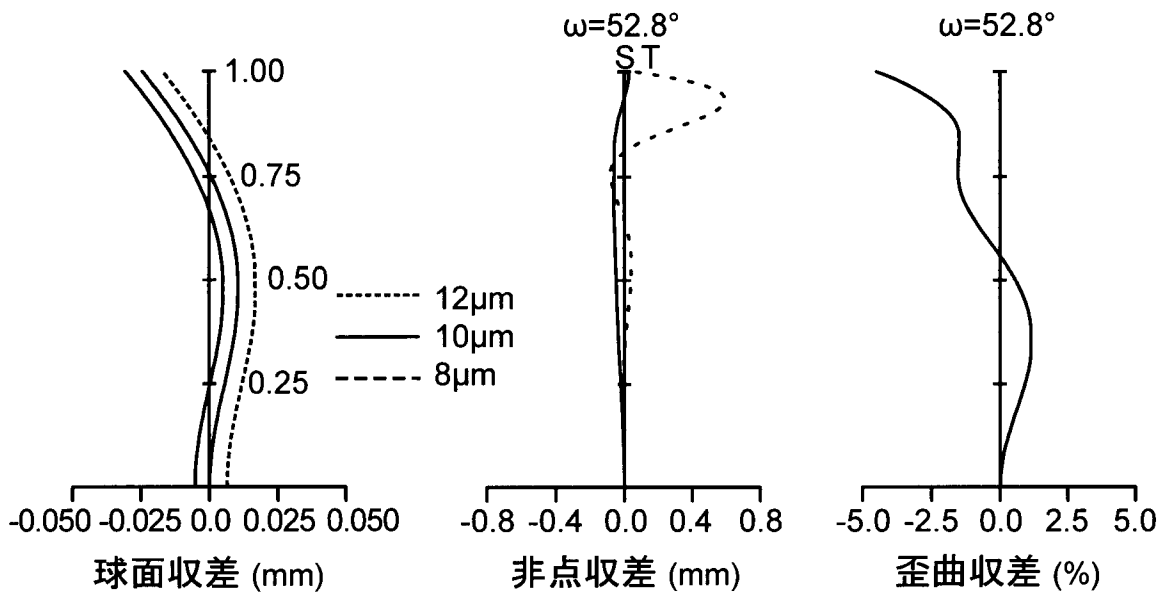


[图38]

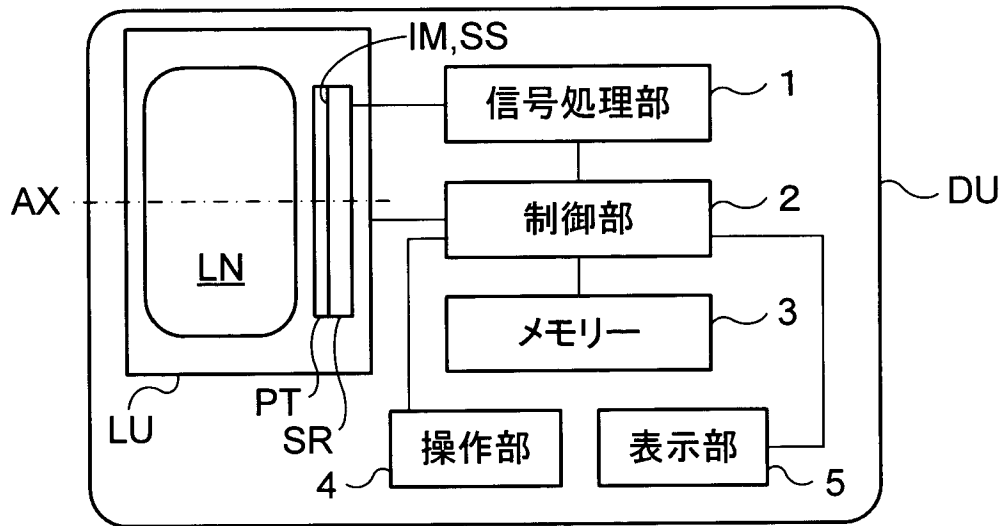
(A) **EX19**

(B) **EX19**

(C) **EX19**



[図39]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/073050

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B13/14(2006.01) i, G02B13/18(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, G02B13/18

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
X	JP 2007-241032 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 20 September 2007 (20.09.2007), paragraphs [0001] to [0004]; example 2-1; fig. 51 & US 2009/0027766 A1 paragraphs [0001] to [0004]; example 3-1; fig. 101 & US 2010/0187418 A1 & US 2011/0164142 A1 & EP 1980888 A1 & EP 2226666 A1 & CN 101167008 A & KR 10-2010-0012102 A & KR 10-0955975 B1	1-7
X	JP 2006-235139 A (Mitsubishi Electric Corp.), 07 September 2006 (07.09.2006), carrying-out modes 3 to 4; fig. 4 to 5 (Family: none)	1-7

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 19 October 2015 (19.10.15)	Date of mailing of the international search report 27 October 2015 (27.10.15)
---	--

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/JP2015/073050

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 2-79809 A (GEC-Marconi Ltd.), 20 March 1990 (20.03.1990), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02B13/14(2006.01)i, G02B13/18(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 (IPC)) Int.Cl. G02B13/14, G02B13/18		
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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
X	JP 2007-241032 A (住友電気工業株式会社) 2007. 09. 20, 段落 [0001]-[0004], 実施例 2-1, 図 51 & US 2009/0027766 A1 段落[0001]-[0004], 実施例 3-1, 図 101 & US 2010/0187418 A1 & US 2011/0164142 A1 & EP 1980888 A1 & EP 2226666 A1 & CN 101167008 A & KR 10-2010-0012102 A & KR 10-0955975 B1	1-7
X	JP 2006-235139 A (三菱電機株式会社) 2006. 09. 07, 実施の形態 3-4, 図 4-5 (ファミリーなし)	1-7
<input checked="" type="checkbox"/> C 欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 19. 10. 2015	国際調査報告の発送日 27. 10. 2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/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) 井 亀 諭 電話番号 03-3581-1101 内線 3271	2V 5362

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 2-79809 A (ジーイーシー マルコニ リミテッド) 1990.03.20, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-7