

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4541729号
(P4541729)

(45) 発行日 平成22年9月8日(2010.9.8)

(24) 登録日 平成22年7月2日(2010.7.2)

(51) Int.Cl. F 1
G 0 2 B 13/18 (2006.01) G 0 2 B 13/18

請求項の数 1 (全 23 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|-------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2004-66238 (P2004-66238) | (73) 特許権者 | 000002185 |
| (22) 出願日 | 平成16年3月9日(2004.3.9) | | ソニー株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2005-257806 (P2005-257806A) | | 東京都港区港南1丁目7番1号 |
| (43) 公開日 | 平成17年9月22日(2005.9.22) | (73) 特許権者 | 000115728 |
| 審査請求日 | 平成19年2月20日(2007.2.20) | | リコー光学株式会社 |
| | | | 岩手県花巻市大畑第十地割109番地 |
| | | (74) 代理人 | 100067736 |
| | | | 弁理士 小池 晃 |
| | | (74) 代理人 | 100086335 |
| | | | 弁理士 田村 榮一 |
| | | (74) 代理人 | 100096677 |
| | | | 弁理士 伊賀 誠司 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像レンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、光学的絞りと、

ガラスからなり、両面が球面とされた正の屈折力を有する第1のレンズと、

ガラスからなり、両面が非球面とされた負の屈折力を有する第2のレンズと、

ガラスからなり、両面が非球面とされた正の屈折力を有する第3のレンズとを備え、

上記第1のレンズの屈折率を $N d_1$ 、アッベ数を d_1 とし、上記第2のレンズの屈折率を $N d_2$ 、アッベ数を d_2 とし、上記第3のレンズの屈折率を $N d_3$ 、アッベ数を d_3 とした場合に、以下に示す条件

(1) ~ (3) を満たすこと

を特徴とする撮像レンズ。

(1) $N d_1 > 1.45$, $d_1 > 70$ (2) $1.61 > N d_2 > 1.57$, $40 > d_2 > 28$ (3) $1.55 > N d_3 > 1.45$, $d_3 > 70$

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラといった撮像装置に用いられる撮像レンズに関し、詳しくは、3群3枚構成(トリプレットタイプ)の撮像レンズに関

10

20

する。

【背景技術】

【0002】

CCD (Charge Coupled Device) や CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) といった撮像素子が小型化されると共に、当該撮像素子の画素ピッチの微細化による高画素数化が進み、画質の向上が図られている。

【0003】

このように、高画素数化された小型の撮像素子に光学像を結像させる撮像レンズも、高い結像性能が求められるとともに、さらに小型化、低コスト化も要求されるようになってきている。しかしながら、撮像レンズを小型化、低コスト化すると、結像性能が得られず、逆に、結像性能を高めると、小型化、低コスト化することができないといった問題がある。

10

【0004】

例えば、撮像レンズ(写真レンズ)の構成を3群3枚構成(トリプレットタイプ)とし、少なくとも2枚のレンズを合成樹脂によって成形加工する手法が考案、実施されている(例えば、特許文献1参照。)

【0005】

しかしながら、このように安価な合成樹脂を用いたレンズで、3群3枚構成の撮像レンズを構成した場合、高画素数化した撮像素子、例えば、画素数が200万画素の撮像素子へ正確に結像することができないといった問題がある。

20

【0006】

【特許文献1】特開平9-133860号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

そこで、本発明は、上述したような問題を解決するために案出されたものであり、小型で高画素数の撮像素子に対応した結像性能が高い高性能な撮像レンズを、比較的低価格で提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上述の目的を達成するために、本発明に係る撮像レンズは、物体側から順に、光学的絞りと、ガラスからなり、両面が球面とされた正の屈折力を有する第1のレンズと、ガラスからなり、両面が非球面とされた負の屈折力を有する第2のレンズと、ガラスからなり、両面が非球面とされた正の屈折力を有する第3のレンズとを備え、上記第1のレンズの屈折率を Nd_1 、アッベ数を d_1 とし、上記第2のレンズの屈折率を Nd_2 、アッベ数を d_2 とし、上記第3のレンズの屈折率を Nd_3 、アッベ数を d_3 とした場合に、以下に示す条件(1)~(3)を満たすことを特徴とする。

30

【0009】

$$(1) Nd_1 > 1.45, \quad d_1 > 70$$

$$(2) 1.61 > Nd_2 > 1.57, \quad 40 > d_2 > 28$$

$$(3) 1.55 > Nd_3 > 1.45, \quad d_3 > 70$$

40

【発明の効果】

【0010】

本発明の撮像レンズは、レンズ構成を3群3枚構成(トリプレットタイプ)とし、物体側から順に、光学的絞りと、分散性の少ないガラスを用いて両面を球面とされた正の屈折力を有する第1のレンズと、分散性の高いガラスを用いて両面を非球面とされた負の屈折力を有する第2のレンズと、分散性の少ないガラスを用いて両面を非球面とされた正の屈折力を有する第3のレンズとが配されてなる。

【0011】

このような撮像レンズは、成形性に優れた比較的低価格なガラスを用いることで、第2

50

のレンズ、第3のレンズを加工成形により非球面レンズとすることができるため、分散性の少ないガラスを用いて、第1のレンズを球面レンズとすることができる。

【0012】

したがって、撮像レンズは、第1のレンズを、色収差を大幅に抑制すると共に、結像性能の高い高性能なレンズとすることができ、さらに、非球面とした第2のレンズ、第3のレンズによって良好な収差補正機能を与えることができるため、小型で高画素数の撮像素子に対応した結像性能の高い高性能な撮像レンズとすることを可能とする。

【0013】

また、第1のレンズを球面レンズとし、さらには第2のレンズ及び第3のレンズにおいては、成形性に優れたガラスを使用することで容易に非球面レンズとすることができるため、低価格且つ量産性を高めることを可能とする。

10

【0014】

さらにまた、本発明の撮像レンズは、物体側と、第1のレンズとの間に光学的絞りを配することで、結像性能を有する第1のレンズのレンズ厚みを薄く、つまり第1のレンズの体積を小さくすることができるため、第1のレンズに高価なガラスを用いて高性能化した場合でも、当該撮像レンズをより一層小型化すると共に低価格化を実現することを可能とする。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明を適用した撮像レンズについて、図面を参照しながら詳細に説明をする。

20

【0016】

図1に示すように、本発明を適用した撮像レンズ10は、例えば、デジタルスチルカメラの撮像レンズとして使用されるものであり、物体側から順に、絞り11と、第1のレンズL1と、第2のレンズL2と、第3のレンズL3と、カバーガラスFGとが互いの光軸Z₀を一致させた状態で配列されている。このように、撮像レンズ10のレンズ構成は、3群3枚構成（トリプレットタイプ）となっている。

【0017】

そして、この撮像レンズ10は、物体側から通過した光束が、最終的に像面側の結像面に配置される、CCD（Charge Coupled Device）やCMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）などの撮像素子12の撮像面12aに結像するようになされている。

30

【0018】

絞り11は、後段の第1のレンズL1に入射する物体側からの入射光の光量を調節する。図1に示すように、絞り11の面を、面r1としている。

【0019】

第1のレンズL1は、温度や湿度などの環境変化に対して光学性能の変化が少ない光学ガラスからなる。この第1のレンズL1は、結像機能を持たせるため、正の屈折力（パワー）を有し、当該第1のレンズL1が有する面r2、r3が球面とされたガラス球面レンズである。第1のレンズL1は、例えば、光学ガラスとして、FCD1（HOYA社製）などが用いられ機械加工と研磨によって製造される。

40

【0020】

第2のレンズL2及び第3のレンズL3は、光学ガラスの中でも、低融点であるためモールド成形といった加工成形が可能な光学ガラスからなる。第2のレンズL2及び第3のレンズL3は、それぞれが有する面r4、r5、また面r6、r7が、非球面とされたガラス非球面レンズである。

【0021】

収差補正機能を持たせるために、第2のレンズL2は、負の屈折力を有して光束を発散させる一方、第3のレンズL3は、正の屈折力を有して光束を収束するようになされている。また、第2のレンズL2及び第3のレンズL3は、上述した収差補正機能以外にも像面補正の機能も有している。

50

【 0 0 2 2 】

第2のレンズL2は、例えば、光学ガラスとして、FF5（HOYA社製）、S-F T M 1 6（OHARA社製）などが用いられ、第3のレンズは、光学ガラスとして、モールド専用の光学ガラスであるスーパヴィドロンプG325（SUMITA社製）などが用いられ、それぞれモールド成形によって加工成形される。

【 0 0 2 3 】

カバーガラスFGは、上述した撮像素子12の撮像面12aを保護するためのガラスであり、例えば、赤外カットの機能を持たせたフィルターカバーガラスからなる。図1に示すように、カバーレンズFGの面を面r8, r9としている。

【 0 0 2 4 】

撮像素子12は、上述したようにCCDやCMOSといった撮像素子であり、小型で、高画素数、例えば、画素数が200万画素以上の撮像素子となっている。

【 0 0 2 5 】

ところで、この撮像レンズ10は、第1のレンズL1の屈折率を Nd_1 、アッペ数を d_1 とし、第2のレンズL2の屈折率を Nd_2 、アッペ数を d_2 とし、第3のレンズL3の屈折率を Nd_3 、アッペ数を d_3 とした場合に、以下に示す条件(1)~(3)を満たすように構成されている。

【 0 0 2 6 】

$$(1) Nd_1 > 1.45, \quad d_1 > 70$$

$$(2) 1.61 > Nd_2 > 1.57, \quad 40 > d_2 > 28$$

$$(3) 1.55 > Nd_3 > 1.45, \quad d_3 > 70$$

【 0 0 2 7 】

このような撮像レンズ10は、上述したような成形性に優れた比較的低価格な光学ガラスを用いることで、第2のレンズL2、第3のレンズL3を加工成形により非球面レンズとすることができるため、分散性の少ない光学ガラスを用いて、第1のレンズL1を球面レンズとすることができる。

【 0 0 2 8 】

したがって、撮像レンズ10は、第1のレンズL1を、色収差を大幅に抑制すると共に、結像性能の高い高性能なレンズとすることができ、さらに、非球面とした第2のレンズL2、第3のレンズL3によって良好な収差補正機能を与えることができるため、小型で高画素数の撮像素子に対応した結像性能の高い高性能な撮像レンズとすることを可能とする。

【 0 0 2 9 】

また、第1のレンズL1を球面レンズとし、さらには第2のレンズL2及び第3のレンズL3においては、成形性に優れた光学ガラスを使用することで容易に加工成形により非球面レンズとすることができるため、低価格且つ量産性を高めることができる。

【 0 0 3 0 】

さらにまた、本発明の撮像レンズ10は、物体側と、第1のレンズL1との間に絞り11を配することで、結像性能を有する第1のレンズL1のレンズ厚みを薄く、つまり第1のレンズL1の体積を小さくすることができるため、第1のレンズL1に高価な光学ガラスを用いて高性能化した場合でも、当該撮像レンズ10をより一層小型化すると共に低価格化を実現することができる。

【 0 0 3 1 】

次に、本発明を適用した撮像レンズ10の具体的な実施例について説明をする。なお、以下に示す実施例1乃至3では、具体的な材質や数値などを挙げるが、本発明は、以下の例示に必ずしも限定されるものではない。

【 0 0 3 2 】

まず、実施例を説明する前に、当該撮像レンズ10の設計目標となる要求仕様を表1に示す。撮像レンズ10が光学像を結像させる撮像素子12としては、サイズが1/2.7インチ、画素数が200万画素のCCDを用いることにする。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

【 表 1 】

| 項目 | 要求仕様 |
|-----------------------|-------------------------------|
| 撮像素子 | 1/2.7インチ(200万画素：画素ピッチ3.725μm) |
| 有効像円径 | φ7.0mm |
| レンズ全長(鏡胴先端-撮像面) | 8.0mm以上 |
| 焦点距離 | 5.7mm |
| 水平画角 | 50度-53度(歪曲成分含む) |
| F数 | F3.5 |
| 周辺光量(像高10割) | 50%以上 |
| MTF：設計値 (幾何光学的MTF) | (中心)160本/mm:30% 80本/mm:50% |
| | (像高7割)120本/mm:25% 60本/mm:40% |

10

20

30

40

【 0 0 3 4 】

以下に示す、実施例1乃至3では、表1に示した要求仕様を満たすように撮像レンズ10を設計し、諸収差特性及びMTF特性を測定する。

【 0 0 3 5 】

各実施例において使用するパラメータについて説明をする。各実施例において、物体側から数えて第*i*番目の面(絞り11の面、各レンズ面、カバーガラスFGの面を含む。)の曲率半径(非曲面においては近軸曲率半径)を R_i ($i = 1 \sim 9$)とする。 $R_i =$ は、平面を表しているものとする。

50

【0036】

また、第 i 番目の面と、第 $i + 1$ 番目の面の光軸 Z_0 上の面間隔である軸状面間隔を d_i ($i = 1 \sim 10$)、物体側から数えて第 j 番目のレンズの材質の屈折率及びアッペ数をそれぞれ N_{d_j} 、 d_j ($j = 1 \sim 3$) で表すことにする。

【0037】

また、軸状面間隔 d_0 は、被写体である物体から絞り 11 にいたる距離を、IMG は、撮像素子 12 の撮像面 12a を、軸状面間隔 d_{10} は、面 r_9 から IMG までの距離を、 f は、焦点距離を、FNo は、F ナンバ (F 数) を、 θ は、半画角を示す。

【0038】

非球面については、 X を光軸方向の座標、 h を光軸直交方向の座標、 R_i を近軸曲率半径、 K を円錐定数、 $A, B, C, D, E \dots$ を高次の非球面係数として、以下に (A) 式として示す周知の非球面式を用いて形状を特定する。

【0039】

$$X = (h^2 / R_i) / [1 + \{1 - (K + 1)(h / R_i)^2\}] + A \cdot h^4 + B \cdot h^6 + C \cdot h^8 + D \cdot h^{10} + E \cdot h^{12} \dots \quad (A)$$

【0040】

{ 実施例 1 }

図 2 に実施例 1 とする撮像レンズ 10 を示す。なお、図 2 には、撮像レンズ 10 に入射される入射光束として、撮像素子 12 の撮像面 12a の中心位置 (0.00 mm)、像高 3 割の位置 (1.05 mm)、像高 5 割の位置 (1.75 mm)、像高 7 割の位置 (2.45 mm)、像高 9 割の位置 (3.15 mm)、像高 10 割の位置 (3.50 mm) に結像される入射光束を示してある。実施例 1 として図 2 に示す撮像レンズ 10 の設計データは、以下に示す表 2 の通りである。

【0041】

10

20

【表 2】

| | f=5.75mm | FNo=3.5 | $\omega=30.979^\circ$ | |
|---------|----------|---------|-----------------------|---------|
| 面番号 | 曲率半径 | 軸上面間隔 | 屈折率 | アッペ数 |
| i | R | d | Nd | νd |
| 0 | ∞ | 3602 | | |
| 1 | ∞ | 1.63 | | |
| 2 | 2.577 | 1.919 | 1.51 | 70.5 |
| 3 | -5.916 | 2.578 | | |
| 4 | -1.115 | 2.613 | 1.59 | 35.3 |
| 5 | -2.671 | 3.559 | | |
| 6 | 1.981 | 5.021 | 1.51 | 70.5 |
| 7 | 2.503 | 5.985 | | |
| 8 | ∞ | 6.143 | | |
| 9 | ∞ | 6.249 | | |
| 10(IMG) | ∞ | 7.048 | | |

10

20

30

40

【0042】

表 2 に示すように、実施例 1 として示す撮像レンズ 10 における全系の焦点距離 f は、5.75mm であり、F ナンバー、FNo は、3.5 であり、半画角 ω は、30.979° である。また、表 2 に示すように、この実施例 1 として示す撮像レンズ 10 は、上述した条件 (1) 乃至 (3) を全て満たすように設計される。

【0043】

また、上述した (A) 式を用いて、ガラス非球面レンズである第 2 のレンズ L2 の面 r_4 、 r_5 と、第 3 のレンズ L3 の面 r_6 、 r_7 の非球面形状を算出する際に必要となる円錐定数 K と、4 次、6 次、8 次、10 次、12 次の非球面係数である A 、 B 、 C 、 D 、 E

50

を表 3 に示す。

【 0 0 4 4 】

【 表 3 】

| 面番号 | 円錐定数 | 非球面係数 | | | | |
|-----|--------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| | | A | B | C | D | E |
| i | K | | | | | |
| 4 | -3.748 | -8.981×10^{-2} | 9.350×10^{-2} | -4.818×10^{-2} | 9.016×10^{-3} | 0 |
| 5 | -0.389 | -9.787×10^{-3} | 3.829×10^{-2} | -1.119×10^{-2} | 1.330×10^{-3} | -4.139×10^{-5} |
| 6 | -7.529 | -1.630×10^{-2} | 4.791×10^{-3} | -6.012×10^{-4} | 2.393×10^{-5} | 0 |
| 7 | -4.764 | -2.475×10^{-2} | 3.611×10^{-3} | -2.735×10^{-4} | 5.649×10^{-6} | 0 |

10

20

30

40

【 0 0 4 5 】

以上のように構成される実施例 1 の撮像レンズ 10 による諸収差図を図 3、図 4 に示す。

【 0 0 4 6 】

図 3 は、撮像レンズ 10 に入射した波長 1 ($0.436 \mu\text{m}$)、 2 ($0.486 \mu\text{m}$)、 3 ($0.546 \mu\text{m}$)、 4 ($0.588 \mu\text{m}$)、 5 ($0.656 \mu\text{m}$) の各入射光線におけるサジタル像面 (実線 S で示す。) 及びタンジェンシャル像面 (破線 T で

50

示す。)の収差を示している。図3に示すように各波長域において、撮像レンズ10による、収差が一様となっており、且つ、像高8割から像高9割の位置において、サジタル像面と、タンジェンシャル像面の収差に開きがでて非点収差が大きくなっているが、像高10割付近の位置において再び非点収差を補正しているのが分かる。

【0047】

図4は、撮像レンズ10に入射した波長1, 2, 3, 4, 5の各入射光線の歪曲収差(ディストーション)を示している。図4に示すように、各波長の歪曲収差が、1%以内に収まっており、一般に写真レンズの歪曲許容量とされる1~2%を十分満たすため、実施例1として示す撮像レンズ10は、デジタルスチルカメラ用の撮像レンズとして十分な機能を果たすことができる。

10

【0048】

このように、図3、図4に示す収差図においても分かるように、実施例1の撮像レンズ10は、良好な収差補正機能を有している。

【0049】

続いて、実施例1の撮像レンズ10を用いてMTF特性を測定した図を図5、図6に示す。

【0050】

図5は、撮像素子12の像面12aの中心位置、像高3割の位置、像高5割の位置、像高7割の位置、像高10割の位置、それぞれにおけるサジタル像面(実線Sで示す。)及びタンジェンシャル像面(破線Tで示す)のMTF特性を示した図である。図5は、横軸に空間周波数がとられ、縦軸にMTF値がとられている。なお、中心位置においては、サジタル像面とタンジェンシャル像面とは、回転対称となるため図5に示したMTF特性は同一となっている。

20

【0051】

また、図6は、空間周波数を60本/mm、120本/mmで固定とし、この空間周波数それぞれにおける像高に対するMTF値の変化を示したMTF特性である。図6は、横軸に像高がとられ、縦軸にMTF値がとられており、空間周波数が60本/mmである場合のサジタル像面(実線S1で示す。)及びタンジェンシャル像面(破線T1で示す。)のMTF値と、空間周波数120本/mmである場合のサジタル像面(実線S2で示す。)及びタンジェンシャル像面(破線T2で示す。)のMTF値を示している。

30

【0052】

図5に示すように、実施例1の撮像レンズ10において、中心位置での空間周波数160本/mmにおけるMTF値が0.4(40%)程度、空間周波数80本/mmにおけるMTF値が0.7(70%)程度となり、表1に示す設計値である、空間周波数160本/mmで30%、空間周波数80本/mmで50%を大幅に越えていることが分かる。

【0053】

また、図5, 図6に示すように、像高7割の位置での空間周波数120本/mmにおけるMTF値が、サジタル像面及びタンジェンシャル像面において0.25(25%)以上、空間周波数60本/mmにおけるMTF値が、サジタル像面及びタンジェンシャル像面において0.60(60%)以上となり、表1に示す設計値である、空間周波数120本/mmで25%、空間周波数60本/mmで40%を大幅に越えていることが分かる。

40

【0054】

さらにまた、図6に示すように、中心位置から像高7割までの間において、MTF値が急激に低下するといったような不具合も見られず、むしろ、空間周波数60本/mm、120本/mmのどちらにおいても、サジタル像面と、タンジェンシャル像面とそれぞれのMTF値の差が一旦大きくなるが、再び、MTF値が一致するような方向で補正が機能しているのが分かる。

【0055】

したがって、実施例1の撮像レンズ10の解像力は、表1に示す設計要求仕様を十分に満足するものとなり、サイズが1/2.7インチで、画素数が200万画素の撮像素子1

50

2を用いた場合でも、鮮明な光学像を撮像面12aに結像させることができる。

【0056】

{実施例2}

図7に実施例2とする撮像レンズ10を示す。なお、図7には、撮像レンズ10に入射される入射光束として、撮像素子12の撮像面12aの中心位置(0.00mm)、像高3割の位置(1.05mm)、像高5割の位置(1.75mm)、像高7割の位置(2.45mm)、像高9割の位置(3.15mm)、像高10割の位置(3.50mm)に結像される入射光束を示してある。実施例2として図7に示す撮像レンズ10の設計データは、以下に示す表4の通りである。

【0057】

【表 4】

| | f=5.78mm | FNo=3.5 | $\omega=31.160^\circ$ | |
|---------|----------|---------|-----------------------|---------|
| 面番号 | 曲率半径 | 軸上面間隔 | 屈折率 | アッペ数 |
| i | R | d | Nd | νd |
| 0 | ∞ | 3628 | | |
| 1 | ∞ | 1.63 | | |
| 2 | 2.577 | 1.934 | 1.50 | 81.6 |
| 3 | -4.428 | 2.570 | | |
| 4 | -1.097 | 2.604 | 1.60 | 39.2 |
| 5 | -2.846 | 3.570 | | |
| 6 | 1.976 | 5.035 | 1.51 | 70.5 |
| 7 | 2.487 | 6.036 | | |
| 8 | ∞ | 6.141 | | |
| 9 | ∞ | 6.244 | | |
| 10(IMG) | ∞ | 7.023 | | |

10

20

30

40

【0058】

表 4 に示すように、実施例 2 として示す撮像レンズ 10 における全系の焦点距離 f は、5.78mm であり、F ナンバー、FNo は、3.5 であり、半画角 は、 31.160° である。また、表 4 に示すように、この実施例 2 として示す撮像レンズ 10 は、上述した条件 (1) 乃至 (3) を全て満たすように設計される。

【0059】

また、上述した (A) 式を用いて、ガラス非球面レンズである第 2 のレンズ L2 の面 r_4 、 r_5 と、第 3 のレンズ L3 の面 r_6 、 r_7 の非球面形状を算出する際に必要となる円錐定数 K と、4 次、6 次、8 次、10 次、12 次の非球面係数である A 、 B 、 C 、 D 、 E

50

を表 5 に示す。

【 0 0 6 0 】

【 表 5 】

| 面番号 | 円錐定数 K | 非球面係数 | | | | |
|-----|-----------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| | | A | B | C | D | E |
| i | | | | | | |
| 4 | -3.639 | -8.867×10^{-2} | 9.260×10^{-2} | -4.888×10^{-2} | 9.430×10^{-3} | 0 |
| 5 | -0.318 | -1.038×10^{-2} | 3.798×10^{-2} | -1.122×10^{-2} | 1.337×10^{-3} | -3.769×10^{-5} |
| 6 | -7.413 | -1.574×10^{-2} | 4.652×10^{-3} | -5.912×10^{-4} | 2.419×10^{-5} | 0 |
| 7 | -4.328 | -2.507×10^{-2} | 3.642×10^{-3} | -2.733×10^{-4} | 5.577×10^{-6} | 0 |

10

20

30

40

【 0 0 6 1 】

以上のように構成される実施例 2 の撮像レンズ 10 による諸収差図を図 8 , 図 9 に示す。

【 0 0 6 2 】

図 8 は、撮像レンズ 10 に入射した波長 1 (0 . 4 3 6 μm)、 2 (0 . 4 8 6 μm)、 3 (0 . 5 4 6 μm)、 4 (0 . 5 8 8 μm)、 5 (0 . 6 5 6 μm) の各入射光線におけるサジタル像面 (実線 S で示す。) 及びタンジェンシャル像面 (破線 T で

50

示す。)の収差を示している。図8に示すように各波長域において、撮像レンズ10による、収差が一様となっており、且つ、像高8割から像高9割の位置において、サジタル像面と、タンジェンシャル像面の収差に開きがでて非点収差が大きくなっているが、像高10割付近の位置において再び非点収差を補正しているのが分かる。

【0063】

図9は、撮像レンズ10に入射した波長1, 2, 3, 4, 5の各入射光線の歪曲収差(ディストーション)を示している。図9に示すように、各波長の歪曲収差が、1%以内に収まっており、一般に写真レンズの歪曲許容量とされる1~2%を十分満たすため、実施例2として示す撮像レンズ10は、デジタルスチルカメラ用の撮像レンズとして十分な機能を果たすことができる。

10

【0064】

このように、図8、図9に示す収差図においても分かるように、実施例2の撮像レンズ10は、良好な収差補正機能を有している。

【0065】

続いて、実施例2の撮像レンズ10を用いてMTF特性を測定した図を図10、図11に示す。

【0066】

図10は、撮像素子12の像面12aの中心位置、像高3割の位置、像高5割の位置、像高7割の位置、像高10割の位置、それぞれにおけるサジタル像面(実線Sで示す。)及びタンジェンシャル像面(破線Tで示す)のMTF特性を示した図である。図10は、横軸に空間周波数がとられ、縦軸にMTF値がとられている。なお、中心位置においては、サジタル像面とタンジェンシャル像面とは、回転対称となるため図10に示したMTF特性は同一となっている。

20

【0067】

また、図11は、空間周波数を60本/mm、120本/mmで固定とし、この空間周波数それぞれにおける像高に対するMTF値の変化を示したMTF特性である。図11は、横軸に像高がとられ、縦軸にMTF値がとられており、空間周波数が60本/mmである場合のサジタル像面(実線S1で示す。)及びタンジェンシャル像面(破線T1で示す。)のMTF値と、空間周波数120本/mmである場合のサジタル像面(実線S2で示す。)及びタンジェンシャル像面(破線T2で示す。)のMTF値を示している。

30

【0068】

図10に示すように、実施例2の撮像レンズ10において、中心位置での空間周波数160本/mmにおけるMTF値が0.37(37%)程度、空間周波数80本/mmにおけるMTF値が0.7(70%)程度となり、表1に示す設計値である、空間周波数160本/mmで30%、空間周波数80本/mmで50%を大幅に越えていることが分かる。

【0069】

また、図10、図11に示すように、像高7割の位置での空間周波数120本/mmにおけるMTF値が、サジタル像面及びタンジェンシャル像面において0.32(32%)程度、空間周波数60本/mmにおけるMTF値が、サジタル像面及びタンジェンシャル像面において0.60(60%)以上となり、表1に示す設計値である、空間周波数120本/mmで25%、空間周波数60本/mmで40%を大幅に越えていることが分かる。

40

【0070】

さらにまた、図11に示すように、中心位置から像高7割までの間において、MTF値が急激に低下するといったような不具合も見られず、むしろ、空間周波数60本/mm、120本/mmのどちらにおいても、サジタル像面と、タンジェンシャル像面とそれぞれのMTF値の差が一旦大きくなるが、再び、MTF値が一致するような方向で補正が機能しているのが分かる。

【0071】

50

したがって、実施例 2 の撮像レンズ 10 の解像力は、表 1 に示す設計要求仕様を十分に満足するものとなり、サイズが 1 / 2 . 7 インチで、画素数が 200 万画素の撮像素子 12 を用いた場合でも、鮮明な光学像を撮像面 12 a に結像させることができる。

【 0072 】

{ 実施例 3 }

図 12 に実施例 3 とする撮像レンズ 10 を示す。なお、図 12 には、撮像レンズ 10 に入射される入射光束として、撮像素子 12 の撮像面 12 a の中心位置 (0 . 00 mm)、像高 3 割の位置 (1 . 05 mm)、像高 5 割の位置 (1 . 75 mm)、像高 7 割の位置 (2 . 45 mm)、像高 9 割の位置 (3 . 15 mm)、像高 10 割の位置 (3 . 50 mm) に結像される入射光束を示してある。実施例 3 として図 12 に示す撮像レンズ 10 の設計

10

【 0073 】

【表 6】

| | f=5.78mm | FNo=3.5 | $\omega=31.066^\circ$ | |
|---------|----------|---------|-----------------------|---------|
| 面番号 | 曲率半径 | 軸上面間隔 | 屈折率 | アッベ数 |
| i | R | d | Nd | νd |
| 0 | ∞ | 3615 | | |
| 1 | ∞ | 1.63 | | |
| 2 | 2.888 | 1.895 | 1.54 | 70.1 |
| 3 | -3.737 | 2.601 | | |
| 4 | -1.097 | 2.626 | 1.60 | 39.2 |
| 5 | -3.304 | 3.621 | | |
| 6 | 1.948 | 5.149 | 1.51 | 70.5 |
| 7 | 2.539 | 5.996 | | |
| 8 | ∞ | 6.096 | | |
| 9 | ∞ | 6.192 | | |
| 10(IMG) | ∞ | 7.003 | | |

10

20

30

40

【0074】

表 6 に示すように、実施例 3 として示す撮像レンズ 10 における全系の焦点距離 f は、5.78mm であり、F ナンバー、FNo は、3.5 であり、半画角 ω は、31.066° である。また、表 6 に示すように、この実施例 3 として示す撮像レンズ 10 は、上述した条件 (1) 乃至 (3) を全て満たすように設計される。

【0075】

また、上述した (A) 式を用いて、ガラス非球面レンズである第 2 のレンズ L2 の面 r_4 、 r_5 と、第 3 のレンズ L3 の面 r_6 、 r_7 の非球面形状を算出する際に必要となる円錐定数 K と、4 次、6 次、8 次、10 次、12 次の非球面係数である A 、 B 、 C 、 D 、

50

Eを表7に示す。

【0076】

【表7】

| 面番号 | 円錐定数 K | 非球面係数 | | | | |
|-----|-----------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| | | A | B | C | D | E |
| i | | | | | | |
| 4 | -3.600 | -8.386×10^{-2} | 9.064×10^{-2} | -5.039×10^{-2} | 1.032×10^{-2} | 0 |
| 5 | -0.269 | -9.652×10^{-3} | 3.749×10^{-2} | -1.131×10^{-2} | 1.330×10^{-3} | -3.712×10^{-5} |
| 6 | -7.145 | -1.462×10^{-2} | 4.582×10^{-3} | -5.696×10^{-4} | 2.267×10^{-5} | 0 |
| 7 | -4.379 | -2.459×10^{-2} | 3.613×10^{-3} | -2.801×10^{-4} | 6.110×10^{-6} | 0 |

10

20

30

40

【0077】

以上のように構成される実施例3の撮像レンズ10による諸収差図を図13, 図14に示す。

【0078】

図13は、撮像レンズ10に入射した波長 1 ($0.436 \mu\text{m}$)、 2 ($0.486 \mu\text{m}$)、 3 ($0.546 \mu\text{m}$)、 4 ($0.588 \mu\text{m}$)、 5 ($0.656 \mu\text{m}$)の各入射光線におけるサジタル像面(実線Sで示す。)及びタンジェンシャル像面(破線T

50

で示す。)の収差を示している。図13に示すように各波長域において、撮像レンズ10による、収差が一様となっており、且つ、像高8割から像高9割の位置において、サジタル像面と、タンジェンシャル像面の収差に開きがでて非点収差が大きくなっているが、像高10割付近の位置において再び非点収差を補正しているのが分かる。

【0079】

図14は、撮像レンズ10に入射した波長1, 2, 3, 4, 5の各入射光線の歪曲収差(ディストーション)を示している。図14に示すように、各波長の歪曲収差が、1%以内に収まっており、一般に写真レンズの歪曲許容量とされる1~2%を十分満たすため、実施例3として示す撮像レンズ10は、デジタルスチルカメラ用の撮像レンズとして十分な機能を果たすことができる。

10

【0080】

このように、図13、図14に示す収差図においても分かるように、実施例3の撮像レンズ10は、良好な収差補正機能を有している。

【0081】

続いて、実施例3の撮像レンズ10を用いてMTF特性を測定した図を図15、図16に示す。

【0082】

図15は、撮像素子12の像面12aの中心位置、像高3割の位置、像高5割の位置、像高7割の位置、像高10割の位置、それぞれにおけるサジタル像面(実線Sで示す。)及びタンジェンシャル像面(破線Tで示す)のMTF特性を示した図である。図15は、横軸に空間周波数がとられ、縦軸にMTF値がとられている。なお、中心位置においては、サジタル像面とタンジェンシャル像面とは、回転対称となるため図15に示したMTF特性は同一となっている。

20

【0083】

また、図16は、空間周波数を60本/mm、120本/mmで固定とし、この空間周波数それぞれにおける像高に対するMTF値の変化を示したMTF特性である。図16は、横軸に像高がとられ、縦軸にMTF値がとられており、空間周波数が60本/mmである場合のサジタル像面(実線S1で示す。)及びタンジェンシャル像面(破線T1で示す。)のMTF値と、空間周波数120本/mmである場合のサジタル像面(実線S2で示す。)及びタンジェンシャル像面(破線T2で示す。)のMTF値を示している。

30

【0084】

図15に示すように、実施例3の撮像レンズ10において、中心位置での空間周波数160本/mmにおけるMTF値が0.3(30%)程度、空間周波数80本/mmにおけるMTF値が0.6(60%)程度となり、表1に示す設計値である、空間周波数160本/mmで30%、空間周波数80本/mmで50%を越えていることが分かる。

【0085】

また、図15, 図16に示すように、像高7割の位置での空間周波数120本/mmにおけるMTF値が、サジタル像面及びタンジェンシャル像面において0.35(35%)以上、空間周波数60本/mmにおけるMTF値が、サジタル像面及びタンジェンシャル像面において0.45(45%)以上となり、表1に示す設計値である、空間周波数120本/mmで25%、空間周波数60本/mmで40%を大幅に越えていることが分かる。

40

【0086】

さらにまた、図16に示すように、中心位置から像高7割までの間において、MTF値が急激に低下するといったような不具合も見られず、むしろ、空間周波数60本/mm、120本/mmのどちらにおいても、サジタル像面と、タンジェンシャル像面とそれぞれのMTF値の差が一旦大きくなるが、再び、MTF値が一致するような方向で補正が機能しているのが分かる。

【0087】

したがって、実施例3の撮像レンズ10の解像力は、表1に示す設計要求仕様を十分に

50

満足するものとなり、サイズが1/2.7インチで、画素数が200万画素の撮像素子12を用いた場合でも、鮮明な光学像を撮像面12aに結像させることができる。

【0088】

なお、上述した実施例1乃至3においては、撮像レンズ10をデジタルスチルカメラに適用した場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、デジタルビデオカメラにも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0089】

【図1】本発明を実施するための最良の形態として示す撮像レンズの構成について説明するための図である。

10

【図2】実施例1として示す撮像レンズの構成について説明するための図である。

【図3】同撮像レンズの非点収差図である。

【図4】同撮像レンズの歪曲収差図である。

【図5】同撮像レンズのMTF特性を示した図である。

【図6】同撮像レンズのMTF特性を示した別な図である。

【図7】実施例2として示す撮像レンズの構成について説明するための図である。

【図8】同撮像レンズの非点収差図である。

【図9】同撮像レンズの歪曲収差図である。

【図10】同撮像レンズのMTF特性を示した図である。

【図11】同撮像レンズのMTF特性を示した別な図である。

20

【図12】実施例3として示す撮像レンズの構成について説明するための図である。

【図13】同撮像レンズの非点収差図である。

【図14】同撮像レンズの歪曲収差図である。

【図15】同撮像レンズのMTF特性を示した図である。

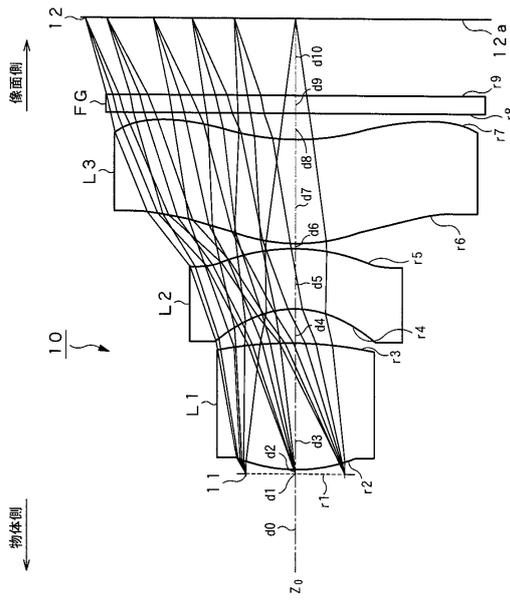
【図16】同撮像レンズのMTF特性を示した別な図である。

【符号の説明】

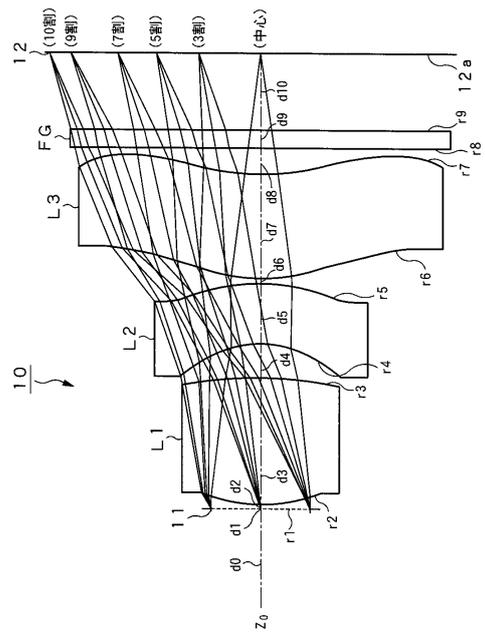
【0090】

10 撮像レンズ、11 絞り、12 撮像素子、L1 第1のレンズ、L2 第2のレンズ、L3 第3のレンズ、FG カバーガラス

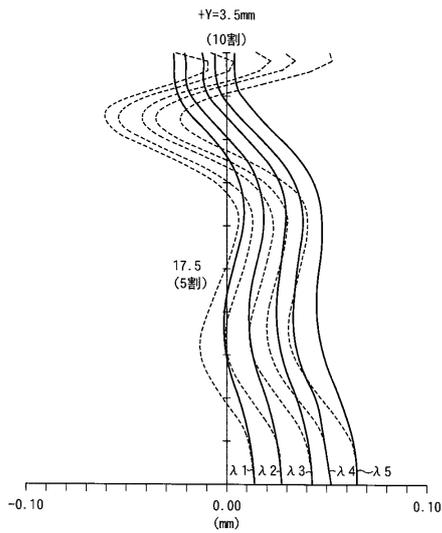
【 図 1 】



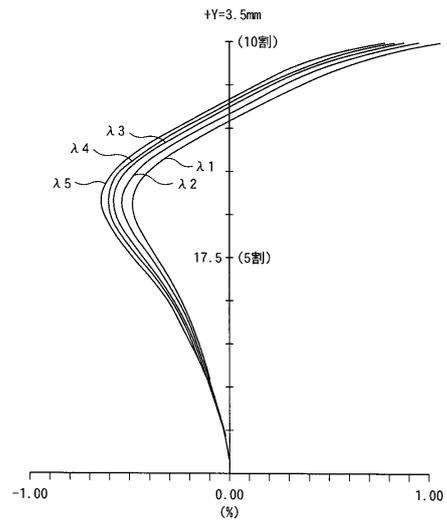
【 図 2 】



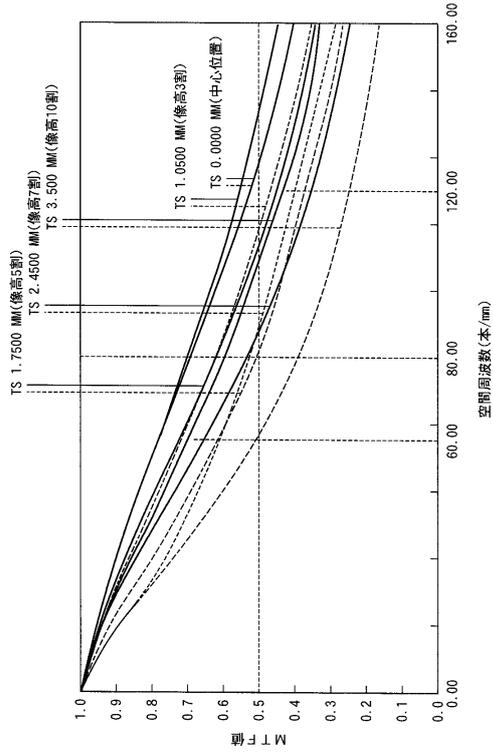
【 図 3 】



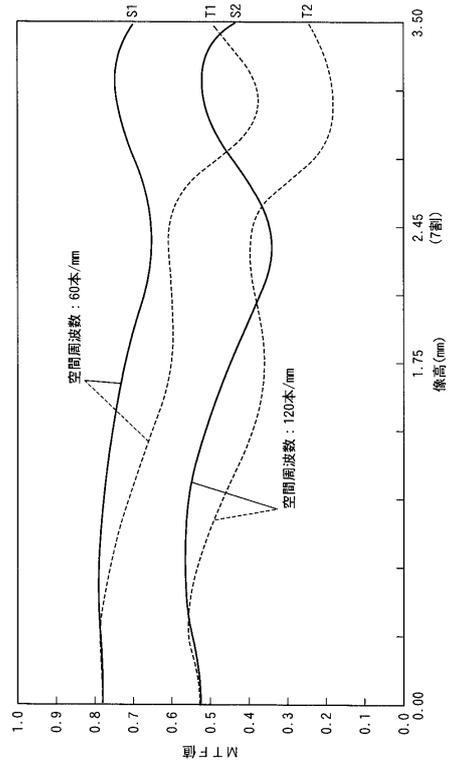
【 図 4 】



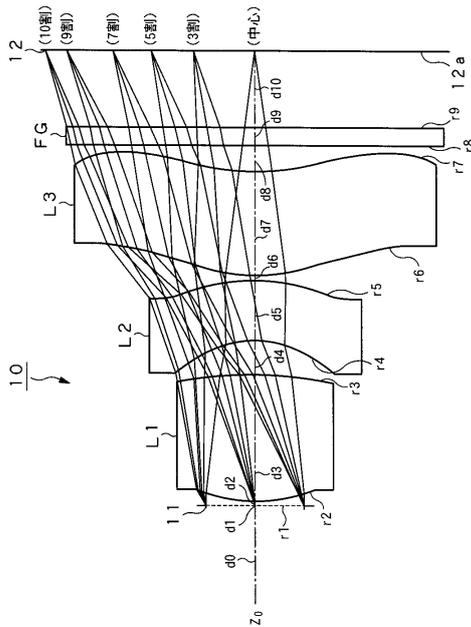
【 図 5 】



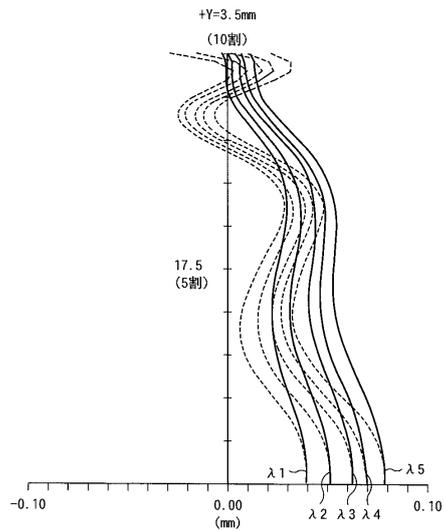
【 図 6 】



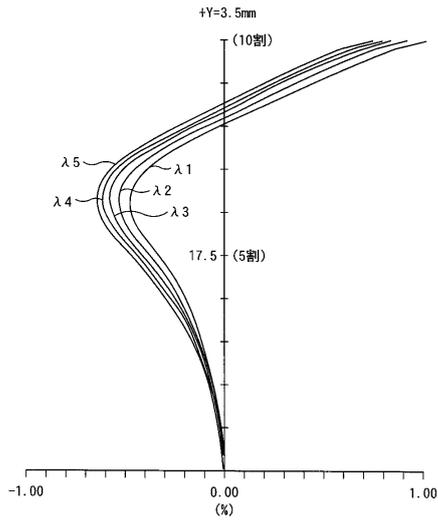
【 図 7 】



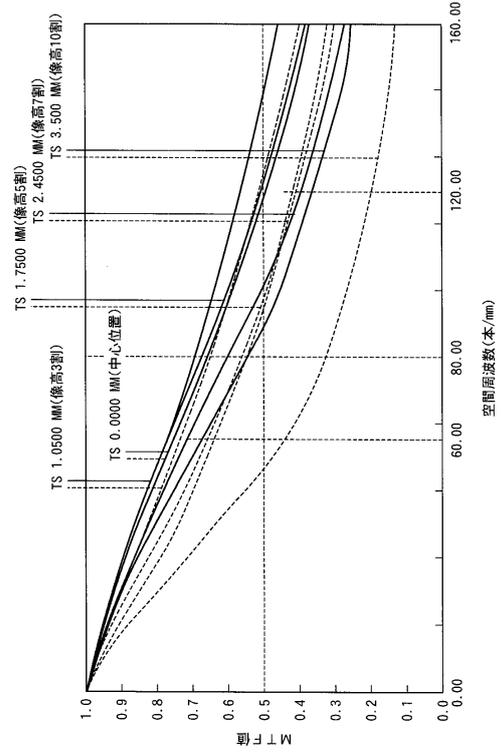
【 図 8 】



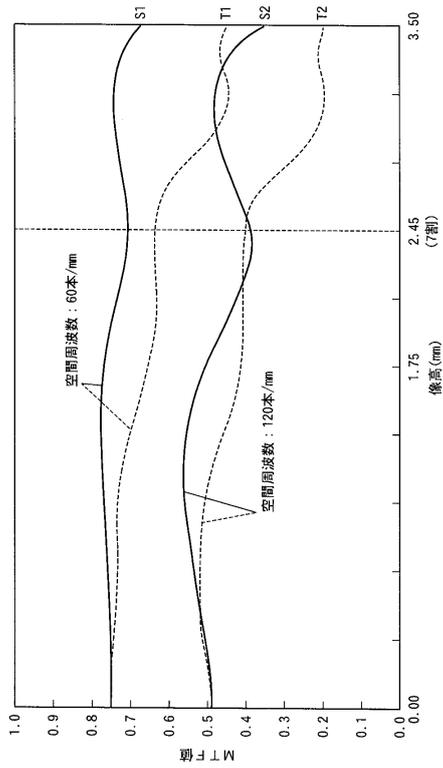
【 図 9 】



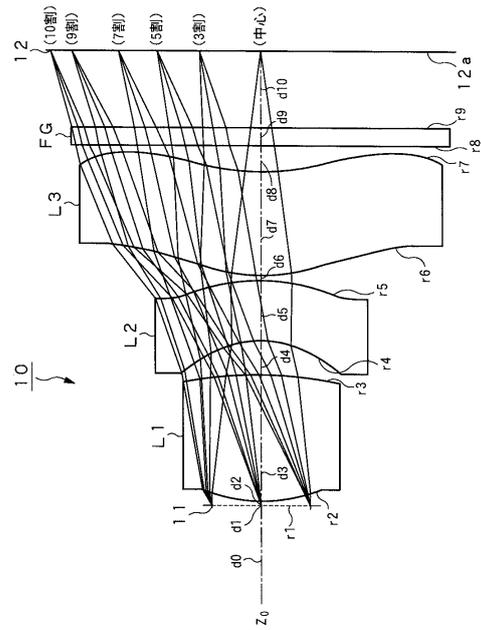
【 図 10 】



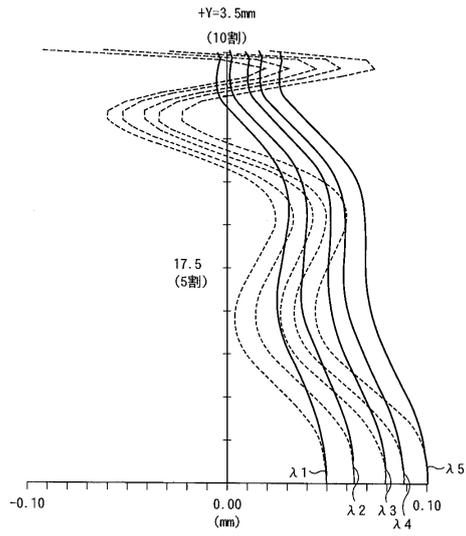
【 図 11 】



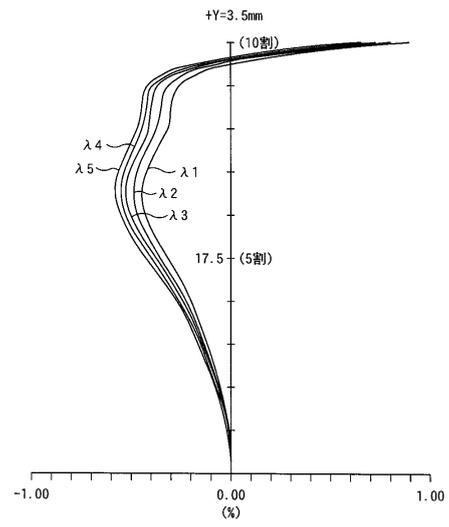
【 図 12 】



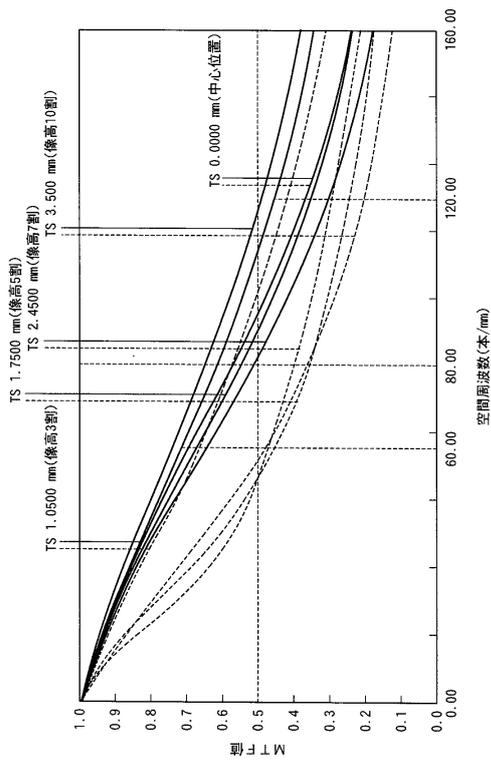
【 図 1 3 】



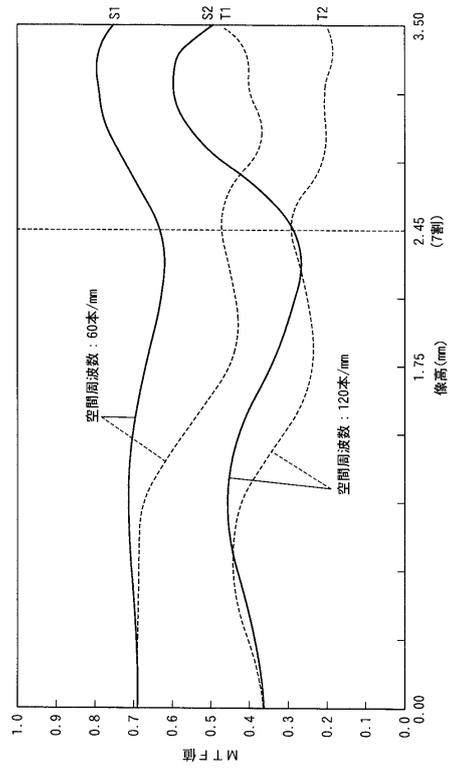
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



フロントページの続き

- (72)発明者 新井 健雄
埼玉県久喜市清久町1 - 10 ソニーマニュファクチャリングシステムズ株式会社内
- (72)発明者 河野 義次
岩手県花巻市大畑第10地割109番地 リコー光学株式会社内

審査官 吉川 陽吾

- (56)参考文献 特開平05 - 188284 (JP, A)
特開平08 - 160292 (JP, A)
特開2001 - 075006 (JP, A)
特開2002 - 287024 (JP, A)
特開2004 - 317743 (JP, A)
特開2004 - 219982 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 9/00 - 17/08