

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4540261号
(P4540261)

(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
GO2B 15/20	(2006.01) GO2B 15/20
GO2B 13/18	(2006.01) GO2B 13/18
HO4N 5/225	(2006.01) HO4N 5/225 D
HO4N 101/00	(2006.01) HO4N 101:00

請求項の数 21 (全 46 頁)

(21) 出願番号	特願2001-195828 (P2001-195828)	(73) 特許権者	000000376 オリンパス株式会社 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(22) 出願日	平成13年6月28日 (2001.6.28)	(74) 代理人	100097777 弁理士 垣澤 弘
(65) 公開番号	特開2002-90624 (P2002-90624A)	(74) 代理人	100088041 弁理士 阿部 龍吉
(43) 公開日	平成14年3月27日 (2002.3.27)	(74) 代理人	100092495 弁理士 蝶川 昌信
審査請求日	平成18年10月20日 (2006.10.20)	(74) 代理人	100095120 弁理士 内田 亘彦
(31) 優先権主張番号	特願2000-207812 (P2000-207812)	(74) 代理人	100095980 弁理士 菅井 英雄
(32) 優先日	平成12年7月10日 (2000.7.10)	(74) 代理人	100094787 弁理士 青木 健二
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電子撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ズームレンズと前記ズームレンズの像側に配された電子撮像素子とを備えた電子撮像装置において、

前記ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群からなり、

前記第3レンズ群を物体側に繰り出すことでより近距離の被写体に合焦することが可能であり、

前記第2レンズ群は、非球面を含む1枚の単レンズと、物体側より順に正レンズと負レンズとからなる接合レンズとからなり、

前記第3レンズ群は、正の単レンズ1枚よりなり、

前記第4レンズ群は、非球面を含む常時固定の1枚のレンズよりなり、

変倍比が12.88288/4.59300倍以上であり、

以下の条件(a)、(b)'を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$(a) 0.9 < -\frac{f_{23t}}{f_w} < 1.8$$

$$(b)' 2.0 < \frac{f_2}{f_w} / \frac{f_{23t}}{f_w} < 2.5660$$

ただし、 f_{23t} は第2と第3レンズ群の望遠端における無限遠物点合焦時の合成倍率、 f_2 は第2レンズ群の焦点距離、 f_w はズームレンズ全系の無限遠物点合焦時の広角端焦点距離である。

【請求項 2】

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群は広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動することを特徴とする請求項1記載の電子撮像装置。

【請求項 3】

物体側より引き続く4つ目のレンズ群までの相互の間隔は、変倍あるいはフォーカスのために変化し、

変倍時に前記第2レンズ群と一体で移動する開口絞りを有することを特徴とする請求項1又は2記載の電子撮像装置。

【請求項 4】

前記第1レンズ群が変倍時移動することを特徴とする請求項1から3の何れか1項記載の電子撮像装置。 10

【請求項 5】

物体側より4つまでのレンズ群は変倍中に相互の間隔が変化し、前記第4レンズ群は正の屈折力を有する1枚の非球面単レンズにて構成され、変倍時に第2レンズ群と一体で移動する開口絞りを有し、かつ、以下の条件(1)を満足することを特徴とする請求項1、2、4の何れか1項記載の電子撮像装置。

$$(1) \quad 1.5 < L_2 / Y < 3.5$$

ただし、 L_2 は第2レンズ群の広角端から望遠端にかけての移動量、Yは撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【請求項 6】

無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、前記第2レンズ群と第3レンズ群の間隔が大きくなり、前記第4レンズ群は正の屈折力を有する1枚の非球面単レンズにて構成され、以下の条件(2)を満足することを特徴とする請求項1から5の何れか1項記載の電子撮像装置。 20

$$(2) \quad -1.2 < e^x P_W / e^x P_T < 0$$

ただし、 $e^x P_W$ 、 $e^x P_T$ はそれぞれ無限遠物点合焦時における広角端及び望遠端での像面から測った射出瞳位置である。

【請求項 7】

前記第4レンズ群は正の屈折力を有し、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、前記第2レンズ群と第3レンズ群の間隔が大きくなり、前記第2レンズ群が物体側から順に非球面を含む1枚の単レンズと物体側から正レンズ、負レンズの順で構成した接合レンズとからなり、前記第3レンズ群は正の屈折力を有する1枚の単レンズよりなり、以下の条件(3)と条件(4)を満足することを特徴とする請求項1から6の何れか1項記載の電子撮像装置。 30

$$(3) \quad -1.5 < (R_{2C1} + R_{2C2}) \cdot (R_{2C2} - R_{2C3}) / (R_{2C1} - R_{2C2}) \cdot (R_{2C2} + R_{2C3}) < -0.3 \quad (4)$$

$$0.05 < t_{2N} / t_2 < 0.3$$

ただし、 R_{2C1} 、 R_{2C2} 、 R_{2C3} は第2レンズ群の接合レンズの物体側から1番目と2番目と3番目のレンズ面のそれぞれの光軸上の曲率半径、 t_{2N} は第2レンズ群の接合レンズ中の負レンズの光軸上での厚み、 t_2 は第2レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上での厚みである。 40

【請求項 8】

前記第4レンズ群は正の屈折力を有し、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、前記第2レンズ群と第3レンズ群の間隔が大きくなり、前記第2レンズ群が物体側から順に非球面を含む正レンズ成分と負レンズ成分1つずつからなり、前記第3レンズ群は正の屈折力を有する1枚の単レンズよりなり、以下の条件(5)を満足することを特徴とする請求項1から7の何れか1項記載の電子撮像装置。

$$(5) \quad 0.05 < t_{2N1} / t_2 < 0.3$$

ただし、 t_{2N1} は第2レンズ群中の最も像側の負レンズの光軸上での厚み、 t_2 は第2レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上での厚みである。 50

【請求項 9】

前記第1レンズ群は、物体側から順に、2枚の負レンズからなる負レンズ群と1枚の正レンズからなる正レンズ群とよりなることを特徴とする請求項5から8の何れか1項記載の電子撮像装置。

【請求項 10】

前記第1レンズ群は、物体側から順に、2枚以下の負レンズからなる負レンズ群と1枚の正レンズからなる正レンズ群とよりなり、前記負レンズ群の中少なくとも1枚の負レンズは非球面を含むことを特徴とする請求項5から9の何れか1項記載の電子撮像装置。

【請求項 11】

前記第1レンズ群、第2レンズ群の各々の総厚が以下の条件(6)、(7)を満足することを特徴とする請求項4から10の何れか1項記載の電子撮像装置。 10

$$(6) \quad 0.6 < t_1 / Y < 2.2$$

$$(7) \quad 0.3 < t_2 / Y < 1.5$$

ただし、 t_1 は第1レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上での厚みであり、 t_2 は第2レンズ群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上での厚みであり、Yは撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【請求項 12】

前記ズームレンズの後方にある撮像素子よりも物体側に、波長600nmでの透過率が80%以上であり、波長700nmでの透過率が10%以下である近赤外シャープカットコートを有することを特徴とする請求項4から11の何れか1項記載の電子撮像装置。 20

【請求項 13】

前記撮像素子が、カラー化フィルターとして補色モザイクフィルターを有することを特徴とする請求項12記載の電子撮像装置。

【請求項 14】

前記補色モザイクフィルターは少なくとも4種類の色フィルターからなり、それぞれが略同じ数になるように、かつ、隣り合う画素が同じ種類の色フィルターに対応しないようにモザイク状に配置されていることを特徴とする請求項13記載の電子撮像装置。 30

【請求項 15】

前記補色モザイクフィルターは少なくとも4種類の色フィルターから構成され、前記4種類の色フィルターの特性は以下の通りであることを特徴とする請求項13又は14記載の電子撮像装置。

グリーンの色フィルターGは波長 G_p に分光強度のピークを有し、

イエローの色フィルター Y_e は波長 Y_p に分光強度のピークを有し、

シアンの色フィルターCは波長 C_p に分光強度のピークを有し、

マゼンダの色フィルターMは波長 M_{p1} と M_{p2} にピークを有し、以下の条件を満足する。

$$510\text{nm} < G_p < 540\text{nm}$$

$$5\text{nm} < Y_p - G_p < 35\text{nm}$$

$$-100\text{nm} < C_p - G_p < -5\text{nm}$$

$$430\text{nm} < M_{p1} < 480\text{nm}$$

$$580\text{nm} < M_{p2} < 640\text{nm}$$

【請求項 16】

前記グリーン、イエロー、シアンの色フィルターはそれぞれの分光強度のピークに対して530nmでは80%以上の強度を有し、前記マゼンダの色フィルターはその分光強度のピークに対して波長530nmの大きい方のピークでは10%から50%の強度を有することを特徴とする請求項15記載の電子撮像装置。 40

【請求項 17】

前記撮像素子より物体側に光軸上の総厚 t_{LPF} が以下の条件(8)を満たす光学的ローパスフィルターを配したことを特徴とする請求項5から16の何れか1項記載の電子撮像装置。

$$(8) \quad 0.15 \times 10^3 < t_{LPF} / a < 0.45 \times 10^3$$

ただし、aは電子撮像素子の水平画素ピッチである。

【請求項18】

開口形状が固定の複数の開口を有し、その中の1つ開口を前記第1群の最も像側の面と前記第3群の最も物体側の面の間の何れかの光路内に挿入可能であり、かつ、他の開口に入れ替え可能とすることで像面照度の調節を行うことを特徴とする請求項5から17の何れか1項記載の電子撮像装置。

【請求項19】

前記複数の開口の中、一部の開口内に波長550nmに対する透過率が80%未満の媒体を有すると共に、他の一部の開口の波長550nmに対する透過率を80%以上としたことを特徴とする請求項18記載の電子撮像装置。 10

【請求項20】

ズームレンズの焦点距離と入射瞳の直径から求まるFナンバーをF_{no}、前記開口における波長550nmにおける透過率をTとしたときのF_{no}/Tを実効FナンバーF_{no'} とし、電子撮像素子の水平画素ピッチをaとするとき、F_{no'} > a / 0.4 μmとなるような実効Fナンバーに相当する光量になるように調節を実施する場合は、開口内に波長550nmに対する透過率Tが80%未満の媒体を備えた開口を前記ズームレンズの光路に挿入することを特徴とする請求項18記載の電子撮像装置。

【請求項21】

前記複数の開口の中の複数にそれぞれ空間周波数特性の異なる光学的ローパスフィルターを有することを特徴とする請求項18から20の何れか1項記載の電子撮像装置。 20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ズームレンズ等の光学系部分の工夫により奥行き方向の薄型化を実現した電子撮像装置に関し、特に、ビデオカメラやデジタルカメラに関するものである。また、そのズームレンズはリアフォーカスを可能にならしめたものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、銀塩35mmフィルム（通称ライカ版）カメラに代わる次世代カメラとしてデジタルカメラ（電子カメラ）が注目されてきている。さらに、それは業務用高機能タイプからポータブルな普及タイプまで幅広い範囲でいくつものカテゴリーを有するようになってきている。本発明においては、特にポータブルな普及タイプのカテゴリーに注目し、高画質を確保しながら奥行きの薄いビデオカメラ、デジタルカメラを実現する技術を提供することを狙っている。カメラの奥行き方向を薄くするのに最大のネックとなっているのは、光学系、特にズームレンズ系の最も物体側の面から撮像面までの厚みである。最近では、撮影時に光学系をカメラボディ内からせり出し、携帯時に光学系をカメラボディ内に収納するいわゆる沈胴式鏡筒を採用することが主流になっている。しかしながら、使用するレンズタイプやフィルターによって光学系沈胴時の厚みが大きく異なる。特にズーム比やF値等の仕様を高く設定するには、最も物体側のレンズ群が正の屈折力を有するいわゆる正先行型ズームレンズは、各々のレンズエレメントの厚みやデッドスペースが大きく、沈胴してもたいして厚みが薄くならない（特開平11-258507号）。負先行型で特に2乃至3群構成のズームレンズはその点有利であるが、群内構成枚数が多かったり、エレメントの厚みが大きかったり、最も物体側のレンズが正レンズの場合も沈胴しても薄くならない（特開平11-52246号）。現在知られている中で、電子撮像素子用に適しかつズーム比、画角、F値等含めた結像性能が良好で沈胴厚を最も薄くできる可能性を有するものの例として、特開平11-194274号、特開平11-287953号、特開2000-9997号等のものがある。 40

【0003】

第1群を薄くするには入射瞳位置を浅くするのがよいが、そのためには第2群の倍率を高くすることになる。一方、そのために第2群の負担が大きくなりそれ自身を薄くすること 50

が困難になるばかりでなく、収差補正の困難さや製造誤差の効きが増大し好ましくない。薄型化小型化を実施するには、撮像素子を小さくすればよいが、同じ画素数とするためには画素ピッチを小さくする必要があり、感度不足を光学系でカバーしなければならない。回折の影響も然りである。

【0004】

また、奥行きの薄いカメラボディにするために、合焦時のレンズ移動を前群ではなくいわゆるリアフォーカスが駆動系のレイアウト上有効である。すると、リアフォーカスを実施したときの収差変動が少ない光学系を選択する必要が出てくる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

10

本発明の目的は、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、第4レンズ群からなるズームレンズを有する電子撮像装置において、第4レンズ群の構成枚数が少なく、リアフォーカス方式により、機構レイアウト上小型で簡素にしやすく、変倍比を確保しても薄型化と諸収差の補正を両立させることである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の電子撮像装置は、結像光学系と前記結像光学系の像側に配された電子撮像素子とを備えた電子撮像装置において、

20

前記結像光学系は、非球面を含みかつ常時固定の単レンズである最も像側の最終レンズ群と、前記最終レンズ群より物体側直前に配され、かつ、フォーカスのために移動するフォーカスレンズ群とを含むことを特徴とするものである。

【0007】

この場合に、前記結像光学系は、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する正の屈折力のレンズ群を有することが望ましい。

【0008】

また、前記結像光学系は、物体側から順に、負の屈折力の第1レンズ群、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する正の屈折力の第2レンズ群を有するものとすることができる。

30

【0009】

また、前記結像光学系は、物体側から順に、負の屈折力の第1レンズ群、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する複数の正の屈折力のレンズ群を有するものとすることができる。

【0010】

本発明のもう1つの電子撮像装置は、結像光学系と前記結像光学系の像側に配された電子撮像素子とを備えた電子撮像装置において、

前記結像光学系は、最も物体側に配された負の屈折力を有する第1レンズ群と、その像側に配された少なくとも3つのレンズ群とを含み、

物体側より引き続く4つ目のレンズ群までの相互の間隔は、変倍あるいはフォーカスのために変化し、

40

最も像側の最終レンズ群は固定で1枚の非球面レンズにて構成され、

変倍時に前記第1レンズ群の像側直後のレンズ群と一体で移動する開口絞りを有することを特徴とするものである。

【0011】

本発明のさらにもう1つの電子撮像装置は、ズームレンズと前記ズームレンズの像側に配された電子撮像素子とを備えた電子撮像装置において、

前記ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、第4レンズ群からなり、前記第3レンズ群を物体側に繰り出すことでより近距離の被写体に合焦することが可能で

50

あり、

前記第4レンズ群が非球面を含む常時固定の1枚のレンズよりなることを特徴とするものである。

【0012】

本発明の別の電子撮像装置は、ズームレンズと前記ズームレンズの像側に配された電子撮像素子とを備えた電子撮像装置において、

前記ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、第4レンズ群からなり、前記第3レンズ群を物体側に繰り出すことでより近距離の被写体に合焦することが可能であり、

10

前記第2レンズ群は、非球面を含む1枚の単レンズと、物体側より順に正レンズと負レンズとからなる接合レンズとからなり、

前記第3レンズ群は、正の単レンズ1枚よりなることを特徴とするものである。

【0013】

本発明のさらに別の電子撮像装置は、ズームレンズと前記ズームレンズの像側に配された電子撮像素子とを備えた電子撮像装置において、

前記ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、第4レンズ群とからなり、

前記第3レンズ群を物体側に繰り出すことでより近距離の被写体に合焦することが可能であり、

20

前記第2レンズ群は、非球面を含む1つの正レンズと、1つの負レンズとからなり、

前記第3レンズ群は、正の単レンズ1枚よりなることを特徴とするものである。

【0014】

以上において、第1レンズ群が変倍時移動するものとすることができます。

【0015】

本発明の電子撮像装置において採用した結像光学系は、最も像側のレンズ（単レンズ若しくは接合レンズ）は非球面を含みこれを常時固定とし、これより直前のレンズ群がフォーカスのために移動するようにしたリアフォーカス式ズームレンズである。したがって、リアフォーカス方式でありながら、無限遠から近距離まで安定した高い結像性能を確保することができる。これは、特に、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側に単調に移動する正の屈折力のレンズ群を有する場合に有効である。このようなレンズ群を有するズームレンズにおいては、広角端から望遠端までの変倍全域での収差変動を小さくし、かつ、どの状態でも少ない収差に補正するために、最終群に非球面を導入して特にコマ収差や非点収差等の軸外収差の補正を行なう。したがって、非球面を有する最終群にてフォーカスを行なうと、その光軸方向への移動に伴うコマ収差や非点収差等の軸外収差変動が大きくなりやすく、性能劣化につながる。そのため、非球面を有する最終群は固定とし、その直前の群にてフォーカスを実施するのが好ましい。

30

【0016】

なお、このようなズームレンズの第1群は負レンズ群にて構成する方がコンパクト化に向いているが、第1群が正レンズ群のときよりも上記の問題が顕著である。

40

【0017】

例えば、具体的には、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、第4レンズ群よりなり、第3レンズ群を物体側に繰り出すことでより近距離の被写体に合焦することが可能なズームレンズよりなる結像光学系であって、第4レンズ群が非球面を含む位置固定の1枚のレンズよりなる結像光学系、あるいは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、第4レンズ群よりなり、第3レンズ群を物体側に繰り出すことでより近距離の被写体に合焦することが可能なズームレンズにおいて、第2レンズ群が非球面を含む1枚の単レンズと正レン

50

ズ・負レンズの順の 1 つの接合レンズからなり、第 3 レンズ群は単レンズである正レンズ 1 枚よりなる結像光学系、あるいは、物体側より順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、第 4 レンズ群よりなり、第 3 レンズ群を物体側に繰り出すことでより近距離の被写体に合焦することが可能なズームレンズにおいて、第 2 レンズ群が非球面を含む正レンズ（単レンズ又は接合レンズ）と負レンズ（単レンズ又は接合レンズ） 1 つずつからなり、第 3 レンズ群は単レンズである正レンズ 1 枚よりなる結像光学系の場合がそうである。

【0018】

なお、最終レンズ群である第 4 レンズ群は正の屈折力を有することが、電子撮像素子への入射角を垂直に近くできるのでより好ましい。また、部品点数削減のため、このレンズ群を非球面単レンズとすることが可能である。 10

【0019】

前記のように、変倍時可動な群にて変倍全域での収差変動を極力小さく補正して残る概ね一律の収差、特に軸外収差を最終レンズ群に非球面を入れることで除去している。しかし、特にコマ収差の場合は、補正のためのレンズ面が像面からある程度離れていないと補正できない。したがって、最終レンズ群と像面との光軸上の空気換算距離 D_R は以下の条件を満たすのがよい。

【0020】

$$(x) \quad 0.3 < D_R / Y < 2.5$$

ただし、 Y は撮像素子の有効撮像領域（略矩形）の対角長である。 20

【0021】

条件 (x) の下限値の 0.3 を越えると、最終レンズ群の非球面による歪曲収差の補正は行いやすいが、コマ収差の補正が困難となる。上限値の 2.5 を越えると、光学系の全長や開口絞りから離れた群のレンズ径が肥大化しやすい。

【0022】

さらには、

$$(x-1) \quad 0.4 < D_R / Y < 2.0$$

とするとより好ましい。

【0023】

また、さらには、 30

$$(x-2) \quad 0.5 < D_R / Y < 1.5$$

とするとより好ましい。

【0024】

また、上記の構成によって発生するスペース的損失を極力カバーするため、上記非球面を含み固定の最終レンズ群とその直前のフォーカス群との間隔 D_{34W} （ただし、無限遠物点合焦時広角端のとき）について、以下の条件を満たした方がよい。

【0025】

$$(y) \quad 0.05 < D_{34W} / Y < 0.8$$

条件 (y) の上限の 0.8 を越えると、光学系全長が長くなりやすいか変倍比を確保し難い。下限値の 0.05 は両群の機械的干渉を避けるために設けたものである。 40

【0026】

さらには、

$$(y-1) \quad 0.05 < D_{34W} / Y < 0.6$$

とするとより好ましい。

【0027】

また、さらには、

$$(y-2) \quad 0.05 < D_{34W} / Y < 0.4$$

とするとより好ましい。

【0028】

また、最も物体側のレンズ群である第 1 レンズ群を変倍に伴って可動とすることで、第 1

レンズ群にコンペンセータの機能を持たせることができ、それにより第2群以降による変倍比を拡大できるのでより好ましい。

【0029】

次に、上述の発明を応用した発明を説明する。

【0030】

前記目的を達成するために、本発明の別の電子撮像装置は、最も物体側に負の屈折力を有する第1群を有し、4つ以上の群より構成され、物体側より4つ目までの群は変倍中に相互の間隔が変化し、最も像側の群は固定で正の屈折力を有する1枚の非球面単レンズにて構成され、変倍時に第2群と一体で移動する開口絞りを有し、かつ、以下の条件(1)を満足することを特徴とするズームレンズ及び電子撮像素子を有するものである。

10

【0031】

$$(1) \quad 1.5 < L_2 / Y < 3.5$$

ただし、 L_2 は第2群の広角端から望遠端にかけての移動量、 Y は撮像素子の有効撮像領域(略矩形)の対角長である。

【0032】

本発明のようなズームレンズの構成は、各群の厚みを薄くしやすくかつ構成がシンプルな上、変倍時、フォーカス時共に結像性能が安定している。また、変倍によるF値の変動も少ない。しかし、射出瞳位置の変動が大きいという欠点がある。これは変倍時における絞りの移動量が大きいためである。条件(1)の上限値3.5を越えると、広角端か望遠端において撮像面における主光線の角度が大きくなりすぎて好ましくない。下限値の1.5を越えると、変倍時若しくはフォーカス時の非点収差等の収差変動が大きくなりやすく好ましくない。

20

【0033】

なお、条件(1)に代えて次のようにすれば、さらに好ましい。

【0034】

$$(1-1) \quad 1.6 < L_2 / Y < 3.3$$

さらに、次のようにすれば、さらに好ましい。

【0035】

$$(1-2) \quad 1.7 < L_2 / Y < 3.0$$

上記式の下限値又は上限値を各々個別に限定しても好ましい。

30

【0036】

本発明は、あるいは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1群と正の屈折力を有する第2群と正の屈折力を有する第3群と正の屈折力を有する第4群とによりなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、前記第2群と第3群の間隔が大きくなり、前記第3群を物体側に繰り出すことでより近距離の被写体に合焦することが可能であり、前記第4群は正の屈折力を有する1枚の非球面単レンズにて構成され、以下の条件(2)を満足するズームレンズ及び電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置としてもよい。

【0037】

$$(2) \quad -1.2 < {}^{ex}P_W / {}^{ex}P_T < 0$$

40

ただし、 ${}^{ex}P_W$ 、 ${}^{ex}P_T$ はそれぞれ無限遠物点合焦時における広角端及び望遠端での像面から測った射出瞳位置である。

【0038】

このズーム方式の場合、広角から望遠にかけて射出瞳位置の変化量が大きいため、条件(2)以内に収まるようにする必要がある。上限の0を越えると、広角端でシェーディングが発生しやすくなり、下限値の-1.2を越えると、望遠端にてシェーディングが発生しやすい。

【0039】

なお、次のようにすれば、さらによい。

【0040】

50

$$(2-1) -1.1 < {}^{ex}P_W / {}^{ex}P_T < -0.2$$

さらに、次のようにすれば、なよい。

【0041】

$$(2-2) -1.0 < {}^{ex}P_W / {}^{ex}P_T < -0.4$$

上記式の下限値又は上限値を各々個別に限定しても好ましい。

【0042】

本発明は、また、物体側より順に、負の屈折力を有する第1群と正の屈折力を有する第2群と正の屈折力を有する第3群と正の屈折力を有する第4群とよりなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、前記第2群と第3群の間隔が大きくなり、前記第3群を物体側に繰り出すことでより近距離の被写体に合焦することが可能であり、前記第2群が物体側から順に非球面を含む1枚の単レンズと物体側から正レンズ、負レンズの順で構成した接合レンズとからなり、前記第3群は正の屈折力を有する1枚の単レンズとなり、以下の条件(3)と条件(4)を満足するズームレンズ及び電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置としてもよい。

10

【0043】

$$(3) -1.5 < (R_{2C1} + R_{2C2}) \cdot (R_{2C2} - R_{2C3}) / (R_{2C1} - R_{2C2}) \cdot (R_{2C2} + R_{2C3}) < -0.3$$

$$(4) 0.05 < t_{2N} / t_2 < 0.3$$

20

ただし、 R_{2C1} 、 R_{2C2} 、 R_{2C3} は第2群の接合レンズの物体側から1番目と2番目と3番目のレンズ面のそれぞれの光軸上の曲率半径、 t_{2N} は第2群の接合レンズ中の負レンズの光軸上での厚み、 t_2 は第2群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上での厚みである。

【0044】

条件(3)は、前記第2群の接合レンズのそれぞれのレンズエレメント(正レンズ・負レンズ)のシェーブファクターの比を規定したものである。下限値の-1.5を越えると、軸上色収差の補正に不利であり、上限値の-0.3を越えると、レンズエレメントが厚くなり、小型化には不利である。

30

【0045】

条件(4)は、第2群の負レンズ(接合されている)の光軸上の厚みを規定したものである。この部位はある程度厚くしないと非点収差が補正し切れないと、光学系の各エレメントの厚みを薄くする目的の場合、これが足枷になる。したがって、非点収差の補正は、その像側のレンズに非球面を導入して補正する。それでも、下限値0.05を越えると、非点収差は補正し切れなくなる。上限値0.3を越えると、厚さが許容できない。

【0046】

なお、条件(3)、(4)を個別に若しくは共に次のようにすればなお好ましい。

【0047】

$$(3-1) -1.3 < (R_{2C1} + R_{2C2}) \cdot (R_{2C2} - R_{2C3}) / (R_{2C1} - R_{2C2}) \cdot (R_{2C2} + R_{2C3}) < -0.4$$

$$(4-1) 0.06 < t_{2N} / t_2 < 0.28$$

40

さらに、条件(3)、(4)を個別に若しくは共に次のようにすればなお好ましい。

【0048】

$$(3-2) -1.2 < (R_{2C1} + R_{2C2}) \cdot (R_{2C2} - R_{2C3}) / (R_{2C1} - R_{2C2}) \cdot (R_{2C2} + R_{2C3}) < -0.5$$

$$(4-2) 0.07 < t_{2N} / t_2 < 0.26$$

50

上記式の下限値又は上限値を各々個別に限定しても好ましい。

【0049】

本発明は、また、物体側より順に、負の屈折力を有する第1群と正の屈折力を有する第2群と正の屈折力を有する第3群と正の屈折力を有する第4群よりなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、前記第2群と第3群の間隔が大きくなり、前記第3群を物体側に繰り出すことでより近距離の被写体に合焦することが可能であり、前記第2群が物体側から順に非球面を含む正レンズ成分と負レンズ成分1つずつからなり、前記第3群は正の屈折力を有する1枚の単レンズよりなり、以下の条件(5)を満足するズームレンズ及び電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置として構成してもよい。

【0050】

$$(5) \quad 0.05 < t_{2N1} / t_2 < 0.3$$

ただし、 t_{2N1} は第2群中の最も像側の負レンズの光軸上での厚み、 t_2 は第2群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上での厚みである。ここで、レンズ成分とは、単レンズか接合レンズを示す概念とする。

【0051】

条件(5)は、条件(4)と同様に、非点収差の補正と第2群の厚さとのバランスをとるための条件である。

【0052】

条件(5)は以下の条件(5-1)又は(5-2)としてもよく、また、以下の式の上限のみ若しくは下限のみ限定しても好ましい。

【0053】

$$(5-1) \quad 0.06 < t_{2N1} / t_2 < 0.28$$

$$(5-2) \quad 0.07 < t_{2N1} / t_2 < 0.26$$

ところで、上記の各発明にてズームレンズの変倍比が2.3倍以上の場合、以下の条件(a)、(b)を満足すると薄型化に寄与する。

【0054】

$$(a) \quad 0.9 < -t_{23t} < 1.8$$

$$(b) \quad 2.0 < f_2 / f_w < 3.0$$

ただし、 t_{23t} は第2と第3群の望遠端における無限遠物点合焦時の合成倍率、 f_2 は第2群の焦点距離、 f_w はズームレンズ全系の無限遠物点合焦時の広角端焦点距離である。

【0055】

条件(a)は、第2群と第3群の望遠端における無限遠物点時倍率 t_{23t} を規定したものである。これはできるだけ絶対値が大きい方が広角端における入射瞳位置を浅くできて第1群の径を小さくしやすく、ひいては厚みを小さくできる。下限の0.9を越えると、厚みを満足するのが困難で、上限の1.8を越えると、収差補正(球面収差、コマ、非点収差)が困難となる。

【0056】

条件(b)は、第2群の焦点距離 f_2 を規定したものである。焦点距離が短い方が第2群自身の薄型化には有利であるが、第2群の前側主点を物体側に、第1群の後側主点を像側に位置するようなパワー配置上の無理が出やすく、収差補正上好ましくない。下限の2.0を越えると、球面収差、コマ、非点収差等の補正が困難になる。上限の3.0を越えると、薄型化が困難となる。

【0057】

なお、(a)、(b)を各々個別に若しくは共に次のようにすればより好ましい。

【0058】

$$(a-1) \quad 0.9 < -t_{23t} < 1.7$$

$$(b-1) \quad 2.1 < f_2 / f_w < 2.8$$

さらに、次のようにすればなお好ましい。

【0059】

$$(a-2) \quad 1.1 < -t_{23t} < 1.6$$

10

20

30

40

50

$$(b-2) \quad 2.2 < f_2 / f_w < 2.6$$

上記式の下限値又は上限値を各々個別に限定しても好ましい。

【0060】

また、第1群の構成としては、物体側から順に、2枚の負レンズからなる負レンズ群と1枚の正レンズからなる正レンズ群によるか、物体側から順に、2枚以下の負レンズからなる負レンズ群と1枚の正レンズからなる正レンズ群とよりなり、前記負レンズ群の中少なくとも1枚の負レンズは非球面を含む構成とすれば、第2・3・4群の構成との収差補正上の相性が良好である。つまり、フォーカシング時の収差変動が少なく、全ての変倍域で収差補正が良好に行える。

【0061】

並びに、前記第1群、第2群の総厚が以下の条件を満足するのもよい。

【0062】

$$(6) \quad 0.6 < t_1 / Y < 2.2$$

$$(7) \quad 0.3 < t_2 / Y < 1.5$$

ただし、 t_1 は第1群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上での厚みであり、 t_2 は第2群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上での厚みであり、 Y は撮像素子の有効撮像領域（略矩形）の対角長である。

【0063】

条件 (6)、(7) は、それぞれ第1群第2群の総厚を規定したものである。それぞれの上限値 2.2、1.5 を越えると、薄型化の妨げになりやすく、下限値 0.6、0.3 を越えると、各レンズ面の曲率半径を緩くせざるを得ず、近軸関係の成立や諸収差補正が困難になる。条件 (6)、(7) の下限のそれぞれ 0.6、0.3 を越えて小さくなると、各レンズ厚が薄くなる。そのため、レンズ中心から周辺までの厚さ、縁肉を確保しようとすると、各レンズの曲率が緩くなるため、各レンズに必要なパワーを確保できなくなる。

【0064】

なお、この条件範囲は縁肉・機械スペース確保上、 Y の値によって変えることが好ましい。

【0065】

具体的には、以下の条件 (6-1)、(7-1) を満足することが望ましい。

【0066】

$$(6-1) \quad Y \leq 6.2 \text{ mm のとき}$$

$$0.8 < t_1 / Y < 2.2$$

$$6.2 \text{ mm} < Y \leq 9.2 \text{ mm のとき}$$

$$0.7 < t_1 / Y < 2.0$$

$$9.2 \text{ mm} < Y \text{ のとき}$$

$$0.6 < t_1 / Y < 1.8$$

$$(7-1) \quad Y \leq 6.2 \text{ mm のとき}$$

$$0.5 < t_2 / Y < 1.5$$

$$6.2 \text{ mm} < Y \leq 9.2 \text{ mm のとき}$$

$$0.4 < t_2 / Y < 1.3$$

$$9.2 \text{ mm} < Y \text{ のとき}$$

$$0.3 < t_2 / Y < 1.1$$

以上、ズームレンズ部について沈胴厚を薄くしつつも結像性能を良好にする手段を提供した。

10

20

30

40

50

【0067】

次に、フィルター類を薄くする点について言及する。電子撮像装置には通常赤外光が撮像面に入射しないように一定の厚みのある赤外吸収フィルターを撮像素子よりも物体側に挿入している。これを厚みのないコーティングに置き換えることを考える。当然その分薄くなる訳だが、副次的効果がある。ズームレンズ系後方にある撮像素子よりも物体側に、波長600nmでの透過率が80%以上、波長700nmでの透過率が10%以下の近赤外シャープカットコートを導入すると、吸収タイプよりも相対的に赤側の透過率が高くなり、補色モザイクフィルターを有するCCDの欠点である青紫側のマゼンタ化傾向がゲイン調整により緩和され、原色フィルターを有するCCD並みの色再現を得ることができる。一方、補色フィルターの場合、その透過光エネルギーの高さから原色フィルター付きCCDと比べ実質的感度が高く、かつ、解像的にも有利であるため、小型CCDを使用したときのメリットが大である。

10

【0068】

もう一方のフィルターである光学的ローパスフィルターについても、その光軸上の総厚 t_{LPF} が以下の条件を満たすようにするとよい。

【0069】

$$(8) \quad 0.15 \times 10^3 < t_{LPF} / a < 0.45 \times 10^3$$

ただし、 a は電子撮像素子の水平画素ピッチである。

【0070】

沈胴厚を薄くするには光学的ローパスフィルターを薄くすることも効果的であるが、一般的にはモアレ抑制効果が減少して好ましくない。一方、画素ピッチが小さくなるにつれて結像レンズ系の回折の影響によりナイキスト限界以上の周波数成分のコントラストは減少し、モアレ抑制効果の減少はある程度許容されるようになる。例えば、像面上投影時の方位角度が水平(=0°)と±45°方向にそれぞれ結晶軸を有する3種類のフィルターを光軸方向に重ねて使用する場合、かなりモアレ抑制効果があることが知られている。この場合のフィルターが最も薄くなる仕様としては、水平に $a \mu m$ 、±45°方向にそれぞれ $SQRT(1/2) \times a$ だけずらせるものが知られている。ここで、 $SQRT$ はスクエアルートであり平方根を意味する。このときのフィルター厚は、およそ $[1 + 2 \times SQRT(1/2)] \times a \times 10^3 / 5.88 (\mu m)$ となる。これは、ちょうどナイキスト限界に相当する周波数においてコントラストをゼロにする仕様である。これよりは数%ないし数十%程度薄くすると、ナイキスト限界に相当する周波数のコントラストが少し出てくるが、上記回折の影響で抑えることが可能になる。上記以外のフィルター仕様、例えば2枚重ねあるいは1枚で実施する場合も含めて、条件(8)を満足するのがよい。上限値の 0.45×10^3 を越えると、光学的ローパスフィルターが厚すぎ薄型化の妨げになる。下限値の 0.15×10^3 を越えると、モアレ除去が不十分になる。ただし、これを実施する場合の a の条件は $5 \mu m$ 以下であることが望ましい。

20

【0071】

さらに、 a が $4 \mu m$ 以下の場合、より回折の影響を受けやすいので、以下の条件(8-1)を満足することが好ましい。

【0072】

40

$$(8-1) \quad 0.13 \times 10^3 < t_{LPF} / a < 0.42 \times 10^3$$

また、以下のようにしてもよい。ローパスフィルターが3枚のローパスフィルターを重ね合わせたものであり、 $4 \mu m / a < 5 \mu m$ のとき、

$$(8-2) \quad 0.3 \times 10^3 < t_{LPF} / a < 0.4 \times 10^3$$

を満足するとよい。

【0073】

また、ローパスフィルターが2枚のローパスフィルターを重ね合わせたものであり、 $4 \mu m / a < 5 \mu m$ のとき、

$$(8-3) \quad 0.2 \times 10^3 < t_{LPF} / a < 0.28 \times 10^3$$

を満足するとよい。

50

【0074】

また、ローパスフィルターが1枚のローパスフィルターであり、 $4 \mu m \leq a < 5 \mu m$ のとき、

$$(8-4) \quad 0.1 \times 10^3 < t_{LPF} / a < 0.16 \times 10^3$$

を満足するとよい。

【0075】

また、ローパスフィルターが3枚のローパスフィルターを重ね合わせたものであり、 $a < 4 \mu m$ のとき、

$$(8-5) \quad 0.25 \times 10^3 < t_{LPF} / a < 0.37 \times 10^3$$

を満足するとよい。

10

【0076】

また、ローパスフィルターが2枚のローパスフィルターを重ね合わせたものであり、 $a < 4 \mu m$ のとき、

$$(8-6) \quad 0.16 \times 10^3 < t_{LPF} / a < 0.25 \times 10^3$$

を満足するとよい。

【0077】

また、ローパスフィルターが1枚のローパスフィルターからなり、 $a < 4 \mu m$ のとき、

$$(8-7) \quad 0.08 \times 10^3 < t_{LPF} / a < 0.14 \times 10^3$$

を満足するとよい。

【0078】

また、画素ピッチの小さな撮像素子を使用する場合、絞り込みによる回折効果の影響で画質が劣化する。したがって、開口形状が固定の複数の開口を有し、その中の1つを第1群の最も像側のレンズ面と第3群の最も物体側のレンズ面の間の何れかの光路内に挿入でき、かつ、他のものと交換可能とすることで、像面照度を調節することができる電子撮像装置としており、具体的には、その複数の開口の中一部の開口内に、波長550nmに対する透過率がそれぞれ異なり、かつ、80%未満であるような媒体を有し、他的一部の開口の波長550nmに対する透過率を80%以上とすることで光量調節を行なうのがよい。

20

【0079】

あるいは、ズームレンズの焦点距離 f と入射瞳の直径 ID から求まるFナンバー(f / ID)を F_{no} 、前記開口における波長550nmにおける透過率を T としたときの F_{no} / T を実効Fナンバー F_{no}' とし、電子撮像素子の水平画素ピッチを a とするとき、 $F_{no}' > a / 0.4 \mu m$ となるような実効Fナンバーに相当する光量になるように調節を実施する場合は、開口内に波長550nmに対する透過率 T が80%未満の媒体を備えた開口をズームレンズの光路に挿入する電子撮像装置とするのがよい。例えば、開放値から上記条件の範囲外では、その媒体なしかあるいは波長550nmに対する透過率が91%以上のダミー媒質若しくは空間としており、その範囲内のときは、回折の影響が出る程に開口絞り径を小さくするのではなく、NDフィルターのようなもので光量調節するのがよい。

30

【0080】

また、その複数の開口をそれぞれ径をF値に反比例して小さくしたものにして挿えており、NDフィルターの代わりにそれぞれ空間周波数特性の異なる光学的ローパスフィルターを開口内に入れておくのでもよい。絞り込むにつれて絞り回折劣化が大きくなるので、開口径が小さくなる程光学的ローパスフィルターの空間周波数特性を高く設定しておくことが好ましい。ここで、空間周波数特性がより高いとは、物体像の空間周波数のコントラストを他のものより高く保つことを意味している。別の言い方をすれば、例えばカットオフ周波数が大きいということを意味している。

40

【0081】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の電子撮像装置に用いられるズームレンズの実施例1～6について説明する。なお、実施例5～6は参考例である。これらの実施例の無限遠物点合焦時の広角端でのレンズ断面図をそれぞれ図1～図6に示す。各図中、第1群はG1、第2群はG2、第

50

3群はG3、第4群はG4、3枚重ねの光学的ローパスフィルターであってその第1面(物体側の表面)に近赤外カットコートが設けられている光学的ローパスフィルターF、電子撮像素子であるCCDのカバーガラスをC、CCDの像面であって補色モザイクフィルターが設けられている像面をIで示してあり、物体側から順に配置された、光学的ローパスフィルターF、カバーガラスCは、第4群G4と像面Iの間に固定して配置されている。なお、また、各図中、フォーカス群は“focus”と図示され、その近距離への合焦方向が矢印で図示してある。

【0082】

実施例1のズームレンズは、図1に示すように、負屈折力の第1群G1、正屈折力の第2群G2、正屈折力の第3群G3、正屈折力の第4群G4からなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、第1群G1は一旦像側へ移動しその後物体側に反転して移動し、望遠端では広角端の位置より物体側になり、第2群G2は物体側に移動し、第3群G3は一旦像側へ若干移動しその後物体側に反転して、望遠端では広角端の位置と同じになり、第4群G4は固定レンズ群であり、第2群G2と第3群G3の間隔は広角端から望遠端に変倍する際に大きくなる。そして、第3群G3を物体側に繰り出して近距離の被写体にフォーカスするようになっている。

10

【0083】

実施例1の第1群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、両凹レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第2群G2は、絞りとその後に配置された両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズの接合レンズとからなり、第3群G3は物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ1枚からなり、第4群G4は物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ1枚からなる。非球面は、第1群G1の真中の両凹レンズの物体側の面、第2群G2の最も物体側の面、第4群G4の物体側の面の3面に用いられている。

20

【0084】

実施例2のズームレンズは、図2に示すように、負屈折力の第1群G1、正屈折力の第2群G2、正屈折力の第3群G3、正屈折力の第4群G4からなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、第1群G1は一旦像側へ移動しその後物体側に反転して移動し、望遠端では広角端の位置より物体側になり、第2群G2は物体側に移動し、第3群G3は物体側に移動し、第4群G4は固定レンズ群であり、第2群G2と第3群G3の間隔は広角端から望遠端に変倍する際に大きくなる。そして、第3群G3を物体側に繰り出して近距離の被写体にフォーカスするようになっている。

30

【0085】

実施例2の第1群G1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、両凹レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第2群G2は、絞りとその後に配置された両凸レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズの接合レンズとからなり、第3群G3は物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ1枚からなり、第4群G4は物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ1枚からなる。非球面は、第1群G1の真中の両凹レンズの物体側の面、第2群G2の最も物体側の面、第4群G4の物体側の面の3面に用いられている。

40

【0086】

実施例3のズームレンズは、図3に示すように、負屈折力の第1群G1、正屈折力の第2群G2、正屈折力の第3群G3、正屈折力の第4群G4からなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、第1群G1は一旦像側へ移動しその後物体側に反転して移動し、望遠端では広角端の位置より物体側になり、第2群G2は物体側に移動し、第3群G3は一旦像側へ若干移動しその後物体側に反転して、望遠端では広角端の位置と同じになり、第4群G4は固定レンズ群であり、第2群G2と第3群G3の間隔は広角端から望遠端に変倍する際に大きくなる。そして、第3群G3を物体側に繰り出して近距離の被写体にフォーカスするようになっている。

【0087】

50

実施例 3 の第 1 群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、両凹レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 2 群 G 2 は、絞りとその後に配置された両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズの接合レンズとからなり、第 3 群 G 3 は物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ 1 枚からなり、第 4 群 G 4 は物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ 1 枚からなる。非球面は、第 1 群 G 1 の真中の両凹レンズの物体側の面、第 2 群 G 2 の最も物体側の面、第 4 群 G 4 の物体側の面の 3 面に用いられている。

【 0 0 8 8 】

実施例 4 のズームレンズは、図 4 に示すように、負屈折力の第 1 群 G 1、正屈折力の第 2 群 G 2、正屈折力の第 3 群 G 3、正屈折力の第 4 群 G 4 からなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、第 1 群 G 1 は一旦像側へ移動しその後物体側に反転して移動し、望遠端では広角端の位置より若干像側になり、第 2 群 G 2 は物体側に移動し、第 3 群 G 3 は一旦像側へ若干移動しその後物体側に反転して、望遠端では広角端の位置と同じになり、第 4 群 G 4 は固定レンズ群であり、第 2 群 G 2 と第 3 群 G 3 の間隔は広角端から望遠端に変倍する際に大きくなる。そして、第 3 群 G 3 を物体側に繰り出して近距離の被写体にフォーカスするようになっている。

【 0 0 8 9 】

実施例 4 の第 1 群 G 1 は、両凹レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 2 群 G 2 は、絞りとその後に配置された両凸レンズと、両凸レンズと両凹レンズの接合レンズとからなり、第 3 群 G 3 は物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ 1 枚からなり、第 4 群 G 4 は物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ 1 枚からなる。非球面は、第 1 群 G 1 の両凹レンズの像側の面、第 2 群 G 2 の最も物体側の面、第 4 群 G 4 の物体側の面の 3 面に用いられている。

【 0 0 9 0 】

実施例 5 のズームレンズは、図 5 に示すように、負屈折力の第 1 群 G 1、正屈折力の第 2 群 G 2、正屈折力の第 3 群 G 3、正屈折力の第 4 群 G 4 からなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、第 1 群 G 1 は一旦像側へ移動しその後物体側に反転して移動し、望遠端では広角端の位置より若干像側になり、第 2 群 G 2 は物体側に移動し、第 3 群 G 3 は一旦像側へ若干移動しその後物体側に反転して、望遠端では広角端の位置と同じになり、第 4 群 G 4 は固定レンズ群であり、第 2 群 G 2 と第 3 群 G 3 の間隔は広角端から望遠端に変倍する際に大きくなる。そして、第 3 群 G 3 を物体側に繰り出して近距離の被写体にフォーカスするようになっている。

【 0 0 9 1 】

実施例 5 の第 1 群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 2 群 G 2 は、絞りとその後に配置された両凸レンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズの接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとからなり、第 3 群 G 3 は物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ 1 枚からなり、第 4 群 G 4 は物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ 1 枚からなる。非球面は、第 1 群 G 1 の負メニスカスレンズの像側の面、第 2 群 G 2 の最も物体側の面、第 4 群 G 4 の物体側の面の 3 面に用いられている。

【 0 0 9 2 】

実施例 6 のズームレンズは、図 6 に示すように、負屈折力の第 1 群 G 1、正屈折力の第 2 群 G 2、正屈折力の第 3 群 G 3、正屈折力の第 4 群 G 4 からなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、第 1 群 G 1 は一旦像側へ移動しその後物体側に反転して移動し、望遠端では広角端の位置より若干像側になり、第 2 群 G 2 は物体側に移動し、第 3 群 G 3 は一旦物体側へ若干移動しその後像側に反転して、望遠端では広角端の位置より若干物体側になり、第 4 群 G 4 は固定レンズ群であり、第 2 群 G 2 と第 3 群 G 3 の間隔は広角端から望遠端に変倍する際に大きくなる。そして、第 3 群 G 3 を物体側に繰り出して近距離の被写体にフォーカスするようになっている。

【 0 0 9 3 】

10

20

30

40

50

実施例 6 の第 1 群 G 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなり、第 2 群 G 2 は、絞りとその後に配置された両凸レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズとからなり、第 3 群 G 3 は物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ 1 枚からなり、第 4 群 G 4 は物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズ 1 枚からなる。非球面は、第 1 群 G 1 の負メニスカスレンズの像側の面、第 2 群 G 2 の最も物体側の面、第 4 群 G 4 の像側の面の 3 面に用いられている。

【 0 0 9 4 】

以下に、上記各実施例の数値データを示すが、記号は上記の外、 f は全系焦点距離、 θ は半画角、 F_{NO} は F ナンバー、 FB はバックフォーカス、 WE は広角端、 ST は中間状態、 TE は望遠端、 $r_1, r_2 \dots$ は各レンズ面の曲率半径、 $d_1, d_2 \dots$ は各レンズ面間の間隔、 $n_{d1}, n_{d2} \dots$ は各レンズの d 線の屈折率、 $A_{d1}, A_{d2} \dots$ は各レンズのアッベ数である。なお、非球面形状は、 x を光の進行方向を正とした光軸とし、 y を光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

【 0 0 9 5 】

$$x = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (K+1) (y/r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

ただし、 r は近軸曲率半径、 K は円錐係数、 A_4, A_6, A_8, A_{10} はそれぞれ 4 次、6 次、8 次、10 次の非球面係数である。

【 0 0 9 6 】

10

20

(実施例1)

$r_1 = 18.0970$	$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.77250$	$\nu_{d1} = 49.60$	
$r_2 = 5.8020$	$d_2 = 2.1000$			
$r_3 = -177.9703$ (非球面)	$d_3 = 1.1000$	$n_{d2} = 1.69350$	$\nu_{d2} = 53.21$	
$r_4 = 51.8035$	$d_4 = 0.2000$			
$r_5 = 10.6733$	$d_5 = 1.6000$	$n_{d3} = 1.84666$	$\nu_{d3} = 23.78$	
$r_6 = 18.0845$	$d_6 = (\text{可変})$			10
$r_7 = \infty$ (絞り)	$d_7 = 1.2000$			
$r_8 = 7.2593$ (非球面)	$d_8 = 1.7000$	$n_{d4} = 1.80610$	$\nu_{d4} = 40.92$	
$r_9 = -18.3091$	$d_9 = 0.2000$			
$r_{10} = 15.6090$	$d_{10} = 1.5000$	$n_{d5} = 1.77250$	$\nu_{d5} = 49.60$	
$r_{11} = -43.4179$	$d_{11} = 0.6000$	$n_{d6} = 1.84666$	$\nu_{d6} = 23.78$	
$r_{12} = 5.1331$	$d_{12} = (\text{可変})$			
$r_{13} = -41.6479$	$d_{13} = 1.5000$	$n_{d7} = 1.48749$	$\nu_{d7} = 70.23$	20
$r_{14} = -10.1261$	$d_{14} = (\text{可変})$			
$r_{15} = 7.2826$ (非球面)	$d_{15} = 1.5000$	$n_{d8} = 1.48749$	$\nu_{d8} = 70.23$	
$r_{16} = 50.0000$	$d_{16} = 0.5000$			
$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 1.6000$	$n_{d9} = 1.54771$	$\nu_{d9} = 62.84$	
$r_{18} = \infty$	$d_{18} = 0.8000$			
$r_{19} = \infty$	$d_{19} = 0.7500$	$n_{d10} = 1.51633$	$\nu_{d10} = 64.14$	
$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 1.2092$			30
$r_{21} = \infty$				

非球面係数

第3面

$$K = 0$$

$$A_4 = 3.4145 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.1843 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 5.7153 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第8面

K = 0

$$A_4 = -6.5802 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.2613 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.8636 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第15面

10

K = 0

$$A_4 = -5.3407 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.0151 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.2730 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

20

	WE	ST	TE
f (mm)	4.49823	8.69116	12.90020
F NO	2.5234	3.5716	4.5401
2ω (°)	58.2	32.1	22.0
d ₆	13.32311	4.84747	1.50000
d ₁₂	1.72237	9.30698	15.42999
d ₁₄	1.20000	0.60000	1.20000

30

ズームデータ (20cm)

	WE	ST	TE
d ₆	13.32311	4.84747	1.50000
d ₁₂	1.34032	7.87880	12.68428
d ₁₄	1.58205	2.02818	3.94571

40

【 0 0 9 7 】

(実施例2)

$r_1 = 12.0547$	$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.77250$	$\nu_{d1} = 49.60$	
$r_2 = 5.3746$	$d_2 = 2.1000$			
$r_3 = -110.7152$ (非球面)	$d_3 = 1.1000$	$n_{d2} = 1.69350$	$\nu_{d2} = 53.21$	
$r_4 = 26.5615$	$d_4 = 0.2000$			
$r_5 = 7.9348$	$d_5 = 1.6000$	$n_{d3} = 1.84666$	$\nu_{d3} = 23.78$	
$r_6 = 10.5244$	$d_6 = (\text{可変})$			10
$r_7 = \infty$ (絞り)	$d_7 = 1.2000$			
$r_8 = 5.9452$ (非球面)	$d_8 = 1.7000$	$n_{d4} = 1.80610$	$\nu_{d4} = 40.92$	
$r_9 = -27.4015$	$d_9 = 0.2000$			
$r_{10} = 12.7674$	$d_{10} = 1.5000$	$n_{d5} = 1.77250$	$\nu_{d5} = 49.60$	
$r_{11} = 184.0467$	$d_{11} = 0.6000$	$n_{d6} = 1.84666$	$\nu_{d6} = 23.78$	
$r_{12} = 4.0178$	$d_{12} = (\text{可変})$			
$r_{13} = -70.2155$	$d_{13} = 1.5000$	$n_{d7} = 1.48749$	$\nu_{d7} = 70.23$	20
$r_{14} = -9.1337$	$d_{14} = (\text{可変})$			
$r_{15} = 7.5302$ (非球面)	$d_{15} = 1.5000$	$n_{d8} = 1.48749$	$\nu_{d8} = 70.23$	
$r_{16} = 50.0000$	$d_{16} = 0.5000$			
$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 1.6000$	$n_{d9} = 1.54771$	$\nu_{d9} = 62.84$	
$r_{18} = \infty$	$d_{18} = 0.8000$			
$r_{19} = \infty$	$d_{19} = 0.7500$	$n_{d10} = 1.51633$	$\nu_{d10} = 64.14$	
$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 1.2094$			30
$r_{21} = \infty$				

非球面係数

第3面

$$K = 0$$

$$A_4 = 3.1630 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.1384 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 4.5936 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第8面

K = 0

 $A_4 = -8.3820 \times 10^{-4}$ $A_6 = 1.6127 \times 10^{-5}$ $A_8 = -3.4324 \times 10^{-6}$ $A_{10} = 0.0000$

第15面

10

K = 0

 $A_4 = -9.4093 \times 10^{-5}$ $A_6 = 2.4910 \times 10^{-5}$ $A_8 = -3.0519 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0.0000$ ズームデータ (∞)

20

	WE	ST	TE
f (mm)	4.50859	8.68782	12.89685
F NO	2.5234	3.5716	4.5401
2ω (°)	58.0	32.1	22.0
d ₆	13.23777	4.60124	1.50000
d ₁₂	1.82131	3.84703	8.20830
d ₁₄	1.20000	5.08615	9.20000

30

ズームデータ (20cm)

	WE	ST	TE
d ₆	13.23777	4.60124	1.50000
d ₁₂	1.51294	2.95755	6.48645
d ₁₄	1.50837	5.97563	10.92185

40

【 0 0 9 8 】

(実施例3)

$r_1 = 24.1351$	$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.77250$	$\nu_{d1} = 49.60$	
$r_2 = 5.9538$	$d_2 = 2.1000$			
$r_3 = -147.9609$ (非球面)	$d_3 = 1.1000$	$n_{d2} = 1.52542$	$\nu_{d2} = 55.78$	
$r_4 = 74.8539$	$d_4 = 0.2000$			
$r_5 = 11.5684$	$d_5 = 1.6000$	$n_{d3} = 1.84666$	$\nu_{d3} = 23.78$	
$r_6 = 20.8120$	$d_6 = (\text{可変})$			10
$r_7 = \infty$ (絞り)	$d_7 = 1.2000$			
$r_8 = 6.3335$ (非球面)	$d_8 = 1.7000$	$n_{d4} = 1.80610$	$\nu_{d4} = 40.92$	
$r_9 = -20.9376$	$d_9 = 0.2000$			
$r_{10} = 14.9502$	$d_{10} = 1.5000$	$n_{d5} = 1.77250$	$\nu_{d5} = 49.60$	
$r_{11} = -40.4131$	$d_{11} = 0.6000$	$n_{d6} = 1.84666$	$\nu_{d6} = 23.78$	
$r_{12} = 4.4044$	$d_{12} = (\text{可変})$			
$r_{13} = -27.9946$	$d_{13} = 1.5000$	$n_{d7} = 1.48749$	$\nu_{d7} = 70.23$	20
$r_{14} = -11.0236$	$d_{14} = (\text{可変})$			
$r_{15} = 7.2319$ (非球面)	$d_{15} = 1.5000$	$n_{d8} = 1.58913$	$\nu_{d8} = 61.14$	
$r_{16} = 50.0000$	$d_{16} = 0.5000$			
$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 1.6000$	$n_{d9} = 1.54771$	$\nu_{d9} = 62.84$	
$r_{18} = \infty$	$d_{18} = 0.8000$			
$r_{19} = \infty$	$d_{19} = 0.7500$	$n_{d10} = 1.51633$	$\nu_{d10} = 64.14$	
$r_{20} = \infty$	$d_{20} = 1.2055$			30
$r_{21} = \infty$				

非球面係数

第3面

$$K = 0$$

$$A_4 = 5.6426 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.8014 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 7.8500 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第8面

K = 0

 $A_4 = -7.7896 \times 10^{-4}$ $A_6 = 5.8597 \times 10^{-6}$ $A_8 = -1.6485 \times 10^{-6}$ $A_{10} = 0.0000$

第15面

10

K = 0

 $A_4 = -3.5866 \times 10^{-4}$ $A_6 = 2.0215 \times 10^{-5}$ $A_8 = -6.7754 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0.0000$ ズームデータ (∞)

20

	WE	ST	TE
f (mm)	4.51243	8.69332	12.89908
F NO	2.5234	3.5716	4.5401
2ω (°)	58.0	32.1	22.0
d ₆	13.45457	4.75960	1.50000
d ₁₂	1.62026	8.97143	15.03122
d ₁₄	1.20000	0.60000	1.20000

30

ズームデータ (20cm)

	WE	ST	TE
d ₆	13.45457	4.75960	1.50000
d ₁₂	1.05019	6.89577	11.11046
d ₁₄	1.77007	2.67566	5.12076

40

【 0 0 9 9 】

(実施例 4)

$r_1 = -90.5260$	$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.69350$	$\nu_{d1} = 53.21$	
$r_2 = 6.9963$ (非球面)	$d_2 = 2.4000$			
$r_3 = 15.5562$	$d_3 = 1.6000$	$n_{d2} = 1.84666$	$\nu_{d2} = 23.78$	
$r_4 = 35.4570$	$d_4 =$ (可変)			
$r_5 = \infty$ (絞り)	$d_5 = 1.2000$			
$r_6 = 6.8717$ (非球面)	$d_6 = 1.7000$	$n_{d3} = 1.80610$	$\nu_{d3} = 40.92$	10
$r_7 = -32.7562$	$d_7 = 0.2000$			
$r_8 = 10.9848$	$d_8 = 1.5000$	$n_{d4} = 1.77250$	$\nu_{d4} = 49.60$	
$r_9 = -57.7545$	$d_9 = 0.6000$	$n_{d5} = 1.84666$	$\nu_{d5} = 23.78$	
$r_{10} = 4.8088$	$d_{10} =$ (可変)			
$r_{11} = -23.4086$	$d_{11} = 1.5000$	$n_{d6} = 1.48749$	$\nu_{d6} = 70.23$	
$r_{12} = -9.0966$	$d_{12} =$ (可変)			
$r_{13} = 9.0801$ (非球面)	$d_{13} = 1.5000$	$n_{d7} = 1.58913$	$\nu_{d7} = 61.14$	20
$r_{14} = 50.0000$	$d_{14} = 0.5000$			
$r_{15} = \infty$	$d_{15} = 1.6000$	$n_{d8} = 1.54771$	$\nu_{d8} = 62.84$	
$r_{16} = \infty$	$d_{16} = 0.8000$			
$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 0.7500$	$n_{d9} = 1.51633$	$\nu_{d9} = 64.14$	
$r_{18} = \infty$	$d_{18} = 1.2048$			
$r_{19} = \infty$				

非球面係数

30

第2面

 $K = 0$ $A_4 = -6.6705 \times 10^{-4}$ $A_6 = 1.8556 \times 10^{-5}$ $A_8 = -5.2741 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0.0000$

第6面

 $K = 0$

40

$$A_4 = -5.6147 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.9580 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -2.9306 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第13面

$$K = 0$$

$$A_4 = -9.7948 \times 10^{-4}$$

10

$$A_6 = 4.3215 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -2.2531 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.52161	8.70287	12.89602
F _{N0}	2.5234	3.5716	4.5401
2ω (°)	57.9	32.1	21.9
d ₄	14.08487	4.78144	1.50000
d ₁₀	2.00000	8.61349	14.24568
d ₁₂	1.20000	0.60000	1.20000

ズームデータ (20cm)

	WE	ST	TE
d ₄	14.08487	4.78144	1.50000
d ₁₀	1.58469	7.08728	11.33642
d ₁₂	1.61531	2.12620	4.10926

【 0 1 0 0 】

(実施例5)

$r_1 = 1364.8623$	$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.77250$	$\nu_{d1} = 49.60$	
$r_2 = 7.7562$ (非球面)	$d_2 = 2.7000$			
$r_3 = 9.1332$	$d_3 = 1.6000$	$n_{d2} = 1.84666$	$\nu_{d2} = 23.78$	
$r_4 = 12.6368$	$d_4 =$ (可変)			
$r_5 = \infty$ (絞り)	$d_5 = 1.2000$			
$r_6 = 4.5764$ (非球面)	$d_6 = 1.7000$	$n_{d3} = 1.80610$	$\nu_{d3} = 40.92$	10
$r_7 = -12.3191$	$d_7 = 0.6000$	$n_{d4} = 1.84666$	$\nu_{d4} = 23.78$	
$r_8 = -29.2855$	$d_8 = 0.2000$			
$r_9 = 10.1774$	$d_9 = 0.6000$	$n_{d5} = 1.84666$	$\nu_{d5} = 23.78$	
$r_{10} = 3.2791$	$d_{10} =$ (可変)			
$r_{11} = -22.4450$	$d_{11} = 1.5000$	$n_{d6} = 1.48749$	$\nu_{d6} = 70.23$	
$r_{12} = -8.1070$	$d_{12} =$ (可変)			
$r_{13} = 12.7877$ (非球面)	$d_{13} = 1.5000$	$n_{d7} = 1.58913$	$\nu_{d7} = 61.14$	20
$r_{14} = -100.0000$	$d_{14} = 0.5000$			
$r_{15} = \infty$	$d_{15} = 1.6000$	$n_{d8} = 1.54771$	$\nu_{d8} = 62.84$	
$r_{16} = \infty$	$d_{16} = 0.8000$			
$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 0.7500$	$n_{d9} = 1.51633$	$\nu_{d9} = 64.14$	
$r_{18} = \infty$	$d_{18} = 1.1975$			
$r_{19} = \infty$				

非球面係数

30

第2面

 $K = 0$ $A_4 = -3.2314 \times 10^{-4}$ $A_6 = 8.4338 \times 10^{-6}$ $A_8 = -2.1412 \times 10^{-7}$ $A_{10} = 0.0000$

第6面

 $K = 0$

40

$A_4 = -1.2990 \times 10^{-3}$

$A_6 = -7.1492 \times 10^{-6}$

$A_8 = -5.0874 \times 10^{-6}$

$A_{10} = 0.0000$

第13面

$K = 0$

$A_4 = -5.0625 \times 10^{-4}$

10

$A_6 = 1.8104 \times 10^{-5}$

$A_8 = -8.0922 \times 10^{-7}$

$A_{10} = 0.0000$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.52690	8.67687	12.88328
F_{N0}	2.5234	3.5716	4.5401
2ω (°)	57.8	32.1	22.0
d_4	14.72422	5.33805	1.50000
d_{10}	2.00000	8.54310	13.63534
d_{12}	1.20000	0.60000	1.20000

ズームデータ (20cm)

	WE	ST	TE
d_4	14.72422	5.33805	1.50000
d_{10}	1.65044	7.24626	11.15552
d_{12}	1.54956	1.89684	3.67982

【 0 1 0 1 】

(実施例6)

$r_1 = 22.6195$	$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.77250$	$\nu_{d1} = 49.60$	
$r_2 = 6.0587$ (非球面)	$d_2 = 2.7000$			
$r_3 = 6.9219$	$d_3 = 1.6000$	$n_{d2} = 1.84666$	$\nu_{d2} = 23.78$	
$r_4 = 8.0657$	$d_4 =$ (可変)			
$r_5 = \infty$ (絞り)	$d_5 = 1.2000$			
$r_6 = 4.0157$ (非球面)	$d_6 = 1.7000$	$n_{d3} = 1.69350$	$\nu_{d3} = 53.21$	10
$r_7 = -70.6293$	$d_7 = 0.2000$			
$r_8 = 6.1392$	$d_8 = 0.6000$	$n_{d4} = 1.84666$	$\nu_{d4} = 23.78$	
$r_9 = 2.9613$	$d_9 =$ (可変)			
$r_{10} = 9.5613$	$d_{10} = 1.5000$	$n_{d5} = 1.48749$	$\nu_{d5} = 70.23$	
$r_{11} = 102.2252$	$d_{11} =$ (可変)			
$r_{12} = -8.1352$	$d_{12} = 1.5000$	$n_{d6} = 1.58913$	$\nu_{d6} = 61.14$	
$r_{13} = -5.2208$ (非球面)	$d_{13} = 0.5000$			20
$r_{14} = \infty$	$d_{14} = 1.6000$	$n_{d7} = 1.54771$	$\nu_{d7} = 62.84$	
$r_{15} = \infty$	$d_{15} = 0.8000$			
$r_{16} = \infty$	$d_{16} = 0.7500$	$n_{d8} = 1.51633$	$\nu_{d8} = 64.14$	
$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 1.2088$			
$r_{18} = \infty$				

非球面係数

第2面

$$K = 0$$

$$A_4 = -2.1576 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 8.8126 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -4.3302 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第6面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.5957 \times 10^{-3}$$

30

40

$$A_6 = 2.2500 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.4500 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第13面

$$K = 0$$

$$A_4 = 1.7620 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = -4.1021 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 2.0115 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE	
f (mm)	4.59300	8.65611	12.88288	
F NO	2.7298	3.3922	4.5086	
2ω (°)	57.1	32.2	22.0	20
d ₄	15.32489	3.88201	1.50000	
d ₉	2.00000	3.50000	11.75031	
d ₁₁	1.20000	3.15313	1.72785	

ズームデータ (20cm)

	WE	ST	TE	
d ₄	15.32489	3.88201	1.50000	30
d ₉	1.77271	2.81389	10.15331	
d ₁₁	1.42729	3.83924	3.32485	

【0102】

以上の実施例1の無限遠物点合焦時の収差図を図7に示す。この収差図において、(a)は広角端、(b)は中間状態、(c)は望遠端における球面収差SA、非点収差AS、歪曲収差DT、倍率色収差CCを示す。ただし、図中、“FYI”は像高を表している。

【0103】

次に、上記各実施例における条件式(1)～(8)、(a)、(b)の値を以下に示す。

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	
(1)	2.7415	2.8774	2.6822	2.4491	
(2)	-0.9390	-0.5387	-1.0063	-0.6977	
(3)	-0.5975	-1.1000	-0.5724	-0.8040	
(4)	0.1500	0.1500	0.1500	0.1500	
(5)	0.1500	0.1500	0.1500	0.1500	
(6)	1.1400	1.1400	1.1400	0.9400	10
(Yはmm)	(Y=5.0)	(Y=5.0)	(Y=5.0)	(Y=5.0)	
(7)	0.8000	0.8000	0.8000	0.8000	
(Yはmm)	(Y=5.0)	(Y=5.0)	(Y=5.0)	(Y=5.0)	
(8) $\times 10^{-3}$	0.333	0.333	0.333	0.333	
(a) μ は	(a=3.0)	(a=3.0)	(a=3.0)	(a=3.0)	
	3枚重ね	3枚重ね	3枚重ね	3枚重ね	
(a)	1.2728	1.4759	1.3736	1.2400	20
(b)	2.5660	2.5299	2.5530	2.5036	
(x)	0.80752	0.80756	0.80678	0.80664	
(y)	0.24	0.24	0.24	0.24	

条件式	実施例 5	実施例 6	
(1)	2.3271	2.0556	
(2)	-0.6733	-0.4677	30
(3)	***	***	
(4)	***	***	
(5)	0.1935	0.2400	
(6)	1.0000	1.0000	
(Yはmm)	(Y=5.0)	(Y=5.0)	
(7)	0.6200	0.5000	
(Yはmm)	(Y=5.0)	(Y=5.0)	40
(8) $\times 10^{-3}$	0.333	0.333	

(a)は μ m	(a=3.0)	(a=3.0)
	3枚重ね	3枚重ね
(a)	1.1248	0.9555
(b)	2.5047	2.3990
(x)	0.80518	0.80744
(y)	0.24	0.24

【0104】

以上の各実施例において、第4群G4の像側には、図示のように、入射面側に近赤外シャープカットコートを施したローパスフィルターFを有している。この近赤外シャープカットコートは、波長600nmでの透過率が80%以上、波長700nmでの透過率が10%以下となるように構成されている。具体的には、例えば次のような27層の層構成からなる多層膜である。ただし、設計波長は780nmである。

【0105】

基 板	材質	物理的膜厚 (nm)	$\lambda/4$
第1層	Al_2O_3	58.96	0.50
第2層	TiO_2	84.19	1.00
第3層	SiO_2	134.14	1.00
第4層	TiO_2	84.19	1.00
第5層	SiO_2	134.14	1.00
第6層	TiO_2	84.19	1.00
第7層	SiO_2	134.14	1.00
第8層	TiO_2	84.19	1.00
第9層	SiO_2	134.14	1.00
第10層	TiO_2	84.19	1.00
第11層	SiO_2	134.14	1.00
第12層	TiO_2	84.19	1.00
第13層	SiO_2	134.14	1.00
第14層	TiO_2	84.19	1.00
第15層	SiO_2	178.41	1.33
第16層	TiO_2	101.03	1.21
第17層	SiO_2	167.67	1.25
第18層	TiO_2	96.82	1.15
第19層	SiO_2	147.55	1.05
第20層	TiO_2	84.19	1.00
第21層	SiO_2	160.97	1.20
第22層	TiO_2	84.19	1.00
第23層	SiO_2	154.26	1.15
第24層	TiO_2	95.13	1.13
第25層	SiO_2	160.97	1.20
第26層	TiO_2	99.34	1.18
第27層	SiO_2	87.19	0.65

空 気

【0106】

上記の近赤外シャープカットコートの透過率特性は図8に示す通りである。

【0107】

また、ローパスフィルターFの射出面側には、図9に示すような短波長域の色の透過を低

滅する色フィルターを設けるか若しくはコーティングを行うことで、より一層電子画像の色再現性を高めている。

【0108】

具体的には、このフィルター若しくはコーティングにより、波長400nm～700nmで透過率が最も高い波長の透過率に対する420nmの波長の透過率の比が15%以上であり、その最も高い波長の透過率に対する400nmの波長の透過率の比が6%以下であることが好ましい。

【0109】

それにより、人間の目の色に対する認識と、撮像及び再生される画像の色とのずれを低減させることができる。言い換えると、人間の視覚では認識され難い短波長側の色が、人間の目で容易に認識されることによる画像の劣化を防止することができる。10

【0110】

上記の400nmの波長の透過率の比が6%を越えると、人間の目では認識され難い単波長域が認識し得る波長に再生されてしまい、逆に、上記の420nmの波長の透過率の比が15%よりも小さいと、人間の認識し得る波長域の再生が低くなり、色のバランスが悪くなる。

【0111】

このような波長を制限する手段は、補色モザイクフィルターを用いた撮像系においてより効果を奏するものである。

【0112】

上記各実施例では、図9に示すように、波長400nmにおける透過率を0%、420nmにおける透過率を90%、440nmにて透過率のピーク100%となるコーティングとしている。20

【0113】

前記した近赤外シャープカットコートとの作用の掛け合わせにより、波長450nmの透過率99%をピークとして、400nmにおける透過率を0%、420nmにおける透過率を80%、600nmにおける透過率を82%、700nmにおける透過率を2%としている。それにより、より忠実な色再現を行っている。

【0114】

また、ローパスフィルターFは、像面上投影時の方位角度が水平(=0°)と±45°方向にそれぞれ結晶軸を有する3種類のフィルターを光軸方向に重ねて使用しており、それについて、水平にaμm、±45°方向にそれぞれ $\text{SQRT}(1/2) \times a$ だけずらすことでのモアレ抑制を行っている。ここで、SQRTは前記のようにスクエアルートであり平方根を意味する。30

【0115】

また、CCDの撮像面I上には、図10に示す通り、シアン、マゼンダ、イエロー、グリーン(緑)の4色の色フィルターを撮像画素に対応してモザイク状に設けた補色モザイクフィルターを設けている。これら4種類の色フィルターは、それぞれが略同じ数になるように、かつ、隣り合う画素が同じ種類の色フィルターに対応しないようにモザイク状に配置されている。それにより、より忠実な色再現が可能となる。40

【0116】

補色モザイクフィルターは、具体的には、図10に示すように少なくとも4種類の色フィルターから構成され、その4種類の色フィルターの特性は以下の通りであることが好ましい。

【0117】

グリーンの色フィルターGは波長G_pに分光強度のピークを有し、イエローの色フィルターY_eは波長Y_pに分光強度のピークを有し、シアンの色フィルターCは波長C_pに分光強度のピークを有し、マゼンダの色フィルターMは波長M_{p1}とM_{p2}にピークを有し、以下の条件を満足する。

【0118】

50

510 nm < G_P < 540 nm
 5 nm < Y_P - G_P < 35 nm
 -100 nm < C_P - G_P < -5 nm
 430 nm < M_{P1} < 480 nm
 580 nm < M_{P2} < 640 nm

さらに、グリーン、イエロー、シアンの色フィルターはそれぞれの分光強度のピークに対して波長 530 nm では 80 % 以上の強度を有し、マゼンダの色フィルターはその分光強度のピークに対して波長 530 nm の大きい方のピークでは 10 % から 50 % の強度を有することが、色再現性を高める上でより好ましい。

【0119】

10

上記各実施例におけるそれぞれの波長特性の一例を図 11 に示す。グリーンの色フィルター G は 525 nm に分光強度のピークを有している。イエローの色フィルター Y_e は 555 nm に分光強度のピークを有している。シアンの色フィルター C は 510 nm に分光強度のピークを有している。マゼンダの色フィルター M は 445 nm と 620 nm にピークを有している。また、530 nm における各色フィルターは、それぞれの分光強度のピークに対して、G は 99 %、Y_e は 95 %、C は 97 %、M は 38 % としている。

【0120】

このような補色フィルターの場合、図示しないコントローラ（若しくは、デジタルカメラに用いられるコントローラ）で、電気的に次のような信号処理を行い、

輝度信号

20

$$Y = |G + M + Y_e + C| \times 1/4$$

色信号

$$R - Y = |(M + Y_e) - (G + C)|$$

$$B - Y = |(M + C) - (G + Y_e)|$$

の信号処理を経て R（赤）、G（緑）、B（青）の信号に変換される。

【0121】

ところで、上記した近赤外シャープカットコートの配置位置は、光路上のどの位置であってもよい。また、ローパスフィルター F の枚数も前記した通り 2 枚でも 1 枚でも構わない。

【0122】

30

また、各実施例の明るさ絞りの部分についての詳細を図 12 示す。撮像光学系の第 1 群 G₁ と第 2 群 G₂ との間の光軸上の絞り位置に、0 段、-1 段、-2 段、-3 段、-4 段の明るさ調節を可能とするターレット 10 を配置している。ターレット 10 には、0 段の調整をする開口形状が直径約 4 mm の円形で固定の空間からなる開口 1A（波長 550 nm に対する透過率は 100 %）と、-1 段補正するため開口 1A の開口面積の約半分の開口面積を有する開口形状が固定の透明な平行平板（波長 550 nm に対する透過率は 99 %）からなる開口 1B と、開口 1B と同じ面積の円形開口部を有し、-2 段、-3 段、-4 段に補正するため、各々波長 550 nm に対する透過率が 50 %、25 %、13 % の ND フィルターが設けられた開口部 1C、1D、1E とを有している。

【0123】

40

そして、ターレット 10 の回転軸 11 の周りの回動により何れかの開口を絞り位置に配することで光量調節を行っている。

【0124】

また、実効 F ナンバー F_{no}' が F_{no}' > a / 0.4 μm となるときに、開口内に波長 550 nm に対する透過率が 80 % 未満の ND フィルターが配される構成としている。具体的には、実施例 1 では、望遠端の実効 F 値が上記式を満たすのは、絞り開放時（0 段）に対して -2 段とした実行 F 値が 9.0 となるときであり、そのときに対応する開口は 1C となる。それにより、絞りの回折現象による像の劣化を抑えている。

【0125】

また、図 12 に示すターレット 10 に代えて、図 13 (a) に示すターレット 10' を用

50

いた例を示す。撮像光学系の第1群G1と第2群G2との間の光軸上の明るさ絞り位置に、0段、-1段、-2段、-3段、-4段の明るさ調節を可能とするターレット10'を配置している。ターレット10'には、0段の調整をする開口形状が直径約4mmの円形で固定の開口1A'と、-1段補正するために開口1A'の開口面積の約半分の開口面積を有する開口形状が固定の開口1B'と、さらに開口面積が順に小さくなり、-2段、-3段、-4段に補正するための形状が固定の開口部1C'、1D'、1E'とを有している。そして、ターレット10'の回転軸11の周りの回動により何れかの開口を絞り位置に配することで光量調節を行っている。

【0126】

また、これら複数の開口の中の1A'から1D'にそれぞれ空間周波数特性の異なる光学的ローパスフィルターを配している。そして、図13(b)に示すように、開口径が小さくなる程光学フィルターの空間周波数特性を高く設定しており、それにより絞り込むことによる回折現象による像の劣化を抑えている。なお、図13(b)の各曲線は、ローパスフィルターのみの空間周波数特性を示すものであり、各絞りの回折も含めた特性は何れも等しくなるように設定しているものである。

【0127】

さて、以上のような本発明の電子撮像装置は、ズームレンズで物体像を形成しその像をCCDや銀塩フィルムといった撮像素子に受光させて撮影を行う撮影装置、とりわけデジタルカメラやビデオカメラ、情報処理装置の例であるパソコン、電話、特に持ち運びに便利な携帯電話等に用いることができる。以下に、その実施形態を例示する。

【0128】

図14～図16は、本発明によるズームレンズをデジタルカメラの撮影光学系41に組み込んだ構成の概念図を示す。図14はデジタルカメラ40の外観を示す前方斜視図、図15は同後方斜視図、図16はデジタルカメラ40の構成を示す断面図である。デジタルカメラ40は、この例の場合、撮影用光路42を有する撮影光学系41、ファインダー用光路44を有するファインダー光学系43、シャッター45、フラッシュ46、液晶表示モニター47等を含み、カメラ40の上部に配置されたシャッター45を押圧すると、それに連動して撮影光学系41、例えば実施例1のズームレンズを通して撮影が行われる。撮影光学系41によって形成された物体像が、近赤外カットコートを設けた光学的ローパスフィルターFを介してCCD49の撮像面上に形成される。このCCD49で受光された物体像は、処理手段51を介し、電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター47に表示される。また、この処理手段51には記録手段52が接続され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、この記録手段52は処理手段51と別体に設けてもよいし、フロッピーディスクやメモリーカード、MO等により電子的に記録書きを行うように構成してもよい。また、CCD49に代わって銀塩フィルムを配置した銀塩カメラとして構成してもよい。

【0129】

さらに、ファインダー用光路44上にはファインダー用対物光学系53が配置してある。このファインダー用対物光学系53によって形成された物体像は、像正立部材であるポリプリズム55の視野枠57上に形成される。このポリプリズム55の後方には、正立正像にされた像を観察者眼球Eに導く接眼光学系59が配置されている。なお、撮影光学系41及びファインダー用対物光学系53の入射側、接眼光学系59の射出側にそれぞれカバー部材50が配置されている。

【0130】

このように構成されたデジタルカメラ40は、撮影光学系41が広画角で高変倍比であり、収差が良好で、明るく、フィルター等が配置できるバックフォーカスの大きなズームレンズであるので、高性能・低コスト化が実現できる。

【0131】

なお、図16の例では、カバー部材50として平行平面板を配置しているが、パワーを持ったレンズを用いてもよい。

10

20

30

40

50

【0132】

次に、本発明のズームレンズが対物光学系として内蔵された情報処理装置の一例であるパソコンが図17～図19に示される。図17はパソコン300のカバーを開いた前方斜視図、図18はパソコン300の撮影光学系303の断面図、図19は図17の状態の側面図である。図17～図19に示されるように、パソコン300は、外部から操作者が情報を入力するためのキーボード301と、図示を省略した情報処理手段や記録手段と、情報を操作者に表示するモニター302と、操作者自身や周辺の像を撮影するための撮影光学系303とを有している。ここで、モニター302は、図示しないバックライトにより背面から照明する透過型液晶表示素子や、前面からの光を反射して表示する反射型液晶表示素子や、CRTディスプレイ等であってよい。また、図中、撮影光学系303は、モニター302の右上に内蔵されているが、その場所に限らず、モニター302の周囲や、キーボード301の周囲のどこであってもよい。

10

【0133】

この撮影光学系303は、撮影光路304上に、本発明によるズームレンズ（図では略記）からなる対物レンズ112と、像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらはパソコン300に内蔵されている。

【0134】

ここで、撮像素子チップ162上には光学的ローパスフィルターFが付加的に貼り付けられて撮像ユニット160として一体に形成され、対物レンズ112の鏡枠113の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。なお、鏡枠113中のズームレンズの駆動機構は図示を省いてある。

20

【0135】

撮像素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、パソコン300の処理手段に入力され、電子画像としてモニター302に表示される、図17には、その一例として、操作者の撮影された画像305が示されている。また、この画像305は、処理手段を介し、インターネットや電話を介して、遠隔地から通信相手のパソコンに表示されることも可能である。

30

【0136】

次に、本発明のズームレンズが撮影光学系として内蔵された情報処理装置の一例である電話、特に持ち運びに便利な携帯電話が図20に示される。図20(a)は携帯電話400の正面図、図20(b)は側面図、図20(c)は撮影光学系405の断面図である。図20(a)～(c)に示されるように、携帯電話400は、操作者の声を情報として入力するマイク部401と、通話相手の声を出力するスピーカ部402と、操作者が情報を入力する入力ダイアル403と、操作者自身や通話相手等の撮影像と電話番号等の情報を表示するモニター404と、撮影光学系405と、通信電波の送信と受信を行うアンテナ406と、画像情報や通信情報、入力信号等の処理を行う処理手段（図示せず）とを有している。ここで、モニター404は液晶表示素子である。また、図中、各構成の配置位置は、特にこれらに限られない。この撮影光学系405は、撮影光路407上に配置された本発明によるズームレンズ（図では略記）からなる対物レンズ112と、物体像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらは、携帯電話400に内蔵されている。

40

【0137】

ここで、撮像素子チップ162上には光学的ローパスフィルターFが付加的に貼り付けられて撮像ユニット160として一体に形成され、対物レンズ112の鏡枠113の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。なお、鏡枠113中のズームレンズの駆動機構は図示を省いてある。

【0138】

50

撮影素子チップ 162 で受光された物体像は、端子 166 を介して、図示していない処理手段に入力され、電子画像としてモニター 404 に、又は、通信相手のモニターに、又は、両方に表示される。また、通信相手に画像を送信する場合、撮像素子チップ 162 で受光された物体像の情報を、送信可能な信号へと変換する信号処理機能が処理手段には含まれている。

【0139】

以上の本発明の電子撮像装置は例えば次のように構成することができる。

【0140】

〔1〕 結像光学系と前記結像光学系の像側に配された電子撮像素子とを備えた電子撮像装置において、

前記結像光学系は、非球面を含みかつ常時固定である最も像側の最終レンズと、前記最終レンズより物体側直前に配され、かつ、フォーカスのために移動するフォーカスレンズ群とを含むことを特徴とする電子撮像装置。

【0141】

〔2〕 前記結像光学系は、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する正の屈折力のレンズ群を有することを特徴とする上記1記載の電子撮像装置。

【0142】

〔3〕 前記結像光学系は、物体側から順に、負の屈折力の第1レンズ群、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する正の屈折力の第2レンズ群を有することを特徴とする上記1又は2記載の電子撮像装置。

【0143】

〔4〕 前記結像光学系は、物体側から順に、負の屈折力の第1レンズ群、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する複数の正の屈折力のレンズ群を有することを特徴とする上記1又は2記載の電子撮像装置。

【0144】

〔5〕 結像光学系と前記結像光学系の像側に配された電子撮像素子とを備えた電子撮像装置において、

前記結像光学系は、最も物体側に配された負の屈折力を有する第1レンズ群と、その像側に配された少なくとも3つのレンズ群とを含み、

物体側より引き続く4つ目のレンズ群までの相互の間隔は、変倍あるいはフォーカスのために変化し、

最も像側のレンズ群は固定で1枚の非球面レンズにて構成され、

変倍時に前記第1レンズ群の像側直後のレンズ群と一体で移動する開口絞りを有することを特徴とする電子撮像装置。

【0145】

〔6〕 ズームレンズと前記ズームレンズの像側に配された電子撮像素子とを備えた電子撮像装置において、

前記ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、第4レンズ群からなり、前記第3レンズ群を物体側に繰り出すことでより近距離の被写体に合焦することが可能であり、

前記第4レンズ群が非球面を含む常時固定の1枚のレンズよりなることを特徴とする電子撮像装置。

【0146】

〔7〕 ズームレンズと前記ズームレンズの像側に配された電子撮像素子とを備えた電子撮像装置において、

前記ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、第4レンズ群からなり、前記第3レンズ群を物体側に繰り出すことでより近距離の被写体に合焦することが可能であり、

10

20

30

40

50

前記第2レンズ群は、非球面を含む1枚の単レンズと、物体側より順に正レンズと負レンズとからなる接合レンズとからなり、

前記第3レンズ群は、正の単レンズ1枚よりなることを特徴とする電子撮像装置。

【0147】

〔8〕ズームレンズと前記ズームレンズの像側に配された電子撮像素子とを備えた電子撮像装置において、

前記ズームレンズは、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、第4レンズ群とからなり、

前記第3レンズ群を物体側に繰り出すことでより近距離の被写体に合焦することが可能で 10
あり、

前記第2レンズ群は、非球面を含む1つの正レンズと、1つの負レンズとからなり、

前記第3レンズ群は、正の単レンズ1枚よりなることを特徴とする電子撮像装置。

【0148】

〔9〕前記第1レンズ群が変倍時移動することを特徴とする上記1から8の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0149】

〔10〕最も物体側に、負の屈折力を有する第1群を有し、4つ以上の群より構成され、物体側より4つ目までの群は変倍中に相互の間隔が変化し、最も像側の群は固定で正の屈折力を有する1枚の非球面単レンズにて構成され、変倍時に第2群と一体で移動する開口絞りを有し、かつ、以下の条件(1)を満足するズームレンズ及び電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。 20

【0150】

(1) $1.5 < L_2 / Y < 3.5$

ただし、 L_2 は第2群の広角端から望遠端にかけての移動量、 Y は撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【0151】

〔11〕物体側より順に、負の屈折力を有する第1群と正の屈折力を有する第2群と正の屈折力を有する第3群と正の屈折力を有する第4群とよりなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、前記第2群と第3群の間隔が大きくなり、前記第3群を物体側に繰り出すことでより近距離の被写体に合焦することが可能であり、前記第4群は正の屈折力を有する1枚の非球面単レンズにて構成され、以下の条件(2)を満足するズームレンズ及び電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。 30

【0152】

(2) $-1.2 < {}^{ex}P_W / {}^{ex}P_T < 0$

ただし、 ${}^{ex}P_W$ 、 ${}^{ex}P_T$ はそれぞれ無限遠物点合焦時における広角端及び望遠端での像面から測った射出瞳位置である。

【0153】

〔12〕物体側より順に、負の屈折力を有する第1群と正の屈折力を有する第2群と正の屈折力を有する第3群と正の屈折力を有する第4群とよりなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、前記第2群と第3群の間隔が大きくなり、前記第3群を物体側に繰り出すことでより近距離の被写体に合焦することが可能であり、前記第2群が物体側から順に非球面を含む1枚の単レンズと物体側から正レンズ、負レンズの順で構成した接合レンズとからなり、前記第3群は正の屈折力を有する1枚の単レンズよりなり、以下の条件(3)と条件(4)を満足するズームレンズ及び電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。 40

【0154】

- (3) $-1.5 < (R_{2C1} + R_{2C2}) \cdot (R_{2C2} - R_{2C3}) / (R_{2C1} - R_{2C2}) \cdot (R_{2C2} + R_{2C3}) < -0.3$
- (4) $0.05 < t_{2N} / t_2 < 0.3$

ただし、 R_{2C1} 、 R_{2C2} 、 R_{2C3} は第2群の接合レンズの物体側から1番目と2番目と3番目のレンズ面のそれぞれの光軸上の曲率半径、 t_{2N} は第2群の接合レンズ中の負レンズの光軸上の厚み、 t_2 は第2群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の厚みである。

【0155】

[13] 物体側より順に、負の屈折力を有する第1群と正の屈折力を有する第2群と正の屈折力を有する第3群と正の屈折力を有する第4群よりなり、無限遠物点合焦時に広角端から望遠端に変倍する際は、前記第2群と第3群の間隔が大きくなり、前記第3群を物体側に繰り出すことでより近距離の被写体に合焦することが可能であり、前記第2群が物体側から順に非球面を含む正レンズ成分と負レンズ成分1つずつからなり、前記第3群は正の屈折力を有する1枚の単レンズよりなり、以下の条件(5)を満足するズームレンズ及び電子撮像素子を有することを特徴とする電子撮像装置。

【0156】

$$(5) 0.05 < t_{2N1} / t_2 < 0.3$$

ただし、 t_{2N1} は第2群中の最も像側の負レンズの光軸上の厚み、 t_2 は第2群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の厚みである。

【0157】

[14] 前記第1群は、物体側から順に、2枚の負レンズからなる負レンズ群と1枚の正レンズからなる正レンズ群とよりなることを特徴とする上記10から13の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0158】

[15] 前記第1群は、物体側から順に、2枚以下の負レンズからなる負レンズ群と1枚の正レンズからなる正レンズ群とよりなり、前記負レンズ群の中少なくとも1枚の負レンズは非球面を含むことを特徴とする上記10から13の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0159】

[16] 前記第1群、第2群の各々の総厚が以下の条件(6)、(7)を満足することを特徴とする上記9から15の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0160】

$$(6) 0.6 < t_1 / Y < 2.2$$

$$(7) 0.3 < t_2 / Y < 1.5$$

ただし、 t_1 は第1群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の厚みであり、 t_2 は第2群の最も物体側の面から最も像側の面までの光軸上の厚みであり、 Y は撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【0161】

[17] 前記ズームレンズの後方にある像素子よりも物体側に、波長600nmでの透過率が80%以上であり、波長700nmでの透過率が10%以下である近赤外シャープカットコートを有することを特徴とする上記9から16の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0162】

[18] 前記像素子が、カラー化フィルターとして補色モザイクフィルターを有することを特徴とする上記17記載の電子撮像装置。

【0163】

[19] 前記補色モザイクフィルターは少なくとも4種類の色フィルターからなり、それぞれが略同じ数になるように、かつ、隣り合う画素が同じ種類の色フィルターに対応し

10

20

30

40

50

ないようにモザイク状に配置されていることを特徴とする上記18記載の電子撮像装置。

【0164】

〔20〕 前記補色モザイクフィルターは少なくとも4種類の色フィルターから構成され、前記4種類の色フィルターの特性は以下の通りであることを特徴とする上記18又は19記載の電子撮像装置。

【0165】

グリーンの色フィルターGは波長 G_p に分光強度のピークを有し、

イエローの色フィルターY_eは波長 Y_p に分光強度のピークを有し、

シアンの色フィルターCは波長 C_p に分光強度のピークを有し、

マゼンダの色フィルターMは波長 M_{p1} と M_{p2} にピークを有し、以下の条件を満足する。

10

【0166】

$$510 \text{ nm} < G_p < 540 \text{ nm}$$

$$5 \text{ nm} < Y_p - G_p < 35 \text{ nm}$$

$$-100 \text{ nm} < C_p - G_p < -5 \text{ nm}$$

$$430 \text{ nm} < M_{p1} < 480 \text{ nm}$$

$$580 \text{ nm} < M_{p2} < 640 \text{ nm}$$

〔21〕 前記グリーン、イエロー、シアンの色フィルターはそれぞれの分光強度のピークに対して530 nmでは80%以上の強度を有し、前記マゼンダの色フィルターはその分光強度のピークに対して波長530 nmの大きい方のピークでは10%から50%の強度を有することを特徴とする上記20記載の電子撮像装置。

20

【0167】

〔22〕 前記撮像素子より物体側に光軸上の総厚 t_{LPF} が以下の条件(8)を満たす光学的ローパスフィルターを配したことを特徴とする上記10から21の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0168】

$$(8) 0.15 \times 10^3 < t_{LPF} / a < 0.45 \times 10^3$$

ただし、aは電子撮像素子の水平画素ピッチである。

【0169】

〔23〕 開口形状が固定の複数の開口を有し、その中の1つ開口を前記第1群の最も像側の面と前記第3群の最も物体側の面の間の何れかの光路内に挿入可能であり、かつ、他の開口に入れ替え可能とすることで像面照度の調節を行うことを特徴とする上記10から22の何れか1項記載の電子撮像装置。

30

【0170】

〔24〕 前記複数の開口の中、一部の開口内に波長550 nmに対する透過率が80%未満の媒体を有すると共に、他の一部の開口の波長550 nmに対する透過率を80%以上としたことを特徴とする上記23記載の電子撮像装置。

【0171】

〔25〕 ズームレンズの焦点距離と入射瞳の直径から求まるFナンバーを F_{no} 、前記開口における波長550 nmにおける透過率をTとしたときの F_{no} / T を実効Fナンバー F_{no}' とし、電子撮像素子の水平画素ピッチをaとするとき、 $F_{no}' > a / 0.4 \mu\text{m}$ となるような実効Fナンバーに相当する光量になるように調節を実施する場合は、開口内に波長550 nmに対する透過率Tが80%未満の媒体を備えた開口を前記ズームレンズの光路に挿入することを特徴とする上記23記載の電子撮像装置。

40

【0172】

〔26〕 前記複数の開口の中の複数にそれぞれ空間周波数特性の異なる光学的ローパスフィルターを有することを特徴とする上記23から25の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0173】

以上の説明から明らかなように、本発明によると、物体側より順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、広角端から望遠端にかけて変倍する際に物体側にのみ移動する正の屈

50

折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、第4レンズ群からなるズームレンズを有する電子撮像装置において、第4レンズ群の構成枚数が少なく、リアフォーカス方式により、機構レイアウト上小型で簡素にしやすく、変倍比を確保しても薄型化と諸収差の補正を両立させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電子撮像装置に用いられるズームレンズの実施例1の無限遠物点合焦時の広角端でのレンズ断面図である。

【図2】実施例2のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。

【図3】実施例3のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。

【図4】実施例4のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。

10

【図5】実施例5のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。

【図6】実施例6のズームレンズの図1と同様のレンズ断面図である。

【図7】実施例1の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図8】近赤外シャープカットコートの一例の透過率特性を示す図である。

【図9】ローパスフィルターの射出面側に設ける色フィルターの一例の透過率特性を示す図である。

【図10】補色モザイクフィルターの色フィルター配置を示す図である。

【図11】補色モザイクフィルターの波長特性の一例を示す図である。

【図12】各実施例の明るさ絞りの部分の一例の詳細を示す斜視図である。

【図13】各実施例の明るさ絞りの部分の別の例の詳細を示す図である。

20

【図14】本発明によるズームレンズを組み込んだデジタルカメラの外観を示す前方斜視図である。

【図15】図14のデジタルカメラの後方斜視図である。

【図16】図14のデジタルカメラの断面図である。

【図17】本発明によるズームレンズが対物光学系として組み込まれたパソコンのカバーを開いた前方斜視図である。

【図18】パソコンの撮影光学系の断面図である。

【図19】図17の状態の側面図である。

【図20】本発明によるズームレンズが対物光学系として組み込まれた携帯電話の正面図、側面図、その撮影光学系の断面図である。

30

【符号の説明】

G 1 ... 第1群

G 2 ... 第2群

G 3 ... 第3群

G 4 ... 第4群

F ... 光学的ローパスフィルター

C ... カバーガラス

I ... 像面

E ... 観察者眼球

1 A、 1 B、 1 C、 1 D、 1 E ... 開口

40

1 A'、 1 B'、 1 C'、 1 D'、 1 E' ... 開口

1 0 ... ターレット

1 0' ... ターレット

1 1 ... 回転軸

4 0 ... デジタルカメラ

4 1 ... 撮影光学系

4 2 ... 撮影用光路

4 3 ... ファインダー光学系

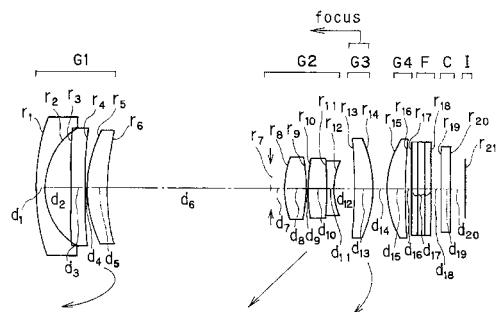
4 4 ... ファインダー用光路

4 5 ... シャッター

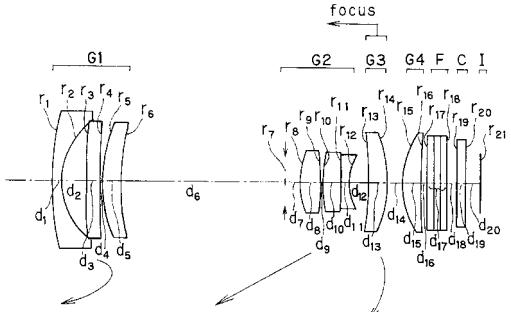
50

4 6 ... フラッシュ	
4 7 ... 液晶表示モニター	
4 9 ... C C D	
5 0 ... カバー部材	
5 1 ... 処理手段	
5 2 ... 記録手段	
5 3 ... ファインダー用対物光学系	
5 5 ... ポロプリズム	
5 7 ... 視野枠	
5 9 ... 接眼光学系	10
1 1 2 ... 対物レンズ	
1 1 3 ... 鏡枠	
1 1 4 ... カバーガラス	
1 6 0 ... 撮像ユニット	
1 6 2 ... 撮像素子チップ	
1 6 6 ... 端子	
3 0 0 ... パソコン	
3 0 1 ... キーボード	
3 0 2 ... モニター	
3 0 3 ... 撮影光学系	20
3 0 4 ... 撮影光路	
3 0 5 ... 画像	
4 0 0 ... 携帯電話	
4 0 1 ... マイク部	
4 0 2 ... スピーカ部	
4 0 3 ... 入力ダイアル	
4 0 4 ... モニター	
4 0 5 ... 撮影光学系	
4 0 6 ... アンテナ	
4 0 7 ... 撮影光路	30

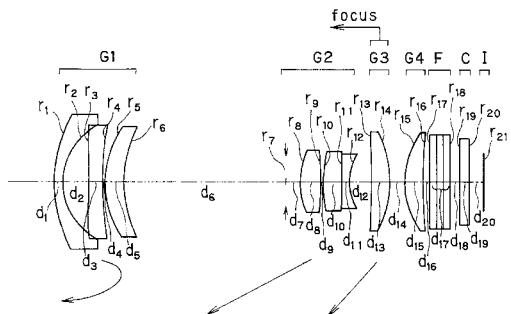
【図1】



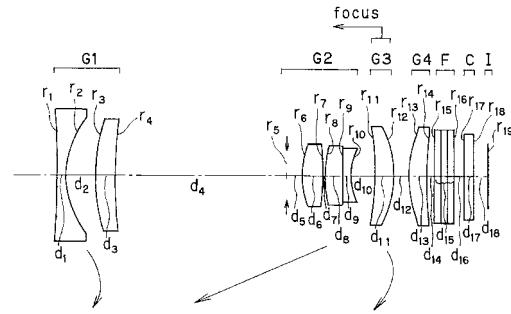
【図3】



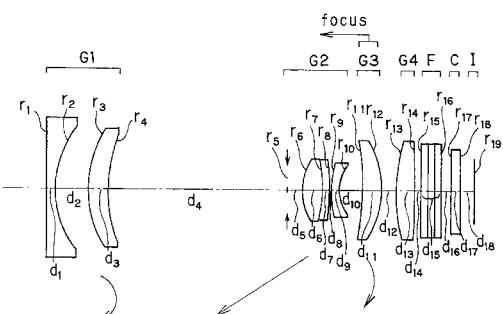
【図2】



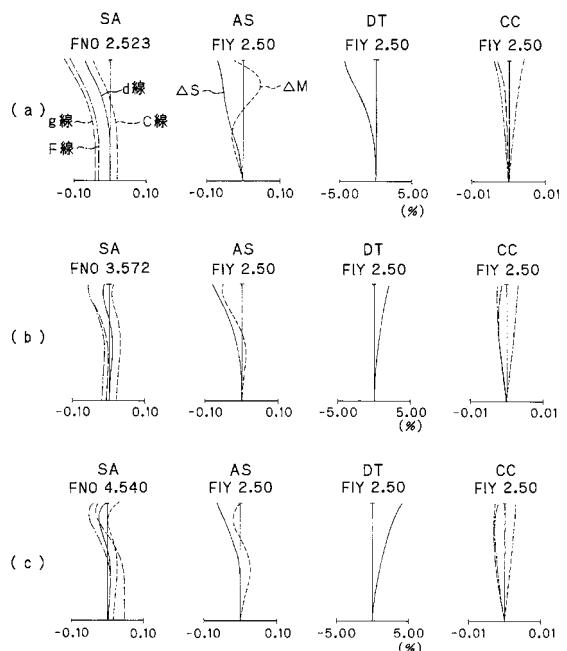
【図4】



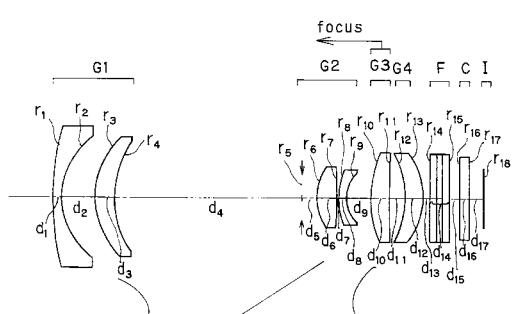
【図5】



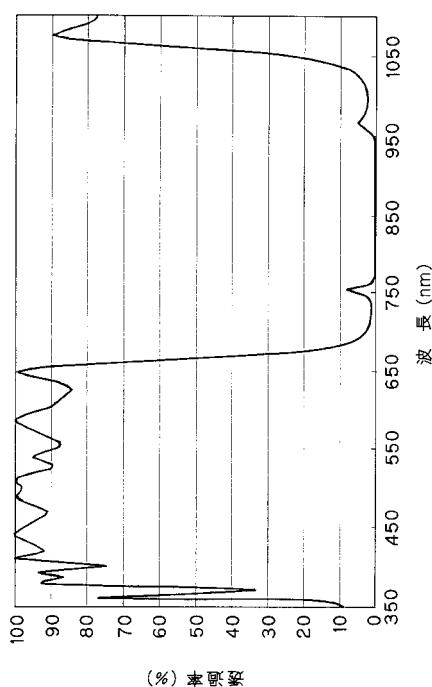
【図7】



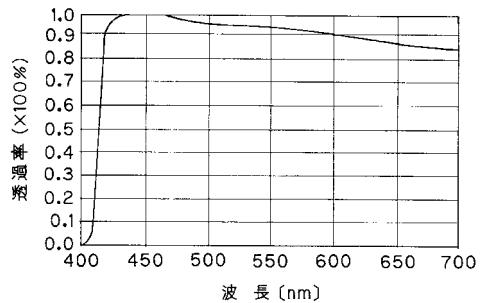
【図6】



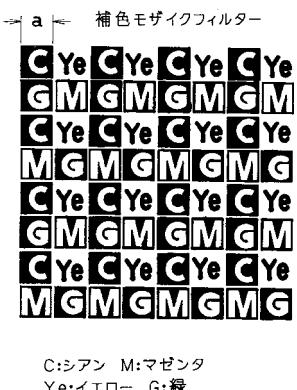
【図 8】



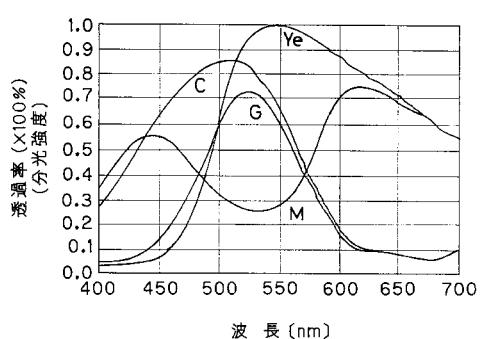
【図 9】



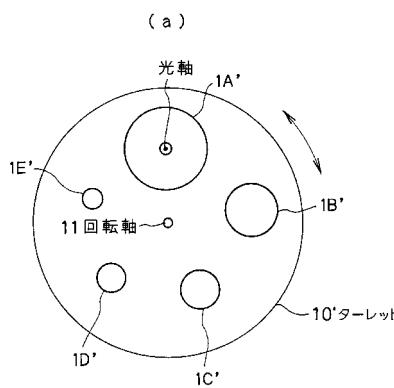
【図 10】



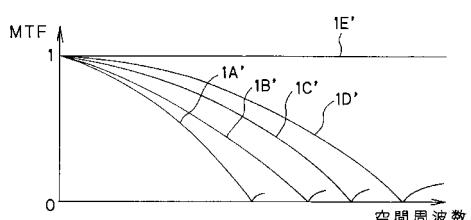
【図 11】



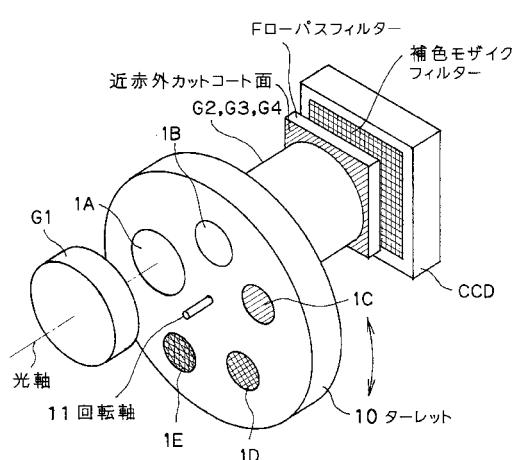
【図 13】



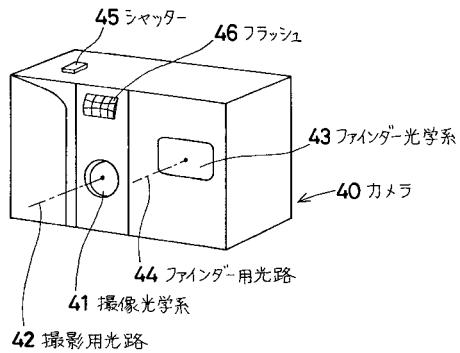
(b)



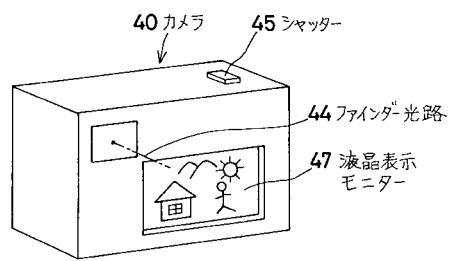
【図 12】



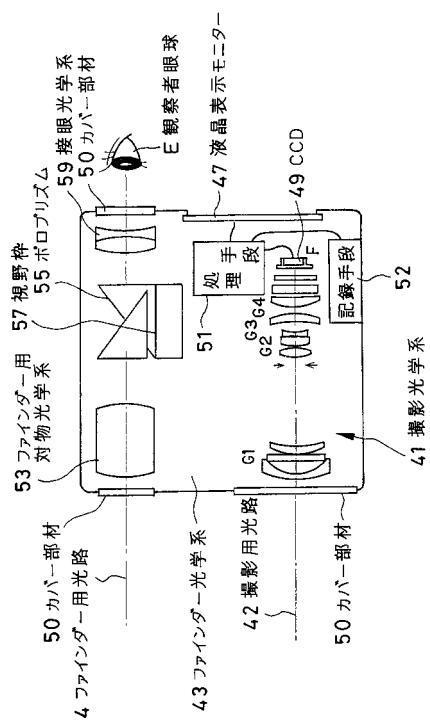
【図14】



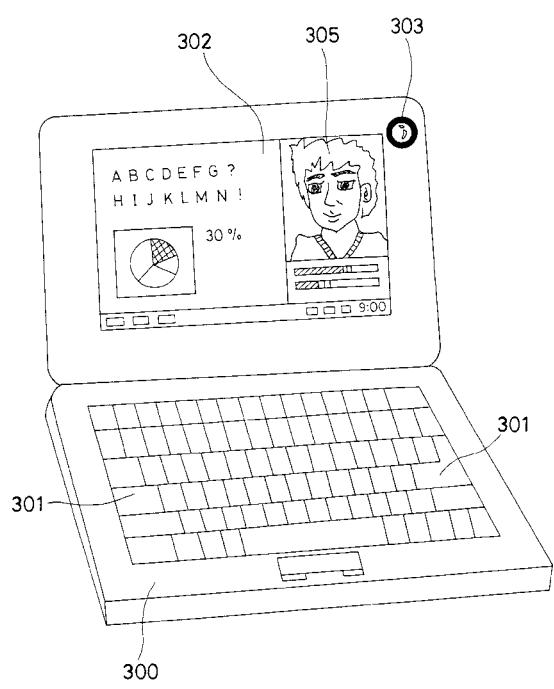
【図15】



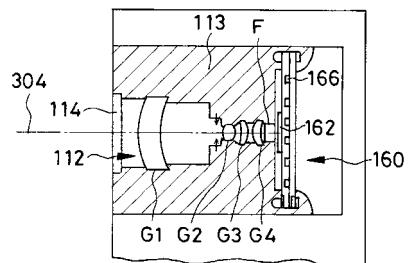
【図16】



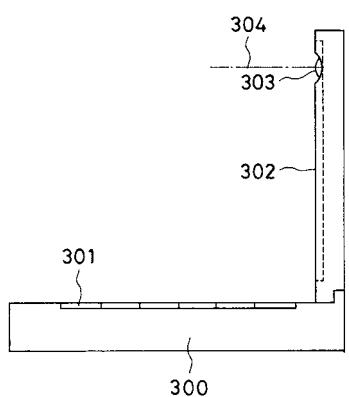
【図17】



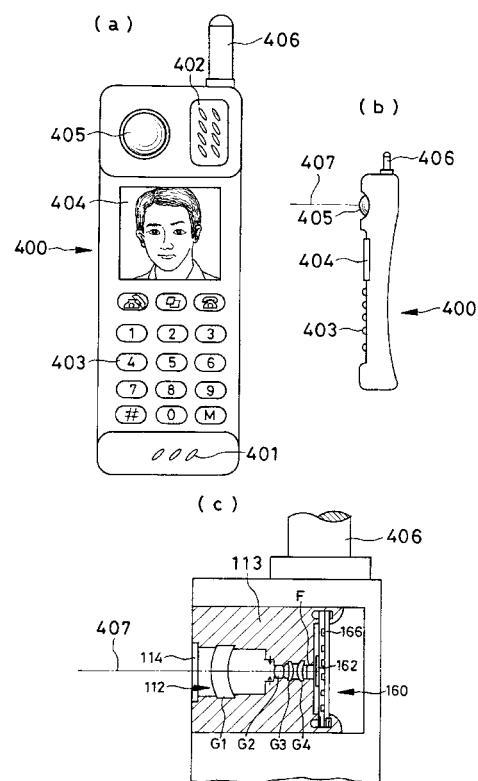
【図18】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(74)代理人 100091971

弁理士 米澤 明

(72)発明者 三原 伸一

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

オリンパス光学工業株式会社内

審査官 下村 一石

(56)参考文献 特開平11-249016 (JP, A)

特開平11-084243 (JP, A)

特開平08-304704 (JP, A)

特開平08-248312 (JP, A)

特開平08-234100 (JP, A)

特開平03-158817 (JP, A)

特開平03-140911 (JP, A)

特開平03-139607 (JP, A)

特開平10-031155 (JP, A)

特開平10-257506 (JP, A)

特開平05-027172 (JP, A)

特開2000-147380 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00-17/08

G02B21/02-04

G02B25/00-04