

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4004268号
(P4004268)

(45) 発行日 平成19年11月7日(2007.11.7)

(24) 登録日 平成19年8月31日(2007.8.31)

(51) Int.C1.

F 1

GO2B 15/167	(2006.01)	GO2B 15/167
GO2B 5/20	(2006.01)	GO2B 5/20 1 O 1
GO2B 5/22	(2006.01)	GO2B 5/22
GO2B 5/26	(2006.01)	GO2B 5/26
GO2B 13/18	(2006.01)	GO2B 13/18

請求項の数 14 (全 30 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2001-323568 (P2001-323568)

(22) 出願日

平成13年10月22日 (2001.10.22)

(65) 公開番号

特開2003-131130 (P2003-131130A)

(43) 公開日

平成15年5月8日 (2003.5.8)

審査請求日

平成16年8月6日 (2004.8.6)

(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

(74) 代理人 100097777

弁理士 菊澤 弘

(74) 代理人 100088041

弁理士 阿部 龍吉

(74) 代理人 100092495

弁理士 蝶川 昌信

(74) 代理人 100095120

弁理士 内田 亘彦

(74) 代理人 100095980

弁理士 菅井 英雄

(74) 代理人 100094787

弁理士 青木 健二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを用いた電子撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

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、負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レンズ群よりなり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との合成焦点距離は常に正であり、

無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して、各レンズ群の間隔を変化させつつ、かつ、前記第2レンズ群及び前記第3レンズ群が物体側へのみ移動し、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、非球面を有する正レンズL21、像側に凹面向けたメニスカス形状の負レンズL22、正レンズL23の3枚のレンズよりなり、

前記第3レンズ群は1枚の負レンズよりなり、かつ、前記第3レンズ群はフォーカシング時に単独で移動し、 10

以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$(1) \quad 1.2 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 1.0$$

$$(2) \quad 0.3 < 1 / R_3 < 0.9$$

ただし、R_{3F}、R_{3R}はそれぞれ第3レンズ群の物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径、R₃は無限遠物点合焦時の広角端における第3レンズ群の倍率である。

【請求項 2】

前記第4レンズ群は、変倍時及びフォーカシング時には固定され、かつ、何れかの面に非球面を有することを特徴とする請求項1記載のズームレンズ。

【請求項 3】

前記第4レンズ群は、以下の条件を満足する形状を持つ1つのレンズ成分からなることを特徴とする請求項1又は2記載のズームレンズ。

$$(5) \quad 0.2 < (R_{4F} + R_{4R}) / (R_{4F} - R_{4R}) < 2.0$$

ただし、 R_{4F} 、 R_{4R} はそれぞれ第4レンズ群の物体側の面、像側の面の光軸上の曲率半径である。

【請求項4】

前記第4レンズ群は、1つの単レンズからなることを特徴とする請求項3記載のズームレンズ。

【請求項5】

前記第2レンズ群が、以下の条件を満足することを特徴とする請求項1から4の何れか1項記載のズームレンズ。

$$(6) \quad -1.0 < (R_{23F} + R_{23R}) / (R_{23F} - R_{23R}) < 0.5$$

$$(7) \quad 0.04 < t_{22} / t_2 < 0.2$$

$$(8) \quad t_{22} < 26.5$$

ただし、 R_{23F} 、 R_{23R} はそれぞれ第2レンズ群の正レンズL23の物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径、 t_{22} は第2レンズ群の正レンズL21の像側面から負レンズL22の像側面までの光軸上の距離、 t_2 は第2レンズ群の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の厚み、 t_{22} は第2レンズ群の負レンズL22の媒質のd線基準のアッペ数である。

【請求項6】

前記第1レンズ群は、非球面を含む負レンズと、正レンズの2枚のレンズで構成され、以下の条件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項記載のズームレンズ。

$$(12) \quad 2.0 < \frac{t_{11}}{t_{11} - t_{12}}$$

$$(13) \quad -1.0 < (R_{12F} + R_{12R}) / (R_{12F} - R_{12R}) < -2$$

ただし、 t_{11} は第1レンズ群の負レンズのd線基準のアッペ数、 t_{12} は第1レンズ群の正レンズのd線基準のアッペ数、 R_{12F} 、 R_{12R} はそれぞれ第1レンズ群の正レンズの物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径である。

【請求項7】

前記第1レンズ群と第2レンズ群との間に絞りを配したことを特徴とする請求項1から6の何れか1項記載のズームレンズ。

【請求項8】

変倍時に前記絞りが第2レンズ群と一緒に移動することを特徴とする請求項7記載のズームレンズ。

【請求項9】

前記第2レンズ群における正レンズL21と負レンズL22とは接合されていることを特徴とする請求項1から8の何れか1項記載のズームレンズ。

【請求項10】

請求項1から9の何れか1項記載のズームレンズを備え、かつ、その像側に撮像素子を配したことの特徴とする電子撮像装置。

【請求項11】

請求項9記載のズームレンズ及びその像側に配された撮像素子を有し、かつ、前記ズームレンズの第2レンズ群が以下の条件を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$(9) \quad 0.6 < R_{22R} / R_{21F} < 1.2$$

$$(10) \quad 0.0 < L / R_{22F} < 0.8$$

ただし、 R_{21F} 、 R_{22F} 、 R_{22R} はそれぞれ第2レンズ群の正レンズL21の物体側面、負レンズL22の物体側の接合面、負レンズL22の像側面における光軸上の曲率半径、 L 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第3レンズ群が以下の条件を満足することを特徴とする請求項10

又は 1 項記載の電子撮像装置。

$$(3) \quad f_3 > 30$$

$$(4) \quad 0.2 < -L / f_3 < 0.6$$

ただし、 f_3 は第 3 レンズ群を構成する負レンズの d 線基準のアッベ数、 f_3 は第 3 レンズ群の合成焦点距離、L は撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【請求項 13】

前記ズームレンズの第 1 レンズ群が、物体側から順に、屈折面に非球面を有する負レンズ、像側面よりも物体側面の方が強い曲率を有する正レンズの 2 枚のレンズにて構成され、以下の条件を満足することを特徴とする請求項 10 から 12 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

$$(11) \quad 0.6 < R_{11R} / L < 1.3$$

ただし、 R_{11R} は第 1 レンズ群の負レンズの像側面における光軸上の曲率半径、L は撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【請求項 14】

前記撮像素子の有効撮像領域の対角長 L が以下の条件を満足することを特徴とする請求項 10 から 13 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

$$3.0 \text{ mm} < L < 12.0 \text{ mm}$$

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ズームレンズ及びそれを用いた電子撮像装置に関し、特に、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ズームレンズ及びそれを用いたビデオカメラやデジタルカメラ等の電子撮像装置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に関するものである。

【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。

【0003】

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ねらっている。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。

【0004】

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、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ースペースが大きく、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、群内構成枚数が多くたり、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 値等を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 等のものがある。

【0005】

奥行きの薄いカメラボディにするためには、まずトータルの構成枚数を少なくすること、

10

20

30

40

50

そして第2群以降全てのレンズ群の合成倍率を高くして広角側での入射瞳位置を浅くし第1群を薄くすること、さらに、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方式とし合焦時の収差変動が少ない光学系を選択することがあげられる。また、撮像素子を小さくするという方法もあるが、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。そのためにはF値を明るくしなくてはならない。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は従来技術のこのような状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、構成枚数が少なく、リアフォーカス方式等機構レイアウト上小型で簡素にしやすく、無限遠から近距離まで安定した高い結像性能を有するズーム方式あるいはズーム構成を選択し、さらには、レンズエレメントを薄くして各群の総厚を薄くしたり、フィルター類の選択をも考慮して、徹底的にレンズ系収納時の奥行き方向の薄型化を図ることである。10

【0007】

【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、負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レンズ群よりなり、20

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との合成焦点距離は常に正であり、

無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して、各レンズ群の間隔を変化させつつ、かつ、前記第2レンズ群及び前記第3レンズ群が物体側へのみ移動し、20

前記第2レンズ群は、物体側から順に、非球面を有する正レンズL21、像側に凹面向けたメニスカス形状の負レンズL22、正レンズL23の3枚のレンズよりなり、20

前記第3レンズ群は1枚の負レンズよりなり、かつ、前記第3レンズ群はフォーカシング時に単独で移動し、20

以下の条件を満足することを特徴とするものである。

【0008】

$$(1) \quad 1.2 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 1.0$$

$$(2) \quad 0.3 < 1 / k_3 < 0.9$$

ただし、 R_{3F} 、 R_{3R} はそれぞれ第3レンズ群の物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径、30
 k_3 は無限遠物点合焦時の広角端における第3レンズ群の倍率である。

【0009】

以下、本発明において、上記構成をとる理由と作用を説明する。

【0010】

本発明のズームレンズは、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、負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レンズ群よりなり、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との合成焦点距離は常に正であり、無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して、各レンズ群の間隔を変化させつつ、かつ、前記第2レンズ群及び前記第3レンズ群が物体側へのみ移動し、前記第2レンズ群は、物体側から順に、非球面を有する正レンズL21、像側に凹面向けたメニスカス形状の負レンズL22、正レンズL23の3枚のレンズよりなり、前記第3レンズ群は1枚の負レンズよりなり、かつ、前記第3レンズ群はフォーカシング時に単独で移動するいわゆるリアフォーカス式ズームレンズである。40

【0011】

なお、本発明において、レンズとは、单一の媒質からなるレンズを一単位とし、接合レンズは複数のレンズからなるものとする。また、レンズ成分は、間に空気間隔を配さないレンズ群を意味し、単レンズ又は接合レンズを意味する。

【0012】

上記の場合、以下の条件を満足する必要がある。

【0013】

$$(1) \quad 1.2 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 1.0$$

$$(2) \quad 0.3 < 1 / f_3 < 0.9$$

ただし、 R_{3F} 、 R_{3R} はそれぞれ第3レンズ群の物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径、 f_3 は無限遠物点合焦時の広角端における第3レンズ群の倍率である。

【0014】

条件(1)は、フォーカス時の収差変動を抑えるために不可欠な条件である。また、本発明のレンズ系では、レンズをカメラ本体に収納する際に少なくとも変倍やフォーカス時の可変間隔について機械的干渉が生ずる直前まで詰めることで、カメラ本体を極めて薄くする関係上、できるだけデッドスペースの発生を抑えなくてはならない。この上限の1.0を越えると、第3レンズ群の負レンズの形状自身により嵩張りやすく好ましくない。下限値の1.2を越えると、フォーカスによる球面収差の発生が著しく、好ましくない。10

【0015】

条件(2)は第3レンズ群によるフォーカスの成立性を示すもので、上限の0.9、下限の0.3を越えると、第3レンズ群を移動してもフォーカス位置を満足に移動することができない。

【0016】

なお、条件(1)、(2)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

【0017】

$$(1)' \quad 1.6 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 8.0$$

$$(2)' \quad 0.35 < 1 / f_3 < 0.85$$

さらに、条件(1)、(2)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のようにすると最もよい。20

【0018】

$$(1)'' \quad 2.0 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 6.0$$

$$(2)'' \quad 0.4 < 1 / f_3 < 0.8$$

また、以下の条件を満足するとなおよい。

【0019】

$$(3) \quad f_3 > 3.0$$

$$(4) \quad 0.2 < -L / f_3 < 0.6$$

ただし、 f_3 は第3レンズ群を構成する負レンズのd線基準のアッベ数、 f_3 は第3レンズ群の合成焦点距離、 L は撮像素子の有効撮像領域の対角長である。30

【0020】

条件(3)は第3レンズ群の負レンズのアッベ数を規定したものである。フォーカス時に色収差の変動が発生しないように、できるだけ低分散であることが望ましい。下限値の3.0を越えると、軸上色収差、倍率色収差のバランスを崩す。あえて上限値を付けるとすれば、上限値を8.5とし、 f_3 がそれ以下となるようにするとよい。上限値8.5を越えると、ガラス材料が高価となる。

【0021】

条件(4)は第3レンズ群のパワーを規定したものであり、上限の0.6を越えると、特に広角端で射出瞳位置が像面に近くなりシェーディングが発生しやすく好ましくない。40

【0022】

なお、条件(3)、(4)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

【0023】

$$(3)' \quad f_3 > 3.2$$

$$(4)' \quad 0.25 < -L / f_3 < 0.5$$

さらに、条件(3)、(4)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のようにすると最もよい。

【0024】

$$(3)'' \quad f_3 > 3.4$$

$$(4)'' \quad 0.3 < -L / f_3 < 0.4$$

なお、本リアフォーカス方式は、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やそれを小さく補正した後の残存収差、特に非点収差やコマ収差が大きい傾向にある。それを補正するために、最終群に非球面を導入して補正を行なうと効果的である。この群はフォーカスのために移動すると収差変動が大きく、かつ、変倍時に移動しても格別な効果を得ることはない。したがって、変倍時、フォーカス時は光軸方向には固定しておくのが望ましい。構成は単レンズ成分で十分である。また、形状に関して、以下の条件を満足すると、収差補正は有利である。

【0025】

$$(5) \quad 0.2 < (R_{4F} + R_{4R}) / (R_{4F} - R_{4R}) < 2.0$$

10

ただし、 R_{4F} 、 R_{4R} はそれぞれ第4レンズ群の物体側の面、像側の面の光軸上の曲率半径である。

【0026】

条件(5)の上限値の2.0を越えると、球面収差補正、下限値の0.2を越えると、非点収差等の軸外収差補正が困難となる。

【0027】

なお、以下のようにするとよりよい。

【0028】

$$(5)' \quad 0.4 < (R_{4F} + R_{4R}) / (R_{4F} - R_{4R}) < 1.7$$

20

さらに、以下のようにすると最もよい。

【0029】

$$(5)'' \quad 0.6 < (R_{4F} + R_{4R}) / (R_{4F} - R_{4R}) < 1.4$$

次に、第2レンズ群に関して、以下の条件を満足するとよい。

【0030】

$$(6) \quad -1.0 < (R_{23F} + R_{23R}) / (R_{23F} - R_{23R}) < 0.5$$

$$(7) \quad 0.04 < t_{22} / t_2 < 0.2$$

$$(8) \quad t_{22} < 26.5$$

ただし、 R_{23F} 、 R_{23R} はそれぞれ第2レンズ群の正レンズL23の物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径、 t_{22} は第2レンズ群の正レンズL21の像側面から負レンズL22の像側面までの光軸上の距離、 t_2 は第2レンズ群の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の厚み、 t_{22} は第2レンズ群の負レンズL22の媒質のd線基準のアッペ数である。

30

【0031】

条件(6)は、第2レンズ群の正レンズL23の形状ファクターに関する規定である。下限の-1.0を越えると、第2レンズ群内の空気間隔 d_{22} を薄くしやすいが、コマ収差・非点収差の補正が困難になる。上限値の0.5を越えると、第2レンズ群の負レンズL22と正レンズL23の機械的干渉で d_{22} が大きくなりがちで、カメラ本体へのレンズの収納、いわゆる沈胴時のレンズ系の奥行き厚を薄くするのに足枷となる。

【0032】

条件(7)は、第2レンズ群の正レンズL21の像側面から負レンズL22の像側面までの光軸上の距離 t_{22} 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が、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、第1レンズ群あるいは第4レンズ群の何れかの面に非球面を導入して補正する。それでも下限値の0.04を越えると、非点収差は補正し切れなくなる。上限値の0.2を越えると、厚さが許容できない。

40

【0033】

条件(8)は、軸上・倍率色収差の補正に関する規定であって、上限の26.5を越えると、軸上色収差の補正不足をまねく。下限はそれ以下に現実に適した媒質が存在しないため特に設けないが、あえて下限値を付けるとすれば、下限値を20とし、 t_{22} がそれ以上となるようにするとよい。下限値20を越えると、ガラス材料が高価となる。

50

【0034】

なお、条件(6)～(8)の何れか1つ以上あるいは全てを以下のようにするとよりよい。

【0035】

$$(6)' -0.9 < (R_{23F} + R_{23R}) / (R_{23F} - R_{23R}) < 0.4$$

$$(7)' 0.06 < t_{22} / t_2 < 0.18$$

$$(8)' t_{22} < 26$$

さらに、条件(6)～(8)の何れか1つ以上を以下のようにするとさらによい。特に全てを以下のようにすると最もよい。

【0036】

$$(6)" -0.8 < (R_{23F} + R_{23R}) / (R_{23F} - R_{23R}) < 0.3$$

$$(7)" 0.08 < t_{22} / t_2 < 0.16$$

$$(8)" t_{22} < 25.5$$

また、第2レンズ群に関し、正レンズL21と負レンズL22とを接合とし、以下の条件を満足するとよい。

【0037】

$$(9) 0.6 < R_{22R} / R_{21F} < 1.2$$

$$(10) 0.0 < L / R_{22F} < 0.8$$

ただし、 R_{21F} 、 R_{22F} 、 R_{22R} はそれぞれ第2レンズ群の正レンズL21の物体側面、負レンズL22の物体側の接合面、負レンズL22の像側面における光軸上の曲率半径、
Lは撮像素子の有効撮像領域の対角長である。

【0038】

条件(9)の上限の1.2を越えると、全系収差の球面収差・コマ収差・非点収差の補正には有利だが、接合による偏心敏感度の緩和の効果が少ない。下限の0.6を越えると、全系収差の球面収差・コマ収差・非点収差の補正が困難になりやすい。

【0039】

条件(10)も軸上・倍率色収差の補正に関する規定であって、上限の0.8を越えると、第2レンズ群の接合レンズの厚みを薄くしやすいが、軸上色収差の補正が困難になる。下限の0.0を越えると、軸上色収差の補正には有利だが、接合レンズの厚みを厚くせざるを得ず、沈胴厚を薄くするのに足枷となる。

【0040】

なお、条件(9)、(10)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

【0041】

$$(9)' 0.7 < R_{22R} / R_{21F} < 1.1$$

$$(10)' 0.05 < L / R_{22F} < 0.7$$

さらに、条件(9)、(10)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のようにすると最もよい。

【0042】

$$(9)" 0.8 < R_{22R} / R_{21F} < 1.0$$

$$(10)" 0.1 < L / R_{22F} < 0.6$$

最後に、第1レンズ群を薄くするための条件である。第1レンズ群は、以下の条件を満足しつつ、非球面を含む負レンズと正レンズの2枚のみで構成すれば、色収差や各ザイデル軸外収差は良好に補正可能であるため、薄型化に貢献する。

【0043】

$$(11) 0.6 < R_{11R} / L < 1.3$$

ただし、 R_{11R} は第1レンズ群の負レンズの像側面における光軸上の曲率半径、Lは撮像素子の有効撮像領域の対角長である。なお、非球面の場合は光軸上の曲率半径とする。

【0044】

条件(11)の下限値の0.6を越えると、非球面を導入しても歪曲収差とコマ収差の補正バランスが難しく、上限値の1.3を越えると、倍率色収差の補正が困難となる。

10

20

30

40

50

【0045】

なお、以下のようにするとよりよい。

【0046】

$$(11)' \quad 0.65 < R_{11R} / L < 1.2$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

【0047】

$$(11)'' \quad 0.7 < R_{11R} / L < 1.1$$

また、以下の条件を満たすとよい。。

【0048】

$$(12) \quad 2.0 < |R_{11} - R_{12}|$$

10

$$(13) \quad -1.0 < (R_{12F} + R_{12R}) / (R_{12F} - R_{12R}) < -2$$

ただし、 R_{11} は第1レンズ群の負レンズのd線基準のアッベ数、 R_{12} は第1レンズ群の正レンズのd線基準のアッベ数、 R_{12F} 、 R_{12R} はそれぞれ第1レンズ群の正レンズの物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径である。

【0049】

条件(12)は、変倍時における軸上・倍率色収差の変動に関して規定したものである。下限値の2.0を越えると、軸上・倍率色収差の変動が大きくなりやすい。上限はそれ以上に現実に適した媒質が存在しないため特に設けないが、あえて上限値を付けるとすれば、上限値を7.5とし、 $|R_{11} - R_{12}|$ がそれ以下となるようにするとよい。上限値7.5を越えると、ガラス材料が高価となる。

20

【0050】

条件(13)は、第1レンズ群の正レンズのシェーブファクターを規定したものである。下限の-1.0を越えると、非点収差の補正上不利になる他、変倍時の機械的干渉を回避するために第2レンズ群との間隔を余分に必要とする点も不利になる。上限の-2を越えると、歪曲収差の補正が不利になりやすい。

【0051】

なお、条件(12)、(13)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

【0052】

$$(12)' \quad 2.2 < |R_{11} - R_{12}|$$

$$(13)' \quad -0.9 < (R_{12F} + R_{12R}) / (R_{12F} - R_{12R}) < -2.5$$

30

さらに、条件(12)、(13)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のようにすると最もよい。

【0053】

$$(12)'' \quad 2.4 < |R_{11} - R_{12}|$$

$$(13)'' \quad -0.8 < (R_{12F} + R_{12R}) / (R_{12F} - R_{12R}) < -3$$

なお、本発明のズームレンズは、広角域を含む電子撮像装置を構成する上で有利である。特に、広角端における対角方向の半画角 w が以下の条件を満足する電子撮像装置に用いることが好ましい（後記の各実施例に記載の広角端半画角は w に相当する。）。

【0054】

$$27^\circ < w < 42^\circ$$

40

この条件の下限値の 27° を越えて広角端半画角が狭くなると、収差補正上は有利になるが、実用的な広角端での画角ではなくなる。一方、上限値の 42° を越えると、歪曲収差・倍率の色収差が発生しやすくなり、レンズ枚数が増加する。

【0055】

また、本願発明の電子撮像素子に用いるズームレンズは、軸外主光線を垂直に近い状態で撮像素子に導けるので、画像の周辺部まで良好な像が得られる。そのとき、撮像素子の有効撮像領域の対角長 L が 3.0 mm 乃至 12.0 mm であることが、良好な画質と小型化を両立する上でより好ましい。

【0056】

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

50

た。

【0057】

次に、フィルター類を薄くする件について言及する。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(₆₀₀)が80%以上、700nmでの透過率(₇₀₀)が8%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700nm以上の近赤外領域の透過率が低く、かつ、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等の固体撮像素子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等の固体撮像素子並みの色再現を得ることができる。10

【0058】

すなわち、

$$\begin{array}{lll} (14) & 600 / 550 & 0.8 \\ (15) & 700 / 550 & 0.08 \end{array}$$

を満たすことが望ましい。ただし、₅₅₀は波長550nmでの透過率である。

【0059】

なお、条件(14)、(15)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

【0060】

$$\begin{array}{lll} (14)' & 600 / 550 & 0.85 \\ (15)' & 700 / 550 & 0.05 \end{array}$$

さらに、条件(14)、(15)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のようにすると最もよい。

【0061】

$$\begin{array}{lll} (14)'' & 600 / 550 & 0.9 \\ (15)'' & 700 / 550 & 0.03 \end{array}$$

CCD等の固体撮像素子のもう1つの欠点は、近紫外域の波長550nmに対する感度が人間の眼のそれよりもかなり高いことである。これも、近紫外域の色収差による画像のエッジ部の色にじみを目立たせている。特に光学系を小型化すると致命的である。したがって、波長400nmでの透過率(₄₀₀)の550nmでのそれ(₅₅₀)に対する比が0.08を下回り、440nmでの透過率(₄₄₀)の550nmでのそれ(₅₅₀)に対する比が0.4を上回るような吸収体あるいは反射体を光路上に挿入すれば、色再現上必要な波長域を失わず(良好な色再現を保ったまま)、色にじみなどのノイズがかなり軽減される。30

【0062】

すなわち、

$$\begin{array}{lll} (16) & 400 / 550 & 0.08 \\ (17) & 440 / 550 & 0.4 \end{array}$$

を満たすことが望ましい。

【0063】

なお、条件(16)、(17)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

【0064】

$$\begin{array}{lll} (16)' & 400 / 550 & 0.06 \\ (17)' & 440 / 550 & 0.5 \end{array}$$

さらに、条件(16)、(17)の何れかあるいは両方を以下のようにするとさらによい。特に両方を以下のようにすると最もよい。

【0065】

$$\begin{array}{lll} (16)'' & 400 / 550 & 0.04 \\ (17)'' & 440 / 550 & 0.6 \end{array}$$

10

20

30

40

50

なお、これらのフィルターの設置場所は結像光学系と撮像素子の間がよい。

【0066】

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。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、その総厚 t_{LPF} (mm) が以下の条件を満たすようにするといい。

【0067】

$$(18) \quad 0.15 < t_{LPF} / a < 0.45$$

ただし、 a は撮像素子の水平画素ピッチ (単位 μm) であり、 $5 \mu m$ 以下である。

【0068】

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、モアレ抑制効果の現象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 ($= 0^\circ$) と $\pm 45^\circ$ 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 $a \mu m$ 、 $\pm 45^\circ$ 方向にそれぞれ $SQRT(1/2) * a \mu m$ だけずらせるものが知られている。このときのフィルター厚は、凡そ $[1 + 2 * SQRT(1/2)] * a / 5.88$ (mm) となる。ここで、SQRT はスクエアルートであり平方根を意味する。これは、丁度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 % 乃至数十 % 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。

【0069】

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 (18) を満足するのがよい。その上限値の 0.45 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 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。

【0070】

a が $4 \mu m$ 以下なら、より回折の影響を受けやすいので

$$(18)' \quad 0.13 < t_{LPF} / a < 0.42$$

としてもよい。

【0071】

また、水平画素ピッチと重ねるローパスフィルターの枚数に応じて、以下のようにしてもよい。

【0072】

10

20

30

(18) " 0. $3 < t_{LPF} / a < 0.4$

ただし、3枚重ねかつ $4 \leq a < 5$ (μm) のとき、

0. $2 < t_{LPF} / a < 0.28$

ただし、2枚重ねかつ $4 \leq a < 5$ (μm) のとき、

0. $1 < t_{LPF} / a < 0.16$

ただし、1枚のみかつ $4 \leq a < 5$ (μm) のとき、

0. $2.5 < t_{LPF} / a < 0.37$

10

ただし、3枚重ねかつ $a < 4$ (μm) のとき、

0. $1.6 < t_{LPF} / a < 0.25$

ただし、2枚重ねかつ $a < 4$ (μm) のとき、

0. $0.8 < t_{LPF} / a < 0.14$

ただし、1枚のみかつ $a < 4$ (μm) のとき。

【0073】

画素ピッチの小さな電子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、開口サイズが固定の複数の開口を有し、その中の1つを第1レンズ群の最も像側のレンズ面と第3レンズ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、他の開口と交換可能とすることで像面照度の調節することができる電子撮像装置としており、その複数の開口の中、一部の開口内に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するようにして光量調節を行なうのがよい。あるいは、 a (μm) / Fナンバー < 0.4 となるようなF値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550nmに対する透過率がそれぞれ異なりかつ80%未満の媒体を有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もあるいは550nmに対する透過率が91%以上のダミー媒質としており、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。

20

正レンズとからなる正屈折力の第2レンズ群G2、物体側に凸の負メニスカスレンズ1枚からなる負屈折力の第3レンズ群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズ1枚からなる正屈折力の第4レンズ群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1は像面側に移動し、第2レンズ群G2は開口絞りSと一緒に物体側に移動し、第3レンズ群G3は第2レンズ群G2との間隔を一旦狭め再び広げながら物体側に移動し、第4レンズ群G4は固定されている。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3レンズ群G3は像面側に移動される。

【0077】

非球面は、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群G2の接合レンズの物体側の面、第4レンズ群G4の像面側の面の3面に用いられている。

10

【0078】

実施例2のズームレンズは、図2に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる負屈折力の第1レンズ群G1、開口絞りS、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、両凸正レンズとからなる正屈折力の第2レンズ群G2、物体側に凸の負メニスカスレンズ1枚からなる負屈折力の第3レンズ群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズ1枚からなる正屈折力の第4レンズ群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1は中間状態までは像面側に移動し、中間状態から望遠端までは若干像面側に移動し、第2レンズ群G2は開口絞りSと一緒に物体側に移動し、第3レンズ群G3は第2レンズ群G2との間隔を一旦狭め再び広げながら物体側に移動し、第4レンズ群G4は固定されている。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3レンズ群G3は像面側に移動される。

20

【0079】

非球面は、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群G2の接合レンズの物体側の面、第4レンズ群G4の像面側の面の3面に用いられている。

【0080】

実施例3のズームレンズは、図3に示すように、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる負屈折力の第1レンズ群G1、開口絞りS、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズと、両凸正レンズとからなる正屈折力の第2レンズ群G2、物体側に凸の負メニスカスレンズ1枚からなる負屈折力の第3レンズ群G3、像面側に凸の正メニスカスレンズ1枚からなる正屈折力の第4レンズ群G4からなり、広角端から望遠端に変倍する際は、第1レンズ群G1は物体側に凹の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より像面側の位置になり、第2レンズ群G2は開口絞りSと一緒に物体側に移動し、第3レンズ群G3は第2レンズ群G2との間隔を一旦狭め再び広げながら物体側に移動し、第4レンズ群G4は固定されている。近距離の被写体にフォーカシングするために、第3レンズ群G3は像面側に移動される。

30

【0081】

非球面は、第1レンズ群G1の負メニスカスレンズの像面側の面、第2レンズ群G2の接合レンズの物体側の面、第4レンズ群G4の像面側の面の3面に用いられている。

40

【0082】

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_{N0} はFナンバー、WEは広角端、STは中間状態、TEは望遠端、 r_1 、 r_2 …は各レンズ面の曲率半径、 d_1 、 d_2 …は各レンズ面間の間隔、 n_{d1} 、 n_{d2} …は各レンズのd線の屈折率、 d_1 、 d_2 …は各レンズのアッペ数である。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。

【0083】

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

50

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。

【0084】

実施例1

$r_1 = 73.7553$	$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.74320$	$\nu_{d1} = 49.34$	
$r_2 = 5.4893$ (非球面)	$d_2 = 1.9825$			
$r_3 = 7.5909$	$d_3 = 1.8000$	$n_{d2} = 1.84666$	$\nu_{d2} = 23.78$	
$r_4 = 11.3338$	$d_4 =$ (可変)			10
$r_5 = \infty$ (絞り)	$d_5 = 1.2000$			
$r_6 = 4.4372$ (非球面)	$d_6 = 2.0000$	$n_{d3} = 1.80610$	$\nu_{d3} = 40.92$	
$r_7 = 14.5000$	$d_7 = 0.6000$	$n_{d4} = 1.84666$	$\nu_{d4} = 23.78$	
$r_8 = 3.9318$	$d_8 = 0.3500$			
$r_9 = 8.1693$	$d_9 = 1.3000$	$n_{d5} = 1.77250$	$\nu_{d5} = 49.60$	
$r_{10} = -15.3158$	$d_{10} =$ (可変)			
$r_{11} = 8.3697$	$d_{11} = 0.6000$	$n_{d6} = 1.80100$	$\nu_{d6} = 34.97$	20
$r_{12} = 4.9830$	$d_{12} =$ (可変)			
$r_{13} = -802.9066$	$d_{13} = 1.8000$	$n_{d7} = 1.58913$	$\nu_{d7} = 61.14$	
$r_{14} = -8.6900$ (非球面)	$d_{14} = 0.8000$			
$r_{15} = \infty$	$d_{15} = 0.8000$	$n_{d8} = 1.51633$	$\nu_{d8} = 64.14$	
$r_{16} = \infty$	$d_{16} = 1.5000$	$n_{d9} = 1.54771$	$\nu_{d9} = 62.84$	
$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 0.8000$			
$r_{18} = \infty$	$d_{18} = 0.7500$	$n_{d10} = 1.51633$	$\nu_{d10} = 64.14$	30
$r_{19} = \infty$	$d_{19} = 1.2103$			
$r_{20} = \infty$ (像面)				

非球面係数

第2面

$$K = 0$$

$$A_4 = -4.0939 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 7.0349 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.0104 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第6面

K = 0

$$A_4 = -8.3955 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 3.4273 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -6.9811 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第14面

K = 0

$$A_4 = 3.3326 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.2810 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 9.0587 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE	
f (mm)	4.51381	8.68893	12.89612	20
F NO	2.7565	3.7913	4.5374	
ω (°)	33.2	18.0	12.3	
d_4	14.29724	5.69385	1.50000	
d_{10}	1.02088	0.60000	1.68061	
d_{12}	1.50000	7.18738	9.27283	.

【 0 0 8 5 】

実施例2

$r_1 =$	60.2102	$d_1 =$	0.7000	$n_{d1} = 1.74320$	$\nu_{d1} = 49.34$	
$r_2 =$	4.9672 (非球面)	$d_2 =$	1.7618			
$r_3 =$	6.7630	$d_3 =$	1.8000	$n_{d2} = 1.84666$	$\nu_{d2} = 23.78$	
$r_4 =$	9.8667	$d_4 =$	(可変)			
$r_5 =$	∞ (絞り)	$d_5 =$	1.2000			
$r_6 =$	4.2275 (非球面)	$d_6 =$	2.0000	$n_{d3} = 1.80610$	$\nu_{d3} = 40.92$	10
$r_7 =$	22.0000	$d_7 =$	0.6000	$n_{d4} = 1.84666$	$\nu_{d4} = 23.78$	
$r_8 =$	3.7359	$d_8 =$	0.4000			
$r_9 =$	7.9494	$d_9 =$	1.3000	$n_{d5} = 1.77250$	$\nu_{d5} = 49.60$	
$r_{10} =$	-14.1040	$d_{10} =$	(可変)			
$r_{11} =$	8.4964	$d_{11} =$	0.6000	$n_{d6} = 1.77250$	$\nu_{d6} = 49.60$	
$r_{12} =$	4.9651	$d_{12} =$	(可変)			
$r_{13} =$	-194.5049	$d_{13} =$	1.8000	$n_{d7} = 1.58913$	$\nu_{d7} = 61.14$	20
$r_{14} =$	-8.5615 (非球面)	$d_{14} =$	0.8000			
$r_{15} =$	∞	$d_{15} =$	0.8000	$n_{d8} = 1.51633$	$\nu_{d8} = 64.14$	
$r_{16} =$	∞	$d_{16} =$	1.5000	$n_{d9} = 1.54771$	$\nu_{d9} = 62.84$	
$r_{17} =$	∞	$d_{17} =$	0.8000			
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	0.7500	$n_{d10} = 1.51633$	$\nu_{d10} = 64.14$	
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	1.2103			
$r_{20} =$	∞ (像面)					30

非球面係数

第2面

$$K = 0$$

$$A_4 = -5.0933 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 9.4706 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -1.9279 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第6面

K = 0

$$A_4 = -9.8888 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 3.8595 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -8.3940 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第14面

K = 0

10

$$A_4 = 3.2917 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.7561 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 1.1446 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE	
f (mm)	4.52169	8.69005	12.89395	20
F NO	2.7280	3.7437	4.5449	
ω (°)	33.2	18.0	12.3	
d ₄	12.60932	5.06241	1.50000	
d ₁₀	0.88920	0.60000	1.63642	
d ₁₂	1.50000	7.03615	9.42289	.

【 0 0 8 6 】

実施例3

$r_1 =$	62.3151	$d_1 =$	0.7000	$n_{d1} = 1.74320$	$\nu_{d1} = 49.34$	
$r_2 =$	4.5809 (非球面)	$d_2 =$	1.5630			
$r_3 =$	6.2472	$d_3 =$	1.8000	$n_{d2} = 1.84666$	$\nu_{d2} = 23.78$	
$r_4 =$	9.2409	$d_4 =$	(可変)			
$r_5 =$	∞ (絞り)	$d_5 =$	1.2000			
$r_6 =$	4.0529 (非球面)	$d_6 =$	2.0000	$n_{d3} = 1.80610$	$\nu_{d3} = 40.92$	10
$r_7 =$	22.0000	$d_7 =$	0.6000	$n_{d4} = 1.84666$	$\nu_{d4} = 23.78$	
$r_8 =$	3.5791	$d_8 =$	0.4000			
$r_9 =$	7.9391	$d_9 =$	1.3000	$n_{d5} = 1.77250$	$\nu_{d5} = 49.60$	
$r_{10} =$	-13.1717	$d_{10} =$	(可変)			
$r_{11} =$	8.4465	$d_{11} =$	0.6000	$n_{d6} = 1.77250$	$\nu_{d6} = 49.60$	
$r_{12} =$	4.9481	$d_{12} =$	(可変)			
$r_{13} =$	-84.0459	$d_{13} =$	1.8000	$n_{d7} = 1.58913$	$\nu_{d7} = 61.14$	20
$r_{14} =$	-8.1585 (非球面)	$d_{14} =$	0.8000			
$r_{15} =$	∞	$d_{15} =$	0.8000	$n_{d8} = 1.51633$	$\nu_{d8} = 64.14$	
$r_{16} =$	∞	$d_{16} =$	1.5000	$n_{d9} = 1.54771$	$\nu_{d9} = 62.84$	
$r_{17} =$	∞	$d_{17} =$	0.8000			
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	0.7500	$n_{d10} = 1.51633$	$\nu_{d10} = 64.14$	
$r_{19} =$	∞	$d_{19} =$	1.2103			
$r_{20} =$	∞ (像面)					30

非球面係数

第2面

$$K = 0$$

$$A_4 = -6.2152 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.0184 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -3.2870 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第6面

$K = 0$

$$A_4 = -1.1279 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 3.5566 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -9.2437 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第14面

$K = 0$

10

$$A_4 = 3.2611 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.8803 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 1.1953 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE	
f (mm)	4.53030	8.69217	12.89145	20
F NO	2.7280	3.7437	4.5449	
ω (°)	33.1	18.1	12.3	
d_4	11.39656	4.67992	1.50000	
d_{10}	0.81366	0.60000	1.71657	
d_{12}	1.50000	7.00780	9.38458	.

【0087】

以上の実施例1の無限遠物点合焦時及び被写体距離10cm合焦時の収差図をそれぞれ図4、図5に示す。これらの収差図において、(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。図中、“F I Y”は像高を表す。

【0088】

次に、上記各実施例における条件(1)～(18)の値、及び、Lの値を示す。

実施例	1	2	3	
(1)	3.94272	3.81198	3.82879	
(2)	0.64539	0.64764	0.65027	
(3)	34.97000	49.60000	49.60000	
(4)	0.33554	0.33532	0.33504	
(5)	1.02188	1.09209	1.21502	
(6)	-0.30430	-0.27908	-0.24786	10
(7)	0.14118	0.13953	0.13953	
(8)	23.78000	23.78000	23.78000	
(9)	0.88611	0.88373	0.88309	
(10)	0.38621	0.25455	0.25455	
(11)	0.98023	0.88701	0.81802	
(12)	25.56000	25.56000	25.56000	
(13)	-5.05617	-5.35797	-5.17356	20
(14)	1.0	1.0	1.0	
(15)	0.04	0.04	0.04	
(16)	0.0	0.0	0.0	
(17)	1.06	1.06	1.06	
(18)	0.333	0.333	0.333	
	(a=3.0)	(a=3.0)	(a=3.0)	
L	5.6	5.6	5.6	30
			.	

【0089】

なお、実施例1～3のローパスフィルターLFの総厚 t_{LPF} は何れも1.500(mm)で3枚重ねで構成している。もちろん、上述の実施例は、例えばローパスフィルターLFを1枚で構成する等、前記した構成の範囲内で種々変更可能である。

【0090】

ここで、有効撮像面の対角長Lと画素間隔aについて説明しておく。図6は、撮像素子の画素配列の1例を示す図であり、画素間隔aでR(赤)、G(緑)、B(青)の画素あるいはシアン、マゼンダ、イエロー、グリーン(緑)の4色の画素(図6)がモザイク状に配されている。有効撮像面は撮影した映像の再生(パソコン上での表示、プリンターによる印刷等)に用いる撮像素子上の光電変換面内における領域を意味する。図中に示す有効撮像面は、光学系の性能(光学系の性能が確保し得るイメージサークル)に合わせて、撮像素子の全光電変換面よりも狭い領域に設定されている。有効撮像面の対角長Lは、この有効撮像面の対角長である。なお、映像の再生に用いる撮像範囲を種々変更可能としてよいが、そのような機能を有する撮像装置に本発明のズームレンズを用いる際は、その有効撮像面の対角長Lが変化する。そのような場合は、本発明における有効撮像面の対角長Lは、Lのとり得る範囲における最大値とする。

【0091】

また、赤外カット手段については、赤外カット吸収フィルターIFと赤外シャープカットコートとがあり、赤外カット吸収フィルターIFはガラス中に赤外吸収体が含有される場

合で、赤外シャープカットコートは吸収でなく反射によるカットである。したがって、前記したように、この赤外カット吸収フィルターIFを除去して、ローパスフィルターLFに直接赤外シャープカットコートを施してもよいし、ダミー透明平板上に施してもよい。

【0092】

この場合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することが望ましい。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。

【0093】

基板	材質	物理的膜厚(nm)	/4	10
第1層	Al ₂ O 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	20
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	30
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

。

40

【0094】

上記の近赤外シャープカットコートの透過率特性は図7に示す通りである。また、ローパスフィルターLFの射出面側には、図8に示すような短波長域の色の透過を低減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。

【0095】

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。

50

【0096】

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。

【0097】

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。

【0098】

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。10

【0099】

上記各実施例では、図8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。

【0100】

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。20

【0101】

また、ローパスフィルターLF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、それぞれについて、水平に $a \mu m$ 、±45°方向にそれぞれ $SQRT(1/2) \times a$ だけずらすことで、モアレ抑制を行っている。ここで、S Q R T 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。

【0102】

また、CCDの撮像面I上には、図9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なつて、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。30

【0103】

補色モザイクフィルターは、具体的には、図9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。。

【0104】

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、40
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。

【0105】

$$\begin{aligned} 510\text{nm} < G_p &< 540\text{nm} \\ 5\text{nm} < Y_p - G_p &< 35\text{nm} \\ -100\text{nm} < C_p - G_p &< -5\text{nm} \\ 430\text{nm} < M_{p1} &< 480\text{nm} \\ 580\text{nm} < M_{p2} &< 640\text{nm} \end{aligned}$$

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530nm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50

度のピークに対して波長 530 nm 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。

【0106】

上記各実施例におけるそれぞれの波長特性の一例を図 10 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。

【0107】

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ー（若しくは、デジタルカメラに用いられるコントローラー）で、電気的に次のような信号処理を行い、

輝度信号

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

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。

【0108】

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 LF の枚数も前記した通り 2 枚でも 1 枚でも構わない。

【0109】

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 等の電子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。

【0110】

図 11 ~ 図 13 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 11 はデジタルカメラ 40 の外観を示す前方斜視図、図 12 は同後方斜視図、図 13 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ダミー透明平板上に施してなる赤外カット吸収フィルター IF、光学的ローパスフィルター LF を介して CCD 49 の撮像面上に形成される。この CCD 49 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ができる。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、CCD 49 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。

【0111】

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ロプリズム 55 の視野枠 57 上に形成される。このポロプリズム 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ボート材 50 が配置されている。

10

20

30

40

50

【0112】

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。

【0113】

なお、図13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、パワーを持つレンズを用いてもよい。

【0114】

以上の本発明のズームレンズ及びそれを用いた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。

10

【0115】

(1) 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、負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レンズ群よりなり、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との合成焦点距離は常に正であり、無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して、各レンズ群の間隔を変化させつつ、かつ、前記第2レンズ群及び前記第3レンズ群が物体側へのみ移動し、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、非球面を有する正レンズL21、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL22、正レンズL23の3枚のレンズよりなり、

前記第3レンズ群は1枚の負レンズよりなり、かつ、前記第3レンズ群はフォーカシング時に単独で移動し、

20

以下の条件を満足することを特徴とするズームレンズ。

【0116】

$$(1) \quad 1.2 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 1.0$$

$$(2) \quad 0.3 < 1 / t_3 < 0.9$$

ただし、 R_{3F} 、 R_{3R} はそれぞれ第3レンズ群の物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径、 t_3 は無限遠物点合焦時の広角端における第3レンズ群の倍率である。

【0117】

(2) 前記第4レンズ群は、変倍時及びフォーカシング時には固定され、かつ、何れかの面に非球面を有することを特徴とする上記1記載のズームレンズ。

30

【0118】

(3) 前記第4レンズ群は、以下の条件を満足する形状を持つ1つのレンズ成分からなることを特徴とする上記1又は2記載のズームレンズ。

【0119】

$$(5) \quad 0.2 < (R_{4F} + R_{4R}) / (R_{4F} - R_{4R}) < 2.0$$

ただし、 R_{4F} 、 R_{4R} はそれぞれ第4レンズ群の物体側の面、像側の面の光軸上の曲率半径である。

【0120】

(4) 前記第4レンズ群は、1つの単レンズからなることを特徴とする上記3記載のズームレンズ。

40

【0121】

(5) 前記第2レンズ群が、以下の条件を満足することを特徴とする上記1から4の何れか1項記載のズームレンズ。

【0122】

$$(6) \quad -1.0 < (R_{23F} + R_{23R}) / (R_{23F} - R_{23R}) < 0.5$$

$$(7) \quad 0.04 < t_{22} / t_2 < 0.2$$

$$(8) \quad t_{22} < 26.5$$

ただし、 R_{23F} 、 R_{23R} はそれぞれ第2レンズ群の正レンズL23の物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径、 t_{22} は第2レンズ群の正レンズL21の像側面から負レンズL22の像側面までの光軸上の距離、 t_2 は第2レンズ群の最も物体側のレンズ面から最も像側

50

のレンズ面までの光軸上の厚み、 f_{22} は第2レンズ群の負レンズL22の媒質のd線基準のアッペ数である。

【0123】

[6] 前記第1レンズ群は、非球面を含む負レンズと、正レンズの2枚のレンズで構成され、以下の条件を満足することを特徴とする上記1から5の何れか1項記載のズームレンズ。

【0124】

$$(12) \quad 2.0 < f_{11} - f_{12}$$

$$(13) \quad -1.0 < (R_{12F} + R_{12R}) / (R_{12F} - R_{12R}) < -2$$

ただし、 f_{11} は第1レンズ群の負レンズのd線基準のアッペ数、 f_{12} は第1レンズ群の正レンズのd線基準のアッペ数、 R_{12F} 、 R_{12R} はそれぞれ第1レンズ群の正レンズの物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径である。 10

【0125】

[7] 前記第1レンズ群と第2レンズ群との間に絞りを配したことを特徴とする上記1から6の何れか1項記載のズームレンズ。

【0126】

[8] 変倍時に前記絞りが第2レンズ群と一緒に移動することを特徴とする上記7記載のズームレンズ。

【0127】

[9] 前記第2レンズ群における正レンズL21と負レンズL22とは接合されていることを特徴とする上記1から8の何れか1項記載のズームレンズ。 20

【0128】

[10] 上記1から9の何れか1項記載のズームレンズを備え、かつ、その像側に撮像素子を配したことの特徴とする電子撮像装置。

【0129】

[11] 上記9記載のズームレンズ及びその像側に配された撮像素子を有し、かつ、前記ズームレンズの第2レンズ群が以下の条件を満足することを特徴とする電子撮像装置。

【0130】

$$(9) \quad 0.6 < R_{22R} / R_{21F} < 1.2$$

$$(10) \quad 0.0 < L / R_{22F} < 0.8$$

ただし、 R_{21F} 、 R_{22F} 、 R_{22R} はそれぞれ第2レンズ群の正レンズL21の物体側面、負レンズL22の物体側の接合面、負レンズL22の像側面における光軸上の曲率半径、Lは撮像素子の有効撮像領域の対角長である。 30

【0131】

[12] 前記ズームレンズの第3レンズ群が以下の条件を満足することを特徴とする上記10又は11記載の電子撮像装置。

【0132】

$$(3) \quad f_3 > 3.0$$

$$(4) \quad 0.2 < -L / f_3 < 0.6$$

ただし、 f_3 は第3レンズ群を構成する負レンズのd線基準のアッペ数、 f_3 は第3レンズ群の合成焦点距離、Lは撮像素子の有効撮像領域の対角長である。 40

【0133】

[13] 前記ズームレンズの第1レンズ群が、物体側から順に、屈折面に非球面を有する負レンズ、像側面よりも物体側面の方が強い曲率を有する正レンズの2枚のレンズにて構成され、以下の条件を満足することを特徴とする上記10から12の何れか1項記載の電子撮像装置。

【0134】

$$(11) \quad 0.6 < R_{11R} / L < 1.3$$

ただし、 R_{11R} は第1レンズ群の負レンズの像側面における光軸上の曲率半径、Lは撮像素子の有効撮像領域の対角長である。 50

【0135】

〔14〕 前記撮像素子の有効撮像領域の対角長 L が以下の条件を満足す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。

【0136】

$3.0\text{ mm} < L < 12.0\text{ mm}$

【0137】**【発明の効果】**

本発明により、沈胴厚が薄く収納性に優れ、かつ、高倍率でリアフォーカスにおいても結像性能の優れたズームレンズを得ることができ、ビデオカメラやデジタルカメラの徹底的薄型化を図ることが可能となる。

10

【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(a)、中間状態(b)、望遠端(c)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1の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図5】実施例1の被写体距離10cm合焦時の収差図である。

【図6】電子撮像素子にて撮影を行う場合の有効撮像面の対角長について説明するための図である。

20

【図7】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8】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9】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10】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11】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12】図11のデジタルカメラの後方斜視図である。

【図13】図11のデジタルカメラの断面図である。

【符号の説明】

G1... 第1レンズ群

30

G2... 第2レンズ群

G3... 第3レンズ群

G4... 第4レンズ群

S... 開口絞り

I-F... 赤外カット吸収フィルター

L-F... ローパスフィルター

C-G... カバーガラス

I... 像面

E... 観察者眼球

40... デジタルカメラ

40

41... 撮影光学系

42... 撮影用光路

43... ファインダー光学系

44... ファインダー用光路

45... シャッター

46... フラッシュ

47... 液晶表示モニター

49... C-C-D

50... カバー部材

51... 処理手段

50

5 2 ... 記録手段

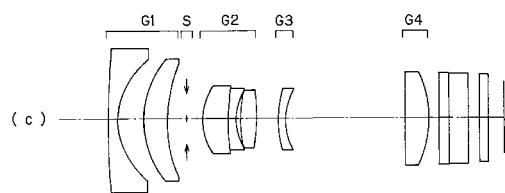
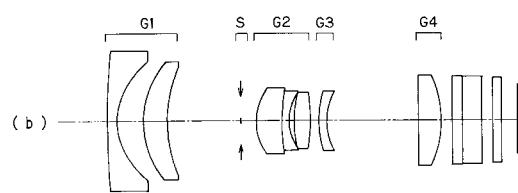
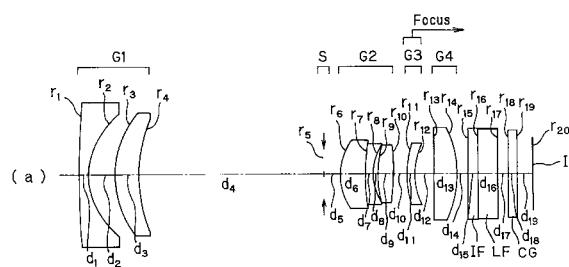
5 3 ... ファインダー用対物光学系

5 5 ... ポロプリズム

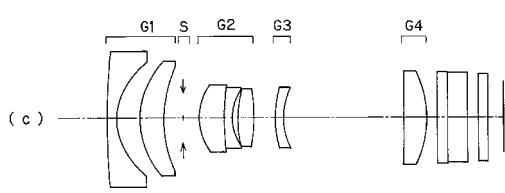
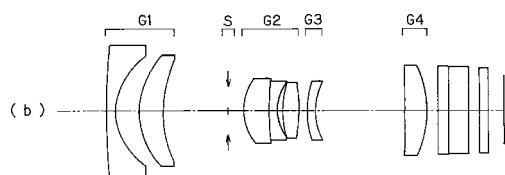
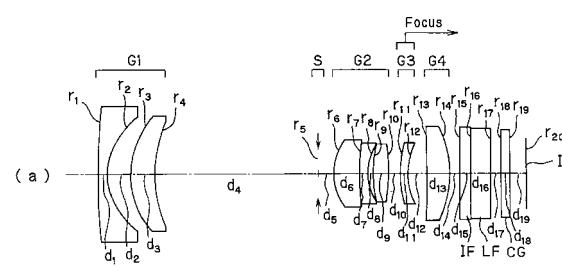
5 7 ... 視野枠

5 9 ... 接眼光学系

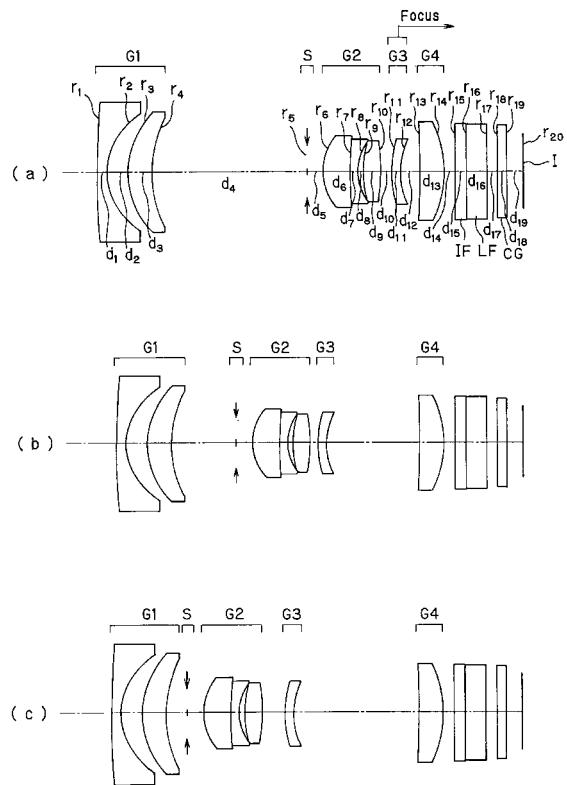
【図1】



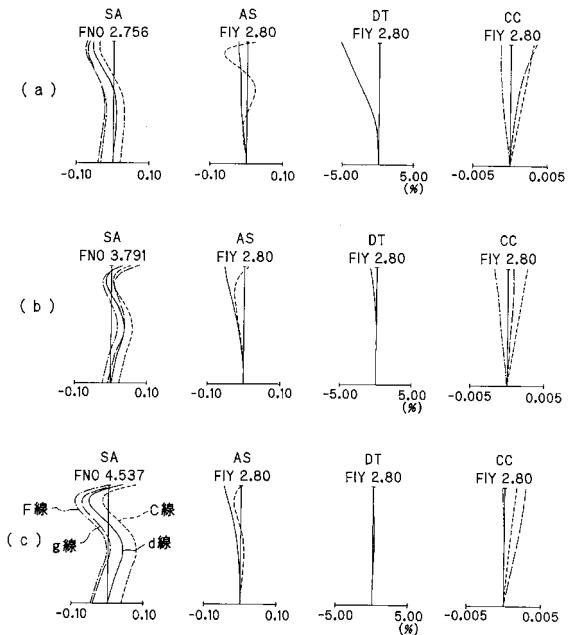
【図2】



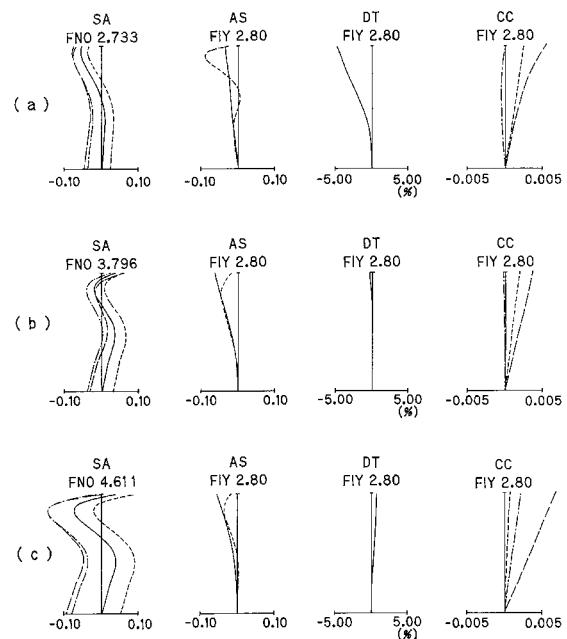
【図3】



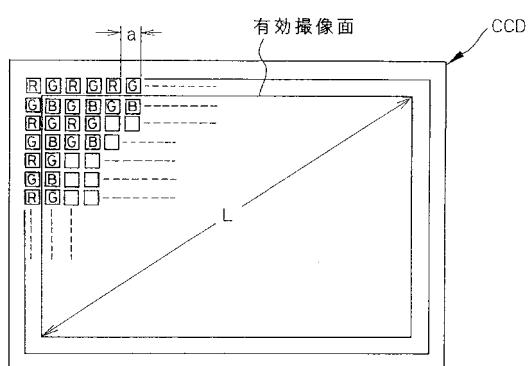
【図4】



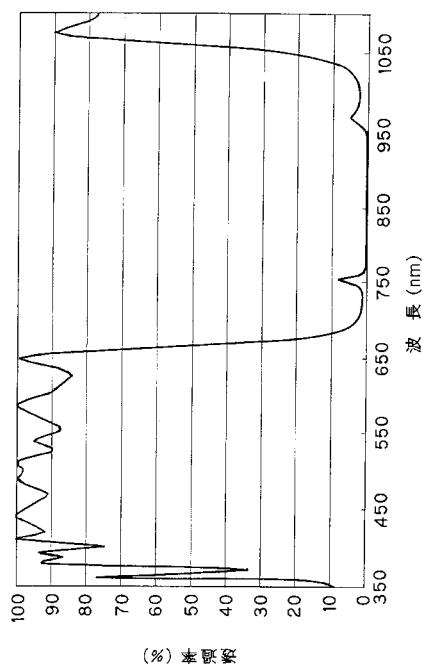
【図5】



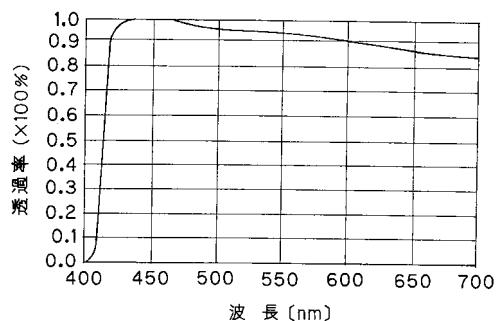
【図6】



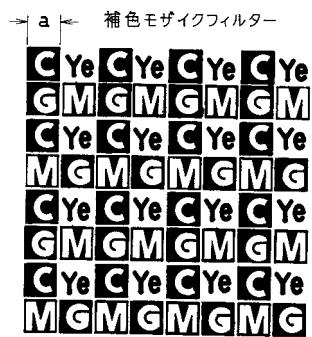
【図7】



【図8】

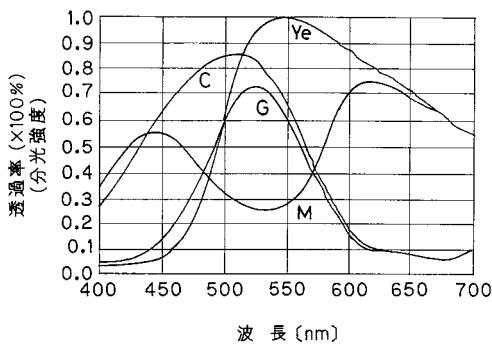


【図9】

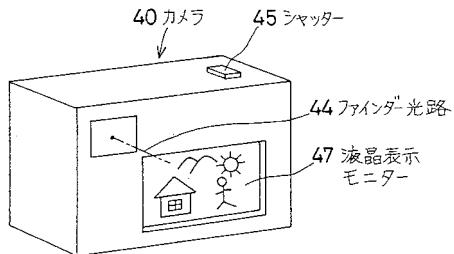


C:シアン M:マゼンタ
Ye:イエロー G:緑

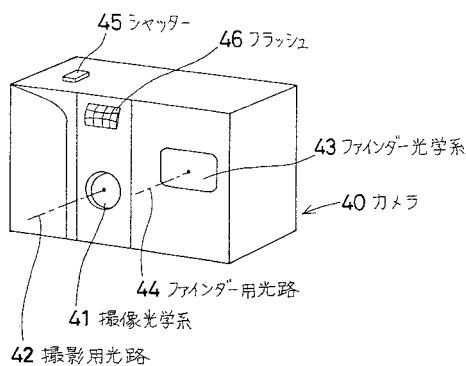
【図10】



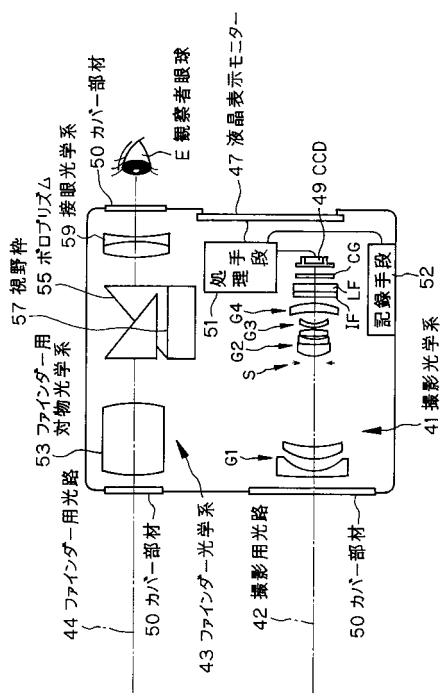
【図12】



【図11】



【図 1 3】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

H 0 4 N 5/225 (2006.01)
H 0 4 N 101/00 (2006.01)

H 0 4 N 5/225
H 0 4 N 101:00

D

(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 濑川 勝久

(56)参考文献 特開平10-333034 (JP, A)

特開2001-183585 (JP, A)

特開昭54-151027 (JP, A)

特開平11-149044 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00-17/08