

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4043753号  
(P4043753)

(45) 発行日 平成20年2月6日(2008.2.6)

(24) 登録日 平成19年11月22日(2007.11.22)

(51) Int.Cl.

F 1

GO2B 15/20	(2006.01)	GO2B 15/20
GO2B 5/20	(2006.01)	GO2B 5/20 101
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 13 (全 30 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2001-323570 (P2001-323570)

(22) 出願日

平成13年10月22日(2001.10.22)

(65) 公開番号

特開2003-131132 (P2003-131132A)

(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9日(2004.8.9)

(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 垣澤 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】電子撮像装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ズームレンズ及びその像側に配された撮像素子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レンズ群よりなり、無限遠物点合焦点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、前記第2レンズ群が物体側へのみ移動し、かつ、前記第3レンズ群は第2レンズ群とは異なる軌跡で移動し、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、物体側面に非球面を有する正又は負の第1レンズL21、負の第2レンズL22、正の第3レンズL23の3枚のレンズよりなると共に、前記第2レンズL22と第3レンズL23とは接合されており、

前記第3レンズ群は1つの正レンズ成分からなり、

以下の条件を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$(1) \quad 0.65 < R_{21R} / R_{21F} < 1.05$$

$$(2) \quad 0.3 < L / f_{2R} < 0.9$$

$$(5) \quad -0.3 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 1.0$$

ただし、 $R_{21F}$ 、 $R_{21R}$ はそれぞれ第2レンズ群の第1レンズL21の物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径、Lは撮像素子の有効撮像領域の対角長、 $f_{2R}$ は第2レンズ群の第2レンズL22と第3レンズL23との合成焦点距離、 $R_{3F}$ 、 $R_{3R}$ はそれぞれ第3レンズ群の正レンズ成分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 2】

前記第2レンズ群における第2レンズL22及び第3レンズL23が以下の条件を満足することを特徴とする請求項1記載の電子撮像装置。

$$(3) 25 < \frac{r_{23} - r_{22}}{r_{22}}$$

$$(4) -1.5 < (R_{22F} + R_{23R}) / (R_{22F} - R_{23R}) < 0$$

ただし、 $r_{22}$ は第2レンズ群の第2レンズL22のd線基準アッベ数、 $r_{23}$ は第2レンズ群の第3レンズL23のd線基準アッベ数、 $R_{22F}$ 、 $R_{23R}$ はそれぞれ第2レンズ群の第2レンズL22の物体側面、第3レンズL23の像側面における光軸上の曲率半径である。

## 【請求項 3】

10

前記第3レンズ群は1つの正の単レンズからな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 4】

前記第3レンズ群は球面のみで構成されてい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。

## 【請求項 5】

光路中に開口絞りを有し、かつ、前記第3レンズ群の屈折面の面形状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3の何れか1項記載の電子撮像装置。

$$(9) 0 < |Asp_{3MAX}| / |Asp_{2MAX}| < 0.5$$

ただし、 $Asp_{3MAX}$ は第3レンズ群における各々の屈折面の光軸上での曲率半径を有する球面に対し、光軸からの高さが絞り半径最大値の0.7倍の位置における非球面偏倚量の最大値、 $Asp_{2MAX}$ は第2レンズ群における各々の屈折面の光軸上での曲率半径を有する球面に対し、光軸からの高さが絞り半径最大値の0.7倍の位置における非球面偏倚量の最大値である。

20

## 【請求項 6】

広角端から望遠端への変倍に際して、前記第3レンズ群は物体側に凸の形状の軌跡で移動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。

## 【請求項 7】

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、以下の条件式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

$$(6) 20 < \frac{r_{11} - r_{12}}{r_{11}}$$

$$(7) -10 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -2.0$$

ただし、 $r_{11}$ は第1レンズ群の負レンズのd線基準アッベ数、 $r_{12}$ は第1レンズ群の正レンズのd線基準アッベ数、 $R_{13}$ 、 $R_{14}$ 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 8】

前記第1レンズ群は、空気間隔を挟んで負レンズと正レンズの2枚のレンズで構成され、以下の条件式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。

40

$$(8) 0.2 < d_{11} / L < 0.65$$

ただし、 $d_{11}$ は第1レンズ群の負レンズと正レンズとの光軸上の空気間隔である。

## 【請求項 9】

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1から8の何れか1項記載の電子撮像装置。

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

## 【請求項 10】

前記ズームレンズの広角端半画角 $w$ が $27^\circ$ から $42^\circ$ の範囲にあることを特徴とする請求項1から9の何れか1項記載の電子撮像装置。

## 【請求項 11】

50

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ことを特徴とする請求項1から10の何れか1項記載の電子撮像装置。

【請求項12】

前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間に配された開口絞りを有することを特徴とする請求項1から11の何れか1項記載の電子撮像装置。

【請求項13】

前記開口絞りは前記第2レンズ群と一緒に移動することを特徴とする請求項12記載の電子撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

本発明は、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、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。

20

【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11-287953号、特開2000-267009、特開2000-275520等のものがある。

30

【0005】

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。

40

【0006】

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で行うの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。

50

## 【0007】

## 【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、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である。

## 【0008】

## 【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、ズームレンズ及びその像側に配された撮像素子を備えた電子撮像装置において、

10

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レンズ群よりなり、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、前記第2レンズ群が物体側へのみ移動し、かつ、前記第3レンズ群は第2レンズ群とは異なる軌跡で移動し、

前記第2レンズ群は、物体側から順に、物体側面に非球面を有する正又は負の第1レンズL21、負の第2レンズL22、正の第3レンズL23の3枚のレンズよりなると共に、前記第2レンズL22と第3レンズL23とは接合されており、

以下の条件を満足することを特徴とするものである。

20

## 【0009】

$$(1) \quad 0.65 < R_{21R} / R_{21F} < 1.05$$

$$(2) \quad 0.3 < L / f_{2R} < 0.9$$

ただし、 $R_{21F}$ 、 $R_{21R}$ はそれぞれ第2レンズ群の第1レンズL21の物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径、Lは撮像素子の有効撮像領域の対角長、 $f_{2R}$ は第2レンズ群の第2レンズL22と第3レンズL23との合成焦点距離である。

## 【0010】

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。

## 【0011】

本発明の電子撮像装置は、ズームレンズ及びその像側に配された撮像素子を備えた電子撮像装置において、ズームレンズとして、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レンズ群よりなり、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、前記第2レンズ群が物体側へのみ移動し、かつ、前記第3レンズ群は第2レンズ群とは異なる軌跡で移動し、前記第2レンズ群は、物体側から順に、物体側面に非球面を有する正又は負の第1レンズL21、負の第2レンズL22、正の第3レンズL23の3枚のレンズよりなると共に、前記第2レンズL22と第3レンズL23とは接合されたタイプのズームレンズを採用している。

30

## 【0012】

なお、本発明において、レンズとは、単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。

40

## 【0013】

古くから銀塩フィルムカメラ用ズームレンズとしてよく使用される負正の2群ズームレンズにおいて、それを小型化するために各焦点距離における正の後群（第2レンズ群）の倍率を高くするのがよいが、そのために、第2レンズ群のさらに像側に正レンズ成分を第3レンズ群として加え、広角端から望遠端に変倍する際に第2レンズ群との間隔を変化させるという方法がよく知られている。また、この第3レンズ群はフォーカス用としても使用できる可能性を有している。

## 【0014】

50

そして、本発明の目的の達成、つまり、沈胴収納時のレンズ部総厚を薄くしてなおかつ第3レンズ群にてフォーカスをする際、非点収差を始めとする軸外収差変動を抑制するために、第2レンズ群は、物体側から順に、最も物体側の面を非球面とした単独の正又は負レンズL21と、負レンズL22と正レンズL23の順の接合からなる正レンズ成分とから構成し、特に、最も物体側のレンズ成分は物体側に凸面を向け両面の曲率半径が近い強いメニスカス形状とするのがよい。

## 【0015】

第3レンズ群にてフォーカスをする場合、収差変動が問題になるが、第3レンズ群に必要以上の量の非球面が入ると、その効果を出すために第1レンズ群・第2レンズ群で残存する非点収差を第3レンズ群にて補正することになり、ここで第3レンズ群がフォーカスのために動くと、そのバランスが崩れてしまい好ましくない。したがって、第3レンズ群でフォーカスする場合は、第1レンズ群・第2レンズ群で非点収差をズーム全域に亘り略取り切らねばならない。

10

## 【0016】

よって、第3レンズ群は球面系又は少ない非球面量にて構成し、開口絞りを第2レンズ群の物体側に配し、第2レンズ群は、物体側の面に非球面を有する単独の正又は負レンズL21と、負レンズL22、正レンズL23の順の接合レンズ成分にて構成するのがよい。

## 【0017】

また、このタイプでは、前玉径が大きくなり難いので、開口絞りを第2レンズ群と一体(本発明の後記の実施例では、第2レンズ群の直前に配置し、第2レンズ群と一体)とした方が、機構上単純であるばかりでなく、沈胴時のデッドスペースが発生し難く、広角端と望遠端のF値差が小さい。

20

## 【0018】

また、第2レンズ群の負レンズL22と像側の正レンズL23とは、それらの相対的偏心による収差の発生が著しいので、これらは互いに接合した方がよい。接合する場合は、できるだけ接合レンズ内(L22、L23)で収差をキャンセルして偏心敏感度を小さくするのがよい。

## 【0019】

そして、単独の正又は負レンズL21と、負レンズL22、正レンズL23の接合成分との相対偏心敏感度を少なくするため、以下の条件を満たすのがよい。

30

## 【0020】

$$(1) \quad 0.65 < R_{21R} / R_{21F} < 1.05$$

$$(2) \quad 0.3 < L / f_{2R} < 0.9$$

ただし、 $R_{21F}$ 、 $R_{21R}$ はそれぞれ第2レンズ群の第1レンズL21の物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径、Lは撮像素子の有効撮像領域(略矩形)の対角長、 $f_{2R}$ は第2レンズ群の第2レンズL22と第3レンズL23との合成焦点距離である。

## 【0021】

条件(1)の上限の1.05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0.65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。

40

## 【0022】

条件(2)の下限値の0.3を越えると、射出瞳位置が像面に接近しシェーディングを引き起こしやすく、また、第1レンズL21と、第2レンズL22、第3レンズL23の接合成分との偏心敏感度が大きくなりやすい。上限値の0.9を越えると、小型で高いズーム比を確保し難い。

## 【0023】

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。

## 【0024】

$$(1)' \quad 0.7 < R_{21R} / R_{21F} < 1$$

$$(2)' \quad 0.35 < L / f_{2R} < 0.8$$

50

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。

【0025】

$$(1) \quad 0.75 < R_{21R} / R_{21F} < 0.95$$

$$(2) \quad 0.4 < L / f_{2R} < 0.7$$

また、第2レンズL22、第3レンズL23の接合成分について、以下の条件式を満足するのがよい。

【0026】

$$(3) \quad 2.5 < R_{23} - R_{22}$$

$$(4) \quad -1.5 < (R_{22F} + R_{23R}) / (R_{22F} - R_{23R}) < 0$$

10

ただし、 $R_{22}$ は第2レンズ群の第2レンズL22のd線基準アッベ数、 $R_{23}$ は第2レンズ群の第3レンズL23のd線基準アッベ数、 $R_{22F}$ 、 $R_{23R}$ はそれぞれ第2レンズ群の第2レンズL22の物体側面、第3レンズL23の像側面における光軸上の曲率半径である。

【0027】

条件(3)の下限を越えると、軸上色収差・倍率色収差共補正不足となる。上限はそれ以上に現実に適した媒質の組み合わせ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、 $R_{23} - R_{22}$ 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、レンズ材料が高価となる。

【0028】

20

条件(4)は第2レンズ群の接合成分(L22、L23)の形状ファクターに関する規定である。下限の-1.5を越えると、第2レンズ群の空気間隔 $d_{21}$ 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を越えると、第1レンズL21と第2レンズL22の機械的干渉で $d_{21}$ が大きくなりがちで、沈胴厚を薄くするのに足枷となる。

【0029】

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。

【0030】

$$(3) \quad 2.8 < R_{23} - R_{22}$$

$$(4) \quad -1.4 < (R_{22F} + R_{23R}) / (R_{22F} - R_{23R}) < -0.1$$

30

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。

【0031】

$$(3) \quad 3.1 < R_{23} - R_{22}$$

(4)  $-1.3 < (R_{22F} + R_{23R}) / (R_{22F} - R_{23R}) < -0.2$  一方、第3レンズ群は1つの正レンズ成分で構成可能である。そして、以下の条件を満足するとよい。

【0032】

$$(5) \quad -0.4 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 1.1$$

ただし、 $R_{3F}$ 、 $R_{3R}$ はそれぞれ第3レンズ群の正レンズ成分の物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径である。

40

【0033】

条件(5)の上限値の1.1を越えると、リアフォーカスによる非点収差の変動が大きくなりすぎ、無限物点で非点収差を良好に補正し得ても、近距離物点に対しては非点収差が悪化しやすい。下限値の-0.4を越えると、リアフォーカスによる非点収差変動は少ないが、無限物点に対する収差補正が困難となる。

【0034】

また、第3レンズ群は正レンズ1枚で構成してもよい。実用的な収差レベルの補正は可能であり、薄型化に貢献する。

【0035】

なお、以下のようにするとよりよい。

50

## 【0036】

$$(5)' -0.3 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 1.0$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

## 【0037】

$$(5)'' -0.2 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 0.9$$

次に、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。

## 【0038】

$$(6) 2.0 < \frac{d_{11}}{d_{12}}$$

10

$$(7) -1.0 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -2.0$$

ただし、 $d_{11}$ は第1レンズ群の負レンズのd線基準アッベ数、 $d_{12}$ は第1レンズ群の正レンズのd線基準アッベ数、 $R_{13}$ 、 $R_{14}$ 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。

## 【0039】

条件(6)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、 $d_{11} - d_{12}$ 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

## 【0040】

条件(7)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-2.0を越えると、歪曲収差の補正が不利になりやすい。

## 【0041】

なお、条件(6)、(7)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

## 【0042】

$$(6)' 2.2 < \frac{d_{11}}{d_{12}}$$

$$(7)' -0.9 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -2.5$$

30

さらに、条件(6)、(7)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。

## 【0043】

$$(6)'' 2.4 < \frac{d_{11}}{d_{12}}$$

$$(7)'' -0.8 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -3$$

また、以下の条件を満たすとよい。

## 【0044】

$$(8) 0.2 < d_{11} / L < 0.65$$

ただし、 $d_{11}$ は第1レンズ群の負レンズと正レンズとの光軸上の空気間隔である。

40

## 【0045】

この条件の上限の0.65を越えると、コマ収差・非点収差・歪曲収差の補正には有利であるが、光学系が分厚くなり、下限値の0.2を越えると、これらの収差が非球面を導入したにもかかわらず補正が困難になる。

## 【0046】

なお、以下のようにするとよりよい。

## 【0047】

$$(8)' 0.25 < d_{11} / L < 0.6$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

## 【0048】

$$(8)'' 0.3 < d_{11} / L < 0.55$$

50

前に、第3レンズ群は球面系又は少ない非球面量にて構成することがフォーカシング時ににおける収差変動を抑える上で好ましい旨を説明したが、より具体的には、以下の条件を満足する構成とすることが好ましい。

【0049】

$$(9) \quad 0 \leq |Asp_{3MAX}| / |Asp_{2MAX}| \leq 0.5$$

ただし、 $Asp_{3MAX}$  は第3レンズ群における各々の屈折面の光軸上での曲率半径を有する球面に対し、光軸からの高さが絞り半径最大値の0.7倍の位置における非球面偏倚量の最大値、 $Asp_{2MAX}$  は第2レンズ群における各々の屈折面の光軸上での曲率半径を有する球面に対し、光軸からの高さが絞り半径最大値の0.7倍の位置における非球面偏倚量の最大値である。

10

【0050】

条件(9)の下限値を第3レンズ群が全て球面又は平面で構成された値に対応する値の0としているため、この条件の下限値0を越えて小さくなることはない。一方、上限の0.5を越えて第3レンズ群における非球面偏倚量が大きくなると、フォーカシング時の収差変動が大きくなる。

【0051】

なお、本発明で、非球面偏倚量は、図4に示すように、対象とする非球面の光軸上での曲率半径 $r$ を有する球面(基準球面)に対し、光軸からの高さが絞り半径最大値の0.7倍の位置でのその非球面の偏倚量を言うものである。

【0052】

また、後記の実施例1、2の条件(9)の対応値は何れも0となる。後記の実施例1～3に関する表では、最大絞り径(直径)としており、絞り形状は円形である。本発明において、絞りは形状可変でも、形状固定でもよい。

20

【0053】

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】

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

この条件の下限値の $27^\circ$ 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 $42^\circ$ 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。

30

【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 $3.0\text{mm}$ 乃至 $12.0\text{mm}$ 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】

この条件の下限値の $3.0\text{mm}$ を越えて撮像素子が小さくなると、感度不足がカバーし難くなる。一方、上限値の $12.0\text{mm}$ を越えて撮像素子が大きくなると、それに付随してズームレンズも大きくなる傾向にあり、薄型化の効果が薄れる。

40

【0057】

なお、第2レンズ群の第1レンズ $L_{21}$ のシェイプファクターの逆数が以下の条件を満足することが好ましい。

【0058】

$$(10) \quad -0.3 < (R_{21F} - R_{21R}) / (R_{21F} + R_{21R}) < 0.3$$

なお、以下のようにするとよりよい。

【0059】

$$(10)' \quad -0.2 < (R_{21F} - R_{21R}) / (R_{21F} + R_{21R}) < 0.2$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

50

## 【0060】

$$(10) " - 0.15 < (R_{21F} - R_{21R}) / (R_{21F} + R_{21R}) < 0.15$$

また、先述の条件(1)と同時に以下の条件を満足することで、非点収差を始めとする軸外収差の補正により有利となる。

## 【0061】

$$(11) 0.3 < R_{21R} / L < 0.7$$

なお、以下のようにするとよりよい。

## 【0062】

$$(11)' 0.35 < R_{21R} / L < 0.65$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

10

## 【0063】

$$(11)'' 0.4 < R_{21R} / L < 0.6$$

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。

## 【0064】

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(<sub>600</sub>)が80%以上、700nmでの透過率(<sub>700</sub>)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。

20

## 【0065】

すなわち、

$$(12) 600 / 550 0.8$$

$$(13) 700 / 550 0.08$$

を満たすことが望ましい。ただし、<sub>550</sub>は波長550nmでの透過率である。

30

## 【0066】

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。

## 【0067】

$$(12)' 600 / 550 0.85$$

$$(13)' 700 / 550 0.05$$

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。

## 【0068】

$$(12)'' 600 / 550 0.9$$

$$(13)'' 700 / 550 0.03$$

40

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(<sub>400</sub>)の550nmでのそれ(<sub>550</sub>)に対する比が0.08を下回り、440nmでの透過率(<sub>440</sub>)の550nmでのそれ(<sub>550</sub>)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。

## 【0069】

すなわち、

50

(14) 400 / 550 0 . 0 8  
 (15) 440 / 550 0 . 4

を満たすことが望ましい。

【0070】

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。

【0071】

(14) ' 400 / 550 0 . 0 6  
 (15) ' 440 / 550 0 . 5

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。

10

【0072】

(14) " 400 / 550 0 . 0 4  
 (15) " 440 / 550 0 . 6

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。

【0073】

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よい。

20

【0074】

(16) 0 . 1 5 <  $t_{LPF}$  / a < 0 . 4 5

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

【0075】

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°)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  $SQRT(1/2) * a \mu m$  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  $[1 + 2 * SQRT(1/2)] * a / 5 . 8 8$  (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。

30

【0076】

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(16)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。

40

【0077】

aが4  $\mu m$  以下なら、より回折の影響を受けやすいので

(16) ' 0 . 1 3 <  $t_{LPF}$  / a < 0 . 4 2

としてもよい。

【0078】

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。

【0079】

(16) " 0 . 3 <  $t_{LPF}$  / a < 0 . 4

50

ただし、3枚重ねかつ  $4 \leq a < 5$  ( $\mu m$ ) のとき、

$0.2 \leq t_{LPF} / a < 0.28$

ただし、2枚重ねかつ  $4 \leq a < 5$  ( $\mu m$ ) のとき、

$0.1 \leq t_{LPF} / a < 0.16$

ただし、1枚のみかつ  $4 \leq a < 5$  ( $\mu m$ ) のとき、

$0.25 \leq t_{LPF} / a < 0.37$

ただし、3枚重ねかつ  $a < 4$  ( $\mu m$ ) のとき、

$0.16 \leq t_{LPF} / a < 0.25$

ただし、2枚重ねかつ  $a < 4$  ( $\mu m$ ) のとき、

$0.08 \leq t_{LPF} / a < 0.14$

ただし、1枚のみかつ  $a < 4$  ( $\mu m$ ) のとき。

#### 【0080】

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  $550 nm$  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、 $a (\mu m) / F\text{ナンバー} < 0.4$  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  $550 nm$  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かあるいは  $550 nm$  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。

#### 【0081】

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揃えており、NDフィルターの代わりにそれぞれ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周波数特性を高く設定しておく。

#### 【0082】

##### 【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1～3について説明する。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)でのレンズ断面図を図1に示す。実施例2、3については図1と同様であるので、図示は省く。図中、第1レンズ群はG1、絞りはS、第2レンズ群はG2、第3レンズ群はG3、赤外カット吸収フィルターはIF、ローパスフィルターはLF、電子撮像素子であるCCDのカバーガラスはCG、CCDの像面はIで示してある。なお、赤外カット吸収フィルターIFに代えて、透明平板の入射面に近赤外シャープカットコートとしたものを用いてもよいし、ローパスフィルターLFに直接近赤外シャープカットコートを施してもよい。

#### 【0083】

実施例1～3のズームレンズは、図1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(光軸上は平行光束を収斂させる弱い正パワー)、物体側に凸の負メニスカスレンズと両凸正レンズの接合レンズとからなる正屈折力の第2レンズ群G2、両凸正レンズ1枚からなる正屈折力の第3レンズ群G3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は物体側に凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より若干物体側の位置になる。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は物体側に繰り出される。

10

20

30

40

50

## 【0084】

非球面については、実施例1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の単独の負メニスカスレンズの両面の3面に用いられている。

## 【0085】

実施例2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の単独の負メニスカスレンズの物体側の面の2面に用いられている。

## 【0086】

実施例3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の単独の負メニスカスレンズの物体側の面、第3レンズ群G3の物体側の面の3面に用いられている。

10

## 【0087】

なお、第2レンズ群G2の正メニスカスレンズは物体側に凸の負メニスカスレンズにて構成してもよい。

## 【0088】

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、 $\theta$  は半画角、 $F_{NO}$  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、 $A_{d1}$ 、 $A_{d2}$ …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。

20

## 【0089】

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

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。

## 【0090】

## 実施例 1

$r_1 = 34.8817$	$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.74320$	$\nu_{d1} = 49.34$	
$r_2 = 5.4677$ (非球面)	$d_2 = 2.0000$			
$r_3 = 7.0403$	$d_3 = 1.8000$	$n_{d2} = 1.84666$	$\nu_{d2} = 23.78$	
$r_4 = 9.2328$	$d_4 =$ (可変)			
$r_5 = \infty$ (絞り)	$d_5 = 1.2000$			
$r_6 = 3.2917$ (非球面)	$d_6 = 2.0000$	$n_{d3} = 1.74320$	$\nu_{d3} = 49.34$	10
$r_7 = 2.7249$ (非球面)	$d_7 = 0.6000$			
$r_8 = 5.7629$	$d_8 = 0.7000$	$n_{d4} = 1.84666$	$\nu_{d4} = 23.78$	
$r_9 = 3.1449$	$d_9 = 1.3000$	$n_{d5} = 1.69680$	$\nu_{d5} = 55.53$	
$r_{10} = -534.6387$	$d_{10} =$ (可変)			
$r_{11} = 24.4631$	$d_{11} = 1.8000$	$n_{d6} = 1.60311$	$\nu_{d6} = 60.64$	
$r_{12} = -16.0910$	$d_{12} =$ (可変)			
$r_{13} = \infty$	$d_{13} = 0.8000$	$n_{d7} = 1.51633$	$\nu_{d7} = 64.14$	20
$r_{14} = \infty$	$d_{14} = 1.5000$	$n_{d8} = 1.54771$	$\nu_{d8} = 62.84$	
$r_{15} = \infty$	$d_{15} = 0.8000$			
$r_{16} = \infty$	$d_{16} = 0.7500$	$n_{d9} = 1.51633$	$\nu_{d9} = 64.14$	
$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 1.2118$			
$r_{18} = \infty$ (像面)				

## 非球面係数

## 第 2 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -5.2271 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.0492 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.3221 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

## 第 6 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -8.8120 \times 10^{-4}$$

30

40

$$A_6 = -3.2214 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -2.7773 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第7面

$$K = 0$$

$$A_4 = 3.6264 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -7.1735 \times 10^{-5}$$

10

$$A_8 = -1.0317 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ ( $\infty$ )

	WE	ST	TE	
f (mm)	4.52177	8.68932	12.88561	
F NO	2.7934	3.5239	4.5449	
$\omega$ (°)	33.2	18.2	12.4	20
$d_4$	14.42070	4.08955	1.50000	
$d_{10}$	2.53628	6.02329	11.98434	
$d_{12}$	0.92173	1.80418	1.01363	.
【 0 0 9 1 】				

## 実施例 2

$r_1 = 41.9195$	$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.74320$	$\nu_{d1} = 49.34$	
$r_2 = 5.3599$ (非球面)	$d_2 = 2.0000$			
$r_3 = 7.4865$	$d_3 = 1.8000$	$n_{d2} = 1.84666$	$\nu_{d2} = 23.78$	
$r_4 = 10.5929$	$d_4 =$ (可変)			
$r_5 = \infty$ (絞り)	$d_5 = 1.2000$			
$r_6 = 3.5376$ (非球面)	$d_6 = 2.3000$	$n_{d3} = 1.74320$	$\nu_{d3} = 49.34$	10
$r_7 = 3.0341$	$d_7 = 0.6000$			
$r_8 = 6.8380$	$d_8 = 0.7000$	$n_{d4} = 1.84666$	$\nu_{d4} = 23.78$	
$r_9 = 3.4711$	$d_9 = 1.3000$	$n_{d5} = 1.69680$	$\nu_{d5} = 55.53$	
$r_{10} = -65.6495$	$d_{10} =$ (可変)			
$r_{11} = 17.8464$	$d_{11} = 1.8000$	$n_{d6} = 1.60311$	$\nu_{d6} = 60.64$	
$r_{12} = -22.3809$	$d_{12} =$ (可変)			
$r_{13} = \infty$	$d_{13} = 0.8000$	$n_{d7} = 1.51633$	$\nu_{d7} = 64.14$	20
$r_{14} = \infty$	$d_{14} = 1.5000$	$n_{d8} = 1.54771$	$\nu_{d8} = 62.84$	
$r_{15} = \infty$	$d_{15} = 0.8000$			
$r_{16} = \infty$	$d_{16} = 0.7500$	$n_{d9} = 1.51633$	$\nu_{d9} = 64.14$	
$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 1.2136$			
$r_{18} = \infty$ (像面)				

## 非球面係数

## 第 2 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -5.8655 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.7946 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.4627 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

## 第 6 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.2212 \times 10^{-3}$$

30

40

$$A_6 = 5.9361 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.9068 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ ( $\infty$ )

	WE	ST	TE	
f (mm)	4.53237	8.68547	12.88317	
F No	2.7511	3.4823	4.5092	10
$\omega$ (°)	33.2	18.2	12.4	
$d_4$	14.13300	4.01510	1.50000	
$d_{10}$	2.53628	6.12697	12.36017	
$d_{12}$	0.92173	1.84607	1.01036	.
【 0 0 9 2 】				

## 実施例3

$r_1 = 45.8455$	$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.74320$	$\nu_{d1} = 49.34$	
$r_2 = 5.5008$ (非球面)	$d_2 = 2.0000$			
$r_3 = 7.8578$	$d_3 = 1.8000$	$n_{d2} = 1.84666$	$\nu_{d2} = 23.78$	
$r_4 = 11.1078$	$d_4 =$ (可変)			
$r_5 = \infty$ (絞り)	$d_5 = 1.2000$			
$r_6 = 3.4858$ (非球面)	$d_6 = 2.3000$	$n_{d3} = 1.74320$	$\nu_{d3} = 49.34$	10
$r_7 = 2.9980$	$d_7 = 0.6000$			
$r_8 = 7.4004$	$d_8 = 0.7000$	$n_{d4} = 1.84666$	$\nu_{d4} = 23.78$	
$r_9 = 3.5367$	$d_9 = 1.3000$	$n_{d5} = 1.69680$	$\nu_{d5} = 55.53$	
$r_{10} = -37.3345$	$d_{10} =$ (可変)			
$r_{11} = 17.0725$ (非球面)	$d_{11} = 1.8000$	$n_{d6} = 1.58913$	$\nu_{d6} = 61.14$	
$r_{12} = -23.2116$	$d_{12} =$ (可変)			
$r_{13} = \infty$	$d_{13} = 0.8000$	$n_{d7} = 1.51633$	$\nu_{d7} = 64.14$	20
$r_{14} = \infty$	$d_{14} = 1.5000$	$n_{d8} = 1.54771$	$\nu_{d8} = 62.84$	
$r_{15} = \infty$	$d_{15} = 0.8000$			
$r_{16} = \infty$	$d_{16} = 0.7500$	$n_{d9} = 1.51633$	$\nu_{d9} = 64.14$	
$r_{17} = \infty$	$d_{17} = 1.2109$			
$r_{18} = \infty$ (像面)				

## 非球面係数

## 第2面

$$K = 0$$

$$A_4 = -5.2456 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.2416 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.1710 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

## 第6面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.0886 \times 10^{-3}$$

30

40

$A_6 = -2.5444 \times 10^{-5}$

$A_8 = -1.0517 \times 10^{-5}$

$A_{10} = 0.0000$

第11面

$K = 0$

$A_4 = 1.3432 \times 10^{-5}$

$A_6 = 9.5094 \times 10^{-6}$

$A_8 = -2.3278 \times 10^{-7}$

$A_{10} = 0.0000$

ズームデータ ( $\infty$ )

	WE	S T	TE	
$f$ (mm)	4.51811	8.68845	12.89053	
$F_{NO}$	2.7511	3.4823	4.5092	
$\omega$ (°)	33.2	18.3	12.5	20
$d_4$	14.10853	4.04072	1.50000	
$d_{10}$	2.53628	6.23780	12.42864	
$d_{12}$	0.92173	1.79977	0.98117	.

【0093】

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2、図3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、“FIY”は像高を表す。

【0094】

次に、上記各実施例における条件(1)～(8)、(10)～(16)の値、条件(9)に関する $Asp_{2MAX}$ 、 $Asp_{3MAX}$ 、最大絞り径(直径)、及び、Lの値を示す。

実施例	1	2	3	
(1)	0.82782	0.85765	0.86008	
(2)	0.57705	0.51583	0.50775	
(3)	31.75000	31.75000	31.75000	
(4)	-0.97867	-0.81133	-0.66915	
(5)	0.20644	-0.11272	-0.15240	
(6)	25.56000	25.56000	25.56000	10
(7)	-7.42188	-5.82016	-5.83566	
(8)	0.35714	0.35714	0.35714	
(10)	0.09420	0.07663	0.07522	
(11)	0.48659	0.54180	0.53536	
(12)	1.0	1.0	1.0	
(13)	0.04	0.04	0.04	
(14)	0.0	0.0	0.0	20
(15)	1.06	1.06	1.06	
(16)	0.333	0.333	0.333	
	(a=3.0)	(a=3.0)	(a=3.0)	
Asp <sub>2MAX</sub>	-0.00278	-0.00368	-0.00365	
Asp <sub>3MAX</sub>	0	0	0.00009	
φ	3.68	3.80	3.80	
L	5.6	5.6	5.6	30

なお、実施例 1 ~ 3 のローパスフィルター L F の総厚  $t_{LPF}$  は何れも 1 . 5 0 0 ( m m ) 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 L F 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。

#### 【 0 0 9 5 】

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 5 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 5 ) 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。

#### 【 0 0 9 6 】

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 I F 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 I F 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 I F を除去して、ローパスフィルター L F 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。

【 0 0 9 7 】

この場合の近赤外シャープカットコートは、波長 6 0 0 n m での透過率が 8 0 % 以上、波長 7 0 0 n m での透過率が 1 0 % 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 2 7 層の層構成からなる多層膜である。ただし、設計波長は 7 8 0 n m である。

【 0 0 9 8 】

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

【0099】

上記の近赤外シャープカットコートの透過率特性は図6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7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。

【0100】

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。

【0101】

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

【0102】

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。

【0103】

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。

【0104】

上記各実施例では、図7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

【0105】

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。

【0106】

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 $\text{SQRT}(1/2) \times a$ だけずらすことと、モアレ抑制を行っている。ここで、SQR 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。

30

【0107】

また、CCDの撮像面I上には、図8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。

【0108】

40

補色モザイクフィルターは、具体的には、図8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。

【0109】

グリーンの色フィルターGは波長G<sub>P</sub>に分光強度のピークを有し、イエローの色フィルターY<sub>e</sub>は波長Y<sub>P</sub>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<sub>P</sub>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<sub>P1</sub>とM<sub>P2</sub>にピークを有し、以下の条件を満足する。

【0110】

510nm < G<sub>P</sub> < 540nm

50

$5 \text{ nm} < Y_p - G_p < 35 \text{ nm}$   
 $-100 \text{ nm} < C_p - G_p < -5 \text{ nm}$   
 $430 \text{ nm} < M_{p1} < 480 \text{ nm}$   
 $580 \text{ nm} < M_{p2} < 640 \text{ nm}$

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  $530 \text{ nm}$  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  $530 \text{ nm}$  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。

#### 【0111】

上記各実施例におけるそれぞれの波長特性の一例を図 9 に示す。グリーンの色フィルター  $G$  は  $525 \text{ nm}$  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  $555 \text{ nm}$  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  $510 \text{ nm}$  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  $445 \text{ nm}$  と  $620 \text{ nm}$  にピークを有している。また、 $530 \text{ nm}$  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。

#### 【0112】

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。

#### 【0113】

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  $L_F$  の枚数も前記した通り 2 枚でも 1 枚でも構わない。

#### 【0114】

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。

#### 【0115】

図 10 ~ 図 12 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 10 はデジタルカメラ 40 の外観を示す前方斜視図、図 11 は同後方斜視図、図 12 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 を押すと、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  $L_F$  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込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。

#### 【0116】

10

20

30

40

50

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。

## 【0117】

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。

10

## 【0118】

なお、図12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。

## 【0119】

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。

## 【0120】

〔1〕ズームレンズ及びその像側に配された撮像素子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レンズ群よりなり、無限遠物点合焦点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、前記第2レンズ群が物体側へのみ移動し、かつ、前記第3レンズ群は第2レンズ群とは異なる軌跡で移動し、

20

前記第2レンズ群は、物体側から順に、物体側面に非球面を有する正又は負の第1レンズL21、負の第2レンズL22、正の第3レンズL23の3枚のレンズよりなると共に、前記第2レンズL22と第3レンズL23とは接合されており、

以下の条件を満足することを特徴とする電子撮像装置。

## 【0121】

$$(1) \quad 0.65 < R_{21R} / R_{21F} < 1.05$$

$$(2) \quad 0.3 < L / f_{2R} < 0.9$$

ただし、 $R_{21F}$ 、 $R_{21R}$ はそれぞれ第2レンズ群の第1レンズL21の物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径、Lは撮像素子の有効撮像領域の対角長、 $f_{2R}$ は第2レンズ群の第2レンズL22と第3レンズL23との合成焦点距離である。

30

## 【0122】

〔2〕前記第2レンズ群における第2レンズL22及び第3レンズL23が以下の条件を満足することを特徴とする上記1記載の電子撮像装置。

## 【0123】

$$(3) \quad 2.5 < \frac{R_{23}}{R_{22}} < 2.2$$

$$(4) \quad -1.5 < (R_{22F} + R_{23R}) / (R_{22F} - R_{23R}) < 0$$

ただし、 $R_{22}$ は第2レンズ群の第2レンズL22のd線基準アッベ数、 $R_{23}$ は第2レンズ群の第3レンズL23のd線基準アッベ数、 $R_{22F}$ 、 $R_{23R}$ はそれぞれ第2レンズ群の第2レンズL22の物体側面、第3レンズL23の像側面における光軸上の曲率半径である。

40

## 【0124】

〔3〕前記第3レンズ群は1つの正レンズ成分からなり、以下の条件を満足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。

## 【0125】

$$(5) \quad -0.4 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 1.1$$

ただし、 $R_{3F}$ 、 $R_{3R}$ はそれぞれ第3レンズ群の正レンズ成分の物体側面及び像側面の光軸上の曲率半径である。

## 【0126】

50

〔4〕 前記第3レンズ群は1つの正の単レンズからなることを特徴とする上記3記載の電子撮像装置。

## 【0127】

〔5〕 前記第3レンズ群は球面のみで構成されていることを特徴とする上記1から4の何れか1項記載の電子撮像装置。

## 【0128】

〔6〕 光路中に開口絞りを有し、かつ、前記第3レンズ群の屈折面の面形状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項記載の電子撮像装置。

## 【0129】

$$(9) \quad 0 \mid Asp_{3MAX} \mid / \mid Asp_{2MAX} \mid \quad 0.5$$

10

ただし、 $Asp_{3MAX}$  は第3レンズ群における各々の屈折面の光軸上での曲率半径を有する球面に対し、光軸からの高さが絞り半径最大値の0.7倍の位置における非球面偏倚量の最大値、 $Asp_{2MAX}$  は第2レンズ群における各々の屈折面の光軸上での曲率半径を有する球面に対し、光軸からの高さが絞り半径最大値の0.7倍の位置における非球面偏倚量の最大値である。

## 【0130】

〔7〕 広角端から望遠端への変倍に際して、前記第3レンズ群は物体側に凸の形状の軌跡で移動することを特徴とする上記1から6の何れか1項記載の電子撮像装置。

## 【0131】

〔8〕 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、以下の条件式を満足することを特徴とする上記1から7の何れか1項記載の電子撮像装置。

20

## 【0132】

$$(6) \quad 2.0 < \frac{d_{11}}{R_{11} - R_{12}}$$

$$(7) \quad -1.0 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -2.0$$

ただし、 $d_{11}$ は第1レンズ群の負レンズのd線基準アッペ数、 $R_{12}$ は第1レンズ群の正レンズのd線基準アッペ数、 $R_{13}$ 、 $R_{14}$ 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。

## 【0133】

〔9〕 前記第1レンズ群は、空気間隔を挟んで負レンズと正レンズの2枚のレンズで構成され、以下の条件式を満足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。

30

## 【0134】

$$(8) \quad 0.2 < d_{11} / L < 0.65$$

ただし、 $d_{11}$ は第1レンズ群の負レンズと正レンズとの光軸上の空気間隔である。

## 【0135】

〔10〕 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1から9の何れか1項記載の電子撮像装置。

## 【0136】

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

40

〔11〕 前記ズームレンズの広角端半画角 $w$ が $27^\circ$ から $42^\circ$ の範囲にあることを特徴とする上記1から10の何れか1項記載の電子撮像装置。

## 【0137】

〔12〕 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ことを特徴とする上記1から11の何れか1項記載の電子撮像装置。

## 【0138】

〔13〕 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間に配された開口絞りを有することを特徴とする上記1から12の何れか1項記載の電子撮像装置。

## 【0139】

〔14〕 前記開口絞りは前記第2レンズ群と一体で移動することを特徴とする上記13

50

記載の電子撮像装置。

【0140】

【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。

【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1の無限遠物点合焦時の収差図である。

10

【図3】実施例1の被写体距離10cm合焦時の収差図である。

【図4】本発明における非球面偏倚量の定義を説明するための図である。

【図5】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。

【図6】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7】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8】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9】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10】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。

20

【図11】図10のデジタルカメラの後方斜視図である。

【図12】図10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

G2...第2レンズ群

G3...第3レンズ群

S...開口絞り

IF...赤外カット吸収フィルター

LF...ローパスフィルター

30

CG...カバーガラス

I...像面

E...観察者眼球

40...デジタルカメラ

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

40

47...液晶表示モニター

49...CCD

50...カバー部材

51...処理手段

52...記録手段

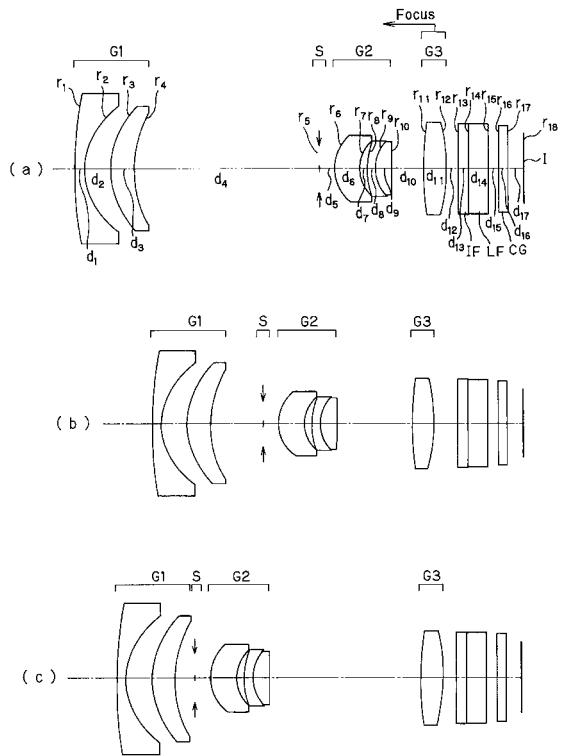
53...ファインダー用対物光学系

55...ポロプリズム

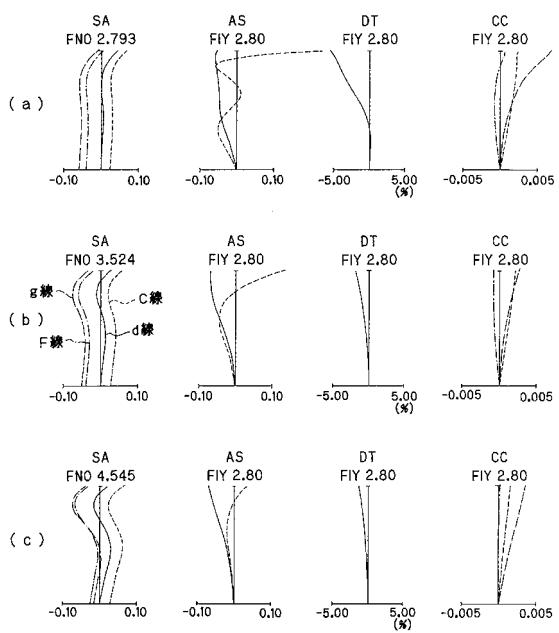
57...視野枠

59...接眼光学系

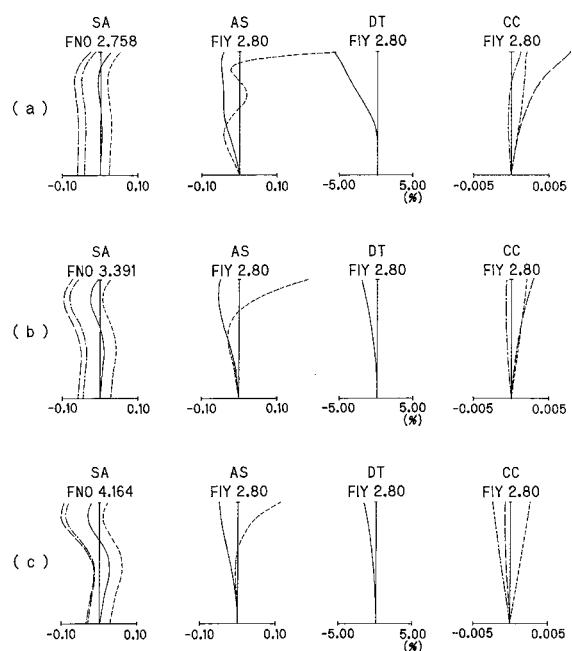
【図1】



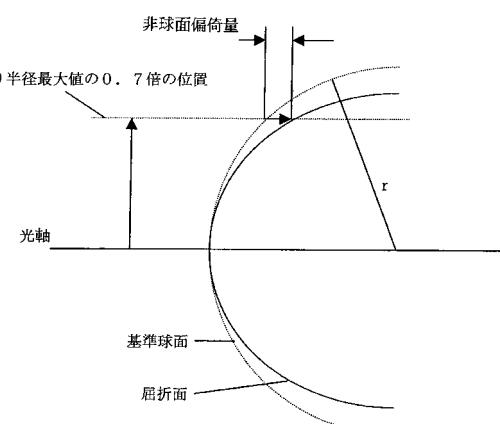
【図2】



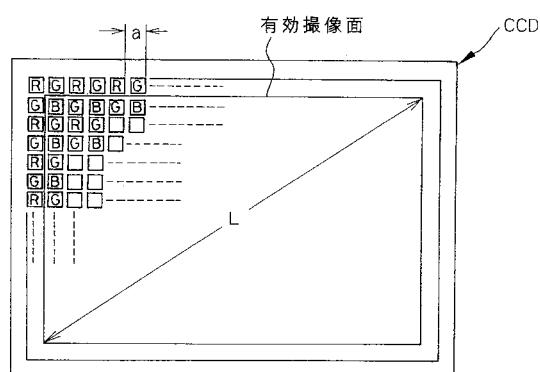
【図3】



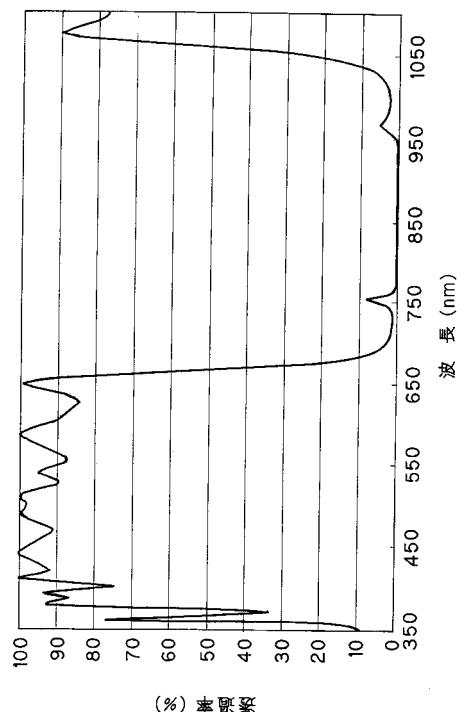
【図4】



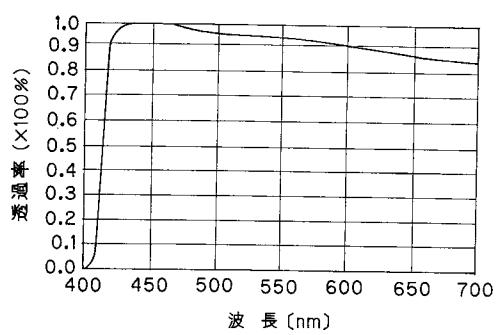
【図5】



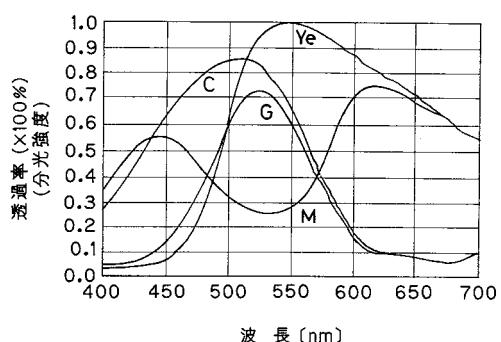
【図6】



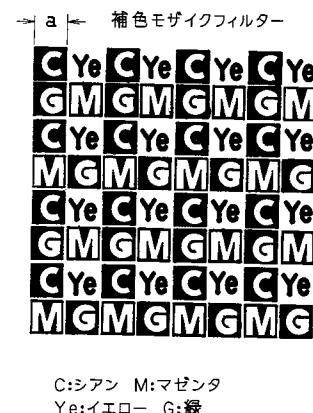
【図7】



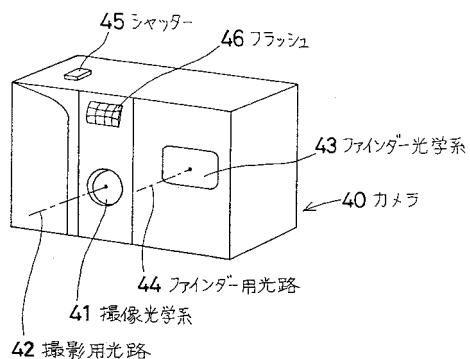
【図9】



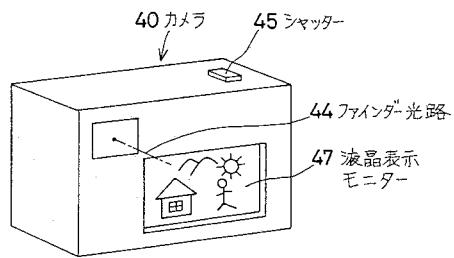
【図8】



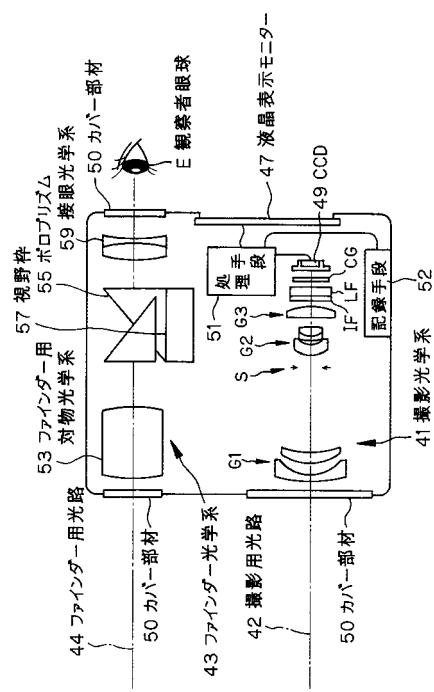
【図10】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 04N 5/232 (2006.01) H 04N 5/232 A

(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 濱川 勝久

(56)参考文献 特開2001-281545 (JP, A)  
特開2003-050352 (JP, A)  
特開2002-244043 (JP, A)

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