

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4039838号
(P4039838)

(45) 発行日 平成20年1月30日(2008.1.30)

(24) 登録日 平成19年11月16日(2007.11.16)

(51) Int.Cl.

F 1

G O 2 B 15/20 (2006.01)

G O 2 B 15/20

G O 2 B 5/22 (2006.01)

G O 2 B 5/22

G O 2 B 5/30 (2006.01)

G O 2 B 5/30

G O 2 B 13/18 (2006.01)

G O 2 B 13/18

H O 4 N 5/225 (2006.01)

H O 4 N 5/225

D

請求項の数 10 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2001-313575 (P2001-313575)
 (22) 出願日 平成13年10月11日(2001.10.11)
 (65) 公開番号 特開2003-121741 (P2003-121741A)
 (43) 公開日 平成15年4月23日(2003.4.23)
 審査請求日 平成16年8月5日(2004.8.5)

(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4番2号
 (74) 代理人 100097777
 弁理士 荏澤 弘
 (74) 代理人 100088041
 弁理士 阿部 龍吉
 (74) 代理人 100092495
 弁理士 蛭川 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、無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して前記第2レンズ群が物体側へのみ移動し、前記第3レンズ群が第2レンズ群との間隔を変化させつつ移動し、前記第2レンズ群は、空間を挟んで物体側から順に、非球面を有する正の第1単レンズL21、物体側面よりも像側面の方が強い曲率でありかつ像側へ凹面を向けた負の第2単レンズL22、非球面を有する正又は負の第3単レンズL23の3つの単レンズにて構成され、以下の条件式を満足することを特徴とする電子撮像装置。

$$(1) \quad 0.8 < R_{24} / R_{21} < 2.0$$

$$(2) \quad -0.1 < f_2 / f_{23} < 1.1$$

$$(3) \quad \tau_{22} < 26.5$$

$$(4) \quad 9.5 \times 10^{-3} \cdot L > |Asp23| > 2 \cdot |Asp21|$$

ただし、 R_{21} 、 R_{24} はそれぞれ第1単レンズL21の物体側面、第2単レンズL22の像側面の光軸上の曲率半径、 f_{23} は第3単レンズL23の焦点距離、 f_2 は第2レンズ群全系の合成焦点距離、 τ_{22} は第2単レンズL22の媒質のd線基準でのアッペ数、Lは撮像素子の有効撮像領域の対角長、Asp21、Asp23はそれぞれ第1単レンズL21に設けられた非球面と第3単レンズL23に設けられた非球面が有する光軸上の曲率半径を持つ基準球

面に対し、光軸からの高さが $0.3L$ での非球面偏倚量である。

【請求項 2】

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。

$$(5) \quad 0.0 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 1.2$$

ただし、 R_{3F} 、 R_{3R} はそれぞれ第 3 レンズ群の最も物体側の面、最も像側の面の光軸上の曲率半径である。

【請求項 3】

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 枚で構成されており、以下の条件を満足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。

$$(6) \quad 2.0 < \frac{1}{11} - \frac{1}{12}$$

$$(7) \quad -1.0 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -2$$

ただし、 $\frac{1}{11}$ 、 $\frac{1}{12}$ はそれぞれ第 1 レンズ群の負レンズと正レンズの媒質の d 線基準の阿ッペ数、 R_{13} 、 R_{14} はそれぞれ第 1 レンズ群正レンズの物体側の面、像側の面の光軸上の曲率半径である。

【請求項 4】

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、前記第 3 レンズ群が像側に凸の軌跡で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。

【請求項 5】

前記第 3 レンズ群は 1 枚の正の単レンズのみで構成されていることを特徴とする請求項 1 から 4 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【請求項 6】

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 5 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【請求項 7】

変倍時に前記絞りが第 2 レンズ群と一体で移動することを特徴とする請求項 6 記載の電子撮像装置。

【請求項 8】

前記第 3 レンズ群の移動により近距離物点への合焦を行う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。

【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 乃至 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 ω_w が 27° から 42° の範囲にあることを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【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し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。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

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を薄いビデオカメラ、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。

【 0 0 0 4 】

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。

【 0 0 0 5 】

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る、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。

【 0 0 0 6 】

また、奥行きを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あるが出てくる。

【 0 0 0 7 】

【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い、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。

【 0 0 0 8 】

【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、

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前記第2レンズ群が物体側へのみ移動し、前記第3レンズ群が第2レンズ群との間隔を変化させつつ移動し、前記第2レンズ群は、空間を挟んで物体側から順に、非球面を有する正の第1単レンズL21、物体側面よりも像側面の方が強い曲率でありかつ像側へ凹面を向けた負の第2単レンズL22、非球面を有する正又は負の第3単レンズL23の3つの単レンズにて構成され、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

【 0 0 0 9 】

$$(1) \quad 0.8 < R_{24} / R_{21} < 2.0$$

$$(2) \quad -0.3 < f_2 / f_{23} < 1.2$$

$$(3) \quad {}_{22} < 26.5$$

$$(4) \quad 9.5 \times 10^{-3} \cdot L > |\text{Asp23}| > 2 \cdot |\text{Asp21}|$$

ただし、 R_{21} 、 R_{24} はそれぞれ第1単レンズL21の物体側面、第2単レンズL22の像側面の光軸上の曲率半径、 f_{23} 第3単レンズL23の焦点距離、 f_2 は第2レンズ群全系の合成焦点距離、 ${}_{22}$ は第2単レンズL22の媒質のd線基準でのアッペ数、Lは撮像素子の有効撮像領域の対角長、Asp21、Asp23はそれぞれ第1単レンズL21に設けられた非球面と第3単レンズL23に設けられた非球面が有する光軸上の曲率半径を持つ基準球面に対し、光軸からの高さが0.3Lでの非球面偏倚量である。

【0010】

10

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、そのズームレンズは、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、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第2レンズ群が物体側へのみ移動し、第3レンズ群が第2レンズ群との間隔を変化させつつ移動するものであり、第2レンズ群は、空間を挟んで物体側から順に、非球面を有する正の第1単レンズL21、物体側面よりも像側面の方が強い曲率でありかつ像側へ凹面を向けた負の第2単レンズL22、非球面を有する正又は負の第3単レンズL23の3つの単レンズにて構成されたズームレンズを採用している。

20

【0012】

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。

【0013】

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レンズ群を、物体側から順に、非球面を有する正の第1単レンズL21、物体側面よりも像側面の方が強い曲率でありかつ像側へ凹面を向けた負の第2単レンズL22、非球面を有する正又は負の第3単レンズL23の3つの単レンズをそれぞれ空気間隔を隔てて構成するのがよい。

30

【0014】

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。

40

【0015】

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、物体側から順に、非球面を有する正レンズ、負レンズ、非球面を有するレンズをそれぞれ空気間隔を隔てて構成するのがよい。

【0016】

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

50

望遠端のF値差が小さい。

【0017】

さらに、第2レンズ群に関し、以下の条件式を満足するのがよい。

【0018】

$$(1) \quad 0.8 < R_{24} / R_{21} < 2.0$$

$$(2) \quad -0.3 < f_2 / f_{23} < 1.2$$

$$(3) \quad {}_{22} < 26.5$$

$$(4) \quad 9.5 \times 10^{-3} \cdot L > |\text{Asp23}| > 2 \cdot |\text{Asp21}|$$

ただし、 R_{21} 、 R_{24} はそれぞれ第1単レンズL21の物体側面、第2単レンズL22の像側面の光軸上の曲率半径、 f_{23} 第3単レンズL23の焦点距離、 f_2 は第2レンズ群全系の合成焦点距離、 ${}_{22}$ は第2単レンズL22の媒質のd線基準でのアッペ数、Lは撮像素子の有効撮像領域（略矩形）の対角長、Asp21、Asp23はそれぞれ第1単レンズL21に設けられた非球面と第3単レンズL23に設けられた非球面が有する光軸上の曲率半径を持つ基準球面に対し、光軸からの高さが0.3Lでの非球面偏倚量である。すなわち、本発明でいう非球面偏倚量は、図6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、撮像素子の有効撮像領域の対角長をLとすると、光軸からの高さが0.3Lの位置でのその非球面の偏倚量を言うものである。

【0019】

条件(1)の上限の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、第1単レンズL21と第3単レンズL23の相対偏心敏感度が大きくなりやすい。下限の0.8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く、第1単レンズL21と第2単レンズL22の相対偏心敏感度が大きくなりやすい。

【0020】

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、上限値の1.2を越えると、球面収差・コマ収差・非点収差が十分に補正し難く、小型で高いズーム比の確保も困難になる。

【0021】

条件(3)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ていないが、あえて下限値を付けるとすれば、下限値を20とし、 ${}_{22}$ 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、レンズ材料が高価となる。

【0022】

ところで、第3レンズ群は球面のみ若しくは少ない非球面量しか導入できないため、その分第2レンズ群の第3単レンズL23には光軸上の曲率半径の球面に対してある程度の偏倚量の非球面を導入しないと、球面収差・コマ収差・非点収差が十分に補正できない。一方、第2レンズ群内の各成分の相対偏心敏感度を重視する必要があるため、非球面に関し条件(4)を満足するのがよい。上限値の $9.5 \times 10^{-3} \cdot L$ を越えると、第3単レンズL23の相対偏心敏感度が大きくなりがちである。下限値の $2 \cdot |\text{Asp21}|$ を越えると、球面収差・コマ収差・非点収差が十分に補正できない。

【0023】

なお、条件(1)～(4)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。

【0024】

$$(1)' \quad 0.85 < R_{24} / R_{21} < 1.8$$

$$(2)' \quad -0.2 < f_2 / f_{23} < 1.15$$

$$(3)' \quad {}_{22} < 26$$

$$(4)' \quad 8.5 \times 10^{-3} \cdot L > |\text{Asp23}| > 2.5 \cdot |\text{Asp21}|$$

さらに、条件(1)～(4)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。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 5 】

$$(1) \quad 0.9 < R_{24} / R_{21} < 1.6$$

$$(2) \quad -0.1 < f_2 / f_{23} < 1.1$$

$$(3) \quad \tau_{22} < 25.5$$

$$(4) \quad 7.5 \times 10^{-3} \cdot L > |\text{Asp23}| > 3 \cdot |\text{Asp21}|$$

次に、フォーカスのためにも可動である第3レンズ群に関し、以下の条件を満足するのがよい。

【 0 0 2 6 】

$$(5) \quad 0 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 1.2$$

ただし、 R_{3F} 、 R_{3R} はそれぞれ第3レンズ群の最も物体側の面及び最も像側の面の光軸上の曲率半径である。

10

【 0 0 2 7 】

条件(5)の上限値1.2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。なお、広角端から望遠端に変倍する際、第3レンズ群は像側に凸の軌跡を動くようにすると特に出来栄誤差によるピント位置のばらつきの大きな望遠端における調整余裕量の確保が容易になる。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。

【 0 0 2 8 】

20

なお、以下のようにするとよりよい。

【 0 0 2 9 】

$$(5)' \quad 0.1 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 1.1$$

さらに、以下のようにすると最もよい。

【 0 0 3 0 】

$$(5)'' \quad 0.2 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 1.0$$

第1レンズ群については、非球面を含む負レンズと正レンズの2枚で構成し、以下の条件を満足するとよい。

【 0 0 3 1 】

$$(6) \quad 2.0 < \tau_{11} - \tau_{12}$$

30

$$(7) \quad -1.0 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -2$$

ただし、 τ_{11} 、 τ_{12} はそれぞれ第1レンズ群の負レンズと正レンズの媒質のd線基準のアップベ数、 R_{13} 、 R_{14} はそれぞれ第1レンズ群正レンズの物体側の面、像側の面の光軸上の曲率半径である。

【 0 0 3 2 】

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、 $\tau_{11} - \tau_{12}$ 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、レンズ材料が高価となる。

40

【 0 0 3 3 】

条件(7)は、第1レンズ群の正レンズのシェープ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。

【 0 0 3 4 】

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。

【 0 0 3 5 】

$$(6)' \quad 2.2 < \tau_{11} - \tau_{12}$$

$$(7)' \quad -9 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -2.5$$

50

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。

【0036】

$$(6) \quad \theta_{24} < \theta_{11} - \theta_{12}$$

$$(7) \quad -8 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -3$$

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 ω 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 ω に相当する。)。

【0037】

$$27^\circ < \omega < 42^\circ$$

10

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。

【0038】

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。

【0039】

この下限値 3.0 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 12.0 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。

20

【0040】

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。

【0041】

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 600 nm での透過率 (τ_{600}) が 80% 以上、 700 nm での透過率 (τ_{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 700 nm 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。

30

【0042】

すなわち、

$$(8) \quad \tau_{600} / \tau_{550} \geq 0.8$$

$$(9) \quad \tau_{700} / \tau_{550} \geq 0.08$$

40

を満たすことが望ましい。ただし、 τ_{550} は波長 550 nm での透過率である。

【0043】

なお、条件(8)、(9)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

【0044】

$$(8)' \quad \tau_{600} / \tau_{550} \geq 0.85$$

$$(9)' \quad \tau_{700} / \tau_{550} \geq 0.05$$

さらに、条件(8)、(9)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。

【0045】

$$(8)'' \quad \tau_{600} / \tau_{550} \geq 0.9$$

50

$$(9) \quad \frac{700}{550} = 0.03$$

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、色再現に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。

【0046】

10

すなわち、

$$(10) \quad \frac{400}{550} = 0.08$$

$$(11) \quad \frac{440}{550} = 0.4$$

を満たすことが望ましい。

【0047】

なお、条件(10)、(11)の何れかあるいは両方を以下のようにするとよりよい。

【0048】

$$(10)' \quad \frac{400}{550} = 0.06$$

$$(11)' \quad \frac{440}{550} = 0.5$$

さらに、条件(10)、(11)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。

20

【0049】

$$(10)'' \quad \frac{400}{550} = 0.04$$

$$(11)'' \quad \frac{440}{550} = 0.6$$

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。

【0050】

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と比べ実質の感度が高く、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。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。

30

【0051】

$$(12) \quad 0.15 < t_{LPF} / a < 0.45$$

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。

【0052】

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 $\text{SQRT}(1/2) * a \mu m$ 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 $[1 + 2 * \text{SQRT}(1/2)] * a / 5.88$ (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。

40

【0053】

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(12)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

50

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 $5 \mu\text{m}$ 以下である。

【0054】

a が $4 \mu\text{m}$ 以下なら、より回折の影響を受けやすいので

$$(12) \quad 0.13 < t_{\text{LPF}} / a < 0.42$$

としてもよい。

【0055】

また、水平画素ピッチと重な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。

【0056】

$$(12) \quad 0.3 < t_{\text{LPF}} / a < 0.4$$

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

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

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

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

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

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

ただし、3枚重ねかつ $a < 4 (\mu\text{m})$ のとき、

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

ただし、2枚重ねかつ $a < 4 (\mu\text{m})$ のとき、

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

ただし、1枚のみかつ $a < 4 (\mu\text{m})$ のとき。

【0057】

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き、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、 $a (\mu\text{m}) / F$ 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 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き、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。

【0058】

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き、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。

【0059】

【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1～3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

10

20

30

40

50

レンズ断面図をそれぞれ図 1 ~ 図 3 に示す。各図中、第 1 レンズ群は G 1、絞りは S、第 2 レンズ群は G 2、第 3 レンズ群は G 3、赤外カット吸収フィルターは I F、ローパスフィルターは L F、電子撮像素子である C C D のカバーガラスは C G、C C D 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 I F 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 L F に直接近赤外シャープカットコートを施してもよい。

【 0 0 6 0 】

実施例 1 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 G 1、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と、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる正屈折力の第 2 レンズ群 G 2、両凸正レンズ 1 枚からなる正屈折力の第 3 レンズ群 G 3 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 G 1 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 G 2 は開口絞り S と一体に物体側に移動し、第 3 レンズ群 G 3 は像面側に凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より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 G 3 は物体側に繰り出される。

10

【 0 0 6 1 】

非球面は、第 1 レンズ群 G 1 の負メニスカスレンズの像面側の面、第 2 レンズ群 G 2 の物体側の正メニスカスレンズの物体側の面、像面側の正メニスカスレンズの像面側の面の 3 面に用いられている。

20

【 0 0 6 2 】

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 G 1、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と、物体側に凸の正メニスカスレンズとからなる正屈折力の第 2 レンズ群 G 2、両凸正レンズ 1 枚からなる正屈折力の第 3 レンズ群 G 3 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 G 1 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 G 2 は開口絞り S と一体に物体側に移動し、第 3 レンズ群 G 3 は像面側に凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より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 G 3 は物体側に繰り出される。

30

【 0 0 6 3 】

非球面は、第 1 レンズ群 G 1 の負メニスカスレンズの像面側の面、第 2 レンズ群 G 2 の物体側の正メニスカスレンズの物体側の面、像面側の正メニスカスレンズの像面側の面の 3 面に用いられている。

【 0 0 6 4 】

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 G 1、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と、両凸正レンズとからなる正屈折力の第 2 レンズ群 G 2、両凸正レンズ 1 枚からなる正屈折力の第 3 レンズ群 G 3 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 G 1 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 G 2 は開口絞り S と一体に物体側に移動し、第 3 レンズ群 G 3 は像面側に凸の軌跡を描いて移動し、望遠端では広角端より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 G 3 は物体側に繰り出される。

40

【 0 0 6 5 】

非球面は、第 1 レンズ群 G 1 の負メニスカスレンズの像面側の面、第 2 レンズ群 G 2 の正メニスカスレンズの物体側の面、両凸正レンズの像面側の面の 3 面に用いられている。

【 0 0 6 6 】

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、 ω 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

50

...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、 n_{d1} 、 n_{d2} ...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。

【0067】

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

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。

【0068】

実施例 1

$r_1 =$	52.2545	$d_1 =$	0.7000	$n_{d1} =$	1.74320	$\nu_{d1} =$	49.34
$r_2 =$	5.0761 (非球面)	$d_2 =$	1.8301				
$r_3 =$	7.1261	$d_3 =$	1.8000	$n_{d2} =$	1.84666	$\nu_{d2} =$	23.78
$r_4 =$	10.8790	$d_4 =$	(可変)				
$r_5 =$	∞ (絞り)	$d_5 =$	1.2000				
$r_6 =$	3.9711 (非球面)	$d_6 =$	2.0000	$n_{d3} =$	1.74320	$\nu_{d3} =$	49.34
$r_7 =$	28.3401	$d_7 =$	0.1500				
$r_8 =$	31.6379	$d_8 =$	0.7000	$n_{d4} =$	1.84666	$\nu_{d4} =$	23.78
$r_9 =$	5.0036	$d_9 =$	0.5000				
$r_{10} =$	13.6613	$d_{10} =$	1.0000	$n_{d5} =$	1.69350	$\nu_{d5} =$	53.21
$r_{11} =$	310.0594 (非球面)	$d_{11} =$	(可変)				
$r_{12} =$	99.1278	$d_{12} =$	1.8000	$n_{d6} =$	1.48749	$\nu_{d6} =$	70.23
$r_{13} =$	-8.6753	$d_{13} =$	(可変)				
$r_{14} =$	∞	$d_{14} =$	0.8000	$n_{d7} =$	1.51633	$\nu_{d7} =$	64.14
$r_{15} =$	∞	$d_{15} =$	1.5000	$n_{d8} =$	1.54771	$\nu_{d8} =$	62.84
$r_{16} =$	∞	$d_{16} =$	0.8000				
$r_{17} =$	∞	$d_{17} =$	0.7500	$n_{d9} =$	1.51633	$\nu_{d9} =$	64.14
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	1.2096				
$r_{19} =$	∞ (像面)						

10

20

非球面係数

30

第 2 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -6.1222 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 2.3618 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -2.2643 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第 6 面

$$K = 0$$

40

$$A_4 = -2.9737 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -3.6891 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 2.1913 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第11面

$$K = 0$$

$$A_4 = 3.8354 \times 10^{-3}$$

10

$$A_6 = 7.6364 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 7.0132 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.52342	8.69395	12.89326
F _{N0}	2.7290	3.6393	4.5081
ω (°)	33.1	18.1	12.5
d ₄	13.81185	4.86946	1.50000
d ₁₁	2.53628	7.38573	11.86112
d ₁₃	0.92173	0.77763	0.99538

20

【 0 0 6 9 】

実施例 2

$r_1 =$	50.9924	$d_1 =$	0.7000	$n_{d1} =$	1.74320	$\nu_{d1} =$	49.34
$r_2 =$	5.3171 (非球面)	$d_2 =$	1.7844				
$r_3 =$	7.4849	$d_3 =$	1.8000	$n_{d2} =$	1.84666	$\nu_{d2} =$	23.78
$r_4 =$	11.2649	$d_4 =$	(可変)				
$r_5 =$	∞ (絞り)	$d_5 =$	1.2000				
$r_6 =$	3.8064 (非球面)	$d_6 =$	2.0000	$n_{d3} =$	1.74320	$\nu_{d3} =$	49.34
$r_7 =$	10.0440	$d_7 =$	0.1500				
$r_8 =$	11.0988	$d_8 =$	0.7000	$n_{d4} =$	1.84666	$\nu_{d4} =$	23.78
$r_9 =$	3.6250	$d_9 =$	0.5000				
$r_{10} =$	6.8228	$d_{10} =$	1.0000	$n_{d5} =$	1.69350	$\nu_{d5} =$	53.21
$r_{11} =$	148.7679 (非球面)	$d_{11} =$	(可変)				
$r_{12} =$	47.3875	$d_{12} =$	1.8000	$n_{d6} =$	1.48749	$\nu_{d6} =$	70.23
$r_{13} =$	-9.6307	$d_{13} =$	(可変)				
$r_{14} =$	∞	$d_{14} =$	0.8000	$n_{d7} =$	1.51633	$\nu_{d7} =$	64.14
$r_{15} =$	∞	$d_{15} =$	1.5000	$n_{d8} =$	1.54771	$\nu_{d8} =$	62.84
$r_{16} =$	∞	$d_{16} =$	0.8000				
$r_{17} =$	∞	$d_{17} =$	0.7500	$n_{d9} =$	1.51633	$\nu_{d9} =$	64.14
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	1.1955				
$r_{19} =$	∞ (像面)						

10

20

非球面係数

30

第 2 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -5.4146 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.9075 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.6850 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第 6 面

$$K = 0$$

40

$$A_4 = -5.1766 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -4.7950 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -4.0030 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第11面

$$K = 0$$

$$A_4 = 2.2576 \times 10^{-3}$$

10

$$A_6 = 3.3001 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 4.0655 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.50434	8.68810	12.90029
F _{N0}	2.7087	3.5752	4.4375
ω (°)	33.2	18.2	12.5
d ₄	14.32504	4.87585	1.50000
d ₁₁	2.53628	7.21438	11.81685
d ₁₃	0.92173	0.89646	0.95381

20

【 0 0 7 0 】

実施例 3

$r_1 =$	52.7507	$d_1 =$	0.7000	$n_{d1} =$	1.74320	$\nu_{d1} =$	49.34	
$r_2 =$	4.8053 (非球面)	$d_2 =$	1.7022					
$r_3 =$	6.8460	$d_3 =$	1.8000	$n_{d2} =$	1.84666	$\nu_{d2} =$	23.78	
$r_4 =$	10.6698	$d_4 =$	(可変)					
$r_5 =$	∞ (絞り)	$d_5 =$	1.2000					
$r_6 =$	3.9399 (非球面)	$d_6 =$	2.0000	$n_{d3} =$	1.74320	$\nu_{d3} =$	49.34	10
$r_7 =$	28.3498	$d_7 =$	0.1500					
$r_8 =$	31.6239	$d_8 =$	0.7000	$n_{d4} =$	1.84666	$\nu_{d4} =$	23.78	
$r_9 =$	5.0035	$d_9 =$	0.5000					
$r_{10} =$	14.5230	$d_{10} =$	1.0000	$n_{d5} =$	1.69350	$\nu_{d5} =$	53.21	
$r_{11} =$	-263.3631 (非球面)	$d_{11} =$	(可変)					
$r_{12} =$	122.2845	$d_{12} =$	1.8000	$n_{d6} =$	1.48749	$\nu_{d6} =$	70.23	20
$r_{13} =$	-8.6835	$d_{13} =$	(可変)					
$r_{14} =$	∞	$d_{14} =$	0.8000	$n_{d7} =$	1.51633	$\nu_{d7} =$	64.14	
$r_{15} =$	∞	$d_{15} =$	1.5000	$n_{d8} =$	1.54771	$\nu_{d8} =$	62.84	
$r_{16} =$	∞	$d_{16} =$	0.8000					
$r_{17} =$	∞	$d_{17} =$	0.7500	$n_{d9} =$	1.51633	$\nu_{d9} =$	64.14	
$r_{18} =$	∞	$d_{18} =$	1.2097					
$r_{19} =$	∞ (像面)							

非球面係数

第 2 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -7.4191 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 3.2062 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -3.4083 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第 6 面

$$K = 0$$

10

20

30

40

$$A_4 = -3.5806 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -2.8846 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 1.2439 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

第11面

$$K = 0$$

$$A_4 = 3.8133 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.2106 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = 6.5814 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0.0000$$

ズームデータ (∞)

	WE	ST	TE
f (mm)	4.52437	8.69430	12.89322
F _{N0}	2.7171	3.6412	4.5328
ω (°)	33.1	18.1	12.5
d ₄	12.94156	4.61092	1.50000
d ₁₁	2.53628	7.45688	12.06775
d ₁₃	0.92173	0.79948	0.99373

【0071】

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、“FIY”は像高を表す。

【0072】

次に、上記各実施例における条件(1)～(3)、(5)～(12)の値、条件(4)に関するAsp21、Asp23及びLの値を示す。

10

20

30

実施例	1	2	3	
(1)	1.26002	0.95232	1.26996	
(2)	0.47578	0.96369	0.48012	
(3)	23.78000	23.78000	23.78000	
(5)	0.83905	0.66219	0.86740	
(6)	25.56000	25.56000	25.56000	
(7)	-4.79762	-4.96029	-4.58074	10
(8)	1.0	1.0	1.0	
(9)	0.04	0.04	0.04	
(10)	0.0	0.0	0.0	
(11)	1.06	1.06	1.06	
(12)	0.333	0.333	0.333	
	(a=3.0)	(a=3.0)	(a=3.0)	
Asp21	-0.00306	-0.00523	-0.00342	20
Asp23	0.03672	0.02131	0.03727	
L	5.6	5.6	5.6	。

【 0 0 7 3 】

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 7 4 】

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 7 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 7) 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もよいが、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 7 5 】

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 7 6 】

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

10

20

30

40

50

mである。

【 0 0 7 7 】

基 板	材 質	物理的膜厚 (n m)	/ 4
第 1 層	A l ₂ O ₃	5 8 . 9 6	0 . 5 0
第 2 層	T i O ₂	8 4 . 1 9	1 . 0 0
第 3 層	S i O ₂	1 3 4 . 1 4	1 . 0 0
第 4 層	T i O ₂	8 4 . 1 9	1 . 0 0
第 5 層	S i O ₂	1 3 4 . 1 4	1 . 0 0
第 6 層	T i O ₂	8 4 . 1 9	1 . 0 0
第 7 層	S i O ₂	1 3 4 . 1 4	1 . 0 0
第 8 層	T i O ₂	8 4 . 1 9	1 . 0 0
第 9 層	S i O ₂	1 3 4 . 1 4	1 . 0 0
第10層	T i O ₂	8 4 . 1 9	1 . 0 0
第11層	S i O ₂	1 3 4 . 1 4	1 . 0 0
第12層	T i O ₂	8 4 . 1 9	1 . 0 0
第13層	S i O ₂	1 3 4 . 1 4	1 . 0 0
第14層	T i O ₂	8 4 . 1 9	1 . 0 0
第15層	S i O ₂	1 7 8 . 4 1	1 . 3 3
第16層	T i O ₂	1 0 1 . 0 3	1 . 2 1
第17層	S i O ₂	1 6 7 . 6 7	1 . 2 5
第18層	T i O ₂	9 6 . 8 2	1 . 1 5
第19層	S i O ₂	1 4 7 . 5 5	1 . 0 5
第20層	T i O ₂	8 4 . 1 9	1 . 0 0
第21層	S i O ₂	1 6 0 . 9 7	1 . 2 0
第22層	T i O ₂	8 4 . 1 9	1 . 0 0
第23層	S i O ₂	1 5 4 . 2 6	1 . 1 5
第24層	T i O ₂	9 5 . 1 3	1 . 1 3
第25層	S i O ₂	1 6 0 . 9 7	1 . 2 0
第26層	T i O ₂	9 9 . 3 4	1 . 1 8
第27層	S i O ₂	8 7 . 1 9	0 . 6 5

10

20

30

空 気

【 0 0 7 8 】

上記の近赤外シャープカットコート透過率特性は図8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9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。

【 0 0 7 9 】

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。

40

【 0 0 8 0 】

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。

【 0 0 8 1 】

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

50

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。

【0082】

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。

【0083】

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

【0084】

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 450 nm の透過率 99% をピークとして、400 nm における透過率を 0%、420 nm における透過率を 80%、600 nm における透過率を 82%、700 nm 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。

【0085】

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 μm、±45° 方向にそれぞれ $\text{SQRT}(1/2) \times a$ だけずらすことで、モアレ抑制を行っている。ここで、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。

【0086】

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。

【0087】

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。

【0088】

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。

【0089】

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

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 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。

【0090】

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

10

20

30

40

50

を有している。また、530nm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。

【0091】

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、電氣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。

【0092】

ところで、上記した近赤外シャープカットコート配置位置は、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。

【0093】

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。

【0094】

図12～図14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12はデジタルカメラ40の外観を示す前方斜視図、図13は同後方斜視図、図14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込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。

【0095】

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部材50が配置されている。

【0096】

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。

【0097】

なお、図14の例では、カバー部材50として平行平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。

【 0 0 9 8 】

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。

【 0 0 9 9 】

〔 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、無限遠物点合焦時における広角端から望遠端への変倍に際して前記第 2 レンズ群が物体側へのみ移動し、前記第 3 レンズ群が第 2 レンズ群との間隔を変化させつつ移動し、前記第 2 レンズ群は、空間を挟んで物体側から順に、非球面を有する正の第 1 単レンズ L 2 1、物体側面よりも像側面の方が強い曲率でありかつ像側へ凹面を向けた負の第 2 単レンズ L 2 2、非球面を有する正又は負の第 3 単レンズ L 2 3 の 3 つの単レンズにて構成され、以下の条件式を満足することを特徴とする電子撮像装置。

10

【 0 1 0 0 】

$$(1) \quad 0.8 < R_{24} / R_{21} < 2.0$$

$$(2) \quad -0.3 < f_2 / f_{23} < 1.2$$

$$(3) \quad \gamma_{22} < 26.5$$

$$(4) \quad 9.5 \times 10^{-3} \cdot L > |Asp23| > 2 \cdot |Asp21|$$

ただし、 R_{21} 、 R_{24} はそれぞれ第 1 単レンズ L 2 1 の物体側面、第 2 単レンズ L 2 2 の像側面の光軸上の曲率半径、 f_{23} は第 3 単レンズ L 2 3 の焦点距離、 f_2 は第 2 レンズ群全系の合成焦点距離、 γ_{22} は第 2 単レンズ L 2 2 の媒質の d 線基準でのアッペ数、L は撮像素子の有効撮像領域の対角長、Asp21、Asp23 はそれぞれ第 1 単レンズ L 2 1 に設けられた非球面と第 3 単レンズ L 2 3 に設けられた非球面が有する光軸上の曲率半径を持つ基準球面に対し、光軸からの高さが 0.3 L での非球面偏倚量である。

20

【 0 1 0 1 】

〔 2 〕 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。

【 0 1 0 2 】

$$(5) \quad 0.0 < (R_{3F} + R_{3R}) / (R_{3F} - R_{3R}) < 1.2$$

ただし、 R_{3F} 、 R_{3R} はそれぞれ第 3 レンズ群の最も物体側の面、最も像側の面の光軸上の曲率半径である。

30

【 0 1 0 3 】

〔 3 〕 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 枚で構成されており、以下の条件を満足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。

【 0 1 0 4 】

$$(6) \quad 2.0 < \gamma_{11} - \gamma_{12}$$

$$(7) \quad -1.0 < (R_{13} + R_{14}) / (R_{13} - R_{14}) < -2$$

ただし、 γ_{11} 、 γ_{12} はそれぞれ第 1 レンズ群の負レンズと正レンズの媒質の d 線基準のアッペ数、 R_{13} 、 R_{14} はそれぞれ第 1 レンズ群正レンズの物体側の面、像側の面の光軸上の曲率半径である。

【 0 1 0 5 】

〔 4 〕 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、前記第 3 レンズ群が像側に凸の軌跡で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。

40

【 0 1 0 6 】

〔 5 〕 前記第 3 レンズ群は 1 枚の正の単レンズのみで構成されていることを特徴とする請求項 1 から 4 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【 0 1 0 7 】

〔 6 〕 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 5 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【 0 1 0 8 】

〔 7 〕 変倍時に前記絞りが第 2 レンズ群と一体で移動することを特徴とする請求項 6 記

50

載の電子撮像装置。

【 0 1 0 9 】

〔 8 〕 前記第 3 レンズ群の移動により近距離物点への合焦を行う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。

【 0 1 1 0 】

〔 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 乃至 8 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【 0 1 1 1 】

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

〔 1 0 〕 前記ズームレンズの広角端半画角 ω_w が 27° から 42° の範囲にあることを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れか 1 項記載の電子撮像装置。

【 0 1 1 2 】

【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 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 10 cm 合焦時の収差図である。

【図 6】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 7】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 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 1 0】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 1 1】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 1 2】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 1 3】図 1 2 のデジタルカメラの後方斜視図である。

【図 1 4】図 1 2 のデジタルカメラの断面図である。

【符号の説明】

G 1 ... 第 1 レンズ群

G 2 ... 第 2 レンズ群

G 3 ... 第 3 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

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

10

20

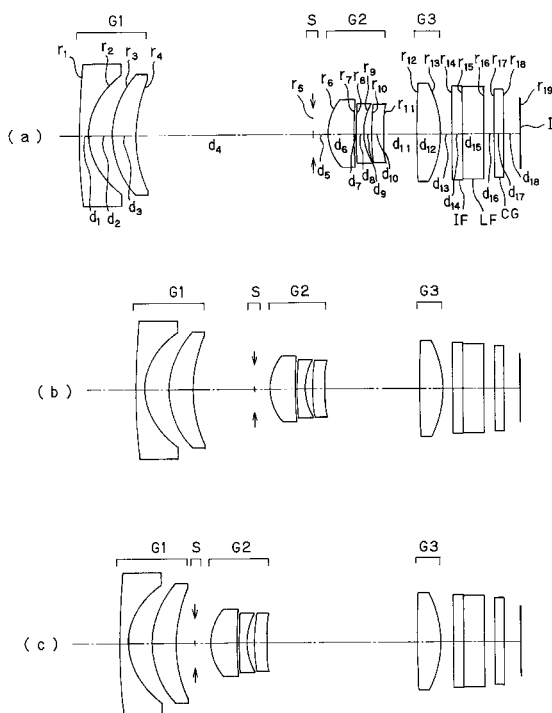
30

40

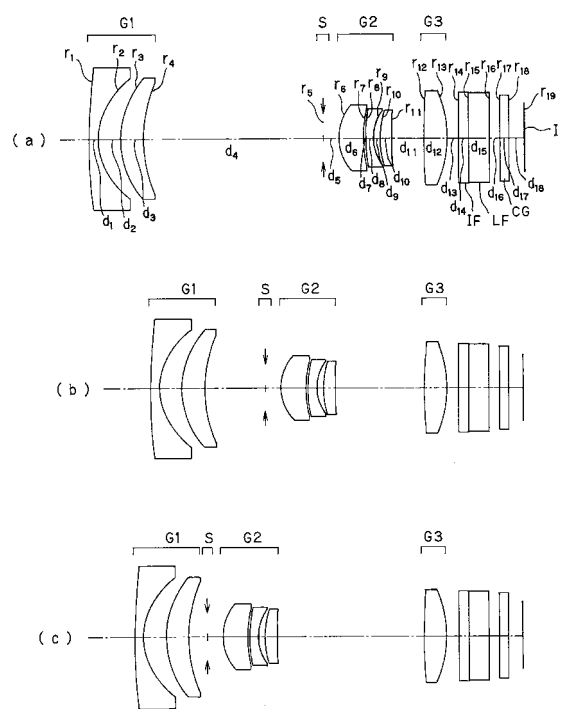
50

- 4 5 ... シャッター
- 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

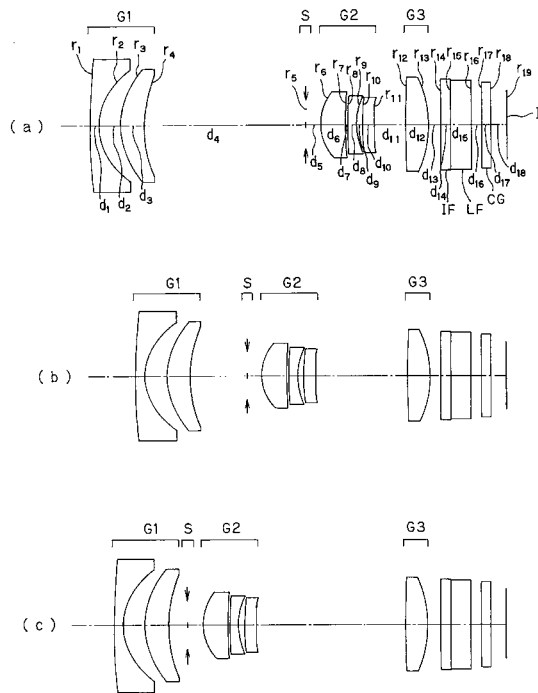
【図 1】



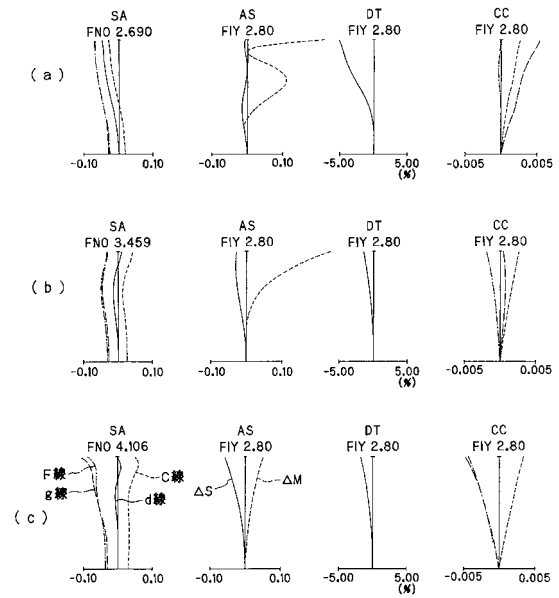
【図 2】



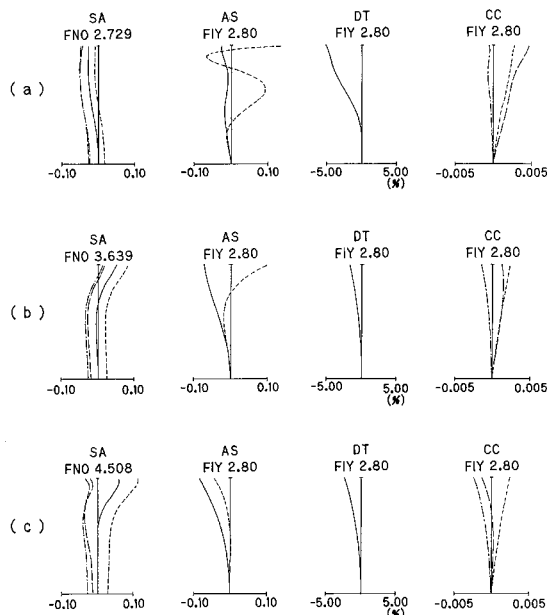
【図 3】



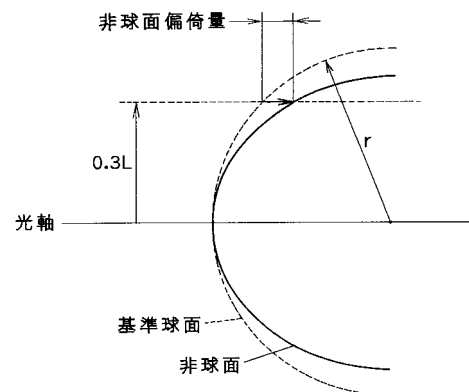
【図 4】



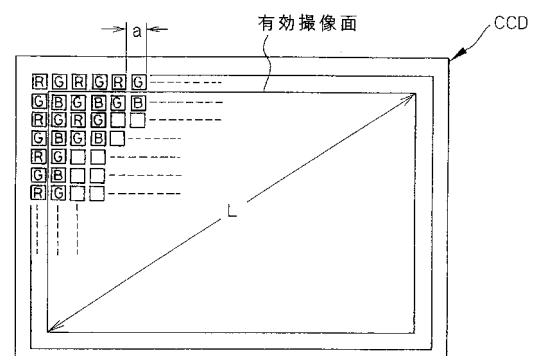
【図 5】



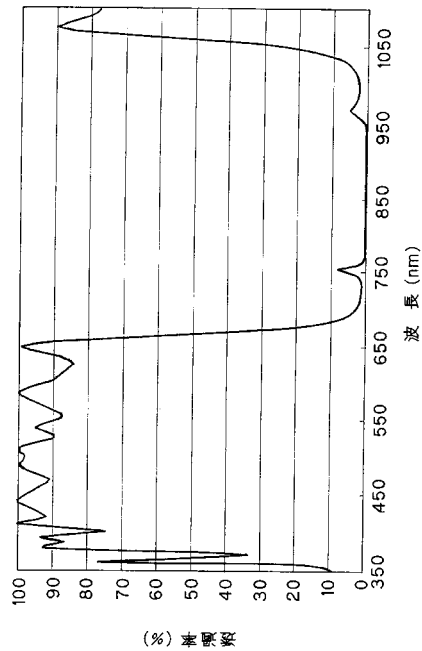
【図 6】



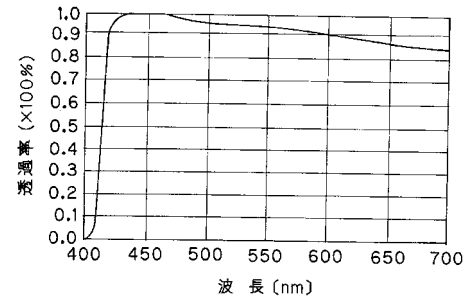
【図 7】



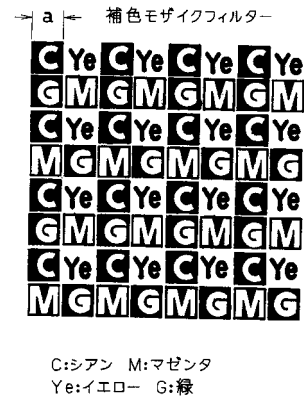
【図 8】



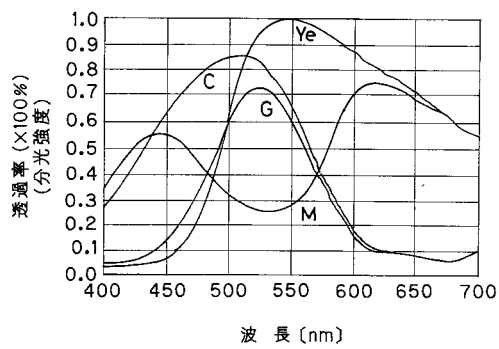
【図 9】



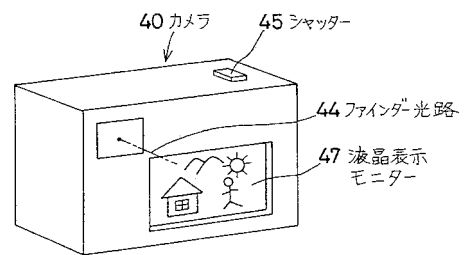
【図 10】



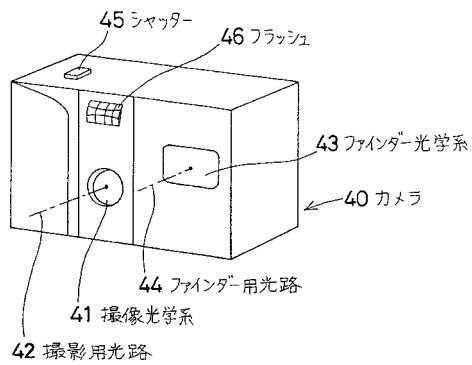
【図 11】



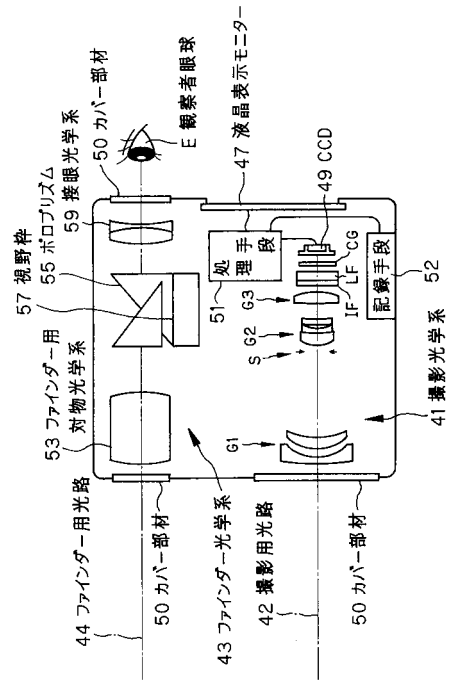
【図 13】



【図 12】



【 図 1 4 】



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 4 3 番 2 号

オリンパス光学工業株式会社内

審査官 瀬川 勝久

(56)参考文献 特開 2 0 0 0 - 1 1 1 7 9 8 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G02B 9/00-17/08