

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2004-219569  
(P2004-219569A)

(43) 公開日 平成16年8月5日(2004. 8. 5)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
G02B 15/20  
H04N 5/225

F I  
G O 2 B 15/20  
H O 4 N 5/225

D

テーマコード (参考)  
2 H O 8 7  
5 C O 2 2

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2003-4738 (P2003-4738)	(71) 出願人	000000376 オリンパス株式会社
(22) 出願日	平成15年1月10日 (2003. 1. 10)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
		(74) 代理人	100065824 弁理士 篠原 泰司
		(74) 代理人	100104983 弁理士 藤中 雅之
		(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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子撮像装置

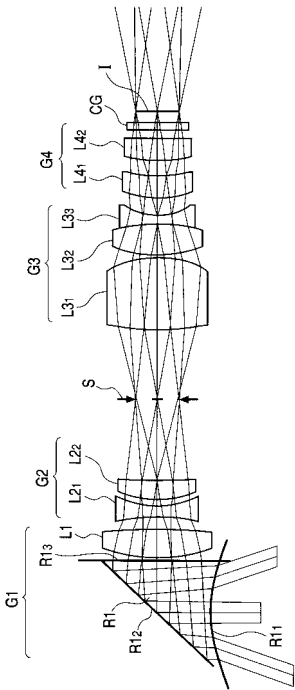
(57) 【要約】

【課題】結像光学系のF値が開放F値である場合において、一般的な結像光学系の分解能（本/mm）以上のナイキスト空間周波数（本/mm）を有する撮像素子を使用することで、折り返し歪みに影響する成分をなくして光学ローパスフィルターを廃止し、回折限界以下の空間周波数におけるコントラストを高く維持して高画質を得ることが可能な電子撮像装置を提供する。

【解決手段】結像光学系の最も像側のレンズ要素と前記電子撮像素子との間の光路上の空間及び光学素子の媒質が、すべて光学的に等方性を有する媒質で構成されるとともに、前記結像光学系の開放F値における点像の径が1画素サイズよりも大きくなるように構成され、かつ、前記結像光学系の開放F値をFとし、前記電子撮像素子の水平又は垂直方向の画素ピッチをaとすると、次の条件式を満足する。

$F > 1.4 \cdot a \quad (0 < a \leq 4)$

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

結像光学系と、前記結像光学系を介して得られた物体像を電気信号に変換する電子撮像素子を有する電子撮像装置において、

前記結像光学系の最も像側のレンズ要素と前記電子撮像素子との間の光路上の空間及び光学素子の媒質が、すべて光学的に等方性を有する媒質で構成されるとともに、

前記結像光学系の開放 F 値における点像の径が 1 画素ピッチよりも大きくなるように構成され、かつ、

前記結像光学系の開放 F 値を F とし、前記電子撮像素子の水平又は垂直方向の画素ピッチを a とするとき、次の条件式を満足することを特徴とする電子撮像装置。

10

$$F > 1.4 \cdot a \quad (0 < a \leq 4)$$

## 【請求項 2】

前記結像光学系の F 値が開放 F 値に固定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の電子撮像装置。

## 【請求項 3】

前記電子撮像素子における実質的に撮像に寄与する有効画素数 n と、前記電子撮像装置内部の記録媒体に記録される実質分の画素数（記録画素数）m とが、次の条件式を満足する関係にあることを特徴とする請求項 1 に記載の電子撮像装置。

$$1.0 \times 10^6 < m < 0.8 n$$

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は画素ピッチが極めて小さな電子撮像素子を使用し、従来必須であった光学ローパスフィルタを廃止した電子撮像装置に関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

最近のデジタルカメラをはじめとする電子撮像装置においては、高級機種における画素数の増加や、普及機種における撮像素子の小型化が著しい。これら 2 つの傾向に共通することは、いずれも撮像素子の画素ピッチが微細化傾向にあるということである。

## 【0003】

30

従来の電子撮像装置では、結像光学系として電子撮像素子の画素ピッチから決まるナイキスト周波数まで十分な光学性能を有するものが用いられている。しかしながら、画素ピッチが微細化すると、その分、ナイキスト周波数が高周波になり、光学系に求められる光学性能も極めて高いものとなる。

そこで、これに対応するため、結像光学系においては、幾何収差の補正レベルの向上や、製造誤差が性能劣化に影響を与えないこと等が求められている。また、画素ピッチが小さくなることにより、相対的に結像光学系による点像強度分布が広がる。そして、このいわゆる回折ボケによる画質劣化の影響も無視できないレベルになってきている。

また、従来の電子撮像装置では、折り返し歪み防止のために光学ローパスフィルタを光路に挿入してナイキスト周波数以上の成分のコントラストを意図的になくすようにしている。しかし、光学ローパスフィルタは、高価であり、また、電子撮像装置の光路に組み込むと、装置の嵩が増えてしまう。その上、低い空間周波数におけるコントラストまでも低下させてしまい結像光学系が有する本来の結像性能を劣化させてしまうという問題がある。

40

## 【0004】

そこで、従来、光学ローパスフィルタを用いることなく、画素ピッチが微細化された撮像素子を用いて高品位な画像が得られるようにした電子撮像装置として、例えば、特許文献 1 に記載のものが提案されている。

## 【0005】

## 【特許文献 1】

50

特開 2 0 0 0 - 2 4 4 7 9 9 号公報

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、特許文献 1 に記載の撮像装置は、絞りが可変であって、F 4 以上の開口値 ( F 値 ) を得ることが可能な構造を前提としたものである。

従来、結像光学系の F 値が開放 F 値である場合において、画素ピッチが微細化された電子撮像素子を用いながらも、光学ローパスフィルターを用いることなく、高品位な画像が得られるようにした電子撮像装置は提案されていなかった。

【 0 0 0 7 】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、結像光学系の F 値が開放 F 値である場合において、一般的な結像光学系の分解能 ( 本 / m m ) 以上のナイキスト空間周波数 ( 本 / m m ) を有する撮像素子を使用することで、折り返し歪みに影響する成分をなくして光学ローパスフィルターを廃止し、回折限界以下の空間周波数におけるコントラストを高く維持して高画質を得ることが可能な電子撮像装置を提供することを目的としている。

【 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、本発明による電子撮像装置は、結像光学系と、前記結像光学系を介して得られた物体像を電気信号に変換する電子撮像素子を有する電子撮像装置において、前記結像光学系の最も像側のレンズ要素と前記電子撮像素子との間の光路上の媒質が、すべて光学的に等方性を有する媒質 ( 例えば、空気や非結晶媒質など ) で構成され、かつ、前記結像光学系の開放 F 値における点像の径が 1 画素ピッチよりも大きくなるように構成され、かつ、前記結像光学系の開放 F 値を F とし、前記電子撮像素子の水平又は垂直方向の画素ピッチを a とするとき、次の条件式 ( 1 ) を満足することを特徴としている。

$$F > 1.4 \cdot a \quad ( 0 < a < 4 ) \quad \dots ( 1 )$$

【 0 0 0 9 】

ここで、a の値は単位を  $\mu m$  にしたときの値である。なお、単位を mm にするために、a を  $a \times 10^3$  に置きかえても良い。あるいは、画素ピッチの  $\mu m$  単位の数値を無名数として扱い、a としてもよい。

また、本発明による電子撮像装置は、前記結像光学系の F 値が開放 F 値に固定されているのが好ましい。

【 0 0 1 0 】

また、本発明による電子撮像装置は、前記電子撮像素子の実質的に撮像に寄与する有効画素数 n と、前記電子撮像装置内部の記録媒体に記録される実質分の画素数 ( 記録画素数 ) m とが、次の条件式 ( 2 ) を満足する関係にあるのが好ましい。

$$1.0 \times 10^6 < m < 0.8 n \quad \dots ( 2 )$$

【 0 0 1 1 】

【発明の実施の形態】

実施例の説明に先立ち、本発明の作用効果について説明する。

理想結像光学系のレイリー解像限界は、

$$R \text{ (本 / m m)} = 1 / 1.22 F \quad ( \text{但し、} \lambda \text{ は波長である。} )$$

で表される。このとき、空間周波数 R ( 本 / m m ) でのコントラストは数 % である。

ところが、実際の光学系では、幾何収差があるため、解像限界は半分程度になる。また、ナイキスト周波数  $10^3 / 2 a$  ( 本 / m m ) でのコントラストは 20 % 弱でも折り返し歪みは実用的に問題はない。

従って、実際の光学系では、上記レイリー解像限界の式に、係数 1.22 の代わりに 2.8 程度の値を入れても良い。そしてさらに、 $R = 10^3 / 2 a$ 、 $\lambda = 5 \times 10^{-4}$  を代入すると、

$$F = 1.4 \cdot a \quad ( 0 < a < 4 )$$

となる。

10

20

30

40

50

つまり、実際の光学系の場合は、この式における  $1.4a$  ( $0 < a \leq 4$ ) の値が開放 F 値よりも小さくなるようにすれば、光学ローパスフィルタは不要となる。

#### 【0012】

なお、次の条件式 (1') を満足すれば、通常の結像性能を持った光学系の場合における折り返し歪みはほとんど目立たないので、好ましい。

$$F > 1.7 \cdot a \quad (0 < a \leq 4) \quad \dots (1')$$

さらに、次の条件式 (1'') を満足すれば、理想結像光学系に近いほどに高い結像性能を有する光学系の場合においても折り返し歪みはほとんど目立たないので、より一層好ましい。

$$F > 2 \cdot a \quad (0 < a \leq 4) \quad \dots (1'')$$

10

#### 【0013】

ところで、画素ピッチが小さいということは実質的に撮像に寄与する有効画素数が多いということであるから、そのような撮像素子を用いて撮像された画像は必然的に記録媒体に記録すべきデータ量が膨大になる。一方、結像光学系はナイキスト周波数分の解像力を持たないので、記録媒体に記録される実質分の画素数 (記録画素数) は、光学系の解像力分の記録画素数があれば、撮像素子の有効画素数よりも少なくてもよい。

つまり、前記電子撮像素子の実質的に撮像に寄与する有効画素数  $n$  と前記電子撮像装置内部の記録媒体に記録される実質分の画素数 (記録画素数)  $m$  が次の条件式 (2) を満足する関係にあるとよい。

$$1.0 \times 10^6 < m < 0.8n \quad \dots (2)$$

20

条件式 (2) を満足すれば、記録媒体を無駄に使用することなく、実用的な解像度が得られる。

#### 【0014】

また、次の条件式 (2') を満足する関係にあると、さらによい。

$$1.2 \times 10^6 < m < 0.7n \quad \dots (2')$$

さらに、次の条件式 (2'') を満足する関係にあると、より一層好ましい。

$$1.7 \times 10^6 < m < 0.6n \quad \dots (2'')$$

#### 【0015】

次に、光学ローパスフィルタを除外しても、折り返し歪みが実用レベルで目立たなくするための結像レンズとしての結像特性条件について説明する。

30

結像光学系の F 値が開放 F 値である場合において、ナイキスト周波数におけるコントラストがなくなるためには、結像光学系の開放 F 値における点像の径が 1 画素ピッチより大きくなるようにすればよい。

具体的には、結像レンズによる点像のサイズが、およそ水平 2 画素分、(水平、垂直で合計 4 画素分) にするのがよい。つまり、前記結像光学系による点像に関し、1 画素に相当するサイズの領域に入射するエネルギー  $E_{in}$  の前記点像の全エネルギー  $E_{tot}$  に対する比の最大値 ( $E_{in}/E_{tot}$ ) $_{max}$  が次の条件式を満足すれば良い。

$$(E_{in}/E_{tot})_{max} < 0.25$$

しかし、実際の光学系においては、上述のように、20% 弱のコントラストがあっても折り返し歪みは実用上問題ない。

40

従って、本発明の電子撮像装置では、前記結像光学系による点像に関し、1 画素に相当するサイズの領域に入射するエネルギー  $E_{in}$  の前記点像の全エネルギー  $E_{tot}$  に対する比の最大値 ( $E_{in}/E_{tot}$ ) $_{max}$  が次の条件式 (3) を満足すればよい。

$$(E_{in}/E_{tot})_{max} < 0.5 \quad \dots (3)$$

#### 【0016】

なお、次の条件式 (3') を満足すると、さらによい。

$$(E_{in}/E_{tot})_{max} < 0.4 \quad \dots (3')$$

さらに、次の条件式 (3'') を満足すると、より一層好ましい。

$$(E_{in}/E_{tot})_{max} < 0.3 \quad \dots (3'')$$

#### 【0017】

50

また、撮像素子の画素ピッチが小さくなると、結像に寄与する光の撮像面への入射角の制限が厳しくなる。つまり、最適の入射角に対するズレの許容量が小さくなる。

従って、本発明においては、前記結像光学系の光軸と前記電子撮像素子の撮像面との交点から前記電子撮像素子の有効撮像領域内の最も遠い点までの距離（最大像高） $y_{max}$ と、前記電子撮像素子の撮像面から射出瞳位置までの距離  $P_{ex}$ （物体側に測った場合は負の値となるものとする）との比  $y_{max} / P_{ex}$  の最大値と最小値との差が変倍・合焦範囲全域に亘り 0.2 以下となるようにする必要がある。0.2 を上回ると、シェーディングが発生しやすくなる。

なお、上記  $y_{max} / P_{ex}$  の最大値と最小値との差が変倍・合焦範囲全域に亘り 0.15 以下であると、さらによい。

また、上記  $y_{max} / P_{ex}$  の最大値と最小値との差が変倍・合焦範囲全域に亘り 0.1 以下であると、より一層好ましい。

#### 【0018】

従来非常に困難な技術であった撮像素子の画素ピッチの微細化は、近年、日進月歩で進展し、さらにはコストも低減化している。従って、近い将来には条件式（1）を満足する微細な画素ピッチの撮像素子を容易に安く調達、使用出来るようになることが十分予測される。

画素ピッチの微細化に応じて、撮影光学系も折り返し歪みが実用上許容できる範囲内で極力高解像力を持つようにするのが好ましい。

#### 【0019】

結像光学系の回折の影響を強く受けるほどのナイキスト周波数を有する撮像装置を用いる場合、結像光学系は出来る限り、開口絞りを開放からその -2EV の間（つまり、開口面積が開放からその 1/4 程度まで）の状態を使うことが好ましい。その場合の光量調節は、シャッター速度の制御又は光量透過率の制御で行う。

#### 【0020】

光量調節をシャッター速度の制御で行う場合、メカニカルシャッターのみで行なうことは、メカニカルシャッターのシャッター速度から考えて困難である。このため、撮像素子自身のシャッター機能を併用することになる。

ところで、画素ピッチが小さくなると、画像情報の読み出し方式をインターレース方式（飛び越し走査方式）を用いざるを得なくなる。インターレース方式では、画像フレームを形成する 2 つのフィールドつまり奇数フィールドと偶数フィールドごとに飛び越して走査するが、この奇数フィールドの走査と偶数フィールドの走査には、時差（例えば 1/60 秒）が生じる。このため、シャッタースピードが速くても 1ms 前後のメカニカルシャッターを使用して、奇数、偶数の 2 つのフィールドを同時に露光し、別々のタイミングで読み出すという方策が採られている。

また、機械式シャッターと併用しても対応不可能なほどに短い露光時間とする場合には、画素数を間引いてプログレッシブ方式（線順次読み出し方式）と同等の読み出し方式に切り替える。

#### 【0021】

撮像素子において、インターレース方式における順次読み出しを行う方法としては、奇数フィールド又は偶数フィールドのうち一方のフィールドのみの信号を使用するか、又は、所定の列の  $n$  行目と  $n+1$  行目（但し、 $n$  は偶数又は奇数のいずれか一方）のフィールドとを混合して、読み出しとする等の方法を採用するのがよい。

そのような方法を採用すれば、垂直解像度は低下するが、奇数、偶数の 2 つのフィールドを別々に読み出す必要、即ち、メカニカルシャッターで露光時間を決める必要がなくなる（その場合は、メカニカルシャッターは、スミアや無駄な洩れ光などの防止の役割を果たす。）、撮像素子の電位が極めて高速にコントロール可能であるという特性を利用したシャッター機能（以下、素子シャッターと呼ぶ）を用いて 1/10000 秒より速いシャッタースピードが可能となる。

そして、本発明においては、このようなメカニカルシャッターと素子シャッターを併用し

10

20

30

40

50

、シャッタースピードに応じていずれかを選択できるようにしておく和良好的。

#### 【0022】

また、光量調節を光量透過率の制御で行う場合、透過率が異なる複数のフィルターを撮像装置内に保有しておき、そのうち単数あるいは複数を組み合わせて光路内に機械的に挿入する。あるいは、電気量に応じて化学変化を発生させて透過率を変化させることの出来る光学素子（以下、透過率可変素子とする。）を用いる。例えば、図1にグラフで示した分光透過率特性を有する、エレクトロクロミック素子などの光学素子を光路内に設ける。そして、この光学素子を所定電圧のもとで電気量を制御し、これにより、高速追従にて安定した透過率を得ることで光量調節を行う。

#### 【0023】

その場合、出来る限り光量調節範囲を広くするためには、上記所定電圧のもとで電気量を制御することにより透過率を変化させることの出来る光学素子の波長520nmでの最大透過率  $\max$ （但し、 $\max > 0.7$ ）と最小透過率  $\min$ （但し、 $\min > 0.3$ ）との比が少なくとも2.5以上となるようにする必要がある。出来れば、上記波長520nmでの最大透過率  $\max$ と最小透過率  $\min$ との比が上記  $\max$ と比が3.5となるようにするのが望ましい。

#### 【0024】

このように光量透過率の制御で光量調節を行う場合、透過率可変素子における分光透過率が問題となる。

波長520nmにおける透過率 520が、 $\min_{520} \max$  全域で分光透過率が次の条件式（4）、（5）を満足するようにすると良い。

$$440 / 520 > 0.7 \quad \dots (4)$$

$$600 / 520 > 0.8 \quad \dots (5)$$

但し、 $x$ （ $x$ は数字）は波長  $x$  nmの透過率である。

#### 【0025】

なお、次の条件式（4'）、（5'）を満足すると、さらによい。

$$440 / 520 > 0.75 \quad \dots (4')$$

$$600 / 520 > 0.85 \quad \dots (5')$$

さらに、次の条件式（4''）、（5''）を満足すると、より一層好ましい。

$$440 / 520 > 0.8 \quad \dots (4'')$$

$$600 / 520 > 0.9 \quad \dots (5'')$$

#### 【0026】

なお、小型化あるいは薄型化を目的とした電子撮像装置においては、上記の透過率可変素子を用いると、その分、装置の嵩が増えてしまう。また、上記透過率可変素子は、電気量を与えたり除去したりすることで酸化還元反応を行なう物質を両側から透明電極を有する板状の透明体で挟んだ構成のものが多い。そこで、この板状の透明体を、結像光学系を構成しているレンズ、プリズムなどの光学素子や、フィルター類で代用し、対向するこれらの光学素子に透明電極を設けて、それらで前記酸化還元反応をする物質を挟み込むようにすれば、装置の嵩を増やさずに済む。

#### 【0027】

#### 【実施例】

以下、本発明の実施例について図面を用いて説明する。

#### 第1実施例

図2は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第1実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図3は本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、（a）は広角端、（b）は中間、（c）は望遠端での状態を示している。

#### 【0028】

第1実施例の電子撮像装置は、物体側から順に、ズームレンズと、電子撮像素子であるC

10

20

30

40

50

C Dを有している。図2中、IはC C Dの撮像面である。ズームレンズと撮像面Iとの間には、C C DカバーガラスC Gが設けられている。

ズームレンズは、物体側から順に、第1レンズ群G 1と、第2レンズ群G 2と、開口絞りSと、第3レンズ群G 3と、第4レンズ群G 4とを有している。

第1レンズ群G 1は、物体側から順に、光路を折り曲げるための反射光学素子R 1と、1枚の両凸正レンズL 1とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

反射光学素子R 1は、入射面R 1<sub>1</sub>と、光路を折り曲げるための反射面R 1<sub>2</sub>と、射出面R 1<sub>3</sub>とを有するプリズムとして構成されている。

なお、有効撮像領域の縦横比は3 : 4であり、折り曲げ方向は横方向である。第2レンズ群G 2は、物体側から順に、両凹負レンズL 2<sub>1</sub>と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2<sub>2</sub>とで構成されており、全体で負の屈折力を有している。 10

第3レンズ群G 3は、両凸正レンズL 3<sub>1</sub>と、両凸正レンズL 3<sub>2</sub>と両凹負レンズL 3<sub>3</sub>との接合レンズとで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

第4レンズ群G 4は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 4<sub>1</sub>と、物体側が凸面に形成され像側が平面に形成された凸平正レンズL 4<sub>2</sub>とで構成されている。

#### 【0029】

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G 1は位置が固定され、第2レンズ群G 2は像側へ移動し、開口絞りSは位置が固定され、第3レンズ群G 3は物体側へ移動し、第4レンズ群は位置が固定されるようになっている。

また、合焦動作時に際しては、第4レンズ群G 4が光軸上を移動するようになっている。 20

非球面は、上述した第1レンズ群G 1中の反射光学素子R 1の入射面R 1<sub>1</sub>のほかに、第1レンズ群G 1中の両凸正レンズL 1の物体側の面、第2レンズ群G 2中の両凹負レンズL 2<sub>1</sub>の両面、第3レンズ群G 3中の両凸正レンズL 3<sub>1</sub>の両面、第4レンズ群中の物体側が凸面に形成され像側が平面に形成された凸平正レンズL 4<sub>2</sub>の物体側の面に設けられている。

#### 【0030】

次に、第1実施例のズームレンズを構成する光学部材の数値データを示す。

なお、第1実施例の数値データにおいて、r<sub>1</sub>、r<sub>2</sub>、...は各レンズ面の曲率半径、d<sub>1</sub>、d<sub>2</sub>、...は各レンズの肉厚または空気間隔、n<sub>d1</sub>、n<sub>d2</sub>、...は各レンズのd線での屈折率、 $\gamma_{d1}$ 、 $\gamma_{d2}$ 、...は各レンズのアッペ数、Fno.はFナンバー、fは全系焦点距離、D0は物体から第1面までの距離を表している。 30

なお、非球面形状は、光軸方向をz、光軸に直交する方向をyにとり、円錐係数をK、非球面係数をA<sub>4</sub>、A<sub>6</sub>、A<sub>8</sub>、A<sub>10</sub>としたとき、次の式で表される。

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

なお、これらの記号は後述の実施例の数値データにおいても共通である。

#### 【0031】

数値データ 1

$r_1 = -6.8055$ (非球面)				
$d_1 = 5.9040$	$n_{d1} = 1.80518$	$\nu_{d1} = 25.42$		
$r_2 = \infty$				
$d_2 = 0.1080$				
$r_3 = 6.9176$ (非球面)				
$d_3 = 1.6560$	$n_{d3} = 1.78800$	$\nu_{d3} = 47.37$		10
$r_4 = -26.3233$				
$d_4 = D_4$				
$r_5 = -8.8537$ (非球面)				
$d_5 = 0.5760$	$n_{d5} = 1.74320$	$\nu_{d5} = 49.34$		
$r_6 = 3.6470$ (非球面)				
$d_6 = 0.4320$				
$r_7 = 5.2606$				20
$d_7 = 1.0800$	$n_{d7} = 1.84666$	$\nu_{d7} = 23.78$		
$r_8 = 21.8136$				
$d_8 = D_8$				
$r_9 = \infty$ (絞り)				
$d_9 = D_9$				
$r_{10} = 7.4954$ (非球面)				
$d_{10} = 4.2382$	$n_{d10} = 1.69350$	$\nu_{d10} = 53.21$		30
$r_{11} = -4.9961$ (非球面)				
$d_{11} = 0.1080$				
$r_{12} = 6.0853$				
$d_{12} = 1.7991$	$n_{d12} = 1.51742$	$\nu_{d12} = 52.43$		
$r_{13} = -7.7353$				
$d_{13} = 0.5040$	$n_{d13} = 1.84666$	$\nu_{d13} = 23.78$		
$r_{14} = 2.9880$				40
$d_{14} = D_{14}$				

$$r_{15}=4.3888$$

$$d_{15}=1.2960$$

$$n_{d15}=1.48749$$

$$\nu_{d15}=70.23$$

$$r_{16}=6.9896$$

$$d_{16}=D\ 1\ 6$$

$$r_{17}=6.3039\ (\text{非球面})$$

$$d_{17}=1.2960$$

$$n_{d17}=1.58423$$

$$\nu_{d17}=30.49$$

$$r_{18}=\infty$$

$$d_{18}=0.5040$$

$$r_{19}=\infty$$

$$d_{19}=0.4320$$

$$n_{d19}=1.51633$$

$$\nu_{d19}=64.14$$

$$r_{20}=\infty$$

$$d_{20}=D\ 2\ 0$$

$$r_{21}=\infty\ (\text{撮像面})$$

$$d_{21}=0$$

$$[0\ 0\ 3\ 2]$$

10

20

非球面係数

第1面

$$K=0$$

$$A_4 = 2.5676 \times 10^{-3} \quad A_6 = -6.2005 \times 10^{-5} \quad A_8 = 1.1890 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第3面

$$K=0$$

$$A_4 = -1.3981 \times 10^{-3} \quad A_6 = 7.4261 \times 10^{-6} \quad A_8 = 1.3153 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第5面

$$K=0$$

$$A_4 = -2.2808 \times 10^{-3} \quad A_6 = 6.6740 \times 10^{-4} \quad A_8 = -5.4806 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

第6面

30

40

K=0

$$A_4 = -5.0400 \times 10^{-3} \quad A_6 = 9.2907 \times 10^{-4} \quad A_8 = -1.1383 \times 10^{-4}$$

A<sub>10</sub> = 0

第10面

K=0

$$A_4 = -2.4253 \times 10^{-3} \quad A_6 = -7.7000 \times 10^{-5} \quad A_8 = -2.7271 \times 10^{-5}$$

A<sub>10</sub> = 0

第11面

K=0

$$A_4 = 5.4258 \times 10^{-4} \quad A_6 = -8.1053 \times 10^{-5} \quad A_8 = -2.5810 \times 10^{-6}$$

A<sub>10</sub> = 0

第17面

K=0

$$A_4 = 3.5183 \times 10^{-4} \quad A_6 = 1.1576 \times 10^{-4} \quad A_8 = -2.5892 \times 10^{-5}$$

A<sub>10</sub> = 0

【0033】

ズームデータ

D0 (物体から第1面までの距離) が∞のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	3.31484	5.61627	9.50358
Fno.	2.8634	3.5902	4.5306
D0	∞	∞	∞
D4	0.71912	2.82135	4.73242
D8	4.66118	2.55350	0.64782
D9	3.98987	2.38785	0.71910
D14	0.99172	2.60884	4.26108
D16	0.86249	0.86226	0.86394
D20	0.64778	0.63255	0.64769

【0034】

条件式のパラメータ等の値

画素ピッチ a = 1.2 μm

有効画素数 n = 2400 × 1800

記録画素数 m = 1600 × 1200

(Ein/Etot)max = 0.28

像高: 1.8

広角端における y<sub>max</sub> / P<sub>ex</sub> = -0.029327

望遠端における y<sub>max</sub> / P<sub>ex</sub> = -0.005993

10

20

30

40

50

上記 2 つの  $y_{max} / P_{ex}$  の差 : 0 . 0 2 3 3 3 4

波長 5 2 0 n m の最大透過率  $max = 0 . 8 1$

波長 5 2 0 n m の最小透過率  $min = 0 . 1 8$

$max / min = 4 . 5$

波長 5 2 0 n m の透過率 5 2 0 が最大透過率  $max$  であるときの 4 4 0 / 5 2 0 = 0 . 9 5 1

波長 5 2 0 n m の透過率 5 2 0 が最小透過率  $min$  であるときの 4 4 0 / 5 2 0 = 0 . 9 1 7

波長 5 2 0 n m の透過率 5 2 0 が最大透過率  $max$  であるときの 6 0 0 / 5 2 0 = 0 . 9 9 4

波長 5 2 0 n m の透過率 5 2 0 が最小透過率  $min$  であるときの 6 0 0 / 5 2 0 = 1 . 0 2 8

10

#### 【 0 0 3 5 】

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

#### 【 0 0 3 6 】

図 4 ~ 図 6 は本発明による電子撮像装置をデジタルカメラ 4 0 として具現化した構成の概念図であり、図 4 はデジタルカメラ 4 0 の外観を示す前方斜視図、図 5 は同後方斜視図、図 6 はデジタルカメラ 4 0 の構成を示す断面図である。なお、図 6 に示すデジタルカメラは、撮像光路をファインダーの長辺方向に折り曲げた構成となっており、図 6 中の観察者の眼を上側からみて示してある。

20

#### 【 0 0 3 7 】

デジタルカメラ 4 0 は、この例の場合、撮影用光路 4 2 を有する撮影光学系 4 1、ファインダー用光路 4 4 を有するファインダー光学系 4 3、シャッター 4 5、フラッシュ 4 6、液晶表示モニター 4 7 等を含み、カメラ 4 0 の上部に配置されたシャッター 4 5 を押圧すると、それに連動して撮影光学系 4 1、例えば、第 1 実施例の光路折り曲げズームレンズを通して撮影が行われるようになっている。

そして、撮影光学系 4 1 によって形成された物体像が、近赤外カットフィルター、又は CCD カバーガラス又はその他のレンズに施された近赤外カットコートを経て CCD 4 9 の撮像面上に形成される。

30

#### 【 0 0 3 8 】

この CCD 4 9 で受光された物体像は、処理手段 5 1 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 4 7 に表示される。また、この処理手段 5 1 には記録手段 5 2 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 5 2 は処理手段 5 1 と別体に設けてもよいし、フレキシブル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 4 9 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。

#### 【 0 0 3 9 】

さらに、ファインダー用光路 4 4 上にはファインダー用対物光学系 5 3 が配置してある。このファインダー用対物光学系 5 3 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 5 5 の視野枠 5 7 上に形成される。このポロプリズム 5 5 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 5 9 が配置されている。なお、撮影光学系 4 1 及びファインダー用対物光学系 5 3 の入射側、接眼光学系 5 9 の射出側にそれぞれカバー部材 5 0 が配置されている。

40

#### 【 0 0 4 0 】

このように構成されたデジタルカメラ 4 0 は、長辺方向に光路を置き曲げたことによりカメラの薄型化に効果がある。また、撮影光学系 4 1 が広画角で高変倍比であり、収差が良好で、明るく、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

50

が実現できる。

なお、本実施例のデジタルカメラ４０の撮像光路をファインダーの短辺方向に折り曲げて構成してもよい。その場合には、撮影レンズの入射面からストロボ（又はフラッシュ）をより上方に離して配置し、人物のストロボ撮影時の際に生じる影の影響を緩和できるレイアウトにし得る。

また、図６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。

#### 【００４１】

次に、本発明の電子撮像装置の折り曲げズームレンズが対物光学系として内蔵された情報処理装置の一例であるパソコンを図７～図９に示す。図７はパソコン３００のカバーを開いた前方斜視図、図８はパソコン３００の撮影光学系３０３の断面図、図９は図７の側面図である。

10

#### 【００４２】

図７～図９に示すように、パソコン３００は、外部から操作者が情報を入力するためのキーボード３０１と、図示を省略した情報処理手段や記録手段と、情報を操作者に表示するモニター３０２と、操作者自身や周辺の像を撮影するための撮影光学系３０３とを有している。

ここで、モニター３０２は、図示しないバックライトにより背面から照明する透過型液晶表示素子や、前面からの光を反射して表示する反射型液晶表示素子や、ＣＲＴディスプレイ等であってよい。また、図中、撮影光学系３０３は、モニター３０２の右上に内蔵されているが、その場所に限らず、モニター３０２の周囲や、キーボード３０１の周囲のどこであってよい。

20

この撮影光学系３０３は、撮影光路３０４上に、本発明による例えば第１実施例の光路折り曲げズームレンズからなる対物レンズ１１２と、像を受光する撮像素子チップ１６２とを有している。これらはパソコン３００に内蔵されている。

#### 【００４３】

ここで、撮像素子チップ１６２上にはカバーガラスＣＧが付加的に貼り付けられて撮像ユニット１６０として一体に形成され、対物レンズ１１２の鏡枠１１３の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ１１２と撮像素子チップ１６２の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠１１

30

#### 【００４４】

撮像素子チップ１６２で受光された物体像は、端子１６６を介して、パソコン３００の処理手段に入力され、電子画像としてモニター３０２に表示される。図７には、その一例として、操作者の撮影された画像３０５が示されている。また、この画像３０５は、処理手段を介し、インターネットや電話を介して、遠隔地から通信相手のパソコンに表示されることも可能である。

#### 【００４５】

次に、本発明の折り曲げズームレンズが撮影光学系として内蔵された情報処理装置の一例である電話、特に持ち運びに便利な携帯電話を図１０に示す。図１０（ａ）は携帯電話４００の正面図、図１０（ｂ）は側面図、図１０（ｃ）は撮影光学系４０５の断面図である。

40

図１０（ａ）～（ｃ）に示すように、携帯電話４００は、操作者の声を情報として入力するマイク部４０１と、通話相手の声を出力するスピーカ部４０２と、操作者が情報を入力する入力ダイヤル４０３と、操作者自身や通話相手等の撮映像と電話番号等の情報を表示するモニター４０４と、撮影光学系４０５と、通信電波の送信と受信を行うアンテナ４０６と、画像情報や通信情報、入力信号等の処理を行う処理手段（図示せず）とを有している。ここで、モニター４０４は液晶表示素子である。また、図中、各構成の配置位置は、特にこれらに限られない。この撮影光学系４０５は、撮影光路４０７上に配置された本発

50

明による例えば第1実施例の光路折り曲げズームレンズからなる対物レンズ112と、物体像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらは、携帯電話400に内蔵されている。

#### 【0046】

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

10

#### 【0047】

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

#### 【0048】

以上説明したように、本発明のズームレンズ及びそれを有する電子撮像装置は、特許請求の範囲に記載された発明の他に、次に示すような特徴も備えている。

#### 【0049】

(1) 点光源を前記結像光学系を介して点像を結んだ場合において、1画素に相当するサイズの領域に入射するエネルギー  $E_{in}$  の前記点像の全エネルギー  $E_{tot}$  に対する比の最大値  $(E_{in}/E_{tot})_{max}$  が次の条件式を満足することを特徴とする請求項1~3のいずれかに記載の電子撮像装置。

20

$$(E_{in}/E_{tot})_{max} < 0.5$$

#### 【0050】

(2) 前記結像光学系の光軸と前記電子撮像素子の撮像面との交点から前記電子撮像素子の有効撮像領域内の最も遠い点までの距離(最大像高)  $y_{max}$  と、前記電子撮像素子の撮像面から射出瞳位置までの距離  $P_{ex}$  (物体側に測った場合は負の値となるものとする)との比  $y_{max}/P_{ex}$  の最大値と最小値の差が変倍・合焦範囲全域に亘り0.2以下となるようにしたことを特徴とする請求項1~3、上記(1)のいずれかに記載の電子撮像装置。

30

#### 【0051】

(3) 電気量や電圧の制御により透過率を変化させることの出来る光学素子(たとえばエレクトロクロミック素子)を光路内に設けたことを特徴とする請求項1~3、上記(1)、(2)のいずれかに記載の電子撮像装置。

#### 【0052】

(4) 前記電気量や電圧の制御により透過率を変化させることの出来る光学素子の波長520nmにおける最大透過率  $max$  (0.7)と最小透過率  $min$  (0.3)との比が2.5以上であることを特徴とする上記(3)に記載の電子撮像装置。

40

#### 【0053】

(5) 波長520nmにおける透過率520に関し、 $min$  520  $max$  全域での分光透過率が次の条件式を満足することを特徴とする上記(4)に記載の電子撮像装置。

$$440/520 > 0.7$$

$$600/520 > 0.8$$

但し、 $x$  ( $x$  は数字) は波長  $x$  nmでの透過率である。

#### 【0054】

(6) 波長520nmにおける透過率520に関し、 $min$  520  $max$  全域での分光透過率が次の条件式を満足することを特徴とする上記(4)に記載の電子撮像

50

装置。

$$440 / 520 > 0.75$$

$$600 / 520 > 0.85$$

但し、 $x$  ( $x$  は数字) は波長  $x$  nm での透過率である。

【0055】

(7) 波長 520 nm における透過率 520 に関し、 $\min$  520  $\max$  全域での分光透過率が次の条件式を満足することを特徴とする上記(4)に記載の電子撮像装置。

$$440 / 520 > 0.8$$

$$600 / 520 > 0.9$$

但し、 $x$  ( $x$  は数字) は波長  $x$  nm での透過率である。

【0056】

(8) 前記電気量や電圧の制御により透過率を変化させることの出来る光学素子が、電気化学物質をその両側から固体の透明体で挟んで構成され、該固体の透明体の少なくとも一方がレンズで構成されていることを特徴とする上記(3)に記載の電子撮像装置。

【0057】

(9) 請求項3、上記(1)～(8)に記載の構成要件のいずれか2つ以上を満足する電子撮像装置。

【0058】

【発明の効果】

本発明の電子撮像素子によれば、結像光学系のF値が開放F値である場合において、一般的な結像光学系の分解能(本/mm)以上のナイキスト空間周波数(本/mm)を有する撮像素子を使用することで、折り返し歪みに影響する成分をなくして光学ローパスフィルターを廃止し、回折限界以下の空間周波数におけるコントラストを高く維持して高画質を得ることが可能な小型の電子撮像装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電子撮像装置における透過率可変手段として適用可能なエレクトロクロミック素子の分光透過率特性を示すグラフである。

【図2】本発明による電子撮像装置に用いるズームレンズの第1実施例にかかる光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

【図3】第1実施例にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

【図4】本発明による電子撮像装置をデジタルカメラ40として具現化した構成の概念図であり、デジタルカメラ40の外観を示す前方斜視図である。

【図5】図4に示したデジタルカメラ40の後方斜視図である。

【図6】図4に示したデジタルカメラ40の構成を示す断面図である。

【図7】本発明の折り曲げズームレンズが対物光学系として内蔵された情報処理装置の一例であるパソコン300のカバーを開いた前方斜視図である。

【図8】図7に示したパソコン300の撮影光学系303の断面図である。

【図9】図7の側面図である。

【図10】本発明の折り曲げズームレンズが撮影光学系として内蔵された情報処理装置の一例である携帯電話を示す図であり、(a)は携帯電話400の正面図、(b)は(a)の側面図、(c)は撮影光学系405の断面図である。

【符号の説明】

C G C C D カバー ガラス  
E 観察者眼球  
G 1 第1レンズ群  
G 2 第2レンズ群

10

20

30

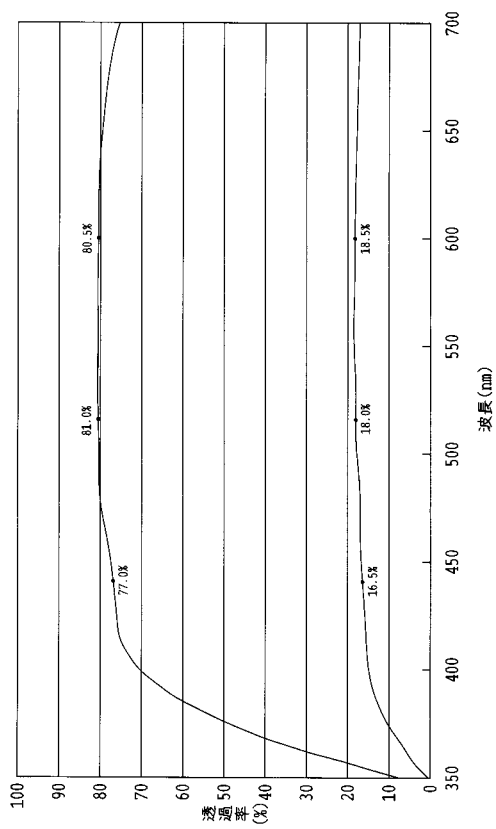
40

50

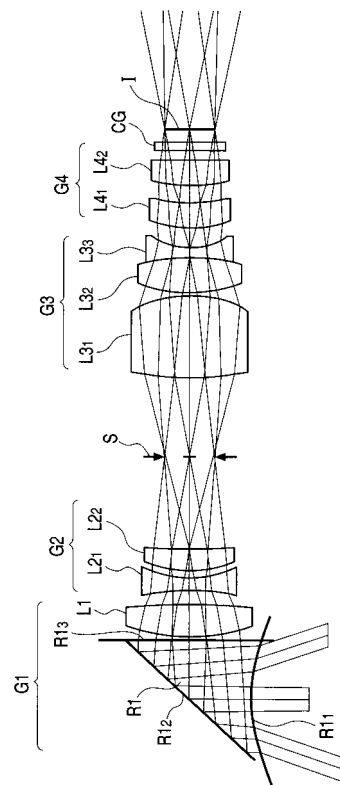
G 3	第 3 レンズ群	
G 4	第 4 レンズ群	
I	撮 像 面	
L 1	両 凸 正 レンズ	
L 2 <sub>1</sub>	両 凹 負 レンズ	
L 2 <sub>2</sub>	物 体 側 に 凸 面 を 向 け た 正 メ ニ ス カ ス レ ン ズ	
L 3 <sub>1</sub>	両 凸 正 レンズ	
L 3 <sub>2</sub>	両 凸 正 レンズ	
L 3 <sub>3</sub>	両 凹 負 レンズ	
L 4 <sub>1</sub>	物 体 側 に 凸 面 を 向 け た 正 メ ニ ス カ ス レ ン ズ	10
L 4 <sub>2</sub>	物 体 側 の 面 が 凸 面 に 形 成 さ れ 像 側 の 面 が 平 面 に 形 成 さ れ た 平 凸 正 レ ン ズ	
R 1	反 射 光 学 素 子	
R 1 <sub>1</sub>	入 射 面	
R 1 <sub>2</sub>	反 射 面	
R 1 <sub>3</sub>	射 出 面	
S	開 口 絞 り	
4 0	デ ジ タ ル カ メ ラ	
4 1	撮 像 光 学 系	
4 2	撮 影 用 光 路	
4 3	フ ァ イ ン ダ ー 光 学 系	20
4 4	フ ァ イ ン ダ ー 用 光 路	
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	30
5 7	視 野 枠	
5 9	接 眼 光 学 系	
1 0 3	制 御 系	
1 0 4	撮 像 ユ ニ ッ ト	
1 1 2	対 物 レ ン ズ	
1 1 3	鏡 枠	
1 1 4	カ バ ー ガ ラ ス	
1 6 0	撮 像 ユ ニ ッ ト	
1 6 2	撮 像素 子 チ ッ プ	
1 6 6	端 子	40
3 0 0	パ ソ コ ン	
3 0 1	キ ー ボ ー ド	
3 0 2	モ ニ タ ー	
3 0 3	撮 影 光 学 系	
3 0 4	撮 影 光 路	
3 0 5	画 像	
4 0 0	携 帯 電 話	
4 0 1	マ イ ク 部	
4 0 2	ス ピ ー カ 部	
4 0 3	入 力 ダイ ア ル	50

4 0 4            モニター  
 4 0 5            撮影光学系  
 4 0 6            アンテナ  
 4 0 7            撮影光路

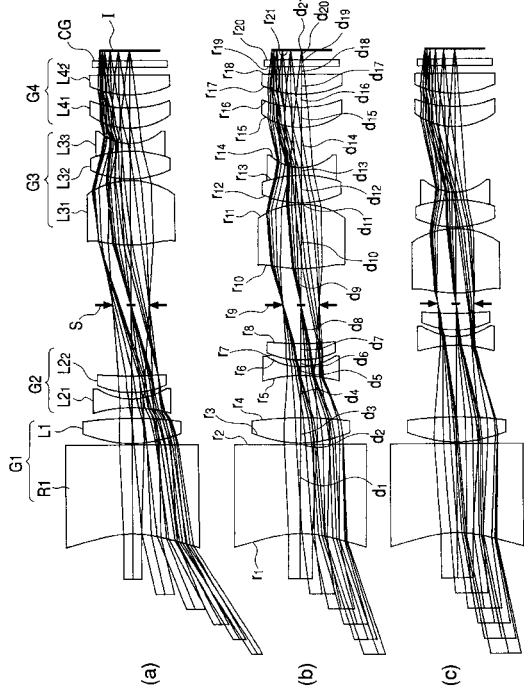
【図 1】



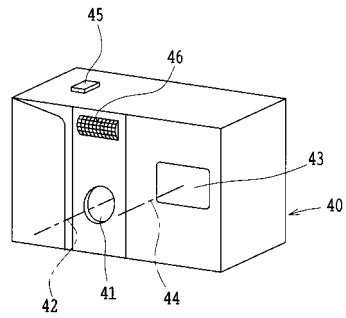
【図 2】



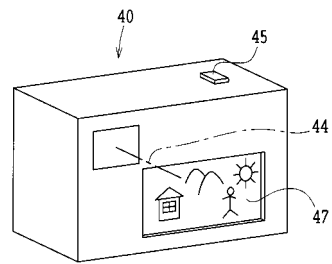
【図 3】



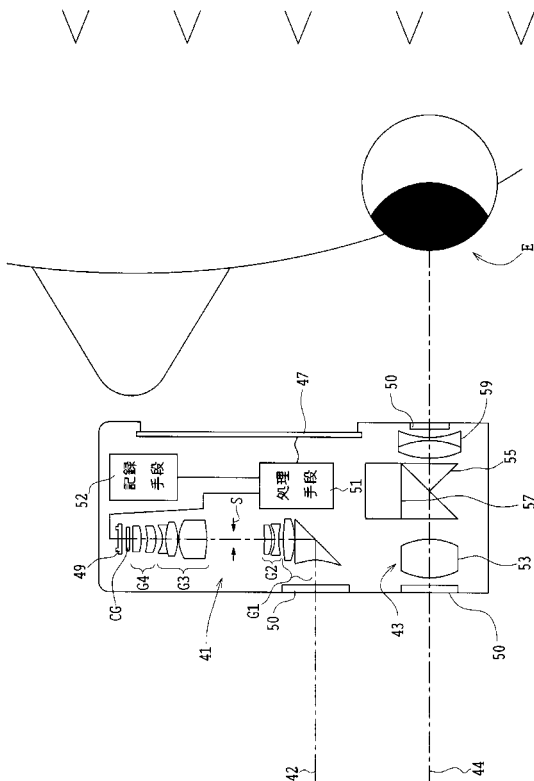
【図 4】



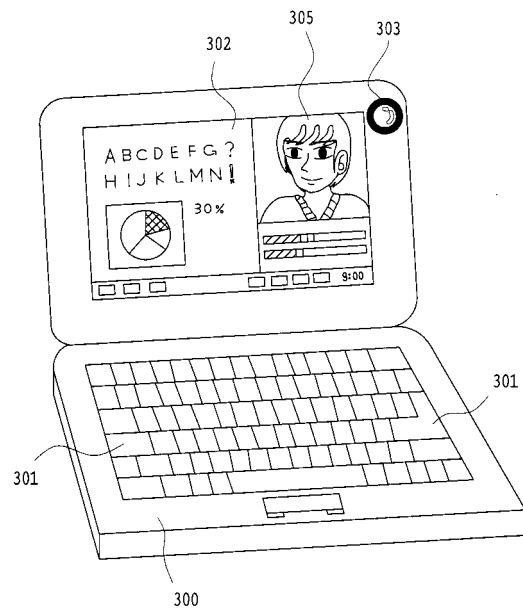
【図 5】



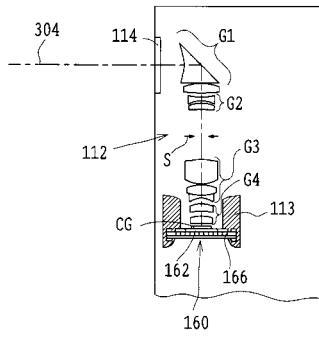
【図 6】



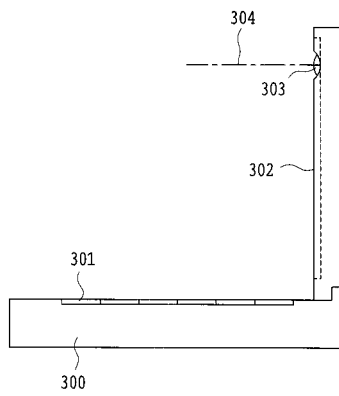
【図 7】



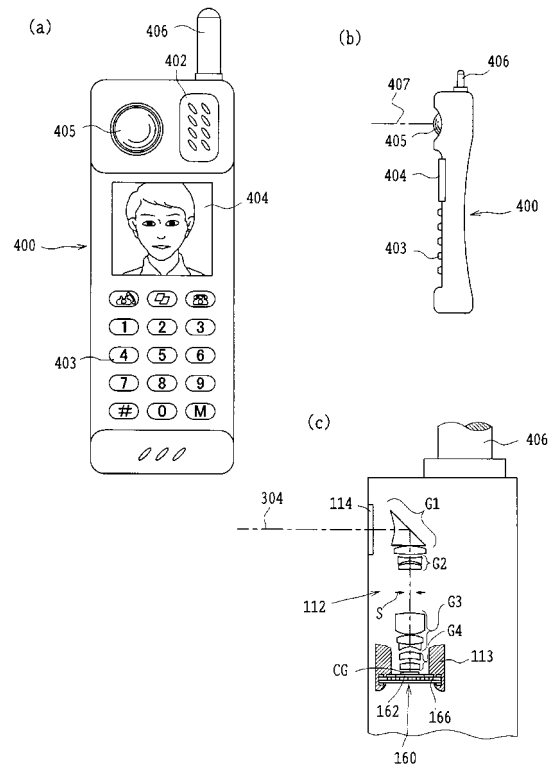
【図 8】



【図 9】



【図 10】



---

フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA00 KA01 LA01 PA07 PA18 PB08 QA03 QA05 QA14 QA22  
QA25 QA33 QA41 QA46 RA01 RA32 RA41 RA43 SA23 SA27  
SA29 SA32 SA63 SA64 SA65 SA72 SB02 SB13 SB24 SB33  
5C022 AA13 AB12 AB13