

(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2011-203387

(P2011-203387A)

(43) 公開日 平成23年10月13日(2011.10.13)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 2 B 15/20 (2006.01)	G O 2 B 15/20	2 H 0 8 7
G 0 2 B 13/18 (2006.01)	G O 2 B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2010-68921 (P2010-68921)	(71) 出願人	504371974
(22) 出願日	平成22年3月24日 (2010.3.24)		オリンパスイメージング株式会社
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
		(74) 代理人	100123962
			弁理士 斎藤 圭介
		(74) 代理人	100120204
			弁理士 平山 巖
		(72) 発明者	足立 要人
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ
			リンパス株式会社内
		(72) 発明者	三村 隆之
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ
			リンパス株式会社内

最終頁に続く

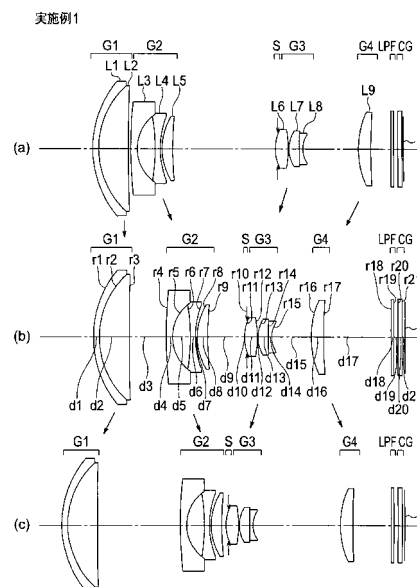
(54) 【発明の名称】 結像光学系及びそれを有する電子撮像装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 小型であることと高変倍比であることを両立させつつ、高変倍比、小型化において特に厳しく求められる像面湾曲を良好に補正した結像光学系およびそれを有する電子撮像装置を提供する。

【解決手段】 物体側より順に、正の屈折力の第1レンズ群G1と、負の屈折力の第2レンズ群G2と、正の屈折力の第3レンズ群G3と、正の屈折力の第4レンズ群G4とからなる結像光学系において、前記第2レンズ群を構成する最も屈折力の強い正単レンズL3のd線に対する屈折率を、前記第2レンズ群を構成するレンズの屈折率のうちで最も小さく設定する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と、負の屈折力の第 2 レンズ群と、正の屈折力の第 3 レンズ群と、正の屈折力の第 4 レンズ群とからなる結像光学系において、

前記第 2 レンズ群を構成する最も屈折力の強い正単レンズの d 線に対する屈折率は、前記第 2 レンズ群を構成するレンズの屈折率のうちで最も小さいことを特徴とする結像光学系。

【請求項 2】

前記第 2 レンズ群内に、前記正単レンズよりも中心肉厚が小さい凹レンズを少なくとも 1 つ有することを特徴とする請求項 1 に記載の結像光学系。

10

【請求項 3】

前記第 2 レンズ群内の最も屈折力の強い前記正単レンズは、前記第 2 レンズ群中の最も像面側に位置することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の結像光学系。

【請求項 4】

前記第 2 レンズ群内の最も屈折力の強い前記正単レンズが以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の結像光学系。

$$1.45 \text{ } nd_p \quad 1.75 \quad \cdots (1)$$

$$1.0 \quad dp \quad 3.5 \quad \cdots (2)$$

ここで、

nd_p は前記第 2 レンズ群内の前記正単レンズの d 線 (波長 = 587.6 nm) の屈折率、

20

dp は前記第 2 レンズ群内の前記正単レンズの d 線 (波長 = 587.6 nm) のアッベ数 ($nd_p - 1$) / ($n_{Fp} - n_{Cp}$)、

n_{dp} 、 n_{Cp} 、 n_{Fp} は、各々前記正単レンズの d 線、C 線、F 線に対する屈折率、である。

【請求項 5】

前記第 2 レンズ群内の最も屈折力の強い前記正単レンズが以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の結像光学系。

$$0.6 \quad gF \quad 0.75 \quad \cdots (3)$$

ここで、

gF は前記第 2 レンズ群内の前記正単レンズの部分分散比 $gF = (ng - nF) / (nF - nC)$ 、 ng は前記正単レンズの g 線 (波長 = nm) の屈折率、 nF は前記正単レンズの F 線 (波長 = nm) の屈折率、 nC は前記正単レンズの C 線 (波長 = nm) の屈折率、である。

30

【請求項 6】

前記第 2 レンズ群内の最も屈折力の強い前記正単レンズが以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の結像光学系。

$$0.20 \quad fp / (fw \cdot ft)^{1/2} \quad 1.00 \quad \cdots (4)$$

ここで、

fp は前記第 2 レンズ群の前記正単レンズの焦点距離、

40

fw は広角端における光学系全系の焦点距離、

ft は望遠端における光学系全系の焦点距離、

である。

【請求項 7】

前記第 2 レンズ群内の最も屈折力の強い前記正単レンズが以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の結像光学系。

$$-0.5 \quad (R1 + R2) / (R1 - R2) < 1.0 \quad \cdots (5)$$

ここで、

$R1$ は前記第 2 レンズ群の最も物体側の面の曲率半径、

$R2$ は前記第 2 レンズ群の最も像面側の面の曲率半径、

50

である。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の結像光学系と、
光電変換素子と、を有し、
前記結像光学系が、前記光電変換素子上に像を形成することを特徴とする電子撮像装置
。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、結像光学系、特に電子撮像光学系に適した薄型でありながら高変倍比でかつ結像性能に優れた結像光学系及びそれを有する電子撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

デジタルカメラは、高画素数化（高画素化）や小型薄型化において実用レベルを達成し、機能的にも市場的にも銀塩 35mm フィルムカメラにとって代わっている。そこで、次なる進化の方向の 1 つとして、そのままの小ささ、薄さ、で高変倍比とともにさらなる高画素数化が強く求められている。

これまで、高変倍に強いとして 4 群以上のいわゆるポジティブリードタイプが一般に用いられている。しかし望遠比が 1 を超えるものがほとんどであり、十分小型とはいえない。

20

【0003】

ポジティブリードタイプの光学系を小型化する際には、望遠端の全長短縮が必須である。しかしながら、光学系の全長を望遠端において短縮すると、負の像面湾曲が発生する。このため結像性能を満足することが出来なくなる。

小型化と像面湾曲補正とを両立する手段としてポジティブリードタイプ光学系の第 2 レンズ群に低屈折率の凸レンズを導入することが考えられる。

【0004】

例えば、特許文献 1 の実施例 1 では、第 2 レンズ群内のレンズのうち凸レンズの屈折率が最も小さい構成である。

30

【0005】

また、例えば、特許文献 2 では、第 2 レンズ群内のレンズのうち屈折率が最も低い正レンズが配置された構成である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2008 - 203453 号公報

【特許文献 2】特開 2009 - 9121 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0007】

特許文献 1 に開示されている光学系では、凸レンズは、接合レンズとして配置されている。このため、非点収差やコマ収差等の軸外収差への補正能力が低下する。また変倍比は 5 倍程度しかない。

また、特許文献 2 に開示されている光学系では、第 2 レンズ群の構成枚数は 5 ~ 6 枚であり、光軸方向の全長が長く、小型化されていない。このため、レンズ鏡筒ユニットをカメラ筐体の厚み（奥行き）方向に収納するいわゆる沈胴式鏡筒を採用しても、カメラ筐体を薄くすることは困難である。なお、沈胴式鏡筒とは、レンズ鏡筒ユニットをカメラ筐体の厚み（奥行き）方向に収納する方式の鏡筒のことである。

【0008】

50

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、小型であることと高変倍比であることを両立させつつ、例えば、高変倍比、小型化等の場合において特に厳しく求められる、像面湾曲を良好に補正した結像光学系およびそれを有する電子撮像装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の結像光学系は、

物体側より順に、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、正の屈折力の第3レンズ群と、正の屈折力の第4レンズ群とからなる結像光学系において、

前記第2レンズ群を構成する最も屈折力の強い正単レンズのd線に対する屈折率は、前記第2レンズ群を構成するレンズの屈折率のうちで最も小さいことを特徴とする。

10

【0010】

また、本発明の好ましい態様によれば、前記第2レンズ群内に、前記正単レンズよりも中心肉厚が小さい凹レンズを少なくとも1つ有することが望ましい。

【0011】

また、本発明の好ましい態様によれば、前記第2レンズ群内の最も屈折力の強い前記正単レンズは、前記第2レンズ群中の最も像面側に位置することが望ましい。

【0012】

また、本発明の好ましい態様によれば、前記第2レンズ群内の最も屈折力の強い前記正単レンズが以下の条件を満足することが望ましい。

20

$$1.45 \leq n_{dp} \leq 1.75 \quad \cdots (1)$$

$$1.0 \leq dp \leq 3.5 \quad \cdots (2)$$

ここで、

n_{dp} は前記第2レンズ群内の前記正単レンズのd線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）の屈折率、

dp は前記第2レンズ群内の前記正単レンズのd線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）のアッベ数 $(n_{dp} - 1) / (n_{Fp} - n_{Cp})$ 、

n_{dp} 、 n_{Cp} 、 n_{Fp} は、各々前記正単レンズのd線、C線、F線に対する屈折率、である。

【0013】

30

また、本発明の好ましい態様によれば、前記第2レンズ群内の最も屈折力の強い前記正単レンズが以下の条件を満足することが望ましい。

$$0.6 \leq g_F \leq 0.75 \quad \cdots (3)$$

ここで、

g_F は前記第2レンズ群内の前記正単レンズの部分分散比 $g_F = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ 、

n_g は前記正単レンズのg線（波長 $\lambda = 435 \text{ nm}$ ）の屈折率、 n_F は前記正単レンズのF線（波長 $\lambda = 486 \text{ nm}$ ）の屈折率、 n_C は前記正単レンズのC線（波長 $\lambda = 656 \text{ nm}$ ）の屈折率、である。

【0014】

40

また、本発明の好ましい態様によれば、前記第2レンズ群内の最も屈折力の強い前記正単レンズが以下の条件を満足することが望ましい。

$$0.20 \leq f_p / (f_w \cdot f_t)^{1/2} \leq 1.00 \quad \cdots (4)$$

ここで、

f_p は前記第2レンズ群の前記正単レンズの焦点距離、

f_w は広角端における光学系全系の焦点距離、

f_t は望遠端における光学系全系の焦点距離、

である。

【0015】

また、本発明の好ましい態様によれば、前記第2レンズ群内の最も屈折力の強い前記正単レンズが以下の条件を満足することが望ましい。

50

$$-0.5 < (R1 + R2) / (R1 - R2) < 1.0 \quad \cdots (5)$$

ここで、

R1 は前記第2レンズ群の最も物体側の面の曲率半径、

R2 は前記第2レンズ群の最も像面側の面の曲率半径、

である。

【0016】

また、本発明の電子撮像装置によれば、

上述の結像光学系と、

光電変換素子とを有し、

結像光学系が、光電変換素子上に像を形成することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、小型であることと高変倍比であることを両立させつつ、高変倍比、小型化において特に厳しく求められる像面湾曲を良好に補正した結像光学系およびそれを有する電子撮像装置を提供することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の実施例1にかかるズームレンズの(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端における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る。

【図2】実施例1にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

20

【図3】本発明の実施例2にかかるズームレンズの(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端における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る。

【図4】実施例2にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、(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5】本発明の実施例3にかかるズームレンズの(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端における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る。

【図6】実施例3にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

30

【図7】本発明の実施例4にかかるズームレンズの(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端における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る。

【図8】実施例4にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、(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9】本発明の実施例5にかかるズームレンズの(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端における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る。

【図10】実施例5にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間、(c)は望遠端での状態を示している。

40

【図11】本発明による結像光学系を組み込んだデジタルカメラ40の外観を示す前方斜視図である。

【図12】デジタルカメラ40の後方斜視図である。

【図13】デジタルカメラ40の光学構成を示す断面図である。

【図14】本発明の結像光学系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のカバーを開いた状態の前方斜視図である。

【図15】パソコン300の撮影光学系303の断面図である。

【図16】パソコン300の側面図である。

50

【図 17】本発明の結像光学系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)は側面図、(c)は撮影光学系 405 の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下に、本発明にかかる結像光学系をズームレンズに適用した実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。なお、実施例の説明に先立ち、本実施形態の結像光学系の作用効果について説明する。

【0020】

実施例の説明に先立ち、本実施形態の結像光学系の作用効果について説明する。

10

本実施形態の結像光学系は、

物体側より順に、正の屈折力の第 1 レンズ群と、負の屈折力の第 2 レンズ群と、正の屈折力の第 3 レンズ群と、正の屈折力の第 4 レンズ群とからなる結像光学系において、

前記第 2 レンズ群を構成する最も屈折力の強い正単レンズの d 線に対する屈折率は、前記第 2 レンズ群を構成するレンズの屈折率のうちで最も小さいことを特徴とする。

【0021】

ポジティブリード（正先行型）の結像光学系においては、ペッツバル和が負になりやすく、像面湾曲の補正が不足するという特徴がある。さらに全長を短縮化すると、特に第 2 レンズ群の負の屈折力が増大するため、ますます像面湾曲の補正が困難となる。このため、第 2 レンズ群内の正単レンズの屈折率を小さくすることで、ペッツバル和を小さく

20

【0022】

また、凸レンズの前後を空気界面とすることで、凸レンズに屈折力をつけやすくなる。このため、よりペッツバル和を小さくすることができ、像面補正が可能となる。さらに非球面の導入も容易となる。このため軸外の諸収差も良好に補正することができるため好ましい。

【0023】

また、本実施形態によれば、前記第 2 レンズ群内に、前記正単レンズよりも中心肉厚が小さい凹レンズを少なくとも 1 つ有することが望ましい。

【0024】

30

第 2 レンズ群内において正単レンズ（凸レンズ）よりも中心肉厚の小さい凹レンズを配することにより、凹レンズの形状自由度を増大することができる。その結果、第 2 レンズ群の屈折力を増大しやすくなり入射瞳位置を物体側へ配置させることが可能となる。つまり、第 1 レンズ群への入射光線高を抑えることができ、第 1 レンズ群の屈折力を上げることが出来る。

【0025】

このため、負の像面湾曲補正が可能になると共に全長短縮化が容易となるため好ましい。さらに、そのときに発生する広角端での非点収差や、望遠端での球面収差やコマ収差の変動を、正単レンズ（凸レンズ）の光路長を適切に確保することで低減することが可能となり好ましい。

40

【0026】

また、本実施形態によれば、前記第 2 レンズ群内の最も屈折力の強い前記正単レンズは、前記第 2 レンズ群中の最も像面側に位置することが望ましい。

第 2 レンズ群内の凸レンズを、最も像面側に配置することで、第 2 レンズ群の主点位置を物体側に配置させることができる。この結果、入射瞳位置が物体側へ配置できるので、良好な光学性能を維持しつつ、レンズの前玉径の小型化が可能である。

【0027】

また、本発明実施形態によれば、前記第 2 レンズ群内の最も屈折力の強い前記正単レンズが以下の条件を満足することが望ましい。

$$1.45 \leq n_d p \leq 1.75 \quad \cdots (1)$$

50

$$1.0 \quad dp \quad 3.5 \quad \cdots (2)$$

ここで、

nd_p は前記第 2 レンズ群内の前記正単レンズの d 線 (波長 = 587.6 nm) の屈折率、

dp は前記第 2 レンズ群内の前記正単レンズの d 線 (波長 = 587.6 nm) のアッペ数 $(nd_p - 1) / (n_{Fp} - n_{Cp})$ 、

nd_p 、 n_{Cp} 、 n_{Fp} は、各々前記正単レンズの d 線、C 線、F 線に対する屈折率、である。

【0028】

条件式 (1) は、第 2 レンズ群を構成する凸レンズの屈折率の条件を規定している。

条件式 (2) は、第 2 レンズ群を構成する凸レンズのアッペ数の条件を規定している。

条件式 (1) を満たすことで、第 2 レンズ群内のベッツバール和を低減することができる。換言すると、第 2 レンズ群の屈折力が増大してもズーム時の像面湾曲変動を最小限に留めることが可能となり全長短縮が可能である。

条件式 (1) の下限値を下回ると、実在する硝材がない為、所望の光学系が達成できない。

条件式 (1) の上限値を上回ると、像面湾曲が補正不足となる。

更に、条件式 (2) を満たすことで、第 2 レンズ群の像面湾曲補正を達成した上で、第 2 レンズ群内の色収差を良好に補正できる。

条件式 (2) の下限値を下回ると、色収差が補正不足になってしまう。

条件式 (2) の上限値を上回ると、色収差が補正過剰になってしまう。

即ち、条件式 (1)、(2) を同時に満たすことで、全長が短く色収差が良好に補正された変倍光学系が達成できる。

【0029】

また、条件式 (1) に代えて、条件式 (1-1) を満足すると良い。

$$1.60 \quad nd_p \quad 1.75 \quad \cdots (1-1)$$

さらに、条件式 (1) に代えて、条件式 (1-2) を満足するといっそう良い。

$$1.60 \quad nd_p \quad 1.70 \quad \cdots (1-2)$$

また、条件式 (2) に代えて、条件式 (2-1) を満足すると良い。

$$1.0 \quad dp \quad 3.0 \quad \cdots (2-1)$$

また、条件式 (2) に代えて、条件式 (2-2) を満足するといっそう良い。

$$1.5 \quad dp \quad 2.5 \quad \cdots (2-2)$$

これにより効果的に全長が短く色収差が良好に補正されたズームレンズを達成できる。

【0030】

また、本発明の好ましい態様によれば、前記第 2 レンズ群内の最も屈折力の強い前記正単レンズが以下の条件を満足することが望ましい。

$$0.6 \quad gF \quad 0.75 \quad \cdots (3)$$

ここで、

gF は前記第 2 レンズ群内の前記正単レンズの部分分散比 $gF = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ 、

n_g 、 n_F 、 n_C は、それぞれ正単レンズの g 線 (波長 = 435.84 nm) の屈折率、F 線 (波長 = 486.13 nm) の屈折率、C 線 (波長 = 656.27 nm) の屈折率、

である。

【0031】

条件式 (3) は、第 2 レンズ群を構成する正単レンズの部分分散比の条件を規定している。

条件式 (3) を満たすことで、2 次スペクトルを十分に補正しながら全長短縮が可能である。条件式 (3) の下限を下回ると、2 次スペクトルが補正不足となる。条件式 (3) の上限を上回ると、2 次スペクトルが補正過剰となる。

【0032】

10

20

30

40

50

また、本発明の好ましい態様によれば、前記第２レンズ群内の最も屈折力の強い前記正単レンズが以下の条件を満足することが望ましい。

$$0.20 \leq f_p / (f_w \cdot f_t)^{1/2} \leq 1.00 \quad \dots (4)$$

ここで、

f_p は前記第２レンズ群の前記正単レンズの焦点距離、

f_w は広角端における光学系全系の焦点距離、

f_t は望遠端における光学系全系の焦点距離、

である。

【００３３】

条件式（４）は、第２レンズ群を構成する正単レンズの屈折力の条件を規定している。

10

条件式（４）を満たすことで、第２レンズ群を構成する正単レンズの屈折力を強くすることができる。言い換えると、第２レンズ群のベッツバール和を小さくすることが可能となり光学系全体の像面湾曲を小さくすることが出来る。

条件式（４）の下限を下回ると、正単レンズの屈折力が大きくなりすぎ像面湾曲が補正過剰となる。

条件式（４）の上限を上回ると、正単レンズの屈折力が小さくなりすぎ像面湾曲が補正不足となる。

【００３４】

また、条件式（４）に代えて、条件式（４－１）を満足すると良い。

$$0.40 \leq f_p / (f_w \cdot f_t)^{1/2} \leq 0.90 \quad \dots (4-1)$$

20

さらに、条件式（４）に代えて、条件式（４－２）を満足するといっそう良い。

$$0.45 \leq f_p / (f_w \cdot f_t)^{1/2} \leq 0.85 \quad \dots (4-2)$$

これにより、効果的に像面湾曲を補正でき全長が短いズームレンズを達成できる。

【００３５】

また、本発明の好ましい態様によれば、前記第２レンズ群内の最も屈折力の強い前記正単レンズが以下の条件を満足することが望ましい。

$$-0.5 \leq (R1 + R2) / (R1 - R2) < 1.0 \quad \dots (5)$$

ここで、

$R1$ は前記第２レンズ群の最も物体側の面の曲率半径、

$R2$ は前記第２レンズ群の最も像面側の面の曲率半径、

30

である。

【００３６】

第２レンズ群の正単レンズは物体側に凸のメニスカス形状とすることで第２レンズ群全体の主点位置をより物体側へ配置することができる。これにより、少ない移動量で大きな変倍を行うことが容易となり、良好な光学性能を維持しつつ光学系の小型化が可能である。

【００３７】

条件式（５）は、上限を上回って増大すると、正単レンズ（凸レンズ）の最も物体側の面で発生する広角端での非点収差や望遠端での球面収差やコマ収差の補正が困難となり望ましくない。

40

また、条件式（５）の下限を下回って低減すると、第２レンズ群の主点位置を物体側に寄せることができず、小型化が困難となる。

【００３８】

また、条件式（５）に代えて、条件式（５－１）を満足することで、より効果的に小型化を実現することが可能である。

$$-0.7 \leq (R1 + R2) / (R1 - R2) < 1.0 \quad \dots (5-1)$$

【００３９】

また、本発明の電子撮像装置によれば、

上述の結像光学系と、

光電変換素子とを有し、

50

結像光学系が、光電変換素子上に像を形成することを特徴とする。
これにより、小型で高変倍比な電子撮像装置を得ることができる。
以下、各実施例について順に詳細に説明する。

【0040】

本発明の実施例1にかかるズームレンズについて説明する。図1は本発明の実施例1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)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端での断面図である。

【0041】

図2は実施例1にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端での状態を示している。また、FIYは像高を示している。なお、収差図における記号は、後述の実施例においても共通である。

10

【0042】

実施例1のズームレンズは、図1に示すように、物体側より順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、開口絞りSと、正屈折力の第3レンズ群G3と、正屈折力の第4レンズ群G4と、を有している。なお、以下全ての実施例において、レンズ断面図中、CGはカバーガラス、Iは電子撮像素子の撮像面を示している。

【0043】

本ズームレンズは、広角端から望遠端への変倍比は7.0倍であり、光学全長は望遠端で最長となり40.1mmである。

20

【0044】

第1レンズ群G1は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2との接合レンズで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0045】

第2レンズ群G2は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、両凹負レンズL4と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL5とから構成されており、全体で負の屈折力を有している。

【0046】

正メニスカスレンズL5は、第2レンズ群G2の中で最も屈折率の低い媒質で構成され、全体のペッツバル和を良好に補正している。

30

【0047】

第3レンズ群G3は、物体側より順に、両凸正レンズL6と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL7と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL8との接合レンズから構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0048】

第4レンズ群G4は、両凸正レンズL9の1枚で構成されている。

至近物点の撮影時には、第4レンズ群G4を光軸方向に移動することで合焦を行う。

【0049】

広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1は物体側へ移動する。第2レンズ群G2は、像側へ移動する。第3レンズ群G3は、物体側へ移動する。第4レンズ群G4は、物体側へ移動した後に像側へ移動する。

40

【0050】

非球面は、第1レンズ群G1の正メニスカスレンズL2の像側の面と、第2レンズ群G2の正メニスカスレンズL5の両面と、第3レンズ群G3の両凸正レンズL6の両面と、第4レンズ群G4の両凸正レンズL9の物体側の面と、の6面に設けられている。

【0051】

本発明の実施例2にかかるズームレンズについて説明する。図3は本発明の実施例2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

50

）は広角端、（ b ）は中間焦点距離状態、（ c ）は望遠端での断面図である。

【 0 0 5 2 】

図 4 は実施例 2 にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差（ S A ）、非点収差（ A S ）、歪曲収差（ D T ）、倍率色収差（ C C ）を示す図であり、（ a ）は広角端、（ b ）は中間焦点距離状態、（ c ）は望遠端での状態を示している。

【 0 0 5 3 】

実施例 2 のズームレンズは、図 3 に示すように、物体側より順に、正屈折力の第 1 レンズ群 G 1 と、負屈折力の第 2 レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、正屈折力の第 3 レンズ群 G 3 と、正屈折力の第 4 レンズ群 G 4 と、を有している。

【 0 0 5 4 】

広角端から望遠端への変倍比は 9 . 6 倍であり、光学全長は望遠端で最長となり 4 8 . 0 mm である。

【 0 0 5 5 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と両凸レンズ L 3 との接合レンズで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【 0 0 5 6 】

正メニスカスレンズ L 2 は、異常分散性を有するエネルギー硬化型樹脂で構成されている。これにより、第 1 レンズ群 G 1 の厚みを増大させることなく望遠端での倍率色収差、特に 2 次スペクトルによる倍率色収差を良好に補正している。

【 0 0 5 7 】

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と、両凹負レンズ L 5 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 6 とから構成されており、全体で負の屈折力を有している。

【 0 0 5 8 】

正メニスカスレンズ L 6 は、第 2 レンズ群 G 2 の中で最も屈折率の低い媒質で構成され、全体のペッツバル和を良好に補正している。

【 0 0 5 9 】

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側より順に、両凸正レンズ L 7 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 8 と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 9 との接合レンズから構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【 0 0 6 0 】

第 4 レンズ群 G 4 は、両凸正レンズ L 1 0 の 1 枚で構成されている。

至近物点の撮影時には、第 4 レンズ群を光軸方向に移動することで合焦を行う。

【 0 0 6 1 】

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 は物体側へ移動する。第 2 レンズ群 G 2 は、像側へ移動する。第 3 レンズ群 G 3 は、物体側へ移動する。第 4 レンズ群 G 4 は、物体側へ移動した後に像側へ移動する。

【 0 0 6 2 】

非球面は、第 1 レンズ群 G 1 の両凸レンズ L 3 の像側の面と、第 2 レンズ群 G 2 の両凹負レンズ L 5 の像側の面と、正メニスカスレンズ L 6 の物体側の面と、第 3 レンズ群 G 3 の両凸正レンズ L 7 の両面と、第 4 レンズ群 G 4 の両凸正レンズ L 1 0 の両面と、の 7 面に設けられている。

【 0 0 6 3 】

本発明の実施例 3 にかかるズームレンズについて説明する。図 5 は本発明の実施例 3 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 ）は中間焦点距離状態、（ c ）は望遠端での断面図である。

【 0 0 6 4 】

図 6 は実施例 3 にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差（ S A ）、非点収差（ A S ）、歪曲収差（ D T ）、倍率色収差（ C C ）を示す図であり、（ a ）は広

10

20

30

40

50

角端、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端での状態を示している。

【0065】

実施例3のズームレンズは、図5に示すように、物体側より順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、開口絞りSと、正屈折力の第3レンズ群G3と、正屈折力の第4レンズ群G4と、を有している。

【0066】

広角端から望遠端への変倍比は9.6倍であり、光学全長は望遠端で最長となり47.5mmである。

【0067】

第1レンズ群G1は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と両凸正レンズL2との接合レンズで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0068】

第2レンズ群G2は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、両凹負レンズL4と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL5とから構成されており、全体で負の屈折力を有している。

【0069】

正メニスカスレンズL5は、第2レンズ群G2の中で最も屈折率の低い媒質で構成され、全体のペッツバル和を良好に補正している。

【0070】

第3レンズ群G3は、物体側より順に、両凸正レンズL6と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL7と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL8との接合レンズから構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0071】

第4レンズ群G4は、両凸正レンズL9の1枚で構成されている。

至近物点の撮影時には、第4レンズ群を光軸方向に移動することで合焦を行う。

【0072】

広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1は物体側へ移動する。第2レンズ群G2は、像側へ移動する。第3レンズ群G3は、物体側へ移動する。第4レンズ群G4は、物体側へ移動した後に像側へ移動する。

【0073】

非球面は、第1レンズ群G1の両凸正レンズL2の像側の面と、第2レンズ群G2の両凹負レンズL4の像側の面と、正メニスカスレンズL5の物体側の面と、第3レンズ群G3の両凸正レンズL6の両面と、第4レンズ群G4の両凸正レンズL9の両面と、の7面に設けられている。

【0074】

本発明の実施例4にかかるズームレンズについて説明する。図7は本発明の実施例4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)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端での断面図である。

【0075】

図8は実施例4にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端での状態を示している。

【0076】

実施例4のズームレンズは、図7に示すように、物体側より順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、開口絞りSと、正屈折力の第3レンズ群G3と、正屈折力の第4レンズ群G4と、を有している。

【0077】

広角端から望遠端への変倍比は9.6倍であり、光学全長は望遠端で最長となり41.2mmである。

【0078】

第1レンズ群G1は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と両凸正レンズL3との接合レンズで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0079】

正メニスカスレンズL2は、異常分散性を有するエネルギー硬化型樹脂で構成されている。これにより、第1レンズ群G1の厚みを増大させることなく、望遠端での倍率色収差、特に2次スペクトルによる倍率色収差を良好に補正している。

【0080】

第2レンズ群G2は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL5と両凹負レンズL6との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL7とから構成されており、全体で負の屈折力を有している。

【0081】

正メニスカスレンズL5は、異常分散性を有するエネルギー硬化型樹脂で構成されている。これにより、第2レンズ群G2の厚みを増大させることなく広角端での倍率色収差、特に2次スペクトルによる倍率色収差を良好に補正している。

【0082】

正メニスカスレンズL7は、第2レンズG2の中で最も屈折率の低い媒質で構成され、全体のベッツバル和を良好に補正している。

【0083】

第3レンズ群G3は、物体側より順に、両凸正レンズL8と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL9と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL10との接合レンズとから構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0084】

第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL11の1枚で構成されている。

至近物点の撮影時には、第4レンズ群G4を光軸方向に移動することで合焦を行う。

【0085】

非球面は、第1レンズ群G1の両凸正レンズL3の両面と、第2レンズ群G2の正メニスカスレンズL5の物体側の面と、両凹負レンズL6の像面側の面と、正メニスカスレンズL7の物体側の面と、第3レンズ群G3の両凸正レンズL8の両面と、正メニスカスレンズL9の物体側の面と、第4レンズ群G4の両凸正レンズL11の両面と、の10面に設けられている。

【0086】

本発明の実施例5にかかるズームレンズについて説明する。図9は本発明の実施例5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)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端での断面図である。

【0087】

図10は実施例5にかかるズームレンズの無限遠物点合焦時における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す図であり、(a)は広角端、(b)は中間焦点距離状態、(c)は望遠端での状態を示している。

【0088】

実施例5のズームレンズは、図9に示すように、物体側より順に、正屈折力の第1レンズ群G1と、負屈折力の第2レンズ群G2と、開口絞りSと、正屈折力の第3レンズ群G3と、正屈折力の第4レンズ群G4と、を有している。

【0089】

広角端から望遠端への変倍比は1.4倍であり、光学全長は望遠端で最長となり58.0mmである。

【0090】

第1レンズ群G1は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1

10

20

30

40

50

と両凸正レンズL 2 との接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 3 とで構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0091】

第2レンズ群G 2 は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 4 と、両凹負レンズL 5 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 6 とから構成されており、全体で負の屈折力を有している。

【0092】

正メニスカスレンズL 6 は、第2レンズG 2 の中で最も屈折率の低い媒質で構成され、全体のベッツパル和を良好に補正している。

【0093】

第3レンズ群G 3 は、物体側より順に、両凸正レンズL 7 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 8 と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 9 との接合レンズから構成されており、全体で正の屈折力を有している。

【0094】

第4レンズ群G 4 は、両凸正レンズL 10 の1枚で構成されている。

至近物点の撮影時には、第4レンズ群G 4 を光軸方向に移動することで合焦を行う。

【0095】

非球面は、第1レンズ群G 1 の凸メニスカスレンズL 3 の像面側の面と、第2レンズ群G 2 の両凹負レンズL 5 の物体側の面と、正メニスカスレンズL 6 の物体側の面と、第3レンズ群G 3 の両凸正レンズL 7 の両面と、正メニスカスレンズL 8 の物体側の面と、第4レンズ群G 4 の両凸正レンズL 10 の両面と、の8面に設けられている。

【0096】

次に、上記各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掲げる。なお、各実施例の数値データにおいて、 r_1 、 r_2 、...は各レンズ面の曲率半径、 d_1 、 d_2 、...は各レンズの肉厚または空気間隔、 nd_1 、 nd_2 、...は各レンズのd線での屈折率、 d_1 、 d_2 、...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、をそれぞれ表している。また、*は非球面を示している。ERは有効径を示す。

【0097】

また、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_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} としたとき、次の式(I)で表される。

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

また、 e は10のべき乗を表している。なお、これら諸元値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。

【0098】

数値実施例1

単位mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	ER
物面					
1	12.2051	0.7000	1.94595	17.98	7.522
2	9.9298	3.5162	1.62263	58.16	7.020
3*	20365.6694	可変			6.800
4	54.0994	0.7500	1.88300	40.76	5.122
5	4.8062	2.1000			3.655
6	-22.6962	0.6000	1.69350	53.21	3.800
7*	9.5974	0.2000			3.429
8*	6.4751	1.2654	1.62980	19.20	3.447
9	39.0927	可変			3.400

10

20

30

40

50

10 (絞リ)	-0.3000				1.900
11*	4.9906	1.5000	1.51633	64.14	1.948
12*	-11.7157	0.1000			1.875
13	3.9602	1.2035	1.69350	53.21	1.773
14	126.7199	0.4000	1.90366	31.31	1.545
15	2.9820	可変			1.563
16*	10.8265	1.4500	1.53110	55.91	4.002
17	72.3763	可変			4.000
18		0.3000	1.51633	64.14	4.110
19		0.5000			4.115
20		0.6790	1.51633	64.14	4.127

像面 (撮像面)

非球面データ

第3面

K=0.000

A4=4.02872e-05, A6=-1.74846e-07, A8=2.73292e-09, A10=-2.09410e-11

第7面

K=0.124

A4=-3.96733e-04, A6=2.25803e-05, A8=-7.63555e-07

第8面

K=-0.937

A4=-1.98542e-04, A6=1.13819e-05, A8=-3.41417e-07

第11面

K=0.000

A4=-7.61090e-04, A6=9.17926e-05

第12面

K=-10.084

A4=-9.59804e-05, A6=1.36092e-04, A8=-1.30419e-05, A10=2.46559e-06

第16面

K=0.000

A4=-6.17458e-05, A6=1.59931e-05, A8=-3.32680e-07

各種データ

ズーム比	6.978					
	広角	中間	望遠	広角 (至近)	中間 (至近)	望遠 (至近)
焦点距離	5.509	14.478	38.437			
F N O .	3.737	4.762	5.203			
画角2	0.000	0.000	0.000			
像高	3.830	3.830	3.830			
BF	3.574	9.276	5.846			
レンズ全長	36.264	36.355	40.075			
物点距離						200.00
d3	0.248	4.332	9.731	1.218	6.839	0.248

10

20

30

40

50

d9	12.452	4.649	0.800	7.927	2.729	12.452
d15	6.505	4.613	10.214	8.209	7.000	6.116
d17	2.367	7.915	4.535	4.005	8.288	2.756
絞り径	1.900	1.900	1.900			
入射瞳位置	11.286	21.329	51.783			
射出瞳位置	-12.143	-8.511	-22.449			
前側主点位置	14.864	24.022	38.005			
後側主点位置	-5.329	-14.145	-38.154			

レンズ	始面	焦点距離
L1	1	-66.210
L2	2	15.955
L3	4	-6.017
L4	6	-9.653
L5	8	12.140
L6	11	6.992
L7	13	5.871
L8	14	-3.385

10

ズームレンズ群データ

20

群	始面	群焦点距離	群構成	前側主点位置	後側主点位置
G1	1	21.822	4.216	-0.257	-2.777
G2	4	-5.217	4.915	0.615	-3.165
G3	10	8.751	3.403	-2.979	-3.922
G4	16	23.776	1.450	-0.165	-1.105

【 0 0 9 9 】

数値実施例 2

単位 m m

30

面データ

面番号	r	d	nd	d	ER
物面					
1	14.0382	0.6899	1.94595	17.98	7.673
2	10.6023	0.3665	1.63387	23.38	7.074
3	11.5697	2.8624	1.67790	55.34	7.048
4*	-75793.8403	可変			6.800
5	93.9163	0.6363	1.88300	40.76	5.233
6	5.1552	2.1734			3.862
7	-41.1036	0.6274	1.74320	49.34	3.800
8*	8.9549	0.4048			3.631
9*	6.7108	1.1933	1.62980	19.20	3.662
10	54.8892	可変			3.600
11(絞り)		-0.3500			2.110
12*	5.5910	1.1695	1.51633	64.14	2.122
13*	-13.7671	0.1000			2.121
14	4.4565	1.4788	1.67790	50.72	2.066
15	15.3688	0.3944	2.00330	28.27	1.807
16	3.3863	可変			1.650

40

50

17*	12.2879	2.0078	1.49700	81.54	4.221
18*	-595.0683	可変			4.237
19		0.3000	1.51633	64.14	4.150
20		0.5000			4.146
21		0.5000	1.51633	64.14	4.137
22		0.5010			4.132

像面 (撮像面)

非球面データ

10

第 4 面

K=0.000

A4=2.05540e-05, A6=1.98219e-09, A8=-1.16761e-09, A10=1.19838e-11

第 8 面

K=1.028

A4=-1.31693e-03, A6=3.93380e-05, A8=-1.05662e-06

第 9 面

K=-1.206

A4=-7.82471e-04, A6=4.29259e-05, A8=-7.87816e-07

20

第 1 2 面

K=0.000

A4=-7.35163e-04, A6=2.89169e-05

第 1 3 面

K=0.000

A4=2.35783e-04, A6=3.97826e-05, A8=-2.48480e-06, A10=4.25092e-07

30

第 1 7 面

K=0.000

A4=-1.26342e-04, A6=2.85270e-06, A8=-3.03124e-07

第 1 8 面

K=-4.196

A4=-7.68705e-06, A6=-2.95930e-06, A8=-1.99269e-07

各種データ

ズーム比	9.630					
	広角	中間	望遠	広角 (至近)	中間 (至近)	望遠 (至近)
焦点距離	5.410	16.790	52.100			
F N O .	3.918	5.239	6.027			
画角 2	0.000	0.000	0.000			
像高	3.830	3.830	3.830			
BF	4.615	11.296	6.552			
レンズ全長	41.703	42.740	47.723			
物点距離						200.00
d4	0.361	5.729	11.848	3.167	9.543	0.361
d10	15.968	5.820	0.800	9.727	3.118	15.968

40

50

d16	7.004	6.140	14.768	5.639	6.026	6.688
d18	3.086	9.769	5.005	6.718	10.383	3.402
絞り径	2.110	2.110	2.110			
入射瞳位置	11.025	24.759	63.277			
射出瞳位置	-13.630	-11.767	-47.759			
前側主点位置	14.831	29.326	65.397			
後側主点位置	-4.909	-16.290	-51.581			

レンズ	始面	焦点距離
L1	1	-50.746
L2	2	174.408
L3	3	17.065
L4	5	-6.198
L5	7	-9.841
L6	9	12.025
L7	12	7.863
L8	14	8.778

10

ズームレンズ群データ

群	始面	群焦点距離	群構成長	前側主点位置	後側主点位置
G1	1	23.617	3.919	-0.194	-2.475
G2	5	-5.624	5.035	0.398	-3.674
G3	11	10.468	2.793	-3.786	-3.917
G4	17	24.251	2.008	0.027	-1.316

20

【 0 1 0 0 】

数値実施例 3

単位 mm

30

面データ

面番号	r	d	nd	d	ER
物面					
1	14.2782	0.6502	1.94595	17.98	7.587
2	11.2423	3.0229	1.67790	55.34	7.074
3*	-73816.9294	可変			6.800
4	82.6376	0.6393	1.88300	40.76	5.220
5	5.1180	2.1872			3.853
6	-38.9398	0.5643	1.74320	49.34	3.800
7*	9.3716	0.3633			3.644
8*	6.6523	1.2348	1.62980	19.20	3.672
9	48.8218	可変			3.600
10(絞り)		-0.3500			2.100
11*	5.6770	1.5000	1.51633	64.14	2.109
12*	-13.6326	0.1000			2.110
13	4.3843	1.4155	1.67790	50.72	2.055
14	13.8824	0.3961	2.00330	28.27	1.808
15	3.3901	可変			1.650
16*	13.8743	1.6000	1.49700	81.54	4.078
17*	-908.1765	可変			4.186

40

50

18	0.3000	1.51633	64.14	4.120
19	0.5000			4.117
20	0.5000	1.51633	64.14	4.111
21	0.5040			4.107
像面 (撮像面)				

非球面データ

第 3 面

K=0.000

A4=2.14759e-05, A6=2.21108e-08, A8=-1.31981e-09, A10=1.18716e-11

10

第 7 面

K=1.861

A4=-1.49755e-03, A6=3.72890e-05, A8=-9.74767e-07

第 8 面

K=-1.680

A4=-6.84639e-04, A6=4.18018e-05, A8=-5.50154e-07

20

第 1 1 面

K=0.000

A4=-7.39357e-04, A6=2.58199e-05

第 1 2 面

K=0.000

A4=2.67649e-04, A6=-5.51889e-06, A8=1.17249e-05, A10=-1.05257e-06

第 1 6 面

K=0.000

A4=-6.64758e-04, A6=3.07346e-05, A8=-2.37901e-06

30

第 1 7 面

K=0.000

A4=-5.81441e-04, A6=2.07326e-05, A8=-1.99372e-06

各種データ

ズーム比	9.630					
	広角	中間	望遠	広角 (至近)	中間 (至近)	望遠 (至近)
焦点距離	5.410	16.789	52.098			
F N O .	3.954	5.381	6.271			
画角 2	0.000	0.000	0.000			
像高	3.830	3.830	3.830			
BF	4.664	11.555	6.559			
レンズ全長	41.377	42.321	47.253			
物点距離						200.00
d3	0.251	5.387	11.468	2.904	9.214	0.251
d9	16.156	5.931	0.800	9.872	3.209	16.156
d15	6.983	6.124	15.104	5.668	6.027	6.621
d17	3.132	10.028	5.015	6.902	10.714	3.494

40

50

絞り径	2.100	2.100	2.100
入射瞳位置	10.630	23.210	58.524
射出瞳位置	-12.833	-11.157	-41.469
前側主点位置	14.367	27.589	54.108
後側主点位置	-4.906	-16.290	-51.582

レンズ	始面	焦点距離
L1	1	-62.390
L2	2	16.582
L3	4	-6.203
L4	6	-10.113
L5	8	12.092
L6	11	7.973
L7	13	8.916
L8	14	-4.557

10

ズームレンズ群データ

群	始面	群焦点距離	群構成長	前側主点位置	後側主点位置
G1	1	23.286	3.673	-0.185	-2.317
G2	4	-5.678	4.989	0.407	-3.608
G3	10	10.338	3.062	-3.630	-3.936
G4	16	27.512	1.600	0.016	-1.053

20

【 0 1 0 1 】

数値実施例 4

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	ER
物面					
1	12.9837	0.6300	1.94595	17.98	6.615
2	10.3471	0.1500	1.63494	23.22	6.055
3*	10.7059	2.4395	1.61881	63.85	6.030
4*	-171.0581	可変			5.650
5	329136.3206	0.4500	2.00330	28.27	4.589
6	6.1657	1.4211			3.678
7*	-42.8104	0.4804	1.63494	23.22	3.684
8	-10.8625	0.5000	1.77377	47.18	3.675
9*	7.6760	0.2000			3.482
10*	6.1392	1.3000	1.62980	19.20	3.504
11	324.1097	可変			3.450
12(絞り)		-0.2000			1.850
13*	5.5846	1.4000	1.58313	59.38	1.882
14*	-14.0167	0.0446			1.861
15*	3.7068	2.3942	1.51633	64.14	1.821
16	279.7276	0.3523	2.00330	28.27	1.399
17	2.9742	可変			1.302
18*	8.7590	1.9227	1.58313	59.38	4.702
19*	46280.0000	可変			4.709

30

40

50

20	0.3000	1.51633	64.14	4.366
21	0.5000			4.336
22	0.5000	1.51633	64.14	4.259
23	0.4970			4.209
像面 (撮像面)				

非球面データ

第 3 面

K=0.000

10

A4=6.87586e-06,A6=-5.39937e-07

第 4 面

K=-1.000

A4=3.00789e-05,A6=-1.93704e-08,A8=-2.09144e-10

第 7 面

K=0.000

A4=-2.17420e-04,A6=-8.46972e-06,A8=5.72783e-09

20

第 9 面

K=0.000

A4=-4.16070e-04,A6=-4.08445e-05

第 1 0 面

K=0.000

A4=-6.81102e-04,A6=-4.38347e-05

第 1 3 面

K=-0.178

30

A4=8.10235e-04,A6=1.47070e-04,A8=6.97154e-06,A10=2.84551e-06

第 1 4 面

K=-3.249

A4=1.68031e-03,A6=1.16330e-04,A8=3.00974e-05,A10=5.06249e-07

第 1 5 面

K=-0.163

A4=3.91452e-04,A6=-1.93288e-04,A8=7.80962e-05,A10=-1.12898e-05

40

第 1 8 面

K=0.000

A4=-5.13572e-04,A6=1.23209e-05,A8=-2.56619e-07

第 1 9 面

K=0.000

A4=-5.42480e-04,A6=3.34890e-06

各種データ

ズーム比 9.599

50

	広角	中間	望遠	広角(至近)	中間(至近)	望遠(至近)
焦点距離	5.169	16.800	49.611			
F N O .	3.910	5.612	6.262			
画角 2	0.000	0.000	0.000			
像高	3.830	3.830	3.830			
BF	3.093	9.557	3.190			
レンズ全長	34.082	36.780	40.980			
物点距離						200.00
d4	0.243	5.168	11.494	1.578	8.927	0.243
d11	12.519	4.120	0.696	6.152	2.124	12.519
d17	4.742	4.450	12.114	4.297	5.097	4.489
d19	1.568	8.002	1.665	6.166	8.000	1.821
絞り径	1.850	1.850	1.850			
入射瞳位置	9.108	19.970	57.695			
射出瞳位置	-11.567	-10.760	-134.431			
前側主点位置	12.455	22.878	89.422			
後側主点位置	-4.671	-16.272	-49.114			

10

レンズ	始面	焦点距離
L1	1	-60.941
L2	2	418.237
L3	3	16.366
L4	5	-6.146
L5	7	22.792
L6	8	-5.745
L7	10	9.920
L8	13	7.033

20

ズームレンズ群データ

群	始面	群焦点距離	群構成長	前側主点位置	後側主点位置
G1	1	22.060	3.219	-0.074	-2.006
G2	5	-5.230	4.351	0.329	-2.911
G3	12	8.127	3.991	-5.372	-4.621
G4	18	15.023	1.923	-0.000	-1.215

30

【 0 1 0 2 】

数値実施例 5

単位 m m

40

面データ

面番号	r	d	nd	d	ER
物面					
1	29.6438	0.8000	1.94595	17.98	9.277
2	22.7582	2.5000	1.43875	94.93	8.873
3	-919.7113	0.2000			8.648
4	18.4752	1.8420	1.58913	61.14	7.654
5*	124.5971	可変			7.500
6	854.6114	0.6000	1.88300	40.76	5.135
7	6.2969	2.0000			4.003

50

8*	-15.9456	0.6000	1.86400	40.58	4.000
9	11.3216	0.1824			3.801
10*	6.3382	1.5000	1.62980	19.20	3.890
11	1859.5060	可変			3.900
12(絞リ)		-0.0642			2.300
13*	6.4671	1.6937	1.51633	64.14	2.404
14*	-16.3815	0.6243			2.313
15*	6.7315	1.7713	1.73310	48.91	2.217
16	29.3758	0.4546	2.00330	28.27	1.900
17	4.6579	可変			1.949
18*	12.8433	2.1364	1.53110	55.91	4.362
19*	-8239.2978	可変			4.400
20		0.6429	1.51633	64.14	4.178
21		0.5000			4.159
22		0.5000	1.51633	64.14	4.136
23		0.2260			4.125

像面 (撮像面)

非球面データ

第 5 面

K=0.000

A4=3.72259e-06, A6=-2.07222e-09, A8=-1.91172e-11, A10=1.86542e-13

第 8 面

K=-62.178

A4=-3.56643e-04, A6=-1.18653e-07

第 10 面

K=-7.971

A4=1.34475e-03, A6=-2.98368e-05, A8=3.63953e-07

第 13 面

K=0.000

A4=5.20471e-04, A6=1.61643e-04, A8=-1.21576e-05, A10=2.04496e-06

第 14 面

K=0.000

A4=3.34744e-03, A6=-2.70328e-05, A8=-4.89982e-07, A10=2.93219e-06

第 15 面

K=0.998

A4=1.22876e-03, A6=-1.31583e-04, A8=3.18278e-06, A10=4.01703e-07

第 18 面

K=0.000

A4=-1.78516e-04, A6=8.62892e-07, A8=-5.24052e-07

第 19 面

K=0.000

10

20

30

40

50

A4=-8.59778e-05,A6=-4.95316e-07,A8=-5.01498e-07

各種データ

ズーム比	14.419					
	広角	中間	望遠	広角(至近)	中間(至近)	望遠(至近)
焦点距離	5.493	20.736	79.198			
F N O .	4.335	5.452	6.059			
画角 2	0.000	0.000	0.000			
像高	3.830	3.830	3.830			
BF	4.999	15.070	6.341			
レンズ全長	52.630	53.898	57.884			
物点距離						200.00
d5	0.287	9.221	16.333	4.329	14.011	0.287
d11	20.652	7.593	0.700	11.733	4.550	20.652
d17	9.852	5.174	17.670	6.679	6.839	9.549
d19	3.519	13.366	4.790	9.688	12.198	3.822
絞り径	2.300	2.300	2.300			
入射瞳位置	12.017	38.582	102.149			
射出瞳位置	-24.596	-11.561	-106.938			
前側主点位置	16.490	43.172	125.977			
後側主点位置	-5.267	-20.286	-78.901			

レンズ	始面	焦点距離	
L1	1	-109.777	
L2	2	50.659	
L3	4	36.584	
L4	6	-7.187	
L5	8	-7.586	
L6	10	10.095	
L7	13	9.213	
L8	15	11.530	

ズームレンズ群データ

群	始面	群焦点距離	群構成長	前側主点位置	後側主点位置
G1	1	27.112	5.342	1.383	-2.175
G2	6	-5.804	4.882	0.506	-3.250
G3	12	12.686	4.980	-4.286	-5.682
G4	18	24.147	2.136	0.002	-1.393

【 0 1 0 3 】

以下、各実施例の条件式対応値を掲げる。

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
(1) nd p	1.62980	1.62980	1.62980	1.62980	1.62980
(2) vdp	19.20	19.20	19.20	19.20	19.20
(3) gF	0.695	0.695	0.695	0.695	0.695
(4) $f p / (f w \cdot f t)^{1/2}$	0.848	0.716	0.720	0.620	0.491
(5) $(R 1 - R 2) / (R 1 + R 2)$	-0.72	-0.78	-0.76	-0.96	-0.99

f p	12.1402	12.0246	12.092	9.9205	10.0952
f w	5.417	5.410	5.410	5.167	5.410
f t	37.873	52.100	52.100	49.596	78.099
R1	6.4751	6.7108	6.6523	6.1392	6.3382
R2	39.0927	54.8892	48.8218	324.1097	1859.506

【 0 1 0 4 】

さて、以上のような本発明の結像光学系（ズームレンズ）は、物体の像をＣＣＤやＣＭＯＳなどの電子撮像素子で撮影する撮影装置、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、携帯端末、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。

10

【 0 1 0 5 】

図１１～図１３に本発明による結像光学系をデジタルカメラの撮影光学系４１に組み込んだ構成の概念図を示す。図１１はデジタルカメラ４０の外観を示す前方斜視図、図１２は同後方斜視図、図１３はデジタルカメラ４０の光学構成を示す断面図である。

【 0 1 0 6 】

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等を含む。そして、撮影者が、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４８を通して撮影が行われる。

20

【 0 1 0 7 】

撮影光学系４１によって形成された物体像は、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、画像処理手段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、この画像処理手段５１にはメモリ等が配置され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、このメモリは画像処理手段５１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。

【 0 1 0 8 】

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が配置されている。このファインダー用対物光学系５３は、カバーレンズ５４、第１プリズム１０、開口絞り２、第２プリズム２０、フォーカス用レンズ６６からなる。このファインダー用対物光学系５３によって、結像面６７上に物体像が形成される。この物体像は、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。

30

【 0 1 0 9 】

このように構成されたデジタルカメラ４０によれば、撮影光学系４１の構成枚数を少なくした小型化・薄型化のズームレンズを有する電子撮像装置が実現できる。なお、本発明は、上述した沈胴式のデジタルカメラに限られず、屈曲光学系を採用する折り曲げ式のデジタルカメラにも適用できる。

40

【 0 1 1 0 】

次に、本発明の結像光学系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１４～図１６に示す。図１４はパソコン３００のカバーを開いた状態の前方斜視図、図１５はパソコン３００の撮影光学系３０３の断面図、図１６は図１４の側面図である。図１４～図１６に示されるように、パソコン３００は、キーボード３０１と、情報処理手段や記録手段と、モニター３０２と、撮影光学系３０３とを有している。

【 0 1 1 1 】

ここで、キーボード３０１は、外部から操作者が情報を入力するためのものである。情報処理手段や記録手段は、図示を省略している。モニター３０２は、情報を操作者に表示するためのものである。撮影光学系３０３は、操作者自身や周辺の像を撮影するためのもの

50

のである。モニター 302 は、液晶表示素子や CRT ディスプレイ等であってよい。液晶表示素子としては、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がある。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。

【0112】

この撮影光学系 303 は、撮影光路 304 上に、例えば実施例 1 のズームレンズからなる対物光学系 100 と、像を受光する電子撮像素子チップ 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。

【0113】

鏡枠の先端には、対物光学系 100 を保護するためのカバーガラス 102 が配置されている。

電子撮像素子チップ 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る。そして、最終的に、物体像は電子画像としてモニター 302 に表示される。図 14 には、その一例として、操作者が撮影した画像 305 が示されている。また、この画像 305 は、処理手段を介し、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。遠隔地への画像伝達は、インターネットや電話を利用する。

【0114】

次に、本発明の結像光学系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 37 に示す。図 17 (a) は携帯電話 400 の正面図、図 17 (b) は側面図、図 17 (c) は撮影光学系 405 の断面図である。図 17 (a) ~ (c) に示されるように、携帯電話 400 は、マイク部 401 と、スピーカ部 402 と、入力ダイアル 403 と、モニター 404 と、撮影光学系 405 と、アンテナ 406 と、処理手段とを有している。

【0115】

ここで、マイク部 401 は、操作者の声を情報として入力するためのものである。スピーカ部 402 は、通話相手の声を出力するためのものである。入力ダイアル 403 は、操作者が情報を入力するためのものである。モニター 404 は、操作者自身や通話相手等の撮映像や、電話番号等の情報を表示するためのものである。アンテナ 406 は、通信電波の送信と受信を行うためのものである。処理手段（不図示）は、画像情報や通信情報、入力信号等の処理を行するためのものである。

【0116】

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、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 上に配された対物光学系 100 と、物体像を受光する電子撮像素子チップ 162 とを有している。対物光学系 100 としては、例えば実施例 1 のズームレンズが用いられる。これらは、携帯電話 400 に内蔵されている。

【0117】

鏡枠の先端には、対物光学系 100 を保護するためのカバーガラス 102 が配置されている。

電子撮像素子チップ 162 で受光された物体像は、端子 166 を介して、図示していない画像処理手段に入力される。そして、最終的に物体像は、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、処理手段には信号処理機能が含まれている。通信相手に画像を送信する場合、この機能により、電子撮像素子チップ 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。

【0118】

なお、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で様々な変形例をとることができる。

【符号の説明】

【0119】

G 1 第 1 レンズ群

10

20

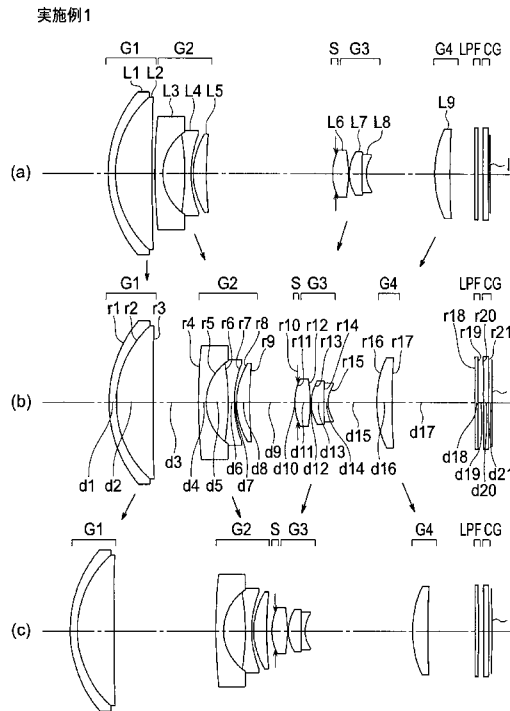
30

40

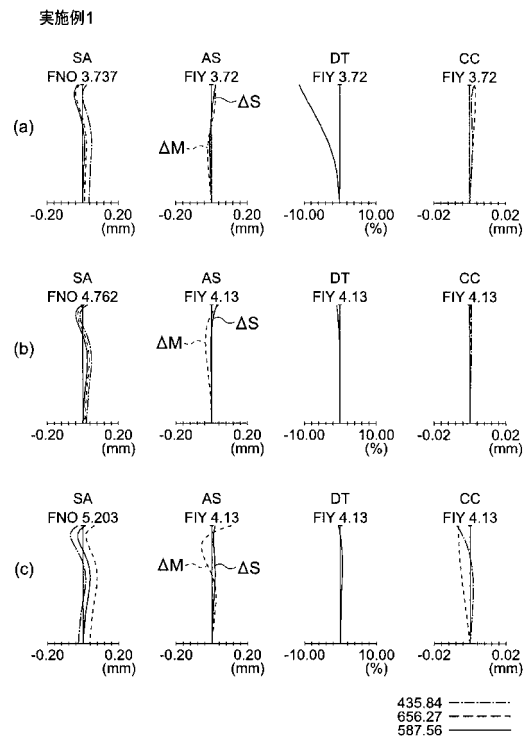
50

G 2	第 2 レンズ群	
G 3	第 3 レンズ群	
G 4	第 4 レンズ群	
L 1 ~ L 1 1	各レンズ	
L P F	ローパスフィルタ	
C G	カバーガラス	
I	撮像面	
E	観察者の眼球	
4 0	デジタルカメラ	
4 1	撮影光学系	10
4 2	撮影用光路	
4 3	ファインダー光学系	
4 4	ファインダー用光路	
4 5	シャッター	
4 6	フラッシュ	
4 7	液晶表示モニター	
4 8	ズームレンズ	
4 9	C C D	
5 0	撮像面	
5 1	処理手段	20
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	
6 6	フォーカス用レンズ	
6 7	結像面	
1 0 0	対物光学系	
1 0 2	カバーガラス	
1 6 2	電子撮像素子チップ	
1 6 6	端子	30
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	40
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	

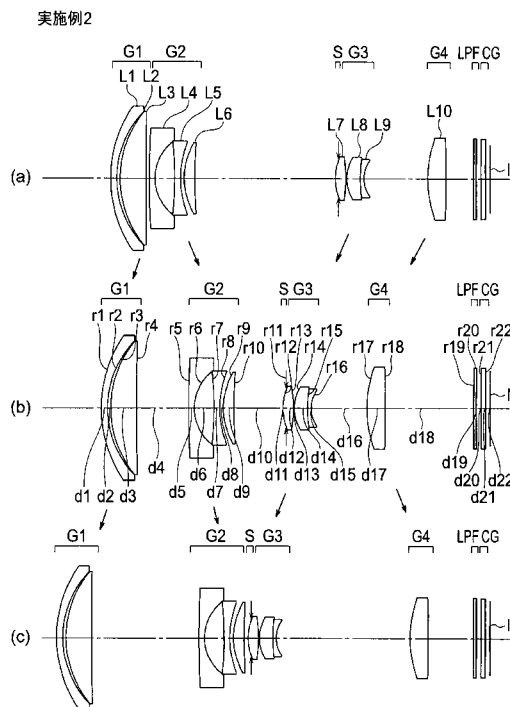
【図 1】



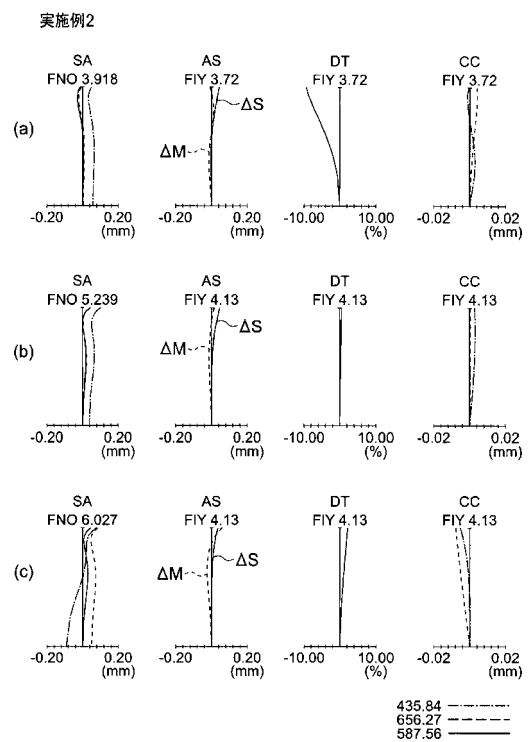
【図 2】



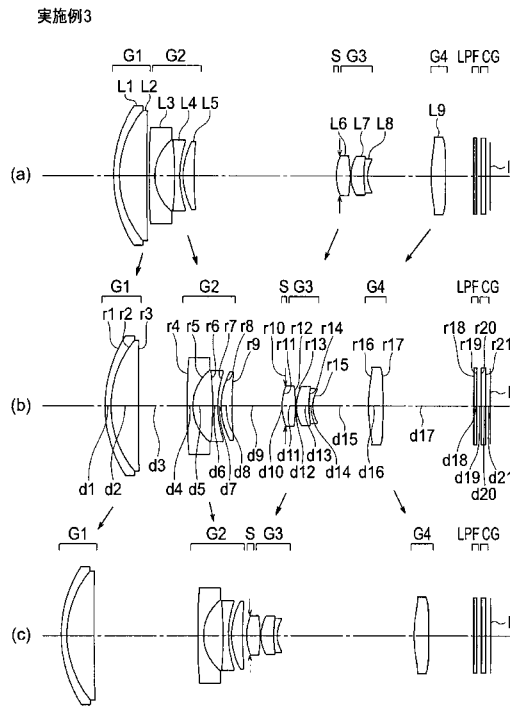
【図 3】



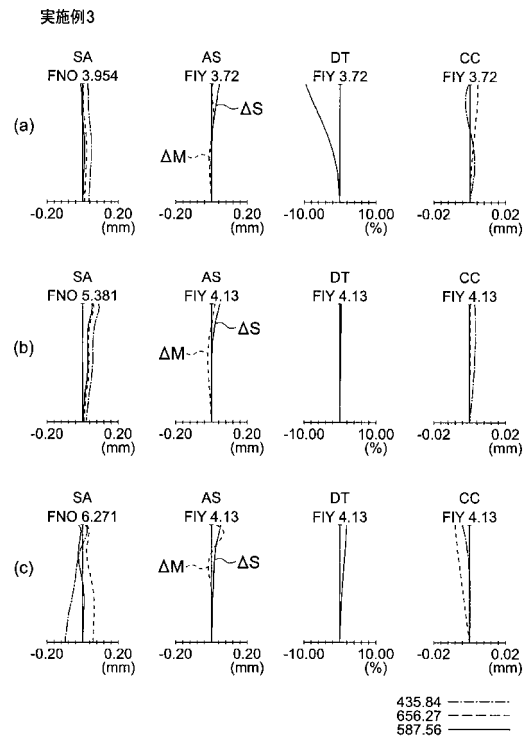
【図 4】



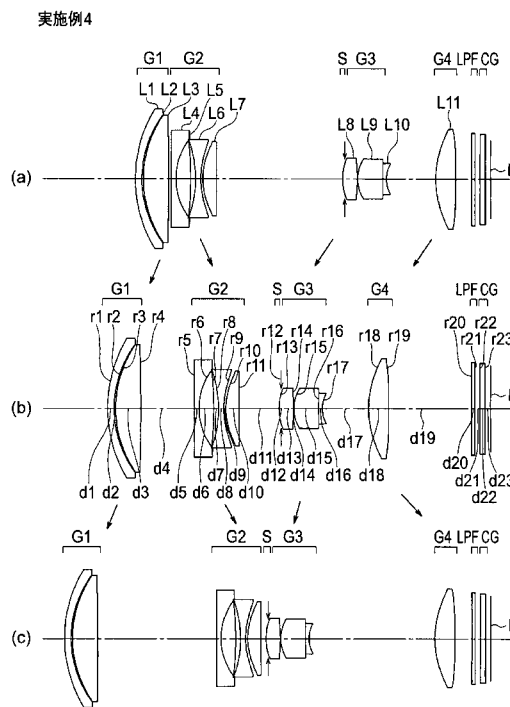
【図 5】



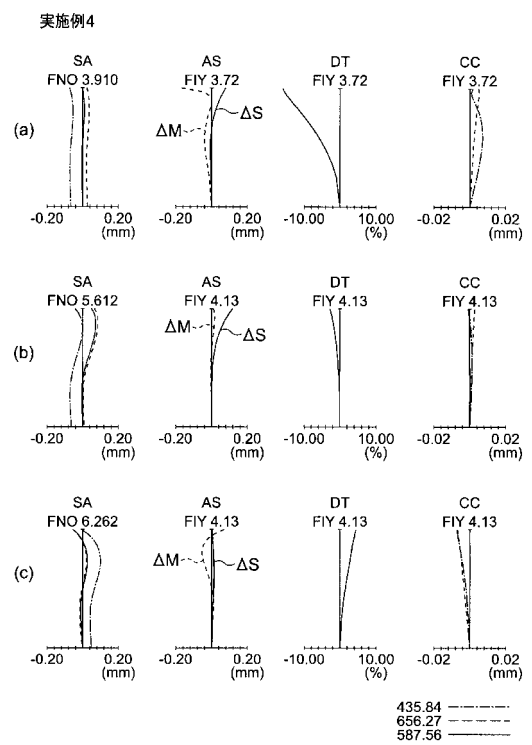
【図 6】



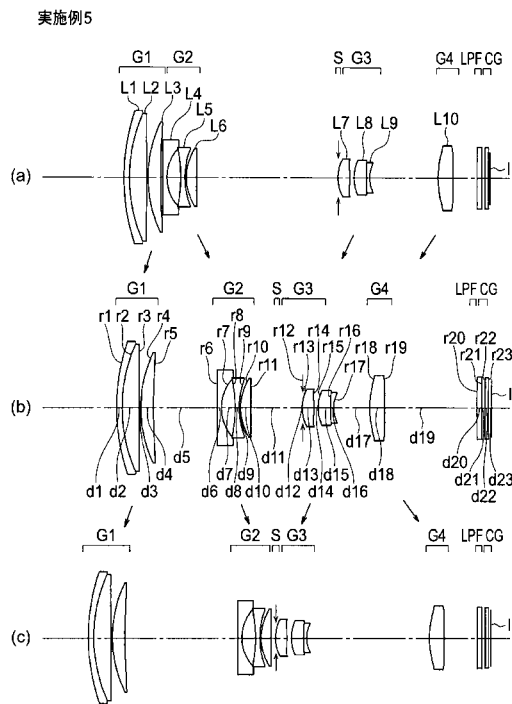
【図 7】



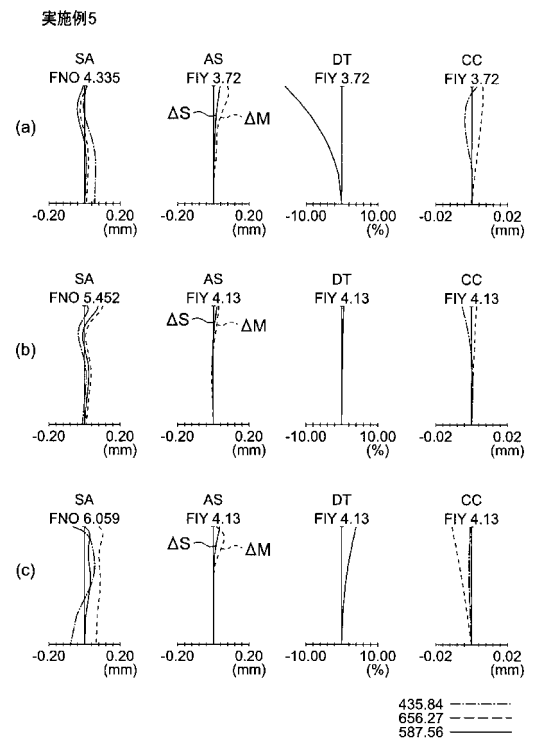
【図 8】



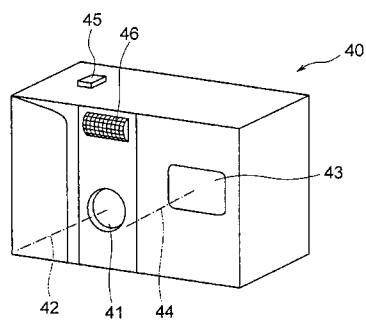
【図 9】



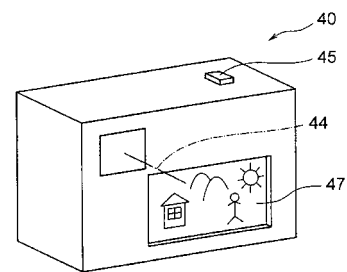
【図 10】



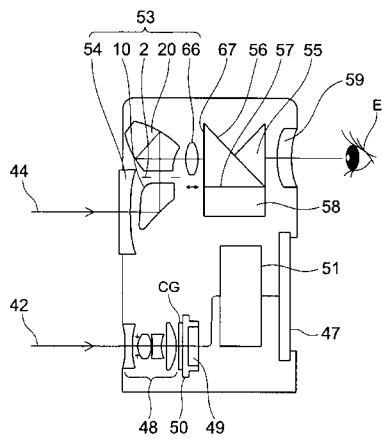
【図 11】



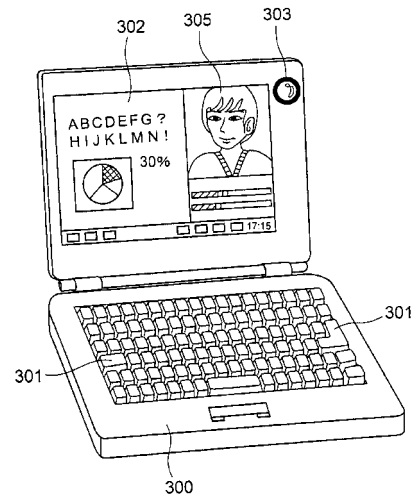
【図 12】



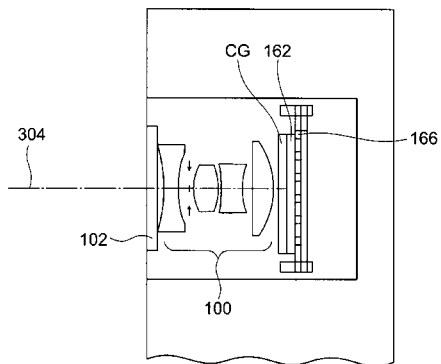
【図 1 3】



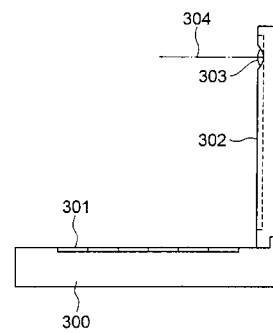
【図 1 4】



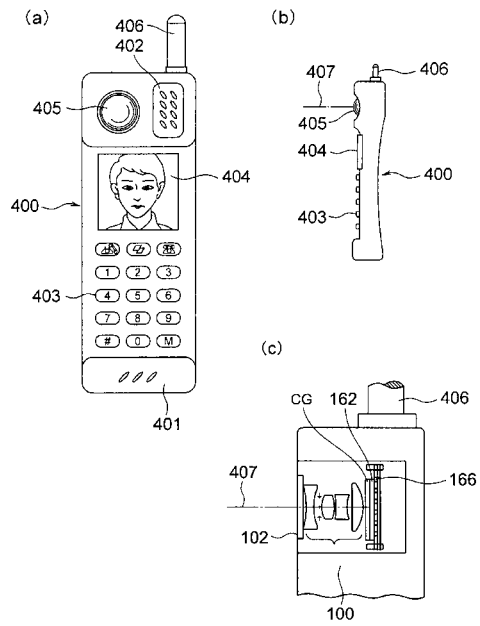
【図 1 5】



【図 1 6】



【図 17】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA01 MA15 NA14 PA07 PA08 PA18 PA19 PB09 PB10 QA02
QA06 QA07 QA17 QA21 QA25 QA26 QA32 QA34 QA42 QA45
RA05 RA12 RA13 RA36 RA42 RA43 SA23 SA27 SA29 SA32
SA62 SA63 SA64 SA65 SB03 SB04 SB14 SB15 SB24 SB32
UA01 UA06