

(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2005-77825

(P2005-77825A)

(43) 公開日 平成17年3月24日(2005.3.24)

(51) Int.Cl.⁷

G02B 15/167

F I

G02B 15/167

テーマコード (参考)

2H087

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 37 頁)

(21) 出願番号 特願2003-308900 (P2003-308900)
 (22) 出願日 平成15年9月1日 (2003.9.1)

(71) 出願人 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
 (74) 代理人 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

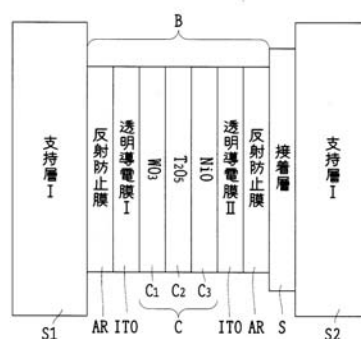
(54) 【発明の名称】 電子撮像装置結像光学系

(57) 【要約】

【課題】本発明は、奥行きが極めて薄い薄型であって広範囲に光量調節ができる撮像装置を提供する。

【解決手段】本発明の撮像装置は、結像光学系と、前記結像光学系の像側に配置された光学デバイスとを有し、前記光学デバイスは、電気的制御により光学的特性が変化する物質Cと、該物質の両端に設けられた透明導電膜ITOと、該透明導電膜に隣接する支持層S1、S2あるいは接着層Sを備え、前記透明導電膜と前記支持層、あるいは前記透明導電膜と前記接着層との間に反射防止コートARを設ける。

【選択図】 図11



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

結像光学系と、前記結像光学系の像側に配置された光学デバイスとを有する撮像装置であって、

前記光学デバイスは、電氣的制御により光学的特性が変化する物質と、該物質の両端に設けられた透明導電膜と、該透明導電膜に隣接する支持層あるいは接着層を備え、

前記透明導電膜と前記支持層、あるいは前記透明導電膜と前記接着層との間に反射防止コートを設けたことを特徴とする撮像装置。

【請求項 2】

結像光学系と、前記結像光学系の像位置に配置された撮像デバイスと、前記結像光学系と前記撮像デバイスの間に配置された光学デバイスを備えた撮像装置であって、

前記撮像デバイスは光電変換あるいは化学変化により前記結像光学系の像を撮像する機能を有し、

前記光学デバイスは、電気量に応じた化学変化により光の透過率を変化させることの出来る化学物質と、前記化学物質の両側に設けられた透明導電膜と、前記透明電極を支持する支持層あるいは接着層をそれぞれ有し、

少なくとも1ヶ所の前記透明導電膜と前記支持層、あるいは少なくとも1ヶ所の前記透明導電膜と接着層との間に、反射防止コートを設けたことを特徴とする撮像装置。

【請求項 3】

前記反射防止コートの屈折率 n_{AR} は以下の条件を満足する請求項 1 又は 2 に記載の撮像装置。

$$\left[(n_S)^3 \cdot (n_{ITO}) \right]^{1/4} < n_{AR} < \left[(n_S) \cdot (n_{ITO})^3 \right]^{1/4}$$

但し、 n_{ITO} 、 n_S はそれぞれ前記反射防止コートに隣接する前記透明導電膜、前記支持層あるいは接着層の屈折率（d 線基準）である。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学系の内部透過率を変化させる方式により、光量調節を行なうようにした光学系に関するものである。

【背景技術】

【0002】

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、その小型化や薄型化が進展してきている。一方、小型化や薄型化は、主に電気回路や記録媒体の小型化によるところが大きい。そのため、光学系の撮像装置全体に占める大きさの割合が、相対的に増大してきている。そこで、光学系に関して、特にズームレンズでは撮像素子の小型化が行われている。例えば、いわゆる沈胴式鏡筒といった機械的手段を用いることによって、薄型化が図られてきた。なお、沈胴式鏡筒は、撮影時に光学系がせり出し、携帯時に電子撮像装置筐体内に収納される構造を有している。

【0003】

しかし、小型化が進展するにつれて、撮像素子の小型化の進展に比例して光学系全体を小型化することには限界が生じている。その理由は、光学系を構成するレンズ要素の物理的加工、メカ機構の機械的強度及び製作精度が限界に近づいていることによる。そこで、非球面や高屈折率低分散硝材を使用して、構成要素を極限まで減らすことが行われている。しかしながら、それも基本仕様の確保や収差補正上限界に達している。そのため、従来のような光学系の体積や、全長の小型化あるいは前記沈胴時の奥行き方向への薄型化は限界に来ている。

【0004】

そこで、特に奥行き方向への薄型化を実現する方法として、光学系内に光路を折り曲げるための反射面を有したものが提案されている。又、機構を簡素にするために、光学フィルターやダイクロイックミラーの代わりに、別の光学素子を用いることが検討されている

。例えば、複数の透過光の波長範囲が互いに異なる複数のエレクトロクロミック素子を配置して、これらを組み合わせて用いるようにしたもの（特許文献１及び２参照）などが提案されている。

【特許文献１】特開平１１－１６０７３９号公報

【特許文献２】特公平５－２７０８３号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

このような状況の下で、電子撮像素子の小型化にともない、その回折の問題が無視できなくなっている。たとえばF/5.6以上絞り込むと画質の劣化が著しくなってくるため、光量の調節範囲が狭くなる等の新たな問題が出てきている。そこで、透過率を下げるためのいくつかの光学素子を抜き差し交換する方法や、透過率が可変の光学素子を使用する方法が提案されている。しかしながら、前者は機構が複雑で、そのためのスペースが小型化を妨げる要因になる。また、後者は駆動機構が不要であるため小型化に適している。しかし、それに使用される透過率が可変である物質の屈折率が高いため、内面反射によるゴーストやフレアーの発生が懸念される。又、前記透過率が可変である物質は、別途透明板等で支持し挟む必要がある。そのため、その分の厚みが嵩み、小型化に対して逆効果になる場合があり問題となる。

【０００６】

本発明は、上記の如き従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、奥行き方向が極めて薄い薄型の撮像装置であっても、十分広い範囲の光量調節が行える撮像装置を提供することにある。また、本発明の目的は、能動的に光学特性をコントロールできる素子を搭載した撮像装置において、能動的に光学特性を制御できる素子を搭載した撮像装置における欠点を排除しながら、その長所を有効に生かして、奥行き方向が極めて薄い薄型の撮像装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

上記目的を達成するため、本願の発明の撮像装置は、結像光学系と、前記結像光学系の像側に配置された光学デバイスとを有する撮像装置であって、前記光学デバイスは、電気的制御により光学的特性が変化する物質と、該物質の両端に設けられた透明導電膜と、該透明導電膜に隣接する支持層あるいは接着層を備え、前記透明導電膜と前記支持層、あるいは前記透明導電膜と前記接着層との間に反射防止コートを設けたことを特徴とする。

【０００８】

又、本願の発明の撮像装置は、結像光学系と、前記結像光学系の像位置に配置された撮像デバイスと、前記結像光学系と前記撮像デバイスの間に配置された光学デバイスを備えた撮像装置であって、前記撮像デバイスは光電変換あるいは化学変化により前記結像光学系の像を撮像する機能を有し、前記光学デバイスは、電気量に応じた化学変化により光の透過率を変化させることの出来る化学物質と、前記化学物質の両側に設けられた透明導電膜と、前記透明電極を支持する支持層あるいは接着層をそれぞれ有し、少なくとも１ヶ所の前記透明導電膜と前記支持層、あるいは少なくとも１ヶ所の前記透明導電膜と接着層との間に、反射防止コートを設けたことを特徴とする。

【０００９】

さらに、本願の発明の撮像装置は、請求項１又は２に記載の撮像装置において前記反射防止コートの屈折率 n_{AR} は以下の条件を満足するであることを特徴とする。

$$\left[(n_S)^3 \cdot (n_{ITO}) \right]^{1/4} \leq n_{AR} \leq \left[(n_S) \cdot (n_{ITO})^3 \right]^{1/4}$$

但し、 n_{ITO} 、 n_S はそれぞれ前記反射防止コートの隣接する前記透明導電膜、前記支持層あるいは接着層の屈折率（d線基準）である。

【発明の効果】

【００１０】

本願の発明は、奥行き方向が極めて薄い薄型の撮像装置であっても、十分広い範囲の光

10

20

30

40

50

量調節が行える撮像装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

実施例の説明に先立ち、本発明のように構成した理由及び本発明の作用効果について説明する。

本実施形態の撮像装置では、特に、光量調節を光学系の可変開口絞りに代わって、透過率が可変である物質を用いている。そして、この物質を使って行なう光量調節方式について、適切な条件を定めている。

【0012】

本実施形態の撮像装置では、結像光学系と、能動的に光学特性をコントロールできる光学素子（以下、単に光学デバイスとする）を有する。この光学デバイスは、電気的制御により光学的特性が変化する物質（以下、透過率可変物質とする。）と、透明導電膜（ITO）を少なくとも含む。ここで、透過率可変物質の光学的特性は、能動的に変化する。また、透明導電膜は電極として機能する物質で構成されている。そして、透過率可変物質を電気的に制御する際の電極として用いられる。

そして、それらは、たとえばガラス板などの光学部材に直接コーティングされるか、あるいはスパッタされる。あるいは、それらは、接着剤などの方法を通じて支持されている。ここで、光学デバイスは、おおむね電気的制御により光学特性が変化するものが多い。また、その機能を有する物質の主成分の屈折率や、電気的制御のための透明電極の屈折率は、支持層になる一般的な光学部材と比べて高い。従って、内面反射によるゴーストやフレアーの発生が懸念される。

【0013】

そこで、本実施形態の撮像装置においては、透過率可変物質と、支持層になる光学部材との間に、反射防止コートを施している。透過率可変物質と支持層の間に接着層がある場合は、透過率可変物質と接着層の間、または接着層と支持層の間に反射防止コートが設けられる。あるいは、透明導電膜と支持層になる光学部材との間に、反射防止コートを施してもよい。透明導電膜と支持層の間に接着層がある場合は、透明導電膜と接着層の間、または接着層と支持層の間に反射防止コートが設けられる。

このようにすることで、光学素子による内面反射を大幅に低減することを可能にする。

【0014】

また、本実施形態の撮像装置は、結像光学系、光学デバイス及び撮像デバイスを有する。光学デバイスは、結像光学系の光軸上に配され、光量調節機能を有する。また、撮像デバイスは、光電変換あるいは化学変化により撮像を行う。

従来、結像光学系内には開口絞りが配置されていた。そして、開口絞りの開口径を変えることで、光量調節を行っていた。これに対して、本実施形態では、この開口絞りに代えて透過率が可変の光学デバイスを用い、光量調節を行う方式を採用している。

【0015】

この光学デバイスは、透過率可変物質と、電極としての透明導電膜（ITO膜）を少なくとも有する。この透過率可変物質は、電気量に応じて化学変化を生じる。そして、この化学変化により、光の透過率を変化させることができる。また、透過率可変物質の両サイドには、透明電極が設けられている。また、透過率可変物質や透明導電膜は、たとえばガラス板などの光学部材に直接コーティングされるか、あるいはスパッタで形成される。あるいは、接着剤などの方法により支持されている。

【0016】

上記の場合も、透過率可変物質と支持層になる光学部材（接着層を含む）との間に、反射防止コートを少なくとも1ヶ所施すとよい。あるいは、透明導電膜と支持層になる光学部材（接着層を含む）との間に、反射防止コートを少なくとも1ヶ所施すとよい。特に、透明導電膜と支持層が隣接する場合が多いので、その間に反射防止を目的とした物質をコート（蒸着あるいはスパッタ）するとよい。

【0017】

10

20

30

40

50

なお、反射防止コートは、所定の屈折率を持つことが好ましい。この所定の屈折率の値は、反射防止コートの一方の側に位置する物質の屈折率の値と、他方の側に位置する物質の屈折率の値とで決まる範囲内となるのが好ましい。理想的には、相乗平均の近傍の屈折率を有するのが良い。具体的には、以下の条件(1)の範囲内にすると良い。

$$(1) \quad [(nS)^3 \cdot (nIT0)]^{1/4} \leq nAR \leq [(nS) \cdot (nIT0)^3]^{1/4}$$

但し、 nAR は反射防止コートの屈折率、 $nIT0$ は反射防止コートに隣接する透明導電膜の屈折率(d線基準)、 nS は支持層あるいは接着層の屈折率(d線基準)である。

なお、以下の条件(2)を満足する場合は、反射防止コートを施しても施さなくても良い。

$$(2) \quad |nIT0 - nS| \leq 0.4$$

10

また、反射防止コートを施さない場合は、出来るだけ双方の屈折率差が少ないのが好ましい。たとえば、0.3以下ならばより好ましく、0.2以下であれば最良である。

【0018】

次に光学デバイスの体積節約について説明する。一般的に光学デバイスは、その機能を有する物質(透過率可変物質)と電極のみは厚みがほとんどない。よって、体積のほとんどが、これらを支持する支持層で占められている。従って、支持のためだけの支持層を、出来るだけなくすることが重要となる。

そこで、たとえば、通常ある2枚の透明基板のうち、一方の平面部に透明導電膜(ITO膜)、透過率可変物質、透明導電膜(ITO膜)の順に蒸着、あるいはスパッタする。ここで、透過率可変物質は電気量に応じて光学特性が変化する物質であり、たとえば、電気量の変化により光の透過率を変化させることの出来る化学物質(エレクトロクロミック層)である。

20

そして、これらをもう一方の透明基板ではなく、他の機能を有する光学素子に、接着層を介して接合する。このようにすれば、光学デバイスの体積は半分で済む。ここで、光学素子は撮像装置の光学系中にあるもので、たとえば、一方の光学面が平面のレンズ、プリズム、フィルター、撮像デバイス用の保護カバーガラス、あるいは他の機能性光学デバイスなどがある。これらの素子は、光の集光や発散、光の分岐、特定波長のみを透過させるというように、それ自体が固有の機能を有している。本実施形態の撮像装置では、このような固有の機能を有している光学素子に、光学デバイスの支持層と同じ支持機能を持たせるようにしている。

30

なお、先述の反射防止の観点から、少なくとも1ヶ所の透明導電膜(ITO膜)と支持層の間、あるいは少なくとも1ヶ所の透明導電膜と接着層との間に、反射防止を目的としたコートを施すのが良い。さらに、撮像装置が有する結像光学系を小型化するためには、光学デバイス得を用いたうえで、結像光学系の開口絞り(F値を決める絞り)の内径を常時固定とする。このようにすれば、駆動機構の類を省略することができる。

【0019】

ズームレンズの場合、その小型化のためには次のようにするのが好ましい。まず、結像光学系の開口絞り(F値を決める絞り)と撮像デバイスとの間に、正の屈折率のレンズ群を配置する。この正の屈折率のレンズ群は、広角端から望遠端まで変倍の際に、光の進行方向と反対方向にのみ移動する。そして、正の屈折率のレンズ群よりも撮像デバイス側に、光学デバイスを配置する。この光学デバイスは光量調節機能を有する素子で、前述のように、電気量に応じた化学変化により光の透過率を変化させる。

40

【0020】

上記のような構成にした上で、正の屈折力のレンズ群の移動は次のようにする。この正の屈折力のレンズ群の両側には、それぞれレンズ群が配置されている。物体側に配置されているレンズを物体側レンズ群、像側に配置されているレンズ群を像側レンズ群とする。望遠端においては、正の屈折力のレンズ群は、物体側レンズ群に最も接近する。一方、広角端においては、正の屈折力のレンズ群は、像側レンズ群に最も接近する。そこで、望遠端における正の屈折力のレンズ群と物体側レンズ群の間隔(光軸上距離)が、広角端における正の屈折力のレンズ群と像側レンズ群の間隔(光軸上距離)よりも短くなるように移

50

動させる。このようにすると、少ない移動量で変倍比を稼ぎやすくなる。また、結像光学系中には、前述のように、結像光学系のF値を決める開口絞りが配置されている。そこで、この開口絞りの開口部を含む平面とその直後のレンズ曲面とが交差するように、開口絞りを配置する。このようにすれば、望遠端において、正の屈折力のレンズ群が、物体側レンズ群に機械的に接近しやすくなる。その結果、結像光学系全体の小型化に有利となる。

【0021】

なお、光学デバイスの分光透過率は、どのような状態においても出来るだけニュートラルな特性を有することが望ましい。例えば、撮像装置を、結像光学系、光学デバイス及び撮像デバイスで構成する。そして、上記構成において、 \min 520 \max 全域で、分光透過率が以下の条件(3)、(4)を満足するのがよい。

10

$$(3) \quad 0.70 < 440 / 520 < 1.20$$

$$(4) \quad 0.80 < 600 / 520 < 1.30$$

但し、520は結像光学系あるいは光学デバイスの最も物体側の光入射面から撮像デバイス直前までの、波長520nmにおける透過率である。また、 \max 、 \min はそれぞれ520nmにおける最大及び最小透過率である。 x (x は数字)は波長 x nmの透過率である。

又、開口絞り近傍には、駆動機構的なものは配置しないほうが良い。そのため、露光時間を制御するシャッターも、開口絞りとは別のところに配置したほうが良い。しかし、開口絞りの近傍以外で適切な場所としては、光学デバイスと撮像デバイスとの間とするのがよい。

【実施例1】

20

【0022】

以下、本発明の実施例1を、図面を用いて説明する。

図1は本発明の電子撮像装置に用いられる光学系であって、光軸に沿う断面図である。図2は上記光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)はこの光学系での広角端、(b)は中間位置、(c)は望遠端における状態を示す。図1乃至13は、実施例1において利用可能な光学デバイスの拡大断面図である(図1におけるXで示す部分の拡大図)。

【0023】

実施例1の撮像装置は、電気的光量調節機能を有する。この機能は、結像光学系中に設けられている。結像光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G11と、正の屈折力を有する第2レンズ群G12と、負の屈折力を有する第3レンズ群G13と、第4レンズ群G14を備えている。第2レンズ群G12は開口絞りSAを有し、広角端から望遠端まで変倍の際に、光の進行方向と反対方向にのみ移動する。本実施例では、開口絞りSAは第2レンズ群G12の最も物体側に位置し、変倍時には第2レンズ群G12と一体で移動する。第3レンズ群G13は、広角端から望遠端まで変倍の際に、第2レンズ群G12と異なった動きをする。第4レンズ群G14は、像面IMGに対して位置が固定されている。結像光学系は、更に、光学的ローパスフィルターF11、露光時間制御機能(シャッター機能)素子F12、F13、F14を有している。

30

【0024】

第1レンズ群G11は、両凹面の負の屈折力のレンズL11と、両凸面の正の屈折力のレンズL12とで構成されている。第2レンズ群G12は、物体側から順に、両凸面の正の屈折力のレンズL13、物体側に凸面の正の屈折力のレンズL14及び物体側に凸の負の屈折力のレンズL15で構成されている。ここで、レンズL14とL15は接合されている。第3レンズ群G13は、物体側に凸面の負の屈折力のメニスカスレンズL16で構成される。第4レンズ群G14は、両面が平面の光学素子L17と、物体側が平面で像側が凸面の正の屈折力のレンズL18で構成される。又、開口絞りSAは、第1レンズ群G11と第2レンズ群G12の間に設けられている。より詳しくは、開口絞りSAは、レンズL13の物体側の面に近接して設けられている。

40

【0025】

本実施例において、第4レンズ群は最終レンズ群である。この第4レンズ群G14は、両側平面の光学素子L17と、物体側が平面のレンズL18で構成されている。そこで、

50

光学素子 L 1 7 の像側の平面とレンズ L 1 8 の物体側の平面との間に、透明導電膜（導電膜層）、透過率可変物質、透明導電膜の順で蒸着した層（以下、この蒸着層をエレクトロ層と呼ぶ）を設ける。このエレクトロ層は、光学デバイスを構成する層として形成されている。本実施例では、光学素子 L 1 7 とレンズ L 1 8 により、エレクトロ層が支持されている。よって、第 4 レンズ群は結像光学系の一部であり、なおかつ、透過率を変化させることができる光学デバイスでもある。

【0026】

このエレクトロ層は、図 1 において X で示した部分内に形成されている。この X の部分の拡大断面図を、図 1 1 乃至 1 3 に示す。図 1 1 は、透明導電膜 IT0 の両側に、反射防止コート AR を施した例である。ここでは、支持層 I (S 1) と支持層 II (S 2) の間には、支持層 I から支持層 II に向かって、反射防止膜 AR、透明導電膜 IT0、電気化学的な透過率可変層 C (C 1 、 C 2 、 C 3)、透明導電膜 IT0、反射防止膜 AR、接着層 S がこの順に設けられている。反射防止膜 AR、透明導電膜 IT0、電気化学的な透過率可変層 C (C 1 、 C 2 、 C 3) は、コーティング層あるいはスパッタ層 B を形成している。電気化学的な透過率可変層 C は、C 1 、 C 2 及び C 3 の 3 つの層を含む。そして、C 1 は $W O_3$ 、C 2 は $T_2 O_5$ 、C 3 は NiO で形成されている。この実施例 1 では、支持層 I (S 1) は図 1 中の光学素子 L 1 7 に相当し、支持層 II (S 2) はレンズ L 1 8 に相当する。この実施例 1 では、光学素子 L 1 7 側にエレクトロ層が設けられ、接着層 S を介してレンズ L 1 8 に接合されている。

【0027】

図 1 2 は、透明導電膜 IT0 の片側にのみに、反射防止コート AR を施した例である。ここでは、支持層 II (S 2) 側のみに、反射防止コート AR が施されている。図 1 1 の支持層 I (S 1) の屈折率は約 1.5 であり、図 1 2 の支持層 I (S 1) の屈折率は、約 1.5 あるいは約 1.8 である。又、図 1 3 は、反射防止コート AR が施されていない例を示している。実施例 1 を含む各実施例における支持層 S 1 、 S 2 、反射防止膜 AR、透明導電膜 IT0、透過率可変層 C、接着層 S 等の屈折率は表 1 に示されている。

【0028】

赤外カット機能は、支持層 I (S 1) の基盤において、エレクトロ層と反対側の面に赤外カットのコーティングを施せばよい。あるいは、支持層 I (S 1) に赤外吸収フィルターを接合するなどしても良い。

【0029】

本実施例の特徴としては、開口絞り SA が、第 2 レンズ群 G 1 2 にほとんど接した状態で配置してある。すなわち、レンズ L 1 3 の物体側レンズ面の一部（面頂）が、開口絞り SA 開口部よりも物体側に位置している。そのため、望遠端において、第 2 レンズ群 G 1 2 が第 1 レンズ群 G 1 1 に接近しやすくなる。その結果、結像光学系の小型化、ひいては撮像装置の小型化に非常に有利となる。

なお、最終レンズ群 G 1 4 は、像側に凸の平凸レンズ 1 枚で構成することも可能である。又、第 1 レンズ群 G 1 1 は、第 3 レンズ群 G 1 3 の変倍時の動きを工夫することで、常時固定にしておくことも可能である。

【0030】

次に、第 1 実施例の結像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

第 1 実施例の数値データにおいて、 r_1 、 r_2 、... は各レンズ面 1、2、... の曲率半径、 d_1 、 d_2 、... は各レンズ L 1、L 2 ... の肉厚又は空気間隔、 n_1 、 n_2 、... は各レンズの d 線での屈折率、 ν_1 、 ν_2 、... は各レンズのアッペ数、F n o . は F ナンバー、F l は全系焦点距離、D 0 は物体から第 1 面までの距離を表している。他の実施例においても、同じである。

又、非球面形状は、光軸方向を z 軸、光軸に直交する方向を y 軸にとり、円錐係数を k、非球面係数を a、b、c、d、... としたとき、次の式で表される。

$$x = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + k)(y/r)^2\}^{1/2}] + ay^4 + by^6 + cy^8 + dy^{10} + \dots$$

これらの記号は、以下の各実施例においても共通である。

【 0 0 3 1 】

次に、実施例 1 の結像光学系を構成する光学部材の広角端における数値データを示す。

数値データ 1

F n o . = 2.8469

F l = 4.40596

面番号 (i)	曲率半径 (r _i)	面 (又は空気) 間隔 (d _i)	屈折率 (n _i)	アッペ数 (d _i)	
物体面					
1	-14.4186	0.7000	1.80610	40.92	
2\$	5.0739	2.0002			
3	13.6040	1.8000	1.71736	29.52	10
4	-22.7345	12.7370			
5	(絞リ SA)	-0.1500			
6\$	10.1570	5.0000	1.69350	53.21	
7	-7.2086	0.1500			
8	3.5285	1.5000	1.51633	64.14	
9	20.0000	0.7000	1.84666	23.78	
10	2.6003	1.1827			
11	88.8877	0.7000	1.72916	54.68	
12	10.6697	1.4848			
13		0.5500	1.51633	64.14	20
14		1.8000	1.68893	31.07	
15\$	-7.5724	0.6000			
16		0.1500	1.55000	55.00	
17		0.5500	1.51633	64.14	
18		0.5500	1.51633	64.14	
19		0.5500	1.51633	64.14	
20		0.7064			

IMG

【 0 0 3 2 】

非球面 [第 2 面]

曲率半径 r₂ = 5.0739

k = 0

a = -1.4557 × 10⁻³ b = -1.1198 × 10⁻⁵ c = -1.5201 × 10⁻⁶

非球面 (第 6 面)

曲率半径 r₆ = 10.1570

k = 0

a = -1.0309 × 10⁻³ b = -2.4545 × 10⁻⁵ c = 5.6328 × 10⁻⁷

非球面 (第 15 面)

曲率半径 r₁₅ = -7.5724

k = 0

a = 2.0259 × 10⁻³ b = -9.2452 × 10⁻⁵ c = 3.1450 × 10⁻⁶

【 0 0 3 3 】

面間距離 (ズ ム)

	広角端	中間位置	望遠端
F n o	2.8497	3.7897	4.9280
F l	4.40596	8.50573	12.63174
D 0			
D 4	12.73702	3.09088	0.40000
D 10	1.18271	3.70298	4.45650
D 12	1.48483	1.69485	4.12035

D 15	0.60000	0.60000	0.60000
D 20	0.70637	0.72238	0.70641

【実施例 2】

【0034】

次に、本発明の実施例 2 を、図面を用いて説明する。

図 3 は本発明の電子撮像装置に用いられる光学系であって、光軸に沿う断面図である。図 4 は上記光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間位置、(c)は望遠端における状態を示す。図 1 乃至 13 は、実施例 2 において利用可能な光学デバイスの拡大断面図である（図 3 における X、X' で示す部分の拡大図）。

【0035】

10

実施例 2 の撮像装置も、電気的光量調節機能を有する。この機能は、結像光学系中に設けられている。実施例 2 の結像光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 2 1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 2 と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 2 3 と、第 4 レンズ群 G 2 4 を有している。第 2 レンズ群 G 2 2 は開口絞り SA を有し、広角端から望遠端まで変倍の際に、光の進行方向と反対方向にのみ移動する。本実施例では、開口絞り SA は第 2 レンズ群 G 2 2 の最も物体側に位置し、変倍時には第 2 レンズ群 G 2 2 と一体で移動する。第 3 レンズ群 G 2 3 は、広角端から望遠端まで変倍の際に、第 2 レンズ群 G 2 2 と異なった動きをする。第 4 レンズ群 G 2 4 は、像面 IMG に対して位置が固定されている。結像光学系は、更に、光学的ローパスフィルター F 2 1、露光時間制御機能（シャッター機能）素子 F 2 2、F 2 3、F 2 4 を有している。

20

【0036】

第 1 レンズ群 G 2 1 は、両凹面の負の屈折力のレンズ L 2 1 と、物体面に凸面を向けた正の屈折力のメニスカスレンズ L 2 2 とで構成されている。第 2 レンズ群 G 2 2 は、物体側から順に、両凸面の正の屈折力のレンズ L 2 3 と、負の屈折力のメニスカスレンズ L 2 4 とで構成されている。第 3 レンズ群 G 2 3 は、両凸面の正の屈折力のレンズ L 2 5 で構成されている。第 4 レンズ群 G 2 4 は、物体側が凸面で像側が平面の正の屈折力のレンズ L 2 6 で構成されている。又、開口絞り SA は、第 1 レンズ群 G 2 1 と第 2 レンズ群 G 2 2 の間に設けられている。

【0037】

本実施例において、第 4 レンズ群は最終レンズ群である。この第 4 レンズ群 G 2 4 は、像側が平面のレンズ L 2 6 で構成されている。本実施例では、レンズ L 2 6 の像側の平面に、透明導電膜を介してエレクトロ層が蒸着されている。このエレクトロ層は、図 3 において X で示した部分内に形成されている。よって、レンズ L 2 6 が支持層 I (S 1) に該当する。一方、エレクトロ層を挟んでレンズ L 2 6 と対向する位置には、光学的ローパスフィルター F 2 1（結晶タイプでも高分子タイプでもよい）が配置されている。よって、支持層 II (S 2) には、光学的ローパスフィルター F 2 1 が該当する。この実施例 2 では、レンズ L 2 6 側にエレクトロ層が設けられ、接着層 S を介して光学的ローパスフィルター F 2 1 に接合されている。本実施例においても、第 4 レンズ群は結像光学系の一部であり、なおかつ、透過率を変化させることができる光学デバイスでもある。

30

なお、光学的ローパスフィルターは別の位置に設定し、その代わりに他の光学素子を用いてもよい。この場合、他の光学素子が支持層 II (S 2) になる。

40

【0038】

光学的ローパスフィルター F 2 1 に続いて、露光時間制御機能（シャッター機能）素子 F 2 2、F 2 3 及び F 2 4 が設けられている。なお、この場合、光学的ローパスフィルター F 2 1 をはずしても良い。これらの層の成分、屈折率等は実施例 1 の場合と同様である。

実施例 2 においては赤外カットフィルターが吸収型の場合は、上記の支持層 I (S 1) をそれにすることが可能である。又、赤外カットフィルターがコーティングタイプの場合は、後述する反射防止コート代わりに支持層と導電膜の間に設定してもよい。

【0039】

50

本実施例においては、開口絞りSAが第2レンズ群G 2 2に近接して配置されている。そのため、望遠端にて、第2レンズ群G 2 2が第1レンズ群G 2 1に接近しやすくなり、小型化に非常に有利となる。なお、第1レンズ群G 2 1は、第3レンズ群G 2 3の変倍時の動きを工夫することで常時固定にしておくことも可能である。

また、図3に示すように、光学的ローパスフィルタF 2 1と露光時間制御機能素子F 2 2の間（図のX'の位置）に、エレクトロ層を設けても良い。

【0040】

次に、実施例2の結像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ2

F no .	=2.8399	F l	= 4.53402			10
面番号 (i)	曲率半径 (r i)	面（又は空気）間隔 (d i)	屈折率 (n i)	アッペ数 (i)		
物体面						
1	-81.0753	0.7000	1.74320	49.34		
2\$	4.8972	1.4536				
3	9.1238	2.0000	1.84666	23.78		
4	25.0710	14.0113				
ST0	(絞り SA)	1.2000				
6\$	5.3146	2.2000	1.74320	49.34		
7	-23.7817	0.2000				20
8	17.0198	0.7000	1.84666	23.78		
9	4.4034	1.5000				
10	15.0573	1.2000	1.69680	55.53		
11	-93.8497	6.3122				
12\$	9.3100	1.5000	1.58913	61.14		
13		0.1500	1.55000	55.00		
14		0.5500	1.51633	64.14		
15		0.5500	1.51633	64.14		
16		0.5500	1.51633	64.14		
17		1.2486Z				30
IMG						
非球面 [第 2 面]						
曲率半径	r ₂ =4.8972					
k	= 0					
a	= -1.0233 × 10 ⁻³	b = 7.7170 × 10 ⁻⁶	c = -2.3663 × 10 ⁻⁶			
非球面 [第6面]						
曲率半径	r ₆ =5.3146					
k	= 0					
a	= -8.7046 × 10 ⁻⁴	b = -6.3148 × 10 ⁻⁶	c = -1.7256 × 10 ⁻⁶			
非球面 [第12面]						
曲率半径	r ₁₂ =9.3100					40
k	= 0					
a	= 1.4228 × 10 ⁻⁴	b = -1.0976 × 10 ⁻⁴	c = 4.3995 × 10 ⁻⁶			

【0041】

面間距離（ズーム）

	広角端	中間位置	望遠端
F no	2.8399	3.6853	4.5918
F l	4.53402	8.69456	12.89506
D 0			
D4	14.01131	4.83368	1.50000

D9	1.50000	2.00105	2.70000
D11	6.31222	11.00087	15.97141
D17	1.24856	1.27387	1.24782

【 0 0 4 2 】

次に、本発明の実施例 3 を、図面を用いて説明する。

図 5 は本発明の電子撮像装置に用いられる光学系であって、光軸に沿う断面図である。図 6 は上記光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間位置、(c)は望遠端における状態を示す。図 1 1 乃至 1 3 は、実施例 3 において利用可能な光学デバイスの拡大断面図である

【 実施例 3 】

10

【 0 0 4 3 】

実施例 3 の撮像装置も、電気的光量調節機能を有する。この機能は、結像光学系中に設けられている。結像光学系は、物体側から順に負の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 3 1 と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 3 2 を有している。さらに、これに加えて、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 3 を有することができる。第 2 レンズ群 G 3 2 は開口絞りを有し、広角端から望遠端まで変倍の際に光の進行方向と反対方向にのみ移動する。本実施例では、開口絞りは第 2 レンズ群 G 3 2 の最も物体側に位置し、変倍時には第 2 レンズ群 G 3 2 と一体で移動する。第 3 レンズ群 G 3 3 は変倍時に移動する。結像光学系は、更に、光学的ローパスフィルター F 3 1、露光時間制御機能（シャッター機能）素子 F 3 2、F 3 3、F 3 4、カバーガラス F 3 5 を有している。

20

【 0 0 4 4 】

第 1 レンズ群 G 3 1 は、両凹面の負の屈折力のレンズ L 3 1 と、物体面に凸面を向けた正の屈折力のメニスカスレンズ L 3 2 とで構成されている。第 2 レンズ群 G 3 2 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正の屈折力のメニスカスレンズ L 3 3、物体側に凸の負メニスカスレンズ L 3 4 及び両凸面のレンズ L 3 5 で構成されている。ここで、レンズ L 3 3 とレンズ L 3 4 は接合している。第 3 レンズ群 G 3 3 は、両凸の正の屈折力のレンズ L 3 6 で構成される。又、開口絞り S A は、第 1 レンズ群 G 3 1 と第 2 レンズ群 G 3 2 の間に設けられている。より詳しくは、開口絞り S A は、レンズ L 3 3 の物体側の面に近接して設けられている。

【 0 0 4 5 】

30

そして、第 3 レンズ群 G 3 3 と撮像面 IMG の間には、光学的ローパスフィルター F 3 1、露光時間制御機能（シャッター機能）素子 F 3 2、F 3 3、F 3 4、カバーガラス F 3 5 などの光学素子が設けられている。以下に詳細に示されるように、これらの光学素子の間に、エレクトロ層が設けられている。

【 0 0 4 6 】

ここで、光学素子 F 3 1 は、複屈折媒質よりなる光学的ローパスフィルターである。又、光学素子 F 3 2 乃至 F 3 4 は、ほぼ透明な平行平板である。これらの平行平板は、電気的光量調節機能を有する層、あるいはシャッター機能を有する物性物質を挟むために用いられる。これらの物性物質は、厚さ数 μm ～ 数十 μm である。この平行平板 F 3 2、F 3 3、F 3 4 又は F 3 5 に、赤外域カットコーティングを施すこともできる。

40

【 0 0 4 7 】

光線の傾きやフレアー・ゴーストなどの観点からすると、エレクトロ層は第 3 レンズ群 G 3 3（即ちレンズ L 3 6）の像側に設けるのが良い。本実施例では、光学的ローパスフィルター F 3 1 と露光時間制御機能（シャッター機能）素子 F 3 2 の間に、エレクトロ層、透明導電膜 ITO、反射防止膜 AR 等を設けている。本実施例では、光学的ローパスフィルター F 3 1 が支持層 I（S 1）に該当する。一方、エレクトロ層を挟んで光学的ローパスフィルター F 3 1 と対向する位置には、露光時間制御機能（シャッター機能）素子 F 3 2 が配置されている。よって、支持層 II（S 1）には、露光時間制御機能（シャッター機能）素子 F 3 2 が該当する。この実施例 3 では、光学的ローパスフィルター F 3 1 側にエレクトロ層が設けられ、接着層 S を介して露光時間制御機能（シャッター機能）素子 F 3 2 に接合さ

50

れている。

なお、エレクトロ層を設ける位置はこの位置に限られない。光学的ローパスフィルター F 3 1 からカバーガラス F 3 5 までの間にある平面部であれば、いずれの間でも良い。支持層 II (S 1) は、フィルター類、カバーガラスであってよい。これらの層の成分、屈折率等は実施例 1 の場合と同様である。赤外カットフィルターがコーティングタイプの場合には、後述する反射防止コート代わりに支持層と導電膜の間に設定しても構わない。

【 0 0 4 8 】

本実施例においても、開口絞り SA が第 2 レンズ群 G 3 2 にほとんど接したかたちで配置できる。そのため、望遠端にて第 1 レンズ群 G 3 1 に接近しやすくなり、小型化に非常に有利となる。なお、第 3 レンズ群 G 3 3 はなくても構わない。

10

【 0 0 4 9 】

次に、実施例 3 の結像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 3

F no.=2.8393		F l = 4.51553		
面番号 (i)	曲率半径 (r _i)	面 (又は空気) 間隔 (d _i)	屈折率 (n _i)	アッペ数 (d)
物体面				
1	-237.7768	1.0000	1.74320	49.34
2\$	4.6140	2.2194		
3	9.6798	1.8000	1.84666	23.78
4	27.1249	13.2109		
ST0	(絞り SA)	-0.3000		
6\$	3.8810	2.0000	1.74320	49.34
7	13.5543	0.7000	1.84666	23.78
8	3.5784	0.4000		
9	21.5339	1.3000	1.69350	53.21
10	-9.5160	4.2594		
11	22.1335	1.8000	1.48749	70.23
12	-15.8015	2.4000		
13		0.1500	1.55000	55.00
14		0.5500	1.80610	40.92
15		0.5500	1.80610	40.92
16		0.5500	1.80610	40.92
17		0.5500	1.80610	40.92
18		0.8896		

20

30

IMG

非球面 [第 2 面]

曲率半径 r₂ = 4.6140

k = 0

a = -1.2109 × 10⁻³ b = 9.5995 × 10⁻⁶ c = -3.9173 × 10⁻⁶

40

非球面 [第 6 面]

曲率半径 r₆ = 3.8810

k = 0

a = -1.0331 × 10⁻³ b = -2.2307 × 10⁻⁵ c = -4.9292 × 10⁻⁶

【 0 0 5 0 】

面間距離 (ズーム)

	広角端	中間位置	望遠端
F no	2.8398	3.8981	4.8344
F l	4.51553	8.69354	12.90018
D=0			

50

D=4	13.21087	4.80964	1.35092
D=10	4.25941	9.84579	14.31454
D=12	2.40000	1.89799	2.49086
D=18	0.88963	0.88748	0.88936

【0051】

上記実施例1乃至3においては、たとえば図11から13に示すように、反射防止コートARを前記支持層S1とエレクトロ層との境界に施している。これは、支持層S1とエレクトロ層との境界で、発生量が多くなりがちな反射光を少なくするためである。なお、支持層I(S1)としては、単純な平面版ではなくても良い。支持層I(S1)は、例えば、平凸や平凹レンズでもよい。あるいは、支持層I(S1)は、フィルター類などの光学素子や他の能動的光学素子としてもよい。その場合は複数ピースを一度に加工でき、後で切断して部品化する工法が可能な形状にしておくのがよい。このようにすると、一度に多部品数の蒸着あるいはスパッタなどコーティングができる。その結果、加工コストの低減に貢献する。

10

【0052】

次に、本発明の実施例4を、図面を用いて説明する。

図7は本発明の電子撮像装置に用いられる光学系であって、光軸に沿う断面図である。又、図8は上記光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間距離、(c)は望遠端における状態を示している。図14乃至17は、実施例4において利用可能な光学デバイスの拡大断面図である。

20

【実施例4】

【0053】

図7に示されるように、実施例4の結像光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有し第1レンズ群G41、正の屈折力を有する第2レンズ群G42、正の屈折力を有する第3レンズ群G43及び最終レンズ群(第4レンズ群)G44を備える。

第1レンズ群G41は、光路を折り曲げるための反射光学素子Pを有する。第2レンズ群G42は開口絞りSAを有し、広角端から望遠端まで変倍の際に、光の進行方向と反対方向にのみ移動する。本実施例では、開口絞りSAは第2レンズ群G42の最も物体側に位置し、変倍時には第2レンズ群G42と一体で移動する。第3レンズ群G43は、広角端から望遠端まで変倍の際に、第2レンズ群G42と異なった動きをする。最終レンズ群G44は、撮像面IMGに対して位置が固定されている。結像光学系は、更に、光学的ローパスフィルターF41、カバーガラス等の光学素子F42、F43、F44を有している。

30

【0054】

第1レンズ群G41は、物体側に凸面を向けた負の屈折力のレンズL41、プリズムL42、物体側に凹面を向けた負の屈折力のレンズL43及び物体側に凸面を向けた正の屈折力のレンズL44とで構成されている。プリズムL42は反射光学面RFを有し、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されている。第2レンズ群G42は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正の屈折力のレンズL45、像側に凹面を向けた負の屈折力のレンズL46及び像側に凸面を向けた正の屈折力のレンズL47で構成されている。上記レンズL45とレンズL46は接合されている。第3レンズ群G43は、物体側に凸面を向けた正の屈折力のレンズL48で構成される。第4レンズ群G44は、物体側に凹面を向けた負の屈折力のレンズL49と、像側が凸面の正の屈折力のレンズL410とで構成されている。上記レンズL49とL410は接合されている。又、開口絞りSAは、第1レンズ群G41と第2レンズ群G42の間に設けられている。より詳しくは、開口絞りSAは、レンズL45の物体側の面に近接して設けられている。

40

【0055】

そして、プリズムの反射面RFには、図14ないし17において拡大して示すように、電気化学的な透過率可変層C、透明導電膜ITOなどを含むコーティングあるいはスパッタ層Bが形成されている。

【0056】

本実施例における結像光学系は、開口絞り(F値を決める絞り)と前記撮像デバイスと

50

の間に、正の屈折率のレンズ群 G 4 2、G 4 3 を有する。この正の屈折率のレンズ群 G 4 2、G 4 3 は、広角端から望遠端まで変倍の際、光の進行方向と反対方向にのみ移動する。この結像光学系においても、光学デバイスを撮像デバイス側に配置しても良い。ただし、本実施例の光学系では、最も物体側のレンズ群に、光路を折り曲げるための反射光学素子 P (プリズム) を備えている。そのため、本実施例では、反射光学素子 P (プリズム) を光学デバイスに利用している。

【0057】

本実施例では、図 1 4 又は 1 5 に示されるように、ガラス板など適当な平面板を支持層 I (S 1) としている。そして、この支持層 I (S 1) に、反射面 (電極も兼ねる) としてのアルミニウムあるいは銀などの金属コート AL を施している。この金属コート AL に使用する物質は、反射物質コート面となるようなものであれば、上記物質に限定されない。更に、続いて、透過率可変物質層 C、透明電極 (導電膜) IT0 を施している。そして、最後に、接合剤 S を介して、支持層 II (S 2) に接合している。本実施例では、反射光学素子 P はプリズムである。よって、プリズムが支持層 II (S 2) に該当する。支持層 I (S 1) は、プリズムの反射面であった面 R F に接合されている。

10

【0058】

反射面 R F には、金属蒸着スパッタの類は付いていない。よって、支持層 I (S 1) が接合されると、反射面 R F は反射作用を喪失するので、透過面となる。なお、接着層 S と透明電極 (導電膜) IT0 との間に、反射防止膜 AR を施す。また、金属コート AL と透過率可変層 C との間に、反射増加のための誘電体多層膜 R B を施しても良い。

20

【0059】

上記の構成によれば、プリズムに入射した結像光束は、透過率可変層 C を通過して金属コート AL 面 (反射面) に到達する。そして、結像光束は金属コート AL 面で反射された後、再び透過率可変層 C を通過してプリズム内に戻る。すなわち、結像光束は、透過率可変層 C を 2 回通過することになる。この様に、光学系内にある反射面を利用する構成にすれば、結像光束は透過率可変層 C を 2 度通過することになる。結像光束が 2 度通過する様にすれば、光学系全体の透過率の最大値と最小値の比は概略 2 乗になる。よって、光学デバイスの透過率の可変範囲が狭くても、光量調節範囲を大幅に広げることができる。なお、結像光束が光学デバイスを 2 度通過する構成では、光学デバイスを出来るだけ反射面の上あるいは直前に配置するのが光学系の小型化には有利である。

30

【0060】

また、光学デバイスを 1 回通過する時の、波長 520nm における透過率を 520 とする。この場合、 $\min_{520} \max$ 全域で、光学デバイスの分光透過率が、以下の条件 (5)、(6) を同時に満足すると良い。

$$(5) \quad 0.75 < \frac{440}{520} < 1.15$$

$$(6) \quad 0.85 < \frac{600}{520} < 1.25$$

ここで x (x は数字) は波長 x nm の透過率である。上記範囲のいずれかを外れるとカラーバランスが劣化しやすく好ましくない。

【0061】

さらに、以下の条件 (5') 又は (6') を満たすようにするとより良い。

40

$$(5') \quad 0.80 < \frac{440}{520} < 1.10$$

$$(6') \quad 0.90 < \frac{600}{520} < 1.20$$

なお、後述するように、前記蒸着基板である支持層 I (S 1) に相当する側をプリズム側とし支持層 II (S 2) を前記適当な平面板としても良い。その際、接着層 S は前記適当な平面板である支持層 II (S 2) に隣接するのがよい。特にプリズムの屈折率が高い場合は、その方が好ましい。又、プリズムの屈折率が 1.65 以上である場合は反射防止膜 AR がなくてもよい場合がある。

【0062】

次に、実施例 4 の結像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 4

50

F no.=2.8468

F l = 6.07484

面番号 (i)	曲率半径 (r _i)	面 (又は空気) 間隔 (d _i)	屈折率 (n _i)	アッペ数 (i)
物体面				
1	24.3298	1.1000	1.74320	49.34
2\$	10.9670	3.0000		
3		12.5000	1.80610	40.92
4		0.3000		
5	-231.2464	0.9000	1.77250	49.60
6	9.4491	0.8000		
7	10.3485	1.9000	1.76182	26.52
8	29.3302	17.3456		
ST0	(絞り SA)	-0.2997		
10\$	5.8100	2.4911	1.74320	49.34
11	14.1583	0.7000	1.84666	23.78
12	5.7568	0.8000		
13	36.5118	1.5000	1.72916	54.68
14	-16.2052	1.5026		
15	16.2195	1.4000	1.48749	70.23
16	114.0672	8.0037		
17	-19.5049	0.8000	1.84666	23.78
18	123.3803	2.1000	1.74320	49.34
19\$	-17.2574	0.6000		
20		0.1500	1.55000	55.00
21		0.5500	1.58313	59.38
22		0.5500	1.80610	40.92
23		0.5500	1.80610	40.92
24		0.9962		

IMG

非球面 (第2面)

曲率半径 r₂=10.9670

k = 0

a = -1.4015 × 10⁻⁵ b = -1.6416 × 10⁻⁶ c = 4.1185 × 10⁻⁸ d = -3.4565 × 10⁻¹⁰

非球面 (第10面)

曲率半径 r₁₀= 5.8100

k = 0

a = -2.9978 × 10⁻⁴ b = -5.0145 × 10⁻⁶ c = -2.3385 × 10⁻⁷

非球面 (第19面)

曲率半径 r₁₉=-17.2574

k = 0

a = 4.5504 × 10⁻⁴ b = -4.6761 × 10⁻⁶ c = -6.5508 × 10⁻⁹

【 0 0 6 3 】

面間距離 (ズ - Δ)

	広角端	中間位置	望遠端
F no	2.8468	3.797	4.7376
Fl	6.07484	10.41513	17.97348
D 0			
D 8	17.34557	9.31635	1.49682
D14	1.50261	10.75658	9.44039
D16	8.00369	6.77675	15.91548

10

20

30

40

50

D24 0.99621 0.96410 0.99654

【0064】

次に、本発明の実施例5を、図面を用いて説明する。

図9は本発明の電子撮像装置に用いられる光学系であって、光軸に沿う断面図である。図10は、上記光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、(a)は広角端、(b)は中間距離、(c)は望遠端における状態を示している。図14乃至17は、実施例5において利用可能な光学デバイスの拡大断面図である。

【実施例5】

【0065】

図9に示されるように、実施例5の結像光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G51、負の屈折力を有する第2レンズ群G52、正の屈折力を有する第3レンズ群G53及び最終レンズ群G55を有している。そして、第3レンズ群G53と最終レンズ群G55の間には、第4レンズ群が配置されている。第1レンズ群G51は、光路を折り曲げるための反射光学素子を有する。第2レンズ群G52は、広角端から望遠端まで変倍の際に光の進行方向に移動する。第3レンズ群G53は、広角端から望遠端まで変倍の際に、光の進行方向と反対方向にのみ移動する。最終レンズ群G55は、像面IMGに対して位置が固定されている。

なお、最終レンズ群G55の像側には、光学的ローパスフィルタF51とカバーガラスF52が、この順で配置されている。

【0066】

第1レンズ群G51は、物体側に凹面を向けた負の屈折力のプリズムL51と、両凸面の正の屈折力のレンズL52とで構成されている。プリズムL51は反射光学面RFを有し、光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されている。第2レンズ群G52は、物体側から順に、両凹面の負の屈折力のレンズL53と、両側凸面の正の屈折力のレンズL54で構成されている。第3レンズ群G53は、両側凸面の正の屈折力のレンズL55とL56、両凹面の負の屈折力のレンズL57で構成される。レンズL56とL57は接合されている。第4レンズ群G54は、物体側に凸面を向けた正の屈折力のレンズL58で構成されている。第5レンズ群G55は、物体側に凸面を向けた正の屈折力のレンズL59で構成されている。また、開口絞りSAは、第1レンズ群G52と第3レンズ群G53の間に配置されている。また、変倍時、開口絞りSAの位置は固定である。また、露光時間調節手段として、メカニカルシャッターMSが、絞りSAに近接して設られている。

【0067】

本実施例における結像光学系は、開口絞り(F値を決める絞り)と前記撮像デバイスとの間に、正の屈折率のレンズ群を有する。この正の屈折率のレンズ群は、広角端から望遠端まで変倍の際、光の進行方向と反対方向にのみ移動する。この結像光学系においても、光学デバイスを撮像デバイス側に配置しても良い。ただし、本実施例の光学系では、最も物体側のレンズ群に、光路を折り曲げるための反射光学素子P(プリズム)を備えている。そのため、本実施例では、反射光学素子P(プリズム)を光学デバイスに利用している。

【0068】

本実施例においては、図14又は15に拡大して示されるように、ガラス板など適当な平面版S1を支持層Iとしている。そして、この支持層I(S1)に、反射面(電極も兼ねる)としてのアルミニウムあるいは銀などの金属コートALを施している。更に、続いて、透過率可変層C、透明電極(導電膜)ITOを施している。そして、最後に、接合剤Sを介して、支持層II(S2)に接合している。本実施例では、反射光学素子Pはプリズムである。よって、プリズムが支持層II(S2)に該当する。支持層I(S1)は、プリズムの反射面であった面RFに接合されている。

【0069】

実施例4の場合と同様に、接合を施したときから、プリズムの元反射面RFは透過面となる(金属蒸着スパッタの類は付いていない)。また、その際、接着層Sと透明電極(導電

10

20

30

40

50

膜)との間に、反射防止膜をAR施す。また、金属コートALと透過率可変層Cとの間に反射増加のための誘電体多層膜を施しても良い。

【0070】

この様に、光学系内にある反射面を利用する構成にすれば、結像光束は透過率可変層Cを2度通過することになる。結像光束が2度通過する様にすれば、光学系全体の透過率の最大値と最小値の比は概略2乗になる。よって、光学デバイスの透過率の可変範囲が狭くても、光量調節範囲を大幅に広げることができる。

【0071】

なお、結像光束が光学デバイスを2度通過する構成では、光学デバイスを出来るだけ反射面の上あるいは直前に配置するのが光学系の小型化には有利である。

また、光学デバイスを1回通過する時の、波長520nmにおける透過率を520とする。この場合、 $\min_{520} \max$ 全域で、光学デバイスの分光透過率が、以下の条件(5)、(6)を同時に満足すると良い。又は、(5')、(6')を満足すると良い。

【0072】

又、2つの支持層I(S1)及び支持層II(S2)のうち、屈折率の高いほうを蒸着基板(支持層I)とする(つまり、 $n_{S1} > n_{S2}$...但し、 n_{S1} 、 n_{S2} はそれぞれ支持層I、IIの屈折率)のが好ましい。このようにすれば、支持層I側の反射防止コートは、省略することが可能となる。また、屈折率の低い支持層IIと元々屈折率の低い接合層との界面での反射は少ないので、ここでも反射防止コートを省略することができる。その結果、接合層と高屈折率膜との界面に、反射防止コートを施すだけとすることができるので、効率がよい。以上の場合、 $n_{S1} = 1.8$ 、 $1.6 < n_{S2}$ であるとなお良い。

【0073】

次に、実施例5の結像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ5

Fno.=2.8489 F1=4.02138

面番号 (i)	曲率半径 (r_i)	面(又は空気)間隔 (d_i)	屈折率 (n_i)	アッペ数 (γ_i)
物体面				
1\$	-7.3536	7.7000	1.84666	23.78
2		0.1500		
3\$	9.1610	2.5000	1.81474	37.03
4	-37.1914	0.9988		
5\$	-7.6332	0.8000	1.74320	49.34
6\$	9.6951	0.6000		
7	13.1688	1.6000	1.84666	23.78
8	-102.0557	7.1130		
ST0	(絞り SA)	6.2732		
10\$	6.6221	4.0001	1.69350	53.21
11\$	-10.0634	0.1500		
12	14.1848	2.2671	1.56384	60.67
13	-9.6597	0.7000	1.84666	23.78
14	4.5373	1.2313		
15	7.3234	1.8000	1.48749	70.23
16	27.3925	1.2082		
17	12.8288	1.6000	1.68893	31.07
18		0.1500	1.55000	55.00
19		0.6000		
20		0.6000	1.51633	64.14
21		0.9003		
IMG				

10

20

30

40

50

非球面（第1面）

曲率半径 $r_1 = -7.3536$

$k = 0$

$a = 1.4132 \times 10^{-3}$ $b = -1.9028 \times 10^{-5}$ $c = 2.9093 \times 10^{-7}$

非球面（第3面）

曲率半径 $r_3 = 9.1610$

$k = 0$

$a = -6.1927 \times 10^{-4}$ $b = 2.7558 \times 10^{-6}$ $c = 5.2339 \times 10^{-9}$

非球面（第5面）

曲率半径 $r_5 = -7.6332$

$k = 0$

$a = 1.9790 \times 10^{-3}$ $b = -3.6491 \times 10^{-5}$ $c = -2.6053 \times 10^{-7}$

非球面（第6面）

曲率半径 $r_6 = 9.6571$

$k = 0$

$a = 1.2893 \times 10^{-3}$ $b = 1.1954 \times 10^{-5}$ $c = -3.6742 \times 10^{-6}$

非球面（第10面）

曲率半径 $r_{10} = 6.6221$

$k = 0$

$a = -5.6290 \times 10^{-4}$ $b = -1.9308 \times 10^{-6}$ $c = -2.4047 \times 10^{-7}$

非球面（第11面）

曲率半径 $r_{11} = -10.0634$

$k = 0$

$a = 6.1196 \times 10^{-4}$ $b = -7.5022 \times 10^{-6}$ $c = -1.7398 \times 10^{-8}$

【0074】

面間距離（ズーム）

	広角端	中間位置	望遠端
F no	2.8489	3.5064	4.3811
Fl	4.02138	6.44535	10.82596
D 0			
D 4	0.99882	4.56982	6.81192
D 8	7.11296	3.53570	1.30000
D 9	6.27316	4.52679	1.30000
D14	1.23135	3.01342	6.20989
D16	1.20824	1.19590	1.20267
D21	0.90031	0.87619	0.90023

【0075】

上記実施例4及び5では、三角柱プリズムを複数個一体加工して、後で切断して部品化することが可能である。そのため、プリズム側を蒸着基盤とし、切断前にあらかじめ蒸着加工をしておけば、作成工数は削減できて好ましい。あるいは、元々一体でなくてもよく、例えば、蒸着ドームに三角柱プリズムを並べて蒸着することも容易である。

【0076】

この場合、実施例4及び5については、図16又は17に示される様に、プリズムを支持層I（S1）として利用することになる。プリズムの反射面であった面に、透明電極（導電膜）ITO、透過率可変層C、金属コートALを施す。そして、接着層Sを介して、支持層II（S2）に接合する。支持層II（S2）としては、適当な平板を用いればよい。

【0077】

先に説明したと同様に、上記のように接合したときから、プリズムの元反射面RFは透過面となる（金属蒸着スパッタの類は付いていない）。そして、その際、前記プリズムと透明電極（導電膜）ITOとの間に関しては、反射防止膜ARを不要とすることも可能となる

10

20

30

40

50

。

【0078】

又、前記反射物質ALと透過率可変層Cとの間に、反射増加のための誘電体多層膜RBを施しても良い。上記のうち、どちらの順番を選ぶかは、プリズムの屈折率の高低で決めると良い。例えば、 $n_{S1} = 1.65$ では前者を、 $n_{S1} = 1.65$ では後者を、反射防止膜をつけない場合は、出来れば $n_{S1} = 1.8$ とするのがよい。

【0079】

なお、実施例4及び5の場合、プリズムと反対側にある支持層は、透明な部材である必要はない。また、硬い部材ではなく、保護膜の類で代用することが可能である。

【0080】

各実施例における諸元の数値とそれらを各条件式に適用した数値を下記の表1に示す。なお、ここで、蒸着基板側とは図11乃至17における支持層I(S1)に相当し、接合側とは接合剤などを介して固着する相手側であり、上記各図の支持層II(S2)に相当する。又、透過率、反射率とも、最大値、最小値だけではなく、その中間の値を連続的にとることが可能である。

表A：各実施例における諸元の数値とそれらを条件式に適用した数値

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
n S (蒸着基板)	1.51633	1.51633	1.80610	1.80610	1.84666
n ITO (蒸着基板側)	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
n AR (蒸着基板側)	1.75	1.75	— — — —	1.95	— — — —
n ITO - n S (蒸着基板側)	— — — —	— — — —	0.2939	— — — —	0.25334
n S (接合剤)	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52
n ITO (接合剤側)	2.1	2.1	2.1	金属反射膜	金属反射膜
n AR (接合剤側)	1.75	1.75	1.75	— — — —	— — — —
支持層 II の屈折率	1.68893	1.55	1.80610	— — — —	— — — —
τ_{440} / τ_{520} (τ_{\max} 時)	0.951	0.951	0.951	0.951	0.951
τ_{600} / τ_{520} (τ_{\max} 時)	0.994	0.994	0.994	0.994	0.994
τ_{440} / τ_{520} (τ_{\min} 時)	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917
τ_{600} / τ_{520} (τ_{\min} 時)	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028
τ_{520} (τ_{\max} 時)	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
τ_{520} (τ_{\min} 時)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
画素ピッチ a (μm)	2.5	2.2	2	2	2

以上説明したように、本発明の撮像装置は、特許請求の範囲に記載された発明の他に、次のような特徴を備えている。

【0081】

(イ) 本願の発明の撮像装置は、結像光学系と、電氣的制御により光学的特性が変化する物質に対する電極としての透明導電膜に隣接する支持層あるいは接着層の屈折率が、以下の条件を満足することを特徴とする光学デバイスとを有することを特徴とする。

$$n_{ITO} - n_S \geq 0.4$$

但し、 n_{ITO} 、 n_S はそれぞれ前記反射防止コートに隣接する前記透明導電膜、前記支持層あるいは接着層の屈折率(d線基準)である。

【0082】

(ロ) 本願の発明の撮像装置は、結像光学系と、前記結像光学系の光軸上に光の進む順に光量調節機能を有するデバイス(光学デバイス)と光電変換あるいは化学変化により像を形成する撮像デバイスとを有する撮像装置において、前記光量調節機能を有するデバイスは、電気量に応じた化学変化により光の透過率を変化させることの出来る化学物質を含

み、前記化学物質の両サイドに電極としての透明導電膜を、その下に支持層としての材質あるいは接着層をそれぞれ有し、前記支持層としての材質あるいは接着層の屈折率が以下の条件を満足することを特徴とする光学デバイスを有することを特徴とする。

$$|n_{IT0} - n_S| \leq 0.4$$

但し、 n_{IT0} 、 n_S はそれぞれ前記反射防止コートに隣接する前記透明導電膜、前記支持層あるいは接着層の屈折率（d線基準）である。

【0083】

（ハ）本願の発明の撮像装置は、光学素子の光学平面上に、接着層を介して、透明基板の平面部に、透明導電膜と、電気量に応じた化学変化により光の透過率を変化させることの出来る化学物質と、透明導電膜とを順次蒸着あるいはスパッタしてなる、光量調節機能を有するデバイスを接合してなることを特徴とする。

10

【0084】

（ニ）本願の発明の撮像装置は光学素子の光学平面上に、接着層を介して、透明基板の平面部に、透明導電膜と、電気量に応じた化学変化により光の透過率を変化させることの出来る化学物質と、透明導電膜と、反射防止コートとを順次蒸着あるいはスパッタしてなる、光量調節機能を有するデバイスを接合してなることを特徴とする。

【0085】

（ホ）本願の発明の撮像装置は光学素子の光学平面上に、接着層を介して、透明基板の平面部に、第1の反射防止コートと、透明導電膜と、電気量に応じた化学変化により光の透過率を変化させることの出来る化学物質と、透明導電膜と、第2の反射防止コートとを順次蒸着あるいはスパッタしてなる光量調節機能を有するデバイスを接合してなることを特徴とする。

20

【0086】

（ヘ）本願の発明の撮像装置は、上記（ハ）乃至（ホ）の何れかに記載の撮像装置において前記光学素子は、一方の光学面が平面のレンズ、プリズム、フィルター、撮像デバイス用保護カバーガラス及び機能性光学デバイスの何れかであることを特徴とする。

【0087】

（ト）本願の発明の撮像装置は、請求項1乃至3、上記（イ）又は（ロ）の何れかに記載の撮像装置において、前記結像光学系の開口絞りは、その内径が常時固定であって、撮影時には常に光軸上にあることを特徴とする。

30

【0088】

（チ）本願の発明の撮像装置は、請求項1乃至3、上記（イ）又は（ロ）の何れかに記載の撮像装置において前記結像光学系の開口絞りと前記撮像デバイスとの間に、広角端から望遠端まで変倍の際、光の進行方向と反対方向にのみ移動する正の屈折率のレンズ群を設け、前記レンズ群の前記撮像デバイス側に電気量に応じた化学変化により光の透過率を変化させる方式の光量調節機能を有するデバイスを設けたことを特徴とする。

【0089】

（リ）本願の発明の撮像装置は、上記（チ）に記載の撮像装置において前記レンズ群は、望遠端における物体側隣のレンズ群との光軸上距離が、広角端における像側隣のレンズ群との光軸上距離よりも短くなるように移動することを特徴とする。

40

【0090】

（ヌ）本願の発明の撮像装置は、上記（リ）に記載の撮像装置において前記結像光学系の開口絞りのF値を決めている開口平面を含む平面と、その直後のレンズ曲面とが交差していることを特徴とする。

【0091】

（ル）本願の発明の撮像装置は、請求項1に記載の光学系を用いた請求項2又は3、上記（イ）又は（ロ）の何れか、又は上記（ト）乃至（ヌ）の何れかに記載の撮像装置において結像光学系と、電気的制御により光学的特性が変化する物質を含む光学素子と、撮像デバイスを有する撮像装置において、前記結像光学系あるいは前記光学素子の最も物体側の光入射面から前記撮像デバイス直前までの520nmにおける透過率 T_{520} が、 $T_{520} \geq \min$

50

520 max全域で分光透過率が以下の条件を満足することを特徴とする。

$$0.70 < 440 / 520 < 1.20$$

$$0.80 < 600 / 520 < 1.30$$

但し、max、minはそれぞれ520nmにおける最大及び最小透過率。x(xは数字)は波長xnmの透過率である。

【0092】

(ヲ)本願の撮像装置は、請求範囲1乃至3、上記(イ)乃至(ル)の何れかに記載の撮像装置において前記電氣的制御により光学的特性が変化する物質を含む光学素子と撮像デバイスとの間に、露光時間を制御するシャッター機能デバイスを設けたことを特徴とする。

10

【図面の簡単な説明】

【0093】

【図1】本願発明の電氣的光量調節機能を有する結像光学系の実施例1の光学構成を示す光軸に沿う断面図。

【図2】本願発明の電氣的光量調節機能を有する結像光学系の実施例1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)は望遠端における状態を示す。

【図3】本願発明の電氣的光量調節機能を有する結像光学系の実施例2の光学構成を示す光軸に沿う断面図。

【図4】本願発明の電氣的光量調節機能を有する結像光学系の実施例2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)は望遠端における状態を示す。

20

【図5】本願発明の電氣的光量調節機能を有する結像光学系の実施例3の光学構成を示す光軸に沿う断面図。

【図6】本願発明の電氣的光量調節機能を有する結像光学系の実施例3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)は望遠端における状態を示す。

【図7】本願発明の電氣的光量調節機能を有する結像光学系の実施例4の光学構成を示す光軸に沿う断面図。

【図8】本願発明の電氣的光量調節機能を有する結像光学系の実施例4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)は望遠端における状態を示す。

【図9】本願発明の電氣的光量調節機能を有する結像光学系の実施例5の光学構成を示す光軸に沿う断面図。

30

【図10】本願発明の電氣的光量調節機能を有する結像光学系の実施例5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)は望遠端における状態を示す。

【図11】本願発明にかかる電氣的制御により光量調節をおこなう光学デバイスの概略拡大断面図である。(両面に反射防止コートを施した例)

【図12】本願発明にかかる電氣的制御により光量調節をおこなう光学デバイスの概略拡大断面図である。(片側のみに反射防止コートを施した例)

【図13】本願発明にかかる電氣的制御により光量調節をおこなう光学デバイスの概略拡大断面図である。(反射防止コートがない例)

【図14】本願の発明にかかる電氣的制御により光量調節をおこなう光学デバイスの概略拡大断面図である。(支持層I側が反射面である例)

40

【図15】本願発明にかかる電氣的制御により光量調節をおこなう光学デバイスの概略拡大断面図である。(支持層I側が反射面である他の例)

【図16】本願発明にかかる電氣的制御により光量調節をおこなう光学デバイスの概略拡大断面図である。(支持層II側が反射面である例)

【図17】本願発明にかかる電氣的制御により光量調節をおこなう光学デバイスの概略拡大断面図である。(支持層II側が反射面である他の例)

【符号の説明】

【0094】

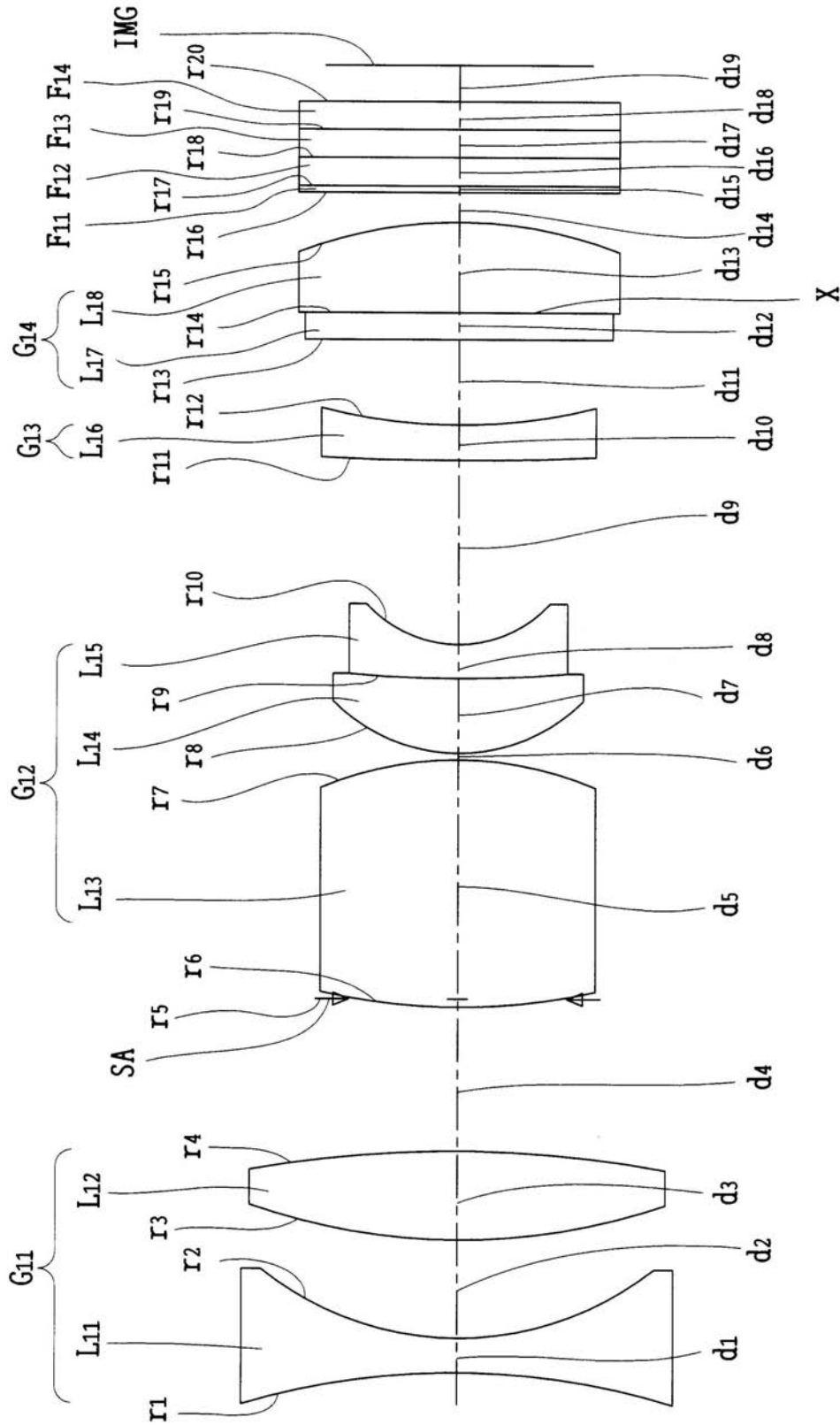
G_N レンズ群

L_N レンズ

50

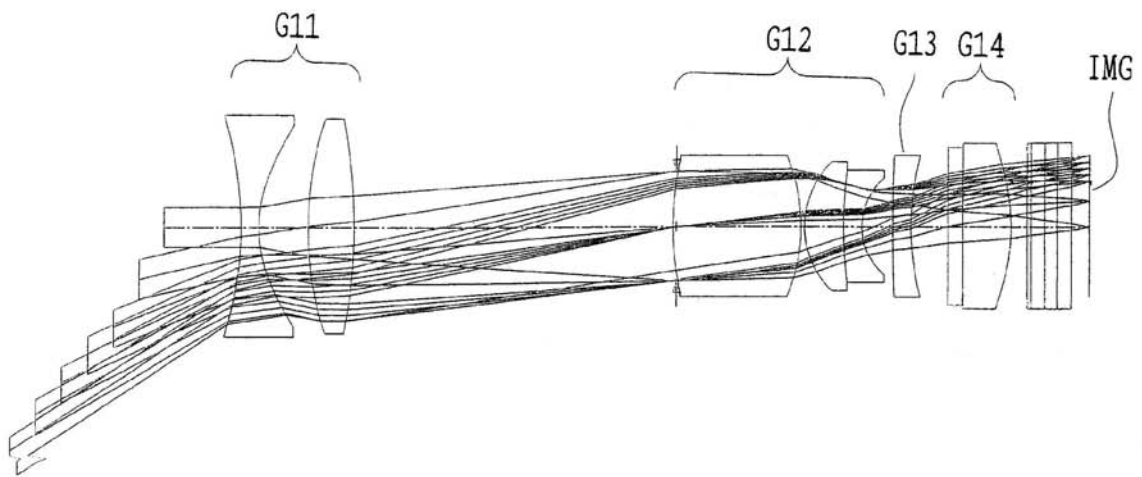
F	光学素子
I MG	撮像面
S A	開口絞り
S	接着層
S 1	支持層 I
S 2	支持層 II
ITO	透明導電膜
C	電氣的調光層
C 1	WO ₃ 層
C 2	T ₂ O ₅ 層
C 3	NiO層
AR	反射防止膜
RB	反射増加膜
AL	Al層
R F	プリズム反射面

【図 1】

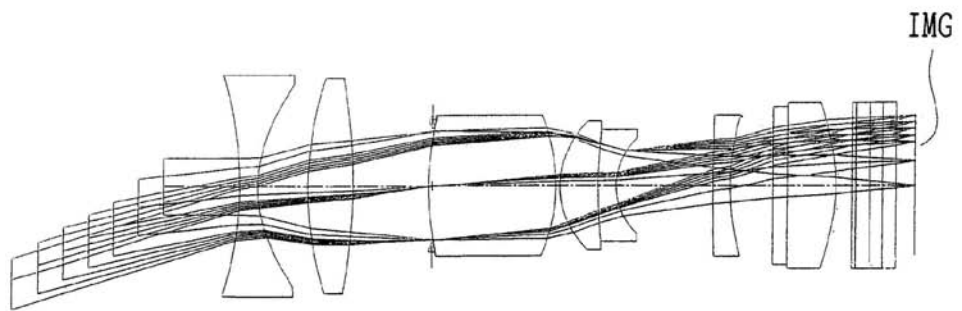


【 図 2 】

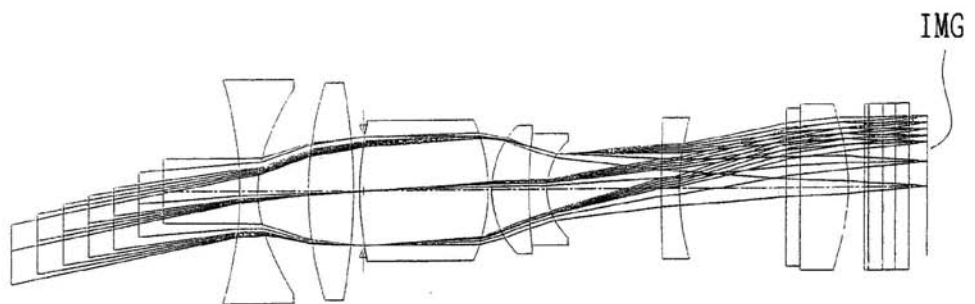
(a)



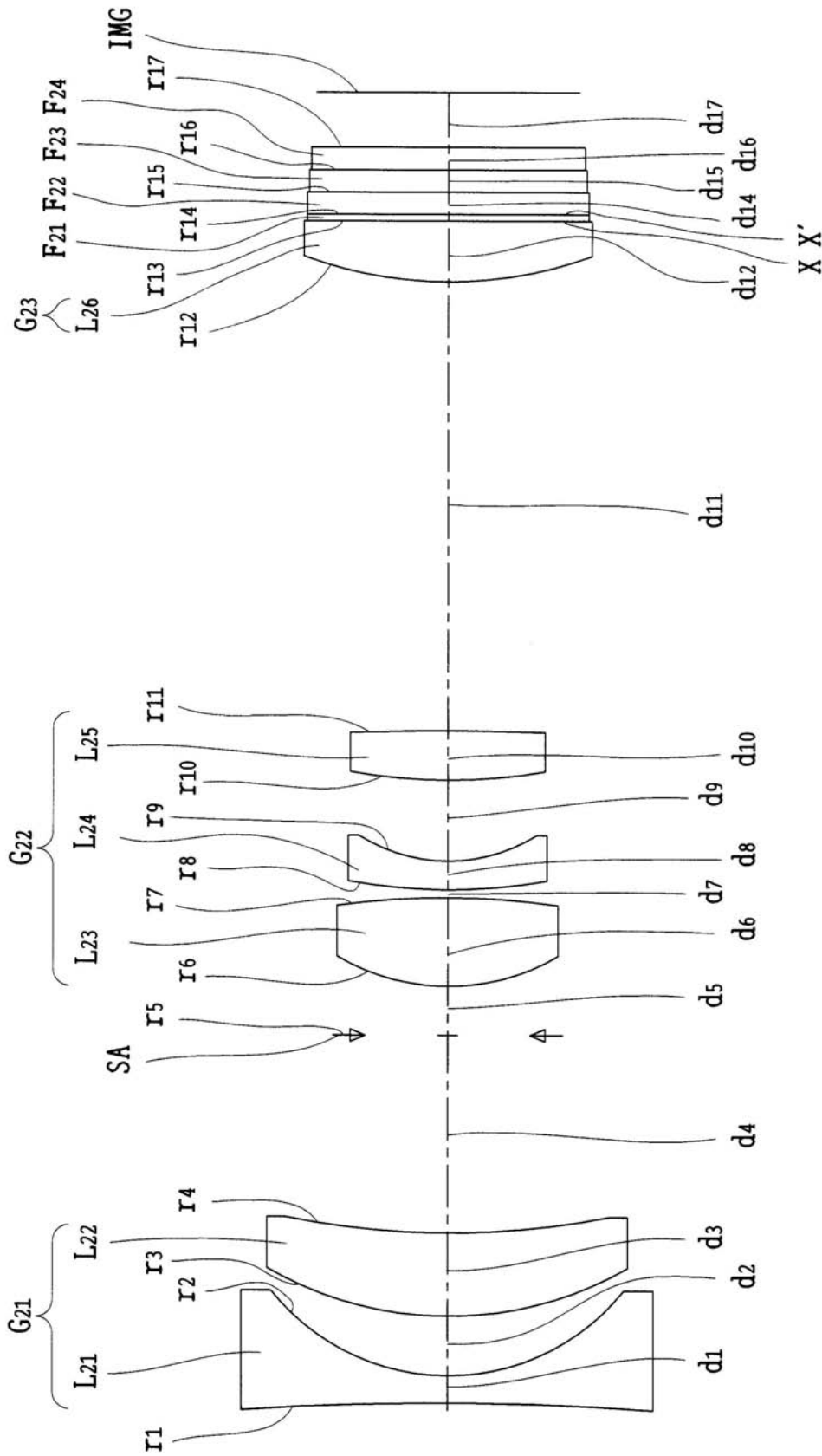
(b)



(c)

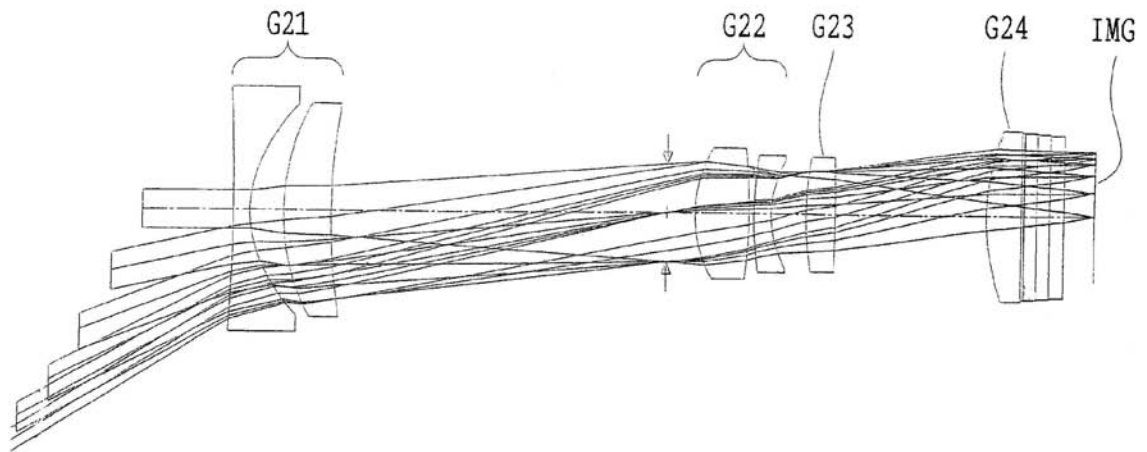


【 図 3 】

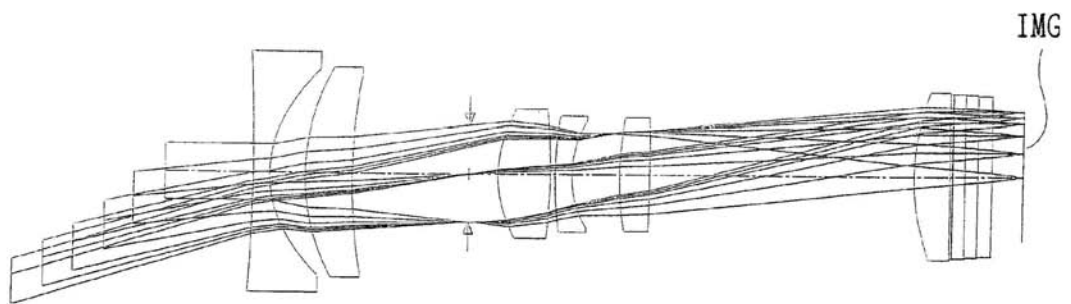


【 図 4 】

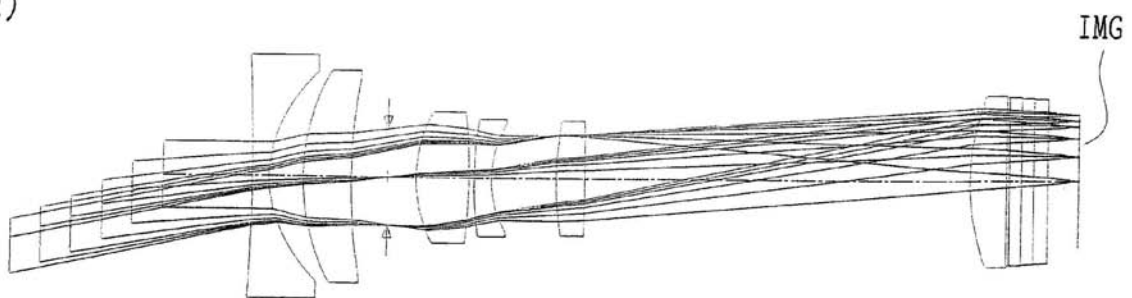
(a)



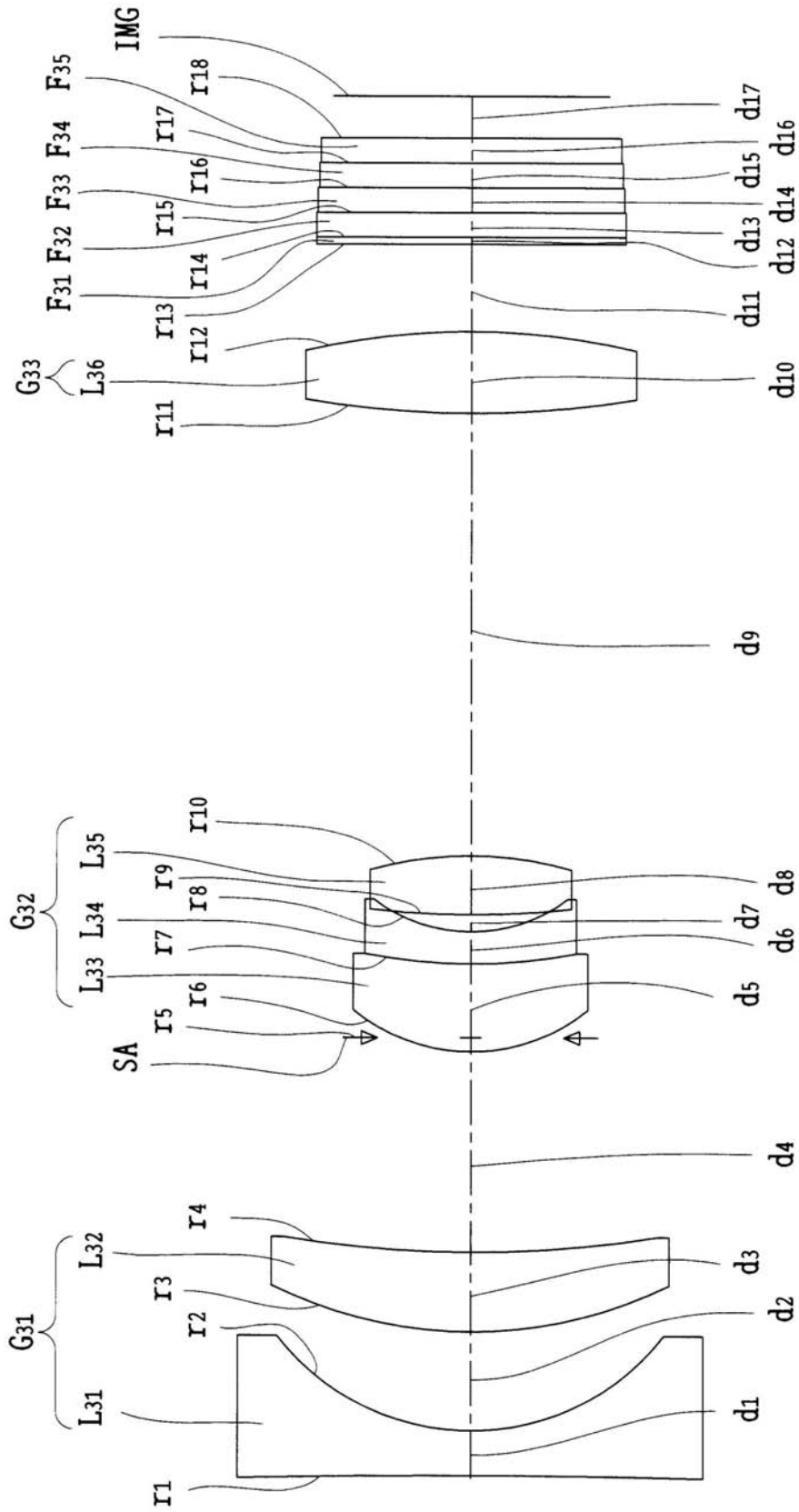
(b)



(c)

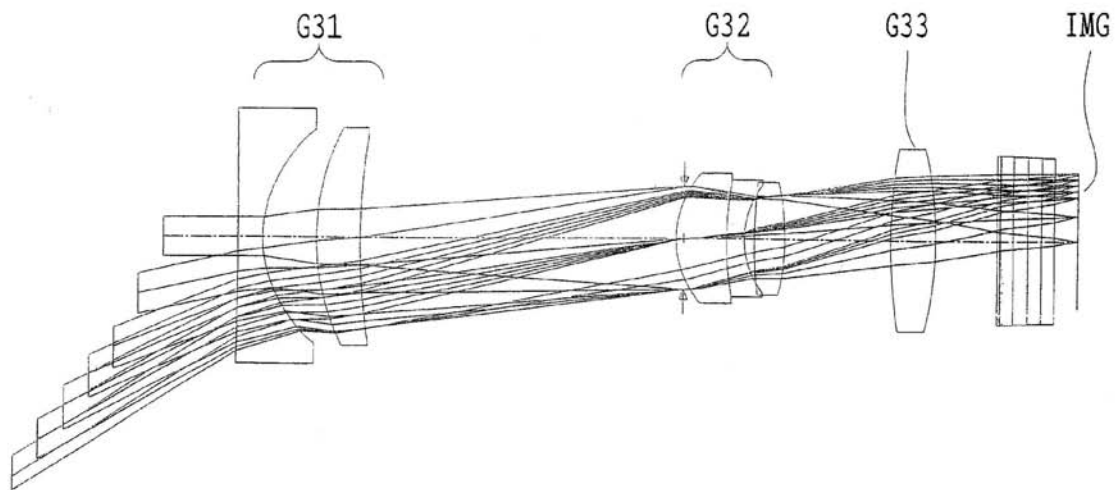


【図 5】

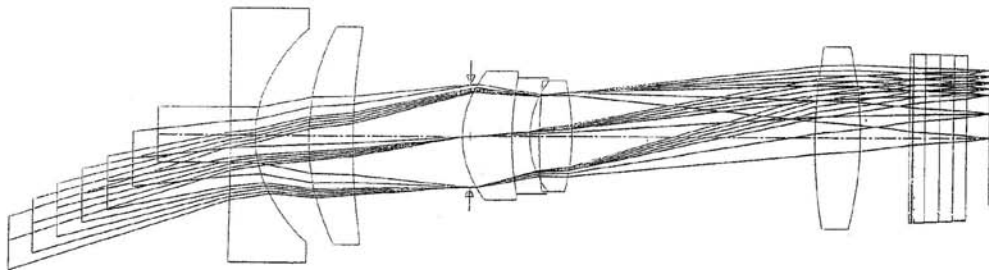


【 図 6 】

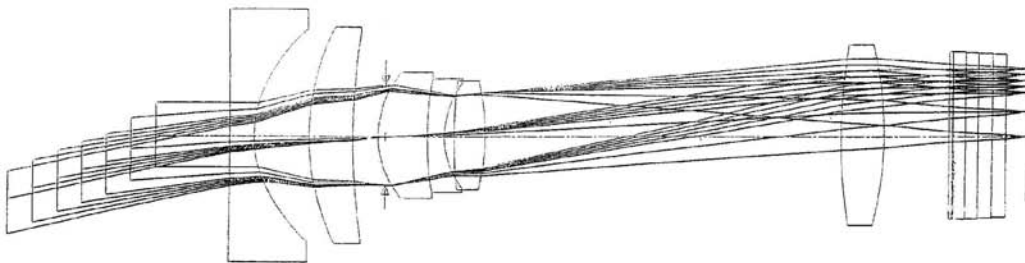
(a)



(b)

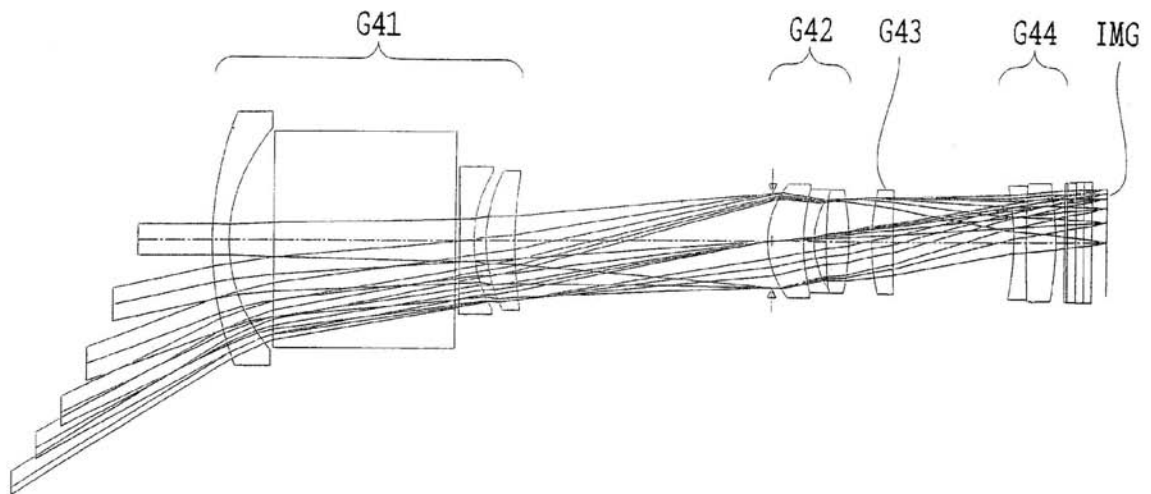


(c)

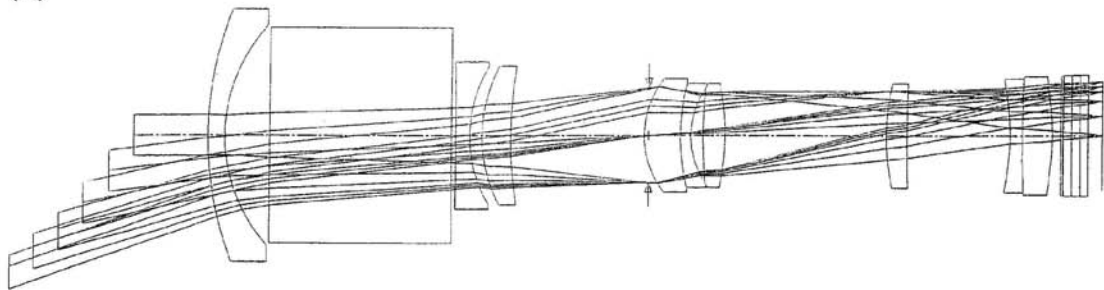


【 図 8 】

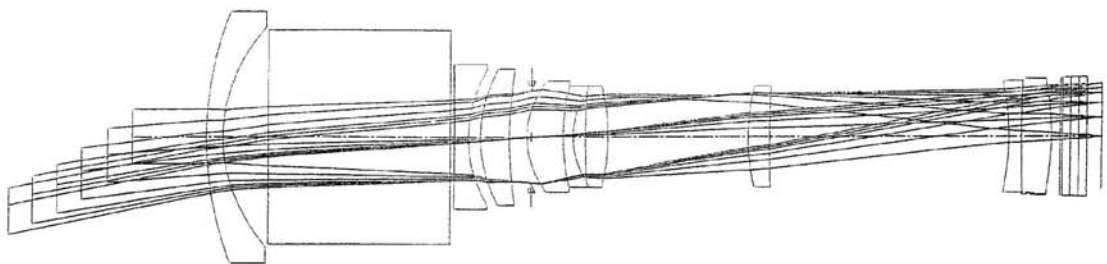
(a)



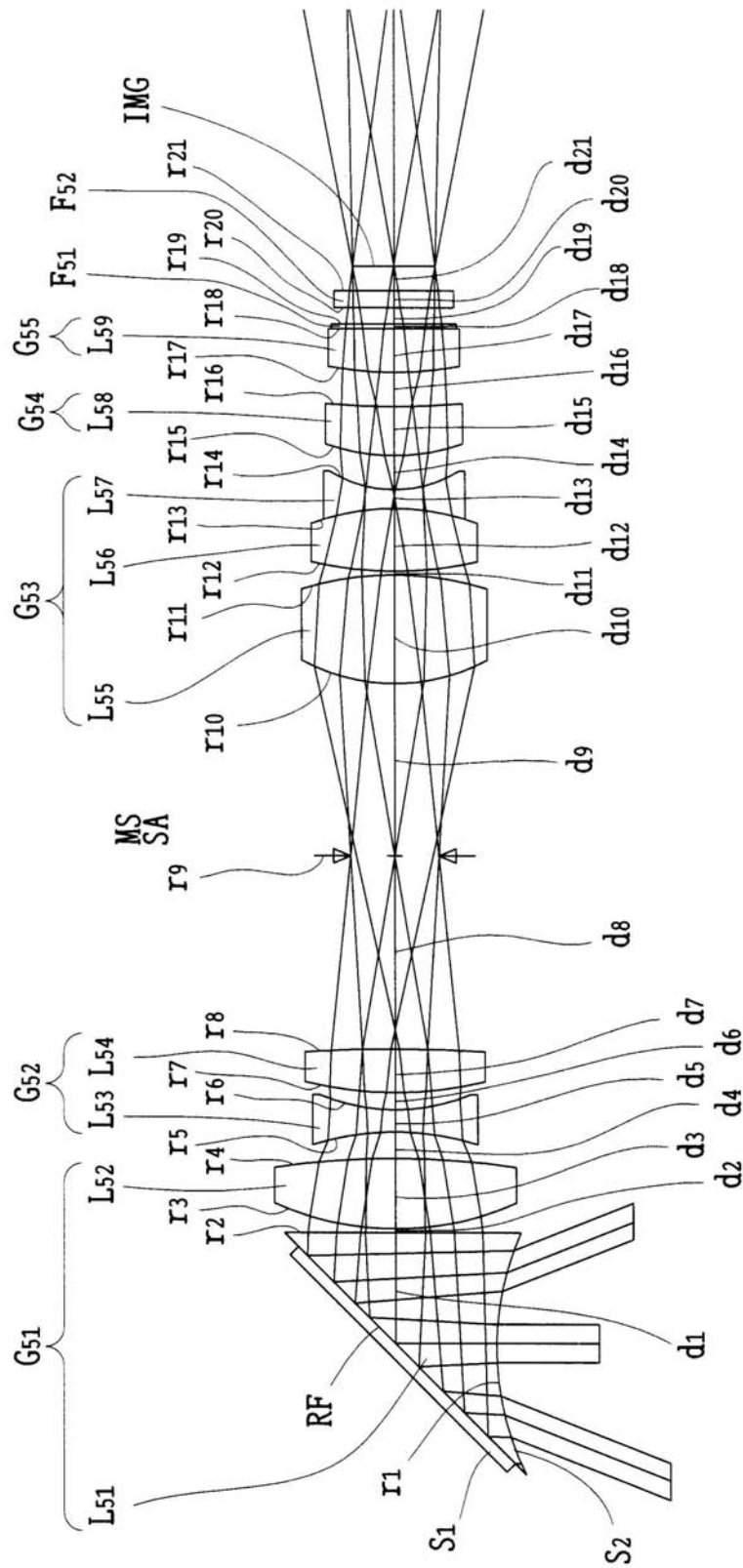
(b)



(c)

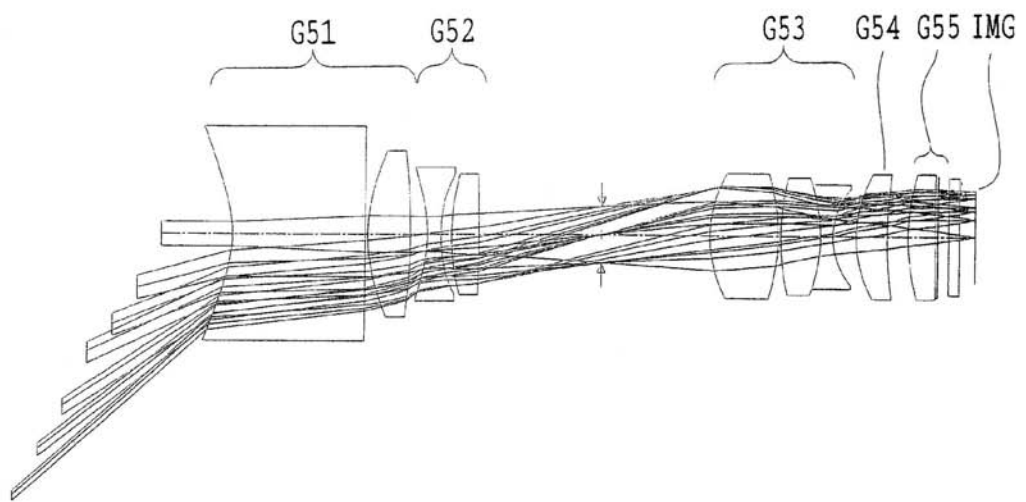


【図 9】

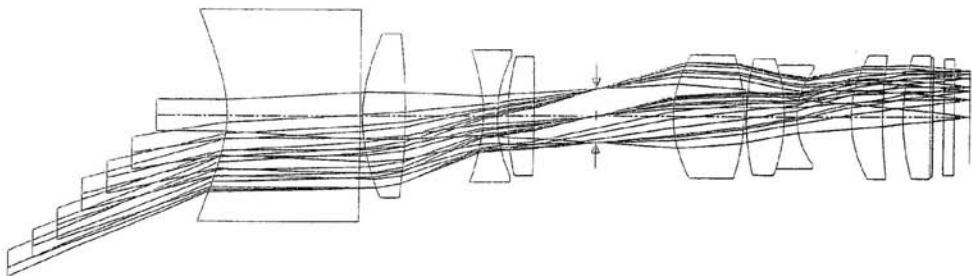


【 図 1 0 】

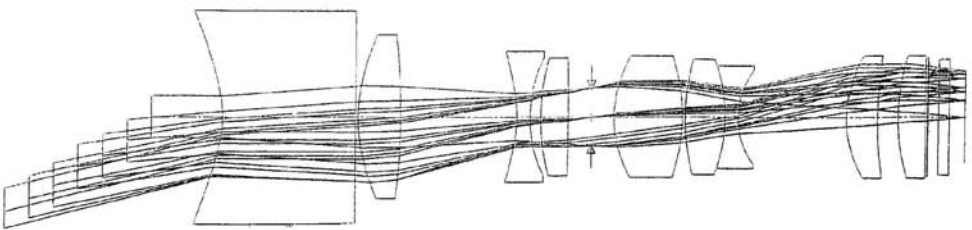
(a)



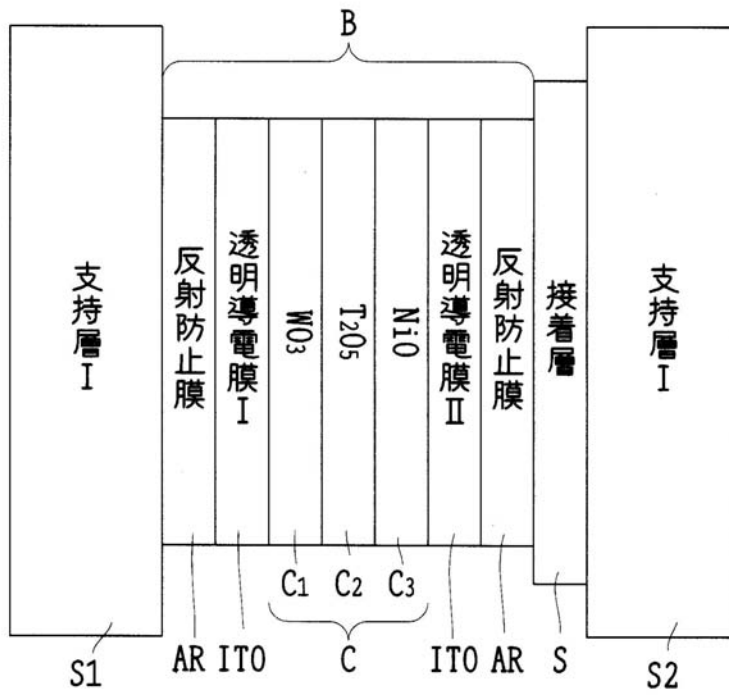
(b)



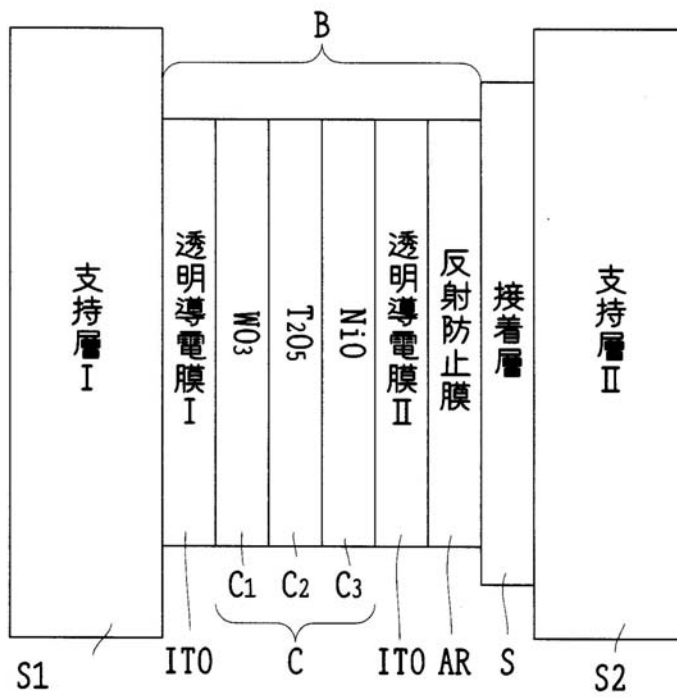
(c)



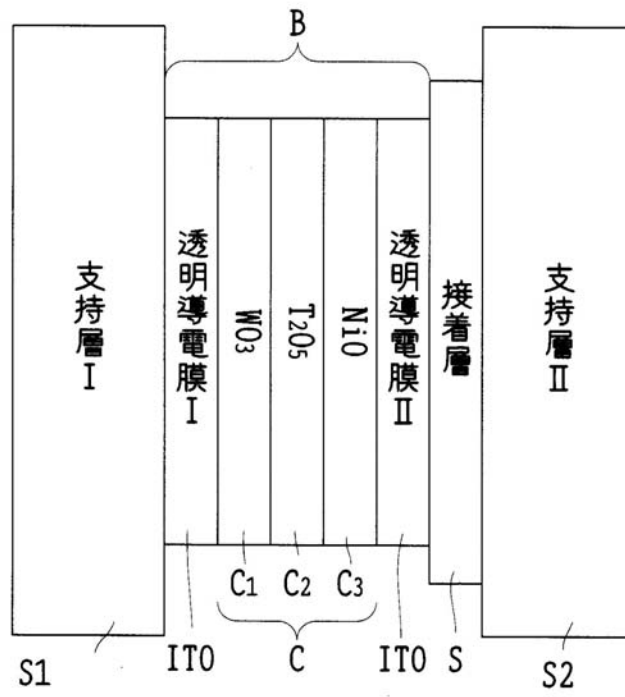
【図 1 1】



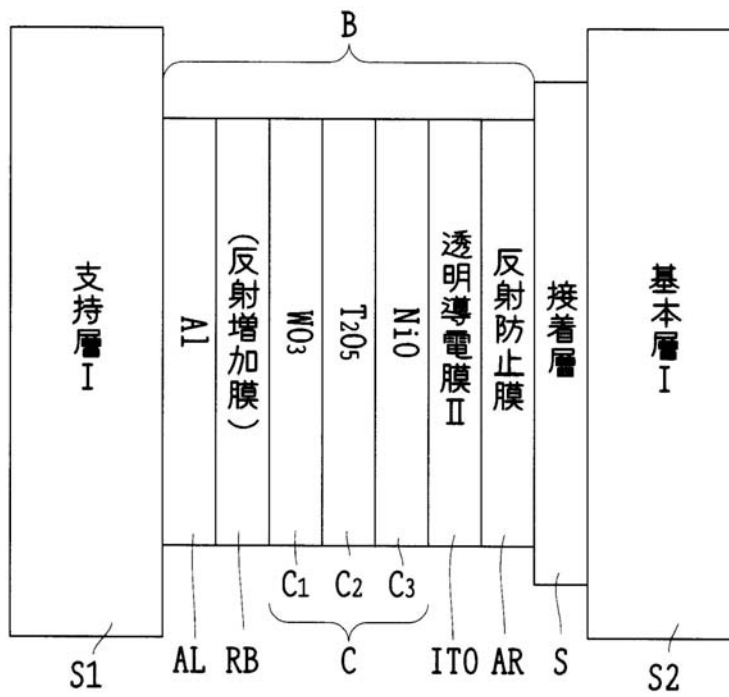
【図 1 2】



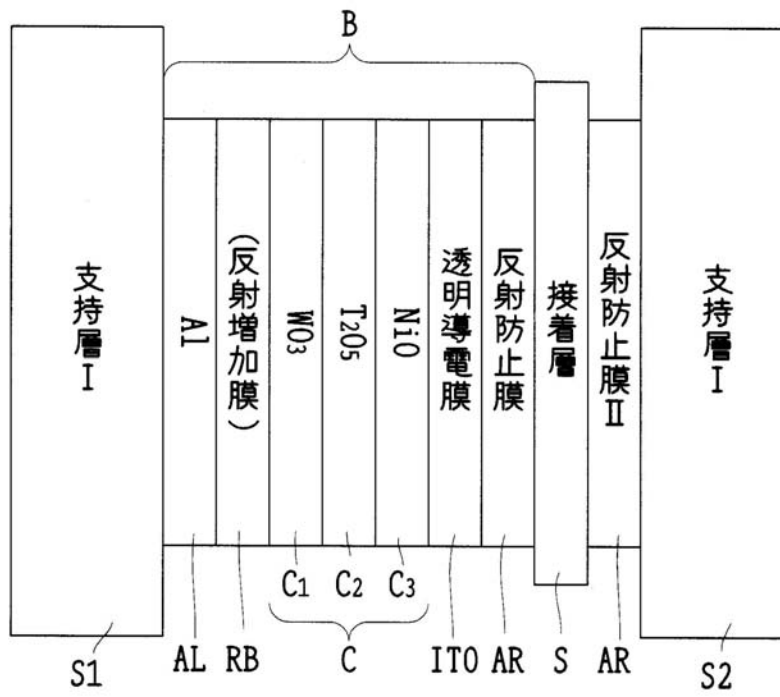
【図 1 3】



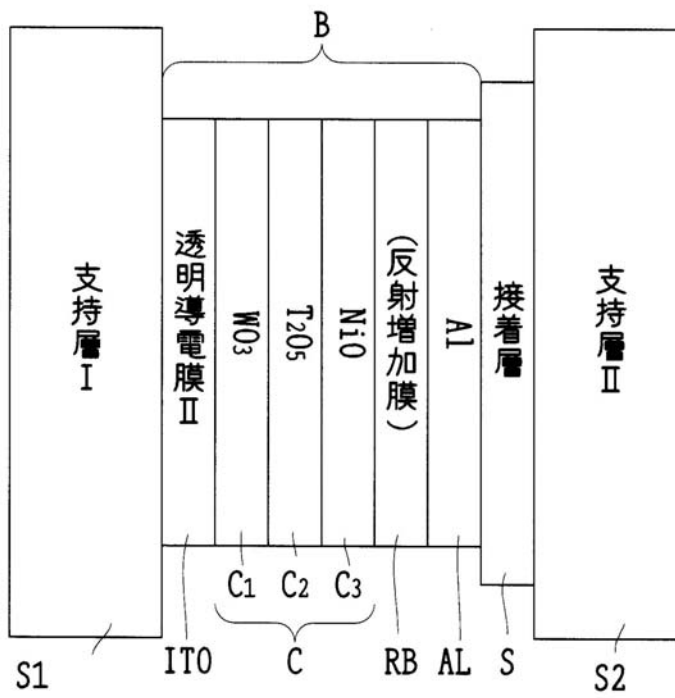
【図 1 4】



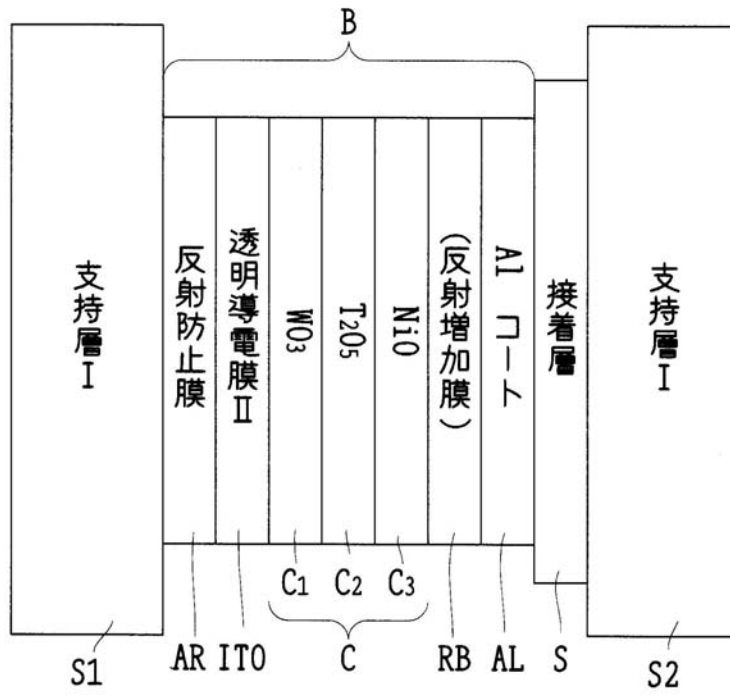
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA01 LA01 PA06 PA07 PA17 PA18 PB06 PB08 QA03 QA05
QA19 QA21 QA25 QA33 QA41 QA46 RA03 RA12 RA13 RA32
RA36 RA43 SA24 SA26 SA29 SA30 SA32 SA33 SA63 SA64
SA72 SA75 SB03 SB14 SB22 SB33