(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3691638号
(P3691638)
(45)発行日　平成17年9月7日(2005.9.7)　(24)登録日　平成17年6月24日(2005.6.24)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G02B 15/20　G02B 15/20
G02B 13/18　G02B 13/18

請求項の数 9　(全 23 頁)

(21)出願番号　特願平9-178424
(22)出願日　平成9年7月3日(1997.7.3)
(65)公開番号　特開平11-23968
(43)公開日　平成11年1月29日(1999.1.29)
審査請求日　平成14年11月25日(2002.11.25)

(73)特許権者　000000376
オリンパス株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号
(74)代理人　100097777
弁理士　韮澤　弘
(74)代理人　100088041
弁理士　阿部　龍吉
(74)代理人　100092495
弁理士　蛭川　昌信
(74)代理人　100095120
弁理士　内田　亘彦
(74)代理人　100095980
弁理士　菅井　英雄
(74)代理人　100094787
弁理士　青木　健二

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ズームレンズ及びそれを用いたカメラ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

物体側より順に、正屈折力の第１レンズ群、正屈折力の第２レンズ群、負屈折力の第３レンズ群からなり、広角側から望遠側への変倍において前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔は広がり、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群の間隔は狭まるように各群が移動するズームレンズにおいて、

前記第１レンズ群は、物体側より順に、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズレンズからなる接合レンズにて構成され、前記第２レンズ群は２枚のレンズからなり、前記第３レンズ群は単レンズにて構成され、前記第３レンズ群が回折面を有し、以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$1.8 < \beta_T / \beta_W < 4.0 \quad \cdots (1)$$

$$15 < \nu_1 - \nu_2 < 25 \quad \cdots (2)$$

ただし、β_W と β_T は回折面を有する第３レンズ群の広角端及び望遠端における横倍率、ν_1 と ν_2 は第１レンズ群を構成するレンズのアッベ数である。

【請求項２】

物体側より順に、正屈折力の第１レンズ群、正屈折力の第２レンズ群、負屈折力の第３レンズ群からなり、広角側から望遠側への変倍において前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔は広がり、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群の間隔は狭まるように各群が移動するズームレンズにおいて、

前記第１レンズ群は、物体側より順に、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸

の負メニスカスレンズレンズからなる接合レンズにて構成され、前記第２レンズ群は３枚のレンズからなり、前記第３レンズ群は単レンズにて構成され、前記第３レンズ群が回折面を有し、以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$1.8 < \beta_T / \beta_W < 4.0 \quad \cdots (1)$$

$$15 < \nu_1 - \nu_2 < 25 \quad \cdots (2)$$

ただし、β_W と β_T は回折面を有する第３レンズ群の広角端及び望遠端における横倍率、ν_1 と ν_2 は第１レンズ群を構成するレンズのアッベ数である。

【請求項３】

請求項１又は２に記載のズームレンズにおいて、非球面が前記回折面とは異なる面に設けられていることを特徴とするズームレンズ。

【請求項４】

請求項１又は２記載のズームレンズにおいて、非球面が前記回折面と同一面に設けられていることを特徴とするズームレンズ。

【請求項５】

請求項１乃至４何れか１項記載のズームレンズにおいて、前記第１レンズ群又は前記第２レンズ群は非球面を有することを特徴とするズームレンズ。

【請求項６】

請求項１乃至５何れか１項記載のズームレンズにおいて、前記第３レンズ群はプラスチックレンズであることを特徴とするズームレンズ。

【請求項７】

請求項１乃至６何れか１項記載のズームレンズにおいて、前記第３レンズ群の単レンズは下記条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

$$n_d > 1.65 \ , \ \nu_d > 50 \quad \cdots (7)$$

ただし、n_d は基材のｄ線ににおける屈折率、ν_d は基材のｄ線におけるアッベ数である。

【請求項８】

ズームレンズ及びフィルム面を持つカメラであって、前記ズームレンズが下記条件式を満足する請求項１乃至７何れか１項記載のズームレンズであることを特徴とするカメラ。

$$0.4 < \Sigma d / D < 1.0 \quad \cdots (5)$$

ただし、Σｄはズームレンズの全変倍域における第１面から最終面までの長さ、Ｄはフィルム面の対角の長さである。

【請求項９】

請求項８記載のカメラにおいて、下記条件式を満足することを特徴とするカメラ。

$$0.4 < \Sigma d / D < 0.8 \quad \cdots (6)$$

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、回折現象に基づくレンズ作用を持った回折面を有する光学系に関するものであり、特に、レンズシャッターカメラ等に適用される小型で高変倍な回折面を有するズームレンズ及びそれを用いたカメラに関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

近年、ズームレンズを搭載したレンズシャッターカメラ（以後、ＬＳカメラと称す。）は各社から多くの製品が発表され、その便利さと使いやすさがユーザに受け入れられた結果、商品として完全に定着した感がある。そして、さらなる付加価値を付けようとして一層の高変倍化を目指した商品が様々に提案されている。しかし、現実には高変倍化と共にカメラ本体も大型化しており、ユーザから見れば必ずしも好ましい状況ではない。一方、カメラの大型化を問題点として捉え、携帯性を重視した結果、変倍比は大きくないが非常に小型なカメラも提案されている。しかし、何れの場合も一長一短があり、真のユーザニーズは小型・高変倍であるといえる。このような要求を満たした撮影レンズの提案が期待さ

れている。

【０００３】

特開平４－３７８１０号では、物体側より順に、正・正・負の３群からなり、１０枚程度のレンズを配置して変倍比２．６のズームレンズが示されている。絞りを第２群の最も物体側に配置することによって、第１群の小径化をなし、また、第２群のレンズ構成を最適化して収差の良好なズームレンズが得られている。上記公報のズームレンズはそれ以前のものと比べれば大幅な全長短縮が図られているが、レンズ構成枚数も多いためにレンズ構成長（第１面から最終面までの長さ）はまだ大きい。

【０００４】

特開平８－２８６１１０号は、物体側より順に、正・正・負の３群ズームであるが、各群をわずか２枚にて構成しており、全系でも６枚の少ないレンズ枚数である。変倍比も３．０から３．３程度の高変倍比を達成している。しかしながら、各群での収差補正が十分にできないため、特に望遠端での色収差が大きく補正が十分ではない。

【０００５】

同様の例として特開平５－１７３０６９号のものがあるが、この公報にも全系を６枚のレンズにて構成し、３．６の変倍比を実現した実施例がある。枚数も少なくレンズ構成長も短くなっているが、色収差補正のために異常分散性の硝材を用いており、コストアップに繋がるので好ましくない。

【０００６】

一方、特開平５－１８８２９６号には、同じく正・正・負の３群ズームにおいて、５枚のレンズ構成にて変倍比２のズームレンズが示されている。レンズ構成長が非常に短く収差補正も良好であるが、変倍比が小さい。また、これらの先行例はガラス非球面を利用することで収差補正を実現しているため、どうしてもコストアップになってしまう。

【０００７】

本出願人による特願平８－３２６４５７号においては、正・正・負の３群ズームレンズであり、５枚構成で変倍比２のズームレンズにおいて、プラスチック非球面を利用することによりコストダウンを実現している。収差補正も良好であり、レンズ構成長も短いが、やはり変倍比が小さい。

【０００８】

後記する本発明は、このようにレンズ構成枚数が少なく、レンズ構成長も短く、さらに低コストで収差補正の良好なズームレンズを、回折面を適切に使うことによって高変倍化を実現しようとするものである。

【０００９】

次に、回折面のレンズ作用について説明する。従来のレンズが媒質の界面における屈折現象に基づいているのに対し、光の回折現象に従って作用するものが回折面のレンズ作用である。一般的に、図１に示すような回折格子へ光が入射したとき、回折現象にて射出される光線は以下の関係式を満たす。

【００１０】

$$\sin\theta - \sin\theta' = m\lambda / d \qquad \cdots (a)$$

ただし、θは入射角、θ’は射出角、λは光の波長、ｄは回折格子のピッチ、ｍは回折次数である。したがって、（ａ）式に沿ってリング状の回折格子のピッチを設定しておくと、入射光を一点に集めることができる。つまり、回折面にレンズ作用を持たせることが可能となる。このとき、ｊ番目の格子のリング半径をr_j、回折面の焦点距離をｆとすると、一次近似において、以下の式を満たす。

【００１１】

$$r_j^{\,2} = 2j\lambda f \qquad \cdots (b)$$

一方、回折格子の構成法としては、明暗のリングにて構成する振幅変調型、屈折率あるいは寸法を変えて光路長を変化させる位相変調型等が知られている。振幅変調型では複数の回折光が発生するため、回折効率（入射光の光量と一次回折光の光量の比）は最大でも６％程度である。位相変調型においても最大で３４％である。しかし、図２に示すように断

面形状を鋸歯状で構成しておけば、回折効率を理論上１００％まで向上することができる。実際にはロスがあるが、それでも９５％以上の回折効率を得ることができる。このような回折格子をキノフォームと称しており、鋸歯の深さｈは次式で与えられる。

【００１２】

ｈ＝ｍλ／（ｎ－１）　　・・・（ｃ）

ただし、ｎは基材の屈折率である。（ｃ）式からも分かるように、１００％の回折効率は只一つの波長においてのみ実現される。図３は、設計波長を５５０ｎｍとしたときの波長と回折効率の関係を示している。波長が設計値から離れるにつれて、回折効率は大きく低下して行く。回折効率が低下した場合、残りの光は不要な次光の光として存在するため、白色光で使用される光学系ではこの不要次数光によるフレアの問題に注意する必要がある。

【００１３】

次に、回折面の設計法について説明する。回折面の設計法としてはいくつかの方法が知られているが、本発明ではウルトラ・ハイ・インデックス法を用いており、この方法では、回折面が厚み０で屈折率が非常に大きな屈折面と等価であることが知られている。このとき、任意の波長における屈折率ｎ（λ）は以下の式にて与えられる。

【００１４】

$n(\lambda)=1+\{n(\lambda_0)-1\}\lambda/\lambda_0$　　・・・（ｄ）

ただし、λは任意の波長、λ_0は基準波長、$n(\lambda_0)$はそのときの屈折率である。

【００１５】

回折面をレンズとして用いるとき、重要な特徴が２つある。第１の特徴は、既に述べたように、非球面作用であり、回折格子のピッチを適切に設定しておくと、光を一点に集めることができる。第２の特徴は、分散が非常に大きいことであり、（ｄ）式からいわゆるアッベ数を求めると、－３．４５という値になる。符号がーだから通常のガラスとは逆の分散であり、しかも数１０倍の色収差が発生する。また、部分分散比が小さく、異常分散性が強いことも分かる。

【００１６】

このような回折面を自然光の下で使用する光学系に適用した例として、"Hybriddiffractive-refractive lenses and achromats"Appl.Opt.27.2960-2971が知られている。この例では、近軸理論に基づき、ガラス単レンズと回折面との組み合わせによる軸上色収差の補正の計算結果が示されている。具体的には、凸平形状のレンズにおいて、平面側を回折面で構成してアクロマート化を実現し、このとき残存する２次スペクトルについても結果が示されている。さらに、ダブレットとの組み合わせによるアポクロマート化の結果も示されている。

【００１７】

また、ＵＳＰ５，５４３，９６６においては、シングレットへ回折面を適用してアクロマート化した例が示されている。この例はいわゆるフィルムカメラへの応用であり、被写体側へ凸な正メニスカスレンズと絞りから構成される撮像光学系において、レンズの像側面に回折面を配置して色収差補正を実現し、高性能化を図ったものである。

【００１８】

また、"Difffractive optics at Eastman Kodak Company"SPIE,Vol.2689,pp.228-254では様々な光学系への適用例が示されている。特に、ＬＳカメラ用撮影ズームレンズへの応用例が示されており、物体側から順に、正・正・負の３群ズームにおいて、第１群の構成をダブレットから１個の回折素子に置き換えている。しかし、設計データがないため、その詳細は分からない。

【００１９】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、ＬＳカメラ等の撮影レンズにおいて小型で高変倍なズームレンズ及びそれを用いたカメラを提供することである。特に、本発明は、レンズ構成枚数が少ないズームレンズの改良に係わ

るものであり、その結果、レンズ枚数が少ないにも係わらず、収差補正の良好なレンズ系を提供するようにしたものである。

【００２０】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明のズームレンズは、物体側より順に、正屈折力の第１レンズ群、正屈折力の第２レンズ群、負屈折力の第３レンズ群からなり、広角側から望遠側への変倍において前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔は広がり、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群の間隔は狭まるように各群が移動するズームレンズにおいて、

前記第１レンズ群は、物体側より順に、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズレンズからなる接合レンズにて構成され、前記第２レンズ群は２枚のレンズからなり、前記第３レンズ群は単レンズにて構成され、前記第３レンズ群が回折面を有し、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

$$1.8 < \beta_T / \beta_W < 4.0 \quad \cdots (1)$$

$$15 < \nu_1 - \nu_2 < 25 \quad \cdots (2)$$

ただし、β_W と β_T は回折面を有する第３レンズ群の広角端及び望遠端における横倍率、ν_1 と ν_2 は第１レンズ群を構成するレンズのアッベ数である。

【００２１】

本発明のもう１つのズームレンズは、物体側より順に、正屈折力の第１レンズ群、正屈折力の第２レンズ群、負屈折力の第３レンズ群からなり、広角側から望遠側への変倍において前記第１レンズ群と前記第２レンズ群の間隔は広がり、前記第２レンズ群と前記第３レンズ群の間隔は狭まるように各群が移動するズームレンズにおいて、

前記第１レンズ群は、物体側より順に、物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズレンズからなる接合レンズにて構成され、前記第２レンズ群は３枚のレンズからなり、前記第３レンズ群は単レンズにて構成され、前記第３レンズ群が回折面を有し、以下の条件式を満足することを特徴とするものである。

$$1.8 < \beta_T / \beta_W < 4.0 \quad \cdots (1)$$

$$15 < \nu_1 - \nu_2 < 25 \quad \cdots (2)$$

ただし、β_W と β_T は回折面を有する第３レンズ群の広角端及び望遠端における横倍率、ν_1 と ν_2 は第１レンズ群を構成するレンズのアッベ数である。

【００２２】

以下、本発明において上記構成をとる理由と作用について説明する。

本発明の構成は、物体側より順に、正・正・負の３群を有し、広角側から望遠側への変倍において第１群と第２群の間隔は広がり、第２群と第３群の間隔は狭まるように、各群が移動するズームレンズにおいて、負レンズ群は回折面を有することを特徴としている。

【００２３】

一般に、ズームレンズの設計においては、各群で発生する収差を十分に小さく補正して構成することが知られている。しかし、特開平５－１８８２９６号や特願平８－３２６４５７号のようにレンズ枚数の少ないズームレンズでは、各群での収差補正が困難となるため、むしろ各群にて適度に収差を発生させて互いに打ち消し合うように構成されている。これらの先行例の場合、色収差に関しては第２群と第３群にてキャンセルしている。特に第３群が負パワーの単レンズからなる場合には、原理的に第３群は色収差補正できないから第３群で発生した色収差を第２群で打ち消し合っている。また、このズームタイプではほとんどの変倍作用を第３群が担っているため、変倍比が大きくなると第３群で発生する色収差がさらに大きくなり、もはや全系での色収差補正ができなくなってしまう。このことが、先行例のレンズ構成において高変倍化できない理由であった。

【００２４】

本発明では、色収差悪化の原因となる第３群に回折面を用いることで、色収差の補正を実現しようとするものである。従来の屈折系では、色消しの条件として正レンズと負レンズの組み合わせが必要であった。そして、各レンズにアッベ数の異なる材料を用いることが必要であった。回折面との組み合わせにおいても原理的には同様であるが、回折面特有の

性質のため状況はかなり異なっている。以下に簡単に説明する。

【００２５】

一般に、ダブレットの色消し条件は以下のようになる。第１レンズの焦点距離をf_1、アッベ数をν_1とし、第２レンズの焦点距離をf_2、アッベ数をν_2とすれば、薄肉密着系の合成焦点距離ｆを求める式及び近軸色収差を補正する式は以下のようになる。

【００２６】

$1/f=(1/f_1)+(1/f_2)$　　・・・（ｅ）

$1/(f_1\cdot\nu_1)+1/(f_2\cdot\nu_2)=0$　　・・・（ｆ）

両式より、各レンズの焦点距離は以下のようになる。

【００２７】

$f_1=(1-\nu_2/\nu_1)\cdot f$　　・・・（ｇ）

$f_2=(1-\nu_1/\nu_2)\cdot f$　　・・・（ｈ）

例えば、アクリル樹脂の基材に回折面を形成したとき、各成分が持つパワーの割合は、基材が９４．４％、回折面は５．６％となり、回折面のパワーが大変弱くなることが分かる。これは、回折面のアッベ数が－３．４５という特別な値を持つことが理由である。一方、従来の屈折系での色消しの例として、アクリル樹脂とポリカーボネイト樹脂の組み合わせを計算すると、各レンズが持つパワーはアクリル樹脂が全系の２．１倍であり、ポリカーボネイト樹脂が全系の－１．１倍にもなってしまう。つまり、正レンズ・負レンズ共に強いパワーが必要となり、その結果、各レンズの厚みも大きくなってしまっていた。しかし、回折面を用いれば、レンズのパワーを強くする必要がないので、レンズを厚くすることもない。また、回折面はレンズ表面に形成できるから、部品を増やす必要もない。このように、回折面を利用すれば、レンズ枚数を増やすことなく、さらにレンズの厚みを増やすことなく、色収差の発生量を制限することが可能となる。

【００２８】

本発明の場合、高変倍化したときの問題は、望遠端の色収差が大きくなることである。したがって、実際の設計場面では、望遠端の色収差をより多く補正して、広角端から望遠端への色収差の変動を小さくする。そこで、回折面を用いる少なくとも１個の群は下記条件式を満たすことが望ましい。

$1.8<\beta_T/\beta_W<4.0$　　・・・（１）

ただし、β_Wとβ_Tは回折面を有するレンズ群の広角端及び望遠端における横倍率である。条件式（１）の下限の１．８を外れる群に回折面を用いて補正しようとしても、広角端と望遠端の両方の色収差が変化してしまい、バランスをとれなくなる。あるいは、ズームレンズ全系の変倍比が小さいと言うことであり、本発明の高変倍化の目的を満たせない。一方、（１）式の上限の４．０を越えると、本発明程度のレンズ枚数では収差補正が困難となり、少ない構成枚数での実現が不可能である。

【００２９】

なお、第２群に回折面を形成してそのパワー等を変化させたところ、望遠端の色収差と同時に広角端の色収差まで変化してしまい、全系の収差バランスは十分良いとは言えなかった。あるいは、第１群に回折面を形成した場合も、倍率色収差まで含めた全系の色収差が十分補正されているとは言えなかった。特に、先行例のように第１群を単レンズとなし、これに回折面を用いた設計では、倍率色収差が全く補正できないため、本発明の変倍比では十分な性能を得られないことが分かった。

以上の説明より、回折面は第３群に用いることが望ましい。

【００３０】

近軸軸上色収差については上記した説明の通りだが、周辺性能まで考慮すると状況はさらに複雑である。第３群に形成した回折面のパワーを変化させて望遠端軸上色収差を補正すると、倍率色収差も変化する。このとき、軸上色収差と違って倍率色収差は広角端から望遠端まで同様に変化してしまう。倍率色収差まで含めて良好に補正するためには、第１群の色収差でバランスをとることがよい。このとき、第１群は少なくとも２枚のレンズを有し、以下の条件式を満たすことが望ましい。

【００３１】
$15 < \nu_1 - \nu_2 < 25$ ・・・（２）
ただし、ν_1 と ν_2 は第１レンズ群を構成するレンズのアッベ数である。
【００３２】
条件式（２）の上限の２５を越えると、第１群の色消しが良すぎる状況であり、（２）式の下限の１５を越えると、第１群での色収差発生が多すぎる状況であり、何れにしても第３群とのバランスがとれなくなる。
【００３３】
このように第３群の回折面にて軸上色収差や倍率色収差を良好に補正する訳であるが、このとき、回折面から過度な色収差が発生しないように下記条件式を満たすことが望ましい。
$-0.01\mathrm{mm}^{-1} < \Phi_{DOE} < 0$ ・・・（３）
ただし、Φ_{DOE} は回折面のパワーであり、任意の半径における非球面作用まで含めたパワーである。これは以下の式で定義される。
【００３４】
$\Phi_{DOE} = (n-1)\{(1/r_p) - (1/r_a)\}$ ・・・（ｉ）
ただし、Φ_{DOE} はパワー、r_p は回折面を有するレンズ面における物体側にある面の近似曲率半径、r_a は回折面を有するレンズ面における像側にある面の近似曲率半径である。具体的には、回折面が基材の物体側表面に設けられている場合は、r_p は回折面の近似曲率半径、r_a は基材の近似曲率半径となる。また、回折面が基材の像側表面に設けられている場合は、r_p は基材の近似曲率半径、r_a は回折面の近似曲率半径となる。また、ｎは屈折率である。条件式（３）の上限の０を越えると、回折面のパワーが足りないため、色収差補正が不十分であり、補正過剰な色収差が残る。一方、条件式（３）の下限の－０．０１を越えて回折面の負パワーが強くなると、逆に補正不足の色収差が残ってしまう。回折面に限らず非球面においても、レンズの中心と周辺ではパワーが変化する。しかし、回折面は通常の屈折面に比べて数十倍の分散を有しているため、僅かなパワーの違いでも色収差の発生量としては大きく異なってくる。本発明のズームタイプにおける第３群では、軸上光線と軸外光線の光路が全く異なるために、光軸付近の回折面はパワーが弱くても軸外になると回折面の非球面効果のために、像面湾曲や歪曲収差の補正において回折面のパワーが強くなる場合もある。このようなケースでは倍率色収差の発生が大きくなり、十分な性能を得られない。したがって、回折面の全面で条件式（３）を満たすことが望ましい。
【００３５】
色収差をさらに良く補正するためには、条件式（３）は以下の範囲を満たすことが望ましい。
$-0.005\mathrm{mm}^{-1} < \Phi_{DOE} < 0$ ・・・（４）
Φ_{DOE} の下限値を制限することで、回折面のパワーを弱め、２次スペクトルの発生量や高次収差の発生量を少なくすることができる。
【００３６】
回折面に強いパワーを与えないためにいくつかの方法がある。第１に、基材を非球面形状として、その上に回折面を形成することである。単色収差は基材の非球面にて補正され、回折面は色収差補正のみに寄与することができる。第２に、回折面と非球面を別の面にすることである。このとき、両者はできるだけ接近していることがよい。具体的には、レンズの片面を回折面とし、一方の面を非球面とする。単色収差は非球面にて補正し、色収差は回折面にて補正することができる。
【００３７】
これまで高変倍比で収差良好なズームレンズを得る方法を説明した。さらに、小型化を達成するために以下の条件式を満たすことが望ましい。
$0.4 < \Sigma d / D < 1.0$ ・・・（５）
ただし、Σｄは第１面から最終面までの長さ、Ｄはフィルム面の対角の長さである。この

条件式（５）はカメラの薄型化を実現するための条件である。カメラ本体の厚みはレンズ鏡枠にて決まることが多い。したがって、鏡枠をいかにして薄くするかという課題か生じてくる。過去の鏡枠では、決まった筒の中をレンズ群が移動するような構造であったから、レンズ系の第１面からフィルム面までの長さが重要であった。しかし、近年のカメラでは、収納時に鏡枠をカメラ本体内へ沈胴するといった技術によりカメラの薄型化を達成している。この場合には、第１面から最終面までの長さが重要になってくる。したがって、条件式（５）の上限の１．０を越えると、小型化が不十分であり、下限の０．４を越えると、十分な収差補正ができなくなる。

【００３８】

条件式（５）はさらに以下の条件を満たすことが望ましい。

０．４＜Σｄ／Ｄ＜０．８　　・・・（６）

条件式（６）を満たすことでより一層の小型化が可能である。

【００３９】

また、第３群は１枚の負レンズにて構成されることが望ましい。第３群は広角端にてフィルム面に接近するため、その外形が大きい。したがって、第３群のレンズ枚数が増えると、コスト的にもレンズ系の長さにおいても悪影響が大きい。さらに、負レンズはプラスチックにて構成しておけば、コストにおいて好ましい。

【００４０】

また、回折系の最大の課題は、不要次数光によるフレアの問題であり、カメラのように幅広い波長範囲で使われる光学機器においては避けられない問題である。このようなフレアの発生を小さくするために、本出願人が提案した特開平９－１２７３２１号におけるような回折面を適用することが望ましい。この提案においては、複数の光学材料を積層し、その境界面にレリーフパターンを形成してフレアの発生を防止するものである。そのために、回折面の基材は以下の条件式を満たすことが望ましい。

【００４１】

$n_d > 1.65$ ，$\nu_d > 50$　　・・・（７）

ただし、n_d は基材のｄ線ににおける屈折率、ν_d は基材のｄ線におけるアッベ数である。（７）式の上限は実在する材料によって自ずから決まるものである。

【００４２】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の回折面を有するズームレンズの実施例１～４について説明する。

本発明による光学系の回折面は、ウルトラ・ハイ・インデックス法を用いて設計しており、具体的には、回折面は厚みが０で波長がｄ線のときの屈折率が１００１の屈折型レンズとして表現されている。ｄ線以外の波長における屈折率は（ｄ）式にて計算されいる。したがって、後記する数値データにおいても、以下に示すような通常の非球面式にて記載する。すなわち、光軸方向をＺ軸、光軸と垂直な方向をＹ軸とすると、非球面は以下の式にて表せられる。

【００４３】

$$Z = CY^2 / [1+\sqrt{\{1-(1+K)\,C^2\,Y^2\}}] + A_4\,Y^4 + A_6\,Y^6 + A_8\,Y^8 + A_{10}Y^{10} + \cdots \quad (j)$$

ただし、Ｃは面頂における曲率（＝１／ｒ、ｒは曲率半径）、Ｋは円錐係数、A_4 、A_6 、A_8 、A_{10}はそれぞれ４次、６次、８次、１０次の非球面係数である。

【００４４】

また、回折面と厚みが０で接する面は基材の表面である。そして、実際の製造においては、回折面の非球面形状と基材表面の形状との差及び屈折率から位相変化を求め、この位相変化を回折格子のピッチに換算して基材表面上に回折面を形成する。したがって、以下の各実施例において、最終的にレンズとして作用をするのは基材の面である。また、回折面と示したウルトラ・ハイ・インデックス屈折型レンズによる非球面は実際は存在しない。しかし、各実施例に対応するレンズ断面図中には、数値データ中に回折面として記載され

た面番も基材の面に表記してある。

【００４５】

回折面の具体的な形状としては、例えば図９に断面を示すようなものがある。図の（ａ）は、透明部２１と不透明部２２が交互に配列され、不透明部２２の厚みは略０であるが、振幅変調型と呼ばれる回折面である。図の（ｂ）は、屈折率の異なる高屈折率部２３と低屈折率部２４を交互に配列して、屈折率差による位相差にて回折作用を持たせたものである。図の（ｃ）は、矩形状の凹凸を交互に配列して厚みの差による位相差にて回折作用を持たせたものである。これは２レベルのバイナリー素子でもある。図の（ｄ）は、表面を鋸歯形状にしたものであり、キノフォームと呼ばれ、連続的な厚みの差による位相差にて回折作用を持たせたものである（図２）。図の（ｅ）と（ｆ）は、キノフォームを４レベル及び８レベルで近似したバイナリー素子である（図３）。このように回折面の形状にはいくつかの形式があるが、本発明では、回折効率を高くして光量を有効に利用したいため、図９（ｄ）のキノフォームや図９（ｅ）や図９（ｆ）等の４レベル以上のバイナリー素子を用いることが望ましい。

【００４６】

図４～図７にそれぞれ実施例１～４の広角端（ａ）、中間状態（ｂ）、望遠端（ｃ）の光軸を含む断面図を示す。これら実施例は全て、物体側より順に、正の第１群Ｇ１、正の第２群Ｇ２、負の第３群Ｇ３からなる３群ズームレンズの構成である。

【００４７】

実施例１は、変倍比が２．４倍のズームレンズである。図４に示すように、第１群Ｇ１は物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズ、第２群Ｇ２は絞りと像側に凸の負メニスカスレンズと両凸正レンズ、第３群Ｇ３は両凹負レンズの４群５枚にて構成されている。物体側から数えて第４レンズと第５レンズはプラスチック非球面レンズであり、第５レンズの物体側面が回折面として形成されている。基材の表面は非球面てあり、その上に回折面を形成することによって、単色収差は非球面にて補正し、色収差を回折面にて補正するように、うまく機能を分担している。その結果、回折面は全面にわたって弱いパワーで構成できている。プラスチックレンズを用いることでコストダウンを実現しており、さらに、正レンズと負レンズにプラスチック材料を用いることによって温度や湿度の環境変化に伴うピントズレが小さくなるようになっている。さらに、湿度変化による影響は経時変化が複雑で制御し難いため、低吸湿のプラスチック材料を用いることが好ましい。本実施例のプラスチックレンズも低吸湿な材料にて構成されている。

【００４８】

実施例２は、変倍比が２．８程度のズームレンズである。図５に示すように、第１群Ｇ１は物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズ、第２群Ｇ２は絞りと像側に凸の負メニスカスレンズと両凸正レンズと像側に凸の正メニスカスレンズ、第３群Ｇ３は両凹負レンズの５群６枚にて構成されている。物体側から数えて第５レンズと第６レンズはプラスチック非球面レンズであり、第６レンズの物体側面が非球面であり、かつ、回折面として形成されている。第２群Ｇ２を３枚構成とすることで、実施例１を越えた高変倍比が達成できている。また、高変倍化と共に、望遠端での像面湾曲収差が大きくなっているが、その補正のために第１群Ｇ１に非球面を用いることが望ましい。本実施例では第２レンズの像側面を非球面としている。

【００４９】

実施例３は、変倍比が３．２程度のズームレンズである。図６に示すように、第１群Ｇ１は物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズ、第２群Ｇ２は絞りと像側に凸の負メニスカスレンズと両凸正レンズと両凸正レンズ、第３群Ｇ３は凹平負レンズの５群６枚にて構成されている。物体側から数えて第５レンズはプラスチック非球面レンズであるが、第６レンズはガラスレンズにて構成している。物体側面は非球面であり、像側面は回折面となっているが、その基材表面は平面である。平面上に回折面を形成することで、その加工・製造が容易になる。また、基材をガラスにて構成し

た理由は、収差補正の意味もあるが、本出願人が特開平９－１２７３２１号にて提案しているように、不要次数光によるフレアを改善するための構造を実現することが大きな目的である。本実施例では、非球面と回折面を別の面に分離することによって、回折面に強いパワーが付くことを防いでいる。なお、本実施例では第１レンズの物体側面を非球面としている。

【００５０】

実施例４は、変倍比が３．７程度のズームレンズである。図７に示すように、第１群Ｇ１は物体側に凸の正メニスカスレンズと物体側に凸の負メニスカスレンズの接合レンズ、第２群Ｇ２は絞りと像側に凸の負メニスカスレンズと両凸正レンズと両凸正レンズ、第３群Ｇ３は両凹負レンズの５群６枚にて構成されている。物体側から数えて第５レンズと第６レンズはプラスチック非球面レンズである。本実施例では第６レンズだけでなく第５レンズも回折面を有しており、その物体側面が回折面、像側面が非球面である。第６レンズは実施例２と同様である。変倍比が３．５を越えてくると、軸上色収差の変倍に伴う変動がますます大きくなってしまい、第３群Ｇ３の回折面のみでは補正し切れなくなる。そこで、第２群Ｇ２にも回折面を適用することによって性能を良好に維持しようとするものである。このとき、回折面は第２群Ｇ２中のどこでもよいが、プラスチックレンズに形成することで、製造が容易になる。なお、本実施例では第１レンズの物体側面を非球面としている。

【００５１】

以上の各実施例は、変倍に際し、第１群Ｇ１と第３群Ｇ３が略一体的に移動するように構成されている。したがって、ズーム全域でレンズ構成長（Σｄ）は変わらない。このように構成することで、鏡枠構造を単純化でき、精度の向上や部品点数の削減等が可能になる。もちろん、各群を独立に移動させて設計自由度を増やすことは容易である。

【００５２】

以下に、上記実施例１～４の数値データを示す。各データ中、ｆは焦点距離、F_{no}はＦナンバー、２ωは画角、f_Bはバックフォーカス、Σｄは第１面から最終面までの長さ、β_3は第３群の横倍率である。また、r_1、r_2…は各レンズ面の曲率半径、d_1、d_2…は各レンズ面間の間隔、n_{d1}、n_{d2}…は各レンズのｄ線の屈折率、ν_{d1}、ν_{d2}…は各レンズのｄ線のアッベ数であり、また、非球面形状は前記の（ｊ）式にて表される。

【００５３】

実施例１

f ＝ 36.20 ～ 61.47 ～ 86.77

F_{NO}＝ 4.67 ～ 6.90 ～ 9.01

2ω＝ 60.17 ～ 38.26 ～ 27.70°

f_B ＝ 11.80 ～ 31.30 ～ 50.27

Σd＝ 28.34 ～ 28.35 ～ 28.33

β_3 ＝ 1.56 ～ 2.39 ～ 3.21

r_1 =	14.03500		d_1 = 3.300	n_{d1} =1.72916	ν_{d1} =54.68
r_2 =	162.42500		d_2 = 1.000	n_{d2} =1.83400	ν_{d2} =37.16
r_3 =	20.08000		d_3 =(可変)		
r_4 =	∞ (絞り)		d_4 = 3.400		
r_5 =	-8.11400		d_5 = 1.200	n_{d3} =1.80518	ν_{d3} =25.42
r_6 =	-11.38900		d_6 = 1.100		
r_7 =	94.10500		d_7 = 2.900	n_{d4} =1.52542	ν_{d4} =55.78
r_8 =	-10.22900	(非球面)	d_8 =(可変)		
r_9 =	-13.48347	(回折面)	d_9 = 0.000	n_{d5} =1001	ν_{d5} =-3.45
r_{10}=	-13.48376	(非球面)	d_{10}= 1.900	n_{d6} =1.52542	ν_{d6} =55.78
r_{11}=	232.59600				

ズーム間隔

f	36.20	61.47	86.77
d_3	3.300	9.527	12.532
d_8	10.242	4.025	1.000

非球面係数

第８面

K ＝ 0

A_4 ＝ 1.45110×10^{-4}

A_6 ＝ -1.64610×10^{-7}

A_8 ＝ 3.15250×10^{-8}

A_{10}＝ -4.08980×10^{-10}

第９面

K ＝ 0

A_4 ＝ 7.20520×10^{-5}

A_6 ＝ 6.34542×10^{-7}

A_8 ＝ -7.97213×10^{-9}

$A_{10}= 3.71374\times10^{-11}$
第１０面
K = 0
$A_4 = 7.20403\times10^{-5}$
$A_6 = 6.34744\times10^{-7}$
$A_8 =-7.97520\times10^{-9}$
$A_{10}= 3.71502\times10^{-11}$ 。
【００５４】
実施例２

f = 36.23 ～ 68.93 ～101.66			
F_{NO}= 4.67 ～ 7.76 ～ 10.75			
2ω= 60.13 ～ 34.67 ～ 23.93°			
f_B = 11.81 ～ 35.82 ～ 59.39			
Σd= 28.89 ～ 28.90 ～ 28.88			
β_3 = 1.63 ～ 2.82 ～ 3.98			
r_1 = 12.91400		d_1 = 3.300	n_{d1} =1.72916 ν_{d1} =54.68
r_2 = 80.87400		d_2 = 0.800	n_{d2} =1.83400 ν_{d2} =37.16
r_3 = 17.63700	(非球面)	d_3 =(可変)	
r_4 = ∞ (絞り)		d_4 = 2.700	
r_5 = -10.84200		d_5 = 0.800	n_{d3} =1.83400 ν_{d3} =37.16
r_6 = -23.18400		d_6 = 1.000	
r_7 = 40.99300		d_7 = 3.500	n_{d4} =1.56384 ν_{d4} =60.67
r_8 = -19.33500		d_8 = 0.100	
r_9 = -159.94100		d_9 = 2.200	n_{d5} =1.52542 ν_{d5} =55.78
r_{10}= -15.09000	(非球面)	d_{10}=(可変)	
r_{11}= -12.82086	(回折面)	d_{11}= 0.000	n_{d6} =1001 ν_{d6} =-3.45
r_{12}= -12.82117	(非球面)	d_{12}= 1.900	n_{d7} =1.52542 ν_{d7} =55.78
r_{13}= 87.39000			

ズーム間隔

f	36.23	68.93	101.66
d_3	3.300	9.390	11.883
d_{10}	9.593	3.513	1.000

非球面係数

第３面
K = 0
A_4 = 2.23600×10^{-6}
A_6 = 5.51250×10^{-8}
A_8 =-1.55000×10^{-9}
A_{10}= 0
第１０面
K = 0
A_4 = 1.24090×10^{-4}
A_6 = 1.24330×10^{-7}
A_8 = 5.51340×10^{-11}
A_{10}=-2.62740×10^{-11}
第１１面
K = 0
A_4 = 8.00820×10^{-5}
A_6 = 8.48914×10^{-7}
A_8 =-1.09458×10^{-8}
A_{10}= 5.02720×10^{-11}
第１２面
K = 0
A_4 = 8.00637×10^{-5}
A_6 = 8.49194×10^{-7}
A_8 =-1.09494×10^{-8}
A_{10}= 5.02860×10^{-11}
。
【００５５】

実施例３

f = 36.20 ～ 76.01 ～115.85

F_{NO} = 4.67 ～ 8.52 ～ 12.26

2ω = 60.15 ～ 31.61 ～ 21.08°

f_B = 11.80 ～ 38.80 ～ 65.41

Σd = 28.02 ～ 28.03 ～ 28.01

β_3 = 1.75 ～ 3.33 ～ 4.89

r_1 = 11.94800 (非球面) d_1 = 3.000 n_{d1} =1.72916 ν_{d1} =54.68

r_2 = 64.53700 d_2 = 1.000 n_{d2} =1.83400 ν_{d2} =37.16

r_3 = 16.10600 d_3 =(可変)

r_4 = ∞ (絞り) d_4 = 1.300

r_5 = -12.47300 d_5 = 1.000 n_{d3} =1.83400 ν_{d3} =37.16

r_6 = -44.32700 d_6 = 0.100

r_7 = 28.53400 d_7 = 5.200 n_{d4} =1.56883 ν_{d4} =56.36

r_8 = -26.14000 d_8 = 0.100

r_9 = 47.27400 d_9 = 2.700 n_{d5} =1.52542 ν_{d5} =55.78

r_{10}= -16.07500 (非球面) d_{10}=(可変)

r_{11}= -12.36700 (非球面) d_{11}= 1.900 n_{d6} =1.69680 ν_{d6} =55.53

r_{12}= ∞ d_{12}= 0.000 n_{d7} =1001 ν_{d7} =-3.45

r_{13}=497582.00000 (回折面)

ズーム間隔

f	36.20	76.01	115.85
d_3	3.300	8.758	10.713
d_{10}	8.423	2.974	1.000

非球面係数

第１面

K = 0

A_4 =-1.14930×10^{-6}

A_6 =-7.10090×10^{-8}

A_8 = 1.23950×10^{-9}

A_{10}= 0

第１０面

K = 0

A_4 = 1.64480×10^{-4}
A_6 =-9.60080×10^{-7}
A_8 = 3.51760×10^{-8}
A_{10}=-4.41550×10^{-10}
第１１面
K = 0
A_4 = 1.04170×10^{-4}
A_6 =-1.76400×10^{-7}
A_8 = 4.94750×10^{-9}
A_{10}=-2.91680×10^{-11}
第１３面
K = 0
A_4 =-7.97466×10^{-9}
A_6 = 3.97516×10^{-11}
A_8 = 8.11477×10^{-14}
A_{10}=-1.07797×10^{-15}
。
【００５６】

実施例４

f ＝ 36.21 ～ 85.74 ～135.24

F_{NO}＝ 4.67 ～ 9.50 ～ 14.18

2ω＝ 60.30 ～ 28.23 ～ 18.13°

f_B ＝ 11.80 ～ 48.49 ～ 84.61

Σd＝ 29.15 ～ 29.16 ～ 29.14

β_3 ＝ 1.65 ～ 3.48 ～ 5.29

r_1 =	12.79300 (非球面)	d_1 = 3.000	n_{d1} =1.72916	ν_{d1} =54.68	
r_2 =	57.68300	d_2 = 1.000	n_{d2} =1.83400	ν_{d2} =37.16	
r_3 =	16.55900	d_3 =(可変)			
r_4 =	∞ (絞り)	d_4 = 2.000			
r_5 =	-10.72500	d_5 = 0.800	n_{d3} =1.83481	ν_{d3} =42.72	
r_6 =	-61.35200	d_6 = 0.100			
r_7 =	32.68400	d_7 = 3.800	n_{d4} =1.57501	ν_{d4} =41.50	
r_8 =	-17.63400	d_8 = 0.700			
r_9 =	91.23163 (回折面)	d_9 = 0.000	n_{d5} =1001	ν_{d5} =-3.45	
r_{10}=	91.25489	d_{10}= 2.000	n_{d6} =1.52542	ν_{d6} =55.78	
r_{11}=	-14.19900 (非球面)	d_{11}=(可変)			
r_{12}=	-13.00065 (回折面)	d_{12}= 0.000	n_{d7} =1001	ν_{d7} =-3.45	
r_{13}=	-13.00120 (非球面)	d_{13}= 1.900	n_{d8} =1.52542	ν_{d8} =55.78	
r_{14}=	86.36800				

ズーム間隔

f	36.21	85.74	135.24
d_3	3.300	10.583	12.836
d_{11}	10.546	3.273	1.000

非球面係数

第１面

$K = 0$

$A_4 = -2.15190 \times 10^{-6}$

$A_6 = 4.51910 \times 10^{-9}$

$A_8 = -7.24030 \times 10^{-11}$

$A_{10} = 3.72350 \times 10^{-12}$

第１１面
Ｋ ＝ 0
A_4 ＝ 1.48210×10^{-4}
A_6 ＝-1.22680×10^{-7}
A_8 ＝ 1.95370×10^{-8}
A_{10}＝-2.03200×10^{-10}
第１２面
Ｋ ＝ 0
A_4 ＝ 8.02080×10^{-5}
A_6 ＝ 8.49737×10^{-7}
A_8 ＝-1.09356×10^{-8}
A_{10}＝ 5.02850×10^{-11}
第１３面
Ｋ ＝ 0
A_4 ＝ 8.01925×10^{-5}
A_6 ＝ 8.49961×10^{-7}
A_8 ＝-1.09391×10^{-8}
A_{10}＝ 5.02986×10^{-11} 。

【００５７】
図８に上記実施例１の広角端（ａ）、中間状態（ｂ）、望遠端（ｃ）での収差図を示す。
図中、ＳＡは球面収差、ＡＳは非点収差、ＤＴは歪曲収差、ＣＣは倍率色収差を示す。
【００５８】
以下に、各実施例における条件式の数値を示す。

条件式		実施例１	実施例２	実施例３	実施例４
β_T / β_W		2.06	2.44	2.79	3.21
$\nu_1 - \nu_2$		17.52	17.52	17.52	17.52
Φ_{DOE}	（レンズ径／レンズ最大径）				
	０．０	-0.0016	-0.0019	-0.0020	-0.0033
	０．２	-0.0015	-0.0017	-0.0019	-0.0031
	０．４	-0.0012	-0.0013	-0.0016	-0.0028
	０．６	-0.0010	-0.0010	-0.0012	-0.0025
	０．８	-0.0007	-0.0008	-0.0010	-0.0023
	１．０	-0.0003	-0.0006	-0.0008	-0.0020
Σｄ／Ｄ		0.66	0.67	0.65	0.67

注）Φ_{DOE} については、レンズ中心から最大径まで、比率が０．２おきに数値を示す。

【００５９】

以上の本発明の回折面を有するズームレンズは、例えば次のように構成することができる。

〔１〕　物体側より順に、正・正・負の３レンズ群を有し、広角側から望遠側への変倍において第１レンズ群と第２レンズ群の間隔は広がり、第２レンズ群と第３レンズ群の間隔は狭まるように各群が移動するズームレンズにおいて、前記負レンズ群が回折面を有することを特徴とする回折面を有するズームレンズ。

【００６０】

〔２〕　物体側より順に、正・正・負の３レンズ群を有し、広角側から望遠側への変倍において第１レンズ群と第２レンズ群の間隔は広がり、第２レンズ群と第３レンズ群の間隔は狭まるように各群が移動するズームレンズにおいて、少なくとも１つのレンズ群は回折面を有しており、そのレンズ群は以下の条件式を満足することを特徴とする回折面を有するズームレンズ。

$1.8 < \beta_T / \beta_W < 4.0$ ・・・（１）

ただし、β_W と β_T は回折面を有するレンズ群の広角端及び望遠端における横倍率である。

【００６１】

〔３〕　上記〔１〕又は〔２〕において、第１レンズ群は少なくとも２枚のレンズを有し、下記条件式を満足することを特徴とする回折面を有するズームレンズ。

$15 < \nu_1 - \nu_2 < 25$ ・・・（２）

ただし、ν_1 と ν_2 は第１レンズ群を構成するレンズのアッベ数である。

【００６２】

〔４〕　上記〔１〕又は〔２〕において、回折面は下記条件式を満足することを特徴とする回折面を有するズームレンズ。

$-0.01\mathrm{mm}^{-1} < \Phi_{DOE} < 0$ ・・・（３）

ただし、Φ_{DOE} は回折面のパワーである。

【００６３】

〔５〕　上記〔４〕において、回折面は下記条件式を満足することを特徴とする回折面を有するズームレンズ。

$-0.005\mathrm{mm}^{-1} < \Phi_{DOE} < 0$ ・・・（４）

【００６４】

〔６〕　上記〔１〕又は〔２〕において、下記条件式を満足することを特徴とする回折面を有するズームレンズ。

$0.4 < \Sigma d / D < 1.0$ ・・・（５）

ただし、Σｄは第１面から最終面までの長さ、Ｄはフィルム面の対角の長さである。

【００６５】

〔７〕　上記〔６〕において、下記条件式を満足することを特徴とする回折面を有するズームレンズ。

【００６６】

$0.4 < \Sigma d / D < 0.8$ ・・・（６）

。

【００６７】

〔８〕　上記〔１〕又は〔２〕において、第３レンズ群はは単レンズにて構成されていることを特徴とする回折面を有するズームレンズ。

【００６８】

〔９〕　上記〔８〕において、第３レンズ群はプラスチックレンズであることを特徴とする回折面を有するズームレンズ。

【００６９】

〔１０〕　上記〔８〕において、第３レンズ群はレンズは下記条件式を満足することを特徴とする回折面を有するズームレンズ。

【００７０】

$n_d > 1.65$ ，$\nu_d > 50$ ・・・（７）

ただし、n_d は基材のｄ線ににおける屈折率、ν_d は基材のｄ線におけるアッベ数である。

【００７１】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、高変倍比でありながら、小型で色収差が良好に補正されたズームレンズを提供することができる。また、レンズ枚数も少ないため、低価格な高変倍ズームレンズ及びそれを用いたカメラを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

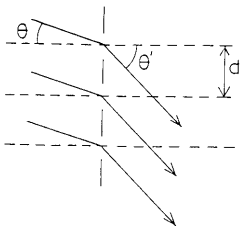
【図１】回折格子の回折作用を説明するための図である。

【図２】キノフォームの断面形状を示す図である。

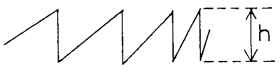
【図３】設計波長を５５０ｎｍとしたときの波長と回折効率の関係を示す図である。

【図４】本発明の実施例１のズームレンズの光軸を含む断面図である。
【図５】本発明の実施例２のズームレンズの光軸を含む断面図である。
【図６】本発明の実施例３のズームレンズの光軸を含む断面図である。
【図７】本発明の実施例４のズームレンズの光軸を含む断面図である。
【図８】実施例１の収差図である。
【図９】本発明において用いる回折面の具体的な形状を例示する断面図である。
【符号の説明】
Ｇ１…第１レンズ群
Ｇ２…第２レンズ群
Ｇ３…第３レンズ群
２１…透明部
２２…不透明部
２３…高屈折率部
２４…低屈折率部

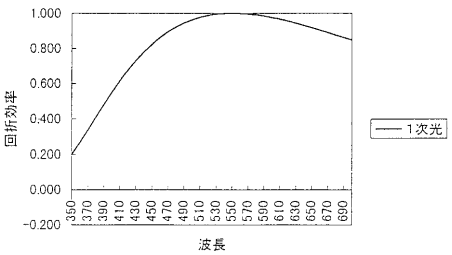
【図１】



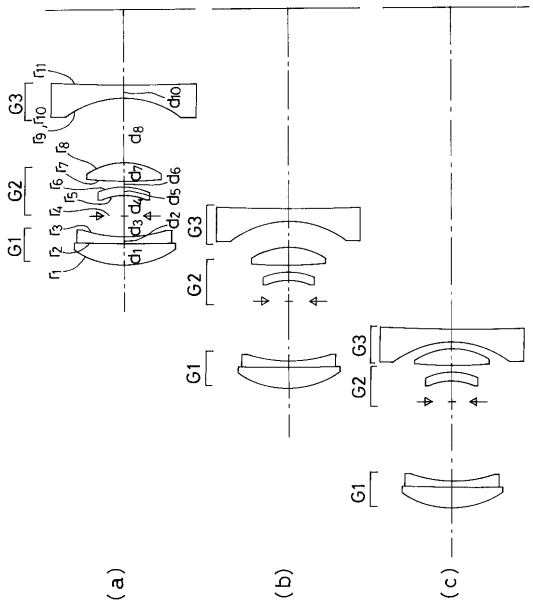
【図２】



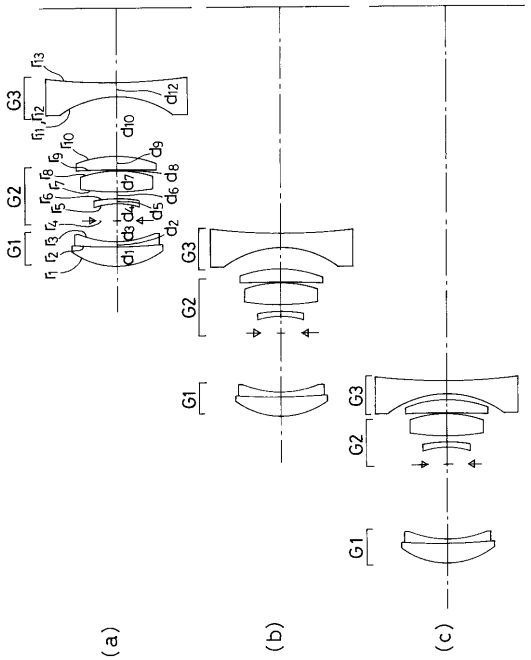
【図３】



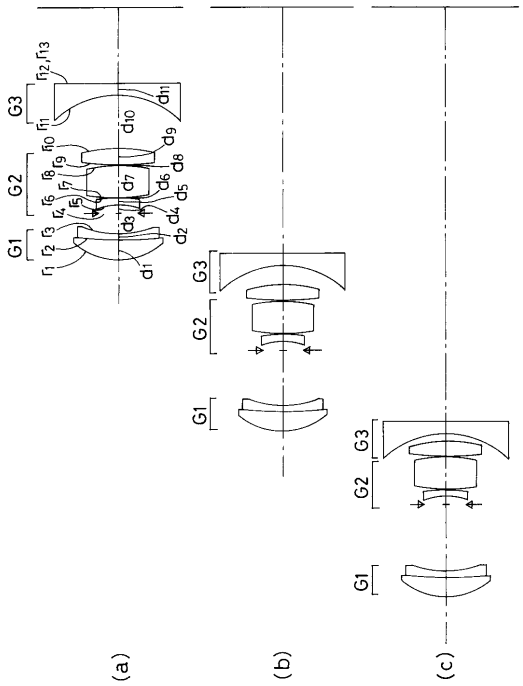
【図４】



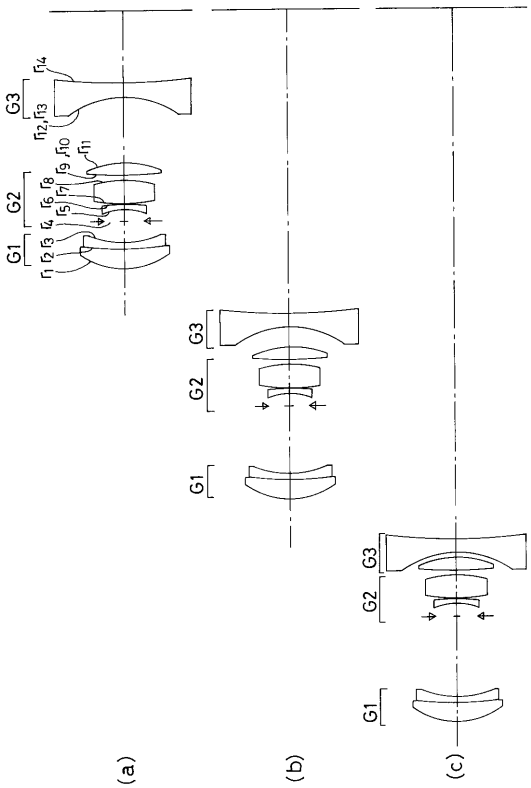
【図５】


G3
G2
G1
(a)
(b)
(c)

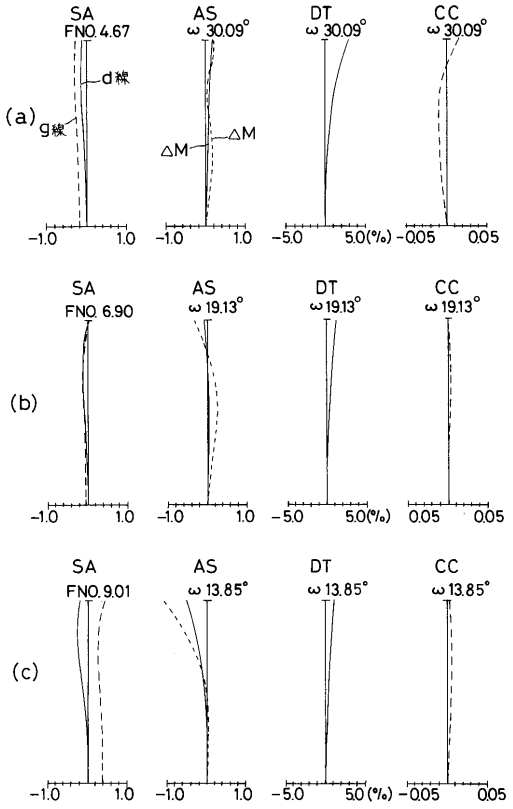
【図６】


G3
G2
G1
(a)
(b)
(c)

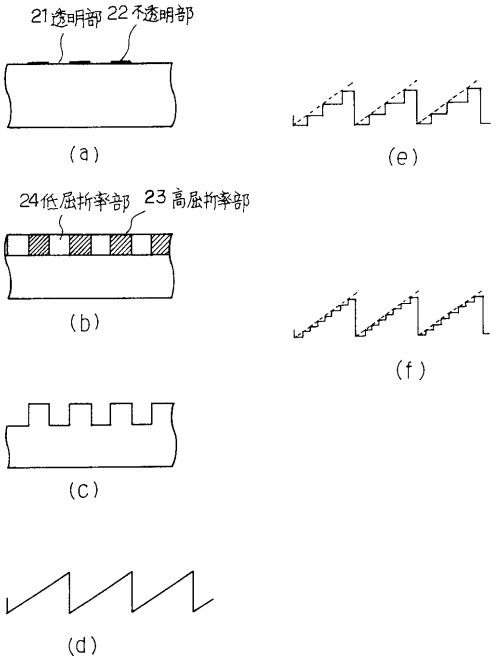
【図７】


G3
G2
G1
(a)
(b)
(c)

【図８】


SA
FNO.4.67
AS
ω 30.09°
DT
ω 30.09°
CC
ω 30.09°
d線
g線
ΔM
(a)
SA
FNO.6.90
AS
ω 19.13°
DT
ω 19.13°
CC
ω 19.13°
(b)
SA
FNO.9.01
AS
ω 13.85°
DT
ω 13.85°
CC
ω 13.85°
(c)
-1.0
1.0
-5.0
5.0(%)
-0.05
0.05

【図９】



フロントページの続き

(74)代理人 100091971
弁理士 米澤 明
(72)発明者 小方康司
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号オリンパス光学工業株式会社内

審査官 森内 正明

(56)参考文献 特開平 ５－１７３０６９（ＪＰ，Ａ）
特開平 ８－２８６１１０（ＪＰ，Ａ）
特開昭６２－ ７８５２２（ＪＰ，Ａ）
特開平 ２－ ５０１１７（ＪＰ，Ａ）
特開平 ８－３２７９００（ＪＰ，Ａ）
特開平 ９－１２７３２１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04