(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3860261号
(P3860261)
(45)発行日　平成18年12月20日(2006.12.20)　(24)登録日　平成18年9月29日(2006.9.29)

(51)Int.Cl.　F I
G02B　5/18　(2006.01)　G02B　5/18

請求項の数 5　(全 28 頁)

(21)出願番号　特願平8-229772
(22)出願日　平成8年8月30日(1996.8.30)
(65)公開番号　特開平10-73706
(43)公開日　平成10年3月17日(1998.3.17)
審査請求日　平成15年1月14日(2003.1.14)

(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】両面が回折面からなる回折型光学素子

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

回折型光学素子を両面共に回折面にて構成し、回折面のパワーを被写体側より順に、正パワー及び負パワーにて構成し、下記の条件式を満足することを特徴とする回折型光学素子。

$$-20 < f_2 / f < -2 \qquad \cdots (2)$$

ただし、ｆは回折型光学素子の焦点距離、f_2は被写体と反対側の回折面の焦点距離である。

【請求項２】

撮像レンズに用いられることを特徴とする請求項１記載の回折型光学素子。

【請求項３】

回折型光学素子は被写体側に凸面を向けたメニスカスレンズであることを特徴とする請求項１記載の回折型光学素子。

【請求項４】

回折型光学素子を両面共に回折面にて構成し、回折面のパワーを被写体側より順に、正パワー及び負パワーにて構成し、下記の条件式を満足することを特徴とする回折型光学素子。

$$-5 < f_2 / f < -0.5 \qquad \cdots (3)$$

ただし、ｆは回折型光学素子の焦点距離、f_2は被写体と反対側の回折面の焦点距離である。

【請求項５】
測距装置又は測光装置のレンズ系に用いられることを特徴とする請求項４記載の回折型光学素子。
【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ような回折型光学素子（以下、Ｄｉｆｆｒａｃｔｉｖｅ　Ｏｐｔｉｃａｌ　Ｅｌｅｍｅｎｔを略してＤＯＥと称する。）に関するものであり、特に、両面が回折面にて構成された単レンズからなるレンズ系等に利用されるものである。
【０００２】
【従来の技術】
銀塩カメラや電子カメラ等に用いられる光学系は、撮影レンズに代表されるように高仕様・高性能になる程多くのレンズ枚数と複雑な構成が要求される。しかし、全ての光学系が複雑な構成をしている訳ではなく、単レンズ１枚にて構成される光学系もある。例えば、図１に示されるようなアクティブ型の測距装置である。これは、三角測距の原理に基づく方法であり、図１を参照にして簡単に説明すると、１１は赤外発光ダイオード（以下、ＩＲＥＤと称す。）、１２はＩＲＥＤから発せられた赤外光を投射する投光レンズ系、１３は被写体、１４は被写体からの反射光を集光する受光レンズ系、１５は集光された光の位置を測定する位置検出手段（以下、ＰＳＤと称す。）である。ＩＲＥＤ１１から発せられた赤外光は投光レンズ系１２によって被写体１３へ投射される。被写体１３によって反射された光は投光レンズ系１２から基線長だけ離れて設けられた受光レンズ系１４によってＰＳＤ１５上に集光される。そして、ＰＳＤ１５上の位置情報から被写体１３までの距離を算出する方法である。
【０００３】
このようなアクティブ型測距装置に用いられる投光レンズ系や受光レンズ系としては、１枚の単レンズにて構成されることが多い。また、製品によっては反射面を有するプリズム状の場合もあるが、基本的には１枚構成であることに変わりはない。これらの投光レンズ系あるいは受光レンズ系は明るさが重要であるため、レンズ径、厚み共に大きなものになってしまう。
【０００４】
次に、外部測光方式の測光装置に用いられるレンズ系も単レンズにて構成される。これは、撮影レンズやファインダーレンズ等とは別にカメラボディ内に配置されており、被写体の測光を行うものである。図２を参照にして説明すると、２１は集光レンズ、２２はフィルター、２３は受光素子である。２２のフィルターは受光素子２３の分光感度をフィルムの特性に合わせるものであり、基本的には赤外光をカットする作用を持っている。集光レンズ２１はコンパクト化とコストダウンのために１枚の単レンズにて構成されることが多いが、十分な明るさと撮影レンズの画角に応じた測光角度を必要とするため、やはり大きなレンズになってしまう。
【０００５】
また、撮影レンズにしても、レンズ付きフィルムに代表されるような安価なカメラには、プラスチック製の単レンズが用いられている。図３は概念図であるが、単レンズからなる撮影レンズ３１、明るさ絞り３２、フィルム面３３にて構成される。フィルム面３３は、通常その長手方向に沿って被写体側に凹面を向けた湾曲した面となっている。単レンズの場合は、球面収差を小さくするか、あるいは、低次コマ収差を小さくする程度の自由度しかなく、レンズのベンディング形状を選択する余地はない。すなわち、一般的には、絞りに対して凹面を向けたメニスカスレンズとなる例が多く、したがって、収差補正上レンズ形状は決まってしまうので、レンズ全長を短縮する余裕はない。
【０００６】
一方、近年になって、カメラのコンパクト化が大幅に進められ、更なる小型化が求められ

ている。カメラボディ内には多くの部品が配置されているが、小型化のため、それら部品点数の削減や部品の小型化が必要であり、上記した各種レンズ系も小型化が要求されるようになってきた。このような状況に鑑みて、後記する本発明では、回折型光学素子を利用することによって単レンズの更なる小型化、特に薄型化を目的としている。

【０００７】

次に、回折型光学素子（ＤＯＥ）について説明する。ＤＯＥに関しては、「光学」２２巻６３５～６４２頁及び７３０～７３７頁に詳しく解説されている。

【０００８】

従来のレンズが媒質の界面における屈折作用に基づいているのに対し、ＤＯＥは光の回折作用に基づいている。一般的に、図４で示すような回折格子へ光が入射したとき、回折作用にて射出される光は以下の関係式を満たす。

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

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。

【０００９】

したがって、（ａ）式に従ってリング状の回折格子のピッチを適切に構成してやれば、光を一点に集光させること、すなわちレンズ作用を持たせることができる。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、１次近似の領域にて以下の式を満たす。

【００１０】

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

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、屈折率あるいは光路長を変える位相変調型等が提案されている。振幅変調型のＤＯＥでは複数の回折次数光が発生するため、例えば入射光の光量と１次回折光の光量比（以下、回折効率と称する。）は最大でも６％程度である。あるいは、振幅変調型のＤＯＥを漂白処理等を施して位相変調型へ改良したとしても、回折効率は最大で３４％程度である。しかし、同じく位相変調型のＤＯＥでも、その断面形状を図５（ａ）に示すような鋸形状で構成すれば回折効率を１００％まで向上できる。このようなＤＯＥをキノフォームと称している。このとき、鋸状の山の高さは次式で与えられる。

$$h = m\lambda / (n-1) \qquad \cdots (c)$$

ただし、ｈは山の高さ、ｎは基材の屈折率である。

【００１１】

（ｃ）式からも予測されるように、回折効率１００％は只一つの波長に対してのみ達成される。また、キノフォーム形状を図５（ｂ）のように階段近似したものはバイナリー光学素子と呼ばれたりするが、これはリソグラフィー的手法にて比較的容易に製作できる。バイナリー光学素子では、４段階近似で８１％、８段階近似で９５％、１６段階近似で９９％の回折効率が得られることが知られている。

【００１２】

ＤＯＥの設計法についても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いる。この手法については、"Mathematical equivalence between a holographic optical element and ultra-high index lens"J. Opt. Sos. Am. 69, 486-487 、又は、"Using a conventional optical design program to design holographic optical elements" Opt. Eng. 19,649-653 等に示されている。すなわち、ＤＯＥは厚みが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。

【００１３】

ＤＯＥをレンズとして用いているとき、２つの重要な特徴がある。第１の特徴は、非球面作用である。回折格子のピッチを適切に構成すれば、光を完全に一点に集めることができるが、これは非球面にて球面収差を０に補正することと同じ作用である。第２の特徴は、色の分散が非常に大きいことである。アッベ数で表現すれば－３．４５という値になり、従来の屈折作用の材料と比べると、数１０倍の色収差がしかも符号が－だから逆方向に発

生する。分散が大きいことは、自然光の下で使用されるレンズ系にＤＯＥを応用するときに最大の問題となる。また、ＤＯＥの任意の波長における屈折率は、以下の（ｄ）式にて与えられる。

【００１４】

$n(\lambda)=1+[n(\lambda_0)-1]\cdot\lambda/\lambda_0$　　・・・（ｄ）

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

【００１５】

このようなＤＯＥをアクティブ方式の測距装置へ応用した例としては、特開平７－６３９８２号のものが知られている。この公報において、マスターレンズのＩＲＥＤ側にコンバーターレンズを挿入して変倍を行うものであるが、このとき、マスターレンズは凸平形状、コンバーターレンズは凹平形状であり、各平面を回折面にて構成している。その結果、マスターレンズを固定のままで変倍を実現しているが、小型化への考慮はなされていない。

【００１６】

また、ＤＯＥを撮影レンズへ適用した先行例として、"Hybrid diffractive-lenses and achromats" Appl.Opt.27,2960-2971 が知られている。この先行例においては、近軸の色収差補正の原理に基づいて、アッベ数－３．４５の回折型レンズと従来の屈折型レンズを組み合わせて色収差補正を行った場合の計算例が示されている。具体的には、物体側面は凸面であり、像側面は平面であるようなレンズにおいて、像側の平面上に回折面を構成しており、このとき、軸上色収差のアクロマート化と残存する２次スペクトルについて示されている。しかし、倍率色収差やその他の収差に関しては触れておらず、具体的な設計データもない。

【００１７】

また、ＷＯ９５／１８３９３において、被写体側に凸な正メニスカスレンズと絞りを配置し、正レンズの像側面を回折面にて構成された例が示されている。この先行例では、屈折系と回折系の組み合わせにより色収差を補正し、レンズ部品を増やすことなく高性能を達成したものである。

【００１８】

しかし、撮影レンズにＤＯＥを適用した上記先行例は、２つ共に色収差補正が目的であり、レンズ系の部品を増やさないことによる小型化の利点は説明されているが、単レンズの全長を短縮するという内容は含まれていない。

【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状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、回折型光学素子（ＤＯＥ）を用いて単レンズの全長を短縮することであり、銀塩カメラや電子カメラ等の光学系に利用できる回折型光学素子を提供することである。

【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回折型光学素子は、回折型光学素子を両面共に回折面にて構成し、回折面のパワーを被写体側より順に、正パワー及び負パワーにて構成し、下記の条件式を満足することを特徴とするものである。

$-20<f_2/f<-2$　　・・・（２）

ただし、ｆは回折型光学素子の焦点距離、f_2 は被写体と反対側の回折面の焦点距離である。

【００２１】

本発明のもう１つの回折型光学素子は、回折型光学素子を両面共に回折面にて構成し、回折面のパワーを被写体側より順に、正パワー及び負パワーにて構成し、下記の条件式を満足することを特徴とするものである。

$-5<f_2/f<-0.5$　　・・・（３）

ただし、ｆは回折型光学素子の焦点距離、f_2 は被写体と反対側の回折面の焦点距離である。

【００２２】

以下、本発明においてこのような構成をとる理由と作用について説明する。

【００２３】

本発明の回折型光学素子は、両面共に回折面にて構成されることを特徴とするものであり、これを利用するレンズ系は、両面共に回折面にて構成された回折型光学素子からなることを特徴としている。

【００２４】

後述するように、レンズの両面を平面としてレンズの全長の短縮を図る場合、コマ収差補正のために両面共に回折面が必要となる。また、面が曲率を有したレンズにてレンズ全長の短縮を図る場合、像側主点を被写体側へ寄せればよいが、そのためには、レンズを強いメニスカス形状で構成する必要があり、面のパワーが強いために、収差の発生量が大きくなる。両面共に回折面にて構成すれば、これらの収差を補正でき、全長短縮が可能となる。

【００２５】

本発明のレンズ系にて全長短縮を実現するより具体的な第１の構成は、両面共に回折面にて構成された回折型光学素子において、両面共に平面にて構成されるものである。

【００２６】

従来、アクティブ型測距装置のレンズ系や測光装置のレンズ系は焦点距離が短いので、レンズ面のパワーが大変に強くなり、さらに、Ｆナンバーが非常に小さいことと相まって、レンズ面のサグ量（レンズ面の面頂からの変化量）が非常に大きくなっていた。そのため、レンズの径や厚みが共に大きくなり、小型化は困難であった。その対策として、レンズ面のパワーを両面に分割しようとしても、収差補正上被写体側の面にパワーが集中するために、改善されなかった。従来の屈折面に対して、回折面はサグ量を０にできるので、特に薄型化の効果は大きい。

【００２７】

ところで、実際の回折面はキノフォーム形状の場合、前記（ｃ）式より数波長から数１０波長程度の凹凸があるが、実質的に平面と見なしてよい。また、レンズの厚みも加工上の制約条件や組立上の条件等で決まる程度まで薄くすることが可能である。したがって、ＤＯＥを両面平面の平板状のレンズとすれば、大幅な薄型化が実現できる。このとき、収差補正上、両面共に回折面で構成する理由を以下に説明する。

【００２８】

レンズ系の使用画角が十分に小さい場合には球面収差の補正のみでよいから、非球面作用の効果により片面の回折面にて十分な収差補正が可能である。しかし、使用画角が広くなった場合、例えば測距装置のレンズ系では５°程度の画角であり、測光装置のレンズ系では２０°程度の画角が使われるが、このような場合は、球面収差のみならず、コマ収差の補正も必要である。しかしながら、平板状のレンズではコマ収差の発生を防げない。そこで、球面収差とコマ収差を共に補正するために平板状のレンズの両面を回折面にて構成する。

【００２９】

図６に従って説明すると、６１は被写体側の回折面、６２は反対側の回折面、６３は像面であり、絞りは６１面と一致しているとする。そして、無限物点から平行光が入射したとき、各面におけるマージナル光線６４と主光線６５の光線高をｙ及びｙ’とする。ウルトラ・ハイ・インデックス法によると、回折面の屈折率は非常に大きく、逆に曲率は非常に小さいから、被写体側の回折面６１で発生する球面収差やコマ収差は略０である。一方、反対側の回折面６２では負の球面収差と正のコマ収差が発生し、性能を劣化させる。この場合、反対側の回折面６２で発生する正のコマ収差の補正が困難となる。また、"Design of a wide field diffractive landscape lens" Appl.Opt.28,3950-3959 より、以下の関係式が得られる。

【００３０】
$SI^{*} = SI$ ・・・（ｅ）
$SII^{*} = SII + (y'/y)SI$ ・・・（ｆ）
ただし、ＳＩ及びＳIIは絞り密着時の３次の球面収差係数及びコマ収差係数であり、SI^{*}及びSII^{*}は絞りが一致していないときの各収差係数である。図６の場合、（ｆ）式に従って回折面６２のＳＩでＳIIを打ち消すように構成される。このとき、ｙ’／ｙが小さいためにＳＩが負で大きな値となってしまう。その結果、回折面６２で発生した負の球面収差をキャンセルするために、回折面６１では逆に正の大きな球面収差を発生させる必要がある。

【００３１】
このように、平面状のレンズにて広い画角へ対応するためには、球面収差とコマ収差を補正することが重要であり、両面共に回折面とすることが必要となる。そして、このときの面は、その周辺部において、被写体側の面は発散作用を有し、被写体と反対側の面は収斂作用を有していることが特徴である。

【００３２】
以上で説明した通り、レンズの両面で符号の異なる大きな球面収差が発生しており、これらの球面収差を互いに打ち消し合っているので、両面の偏心精度が大変に厳しくなってしまう。このような問題を解決するためには、レンズ径に比べてレンズ厚みを厚くすると、コマ収差補正に必要な球面収差量が小さくて済むから、両面の偏心精度を緩和できる。このとき、具体的には、下記条件式を満たすことが望ましい。

【００３３】
$0.3 < d/\phi < 1.5$ ・・・（１）
ただし、ｄは回折型光学素子の中心の厚み、φは回折型光学素子の径である。

【００３４】
上記（１）式の下限の０．３を越えてレンズが薄くなると、収差補正上両面で発生する正負の球面収差が大きくなるので、両面の偏心精度が厳しくなる。また、（１）式の上限の１．５を越えてレンズが厚くなると、全長短縮の目的に反する。

【００３５】
次に、本発明のレンズ系にて全長短縮を実現するためのより具体的な第２の構成は、回折型光学素子を両面共に回折面にて構成し、回折面のパワーを被写体側より順に、正パワー及び負パワーにて構成するものである。

【００３６】
このような正負パワーの構成は、レンズ面が平面であるかあるいは曲率を有する面であるかに係わらず、いわゆるテレフォトタイプの構成として、主点位置を被写体側へ移動できるから、レンズ全長の短縮が可能となる。従来の屈折系で同様の構成を用いると、レンズ全長短縮の効果が得られる程度のパワーを持たせるには面の曲率が大きくなってしまうので、十分な収差補正はできなかった。しかし、回折系を利用すれば、収差補正とレンズ全長短縮を両立できる。

【００３７】
このとき、下記条件式（２）式あるいは（３）式を満たすことが望ましい。

【００３８】
$-20 < f_2/f < -2$ ・・・（２）
$-5 < f_2/f < -0.5$ ・・・（３）
ただし、ｆは回折型光学素子の焦点距離、f_2は被写体と反対側の回折面の焦点距離である。

【００３９】
条件式（２）は撮影レンズのように高度な収差補正を要するレンズ系に適用される条件である。撮影レンズにおいては、たとえ安価な単レンズであっても、平板状の回折型レンズでは、色収差の発生が大きく実用に耐えない。また、先行技術で述べたような凸平形状のレンズにしても、コマ収差の補正が不十分であり、さらに、非点収差の色収差が大きく発

生してしまい、たとえ回折面を用いたとしても十分な性能は得られない。したがって、両面共に曲率を有するレンズ面で構成し、さらに、１面の回折面を用いることで単色収差と色収差を良好に補正することができる。しかし、これだけでは全長の短縮は困難なので、本発明では、両面は共に回折面で構成し、各回折面のパワーを被写体側より順に正パワー及び負パワーの配置とした。このとき、条件式（２）を満たすことが望ましい。（２）式の下限の－２０を越えて負パワーが弱くなると、全長短縮の効果が得られない。また、（２）式の上限の－２を越えて負パワーが強くなると、全長短縮には有利だが、倍率色収差の発生が大きくなり、好ましくない。回折面の場合、分散が非常に大きいので、パワーの変化に対して色収差の発生が顕著である。

【００４０】

一方、条件式（３）は測距装置のレンズ系や測光装置のレンズ系等に適用されるものである。これらのレンズでは、色収差の発生が小さいか、あるいは、大きな問題とはならないので、条件式（２）よりも比較的強いパワーを与えて全長の短縮が可能である。このとき、条件式（３）を満たすことが望ましい。（３）式の下限の－５を越えて負パワーが弱くなると、全長短縮の効果が得られない。また、（３）式の上限を越えて負パワーを強くすると、全長短縮には有利だが、単色収差の補正が困難となり、好ましくない。

【００４１】

条件式（２）の説明で述べたように、両面共に曲率を有する場合の方が、収差補正の自由度が高く、高仕様・高性能なレンズ系が得られる。このとき、ＤＯＥは被写体に凸面を向けた形状が好ましい。その結果、被写体側面の正パワーを屈折面にて多く負担できるため、回折面のパワーを小さくできる。回折パターンは回折面のパワーが小さい程その間隔が大きくなるので、加工が容易になる。同様に、後述する実施例の撮影レンズや測距装置のレンズのように、被写体と反対側の面が凹面であれば、負パワーを屈折面にて多く負担できるため、回折面の負担を小さくできる。すなわち、これらのレンズは被写体側に凸面を向けたメニスカス形状が好ましい。

【００４２】

また、このような正負のパワーの構成については、両パワーの間隔が遠い方がテレフォト化の効果を得られやすい。つまり、レンズ厚みが厚い程各回折面のパワーを小さくできるので、収差補正上好ましい。このとき、下記条件式（４）を満たすことが望ましい。

０．２＜ｄ／ｆ＜１．５　　・・・（４）

ただし、ｄは回折型光学素子の中心の厚み、ｆは回折型光学素子の焦点距離である。

【００４３】

（４）式の下限の０．２を越えて厚みが薄くなると、全長短縮のための各面のパワーが強くなりすぎて、単色収差の補正が困難となる。一方、（４）式の上限の１．５を越えて厚くなると、ＤＯＥの厚みで巨大化してしまう。ただし、ＤＯＥが反射面を有するプリズムとして構成される場合は、（４）式を適用しない。

【００４４】

次に、両面共に平面の場合は、回折面が全てのパワーを負担するため、回折パターンの間隔が小さくなりすぎる問題がある。その結果、加工や製造が非常に困難となる。また、間隔が波長の数倍程度まで細かくなると、最早平面型のＤＯＥとして見なせなくなる。そこで、平板状のレンズにおいて、両面共に正パワーの回折面にて構成すれば、パワーを分割できるので、回折パターンの間隔を広げることができ、加工性を改善できる。

【００４５】

また、平板状のレンズでは、収差補正上、被写体側の面が発散作用で反対側の面が収斂作用を有すると述べた。このとき、被写体側の面において近軸的なパワーを収斂作用に設定すると、レンズの中心から周辺に向かって収斂作用から発散作用へと変化して行き、正負のパワーが混合した形状となるため、製造上の困難が予想される。そこで、平板状のレンズにおいて、被写体側を負パワーとし、反対側を正パワーとすれば、収差補正の作用と矛盾がなくなり、加工が容易となる。ただし、回折パターンの間隔は小さいままなので、このような場合、高次回折光を用いるとよい。ただし、回折次数が大きい程、設計波長と使

用波長が異なったときの回折効率の低下が激しくなる。したがって、撮影レンズのように広い波長領域で用いられるＤＯＥでは、設計回折次数はせいぜい２次程度が限界である。一方、測距装置に用いられるレンズ系は、ＩＲＥＤの波長領域が狭いので、１０次以上の回折次数を用いることができる。しかし、この場合にも、回折パターンの間隔が広がると同時に回折パターンの深さも深くなって行く。

【００４６】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の回折型光学素子を用いたレンズ系の実施例１～１１について説明する。この中、実施例１、４、７、９、１１は本発明の参考例である。

本発明による回折型光学素子の回折面は、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－ｌｉｎｅのときの屈折率が１００１、また、波長が９００ｎｍのときの屈折率が１５３３の屈折型レンズとして表現されている。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。

【００４７】

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

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。

【００４８】

また、回折面と厚みが０で接する面はＤＯＥの基材表面である。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格子を形成する。つまり、後述する各実施例において、最終的にレンズとしての作用を有するのは基材の面である。

【００４９】

回折面の具体的な形状としては、例えば図７に断面を示すようなものがある。図の（ａ）は、透明部７１と不透明部７２が交互に配列され、不透明部７２の厚みはほぼ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７３と低屈折率部７４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５（ａ））。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５（ｂ））。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７（ｄ）のキノフォームや図７（ｅ）や図７（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。

【００５０】

実施例１～１１のレンズ系の光軸を含む断面図をそれぞれ図８～図１８に示す。各実施例の数値データは後記するが、実施例１から実施例４までは、撮影レンズの設計例である。これらの実施例は何れも基材表面は両面共に曲率を有しており、絞りに対して凹面を向けたメニスカス形状として構成することで、単色収差を良好に補正している。また、カメラ等に用いられる撮影レンズは、ｇ－ｌｉｎｅからＣ－ｌｉｎｅの波長領域にわたって、色収差を補正することが望ましい。

【００５１】

実施例１は、図８に示すように、リアー絞りを有する単レンズであり、アクリル基材の両面を回折面にて構成している。両面共正パワーを有しており、各回折面の焦点距離は、被写体側より順に、９６８．６８ｍｍ、３８０．６６ｍｍである。

【００５２】
実施例２は、図９に示すように、リアー絞りを有する単レンズであり、アクリル基材の両面を回折面にて構成している。２つの回折面は、被写体側より順に、正パワーと負パワーであり、各回折面の焦点距離は、１５９．８７ｍｍと－１２１．０５ｍｍである。
【００５３】
実施例３は、図１０に示すように、リアー絞りを有する単レンズであり、アクリル基材の両面を回折面にて構成している。２つの回折面は、被写体側より順に、正パワーと負パワーであり、各回折面の焦点距離は、２０４．１８ｍｍと－５４２．１８ｍｍである。実施例２と実施例３を比べると、実施例２の方が回折面のパワーを強く設定しているので、一層の全長短縮が可能な反面、倍率色収差の発生が大きくなってしまい、周辺の性能が劣っている。
【００５４】
実施例４は、図１１に示すように、フロント絞りを有する単レンズであり、ポリカーボネート基材の両面を回折面にて構成している。２つの回折面は、被写体側より順に、負パワーと正パワーであり、各回折面の焦点距離は、－３０５．６１ｍｍと１６２．６２ｍｍである。
【００５５】
実施例５から実施例９までは、アクティブ型測距装置の投光レンズに用いた設計例である。何れの実施例もＩＲＥＤは発光部を曲率を有する樹脂製パッケージにて覆ったものである。
【００５６】
実施例５は、図１２に示すように、アクリル基材の表面を両面共に回折面となし、各々回折面は、被写体側より順に、正パワー及び負パワーの構成としている。基材の表面は両面共に曲率を有し、被写体側に凸なメニスカス形状となっている。各回折面の焦点距離は、２７．６８ｍｍと－２８．６６ｍｍである。
【００５７】
実施例６は、図１３に示すように、アクリル基材の表面を両面共に回折面となし、各々回折面は、被写体側より順に、正パワー及び負パワーの構成としている。基材の表面は両面共に曲率を有し、被写体側に凸なメニスカス形状となっている。各回折面の焦点距離は、２０．５８ｍｍと－９．２１ｍｍである。実施例５と比べて回折面のパワーを強くし、さらに、中心厚を厚くしているので、全長短縮をより達成できる。
【００５８】
実施例７は、図１４に示すように、アクリル基材の表面を両面共に回折面となし、各々回折面は、被写体側より順に、正パワー及び正パワーの構成としているが、基材の表面は両面共に平面であり、平板状のレンズとなっている。各回折面の焦点距離は、２３．３１ｍｍと２３．３１ｍｍである。
【００５９】
実施例８は、図１５に示すように、両面が平面のアクリル基材の表面を両面共に回折面となし、各々回折面は、被写体側より順に、正パワー及び負パワーの構成として、全長短縮を一層可能にしている。各回折面の焦点距離は、７．５０ｍｍと－１１．０２ｍｍである。
【００６０】
実施例９は、図１６に示すように、両面が平面のアクリル基材の表面を両面共に回折面となし、各々回折面は、被写体側より順に、負パワー及び正パワーの構成としている。各回折面の焦点距離は、－５１．９２ｍｍと１０．００ｍｍである。
【００６１】
実施例１０と実施例１１は、測光装置に用いられるレンズ系の設計例である。実施例１０は、図１７に示すように、両凸形状のアクリル基材の表面を両面共に回折面となし、各々回折面は、被写体側より順に、正パワー及び負パワーの構成としている。各回折面の焦点距離は、１４．４０ｍｍと－１０．４７ｍｍである。

【００６２】
実施例１１は、図１８に示すように、両面が平面のアクリル基材の表面を両面共に回折面となし、各々回折面は、被写体側より順に、正パワー及び正パワーの構成としている。各回折面の焦点距離は、６．９６ｍｍと６．９６ｍｍである。
【００６３】
以上のように、何れの実施例も樹脂材料の基材の表面に回折面を構成している。樹脂材料であれば、成形法によって回折型光学素子を安く大量に生産できるので、好ましい。また、部品の軽量化も可能である。撮影レンズや測光装置のレンズのように、広い波長域で使用されるレンズにおいては、屈折系と回折系にて色収差補正したときの残存色収差量を減少させるため、基材としてアクリルのようにアッベ数の大きな材料が望ましい。
【００６４】
また、樹脂材料は、使用環境の温度や湿度の変化によってレンズの特性が変わってしまうが、基材としてポリオレフィン系の材料で構成しておけば、この材料は低吸湿な特性を有しているから、湿度変化による悪影響をなくすことができる。
【００６５】
以下に、上記実施例１～１１の数値データを示す。各データ中、Ｆは全系の焦点距離、ｆは回折型光学素子の焦点距離、F_{NO}はＦナンバー、f_Bはバックフォーカース、ωは半画角、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－ｌｉｎｅにおける屈折率、ν_{d1}、ν_{d2}…は各レンズのｄ－ｌｉｎｅにおけるアッベ数、$n_{900,1}$、$n_{900,2}$…は各レンズの波長９００ｎｍの屈折率であり、また、非球面形状は前記（ｇ）式にて表される。
【００６６】

実施例１

$F=40.16mm$, $F_{NO}=8.0$, $f_B=29.95mm$, $\omega=28.3°$

$r_1=$ 7.62367 (回折面) $d_1=0$ $n_{d1}=1001$ $\nu_{d1}=-3.45$

$r_2=$ 7.62373 $d_2=3.8$ $n_{d2}=1.49241$ $\nu_{d2}=57.66$

$r_3=$ 9.55803 $d_3=0$ $n_{d3}=1001$ $\nu_{d3}=-3.45$

$r_4=$ 9.55827 (回折面) $d_4=3.5$

$r_5=$ ∞ (絞り)

非球面係数

第１面

$K=0$

$A_4=3.8782\times10^{-8}$

$A_6=-7.3318\times10^{-10}$

$A_8=9.3894\times10^{-11}$

$A_{10}=-5.3266\times10^{-13}$

第４面

$K=0$

$A_4=3.1926\times10^{-7}$

$A_6=-4.0794\times10^{-8}$

$A_8=4.7505\times10^{-9}$

$A_{10}=-1.6735\times10^{-10}$

。

【００６７】

実施例２

$F=44.79mm$, $F_{NO}=10.0$, $f_B=33.10mm$, $\omega=25.7°$

r_1 = 7.79408 （回折面） d_1 = 0 n_{d1} =1001 ν_{d1} =-3.45

r_2 = 7.79446 d_2 = 4.7 n_{d2} =1.49241 ν_{d2} =57.66

r_3 = 9.46476 d_3 = 0 n_{d3} =1001 ν_{d3} =-3.45

r_4 = 9.46402 （回折面） d_4 = 1.9

r_5 = ∞ （絞り）

非球面係数

第１面

K = 0

A_4 =-2.1507 $\times10^{-8}$

A_6 = 7.1525 $\times10^{-9}$

A_8 =-3.6163 $\times10^{-10}$

A_{10}= 7.8368 $\times10^{-12}$

第４面

K = 0

A_4 = 1.0745 $\times10^{-7}$

A_6 = 1.3145 $\times10^{-8}$

A_8 =-6.6927 $\times10^{-10}$

A_{10}= 2.4583 $\times10^{-11}$

f_2 ／ｆ=-2.70 （ただし、ｆ=44.79 ）

ｄ／ｆ =0.10 （ただし、ｆ=44.79 ）。

【００６８】

実施例３

$F=35.08mm$, $F_{NO}=10.0$, $f_B=27.41mm$, $\omega=31.6°$

$r_1=$ 6.06231 (回折面) $d_1=0$ $n_{d1}=1001$ $\nu_{d1}=-3.45$

$r_2=$ 6.06249 $d_2=2.8$ $n_{d2}=1.49241$ $\nu_{d2}=57.66$

$r_3=$ 7.36331 $d_3=0$ $n_{d3}=1001$ $\nu_{d3}=-3.45$

$r_4=$ 7.36321 (回折面) $d_4=2.0$

$r_5=$ ∞ (絞り)

非球面係数

第１面

$K=0$

$A_4=-5.5812\times10^{-8}$

$A_6=2.8355\times10^{-8}$

$A_8=-2.0264\times10^{-9}$

$A_{10}=7.9702\times10^{-11}$

第４面

$K=0$

$A_4=1.9277\times10^{-7}$

$A_6=5.9853\times10^{-8}$

$A_8=-4.1730\times10^{-9}$

$A_{10}=2.5641\times10^{-10}$

$f_2/f=-15.46$ (ただし、$f=35.08$)

$d/f=0.08$ (ただし、$f=35.08$) 。

【００６９】

実施例４

$F=34.97mm$, $F_{NO}=10.0$, $f_B=39.43mm$, $\omega=31.7°$

r_1 = ∞ (絞り) d_1 = 1.0

r_2 = -9.41405 (回折面) d_2 = 0 n_{d1} =1001 ν_{d1} =-3.45

r_3 = -9.41434 d_3 = 3.0 n_{d2} =1.58423 ν_{d2} =30.49

r_4 = -7.54447 d_4 = 0 n_{d3} =1001 ν_{d3} =-3.45

r_5 = -7.54412 (回折面)

非球面係数

第２面

K = 0

A_4 =-2.4353 $\times10^{-7}$

A_6 =-2.2464 $\times10^{-7}$

A_8 = 8.1057 $\times10^{-8}$

A_{10}=-9.4824 $\times10^{-9}$

第５面

K = 0

A_4 =-5.1609 $\times10^{-8}$

A_6 =-2.6784 $\times10^{-8}$

A_8 = 2.8376 $\times10^{-9}$

A_{10}=-1.4246 $\times10^{-10}$

。

【００７０】

実施例５

$F = 5.70mm$, $F_{NO} = 0.6$, $\omega = 5.1°$

$r_1 =$ 6.70362 （回折面） $d_1 = 0$ $n_{900,1}=1533$

$r_2 =$ 6.70468 $d_2 = 5.000$ $n_{900,2}=1.48536$

$r_3 =$ 95.28850 $d_3 = 0$ $n_{900,3}=1533$

$r_4 =$ 95.08216 （回折面） $d_4 = 3.524$

$r_5 =$ 2 $d_5 = 3$ $n_{900,4}=1.54000$

$r_6 =$ ∞ （発光部）

非球面係数

第１面

$K = 0$

$A_4 = 8.2801 \times 10^{-9}$

$A_6 = -1.1027 \times 10^{-9}$

$A_8 = -4.9699 \times 10^{-11}$

$A_{10} = 5.3782 \times 10^{-12}$

第４面

$K = 0$

$A_4 = 4.7607 \times 10^{-7}$

$A_6 = -6.4340 \times 10^{-8}$

$A_8 = 6.8222 \times 10^{-9}$

$A_{10} = -1.9928 \times 10^{-10}$

$f_2 / f = -2.38$ （ただし、$f = 12.03$）

$d / f = 0.42$ （ただし、$f = 12.03$）。

【００７１】

実施例６

$F = 5.69mm$, $F_{NO} = 0.6$, $\omega = 5.1°$

$r_1 =$ 5.91509 （回折面） $d_1 = 0$ $n_{900,1}=1533$

$r_2 =$ 5.91620 $d_2 = 7.000$ $n_{900,2}=1.48536$

$r_3 =$ 32.94377 $d_3 = 0$ $n_{900,3}=1533$

$r_4 =$ 32.86706 （回折面） $d_4 = 3.000$

$r_5 =$ 2 $d_5 = 3$ $n_{900,4}=1.54000$

$r_6 =$ ∞ （発光部）

非球面係数

第１面

$K = 0$

$A_4 = -7.5948 \times 10^{-10}$

$A_6 = -2.2211 \times 10^{-9}$

$A_8 = 8.6312 \times 10^{-11}$

$A_{10} = -1.2705 \times 10^{-12}$

第４面

$K = 0$

$A_4 = 2.0995 \times 10^{-6}$

$A_6 = 1.2904 \times 10^{-8}$

$A_8 = 4.1043 \times 10^{-9}$

$A_{10} = 8.0099 \times 10^{-10}$

$f_2 / f = -0.77$ （ただし、$f = 12.01$）

$d / f = 0.58$ （ただし、$f = 12.01$）。

【００７２】

実施例７

$F = 5.69mm$, $F_{NO} = 0.51$, $\omega = 6.3°$

$r_1 = 3.5706\times10^4$ （回折面） $d_1 = 0$ $n_{900,1}=1533$

$r_2 = \infty$ $d_2 = 2.000$ $n_{900,2}=1.48536$

$r_3 = \infty$ $d_3 = 0$ $n_{900,3}=1533$

$r_4 = -3.5706\times10^4$ （回折面） $d_4 = 7.197$

$r_5 = 2$ $d_5 = 3$ $n_{900,4}=1.54000$

$r_6 = \infty$ （発光部）

非球面係数

第１面

$K = 0$

$A_4 = -4.8205 \times10^{-7}$

$A_6 = -3.0224 \times10^{-9}$

$A_8 = -1.5323 \times10^{-11}$

$A_{10} = 0$

第４面

$K = 0$

$A_4 = -5.5792 \times10^{-7}$

$A_6 = 1.4395 \times10^{-9}$

$A_8 = 6.2525 \times10^{-12}$

$A_{10} = 0$

$d/\phi = 0.16$ （ただし、$\phi=12.44$）。

【００７３】

実施例８

$F = 5.69mm$, $F_{NO} = 0.51$, $\omega = 5.2°$

$r_1 = 1.1490 \times 10^4$ (回折面) $d_1 = 0$ $n_{900,1} = 1533$

$r_2 = \infty$ $d_2 = 5.000$ $n_{900,2} = 1.48536$

$r_3 = \infty$ $d_3 = 0$ $n_{900,3} = 1533$

$r_4 = 1.6888 \times 10^4$ (回折面) $d_4 = 2.505$

$r_5 = 2$ $d_5 = 3$ $n_{900,4} = 1.54000$

$r_6 = \infty$ (発光部)

非球面係数

第１面

$K = 0$

$A_4 = -1.9495 \times 10^{-7}$

$A_6 = 2.9607 \times 10^{-10}$

$A_8 = -5.9321 \times 10^{-12}$

$A_{10} = 0$

第４面

$K = 0$

$A_4 = -1.4199 \times 10^{-6}$

$A_6 = 3.1942 \times 10^{-8}$

$A_8 = -4.3797 \times 10^{-10}$

$A_{10} = 0$

$d / \phi = 0.45$ (ただし、$\phi = 11.15$)

$d / f = 0.42$ (ただし、$f = 12.00$) 。

【００７４】

実施例９

$F = 5.69mm$, $F_{NO} = 0.51$, $\omega = 5.7°$

$r_1 = -7.9543 \times 10^4$ （回折面） $d_1 = 0$ $n_{900,1} = 1533$

$r_2 = \infty$ $d_2 = 2.000$ $n_{900,2} = 1.48536$

$r_3 = \infty$ $d_3 = 0$ $n_{900,3} = 1533$

$r_4 = -1.5320 \times 10^4$ （回折面） $d_4 = 8.202$

$r_5 = 2$ $d_5 = 3$ $n_{900,4} = 1.54000$

$r_6 = \infty$ （発光部）

非球面係数

第１面

$K = 0$

$A_4 = -5.3129 \times 10^{-7}$

$A_6 = -2.0516 \times 10^{-9}$

$A_8 = 1.4635 \times 10^{-11}$

$A_{10} = 0$

第４面

$K = 0$

$A_4 = -4.3773 \times 10^{-7}$

$A_6 = 2.0908 \times 10^{-9}$

$A_8 = 9.3391 \times 10^{-14}$

$A_{10} = 0$

$d / \phi = 0.15$ （ただし、$\phi = 13.44$）。

【００７５】

実施例１０

$F = 3.75mm$, $F_{NO} = 1.1$, $f_B = 1.47mm$, $\omega = 19.0°$

$r_1 =$ 2.91481 (回折面) $d_1 = 0$ $n_{d1} = 1001$ $\nu_{d1} = -3.45$

$r_2 =$ 2.91540 $d_2 = 3.8$ $n_{d2} = 1.49241$ $\nu_{d2} = 57.66$

$r_3 =$ -2.92907 $d_3 = 0$ $n_{d3} = 1001$ $\nu_{d3} = -3.45$

$r_4 =$ -2.92989 (回折面)

非球面係数

第１面

$K = 0$

$A_4 = -6.5307 \times 10^{-6}$

$A_6 = 2.7369 \times 10^{-6}$

$A_8 = -1.2910 \times 10^{-6}$

$A_{10} = 2.0098 \times 10^{-7}$

第４面

$K = 0$

$A_4 = -2.0982 \times 10^{-5}$

$A_6 = 5.0215 \times 10^{-5}$

$A_8 = -2.2606 \times 10^{-5}$

$A_{10} = 3.2339 \times 10^{-6}$

$f_2 / f = -2.79$ (ただし、$\phi = 3.75$)

$d / f = 1.01$ (ただし、$\phi = 3.75$) 。

【００７６】

実施例１１

$F = 3.75mm$, $F_{NO} = 1.2$, $f_B = 3.21mm$, $\omega = 19.7°$

$r_1 = 6.9580 \times 10^3$ (回折面) $d_1 = 0$ $n_{d1} = 1001$ $\nu_{d1} = -3.45$

$r_2 = \infty$ $d_2 = 1.5$ $n_{d2} = 1.49241$ $\nu_{d2} = 57.66$

$r_3 = \infty$ $d_3 = 0$ $n_{d3} = 1001$ $\nu_{d3} = -3.45$

$r_4 = -6.9580 \times 10^3$ (回折面)

非球面係数

第１面

$K = 0$

$A_4 = -8.4522 \times 10^{-6}$

$A_6 = -2.2768 \times 10^{-7}$

$A_8 = -1.1844 \times 10^{-7}$

$A_{10} = 0$

第４面

$K = 0$

$A_4 = -1.1382 \times 10^{-5}$

$A_6 = 2.0246 \times 10^{-7}$

$A_8 = -2.0407 \times 10^{-8}$

$A_{10} = 0$

$d / \phi = 0.48$ (ただし、$\phi = 3.12$) 。

【００７７】

以上の実施例１～１１の収差図をそれぞれ図１９～図２９に示す。各収差図中、（ａ）は球面収差、（ｂ）は非点収差、（ｃ）は歪曲収差、（ｄ）は倍率色収差を示す。

【００７８】

以上の本発明の回折型光学素子は、例えば次のように構成することができる。

〔１〕　両面共に回折面にて構成されることを特徴とする回折型光学素子。

【００７９】

〔２〕　上記〔１〕において、回折型光学素子は両面共に平面であることを特徴とする回折型光学素子。

【００８０】

〔３〕　上記〔１〕において、回折型光学素子は両面共に曲率を有することを特徴とする回折型光学素子。

【００８１】

〔４〕　上記〔１〕において、回折型光学素子は、被写体側より順に、正パワー及び正パワーの回折面からなることを特徴とする回折型光学素子。

【００８２】

〔５〕　上記〔１〕において、回折型光学素子は、被写体側より順に、正パワー及び負パワーの回折面からなることを特徴とする回折型光学素子。

【００８３】

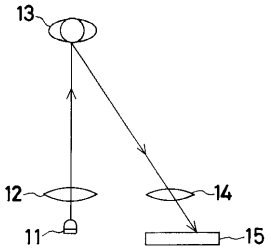
〔６〕　上記〔１〕において、回折型光学素子は、被写体側より順に、負パワー及び正パワーの回折面からなることを特徴とする回折型光学素子。

【００８４】
〔７〕　両面共に回折面にて構成された回折型光学素子からなることを特徴とする光学系。
【００８５】
〔８〕　上記〔７〕において、光学系はフィルム又は撮像素子に像を形成する結像レンズであることを特徴とする光学系。
【００８６】
〔９〕　上記〔７〕において、光学系はカメラ等のアクティブ型の測距装置に用いられる投光レンズ又は受光レンズであることを特徴とする光学系。
【００８７】
〔１０〕　上記〔７〕において、光学系はカメラ等の測光装置に用いられるレンズであることを特徴とする光学系。
【００８８】
〔１１〕　上記〔２〕において、回折型光学素子は、被写体側より順に、正パワー及び正パワーの回折面からなることを特徴とする回折型光学素子。
【００８９】
〔１２〕　上記〔２〕において、回折型光学素子は、被写体側より順に、正パワー及び負パワーの回折面からなることを特徴とする回折型光学素子。
【００９０】
〔１３〕　上記〔２〕において、回折型光学素子は、被写体側より順に、負パワー及び正パワーの回折面からなることを特徴とする回折型光学素子。
【００９１】
〔１４〕　上記〔３〕において、回折型光学素子は、被写体側より順に、正パワー及び正パワーの回折面からなることを特徴とする回折型光学素子。
【００９２】
〔１５〕　上記〔３〕において、回折型光学素子は、被写体側より順に、正パワー及び負パワーの回折面からなることを特徴とする回折型光学素子。
【００９３】
〔１６〕　上記〔３〕において、回折型光学素子は、被写体側より順に、負パワー及び正パワーの回折面からなることを特徴とする回折型光学素子。
【００９４】
〔１７〕　上記〔２〕、〔１１〕、〔１２〕、〔１３〕の何れか１項において、下記条件式を満足することを特徴とする回折型光学素子。
$0.3 < d/\phi < 1.5$　　・・・（１）
ただし、ｄは回折型光学素子の中心の厚み、φは回折型光学素子の径である。
【００９５】
〔１８〕　上記〔５〕又は〔１５〕において、下記条件式を満足することを特徴とする回折型光学素子。
$-20 < f_2/f < -2$　　・・・（２）
ただし、ｆは回折型光学素子の焦点距離、f_2 は被写体と反対側の回折面の焦点距離である。
【００９６】
〔１９〕　上記〔５〕又は〔１５〕において、下記条件式を満足することを特徴とする回折型光学素子。
$-5 < f_2/f < -0.5$　　・・・（３）
ただし、ｆは回折型光学素子の焦点距離、f_2 は被写体と反対側の回折面の焦点距離である。
【００９７】
〔２０〕　上記〔５〕又は〔１５〕において、下記条件式を満足することを特徴とする回折型光学素子。

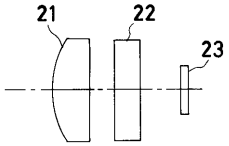
０．２＜ｄ／ｆ＜１．５　　・・・（４）
ただし、ｄは回折型光学素子の中心の厚み、ｆは回折型光学素子の焦点距離である。
【００９８】
〔２１〕　上記〔１９〕において、回折型光学素子は被写体側に凸面を向けたメニスカスレンズであることを特徴とする回折型光学素子。
【００９９】
〔２２〕　上記〔８〕において、回折型光学素子は両面共に曲率を有し、下記条件式を満足することを特徴とする光学系。
$-20 < f_2 / f < -2$　　・・・（２）
ただし、ｆは回折型光学素子の焦点距離、f_2 は被写体と反対側の回折面の焦点距離である。
【０１００】
〔２３〕　上記〔９〕又は〔１０〕において、回折型光学素子は両面共に曲率を有し、下記条件式を満足することを特徴とする光学系。
$-5 < f_2 / f < -0.5$　　・・・（３）
ただし、ｆは回折型光学素子の焦点距離、f_2 は被写体と反対側の回折面の焦点距離である。
【０１０１】
〔２４〕　上記〔９〕又は〔１０〕において、回折型光学素子は下記条件式を満足することを特徴とする光学系。
０．２＜ｄ／ｆ＜１．５　　・・・（４）
ただし、ｄは回折型光学素子の中心の厚み、ｆは回折型光学素子の焦点距離である。
【０１０２】
【発明の効果】
以上の説明から明らかなように、本発明によって、撮影レンズや測距装置のレンズや測光装置のレンズのように、単レンズにて構成される光学系を小型化し、レンズ全長の短い光学系を得ることができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】　アクティブ型測距装置に用いられる光学系の概念図である。
【図２】　測光装置に用いられる光学系の概念図である。
【図３】　撮影レンズの概念図である。
【図４】　回折格子の回折作用を説明するための図である。
【図５】　キノフォームとバイナリー光学素子の断面形状を示す断面図である。
【図６】　本発明における回折型光学素子による収差補正を説明するための図である。
【図７】　本発明による回折型光学素子の回折面の具体的な形状を示す図である。
【図８】　本発明の参考例である実施例１のレンズ系の断面図である。
【図９】　本発明による実施例２のレンズ系の断面図である。
【図１０】　本発明による実施例３のレンズ系の断面図である。
【図１１】　本発明の参考例である実施例４のレンズ系の断面図である。
【図１２】　本発明による実施例５のレンズ系の断面図である。
【図１３】　本発明による実施例６のレンズ系の断面図である。
【図１４】　本発明の参考例である実施例７のレンズ系の断面図である。
【図１５】　本発明による実施例８のレンズ系の断面図である。
【図１６】　本発明の参考例である実施例９のレンズ系の断面図である。
【図１７】　本発明による実施例１０のレンズ系の断面図である。
【図１８】　本発明の参考例である実施例１１のレンズ系の断面図である。
【図１９】　実施例１の収差図である。
【図２０】　実施例２の収差図である。
【図２１】　実施例３の収差図である。
【図２２】　実施例４の収差図である。

【図２３】　実施例５の収差図である。
【図２４】　実施例６の収差図である。
【図２５】　実施例７の収差図である。
【図２６】　実施例８の収差図である。
【図２７】　実施例９の収差図である。
【図２８】　実施例１０の収差図である。
【図２９】　実施例１１の収差図である。
【符号の説明】
１１…赤外発光ダイオード（ＩＲＥＤ）
１２…投光レンズ系
１３…被写体
１４…受光レンズ系
１５…位置検出手段（ＰＳＤ）
２１…集光レンズ
２２…フィルター
２３…受光素子
３１…撮影レンズ
３２…明るさ絞り
３３…フィルム面
６１…被写体側の回折面
６２…反対側の回折面
６３…像面
６４…マージナル光線
６５…主光線
７１…透明部
７２…不透明部
７３…高屈折率部
７４…低屈折率部

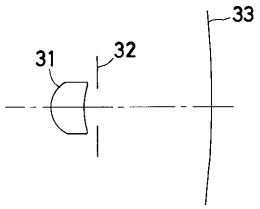
【図１】



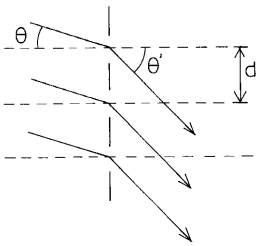
【図２】



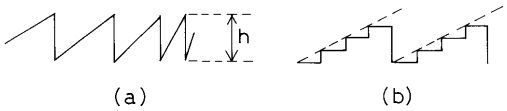
【図３】



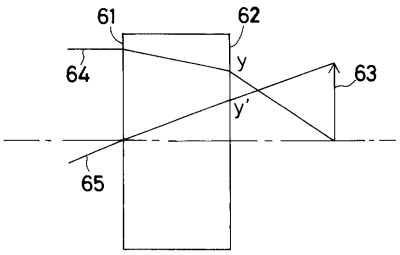
【図４】



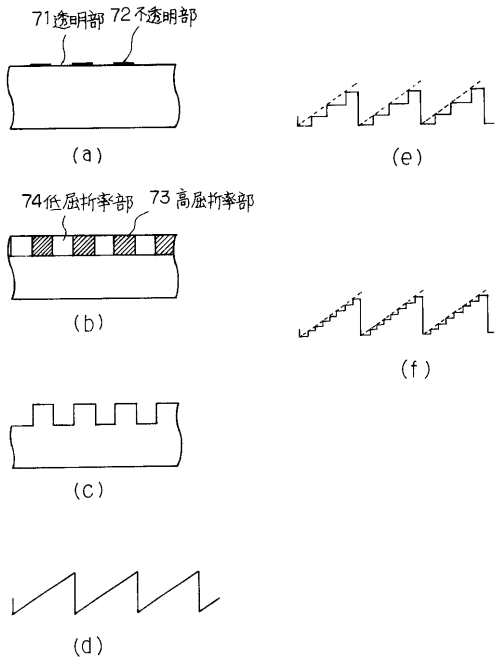
【図５】



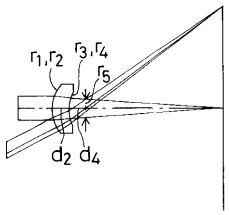
【図６】



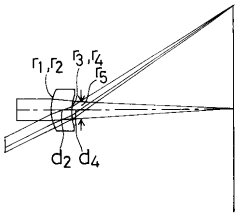
【図７】



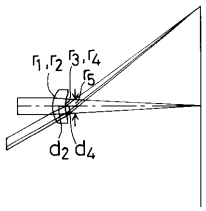
【図８】



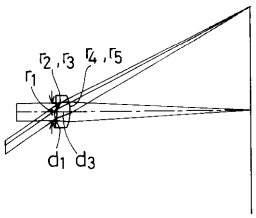
【図９】



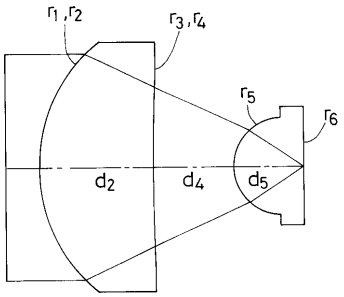
【図１０】



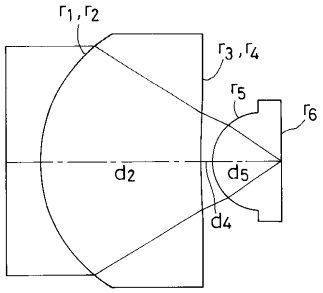
【図１１】



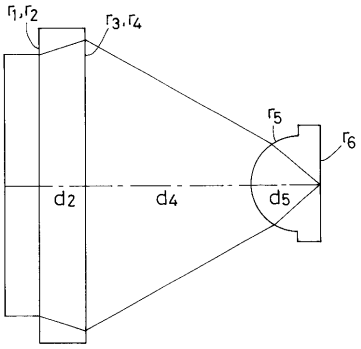
【図１２】



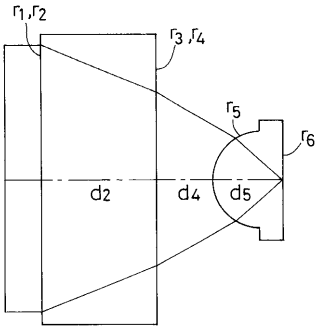
【図１３】



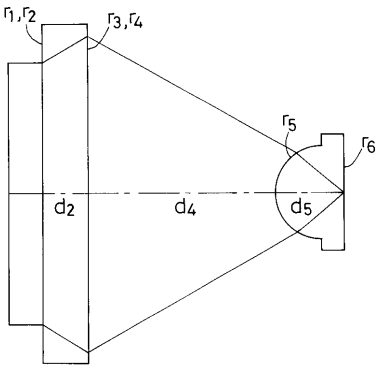
【図１４】



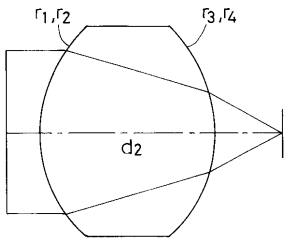
【図１５】



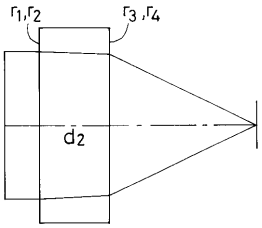
【図１６】



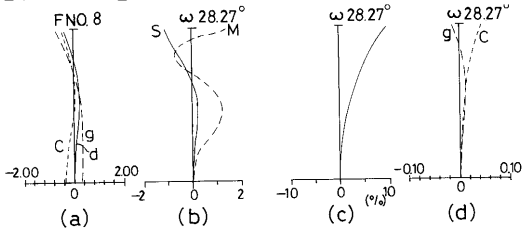
【図１７】



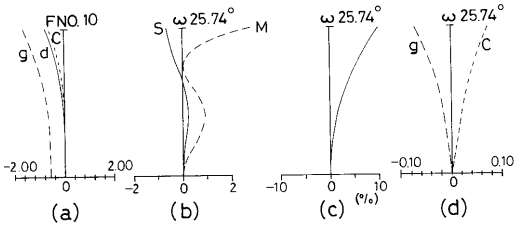
【図１８】



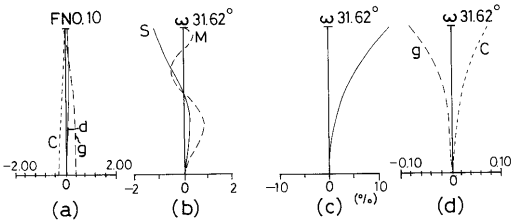
【図１９】



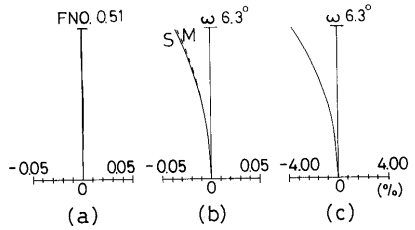
【図２０】



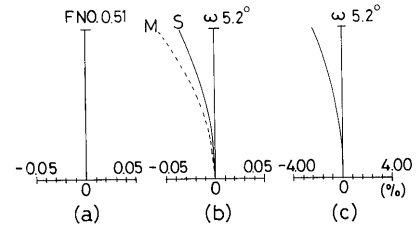
【図２１】



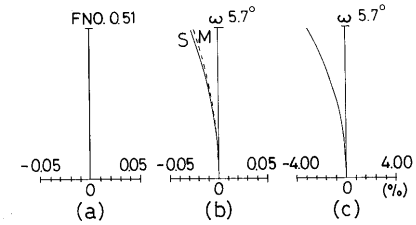
【図２５】



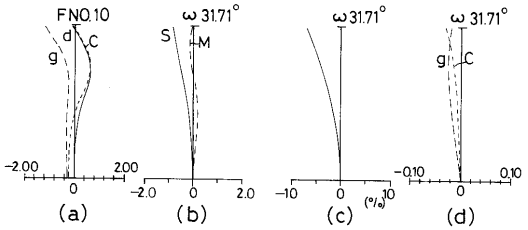
【図２６】



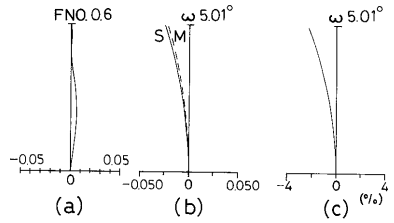
【図２７】



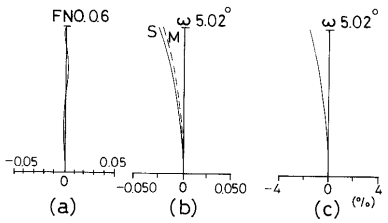
【図２２】



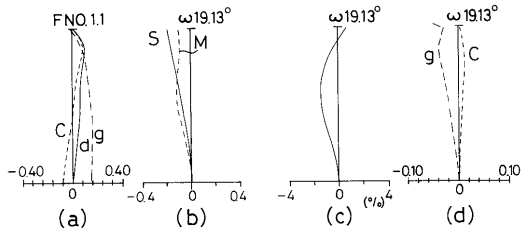
【図２３】



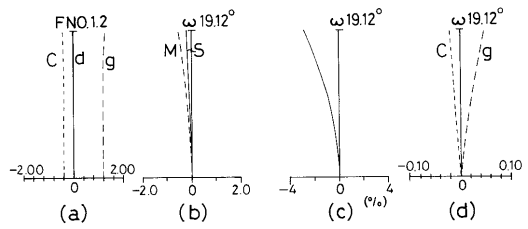
【図２４】



【図２８】



【図２９】



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０７－５０５２３５（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－２０１６０３（ＪＰ，Ａ）
特開昭５９－１９２２０７（ＪＰ，Ａ）
実開昭６１－１０６９０１（ＪＰ，Ｕ）
特開平０９－３１１２７１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G02B 5/18
G02B 5/30 - 5/32