(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3652260号
(P3652260)
(45)発行日　平成17年5月25日(2005.5.25)　(24)登録日　平成17年3月4日(2005.3.4)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G02B　5/18　G02B　5/18

請求項の数 8　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願2001-62028(P2001-62028)
(22)出願日　平成13年3月6日(2001.3.6)
(65)公開番号　特開2002-267824(P2002-267824A)
(43)公開日　平成14年9月18日(2002.9.18)
審査請求日　平成15年3月31日(2003.3.31)

(73)特許権者　000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号
(74)代理人　100105289
弁理士　長尾　達也
(72)発明者　小林　秀一
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号
キヤノン株式会社内

審査官　吉野　公夫

最終頁に続く

(54)【発明の名称】回折光学素子、該回折光学素子を有する光学系、撮影装置、観察装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

互いに分散が異なる材料で形成され、それぞれレリーフパターンを有する第１の透明領域と第２の透明領域とを密接配置すると共に、前記第１及び第２の透明領域より分散が大きい材料で形成され、レリーフパターンを有する第３の透明領域を前記第１及び第２の透明領域の一方と空隙を介して近接配置して積層した回折光学素子であって、前記第１及び第２の透明領域は、各々のレリーフパターンの高さが互いに等しく且つ各々のレリーフパターンの向きが互いに逆であり、前記第１及び第２の透明領域のうちの前記第３の透明領域に最も近い側の面にはレリーフパターンが形成されていないことを特徴とする回折光学素子。

【請求項２】

前記第３の透明領域のレリーフパターンの高さは、前記第１及び第２の透明領域のレリーフパターンの高さより低いことを特徴とする請求項１に記載の回折光学素子。

【請求項３】

レリーフパターンを有する複数の透明領域を密接または近接させて積層した回折光学素子であって、

前記複数の透明領域は、前記レリーフパターンの高さが互いに等しく、前記レリーフパターンの向きが互いに逆であり且つ分散が互いに異なる材料で形成された第１及び第２の透明領域と、該第１及び第２の透明領域のうち前記分散が小さい方と前記レリーフパターンの向きが同じであり且つ前記第１及び第２の透明領域よりも分散が大きい材料で形成さ

れた第３の透明領域とを有し、前記第１及び第２の透明領域を密接配置し、前記第３の透明領域を前記第１及び第２の透明領域の一方と空隙を介して近接配置すると共に、前記第１及び第２の透明領域のうちの前記第３の透明領域に最も近い側の面にはレリーフパターンが形成されていないことを特徴とする回折光学素子。

【請求項４】

前記第３の透明領域のレリーフパターンの高さは、前記第１及び第２の透明領域のレリーフパターンの高さより低いことを特徴とする請求項３に記載の回折光学素子。

【請求項５】

回折の設計次数をｍ、回折させるべき波長λの光線に生じる最大光路長差をＯＰＤとする時、

（ＯＰＤ／λ）－ｍ＝０　　（ｍ＝１，２，３…）

を満たす波長を可視領域内で２つ又は３つ以上有することを特徴とする請求項１～４のいずれか１項に記載の回折光学素子。

【請求項６】

請求項１～５に記載の回折光学素子を有する光学系。

【請求項７】

請求項６に記載の光学系を有することを特徴とする撮影装置。

【請求項８】

請求項６に記載の光学系を有することを特徴とする観察装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、回折光学素子、該回折光学素子を有する光学系、撮影装置、観察装置に関し、特に、可視光領域など比較的に帯域幅のある波長領域で使用する回折光学素子に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

回折光学素子の特徴として

（１）同じ符号のパワーを有する屈折光学系に対する色収差の発現のしかたが逆である。

（２）回折光学素子を構成するレリーフパターンのピッチを変化させることで波面を制御できる。

（３）レリーフパターンは、非常に薄い構造であるため占有する体積が少ない。ということが挙げられる。

特に（１）に関して、カメラレンズ等の一般的に屈折光学系により構成されていたものの中に、回折光学素子を導入すると色収差が大幅に改善される。

さらに、（２）により光学系中にいわゆる非球面レンズを導入した効果をも得ることができる。

さらに（３）であることを加えて光学性能のよい小型の光学系を実現することができる。

このような技術は、ＳＰＩＥ　ｖｏｌ．１３５４　ＩｎｔｅｒｂａｔｉｏｎａｌＬｅｎｓ　Ｄｅｓｉｇｎ　Ｃｏｎｆｅｒｅｎｃｅ（１９９０）等の文献や特開平４－２１３４２１号公報、特開平６－３２４２６２号公報、米国特許５，０４４，７０６号明細書などに開示されている。

【０００３】

従来からあるもっとも一般的な回折光学素子の概要を図１に示す。図１に示したように、レリーフパターン１０１が、空気領域１０２と、屈折率Ｎｄ＝１．４９７，アッベ数νｄ＝５７．４４の樹脂材料領域１０３との境界に形成されているものである。このレリーフパターン１０１の高さは図中ｈで表され、回折光学素子のピッチは図中Ｐで表される。このような回折光学素子を単層回折光学素子と呼ぶことにする。

Ｐ＝１５０μｍ、ｈ＝１．０５μｍでありこのとき、この回折光学素子１０５の回折効率の計算結果を図２に示す。図２で、横軸は可視光領域の波長４００ｎｍ～７００ｎｍを示

しており、縦軸は、１次回折光の回折効率を示している。この回折光学素子は、使用波長領域４００ｎｍ～７００ｎｍにおいて、１次を回折光の回折効率がもっとも高くなる設計次数に選んだものである。回折光学素子のレリーフの高さを変えることで、１次以外の次数の回折効率をもっとも高くなるように設定することも可能であるが、以後設計次数として１次を選び１次回折効率がもっとも高くなるような場合について示す。

【０００４】

図２によると、可視領域において単波長側と長波長側の波長領域で回折効率が大きく低下している。この波長領域では、１次以外の不要次数（不図示）の回折効率が高くなる。このような回折光学素子をカメラレンズなどの可視光領域で使用する光学系に適用した場合、不要次数がフレアの原因となることがある。

【０００５】

回折光学素子の高さをｈ、ある波長λにおける屈折率をｎ（λ）とするとそのとき発生する空気（屈折率１）との間に発生する光路差ＯＰＤは

$$OPD = (n(\lambda) - 1) \cdot h$$

このときの回折効率は

$$\eta = \left(\frac{\sin(\pi \cdot x)}{\pi \cdot x} \right)^2$$

ただし

$$x = (OPD/\lambda) - m$$

で、今設計次数を１次としているのでｍ＝１である。ここで上式ηがもっとも高くなるのは

$$x = 0$$

のときである。回折効率は、最も高くなる。

【０００６】

図３は、図１における回折光学素子のｘの値を示したものである（ｍ＝１）。ｘの値が単波長側と長波長側で、大きく０から外れているため、図２のような特性になる。

このような回折光学素子の回折効率の波長依存性をなくし、フレア等の発生を防ぐ技術として、本出願人による特開平１１－２２３７１７号公報に開示されており、あるいはそれ以外にも特開平９－３２５２０３号公報、特開平９－１２７３２２号公報などに開示されている。これらは、２種類以上の光学特性の異なる材料を組み合わせて回折光学素子を構成し、回折効率の波長依存性の低減を目指したものである。

【０００７】

図４は、特開平１１－２２３７１７号公報における実施例に記載の回折光学素子の構成例

である。この構成例を用いて積層型の回折光学素子について述べる。図４で、Ｎｄ＝１．６３５，　νｄ＝２２．９９である光学材料領域１０９と空気層１０８の間に構成されるレリーフパターン１０６とＮｄ＝１．５１２９，　νｄ＝５１．００である光学材料領域１１０と空気層１０８の間に構成されるレリーフパターン１０７により積層型回折光学素子１１１が形成されている。
レリーフパターン１０６とレリーフパターン１０７の高さｈ１，ｈ２はそれぞれｈ１＝－７．８８μｍ，　ｈ２＝１０．９５μｍである。ｈ１の方に負号をつけたのは回折光学素子を形成する格子構造の向きが、ｈ２に対して逆向きだからである。
この構成例の図３に示したｘと波長との関係を図５に示す。また、この構成例の１次回折光の回折効率を図６に示す。図６は、図４に示した積層型回折光学素子の１次光の回折効率の波長依存性を示したものであり、図２に比べて、短波長側および長波長側の回折効率が大きく改善している。しかしながら、短波長側の領域で、１次の回折効率の低下が存在していることがわかる。

【０００８】

図７は、図４における回折光学素子を構成する２つの光学材料の屈折率を示したものである。図７中の点線と破線がそれぞれ、１０９と１１０の領域を構成する材料の屈折率を表している。領域１０９を構成する材料の単波長側波長に対する屈折率の変化の割合が大きいため、図５における単波長側屈折率の変化が大きくなっている。これが、単波長側の回折効率の低下の原因である。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】

前述したように、単層型の回折光学素子に比べて、この積層型の回折光学素子の回折効率は大幅に改善されたものの、短波長側で回折効率低下しておりフレアの原因の可能性があり、より高い回折効率の達成が望まれている。
また、この積層型の回折光学素子は、回折光学素子を構成する２つのレリーフパターンが双方共空気と接しているため、格子のエッジの散乱が出易い。

【００１０】

　そこで、本発明は、上記課題を解決し、可視光領域などの広い帯域において回折効率が良好であり、格子のエッジでの散乱が小さい回折光学素子、該回折光学素子を有する光学系、撮影装置、観察装置を提供することを目的とするものである。

【００１１】

【課題を解決するための手段】

　本発明は、上記課題を解決するために、つぎの（１）～（８）のように構成した回折光学素子、該回折光学素子を有する光学系、撮影装置、観察装置を提供するものである。
（１）互いに分散が異なる材料で形成され、それぞれレリーフパターンを有する第１の透明領域と第２の透明領域とを密接配置すると共に、前記第１及び第２の透明領域より分散が大きい材料で形成され、レリーフパターンを有する第３の透明領域を前記第１及び第２の透明領域の一方と空隙を介して近接配置して積層した回折光学素子であって、前記第１及び第２の透明領域は、各々のレリーフパターンの高さが互いに等しく且つ各々のレリーフパターンの向きが互いに逆であり、前記第１及び第２の透明領域のうちの前記第３の透明領域に最も近い側の面にはレリーフパターンが形成されていないことを特徴とする回折光学素子。
（２）前記第３の透明領域のレリーフパターンの高さは、前記第１及び第２の透明領域のレリーフパターンの高さより低いことを特徴とする上記（１）に記載の回折光学素子。
（３）レリーフパターンを有する複数の透明領域を密接または近接させて積層した回折光学素子であって、
　前記複数の透明領域は、前記レリーフパターンの高さが互いに等しく、前記レリーフパターンの向きが互いに逆であり且つ分散が互いに異なる材料で形成された第１及び第２の透明領域と、該第１及び第２の透明領域のうち前記分散が小さい方と前記レリーフパターンの向きが同じであり且つ前記第１及び第２の透明領域よりも分散が大きい材料で形成さ

れた第３の透明領域とを有し、前記第１及び第２の透明領域を密接配置し、前記第３の透明領域を前記第１及び第２の透明領域の一方と空隙を介して近接配置すると共に、前記第１及び第２の透明領域のうちの前記第３の透明領域に最も近い側の面にはレリーフパターンが形成されていないことを特徴とする回折光学素子。
（４）前記第３の透明領域のレリーフパターンの高さは、前記第１及び第２の透明領域のレリーフパターンの高さより低いことを特徴とする上記（３）に記載の回折光学素子。
（５）回折の設計次数をｍ、回折させるべき波長λの光線に生じる最大光路長差をＯＰＤとする時、

（ＯＰＤ／λ）－ｍ＝０　　（ｍ＝１，２，３…）

を満たす波長を可視領域内で２つ又は３つ以上有することを特徴とする上記（１）～（４）のいずれかに記載の回折光学素子。
（６）上記（１）～（５）に記載の回折光学素子を有する光学系。
（７）上記（６）に記載の光学系を有することを特徴とする撮影装置。
（８）上記（６）に記載の光学系を有することを特徴とする観察装置。
【００１２】
【発明の実施の形態】
本発明の実施の形態においては、上記構成を適用することにより、例えば少なくとも２つの領域におけるレリーフパターンの高さ絶対値が等しく、レリーフパターンの向きを逆に構成することで、高さの等しい領域を密接または近接させることができ、レリーフパターンの垂直面等が空気に接する面積を減らすことができる。
また、さらに前記レリーフパターンの高さの等しい領域を密接または近接配置することにより、レリーフパターンのない面を形成することが可能となり、これにより構成が簡単で、製造が容易な回折光学素子を形成することができる。
また、レリーフパターンの高さの等しい２つの領域のレリーフパターンの高さに対して、他の領域のレリーフパターンの高さを低くすることによって、回折光学素子の高さを低く構成することができる。
また、前記レリーフパターンのない面と、レリーフパターンの高さを低くした他の領域の間に、空気層が存在するように構成することによって、回折光学素子のレリーフパターンの保護が可能となりさらに、光学材料の選択範囲を広げることができる。
また、レリーフパターンの高さを低くした他の領域の光学的色分散が、レリーフパターンの高さの絶対値が等しい２つの領域のものより大きくし、さらにこの他の領域と、レリーフパターンの高さの絶対値が等しい２つの領域のうち光学的な色分散のより小さくした領域とにおいて、断面における格子の形状が同じ向きに対して高さが小さくなっていることにしてある所定の波長に対して同じ向きに回折させるように構成することで、回折効率の波長依存性を低減させることが可能となる。
また、前記回折光学素子を対向する２面間に有する光学要素を構成することにより、回折光学素子のレリーフパターンを保護する構成を採ることが可能となる。さらに、この光学要素を有する光学系を構成することによって、回折光学素子の色収差補正効果あるいは非球面効果により、非常に小型で性能良好な光学系を実現することができる。
【００１３】
【実施例】
以下に、本発明の実施例について説明する。
［実施例１］
本発明にかかる実施例１の回折光学素子の主要構造の断面図を図８に示す。光は図中上側の矢印の側より素子に入射し、第１の材料領域１１５、空気層１１６、第２の材料領域１１７、第３の材料領域１１８の順に進み回折光学素子より射出する。第１の材料領域１１５と空気層１１６の間には、微細なレリーフパターン１１２が形成されており、また、第２の材料領域１１７と第３の材料領域１１８の間に微細なレリーフパターン１１４が形成されている。第２の材料領域と第３の材料領域のレーリーフパターンは逆向きであり、高さが等しく結果、ちょうどはまり込むような構造になっている。材料領域１１５は、Ｎ

ｄ＝１．６３６，νｄ＝２２．８０である樹脂材料、材料領域１１７は、Ｎｄ＝１．５９８，νｄ＝２７．９９である樹脂材料、材料領域１１８は、Ｎｄ＝１．５１３、νｄ＝５１．００である樹脂材料により構成されている。第１の材料領域１１５のレリーフパターンの高さは、ｈ１＝３．５３８μｍ、第２のレリーフパターンの高さは、ｈ２＝－１９．５μｍ、第３のレリーフパターンの高さは、ｈ３＝－ｈ２＝１９．５μｍである。ｈ２に負号がついているのは、ｈ１，ｈ３に対して、断面形状における高さの変化の方向が逆向きだからである。図８では、第１と第３の領域における格子形状は、図面右手から左手に向かって格子形状が小さくなっていくが、第２の領域はそれとは逆になっている。

【００１４】

この構成における、ＯＰＤ／λ－１を図９に示す。また、本実施例の回折効率の波長依存性を図１０に示す。図９と図５を比べるとわかるように、波長に対するＯＰＤ／λ－１の変化が小さくなっているのがわかり、この結果図１０のような従来の積層構造以上の回折効率の特性を達成することができた。

【００１５】

図１１は、１１５、１１７、１１８のそれぞれの材料領域の屈折率を示している。図１１のグラフに示した番号はそれぞれの屈折率と対応している。１１５＆１１８として示したものは、材料領域１１５と１１８はそれぞれｈ１，ｈ３というレリーフパターンで形成されているが、（ｈ１＋ｈ３）の高さでできているものとして、２つのレリーフパターンの等価屈折率を算出したものである。つまり、実施例１の３層の構造を有する積層の光学素子は、１１５＆１１８という材料と１１７という材料の２つの材料により構成された積層型の回折光学素子と見ることができる。

【００１６】

１１５のように短波長側の波長変化による屈折率の変化が大きい材料を用いることで、等価屈折率の分散特性を適切に制御することができる。

材料領域１１５，１１７，１１８のそれぞれのアッベ数をν１、ν２、ν３とするとき

ν１＜ν２＜ν３

とすることでこのような補正が可能となる。さらに、

図１１より、部分分散特性を算出し、材料領域１１５，１１７，１１８の部分分散比θｇ，Ｆをθ１、θ２、θ３とすると、θ１＝０．６９７，θ２＝０．５９５、θ３＝０．５６０により

θ１＞θ２＞θ３

となる。

このように材料の配置を選ぶことで、格子の高さが小さいにもかかわらず単波長の分散を制御でき、特に単波長の特性を改善することができる。

【００１７】

また、本実施例において、空気層に接するレリーフパターンは、４μｍ以下と小さいため、散乱の影響が緩和することが可能となる。またさらに、材料領域１１７，１１８のレリーフパターンの高さの絶対値を等しくすることができたため、図８の空気層１１６と接する面１１３を平坦にすることが可能となり、回折光学素子が非常に簡単である。また、さらに材料領域１１７と１１８の間の材料の屈折率差が小さいため、レリーフパターン１１４の高さの割にエッジでの散乱を減らすことが可能となる。

【００１８】

本実施例における回折光学素子は、図１０に示したように、回折効率の波長依存性が少ないため、可視光領域のような広い帯域において使用される光学系に対して有効である。また、本実施例においては、本発明にかかる回折光学素子の主要構造のみを示したため図８に示したように、平面上に回折光学素子を構成したがこれに限定するものでなく、曲面上等にも適用できる。

【００１９】

また、本実施例における回折光学素子では、第２の材料領域１１７のレリーフパターン１１４と空気層１１６の間に格子が形成されていない材料領域１２０が存在するが、厚みＬ

１は少ないほど望ましい。
本実施例においては、材料領域１１５の側より、入射する場合を示したが、反対側から入射しても前述した効果が得られる。
さらに、本実施例においては、回折光学素子を構成する材料を樹脂材料としたことにより、入射側あるいは射出側の基板を自由に設定できるが、この基板について特に限定しない。また、基板材料自身により、回折光学素子を構成してよい。
【００２０】
［実施例２］
本発明にかかる実施例２の回折光学素子の主要構造の断面図を図１２に示す。光は図中上側矢印の側より素子に入射し、第１の材料領域１２６、空気層１２７、第２の材料領域１２８、第３の材料領域１２９の順に進み回折光学素子より射出する。第１の材料領域１２６と空気層１２７の間には、微細なレリーフパターン１２３が形成されており、また、第２の材料領域１２８と第３の材料領域１２９の間に微細なレリーフパターン１２５が形成されている。材料領域１２６は、Ｎｄ＝１．６７９，νｄ＝１９．１７、材料領域１２８は、Ｎｄ＝１．６３５，νｄ＝２２．８０である樹脂材料、材料領域１２９は、Ｎｄ＝１．５１３，νｄ＝５１．００である樹脂材料により構成されている。第１の材料領域１２６のレリーフパターンの高さは、ｈ１＝２．７８４μｍ、第２のレリーフパターンの高さは、ｈ２＝－１０．５μｍ、第３のレリーフパターンの高さｈ３＝－ｈ２＝１０．５μｍである。
【００２１】
この構成における、ＯＰＤ／λ－１を図１３に示す。また、本実施例の回折効率の波長依存性を図１４に示す。図１３と図５を比べるとわかるように、波長に対するＯＰＤ／λ－１の変化が小さくなっているのがわかり、この結果図１４のような従来の積層構造以上の、回折効率の波長依存性が小さくフレアの少ない特性を達成することができた。また、非常に薄い回折光学素子を実現できている。
【００２２】
図１５は、１２６、１２８、１２９のそれぞれの材料領域の屈折率を示している。図１５のグラフに示した番号はそれぞれの屈折率と対応している。１２６＆１２９として示したものは、材料領域１２６と１２８はそれぞれｈ１，ｈ３というレリーフパターンで形成されているが、（ｈ１＋ｈ３）の高さでできているものとして、２つのレリーフパターンの等価屈折率を算出したものである。つまり、実施例２の３層の構造を有する積層の光学素子は、１２６＆１２９という材料と１２８という材料の２つの材料により構成された積層型の回折光学素子と見ることができる。
１２６のように短波長側の波長変化による屈折率の変化が大きい材料を用いることで、等価屈折率の分散特性を適切に制御することができる。
【００２３】
材料領域１２６，１２８，１２９のそれぞれのアッベ数をν１、ν２、ν３とするとき
ν１＜ν２＜ν３
とすることでこのような補正が可能となる。さらに、
図１１より、部分分散特性を算出し、材料領域１２６，１２８，１２９の部分分散比θｇ，Ｆをθ１、θ２、θ３とするとθ１＝０．７０、θ２＝０．６９７、θ３＝０．５６０、
θ１＞θ２＞θ３
となる。これにより材料領域１２６のようにレリーフパターンの高さが小さいにもかかわらず等価屈折率の単波長側の特性を適性にすることができる。
【００２４】
また、本実施例において、空気層に接するレリーフパターンは、２．７８４μｍであり４μｍ以下と小さいため、散乱の影響が緩和することが可能となる。またさらに、材料領域１２８，１２９のレリーフパターンの高さの絶対値を等しくすることができたため、図１２の空気層１２７と接する面１２４を平坦にすることが可能となり、回折光学素子が非常

に簡単である。また、さらに材料領域１２８と１２９の間の材料の屈折率差が小さいため、レリーフパターン１２５の高さの割にエッジでの散乱を減らすことが可能となる。

【００２５】

本実施例における回折光学素子は、図１４に示したように、回折効率の波長依存性が少ないため、可視光領域のような広い帯域において使用される光学系に対して有効である。また、本実施例においては、本発明にかかる回折光学素子の主要構造のみを示したため図８に示したように、平面上に回折光学素子を構成したがこれに限定するものでなく、曲面上等にも適用できる。

また、本実施例における回折光学素子では、第２の材料領域１２８のレリーフパターン１２５と空気層１２７の間に格子が形成されていない材料領域１３１が存在するが、厚みＬ１は少ないほど望ましい。

【００２６】

［実施例３］

本発明にかかる実施例３のレンズ１３６，１３７の対向面間に回折光学素子１３５を形成した構成（１３４は正面からみた構成）を図１６に示す。回折光学素子のレリーフパターンについて、同図においてはわかりやすいように大きく拡大して示している。

図中１３８ａ，ｂ，ｃは、実施例１あるいは実施例２における３層構造の回折光学素子に相当する構成を示している。

１３８は、回折光学素子の１３８ａと１３８ｂ，ｃとの間隔を出すための構造であり、回折光学素子１３５の外周部に位置している。

このように光学系の対向面間に回折光学素子を形成することで、レリーフパターンや境界面が保護されるといった効果がある。またさらに本実施例では、平面上に回折光学素子を形成したが、これに限定するものでなく曲面上に形成しても良い。またさらに、本実施例においては、回折光学素子のパターンを略回転対称のように示したがこれに限定するものでない。

更に、以上の実施例では、回折の設計次数（絶対値）をｍ、回折させるべき波長λの光線に生じる最大光路長差ＯＰＤとする時、

（ＯＰＤ／λ）－ｍ＝０　　（ｍ＝１，２，３…）

を満たす波長を可視領域内で２つ有する回折光学素子を示したが、この条件を満たす波長を可視領域内で３つ以上有する構成もとれる。

【００２７】

このように構成することで、従来の光学系中に回折光学素子を形成することができる。

また、実施例１～実施例３では、回折光学素子を構成する材料の屈折率およびレリーフ構造により発生する位相差のみに着目して示したが、空気層とレリーフパターンとの界面、あるいは光学材料間の界面などのフレネル反射を考慮してコーティングなどの反射防止手段を形成すると効果的であるが、回折効率の特性は、本発明の構成で決定されるため、同様の効果が得られる。また、樹脂材料同士の密着性あるいは、基板とも密着性を考慮して、コーティングをしてよい。この場合、界面の間にコーティングが存在することになるが、この構成が本発明を限定するものではない。

【００２８】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、可視光領域などの広い帯域において回折効率が良好であり、小型で構成の簡単な回折光学素子、該回折光学素子を有する光学系、撮影装置、観察装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】従来例の単層型回折格子の構成例を示す図である。

【図２】従来例の単層型回折光学素子の回折効率を示す図である。

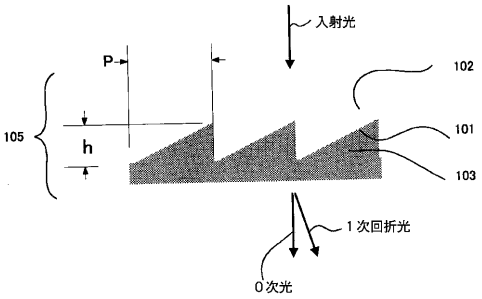
【図３】従来例の単層型回折光学素子の位相特性を示す図である。

【図４】従来例である積層型回折光学素子の構成例を示す図である。

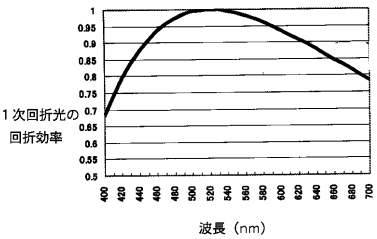
【図５】従来例である回折光学素子の位相特性を示す図である。

【図６】従来例である積層型回折格子の回折効率を示す図である。
【図７】積層型回折格子を構成する材料の特性を示す図である。
【図８】本発明にかかる実施例１の構成例を示す図である。
【図９】本発明にかかる実施例１の位相特性を示す図である。
【図１０】本発明にかかる実施例１の回折効率を示す図である。
【図１１】本発明にかかる実施例１を構成する材料の特性を示す図である。
【図１２】本発明にかかる実施例２の構成例を示す図である。
【図１３】本発明にかかる実施例２の位相特性を示す図である。
【図１４】本発明にかかる実施例２の回折効率を示す図である。
【図１５】本発明にかかる実施例２を構成する材料の特性を示す図である。
【図１６】本発明にかかる実施例３の構成を示す図である。
【符号の説明】
１０１：レリーフパターン面
１０２：空気層
１０３：材料領域
１０４：入射光
１０５：回折光学素子
１０６：レリーフパターン
１０７：レリーフパターン
１０８：空気層
１０９：材料領域
１１０：材料領域
１１１：回折光学素子
１１２：レリーフパターン
１１３：界面
１１４：レリーフパターン
１１５：材料領域
１１６：空気層
１１７：材料領域
１１８：材料領域
１１９：レリーフパターンのない材料領域
１２０：レリーフパターンのない材料領域
１２１：レリーフパターンのない材料領域
１２２：回折光学素子
１２３：レリーフパターン
１２４：界面
１２５：レリーフパターン
１２６：材料領域
１２７：空気層
１２８：材料領域
１２９：材料領域
１３０：レリーフパターンのない領域
１３１：レリーフパターンのない領域
１３２：レリーフパターンのない領域
１３３：入射光
１３４：回折光学素子（正面）
１３５：回折光学素子
１３６：レンズ
１３７：レンズ
１３８：回折光学素子の間隔を出すための構造

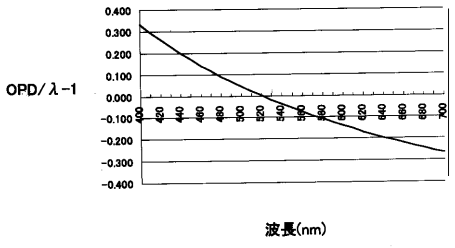
【図１】


入射光
P
102
105
h
101
103
１次回折光
０次光

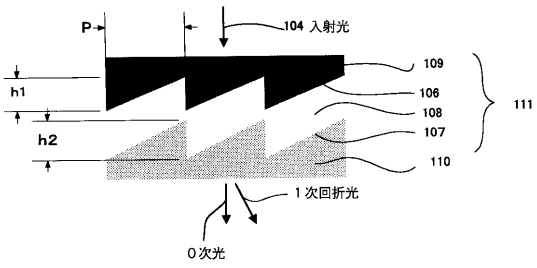
【図２】


１次回折光の
回折効率
1
0.95
0.9
0.85
0.8
0.75
0.7
0.65
0.6
0.55
0.5
400 420 440 460 480 500 520 540 560 580 600 620 640 660 680 700
波長（nm）

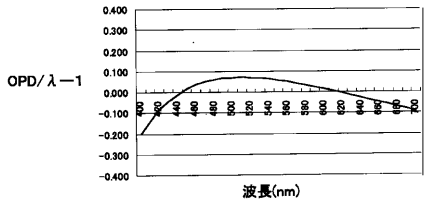
【図３】


OPD/λ-1
0.400
0.300
0.200
0.100
0.000
-0.100
-0.200
-0.300
-0.400
400 420 440 460 480 500 520 540 560 580 600 620 640 660 680 700
波長(nm)

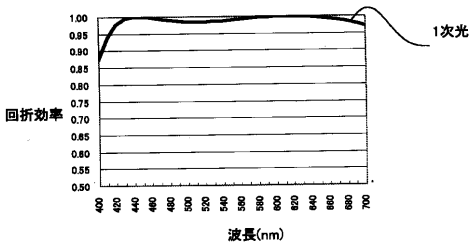
【図４】


P
104 入射光
109
h1
106
108
111
h2
107
110
１次回折光
０次光

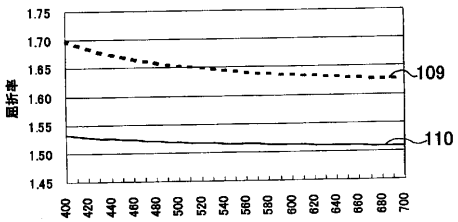
【図５】


OPD/λ－1
0.400
0.300
0.200
0.100
0.000
-0.100
-0.200
-0.300
-0.400
400 420 440 460 480 500 520 540 560 580 600 620 640 660 680 700
波長(nm)

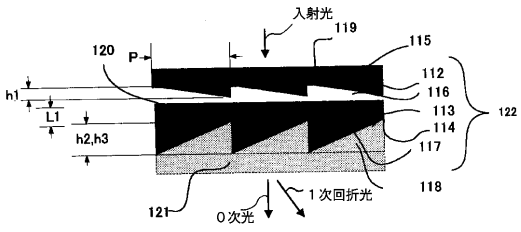
【図６】


回折効率
1.00
0.95
0.90
0.85
0.80
0.75
0.70
0.65
0.60
0.55
0.50
400 420 440 460 480 500 520 540 560 580 600 620 640 660 680 700
波長(nm)
1次光

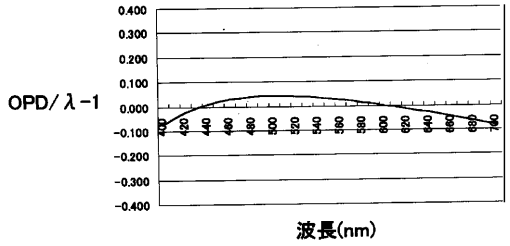
【図７】


屈折率
1.75
1.70
1.65
1.60
1.55
1.50
1.45
400 420 440 460 480 500 520 540 560 580 600 620 640 660 680 700
109
110

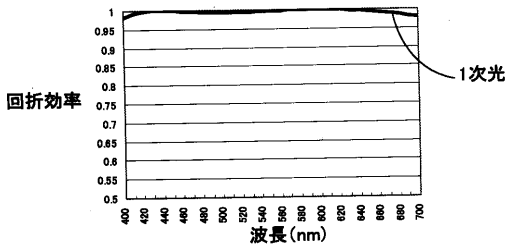
【図８】


入射光
119
115
120
P
112
116
h1
113
L1
114
122
h2,h3
117
118
121
0次光
1次回折光

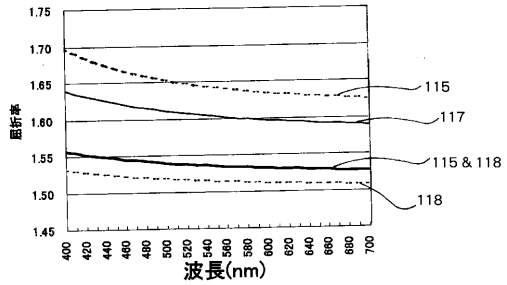
【図９】



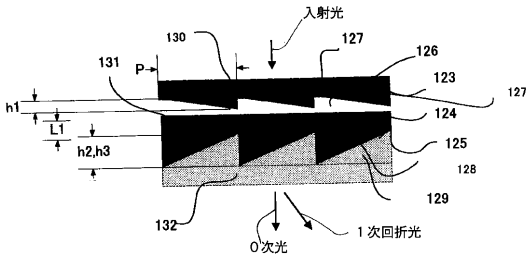
【図１０】



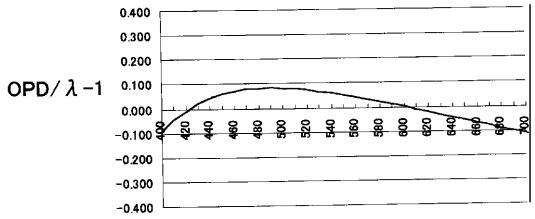
【図１１】



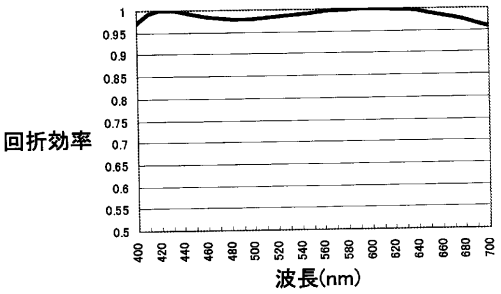
【図１２】



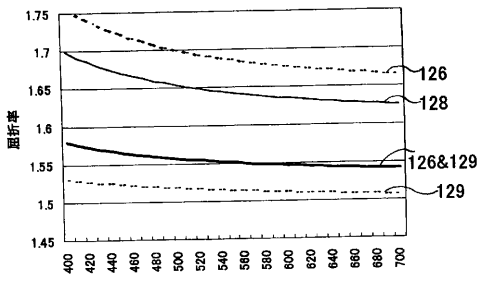
【図１３】



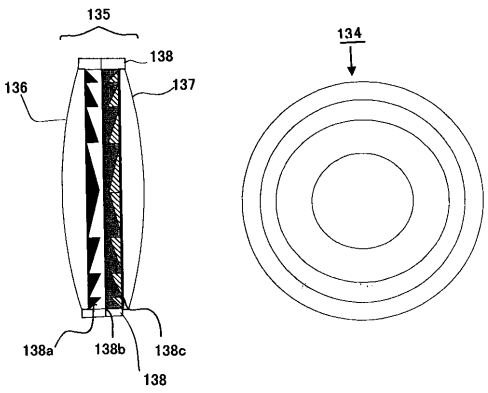
【図１４】



【図１５】



【図１６】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０９－１２７３２２（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－０４４８０８（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－２９２６１２（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－２４１６１４（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－０４２１１２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G02B 5/18