

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-257617

(P2011-257617A)

(43) 公開日 平成23年12月22日(2011.12.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 5/18 (2006.01)	GO2B 5/18	2H087
GO2B 13/02 (2006.01)	GO2B 13/02	2H249
GO2B 3/08 (2006.01)	GO2B 3/08	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2010-132535 (P2010-132535)	(71) 出願人	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
(22) 出願日	平成22年6月10日 (2010.6.10)	(74) 代理人	100114775 弁理士 高岡 亮一
		(72) 発明者	高山 英美 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
		Fターム(参考)	2H087 LA02 NA14 PA11 PA16 PB15 RA32 RA42 RA44 RA46 UA01 UA02 UA03 UA06 2H249 AA03 AA18 AA43 AA44 AA51 AA55 AA63 AA64

(54) 【発明の名称】 回折光学素子、及びそれを有する光学系

(57) 【要約】

【課題】 可視域全域において高い透過率と高い回折効率とを両立させた回折光学素子を提供する。

【解決手段】 部分分散比 $g_F = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ 、アッペ数 d を、 $d < 4.0$ と定義すると、第1材料14は、ベースの材料に対して、部分分散比 g_F が、

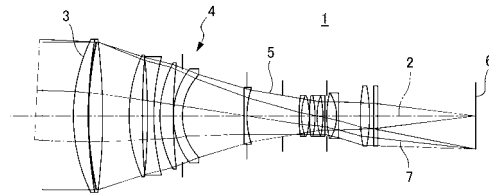
$$g_F - (-1.665e^{-7} \times d^3 + 5.213e^{-5} \times d^2 - 5.656e^{-3} \times d + 0.755) < 0 \text{ 及び、}$$

$$g_F - (-1.665e^{-7} \times d^3 + 5.213e^{-5} \times d^2 - 5.656e^{-3} \times d + 0.5) > 0$$

の条件を満たす材料を混合して生成され、第2材料15は、ベースの材料に対して、部分分散比 g_F が、

$$g_F - (-1.665e^{-7} \times d^3 + 5.213e^{-5} \times d^2 - 5.656e^{-3} \times d + 1.02) < 0 \text{ 及び、}$$

$$g_F - (-1.665e^{-7} \times d^3 + 5.213e^{-5} \times d^2 - 5.656e^{-3} \times d$$



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回折格子を通過する光の最大光路長差が複数の波長でその波長の整数倍である回折光学素子であって、

前記回折格子は、相対的に、高屈折率及び低分散の特性を有する第 1 材料と、低屈折率及び高分散の特性を有する第 2 材料とを組み合わせ形成され、

g 線、F 線、及び C 線の屈折率をそれぞれ n_g 、 n_F 、及び n_C とした場合の屈折率の 2 次分散を示す g 線及び F 線に対する部分分散比 g_F を、 $g_F = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ 、かつ、アッペ数 d を、 $d < 40$ と定義すると、

前記第 1 材料は、ベースの材料に対して、部分分散比 g_F が、

$$g_F - (-1.665e^{-7} \times d^3 + 5.213e^{-5} \times d^2 - 5.656e^{-3} \times d + 0.755) < 0 \quad \text{及び、}$$

$$g_F - (-1.665e^{-7} \times d^3 + 5.213e^{-5} \times d^2 - 5.656e^{-3} \times d + 0.5) > 0$$

の条件を満たす材料を混合して生成され、一方、

前記第 2 材料は、ベースの材料に対して、部分分散比 g_F が、

$$g_F - (-1.665e^{-7} \times d^3 + 5.213e^{-5} \times d^2 - 5.656e^{-3} \times d + 1.02) < 0 \quad \text{及び、}$$

$$g_F - (-1.665e^{-7} \times d^3 + 5.213e^{-5} \times d^2 - 5.656e^{-3} \times d + 0.825) > 0$$

の条件を満たす材料を混合して生成されることを特徴とする回折光学素子。

【請求項 2】

前記第 1 材料を構成するベースの材料に対して混合される材料の $1 \mu\text{m}$ 当たりの消衰係数 k は、

$$k < 0.001$$

の条件を満たす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】

前記第 1 材料を形成する前記ベースの材料は、樹脂材料であり、

前記樹脂材料に混合される材料は、無機材料であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の回折光学素子。

【請求項 4】

前記無機材料は、 TeO_2 、 KTN 結晶、又は In_2O_3 のいずれか、若しくはその組み合わせである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】

前記第 2 材料を形成する前記ベースの材料は、樹脂材料であり、

前記樹脂材料に混合される材料は、無機材料であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の回折光学素子。

【請求項 6】

前記無機材料は、 TiO_2 、 Al_2O_3 、又は ZrO_2 のいずれか、若しくはその組み合わせであることを特徴とする請求項 5 に記載の回折光学素子。

【請求項 7】

前記第 2 材料を形成する前記ベースの材料は、少なくとも 2 種類の樹脂材料を混合させることを特徴とする請求項 5 に記載の回折光学素子。

【請求項 8】

前記第 2 材料を形成する前記ベースの材料は、低融点ガラスであることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の回折光学素子。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

屈折光学素子と、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の回折光学素子とを備えることを特徴とする光学系。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回折光学素子、及びこれを有する光学系に関し、特に、複数波長に対応可能な回折光学素子に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、光学系の色収差を減じる方法として、光学系の一部に回折作用を有する回折光学素子を設ける方法が知られている（非特許文献 1）。この回折光学素子は、一般に、回折格子のベースの形状に光路差関数で定義される位相項を付加した形状を有する。ここで、ベースの形状は、即ち、レンズ表面の形状であり、例えば、球面形状、非球面形状、又は平面形状である。また、回折格子における光路長の付加量は、光軸からの高さ h 、 n 次（偶数次）の光路差関数係数 C_n 、及び波長 λ を用いると、式（1）で定義される光路差関数 $\psi(h)$ により表される。

$$\psi(h) = (C_1 h^2 + C_2 h^4 + C_3 h^6 + \dots) \times 2\pi / \lambda \quad (1)$$

例えば、曲率半径 R のレンズ表面に、光路差関数 $\psi(h)$ にて格子形状を付加する場合には、格子形状を、中心から数えた輪帯番号 h 、及び格子厚 d を用いると、光軸方向の位置 x を算出する式（2）で表される形状とすれば良い。

【0003】

【数 1】

$$x = R - \sqrt{R^2 - h^2} + \left(h - \frac{\psi(h)}{2\pi} \right) \times d \quad (2)$$

【0004】

ここで、式（2）では、最初の 2 つの項がベースの形状を示し、第 3 項が光路差関数 $\psi(h)$ で位相項を付加した形状を示す。即ち、式（2）より、第 2 項では輪帯番号が変わる部分で光軸方向の位置 x が不連続となるため、これにより格子形状が生じる。

【0005】

ところで、回折光学素子を光学系に用いるときは、使用波長域の全域において設計次数の光線の回折効率が十分に高いことが要求される。例えば、この回折効率が低い、即ち、設計次数以外の回折次数を有する光線が多く存在すると、これらの光線は、設計次数の光線とは別な場所に結像するため、フレア光となる。図 9 は、従来の積層型の回折光学素子 90 の構造を示す概略図である。図 9（a）に示すように、回折光学素子 90 を光軸方向から見ると、複数の回折格子の輪帯 91 が形成されており、回折光学素子 90 は、格子と格子との間隔（格子ピッチ）を変えることで光学的パワーを与えることができる。また、図 9（b）に示すように、回折光学素子 90 を断面方向から見ると、それぞれ分散の異なる材質で形成された第 1 の回折格子 92 と第 2 の回折格子 93 とが空気層 94 を挟んで配置している。これにより、回折光学素子 90 は、広い波長域に対して高い回折効率を得ることができる。

【0006】

このような回折光学素子において、例えば、特許文献 1 は、98% 以上の高い回折効率を可視の波長域全域にて確保するために、低屈折率高分散材料の g 線及び F 線に対する部分分散比 g_F を、通常材料より小さな値とする回折光学素子を開示している。また、特許文献 2 は、回折格子の材料について、環境安定性の観点から、無機微粒子を分散させた樹脂材料を適用する回折光学素子を開示している。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2004-78166号公報

【特許文献2】特開2005-338798号公報

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】SPIE Vol.1354, International Lens Design Conference (1990)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0009】

ここで、上記特許文献においては、低屈折率高分散側の回折格子を形成するための、広い波長域に対して高い回折効率を得ることができる材料には、リニア分散特性が要求される。しかしながら、例えば、このような特性を有する材料であるITO (Indium Tin Oxide) は、透過率が低い。即ち、このような回折光学素子を、例えば、撮像光学系に使用する場合には、可能な限り材料を薄く成形しなければならず、このため、大掛かりな成形装置が必要となり、高コストとなっていた。また、撮像光学系に使用する回折光学素子の数も、透過率の観点から制限せざるを得ない場合があった。

【0010】

本発明は、このような状況を鑑みてなされたものであり、可視域全域において高い透過率と高い回折効率とを両立させた回折光学素子を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するために、本発明は、回折格子を通過する光の最大光路長差が複数の波長でその波長の整数倍である回折光学素子において、回折格子は、相対的に、高屈折率及び低分散の特性を有する第1材料と、低屈折率及び高分散の特性を有する第2材料とを組み合わせ形成され、g線、F線、及びC線の屈折率をそれぞれ n_g 、 n_F 、及び n_C とした場合の屈折率の2次分散を示すg線及びF線に対する部分分散比 σ_{gF} を $\sigma_{gF} = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ 、かつ、アッペ数 d を、 $d < 40$ と定義すると、第1材料は、ベースの材料に対して、部分分散比 σ_{gF} が、

30

$$\begin{aligned} & \sigma_{gF} - (-1.665e^{-7} \times d^3 + 5.213e^{-5} \times d^2 - 5.656e^{-3} \times d + 0.755) < 0 \quad \text{及び、} \\ & \sigma_{gF} - (-1.665e^{-7} \times d^3 + 5.213e^{-5} \times d^2 - 5.656e^{-3} \times d + 0.5) > 0 \end{aligned}$$

の条件を満たす材料を混合して生成され、一方、第2材料は、ベースの材料に対して、部分分散比 σ_{gF} が、

40

$$\begin{aligned} & \sigma_{gF} - (-1.665e^{-7} \times d^3 + 5.213e^{-5} \times d^2 - 5.656e^{-3} \times d + 1.02) < 0 \quad \text{及び、} \\ & \sigma_{gF} - (-1.665e^{-7} \times d^3 + 5.213e^{-5} \times d^2 - 5.656e^{-3} \times d + 0.825) > 0 \end{aligned}$$

の条件を満たす材料を混合して生成されることを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、可視域全域において高い透過率と高い回折効率とを両立させた回折光学素子を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 3 】

- 【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る光学系の構成を示す概略図である。
 【図 2】本発明の第 1 実施形態に係る回折光学素子の構造を示す断面図である。
 【図 3】第 1 実施形態に係る回折光学素子による回折効率を示すグラフである。
 【図 4】第 1 及び第 2 材料の屈折率の波長特性を示すグラフである。
 【図 5】アッペ数と部分分散比との関係を示すグラフである。
 【図 6】アッペ数に対する各材料の屈折率の分布を示すグラフである。
 【図 7】第 2 実施形態に係る回折光学素子による回折効率を示すグラフである。
 【図 8】第 3 実施形態に係る回折光学素子による回折効率を示すグラフである。
 【図 9】従来 of 回折光学素子の構造を示す断面図である。
 【発明を実施するための形態】

10

【 0 0 1 4 】

以下、本発明を実施するための形態について図面等を参照して説明する。

【 0 0 1 5 】

(光学系)

まず、本発明の実施形態に係る回折光学素子を適用する光学系について説明する。図 1 は、後述する本発明の回折光学素子を、400mm 望遠レンズに適用した場合の撮像光学系の構成を示す概略図である。撮像光学系 1 は、光軸 2 に対して、回折光学素子 3 及び複数の屈折光学素子を含む光学素子群 4 と、光学絞り 5 とを備え、CCD センサー等の撮像素子の像面 6 に対して最大画角の光束 7 が入光する構成を有する。光学素子群 4 は、正の屈折力(光学的パワー)を有する第 1 群レンズと、負の屈折力を有する第 2 群レンズと、更に正の屈折力を有する第 3 群レンズとを備える。ここで、この 400mm 望遠レンズのように、光学素子群 4 を構成する第 1 群レンズが正の屈折力を有する場合には、回折光学素子 3 を、図 1 に示すように可能な限り物点側に設置した方が、倍率色収差の補正に効果がある。この場合、回折光学素子 3 は、正の屈折力を有する位相を付加するように、中央部の回折格子から外周部の回折格子にかけて徐々に格子ピッチを狭くすることで、色収差を補正する。

20

【 0 0 1 6 】

(第 1 実施形態)

次に、本発明の第 1 実施形態に係る回折光学素子の構造について説明する。図 2 は、本実施形態に係る回折光学素子の構造を示す概略断面図である。回折光学素子 10 は、複数の輪帯を有する回折格子を有し、該回折格子を通過する光の最大光路長差は、複数の波長でその波長の整数倍である。この回折光学素子 10 は、光軸 11 に対して、第 1 レンズ 12 と、第 2 レンズ 13 と、第 1 格子部 14 と、第 2 格子部 15 とを備える。第 1 レンズ 12 及び第 2 レンズ 13 は、石英ガラス等で形成された光学素子部である。第 1 格子部 14 は、低屈折率及び高分散の第 1 材料で形成された回折格子の構成部である。また、第 2 格子部 15 は、高屈折率及び低分散の第 2 材料で形成された回折格子の構成部である。このように、回折格子として、相対的に、低屈折率及び高分散の材料と、高屈折率及び低分散の材料とを組み合わせることで、広い波長域で高い回折効率を得ることができる。

30

【 0 0 1 7 】

上述の通り、第 1 材料の特性を、2 次分散である g 線及び F 線に対する部分分散比 g_F を通常 of 材料よりも小さくする所謂リニア分散特性とすると、広い波長域で回折効率が増加する。そこで、このリニア分散特性を得るために、ITO を材料に微粒子分散させてベース材料に混合する方法がある。この ITO は、他の無機酸化物とは異なり、電子遷移による屈折率の変化に加え、錫によるドーピングや酸素の空孔等によるフリーキャリアの発生に起因しても屈折率が変化する。一般に、電子遷移による屈折率分散は、可視域においては 400 ~ 450 nm の短波長側で急激に変化し、部分分散比 g_F が通常 of ガラスで分布するノーマルラインよりも高い、ノンリニア特性を有する。一方、フリーキャリアに起因する屈折率分散は、可視域においては 600 ~ 700 nm の長波長側で急激に変化し、非常に強いリニア特性を有する。この 2 つの特性を組み合わせると、部分分散比 g

40

50

n_F は、他の無機酸化物に比べて非常に小さくなる。なお、このことは、ITOと同様に、透明でフリーキャリアの影響を受ける酸化錫 (IV) (SnO_2)、及びATO (アンチモン (Sb) をドーピングした酸化錫) 等の材料も使用可能であることを意味する。ここで、ITOは、透明電極に採用されるなど透過率が高い材料として知られているが、これは、透明電極の厚みが通常 $1\ \mu\text{m}$ 以下と非常に薄いためである。通常、回折光学素子に使用するためには、回折格子の厚さを $10\ \mu\text{m}$ オーダーとする必要がある。しかしながら、例えば、ITOの厚みを $10\ \mu\text{m}$ とすると、生成段階の錫のドーブ等の影響により、透過率が 10% 程度低下してしまい、高い透過率が要求される光学系に適用することが難しい。

【0018】

そこで、本発明では、回折光学素子の透過率と高い回折効率とを両立させるために、回折格子の形成材料として弱リニア特性の2次分散を有した材料を用いる。ここで、 g 線、 F 線、及び C 線の屈折率をそれぞれ n_g 、 n_F 、及び n_C とした場合の屈折率の2次分散を示す g 線及び F 線に対する部分分散比 g_F を $g_F = (n_g - n_F) / (n_F - n_C)$ 、かつ、アッペ数 d を、 $d < 40$ と定義する。この場合、第1材料は、ベースの材料に対して、部分分散比 g_F が、式(3)及び式(4)の条件を満たす材料を混合して生成される。

$$g_F - (-1.665e^{-7} \times d^3 + 5.213e^{-5} \times d^2 - 5.656e^{-3} \times d + 0.755) < 0 \quad (3)$$

$$g_F - (-1.665e^{-7} \times d^3 + 5.213e^{-5} \times d^2 - 5.656e^{-3} \times d + 0.5) > 0 \quad (4)$$

一方、第2材料は、ベースの材料に対して、部分分散比 g_F が、式(5)及び式(6)の条件を満たす材料を混合して生成される。

$$g_F - (-1.665e^{-7} \times d^3 + 5.213e^{-5} \times d^2 - 5.656e^{-3} \times d + 1.02) < 0 \quad (5)$$

$$g_F - (-1.665e^{-7} \times d^3 + 5.213e^{-5} \times d^2 - 5.656e^{-3} \times d + 0.825) > 0 \quad (6)$$

【0019】

上記の条件を満たすように、本実施形態では、弱リニア特性の2次分散を有する無機材料であるテルライトガラス (TeO_2) を微粒子として、ベースのフッ素系の樹脂材料に $20\ \text{Vol}\%$ 分散させて弱リニア特性を有した樹脂材料を生成し、第1材料とする。テルライトガラスは、通常の光学ガラスとして採用できる程、透過率が高く、本実施形態の回折光学素子の格子厚さを $10\ \mu\text{m}$ 程度としても、透過率が低下しないレベルである。一方、この第1材料と組み合わせる第2材料として通常の分散を有した材料を適用すると、高い回折効率を得ることができない。したがって、本実施形態では、樹脂材料としては、大日本インキ化学工業(株)製の紫外線硬化樹脂C001を採用する。そして、この樹脂材料に、ノンリニア特性の強い2次分散を有した無機材料である酸化チタン (TiO_2) の微粒子を $5.6\ \text{Vol}\%$ 分散させ、第2材料とする。

【0020】

次に、回折光学素子10の特性について説明する。図3(a)は、回折光学素子10における光の波長 (μm) に対する回折効率 (%) を示すグラフである。図3(a)に示すように、回折効率は、広い波長域に渡って高い。一方、図3(b)は、図3(a)に対応し、特に、回折格子の0次と2次の回折効率を示すグラフである。図3(b)に示すように、可視波長全域に渡り、不要な回折光は、低いレベルである。なお、この場合の回折光学素子10の格子厚さは、 $37.4\ \mu\text{m}$ であり、回折格子を形成する材料としては、第1及び第2材料のいずれの材料も透過率が高く、このレベルの格子厚さでは、透過率の低下

10

20

30

40

50

がほとんど発生しない。

【0021】

図4は、微粒子分散により生成した第1及び第2材料の屈折率の波長特性を示すグラフである。図4に示すように、第2材料に関する曲線40は、第1材料に関する曲線41よりも2次分散が大きく、曲線の反りが大きい。

【0022】

図5は、ベースの樹脂材料に混合させる微粒子材料のアッペ数 n_d と部分分散比 g_F との関係(範囲)を示すグラフである。図5において、曲線50は、通常ガラスにおける2次分散を示したノーマルラインであり、このガラスの特性は、この曲線50付近に集まる。まず、第1材料として適用可能な範囲は、図5において、 g_F が曲線51より高く、曲線52よりも低い範囲で、かつ、 n_d が縦軸に対する直線53よりも低い範囲である。この曲線51及び曲線52は、上記式(3)及び式(4)に対応する。例えば、上記テルライトガラスは、 $n_d = 17.09$ 、 $g_F = 0.608$ であり、この範囲に含まれる。一方、第2材料として適用可能な範囲は、図5において、 g_F が曲線54より高く、曲線55よりも低い範囲であり、通常ガラスと比較すると、強いノンリニア特性を有する材料とする。この曲線54及び曲線55は、上記式(5)及び式(6)に対応する。例えば、上記酸化チタンは、 $n_d = 13.84$ 、 $g_F = 0.873$ であり、この範囲に含まれる。なお、ベースに採用する樹脂材料については、図5において、フッ素系の材料ではUV硬化樹脂1、大日本インキ工業(株)のC001ではUV硬化樹脂2として示すように、ほぼノーマルラインである曲線50付近に存在する。

10

20

【0023】

図6は、微粒子分散により生成された第1及び第2材料のアッペ数 n_d と屈折率 n_d との関係を示すグラフである。図6において、点60が第1材料の値であり、点61が第2材料の値である。以下、本図は、後述する実施形態に係る第1及び第2材料の特性との比較でも使用する。

【0024】

以上のように、本発明によれば、可視域全域において高い透過率と高い回折効率とを両立させた回折光学素子を提供することが可能となる。

【0025】

(第2実施形態)

次に、本発明の第2実施形態に係る回折光学素子について説明する。本実施形態の特徴は、第1材料に使用する低屈折率及び高分散の弱リニア特性の2次分散を得る微粒子分散材料として、酸化錫のドーブを行わない無機材料である酸化インジウム(In203)を採用する点にある。酸化インジウムは、 $n_d = 7.56$ 、 $g_F = 0.564$ であり、ITOには及ばないものの、弱いリニア特性を有した材料である。この酸化インジウムの微粒子をフッ素系の樹脂材料に分散させることにより、弱リニア特性を有した第1材料を得ることができる。このとき、微粒子分散の混合量は、25vol%であり、生成される第1材料は、図6中の点62で示される n_d と g_F とを有する。一方、第2材料としては、第1実施形態と同様に、UV硬化樹脂2(C001)に酸化チタンの微粒子を9.7vol%分散させて生成する。この生成される第2材料は、図6中の点63で示される n_d と g_F とを有する。

30

40

【0026】

図7(a)は、この第1及び第2材料を組み合わせ、格子厚さを $7.9\mu\text{m}$ とした回折格子を用いた回折光学素子10における光の波長(μm)に対する回折効率(%)を示すグラフである。図7(a)に示すように、回折効率は、可視波長域で非常に高い値を確保することができる。一方、図7(b)は、図7(a)に対応し、特に、回折格子の0次と2次の回折効率を示すグラフである。図7(b)に示すように、可視波長全域に渡り、不要な回折光は、低いレベルである。このように、本実施形態によれば、第1実施形態と同様の効果を奏する。

【0027】

50

(第3実施形態)

次に、本発明の第3実施形態に係る回折光学素子について説明する。従来、タンタル酸ニオブ酸カリウム(KTN結晶)は、電気光学結晶として知られていたが、結晶成長が難しく、材料の量産化がされていなかった。しかしながら、このタンタル酸ニオブ酸カリウムは、近年、結晶の成長技術に成功したことで、電気効果を有する材料として実用化が期待されている材料である。タンタル酸ニオブ酸カリウムは、透過率が光学ガラスと同等であり、回折光学素子の格子厚さレベルでは、100%に近いレベルである。加えて、タンタル酸ニオブ酸カリウムは、図5に示すように、 $n_d = 17.25$ 、 $g_F = 0.64$ であり、僅かではあるが、リニア特性の2次分散を有する。

【0028】

そこで、本実施形態では、第1材料に使用する微粒子分散材料として、無機材料であるタンタル酸ニオブ酸カリウムを採用する。このタンタル酸ニオブ酸カリウムの微粒子をフッ素系の樹脂材料に15vol%分散させることにより、第1材料を得ることができる。生成される第1材料は、図6中の点64で示される n_d と g_F とを有する。一方、第2材料としては、第1実施形態と同様に、UV硬化樹脂2(C001)に酸化チタンの微粒子を4.4vol%分散させて生成する。この生成される第2材料は、図6中の点65で示される n_d と g_F とを有する。

【0029】

図8(a)は、この第1及び第2材料を組み合わせ、格子厚さを $7.9\mu\text{m}$ とした回折格子を用いた回折光学素子10における光の波長(μm)に対する回折効率(%)を示すグラフである。図8(a)に示すように、回折効率は、可視波長域で非常に高い値を確保することができる。一方、図8(b)は、図8(a)に対応し、特に、回折格子の0次と2次の回折効率を示すグラフである。図8(b)に示すように、可視波長全域に渡り、不要な回折光は、低いレベルである。このように、本実施形態によれば、第1実施形態と同様の効果を奏する。

【0030】

(その他の実施形態)

低屈折率及び高分散材料(上記第1材料)を生成するために混合する微粒子材料は、透過率の高い材料であることが望まれるが、上述のように、リニア分散特性を得ようとするとは透過率が低い材料となる。そこで、透過率の比較的高い材料を使用した上で、高い回折効率を得るために、本発明の回折光学素子が有効である。このとき、本発明の第1材料に混合する微粒子材料は、 $1\mu\text{m}$ 当たりの消衰係数 k が、 0.001 以下とすることが望ましい。これによれば、格子厚さを $10\mu\text{m}$ とした回折光学素子では、上記微粒子材料を20%の混合比で混ぜることにより、95%以上の透過率を得ることができる。

【0031】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は、これらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【0032】

例えば、上記実施形態では、第1材料のベースの材料に混合する無機材料として、 TeO_2 、KTN結晶、又は In_2O_3 のいずれかとして説明したが、それらを組み合わせることも可能である。また、上記実施形態では、第2材料のベースの材料に混合する無機材料として、 TiO_2 を例示したが、本発明は、これに限定されず、例えば、 Al_2O_3 、又は ZrO_2 等を採用することも可能である。この場合、上記第1材料のベース材料に混合する無機材料と同様に、それらを組み合わせることも可能である。

【0033】

また、第2材料を形成するベースの材料は、少なくとも2種類の樹脂材料を混合させても良いし、例えば、樹脂材料に代えて、低融点ガラスを採用しても良い。

【符号の説明】

【0034】

10 回折光学素子

10

20

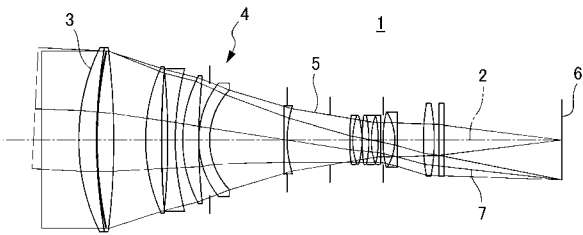
30

40

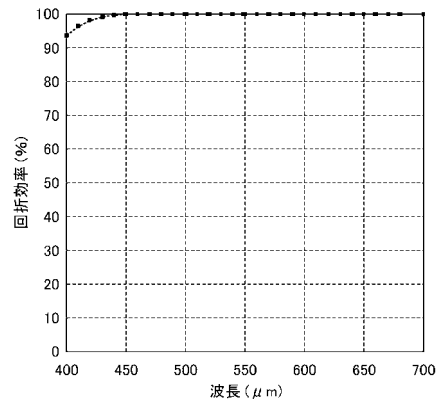
50

- 1 4 第 1 材料
- 1 5 第 2 材料

【 図 1 】

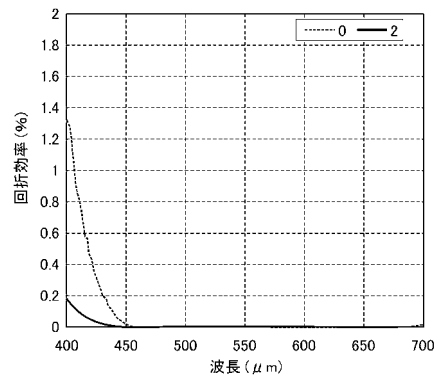
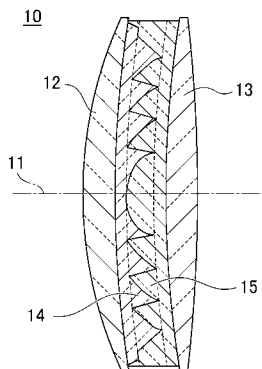


【 図 3 】



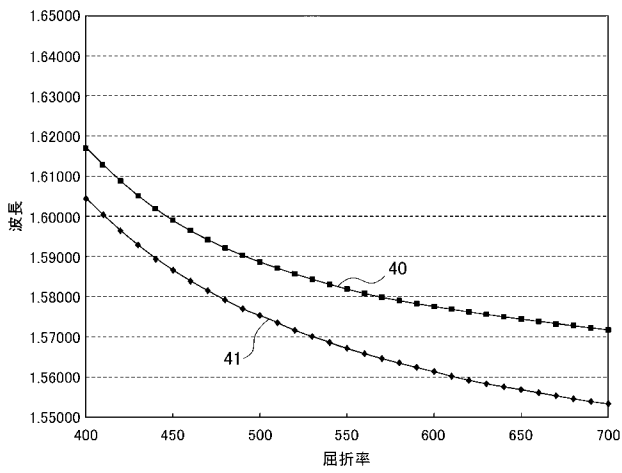
(a)

【 図 2 】

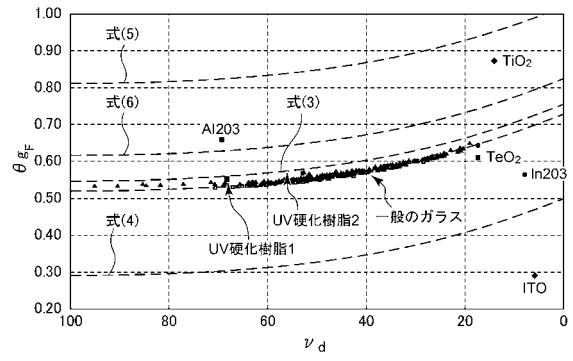


(b)

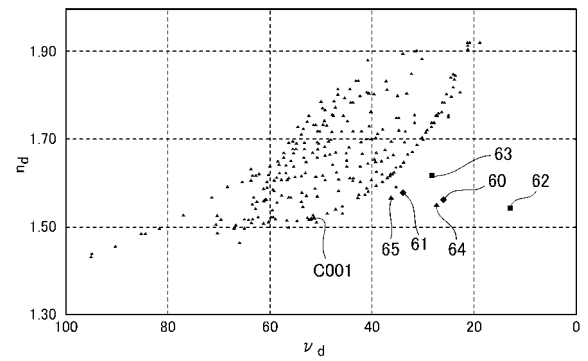
【 図 4 】



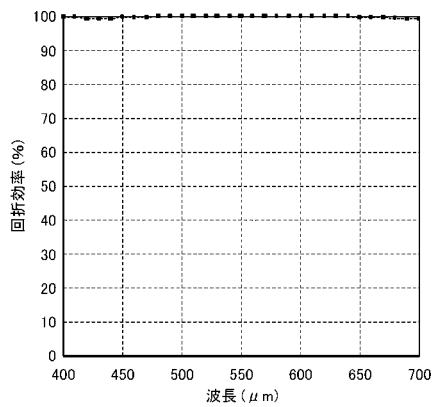
【 図 5 】



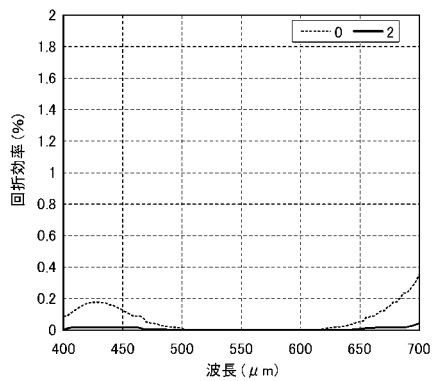
【 図 6 】



【 図 7 】

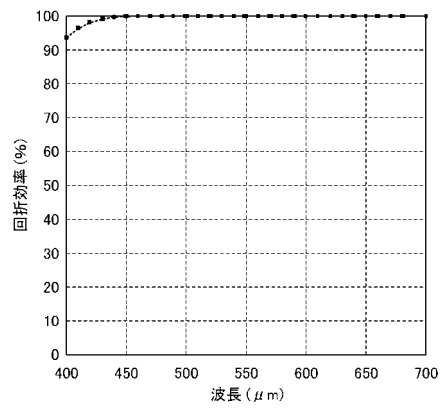


(a)

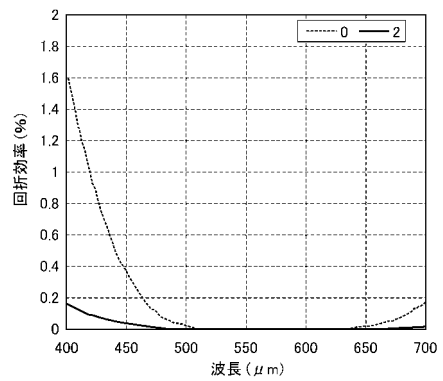


(b)

【 図 8 】

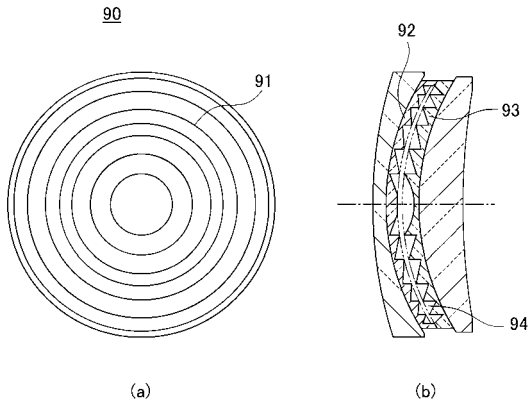


(a)



(b)

【 図 9 】



フロントページの続き

【要約の続き】

+ 0 . 8 2 5) > 0

の条件を満たす材料を混合して生成される。

【選択図】図1