

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 12 月 4 日(04.12.2014)



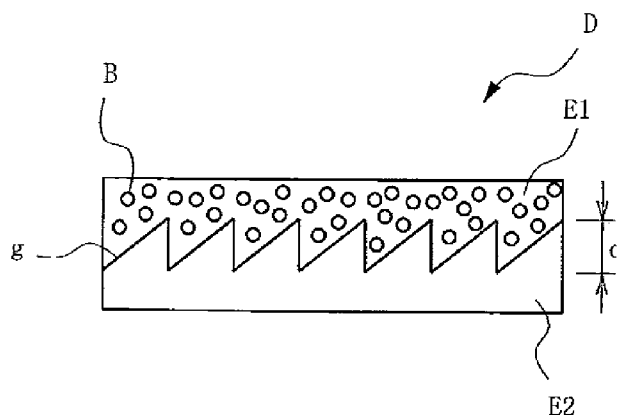
(10) 国際公開番号

WO 2014/192291 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 5/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/002792
- (22) 国際出願日: 2014 年 5 月 27 日(27.05.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-111585 2013 年 5 月 28 日(28.05.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 岡田 憲明(OKADA, Noriaki); 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目 1 2 番 1 号株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 大西 正悟, 外(OHNISHI, Shogo et al.); 〒1700013 東京都豊島区東池袋 3-20-3、東池袋 S S ビル 1 階 大西国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: DIFFRACTIVE OPTICAL ELEMENT, OPTICAL APPARATUS, AND PRODUCTION METHOD FOR DIFFRACTIVE OPTICAL ELEMENT

(54) 発明の名称: 回折光学素子、光学機器、および回折光学素子の製造方法



(57) Abstract: A diffractive optical element (D) joining two diffractive elements (E1, E2) comprising different optical materials, having a diffractive optical surface having a diffractive grating groove (g) formed on the joining surface, and characterized by at least one of the two diffractive elements (E1, E2) formed using an optical material including pores (B) and the optical material comprising the pores (B) fulfilling prescribed conditions.

(57) 要約: 異なる光学材料からなる 2 つの回折素子要素 (E1, E2) を接合し、その接合面に回折格子溝 (g) が形成された回折光学面を有する回折光学素子 (D) は、2 つの回折素子要素 (E1, E2) のうちの少なくとも一方が、空孔 (B) を含む光学材料で形成されており、この空孔 (B) を含む光学材料が、所定の条件を満足することを特徴とする。



WO 2014/192291 A1

明 細 書

発明の名称：

回折光学素子、光学機器、および回折光学素子の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、回折光学素子、回折光学素子を備えた光学機器、および回折光学素子の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来の密着型回折光学素子は双方に樹脂またはモールドガラスを用いて作成される。また、近年、樹脂に高屈折率物質の微粒子を混入させることで屈折率をコントロールする方法（ナノコンポジット）が行なわれている（例えば、特許文献1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2006-343387号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、従来の方法では、屈折率のみのコントロールは可能であるが、ほとんどの光学材料は短波長の光に対して屈折率が高くなり、上記の混入法では波長分散のコントロールが不十分であるという課題があった。

[0005] 本発明はこのような課題に鑑みてなされたものであり、波長分散のない空孔を含むことで、より波長分散をコントロールしやすくした回折光学素子、その回折光学素子を備えた光学機器、および回折光学素子の製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 前記課題を解決するために、本発明に係る回折光学素子は、異なる光学材料からなる2つの回折素子要素を接合し、当該接合面に回折格子溝が形成さ

れた回折光学面を有する回折光学素子であって、2つの回折素子要素の少なくとも一方が、空孔を含む光学材料で形成され、この空孔を含む光学材料が、次式の条件を満足することを特徴とする。

$$P < 0.9$$

但し、

P：空孔を含む光学材料の充填率。

[0007] また、このような回折光学素子は、回折光学面に対向する光学面の法線方向から見たときの空孔の径が、回折光学面で回折させる光の波長以下であることが好ましい。

[0008] また、このような回折光学素子において、空孔は、2つの回折素子要素のうち、屈折率が高い回折素子要素の光学材料に含まれることが好ましい。

[0009] また、このような回折光学素子は、次式の条件を満足することが好ましい。

$$1.6 < n < 2.0$$

但し、

n：空孔を含む光学材料のd線に対する屈折率。

[0010] また、このような回折光学素子は、次式の条件を満足することが好ましい。

$$0.6 < P < 0.8$$

[0011] また、このような回折光学素子は、回折光学面で回折させる光の波長の範囲をF線からC線までとし、当該光の中心波長をd線としたとき、F線からC線の光に対して次式の条件を満足することが好ましい。

$$|1 - \Delta n \times d / \lambda| < 0.075$$

但し、

Δn ：2つの回折素子要素の光学素子の屈折率の差（ $\Delta n > 0$ とする）、

d：回折格子溝の高さ、

λ ：光の波長。

[0012] また、このような回折光学素子は、F線からd線の光に対して次式の条件

を満足することが好ましい。

$$|1 - \Delta n \times d / \lambda| < 0.030$$

[0013] また、このような回折光学素子において、空孔を含む光学材料は、蒸着若しくはゾルーゲル法で製造されることが好ましい。

[0014] また、このような回折光学素子において、空孔は、エッチングにより光学材料に形成されることが好ましい。

[0015] また、このような回折光学素子において、空孔には、空気が充填されることが好ましい。または、空孔には、不活性ガスが充填されることが好ましい。または、空孔内は真空であることが好ましい。

[0016] また、本発明に係る光学機器は、上記のような回折光学素子を備えることを特徴とする。

[0017] また、本発明に係る回折光学素子の製造方法は、異なる光学材料からなる2つの回折素子要素により構成される回折光学素子の製造方法であって、2つの回折素子要素の少なくとも一方を、充填率Pが次式、

$$P < 0.9$$

の条件を満足するように空孔を含む光学材料で形成し、前記一方の回折素子要素に他方の回折素子要素を接合し、当該接合面に回折格子溝を有する回折光学面を形成したことを特徴とする。

[0018] また、このような回折光学素子の製造方法において、2つの回折素子要素の少なくとも一方を、d線に対する屈折率nが次式、

$$1.6 < n < 2.0$$

の条件を満足する空孔を含む光学材料で形成することが好ましい。

[0019] また、このような回折光学素子の製造方法において、2つの回折素子要素の少なくとも一方を、充填率Pが次式、

$$0.6 < P < 0.8$$

の条件を満足するように空孔を含む光学材料で形成することが好ましい。

[0020] また、このような回折光学素子の製造方法において、回折光学面で回折させる光の波長の範囲をF線からC線までとし、当該光の中心波長をd線とし

たとき、F線からC線の光に対して、2つの回折素子要素の光学材料の屈折率の差 Δn ($\Delta n > 0$ とする)、回折格子溝の高さ d 、および光の波長 λ が次式、

$$|1 - \Delta n \times d / \lambda| < 0.075$$

の条件を満足するようにすることが好ましい。

[0021] また、このような回折光学素子の製造方法において、F線からd線の光に対して、次式、

$$|1 - \Delta n \times d / \lambda| < 0.030$$

の条件を満足するようにすることが好ましい。

発明の効果

[0022] 本発明によると、波長分散のない空孔を含むことで、より波長分散をコントロールしやすくした回折光学素子、その回折光学素子を備えた光学機器、および回折光学素子の製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]回折光学素子を説明するための説明図である。

[図2]回折光学素子の特性を説明するための説明図であって、(a)は波長に対する屈折率の関係を示し、(b)は波長に対する $\Delta\lambda$ の関係を示す。

[図3]回折光学素子を備えたデジタル一眼レフカメラの断面図である。

[図4]回折光学素子を有する撮像レンズの構成図である。

[図5]回折光学素子の製造方法を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明の好ましい実施形態について図面を参照して説明する。まず、図1を用いて、本実施形態に係る回折光学素子Dの構成について説明する。この回折光学素子Dは、1mmあたり数本から数百本の細かい溝状またはスリット状の格子構造(回折格子溝 g)が同心円状に形成された回折光学面を備え、この回折光学面に入射した光を格子ピッチ(回折格子溝 g の間隔)と入射光の波長とによって定まる方向へ回折する性質を有している。また、回折光学素子D(回折光学面)は、負の分散値(例えば、アッペ数 $= -3$ 、

453)を有し、分散が大きく、また異常分散性（例えば、部分分散比 $(n_g - n_F) / (n_F - n_C) = 0.2956$ ）が強いため、強力な色収差補正能力を有している。光学ガラスのアッペ数は、通常30～80程度であるが、上述のように回折光学素子のアッペ数は負の値を持っている。換言すると、回折光学素子Dの回折光学面は分散特性が通常のガラス（屈折光学素子）とは逆で光の波長が短くなるに伴い屈折率が小さくなり、長い波長の光ほど大きく曲がる性質を有している。そのため、通常の屈折光学素子と組み合わせることにより、大きな色消し効果が得られる。したがって回折光学素子Dを利用することで、通常の光学ガラスでは達し得ない良好な色収差の補正が可能になる。

[0025] また、本実施形態に係る回折光学素子Dは、異なる光学材料からなる2つの回折素子要素E1、E2を接合し、その接合面に回折格子溝gを設けて上述した回折光学面を構成している、いわゆる「密着複層型回折光学素子」である。そのため、この回折光学素子Dは、g線からC線を含む広波長域において回折効率を高くすることができる。したがって、この回折光学素子Dを用いた光学系は広波長域において利用することが可能となる。なお、回折効率は、透過型の回折光学素子Dにおいて1次回折光を利用する場合、入射強度I0と一次回折光の強度I1との割合 $\eta (= I1 / I0 \times 100 [\%])$ を示す。

[0026] ここで、密着複層型回折光学素子は、回折格子溝が形成された2つの回折素子要素をこの回折格子溝同士が対向するように近接配置してなるいわゆる分離複層型回折光学素子に比べて製造工程を簡素化することができるため、量産効率がよく、また光線の入射角に対する回折効率が良いという長所を備えている。したがって、密着複層型回折光学素子を利用した光学系は、製造が容易となり、また回折効率も良くなる。

[0027] このような密着複層型の回折光学素子Dにおいて、2つの回折素子要素E1、E2の光学材料（媒質）の屈折率の差を Δn とし、回折格子溝gの高さをdとし、この回折光学素子Dの回折光学面で回折させる光の波長を λ とす

ると、次式（a）の条件を満足するときに、1次回折光の回折効率が100%になる。

[0028] $\Delta n \times d = \lambda$ (a)

[0029] ここで、 $\Delta \lambda = 1 - \Delta n \times d / \lambda$ とすると、上記式（a）から、この $\Delta \lambda$ が0になると回折効率が100%になる。

[0030] 図2（a）に示す従来の低屈折率の回折素子要素と高屈折率の回折素子要素とからなる回折光学素子の場合、図2（b）に示すように、所望の波長（ここでは、d線（ $\lambda = 588 \text{ nm}$ ））において $\Delta \lambda$ が0になるように設定すると、その他の波長ではこの $\Delta \lambda$ を0にすることができず、中心波長（d線）の近辺では回折効率が高いが、それよりも長い波長や短い波長においては回折効率が悪化してしまう。

[0031] そこで、本実施形態に係る回折光学素子Dでは、2つの回折素子要素E1，E2のうち、少なくともいずれか一方の光学材料（媒質）に多数の微小な空孔Bを形成し、この空孔Bが形成された回折素子要素の光学材料（媒質）の屈折率を調整している。なお、回折光学面に対向する光学面（例えば、図1において、回折素子要素E1の回折格子溝gが形成されていない方の面）の法線方向から見たときの空孔Bの径は、この回折光学面で回折させる光の波長以下であることが好ましい。この空孔B内は空気で満たされているため、この空孔Bの屈折率は1であり、また、分散は0である。そのため、回折素子要素E1を構成する光学材料に空孔Bを設けることにより、この回折素子要素E1の屈折率だけを調整することが可能となる。このとき、図2（a）に示すように、空孔Bを設けた光学材料の屈折率の波長に対する変化率は緩やかになる。そのため、透過する光の波長が短くなるほど、その光に対する屈折率が大きくなる媒質の回折素子要素E1，E2を用いて回折光学素子Dを形成した場合、波長が長くなるほど、2つの回折素子要素の媒質の屈折率の差（ Δn ）は大きくなる。すなわち、上述した式（a）において、回折格子溝の高さdを固定された値とすると、空孔Bを設けることにより、式（a）の条件に近づくこととなる。そのため、図2（b）に示すように、空孔B

を設けた光学材料により形成された回折素子要素E 1を用いると、広い波長帯域で $\Delta\lambda$ の値が0に近くなり、回折効率が向上する（図2（b）の場合では、中心波長であるd線よりも短い波長の光に対して回折効率が特に改善されることが分かる）。

[0032] このような回折光学素子Dにおいて、空孔Bが形成された回折素子要素E 1の体積に対する空孔Bの体積（の総和）の割合を充填率Pとすると、この回折光学素子Dは、次式（1）の条件を満足することが望ましい。なお、充填率Pは、体積比ではなく、重量比としてもよい。

$$[0033] \quad P < 0.9 \quad (1)$$

[0034] 回折素子要素Dの空孔Bの充填率Pがこの条件式（1）の上限値を上回ると、当該回折素子要素E 1の光学材料（媒質）の屈折率が低くなりすぎてしまい、もう一方の回折素子要素E 2との関係で、回折光学素子Dとしての光学性能を満足することができなくなってしまう。なお、この空孔Bによる回折効率の向上に対する効果をさらに発揮させるためには、空孔Bが形成される回折素子要素E 1の充填率Pが次式（1'）の条件を満足することが望ましい。

$$[0035] \quad 0.6 < P < 0.8 \quad (1')$$

[0036] なお、空孔Bを形成した光学材料からなる回折素子要素E 1は、回折光学素子Dを形成する2つの回折素子要素E 1、E 2のうち、高屈折率・低分散の回折素子要素に形成することが好ましい。したがって、この空孔Bが形成される回折素子要素の光学材料（媒質）のd線に対する屈折率nは、次式（2）の条件を満足することが好ましい。

$$[0037] \quad 1.6 < n < 2.0 \quad (2)$$

[0038] また、上述したように、1次回折光の回折効率を100%とするためには、 $\Delta\lambda = 1 - \Delta n \times d / \lambda$ を0にすることが必要である。よって、この回折光学素子Dで回折させる光の波長をF線（ $\lambda = 486 \text{ nm}$ ）からC線（ $\lambda = 656 \text{ nm}$ ）の範囲とすると、この回折光学素子Dは、F線からC線の範囲の光に対して、次式（3）の条件を満足することが望ましい。

[0039] $|1 - \Delta n \times d / \lambda| < 0.075$ (3)

[0040] この条件式(3)を満足することにより、この回折光学素子Dは、F線からC線までの範囲において、高い回折効率を実現することができる。

[0041] さらに、F線からC線の範囲における中心波長をd線とすると、この回折光学素子Dは、F線からd線の範囲の光に対して、次式(3')の条件を満足することが望ましい。

[0042] $|1 - \Delta n \times d / \lambda| < 0.030$ (3')

[0043] この条件式(3')を満足することにより、この回折光学素子Dは、さらに高い回折効率を実現することができる。

[0044] このような空孔Bを有する光学材料で形成された回折素子要素E1は、モールドガラスでも、樹脂でもよい。また、樹脂に高屈折率物質の微粒子を混入させたものでもよい。空孔を持つ物質の作成法としては、限定するものではないが、例としてゾルーゲル法や蒸着法、スパッタ法などがあり、ゾルーゲル法では溶液の濃度、蒸着法では成膜時の真空度、ガス導入量などを変えて、充填率を変えることができる。材料としても、特に拘る必要はなく、酸化物、フッ化物、樹脂等が考えられる。また、回折素子要素の素材表面の必要部分にのみ防食処理を施し、腐食剤によって不要部分を溶解侵食・食刻するエッチングにより、この回折素子要素に空孔を形成してもよい。

[0045] なお、図1に示す回折光学素子Dは、平板状の2つの回折素子要素E1, E2の対向する面に回折格子溝gを形成して密着させた構成を示したが、本発明がこの構成に限定されることはない。例えば、回折格子溝gが形成される面が曲面で形成されていてもよい。また、レンズ等の光学部材のいずれかの面上に、この回折光学素子Dを形成してもよいし、2つのレンズの間にこの回折光学素子Dを配置し、全体を接合した接合レンズとしてもよい。

[0046] なお、空孔Bには空気が充填されることが好ましい。これにより、空孔Bを含む光学材料の波長に対する屈折率の変化を小さくすることができる。さらに、空孔Bへの水蒸気の浸入を防ぐことができる。

[0047] または、空孔Bには不活性ガスが充填されることが好ましい。これにより

、空孔Bを含む光学材料の波長に対する屈折率の変化を小さくすることができる。さらに、空孔Bへの水蒸気の浸入を防ぐことができる。不活性ガスは、ヘリウムガス(H e)、ネオンガス(N e)、アルゴンガス(A r)、キセノンガス(X e)、クリプトンガス(K r)等が使用される。

[0048] または、空孔B内は真空であることが好ましい。これにより、空孔Bを含む光学材料の波長に対する屈折率の変化をより小さくすることができる。

[0049] 次に、上述の回折光学素子Dを備えた光学機器の一例として、回折光学素子Dを有する撮像レンズTLを備えたデジタル一眼レフカメラCAMを、図3および図4を用いて説明する。図3に示すデジタル一眼レフカメラCAMにおいて、不図示の物体（被写体）からの光は、撮像レンズTLで集光されて、クイックリターンミラーMを介して焦点板F上に結像される。焦点板F上に結像された光は、ペンタプリズムP中で複数回反射されて接眼レンズEへ導かれる。これにより、撮影者は、接眼レンズEを介して被写体の像を正立像として観察することができる。

[0050] また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、クイックリターンミラーMが光路外へ退避し、撮像レンズTLで集光された被写体からの光は、撮像素子C上に結像されて被写体の像を形成する。これにより、被写体からの光は、撮像素子C上に結像されて当該撮像素子Cにより撮像され、被写体の画像として不図示のメモリーに記録される。このようにして、撮影者は、デジタル一眼レフカメラCAMによる被写体の撮影を行うことができる。

[0051] 撮像レンズTLは、図4に示すように、光軸に沿って物体側（被写体側）から順に並んだ複数のレンズL1，L2，…を有し、第4面に上述の回折光学素子Dが形成されている。回折光学素子Dは、上述のように、広い波長帯域の光に対して回折効率を向上させることができる。そのため、撮像レンズTLは、色収差の補正等において高い光学性能を有している。したがって、デジタル一眼レフカメラCAMによれば、色収差の補正等において高い光学性能を有する光学機器を実現することができる。

[0052] 続いて、上述の回折光学素子Dの製造方法について、図5を用いて説明する。まず、2つの回折素子要素E1、E2の少なくともいずれか一方を、充填率Pが所定の条件式を満足するように空孔Bを含む光学材料（媒質）で形成する（ステップST10）。そして、空孔Bを含む光学材料で形成された回折素子要素に他方の回折素子要素を接合し、当該接合面に回折格子溝gを有する回折光学面を形成する（ステップST20）。このようにして、回折光学素子Dは製造される。

実施例

[0053] 次に、実施例として、上述した回折光学素子Dを構成する2つの回折素子要素E1、E2のうち、低屈折率の回折素子要素（図1の場合は回折素子要素E2）に樹脂を用い、高屈折率の回折素子要素（図1の場合は回折素子要素E1）に、充填率80%の酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）を用いた場合について説明する。まず、各回折素子要素の光学材料（媒質）の光の波長に対する屈折率を以下の表1に示す。なお、以下の表1には、空孔を設けていない酸化アルミニウム（すなわち、充填率が0%の場合）の屈折率も示す。

[0054] （表1）

〔高屈折率の回折素子要素E1〕

波長 [nm]	486	588	656
酸化アルミニウム（充填率0%）	1.7700	1.7650	1.7640
酸化アルミニウム（充填率80%）	1.5792	1.5758	1.5754

〔低屈折率の回折素子要素E2〕

波長 [nm]	486	588	656
樹脂	1.5385	1.5276	1.5754

[0055] 次に、上記の回折素子要素E1、E2を用いた回折光学素子Dの回折光学面に対して垂直に入射した光（入射角＝0°）の1次回折光の回折効率を表2に示す。なお、この回折光学素子Dの回折格子溝gのピッチは100μmとし、格子高さは11.7μmとする。また、回折効率の計算は、RCWA

(厳密結合波 : Rigorous Coupled Wave Analysis) 法を用いている。

[0056] (表 2)

波長 [nm]	486	588	656
1 次光の回折効率	98.4%	97.8%	96.6%

[0057] この表 2 から明らかなように、この実施例に示す回折光学素子 D では、F 線 ($\lambda = 486 \text{ nm}$) から C 線 ($\lambda = 656 \text{ nm}$) の光に対して、95%以上の回折効率を得ることができる。

[0058] また、入射角を 20° とした場合の 1 次回折光の回折効率を表 3 に示す。

[0059] (表 3)

波長 [nm]	486	588	656
1 次光の回折効率	90.4%	91.2%	91.8%

[0060] この表 3 から明らかなように、この実施例に示す回折光学素子 D では、入射角が 20° であっても、F 線から C 線の光に対して 90%以上の回折効率を得ることができる。

符号の説明

[0061] D 回折光学素子 E 1, E 2 回折素子要素 g 回折格子溝
B 空孔

請求の範囲

- [請求項1] 異なる光学材料からなる2つの回折素子要素を接合し、当該接合面に回折格子溝が形成された回折光学面を有する回折光学素子であって、
- 前記2つの回折素子要素の少なくとも一方が、空孔を含む光学材料で形成され、
- 前記空孔を含む光学材料が、次式の条件を満足することを特徴とする回折光学素子。
- $$P < 0.9$$
- 但し、
- P：前記空孔を含む光学材料の充填率。
- [請求項2] 前記回折光学面に対向する光学面の法線方向から見たときの前記空孔の径が、前記回折光学面で回折させる光の波長以下である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] 前記空孔は、前記2つの回折素子要素のうち、屈折率が高い回折素子要素の前記光学材料に含まれる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4] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載の回折光学素子。
- $$1.6 < n < 2.0$$
- 但し、
- n：前記空孔を含む光学材料のd線に対する屈折率。
- [請求項5] 次式の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載の回折光学素子。
- $$0.6 < P < 0.8$$
- [請求項6] 前記回折光学面で回折させる光の波長の範囲をF線からC線までとし、当該光の中心波長をd線としたとき、F線からC線の前記光に対して次式の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載の回折光

学素子。

$$|1 - \Delta n \times d / \lambda| < 0.075$$

但し、

Δn : 前記2つの回折素子要素の前記光学材料の屈折率の差 ($\Delta n > 0$ とする)、

d : 前記回折格子溝の高さ、

λ : 前記光の波長。

[請求項7] 前記回折光学面で回折させる光の波長の範囲をF線からC線までとし、当該光の中心波長をd線としたとき、F線からd線の前記光に対して次式の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載の回折光学素子。

$$|1 - \Delta n \times d / \lambda| < 0.030$$

但し、

Δn : 前記2つの回折素子要素の前記光学材料の屈折率の差 ($\Delta n > 0$ とする)、

d : 前記回折格子溝の高さ、

λ : 前記光の波長。

[請求項8] 前記空孔を含む光学材料は、蒸着若しくはゾルーゲル法で製造される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9] 前記空孔は、エッチングにより前記光学材料に形成される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10] 前記空孔には、空気が充填される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11] 前記空孔には、不活性ガスが充填される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12] 前記空孔内は真空である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13] 請求項1に記載の回折光学素子を備えることを特徴とする光学機器

。

[請求項14] 異なる光学材料からなる2つの回折素子要素により構成される回折光学素子の製造方法であって、

前記2つの回折素子要素の少なくとも一方を、充填率 P が次式の条件を満足するように空孔を含む光学材料で形成し、

$$P < 0.9$$

前記一方の回折素子要素に他方の回折素子要素を接合し、当該接合面に回折格子溝を有する回折光学面を形成したことを特徴とする回折光学素子の製造方法。

[請求項15] 前記2つの回折素子要素の少なくとも一方を、 d 線に対する屈折率 n が次式の条件を満足する前記空孔を含む光学材料で形成したことを特徴とする請求項14に記載の回折光学素子の製造方法。

$$1.6 < n < 2.0$$

[請求項16] 前記2つの回折素子要素の少なくとも一方を、充填率 P が次式の条件を満足するように空孔を含む光学材料で形成したことを特徴とする請求項14に記載の回折光学素子の製造方法。

$$0.6 < P < 0.8$$

[請求項17] 前記回折光学面で回折させる光の波長の範囲を F 線から C 線までとし、当該光の中心波長を d 線としたとき、 F 線から C 線の前記光に対して、前記2つの回折素子要素の前記光学材料の屈折率の差 Δn ($\Delta n > 0$ とする)、前記回折格子溝の高さ d 、および前記光の波長 λ が次式の条件を満足するようにしたことを特徴とする請求項14に記載の回折光学素子の製造方法。

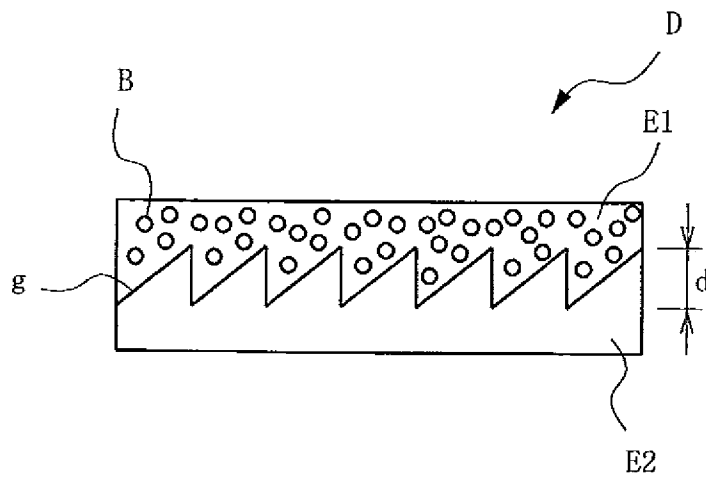
$$|1 - \Delta n \times d / \lambda| < 0.075$$

[請求項18] 前記回折光学面で回折させる光の波長の範囲を F 線から C 線までとし、当該光の中心波長を d 線としたとき、 F 線から d 線の前記光に対して、前記2つの回折素子要素の前記光学材料の屈折率の差 Δn ($\Delta n > 0$ とする)、前記回折格子溝の高さ d 、および前記光の波長 λ が

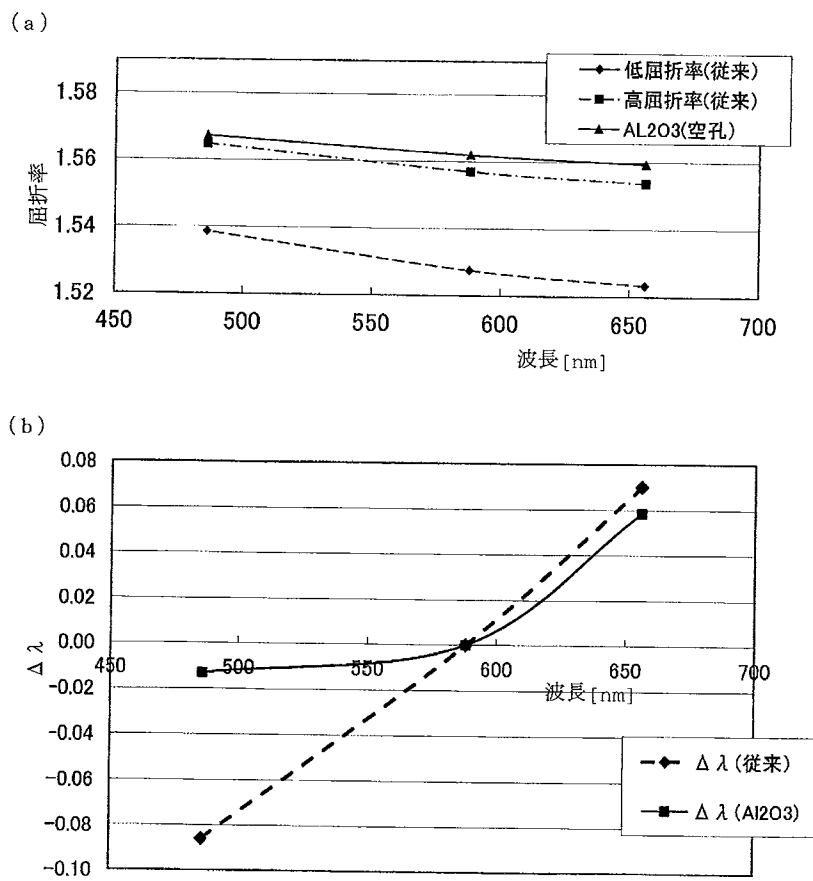
次式の条件を満足するようにしたことを特徴とする請求項 1 4 に記載の回折光学素子の製造方法。

$$|1 - \Delta n \times d / \lambda| < 0.030$$

[図1]

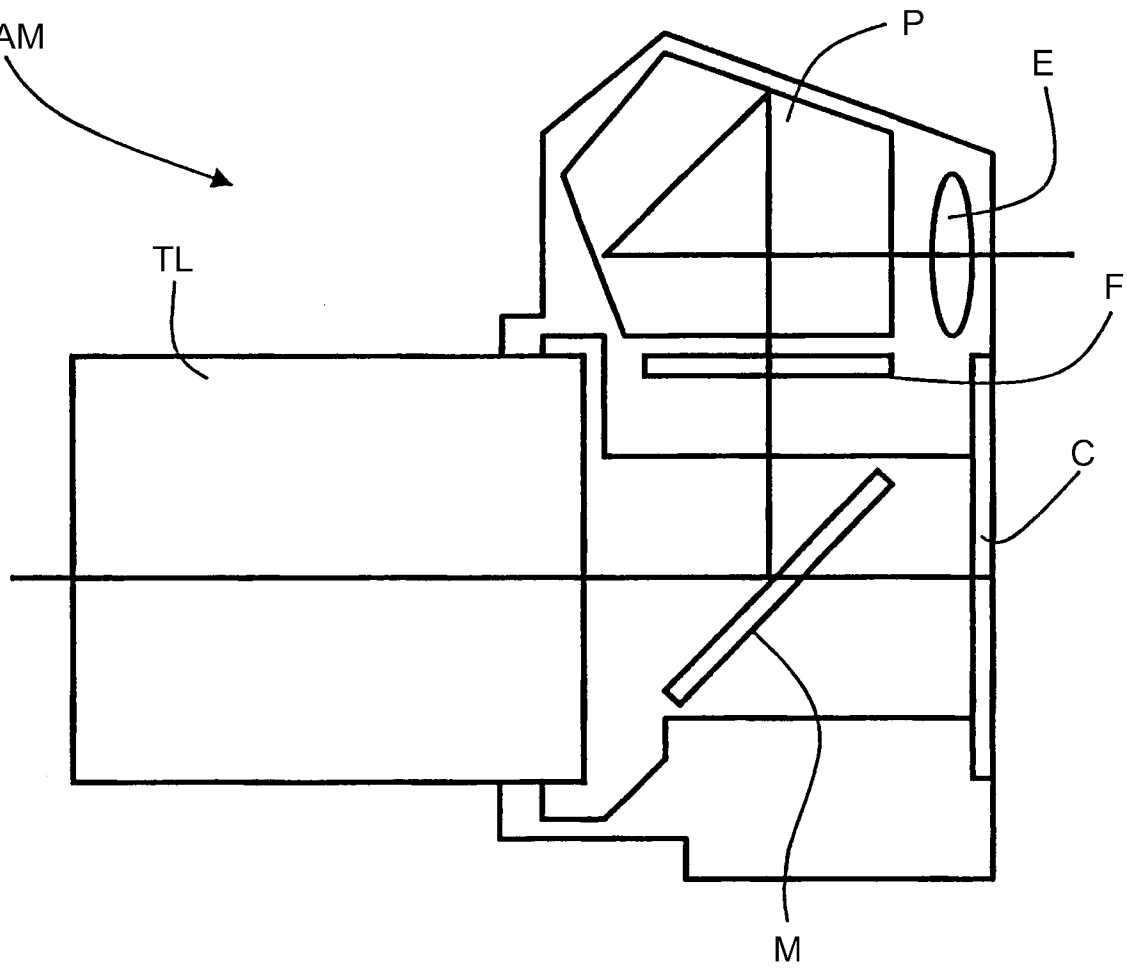


[図2]

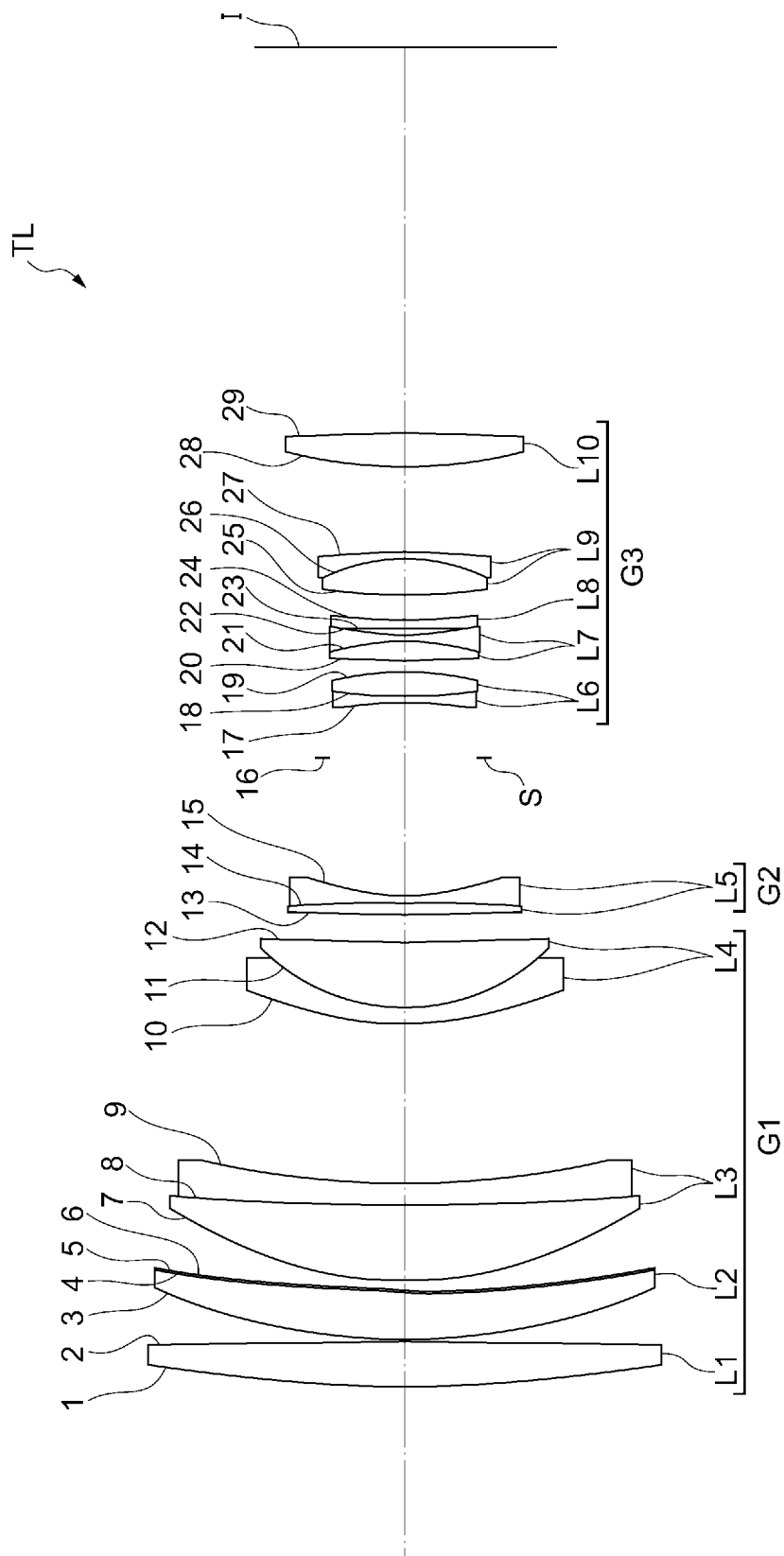


[図3]

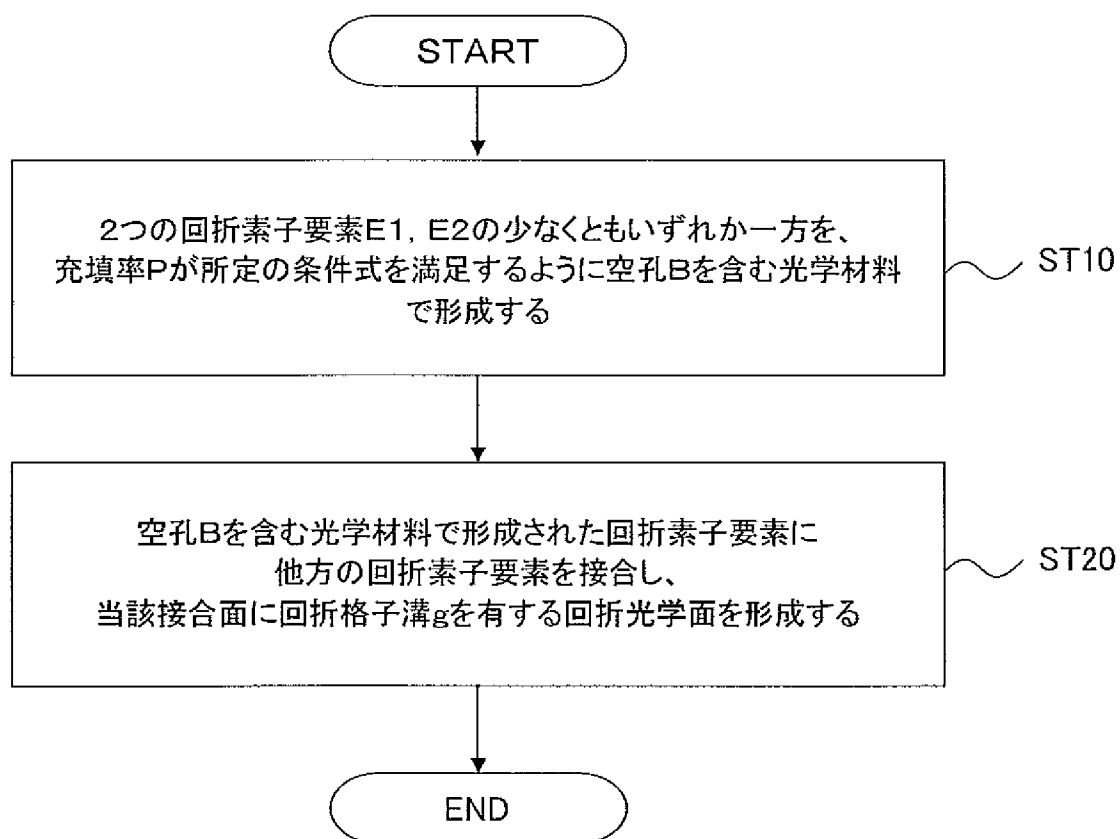
CAM



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/002792

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B5/18(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B5/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2011-221510 A (Panasonic Corp.), 04 November 2011 (04.11.2011), entire text; all drawings & US 2011/0235178 A1	1-8, 10-18 9
Y	JP 2001-044190 A (Hitachi Chemical Co., Ltd.), 16 February 2001 (16.02.2001), paragraphs [0002] to [0005] (Family: none)	9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
11 August, 2014 (11.08.14)

Date of mailing of the international search report
26 August, 2014 (26.08.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B5/18(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B5/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2014年
日本国実用新案登録公報	1996-2014年
日本国登録実用新案公報	1994-2014年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2011-221510 A（パナソニック株式会社）2011.11.04, 全文、全図 & US 2011/0235178 A1	1-8、 10-18
Y		9
Y	JP 2001-044190 A（日立化成工業株式会社）2001.02.16, 【0002】-【0005】 （ファミリーなし）	9

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11.08.2014

国際調査報告の発送日

26.08.2014

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

薄井 義明

20

3816

電話番号 03-3581-1101 内線 3271