

(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2005-292244

(P2005-292244A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G02B 5/18

G02B 3/08

F I

G02B 5/18

G02B 3/08

テーマコード (参考)

2H049

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2004-103772 (P2004-103772)

(22) 出願日 平成16年3月31日 (2004.3.31)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄

(74) 代理人 100103355

弁理士 坂口 智康

(74) 代理人 100109667

弁理士 内藤 浩樹

(72) 発明者 西脇 青児

大阪府門真市大字門真1006番地 松下

電器産業株式会社内

(72) 発明者 永島 道芳

大阪府門真市大字門真1006番地 松下

電器産業株式会社内

最終頁に続く

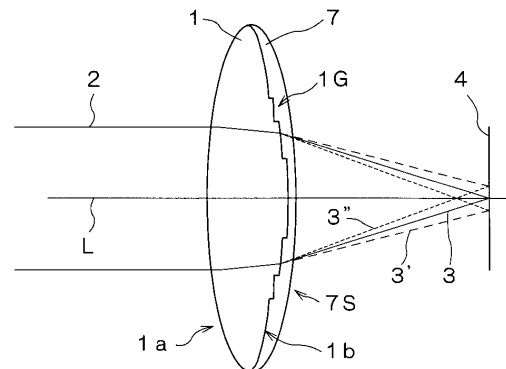
(54) 【発明の名称】 集光装置及び回折装置

(57) 【要約】

【課題】 特定の波長の光に対しては1次回折光3のみを検出面4上に集光させることができるが、それ以外の波長では0次光3'や2次回折光3''等が発生する。

【解決手段】 平面又は球面又は球面以外の面の上に周期的に形成された凹凸構造により透過光を回折させる透明媒質Aの表面に、前記媒質Aよりも高屈折率で低分散の透明媒質Bを充填することを特徴とする。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

平面又は球面又は球面以外の面の上に周期的に形成された凹凸構造により透過光を回折させる透明媒質 A の表面に、前記媒質 A よりも高屈折率で低分散の透明媒質 B を充填することを特徴とする集光装置及び回折装置。

## 【請求項 2】

前記透明媒質 B の表面には透明媒質 A の表面の凹凸構造が残らないことを特徴とする請求項 1 記載の集光装置及び回折装置。

## 【請求項 3】

前記凹凸構造の断面は鋸歯状又は鋸歯に内接する階段状であることを特徴とする請求項 1 記載の集光装置及び回折装置。 10

## 【請求項 4】

前記透明媒質 A、B の波長  $\lambda$  に対する屈折率を  $n_A$ 、 $n_B$ 、波長  $\lambda'$  ( $\lambda < \lambda'$ ) に対する屈折率を  $n_{A'}$ 、 $n_{B'}$  とすると、 $0.8 < (n_B - n_A) / (n_{B'} - n_{A'}) \times \lambda' / \lambda < 1.2$  を満たすことを特徴とする請求項 1 記載の集光装置及び回折装置。

## 【請求項 5】

前記透明媒質 A、B の C 線 (波長  $\lambda_C = 0.6563 \mu m$ ) に対する屈折率を  $n_A$ 、 $n_B$ 、F 線 (波長  $\lambda_F = 0.4861 \mu m$ ) に対する屈折率を  $n_{A'}$ 、 $n_{B'}$  とすると、 $(n_B - n_A) / (n_{B'} - n_{A'}) > 1.05$  を満たすことを特徴とする請求項 1 記載の集光装置及び回折装置。 20

## 【請求項 6】

前記透明媒質 A、B の e 線 (波長  $\lambda_e = 0.5461 \mu m$ ) に対する屈折率を  $n_A''$ 、 $n_B''$  とすると、前記鋸歯状又は鋸歯に内接する階段状の断面の高低差  $d$  は  $0.8 < (n_B'' - n_A'') \times d / \lambda_e < 1.2$  の関係を満たすことを特徴とする請求項 1 から 3 記載の集光装置及び回折装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、レンズなどの光を集光する集光装置及びグレーティングなどの光を回折させる回折装置に関するものである。 30

## 【背景技術】

## 【0002】

従来技術として、例えば非特許文献 1 がある。ここではこの先例に基づき、これを簡略化して図 6 から図 7 を用いて説明する。図 6 は、従来例に於ける集光装置の断面構成を示している。集光装置 1 は、プラスチック等の透明媒質を材料にしたレンズ表面に鋸歯状の断面をなすグレーティング 1 G を形成したもので、レンズ表面 1 a、1 b は光軸 L を中心軸とする球面又は非球面であり、グレーティング 1 G の方位はレンズ表面 1 b 上で光軸 L を中心軸とする円周に沿っている。集光装置 1 に入射する光 2 はレンズ表面 1 a で屈折し、グレーティング 1 G の付いたレンズ表面 1 b で屈折と回折 (1 次回折) が同時に発生し、検出面 4 上で集光する光 3 となる。 40

## 【0003】

図 7 は、従来例に於ける集光装置の表面 1 b に於ける回折原理を説明する説明図であり、レンズ表面を平面にして説明している。屈折率  $n$  の透明基板 1 の表面 1 b 上に形成された鋸歯状の断面をなすピッチ  $P$  のグレーティング 1 G により、波長  $\lambda$  の光 2 は回折する。光 2 の入射角 (面法線と為す角度) をゼロとすると (ゼロでなくても良いが簡単のためゼロとして説明する)、1 次回折光 3 及び 2 次回折光 3' の回折角度  $\theta$  及び  $\theta'$  (それぞれ面法線と為す角度) は、

$$\sin \theta = \lambda / P \dots \text{(式 1)}$$

$$\sin \theta' = 2 \lambda / P \dots \text{(式 2)}$$

で与えられる。当然、0 次光 3'' は回折角度がゼロである。 50

## 【 0 0 0 4 】

一般には、0次光 $3'$ を挟んで反対側に-1次回折光や-2次回折光も発生するが、グレーティング断面を鋸歯状とすることで、-側の次数の回折光が弱められ、+側の次数の回折光が強められており、特にグレーティング断面の深さ $d$ が次式を満たすときに1次回折光 $3$ の回折効率は最大となる。

## 【 0 0 0 5 】

$$d = \lambda / (n - 1) \quad \dots \quad (\text{式 } 3)$$

従って、深さ $d$ を最適化することで波長 $\lambda$ の光が効率的に回折する。なお、グレーティング断面は鋸歯状でなくてもよく、鋸歯に内接する階段形状や単なる凹凸形状であっても良い。またピッチ $\lambda$ は一定値でなくてもよく、これを位置の関数とすることで回折角を調整し、回折光 $3$ を1点に集光する光とすることもできる。 10

【非特許文献1】応用光エレクトロニクスハンドブック（昭晃堂発行），P 4 7 4 - 4 7 7

## 【 発 明 の 開 示 】

## 【 発 明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

## 【 0 0 0 6 】

このような従来の集光装置及び回折装置において以下の問題があった。図8は従来例に於ける集光装置の透明基板1を構成する材料の分散特性（屈折率の波長依存特性）である。どのような光学材料でも可視光の領域では短波長に向かうに従って屈折率が単調増加する曲線5を描く。例えば、ゼオニックスの場合、C線（波長 $C = 0.6563 \mu\text{m}$ ）での屈折率 $n_C = 1.522983$ 、F線（波長 $F = 0.4861 \mu\text{m}$ ）での屈折率 $n_F = 1.532271$ 、ポリカーボネイトの場合、C線での屈折率 $n_C = 1.578401$ 、F線での屈折率 $n_F = 1.597809$ である。 20

## 【 0 0 0 7 】

図9はグレーティング断面を一周期が16段の階段状とし、透明基板1を構成する材料をゼオニックスとし、深さ $d = 0.95 \mu\text{m}$ とした場合の波長に対する各回折光の回折効率を示している。1次回折光は波長 $0.53 \mu\text{m}$ 付近で極大になるが、 $0.53 \mu\text{m}$ 以外の波長では回折効率が低下する曲線6を描く。これは（式3）で示された回折効率最大の条件が波長と屈折率に依存する為である。例えば、波長が最適値（ $0.53 \mu\text{m}$ ）から小さくなると（式3）の右辺の分子は小さく分母は大きくなり、波長が大きくなると右辺の分子は大きく分母は小さくなるので、いずれも回折効率最大の条件からの乖離が屈折率変化（分母）、波長変化（分子）の両面から強められている。一方、1次回折光の効率低下と連動して、0次光や2次回折光の回折効率は波長が最適値（ $0.53 \mu\text{m}$ ）からずれるに従って増大する曲線 $6'$ 、 $6''$ を描く。 30

## 【 0 0 0 8 】

従って、図6で示した集光装置1では、特定の波長の光に対しては1次回折光 $3$ のみを検出面4上に集光させることができるが、それ以外の波長では0次光 $3'$ や2次回折光 $3''$ 等が発生し、1次回折光 $3$ に対する迷光として作用する。特に集光装置1をカメラ用のレンズとして用いる場合には、これらの迷光の存在が再生像の劣化に繋がる。

## 【 0 0 0 9 】

本発明はかかる問題点に鑑み、広い波長領域に渡って高い1次回折光の効率を維持し、迷光の発生を抑えられる集光装置及び回折装置を提供することを目的とする。 40

## 【 課 題 を 解 決 す る た め の 手 段 】

## 【 0 0 1 0 】

本発明の集光装置及び回折装置は、平面又は球面又は球面以外の面の上に周期的に形成された凹凸構造により透過光を回折させる透明媒質Aの表面に、前記媒質Aよりも高屈折率で低分散の透明媒質Bを充填することを特徴とする集光装置及び回折装置である。また、前記透明媒質Bの表面には透明媒質Aの表面の凹凸構造が残らないことを特徴とし、前記凹凸構造の断面は鋸歯状又は鋸歯に内接する階段状であることを特徴とする。更には、前記透明媒質A、Bの波長 $\lambda$ に対する屈折率を $n_A$ 、 $n_B$ 、波長 $\lambda'$ （ $\lambda' < \lambda$ ）に対する屈 50

折率を  $n_A'$ 、 $n_B'$  とすると、 $0.8 < (n_B - n_A) / (n_B' - n_A') \times \lambda' / \lambda < 1.2$  を満たすことを特徴とし、特に前記透明媒質 A、B の C 線（波長  $\lambda = 0.6563 \mu m$ ）に対する屈折率を  $n_A$ 、 $n_B$ 、F 線（波長  $\lambda' = 0.4861 \mu m$ ）に対する屈折率を  $n_A'$ 、 $n_B'$  とすると、 $(n_B - n_A) / (n_B' - n_A') > 1.05$  を満たすことを特徴とする。更には、前記透明媒質 A、B の e 線（波長  $\lambda'' = 0.5461 \mu m$ ）に対する屈折率を  $n_A''$ 、 $n_B''$  とすると、前記鋸歯状又は鋸歯に内接する階段状の断面の高低差  $d$  は  $0.8 < (n_B'' - n_A'') \times d / \lambda'' < 1.2$  の関係を満たすことを特徴とする。

#### 【0011】

上記の様な構成により、分散による屈折率差の変化が波長の違いに伴う光学的な深さの変化を抑え、広い波長領域に渡って高い回折光の効率を維持でき、迷光の発生を抑えられる。

#### 【発明の効果】

#### 【0012】

以上の本発明により、グレーティング付きの表面を高屈折率で低分散の透明材料で埋めることで、広い波長領域に渡って高い回折光の効率を維持し、迷光の発生を抑えることができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0013】

##### （実施の形態 1）

以下本発明の実施の形態を図 1 から図 5 に基づいて説明する。なお従来例と共通の要素については、同一の番号を振って説明する。図 1 は実施の形態に於ける集光装置の断面構成を示している。集光装置は屈折率と分散特性の異なる 2 種類のプラスチックや紫外線硬化樹脂等の透明媒質を材料にして構成され、第 1 の材料の構成部 1 はレンズ形状をなし、表面に鋸歯状の断面をなすグレーティング 1 G を形成したもので、レンズ表面 1 a、1 b は光軸 L を中心軸とする球面又は非球面であり、グレーティング 1 G の方位はレンズ表面 1 b 上で光軸 L を中心軸とする円周に沿っている。第 2 の材料の構成部 7 はグレーティング 1 G の形成されたレンズ表面 1 b を覆い、その表面 7 S はグレーティング 1 G の凹凸形状が残らず、レンズ表面 1 b に沿った滑らかな形状をなす。なお、第 2 の材料は第 1 の材料よりも高屈折率で低分散である。

#### 【0014】

本実施の形態に於ける集光装置の形成の仕方は、例えば既にグレーティングの付いたレンズ形状に仕上がった第 1 の材料の構成部 1 を金型に押し込め、第 1 の材料の構成部 1 と金型との隙間に第 2 の材料を充填し、これを紫外線硬化させるなどの方法で第 2 の材料を固着させる方法等がある。

#### 【0015】

集光装置に入射する光 2 は構成部 1 の表面 1 a で屈折し、グレーティング 1 G の付いた構成部 1 の表面 1 b で屈折と回折（1 次回折）が同時に発生し、構成部 2 の表面 7 S を透過、屈折して検出面 4 上に集光する光 3 となる。

#### 【0016】

図 2 は本実施例に於ける集光装置の面 1 b に於ける回折原理を説明する説明図であり、面 1 b や他の面を平面にして説明している。透明基板 1（構成部 1）の屈折率を  $n$ 、透明媒質 7（構成部 2）の屈折率を  $n'$  とし、面 1 b 上に形成されたグレーティング 1 G をピッチ  $\Lambda$  の鋸歯状の断面とすると、波長  $\lambda$  の光 2 はグレーティング 1 G により回折しするが、回折方位と鋸歯の方向との関係は  $n < n'$  のため従来例の反対になる。光 2 の入射角（面 7 S 透過後の面法線と為す角度）を  $\theta$  とすると（ゼロでなくても良いが簡単のためゼロとして説明する）、1 次回折光 3 及び 2 次回折光 3' の回折角度  $\theta_1$  及び  $\theta_2$ （それぞれ面 7 S 透過後の面法線と為す角度）は前述の（式 1）、（式 2）で与えられる。当然、0 次光 3'' は回折角度がゼロである。

#### 【0017】

10

20

30

40

50

一般には、0次光3'を挟んで反対側に-1次回折光や-2次回折光も発生するが、グレーティング断面を鋸歯状とすることで、-側の次数の回折光が弱められ、+側の次数の回折光が強められており、特にグレーティング断面の深さdが、

$$d = \lambda / (n' - n) \quad \dots \quad (\text{式4})$$

を満たすときに1次回折光3の回折効率も最大となる。従って、深さdを最適化することで波長λの光が効率的に回折する。

【0018】

なお、グレーティング断面は鋸歯状でなくてもよく、鋸歯に内接する階段形状や単なる凹凸形状であっても良い。またピッチλは一定値でなくてもよく、これを位置の関数とすることで回折角を調整し、回折光3を1点に集光する光とすることもできる。

10

【0019】

図3は、本実施形態に於ける集光装置の透明基板1(第1の材料)及び透明媒質7(第2の材料)を構成する材料の分散特性(屈折率の波長依存特性)である。第1の材料は短波長に向かうに従って屈折率が単調増加する曲線5を描き、第2の材料も短波長に向かうに従って屈折率が単調増加する曲線5'を描くが、第2の材料は第1の材料よりも高屈折率で低分散である。即ち、第1の材料、第2の材料のC線での屈折率をnC及びnC'、F線での屈折率をnF及びnF'とすると、

$$nF' > nF \quad \text{かつ} \quad nC' > nC \quad \dots \quad (\text{式5})$$

$$(nC' - nC) / (nF' - nF) > 1 \quad \dots \quad (\text{式6})$$

が成り立つ。

20

【0020】

図4はグレーティング断面を一周期が16段の階段状とし、透明基板1を構成する材料をゼオニックスとし、透明媒質7を構成する材料を屈折率1.68で分散がゼロの材料とし、深さd = 3.5 μmとした場合の波長に対する各回折光の回折効率を示している。実際には分散がゼロの材料は世の中に存在しないが、透明基板1に比べ透明媒質7の分散が十分小さい一例として説明する。

【0021】

1次回折光は波長0.57 μm付近で極大になり、0.57 μm以外の波長では回折効率が低下する曲線6を描くが、低下の度合いは従来例に比べ大幅に改善され、0次光や2次回折光の回折効率の増大(それぞれ曲線6'、6"参照)も抑えられている。これは波長の変化に伴って発生する(式4)で示された回折効率最大の条件からの乖離が、透明基板1、透明媒質7の分散特性によって緩和される為である。即ち、波長が最適値(0.57 μm)から小さくなると(式4)の右辺の分子は小さくなるが分母も小さくなり、波長が大きくなると右辺の分子は大きくなるが分母も大きくなるので、いずれも回折効率最大の条件からの乖離が弱められている。

30

【0022】

図5はグレーティング断面を一周期が16段の階段状とし、透明基板1を構成する材料をポリカーボネイトとし、透明媒質7を構成する材料を屈折率1.68で分散がゼロの材料とし、深さd = 6.0 μmとした場合の波長に対する各回折光の回折効率を示している。1次回折光は可視光領域全般に渡って95%以上を維持できており(曲線6)、0次光や2次回折光の回折効率も1%以下のレベルである(曲線6'、6")。図5では図4の例以上の改善効果が得られている。

40

【0023】

この改善効果の度合いは、(nC' - nC) / (nF' - nF)の値に関係する。例えば、図4の条件では(nC' - nC) / (nF' - nF) = (1.68 - 1.522983) / (1.68 - 1.532271) = 1.0628、図5の条件では(nC' - nC) / (nF' - nF) = (1.68 - 1.578401) / (1.68 - 1.597809) = 1.236となり、更には(nC' - nC) / (nF' - nF) = C / F = 0.6563 / 0.4861 = 1.35であれば、ほぼ完全に可視光領域全般で回折効率最大の条件を満たすことができる。

50

## 【 0 0 2 4 】

なお、グレーティング断面の深さ  $d$  は、可視光領域の中間よりも青よりの波長域で（式 4）を満足させるほうが、可視光領域全域での 1 次回折効率維持に繋がり、図 4、図 5 の  $d$ （ $= 3.5 \mu\text{m}$ 、 $6.0 \mu\text{m}$ ）はそれぞれ波長  $\lambda = 0.53 \mu\text{m}$ 、及び波長  $\lambda = 0.54 \mu\text{m}$  での（式 4）の計算結果である。

## 【 0 0 2 5 】

本実施例は従来例に比べて、透明媒質 7 を付加する等、構造が複雑になるデメリットがあるが、一つの目安として

$$0.8 < (nC' - nC) / (nF' - nF) \times F / C < 1.2 \quad \dots \quad (\text{式 5})$$

或いは

$$(nC' - nC) / (nF' - nF) > 1.05 \quad \dots \quad (\text{式 6})$$

等を満足できれば、迷光の発生が抑えられるメリットの方がデメリットを越える。当然、 $F$  線、 $C$  線は他の波長であってもよく、必要な波長帯域の長波長側の代表を添字  $C$ 、短波長側の代表を  $F$  として（式 5）又は（式 6）が成り立てば、その波長帯域全般での 1 次回折効率を高く維持でき、迷光の発生を抑えることができる。

## 【 0 0 2 6 】

なお、上記実施形態では集光装置として説明したが、集光機能がない一般的な回折装置であってもよい。また、1 次回折効率に注目し、これを高く維持する視点で説明したが、欲しい回折光が 2 次回折光や高次回折光であってもよく、同様の効果が得られる。

## 【 産業上の利用可能性 】

## 【 0 0 2 7 】

本発明の集光装置は、例えばカメラのレンズ等として用いることができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 8 】

【図 1】本発明の集光装置における一実施形態に係る断面構成図

【図 2】同集光装置の一面に於ける回折原理を説明する説明図

【図 3】同集光装置の透明基板及び透明媒質を構成する材料の分散特性図

【図 4】同集光装置の波長に対する各回折光の回折効率を説明する説明図

【図 5】同集光装置の波長に対する各回折光の回折効率を説明する説明図

【図 6】従来例に於ける集光装置の断面構成図

【図 7】同集光装置の一表面に於ける回折原理を説明する説明図

【図 8】同集光装置の透明基板を構成する材料の分散特性図

【図 9】従来例に於ける波長に対する各回折光の回折効率を説明する説明図

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 2 9 】

- 1 第 1 の材料の構成部
- 1 G グレーティング
- 1 a , 1 b 第 1 の材料の構成部の表面
- 7 第 2 の材料の構成部
- 2 入射光
- 3 1 次回折光
- 3 ' 0 次光
- 3 " 2 次回折光
- 4 検出面
- L 光軸

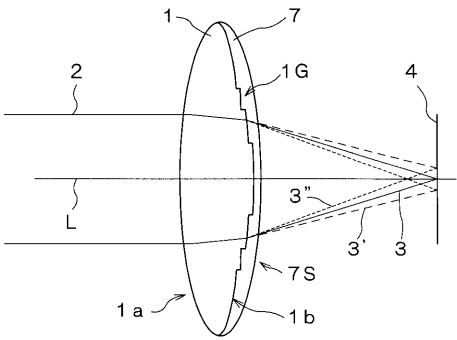
10

20

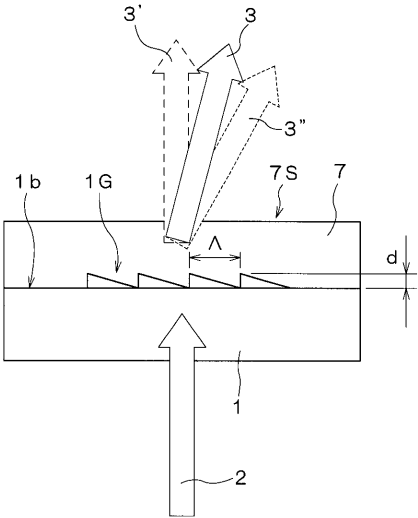
30

40

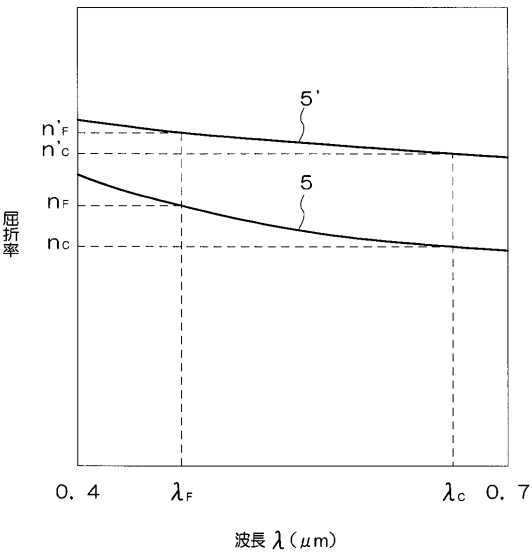
【 図 1 】



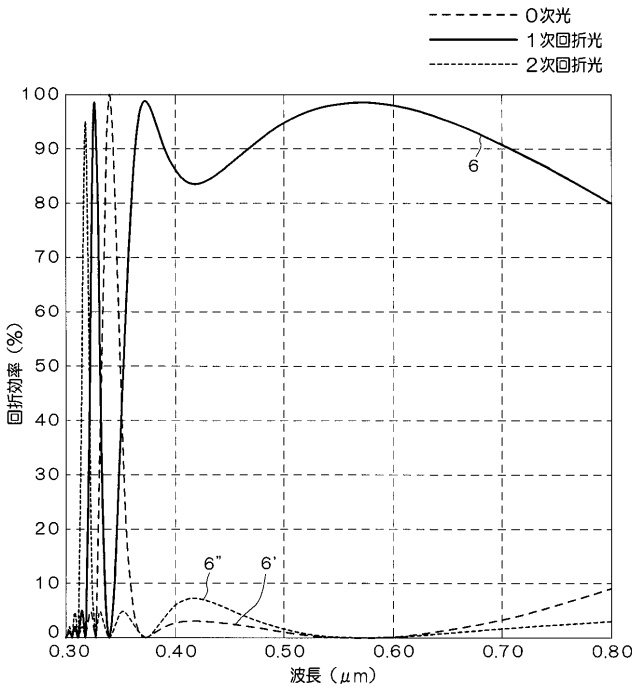
【 図 2 】



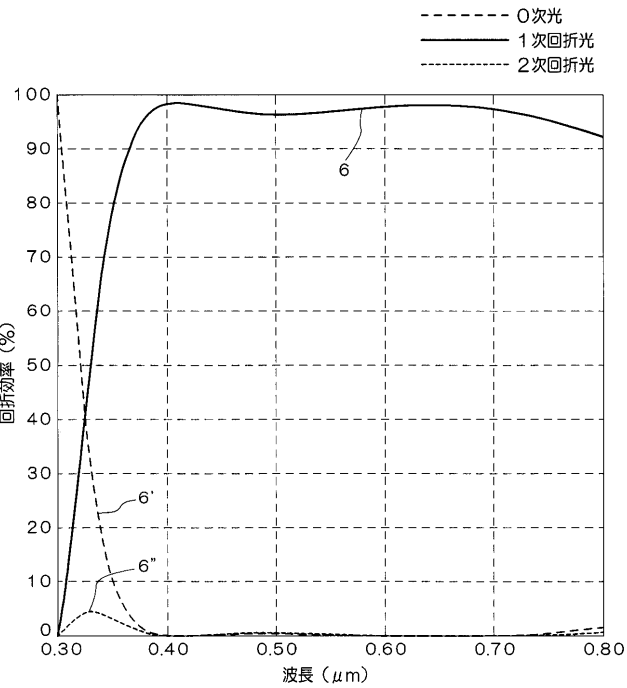
【 図 3 】



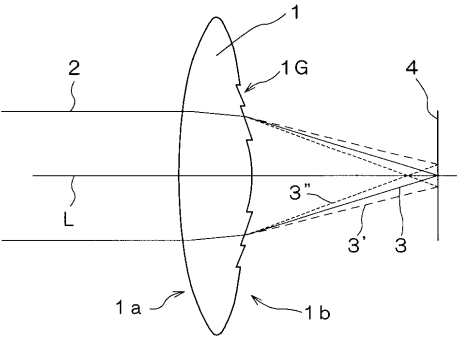
【 図 4 】



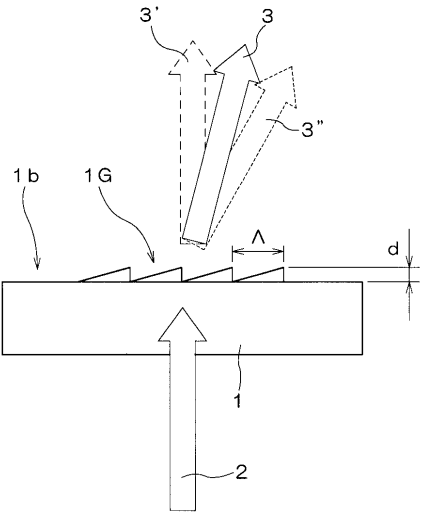
【 図 5 】



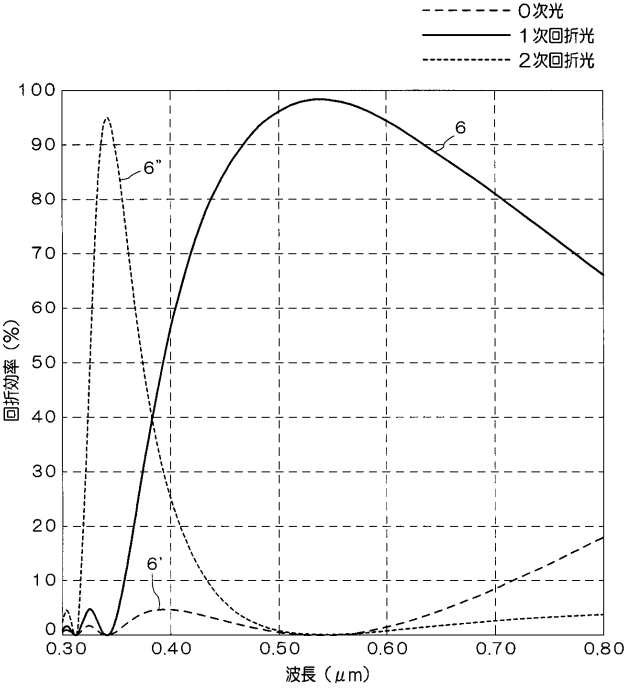
【 図 6 】



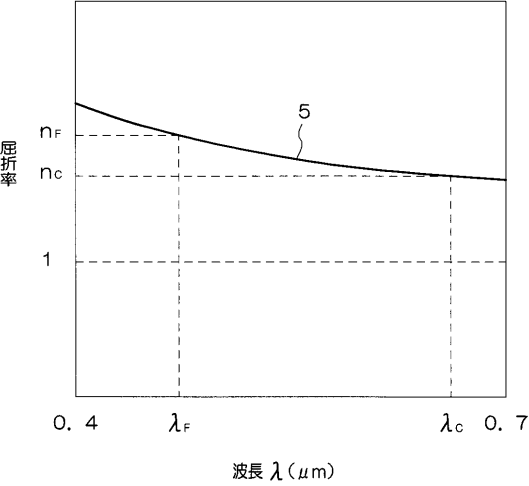
【 図 7 】



【 図 9 】



【 図 8 】





---

フロントページの続き

(72)発明者 是永 継博

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

F ターム(参考) 2H049 AA04 AA16 AA43 AA63