

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4298028号
(P4298028)

(45) 発行日 平成21年7月15日(2009.7.15)

(24) 登録日 平成21年4月24日(2009.4.24)

(51) Int.Cl.

F 1

G O 2 B 15/06 (2006.01)

G O 2 B 15/06

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-368541
 (22) 出願日 平成10年12月9日(1998.12.9)
 (65) 公開番号 特開2000-171708(P2000-171708A)
 (43) 公開日 平成12年6月23日(2000.6.23)
 審査請求日 平成17年12月2日(2005.12.2)

(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 100086818
 弁理士 高梨 幸雄
 (72) 発明者 浜野 博之
 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 原田 英信

(56) 参考文献 特開平11-119096(JP,A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンバーターレンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

レンズ系の物体側に装着し、レンズ系全体の焦点距離を変化させるコンバーターレンズであって、正の第1レンズと、負の第2レンズと、互いに分散の異なる材質より成る2層構造の回折光学素子より構成され、物体側より順に前記第1レンズと前記第2レンズが配置され、前記回折光学素子は前記第1レンズ又は前記第2レンズのいずれか1つのレンズ面に形成されており、前記第1レンズと前記第2レンズの焦点距離を各々 f_1 、 f_2 としたとき、

$$1.25 < |f_1 / f_2| < 2.5$$

なる条件を満足することを特徴とするコンバーターレンズ。

10

【請求項2】

前記回折光学素子は正の屈折力を有することを特徴とする請求項1に記載のコンバーターレンズ。

【請求項3】

前記回折光学素子は、前記第1レンズの像面側の面に設けられていることを特徴とする請求項1又は2に記載のコンバーターレンズ。

【請求項4】

前記回折光学素子は、前記第2レンズの物体側の面に設けられていることを特徴とする請求項1又は2に記載のコンバーターレンズ。

【請求項5】

20

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のコンバーターレンズを有することを特徴とするカメラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レンズ系の前方に装着してレンズ系全体の焦点距離を長い方、又は短い方に変位させるコンバーターレンズに関し、特に従来のコンバーターに対して色収差を大幅に改善したビデオカメラや電子スチルカメラ、銀塩写真用カメラ等に好適なコンバーターレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来より、撮影レンズの前方に装着し全系の焦点距離を長焦点距離側に变化させるフロント方式のテレコンバーターレンズ（テレコンバーター）が、例えば特開昭55-32046号公報で提案されている。

【0003】

テレコンバーターは多くの場合、正の屈折力を有する前群と負の屈折力を有する後群の2つのレンズ群を両レンズ群の焦点距離の和だけ主点間隔を隔てて配置し、全系としてアフォーカル系を構成している。従って最も簡単なレンズ系としては正と負の屈折力の2枚のレンズで構成することができる。しかしながら高い光学性能を得る為には収差補正上、2枚のレンズの構成では困難である。

【0004】

一方、色収差の発生を抑制する方法として近年、回折光学素子を撮像光学系に応用する提案がなされている。例えば、特開平4-213421号公報では回折光学素子を応用することで色収差の低減を図った狭視野望遠鏡を開示している。又、特開平7-311346号公報ではアフォーカルの望遠鏡に回折光学素子を応用したズーム望遠鏡を開示している。

【0005】

この他、特開平6-324262号公報では、少なくとも1枚の正の屈折力を持った回折光学素子と、少なくとも1枚の正の屈折力を持った屈折光学素子と、少なくとも1枚の負の屈折力を持った屈折光学素子より構成されたFナンバーF2.8程度の色収差が比較的良好に補正された望遠レンズを開示している。又、特開平6-331887号公報も同様に、回折光学素子と屈折光学素子を組み合わせ、色収差が比較的良好に補正されたFナンバーF2.8程度の望遠レンズを開示している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

テレコンバーターにおいてアフォーカル倍率を上げつつ光学系を小型化する為には、各レンズ群の屈折力を強める必要があるが、この際、各レンズ群で発生する収差を十分に補正することが困難になってくる。

【0007】

本発明は、第1レンズと第2レンズの2つのレンズを有し、このうち1つのレンズ面に回折光学素子を導入し、回折光学的な作用と屈折系の色消し効果を合成することで、特に望遠端付近における色収差の補正効果を高めたコンバーターレンズの提供を目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

請求項1の発明のコンバーターレンズは、レンズ系の物体側に装着し、レンズ系全体の焦点距離を変化させるコンバーターレンズであって、正の第1レンズと、負の第2レンズと、互いに分散の異なる材質より成る2層構造の回折光学素子より構成され、物体側より順に前記第1レンズと前記第2レンズが配置され、前記回折光学素子は前記第1レンズ又は前記第2レンズのいずれか1つのレンズ面に形成されており、前記第1レンズと前記第2レンズの焦点距離を各々 f_1 、 f_2 としたとき、

$$1.25 < |f_1 / f_2| < 2.5$$

10

20

30

40

50

なる条件を満足することを特徴としている。

請求項 2 の発明は請求項 1 の発明において、前記回折光学素子は正の屈折力を有することを特徴としている。

請求項 3 の発明は請求項 1 又は 2 の発明において、前記回折光学素子は、前記第 1 レンズの像面側の面に設けられていることを特徴としている。

請求項 4 の発明は請求項 1 又は 2 の発明において、前記回折光学素子は、前記第 2 レンズの物体側の面に設けられていることを特徴としている。

【 0 0 0 9 】

請求項 5 の発明のカメラは、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のコンバーターレンズを有することを特徴としている。

【 0 0 1 0 】

【発明の実施の形態】

図 1 は本発明の実施形態 1 のコンバーターレンズを撮影レンズの光軸上前方に装着したときの要部概略図である。同図において、C はコンバーターレンズ(コンバーター)、M は撮影レンズであり、ズームレンズより成っている。尚、撮影レンズ M は単一焦点距離のレンズ系であっても良い。

【 0 0 1 1 】

本実施形態のコンバーターレンズ C は、撮影レンズ M の光軸上前方に装着して全系の焦点距離を長い方へ変位させるテレコンバーターレンズとしての光学作用をしている。コンバーターレンズ C は、物体側より順に両レンズ面が凸面の正の屈折力の第 1 レンズ L 1 と両レンズ面が凹面の負の屈折力の第 2 レンズ L 2 を有している。撮影レンズ M は、物体側より順に変倍及び合焦の際に固定の正の屈折力の第 1 群 M 1、変倍機能を有する負の屈折力の第 2 群 M 2、正の屈折力の第 3 群 M 3、そして変倍により変動する像面を補正する補正機能と合焦機能の双方の機能を有する正の屈折力の第 4 群 M 4 の 4 つのレンズ群を有している。S P は絞り、F P はフレアー絞り、G はフィルター等のガラスブロック、I P は像面である。

【 0 0 1 2 】

本実施形態のコンバーター C は、第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 の主点間隔を第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 の焦点距離の和に略等しくしており、これにより全体として略アフォーカル系を構成している。

【 0 0 1 3 】

本実施形態では、第 1 レンズ、又は第 2 レンズのうち少なくとも 1 つのレンズ面に光軸に対して回転対称な回折光学素子を導入することで、特に撮影レンズとしてズームレンズを用いたときに、望遠端で大きく発生する軸上色収差を効果的に補正している。

【 0 0 1 4 】

本実施形態では、このような回折光学素子を屈折面と併用すると回折面と屈折面では同符号の屈折力でもある基準波長に対する色収差の出方が逆方向である為、屈折面で発生する色収差を補正することができる。又、このような回折光学素子は大きな異常分散性を有している為、2 次スペクトルの補正に関しても通常ガラスよりも大きな効果を持っている。

【 0 0 1 5 】

一般に、テレコンバーターを主レンズ系の前方に配置したとき、望遠端においてはかなり色収差、特に軸上色収差が大きくなるが、本発明では正の屈折力を有する回折光学素子を導入することで、特に従来のテレコンバーターで大きく発生する色収差を効果的に補正している。

【 0 0 1 6 】

そして、第 1 レンズの焦点距離 f_1 と第 2 レンズの焦点距離 f_2 の比が、前述の条件式 (1) を満足するようにしている。条件式 (1) の下限以下では、テレコンバーターとしての倍率が小さく回折光学素子を導入する程の必要性がなく、逆に上限を超えると球面収差等の他の収差の補正が困難になる。

10

20

30

40

50

【0017】

本実施形態では、カメラの撮影レンズに適用した場合を示したが、これに限定するものではなく、ビデオカメラの撮影レンズ、事務機のイメージスキャナーやデジタル複写機のリーダーレンズ等に使用しても同様の効果が得られる。

【0018】

回折光学素子の格子形状は、その周期を P 、波長を λ 、回折次数を m とすると、入射光線を $P \sin \theta = m \lambda$ に基づく角度 θ 方向に回折している。回折光学素子により回折作用を得る為の格子形状の具体的な構造はキノフォーム型、連続的な位相分布を階段状に近似したバイナリー型、微少な周期構造を三角波形状に近似し、構成した鋸歯型等が適用できる。

10

【0019】

本実施形態で用いている回折光学素子の構成としては図6に示す1層のキノフォーム形状の1層構成のものや、図8に示すような格子厚の異なる（又は同一の）2つの層を積層した2層構成のもの等が適用可能である。

【0020】

図7は図6に示す回折光学素子101の1次回折光の回折効率の波長依存特性である。実際の回折光学素子101の構成は、基材102の表面に紫外線硬化樹脂を塗布し、樹脂部に波長530nmで1次回折光の回折効率が100%となるような格子厚 d の層103を形成している。

【0021】

図7で明らかなように設計次数の回折効率は最適化した波長530nmから離れるに従って低下し、一方設計次数近傍の次数の0次回折光と2次回折光の回折効率が増大している。その設計次数以外の回折光の増加はフレアとなり、光学系の解像度の低下につながる。

20

【0022】

図8に示す2つの層104、105を積層した積層型の回折光学素子の1次回折光の回折効率の波長依存特性を図9に示す。

【0023】

図8では基材102上に紫外線硬化樹脂（ $n_d = 1.499$ 、 $d = 54$ ）からなる第1層104を形成し、その上に別の紫外線硬化樹脂（ $n_d = 1.598$ 、 $d = 28$ ）からなる第2層105を形成している。この材質の組み合わせでは、第1層104の格子厚 d_1 は $d_1 = 18.8 \mu m$ 、第2の層105の格子厚 d_2 は $d_2 = 10.5 \mu m$ としている。

30

【0024】

図9から分かるように積層構造の回折光学素子にすることで、設計次数の回折効率は、使用波長全域で95%以上の高い回折効率を有している。

【0025】

なお、前述の積層構造の回折光学素子として、材質を紫外線硬化樹脂に限定するものではなく、他のプラスチック材等も使用できるし、基材によっては第1の層104を直接基材に形成しても良い。また各格子厚が必ずしも異なる必要はなく、材料の組み合わせによっては図10に示すように2つの層104と105の格子厚を等しくしても良い。

40

【0026】

この場合は、回折光学素子の表面に格子形状が形成されないので、防塵性に優れ、回折光学素子の組立作業性を向上させることができる。

【0027】

以上のように、本実施形態では第1レンズと第2レンズの少なくとも1つのレンズ面に光軸に対して回転対称の回折光学素子を設け、その位相を適切に設定し、これにより第1レンズと第2レンズで発生する色収差を低減している。

【0028】

本実施形態における回折光学素子は、ホログラフィック光学素子（HOE）の製作手法であるリソグラフィック手法で2値的に製作している。回折光学素子はバイナリーオプティ

50

ックス (B I N A R Y O P T I C S) で製作しても良い。この場合、更に回折効率を上げるためにキノフォームと呼ばれる鋸状の形状にしても良い。またこれらの方法で製作した方によって成型により製造しても良い。

【 0 0 2 9 】

また本実施形態における回折光学素子の形状は、位相係数を C_{2i} 基準波長 (d 線) を、光軸からの距離を h 、位相を (h) としたとき

$$(h) = 2 \pi / (C_2 \cdot h^2 + C_4 \cdot h^4 + C_6 \cdot h^6 + \dots C_{2i} \cdot h^{2i})$$

の式で表されるものである。

【 0 0 3 0 】

そして前述の位相係数 C_2 を変化させることにより、近軸的な屈折力及び基準波長に対する色収差をコントロールしている。又、位相係数 C_4 以降の高次の項の係数は、回折光学素子面の光線入射高の変化に対する屈折力変化を非球面と類似した効果を得ると同時に、光線高の変化に応じて基準波長に対する色収差のコントロールをしている。

【 0 0 3 1 】

本発明においては、第 1 レンズの 2 次位相係数を C_{21} 、第 2 レンズの 2 次の位相係数を C_{22} 、全系の焦点距離を f_t としたとき、

$$1.0 \times 10^{-3} < |C_{21} \cdot f_1^2 + C_{22} \cdot f_2^2| / f_t < 2.0 \times 10^{-2} \dots (2)$$

の範囲とするのが良い。

【 0 0 3 2 】

条件式の下限を超えると色収差の補正が不十分となり、逆に上限を超えると過剰になってかえって色収差が悪化する。

【 0 0 3 3 】

回折光学素子は、数値実施例 1、3 のように第 1 レンズの像面側の面に設けても良い。又、数値実施例 2 のように第 2 レンズの物体側の面に設けても良い。又、参考例 1 のように第 1、2 レンズの両方に設けると更に収差が良好に補正できる。又、数値実施例 3 のようにプラスチックレンズを用いると光学系全体の軽量化を達成できる。

【 0 0 3 4 】

次に本発明のコンバータレンズとそれを装着した撮影レンズ M の数値実施例を示す。数値実施例において r_i は物体側より順に第 i 番目のレンズ面の曲率半径、 d_i は物体側より順に第 i 番目のレンズ厚及び空気間隔、 n_i と i は各々物体側より順に第 i 番目のレンズのガラスの屈折率とアッペ数である。又、前述の各条件式と数値実施例の関係を表 - 1 に示す。

【 0 0 3 5 】

非球面形状は光軸方向に X 軸、光軸と垂直方向に Y 軸、光の進行方向を正とし R を近軸曲率半径、K、B、C、D、E、F を各々非球面係数としたとき、

なる式で表している。又「 $D - 0 X$ 」は「 10^{-X} 」を意味している。

【 0 0 3 6 】

【数 1】

$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(Y/R)^2}} + BH^4 + CH^6 + DH^8 + EH^{10} + FH^{12}$$

実施例 1 1.33 倍

$r_1 = 40.871$ $d_1 = 9.50$ $n_1 = 1.51633$ $1 = 64.2$

* $r_2 = -125.482$ $d_2 = 9.53$

$r_3 = -59.831$ $d_3 = 1.80$ $n_2 = 1.51633$ $2 = 64.2$

$r_4 = 38.376$

r_2 面 (回折面) $C_2 = -1.32663 \times 10^{-4}$ $C_4 = -2.62248 \times 10^{-8}$

実施例 2 1.29 倍

10

20

30

40

50

r 1= 41.203 d 1= 9.50 n 1= 1.48749 1= 70.2
 r 2= -83.303 d 2= 7.97
 *r 3= -50.684 d 3= 1.80 n 2= 1.51633 2= 64.2
 r 4= 42.850
 r 3 面(回折面) C2=-7.90734 × 10⁻⁵ C4=-7.79424 × 10⁻⁸

参考例 1 1.75倍

r 1= 38.506 d 1= 12.00 n 1= 1.51633 1= 64.2
 *r 2=-2033.783 d 2= 20.77
 *r 3= -103.091 d 3= 1.80 n 2= 1.69680 2= 55.5
 r 4= 42.144
 r 2 面(回折面) C2=-7.83985 × 10⁻⁴ C4= 2.29230 × 10⁻⁷
 r 3 面(回折面) C2= 1.42721 × 10⁻³ C4=-1.10013 × 10⁻⁶

10

実施例3 1.33倍

r 1= 39.458 d 1= 9.50 n 1= 1.49171 1= 57.4
 *r 2= -115.271 d 2= 9.52
 r 3= -55.654 d 3= 1.80 n 2= 1.49171 2= 57.4
 r 4= 37.122
 r 2 面(回折面) C2=-1.50965 × 10⁻⁴ C4=-3.11922 × 10⁻⁸

20

主レンズ系 f=64.09166

r 1= 48.324 d 1= 1.30 n 1= 1.84666 1= 23.8
 r 2= 25.164 d 2= 5.70 n 2= 1.60311 2= 60.6
 r 3= -210.564 d 3= 0.17
 r 4= 21.166 d 4= 3.10 n 3= 1.69680 3= 55.5
 r 5= 51.698 d 5= 21.33
 r 6= 53.276 d 6= 0.65 n 4= 1.77250 4= 49.6
 r 7= 5.383 d 7= 2.65
 r 8= -12.927 d 8= 0.60 n 5= 1.69680 5= 55.5
 r 9= 12.927 d 9= 0.85
 r10= 12.407 d10= 1.55 n 6= 1.84666 6= 23.8
 r11= 84.497 d11= 1.30
 r12=(絞り) d12= 1.20
 *r13= 7.654 d13= 3.40 n 7= 1.58313 7= 59.4
 *r14= 104.107 d14= 0.20
 r15= 10.242 d15= 0.60 n 8= 1.84666 8= 23.8
 r16= 6.539 d16= 1.59
 r17= 30.954 d17= 1.60 n 9= 1.51633 9= 64.1
 r18= -30.954 d18= 1.70
 r19= d19= 7.50
 r20= 12.613 d20= 2.50 n10= 1.60311 10= 60.6
 r21= -12.613 d21= 0.50 n11= 1.84666 11= 23.8
 r22= -33.464 d22= 3.00
 r23= d23= 3.69 n12= 1.51633 12= 64.1
 r24=

30

40

r13 面(非球面) K=-2.58314 B=-2.58314 C=5.75642 × 10⁻⁴
 D=-6.74713 × 10⁻⁶ E= 7.18668 × 10⁻⁸
 r14 面(非球面) K= 1.80987 × 10² B= 7.32779 × 10⁻⁵
 C=-4.13717 × 10⁻⁶

50

【 0 0 3 7 】

【表 1】

表-1

条件式	(1)	(2)
実施例 1	1.333	5.589×10^{-3}
実施例 2	1.289	1.938×10^{-3}
実施例 3	1.750	1.253×10^{-2}
実施例 4	1.500	6.360×10^{-3}

10

【 0 0 3 8 】

【発明の効果】

本発明によれば以上のように、第 1 レンズと第 2 レンズの 2 つのレンズを有し、このうち少なくとも 1 つのレンズ面に回折光学面を導入し、回折光学的な作用と屈折系の色消し効果を合成することで、特に望遠端付近における色収差の補正効果を高めたコンバーターレンズを達成することができる。

【図面の簡単な説明】

20

【図 1】 本発明の数値実施例 1 のコンバーターレンズを撮影レンズの光軸上前方に装着したときの説明図

【図 2】 本発明の数値実施例 1 のコンバーターレンズを撮影レンズの光軸上前方に装着したときの収差図

【図 3】 本発明の数値実施例 2 のコンバーターレンズを撮影レンズの光軸上前方に装着したときの収差図

【図 4】 本発明の参考例 1のコンバーターレンズを撮影レンズの光軸上前方に装着したときの収差図

【図 5】 本発明の数値実施例 3 のコンバーターレンズを撮影レンズの光軸上前方に装着したときの収差図

30

【図 6】 本発明の参考例に係る回折光学素子の説明図【図 7】 本発明の参考例に係る回折光学素子の波長依存特性の説明図

【図 8】 本発明に係る回折光学素子の説明図

【図 9】 本発明に係る回折光学素子の波長依存特性の説明図

【図 10】 本発明に係る回折光学素子の説明図

【符号の説明】

C コンバーターレンズ

M 撮影レンズ

L 1 第 1 レンズ

L 2 第 2 レンズ

d d 線

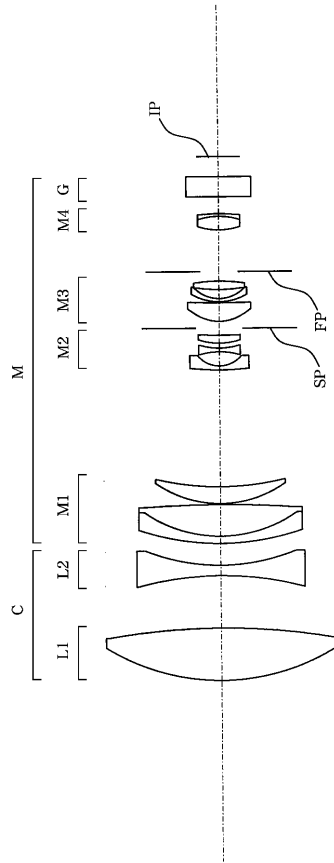
g g 線

S サジタル像面

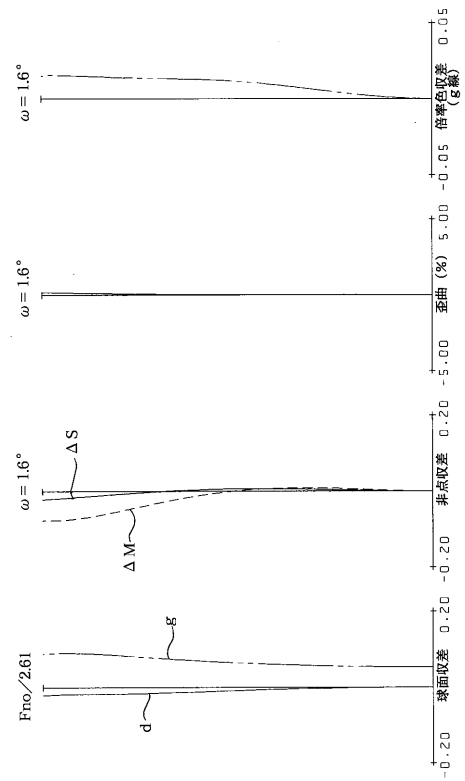
M メリディオナル像面

40

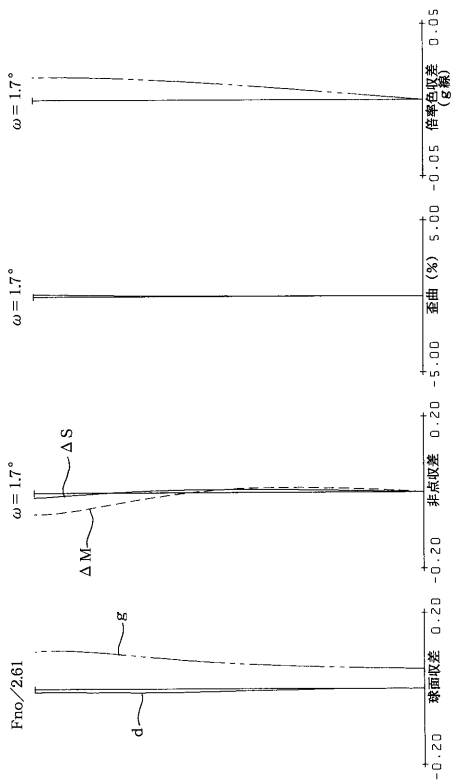
【図 1】



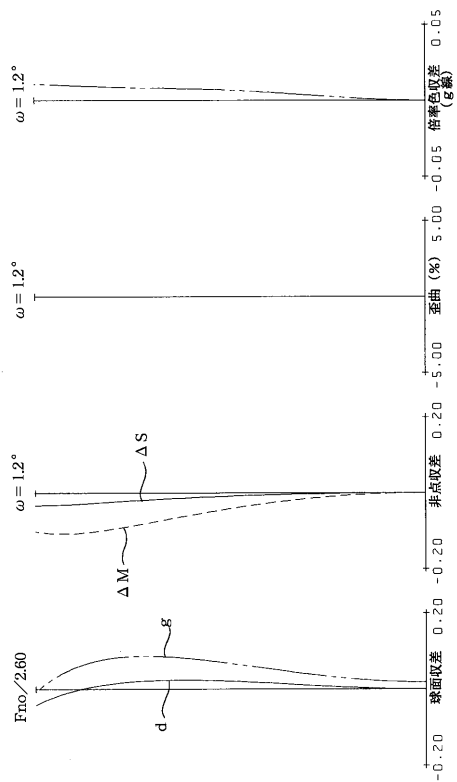
【図 2】



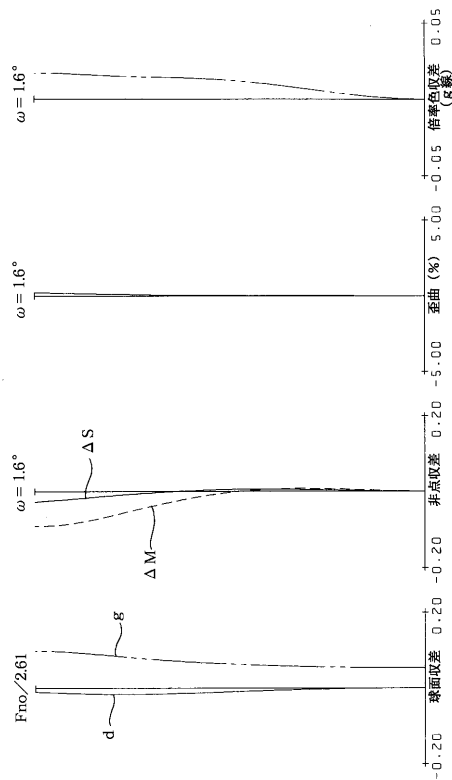
【図 3】



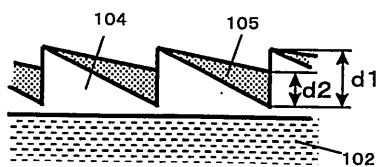
【図 4】



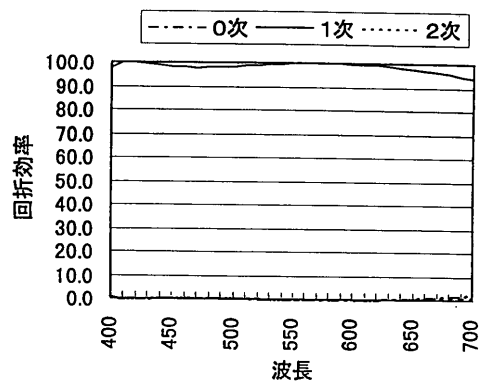
【図 5】



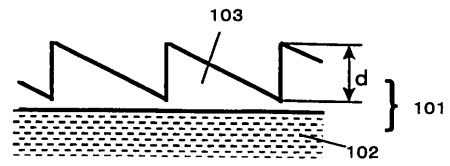
【図 8】



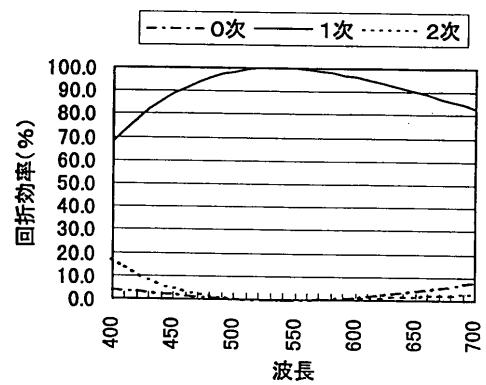
【図 9】



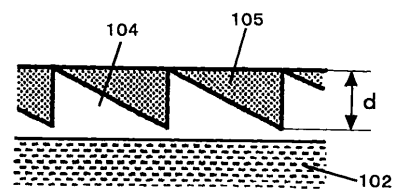
【図 6】



【図 7】



【図 10】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G02B 9/00 - 17/08

G02B 21/02 - 21/04

G02B 25/00 - 25/04